R&D 정책인프라사업 최종보고서

11TRPI-C061225-01

건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측 최종보고서

2013 . 02 . 07 .

주관연구기관 / 서울대학교
공동연구기관 / (주)스파이어테크놀로지

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Land Transport and Maritime R&D Report

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측"과제의 보고서로 제출합니다.

2013 . 02 . 07

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 박 문 서

공동연구기관명 : (주) 스파이어테크놀로지
공동연구책임자 : 조 윤 숙

■ **총괄책임연구자**

주관연구책임자 / 박문서 서울대학교 건축학과 교수

■ 주관연구기관 참여연구원

연구부총괄 / 이현수 서울대학교 건축학과 교수

연 구 원 / 김수영 서울대학교 건축학과 박사과정
/ 이정훈 서울대학교 건축학과 박사과정
/ 장유진 서울대학교 건축학과 박사과정
/ 황성주 서울대학교 건축학과 박사과정
/ 문명기 서울대학교 건축학과 석사
/ 이준형 서울대학교 건축학과 석사
/ 문예지 서울대학교 건축학과 석사과정
/ 송권식 서울대학교 건축학과 석사과정
/ 신민규 서울대학교 건축학과 석사과정
/ 최민지 서울대학교 건축학과 석사과정

■ **공동**연구기관 참여연구원

연 구 원 / 조윤숙 (주)스파이어테크놀로지 연구위원
연 구 원 / 정운영 (주)스파이어테크놀로지 책임연구원
연 구 원 / 이종빈 (주)스파이어테크놀로지 선임연구원
연 구 원 / 조동관 (주)스파이어테크놀로지 주임연구원

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11TRPI-C061225-01</td><td>해당단계 연구기간</td><td>2011.12.23 ~2012.12.22</td><td>단계 구분</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">R&D 정책인프라 사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">박 문 서</td><td>해당단계 참여 연구원수</td><td>총 : 16 명
내부: 6 명
외부: 10 명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부: 250,000 천원
기업: 천원
계 : 250,000 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간 참여 연구원수</td><td>총 : 16 명
내부: 6 명
외부: 10 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 250,000 천원
기업: 천원
계 : 250,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속부서명</td><td colspan="2">서울대학교 산학협력단,
(주) 스파이어테크놀로지</td><td>참여 기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="2">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구는 건설교통 R&D 사업의 투자효율성을 제고하고, 향후 투자전략 도출에 활용될 수 있도록 하는 건설교통 R&D 투자 파급효과의 분석 및 예측을 수행한다. 이는 R&D 사업의 일반적인 특성 및 성과 파급과정에 대한 분석과, 건설교통 R&D 사업의 특수성에 대한 이해를 바탕으로 한다. 현재 R&D 투자 효과 분석에 있어 파급효과를 체계적이고 종합적으로 측정할 수 있는 과학적 방법이 부재하며, 파급효과를 정확히 예측하고 예산배분의 목적 달성도를 사전에 평가할 수 있는 평가지수 개발이 필요하다. 또한, 9개 세부사업으로 분리 발주되는 건설교통 R&D 사업 특성 상 각 세부사업별 상이한 투자 파급과정을 이해할 필요가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구는, 변수 간 인과관계를 기반으로 시스템 내 순환적·동태적 상호작용을 설명함으로써 투자 파급과정을 이해하는 데 장점이 있는 시스템다이내믹스 모델링 방법을 통해 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석 모형을 구축하였다. 또한, 건설교통 R&D 사업의 특성을 반영하여 선정·개발된 파급효과 지표·지수를 통해 타 산업 대비 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석 및 세부사업별 파급효과 비교 분석을 수행하였다. 결과적으로, 건설교통 R&D 투자의 당위성을 확보하고, 투자 파급과정에 대한 이해를 바탕으로 파급효과 극대화를 위한 투자 전략의 의사결정 지원 도구로 활용될 수 있다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각 5개 이상)</td><td>한글</td><td colspan="4">R&D투자, 건설교통, 파급효과, 측정모델, 시스템 다이내믹스</td></tr>
<tr><td>영어</td><td colspan="4">R&D Investment, Construction and Transportation, Impacts, Forecast Model, System Dynamics</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

가속화되는 국제경쟁 속에서 R&D를 통한 원천 지식 및 기술 확보에 대한 수요가 점점 확산되고 있는 추세이다. 이에 따라 건설교통 분야도 R&D 사업에 대한 중요성을 인식하고 투자규모를 확대하여 1994년에 12억 원의 예산으로 시작된 건설교통 R&D는 2011년에 그 규모가 4,300억 원에 이르고 있다.

대규모 금액의 투자가 이루어지는 R&D 사업의 경우, 연구개발사업에 대한 효율적 투자가 점점 중요해지고 있으며, 이를 위한 전략적 투자 및 배분방향 수립이 중요하다. 그러나 R&D 투자 파급과정은 순환성, 확산성, 비특유성, 시차, 불확실성 등의 성격에 따라 그 파급효과 측정에 어려움이 있다. 또한, R&D 투자 파급효과를 정량적으로 설명할 수 있는 적정 지표 산정이 어려운 실정이다. 기존 연구들이 거시경제지표간의 정량적 연관성에 대한 분석을 바탕으로 R&D 투자 파급효과 측정을 시도하고 있으나, 단선적·정태적 접근으로는 종합적인 파급효과 측정에서 간과하는 부분을 발생시킬 수 있으며, 투자의 파급과정에 대한 설명력이 부족하여 파급효과 극대화를 위한 정책 수립에 어려움을 가중시킨다. 특히, 각 세부사업별로 분리 발주되는 건설교통 R&D 사업의 경우, 축적된 데이터가 부족하고 각 사업별 투자 파급과정이 상이하기 때문에 데이터 기반의 계량적 예측모형 개발에 제약이 있다. 이에 따라 R&D 투자 시스템의 전반에 작용하는 여러 구성 변수들의 관계성을 파악하고, 타 변수에 대한 영향도의 동태적 변화를 포괄적으로 분석함으로써, 건설교통 R&D 투자에 대한 파급효과를 과학적인 방법으로 분석 및 예측할 수 있는 방법이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측을 위하여 시스템다이내믹스(System Dynamics) 시뮬레이션 방법론 기반의 측정모형을 구축, 투자대안별 시뮬레이

션을 통하여 건설교통 R&D 투자 효과의 정량적 분석을 하는 것을 연구의 목표로 한다. 또한 정량적이고 종합적인 파급효과 측정을 위하여 R&D 파급효과 측정지표 및 파급효과지수를 개발하여 시스템다이내믹스 모형에 적용한다.

특히, 타 산업 대비 건설교통 R&D 투자의 효과 분석 및 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 비교분석의 목표를 달성하기 위해, 정량적 자료를 활용한 '거시적 레벨 파급효과 분석모형' (산업레벨)과 정성적 자료를 보완한 '세부사업레벨 파급효과 분석모형'의 두 갈래로 파급효과측정 통합모형을 개발한다. '거시적 레벨 파급효과 분석모형'은 산업연관분석과 같은 기존 예측 방법론을 통합하여 시계열 데이터를 활용한 계량적 예측모형 기반의 시뮬레이션 모형이다. '세부사업레벨 파급효과 분석모형'은 인과관계를 기반으로 한 구조적 모형으로, 수치적 예측 정확성을 보완하기 위해 '거시적 레벨 파급효과 분석모형'의 계량적 예측 모형과의 상호 연동체계를 제안하고, 이를 건설교통 정부 R&D 세부 사업별 파급효과 분석 및 투자 전략 수립에 활용한다.

본 연구는, 우선 1) 관련이론 및 선행연구 고찰을 통해 파급효과 Framework를 구상하고, 2) 설문조사 및 전문가 조사를 통해 측정지표 도출, 측정지수를 정립한 후, 건설교통 분야 정부 R&D 사업의 특성을 분석한다. 3) 분석된 결과를 기반으로 산업별, 세부사업별 파급효과 분석모형을 개발하고, 4) 모형 시뮬레이션을 통해 결과 값 검증 후, 5) 각 투자대안별 파급효과 분석 (타 산업대비/건설교통 R&D 세부사업별) 을 실시한다.

Ⅳ. 연구개발결과

- **R&D 투자 파급효과 분석을 위한 지수 개발**

본 연구는 건설교통 R&D 파급효과를 설명하기에 적합한 지표를 개발하고, 이를 토대로 파급효과지수를 그 성격에 따라 경제발전지수, 기술혁신지수, 환경개선지수, 인프라효율성 지수로 세분화하여 제시하였다.

- **거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석 모형 개발**

본 연구는 타 산업 대비 건설교통 R&D 투자 파급효과 비교·분석 및 정책대안별 투자효과분석을 수행하기 위해 거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석모형을 개발하였다. 이는 정량적 데이터를 기반으로 산업연관분석, 시계열분석, 회귀분석 등 계량적 방법을 활용한 시스템 다이내믹스 모형으로 구축되었다.

● **세부사업 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석 모형 개발**

건설교통 R&D 세부사업에 대한 파급효과 예측의 경우 각 사업 투자금액 및 성과에 대한 과거 데이터가 부족하여 계량적 예측모형 구축이 불가능하다. 본 연구는 부족한 과거데이터 기반 하에서도 구축이 가능하고, 각 사업별 상이한 파급과정을 설명할 수 있는 정성적 자료 및 인과관계 기반의 구조적 모형을 개발한다. 본 모형은 R&D 투자 파급과정의 일반적 특성 및 건설교통 R&D 세부사업의 특수성을 반영함으로써, 사업별로 상이한 파급과정을 이해하고, 투자 파급효과를 비교·분석하였다.

Ⅴ. 분석 시사점

본 연구에서 개발한 시스템다이내믹스 기반 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형을 통해 건설교통 분야의 R&D 투자 파급과정을 분석하고, 파급효과를 전망함으로써 다음과 같은 시사점을 도출하였다.

● **건설교통 R&D 투자 효율성**

건설교통 산업에 대한 R&D 투자는 기본적으로 경제적 측면보다 환경·사회 인프라 측면의 파급효과가 높은 것으로 인식되고 있으며, 실제 분석 결과 또한 이를 지지한다. 그러나 건설교통 R&D 사업은 수출액 증대, 고용유발 등 경제적 파급효과 또한 상당하며, 이에 따라 건설교통 분야에 대한 지속적인 투자가 필요하다. 환경적 측면을 고려한 국토의 균형발전을 위해서는 그 투자비율을 지속적으로 증대시킬 필요가 있다.

● **건설교통 R&D 세부사업 분야별 중요성**

건설교통 R&D 9개 사업은 모두 각각의 중요성을 갖고 있으며, 현재 상이한 투자비율은 이를 어느 정도 반영하고 있음을 확인할 수 있다. 향후에도, 각 사업에 대한 균형적인 투자가 중요할 것으로 예상되며, 사업별 투자 배분 뿐 아니라 개발 단계별 투자 배분에 대한 포괄적인 연구가 필요할 것으로 예상된다.

● **지속적인 R&D 투자의 필요성**

R&D 투자의 파급과정에 대한 특성을 살펴보면, 파급효과는 투자금액에 따라 단선적으로 도출되는 것이 아니라, 그 투자 효과가 누적되며, 시간의 흐름 및 정책 등 관련된 외부 영향에 따라서 서서히 발현됨을 알 수 있다. 따라서 단선적·단기적 시각으로 투자 효율성에 대해 판단하는 것 보다, 파급과정 및 시차에 대한 포괄적인 이해를 통해 장

기적 파급효과에 대한 믿음을 바탕으로 R&D 성과물이 산업 내에 조기에 정착될 수 있도록 노력해야 한다.

● **선행 투자의 고 효율성**

같은 금액을 투자하는 경우에도 선행 투자의 효과가 큰데, 이는 R&D 투자 파급효과의 특성인 순환성에 따라 앞서 개발된 기술이 후속 기술의 이른 정착을 도모할 수 있기 때문이다. R&D 사업의 목표는 보다 선도적인 기술을 개발하고 정착시킴으로써 산업 경쟁력을 확대하는 것이라 볼 때, 투자 또한 선행적으로 이루어지는 것이 중요하다.

Ⅵ. 연구개발결과의 활용계획

본 연구에서 개발한 “건설교통 R&D 투자 파급효과 측정 모형”을 통해 건설교통 R&D투자의 파급효과를 예측 및 분석함으로써 건설교통 R&D 투자의 당위성을 확보할 수 있다. 또한 R&D 투자 파급효과 분석을 통해, 연구개발 성과물의 양적·질적 향상을 가능하게 하고, 파급효과를 극대화 할 수 있는 예산 배분 전략을 수립함으로써 투자효율을 향상시킬 수 있다.

인과관계 기반의 R&D 투자 파급효과 예측모형은 R&D 성과확산체계에 대한 이해를 도우며, 이에 따라 투자 불확실성 요인을 사전에 파악하고 대응할 수 있다. 또한 건설교통 R&D 사업의 특성 및 각 세부사업의 특성과 투자 파급과정에 에 대한 이해를 바탕으로 건설교통 R&D 사업별 또는 단계별 투자 성과 증대를 위한 합리적인 전략 도출을 가능케 할 수 있다.

SUMMARY

Ⅰ.Title

Report on the analysis and prediction of ripple effects of Construction & Transportation R&D investment.

Ⅱ.Necessity and Objective of Research and Development

In the middle of accelerating international competition, the demand for the knowhow and technology acquisition is increasing. For this reason, the Construction & Transportation field recognized the importance of R&D projects and have expanded the scale of investment from 1.2billion won in 1994 to 4,300billion won in 2011.

In the case of R&D projects with a large amount of investment, the importance of efficient investment to research and development projects is increasing and strategic investment and establishment of distribution way is needed. However, depending on the characteristics, causality, circularity, diffusivility, non-peculiarity and uncertainty, R&D investment spreading process is hard to measure its effects. In addition, choosing the optimal indicator which can quantitatively describe the R&D ripple effect is difficult. The existing research tries to measure the R&D investment ripple effect by analysing the quantitative correlation between macroeconomic indicators, but unilinear and static approach might cause some overlooking part during the comprehensive ripple effect measurement. Moreover, lack of explanation power of the investment ripple effect can aggravate the difficulty of policy making.

In particular, the case of construction & transportation R&D project, which each sub-business gets order separately, the lack of accumulated data and the diversity of each sub-business' investment ripple effect restricts the development of data based

quantitative prediction model. Therefore, by understanding the relationship of variables acting on the overall R&D investment system and also analyzing the impact of other variables on the dynamic changes, a method that can analyze and predict the ripple effect of construction & transportation R&D investment is necessary.

Ⅲ. Contents and Scope of Research Development

The object of this research is to quantitatively analyze the construction & transportation R&D investment's effect by investment alternative simulation. The simulation is based on a methodology called system dynamics, and we have developed a evaluation model to analyze and predict the ripple effect of construction & transportation R&D investment. Furthermore, to measure the quantitative and comprehensive effects, R&D spillover effects and ramifications index is developed and applied to the system dynamics model.

In particular, to achieve the goal of comparison analysis of each sub-business of construction & transportation R&D and effectiveness analysis of construction & transportation R&D comparing with other industries, we have developed 2 kinds of ripple effect measuring model. First one is a "macroscopic analysis model of R&D investment ripple effect" using quantitative data and "sub-business level analysis model of R&D investment ripple effect" using qualitative data. "Macroscopic analysis model of R&D investment ripple effect" is a simulation model based on the quantitative prediction model, which combines existing methodology such as production function, and used time series data. "Sub-business level analysis model of R&D investment ripple effect" is a structural model based on the cause-and-effect relationship. To supplement the accuracy of prediction, we have made a system interworking with the "Macroscopic analysis model of R&D investment ripple effect", and applicate to analyze the sub-business ripple effect of construction & transportation R&D of government and establish the investment strategy.

In this research, 1) design a ripple effect framework by reviewing related theory

and literature, 2) analyzing the characteristics of construction & transportation R&D projects after the finding the measurement indicators & index by questionnaire study and expert investigation. 3) Based on the analyzed result, we have developed the ripple effect analyzing model by industries and by sub-business parts, 4) verification of the result value by model simulation, 5) analyze the ripple effect of each(comparing with other industries / each sub-business of construction & transportation R&D) investment alternative.

Ⅳ. Results of Research Development

- **Index development to analyze the R&D Investment ripple effect**

To explain the ripple effect of construction & transportation R&D, this research have developed appropriate index. Based on the developed index, it is subdivided into economic progress index, technology innovation index, environment improvement index, infrastructure efficiency index.

- **Developing macroscopic analysis model of R&D investment ripple effect**

In this research, for the comparison analysis of R&D investment ripple effect between other industry and construction & transportation industry, we have developed macroscopic analysis model of R&D investment ripple effect. A system dynamics model is developed by using quantitative method such as inter industry analysis, time series analysis, and regression analysis based on quantitative data.

- **Developing sub-business level analysis model of R&D investment ripple effect**

Due to lack of past data, it is impossible to develop quantitative prediction model of sub-business' of construction & transportation R&D ripple effect. In this research, we have developed a model that can work with not enough past data and that can explain the different ripple effect of each sub-business' by qualititative data.

Ⅴ. Policy Implication

In this study, we have analyzed the spillover process in the field of construction & transportation R&D investment, and the ripple effect forecast by the following implications are derived through the developed system dynamics based construction & transportation R&D investment ripple effect analysis model .

- **The effectiveness of construction & transportation R&D investment**

The R&D investment in the construction & transportation industry is basically perceived as the impacts of environmental and social aspects of infrastructure is bigger than the economic aspects, anc actual results also support it. However, construction & transportation R&D industry makes considerable economic ripple effect such as increasing the amount of export and also inducing employment and so on. Therefore, continuous investment in construction & transportation industry is necessary. There is a need to constantly increase the investment ratio for the balanced development of the country, considering the environmental aspects.

- **The importance of each sub-business field of construction & transportation R&D**

Every 9 of sub-business field of construction & transportation R&D has their own importance, and current different investment ratio reflects some of the aspects. From now on, balance for each sub-business investment is expected to be important and investment allocation not only by sub-business but also by each development step is expected to be researched comprehensively.

- **The necessity of continuous R&D investment**

As we look over the characteristics of the R&D investment ripple effect, the spillover process not just draw an unilinear outcome following the amount of investment, but the investment effect accumulates and it gradually reveals by the external influences such as the time flow and policy change. Therefore, rather than

judging the investment efficiency through unilinear, and short-term point of view, we need to understand the time difference of the outcome and the spillover process so that the confidence in long-term ripple effect can help the R&D products to early settlement in the industry.

- **High efficiency of up-front investment.**

When invested the same amount of money, up-front investment's effect is better because according to the circularity of R&D's characteristic, a previously developed technology can help the follow-up technology to settle down easily. R&D is aiming for the development & settlement of leading technology and expanding industrial competitiveness, it is important to invest proactively.

Ⅵ. Utilization of Research Development Results

This study have developed "The Construction & Transportation R&D investment ripple effect evaluation model", which predicts the construction and transportation R&D investment's ripple effect. By analyzing the result, we can secure the appropriateness of construction & transportation R&D investment. Furthermore, it enables a quantitative and qualitative improvement of the achievements of research and development, and can improve the efficiency of budget allocation strategy to maximize the impact of investment.

R&D investment ripple effect prediction model based on the causal relationship can help to understand the diffusion system of R&D achievements and as a result, one can proactively identify and respond to the investment uncertainty factors. In addition, based on understanding the nature of the business of construction & transportation R&D, characteristics of each sub-business, and investment ripple effect, reasonable strategy for increasing the outcome of construction & transportation R&D by either business or phase can be possible.

CONTENTS

<Title Contents>

Chapter 1 Introduction ····· 1

Section 1. Research Background and Necessity ····· 1

1. Research Background ····· 1

2. Research Necessity ····· 3

Section 2. Research Objectives ····· 5

Section 3. Research Scope ····· 6

Section 4. Research Methods ····· 7

1. System Dynamics ····· 7

2. Development of Indices and Indicators for R&D Impacts ····· 9

3. Application of the Characteristics of R&D Investment and Impacts ····· 10

4. Utilization of Both Quantitative and Qualitative Data ····· 12

Section 5. Research Procedures ····· 14

Section 6. Researchers and the Segregation of Duties ····· 15

Chapter 2 Preliminary Researches ····· 17

Section 1. Definition of the Impacts of Construction and Transportation (C&T) R&D ····· 17

1. Definition of R&D ····· 17

2. Concepts of Outcome and Impacts ····· 20

3. Concepts of Impacts of C&T R&D ····· 23

Section 2. Previous Researches on Measuring Impacts of R&D ····· 29

1. Previous Researches on Measuring Impacts of R&D ····· 29

2. Existing Methods for Measuring Impacts of R&D ····· 32

Section 3. Investigation of Measurement of R&D Impacts ····· 38

1. Current States of C&T R&D Investment ····· 38

2. Current States of Measuring Impacts of C&T R&D in Korea ····· 42

3. Current States of Measuring Impacts of C&T R&D in Foreign Contries 43

4. Implications ····· 48

Chapter 3 Plans for Measuring Impacts of C&T R&D ·· 49

Section 1. Features of C&T Industries and their Technical Fields ····· 49

1. Features of C&T Industries ····· 49

2. Technical Fields in C&T Industries ····· 52
Section 2. Visions and Goals of C&T R&D ····· 55
1. Long-term Visions and Goals of Scientific Technology in Korea ····· 55
2. Visions and Goals of C&T R&D ····· 59
3. Plans for Measuring the Impacts of C&T R&D ····· 64
Section 3. Methods for Analyzing the Impacts of C&T R&D ····· 69
1. Methods for Selecting Indices to Measure the Impacts of C&T R&D ····· 69
2. Methods for Analyzing the Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 72
3. Methods for Analyzing the Impacts of Sub-business area in C&T R&D 74
4. Framework for Analyzing the Impacts of C&T R&D ····· 82

Chapter 4 Indices and Indicators for Impacts of R&D ···85

Section 1. Examination of Indices for the Impacts of C&T R&D ····· 85
1. Indices for the Impacts of R&D in Foreign Countries ····· 85
2. Indices for the Impacts of R&D in Korea ····· 92
3. Indices for the Impacts of C&T R&D ····· 101
4. Summaries of Examination of Indices for the Impacts of C&T R&D ····· 107
Section 2. Selection of Indices for Impacts of C&T R&D ····· 109
1. Selection Procedures of Indices for Impacts of C&T R&D ····· 109
2. Surveys on Indices for Impacts of C&T R&D ····· 113
3. Definition of Indices for Impacts of C&T R&D ····· 114
Section 3. Development of Indicators for Impacts of C&T R&D ····· 116
1. The Concepts of Indicators for Impacts of C&T R&D ····· 116
2. Development Procedures of Indicators ····· 119
3. Development of Indicators for Impacts of C&T R&D ····· 121

Chapter 5 Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 123

Section 1. Summaries of the Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 123
1. all-inclusive table of the Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 124
2. Economic Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 125
3. Social and Logistical Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 126
4. Environmental Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 127
5. Scientific Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 128
Section 2. Economic Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 129
1. Outlines of Measuring Economic Impacts ····· 130
2. Theories for Measuring Economic Impacts ····· 140

3. Impacts on the GDP and the Fixed Capital Formation ····· 157
4. Impacts on the Employment and the Labor Productivity ····· 171
5. Impacts on the Exports ····· 197
Section 3. Social and Logistical Impacts of C&T R&D in Macro-level 205
1. Outlines of Measuring Social and Logistical Impacts ····· 205
2. Theories for Measuring Social and Logistical Impacts ····· 209
3. Impacts on the Passenger Traffic ····· 217
4. Impacts on the Freight Traffic ····· 223
5. Impacts on the Traffic Efficiency ····· 228
Section 4. Environmental Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 233
1. Outlines of Measuring Environmental Impacts ····· 233
2. Theories for Measuring Environmental Impacts ····· 237
3. Impacts on the Final Energy Consumption ····· 245
4. Impacts on the Transportation Energy Consumption ····· 250
5. Impacts on the Final Carbon Emission ····· 254
6. Impacts on the Transportation Carbon Emission ····· 258
Section 5. Scientific Impacts of C&T R&D in Macro-level ····· 262
1. Outlines of Measuring Scientific Impacts ····· 262
2. Impacts on the Degree of Intensity and Diffusion of R&D ····· 266
3. Impacts on the Number of Researchers ····· 271
4. Impacts on the Number of Research Papers ····· 277
5. Impacts on the Patents ····· 282

Chapter 6 Impacts of Sub-Business in C&T R&D ····· 287

Section 1. Outlines of Measuring the Impacts of Sub-Business Area in C&T R&D ····· 287
1. Outlines of Analysis ····· 287
2. Causal Loop Diagrams for R&D Investment and Impacts ····· 294
3. Settings of Quantitative Variables ····· 299
Section 2. Summaries of the Impacts of Sub-Business in C&T R&D ··· 307
Section 3. Economic Impacts of Sub-Business in C&T R&D ····· 318
1. Impacts on the GDP ····· 318
2. Impacts on the Fixed Capital Formation ····· 327
3. Impacts on the Employment ····· 333
4. Impacts on the Export ····· 338
Section 4. Social & Logistical Impacts of Sub-Business in C&T R&D 345
1. Impacts on the Passenger and Freight Traffic ····· 345

2. Analysis of Time-Lag in Social and Logistical Impacts ····· 352
Section 5. Environmental Impacts of Sub-Business in C&T R&D ····· 354
1. Impacts on the Energy Consumption and the Carbon Emission ····· 354
2. Analysis of Time-Lag in Environmental Impacts ····· 362
Section 6. Scientific Impacts of Sub-Business in C&T R&D ····· 364
1. Impacts on the Number of Research Papers and Patents ····· 364
2. Analysis of Time-Lag in Scientific Impacts ····· 373

Chapter 7 Policy Implications ····· 375

Chapter 8 Conclusions ····· 385
Section 1. Applications and Expected Effects of Research Outcomes ···· 385
1. Applications of Research Outcomes ····· 386
2. Expected Effects of Research Outcomes ····· 389
Section 2. Limitations ····· 391

Chapter 9 References ····· 393

Appendices ····· 399

목 차

<제목 차례>

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구의 배경 및 필요성 ····· 1

1. 연구의 배경 ····· 1
2. 연구의 필요성 ····· 3

제 2 절 연구의 목적 ····· 5

제 3 절 연구의 범위 ····· 6

제 4 절 연구의 방법 ····· 7

1. 본 연구개발 방법론 선정: 시스템다이내믹스 ····· 7
2. 본 연구개발 방법론 선정: 파급효과 지수 개발 및 적용 ····· 9
3. 본 연구개발 방법론 선정: R&D 투자 파급 특성 반영 ····· 10
4. 본 연구개발 방법론 선정: 정량 및 정성 자료의 활용 ····· 12

제 5 절 연구의 절차 ····· 14

제 6 절 연구진 구성 및 업무분장 ····· 15

제 2 장 관련이론 및 선행연구 고찰 ····· 17

제 1 절 건설교통 R&D 파급효과 개념 및 용어정립 ····· 17

1. 연구개발의 정의 ····· 17
2. 성과평가와 파급효과의 개념 ····· 20
3. 건설교통 R&D 파급효과의 개념 ····· 23

제 2 절 R&D 파급효과 측정 관련 선행연구 및 기법 고찰 ····· 29

1. R&D 파급효과 측정 관련 선행연구 고찰 ····· 29
2. R&D 파급효과 측정 관련 기법 고찰 ····· 32

제 3 절 건설교통 R&D 파급효과 측정 현황조사 및 시사점 ····· 38

1. 건설교통 R&D투자 현황 ····· 38
2. 건설교통 R&D투자 파급효과 측정 현황 ····· 42
3. 주요국가 R&D투자 파급효과 측정 현황 ····· 43
4. 시사점 ····· 48

제 3 장 건설교통 R&D파급효과 측정방법 구상 ····· 49

제 1 절 건설교통 산업 특징 및 기술분야 ····· 49

1. 건설교통 산업 특징 ····· 49
2. 건설교통 기술분야 종류 ····· 52

제 2 절 건설교통 R&D 사업의 비전 및 목표 분석 ····· 55
1. 우리나라 과학기술 중장기 비전 및 목표 ····· 55
2. 국토해양 R&D 사업의 비전 및 목표 ····· 59
3. 건설교통 R&D사업 파급효과 측정방향 ····· 64
제 3 절 건설교통 R&D 파급효과 분석방법론 구상 ····· 69
1. 건설교통 R&D 파급효과 측정 지표 도출 방안 ····· 69
2. 건설교통 R&D 거시적 파급효과 측정 방법론 구상 ····· 72
3. 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 측정 방법론 구상 ····· 74
4. 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크 ····· 82

제 4 장 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 및 지수 정립 ···85
제 1 절 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토 ····· 85
1. 주요국가 R&D 파급효과 관련 지표 ····· 85
2. 우리나라 R&D 파급효과 관련 지표 ····· 92
3. 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 ····· 101
4. 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토 결과 ····· 107
제 2 절 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 정립 ····· 109
1. 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 도출 ····· 109
2. 파급효과 측정지표에 대한 설문조사 ····· 113
3. 건설교통 R&D 파급효과 지표 정의 및 전망값 산출방법 ····· 114
제 3 절 건설교통 R&D 파급효과지수 정립 ····· 116
1. 건설교통 R&D 파급효과지수 개념 ····· 116
2. 지표의 지수화과정 및 절차 ····· 119
3. 건설교통 R&D투자 파급효과지수 작성 ····· 121

제 5 장 건설교통 R&D 투자의 거시적 파급효과 측정 ·····123
제 1 절 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄 ····· 123
1. 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄표 ····· 124
2. 건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과 ····· 125
3. 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 ····· 126
4. 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과 ····· 127
5. 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과 ····· 128
제 2 절 건설교통 R&D 투자의 경제발전 파급효과 ····· 129
1. 경제발전 파급효과 측정 개요 ····· 130
2. 경제발전 파급효과 측정이론 ····· 140
3. 건설교통 R&D투자의 GDP와 총고정자본형성 파급효과 ····· 157

4. 건설교통 R&D투자의 고용자수와 노동생산성 파급효과 ····· 171
5. 건설교통 R&D투자의 수출액과 수출비중 파급효과 ····· 197
제 3 절 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 ····· 205
1. 인프라효율성 파급효과 측정 개요 ····· 205
2. 인프라효율성 파급효과 측정이론 ····· 209
3. 건설교통 R&D투자의 여객수송량 파급효과 ····· 217
4. 건설교통 R&D투자의 화물수송량 파급효과 ····· 223
5. 건설교통 R&D투자의 수송효율 파급효과 ····· 228
제 4 절 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과 ····· 233
1. 에너지절감 파급효과 측정 개요 ····· 233
2. 에너지절감 파급효과 측정이론 ····· 237
3. 건설교통 R&D투자의 최종에너지 소비량 파급효과 ····· 245
4. 건설교통 R&D투자의 수송수단별 에너지소비량 파급효과 ····· 250
5. 건설교통 R&D투자의 최종에너지 CO2배출량 파급효과 ····· 254
6. 건설교통 R&D투자의 수송수단별 CO2배출량 파급효과 ····· 258
제 5 절 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과 ····· 262
1. 기술혁신 파급효과 측정 개요 ····· 262
2. 건설교통 R&D투자의 R&D집약도와 R&D확산도 파급효과 ····· 266
3. 건설교통 R&D투자의 연구원수와 연구인력비중 파급효과 ····· 271
4. 건설교통 R&D투자의 논문 파급효과 ····· 277
5. 건설교통 R&D투자의 특허 파급효과 ····· 282

제 6 장 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 측정 ····· 287
제 1 절 세부사업별 건설교통 R&D투자 파급효과 측정개요 ····· 287
1. 분석개요 ····· 287
2. R&D 투자 파급과정에 대한 구조적 모형 정의 ····· 294
3. 정량변수 설정 ····· 299
제 2 절 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 총괄 ····· 307
제 3 절 건설교통 R&D 세부사업별 경제발전 파급효과 ····· 318
1. GDP ····· 318
2. 총고정자본형성 ····· 327
3. 고용자수 ····· 333
4. 수출액 ····· 338
제 4 절 건설교통 R&D 세부사업별 인프라효율성 파급효과 ····· 345
1. 국내 여객 및 화물 수송량 (공로/철도/항공) ····· 345
2. 세부사업별 국내 여객/화물 수송량 시차 분석 ····· 352
제 5 절 건설교통 R&D 세부사업별 에너지절감 파급효과 ····· 354

1. 에너지 사용량 및 CO2배출량 ····· 354
2. 세부사업별 에너지 절감량 및 CO2 절감량 시차 분석 ····· 362
제 6 절 건설교통 R&D 세부사업별 기술혁신 파급효과 ····· 364
1. 논문게재 건수 및 특허 출원/등록건수 ····· 364
2. 세부사업별 특허 출원/등록 건수 시차분석 ····· 373

제 7 장 R&D 투자 파급효과 분석 시사점 ····· 375

제 8 장 결 론 ····· 385
제 1 절 연구결과 활용방안 및 기대효과 ····· 385
1. 연구결과 활용방안 ····· 386
2. 연구결과 기대성과 및 파급효과 ····· 389
제 2 절 연구의 한계점 ····· 391

제 9 장 참고문헌 ····· 395

부 록 ····· 401

<표 차례>

[표 1-1] 시스템다이내믹스 모형과 수리경제 모형의 비교 분석 ····· 8

[표 2-1] R&D 단계별 특성과 변화 과정 ····· 19
[표 2-2] 성과와 파급효과 예시 ····· 21
[표 2-3] 파급효과의 유형 ····· 22
[표 2-4] 국토해양 R&D 특징 ····· 23
[표 2-5] R&D 투자의 파급효과 유형 및 정의 ····· 25
[표 2-6] R&D 투자의 파급효과 분석 관련 문헌 ····· 29
[표 2-7] 시스템 다이내믹스의 도식 설명 ····· 35
[표 2-8] R&D 투자 파급효과 분석 및 측정 기법 비교 ····· 37
[표 2-9] 국가 R&D 투자 규모 ····· 38
[표 2-10] 건설교통 R&D 투자규모 ····· 38
[표 2-11] 건설교통 R&D사업 종류 ····· 40
[표 2-12] ATP의 R&D 성과평가 방법론: 파급효과 중심 ····· 44
[표 2-13] R&D 투자의 사회적 효과의 평가항목 및 기준: 일본 경제산업성 ····· 46

[표 3-1] 건설교통분야 기술분류체계 ····· 52
[표 3-2] 건설교통분야 전문분야 분류코드 ····· 53
[표 3-3] 우리나라 과학기술 장기비전 및 계획 ····· 56
[표 3-4] 우리나라 과학기술 장기비전(계획)의 비전 및 목표 ····· 57
[표 3-5] 국토해양 글로벌 5대 메가 트렌드 ····· 59
[표 3-6] 미래 국토해양 7대 전망 ····· 59
[표 3-7] Green Innovation 6대 분야 ····· 60
[표 3-8] 국토해양 R&D Green-Up 30 기술 ····· 62
[표 3-9] 우리나라 과학기술 및 국토해양 R&D 사업 비전 및 목표 비교 ····· 64
[표 3-10] 건설교통 R&D 세부사업 목표분석 ····· 78

[표 4-1] 주요 국가 경쟁력 모델 ····· 87
[표 4-2] 2011년 IMD 국가경쟁력 평가부문 및 지표수 ····· 88
[표 4-3] 2011년 OECD 과학기술산업스코어보드 주요 지표들 ····· 89
[표 4-4] 북유럽 혁신모니터 성과지표 및 프레임워크 조건 구성 ····· 90
[표 4-5] 캐나다의 R&D 파급효과 측정 지표 ····· 91
[표 4-6] 우리나라 국가경쟁력 지표 ····· 94
[표 4-7] 제1차 국가연구개발사업 성과지표 ····· 95
[표 4-8] 제2차 국가연구개발사업 성과지표 ····· 97
[표 4-9] 과학기술혁신역량지표 ····· 100
[표 4-10] 건설교통 R&D 성과항목별 성과지표 ····· 102
[표 4-11] 건설기술 연구개발 성과측정지표(2002년) ····· 104

[표 4-12] 건설기술 연구개발 성과측정지표(2007년) ····· 105
[표 4-13] 연구목적 및 성과영역에 따른 성과지표 ····· 106
[표 4-14] 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토결과 ····· 108
[표 4-15] 건설교통 R&D 파급효과 측정을 위한 1차 후보지표 ····· 110
[표 4-16] 건설교통 R&D 파급효과 측정을 위한 2차 후보지표 ····· 111
[표 4-17] 건설교통 R&D 파급효과 측정 지표 ····· 112
[표 4-18] 건설교통 R&D 파급효과 주요 측정지표 설문결과 ····· 113
[표 4-19] 지표의 정의 및 전망값 산출방법 ····· 115
[표 4-20] 기존추세에 따라 전망한 건설교통 R&D투자 파급효과지수 ····· 122
[표 4-21] 3% 정율 증액투자에 따라 전망한 건설교통 R&D투자 파급효과지수 ····· 122

[표 5-1] 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄표 ····· 124
[표 5-2] 건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과 총괄표 ····· 125
[표 5-3] 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 총괄표 ····· 126
[표 5-4] 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과 총괄표 ····· 127
[표 5-5] 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과 총괄표 ····· 128
[표 5-6] R&D투자에 따른 경제발전 파급효과 분석을 위한 원시자료 ····· 135
[표 5-7] 과거추세를 반영하여 추정한 건설교통분야 R&D투자액 (2005-2030년) ····· 138
[표 5-8] 3% 정율증가 투자시나리오로 추산한 건설교통분야 R&D투자액 (2005-2030년) 138
[표 5-9] [표 5-2] 3% 정율증가 투자시나리오로 추산한 투자증가분 (2010-2030년) ····· 139
[표 5-10] 우리나라 산업별 GDP(2000-2010년) ····· 158
[표 5-11] 산업별 GDP 전망값 검증결과 ····· 159
[표 5-12] 기존추세에 따른 산업별 GDP 전망 ····· 161
[표 5-13] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 GDP 전망 ····· 163
[표 5-14] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 GDP증가액 ····· 165
[표 5-15] 우리나라 산업별 총고정자본형성(2000-2008년) ····· 166
[표 5-16] 산업별 총고정자본형성 전망값 검증결과 ····· 167
[표 5-17] 기존추세에 따른 산업별 총고정자본형성 전망 ····· 168
[표 5-18] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 총고정자본형성 전망 ····· 169
[표 5-19] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 총고정자본형성 증가액 ····· 170
[표 5-20] 우리나라 산업별 취업자수 (2000-2010년) ····· 172
[표 5-21] 산업별 취업자수 전망값 검증결과 ····· 173
[표 5-22] 기존추세에 따른 산업별 취업자수 전망 ····· 175
[표 5-23] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 취업자수 전망 ····· 176
[표 5-24] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 취업 유발자수 ····· 178
[표 5-25] 2010년 취업자수 대비 고용자수 비중 ····· 180
[표 5-26] 우리나라 산업별 고용자수 (2000-2010년) ····· 181
[표 5-27] 산업별 고용자수 전망값 검증결과 ····· 182
[표 5-28] 기존추세에 따른 산업별 고용자수 전망 (2015-2030년) ····· 184
[표 5-29] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 고용자수 전망 ····· 185

[표 5-30] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 고용 유발자수 ····· 187
[표 5-31] 우리나라 산업별 노동생산성 (2000-2010년) ····· 189
[표 5-32] 산업별 노동생산성 전망값 검증결과 ····· 190
[표 5-33] 기존추세에 따른 산업별 노동생산성 전망 ····· 192
[표 5-34] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 노동생산성 전망 ····· 194
[표 5-35] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 노동생산성 증가 ····· 196
[표 5-36] 우리나라 산업별 수출액 (2000-2010년) ····· 198
[표 5-37] 산업별 수출액 전망값 검증결과 ····· 199
[표 5-38] 기존추세에 따른 산업별 수출액 전망 ····· 201
[표 5-39] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 수출액 전망 ····· 202
[표 5-40] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 수출 유발액 ····· 204
[표 5-41] R&D투자에 따른 인프라효율성 파급효과 분석을 위한 원시자료 ····· 208
[표 5-42] 인프라 특성 변화에 따른 수송량 산출모형의 파라미터값 ····· 211
[표 5-43] R&D투자에 따른 공로 시설규모 및 효율성 산출모형의 파라미터 값 ····· 213
[표 5-44] R&D투자에 따른 철도 시설규모 및 효율성 산출모형의 파라미터값 ····· 215
[표 5-45] 우리나라 여객수송량(인 기준)과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년) ····· 218
[표 5-46] 우리나라 여객수송량(인-키로 기준)과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년) ····· 218
[표 5-47] 수송수단별 여객수송량 전망값 검증결과 ····· 219
[표 5-48] 기존추세에 따른 수송수단별 여객수송량 전망 ····· 220
[표 5-49] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송량 전망 ····· 221
[표 5-50] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송량 증가효과 ·· 222
[표 5-51] 우리나라 화물수송량과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년) ····· 223
[표 5-52] 수송수단별 화물수송량 전망값 검증결과 ····· 224
[표 5-53] 기존추세에 따른 수송수단별 화물수송량 전망 ····· 225
[표 5-54] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송량 전망 ····· 226
[표 5-55] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송량 증가효과 ·· 227
[표 5-56] 우리나라 운송수단별 여객수송효율 (2000-2010년) ····· 228
[표 5-57] 우리나라 운송수단별 화물수송효율 (2000-2010년) ····· 229
[표 5-58] 수송수단별 수송효율 시뮬레이션 검증결과 ····· 230
[표 5-59] 기존추세에 따른 수송수단별 수송효율 전망 ····· 230
[표 5-60] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 수송효율 전망 ····· 231
[표 5-61] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송효율 개선효과 ·· 232
[표 5-62] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송효율 개선효과 ·· 232
[표 5-63] R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과 분석을 위한 원시자료 ····· 236
[표 5-64] 총발열량기준 에너지열량 환산기준 ····· 239
[표 5-65] 연도별 온실가스 배출량 분석결과 ····· 240
[표 5-66] 우리나라 온실가스별 배출량 추이 ····· 241
[표 5-67] IPCC 탄소배출계수 ····· 242
[표 5-68] R&D투자에 따른 수송효율성 산출모형의 파라미터값 ····· 244
[표 5-69] 우리나라 에너지원별 최종에너지 소비량 (2000-2010년) ····· 245

[표 5-70] 에너지원별 최종에너지 소비량 전망값 검증결과 ····· 246
[표 5-71] 기존추세에 따른 에너지원별 최종에너지 소비량 전망 ····· 247
[표 5-72] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 에너지원별 최종에너지 소비량 전망 248
[표 5-73] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 최종에너지 절감효과 ····· 249
[표 5-74] 수송수단별 에너지소비량 (2000-2010년) ····· 250
[표 5-75] 수송수단별 에너지소비량 전망값 검증결과 ····· 251
[표 5-76] 기존추세에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망 ····· 252
[표 5-77] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망 ····· 252
[표 5-78] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 에너지소비량 절감효과 ·· 253
[표 5-79] 우리나라 온실가스별 배출량 및 흡수량(2000-2009년) ····· 254
[표 5-80] 에너지원별 CO2배출량 시뮬레이션 검증결과 ····· 255
[표 5-81] 기존추세에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망 ····· 256
[표 5-82] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망 ····· 257
[표 5-83] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 CO2배출 감소효과 ····· 257
[표 5-84] 분야별 CO2 배출량 및 흡수량(2000-2009년) ····· 258
[표 5-85] 수송수단별 CO2배출량 시뮬레이션 검증결과 ····· 259
[표 5-86] 기존추세에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망 ····· 260
[표 5-87] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망 ····· 260
[표 5-88] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 CO2배출량 감소효과 ····· 261
[표 5-89] R&D투자에 따른 기술혁신 파급효과 분석을 위한 원시자료 ····· 265
[표 5-90] 주요 산업별 R&D집약도 전망 ····· 266
[표 5-91] 주요 산업별 R&D집약효과 전망 ····· 268
[표 5-92] 주요 산업별 R&D확산효과 전망 ····· 269
[표 5-93] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 R&D집약도 전망 ····· 269
[표 5-94] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 R&D집약도 변화 ····· 270
[표 5-95] 우리나라 산업별 연구원수(2005-2010년) ····· 272
[표 5-96] 산업별 연구원수 전망값 검증결과 ····· 273
[표 5-97] 기존추세에 따른 산업별 연구원수 전망 ····· 275
[표 5-98] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 연구원수 전망 ····· 276
[표 5-99] 국가연구개발사업의 논문수(2007-2010년) ····· 277
[표 5-100] 산업별 연구원수 전망값 검증결과 ····· 278
[표 5-101] 기존추세에 따른 논문게재 건수 전망 ····· 279
[표 5-102] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 논문게재 건수 전망 ····· 280
[표 5-103] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 논문게재 건수 증가효과 ····· 281
[표 5-104] 국가연구개발사업의 특허등록 및 출원수 (2007-2010년) ····· 282
[표 5-105] 국가연구개발사업의 국내외 특허등록 및 출원수(2007-2010년) ····· 283
[표 5-106] 국내외 특허등록 및 출원수 전망값 검증결과 ····· 283
[표 5-107] 기존추세에 따른 특허 출원 및 등록 건수 전망 ····· 284
[표 5-108] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 특허 출원 및 등록 전망 ····· 285
[표 5-109] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 특허수 증가효과 ····· 285

[표 6-1] 세부사업별 파급효과 분석을 위한 원시자료 ····· 289
[표 6-2] 기술분야별 분류에 따른 각 세부사업별 특성 정의 ····· 292
[표 6-3] 개발단계 및 적용유형 분류에 따른 각 세부사업별 특성 정의 ····· 293
[표 6-4] 실 데이터를 기반으로 한 모형 계수 값 입력 ····· 301
[표 6-5] 모형 계수 범위 설정 및 근거 ····· 303
[표 6-6] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 GDP 유발액 ····· 308
[표 6-7] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 총고정자본형성액 ····· 309
[표 6-8] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 고용유발자수 ····· 310
[표 6-9] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 수출 유발액 ····· 311
[표 6-10] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 에너지사용 절감량 ····· 312
[표 6-11] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 CO2 배출 절감량 ····· 313
[표 6-12] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 국내여객 수송량 증대효과 ····· 314
[표 6-13] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 국내화물 수송량 증대효과 ····· 315
[표 6-14] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 논문게재건수 ····· 316
[표 6-15] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 특허출원/등록건수 ····· 317
[표 6-16] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 GDP 유발액 ····· 323
[표 6-17] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 GDP 유발액 ····· 324
[표 6-18] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 GDP 파급효과에 대한 기여도 ····· 326
[표 6-19] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고정자본형성 유발액 ····· 330
[표 6-20] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 고정자본형성 유발액 ····· 331
[표 6-21] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 고정자본형성 파급효과에 대한 기여도 ····· 332
[표 6-22] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고용유발자수 ····· 336
[표 6-23] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 고용자수 파급효과에 대한 기여도 ····· 337
[표 6-24] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 수출유발액 ····· 342
[표 6-25] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 수출유발액 ····· 342
[표 6-26] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 수출액 파급효과에 대한 기여도 ····· 344
[표 6-27] 건설교통 R&D 국내 여객 수송량 증대효과 ····· 348
[표 6-28] 건설교통 R&D 국내화물수송 증대효과 추세 ····· 351
[표 6-29] 2005-2010년도 투자금액의 각 년도 수송량 파급효과에 대한 기여도 ····· 353
[표 6-30] 건설교통 R&D 에너지 사용 절감량 ····· 358
[표 6-31] 건설교통 R&D CO2 배출 절감량 ····· 361
[표 6-32] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 에너지 절감 파급효과 기여도 ····· 363
[표 6-33] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 논문게재건수 ····· 368
[표 6-34] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 특허 출원/등록건수 ····· 372
[표 6-35] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 논문/특허 파급효과에 대한 기여도 ····· 374

[표 7-1] 타산업과 비교한 건설교통 R&D 투자대비 고용유발 비율 ····· 376
[표 7-2] 건설교통 R&D투자를 연간 100억원 증액할 경우 에너지 및 CO2저감 효과 ····· 378
[표 7-3] 건설교통 R&D 세부사업별 투자금액 및 각 파급지표에 대한 기여도 ····· 379

<그림 차례>

[그림 1-1] 국가 R&D 예산 대비 건설교통 R&D예산 비율 ····· 1
[그림 1-2] 건설교통 R&D 규모의 성장 및 투자의 필요성 ····· 2
[그림 1-3] 건설교통 R&D 투자의 파급효과 측정 및 예측 모형의 필요성 ····· 4
[그림 1-4] 연구의 목적 ····· 5
[그림 1-5] 연구의 범위 ····· 6
[그림 1-6] 연구개발 방법론 선정: 시스템다이내믹스 (SD) ····· 8
[그림 1-7] 연구개발 방법론 선정: 건설교통 R&D 파급 지표를 활용한 파급지수 산출 ····· 9
[그림 1-8] 연구개발 방법론 선정: 건설교통 R&D 파급과정의 특성 반영 ····· 10
[그림 1-9] 연구개발 방법론 선정: 정량자료 기반 모형과 정성자료 기반 모형 상호연계 ··· 12
[그림 1-10] 파급효과 측정방법론 종합 ····· 13
[그림 1-11] 연구의 절차 ····· 14
[그림 1-12] 연구진 구성 및 업무분장 ····· 15

[그림 2-1] 성과와 파급효과의 개념 ····· 21
[그림 2-2] ATP의 R&D 평가 체계 ····· 26
[그림 2-3] 산업연관표의 기본구조 ····· 34
[그림 2-4] 건설교통 R&D 성과분석 체계 ····· 42
[그림 2-5] NSF 성과평가 과정 ····· 45

[그림 3-1] 건설산업의 국가기여도 곡선 ····· 50
[그림 3-2] 미래 건설교통 산업의 역할 ····· 51
[그림 3-3] 국토해양 R&D 비전과 목표 ····· 61
[그림 3-4] 국토해양 R&D 포트폴리오 개선 ····· 63
[그림 3-5] 건설교통 R&D 파급효과 지표 도출 절차 ····· 70
[그림 3-6] 건설교통 R&D투자 거시적 파급효과 분석 모형 프레임워크 ····· 72
[그림 3-7] R&D 투자과정의 순환성 ····· 75
[그림 3-8] 시스템다이내믹스 모델 변수 정보의 출처 ····· 77
[그림 3-9] 건설교통 R&D 세부사업별 목표 ····· 79
[그림 3-10] 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 분석체계 ····· 80
[그림 3-11] 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크 ····· 83

[그림 4-1] 우리나라 국가 경쟁력 모델 ····· 92
[그림 4-2] 제2차 국가연구개발사업 성과지표 구성체계 ····· 96
[그림 4-3] 과학기술혁신역량평가지표 기본틀 ····· 99
[그림 4-4] 건설교통 R&D 성과지표 설정 절차 ····· 101
[그림 4-5] 건설교통 R&D투자 파급효과 지수 구성도 ····· 118
[그림 4-6] 지표의 지수화과정 ····· 119

[그림 5-1] 정부 R&D투자의 경제발전 파급효과 측정을 위한 인과관계도 ····· 131
[그림 5-2] 정부 R&D투자의 파급효과 측정을 위한 인과관계도 ····· 132
[그림 5-3] R&D투자에 따른 경제발전 파급효과 측정 프레임워크 ····· 133
[그림 5-4] 투자시나리오에 따른 R&D투자 파급효과 측정원리 ····· 134
[그림 5-5] R&D투자 파급효과 분석을 위한 SD 모형의 투자시나리오 설정화면 ····· 137
[그림 5-6] 산업연관표 기본구조 ····· 142
[그림 5-7] 투입계수표의 양식 ····· 144
[그림 5-8] 정부 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 측정을 위한 인과관계도 ····· 206
[그림 5-9] R&D투자에 따른 인프라효율성 파급효과 측정 프레임워크 ····· 207
[그림 5-10] 정부 R&D투자의 에너지절감 파급효과 측정을 위한 인과관계도 ····· 233
[그림 5-11] R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과 측정 프레임워크 ····· 235
[그림 5-12] 2010년도 우리나라 에너지 수급흐름도 ····· 237
[그림 5-13] 정부 R&D투자의 기술혁신 파급효과 측정을 위한 인과관계도 ····· 262
[그림 5-14] R&D투자에 따른 기술혁신 파급효과 측정 프레임워크 ····· 264

[그림 6-1] 세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형 개발 및 분석절차 · 288
[그림 6-2] 건설교통 R&D 세부사업 분석 개요 ····· 290
[그림 6-3] 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급과정 정의 ····· 295
[그림 6-4] 정량변수 설정 절차 ····· 300
[그림 6-5] 계수추정 방법 ····· 304
[그림 6-6] 모형의 행태적 타당성 검토 ····· 306
[그림 6-7] 건설교통 R&D 세부사업별 투자금액 추세 ····· 307
[그림 6-8] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 GDP 유발 추세 종합 ····· 308
[그림 6-9] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 총고정자본형성 추세 종합 ·· 309
[그림 6-10] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 고용유발 추세 종합 ····· 310
[그림 6-11] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 수출액 유발 추세 종합 ····· 311
[그림 6-12] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 에너지사용 절감 추세 종합 ····· 312
[그림 6-13] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 CO2 배출 절감 추세 종합 ····· 313
[그림 6-14] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 여객수송량 증대효과 추세 종합 ·· 314
[그림 6-15] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 화물수송량 증대효과 추세 종합 ·· 315
[그림 6-16] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 논문게재 추세 종합 ····· 316
[그림 6-17] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 특허출원/등록 추세 종합 ····· 317
[그림 6-18] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 GDP 유발액 추세 ····· 319
[그림 6-19] 건설교통 R&D 투자의 사업별 부가가치(GDP) 효과 분석자료 ····· 319
[그림 6-20] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 GDP 유발액 추세 ····· 323
[그림 6-21] 2005-2010년도 투자금액의 GDP 유발효과에 대한 시차 분석 ····· 325
[그림 6-22] 건설교통 R&D 2009년 투자의 사업별 부가가치(GDP) 효과 발현 분석자료 ·· 326
[그림 6-23] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고정자본형성 유발액 추세 ····· 327
[그림 6-24] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 고정자본형성 유발액 추세 ····· 330
[그림 6-25] 2005-2010년도 투자금액의 고정자본형성 유발효과에 대한 시차 분석 ····· 332

[그림 6-26] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고용유발자수 추세 ····· 333
[그림 6-27] 2005-2010년도 투자금액의 고용유발효과에 대한 시차 분석 ····· 337
[그림 6-28] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 수출유발액 추세 ····· 338
[그림 6-29] 1997-2012년도 공종별 해외건설 수주액 추세분석 및 비교 ····· 339
[그림 6-30] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 수출유발액 추세 ····· 341
[그림 6-31] 2005-2010년도 투자금액의 수출유발효과에 대한 시차 분석 ····· 343
[그림 6-32] 건설교통 R&D 투자의 사업별 국내 여객수송 증대효과 추세 ····· 345
[그림 6-33] 2011년 국내 여객 수송량 ····· 346
[그림 6-34] 건설교통 R&D 투자의 사업별 국내 화물수송 증대효과 추세 ····· 349
[그림 6-35] 국내 화물수송량 (2005-2010년) ····· 349
[그림 6-36] 국내선 항공 여객수 및 철도화물 수송량 ····· 351
[그림 6-37] 2005-2010년도 투자금액의 국내 여객 수송량 증대효과에 대한 시차 분석 ···· 352
[그림 6-38] 2005-2010년도 투자금액의 국내 화물 수송량 증대효과에 대한 시차 분석 ···· 353
[그림 6-39] 건설교통 R&D 투자에 따른 사업별 에너지 사용 절감량 추세 ····· 355
[그림 6-40] 건설산업 소비에너지 및 운수산업 업종별 소비 에너지 ····· 355
[그림 6-41] DICE Model ····· 359
[그림 6-42] 건설교통 R&D 투자의 사업별 CO2 배출량 절감효과 추세 ····· 360
[그림 6-43] 2005-2010년도 투자금액의 에너지 사용 절감효과에 대한 시차 분석 ····· 362
[그림 6-44] 2005-2010년도 투자금액의 CO2 배출 절감효과에 대한 시차 분석 ····· 363
[그림 6-45] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 논문게재 건수 추세 ····· 365
[그림 6-46] 건설교통 R&D 투자의 사업별 논문게재건수 (2008-2010년) ····· 365
[그림 6-47] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 특허 출원/등록건수 추세 ····· 369
[그림 6-48] 건설교통 R&D 투자의 사업별 특허 출원/등록건수 (2008-2010년) ····· 369
[그림 6-49] 2005-2010년도 투자금액의 논문게재 건수에 대한 시차 분석 ····· 373
[그림 6-50] 2005-2010년도 투자금액의 특허출원/등록 건수에 대한 시차 분석 ····· 374

[그림 7-1] 지속적인 R&D 투자의 효과 (건설 분야 GDP 유발 예시) ····· 380
[그림 7-2] 지속적인 R&D 투자의 효과 (교통 분야 GDP 유발 예시) ····· 381
[그림 7-3] 지속투자의 기술퇴보 지연 및 기술진보 촉진효과 ····· 381
[그림 7-4] R&D 선행 투자의 효과 (건설 분야 GDP 유발 예시) ····· 383
[그림 7-5] R&D 선행 투자의 효과 (교통 분야 GDP 유발 예시) ····· 384
[그림 7-6] 선행투자의 선순환 효과 ····· 384

[그림 8-1] 연구결과의 활용방안 ····· 388
[그림 8-1] 연구결과의 기대효과 ····· 390

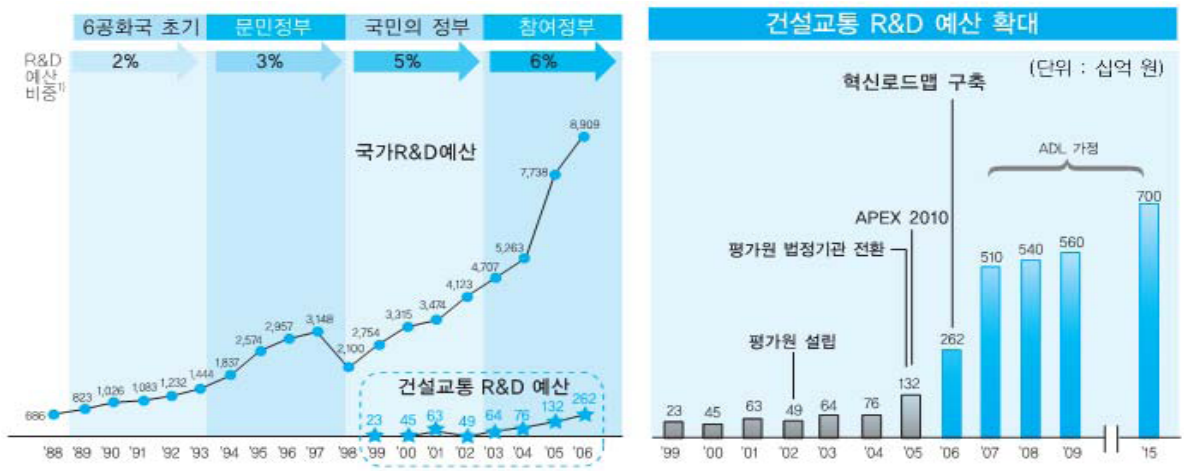
제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

경제협력개발기구 (OECD)에 따르면, 연구개발 (Research and Development 이하 R&D)이란 “인류, 문화, 사회의 지식을 포함하는 모든 지식을 새롭게 축적하거나 또는 축적된 지식을 이용하여 새로운 응용을 고안하기 위해 체계적 방법으로 수행하는 창조적 활동”을 말한다. 장기적으로 볼 때 R&D 투자는 한 경제의 기술수준과 지식수준을 결정하는 핵심요소이며, 기술과 지식수준의 향상은 한 국가의 생산성과 경제성장을 결정하는 주요한 요소라 볼 수 있다.

가속화되는 국제경쟁 속에서 R&D를 통한 원천 지식 및 기술 확보에 대한 수요가 점점 확산되고 있는 추세이다. 이에 따라, 2011년 정부 R&D 예산·기금(정부연구개발투자)은 전년대비 8.7%(11,888억 증가한 14조 8902억원이며, 정부 총지출 대비 정부연구개발예산의 편성비중은 4.8%를 차지하고 있다 ([그림 1-1 참조]).

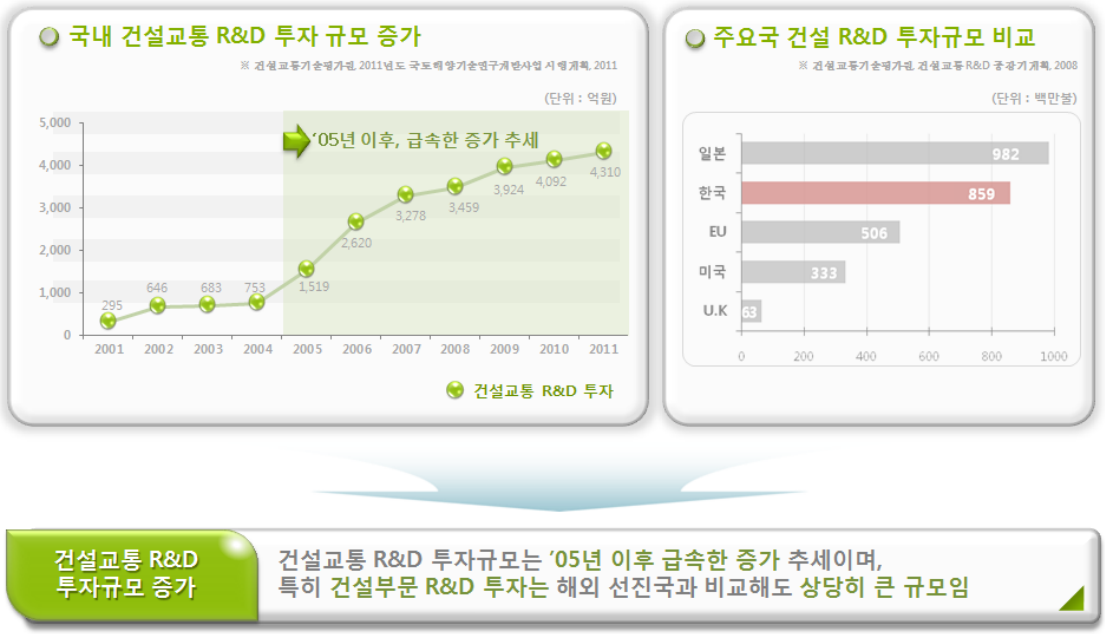


주 : 1) 국가 일반 세출예산 대비 비중
자료 : 기획예산처, 과학기술부(2006); ADL 분석

[그림 1-1] 국가 R&D 예산 대비 건설교통 R&D예산 비율

이 중 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상 등을 위한 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 타 분야 R&D에 비하여 상대적으로 중요하다고 인식된다[1]. 이에 따라 건설교통 분야도 R&D 사업에 대한 중요성을 인식하고 투자규모를 확대하여 2005년 이후 급속한 증가 추세를 보이고 있다 ([그림 1-2] 참조). 1994년에 12억 원의 예산으로 시작된 건설교통 R&D는 2011년에는 그 규모가 4,300억 원에 이르고 있다[2]. 이는 해외 선진국과 비교해도 상당히 큰 규모이다.

이에 따라 건설교통 분야에서도 R&D 사업에 따른 연구 결과 및 성과창출뿐 아니라 사회 및 경제 전반에 대한 파급효과의 기대감이 급증하고 있다.



[그림 1-2] 건설교통 R&D 규모의 성장 및 투자의 필요성

1) 한국건설교통기술평가원, 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획, 2011
2) 국토해양부 (2011). 2011년도 국토해양기술연구개발사업 시행계획

2. 연구의 필요성

대규모 금액의 투자가 이루어지는 R&D 사업의 경우, 그 파급효과를 예측 및 분석함으로써 적정한 투자규모를 산정할 필요성이 있다. R&D 사업에 대한 과지출 시에는 단기적인 재정 안정성에 위협이 될 수 있고, 과소 지출 시에는 장기적인 산업 경쟁력을 저하시킬 수 있기 때문이다. 이에 따라, R&D 투자효과 분석을 위해 산업연관분석, 시계열분석, 생산함수, 비용함수, 회귀분석 등 다양한 방법론이 활용되고 있다. 이러한 연구들은 투자금액, 관련 지표값 등 과거부터 축적된 시계열 데이터 및 변수들의 선형적인 상관관계를 통해 정량적 예측 모형을 구축함으로써, 수치적 예측 정확성을 추구한다.

그러나 R&D 투자의 파급효과는 어떤 활동이나 원인에 의해 나타나는 직접적인 결과의 범위를 넘어서, 발생한 시점의 외부환경 (경제,사회상황, 정부정책, 인식수준 등)에 영향을 받아 매우 광범위하게 발생하며, 시간의 흐름에 따라 차차 공간적으로 확산되거나 또는 현상적으로 다른 존재로 전파되는 간접적인 효과를 포함 한다[3] . 즉, R&D 투자는 연구개발 투입물, 산출물, 결과, 파급효과를 걸쳐 단계적으로 발생하며, 타 분야로 확산된다. 확산된 파급효과는 각 분야별로 상호작용하며, 각 단계별 파급효과 또한 순환적 인과성이 존재한다[4]. 이러한 단계별 파급과정에서 관련 영향요인 간 인과관계가 불분명하며, 투자가 미래 다기간에 걸쳐 발현되기 때문에 정책효과의 불안정성과 불확정성이 발생한다[5]. 이에 따라 데이터 기반의 정량적 투자 예측모형에서의 R&D 투자와 파급효과 간 관계를 분석하는 단선적·정태적 접근으로는 종합적인 파급효과 측정에서 간과하는 부분을 발생시킬 수 있다. 또한 투자의 파급과정에 대한 설명력이 부족하여 파급효과 극대화를 위한 정책 수립에 어려움을 가중시킨다.

특히, 건설교통 분야 정부 R&D 사업의 경우, 각 사업별로 예산 편성이 이루어지는데, 세부 사업 관련 축적된 데이터가 부족하고, 각 세부 사업별로 투자의 파급과정이 상이하기 때문에 데이터 기반의 계량적 예측모형 개발에 제약이 있다. 이에 따라 R&D 투자 시스템의 전반에 작용하는 여러 구성 변수들의 관계성을 파악하고, 타 변수에 대

3) Bilbao-Osorio, B. (2008). Assessing the socio-economic impacts of public R&D, Workshop on Assessing the Socio-economic Impacts of Public R&D Investment, OECD.
4) 박헌준, 오세홍, 김상준 (2004). “국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략: 시스템 다이내믹스 접근”, 한국 시스템다이내믹스 연구, 5(2), 33-66.
5) 서인석, 이동규 (2010). “R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석: System Dynamics를 활용한 시뮬레이션 분선” 정부학연구, 16(2), 91-121.

한 영향도의 동태적 변화를 포괄적으로 분석할 필요가 있다. 이는 정부 R&D 사업의 투자 우선순위 파급효과 설정과정에서 주제적·구조적 우선순위를 파악함으로써, 파급효과 극대화를 위한 정책 수립을 가능하게 한다[6].



[그림 1-3] 건설교통 R&D 투자의 파급효과 측정 및 예측 모형의 필요성

따라서 사회경제적 파급효과를 고려하여 장기적인 R&D정책을 추진하고, 국가경쟁력을 고려한 투자효과를 제고하며, R&D투자예산의 당위성 확보 및 지속적인 투자에 대한 당위성확보를 위해 건설교통 R&D 투자에 대한 과학적인 파급효과 분석 및 예측 방법론이 필요하다. 특히, 세부 사업별로 분리 발주되는 건설교통 R&D사업 특성상 거시적 레벨의 파급효과 뿐 아니라 사업별 파급효과 분석 및 예측 또한 필요하다.

6) 박헌준, 오세홍, 김상준 (2004). "국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략: 시스템 다이내믹스 접근", 한국 시스템다이내믹스 연구, 5(2), 33-66.

제2절 연구의 목적

본 연구는 건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측을 위하여 시스템다이내믹스(System Dynamics: 이하 SD) 시뮬레이션 방법론 기반 측정모형을 구축, 투자대안별 시뮬레이션을 통하여 건설교통 R&D 투자의 정량적 분석과 예측을 하는 것을 연구의 목표로 한다. 체계적인 R&D 투자 파급효과 분석을 위하여 R&D 투자를 통한 산출물에서 장기적인 국가적 파급효과에 이르는 성과확산 체계를 시스템다이내믹스 기법을 활용하여 분석하고자 한다. 또한 정량적이고 종합적인 파급효과 측정을 위하여 R&D 파급효과 측정지표 및 파급효과지수를 개발하여 시스템다이내믹스 모형에 적용한다. R&D 투자대안에 따른 파급효과 시뮬레이션을 통하여 장기적 관점에서의 R&D 투자 파급효과를 분석하고, 이를 바탕으로 향후 건설교통 R&D 투자 의사결정을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.



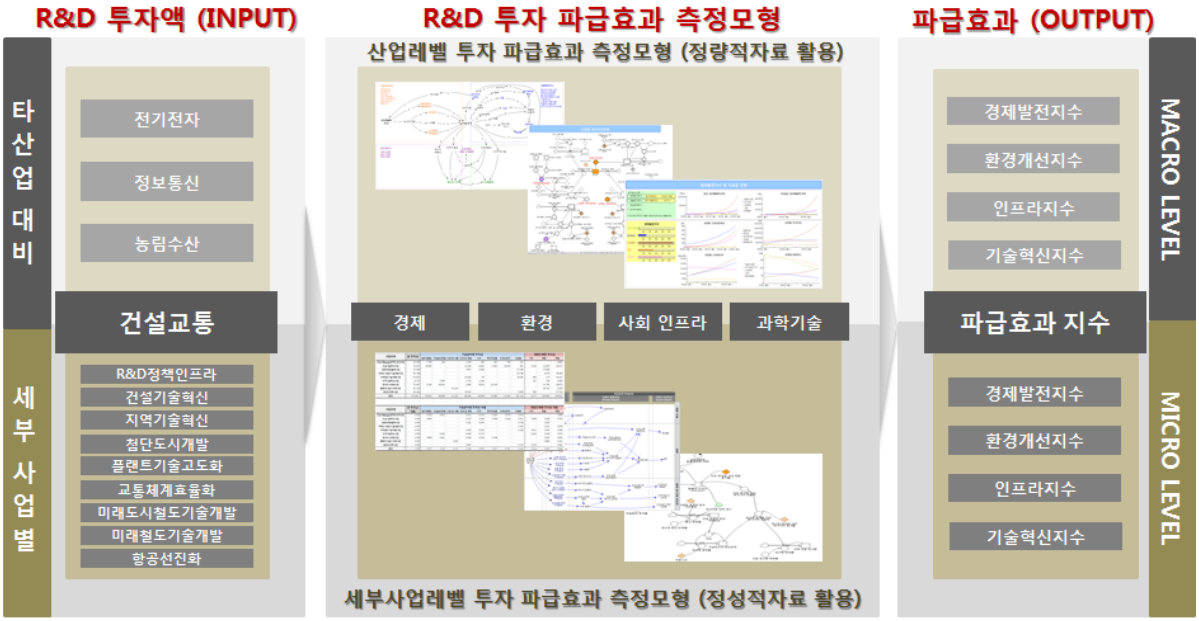
[그림 1-4] 연구의 목적

[그림 1-4] 는 과학적 파급효과 측정을 통하여 내부적으로는 합리적 의사결정 도구를 마련하고, 대외적으로는 예산 당국에 예산투자 근거 및 효과를 제시함과 동시에 궁극적으로는 건설교통 R&D 투자의 필요성과 지속적인 확대를 유도하는 본 연구의 목적을 보여준다.

제3절 연구의 범위

본 연구는 정량적 자료를 활용한 '거시적 레벨 파급효과 분석모형' (산업레벨)과 정성적 자료를 보완한 '세부사업레벨 파급효과 분석모형' 두 갈래로 개발되며, 이를 통해 파급효과측정 통합모형을 개발한다. '거시적 레벨 파급효과 분석모형'은 산업연관분석과 같은 기존 방법론을 통합하여 시계열 데이터를 활용한 계량적 예측모형 기반의 시뮬레이션 모형이다. '세부사업레벨 파급효과 분석모형'은 인과관계를 기반으로 한 구조적 모형으로 상세 투자전략 수립을 위한 시뮬레이션을 포함한다. 특히, 수치적 예측 정확성을 보완하기 위해, [그림 1-5]와 같이 '거시적 레벨 파급효과 분석모형'의 계량적 예측모형과의 상호 연동체계를 제안하고, 이를 정부 R&D 사업의 세부 사업별 파급효과 분석에 활용한다.

본 연구는 SD기반 산업레벨 / 세부사업레벨 파급효과 측정 통합모형을 개발함으로써 거시적·미시적 레벨의 분석을 가능하게 하고, R&D 투자 파급효과 분석에 있어 기존에는 블랙박스였던 부분인 R&D 투자의 파급과정에 대한 이해를 가능하게 한다는 점에서 큰 의의를 가진다.



[그림 1-5] 연구의 범위

제4절 연구의 방법

1. 본 연구개발 방법론 선정: 시스템다이내믹스

R&D 사업은 사회·경제 시스템에 미치는 중요성, 투자규모 산정을 위한 예측 필요성, 그리고 그 파급과정에 대한 불확실성 및 불안정성으로 인해 파급효과 분석 및 예측과 관련하여 지속적으로 다수의 연구가 수행되어 왔다. 각 연구들은 분석대상, 방법론, 투입 및 산출요소 등이 매우 다양하나, 주로 산업연관분석[7], 시계열분석[8], 확률변경분석[9], 자본스톡모형[10], 자료포락분석[11], 확률손실함수 [12] 등 계량적 예측모형을 중심으로 R&D 투자의 생산 효율성, 비용 효율성, 수출액, 경제적 시차효과 등 다양한 분야에 대한 분석을 실시하였다. 건설교통 분야에 대해서도, AHP, 성과데이터 간 상관관계 분석, 분산분석 등을 활용하여 R&D 투자의 파급효과 예측을 시도하고 있다[13]. 이러한 연구는 R&D 투자 시스템의 입력값 (예시: 주로 투자금액 및 시기) 과 출력값 (예시: R&D 성과 데이터 및 GDP·수출액 등 관련 지표) 에 대한 실 데이터를 기반으로 모형을 구축하기 때문에 단기적 예측에는 높은 정확성을 보일 수 있다. 그러나 제한된 변수만을 고려하기 때문에 입력변수와 출력변수 사이의 수많은 영향변수에 대한 이해 부족으로 투자효과가 발생한 근원적 원인을 탐색하는 데 어려움이 있다. 이는 투자 파급과정의 특성을 포함하지 못하며, 이에 따라 R&D 투자와 파급효과 간 관계를 분석하는 단선적·정태적 접근이 주를 이루기 때문에 종합적인 파급효과 측정에서 간과하는 부분을 발생시킬 수 있다. 이에 따라 장기적으로 효과가 발현되는 R&D 사업에 대한 분석 및 투자 극대화를 위한 전략 수립에 어려움을 발생 시킨다[14]. 이에 본 연구에서는

---

7) 권오상 (2010). “산업연관표를 이용한 R&D투자의 파급효과분석: 농림수산부문을 중심으로” 농업경제연구, 51(3), 27-45.
8) 최종서 (2009). “연구개발투자의 경제적 시차효과에 대한 시계열분석” 회계학연구, 34(1), 67-105.
9) 신범철, 이의영 (2010). “R&D투자와 수출의 생산효율성 제고 효과: SFA기법을 활용한 실증 분석” 한국기업경영학회, (17)1, 1-21.
10) 신범철 (2010). “DPD모델을 활용한 R&D투자의 생산성 효과분석: 하이텍산업과 저기술산업의 비교” 생산성논집, 24(1), 183-204.
11) Liu, C. C. (2011). “A Study for Allocating Resources to Research and Development Programs by Integrated Fuzzy DEA and Fuzzy AHP”, Scientific Research and Essays, 6(19), 3973-3978.
12) Volinskiy, D., Veeman, M., and Adamowicz, W. (2011). “Allocation of Public Funds to R&D: A Portfolio Choice-Styled Decision Model and a Biotechnology Case Study” Decision in Economics and Finance, 34(2), 121-139.
13) 박상혁, 정호영, 한승헌 (2009). “연구개발 사업의 특성을 고려한 건설 R&D의 정량적 성과측정” 한국건설관리학회논문집, 10(4), 119-128.
14) Bilbao-Osorio, B. (2008). Assessing the socio-economic impacts of public R&D, Workshop on Assessing the Socio-economic Impacts of Public R&D Investment, OECD.

복잡한 비선형 시스템에 분석적 해결책을 제공하는 모델링 방법으로, 시스템 변화의 원인을 구성 변수의 피드백 구조에서 찾는 시스템다이내믹스 (SD) 시뮬레이션 방법론을 사용한다. [그림 1-6]에서 설명하듯이, SD는 시스템 변화의 원인을 단선적인 인과관계가 아닌 순환적인 인과관계에 기초한 동태적 분석을 통해 찾으며, 산업 및 정책 등의 동태적 적응과정에 있어 의사결정을 지원한다. 즉, SD 방법론은 변수 간 인과관계를 기반으로 변수의 순환적, 동태적 상호작용을 설명함으로써 건설교통 R&D사업들의 다양한 투자 파급과정을 이해하는데 장점을 가진다.



[그림 1-6] 연구개발 방법론 선정: 시스템다이내믹스 (SD)

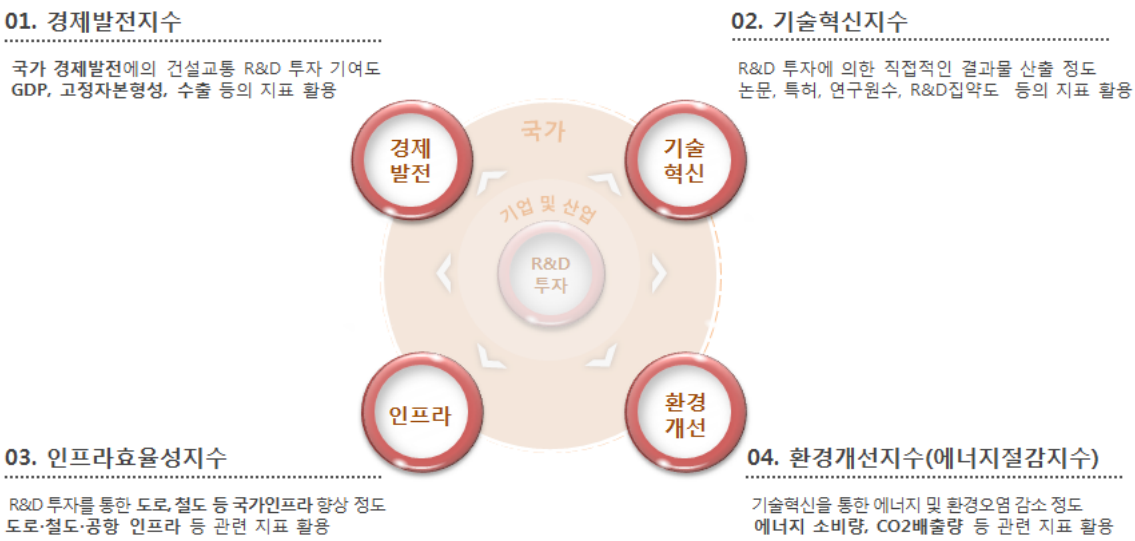
다음 [표 1-1]은 수리경제모형과 비교한 시스템다이내믹스 모형의 특징을 나타낸다.

[표 1-1] 시스템다이내믹스 모형과 수리경제 모형의 비교 분석

특성	수리경제모형	시스템다이내믹스 모형
추론 방식	기존 경험적 자료	변수간 인과관계
분석 대상	정태적 행태 (점추정)	동태적 행태 유형
분석 초점	두 변수간 상관관계	다 변수들 간의 순환관계
분석 목표	수치적 정확성 추구	구조적 정확성 추구
정책 예측	단기적 예측	장기적 예측
지식의 대상	관찰 가능한 객관적 현상	보이지 않는 피드백 구조

2. 본 연구개발 방법론 선정: 파급효과 지수 개발 및 적용

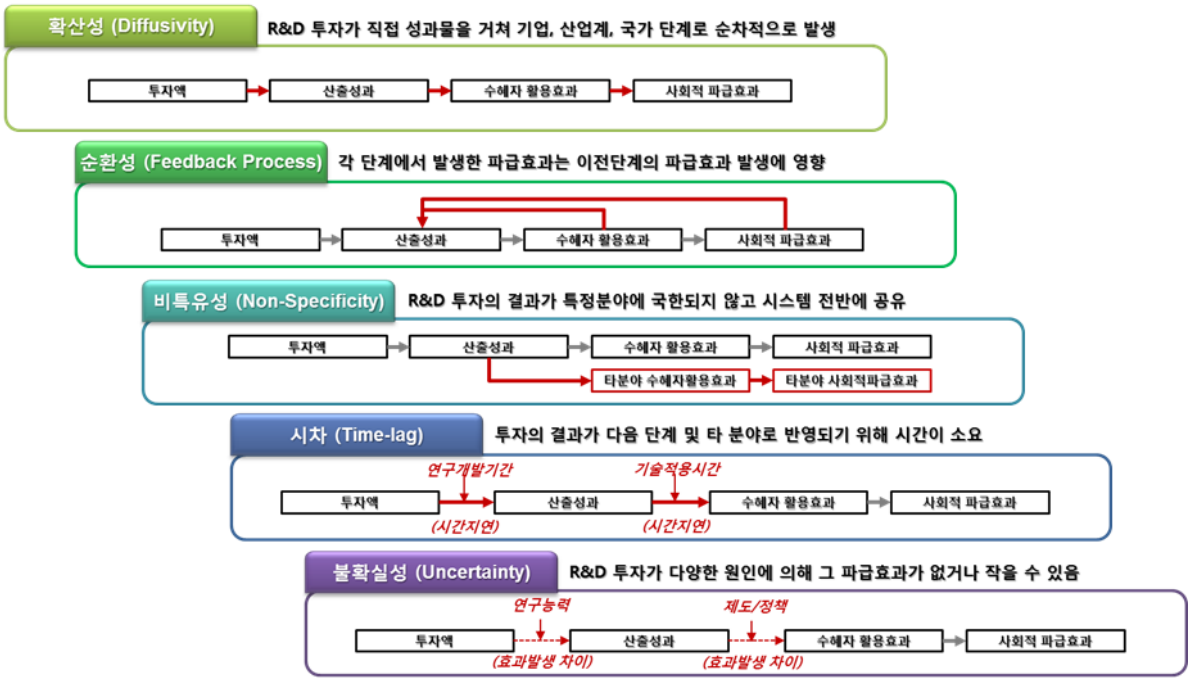
한편, 위와 같이 파급효과를 측정하더라도, 각 R&D 사업 특성에 따라 어떤 지표가 필요하며, 어떤 지표 또는 지수로 분석할 지에 대한 방법이 부재한다. 따라서 건설교통 R&D 사업에 특화되어 분석에 적합한 지표 선정 및 지수의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 건설교통 R&D 사업에 맞는 지표를 선정하고 (설문조사 및 전문가 자문 기반으로 약 30여개), 이를 통해 경제, 기술, 인프라, 환경 분야에 대한 지수를 개발한다. [그림 1-7] 과 같이 도출된 지수는 본 연구에서는 제한적으로 활용되나 향후 지속적인 개발을 통해 발전될 수 있다.



[그림 1-7] 연구개발 방법론 선정: 건설교통 R&D 파급 지표를 활용한 파급지수 산출

3. 본 연구개발 방법론 선정: R&D 투자 파급 특성 반영

건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석을 전략도출에 활용하기 위해서는 R&D투자가 어떤 파급과정을 거쳐 발현되는지, 또한 각 사업별 파급과정의 차이를 이해할 필요가 있다. 이에 따라 사업의 특성을 정의하고, R&D 투자 시스템을 구성하는 관련 변수들의 관계를 파악할 필요가 있다. 즉, R&D 투자의 파급과정을 이해하고, 장기적이고 직·간접적인 투자효과 분석하기 위해서는 예측모형 개발 과정에서 다음과 같은 R&D 사업의 특성을 이해해야 한다[15].



[그림 1-8] 연구개발 방법론 선정: 건설교통 R&D 파급과정의 특성 반영

1) 확산성 (Diffusivility): R&D 투자가 1차적인 개발 기술 등 직접 성과물을 거쳐 기업 (1차), 산업계 (2차), 국가 (3차) 단위로 순차적으로 발생한다.

2) 순환성 (Feedback Process): 각 단계에서 발생한 파급효과는 다음단계의 파급효과뿐 아니라 그 이전단계의 파급효과 발생에 영향을 준다. 즉, R&D 투자의 파급효과가 직접성과물 및 기업활용 단계 (1차)를 거쳐 산업계 (2차)에 파급되었을 때, 산업계의 변화된 특성은 직접성과물 발생 단계 및 기업 활용 단계 (1차)에서 발생하는 파급효과를 변화시킬 수 있다.

15) 서인석, 이동규 (2010). "R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석: System Dynamics를 활용한 시뮬레이션 분선" 정부학연구, 16(2), 91-121.

3) 비특유성 (Non-Specificity): R&D 투자의 결과가 특정분야, 목표분야에만 국한되지 않고 과학·기술, 경제, 사회 등 시스템 전반에 공유되는 특성이다.

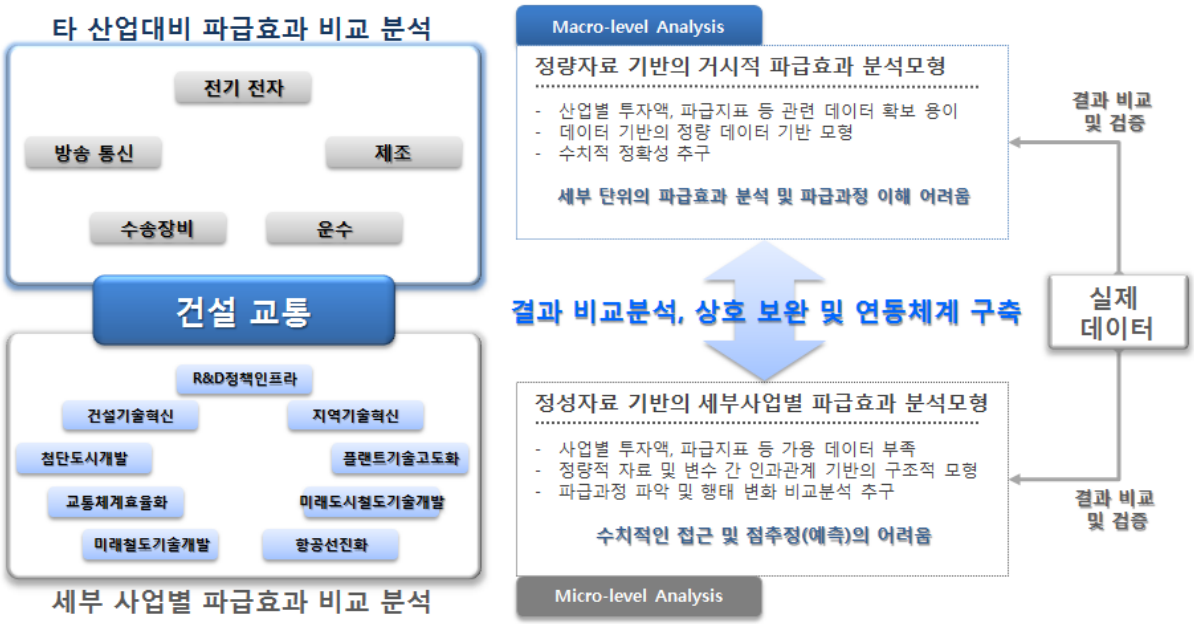
4) 시차 (Time-Lag): 투자의 결과가 확산 과정의 다음 단계 및 타 분야로 반영되기 위해 시간이 소요된다는 것이다. 이러한 시차는 시스템 내부의 다양한 변수의 영향에 의해 결정된다. 예를 들어, 건설 산업에서 생산성 개선을 위한 새로운 공사관리시스템을 개발했을 때, 그 효과가 검증된다 하더라도 건설산업의 경직성 등으로 인해 운영시스템의 확산에 상당한 시간이 소요될 수 있다.

5) 불확실성 (Uncertainty): R&D 투자가 연구 및 사업화의 실패, 목적과 상이한 결과 등 다양한 원인에 의해 그 파급효과가 없거나 작을 수 있음을 의미한다. 이러한 불확실성은 실제로 예상치 못한 외부변수에 의해 발생할 수도 있으나, 위에 설명한 특성의 잘못된 이해로 그 파급효과를 올바르게 측정하지 못함으로써 발생하기도 한다.

한편, R&D 투자의 파급효과는 어떤 활동이나 원인에 의해 나타나는 직접적인 결과의 범위를 넘어서, 발생한 시점의 외부환경 (경제,사회상황, 정부정책, 인식수준 등)에 영향을 받아 매우 광범위하게 발생하며, 시간의 흐름에 따라 차차 공간적으로 확산되거나 또는 현상적으로 다른 존재로 전파되는 간접적인 효과를 포함한다. 또한 단계별 파급과정에서 관련 영향요인 간 인과관계가 불분명하며, 투자가 미래 다기간에 걸쳐 발현되기 때문에 정책효과의 불안정성과 불확정성이 존재한다. 본 연구는 단선적 접근으로는 반영할 수 없는 위의 [그림 1-8]과 같은 R&D 투자 파급효과 특성을 SD기반의 구조적 분석을 통해 반영한다.

4. 본 연구개발 방법론 선정: 정량 및 정성 자료의 활용

건설교통 분야 정부 R&D 사업의 경우 각 사업별로 예산편성이 이루어지는데, 세부 사업 관련하여 축적된 데이터가 부족하고, 각 세부 사업별로 투자의 파급과정이 상이하기 때문에 데이터 기반의 계량적 예측모형 개발에 제약이 있다. 투자금액과 연관 지표의 과거 데이터를 바탕으로 구축되는 계량적 예측 모형과 달리, 본 연구에서 구축하는 SD 기반의 구조적 모형은 [그림 1-9] 와 같이 R&D 투자 파급과정의 공통적 특성 및 건설교통 R&D 세부 사업별 상이한 파급과정의 차이를 반영한다. 이를 위해 정량적 과거 데이터 (예: 사업별 투자금액, 성과물 발생, GDP 등 파급지표 변화추세 등) 뿐만 아니라 정성적 자료를 활용한다. 활용된 정성적 자료는 R&D의 파급단계 및 파급분야 뿐 아니라 각 단계 및 분야별 투자효과 파급에 영향을 주는 요인에 대한 기존 문헌 및 설문을 포함한다.



[그림 1-9] 연구개발 방법론 선정: 정량자료 기반 모형과 정성자료 기반 모형 상호연계

모형을 개발하기 위해 우선 건설교통 산업 전체에 대한 파급효과 측정에 있어, 활용 가능한 과거 데이터가 충분하고, 관련한 방법론이 이미 정립된 바, 산업연관분석, 회귀분석 및 시계열분석 등을 통한 거시적 레벨(산업레벨)의 파급효과 분석모형 (SD 기반 계량적 예측모형)을 구축한다. 건설교통 R&D 세부사업에 대한 파급효과 예측의 경우

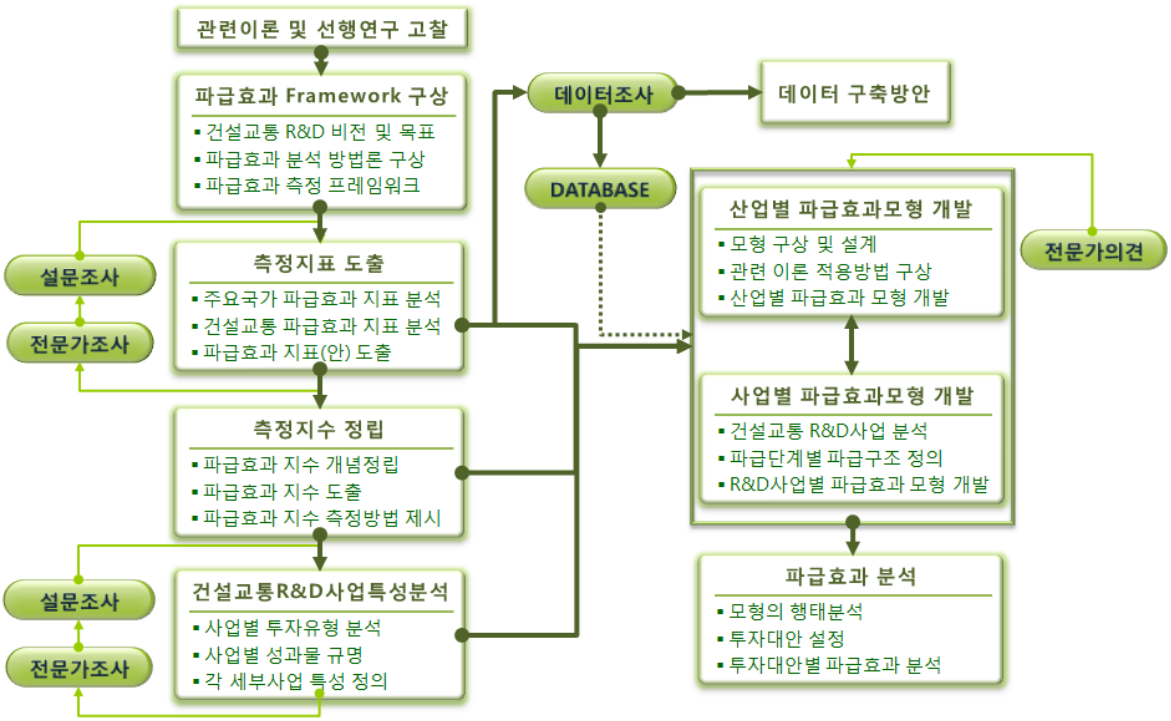
각 사업 투자금액 및 성과에 대한 과거 데이터가 부족하여 계량적 예측모형 구축이 불가능하므로, 본 연구에서는 부족한 과거데이터 기반 하에서도 구축이 가능하고, 각 세부사업별 상이한 파급과정에 대해 설명할 수 있는 정성적 자료 기반의 세부사업별 파급효과 분석모형 (구조적 모형)을 개발한다. 거시적 레벨의 파급효과 측정모형은 타 산업 대비 건설교통산업의 파급효과 비교·분석을 가능하게 할 뿐 아니라, 세부 사업별 파급효과 측정모형의 계수값 조정에 활용함으로써, SD기반 구조적 모형이 갖는 수치적 정확성의 약점을 보완할 수 있다. 마지막으로 두 모형 간 연동을 통해 수치적 약점이 보완된 SD기반 구조적 모형을 건설교통 R&D 투자의 사업별 파급효과 분석 및 투자효과 발현시기 및 정도를 분석하는 데 활용한다.



[그림 1-10] 파급효과 측정방법론 종합

제5절 연구의 절차

본 연구는, 우선 1) 관련이론 및 선행연구 고찰을 통해 파급효과 Framework를 구상하고, 2) 설문조사 및 전문가 조사를 통해 측정지표 도출, 측정지수를 정립한다. 이후 건설교통 분야 정부 R&D 사업의 특성을 분석한 후, 3) 분석된 결과를 기반으로 산업별 파급효과모형, 사업별 파급효과모형을 개발한다. 4) 모형 시뮬레이션을 통해 결과값에 대한 검증 후, 5) 각 투자대안별 파급효과 분석을 실시한다. [그림 1-11]은 이를 도식화한 것이다.



[그림 1-11] 연구의 절차

제6절 연구진 구성 및 업무분장

본 연구의 연구진은 주관연구기관인 서울대학교와 공동연구기관인 (주) 스파이어테크놀로지로 구성된다. 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크 개발, 세부사업레벨 파급효과 분석모형은 서울대학교에서, 측정지표 및 지수개발, 거시적레벨 파급효과 분석모형은 (주) 스파이어테크놀로지에서 개발한다. 통합모형의 검증 및 신뢰성 분석, 행태분석 및 투자효과 분석은 공동으로 수행한다.



주요 연구개발내용	수행주체
건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크 도출	서울대
건설교통 R&D 투자 파급효과 측정지표 및 지수 개발	STI
건설교통 R&D 산업레벨 파급효과 측정모형 개발 (타산업 대비 분석)	STI
건설교통 R&D 세부사업레벨 파급효과 측정모형 개발 (세부사업별 분석)	서울대
건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형 검증 및 신뢰성 분석	서울대/STI 공동
건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형의 행태분석 및 투자효과 분석	서울대/STI 공동

[그림 1-12] 연구진 구성 및 업무분장

제2장 관련이론 및 선행연구 고찰

제1절 건설교통 R&D 파급효과 개념 및 용어정립

1. 연구개발의 정의

연구개발(R&D)이란 새로운 지식을 획득하거나 이미 획득한 지식을 이용하여 새로운 응용을 고안하기 위해 체계적인 방법으로 수행하는 창조적인 활동이다. 최근 급속한 기술 진보와 세계경제의 새로운 패러다임인 지식기반경제의 도래로 지속적인 경제성장을 이루기 위한 기술혁신으로 R&D정책과 기술사업(R&BD) 프로그램에 대한 관심이 OECD 주요 선진국들을 중심으로 크게 부상하고 있다. 장기적으로 볼 때 연구개발 투자는 한 경제의 기술수준과 지식수준을 결정하는 핵심요소이며, 기술과 지식수준의 향상은 한 국가의 생산성과 경제성장을 결정하는 주요한 요소라 볼 수 있다.

경제협력개발기구에서는 연구개발을 연구의 성격에 따라 기초연구(basic research), 응용연구(applied research), 실험개발(experimental development) 등 3가지로 나누어 분류하고 있는데, 일반적으로 여기에 상업화연구(commercialization)를 추가하여 4가지로 구분한다[16].

- **기초연구(basic research)**

  특별한 응용이나 용도가 정해지지 않는 상태에서 어떤 현상과 관찰 가능한 사실을 이루는 토대에 대한 새로운 지식을 얻으려 하는 연구개발을 지칭한다. 따라서 상업성이 적으며 단지 지식의 진보만을 추구하는 순수기초연구와 현재 또는 미래에 광범위한 기반지식을 제공할 것이라는 기대 하에 수행되는 목적기초연구로 구분된다.

- **응용연구(applied research)**

  실질적인 활용 의도나 목적을 지향한 연구이며 일반적으로 기초연구의 성과를 바탕으로 수행한다.

16) 윤병한(2009), 연구기관의 연구개발 전략 및 투자효과 분석에 관한 연구

- **실험개발(experimental development)**

  연구나 경험에서 얻어진 기존의 지식을 바탕으로 새로운 제품을 생산하거나 새로운 공정이나 시스템을 설치하여 기존의 생산을 근본적으로 개선시키는 연구를 지칭한다.

- **상업화연구(commercialization)**

  앞에서의 기초연구, 응용연구, 실험개발연구 결과를 시장에서 거래될 수 있는 새로운 제품과 서비스로 변환시키는 연구를 의미한다.

역사적으로 R&D는 선형적 과학기술 발전의 일부분으로 인식됐었고, 사람들의 관심은 순수한 과학기술의 발전에만 집중되어 왔다. 그러나 최근 급속한 기술 진보와 세계경제의 새로운 패러다임인 지식기반경제의 도래로 인해 OECD 주요 선진국들을 중심으로 지속적인 경제성장을 이루기 위한 기술혁신으로 R&D정책과 기술사업(R&BD:Research & Business Development) 프로그램에 대한 관심이 높아지고 있다. 과거부터 현재까지의 R&D의 변화 및 발전을 구체적으로 고찰하여 보면 [표 2-1][17]와 같다.

이론적으로 R&BD는 수요자의 니즈를 파악하여 이를 연구개발에 반영하는 제4세대 R&D의 개념으로서, 시장과 R&D의 유기적 결합으로 정의할 수 있다. 특히 21세기에 급속히 변화, 발전하고 있는 시점에서 진화론적 이론에 근거하여 제4.5세대 R&D를 분석하여 보면, 혁신적 R&BD는 시장지향적인 기술개발과 기술상용화를 의미하며, 지식, 정보, 기술의 융합과 세계화 속에서 동적인 혁신화 과정으로 발전하고 있다.[18]

17) 한국산업기술재단(2008), 출연(연)의 산학연협력 활성화 방안, 김용환
18) 국토해양부(2011), 주요국의 국토해양 연구개발 정책동향 분석 연구

[표 2-1] R&D 단계별 특성과 변화 과정

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	4.5세대
시기	50~60년대	70년대	80년대	지식기반사회	지식기반사회
특성	연구형 R&D	관리형 R&D	전략형 R&D	혁신형 R&D	산학연 협력을 통한 개방형/ 세계시장형 R&D
내용	발명 등 기술적 성과중심	R&D프로젝트 관리를 통한 사업의 효율화 지향	포트폴리오, 기술로드맵 도입, 응용	시장통합을 통한 가치창출형 기술개발 + R&BD 탄생	세계시장과 기술융합을통한 가치창출형 기술개발 + R&BD 발전과 Blue Ocean
목표	R&D 자체	R&D 프로젝트	제품기술과 기존시장	신기술과 신시장의 연계, 통합	신기술 융합과 신시장의 연계, 통합과 국제화
구성주체	개인(연구소)	기업	시장/기업 (이원화)	시장+기업 (일원화)	시장+기업+국제화(일원화)
리더	과학자	기업체 관리자	마케팅+R&D	CTO →CIno	CIn0+Innovator
접근방식의 특징	과학적 발전을 위한 비제한적 연구방식	과제관리기법의 적용	기존고객의 니즈조사, 파악과 목표 기술개발	잠재니즈와 융합적, 비연속적 혁신요소, 프로세스 경합	잠재니즈와 융합적, 비연속적 혁신요소, 프로세스 경합, 국제화

2. 성과평가와 파급효과의 개념

가. 성과평가(成果評價, performance evaluation)

성과(成果, performance)의 사전상 의미는 "어떤 일을 성공적으로 해 내는 것" 또는 "일이 이루어진 결과"이고, 평가(評價, evaluation)의 사전상 의미는 "사람이나 사물의 가치나 수준 따위를 일정한 기준에 의해 따져 매김"이란 뜻이다.

경영학에서 성과평가는 기업이 이루고자 하는 목표에 얼마나 접근하였는지 진도를 점검하는 도구인 동시에 조직구성원이 목표를 달성하게끔 유도하는 기능을 한다. 또한, 대체적으로 성과평가는 업무가 수행된 후에 사후적으로 평가를 하게 되는데, 평가는 사후에 이루어지지만 현실적으로는 작업자의 작업수행과정에 영향을 미친다. 작업수행자는 사후적으로 성과평가가 이루어진다는 것을 인식하고서 미리 적절한 제어활동을 하기 때문이다. 이 점에서 성과평가는 조직구성원들로 하여금 조직이 원하는 바람직한 행동을 하도록 유도한다. 당 과제에서 성과평가란 "**비교적 짧은 기간에 어떤 일이 이루어낸 열매 즉 단기적이고 직접적인 결과의 가치나 수준을 일정한 기준에 의해 따져 매김**"라고 정의한다.

나. 파급효과(波及效果, impact)

잔잔한 호수에 돌을 던지면 물결(波)이 일어 시간이 지날수록 차차 멀리 퍼져(及) 나간다. 그러한 모습과 현상을 일컬어 파급(波及)이라고 한다. 이처럼 물결치는 모습에서 비롯된 파급이란 용어가 현재는 일반적으로 "어떠한 일의 여파나 영향이 차차 다른 데로 미쳐서 먼 데까지 이르는 것"이란 의미로 사용되고 있다.

한편 씨앗(因)을 뿌리면 그 씨앗은 주변의 환경(緣)에 영향을 받으면서 열매(果)를 맺는 「인(因)-연(緣)-과(果)」의 과정을 거친다. 이처럼 "어떤 원인에 따라 생겨나는 현상이나 원인으로부터 받는 영향"을 일반적으로 효과(效果)라고 부른다. 사회현상에서는 효과란 어떤 목적을 지닌 행위에 따라 생겨난 보람이나 좋은 열매 즉 결과와 영향을 뜻한다. 특히, 경제학적으로는 효과란 일정한 인적·물적·기술적 자원이나 기타 정보 등을 투입하여 정해진 목표를 달성한 정도로 정의되거나, 또는 투입에 비하여 나타난 산출을 금전적 가치 또는 비금전적 가치로 나타난 결과로 정의된다. 성과가 얻은 열매의 절대적 크기에 더 중점을 둔다면, 효과는 뿌린 씨앗에 비해 얻은 열매의 상대적 크기에 초점을 둔다. 또한 효과는 투입과 산출 간 최적 관계를 의미하는 효율과는 다르다.

따라서 이 연구에서 파급효과(波及效果)란 **"어떤 일의 여파나 영향이 시간의 흐름에 따라 차차 공간적으로 다른 데로 퍼져 미치거나 또는 현상적으로 다른 존재로 전파되는 직접적 효과와 간접적 효과"**를 모두 일컫는다고 정의한다.



[그림 2-1] 성과와 파급효과의 개념

성과와 파급효과 비교를 위해 자동차 생산활동 및 R&D활동을 예를 들어 보면 [표 2-2]와 같다. 자동차 생산활동의 경우, 직접적 결과물인 자동차 생산 대수를 성과로 본다면, 파급효과는 자동차 생산(성과)을 통해 달성되는 영향으로 일자리 창출, 기업 매출 증대, 자동차 시장점유율 향상 등으로 볼 수 있다. 이와 유사하게 R&D활동의 성과는 논문, 특허, 지식 및 기술의 측정 등 R&D활동을 통해서 획득가능한 직접 결과들을 지칭한다면, R&D파급효과는 연구성과를 활용하여 얻을 수 있는 품질향상, 원가절감, 신제품 개발 등으로 볼 수 있다.

[표 2-2] 성과와 파급효과 예시

구분 / 행위	성과	파급효과
	직접적 결과(1차 파동)	**일의 여파나 영향이 전파되는 것 (2차 파동, 3차파동, 4차파동 ...)**
자동차 생산활동	자동차 1000만대 생산	일자리 창출 관련 중소기업 매출 증대 자동차 시장점유율 향상
R&D활동	논문, 특허, 지식 및 기술의 축적 전문인력 양성	품질향상, 원가절감, 신제품개발, 매출증대, 산업육성, 국민편익증대

다. 파급효과의 유형

잔잔한 호수에 돌을 던져 물결이 일어 주위로 퍼져나 갈 때 퍼져나가는 속도나 모양, 크기 등 그 효과는 돌이 던져지는 강도(强度)뿐 아니라 주위의 여건 즉 수심, 바람, 부유물 등에 따라 다르게 나타날 수 있다.

이처럼 파급효과는 어떤 활동이나 원인에 의해 나타나는 직접적인 결과의 범위를 넘어서, 발생한 시점의 외부환경(경제·사회상황, 정부정책, 인식수준 등)에 영향을 받아 매우 광범위하게 그 효과를 미칠 수 있다. 따라서 파급효과는 다양한 형태로 나타날 수 있는데, 이를 관찰자의 관점에 따라 분류해 보면 [표 2-3]과 같다.

[표 2-3] 파급효과의 유형

분류 기준	파급효과 유형	의미
기간에 따른 분류	·단기 파급효과 : 5년 이내 ·중기 파급효과 : 5~10년 ·장기 파급효과 : 10년 이상	일정기간을 두고 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식
공간에 따른 분류	·근거리 파급효과 ·중거리 파급효과 ·원거리 파급효과	영향력의 공간적 도달범위 측면에서 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식
경제주체에 따른 분류	·국가경제 파급효과 ·민간시장 파급효과 ·국민생활 파급효과	경제활동의 주체인 가계, 기업, 정부에게 미치는 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식
인간활동에 따른 분류	·정치적 파급효과 ·경제적 파급효과 ·사회적 파급효과 ·문화적 파급효과 ·기술적 파급효과 ·환경적 파급효과	인간의 활동적 영역인 노동, 제작, 행위에 의해서 나타나는 사회현상 측면에서 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식
직·간접성에 따른 분류	·직접적 파급효과 ·간접적 파급효과 ·혼합적 파급효과	파급효과가 나타날 때까지의 매개체의 유무측면에서 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식
발현패턴에 따른 분류	·점진적 파급효과 ·혁신적 파급효과	파급효과의 전이 행태 및 발현강도 측면에서 파급효과를 파악하고자 하는 분류방식

위에 제시된 다양한 형태의 파급효과는 서로 배타적인 개념이 아니므로 경우에 따라 상호 중복적으로 나타난다. 따라서 파급효과를 파악하고자 할 때 굳이 모든 유형을 고려할 필요는 없으며, 분석 목적에 따라 가장 적합한 분류체계를 선택하여 사용하는 것이 바람직 할 것이다.

3. 건설교통 R&D 파급효과의 개념

가. 건설교통 R&D 개념

건설교통 R&D의 상위개념인 국토해양 R&D는 목적, 수요자, 성격, 수행주체 측면에서 타 부처와 차이가 있으며, 특히 국토해양 R&D는 녹색성장[18], 국민의 삶의 질[19], 국가발전[20] 등 공공기술 위주의 시스템 R&D이다.

[표 2-4] 국토해양 R&D 특징

구 분	국토해양부	지식경제부	교육과학기술부
목 적	공공복리 증진 경제발전에 기여	산업경쟁력 확보 기업지원	연구역량제고 원천기술확보
수요자	정부, 공공기관, 국민	기업체	대학, 연구소
성 격	시스템 R&D	제품개발 R&D	지식창출 R&D
수행주체	공공기관위주	기업위주	대학, 연구소 위주

지난 반세기 동안 건설교통산업 기술은 괄목할 만한 성과를 가져왔으나 주로 양적인 성장에 치우쳐 왔다. 그 과정에서 주택단지조성 등 단순한 형태의 시공기술이 중요하게 여겨졌으나, 부가가치를 창출할 수 있는 핵심기술개발은 저조한 편이었다. 이에 정부는 항공, 교통, 도시, 친환경 관련 기술 경쟁력의 향상을 통해, SOC 시설의 품질 향상, 부실시공 축소, 공기지연 방지, 핵심기술의 해외 의존도를 축소하고 저비용·고효율의 산업을 육성하기 위해 지속적으로 R&D 사업을 추진해 오고 있다.

따라서 이 연구에서는 **건설교통 R&D란 "정부가 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상, 국가발전 등의 목적으로 건축, 토목, 교통 분야의 새로운 지식을 축적하거나 이미 축적된 지식을 이용하여 새로운 응용을 고안하기 위해 체계적 방법으로 수행하는 창조적 활동"**이라 정의하고자 한다.

18) 저탄소 녹색성장 패러다임에 따라 CO2 배출의 40% 이상을 차지하는 건축, 교통 분야와 기후변화 적응을 위한 수자원, 해양 분야 R&D의 역할이 부각
19) 살기 좋은 국토환경 조사, 편리한 교통물류 서비스를 제공하여 국민 삶의 질 향상과 안전 확보에 기여
20) 기술경쟁력 강화를 토대로 철도, 플랜트 등 해외시장을 개척하여 새로운 국부창출의 추진 동력

나. 건설교통 R&D 파급효과 개념

앞서 정의한 파급효과 정의와 건설교통 R&D의 개념을 종합하면, **건설교통 R&D 파급효과란 "정부가 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상, 국가발전 등의 목적으로 건축, 토목, 교통 분야의 새로운 지식을 축적하거나 이미 축적된 지식을 이용하여 새로운 응용을 고안하기 위해 체계적 방법으로 수행하는 창조적 활동이 시간의 흐름에 따라 차차 공간적으로 다른 데로 퍼져 미치거나 또는 현상적으로 다른 존재로 전파되는 직접적 효과와 간접적 효과"**라고 볼 수 있다.

그러나 R&D 투자의 파급효과에 대한 개념 및 정의는 연구자의 관점 및 대상 사업별로 다르게 적용되고 있으며, R&D 산출물(output)과 파급효과(impact)를 혼용하여 사용하는 경우가 많다. 기존 R&D 파급효과에 대한 다양한 관점을 정리해보면, 크게 R&D를 통한 성과물 전체를 파급효과로 정의하는 경우와 R&D 성과물 중 국가적 관점에서의 장기적 성과를 파급효과로 정의하는 경우, 마지막으로 R&D 투자의 외부효과를 파급효과로 정의하는 경우로 구분할 수 있다.

● R&D 성과물 전체를 파급효과로 보는 관점

먼저 한국과학기술기획평가원(2009)[21]의 경우, R&D 성과물 전체를 파급효과로 정의하고 있으며 성과발생 단계 및 성과특성에 따라 파급효과의 유형을 분류한다. 성과 발생단계별 파급효과로는 산출성과(Direct Outputs), 수혜자 활용효과(Private Effect), 사회적 파급효과(Social Effect)가 있으며, 성과특성에 따른 파급효과는 과학기술적 파급효과(Science & Technological Effect), 경제적 파급효과 (Economical Effect), 사회적 파급효과 (Social Effect)로 구분하고 있다. 각 유형별 파급효과의 정의 및 세부내용은 [표 2-5]와 같다.

21) 한국과학기술기획평가원(KISTEP), 국가연구개발사업의 파급효과 추정방안에 대한 제언, 2009

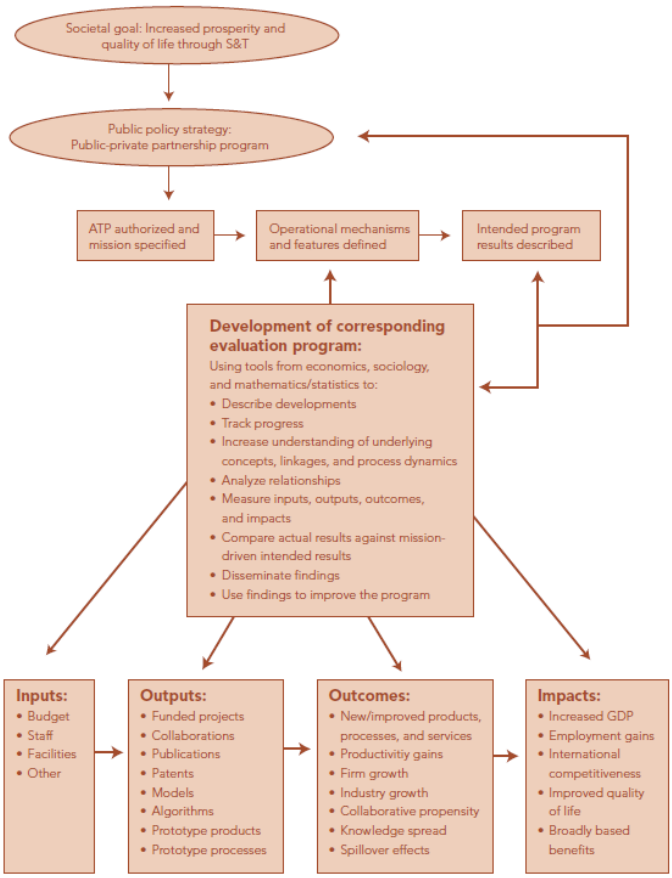
[표 2-5] R&D 투자의 파급효과 유형 및 정의

구분	용어	정의 및 세부내용
발생단계에 따른 구분	산출성과 (Direct Outputs)	- 국가연구개발사업의 수행활동으로 획득되는 산출물 (Outputs) - 핵심 성과요소 : 정량적 성과로 시제품, 산업재산권(특허, SW, 표준 등), 학술적 성과(논문,학술발표 등), 법/제도 개선을 위한 제안 등, 정성적 성과로 지식자산 축적효과, 기술력증진효과, 교육효과 등
	수혜자 활용효과 (Private Effect)	- 사업의 산출물을 활용함으로써 수혜기관이 얻는 효용으로, 직접 수혜자 효용과 간접 수혜자 효용으로 구분됨 - 직접 수혜자 효용 : 정량성과로 사업화 및 현장적용에 따른 매출증가, 비용절감, 부가가치규모, 신규 고용, 기술이전/기술지도 효과 등이 있으며, 정성성과로 연구조직/인력의 기술개발능력 향상 효과 등 - 간접 수혜자 효용 : 간접적으로 향유될 수 있는 신시장창출 규모, 부가가치 향상도, 표준화 효과, 고용창출 규모 등이 있음
	사회적 파급효과 (Social Effect)	- 국가연구개발사업을 추진함에 따라 국가 및 사회에서 발현되는 효용 - 핵심 성과요소 : 사회적 비용절감, 거시차원의 GDP/경제성장 기여도, 국가 기술수준 및 역량 강화효과, 삶의 질 제고효과 등이 있음
성과특성에 따른 구분	과학기술적 파급효과 (Science & Tech. Effect)	- 사업추진으로 실현 또는 기대되는 과학/기술경쟁력 향상 및 인력육성과 관련된 파급효과 - 핵심 성과요소 : 논문, 산업재산권(특허 등), 기술지도, 교육/세미나 및 이들로부터 파생되는 제2,3의 파생물 및 국가 기술역량 향상 효과
	경제적 파급효과 (Economical Effect)	- 사업추진으로 산업차원에서 실현/기대되는 경제적 측면의 파급효과 - 핵심 성과요소 : 경제적 효과를 창출하는 기본이 되는 시제품 및 이로 사업화로 인한 매출(수출, 수입대체 등), 비용절감(공정개선, 생산성 향상, 원가절감 등), 신규 서비스 및 이로 인한 신시장 창출규모, 국가 경제성장(GDP, 무역수지 등) 기여도 등
	사회적 파급효과 (Social Effect)	- 사업추진으로 국민/국가 차원에서 누리게 되는 파급효과 - 핵심 성과요소 : 표준, 산업규제, 지침등의 제/개정을 통한 사회복지증진(사회적 비용절감 등), 산업성장에 따라 창출되는 신규 고용촉진 효과 및 국민의 삶의 질(수명, 편의성, 효용) 향상 등

● R&D 성과물 중 국가적 관점의 장기적 성과를 파급효과로 보는 관점

미국 National Institute of Standards and Technology[22]에서는 ATP(Advanced Technology Program, 이하 ATP)라는 전문평가기관을 설립하여 공공 R&D에 대한 성과평가를 실시하고 있다. [그림 2-2] 는 ATP의 R&D 평가체계를 나타내는 도식화로서 R&D 기획부터 최종 결과물이 도출되는 전 과정에 대한 단계별 평가 프로그램을 실시하고 있는 것이 특징이며, R&D 성과물을 산출단계에 따라 구분하여 각 단계별 평가요소에 대하여 규명하고 있다.

ATP에서는 다양한 경제학, 사회학, 수학 및 통계학적인 도구를 활용하여 각 단계별 R&D 성과를 평가하고 있으며, 성과평가 대상은 R&D 투입물(Inputs), 산출물(Outputs), 효과(Outcomes), 파급효과(Impacts)로 구성된다.



[그림 2-2] ATP의 R&D 평가 체계

22) 미국 NIST (National Instite of Standards and Technology), "A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment", 2003

ATP에서는 R&D 투입요소(Inputs)를 연구과제 발주를 위한 자금, R&D 투자 프로세스를 관리하기 위한 인력, 연구과제 수행을 위한 장비 및 설비, 기타 행정비용으로 정의하고 있다. 이러한 투입요소(Inputs)를 활용하여 달성할 수 있는 1차적 성과물은 산출물(Outputs)로 정의하고 있으며, 연구과제 수행과정에서 형성되는 협력 관계, 논문, 특허, 모델 및 알고리즘 등이 산출물(Outputs)에 포함된다. ATP에서는 R&D 자금이 지원되는 연구과제 자체를 산출물(Outputs)의 하나로 정의하는 것이 특징이다.

또한 이러한 R&D 직접 산출물을 활용하여 얻을 수 있는 기업 및 산업 측면에서의 성과들인 신제품 및 새로운 서비스, 생산성 향상, 기업 및 산업 규모 성장, 기업 내 또는 타 조직과의 협력 성향, 특허와 논문의 인용 등을 통한 지식 전파, 타 기업 또는 산업에서 해당 연구 성과물을 활용하는 스필오버 효과(Spillover effects) 등을 R&D 효과(Outcomes)로 정의한다. 마지막으로 R&D 파급효과(Impacts)는 R&D 투자를 통하여 궁극적으로 달성가능한 장기적, 사회적 목표로 정의한다. R&D 파급효과에는 GDP 성장, 고용률 상승, 국가 복지/안전/환경 개선을 통한 삶의 질 향상, 국가 산업 경쟁력 향상, 국가 혁신 등을 포함한다.

일반적으로 R&D 투입물(Inputs), 산출물(Outputs), 효과(Outcomes) 및 파급효과(Impacts) 순으로 R&D 성과가 확산되는 체계이며, 각 단계별 성과물들은 서로 밀접한 연관관계를 가지기 때문에 이러한 성과물들을 평가하기 위해서는 복잡한 평가체계가 요구된다.

● R&D 투자의 외부효과(Spillover effects)를 파급효과로 정의하는 경우

일반적으로 R&D 투자가 기존의 설비투자와 구분되는 주요한 특징은 R&D에 투자하는 기업들이 R&D 투자의 결과물들을 전용(專用)하기 어렵다는 점이다. 즉, 특정기업이 수행한 R&D투자에 의해 창출된 새로운 기술지식들을 다른 기업들이 댓가를 지불하지 않고 공유하는 것을 배제하기는 거의 불가능하다. 이와 같이 어느 한 산업/지역/국가의 R&D 투자가 다른 여러 산업/지역/국가의 생산성에 영향을 주는 현상을 R&D 투자의 스필오버 효과(Spillover effects)라고 부른다. 즉, 스필오버 효과는 R&D 투자로서 발생할 수 있는 성과(performance)의 일부분으로 일종의 외부효과로 정의할 수 있다.

국내의 R&D 투자의 파급효과와 관련된 논문들을 살펴보면 스필오버 효과를 R&D 파급효과라고 지칭하는 경우가 많은 것을 알 수 있다. 장진규 (1993)[23], 서환주 외 2인

(2008)[24] 등 다수의 연구 문헌에서는 연구개발투자의 경제효과를 측정하기 위한 모형의 개발시 이와 같은 스필오버 효과의 분석의 중요성을 강조하며, 비용함수 또는 산업연관분석 등을 통하여 스필오버 효과를 정량적으로 측정하기 위한 시도를 하였다.

위에서 언급한 세가지 유형의 파급효과에 대한 정의를 살펴보면, R&D 투자의 파급효과는 관점에 따라 개념과 의미가 달라짐을 알 수 있다. 따라서 건설교통 R&D의 파급효과를 어느 관점에서 무엇에 대한 파급효과를 측정할 것인지에 대한 규정이 먼저 필요하다.

23) 장진규, 국내 제조업 연구개발투자의 파급(Spillover) 효과 분석, 기술경영학회지, 1993
24) 서환주, 이영수, 김정언, ICT 산업의 연구개발투자 파급효과분석, e-비즈니스연구, 제9권, 제4호, 2008

제2절 R&D 파급효과 측정 관련 선행연구 및 기법 고찰

1. R&D 파급효과 측정 관련 선행연구 고찰

지금까지 R&D 투자의 파급효과 분석과 관련하여 다수의 연구가 수행되어 왔으며, 각 연구들의 분석대상, 방법론, 투입 및 산출요소 등은 매우 다양하게 나타나고 있다. 본 연구에서는 기존 연구들을 파급효과 분석 대상에 따라 크게 1) 국가 R&D 투자 전반의 파급효과를 분석한 연구, 2) 특정 산업에서의 R&D 투자 파급효과를 분석한 연구, 3) 건설교통 산업에서의 R&D 투자 파급효과를 분석한 연구로 구분하여 비교분석하였다([표 2-6] 참조).

[표 2-6] R&D 투자의 파급효과 분석 관련 문헌

제목	측정방법론	측정대상
A. 국가 R&D 투자의 파급효과 분석 관련 문헌		
R&D 투자의 총 요소생산성 효과에 대한 국제비교_우리나라와 OECD 및 주요 국가를 중심으로 (2010)	▪단순패널 고정효과모형 ▪총요소생산성은 회귀분석으로 추출	R&D 투자에 따른 총요소생산성 탄력성
산업구조의 변화와 R&D투자의 산업간 기술흐름 패턴_한국과 일본산업의 스필오버효과를 중심으로 (2006)	▪산업연관분석	기술 집약 연관효과 기술 확산 연관효과 산업간 기술흐름
공공기관의 연구개발(R&D)투자에 대한 경제적 파급효과 분석_ETRI 경우 (2010)	▪산업연관분석	생산유발액, 수입유발액, 부가가치유발액, 취업유발인원
연구개발투자의 경제적 시차효과에 대한 시계열분석 (2009)	▪이익모형과 주가모형의 시계열분석	이익모형과 주가모형의 시계열 추정결과
R&D 투자촉진을 위한 재정지원정책의 효과분석 (2009)	▪시계열분석	R&D 투자 대비 기업반응 (기업 R&D 투자변동, 사용자비용)의 탄력성
고용창출을 위한 정부연구개발투자 정책방향 (2008)	▪생산함수 ▪시차분포 모형 ▪벡터자기 회귀모형	고용 산출량 산업별 부가가치 산업별 GDP
공공부문의 연구개발투자의 경제적 효과연구 (2000)	▪생산함수 ▪제2세대 내생적 성장모형	자본, 노동, 연구개발 탄력성
R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석_SD를 활용한 시뮬레이션 분석 (2010)	▪시스템 다이내믹스	R&D투자정책의 인과관계 다이어그램

제목	측정방법론	측정대상
R&D투자와 미래 경제적 효익의 불확실성 (2005)	▪회귀분석	향후 5년 동안의 경상이익 표준편차
A study for allocating resources to research and development programs by integrated fuzzy DEA and fuzzy AHP(2011)	▪Fuzzy DEA ▪Fuzzy AHP	비용 효율성
Allocation of public funds to R&D-A portfolio choice-styled decision model and a biotechnology case study(2011)	▪Bayesian ▪의사결정지원 ▪확률손실함수	최적 예산 분배 조합
R&D project evaluation- An integrated DEA and Balanced scorecard approach(2008)	▪DEA ▪BSC	감가상각, 성과개선, 단결성, 시너지 등
Optimal decision indices for R&D project evaluation in the pharmaceutical industry- Pearson index versus Gittins index(2007)	▪SPRT(Sequential Probability Ratio Test)	파급효과 관련 지수
Key Success Factors for R&D Project Commercialization(2003)	▪자료조사 ▪설문조사	주요 성공요인 (기대이익, 기술기회, 개발리스크, 독점조건)
Value Cycle and Innovation Management under Uncertainty: A System Dynamics perspective on R&D Investments in Biotechnology (2001)	▪시스템 다이내믹스 (System Dynamics)	생산자의 기술 적용율의 변동 추세
B. 산업별 R&D 투자의 파급효과 분석 관련 문헌		
ICT산업의 연구개발투자 파급효과분석(2008)	▪생산함수 Hausman 감정	파급효과(비율)
시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구(2006)	▪생산함수 ▪회귀분석	산업별 R&D 시차 총요소생산성 변화
공공부문의 R&D 투자가 IT산업에 미치는 파급효과분석(2010)	▪산업연관분석	생산유발액 고용유발효과 취업유발인원
산업연관표를 이용한 R&D투자의 파급효과분석_농림수산부분을 중심으로(2010)	▪산업연관분석	GDP 증가효과(전방효과) R&D 지출 한계효과
제약산업 R&D 투자 효과 분석(2003)	▪VAR모형을 활용한 투자효과 검증	R&D 투자 증가비율에 따른 경상이익 반응
청정생산 R&D 정부출연금의 기업 R&D 투자에 대한 효과분석(2011)	▪회귀분석	R&D투자에 대한 보완 및 대체효과
한국농업의 생산성 변화에 있어 규모효과와 R&D 투자효과(2010)	▪비용함수	요인별 생산성변화율

제목	측정방법론	측정대상
DPD모형을 활용한 R&D투자의 생산성 효과분석_하이텍산업과 저기술산업의 비교(2010)	▪Dynamic Panel Data 모형 ▪R&D 자본스톡 모형	R&D 투자 생산성 효과
정보통신기술산업에서 R&D 투자가 총요소생산성에 미치는 파급효과 분석 (2007)	▪생산함수	총 요소생산성 R&D 스톡
한국 농업 R&D 투자 효과 분석(2002)	▪비용함수 ▪시차구조	추정계수별 추정치
정보통신연구개발투자의 경제적 효과 연구(2000)	▪생산함수	탄력성(부가가치, 총요소생산성)
IT분야의 신성장동력에 대한 연구개발 투자의 경제적 파급효과 분석 (2010)	▪산업연관분석 (RAS법으로 수정)	생산유발효과 부가가치유발효과 고용유발효과
녹색성장전략 달성을 위한 산업별 R&D 투자의 경제적 성과분석(2011)	▪완전동태모형 (Dynamic Computable general Equilibrium model)	GDP
C. 건설교통분야 R&D 투자의 파급효과 분석 관련 문헌		
건설R&D사업의 효율성평가를 위한 DEA 연구 (2007)	▪자료포락분석(DEA:Data Envelopment Analysis)	논문편수, 특허, 실용신안, 의장등록 등
연구개발 사업의 특성을 고려한 건설 R&D의 정량적 성과측정 (2009)	▪자료조사 ▪전문가자문 ▪AHP ▪분산분석	생산성, 지식축적, 인력양성, 공공/복지, 국제협력 등의 성과 영역별 40가지 지표
건설 R&D 성과의 경제적 파급효과 분석 (2010)	▪자료조사 ▪설문	비용 절감액
BSC를 이용한 건설R&D 스타기술의 성과분석 방법론 개발 (2008)	▪BSC(Balance Score Card) ▪AHP	비용절감액 (input data를 AHP를 이용하여 비용절감액으로 환산)
건설기술연구개발 투자의 경제효과 분석과 적정투자규모 (1997)	▪다기준 의사결정 분석	건설기술 연구개발 투자의 적정규모
건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구 (2003)	▪DEA ▪생산함수 ▪산업연관분석	특허건수, 논문편수, 생산유발효과, 고용유발효과

기존 연구들에서는 산업연관분석, 시계열분석, 생산함수, 비용함수, 회귀분석, DEA 등의 방법론을 활용하여 R&D 투자의 파급효과를 정량적으로 측정하고 있다. 그러나 각 연구에서 정의하는 R&D 투자의 파급효과는 생산유발액, 부가가치유발액, 총요소생산액, 비용절감액, 국가 및 산업 GDP 등으로 경제적 파급효과 중 일부분만 다루고 있는 한계가 있다.

2. R&D 파급효과 측정 관련 기법 고찰

가. 생산함수 (Production Function)

생산함수는 투자 대비 파급효과를 도출하는 보편적인 방법론으로서 많은 기존 연구들이 생산함수를 기반으로 한다. 코브더글러스함수(Cobb-Douglas function)가 가장 대표적인 생산함수로서 여러 가지 형태가 있는데, 기본형은 각 생산요소가 증가하면 선형으로 산출량이 증가하는 것으로 나타나기 때문에, 기존 연구들은 한계효용이 적용되어 산출량이 체감하는 것을 반영하는 등, 함수에 수정을 가하여 보다 현실에 가까운 결과를 구하고자 한다.

$$P = bL^{k}C^{1-k}$$

P:산출량, L:노동투입량, C:자본투입량, b:상수, k:상수

함수식의 수정방법에 따라 각 연구의 특성이 달라지는데, 일부 연구에서는 연구개발투자의 시차를 고려하여 시차회귀모형을 적용하기도 한다. (이경석 외 2인, 2006)[25] 이러한 생산함수는 다양한 투입량 대비 단일 산출량의 관계를 명료하게 나타내어, 투입량 별로 산출량에 미치는 영향, 즉 투입효율성을 산출하기 용이하나, 모든 투입요소 및 산출요소를 금액으로 환산하기 때문에 왜곡이 생기기 쉽고 다양한 산출변수들을 동시에 고려하기 어렵다는 점이 있다. (유금록, 2004)[26]

나. 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis, DEA)

자료포락분석 방법론 또한 R&D 투자의 파급효과 분석에 많이 활용되고 있다. 자료포락분석은 관련 요소들에 가중치를 부여하여 다양한 투입요소가 다양한 산출요소를 생산하는 의사결정단위(Decision Making Unit)의 효율성을 구하는 비모수적 방법론으로서, 이 방법은 가장 효율적인 투입요소군(DMU) 대비 상대적 효율성을 측정할 수 있으며, 금액으로 환산하기 어려운 투입요소들도 적용 가능하다는 장점이 있다. 가장 일

25) 이경석, 박병철, 이덕희 (2006), “시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구”, 한국통신학회논문지 ‘06-2, Vol.21, No.2B, pp. 154-163
26) 유금록, “공공부분의 효율성 측정과 평가-프론티어분석의 이론과 적용”, 대영문화사, 2004)

반적인 모형으로는 Chames, Cooper 및 Rhodes(1978)[27]가 소개한 CCR모형이 있다.

$$E_k = \frac{\sum_{r=1}^{s} y_{kr} u_{kr}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ki} v_{ki}}$$

E_k:효율성, y_{kr}:r번째 산출물의 수량, u_{kr}:r번째 산출물에 대한 가중치,
x_{ki}:i번째 투입요소의 수, v_{ki}:i번째 투입요소에 대한 가중치

[자료포락분석에 이용하는 CCR모형의 예]

자료포락분석은 다양한 투입요소들의 동일 변수로 환산하여 가중치를 설정할 필요가 없으며, 다양한 산출요소를 동시에 고려할 수 있다는 장점이 있으나, 의사결정단위(DMU) 간의 상대적 효율성을 측정하는 모형으로 각 투입요소들이 산출요소에 미치는 절대적인 영향을 산출할 수 없으며 비효율투입요소들 간의 효율성의 우열순위를 측정할 수 없다는 단점이 있다.

다. 산업연관분석 (Inter Industry Analysis)

산업연관분석은 산업 간의 누적되는 투입 및 생산의 파급효과를 분석할 수 있다는 점에서 R&D투자의 외부효과인 스필오버 효과(Spillover effect)를 반영가능하다는 장점이 있다. 산업연관분석은 1936년에 Leontief가 고안한 방법론으로서 투입산출분석이라고도 하며, 주요 산업들에서 생산되는 산출량과 각 산업의 제품을 생산하기 위해 필요한 재화를 행렬로 구성한 산업연관표[28]([그림 2-3] 참조)를 이용하여 산업 간의 영향도 및 의존도를 분석하는 방법론이다.

27) Chames, Cooper, and Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", Eur. J. Opl. Res. 2, 429-444
28) 한국은행, 2009년 산업연관표, 2011

〈그림 I-1〉 산업연관표의 기본구조

		내생부문					외생부문					수입(공제)	총산출액
		1	…	j	…	n	중간수요계	소비	투자	수출	최종수요계		
내생부문	1	X_{11}	…	X_{1j}	…	X_{1n}	W_1	C_1	…	I_1 …	E_1	Y_1	M_1	X_1
	:	:		:		:	:	:		:	:	:	:	:
	i	X_{i1}	…	X_{ij}	…	X_{in}	W_i	C_i	…	I_i …	E_i	Y_i	M_i	X_i
	:	:		:		:	:	:		:	:	:	:	:
	n	X_{n1}	…	X_{nj}	…	X_{nn}	W_n	C_n	…	I_n …	E_n	Y_n	M_n	X_n
	중간투입계	U_1	…	U_j	…	U_n								
외생부문	피용자보수	R_1	…	R_j	…	R_n								
	영업잉여	S_1	…	S_j	…	S_n								
	고정자본소모	D_1	…	D_j	…	D_n								
	순생산세	T_1	…	T_j	…	T_n								
	부가가치계	V_1	…	V_j	…	V_n								
총투입액		X_1	…	X_j	…	X_n								

[그림 2-3] 산업연관표의 기본구조

일반적으로 각 국가별로 산업연관표를 작성하고 있으며 국내의 경우 한국은행이 정기적으로 작성 및 연장하고 있고, 가장 최근 개정판으로는 2009년도 산업연관표가 있다. 많은 산업부문간의 파급효과를 측정하는 것은 어렵기 때문에 역행렬을 이용하여 산업 간의 유발효과를 도출하며, 최종수요가 발생하였을 때 각 산업부문으로 파급되는 생산유발효과의 크기를 계측하기 위하여 투입계수를 이용하여 생산유발계수를 도출한다.

가장 기본적인 수급방정식으로부터 도출한 생산유발계수 행렬이 아래의 우변 $(I-A)^{-1}$ 이며, 이 생산유발계수는 국산과 수입을 구분하지 않는다.

$$X = (I - A)^{-1}(Y - M)$$

X:총산출액벡터,I:단위대각행렬,A:투입계수행렬,Y:최종수요벡터,M:수입액벡터

[(I-A)-1형 생산유발계수 기본식]

산업연관분석은 통계자료 및 실측 자료를 바탕으로 작성하는 산업연관표를 이용하여 산업 간의 누적되는 투입 및 생산의 파급효과를 예측할 수 있으나, 투입이 생산에 미칠 때까지의 시간차를 반영하기 어렵고, 지속적인 투입 및 생산이 상호간에 미치는 누적효과를 고려하기 어렵다는 한계점이 있다.

라. 시스템 다이내믹스(System Dynamics)

시스템 다이내믹스 기법은 미국 MIT 대학의 J.Forrester (1961)[29] 에 의해 처음 개발되어 사회경제적 시스템을 분석하는데 널리 사용되고 있으며 복잡한 비선형 시스템에 분석적 해결책을 제공한다.

[표 2-7] 시스템 다이내믹스의 도식 설명

도식	설명	
A →(+) B	모든 다른 조건들이 같을때	변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 증가(감소)시킨다.
A →(-) B		변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 감소(증가)시킨다.
A ⟶ B	변수 A와 변수 B 사이의 인과관계 충족에 중대한 시간 지연을 포함한다.	
Flow	시스템에서 Stock을 변화시키는 변화율(Rates) 또는 흐름(Flow)으로 정의한다.	
Stock	시스템의 결과로 저장되는 변수로써 저량(Stock) 또는 수준(Level)으로 정의한다.	

시스템 다이내믹스는 과거의 행동에 영향을 받고 미래의 행동을 조정하는 피드백 프로세스를 기본원리로 한다. 따라서 정성적인 인과관계와 파급과정을 도식화하여 명시하는데 용이하지만, 정량적 측정 과정에서 투입변수의 선정과 인과관계의 사용자 주관적 판단의 도입 등의 부분에서 비판의 여지가 있다. 또한, 미래예측에서는 양 또는 음의 발산 및 수렴 등의 추세 탐색에 용이하나, 과거 데이터의 취득의 한계로 인하여 정량적인 값을 예측하는데 있어 어려움이 있다.

이와 같은 한계에도 불구하고, R&D 투자정책의 효과성에 대한 장기적인 순환효과 및 그 연구를 통한 정책설계의 체계적 접근을 위해 시스템 다이내믹스 방법론을 활용한 연구는 유용하다고 판단된다[30]. 기존 대부분의 R&D 투자 파급효과 관련 문헌들에

29) Forrester, J., Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridege, Mass., 1961
30) 서인석, 이동규, R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석:System Dynamics를 활용한 시뮬레이션

서는 R&D 투자와 파급효과를 선형관계로 가정함에 따라 장기적 파급효과를 종합적으로 분석하는데 어려움이 있다는 점을 고려해 볼 때, 시스템 다이내믹스를 활용한 R&D 투자 파급효과 분석은 R&D 투자와 관련된 변수들의 연쇄적 인과관계와 이들을 통해 나타나는 결과들의 연쇄반응을 통해 R&D 시스템 전체를 분석할 수 있다는 점에서 유용한 방법론으로 판단된다.

마. R&D 투자 파급효과 측정기법 비교 분석

생산함수, 자료포락분석, 산업연관분석, 시스템 다이내믹스 등 각 파급효과 측정 기법들은 분석 대상 및 범위에 따라 장단점을 지니고 있기 때문에, 어느 특정 방법론이 파급효과 측정에 더욱 효과적이라는 판단을 내리기는 어렵다. 예를 들어 생산함수의 경우, R&D 투입요소와 산출요소를 금액으로 환산하여 파급효과를 측정하기 때문에 정량적인 파급효과 측정에는 용이하지만 결과값이 왜곡되기 쉬우며 다양한 변수들의 영향을 판단하기가 쉽지 않다. 자료포락분석은 R&D 투자를 통한 상대적 효율성 증가 정도를 판단할 수는 있지만, 산출요소에 미치는 절대적인 영향을 산출할 수 없으며 비효율 투입요소들 간의 효율성의 우열순위를 측정할 수 없다는 단점이 있다. 산업연관분석의 경우, 정기적으로 개정하는 산업연관표를 활용함으로써 주요 산업들에 대한 투자 파급효과를 측정하기는 용이하지만, 투입부터 영향까지 미치는 시차 반영이 어려우며, 투입량의 누적효과 고려가 쉽지 않다. 시스템 다이내믹스는 R&D 투자에서 파급효과로 이어지는 흐름에 대한 인과관계의 규명과 다양한 변수들에 대한 복합적인 고려가 가능하다는 장점이 있지만, 정성적인 변수의 정량화 및 각 변수간 정량적 관계 규명이 선행되어야 한다는 문제점이 있다. 기존 연구 결과들을 종합하여 각 파급효과 분석 및 측정 기법에 대한 주요 파급효과 분석 대상, 한계점 등을 정리하면 [표 2-8]과 같다.

분석, 정부학연구, 제 16권 제2호, 2010, pp91-121

[표 2-8] R&D 투자 파급효과 분석 및 측정 기법 비교

구분	생산함수	자료포락분석	산업연관분석	시스템 다이내믹스
목적	다수의 투입량의 변화가 단일 산출량의 변화에 미치는 영향의 정도를 측정	다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 얻기 위해 사용하는 의사결정단위들의 상대적 효율성을 측정	다수의 주요 산업들간의 영향도 및 의존도를 분석하여 산업별 투자 대비 생산량을 측정	복잡한 비선형 시스템에 분석적 해결책을 도출
투입 요소	▪투자금액 ▪투입인력 ▪R&D투자액	▪투자금액 ▪투입인력	▪투입금액 ▪투입중간재 ▪투입노동량	R&D 예산
산출 요소	▪GDP ▪경상이익 ▪이산화탄소 배출량	▪논문 수 ▪특허 ▪연구비 계약액	▪중간수요 ▪중간투입의 생산액	총 인구 국내총생산 기술 수준
측정 요소	총생산성 요소생산성 탄소배출 절감비율	기술효율성 규모효율성	생산 유발효과 고용 유발효과 부가가치 유발효과	투입 요소 대비 추세변동
특징	Cobb-Douglas 함수가 가장 기본적 한계효용이 적용되어 산출량이체감하는 것을 반영하는 등, 함수에 수정을 가하여 사용 가능함.	CCR 모형이 가장 기본적 다른 단위의 투입 및 산출요소를 가중치 설정 없이 적용 가능함.	정기적으로 개정하는 산업연관표를 활용함. 주요 산업들에 대한 투자의 파급효과(Spillover)를 측정하기 용이함.	인과관계 및 동태적 해석에 용이 초기 값의 변화에 따른 추세 변동의 민감도 분석 용이
한계점	투입요소와 산출요소를 금액으로 환산하기 때문에 왜곡이 생기기 쉬움. 투입요소가 다양한 변수에 미치는 영향을 파악하기 어려움.	의사결정단위(DMU)간의 상대적 효율성을 측정하는 모형으로 각 투입요소들이 산출요소에 미치는 절대적인 영향을 산출할 수 없음. 비효율투입요소들 간의 효율성의 우열순위를 측정할 수 없음.	투입부터 영향까지 미치는 시차 반영이 어려움. 투입량의 누적효과의 반영이 어려움.	인과관계에 따라 수많은 변수들이 연관되어 동태적으로 분석되는 특징을 반영할 수 있도록 뒷받침할 수 있는 기초데이터의 확보가 어려움

제3절 건설교통 R&D 파급효과 측정 현황조사 및 시사점

1. 건설교통 R&D투자 현황

가. 건설교통 R&D 투자규모

2011년 정부 R&D 예산·기금(정부연구개발투자)은 전년대비 8.7%(11,888억) 증가한 14조 8,902억원이며, 정부 총지출 대비 정부연구개발예산의 편성비중은 4.8%이다 ([표 2-9] 참조). 이 중 국토해양 R&D는 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상 등을 위한 공공기술 위주의 시스템 R&D로서 정부의 역할이 타 분야 R&D에 비하여 상대적으로 중요하다[31]. 건설·교통 R&D 사업은 1994년 12억 원의 규모로 시작하였으나 산업의 성장과 해외시장 진출확대를 위해 2010년 기준 국토해양분야 33개 사업에 총 5,750억 원을 투자하였다. 이는 14.8조원의 정부 R&D 예산 대비 4% 수준이며 R&D 수행 부처들 중 5번째 규모로 2005년 이후 연평균 30% 이상 증가하고 있는 상황이다 ([표 2-10] 참조).

[표 2-9] 국가 R&D 투자 규모

[단위: 억원]

구 분	2007	2008	2009	2010	2011
국가 R&D 예산	97,629	110,784	123,437	137,014	148,902

[표 2-10] 건설교통 R&D 투자규모

[단위: 억원]

구 분	2006	2007	2008	2009	2010
국토해양 R&D	3,017	4,294	4,730	5,613	5,750
건설교통 R&D	2,280	3,277	3,459	3,924	4,092
해양 R&D	737	997	1,271	1,689	1,658

또한 2006년 사업 개편 이후 사업단 및 연구단 중심의 과제로 추진되어 대형과제의 비중이 증가되고 있는 추세이다 (06년 전체 9%, 224억원에서 10년 전체 50%, 2,024억원으로 증가).

31) 한국건설교통기술평가원, 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획, 2011

나. 건설교통 R&D 투자 분야

2011년 현재 한국건설교통기술평가원에서는 총 10개의 건설교통분야 연구개발사업을 진행 중이며, 각 사업의 목적, 내용, 규모 등을 정리하면 [표 2-11]과 같다[32]. 건설분야의 등 , 건설기술혁신사업, 플랜트기술고도화 사업, 첨단도시개발사업, 지역기술혁신사업 등 총 4개의 연구개발사업을 진행중이며, 교통분야의 경우 교통체계효율화사업, 미래철도기술개발사업, 미래도시철도기술개발사업, 항공선진화사업 등 총 4개 사업, 정책 및 기획 분야는 R&D 정책인프라 사업, 건설교통연구기획사업 등 총 2개 사업을 진행중이다.

각 연구개발사업 하위에는 수십여 개의 사업단, 연구단 및 일반과제가 있으며, 각 사업별 투자규모는 적게는 20억 원에서 많게는 800억원에 이르는 등 타 산업분야와 비교해 볼 때, 적지 않은 R&D 예산을 투입하고 있다.

32) 한국건설교통기술평가원, 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획, 2011

[표 2-11] 건설교통 R&D사업 종류

분야	R&D 사업	사업목적	사업내용 (연구과제)	사업규모
건설	건설기술혁신사업	차세대 지속가능한 도로 및 초장대 교량 기술개발, 친환경 첨단 물관리 시스템 및 지능형 시설물관리 네트워크 기술 개발, 첨단재료 개발 및 IT 기술을 접목한 프로세스 혁신 등 건설기술 전반의 혁신을 도모	차세대 지능형 미래도로기술, 고성능·고효율의 장수명 교량 기술 및 차세대 친환경 수자원기술 개발, 첨단건설재료 및 프로세스 개발, 재해·안전대응기술 개발	▪계속사업 ▪2011년 730억 -사업단: 2개 -연구단: 14개 -일반과제: 25개
	플랜트기술고도화 사업	대규모 고부가가치 플랜트 건설사업에 요구되는 핵심공정, 기본설계 및 플랜트 실증을 통해 국내 플랜트 현장에 적용하고 해외 플랜트 수출 증대를 통한 국부 방출	역삼투압방식 해수담수화플랜트를 개발하여 전세계 해수담수화 시장의 우위를 지속적 유지, 해외 가스플랜트 시장에 진입할 수 있는 LNG 액화 신공정, 액화플랜트 설계 독자기술개발	▪계속사업 ▪2011년 424억 -사업단: 2개
	첨단도시개발사업	유비쿼터스 기반의 지속가능한 자연공생형 주거환경을 구축하고 첨단 복합공간 창출 및 도시구조 재생을 통한 초일류 첨단도시 건설	U-Eco City, 초고층복합빌딩, 도시재생, 지능형국토정보기술혁신, 헬스케어 스마트 홈, 대공간 건축물, 친환경 첨단해체, 한옥기술 등	▪계속사업 ▪2011년 675.7억 -사업단: 4개 -연구단: 5개 -일반과제: 7개
	지역기술혁신사업	자연재해, 기후변화, 지역애로기술 등 지역에 특화된 실용기술개발 발굴 지원을 통해 지역R&D역량 제고 및 건설산업경쟁력 제고	전국을 7대 권역으로 구분하고 지역의 기술수요와 애로요인에 따라 권역별 특화된 건설기술을 도출하여 연구개발 지원	▪계속사업 ▪2011년 675.7억 -연구단: 5개 -일반과제: 7개 -기획연구: 6개
교통	교통체계효율화 사업	선진국대비 높은 교통비용 절감 및 교통기술 강국으로 도약 등을 목표로 유비쿼터스 시대 교통환경 및 기후변화, 교통여건 변화를 대비하는 도로교통기술과 급변하는 물류환경에 대응하는 물류시스템 기술개발	저비용·고효율의 복합 수송체계를 실현하고 신속·안전·편리한 환경친화적 교통체계를 확립하기 위해 지능형교통체계, 미래형교통시스템, 물류시스템 등 3개 분야 기술개발	▪계속사업 ▪2011년 534억 -사업단: 3개 -일반과제: 14개

	미래철도기술 개발사업	첨단 기술을 접목한 미래형 친환경 철도시스템 개발 및 독자적인 철도기술 확보를 통한 미래 성장 동력산업의 기술기반 조성	철도시스템을 고효율화 · 고속화하고, 접근성이 높고 친환경적인 철도기술을 개발하며, 최첨단 기술을 접목하여 경제적인 미래형 철도시스템을 개발	▪계속사업 ▪2011년 432억 -사업단: 1개 -연구단: 3개 -일반과제: 10개
	미래도시철도 기술개발사업	대중교통서비스의 질 향상과 국가 경쟁력 강화를 위한 새로운 도시철도시스템 기술개발 지원	•100㎞/h급 무인운전 자기부상시스템 개발 •도시철도 차량·시설분야 표준화체계 구축 및 핵심장치 개발 •무가선 저상트램(5모듈 1편성) 개발 •도시철도 터널·차량의 오염물질 제어기술 개발 등	▪계속사업 ▪2011년 825.38억 -사업단: 1개 -연구단: 4개 -일반과제: 3개
	항공선진화 사업	세계 항공안전기술산업을 선도하는 항공강국 실현을 위하여, 차세대 항공기 제작 원천기술과 인증 인프라를 선진화하고 항행시스템 국산화, 고부가가치 항공정비기술 및 항공사고예방기술 등 개발 추진	•항공기 제작 · 인증 원천기술, 정비 등 사고예방 기술개발 •지능형 공항운영시스템 및 차세대 항행시스템 개발	▪계속사업 ▪2011년 451억 -사업단: 1개 -연구단: 4개 -일반과제: 3개
정책, 기획	R&D 정책·인프라 사업	R&D사업의 효율적 추진을 위한 정책개발, 건설생산성 향상을 위한 기술 인프라 구축 및 연구개발의 사업화와 연계시킬 수 있는 지원체계 확립	R&D사업을 효율적으로 추진하며 연구성과를 확산하고 활성화시키기 위한 R&D 정책 · 인프라 구축 및 사업화 연구개발과제 지원	▪계속사업 ▪2011년 99억 -정책개발 -기술인프라·표준화 -창업사업
	건설교통연구 기획사업	미래 건설교통기술발전을 선도하고, 녹색성장 견인 및 지속적인 신성장동력 창출을 위한 미래핵심기술 등에 대한 기획	신규 연구개발사업의 기술 · 경제적 타당성조사 수행, 추진전략 및 추진계획 수립	▪계속사업 ▪2011년 20억

2. 건설교통 R&D투자 파급효과 측정 현황

건설교통 R&D의 경우 국토해양부 산하 건설교통기술평가원(KICTEP)이 연구개발사업에 대한 종합적인 계획을 수립하고 사업기획관리, 예산 조정·배분을 하며, 이후 연구개발 성과조사 및 분석을 통해 기술이전 및 사업화에 이르는 전주기적 R&D 관리를 담당하고 있다[33].

건설교통기술평가원에서의 건설교통 R&D에 대한 성과조사는 1) 연구개발사업의 투입 및 산출성과 조사, 2) 연구성과를 수집하고 종합하여 체계화된 자료 제공, 3) 건설교통 R&D의 연도별·사업별·지표별 성과동향 분석, 4) 성과분석 결과를 신규사업(과제)의 발굴 및 기획, 계속과제의 진도관리에 피드백 등의 4가지 주요 목적을 지닌다.

건설교통 R&D 성과조사는 계속과제 또는 종료 후 익년부터 5년 이내 과제를 대상으로 하며, 연구성과 특성에 의해 분류된 성과지표를 연구성격 및 수행규모에 따라 구분하여 조사한다. 당해연도 성과조사가 마감되는 4/4분기 이후에 수집된 연구성과에 대한 분석을 실시하며, 분석체계는 [그림 2-4]와 같다.



[그림 2-4] 건설교통 R&D 성과분석 체계

현재 R&D 투자의 파급효과에 대한 분석은 경제적 파급효과를 중심으로 이루어지고 있으며, 1) 참여기업의 실현매출액 분석, 2) 연구성과 현장적용 및 비용절감효과 분석,

33) 한국건설교통기술평가원, 건설교통기술연구개발사업 성과관리매뉴얼, 2009

3) 연구개발사업에 투입된 자본이 건설교통산업 경제에 미치는 기대효과 분석, 4) 건설교통 R&D사업이 산업군 전체에 미치는 기대효과 분석 등 연구개발사업에 미치는 직접적 성과와 건설교통 산업에 미치는 간접적 성과에 대해 분석한다.

그러나 경제적 파급효과의 측정을 위한 정략적인 지표와 측정 방법이 정립되어 있지 않고 연구자의 주관에 따라 파급효과 측정이 이루어짐에 따라 측정결과의 객관성이 떨어지는 한계점을 지니고 있다.

3. 주요국가 R&D투자 파급효과 측정 현황

가. 미국의 R&D 파급효과 측정 현황

미국의 경우 1980년대까지는 프로젝트 평가에 있어 통일된 평가체계가 구축되지 않아 개별 부처에서 다양한 방식으로 평가가 진행되었으며, NIST(국립기술표준원)에서는 ATP(Advanced Technology Program)를 이용해 프로젝트를 평가하였다[34]. 1990년대 이후 GPRA(Government Performance and Results Act) 시행이후 예산배분과 재정운영과 관련된 유용한 정보를 제공하는데 한계가 있다는 지적이 제기됨에 따라 사업성과를 개선하고 예산배분과 사업성과를 연결하기 위한 기반을 제공하이 위한 진단도구로서 2002년에 PART(Program Assessment Rating Tools)를 도입해 체계적인 평가를 하기 시작하였다[35].

● NIST의 ATP(Advanced Technology Program)

ATP(Advanced Technology Program)란 1988년 제정된 일괄무역경쟁력법(Omnibus Trade and Competitive Act)에 기초하여 국립표준기술원(National Institute of Standard Technology)에서 실시하는 프로그램이다[36]. 주요 목표로는 중요한 과학 시술적 발견 및 기술의 상업화를 촉진하고, 경쟁전 단계기술의 개발과 응용을 지원하여 기술을 고도화시키는데 있으며, 국가의 장기적인 이윤을 위해 기초연구와 제품개발의 중간단계에서 리스크가 높은 기술 가운데 상업적 잠재력이 기대되는 기술을 대상으로 하는 지원 프로그램이다.

34) 한국조세연구원, R&D 사업의 성과관리와 재정지원 개선 방안, 2009
35) 한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 유형별 성과평가 논리모형 개발에 관한 연구, 2010
36) 한국과학기술기획평가원, 국제비교를 통한 R&D 경제성분석 신뢰성 확보 연구, 2011

ATP에서는 투입(input), 산출(output), 결과(outcome), 파급효과(impact)로 구성되는 단계적 R&D 성과 논리모형을 기본틀로 성과평가를 실시하고 있다. 이 프로그램의 내용중에는 R&D 파급효과를 R&D 투자를 통하여 궁극적으로 달성가능한 장기적, 사회적 목표로 정의하고 있으며, 파급효과에는 GDP 성장, 고용률 상승, 국가 복지/안전/환경 개선을 통한 삶의 질 향상, 국가 산업 경쟁력 향상, 국가 혁신 등이 포함되어 있다.

ATP에서는 평가 목적에 따라 분석적·개념적 모델링(Analytical/conceptual modeling of underlying theory), 설문조사(Survey), 사례연구(Case study), 계량경제 및 통계적 분석(Econometric and statistical analysis), 사회 관계적 분석(Sociometric and social network analysis), 출판물의 통계적 분석(Bibliometics), 과거 사례 추적 (Historical tracing), 전문가 판단(Expert judgement) 등 다양한 성과평가 방법들을 활용하고 있다. 이 방법들 중 파급효과(impact) 측정과 관련된 방법들을 정리하면 [표 2-12]와 같다.

[표 2-12] ATP의 R&D 성과평가 방법론: 파급효과 중심

방법론 (Method)	설명 (Description)	활용 예시 (Example of use)
사례연구-경제적 추정 Case study-economic estimation	서술적 사례연구 방법론에 비용-편익분석과 같은 방법론을 활용한 경제적 효과의 정량화 추가	프로젝트의 이익이 얼마나 비용(R&D 투자)을 초과하는지 추정
계량경제 및 통계적 분석 Econometric and statistical analysis	통계학, 수리경제학, 계량경제학적인 도구를 활용하여 경제 및 사회적 현상을 분석하고 향후 경제적 효과를 예측	공공 R&D가 민간 R&D 투자에 미치는 영향 분석
사회 관계적 분석 Sociometric and social network analysis	직접 관찰, 설문조사, 통계적 분석을 통하여 사회적 행위 및 관련 경제적 효과에 대한 이해	R&D를 통해 축적된 지식의 전파를 촉진하기 위한 최적 프로젝트 구성 도출
과거 사례 추적 Historical tracing	R&D로부터의 성과 추적 및 성과로부터 성과에 영향을 미치는 요인 역추적	공공 R&D 프로젝트와 프로젝트 종료 후 발생하는 주요 성과와의 관계 규명

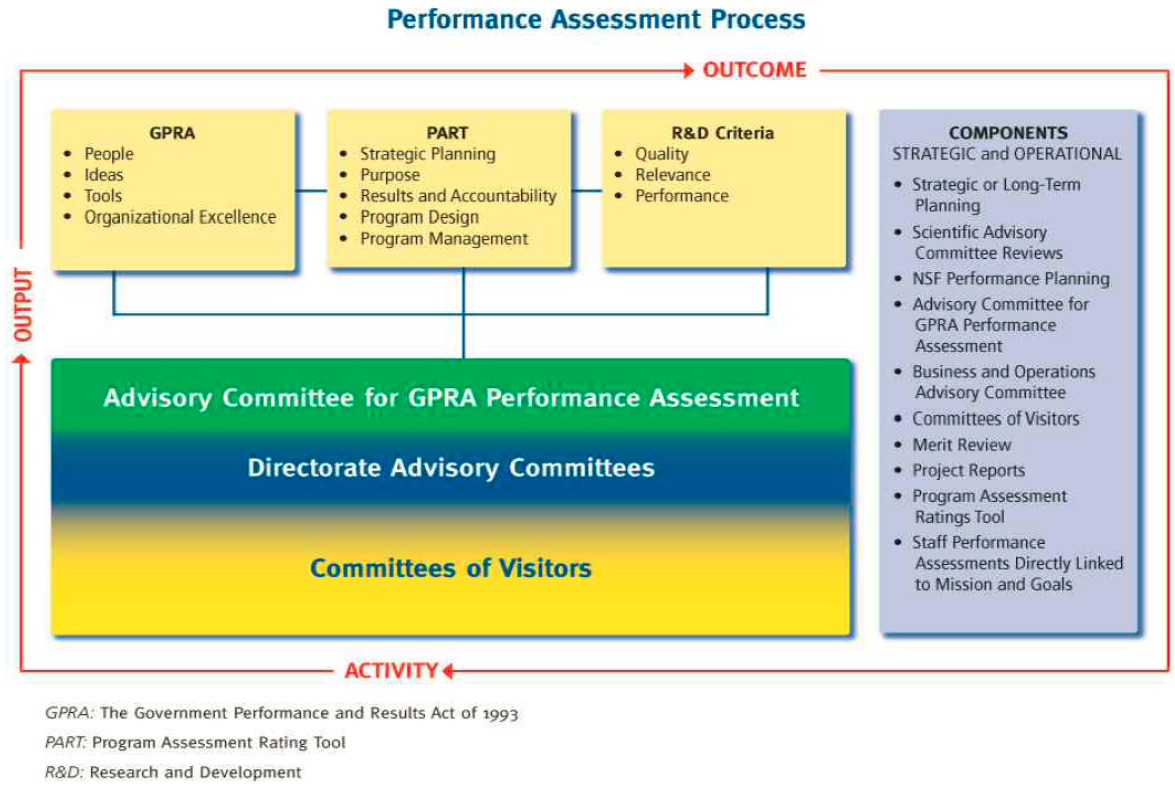
● 국립과학재단(NSF)의 PART(Program Assessment Rating Tools)

PART는 사업기획, 전략계획, 집행관리, 성과결과의 총 4단계별 질문과 답변 체계로 구성되어 있으며, 각 단계별 평가지표는 공통질문(25개)과 사업유형별 추가질문(19개)로 구성된다[37]. PART의 평가배점은 프로그램 목적·설계(20%), 전략계획(10%), 관리

37) 한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 유형별 성과평가 논리모형 개발에 관한 연구, 2010

(20%), 결과·책임성(50%)로 구성되며 특정 질문별 가중치가 부여되어 각 단계별 점수로 환산된다.

PART를 수행하기 위하여 미국의 국립과학재단(NSF)에서는 연구개발 활동(Activity), 산출물(Output), 결과(Outcome)의 순환관계로 구성된 성과평가 체계를 따른다.



[그림 2-5] NSF 성과평가 과정

이 중 전략 차원의 R&D 결과(Outcome)는 전략적 혹은 장기계획, NSF 성과계획서, 자문위원회 검토, GPRA 성과평가를 위한 자문위원회 구성을 통하여 성과관리를 하고 있다.

나. 일본의 R&D 파급효과 측정 현황

일본 경제산업성(Ministry of the Economy, Trade, and Industry)은 정책 및 산하 독립행정법인에 대한 평가를 실시하고 있으며 정책의 필요성, 효율성, 유효성 등의 관점에서 자체평가를 실시하고 있다[38]. 경제산업성에서는 프로젝트 수명주기에 따라 사전평가-모니터링-중간평가-모니터링-사후평가-추적평가로 구성된 각 단계별 R&D 성

과평가 체계를 활용하고 있으며, 각 단계별로 이해관계자 인터뷰 및 설문조사, 성과지표에 의한 분석, 동료평가, 외부 전문가 평가 등의 방법들을 다양하게 활용하고 있다. 이 중 추적평가의 경우, 주로 프로젝트 산출물의 파급효과를 평가하기 위하여 실시하며, 평가 내용은 R&D 결과의 산업 및 사회적 효과, 현재 관점에서의 프로젝트 평가로 구성된다[39]. 이 중 산업 및 사회적 효과의 평가항목 및 기준의 예시는 [표 2-13]과 같다.

[표 2-13] R&D 투자의 사회적 효과의 평가항목 및 기준: 일본 경제산업성

평가항목	기준
과학기술분야에 미치는 영향	실용화 정도 R&D 산출물이 기술분야에 미치는 영향 기술분야에서의 국제경쟁력 향상
연구소 및 기업에서 R&D 역량에 미치는 영향	지식의 축적 R&D활동 촉진 기술분야에서 인적자원에 미치는 영향력
경제적 효과	시장창출효과 경제적 파급효과 산업구조의 변화 및 산업발전
삶과 사회적 수준 향상	에너지 문제해결 환경문제 해결 건항, 삶의 질 향상
정책계획에 대한 피드백	향후 프로젝트에 대한 피드백 정책계획에 대한 피드백

38) KISTEP, 주요국 R&D기관평가제도 사례분석 및 시사점, 2009
39) 한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 유형별 성과평가 논리모형 개발에 관한 연구, 2010

다. 유럽의 R&D 파급효과 측정 현황

유럽에서는 R&D 사업의 효과를 측정하기 위한 노력과 함께 프로그램의 설계와 프로젝트의 선정 과정에서도 장기적인 파급효과를 고려하기 위한 다양한 방법론 및 평가 기준을 개발하고 있다. 대표적인 프로그램으로 EUREKA Initiative를 들 수 있는데, EUREKA에서의 평가 목적은 다음과 같다.

- 국가간 R&D 결과의 부가가치 측정
- 유럽에서의 경쟁력 확보에 대한 공헌 정도 확인
- 성공 스토리 발견
- 모니터링 프로젝트 실행
- 전략적 리뷰를 위한 노력
- EUREKA Initiative의 가시성 향상
- 지속적인 EUREKA 계획의 향상

4. 시사점

일반적으로 공공 R&D 투자의 궁극적인 목표는 국가 안전, 경제 발전, 복지 및 환경 등 사회·경제적 목표 달성에 있으며, 효과적인 R&D 투자 정책 수립을 위해서는 R&D 투자의 사회·경제적 목표 달성 여부를 판단 및 예측하기 위한 체계적인 파급효과 측정이 요구된다.

건설교통 R&D는 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상 등의 공공적 측면에서의 파급효과가 큼에 따라 타 분야 R&D에 비하여 정부의 역할이 상대적으로 중요하며, 이러한 인식을 토대로 최근 우리나라의 건설교통 R&D 투자 규모가 급속히 증가하고 있다. 급격한 건설교통 R&D 투자 규모 증가와 함께 R&D 투자 성과의 측정 및 관리에 대한 관심도 증대되어 건설교통기술평가원에서는 체계적인 성과관리체계 수립 및 성과지표 개발을 통하여 R&D 사업에 대한 성과관리를 실시하고 있다. 하지만 아직까지는 파급효과 측면에서의 성과지표 및 관리를 경제적 파급효과에 국한되어 있다는 한계가 있다.

이에 반하여 미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서는 파급효과의 측정 및 관리에 대한 중요성에 대한 인식을 바탕으로 다양한 분야의 R&D 파급효과에 대하여 체계적인 측정 및 관리를 시도하고 있다. 미국의 경우 ATP 및 PART에서 R&D 투자를 통한 직접 성과물(output)과 파급효과(outcome 또는 impact)를 구분하여 다양한 방법으로 파급효과를 측정하고 있으며, 일본의 경우 R&D 투자의 사회적 파급효과를 과학기술분야, R&D 역량, 경제적 효과, 삶과 사회적 수준 향상 등의 항목으로 구분하여 세부 평가지표 및 기준을 수립하여 관리하고 있다. 유럽 또한 R&D 사업의 효과를 측정하기 위한 노력과 함께 프로그램의 설계와 프로젝트의 선정 과정에서도 장기적인 파급효과를 고려하기 위한 다양한 방법론 및 평가기준을 개발하고 있다[40].

이처럼 선진국에서는 R&D 투자에 대한 파급효과에 대한 체계적인 측정 및 관리를 하고 있는 것에 비하여, 우리나라 건설교통 R&D 투자의 파급효과 측정은 경제적 파급효과 중심으로 건설교통 R&D 투자의 궁극적 목표 달성 여부를 판단하고, R&D 투자 정책 수립을 위한 기초자료로서 활용하기에는 다소 부족한 편이라 할 수 있다.

해외 선진국의 R&D 투자 파급효과 측정현황을 종합해보면, 우리나라 건설교통 R&D의 파급효과 측정의 한계를 극복하기 위해서는 다양한 분야의 파급효과에 대한 고려와 각 분야별 객관적이고 정량적인 파급효과 측정지표 및 측정방법론 개발이 필요하다는 결론을 내릴 수 있다.

---

40) 한국과학기술기획평가원, 국가연구개발사업 유형별 성과평가 논리모형 개발에 관한 연구, 2010

제3장 건설교통 R&D파급효과 측정방법 구상

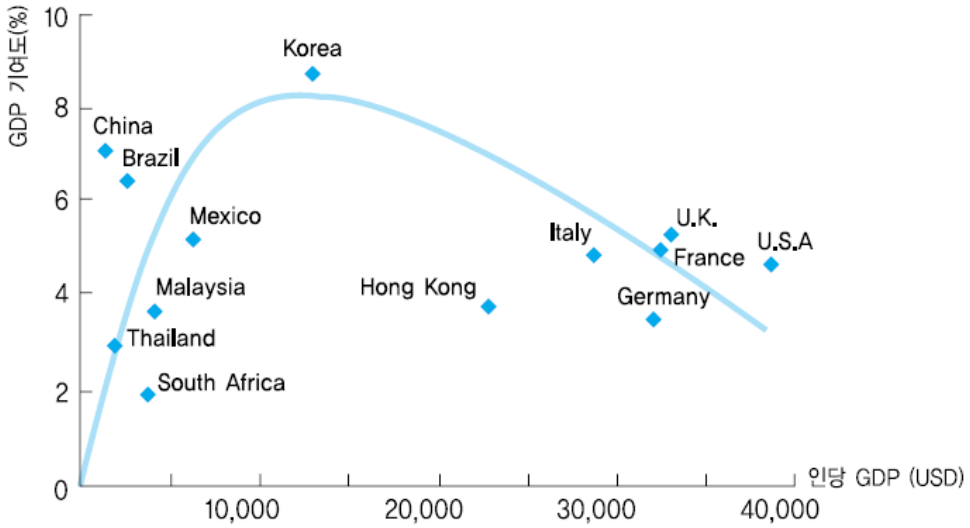
제1절 건설교통 산업 특징 및 기술분야

1. 건설교통 산업 특징

전통적으로 건설교통 산업은 도로, 철도, 항만 등의 사회기반 시설을 확충하여 국토의 생산성을 향상시키는데 중요한 역할을 수행하여 왔다. 또한 건설교통 산업은 다양한 산업과 밀접한 관계를 맺고 있어 생산 및 고용 유발효과가 높아 국내 경기부양 및 고용확대의 주요 수단으로 활용되는 등 국가경제의 중심축으로서의 기능을 가진다. 특히 건설 산업의 경우, 2006년 기준 투자 규모는 GDP의 15.4%, 건설업 취업자는 전체의 7.9%를 차지하는 등 국가기간산업으로써 역할을 담당하고 있다. 또한 생산 유발효과, 부가가치 창출효과, 고용 유발요과는 높은 반면 수입 유발효과는 낮은 대표적인 토착산업으로 국내 경기부양 및 고용확대의 주요수단으로 활용되어 왔다.[41]

하지만 우리나라 경제수준의 발전에 따라 건설교통 산업의 국가 기여도는 점점 줄어들 것으로 예상된다. 건설교통부와 한국건설교통기술평가원에서 발간한 보고서에 의하면[42], 한국 건설교통 산업의 국가기여도는 현재 정점을 도달해 있는 것으로 볼 수 있으며, 향후 경제수준의 발전에 따라 점차 그 기여도가 감소할 것으로 예상된다. 일반적으로 개발도상국은 급격한 경제발전에 따른 주거환경 개선 및 기반 인프라 확충에 대한 수요 증가로 인하여 건설투자의 비중이 높게 유지되지만, 선진국으로 진입함에 따라 국가 GDP 대비 건설투자의 비중이 지속적으로 감소하게 된다. 국가별 건설산업의 국가 GDP 기여도([그림 3-1] 참조)를 살펴보면, 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 선진국의 건설산업의 국가 GDP 기여도가 6%를 넘지 않는 것에 비하여 우리나라의 경우 8%로 타 국가와 비교할 때 가장 높은 수준임을 알 수 있다.

41) 한경택, 건설교통 R&D 현황 및 추진방향, 콘크리트학회지 제19권 6호, 2007.11
42) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 건설교통 R&D 혁신로드맵 보고서, 2006



[그림 3-1] 건설산업의 국가기여도 곡선

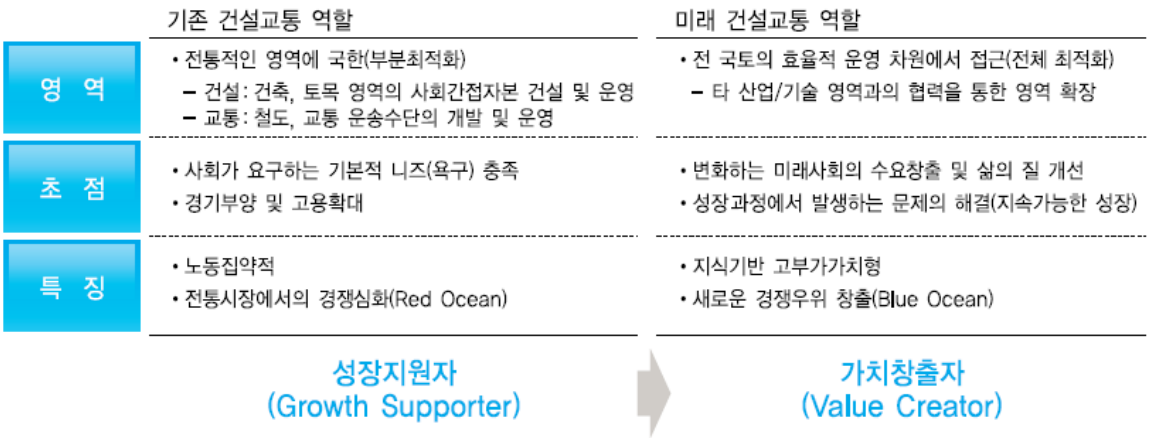
위에서 살펴본바와 같이 우리나라의 경제 수준이 더욱 성장함에 따라 건설교통 산업의 국가경제 관점에서의 위상은 점차 줄어드는 것이 사실이지만, 그럼에도 불구하고 타 산업과의 융복합화 추세와 녹색성장 패러다임을 고려해 볼 때, 건설교통 산업은 기존 국가 성장의 지원자 역할에서 미래 핵심성장 동력으로서의 잠재력을 충분히 가지고 있다.

최근 건설교통 산업의 트렌드를 살펴보면, 다학제간 연구, 기술의 융·복합 등으로 IT, ET를 비롯한 다양한 미래 첨단기술이 건설교통 분야에 적용되는 등 타 산업과 융복합화 되어가고 있는 추세이다. 특히 건설과 첨단 IT기술를 접목하는 융합기술의 개발이 활발하게 이루어지고 있는데 그 대표적인 예로 U-City를 들 수 있다. U-City는 미래 도시 개발의 모형으로서 도시공간에 정보통신기술과 진화된 생태기술을 융합하여 경쟁력 있는 도시를 만들고 안전, 환경, 복지 등 모든 측면에서 국가, 기업, 국민 모두의 편익을 추구하는 건설 산업의 신성장 분야이다. 이 외에도 건축, 통신, 사무자동화, 빌딩 자동화 등의 4가지 시스템을 유기적으로 통합하는 스마트 빌딩 또한 건설과 IT산업의 융복합의 사례로서 전 세계 건설시장의 증가와 함께 스마트 빌딩부문의 시장은 지속적으로 성장하고 있는 추세이다.

저탄소 녹색성장 패러다임 또한 건설교통 산업으로서는 새로운 성장의 기회를 제공한다. 세계적인 경제위기와 에너지 위기 및 기후 변화로 인한 지구환경변화에 대비하기 위하여 녹색뉴딜사업이 전 세계적으로 관심을 끌고 있다. 이에 따라 경제성장이 환경을 보호 또는 개선하고, 환경이 새로운 동력이 되어 경제성장을 이루는 “저탄소 녹색

성장"으로 경제성장의 패러다임이 급속히 바뀌고 있다. 녹색성장은 건설교통 산업에 있어서도 환경파괴의 주범이라는 이미지를 탈피하는 동시에 신성장 동력이 되는 일석이조의 기회를 제공한다. 실제로 온실가스 배출의 상당부분을 차지하고 있는 건설교통 분야(건축물 25%, 교통부문 17%)의 획기적인 발전이나 변화가 동반되지 않고서는 녹색환경 창출은 쉽지 않다.

위의 내용을 종합해볼 때, 현재 정체기에 머물러있는 우리나라 건설교통 산업은 위기와 기회가 공존하고 있음을 알 수 있다. 전통적인 건설교통 산업의 역할은 축소되는 추세이지만 도시의 쇠퇴와 재성장, 기후변화로 인한 자연재해 증가, 에너지 수요 증가 등의 환경 변화에 따라 건설교통 산업의 미래 역할 변화를 촉발하고 있다. 건설교통 산업이 이와 같은 미래환경 변화에 적응하고 대비할 경우, 국가경제의 성장지원자(Growth Supporter)에서 우리나라 국가 경제의 새로운 성장 동력이 되는 가치창출자(Value Creator)로 역할을 담당함으로써 미래 건설교통 역할에 걸 맞게 그 영역의 확장이 가능해 질 것이다([그림 3-2] 참조).[43]



[그림 3-2] 미래 건설교통 산업의 역할

43) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 건설교통 R&D 혁신로드맵 보고서, 2006

2. 건설교통 기술분야 종류

한국건설교통기술평가원에서는 건설교통분야 R&D 사업 및 그 산출물을 체계적으로 관리하기 위한 기술분류체계를 개발하여 건설교통분야 연구과제 관리, 연구보고서 정보 관리, 연구인력 관리 등에 활용하고 있다. 건설교통 기술분류체계는 총 11개 대분류, 64개 중분류, 279개 세분류로 구성되어 있으며, 총 11개의 대분류 중 6개는 건설기술분야, 5개는 교통기술분야로 구분된다. ([표 3-1] 참조)

[표 3-1] 건설교통분야 기술분류체계

대분류	코드	중분류	코드	대분류	코드	중분류	코드
시설물 설계 및 해석기술	1	도로	11	도로교통 기술	6	자동차 기반기술	61
		교량	12			교통시설 기반기술	62
		수공구조물	13			교통운영 관리기술	63
		지반구조 및 터널	14			교통안전기술	64
		건축	15			교통환경기술	65
		철도	16	철도교통 기술	7	철도 시스템 엔지니어링	71
		항만	17			철도시스템 운영관리기술	72
		설계표준화	18			궤도/토목기술	73
		설계정보화	19			전철 기술	74
국토공간 개발기술	2	국토지능화기술	21			철도 신호 및 통신 기술	75
		지능형 생태도시	22			철도시스템 안전 방재기술	76
		대공간 건축물	23			철도 역사 시설물 및 역무 자동화 기술	77
		지하대공간	24			철도차량기술	78
		해저공간	25	항공교통 기술	8	항공안전기술	81
		인공섬 및 준설 매립기술	26			항공기 운용기술	82
플랜트 기술	3	플랜트 설계 및 해석기술	31			공항 시스템 기술	83
		발전플랜트 시공	32			항행 시스템 기술	84
		신재생에너지 플랜트 시공	33	물류기술	9	물류 운송기술	91
		정유/가스 플랜트 시공	34			보관 기술	92
		수자원확보 플랜트 시공	35			하역기술	93
		화학 플랜트 시공	36			물류정보화기술	94
		환경 플랜트 시공	37			시스템 운용기술	95
		일반산업플랜트 시공	38			물류 표준화 기술	96
		플랜트 운영관리 평가	39	건설교통 연계기술	10	정보통신	101
건설시공 기술	4	토목시공기술	41			전기전자	102
		건축시공기술	42			기계	103
		건설관리기술	43			에너지 자원	104
		건설시공 자동화 기술	44			화공	105
		건설재료	45			해양	106
		극한 시공기술	46			환경	107
		건설 안전관리 기술	47	국토정책 및 계획	11	국토정책	111
시설물 안전 및 유지관리 기술	5	시설물 점검 및 진단기술	51			국토계획	112
		구조물 보수 보강기술	E2			교통계획	113
		시설물 해체 및 복구기술	53			도시계획	114
		시설물 소방안전 관리기술	54			항만 및 물류계획	115
		자연재해 절감기술	55				

건설교통분야 기술분류체계는 해당 기술의 최종 성과물의 특성을 고려한 분류체계로서, 대분류 기술항목은 건설 프로젝트의 단계별 기술 (시설물 설계 및 해석기술, 건설시공기술, 시설물 안전 및 유지관리기술)과 건설교통 분야 최종 성과물에 따른 기술 (플랜트기술, 도로교통기술, 철도교통기술, 항공교통기술), 국토관련 정책 및 기술 (국토공간 개발기술, 국토정책 및 계획), 타산업과의 연계기술 (건설교통연계기술), 기타 기술 (물류기술)로 구분할 수 있다.

한국건설교통기술평가원에서는 최종 성과물 중심의 건설교통분야 기술분류체계 외에 해당 기술의 전문분야에 따라 건설교통 기술을 분류하기도 하는데, [표 3-2]와 같이 건설교통기술 전문분야에 따라 기술별 분류코드를 지정하고 있다. 건설교통분야 전문분야 분류코드는 23개의 대분류, 131개의 중분류, 236개의 소분류로 구성된다. 대분류의 경우, 기술정책, 건설사업관리, 건설안전, 건설환경, 토목, 건축 등 전문기술분야별로 분류체계가 구성되며, 건설교통 분야와의 연관 기술인 고분자 공학, 전기 및 전자공학, 컴퓨터학, 기계공학 등 기계, 전기·전자, 화학 등의 기술분야 또한 건설교통 분야의 기술로 포함하고 있는 것이 특징이다.

[표 3-2] 건설교통분야 전문분야 분류코드

전문분야 분류표		전문분야 분류표	
대분류	중분류	대분류	중분류
A. 기술정책	A01. 기술정책	N. 고분자 공학	N01. 고분자 물성
B. 건설사업관리	B01. 사업관리(CM)		N02. 고분자 재료
C. 건설안전	C01. 안전진단		N03. 유변학 및 고분자 가공
	C02. 품질관리		N04. 기타
	C03. 방재관리	O. 전기 및 전자공학	O01. 회로이론
	C04. 유지관리		O02. 통신시스템
	C05. 기타		O03. 제어시스템
D. 건설환경	D01. 건설환경		O04. 신호처리
E. 토목	E01. 측량		O05. 이동 및 위성통신
	E02. 토목구조 및 재료		O06. 기타
	E03. 토질 및 기초	P. 컴퓨터학	P01. 하드웨어
	E04. 도로		P02. 소프트웨어
	E05. 철도 및 도시철도		P03. 그래픽
	E06. 공항		P04. 영상처리
	E07. 해양 및 항만		P05. 알고리즘
	E08. 수공		P06. 인공지능
	E09. 토목시공		P07. 가상현실
	E10. 터널		P08. 모델링/시뮬레이션
	E11. 화약 및 발파		P09. 네트워크 및 인터넷
	E12. 기타		P10. 기타

전문분야 분류표		전문분야 분류표	
대분류	중분류	대분류	중분류
F. 건축	F01. 건축계획 및 설계	Q. 기계공학	Q01. 압력용기 및 배관
	F02. 건축구조		Q02. 고체 및 구조역학
	F03. 건축재료		Q03. 동역학 및 진동
	F04. 건축시공		Q04. 음향 및 소음
	F05. 건축환경 및 설비		Q05. 열공학 및 열전달
	F06. 건축물 해체		Q06. 냉동 및 공기조화
	F07. 기타		Q07. 유체공학
G. 조경	G01. 조경		Q08. 계측 및 제어
H.산업 설비	H01. 발전/에너지설비		Q09. 자동화시스템
	H02. 환경설비		Q10. 환경기계
	H03. 신산업설비		Q11. 건설기계
	H04. 기타		Q12. 기타
I. 교통	I01. 교통계획	R. 재료 공학	R01. 금속재료
	I02. 교통운영		R02. 세라믹재료
	I03. 물류		R03. 고분자재료
	I04. 교통시스템		R04. 복합재료
	I05. ITS		R05. 기타
	I06. 기타	S. 화학 공학	S01. 유기화학공정
J. 환경공학	J01. 상수도 및 수질관리		S02. 무기화학공정
	J02. 하수도 및 폐수처리		S03. 생물화학공정
	J03. 중수도 및 관리		S04. 표면/계면/촉매 화학공정
	J04. 대기오염 및 관리		S05. 전자재료공정
	J05. 소음/진동 및 관리		S06. 전기화학공정
	J06. 토양오염 및 관리		S07. 청정화학공정
	J07. 폐기물처리 및 관리		S08. 기타
	J08. 환경복원	T. 교통 수단	T01. 자동차
	J09. 자원재활용		T02. 철도차량
	J10. 환경생태 및 지구환경		T03. 선박
	J11. 청정기술		T04. 항공기
	J12. 기타		T05. 대중교통
K. 지질학	K01. 광물학		T06. 신교통수단
	K02. 암석학	U. 교통 시설	U01. 도로시설
	K03. 자원지질학		U02. 철도시설
	K04. 구조지질학		U03. 항만시설
	K05. 환경지질학		U04. 공항시설
	K06. 지하수학		U05. 환승시설
	K07. 기타	V. 교통운영 및 관리	V01. 도로운영
L. 자연지리학	L01. 지도학		V02. 철도운영
	L02. 지리정보		V03. 항만운영
	L03. 수문지리		V04. 공항운영
	L04. 기타		V05. 지능형교통체계
M. 농학 및 임학	M01. 토양학		V06. 물류
	M02. 조경식물	W. 교통안전 및 환경	W01. 교통안전시설
	M03. 산림조림		W02. 교통사고분석
	M04. 기타		W03. 교통안전관리
			W04. 교통환경

제2절 건설교통 R&D 사업의 비전 및 목표 분석

1. 우리나라 과학기술 중장기 비전 및 목표

우리나라의 과학기술개발은 선진국과는 다르게 처음부터 국가의 적극적인 개입을 토대로 발전하여 왔다. 1962년 시작된 경제개발 5개년 계획을 시작으로 과학기술개발계획이 수립되어 왔으며, 1967년에는 과학기술을 전담하는 행정기구인 과학기술처가 발족되었다. 계속적인 과학기술에 관한 투자와 정책 제안으로 과학기술개발 계획은 그 범위가 점차로 확대되고 그 내용도 꾸준히 심화 되었다. 이때의 기술개발정책은 기본적으로는 국내 산업개발을 주된 목표로 하였고, 정책의 투입요소는 계속적으로 확대되었으나, 관중심의 정책문화가 수립되는 계기가 되기도 했다.

우리나라의 과학기술정책은 1962-1982년의 형성기, 1982-1996년의 확대기, 1997년 이후의 전환기를 거치며 계속된다. 형성기의 과학기술정책은 과학기술활동에 필요한 기반을 조성하는데 초점이 주어졌던 반면, 확대기의 과학기술정책은 연구개발 활동을 본격적으로 지원하는 것을 중심으로 전개되었고, 전환기에는 과학기술정책의 새로운 패러다임을 모색하기 위한 다양한 시도들이 이루어져왔다.[44] 일반적으로 과학기술계획은 대상기간에 따라 단기·중기·장기계획으로 구분할 수 있다. 단기계획은 1-3년 기간의 계획으로 운영계획의 성격을 가지고, 중기계획은 3~7년 기간의 계획으로서 대부분 5개년 계획의 형태를 취하며, 장기계획은 10~20년 기간의 계획으로 전망의 성격이 강하다.[45]

가. 과학기술 5개년 계획

우리나라는 과학기술중장기 비전을 5개년계획과 장기비전(계획)으로 나누어 계획해 왔으며, 5개년계획의 비전과 목표는 당시의 시대적 상황과 국가가 목표로 하는 발전방향을 함축적으로 표현하였다. 과거 1960-70년대에는 인적자원 양성과 산업기반 마련이 정부의 지상과제였으며, 과학기술 풍토 조성에도 역점을 두었다. 성공적인 산업기반이 마련된 후 경제가 빠르게 성장함에 따라 1980-90년대에는 선진국을 따라잡기 위한 과학기술전략을 추진하였다. 2000년 이후는 국민의 삶의 질 향상에 대한 요구에 맞추어 그에 따른 기반기술 개발강화 연구도 시행하고 있다.

---

44) 송성수, 과학기술종합계획에 관한 내용분석, 과학기술정책연구원, 2005
45) 과학기술처, 과학기술 30년사, 1997

[표 3-3] 우리나라 과학기술 장기비전 및 계획

비전 및 계획	수립의 시기 및 계획기간
과학기술 장기종합계획 (1967-1986)	▪ 수립년도: 1968년 12월 ▪ 계획의 기간: 1967년~1986년 (20년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 확정 (국무회의)
과학기술 장기계획(안) (1980~1991)	▪ 수립년도: 1980년 ▪ 계획의 기간: 1980년~1991년 (12년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 미확정
2000년대를 향한 과학기술 발전 장기계획 (1987~2001)	▪ 수립년도: 1986년 9월 ▪ 계획의 기간: 1987년~2001년 (15년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 확정 (기술진흥확대회의)
2010년을 향한 과학기술 발전 장기계획(안) (1995~2010)	▪ 수립년도: 1995년 ▪ 계획의 기간: 1995년~2010년 (15년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 미확정
2025년을 향한 과학기술 장기비전	▪ 수립년도: 1999년 12월 ▪ 계획의 기간: 2000년~2025년 (25년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 확정 (국가과학기술위원회)
대한민국의 꿈과 도전 과학기술 미래비전	▪ 수립년도: 2010년 10월 ▪ 계획의 기간: 2010년~2040년 (30년) ▪ 확정여부: 정부계획으로 확정 (국가과학기술위원회)

나. 과학기술 장기비전 및 계획

우리나라 정부가 시도한 과학기술 장기 비전 및 계획은 총 6회였으나, 이중 확정된 정부계획 및 시계열적 의미가 있는 것은 “과학기술 장기종합계획”, “2000년대를 향한 과학기술발전 장기계획”, "2025년을 향한 과학기술발전 장기비전“ 그리고 ”대한민국의 꿈과 도전-과학기술 미래비전“ 의 4가지라 할 수 있다.[46]

46) 문해주 외2인, 우리나라의 과학기술 중장기계획 분석, 2011

[표 3-4] 우리나라 과학기술 장기비전(계획)의 비전 및 목표

비전(계획)	비전 및 목표
과학기술 장기종합계획 (1967-1986)	▪ 장기 정책방향은 1980년대에 자주기술개발능력을 갖추어 중진공업국가군의 상위수준에 도달하는 것 ▪ 단계적 목표는 1960년대 기반구축, 1970년대 저력축적, 1980년대 자주기술개발 ▪ 개발전략은 ①선진기술도입의 촉진 ②과학기술계 인력의 개발과 최대 활용 ③민간기술개발활동의 조성강화 ④국제분업적이며 특색있는 기술개발의 추구
2000년대를 향한 과학기술 발전 장기계획 (1987~2001)	▪ 비전은 2000년대 과학기술 입국을 위한 '세계 10위권 기술선진국' 구현 - 선정된 특정분야에서 기술 최선진국 수준 도달 ▪ 이를 달성하기 위해 중점 추진분야(5대기술계열, 2대 기반)를 도출하고, 6대 추진전략을 제시 - 5대 기술계열은 정보산업, 재료관련, 산업요소, 에너지·자원, 공공복지 기술계열 - 2대 기반은 인재·기초연구, 투자·지원제도 - 6대 추진전략은 연구개발인력, 중점추진분야, 연구개발투자, 연구개발체제, 연구개발활동, 연구접근방법 ▪ 경제개발 5개년 계획에 맞추어 중점 기술개발분야와 정책수단을 단계별 전략적으로 추진토록 세부목표와 실천과제를 제시 -1단계(1987-1991),2단계(1992-1996),3단계(1997-2001)
2025년을 향한 과학기술 장기비전	▪ 비전은 21세기 첫 4반세기 동안 과학기술 경쟁력을 세계적 수준으로 끌어올려 과학기술에 기반을 둔 선진국 진입을 실현 ▪ 2025년 목표는 7위권의 과학기술경쟁력을 확보하는 것이며, 이를 위해 단계별 목표를 제시 - 2025년까지 아시아 경쟁상대국보다 우위인 12위권의 과학기술 경쟁력 확보 - 2015년까지 아시아 태평양권의 연구중심지 구현 - 2025년까지 선택된 분야에서 세계적 기술주도권을 확립하여 7위권의 과학기술 경쟁력을 확보 ▪ 효율적 추진을 위하여 초기 5년간은 세부실천과제, 향후 10년은 중장기적 방향과 밑그림, 그후 10년간은 큰 방향성을 제시하는 등 단계별로 추진토록 함
대한민국의 꿈과 도전 과학기술 미래비전	▪ 비전은 삶의 가치를 높이며 꿈을 실현하는 사회를 구현 ▪ 목표는 세계 5위의 '글로벌 과학기술 선도국' 실현 ▪ 목표달성을 위해 25개 분야 미래핵심기술 개발과 5대 정책기조를 추진할 것을 제시 ▪ 이들 기술과제의 실현목표를 1단계(2011-2020년), 2단계(2021-2030년), 3단계(2031-2040년)로 단계적으로 추진

다. 앞으로의 비전 및 목표 계획

우리나라 정부의 목표는 세계 상위권 수준으로 발돋움한 우리나라의 과학기술을 바탕으로, 경제성장과 함께 국민의 삶의 질도 함께 제고하여 진정한 선진 국가로 진입하는 것이다. 그와 더불어 우리정부의 장기적인 과학기술개발 목표는 “2025년을 향한 과학기술발전 장기비전”을 통해 21세기 첫 4반세기 동안 과학기술 경쟁력을 세계적 수준으로 끌어올려 과학기술에 기반을 둔 선진국 진입을 목표로 하고 있으며, 구체적 실현을 위해 주요 이슈별로 과학기술을 정책적·기술적 차원에서 추진해야할 발전방향을 제시하고 있다. 또한 정부는 과학기술 혁신시스템 역량강화를 위하여 정책기조를 수립하였는데 이는 과학기술환경을 개선하고 과학기술자원을 선택적으로 집중 투자하는 전략을 특징으로 하고 있다.

정부는 미래비전 제시[47]를 통하여 가치를 높이고 꿈을 실현하는 사회를 구현하고자 하는 비전을 제시하고 있다. 우리가 꿈꾸는 4대 미래모습을 ①자연과 함께 하는 세상 ②풍요로운 세상 ③건강한 세상 ④편리한 세상으로 규정하고, 이을 위한 목표로 세계 5위의 ‘글로벌 과학기술 선도국’ 실현을 설정하였으며 목표달성을 위해 25개 분야 미래 핵심기술 개발과 5대 정책기조를 추진하고 있다. 또한 정부는 연구개발투자를 2008년에는 GDP대비 3.37%수준이었던 것을 2040년에는 GDP대비 5.0% 수준으로 투자액을 늘릴 계획이다.

47) 교육과학 기술부, 2040년을 향한 대한민국의 꿈과 도전 “과학기술 미래비전”, 2011

2. 국토해양 R&D 사업의 비전 및 목표

가. 국토해양 R&D 발전전략

국토해양부는 국토해양 R&D발전전략을 수립하는데 있어서, 미래에 발생할 수 있는 불확실성을 파악하고 대책을 마련하기 위해 글로벌 메가트렌드 분석을 시행하였다. 국토해양부에서 설정한 미래사회 전망 및 글로벌 5대 메가트렌드와 7대 주요 전망은 다음과 같다.

[표 3-5] 국토해양 글로벌 5대 메가 트렌드

분 야	전 망
경 제	글로벌 경제중심이동(서양→동양), 세계경제 완만한 성장
정 치	정치지형변화(G8→G20), Playing Coach 로서 정부역할 부각
사회·문화	거대도시화(Megalo City) 진전, 고령화 가속
기 술	정부 R&D투자확대, Green Technology 급부상
환경·자원	자원전쟁가속, 환경인식변화 (수동적 보전→능동적 대응)

[표 3-6] 미래 국토해양 7대 전망

분 야	전 망
기후변화 대응	온실가스 적극 감축과 기후변화에 따른 재해 대응 중요
기술 융복합	국토해양 분야와 IT, 에너지 분야 등과 기술 융복합 가속화
도시경쟁력 강화	글로벌 경쟁의 핵심으로 도시 경쟁력 부각
SOC 관리	기존 SOC의 효율적 운영 및 친환경 · 안전성능향상 중요
해양자원 확보	해양자원확보를 위한 과학기술 및 산업화 기반강화
극한지 탐사	극한지(남 · 북극, 심해저, 우주 등) 탐사 기술경쟁 심화
국토해양 공간관리	全 국토해양 공간의 효율적 모니터링을 통한 시스템적 관리 중요

정부는 제시한 국토해양 연구개발 발전전략과 더불어 기존 건설교통분야 9개 사업을 R&D 발전목표에 따라 미래 핵심분야의 중점육성 및 공공·기초 및 원천기술 R&D 지원강화를 위한 인프라 육성 등으로 2012년부터 11개의 신사업체계로 개편을 예정하고 있다. 이러한 기조변화와 더불어 녹색기술의 향상과 온실가스 감축목표를 조기에 달성

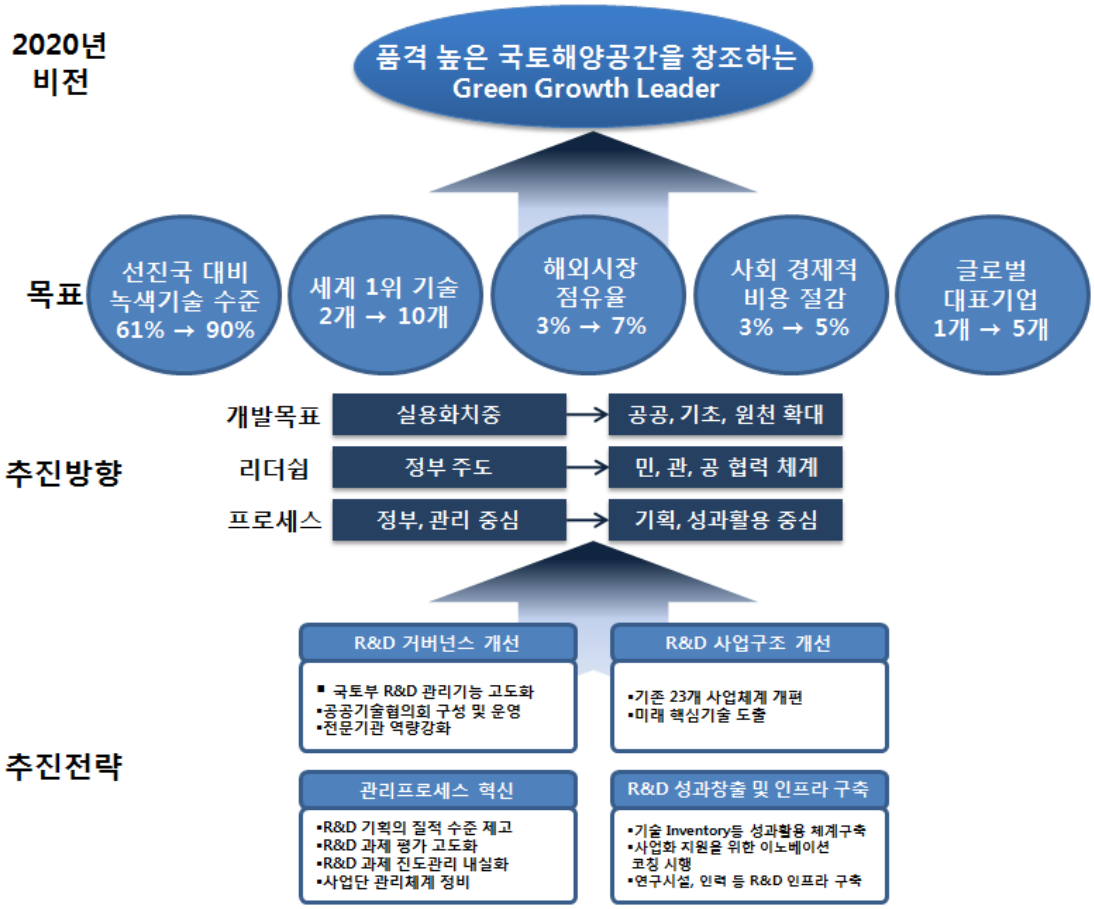
하기 위해 시스템 차원의 사업구조 재편을 실시한다. 이에 따라 정부는 국토해양의 미래상을 결정짓는 핵심동인(Key Driver)으로 기후변화대응, 기술혁신, 정부정책공조 및 규제, 에너지 믹스, 교통모드전환, 녹색도시모델의 발전 등을 선정하고, 그린혁명(Green Innovation)을 통한 근본적인 생활방식의 변화를 제시하고 있다. 이는 가장 비중이 높은 기후변화 대응과 기술혁신을 양 축으로 하여 선진국대비 녹색기술 수준을 90% 수준까지 끌어올리고, 세계 1위 기술을 10개 보유하는 한편, 해외시장 점유율을 7%로 확대하며, 사회적 비용은 5% 절감, 글로벌 대표기업을 5개 확보 등 5가지의 구체적 실천목표를 가지고 있다.[48)]

[표 3-7] Green Innovation 6대 분야

분 야	내 용
기후변화 대응	· 국제적 온실가스 감축 의무화 협정 체결 · 기후 및 해양 관측 모니터링, 능동적 재해·재난 대응
기술혁신	· 무탄소 도시 인프라 및 해양 자원 활용 일반화 · 이산화탄소 해양저장 기술 등 혁신적 탄소 절감 기술개발 성공
정책 및 규제	· 강력한 온실가스 감축 정책으로 도전적 목표 달성 · 글로벌 수준의 녹색산업 육성 투자
에너지 복합	· 해양에너지 실용화기술개발 극대화, 해양바이오 연료 상용화 · 스마트 그리드 기반의 무탄소 그린빌딩 표준화
교통 모드	· 친환경 교통수단(철도, 비동력 운송수단)의 수송 분담률 확대 · 인터모달리즘 확대, 그린카 확대 및 수소 연료전지차 보급
도시발전모델	· 지속가능한 고밀도·순환형 도시모델 등장 · 무탄소 입체형 신도시개발 보편화

또한 국토해양부는 비단 녹색 분야 뿐 아니라 기존의 국토해양 연구개발 프로세스 전반과 시스템에 대하여서도 비전과 목표를 제시하고 있다. R&D 실용화를 바탕으로 한 R&D 거버넌스 개선, 국토해양 R&D 사업구조 개선 등의 추진전략 및 연구기관의 조직 개선, R&D 프로세스 개선, R&D 성과 극대화 및 사업화 전략을 세워 추진하고 있다. 이러한 전략 추진을 통해 건설교통 R&D 제도 정책 기반 강화를 비롯한 선도적 R&D 기획 추진, 평가체제 정비, 연구개발 성과활용 및 확산 체계 구축 등이 가속화 될 것으로 예상된다.

48) 조대연, 국토해양 R&D 발전전략, 2011



[그림 3-3] 국토해양 R&D 비전과 목표

나. 미래핵심기술 Green-up 30

앞서 언급한 개편에 따르면 이번 국토해양 연구개발의 목표는 녹색기술발전을 고려하여 녹색건축사업, 물관리 선진화사업, 녹색물류사업을 건설하는 것이 특징이며 또한, 녹색기술발전을 위하여 델파이 조사 및 전문가 워크숍을 통해 Green-up 30 기술을 최종 선정하였고 이에 따라 연구개발을 진행할 것으로 예상된다. Green-up 30이 본격적으로 착수되면 향후 2020년에는 약 100조원에 이르는 막대한 경제적 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대되며, 이를 위해서는 2012년 이후부터는 건설교통 R&D에만 5,000억원 이상의 투자가 지속되어야 할 것 으로 판단되고 있다.[49]

49) 주요국의 국토해양 연구개발 정책동향 연구, 2011

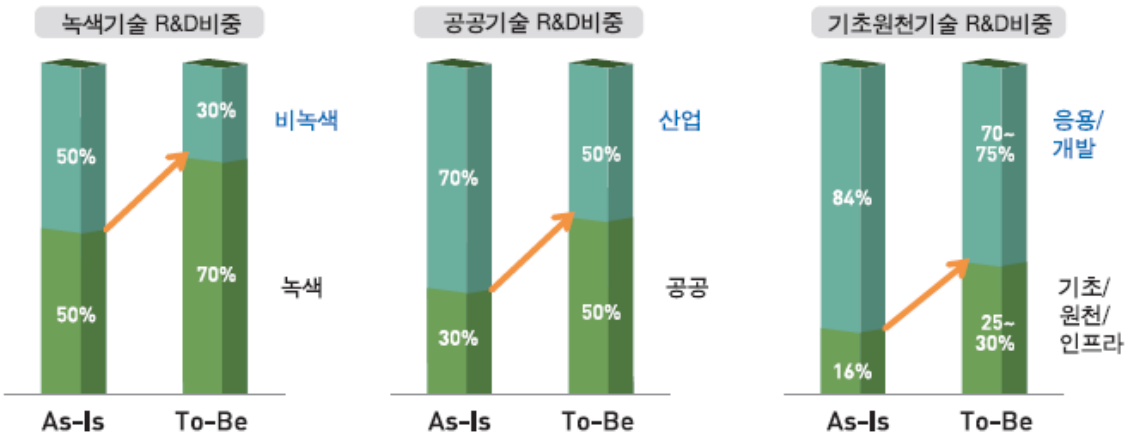
[표 3-8] 국토해양 R&D Green-Up 30 기술

분야	에너지 고효율· CO^2 절감	공공 및 성장동력 창출
건설 (12)	·탄소절감형 건설재료	·네트워크 기반 SOC시설물 관리기술
	·첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성기술	·지능형 친환경 교량(Intelligent Green Bridge)
	·순환형 도시자원 복합 플랜트	·첨단 수자원 관리 기술
	·능동형 녹색빌딩(Active Green Building) 기술	·해저터널 기술
	·하이브리드 담수화플랜트 기술	·해상부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술
	·하천관리 선진화 기술	·차세대 국토해양 공간정보 기술
교통 (9)	·차세대 녹색도로교통운영기술	·미래형 개인용항공기(PAV) 종합운용체계 기술
	·그린카(Green Car) 인프라 기술	·친환경 화물운송수단
	·철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술	·대심도 교통·물류 네트워크 구축 기술
	·탄소중립형도로(Carbon Neutral Road)	·차세대 항공시스템 친환경 선도기술
	·에너지 절감형 물류시설/장비 및 운영기술	
해양 (9)	·친환경 해양장비 및 기반기술	·해양재난재해 대응기술
	·그린쉽(Green Ship) 기술	·자원순환형 항만 기술
	·해양바이오(Ocean Bio) 기술	·항만물류 시설/장비 고도화
	·해양 녹색 금속자원(Ocean Green Metal) 추출 기술	·극한지 탐사로봇 및 장비개발(탐사로봇)
	·해상에너지 복합단지(Ocean Energy Farm) 조성기술	

다. 국토해양 R&D 포트폴리오 개선

국토해양부의 연구개발 사업체계는 2011년 개편을 통하여 대폭 수정되는데, 건설교통 분야에서는 녹색건축 사업, 물관리 선진화 사업, 녹색물류 사업 들을 통하여 앞서 언급한 Green-Up 30 기술을 시행해 나갈 것으로 보인다. 뿐만 아니라, 해양분야 사업에서 신설된 미래해양자원사업, 해양청정 에너지 사업 등을 통해 미래의 자원 확보 노력에 대한 투자를 엿볼 수 있다. 국토해양부에서 제시한 연구개발 비전과 목표는 이전 2008년 수립한 “미래사회 삶의 질 향상을 위한 Value Creator”에서 “2020년 품격 높은 국

토해양 공간을 창조하는 Green Growth Leader“로 변화하는데 이는 자원고갈과 그린에너지의 수요 그리고 국민의 삶의 질 향상 욕구와 더불어 다양한 연구개발 목표와 연구개발 사업으로 나타나게 된다. 이러한 연구 개발사업 포트폴리오의 변화는 단적으로 녹색기술의 연구개발 비율의 증가 뿐 아니라, 공공기술 부문의 연구개발 증가, 기초 원천 기술의 연구개발 증가 등으로 나타나는데 이는 공공기술 확보, 국민의 삶의 질 확립 측면의 기존 연구목표를 충분히 반영하면서 그린혁명을 위한 연구개발 투자의지를 반영한 것으로 볼 수 있다.



[그림 3-4] 국토해양 R&D 포트폴리오 개선

국토해양부는 발전전략의 완수에 따른 기대효과로 기술수준의 향상, 사회·경제적 비용절감, 그리고 사회환경 개선등의 성과를 창출하여 5대 녹색강국으로의 도약을 청사진으로 제시하고 있다. 뿐만 아니라 10년간 연구개발사업 추진을 통하여 순익 84~133조원의 경제적 효과를 예상하고 있다.

3. 건설교통 R&D사업 파급효과 측정방향

가. R&D사업의 비전 및 목표와 파급효과와의 관계

일반적으로 비전이란 목표가 달성되었을 때 실현되는 최종 상태를 나타내며, 꿈이 아닌 미래의 실제 모습으로 장기적인 목표와 의미를 부여하기 위한 목적을 지닌다. 이러한 점을 고려해 보았을 때, R&D 사업의 비전 및 목표는 R&D 사업의 정책적 목표 달성을 위한 구체적인 방향을 제시하고, 장기적 관점에서 일관성있는 R&D 사업 추진을 위한 가이드 역할을 담당한다. 우리나라 과학기술 및 국토해양 R&D 사업의 경우도 위에서 살펴본 바와 같이 기술 및 사회 전망, R&D 사업의 발전 방향 및 정책적 의사결정 등을 기초로 하여 비전과 목표를 설정하고 있다 ([표 3-9] 참조).

[표 3-9] 우리나라 과학기술 및 국토해양 R&D 사업 비전 및 목표 비교

구 분	과학기술 중장기 비전 및 목표	국토해양 R&D 사업의 비전 및 목표
비 전	삶의 가치를 높이며 꿈을 실현하는 사회를 구현	품격 높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader
목 표	세계 5위의 '글로벌 과학기술 선도국' 실현 목표달성을 위해 25개 분야 미래핵심기술 개발과 5대 정책기조를 추진할 것을 제시	선진국대비 녹색기술 수준 61% → 90% 세계 1위 기술 2개 → 10개 해외시장 점유율 3% → 7% 사회경제적 비용절감 3% → 5% 글로벌 대표기업 1개 → 5개

이와 같은 R&D 사업의 비전 및 목표의 효과적인 달성을 위해서는 R&D 사업 추진을 통하여 초기 설정된 비전 및 목표를 어느 정도 달성하고 있는지, 당초 계획한 시점에 이러한 비전 및 목표를 달성가능한지 등에 대한 지속적인 판단과 이에 따른 R&D 사업 세부 추진방향 및 전략의 수정이 요구된다.

비전은 목표가 달성되었을 때의 최종 상태를 의미하기 때문에 실질적인 R&D 사업 성과관리 대상은 설정된 목표의 달성여부로서 판단하게 되는데, [표 3-9]의 우리나라 과학기술 및 국토해양 R&D 사업의 목표들을 살펴보면 알 수 있듯이 대부분의 목표들은 R&D 사업 추진을 통해 궁극적으로 달성하고자 하는 국가적 관점에서의 R&D 파급효과의 성격을 지닌다.

결국 R&D 사업의 파급효과는 R&D 사업 추진을 통하여 당초 계획한 비전 및 목표를 달성가능한지 여부를 판단하는 중요한 성과지표로서의 역할을 담당하기 때문에 R&D 성과관리 측면에서 매우 중요한 요소이다.

나. 건설교통 R&D사업 거시적 파급효과 측정방향

위에서 살펴본 바와 같이 R&D 사업의 파급효과는 R&D 사업의 비전 및 목표의 달성여부를 판단할 수 있는 주요한 지표라는 점을 고려해 보았을 때, 건설교통 R&D 사업의 파급효과 측정 방향 및 세부측정항목은 건설교통 R&D 사업의 비전 및 목표를 반영하여야만 한다. 최근 국토해양 R&D 사업의 비전는 2008년 수립한 “미래사회 삶의 질 향상을 위한 Value Creator”에서 “2020년 품격 높은 국토해양 공간을 창조하는 Green Growth Leader“로 변화하였지만, 이는 공공기술 확보, 국민의 삶의 질 확립 측면의 기존 연구목표를 충분히 반영하면서 그린혁명을 위한 연구개발 투자의지를 강조한 것임을 고려해 볼 때, 건설교통 R&D사업의 목표에 부합하는 파급효과 측정의 주요 핵심 사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- **국가 기술경쟁력 향상**

  건설 및 교통, 녹색기술의 기술경쟁력 향상 (선진국 대비 90%), 세계 1위기술 10개 개발 등

- **국가 부가가치 창출**

  녹색산업 성장을 통한 2020년까지 총 부가가치 85~133조원 달성, 해외녹색시장 점유율 증대

- **국가적 관점의 사회경제적 비용 절감**

  교통비용, 물류비용, 혼잡비용, 재해피해, 에너지비용 등 비용 절감

- **글로벌 기업 육성**

  글로벌 대표기업 5개 육성

- **국민의 삶의 질 향상**

  교통, 주거생활, 안전 등 도시생활 만족도 증가, 삶의 질 지표 20% 개선, 온실가스 감축목표 30%이상 절감

우리나라가 일류 선진국가로 도약하기 위해서는 기존의 경제발전모델을 뛰어넘어 새로운 발전모델로 전환하여 국가경쟁력을 질적으로 한 단계 높이는 노력이 필요하다. 이를 위해서는 ‘요소 투입형 경제성장’ 모델에서 ‘지식·혁신 주도형 경제성장’ 모델로의 전환이 필요하다. 그 동안 우리 경제는 값싼 풍부한 노동력 등을 바탕으로 한 양적 성장을 성공적으로 추진해 왔다. 그러나 이제는 경제발전에 따른 임금의 상승, 인구증가

율의 둔화, 자본 수익률 저하 등으로 이러한 요소 투입 위주의 성장은 한계에 도달하였다. 과거 10%에 육박하던 우리경제의 잠재성장률은 현재는 4%대로 추락하였으며 미국 등 선진국과의 잠재성장률 격차도 갈수록 축소되고 있다. 선진국의 경우 이러한 요소 투입 위주의 성장 한계를 극복하기 위해 기술혁신 등을 통해 총요소생산성을 높이는 노력을 지속해 왔다. 그러나 우리나라는 기술혁신의 수준이 일류 선진국들의 수준에 아직 못 미쳐 총산출에 대한 총요소생산성의 기여율이 선진국에 비해 낮은 수준에 머물고 있다. 따라서 우리나라는 교육경쟁력 제고, R&D 투자 효율화 등을 통해 총요소생산성을 높이고 그것이 경제성장을 주도하는 경제체제로의 전환이 시급한 실정이다.[50]

정부는 급변하는 경제발전 패러다임과 글로벌 경쟁 환경 하에서 주요 경쟁상대국과 비교한 우리 경제의 상대적 강점과 약점을 진단하여 '임기응변식 처방'이 아닌 '일관성 있는 국가경쟁력 제고 전략'을 수립하기 위해 2010년부터 국가경쟁력 보고서를 발간하여, 현재 2010년도와 2011년도 국가경쟁력 보고서가 발간되었다. 이 보고서에 따르면 국가경쟁력은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 국가경쟁력은 기업, 정부, 가계의 경쟁력과 사회·경제적 인프라 및 제도의 효율성 등 국가 전체의 종합적인 역량에 의해 결정된다는 것이다.

둘째, 현재의 경쟁력 수준뿐 아니라 미래 경쟁력의 지속가능성도 국가경쟁력 평가 시 고려해야 한다는 것이다.

셋째, 경제성장 등 경제적인 측면뿐 아니라 사회통합, 환경 등 비경제적인 측면도 국가경쟁력 결정에 중요한 요소로 작용한다는 것이다.

이를 종합하면 국가경쟁력이란 “국민들의 생활수준(Standard of living)과 삶의 질(Quality of life)을 지속적으로 향상시킬 수 있는 한 국가의 총체적인 역량” 또는

“한 나라의 경제사회 여건이 부가가치를 지속적으로 창출하여 국부를 증가시킬 수 있는 총체적 능력”으로 정의할 수 있을 것이다.

우리는 앞서 건설교통 R&D 파급효과를 “정부가 녹색성장, 국민의 삶의 질 향상, 국가발전 등의 목적으로 건축, 토목, 교통 분야의 새로운 지식을 축적하거나 이미 축적된 지식을 이용하여 새로운 응용을 고안하기 위해 체계적 방법으로 수행하는 창조적 활동

50) 2010년 국가경쟁력 보고서, 2010. 12, 기획재정부, p35

이 시간의 흐름에 따라 차차 공간적으로 다른 데로 퍼져 미치거나 또는 현상적으로 다른 존재로 전파되는 직접적 효과와 간접적 효과"라고 정의하였다. 또한, 앞 절에서 건설교통 R&D사업의 목표가 국가기술 경쟁력 향상, 국가 부가가치 창출, 국가적 관점의 사회경제적 비용절감, 글로벌 기업 육성, 국민의 삶의 질이라는 결론에 도달했다. 이는 건설교통 R&D투자의 궁극적인 목적이 국가경쟁력 강화에 있으며, 이를 위해 국가 발전을 추구하는 요소 즉 역량을 강화해야 하는 지표에 있어서도 그 맥을 같이 하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 우리는 건설교통 R&D 파급효과를 측정함에 있어 건설교통 R&D투자가 국가경쟁력을 얼마나 향상시켰느냐를 살펴보아 그 파급효과를 분석하는 것이 가장 합리적인 방안이라고 생각한다.

다. 건설교통 R&D사업 세부사업별 파급효과 측정방향

건설교통 R&D는 국토해양부 산하 한국건설교통기술평가원 (KICTEP)이 연구개발 추진실태를 종합적으로 파악하고, 사업기획관리, 예산 조정 및 배분을 수행하며, 이후 연구개발 성과분석을 통해 기술이전 및 사업화에 이르는 전주기적 R&D 과제 관리를 수행하고 있다. 특히, 성과중심 R&D 확립을 위해 기존의 투입·관리 중심의 연구개발을 성과중심의 기획·관리·평가로 전환하였으며, 이에 맞는 성과 지향적 관리시스템을 도입하는 등 연구 성과의 체계적 종합관리를 실시하고, 성과중심의 과제 기획 및 선정 프로세스를 활용하고 있다.

이러한 건설교통 R&D 성과분석 체계를 살펴보면 1) 연구수행 현황 및 사업추진체계의 절차를 분석하는 사업 진단 및 기초 분석 단계, 2) 논문, 특허 등 성과물에 대한 분석을 실시하는 연구성과분석 단계, 3) 실현 매출효과, 기대 매출효과 및 산업에 대한 파급효과를 분석하는 경제적 파급효과 단계로 구성되어 진행되고 있다.

그러나 앞서 설명한 바와 같이, 건설교통 분야 R&D의 경우, 녹색성장, 국민 삶의 질 등 국민생활에 편익향상에 밀접한 영향을 미치고, 살기 좋은 국토환경 조성 및 편리한 교통 물류 서비스를 제공하는 등 공공적 목표 달성을 주요 이슈로 볼 수 있다. 건설교통 R&D 의 9개 세부사업을 살펴보면, 생산성 향상 및 해외 시장 점유율 증대 등의 경제적 목표 뿐 아니라, 국민 안전과 삶의 질 향상, 국가기술경쟁력 강화, 국가교통시스템의 고도화, 건강한 도시모델 개발 등 사회·환경적 측면의 파급효과 창출을 목표로 하고 있다. 또한 건설교통 R&D 사업은 각 분야별로 각각의 목표를 설정하고 있는 바, 단순히 매출액 실현 등 직접적이고 경제적인 관점으로 파급효과를 분석하기보다, 간접적인 효과를 고려함으로써 경제·사회·환경 등 다양한 분야에 대한 파급효과를 분석하는 것이 합리적이다. 따라서, 세부사업별 파급효과 분석방향은 기존의 성과물 및 직접적인 경제적 효과에 초점을 맞춘 분석에서 벗어나, 1) 각 사업의 특성을 고려하고, 2) 간접적인 효과를 반영하여, 3) 경제·사회·환경 등 다방면에 대한 파급효과를 도출하하는 것을 목표로 한다.

제3절 건설교통 R&D 파급효과 분석방법론 구상

1. 건설교통 R&D 파급효과 측정 지표 도출 방안

이 연구에서는 259개의 국가경쟁력 지표 가운데 건설교통 R&D를 통해 향상될 수 있을 것으로 기대되는 관련 지표를 선정하고, 최종적으로 선정된 지표를 통해 건설교통 R&D 파급효과를 측정하고자 한다.

가. 건설교통 R&D 파급효과 분석을 위한 지표 선정기준

일반적으로 지표를 선정함에 있어 제시되는 특징은 타당성, 측정가능성, 비교가능성, 명확성 등 4가지가 가장 대표적이다. 가장 우선적으로, 향후 선정되는 지표는 건설교통 분야와 연관성이 있고 건설교통 R&D투자에 대한 파급효과를 대변하면서 관련 정보를 제공할 수 있는 타당성을 확보해야 한다. 또한 지표 작성에 필요한 통계자료를 현재 구득하여 측정가능하여야 하고 앞으로도 지속적으로 확보할 수 있어야 하며, 측정된 지표값이 연도별 또는 산업간에 우위나 경쟁력에 따라 서로 비교 가능한 차이를 보이는 측정가능성을 확보해야 한다. 마지막으로, 선정된 지표는 정책담당자와 예산담당자를 비롯하여 모든 관계자에게 쉽고 명확하게 설명될 수 있어야 한다.

이 연구에서는 건설교통 R&D투자가 국가경쟁력을 얼마나 향상시켰느냐를 살펴보아 그 파급효과를 분석하고자 한다. 국가경쟁력 지표 중 가장 대표적으로 제시되는 세계경제포럼(WEF)[51]과 국제경영개발원(IMD)[52] 모델은 포괄적인 경쟁력 원천을 포함하는 지표를 선정하여 다수의 국가를 대상으로 평가한 후 보고서 및 연감을 발간하고 있다. 우리나라는 세계경제포럼(WEF)과 국제경영개발원(IMD) 등 기존의 국가경쟁력보고서들이 설문조사에 지나치게 의존함으로써 공신력이 떨어지고 지표값 순위가 큰 폭의 등락을 거듭하는 등 문제가 발생하는 점을 보완하여 4개 분야의 259개의 국가경쟁력 지표를 산정하여 사용하고 있다.

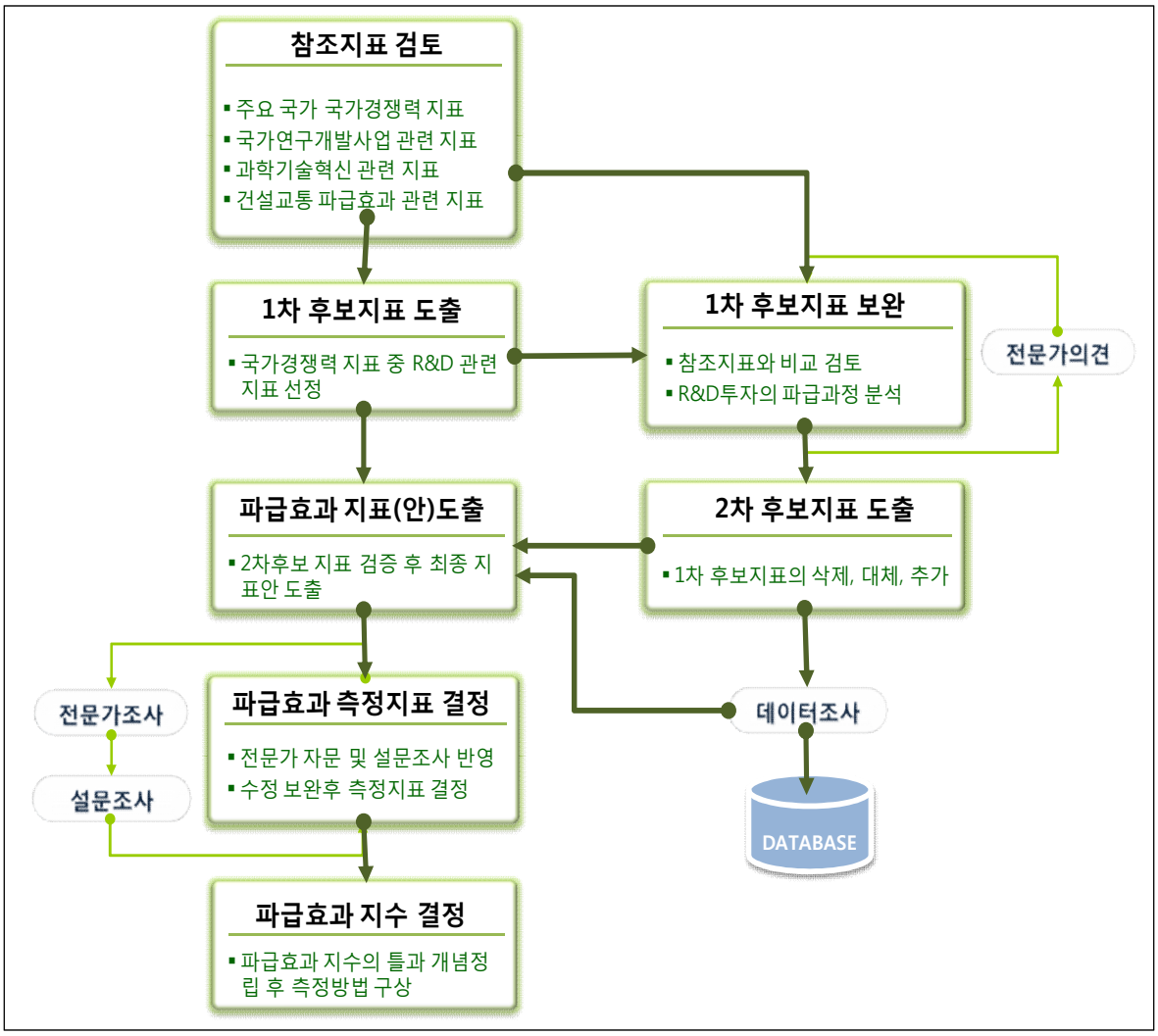
이 연구에서는 우리나라의 국가경쟁력 지표를 대상으로 하여 건설교통 R&D투자와 관련된 지표를 재선정하여 사용하고자 한다. 따라서 지표를 선정하는데 있어 고려해야 하는 기준들은 이미 충족이 되어 있다고 생각되나, 타당성과 명확성을 더욱 확보하

51) WEF: World Economic Forum
52) IMD: International Institute for Management Development

는 측면에서 추후 “건설교통 R&D투자 파급효과 분석지표(안”)에 대한 전문가 자문과 실무자 설문조사를 실시하였다.

나. 건설교통 R&D 파급효과 분석을 위한 지표 도출 절차

건설교통 R&D 파급효과 분석을 위한 지표 도출 절차는 [그림 3-5]와 같다.



[그림 3-5] 건설교통 R&D 파급효과 지표 도출 절차

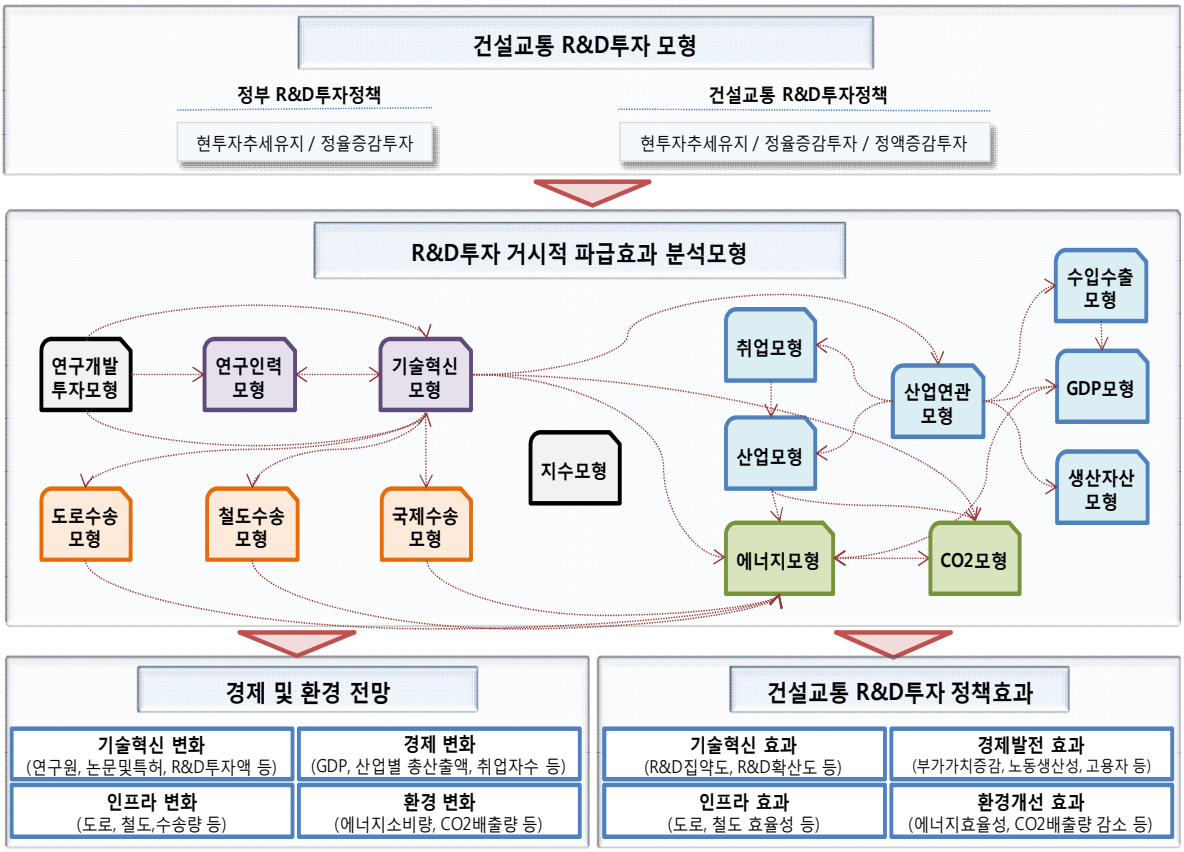
먼저 주요 국가와 우리나라의 국가경쟁력 지표, 국가연구개발사업 관련 지표, 과학기술혁신역량지수, 건설교통 R&D 관련 지표 등을 조사한다. 1차 후보지표를 선정하기 위하여 해외의 국가경쟁력 지표들과 우리나라 국가경쟁력 지표를 비교분석 한 후 연구개발과 관련된 지표들을 선정하여 1차 후보지표을 도출한다. 이 후보지표들은 R&D를 통하여 최종적으로 얻고자 하는 파급효과 지표이므로, 최초의 R&D 투자액으로부터 파급효과에 이르기까지 1차 선정된 지표들을 계량적으로 시뮬레이션할 수 있도록 후보지표들을 삭제, 추가, 대체한다. 이 과정에서는 국가연구개발사업의 표준성과 지표와 건설교통 파급효과 관련 지표들이 파급과정상의 성과지표로 나타날 수 있으며, 이러한 중간 매개자적 성격의 지표 중 그 중요도에 따라 최종 파급효과 지표로 선정되어야 마땅한 지표들을 보완하여 2차 후보지표로 도출하도록 한다. 2차 후보지표가 선정되면 지표를 계량화 하는데 필요한 자료를 조사하고 그 가능성 여부에 따라 최종적으로 “건설교통 R&D투자 파급효과 지표(안)”을 도출한다. 도출한 “건설교통 R&D투자 파급효과 지표(안)”은 먼저 전문가를 대상으로 지표에 대한 타당성 측면에서 자문을 받아 지표(안)을 보완한다. 1차 보완된 지표를 정리하여 국토해양부 담당자와 건설교통기술평가원 실무담당자들을 대상으로 하여 타당성 및 명확성 측면에서 설문조사를 실시한 후 조사결과를 토대로 최종지표를 확정한다.

2. 건설교통 R&D 거시적 파급효과 측정 방법론 구상

R&D투자의 파급효과는 관련 변수간에 상호 연관관계가 형성될 뿐만 아니라 순환적 인과성이 존재하고, 시간의 흐름에 따른 동태적인 특성을 나타낸다. 따라서 이 연구에서는 동태적인 특성을 잘 표현할 수 있는 시스템다이내믹스 기법을 기반으로 하고, 각 변수간의 인과관계 설정에 있어 기존의 다양한 분석기법을 복합적으로 적용하는 방법론은 구상하였다.

가. 방법론 1 : SD기반 파급효과 측정모형 개발

이 연구에서는 건설교통 R&D투자 정책의 변화에 따른 파급효과를 분석하기 위하여, R&D 투자액과 건설교통 R&D 파급효과 지표간의 상관관계를 분석하여 시간의 흐름에 따른 지표와 지수의 변화를 동적으로 분석할 수 있는 시스템다이내믹스 기반의 시뮬레이션 모델인 “건설교통 R&D 파급효과 분석모형”을 개발하였다.



[그림 3-6] 건설교통 R&D투자 거시적 파급효과 분석 모형 프레임워크

이 모형은 [그림 3-6]에서 보는 바와 같이 R&D투자 시나리오 설정부문, 거시적 파급효과 분석부문, 경제 및 환경 전망부문, R&D투자 정책효과 분석부문 등 4개 부문으로 구성된다. R&D투자 시나리오 설정부문에서는 국가 R&D투자 정책과 건설교통 R&D투자 정책을 시나리오에 따라 설정할 수 있도록 하는 부분이다. 거시적 파급효과 분석부문은 시스템다이내믹스 모형의 핵심으로서 변수와 변수, 변수와 지표, 지표와 지표간의 상호 연관관계에 따라 구조화되어 계량적 분석을 가능하게 해 주는 부분이다. 경제 및 환경 전망부문은 모형을 구성하는 변수와 지표들이 미래에 어떻게 변화해 갈지를 전망해 주는 부분으로서, R&D투자 시나리오의 설정없이 현재의 추세가 그대로 지속된다는 가정 하에 미래의 전망값을 제시하는 부분이다. R&D투자 정책효과 분석부문은 R&D투자 시나리오의 설정에 따라 정책변화에 따른 파급효과를 분석해 주는 부분이다.

나. 방법론 2 : 기존의 계량경제학적 방법론의 통합 사용

시스템 다이내믹스 모형을 개발함에 있어 R&D투자액 및 변수간의 인과관계 설정에 있어 기존의 계량경제학적 방법론을 복합적으로 적용하여 그 정확성을 확보하고자 하였다. 경제 관련 부분에서는 산업연관분석 기법을 적용하여 수요측면에서의 정부R&D투자가 유발하는 생산액, 부가가치액, 취업자, 고용자, 수출액 등을 분석할 수 있도록 하였다. 인프라 관련 부분에서는 인프라 처리용량을 종속변수로 하고 인프라 규모, 인프라 효율성, 경제사회여건, 기술진보율을 독립변수로 하는 회귀모형식을 정립하고, R&D투자에 따른 탄력계수를 이용하여 파급효과를 산출하였다. 에너지 관련 부분에서는 우리나라 에너지 소비모형과 에너지 소비에 따른 CO2모형을 개발하고 R&D투자에 따른 에너지 절감량을 이용하여 파급효과를 산출하였다.

다. 방법론 3 : 건설교통 R&D 파급효과 지표 및 지수 개발

건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 설명하기에 적합한 지표를 개발하고, 이 지표를 토대로 파급효과지수를 그 성격에 따라 경제발전지수, 인프라효율성지수, 에너지절감지수, 기술혁신지수로 세분화하여 제시하였다. 이러한 지표와 지수는 건설교통 R&D투자가 국가경쟁력을 얼마나 향상시킬 수 있는지 계량적으로 측정하는데 근간이 되어, 건설교통 R&D투자의 궁극적인 목적과 목표를 달성하는데 이정표가 될 것이다.

3. 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 측정 방법론 구상

“거시적 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석” 과는 달리, “건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 분석” 은 변수 간 인과관계를 바탕으로 구성된다. 즉, R&D 사업의 특성을 분석하여 일반적인 R&D 투자 파급과정을 정의하고, 건설교통 R&D 사업의 세부사업별 특성 및 파급과정을 분석하여 건설교통 R&D 세부사업 특수성을 반영한다. 특히, 본 파급효과 측정 방법은 사업별 상이한 파급과정을 설명할 수 있도록 정량적 데이터의 활용과 함께 정성적 자료 또한 적극적으로 활용한다.

가. 방법론 1 : R&D 투자 파급과정의 특성 반영

앞서 서론에서 설명한 바와 같이, R&D 투자가 사회·경제 시스템 내에서 파급되는 과정은 크게 1) 확산성 (Diffusivility), 2) 순환성 (Feedback Process), 3) 비특유성 (Non-Specificity), 4) 시차 (Time-lag), 5) 불확실성 (Uncertainty) 으로 정의할 수 있다.[53] 이러한 R&D 투자 파급과정을 상세히 설명하면 다음과 같다.

- **확산성(Diffusivility)**

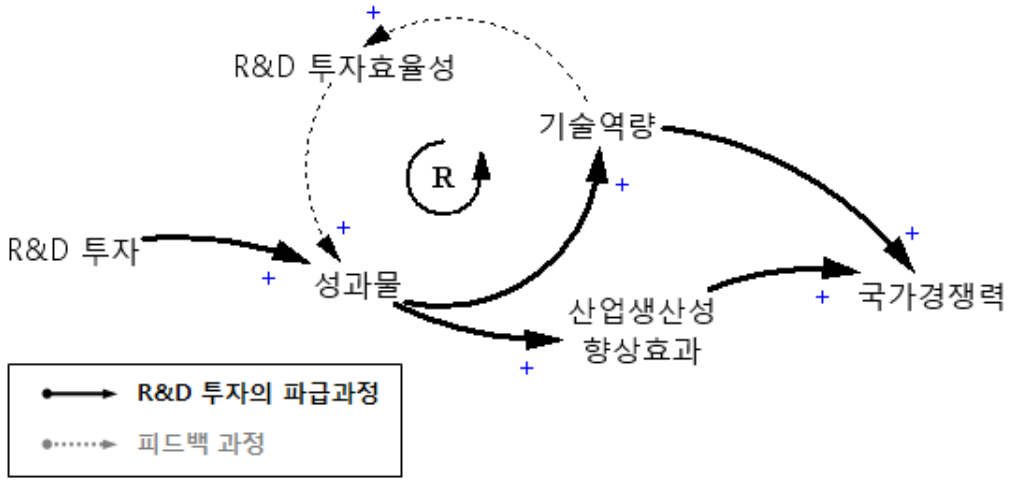
확산성은 R&D 투자가 1차적인 논문, 특허, 개발기술 등 직접 성과물을 거쳐 기업 및 연구기관 단위 (1차), 과학 및 산업계 단위 (2차), 국가 단위 (3차) 로 순차적으로 발생한다는 것이다. 예를 들면, R&D투자는 지식스탁의 형성, 기술진보 및 혁신, 모방 및 확산, 생산성 증대, 국가경제 활성화 등의 순차적인 확산과정을 거친다.

- **순환성(Feedback Process)**

순환성 (Feedback Process) 은 각 단계에서 발생한 파급효과는 다음단계의 파급효과뿐 아니라 그 이전단계의 파급효과 발생에 영향을 준다는 특성이다. 즉, R&D 투자의 파급효과가 직접성과물 및 기업 및 연구기관 단계 (1차)를 거쳐 과학 및 산업계 (2차)에 파급되었을 때, 과학 및 산업계의 변화된 특성은 직접성과물 발생 단계 및 기업 및 연구기관 단계 (1차)에서 발생하는 파급효과의 정도를 변화시킬 수 있다. [그림 3-7] 은 R&D 파급과정의 특성 중 순환성에 대한 예시이다.

---

53) 서인석, 이동규 (2010), R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석: System Dynamicsf를 활용한 시뮬레이션 분석



[그림 3-7] R&D 투자과정의 순환성

본 예시는 R&D 투자 파급과정에서 발생하는 순환작용을 나타낸다. 단선적 분석에서는 R&D 투자에 따른 성과물 발생, 산업생산성 향상효과 및 기술역량, 국가경쟁력 증대로 이어지는 파급과정을 보여줄 수 있다. 기존의 연구들은 계량적 분석모델을 통해 이러한 단선적 과정에 대한 정량적 분석을 시도하였으며, 그 정확성 개선에 대한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 노력은 방법론 및 모델 개선, 관련변수 체계화 등의 시도를 포함한다. 그러나 [그림 3-9]에서 R&D 투자의 지속에 따른 기술역량 증대는 R&D 투자효율성을 높임으로써 이전단계에서 발생하는 파급효과인 성과물의 양과 질을 향상시키는 순환적 요소로 작용한다. 따라서 R&D 투자의 파급효과 측정 및 분석에 있어, 그 분석 정확성 증대를 위해서는 이러한 순환 과정에 대한 이해가 선행되어야 한다.

● 비특유성(Non-Specificity)

비특유성 (Non-Specificity) 은 R&D 투자의 결과가 특정분야, 목표분야에만 국한되지 않고 과학·기술, 경제, 사회 등 시스템 전반에 공유되는 특성이다. 또한 각 분야로 파급된 효과들은 타 분야의 파급효과 정도를 동태적으로 변화시킬 수 있는 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 교통 운영 효율성 향상을 목표로 하는 R&D 과제는 기본적으로 사회 인프라 확충 및 국민의 삶의 질 증진을 이룩할 뿐 아니라, 사회 인프라 개선을 통해 경제·산업 측면의 인프라 향상 효과를 불러옴으로써 국가 경제력 향상에 도움을 주기도 한다.

● 시차 (Time-Lag)

시차 (Time-Lag) 는 투자의 결과가 확산 과정의 다음 단계 및 타 분야로 반영되기 위해 시간이 소요된다는 것이다. 이러한 시차는 시스템 내부의 다양한 변수의 영향에 의해 결정된다. 예를 들어, 건설산업에서 생산성 개선을 위한 새로운 공사운영시스템을 개발했을 때, 그 효과가 검증된다 하더라도 건설산업의 경직성 등의 변수로 인해 운영시스템의 확산에 시차가 발생할 수 있다.

● 불확실성 (Uncertainty)

불확실성 (Uncertainty) 은 R&D 투자가 연구 및 사업화의 실패, 목적과 상이한 결과 등 다양한 원인에 의해 그 파급효과가 없거나 작을 수 있음을 의미한다. 이러한 불확실성은 실제로 예상치 못한 외부변수에 의해 발생할 수도 있으나, 위에 설명한 확산성, 순환성, 비특유성, 및 시차에 대한 잘못된 이해로 그 파급효과를 올바르게 측정하지 못함으로써 발생하기도 한다.

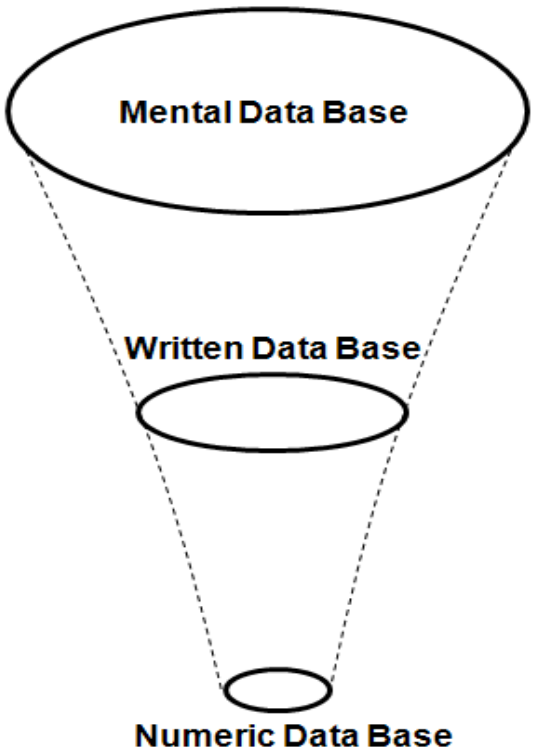
위와 같은 특성에 따라 R&D 투자의 파급효과를 올바르게 측정·분석하기 위해 R&D 투자가 영향을 미치는 사회·경제 시스템을 구성하는 변수 간의 구성 및 상호작용을 파악하고, 이를 세부사업별 R&D 투자 분석방법에 적용한다.

나. 방법론 2 : 정성적 자료의 활용

시스템다이내믹스 모델 개발과정은 먼저 시스템을 구성하는 정성적 변수 간의 인과관계 및 상호작용을 정성적 검증자료를 통해 파악하고, 인과관계의 방향 및 정도를 정량적 데이터를 통해 파악한 후 시뮬레이션 모델을 개발하는 단계로 구성된다. 이 중 인과지도 작성에 있어 관련정보의 출처는 기존문헌, 이론 등의 정성적 자료와 데이터 기반의 정량적 자료를 포함한다. 이와 같은 정성적 자료의 사용은 R&D 투자 특성인 확산성, 순환성, 비특유성 및 시차를 올바르게 이해하기 위함이며, 이에 따라 R&D 투자의 파급과정 및 효과를 올바르게 이해하기 위함이다.

[그림 3-8]에 따르면, 시스템을 모델링하기 위해 사용되는 정보는 크게 직관적 자료 (Mental Data), 정성적 자료 (Written Data), 정량적 자료 (Numeric Data)로 구분될 수 있다. 이러한 정보들은 유형별로 이용 가능한 자료의 양 및 접근성이 차이가 존재한다. 일반적으로 정량적 데이터는 정량화의 어려움으로 인해 정성적 데이터보다 이용 가능

한 범위가 작다. 이에 따라 기존의 R&D 파급효과 측정을 위한 수리경제모델은 이용 가능한 데이터의 존재 여부가 모델 개발의 중요한 요소였으며, 이로 인해 R&D 파급과정의 확산성, 순환성, 비특유성을 이해하는 데 어려움이 발생하였다. 본 연구는 먼저 상대적으로 방대한 정성적 자료를 통해 인과지도를 작성함으로써 R&D 투자 파급과정을 설명 및 분석한다. 이러한 과정은 정량화 모델 개발 과정에 선행되며, 이에 따라 정량화 모델에서 누락되는 구조 및 변수를 최소화 할 수 있다. 정성적 인과지도에 사용되는 변수 및 순환적 인과구조는 이론에 근거한 관련 수식 및 이용 가능한 실 데이터에 따라 정량 변수로 재 정의되고, 이후 세부사업별 R&D 투자 파급효과 측정 모형에 활용된다.



[그림 3-8] 시스템다이내믹스 모델 변수
정보의 출처

이처럼 세부사업별 분석은, 가용 데이터가 부족한 현재상황에서 활용가능하고, 사업별 파급과정을 설명할 수 있도록 정성적 자료를 적극 활용하여 변수 간 인과관계 기반으로 개발되는 모형을 통해 분석된다.

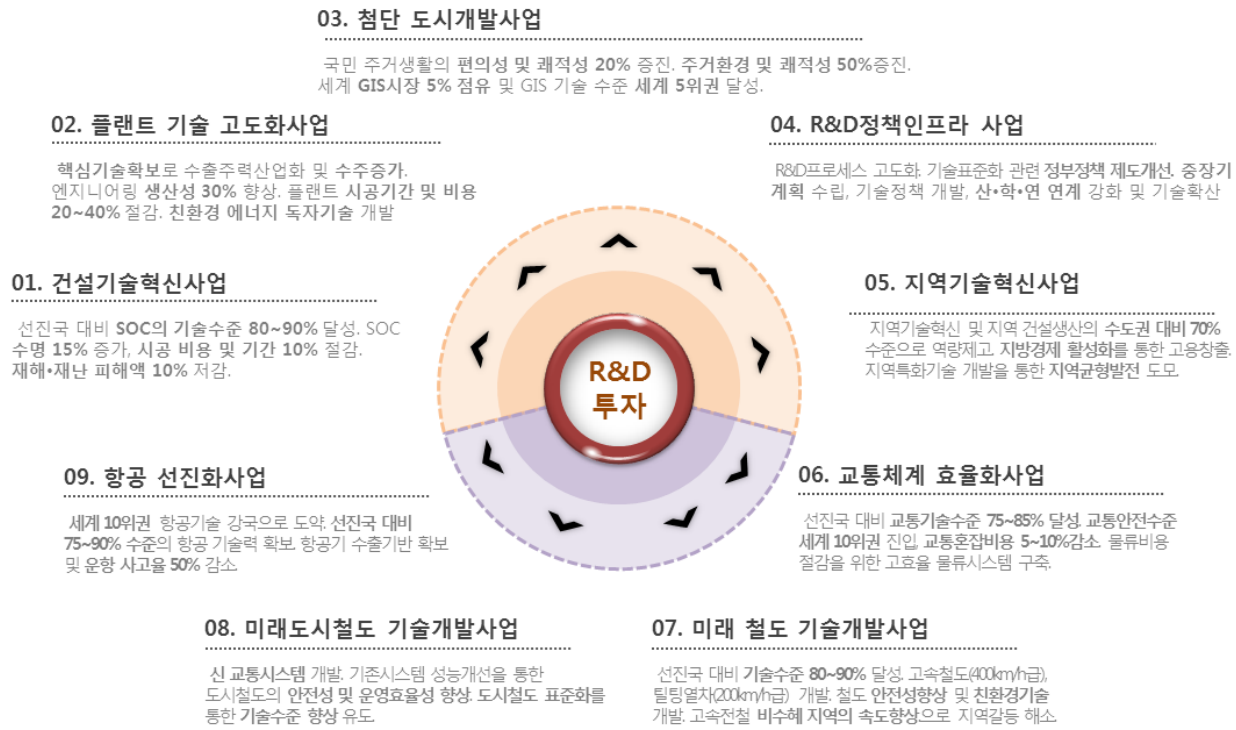
다. 방법론 3 : 세부사업 특성 반영체계

건설교통 분야 정부 R&D 사업은 국토해양부 산하 건설교통기술평가원(KICTEP)을 통해 총 9개의 사업으로 관리되며, 이는 건설교통R&D정책인프라사업, 건설기술혁신사업, 지역기술혁신 사업, 첨단도시개발사업, 플랜트기술고도화사업, 교통체계효율화사업, 미래도시철도기술개발사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업으로 구성된다. 각 사업별 목표는 다음 [표 3-10]과 같다.

[표 3-10] 건설교통 R&D 세부사업 목표분석

세부 사업명	세부 사업별 목표
건설교통R&D 정책인프라사업	▪ R&D프로세스고도화 ▪ 기술표준화 관련 정부정책제도개선 ▪ 중장기 계획 수립 및 기술정책 개발 ▪ 산,학,연 연계강화 및 기술 확산
건설기술 혁신사업	▪ 선진국 대비 SOC의 기술수준 80~90% 달성 및 SOC수명 15%증가 ▪ 시공비용 및 기간 10% 절감 ▪ 재해 및 재난 피해액 10% 절감
지역기술 혁신사업	▪ 지역 건설생산의 수도권대비 70% 수준으로 역량제고 ▪ 지방경제 활성화를 통한 고용창출 ▪ 지역특화기술 개발을 통한 지역균형발전 도모
첨단도시 개발사업	▪ 국민 주거생활의 편의성 및 쾌적성 20%증진 ▪ 주거환경 및 쾌적성 50%증진 ▪ 세계 GIS시장 5%점유 ▪ GIS기술수준 세계 5위권 달성
플랜트기술 고도화사업	▪ 핵심기술 확보를 통한 수출주력산업화 및 수주증가 ▪ 엔지니어링 생산성 30% 향상 ▪ 플랜트 시공기간 및 비용 20~40% 절감 ▪ 친환경 에너지 독자기술 개발
교통체계 효율화사업	▪ 선진국 대비 교통기술수준 75~85% 달성 ▪ 교통안전수준 세계 1-위권 진입 ▪ 교통혼잡비용 5~10%감소 ▪ 물류비용 절감을 위한 고효율 물류시스템 구축
미래도시철도 기술개발사업	▪ 신 교통시스템 개발 ▪ 기존시스템 성능개선을 통한 도시철도의 안전성 및 운영효율성 향상 ▪ 도시철도 표준화를 통한 기술수준 향상 유도
미래철도 기술개발사업	▪ 선진국 대비 기술수준 80~90% 달성 ▪ 고속철도(400㎞/h급), 틸팅열차(200㎞/h)개발 ▪ 철도 안전성향상 및 친환경기술 개발 ▪ 고속전철 비수혜지역의 속도향상으로 지역갈등 해소
항공선진화사업	▪ 세계 10위권 항공기술 강국으로 도약 ▪ 선진국 대비 75~90% 수준의 항공 기술력 확보 ▪ 항공기 수출기반 확보 ▪ 운항사고율 50% 감소

이 각각의 세부 사업들은 그 특성 및 목표가 상이하며, 이에 따른 투자 유형 및 구성되는 과제 또한 차이가 있다. R&D 정책인프라사업은 기술정보관리 및 시스템 체계화를 통한 국가 기술경쟁력 강화를 목표로 하며, 건설기술혁신사업은 사회기간시설 및 건설시공 기술수준 향상 등을 주로 목표로 한다. 지역기술혁신사업은 지역건설 기술역량 및 건설생산제고를 통해 지역균형발전을 도모하며. 첨단도시개발사업은 국민 주거생활의 편의성 증진 및 도시개발 등을 목표로 관련 연구에 투자하고 있다. 플랜트기술고도화사업은 플랜트 등 수출주력산업의 수주역량 증대를 목표로 한다. 또한 교통체계효율화사업은 국가교통시스템의 고도화와 교통안전수준의 세계화를 목표로 한다. 미래도시철도기술개발사업은 대중교통서비스 품질향상을 위한 도시철도의 표준화 및 기술수준 향상을 목표로 하고, 미래철도기술개발사업은 고속철도 및 친환경 기술의 개발을 통해 세계일류 철도기술 확보 및 철도산업 경쟁력의 제고를 목표로 한다. 마지막으로 항공선진화 사업의 경우 세계 10위권 항공기술 강국으로 도약하기 위해 항공 기술력 뿐만 아니라, 항행안전율 증가, 운항사고율 감소 등의 구체적인 목표치를 설정해두고 있다.

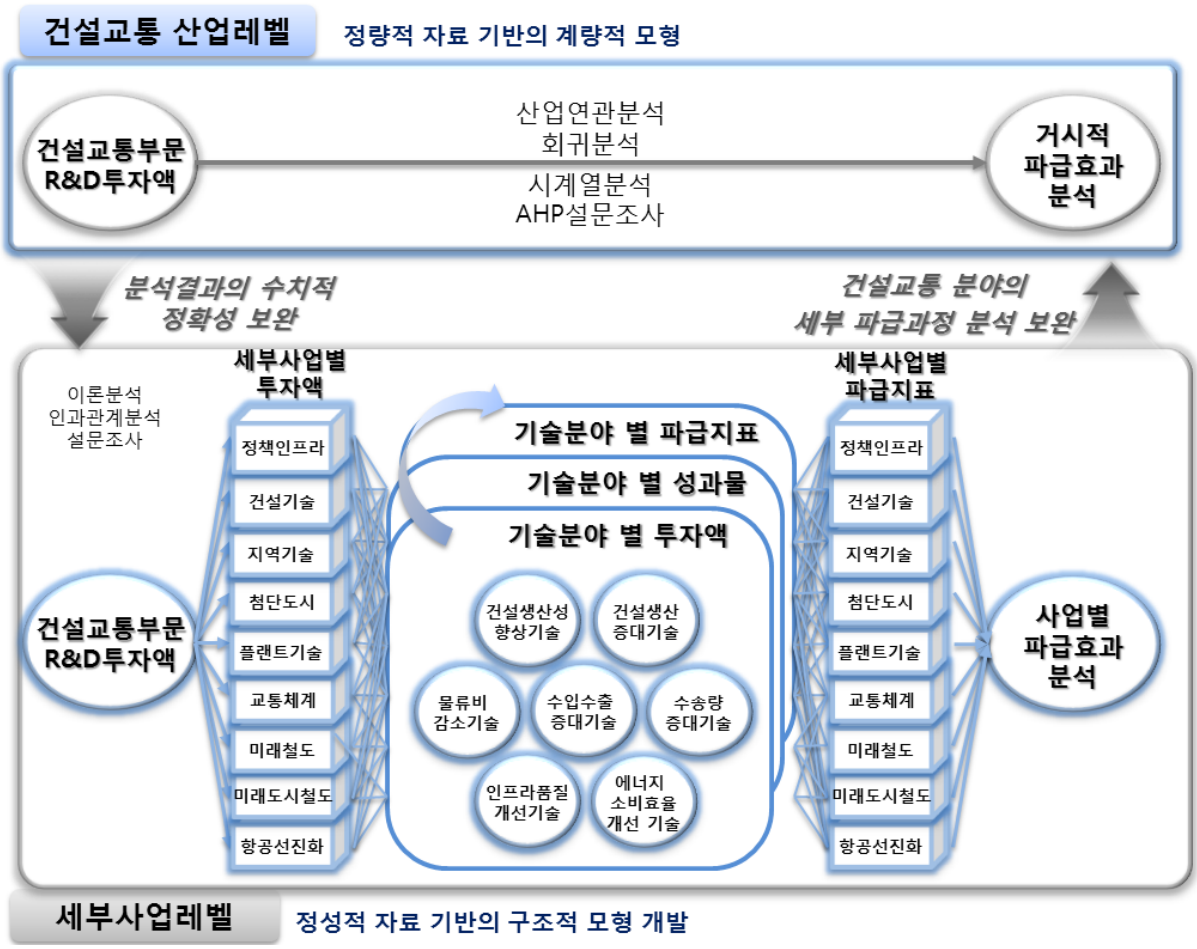


[그림 3-9] 건설교통 R&D 세부사업별 목표

이처럼 본 연구는 사업별 파급효과 분석의 선행단계로 사업별 성격을 사업별 목표, 성과물, 투자유형을 종합적으로 분석하여 정의한다. 특히, 각 사업은 성격이 흑백논리로 정의되는 것이 아니라, 특정 기술에 얼마나 치중하고 있는지에 대한 비율로 정의된다. 이를 위해, 전문가 자문 및 한국건설교통기술평가원의 출연 과제를 전수조사하여 각 과제를 7개 기술분야 (생산성향상, 건설생산 유발, 수입대체 및 수출증대, 물류비 절감, 에너지 효율개선, 인프라 품질개선, 수송량 증대)로 분류한다.

예를 들면 건설기술 혁신사업은 건설 생산성향상을 주로하는 사업으로 명확히 정의하는 것이 아니라 50%이상이 생산성향상을 위한 기술에 집중하는 성격을 가지고 있다고 정의한다.

라. 방법론 4 : SD 기반 세부사업 레벨의 구조적 모형 개발



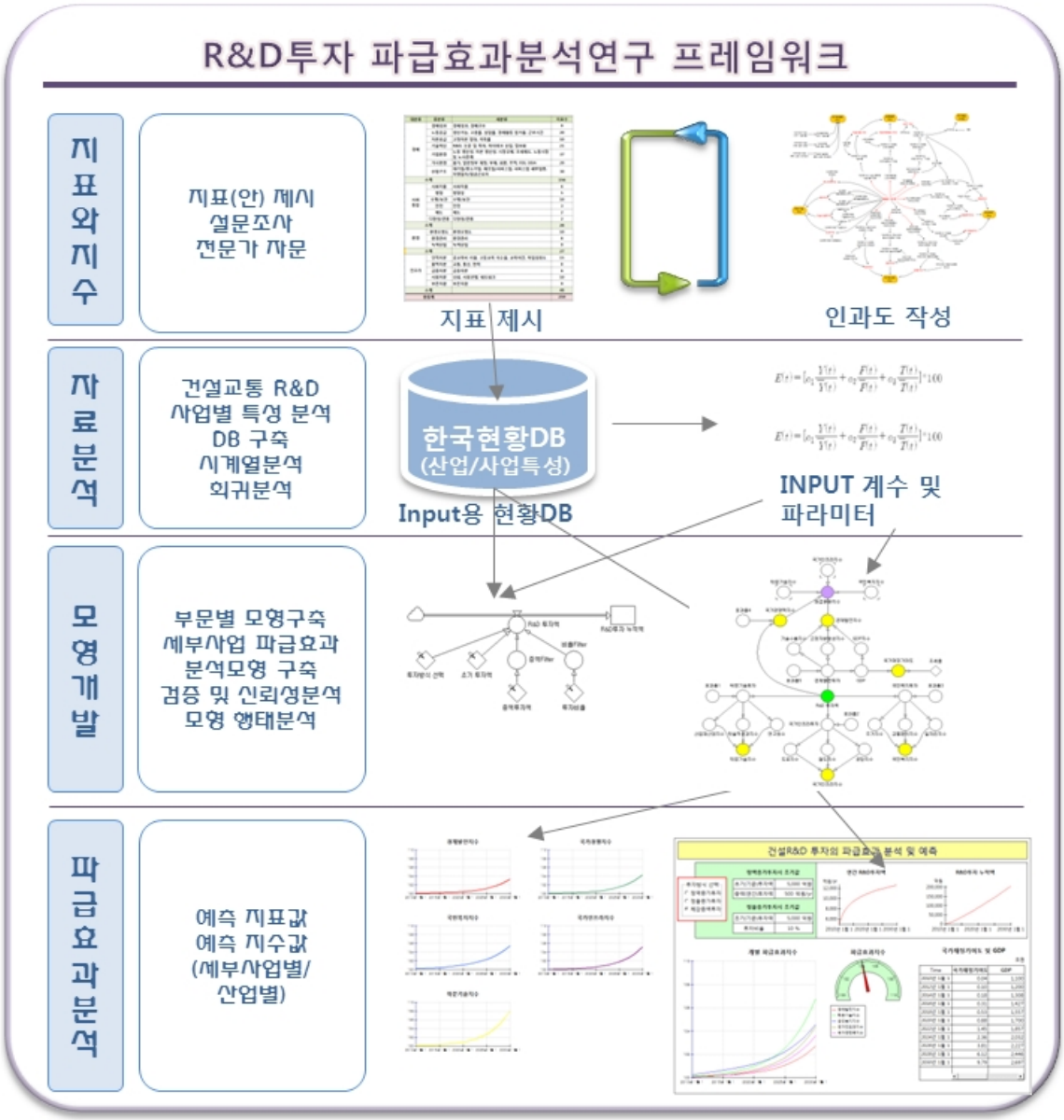
[그림 3-10] 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 분석체계

[그림 3-10]은 세부사업별 R&D 투자 파급효과 분석체계를 도식화 한 것이다. 먼저, 앞서 “거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석 방법”에서 정의 한 바와 같이 건설·교통분야의 산업 레벨에 대한 파급효과 측정모형은 주로 과거 데이터를 활용하여 R&D 투자금액과 파급지표와의 관계에 대해 산업연관분석 등 계량적 예측방법에 의한 관계 정의 후 구현된다. 반면, 건설교통 R&D 세부사업 레벨에 대한 파급효과 측정모형은 R&D 투자 파급과정의 공통적 특성 및 건설 R&D 세부 사업별 상이한 파급과정의 차이를 반영하며, 정량적 과거 데이터 뿐만 아니라 정성적 자료 를 활용한다. 즉, 세부사업 레벨에 대한 파급효과 측정모형에서는 건설·교통부문 R&D 투자액이 세부 사업별로 나뉘고, 다시 각각 파급효과와 관련된 7개 기술 분야로 분류된다. 이후 기술 분야별 및 세부 사업별 성과물, 파급지표 변화값을 도출한다. 본 두 가지 모형은 서로 상호보완의 역할을 할 수 있는데, 특히 정성적 자료를 활용하여 수치적 정확성의 약점을 가질 수 있는 세부사업별 파급효과 분석에 대한 수치적 정확성을 보완하고자, 산업레벨의 파급효과 측정모형 (정량적 자료 기반의 계량적 모형)은 세부사업레벨의 파급효과 측정모형 (정성적 자료 기반의 구조적 모형)의 정량 변수 설정과정에 활용된다. 자세한 모델링 방법은 제6장에 상세히 기술하기로 한다.

4. 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크

앞에서 우리는 건설교통 R&D사업의 비전과 목표를 살펴보고, 건설교통 R&D투자가 궁극적으로 국가경쟁력 측면에서의 파급효과를 측정하는 것이 합당하다는 결론에 대한 이르렀다. 또한 파급효과를 측정하기 위해서 우선적으로 건설교통 R&D 파급효과를 잘 설명할 수 있는 지표와 지수를 개발하기 위한 방법을 구상하였고 또한 적합한 입출력 값에 대한 구상 및 파급효과를 측정하기 위한 방법론을 개괄적으로 구상하였다. 특히, 타 산업 대비 건설교통 R&D 투자 파급효과를 비교분석하는 “거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석모형” 과 건설교통 R&D 사업 내에서 세부사업별 투자 파급효과를 비교분석하는 “세부사업레벨의 R&D 투자 파급효과 분석모형” 두 갈래로 개발하고, 이 두 모형을 분석 과정에서 상호보완하는 방법론을 구상하였다. 이를 전체적으로 종합한 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크는 [그림 3-11] 과 같다.

일반적으로 비전이란 목표가 달성되었을 때 실현되는 최종 상태를 나타내며, 꿈이 아닌 미래의 실제 모습으로 장기적인 목표와 의미를 부여하기 위한 목적을 지닌다. 이러한 점을 고려해 보았을 때, R&D 사업의 비전 및 목표는 R&D 사업의 정책적 목표 달성을 위한 구체적인 방향을 제시하고, 장기적 관점에서 일관성 있는 R&D 사업 추진을 위한 가이드 역할을 담당한다.



[그림 3-11] 건설교통 R&D 파급효과 측정 프레임워크

제4장 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 및 지수 정립

제1절 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토

건설교통 R&D투자 파급효과 측정지표는 정부의 건설교통 R&D투자 사업이 학문적, 기술적, 산업적, 경제적, 사회적 측면에서 어떠한 영향을 미치는가를 나타내는 요약정보를 의미한다. 측정지표 예로서는 논문기재건수, 신제품출시건수, 관련 산업 매출증가액, GDP증가액, 국민편의 개선정도 등 다양한 것들이 있을 수 있다. 본 절에서는 건설교통 R&D 파급효과 측정지표로서 적합한 지표를 도출해 내어 지표(안)을 제안하고 전문가와 실무자의 의견을 수렴하여 현실적이고 합리적인 지표를 도출하고자 한다. 그를 통하여 R&D 투자사업 수행시의 막연한 성과나 기대효과를 구체화할 수 있도록 하고, 새로운 R&D정책이나 투자사업에 대한 체계적이고 합리적인 의사결정을 하는데 도움이 되도록 하고자 하였다.

1. 주요국가 R&D 파급효과 관련 지표

R&D 파급효과 관련 지표를 검토하기 위하여 거시적측면에서 국가경쟁력과 관련된 대표 지표를 살펴보고, R&D 혁신역량 측면의 관련지표를 살펴본 후, 파급효과를 측정하는 측면에서의 지표를 살펴보았다. 국가경쟁력과 관련된 지표로는 "국제경영개발원(IMD)의 세계경쟁력연감"에서 사용하고 있는 331개 지표들을 살펴보았고, R&D 관련 지표로는 과학기술지표(MSTI)[54] 데이터베이스를 근간으로 작성하는 "OECD의 과학기술산업스코어보드"와 북유럽 세계계화포럼에서 발표된 "북유럽혁신모니터"를 살펴보았다. 마지막으로 근래에 들어 공공 R&D투자의 영향이 경제적 측면 뿐만 아니라 환경 및 국민 복지 등 우리 생활의 전반적인 부분에 미치는 파급효과에 대해 전세계적으로 관심을 가지고 노력하고 있는 바, 이와 관련된 연구에서 제안된 파급효과 측정 관련 지표를 살펴보았다.

54) Main Science and Technology Indicator

가. 주요 국가경쟁력 모델

국가경쟁력 모델이란 한 국가의 경쟁력을 창출하는 데 원천이 되는 요소들을 식별, 분류, 평가한 후 이를 종합하는 분석틀을 가리킨다. 아울러 분석결과를 해석하고 정책과제를 도출하는 과정도 넓은 의미에서 국가경쟁력 모델에 포함되는 것으로 볼 수 있다. 이를 자세히 살펴보면, 국가경쟁력모델은 과학기술, 대외개방과 같은 국가경쟁력의 구성요소들을 식별하고 각 요소들이 어떤 세부지표를 통해 측정될 수 있는지 제시한다. 또한, 각 요소들이 어떠한 구조 하에서 서로 영향을 주고받으면서 전체 국가경쟁력을 결정하는지 분석한다. 분석결과를 토대로 한 나라의 국가경쟁력이 높거나 낮은 이유는 무엇인지 설명하고 향후 이를 향상시키기 위해 정부, 기업, 가계 등 각 경제주체들이 어떠한 노력을 기울여야 하는지 그 방향을 제시한다.

가장 대표적으로 제시되는 세계경제포럼(WEF)와 국제경영개발원(IMD) 모델은 다수의 국가를 대상으로 하며 포괄적인 경쟁력 원천을 포함하고 있다. WEF는 1979년부터 국가경쟁력 평가를 시작하여, 1989년부터 1995년까지 IMD와 공동으로, 이후부터는 독립적으로 국가경쟁력에 대한 보고서를 발표하고 있으며, IMD는 1996년부터 독자적으로 세계경쟁력 연감을 발간하고 있다. WEF 모델은 기본요인, 효율성증진, 혁신 및 성숙도의 3대분야로 나누어 국가경쟁력을 평가하고, IMD는 경제성과, 정부효율, 기업효율, 인프라의 4대분야로 나누어 각국의 종합경쟁력을 평가한다.

한편, 유럽연합(EU: European Union)과 아일랜드 모델 등은 특정국가가 경쟁상대국과 비교하여 자국의 경쟁력 원천을 연구·분석하기 위한 모델이며, 세계은행(WB: World Bank)의 기업환경평가지수(Doing Business Index), 헤리티지재단(Heritage Foundation)의 경제자유도지수(Index of Economic Freedom), 국제투명성기구의 부패인식지수(Corruption Perception Index) 등은 국가경쟁력을 구성하는 특정 분야에 초점을 맞춘 모델이다. 이러한 주요 국가경쟁력 모델의 개요는 [표 4-1]과 같다.

[표 4-1] 주요 국가 경쟁력 모델

지수명	개요	순위 (한국/전체)	발표 시기
국제경영개발원(IMD) 경쟁력지수 (World Competitivness Scoreboard, WCS)	▪ 경제성과, 정부효율성, 경영효율성, 인프라 등 4대 부문 250여개 세부항목을 평가 ▪ 통계 등 경성자료와 설문자료를 각각 6:4의 비율로 활용	22위/59개국 (2011년)	매년 5월
세계경제포럼(WEF) 경쟁력 지수 (Global Competitivness Index, GCI)	▪ 국별 기본요인, 효율성 증진, 기업환경의 성숙도와 기술혁신 등 3대 부문 12개 세부부문 평가 ▪ 경성자료(약 30%)와 설문자료(약 70%) 활용	24위/142개국 (2011년)	매년 9월
EU 경쟁력보고서 (European Competitiveness Report)	▪ 미국과 EU의 1인당 GDP, 생산성 증가율, 취업률 등 비교 ▪ 거시경제여건, 수요조건, 생산투입, 혁신 등 6대 경쟁력 원천이 유럽 산업에 미치는 영향을 분석	종합순위 내지 않음	매년 11월
아일랜드 경쟁력보고서 (Ireland Competitiveness Report)	▪ 경쟁력 목표인 지속가능한 성장(국민소득, 삶의질 등)을 달성하기 위한 현재경쟁력(기업성과, 생산성 등)과 미래경쟁력(기업환경, 물적인프라 등)을 평가	〃	매년 8월
세계은행(WB) Doing Business (Ranking on the ease of doing business)	▪ 국가별 기업환경을 창업 등 10개 부문으로 나누어 기업활동에 대한 규제정도를 파악하고 종합 및 부문별 순위를 발표	16위/183개국 (2010년)	매년 11월
헤리티지(Heritage) 재단 경제자유지수 (Index of Economic Freedom)	▪ 기업활동, 조세, 무역정책 등 10개 부문의 경제자유정도를 계량화하여 평가	35위/179개국 (2011년)	매년 1월
경제자유네트워크 경제자유지수 (Economic Freedom of the World)	▪ 무역자유, 통화건전성, 시장규제 등 5개 부문에 대한 경제자유정도 평가	30위/141개국 (2011년)	매년 9월
국제투명성기구 부패인식지수 (Corruption Perception Index)	▪ 공공부문 및 정치부문에 존재하는 것으로 인식되는 부패의 정도를 측정하는 지표	39위/178개국 (2009년)	매년 11월

나. 국제경영개발원(IMD) 세계경쟁력연감[55)]

국제경영개발원(IMD)는 1989년부터 매년 상반기에 「IMD 세계경쟁력연감」을 발표하고 있는데, 기업의 가치창출과 국민의 번영을 위한 환경을 창출하고 유지하는 국가의 능력을 구체적인 정책과 요인들을 통해 분석한다. 국제경영개발원(IMD)은 이 보고서에서 기업인들과 정책결정자들에게 다양한 데이터를 분석하여 공개함으로써, 기업 및 정부의 경쟁력 제고를 위한 방향을 제시한다. 국제경영개발원(IMD)에서 제시하는 국가경쟁력 평가는 크게 4개 부문으로 구성되어지는데, 4개 부문은 각각 5개의 하위부문으

55) IMD World Competitiveness Yearbook, https://www.worldcompetitiveness.com/OnLine/

로 구성되어진다. 즉, 국내경제에 대한 거시 경제적 평가에 해당하는 경제운용성과부문, 정부정책이 경쟁력 향상에 공헌하는 정도를 평가하는 정부행정효율부문, 기업경영의 성과를 높이기 위한 혁신능력, 이윤추구, 경영 책임성의 기준을 평가하는 기업경영효율부문, 기본인프라, 기술인프라, 과학인프라, 보건 및 환경, 교육 등이 기업 요구에 맞는지를 평가하는 발전인프라부문 등이 있다. 세부지표는 2011년 기준 총 331개이며 이 중 실제로 사용되는 지표는 248개로 132개의 정량지표와 116개의 설문지표로 이루어진다. 이때 정량지표는 OECD 등 평가대상 국가별 통계자료를 수집하여 평가하고, 설문지표는 정량적으로 측정하기 어려운 이슈들의 정량화를 위해 조사 분석된다.

[표 4-2] 2011년 IMD 국가경쟁력 평가부문 및 지표수

경제운용성과	78	정부행정효율	71	기업경영효율	68	발전인프라	114
국내경제	25	공공재정	12	생산성,효율성	11	기본인프라	25
국제무역	24	재정정책	13	노동시장	23	기술인프라	23
국제투자	17	제도적 여건	13	금 융	18	과학인프라	23
고 용	8	기업관련법	21	기업경영,관행	9	보건 및 환경	27
물 가	4	사회적 여건	12	태도 및 가치관	7	교육	16

다. OECD 과학기술산업스코어보드[56)]

OECD는 매 2년마다 과학기술지표(MSTI) 데이터베이스에 근거해 국가과학기술성과에 대한 심층분석 및 정책방향을 제시하는 「과학기술산업 스코어보드(STI Scoreboard)」를 발표한다. 이 보고서에서는 글로벌경제의 지식과 혁신에 대한 주요 동향을 살피기 위해 OECD가 50년에 걸쳐 개발한 지표들을 활용하고 있다. 180개 정도의 지표를 통해 OECD 회원국 및 주요 경제국들의 과학기술혁신 관련된 각종 통계 및 성과지표 등을 비교하고 문제점과 향후 발전방향을 제시한다. 2011년 보고서는 "지식기반경제 시대의 혁신과 성장"을 부제로 지식경제의 글로벌 트렌드와 더불어 지식창출, 지식연계, 신성장동력, 기업혁신, 글로벌 경쟁을 다루고 있다([표 4-3]참조).

56) OECD, Science, Technology and Industry Scoreboard 2011

[표 4-3] 2011년 OECD 과학기술산업스코어보드 주요 지표들

부 문	주요 지표들
지식경제	생산성, 외국직접투자, 산업전문성, R&D성장, 벤처자금투자, 대학 및 혁신기관등, 과학협력 등
지식창출	신규 박사학위자수, 박사학위자의 경력, 과학기술직종 연구원수, 정부 및 산업의 R&D 투자액, 고등교육기관과 기초연구투자 등
지식연계	공공-민간 연계 R&D투자, 국제 R&D투자, 과학-학문 분야간 연계, 과학-기술간 연계와 협력, 산업 가치사슬에 있어서의 협력, 국제적 이동성, 노동시장 이동성, 혁신 및 지식의 흐름, 혁신에서의 국제협력 등
신성장동력	정부의 R&D투자, 보건의료혁신, 환경기술, 혁신과 환경분야의 연계, 브로드밴드 가입자 및 속도, 바이오 R&D투자 등
기업혁신	혁신의 다양성, 비기술적 혁신, 서비스 혁신, 지적재산권, 민간R&D투자에 대한 세금지원, 기업의 시장진입, 퇴출 및 생존확률, 자본에 대한 접근성, 정책적 환경, 기업가정신 등
글로벌경쟁	회사 규모와 역동성, 경제에서의 서비스-제조업간 연계, 산업별 기술별 특화정도, 기술 전문성, e-commerce, 특허전문기업의 활동, 혁신산업의 비중, 기술개발 성과의 질 등

라. 북유럽혁신모니터[57)]

북유럽 장관회의는 2009년 2월 아이슬란드에서 열린 북유럽 세계계화포럼에서 북유럽혁신모니터(NIM)를 발표하고 혁신관련 정책결정에 관한 공통의 근거틀을 마련하였다. 북유럽혁신모니터는 OECD 국가의 혁신역량을 평가하는 북유럽의 혁신모델로 프레임워크 조건을 개선하려는 선도국의 이니셔티브를 확인하고, 이를 통해 전반적인 혁신성과에 영향을 미치려는 목적을 가지고 있다. 북유럽혁신모니터는 다른 국제 지표체계와 달리 혁신성과와 프레임워크 조건을 구분하여 분석하는 것에서 구성의 차이가 있고, 혁신의 광범위한 의미를 적용하고, ICT와 지식창출에서 나아가 기업가정신과 인적자원도 혁신의 주요 동인으로 강조하는 특징이 있다. 북유럽혁신모니터의 지표는 인적자원(human resources), 지식창출(knowledge creation), 정보 커뮤니케이션기술(ICT), 기업가정신(entrepreneurship)등 4개 부문으로 구성되고, 성과는 9개 영역의 30개 지표, 프레임워크조건은 42개영역 135개 지표로 이루어져 있다.

57) Nordic Council of Ministers, Nordic Innovation Monitor 2009

[표 4-4] 북유럽 혁신모니터 성과지표 및 프레임워크 조건 구성

부문	성과지표	프레임워크 조건
인적자원	지식 노동자	교육비 지출, 인센티브
	조직과 경영	기초교육, 고등교육
	전략 경영	평생교육, 기관의 환경, 경영기술
지식창출	지식 축적	공공연구의 규모, 공공연구의 질, 공공연구의 연관성, R&D 수행상의 협력
	지식공유	연구자 역량, 세금혜택과 보조금, 고객과 공급자들 사이의 기술, 경쟁, 기술에의 접근성
정보통신기술	기업 정보화	통신 이용료, 인프라, 직원들 사이의 정보 커뮤니케이션 기술 이해도
	시민 정보화	전자제품 소비자, 교육기관의 정보화율, 데이터 보안, 공공기관의 정보화율
기업가정신	성장	기술이전 규제, 진입장벽, 외국시장의 접근성, 대출, 벤처캐피탈, 시장 철수, 부유세 및 상속세, 자본세, 재기 가능성
	창업	기업가정신 교육, 전통적 비즈니스 교육, 개인 수입세, 법인세, 파산법, 창업에 대한 행정부담, 생산에 대한 행정부담, 노동시장 규제, 문화

마. 캐나다의 R&D 파급효과 측정지표[58)]

캐나다의 INRS(Institut national de la recherche scientifique) 대학 Bonit Godin과 Christian Dore는 50여년간에 걸쳐 이루어져 온 정부의 공공 R&D투자가 경제적측면 뿐만아니라 사회적 측면이나 복지적 측면 그리고 문화적 측면에 미치는 파급효과 분석에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구의 목적은 기존의 연구들이 공공 R&D투자에 대한 파급효과를 경제적 측면에서의 일부분에 집중하여 분석하고자 한 것을 극복하고, 공공 R&D투자의 파급효과를 경제적 측면을 포함하여 사회적, 문화적, 조직적측면에서 분석하고자 하는 것이다. 이 연구에서는 공공 R&D투자의 사회적 공헌도를 평가하기 위한 프레임워크를 제안하고자 하였고, 이를 위하여 R&D 파급효과 측정을 위한 11개 부문 72개 항목 137개의 지표를 제시하였다.

58) Measuring the Impact of Science : Beyond the Economic Dimension, benoit Godin and Christian Dore, 2007

[표 4-5] 캐나다의 R&D 파급효과 측정 지표

대분류	중분류	세분류	지표수
과학	지식의 진보	전문분야, 이론분야, 방법론분야, 사실분야, 모델분야	11
	연구 활동	연구기여, 연구분야, 학문별협력,부문별협력, 국제협력	5
	연구자 교육	연구역량, 유사역량	2
기술	제품과 제조공정	제품과 제조공정	6
	서비스	서비스	2
	노하우	노하우	1
경제	자금상황	판매관리비, 매출, 이익, 제품가격	4
	자금원	운영자금, 위험자금, 계약	3
	투자	인적자본, 물리적 자본, 운영 및 확장	6
	생산	상품, 서비스	4
	마케팅	시장개발	4
문화	지식	개인의 지식과 이해도	3
	노하우	지적 기술, 실용기술	5
	태도와 관심	과학에의 태도와 관심	6
	세계에 대한 비젼	가치와 신념	1
사회	개인	웰빙과 삶의 질, 사회적 암시, 실제	5
	기관	과학기술에 대한 연설, 중재, 행동	2
정책	의사결정권자	각성도, 관심, 태도	1
	대중의 행동	법, 법제, 윤리, 정책, 프로그램, 규제, 규범, 표준	6
	시민	정치적 내포	2
조직	계획	조직관리	2
	일의 조직성	업무, 자동화, 컴퓨팅	6
	관리	경영, 마케팅, 자원배분, 구매, 회계	2
	인적자원	인력, 인력의 질, 업무조건	9
건강	공중보건	건강관리, 예상수명 및 가임성, 질병의 예방과 퇴치	11
	보건체계	일반보건, 인력, 의료 인프라 및 장비, 상품	7
환경	환경관리 측면	천연자원, 환경오염	6
	물, 공기, 토양 등 환경	기후와 기상	2
기호화	적법,신뢰,가시화	적법, 신뢰, 가시화	3
	평판, 인지도	평판, 인지도	2
교육	커리큘럼	커리큘럼	1
	교수지원 툴	교수지원 툴	1
	자격증	자격증	1
	노동대기시간	노동대기시간	2
	커리어	커리어	2
	습득지식의 사용	습득지식의 사용	1
합 계			137

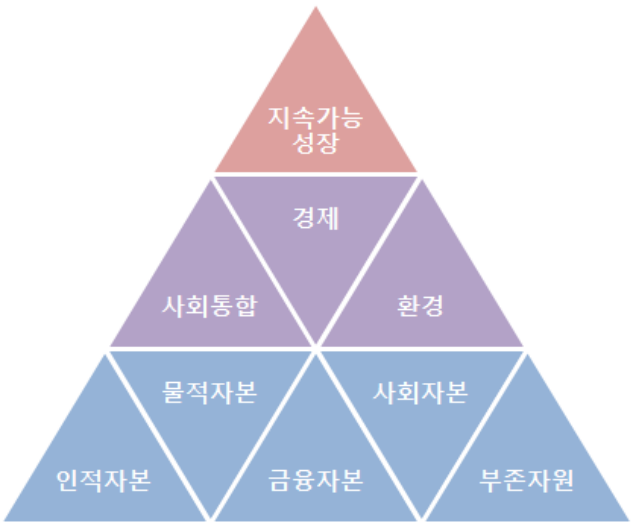
2. 우리나라 R&D 파급효과 관련 지표

우리나라의 R&D 파급효과 관련 지표를 검토하기 위하여 거시적 측면에서 국가경쟁력과 관련된 대표 지표를 먼저 살펴보았다. 그리고 R&D 혁신역량 측면과 관련지표로서 국가연구개발성과지표와 과학기술혁신역량지수를 살펴본 후, 건설교통 관련 성과지표 또는 건설교통 관련 R&D 지표를 살펴보았다.

가. 국가경쟁력 모델 및 지표 분석[59)]

● **우리나라 국가경쟁력 모델**

2011년도 국가경쟁력 보고서는 경제발전이 국민소득 증가와 같은 좁은 의미의 경제성장뿐 아니라 사회통합과 환경의 질 제고를 통해 "국민의 생활수준 및 행복감"을 증진시킴으로써 달성가능하다는 점을 고려하여 국가경쟁력 모델을 구성하였다.



[그림 4-1] 우리나라 국가 경쟁력 모델

첫째, 1단계(최상층)로 국가경쟁력 향상의 목적을 지속가능한 발전으로 규정하였으며 이는 경제, 사회, 환경 전 부문의 경쟁력이 균형 있게 향상될 경우 달성될 수 있는 종합적인 최종 목표를 의미한다. 아직 지속가능한 발전의 측정방법이 확립되지 않은 상태인 점을 감안하여, 동 목표를 구체적 지수로 나타내지 않고 경제, 사회, 환경 전 부문을 포괄하는 추상적인 개념으로 설정하였다. 둘째, 2단계(중간층)는 현재의 국가경쟁

59) 2010년 국가경쟁력 보고서과 2011년 국가경쟁력 보고서에서 요약 발췌

력을 평가하기 위해 경제성과, 사회통합 및 환경의 3대 부문을 측정하였다. 이를 좀 더 자세히 살펴보면, 우선 사회통합은 사회지출, 형평, 수명/보건, 안전, 제도, 다양성/관용의 6개 중분류로, 다음으로 경제부문은 협의의 경쟁력 모델을 참조하여 경제성과, 노동공급, 자본공급, 기술혁신, 기업환경, 거시환경, 산업구조의 7개 중분류로 구성하였다. 마지막으로 환경은 환경오염도, 환경관리, 녹색산업의 3개 중분류로 구분하였다. 셋째, 3단계(최하층)는 인적자본, 물적자본, 금융자본, 사회자본, 부존자원의 5대 인프라를 통해 미래의 경쟁력을 측정하였다.

● **우리나라 국가경쟁력 지표**

국가경쟁력을 측정하기 위한 세부지표 선정은 OECD, 세계은행 등 국제기관에서 다양한 국가를 대상으로 작성하는 통계를 기초로 하되 필요할 경우 각국 통계청 등의 자료를 이용하였다. 또한 세계경제포럼(WEF)와 국제경영개발원(IMD) 등 기존의 국가경쟁력보고서들이 설문조사에 지나치게 의존함으로써 공신력이 떨어지고 지표값 순위가 큰 폭의 등락을 거듭하는 등 폐해가 발생하는 점을 감안하여 이 보고서에서는 경성자료(hard data)만을 이용하는 것을 원칙으로 하였다. 이러한 기준과 원칙에 따라 최종적으로 결정된 국가경쟁력 지표는 4개 분야의 259개인데, 그 세부내용은 [표 3-6]과 같다.

나. 국가연구개발사업 성과지표

정부는 1999년 국가연구개발사업 조사·분석·평가제도 도입이후 R&D투자 효율성 제고를 위한 효과적인 평가체계를 구축하기 위해 노력해 왔다. 2001년에는 "과학기술기본법"을 제정하고, 2005년에는 "국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률"을 제정하여 국가 R&D의 효율적 성과관리를 위한 법률적 기반을 마련하였다. 이와 더불어 "제1차 국가연구개발 성과평가 기본계획(2005-2010)"을 수립하여 현행 성과중심 평가제도의 근간을 수립하였다. 국가연구개발사업 성과지표는 한국과학기술기획평가원에서 작성하는 지표로서, 국가연구개발사업 조사·분석시 입력하는 데이터의 주요 항목에 대한 기준으로 활용된다. 한국과학기술기획평가원은 이렇게 입력된 데이터를 이용하여 2008년부터 국가연구개발사업에 대한 성과분석을 실시해 오고 있으며, 분석결과는 정부 R&D 투자의 효율성 제고 및 정책결정을 위한 기초자료로 활용되고 있다.

[표 4-6] 우리나라 국가경쟁력 지표

대분류	중분류	세분류	지표수
경제	경제성과	경제성과, 경제규모	9
	노동공급	생산가능, 고용률, 실업률, 경제활동 참가율, 근로시간	20
	자본공급	고정자본 형성, 저축률	10
	기술혁신	R&D, 논문 및 특허, 하이테크 산업, 정보화	21
	기업환경	노동 생산성, 자본 생산성, 시장규제, 조세제도, 노동시장 및 노사관계	37
	거시환경	물가, 일반정부 재정, 부채, 외환, 무역, FDI, ODA	29
	산업구조	대기업/중소기업, 제조업/서비스업, 서비스업 세부업종, 자영업자/임금근로자	30
소 계			156
사회통합	사회지출	사회지출	6
	형 평	형평성	5
	수명/보건	수명/보건	10
	안 전	안전	3
	제 도	제도	2
	다양성/관용	다양성/관용	2
소 계			28
환경	환경오염도	환경오염도	10
	환경관리	환경관리	8
	녹색산업	녹색산업	9
소 계			27
인프라	인적자본	공교육비지출,고등교육이수율,교육여건,학업성취도	15
	물적자본	교통, 통신, 전력	8
	금융자본	금융자본	6
	사회자본	신뢰, 사회규범, 네트워크	10
	부존자원	부존자원	9
소 계			48
총합계			259

한편, 종전에 기획재정부장관이 수행하던 국가연구개발 성과평가기본계획 및 연구개발 성과평가실시계획의 수립, 표준 성과지표의 개발, 연구개발사업에 대한 특정평가 및 상위평가의 실시, 자체평가 관련 성과평가 표준지침 마련 및 평가결과의 활용 등에 관한 업무를 국가과학기술위원회가 수행하게 되고, 또한 2010년도에 "제1차 연구연구개발 성과평가 기본계획"이 종료됨에 따라 "제2차 국가연구개발 성과평가 기본계획(2011-1015)"이 새로이 수립되었다. 이 계획에 따르면 향후 국가연구개발사업은 개방과 협력을 철학으로 R&D의 질적 우수성과 창의적 연구를 진작하는 열린 평가를 추구하며, 첫째 개방형 평가시스템을 구축하여 신뢰받는 평가문화 정착, 둘째 질적 우수성을 중심으로 평가하여 도전적이고 창의적인 연구 장려, 셋째 정책·분야 중심 평가를 통해 정책조정 및 예산조정·배분과 연계 강화, 넷째 사업 및 기관의 특성을 고려한 평가를 통하여 평가결과의 수용성 제고 등 4가지를 기본방향으로 하고 있다.

● **제1차 국가연구개발사업 성과지표**

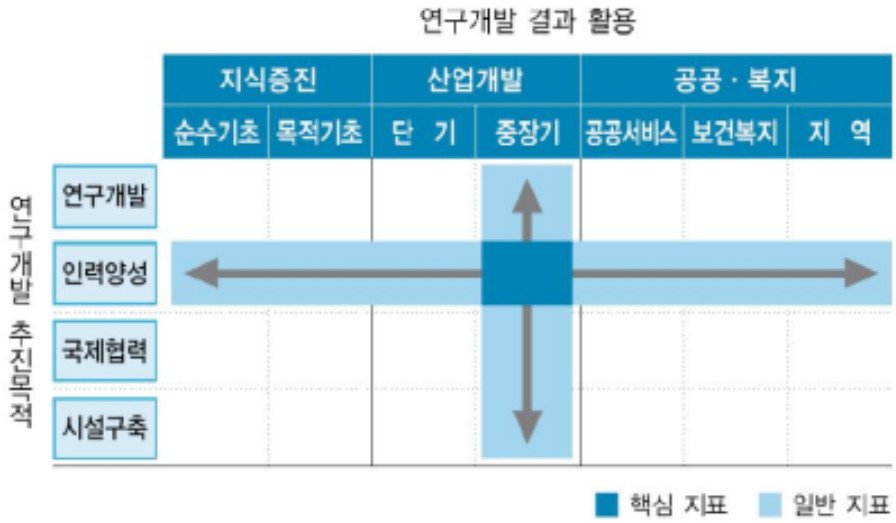
제1차 국가연구개발사업 성과지표는 논문, 특허, 기술료징수, 사업화, 인력양성지원, 연수지원 등 5개 항목에 17개 하위지표로 구성되어 있다.

[표 4-7] 제1차 국가연구개발사업 성과지표

지 표	하위 지표	
논 문	SCI 논문수	
	비 SCI 논문수	
특 허	국가연구개발사업	국내특허출원
		국내특허등록
	내국인전체	국내특허출원
		국내특허등록
	국내전체	국내특허출원
		국내특허등록
기술료 징수	기술료징수건수	
	기술료징수액	
사업화 건수	연구책임자창업	
	기술이전에 의한 창업	
	창업지원	
	기존업체에서 상품화	
	기타기술이전	
인력양성 지원 및 연수지원	인력양성 지원현황	
	연수지원현황	

● 제2차 국가연구개발사업 성과지표

제2차 국가연구개발사업 성과지표는 다양한 성과지표 개발을 통해 국가연구개발사업 및 과제를 연계한 성과평가 및 성과관리의 효율적 추진과 질적지표를 확대하여 연구성과의 질적 평가를 강화하는 것을 목적으로 한다. 이 지표는 연구개발 결과활용및 추진목적에 따라 연구개발사업을 28개 사업유형으로 분류하고, 핵심성과지표와 일반성과지표로 구성한 후 과제별로 자율적으로 선정하도록 하였다.



[그림 4-2] 제2차 국가연구개발사업 성과지표 구성체계

표준성과지표는 38개의 표준성과 항목에 따라 161개의 세부지표를 제시하였으며, 핵심지표와 일반지표 선정시 활용하도록 권고하고 있다.

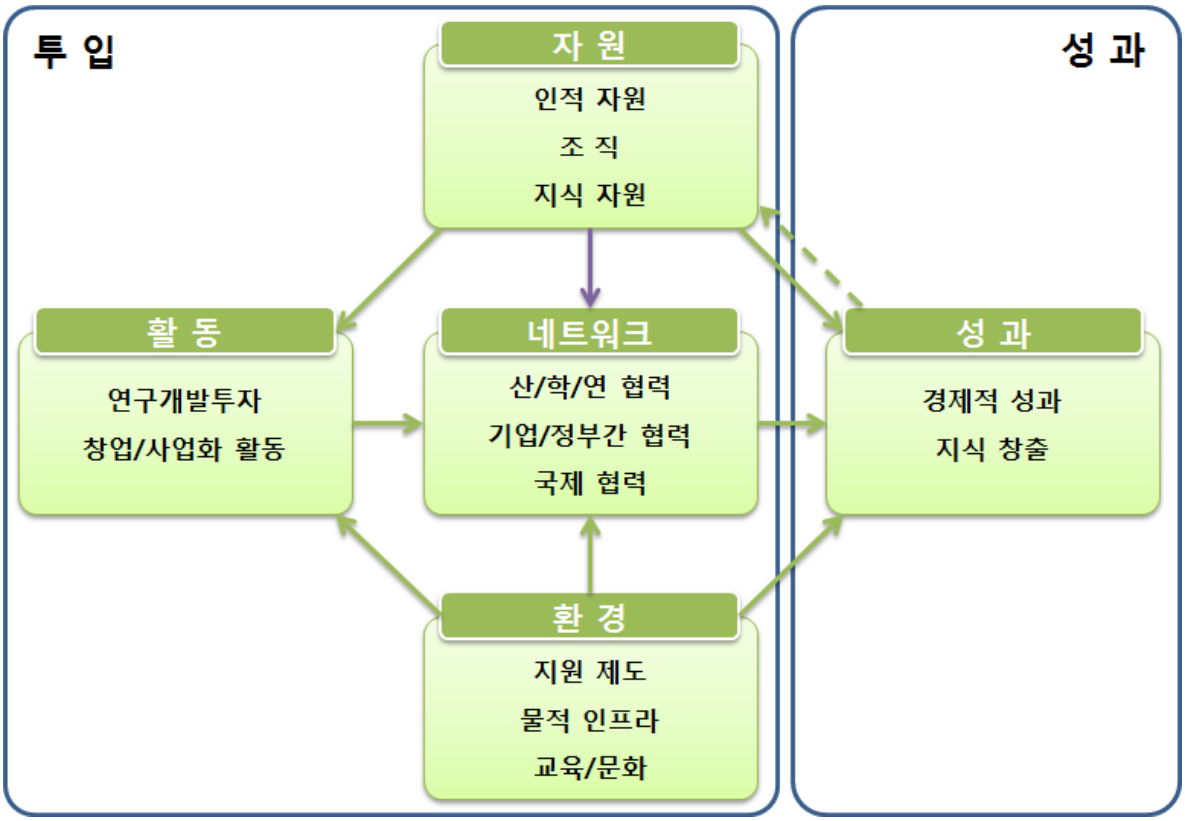
[표 4-8] 제2차 국가연구개발사업 성과지표

성과항목	성과지표	지표수
1.논문	학술지 게재 논문건수(국내/국외), SCI급 학술지 게재 논문건수, 학술지 Impact Factor, 학술회의 발표 논문건수(국내/국외), 번역·저술, 게재된 SCI학술지의 평균 인용률 대비 논문 인용도, 연구분야별 SCI학술지의 평균 인용률 대비 논문 인용도	7
2.포상	국내외 학회 수상 건수, 정부 및 민간기관으로부터의 포상 건수	2
3.연구 성과확산 노력	연구개발 관련 홍보건수, 기술확산을 위한 상호 교류 정도, 연구성과 관리시스템 구축/활용	3
4.특허	특허출원 건수(국내/국외), 특허등록 건수(국내/국외), 특허등록율, 특허인용도, 특허 기술가치, 삼극대응 특허건수, 실용신안건수, 의장건수, 소프트웨어(S/W) 등록건수, 디자인 및 상표등록 건수	10
5.기술거래	기술공개 및 기술이전 건수, 기술이전 대상기관 수, 제도구축 정도, 기술료 수입액, 기술수출 건수	5
6.인증	승인/인증/허가 건수(국내/국외)	1
7.실용화 및 상용화	시제품 출시/현장시험 건수, 사업화/제품화 건수, 신제품 매출액, 기술창업 건수, 사업화 성공률, 상용화 성공률, 창업보육업체 매출액, 기업공개(IPO) 건수, 시제품/현장시험기술의 안정화 및 신뢰성 확보, 안전체계 구축, 안전 및 성능기준 확보	11
8.시장점유	시장 점유율, 연구비당 매출증가액(증가율)	2
9.수출입	수출액, 수입대체액, 국산화율	3
10.산업발전효과	기존시장 확대 기여도, 신시장 창출 기여도, 관련 산업의 민간투자 유인효과, 해당 사업의 민간투자 증가액(비율), 사업화를 위한 투자유치 효과, 해당산업의 품질향상 기여도, 산업재해 감소율	7
11.정책제안·활용	정책(고시/법령) 제안실적, 정책 채택 및 활용실적, 국제정책규범 대응관련 국가보고서 작성 건수	3
12.기술선진화	기술격차 축소, 기술수준 향상도, 미래기술수요에 대한 대처 능력	3
13.시험 및 조사·관측 역량	시험 및 조사·관측 자원 확보(국내/국외), 시험 및 조사·관측 실시건수(범위), 시험 및 조사·관측 결과 DB구축	3
14.공공기반기술개발	공공기반기술개발 여부, 재해·재난 관련 기술개발 건수	2
15.사회경제적 수익증대 효과	투입 대비 경제적 효과	1
16.의료기술·보건사업 역량강화	임상연구 실시 건수, 신보건의료 기술개발 건수, 진료지침개발 건수, 전 임상시험 실시 건수(국내/국외), 임상시험 허가/실시 건수(국내/국외)	5
17.환경개선·환경산업 경쟁력 강화	환경관리능력 제고효과, 국내외 환경규제 대응기술 개발, 지역환경 현안문제 대응 실적, 환경개선 실적	4
18.생산성 제고	기술개발에 의한 비용절감효과, 공정·공사기간 단축, 기술개발기간 단축, 신기술·공법·공정개발 및 개선	4
19.지역 특화 산업의 생산성 제고	지역특화 관련 분야 사업화 성공 건수, 사업화 성공으로 인한 매출액 증액	2
20.지역산업의 활성화	지역산업의 경쟁력 제고, 지역경제 활성화에 대한 기여도	2

성과항목	성과지표	지표수
21.국내외 연수 지원	국내외 연수 수혜자 수 및 연수결과, 국내외 연수 프로그램 수, 1인당 지원액, 국내외 연수 수혜자의 학위취득실적	4
22.인력양성	전공분야별 인력양성 배출실적, 경제·사회 목적별 인력양성 배출실적, 지역별/성별/학위별 인력양성 배출실적, 산업체가 요구하는 인력에 대한 수요조사 실시 횟수, 현장실습교육 지원 건수 및 지원액, 기술인력 연수지원 건수 및 지원액, 이공계 미취업자 등을 대상으로 한 현장연수 실시 건수, 양성인력의 취업률, 여성인력 지원도, 사이버 교육시스템 구축, 개발교재 건수, 개발교재의 출판건수(ISBN 등록), 국가기술자격증 취득률	13
23.산학연협력	산학연 강좌건수, 산학연간 기술지원 건수, 과제당 산학연협력 활동 건수, 산학연협력 기술인력양성 프로그램 개발 건수, 대학내 산업현장에서 필요한 교과과정 개설 건수, 프로그램 참가 인원수 및 교육시간, 프로그램 참가 기업체 수	7
24.고용효과	고용창출효과, 고용유발효과	2
25.지역산업인력양성	지역전략산업의 특화인력양성 수, 지방대학 특화 분야 전문연구인력 배출 실적, 교육환경 개선 효과, 지역전략산업분야 취업건수(비율), 해당 지역 취업 건수(비율)	5
26.지역 산학연 협력활동	지방대학과 지역산업체의 산학연 공동연구, 산학연 협력으로 인한 기술개발 능력 향상	2
27.지역내 중소기업 인력난 해소	현장기술인력 및 예비기술인력 양성, 취업자의 지역내 중소기업 취업비율	2
28.국제협력	국제정보교류정도, 국제협력기구 가입 건수, 국제기구 의장단 진출인원 수, 국제회의 유치, 해외협력센터 설치 건수, 공동저술 논문 건수, 양해각서(MOU) 체결, 수행중인 국제공동연구 건수, 국제공동연구로 인한 기술개발 건수, 해외 특정지역 및 기관과의 국제협약 체결 건수	10
29.국제인력교류	해외 연구자 국내유치, 국내 연구자 해외파견	2
30.연구시설 구축	DB 구축, 연구시설 구축, 장비 구축건수, 시험·설계 등 시설이용 기술 확보	4
31.연구시설 활용	주요 연구시설 활용도, 연구시설 교류의 원활성, 연구시설 고도화, 연구시설 운영여건 구축, 시설활용을 위한 지원 건수	5
32.수요자 만족도	수요자(수혜자) 만족도, 정책 반영도, 민원해결 처리실적	3
33.서비스 개선	공공서비스 제공, 공공인프라 개선 정도, 기술지도 및 자문 건수	3
34.지역연구 인프라	지역 연구거점 구축, 지역내 연구시설 및 장비 공동활용, 기업/연구소 유치 실적	3
35.표준화활동기반구축	국내표준 제안/채택건수, 국제표준기고/반영건수, 표준제정/개정건수, 표준용어 심의/채택건수, 기술분야별 표준활용도, 표준화전문가 회의체 구성 및 개최건수, 국제표준전문가 육성/지원건수, 국제표준화기구 의제/동향 분석 건수	8
36.농림해양 기술개발	영농·영어 현장 활용, 신품종 출원·등록, 농림해양 자재등록	3
37.낙후지역생활개선	지역 소득 증대 효과, 지역 생활환경 개선 효과	2
38.지역 SOC 개발	교통량/임대율/사용자수 등 이용 실적, 재해피해(인면, 재난) 규모 감소 효과, 지역 고용 창출 효과	3
합 계		161

다. 과학기술혁신역량지수[60]

교육과학기술부 주관하에 한국과학기술기획평가원은 우리나라 과학기술혁신역량의 강약점을 파악하여 과학기술혁신역량 수준을 제고하기 위해 과학기술혁신역량지수를 개발하여 2006년부터 평가를 실시하고 있다. 과학기술혁신역량평가는 국가가 과학기술 분야의 혁신 및 개선을 통해 최종단계에서 경제적·사회적으로 가치가 있는 성과를 산출할 수 있는 능력을 말하는 것으로, NIS[61]의 기본틀에 기초하여, 투입→활동→성과에 이르는 전주기적 활동을 포괄적으로 점검하는 것이다. 2010년 국가과학기술혁신역량평가 보고서에서는 OECD 30개국을 대상으로 과학기술혁신역량지수 및 지표수준을 비교·분석하여 우리나라 과학 기술혁신역량수준을 정확하게 진단하고 평가하고, 평가결과를 토대로 우리나라 과학기술혁신역량의 강점과 약점을 도출하여 과학기술혁신역량 강화를 위한 정책적 방향을 제시하였다.



[그림 4-3] 과학기술혁신역량평가지표 기본틀

60) COSTII :COmposite Science and Technology Innovation Index
61) 특정국가 내에서 새롭고 경제적으로 유용한 지식의 창출, 확산, 활용을 위하여 상호작용하는 구성요소 및 관계의 집합 (Lundvall, 1992)

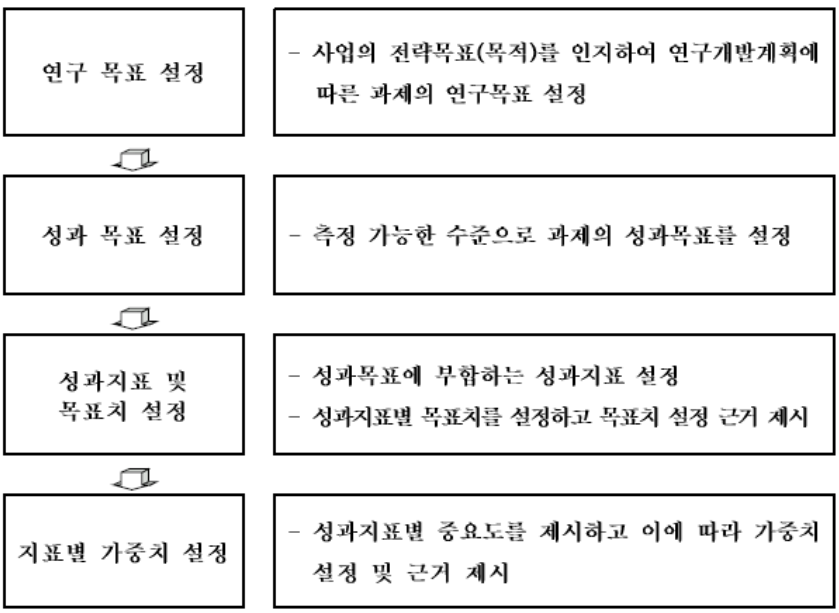
[표 4-9] 과학기술혁신역량지표

지표	하위 지표	세부 지표
자원지수	인적자원항목	총연구원수
		인구 만명당 연구원수
		인구중 이공계 박사비율
	조직항목	미국특허등록 기관수
		세계상위 조직수
	지식자원항목	최근 15년간 SCI논문수(STOCK)
		최근 15년간 특허수(STOCK)
활동지수	연구개발투자	연구개발투자 총액
		GDP대비 연구개발투자 총액 비율
		연구원 1인당 연구개발투자
		산업부가가치 대비 기업연구 개발투자비율
		GDP대비 정부연구개발예산
	창업활동	창업활동지수(TEA)
		GDP 대비 벤쳐 캐피탈 투자금액 비율
네트워크지수	산학연 협력	연구원 1인당 산학연 공동특허건수
		정부, 대학의 연구개발비 중 기업재원의 비중
		기업간 기술협력
	기업간 협력	기업간 기술협력
	국제협력	연구원 1인당 국제공동 특허수
		GDP대비 (해외투자+외국인 투자)비율
환경 지수	지원제도	1-B지수(연구개발에 대한 조세지원)
		지식재산권 보호정도
	물적인프라	인구100명당 브로드밴드 가입자수
		전체 사회기반시설의 품질
	문화	새로운 문화에 대한 태도
		학교에서 과학교육이 강조되는 정도
성과 지수	경제적 성과	국민 1인당 산업부가가치
		하이테크 산업의 제조업 수출액 비중
		기술수출액
	지식창출	연간특허수
		연구 R&D 투자 대비 (백만ppp$당)특허건수
		연구원 1인당 SCI논문수 및 인용도

3. 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표

가. 건설교통 R&D 성과지표[62)]

현재 한국건설교통기술평가원은 연구성과 지표설정시 연구기관이 “건설교통 R&D 표준성과지표”를 최대한 활용하여 성과목표에 부합하도록 10개 내외로 성과지표를 설정하되, 새로운 성과지표가 필요한 경우 연구자가 “고유지표”를 직접 만들어 사용하도록 하고 있다. 성과지표를 설정하기 위하여 먼저 중장기적으로 추진해야 하는 과제의 목적을 인지하여 연구 목표를 설정하고, 연구개발계획에 부합하는 실행가능하고 명확한 성과목표를 설정한 후, 건설교통 R&D 성과지표풀을 최대한 활용하여 10개 내외의 성과지표를 설정하고, 그 동안의 성과추세, 기존 사업 및 국내외 타사업의 성과현황 등을 바탕으로 목표치를 설정하는 절차를 거쳐 성과지표를 설정하게 된다.



[그림 4-4] 건설교통 R&D 성과지표 설정 절차

건설교통R&D 성과지표는 국가연구개발사업 자체평가시 사업별 성과지표 구성체계 개념을 준용하여 건설교통분야에 맞도록 재구성한 것으로, 33개의 표준성과 항목에 따라 146개의 세부지표를 제시하였다. 연구과제의 성과측정을 위해 자율적으로 표준성과지표를 활용하여 설정한다는 기본개념은 동일하나, 구성체계는 표준성과지표(핵심지표와 일반지표)와 고유지표로 구성된다.

62) 한국건설교통기술평가원, 연구개발사업 건설교통R&D 성과지표 설정안내, 2009. 2

[표 4-10] 건설교통 R&D 성과항목별 성과지표

성과항목	성과지표	지표수
1.논문	학술지 게재 논문건수(국내/국외), 학술회의 발표 논문건수(국내/국외), SCI급 학술지 게재 논문건수, 전문서적 저술건수, 학술지 Impact Factor	5
2. 지적재산권	특허출원 건수(국내/국외), 특허등록 건수(국내/국외), 특허인용도, 실용신안 출원건수, 실용신안 등록건수, 의장(디자인) 등록 건수, 상표등록 건수, 소프트웨어(S/W) 등록건수	8
3. 인증	공법 및 프로세스 인증 건수, 신기술 인증 건수(NET등), 품질인증 건수, 인증 기술 개발 실적	4
4. 기술선진화	기술수준 향상효과, 기술격차 축소효과, 기술자립도(기술축적), 선진기술도입 건수	4
5. 시험 및 조사관측 역량	시험/조사/관측수준 향상도, 시험/조사/관측기법 개발 실적, 시험/조사/관측 기준 개발 실적, 시험/조사/관측기법 현장적용 실적, 시험/조사 DB구축 및 활용실적	5
6. 테스트베드 구축 및 활용	테스트베드 설계, 구축 및 개선건수, 테스트베드 운영 지침 및 매뉴얼 개발, 테스트베드 활용건수(횟수/시간), 테스트베드 시험결과의 반영실적, 테스트베드를 통한 기술수준 향상도	5
7. 계획설계 기술	설계도면 및 사양서 개발, 계획설계 기법 개발, 수치해석 건수, 설계결과의 현장적용 건수	4
8. 기술성능 목표 달성	요소기술의 성능 목표달성도, 제품성능 목표 달성도, 소재 및 부품개발 건수, 원천기술 확보건수, 공통기반기술과의 호환성	5
9. 현장적용 효과	현장적용건수(시범적용 등), 수요자(수혜자) 만족도	2
10. 비용절감 효과	생산 및 공정비용 절감효과, 공사비용 절감효과, 유지보수비용 절감효과, 물류비용 절감효과, LCC 절감효과	5
11. 품질향상	품질 및 성능(수준) 향상, 수명증대 효과	2
12. 효율성	공정효율성 증대, 공정 및 공사기간 단축 효과, 인력 감축 효과, 자재 감축 효과, 자재 반송률 감소 효과	5
13. 에너지 및 환경	에너지효율 향상(에너지 절감),환경개선 효과(CO2 절감효과 등)	2
14. 안전	안전성 증대 효과, 작업현장 안전사고 감소효과, 산업재해율 감소 효과, 작업현장 환경개선 효과(소음, 진동, 먼지 감소 등)	4
15. 기획/계획 수립	기획결과의 적절성, 기술동향 조사 실적(국내/국외), 전문가 의견반영 실적, 사전타당성 평가 실적, 수요자 요구 반영 실적, 민원 해결 실적	6
16. 연구시설, 장비 구축	연구시설 구축실적, 연구장비 구축실적, 연구시설 활용실적, 연구장비 활용실적, 연구시설/장비 공동 활용 실적, 연구시설/장비에 대한 투자 실적	6
17. 정책	정책제안 건수, 정책반영 건수, 정책홍보실적, 건설교통 관련 현안문제의 정책적 대응력 강화	4
18. 표준	표준의 법제화 건수(법, 시행령, 규칙), 표준/기준의 규정/지침/편람/시방서화, 표준/기준의 국제표준화 실적, 법제화/규정/지침/시방의 현장활용도	4

성과항목	성과지표	지표수
19. 지침/매뉴얼	지침/매뉴얼의 개발 보급, 지침/매뉴얼의 현장 활용도	2
20. 재해/재난 방재	재해·재난 복구 비용 절감, 재해·재난 예방 및 경감 효과, 재해·재난 대응력 증대 효과	3
21. 국제협력 및 협약	국제 공동 저술 및 논문 건수, 국제 인력 교류 건수(파견, 유치), 국제공동연구개발 건수, 국제회의 개최건수, 국제 협력 네트워크 구축, 국제 협력 활성화, 해외 기관과의 국제협약 체결 건수	7
22. 산학연협력	산학연간 기술지원, 산학연 협력 네트워크 구축, 산학연 협력 활동 지원 액수	3
23. 기술이전/거래	기술이전 건수, 기술료 수입액, 기술수출 건수/액수	3
24. 기술사업화 기반 구축	사업화 기획실적, 기술사업화를 위한 DB구축/활용, 기술사업화를 위한 인력 및 투자확대, 기술사업화 지원 활동 건수	4
25. 사업화	사업화/제품화 실적(파생제품 포함), 사업화 성공률, 시제품 출시 건수, 창업건수, 기술실시계약 건수	5
26. 경제적 파급효과	매출 증대 효과, 신시장 창출효과, 기존시장 확대 효과, 시장점유율(국내/국외) 증대효과, 고용창출 효과	5
27. 수출입 효과	쉽대체 효과(국산화율), 수출액 증대 효과, 해외수주건수	3
28. 연구성과 확산 노력	기술 및 제품 전시회 운영/참석, 연구개발 관련 홍보, 기술확산을 위한 상호교류 정도	4
29. 인력양성	분야별 인력양성 배출 실적, 인증분야 인력양성, 시험/조사/관측분야 인력양성, 관련 분야 기술자격증 취득율, 교육교재/프로그램 개발 건수, 교육환경개선 효과, 국내 연구자 해외 파견, 국내 기술연수 및 교육, 해외 기술연수 및 교육, 배출인력 관련 분야 취업률/건수, 인력수요자 요구반영 실적, 해외 전문인력 유치/활용, 현장실습 교육지원 건수 및 지원액, E-learning 교육시스템 구축	14
30. 지역SOC 개발	사회간접자본(SOC) 이용실적, 사회간접자본(SOC) 건설 재정 절감	2
31. 지역경제 활성화 기반조성	지역경제 참여 실적, 지역산업의 경쟁력 제고, 지역경제 활성화에 대한 기여도, 지역고용창출효과	4
32. 지역혁신 역량기반 조성	지방대학과 지역산업체의 산학연 공동연구, 지역협의체 구성 및 운영실적, 지역특성에 부합한 연구/실험시설 구축, 지역 특화분야 전문인력 양성 실적, 기업/연구소 유치 실적	5
33. 포상	국내외 학술단체 수상 건수, 정부 및 민간기관 포상 건수	2
합 계		146

나. 건설기술 연구개발 성과측정지표[63)]

한국건설교통기술평가원은 건설기술연구개발사업의 사회경제적 성과 및 파급효과를 객관적 근거에 의해 평가하여 건설기술연구개발사업의 신뢰성을 확보하고 사업의 포트폴리오 구축 및 연구개발자원의 효율적 활용을 도모하고자 2002년에 “건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구”를 수행하였으며, 또한 건설R&D예산을 효율적으로 배분하고 합리적으로 운영할 수 있는 성과측정에 관한 중요한 기준 및 절차, 방법 등을 제시하여 성과기반의 건설 R&D체계 구축을 목적으로 2007년에는 “건설연구개발 성과분석” 연구를 수행하였다.

“건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구”에서는 성과분석을 위한 지표를 설계한 후, 건설기술 연구개발 사업을 대상으로 생산함수를 이용한 계량경제분석, DEA 기법을 이용한 효율성 분석, 산업연관표를 이용한 산업 연관 분석 등의 정량적 분석을 수행하였다.

[표 4-11] 건설기술 연구개발 성과측정지표(2002년)

성과 구분	지표 유형	성과 지표	지표수
기술, 학술적 성과	지적재산권	국제/국내 특허출원 및 등록건수, 1억원당 지적재산권 건수, 과제당 지적 재산권 건수	3
	논문	국제 논문건수 및 국제/국내 일반논문 건수, 1억원당 논문 건수, 과제당 논문건수	3
	기술이전	기술이전 건수, 기술이전 기관수, 기술료 발생액, 타기술에의 파급효과	4
	정성적지표	기술적 파급효과, 기술이전의 용이성, 기술학습 및 개발시스템 개선효과, 기술개발의욕 고취	4
생산성 향상성과 (개별 건설사업 차원)	정량적지표	공사비 , 기타비용절감, 수입대체효과, 안전사고 감소효과	4
	정성적지표	기업내 기술축적 및 능력 제고, 국산화율 제고, 외국과의 경쟁력 강화, 생산품질 및 성능향상, 생산시간 단축	5
경제 사회적 성과	정량적지표	국가수준의 GDP 증대 효과, 산업수준의 경제효과, 기업수준의 경제효과, 경제적 파급효과	4
	정성적지표	산업구조 개선효과, 고용창출효과, 신시장 개척, 후생증진효과, 연구의욕 고취효과	5
합 계			36

63) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 건설연구개발 성과분석, 2007.
건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구, 2003.12

2007년에 수행한 “건설연구개발 성과분석” 연구에서는 1994년부터 2006년까지 수행된 건설R&D사업 중 완료된 375건을 대상으로 성과측정을 실시하였는데, 이를 위하여 성과측정을 위한 지표를 제시하였다. 이 연구에서 제시된 지표는 2005년 과학기술혁신본부에서 발표한 표준성과지표를 바탕으로 건설업의 특성을 반영하고 건설R&D성과를 보다 체계적으로 측정하기 위해 5개의 성과유형별로 40개의 성과측정지표를 제시하였다.

[표 4-12] 건설기술 연구개발 성과측정지표(2007년)

성과영역	성과 지표	지표수
생산성	비용절감액, 공정/공사기간 단축일수, 감축인력수, 안전사고 감소율, 예상수명 증가년수, 기술료, 수입액, 제품화 건수, 기술/제품 매출(수출)액, 기술창업건수, 수입대체액	10
지식축적	국내 학술대회논문발표 편수, 국내학술지 논문발표 편수, 국외 SCI급 논문발표 편수, 국외 비SCI급 논문발표 편수, 세미나 개최 건수, 특허건수, 실용신안건수, 의장건수, 신기술건수	9
인력양성	양성 박사수, 양성 석사수, 양성 학사수, 기타 전문인력 양성수, 교육훈련건수, 현장기술지도건수, 기술상담건수	7
공공/복지	공공기술 유무, 국제규격건수, KS규격건수, 단체규격건수, 포상건수, 홍보건수, 법제화 건수, 규정/지침화 건수, 기준등록건수, 시방서 제정건수, 시책반영 건수	11
국제협력	MOU 체결건수, 해외연구자 국내유치 명수, 국내연구자 해외파견 명수	3
합 계		40

40개의 성과측정지표는 건설R&D 사업에 있어 연구목적을 기준으로 한 유형별 구분과 결과물의 효과영역을 중심으로 한 연구영역으로 구분하여 [표 4-13]과 같이 “5 x 5” 매트릭스를 통해 표현하였다.

[표 4-13] 연구목적 및 성과영역에 따른 성과지표

	생산성	지식축적	인력양성	공공/복지	국제협력
제품개발	1. 비용절감액 2. 공정, 공사기간 단축일수 3. 감축인력수 4. 안전사고감소율 5. 예상수명 증가년수 6. 기술료 수입액 7. 제품화 건수 8. 기술/제품 매출(수출)액 9. 기술창업건수 10. 수입대체액	11. 국내 학술대회논문발표 편수 12. 국내 학술지 논문발표 편수 13. 국외 SCI급 논문발표 편수 14. 국외 비SCI급 논문발표 편수 15. 세미나 개최건수 16. 특허건수 17. 실용신안건수 18. 의장건수 19. 신기술건수	20. 양성 박사수 21. 양성 석사수 22. 양성 학사수 23. 기타 전문인력 양성수 24. 교육훈련건수 25. 현장기술지도건수 26. 기술상담건수	27. 공공기술 유무 28. 국제규격건수 29. KS규격건수 30. 단체규격건수 31. 포상건수 32. 홍보건수	38. MOU 체결건수 39. 해외연구자 국내유치 명수 40. 국내연구자 해외파견 명수
공법개발	1. 비용절감액 2. 공정, 공사기간 단축일수 3. 감축인력수 4. 안전사고감소율 5. 예상수명 증가년수 6. 기술료 수입액 7. 제품화 건수 8. 기술/제품 매출(수출)액 9. 기술창업건수 10. 수입대체액	11. 국내 학술대회논문발표 편수 12. 국내 학술지 논문발표 편수 13. 국외 SCI급 논문발표 편수 14. 국외 비SCI급 논문발표 편수 15. 세미나 개최건수 16. 특허건수 17. 실용신안건수 18. 의장건수 19. 신기술건수	20. 양성 박사수 21. 양성 석사수 22. 양성 학사수 23. 기타 전문인력 양성수 24. 교육훈련건수 25. 현장기술지도건수 26. 기술상담건수	27. 공공기술 유무 28. 국제규격건수 29. KS규격건수 30. 단체규격건수 31. 포상건수 32. 홍보건수	38. MOU 체결건수 39. 해외연구자 국내유치 명수 40. 국내연구자 해외파견 명수
시방개발	1. 비용절감액 2. 공정, 공사기간 단축일수 3. 감축인력수 4. 안전사고감소율 5. 예상수명 증가년수	11. 국내 학술대회논문발표 편수 12. 국내 학술지 논문발표 편수 13. 국외 SCI급 논문발표 편수 14. 국외 비SCI급 논문발표 편수 15. 세미나 개최건수	20. 양성 박사수 21. 양성 석사수 22. 양성 학사수 23. 기타 전문인력 양성수 24. 교육훈련건수 25. 현장기술지도건수 26. 기술상담건수	27. 공공기술 유무 28. 국제규격건수 29. KS규격건수 30. 단체규격건수 31. 포상건수 33. 법제화 건수 34. 규정/지침화 건수 35. 기준등록건수 36. 시방서 제정건수 37. 시책반영 건수	38. MOU 체결건수 39. 해외연구자 국내유치 명수 40. 국내연구자 해외파견 명수
표준개발		11. 국내 학술대회논문발표 편수 12. 국내 학술지 논문발표 편수 13. 국외 SCI급 논문발표 편수 14. 국외 비SCI급 논문발표 편수 15. 세미나 개최건수	20. 양성 박사수 21. 양성 석사수 22. 양성 학사수 23. 기타 전문인력 양성수	27. 공공기술 유무 28. 국제규격건수 29. KS규격건수 30. 단체규격건수 31. 포상건수 32. 홍보건수 33. 법제화 건수 34. 규정/지침화 건수 35. 기준등록건수 36. 시방서 제정건수 37. 시책반영 건수	38. MOU 체결건수 39. 해외연구자 국내유치 명수 40. 국내연구자 해외파견 명수
정책개발		11. 국내 학술대회논문발표 편수 12. 국내 학술지 논문발표 편수 13. 국외 SCI급 논문발표 편수 14. 국외 비SCI급 논문발표 편수 15. 세미나 개최건수		27. 공공기술 유무 31. 포상건수 32. 홍보건수 33. 법제화 건수 34. 규정/지침화 건수 35. 기준등록건수 36. 시방서 제정건수 37. 시책반영 건수	39. 해외연구자 국내유치 명수 40. 국내연구자 해외파견 명수

4. 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토 결과

본 절에서는 해외와 우리나라의 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표를 크게 3가지 측면, 즉 국가경쟁력 측면, 국가R&D측면, 건설교통 R&D 측면에서 살펴보았다. 국가경쟁력 측면에서의 지표는 경제, 사회, 환경, 인프라 등 국가의 전반적인 부문에 대한 지표를 포함하고 있으나, 국가R&D나 건설교통R&D의 경우는 기술개발 부분에 좀 더 비중을 두고 있는 편이다. 우선, 여기서 이 연구의 목적을 어느 부분에 더 초점을 맞출 것인지에 대한 고려가 필요하다. R&D를 통해 단기적으로 산출되는 결과물에 초점을 맞출 것인지, 아니면 장기적인 관점의 국가적인 파급효과에 더 초점을 맞출 것인지가 중요한 사안이 된다.

앞에서도 여러 차례 이야기한 바, 이 연구의 목적은 연구의 결과물이나 단기적인 연구 성과의 평가에 있는 것이 아니라 연구과정 또는 연구결과의 활용으로 파급되어 나타나는 궁극적인 효과를 파악하고자 하는데 있다. 따라서 R&D의 궁극적인 목적이 기술혁신을 통한 경제성장과 국민복지에 있음을 주지하고, 건설교통 R&D투자의 최종적인 파급효과는 국가경쟁력 측면에서 살펴보는 것이 타당할 것이다. 앞에서 살펴본 IMD 세계경쟁력연감에서 나타나는 국가경쟁력 지표들 뿐 만 아니라 다양한 해외의 국가경쟁력 지표들은 그 특성에 따라 몇 가지 분야별 정량적 지표와 정성적 지표로 구성되어 있다. 우리나라의 국가경쟁력 지표는 이러한 다양한 해외 국가경쟁력 지표들을 분석하는 한편 설문조사를 근간으로 하는 정성적 지표들을 배제하여 재구성한 지표로서 보다 체계적이고 포괄적인 지표의 성격을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 국가경쟁력 지표 중에서 R&D와 관련이 있는 지표들을 취사선택하여 건설교통 R&D 파급효과 지표의 뼈대로 삼고자 한다.

한편 국가R&D 관련 지표들은 국가 재정 투자에 의한 연구개발의 성과를 측정하고자 하는 성격상 R&D의 장기적 파급효과보다는 과정상의 결과물이나 단기적 성과에 초점이 맞춰져 있다. 따라서 본 연구에서는 국가R&D 관련 지표들 중 중장기적 R&D 파급효과적 성격을 갖는 지표들을 취하여 사용하도록 할 계획이나, 경우에 따라서는 그 인과관계 흐름에 있어 성과물적 성격의 지표들이 중간 측정값으로 사용될 것으로 추정된다. 건설교통이라는 특정분야에 대한 연구개발의 주요 성과항목들을 지표로 하는 건설교통 R&D 성과지표는 국가R&D라는 큰 틀에 포함되어 있는 것이므로 국가R&D 성과지표의 틀안에서 보다 세분화되고 특화된 개념으로서의

의미를 지닌다. 따라서 최종적인 파급효과 지표로 선정되기 보다는 파급효과 측정에 있어 건설교통 R&D의 특성이 반영되는 실측값으로서 의미를 가질 것이다.

[표 4-14] 건설교통 R&D 파급효과 관련 지표 검토결과

구 분		국가경쟁력 지표	국가R&D 지표	건설교통 R&D 지표
해외		·IMD WCY	·OECD STI Scoreboard ·Nordic IM ·USA STAR Metrics ·Canada MIS	
우리나라		·국가경쟁력 지표	·국가연구개발사업 성과지표(1차, 2차) ·과학기술혁신역량지표	·건설교통R&D 성과지표 ·건설기술R&D 성과측정 지표
검토결과	목적	·한 국가의 경쟁력을 창출하는 요소를 식별/분류/평가/분석	·국가R&D 성과 평가, 분석, 정책방향 제시 ·R&D투자의 효율성을 제고하고 효과적인 평가체계 정립	·건설교통R&D의 타당성 분석, 효율적 예산배분, 연구사업관리, 성과평가
	내용	·경제성과, 인프라, 환경, 효율성 등 거시적 요소들이 다수	·학술적성과, 기술혁신, 경제적성과, 지식연계, 인적자원 등 지식과 인적자원 요소들이 다수	·국가R&D지표와 유사 ·세부지표에서 건설교통이 갖는 특성지표들이 다수 포함
지표도출 전략		·우리나라 국가경쟁력 지표는 해외의 지표를 포괄하면서 정량적 측정에 초점을 맞춘 지표들로 재구성한 것이므로 본 연구의 기준 지표로 삼음 ·R&D의 궁극적 목적이 국가경쟁력 강화에 있으므로 국가경쟁력 지표 중 R&D를 통해서 향상될 수 있는 지표를 선정	·연구진행과정상의 성과지표, 연구완료후 성과지표, 파급효과 지표들이 혼재되어 있음 ·이러한 사항을 참조하여 인과관계 및 전파흐름을 파악한 후 중간 매개자적 지표와 최종 파급효과 지표를 결정	·국가R&D 파급효과 지표의 실질적 측정에 있어서 구체화된 건설교통 R&D의 특성이 반영되도록 하는 지표로 활용 ·국가R&D지표에 없으나 국가경쟁력에 영향을 미치는 지표들을 취하여 사용

제2절 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 정립

1. 건설교통 R&D 파급효과 측정지표 도출

가. 국가경쟁력 지표 중 1차 후보지표 도출

1차 후보지표 선정에 있어서는 국가경쟁력 지표의 대분류, 중분류, 세분류 체계는 그대로 유지하고, R&D와 연관이 있는 지표를 선정 하는데 중점을 두었다. 그래서 국가경쟁력 지표 259개 중 R&D와 연관이 있는 지표를 선정하고, 이 중 의학이나 정보통신과 같이 특정분야와 관련된 지표를 제외하여 선정된 1차 후보지표는 [표 4-12]와 같다. 후보군으로 선정된 총 77개의 지표중 60개가 경제와 관련된 지표로 지표의 대다수를 차지하고 있고, 사회통합, 환경, 인프라 부분의 지표는 모두 합쳐서 17개로 미비한 편이다.

한편 선정된 지표들을 좀 더 자세히 살펴보면, 하나의 지표에서 파생되어 나온 지표들이 많이 포함되어 있다. 예를 들어 GDP항목를 보면, 1인당 GDP(명목), 1인당 GDP(PPP), 총GDP(명목), 총GDP(PPP) 등 여러 형태의 GDP가 존재하게 된다. 또한 산업구조에 있는 농림수산업 부가가치비중, 제조업 부가가치비중, 서비스업 부가가치비중 등은 개념상 GDP와 유사한 지표로 간주될 수 있다. 지표를 이용하여 시스템다이내믹스 모형을 개발하게 될 경우, 이렇게 하나의 값에서 유출되는 값들은 시스템 흐름상 자연스럽게 산출할 수 있는 부분들이 존재한다. 따라서 하나의 지표에서 파생되는 지표들은 대표적인 지표로 선정하고, 유사한 지표들은 흡수통합하는 과정을 거쳤다. 또한 이 연구에서 도출하는 지표가 건설교통 관련 지표이므로 1차 조정된 지표들을 다시 검토하여 건설교통 R&D와의 연관성을 검토한 후 2차 후보지표를 선정하였다.

[표 4-15] 건설교통 R&D 파급효과 측정을 위한 1차 후보지표

대분류	중분류	지표수	세분류	국가경쟁력 지표 중 R&D관련 지표
경제	경제성과	9	경제성과	1인당 GDP(명목), 1인당 GDP(PPP), 경제성장률, 잠재성장률, 수출상품의 세계 시장점유율
			경제규모	총인구, 총GDP(명목), 총GDP(PPP), 무역규모
	노동공급	9	생산가능	생산가능인구 비율
			고용률	고용률, 남성고용률, 여성고용률, 청년층고용률, 중년층고용률, 장년층고용률
			실업률	실업률, 청년실업율
	자본공급	6	고정자본형성	총고정자본형성 증가율, 총고정자본형성 비중(GDP대비), 민간비주택고정자본형성 증가율, 민간비주택고정자본형성 비중(GDP대비), 민간주택고정자본형성 증가율, 민간주택고정자본형성 비중(GDP대비)
	기술혁신	12	R&D	R&D지출, 기업부문 R&D 지출, 정부부문 R&D 지출, 이공계 대학졸업자 비율, 이공계 박사학위 비율, 근로자 천 명당 연구인력
			논문 및 특허	논문게재건수, 논문 1편당 피인용횟수, 특허출원수, 인구 100만 명당 특허출원 수, R&D 지출규모당 특허출원 수, 기술무역수지배율
	기업환경	5	노동생산성	노동생산성, 노동생산성 증가율
			조세제도	법인세율, 국민부담률, 조세부담률
	거시환경	8	일반정부 재정	일반정부 재정수지(GDP대비), 생산가능인구의 고령인구 부양비 추이
			무역	경상수지(GDP대비), 무역규모비중(GDP대비), 상품수출비중(GDP대비), 상품수입비중(GDP대비), 서비스수출비중(GDP대비), 서비스수입비중(GDP대비)
	산업구조	11	제조업/서비스업	제조업 부가가치비중, 제조업 고용비중, 서비스업 부가가치비중, 서비스업 고용비중, 제조업 생산성, 제조업 R&D 지출(GDP대비), 상품수지, 서비스업 생산성, 제조업/서비스업 생산성 배율, 서비스업 R&D 지출비중, 서비스수지
사회통합	사회지출	1	사회지출	고령인구
	안전	2	안전	도로사망율, 산업재해 사망률
환경	환경오염도	6	환경오염도	총CO2 배출량,1인당CO2 배출량, 1인당 CO2 배출량 증가율, CO2배출원단위,수질오염원배출량,1인당수질오염원배출량
	환경관리	5	환경관리	1인당 물소비량, 물관련 인프라투자, 상수도보급률, 오수정화설비, 산림면적
인프라	물적자본	3	교통	도로보급률, 철도보급률, 항공운송승객수
합 계		77		

나. 국가경쟁력 지표 중 2차 후보지표 도출

1차 후보지표에서 건설교통과 연관된 지표 중 중복되거나 유사한 지표를 제외시키고 선정한 2차 후보지표는 [표 4-16]과 같다.

[표 4-16] 건설교통 R&D 파급효과 측정을 위한 2차 후보지표

대분류	중분류	국가경쟁력 지표수	R&D 관련 지표수	R&D관련 지표	대표지표 선정	2차 후보
경제	경제성과	9	8	1인당 GDP(명목), 1인당 GDP(PPP), 경제성장률, 잠재성장률, 수출상품의 세계 시장점유율, 총GDP(명목), 총 GDP(PPP), 무역규모	총GDP(명목) 1인당GDP(명목)	2
	노동공급	20	8	고용률, 남성고용률, 여성고용률, 청년층고용률, 중년층고용률, 장년층고용률, 실업률, 청년층 실업률	취업자수 고용자수	2
	자본공급	10	6	총고정자본형성 증가율, 총고정자본형성 비중(GDP대비), 민간비주택고정자본형성 증가율, 민간비주택고정자본형성 비중(GDP대비), 민간주택고정자본형성 증가율, 민간주택고정자본형성 비중(GDP대비)	총고정자본형성 총고정자본형성 비중(GDP대비)	2
	기술혁신	21	15	R&D지출, 기업부문 R&D 지출, 정부부문 R&D 지출, 이공계 대학졸업자 비율, 이공계 박사학위 비율, 근로자 천 명당 연구인력, 논문게재건수, 논문 1편당 피인용횟수, 특허출원수, 인구 100만 명당 특허출원 수, R&D 지출규모당 특허출원 수, 기술무역수지배율, 하이테크제품 수출비중(제조업 수출대비), ICT제품 수출비중(전체상품 수출대비), ICT서비스 수출비중(전체서비스 수출대비)	R&D 집약도 R&D 확산도 연구원수 연구인력 비중(취업자대비) 인당 R&D투자액 논문게재건수(국내, 해외) 특허건수(국내, 해외)	7
	기업환경	37	2	노동생산성, 노동생산성 증가율	노동생산성	1
	거시환경	29	7	경상수지(GDP대비), 무역규모비중(GDP대비), 상품수출비중(GDP대비), 상품수입비중(GDP대비), 서비스수출비중(GDP대비), 서비스수입비중(GDP대비), 수입침투율	수출액 수출비중(GDP대비)	2
	산업구조	30	13	농림수산업 부가가치비중, 농림수산업 고용비중, 제조업 부가가치비중, 제조업 고용비중, 서비스업 부가가치비중, 서비스업 고용비중, 제조업 생산성, 제조업 R&D 지출(GDP대비), 상품수지, 서비스업 생산성, 제조업/서비스업 생산성 배율, 서비스업 R&D 지출비중, 서비스수지		
사회통합	사회지출	6	1	고령인구		
	형평	5	0			
	수명/보건	10	4	기대수명, 남성 기대수명, 여성 기대수명, 유아사망률		
	안전	3	2	도로사망율, 산업재해 사망률		
	제도	2	0			
	다양성/관용	2	0			
환경	환경오염도	10	8	총CO2 배출량, 1인당 CO2 배출량, 1인당 CO2 배출량 증가율, CO2 배출원단위, 황산화물 배출원단위, PM10 농도, 수질오염원 배출량, 1인당 수질오염원 배출량	CO2 배출량 GDP대비 CO2 배출량	2
	환경관리	8	2	도시쓰레기 재활용률, 종이와 상자지류 재활용률		
	녹색산업	9	6	1인당 에너지 소비량, 에너지 원단위, 신재생에너지 비율, 에너지 수입률, 원자력 발전비율, 화석연료사용 비중	에너지소비량 GDP대비 에너지소비량	2
인프라	인적자본	15	0			
	물적자본	8	4	도로보급률, 철도보급률, 항공운송승객수, 전력생산량	국내여객 수송량 여객수송효율 국내화물 수송량 화물수송효율	4
	금융자본	6	0			
	사회자본	10	0			
	부존자원	9	0			
총합계		259	86			24

다. 건설교통 R&D 파급효과 측정 지표 결정

2차 후보지표에 건설교통 R&D투자를 통해 나타날 것으로 기대되는 수송량 지표와 수송효율 개선으로 인해 나타날 것으로 기대되는 에너지 절감량 지표를 추가하여 결정하였다. R&D 파급효과를 위한 지표임을 감안하여 경제부문에 중분류로 속해 있던 “기술혁신”을 대분류로 포함시켜 4개의 대분류와 9개의 중분류로 구성하였다. 이러한 절차에 따라, 최종적으로 결정된 “건설교통 R&D파급효과 측정 지표”는 [표 4-17]에서 보는 바와 같이 4개 부문 30개의 지표로 구성된다.

[표 4-17] 건설교통 R&D 파급효과 측정 지표

대분류	중분류	지표명	지표수
경제	경제성과	GDP, 1인당GDP	2
	노동공급	취업자수, 고용자수	2
	자본공급	총고정자본형성, 총고정자본형성 비중(GDP대비)	2
	기업환경	노동생산성	1
	거시환경	수출액, 수출비중(GDP대비)	2
환경	환경오염도	CO2 배출량, GDP대비 CO2 배출량	2
	녹색산업	에너지소비량, GDP대비 에너지소비량 공로 에너지 절감량, 철도 에너지 절감량	4
인프라	물적자본	국내여객 수송량, 여객수송효율 국내화물 수송량, 화물수송효율 공로 국내여객 수송량, 공로 국내화물 수송량 철도 국내여객 수송량, 철도 국내화물 수송량	8
기술혁신	기술혁신	R&D 집약도, R&D 확산도 연구원수, 연구인력 비중(취업자대비) 인당 R&D투자액 논문게재건수(국내, 해외) 특허건수(국내, 해외)	7
총합계			30

2. 파급효과 측정지표에 대한 설문조사

본 지표 선정과정에서 본 연구는 한국건설교통평가원의 건설교통 R&D 각 사업별 담당자를 대상으로 건설교통 R&D 파급효과 측정을 위한 주요 지표 별 중요도를 산출하였다. 본 설문의 조사기간은 2012년 4월 14일부터 2012년 4월 27일까지 약 2주간 실시되었으며, 선정한 30명의 실무자 중 22명의 응답을 통해 조사되었다.

설문조사 결과를 토대로, AHP분석을 실시하여 지표별 우선순위를 선정한 결과, GDP, CO2배출량, 고용율 순으로 조사되었다 ([표 4-18] 참조). 특이점은 에너지 사용 및 CO2 배출 관련한 환경부문의 중요도가 경제부문 못지않게 높게 조사되었다. 본 설문을 토대로 위의 [표 4-17]과 같이 총 30개의 지표를 선정하였고, 선정한 지표에 대한 전문가 의견조사를 추가로 실시하여 지표선정의 타당성을 도출하였다.

[표 4-18] 건설교통 R&D 파급효과 주요 측정지표 설문결과

Level 1	Level 2			Level 3		
구분	구분	가중치	우선순위	구분	가중치	우선순위
경제	경제성과	0.244	1	(1인당)GDP	0.182	1
				무역규모	0.062	7
	노동공급	0.100	5	고용율	0.073	3
				실업률	0.027	14
	자본공급	0.087	7	총고정자본형성증가율	0.053	10
				총고정자본형성 비중(GDP대비)	0.034	12
	거시환경	0.131	3	일반정부 재정수지(GDP대비)	0.070	4
				경상수지(GDP대비)	0.061	8
환경	환경오염도	0.226	2	(1인당)CO2 배출량	0.157	2
				(1인당)수질오염원 배출량	0.069	5
	녹색산업	0.123	4	1인당 에너지 소비량	0.066	6
				신재생에너지 비율	0.057	9
사회 인프라	물적자본	0.089	6	도로수송량	0.040	11
				철도수송량	0.030	13
				항공운송량	0.019	15

3. 건설교통 R&D 파급효과 지표 정의 및 전망값 산출방법

이 연구에서 사용하는 지표는 특별하게 재정의된 지표들이 아니므로 별도의 설명이 필요하지 않을 수 있다. 그러나 이 연구만이 가지는 미래전망이라는 속성을 고려하여 그 산출방법을 명확히 제시해야 할 필요가 있다. 즉, 다른 분야에서 사용되는 지표들은 주로 당해 또는 과거의 자료를 대상으로 하기 때문에 특정연도에 해당하는 지표값을 1회적으로 산출하는 것이 일반적이다. 하지만 이 연구에서 추구하는 것은 건설교통 R&D투자가 미래에 미치게 될 파급효과에 관한 것이다. 따라서 미래의 일정기간(2011년~2030년)에 대해 특정단위(1년)로 해당 지표에 대한 전망값을 어떻게 도출해 낼 것인지 결정하는 것이 중요하다. 그래서 4개 부문별로 미래를 전망하는 시스템다이내믹스 모형에서 각 지표의 전망값을 어떻게 산출할 것인지 정리하였다. [표 4-18]은 건설교통 R&D투자 파급효과를 분석하기 위해 선정된 지표에 대한 정의와 모형에서의 산출방법을 정리한 표이다.

여기서 한가지 유념해야 하는 것은, 모형을 이용하여 미래 20년동안에 대한 시뮬레이션을 하고 전망값을 산출함에 있어서, 각 대상연도의 지표값은 그 시점에서 각각 지표값들이 가지고 있는 전망값들의 영향을 받아 그 시점에서 산출된다는 것이다. 이것은 건설교통 R&D투자에 의해 특정 지표값 즉, GDP가 변화하게 된다면 다른 지표들은 GDP 변화의 영향을 받아 전체적으로 모든 지표값이 달라진다는 것을 의미하며, 이것이 바로 사회현상을 시스템화하여 표현해 내는 시스템다이내믹스의 큰 특징이다.

[표 4-19] 지표의 정의 및 전망값 산출방법

대분류	지표	지표정의	모형에서의 전망값 산출방법
경제	GDP	국내총생산	1. GDP변화율을 이용하여 미래 20년간의 GDP 전망 2. 매년 창출되는 산업별 부가가치의 비중을 이용하여 산업별 GDP 산출
	1인당GDP	1인당 국내총생산	1. 출산과 사망에 따른 인구변화를 반영한 미래 20년간의 인구수 전망 2. GDP 전망값을 인구수 전망값으로 나누어 산출
	취업자수	임금근로 또는 자영근로에 종사한 모든 사람	1. 취업율 변화율을 이용하여 미래 20년간의 취업자수 전망 2. 매년 변화하는 산업별 취업율 비중을 이용하여 산업별 취업자수 산출
	고용자수	급료를 지급받는 유급 노동자	1. 고용율 변화율을 이용하여 20년간의 고용자수 전망 2. 매년 변화하는 산업별 고용율 비중을 이용하여 산업별 고용자수 산출
	총고정자본형성	생산주체가 구입 또는 자가 생산한 모든 자본재	1. 총고정자본형성과 고정자본소모 변화율을 이용하여 미래 20년간의 총고정자본형성, 고정자본소모, 생산자산 전망 2. 산업별 총고정자본형성 비중을 통해 산업별 총고정자본형성, 고정자본소모, 생산자산 산출
	총고정자본형성 비중(GDP대비)	GDP대비 총고정자본형성 비중	1. 총고정자본형성 전망값을 GDP 전망값으로 나누어 산출
	노동생산성	노동자 1인이 일정기간 동안 산출하는 생산량 또는 부가가치	1. GDP 전망값을 취업자수 전망값으로 나누어 산출 2. 산업별 GDP 전망값을 산업별 취업자수로 나누어 산업별 노동생산성 산출
	수출액	수출로 벌어들인 돈의 액수	1. GDP대비 수출비중 변화율을 이용하여 미래 20년간의 수출액 전망 2. 매년 변화하는 산업별 수출비중을 이용하여 산업별 수출액 산출
	수출비중	수출이 GDP에서 차지하는 비중	1. 수출액 전망값을 GDP 전망값으로 나누어 산출
에너지	에너지소비량	우리나라 최종에너지 소비량	1. GDP 변화율에 따른 미래 20년간의 에너지소비량 전망 2. 산업별 에너지소비 비중을 이용하여 산업별 에너지소비량 산출 3. 수송수단별 에너지소비 비중을 이용하여 수송수단별 에너지소비량 산출 4. 미래 20년간의 석탄, 석유 등 에너지원별 에너지 소비량 전망 5. 산업별, 수송분야별, 에너지원별 에너지 소비량 산출
	GDP대비 에너지소비량	GDP대비 최종에너지 소비량	1. 최종에너지소비량 전망값을 GDP 전망값으로 나누어 산출
	공로 에너지 절감량	공로 수송효율개선에 따른 에너지 절감량	1. 공로 에너지소비량과 공로 수송량을 이용하여 공로 수송효율 산출 2. R&D투자에 따른 공로 수송효율개선율 산출 3. 공로 수송효율개선에 따른 에너지 절감량 산출
	철도 에너지 절감량	철도 수송효율개선에 따른 에너지 절감량	1. 철도 에너지소비량과 철도 수송량을 이용하여 철도 수송효율 산출 2. R&D투자에 따른 철도 수송효율개선율 산출 3. 철도 수송효율개선에 따른 에너지 절감량 산출
	CO2배출량	에너지사용에 의한 CO2 배출량	1. 미래 20년간의 석탄, 석유 등 에너지원별 에너지 소비량 전망값을 이용하여 CO2배출량 산출
	GDP대비 CO2배출량	GDP대비 CO2배출량	1. CO2배출량 전망값을 GDP 전망값으로 나누어 산출

대분류	지표	지표정의	모형에서의 전망값 산출방법
인프라	국내여객 수송량	공로, 철도, 지하철, 해운, 항공을 이용한 모든 국내여객 수송량	1. 인구수 전망값과 여객수송비율에 따른 미래 20년간의 여객수송량 산출 2. 수송분야별 여객수송 비중을 이용하여 수송분야별 여객수송량 산출
	국내화물 수송량	공로, 철도, 지하철, 해운, 항공을 이용한 모든 국내화물 수송량	1. GDP 전망값과 화물수송비율에 따른 미래 20년간의 화물수송량 산출 2. 수송분야별 화물수송 비중을 이용하여 수송분야별 화물수송량 산출
	공로 국내여객 수송량	공로를 이용한 국내여객 수송량	
	공로 국내화물 수송량	공로를 이용한 국내화물 수송량	
	여객수송효율	에너지소비량 대비 여객 수송량	1. 에너지소비량 전망값과 여객수송량 전망값을 이용하여 여객수송효율 산출 2. 수송분야별 에너지소비량 전망값과 여객수송량 전망값을 이용하여 수송분야별 여객수송효율 산출
	철도 국내여객 수송량	철도를 이용한 국내여객 수송량	
	철도 국내화물 수송량	철도를 이용한 국내화물 수송량	
	화물수송효율	에너지소비량 대비 화물 수송량	1. 에너지소비량 전망값과 화물수송량 전망값을 이용하여 화물수송효율 산출 2. 수송분야별 에너지소비량 전망값과 화물수송량 전망값을 이용하여 수송분야별 화물수송효율 산출
기술 혁신	R&D집약도	총산출액 대비 R&D투자액	1. 총산출액 변화율을 이용하여 미래 20년간의 총산출액 전망 2. R&D투자액 전망값을 총산출액 전망값으로 나누어 산출
	R&D확산도	중간재에 체화되는 R&D정도	1. R&D집약도와 생산유발계수를 이용하여 산출
	연구원수	연구개발인력 중 연구원수	1. R&D투자비 대비 연구원수 변화율을 이용하여 미래 20년간의 연구원수 전망 2. 산업별 연구원수 비중을 이용하여 산업별 연구원수 전망
	연구인력 비중	연구개발비 대비 연구원수	1. 연구원수 전망값을 연구개발비 전망값으로 나누어 산출
	인당 R&D투자액	연구원수 대비 R&D투자액	1. R&D투자액 전망값을 연구원수 전망값으로 나누어 산출
	논문 개재건수	정부투자에 의한 논문수	1. R&D투자비 대비 논문수 변화율을 이용하여 미래 20년간의 논문수 전망 2. 연구주체별, 연구단계별, 부처별 논문수 비중을 이용하여 연구주체별, 연구단계별 논문수 산출
	특허건수	정부투자에 의한 특허건수 (국내/국외, 출원/등록)	1. R&D투자비 대비 특허수 변화율을 이용하여 미래 20년간의 특허수 전망 2. 연구주체별, 연구단계별, 부처별 특허수 비중을 이용하여 연구주체별, 연구단계별 특허수 산출

제3절 건설교통 R&D 파급효과지수 정립

1. 건설교통 R&D 파급효과지수 개념

가. 지표와 지수

지표(Indicators)는 어떤 현상이나 그 변화를 요약하거나 대표하는 정보를 뜻하는 것으로, 지표는 그 값 자체가 가지는 의미와 함께 시스템 전체를 이해하는데 도움을 주고, 현상에 대한 정보가 쉽게 전달되도록 복잡한 현상을 계량화 또는 단순화하여 표현하는 기능을 가진다. 지표의 예로는 GDP, 취업률, 에너지 소비량 등의 경제사회지표와 연구원수, 논문수 등의 학술지표가 있다.

지수(Index)는 몇 개의 현상에 대한 추이를 서로 대비하거나 어떤 현상에 대한 수준의 추이를 살피기 위하여 기준 시점의 값에 대한 상대값으로 직접 측정할 수 없는 수량의 변동을 나타낸 값을 말한다. 즉, 자료나 통계 또는 여러 지표를 사용하여 시계열적, 지역간 또는 사업전후의 상황변동을 서로 비교할 수 있도록 100을 기준으로 통계 처리한 수치를 의미한다.

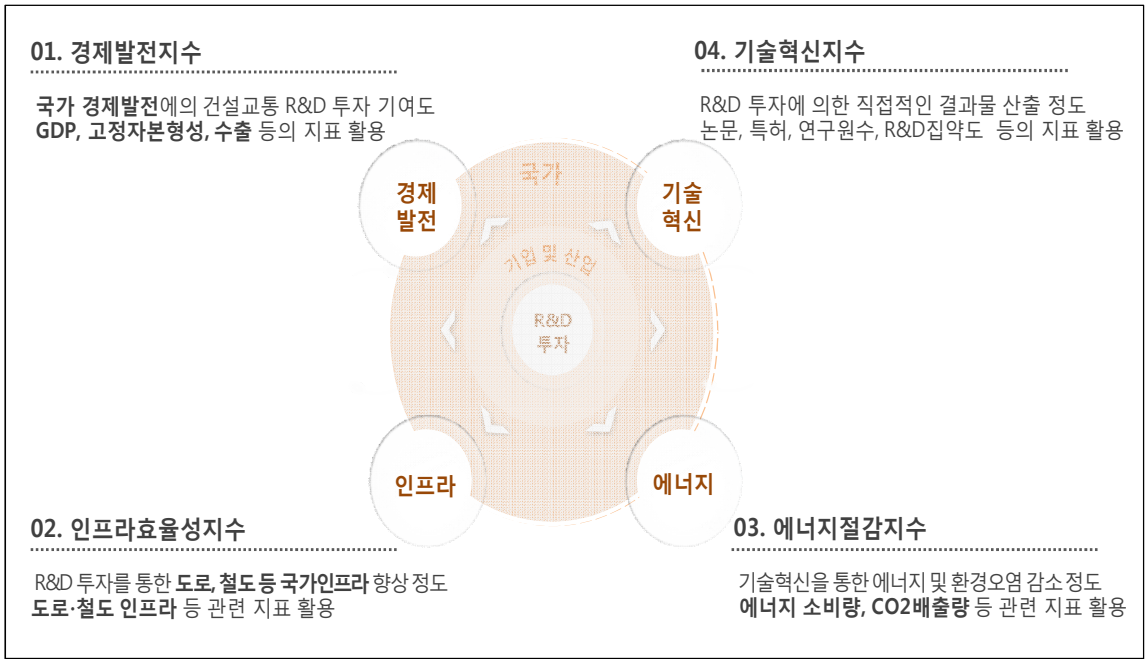
나. 건설교통 R&D투자 파급효과지수

건설교통 R&D투자 파급효과지표는 정부의 건설교통 R&D투자 사업이 경제적, 사회적, 환경적, 기술적 측면에서 어떠한 영향을 미치는가를 나타내는 요약정보를 의미한다. 건설교통 R&D투자 파급효과지표를 이용하면 R&D 투자사업 수행시의 막연한 성과나 기대효과를 구체화하는 것이 가능해져, 새로운 R&D정책이나 투자사업에 대한 의사결정을 체계적이고 합리적으로 할 수 있게 된다.

건설교통 R&D투자 파급효과지수는 정부의 건설교통 R&D투자 사업이 경제적, 사회적, 환경적, 기술적 측면에서 국가발전과 국가경쟁력에 기여하는 정도를 측정하기 위한 지수로서, 기준년도의 분야별 주요 지표를 통해 파급효과지수를 산출하여 그 수준을 100으로 하고 투자 전후의 파급효과지수의 변화를 비교한다.

본 연구에서는 [그림 4-5]에서 보는 바와 같이 건설교통 R&D투자 파급효과지수를 그 성격에 따라 경제발전지수, 인프라효율성지수, 에너지절감지수, 기술혁신지수로 세분화하여 산출한 후, 궁극적으로 전체가 통합된 개념의 “건설교통 R&D투자

파급효과지수”를 산출하는 방식을 채택하였다.



[그림 4-5] 건설교통 R&D투자 파급효과 지수 구성도

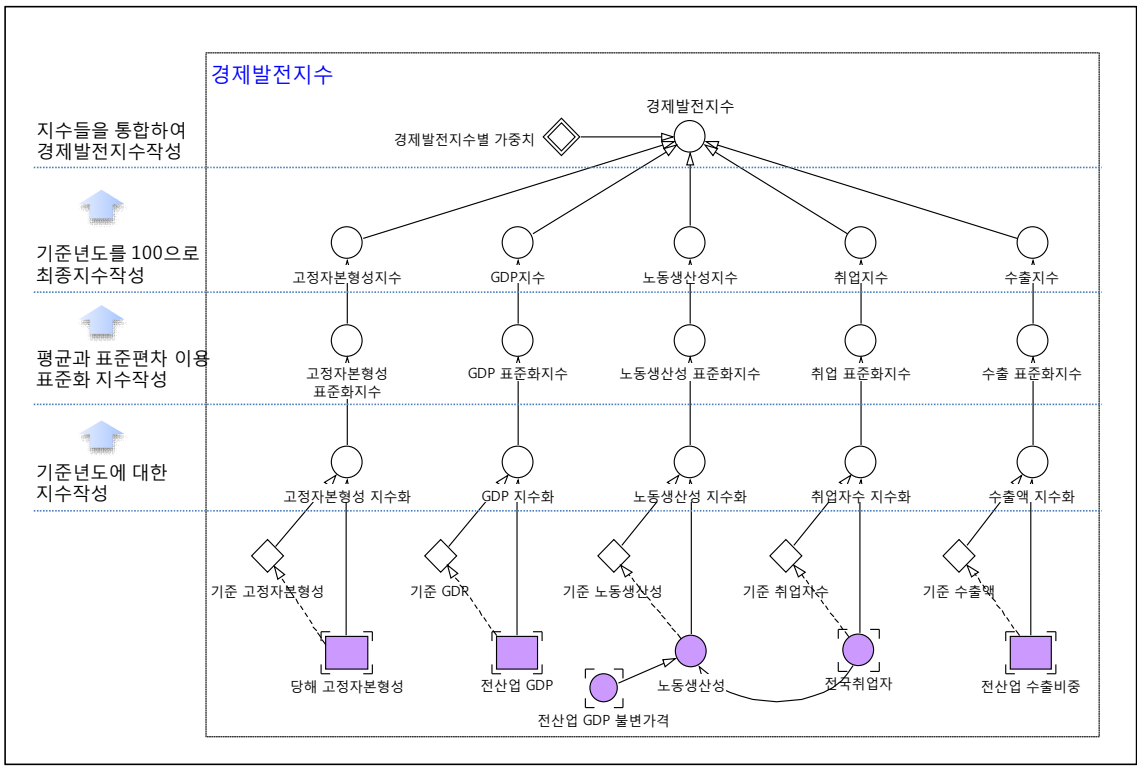
다. 건설교통 R&D투자 파급효과지수 개발 목적

건설교통 R&D투자 파급효과지수는 건설 및 교통관련 산업의 발전방향, 건설교통 R&D투자 목표, 정부의 경쟁력 강화들은 다음과 같은 이유로 파급효과지수를 통한 R&D 투자 파급효과의 극대화를 추구해야 한다. 첫째, 건설교통 R&D 투자의 장기적 목표를 달성하도록 유인하는데 이정표가 필요하다. 둘째, 다양한 R&D사업이 추진될 때 구체적으로 목표로 삼아야 할 지표들이 필요하고 이는 파급효과지수로 근간으로 제시되어야 한다. 셋째, 건설교통 R&D투자를 통해서 국가경쟁력을 얼마나 향상시킬 수 있는지가 측정되어야 한다.

건설교통 R&D투자 파급효과지수는 다음과 같은 목적으로 활용될 수 있다. 첫째, 건설교통 R&D사업중 가장 파급효과가 큰 사업의 발굴 및 육성이 필요하다. 둘째, 핵심지표 제시를 통해 R&D사업의 투자방향을 제시할 수 있다. 셋째, R&D 투자 후 경과연수에 따른 파급효과의 향상 수준을 시뮬레이션 할 수 있다. 넷째, R&D 사업의 투자 투명성 확보 및 예산집행자들의 투자 중요성 인식을 확대할 수 있다.

2. 지표의 지수화과정 및 절차

지표를 지수화하기 위해서는 [그림 4-6]과 같이 4단계의 절차를 거쳐야 한다. 먼저 기준이 되는 년도를 결정하여 그 해의 지표값을 비교대상으로 할 기준으로 삼는다. 다음으로 기준년도에 대한 지수의 평균과 표준편차를 이용하여 표준화된 지수를 작성한 후, 기준년도를 100으로 하는 최종지수를 만든다. 3단계과정을 거치면 각 지표에 대한 개별 지수가 만들어 지고, 각 개별지수들을 중요도에 따라 가중치를 부여하여 통합하게 되면 그것이 해당 부문의 지수가 되는 것이다.



[그림 4-6] 지표의 지수화과정

이렇게 지수산정 방식을 통일하는 이유는 지수들간의 상대적 비교가 가능하고 지수들의 통합이 쉬워지기 때문이다. 즉, 모든 지표들을 다음의 절차에 따라 지수화하는 과정을 거치면 동일한 기준과 절차로 지수를 구할 수 있으므로 여러 가지 지표들에서 구한 지수들을 상호 동일한 척도로 지수의 크기를 비교할 수 있다. 또한 지수산정 방식과 절차를 통일하면 동일한 기준에 따라 지수들이 작성되므로 이 시스템에서 제시한 여러 가지 유형의 지수들을 필요에 따라 통합시 별도의 작업을 거

치지 않더라도 가중치의 적용에 따라 단순히 선형조합하여 하나의 통합지수를 쉽게 구할 수 있다.

〔1단계〕 기준년도에 대한 년도별 지수 작성

각 연도의 지표값을 기준년도(2005년도) 지표값으로 나누어, 기준년도 지수값을 100으로 하는 연도별 지수값을 작성한다.

$$K_t = \frac{X_t}{X_{2005}} \times 100$$

여기서, K_t : 기준년도에 대한 지표A에 대한 지수

X_{2005} : 지표A의 기준년도 값(2005년도 기준)

X_t : 지표A의 t년도 값

〔2단계〕 년도별 지수의 평균 및 표준편차 산정

1단계에서 작성한 기준년도(2005년)부터 시뮬레이션 종료시점(2030년)까지의 지수값인 K_t들에 대한 평균과 표준편차를 구한다.

μ_k : 2005년 기준 년도별 지수K의 평균

σ_k : 2005년 기준 년도별 지수K의 표준편차

〔3단계〕 년도별 지수의 표준화

2단계에서 구한 지수K의 평균과 표준편차를 이용하여 지수K에 대한 표준화지수를 산정한다.

$$Z_t = \frac{K_t - \mu_k}{\sigma_k}$$

Z_t : 지표A에 대한 표준화지수

〔4단계〕 최종지수의 산정

2005년부터 2030년까지의 지수값(Z_t)들 중 최소값을 100으로 하는 표준화된 최종의 지수I를 산정한다.

$$I_t = 100 + I_w \times \frac{[Z_t - (Z_{\min})]}{Z_{\max} - Z_{\min}}$$

I_t : 최종 지수

I_w : 지수의 최대변동값(100일 경우 지수는 100~200사이의 값을 가지게 됨)

Z_{max} : 표준화지수 Z의 최대값

Z_{min} : 표준화지수 Z의 최소값

3. 건설교통 R&D투자 파급효과지수 작성

지수화된 지표들은 지표의 성격과 분야에 따라 상위지수로 통합하고, 이 통합된 상위지수를 이용하여 파급효과 분석에 이용한다. 예를 들어 경제발전지수는 건설교통 R&D투자 사업이 연구와 개발을 통해 직간접적으로 국가의 경제발전에 어느 정도 기여했는가를 나타내는 지수로서, GDP, 고정자본형성, 취업자수, 노동생산성, 수출 등 국가의 경제력을 나타내는 주요 지표를 통해 다음과 같이 산출한다.

경제발전지수 $E(t) = [a_1 \frac{Y(t)}{\overline{Y}(t)} + a_2 \frac{F(t)}{\overline{F}(t)} + a_3 \frac{T(t)}{\overline{T}(t)} + \ldots] * 100$

여기서,

a_1 : GDP부문의 비중
a_2 : 고정자본형성부문의 비중
a_3 : 기술수출부문의 비중
:
$\sum a_k = 1$

Y(t) : R&D 투자가 반영된 t연도의 GDP 수준
F(t) : R&D 투자가 반영된 t연도의 고정자본형성 수준
T(t) : R&D 투자가 반영된 t연도의 기술수출 수준
:

$\overline{Y}(t)$, $\overline{F}(t)$, $\overline{T}(t)$: t연도의 해당 추세선

인프라효율성지수, 에너지절감지수, 기술혁신지수와 4개의 지수를 통합한 건설교통 R&D투자 파급효과지수도 동일한 방법으로 산출한다. 한 가지 아쉬운 점은 이 연구에서는 시스템다이내믹스 이용한 모형 개발에 초점을 맞추고, 지표에서 지수에 이르는 일련의 과정을 모형으로 구축하는 파일럿 연구로서의 성격을 가지기 때문에 지수를 통합함에 있어 사용한 가중치에 대해 심도 있는 연구가 이루어지지 않았다.

이제, 앞의 절차에 따라 완성된 지수모형에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴보자. 먼저 기존추세에 따라 R&D투자가 이루어진다고 가정할 경우의 지수에 대한 전망값은 [표 4-20]과 같다. 또한 국가전체의 투자정책은 변함이 없고 건설교통 R&D투자만 3% 정율로 증액 투자하였을 경우에 대한 지수에 대한 전망값은 [표 4-21]과 같다. [표 4-21]를 보면, 2030년 기준으로 전체 지수를 통합한 R&D파급효과지수는 157로서 기존 추세로 전망한 지수인 152보다 5정도 향상되었음을 알 수 있다. 기존추세에 따른 지수의 변화에서 2005년과 2010년 사이에 변화한 지수값이 10정도임을 감안할 때, 건설교통 R&D투자를 3% 정율증가할 경우 2005년과 2010년 사이에 향상된 수준보다 50%정도 개선됨을 알 수 있다. 다른 지수들과 같은 방식으로 R&D투자에 따른 변화값을 해석할 수 있다.

[표 4-20] 기존추세에 따라 전망한 건설교통 R&D투자 파급효과지수

Time	RnD파급효과지수	경제발전지수	인프라효율성지수	에너지절감지수	기술혁신지수
2005년 1월 1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2010년 1월 1	109.73	115.88	101.50	113.14	108.38
2015년 1월 1	120.27	131.39	103.37	126.42	119.88
2020년 1월 1	131.25	146.19	105.54	139.53	133.75
2025년 1월 1	142.04	161.30	108.15	152.18	146.50
2030년 1월 1	151.88	177.21	111.03	164.20	155.07

[표 4-21] 3% 정율 증액투자에 따라 전망한 건설교통 R&D투자 파급효과지수

Time	RnD파급효과지수	경제발전지수	인프라효율성지수	에너지절감지수	기술혁신지수
2005년 1월 1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2010년 1월 1	109.73	115.88	101.50	113.14	108.38
2015년 1월 1	120.46	131.42	103.57	126.43	120.45
2020년 1월 1	132.52	146.40	106.62	139.56	137.48
2025년 1월 1	145.05	162.04	110.94	152.31	154.91
2030년 1월 1	157.45	179.17	116.58	164.52	169.53

제5장 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 측정

제1절 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄

이 절에서는 “거시적 레벨의 건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”[64]을 이용하여 전망한 주요 지표의 변화추세와 R&D 투자에 따른 거시적 파급효과를 한눈에 볼 수 있도록 정리하였다. 건설교통 R&D투자로 인한 파급효과는 경제발전 파급효과, 인프라효율성 파급효과, 에너지절감 파급효과, 기술혁신 파급효과 등 4개의 부문으로 구분하여 측정하였다. 이 절에서는 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 측정하는데 적용된 구체적인 방법론이나 이론적인 설명은 배제하고, “거시적 레벨의 건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”을 이용하여 도출된 파급효과의 결과 값에 초점을 맞추어 기술하였다. 파급효과 분석모형은 [부록 1]에 제시하였으며, 모형검증절차 및 결과는 [부록 4]에서 확인할 수 있다. 여기서 제시된 결과물들에 대한 각 부문별 파급효과의 측정 방법이나 세부 지표에 대한 연도별 전망 값 그리고 파급효과의 결과 값은 본 장의 제2절에서 제5절까지 걸쳐 각 부문별로 자세히 설명되어 있다.

건설교통 R&D투자를 현 추세대비 3% 증액하여 투자할 경우,
20년 후인 2030년에는

- GDP 2.8조원, 인당GDP 11만원, 취업자수 56,000명 증가
- 국내여객 수송량 4,643백만인-키로, 국내화물 수송량 39백만 톤 증가
- 최종에너지 4.455백만toe 절감, CO2배출량 12.4백만 tCO2 감소
- 연구원수 1,125명, 논문 95편, 국내특허 등록 10건증가

64) 이 연구를 통하여 개발된 R&D투자에 따른 파급효과를 측정하는 시스템다이내믹스 모형으로서, 모형개발과 관련된 내용은 이 보고서의 부록에 수록되어 있음

1. 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄표

[표 5-1] 건설교통 R&D투자의 거시적 파급효과 총괄표

지 표		추세 전망			건설교통 R&D 3%증액 투자			파급효과		
		2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년
경제발전 부문	GDP(조원)	1,542.1	1,972.9	2,980.5	1,542.2	1,973.6	2,986.3	0.1	0.7	5.8
	인당GDP(만원)	3,056	3,839	5,679	3,057	3,840	5,690	1.0	1.0	11.0
	총고정자본 형성(조원)	463.7	629.7	1,153.9	465.0	640.7	1,265.3	1.3	11.0	111.4
	취업자수(만명)	2,195.0	2,277.8	2,333.7	2,195.1	2,278.6	2,339.3	0.1	0.8	5.6
	고용자수(만명)	1,617.2	1,687.9	1,734.1	1,617.2	1,688.6	1,738.6	-	0.7	4.5
	노동생산성(만원/명)	7,026	8,662	12,771	7,026	8,662	12,766	-	-	-5.0
	수출액 (조원)	949.4	130.6	2,061.9	949.5	130.7	2,070.4	0.1	0.1	8.5
인프라 효율성 부문	국내여객 수송량 (백만인-키로)	140,805	137,603	135,684	143,456	140,731	140,326	2,651	3,128	4,643
	국내화물 수송량 (천톤)	873,526	970,626	1,150,943	888,835	991,795	1,189,856	15,309	21,169	38,914
	여객수송효율 (인-키로/toe)	220,394	223,123	202,696	223,067	230,423	229,723	2,673	7,300	27,027
	화물수송효율 (톤/toe)	594	703	832	597	719	930	2.9	16.5	98.5
에너지 절감 부문	최종에너지 소비량 (1000toe)	215,748	236,651	270,098	215,602	235,800	265,643	-147	-851	-4,455
	수송수단 에너지소비량 (1000toe)	39,087	41,807	46,915	38,933	40,903	42,086	-154	-904	-4,828
	CO2배출량 (백만tCO6)	602.0	658.8	750.8	601.6	656.4	738.5	-0.4	-2.4	-12.4
	수송수단 CO2배출량 (백만tCO6)	87.5	93.5	104.8	87.2	91.5	94.1	-0.3	-2.0	-10.8
기술혁신 부문	건설업 R&D 집약도	0.00145	0.00184	0.00228	0.00160	0.00223	0.00336	0.00015	0.00039	0.00109
	연구원(명)	334,185	440,212	577,365	334,203	440,365	578,490	18	153	1,125
	논문(편)	31,652	39,062	48,784	31,654	39,075	48,879	1.7	13.6	94.9
	국내출원 특허(건)	24,827	31,442	39,990	24,828	31,453	40,068	1.4	10.9	77.8
	국내등록 특허(건)	4,387	4,458	5,012	4,387	4,460	5,022	0.2	1.5	9.8
	해외출원 특허(건)	4,305	6,257	8,513	4,305	6,259	8,530	0.2	2.2	16.6
	해외등록 특허(건)	705	899	1,150	705	900	1,152	0.0	0.3	2.2

2. 건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과

건설교통 R&D투자를 3% 증액하여 투자할 경우, 20년 후인 2030년에는 GDP 2.8조원, 인당GDP 11만원, 취업자수 5.6만 명을 증가시킬 것으로 전망된다.

[표 5-2] 건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과 총괄표

구분		추세 전망			건설교통 R&D 3%증액 투자			파급효과		
지표	산업분류	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년
GDP (조원)	수송장비	88.9	144.5	332.2	88.9	144.6	333.5	-	0.1	1.3
	건설	82.4	85.5	84.6	82.4	85.7	86.0	-	0.2	1.4
	운수	51.6	59.9	73.1	51.6	60.1	73.9	-	0.2	0.8
	전산업	1,542.1	1,972.9	2,980.5	1,542.2	1,973.6	2,986.3	0.1	0.7	5.8
인당GDP(만원)		3,056	3,839	5,679	3,057	3,840	5,690	1	1	11
총고정자본 형성 (조원)	건설	6.3	8.3	15.1	6.3	8.7	18.1	-	0.4	3.0
	운수및보관	45.9	66.6	126.0	46.1	68.2	143.2	0.2	1.6	17.2
	전산업	463.7	629.7	1,153.9	465.0	640.7	1,265.3	1.3	11.0	111.4
취업자수 (만명)	수송장비	48.5	50.6	52.1	48.5	50.6	52.3	-	-	0.2
	건설	159.1	158.6	158.3	159.1	158.8	159.8	-	0.2	1.5
	운수	104.6	106.0	107.1	104.6	106.1	107.9	-	0.1	0.8
	전산업	2,195.0	2,277.8	2,333.7	2,195.1	2,278.6	2,339.3	0.1	0.8	5.6
고용자수 (만명)	수송장비	47.4	49.3	50.7	47.4	49.4	50.9	-	0.1	0.2
	건설	150.3	147.3	144.5	150.3	147.4	145.6	-	0.1	1.1
	운수	71.6	72.2	72.5	71.6	72.3	72.9	-	0.1	0.4
	전산업	1,617.2	1,687.9	1,734.1	1,617.2	1,688.6	1,738.6	-	0.7	4.5
노동생산성 (만원/명)	수송장비	18,336	28,576	63,759	18,337	28,582	63,796	1	6	37
	건설	5,177	5,394	5,344	5,178	5,399	5,380	1	5	36
	운수	4,937	5,656	6,824	4,938	5,661	6,852	1	5	28
	전산업	7,026	8,662	12,771	7,026	8,662	12,766	-	-	- 5
수출액 (조원)	수송장비	175.4	243.9	388.0	175.4	244.0	390.1	-	0.1	2.1
	건설	0.6	0.9	1.5	0.6	0.9	1.5	-	-	-
	운수	62.4	84.3	132.0	62.5	84.4	133.3	0.1	0.1	1.3
	전산업	949.4	130.6	2,061.9	949.5	130.7	2,070.4	0.1	0.1	8.5

3. 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과

건설교통 R&D투자를 3% 증액하여 투자할 경우, 20년 후인 2030년에는 국내여객 수송량을 4,643백만인-키로 그리고 국내화물 수송량을 38,914천 톤 증가시키는 효과가 있으며, 더불어 여객수송효율은 27,027인-km/toe, 화물수송효율은 98.5톤/toe를 개선시키는 효과가 나타난다.

[표 5-3] 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 총괄표

구분		추세 전망			건설교통 R&D 3%증액 투자			파급효과		
지표	산업분류	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년
국내여객 수송량 (백만인-키로)	해운	902	831	692	902	831	692	0	0	0
	철도	32,773	31,806	29,754	33,329	32,489	30,754	556	683	1,001
	항공	8,128	7,664	6,672	8,130	7,666	6,675	2	2	4
	지하철	25,229	24,450	22,772	25,236	24,456	22,784	7	6	12
	공로	73,772	72,852	75,794	75,858	75,289	79,420	2,086	2,437	3,626
	합계	140,805	137,603	135,684	143,456	140,731	140,326	2,651	3,128	4,643
국내화물 수송량 (천톤)	해운	127,243	142,069	179,677	127,283	142,166	180,149	41	97	472
	철도	40,699	45,125	58,274	40,712	45,156	58,427	13	31	153
	항공	213	198	223	213	198	224	0	0	1
	지하철	705,371	783,234	912,769	720,626	804,275	951,057	15,255	21,042	38,288
	합계	873,526	970,626	1,150,943	888,835	991,795	1,189,856	15,309	21,169	38,914
여객수송효율 (인-키로/toe)	철도	177,907	183,323	170,631	180,345	189,670	193,874	2,438	6,347	23,243
	공로	2,316	2,128	1,964	2,391	2,247	2,294	75	120	330
	해운	743	761	657	746	778	732	3	17	76
	항공	39,428	36,911	29,444	39,585	37,728	32,823	157	816	3,379
	합계	220,394	223,123	202,696	223,067	230,423	229,723	2,673	7,300	27,027
화물수송효율 (톤/toe)	철도	124.8	147.0	189.3	125.4	150.4	211.6	0.5	3.4	22.3
	공로	22.1	22.9	23.7	22.7	24.0	27.5	0.6	1.1	3.8
	해운	446.4	532.0	617.6	448.2	543.9	689.8	1.8	12.0	72.2
	항공	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.3	0.0	0.0	0.1
	합계	594	703	832	597	719	930	2.9	16.5	98.5

4. 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과

건설교통 R&D투자를 3% 증액하여 투자할 경우, 20년 후인 2030년에는 최종에너지는 4.455백만toe를 절감하게 되고, 이러한 에너지 절감의 효과로 CO2배출량은 12.4백만tCO2가 감소하게 될 것으로 전망된다.

[표 5-4] 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과 총괄표

구분		추세 전망			건설교통 R&D 3%증액 투자			파급효과		
지표	분류	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년
최종에너지 소비량 (1000toe)	석 탄	32,649	36,543	42,184	32,626	36,412	41,488	-22	-131	-696
	석 유	106,353	114,091	128,579	106,280	113,680	126,458	-72	-410	-2,121
	도시가스	23,944	26,509	30,439	23,927	26,414	29,937	-16	-95	-502
	전 력	44,407	50,051	57,955	44,377	49,871	56,999	-30	-180	-956
	열에너지	1,900	2,080	2,373	1,899	2,072	2,334	-1	-7	-39
	신재생에너지	6,496	7,377	8,569	6,492	7,351	8,427	-4	-27	-141
	합 계	215,748	236,651	270,098	215,602	235,800	265,643	-147	-851	-4,455
수송수단별 최종에너지 소비량 (1000toe)	철도운수	326	307	308	325	300	276	-1	-7	-32
	육상운수	31,855	34,242	38,594	31,730	33,502	34,622	-126	-741	-3,972
	수상운수	2,921	2,838	2,946	2,910	2,777	2,643	-12	-61	-303
	항공운수	3,984	4,420	5,066	3,968	4,325	4,545	-16	-96	-521
	합 계	39,087	41,807	46,915	38,933	40,903	42,086	-154	-904	-4,828
에너지원별 CO2배출량 (백만tCO2)	석 탄	127.9	143.2	165.3	127.8	142.7	162.6	- 0.1	- 0.5	- 2.7
	석 유	318.3	341.1	384.0	318.1	339.9	377.7	- 0.2	- 1.2	- 6.3
	도시가스	55.9	61.9	71.1	55.9	61.7	69.9	- 0.0	- 0.2	- 1.2
	전 력	99.9	112.6	130.4	99.8	112.2	128.2	- 0.1	- 0.4	- 2.2
	합 계	602.0	658.8	750.8	601.6	656.4	738.5	- 0.4	- 2.4	- 12.4
수송수단별 CO2배출량 (백만tCO2)	철도운수	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.0	0.0	-0.1
	육상운수	70.1	75.2	84.7	69.8	73.6	76.0	-0.3	-1.6	-8.7
	수상운수	7.1	6.9	7.1	7.1	6.7	6.4	0.0	-0.1	-0.7
	항공운수	9.7	10.8	12.4	9.7	10.5	11.1	0.0	-0.2	-1.3
	합 계	87.5	93.5	104.8	87.2	91.5	94.1	-0.3	-2.0	-10.8

5. 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과

건설교통 R&D투자를 3% 증액하여 투자할 경우, 20년 후인 2030년에는 건설업의 R&D집약도가 0.001 높아지고, 연구원수는 전체산업에서 1,125명이 늘어나며, 논문은 95편, 국내특허 등록은 10건, 해외특허등록은 2건이 늘어날 것으로 전망된다.

[표 5-5] 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과 총괄표

구분		추세 전망			건설교통 R&D 3%증액 투자			파급효과		
지표	산업분류	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년	2015년	2020년	2030년
R&D 집약도	농림수산업	0.00040	0.00043	0.00044	0.00040	0.00043	0.00044	0.00000	0.00000	0.00000
	제조업	0.00645	0.00576	0.00391	0.00645	0.00576	0.00391	0.00000	0.00000	0.00000
	전기전자업	0.00698	0.00601	0.00382	0.00698	0.00601	0.00383	0.00000	0.00000	0.00001
	수송장비업	0.00785	0.00706	0.00507	0.00785	0.00706	0.00506	0.00000	0.00000	-0.00001
	건설업	0.00145	0.00184	0.00228	0.00160	0.00223	0.00336	0.00015	0.00039	0.00109
	운수업	0.00370	0.00416	0.00397	0.00370	0.00416	0.00394	0.00000	-0.00001	-0.00003
	방송통신업	0.01713	0.01921	0.02113	0.01713	0.01921	0.02114	0.00000	0.00000	0.00001
연구원 (명)	수송장비	41,820	56,752	76,931	41,831	56,791	77,110	11	39	179
	건설	11,546	14,349	15,292	11,581	14,475	15,858	35	126	566
	운수	-	-	-	25	82	297	25	82	297
	전산업	334,185	440,212	577,365	334,203	440,365	578,490	18	153	1,125
논문 (편)	국공립연구소	1,048	1,317	1,612	1,048	1,317	1,615	0.1	0.5	3.1
	출연연구소	5,711	7,181	8,786	5,711	7,184	8,803	0.3	2.5	17.1
	대 학	23,694	29,091	36,565	23,696	29,101	36,636	1.3	10.1	71.2
	대 기 업	308	359	459	308	359	460	0.0	0.1	0.9
	중소기업	353	428	543	353	428	544	0	0	1
	기 타	538	686	819	538	686	821	0	0	2
	합 계	31,652	39,062	48,784	31,654	39,075	48,879	2	14	95
특허 (건)	국내출원	24,827	31,442	39,990	24,828	31,453	40,068	1.4	10.9	77.8
	국내등록	4,387	4,458	5,012	4,387	4,460	5,022	0.2	1.5	9.8
	해외출원	4,305	6,257	8,513	4,305	6,259	8,530	0.2	2.2	16.6
	해외등록	705	899	1,150	705	900	1,152	0.0	0.3	2.2
	합 계	34,224	43,056	54,665	34,226	43,071	54,771	2	15	106

제2절 건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과

통계청 산업분류코드를 기준으로, 건설교통 R&D투자와 관련된 산업을 살펴보면 건설업, 수송장비업, 운수업이 있다. 이 산업들이 국내 총생산에서 차지하는 비중은 2010년 기준으로 각각 6.03%, 6.76%, 3.73%로 도합 16.52%이고, 국내 총고용에서 차지하는 비중은 각각 7.87%, 2.19%, 5.02%로 도합 15.08%에 이른다. 이처럼 건설교통 관련 산업이 국민경제에서 차지하는 비중이 꽤 큰 편이다. 또한 이 연구의 분석결과에서도 나타나듯이 건설교통산업은 다른 산업들과 연관관계를 맺으면서 관련 산업의 성장을 선도하고 국민총생산을 증대시킬 뿐만 아니라 일자리 창출에도 큰 기여를 하고 있다. 이처럼 건설교통 분야의 성장과 발전은 우리나라의 국민경제 발전에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으므로, 산업발전의 근간이 되는 국가 R&D투자에 있어서도 건설교통 분야의 R&D투자는 어느 분야에 못지않게 그 파급효과가 클 것으로 추정된다. 이 절에서는 경제발전부문의 주요 지표들이 미래에 어떻게 변화해 갈 것인지에 대한 전망치를 추정하고, 건설교통 R&D투자가 경제발전부문에 어느 정도의 파급효과를 나타내는지 정량적으로 분석하였다.

일반적으로 국민경제의 순환과정은 소득순환과 산업간 생산물순환의 두 가지 측면에서 파악될 수 있다. 소득순환은 소득의 발생으로부터 분배 및 처분 과정 즉, 생산 활동 결과로 발생한 국민소득이 이윤, 임금, 이자 등의 형태로 분배되어 소비재와 자본재의 구입이라는 처분 활동을 거쳐 다시 다음의 생산과정으로 환류(feedback) 되면서 반복되어 가는 과정이다. 이에 반해 산업간 생산물순환은 생산부문 상호간의 재화와 서비스의 거래를 나타내기 때문에 국민소득계정에서는 제외되나 산업간 연관관계를 파악하는 데는 매우 유용하다. 국민소득분석이 국민경제 전체의 활동수준을 표시하는 장점을 지녔다면, 산업연관분석은 구조적 측면에서 산업간 연관관계(산업간 생산물순환)를 파악할 수 있다는 장점을 지닌다. 또한 산업연관분석은 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등 각종의 파급효과를 산업부문별로 구분하여 분석할 수 있기 때문에 경제정책을 수립하거나 정책효과를 측정하는 과정 등에 널리 활용되고 있다.[65]

이러한 이유로 그 동안 여러 연구자들이 산업간 경제적 파급효과를 분석하는데

65) 한국은행, 2009년 산업연관표, p1.

산업연관분석 기법을 많이 이용해 왔으며, R&D투자에 대한 파급효과를 측정하는 데에도 적용하고 있다. 그러나 이제까지 연구자들이 활용한 산업연관분석 기법은 주로 2-3개의 특정 연도를 선정하고, 해당 연도의 통계자료를 이용하여 생산유발계수, 부가가치유발계수, 노동유발계수 등을 산출한 후, 산업간 유발효과가 특정 연도에 어느 정도 나타나는지를 측정하거나 과거 연도에 비하여 어느 정도 변화되었는지를 분석하는 방식에 머물렀다. 그런데 이러한 방식은 두 가지 측면에서 활용상의 한계점을 가지고 있다. 첫째, 미래에 대한 전망을 할 수 없다는 점이다. 산업연관분석의 기본 특성상 과거의 경제활동과정 상의 결과물을 통해 특정 시점에 있어서 산업간의 연관관계만을 추정해 내기 때문에 미래에 대한 전망을 하기 어렵다. 둘째, 분석하고자 하는 기간 내의 모든 통계자료를 확보하고 모형식에 따라 각각의 분석시점에 대해 유발계수들을 모두 계산해야 하므로 작업량이 많고 복잡해지며 시간도 많이 소요된다는 점이다.

그러한 한계점을 극복하기 위하여, 이 연구에서는 산업간의 연관관계를 구조적 측면에서 파악할 수 있는 산업연관분석의 기본틀을 수용하면서, 한편으로 사회경제환경의 변화를 반영하여 동적으로 미래를 전망할 수 있는 시스템다이내믹스의 장점을 결합한 “건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”을 개발하였다. 이 모형을 이용하면 미래 20년간의 주요 경제발전 지표에 대한 산업별 전망값을 계량적으로 추정할 수 있으며, 산업별 전망값을 이용하여 미래의 산업간 연관관계를 도출할 수 있다. 또한 건설교통 R&D투자의 정책변화에 대한 주요 경제지표와 산업간 연관관계의 변화를 시계열적으로 추정할 수도 있다.

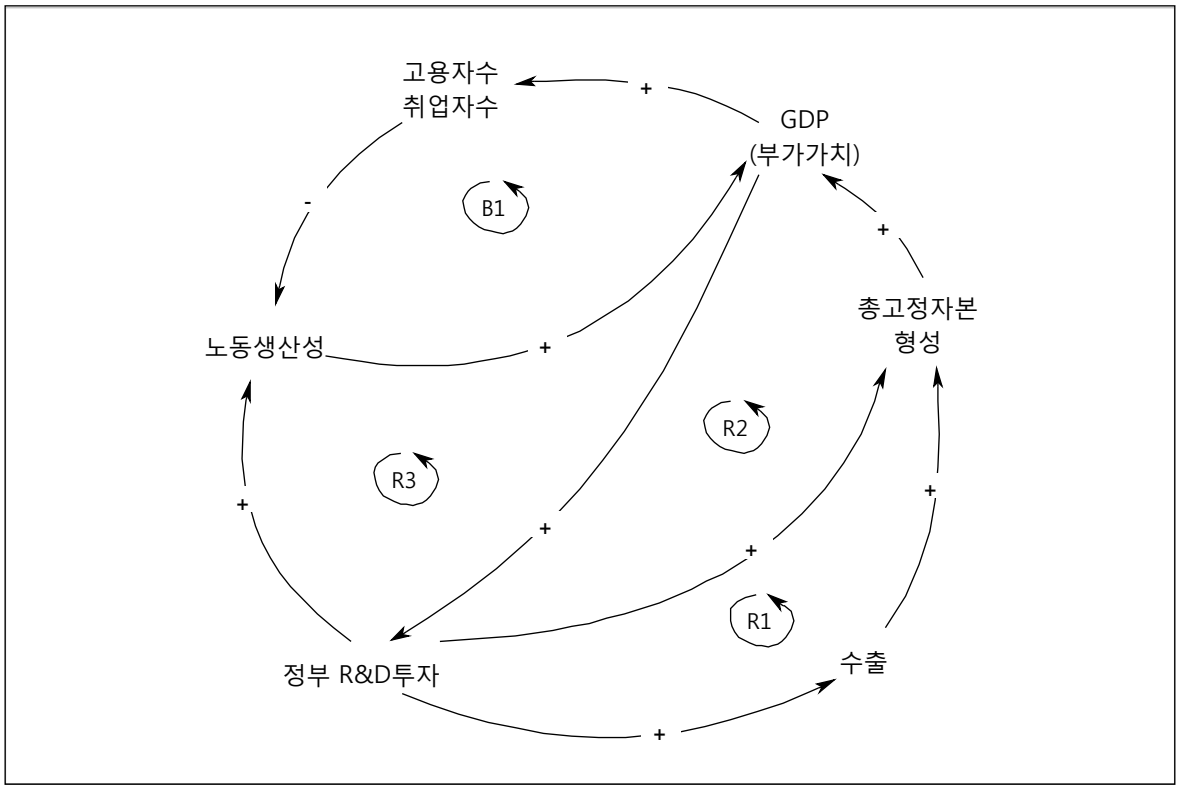
1. 경제발전 파급효과 측정 개요

가. 경제발전 파급효과 측정 지표

제4장 “건설교통 R&D투자의 파급효과 측정지표 및 지수 정립”에서 자세히 설명한 바와 같이, 건설교통 R&D투자의 파급효과를 측정하기 위해 선정된 지표는 4개 부문에서 총 30개 지표이다. 그 중 경제발전부문에서 측정하고자 하는 지표는 총고정자본형성, 총고정자본형성비중, GDP, 인당GDP, 취업자수, 고용자수, 노동생산성, 수출액, 수출비중 등 총 9개 지표이다.

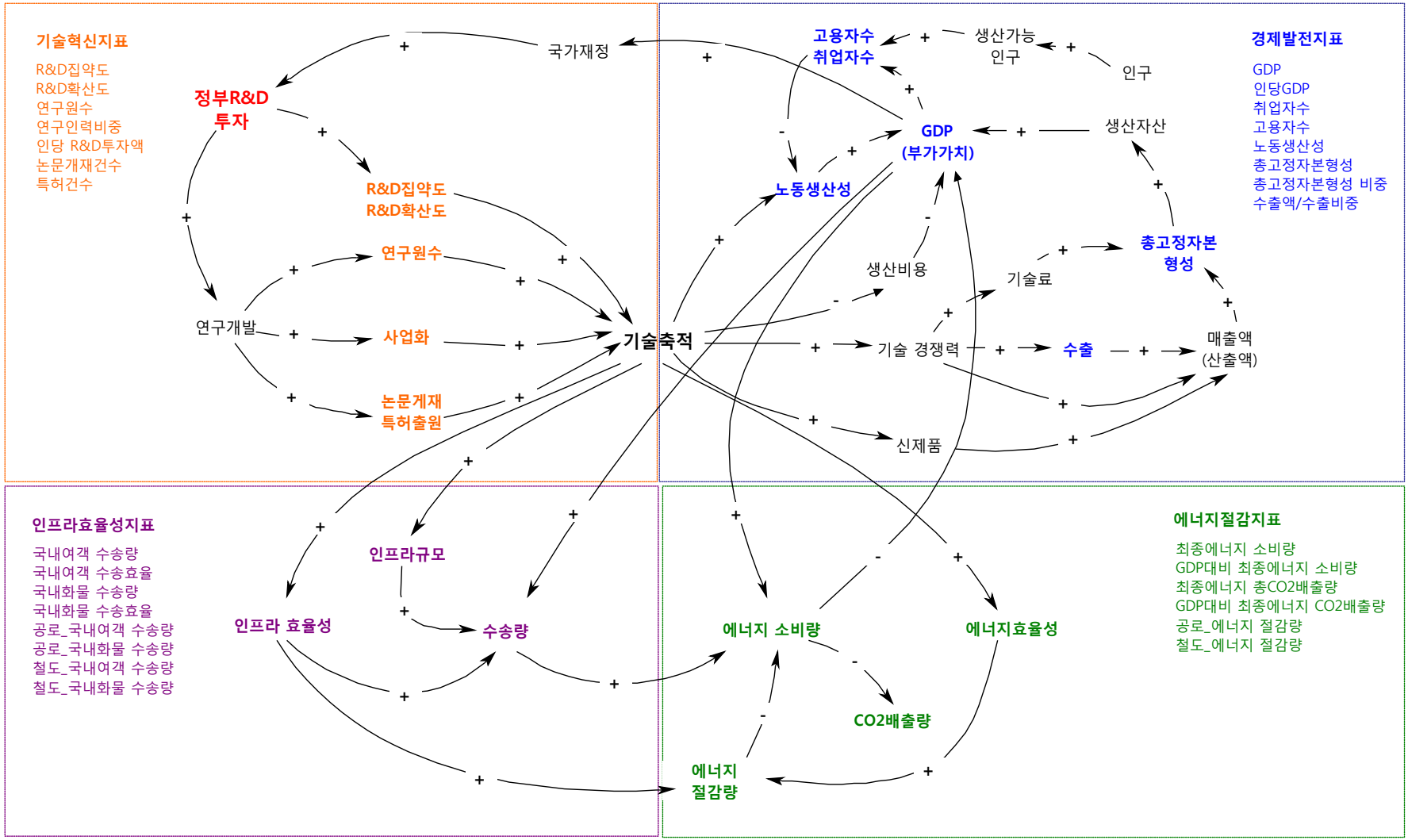
나. 경제발전 파급효과 인과관계도

[그림 5-1]은 경제발전부문의 주요 지표에 대한 인과관계도로서, 지표간의 상호 연관관계를 보여주고 있다. 이 그림을 보면 정부 R&D투자는 총고정자본형성과 수출을 증가시키고 노동생산성을 개선하여 궁극적으로 GDP를 증가시키게 된다. 또한 GDP가 증가하면 고용과 취업이 늘어나게 된다. 그런데 생산수준이 일정한 상황에서 고용과 취업만 증가하는 경우에는 노동생산성이 낮아지는 상황이 발생한다. 그리고 노동생산성의 감소는 GDP의 감소를 가져오게 되므로 [그림 5-1]에서 도시된 경제부문은 균형 루프(loop)을 갖는 시스템임을 알 수 있다.



[그림 5-1] 정부 R&D투자의 경제발전 파급효과 측정을 위한 인과관계도

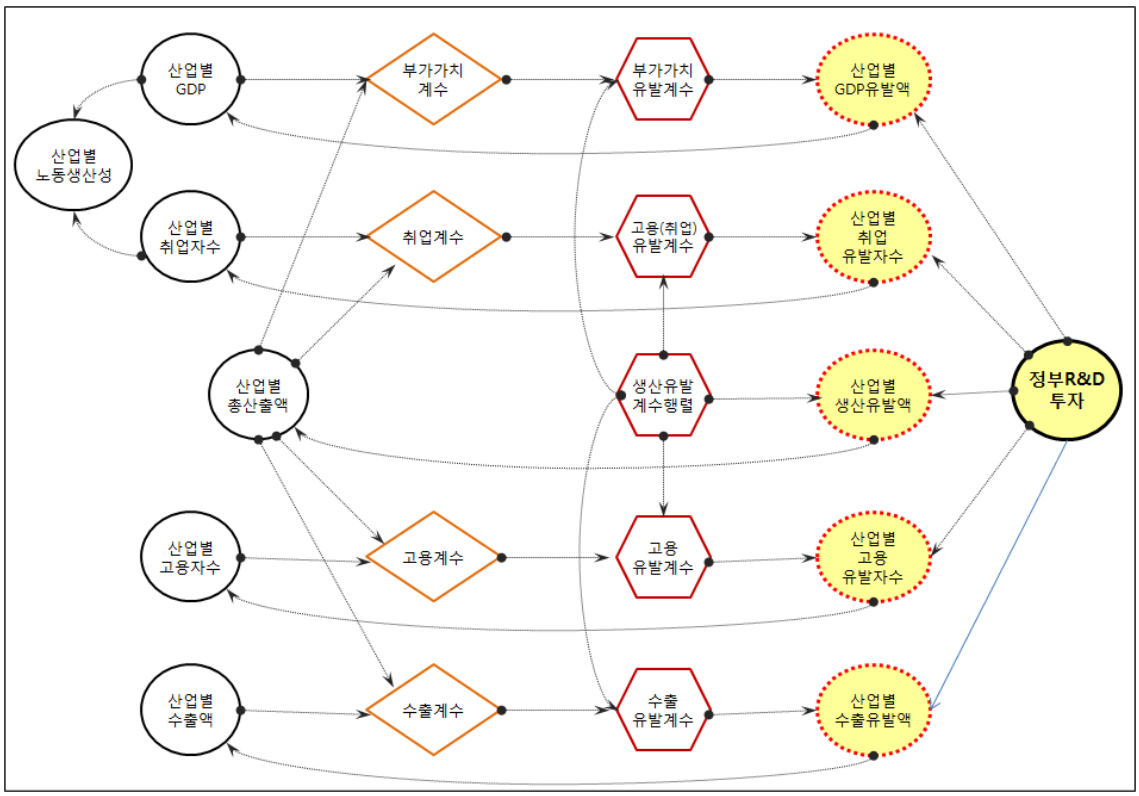
[그림 5-2]는 정부 R&D투자의 파급효과를 나타내는 종합적 인과관계도로서, 경제발전부문, 인프라효율성부문, 에너지절감부문, 기술혁신부문 등 4대 부문별로 각 변수들 사이의 상호관계를 보여준다. 정부의 R&D투자는 연구개발이라는 활동을 통해 기술축적을 낳고, 기술축적은 경제부문에 있어서 GDP, 고용자수, 노동생산성, 총고정자본형성, 수출 등의 주요 경제 지표를 변화시키는 데 영향을 미치게 된다.



[그림 5-2] 정부 R&D투자의 파급효과 측정을 위한 인과관계도

다. 경제발전 파급효과 측정방법

이 연구에서는 정부 R&D투자 정책의 변화에 따른 경제발전지표에 대한 파급효과를 추정하기 위하여 총산출액, 총고정자본형성, 총고정자본형성비중, GDP, 인당GDP, 취업자수, 고용자수, 노동생산성, 수출액, 수출비중 등 총 10개 지표에 대한 산업별 미래 전망 값을 측정하는 시스템다이내믹스 모형을 개발하였다. 또한 산업연관분석모형을 이 모형에 결합함으로써 10개 지표와 산업연관모형이 동적으로 연동되어 미래 20년에 대해 연도별로 산업연관분석을 할 수 있도록 하였다.



[그림 5-3] R&D투자에 따른 경제발전 파급효과 측정 프레임워크

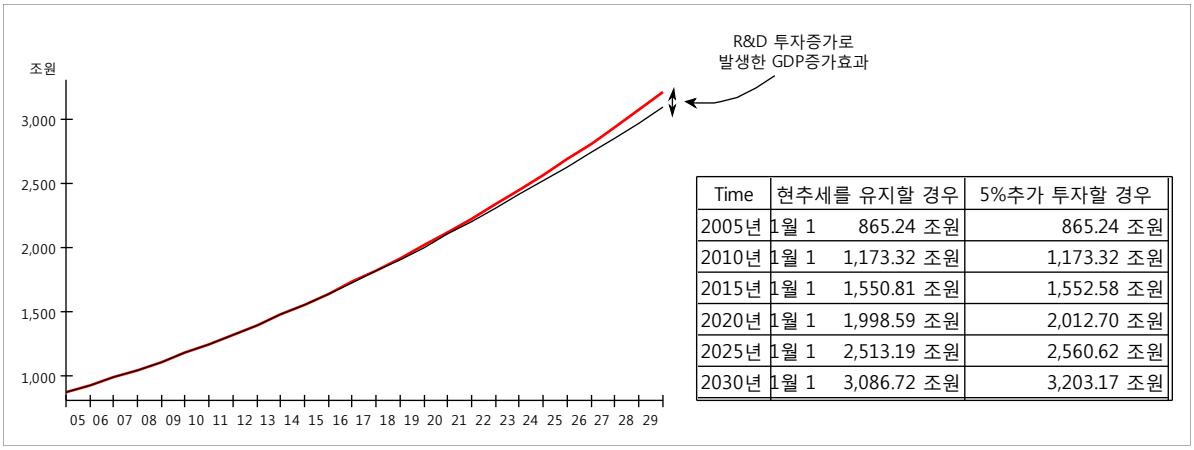
이 연구를 통해 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”[66]을 이용하면 10개 지표에 대한 과거 10년간의 변화율과 중(重)변화율(변화율의 변화율)을 모형에 적용하여, 미래 20년(2011~2030) 간의 지표 변화를 시뮬레이션 함으로써 그 결과 값을 전망할 수 있다. 또한 정부 R&D투자정책의 변화에 따라 각 산업별 R&D투자비가 변화될 경우, 10개의 지표값이 미래(2011~2030)에 어떻게 바뀔 것인지를 모형에 적용되어 있는 동적

66) 이 연구를 통하여 개발한 “건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”의 서브모형으로서 경제발전부문에 대한 파급효과를 측정하는 시스템다이내믹스 모형임

인 산업연관분석 시뮬레이션을 통하여 결과값을 전망할 수 있다. 이 두 가지의 전망값을 이용하면 R&D투자의 파급효과를 분석할 수 있게 된다. 즉, 기존 추세에 따라 전망된 지표의 미래 추정값과 정부정책 변화에 따라 시뮬레이션된 지표의 전망값 사이에 발생된 차이가 바로 정부의 투자정책변화에 따른 파급효과의 결과값이 되는 것이다.

[그림 5-4]는 투자시나리오에 따른 R&D투자 파급효과를 측정하는 원리를 보여주는 그림이다. 그림에서 두 개의 실선은 연도별 GDP를 나타내는 것이다. 아래에 있는 실선은 과거부터 현재까지의 추세선으로서 정부 부문의 R&D투자를 과거의 추세대로 유지할 경우 2030년까지의 GDP 전망값이고, 위에 있는 실선은 과거의 정부 부문의 R&D투자 추세에 매년 5%를 정율로 증가시켜 투자하였을 경우의 GDP 전망값이다. 따라서 두 선의 벌어진 간격만큼이 R&D투자정책의 변화로 발생한 파급효과임을 알 수 있다.

좀 더 자세히 살펴보면, 정부가 미래 20년 동안 현재의 R&D투자 규모를 지속적으로 유지할 경우, 2030년 우리나라의 GDP는 3,087조원이 될 것으로 추산된다. 그런데 정부가 보다 적극적으로 R&D투자정책을 추진하여 현재의 투자규모에 해마다 5%를 정율로 증가시켜 투자할 경우, 2030년에 이르면 우리나라의 GDP 규모는 3,203조원으로 증가할 것으로 추산된다. 따라서 2030년을 기준으로 볼 때, 매년 5%의 정부 R&D투자 증가에 대한 파급효과로서 GDP가 약 116조원 증가하는 효과가 발생할 수 있음을 알 수 있다.



Time	현추세를 유지할 경우	5%추가 투자할 경우
2005년 1월 1	865.24 조원	865.24 조원
2010년 1월 1	1,173.32 조원	1,173.32 조원
2015년 1월 1	1,550.81 조원	1,552.58 조원
2020년 1월 1	1,998.59 조원	2,012.70 조원
2025년 1월 1	2,513.19 조원	2,560.62 조원
2030년 1월 1	3,086.72 조원	3,203.17 조원

[그림 5-4] 투자시나리오에 따른 R&D투자 파급효과 측정원리

건설교통 R&D투자에 따른 경제발전 파급효과는 이제까지 살펴 본 바와 같은 투자시나리오에 대한 파급효과 측정원리에 따라 분석하였다. 즉, 1단계로 해당 지표에 대한 과거 10년간의 통계값을 통해 직관적으로 과거의 추세를 살펴보았다. 2단계로 시스템 다이내믹스 모형을 이용하여 미래 20년을 시뮬레이션하여 해당 지표의 전망치를 정리

하고 그 추세를 살펴보았다. 3단계로 건설교통 R&D투자의 정책시나리오에 따라 R&D투자정책에 변화가 발생했을 경우에 대한 시뮬레이션 결과값을 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 마지막 4단계로 2단계에서 얻은 과거추세에 의한 전망값과 3단계에서 얻은 투자시나리오에 따른 전망값을 비교하여 그 차이를 산출함으로써 건설교통 R&D 투자의 파급효과를 분석하였다.

[표 5-6] R&D투자에 따른 경제발전 파급효과 분석을 위한 원시자료

자료명	주요 자료 항목	자료출처
생산유발계수	산업별 생산유발계수	[한국은행, 산업연관표] 생산유발계수표(경상표 28부문)
총산출액	연도별/산업별 총산출액	[한국은행, 산업연관표] 생산자가격평가표(경상표 28부문)
GDP(부가가치액)	연도별/산업별 부가가치	
수출액 수입액	연도별/산업별 수출액 연도별/산업별 수입액	
취업자수 고용자수	연도별/산업별 취업자수 연도별/산업별 고용자수	[한국은행, 산업연관표] 고용표(경상표 28부문)
생산자산	연도별/산업별 생산자산	[통계청, 자산통계] 경제활동별 생산자산 경제활동별 총고정자본형성 경제활동별 국내총부가가치와 요소소득(명목, 연간)
총고정자본형성	연도별/산업별 총고정자본형성	
고정자본소모	연도별/산업별 고정자본소모	
인 구	연도별/성별/연령별 인구수	[통계청, 인구총조사] 연령별 인구수
출생자	연도별/성별/모의연령(각세)별 출생자수	[통계청, 인구동향조사] 모의연령별 출생자수 연령별 사망자수
사망자	연도별/연령별/성별 사망자수	

라. 경제발전 파급효과 분석을 위한 주요 기초자료

경제발전모형을 개발하는데 사용된 자료는 한국은행의 산업연관표, 통계청의 자산통계와 인구총조사 자료 등이 있으며, 주요 지표별로 사용한 구체적인 자료명과 출처는 [표 5-6]과 같다. [표 5-6]에 정리된 모든 자료는 2000년~2010년 기간의 통계자료를 사용하였으며, 이 자료들을 이용하여 주요 지표의 변화율과 중변화율을 산출하고 그 값을 시스템다이내믹스 모형을 개발하는데 이용하였다.

다만, 산업연관표의 경우 누적된 과거 데이터가 충분하지 못하여 미래 추세예측에 한계가 있어 미래 추세에 대한 전망을 모형에 반영하지 못하였다. 본 연구모형에서는 2010년 산업연관표를 반영하여, 현 산업구조가 유지된다고 가정할 때의 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측을 실시한다. 본 모형을 통해 분석한 파급효과 결과는 2010년 산업연관표의 산업구조가 지속되는 향후 5-10년 이내에는 유의미할 것으로 분석된다. 다만, 향후 산업 구조 변화에 따라 모형 결과값의 차이가 발생할 가능성이 높기 때문에, 지속적으로 산업연관표를 포함한 사용 데이터의 업데이트가 필요하며, 이러한 모형 업데이트 방안은 [부록 5]에 제시하였다.

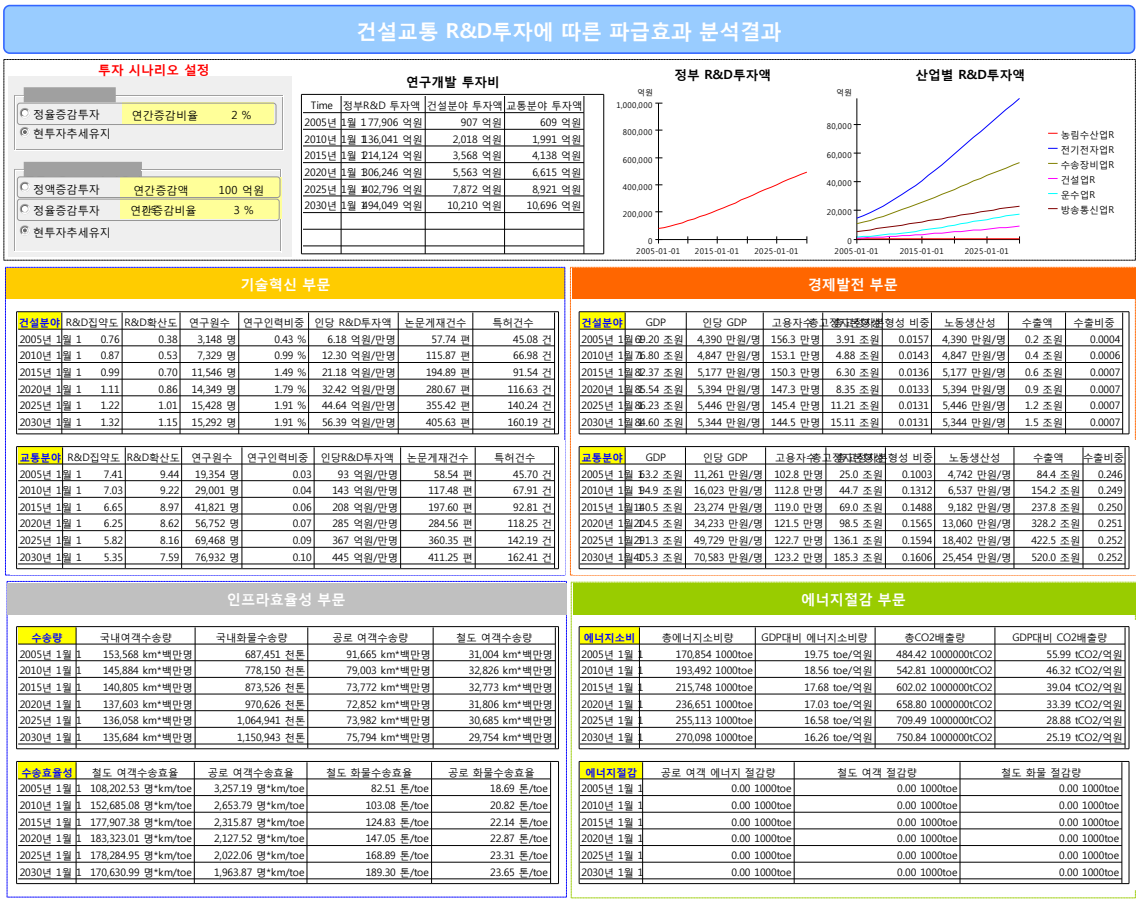
마. 경제발전 파급효과 측정을 위한 투자시나리오

건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 측정하는 방법은, 기존 추세에 따라 전망된 지표의 추정값과 투자정책 변화에 따라 시뮬레이션된 결과값을 산출해 내고 그 차이값이 파급효과가 된다고 설명하였다. 따라서 R&D투자에 대한 파급효과를 분석하기 위해서는 먼저 R&D투자에 대한 투자정책 변화를 어떠한 방식으로 가정할 것인지에 대한 투자시나리오를 결정해야 한다. 이 연구를 통해 개발된 “건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”에서는 R&D투자 시나리오를 다양한 방식으로 적용할 수 있도록 고려하였다.

[그림 5-5]는 R&D투자에 따른 파급효과를 분석하기 위한 시스템다이내믹스 모형의 투자시나리오 설정 및 시뮬레이션 결과화면이다. 왼쪽 상단에 있는 투자시나리오 설정 부분에서 보는 바와 같이, 투자 시나리오는 정부차원에서의 R&D투자 정책 변화와 건설교통부문에 있어서의 R&D투자 정책변화로 구분하여 볼 수 있다. 정부차원에서의 투자정책 시나리오는 현추세의 투자를 기준으로 정율로 변화시켜 시뮬레이션 할 수 있도록 구성하였는데, 정율로 조정하는 값은 정율 증가투자와 정율 감소투자를 모두 적용할 수 있도록 모형이 개발되어 있다. 건설교통부문에 있어서의 투자정책 시나리오는 정부차원의 투자정책 시나리오에서 사용한 정율증감 투자방식을 포함하여 매년 일정액을 증액하거나 감액할 수 있는 정액증감 투자방식도 사용할 수 있도록 개발하였다.

“건설교통 R&D투자 파급효과 분석모형”을 직접적으로 사용하여 시뮬레이션할 경우에는, 정부차원의 투자정책 시나리오와 건설교통부문의 투자정책 시나리오를 조합하거나 투자비중과 투자액을 바로바로 조정하면서 시뮬레이션하고 그 결과를 바로 확인할

수 있다. 따라서 정부차원과 건설교통부문의 투자정책 변화의 조합 또는 정율투자비율과 정액투자금을 다양하게 조정하여 무한한 투자시나리오를 구성하여 시뮬레이션하고 그 결과를 확인할 수 있다. 그러나 이 연구보고서에서는 모든 경우의 투자정책 시나리오를 전부 설명할 수는 없으므로 특정 시나리오를 결정하여 예시로 제시할 수밖에 없다. 이 연구는 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하는 데에 그 목적이 있으므로 정부차원에서의 투자시나리오를 적용하는 경우는 제외하였다. 또한 건설교통부문의 투자정책에 있어서도 과거의 투자추세에 따른 R&D 투자액 규모에 매년 3%씩 증액되는 시나리오만을 상정하여 분석하고 그 결과를 설명하고자 한다.



[그림 5-5] R&D투자 파급효과 분석을 위한 SD 모형의 투자시나리오 설정화면

[표 5-7]은 과거의 건설교통분야 R&D투자액의 변화추세를 반영한 시스템다이내믹스 모형을 이용하여 2005년부터 2030년까지의 투자액을 5년 단위로 시뮬레이션한 결과값이다. 이 표에서 보듯이 건설분야의 투자액은 2020년에 5,563억원, 2030년에 10,210억원 가량 투자될 것으로 추정되고, 교통분야의 투자액은 2020년에 6,615억원, 2030년에 10,696억원 가량 투자될 것으로 추정된다.

[표 5-7] 과거추세를 반영하여 추정한 건설교통분야 R&D투자액(2005-2030년)

[단위: 억원]

연도	건설분야	교통분야	해양분야	국토해양분야
2005년	907	609	1,334	2,851
2010년	2,018	1,991	1,690	5,699
2015년	3,568	4,138	2,146	9,853
2020년	5,563	6,615	2,853	15,031
2025년	7,872	8,921	3,871	20,665
2030년	10,210	10,696	5,196	26,102

건설교통 분야의 R&D투자정책을 변화시켜 2011년부터 과거추세보다 3%씩 정율로 증액하여 투자한다고 가정할 경우, 건설교통분야의 R&D투자액은 [표 5-8]과 같이 추정된다. 이 시뮬레이션 결과값에 따르면 건설분야의 투자액은 2020년에 6,771억원, 2030년에 15,319억원이 투자될 것으로 추정되고, 교통분야의 투자액은 2020년에 8,051억원, 2030년에 16,047억원이 투자될 것으로 추정된다.

[표 5-8] 3% 정율증가 투자시나리오로 추산한 건설교통분야 R&D투자액(2005-2030년)

[단위: 억원]

연도	건설분야	교통분야	해양분야	국토해양분야
2005년	907	609	1,334	2,851
2010년	2,018	1,991	1,690	5,699
2015년	3,930	4,558	2,364	10,852
2020년	6,771	8,051	3,472	18,294
2025년	10,622	12,038	5,224	27,884
2030년	15,319	16,047	7,796	39,162

[표 5-9]는 과거추세에 따른 미래의 건설교통분야 R&D투자액을 비롯하여 3% 정율증가 투자시나리오로 추산한 건설교통분야 R&D투자액 그리고 3% 정율증가 투자에 따른 실질적인 투자 증가액을 종합하여 정리한 표이다. 표에서 보듯이, 건설분야의 경우 3% 정율증가 투자시나리오로 투자정책을 변경하였을 때, 2020년에 1,208억원, 2030년에 5,109억원이 추가로 투자되어 20년간 추가로 투자되는 총금액이 3조5,892억원에 이를 것으로 전망되며, 교통분야의 경우 2020년에 1,436억원, 2030년에는 5,352억원이 추가로 투자되어 20년간 추가로 투자되는 금액이 4조10억원에 이를 것으로 전망됨다. 이러한 20년간 누적액을 연평균 금액으로 환산하면, 건설분야는 연간 1,795억원, 교통분야는

연간 2,000억원씩 추가로 투자되는 것과 같다. 이 연구에서는 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하기 위하여, 먼저 [표 5-7]과 같이 과거추세에 따라 건설교통분야의 R&D투자가 이루어졌을 때의 경제발전 지표에 대한 전망치를 산출하고, [표 5-8]과 같이 3%를 정율로 증가시켜 투자하는 시나리오에 따라 R&D투자가 이루어졌을 때의 경제발전지표에 대한 전망치를 산출한 후, 두 경우의 전망치 차이를 산정하여 파급효과를 추산하는 절차를 거쳤다. 또한 매년 추가로 투자된 투자액 대비 파급효과를 분석함으로써 단위 투자액 당 발생하는 파급효과도 도출하였다.

[표 5-9] 3% 정율증가 투자시나리오로 추산한 투자증가분(2010-2030년)

[단위: 억원]

연도	현추세				3%정율 증가투자				투자증가분			
	건설	교통	해양	국토해양부	건설	교통	해양	국토해양부	건설	교통	해양	국토해양부
2005	907	609	1,334	2,851	907	609	1,334	2,851	-	-	-	-
2006	1,095	812	1,408	3,315	1,095	812	1,408	3,315	-	-	-	-
2007	1,300	1,052	1,478	3,831	1,300	1,052	1,478	3,831	-	-	-	-
2008	1,523	1,330	1,548	4,400	1,523	1,330	1,548	4,400	-	-	-	-
2009	1,762	1,643	1,617	5,022	1,762	1,643	1,617	5,022	-	-	-	-
2010	2,018	1,991	1,690	5,699	2,018	1,991	1,690	5,699	-	-	-	-
2011	2,292	2,370	1,767	6,429	2,336	2,416	1,801	6,552	44	46	34	124
2012	2,583	2,778	1,850	7,211	2,684	2,886	1,922	7,492	101	108	72	281
2013	2,893	3,211	1,940	8,044	3,064	3,402	2,055	8,521	171	190	115	476
2014	3,221	3,666	2,038	8,926	3,479	3,960	2,201	9,640	258	293	163	714
2015	3,568	4,138	2,146	9,853	3,930	4,558	2,364	10,852	362	420	218	999
2016	3,933	4,624	2,265	10,822	4,418	5,194	2,544	12,156	485	570	279	1,334
2017	4,316	5,119	2,394	11,828	4,945	5,865	2,743	13,553	629	746	349	1,725
2018	4,716	5,618	2,534	12,869	5,513	6,567	2,963	15,043	797	949	428	2,174
2019	5,132	6,118	2,687	13,938	6,121	7,297	3,205	16,624	989	1,179	518	2,686
2020	5,563	6,615	2,853	15,031	6,771	8,051	3,472	18,294	1,208	1,436	619	3,263
2021	6,007	7,104	3,030	16,142	7,462	8,825	3,764	20,051	1,455	1,720	734	3,909
2022	6,463	7,583	3,221	17,267	8,194	9,614	4,084	21,892	1,731	2,031	863	4,626
2023	6,927	8,047	3,425	18,399	8,966	10,415	4,433	23,814	2,039	2,368	1,008	5,415
2024	7,398	8,494	3,642	19,534	9,776	11,225	4,813	25,813	2,378	2,731	1,171	6,279
2025	7,872	8,921	3,871	20,665	10,622	12,038	5,224	27,884	2,750	3,117	1,352	7,219
2026	8,348	9,327	4,113	21,788	11,504	12,852	5,668	30,023	3,155	3,525	1,555	8,235
2027	8,823	9,708	4,367	22,898	12,417	13,662	6,146	32,226	3,594	3,955	1,779	9,328
2028	9,293	10,064	4,633	23,990	13,359	14,467	6,660	34,486	4,066	4,403	2,027	10,496
2029	9,756	10,393	4,909	25,059	14,328	15,263	7,210	36,800	4,571	4,870	2,300	11,741
2030	10,210	10,696	5,196	26,102	15,319	16,047	7,796	39,162	5,109	5,352	2,600	13,060
합계	127,921	142,031	71,959	341,911	163,813	182,041	90,143	435,997	35,892	40,010	18,185	94,086

2. 경제발전 파급효과 측정이론

가. 레온티에프의 수요측면 산업연관분석기법

① 산업연관분석 개요

한 나라의 경제를 구성하는 여러 산업들은 각자 생산 활동을 위하여 자기 산업이나 다른 산업에서 생산되는 재화와 서비스를 서로 사고파는 과정을 거치면서 직접적으로 또는 간접적으로 연관관계를 형성한다. 한국은행은 우리나라의 산업간 연관관계를 분석할 수 있도록 해마다 산업연관표를 작성하여 발표한다. 산업연관표에는 1년 동안 여러 산업 사이에서 일어난 거래관계를 비롯하여 각 산업에 대한 최종수요, 본원적 생산요소의 투입, 총산출액 등의 통계가 정해진 원칙에 따라 행렬의 모습으로 정리되어 있다. 산업연관표를 활용하여 산업 사이의 연관관계를 수리적으로 또는 계량적으로 분석하고 규명하는 방법론을 산업연관분석 또는 투입산출분석이라고 한다. 산업연관분석을 통하여, 수요 측면에서는 새로 생긴 산업별 최종수요가 유발하는 생산액, 부가가치액, 취업인원, 수입액 등의 파급효과를 파악할 수 있고, 공급 측면에서는 산업별 본원적 생산요소의 투입에 따라 유발되는 새로운 생산액을 구할 수 있다.

경제사적으로 산업연관표는 1758년 프랑스의 케네(François Quesnay)가 작성한 경제표(Tableau Économique)에서 시작된다. 그 후 116년이 지난 1874년에 왈라스(Léon Walras)가 '일반균형 및 상호의존관계 모형(general equilibrium and interdependence model)'을 제시하였다. 그런데 왈라스의 모형은 이론적으로는 훌륭한 업적을 남겼으나 실증적 뒷받침이 따르지 못했다. 1936년에 미국 하버드대학교의 레온티에프(Wassily W. Leotief) 교수는 그러한 한계를 극복하고 실용적이면서 이론적 뒷받침이 이루어진 산업연관표를 작성하였다. 그가 1936년에 발표한 논문 "미국 경제체제에 있어서 계량적 투입과 산출의 관계(Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States)"가 산업연관분석의 시초이다. 그 후 레온티에프 교수는 1941년에 "1919~1929 미국경제의 구조: 균형분석의 경험적 적용(The Structure of American Economy, 1919~1929: An Empirical Application of Equilibrium Analysis)"이라는 책자에서 1919년과 1929년의 미국경제에 관한 투입-산출표를 작성하여 제시하였고, 1951년에 1939년 산업연관표를 추가한 개정판을 발간하였다.

미국정부가 '1947년 산업연관표'를 처음 만든 후, 영국은 '1948년 산업연관표', 일본은 '1951년 산업연관표'를 작성하였다. 우리나라는 1957년과 1958년 시산표를 작성한 적이

있으나, 체계적인 형식과 내용을 담기 시작한 것은 '1960년 산업연관표'부터이다.

② 산업연관표의 기본 구조

한국은행이 작성하는 산업연관표는 가로방향에 배분구조, 세로방향에 투입구조를 둔 행렬 형식으로 구성되어 있다. 산업연관표의 가로방향 즉 행(行, row)의 방향은 각 산업의 생산물이 어떤 산업의 중간수요로, 어떤 부문의 최종수요로 얼마나 사용되었는지 그리고 수입을 보여준다. 최종수요는 소비(민간소비지출·정부소비지출), 투자(민간고정자본형성·정부고정자본형성·재고증가), 수출로 구성된다. 한편 산업연관표의 세로방향 즉 열(列, column)의 방향은 재화와 서비스를 생산하기 위하여 각 산업에서 지출한 중간재 구입비용을 비롯하여 부가가치부문을 포함한다. 부가가치부문은 피용자보수, 영업잉여, 고정자본소모, 생산세 등 각종 본원적 생산요소의 구입비용을 나타낸다. 이러한 관계를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

총투입액 = 중간투입액 + 부가가치
총산출액 = 중간수요액 + 최종수요액 - 수입액
(총수요액 = 중간수요액 + 최종수요액 = 총공급액)
총투입액 = 총산출액

산업연관표에서 중간수요와 중간투입을 정리한 행렬[x_{ij}]을 내생부문이라 하고, 최종수요와 부가가치를 정리한 행렬을 외생부문이라고 한다. 산업연관분석은 외생부문이 변동될 때 내생부문 즉 산업별 생산액이 어떻게 영향을 받는지 밝히는 것이 기본틀이다.

구 분		내 생 부 문		외 생 부 문		수 입 (공제)	총산출액
		1 … j … n	중간수요계	소비…투자…수출	최종수요계		
내 생 부 문	1 ⋮ i ⋮ n	$x_{11} \cdots x_{1j} \cdots x_{1n}$ ⋮ ⋮ ⋮ $x_{i1} \cdots x_{ij} \cdots x_{in}$ ⋮ ⋮ ⋮ $x_{n1} \cdots x_{nj} \cdots x_{nn}$	w_1 ⋮ w_i ⋮ w_n	$c_1 \cdots i_1 \cdots e_1$ ⋮ ⋮ ⋮ $c_i \cdots i_i \cdots e_i$ ⋮ ⋮ ⋮ $c_n \cdots i_n \cdots e_n$	y_1 ⋮ y_i ⋮ y_n	m_1 ⋮ m_i ⋮ m_n	x_1 ⋮ x_i ⋮ x_n
문	중간투입계	$u_1 \cdots u_j \cdots u_n$					
외 생 부 문	피용자보수	$r_1 \cdots r_j \cdots r_n$					
	영 업 잉 여	$s_1 \cdots s_j \cdots s_n$					
	고정자본소모	$d_1 \cdots d_j \cdots d_n$					
	순 생 산 세	$t_1 \cdots t_j \cdots t_n$					
문	부가가치계	$v_1 \cdots v_j \cdots v_n$					
총투입액		$x_1 \cdots x_j \cdots x_n$					

[그림 5-6] 산업연관표 기본구조

③ 산업연관분석을 위한 수학적 모형

산업연관을 분석하는데 있어서 수요 측면의 모형을 통해 최종수요와 총산출 사이의 관계식을 도출할 수 있다. 수요부문 즉 배분구조 측면에서 산업 간의 연계성을 살펴보는 수학적 모형을 정리하기 위하여 산업연관표 내 주요 인자들의 집합을 다음과 같은 문자로 표기한다. 먼저 문제를 간단히 접근하기 위해 당분간 수입부문은 없다고 가정한다.

Z : 중간재거래행렬

y : 최종수요벡터

x : 총산출액(또는 총투입액)벡터

e : 모든 원소가 1인 열벡터

n : 산업의 수

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{e} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

라고 두면 산업연관표의 수요부문은

$$\mathbf{Ze} + \mathbf{y} = \mathbf{x} \qquad \text{(식 5-1)}$$

와 같은 관계식으로 표현된다. 한편 중간재거래행렬 내 원소들을 해당 부문의 총산출로 나눈 것을 투입계수라고 하는데, 위의 식을 정리하면 다음과 같다.

$\mathbf{A}$: 투입계수행렬 (투입계수 $a_{ij} = x_{ij} / x_j$)

$\hat{\mathbf{x}}$: 산업별 총투입액을 주대각선에 둔 대각행렬

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{i.n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \qquad \hat{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & x_2 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & x_i & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & x_n \end{bmatrix}$$

라고 두면

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$$

그리고

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y} \qquad \text{(식 5-2)}$$

의 관계가 성립한다. 그런데 어떤 산업에서 재화나 서비스를 생산하기 위해서는 원재료나 에너지 등과 같은 중간투입물 뿐 아니라 노동이나 자본과 같은 본원적 투입물을 사용하게 된다. 산업연관표 기본구조에서 중간투입액을 총투입액으로 나눈 것이 투입계수이고, 본원적 투입물에 대한 대가인 부가가치액을 해당 산업의 총투입액으로 나눈 것을 부가가치계수 또는 부가가치율(또는 소득율)이라고 한다. 즉,

부가가치계수 : $v_j^* = v_j / x_j$

이다. 그러므로 투입계수와 부가가치계수를 함께 종합 정리된 투입계수표에서는

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} + v_j^* = 1$$

의 관계식이 성립한다.

한편 한국은행에서 작성하는 산업연관표에는 세 종류의 투입계수 즉, 생산자가격평가표에서 도출되는 투입계수, 국산거래표에서 도출되는 국산투입계수, 수입거래표에서 도출되는 수입투입계수가 있다.

구 분	1 2 … j … n
1	a_{11} a_{12} … a_{1j} … a_{1n}
2	a_{21} a_{22} … a_{2j} … a_{2n}
⋮	⋮ ⋮ ⋮ ⋮
i	a_{i1} a_{i2} … a_{ij} … $a_{i.n}$
⋮	⋮ ⋮ ⋮ ⋮
n	a_{n1} a_{n2} … a_{nj} … a_{nn}
부가가치	v_1 v_2 … v_j … v_n
계	1 1 … 1 … 1

[그림 5-7] 투입계수표의 양식

④ 산업연관분석에 이용되는 각종 계수

● 생산유발계수

산업연관분석을 위한 수학적 모형에서 (식 5-2)를 정리하여 풀면 다음과 같다.

$$\bar{\mathbf{x}} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \bar{\mathbf{y}} \qquad \text{(식 5-3)}$$

여기서 $\mathbf{I}$는 단위행렬(항등행렬)이다. (식 5-3)은 최종수요($\bar{\mathbf{y}}$)의 변화에 따라 새로운 총산출($\bar{\mathbf{x}}$)이 발생하는 구조를 갖추고 있으므로 수요 측면에서 접근한 모형이라 불리어진다. 여기서 $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$를 「레온티에프 역행렬(Leontief inverse matrix)」이라고 하는데, 산업연관표에서는 생산유발계수행렬에 해당한다. 그리고 $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$의 구성원소를 α_{ij}라고 하면

$$\alpha_{ij} = \frac{\partial x_i}{\partial y_j}$$

의 관계가 성립한다. 따라서 생산유발계수(α_{ij})는 j산업에 대한 최종수요가 1단위 증가

할 때 늘어나는 i산업의 산출량을 의미한다.

한편 이제까지의 모형에서는 문제의 접근을 단순화하기 위하여 수입부문을 생략했는데, 이 부문을 모형에 포함시키면 (식 5-3)은 (식 5-4)와 같이 바뀐다.

$$\bar{\mathbf{x}} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} (\bar{\mathbf{y}} - \mathbf{m}) \qquad \text{(식 5-4)}$$

여기서 $\mathbf{m}$은 수입벡터 즉,

$$\mathbf{m} = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \vdots \\ m_i \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix}$$

이다. 산업연관표에 있는 생산유발계수표는 이러한 수입부문을 포함하느냐에 따라 그 유형과 의미가 달라진다. 첫째, 국산품과과 수입품을 구분하지 않은 경쟁수입형 생산자가격표를 이용하는 $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$형과 $(\mathbf{I}-\mathbf{A}+\hat{m}^*)^{-1}$형 생산유발계수표가 있고 둘째, 국산품과 수입품을 구분한 비경쟁수입형 국산거래표를 이용하는 $(\mathbf{I}-\mathbf{A^d})^{-1}$형 생산유발계수표가 있다. 여기서 $\mathbf{A^d}$는 국산투입계수행렬을 나타낸다. $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$형 생산유발계수표는 수입과 국내생산활동 사이에 아무런 함수관계가 존재하지 않는다는 가정 아래 수입을 외생변수로 처리하여 경쟁수입형 생산자가격평가표의 투입계수를 기초로 도출된다. 반면 $(\mathbf{I}-\mathbf{A}+\hat{m}^*)^{-1}$형 생산유발계수표는 수입을 내생변수로 가정하여 도출된다. 여기서 $\hat{m}^*$는 수입계수벡터의 대각행렬을 나타낸다. 그리고 $(\mathbf{I}-\mathbf{A^d})^{-1}$형 생산유발계수표는 국산품과 수입품을 구분하는 비경쟁수입형 국산거래표의 투입계수로부터 도출되는 생산유발계수표이다.[67]

● **부가가치유발계수**

최종수요가 발생하면 그에 따라 생산이 유발되는데, 그 과정에서 부가가치도 창출된다. 그렇게 창출되는 부가가치의 유발효과를 관계식으로 정리하면 다음과 같다.

$\hat{x}$: 산업별 총산출액을 주대각선에 둔 대각행렬

Yd : 국산품에 대한 최종수요행렬

67) 한국은행, 2009년 산업연관표, pp 7~9.

$\hat{Y}ds$: 국산품에 대한 최종수요 항목별 합계벡터의 대각행렬

$\mathbf{v}$: 부가가치(본원적 생산요소)벡터

$\mathbf{v*}$: 부가가치계수벡터

$\hat{\mathbf{v}}$: 부가가치계수의 대각행렬

라고 두면

산업별 부가가치계수 : $\mathbf{v*} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{v}$

산업별 부가가치유발계수 : $\hat{\mathbf{v}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}$

최종수요 항목별 부가가치유발액 : $\mathbf{v} = \hat{\mathbf{v}}\mathbf{x} = \hat{\mathbf{v}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}\mathbf{Y^d}$ (식 5-5)

최종수요 항목별 부가가치유발계수 : $\hat{\mathbf{v}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}\mathbf{Y^d}(\hat{\mathbf{Y}}^{\mathbf{d}}_{\mathbf{s}})^{-1}$

등의 부가가치 유발효과를 구할 수 있다.

● **노동유발계수**

최종수요의 발생에 따라 유발된 생산이 노동수요를 유발하게 되는데, 그렇게 창출되는 노동의 유발효과를 관계식으로 정리하면 다음과 같다. 노동은 분석 필요에 따라 취업자와 고용자로 구분되는데, 이 보고서에서는 취업자를 중심으로 분석하였다.

l : 취업인원벡터

$\mathbf{p}$: 취업계수벡터 (취업계수 $p_i = l_i/x_i$)

$\hat{\mathbf{p}}$: $\mathbf{p}$의 대각행렬

$\mathbf{Y^d}$: 국산품에 대한 최종수요행렬

$\hat{\mathbf{Y}}^{\mathbf{d}}_{\mathbf{s}}$: 국산품에 대한 최종수요 항목별 합계벡터의 대각행렬

라고 두면

산업별 취업계수 : $\mathbf{p} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\, l$

산업별 취업유발계수 : $\hat{\mathbf{p}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}$

최종수요 항목별 취업유발인원 : $l = \hat{\mathbf{p}}\mathbf{x} = \hat{\mathbf{p}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}\mathbf{Y^d}$ (식 5-6)

최종수요 항목별 취업유발계수 : $\hat{\mathbf{p}}(\mathbf{I} - \mathbf{A^d})^{-1}\mathbf{Y^d}(\hat{\mathbf{Y}}^{\mathbf{d}}_{\mathbf{s}})^{-1}$

등의 노동유발효과를 구할 수 있다.

● 영향력계수

어떤 산업의 영향력계수는 그 산업의 생산유발계수행렬의 열(列)합계를 전산업 열합계의 평균으로 나눈 배수이다. 이러한 영향력계수는 해당산업의 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생할 때 전산업의 생산에 미치는 영향을 나타내므로 후방연쇄효과(backward linkage effect)를 측정하는 지표로 활용된다. 최종수요의 변화에 따른 생산유발효과가 큰 산업일수록 영향력계수도 크게 나타난다. 영향력계수를 측정하는 정의식은 다음과 같다.

영향력계수 = 생산유발계수행렬의 열합계 / 전산업 열합계의 평균

$$= [e^T(I - A^d)^{-1}] / [\{e^T(I - A^d)^{-1}e\} / n] \quad \text{(식 5-7)}$$

위 식에서 e는 모든 원소가 1인 열벡터를 나타내므로 e^T는 모든 원소가 1인 행벡터이다. 그리고 n은 산업의 수이다.

● 감응도계수

어떤 산업의 감응도계수는 그 산업의 생산유발계수행렬의 행(行)합계를 전산업 행합계의 평균으로 나눈 배수이다. 이러한 감응도계수는 모든 산업의 생산물에 대해 최종수요가 각각 1단위씩 발생할 때 어떤 산업의 생산에 미치는 영향을 나타내므로 전방연쇄효과(forward linkage effect)를 측정하는 지표로 활용된다. 일반적으로 어떤 산업에서 산출되는 생산물이 다른 산업들에서 중간재로 널리 사용되는 산업일수록 감응도계수가 크게 나타난다. 이러한 감응도계수를 측정하는 정의식은 다음과 같다.

감응도계수 = 생산유발계수행렬의 행합계 / 전산업 행합계의 평균

$$= [(I - A)^{-1}e] / [\{e^T(I - A)^{-1}e\} / n] \quad \text{(식 5-8)}$$

● 자급자족도

산업연관표를 활용하여 산업별 자급자족의 정도를 알 수 있다. 산업별 자급자족도는 국내에서 생산되는 산업별 총산출이 국내총수요를 어느 정도 충족시키는지 평가하는

비율이므로 산업별 총산출을 국내총수요로 나누어 구한다. 이러한 산업별 자급자족도를 측정하는 정의식은 다음과 같다.

$\mathbf{x}$: 국내총산출액벡터

$\mathbf{y}$: 국내최종수요벡터

$\mathbf{d}$: 국내총수요벡터 $[(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}]$

$\hat{d}$: 국내총수요의 대각행렬

라고 두면

자급자족도 = 국내총산출 / 국내총수요

$$= \mathbf{x}^{\mathbf{T}}\ \hat{d}^{-1} \qquad \text{(식 5-9)}$$

나. 고쉬의 공급측면 산업연관분석

① 고쉬 모형

앞에서 설명한 수요 측면의 모형과 달리, 공급 측면의 모형을 통해 본원적 생산요소(부가가치)와 총산출 사이의 관계식을 도출할 수 있다. 공급부문 즉 투입구조 측면에서 산업 간의 연계성을 살펴보기 위하여 산업연관표 내 관련 인자들의 집합을 다음과 같은 문자로 표기한다.

$\mathbf{Z}$: 중간재거래행렬

$\mathbf{v}$: 부가가치(본원적 생산요소)벡터

$\mathbf{x}$: 총산출액벡터

$\mathbf{e}$: 모든 원소가 1인 열벡터

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{i.n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \quad \mathbf{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{e} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

라고 두면, 산업연관표에서

$$\mathbf{e}^{\mathbf{T}}\mathbf{Z} + \mathbf{v}^{\mathbf{T}} = \mathbf{x}^{\mathbf{T}}$$

성립한다.

$\mathbf{B}$: 산출계수행렬 (산출계수 $b_{ij} = x_{ij} / x_i$)

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1j} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2j} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ b_{i1} & b_{i2} & \cdots & b_{ij} & \cdots & b_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nj} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

라고 두면

$\mathbf{B} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{Z}$ 즉 $\mathbf{Z} = \hat{\mathbf{x}}\mathbf{B}$

성립한다. 그리고

$$\begin{aligned}\mathbf{x}^{T} &= \mathbf{e}^{T}\mathbf{Z} + \mathbf{v}^{T} \\ &= \mathbf{e}^{T}\hat{\mathbf{x}}\mathbf{B} + \mathbf{v}^{T} \\ &= \mathbf{x}^{T}\mathbf{B} + \mathbf{v}^{T}\end{aligned}$$

성립한다. 이것을 풀면

$$\bar{\mathbf{x}}^{T} = \bar{\mathbf{v}}^{T}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \qquad \text{(식 5-10)}$$

이다. 이 모형은 본원적 생산요소($\bar{\mathbf{v}}$)의 투입에 따라 새로운 총산출($\bar{\mathbf{x}}$)이 발생하는 구조를 갖추고 있으므로 공급 측면에서 접근한 모형이라 할 수 있다. 여기서 $(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$를 「고쉬 역행렬(Gosch inverse matrix)」이라고 한다. 그리고 $(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$의 구성원소를 β_{ij}라고 하면

$$\beta_{ij} = \frac{\partial x_j}{\partial v_i}$$

의 관계가 성립한다.

② 레온티에프 역행렬과 고쉬 역행렬의 관계

레온티에프 모형과 고쉬 모형에서

$\mathbf{Z} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}$ 이고 $\mathbf{Z} = \hat{\mathbf{x}}\mathbf{B}$

이므로

$\mathbf{A} = \hat{\mathbf{x}}\mathbf{B}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ $\qquad$ $\mathbf{B} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}$

$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \hat{\mathbf{x}}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ $\qquad$ $(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\hat{\mathbf{x}}$

관계식이 성립한다.

다. 경제발전 파급효과 측정을 위한 이론적용 방법론

이 연구에서 개발한 “경제발전 파급효과 분석모형”은 산업연관표를 기초자료로 하고 시스템다이내믹스 기법을 이용하여, 산업별 R&D투자가 각 산업에 미치는 생산유발액, 취업유발인원, 부가가치유발액, R&D투자의 집약효과를 분석하고 있다. R&D투자의 거래내용은 산업연관표 상에 직접적으로 기재되어 있지 않으나, R&D투자를 최종수요나 본원적 생산요소 투입으로 투영하여 생각할 수 있을 것이다. 여기서 유념해야 하는 것은 R&D의 투자주체에 따라 거래행위가 다르게 나타날 수 있다는 점이다. 정부가 투자의 주체일 경우에는 R&D투자가 산업연관표 상에 정부소비지출 즉 최종수요부문으로 기록된다. 반면, 민간이 투자의 주체일 경우에는 연구개발비 또는 투자비의 명목으로 지급되므로 최종수요로 보기보다는 본원적 생산요소의 투입으로 보아야 한다.

① R&D투자에 따른 생산유발액 산출

앞에서 살펴 본 생산유발계수 관련 관계식에서 수입부문은 변화가 없다고 가정하면, (식 5-3)을 이용하여 정부의 R&D투자 즉 최종수요의 변화에 따른 산업별 생산유발액을 구할 수 있다. 이러한 관계식을 정리하면 다음과 같다.

$$\mathbf{x}^{GVRD} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\,\mathbf{y}^{GVRD} \qquad \text{(식 5-11)}$$

여기서 $\mathbf{A}$: 투입계수행렬
$\mathbf{x}^{GVRD}$: 정부R&D투자에 따른 생산유발액벡터
$\mathbf{y}^{GVRD}$: 정부R&D투자액벡터

한편, 민간부문에서 R&D를 투자하는 경우 본원적 생산요소(부가가치)의 투입으로 간주하므로, 각 산업별 R&D투자액은 부가가치벡터인 $\mathbf{v}$의 변화를 초래한다. 앞의 경우와 마찬가지로 수입부문의 변화가 없다고 가정할 때, 민간부문의 R&D투자에 따른 생산유발액을 계산하는 방식은 다음과 같이 정리된다.

$$(\mathbf{x}^{BERD})^{T} = (\mathbf{v}^{BERDV})^{T}\,(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} \qquad \text{(식 5-12)}$$

여기서 $\mathbf{B}$: 산출계수행렬
$\mathbf{x}^{BERD}$: 민간R&D투자에 따른 생산유발액벡터
$\mathbf{v}^{BERD}$: 민간R&D투자액벡터

② R&D투자에 따른 부가가치유발액 산출

앞에서 살펴 본 부가가치유발계수 관련 관계식 (식 5-5)에서 정부의 R&D투자에 따른 부가가치액을 구할 수 있다.

$$\mathbf{v}^{GVRD} = \hat{\mathbf{v}}\,\mathbf{x}^{GVRD}$$
$$= \hat{\mathbf{v}}\,(\mathbf{I} - \mathbf{A}^{d})^{-1}\mathbf{y}^{GVRD} \quad \text{(식 5-13)}$$

여기서 $\mathbf{v}^{GVRD}$: 정부R&D투자에 따른 부가가치액벡터

$\mathbf{A}^{d}$: 국산투입계수행렬

$\hat{\mathbf{v}}$: 부가가치계수의 대각행렬

한편 민간부문에서 R&D를 투자하는 경우 그 액수가 바로 부가가치유발액이다.

③ R&D투자에 따른 고용(취업)유발인원 산출

앞에서 살펴 본 노동유발계수 관련 관계식 (식 5-6)에서 정부의 R&D투자에 따른 고용(취업)유발인원을 구할 수 있다.

$$l^{GVRD} = \hat{\mathbf{p}}\,\mathbf{x}^{GVRD5}$$
$$= \hat{\mathbf{p}}\,(\mathbf{I} - \mathbf{A}^{d})^{-1}\mathbf{y}^{GVRD} \quad \text{(식 5-14)}$$

여기서 l^{GVRD} : 정부R&D투자에 따른 고용(취업)유발인원벡터

$\hat{\mathbf{p}}$: 고용(취업)계수벡터의 대각행렬

한편 민간부문에서 R&D를 투자하는 경우 (식 5-12)와 (식 5-14)를 통해 다음과 같이 취업유발인원을 구할 수 있다.

$$l^{BERD} = \hat{\mathbf{p}}\,\mathbf{x}^{BERD}$$
$$= \hat{\mathbf{p}}\,[(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}]^{T}\mathbf{v}^{BERDV} \quad \text{(식 5-15)}$$

여기서 l^{BERD} : 민간R&D투자에 따른 취업유발인원벡터

$\mathbf{v}^{BERD}$: 민간R&D투자액벡터

④ R&D투자의 기술집약효과 및 기술확산효과

대부분의 전문가들은 일반적으로 기술혁신이 국가경제발전의 주요한 원천 중 하나라고 말한다. 그러한 기술혁신을 일으키고 새로운 지식을 창출하기 위해서는 R&D투자가 뒷받침되어야 한다. 기술혁신과 지식의 확산에는 두 가지 유형의 효과 즉 집약효과와 확산효과가 있다. 산업연관표를 이용하여 산업 간 기술의 흐름을 분석할 때에도 수요자와 공급자의 입장에서 분석할 수 있다. 수요 측면의 모형에서 기술집약연관효과를 분석하고, 공급 측면의 모형에서 기술확산연관효과를 분석할 수 있다.

□ R&D집약효과

● **R&D집약도**

산업연관분석에서 각 산업의 총산출액 대비 R&D투자액의 비율을 R&D집약도라고 한다. 그러므로 i산업의 R&D집약도는 다음과 같이 표현된다.

$$\rho_i = \frac{r_i}{x_i}$$

ρ_i : i산업의 R&D집약도

r_i : i산업의 R&D투자액

x_i : i산업의 총산출액

위의 식을 모든 산업이 포괄된 관계식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\boldsymbol{\rho}^{T} = \mathbf{r}^{T}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \qquad \text{(식 5-16)}$$

$\boldsymbol{\rho}$: R&D집약도벡터

$\mathbf{r}$: R&D투자액벡터

$\hat{\mathbf{x}}^{-1}$: 총산출액 대각행렬 역행렬

● **R&D집약효과 : 최종수요와 산출의 관계**

수요 측면의 모형에 따라, 한 산업의 최종수요가 늘어나면 모든 산업의 제품 생산이 늘어나게 된다. 그렇게 생산된 제품에는 R&D투자의 내용 즉 기술개발효과가 집적되어 체화(體化)되어 있게 마련이다. 산업별로 그러한 R&D집약효과를 도출하기 위하여 산업연관분석에서는 다음과 같이 R&D집약도와 레온티에프 역행렬을 이용한다.

$\mathbf{H} = \hat{\mathbf{r}}\,\hat{\mathbf{x}}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ 여기서 $h_{ij} = \alpha_{ij}(\frac{r_i}{x_i})$

여기서 $\mathbf{H}$: 최종수요와 산출간 R&D흐름행렬

행렬 $\mathbf{H}$의 원소 h_{ij}는 j산업 제품에 대한 최종수요가 1단위 늘어날 때 그 때문에 새로 산출되는 i산업 제품에 집적되어 체화된 R&D투자의 양을 뜻한다. 행렬 $\mathbf{H}$에서 주대각선 상 원소들은, 자기 산업 제품의 최종수요에 따라 산출되는 자기 산업 제품에 집적된 R&D투자의 양을 말하므로, R&D집약의 직접효과라고 불린다. 나머지 비대각선 상 원소들은 간접효과를 나타낸다. 그리고 $\mathbf{H}$행렬의 j열의 합($\sum_{i=1}^{n} h_{ij}$)은 j산업 제품에 대한 최종수요가 1단위 증가할 때 각 산업에서 산출되는 제품에 체화된 R&D투자 집적의 합 즉 최종수요에 따른 R&D집약효과를 나타낸다.

● **산업간 기술파급효과 : 산출과 산출의관계**

앞의 경우와는 달리, 한 산업의 산출량 변화가 다른 산업의 산출량에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 레온티에프 역행렬 $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$의 원소($\alpha_{ij}$)를 다음과 같이 변환시키고, α_{ij}^{*}를 토대로 수정된 레온티에프 역행렬 $(\mathbf{I} - \mathbf{A}^{*})^{-1} = [\alpha_{ij}^{*}]$ 을 구한다. 원소 α_{ij}^{*}는 원소 α_{ij}를, 열을 기준으로 하여, 해당 열(j)에 있는 대각원소(α_{jj})로 나누어 구한 것이다.

$$\alpha_{ij}^{*} = \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{jj}} = \frac{\partial x_i / \partial y_j}{\partial x_j / \partial y_j} = \frac{\partial x_i}{\partial x_j}$$

이 식에서 알 수 있듯이, α_{ij}^{*}는 j산업의 제품 생산이 1단위 증가할 때 변화하는 i산업의 산출량을 의미한다.

$\mathbf{H}^* = \hat{\mathbf{r}}\,\hat{\mathbf{x}}^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1}$ $\qquad h_{ij}^* = \alpha_{ij}^*(\frac{r_i}{x_i})$

여기서 $\mathbf{H}^*$: 산업간 R&D흐름행렬 또는 기술혁신흐름행렬

행렬 $\mathbf{H}^*$의 원소 h_{ij}^*는 j산업 제품이 1단위 더 생산될 때 그 때문에 새로 추가 생산되는 i산업 제품에 집적되어 체화된 R&D투자의 양을 뜻한다. 그리고 $\mathbf{H}^*$행렬의 j열의 합($\sum_{i=1}^{n} h_{ij}^*$)은 j산업의 제품을 1단위 더 생산할 때 각 산업에서 늘어날 R&D투자량의 합을 의미한다. 따라서 $\mathbf{H}^*$는, 중간재 수요자나 기술 수요자의 입장에서 본, R&D집약에 따른 산업간 기술파급효과를 분석하는데 이용된다.

□ R&D확산효과

기술 생산자의 입장에서 산업간 R&D흐름을 분석하기 위해서는 산업간의 기술파급과정을 중간재 공급자 측면에서 접근해야 하므로 고쉬의 역행렬을 이용하여 기술확산효과를 파악할 수 있다.

● R&D확산효과 : 본원적 생산요소와 산출 관계

고쉬의 역행렬을 이용한 공급 측면의 모형에 따라, 한 산업에 투입되는 본원적 생산요소 즉 부가가치가 늘어나면 모든 산업의 제품 생산이 늘어나게 된다. R&D투자를 기술투자로서 본원적 생산요소의 하나로 볼 때, R&D투자액의 대각행렬과 고쉬 역행렬을 곱한 결과행렬($\hat{\mathbf{r}}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$)의 원소는 i산업에 대한 R&D투자에 따라 생산되는 j산업의 산출량을 뜻한다. 그러므로 결과행렬의 각 열의 합은 모든 산업에 투입된 R&D투자액에 따라 해당 열의 산업에서 생산된 산출의 총량이다. 그리고, 다음 관계식과 같이, 결과행렬에 총산출액 대각행렬 역행렬을 곱하여 R&D투자에 따른 산출증가율을 구할 수 있다. 따라서 이렇게 얻은 행렬을 본원적 생산요소와 산출간 R&D확산행렬이라고 부를 수 있다.

$\check{\mathbf{H}} = \hat{\mathbf{r}}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ $\qquad \check{h}_{ij} = \beta_{ij}(\frac{r_i}{x_i})$

여기서 $\check{\mathbf{H}}$: 본원적 생산요소와 산출간 R&D확산행렬

행렬 $\check{\mathbf{H}}$의 원소 $\check{h}_{ij}$는 i산업의 R&D투자에 따라 j산업에서 새로 생산된 산출의 증가율을 뜻한다. 행렬 $\check{\mathbf{H}}$에서 주대각선 상 원소들은, 자기 산업에 대한 R&D투자에 따라 자기 산업에서 생산된 산출증가율을 말하므로, R&D확산의 직접효과라고 불린다. 나머지

비대각선 상 원소들은 간접효과를 나타낸다. 한편 행렬 $\check{\mathbf{H}}$의 j열의 합($\sum_{i=1}^{n}\check{h}_{ij}$)은 모든 산업에 대한 R&D투자에 따른 j산업의 총산출증가율 즉, 총R&D확산도를 나타낸다.

● **기술확산의 가격효과 : 산출과 산출 관계**

R&D확산효과를 구하는데 있어서도, 앞의 경우와는 달리, 한 산업의 산출량 변화가 다른 산업의 산출량에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 고쉬 역행렬 $(\mathbf{I}-\mathbf{B})^{-1}$의 원소($\beta_{ij}$)를 다음과 같이 변환시키고, β_{ij}^{*}를 토대로 수정된 고쉬 역행렬 $(\mathbf{I}-\mathbf{B}^{*})^{-1}=[\beta_{ij}^{*}]$ 을 구한다. 원소 β_{ij}^{*}는 원소 β_{ij}를, 행을 기준으로 하여, 해당 행(i)에 있는 대각원소(β_{ii})로 나누어 구한 것이다.

$$\beta_{ij}^{*}=\frac{\beta_{ij}}{\beta_{ii}}=\frac{\partial x_j/\partial v_i}{\partial x_i/\partial v_i}=\frac{\partial x_j}{\partial x_i}$$

이 식에서 알 수 있듯이, β_{ij}^{*}는 i산업의 제품 생산이 1단위 증가할 때 변화하는 j산업의 산출량을 의미한다.

$\check{\mathbf{H}}^{*}=\hat{\mathbf{r}}(\mathbf{I}-\mathbf{B}^{*})^{-1}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ $\qquad\qquad$ $\check{h}_{ij}^{*}=\beta_{ij}^{*}(\frac{r_i}{x_i})$

여기서 $\check{\mathbf{H}}^{*}$: 산업간R&D확산행렬

행렬 $\check{\mathbf{H}}^{*}$의 원소 $\check{h}_{ij}^{*}$는 j산업 제품이 1단위 더 생산될 때 그 때문에 새로 추가 생산되는 i산업 제품에 집적되어 체화된 R&D투자의 양을 뜻한다. 그리고 $\check{\mathbf{H}}^{*}$행렬의 j열의 합($\sum_{i=1}^{n}\check{h}_{ij}^{*}$)은 j산업의 제품을 1단위 더 생산할 때 각 산업에서 늘어날 R&D투자량의 합을 의미한다. 따라서 $\check{\mathbf{H}}^{*}$는, 중간재 수요자나 기술 수요자의 입장에서 본, R&D집약에 따른 산업간 기술파급효과를 분석하는데 이용된다.

3. 건설교통 R&D투자의 GDP와 총고정자본형성 파급효과

가. 건설교통 R&D투자의 산업별 GDP 파급효과

● 산업별 GDP 추세

지난 10년간 우리나라의 산업별 GDP는 [표 5-10][68] 과 같다. 표에서 보는 바와 같이 전체 업종이 거의 대부분 GDP의 증가를 보인 가운데 섬유 및 가죽제품과 인쇄 및 복제 산업의 경우에만 2000년과 2005년 사이에 감소하였다. 2000년에서 2010년 사이에 전체산업은 평균적으로 약 1.9배의 GDP 증가를 보였으며, 그 중 제1차금속제품과 금속제품 산업이 2.9배 성장하여 가장 높은 증가를 보였다. 건설업의 경우 2000년에 비해 2010년에는 약 1.7배의 성장세를 보였으나 전체산업에서 차지하는 비중은 7.28%에서 6.53%로 감소하였다.

GDP에 대한 산업별 비중을 통해 우리나라 산업구조를 살펴 보면, 2000년, 2005년, 2010년도에 대해 각각 1차산업(농림수산품, 광산품)은 4.27%, 3.14%, 2.61%로 나타났고, 제조업(음식료품~기타제조업제품) 비중은 29.53%, 28.53%, 30.66%로, 건설업은 7.28%, 8.00%, 6.53%로 나타났으며, 서비스업(도소매~기타)은 56.53%, 58.11%, 58.20%로 나타났다. 2000년도와 비교해 볼 때 우리나라의 1차산업의 비중은 지속적으로 줄어들고 있으며, 제조업의 비중은 2005년까지 정체 상태를 보이다가 다시 증가세를 나타내고 있고, 건설업과 서비스업의 비중은 소폭 증가세를 보이다가 상당히 낮아졌음을 볼 수 있다. 수송장비의 비중은 지속적으로 증가하고 있고, 운수 및 보관업은 2000년에서 2005년사이에 증가했다가 2005년이후에 다시 감소하고 있다.

인당GDP는 2000년 1,276만원, 2005년 1,770만원, 2010년 2,333만원으로 지속적으로 증가하고 있고, 2010년의 인당GDP는 2000년에 비해 1.8배 증가했음을 볼 수 있다. 2010년 기준으로 인당GDP에 가장 크게 기여하고 있는 산업은 부동산 및 사업서비스와 사회 및 기타서비스로 두 산업이 각각 GDP대비 16%, 10%를 차지하고 있다.

68) 한국은행, 산업연관표 중 생산자가격평가표, 2000년, 2005년, 2010년

[표 5-10] 우리나라 산업별 GDP(2000-2010년)

<단위: 백만원, %>

구 분	2000년		2005년		2010년	
	GDP	비중	GDP	비중	GDP	비중
농림수산품	23,900,251	3.99	24,893,343	2.92	27,839,697	2.42
광산품	1,679,261	0.28	1,879,931	0.22	2,216,763	0.19
음식료품	15,961,944	2.66	20,717,672	2.43	24,127,907	2.09
섬유 및 가죽제품	13,926,493	2.32	12,577,166	1.48	15,049,259	1.31
목재 및 종이제품	4,480,376	0.75	5,376,367	0.63	7,224,244	0.63
인쇄 및 복제	3,090,026	0.52	2,937,568	0.34	3,243,150	0.28
석유 및 석탄제품	17,426,882	2.91	23,166,138	2.72	28,137,851	2.44
화학제품	21,790,340	3.63	32,051,790	3.76	44,939,500	3.90
비금속광물제품	5,832,435	0.97	7,537,074	0.88	10,437,945	0.91
제1차 금속제품	12,168,523	2.03	22,573,261	2.65	35,479,732	3.08
금속제품	7,238,086	1.21	13,656,733	1.60	21,286,426	1.85
일반기계	13,247,603	2.21	19,348,150	2.27	29,056,733	2.52
전기 및 전자기기	38,905,917	6.49	47,272,833	5.55	73,281,901	6.36
정밀기기	1,746,618	0.29	3,258,818	0.38	4,658,371	0.40
수송장비	17,875,631	2.98	28,532,713	3.35	51,392,413	4.46
기타제조업제품	3,402,039	0.57	4,057,563	0.48	5,010,069	0.43
전력,가스및수도	14,358,962	2.39	18,952,202	2.22	23,131,075	2.01
건설	43,638,696	7.28	68,141,296	8.00	75,321,081	6.53
도소매	44,011,448	7.34	63,293,315	7.43	89,790,434	7.79
음식점 및 숙박	16,657,911	2.78	22,757,868	2.67	30,809,810	2.67
운수 및 보관	21,344,952	3.56	33,724,523	3.96	42,112,630	3.65
통신 및 방송	19,814,891	3.30	23,914,095	2.81	26,298,657	2.28
금융 및 보험	43,627,762	7.28	55,272,950	6.49	75,946,875	6.59
부동산 및 사업서비스	97,936,745	16.33	139,994,692	16.43	184,479,166	16.01
공공행정 및 국방	29,731,904	4.96	47,471,537	5.57	64,137,525	5.56
교육 및 보건	48,831,334	8.14	79,229,840	9.30	117,482,695	10.19
사회 및 기타서비스	15,332,503	2.56	29,392,714	3.45	39,688,881	3.44
기타	1,685,600	0.28	-	0.00	-	0.00
합 계	599,645,133	100.0	851,982,152	100.0	1,152,580,790	100.0
인구(명)	47,008,111		48,138,077		49,410,366	
1인당GDP(만원/명)	1,276		1,770		2,333	

● 기존추세에 따른 산업별 GDP 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 GDP를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 산업연관표에 있는 GDP 값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-11] 산업별 GDP 전망값 검증결과

<단위 : 억원, %>

	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율
농림수산품	259,461	265,909	272,129	278,102	283,809	278,397	5,412	1.94
광산품	19,803	20,510	21,210	21,901	22,582	22,168	414	1.87
음식료품	217,696	224,908	232,016	238,998	245,831	241,279	4,552	1.89
섬유 및 가죽제품	132,875	138,017	143,141	148,232	153,274	150,493	2,782	1.85
목재 및 종이제품	58,133	61,790	65,567	69,460	73,462	72,242	1,219	1.69
인쇄 및 복제	30,539	31,218	31,867	32,484	33,068	32,432	636	1.96
석유 및 석탄제품	245,479	255,738	266,018	276,288	286,521	281,379	5,142	1.83
화학제품	349,527	374,668	400,922	428,278	456,718	449,395	7,323	1.63
비금속광물제품	81,990	87,671	93,587	99,730	106,098	104,379	1,718	1.65
제1차 금속제품	251,852	276,164	302,254	330,189	360,035	354,797	5,237	1.48
금속제품	152,115	166,522	181,954	198,445	216,030	212,864	3,166	1.49
일반기계	213,911	232,448	252,132	272,986	295,033	290,567	4,466	1.54
전기 및 전자기기	525,971	575,164	627,787	683,953	743,771	732,819	10,952	1.49
정밀기기	35,675	38,389	41,236	44,217	47,331	46,584	747	1.60
수송장비	327,135	368,560	414,376	464,933	520,595	513,924	6,670	1.30
기타제조업제품	43,137	45,087	47,052	49,026	51,005	50,101	904	1.80
전력,가스및수도	201,020	209,623	218,256	226,898	235,522	231,311	4,212	1.82
건설	708,573	724,497	739,739	754,248	767,980	753,211	14,769	1.96
도소매	691,840	743,333	797,265	853,625	912,393	897,904	14,489	1.61
음식점 및 숙박	246,443	262,336	278,785	295,769	313,266	308,098	5,168	1.68
운수 및 보관	359,345	376,429	393,705	411,130	428,660	421,126	7,533	1.79
통신 및 방송	248,418	253,742	258,818	263,630	268,162	262,987	5,176	1.97
금융 및 보험	600,323	640,924	683,106	726,831	772,053	759,469	12,585	1.66
부동산 및 사업서비스	1,507,828	1,596,487	1,687,575	1,780,941	1,876,418	1,844,792	31,626	1.71
공공행정 및 국방	513,857	546,777	580,827	615,968	652,151	641,375	10,776	1.68
교육 및 보건	873,733	947,053	1,024,673	1,106,664	1,193,083	1,174,827	18,256	1.55
사회 및 기타서비스	318,126	338,467	359,505	381,212	403,560	396,889	6,671	1.68
기타	1	1	1	1	1	-	-	0.00
합 계	9,214,806	9,802,434	10,415,501	11,054,138	11,718,411	11,525,808	192,603	1.67

[표 5-11] 은 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 연도별 산업별 GDP 전망값이다. 또한 2010년도 산업연관표에 있는 실제 산업별 GDP와 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 GDP는 2006년부터 2010년까지 각각 921조원, 980조원, 1,042조원, 1,105조원, 1,172조원으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 1.67%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 0%~1%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

이제, 다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 GDP을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-12]를 보면, 2030년 우리나라의 GDP는 2,981조원에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 2.6배에 해당 하는 규모이다. 2030년의 주요 산업별로 GDP를 살펴보면, 농림수산품은 33조원으로 2010년에 비해 약 1.2배 정도 늘어났으나 비중은 1.09%로 지속적으로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 전기 및 전자기기산업은 GDP가 276조원으로 증가해 2010년에 비해 약 3.8배로 크게 증가하고 비중도 9.26%로 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 건설업의 경우 2030년 GDP는 85조원으로 2010년에 비해 약 1.1배 정도로 거의 증가하지 않으며, 비중은 지속적으로 감소하여 2.8%까지 축소될 것으로 예측됨을 알 수 있다.

인당GDP 전망 결과를 살펴보면, 2015년 3,056만원, 2020년 3,839만원, 2025년 4,718만원, 2030년 5,679만원으로 나타나 지속적으로 증가할 것임을 알 수 있다. 2030년의 인당GDP는 2010년에 비해 2.4배정도 증가할 것으로 예측되고 환율을 “1,100원/달러”로 가정할 경우 51,631달러가 될 것으로 전망된다.

[표 5-12] 기존추세에 따른 산업별 GDP 전망(2015-2030년)

<단위 : 억원, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	GDP	비중	GDP	비중	GDP	비중	GDP	비중
농림수산품	307,784	2.00	323,074	1.64	329,029	1.34	326,009	1.09
광산품	25,754	0.17	28,375	0.14	30,272	0.12	31,359	0.11
음식료품	277,068	1.80	301,810	1.53	318,497	1.30	326,499	1.10
섬유 및 가죽제품	177,254	1.15	197,924	1.00	213,891	0.87	224,311	0.75
목재 및 종이제품	94,869	0.62	117,806	0.60	140,985	0.57	163,034	0.55
인쇄 및 복제	35,424	0.23	36,748	0.19	37,005	0.15	36,270	0.12
석유 및 석탄제품	336,102	2.18	380,475	1.93	416,615	1.70	442,452	1.48
화학제품	614,193	3.98	793,038	4.02	985,323	4.01	1,181,108	3.96
비금속광물제품	141,011	0.91	180,021	0.91	221,247	0.90	262,455	0.88
제1차 금속제품	539,864	3.50	774,172	3.92	1,063,963	4.33	1,404,912	4.71
금속제품	321,361	2.08	457,308	2.32	623,862	2.54	817,960	2.74
일반기계	423,598	2.75	582,547	2.95	769,027	3.13	977,006	3.28
전기 및 전자기기	1,100,670	7.14	1,558,455	7.90	2,115,819	8.61	2,761,286	9.26
정밀기기	64,833	0.42	85,211	0.43	107,693	0.44	131,220	0.44
수송장비	888,996	5.76	1,445,130	7.32	2,240,749	9.12	3,322,100	11.15
기타제조업제품	60,774	0.39	69,841	0.35	77,589	0.32	83,549	0.28
전력,가스및수도	277,551	1.80	315,588	1.60	347,035	1.41	370,059	1.24
건설	823,656	5.34	855,388	4.34	862,272	3.51	846,020	2.84
도소매	1,240,777	8.05	1,619,419	8.21	2,033,005	8.28	2,461,265	8.26
음식점 및 숙박	407,451	2.64	509,453	2.58	613,726	2.50	714,213	2.40
운수 및 보관	516,264	3.35	599,434	3.04	672,551	2.74	731,112	2.45
통신 및 방송	286,206	1.86	295,842	1.50	296,886	1.21	290,040	0.97
금융 및 보험	1,018,457	6.60	1,290,856	6.54	1,575,517	6.41	1,856,588	6.23
부동산 및 사업서비스	2,378,654	15.42	2,901,434	14.71	3,413,180	13.89	3,882,562	13.03
공공행정 및 국방	846,592	5.49	1,056,566	5.36	1,270,555	5.17	1,476,062	4.95
교육 및 보건	1,692,350	10.97	2,300,356	11.66	3,002,821	12.22	3,774,053	12.66
사회 및 기타서비스	523,596	3.40	653,115	3.31	784,994	3.20	911,522	3.06
기타	2	0.00	2	0.00	2	0.00	3	0.00
합 계	15,421,111	100.00	19,729,392	100.00	24,564,111	100.00	29,805,030	100.00
인구추계(명)	50,456,218		51,393,280		52,067,964		52,479,040	
1인당GDP(만원)	3,056		3,839		4,718		5,679	

● 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 GDP 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통 분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 GDP을 전망한 결과는 [표 5-13] 과 같다. 2030년 우리나라의 GDP는 2,986조원에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 2,981조원에 비해 9조원이 증가한 수치이다. 건설업의 경우 2030년의 GDP는 85.95조원으로 기존추세에 따른 84.60조원에 비해 1.35조원이 증가할 것으로 전망된다. 한편, 수송장비업과 운수 및 보관업은 2030년의 GDP가 각각 333.5조원, 73.9조원이고 이는 기존추세에 따른 332.2조원과 73.1조원에 비해 각각 1.3조원과 0.8조원이 증가할 것으로 전망된다.

2030년 인당GDP는 5,690만원에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 5,679만원에 비해 11만원이 증가한 수치이다. 즉, 건설교통 R&D투자를 현재보다 3%씩 증가시킬 경우 20년후 우리나라 인당GDP를 11만원 증가시키는 파급효과를 가져온다는 의미이다.

[표 5-13] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 GDP 전망(2015-2030년)

<단위 : 억원>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	307,786	323,091	329,088	326,157
광산품	25,758	28,406	30,390	31,666
음식료품	277,069	301,821	318,536	326,597
섬유 및 가죽제품	177,256	197,939	213,944	224,445
목재 및 종이제품	94,874	117,845	141,120	163,371
인쇄 및 복제	35,426	36,757	37,034	36,338
석유 및 석탄제품	336,120	380,595	416,950	443,111
화학제품	614,212	793,187	985,821	1,182,284
비금속광물제품	141,029	180,175	221,814	263,906
제1차 금속제품	539,897	774,431	1,064,841	1,407,017
금속제품	321,389	457,550	624,740	820,193
일반기계	423,610	582,650	769,391	977,914
전기 및 전자기기	1,100,683	1,558,559	2,116,194	2,762,250
정밀기기	64,834	85,217	107,716	131,279
수송장비	889,135	1,446,378	2,245,519	3,334,957
기타제조업제품	60,778	69,871	77,684	83,768
전력,가스및수도	277,560	315,644	347,201	370,404
건설	823,881	857,148	868,099	859,550
도소매	1,240,814	1,619,727	2,034,105	2,464,023
음식점 및 숙박	407,456	509,496	613,886	714,627
운수 및 보관	516,419	600,597	676,218	739,144
통신 및 방송	286,212	295,895	297,062	290,448
금융 및 보험	1,018,485	1,291,087	1,576,328	1,858,572
부동산 및 사업서비스	2,378,726	2,902,051	3,415,418	3,888,223
공공행정 및 국방	846,592	1,056,573	1,270,599	1,476,214
교육 및 보건	1,692,352	2,300,388	3,002,980	3,774,561
사회 및 기타서비스	523,601	653,163	785,179	912,014
기타	2	2	2	3
합 계	15,421,954	19,736,244	24,587,858	29,863,035
인구추계(인구)	50,456,218	51,393,280	52,067,964	52,479,040
1인당GDP(만원)	3,057	3,840	4,722	5,690

● 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 GDP 유발효과

[표 5-12]의 “기존추세에 따른 산업별 GDP 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 GDP는 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-13]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 GDP 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 GDP는 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-12]에 나타난 추정값과 [표 5-13]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로서 나타난 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-14]는 이러한 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 GDP와 기존추세에 의해 추정된 산업별 GDP와의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 건설교통분야에 대한 투자이므로 수송장비업, 건설업, 운수보관업의 GDP가 가장 크게 증가하였고 또한 다른 산업에도 영향을 미쳐 다른 산업의 GDP도 같이 증가하였음을 알 수 있다. 건설업의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 225억원, 2020년 1,760억원, 2025년 5,827억원, 2030년 1조3,529억원의 GDP 증가효과가 있었음을 알 수 있다. 국가전체로 볼 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 842억원, 2020년 6,852억원, 2025년 2조3,747억원, 2030년 5조8,005억원의 GDP 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 이로 인한 파급효과는 누적적으로 나타나게 되므로, 분석시점의 파급효과로 나타난 GDP 증가액은 20년 동안 투자한 결과의 파급효과로 봐야한다. 따라서 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액의 누적액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 나타난 GDP를 나누어 그동안 투자한 총액의 단위 투자액 당(1억당) GDP을 계산함으로써 투자액 대비 GDP의 증가정도를 분석할 수 있다. [표 5-14]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 GDP 증가분이 바로 분석시점까지 투자한 건설교통 R&D 단위투자액(1억원)의 파급효과인 것이다. 2015년까지의 R&D투자 누적액은 3,323억원이고 이로 인한 GDP증가액은 842억원으로 추가투자액 1억당 GDP증가분은 0.25억이고, 2030년까지의 R&D투자 누적액은 13조4,365억원이고 이로 인한 GDP증가액은 5조8,005억원으로 추가투자액 1억당 GDP증가분은 0.4억원으로 GDP 파급효과가 점점 커지고 있음을 볼 수 있다.

[표 5-14] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 GDP증가액(2015-2030년)

<단위 : 억원>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	2	16	60	148
광산품	4	32	118	308
음식료품	1	10	39	98
섬유 및 가죽제품	2	15	53	134
목재 및 종이제품	5	38	135	336
인쇄 및 복제	1	9	29	67
석유 및 석탄제품	18	120	335	659
화학제품	19	149	498	1,176
비금속광물제품	18	155	567	1,450
제1차 금속제품	33	259	878	2,106
금속제품	28	242	877	2,233
일반기계	12	103	364	908
전기 및 전자기기	12	104	375	964
정밀기기	1	6	23	59
수송장비	139	1,248	4,770	12,857
기타제조업제품	4	29	95	219
전력,가스및수도	8	56	165	345
건설	225	1,760	5,827	13,529
도소매	37	308	1,100	2,757
음식점 및 숙박	5	43	160	414
운수 및 보관	155	1,163	3,667	8,033
통신 및 방송	7	53	176	408
금융 및 보험	28	232	811	1,984
부동산 및 사업서비스	72	617	2,238	5,661
공공행정 및 국방	0	7	44	151
교육 및 보건	2	32	159	508
사회 및 기타서비스	5	47	184	492
기타	0	0	0	0
합 계	842	6,852	23,747	58,005
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 GDP증가분	**0.2535**	**0.3770**	**0.4208**	**0.4317**

나. 건설교통 R&D투자의 산업별 총고정자본형성 파급효과

● 산업별 총고정자본형성 추세

지난 10년간 우리나라의 산업별 총고정자본형성 추세는 [표 5-15][69] 와 같다. 표에서 보는 바와 같이 총고정자본형성이 가장 많은 산업은 제조업과 부동산 및 임대업 그리고 공공행정 및 사회보장업 등으로 볼 수 있다. 2000년에서 2008년 사이에 전체산업은 평균적으로 약 1.7배의 총고정자본형성 증가를 보였으며, 그 중 부동산 및 임대업이 2.5배성장하여 가장 높은 증가를 보였다. 건설업의 경우 2000년에 비해 2008년에는 약 1.5배의 성장세를 보였으나 전체산업에서 차지하는 비중은 1.67%에서 1.49%로 감소하였다.

[표 5-15] 우리나라 산업별 총고정자본형성(2000-2008년)

<단위: 억원, %>

구 분	2000년		2005년		2008년	
	총고정자본형성	비중	총고정자본형성	비중	총고정자본형성	비중
농림어업	49,904	2.76	41,833	1.68	40,763	1.36
광업	1,740	0.10	2,022	0.08	2,233	0.07
제조업	458,281	25.35	652,272	26.12	827,283	27.50
전기가스·수도사업	94,347	5.22	103,349	4.14	126,367	4.20
건설업	30,185	1.67	39,095	1.57	44,791	1.49
도소매 음식숙박업	85,369	4.72	101,649	4.07	126,272	4.20
운수및 보관업	132,507	7.33	139,430	5.58	215,006	7.15
금융보험업	54,451	3.01	56,118	2.25	87,612	2.91
부동산 및 임대업	218,434	12.09	512,951	20.54	549,078	18.25
출판영상방송통신및 정보서비스업	156,326	8.65	148,926	5.96	190,428	6.33
사업서비스업	119,147	6.59	63,094	2.53	77,160	2.57
공공행정 및 사회보장업	229,323	12.69	373,154	14.94	419,948	13.96
교육서비스업	71,115	3.93	108,672	4.35	115,722	3.85
보건·사회복지사업	31,137	1.72	45,038	1.80	56,771	1.89
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	25,395	1.40	41,619	1.67	48,323	1.61
기타서비스업	49,815	2.76	67,676	2.71	80,183	2.67
합 계	1,807,476	100	2,496,898	100	3,007,940	100

69) 통계청, 국가자산통계, 생산자산의 경제활동별 자산액(당해말가격)

● 기존추세에 따른 산업별 총고정자본형성 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 총고정자본형성을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2008년까지의 시뮬레이션 결과값과 국가자산통계에 있는 총고정자본형성값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다. [표 5-16]은 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2008년까지 시뮬레이션한 산업별 총고정자본형성 전망값이다. 또한 2008년도 국가자산통계에 있는 실제 산업별 총고정자본형성과 2008년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. 2008년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.04%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 0%~3%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-16] 산업별 총고정자본형성 전망값 검증결과

<단위 : 억원, %>

구 분	시뮬레이션 결과값				실제값	검증결과	
	2005년	2006년	2007년	2008년	2008년	차이값	오차율(%)
농림어업	41,833	41,102	40,541	40,157	40,763	- 606	-1.4874
광업	2,022	2,081	2,144	2,214	2,233	- 19	-0.8409
제조업	652,272	709,177	768,492	830,391	827,283	3,108	0.3757
전기가스·수도사업	103,349	110,711	118,376	126,388	126,367	21	0.0169
건설업	39,095	40,810	42,618	44,541	44,791	- 250	-0.5580
도소매 음식숙박업	101,649	109,588	117,855	126,486	126,272	214	0.1692
운수및 보관업	139,430	164,484	191,635	220,630	215,006	5,624	2.6159
금융보험업	56,118	66,552	77,897	90,041	87,612	2,429	2.7724
부동산 및 임대업	512,951	521,602	531,626	543,297	549,078	- 5,781	-1.0528
출판영상방송통신및 정보서비스업	148,926	162,457	176,571	191,301	190,428	873	0.4586
사업서비스업	63,094	67,593	72,278	77,174	77,160	14	0.0186
공공행정 및 사회보장업	373,154	386,815	401,359	417,009	419,948	- 2,939	-0.6998
교육서비스업	108,672	110,288	112,200	114,466	115,722	- 1,256	-1.0854
보건·사회복지사업	45,038	48,844	52,810	56,949	56,771	178	0.3137
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	41,619	43,674	45,828	48,107	48,323	- 216	-0.4474
기타서비스업	67,676	71,589	75,673	79,965	80,183	- 218	-0.2723
합 계	2,496,898	2,657,367	2,827,902	3,009,117	3,007,940	1,177	0.0391

이제, 다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형"을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 총고정자본형성을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-17]을 보면, 2030년 우리나라의 총고정자본형성은 1,154조원에 이를 것으로 추산되며, 이는 2008년 기준으로 약 3.8배에 해당 하는 규모이다. 2030년의 주요 산업별로 총고정자본형성을 살펴보면, 운수장비업이 포함되어 있는 제조업은 349조원으로 전체산업의 30%를 차지하고 있고, 건설업은 15조원으로 2008년에 비해 약 3.4배나 증가했으나 비중은 약간씩 감소할 것으로 전망된다. 운수 및 보관업의 총고정자본형성액은 126조원으로 2008년에 비해 5.9배나 증가하였고 그 비중도 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-17] 기존추세에 따른 산업별 총고정자본형성 전망(2015-2030년)

<단위 : 억원, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	총고정자본	비중	총고정자본	비중	총고정자본	비중	총고정자본	비중
농림어업	42,673	0.92	50,064	0.80	62,400	0.73	80,537	0.70
광업	2,955	0.06	3,840	0.06	5,104	0.06	6,846	0.06
제조업	1,358,491	29.30	1,877,965	29.82	2,567,348	30.08	3,486,053	30.21
전기가스·수도사업	196,592	4.24	268,204	4.26	364,747	4.27	494,285	4.28
건설업	62,973	1.36	83,490	1.33	112,101	1.31	151,080	1.31
도소매 음식숙박업	201,137	4.34	276,036	4.38	376,302	4.41	510,421	4.42
운수및 보관업	459,046	9.90	665,965	10.58	924,120	10.83	1,260,270	10.92
금융보험업	189,964	4.10	276,190	4.39	383,441	4.49	522,963	4.53
부동산 및 임대업	688,362	14.85	877,176	13.93	1,153,572	13.52	1,538,599	13.33
출판영상방송통신및 정보서비스업	316,405	6.82	438,579	6.96	600,186	7.03	815,255	7.07
사업서비스업	120,072	2.59	163,820	2.60	222,796	2.61	301,924	2.62
공공행정 및 사회보장업	573,449	12.37	753,253	11.96	1,006,786	11.80	1,353,950	11.73
교육서비스업	143,743	3.10	182,517	2.90	239,538	2.81	319,136	2.77
보건·사회복지사업	92,392	1.99	127,453	2.02	174,100	2.04	236,332	2.05
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	69,405	1.50	92,617	1.47	124,738	1.46	168,345	1.46
기타서비스업	118,883	2.56	160,106	2.54	216,537	2.54	292,770	2.54
합 계	4,636,542	100.00	6,297,277	100.00	8,533,819	100.00	11,538,765	100.00

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 총고정자본형성 전망**

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 산업별 총고정자본형성을 전망한 결과는 [표 5-21]과 같다. 2030년 우리나라의 총고정자본형성액은 1,265조원에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 1,154조원에 비해 111조원이 증가한 수치이다. 운수장비업이 포함되어 있는 제조업의 총고정자본형성의 증가가 눈에 띄게 나타나고 있으며, 건설업의 경우 2030년의 총고정자본형성액은 18조원으로 기존추세에 따른 15조원에 비해 3조원이 증가할 것으로 전망된다. 한편, 운수 및 보관업은 2030년의 총고정자본형성액은 143조원이고 이는 기존추세에 따른 126조원에 비해 각각 17조원이 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-18] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 총고정자본형성 전망(2015-2030년)

<단위 : 억원>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림어업	42,789	50,875	65,141	87,774
광업	2,963	3,902	5,329	7,461
제조업	1,362,210	1,908,611	2,680,948	3,801,634
전기가스·수도사업	197,126	272,547	380,768	538,702
건설업	63,368	86,505	122,986	181,409
도소매 음식숙박업	201,684	280,507	392,831	556,289
운수및 보관업	460,973	682,349	985,463	1,432,050
출판영상방송통신및 정보서비스업	190,480	280,663	400,283	569,958
금융보험업	690,231	891,383	1,204,241	1,676,861
부동산 및 임대업	317,264	445,682	626,548	888,516
사업서비스업	120,398	166,474	232,582	329,056
공공행정 및 사회보장업	575,007	765,453	1,051,007	1,475,619
교육서비스업	144,134	185,473	250,059	347,814
보건·사회복지사업	92,643	129,518	181,748	257,569
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	69,594	94,117	130,217	183,473
기타서비스업	119,206	162,699	226,048	319,079
합 계	4,650,068	6,406,758	8,936,199	12,653,265

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 총고정자본형성 유발효과**

[표 5-19]는 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 총고정자본형성액과 기존추세에 의해 추정된 산업별 총고정자본형성액의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 건설교통분야에 대한 투자이므로, 수송장비업, 건설업, 운수보관업의 총고정자본형성액이 증가하는 것으로 나타났으나, 건설업보다는 오히려 타산업에서 총고정자본형성이 크게 일어났고 특히 금융보험업의 총고정자본형성이 크게 늘어났음을 볼 수 있다. 국가 전체로 볼 때, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 1조원, 2020년 11조원, 2025년 40조원, 2030년 111조원의 총고정자본형성 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다. [표 5-17]의 가장 아래 행에 정리된 R&D누적투자액 1억당 증가분 파급효과를 살펴보면 2015년 4억, 2020년 6억, 2025년 7억, 2030년 8억으로 매년 1억씩 파급효과가 커지고 있음을 알 수 있다.

[표 5-19] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 총고정자본형성 증가액(2015-2030년)

<단위 : 억원>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림어업	116	811	2,741	7,237
광업	8	62	224	615
제조업	3,719	30,645	113,600	315,582
전기가스·수도사업	534	4,344	16,021	44,418
건설업	395	3,015	10,885	30,329
도소매 음식숙박업	546	4,471	16,528	45,868
운수및 보관업	1,926	16,384	61,343	171,780
출판영상방송통신및 정보서비스업	516	4,473	16,842	46,995
금융보험업	1,870	14,207	50,669	138,262
부동산 및 임대업	859	7,103	26,362	73,261
사업서비스업	326	2,653	9,786	27,132
공공행정 및 사회보장업	1,558	12,200	44,221	121,669
교육서비스업	390	2,956	10,521	28,678
보건·사회복지사업	251	2,064	7,647	21,237
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	189	1,500	5,479	15,128
기타서비스업	323	2,593	9,511	26,309
합 계	13,526	109,481	402,380	1,114,500
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 총고정자본 증가분(억원)	**4.0703**	**6.0245**	**7.1308**	**8.2945**

4. 건설교통 R&D투자의 고용자수와 노동생산성 파급효과

가. 건설교통 R&D투자의 산업별 취업자 파급효과

● **산업별 취업자 추세**

산업연관표의 부속표로 제공되는 고용표를 보면 유급노동자(피용자), 자영업자, 무급가족노동자 등으로 구분된다. 여기서 고용자는 유급노동자를 의미하고 취업자는 유급노동자, 자영업자, 무급가족노동자를 모두 포함한 개념이다.

2010년 산업별 취업자 구성비 추이를 보면 2000년과 비교하여 농림수산품, 섬유 및 가죽제품 산업에서 많은 감소세를 보이고 있고, 부동산 및 사업서비스 산업과 교육 및 보건산업에서 큰 증가세를 보이고 있다. 건설업 취업자 추이는 지속적으로 증가하여 2010년 현재 2000년과 비교하여 약 19%가 증가했으나, 전체산업에서 차지하는 비중은 2000년과 7.49%에서 2005년 8.96%로 증가했다가, 2010년 사이에는 7.87%로 감소를 보였다.

[표 5-20] 산업별 취업자 비중을 통해 우리나라 취업구조를 살펴 보면, 2000년, 2005년, 2010년도에 대해 각각 1차산업은 취업비중이 13.5%, 10.5%, 7.9%로 나타났고, 제조업 비중은 19.2%, 18.4%, 17.5%로, 건설업은 7.5%, 9.0%, 7.9%로 나타났으며, 서비스업은 59.4%, 61.8%, 66.4%로 나타났다. 2000년도와 비교해 볼 때 건설업 취업비중은 소폭 증가세를 보이다가 다시 감소하고 있고, 수송장비의 비중은 지속적으로 증가하고 있으며, 운수 및 보관업은 2000년에서 2005년사이에 증가했다가 2005년이후에 다시 감소하고 있다.

[표 5-20] 우리나라 산업별 취업자수 (2000-2010년)

<단위: 명, %>

구 분	2000년		2005년		2010년	
	취업자수	비중	취업자수	비중	취업자수	비중
농림수산품	2,228,849	13.37	1,829,931	10.40	1,584,765	7.79
광산품	19,010	0.11	17,376	0.10	15,450	0.08
음식료품	283,191	1.70	280,895	1.60	279,382	1.37
섬유 및 가죽제품	510,769	3.06	356,460	2.03	316,030	1.55
목재 및 종이제품	106,049	0.64	101,201	0.57	102,416	0.50
인쇄 및 복제	130,638	0.78	62,862	0.36	70,841	0.35
석유 및 석탄제품	18,196	0.11	13,924	0.08	18,908	0.09
화학제품	323,732	1.94	377,619	2.15	398,805	1.96
비금속광물제품	108,921	0.65	103,284	0.59	104,331	0.51
제1차 금속제품	112,408	0.67	118,630	0.67	155,904	0.77
금속제품	224,679	1.35	289,828	1.65	400,191	1.97
일반기계	310,562	1.86	345,173	1.96	427,153	2.10
전기 및 전자기기	559,465	3.35	616,183	3.50	648,345	3.19
정밀기기	62,218	0.37	81,973	0.47	88,085	0.43
수송장비	310,816	1.86	377,407	2.14	445,821	2.19
기타제조업제품	133,456	0.80	110,770	0.63	110,896	0.54
전력,가스및수도	71,944	0.43	68,808	0.39	68,760	0.34
건설	1,248,774	7.49	1,576,392	8.96	1,602,686	7.87
도소매	2,887,769	17.32	2,697,242	15.32	3,213,818	15.79
음식점 및 숙박	1,369,922	8.21	1,398,395	7.94	1,673,930	8.22
운수 및 보관	782,502	4.69	955,923	5.43	1,020,788	5.02
통신 및 방송	126,761	0.76	152,243	0.86	157,685	0.77
금융 및 보험	698,958	4.19	550,141	3.13	679,389	3.34
부동산 및 사업서비스	850,221	5.10	1,540,979	8.75	2,153,783	10.58
공공행정 및 국방	674,749	4.05	700,133	3.98	845,515	4.15
교육 및 보건	1,552,498	9.31	1,850,267	10.51	2,575,321	12.65
사회 및 기타서비스	969,499	5.81	1,027,800	5.84	1,195,613	5.87
합 계	16,676,556	100.00	17,601,839	100.00	20,354,611	100.00

● 기존추세에 따른 산업별 취업자수 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 취업자수를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 산업연관표에 있는 취업자수를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-21] 산업별 취업자수 전망값 검증결과

<단위 : 명, %>

	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
농림수산품	1,765,398	1,707,527	1,654,656	1,606,260	1,562,762	1,584,765	-22,003	-1.3884
광산품	16,862	16,401	15,978	15,590	15,241	15,450	-209	-1.3526
음식료품	279,699	278,728	277,793	276,870	276,095	279,382	-3,287	-1.1765
섬유 및 가죽제품	345,687	336,025	327,172	319,044	311,743	316,030	-4,287	-1.3567
목재 및 종이제품	101,183	101,217	101,233	101,224	101,242	102,416	-1,174	-1.1467
인쇄 및 복제	64,502	66,083	67,554	68,904	70,167	70,841	-674	-0.9519
석유 및 석탄제품	14,971	16,000	16,987	17,919	18,796	18,908	-112	-0.5943
화학제품	381,416	385,151	388,565	391,626	394,533	398,805	-4,272	-1.0712
비금속광물제품	103,221	103,213	103,191	103,146	103,131	104,331	-1,200	-1.1499
제1차 금속제품	126,490	134,176	141,513	148,409	154,879	155,904	-1,025	-0.6577
금속제품	312,955	335,749	357,677	378,421	397,942	400,191	-2,249	-0.5621
일반기계	362,498	379,298	395,183	409,994	423,847	427,153	-3,306	-0.7739
전기 및 전자기기	621,824	627,398	632,483	637,028	641,357	648,345	-6,988	-1.0779
정밀기기	83,144	84,281	85,328	86,276	87,169	88,085	-916	-1.0398
수송장비	391,778	405,647	418,663	430,716	441,974	445,821	-3,847	-0.8629
기타제조업제품	110,468	110,243	110,019	109,788	109,604	110,896	-1,292	-1.1653
전력,가스및수도	68,591	68,423	68,259	68,092	67,957	68,760	-803	-1.1685
건설	1,577,840	1,579,961	1,581,694	1,582,921	1,584,437	1,602,686	-18,249	-1.1387
도소매	2,805,960	2,910,959	3,009,634	3,101,133	3,186,614	3,213,818	-27,204	-0.8465
음식점 및 숙박	1,456,433	1,512,509	1,565,247	1,614,185	1,659,908	1,673,930	-14,022	-0.8376
운수 및 보관	968,110	979,993	990,905	1,000,759	1,010,058	1,020,788	-10,730	-1.0512
통신 및 방송	153,058	153,893	154,644	155,301	155,941	157,685	-1,744	-1.1060
금융 및 보험	577,452	603,930	628,957	652,286	674,104	679,389	-5,285	-0.7779
부동산 및 사업서비스	1,669,145	1,795,719	1,917,725	2,033,316	2,142,183	2,153,783	-11,600	-0.5386
공공행정 및 국방	730,796	760,449	788,376	814,325	838,575	845,515	-6,940	-0.8208
교육 및 보건	2,002,014	2,151,771	2,296,027	2,432,626	2,561,244	2,575,321	-14,077	-0.5466
사회 및 기타서비스	1,062,889	1,096,717	1,128,380	1,157,629	1,184,947	1,195,613	-10,666	-0.8921
합 계	18,154,383	18,701,461	19,223,845	19,713,789	20,176,448	20,354,611	-178,163	-0.8753

[표 5-21]는 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 산업별 취업자수 전망값이다. 또한 2010년도 산업연관표에 있는 실제 산업별 취업자수와 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 취업자수는 2006년부터 2010년까지 각각 1,815만명, 1,870만명, 1,922만명, 1971만명, 2,176만명으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.9%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 1%내외로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

이제, 다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 취업자수를 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-22]를 보면, 2030년 우리나라의 취업자수는 2,334만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 15% 증가한 숫자이다. 2030년의 주요 산업별로 취업자수를 살펴보면, 농림수산품은 122만명으로 2010년에 비해 약 24% 감소하여 취업자가 지속적으로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 전기 및 전자기기산업은 취업자수가 67만명으로 증가해 2010년에 비해 약 3% 증가했으나 비중은 미미하지만 감소할 것으로 전망된다. 건설업의 경우 2030년 취업자수는 158만명으로 2010년에 비해 약 1% 정도 감소하였으며, 전체산업에서 차지하는 비중이 지속적으로 감소하여 6.8%까지 축소될 것으로 전망됨을 알 수 있다.

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 취업자수 전망**

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 취업자수를 전망한 결과는 [표 5-23]과 같다. 2030년 우리나라의 취업자수는 2,339만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 2,334만명에 비해 5만명이 증가한 수치이다. 건설업의 경우 2030년의 취업자수는 160만명으로 기존추세에 따른 158만명에 비해 2만명이 증가할 것으로 전망된다. 한편, 수송장비업의 경우 2030년의 취업자수가 각각 52만명으로 기존추세와 거의 차이가 나지 않고, 운수 및 보관업은 2030년 108만명이고 이는 기존추세에 따른 107만명에 비해 1만명이 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-22] 기존추세에 따른 산업별 취업자수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	취업자수	비중	취업자수	비중	취업자수	비중	취업자수	비중
농림수산품	1,401,023	6.38	1,298,533	5.70	1,241,324	5.36	1,210,722	5.19
광산품	13,945	0.06	13,112	0.06	12,652	0.05	12,412	0.05
음식료품	273,325	1.25	270,224	1.19	268,631	1.16	267,980	1.15
섬유 및 가죽제품	284,597	1.30	267,188	1.17	257,578	1.11	252,539	1.08
목재 및 종이제품	101,358	0.46	100,860	0.44	100,615	0.43	100,550	0.43
인쇄 및 복제	74,972	0.34	77,224	0.34	78,359	0.34	78,941	0.34
석유 및 석탄제품	22,147	0.10	23,814	0.10	24,587	0.11	24,938	0.11
화학제품	405,683	1.85	409,703	1.80	411,825	1.78	413,099	1.77
비금속광물제품	103,128	0.47	102,551	0.45	102,265	0.44	102,180	0.44
제1차 금속제품	179,590	0.82	191,885	0.84	197,664	0.85	200,329	0.86
금속제품	472,657	2.15	509,813	2.24	526,928	2.28	534,635	2.29
일반기계	476,645	2.17	502,757	2.21	515,348	2.23	521,351	2.23
전기 및 전자기기	657,986	3.00	663,692	2.91	666,722	2.88	668,589	2.86
정밀기기	90,579	0.41	91,987	0.40	92,718	0.40	93,125	0.40
수송장비	484,832	2.21	505,710	2.22	515,988	2.23	521,044	2.23
기타제조업제품	108,968	0.50	107,999	0.47	107,506	0.46	107,320	0.46
전력,가스및수도	67,482	0.31	66,835	0.29	66,506	0.29	66,378	0.28
건설	1,590,948	7.25	1,585,783	6.96	1,583,327	6.84	1,583,004	6.78
도소매	3,512,071	16.00	3,671,242	16.12	3,749,292	16.19	3,787,442	16.23
음식점 및 숙박	1,834,011	8.36	1,919,317	8.43	1,961,059	8.47	1,981,396	8.49
운수 및 보관	1,045,616	4.76	1,059,769	4.65	1,067,151	4.61	1,071,354	4.59
통신 및 방송	158,430	0.72	158,955	0.70	159,250	0.69	159,487	0.68
금융 및 보험	757,252	3.45	798,357	3.51	818,195	3.53	827,665	3.55
부동산 및 사업서비스	2,559,091	11.66	2,766,296	12.14	2,861,277	12.35	2,903,809	12.44
공공행정 및 국방	930,933	4.24	976,327	4.29	998,451	4.31	1,009,165	4.32
교육 및 보건	3,053,693	13.91	3,298,497	14.48	3,410,899	14.73	3,461,329	14.83
사회 및 기타서비스	1,288,918	5.87	1,339,124	5.88	1,364,018	5.89	1,376,413	5.90
합 계	21,949,878	100.00	22,777,552	100.00	23,160,135	100.00	23,337,195	100.00

[표 5-23] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 취업자수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	1,401,068	1,298,809	1,242,106	1,212,375
광산품	13,946	13,122	12,685	12,490
음식료품	273,333	270,279	268,792	268,324
섬유 및 가죽제품	284,606	267,248	257,750	252,903
목재 및 종이제품	101,364	100,896	100,720	100,773
인쇄 및 복제	74,975	77,248	78,432	79,105
석유 및 석탄제품	22,148	23,822	24,611	24,986
화학제품	405,702	409,820	412,157	413,785
비금속광물제품	103,138	102,617	102,460	102,597
제1차 금속제품	179,600	191,955	197,858	200,718
금속제품	472,692	510,051	527,609	536,029
일반기계	476,666	502,898	515,755	522,200
전기 및 전자기기	658,009	663,839	667,144	669,471
정밀기기	90,582	92,008	92,778	93,253
수송장비	484,887	506,044	516,874	522,755
기타제조업제품	108,974	108,042	107,633	107,588
전력,가스및수도	67,485	66,854	66,558	66,485
건설	1,591,212	1,587,735	1,589,648	1,597,782
도소매	3,512,226	3,672,294	3,752,381	3,793,986
음식점 및 숙박	1,834,075	1,919,759	1,962,380	1,984,241
운수 및 보관	1,045,806	1,061,030	1,070,756	1,078,723
통신 및 방송	158,436	158,999	159,383	159,782
금융 및 보험	757,285	798,581	818,856	829,069
부동산 및 사업서비스	2,559,203	2,767,115	2,863,791	2,909,318
공공행정 및 국방	930,960	976,512	999,004	1,010,359
교육 및 보건	3,053,783	3,299,136	3,412,824	3,465,486
사회 및 기타서비스	1,288,962	1,339,424	1,364,918	1,378,361
합 계	21,951,124	22,786,141	23,185,863	23,392,944

● 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 취업자수 유발효과

[표 5-22]의 “우리나라 산업별 취업자수 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 취업자수는 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-23]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 취업자수 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 취업자수는 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-25]에 나타난 추정값과 [표 5-26]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과에 따른 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-24]는 이러한 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 취업자수와 기존추세에 의해 추정된 산업별 취업자수와의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 건설교통분야에 대한 투자이므로 수송장비업, 건설업, 운수보관업의 취업자수가 가장 크게 증가하였고 또한 다른 산업에도 영향을 미쳐 다른 산업의 취업자수도 같이 증가하였음을 알 수 있다. 건설업의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 264명, 2020년 1,953명, 2025년 6,322명, 2030년 14,778명의 취업자수 증가효과가 있었음을 알 수 있다. 국가 전체로 볼 경우에는 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 1,246명, 2020년 8,588명, 2025년 25,728명, 2030년 55,749명의 취업자수 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 이로 인한 파급효과는 누적적으로 나타나게 되므로, 분석시점의 파급효과로 나타난 취업자수 증가액은 20년 동안 투자한 결과의 파급효과로 봐야한다. 따라서 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액의 누적액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 나타난 취업자수를 나누어 그동안 투자한 총액의 단위 투자액 당(1억당) 취업자수를 계산함으로써 투자액 대비 취업자수의 증가정도를 분석할 수 있다. [표 5-24]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 취업자수 증가분이 바로 분석시점까지 투자한 건설교통 R&D 단위투자액(1억원)의 파급효과인 것이다. 2015년까지의 R&D투자 누적액은 3,323억원이고 이로 인한 취업자 증가수는 1,246명으로 추가투자액 1억당 취업자 증가수는 0.375명이고, 2030년까지의 R&D투자 누적액은 13조4,365억원이고 이로 인한 취업자 증가수는 55,749명으로 추가투자액 1억당 취업자 증가수는 0.415명으로 전망된다.

[표 5-24] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 취업 유발자수(2015-2030년)

<단위 : 명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	45	276	782	1,653
광산품	1	10	33	78
음식료품	8	55	161	344
섬유 및 가죽제품	10	60	172	364
목재 및 종이제품	5	36	105	224
인쇄 및 복제	3	24	73	164
석유 및 석탄제품	1	8	23	47
화학제품	18	117	332	686
비금속광물제품	10	66	194	417
제1차 금속제품	11	70	194	389
금속제품	35	239	681	1,394
일반기계	21	141	407	850
전기 및 전자기기	23	148	422	882
정밀기기	3	21	60	128
수송장비	55	335	886	1,711
기타제조업제품	7	44	126	269
전력,가스및수도	3	19	52	107
건설	264	1,953	6,322	14,778
도소매	155	1,053	3,089	6,544
음식점 및 숙박	64	442	1,321	2,845
운수 및 보관	190	1,261	3,605	7,369
통신 및 방송	6	44	134	295
금융 및 보험	33	224	661	1,404
부동산 및 사업서비스	113	819	2,515	5,509
공공행정 및 국방	27	185	553	1,194
교육 및 보건	91	640	1,925	4,157
사회 및 기타서비스	44	301	900	1,948
합 계	1,246	8,588	25,728	55,749
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 취업유발자	**0.375**	**0.473**	**0.456**	**0.415**

나. 건설교통 R&D투자의 산업별 고용자 파급효과

● 산업별 고용자 추세

2010년 산업별 고용자 구성비를 취업자 비중과 비교해 보면 자영업자나 가족노동자가 아닌 급료를 지급받는 유급노동자의 산업별 고용구조를 살펴볼 수 있다. [표 5-25]에서 보는 바와 같이, 2010년 기준 우리나라 취업자수 대비 고용자수 비중은 73%이다. 대부분의 산업은 80~90%의 비중을 나타내고 있으나, 농림수산업의 경우 직접고용이나 가족노동자이므로 고용비중은 12%로 아주 낮게 나타나고 있다. 취업자수 대비 고용자수 비중이 높게 나타나는 산업은 공공행정 및 국방, 금융 및 보험, 석유 및 석탄제품, 통신 및 방송, 수송장비, 제1차 금속제품, 전기 및 전자기기 산업으로 나타나고 있으며, 비중이 낮게 나타나는 산업으로는 농림수산품, 도소매, 음식점 및 숙박 산업이 있다.

[표 5-26]에서 고용자 추이를 보면 2000년 1,067만명에서 2010년 1,483만명으로 약 1.4배 증가했으며, 취업자수 대비 고용자수 비중도 2000년 64%에서 2010년 73%로 지속적으로 증가하고 있다. 특이하게도 농림수산품의 경우 취업자수는 지속적인 감소세를 나타내고 있으나 고용자수는 지속적으로 증가하고 있는 것을 보여준다. 이는 개인이 하는 소농업이 기업농업의 형태로 변화하고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

산업별 고용자 비중을 통해 우리나라 고용구조를 살펴 보면, 2000년, 2005년, 2010년도에 대해 각각 1차산업은 고용비중이 1.7%, 1.5%, 1.4%로 나타났고, 제조업 비중은 26.9%, 23.6%, 21.8%로, 건설업은 11.1%, 12.6%, 10.5%로 나타났으며, 서비스업은 59.6%, 61.7%, 65.9%로 나타났다. 건설업 고용자 추이는 지속적으로 증가하여 2010년 현재 2000년과 비교하여 약 31%가 증가했으나, 전체산업에서 차지하는 비중은 소폭 증가세를 보이다가 다시 감소하고 있다. 전체산업에서 차지하는 수송장비와 운수 및 보관업의 비중은 지속적으로 증가하고 있다.

[표 5-25] 2010년 취업자수 대비 고용자수 비중

<단위: 명, %>

구 분	취업자수	비중	고용자수	비중	취업자수 대비 고용자수 비율
농림수산품	1,584,765	7.79	190,204	1.28	12.00
광산품	15,450	0.08	14,167	0.10	91.70
음식료품	279,382	1.37	207,821	1.40	74.39
섬유 및 가죽제품	316,030	1.55	262,392	1.77	83.03
목재 및 종이제품	102,416	0.50	91,689	0.62	89.53
인쇄 및 복제	70,841	0.35	52,711	0.36	74.41
석유 및 석탄제품	18,908	0.09	18,699	0.13	98.89
화학제품	398,805	1.96	380,477	2.57	95.40
비금속광물제품	104,331	0.51	97,204	0.66	93.17
제1차 금속제품	155,904	0.77	151,235	1.02	97.01
금속제품	400,191	1.97	341,875	2.31	85.43
일반기계	427,153	2.10	392,007	2.64	91.77
전기 및 전자기기	648,345	3.19	628,669	4.24	96.97
정밀기기	88,085	0.43	82,381	0.56	93.52
수송장비	445,821	2.19	438,283	2.96	98.31
기타제조업제품	110,896	0.54	85,744	0.58	77.32
전력,가스및수도	68,760	0.34	68,728	0.46	99.95
건설	1,602,686	7.87	1,556,835	10.50	97.14
도소매	3,213,818	15.79	1,518,278	10.24	47.24
음식점 및 숙박	1,673,930	8.22	814,534	5.49	48.66
운수 및 보관	1,020,788	5.02	706,063	4.76	69.17
통신 및 방송	157,685	0.77	155,046	1.05	98.33
금융 및 보험	679,389	3.34	674,035	4.54	99.21
부동산 및 사업서비스	2,153,783	10.58	1,980,294	13.35	91.94
공공행정 및 국방	845,515	4.15	845,515	5.70	100.00
교육 및 보건	2,575,321	12.65	2,344,285	15.81	91.03
사회 및 기타서비스	1,195,613	5.87	731,904	4.93	61.22
합 계	20,354,611	100.00	14,831,075	100.00	72.86

[표 5-26] 우리나라 산업별 고용자수 (2000-2010년)

<단위: 명, %>

구 분	2000년		2005년		2010년	
	고용자수	비중	고용자수	비중	고용자수	비중
농림수산품	164,687	1.54	174,126	1.41	190,204	1.28
광산품	17,213	0.16	16,001	0.13	14,167	0.10
음식료품	208,356	1.95	203,103	1.64	207,821	1.40
섬유 및 가죽제품	445,134	4.17	298,326	2.41	262,392	1.77
목재 및 종이제품	92,087	0.86	89,479	0.72	91,689	0.62
인쇄 및 복제	108,117	1.01	51,734	0.42	52,711	0.36
석유 및 석탄제품	17,978	0.17	13,741	0.11	18,699	0.13
화학제품	309,889	2.90	360,453	2.91	380,477	2.57
비금속광물제품	100,412	0.94	95,300	0.77	97,204	0.66
제1차 금속제품	107,739	1.01	115,190	0.93	151,235	1.02
금속제품	187,552	1.76	241,499	1.95	341,875	2.31
일반기계	284,520	2.67	318,236	2.57	392,007	2.64
전기 및 전자기기	542,612	5.08	597,303	4.82	628,669	4.24
정밀기기	57,477	0.54	76,910	0.62	82,381	0.56
수송장비	305,188	2.86	368,972	2.98	438,283	2.96
기타제조업제품	103,838	0.97	86,940	0.70	85,744	0.58
전력,가스및수도	71,944	0.67	68,695	0.55	68,728	0.46
건설	1,186,024	11.11	1,563,201	12.63	1,556,835	10.50
도소매	1,170,200	10.96	1,236,312	9.99	1,518,278	10.24
음식점 및 숙박	595,157	5.58	655,036	5.29	814,534	5.49
운수 및 보관	565,170	5.30	658,985	5.32	706,063	4.76
통신 및 방송	123,028	1.15	148,324	1.20	155,046	1.05
금융 및 보험	694,129	6.50	544,661	4.40	674,035	4.54
부동산 및 사업서비스	677,024	6.34	1,389,419	11.22	1,980,294	13.35
공공행정 및 국방	674,749	6.32	700,133	5.65	845,515	5.70
교육 및 보건	1,392,790	13.05	1,689,861	13.65	2,344,285	15.81
사회 및 기타서비스	470,178	4.41	619,408	5.00	731,904	4.93
합 계	10,673,192	100.00	12,381,348	100.00	14,831,075	100.00
취업자수 대비 비율	64.0012		70.3412		72.8635	

● 기존추세에 따른 산업별 고용자수 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 고용자수를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 산업연관표에 있는 고용자수를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-27] 산업별 고용자수 전망값 검증결과

<단위 : 명, %>

	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
농림수산품	177,181	180,117	182,799	185,204	187,422	190,204	-2,782	-1.4625
광산품	15,512	15,067	14,652	14,264	13,908	14,167	-259	-1.8248
음식료품	203,483	203,896	204,198	204,371	204,519	207,821	-3,302	-1.5887
섬유 및 가죽제품	288,791	280,113	272,037	264,495	257,581	262,392	-4,811	-1.8336
목재 및 종이제품	89,677	89,887	90,046	90,147	90,235	91,689	-1,454	-1.5860
인쇄 및 복제	51,779	51,836	51,868	51,870	51,869	52,711	-842	-1.5966
석유 및 석탄제품	14,764	15,771	16,738	17,653	18,513	18,699	-186	-0.9955
화학제품	363,789	367,027	369,904	372,384	374,657	380,477	-5,820	-1.5298
비금속광물제품	95,407	95,534	95,614	95,637	95,654	97,204	-1,550	-1.5946
제1차 금속제품	122,648	129,947	136,916	143,466	149,610	151,235	-1,625	-1.0742
금속제품	262,105	282,528	302,279	321,049	338,770	341,875	-3,105	-0.9082
일반기계	333,475	348,246	362,188	375,155	387,254	392,007	-4,753	-1.2126
전기 및 전자기기	602,418	607,394	611,797	615,567	619,017	628,669	-9,652	-1.5353
정밀기기	77,893	78,841	79,696	80,451	81,144	82,381	-1,237	-1.5013
수송장비	383,181	396,890	409,735	421,596	432,629	438,283	-5,654	-1.2900
기타제조업제품	86,358	85,842	85,327	84,808	84,325	85,744	-1,419	-1.6554
전력,가스및수도	68,463	68,266	68,055	67,824	67,608	68,728	-1,120	-1.6299
건설	1,556,264	1,550,241	1,544,021	1,537,460	1,531,333	1,556,835	-25,502	-1.6381
도소매	1,294,536	1,350,948	1,404,162	1,453,626	1,499,768	1,518,278	-18,510	-1.2191
음식점 및 숙박	688,017	720,027	750,294	778,491	804,822	814,534	-9,712	-1.1923
운수 및 보관	667,453	675,617	682,988	689,489	695,467	706,063	-10,596	-1.5007
통신 및 방송	149,351	150,358	151,237	151,973	152,645	155,046	-2,401	-1.5484
금융 및 보험	571,400	597,335	621,835	644,641	665,929	674,035	-8,106	-1.2026
부동산 및 사업서비스	1,510,595	1,630,833	1,747,255	1,857,996	1,962,606	1,980,294	-17,688	-0.8932
공공행정 및 국방	730,066	759,004	786,212	811,421	834,904	845,515	-10,611	-1.2550
교육 및 보건	1,824,589	1,957,643	2,085,889	2,207,412	2,321,944	2,344,285	-22,341	-0.9530
사회 및 기타서비스	642,429	664,628	685,404	704,566	722,381	731,904	-9,523	-1.3011
합 계	12,871,624	13,353,835	13,813,147	14,243,014	14,646,515	14,831,075	-184,560	-1.2444

[표 5-27]은 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 산업별 고용자수 전망값이다. 또한 2010년도 산업연관표에 있는 실제 산업별 고용자수와 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 고용자수는 2006년부터 2010년까지 각각 1,287만명, 1,335만명, 1,381만명, 1,424만명, 1,465만명으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 1.2%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 1%내외로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

이제, 다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 고용자수를 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-28]을 보면, 2030년 우리나라의 고용자수는 1,734만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 17% 증가한 숫자이다. 2030년의 주요 산업별로 고용자수를 살펴보면, 농림수산품은 20만명으로 2010년에 비해 약 5% 증가하였고 고용자가 지속적으로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 전기 및 전자기기 산업은 고용자수가 63만명으로 큰 변동을 보이지 않을 것으로 전망된다. 건설업의 경우 2030년 고용자수는 144만명으로 2010년에 비해 약 7% 정도 감소하였으며, 전체산업에서 차지하는 비중이 지속적으로 감소하여 8.33%까지 축소될 것으로 전망됨을 알 수 있다.

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 고용자수 전망**

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 고용자수를 전망한 결과는 [표 5-29]와 같다. 2030년 우리나라의 고용자수는 1,739만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 1,734만명에 비해 5만명이 증가한 수치이다. 건설업의 경우 2030년의 고용자수는 146만명으로 기존추세에 따른 144만명에 비해 2만명이 증가할 것으로 전망된다. 한편, 수송장비업의 경우 2030년의 고용자수가 각각 51만명으로 기존추세와 거의 차이가 나지 않고, 운수 및 보관업은 2030년 73만명이고 이는 기존추세에 비해 4,258명이 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-28] 기존추세에 따른 산업별 고용자수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	고용자수	비중	고용자수	비중	고용자수	비중	고용자수	비중
농림수산품	195,377	1.21	198,227	1.17	199,480	1.16	200,118	1.15
광산품	12,509	0.08	11,550	0.07	10,987	0.06	10,673	0.06
음식료품	204,450	1.26	202,548	1.20	201,275	1.17	200,635	1.16
섬유 및 가죽제품	230,420	1.42	211,911	1.26	201,018	1.17	194,934	1.12
목재 및 종이제품	90,290	0.56	89,501	0.53	88,967	0.52	88,698	0.51
인쇄 및 복제	51,705	0.32	51,137	0.30	50,768	0.30	50,582	0.29
석유 및 석탄제품	21,808	0.13	23,449	0.14	24,208	0.14	24,551	0.14
화학제품	382,220	2.36	383,169	2.27	383,207	2.23	383,253	2.21
비금속광물제품	95,419	0.59	94,412	0.56	93,753	0.55	93,420	0.54
제1차 금속제품	173,045	1.07	184,638	1.09	190,059	1.11	192,547	1.11
금속제품	406,947	2.52	441,007	2.61	456,582	2.65	463,507	2.67
일반기계	432,934	2.68	454,979	2.70	465,434	2.71	470,376	2.71
전기 및 전자기기	630,343	3.90	631,240	3.74	630,949	3.67	630,846	3.64
정밀기기	83,558	0.52	84,208	0.50	84,448	0.49	84,575	0.49
수송장비	473,949	2.93	493,302	2.92	502,509	2.92	506,941	2.92
기타제조업제품	82,211	0.51	80,210	0.48	79,016	0.46	78,395	0.45
전력,가스및수도	66,568	0.41	65,347	0.39	64,603	0.38	64,220	0.37
건설	1,503,075	9.29	1,472,668	8.73	1,454,288	8.46	1,444,796	8.33
도소매	1,673,882	10.35	1,757,744	10.41	1,797,538	10.45	1,816,374	10.47
음식점 및 숙박	904,413	5.59	952,730	5.64	975,609	5.67	986,374	5.69
운수 및 보관	716,287	4.43	721,924	4.28	724,026	4.21	725,133	4.18
통신 및 방송	154,750	0.96	154,576	0.92	154,295	0.90	154,163	0.89
금융 및 보험	746,374	4.62	785,299	4.65	803,747	4.67	812,447	4.69
부동산 및 사업서비스	2,365,357	14.63	2,566,621	15.21	2,658,466	15.46	2,699,191	15.57
공공행정 및 국방	923,204	5.71	965,219	5.72	985,194	5.73	994,728	5.74
교육 및 보건	2,761,639	17.08	2,980,995	17.66	3,081,939	17.92	3,127,193	18.03
사회 및 기타서비스	789,009	4.88	820,027	4.86	834,783	4.85	841,904	4.86
합 계	16,171,743	100.00	16,878,636	100.00	17,197,150	100.00	17,340,574	100.00

[표 5-29] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 고용자수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	195,385	198,282	199,644	200,473
광산품	12,510	11,558	11,011	10,731
음식료품	204,459	202,603	201,437	200,980
섬유 및 가죽제품	230,430	211,972	201,189	195,292
목재 및 종이제품	90,296	89,536	89,067	88,913
인쇄 및 복제	51,708	51,155	50,822	50,699
석유 및 석탄제품	21,809	23,457	24,234	24,605
화학제품	382,240	383,297	383,573	384,019
비금속광물제품	95,427	94,468	93,919	93,775
제1차 금속제품	173,056	184,711	190,265	192,972
금속제품	406,977	441,213	457,183	464,759
일반기계	432,957	455,129	465,872	471,305
전기 및 전자기기	630,371	631,421	631,470	631,946
정밀기기	83,562	84,232	84,519	84,726
수송장비	473,997	493,603	503,328	508,564
기타제조업제품	82,216	80,244	79,113	78,601
전력,가스및수도	66,571	65,369	64,663	64,346
건설	1,503,287	1,474,193	1,459,120	1,455,924
도소매	1,673,968	1,758,332	1,799,277	1,820,093
음식점 및 숙박	904,454	953,009	976,444	988,180
운수 및 보관	716,396	722,648	726,099	729,390
통신 및 방송	154,758	154,627	154,446	154,493
금융 및 보험	746,411	785,558	804,515	814,092
부동산 및 사업서비스	2,365,478	2,567,497	2,661,146	2,705,056
공공행정 및 국방	923,241	965,472	985,951	996,362
교육 및 보건	2,761,751	2,981,788	3,084,327	3,132,373
사회 및 기타서비스	789,043	820,264	835,489	843,433
합 계	16,172,759	16,885,636	17,218,123	17,386,100

● 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 고용자수 유발효과

[표 5-28]의 “기존추세에 따른 산업별 고용자수 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 고용자수는 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-29]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 고용자수 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 고용자수는 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-28]에 나타난 추정값과 [표 5-29]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로서 나타난 파급효과로 볼 수 있다.

[표 5-30]은 이러한 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 고용자수와 기존추세에 의해 추정된 산업별 고용자수와의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 건설교통분야에 대한 투자이므로 수송장비업, 건설업, 운수보관업의 고용자수가 가장 크게 증가하였고 또한 다른 산업에도 영향을 미쳐 다른 산업의 고용자수도 같이 증가하였음을 알 수 있다. 건설업의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 212명, 2020년 1,525명, 2025년 4,832명, 2030년 11,128명의 고용자수 증가효과가 있었음을 알 수 있다. 국가 전체로 볼 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 1,016명, 2020년 7,000명, 2025년 20,973명, 2030년 45,526명의 고용자수 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 이로 인한 파급효과는 누적적으로 나타나게 되므로, 분석시점의 파급효과로 나타난 고용자 증가수는 20년 동안 투자한 결과의 파급효과로 봐야한다. 따라서 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액의 누적액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 나타난 고용자수를 나누어 그동안 투자한 총액의 단위 투자액 당(1억당) 고용자수를 계산함으로써 투자액 대비 고용자수의 증가정도를 분석할 수 있다. [표 5-30]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 고용자수 증가분이 바로 분석시점까지 투자한 건설교통 R&D 단위투자액(1억원)의 파급효과인 것이다. 2015년까지의 R&D투자 누적액은 3,323억원이고 이로 인한 고용자 증가수는 1,016명으로 추가투자액 1억당 고용자 증가수는 0.306명이고, 2030년까지의 R&D투자 누적액은 13조4,365억원이고 이로 인한 고용자 증가수는 45,526명으로 추가투자액 1억당 고용자 증가수는 0.339명으로 전망된다.

[표 5-30] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 고용 유발자수(2015-2030년)

<단위 : 명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	8	55	164	356
광산품	1	8	25	58
음식료품	8	55	161	345
섬유 및 가죽제품	10	61	171	358
목재 및 종이제품	5	35	101	215
인쇄 및 복제	3	18	53	117
석유 및 석탄제품	1	9	26	53
화학제품	20	128	366	766
비금속광물제품	8	56	166	355
제1차 금속제품	11	72	206	425
금속제품	30	206	600	1,251
일반기계	22	150	438	929
전기 및 전자기기	28	181	521	1,100
정밀기기	4	24	71	151
수송장비	49	302	819	1,623
기타제조업제품	5	34	97	206
전력,가스및수도	3	21	61	126
건설	212	1,525	4,832	11,128
도소매	86	588	1,739	3,719
음식점 및 숙박	40	279	835	1,806
운수 및 보관	109	724	2,072	4,258
통신 및 방송	8	51	151	330
금융 및 보험	38	259	768	1,645
부동산 및 사업서비스	121	876	2,680	5,866
공공행정 및 국방	37	254	756	1,634
교육 및 보건	112	792	2,389	5,180
사회 및 기타서비스	35	236	706	1,528
합 계	1,016	7,000	20,973	45,526
3% 증액 누적투자액(억원	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 고용유발자	**0.306**	**0.385**	**0.372**	**0.339**

다. 건설교통 R&D투자의 산업별 노동생산성 파급효과

● 산업별 노동생산성 추세

노동생산성(Productivity of labour)은 일정 시간에 투입된 노동량과 그 성과인 생산량과의 비율로, 노동자 1인이 일정기간동안 산출하는 생산량 또는 부가가치를 나타낸다. 일반적으로 노동투입량에 대한 산출량의 비율을 나타내는 “물적 노동생산성”과 노동 투입량에 대한 부가가치의 비율을 나타내는 “부가가치 노동생산성”으로 대별된다. 이 연구에서 다루고자 하는 노동생산성은 그 성격면에서 “부가가치 노동생산성”을 의미하나 계산방법에 있어 약간의 차이가 있다. 원래 부가가치 노동생산성은 산업별 GDP를 투입한 노동시간으로 나누어 산출하나, 이 연구에서는 주요 지표를 통해 산출해 낼 수 있도록 산업별 GDP를 취업자수로 나누어 산출하였다.

지난 10년간 우리나라의 산업별 GDP와 취업자수[70] 자료를 이용하여 산출한, 산업별 취업자수 대비 GDP를 나타내는 노동생산성은 [표 5-31]과 같다. 표에서 보는 바와 같이 전체 업종이 거의 대부분 노동생산성의 증가세를 보이고 있으며, 석유 및 석탄제품의 노동생산성이 다른 산업과 비교가 안될 정도로 높은 것을 볼 수 있다. 2000년에서 2010년 사이에 우리나라의 노동생산성은 약 1.6배의 증가를 보였으며, 인쇄 및 복제, 제1차금속제품, 수송장비, 사회 및 기타서비스업이 약2배 성장하여 가장 높은 증가를 보였다.

건설업의 경우 2000년에 비해 2010년에는 약 1.3배의 성장세를 보였으나 국가 전체 평균의 83% 수준으로 타 산업에 비해 노동생산성이 낮은 실정이다. 수송장비의 경우 2000년에 비해 2010년에는 약 2배의 성장세를 보였고, 국가 전체 평균의 2배 수준으로 타 산업에 비해 노동생산성이 상당히 높은 편이다. 운수업의 경우 2000년에 비해 2010년에는 약 2배의 성장세를 보였으나 국가 전체 평균의 73% 수준으로 건설업보다도 더 노동생산성이 낮은 실정이다. 따라서 건설업과 운수업에 종사하는 취업자가 수송장비업에 종사하는 취업자수보다 산출하는 부가가치가 훨씬 적다는 것을 알 수 있다.

70) 한국은행, 산업연관표 중 생산자가격평가표와 고용표, 2000년, 2005년, 2010년

[표 5-31] 우리나라 산업별 노동생산성 (2000-2010년)

<단위: 억원, 천명, 만원>

구 분	2000년			2005년			2010년		
	GDP	취업자수	노동생산성	GDP	취업자수	노동생산성	GDP	취업자수	노동생산성
농림수산품	239,003	2,229	1,072	248,933	1,830	1,360	278,397	1,585	1,757
광산품	16,793	19	8,834	18,799	17	10,819	22,168	15	14,348
음식료품	159,619	283	5,636	207,177	281	7,376	241,279	279	8,636
섬유 및 가죽제품	139,265	511	2,727	125,772	356	3,528	150,493	316	4,762
목재 및 종이제품	44,804	106	4,225	53,764	101	5,313	72,242	102	7,054
인쇄 및 복제	30,900	131	2,365	29,376	63	4,673	32,432	71	4,578
석유 및 석탄제품	174,269	18	95,773	231,661	14	166,376	281,379	19	148,815
화학제품	217,903	324	6,731	320,518	378	8,488	449,395	399	11,269
비금속광물제품	58,324	109	5,355	75,371	103	7,297	104,379	104	10,005
제1차 금속제품	121,685	112	10,825	225,733	119	19,028	354,797	156	22,757
금속제품	72,381	225	3,222	136,567	290	4,712	212,864	400	5,319
일반기계	132,476	311	4,266	193,482	345	5,605	290,567	427	6,802
전기 및 전자기기	389,059	559	6,954	472,728	616	7,672	732,819	648	11,303
정밀기기	17,466	62	2,807	32,588	82	3,975	46,584	88	5,288
수송장비	178,756	311	5,751	285,327	377	7,560	513,924	446	11,528
기타제조업제품	34,020	133	2,549	40,576	111	3,663	50,101	111	4,518
전력,가스및수도	143,590	72	19,959	189,522	69	27,544	231,311	69	33,640
건설	436,387	1,249	3,495	681,413	1,576	4,323	753,211	1,603	4,700
도소매	440,114	2,888	1,524	632,933	2,697	2,347	897,904	3,214	2,794
음식점 및 숙박	166,579	1,370	1,216	227,579	1,398	1,627	308,098	1,674	1,841
운수 및 보관	213,450	783	2,728	337,245	956	3,528	421,126	1,021	4,126
통신 및 방송	198,149	127	15,632	239,141	152	15,708	262,987	158	16,678
금융 및 보험	436,278	699	6,242	552,730	550	10,047	759,469	679	11,179
부동산 및 사업서비스	979,367	850	11,519	1,399,947	1,541	9,085	1,844,792	2,154	8,565
공공행정 및 국방	297,319	675	4,406	474,715	700	6,780	641,375	846	7,586
교육 및 보건	488,313	1,552	3,145	792,298	1,850	4,282	1,174,827	2,575	4,562
사회 및 기타서비스	153,325	969	1,581	293,927	1,028	2,860	396,889	1,196	3,320
기타	16,856	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	5,996,451	16,677	3,596	8,519,822	17,602	4,840	11,525,808	20,355	5,663

● 기존추세에 따른 산업별 노동생산성 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 노동생산성을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 우리나라의 산업별 GDP와 취업자수 자료를 이용하여 산출한 산업별 노동생산성값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-32] 산업별 노동생산성 전망값 검증결과

<단위 : 만원/명, %>

	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율
농림수산품	1,456	1,534	1,618	1,709	1,816	1,757	59	3.4
광산품	11,639	12,325	13,061	13,857	14,817	14,348	469	3.3
음식료품	7,732	7,979	8,240	8,519	8,904	8,636	268	3.1
섬유 및 가죽제품	3,809	4,048	4,305	4,583	4,917	4,762	155	3.2
목재 및 종이제품	5,710	6,041	6,394	6,775	7,256	7,054	202	2.9
인쇄 및 복제	4,725	4,703	4,686	4,674	4,713	4,578	135	2.9
석유 및 석탄제품	165,267	161,600	158,126	154,890	152,440	148,815	3,626	2.4
화학제품	9,121	9,647	10,208	10,811	11,576	11,269	308	2.7
비금속광물제품	7,894	8,405	8,953	9,545	10,288	10,005	283	2.8
제1차 금속제품	20,029	20,745	21,494	22,287	23,246	22,757	489	2.1
금속제품	4,904	5,023	5,146	5,276	5,429	5,319	110	2.1
일반기계	5,916	6,144	6,384	6,639	6,961	6,802	158	2.3
전기 및 전자기기	8,418	9,089	9,818	10,612	11,597	11,303	294	2.6
정밀기기	4,274	4,521	4,786	5,070	5,430	5,288	141	2.7
수송장비	8,351	9,076	9,865	10,729	11,779	11,528	251	2.2
기타제조업제품	3,880	4,045	4,220	4,408	4,654	4,518	136	3.0
전력,가스및수도	29,117	30,299	31,550	32,888	34,658	33,640	1,017	3.0
건설	4,464	4,539	4,618	4,705	4,847	4,700	147	3.1
도소매	2,467	2,552	2,642	2,737	2,863	2,794	69	2.5
음식점 및 숙박	1,693	1,734	1,777	1,823	1,887	1,841	47	2.5
운수 및 보관	3,696	3,811	3,933	4,063	4,244	4,126	118	2.9
통신 및 방송	16,143	16,334	16,541	16,770	17,196	16,678	518	3.1
금융 및 보험	10,421	10,638	10,866	11,108	11,453	11,179	274	2.5
부동산 및 사업서비스	9,122	9,014	8,914	8,823	8,759	8,565	194	2.3
공공행정 및 국방	7,040	7,195	7,357	7,529	7,777	7,586	191	2.5
교육 및 보건	4,406	4,461	4,519	4,581	4,658	4,562	96	2.1
사회 및 기타서비스	2,991	3,079	3,172	3,270	3,406	3,320	86	2.6
평균 노동생산성	5,076	5,242	5,418	5,607	5,808	5,663	145	2.6

[표 5-32]는 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 산업별 노동생산성과 2010년도 우리나라의 산업별 GDP와 취업자수 자료를 이용하여 산출한 산업별 취업자수 대비 GDP값, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 인당 노동생산성은 2006년부터 2010년까지 각각 5,076만원, 5,242만원, 5,418만원, 5,607만원, 5,808만원으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 2.6%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 2.1%~3.4%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 노동생산성을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-33]을 보면, 2030년 우리나라의 인당 노동생산성은 1억2,771만원에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 2.3배에 해당 하는 규모이다. 2030년 기준 주요 산업별로 인당 노동생산성을 살펴보면, 농림수산품은 2,693만원으로 2010년에 비해 약 1.5배정도 늘어났으나, 전체산업 평균의 20% 수준인 실정을 볼 수 있다. 건설업의 경우 2030년 인당 노동생산성은 5,344만원으로 2010년에 비해 약 1.1배 정도로 거의 증가하지 않으며, 전체산업 평균의 42% 수준으로 더욱 나빠질 것으로 전망되고 있다. 수송장비의 경우 2030년 인당 노동생산성은 6억3,759만원으로 2010년에 비해 약 5.5배 수준으로 크게 증가하고, 전체산업 평균의 5배로 매우 높은 수준으로 좋아질 것으로 전망되고 있다. 운수업의 경우 2030년 인당 노동생산성은 6,824만원으로 2010년에 비해 약 1.7배 정도로 증가하나, 전체산업 평균의 53% 수준으로 나타날 것으로 전망되었다.

[표 5-33] 기존추세에 따른 산업별 노동생산성 전망 (2015-2030년)

<단위 : 만원/명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	2,197	2,488	2,651	2,693
광산품	18,469	21,641	23,926	25,264
음식료품	10,137	11,169	11,856	12,184
섬유 및 가죽제품	6,228	7,408	8,304	8,882
목재 및 종이제품	9,360	11,680	14,012	16,214
인쇄 및 복제	4,725	4,759	4,722	4,595
석유 및 석탄제품	151,762	159,769	169,444	177,420
화학제품	15,140	19,356	23,926	28,591
비금속광물제품	13,673	17,554	21,635	25,686
제1차 금속제품	30,061	40,346	53,827	70,130
금속제품	6,799	8,970	11,840	15,299
일반기계	8,887	11,587	14,922	18,740
전기 및 전자기기	16,728	23,482	31,735	41,300
정밀기기	7,158	9,263	11,615	14,091
수송장비	18,336	28,576	43,426	63,759
기타제조업제품	5,577	6,467	7,217	7,785
전력,가스및수도	41,130	47,219	52,181	55,751
건설	5,177	5,394	5,446	5,344
도소매	3,533	4,411	5,422	6,498
음식점 및 숙박	2,222	2,654	3,130	3,605
운수 및 보관	4,937	5,656	6,302	6,824
통신 및 방송	18,065	18,612	18,643	18,186
금융 및 보험	13,449	16,169	19,256	22,432
부동산 및 사업서비스	9,295	10,489	11,929	13,371
공공행정 및 국방	9,094	10,822	12,725	14,627
교육 및 보건	5,542	6,974	8,804	10,903
사회 및 기타서비스	4,062	4,877	5,755	6,622
평균 노동생산성	7,026	8,662	10,606	12,771

● 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 노동생산성 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 인당 노동생산성을 전망한 결과는 [표 5-34]와 같다. 2030년 우리나라의 인당 노동생산성은 1억2,766만원이 될 것으로 전망되고, 이는 기존추세에 따른 인당 노동생산성보다 6만원이 감소된 수치이다. 이는 건설교통 R&D투자의 파급효과로 발생한 GDP의 증가액보다 취업자의 증가수가 더 많아져서 발생하는 것으로 유추해 볼 수 있다.

건설업의 경우 2030년의 노동생산성은 5,380만원으로 기존추세에 따른 노동생산성 5,344만원에 비해 35만원이 증가하나, 이는 취업자수가 크가 증가하였음에도 노동생산성을 높아졌다는 것임을 고려해야 할 것이다. 한편, 수송장비업과 운수 및 보관업의 2030년 인당 노동생산성은 각각 6억3,796만원, 6,852만원이고 이는 기존추세에 따른 노동생산성 6억3,759만원과 6,824만원에 비해 각각 37만원과 28만원이 증가한 수치이다.

[표 5-34] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 노동생산성 전망(2015-2030년)

<단위 : 만원/명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	2,197	2,488	2,649	2,690
광산품	18,470	21,648	23,958	25,354
음식료품	10,137	11,167	11,851	12,172
섬유 및 가죽제품	6,228	7,407	8,300	8,875
목재 및 종이제품	9,360	11,680	14,011	16,212
인쇄 및 복제	4,725	4,758	4,722	4,594
석유 및 석탄제품	151,762	159,764	169,419	177,347
화학제품	15,140	19,355	23,919	28,572
비금속광물제품	13,674	17,558	21,649	25,722
제1차 금속제품	30,061	40,344	53,818	70,099
금속제품	6,799	8,971	11,841	15,301
일반기계	8,887	11,586	14,918	18,727
전기 및 전자기기	16,727	23,478	31,720	41,260
정밀기기	7,158	9,262	11,610	14,078
수송장비	18,337	28,582	43,444	63,796
기타제조업제품	5,577	6,467	7,217	7,786
전력,가스및수도	41,129	47,214	52,165	55,713
건설	5,178	5,399	5,461	5,380
도소매	3,533	4,411	5,421	6,495
음식점 및 숙박	2,222	2,654	3,128	3,602
운수 및 보관	4,938	5,661	6,315	6,852
통신 및 방송	18,065	18,610	18,638	18,178
금융 및 보험	13,449	16,167	19,250	22,418
부동산 및 사업서비스	9,295	10,488	11,926	13,365
공공행정 및 국방	9,094	10,820	12,719	14,611
교육 및 보건	5,542	6,973	8,799	10,892
사회 및 기타서비스	4,062	4,876	5,753	6,617
평균 노동생산성	7,026	8,662	10,605	12,766

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 노동생산성 유발효과**

[표 5-33]의 “기존추세에 따른 산업별 노동생산성 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 노동생산성은 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-34]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 노동생산성 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 노동생산성은 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-36]에 나타난 추정값과 [표 5-34]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로서 나타난 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-35]는 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 노동생산성과 기존추세에 의해 추정된 산업별 노동생산성과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. [표 5-35]에서 보는 바와 같이 건설교통 R&D투자에 의해서는 광산품, 수송장비, 건설, 운수 및 보관 산업의 노동생산성은 증가하나 타산업의 노동생산성은 모두 감소할 것이라는 것을 알 수 있다. 이는 앞에서도 서술한 바와 같이 건설교통 R&D투자의 경우 타산업의 GDP를 증가시키는 비율보다 취업자수를 크게 증가시키기 때문에 발생하는 것이다. 따라서 건설교통 R&D투자가 타산업의 노동생산성을 감소시킨다고 해석하는 오류를 범해서는 안될 것이다.

건설업의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 1만원, 2020년 4만원, 2025년 15만원, 2030년 35만원의 노동생산성 증가효과가 있었음을 알 수 있다. 이는 R&D투자에 의한 증가액으로서는 아주 미미한 수준이나 크게 증가한 취업자수를 고려할 때 바람직하다고 판단된다. 국가 전체로 볼 경우에는 GDP보다는 취업자수를 크게 증가시키기 때문에 노동생산성의 증가는 나타나지 않고 있다.

[표 5-35] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 노동생산성 증가(2015-2030년)

<단위 : 만원/명>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	0	0	-1	-2
광산품	1	8	32	89
음식료품	0	-2	-6	-12
섬유 및 가죽제품	0	-1	-3	-7
목재 및 종이제품	0	0	-1	-3
인쇄 및 복제	0	0	-1	-1
석유 및 석탄제품	0	-5	-25	-73
화학제품	0	-2	-7	-19
비금속광물제품	0	4	14	37
제1차 금속제품	0	-1	-8	-31
금속제품	0	1	1	2
일반기계	0	-1	-5	-13
전기 및 전자기기	0	-4	-14	-40
정밀기기	0	-1	-5	-13
수송장비	1	6	18	37
기타제조업제품	0	0	0	1
전력,가스및수도	-1	-5	-16	-38
건설	1	4	15	35
도소매	0	0	-2	-4
음식점 및 숙박	0	0	-1	-3
운수 및 보관	1	4	13	28
통신 및 방송	0	-2	-5	-8
금융 및 보험	0	-2	-6	-14
부동산 및 사업서비스	0	-1	-3	-6
공공행정 및 국방	0	-2	-7	-16
교육 및 보건	0	-1	-5	-12
사회 및 기타서비스	0	-1	-2	-6
평균 노동생산성	0	0	-2	-6
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 노동생산성 증가분(만원)	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**0.0000**

5. 건설교통 R&D투자의 수출액과 수출비중 파급효과

● 산업별 수출액 추세

지난 10년간 우리나라의 산업별 수출액은 [표 5-36][71]과 같다. 표에서 보는 바와 같이 전체 업종이 수출액의 증가를 보이고 있다. 2000년에서 2010년 사이에 전체산업은 평균적으로 약 2.6배의 수출액 증가를 보였으며, 그 중 부동산 및 사업서비스, 제1차금속제품, 금융 및 보험 산업이 4배상 성장하여 가장 높은 증가를 보였다. 수출액측면에서 살펴보면, 2010년을 기준으로 전기 및 전자기기가 178조6,049억으로 가장 큰 규모를 나타내고 있고, 다음으로 수송장비는 111조7,584억원 그리고 화학제품이 67조9,858억원으로 큰 규모로 나타나고 있으며 이 세 산업이 우리나라 수출액의 55%를 차지하고 있다. 건설업의 경우 2000년에 비해 2010년에는 약 1.6배의 성장세를 보였고 수송장비는 3.6배, 운수 및 보관은 1.9배의 성장세를 보였다. 또한 수송장비와 운수 및 보관 산업은 수출액 규모 측면에서도 17%와 6%로 크게 나타나고 있다.

71) 한국은행, 산업연관표 중 생산자가격평가표, 2000년, 2005년, 2010년

[표 5-36] 우리나라 산업별 수출액(2000-2010년)

<단위: 억원, %>

구 분	2000년		2005년		2010년	
	수출액	비중	수출액	비중	수출액	비중
농림수산품	7,027	0.30	5,443	0.16	7,909	0.13
광산품	689	0.03	584	0.02	626	0.01
음식료품	30,577	1.29	33,586	0.98	62,327	1.01
섬유 및 가죽제품	230,591	9.73	140,003	4.08	172,493	2.79
목재 및 종이제품	21,047	0.89	21,515	0.63	30,967	0.50
인쇄 및 복제	3,528	0.15	3,069	0.09	4,726	0.08
석유 및 석탄제품	120,532	5.09	185,940	5.42	410,373	6.63
화학제품	199,618	8.42	350,759	10.22	679,858	10.99
비금속광물제품	10,406	0.44	14,036	0.41	18,480	0.30
제1차 금속제품	100,615	4.25	191,443	5.58	410,018	6.63
금속제품	30,757	1.30	55,858	1.63	122,113	1.97
일반기계	97,075	4.10	174,208	5.07	377,550	6.10
전기 및 전자기기	723,592	30.54	1,075,576	31.33	1,786,049	28.87
정밀기기	21,757	0.92	39,073	1.14	65,791	1.06
수송장비	307,360	12.97	588,420	17.14	1,117,584	18.07
기타제조업제품	29,668	1.25	23,853	0.69	31,810	0.51
전력,가스및수도	528	0.02	629	0.02	787	0.01
건설	2,222	0.09	1,502	0.04	3,685	0.06
도소매	78,107	3.30	106,645	3.11	156,734	2.53
음식점 및 숙박	41,475	1.75	27,358	0.80	48,209	0.78
운수 및 보관	220,257	9.29	255,448	7.44	425,176	6.87
통신 및 방송	5,534	0.23	8,579	0.25	13,124	0.21
금융 및 보험	17,483	0.74	25,323	0.74	70,467	1.14
부동산 및 사업서비스	35,204	1.49	72,699	2.12	147,787	2.39
공공행정 및 국방	0	0.00	38	0.00	91	0.00
교육 및 보건	986	0.04	1,014	0.03	2,255	0.04
사회 및 기타서비스	14,140	0.60	15,020	0.44	15,503	0.25
기타	18,890	0.80	15,635	0.46	3,673	0.06
합 계	2,369,665	100.00	3,433,254	100.00	6,186,165	100.00

● 기존추세에 따른 산업별 수출액 전망

이 연구를 통하여 개발된 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 수출액을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 산업연관표에 있는 수출액 값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-37] 산업별 수출액 전망값 검증결과

<단위 : 억원, %>

	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
농림수산품	5,913	6,392	6,884	7,389	7,907	7,909	-1	-0.0183
광산품	596	605	613	619	625	626	-1	-0.1373
음식료품	38,687	44,128	49,894	55,955	62,281	62,327	-46	-0.0740
섬유 및 가죽제품	146,677	153,181	159,600	165,988	172,383	172,493	-111	-0.0642
목재 및 종이제품	23,320	25,161	27,046	28,978	30,961	30,967	-6	-0.0192
인쇄 및 복제	3,379	3,699	4,030	4,373	4,725	4,726	-1	-0.0176
석유 및 석탄제품	223,793	265,427	310,547	358,737	409,524	410,373	-849	-0.2070
화학제품	408,439	470,445	536,508	606,235	679,178	679,858	-680	-0.1001
비금속광물제품	14,914	15,791	16,673	17,566	18,473	18,480	-7	-0.0383
제1차 금속제품	228,645	269,343	313,272	360,061	409,287	410,018	-731	-0.1784
금속제품	67,065	79,370	92,689	106,901	121,871	122,113	-241	-0.1977
일반기계	208,693	246,500	287,373	330,954	376,835	377,550	-715	-0.1894
전기 및 전자기기	1,205,641	1,341,804	1,484,042	1,632,076	1,785,521	1,786,049	-529	-0.0296
정밀기기	43,945	49,058	54,409	59,985	65,769	65,791	-22	-0.0334
수송장비	681,706	781,637	887,829	999,707	1,116,608	1,117,584	-976	-0.0873
기타제조업제품	25,416	26,982	28,564	30,168	31,799	31,810	-11	-0.0344
전력,가스및수도	661	692	724	755	786	787	0	-0.0574
건설	1,858	2,258	2,697	3,171	3,673	3,685	-12	-0.3259
도소매	116,146	125,876	135,872	146,148	156,707	156,734	-27	-0.0174
음식점 및 숙박	31,112	35,083	39,262	43,636	48,185	48,209	-24	-0.0494
운수 및 보관	286,499	319,020	353,001	388,375	425,048	425,176	-128	-0.0302
통신 및 방송	9,431	10,309	11,217	12,155	13,121	13,124	-2	-0.0172
금융 및 보험	32,388	40,506	49,591	59,513	70,111	70,467	-356	-0.5049
부동산 및 사업서비스	85,679	99,748	114,830	130,818	147,588	147,787	-198	-0.1343
공공행정 및 국방	46	56	67	78	90	91	0	-0.3037
교육 및 보건	1,223	1,453	1,702	1,969	2,250	2,255	-5	-0.2149
사회 및 기타서비스	15,226	15,365	15,448	15,484	15,480	15,503	-24	-0.1526
기타	10,018	7,004	5,289	4,268	3,640	3,673	-33	-0.8875
합 계	3,917,116	4,436,894	4,989,675	5,572,063	6,180,427	6,186,165	-5,738	-0.0928

[표 5-37]은 “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 산업별 수출액 전망값이다. 또한 2010년도 산업연관표에 있는 실제 산업별 수출액과 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “경제발전 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 수출액은 2006년부터 2010년까지 각각 392조원, 444조원, 499조원, 557조원, 618조원으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.09%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 0%~1%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할 만하다고 판단된다.

다음 단계로 경제발전 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존추세에 따른 산업별 수출액을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-38]을 보면, 2030년 우리나라의 수출액은 2,062조에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 3.3배에 해당 하는 규모이다. 2030년의 주요 산업별로 수출액을 살펴보면, 농림수산품은 2조원으로 2010년에 비해 약 2.6배정도 늘어났으나 그 비중은 0.1%로 매우 미비함을 알 수 있다. 전기 및 전자기기산업은 수출액이 553조원으로 증가해 2010년에 비해 약 3.1배로 크게 증가하고 비중도 26.82%로 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 건설업의 경우 2030년 수출액은 1조원으로 2010년에 비해 약 2배 정도 증가하지만 농림수산품보다도 적어질 전망이다.

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 수출액 전망**

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 수출액을 전망한 결과는 [표 5-39]와 같다. 2030년 우리나라의 수출액은 2,070조원에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 2,062조원에 비해 8조원이 증가한 수치이다. 건설업의 경우 2030년의 수출액은 1.5조원으로 기존 추세에 의한 전망치와 크게 다르지 않을 것으로 전망된다. 한편, 수송장비업과 운수 및 보관업은 2030년의 수출액이 각각 390조원, 133조원이고 이는 기존추세에 따른 388조원과 132조원에 비해 각각 2조원과 1조원이 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-38] 기존추세에 따른 산업별 수출액 전망 (2015-2030년)

<단위 : 억원, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	수출액	비중	수출액	비중	수출액	비중	수출액	비중
농림수산품	10,702	0.11	13,827	0.11	17,262	0.10	20,953	0.10
광산품	641	0.01	657	0.01	684	0.00	727	0.00
음식료품	96,751	1.02	133,933	1.03	172,658	1.03	212,620	1.03
섬유 및 가죽제품	205,563	2.17	243,051	1.86	286,601	1.71	336,124	1.63
목재 및 종이제품	41,638	0.44	53,595	0.41	66,767	0.40	80,953	0.39
인쇄 및 복제	6,636	0.07	8,757	0.07	11,055	0.07	13,492	0.07
석유 및 석탄제품	686,721	7.23	977,354	7.48	1,271,500	7.58	1,570,333	7.62
화학제품	1,076,938	11.34	1,502,954	11.51	1,943,203	11.58	2,395,411	11.62
비금속광물제품	23,288	0.25	28,724	0.22	34,874	0.21	41,672	0.20
제1차 금속제품	677,930	7.14	960,984	7.36	1,248,759	7.44	1,541,765	7.48
금속제품	203,576	2.14	289,375	2.22	376,333	2.24	464,738	2.25
일반기계	627,241	6.61	890,567	6.82	1,157,802	6.90	1,429,654	6.93
전기 및 전자기기	2,619,445	27.59	3,534,955	27.07	4,509,695	26.88	5,530,582	26.82
정밀기기	97,223	1.02	131,679	1.01	168,256	1.00	206,485	1.00
수송장비	1,753,908	18.47	2,438,749	18.67	3,149,006	18.77	3,880,093	18.82
기타제조업제품	40,485	0.43	50,284	0.39	61,323	0.37	73,473	0.36
전력,가스및수도	950	0.01	1,136	0.01	1,350	0.01	1,591	0.01
건설	6,415	0.07	9,240	0.07	12,059	0.07	14,903	0.07
도소매	213,689	2.25	277,340	2.12	347,076	2.07	421,812	2.05
음식점 및 숙박	72,955	0.77	99,897	0.76	128,234	0.76	157,662	0.76
운수 및 보관	624,368	6.58	843,110	6.46	1,075,887	6.41	1,319,596	6.40
통신 및 방송	18,352	0.19	24,164	0.19	30,469	0.18	37,168	0.18
금융 및 보험	127,953	1.35	186,380	1.43	243,774	1.45	301,383	1.46
부동산 및 사업서비스	239,081	2.52	336,311	2.58	435,985	2.60	537,906	2.61
공공행정 및 국방	157	0.00	225	0.00	294	0.00	363	0.00
교육 및 보건	3,786	0.04	5,394	0.04	7,019	0.04	8,669	0.04
사회 및 기타서비스	15,082	0.16	14,531	0.11	14,208	0.08	14,216	0.07
기타	2,791	0.03	3,134	0.02	3,808	0.02	4,613	0.02
합 계	9,494,266	100.00	13,060,306	100.00	16,775,939	100.00	20,618,960	100.00

[표 5-39] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 수출액 전망(2015-2030년)

<단위 : 억원, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	수출액	비중	수출액	비중	수출액	비중	수출액	비중
농림수산품	10,703	0.11	13,835	0.11	17,288	0.10	21,015	0.10
광산품	641	0.01	658	0.01	687	0.00	734	0.00
음식료품	96,760	1.02	134,004	1.03	172,906	1.03	213,226	1.03
섬유 및 가죽제품	205,582	2.17	243,186	1.86	287,037	1.71	337,150	1.63
목재 및 종이제품	41,643	0.44	53,633	0.41	66,900	0.40	81,281	0.39
인쇄 및 복제	6,637	0.07	8,763	0.07	11,075	0.07	13,545	0.07
석유 및 석탄제품	686,801	7.23	978,040	7.48	1,273,882	7.58	1,576,032	7.61
화학제품	1,077,049	11.34	1,503,899	11.51	1,946,491	11.58	2,403,369	11.61
비금속광물제품	23,291	0.25	28,754	0.22	34,981	0.21	41,940	0.20
제1차 금속제품	678,012	7.14	961,680	7.36	1,251,147	7.44	1,547,437	7.47
금속제품	203,604	2.14	289,621	2.22	377,200	2.24	466,843	2.25
일반기계	627,305	6.61	891,121	6.82	1,159,740	6.90	1,434,349	6.93
전기 및 전자기기	2,619,686	27.59	3,536,908	27.06	4,516,359	26.87	5,546,560	26.79
정밀기기	97,231	1.02	131,752	1.01	168,509	1.00	207,095	1.00
수송장비	1,754,227	18.47	2,441,389	18.68	3,157,911	18.78	3,900,965	18.84
기타제조업제품	40,490	0.43	50,323	0.39	61,456	0.37	73,797	0.36
전력,가스및수도	951	0.01	1,137	0.01	1,352	0.01	1,597	0.01
건설	6,416	0.07	9,257	0.07	12,127	0.07	15,098	0.07
도소매	213,711	2.25	277,515	2.12	347,673	2.07	423,252	2.04
음식점 및 숙박	72,962	0.77	99,953	0.76	128,430	0.76	158,141	0.76
운수 및 보관	624,530	6.58	844,563	6.46	1,081,169	6.43	1,332,746	6.44
통신 및 방송	18,354	0.19	24,179	0.18	30,522	0.18	37,301	0.18
금융 및 보험	127,966	1.35	186,495	1.43	244,187	1.45	302,398	1.46
부동산 및 사업서비스	239,106	2.52	336,528	2.57	436,764	2.60	539,859	2.61
공공행정 및 국방	157	0.00	225	0.00	294	0.00	364	0.00
교육 및 보건	3,786	0.04	5,396	0.04	7,029	0.04	8,693	0.04
사회 및 기타서비스	15,083	0.16	14,540	0.11	14,229	0.08	14,260	0.07
기타	2,792	0.03	3,136	0.02	3,816	0.02	4,631	0.02
합 계	9,495,475	100.00	13,070,491	100.00	16,811,163	100.00	20,703,677	100.00

● **건설교통 R&D투자에 따른 산업별 수출액 유발효과**

[표 5-38]의 “기존추세에 따른 산업별 수출액 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 수출액은 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-39]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 수출액 전망(2015~2030)”에 정리된 산업별 수출액은 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-38]에 나타난 추정값과 [표 5-39]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로 나타난 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-40]은 이러한 건설교통 R&D투자에 따른 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 산업별 수출액과 기존추세에 의해 추정된 산업별 수출액과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 건설교통분야에 대한 투자이므로 수송장비업, 건설업, 운수보관업의 수출액이 크게 증가하였고 또한 다른 산업에도 영향을 미쳐 다른 산업의 수출액도 같이 증가하였음을 알 수 있다. 타 산업중에서 수출액이 크게 증가한 산업으로는 전기 및 전자기기로서 약 1.6조원 증가하여 운수 및 보관업의 수출액 증가량 보다도 많고 건설업과는 비교가 되지 않을 정도로 크게 수출이 증가하였다. 국가 전체로 볼 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 1,210억원, 2020년 1조185억원, 2025년 3조5,224억원, 2030년 8조4,717억원의 수출액 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 이로 인한 파급효과는 누적적으로 나타나게 되므로, 분석시점의 파급효과로 나타난 수출액 증가액은 20년 동안 투자한 결과의 파급효과로 봐야한다. 따라서 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액의 누적액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 나타난 수출액을 나누어 그동안 투자한 총액의 단위 투자액 당(1억당) 수출액을 계산함으로써 투자액 대비 수출액의 증가정도를 분석할 수 있다. [표 5-40]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 수출액 증가분이 바로 분석시점까지 투자한 건설교통 R&D 단위투자액(1억원)의 파급효과인 것이다. 2015년까지의 R&D투자 누적액은 3,323억원이고 이로 인한 수출액증가액은 1,210억원으로 추가투자액 1억당 수출액증가분은 0.36억이고, 2030년까지의 R&D투자 누적액은 13조4,365억원이고 이로 인한 수출액증가액은 8조4,717억원으로 추가투자액 1억당 수출액증가분은 0.6억원으로 수출액파급효과가 점점 커지고 있음을 볼 수 있다.

[표 5-40] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 수출 유발액(2015-2030년)

<단위 : 억원, %>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산품	1	7	25	62
광산품	0	1	3	7
음식료품	8	71	248	605
섬유 및 가죽제품	19	135	436	1,026
목재 및 종이제품	5	38	133	328
인쇄 및 복제	1	6	21	52
석유 및 석탄제품	80	687	2,382	5,698
화학제품	111	945	3,289	7,958
비금속광물제품	4	31	108	268
제1차 금속제품	82	697	2,388	5,672
금속제품	28	246	867	2,105
일반기계	64	554	1,938	4,695
전기 및 전자기기	241	1,953	6,665	15,978
정밀기기	9	73	253	610
수송장비	319	2,640	8,905	20,871
기타제조업제품	5	39	133	324
전력,가스및수도	0	1	2	5
건설	2	16	68	195
도소매	22	175	597	1,440
음식점 및 숙박	7	56	196	479
운수 및 보관	162	1,453	5,282	13,150
통신 및 방송	2	15	53	133
금융 및 보험	13	116	414	1,015
부동산 및 사업서비스	24	216	780	1,952
공공행정 및 국방	0	0	0	1
교육 및 보건	0	3	10	24
사회 및 기타서비스	1	8	22	43
기타	0	2	7	18
합 계	1,210	10,185	35,224	84,717
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323.1	18,172.7	56,428.8	134,365.4
1억당 수출액 증가분	**0.3641**	**0.5605**	**0.6242**	**0.6305**

제3절 건설교통 R&D투자의 인프라효율성 파급효과

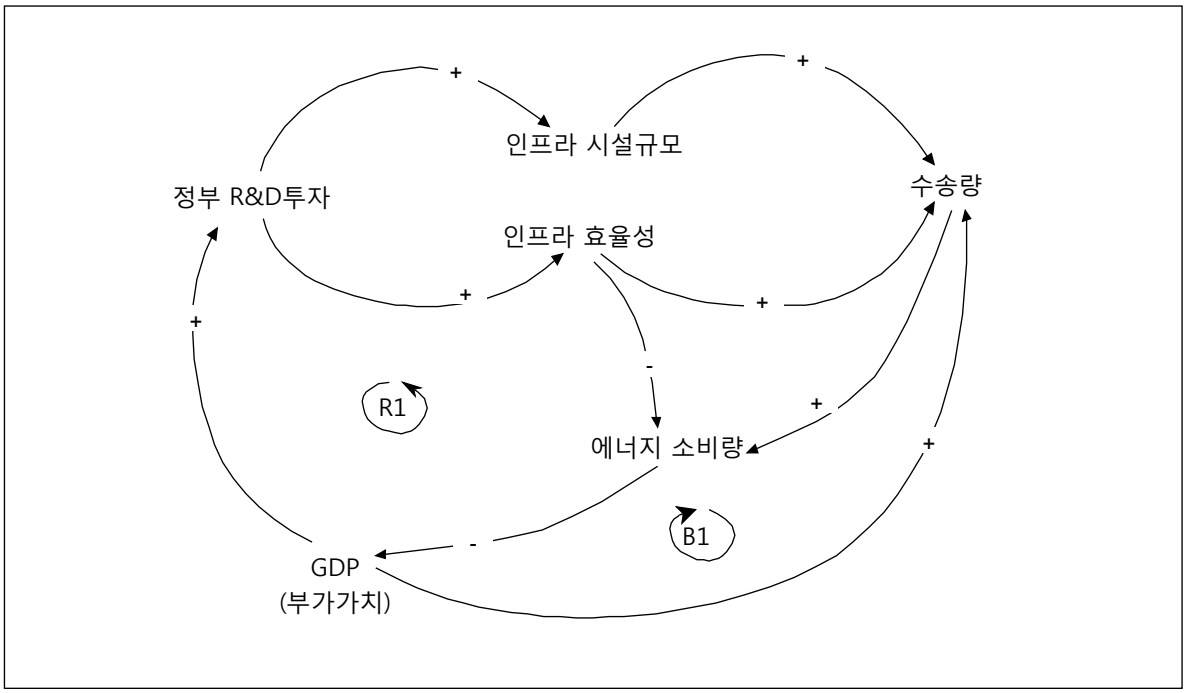
1. 인프라효율성 파급효과 측정 개요

가. 인프라효율성 파급효과 측정 지표

제4장 “건설교통 R&D투자의 파급효과 측정지표 및 지수 정립”에서 자세히 설명한 것과 같이, 정부 R&D투자의 파급효과를 측정하기 위해 선정된 지표는 4개부문 총 30개 지표이다. 이 중 인프라효율성부문에서 측정하고자 하는 지표는 국내여객 수송량, 국내여객 수송효율, 국내화물 수송량, 국내화물 수송효율, 공로부문 국내여객 수송량. 공로부문 국내화물 수송량, 철도부문 국내여객 수송량, 철도부문 국내화물 수송량 등 총 8개 지표이다.

나. 인프라효율성 파급효과 인과관계도

[그림 5-8]은 인프라효율성부문의 주요 지표에 대한 인과관계도로서 지표간의 상호 연관관계를 살펴볼 수 있다. 정부 R&D투자의 파급효과를 나타내는 전체 인과관계도에서의 인프라효율성 부문의 위상을 보기위해서는 [그림 5-2]를 참조하기 바란다. [그림 5-8]에서 지표간의 인과관계를 살펴보면, 정부 R&D투자는 인프라 시설규모를 늘리고 인프라 효율성을 향상시켜 수송량의 증대를 가져온다. 인프라 효율성의 향상은 에너지 소비량을 줄이나 수송량의 증가는 에너지 소비량를 증가시켜 에너지 소비량은 일정수준에서 균형을 이루게 될 것이다. GDP의 증가는 R&D투자를 증가시키고, 이는 인프라 효율성을 향상시켜, 에너지 소비량을 줄이고, 에너지 소비량의 감소는 GDP의 증가를 가져오는 강화루프를 형성하고 있다(R1). 한편 GDP의 증가는 수송량과 에너지 소비량을 증가시키고 에너지 소비량의 증가는 GDP의 감소를 가져와 균형을 이루게 되는 균형 루프를 형성하고 있다(B2). 이 연구는 건설교통분야의 R&D투자와 관련된 것이므로 도로, 철도, 항만, 항공 등을 인프라 시설로 볼 수 있으며, R&D투자를 통해 이러한 인프라 시설을 늘리고 고도화시켜 효율성을 향상시킴으로써 수송량의 증대를 가져오는 시스템으로 생각할 수 있다.



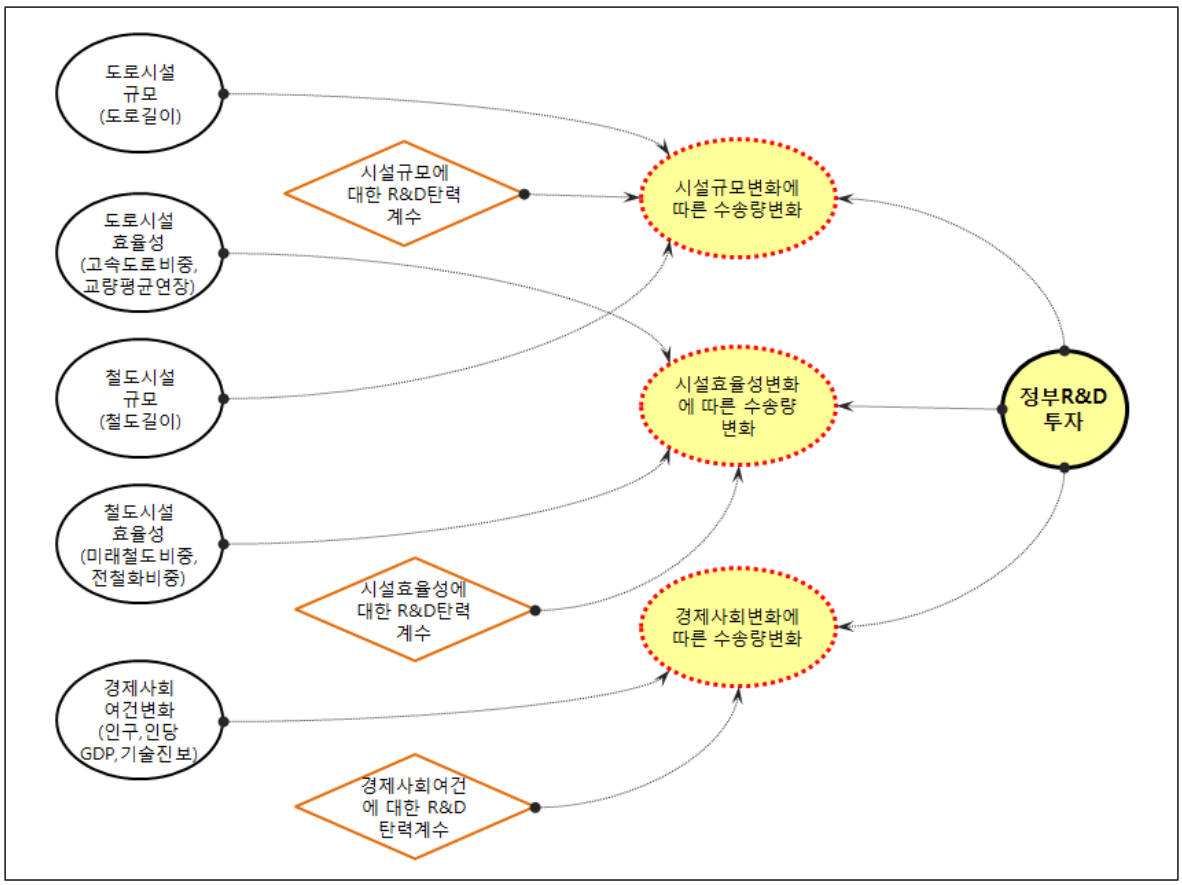
[그림 5-8] 정부 R&D투자의 인프라효율성 파급효과 측정을 위한 인과관계도

다. 인프라효율성 파급효과 측정방법

이 연구에서는 정부 R&D투자 정책의 변화에 따른 인프라 효율성 관련 지표에 대한 파급효과를 측정하기 위하여, 국내여객 수송량, 국내여객 수송효율, 국내화물 수송량, 국내화물 수송효율, 공로부문 국내여객 수송량. 공로부문 국내화물 수송량, 철도부문 국내여객 수송량, 철도부문 국내화물 수송량 등 총 8개 지표에 대한 미래 전망값을 측정하는 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 개발하였다.

이 연구를 통해 개발된 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하면, 8개 지표에 대한 미래 20년간(2011년～2030년)의 지표 변화를 시뮬레이션하므로써 그 결과값을 전망할 수 있다. 또한 모형에 적용되어 있는 동적인 회귀분석 모형식을 이용하여, 정부 R&D투자정책의 변화에 따라 각 산업별 R&D투자비가 변화되었을 경우 8개의 지표값이 미래(2011년～2030년)에 어떻게 변화할 것인지를 전망할 수 있다. 이 두가지의 전망값을 이용하면 R&D투자의 파급효과를 분석할 수 있게 된다. 즉, 기존 추세에 따라 전망된 지표의 미래 추정값과 정부정책 변화에 따라 시뮬레이션된 지표의 전망값 차이가 바로 정부의 투자정책변화에 따른 파급효과 결과값이 되는 것이다.

[그림 5-8]는 투자시나리오에 따른 R&D투자의 인프라효율성 파급효과를 측정하는 원리를 보여주는 그림이다. 정부의 R&D투자는 인프라 시설규모를 늘리거나 인프라효율성을 높이는데 영향을 미쳐 궁극적으로 수송량을 높이는 것으로 기대된다. 이 연구에서는 수송량에 영향을 미치는 인자들 즉 시설규모, 시설효율성, 경제사회요인을 고려한 수송량 함수관계식을 만들어 적용시킴으로서 파급효과를 측정하고자 하였다. R&D투자에 따른 수송량 함수관계식은 “2. 인프라효율성 파급효과 측정이론”에서 자세히 설명하였다.



[그림 5-9] R&D투자에 따른 인프라효율성 파급효과 측정 프레임워크

건설교통 R&D투자에 따른 인프라효율성 파급효과는 투자시나리오에 대한 파급효과 산출절차에 따라 측정하였다. 즉, 먼저 과거 10년간의 해당 지표에 대한 통계값을 통해 직관적으로 과거의 추세를 살펴보았다. 두번째로 시스템다이내믹스 모형을 이용하여 미래 20년을 시뮬레이션하여 해당 지표의 전망치를 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 세 번째로 건설교통 R&D투자의 정책시나리오에 따라 R&D투자정책에 변화가 발

생했을 경우에 대한 시뮬레이션 결과값을 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 마지막으로 두 번째의 과거추세에 의한 전망값과 세 번째의 투자시나리오에 따른 전망값을 비교하여 그 차이를 산출하므로써 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하였다.

라. 인프라효율성 파급효과 분석을 위한 주요 기초자료

"인프라효율성 파급효과 분석모형"을 개발하는데 사용된 자료는 국토해양부의 국토해양통계연보, 한국철도공사의 철도통계연보, 통계청의 자산통계와 인구총조사 자료 등이 있으며, 모형개발에 사용한 구체적인 자료명과 출처는 [표 5-41]과 같다.

[표 5-41] R&D투자에 따른 인프라효율성 파급효과 분석을 위한 원시자료

자료명	주요 자료 항목	자료출처
건설교통 R&D투자액	연도별 건설분야 R&D투자액 연도별 교통분야 R&D투자액	[국토해양부, 건설교통 R&D중장기계획(안)]
국내여객 수송량	연도별/수송수단별 국내여객수송량	[국토해양부, 국토해양통계연보]
국제여객 수송량	연도별/수송수단별 국제여객수송량	
국내화물 수송량	연도별/수송수단별 국내화물수송량	
국제화물 수송량	연도별/수송수단별 국제화물수송량	
도로연장	연도별/도로유형별 도로연장	
교량개소 및 교량연장	연도별/도로유형별 교량개소 연도별/도로유형별 평균교량연장	
철도수송실적 철도키로 궤도연장 차량보유현황 전철화현황	연도별 철도수송실적 연도별 철도키로 연도별 궤도연장 연도별/유형별 차량보유현황 연도별 전철화현황	[한국철도공사, 철도통계연보]
GDP	연도별 GDP	[통계청, 국민계정] 생산활동별 GDP
인 구	연도별/성별/연령별 인구수	[통계청, 인구총조사] 연령별 인구수
출생자	연도별/성별/모의연령(각세)별 출생자수	[통계청, 인구동향조사] 모의연령별 출생자수 연령별 사망자수
사망자	연도별/연령별/성별 사망자수	

[표 5-41]에 정리된 모든 자료는 2000년~2010년 기간의 통계자료를 사용하였으며, 이 자료들을 이용하여 주요 지표의 변화율과 중변화율을 산출하고 그 값을 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 개발하는데 이용하였다.

마. 인프라효율성 파급효과 측정을 위한 투자시나리오

앞에서 설명한 것과 같이, 이 연구는 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하는 것이 목적이므로 우선적으로 정부차원에서의 투자시나리오 적용은 제외하고, 건설교통부문의 투자정책에 있어서 과거의 투자추세에 따른 R&D 투자액 규모에 매년 3%씩 증액되는 시나리오만을 상정하여 분석하고 그 결과를 설명하기로 하였다.

2. 인프라효율성 파급효과 측정이론

가. 건설교통 R&D투자에 따른 수송량산출모형

정부 R&D투자와 인프라효율성은 서로 양(+)의 관계에 있고, 인프라 시설규모가 증가하고 인프라 효율성이 좋아질수록 수송량이 증가할 것으로 기대된다. 따라서 수송량에 영향을 미치는 인자들 즉, 시설규모, 시설효율성, 경제사회여건 등과 수송량 사이의 관계는 다음과 같은 함수식으로 나타낼 수 있다.

$$Z = f(V, E, S, t)$$

$$= e^{\alpha} V_1^{\beta_1} \cdots V_l^{\beta_l} E_1^{\gamma_1} \cdots E_m^{\gamma_m} S_1^{\delta_1} \cdots S_n^{\delta_n} e^{\lambda t}$$

여기서 Z : 수송량(여객수송량, 화물수송량)

$\alpha, \beta_1, \cdots, \beta_l, \gamma_1, \cdots, \gamma_m, \delta_1, \cdots, \delta_n, \lambda$: 각종 파라미터

V : 시설규모 관련 속성들

E : 시설효율성 관련 속성들

S : 경제사회여건 관련 속성들

λ : 기술진보율

t : 시간

건설교통 관련 인프라시설로는 공로, 철도, 항만, 공항을 들 수 있다. 이 중 건설교

통 R&D투자와 연관성이 크고 비교적 활용할 수 있는 시계열자료가 많은 공로와 철도를 중심으로 수송량 산출모형을 정립하였다. 이에, 항공과 공항이 제외되어 국제여객수송량과 국제화물 수송량은 제외하고 국내여객 수송량과 국내화물 수송량만이 고려되었다. 앞의 수송량 산출모형을 이용하여 공로 여객수송량 함수식, 공로 화물수송량 함수식, 철도 여객수송량 함수식, 철도 화물수송량 함수식을 다시 나타내면 다음과 같다.

공로 여객수송량 = f(도로길이, 고속도로비중. 교량평균연장, 인구, 인당GDP, 기술진보)
공로 화물수송량 = f(도로길이, 고속도로비중. 교량평균연장, 인구, 인당GDP, 기술진보)
철도 여객수송량 = f(철도길이, 미래철도비중. 전철화비중, 인구, 인당GDP, 기술진보)
철도 화물수송량 = f(철도길이, 미래철도비중. 전철화비중, 인구, 인당GDP, 기술진보)

위 함수식에서 종속변수는 공로의 여객수송량, 공로의 화물수송량, 철도의 여객수송량, 철도의 화물수송량 등이고, 독립변수는 공로의 경우 도로길이, 고속도로비중, 교량평균연장, 인구, 인당GDP이며, 철도의 경우 철도길이, 미래철도비중, 전철화비중, 인구, 인당GDP이다. 그러나 수송량 산출을 위한 함수관계식을 구성하는 시설규모 변수와 시설효율성 변수들 간에는 공상관성이 커서 위의 함수식을 그대로 적용하는데 어려움이 있었다. 따라서 개념적으로는 위의 논리에 따른 모형식을 구축하도록 하나, 실제 적용에 있어서는 각각의 변수에 대한 개별 모형식을 만들어 적용하였다. 또한 철도 화물수송량은 통계자료의 부족으로 인하여 적절한 파라미터값을 도출할 수 없어서 함수식을 정립하지 못 하였다.

국토해양통계 시계열 자료를 이용하여, 위의 함수식을 구성하고 있는 지표값들에 대한 회귀분석을 수행하여 인프라시설 및 인프라효율성 관련 지표값의 변화에 따른 수송량 변화를 산출할 수 있는 함수식을 도출하였다. [표 5-42]는 수송량 산출함수식 도출을 위한 회귀분석에서 도출한 파라미터값을 정리한 표이다.

한편, 건설교통 R&D를 투자하는 입장에서 볼 때, 시설규모나 시설효율성과 관련된 속성들은 건설교통 R&D투자에 따라 달라질 수 있다. 따라서 건설교통 R&D투자에 따른 시설규모와 시설효율성에 대한 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = g(I)$$
$$E = g(I)$$

여기서 V : 시설규모 관련 속성들

E : 시설효율성 관련 속성들

I : 건설교통 R&D투자

[표 5-42] 인프라 특성 변화에 따른 수송량 산출모형의 파라미터값

종속변수	독립변수	파라미터	조정된 R^2값	파라미터값	t-통계량	유의수준
공로여객수송량	도로길이	β	0.231	1.182	2.076	0.065
	고속도로비중	γ_1	0.355	0.252	2.658	0.024
	교량평균연장	γ_2	0.439	1.254	3.102	0.011
	인구	δ_1	0.332	5.164	2.544	0.029
	인당GDP	δ_2	0.361	0.436	2.684	0.023
	기술진보	λ	0.373	0.027	2.747	0.021
공로화물수송량	도로길이	β	0.638	1.348	4.516	0.001
	고속도로비중	γ_1	0.521	0.598	3.599	0.005
	교량평균연장	γ_2	0.509	1.019	3.524	0.006
	인구	δ_1	0.561	4.881	3.877	0.003
	인당GDP	δ_2	0.507	0.382	3.506	0.006
	기술진보	λ	0.456	0.022	3.198	0.010
철도여객수송량	철도길이	β	0.553	0.612	3.825	0.003
	미래철도비중	γ_1	0.652	0.490	4.650	0.001
	전철화비중	γ_2	0.733	0.120	5.588	0.000
	인구	δ_1	0.578	2.863	4.011	0.002
	인당GDP	δ_2	0.602	0.238	4.199	0.002
	기술진보	λ	0.672	0.015	4.847	0.001

이로써, 건설교통 R&D투자가 인프라 시설규모와 인프라 효율성을 변화시키고, 인프라 시설규모와 인프라효율성 변화는 궁극적으로 수송량의 변화로 나타나게 되는 함수식을 도출할 수 있다.

나. 건설교통 R&D투자에 따른 수송량변화 산출 방법

도로수송량의 경우 공로 여객수송량 및 화물수송량을 종속변수로 두고 도로길이, 고속도로 비중, 교량평균연장, 인구, 인당GDP 등을 독립변수로 하는 회귀관계식을 구하였다. 또한 도로길이, 고속도로 비중, 교량평균연장을 종속변수로 두고 건설교통 R&D투자를 독립변수로 하는 회귀관계식을 구하였다. 이 두 관계식에 따르면, 건설교통 R&D투자에 따라 도로길이, 고속도로 비중, 교량평균연장이 늘어나게 되고 궁극적으로 공로의 여객수송량 및 화물수송량이 늘어나게 될 것이다. 그러한 메커니즘에 따라 시뮬레이션 모형에 필요한 파라미터 값을 도출하기 위하여, 다음과 같은 5단계 절차에 따라 건설교통 R&D투자에 따른 수송량의 변화 관계식을 측정하였다.

① R&D투자와 공로 시설규모 및 시설효율성과의 함수관계식 도출

먼저, 1단계로 도로길이를 비롯하여 고속도로비중, 교량평균연장과 건설교통 R&D투자간의 함수관계식을 각각 도출하였다.

- 도로길이 = A(건설교통 RnD투자액)$^{\alpha}$
- 고속도로비중 = B(건설교통 RnD투자액)$^{\beta}$
- 교량평균연장 = C(건설교통 RnD투자액)$^{\gamma}$

도로길이, 고속도로비중, 교량평균연장의 건설교통 R&D투자 탄력계수(α, β, γ)를 구하기 위하여 위의 함수식을 다음과 같은 로그관계식로 재정립하였다.

$$F_{도로} = e^{a} \cdot X^{p} \cdot e^{\lambda t}$$

여기서 $F_{도로}$: 도로길이, 고속도로비중, 교량평균연장

e^{a} : 상수

X : 건설교통 R&D투자 3년 평균액

p : 건설교통 R&D투자액에 대한 탄력계수(α, β, γ)

λ : 기술진보율

t : 기간

[표 5-43]은 건설교통 R&D투자에 따른 도로길이, 고속도로비중, 교량평균연장을 산출하기 위한 함수식을 도출하기 위해 회귀분석한 파라미터값을 정리한 표이다.

[표 5-43] R&D투자에 따른 공로 시설규모 및 효율성 산출모형의 파라미터 값

종속변수	조정된 R^2값	독립변수	파라미터	파라미터값	t-통계량	유의수준
도로연장	0.456	상수	a	9.669	304.132	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	α	0.013	2.777	0.027
	0.418	상수	a	9.695	399.644	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	α	0.009	2.595	0.036
고속도로비중	0.630	상수	a	2.079	9.418	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	β	0.124	3.824	0.007
	0.621	상수	a	2.306	14.005	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	β	0.093	3.757	0.007
교량평균연장	0.603	상수	a	4.264	35.963	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	γ	0.063	3.628	0.008
	0.591	상수	a	4.381	49.336	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	γ	0.047	3.541	0.009

② R&D투자와 철도 시설규모 및 시설효율성과의 함수관계식 도출

①에서는 R&D투자에 따른 공로의 시설규모 및 시설효율성과의 함수관계식을 도출하였고, 여기서는 R&D투자에 따른 철도의 시설규모 및 시설효율성과의 함수관계식을 도출하였다.

- 철도길이 = A(건설교통 RnD투자액)$^{\alpha}$
- 미래철도비중 = B(건설교통 RnD투자액)$^{\beta}$
- 전철화비중 = C(건설교통 RnD투자액)$^{\gamma}$

철도길이, 미래철도비중, 전철화비중의 건설교통 R&D투자 탄력계수(α, β, γ)를 구

하기 위하여 위의 함수식을 다음과 같은 로그관계식로 재정립하였다.

$$F_{철도} = e^{a} \cdot X^{p} \cdot e^{\lambda t}$$

여기서 $F_{철도}$: 철도길이, 미래철도비중, 전철화비중

e^{a} : 상수

X : 건설교통 R&D투자 3년 평균액

p : 건설교통 R&D투자액에 대한 탄력계수(α, β, γ)

λ : 기술진보율

t : 기간

[표 5-44]는 건설교통 R&D투자에 따른 철도길이, 미래철도비중, 전철화비중을 산출하기 위한 함수식을 도출하기 위해 회귀분석한 파라미터값을 정리한 표이다.

③ R&D투자에 따른 시설규모 및 시설효율성 관련 변수 변화량 산출

①, ②에서 구한 함수식을 이용하면, 건설교통 R&D투자의 변화량에 따른 시설규모 및 시설효율성을 나타내는 속성변수의 변화량을 측정할 수 있다. 예를 들어 고속도로 비중 변화량은 R&D투자 탄력계수에 R&D투자 변화율과 고속도로비중을 곱하여 구한다. 나머지 변수들에 대해서도 같은 방식으로 각각의 변화량을 구할 수 있다.

- 도로길이 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 도로길이
- 고속도로비중 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 고속도로비중
- 교량평균연장 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 교량평균연장
- 철도길이 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 철도길이
- 미래철도비중 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 미래철도비중
- 전철화비중 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 전철화비중

[표 5-44] R&D투자에 따른 철도 시설규모 및 효율성 산출모형의 파라미터값

종속변수	조정된 R^2값	독립변수	파라미터	파라미터값	t-통계량	유의수준
철도길이	0.687	상수	a	8.521	83.070	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	α	0.065	4.312	0.004
	0.586	상수	a	8.658	99.520	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	α	0.046	3.512	0.010
미래철도비중	0.698	상수	a	3.574	23.085	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	β	0.100	4.412	0.003
	0.607	상수	a	3.783	29.061	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	β	0.072	3.654	0.008
전철화비중	0.315	상수	a	1.451	1.344	0.221
		건설분야 3년평균 투자액	γ	0.342	2.163	0.067
	0.236	상수	a	2.224	2.645	0.033
		교통분야 3년평균 투자액	γ	0.236	1.862	0.105

④ 수송량 산출을 위한 함수관계식 설정

수송량 산출을 위한 함수관계식은 “가. 건설교통 R&D투자에 따른 수송량산출모형”에서 자세히 설명하였고, 함수관계식의 파라미터값은 [표 5-45]에 정리하였다. 이 파라미터값을 이용하여 수송량의 함수관계식을 정리하면 다음과 같다.

$$\text{공로 여객수송량} = \text{상수} \times (\text{도로길이})^{1.182} \times (\text{고속도로비중})^{0.252} \times (\text{교량평균연장})^{1.254} \times (\text{인구})^{5.164} \times (\text{인당GDP})^{0.436} \times e^{0.027t}$$

$$\text{공로 화물수송량} = \text{상수} \times (\text{도로길이})^{1.348} \times (\text{고속도로비중})^{0.598} \times (\text{교량평균연장})^{1.019} \times (\text{인구})^{4.881} \times (\text{인당GDP})^{0.382} \times e^{0.022t}$$

$$\text{철도 여객수송량} = \text{상수} \times (\text{철도길이})^{0.612} \times (\text{미래철도비중})^{0.490} \times (\text{전철화비중})^{0.120} \times (\text{인구})^{2.863} \times (\text{인당GDP})^{0.238} \times e^{0.015t}$$

⑤ 건설교통 R&D투자에 따른 수송량 증가량 산출

④에서 구한 함수식을 이용하면, 건설교통 R&D투자의 변화량에 따른 수송량 변화량을 산출할 수 있다. 예를 들어 공로 수송량 변화량은 아래의 수식에서와 같이 공로 속성변수 각각의 탄력계수에 속성변수의 변화율 그리고 공로수송량을 곱하여 구한다. 철도 수송량 변화량도 같은 방식으로 산출할 수 있다.

공로 수송량 변화량 = 도로길이탄력계수 × 도로길이 변화율 × 공로 수송량
+ 고속도로비중탄력계수 × 고속도로비중 변화율 × 공로 수송량
+ 교량평균연장탄력계수 × 교량평균연장 변화율 × 공로 수송량

철도 수송량 변화량 = 철도길이탄력계수 × 철도길이 변화율 × 철도 수송량
+ 미래철도비중탄력계수 × 미래철도비중 변화율 × 철도 수송량
+ 전철화비중연장탄력계수 × 전철화비중 변화율 × 철도 수송량

3. 건설교통 R&D투자의 여객수송량 파급효과

가. 우리나라 여객수송량 추세

지난 10년간 우리나라의 국내 및 국제 여객수송량은 [표 5-45], [표 5-46][72]와 같다. [표 5-45]는 수송한 사람의 숫자를 기준으로 하는 국내여객 수송량 통계자료이고, [표 5-46]은 수송한 사람수에 수송한 거리를 곱한 단위인 인-키로를 기준으로 하는 통계자료이다. [표 5-45]에서 운송수단별 수송량을 살펴보면 공로가 74%-77%로 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, 그 다음으로 지하철, 철도, 항공, 해운 순으로 높은 비중을 나타내고 있다. [표 5-46]에서 운송수단별 수송량을 살펴보면 공로가 54%-59%로 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, 그다음으로 철도, 지하철, 항공, 해운 순으로 높은 비중을 나타내고 있다. 여기서, 우리는 [표 5-45]에서는 지하철이 철도보다 수송량이 높은 것으로 나타나고 있으나, [표 5-46]에서는 그 반대로 나타난 것을 알 수 있다. 이는 지하철의 경우 이용하는 사람의 수를 기준으로 할 경우에는 지하철이 많으나 비교적 짧은 거리를 이동하고, 철도의 경우 사람수 기준으로는 자하철보다 적으나 비교적 긴 거리를 이동하고 있음을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 한편, 국제여객 수송은 해운이 약간 있기는 하나 대부분 국제항공이 담당하고 있음을 알 수 있다.

[표 5-45]에 따르면 2000년의 총여객수송량은 13,515백만인이고 2005년의 총여객수송량은 11,801백만으로 2000년에서 20005년 사이에 여객수송량이 감소하였음을 알 수 있다. [표 5-46]에 나타난 2000년의 총여객수송량은 132,840백만인-키로이고, 2005년의 총여객수송량은 153,568백만인-키로로 여객수송량이 증가하였임을 알 수 있다. 2000년과 2005년 사이의 수송량 변화를 살펴보면, 단순히 사람수로 수송량을 나타낸 경우는 수송량이 감소하였고, 사람수와 이동한 거리로 나타낸 인-키로 수송량은 증가하였음을 알 수 있다. 이에 실제 수송이라는 의미에서 두가지 통계를 고려해 보면, 사람수와 이동한 거리를 동시에 고려하는 것이 바람직할 것이다. 이에 이 연구에서는 여객수송량에 있어서 인-키로의 개념을 수용하였고, 따라서 국내 여객수송량은 2000년과 2005년 사이에는 증가하였고 2005년과 2010년 사이에는 감소한 것으로 볼 수 있다. 이러한 맥락에서 국제여객수송량을 살펴보면 2000년에서 2010년 사이에 지속적으로 증가세를 보여 약1.7배로 증가하였음을 알 수 있다.

72) 국토해양부, 국토해양통계연보 제2권, 2011년

[표 5-45] 우리나라 여객수송량(인 기준)과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년)

구 분		2000년		2005년		2010년	
		천인	비중	천인	비중	천인	비중
국내여객	해운	9,702	0.1	11,099	0.1	14,312	0.1
	철도	837,267	6.2	950,995	8.1	1,060,926	8.2
	항공	22,514	0.2	17,156	0.1	20,216	0.2
	지하철	2,235,221	16.5	2,020,360	17.1	2,273,086	17.5
	공로	10,410,577	77.0	8,801,839	74.6	9,646,404	74.1
	합계	13,515,281	100.0	11,801,449	100.0	13,014,944	100.0
국제여객	해운	999	4.9	2,105	6.6	2,761	6.4
	철도	-	-	-	-	-	-
	항공	19,452	95.1	29,684	93.4	40,061	93.6
	지하철	-	-	-	-	-	-
	공로	-	-	-	-	-	-
	합계	20,451	100.0	31,789	100.0	42,822	100.0

[표 5-46] 우리나라 여객수송량(인-키로 기준)과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년)

구 분		2000년		2005년		2010년	
		백만인-키로	비중	백만인-키로	비중	백만인-키로	비중
국내여객	해운	672	0.5	668	0.4	883	0.6
	철도	28,527	21.5	31,004	20.2	33,012	22.5
	항공	8,039	6.1	6,594	4.3	8,011	5.5
	지하철	21,030	15.8	23,637	15.4	25,369	17.3
	공로	74,572	56.1	91,665	59.7	79,440	54.1
	합계	132,840	100.0	153,568	100.0	146,715	100.0
국제여객	해운	398	0.5	857	0.9	1,104	0.9
	철도	-	-	-	-	-	-
	항공	75,916	99.5	95,071	99.1	127,760	99.1
	지하철	-	-	-	-	-	-
	공로	-	-	-	-	-	-
	합계	76,314	100.0	95,928	100.0	128,864	100.0

나. 기존추세에 따른 여객수송량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 국내 및 국제 여객수송량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 국토해양통계에 있는 수송량값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-47]은 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 연도별 수송수단별 여객수송량과 2010년도 국토해양통계에 있는 실제 수송수단별 수송량, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 국내여객 총수송량은 2005년부터 2010년까지 각각 1,518억인-키로, 1,501억인-키로, 1,486억인-키로, 1,472억인-키로, 1,459억인-키로로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.5663%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 0.1%~0.8%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-47] 수송수단별 여객수송량 전망값 검증결과

<단위 : 백만인-키로>

구 분		시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
국내여객	해운	723	772	815	849	875	883	-8	-0.850
	철도	31,571	32,028	32,384	32,647	32,826	33,012	-186	-0.562
	항공	6,966	7,291	7,565	7,786	7,955	8,011	-56	-0.704
	지하철	24,122	24,517	24,828	25,062	25,225	25,369	-144	-0.568
	공로	88,419	85,541	83,022	80,849	79,003	79,440	-437	-0.550
	합계	151,801	150,149	148,613	147,193	145,884	146,715	-831	-0.566
국제여객	해운	910	962	1,012	1,060	1,104	1,104	0	0.001
	철도	-	-	-	-	-	-	-	-
	항공	102,114	108,992	115,615	121,899	127,766	127,760	6	0.005
	지하철	-	-	-	-	-	-	-	-
	공로	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계	103,024	109,954	116,628	122,959	128,870	128,864	6	0.005

다음 단계로 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 수송수단별 여객수송량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-48]을 보면, 2030년 우리나라의 국내여객 총 수송량은 135,684백만인-키로로 약 8%정도 줄어들 것으로 추산되는 규모이다. 2030년 기준 수송수단별 여객수송량을 살펴보면 공로가 가장 많은 수송을 담당하고 있고 그 비중도 계속 커지고 있는 것을 알 수 있으며, 두 번째로 수송량이 많은 철도는 그 비중이 약간 줄어들고 있음을 볼 수 있다.

[표 5-48] 기존추세에 따른 수송수단별 여객수송량 전망 (2015-2030년)

<단위 : 백만인-키로, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중
국내여객	해운	902	0.6	831	0.6	751	0.6	692	0.5
	철도	32,773	23.3	31,806	23.1	30,685	22.6	29,754	21.9
	항공	8,128	5.8	7,664	5.6	7,107	5.2	6,672	4.9
	지하철	25,229	17.9	24,450	17.8	23,533	17.3	22,772	16.8
	공로	73,772	52.4	72,852	52.9	73,982	54.4	75,794	55.9
	합계	140,805	100.0	137,603	100.0	136,058	100.0	135,684	100.0
국제여객	해운	1,269	0.8	1,328	0.8	1,307	0.9	1,243	0.9
	철도	-	-	-	-	-	-	-	-
	항공	148,960	99.2	155,489	99.2	151,493	99.1	142,504	99.1
	지하철	-	-	-	-	-	-	-	-
	공로	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계	150,229	100.0	156,817	100.0	152,800	100.0	143,747	100.0

다. 건설교통 R&D투자에 따른 여객수송량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 수송수단별 여객수송량을 전망한 결과는 [표 5-52]와 같다. 2030년 우리나라의 총여객수송량은 140,326백만인-키로에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 총여객수송량 135,684백만인-키로에 비해 4,643백만인-키로가 증가한 수치이다. 건설과 교통의 투자의 경우 철도 여객수송량과 공로 여객수송량을 증가시키는데 영향을 미치는 것을 볼 수 있다.

[표 5-49] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송량 전망(2015-2030년)

<단위 : 백만인-키로, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중
국내여객	해운	902	0.6	831	0.6	751	0.5	692	0.5
	철도	33,329	23.2	32,489	23.1	31,519	22.5	30,754	21.9
	항공	8,130	5.7	7,666	5.4	7,109	5.1	6,675	4.8
	지하철	25,236	17.6	24,456	17.4	23,540	16.8	22,784	16.2
	공로	75,858	52.9	75,289	53.5	76,966	55.0	79,420	56.6
	합계	143,456	100.0	140,731	100.0	139,886	100.0	140,326	100.0
국제여객	해운	1,269	0.8	1,328	0.8	1,307	0.9	1,243	0.9
	철도	-	-	-	-	-	-	-	-
	항공	148,960	99.2	155,489	99.2	151,493	99.1	142,504	99.1
	지하철	-	-	-	-	-	-	-	-
	공로	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계	150,229	100.0	156,817	100.0	152,800	100.0	143,747	100.0

라. 건설교통 R&D투자에 따른 여객수송량 파급효과

[표 5-48]의 “기존추세에 따른 수송수단별 여객수송량 전망(2015-2030)”에 정리된 수송수단별 여객수송량은 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-49]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송량 전망”에 정리된 수송수단별 여객수송량은 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-48]에 나타난 추정값과 [표 5-49]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로서 나타난 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-50]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 수송수단별 여객수송량과 기존추세에 의해 추정된 수송수단별 여객수송량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 철도의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 556백만인-키로, 2020년 683백만인-키로, 2025년 3828백

만인-키로, 2030년 1,001백만인-키로의 수송량 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다. 공로의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 2,086백만인-키로, 2020년 2,437백만인-키로, 2025년 2,984백만인-키로, 2030년 3,626백만인-키로의 수송량 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 투자액은 해가 지날수록 비율이 누적적으로 증가하므로, 투자액 대비 해마다 증가한 수송량의 파급효과를 파악하는데 어려움이 있다. 이에 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 증가된 수송량을 나누어 단위 투자액 당(1억당) 파급효과 수송량을 계산함으로써 투자액 대비 수송량의 증가분을 분석할 수 있다. [표 5-50]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 국내여객 수송량증가분이 바로 건설교통 R&D투자를 1억원씩 증가시켰을 경우에 나타나게 될 파급효과의 결과인 여객수송 증가량이다. 1억원을 투자했을 경우 여객수송량 증가분은 2015년에는 80만인-키로, 2030년에는 3.4만인-키로로 점차 감소할 것으로 전망되고 있다.

[표 5-50] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송량 증가효과

<단위 : 백만인-키로>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
국내여객	해운	0	0	0	0
	철도	556	683	835	1,001
	항공	2	2	2	4
	지하철	7	6	7	12
	공로	2,086	2,437	2,984	3,626
	합계	2,651	3,128	3,828	4,643
3% 증액 누적투자액(억원)		3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 국내여객 수송량증가분(만인-키로)		**79.78**	**17.21**	**6.78**	**3.46**

4. 건설교통 R&D투자의 화물수송량 파급효과

가. 우리나라 화물수송량 추세

지난 10년간 우리나라의 국내 및 국제 화물수송량은 [표 5-51][73]와 같다. 운송수단별 국내화물 수송량을 살펴보면 공로가 73%-80%로 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, 그 다음으로 해운, 철도, 항공 순으로 높은 비중을 나타내고 있다. 한편, 국제화물 수송량은 해운이 99.7%리고 항공이 0.3%로, 대부분 국제해운이 담당하고 있음을 알 수 있다.

[표 5-51]에 따르면 2000년의 국내화물 총수송량은 676백만톤이고 2005년은 687백만톤, 그리고 2010년에는 778백만톤으로 2000년에서 2010년 사이에 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 국제화물 수송량은 2000년에서 2010년 사이에 지속적으로 증가세를 보여 약1.7배로 증가하였음을 알 수 있다.

[표 5-51] 우리나라 화물수송량과 운송수단별 수송비중 (2000-2010년)

구 분		2000년		2005년		2010년	
		천톤	비중	천톤	비중	천톤	비중
국내화물	해운	134,467	19.9	119,410	17.4	119,022	15.3
	철도	45,240	6.7	41,669	6.1	39,217	5.0
	항공	434	0.1	372	0.1	262	0.0
	공로	496,174	73.4	526,000	76.5	619,530	79.6
	합계	676,315	100.0	687,451	100.0	778,031	100.0
국제화물	해운	569,599	99.7	754,936	99.7	966,193	99.7
	철도	-	-	-	-	-	-
	항공	1,949	0.3	2,617	0.3	3,327	0.3
	공로	-	-	-	-	-	-
	합계	571,548	100.0	757,553	100.0	969,520	100.0

73) 국토해양부, 국토해양통계연보 제2권, 2011년

나. 기존추세에 따른 화물수송량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 국내 및 국제 화물수송량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 국토해양통계에 있는 수송량값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-52]는 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 연도별 수송수단별 화물수송량과 2010년도 국토해양통계에 있는 실제 수송수단별 수송량, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 국내화물 총수송량은 2006년부터 2010년까지 각각 706백만톤, 723백만톤, 741백만톤, 760백만톤, 778백만톤으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.015%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 0.1%~0.5%로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할 만하다고 판단된다.

[표 5-52] 수송수단별 화물수송량 전망값 검증결과

<단위 : 천톤>

구 분		시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
국내화물	합계	705,130	723,049	741,200	759,571	778,150	778,031	120	0.015
	해운	118,594	118,145	118,067	118,356	119,007	119,022	-15	-0.012
	철도	40,807	40,135	39,648	39,337	39,193	39,217	-24	-0.061
	항공	342	317	295	277	261	262	-1	-0.461
	공로	545,388	564,452	583,189	601,601	619,689	619,530	159	0.026
국제화물	해운	796,411	838,442	880,883	923,587	966,401	966,193	207	0.021
	철도	-	-	-	-	-	-	0	-
	항공	2,756	2,897	3,039	3,183	3,328	3,327	1	0.020
	공로	-	-	-	-	-	-	0	-
	합계	799,167	841,339	883,923	926,770	969,728	969,520	208	0.021

이제, 다음 단계로 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 수송수단별 화물수송량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. 2015년부터 5년 단위로 정리한 [표 5-53]을 보면, 2030년 우리나라의 국내화물 총수송량은 1,151백만톤으로 2010년에 비해 약 48%정도 늘어난 것으로 추산되는 규모이다. 2030년 기준 수송수단별 국내화물 수송량을 살펴보면 공로가 80%를 담당하여 가장 많은 수송을 하고 있으며, 두 번째와 세번째로 수송량이 많은 해운과 철도는 그 비중이 약간씩 늘어나고 있음을 볼 수 있다.

[표 5-53] 기존추세에 따른 수송수단별 화물수송량 전망 (2015-2030년)

<단위 : 천톤, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중
국내화물	해운	127,243	14.6	142,069	14.6	160,556	15.1	179,677	15.6
	철도	40,699	4.7	45,125	4.6	51,360	4.8	58,274	5.1
	항공	213	0.0	198	0.0	204	0.0	223	0.0
	공로	705,371	80.7	783,234	80.7	852,821	80.1	912,769	79.3
	합계	873,526	100.0	970,626	100.0	1,064,941	100.0	1,150,943	100.0
국제화물	해운	1,176,719	99.7	1,367,571	99.7	1,524,632	99.7	1,639,761	99.7
	철도	-	-	-	-	-	-	-	-
	항공	4,043	0.3	4,701	0.3	5,250	0.3	5,657	0.3
	공로	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계	1,180,761	100.0	1,372,272	100.0	1,529,882	100.0	1,645,418	100.0

다. 건설교통 R&D투자에 따른 화물수송량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 수송수단별 수송량을 전망한 결과는 [표 5-54]와 같다. 2030년 우리나라의 국내화물 총수송량은 1,190백만톤에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 국내화물 총수송량인 1,151백만톤에 비해 39백만톤이 증가한 수치이다. 건설과 교통의 투자의 경우 공로 화물수송량을 증가시키는데 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

[표 5-54] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송량 전망(2015-2030년)

<단위 : 천톤, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중	수송량	비중
국내화물	해운	127,283	14.3	142,166	14.3	160,786	14.7	180,149	15.1
	철도	40,712	4.6	45,156	4.6	51,433	4.7	58,427	4.9
	항공	213	0.0	198	0.0	204	0.0	224	0.0
	공로	720,626	81.1	804,275	81.1	881,821	80.6	951,057	79.9
	합계	888,835	100.0	991,795	100.0	1,094,245	100.0	1,189,856	100.0
국제화물	해운	1,176,719	99.7	1,367,571	99.7	1,524,632	99.7	1,639,761	99.7
	철도	-	-	-	-	-	-	-	-
	항공	4,043	0.3	4,701	0.3	5,250	0.3	5,657	0.3
	공로	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계	1,180,761	100.0	1,372,272	100.0	1,529,882	100.0	1,645,418	100.0

라. 건설교통 R&D투자에 따른 화물수송량 파급효과

[표 5-53]의 “기존추세에 따른 수송수단별 화물수송량 전망”에 정리된 수송수단별 화물수송량은 정부 R&D투자가 과거의 추세에 따라 이루어진다는 가정 하에 시뮬레이션된 추정값이다. 그리고 [표 5-54]의 “건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송량 전망”에 정리된 수송수단별 화물수송량은 2011년부터 2030년까지 20년 동안 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우를 상정하여 시뮬레이션된 추정값이다. 즉, [표 5-53]에 나타난 추정값과 [표 5-54]에 나타난 추정값의 차이를 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킨 결과로서 나타난 파급효과로 볼 수 있는 것이다.

[표 5-55]는 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 수송수단별 화물수송량과 기존추세에 의해 추정된 수송수단별 화물수송량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 공로의 경우 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시킴으로써 2015년 15백만톤, 21백만톤, 29백만톤, 38백만톤의 수송량 증가효과가 발생한다는 것을 알 수 있다.

건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시키면 투자액은 해가 지날수록 비율이 누적적으로 증가하므로, 투자액 대비 해마다 증가한 수송량의 파급효과를 파악하는데 어려

움이 있다. 이에 3% 정율증가 투자에 따라 각 해에 증액된 투자액을 산출하고, 그 해에 파급효과로 증가된 수송량을 나누어 단위 투자액 당(1억당) 파급효과 수송량을 계산함으로써 투자액 대비 수송량의 증가분을 분석할 수 있다. [표 5-55]의 가장 아래 행에 정리된 1억당 국내여객 수송량증가분이 바로 건설교통 R&D투자를 1억원씩 증가시켰을 경우에 나타나게 될 파급효과의 결과인 화물수송량증가량이다. 1억원을 투자했을 경우 화물 수송량 증가분은 2015년에는 4600톤, 2030년에는 300톤으로 점차 감소할 것으로 전망되고 있다.

[표 5-55] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송량 증가효과

<단위 : 천톤>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
국내화물	해운	41	97	230	472
	철도	13	31	74	153
	항공	0	0	0	1
	공로	15,255	21,042	29,000	38,288
	합계	15,309	21,169	29,304	38,914
3% 증액 누적투자액(억원)		3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 국내화물 수송량증가분		**4.61**	**1.16**	**0.52**	**0.29**

5. 건설교통 R&D투자의 수송효율 파급효과

가. 우리나라 수송효율 추세

[표 5-56]은 지난 10년간 우리나라의 여객수송효율을 산출한 표이고, [표 5-57]은 화물수송효율을 산출한 표이다[74]. 여기서 여객수송효율은 수송수단별 에너지사용량 대비 여객수송량 비율을 나타낸 것으로, 여객수송량은 국내여객과 국제여객이 합산된 것이고, 에너지 사용량은 여객과 화물이 구분되어 산출되지 않으므로, 여객과 화물 전체에 사용된 전체 에너지량을 의미한다. 운송수단별 여객수송효율을 살펴보면, 철도가 가장 수송효율이 높고 항공이 그 다음으로 수송효율이 높다는 것을 볼 수 있다. 철도는 많은 사람을 한꺼번에 수송할 수 있다는 장점 때문에 수송효율이 높게 나타난 것이고, 항공은 장거리 수송이 많기 때문에 수송효율이 높게 나타난 것임을 짐작할 수 있다. 2000년부터 2010년까지 수송효율은 점차 높아지고 있음을 볼 수 있고, 2000년의 수송효율은 평균 6,759인-키로/toe이고 2010년의 수송효율은 평균 7,460인-키로/toe로 여객수송효율이 약 10% 좋아졌음을 알 수 있다.

[표 5-56] 우리나라 운송수단별 여객수송효율 (2000-2010년)

<단위 : 백만인-키로, 1000toe, 인-키로/toe)

구분	2000년			2005년			2010년		
	수송량	에너지 사용량	수송효율	수송량	에너지 사용량	수송효율	수송량	에너지 사용량	수송효율
철도	49,557	512	96,791	54,641	505	108,200	58,381	383	152,431
공로	74,572	23,554	3,166	91,665	28,143	3,257	79,440	29,821	2,664
해운	1,070	4,705	227	1,525	4,092	373	1,987	3,282	606
항공	83,955	2,174	38,618	101,665	2,819	36,064	135,771	3,453	39,320
합계	209,154	30,945	6,759	249,496	35,559	7,016	275,579	36,939	7,460

[표 5-57]에서 운송수단별 화물수송효율을 살펴보면, 해운이 가장 수송효율이 높고 철도가 그 다음으로 수송효율이 높다는 것을 볼 수 있다. 해운과 철도 모두 많은 수화물을 한꺼번에 장거리로 수송한다는 점 때문에 수송효율이 높게 나타난 것임을 짐작할 수 있다. 2000년부터 2010년까지 수송효율은 점차 높아지고 있음을 볼 수 있고,

74) 국토해양부, 국토해양통계연보 제2권, 2011년, p111, p119
에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2011년, p24-66

2000년의 화물수송효율은 평균 40톤/toe이고 2010년의 화물수송효율은 평균 47톤/toe로 수송효율이 약 17% 좋아졌음을 알 수 있다.

[표 5-57] 우리나라 운송수단별 화물수송효율 (2000-2010년)

<단위 : 천톤, 1000toe, 톤/toe)

구분	2000년			2005년			2010년		
	수송량	에너지 사용량	수송효율	수송량	에너지 사용량	수송효율	수송량	에너지 사용량	수송효율
철도	45,240	512	88.4	41,669	505	82.5	39,217	383	102.4
공로	496,174	23,554	21.1	526,000	28,143	18.7	619,530	29,821	20.8
해운	704,066	4,705	149.6	874,346	4,092	213.7	1,085,215	3,282	330.7
항공	2,383	2,174	1.1	2,989	2,819	1.1	3,589	3,453	1.0
합계	1,247,863	30,945	40.3	1,445,004	35,559	40.6	1,747,551	36,939	47.3

나. 기존추세에 따른 수송효율 전망

이 연구를 통하여 개발된 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 여객수송효율 및 화물수송효율을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 국토해양통계 및 에너지통계에 있는 자료로 산출한 수송효율값을 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-58]은 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 수송효율을 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 수송수단별 여객수송효율과 화물수송효율에 대한 추정값과 2010년도 국토해양통계와 에너지통계 자료를 이용하여 산출한 실제 수송수단별 수송효율, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 2010년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.015%로 나타났으며, 각 산업별 오차율도 1%이내로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-58] 수송수단별 수송효율 시뮬레이션 검증결과

<단위 : 인-키로/toe, 톤/toe>

구 분		시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
		2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
여객수송 효율	철도	118,031	127,551	136,594	145,012	152,685	152,431	254.3	0.167
	공로	3,109	2,975	2,856	2,749	2,654	2,664	-10.1	-0.379
	해운	422	471	520	565	607	606	1.7	0.281
	항공	36,913	37,667	38,315	38,849	39,262	39,320	-57.6	-0.147
화물수송 효율	철도	86.5	90.5	94.7	98.8	103.1	102.4	0.7	0.675
	공로	19.2	19.6	20.1	20.5	20.8	20.8	0.0	-
	해운	236.4	259.9	284.1	308.5	332.9	330.7	2.2	0.678
	항공	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	-

다음 단계로 “인프라효율성 파급효과 분석모형”을 이용하여, 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 수송수단별 수송효율을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값은 [표 5-59]와 같다.

[표 5-59] 기존추세에 따른 수송수단별 수송효율 전망 (2015-2030년)

<단위 : 인-키로/toe, 톤/toe>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
여객수송 효율	철도	177,907	183,323	178,285	170,631
	공로	2,316	2,128	2,022	1,964
	해운	743	761	717	657
	항공	39,428	36,911	33,173	29,444
화물수송 효율	철도	124.8	147.0	168.9	189.3
	공로	22.1	22.9	23.3	23.7
	해운	446.4	532.0	586.7	617.6
	항공	1.1	1.1	1.1	1.2

[표 5-59]를 보면, 철도의 경우 여객수송효율은 크게 변화가 없으나 화물수송효율은 크게 좋아지고 있을 볼 수 있다. 이는 여객수송량의 증가는 크지 않을 것이나 화물수송량은 크게 증가할 것으로 전망됨을 알 수 있다. 공로의 경우 여객수송효율은 감소

할 것으로 전망되고 화물수송효율은 증가할 것으로 전망되나 그 변화폭이 크지 않을 것으로 전망된다. 해운과 항공의 경우 여객수송효율은 감소할 것으로 전망되고, 화물수송효율은 증가할 것으로 전망되며, 특히 해운은 화물수송효율이 크게 증가할 것으로 전망된다.

평균적으로 여객수송효율은 약간의 감소세를 보이고 화물수송효율은 크게 개선될 것으로 전망된다. 이는 인구변화에 영향을 받는 여객수송의 경우 크게 변화할 변동 요인이 적고, GDP대비 수송량이 변화하는 화물수송량의 경우 GDP증가로 화물수송량이 크게 증가할 가능성이 크기 때문으로 판단된다.

다. 건설교통 R&D투자에 따른 수송효율 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 수송수단별 수송효율을 전망한 결과는 [표 5-60]과 같다. 2030년 기준으로 철도와 공로의 여객수송효율이 15%정도 크게 좋아졌으며 공로의 화물수송효율 또한 크게 개선되었음을 볼 수 있다.

[표 5-60] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 수송효율 전망

<단위 : 인-키로/toe, 톤/toe>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
여객수송효율	철도	180,345	189,670	191,482	193,874
	공로	2,391	2,247	2,225	2,294
	해운	746	778	758	732
	항공	39,585	37,728	35,084	32,823
화물수송효율	철도	125.4	150.4	178.9	211.6
	공로	22.7	24.0	25.5	27.5
	해운	448.2	543.9	621.2	689.8
	항공	1.1	1.1	1.2	1.3

라. 건설교통 R&D투자에 따른 수송효율 파급효과

[표 5-59]의 기존추세에 의한 수송효율 전망값과 [표 5-60]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 수송효율 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-61]과 [표 5-62]는 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 수송수단별 수송효율과 기존추세에 의해 추정된 수송수단별 수송효율과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. 공로의 수송효율의 개선율이 상대적 수치로는 작아 보이나, 기존투자에 의한 2030년 수송효율과 비교할 때 가장 크게 개선되었다.

[표 5-61] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 여객수송효율 개선효과

<단위 : 인-키로/toe>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
여객수송효율	철도	2,438	6,347	13,197	23,243
	공로	75	120	203	330
	해운	3	17	41	76
	항공	157	816	1,911	3,379
	합계	2,673	7,300	15,353	27,027
3% 증액 누적투자액(억원)		3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 여객수송효율 증가		**0.80**	**0.40**	**0.27**	**0.20**

[표 5-62] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 화물수송효율 개선효과

<단위 : 톤/toe>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
화물수송효율	철도	0.5	3.4	10.0	22.3
	공로	0.6	1.1	2.2	3.8
	해운	1.8	12.0	34.4	72.2
	항공	0.0	0.0	0.1	0.1
	합계	2.9	16.5	46.7	98.5
3% 증액 누적투자액(억원)		3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 화물수송효율 증가		**0.001**	**0.001**	**0.001**	**0.001**

제4절 건설교통 R&D투자의 에너지절감 파급효과

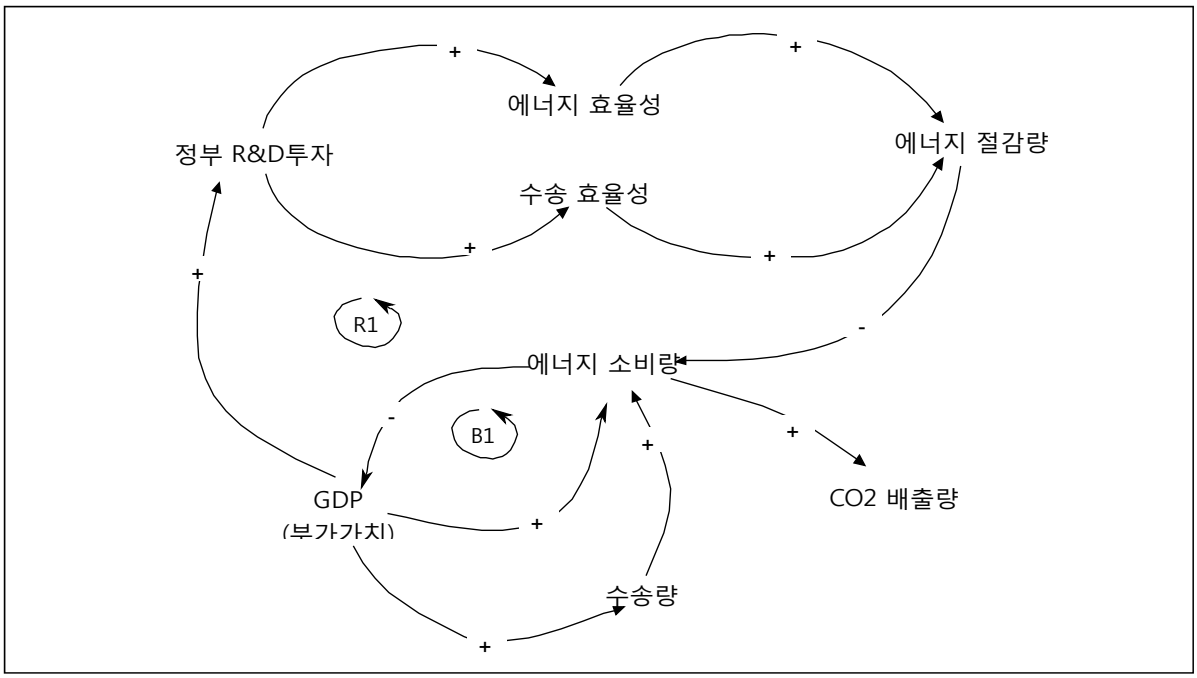
1. 에너지절감 파급효과 측정 개요

가. 에너지절감 파급효과 측정 지표

제4장 “건설교통 R&D투자의 파급효과 측정지표 및 지수 정립”에서 자세히 설명한 것과 같이, 건설교통 R&D투자의 파급효과를 측정하기 위해 선정된 지표는 4개부문 총 30개 지표이다. 이 중 에너지절감부문에서 측정하고자 하는 지표는 최종에너지소비량, GDP대비 최종에너지 소비량, 최종에너지의 총CO2배출량, GDP대비 최종에너지의 총 CO2배출량, 공로의 에너지 절감량, 철도의 에너지절감량 등 총 6개 지표이다.

나. 에너지절감 파급효과 인과관계도

[그림 5-10]은 에너지절감부문의 주요 지표에 대한 인과관계도로서 지표간의 상호 연관관계를 살펴볼 수 있다. 정부 R&D투자의 파급효과를 나타내는 전체 인과관계도에서의 에너지절감 파급효과의 위상은 [그림 5-2]를 참조하기 바란다.



[그림 5-10] 정부 R&D투자의 에너지절감 파급효과 측정을 위한 인과관계도

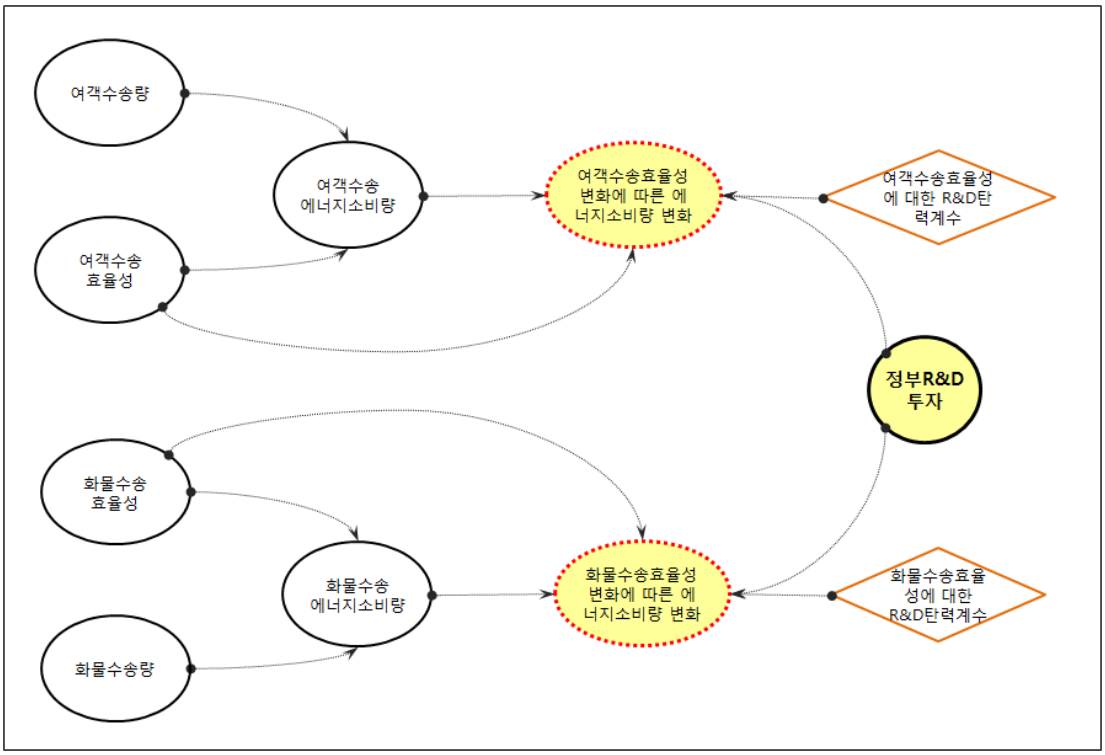
이 그림을 보면 정부 R&D투자는 에너지효율성과 수송효율성을 개선시켜 에너지를 절감하게 되고 이는 전체 에너지 소비량을 감소시켜 궁극적으로 GDP를 증가시키게 된다. 한편 GDP의 증가는 에너지 소비량을 증가시키지만, 에너지소비량의 증가는 GDP의 감소를 가져와 일정수준에서 균형을 이루게 되는 시스템임을 알 수 있다. 한편 에너지소비량은 CO2배출량과 비례관계에 있어서 에너지소비량이 줄어들면 CO2배출량이 줄어들게 된다. 따라서 R&D투자에 의해 에너지 효율성과 수송효율성이 좋아지고 에너지 절감량이 늘어나 에너지 소비량이 줄어들게 되면 CO2배출량은 감소하게 되는 인과관계가 있음을 알 수 있다.

다. 에너지절감 파급효과 측정방법

이 연구에서는 정부 R&D투자 정책의 변화에 따른 인프라 효율성 관련 지표에 대한 파급효과를 측정하기 위하여, 최종에너지소비량, GDP대비 최종에너지 소비량, 최종에너지의 총CO2배출량, GDP대비 최종에너지의 총CO2배출량, 공로의 에너지 절감량, 철도의 에너지절감량 등 총 6개 지표에 대한 미래 전망값을 측정하는 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 개발하였다.

이 연구를 통해 개발된 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하면, 6개 지표에 대한 미래 20년간(2011년~2030년)의 지표 변화를 시뮬레이션하므로써 그 결과값을 전망할 수 있다. 또한 모형에 적용되어 있는 동적인 회귀분석 모형식을 이용하여, 정부 R&D투자정책의 변화에 따라 각 산업별 R&D투자비가 변화되었을 경우 6개의 지표값이 미래(2011년~2030년)에 어떻게 변화할 것인지를 전망할 수 있다. 이 두가지의 전망값을 이용하면 R&D투자의 파급효과를 분석할 수 있게 된다. 즉, 기존 추세에 따라 전망된 지표의 미래 추정값과 정부정책 변화에 따라 시뮬레이션된 지표의 전망값 차이가 바로 정부의 투자정책변화에 따른 파급효과 결과값이 되는 것이다.

[그림 5-11]은 투자시나리오에 따른 R&D투자의 에너지절감 파급효과를 측정하는 원리를 보여주는 그림이다. 정부의 R&D투자는 여객수송효율성과 화물수송효율성을 개선시켜 에너지소비량을 줄이는 것으로 기대된다. 이 연구에서는 수송효율에 대한 건설교통 R&D투자 탄력성을 산출할 수 있는 함수관계식을 만들어 적용시킴으로서 파급효과를 측정하고자 하였다. R&D투자에 따른 수송효율 함수관계식은 “2. 에너지절감 파급효과 측정이론”에서 자세히 설명하였다.



[그림 5-11] R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과 측정 프레임워크

건설교통 R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과는 투자시나리오에 대한 파급효과 산출절차에 따라 측정하였다. 즉, 먼저 과거 10년간의 해당 지표에 대한 통계값을 통해 직관적으로 과거의 추세를 살펴보았다. 두 번째로 “에너지절감 파급효과 분석 모형”을 이용하여 미래 20년을 시뮬레이션하여 해당 지표의 전망치를 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 세 번째로 건설교통 R&D투자의 정책시나리오에 따라 R&D투자정책에 변화가 발생했을 경우에 대한 시뮬레이션 결과값을 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 마지막으로 두 번째의 과거추세에 의한 전망값과 세 번째의 투자시나리오에 따른 전망값을 비교하여 그 차이를 산출하므로써 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하였다.

라. 에너지절감 파급효과 분석을 위한 주요 기초자료

“에너지절감 파급효과 분석모형”을 개발하는데 사용된 자료는 에너지경제연구원의 에너지통계연보, 온실가스종합센터의 국가온실가스 인벤토리 보고서, 국토해양부의 국토해양통계연보 등이 있으며, 모형개발에 사용한 구체적인 자료명과 출처는 [표 5-66]과 같다. 모든 자료는 2000년~2010년 기간의 통계자료를 사용하였으며, 이 자료들을 이용하여 주요 지표의 변화율과 중변화율을 산출하고 그 값을 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 개발하는데 이용하였다.

[표 5-63] R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과 분석을 위한 원시자료

자료명	주요 자료 항목	자료출처
건설교통 R&D투자액	연도별 건설분야 R&D투자액 연도별 교통분야 R&D투자액	[국토해양부, 건설교통 R&D중장기계획(안)]
에너지소비량	연도별/에너지원별 에너지소비량 연도별/부문별 에너지소비량 연도별/수송부문별 에너지소비량	[에너지경제연구원, 에너지통계연보]
에너지수급	연도별/에너지원별 에너지수급 연도별/부문별 에너지수급 연도별/수송부문별 에너지수급	
CO2배출량	온실가스별 배출량 및 흡수량 분야별 CO2배출량 및 흡수량	[온실가스종합센터, 국가온실가스 인벤토리 보고서]
국내여객 수송량	연도별/수송수단별 국내여객수송량	[국토해양부, 국토해양통계연보]
국제여객 수송량	연도별/수송수단별 국제여객수송량	
국내화물 수송량	연도별/수송수단별 국내화물수송량	
국제화물 수송량	연도별/수송수단별 국제화물수송량	
GDP	연도별 GDP	[통계청, 국민계정] 생산활동별 GDP
인 구	연도별/성별/연령별 인구수 연도별 모의연령별 출생자수 연령별 사망자수	[통계청, 인구총조사, 인구동향조사] 연령별 인구수

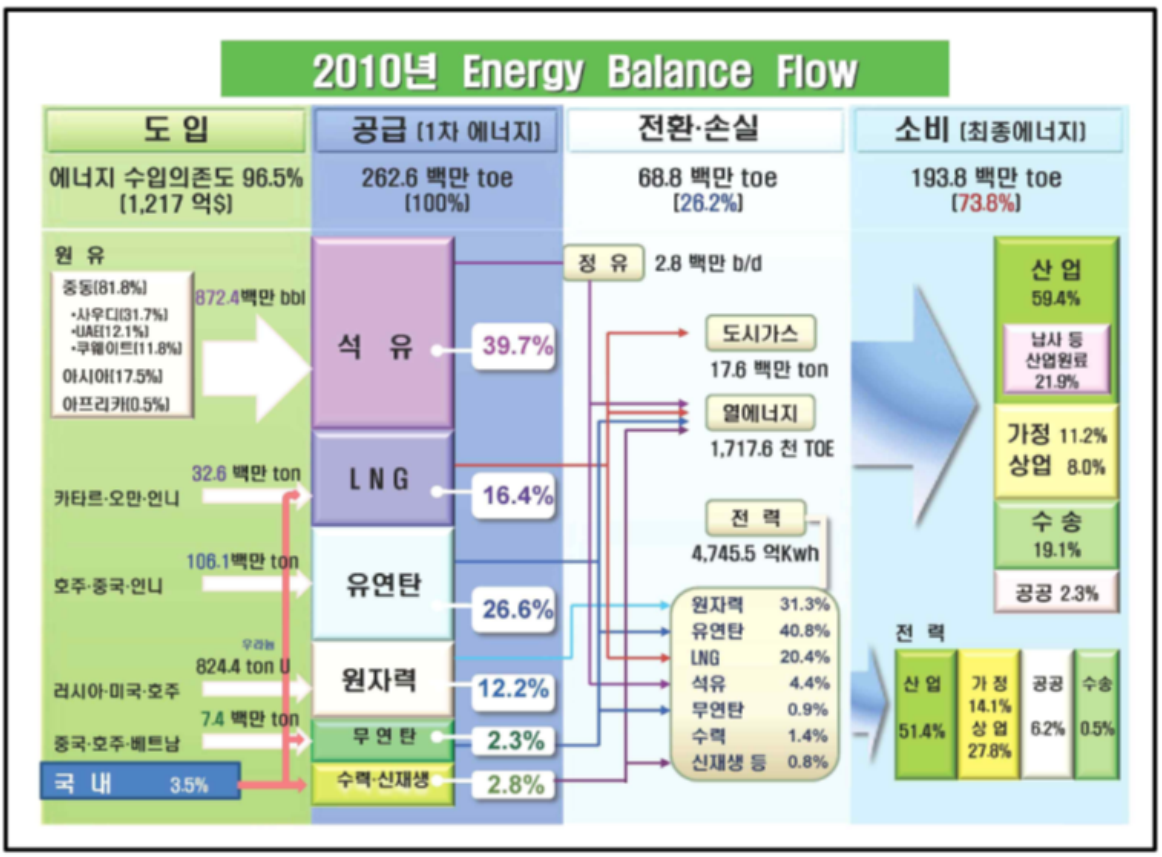
마. 에너지절감 파급효과 측정을 위한 투자시나리오

앞에서 설명한 것과 같이, 이 연구는 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하는 것이 목적이므로 우선적으로 정부차원에서의 투자시나리오 적용은 제외하고, 건설교통부문의 투자정책에 있어서 과거의 투자추세에 따른 R&D 투자액 규모에 매년 3%씩 증액되는 시나리오만을 상정하여 분석하고 그 결과를 설명하기로 하였다.

2. 에너지절감 파급효과 측정이론

가. 에너지소비량 산출방법

2010년도 우리나라 총에너지소비량은 193.8 백만toe[75]로 2005년에 소비한 170.8백만 toe보다 약 13% 증가한 수치이다. 총에너지는 산업부문에서 59.4%, 가정 및 상업부문에서 19.2%, 수송부문에서 19.1% 그리고 공공부문에서 2.3%를 사용하고 있다. [그림 5-12]는 2010년도 우리나라 에너지 수급흐름도를 보여주는 그림으로 원유가 도입되어 1차에너지로 공급된 후 다시 최종에너지까지 변화되어 사용되는 전체 에너지 흐름을 한눈에 볼 수 있다.



[그림 5-12] 2010년도 우리나라 에너지 수급흐름도

75) 석유환산톤(toe : Ton of Oil Equivalent) : 국제 에너지기구(IEA)에서 정한 단위로, kℓ, t, Nm³, kWh 등 여러 가지 단위로 표시되는 각종 에너지원들을 원유 1톤이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위. 1toe는 원유 1톤(7.41 배럴)의 발열량 1,000만kcal가 기준임

우리가 사용하는 에너지원은 여러 종류와 형태가 있다. 이들 에너지원들은 각기 다른 형태로 존재하고 다른 단위로 계량된다. 즉, 석유의 단위는 배럴, 석탄의 단위는 톤, 천연가스의 단위는 입방미터 등으로 각 에너지원의 단위가 다르므로 이를 합계할 때는 통일된 단위가 필요하다. toe는 이를 위해 국제 에너지 기구에서 정한 원유 1톤이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위로 1toe는 1,000만㎉이다. 여러 가지 에너지원은 에너지원별 발열량을 1kg = 10,000 kcal로 환산한 값인 석유환산계수를 이용하여 쉽게 toe로 환산할 수 있다. [표 5-64][76]는 다양한 종류의 에너지원을 총발열량을 기준으로 한 석유환산계수표이다. 이 석유환산계수표를 이용하면 다양한 에너지원을 쉽고 빠르게 toe로 계산 할 수 있다. 아래의 박스는 자동차 휘발유 50ℓ를 toe로 계산하는 예시를 보여주는 것이다.

- **toe = 연료량(kℓ, kg, N㎥, kWh) x 석유환산계수 ÷ 1000 toe/kgoe**
- **0.04 toe = 50 ℓ x 0.8 ÷ 1000 toe/kgoe**

우리나라에서 사용하는 원료는 석유, 석탄, LPG, 도시가스, 전력 등이 주로 사용되는데, 석유의 경우는 휘발유, 등유 경유, 경질증유, 중유, 중질중유 등이 사용되고, 석탄의 경우는 무연탄과 유연탄이 사용된다. 에너지절감 파급효과 분석모형에서는 이렇게 다양한 에너지원에 대한 계량적 시뮬레이션을 해야 하므로 각 원료를 toe로 환산한 통계자료를 사용하였다.

76) 에너지 관리공단, 에너지열량환산기준

[표 5-64] 총발열량기준 에너지열량 환산기준

제품	단위	총발열량		석유환산계수
		kcal	MJ 환산	
원 유	kg	10,750	45.0	1.075
휘 발 유	ℓ	8,000	33.5	0.800
실 내 등 유	ℓ	8,800	36.8	0.880
보일러등유	ℓ	8,950	37.5	0.895
경 유	ℓ	9,050	37.9	0.905
B - A 유	ℓ	9,300	38.9	0.930
B - B 유	ℓ	9,650	40.4	0.965
B - C 유	ℓ	9,900	41.4	0.990
프 로 판	kg	12,050	50.4	1.205
부 탄	kg	11,850	49.6	1.185
나 프 타	ℓ	8,050	33.7	0.805
용 제	ℓ	7,950	33.3	0.795
항 공 유	ℓ	8,750	36.6	0.875
아 스 팔 트	kg	9,900	41.4	0.990
윤 활 유	ℓ	9,250	38.7	0.925
석 유 코 크	kg	8,100	33.9	0.810
부생연료1호	ℓ	8,850	37.0	0.885
부생연료2호	ℓ	9,700	40.6	0.970
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.5	1.300
도시가스(LNG)	N㎥	10,550	44.2	1.055
도시가스(LPG)	N㎥	15,000	62.8	1.500
국내무연탄	kg	4,650	19.5	0.465
수입무연탄	kg	6,550	27.4	0.655
유연탄(연료용)	kg	6,200	26.0	0.620
유연탄(원료용)	kg	7,000	29.3	0.700
아 역 청 탄	kg	5,350	22.4	0.535
코 크 스	kg	7,050	29.5	0.705
전 력	kWh	2,150	9.0	0.215
신 탄	kg	4,500	18.8	0.450

나. CO2배출량 산출방법

2009년 현재 우리나라 온실가스 총 배출량[77]은 607.6백만톤CO2eq[78]이다. 분야별로는 에너지의 배출량이 84.9%로 가장 많고, 산업공정이 9.3%, 농업이 3.3%, 폐기물이 2.5% 순이다. 온실가스 총배출량 및 1인당 배출량은 지속 증가하지만 증가폭은 다소 둔화된 반면, 에너지 사용의 효율성을 나타내는 GDP 대비 배출량은 최근 개선추세를 보이다가 '09년 다소 악화된 것으로 보고되었다.

[표 5-65] 연도별 온실가스 배출량 분석결과

구분	2000년	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
총배출량 (백만톤 CO2 eq.)	513.7	570.3	575.7	588.8	602.3	607.6
전년대비 배출량 증가율(%)	6.9	0.3	0.9	2.3	2.3	0.9
GDP당 배출량 (톤CO2eq/10억)	739.6	659.1	632.6	615.6	615.6	619.0
GDP당 배출량 증가율 (%)	-1.8	-3.6	-4.0	-2.7	-0.01	0.56
1인당 배출량 (톤CO2eq/인)	10.9	11.8	11.9	12.2	12.4	12.5
1인당 배출량 증가율 (%)	5.85	0.06	0.45	2.52	1.64	0.81

2009년 에너지분야 총배출량은 516.0백만톤으로, 2008년 대비 에너지 분야의 배출량은 증가한 반면에, 산업공정과 폐기물의 배출량은 감소하고 토지와 임업에서의 흡수량은 증가하였다. 온실가스별로는 CO2가 89%, CH4가 4.6%, SF6가 3.1%, N2O가 2.1%, HFCS가 1.0%, PFCS가 0.4% 순으로 나타난다. 이 연구에서 분석하고자 하는 온실가스는 CO_2로서, 특히 에너지소비량에 따른 CO_2배출량 분석에 초점을 맞추었다.

77) 온실가스종합정보센터, 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2009년
78) CO2eq는 모든 종류의 온실가스를 CO2로 환산한 단위임

[표 5-66] 우리나라 온실가스별 배출량 추이

[단위 : 백만톤CO2]

구분	'00	'05	'06	'07	'08	'09
CO2	444.3	494.6	501.9	521.8	535.0	540.6
CH4	29.1	28.8	28.4	27.8	27.9	27.7
N2O	18.3	22.2	20.3	11.9	12.3	12.5
HFCs	8.4	6.7	6.1	7.4	6.9	5.9
PFCs	2.2	2.8	2.9	3.1	2.9	2.3
SF6	11.3	15.3	16.0	16.9	17.4	18.6

에너지소비량에 따른 CO_2배출량을 산출하려면 에너지원별 소비에 따른 탄소배출량을 알아야 한다. 현재 우리나라는 국가 고유 배출계수가 없으므로 IPCC에서 만든 탄소배출계수를 사용하고 있다. [표 5-67]에서 보는 바와 같이 에너지원별 사용량에 따라 배출되는 탄소량을 나타내는 계수가 제시되어 있고, 특히 표준화된 에너지 단위인 toe당 탄소배출계수도 제시되어 있다. 탄소배출계수를 이용하여 CO_2배출량을 산출하려면 사용한 에너지양에 탄소배출계수를 곱하면 된다. 이때 계산되어 지는 것은 탄소배출량이므로 CO_2배출량을 계산하려면 탄소배출량에 3.667[79]을 곱하여야 한다. 아래의 박스에서 보는 바와 같이 탄소배출계수를 이용하여 자동차 휘발유 50ℓ를 소비하여 발생하는 CO_2배출량을 산출하면 0.11485 tCO_2가 됨을 알 수 있다.

[tCO2 계산 예] 자동차 휘발유 50 ℓ

- **toe 산출 : 자동차 휘발유 50 ℓ = 50 ℓ x 0.8 ÷ 1000 toe/kgoe = 0.04 toe**
- **tC 산출 : 0.04 toe x 0.783 (ton C / toe) = 0.03132 tC**
- **tCO2 산출 : 0.03132 TC x 3.667 (TCO2/TC) = 0.11485 tCO2**

79) 3.667 = 이산화탄소분자량(44) / 탄소원자량(12)

[표 5-67] IPCC 탄소배출계수

연 료 구 분			탄소배출계수		
			kg C/GJ	*(ton C/toe)	(TJ/10^3 TON)
액체화석연료	1차연료	원유	20.00	0.829	-
		천연액화가스(NGL)	17.20	0.630	-
	2차연료	휘발유	18.90	0.783	44.80
		항공가솔린	18.90	0.783	44.59
		등 유	19.60	0.812	44.75
		항공유	19.50	0.808	-
		경 유	20.20	0.837	43.33
		중 유	21.10	0.875	40.19
		LPG	17.20	0.713	47.31
		납 사	(20.00)(a)	0.829	45.01
		아스팔트(Bitumen)	22.00	0.912	40.19
		윤활유	(20.00)(a)	0.829	40.19
		Petroleum Coke	27.50	1.140	31.0
		Refinery Feedstock	(20.00)(a)	0.829	44.80
고체화석연료	1차연료	무연탄	26.80	1.100	
		원료탄	25.80	1.059	
		연료탄	25.80	1.059	
		갈 탄	27.60	1.132	
		Peat	28.90	1.186	
	2차연료	BKB &Patent Fuel	(25.80)(a)	1.059	
		Coke Oven/Gas Coke	29.50	1.210	
		Coke Oven Gas	13.0(b)		
		Blast Furnace Gas	66.0(b)		
기체화석연료		LNG(dry)	15.30	0.637	
바이오매스 (CO_2 배출량 계산시 불포함)		고체바이오매스	29.90	1.252	
		액체바이오매스	(20.00)(a)	0.837	
		기체바이오매스	(30.60)(a)	1.281	

다. 건설교통 R&D투자에 따른 에너지절감량 산출 방법

제3절에서 에너지 소비량에 대한 수송량을 이용하여 수송효율성의 추이와 전망을 분석하였다. 건설교통 R&D투자는 수송효율성을 증가시키고 그 결과로서 에너지를 절감시킬 것이라 기대할 수 있다. 먼저, 수송효율성에 대한 R&D투자 탄력성을 산출하고, 개선된 수송효율성으로 인하여 절감된 에너지량을 산출한 후 에너지소비량의 변화에 따른 CO_2배출량의 변화를 분석하였다.

① 수송효율성에 대한 건설교통 R&D투자 탄력계수 도출

먼저, 건설교통 R&D투자에 대한 여객 수송효율과 화물 수송효율의 함수관계식을 각각 도출하였다.

- 여객 수송효율 = A(건설교통 RnD투자액)$^{\alpha}$
- 화물 수송효율 = B(건설교통 RnD투자액)$^{\beta}$

여객 수송효율과 화물 수송효율의 건설교통 R&D투자 탄력계수(α, β)를 구하기 위하여 위의 함수식을 다음과 같은 로그관계식으로 재정립하였다.

$$E = e^{a} \cdot X^{p} \cdot e^{\lambda t}$$

여기서 E : 여객수송효율, 화물수송효율

e^{a} : 상수

X : 건설교통 R&D투자 3년 평균액

p : 건설교통 R&D투자액에 대한 탄력계수(α, β)

λ : 기술진보율

t : 기간

[표 5-68]은 건설교통 R&D투자에 따른 여객수송효율과 화물수송효율을 산출하기 위한 함수식을 도출하기 위해 회귀분석한 파라미터값을 정리한 표이다.

[표 5-68] R&D투자에 따른 수송효율성 산출모형의 파라미터값

종속변수	조정된 R2값	독립변수	파라미터	파라미터값	t-통계량	유의수준
여객 수송 효율 (공로)	0.450	상수	a	7.387	22.792	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	α	0.107	2.218	0.044
	0.453	상수	a	7.581	32.096	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	α	0.081	2.227	0.048
여객 수송 효율 (철도)	0.519	상수	a	9.801	22.786	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	α	0.187	2.925	0.026
	0.501	상수	a	10.155	31.747	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	α	0.139	2.834	0.030
화물 수송 효율 (철도)	0.416	상수	a	3.869	14.293	0.000
		건설분야 3년평균 투자액	β	0.098	2.446	0.050
	0.490	상수	a	4.020	21.758	0.000
		교통분야 3년평균 투자액	β	0.079	2.778	0.032

② R&D투자에 수송효율 변화량 산출

①에서 구한 함수식을 이용하면, 건설교통 R&D투자의 변화량에 따른 수송효율 변화량을 측정할 수 있다. 즉 수송효율 변화량은 R&D투자 탄력계수에 R&D투자 변화율과 기존의 수송효율을 곱하여 구한다.

- 여객수송효율 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 여객수송효율
- 화물수송효율 변화량 = R&D투자 탄력계수 × R&D투자 변화율 × 화물수송효율

③ 에너지 절감량 산출

- 에너지 소비량 = 수송량 / 수송효율성
- 에너지 절감량 = R&D가 반영된 에너지소비량 - 기존추세에 따른 에너지소비량

3. 건설교통 R&D투자의 최종에너지 소비량 파급효과

가. 우리나라 최종에너지 소비량 추세

[표 5-69]는 지난 10년간 우리나라의 에너지 소비량을 에너지원별로 정리한 표이다[80]. 2000년의 최종에너지 총사용량은 149.9백만toe이고, 2005년은 170.9백만toe 그리고 2010년에는 193.8백만toe로 2000년에서 2010년 사이에 에너지사용량이 1.3배 증가했고 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 GDP대비 최종에너지 사용량은 2000년 24.8toe/억원에서 2010년 16.5toe/억원으로 점차 감소하고 있음을 볼 수 있다.

에너지원별로 사용량을 살펴보면, 석탄은 사용량이 증가하고 있으나 그 비중에 있어 큰 변화는 없는 편이고, 소비량 비중이 가장 높은 석유는 사용량이 증가하고 있으나 사용 비중 측면에서는 감소추세에 있다. 소비량 비중이 가장 많이 증가한 것은 신재생에너지와 전력으로 2000년에 비해 최종에너지 소비량이 각각 2.5배, 1.8배 증가하였다.

[표 5-69] 우리나라 에너지원별 최종에너지 소비량 (2000-2010년)

<단위 : 1000toe, %>

구 분	2000년		2005년		2010년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
석 탄	19,847	13.2	22,311	13.1	27,968	14.4
석 유	93,596	62.5	96,718	56.6	100,381	51.8
도시가스	12,561	8.4	17,811	10.4	21,081	10.9
전 력	20,600	13.7	28,588	16.7	37,338	19.3
열에너지	1,119	0.7	1,530	0.9	1,718	0.9
신재생에너지	2,130	1.4	3,896	2.3	5,346	2.8
합 계	149,853	100.0	170,854	100.0	193,832	100.0
GDP(억원)	6,032,360		8,652,409		11,732,749	
GDP대비 최종에너지소비량 (toe/억원)	24.842		19.746		16.521	

80) 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2011년, p16

나. 기존추세에 따른 최종에너지 소비량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 에너지원별 최종에너지 소비량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 에너지통계연보에 있는 통계자료를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-70]은 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 최종에너지 소비량을 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 에너지원별 최종에너지의 소비량에 대한 추정값과 에너지통계연감에 있는 2010년도 자료를 이용하여 산출한 실제 에너지원별 최종에너지 소비량, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 2010년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.17%로 나타났으며, 각 에너지원별 최종에너지 소비량 오차율도 1%이내로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-70] 에너지원별 최종에너지 소비량 전망값 검증결과

<단위 : 1000toe, %>

구 분	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
석 탄	23,494	24,650	25,776	26,867	27,923	27,968	-45	-0.162
석 유	97,207	97,788	98,475	99,276	100,194	100,381	-187	-0.187
도시가스	18,487	19,148	19,795	20,427	21,046	21,081	-35	-0.165
전 력	30,419	32,213	33,960	35,650	37,277	37,338	-61	-0.163
열에너지	1,567	1,605	1,641	1,678	1,715	1,718	-3	-0.171
신재생에너지	4,198	4,496	4,787	5,067	5,337	5,346	-9	-0.167
합 계	175,372	179,901	184,434	188,967	193,492	193,832	-340	-0.176
GDP(억원)	9,214,806	9,802,434	10,415,501	11,054,138	11,718,411	11,732,749		
GDP대비 최종에너지소비량 (toe/억원)	19.03	18.35	17.71	17.09	16.51	16.52		

다음 단계로 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여, 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 에너지원별 최종에너지 소비량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값은 [표 5-71]과 같다. 2030년도 최종에너지 소비량은 270.1백만toe로 증가하여 2010년에 비해 1.4배 증가할 것으로 전망된다. 전체적으로 최종에너지 소비량은 늘어날 것으로 보이나 GDP대비 최종에너지 소비량은 크게 감소할 것으로 전망된다. 이는 총산출액의 증가와 GDP의 영향으로 최종에너지는 증가하지만 GDP가 더 큰 비율로 증가할 것으로 전망되기 때문으로 판단된다.

에너지원별로 살펴보면 석유의 사용량이 지속적으로 증가하여 2030년에는 128.6백만toe가 사용될 것으로 전망되나 비중은 47.6으로 2010년의 51.8보다 꽤 감소할 것으로 전망된다. 전력 사용량은 2030년에 57.9백만toe로 크기 증가할 것으로 전망되고, 아직 규모는 크지 않으나 신재생에너지의 사용량이 크게 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-71] 기존추세에 따른 에너지원별 최종에너지 소비량 전망(2015-2030년)

<단위 : 1000toe, %>

	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
석탄	32,649	15.1	36,543	15.4	39,716	15.6	42,184	15.6
석유	106,353	49.3	114,091	48.2	121,879	47.8	128,579	47.6
도시가스	23,944	11.1	26,509	11.2	28,698	11.2	30,439	11.3
전력	44,407	20.6	50,051	21.1	54,524	21.4	57,955	21.5
열에너지	1,900	0.9	2,080	0.9	2,241	0.9	2,373	0.9
신재생에너지	6,496	3.0	7,377	3.1	8,056	3.2	8,569	3.2
합 계	215,748	100.0	236,651	100.0	255,113	100.0	270,098	100.0
GDP(억원)	15,421,111		19,729,392		24,564,111		29,805,030	
GDP대비 최종에너지소비량 (toe/억원)	13.99		11.99		10.39		9.06	

다. 건설교통 R&D투자에 따른 최종에너지 소비량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 에너지원별 최종에너지 소비량을 전망한 결과는 [표 5-72]와 같다. 2030년 기준으로 최종에너지 사용량이 270.0백만toe에서 265.6백만toe로 감소하여 건설교통 R&D투자에 의해 4.5백만toe가 감소되었음을 볼 수 있다.

[표 5-72] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 에너지원별 최종에너지 소비량 전망

<단위 : 1000toe, %>

	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
석탄	32,626	15.1	36,412	15.4	39,364	15.6	41,488	15.6
석유	106,280	49.3	113,680	48.2	120,800	47.8	126,458	47.6
도시가스	23,927	11.1	26,414	11.2	28,443	11.2	29,937	11.3
전력	44,377	20.6	49,871	21.1	54,041	21.4	56,999	21.5
열에너지	1,899	0.9	2,072	0.9	2,221	0.9	2,334	0.9
신재생에너지	6,492	3.0	7,351	3.1	7,984	3.2	8,427	3.2
합 계	215,602	100.0	235,800	100.0	252,854	100.0	265,643	100.0
GDP(억원)	15,421,111		19,729,392		24,564,111		29,805,030	
GDP대비 최종에너지소비량 (toe/억원)	13.98		11.95		10.29		8.91	

라. 건설교통 R&D투자에 따른 최종에너지 소비량 파급효과

[표 5-71]의 기존추세에 의한 최종에너지 소비량과 [표 5-72]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 최종에너지 소비량 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-73]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 에너지원별 최종에너지 소비량과 기존추세에 의해 추정된 최종에너지 소비량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

최종에너지의 비중을 많이 차지하는 석유가 2백만toe 정도 절감되어 가장 많이 절감

되었음을 볼 수 있다. 최종에너지의 소비량의 절감은 수송효율의 개선에서 비롯된 것이고 특히 공로의 여객수송 효율의 개선은 주에너지원인 석유의 소비량을 많이 절감시켰을 것으로 추정된다. 전력 소비량도 많이 절감되었음을 볼 수 있는데 이는 R&D투자에 따른 철도 수송효율 개선에 의한 효과로 판단된다. 건설교통 R&D투자액당 에너지 절감량은 매년 약40,000toe를 절감시키고 있으며, 2030년에 절감량이 줄어드는 것은 시간에 따른 투자액의 할인효과 때문으로 추정된다.

[표 5-73] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 최종에너지 절감효과(2015-2030년)

<단위 : 1000toe>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
석탄	-22	-131	-352	-696
석유	-72	-410	-1,079	-2,121
도시가스	-16	-95	-254	-502
전력	-30	-180	-483	-956
열에너지	-1	-7	-20	-39
신재생에너지	-4	-27	-71	-141
합 계	-147	-851	-2,259	-4,455
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 에너지소비 절감량(toe)	**-44**	**-47**	**-40**	**-33**

4. 건설교통 R&D투자의 수송수단별 에너지소비량 파급효과

가. 수송수단별 에너지소비량 추세

[표 5-74]는 지난 10년간 에너지원별 에너지소비량을 정리한 표이다[81]. 2000년도 수송분야에서 소비한 에너지 총사용량은 30.9백만toe이고, 2005년은 35.6백만toe 그리고 2010년에는 36.9백만toe로 2000년에서 2010년 사이에 에너지사용량이 1.2배 증가했고 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

수송수단별 에너지소비량을 살펴보면, 육상운수에서 사용하는 에너지는 2010년도 기준으로 29.8백만toe로 다른 수송수단에 비해 압도적으로 소비량이 많고 계속 증가추세에 있다. 철도운수와 수상운수에서 소비하는 에너지양은 점차 감소추세에 있으며, 항공운수는 점차 증가하여 2010년에는 수상운수보다 많은 에너지를 소비하고 있음을 볼 수 있다.

[표 5-74] 수송수단별 에너지소비량 (2000-2010년)

<단위 : 1000toe, %>

구분	2000년		2005년		2010년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
철도운수	512	1.7	505	1.4	383	1.0
육상운수	23,554	76.1	28,143	79.1	29,821	80.7
수상운수	4,705	15.2	4,092	11.5	3,282	8.9
항공운수	2,174	7.0	2,819	7.9	3,453	9.3
합 계	30,945	100.0	35,559	100.0	36,939	100.0

나. 기존추세에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 수송수단별 에너지소비량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 에너지통계연보에 있는 통계자료를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

81) 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2011년, p16

[표 5-75]는 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 수송수단별 에너지소비량을 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2010년까지의 수송수단별 에너지소비량에 대한 추정값과 에너지통계연감에 있는 2010년도 자료를 이용하여 산출한 실제 수송수단별 에너지소비량, 그리고 2010년도의 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 2010년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.19%로 나타났으며, 각 수송수단별 에너지소비량 오차율도 1%이내로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-75] 수송수단별 에너지소비량 전망값 검증결과

<단위 : 1000toe, %>

구 분	시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
철도운수	472	443	419	398	380	383	-3	-0.7303
육상운수	28,442	28,751	29,072	29,411	29,770	29,821	-51	-0.1718
수상운수	3,871	3,680	3,517	3,378	3,260	3,282	-22	-0.6562
항공운수	2,955	3,087	3,215	3,338	3,457	3,453	4	0.1095
합 계	35,740	35,961	36,223	36,525	36,867	36,939	-72	-0.1943

다음 단계로 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여, 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 수송수단별 에너지소비량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값은 [표 5-79]와 같다. 2030년도 수송부문의 에너지소비량은 46.9백만toe로 증가하여 2010년에 비해 1.3배 증가할 것으로 전망된다. 육상운수와 항공운수의 에너지소비량은 늘어날 것으로 보이나 철도운수와 수상운수의 에너지소비량은 크게 변하지 않을 것으로 전망된다.

[표 5-76] 기존추세에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망 (2015-2030년)

<단위 : 1000toe, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
철도운수	326	0.8	307	0.7	304	0.7	308	0.7
육상운수	31,855	81.5	34,242	81.9	36,587	82.1	38,594	82.3
수상운수	2,921	7.5	2,838	6.8	2,872	6.4	2,946	6.3
항공운수	3,984	10.2	4,420	10.6	4,781	10.7	5,066	10.8
합 계	39,087	100.0	41,807	100.0	44,545	100.0	46,915	100.0

다. 건설교통 R&D투자에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 수송수단별 에너지소비량을 전망한 결과는 [표 5-77]과 같다. 2030년 기준으로 수송부문의 에너지사용량이 46.9백만toe에서 42.1백만toe로 감소하여 건설교통 R&D투자에 의해 4.8백만toe가 감소되었음을 볼 수 있다.

[표 5-77] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 에너지소비량 전망

<단위 : 1000toe, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
철도운수	325	0.8	300	0.7	288	0.7	276	0.7
육상운수	31,730	81.5	33,502	81.9	34,595	82.1	34,622	82.3
수상운수	2,910	7.5	2,777	6.8	2,716	6.4	2,643	6.3
항공운수	3,968	10.2	4,325	10.6	4,521	10.7	4,545	10.8
합 계	38,933	100	40,903	100	42,119	100	42,086	100

라. 건설교통 R&D투자에 따른 수송수단별 에너지소비량 파급효과

[표 5-76]의 기존추세에 의한 수송수단별 에너지소비량과 [표 5-77]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 에너지소비량 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-78]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 수송수단별 에너지소비량과 기존추세에 의해 추정된 에너지소비량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

수송부문 에너지소비량의 80%이상을 차지하는 석유가 4백만toe 정도 절감되어 가장 많이 절감되었음을 볼 수 있다. 에너지소비량의 절감은 수송효율의 개선에서 비롯된 것이고 특히 공로의 여객수송 효율의 개선은 육상운수의 에너지소비량을 많이 절감시켰을 것으로 추정된다. 건설교통 R&D투자액당 수송부문에서의 에너지절감량은 매년 감소하고 있는데, 이것은 시간에 따른 투자액의 할인효과 때문으로 추정된다.

[표 5-78] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 에너지소비량 절감효과

<단위 : 1000toe>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
철도운수	-1	-7	-17	-32
육상운수	-126	-741	-1,993	-3,972
수상운수	-12	-61	-156	-303
항공운수	-16	-96	-260	-521
합 계	-154	-904	-2,426	-4,828
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 에너지소비 절감량(toe)	**-46**	**-50**	**-43**	**-36**

5. 건설교통 R&D투자의 최종에너지 CO2배출량 파급효과

가. 우리나라 온실가스 배출량 추세

[표 5-79]는 지난 10년간 우리나라의 온실가스별 배출량 및 흡수량을 정리한 표이다[82]. 2000년의 우리나라 온실가스 총 배출량은 513백만tCO2이고, 2005년은 570백만tCO2 그리고 2009년에는 607.6백만tCO2로 2000년에서 2009년 사이에 온실가스 배출량이 1.2배 증가했고 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이 연구에서 분석대상으로 하고 있는 CO2의 배출량 추이를 살펴보면, 2000년 444백만tCO2에서 2009년 541백만tCO2로 약 1.2배 증가하였고 지속적으로 증가하고 있음을 볼 수 있다. 우리가 일반적으로 알고 있는 온실가스는 CO2이외에도 많으나 표에서 보는 바와 같이 CO2배출량에 비해 다른 온실가스들은 배출량이 미비하기 때문에 자주 언급되지는 않는다.

[표 5-79] 우리나라 온실가스별 배출량 및 흡수량(2000-2009년)

[단위 : 백만tC02 eq.]

연도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CO_2	444.3	458.7	477.3	485.7	491.8	494.6	501.9	521.8	535.0	540.6
CH_4	29.1	29.5	29.8	29.8	29.2	28.8	28.4	27.8	27.9	27.7
N_2O	18.3	18.2	17.6	21.0	23.6	22.2	20.3	11.9	12.3	12.5
HFCs	8.4	5.9	8.7	6.4	6.6	6.7	6.1	7.4	6.9	5.9
PFCs	2.2	2.0	2.0	2.3	2.8	2.8	2.9	3.1	2.9	2.3
SF_6	11.3	18.1	15.2	16.5	14.9	15.3	16.0	16.9	17.4	18.6
총배출량	513.7	532.5	550.5	561.7	568.8	570.3	575.7	588.8	602.3	607.6
LULUCF	-36.5	-34.3	-33.9	-34.0	-32.3	-32.4	-33.5	-37.5	-41.0	-42.9
순배출량	477.2	498.2	516.7	527.7	536.5	537.9	542.2	551.3	561.4	564.7

82) 온실가스종합정보센터, 국가온실가스 인벤토리 보고서, 2009년, p16

나. 기존추세에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 에너지원별 CO2배출량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 에너지통계연보에 있는 통계자료를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-80은 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2009년까지 에너지원별 CO2배출량을 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2009년까지의 에너지원별 CO2배출량에 대한 추정값과 에너지통계연감에 있는 2009년도 자료를 이용하여 산출한 실제 에너지원별 CO2배출량, 그리고 2005년부터 2009년도까지 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 2009년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 1.78%로 나타났으며, 각 년도별 총CO2배출량 오차율도 3%이내로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-80] 에너지원별 CO2배출량 시뮬레이션 검증결과

<단위 : 백만tCO2>

구 분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
시뮬레이션값	석탄	87.2	91.9	96.4	100.8	105.1
	석유	291.3	292.4	293.9	295.7	297.9
	도시가스	41.6	43.2	44.7	46.2	47.7
	전력	64.3	68.4	72.5	76.4	80.2
	합 계	484.4	495.9	507.5	519.2	531.0
실제값		494.6	501.9	521.8	535.0	540.6
차이값		-10.2	-6.0	-14.3	-15.8	-9.6
오차율(%)		-2.1	-1.2	-2.7	-3.0	-1.8
GDP대비 CO2배출량 (TCO2/억원)		41.3	53.8	51.8	49.9	48.0

다음 단계로 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여, 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 에너지원별 CO2배출량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값은 [표 5-81와 같다. 2030년도 최종에너지 CO2배출량은 750.8백만tCO2로 증가하여 2010년에 비해 1.4배 증가할 것으로 전망된다. 전체적으로 에너지원별로 모두 CO2배출량은 늘어날 것으로 보이나 GDP대비 CO2배출량은 크게 감소할 것으로 전망된다. 이는 총산출액의 증가와 GDP의 영향으로 CO2배출량은 증가하지만 GDP가 더 큰 비율로 증가할 것으로 전망되기 때문으로 판단된다.

에너지원별로 살펴보면 석유로 인한 CO2배출량이 지속적으로 증가하여 2030년에는 384백만tCO2가 배출될 것으로 전망되나 비중은 51.2으로 2010년의 56.1보다 많이 감소할 것으로 전망된다. 전력 사용으로 인해 발생하는 CO2배출량은 2030년에 130백만tCO2로 크기 증가할 것으로 전망되고, 석탄으로 인한 배출량도 점차 증가할 것으로 전망된다.

[표 5-81] 기존추세에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망(2015-2030년)

<단위 : 백만tCO2, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	배출량	비중	배출량	비중	배출량	비중	배출량	비중
석탄	127.88	21.24	143.18	21.73	155.63	21.94	165.31	22.02
석유	318.30	52.87	341.09	51.77	364.16	51.33	384.04	51.15
도시가스	55.92	9.29	61.92	9.40	67.03	9.45	71.09	9.47
전력	99.91	16.60	112.61	17.09	122.68	17.29	130.40	17.37
합 계	602.02	100.00	658.80	100.00	709.49	100.00	750.84	100.00
GDP대비 CO2배출량 (TCO2/억원)		39.04		33.39		28.88		25.19

다. 건설교통 R&D투자에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 에너지원별 CO2배출량을 전망한 결과는 [표 5-85]와 같다. 2030년 기준 총 CO2 배출량은 750.1백만tCO2에서 738.5백만tCO2로 감소하여 건설교통 R&D투자에 의해 12.4백만tCO2가 감소되었음을 볼 수 있다.

[표 5-82] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 에너지원별 CO2배출량 전망

<단위 : 백만tCO2, %>

비 고	2015년		2020년		2025년		2030년	
	배출량	비중	배출량	비중	배출량	비중	배출량	비중
석 탄	127.79	21.24	142.66	21.73	154.25	21.94	162.59	22.02
석 유	318.08	52.87	339.86	51.77	360.93	51.33	377.71	51.15
도시가스	55.89	9.29	61.69	9.40	66.43	9.45	69.92	9.47
전 력	99.85	16.60	112.21	17.09	121.59	17.29	128.24	17.37
합 계	601.61	100.00	656.43	100.00	703.21	100.00	738.46	100.00
GDP(억원)	15,421,111		19,729,392		24,564,111		29,805,030	
GDP대비 CO2배출량 (TCO2/억원)	39.01		33.27		28.63		24.78	

라. 건설교통 R&D투자에 따른 에너지원별 CO2배출량 파급효과

[표 5-81의 기존추세에 의한 에너지원별 CO2배출량과 [표 5-82]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 에너지원별 CO2배출량 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-83]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 에너지원별 CO2배출량과 기존추세에 의해 추정된 CO2배출량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다. CO2배출량이 가장 많았던 석유가 6.3백만tCO2 정도 절감되어 가장 많이 절감되었음을 볼 수 있다. 최종에너지의 CO2배출량의 절감은 수송효율의 개선에서 비롯된 것이고 특히 공로의 여객수송 효율의 개선은 주에너지원인 석유의 소비량을 감소시키고 그로인해 CO2배출량을 많이 절감시켰을 것으로 추정된다.

[표 5-83] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 CO2배출 감소효과

<단위 : 백만tCO2>

비 고	2015년	2020년	2025년	2030년
석 탄	-0.09	-0.52	-1.38	-2.73
석 유	-0.22	-1.23	-3.22	-6.33
도시가스	-0.04	-0.22	-0.59	-1.17
전 력	-0.07	-0.41	-1.09	-2.15
합 계	-0.41	-2.37	-6.28	-12.38
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 CO2배출 절감량(TCO2)	**-123.12**	**-130.42**	**-111.34**	**-92.16**

6. 건설교통 R&D투자의 수송수단별 CO2배출량 파급효과

가. 수송수단별 CO2배출량 추세

[표 5-84]는 지난 10년간 우리나라의 분야별 CO2 배출량 및 흡수량을 정리한 표이다[83]. 이중 이 연구에서의 분석대상인 수송부문의 CO2배출량을 살펴보면, 2000년의 수송분야의 CO2 총 배출량은 69.5백만tCO2이고, 2005년은 81.3백만tCO2 그리고 2009년에는 81.9백만tCO2로 2000년에서 2009년 사이에 CO2 배출량이 1.2배 증가했고 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

[표 5-84] 분야별 CO2 배출량 및 흡수량(2000-2009년)

분야	부문	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
에너지	에너지 산업	136.5	146.7	155.0	159.5	172.9	176.8	186.8	197.4	209.8	227.4
	제조 및 건설업	128.8	129.2	134.7	137.0	134.4	133.7	135.1	143.6	148.9	139.8
	수송	69.5	72.6	77.6	80.4	80.5	81.3	82.1	83.3	81.1	81.9
	기타	72.8	72.1	71.7	70.1	66.4	68.9	63.8	61.6	59.3	57.0
산업공정		29.3	30.3	31.5	32.0	30.8	28.1	27.8	30.1	30.2	29.1
LULUCF		-36.5	-34.3	-33.9	-34.0	-32.3	-32.4	-33.5	-37.5	-41.0	-42.9
폐기물		7.4	7.9	6.7	6.8	6.8	5.8	6.5	5.7	5.7	5.5
CO_2 총배출량		444.3	458.7	477.3	485.7	491.8	494.6	501.9	521.8	535.0	540.6
CO_2 순배출량		407.8	424.5	443.4	451.7	459.5	462.2	468.4	484.3	494.0	497.7

나. 기존추세에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망

이 연구를 통하여 개발된 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 수송수단별 CO2배출량을 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 에너지통계연보에 있는 통계자료를 비교하여

83) 온실가스종합정보센터, 국가온실가스 인벤토리 보고서, 2009년, p20

모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-85]은 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2009년까지 수송수단별 CO2배출량을 시뮬레이션한 결과로서, 2005년부터 2009년까지의 수송수단별 CO2배출량에 대한 추정값과 에너지통계연감에 있는 자료를 이용하여 산출한 실제 수송수단별 CO2배출량, 그리고 시뮬레이션 결과값과 실제값의 오차값과 오차율을 정리한 표이다. “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 2010년도를 기준으로 볼 때 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.37%로 나타났으며, 각 연도별 CO2배출량 오차율도 3%이내로 나타났으므로 이는 시뮬레이션 결과값으로 수용할만하다고 판단된다.

[표 5-85] 수송수단별 CO2배출량 시뮬레이션 검증결과

<단위 : 백만tCO2>

구 분		2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
시뮬레이션값	철도운수	1.04	0.97	0.91	0.85	0.81
	육상운수	62.52	63.13	63.75	64.39	65.06
	수상운수	9.92	9.39	8.92	8.53	8.19
	항공운수	6.87	7.21	7.53	7.84	8.14
	합 계	80.35	80.69	81.11	81.61	82.20
실제값		81.30	82.10	83.30	81.10	81.90
차이값		-0.95	-1.41	-2.19	0.51	0.30
오차율(%)		-1.16	-1.72	-2.63	0.63	0.37
GDP대비 운수부문 CO2배출량 (tCO2/억원)		6.86	8.76	8.27	7.84	7.44

다음 단계로 “에너지절감 파급효과 분석모형”을 이용하여, 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 수송수단별 CO2배출량을 시뮬레이션하여 얻어진 결과값은 [표 5-86]과 같다. 2030년도 수송부문의 CO2배출량은 104.8백만tCO2로 증가하여 2010년에 비해 1.2배 증가할 것으로 전망된다. 육상운수와 항공운수의 CO2배출량은 늘어날 것으로 보이나 철도운수와 수상운수의 CO2배출량은 크게 변하지 않을 것으로 전망된다.

[표 5-86] 기존추세에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망 (2015-2030년)

<단위 : 백만tCO2, %>

	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
철도운수	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
육상운수	70.1	80.1	75.2	80.5	80.3	80.7	84.7	80.8
수상운수	7.1	8.1	6.9	7.4	7.0	7.0	7.1	6.8
항공운수	9.7	11.1	10.8	11.5	11.7	11.7	12.4	11.8
합 계	87.5	100.0	93.5	100.0	99.6	100.0	104.8	100.0
GDP대비 운수부문 CO2배출량 (tCO2/억원)	5.68		4.74		4.05		3.52	

다. 건설교통 R&D투자에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비해 3%씩 정율로 증가시켜 투자하는 시나리오에 따라 수송수단별 CO2배출량을 전망한 결과는 [표 5-87]과 같다. 2030년 기준 수송부문의 CO2배출량이 104.8백만tCO2에서 94.1백만tCO2로 감소하여 건설교통 R&D투자에 의해 10.8백만tCO2가 감소되었음을 볼 수 있다.

[표 5-87] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 CO2배출량 전망

<단위 : 백만tCO2, %>

	2015년		2020년		2025년		2030년	
	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중	소비량	비중
철도운수	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
육상운수	69.8	80.1	73.6	80.5	76.0	80.7	76.0	80.8
수상운수	7.1	8.1	6.7	7.4	6.6	7.0	6.4	6.8
항공운수	9.7	11.1	10.5	11.5	11.0	11.7	11.1	11.8
합 계	87.2	100.0	91.5	100.0	94.1	100.0	94.1	100.0
GDP대비 운수부문 CO2배출량 (tCO2/억원)	5.65		4.64		3.83		3.16	

라. 건설교통 R&D투자에 따른 수송수단별 CO2배출량 파급효과

[표 5-86]의 기존추세에 의한 수송수단별 CO2배출량과 [표 5-87]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 CO2배출량 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-88]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 수송수단별 CO2배출량과 기존추세에 의해 추정된 CO2배출량과의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

수송부문 CO2배출량의 80%이상을 차지하는 육상운수 석유가 8.7백만tCO2 정도 감소하여 가장 많이 감소되었음을 볼 수 있다. CO2배출량의 감소는 수송효율의 개선으로 인한 에너지소비량 절감에서 비롯된 것이고 특히 육상운수의 여객수송 효율의 개선이 육상운수의 CO2배출량을 많이 절감시켰을 것으로 추정된다. 건설교통 R&D투자액당 수송부문에서의 CO2배출 감소량이 매년 감소하고 있는데, 이것은 시간에 따른 투자액의 할인효과 때문으로 추정된다.

[표 5-88] 건설교통 R&D투자 3% 정율증가에 따른 수송수단별 CO2배출량 감소효과

<단위 : 백만tCO2, %>

비 고	2015년	2020년	2025년	2030년
철도운수	0.00	-0.01	-0.03	-0.06
육상운수	-0.28	-1.63	-4.38	-8.72
수상운수	-0.03	-0.15	-0.38	-0.74
항공운수	-0.04	-0.23	-0.63	-1.27
합 계	-0.35	-2.02	-5.42	-10.79
3% 증액 누적투자액(억원)	3,323	18,173	56,429	134,365
1억당 CO2배출 감소량(tCO2)	**-104**	**-111**	**-96**	**-80**

제5절 건설교통 R&D투자의 기술혁신 파급효과

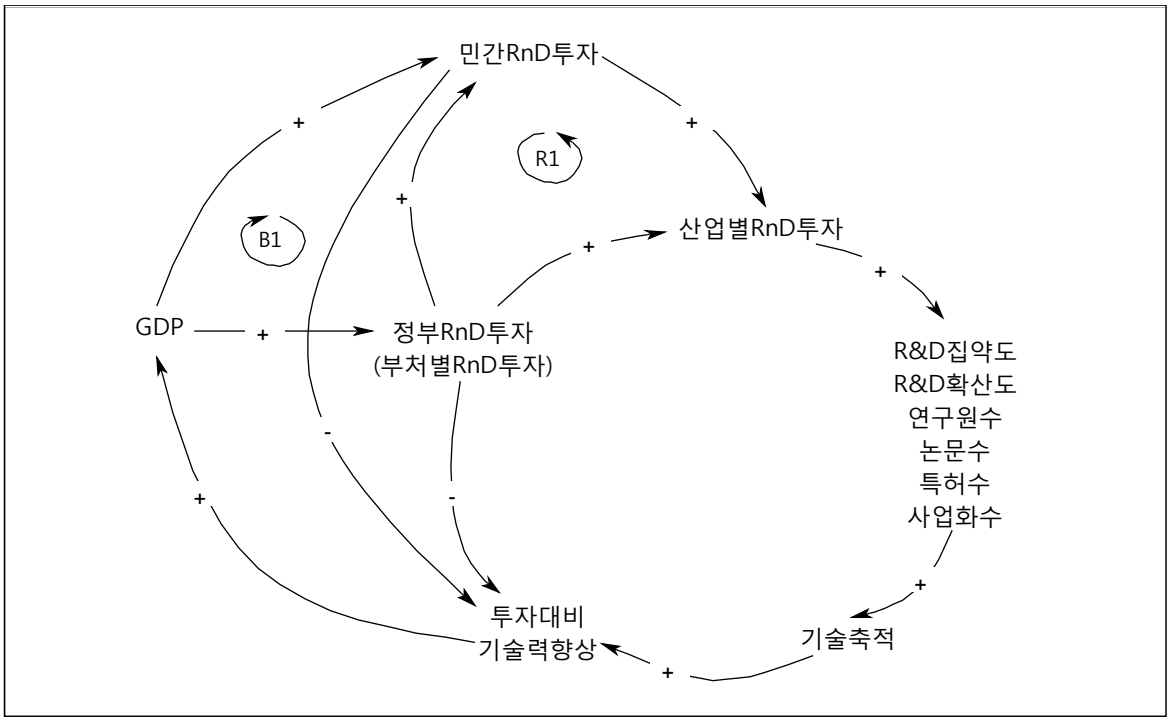
1. 기술혁신 파급효과 측정 개요

가. 기술혁신 파급효과 측정 지표

제4장 “건설교통 R&D투자의 파급효과 측정지표 및 지수 정립”에서 자세히 설명한 것과 같이, 건설교통 R&D투자의 파급효과를 측정하기 위해 선정된 지표는 4개부문 총 30개 지표이다. 이 중 기술혁신부문에서 측정하고자 하는 지표는 R&D집약도, R&D확산도, 연구원수, 연구인력비중, 인당 R&D투자액, 논문게재건수, 특허건수 총 7개 지표이다.

나. 기술혁신 파급효과 인과관계도

[그림 5-13]은 기술혁신부문의 주요 지표에 대한 인과관계도로서 지표간의 상호 연관관계를 살펴볼 수 있다. 정부 R&D투자의 파급효과를 나타내는 전체 인과관계도에서의 기술혁신 파급효과의 위상은 [그림 5-2]를 참조하기 바란다.



[그림 5-13] 정부 R&D투자의 기술혁신 파급효과 측정을 위한 인과관계도

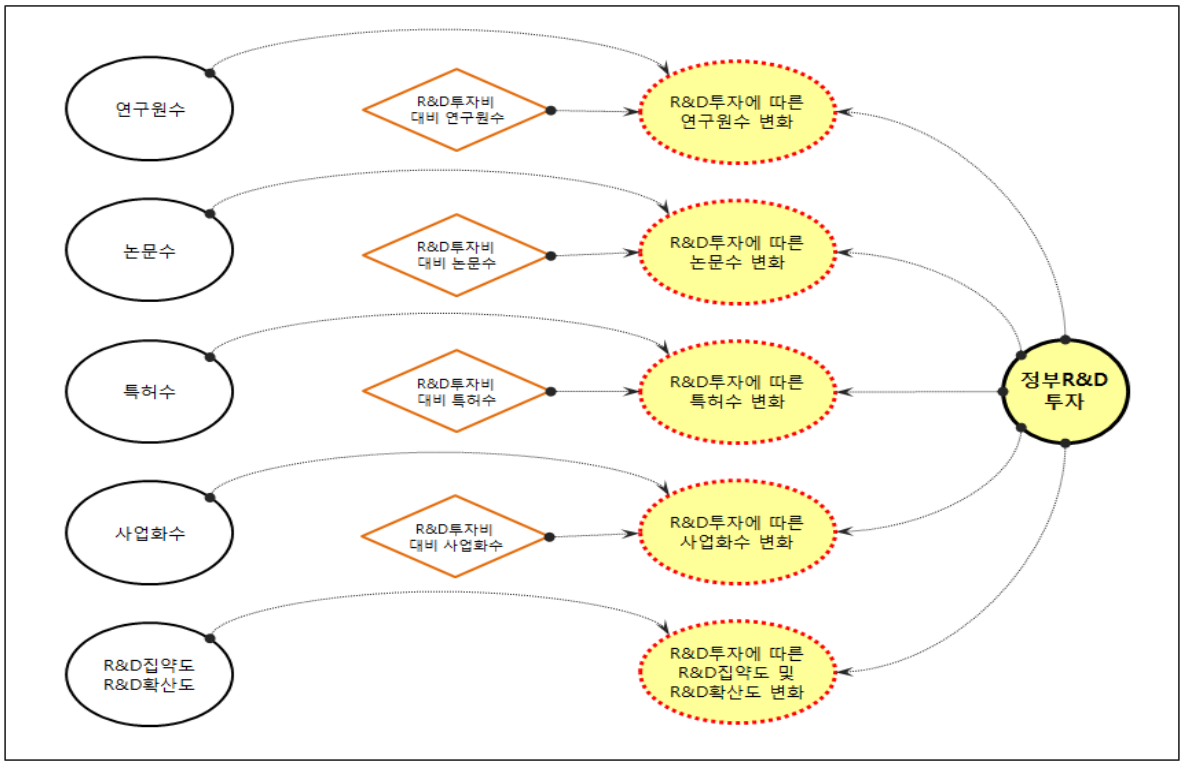
그림[5-13]을 보면 정부 R&D투자는 민간R&D투자를 촉진시키고 산업별 R&D연구를 활성화하여, 그 결과물로서 연구원수의 증가를 통한 인적자본의 축적 그리고 논문수와 특허수의 증가를 통한 지적자본의 축적을 가져와 기술발전을 가져오게 한다. 이러한 인적자본과 지적자본의 기술축적을 통하여 기술력이 향상되고, 신제품 개발 및 매출증대를 통해 궁극적으로는 GDP의 증가를 가져오는 선 순환구조를 이루게 된다. 한편 부가가치의 증대에 따라 민간 R&D투자가 증가하게 되나, R&D 투자액의 증가는 투자대비 기술력 향상을 낮추고, 투자액 대비 부가가치 창출을 줄이게 되고, 이에 따라 R&D투자를 줄임으로서 일정수준에서 균형을 이루게 하는 인과관계가 있음을 알 수 있다.

다. 기술혁신 파급효과 측정방법

이 연구에서는 정부 R&D투자 정책의 변화에 따른 기술혁신 관련 지표에 대한 파급효과를 측정하기 위하여, R&D집약도, R&D확산도, 연구원수, 연구인력비중, 인당 R&D투자액, 논문게재건수, 특허건수 등 총 7개 지표에 대한 미래 전망값을 측정하는 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 개발하였다.

이 연구를 통해 개발된 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하면, 7개 지표에 대한 미래 20년간(2011년~2030년)의 지표 변화를 시뮬레이션하므로써 그 결과값을 전망할 수 있다. 또한 모형에 적용되어 있는 R&D투자에 따른 지표의 변화율 변동추세를 이용하여, 정부 R&D투자정책이 변화되었을 경우 7개의 지표값이 미래(2011년~2030년)에 어떻게 변화할 것인지를 전망할 수 있다. 이 두 가지의 전망값을 이용하면 R&D투자의 파급효과를 분석할 수 있게 된다. 즉, 기존 추세에 따라 전망된 지표의 미래 추정값과 정부정책 변화에 따라 시뮬레이션된 지표의 전망값 차이가 바로 정부의 투자정책변화에 따른 파급효과 결과값이 되는 것이다.

[그림 5-14]는 투자시나리오에 따른 R&D투자의 에너지절감 파급효과를 측정하는 원리를 보여주는 그림이다. 정부의 R&D투자는 단위투자액당 비율의 형태로 연구원수, 논문수, 특허수, 사업화수에 직접적으로 영향을 미치게 되고, 총산출액대비 R&D투자액의 형태로 나타나는 R&D집약도에 영향을 주게 된다.



[그림 5-14] R&D투자에 따른 기술혁신 파급효과 측정 프레임워크

건설교통 R&D투자에 따른 에너지절감 파급효과는 투자시나리오에 대한 파급효과 산출절차에 따라 측정하였다. 즉, 먼저 과거 10년간의 해당 지표에 대한 통계값을 통해 직관적으로 과거의 추세를 살펴보았다. 두 번째로 "기술혁신 파급효과 분석 모형"을 이용하여 미래 20년을 시뮬레이션하여 해당 지표의 전망치를 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 세 번째로 건설교통 R&D투자의 정책시나리오에 따라 R&D투자정책에 변화가 발생했을 경우에 대한 시뮬레이션 결과값을 정리하고 그 추세를 살펴보았다. 마지막으로 두 번째의 과거추세에 의한 전망값과 세 번째의 투자시나리오에 따른 전망값을 비교하여 그 차이를 산출하므로써 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하였다.

라. 기술혁신 파급효과 분석을 위한 주요 기초자료

"기술혁신 파급효과 분석모형"을 개발하는데 사용된 자료는 국가과학기술위원회의 연구개발 활동 조사보고서, 교육과학기술부의 과학기술통계백서와 국가연구개발사업 성과분석보고서 등이 있으며, 모형개발에 사용한 구체적인 자료명과 출처는 [표 5-89]와 같다. 모든 자료는 2000년~2010년 기간의 통계자료를 사용하였으며, 이 자료들을 이용하여 주요 지표의 변화율과 증변화율을 산출하고 그 값을 "기술혁신 파급효과 분석모형"을 개발하는데 이용하였다.

[표 5-89] R&D투자에 따른 기술혁신 파급효과 분석을 위한 원시자료

자료명	주요 자료 항목	자료출처
건설교통 R&D투자액	연도별 건설분야 R&D투자액 연도별 교통분야 R&D투자액	[국토해양부, 건설교통 R&D중장기계획(안)]
연구개발비 (국가전체)	연도별/재원별 연구개발비 연도별/연구주체별 연구개발비 연도별/연구단계별 연구개발비 연도별/산업별 연구개발비	[국가과학기술위원회, 연구개발활동 조사보고서]
정부 연구개발비	연도별/연구주체별 연구개발비 연도별/연구단계별 연구개발비 연도별/부처별 연구개발비	[교육과학기술부, 과학기술통계백서]
연구개발인력	연도별 연구개발인력 연도별/산업별 연구원수	
논문	연도별 논문수 연도별/연구주체별 논문수 연도별/연구단계별 논문수 연도별/산업별 논문수 연도별/부처별 논문수	[교육과학기술부, 국가연구개발사업 성과분석보고서]
특허	연도별 특허수(출원, 등록) 연도별/연구주체별 특허수(출원, 등록) 연도별/연구단계별 특허수(출원, 등록) 연도별/산업별 특허수(출원, 등록) 연도별/부처별 특허수(출원, 등록)	
사업화	연도별 사업화수 연도별/사업화유형별 사업화수 연도별/연구주체별 사업화수 연도별/연구단계별 사업화수 연도별/부처별 사업화수	
생산유발계수	산업별 생산유발계수	[한국은행, 산업연관표] 생산유발계수표(경상표 28부문) 생산자가격평가표
총산출액	연도별/산업별 총산출액	

마. 기술혁신 파급효과 측정을 위한 투자시나리오

앞에서 설명한 것과 같이, 이 연구는 건설교통 R&D투자의 파급효과를 분석하는 것이 목적이므로 우선적으로 정부차원에서의 투자시나리오 적용은 제외하고, 건설교통부문의 투자정책에 있어서 과거의 투자추세에 따른 R&D 투자액 규모에 매년 3%씩 증액되는 시나리오만을 상정하여 분석하고 그 결과를 설명하기로 하였다.

2. 건설교통 R&D투자의 R&D집약도와 R&D확산도 파급효과

가. 산업별 R&D 집약도 전망

산업연관분석에서 R&D집약도[84]는 각 산업의 총산출액 대비 R&D투자액 비율을 의미한다. 이 연구에서 개발한 "경제발전 파급효과 분석모형"과 "기술혁신 파급효과 분석모형"에서 산출되는 산업별 총산출액과 R&D투자액을 이용하면, [표 5-90]와 같이 각 년도의 R&D집약도를 손쉽게 전망할 수 있다. 단, 이 연구에서 논하는 R&D투자액은 정부와 민간의 전체 투자액에 대한 것이 아니고 정부 R&D투자액만을 의미하는 것이므로, 일반적으로 이야기하는 산업 전체의 R&D투자액과 총산출액을 이용한 R&D집약도와 다르다는 것을 염두에 두어야 할 것이다.

[표 5-90] 주요 산업별 R&D집약도 전망(2005-2030년)

<단위 : 억원>

구분		2005년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
R&D투자액 (억원)	농림수산업	125	187	257	329	397	459
	제조업	61,865	105,373	162,365	229,004	299,479	367,773
	전기전자업	14,468	25,682	40,900	59,151	78,746	97,813
	수송장비업	10,815	17,416	25,618	34,815	44,253	53,243
	건설업	975	1,949	3,370	5,140	7,067	8,927
	운수업	1,592	3,400	6,210	9,856	13,857	17,610
	방송통신업	5,570	8,573	12,128	15,948	19,730	23,234
총산출액 (억원)	농림수산업	429,454	529,416	640,955	763,653	897,279	1,041,933
	제조업	9,579,392	15,652,463	25,155,241	39,736,734	61,689,136	94,140,136
	전기전자업	1,901,417	3,390,391	5,861,180	9,840,544	16,074,939	25,597,197
	수송장비업	1,323,297	2,106,499	3,263,648	4,930,239	7,276,025	10,510,726
	건설업	1,505,736	1,884,957	2,316,138	2,799,102	3,334,145	3,922,619
	운수업	787,363	1,163,830	1,678,636	2,366,965	3,269,339	4,432,335
	방송통신업	490,682	594,605	708,072	830,310	960,832	1,099,566
R&D집약도	농림수산업	0.000292	0.000353	0.000400	0.000430	0.000443	0.000441
	제조업	0.006458	0.006732	0.006455	0.005763	0.004855	0.003907
	전기전자업	0.007609	0.007575	0.006978	0.006011	0.004899	0.003821
	수송장비업	0.008173	0.008268	0.007850	0.007062	0.006082	0.005066
	건설업	0.000648	0.001034	0.001455	0.001836	0.002120	0.002276
	운수업	0.002021	0.002921	0.003699	0.004164	0.004238	0.003973
	방송통신업	0.011351	0.014418	0.017128	0.019207	0.020534	0.021130

84) R&D집약도에 대한 자세한 사항은 제5장 제2절의 "2. 경제발전 파급효과 측정 이론"부분에서 설명한 내용 참조

[표 5-90] 주요 산업별 R&D집약도는 이 연구에서 개발된 시스템다이내믹스 모형을 통해 도출된 추정치이므로 실제값과 약간의 차이가 있을 수 있다. 이것은 정부주도의 연구개발투자에 있어 부처별 투자액을 알기는 어렵지 않으나, 정부의 연구개발투자비가 각 산업별로 어느 정도 투자됐는지는 정확히 알기 어렵기 때문에, 각 산업에 대한 정확한 정부 투자금을 산출하기 못했기 때문에 발생한 것이다.

정부주도에 의한 연구개발투자의 R&D집약도는 2010년도를 기준으로 볼 때 방송통신업이 가장 높고 수송장비업, 전기전자업 순으로 높게 나타난다. 2030년까지 산업별 R&D집약도가 어떻게 변화할 것인지 살펴보면, 제조업, 전기전자업, 수송장비업은 R&D집약도가 점차 감소할 것으로 전망되고, 건설업, 운수업, 방송통신업은 점차 증가할 것으로 전망된다.

나. R&D 집약효과와 확산효과 전망

제2절의 “건설교통 R&D투자의 경제발전 파급효과”에서 설명한 바 있지만, R&D집약효과와 확산효과에 대한 개념을 다시 한번 살펴보자. 후방연쇄효과를 나타내는 영향력계수는 어떤 산업부문의 생산물에 대한 최종수요가 1단위 증가할 때 전산업에 미치는 영향의 정도를 나타내는데, 특정산업의 생산에 중간재 투입이 높을수록 이 효과는 크게 나타나고 이때 중간재에 체화된 R&D 역시 투입이 높아지게 된다. 이렇듯 R&D 수요자 입장에서 산업별 R&D의 흐름을 측정한 것을 R&D집약효과라고 한다. 전방연쇄효과를 나타내는 감응도계수는 모든 산업부문의 생산물에 대한 최종수요가 각각 1단위씩 증가할 때 어떤 산업이 받는 영향의 정도를 나타내며, 특정산업의 생산물이 다른 산업의 생산에 중간재로 많이 사용될수록 이 효과는 크게 나타나고 이 때 중간재에 체화된 R&D 역시 많이 사용하게 된다. 이렇듯 R&D공급자 입장에서 산업별 R&D흐름을 측정한 것을 R&D확산효과라고 한다.

이 연구에서는 중간재를 통해 이전되는 R&D흐름을 통해 건설교통 R&D투자가 타 산업에 미치는 기술적 영향을 파악하고자 하는 것이 목적이므로 산업연관분석을 이용해서 R&D집약효과와 R&D확산효과를 산출할 수 있는 모형을 개발하였다. 이 모형을 이용하여 전망한 R&D집약효과와 R&D확산효과는 [표 5-91 그리고 [표 5-92와 같다.

정부 R&D투자에 따른 산업별 R&D집약효과를 살펴보면, 2010년 기준으로 제조업이 산업간 R&D파급효과가 가장 큰 것으로 나타나고, 그 다음으로 방송통신업, 수송장비

업, 전기전자업 순으로 나타난다. 그러나 2030년을 기준으로 보면 방송통신업이 산업간 R&D파급효과가 가장 큰 것으로 나타나고, 그 다음으로 제조업, 수송장비업, 전기전자업 순으로 나타난다. 이는 방송통신업이 타산업의 R&D기술을 집약함에 있어 제조업을 능가하게 될 것임을 나타내는 것이다. 건설업의 경우 R&D집약효과는 매우 미비한 것으로 나타나고 있으나 점차 증가할 것으로 전망되고 있다.

[표 5-91] 주요 산업별 R&D집약효과 전망(2005-2030년)

비 고	2005년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산업	0.340298	0.358451	0.375521	0.391260	0.405629	0.418691
제조업	14.885818	13.636161	12.415700	11.264053	10.202304	9.238622
전기전자업	5.292424	4.655146	4.021606	3.425554	2.886835	2.413720
수송장비업	5.976513	5.331269	4.730030	4.185023	3.699069	3.268560
건설업	0.756543	0.868814	0.990361	1.111553	1.224247	1.321559
운수업	1.434596	1.699425	1.920199	2.064299	2.117319	2.083510
방송통신업	6.933656	7.666862	8.411975	9.176625	9.964481	10.770001

정부 R&D투자에 따른 산업별 R&D확산효과를 살펴보면, 2010년 기준으로 제조업이 산업간 R&D파급효과가 가장 큰 것으로 나타나고, 그 다음으로 방송통신업, 전기전자업, 수송장비업 순으로 나타난다. 그러나 2030년을 기준으로 보면 방송통신업이 산업간 R&D파급효과가 가장 큰 것으로 나타나고, 그 다음으로 제조업, 수송장비업, 전기전자업 순으로 나타난다. 이는 R&D집약효과와 마찬가지로 방송통신업의 R&D기술이 타산업으로 확산됨에 있어 제조업을 능가하게 될 것임을 나타내는 것이다. 건설업의 경우 R&D확산효과는 미비한 것으로 나타나고 있고, R&D확산효과보다는 집약효과가 더 클 것으로 전망된다.

[표 5-92] 주요 산업별 R&D확산효과 전망(2005-2030년)

비 고	2005년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산업	0.275960	0.292619	0.308735	0.324851	0.341315	0.358132
제조업	15.581235	13.719617	11.923328	10.262632	8.772906	7.462218
전기전자업	8.348164	7.295900	6.251010	5.269206	4.383106	3.606057
수송장비업	7.233071	6.423717	5.672319	4.993426	4.389800	3.856160
건설업	0.379285	0.531687	0.695812	0.859503	1.012602	1.146590
운수업	2.206068	2.798493	3.296244	3.630836	3.772212	3.729484
방송통신업	9.557452	10.657584	11.775881	12.922179	14.100965	15.303576

다. 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 R&D 집약도 변화

산업별 R&D집약효과의 크기는 일반적으로 이 추정치의 근간이 되는 영향력계수의 크기와 산업별 R&D집약도의 크기에 좌우되고, 산업별 R&D확산효과의 크기는 감응도계수와 산업별 R&D집약도의 크기에 좌우된다. R&D집약효과와 R&D확산효과 모두 R&D집약도의 크기에 영향을 받게 되므로, 이 연구에서는 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 R&D집약도 변화를 분석하였다.

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 R&D집약도를 전망한 결과는 [표 5-93]과 같다.

[표 5-93] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 R&D집약도 전망(2015-2030년)

비 고	2005년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산업	0.000292	0.000353	0.000400	0.000430	0.000443	0.000441
제조업	0.006458	0.006732	0.006455	0.005763	0.004856	0.003909
전기전자업	0.007609	0.007575	0.006978	0.006013	0.004903	0.003827
수송장비업	0.008173	0.008268	0.007849	0.007058	0.006075	0.005055
건설업	0.000648	0.001034	0.001602	0.002231	0.002841	0.003361
운수업	0.002021	0.002921	0.003698	0.004157	0.004220	0.003938
방송통신업	0.011351	0.014418	0.017129	0.019211	0.020542	0.021142

[표 5-90]의 기존추세에 의한 R&D집약도와 [표 5-93]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 R&D집약도 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-94]는 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 R&D집약도와 기존추세에 의해 추정된 R&D집약도와의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

건설업은 기존추세로 전망한 2030년의 R&D집약도 0.0023보다 건설교통 R&D투자를 증가시킬 경우 R&D집약도가 0.003938로 증가하여 0.001085만큼 높아진 것을 볼 수 있다. 즉 건설교통 R&D투자를 증가시킬 경우 타 산업에 대한 R&D집약효과와 R&D확산효과가 커진다는 것을 알 수 있다.

[표 5-94] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 R&D집약도 변화(2015-2030년)

비 고	2005년	2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
농림수산업	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001
제조업	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000002
전기전자업	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000004	0.000006
수송장비업	0.000000	0.000000	-0.000001	-0.000004	-0.000007	-0.000010
건설업	0.000000	0.000000	0.000147	0.000394	0.000721	0.001085
운수업	0.000000	0.000000	-0.000001	-0.000006	-0.000019	-0.000035
방송통신업	0.000000	0.000000	0.000001	0.000003	0.000008	0.000012

3. 건설교통 R&D투자의 연구원수와 연구인력비중 파급효과

가. 산업별 연구원수 추세

지난 5년간 우리나라의 산업별 연구원수는 [표 5-95][85]과 같다. 표에서 보는 바와 같이 전체 업종이 거의 대부분 연구원수의 증가를 보인 가운데 코크스, 석유정제품 및 핵연료 산업만 감소하였다. 2005년에서 2010년 사이에 전체산업은 평균적으로 약 1.4배의 연구원수 증가를 보였으며, 그 중 원료재생 및 환경복원업의 경우 그 수가 작기 하지만 연구원수가 10배이상 성장하여 가장 높은 성장율을 보였다. 건설업의 경우 2005년에 비해 2010년에는 약 2배의 성장세를 보였으나 전체산업에서 차지하는 비중도 2.04%에서 2.98%로 증가하였다.

연구원수에 대한 산업별 비중을 통해 우리나라 연구집약도를 살펴 보면, “전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비”산업의 연구원수 비중이 36%로 압도적으로 많고, 그 다음으로는 서비스업이 18%로 높은 것으로 나타났다. 건설업은 약 3%, 자동차 및 트레일러산업과 기타 운송장비 산업은 합산하여 13%로 높게 나타났다.

85) 교육과학기술부, 과학기술통계백서, 2010년, p72

[표 5-95] 우리나라 산업별 연구원수(2005-2010년)

<단위 : 명, %>

구 분	2005	2006	2007	2008	2009	2009년 비중
농림수산업	109	135	92	114	128	0.06
광업			39	59	84	0.04
제조업	128,123	143,629	152,266	160,149	165,185	78.55
음식료품 및 담배	2,760	3,102	3,358	3,556	3,638	1.73
섬유, 의복 및 가죽제품	926	768	1,464	1,559	1,823	0.87
목재. 종이, 인쇄	275	238	398	458	627	0.30
코크스, 석유, 화학물및화학제품	15,777	17,443	17,936	18,881	19,988	9.50
코크스, 석유정제품 및 핵연료	690	756	729	579	441	0.21
화합물 및 화학제품	13,113	14,235	14,500	15,362	16,728	7.95
화합물(의약품 제외)	9,336	10,219	10,197	10,505	11,865	5.64
의약품	3,777	4,016	4,303	4,857	4,863	2.31
고무 및 프라스틱제품	1,974	2,452	2,707	2,940	2,819	1.34
비금속 광물제품	968	1,087	1,299	1,292	1,438	0.68
제1차 금속산업	1,204	1,363	1,617	2,000	2,164	1.03
금속가공제품(기계 및 가구 제외)	1,386	1,729	2,036	3,006	3,799	1.81
전자부품,컴퓨터,영상,음향 및 통신장비	68,878	75,283	75,979	76,139	75,304	35.81
의료,정밀,광학기기 및 시계	3,056	3,720	4,162	6,119	7,081	3.37
전기장비	5,145	6,013	6,087	5,607	7,100	3.38
기타 기계 및 장비	7,748	9,958	13,091	13,925	14,951	7.11
자동차 및 트레일러	15,486	18,125	19,597	20,930	20,890	9.93
기타 운송장비	3,870	4,127	4,684	4,906	5,546	2.64
가구 및 기타제조업	644	673	740	1,039	836	0.40
전기,가스 및 수도사업	730	834	912	810	930	0.44
하수·폐기물 처리,원료재생 및 환경복원업	25	28	43	354	274	0.13
건설업	3,148	3,838	4,374	5,230	6,272	2.98
서비스업	22,171	25,440	27,907	30,307	37,430	17.80
전문,과학 및 기술서비스	5,625	6,119	6,911	7,738	9,735	4.63
연구개발업	901	1,005	1,187	1,372	1,878	0.89
합 계	154,306	173,904	185,633	197,023	210,303	100.00

나. 기존추세에 따른 산업별 연구원수 전망

이 연구를 통하여 개발된 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 연구원수를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2009년까지의 시뮬레이션 결과값과 과학기술통계백서에 있는 연구원수를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-96] 산업별 연구원수 전망값 검증결과

<단위 : 명, %>

구 분	시뮬레이션값				실제값	검증	
	2006	2007	2008	2009	2009	오차	오차율
농림수산품	114	119	125	131	128	3	2.14
광산품	29	49	75	103	84	19	22.94
음식료품	2,983	3,211	3,449	3,701	3,638	63	1.74
섬유및가죽제품	1,139	1,370	1,614	1,867	1,823	44	2.44
목재및종이제품	355	445	545	653	627	26	4.10
인쇄및복제	0	0	0	0	0	0	0
석유및석탄제품	613	556	514	485	441	44	9.91
화학제품	16,223	17,388	18,604	19,895	19,547	348	1.78
비금속광물제품	1,085	1,205	1,331	1,461	1,438	23	1.60
제1차금속제품	1,435	1,682	1,940	2,207	2,164	43	1.98
금속제품	1,922	2,556	3,268	4,031	3,799	232	6.10
일반기계	9,464	11,316	13,272	15,299	14,951	348	2.32
전기및전자기기	5,637	6,142	6,667	7,217	7,100	117	1.65
정밀기기	3,964	5,001	6,149	7,384	7,081	303	4.28
수송장비	21,141	22,973	24,876	26,877	26,436	441	1.67
기타제조업제품	693	743	795	851	836	15	1.78
전력가스및수도	865	980	1,100	1,224	1,204	20	1.65
건설	3,888	4,693	5,546	6,430	6,272	158	2.51
도소매	0	0	0	0	0	0	0
음식점및숙박	0	0	0	0	0	0	0
운수및보관	0	0	0	0	0	0	0
통신및방송	70,629	72,523	74,674	77,195	75,304	1891	2.51
금융및보험	0	0	0	0	0	0	0
부동산및사업서비스	25,884	29,794	33,871	38,094	37,430	664	1.77
공공행정및국방	0	0	0	0	0	0	0
교육및보건	0	0	0	0	0	0	0
사회및기타서비스	0	0	0	0	0	0	0
합 계	168,065	182,748	198,415	215,105	210,305	4,802	2.28

[표 5-96]은 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2009년까지 시뮬레이션한 산업별 연구원수 전망값이다. 또한 2009년도 과학기술통계백서에 있는 실제 산업별 연구원수와 2009년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 연구원수는 2006년부터 2009년까지 각각 17만명, 18만명, 20만명, 21만명으로 전망되었다. 2009년도를 기준으로 볼 때 전체산업의 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 1.28%로 나타났으며, 각 산업별 오차율은 0%~23%로 나타났다. 오차율이 높게 나타난 산업의 경우는 연구원수가 너무 적어서 약간의 차이도 오차율을 키우는 효과가 있었기 때문으로 판단되나, 다른 지표에 비해서는 오차율이 높게 나타나는 편이므로 자료를 이용할 경우 감안해야 할 것으로 판단된다.

다음으로 기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 산업별 연구원수를 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. [표 5-97]을 보면, 2030년 우리나라의 연구원수는 58만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 2009년 기준으로 약 2.7배에 해당 하는 규모이다. 2030년의 주요 산업별로 연구원수를 살펴보면, 통신 및 방송 산업의 연구원수가 21만명으로 2009년도 전체 연구원수와 맞먹는 규모로 늘어날 것으로 전망되고, 부동산 및 사업서비스가 10만명, 수송장비가 8만명으로 나타날 것으로 전망된다. 건설업의 경우 2030년 연구원수는 15,000명 규모로 늘어날 것으로 전망되나, 비중은 지속적으로 감소하여 2.7%까지 축소될 것으로 예측된다.

다. 건설교통 R&D투자에 따른 산업별 연구원수 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 연구원수을 전망한 결과는 [표 5-98]과 같다. 2030년 우리나라의 연구원수는 57.8만명에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 57.7만명에 비해 1,000명이 증가한 수치이다. 건설업의 경우 2030년의 연구원수는 15,858명으로 기존추세에 따른 15,292명에 비해 566명이 증가할 것으로 전망된다. 한편, 수송장비업과 운수 및 보관업은 2030년의 연구원수가 각각 77,110명, 297명이고 이는 기존추세에 따른 76,931명과 0명에 비해 각각 179명과 297명이 증가할 것으로 전망된다. 건설교통 R&D투자가 연구원수의 변화에 미치는 파급효과는 건설업, 수송장비업, 그리고 운수 및 보관업에만 나타나므로 산업별 파급효과에 대해서는 별도로 정리하지 않았다.

[표 5-97] 기존추세에 따른 산업별 연구원수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	연구원수	비중	연구원수	비중	연구원수	비중	연구원수	비중
농림수산품	185	0.06	251	0.06	318	0.06	369	0.06
광산품	180	0.05	137	0.03	103	0.02	84	0.01
음식료품	5,645	1.69	7,680	1.74	9,493	1.81	10,629	1.84
섬유및가죽제품	3,344	1.00	4,172	0.95	4,506	0.86	4,481	0.78
목재및종이제품	1,315	0.39	1,649	0.37	1,705	0.32	1,600	0.28
인쇄및복제	0	0.00	0	0.00	1	0.00	1	0.00
석유및석탄제품	507	0.15	719	0.16	1,061	0.20	1,457	0.25
화학제품	30,040	8.99	40,896	9.29	50,774	9.66	57,151	9.90
비금속광물제품	2,371	0.71	3,183	0.72	3,798	0.72	4,098	0.71
제1차금속제품	3,853	1.15	4,948	1.12	5,527	1.05	5,635	0.98
금속제품	7,965	2.38	8,933	2.03	8,508	1.62	7,691	1.33
일반기계	27,254	8.16	34,235	7.78	37,251	7.08	37,243	6.45
전기및전자기기	11,293	3.38	15,310	3.48	18,684	3.55	20,626	3.57
정밀기기	14,948	4.47	18,630	4.23	19,142	3.64	17,874	3.10
수송장비	41,820	12.51	56,752	12.89	69,467	13.21	76,931	13.32
기타제조업제품	1,286	0.38	1,751	0.40	2,173	0.41	2,444	0.42
전력가스및수도	2,048	0.61	2,712	0.62	3,161	0.60	3,338	0.58
건설	11,546	3.45	14,349	3.26	15,428	2.93	15,292	2.65
도소매	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
음식점및숙박	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
운수및보관	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
통신및방송	103,443	30.95	138,800	31.53	177,457	33.75	209,478	36.28
금융및보험	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
부동산및사업서비스	65,138	19.49	85,101	19.33	97,218	18.49	100,939	17.48
공공행정및국방	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
교육및보건	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
사회및기타서비스	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
합 계	334,185	100.00	440,212	100.00	525,778	100.00	577,365	100.00

[표 5-98] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 산업별 연구원수 전망(2015-2030년)

<단위 : 명, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	연구원수	비중	연구원수	비중	연구원수	비중	연구원수	비중
농림수산품	185	0.1	251	0.06	318	0.06	369	0.06
광산품	180	0.1	137	0.03	103	0.02	84	0.01
음식료품	5,644	1.7	7,678	1.74	9,492	1.80	10,631	1.84
섬유및가죽제품	3,343	1.0	4,171	0.95	4,506	0.86	4,482	0.77
목재및종이제품	1,315	0.4	1,648	0.37	1,705	0.32	1,601	0.28
인쇄및복제	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
석유및석탄제품	507	0.2	719	0.16	1,061	0.20	1,457	0.25
화학제품	30,034	9.0	40,886	9.28	50,767	9.65	57,161	9.88
비금속광물제품	2,371	0.7	3,183	0.72	3,798	0.72	4,099	0.71
제1차금속제품	3,852	1.2	4,947	1.12	5,526	1.05	5,636	0.97
금속제품	7,963	2.4	8,931	2.03	8,507	1.62	7,693	1.33
일반기계	27,249	8.2	34,227	7.77	37,246	7.08	37,249	6.44
전기및전자기기	11,291	3.4	15,306	3.48	18,682	3.55	20,629	3.57
정밀기기	14,945	4.5	18,625	4.23	19,140	3.64	17,877	3.09
수송장비	41,831	12.5	56,791	12.90	69,561	13.22	77,110	13.33
기타제조업제품	1,286	0.4	1,750	0.40	2,172	0.41	2,445	0.42
전력가스및수도	2,048	0.6	2,712	0.62	3,160	0.60	3,338	0.58
건설	11,581	3.5	14,475	3.29	15,729	2.99	15,858	2.74
도소매	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
음식점및숙박	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
운수및보관	25	0.0	82	0.02	177	0.03	297	0.05
통신및방송	103,424	30.9	138,765	31.51	177,431	33.71	209,513	36.22
금융및보험	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
부동산및사업서비스	65,126	19.5	85,079	19.32	97,204	18.47	100,956	17.45
공공행정및국방	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
교육및보건	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
사회및기타서비스	0	0.0	0	0.00	1	0.00	1	0.00
합 계	334,203	100.0	440,365	100.00	526,287	100.00	578,490	100.00

4. 건설교통 R&D투자의 논문 파급효과

가. 논문게재 건수 추세

지난 4년간 우리나라의 논문게재 건수는 [표 5-99][86]와 같다. 표에서 보는 바와 같이 매년 논문수가 증가하고 있는 가운데 연구주체로는 대학이 가장 논문 발표수가 많고, 연구단계별로는 기초연구부문이 논문 발표수가 많으며, 정부부처별로는 교육과학기술부가 논문 발표수가 가장 많았다.

[표 5-99] 국가연구개발사업의 논문수(2007-2010년)

<단위 : 편, %>

구 분		2007년		2008년		2009년		2010년	
		논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중
연구 주체별	소 계	18,741	100.00	22,529	100.00	24,174	100.00	23,916	100.00
	국공립연구소	429	2.29	684	3.04	724	2.99	745	3.12
	출연연구소	2,968	15.84	3,311	14.70	3,535	14.62	4,055	16.96
	대 학	14,561	77.70	17,658	78.38	18,998	78.59	18,204	76.12
	대 기 업	301	1.61	372	1.65	259	1.07	268	1.12
	중소기업	267	1.42	283	1.26	294	1.22	282	1.18
	정부부처	0	-	0	-	0	-	0	-
	기 타	215	1.15	221	0.98	364	1.51	362	1.51
연구 단계별	소 계	18,741	100.00	22,528	100.00	24,173	100.00	23,915	100.00
	기초연구	8,544	45.59	11,683	51.86	11,890	49.19	13,285	55.55
	응용연구	6,791	36.24	7,928	35.19	7,125	29.47	6,160	25.76
	개발연구	2,162	11.54	2,502	11.11	2,848	11.78	2,990	12.50
	기 타	1,244	6.64	415	1.84	2,310	9.56	1,480	6.19
정부 부처별	소 계	18,741	100.00	22,528	100.00	24,175	100.00	23,915	100.00
	교육과학기술부	14,595	77.88	17,068	75.76	18,384	76.05	17,108	71.53
	국토해양부	182	0.97	279	1.24	292	1.21	327	1.37
	농림수산식품부	182	0.97	225	1.00	249	1.03	387	1.62
	농촌진흥청	410	2.19	457	2.03	496	2.05	609	2.55
	방위사업청	35	0.19	65	0.29	116	0.48	112	0.47
	보건복지부	768	4.10	1,112	4.94	1,122	4.64	1,282	5.36
	산림청	50	0.27	68	0.30	58	0.24	80	0.33
	중소기업청	19	0.10	14	0.06	60	0.25	44	0.18
	지식경제부	2,255	12.03	2,892	12.84	2,975	12.31	3,467	14.50
	환경부	179	0.96	239	1.06	271	1.12	250	1.05
	기타 부청_논문	66	0.35	109	0.48	152	0.63	249	1.04

86) 교육과학기술부, 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 2009년, 2010년

나. 기존추세에 따른 논문게제 건수 전망

이 연구를 통하여 개발된 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 산업별 연구원수를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 “국가연구개발사업 성과분석 보고서”에 있는 논문수를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다.

[표 5-100] 산업별 연구원수 전망값 검증결과

<단위 : 편, %>

구 분		시뮬레이션 결과값				실제값	검증결과	
		2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
연구 주체별	소 계	19,106	20,598	22,127	23,688	23,916	-228	-0.95
	국공립연구소	571	627	685	745	745	0	-0.04
	출연연구소	3,103	3,411	3,729	4,055	4,055	0	-0.01
	대 학	14,694	15,768	16,866	17,984	18,204	-220	-1.21
	대 기 업	237	245	253	262	268	-6	-2.43
	중소기업	234	248	263	277	282	-5	-1.66
	정부부처	0	0	0	0	0	0	0
	기 타	267	299	332	366	362	4	1.01
연구 단계별	소 계	19,106	20,598	22,127	23,688	23,915	-227	-0.95
	기초연구	10,106	11,112	12,154	13,225	13,285	-60	-0.45
	응용연구	5,520	5,696	5,867	6,032	6,160	-128	-2.08
	개발연구	2,311	2,524	2,743	2,968	2,990	-22	-0.75
	기 타	1,169	1,266	1,364	1,464	1,480	-16	-1.11
정부 부처별	소 계	19,106	20,598	22,127	23,688	23,915	-227	-0.95
	교육과학기술부	13,941	14,900	15,869	16,841	17,108	-267	-1.56
	국토해양부	221	254	289	328	327	1	0.27
	농림수산식품부	205	259	322	396	387	9	2.35
	농촌진흥청	487	530	574	618	609	9	1.48
	방위사업청	73	85	99	114	112	2	1.45
	보건복지부	964	1,062	1,165	1,270	1,282	-12	-0.90
	산림청	56	64	72	80	80	0	0.59
	중소기업청	26	32	38	44	44	0	0.53
	지식경제부	2,775	3,006	3,242	3,480	3,467	13	0.37
	환경부	209	222	235	249	250	-1	-0.51
	기타 부청_논문	149	183	222	267	249	18	7.39

[표 5-100]은 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 논문수 전망값이다. 또한 2010년도 “국가연구개발사업 성과분석 보고서”에 있는 실제 유형별 논문수와 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용한 시뮬레이션 결과, 우리나라의 논문수는 2007년부터 2010까지 각각 19,106편, 20,598편, 22127편, 23,688편으로 전망되었다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체 논문수 기준으로 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.95%로 나타났으며, 연구주체별, 연구단계별, 정부부처별 유형에 따른 논문수의 오차율이 모두 3% 이내로 나타났으므로 시뮬레이션 결과값으로 수용할 만하다고 판단된다.

이제, 다음 단계로 기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 논문수를 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. [표 5-101]을 보면, 2030년 우리나라의 논문수는 48,784편에 이를 것으로 추산되며, 이는 2010년 기준으로 약 2.0배에 해당 하는 규모이다. 연구주체별로는 여전히 대학이 75%로 가장 많은 논문을 작성하고 그 다음으로 출연연구소에서 18%로 많은 논문을 작성할 것으로 전망된다. 연구단계별로는 기초연구, 응용연구, 개발연구 순으로 많은 논문이 작성될 것으로 전망된다.

[표 5-101] 기존추세에 따른 논문게재 건수 전망(2015-2030년)

<단위 : 편, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중
연구주체별	소 계	31,652	100.00	39,062	100.00	44,952	100.00	48,784	100.00
	국공립연구소	1,048	3.31	1,317	3.37	1,510	3.36	1,612	3.30
	출연연구소	5,711	18.04	7,181	18.38	8,233	18.31	8,786	18.01
	대 학	23,694	74.86	29,091	74.47	33,525	74.58	36,565	74.95
	대 기 업	308	0.97	359	0.92	411	0.91	459	0.94
	중소기업	353	1.12	428	1.10	493	1.10	543	1.11
	정부부처	0	-	0	-	0	-	0	-
	기 타	538	1.70	686	1.76	781	1.74	819	1.68
연구단계별	소 계	31,652	100.00	39,062	100.00	44,952	100.00	48,784	100.00
	기초연구	18,785	59.35	24,024	61.50	28,164	62.65	30,771	63.08
	응용연구	6,778	21.41	7,399	18.94	7,905	17.59	8,304	17.02
	개발연구	4,120	13.02	5,200	13.31	6,064	13.49	6,629	13.59
	기 타	1,969	6.22	2,439	6.24	2,819	6.27	3,080	6.31

다. 건설교통 R&D투자에 따른 논문게재 건수 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 논문 게재 건수를 전망한 결과는 [표 5-102]와 같다. 2030년 우리나라의 논문게재 건수는 48,879편에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 48,784편에 비해 95편이 증가한 수치이다.

[표 5-102] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 논문게재 건수 전망(2015-2030년)

<단위 : 편, %>

구 분		2015년		2020년		2025년		2030년	
		논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중	논문수	비중
연구 주체별	소 계	31,654	100	39,075	100	44,996	100	48,879	100
	국공립연구소	1,048	3.31	1,317	3.37	1,511	3.36	1,615	3.30
	출연연구소	5,711	18.04	7,184	18.38	8,240	18.31	8,803	18.01
	대 학	23,696	74.86	29,101	74.47	33,557	74.58	36,636	74.95
	대 기 업	308	0.97	359	0.92	411	0.91	460	0.94
	중소기업	353	1.12	428	1.10	494	1.10	544	1.11
	정부부처	0	-	0	-	0	-	0	-
	기 타	538	1.70	686	1.76	782	1.74	821	1.68
연구 단계별	소 계	31,654	100	39,075	100	44,996	100	48,879	100
	기초연구	18,786	59.35	24,032	61.50	28,191	62.65	30,831	63.08
	응용연구	6,779	21.41	7,401	18.94	7,913	17.59	8,320	17.02
	개발연구	4,120	13.02	5,202	13.31	6,070	13.49	6,642	13.59
	기 타	1,969	6.22	2,439	6.24	2,822	6.27	3,086	6.31

라. 건설교통 R&D투자에 따른 논문게재 건수 증가효과

[표 5-101]의 기존추세에 의한 논문게재 건수와 [표 5-102]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 논문게재 건수 전망값의 차이가 바로 증액투자로 인한 파급효과이다. [표 5-103]은 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 논문게재 건수와 기존추세에 의해 추정된 논문게재 건수와의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

[표 5-103] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 논문게재 건수 증가효과(2015-2030년)

<단위 : 편>

구 분		2015년	2020년	2025년	2030년
연구 주체별	소 계	1.73	13.57	43.46	94.94
	국공립연구소	0.06	0.46	1.46	3.14
	출연연구소	0.31	2.49	7.96	17.10
	대 학	1.29	10.10	32.41	71.16
	대 기 업	0.02	0.12	0.40	0.89
	중소기업	0.02	0.15	0.48	1.06
	정부부처	-	-	-	-
	기 타	0.03	0.24	0.76	1.59
연구 단계별	소 계	1.73	13.57	43.46	94.94
	기초연구	1.03	8.34	27.23	59.89
	응용연구	0.37	2.57	7.64	16.16
	개발연구	0.23	1.81	5.86	12.90
	기 타	0.11	0.85	2.73	5.99

5. 건설교통 R&D투자의 특허 파급효과

가. 특허 출원 및 등록 추세

지난 4년간 우리나라의 국내외 특허 출원 및 등록수는 [표 5-104][87]와 같다. 표에서 보는 바와 같이 매년 특허 등록 및 출원수가 증가하고 있는 가운데 연구주체로는 대학과 출연연구소가 가장 특허등록수가 많고, 연구단계별로는 개발연구단계가 특허 등록수가 가장 많았다.

[표 5-104] 국가연구개발사업의 특허등록 및 출원수 (2007-2010년)

<단위 : 건>

구 분		2007년		2008년		2009년		2010년	
		국내출원	국내등록	국내출원	국내등록	국내출원	국내등록	국내출원	국내등록
연구 주체별	소 계	13,691	8,052	14,134	6,196	14,906	4,599	17,969	4,642
	국공립연구소	234	143	250	150	366	67	460	115
	출연연구소	4,765	2,878	4,661	2,062	4,476	1,175	5,999	1,390
	대 학	4,659	2,614	5,736	2,395	6,435	1,819	6,541	2,051
	대 기 업	1,608	684	1,140	383	1,119	342	1,670	259
	중소기업	1,944	1,463	1,838	964	1,895	1,086	2,396	700
	정부부처	0	-	-	-	-	-	-	-
	기 타	481	270	509	242	615	110	903	127
연구 단계별	소 계	13,691	8,052	14,134	6,197	14,906	4,600	17,969	4,641
	기초연구	1,947	940	2,633	929	3,367	733	4,540	1,088
	응용연구	4,188	2,665	4,714	2,357	4,947	1,360	5,335	1,476
	개발연구	7,363	4,328	6,439	2,802	5,523	2,186	7,036	1,791
	기 타	193	119	348	109	1,069	321	1,058	286
정부 부처별	소 계	13,691	8,052	14,133	6,198	14,905	4,600	17,971	4,641
	교육과학기술부	4,460	2,830	5,098	2,293	5,311	1,741	4,917	1,770
	국토해양부	366	193	509	213	575	136	602	195
	농림수산식품부	176	158	175	116	303	85	354	76
	농촌진흥청	300	141	304	151	413	61	548	98
	방위사업청	65	52	101	69	149	70	366	61
	보건복지부	93	113	237	101	249	36	379	59
	산림청	30	17	16	27	37	17	48	20
	중소기업청	630	554	406	326	269	616	538	120
	지식경제부	7,310	3,819	6,961	2,794	7,203	1,748	9,726	2,034
	환경부	197	119	245	91	282	58	282	174
	기타 부청	64	56	81	17	114	32	211	34

87) 교육과학기술부, 국가연구개발사업 성과분석 보고서, 2009년, 2010년

나. 기존추세에 따른 특허 출원 및 등록 전망

이 연구를 통하여 개발된 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2030년까지 국내외 특허 출원 및 등록수를 시뮬레이션하여 결과값을 얻기 전에, 우선 2005년부터 2010년까지의 시뮬레이션 결과값과 “국가연구개발사업 성과분석 보고서”에 있는 특허출원 및 등록수를 비교하여 모형의 정확성을 검증하여 보았다. [표 5-106]는 “기술혁신 파급효과 분석모형”을 이용하여 2005년부터 2010년까지 시뮬레이션한 특허 출원 및 등록 건수 전망값이다. 또한 2010년도 “국가연구개발사업 성과분석 보고서”에 있는 실제 특허수([표 5-105])와 2010년도의 시뮬레이션 결과값의 오차값과 오차율도 산출하였다. 2010년도를 기준으로 볼 때 전체 특허수 기준으로 시뮬레이션값과 실제값의 오차율은 0.68%로 나타났으며, 오차율이 4%이내에서 나타나므로 시뮬레이션 결과값으로 수용할 만하다고 판단된다.

[표 5-105] 국가연구개발사업의 국내외 특허등록 및 출원수(2007-2010년)

<단위 : 건, %>

구 분	2007년		2008년		2009년		2010년	
	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중
소 계	21,743	100.00	23,116	100.00	21,881	100.00	25,498	100.00
국내출원	13,691	62.97	14,134	61.14	14,905	68.12	17,969	70.47
국내등록	8,052	37.03	6,197	26.81	4,599	21.02	4,641	18.20
해외출원	-	-	2,208	9.55	1,702	7.78	2,383	9.35
해외등록	-	-	577	2.50	675	3.08	505	1.98

[표 5-106] 국내외 특허등록 및 출원수 전망값 검증결과

<단위 : 편, %>

구 분	시뮬레이션 결과값				실제값	검증결과	
	2007년	2008년	2009년	2010년	2010년	차이값	오차율(%)
합 계	20,636	22,119	23,685	25,324	25,498	-174	-0.68
국내출원	13,956	15,213	16,514	17,853	17,969	-116	-0.65
국내등록	4,692	4,619	4,558	4,506	4,641	-135	-2.90
해외출원	1,598	1,861	2,150	2,463	2,383	80	3.34
해외등록	390	426	464	502	505	-3	-0.54

다음 단계로 기술혁신 파급효과 분석모형"을 이용하여 2005년부터 2030년까지 기존 추세에 따른 특허수를 시뮬레이션하여 얻어진 결과값을 살펴보았다. [표 5-107]을 보면, 2030년 우리나라의 해외 등록건수는 1,150건이 될 것으로 예상되며, 이는 2010년 기준으로 약 2.3배에 해당 하는 규모이다. 국내특허의 경우, 표에서 보는 바와 같이 국내특허의 출원건수는 큰 폭으로 증가하고 있으나 실질적으로 등록되는 비율은 점차 낮아지고 있어 특허등록이 점점 어려워지고 질 것이라는 것을 보여주고 있다.

[표 5-107] 기존추세에 따른 특허 출원 및 등록 건수 전망(2015-2030년)

<단위 : 편, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중
합 계	34,224	100.00	43,056	100.00	50,194	100.00	54,665	100.00
국내출원	24,827	72.54	31,442	73.03	36,690	73.10	39,990	73.15
국내등록	4,387	12.82	4,458	10.35	4,680	9.32	5,012	9.17
해외출원	4,305	12.58	6,257	14.53	7,771	15.48	8,513	15.57
해외등록	705	2.06	899	2.09	1,053	2.10	1,150	2.10

다. 건설교통 R&D투자에 따른 특허 출원 및 등록 건수 전망

2011년부터 2030년까지 건설교통분야의 R&D투자액을 기존추세에 비하여 3%씩 정율로 증가시켜 투자를 하는 시나리오에 따라 특허 출원 및 등록 건수를 전망한 결과는 [표 5-108]과 같다. 2030년 우리나라의 전체 특허 출원건수와 등록건수를 합친 총합은 54,771건에 이를 것으로 추산되며, 이는 기존추세에 따른 54,665건에 비해 106건이 증가한 수치이다.

[표 5-108] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 특허 출원 및 등록 전망(2015-2030년)

<단위 : 편, %>

구 분	2015년		2020년		2025년		2030년	
	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중	특허수	비중
합 계	34,226	100.00	43,071	100.00	50,243	100.00	54,771	100.00
국내출원	24,828	72.54	31,453	73.03	36,726	73.10	40,068	73.15
국내등록	4,387	12.82	4,460	10.35	4,685	9.32	5,022	9.17
해외출원	4,305	12.58	6,259	14.53	7,778	15.48	8,530	15.57
해외등록	705	2.06	900	2.09	1,054	2.10	1,152	2.10

라. 건설교통 R&D투자에 따른 특허 출원 및 등록 건수 증가효과

[표 5-107]의 기존추세에 의한 특허 출원 및 등록 건수와 [표 5-108]의 건설교통 R&D투자를 3% 증가시켜 시뮬레이션한 특허 출원 및 등록 전망값의 차이가 바로 증액 투자로 인한 파급효과이다. [표 5-109]는 이러한 파급효과를 산출한 것으로, 건설교통 R&D투자를 3%씩 정율로 증가시켰을 경우의 특허 출원 및 등록 건수와 기존추세에 의해 추정된 특허 출원 및 등록 건수와의 차이를 계산하여 정리한 표이다.

[표 5-109] 건설교통 R&D투자의 3% 정율증가에 따른 특허수 증가효과(2015-2030년)

<단위 : 편>

구 분	2015년	2020년	2025년	2030년
합 계	1.87	14.95	48.53	106.39
국내출원	1.36	10.92	35.47	77.83
국내등록	0.24	1.55	4.52	9.75
해외출원	0.24	2.17	7.51	16.57
해외등록	0.04	0.31	1.02	2.24

제6장 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 측정

제1절 세부사업별 건설교통 R&D투자 파급효과 측정개요

본 장에서는 “세부사업 레벨의 건설교통 R&D투자 파급효과 측정모형”[88]을 통해 건설교통 R&D사업과 관련된 투자 파급효과를 각 세부사업별로 분석하였다. “세부사업 레벨의 건설교통 R&D투자 파급효과 측정모형”은 5장에서 개발된 “거시적 레벨의 R&D투자 파급효과 측정 모형”에서 다루는 산업분야 중 건설교통 분야에 한정하여 미시적으로 접근하며, 이에 따라 건설교통 R&D의 9개 세부 사업별로 투자 파급효과를 분석한다[89]. 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 또한 경제적 파급효과, 기술혁신 파급효과, 에너지절감 파급효과, 인프라효율성 파급효과 등 4개의 부문으로 구분하여 측정하며, 앞서 활용한 30개의 지표 중 건설교통 분야에 특화된 총 10개 지표(GDP, 고용자수, 총고정자본형성, 수출액, 에너지소비량, CO2배출량, 국내여객수송량, 국내화물수송량, 논문, 특허)를 선정하여 분석한다. 본 10개 지표는 건설교통 R&D 사업의 관리자 및 연구수행자 등 전문가 설문을 바탕으로 선정되었다.

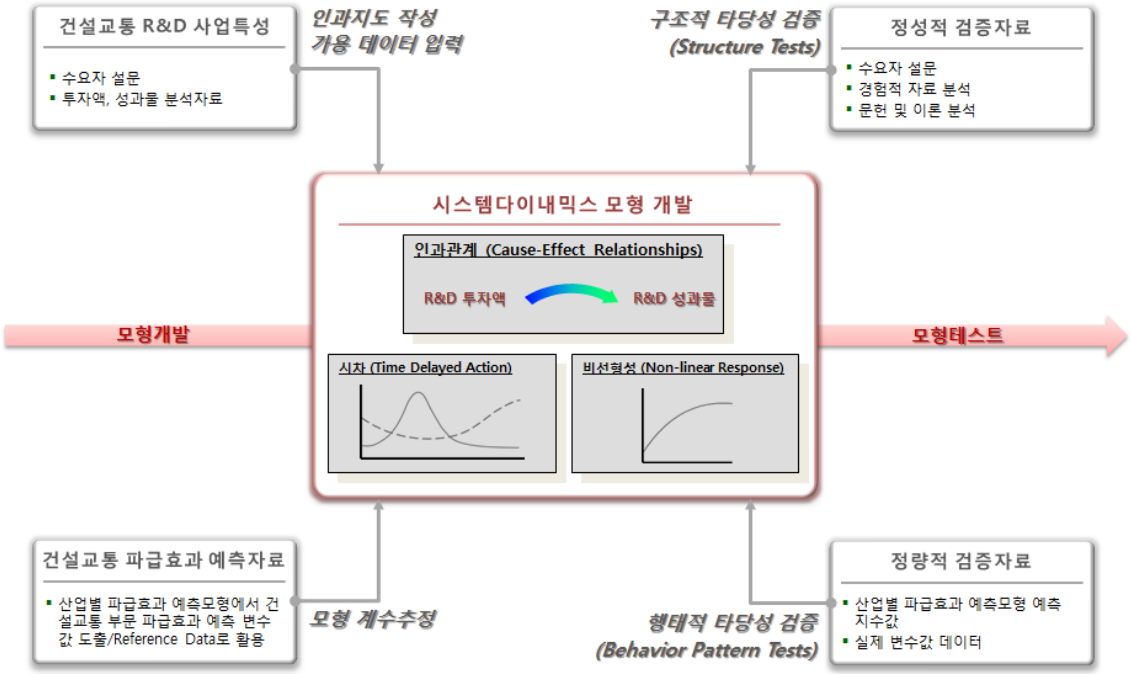
1. 분석개요

“세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형” 은 R&D 투자 파급과정의 특성 및 건설교통 R&D 사업 특성 분석을 바탕으로 개발되며, 이를 통해 각 세부사업별 R&D 투자 파급과정에 대한 이해를 바탕으로 파급효과를 분석할 수 있다. 투자금액과 연관 지표의 과거 데이터를 위주로 구축되는 계량적 예측 모형과 달리, “세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형”은 R&D 투자 파급과정의 공통적 특성 및 건설교통 R&D 세부 사업별 상이한 파급과정의 차이를 반영한다. 이를 위해 정량적 과거 데이터 (예: 사업별 투자금액, 성과물 발생, GDP 등 파급지표 변화추세 등) 뿐만 아니라 각 사업특성 및 파급과정과 관련된 정성적 자료를 활용한다. 활용된 정성적 자료는 R&D의 파급단계 및 파급분야 뿐 아니라 각 단계 및 분야별 투자효과 파급에 영

88) 이 연구를 통하여 개발된 건설교통 R&D 세부사업 단위에서 R&D투자에 따른 파급효과를 측정하는 시스템다이내믹스 모형으로서, 각 산업분야별로 R&D 투자 파급효과를 측정하는 거시적 모형 중 건설교통 분야에 대해 좀 더 상세하게 접근하며, 모형개발과 관련된 내용은 이 보고서의 부록에 수록하였음.

89) 총 10개 세부사업 중 건설교통연구기획사업은 기획과제 도출이라는 특성 상 본 분석에서는 제외하고, 나머지 9개 사업에 대해 분석을 한정하기로 한다.

향을 주는 요인에 대한 기존 문헌 및 설문을 포함한다. 이에 따라 1) 건설교통 R&D 각 세부사업별 특성을 분석하고, 2) 각 R&D 투자 파급과정 및 건설교통 R&D 세부 사업 특성을 바탕으로 각 세부 사업별 상이한 투자 파급과정에 대한 인과지도를 작성하며, 3) 기존 이론을 바탕으로 각 변수 간 관계식을 정의한 후, 4) 실제 데이터 및 참조 데이터를 바탕으로 정량변수를 정의한다. 5) 이후, 본 연구모형에서 설계한 각 사업별 파급과정 구조에 대해, 설문조사, 문헌 및 이론을 바탕으로 구조적 타당성을 검증한다. 6) 또한, 본 모형에서 도출한 파급효과에 대한 지표 값 변화를 계량적 예측모형에서 도출한 결과 값과 실제 데이터를 비교하여 모형의 행태적 타당성을 검증한다. 이와 같은 본 연구의 모형 개발 및 분석 절차는 [그림 6-1]과 같다.



[그림 6-1] 세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형 개발 및 분석절차

한편, 건설교통 산업 전체에 대한 파급효과 측정에 있어, 활용 가능한 과거 데이터가 충분하고, 관련한 방법론이 이미 정립된 바, 산업연관분석, 회귀분석 및 시계열분석 등을 통한 계량적 예측모형을 활용하여 구축이 가능하다. 다만 건설교통 R&D 세부사업에 대한 파급효과 예측의 경우 각 사업 투자금액 및 성과에 대한 과거 데이터가 부족하여 계량적 예측모형 구축이 불가능하다.

이에 따라 위에 설명한 바와 같이, 부족한 과거데이터 기반 하에서도 구축이 가능하

고, 파급과정에 대해 설명할 수 있는 정성적 자료 기반의 구조적 모형 (세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형)을 개발하고, 앞서 5장에서 설명한 거시적 레벨의 건설교통 R&D 파급효과 측정모형을 본 연구모형의 정량변수 설정에 활용함으로써, SD기반 구조적 모형이 갖는 수치적 정확성의 약점을 보완한다.

가. 자료 분석

“세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형”은 각 사업별 특성을 정의하기 위해 앞서 5장에서 활용한 실제 데이터뿐만 아니라 각 세부 사업별 특성을 설명할 수 있는 자료를 활용한다. 기본적으로 경제발전, 기술혁신, 환경개선, 사회인프라개선 지표와 관련된 데이터는 5장의 “거시적 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형“에서 활용한 원시자료와 동일하며, 각 사업별 투자금액 및 목표, 성과물, 파급효과와 관련된 자료는 다음 [표 6-1]과 같이 한국건설교통기술평가원 및 국토해양부에서 제공하는 자료와 전문가 설문을 활용하였다.

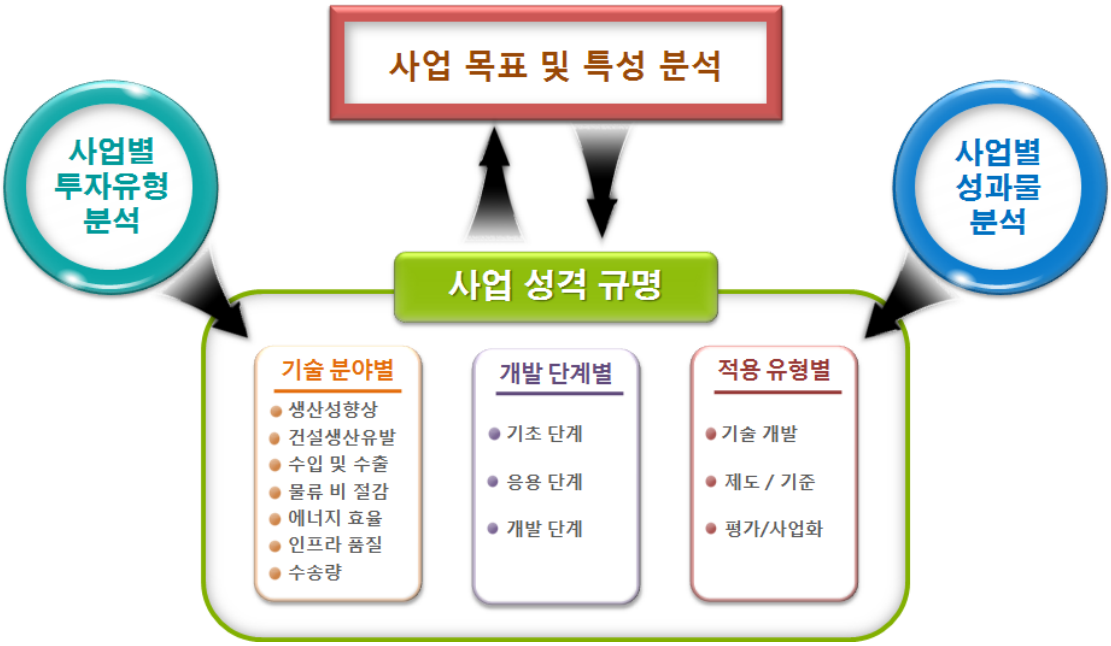
[표 6-1] 세부사업별 파급효과 분석을 위한 원시자료

자료명	주요 자료 항목	자료 출처
건설교통 R&D 특성	건설교통 R&D 세부사업별 투자금액 (연도별/사업별) 건설교통 R&D 세부사업별 목표 (사업별) 건설교통 R&D 성과물 발생현황 (연도별/사업별) - 논문 · 특허 - 현장적용비용절감, 매출액 등 - 정책 및 제도개선 등	한국건설교통기술평가원 (2009). 건설교통R&D성과 조사・분석・평가 및 개선방안 수립; 국토해양부 (2010). 국토해양 R&D 발전전략; 한국건설교통기술평가원 (2008-2010). 성과분석보고서; 한국건설교통기술평가원 (2010). 건설교통기술연구개발사업 성과관리 매뉴얼; 한국건설교통기술평가원 (2011). 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획.
건설교통 R&D 단계별 파급과정	R&D 투자 파급효과의 확산성, 순환성, 비특유성, 시차, 불확실성	박헌준 외 (2004); Bilbao-Osorio (2008); 서인석 · 이동규 (2010)
건설교통 R&D 세부사업별 파급과정	세부사업별 투자단계 세부사업별 특성 정의 세부사업별 성과물 발생 유형 세부사업별 간접적 파급효과	(Bilbao-Osorio 2008); 한국건설교통기술평가원 (2008-2010). 성과분석보고서; 전문가 설문 및 자문 등

나. 사업특성 분석

건설교통 R&D 사업은 국토해양부 산하 건설교통기술평가원 (KICTEP)이 연구개발 추진실태를 종합적으로 파악하여 사업기획관리 및 예산 조정·배분을 수행하며, 총 9개 사업으로 관리된다. 이 중 건설분야는 총 5개 세부사업인 R&D정책인프라사업, 건설기술혁신사업, 지역기술혁신사업, 첨단도시개발사업, 플랜트기술고도화사업으로 구성되며, 사회기간시설 및 건설기술제고, 해외건설시장 점유율 제고, 건설생산성 향상, 재해 복구 비용절감, 녹색기술 역량 강화 등을 목표로 한다. 교통분야는 총 4개 세부사업인 교통체계효율화사업, 미래도시철도기술개발사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업으로 구성되며, 교통·철도·항공시스템 고도화 및 물류비절감, 수송효율 개선, 수송 안전성 및 운영효율성 향상 등을 목표로 한다.[90]

이 각각의 세부 사업들은 그 특성 및 목표가 상이하며, 이에 따른 투자 유형 및 구성 과제 또한 차이가 있다. 예를 들면, 건설기술혁신사업은 사회기간시설 및 건설시공 기술수준 향상 등을 주로 목표로 하며, 플랜트기술고도화사업은 플랜트 등 수출주력산업의 수주역량 증대를 목표로 한다. 또한 첨단도시개발사업은 국민 주거생활의 편의성 증진 및 도시개발 등을 목표로 관련 연구에 투자하고 있다.



[그림 6-2] 건설교통 R&D 세부사업 분석 개요

90) 한국건설교통기술평가원 (2009). 건설교통R&D성과 조사·분석·평가 및 개선방안 수립, 국토해양부 (2010). 국토해양 R&D 발전전략.

이처럼 각 사업별로 목표가 명확히 설정되어 있음에도 불구하고, 각 사업의 특성을 명확하게 정의하기에는 쉽지 않다. 이는 각 사업에서 발주되는 연구과제 성격 및 주제를 분석하면 더욱 명확해진다.

따라서 2009년 발주된 건설교통 R&D 과제의 성격 및 주제, 투자유형에 대한 전수조사를 실시하였으며, 이에 따라 각 과제들을 7개의 기술분야 (생산성향상기술, 건설생산증대기술, 수입수출증대기술, 물류비절감기술, 에너지효율증대기술, 인프라품질개선기술, 수송량증대기술)로 재분류하였다. 즉, [그림 6-2]와 같이, 사업의 목표 및 과거 투자사례, 성과물 발생 현황 등을 함께 고려하여 각 세부사업의 성격을 규명한다.

이를 통해 각 사업의 성격을 세부 기술들에 대한 비율이 어떻게 구성되어 있는 것인가로 판단하고 분류하였으며, 이러한 비율은 각 사업의 목표와 부합하는 것을 확인하였다. 예를 들면, 건설기술향상을 목표로 하는 건설기술혁신사업은 건설생산성향상을 위한 기술개발과제에 대한 투자비율이 높으며, 플랜트기술고도화사업은 해외플랜트 수주를 위한 수입수출증대기술에 대한 투자비율은 특성을 가지고 있다. 이처럼, 각 기술분야별 구성 비율을 통해 규명한 각 사업별 특성은 다음 [표 6-2]와 같으며, [표 6-3]은 개발단계 및 적용 유형별로 분류된 사업 특성이다.

[표 6-2] 기술분야별 분류에 따른 각 세부사업별 특성 정의

사업유형	기술분야별 투자 비율							
	총 투자금 비율	생산성향상	건설생산 유발	수입 및 수출	물류비 절감	에너지효율	인프라 품질	수송량
건설교통R&D정책인프라사업	1.000	0.709	0.011	0.055	-	0.027	0.198	-
건설기술혁신사업	1.000	0.524	0.088	0.040	-	0.079	0.251	0.018
지역기술혁신사업	1.000	-	0.283	-	-	0.170	0.548	-
첨단도시개발사업	1.000	0.160	0.610	0.016	-	0.173	0.042	-
플랜트기술고도화사업	1.000	-	-	1.000	-	-	-	-
소계	1.000	0.279	0.257	0.229	-	0.096	0.132	0.006
교통체계효율화사업	1.000	-	-	0.037	0.389	0.167	-	0.407
미래도시철도기술개발사업	1.000	-	-	0.136	-	-	0.009	0.855
미래철도기술개발사업	1.000	-	-	0.097	0.445	0.002	-	0.456
항공선진화사업	1.000	-	-	0.141	0.583	-	-	0.276
소계	1.000	-	-	0.100	0.309	0.046	0.003	0.542
합계	1.000	0.149	0.137	0.169	0.144	0.073	0.072	0.256

[표 6-3] 개발단계 및 적용유형 분류에 따른 각 세부사업별 특성 정의

사업유형	개발단계별 투자 비율			적용유형별 투자 비율		
	기초	응용	개발	기술개발	제도/기준	평가/사업화
건설교통R&D정책인프라사업	-	-	0.956	0.299	0.591	0.110
건설기술혁신사업	0.058	0.188	0.754	0.838	0.153	0.008
지역기술혁신사업	0.020	0.108	0.872	0.810	0.020	0.170
첨단도시개발사업	-	0.309	0.691	0.993	0.007	-
플랜트기술고도화사업	-	0.869	0.131	1.000	-	-
소계	**0.021**	**0.359**	**0.617**	**0.898**	**0.088**	**0.014**
교통체계효율화사업	-	1.000	-	0.988	0.012	-
미래도시철도기술개발사업	-	0.121	0.879	0.086	0.113	0.802
미래철도기술개발사업	0.012	0.004	0.984	0.811	0.010	0.179
항공선진화사업	0.019	-	0.981	0.981	0.019	-
소계	**0.006**	**0.314**	**0.680**	**0.654**	**0.045**	**0.301**
합계	**0.014**	**0.338**	**0.646**	**0.784**	**0.068**	**0.148**

2. R&D 투자 파급과정에 대한 구조적 모형 정의

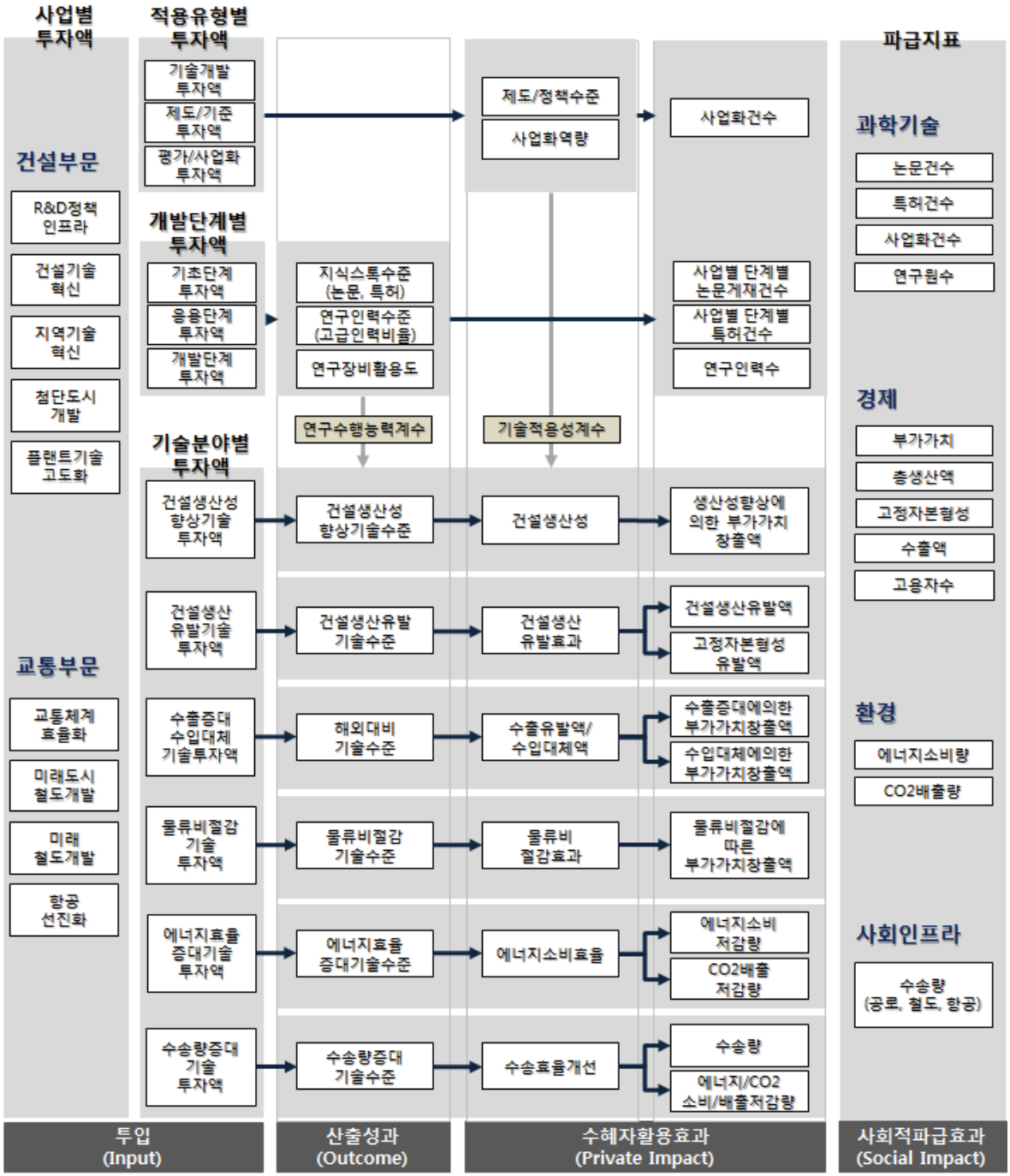
앞서 설명한 모형 개발절차의 첫 단계로 본 연구는 각 세부사업별 R&D 투자 파급과정에 대한 구조적 모형을 정의한다. 본 모형은 1) 건설교통 분야 R&D 투자금액은 세부 사업별 및 각 기술 분야별로 분류하기 위한 투자금액 모형, 2) 기술분야별 파급과정 모형, 3) 파급지표 모형으로 구성된다.

가. 인과관계도

[그림 6-3] 은 건설교통 R&D 투자의 파급과정을 나타낸다. 세부사업별 파급과정을 정의하면, 연구비 투입, 성과물발생, 수혜자활용효과, 사회적 파급효과로 순차적으로 발생한다. 즉, 1) R&D 투자를 하였을 때, 2) 특정 기술수준이 변화하며, 이에 따라 3) 생산성 향상 등의 간접성과가 발생하고, 이를 통해 4) 부가가치 등 수혜자 활용효과가 창출된다. 최종적으로 5) GDP 등 파급지표에 영향을 주는 과정을 통해 그 투자 파급효과가 발현된다.

본 모형의 파급과정 중 하나를 예로 들 때, 건설 생산성 향상 기술 분야 대한 사업별 투자금액이 입력되면, 이는 각 사업별 건설기술 및 관리역량 강화에 기여하는 정도가 결정된다. 즉, 건설기술에 대한 투자금액 (건설생산성 사업별 누적 투자액)에 따라 건설생산성 향상이라는 간접적 효과 (건설생산성 향상 기술수준) 도출되는데, 이는 관련 분야의 지식스톡, 연구인력 및 장비 수준 등에 의해 결정되는 연구수행능력 (연구수행능력계수)에 의해 결정된다.

한편, R&D 투자로 인해 건설생산성 향상 기술 역량이 강화되더라도, 이것이 실제로 산업에 적용되어 건설생산성 향상효과가 발현되기 위해서는 제도 및 정책 등에 의해 어느 정도 산업에 적용되는가 (연구적용성 계수), 또는 산업 전반에 널리 활용되는데 얼마나 시간이 소요되는가에 대한 변수 (건설기술 적용시간)가 영향을 준다. 이와 같이 발현된 개발 기술의 활용 효과인 건설생산성 향상에 의해 건설업 전반에 부가가치 창출 (생산성 향상에 의한 부가가치 창출액) 등에 기여하게 된다. 본 모형에서 각 변수들은 각 9개 사업에 대한 하위 속성 값을 가지고 있으며, 이에 따라 사업별 투자금액이 다를 때, 성과물 및 파급지표와 관련된 변수의 변화에 대해 사업별로 기여하는 정도가 다르게 산정된다.



[그림 6-3] 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급과정 정의

이처럼 관련 기술분야에 대한 구성비율로 정의된 각 세부사업은, 각 기술분야에 대한 파급과정을 거쳐, 파급지표에 영향을 주며, 관련기술에 대한 파급과정은 다음과 같다.

1) 건설생산성 향상: 건설시공 및 엔지니어링 기술 등의 개발로 건설생산성이 증가함으로써, 산업부가가치 및 고용유발효과 등을 가져온다.

2) 건설생산 유발: 도시개발이나 지역 인프라 구축과 같은 건설생산 유발효과를 통해 건설총생산량 증대 및 고정자본형성에 기여하는 효과와, 생산역량 증대에 따른 고용유발효과를 포함한다.

3) 수입대체 및 수출증대: 해외 플랜트 수주역량 및 건설교통기술수출 및 수입대체와 관련되며, 이는 해외대비 기술수준에 따른 해외 경쟁력 강화로 수출액 증대 및 부가가치 창출 글에 기여하는 효과를 나타낸다.

4) 물류비절감: 건설교통 분야에서 발생하는 총 수송량 대비 물류비용을 절감함으로써 부가가치 창출에 기여하는 효과가 있다.

5) 에너지 효율증대: 건설교통 분야에서 발생하는 에너지 소비를 개선함으로써, 에너지소비 절감 및 CO2배출 절감에 기여한다.

6) 수송량 증대기술: 수송효율 개선 및 도시철도 등 인프라 구축을 통해 수송량 증대 및 수송에너지 절감에 기여하는 효과로 공로, 철도, 항공으로 구분하여 효과가 발현된다.

한편, 투입 대비 성과물이 발생하는 과정은 단선적으로 발생하는 것이 아니라, 기초, 응용, 개발 단계에 대한 투자비율에 따라 발생하는 지식스톡 등의 변화에 따른 연구수행능력의 변화에 영향을 받고, 성과물이 활용효과로 발현되는 과정에서는 제도/정책 등에 따라 얼마나 산업에 그 성과물이 적용되는 지 결정하는 기술적용성에 영향을 받게 된다.

위와 같은 6개 기술분야 별 파급효과는 연구수행역량 및 산업적용역량을 통해 그 효과의 차이가 발생하며, 이를 설명하기 위해 다음과 같은 영향 변수의 역할을 설명 및 적용할 수 있다.

1) 연구수행능력: 연구개발을 수행하기 위한 지식스톡 수준 (논문, 특허 등), 연구인력의 수준 및 장비활용도에 의해 결정되는 것으로 이는 투자액이 성과물로 발생하는데 영향을 준다. 또한 건설교통 R&D 투자액 중 기초·응용·개발단계의 투자비율에 의해 그 성격이 달라진다.

2) 기술적용성: R&D 사업을 통해 발생한 성과물이 산업에 적용되는 정도 및 시간을 결정하는 것으로, 정책 및 제도의 효율성, 사업화 역량 등에 의해 결정된다. 이는 건설교통 R&D 투자액 중 기술개발·제도/기준/정책·기술평가 및 사업화 분야에 대한 투자비율에 의해 그 성격이 달라진다.

나. 변수 간 관계 설정

위에서 설정된 건설교통 R&D 투자 파급과정을 설명하는 변수 간 인과관계도를 기반으로, 시스템다이내믹스 연구방법론에서 적용되는 변수 간 관계식 설정 방법을 통해 변수 간 관계식을 도출하고, 모형을 개발한다. 일반적으로 사칙연산을 통한 단순화된 구조식을 통해 계산되는 변수 간 관계 외에 시스템다이내믹스 모델링 방법에서 적용되는 방법은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다.[91]

1) 지수함수 모형 (Exponential Model)

이는 시간에 따라 지수적으로 특정 변수를 증가시키는 추세를 표현하는 것으로

$$P(t) = P(0) \cdot (1 + e \cdot \tau)^{t/\tau} \qquad \text{(식 6-1)}$$

등과 같이 표현되며, 시간의 흐름에 따라 특정 변수의 지수적 영향이 발현된다. 이는, R&D 투자와 관련된 특정 지표 값의 연도별 변화, 기술수준의 동태적 변화 등을 표현하는 데 사용된다.

2) 천이 모형 (Decay Model)

이는 지수함수 모형과 반대로 시간에 따라 지수적으로 특정 변수를 감소시키며, 시간이 지남에 따라 0으로 근접하며, 전반적으로 다음의 식을 따른다.

$$P(t) = P(0) \cdot e^{-t/\tau} \qquad \text{(식 6-2)}$$

여기에서 τ는 "지수 수명(exponential lifetime)"이라고 정의하는데, 여기에서는 "사건의 지속 기간" 으로 설명할 수 있다. 이러한 천이 모형은 R&D 투자와 관련해 특정 기술 및 R&D 성과물의 효과가 시간의 흐름에 따라 도태되는 것을 설명할 수 있다.

3) 확산 모형 (Diffusion Model)

확산 모형은 크게 누적 확산 모형과 비누적 확산 모형으로 나눌 수 있으며 전자에는 Logistic 모형, Gomperz 모형이 있으며 후자에는 Bass모형, Harvey 모형, Extended Riccati 모형이 속한다. 이러한 모형들은 잠재 수요 혹은 포화 치에 대한 정보가 존재하지 않더라도 회귀 분석에 의해 적용할 수 있는 모형들이다.

이 중 Mansfield (1968)에 의해 제시된 Logistic 모형을 예시로 살펴보면, 어떤 특정 기술이 확산되는 것에 대한 설명을 제시할 수 있다.

---

91) Sterman (2000). Business Dynamics, McGraw-Hill, New York, NY.

$$Y_t = bY_t[L - Y_t] \qquad \text{(식 6-3)}$$

이러한 확산모형은, R&D 투자에 따른 기술수준의 증가 및 확산을 설명할 수 있다.

위와 같은 기본 모델링 수식은 시스템다이내믹스 모델링 방법에서 활용되는 대표적인 기본 모형이며, 변수간 구조를 기반으로 데이터에 의존하는 통계적 접근방식과의 차이점을 현저하게 보여준다.

이러한 수식을 기본으로 R&D 투자에 따라 해당 분야별 기술수준이 변화하는 과정은 다음과 같이 설명할 수 있다.

$$Tech_t = \int_0^t \gamma_x \cdot \alpha \cdot Invst_x \cdot (DesiredTech - Tech_x)dx + Tech_0 \qquad \text{(식 6-4)}$$

γ_t : t시점에서 R&D 연구를 수행 능력을 보여주는 연구수행능력계수

α : 해당연도 투자금액에 따른 기술혁신계수

$Invst_t$: 해당연도에 효과를 발현할 수 있는 t시점까지 R&D 투자금액

$Tech_t$: t시점에서의 해당 분야 기술수준

$DesiredTech$: 해당분야의 목표 기술수준

이처럼 변화된 기술수준을 실제 산업에 적용되어 활용되는 데 시간이 소요되며, 이는 다음을 통해 설명될 수 있다.

$$Impct_t = \int_0^t \delta_t \cdot \frac{(Impct_x - Tech_x)}{AT}dx + Impct_0 \qquad \text{(식 6-5)}$$

δ_t : t시점에서 연구 성과물의 산업적용역량을 보여주는 기술적용성계수

$Impct_t$: t시점에서 R&D 성과물의 산업분야의 적용효과

AT : R&D 성과물이 산업에 적용되는 데 소요되는 물리적·정책적 시간

즉, R&D 투자를 통해 발생한 특정 기술이나 그에 대한 역량은 실제 산업에 적용되어 수혜자 활용효과를 나타내는 데 있어 물리적으로 또는 정책적으로 시간이 소요된다. 그 소요 시간동안, R&D 투자 성과물의 기술과 실제 산업에 적용된 기술의 격차를 지속적으로 조정하며, 투자의 파급효과가 발생한다.

이처럼, R&D 투자가 R&D 성과물로 발현되는 데 영향을 주는 연구수행능력계수와, R&D 성과물이 실제 산업에 적용되는 데 영향을 주는 기술적용성계수는 다음의 함수를 통해 산정된다.

$$\gamma_t = f(Invst\_basic_t, Invst\_appld_t, Invst\_dvlpt_t) \quad \text{(식 6-6)}$$

$Invst\_basic_t$: t시점의 기초단계 투자금액

$Invst\_appld_t$: t시점의 응용단계 투자금액

$Invst\_dvlpt_t$: t시점의 개발단계 투자금액

$$\delta_t = f(Invst\_tech_t, Invst\_strd_t, Invst\_evltn_t) \quad \text{(식 6-7)}$$

$Invst\_tech_t$: t시점의 기술개발 분야의 투자금액

$Invst\_strd_t$: t시점의 제도 및 정책개선 분야의 투자금액

$Invst\_evltn_t$: t시점의 기술평가 및 사업화 분야의 투자금액

위와 같은 기본 수식을 바탕으로, 본 모형에서 9개 세부사업 분야별, 또한 각 기술분야별 파급과정에 대한 구조식을 정의할 수 있다. 이 장에서는 건설교통 R&D투자에 따른 세부사업별 파급효과를 한눈에 볼 수 있도록 정리하고 그에 대해 분석하는 데 초점을 맞추고 있으며, 파급효과를 측정하는데 적용된 구체적인 방법론이나 이론적 근거는 개념적으로 설명하였다. 본 모형을 구성하는 2개의 모듈로 구성된 1) 건설분야 R&D 투자금액은 세부 사업별 및 각 기술 분야별로 분류하기 위한 투자금액 모형, 10개의 모듈로 구성된 2) 기술분야별 파급과정 모형, 4개의 모듈로 구성된 3) 파급지표 모형은 부록에 제시하였다. 또한, 모형을 구성하는 변수 간 인과관계 설정 근거는 [부록 4]에서 확인할 수 있다.

3. 정량변수 설정

앞서 구축한 세부사업별 R&D 투자 파급과정을 정의한 구조적 모형을 바탕으로, 본 장에서는 모형의 정량변수 설정과정을 설명한다. [그림 6-4]는 세부사업별 파급효과 분석모형의 정량변수 설정 절차이다. 먼저, 1) 데이터 및 사업특성 분석 자료를 바탕으로 건설교통 R&D 전체 및 세부사업별 투자금액을 입력하고, 2) 기존 이론을 바탕으로 변수 간 관계식을 설정한다. 예를 들면 투자금액 대비 기술이 진화 및 확산되는 과정은 시스템 다이내믹스 모델링에서 활용되는 기존 이론 중 Logistic 모형 등을 활용한다. 3) 정량변수 정의의 첫 단계로 모형 구성 변수 중 과거부터 누적된 값이 충분하여 실

제 데이터를 활용할 수 있는 변수에 대해 데이터를 입력하고, 4) 이후 모형 계수 중 정확한 값을 알 수 없는 변수에 대하여, 정성 및 정량적 자료와 설문조사 결과 등을 활용하여 개략적인 계수 범위를 결정한다. 마지막으로, 5) 실제 데이터 기반으로 구축된 건설교통산업 거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석모형에서 건설교통 분야에 대한 예측 값을 본 모형의 계수 값 추정을 위해 활용한다.

즉, 거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석모형에서 예측한 건설교통 분야 전체의 파급효과 예측 값과, 사업별 예측모형에서 각 세부사업 파급효과의 합으로 도출되는 건설교통 분야 전체의 파급효과 예측 값의 차이를 최소화하는 계수 값 추정을 실시함으로써, 두 모형 간 파급효과 결과 값을 동기화 시킨다.



[그림 6-4] 정량변수 설정 절차

가. 계수값 입력 및 추정계수 범위 설정

인과관계 기반의 세부사업별 R&D 투자 파급효과 분석모형에서 활용되는 계수는 실제 입력 가능한 데이터가 존재하는 경우와, 그 계수에 대한 정성적 근거는 존재하나 실제 정확한 값을 알 수 없는 경우 두 종류로 분류할 수 있다. 먼저 실제 입력 가능한 데이터가 존재하는 경우는 실제 지표 값에 관한 통계자료, 관련 문헌 및 설문조사 결과를 통해 입력할 수 있으며, 본 모형에서 활용한 변수 데이터 값 및 근거는 다음 [표 6-4] 와 같다.

[표 6-4] 실 데이터를 기반으로 한 모형 계수 값 입력

변수	계수값	단위	근거	출처
초기 R&D 투자 누적액	0.5	[억원]	평가원 실제 투자금 데이터 (2005년 이전)	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
기대 투자금 당 비용절감액	0.00-0.88 (사업별 값)	[억원/억원]	사업별 2005년-2010년 성과물 추세 분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
기대 투자금 당 매출액	0.00-1.61 (사업별 값)	[억원/억원]	사업별 2005년-2010년 성과물 추세 분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
기대 투자금 당 기술료 징수액	0.00-2.93 (사업별 값)	[억원/억원]	사업별 2005년-2010년 성과물 추세 분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
기대 투자금 당 고용유발	0.2364	[명/억원]	사업별 2005년-2010년 성과물 추세 분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
건설기술 적용시간	4	[yr]	평가원 설문조사 결과	평가원 설문조사 결과
수요유발기간	10	[yr]	평가원 설문조사 결과	평가원 설문조사 결과
해외국 대비 기술수준 초기값	0.64-0.80 (사업별 값)	-	국내 건설교통기술수준: 0.504, 해외 건설교통기술수준: 0.702 (2005년 기준), 사업별 차이 반영	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
환경기술적용시간	3	[yr]	평가원 설문조사 결과	평가원 설문조사 결과
Atmospheric Retention B	0.64	-	계수추정값 (기존 모델)	Fiddaman (1997); Sterman (2002)
Fractional CO2 Removal Rate - Delta	0.0083	-	계수추정값 (기존 모델)	Fiddaman (1997); Sterman (2002)
Gross Korea Product	1	-	계수추정값 (기존 모델)	Fiddaman (1997); Sterman (2002)
교통기술 적용시간	3	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과
철도기술 적용시간	3	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과

항공기술 적용시간	5	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과
도시철도기술 적용시간	5	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과
물류기술 적용시간	4	[yr]	평가원 설문조사 결과	평가원 설문조사 결과
단위물류비용 초기값	0.54751	[억원/천톤]	2005년 기준	e-나라지표 (2012) 통계자료
단위물류비 변화량 초기값	0.03538	[1/yr]	2005년 2006년 기준	e-나라지표 (2012) 통계자료
단위물류비 증변화율	-0.00262	[1/yr]	2005-2012년 변화 추정	e-나라지표 (2012) 통계자료
목표 RnD투자대비 논문수	2.2-38.0 (사업별 값)	[건/억원]	2005년 부터 2010년 까지 추세분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
목표 RnD투자대비 특허건수	1.4-40.7 (사업별 값)	[건/억원]	2005년 부터 2010년 까지 추세분석	건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서, 건설교통평가원 (2008) 성과분석보고서
개발단계 연구인프라수준초기값	0.26481	-	국내 건설교통기술수준: 0.504 (2005년 기준), 개발단계의 논문 및 특허비중	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
응용단계 연구인프라수준초기값	0.11566	-	국내 건설교통기술수준: 0.504 (2005년 기준), 응용단계의 논문 및 특허비중	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
기초단계 연구인프라수준초기값	0.12353	-	국내 건설교통기술수준: 0.504 (2005년 기준), 기초단계의 논문 및 특허비중	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
개발단계 연구인프라소멸기간	15	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과
응용단계 연구인프라소멸기간	20	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과
기초단계 연구인프라소멸기간	30	[yr]	설문조사 결과	설문조사 결과

한편, 계수에 대한 정성적 근거는 존재하나 실제 정확한 값을 알 수 없는 경우에는 참조 데이터를 활용하여 계수 값을 추정한다. 계수 값 추정에 있어, 참조 데이터와 본 모형의 거동의 차이를 최소화하여 그 결과 값을 동기화하는 계수 값을 추정하는 데, 이 경우 계수의 범위를 올바르게 설정하지 못하는 경우, 작위적인 결과 값을 도출할 가능성이 있다. 이에 따라 본 실제통계자료 및 정성적 근거를 기반으로 각 변수 값의 타당한 범위를 설정한다. 예를 들면, 과거 데이터에서 건설 생산성과 건설 부가가치총액의 관계에 대한 실 데이터를 바탕으로 생산성 향상의 부가가치창출계수에 대한 가능 범위를 설정하는 것이다. 이처럼 설정된 범위 안에서 본 분석모형에서 R&D 파급효과 예측을 위한 계수값 추정을 실시한다. 다음 [표 6-5] 는 본 분석모형에서 활용되는 추정계수에 대한 범위 및 그에 대한 근거이다.

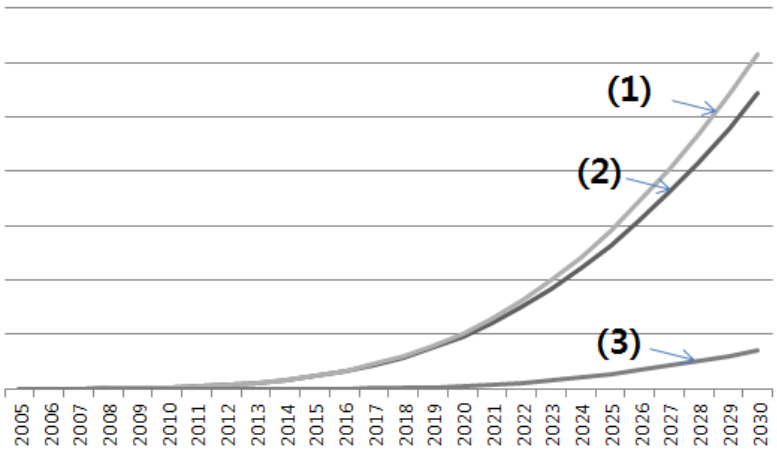
[표 6-5] 모형 계수 범위 설정 및 근거

변수	계수값		단위	출처
	최소	최대		
직접성과물 부가가치 창출계수	0.01	1	[억원/억원]	한국은행 (2009) 통계자료
직접성과물 고정자본형성 기여분	0.01	1	[억원/억원]	한국은행 (2009) 통계자료
투자금 당 생산성향상 기술수준 증대효과	0.0001	0.0012	[1/Yr/억원]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
생산성향상 한계율	1000	10000	-	설문조사 결과
부가가치의 고용유발계수	10	100	[명/LN(억원)]	한국은행 (2009) 산업연관표
생산성의 부가가치 창출계수	0.05	0.5	[억원/억원]	한국은행 (2009) 산업연관표; 통계청 (2009) 국가자산통계
투자금 당 생산량 유발 기대효과	10	100	[억원/억원]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
부가가치의 자본투자계수	1	5	[억원/억원]	한국은행 (2009) 산업연관표; 통계청 (2009) 국가자산통계
단위생산 당 고용유발계수	1000	10000	[명/LN(억원)]	한국은행 (2009) 산업연관표
단위생산 당 고정자본형성 기여분	0.5	5	[억원/억원]	한국은행 (2009) 산업연관표; 통계청 (2009) 국가자산통계
단위투자금 당 기술진보계수	0.001	0.02	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
기술수준에 의한 연간 수출유발효과	10	100	[억원/LN(억원)]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
기술수준에 의한 연간 수입대체효과	100	1000	[억원]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
수출증대의 부가가치 창출 기여분	10	100	[억원/억원]	한국은행 (2009) 통계자료
수입대체의 부가가치 창출 기여분	10	100	[억원/억원]	한국은행 (2009) 통계자료
투자금 당 에너지효율 증대 기대효과	0.001	0.01	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
에너지절감한계율	0.05	0.5	-	설문조사 결과
투자금 당 교통운영기술수준 증대효과	0.0001	0.001	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
교통운영기술 한계율	0.05	0.3	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
주행시간 감소에 따른 여객화물 증가효율	0.5	2	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
투자금당 철도운영기술수준 증대효과	0.0001	0.001	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
철도운영기술수준 한계율	0.05	0.3	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
투자금 당 항공운영기술수준 증대효과	0.0001	0.001	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
항공운영기술수준 한계율	0.05	0.3	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
투자금 당 도시철도기술수준 증대효과	0.001	0.005	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
도시철도기술수준 한계율	0.05	0.3	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서
인프라 당 도시철도 수송량	10000	100000	1/(㎞*백만명)	e-나라지표 (2012) 통계자료
투자금 당 물류비절감 기술수준 증대효과	0.00001	0.01	[1/억원/yr]	건설교통평가원 (2010) 성과분석보고서
물류비절감 기술수준 한계율	0.05	0.6	-	건설교통평가원 (2009) 성과분석보고서

나. 계수값 추정

앞서 설정한 계수 범위를 바탕으로 설정된 범위 안에서 본 모형은 R&D 파급효과 예측을 위한 계수 값 추정을 실시한다. 이는 앞서 설명한 바와 같이, 제5장에서 설명한 거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 분석 모형 (계량적 예측 모형) 중 건설교통 분야의 경제적 파급효과에 대한 예측 값을 참조 데이터로 활용함으로써 가능하다. 참조 데이터는 건설교통 분야 정부 R&D투자 수출 유발액, 부가가치 유발액, 건설 총 생산량 증가분, 고용유발자수, 에너지 절감량, CO2배출 절감량, 공로여객 수송량 증대효과, 철도여객 수송량 증대효과, 논문, 특허 등 총 10가지를 활용한다.

한편, 거시적 파급효과 분석모형에서는 R&D 투자금액을 현 추세와 유지하는 것과 비교하여, 그 투자금액을 증액했을 때 발현되는 정책 효과 분석에 목적이 있다. 그러나 본 세부사업별 파급효과 분석모형은 R&D 투자금액을 증액했을 때의 효과를 거시적 파급효과 분석모형의 거동과 동기화시킴으로써, 수치적 정확성을 확보한 구조적 모형을 통해, R&D 투자금액 증액에 대한 정책효과 뿐 아니라 총 R&D 투자금액에 대한 파급효과를 분석할 수 있다.



(1) 사업별 파급효과 모형:
투자금액 3%증액 시 건설교통 부문 파급효과 (9개사업 파급효과 총합)
(2) 사업별 파급효과 모형:
투자금액 현 추세 유지 시 건설교통 부문파급효과 (9개사업 파급효과 총합)
(3) 거시적 파급효과 모형:
투자금액 3% 증액시 현 추세 유지 대비 파급지표에 대한 정책효과

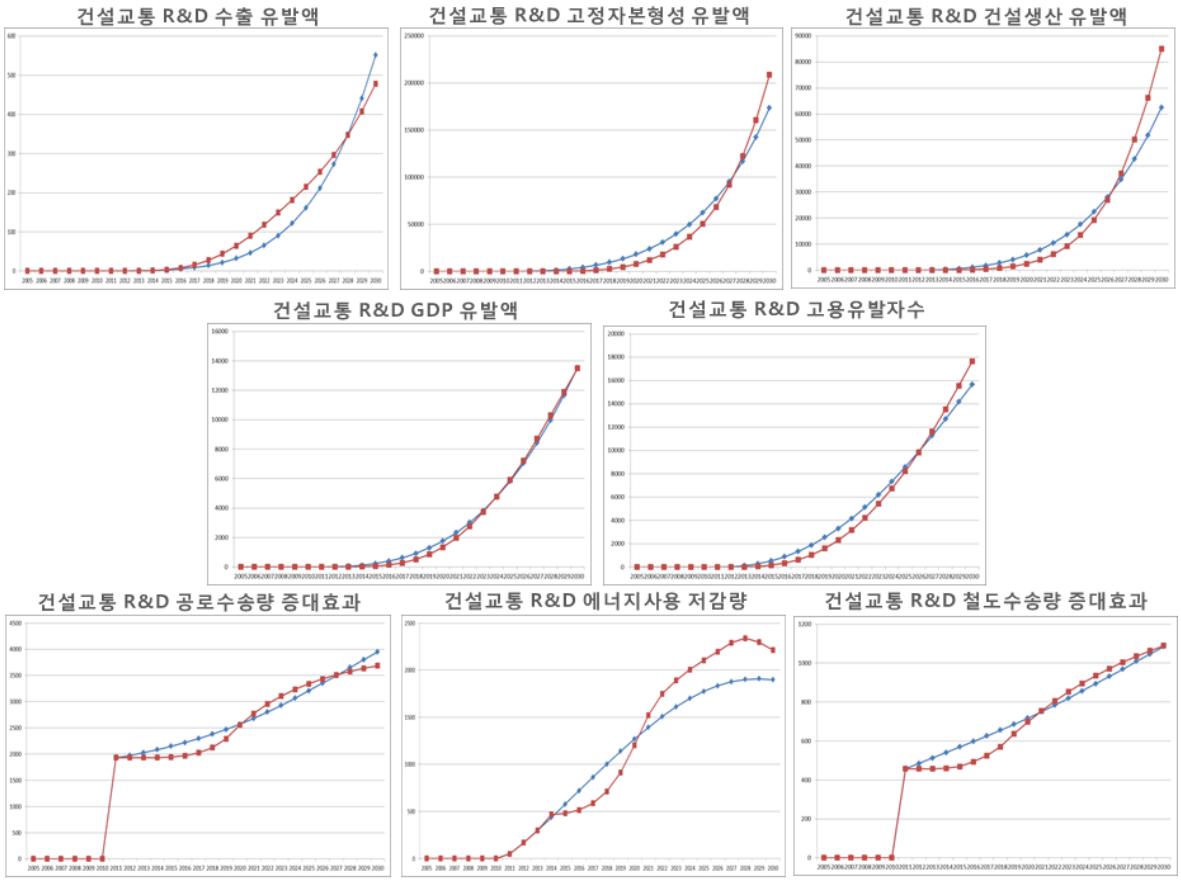
[그림 6-5] 계수추정 방법

[그림 6-5]는 본 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형에서 활용하는 계수 추정 방법이다. 앞서 설명한 바와 같이, 거시적 파급효과 분석모형에서는 총 투자금액에 대한 파급효과보다는 투자금액을 증액한 부분에 대한 정책효과를 제시한다. 따라서 그래프 (3)은 거시적 파급효과 분석모형에서 건설교통 부문에 대한 R&D 투자금액을 3%로 증액하는 경우 투자금액을 현 추세대로 유지하는 것과 비교한 정책효과이다. 세부사업별 분석모형에서는 총 9개 사업의 파급효과의 합을 건설교통 분야의 파급효과로 정의하며, 그래프 (1)은 건설교통 분야에 대한 R&D 투자금액 3% 증액 시 발생하는 모든 투자금액에 대한 파급효과, 그래프 (,2)는 건설교통 분야에 대한 R&D 투자금액 현 추세 유지 시 발생하는 모든 투자금액에 대한 파급효과이다. 이에 따라 (1)-(2)의 값은 투자금액 3% 증액하는 것의 정책효과로 볼 수 있으며, (1)-(2)의 값을 참조데이터 (3)의 값과 동기화시키는 계수의 값을 추정하였다.

다. 모형의 행태적 타당성 검증

위와 같이 개발된 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 예측모형을 통해 도출된 파급효과 분석 결과를, 실제 데이터 및 거시적 파급효과 분석모형을 통해 도출된 건설교통 분야의 파급효과 분석 값과 비교·분석함으로써 세부사업별 파급효과 분석모형의 행태적 타당성을 검증한다. 본 모형에서 활용하는 참조 데이터를 도출하는 거시적 파급효과 분석모형 (계량적 예측 모형)은 2005년 이전 데이터 기반으로 구축되었으며, 2010년의 실제 데이터와 사후 검증을 실시한 결과 4가지 지표에 대한 오차율 0.2 ~ 2%로 상당히 높은 신뢰도를 보였다.

[그림 6-6]은 이와 같은 거시적 모형의 예측 값과, 본 세부사업별 모형의 예측 값을 비교·분석한 결과이다. 본 모형의 예측 값은 각 사업별 R&D 투자로 인한 사업별 파급지표 변화 기여분의 합으로, 건설교통 산업 전체의 파급효과로 볼 수 있다. 그림에서의 모형 테스트 결과를 통해 각각의 파급지표 예측 값에 대한 행태적 유사성을 비교할 수 있었다. 비록 오차율은 5% 이상으로 다소 크게 나타났으나, 20년 이상에 대한 장기적 예측임을 감안할 때는 예측 값의 정확성보다는 아래와 같은 추세의 유사성을 확인하는 게 더욱 큰 의미가 있다. 이를 통해, 본 세부사업별 파급효과 분석모형에서 제시한 정량변수 설정 방법의 타당성을 확인하였으며, 이는 인과관계 및 정성적 자료 기반으로 구축되는 구조적 예측 모형의 수치적 예측 정확성 부족이란 약점을 극복하고 장기적인 미래 추세 예측에 활용될 수 있음을 보여준다.



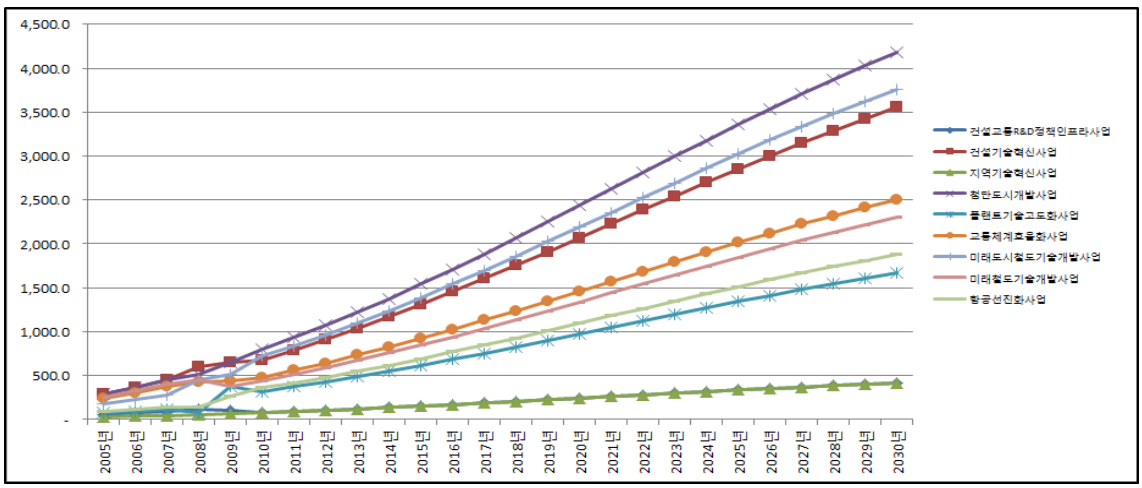
[그림 6-6] 모형의 행태적 타당성 검토

제2절 건설교통 R&D 세부사업별 파급효과 총괄

이 절에서는 “세부사업 레벨의 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석모형”을 활용하여 건설 및 교통 각 분야별, 또한 각 세부사업별 현재 R&D투자 추세에 따른 지표 변화의 전망을 한눈에 볼 수 있도록 지표 값 및 추세 그래프 위주로 정리하였다. 향후 제3절부터 6절까지는 각 지표에 대한 세부사업별 변화 추세 및 특성을 사업별 R&D 투자 파급과정에 대한 분석과 함께 상세히 설명하기로 한다.

먼저, [그림 6-7]은 건설교통 R&D 사업의 세부사업별 투자금액에 대한 변화추세이다. 2005년부터 2010년까지는 실제 데이터를 활용하였으며, 2011년 이후에는 현재 추세와 같이 변화한다고 가정하였을 때의 투자금액이다. 이를 통해, 현재까지 9개 세부사업 중 첨단도시개발사업, 미래도시철도기술개발사업, 건설기술혁신사업 순으로 많은 투자가 이루어졌으며, 건설교통R&D정책인프라사업 및 지역기술혁신사업에 대한 투자비중이 낮은 것으로 분석된다. 한편, 미래도시철도기술개발사업은 사업 내 자기부상열차 기술개발 관련 사업으로 인해 그 투자금액이 일시적으로 증가한 경향이 있으며, 향후에도 높은 투자금액이 유지될지 여부에 관해서 불확실성이 있다.

이와 같이, 현재 추세와 같은 투자금액을 바탕으로, 건설교통 분야에 대한 각 지표별 파급효과의 변화를 종합적으로 제시한다. 한편, 교통 분야의 경우, 거시적 파급효과 분석에서 제시한 값과 차이가 있는데, 이는 교통산업 전체에 대한 R&D 투자금액 중 한국건설교통기술평가원에서 출연되는 교통 분야에 대한 비중이 일부분을 차지하는 바, 해당 비중에 대한 분석 값만을 제시하였기 때문이다.



[그림 6-7] 건설교통 R&D 세부사업별 투자금액 추세

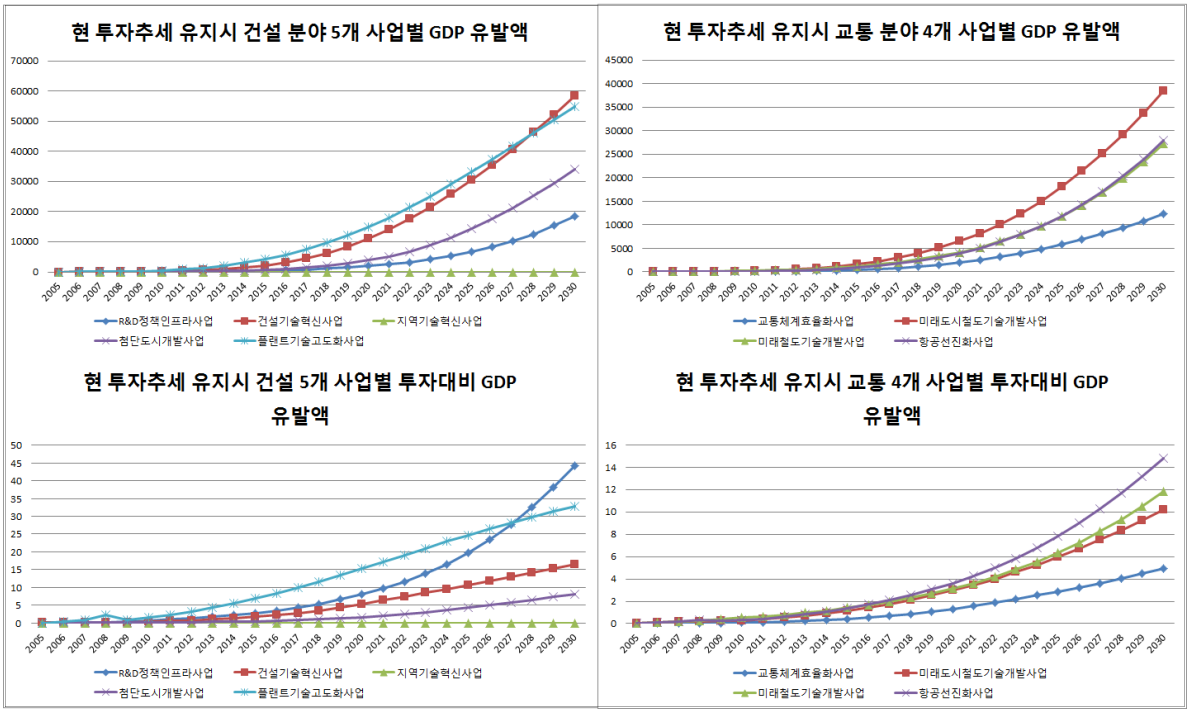
● GDP

[표 6-6] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 GDP 유발액 값이며, [표 6-8] 은 건설교통 각 세부사업별 GDP 유발 효과 추세이다.

[표 6-6] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 GDP 유발액

[단위: 억원]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	5	866	7,552	31,746	84,521	166,098
교통부문	8	584	4,169	16,613	47,415	106,024
합계	14	1,451	11,721	48,360	131,936	272,123



[그림 6-8] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 GDP 유발 추세 종합 [단위: 억원]

GDP의 경우, 생산성 향상기술, 수출역량 강화 등 부가가치 창출에 많은 금액이 투자되는 건설기술혁신사업 및 플랜트기술고도화사업의 부가가치 창출 비중이 크다. 건설교통R&D정책인프라사업의 경우, 투자금액이 낮아도 건설엔지니어링 기술 등 고부가가치 창출 기술개발 및 사업화 분야에 투자가 이루어져 투자대비 효율이 높음을 알 수 있다. 자세한 분석결과는 제3절에 자세히 기술하기로 한다.

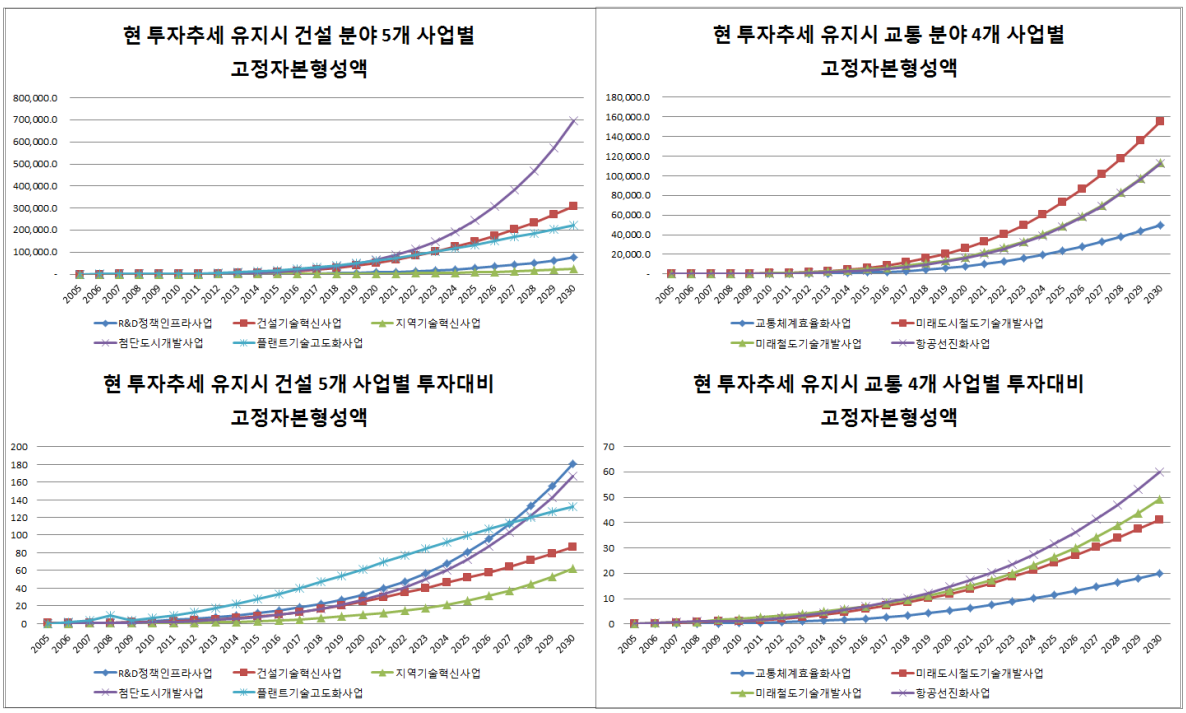
● 총고정자본형성

[표 6-7] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 총고정자본형성액 연도별 값이며, [그림 6-9] 는 건설교통 각 세부사업별 총고정자본형성 효과 추세이다.

[표 6-7] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 총고정자본형성액

[단위: 억원]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	28	4,354	40,464	186,007	561,140	1,326,146
교통부문	40	2,399	16,997	67,558	192,637	430,625
합계	68	6,753	57,461	253,566	753,777	1,756,771



[그림 6-9] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 총고정자본형성 추세 종합

[단위: 억원]

총고정자본형성의 경우, 도시공간 창출 등 신규 생산수요를 유발하는 첨단도시개발사업 및 철도 인프라 구축에 기여하는 미래도시철도기술개발사업의 투자효과가 크며, 플

랜트기술고도화사업은 관련 기술 및 생산기간시설 등에 대한 투자가 높아 투자금 대비 총고정자본형성 기여분이 큰 것으로 분석된다.

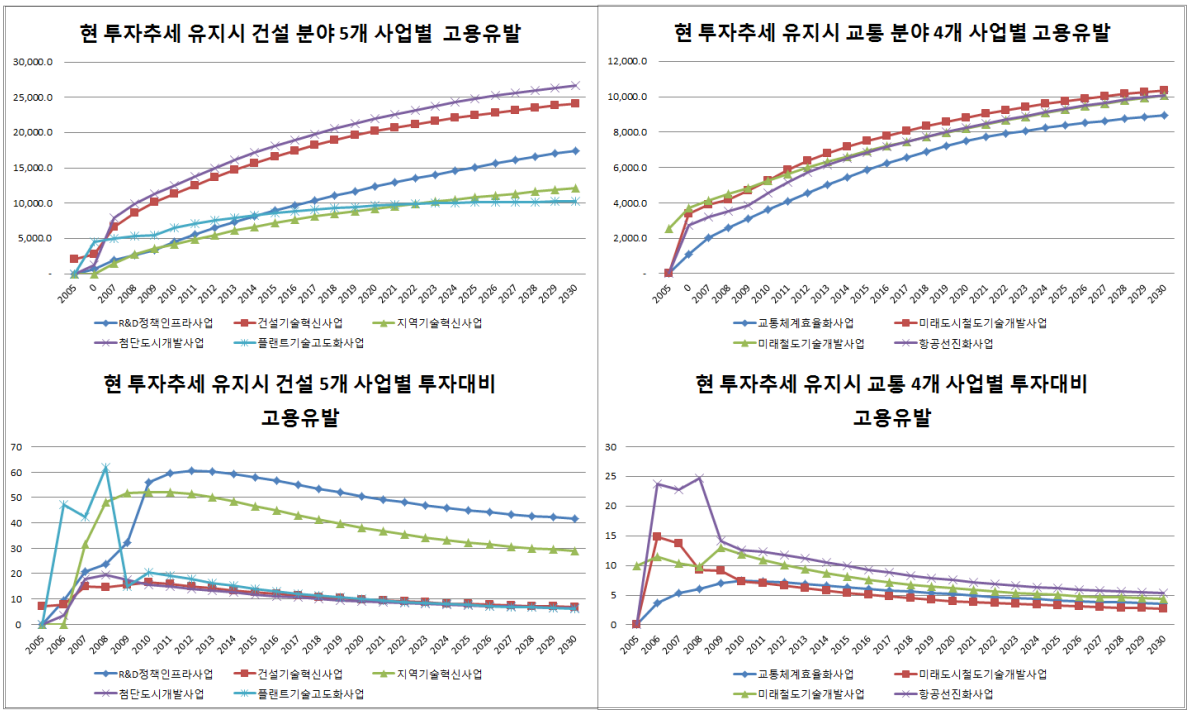
● 고용자수

[표 6-8] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 고용유발자수 값이며, [그림 6-10] 은 건설교통 각 세부사업별 고용유발 효과 추세이다.

[표 6-8] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 고용유발자수

[단위: 명]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	2,023	39,080	59,428	73,412	83,352	90,576
교통부문	2,566	18,641	27,132	32,788	36,723	39,447
합계	4,589	57,721	86,560	106,199	120,075	130,023



[그림 6-10] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 고용유발 추세 종합 [단위: 명]

고용유발의 경우, 건설교통R&D정책인프라사업 및 지역기술혁신사업이 투자대비 고용유발효과가 높은데, 이는 제도 및 정책 개선 및 기술평가를 위한 인력의 필요성, 지역균형발전에 따른 일자리 창출효과가 높은 것으로 분석된다. 그러나 건설교통산업에

경우 모든 사업에서 새로운 생산 및 기술 창출 등에 기여하는 바, 전반적으로 우수한 고용유발효과를 가져오는 것으로 분석된다.

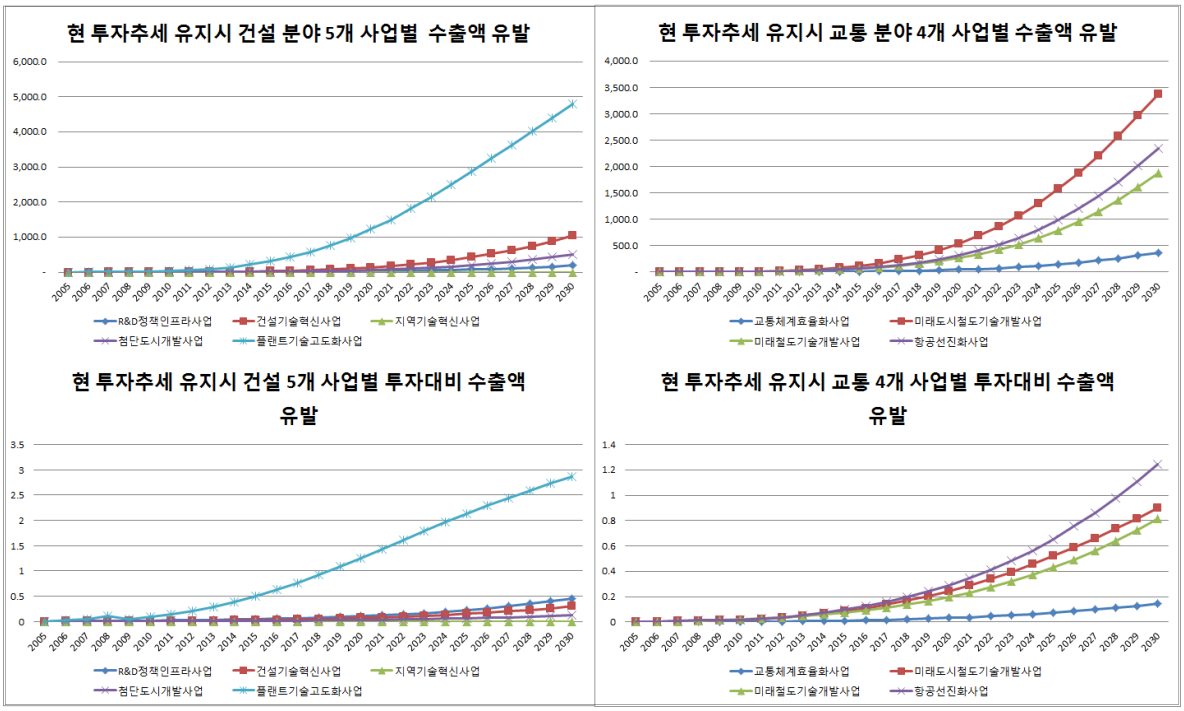
● **수출액**

[표 6-9] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 누적 수출 유발액 값이며, [그림 6-11] 은 건설교통 각 세부사업별 수출 유발 효과 추세이다.

[표 6-9] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 누적 수출 유발액

[단위: 억원]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	0	36	359	1,442	3,561	6,544
교통부문	0	29	263	1,167	3,504	7,966
합계	0	64	622	2,609	7,065	14,510



[그림 6-11] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 누적 수출액 유발 추세 종합

[단위: 억원]

수출액의 경우, 주로 플랜트 등 해외 수주를 목표로 하는 플랜트기술고도화사업 및 교통·철도·항공 기술의 해외 수출이 지속적으로 발생하는 교통 4개 사업 부문의 효과가 높다. 투자대비 수출액 또한 유사한 추세로 발생하는 것을 확인할 수 있다.

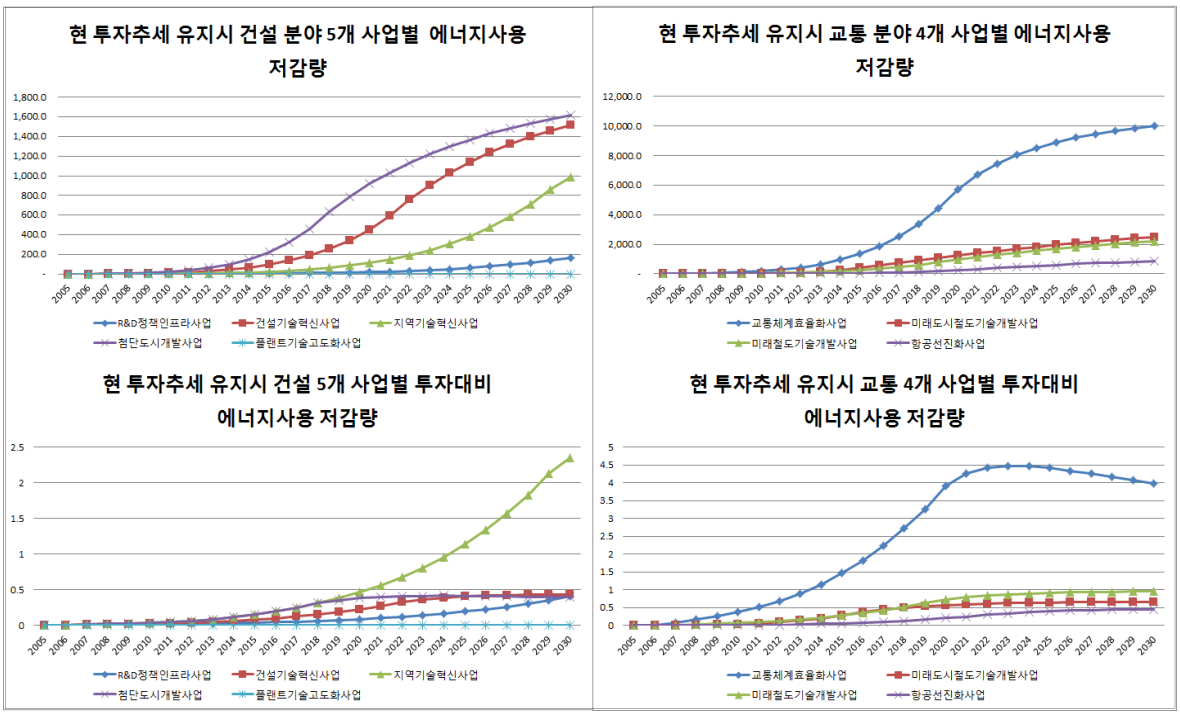
● 에너지사용량

[표 6-10] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 에너지 사용 절감량 값이며, [그림 6-12] 는 건설교통 각 세부사업별 에너지 사용 절감 추세이다.

[표 6-10] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 에너지사용 절감량

[단위: 1000toe]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	0	35	349	1,502	2,954	4,290
교통부문	0	252	2,019	8,155	13,151	15,588
합계	0	286	2,367	9,656	16,106	19,877



[그림 6-12] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 에너지사용 절감 추세 종합

[단위: 1000toe]

에너지사용 절감량의 경우, 수송부문에 대한 에너지 소비 비중이 큼에 따라 교통부문의 기여도가 높다. 특히, 에너지 소비율이 가장 높은 공로수송 부문과 관련된 교통체계 효율화사업 부문이 가장 크며, 건설 부문에서는 에너지 절감기술 개발의 비중이 큰 첨단도시개발사업 및 건설기술혁신사업의 비중이 큰 것을 알 수 있다.

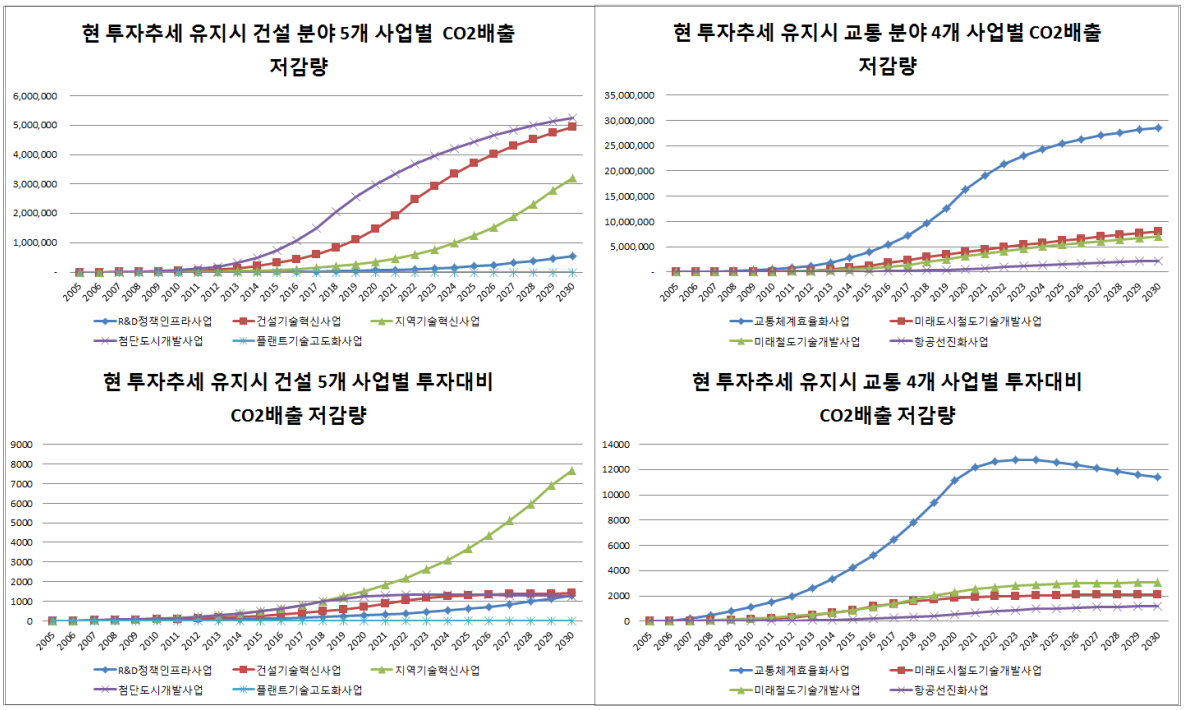
● CO2배출량

[표 6-11] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 CO2 배출 절감량 값이며, [그림 6-13] 은 건설교통 각 세부사업별 CO2 배출 절감 추세이다.

[표 6-11] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 CO2 배출 절감량

[단위: tCO2]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	0	112631	1132578	4881024	9599423	13934030
교통부문	0	753440	6023710	24059981	38676300	45914496
합계	0	866071	7156288	28941004	48275722	59848526



[그림 6-13] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 CO2 배출 절감 추세 종합 [단위: tCO2]

CO2배출 절감량의 경우, 기본적으로 에너지사용 절감에 따른 CO2배출 절감효과가 큰 바, 에너지 사용 절감량과 비슷한 추세를 나타냄을 알 수 있다. 미래도시철도 및 철도기술개발사업은 공로 수송을 상당 부분 대체함으로써, 에너지절감 및 CO2배출 절감효과가 상당히 높다.

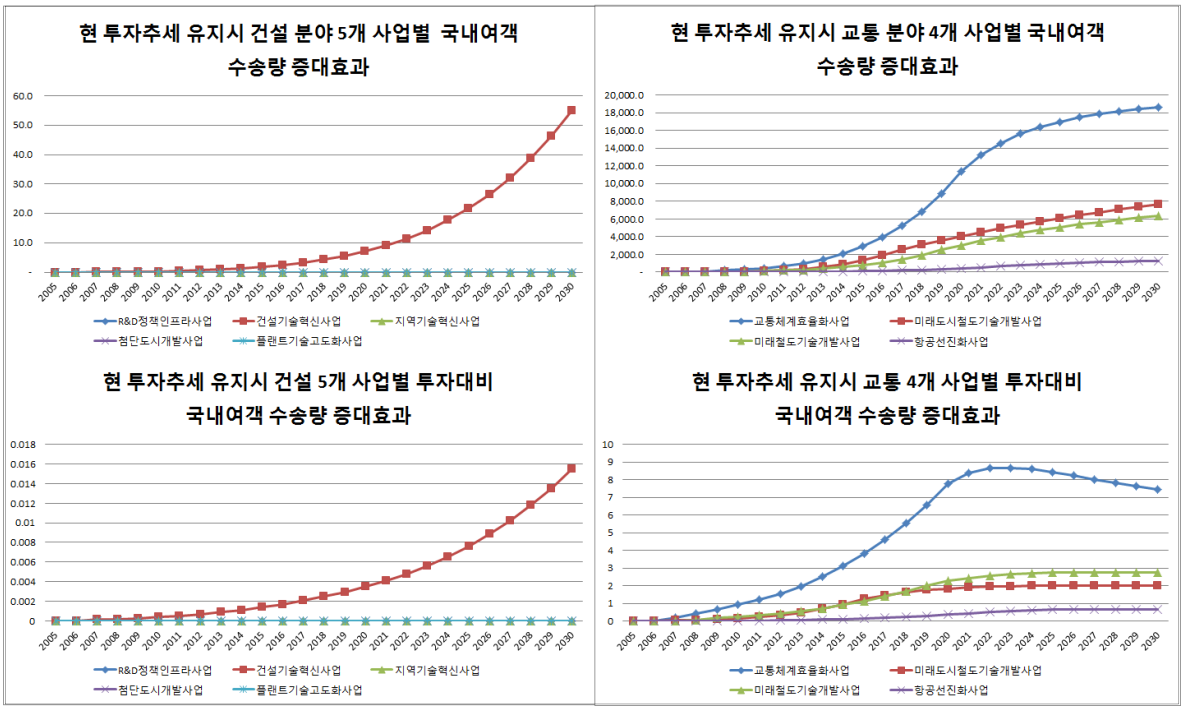
● 국내여객수송량

[표 6-12] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 국내여객 수송량 증대효과 값이며, [그림 6-14] 는 건설교통 각 세부사업별 국내여객 수송량 증대효과 추세이다.

[표 6-12] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 국내여객 수송량 증대효과

[단위: km*백만명]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	0	0	2	7	22	55
교통부문	0	686	5,090	18,920	29,168	33,899
합계	0	686	5,092	18,927	29,190	33,954



[그림 6-14] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 여객 수송량 증대효과 추세 종합

[단위: km*백만명]

건설분야 5개사업은 국내여객 수송량 증대에 대한 기여효과가 적으나, 다만 교통체계 관련 인프라 및 정보화 관련 내용을 일부 포함하는 건설기술혁신사업의 경우 일부 기여함을 알 수 있다. 교통체계효율화사업의 경우 수송량 증대효율은 타 3개 교통사업과 비슷하나, 공로 여객 수가 타 수송수단 대비 현저히 높아 이에 따른 수송량 증대효과가 높은 것으로 분석된다.

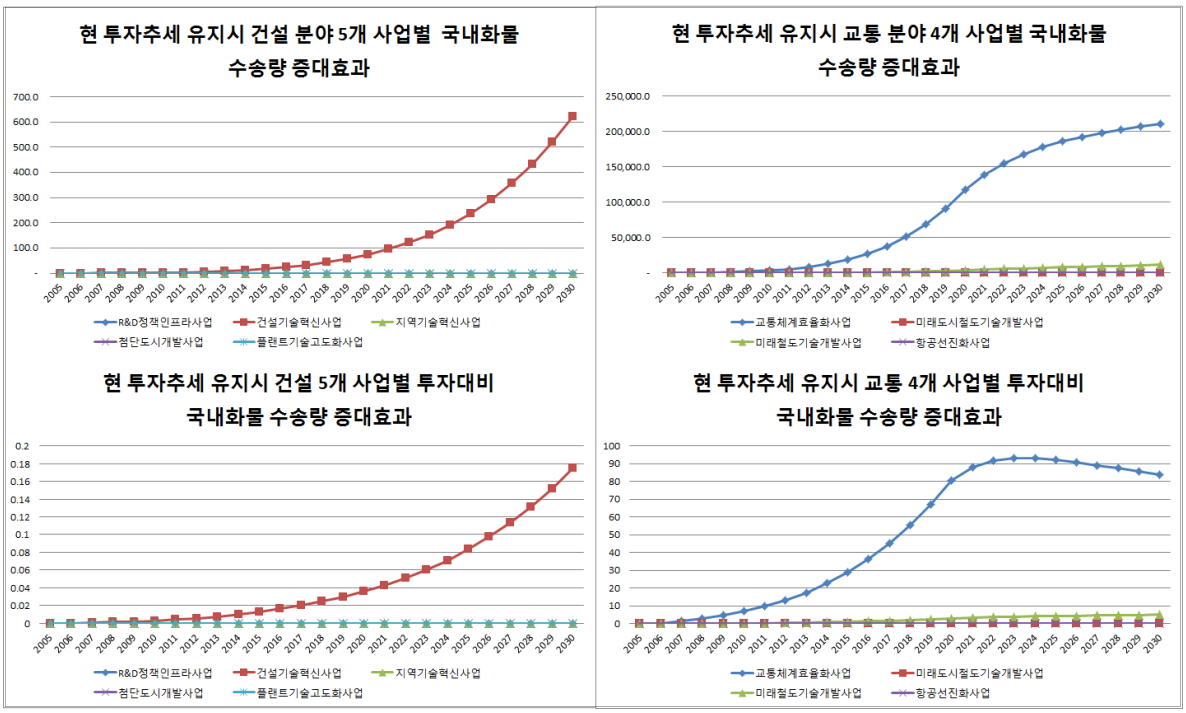
● 국내화물수송량

[표 6-13] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 국내화물 수송량 증대효과 값이며, [그림 6-15] 는 건설교통 각 세부사업별 국내화물 수송량 증대효과 추세이다.

[표 6-13] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 국내화물 수송량 증대효과

[단위: 천톤]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	0	2	17	74	238	621
교통부문	0	3,652	27,934	122,118	194,041	222,611
합계	0	3,654	27,951	122,192	194,279	223,232



[그림 6-15] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 화물 수송량 증대효과 추세 종합

[단위: 천톤]

건설분야 5개 사업은 국내화물 수송량 증대에 대한 기여효과가 마찬가지로 적다. 교통분야 4개 사업 중 교통체계효율화사업의 효과가 눈에 띄는데, 이는 우리나라 화물수송 중 공로 부문이 차지하는 비중이 절대적으로 크기 때문이다.

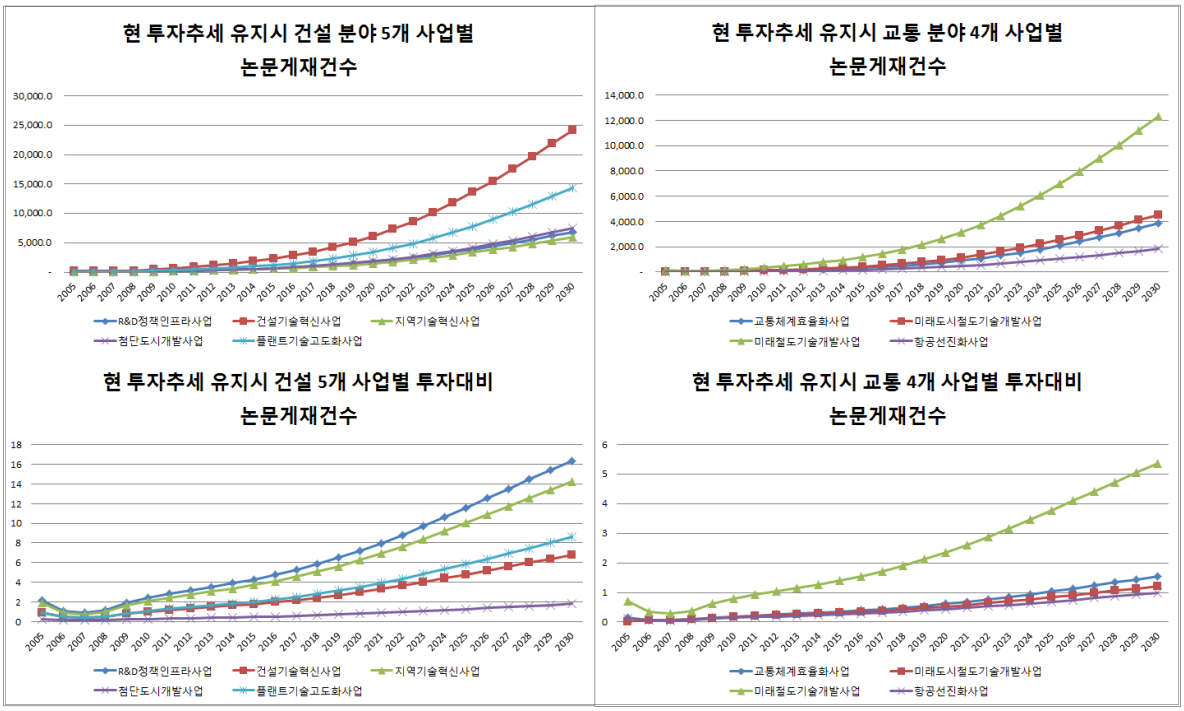
● 논문

[표 6-14] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 논문게재건수 값이며, [그림 6-16] 은 건설교통 각 세부사업별 논문게재건수 증가효과 추세이다.

[표 6-14] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 논문게재건수

[단위: 건수]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	570	1,576	5,480	14,705	32,876	58,714
교통부문	259	614	2,122	5,684	12,679	22,549
합계	828	2,190	7,602	20,389	45,555	81,263



[그림 6-16] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 논문게재 추세 종합 [단위: 건수]

논문게재건수는 사업별로 유사한 추세를 보이나, 기술개발이 용이하고, 개발주기가 상대적으로 짧은 건설기술혁신사업 및 첨단도시개발사업의 비중이 높다. 미래도시철도기술개발사업의 경우, 신기술에 대한 논문 창출효과가 큰 것으로 분석된다. 건설교통 R&D정책인프라사업의 경우 제도개선, 정책개발 및 기술평가 등에 초점을 맞추고 있기 때문에 투자금 대비 논문게재 효율이 가장 높은 것으로 분석된다.

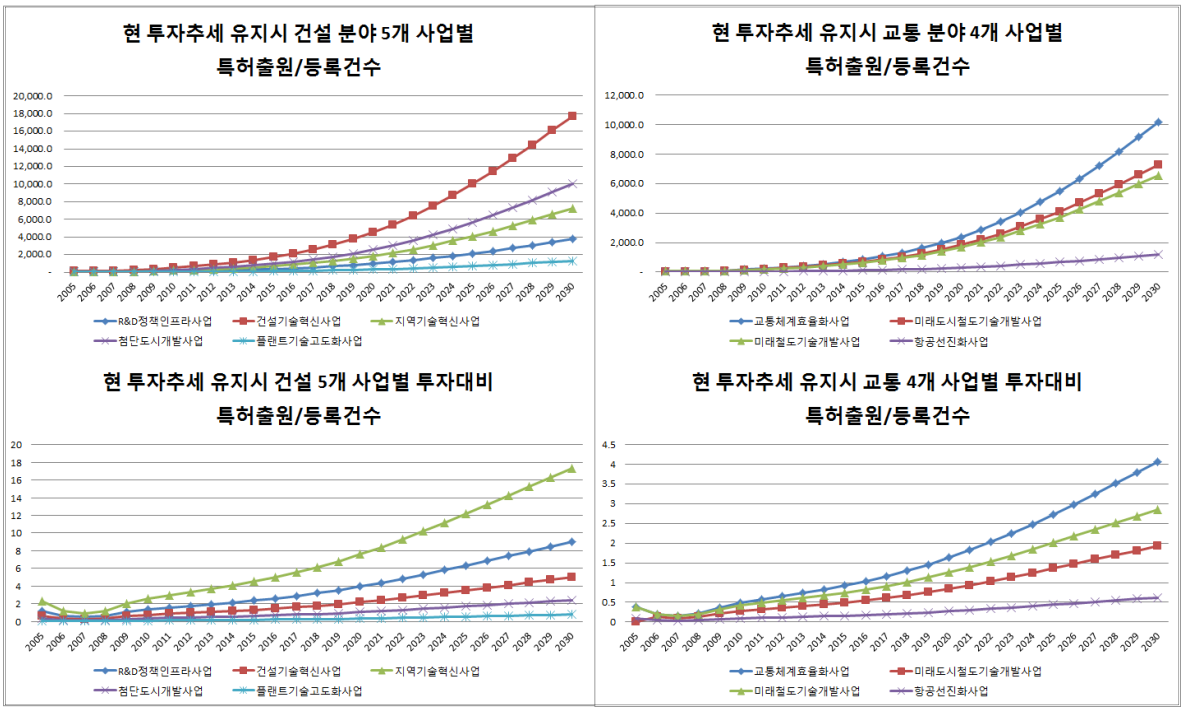
● 특허

[표 6-15] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 특허건수이며, [그림 6-17] 은 건설교통 각 세부사업별 특허건수 증가효과 추세이다.

[표 6-15] 현 추세대로 투자시 건설교통 분야 연도별 특허출원/등록건수

[단위: 건수]

분야	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설부문	417	1,106	3,808	10,154	22,580	40,063
교통부문	245	652	2,295	6,216	13,999	25,190
합계	662	1,758	6,103	16,370	36,579	65,253



[그림 6-17] 현 추세대로 투자시 건설교통 세부사업별 특허출원/등록 추세 종합 [단위: 건수]

건설기술혁신사업 및 첨단도시개발사업은 기술개발이 용이하고 시간이 상대적으로 오래 걸리지 않으며 (2-3년), 현장적용이나 검증이 상대적으로 용이하여 특허 등 기술개발이 높은 편이고, 투자금액 또한 높기 때문에 성과물 발생이 높다. 교통 4개 사업 또한 신기술 창출 및 기술역량의 지속적인 증대로 특허발생이 높을 것으로 전망된다.

제3절 건설교통 R&D 세부사업별 경제발전 파급효과

본 절에서는 앞서 설명한 건설교통 R&D의 투자 파급효과를 세부 사업별로 설명한다. 본 절에서 실시하는 경제발전지표에 대한 파급효과 분석은 정부 R&D 전체 투자금액을 현 추세로 유지하고, 건설교통 부문에 대한 투자금액은 2011년부터 전년도 대비 3% 증액 투자하는 경우를 대상으로 한다.

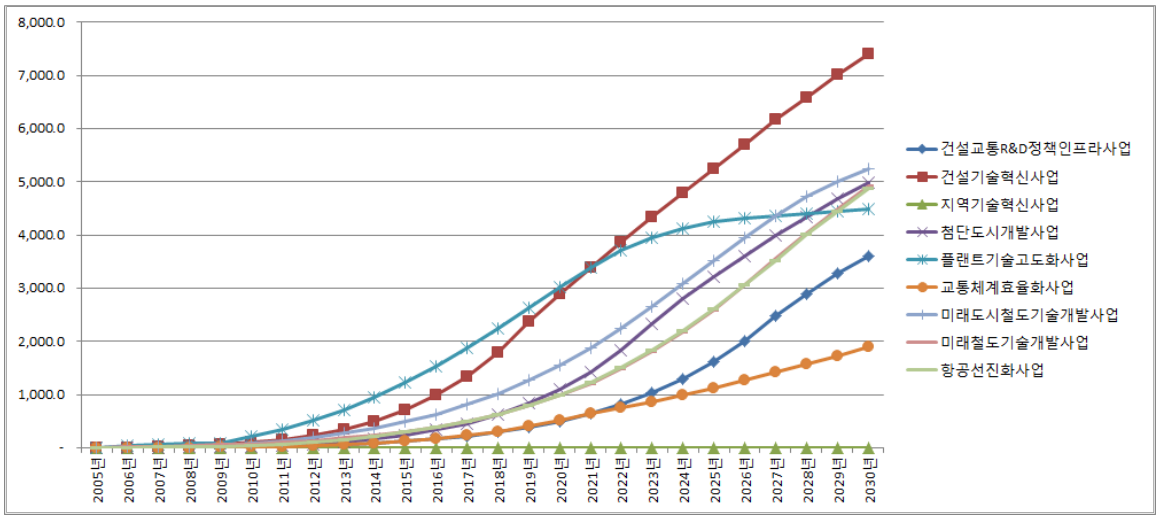
R&D 투자 파급효과 분석을 위해 선정한 경제발전지표는 총 9개 (GDP, 인당 GDP, 취업자수, 고용자수, 총고정자본형성, 총고정자본형성비중 (GDP대비), 노동생산성, 수출액, 수출비중 (GDP대비)) 중, GDP, 고용자수, 총고정자본형성, 수출액 4개이다. 이는 한국건설교통기술평가원의 정책 담당자에 대한 설문조사를 통해 건설교통 R&D투자 파급효과 분석을 위해 특화된 지표이다.

본 분석은 각 9개 세부사업별로 각 지표에 대한 연도별 파급효과, 누적파급효과를 예측 및 분석한다. 또한 2005년부터 2010년까지 투자된 금액의 투자발현시기 및 그 정도에 대해 분석을 실시한다.

1. GDP

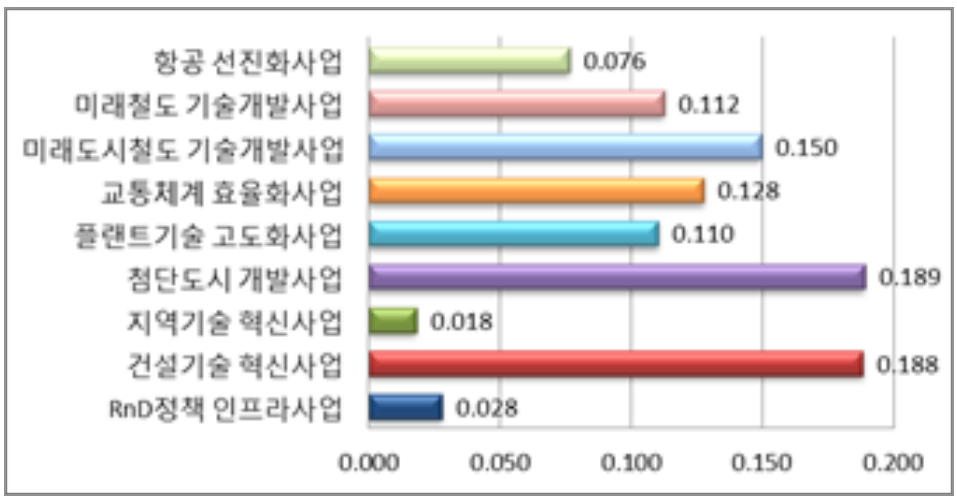
가. 세부사업별 GDP 유발액 분석

[그림 6-18] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 GDP 유발액 (GDP 변화량) 추세 그래프이다. 분석 결과, 건설 분야에서는 건설 시공 및 엔지니어링 기술 등에 많은 투자가 이루어지는 건설기술혁신사업이 부가가치 창출에 가장 큰 기여를 하며, 대규모 시설물 및 도시 공간 창출 시 필요한 기술개발에 투자비율이 큰 첨단도시개발사업, 해외 및 국내 플랜트 기술역량 증대를 통해 해외 수주량 확대를 목표로 하는 플랜트기술고도화사업의 투자 효과가 큰 것으로 분석된다. 교통 분야에서는 철도 및 도시철도, 항공 기술 등 해외 수출이 가능한 기술개발을 주로하 는 미래도시철도기술개발사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업의 투자 파급효과가 고루 나타나는 것을 확인할 수 있다.



[그림 6-18] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 GDP 유발액 추세 [단위: 억원]

이와 같은 사업별 GDP 유발 효과는 한국건설교통기술평가원 (2009)이 실시한 건설교통 R&D 투자의 사업별 GDP 파급효과 분석자료 ([그림 6-19] 참조) 를 통해 타당성을 확인할 수 있다. [그림 6-19] 는 2009년에 투자한 금액이 향후 5년간 각 사업별로 어느 정도의 파급효과 차이를 나타내는지 예측한 결과이다. 본 자료 또한 예측치 이기 때문에, 그 비율이 정확히 일치하지는 않더라도, 건설기술혁신사업, 첨단도시개발사업, 미래도시철도기술개발사업 등의 높은 GDP 기여율을 확인할 수 있다.



[그림 6-19] 건설교통 R&D 투자의 사업별 부가가치(GDP) 효과 분석자료
(한국건설교통기술평가원 2009)

각 사업별 GDP 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 투자금액 대비 부가가치 창출에 기여하는 정도가 낮은 것으로 나타난다. 이는 본 사업이 실제로 적용되는 기술을 개발하는 과제보다 건설정책 및 제도를 구현하거나 기술 표준화 등을 통해 타 사업에서 수행된 연구과제의 성과 향상 및 개 기술의 산업 적용역량 강화에 대한 간접적인 역할에 더 초점을 맞추고 있기 때문인 것으로 나타났다. 그 투자금액 또한 2005년-2010년 투자금액 중 2%를 차지하는 등, 상대적으로 그 비중이 낮다. 다만, 본 사업은 기술개발보다 제도 및 정책개선, 기술 평가 및 사업화 관련된 과제가 2009년 기준으로 약 60-70%를 차지하고 있는 바, 타 사업의 R&D 성과물의 산업 활용성을 높이는 보조적인 역할을 수행하기 때문에 지속적인 투자의 필요성이 있다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업에 대해 살펴보면, 건설시공 및 구조기술, 생산품질관리자동화시스템 등 관리시스템 개발 등 건설생산성 향상을 위한 과제가 주를 이루며, 이에 대한 투자 비율은 약 50-70%에 달한다[92]. 건설기술혁신사업은 또한 2005년부터 2010년까지의 추세로 볼 때 건설교통 전체 R&D 사업 중 그 투자금액이 약 17%에 이르는 대형 사업이다. 이에 따라 GDP에 대한 파급효과가 장기적으로도 가장 크며, 이는 한국건설교통평가원 (2009)의 예측자료를 통해서도 확인할 수 있다.

이처럼 건설기술혁신사업은 관련된 건설 시공 및 엔지니어링 기술이 건설비용절감, 공기단축, 생산성 향상 등의 효과로 발현되어 부가가치 창출에 큰 기여하기 때문인 것으로 분석된다. 이는 건설기술혁신사업의 목표인 SOC 기술수준 증대, 공기단축 10% 달성 등 세부 내용에 부합하는 결과이다. 한편, 장기적으로 GDP유발 효과가 지속적으로 발생하는 이유는, 공사비절감, 공기단축기술 등 한번 적용된 기술은 향후 개발되거나 시공되는 건설 사업에 대해서 지속적으로 활용될 수 있고, 이에 따라 R&D 투자 효과가 지속되기 때문인 것으로 분석된다.

92) 한국건설교통기술평가원 (2010). 성과분석보고서 총괄

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 건설교통 R&D 사업 중 그 투자금액이 2%를 차지하는 등 가장 비율이 낮고, 따라서 GDP유발 효과가 가장 적다. 또한 본 사업은 주로 수도권이외의 지역에 대한 균형개발을 목표로 하고 있으며, 이 또한 삶의 질 개선 및 재해 예방 등의 기술 개발이 주를 이룬다. 즉, 부가가치를 창출하기 위한 성격을 가진 사업이 아니기 때문에 GDP유발 효과가 가장 낮다. 그러나 본 사업은 지역특화기술 개발 등을 통해 수도권과의 격차를 줄이고, 재해 복구비용 절감을 목표로 하고 있기 때문에, R&D 투자효과가 발현될 경우, 각 지역에서의 생산 및 부가가치 창출효과를 불러오기 위한 기반기술을 제공할 수 있다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발사업은 첨단 도시공간 개발, 기존도심의 기능 회복 등을 목표로 하고 있으며, 주로 신 공간 창출을 이룩하는 데 그 특성이 있다. 그러나 본 사업은 초고층건축 개발기술 등 건설기술혁신사업과 관련된 건설 시공 및 엔지니어링 기술 개발을 포함한다. 즉, 이러한 SOC 기술수준 증대는 상당한 부가가치 창출효과를 가져올 수 있으며, 도시개발 및 시설물 구축에 필요한 물리적 시간, 또는 정책적 시간이 소요됨에 따라 파급효과가 장기적으로 발현된다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 해수담수화플랜트, 가스플랜트 등 건설기술의 해외시장 진출을 목표로 하는 사업이다. 이에 따라, 본 사업은 수출 증대효과 및 주요 플랜트 핵심기술의 수입 대체효과를 통해 GDP유발에 기여한다. 본 사업은 기술적용시간이 짧아 단기적으로 효과가 발생하지만, 장기적으로 해외 플랜트 시장의 경쟁 심화 및 수주 가능 지역이 점차 축소되어 수주량이 조정될 가능성이 있다. 또한, 본 사업은 한번 구축되면 지속적으로 부가가치를 창출하는 기술보다는 해외 대비 경쟁력 강화를 목표로 하는 기술의 비중이 크기 때문에, 지속적으로 투자를 확대해야 하며 그렇지 않을 경우 장기적인 GDP유발 효과가 감소하게 된다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 교통정보분석, 물류활성화 및 물류표준기술 등 주로 교통운영

기술 및 물류비 절감기술과 관련이 있다. 이에 따라 본 사업은 수송량 증대 및 물류비 절감에 따른 부가가치 창출효과를 가져온다. 그러나 그 비중은 타 사업대비 크지 않으며, 이는 본 사업이 교통시스템 강화 및 에너지절감, 수송량 증대에 더 큰 목표를 두고 있기 때문인 것으로 분석된다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 TRAM 등의 도시철도관련 기술역량을 강화하고, 장기적으로 도시철도 인프라를 구축함으로써, 공로 수송 대체 및 에너지 절감을 목표로 하는 미래 사업이다. 그럼에도 본 사업은 도시철도 설계용역, 스크린 도어 기술 등 다양한 관련기술의 수출 가능성 및 그에 따른 부가가치 창출효과가 높을 것으로 전망되고 있다. 향후, 그 부가가치 유발액이 어느 정도 될지 발생할 기술 수준에 따라 가늠하기 어려운 것이 사실이나, 가파른 상승폭은 미래도시철도기술개발사업에 반영된 높은 투자금액이 반영된 것이며, 향후 추세는 이와 다를 수 있다.

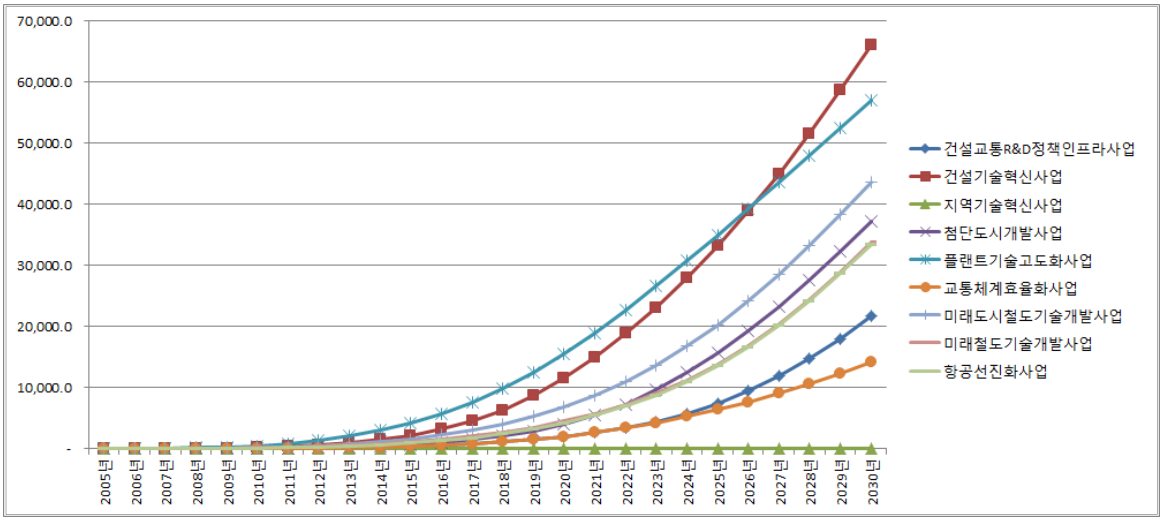
(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 고속철도기술 개발 등을 목표로 향후 수출증대 및 수입대체 효과가 높게 전망되며, 이에 따른 부가가치 창출효과가 지속될 것으로 전망된다. 주요 내용은 미래도시철도기술개발사업과 유사하며, 도시철도나 철도기술개발은 인프라 구축에 필요한 물리적 시간, 또는 정책적 시간소요에 따라 파급효과가 장기적으로 발현될 것으로 분석된다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업 또한 미래도시철도 및 철도기술개발사업과 마찬가지로 미래기술이며, 그 파급효과에 대한 불확실성이 크다. 다만, 항공관제용 정보처리시스템, 항공안전기술개발 뿐만 아니라 공항 관련된 기반기술은 인천국제공항 구축 등을 통해 그 역량이 입증된 것과 같이 그에 대한 수출증대 및 수입대체 효과 전망이 밝으며, 이러한 가능성이 반영되었다.

위의 내용을 바탕으로, 다음 [그림 6-20] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 누적 GDP 유발액 추세 그래프이다.



[그림 6-20] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 GDP 유발액 추세 [단위: 억원]

[표 6-16] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 GDP 유발액 (GDP 변화량) 값이며, [표 6-17] 은 각 세부사업별 GDP 유발 효과의 누적값이다.

[표 6-16] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 GDP 유발액

[단위: 억원]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.0	23.7	128.1	498.1	1,619.2	3,601.6
건설기술혁신사업	5.3	101.7	713.0	2,895.5	5,237.0	7,406.0
지역기술혁신사업	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4
첨단도시개발사업	0.6	29.9	240.3	1,094.2	3,218.5	4,990.6
플랜트기술 고도화사업	-	225.7	1,221.1	3,019.9	4,242.8	4,499.0
교통체계 효율화사업	0.0	19.5	124.5	526.5	1,125.1	1,896.0
미래도시철도 기술개발사업	-	76.4	491.3	1,549.2	3,522.5	5,247.5
미래철도 기술개발사업	8.3	75.2	310.6	984.2	2,598.1	4,921.3
항공선진화사업	0.0	42.2	292.5	989.6	2,613.3	4,867.4
합계	14.2	594.2	3,521.3	11,557.3	24,176.7	37,429.8

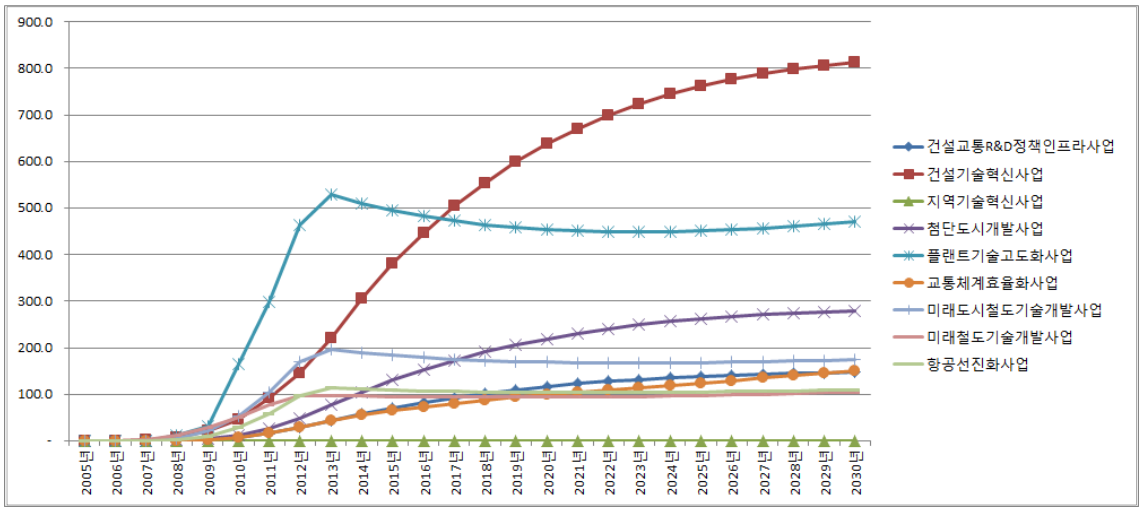
[표 6-17] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 GDP 유발액

[단위: 억원]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.0	54.9	432.2	2,010.7	7,406.0	21,678.2
건설기술혁신사업	5.3	240.6	2,207.3	11,580.2	33,193.0	66,055.9
지역기술혁신사업	0.0	0.0	0.1	0.4	1.2	2.8
첨단도시개발사업	0.6	69.9	712.1	4,065.6	15,666.4	37,278.4
플랜트기술 고도화사업	-	501.2	4,261.3	15,559.9	34,975.0	56,972.2
교통체계 효율화사업	0.0	48.6	397.1	2,038.4	6,409.6	14,292.4
미래도시철도 기술개발사업	-	196.9	1,650.5	6,926.5	20,309.3	43,609.9
미래철도 기술개발사업	8.3	231.0	1,208.8	4,517.3	13,803.9	33,844.3
항공선진화사업	0.0	108.2	960.4	4,247.6	13,616.3	33,526.5
합계	14.2	1,451.4	11,829.8	50,946.7	145,380.6	307,260.7

나. 세부사업별 GDP 유발액 시차 분석

[그림 6-21] 과 [표 6-18] 은 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. 즉, 2005년부터 2010년까지 투자금액의 GDP 파급효과와 ([그림 6-21] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액에 대한 파급효과의 비중을 ([표 6-18] 참조) 나타낸다.



[그림 6-21] 2005-2010년도 투자금액의 GDP 유발효과에 대한 시차 분석 [단위: 억원]

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 약 2-5년의 시간지역을 거쳐 그 효과가 발현되며 이후 그 효과가 점차 줄어든다. 실제로 2005년부터 2010년까지 투자금액은 2012년도에 그 효과가 가장 크게 발현 된다 (약 2012년 전체 GDP 유발액의 80%).

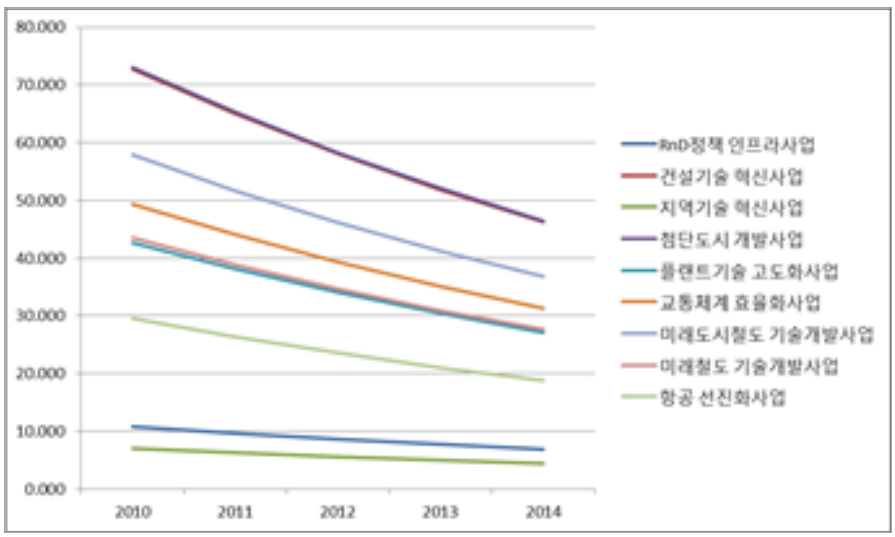
이는 [그림 6-22]와 같이, 건설교통 R&D사업의 2009년 투자금액의 향후 5년간 부가가치 파급효과에 대한 예측자료와 일치한다[93]. 다만, 건설기술혁신사업, 첨단도시개발사업, 교통체계효율화사업 등은 그 효과가 지속적으로 나타나는데, 이는 건설시공 및 엔지니어링 기술, 교통운영기술 등은 개발 및 적용될 경우 공기단축, 공사비 및 물류비 절감 등 지속적으로 부가가치를 창출하는 효과가 있기 때문이다. 플랜트기술고도화사업의 경우 투자에 대한 효과는 초기에 발생하나, 이후 지속적인 투자가 없기 때문에 해외 대비 경쟁력 강화에 기여하지 못함으로써 파급효과가 점차 줄어든다.

93) 한국건설교통기술평가원 (2009). 성과분석보고서

[표 6-18] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 GDP 파급효과에 대한 기여도

[단위: %]

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	33.58%	46.71%	57.21%	55.87%	23.47%	8.58%	4.10%
건설기술혁신사업	0.00%	45.72%	58.42%	61.57%	53.33%	22.02%	14.57%	10.97%
지역기술혁신사업	0.00%	100.0%	100.0%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
첨단도시개발사업	0.00%	41.07%	56.28%	65.29%	54.58%	20.05%	8.16%	5.61%
플랜트기술 고도화사업	-	73.66%	84.11%	89.61%	40.52%	15.03%	10.62%	10.49%
교통체계 효율화사업	0.00%	42.12%	56.79%	68.06%	52.75%	18.81%	11.06%	7.99%
미래도시철도 기술개발사업	-	68.78%	82.16%	88.74%	37.50%	10.91%	4.77%	3.35%
미래철도 기술개발사업	0.00%	66.33%	76.35%	69.44%	30.70%	9.54%	3.76%	2.14%
항공선진화사업	0.00%	66.52%	81.17%	88.01%	37.30%	10.53%	4.03%	2.27%
평균	0.00%	62.55%	74.67%	79.22%	43.51%	16.39%	8.73%	6.02%

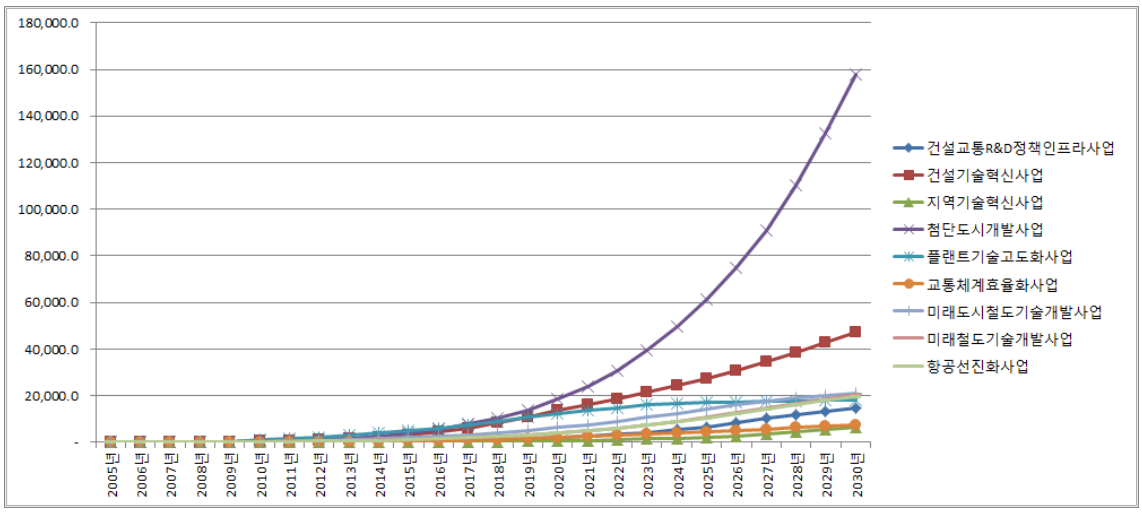


[그림 6-22] 건설교통 R&D 2009년 투자의 사업별 부가가치(GDP) 효과 발현 분석자료 (한국건설교통기술평가원 2009)

2. 총고정자본형성

가. 세부사업별 총고정자본형성액 분석

[그림 6-23] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 고정자본형성 유발액 추세 그래프이다. 분석결과, 건설 분야에서는 초고층 복합빌딩 건설기술 축적 및 대규모 도시공간 창출을 통해 신 건설수요를 유발하는 첨단도시개발사업이 고정자본형성에 가장 큰 기여를 한다. 이러한, 대형 시설물은 완공 후 고정자본이 되며 그 가치가 지속적으로 증가하고, 이에 따라 고정자본형성 기여분이 크다. 뿐만 아니라 첨단도시개발사업 및 건설기술혁신사업은 건설시공 및 엔지니어링 기술에 대한 지속적인 투자에 따라 생산재의 증가로 지속적인 고정자본형성을 가져오는 것으로 분석된다. 교통 분야에서는 미래도시철도기술개발사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업의 투자 파급효과가 건설 분야보다는 상대적으로 낮으나, 수송인프라 구축 및 철도 등 고비용의 수송장비 구축으로 고정자본형성이 지속적으로 발생하는 것을 확인할 수 있다.



[그림 6-23] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고정자본형성 유발액 추세 [단위: 억원]

각 사업별 총고정자본형성 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 앞서 설명한 바와 같이 실제로 적용되는 기술을 개발하는 과제보다, 건설정책 및 제도를 구현하거나 기술 표준화 등에 관한 과제 비율이

높다. 기술 및 시스템 개발을 하는 경우, 또는 이러한 기술을 활용하여 장비·인프라를 구축하는 경우 그 자체로 고정자본형성에 기여하나, 본 사업의 결과물인 제도·표준·정책 등은 무형의 자산으로써 고정자본형성에 기여하는 정도가 낮다. 하지만 앞에 설명한 바와 마찬가지로 타 사업 R&D 성과물의 산업 활용성을 높이는 보조적인 역할을 수행할 수 있다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업은 고정자본형성에 지속적으로 기여를 하나, 그 정도에 있어서는 첨단도시개발사업과 비교하여 한계가 있다. 물론 건설기술혁신사업이 건설시공 및 엔지니어링, 건설비용절감, 공기단축, 생산성 향상 등을 위한 기술·설비 등에 지속적인 투자를 유발함으로써 그에 대한 고정자본형성을 유발한다. 그러나 부가가치 창출을 위한 기술개발에 더 초점이 맞춰서 있어 실제 수주량이나 건설시공 총액을 직접적으로 늘리는 것은 아니기 때문이다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 지역 균형개발 등 국토 인프라 개선에 초점을 맞추고 있으나, 투자금액이 낮아 효과가 미미하다. 또한 고정자본형성을 늘리기 위한 특성보다 홍수방어기술 등 고정자본소모를 줄이기 위한 기술 투자가 높은 것으로 분석된다. 결과적으로 본 사업은 신규 고정자본형성에 기여하는 부분은 낮아도, 고정자본의 소모를 줄임으로써 사회 인프라의 내구성능을 개선시킬 수 있다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발사업은 초고층 복합빌딩 건축기술, 도시공간 창출 등 생산유발효과를 가져오며, 이는 새로운 고정자본형성에 기여하게 되므로 고정자본형성 유발효과가 가장 크다. 특히 신도시 건설에 따른 생산유발효과는 투자규모의 2.3배 (국토도시연구원 2006)로 첨단도시공간 개발에 소요되는 장기간의 생산 활동으로 누적효과가 큰 것으로 분석된다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 가스플랜트 EPC기술 확보 및 자립화, 친환경 에너지 수요에

대응한 복합에너지, 폐기물자원화, 바이오 에탄올 플랜트 엔지니어링 독자기술 개발 등을 통해 에너지 생산기반시설의 고정자본으로써의 역할을 한다. 그러나 핵심기술 확보를 바탕으로 한 고부가가치 수출에 주력하는 경우가 많아, 국내의 고정자본형성 기여분은 기대보다 낮으며, 향후 국내의 플랜트 시설 수 증가에 따라 고정자본형성 기여분이 더욱 증가할 여지가 있다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 물류비용절감을 위한 고효율 물류시스템 구축 등으로 새로운 고정자본 형성에 기여하지만, 교통안전수준 향상, 교통혼잡비용 감소 등과 같은 기술에 투자를 많이 함으로써 고정자본형성에 미치는 투자금액 대비 효과 및 건설산업대비 효과가 크지 않은 것으로 분석된다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 기존 시스템 성능개선을 통한 도시철도 안전성 및 운영효율성 향상, 도시철도 표준화를 통한 기술수준 향상 등 대중교통서비스 품질향상을 목표로 하고 있어 고정자본형성보다는 소모를 줄이기 위한 기술 개발로 인해 고정자본형성 유발효과가 크지 않은 것으로 분석된다. 그러나 이는 건설 분야 대비 상대적으로 미비한 것이지, 도시철도 관련 인프라 구축, 관련 생산자산의 지속적인 증가로 인해 교통 분야 중 눈에 띄는 고정자본형성 기여 효과가 있는 것으로 분석된다.

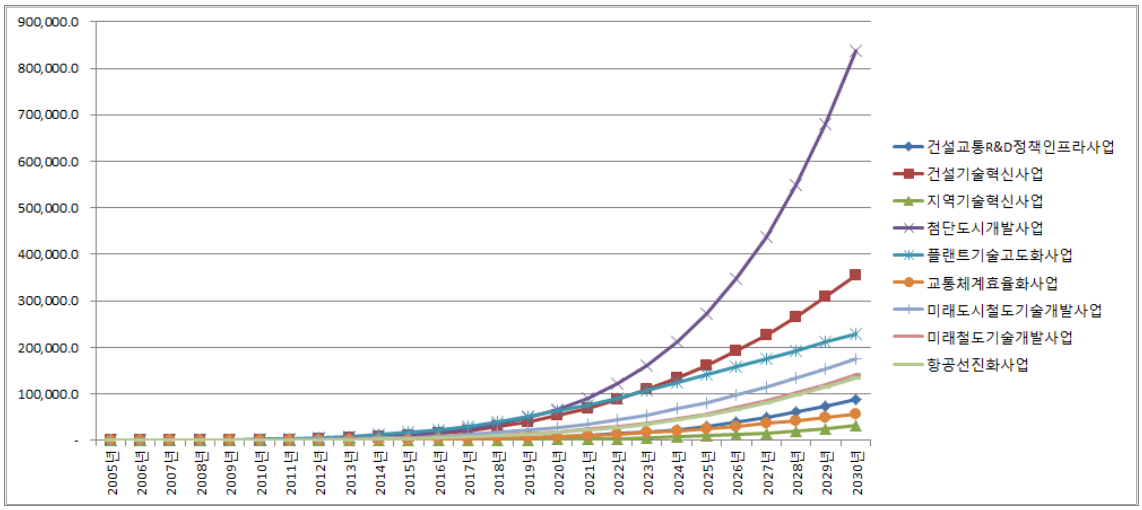
(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 철도의 속도향상을 위한 여객수송력 증대, 철도 안전성향상 및 친환경기술 개발 등 고정자본소모를 줄이기 위한 기술 투자가 높아 고정자본형성의 투자효과가 크지 않다. 다만 미래도시철도기술개발사업과 함께 R&D 성과에 대한 기술로 인한 철도 인프라 창출 등의 간접 효과를 발생시킬 수 있으며, 열차 등 수송장비가 고가이기 때문에 분석결과 보다 큰 고정자본형성 유발의 가능성이 있다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업은 항공기술력 확보, 운항사고율 감소 등의 고정자본형성 효과가 낮은 기술 투자가 높고, 본 사업에 대한 투자금액이 낮아 고정자본형성 효과가 미미하다.

위의 내용을 바탕으로, 다음 [그림 6-24] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부 사업별로 발생하는 누적 고정자본형성 유발액 추세 그래프이다.



[그림 6-24] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 고정자본형성 유발액 추세 [단위:억원]

[표 6-19]는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 고정자본형성 유발액 값이며, [표 6-20]은 각 세부사업별 고정자본형성 유발 누적값이다.

[표 6-19] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고정자본형성 유발액

[단위: 억원]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.0	96.7	523.6	2,035.1	6,616.4	14,769.6
건설기술혁신사업	25.4	469.0	3,303.9	13,543.6	27,383.5	47,371.8
지역기술혁신사업	0.0	15.9	139.2	650.3	2,236.0	6,391.6
첨단도시개발사업	2.9	444.6	3,910.5	18,368.6	61,162.8	158,014.9
플랜트기술 고도화사업	-	909.6	4,920.9	12,170.3	17,098.4	18,130.9
교통체계 효율화사업	0.0	78.5	501.6	2,121.8	4,534.6	7,641.6
미래도시철도 기술개발사업	-	308.0	1,979.8	6,243.2	14,195.5	21,147.6
미래철도 기술개발사업	39.8	315.8	1,299.8	4,110.2	10,840.0	20,466.1
항공선진화사업	0.2	170.1	1,179.2	3,989.8	10,535.3	19,622.3
합계	68.2	2,808.3	17,758.5	63,232.9	154,602.7	313,556.3

[표 6-20] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 고정자본형성 유발액

[단위: 억원]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.0	224.0	1,765.6	8,215.5	30,260.5	88,668.9
건설기술혁신사업	25.4	1,103.8	10,207.9	53,783.8	161,658.8	355,541.7
지역기술혁신사업	0.0	33.7	398.7	2,382.5	9,730.0	31,958.9
첨단도시개발사업	2.9	972.9	11,194.9	67,163.0	272,130.5	838,717.5
플랜트기술 고도화사업	-	2,020.0	17,172.9	62,706.5	140,949.4	229,597.9
교통체계 효율화사업	0.0	195.8	1,600.6	8,215.3	25,832.4	57,602.9
미래도시철도 기술개발사업	-	793.4	6,651.6	27,913.9	81,846.6	175,748.0
미래철도 기술개발사업	39.8	973.0	5,071.3	18,895.4	57,652.1	141,133.9
항공선진화사업	0.2	436.5	3,872.5	17,124.7	54,894.2	135,160.7
합계	68.2	6,753.1	57,936.0	266,400.6	834,954.4	2,054,130.6

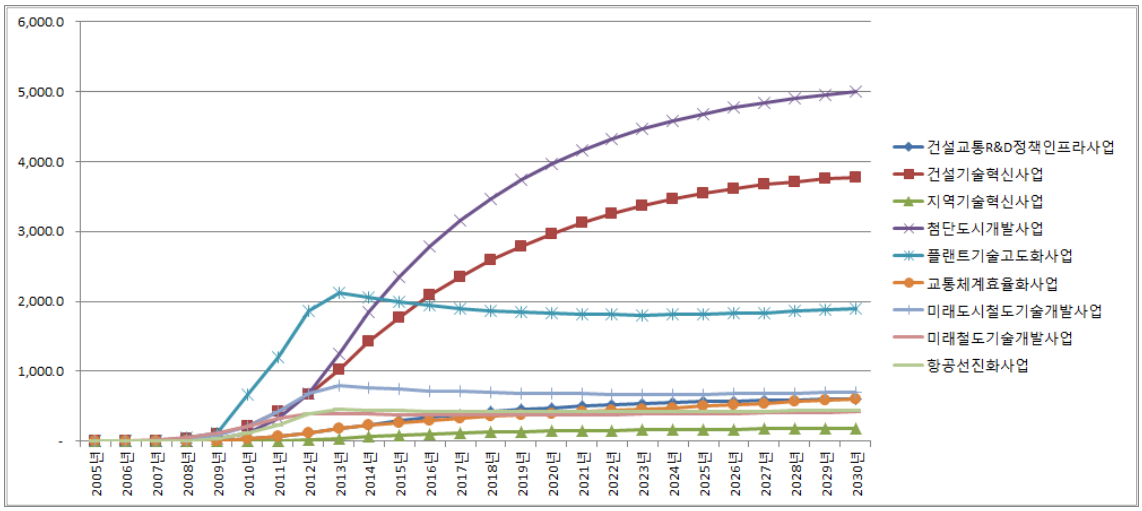
나. 세부사업별 총고정자본형성액 시차 분석

[그림 6-25]과 [표 6-21]는 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. GDP 지표에 대한 시차 분석과 같이, 2005년부터 2010년까지 투자금액의 고정자본형성 파급효과와 ([그림 6-25] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액에 대한 파급효과의 비중을 ([표 6-21] 참조) 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 초기 투자의 2년 후인 2007년부터 그 효과가 발현된다. 2012년도에 그 효과가 가장 크게 발현되고 (2012년 총고정자본형성 유발액의 76%) 이후 그 효과가 점차 줄어든다.

첨단도시개발사업은 첨단도시공간 개발에 소요되는 장기간 생산활동으로 지속적인 고정자본형성을 유발하고, 건설기술혁신사업은 건설시공 및 엔지니어링 기술 등에 대한 지속적인 생산기반 투자로 고정자본형성을 가져오기 때문에 그 효과가 지속적으로

나타난다. 또한, 시설물 구축에 필요한 물리적 시간에 의해 평균치보다 효과가 발현되는 시차가 큰 것으로 분석된다 (약 6-7년 이상). 플랜트기술고도화사업의 경우는 기술적용시간이 짧아 초기발현효과가 높으나, 해외 대비 경쟁력 강화에 기여하지 못함으로써 파급효과가 점차 줄어든다.



[그림 6-25] 2005-2010년도 투자금액의 고정자본형성 유발효과에 대한 시차 분석 [단위: 억원]

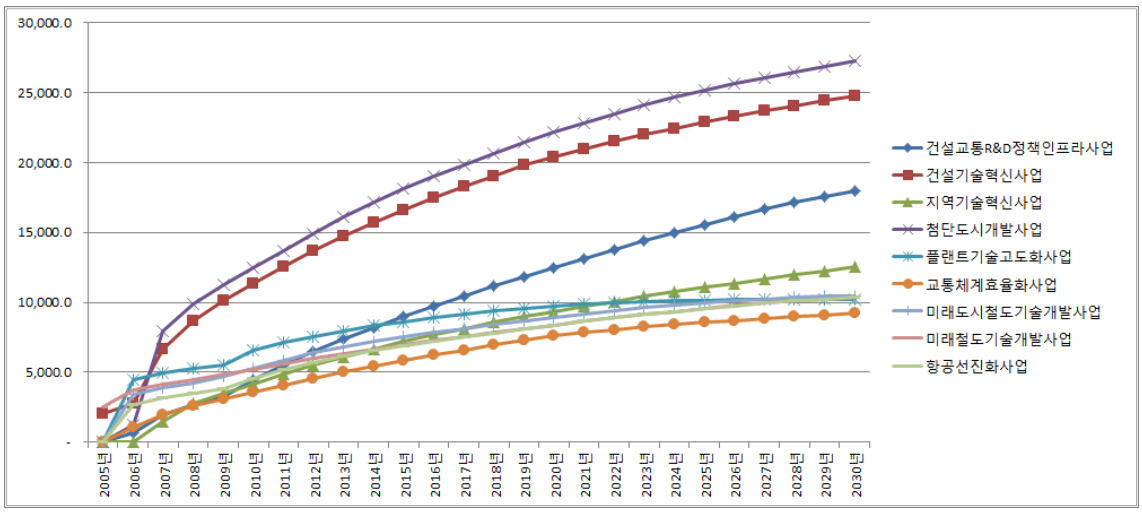
[표 6-21] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 고정자본형성 파급효과에 대한 기여도

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	33.46%	46.63%	57.15%	55.92%	23.48%	8.58%	4.09%
건설기술혁신사업	0.00%	44.94%	57.78%	60.84%	53.70%	21.94%	12.95%	7.98%
지역기술혁신사업	0.00%	23.97%	42.98%	59.03%	62.11%	22.38%	7.65%	2.85%
첨단도시개발사업	0.00%	28.30%	46.26%	60.69%	60.15%	21.59%	7.66%	3.16%
플랜트기술 고도화사업	-	73.66%	84.11%	89.61%	40.52%	15.03%	10.62%	10.49%
교통체계 효율화사업	0.00%	42.12%	56.80%	68.06%	52.74%	18.81%	11.06%	7.99%
미래도시철도 기술개발사업	-	68.78%	82.16%	88.74%	37.50%	10.91%	4.77%	3.35%
미래철도 기술개발사업	0.00%	67.71%	77.32%	68.16%	29.56%	9.21%	3.63%	2.08%
항공선진화사업	0.00%	66.55%	81.19%	87.99%	37.29%	10.53%	4.03%	2.27%
평균	0.00%	57.50%	70.32%	75.84%	46.91%	17.82%	8.27%	4.35%

3. 고용자수

가. 세부사업별 고용유발자수 분석

[그림 6-26] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 고용유발자수 추세 그래프이다. 분석결과, 건설 분야에서는 새로운 건설생산수요를 창출하는 첨단도시개발사업과 건설시공 및 엔지니어링 기술개발로 인한 부가가치 창출이 높은 건설기술혁신사업이 고용유발효과가 큰 것으로 분석되며, 교통 분야에서는 교통체계효율화사업, 미래도시철도기술개발사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업의 고용유발효과가 고루 나타나는 것을 확인할 수 있다. 고용유발효과가 선형적으로 변화하는 것은 단기적으로 직접 발생하는 고용유발효과 (R&D연구인력 및 개발인력 등)와 장기적으로 발생하는 고용유발효과 (생산 인력 등)가 복합적으로 발생하기 때문인 것으로 분석된다. 특히, 고용자수는 전 사업에 걸쳐 고루 그 효과가 발현되는데, 이는 건설교통 R&D 투자의 파급효과에 있어 고용유발에 대한 기여도가 다른 지표보다 크고 지속적으로 발생함을 의미한다.



[그림 6-26] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고용유발자수 추세 [단위: 명]

각 사업별 고용유발 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 투자금액 대비 고용유발효과에 기여하는 정도가 높은

것으로 나타난다. 앞서 설명한 바와 같이, 본 사업은 2005년부터 2010년까지의 투자금액 추세 분석 결과 R&D 사업 중 그 투자금액이 2%를 차지하는 등 상대적으로 그 비중이 낮다. 하지만 본 사업은 기술개발보다 제도 및 정책을 구현하거나 기술 표준화 등을 통해 타 사업에서 수행된 연구과제의 성과 향상 및 개발기술의 산업 적용역량 강화에 더 초점을 맞추고 있기 때문에, 이를 수행하기 위한 인력의 필요성에 따라 고용유발효과가 발생하는 것으로 분석된다.

(2) 건설기술혁신사업

앞서 설명한 바와 같이, 건설기술혁신사업은 건설시공 및 엔지니어링 기술이 건설비용절감, 공기단축, 생산성 향상 등의 효과로 발현되어 부가가치 창출에 큰 기여를 한다. 실제로 건설엔지니어링 기술은 1억 원당 1.9명의 고용유발 효과를 불러오는 것으로 분석됨을 분 때, 본 사업의 높은 고용유발효과에 대한 타당성이 있다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 건설교통 R&D사업 중 투자금액이 2%로 가장 비율이 낮으나, 지역특화기술 개발을 통해 각 지역에서의 생산 및 부가가치 창출효과를 불러오는 기반기술을 제공한다. 따라서 전 국토에 걸쳐 균형적으로 고용을 유발시키고, 지역 건설기술역량 제고를 통해 건설 분야 연구인력 고용을 유발함으로써 직접적으로 고용유발효과가 발생하게 된다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발사업은 주로 새로운 건설생산수요를 창출하는 특성을 가지며, 가장 높은 고용자수를 유발한다. 특히, 신도시 건설에 따른 고용유발 효과는 1조 원당 26,370명[94]으로 본 사업에서 신 건설 생산 창출에 따른 지속적인 고용유발 효과가 큰 것으로 분석된다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 수출증대효과 및 주요 플랜트 핵심 기술의 수입대체 효과를 통해 단기적으로 높은 부가가치를 창출함으로써 초기에 높은 고용유발 효과를 발생시

94) 국토도시연구원 (2006).

키나, 지속적인 부가가치창출이 어렵기 때문에 어느 시점이 지나면 정체된 고용유발효과를 보이는 것으로 파악된다. 그럼에도 불구하고, 지속적인 고용유발효과를 불러오는 이유를 분석하면 해수담수화플랜트 등 핵심기술의 수출은 수출국에 높은 부가가치를 가져오고, 고용유발효과는 수입국에 발생시키기 때문인 것으로 분석된다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 건설교통 R&D 투자금액 중 13%를 차지할 정도로 투자비율이 낮은 편은 아니나, 수송량 증대 및 물류비 절감에 따른 부가가치 창출은 건설 분야 타 사업대비 크지 않고, 운영효율 개선에 초점을 맞추고 있기 때문에 고용유발효과가 상대적으로 적게 발생하는 것으로 파악된다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 도시철도 설계용역, 스크린 도어 기술 등 다양한 관련기술의 수출 가능성이 높음에 따라 부가가치가 창출되고, 지속적인 신기술 개발 및 도시철도 인프라 구축의 필요성이 있어 이에 따른 고용유발효과가 발생하는 것으로 분석된다.

(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 고속철도기술 개발 등을 목표로 향후 수출증대, 수입대체 효과가 높게 전망됨에 따라 부가가치 창출효과가 지속될 것으로 보이며, 이에 따른 고용유발효과가 발생하는 것으로 분석된다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업의 항공관제용 정보처리시스템, 항공안전기술개발, 공항 관련 기반기술은 수출증대 및 수입대체 효과를 유발함으로써 부가가치 창출이 지속될 것으로 전망되며, 이에 따른 고용유발효과가 발생하는 것으로 분석된다.

[표 6-22] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 고용유발자수 값이다.

[표 6-22] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 고용유발자수

[단위: 명]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.3	4,491.2	8,967.3	12,495.6	15,568.1	17,976.5
건설기술혁신사업	2,020.5	11,326.9	16,614.2	20,427.3	22,877.1	24,785.8
지역기술혁신사업	0.2	4,187.0	7,207.2	9,352.1	11,071.3	12,534.2
첨단도시개발사업	1.5	12,504.0	18,117.7	22,146.2	25,209.9	27,242.0
플랜트기술 고도화사업	0.4	6,570.7	8,623.7	9,731.8	10,157.6	10,244.6
교통체계 효율화사업	1.3	3,602.6	5,860.8	7,624.6	8,565.8	9,222.2
미래도시철도 기술개발사업	1.0	5,261.2	7,531.9	8,947.8	9,974.4	10,493.4
미래철도 기술개발사업	2,563.2	5,238.9	6,967.8	8,380.4	9,575.9	10,372.0
항공선진화사업	0.5	4,538.3	6,892.8	8,382.1	9,574.5	10,346.3
합계	4,588.9	57,720.9	86,783.5	107,487.8	122,574.6	133,217.0

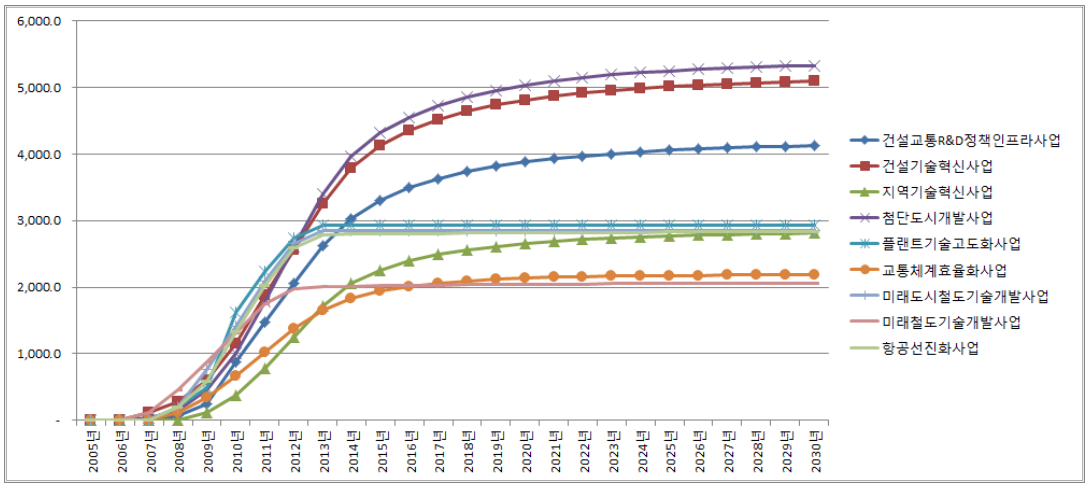
나. 세부사업별 고용유발자수 시차 분석

[그림 6-27] 과 [표 6-23] 은 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. 즉, 2005년부터 2010년까지 투자금액의 고용유발 파급효과와 ([그림 6-27] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액에 대한 파급효과의 비중을 ([표 6-23] 참조) 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총6년 동안의 투자금액은 초기 투자의 2년 후인 2007년부터 그 효과가 발현된다. 2014년에 그 효과가 가장 크게 발현되고 (2014년 고용유발자수의 31%) 이후 그 효과가 점차 줄어든다. 다만, 고용유발자수는 단기적으로 발생하는 고용유발효과와 장기적으로 발생하는 고용유발효과의 복합적 특징 때문에 그 효과가 지속적으로 발생하는 것을 알 수 있다.

한편, 새로운 건설생산수요를 창출하는 첨단도시개발사업, 건설기술혁신사업, 건설교통R&D정책인프라사업, 지역기술혁신사업은 장기적으로 고용유발 효과를 발현하는 반면, 수출액의 부가가치를 높이는 사업들인 플랜트기술고도화사업, 미래도시철도기술개발사업, 교통체계효율화사업, 미래철도기술개발사업은 2014년쯤에서 최대로 고용유발

효과를 보인 후, 정체됨을 확인할 수 있다.



[그림 6-27] 2005-2010년도 투자금액의 고용유발효과에 대한 시차 분석 [단위: 명]

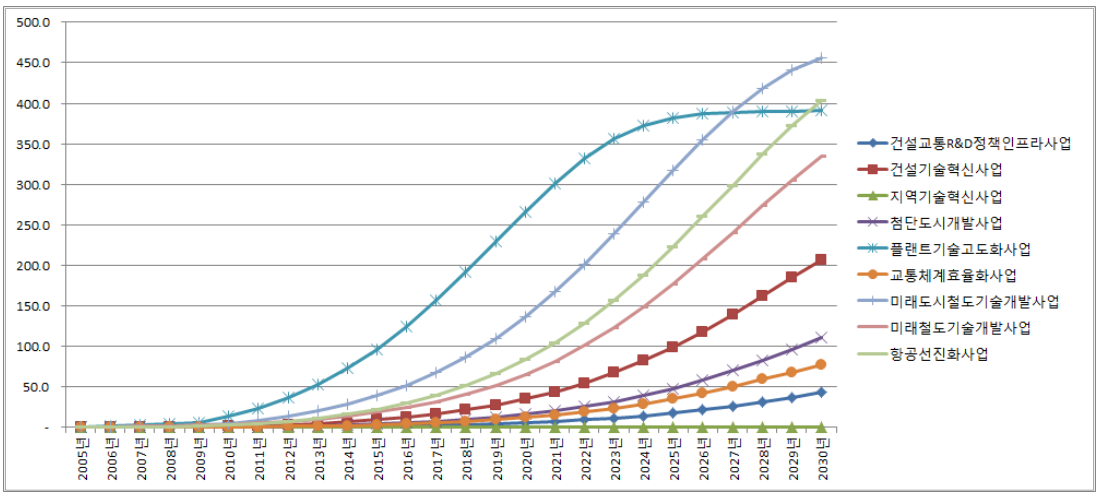
[표 6-23] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 고용자수 파급효과에 대한 기여도

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	19.48%	26.56%	31.75%	36.87%	31.06%	26.06%	22.95%
건설기술혁신사업	0.00%	10.12%	14.97%	18.74%	24.81%	23.56%	21.93%	20.56%
지역기술혁신사업	0.00%	9.05%	16.09%	22.61%	31.31%	28.42%	25.03%	22.45%
첨단도시개발사업	0.00%	8.12%	12.96%	17.43%	23.82%	22.75%	20.83%	19.58%
플랜트기술 고도화사업	-	24.65%	31.36%	36.23%	33.97%	30.10%	28.84%	28.60%
교통체계 효율화사업	0.00%	18.50%	24.97%	30.35%	33.16%	28.05%	25.41%	23.70%
미래도시철도 기술개발사업	-	26.92%	35.68%	41.53%	37.80%	31.82%	28.55%	27.13%
미래철도 기술개발사업	0.00%	25.25%	31.16%	32.97%	29.05%	24.39%	21.46%	19.87%
항공선진화사업	0.00%	29.29%	39.11%	45.37%	40.63%	33.62%	29.53%	27.37%
평균	0.00%	16.92%	23.30%	27.98%	30.59%	27.13%	24.42%	22.69%

4. 수출액

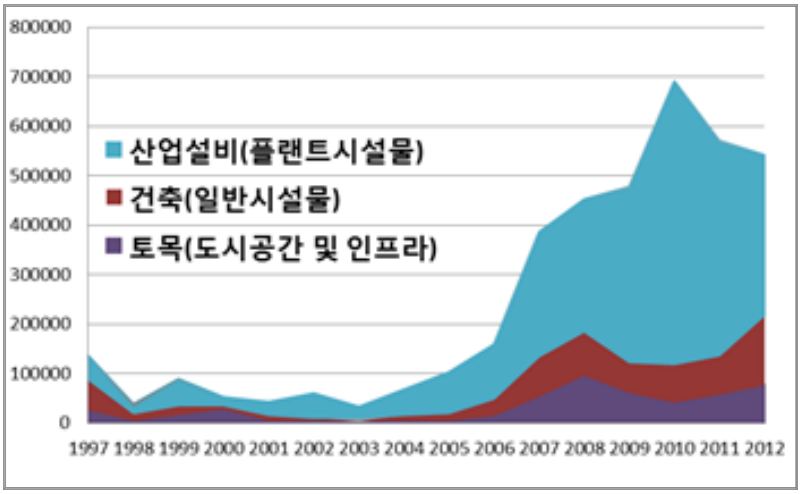
가. 세부사업별 수출유발액 분석

[그림 6-28] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 수출유발액 추세 그래프이다. 분석결과, 건설 분야에서는 수출증대효과 및 주요 플랜트 핵심 기술의 수입 대체효과를 통해 플랜트기술고도화사업이 수출 유발에 큰 기여를 하고, 국내외 전반적인 건설 기술력 향상을 목표로 하는 건설기술혁신사업은 완만한 투자효과를 보여주는 것으로 분석된다. 교통 분야에서는 투자비율이 높고, 스크린도어 및 도시철도 개발기술의 수출역량에 따라 미래도시철도기술개발사업이 가장 큰 수출유발 효과를 보일 것으로 분석된다. 교통체계효율화사업, 미래철도기술개발사업, 항공선진화사업 등도 운영기술, 철도장비, 철도 및 공항 구축에 대한 엔지니어링 기술 등의 수출이 가능하며, 상당부분의 수출유발 효과가 나타나는 것을 확인 할 수 있다.



[그림 6-28] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 수출유발액 추세 [단위: 억원]

이와 같은 사업별 수출유발 효과는 해외건설협회 (2009)에서 실시한 실제 공종별 건설 수주액 추세분석자료 [그림 6-29]를 통해, 플랜트기술고도화사업과 관련된 산업설비 분야의 수주액이 가장 큼을 확인할 수 있다. 따라서 사업별 수출액 파급효과 또한 이와 유사한 추세로 발생한 것으로 보인다. 장기적으로 수주량 조정이 발생할 수 있는데, 이는 2012년부터 상승폭이 주춤한 현상과 유사한 것으로 해외 플랜트 시장의 경쟁 심화 및 수주 가능 지역이 점차 축소되어 수주량이 조정될 가능성이 있음을 예상할 수 있다.



[그림 6-29] 1997-2012년도 공종별 해외건설 수주액 추세분석 및 비교 (해외건설협회 2009)

각 사업별로 수출액 유발 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 기술개발보다는 제도 및 정책개선, 기술 평가 및 사업화에 관련된 과제가 2009년 기준으로 약 60~70%를 차지하고 있는바, 수출 기여도가 낮음으로 파악된다. 다만, 본 사업이 타 사업의 R&D 성과물의 산업 활용성을 높이는 보조적인 역할을 수행하기 때문에 미미하지만 지속적인 수출유발 효과에 대한 간접적 역할을 수행할 수 있을 것으로 분석된다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업은 주로 건축시공 기술, 엔지니어링 기술에 대한 것으로, 주로 수출에 초점을 맞추기 보다는 국내외 전반적인 기술력 향상을 목표로 하기 때문에 자연스럽게 시공기술수준 역량 강화로 해외 수주 경쟁력 강화에 역할을 할 것으로 예상된다. 다만 플랜트 대비 수주 비율이 낮고, 수주가능지역이 지속적으로 줄어들고 있음에 따라 급격한 상승폭을 기대하기는 어렵다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 지역특화기술개발 등을 통해 수도권과의 격차를 줄이고, 재해 복구비용 절감을 목표로 하는 등 주로 국내 지역균형발전을 목표로 하기 때문에 수출 기

여도가 가장 낮다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발사업은 첨단 도시공간 개발 및 도시 인프라 건설, 초고층 건설기술 등과 관련되어 수출 가능성이 높다. 특히, 최근 해외 초고층 빌딩 시공에 있어 국내 건설업체의 높은 시공 기술력으로 지속적인 수주를 해 왔던 것을 볼 때, 향후에도 이러한 시공역량의 수출이 가능하다. 하지만 플랜트 대비 수주 비율이 낮고, 수주가능지역이 지속적으로 줄어들고 있음에 따라 급격한 상승폭을 기대하기는 어렵고, [그림 6-29] 의 공종별 수주액 비중과 유사한 추세를 유지할 것으로 분석된다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 실제 공종별 해외 건설 수주액 추세분석 자료와 비교할 때 플랜트 시설과 관련된 산업설비 분야의 수주액이 가장 크고, 수출액 파급효과 또한 이와 유사한 추세로 높게 발생할 것으로 보인다. 장기적으로 수주량 조정이 발생할 수 있는데, 이는 2012년부터 상승폭이 주춤한 현상과 유사한 것으로 해외 플랜트 시장의 경쟁 심화 및 수주 가능 지역이 점차 축소되어 수주량이 조정될 가능성이 있기 때문이다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 교통운영기술 및 물류비절감기술 등과 관련되어 수출 가능성이 높다. 하지만 수주 비율이 낮고, 수주가능 지역이 한정되어 있음에 따라 공종별 수주액 비중과 유사한 추세를 유지할 것으로 분석된다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 그 수출 유발액이 어느 정도 될지 발생할 기술 수준에 따라 가늠하기 어려운 것이 사실이나, 도시철도 설계용역, 스크린 도어 기술 등 다양한 관련기술의 수출 가능성이 맑을 것으로 전망되고 있다. 가파른 상승폭은 미래도시철도기술개발사업에 반영된 높은 투자비율이 반영된 것이며, 향후 추세는 이와 다를 수도 있다.

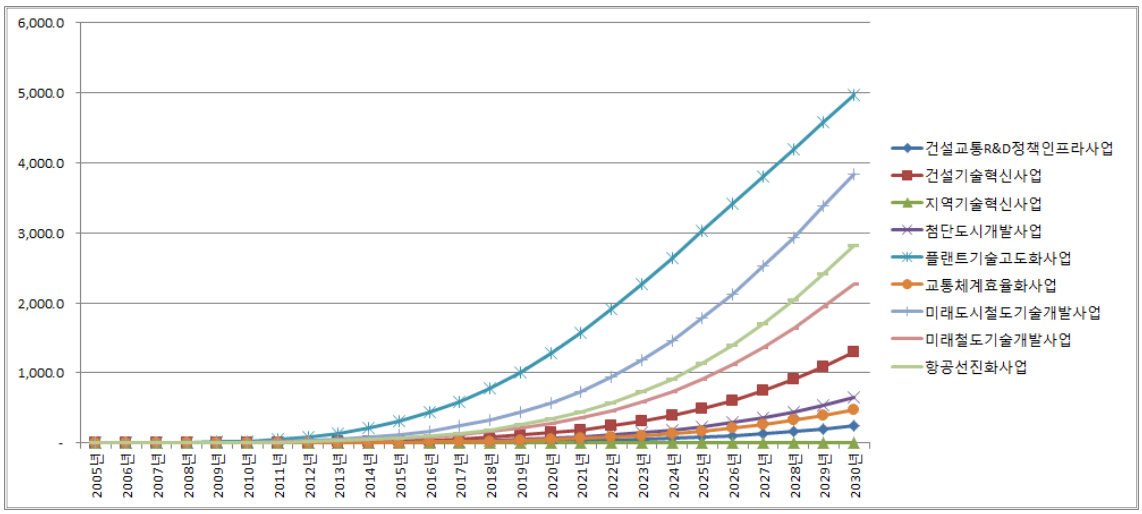
(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 고속철도기술 개발 등을 목표로 향후 수출증대 및 수입대체 효과가 높게 전망됨에 따라 지속적인 수출유발효과를 발현할 것으로 분석된다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업은 미래기술로써 그 파급효과에 대한 불확실성이 크나, 항공과제용 정보처리시스템, 항공안전기술, 공항 관련 기반기술은 인천국제공항 등의 구축을 통해 그 역량이 입증된 것과 같이 그에 대한 수출증대효과가 높을 것으로 전망된다.

위의 내용을 바탕으로, 다음 [그림 6-30]은 건설교통 R&D투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 누적 수출유발액 추세 그래프이다.



[그림 6-30] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 수출유발액 추세 [단위: 억원]

[표 6-24]는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 수출유발액 값이며, [표 6-25]는 각 세부사업별 GDP 유발효과의 누적값이다.

[표 6-24] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 수출유발액

[단위: 억원]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	0.4	1.7	6.0	17.8	43.1
건설기술혁신사업	-	1.6	9.6	35.0	99.0	206.3
지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	-	0.6	4.3	16.1	48.0	110.8
플랜트기술 고도화사업	-	14.1	96.7	266.2	382.1	391.3
교통체계 효율화사업	-	0.6	3.3	12.0	34.9	77.7
미래도시철도 기술개발사업	-	4.8	38.9	136.5	317.3	456.4
미래철도 기술개발사업	-	3.6	18.7	65.8	176.8	334.6
항공선진화사업	-	2.6	22.5	83.7	222.9	403.7
합계	-	28.3	195.8	621.3	1,298.8	2,024.0

[표 6-25] 건설교통 R&D 투자에 따른 누적 수출유발액

[단위: 억원]

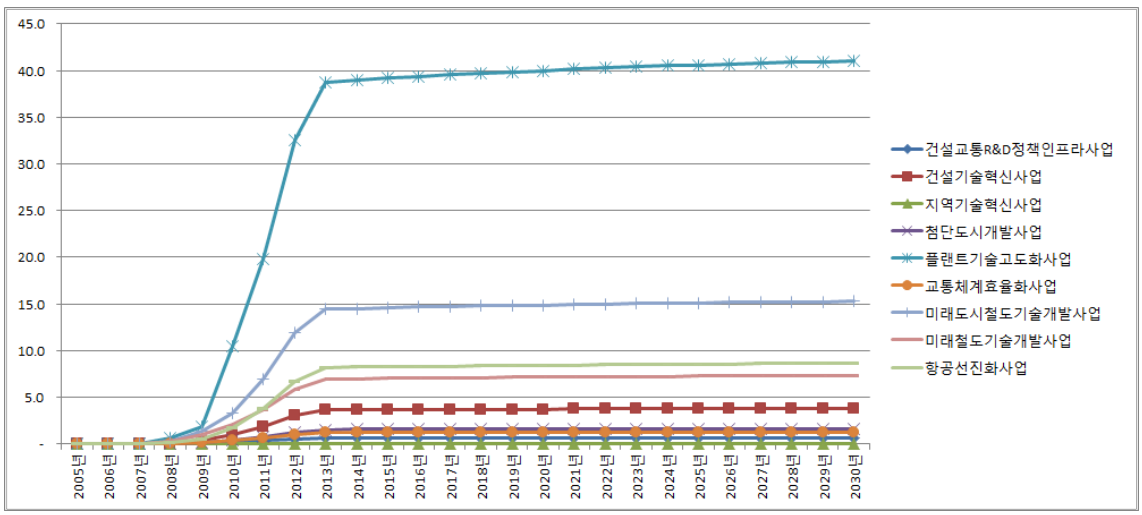
사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	1.1	6.4	25.8	86.6	246.2
건설기술혁신사업	-	4.0	32.0	145.8	492.9	1,302.9
지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	-	1.5	13.6	65.4	230.5	649.1
플랜트기술 고도화사업	-	28.9	310.9	1,279.5	3,023.3	4,970.4
교통체계 효율화사업	-	1.5	11.2	50.1	171.2	468.7
미래도시철도 기술개발사업	-	11.3	120.5	573.7	1,776.3	3,836.9
미래철도 기술개발사업	-	9.8	65.4	281.4	912.8	2,275.0
항공선진화사업	-	6.1	68.7	340.7	1,141.5	2,813.7
합계	-	64.4	628.6	2,762.4	7,835.0	16,562.9

나. 세부사업별 수출유발액 시차 분석

[그림 6-32] 와 표 [6-27] 은 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석 결과이다. 즉, 2005년부터 2010년까지 투자금액의 수출유발효과와 ([그림 6-32] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액에 대한 파급효과의 비중 ([표 6-27] 참조) 를 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 초기 투자의 3년 후인 2008년부터 그 효과가 발현된다. 2012년에 그 효과가 가장 크게 발현되고 (2012년 수출유발액의 88%) 이후 그 효과가 점차 줄어든다.

플랜트기술고도화사업은 특히 투자 초기 수출액 유발효과가 강세를 보이고, 전체 사업 모두 초기 효과 발현이후에 수출유발액이 정체됨을 확인할 수 있다. 이는 지속적인 R&D 투자확대 없이는 장기적인 수출액 유발효과가 발현되기 어려움을 시사한다. 특히, 수출 기술의 경우, 해외 대비 경쟁이 심한 특성에 따라 해외의 기술력의 진화에 맞춰 국내의 기술역량 또한 지속적으로 진보할 필요가 있다. 이에 따라, 수출효과를 고려할 때, R&D 투자의 지속성을 확보할 필요가 있다.



[그림 6-31] 2005-2010년도 투자금액의 수출유발효과에 대한 시차 분석 [단위: 명]

[표 6-26] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 수출액 파급효과에 대한 기여도

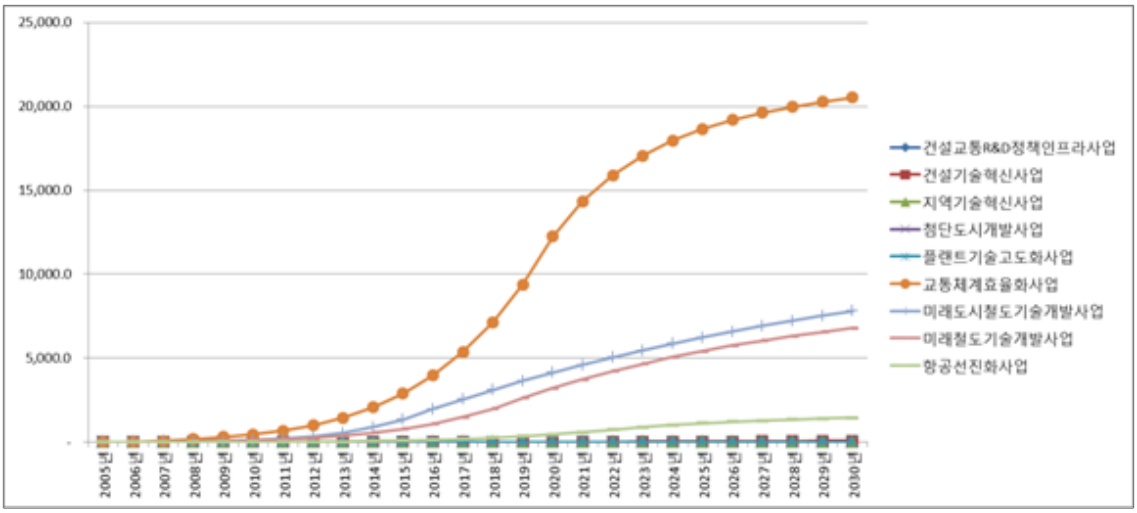
사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	60.07%	69.81%	77.38%	39.15%	11.46%	3.90%	1.62%
건설기술혁신사업	0.00%	64.57%	76.55%	83.97%	38.00%	10.66%	3.83%	1.86%
지역기술혁신사업	0.00%	-	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	0.00%	63.51%	77.48%	85.23%	36.89%	9.96%	3.39%	1.49%
플랜트기술 고도화사업	-	73.66%	84.11%	89.61%	40.52%	15.03%	10.62%	10.49%
교통체계 효율화사업	0.00%	60.57%	73.31%	81.50%	37.51%	10.50%	3.66%	1.67%
미래도시철도 기술개발사업	-	68.78%	82.16%	88.74%	37.50%	10.91%	4.77%	3.35%
미래철도 기술개발사업	0.00%	57.62%	70.58%	79.26%	37.46%	10.90%	4.12%	2.20%
항공선진화사업	0.00%	67.00%	81.64%	88.57%	36.70%	10.09%	3.84%	2.15%
평균	0.00%	69.00%	81.11%	87.63%	38.92%	12.52%	6.08%	3.94%

제4절 건설교통 R&D 세부사업별 인프라효율성 파급효과

본 절에서는 여객 및 화물 수송량을 중심으로 건설교통 R&D의 인프라 효율성 세부 파급 효과를 분석한다. 인프라 효율성 부문 지표로 국내여객 수송량, 국내 화물 수송량, 공로 여객 수송량, 철도 여객 수송량을 선정하였고 이를 통하여 인프라 효율성 파급효과를 분석한다. 언급한 세부 지표들은, 국내 부분의 수송량에 대한 절대량 및 투자 효율성에 대한 지표로서, 교통부분의 투자가 수송량의 변화 및 효율성 변화에 영향을 준다는 가정 하에 선정하게 되었다.

1. 국내 여객 및 화물 수송량 (공로/철도/항공)

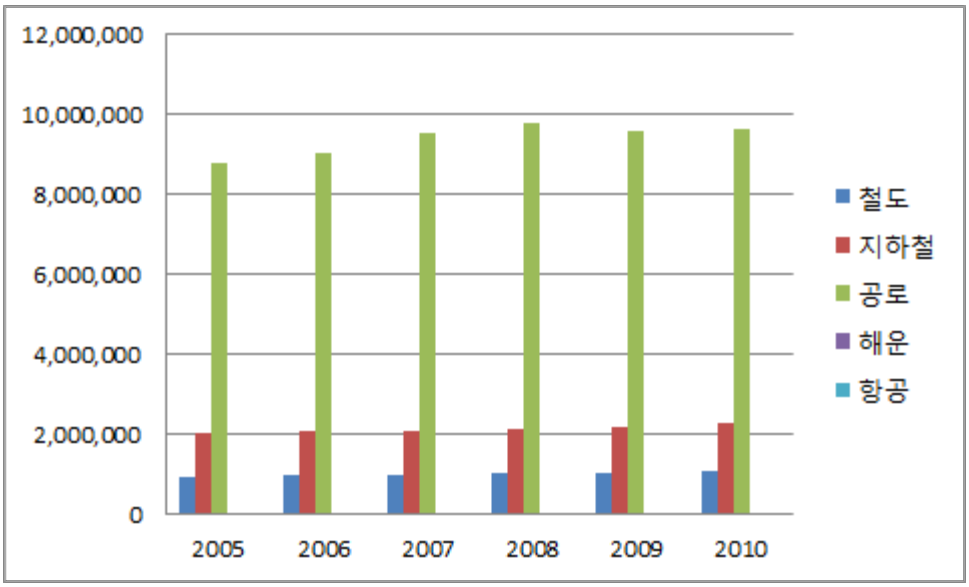
가. 건설교통 R&D 투자 세부사업별 국내여객수송량 기여분



[그림 6-32] 건설교통 R&D 투자의 사업별 국내 여객수송 증대효과 추세 [단위: Km*백만명]

[그림 6-32] 는 건설교통 R&D 투자의 사업별 국내여객 수송 증가분을 나타낸 것이다. [그림 6-33] 는 2011년 한 해 동안 국내 운송수단을 이용한 탑승객 수를 조사한 것이다. 여객 수송량은 공로 수송량이 가장 많이 나타났고, 두 번째로 도시철도(지하철)를 이용한 수송 인원이 큰 것으로 나타났다. 전체적으로 고려할 때, 공로를 통한 수송량은 그 비중도 클 뿐만 아니라, 그 파급 효과는 가장 크다. 이는 사업별 R&D 투자액은 교통·철도·항공이 유사한데, 교통체계효율화사업이 그 기술 적용기간이 가장 짧고, 영향을 미치는 공로 수송의 비중이 크기 때문이다. 다만, 미래도시철도 및 철도기술개

발사업과 항공선진화사업은 인프라 구축에 따라 그 효과가 지속적으로 증대할 수 있음을 알 수 있다.



[그림 6-33] 2011년 국내 여객 수송량 [단위: 명] (국가통계포털 2012)

각 사업별로 국내 여객 수송량 증대효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1)-(5) 건설교통R&D 정책인프라사업, 건설기술혁신사업, 지역기술혁신사업, 첨단도시 개발사업, 플랜트기술고도화사업

위 사업들은 사업의 목표가 수송량 향상과 거리가 있고, 이에 따라 수송효율 증대 기술에 대한 투자액은 2009년 기준으로 거의 없다.. 그에 따라 파급효과는 0에 수렴한다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업의 목표는 국가교통 시스템 고도화 및 글로벌 물류강국 실현에 있고 이에 따라, 교통운영 및 물류기술에 기술 개발 과제들을 시행하고 있다. 총액대비 40.7%에 달하는 기술개발 투자로 육로운송수단 뿐 아니라, 전기자동차, 대중교통 통합시스템 등 단기적, 중·장기적 운송수단 기술개발에 투자하고 있어 그 효과가 가장 크고 지대하다 볼 수 있다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 도시형 자기부상열차 실용화 사업, 도시철도 표준화 사업, 저상 트램 시스템 등 지하철에 집중되어 있는 도시민의 운송수단에 장기적 관점으로 투자하는 성향이 많은 기술개발과제들이 집중되어 있다. 이에 따라, 인프라 구축에 필요한 물리적·정책적 시간 소요로 인해 짧은 시간 내에 그 효과를 발휘 할 수 없지만, 지속적인 기술역량 증대 및 인프라 구축과 더불어 그 파급효과를 기대할 수 있다.

(8) 미래철도기술개발사업

미래철도 기술개발 사업은 수송량 부분에 대해 사업 전체의 45.5%를 투자하고 있다. 대표적인 과제로 차세대 고속철도기술개발, 철도종합안전기술 개발 사업단 등 장기적 관점에서의 과제 뿐 아니라, 마모 및 소음절감기술, 저상/고상플랫홈겸용 승강시스템 등 지엽적이지만 실제적이며 빠른 효과를 기대할 수 있는 단기적 성격의 과제도 진행하고 있다. 철도 승객 자체의 수는 지하철승객의 수와 비교할 때 극히 미미한 수준이만, 국내 특성상 지방과 지방간의 이동 수단으로서 철도는 더욱 그 비중을 넓혀 갈 것으로 예상된다.

(9) 항공선진화사업

여객 수송량 대비 항공 운송수단은 공로의 운송수단을 능가한다. 하지만 사업 내 대표적 항공선지화 과제로 차세대 지능형 공항 시스템, 항공관제 통합 정보 처리시스템 등은 장기적 관점의 과제로서, 직접적인 운송량 및 수송증대 효과를 일으키지 못한다. 이러한 과제 구성 특징으로, 항송운송수단을 이용하는 인원은 많지만 그 파급효과가 다른 사업의 파급효과에 비하여 적게 나타난다. 다만 국제 여객 수송량을 고려할 경우, 항공선진화사업의 파급효과는 타 분야를 능가할 수 있는 수준으로 기대된다.

[표6-27] 은 건설교통 R&D 의한 국내여객 수송 증가분을 모형을 통하여 예측한 값이다.

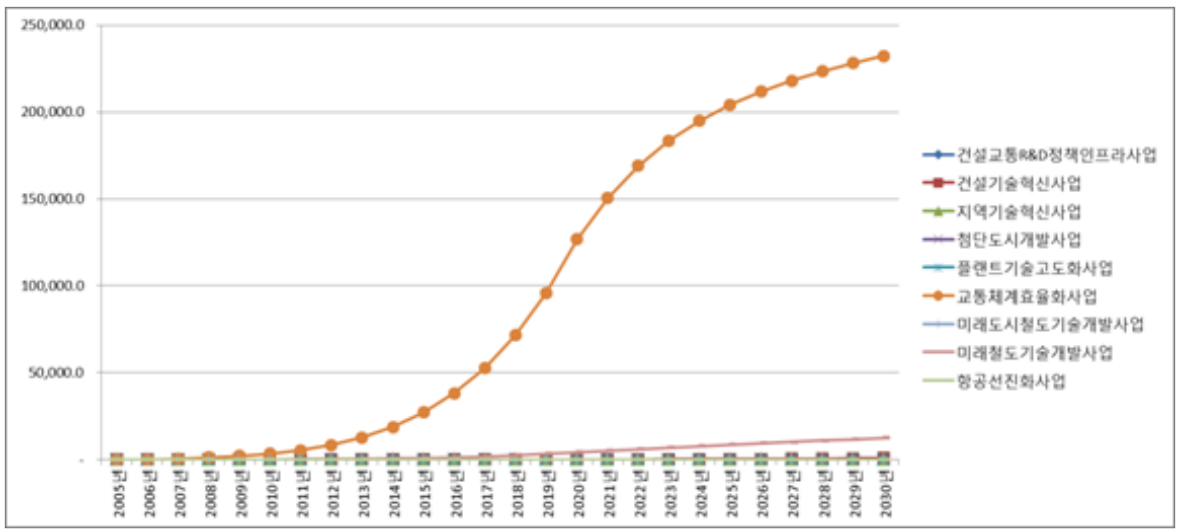
[표 6-27] 건설교통 R&D 국내 여객 수송량 증대효과

[단위: Km*백만명]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	-	-	-	-	-
건설기술혁신사업	-	0.2	1.8	7.7	26.2	75.2
지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	-	451.6	2,899.9	12,246.3	18,645.1	20,521.2
미래도시철도 기술개발사업	-	112.2	1,339.9	4,138.6	6,236.6	7,809.4
미래철도 기술개발사업	-	114.7	789.8	3,213.1	5,424.2	6,790.0
항공선진화사업	-	7.1	90.1	7,447.7	1,116.7	1,452.9
합계	-	685.8	5,121.5	27,053.4	31,448.8	36,648.7

나. 건설교통 R&D 투자 세부사업별 국내화물 수송량 기여분

국내화물 수송량은 공로에 대한 의존이 절대적으로 높으며 (2010년 기준, 전체 화물 수송의 약 80%), 이에 따라 파급효과도 공로 부분에 집중적으로 나타나는 것으로 분석된다 [그림6-34]. 이에 따라 교통체계효율화사업에 의한 국내 화물수송량 증대효과가 가장 크게 나타날 것으로 예상된다. 이러한 원인은 교통 4개 사업의 수송량 증대효과가 유사하더라도, [그림 6-35] 에서와 같이 공로수송이 차지하는 비중이 타 수송수단에 비해 절대적으로 크기 때문이다.



[그림 6-34] 건설교통 R&D 투자의 사업별 국내 화물수송 증대효과 추세 [단위: 천톤]



[그림 6-35] 국내 화물수송량 (2005-2010년) [단위: 천톤] (국가통계 포탈 2012)

각 사업별로 국내 화물수송 증효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1)-(5) 건설교통R&D정책인프라사업, 건설기술혁신사업, 지역기술혁신사업, 첨단도시개발사업, 플랜트기술고도화사업

위 사업들은 사업의 목표가 수송량 증대와 거리가 있고, 이에 따라 수송효율 증대 기술에 대한 투자액은 2009년 기준으로 거의 없는 것으로 분석된다. 그에 따라 파급효과는 0에 수렴한다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 주로 물류비 절감과 교통기술수준 향상에 목표를 가지고 있다. 물류비 절감 차원에서 이루어지고 있는 대표적인 과제로 U-Transportation 기반기술개발, 위성항법 교통 인프라 기술 등 전체 사업액 대비 38.8% 정도를 육로 물류비 절감 관련 기술 및 화물·여객 수송량 증대기술 개발에 사용하고 있다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 여객 수송량에 대한 효과는 크지만, 화물 수송에 크게 활용되지 않는 수송수단이기 때문에 화물 수송량 부분의 파급효과가 적다.

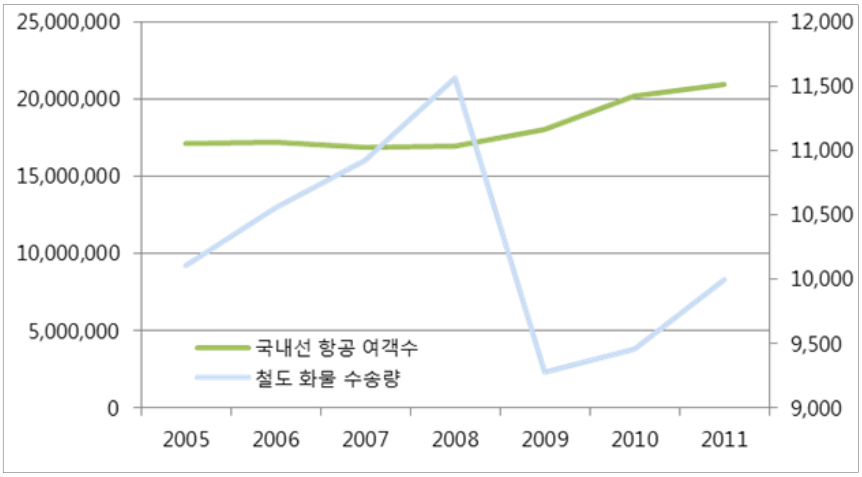
(8) 미래철도기술개발사업

철도 화물수송은 그 절대적 물류량이 적어 그 효과가 크지 않다. 2009년 기준 수송증대 기술 부문에 총 186억원 가량이 투입되었지만, 철도로 인한 화물 수송량 확대가 적기에 그 파급효과는 미미 하다. [그림 6-36] 은 철도화물 수송량을 나타내는데, 2008년이후 금융위기로 철도화물 수송량은 전년대비 급감할 것을 볼 수 있다.

그럼에도 불구하고, 향후 철도기술 개발 및 철도 인프라 구축 여부에 따라 화물 수송증대효과의 기대감을 가질 수 있다.

(9) 항공선진화사업

국내화물수송량으로 한정한 지표에 따라 그 파급효과가 크지 않으나, 국제화물수송량에 대한 기여도는 높을 것으로 기대된다.



[그림 6-36] 국내선 항공 여객수 및 철도화물 수송량

[단위 : 천톤] (국가통계포탈 2012)

[표 6-28] 건설교통 R&D 국내화물수송 증대효과 추세

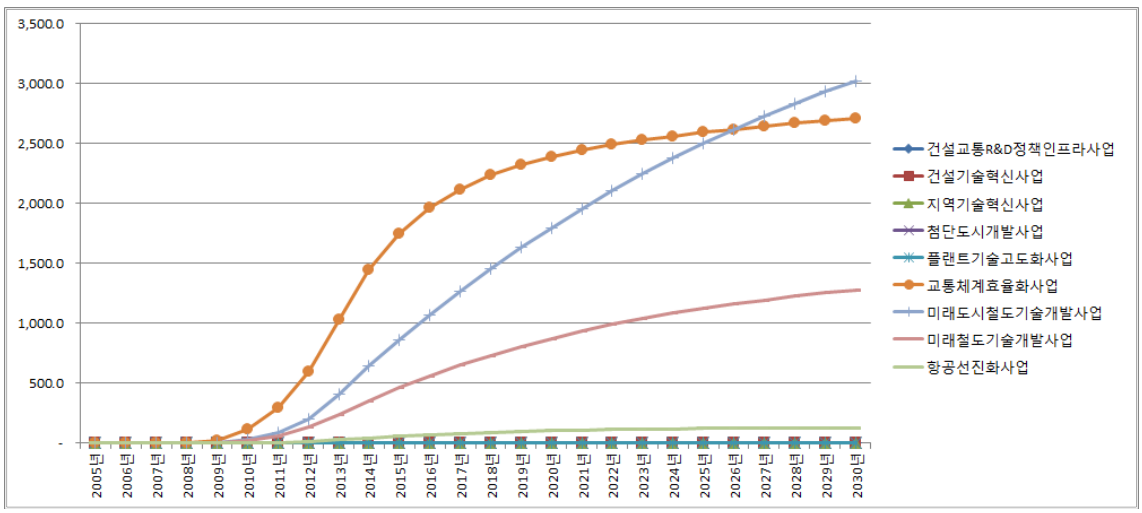
[단위: 천톤]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	-	-	-	-	-
건설기술혁신사업	-	1.9	16.7	79.8	286.8	851.5
지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	-	3,515.9	27,145.3	126,851.2	204,130.5	232,358.8
미래도시철도 기술개발사업	-	-	-	-	-	-
미래철도 기술개발사업	-	136.0	960.2	4392.1	8,622.8	12,503.6
항공선진화사업	-	0.2	2.3	11.2	30.4	45.7
합계	-	3,654	28,124.5	131,334.3	213,070.5	245,759.6

2. 세부사업별 국내 여객/화물 수송량 시차 분석

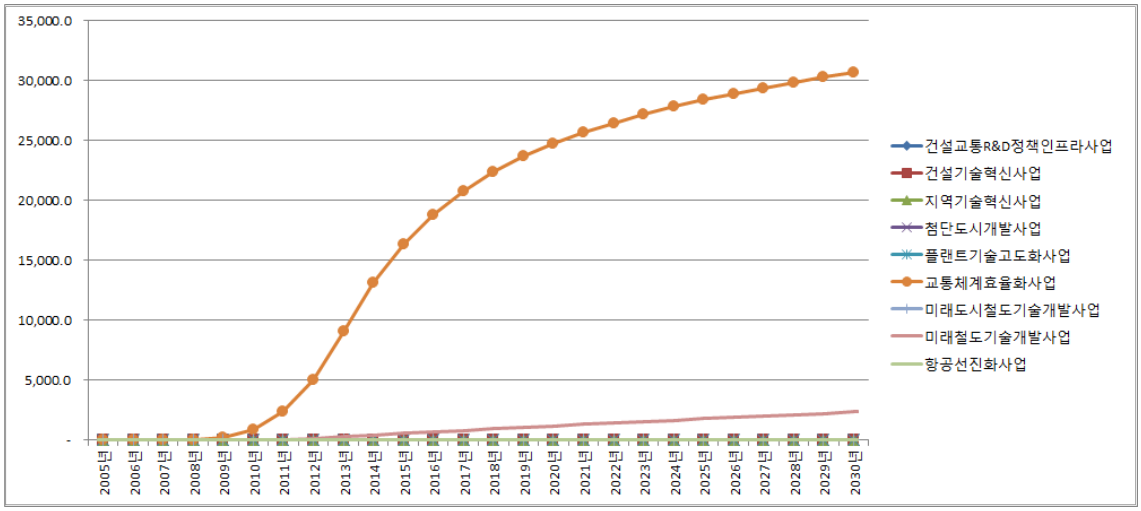
[그림 6-37], [그림 6-38] 과 [표 6-29] 는 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. 앞서 수행한 시차 분석과 유사하게 본 장에서도 2005년부터 2010년까지 투자금액의 국내 여객 수송량 증대 효과와 ([그림 6-37] 참조), 국내 화물 수송량 증대 효과 ([그림 6-38] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액의 인프라 효율석 파급효과의 비중 ([표 6-29] 참조)을 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 5-10년 후인 2013년 이후로 급격히 증가한다. 교통체계효율화사업의 경우 그 이후로는 효과의 증감 없이 수송개선 효과가 지속된다. 이는 교통 운영기술이 조기에 정착되나, 더 이상의 투자가 없어 추가적인 운영효율 개선이 없기 때문이다. 그러나 본 투자로 인해 초기에 발생한 수송량 증대기술이 지속적으로 적용 및 활용되기 때문에 효과의 지속성이 있다. 기타 교통 분야 3개 사업 (철도·항공관련)은 인프라 구축에 필요한 물리적 시간으로 인해 효과발현이 늦으나, 구축된 인프라로 인해 지속적인 효과가 발생하는 것을 알 수 있다.



[그림 6-37] 2005-2010년도 투자금액의 국내 여객 수송량 증대효과에 대한 시차 분석

[단위: Km*백만명]



[그림 6-38] 2005-2010년도 투자금액의 국내 화물 수송량 증대효과에 대한 시차 분석

[단위: 천톤]

[표 6-29] 2005-2010년도 투자금액의 각 년도 수송량 파급효과에 대한 기여도

[단위: %]

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	-	-	-	-	-	-	-
건설기술혁신사업	-	27.56	47.84	63.22	61.76	19.63	6.26	2.28
지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-
첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-	-	-
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	-	25.52	44.03	59.27	60.26	19.53	13.91	13.21
미래도시철도 기술개발사업	-	25.21	44.78	61.83	64.47	43.48	40.09	38.75
미래철도 기술개발사업	-	21.72	36.06	49.38	58.46	27.20	20.76	18.83
항공선진화사업	-	21.10	43.17	62.18	63.69	22.90	10.85	8.81
평균	-	25.28	43.60	58.81	60.35	20.58	14.94	14.24

제5절 건설교통 R&D 세부사업별 에너지절감 파급효과

본 절에서는 에너지 절감량과 CO2 배출 절감량을 중심으로 세부 사업별 파급효과를 설명한다. 본 절에서 실시하는 환경지표에 대한 파급효과 분석은 앞서 3, 4절과 동일하게 R&D투자금액은 현 추세 유지하며 건설교통 부문에 대한 투자금액은 2011년 이후 전년대비 3% 증액 투자하는 가정을 통하여 산출하였다.

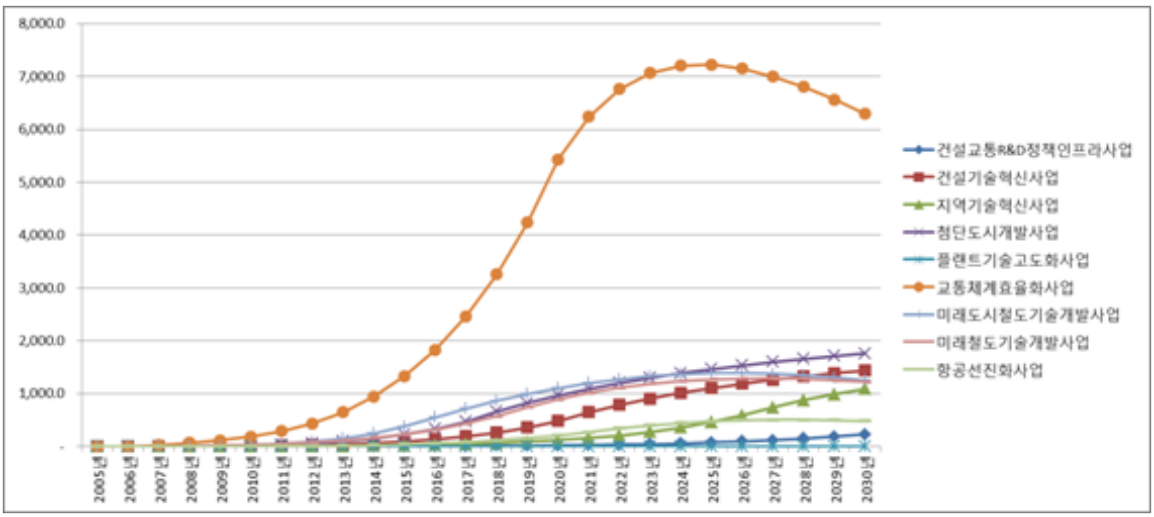
R&D 투자 에너지 부문 파급효과 분석을 위해 선정한 에너지 절감 부문 지표는 에너지 소비 절감량 및 CO2 배출 절감량 2가지로 선정하였다. 이 지표들은 이후 다음 장에서 다루게 될 수송량 모형과 연계하여 에너지 소비량 및 절감량을 파악하는데 사용되고, 이 때문에 주요지표로 선정하게 되었다.

1. 에너지 사용량 및 CO2배출량

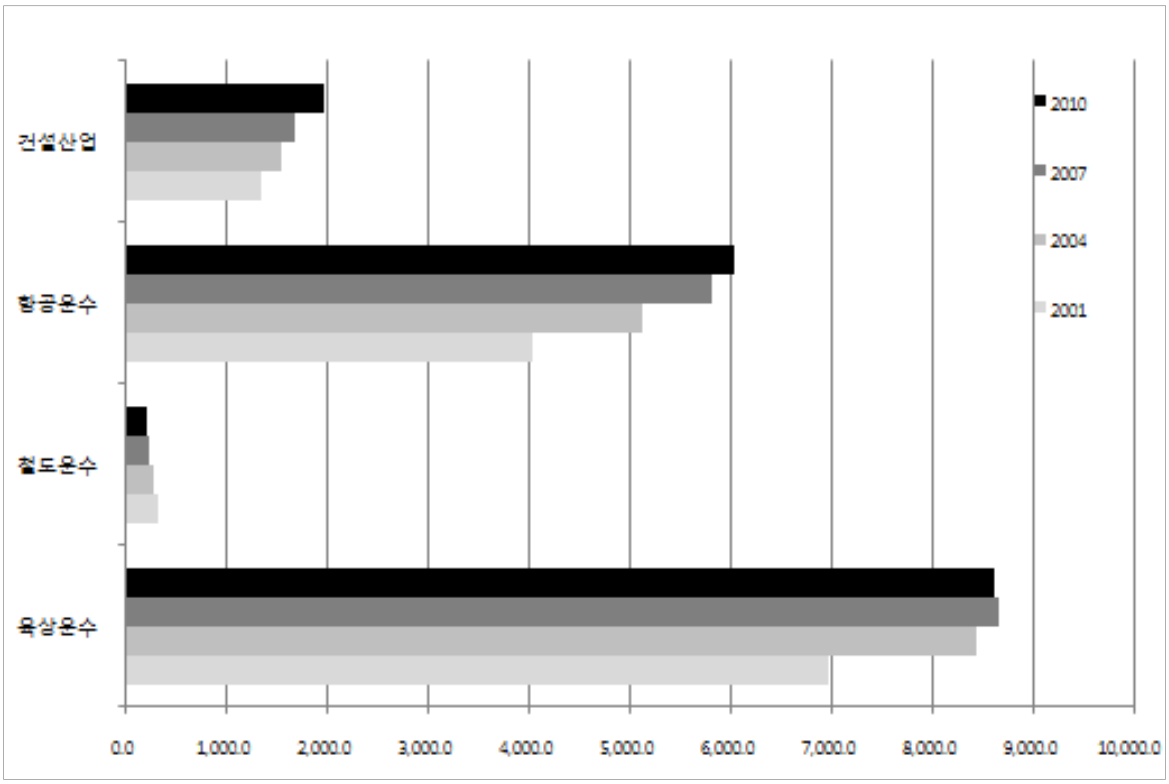
가. 건설교통 R&D 투자 세부사업별 에너지 사용 절감량

[그림 6-39] 는 건설교통 R&D 투자에 따른 (매년 3% 증액) 사업별, 연도별 에너지 사용 절감량에 따른 추세 그래프이다. 교통체계효율화사업의 에너지 절감효과가 가장 큰 것으로 나타나며 또한 즉시적이다. 이는 아래의 수송수단 및 건설산업의 소비에너지 비교 [그림6-40] 을 참고하였을 때 육상운수의 에너지 소비량이 절대적으로 가장크기 때문으로 분석할 수 있다. 교통체계효율화사업은 대게 육상 교통수단 개발, 관리, 운영에 적용할 첨단 교통기술을 개발하는데, 교통체계관리연구는 즉시 적용이 가능하고, 더하여 육상운수 비중에 대한 가중치가 더해져 그 효과가 즉시적이며 가장 큰 것으로 볼 수 있다.

반면 첨단도시개발사업 및 건실기술혁신사업은 시설물의 열에너지 감축기술 등 에너지 효율 부분에 대한 상당한 구성비율에도 불구하고 그 효과가 여타 다른 사업과 같이 특이점이 발견되지 않는데 이것은 건설산업 자체의 에너지 소비량이 계속 증가하고 있지만, 그 절대 값이 여타 다른 운송수단에 비해 비교적 작은 편이라 사업에 대한 투자효과가 즉시적으로 나타나지 않으며, 그 비중도 적기 때문이다. 다만, 건설 분야에서는 가장 높은 에너지절감효과를 가져올 수 있다.



[그림 6-39] 건설교통 R&D 투자에 따른 사업별 에너지 사용 절감량 추세 [단위: 1000 toe]



[그림 6-40] 건설산업 소비에너지 및 운수산업 업종별 소비 에너지 [단위: 1000 toe]
(e-나라지표 2012)

각 사업별 에너지 절감량 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D 정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 투자금액 대비 에너지 절감에 기여하는 정도가 낮은

것으로 나타난다. 이는 본 사업이 기술개발 초점이 에너지효율 개선 부문이 아닌 생산성 향상 부문에 맞추어져 있기 때문으로 볼 수 있다 (2009년 기준 1.39% 비중을 차지). 주요 과제들은 대부분 실제 단기간 성과를 줄 수 있는 에너지 효율개선 기술개발보다는, R&D 개발 사업의 성과 확산에 도움을 줄 수 있는 장기적 비전의 과제들로 이루어져 있다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업의 에너지 효율분야 투자비율은 2009년 전체의 7.9%로 에너지 절감에 투자를 실시한 사업 중에서 적지 않은 비중을 차지한다. 사업 내에는 열에너지 조절 창호 개발, 친환경아파트 단열외벽재 개발과 같이 그린에너지, 에너지효율 증가 기술에 대한 직접적인 투자를 하고 있지만, 그 과제 수가 적고, 생산성향상 부분에 비하여 절대적으로 부족한 실정이다. 하지만, 사업의 목표가 국민의 삶의 질 향상에 있는 바, 높아지는 에너지 수요와 가격에 대응하기 위하여 필연적으로 그 비중이 늘어날 수 밖에 없을 것으로 예상한다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 건설교통 R&D 사업 중 그 투자금액이 약 16%를 차지하는 등 비율상으로 건설기술혁신사업보다 많지만, 절대 과제수가 9개로 총 투자액이 적고, 따라서 전체적 관점에서 에너지효율에 관한 기여가 적다. 또한 본 사업의 목표가 지역균형 건설생산력 제고에 있고, 세부 과제들로는 해안 공간 확보기술, 낙석, 산사태 방지기술 등으로 에너지 효율 개선과 거리가 있다. 다만, 장기적으로 자연친화적 국토공간창출을 목표로 하는 바, 환경에 기여하는 잠재적 효과는 가장 클 수 있다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발사업은 에너지 효율분야에 대한 과제의 수와 투자 비율이 약 17%로 상당부분 에너지효율에 기여하고 있다. 하지만 투자부분이 건설생산유발에 가장 집중되어 있고 (약 61%) 사업의 목표가 GIS, 유비쿼터스, 도심기능 회복등의 거시적 기술개발에 집중되어 있어, 직접적인 에너지 효율기여는 기대할 수 없다. 하지만 세부사업 내에서는 금액 면 또는 비중 면에 있어 가장 크게 투자하고 있기 때문에 장기적으로 효과 발현을 예측할 수 있다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 해외 진출 및 수입·수출에 관한 뚜렷한 목표를 가지고 있다. 이에 따라 에너지효율성 개선에 관한 투자가 없고(2009년 기준 0%), 그래프 상에서 현저한 파급효과를 찾을 수 없다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 주로 물류비 절감과 교통기술수준 향상에 목표를 갖고 진행되고 있다. 자전거, 전기자동차, 신에너지, 연료전지 부분 등 에너지 효율에 대한 과제를 통하여 직접적으로 에너지효율에 관여하고 있으며 또한, 육상 교통분야의 물류비 절감, 물류 표준 종합시스템 개발 등 에너지 소비가 가장 큰 육상운송 분야의 에너지 소비 개선가능성이 큰 과제들로 이루어져 있다 실제 비중은 2009년 기준 16.7% 정도를 차지하고 있지만, 본 사업 분야는 간접적 물류비 절감에 따른 에너지 절감이라는 부수효과를 충분히 실현 할 수 있다. 또한 이러한 2차 효과에 가중치를 부여하여 에너지절감 효과를 평가한 결과 가장 직접적이고 단기간에 효과를 보여주는 기술로 판단 할 수 있다. 특히, 공로수송에서 발생하는 에너지 소비 비중이 타 수송수단이나 건설 산업 대비 매우 높기 때문에, 어느 정도의 기술수준이 확보되면 에너지 사용량 절감에 대한 효과가 가장 우수하다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 도시철도에 관한 기술개발 및 인프라 구축을 목표하며 직접적인 에너지효율분야 투자가 없다. 대중교통 서비스의 품질향상 및 에너지절감 20% 향상의 목표를 가지고 있는 사업임을 감안하고, 더불어 대중교통으로 인해 2차적으로 절감 될 수 있는 에너지의 고려를 통한 에너지 절감을 산출하여 그 파급효과를 산정하였다. 즉, 미래도시철도기술개발은 도시철도 인프라 구축시 상당 부분 공로수송을 대체할 수 있는 효과가 있고, 이 효과가 일부 반영되었다. 향후 그 수송 대체량에 따라 에너지 절감 효과가 더욱 증가할 수 있는 여지가 있다.

(8) 미래철도기술개발사업

2009년 기준 미래철도기술개발사업의 에너지 효율 개선 기술개발 과제는 철도 친환경 기술개발 기획과제 (연구비 9000만원) 1개만이 파악되었다. 하지만, 철도 속도 향상

기술 개발, 선진국 대비 기술수준 향상 등의 목표가 부차적으로 운송효율 증대 및 에너지효율 개선에 그 영향이 있어 가중하여 파급효과를 산정하였다. 미래철도기술개발사업 또한 향후 공로수송 대체 시 높은 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업은 에너지효율분야 투자가 없지만, 운수사업의 에너지 사용량을 고려하고, 철도기술과 동일한 방법으로 파급효과를 가중하여 산정하였다.

[표6-30] 은 건설교통 R&D 에너지 절감량을 표로 나타낸 것이다.

[표 6-30] 건설교통 R&D 에너지 사용 절감량

[단위: 1000toe]

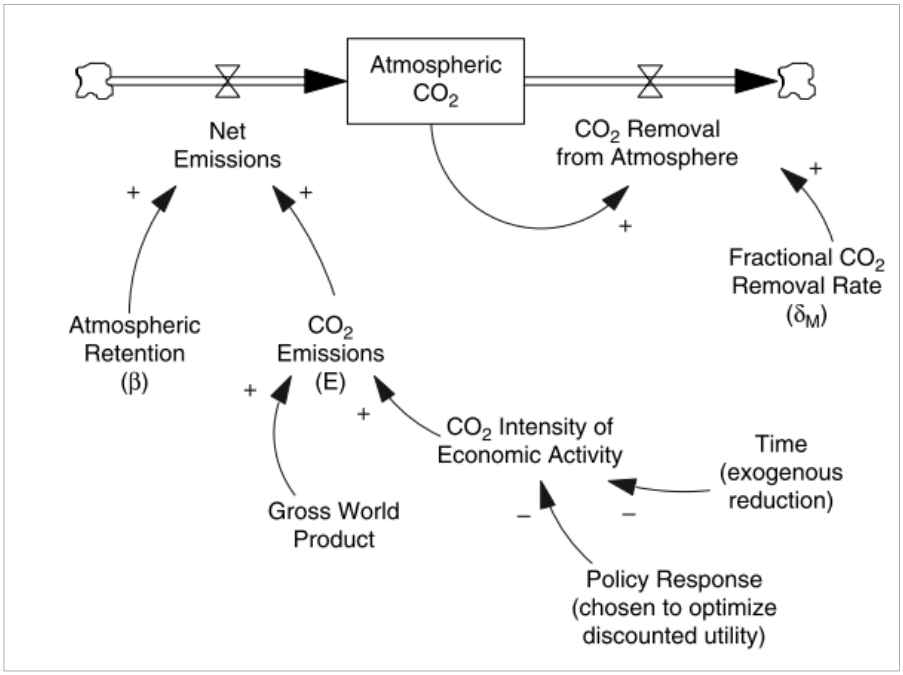
사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	0.7	4.8	20.9	75.8	232.1
건설기술혁신사업	0.00%	10.2	95.7	487.2	1,106.2	1,439.6
지역기술혁신사업	0.00%	2.2	22.8	120.6	460.5	1,089.9
첨단도시개발사업	0.00%	21.5	227.6	965.9	1,466.1	1,759.6
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	0.00%	186.9	1,330.9	5,432.5	7,224.1	6,294.6
미래도시철도 기술개발사업	-	29.7	378.9	1,106.2	1,386.8	1,254.7
미래철도 기술개발사업	0.00%	32.0	232.6	892.7	1,272.3	1,221.4
항공선진화사업	0.00%	3.1	41.6	210.4	477.8	485.3
합계	0.00%	286.3	2,334.7	9,236.5	13,469.5	13,777.3

나. 건설교통 R&D 투자 세부사업별 CO2 배출 절감량

세부사업별 탄소 배출 절감 분석 모형은 경제활동에 의한 배출량에서 R&D에 의한 탄소배출 절감효과를 제하는 기본 형태로 대변된다. 탄소 배출모형을 수식으로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

(1차 에너지 탄소 배출량 + 최종 에너지 탄소 배출량 + 산업부문 탄소 배출량 + 수송부문 탄소 배출량) - (건설산업 탄소 절감량, 육로 탄소 절감량, 공로 탄소 절감량, 항공 탄소 절감량)

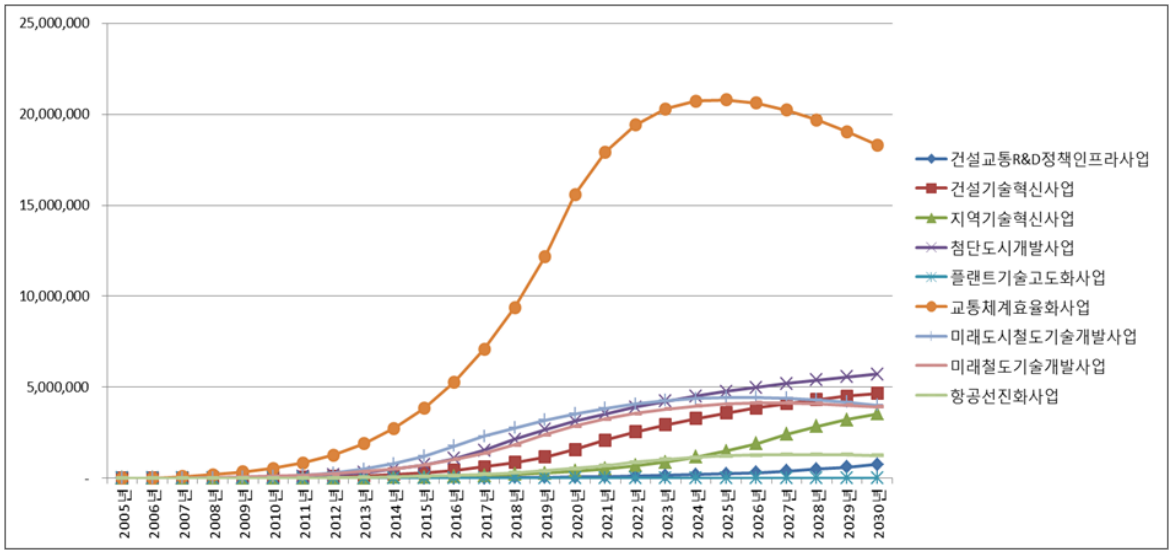
Norhaus (1992)는 Dynamic Integrated model of Climate and the Economy(DICE) 모델을 개발하고 경제활동과 탄소 배출량이 서로 유기적으로 영향을 주는 동태적 모형을 최초로 제시한다. Sterman (2002)는 이를 시스템 다이내믹스 모형으로 개발 하였다 [그림 6-41]. 본 절에선 DICE 모델을 직접 활용하여 탄소 배출 예측량 분석에 활용하였고, 경제활동에 의한 탄소 배출량 부문에 있어(CO2 Intensity of Economic Activity) 건설 및 수송량에 의한 탄소 배출량을 중점적으로 고려하였다. 이것은 전체적 관점에서 에너지 소비량이 운송수단에 의하여 가장 많이 소비되며 건축물에 의한 에너지 소비가 2위로 가장 소비량이 방대하기 때문이며, 건설교통 R&D에 의한 탄소 절감 등을 예측하기 가장 적합하기 때문이다.



[그림 6-41] DICE Model (Sterman 2002 재인용)

[그림 6-42] 는 사업별 CO2 배출 절감 기여분에 대한 그래프이다. CO2 배출량 절감량은 궁극적으로 에너지 사용 절감량과 대부분 일치하는데, CO2 절감량에 배출 모형이 각 산업별 수송량에 의한 CO2 배출량의 합과 R&D 활동에 의한 에너지 사용량 감소 효과에서 비롯되기 때문이다.

세부사업별 CO2 배출량을 그래프로 나타내 보면 ([그림 6-41] 참조) 앞 절에서 다룬 에너지 소비량과 그래프와 비교할 때 괄목할 만 한 차이점은 없다. 에너지 사용에 의해서 탄소배출량이 대부분 결정되기 때문이다. 전 장과의 차이점은 탄소배출량이 경제활동에 영향을 주어 다음 년도의 탄소배출량을 결정한다는 점인데, 이 또한 경제활동을 에너지 소비와 연관 지을 수 있어 에너지 소비량과 탄소배출량에 큰 차이가 없다.



[그림 6-42] 건설교통 R&D 투자의 사업별 CO2 배출량 절감효과 추세 [단위: tCO2]

[표6-31] 은 건설교통 R&D CO2 배출 절감량을 표로 나타낸 것이다.

[표 6-31] 건설교통 R&D CO2 배출 절감량

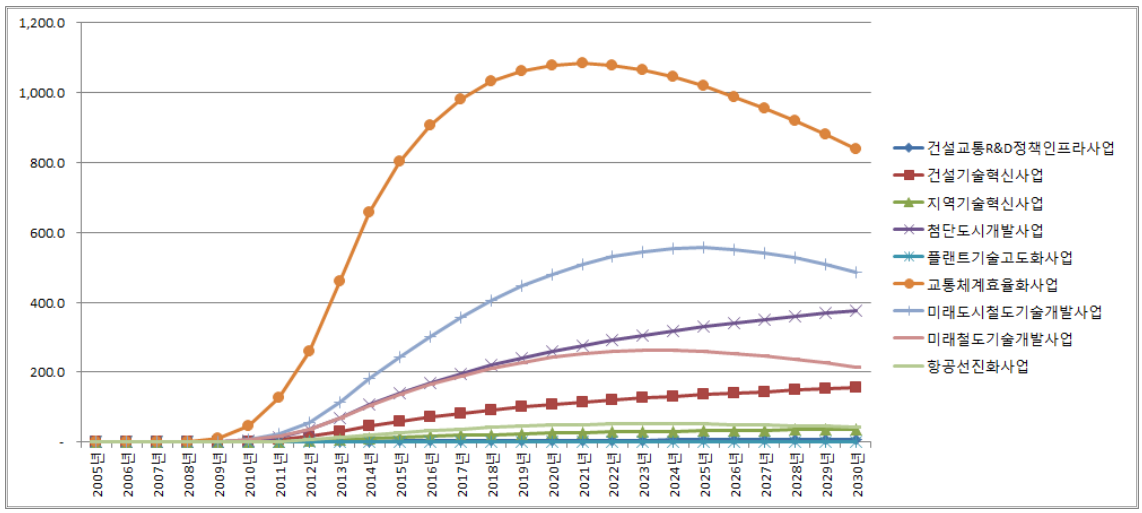
[단위: tCO2]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	2,343	15,470	67,982	246,524	754,600
건설기술혁신사업	-	33,046	310,688	1,582,403	3,592,342	4,672,268
지역기술혁신사업	-	7,289	74,219	392,163	1,497,085	3,543,137
첨단도시개발사업	-	69,953	739,775	3,140,018	4,766,077	5,720,320
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	-	547,535	3,851,457	15,598,554	20,797,812	18,316,560
미래도시철도 기술개발사업	-	95,320	1,215,634	3,548,993	4,449,184	4,025,648
미래철도 기술개발사업	-	102,572	746,308	2,864,591	4,083,450	3,922,831
항공선진화사업	-	8,014	108,085	544,528	1,232,744	1,250,408
합계	-	866,070	7,061,636	27,739,231	40,665,218	42,205,771

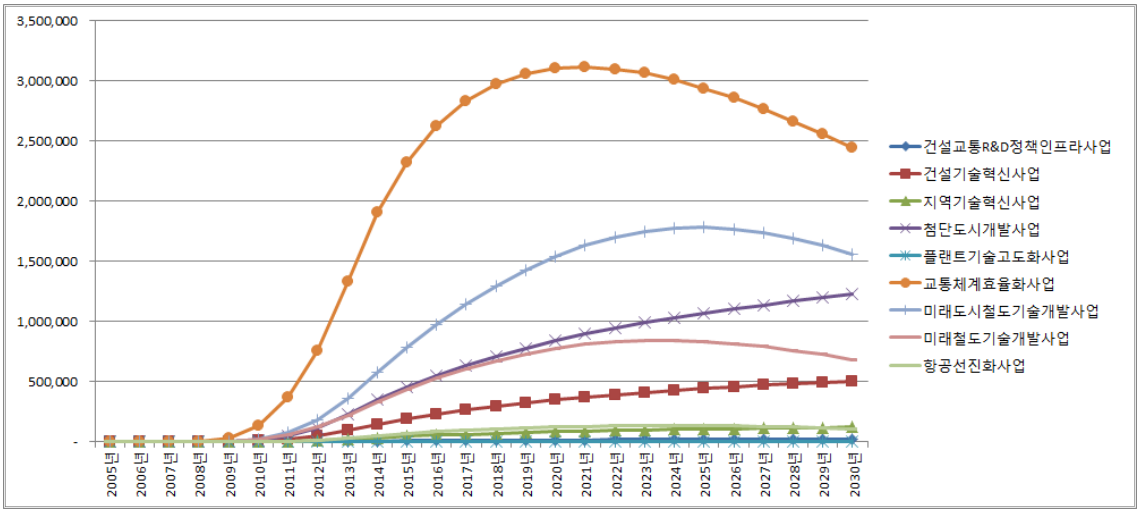
2. 세부사업별 에너지 절감량 및 CO2 절감량 시차 분석

[그림 6-43], [그림 6-44]과 [표 6-32]는 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. 앞서 수행한 시차 분석과 유사하게 본 장에서도 2005년부터 2010년까지 투자금액의 에너지 사용 절감 효과와 ([그림 6-43] 참조), CO2배출 절감 효과 ([그림 6-44] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액의 환경개선 파급효과의 비중 ([표 6-32] 참조)을 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 5-10년 후인 2012-2015년 사이에 가장 큰 효과를 발생시키는데, 이는 투자 초기에 발생한 수송량 증대기술에 따른 수송 에너지 사용 절감 및 CO2 배출 절감효과가 기술 정착 이후 본격적으로 발현되기 때문인 것으로 나타났다. 교통 분야 4개 사업의 경우, 초기의 수송 인프라 구축 등의 효과가 지속되지 않기 때문에 향후 지속적으로 그 효과가 감소한다. 반면, 건설분야의 환경개선효과는 한번 구축된 에너지효율 증대기술이 지속적으로 시설물 건설 및 관리 시에 적용되기 때문에 그 효과가 꾸준히 발생한다.



[그림 6-43] 2005-2010년도 투자금액의 에너지 사용 절감효과에 대한 시차 분석
[단위: 1000 toe]



[그림 6-44] 2005-2010년도 투자금액의 CO2 배출 절감효과에 대한 시차 분석

[단위: tCO2]

[표 6-32] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 에너지 절감 파급효과 기여도

[단위: %]

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	-	24.40	41.09	53.50	59.57	23.84	8.30	3.09
건설기술혁신사업	-	25.60	44.88	60.08	62.27	22.08	12.32	10.81
지역기술혁신사업	-	24.40	43.86	60.19	62.10	21.46	7.15	3.46
첨단도시개발사업	-	23.79	43.35	60.26	62.02	26.80	22.47	21.42
플랜트기술 고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-
교통체계 효율화사업	-	25.34	43.75	58.95	60.29	19.86	14.11	13.33
미래도시철도 기술개발사업	-	25.21	44.78	61.83	64.47	43.48	40.09	38.75
미래철도 기술개발사업	-	21.74	36.09	49.41	58.46	27.15	20.42	17.51
항공선진화사업	-	21.10	43.17	62.18	63.69	22.90	10.85	8.81
평균	-	24.76	43.02	58.49	61.12	24.33	17.76	15.67

제6절 건설교통 R&D 세부사업별 기술혁신 파급효과

본 절에서는 앞서 설명한 건설교통 R&D 투자의 기술혁신 부분 파급효과를 세부 사업별로 설명한다. 본 절에서 실시하는 기술혁신 지표에 대한 파급효과 분석은 경제발전 지표와 마찬가지로 정부 R&D 전체 투자금액을 현 추세로 유지하고, 건설교통 부문에 대한 투자금액은 2011년부터 전년도 대비 3% 증액 투자하는 경우를 대상으로 한다.

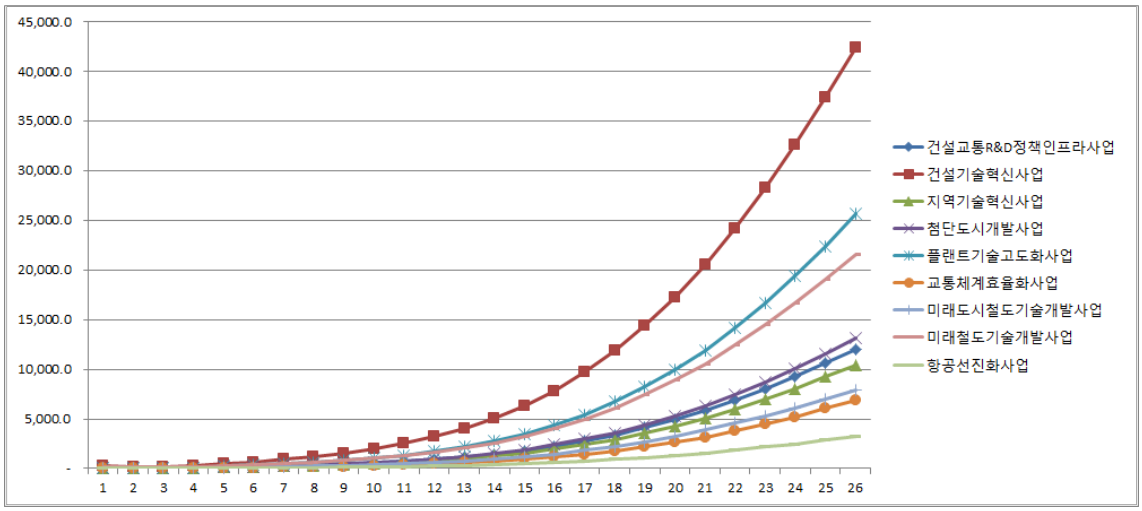
R&D 투자 파급효과 분석을 위해 선정한 기술혁신지표는 총 7개 (R&D 집약도, R&D 확산도, 연구원 수, 연구인력비중(취업자 대비), 인당 R&D투자액, 논문게재건수, 특허 출원/등록 건수) 중, 논문게재건수, 특허 출원/등록 건수 2개이다. 이는 한국건설교통기술평가원 정책 담당자에 대한 설문조사를 통해 건설교통 R&D투자 파급효과 분석을 위해 특화된 지표이다.

본 분석은 각 9개 세부사업별로 각 지표에 대한 연도별 파급효과를 예측 및 분석한다. 또한 2005년부터 2010년 까지 투자된 금액의 투자발현시기 및 그 정도에 대해 분석을 실시한다.

1. 논문게재 건수 및 특허 출원/등록건수

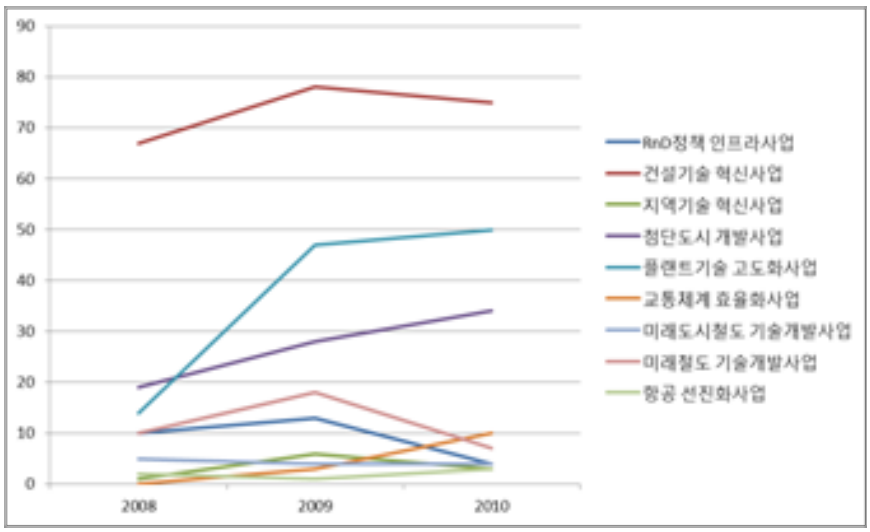
가. 세부사업별 논문게재 건수 분석

[그림 6-45] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 논문게재 건수 추세 그래프이다. 분석결과, 건설 분야에서 건설기술혁신사업은 건설 시공 및 엔지니어링 기술개발 등에 대한 논문게재 효율이 높은 편이고, 투자금액 또한 높기 때문에 성과물 발생이 9가지 사업 중 가장 높다. 플랜트기술고도화사업, 미래철도기술개발사업은 기술역량이 지속적으로 증대됨에 따라 논문게재 건수 또한 지속적으로 발생함을 확인할 수 있다. 이 외에도 첨단도시개발사업, 건설교통R&D정책인프라사업, 지역기술혁신사업, 미래도시철도기술개발사업, 교통체계효율화사업, 항공선진화사업 모두 꾸준한 증가추세를 보이며 점점 게재수가 늘어나는 것을 확인 할 수 있다.



[그림 6-45] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 논문게재 건수 추세 [단위: 억원]

이와 같은 사업별 논문게재 건수는 한국건설교통기술평가원 (2010)이 실시한 건설교통 R&D 투자의 사업별 논문게재건수 분석자료를 통해 타당성을 확인할 수 있다[95]. [그림 6-46] 은 2008년부터 2010년까지 3년간 논문게재건수가 각 사업별로 어느 정도의 파급효과 차이를 나타내는지에 대한 실제 결과이다. 본 자료를 통해 건설기술혁신사업, R&D정책인프라사업, 첨단도시개발사업 등의 높은 논문게재건수를 확인할 수 있다.



[그림 6-46] 건설교통 R&D 투자의 사업별 논문게재건수
(2008-2010년) (한국건설교통기술평가원 2010)

95) 한국건설교통기술평가원 (2010). 성과분석보고서

각 사업별 논문 게재건수 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 제도개선, 정책개발 및 기술평가 등에 초점을 맞추고 있기 때문에 논문게재 건수는 높은 편이 아니지만, 9개 사업 중 가장 투자금액이 낮은 것을 고려해본다면 투자금 대비 논문게재 효율이 가장 높은 것을 알 수 있다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업은 건설 시공 및 엔지니어링 기술개발이 용이하고 시간이 상대적으로 오래 걸리지 않으며 (2-3년), 현장적용이나 검증이 상대적으로 용이하여 논문게재 효율이 높은 편이다. 또한, 투자금액이 높기 때문에 그에 따른 성과물 발생 건수 역시 높은 것을 확인할 수 있다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 지역 특성화 개발 등에 초점을 맞추고 있으며, 이에 따라 각 지역별 Case Study가 용이하다. 이는, 지역별 적용에 따라 여러 종류의 논문이 나올 수 있으며, 논문게재 효율이 높은 점을 설명할 수 있다. 다만 건설교통R&D정책인프라사업과 마찬가지로 투자금액이 낮은 편이기 때문에, 절대적인 게재 건수는 많지 않다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발 사업은 U-eco City 및 친환경 도시모델의 개발, 초고층건축기술의 개발 및 발전을 목표로 한다. 투자금액이 높지만, 논문게재건수는 평균정도 수준에 머물고 있다. 이는 현장적용에 필요한 실제 기술개발에 많은 금액이 투자되고 있으며, 연구과제 및 시스템 개발과제 수는 평균적이기 때문임을 확인할 수 있다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 핵심기술을 확보하여 고부가가치 수출을 목표로 하고 있다. 이에 많은 연구들이 진행되고 있으며, 기술역량이 지속적으로 증대됨에 따라 논문게재가 지속적으로 발생하고 있다. 90% 이상의 투자금액이 해수담수화플랜트사업단 과제에 투자되고 있으며, 많은 논문들이 게재되고 있음을 알 수 있다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 국가교통시스템의 고도화를 목표로 하며 물류비용 절감을 위해 고효율 물류시스템을 구축하는 것을 목표로 한다. 많은 투자금액에도 불구하고 모든 과제가 평가기술, 시스템기술, 분석 및 개선기술의 개발을 목표로 하고 있다. 이는 적용 가능한 기술개발이 우선시 되어 특허출원/등록 건수에 비해 낮은 논문게재건수를 보여주는 원인임을 알 수 있다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 신 교통시스템의 개발과 기존시스템의 성능개선을 목표로 하고 있다. 그러나 과제수가 적을 뿐만 아니라, 투자금액의 80% 이상이 자기부상열차 연구 사업단에 투자되고 있는 바, 적은 수의 논문게재가 이루어지고 있다.

(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 세계일류 철도기술 확보를 통해 경쟁력을 제고 하고자 하며, 고속철도 및 틸팅열차, 친환경기술 등의 개발을 목표로 한다. 다양한 과제에 투자비가 분산되어 다수의 논문게재가 이루어지고 있다. 미래도시철도기술개발사업의 1/2정도의 투자금엑에 비해 월등히 많은 논문게재 건수를 보여주고 있으며, 이는 기초연구 및 응용연구 과제에서 발생하는 것임을 확인할 수 있다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업은 최근 들어 증가하기 전까지는 투자금액이 낮은 편이었기에, 논문게재 건수와 같은 결과물이 미미하다. 9가지 사업 중 가장 낮은 논문게재 건수를 보여준다.

[표 6-33] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 논문게재건수 값이다.

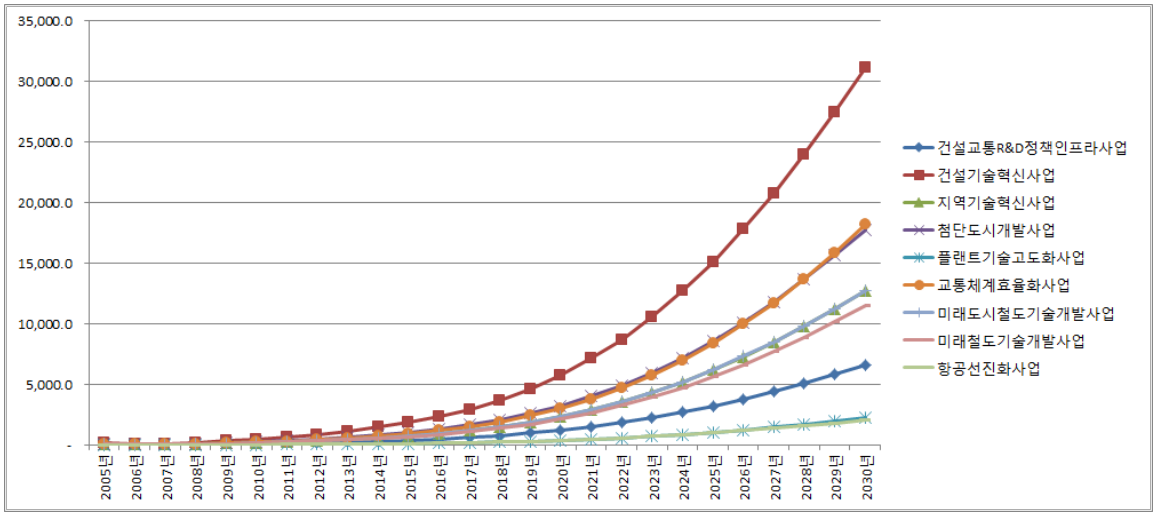
[표 6-33] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 논문게재건수

[단위: 건]

사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	131.2	193.4	718.9	2,243.9	5,875.2	12,023.7
건설기술혁신사업	251.6	673.3	2,519.8	7,846.4	20,575.5	42,434.3
지역기술혁신사업	56.1	166.6	622.0	1,942.3	5,094.0	10,468.9
첨단도시개발사업	63.7	201.1	759.1	2,390.8	6,318.8	13,105.0
플랜트기술 고도화사업	67.3	341.5	1,355.1	4,384.6	11,910.0	25,639.0
교통체계 효율화사업	36.0	87.6	354.5	1,158.7	3,178.8	6,931.8
미래도시철도 기술개발사업	28.3	125.7	469.8	1,471.2	3,864.8	7,947.4
미래철도 기술개발사업	182.5	348.6	1,295.5	4,038.7	10,567.9	21,629.5
항공선진화사업	11.8	52.2	194.0	604.0	1,579.6	3,232.4
합계	828	2,190	8,289	26,081	68,964	143,412

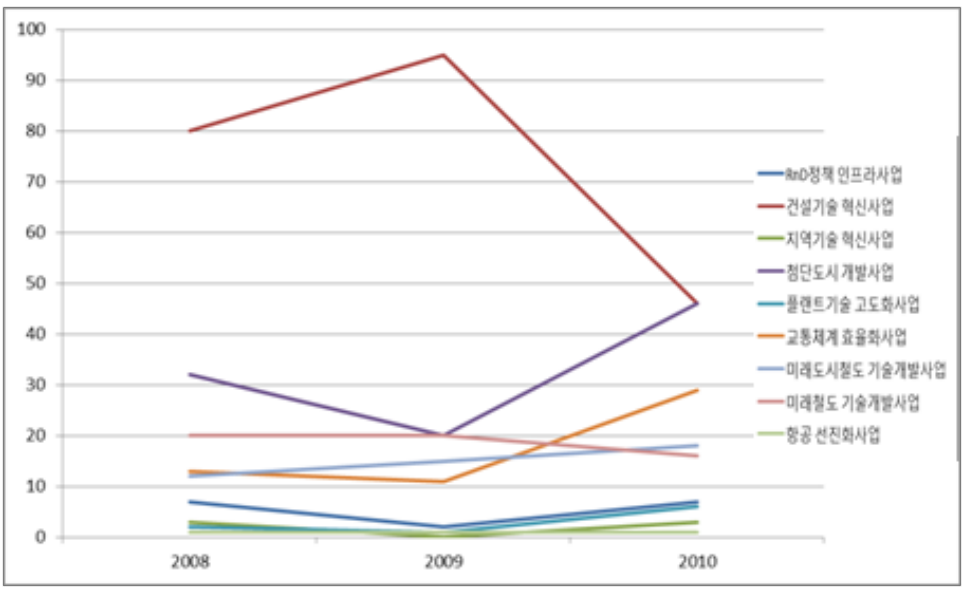
나. 세부사업별 특허 출원/등록 건수 분석

[그림 6-47] 은 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 특허 출원/등록 건수 추세 그래프이다. 분석결과, 건설 분야에서 건설기술혁신사업은 논문게재건수와 마찬가지로, 건설 시공 및 엔지니어링 기술 등 개발이 용이하고 시간이 상대적으로 적게 소요되어 그 건수가 많은 것으로 분석된다. 초고층 건축기술의 우수한 현장 적용성으로 인해 첨단도시개발사업 역시 특허 출원/등록 건수가 높으며, 미래도시철도기술개발사업의 경우 도시철도 등 수송기술 개발을 위한 사업 특성상 논문게재보다 특허 출원/등록 건수가 많음을 확인할 수 있다. 특허 출원/등록 건수의 경우 9개의 세부사업별 모두 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림 6-47] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 특허 출원/등록건수 추세 [단위: 건]

이와 같은 사업별 특허 출원/등록 건수는 한국건설교통기술평가원 (2010)이 실시한 건설교통 R&D 투자의 사업별 특허 출원/등록 건수 분석자료를 통해 타당성을 확인할 수 있다. [그림 6-48] 은 2008년부터 2010년까지 3년간 특허 출원/등록 건수가 각 사업별로 어느 정도의 파급효과 차이를 나타내는지 예측한 결과이다. 본 자료를 통해 건설기술혁신사업, 첨단도시개발사업, 교통체계효율화사업 등의 높은 특허 출원/등록 건수를 확인할 수 있다.



[그림 6-48] 건설교통 R&D 투자의 사업별 특허 출원/등록건수 (2008-2010년)
(한국건설교통기술평가원 2010)

각 사업별 특허 출원/등록 건수 파급효과에 대한 상세 분석결과는 다음과 같다.

(1) 건설교통R&D정책인프라사업

건설교통R&D정책인프라사업은 제도개선, 정책개발 및 기술평가 등에 초점을 맞추고 있다. 이에 따라 기술개발을 위한 투자비율이 약 30% 미만으로 굉장히 낮으며, 특허출원/등록 건수는 낮은 것을 확인 할 수 있다. 그러나 제도 및 정책제안 건수는 타 사업들과 비교하여 월등하게 높다.

(2) 건설기술혁신사업

건설기술혁신사업은 건설 시공 및 엔지니어링 기술 등 개발이 용이하고 시간이 상대적으로 오래 걸리지 않으며 (2-3년), 현장적용이나 검증이 상대적으로 용이하여 특허출원/등록 효율이 높은 편이다. 또한, 투자금액이 높기 때문에 그에 따른 성과물 발생 건수 역시 높은 것을 확인할 수 있다.

(3) 지역기술혁신사업

지역기술혁신사업은 지역 특성화 개발 등에 초점을 맞추고 있으며, 이에 따라 각 지역별 Case Study가 용이하다. 이는, 지역별 적용에 따라 여러 종류의 특허들이 나올 수 있으며, 특허출원/등록 효율이 높은 점을 설명할 수 있다. 다만 9가지 사업 중 투자금액이 가장 낮기 때문에, 절대적인 특허출원/등록 건수는 많지 않다.

(4) 첨단도시개발사업

첨단도시개발 사업은 U-eco City 및 친환경 도시모델의 개발, 초고층건축기술의 개발 및 발전을 목표로 한다. 새로운 도시를 창조하거나, 기존의 도심을 재활용 하는 방법을 개발하는 첨단도시개발 사업은 특허출원/등록이 원활하게 이루어질 수 있는 사업이다. 또한, 많은 과제들을 통해 현장적용성이 우수하고, 투자금액이 높아 특허출원/등록 효율이 높은 것을 확인할 수 있다.

(5) 플랜트기술고도화사업

플랜트기술고도화사업은 핵심기술을 확보하여 고부가가치 수출을 목표로 하지만, 현재 대부분의 가스플랜트 EPC기술들은 이미 개발이 많이 진행되어 있다. 따라서 새로

운 기술을 개발하여 특허출원/등록하기까지에 많은 시간이 소요된다. 또한, 규모가 큰 사업단과제 2개만이 진행되고 있다는 점 또한 특허출원/등록 건수가 적은 원인임을 알 수 있다. 향후에도 플랜트기술 개발에 다양한 참여주체가 필요한 바, 과제당 투자금액이 클 것으로 예상되며, 이에 따라 현재와 같은 특허 추세는 미래에도 지속될 것으로 분석된다.

(6) 교통체계효율화사업

교통체계효율화사업은 국가교통시스템의 고도화를 목표로 하며 물류비용절감을 위해 고효율 물류시스템을 구축하는 것을 주로 한다. 이에 따라 교통정책 뿐 아니라, 안전, 환승, 에너지 절감, ITS 등 많은 분야에서의 새로운 시스템과 기술의 개발이 필요하다. 많은 투자금액과 더불어 많은 응용연구의 개발단계에서 높은 특허출원/등록 건수가 발생함을 확인할 수 있다.

(7) 미래도시철도기술개발사업

미래도시철도기술개발사업은 신 교통시스템의 개발과 기존시스템의 성능개선을 목표로 하고 있다. 그러나 과제수가 적을 뿐만 아니라, 기술개발보다는 도시철도 공기질 개선, 도시철도 표준화연구 등과 같은 과제가 주를 이룬다. 또한, 투자금액의 80% 이상이 자기부상열차 연구 사업단에 투자되고 있으나, 아직 특허출원/등록이 나오기에는 연구가 충분히 진행되지 못한 것을 알 수 있다.

(8) 미래철도기술개발사업

미래철도기술개발사업은 세계일류 철도기술 확보를 통해 경쟁력을 제고 하고자 하며, 고속철도 및 틸팅열차, 친환경기술 등의 개발을 목표로 한다. 다양한 과제에 투자비가 분산되어 특허출원/등록이 이루어지고 있다. 미래도시철도기술개발사업의 1/2정도의 투자금으로 비슷한 건수의 특허출원/등록이 이루어지는 것은 미래철도기술개발사업의 투자금 대비 특허출원/등록 효율이 높음을 설명한다.

(9) 항공선진화사업

항공선진화사업은 항공안전율과 항행안전율을 높이는 방법, 공항의 활용도를 높이는 등 시스템의 발전 및 인프라 구축을 목표로 하고 있다. 이는 특허출원/등록 과 같은 결

과물이 나오기 힘든 환경이며, 플랜트기술고도화사업과 함께 가장 낮은 특허출원/등록 건수를 보여준다. 최근 들어 증가하기 전까지는 투자금액이 낮은 편이었기에, 특허출원/등록과 같은 결과물이 미미하다.

[표 6-34] 는 건설교통 R&D 투자에 따라 각 세부사업별로 발생하는 연도별 특허 출원/등록 건수 값이다.

[표 6-34] 건설교통 R&D 투자에 따른 연도별 특허 출원/등록건수

[단위: 건]

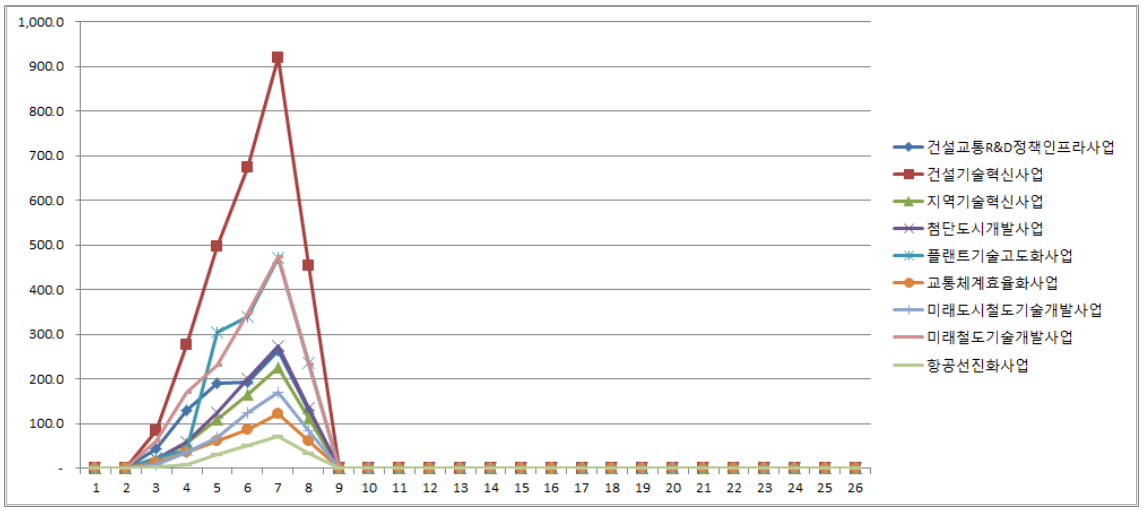
사업분류	2005	2010	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	71.8	105.9	393.5	1,228.3	3,215.9	6,581.4
건설기술혁신사업	185.0	495.1	1,852.8	5,769.4	15,129.1	31,201.7
지역기술혁신사업	68.2	202.5	755.7	2,359.8	6,188.8	12,718.9
첨단도시개발사업	86.4	272.5	1,029.0	3,240.9	8,565.4	17,764.5
플랜트기술 고도화사업	6.0	30.4	120.7	390.4	1,060.5	2,282.9
교통체계 효율화사업	94.6	230.5	932.9	3,049.3	8,365.2	18,241.5
미래도시철도 기술개발사업	45.4	202.0	755.1	2,364.4	6,211.3	12,772.6
미래철도 기술개발사업	97.4	185.9	690.9	2,154.0	5,636.2	11,535.7
항공선진화사업	7.5	33.2	123.4	384.4	1,005.2	2,057.0
합계	662	1,758	6,654	20,941	55,378	115,156

2. 세부사업별 특허 출원/등록 건수 시차분석

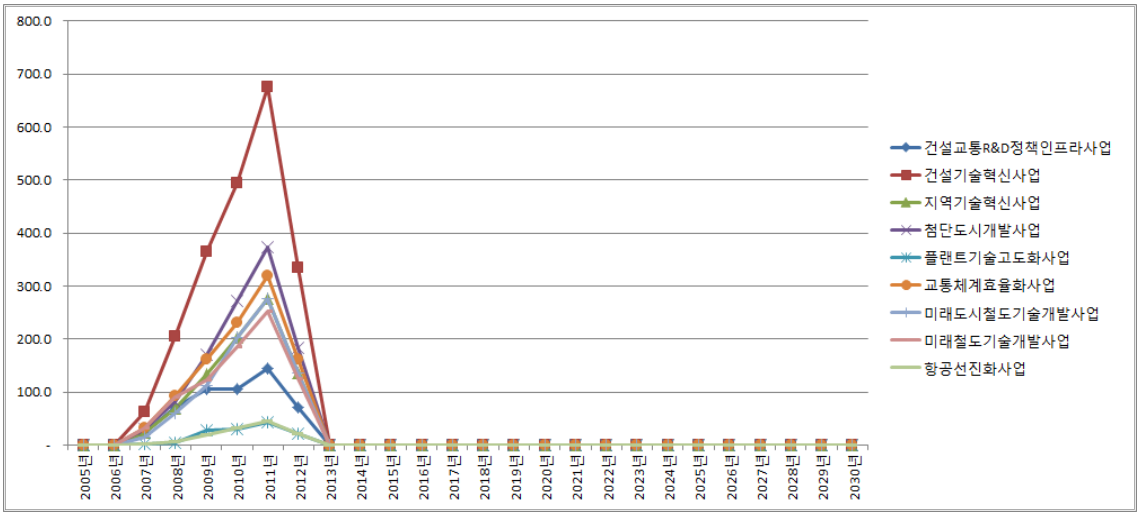
[그림 6-49], [그림 6-50] 과 [표 6-35] 는 2005년부터 2010년까지 투자된 금액이 언제 어느 정도로 그 파급효과가 발현되는 지에 대한 시차 분석결과이다. 즉, 2005년부터 2010년까지 투자금액의 논문게재 건수와 ([그림 6-49] 참조) 특허건수 ([그림 6-50] 참조), 앞 장에 설명된 2005년부터 2030년까지 R&D 투자금액을 고려하여 분석된 파급효과 중, 2005년부터 2010년까지 투자된 금액에 대한 논문 및 특허에 대한 파급효과의 비중 ([표 6-35] 참조)을 나타낸다.

분석결과, 2005년부터 2010년 총 6년 동안의 투자금액은 초기 투자의 2년 후인 2007년부터 그 효과가 발현된다. 2012년도에 그 효과가 가장 크게 발현되고 이후 그 효과가 점차 줄어든다.

논문게재 및 특허출원/등록 건수는 개발소요기간이 짧아 초기발현효과가 높으며, 2013년 이후에는 건수가 없는 것으로 된다. 이는 투자가 논문과 특허 등의 기술혁신에 영향을 미치는 기간은 약 2년에서 최대 7년 사이에 모두 다 발현된다는 것을 확인 할 수 있다.



[그림 6-49] 2005-2010년도 투자금액의 논문게재 건수에 대한 시차 분석 [단위: 건]



[그림 6-50] 2005-2010년도 투자금액의 특허출원/등록 건수에 대한 시차 분석 [단위: 건]

[표 6-35] 2005-2010년도 투자금액의 각 연도 논문/특허 파급효과에 대한 기여도

사업분류	2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
건설교통R&D정책 인프라사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
건설기술혁신사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
지역기술혁신사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
첨단도시개발사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
플랜트기술 고도화사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
교통체계 효율화사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
미래도시철도 기술개발사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
미래철도 기술개발사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
항공선진화사업	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
평균	0.00%	100.00%	100.00%	37.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

제7장 R&D 투자 파급효과 분석 시사점

본 장에서는 앞서 수행한 타 산업대비 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석 및 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 비교 분석 결과 중 향후 정책 수립에 있어 중요한 부분을 간략히 요약하고, 분석을 통해 도출된 시사점을 쉽게 확인할 수 있도록 정리하였다. 앞서 설명한 제5장과 제6장의 분석부분은 적게는 10개, 많게는 30개의 지표를 대상으로, 건설교통 산업 뿐 아니라 제조업 등 기타산업에 대한 분석과 건설교통 R&D 내 총 9개 사업에 대한 분석을 수행함에 따라 분석결과가 방대하다. 이에 따라, 본 장에서는 핵심적인 내용을 위주로 설명한다.

● **건설교통 R&D 투자 효율성**

(1) 환경·사회 인프라 측면

- 건설교통 산업에 대한 R&D 투자는 기본적으로 경제적 측면보다 환경·사회 인프라 측면의 파급 및 개선효과가 높은 것으로 인식되고 있으며, 실제 분석 결과 또한 이러한 환경·사회 인프라 부분의 파급효과를 도출함.
- 수송부문의 에너지 사용량은 전체의 10-20%를 차지하기 때문에, 이를 개선하기 위해 교통 부문에 대한 지속적인 투자가 필요함.
- 또한, 에너지 부문 및 석유·화학 분야에 대한 전체 에너지사용량이 40% 이상에 달하는 바, 플랜트관련 기술은 직접적인 환경개선 효과는 적을지라도, 에너지 생산을 위한 플랜트 건설에 따른 간접적인 환경개선 효과가 클 것으로 전망됨.

(2) 경제적 측면

- 경제적 파급효과가 상대적으로 낮은 이유는 낮은 투자금액에 따른 것이며, 실제로 투자금액 대비 경제적 파급효과 (예: 고용유발)는 타 산업대비 오히려 큰 것으로 나타남.
- 농림수산업의 투자금 대비 경제적 파급효과가 가장 크지만, 이는 제조업의 0.1%에 불과한 투자금액 때문이며, 건설업은 제조업 대비 R&D 투자가 약 3.6%에 불과한 것으로 전망되는 것을 볼 때, 경제적 파급효과 또한 상당한 것으로 분석됨 ([표 7-1] 참조).
- 특히, 건설교통 산업은 신 건설생산 수요 창출 등에 따라 단기적인 고용유발효과

가 타산업 대비 크며 ([표 7-1] 참조), 이는 경기 침체 시에 건설교통 R&D 투자가 단기적인 경기 부양효과를 가지고 올 수 있음을 의미함.

[표 7-1] 타산업과 비교한 건설교통 R&D 투자대비 고용유발 비율

[단위: 명/억원]

고용 유발비율	농림 수산업	제조업	전기 전자업	수송 장비업	건설업	운수업	방송 통신업
2015년	0.50	0.08	0.11	0.16	0.51	0.45	0.20
2020년	0.47	0.05	0.07	0.12	0.41	0.32	0.18
2025년	0.39	0.03	0.04	0.08	0.30	0.21	0.14
2030년	0.31	0.02	0.02	0.06	0.21	0.14	0.10

- 종합적으로, 건설교통 분야 R&D 사업은 일반적으로 인식되는 환경 및 사회 인프라 분야 뿐 아니라 경제적 파급효과 또한 상당하며, 이에 따라 건설교통 분야에 대한 지속적인 투자를 유지할 필요가 있음. 환경적 측면을 고려한 국토의 균형발전을 위해서는 그 투자 비율이 더욱 증가될 필요 또한 도출됨.

(3) 에너지 절감과 CO2배출 감소를 위한 R&D 투자정책

건설교통 R&D투자를 매년 100억원씩 증액하여 20년간 투자한다면

- 연평균 에너지소비량 1,147,531 toe 절감
- 연평균 CO2 배출량 1,113 tCO2 절감

  ➔ 매년 소나무 5,564백만 그루를 심는 효과

- 우리나라는 자체 에너지 보유 자원이 없어 해외 의존도가 매우 높으며, 국내 에너지 수요구조에 따라 해외 의존은 지속될 것으로 전망됨. 우리나라 에너지소비량은 연평균 2.6%씩 증가하여 2000년 149.9백만toe이던 에너지 소비량이 2010년 193.8백만toe로 약30% 증가함.
- 한편 성장위주정책 추진으로 인해 산림 및 녹지가 감소하고 물질적 풍요에 따른 환경오염 문제가 심각해졌음. 국제적으로 보면, EU, 미국, 일본, 중국 등 주요국들이 탄소 및 제품환경규제를 점차 강화하면서, 탄소세로 인한 고유가 및 기후변화 협약에 따라 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 절감 의무가 기업 활동 전반에 영향을 미칠 것으로 전망됨.
- 위의 박스에서 요약한 바와 같이 건설교통 R&D투자를 매년 100억원씩 증액하여 20년간 투자한다면, 우리나라는 연평균 에너지 소비량을 1,147,531toe 절감할 수 있으며, 에너지 절감의 효과로 연평균 CO2 배출량을 1,113 tCO2절감할 수 있음. 이를 CO2저감 측면에서 본다면 매년 소나무를 5,564그루 심는 것과 동일한 효과가 있는 것임. 따라서 우리나라 국내외 사회경제적 환경을 고려할 때, 건설교통 R&D투자를 증액하는 정책은 시대적 요구에 부합하는 정책이 될 수 있음.

[표 7-2] 건설교통 R&D투자를 연간 100억원 증액할 경우 에너지 및 CO2저감 효과

년 도	CO2배출 전망 (1000tCO2)	증액투자시 CO2배출 전망 (1000tCO3)	CO2절감량 (1000tCO3)	소나무 필요량 (1000그루)	R&D 증액투자액 (억원)
2011년	83,659	83,659	0		100
2012년	84,519	84,505	-14	-2,758	100
2013년	85,458	85,402	-56	-11,270	100
2014년	86,469	86,345	-124	-24,825	100
2015년	87,543	87,329	-213	-42,647	100
2016년	88,668	88,348	-320	-64,052	100
2017년	89,836	89,394	-442	-88,482	100
2018년	91,037	90,459	-577	-115,493	100
2019년	92,259	91,535	-724	-144,733	100
2020년	93,494	92,614	-880	-175,922	100
2021년	94,732	93,688	-1,044	-208,833	100
2022년	95,966	94,750	-1,216	-243,284	100
2023년	97,187	95,792	-1,396	-279,119	100
2024년	98,389	96,808	-1,581	-316,209	100
2025년	99,564	97,791	-1,772	-354,439	100
2026년	100,706	98,737	-1,969	-393,709	100
2027년	101,810	99,640	-2,170	-433,928	100
2028년	102,870	100,495	-2,375	-475,014	100
2029년	103,881	101,297	-2,584	-516,889	100
2030년	104,841	102,043	-2,797	-559,479	100
합 계	1,882,886	1,860,630	-22,255	-111,277,127	2,000
연평균	94,144	93,032	-1,113	-5,563,856	100

** 소나무 1그루는 연간 5kg의 CO2를 흡수

● 건설교통 R&D 세부사업 분야별 중요성

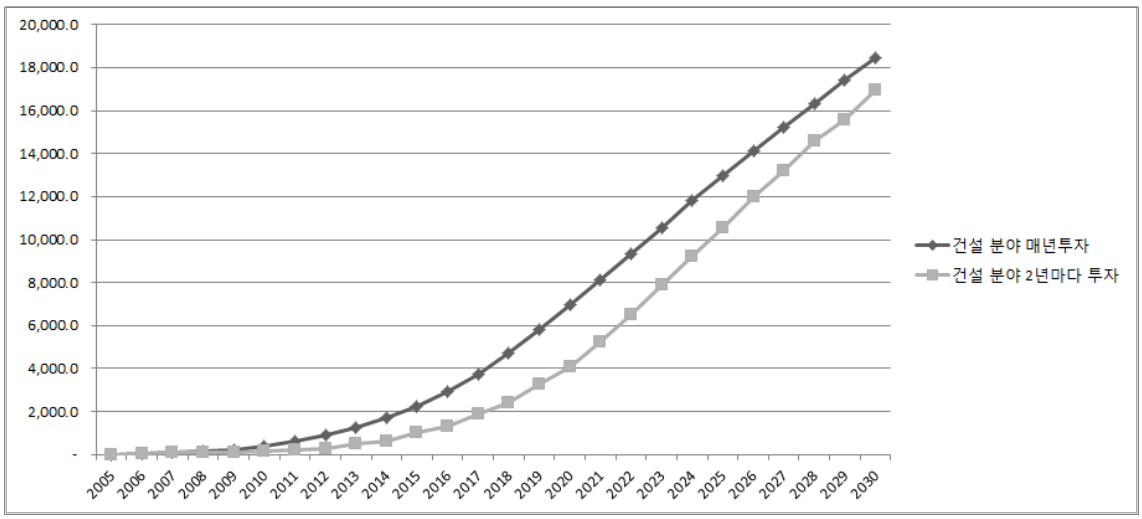
- 현재 건설교통 R&D 사업 내 9개 세부사업에 대한 투자 비율은 건설교통 R&D 전체 대비 각각 2-20%로 차이가 있음.
- 각 세부사업은 각각 특정 지표에 대해 기여하는 부분이 자명하며 ([표 7-3] 참조), 이에 각 세부사업의 중요도에 대해 분석하는 것은 무의미함.
- 예를 들면, 건설 분야 사업들의 경제 지표에 대한 파급효과가 높은 반면, 교통 분야 사업들은 에너지 사용 및 CO2 배출 절감, 수송량에 기여하는 효과가 높음.
- 상대적으로 투자금액이 적은 건설교통R&D정책인프라사업 및 지역기술혁신사업의 경우에도 각각 타 사업의 투자 파급효과 극대화를 위한 보조적 역할, 그리고 국토균형발전이라는 목표가 있기 때문에 간과할 수 없는 부분임.
- 즉, 건설교통 R&D의 9개 사업은 모두 그 중요성을 갖고 있으며, 현재 상이한 투자비율은 어느 정도 이를 반영하고 있음을 확인할 수 있음.
- 향후에도, 각 사업에 대한 균형적인 투자가 중요할 것으로 예상되며, 사업별 투자 배분 뿐만 아니라 개발 단계별 투자 배분에 대한 포괄적인 연구가 필요할 것으로 예상됨.

[표 7-3] 건설교통 R&D 세부사업별 투자금액 및 각 파급지표에 대한 기여도

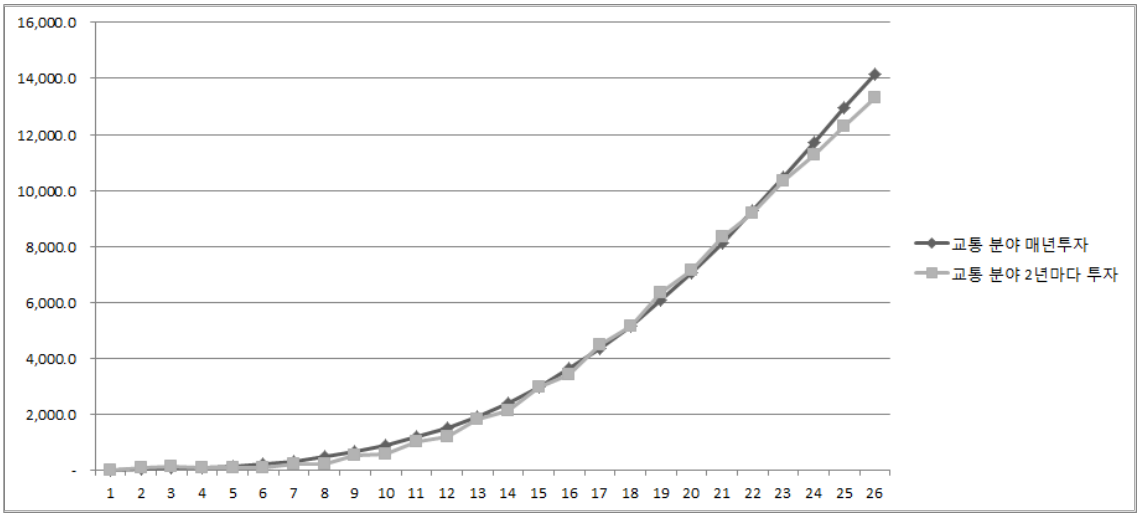
사업분류	투자금액	GDP	고정자본형성	고용자수	수출액	에너지 사용 CO2 배출	여객 화물 수송량	논문 특허
건설교통R&D정책 인프라사업	2%	7%	4%	11%	1%	0%	0%	9%
건설기술혁신사업	17%	21%	18%	19%	7%	7%	0%	30%
지역기술혁신사업	2%	0%	1%	8%	0%	3%	0%	7%
첨단도시개발사업	20%	13%	40%	21%	3%	9%	0%	9%
플랜트기술 고도화사업	8%	20%	13%	9%	33%	0%	0%	17%
교통체계 효율화사업	12%	5%	3%	7%	3%	55%	58%	5%
미래도시철도 기술개발사업	18%	14%	9%	8%	23%	13%	22%	6%
미래철도 기술개발사업	11%	10%	6%	8%	13%	11%	17%	15%
항공선진화사업	9%	10%	6%	8%	16%	3%	3%	2%
합계	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

● 지속적인 R&D 투자의 필요성

- R&D 투자의 파급과정에 대한 특성을 살펴보면, 파급효과는 투자금액에 따라 단선적으로 도출되는 것이 아니라, 그 투자 효과가 누적되며, 시간의 흐름에 따라서 또는 정책 등 관련된 외부의 영향에 따라서 서서히 발현됨을 알 수 있음.
- 특히, 플랜트 기술을 예로 살펴보면, 기술 역량의 점진적 증대로 해외 수주 등의 목표를 계속 달성하기 위해서는 지속적인 투자를 통해 해외 대비 경쟁력을 유지하는 것이 필요함.
- 즉, 효과가 단기적으로 발생하지 않더라도 투자효과가 발현된다는 믿음을 바탕으로 지속적인 투자 정책을 수립하는 것이 바람직 함.
- 건설교통 분야는 R&D 투자에 따라 성과물이 발생하더라도, 산업 내에서 리스크에 대한 부담이 크기 때문에 신기술 적용에 대한 거부감이 크고, 인프라 구축에 필요한 물리적·정책적 시간 때문에 상대적으로 효과 발현에 장기간이 소요됨.
- 따라서, 단선적인 시각으로 인해 단기적 효과만 보고 투자 효율성이 없다고 판단하는 것 보다, 파급과정 및 시차에 대한 포괄적인 이해와 장기적 파급효과에 대한 믿음을 바탕으로 R&D 성과물이 산업 내에 조기에 정착될 수 있도록 노력하는 것이 필요함.
- 이는 관련분야 개발 기술의 산업 적용성을 강화하는 부분에 대한 (기술 평가 및 사업화, 제도 개선 분야 등) 재투자 및 정책 개선 등을 포함할 수 있음.

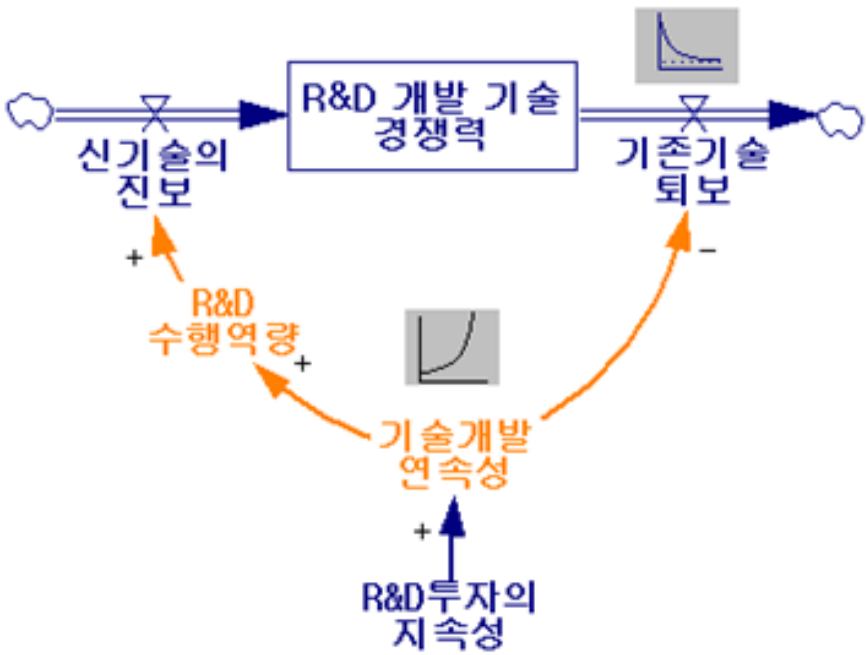


[그림 7-1] 지속적인 R&D 투자의 효과 (건설 분야 GDP 유발 예시) [단위: 억원]



[그림 7-2] 지속적인 R&D 투자의 효과 (교통 분야 GDP 유발 예시) [단위: 억원]

- [그림 7-1] 및 [그림 7-2]는 지속적인 R&D 투자의 효율성을 보여주는 분석결과로, 1) 건설교통 분야에 매년 꾸준히 투자하는 정책과, 2) 2년 마다 투자하는 정책의 GDP 유발효과를 비교 분석 한 것임.
- 이러한 결과는 지속적인 R&D 투자로 인한 파급효과의 지속성 및 고효율성을 보여주는 근거임.

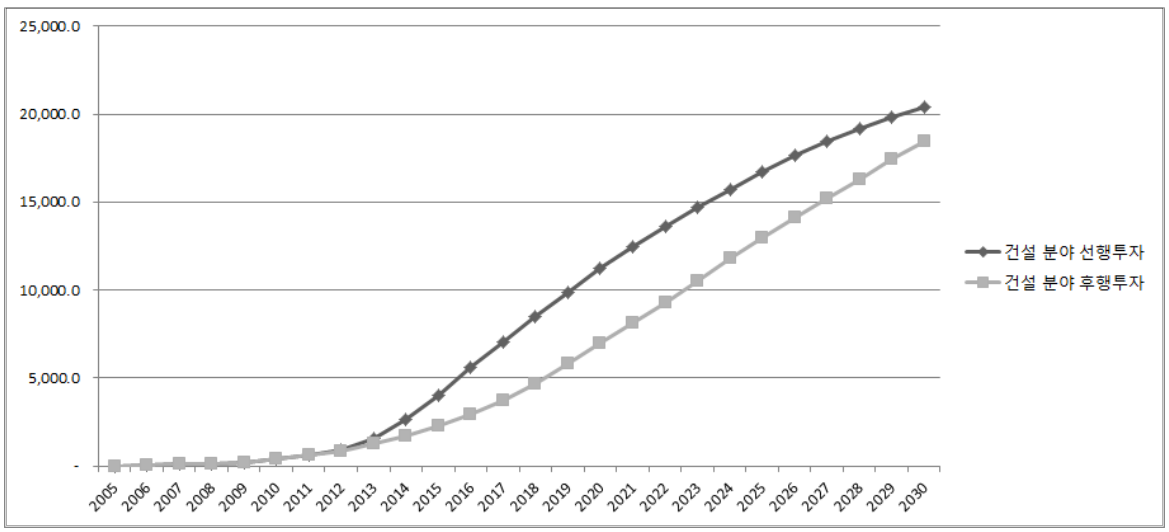


[그림 7-3] 지속투자의 기술퇴보 지연 및 기술진보 촉진효과

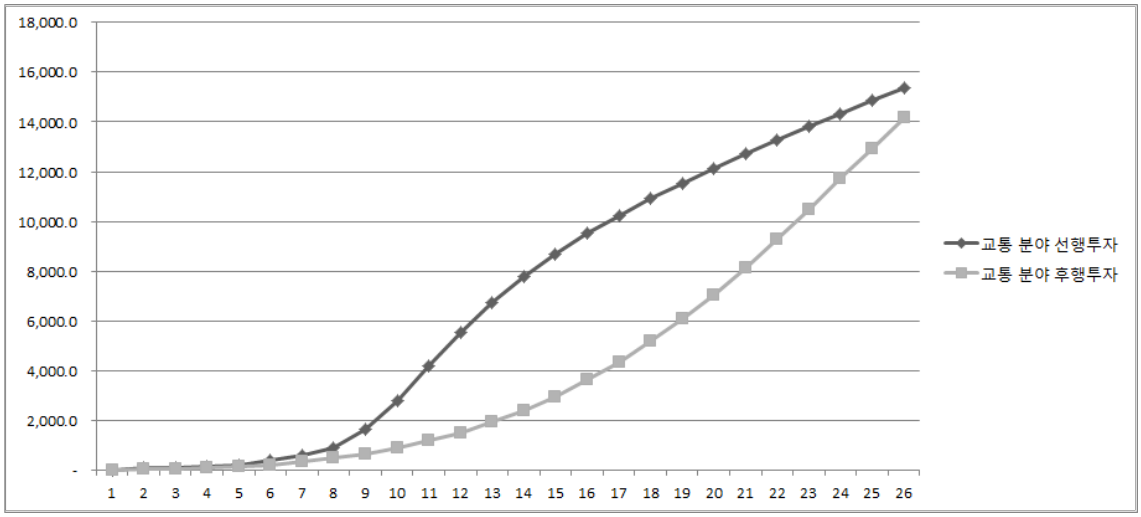
- [그림 7-3] 은 시스템다이내믹스 모형을 통해 지속적인 R&D 투자의 파급효과에 대한 효율성을 분석한 결과임.
- 기본적으로 R&D를 통해 발생하는 개발기술의 경쟁력은 R&D 투자를 통한 신기술의 진보를 통해 지속적으로 향상되지만, 시간의 흐름에 따라 기존의 개발 기술이 점차 퇴보하는 구조를 통해 형성됨.
- R&D 투자의 지속성은 기술개발의 연속성을 확보함으로써, R&D 수행역량을 강화시켜 신기술 진보를 가속화 할 뿐만 아니라, 지속 투자 없이는 사장될 수 있는 기술을 재활용·재개발함으로써 기존 기술이 퇴보하는 시간을 지연시킬 수 있는 효과를 불러옴.
- 이러한 모형 구조를 통해 지속적인 R&D 투자의 효율성을 확인할 수 있으며, 시스템다이내믹스 모델링은 분석 결과가 발생한 원인을 모형을 통해 추적함으로써, 장기적인 행태분석의 타당성을 설명할 수 있음.
- 즉, 시스템다이내믹스 모델링은 미래 예측에 대한 점 추정이 무의미한 장기적인 미래에 대해, R&D 투자 및 파급과정의 시스템의 변화를 논리적으로 설명함으로써 그 행태변화 추정에 대한 당위성을 확보할 수 있음.

● 선행 투자의 고 효율성

- R&D 사업의 경우 정부의 예산 편성 및 가용성 여부에 따라, 당해년도 투자를 차년도로 미루는 경우가 종종 발생하는 것을 볼 수 있음.
- 이는 R&D 투자의 중요성을 간과하거나, 또는 R&D 사업 특성에 대한 이해 없이 같은 금액이면 언제 투자해도 크게 상관이 없다는 인식 때문에 발생함.
- 그러나 R&D 사업은 기술 역량을 조기에 강화하고 정착함으로써 발현되는 효과가 크고, 개발된 기술을 기반으로 추가적인 신기술이 창출을 가속화하는 등 지속성과 연속성의 특징을 가지고 있음.
- 이에 따라, 같은 금액을 투자하는 경우에도 선행 투자의 효과가 크며, R&D 투자 파급효과의 특성인 순환성에 따라, 선행 투자되어 앞서 개발된 기술이 후속 기술의 이른 정착을 도모할 수 있는 것임.
- R&D 사업의 목표는 보다 선도적인 기술을 개발하고 정착시키는 것이라 볼 때, 투자 또한 선행적으로 이루어지는 것이 중요함. 즉, 투자 파급효과가 장기적으로 나타나는 특성 상, 선행 투자의 효과를 정확히 인식하지 못할 수 있으나, 투자 시점에 따라 기술 역량에 큰 차이가 있을 수 있음을 간과해서는 안 될 것임.
- [그림 7-4] 및 [그림 7-5]는 R&D 선행투자의 효율성을 보여주는 분석결과로, 1) 2011년부터 20년 간 같은 투자금액을 초기에 높은 비중을 두는 경우와, 2) 후기에 높은 비중을 두는 경우의 GDP 유발효과를 비교 분석 한 것이며, 선행 투자의 고 효율성을 확인할 수 있는 근거가 됨.

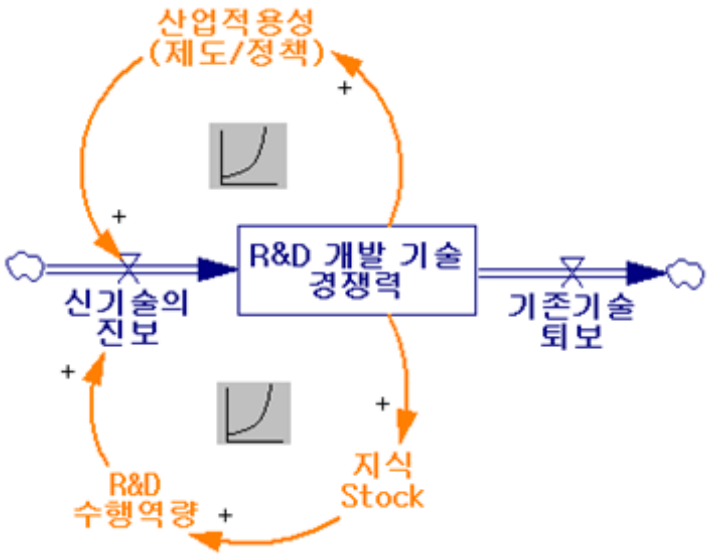


[그림 7-4] R&D 선행 투자의 효과 (건설 분야 GDP 유발 예시) [단위: 억원]



[그림 7-5] R&D 선행 투자의 효과 (교통 분야 GDP 유발 예시) [단위: 억원]

- [그림 7-6] 은 시스템다이내믹스 모형을 통해 R&D 선행 투자의 파급효과에 대한 효율성을 분석한 결과임.
- R&D 투자를 통해 발생한 R&D 개발 기술 경쟁력이 향상될수록, 지식 Stock의 축적으로 새로운 기술을 개발하기 위한 R&D 수행 효율이 향상되며, 또한 제도/정책 개발 등을 통해 산업적용 역량의 필요성이 강화되기 때문에, 신기술 진보를 가속화 할 수 있는 선순환 효과가 있음.
- 모형을 통해, 장기적인 투자 파급효과 증대를 위해서는 이와 같은 R&D 투자 파급과정에 대한 시스템이 보다 먼저 선순환 구조를 가동시키는 것이 필요하며, 이는 R&D 선행투자의 당위성을 입증할 수 있음.



[그림 7-6] 선행투자의 선순환 효과

제8장 결론

제1절 연구결과 활용방안 및 기대효과

본 연구는 시스템다이내믹스 모형을 활용한 건설교통 R&D 투자파급효과 분석 방법론을 개발하고, 시뮬레이션을 통해 건설교통 분야의 R&D 투자 파급효과 분석 및 예측을 수행하였다. 특히, 본 연구는 타 산업과의 투자 파급효과 비교 분석이 가능한 “거시적 측면의 건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형” 개발과, 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 분석이 가능한 “미시적 측면의 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 측정모형” 개발의 두 갈래로 진행되었다.

산업레벨에서의 R&D 투자 파급효과 분석은 기존의 R&D 효과 분석 및 예측에 활용되는 시계열 분석, 산업연관분석 등 실제 시계열 데이터를 활용하는 계량적 모형을 위주로 구축하였으며, 이를 새로 개발된 파급효과 지수를 통해 분석하고, 시스템다이내믹스 모델링 방법에 적용함으로써 미래의 관련 변수에 대한 동태적 변화를 추적하는데 용이하게 하였다.

가용 데이터가 부족한 건설교통 R&D 각 사업별 분석에 있어, 본 연구는 각 사업별 특성에 대한 분석 등 정성적 자료의 활용을 극대화하여 건설 R&D 투자의 파급과정을 설명하고, 건설교통 R&D 세부 사업별 파급과정 및 효과를 분석하는 시스템다이내믹스 예측 모형을 개발하였다. 또한 정성적 자료를 기반으로 변수 간 인과관계를 통해 구축되는 시스템다이내믹스 모형의 수치적 예측력 부족이란 약점을 보완할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 기 개발된 데이터 기반의 계량적 예측 모형과의 상호연동 및 계량적 예측 모형의 분석 값을 참조 데이터로 데이터 입력이 어려운 변수 값을 추정하는 방법이다.

이와 같은 모델링 방법은 정성적 자료와 정량적 데이터를 복합적으로 활용함으로써, R&D 투자의 파급과정 등 시스템 구조에 대한 이해를 가능하게 하고 장기적 예측의 수치적 정확성을 보완할 수 있다. 또한, 제안한 모델링 방법을 가용 데이터가 부족한 정부의 건설교통 R&D 세부 사업들의 투자효과 분석에 적용함으로써, 상이한 각 사업별 투자 파급과정에 대한 이해를 통해 투자효과 극대화를 위한 전략 도출 및 수치적인 예측력이 보완된 투자효과 분석에의 활용될 수 있다.

또한, 기존 R&D 투자 파급효과 분석모형은 가용 데이터 유무에 따라 주로 경제적

파급효과 분석에 초점을 맞추기 때문에, 건설교통 R&D의 파급효과 중 타 산업대비 효율이 큰 환경·사회 인프라 분야의 파급효과를 분석하기에 한계가 있었다. 이에 따라, 본 연구의 분석 방법론은 R&D 투자 및 파급과정에 대한 시스템을 변수 간 인과관계를 통해 구성하고 이에 대한 정량변수 설정 방법론을 활용함으로써, 기술혁신·환경개선·인프라효율성 증대효과 등에 대한 계량화를 가능하게 하는 데 의의가 있다.

이를 통해 도출된 본 연구결과물의 상세한 활용방안 및 기대효과는 다음과 같다.

1. 연구결과 활용방안

(1) 건설교통 R&D투자의 당위성 확보

본 연구의 결과물은 건설교통 R&D투자의 파급효과를 예측하고 이를 분석함으로써 건설교통 R&D 투자의 당위성을 확보할 수 있다. 특히, 시스템 다이내믹스 기법을 이용하여 파급효과 측정 모형을 개발하고, 모형을 기반으로 투자효과를 측정하는 과학적 방법론을 활용함으로써, 건설교통 R&D 투자 근거를 제시하는데 효과적으로 활용될 수 있다. 건설교통 R&D사업은 타 산업 대비 투자효과가 낮은 것으로 인식되고 있는데, 이는 경제적 측면에서만 접근한 관점이며, 사회 및 환경 분야에 대한 높은 파급효과를 가져올 수 있음을 상기시킬 수 있다. 뿐만 아니라 경제적 측면에서도 고용유발 및 수출효과에 큰 효과를 불러올 수 있음을 확인시킬 수 있다. 이에 따라 대외적으로 국토해양부, 기획재정부, 국회 예결위 등 R&D관련 예산당국의 합리적 판단과 우호적 지원을 확보할 수 있는 과학적인 예산투자의 근거와 효과를 제시할 수 있다.

(2) 건설교통 R&D사업 투자전략 의사결정지원

건설교통 R&D사업의 투자 결정 단계에서 투자 대안에 따라 예상되는 파급효과를 간접적으로 검토할 수 있는 투자 파급효과지수를 제공함으로써, 각 투자대안의 파급효과를 분야별 또는 종합적인 관점에서 해석할 수 있으므로 의사결정의 속도와 합리성을 향상시킬 수 있다. 또한 본 연구에서 수행한 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 분석결과를 통해 건설교통 R&D의 투자 파급효과를 극대화할 수 있는 각 세부사업별 예산 분배 뿐 아니라, 기초·응용·개발 단계별 예산 분배 의사결정에 활용될 수 있다.

(3) 기 시행된 건설교통 R&D 사업의 추적관리 체계 정립

기존의 연구 및 개발된 R&D사업의 성과측정 시스템은 사업 종료시점의 산출물을 대상으로 측정 및 평가하는 시스템으로, 연구종료 이후에 성과물이 건설교통산업에 미치는 파급효과 및 관련 타 연구에 미치는 파급·누적효과 측정 관련 연구가 미비한 실정이다. 본 연구 성과물 중 하나인 인과관계 기반의 투자 파급효과 분석모형은 기존 수행해 왔던 R&D사업의 제반 데이터와 건설교통산업의 시계열 데이터를 기반으로 구축할 뿐만 아니라, 변수 간 인과관계를 투자의 파급과정을 설명할 수 있다. 따라서 국내 사정에 맞는 R&D사업 추적관리 체계를 정립하여 국내 건설교통 R&D사업의 파급효과 분석을 가능하게 한다.

(4) 현 시행되고 있는 건설교통 R&D사업의 성과관리 체계 정립

기초연구개발사업 및 건설교통기술연구개발 사업은 짧게는 3년에서 길게는 7년까지 수행되고 있는데, 건설교통 R&D 투자에도 IT 및 친환경 관련 신기술의 발 빠른 접목이 이루어지고 있는 시점에서 초기 계획 및 설정하였던 R&D사업도 유동적으로 조정해 나갈 필요가 있다. 본 연구에서 개발하는 건설교통 R&D 투자파급효과 측정모형은 국내외 사회 및 경제적인 변화의 불확실성을 감안하며, 급변하는 현황에 맞추어 의사결정자가 R&D사업의 성과 리스크를 절감하게 하는 이론적 데이터를 제공할 수 있다.

(5) 건설교통 R&D사업투자 파급효과 시뮬레이션 시스템

본 연구의 결과인 건설교통 R&D 투자 파급효과 측정모형은 건설교통 R&D 사업의 투자에 따른 파급효과를 예측할 수 있는 시뮬레이션 시스템의 핵심 기술 및 방법론을 통해 구현되었다.

본 연구에서는 시스템 다이내믹스를 활용하여 파급과정을 설명하고, 파급효과를 측정하여 지수화 하였으므로 시스템 다이내믹스의 운용이 가능한 전문가가 활용하여 투자결정을 지원하거나 투자대안을 검토할 수 있다.

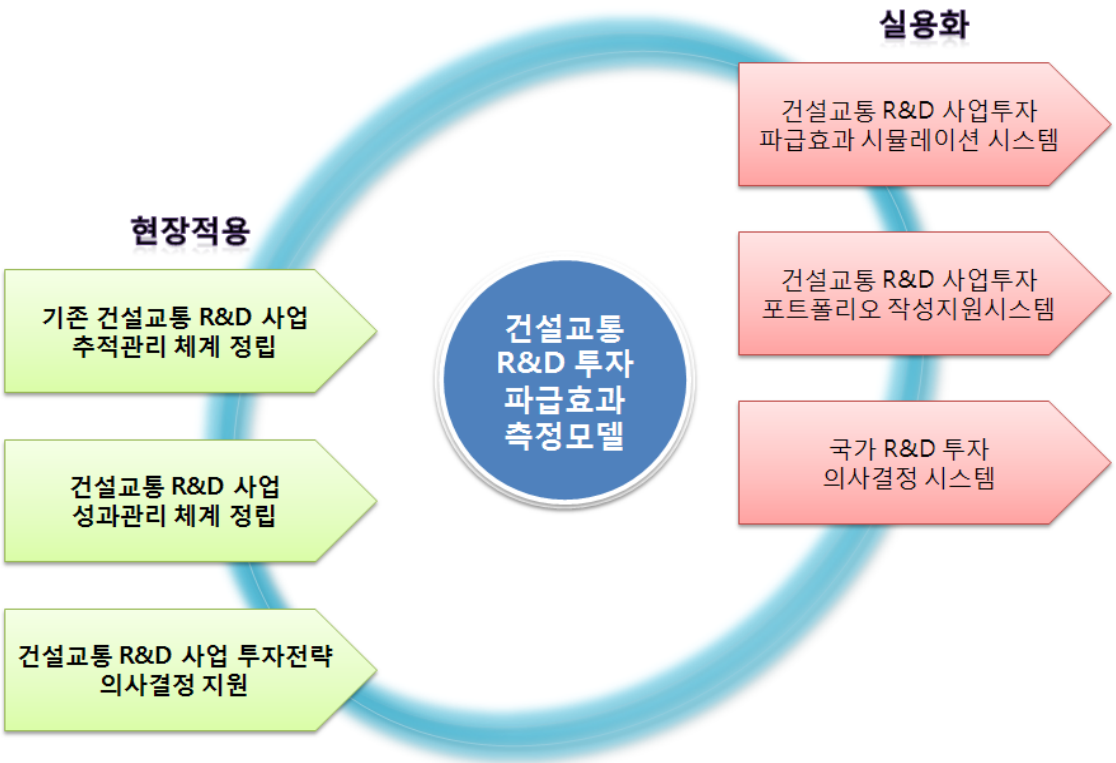
향후, 보다 활용성 높은 파급효과 분석 시스템으로 발전되기 위해서는 세분된 관련 기초자료 및 세부사업 관련 자료가 충분히 수집되어야 한다. 또한, 실무자의 사용성 개선과 빠른 투자의사결정을 위한 시스템화가 필요하며 유저인터페이스 설계 등 실용화를 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(6) 건설교통 R&D사업투자 포트폴리오 작성지원시스템

본 연구에서 분석한 R&D 투자 파급효과 분석 결과물을 시간이 지남에 따라 실제 발생하는 결과와 비교 분석함으로써 R&D 투자 파급효과 예측모형의 예측력을 지속적으로 업데이트하고, 예측 결과와 실제 결과를 지속적으로 비교·분석함으로써, 오차의 원인을 추적할 수 있다. 이러한 분석이 누적됨에 따라 건설교통 R&D사업 투자 포트폴리오로 활용될 수 있고, 이후 포트폴리오 작성지원시스템 구축이 가능할 것으로 예상된다.

(7) 국가적 차원의 R&D 투자 의사결정 시스템

본 연구의 거시적 레벨의 R&D 투자 파급효과 측정모형의 경우 건설교통 분야뿐만 아니라 타 분야의 변수를 활용하여 모델링할 경우 전 분야의 R&D 파급효과 측정이 가능하다. 이에 따라, 타 산업에도 적용이 가능하며, 더 나아가 국가적 차원의 R&D 투자 의사결정 시스템으로 활용이 가능하다. 투자 의사결정을 위한 도구로써 파급효과를 측정, 예측하여 주는 시스템은 국가단위에서 필요하므로 추가적인 연구를 통한 개발이 필요하다.



[그림 8-1] 연구결과의 활용방안

2. 연구결과 기대성과 및 파급효과

(1) R&D 투자 의사결정 소요시간 단축

본 연구의 R&D 투자 파급효과 측정모형은 현재 Microsoft Excel과 연동되어, 쉽게 투자금액을 입력하고, 각각의 파급지표의 변화 값을 손쉽게 출력할 수 있다. 또한, 투자금액의 파급효과 발현시기 및 정도 또한 출력 받을 수 있어 투자 의사결정 단계에서 신속한 대안 검토가 가능하다. 향후, 유저 인터페이스 개발 및 모형의 시스템화를 통해 더욱 신속한 대안 검토가 가능할 것으로 사료된다.

(2) R&D 투자 불확실성 감소

인과관계 기반의 R&D 투자 파급효과 예측모형을 통해 분석결과물을 추적할 수 있으며, 이에 따라 R&D 투자 성과물이 어떠한 파급과정을 통해 그 효과가 발현되는지 이해할 수 있다. 이를 통해, 향후 예상치 못한 외부자극을 함께 고려하여 R&D 성과확산 체계에 대한 이해를 바탕으로 투자 불확실성 요인을 사전에 파악하고 대응할 수 있다. 즉, R&D사업 수행의 성과 및 파급효과의 불확실성을 고려하여 의사결정자가 유동적으로 의사결정을 재고하는 선택지를 제공하여 사업성과 및 사업중지 등의 리스크를 줄일 수 있다.

(3) 장기적 관점의 투자목표 수립

변수 간 구조를 바탕으로 하는 시스템다이내믹스 기반 R&D 투자 파급효과 예측모형은 변수의 행태적 변화를 예측함으로써 장기적으로 구조적 예측 정확성을 확보할 수 있다. 이에 따라, 수치적 예측이 불가능한 장기 추세에 대한 이해를 바탕으로 장기적 관점의 R&D 투자의 동태적 파급과정을 분석함으로써 장기적 투자 목표를 수립할 수 있다.

(4) R&D 투자의 성과 증대

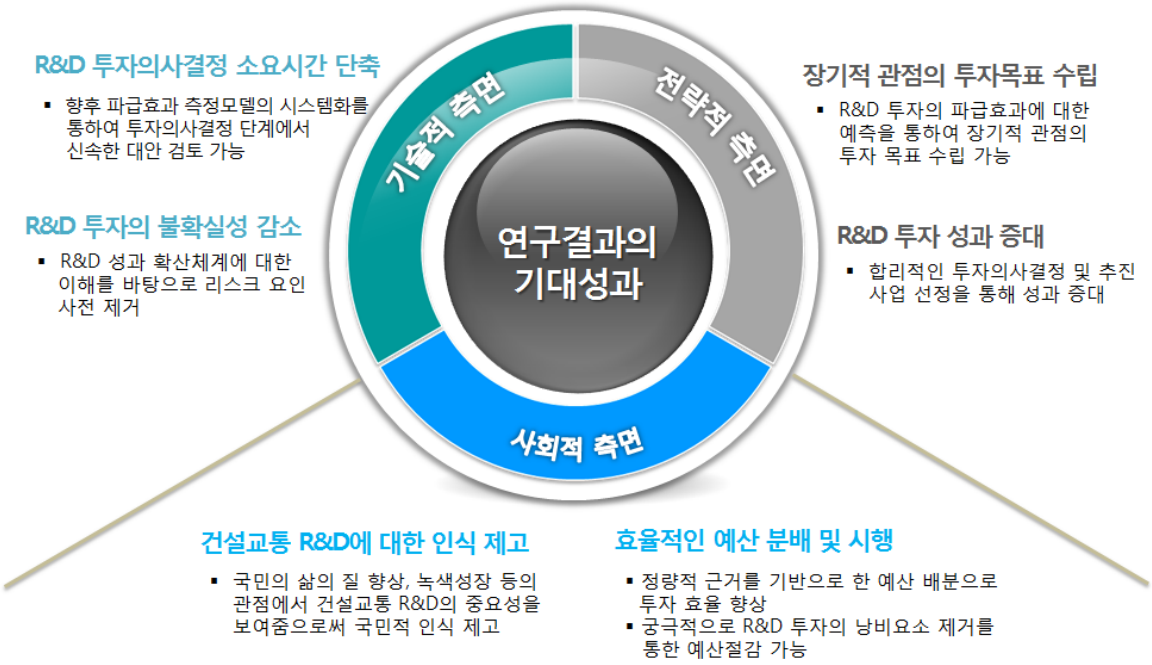
본 모형은 건설교통 R&D 사업의 특성 및 각 세부사업의 특성과 투자 파급과정에 대한 이해를 바탕으로 사업별 또는 단계별 R&D 투자 성과 증대를 위한 합리적인 전략 도출을 가능케 할 수 있다. 과거 R&D사업 수행 및 파급효과 데이터와 의사결정시점을 고려한 최적 R&D투자 포트폴리오를 도출하여 비용 및 분배적 측면에서 최적의 효율성을 얻을 수 있다.

(5) 건설교통 R&D에 대한 인식 제고

건설교통 R&D 사업 투자를 통하여 발생하는 경제적 파급효과 뿐 아니라, 사회·환경적 파급효과를 분석함으로써 지속적인 R&D 투자 및 관리의 효과를 가시적으로 표현함으로써 R&D 투자의 당위성을 확보할 수 있다. 이를 통해 투자 의사결정 지원을 가능하게 하고 장기적으로 R&D 투자의 효과를 향상시켜 국가재정의 효율적인 활용을 지원할 수 있다.

(6) 효율적인 예산 분배 및 시행

R&D 투자 파급효과 예측 모형을 통해 연구개발 성과물의 양적·질적 향상을 가능하게 하고, 파급효과를 극대화 할 수 있는 예산 배분 전략을 통해 투자효율을 향상시킬 수 있다. 이는 각 산업별 특성에 대한 이해 및 R&D 세부 사업별 특성과 그 파급과정에 대한 이해를 통해 가능하며, 정량적 근거를 기반으로 한 산업별·사업별 예산 배분으로 투자효율을 향상시킬 수 있다. 궁극적으로는 R&D 투자의 낭비요소를 제거하고, 이를 통한 예산 걸감이 가능할 것으로 기대된다.



[그림 8-2] 연구결과의 기대효과

제2절 연구의 한계점

본 연구는 기존에 R&D 투자 파급효과 예측 및 분석에 활용되었던 계량적 예측 모형 및 관련연구의 한계점인 1) 파급효과 분석을 위한 지표 및 지수 선정의 어려움, 2) 파급효과 측정에 투자 파급과정에 대한 설명력 부족, 3) 가용 데이터에 따른 모형 개발의 제한을 극복하고자 시스템 다이내믹스 방법론 및 새로 개발된 파급효과 지수를 적용하였다. 즉, R&D 투자 파급과정을 정의함으로써 모형을 개발하고, 투자 파급효과에 대한 분석을 수행하였다. 변수 간 인과관계를 기반으로 변수의 순환적·동태적 상호작용을 설명함으로써 투자 파급과정을 이해하는 데 장점이 있는 시스템 다이내믹스 방법론을 통해, R&D 사업 특성에 대한 이해를 바탕으로 다양한 투자 파급과정을 추적하고, 투자 전략을 수립하는 데 활용될 수 있게 하였다. 또한, 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석에 적합한 4개 지수 (경제발전지수, 기술혁신지수, 환경개선지수, 인프라효율성지수)를 개발하여 분석 정확성을 확보하였다. 뿐만 아니라, 본 연구는 단선적 접근으로는 반영할 수 없는 위의 R&D 투자 파급효과 특성을 SD기반의 구조적 분석을 통해 반영하였고, 정성적 자료를 기반으로 개발되는 세부사업별 분석 모형의 수치적 예측 정확성을 보완하기 위해 데이터 기반의 계량적 예측 모형과의 상호 연동체계를 제안하였다.

이처럼, 기존 연구의 한계를 극복할 수 있는 본 연구 결과에도 불구하고, 향후 본 연구결과물의 활용성을 극대하기 위해서는 다음과 같은 한계점을 극복해야 한다.

(1) R&D 투자의 경제성 평가에 대한 연구 필요

본 연구과제는 건설교통 R&D 투자의 경제·사회·환경 등 산업 전반에 대한 장·단기적 파급효과 분석을 위해 거시적인 관점의 시뮬레이션 모형을 활용하였으며, 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과 비교분석을 위해 각 사업별 세부적인 관점의 시뮬레이션 모형을 추가 구축하였다. 모형을 통한 분석은 사회 전반의 파급효과 측정을 목표로 하기 때문에 거시적 지표를 주로 활용하였으며, 이에 따라 R&D 사업의 경제성 평가 등 기존의 R&D 세부 단위에서 수행되어 온 방법론을 차용하는 대신, 산업연관분석·회귀분석·시스템다이내믹스 모델링 등을 광범위한 레벨의 분석에 활용하였다.

본 연구에서 수행하는 분석방법은 Top-Down 방식이라 정의한다면 각 R&D 분야의 경제성 평가모형 등을 활용하여 전체의 R&D 투자 파급효과를 분석하는 방식은 Bottom-Up 방식이라 칭할 수 있다. 본 연구의 방식은 전체 R&D 투자의 파급과정 및

파급효과를 한 번에 확인할 수 있다는 장점이 있는 반면, 각각의 R&D 과제별 특수성을 일부 배제하고 일반화하였다는 단점이 있다. 물론, 본 연구에서도 이러한 단점을 보완하기 위해 건설교통 R&D 세부사업별 투자 파급효과를 분석하여 건설교통 R&D 전체의 파급효과를 측정하는 Bottom-Up 방식을 도입하고, 거시적인 분석방법과 상호보완 할 수 있는 방식을 제시하였다. 그럼에도 불구하고, 향후에는 더 세부적인 레벨에서의 각 R&D 분야 경제성 평가모형을 활용하여, Top-Down 방식과 Bottom-UP 방식의 완전한 상호보완 방법을 개발하고, 분석 다양성을 극대화 할 필요가 있다.

(2) 지표와 지수의 지속적 연구발전 필요

본 연구과제를 통해 제시한 건설교통 R&D 투자효과 측정지표와 파급효과지수는 전문가자문 및 투자 의사결정자에 대한 설문, 기존 이론 및 데이터를 통해 구축되었음에도 불구하고, 그 적합성에 대해 지속적인 검증과정을 필요로 한다. 향후 완성도 있는 지표 및 지수정립을 위해 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(3) 개발환경에 따른 파급효과 모형의 확장 필요

본 모형과 분석결과는 시간의 흐름에 따라, 또는 R&D 사업을 둘러싼 관련 산업 및 사회 경제적 환경의 변화에 따라 달라질 수 있다. 비록, 본 연구모형이 이미 정립된 이론을 통한 인과관계를 통해 구축되었다 하더라도, 관련 데이터 추세 및 변수 간 구조는 사회 변화에 따라 달라질 수 있다. 따라서 향후 사회·경제적 변화를 반영하여 모형의 확장이 필요하며, 쉽게 업데이트 될 수 있도록 관련 연구가 지속되어야 한다.

(4) 체계적이고 지속적인 기초데이터 구축 필요

본 연구에서 개발한 건설교통 R&D 투자 파급효과 분석 모형은 투자 파급과정을 이해하고 추적하기 위해 정량적 데이터뿐만 아니라 정성적 자료를 활용하여, 인과관계 기반으로 구축되었다. 본 모형은 파급과정을 이해하는 데 장점이 있고, 수치적 정확성 확보를 위한 정량변수 설정 방법을 제안했음에도 불구하고, 이는 세부사업별 관련 데이터 부족에 따라 계량적 예측 모형 개발의 제약 때문에 강제된 성격이 있다. 건설교통 R&D 투자 파급효과 측정의 정확성 및 신뢰성을 향상시키기 위해서는 관련 시계열 데이터에 대한 체계적이고 지속적인 수집 및 데이터베이스화가 요구된다. 이에 따라, 인과관계 기반의 시스템 다이내믹스 분석모형과 데이터 기반의 계량적 예측모형의 상

호보완을 통해, 파급과정을 이해함으로써 장기적 행태 변화를 가능하게 할 뿐만 아니라, 수치적 정확성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

(5) 투자와 효과의 시차와 패턴에 관한 연구 필요

일반적으로 R&D 투자시점과 그 파급효과 발현시점에는 시차가 존재하며, 정확한 시차 및 발현 패턴을 규명하기 위해서는 광범위한 통계적 데이터 분석 및 추가 연구가 요구된다. 비록 본 연구의 인과관계 기반 분석모형에서는 투자 효과의 발현시기 및 정도에 대해 분석이 가능하나, 이는 제한적인 현상분석 및 이론적 근거에 기반 한 것이다. 향후, 투자와 효과의 시차에 대한 지속적인 연구를 통해 분석 정확성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

(6) R&D 파급과정에 대한 보다 체계적인 이해 필요

본 연구에서는 R&D 투자 파급과정의 5개 특성 (확산성, 순환성, 비특유성, 시차, 불확실성)을 반영하여 모형을 개발하였음에도 불구하고, R&D 수행 효율성, R&D 관리효율성, R&D 성과물의 산업 적용성에 영향을 주는 변수는 무수히 존재하고, 이러한 변수들은 R&D 투자의 파급효과 발현에 가장 큰 영향을 주는 것으로 분석된다. 이에 따라, 향후 연구에서는 R&D 수행 및 관리체계, R&D 성과물의 산업적용 방안에 대한 보다 체계적인 이해를 통해, R&D 투자 효과를 극대화 할 수 있는 전략을 제시할 필요가 있다.

뿐만 아니라, 본 연구에서는 R&D의 개발 단계별 (예: 기초연구, 응용연구, 개발연구), 적용 유형별 (예: 기술개발 연구, 제도개선 연구, 사업화 연구 등) 차별성을 반영할 수 있는 모듈을 개발하였음에도 불구하고, 본 연구가 거시적 관점의 파급효과 분석을 목표로 함에 따라, 이에 초점을 맞추었다. 향후, 각 R&D 분류별 파급과정의 차이를 보다 심층적으로 이해하고 기 개발된 모듈을 활용함으로써, 분석다양성을 확보하고 투자 파급효과 극대화 전략을 수립할 수 있는 의사결정도구가 될 수 있을 것으로 기대된다.

제9장 참고문헌

1. 보고서

과학기술정책연구원 (2003). 건설기술연구개발 성과측정에 관한 연구.

국토해양부 (2010). 국토해양 R&D 발전전략 보고서.

국토해양부 (2011). 2011년도 국토해양기술연구개발사업 시행계획

국토해양부 (2011). 2011년도 R&D사업 추진계획

김병우, 하태정 (2008). 고용창출을 위한 정부연구개발투자 정책방향, 과학기술정책연구원 보고서.

김영표, 조윤숙 (2006). 시스템 다이나믹스 기법을 이용한 균형발전평가 시범모형 개발, 국토연구원 연구보고서.

김영표, 한선희, 김미정, 김호정 (2007). 재정투자 파급효과 측정시스템 개발 및 국가발전지수 정립 연구(I), 국토연구원

박승록 (2001). 한국 제조업에서 미국, 일본 R&D 투자의 파급효과 분석, 한국경제연구원 보고서.

박재민 (2005). 연구개발투자 효과분석을 위한 계량모형 사전 연구, 과학기술정책연구원 보고서.

박지영 (2009). 국가연구개발사업 효과분석 시스템 개발, 한국과학기술기획평가원 보고서.

오동훈 (2006). 국가연구개발사업 평가제도 개선을 위한 세부기획 및 성과지표 개발 연구, 한국과학기술평가원 보고서.

윤충한, 장화탁 (2000). 정보통신 연구개발투자의 경제적 효과연구, 정보통신정책연구원 보고서.

이우성 (2008). 우리나라 R&D 투자의 산업별 효과 정택과제, 과학기술정책

한국건설교통기술평가원 (2008). 2008년 건설교통 R&D사업 성과분석.

한국건설교통기술평가원 (2009). 2009년 건설교통 R&D사업 성과분석.

한국건설교통기술평가원 (2009). 건설교통R&D성과 조사・분석・평가 및 개선방안 수립.

한국건설교통기술평가원 (2010). 2010년 건설교통 R&D사업 성과분석.

한국건설교통기술평가원 (2010). 건설교통기술연구개발사업 성과관리매뉴얼.

한국건설교통기술평가원 (2011). 2011년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획.

한국과학기술정보연구원 (2004). R&D 성과분석 및 환산체제구축, 국무총리실.

한국과학기술기획평가원 (2011). 2010 국가연구개발사업 성과분석보고서.

한국과학기술기획평가원 (2011). 2010 국가연구개발사업 성과지표.

한국과학기술기획평가원 (2011). 2010년 국가 과학기술혁신역량평가 최종본-COTIS

한선희, 김단야, 김미정 (2007). 재정투자 파급효과 측정시스템 개발 및 국가발전지수 정립 연구(II), 국토연구원

Ebrahim (2005), Applying system dynamics to confront complex decision making in R&D systems

Gints Ozolins, System Thinking for Research and Development Policy Impact Assessment in Lativia

Institue for the Study of Labor (2010), The Job Creation Effect of R&D Expenditures, Francesco Bogliacino

National Insitute of Standard Technology (2003), Methods for Assessing the Economic Impacts of Governement R&D, Gregory Tassey

National Renewable Energy Labratory (2005), michal. C. Moore

2. 논문 및 서적

권오상 (2010). “산업연관표를 이용한 R&D투자의 파급효과분석: 농림수산부문을 중심으로” 농업경제연구, 51(3), 27-45.

김도훈, 문태훈, 김동환 (1999). 시스템 다이내믹스, 대영문화사.

김동영(2011), 국토해양 분야 R&D 성과의 경제적 효과 분석 모델 개발, 대학토목학회, 31(5), 697-703

김동환 (2007). “부동산 정책에 관한 시스템 사고의 교훈”, 한국 시스템다이내믹스 연구, 8(1), pp.187-209.

김병우(2006), R&D투자가 한국경제 수출에 미치는 영향 분석, 기술경영경제학회, 14(1), 31-65

김성태(2011), 녹색성장전략 달성을 위한 산업별 R&D투자의 경제적 성과분석, 한국경제연구, 29(2), 5-50

박문서, 안창범, 이현수, 황성주 (2009). “시스템다이내믹스를 이용한 분양 제도 변화에 따른 주택 시장 영향 분석”, 한국건설관리학회 논문집, 10(3), pp.42-42.

박상혁, 정호영, 한승헌 (2009). “연구개발 사업의 특성을 고려한 건설 R&D의 정량적 성과측정” 한국건설관리학회논문집, 10(4), 119-128.

박추환(2010), 공공기관의 연구개발(R&D)투자에 대한 경제적 파급효과 분석, 산업경제연구, 23(4), 2021-2046

박헌준, 오세홍, 김상준 (2004). “국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략: 시스템 다이내믹스 접근”, 한국 시스템다이내믹스 연구, 5(2), 33-66.

박환표 (2010). “건설 R&D 성과의 경제적 파급효과 분석” 한국건축시공학회논문집, 10(3), 71-81.

박환표, 홍태훈, 진경호 (2008). “BSC를 이용한 건설R&D 스타기술의 성과분석 방법론 개발” 한국건설관리학회논문집, 9(5), 194-203.

사공진(2010), 정부 R&D 지원의 기업 R&D 투자에 대한 효과 분석, 보건행정학회지, 20(1), 183-203

서인석, 이동규 (2010). “R&D 투자정책의 국가생산성증대 효과분석: System Dynamics를 활용한 시뮬레이션 분선” 정부학연구, 16(2), 91-121.

서환주(2010), 공공부문의 R&D 투자가 IT 산업에 미치는 파급효과 분석, 정보화정책, 17(1), 63-77

신범철(2010), R&D투자와 수출의 생산효율성 제고 효과, 기업경영학회, 17(11), 1-21

송종국(2009), R&D 투자촉진을 위한 재정지원정책의 효과분석, 기술경영경제학회, 17(1), 1-48

신범철 (2010). “DPD모델을 활용한 R&D투자의 생산성 효과분석: 하이텍산업과 저기술산업의 비교” 생산성논집, 24(1), 183-204.

신범철, 이의영 (2010). “R&D투자와 수출의 생산효율성 제고 효과: SFA기법을 활용한 실증 분석” 한국기업경영학회, (17)1, 1-21.

안동환(2006), 식품제조업에서 연구개발 투자의 산업 및 공간 파급효과, 지역연구, 22(3), 57-76

이경석(2006), 시차분석을 통한 정보통신산업 연구개발투자가 총요소생산성에 미치는 효과 연구, 한국통신학회, 31(2B), 154-163

이우성(2010), R&D 투자의 총요소생산성 효과에 대한 국제비교 : 우리나라와 OECD 및 주요국가를 중심으로, 한국생산성학회, 24(3), 291-318

장진규(1993), 국내 제조업 연구개발투자의 파급(Spillover)효과 분석, 기술경영경제학회, 1(1), 170-185

조윤숙 (2012). “건설교통 R&D투자의 에너지절감 및 CO2 배출감소 효과분석” 시스템다이내믹스학회 2012 하계 정기학술발표대회 발표자료.

최종서 (2009). “연구개발투자의 경제적 시차효과에 대한 시계열분석” 회계학연구, 34(1), 67-105.

황성주, 박문서, 이현수, 윤유상 (2010a). “주택담보대출 규제 완화에 따른 부동산시장 영향 분석: 시스템다이내믹스 모형 개발”, 한국건설관리학회논문집, 11(1), pp.1-12.

황성주, 박문서, 이현수, 김현수 (2010b). “시스템다이내믹스 시뮬레이션을 이용한 주택 수요 조절 정책의 타당성 평가.”, 한국건설관리학회논문집, 11(5), pp.32-40.

Ahmad, S. and Simonovic, S. (2000). “System Dynamics Modeling of Reservoir Operations for Flood Management.“, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 14(3), pp.190-198.

Bilbao-Osorio, B. (2008). Assessing the socio-economic impacts of public R&D, Workshop on Assessing the Socio-economic Impacts of Public R&D Investment, OECD.

Law, A., and Kelton, W. D. (2006). Simulation Modeling and Analysis, 3th, McGraw-Hill, pp. 1-11.

Liu, C. C. (2011). “A Study for Allocating Resources to Research and Development Programs by Integrated Fuzzy DEA and Fuzzy AHP”, Scientific Research and Essays, 6(19), 3973-3978.

Park, Moonseo, Lee, Man-hyung, Lee, Hyun-soo, and Hwang, Sungjoo (2010). “Boost, Control, or Both of Korean Housing Market: 831 Countermeasures.”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 136(6), pp.693-701.

Richardson, G. (1985) “Introduction to the System Dynamics Review.” System Dynamics Review, 1(1), 1-13.

Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics, Boston: Irwin Mcgraw-Hill, pp.191-232.

Volinskiy, D., Veeman, M., and Adamowicz, W. (2011). "Allocation of Public Funds to R&D: A Portfolio Choice-Styled Decision Model and a Biotechnology Case Study" Decision in Economics and Finance, 34(2), 121-139.

Williams, T. 2002. Modelling Complex Projects, Wiley, New York, 167 - 210.

3. 사이트

국토해양부. “국토해양부 통계 서비스.” [http://www.mltm.go.kr/] (2012.05.17).

국가과학기술위원회. “과학기술통계.” [http://www.nstc.go.kr/nstc/index.jsp] (2012.05.17).

에너지경제연구원. “에너지통계” [http://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html] (2012.05.17.).

통계청. “e-나라지표” [http://www.index.go.kr/egams/index.jsp] (2012.07.30).

한국은행. “한국은행 경제통계시스템” [http://ecos.bok.or.kr/] (2012.07.30.).

〔부록〕

부록 1. 거시적 파급효과모형

부록 2. 세부사업별 파급효과모형

부록 3. 세부사업별 Display화면

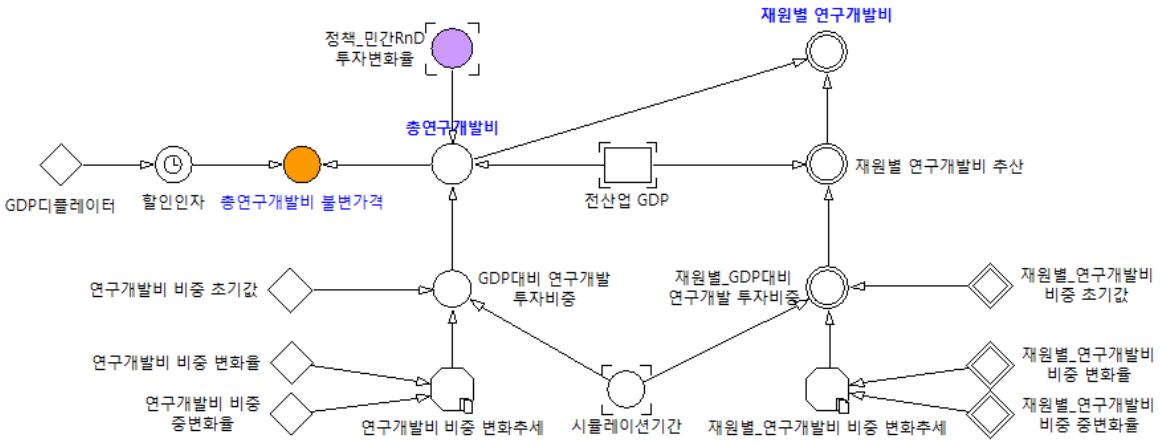
부록 4. 변수 간 인과관계 및 근거

부록 5. 타 방법론과 비교한 모형 검증결과 (GDP예시)

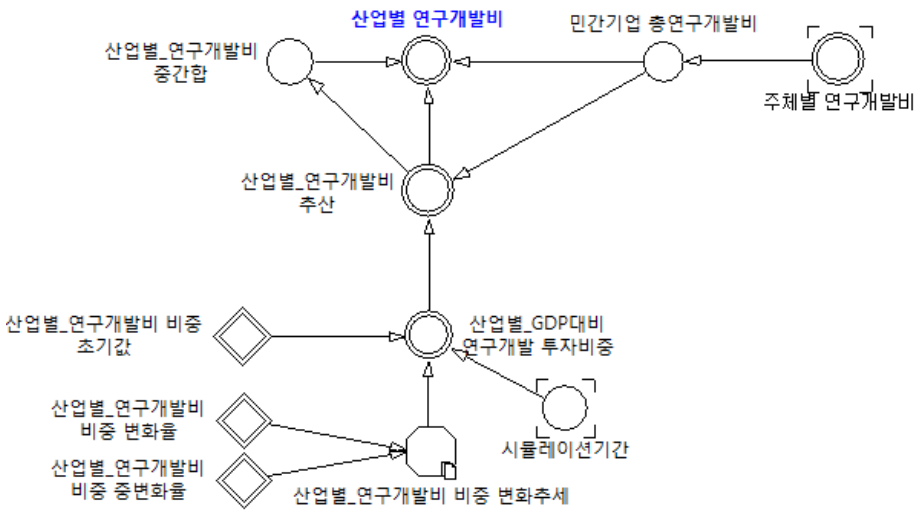
부록 6. 모형에 사용된 Database Update 방안

부록 1. 거시적 파급효과모형

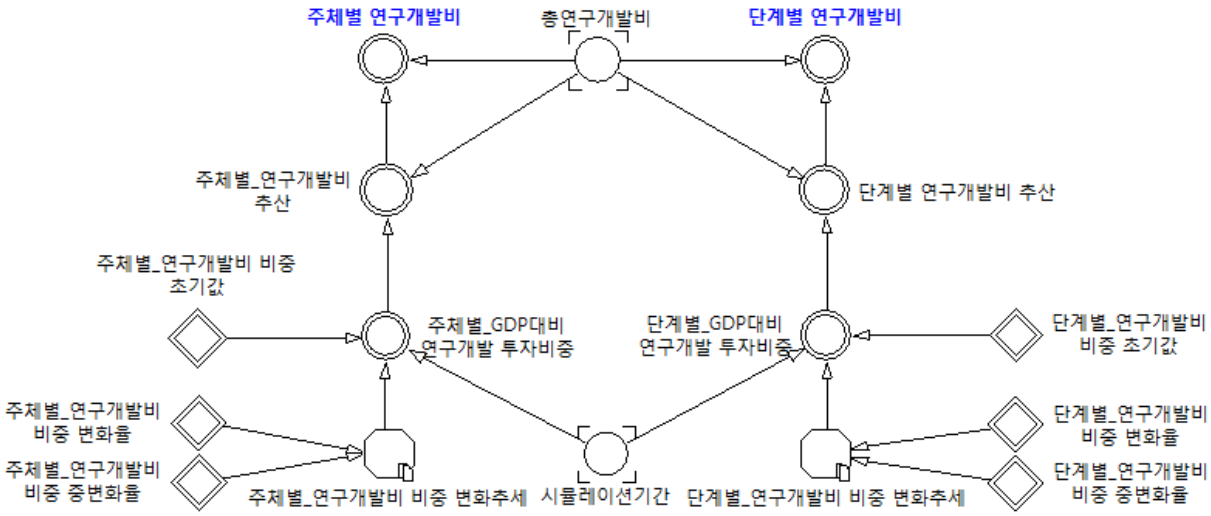
(1) R&D투자 모형



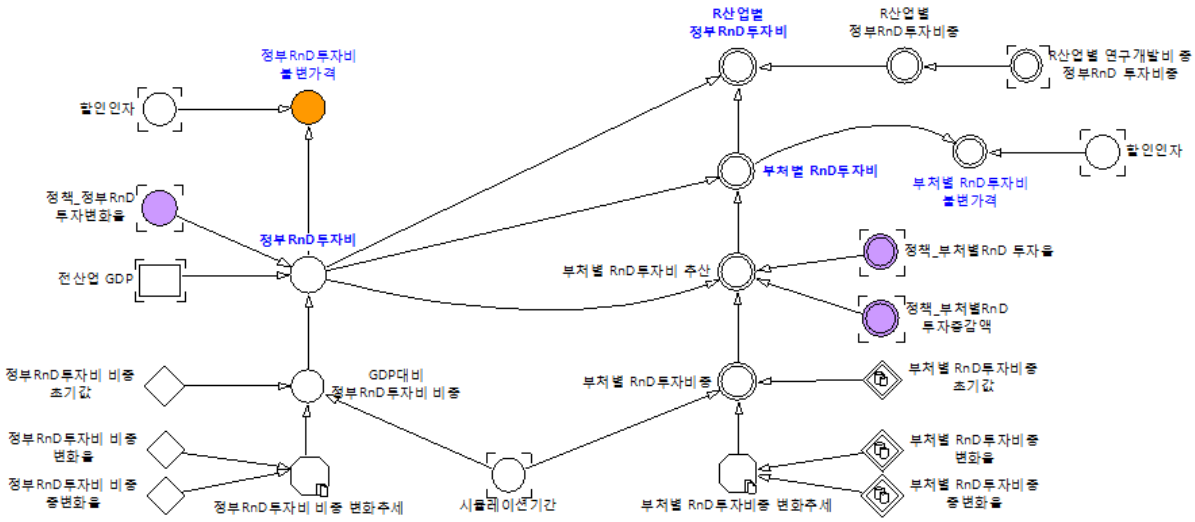
[부록그림 1-1] 재원별 정부 및 민간 R&D 투자액 모형



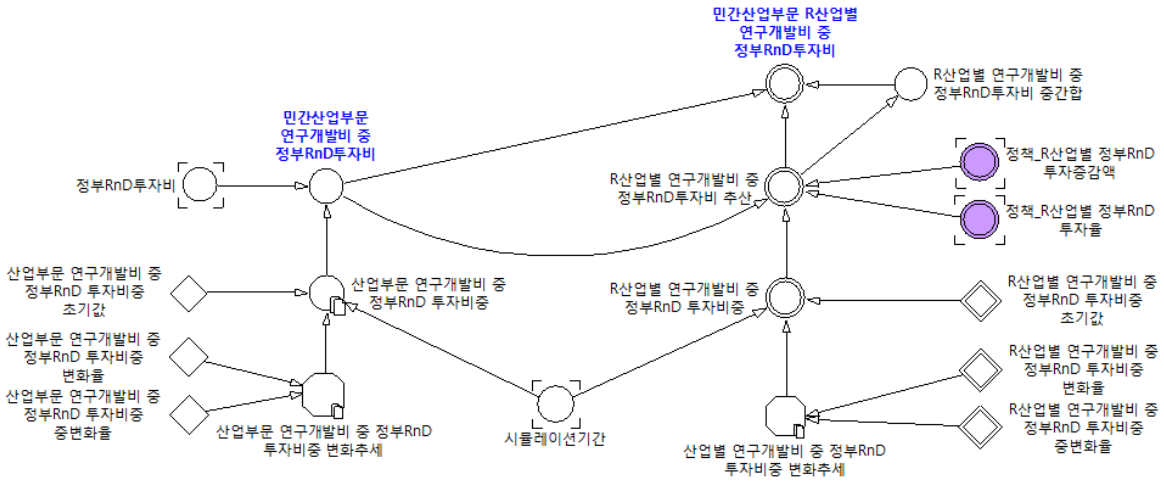
[부록그림 1-2] 산업별 정부 및 민간 R&D 투자액 모형



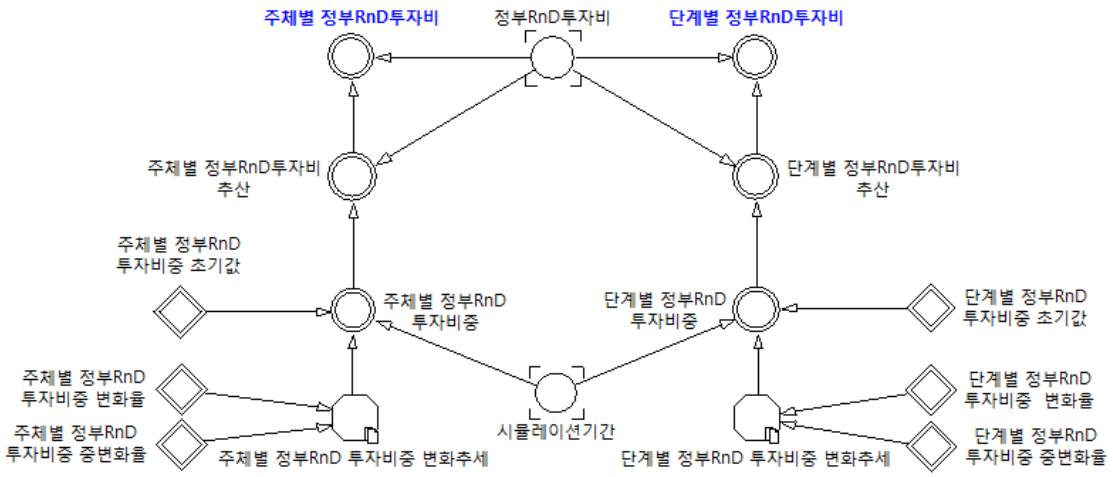
[부록그림 1-3] 주체별/단계별 정부 및 민간 R&D 투자액 모형



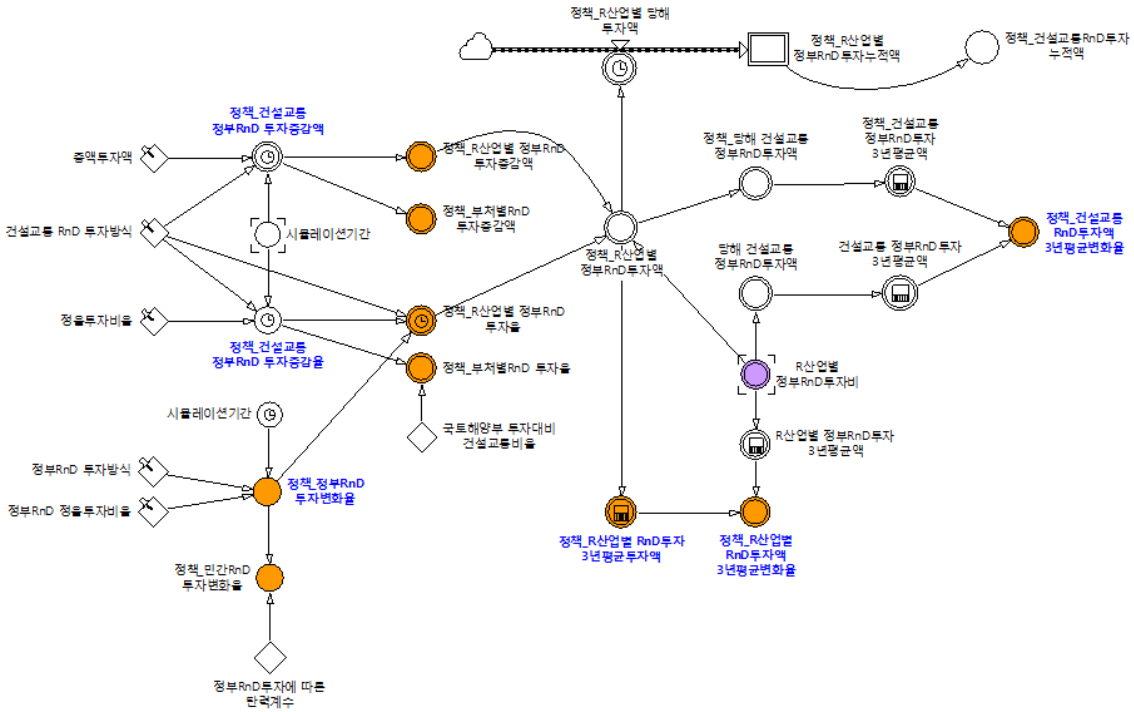
[부록그림 1-4] 부처별 정부 연구개발비 모형



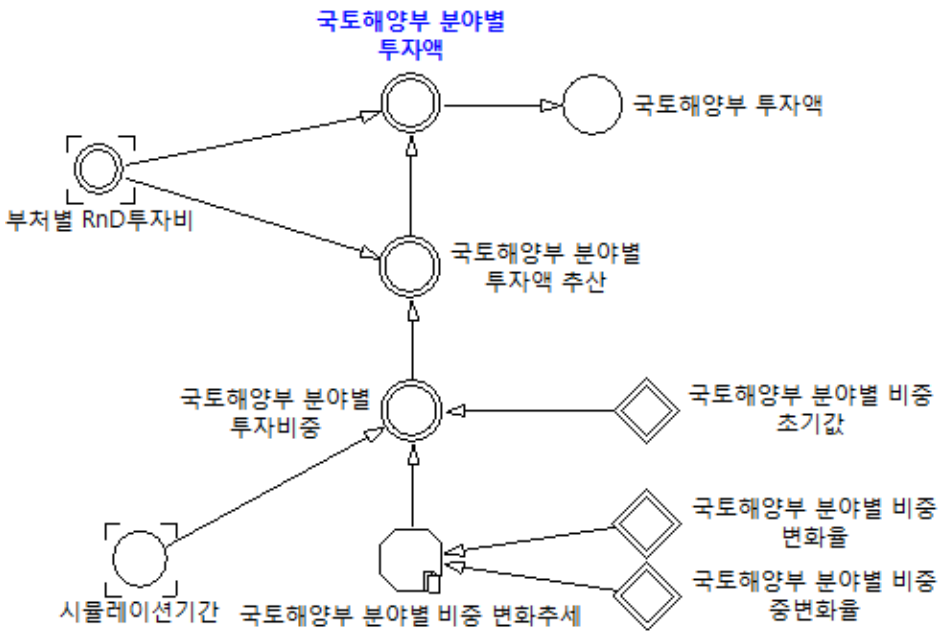
[부록그림 1-5] 산업별 정부 연구개발비 모형



[부록그림 1-6] 주체별/단계별 정부 연구개발비 모형

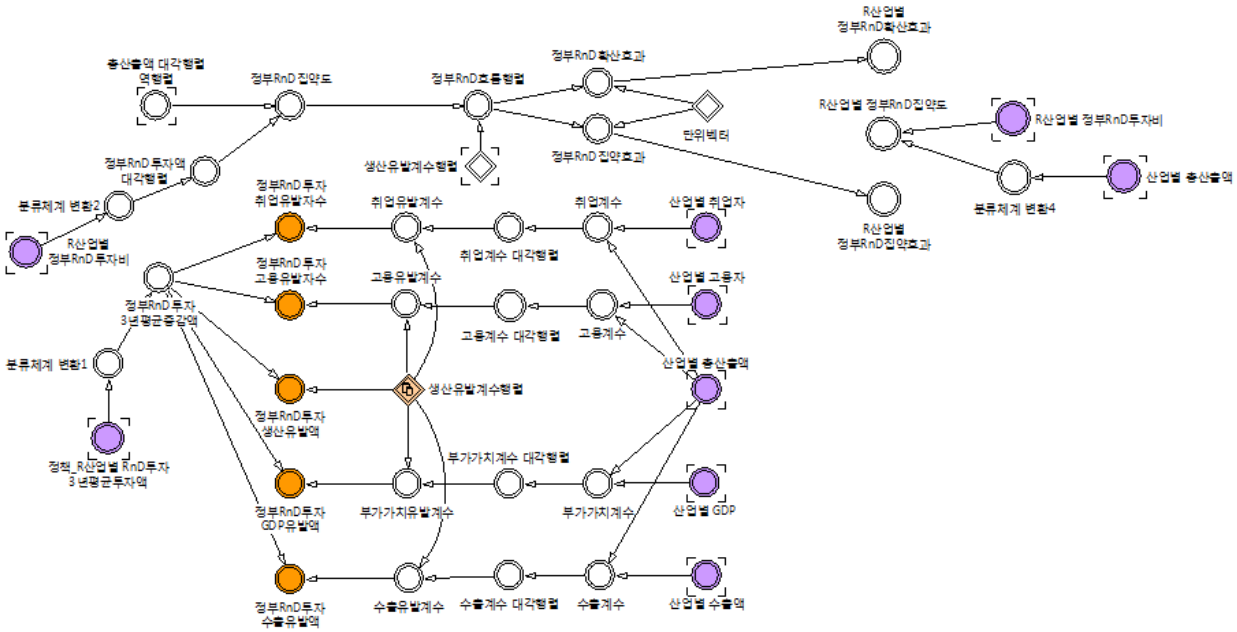


[부록그림 1-7] 정부 연구개발비 투자모형

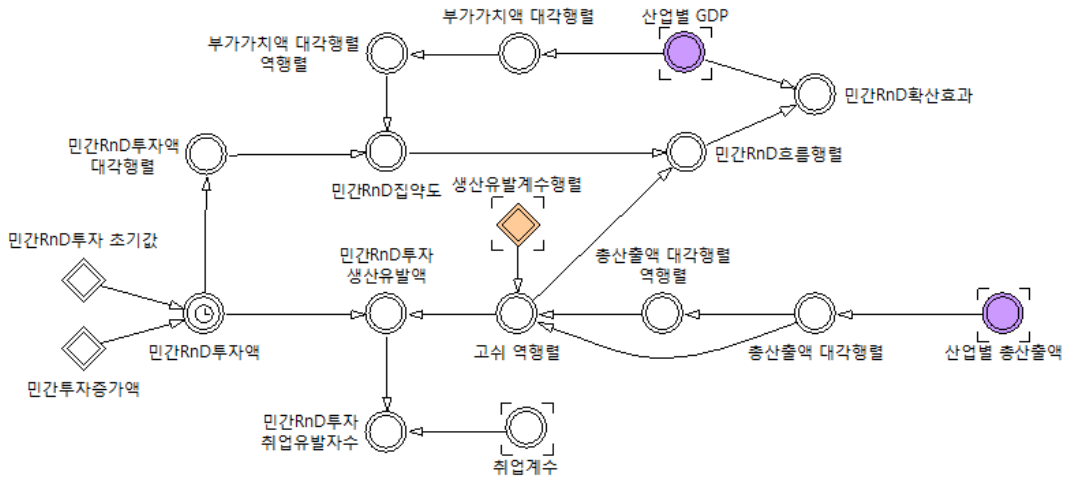


[부록그림 1-8] 국토해양부 연구개발비 투자모형

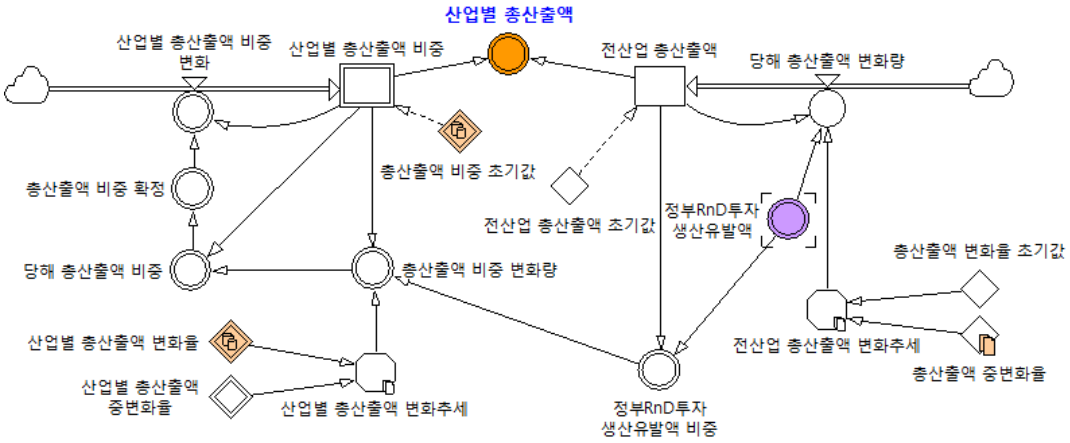
(2) R&D투자 파급과정 모형



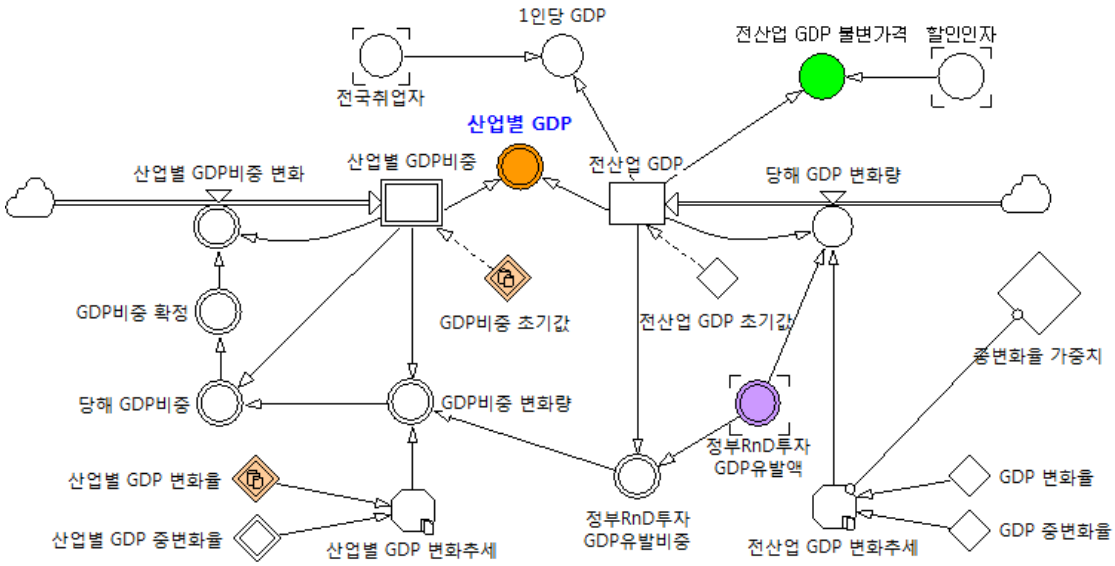
[부록그림 1-9] 산업연관분석 부문모형 part 1



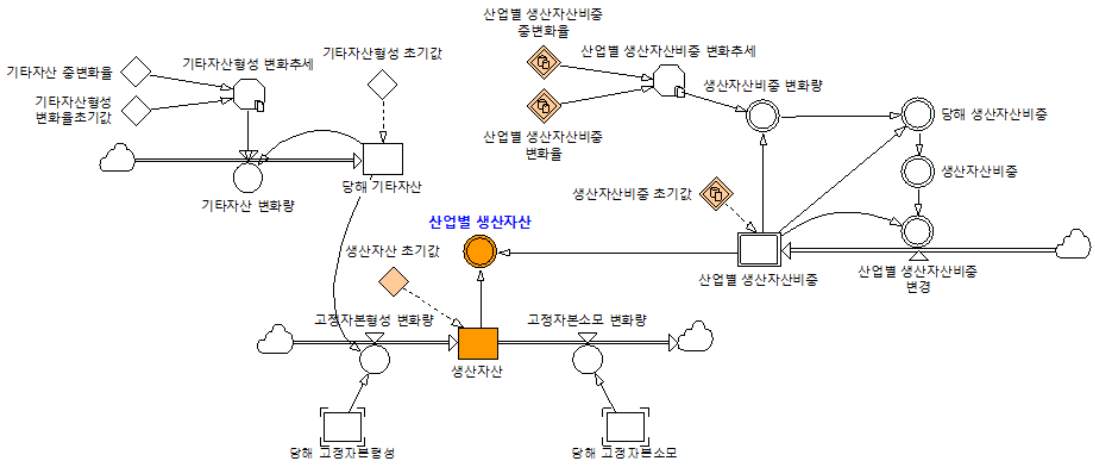
[부록그림 1-10] 산업연관분석 부문모형 part 2



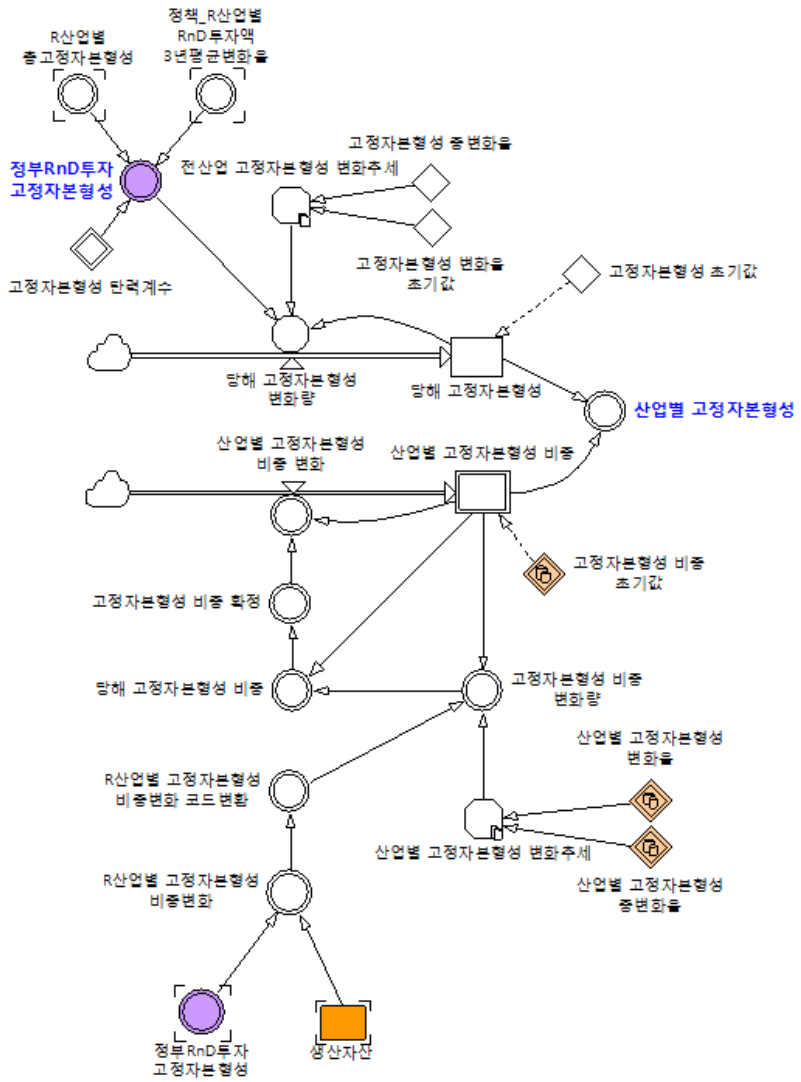
[부록그림 1-11] 산업별 총산출액 모형



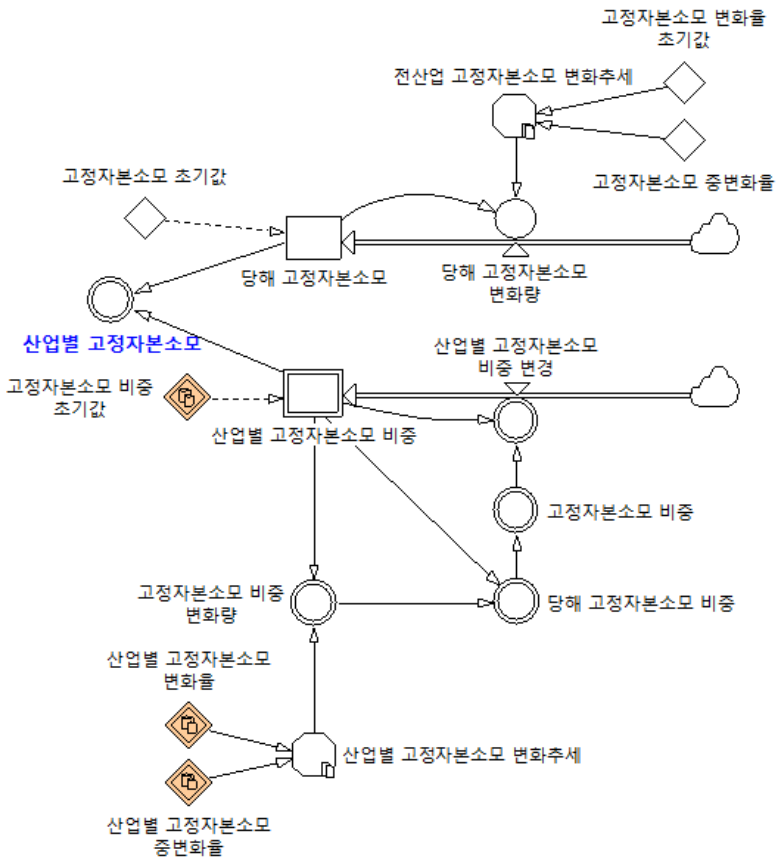
[부록그림 1-12] 산업별 GDP 모형



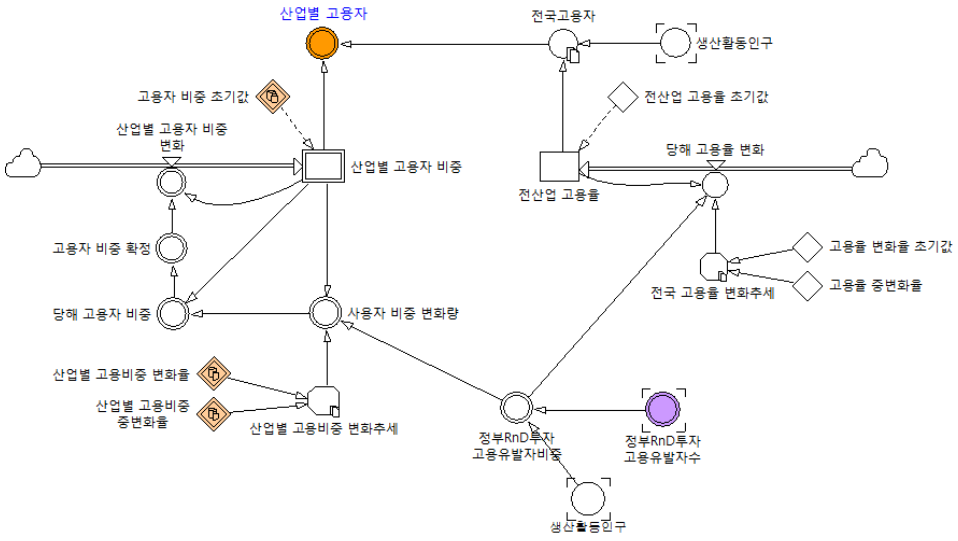
[부록그림 1-13] 산업별 생산자산 모형



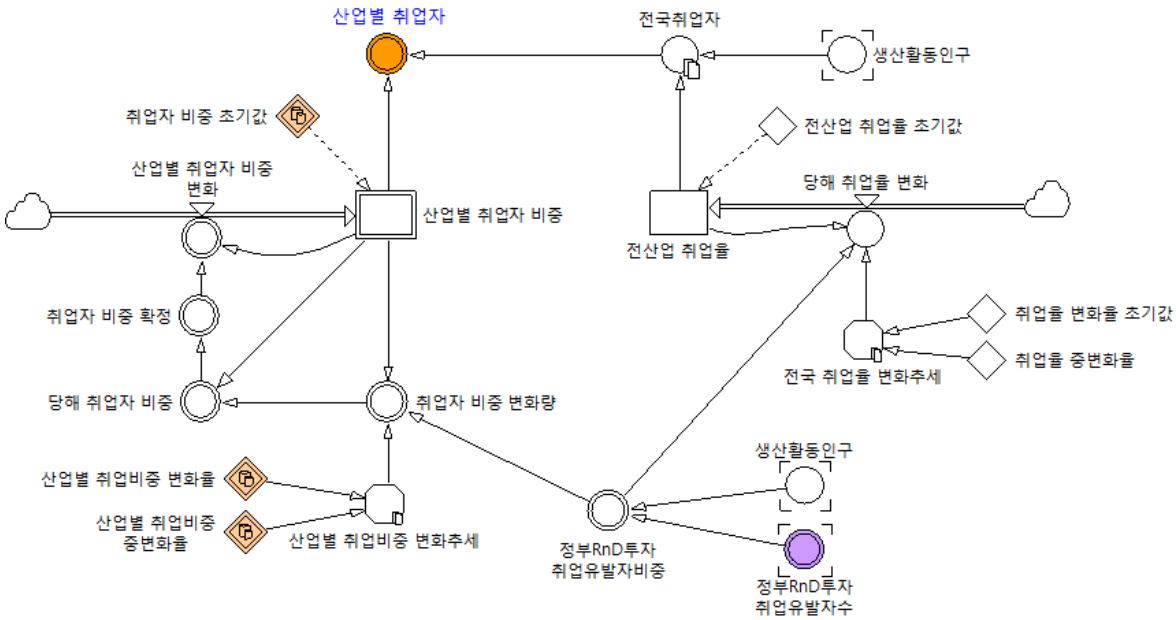
[부록그림 1-16] 산업별 고정자본형성 모형



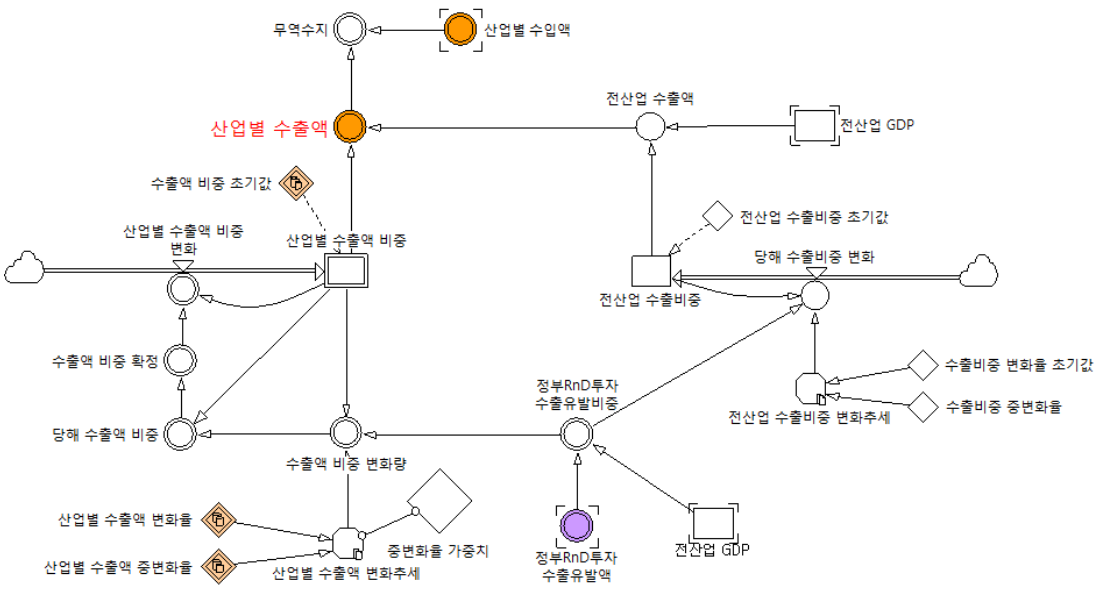
[부록그림 1-17] 산업별 고정자본소모 모형



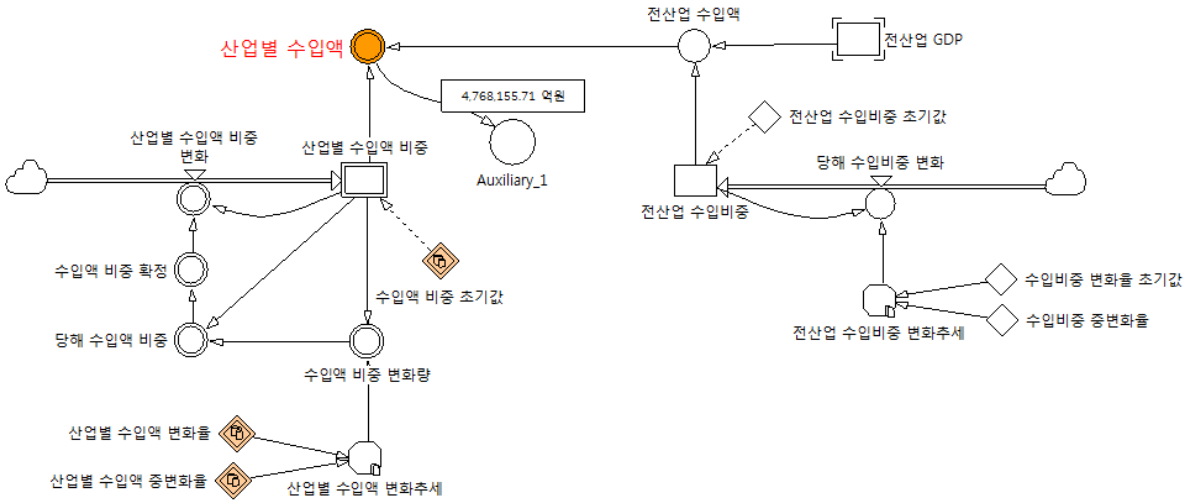
[부록그림 1-18] 산업별 고용자 모형



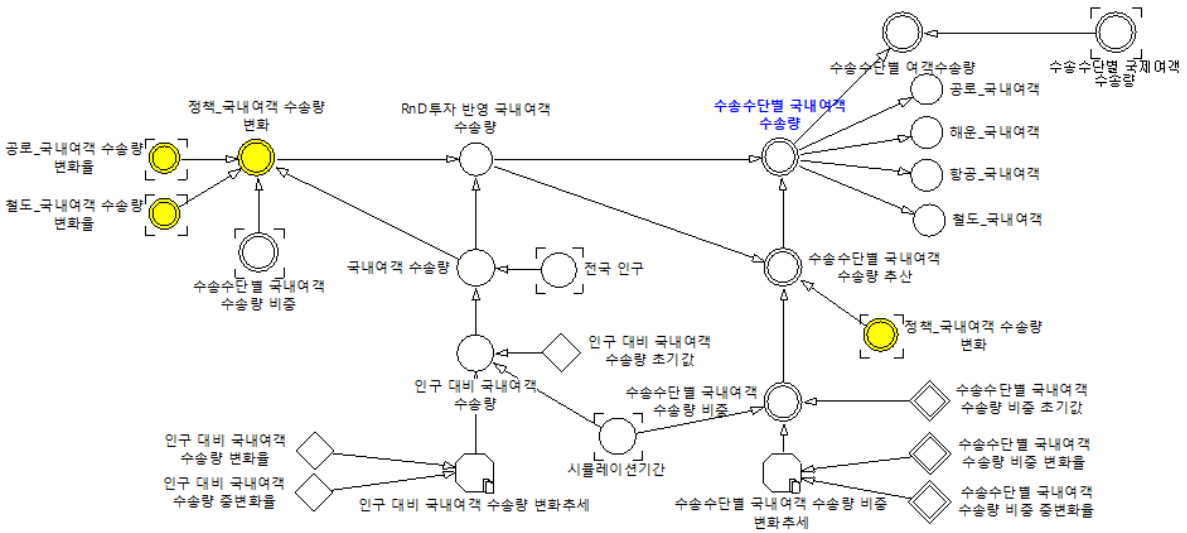
[부록그림 1-19] 산업별 취업자 모형



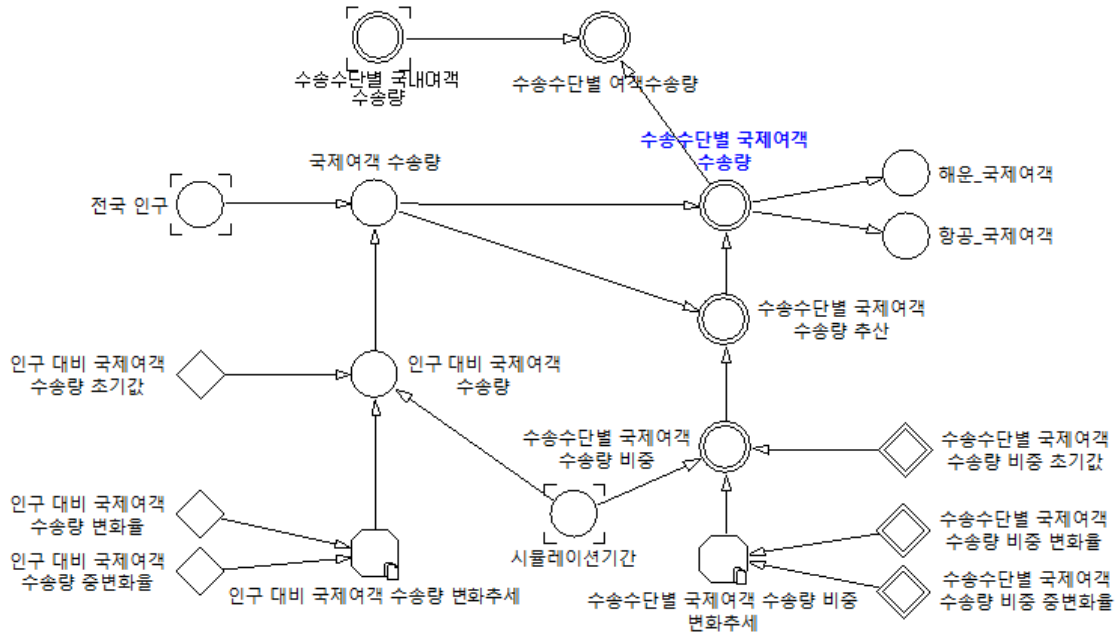
[부록그림 1-20] 산업별 수출액 모형



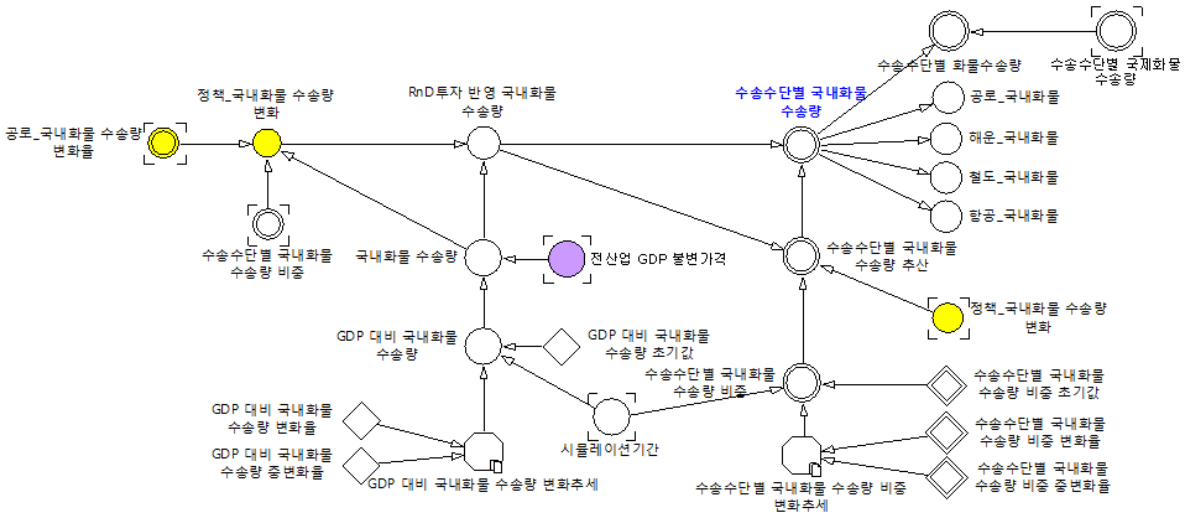
[부록그림 1-21] 산업별 수입액 모형



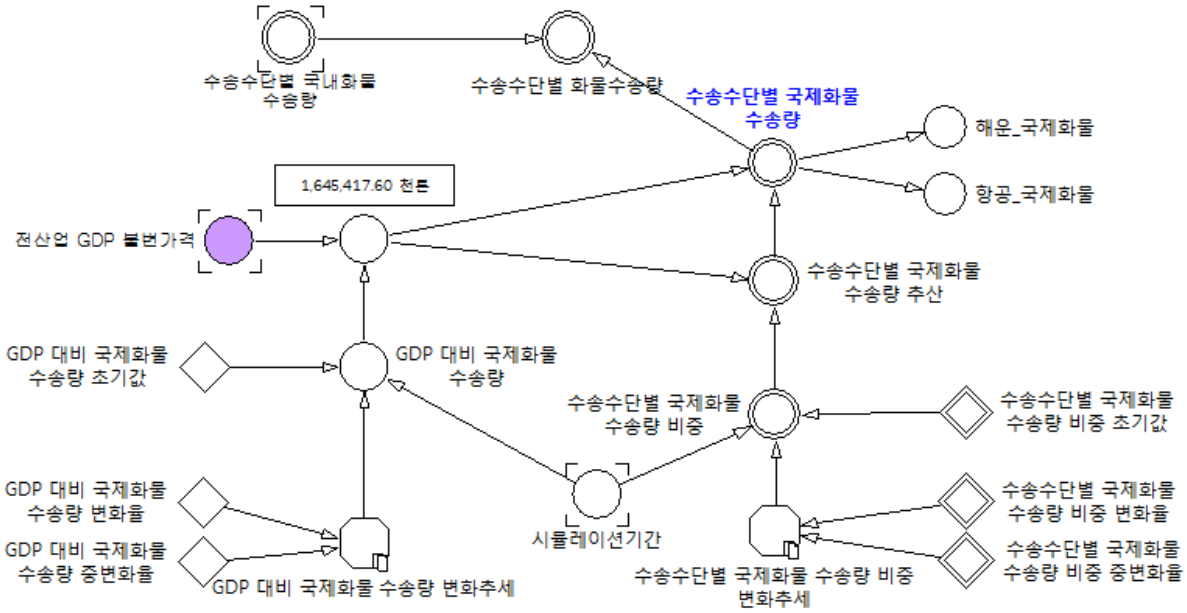
[부록그림 1-22] 국내 여객수송량 모형



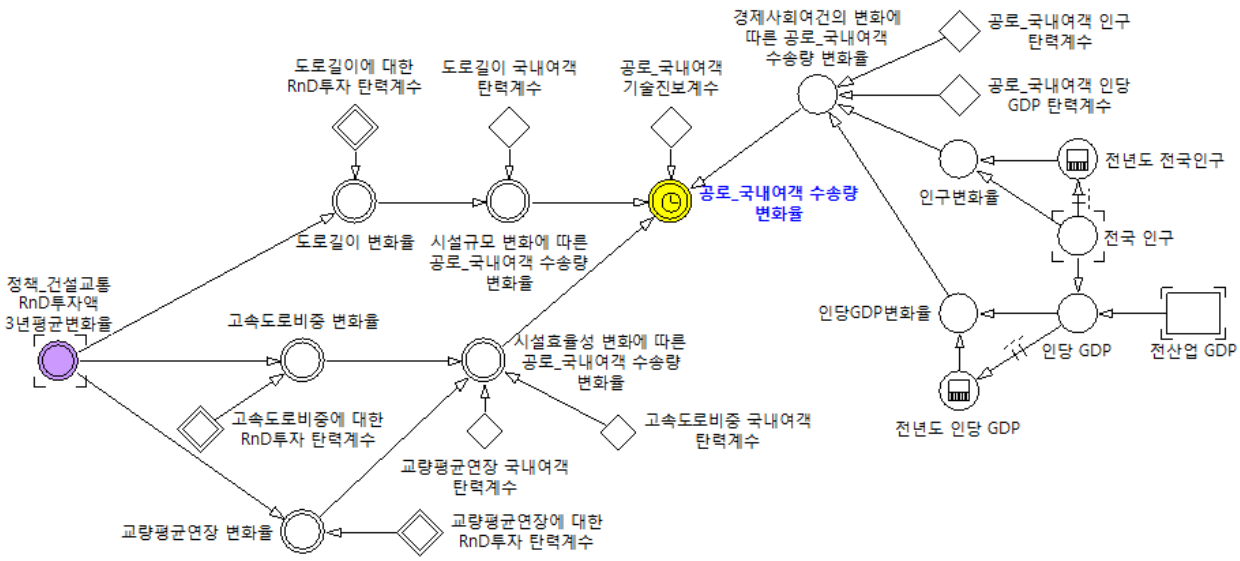
[부록그림 1-23] 국제 여객수송량 모형



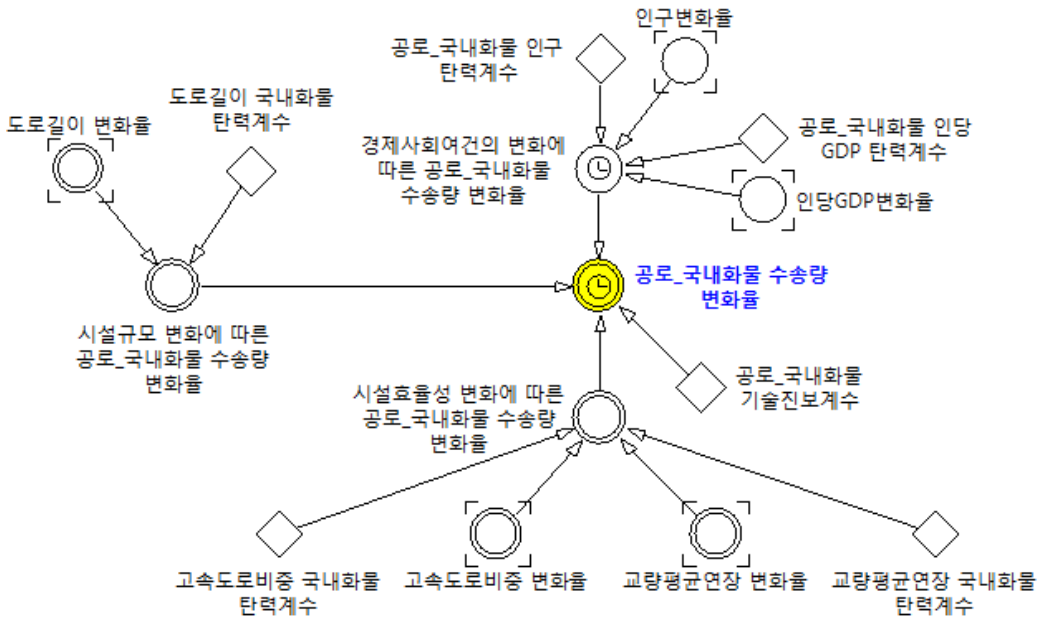
[부록그림 1-24] 국내 화물수송량 모형



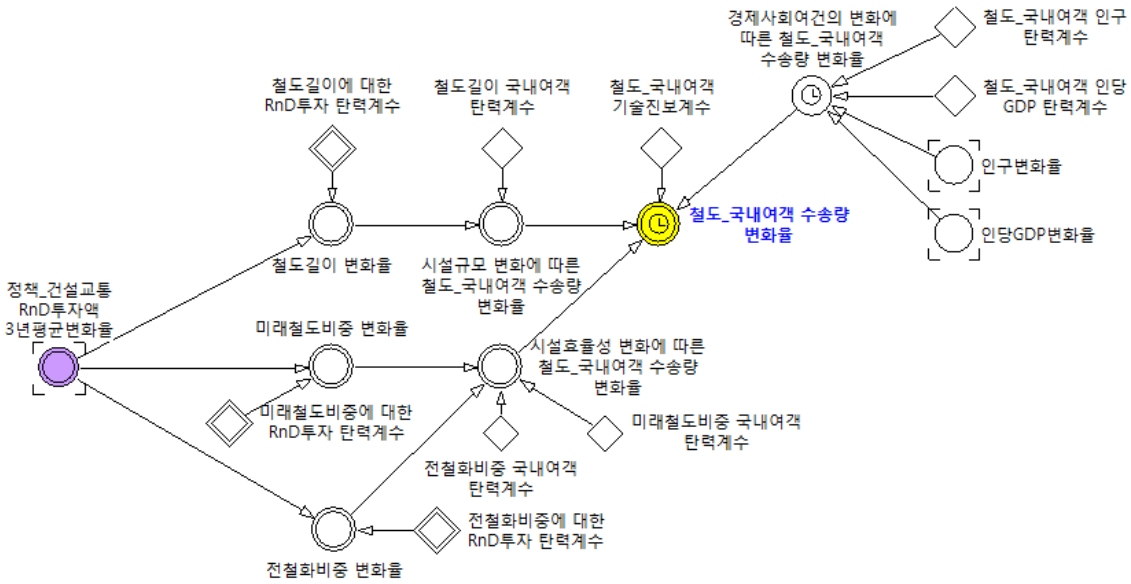
[부록그림 1-25] 국제 화물수송량 모형



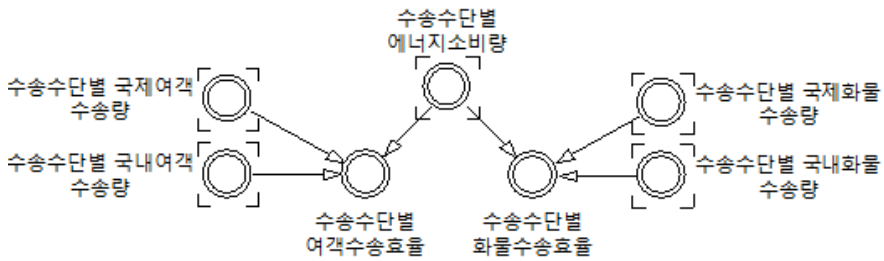
[부록그림 1-26] 국내여객 도로량 모형



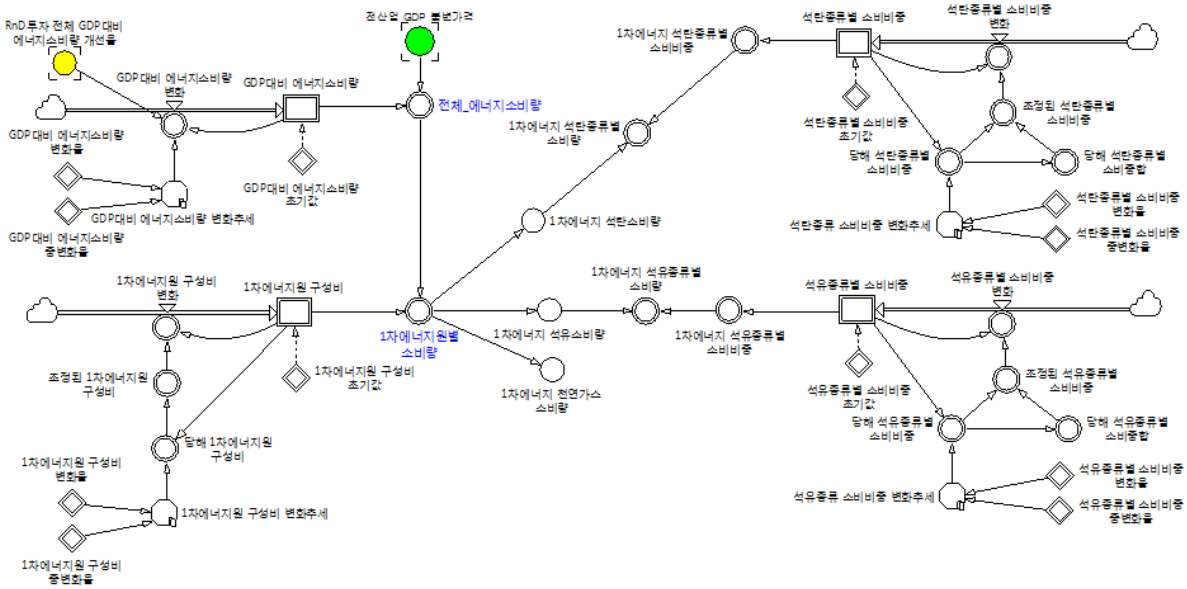
[부록그림 1-27] 국내화물 도로량 모형



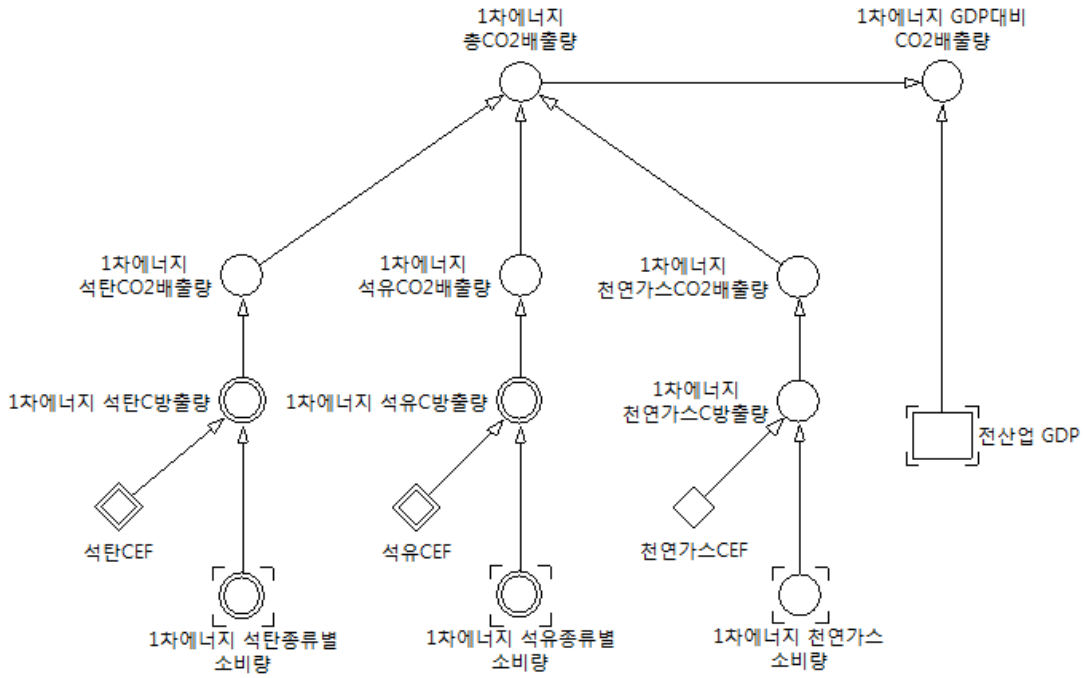
[부록그림 1-28] 국내여객 철도량 모형



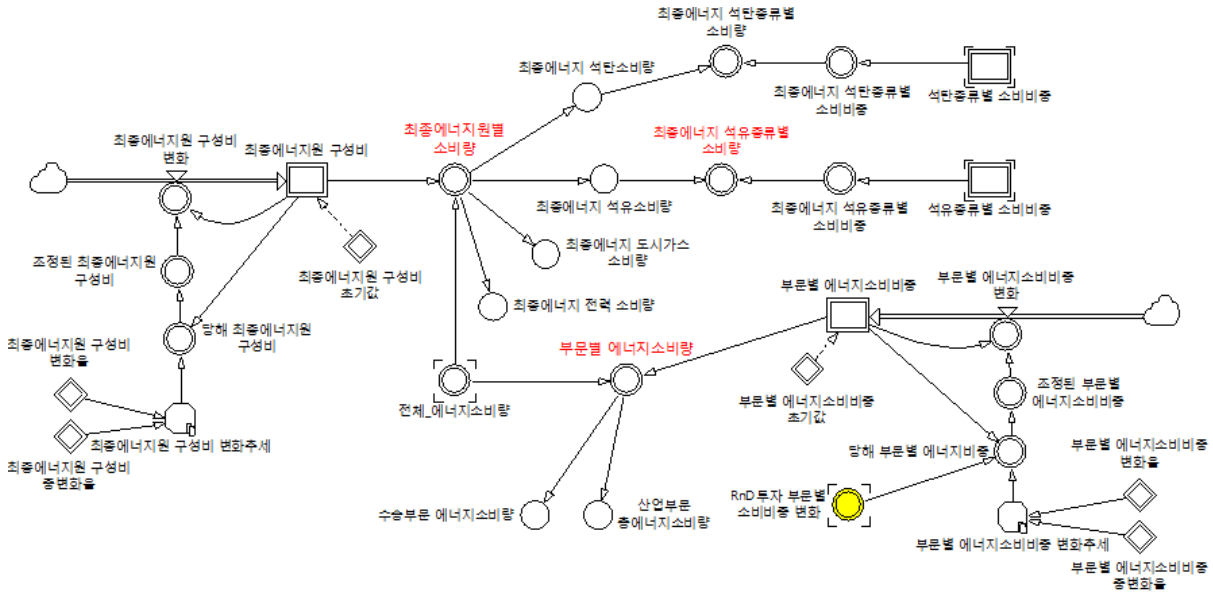
[부록그림 1-29] 수송수단별 에너지소비량 모형



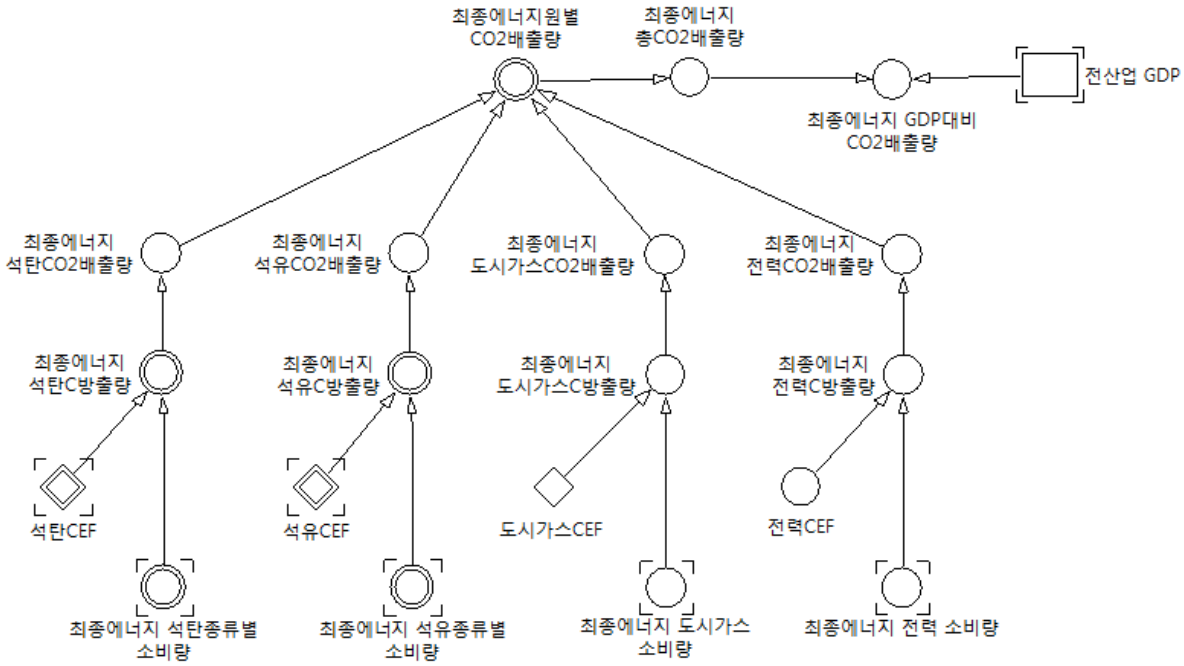
[부록그림 1-30] 1차 에너지원별 에너지소비량 모형



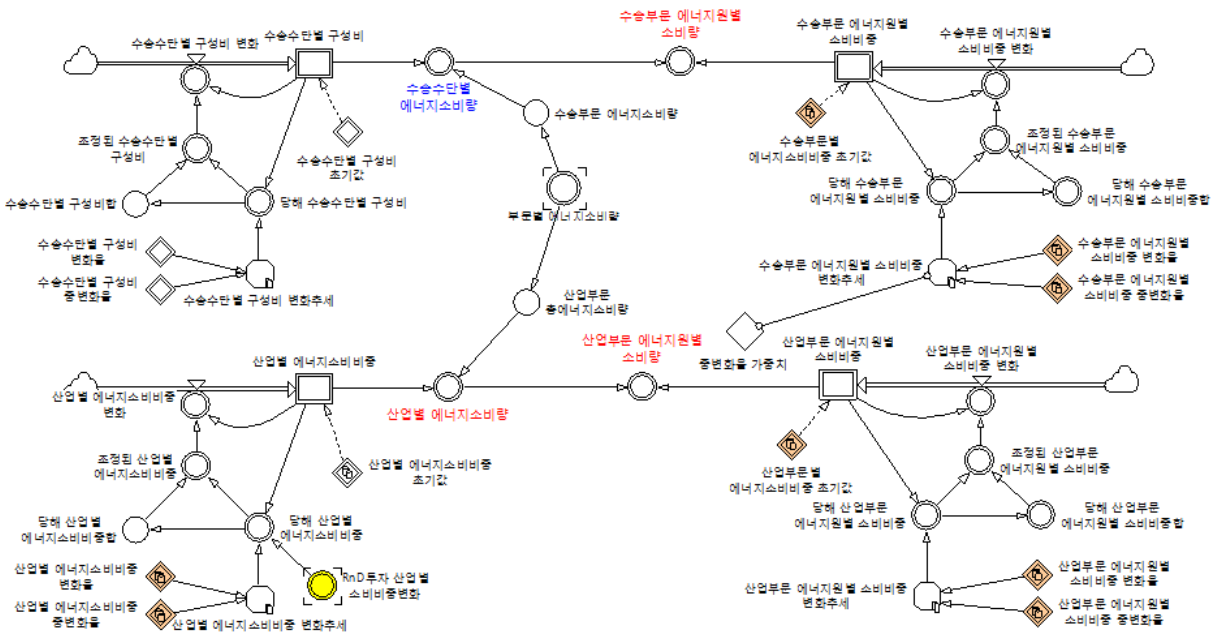
[부록그림 1-31] 1차 에너지 GDP대비 CO2 배출량 모형



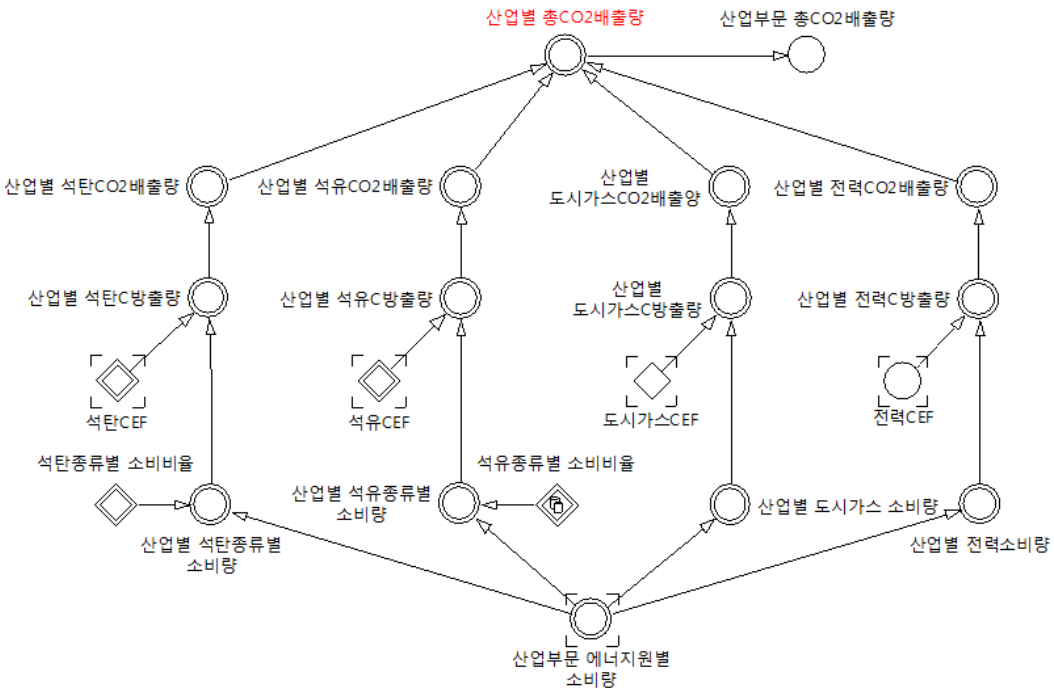
[부록그림 1-32] 최종 에너지원별 소비량 모형



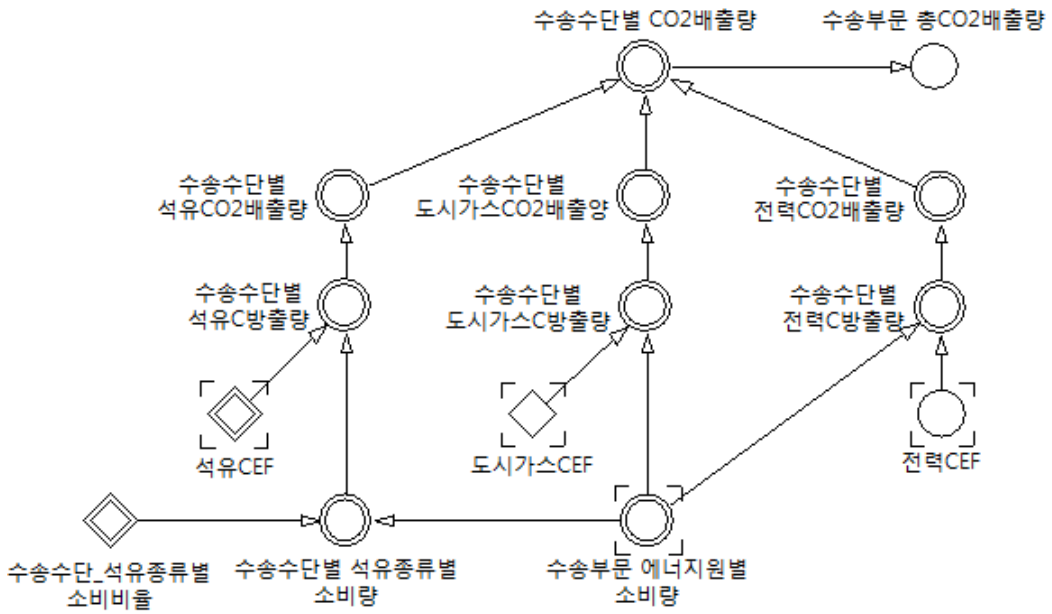
[부록그림 1-33] 최종에너지 GDP대비 CO2 배출량 모형



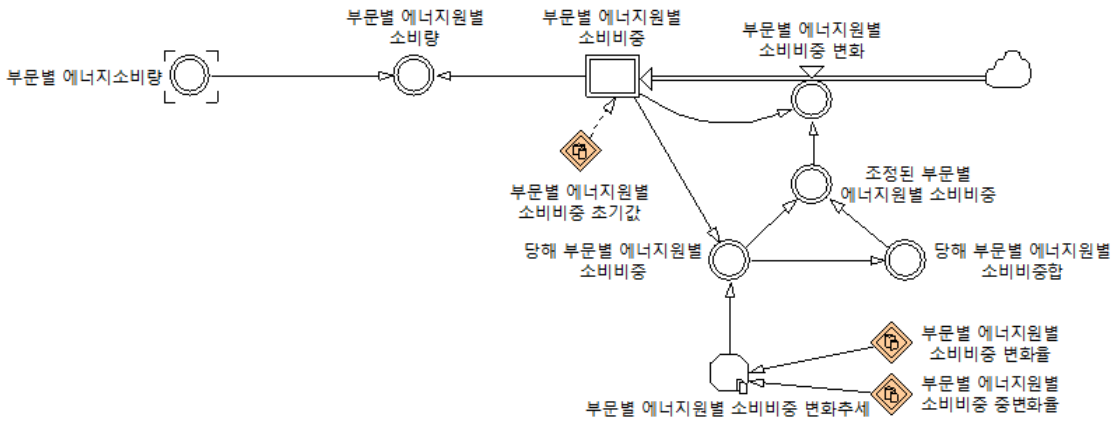
[부록그림 1-34] 산업부문/수송부분 에너지원별 소비량 모형



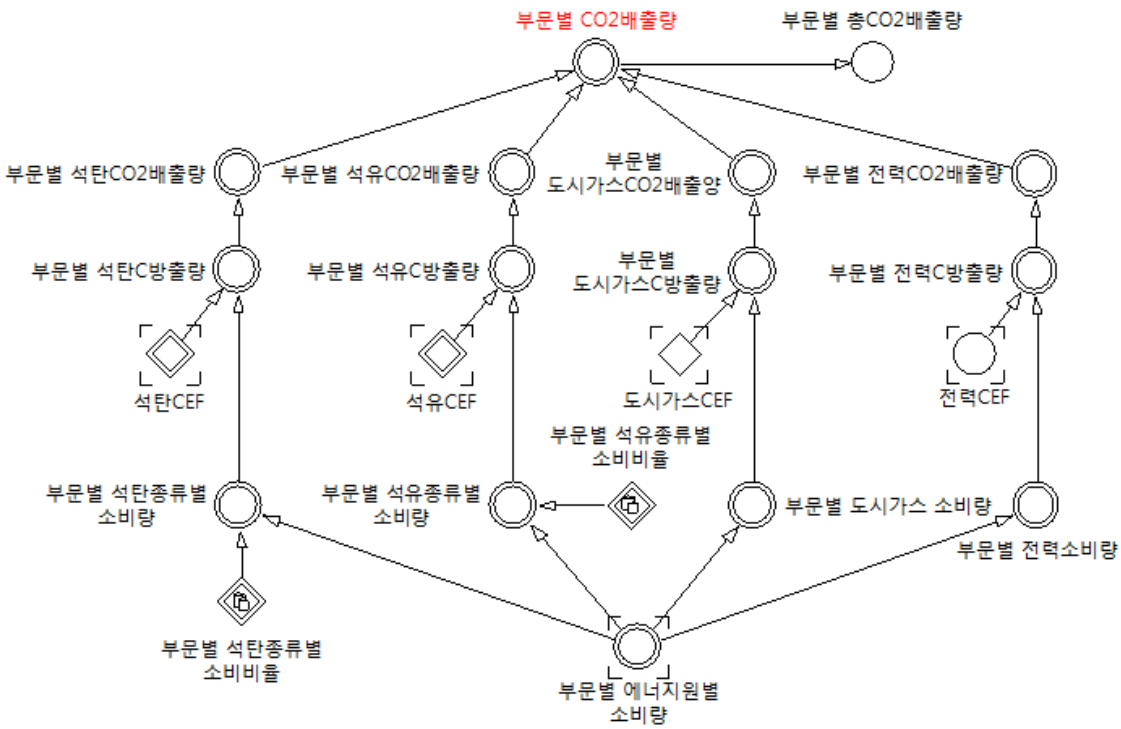
[부록그림 1-35 산업별 총 CO2 배출량 모형



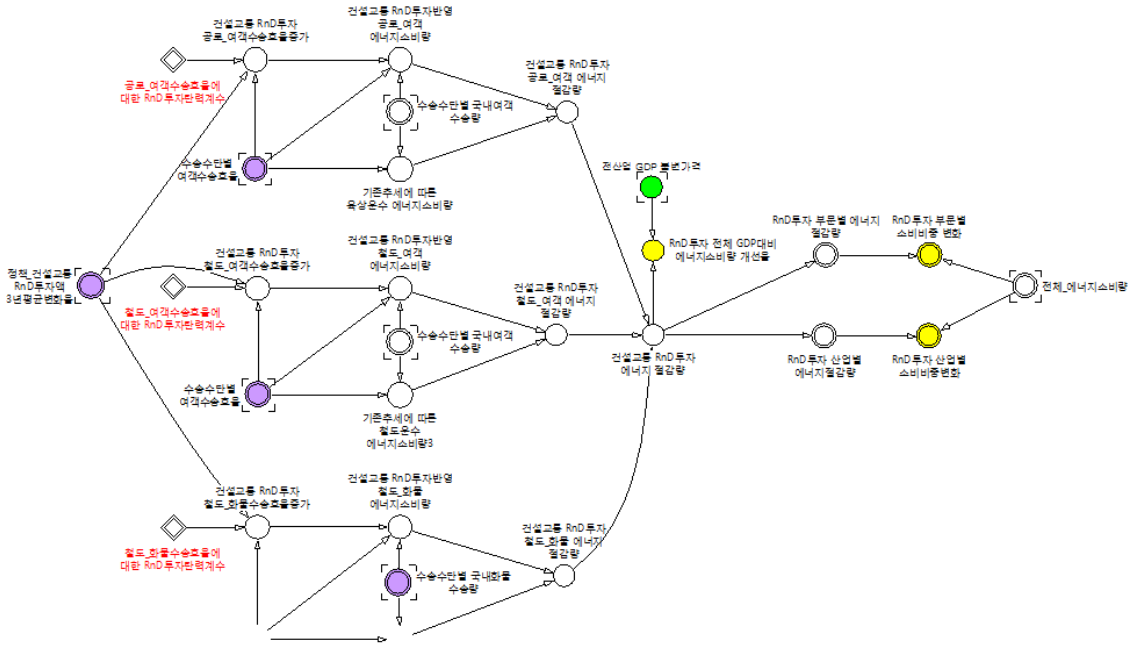
[부록그림 1-37] 수송수단별 CO2 배출량 모형



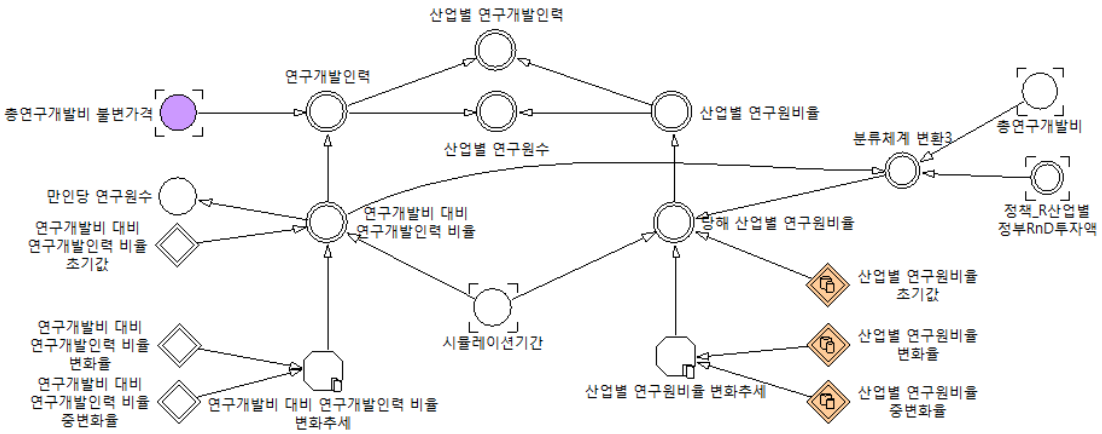
[부록그림 1-35] 부문별 에너지원별 소비량 모형



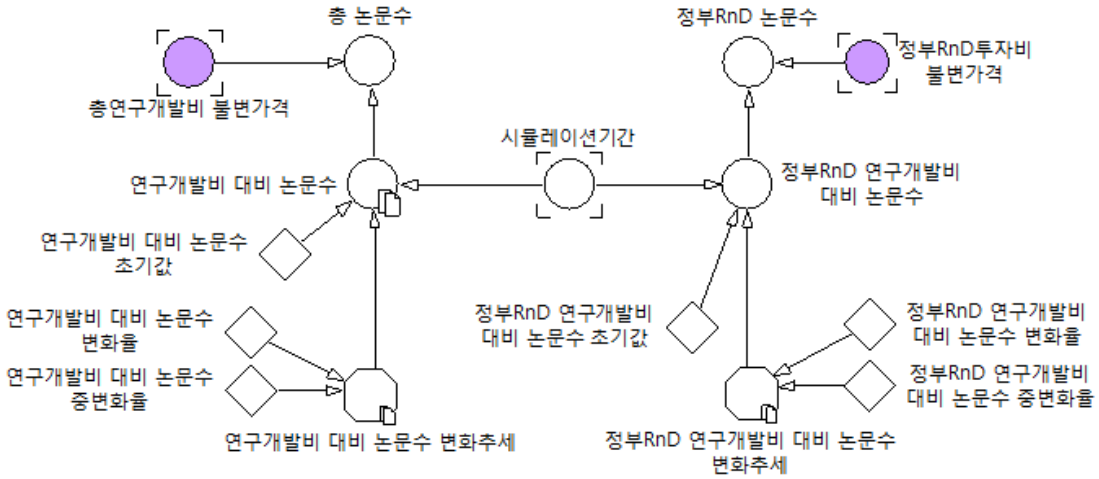
[부록그림 1-36] 부분별 CO2 배출량 모형



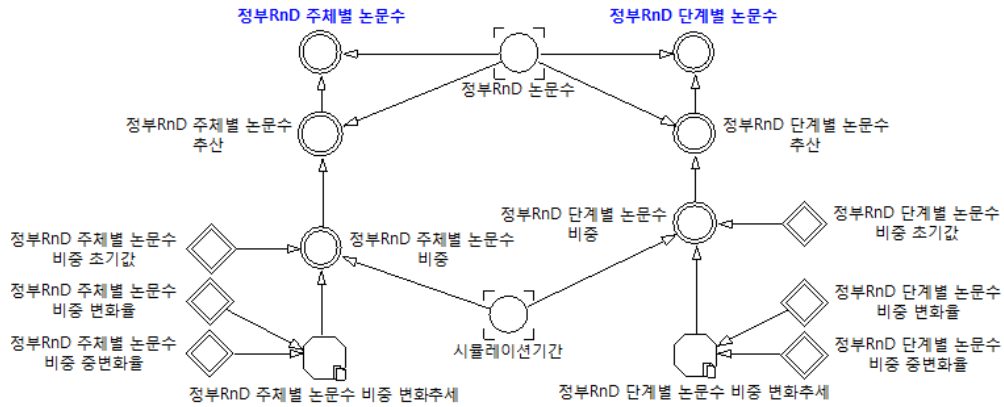
[부록그림 1-37] 건설교통 R&D 투자 에너지 절감량 모형



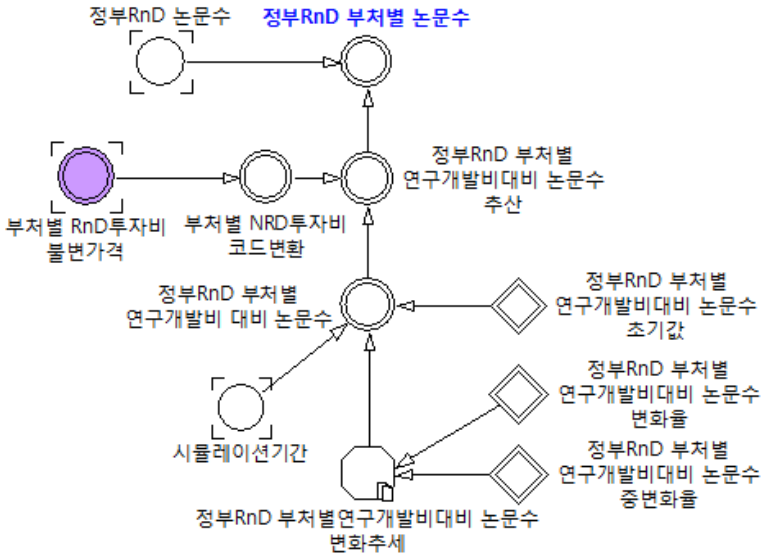
[부록그림 1-38] 산업별 연구원수 모형



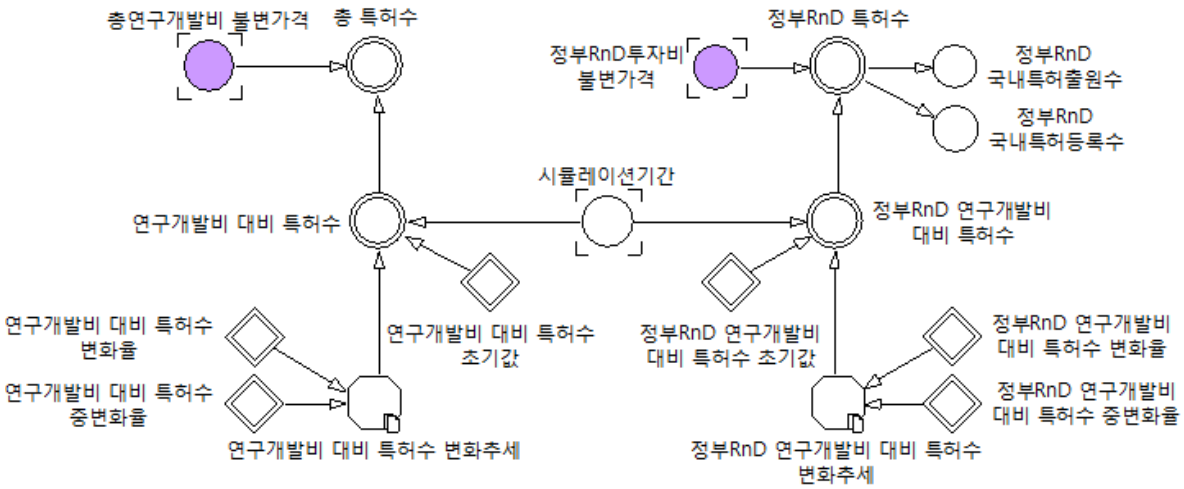
[부록그림 1-39] 정부 R&D 논문수 모형



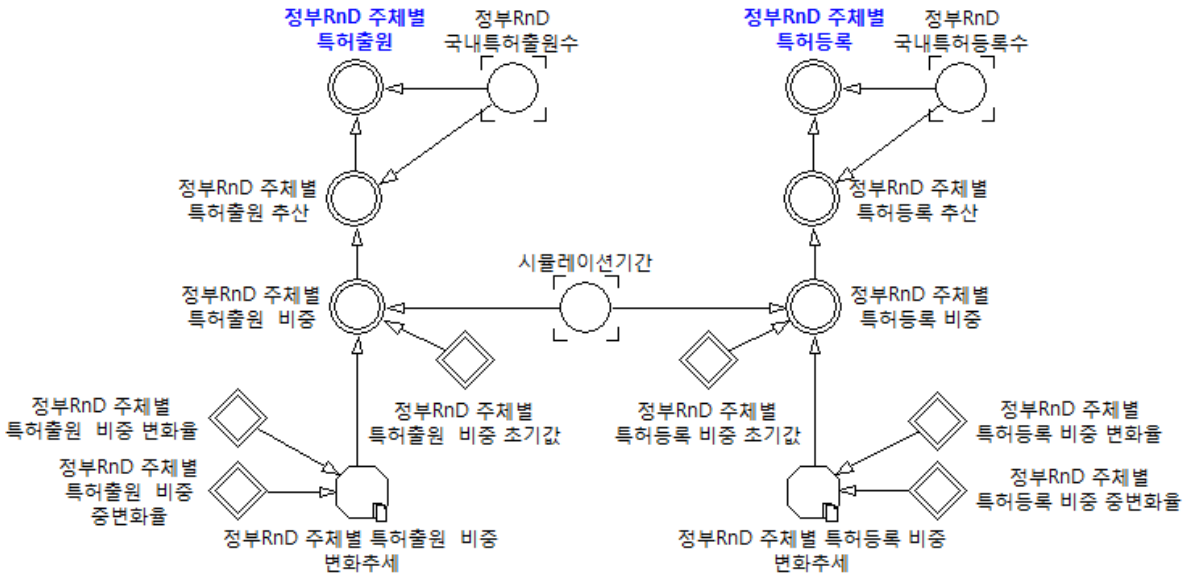
[부록그림 1-40] 정부 R&D 주체별/단계별 논문수 모형



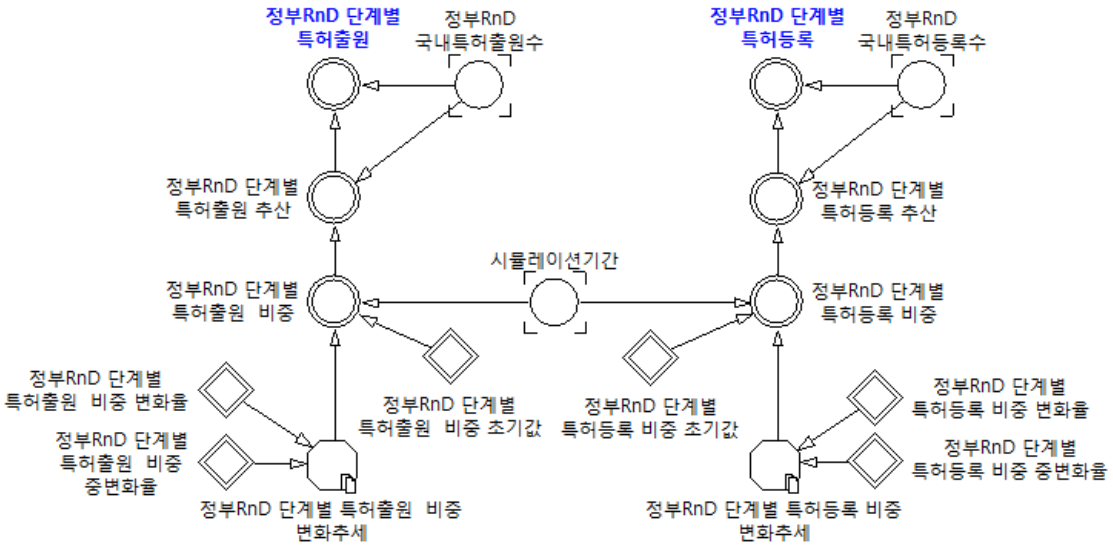
[부록그림 1-41] 정부 R&D 부처별 논문수 모형



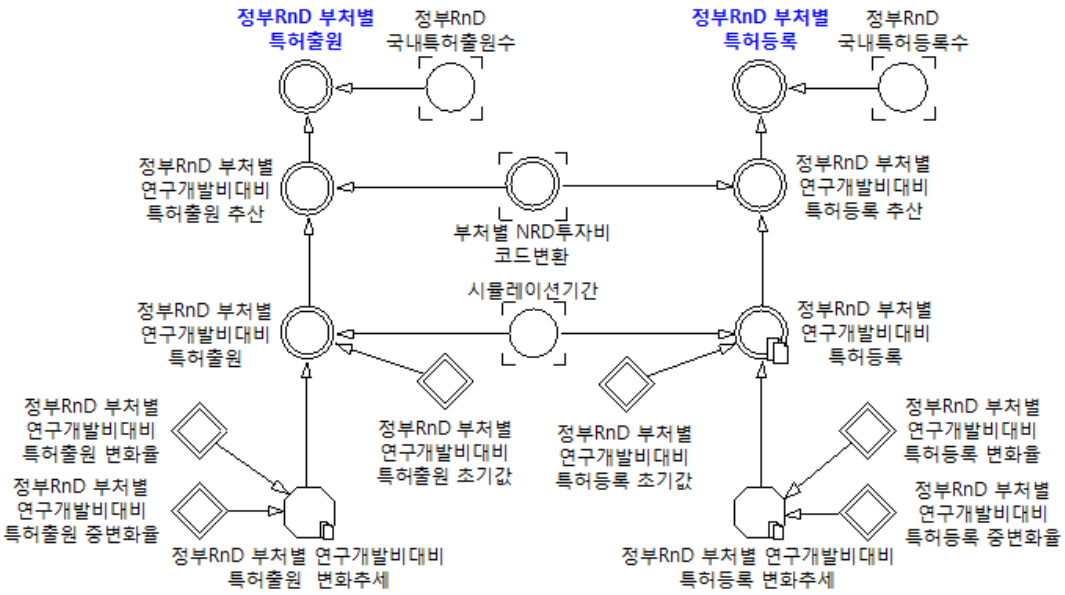
[부록그림 1-42] 정부 R&D 특허수 모형



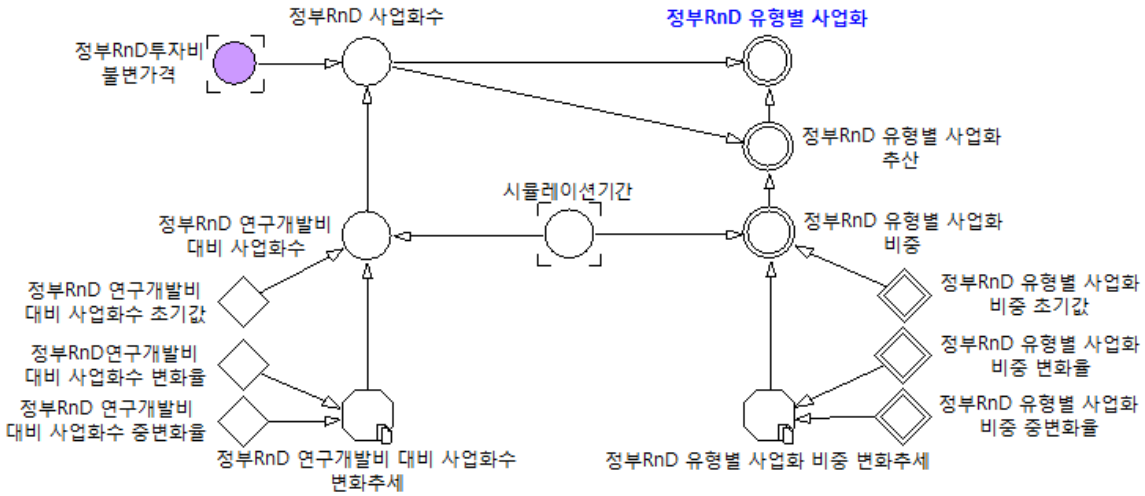
[부록그림 1-43] 정부 R&D 주체별 특허출원/등록수 모형



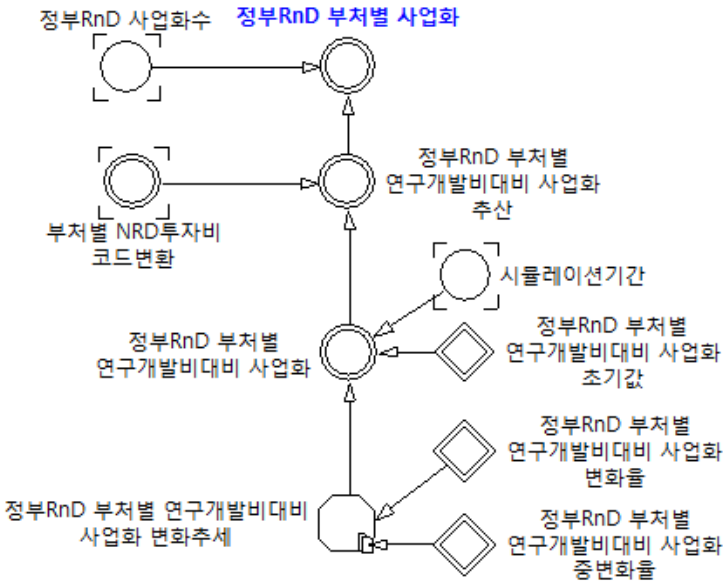
[부록그림 1-44] 정부 R&D 단계별 특허출원/등록수 모형



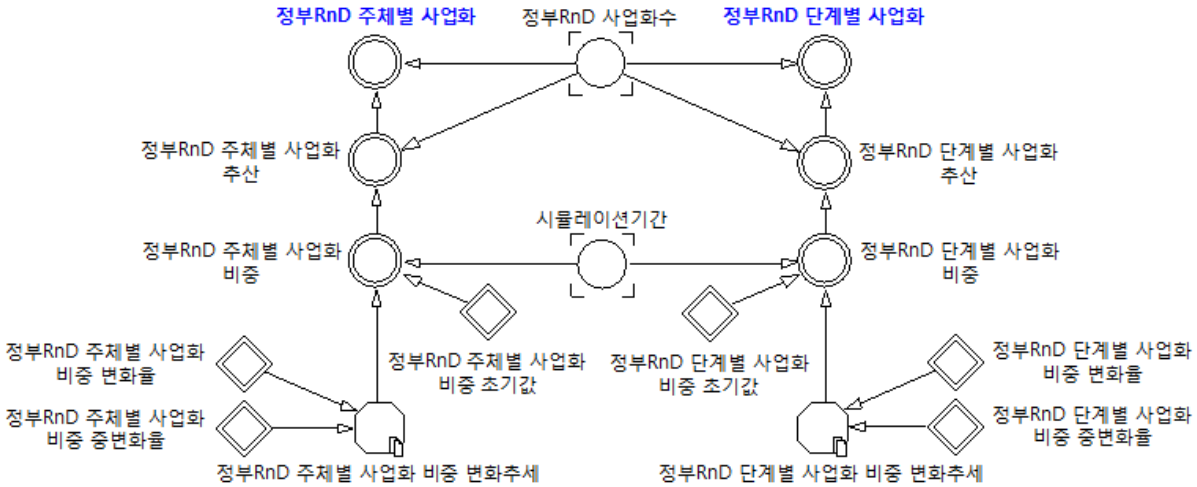
[부록그림 1-45] 정부 R&D 부처별 특허출원/등록수 모형



[부록그림 1-46] 정부 R&D 유형별 사업화수 모형

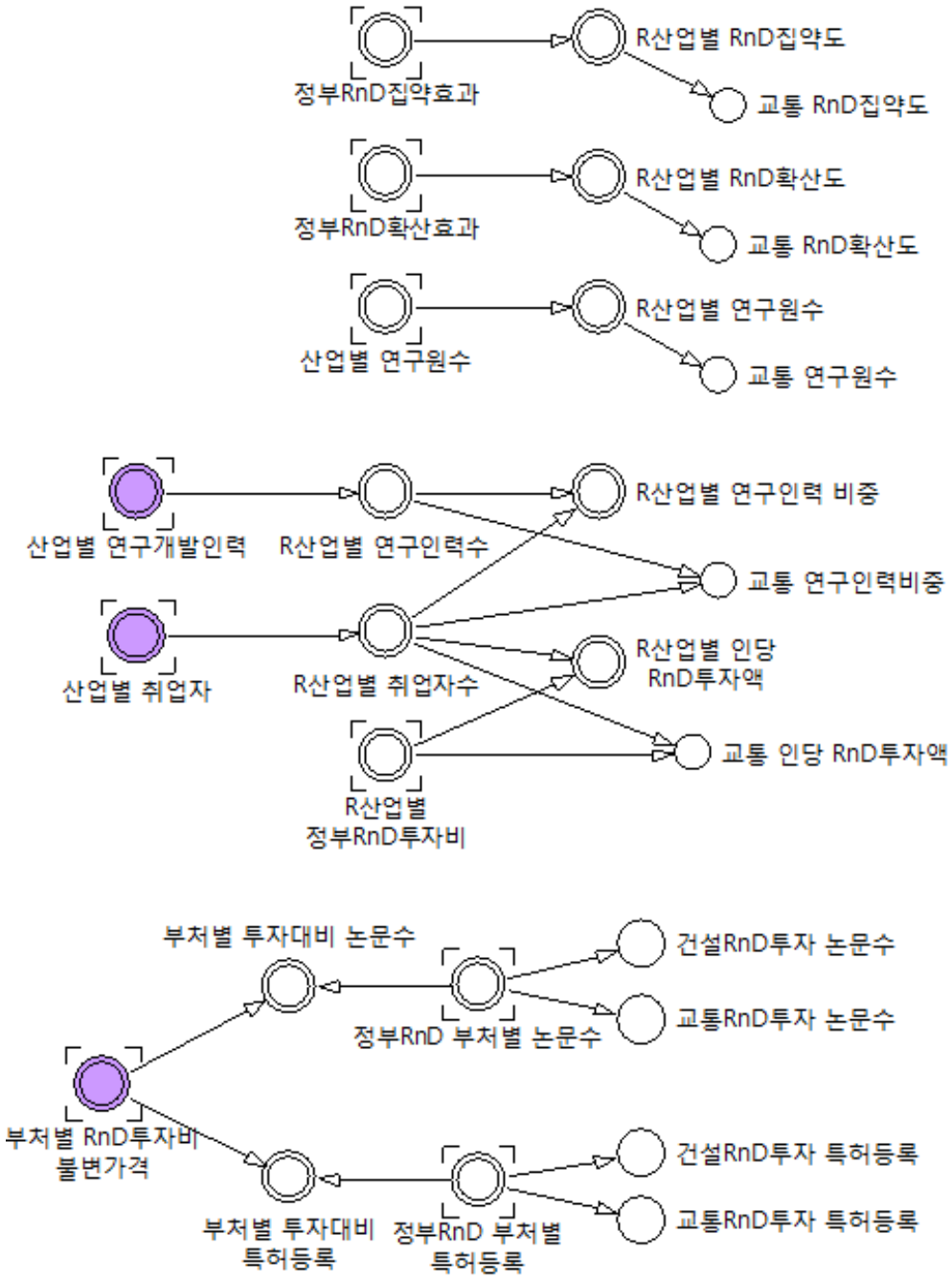


[부록그림 1-47] 정부 R&D 부처별 사업화수 모형

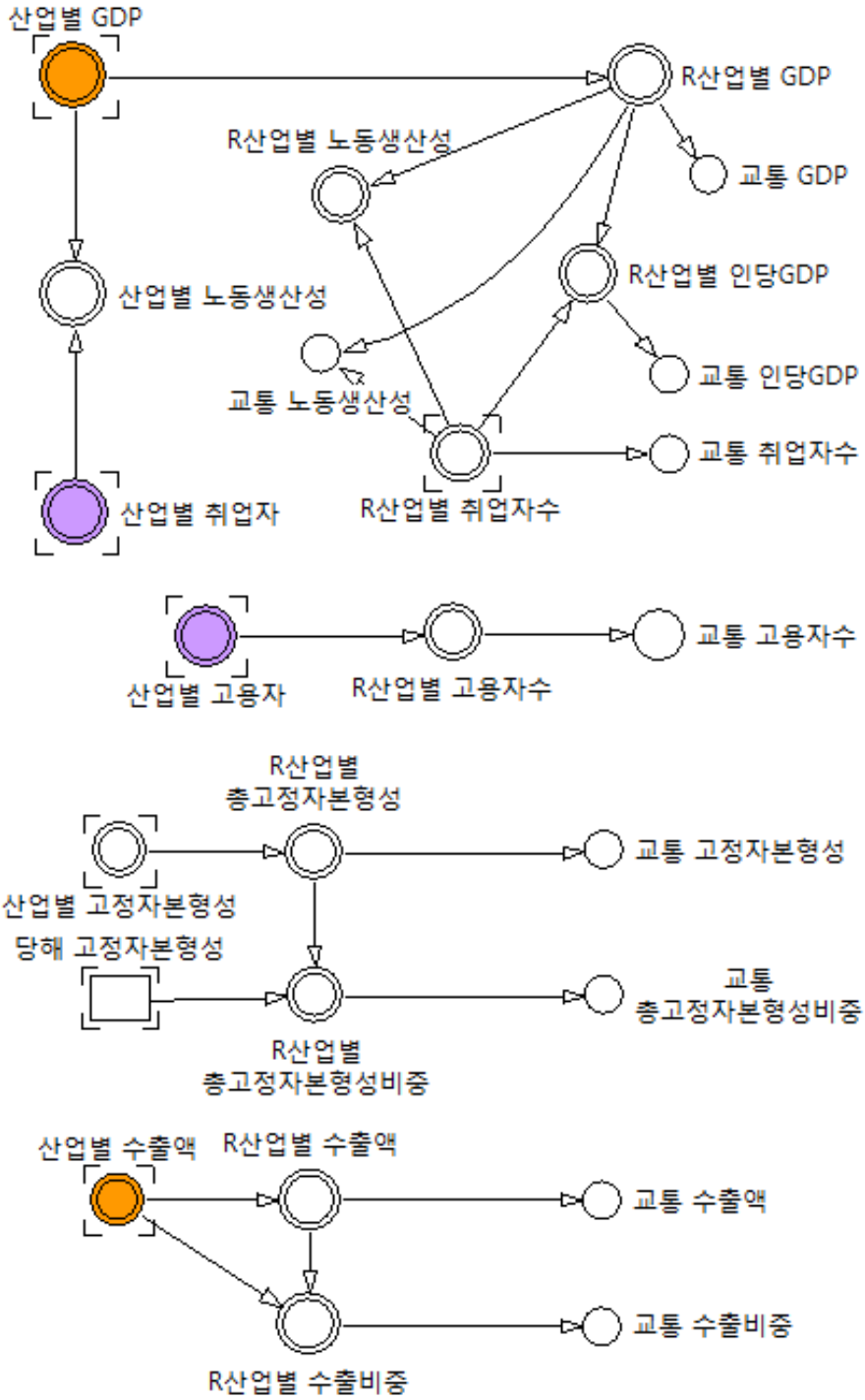


[부록그림 1-48] 정부 R&D 단계별 사업화수 모형

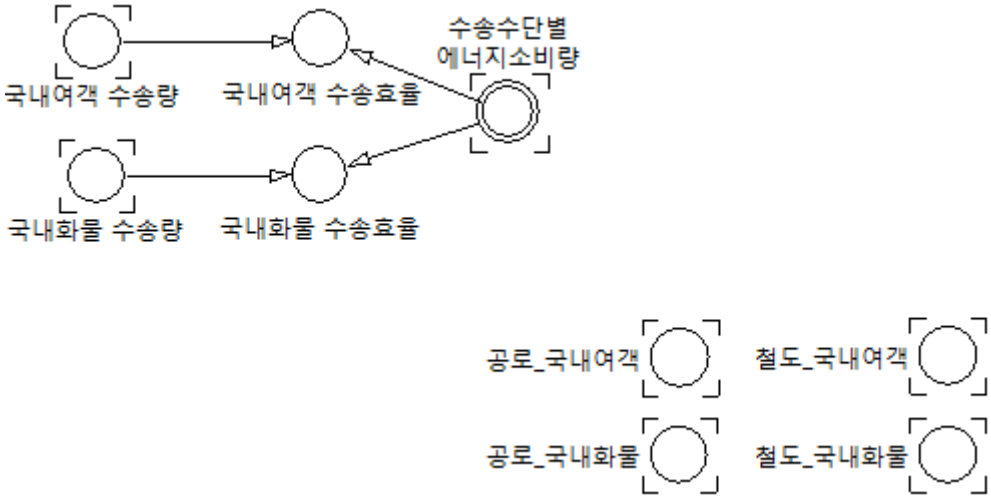
(3) 파급효과 지표/지수모형



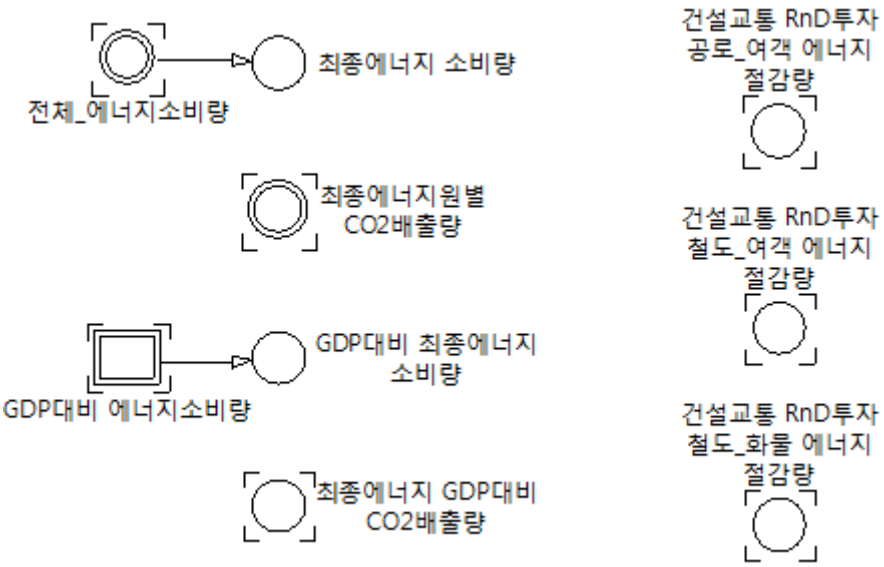
[부록그림 1-49] 기술혁신지표 모형



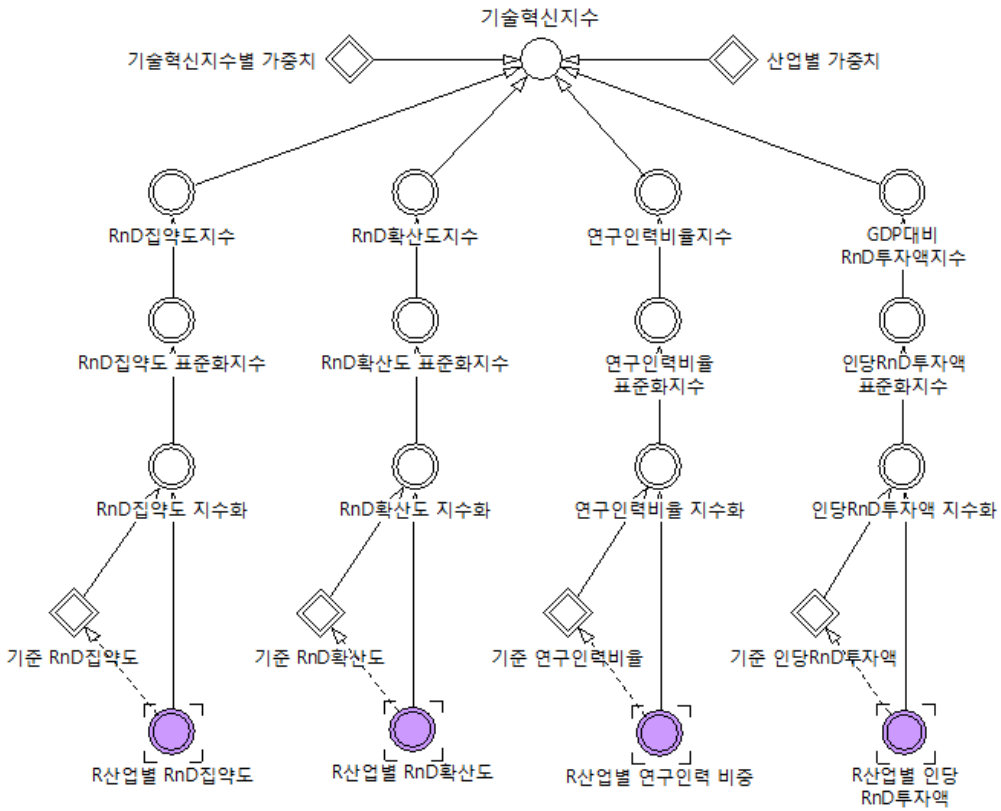
[부록그림 1-50] 경제발전지표 모형



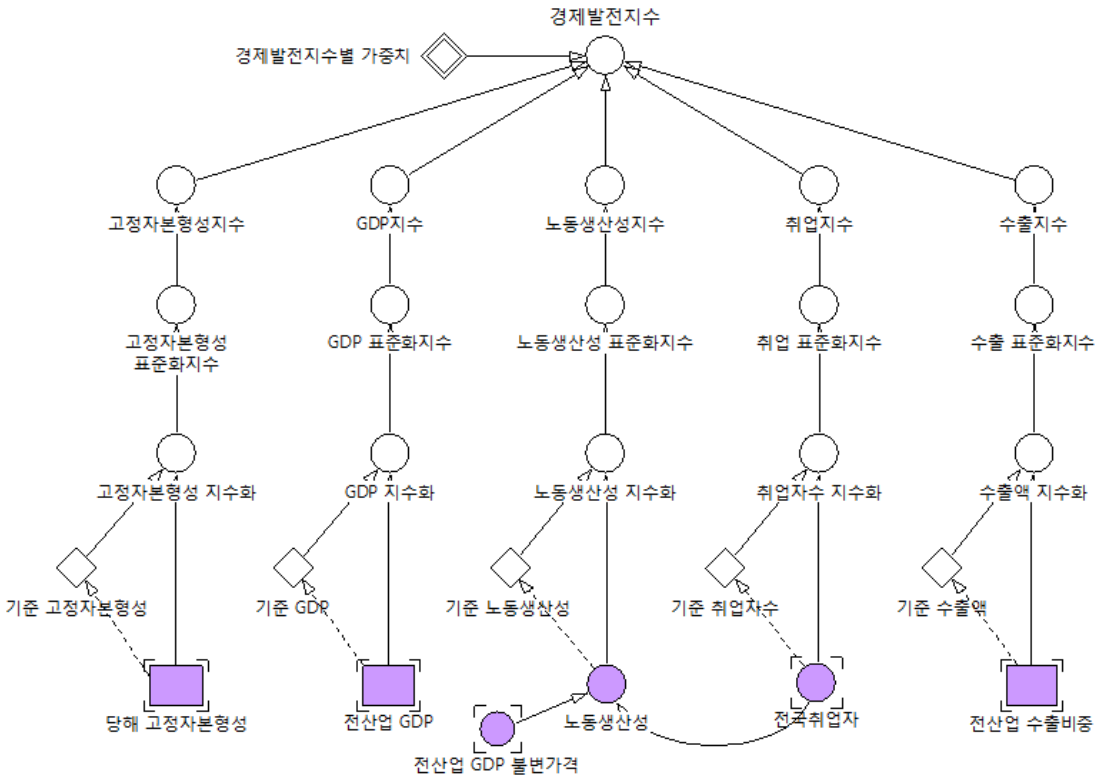
[부록그림 1-50] 인프라효율성지표 모형



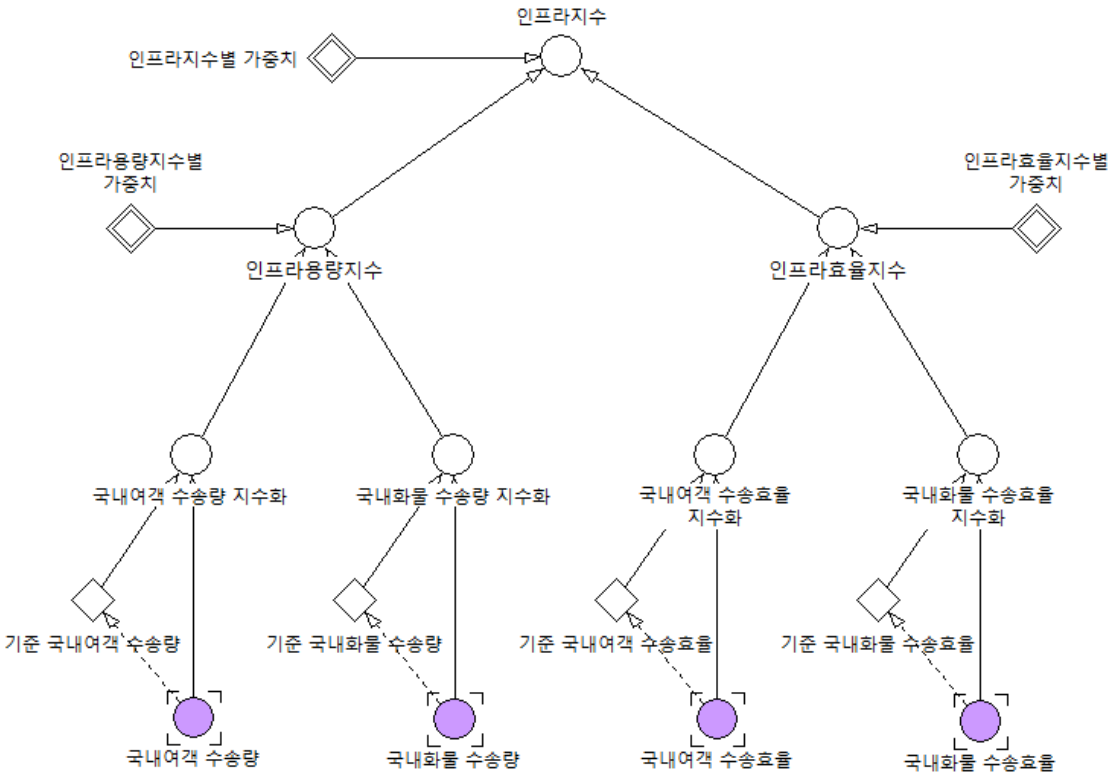
[부록그림 1-51] 에너지절감지표 모형



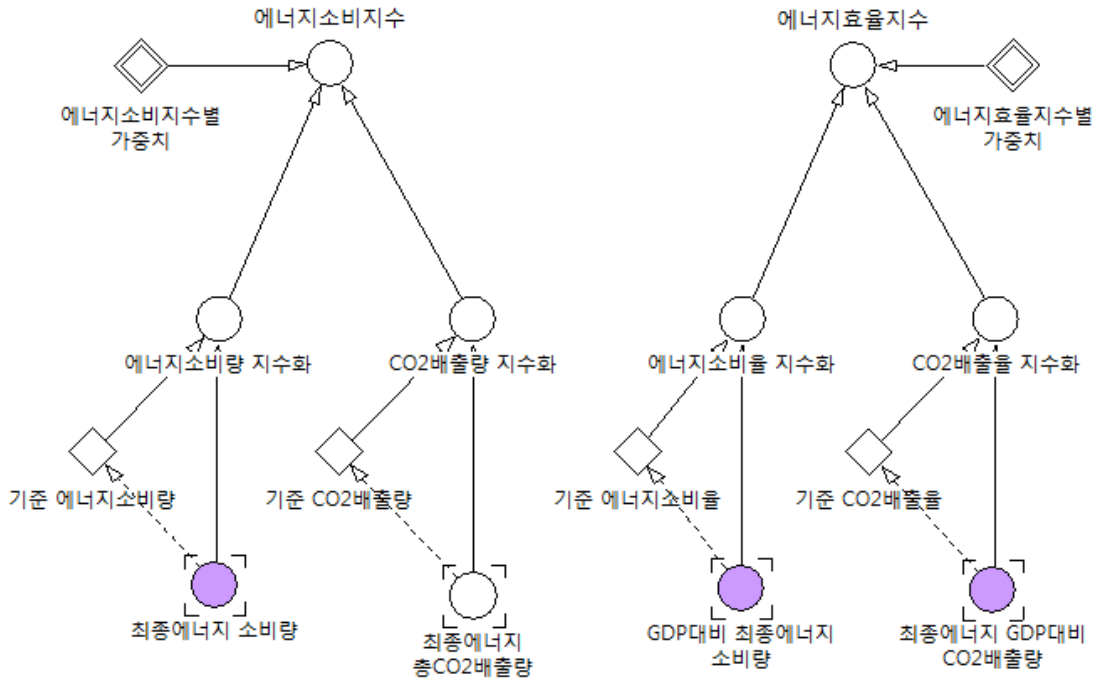
[부록그림 1-52] 기술혁신지수 모형



[부록그림 1-53] 경제발전지수 모형



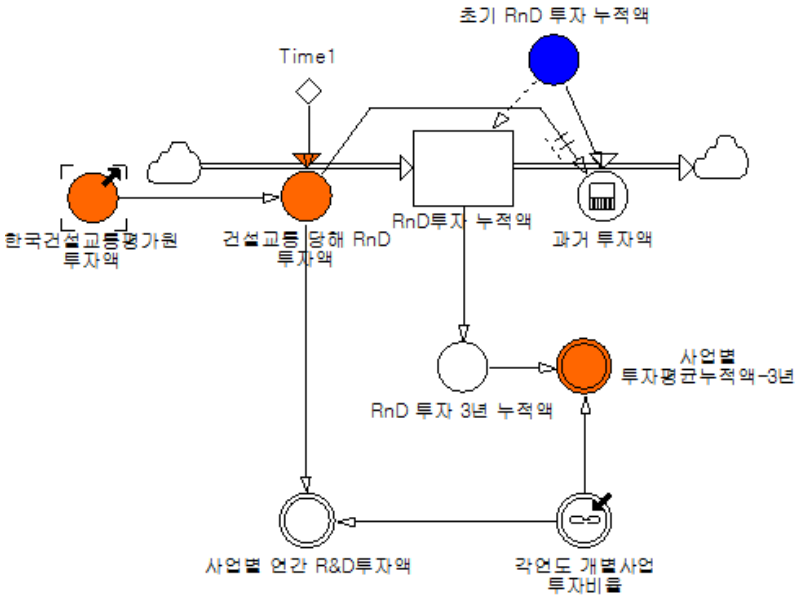
[부록그림 1-54] 인프라효율성지수 모형



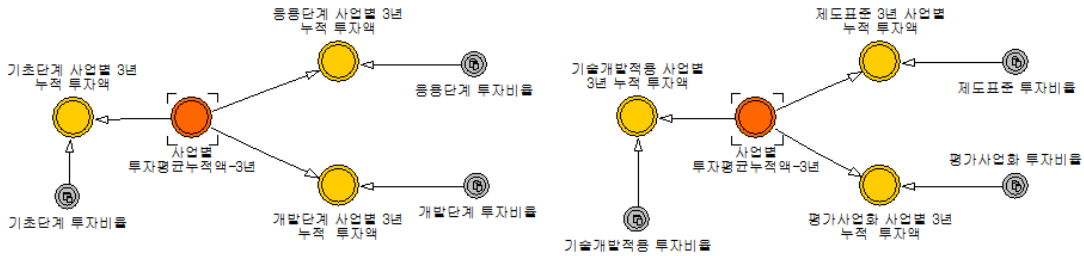
[부록그림 1-55] 에너지절감지수 모형

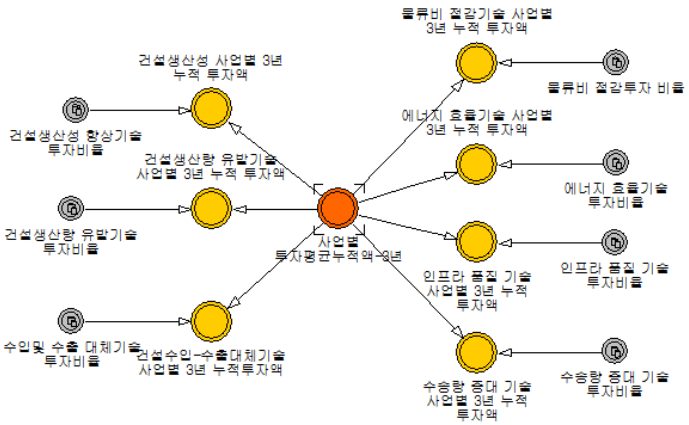
부록 2. 세부사업별 파급효과모형

(1) R&D투자 모형



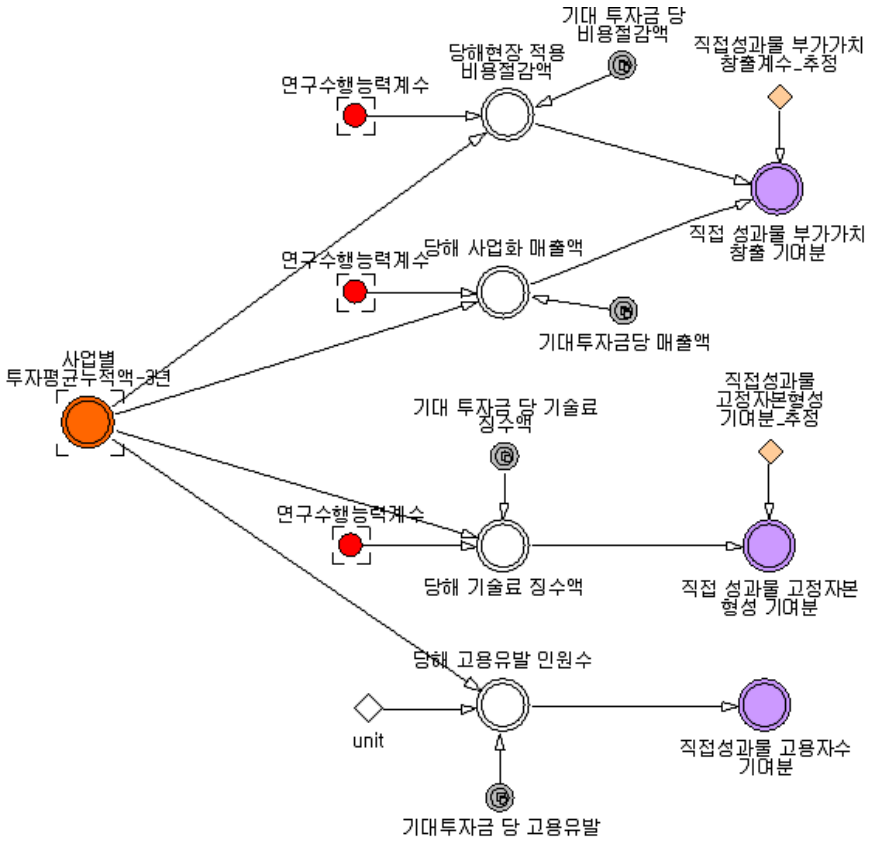
[부록그림 2-1] 건설교통 R&D 투자액 모형



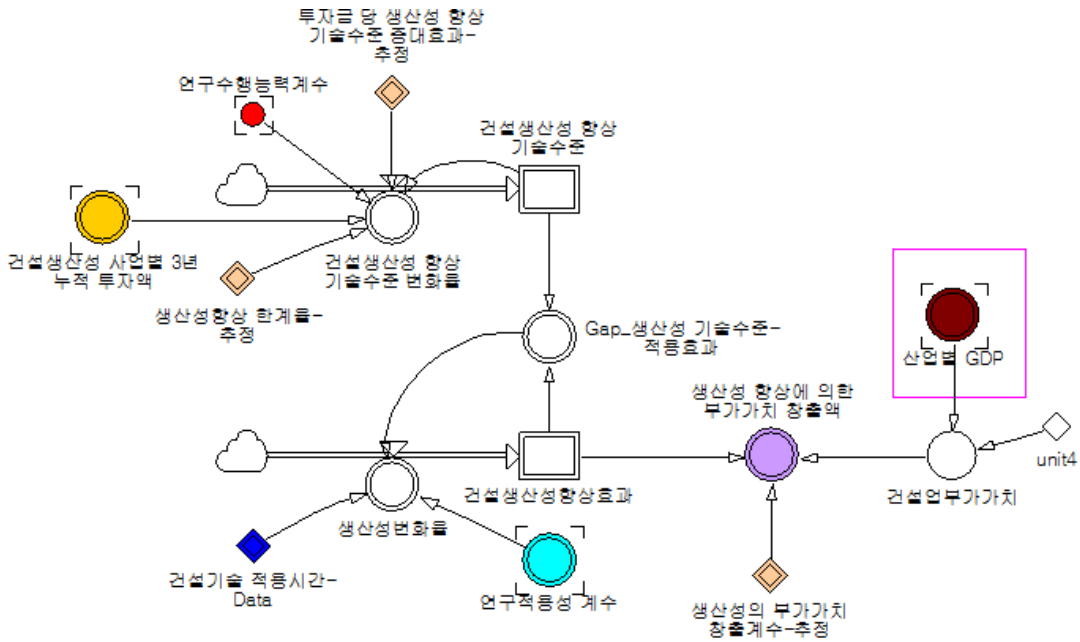


[부록그림 2-2] 건설교통 R&D 사업별 투자액 모형

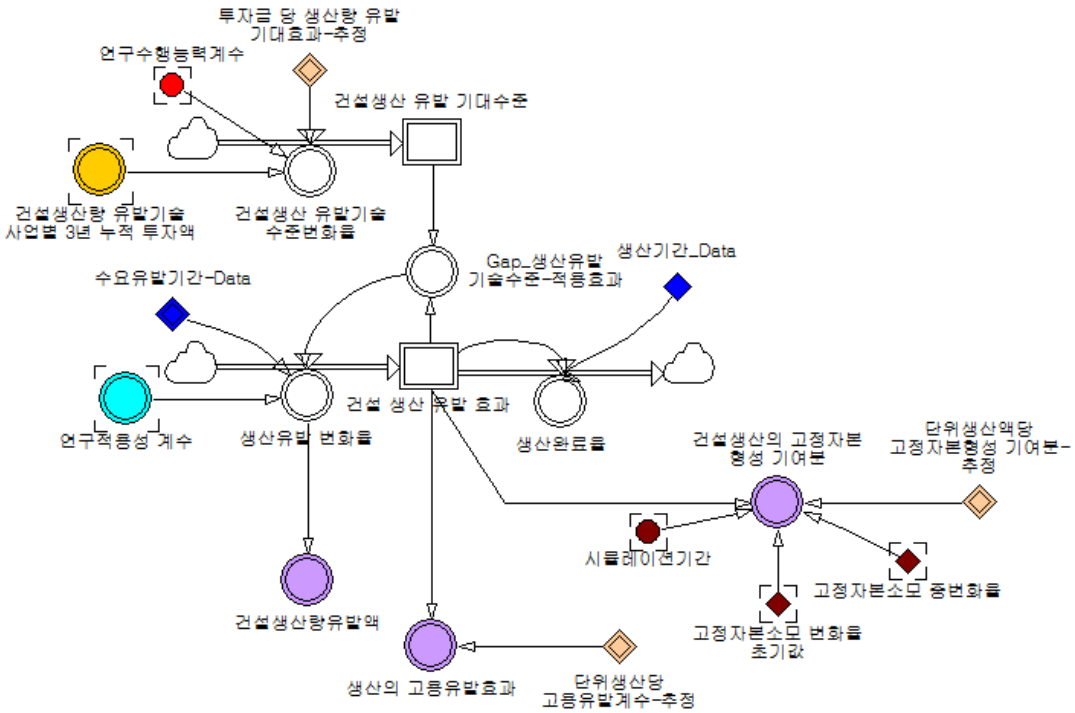
(2) R&D투자 파급과정 모형



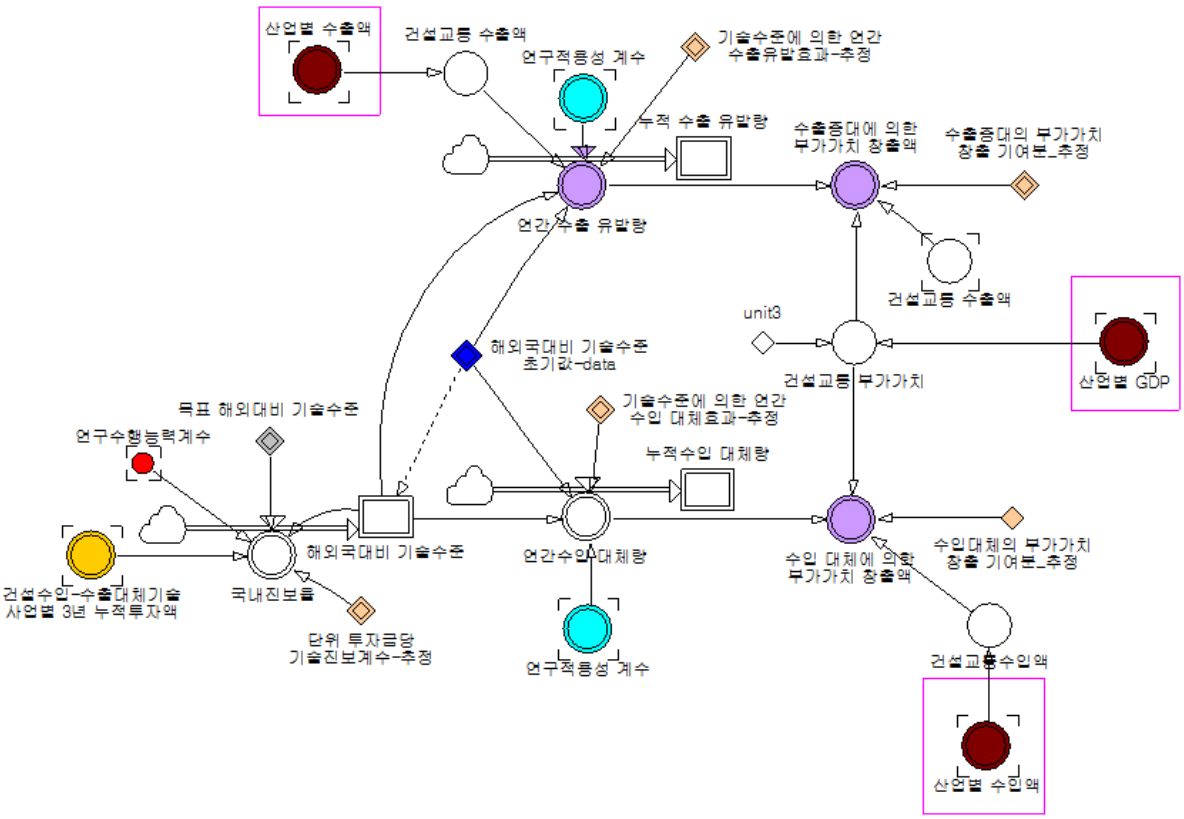
[부록그림 2-3] 건설교통 R&D 직접산출물 모형



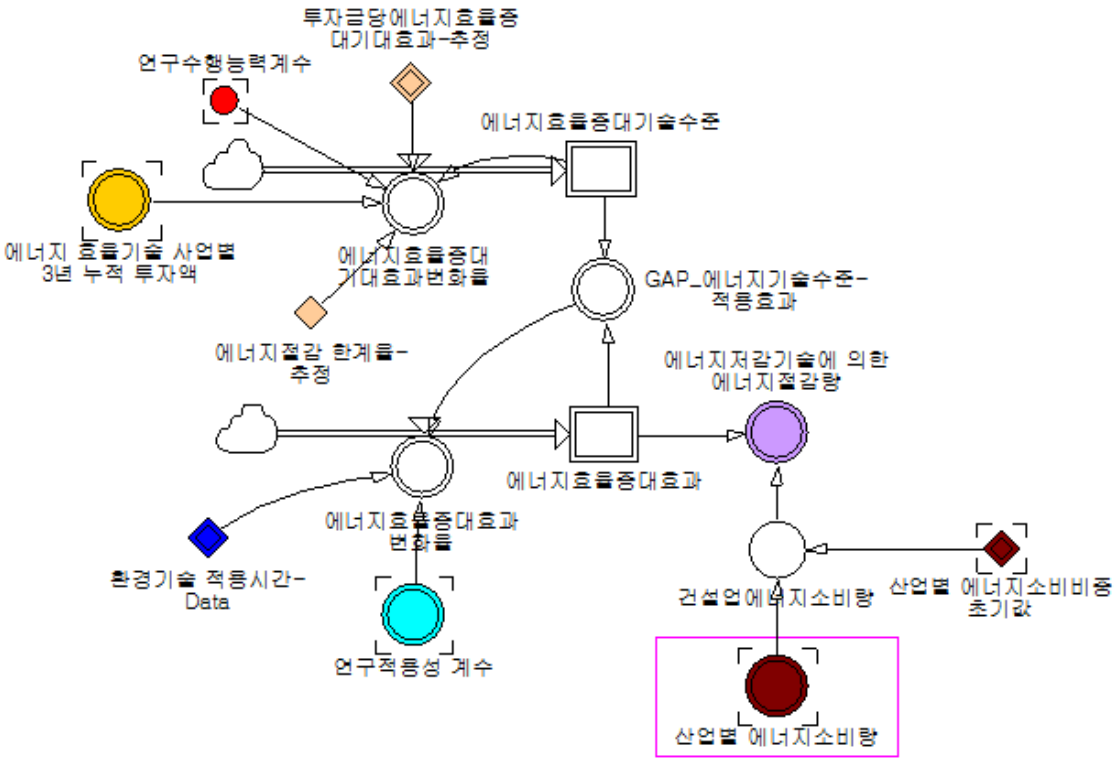
[부록그림 2-4] 건설교통 R&D 생산성향성 모형



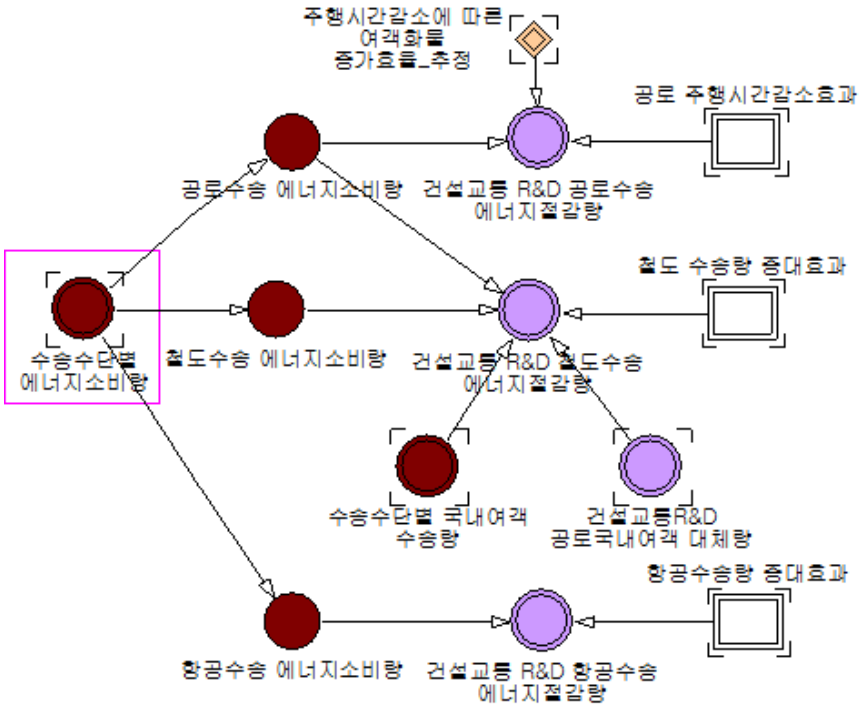
[부록그림 2-5] 건설교통 R&D 생산유발 모형



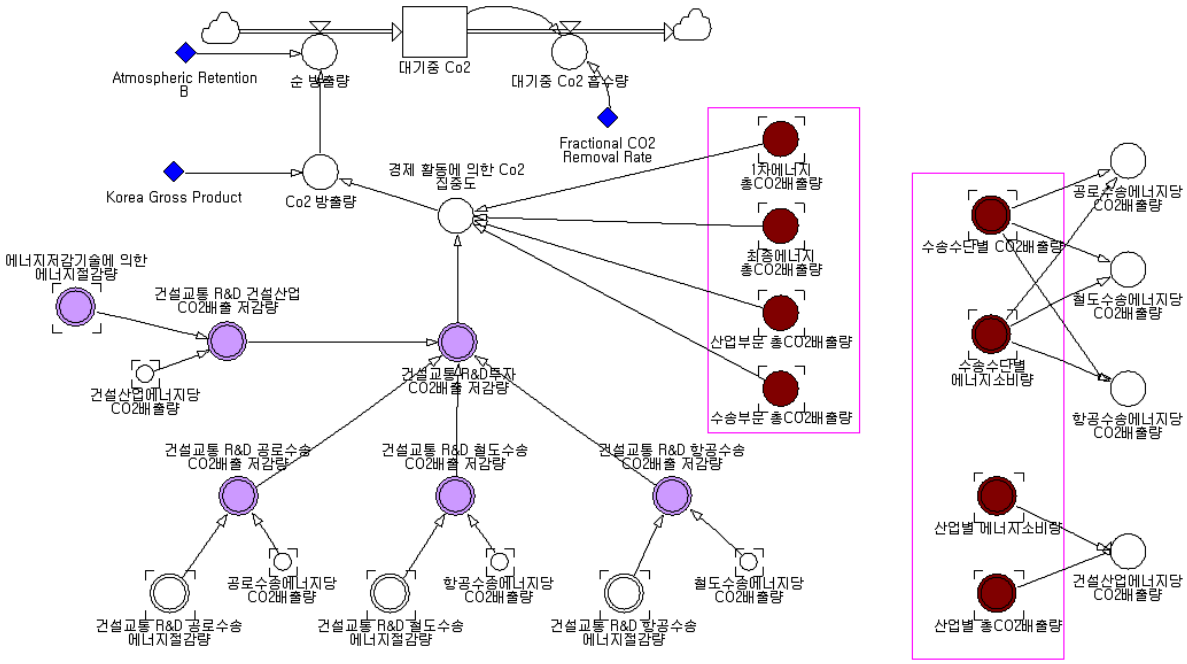
[부록그림 2-6] 건설교통 R&D 수입/수출 모형



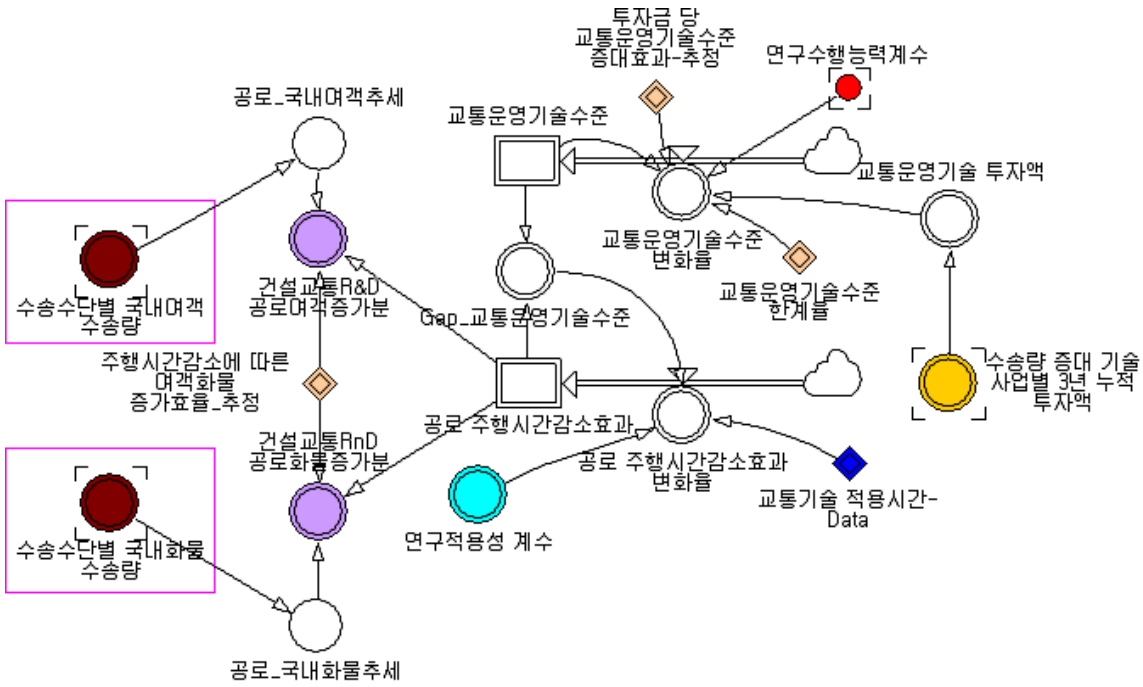
[부록그림 2-7] 건설교통 R&D 에너지 효율 모형_에너지 저감기술에 의한 에너지절감량



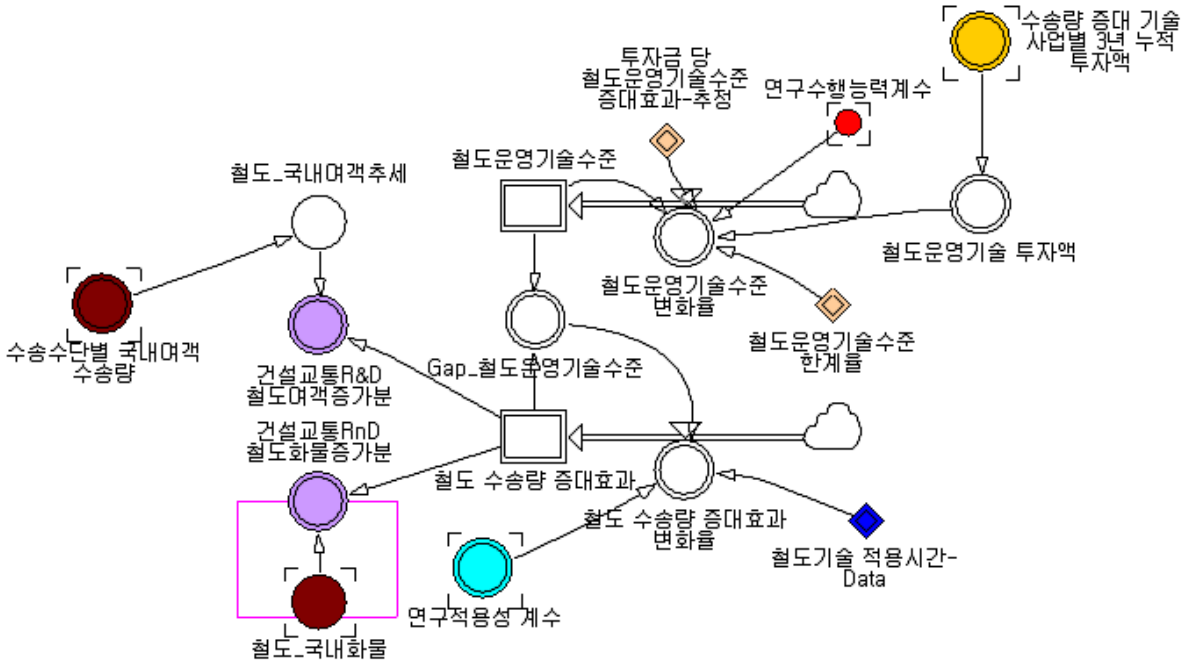
[부록그림 2-8] 건설교통 R&D 에너지 효율 모형_철도수송 에너지절감량



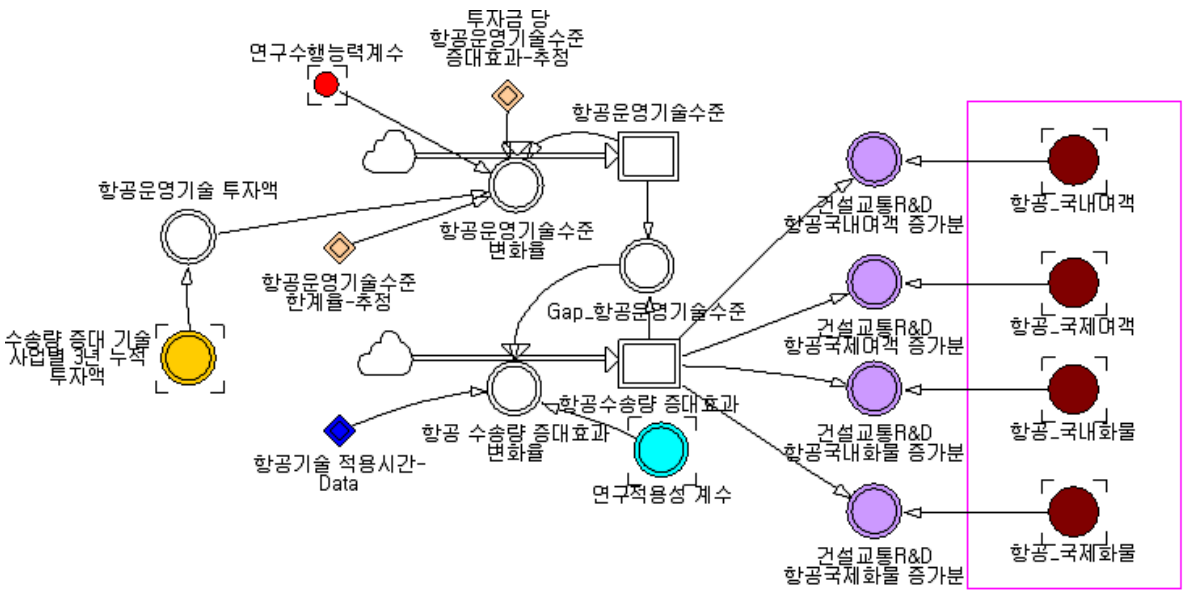
[부록그림 2-9] 건설교통 R&D CO2 배출 모형



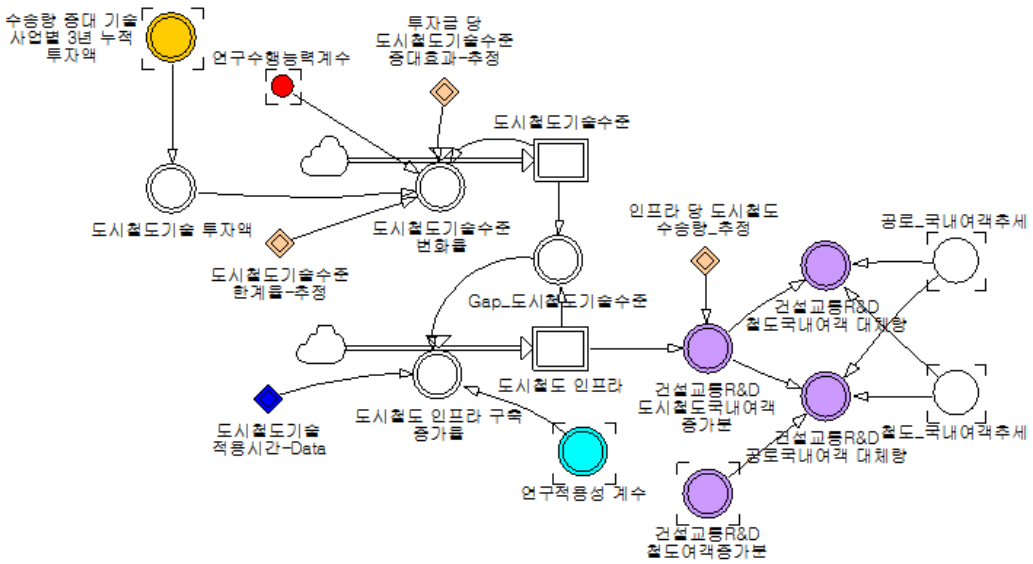
[부록그림 2-10] 건설교통 R&D 수송효율 모형_도로



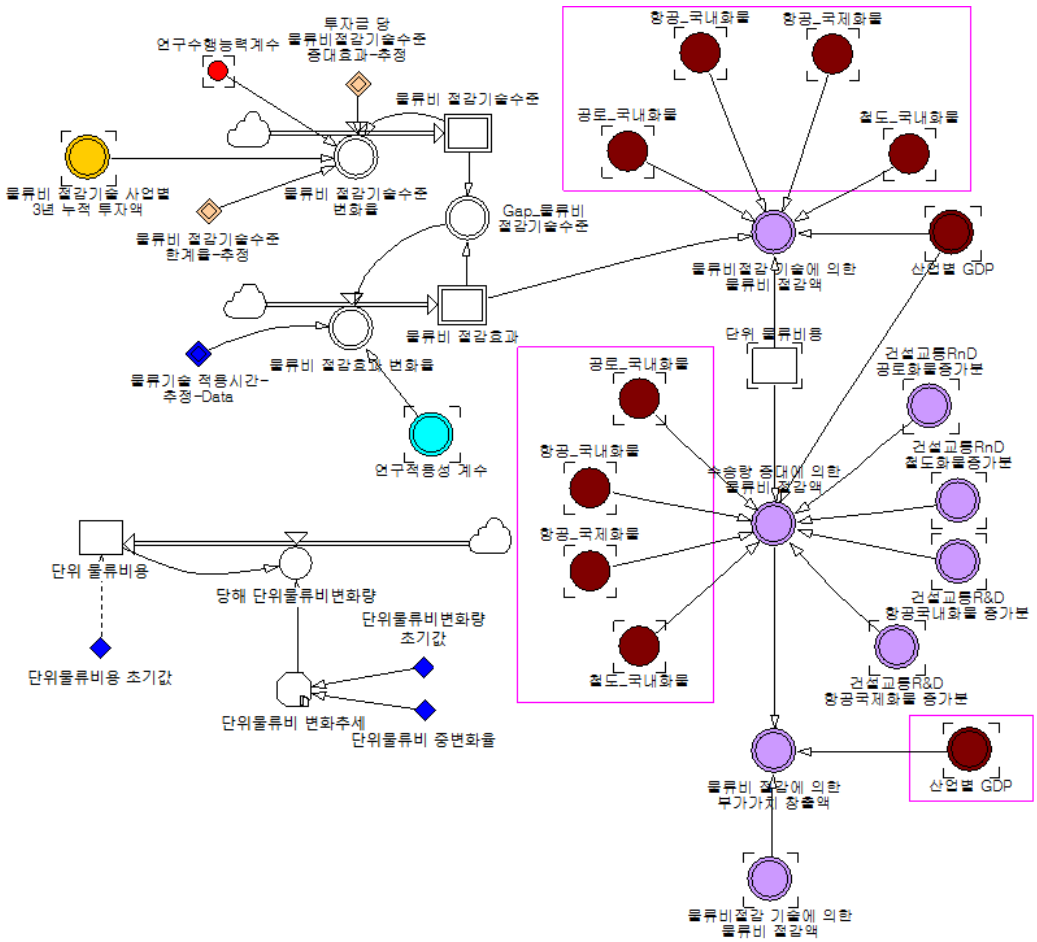
[부록그림 2-11] 건설교통 R&D 수송효율 모형_철도



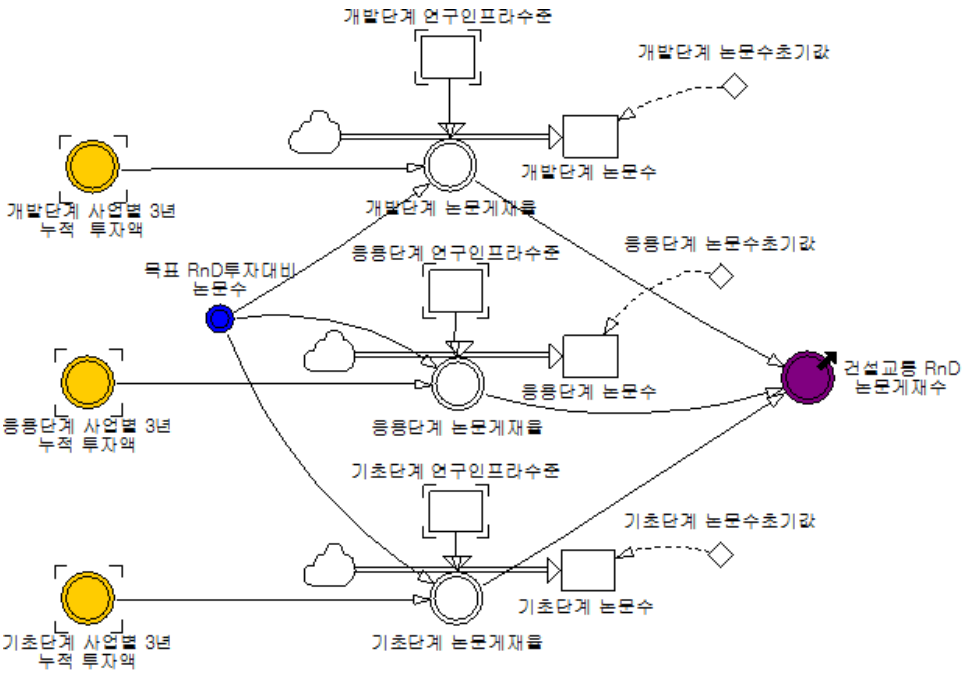
[부록그림 2-12] 건설교통 R&D 수송효율 모형_항공



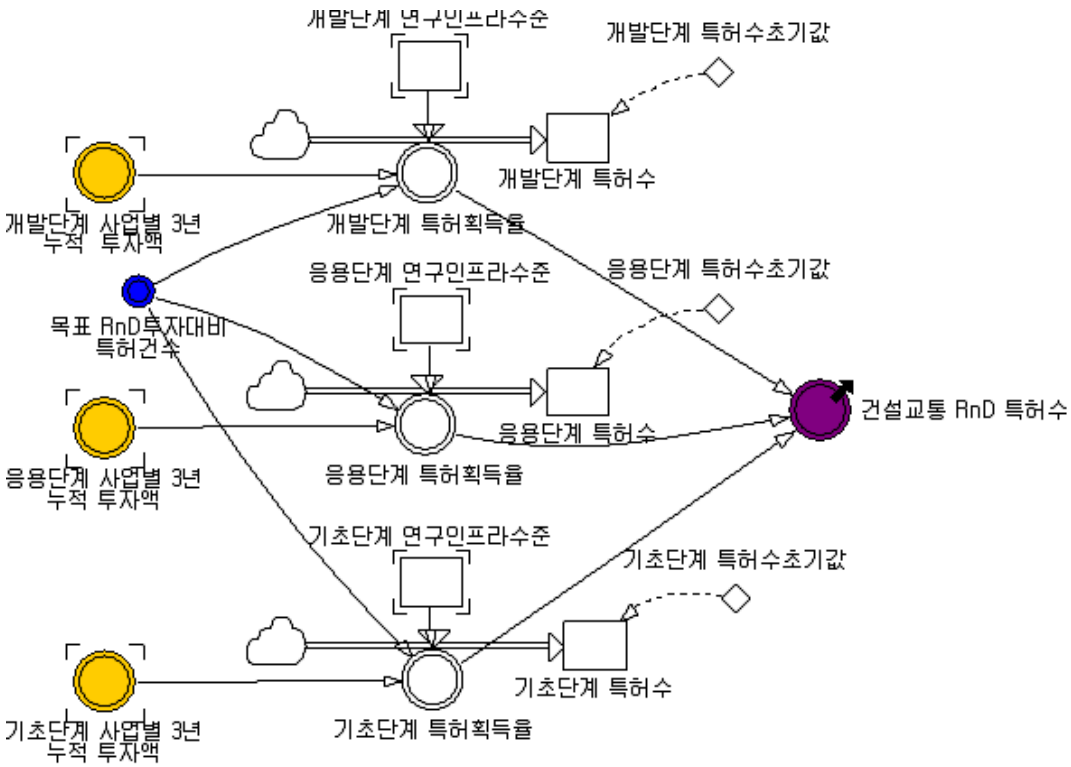
[부록그림 2-13] 건설교통 R&D 수송효율 모형_도시철도



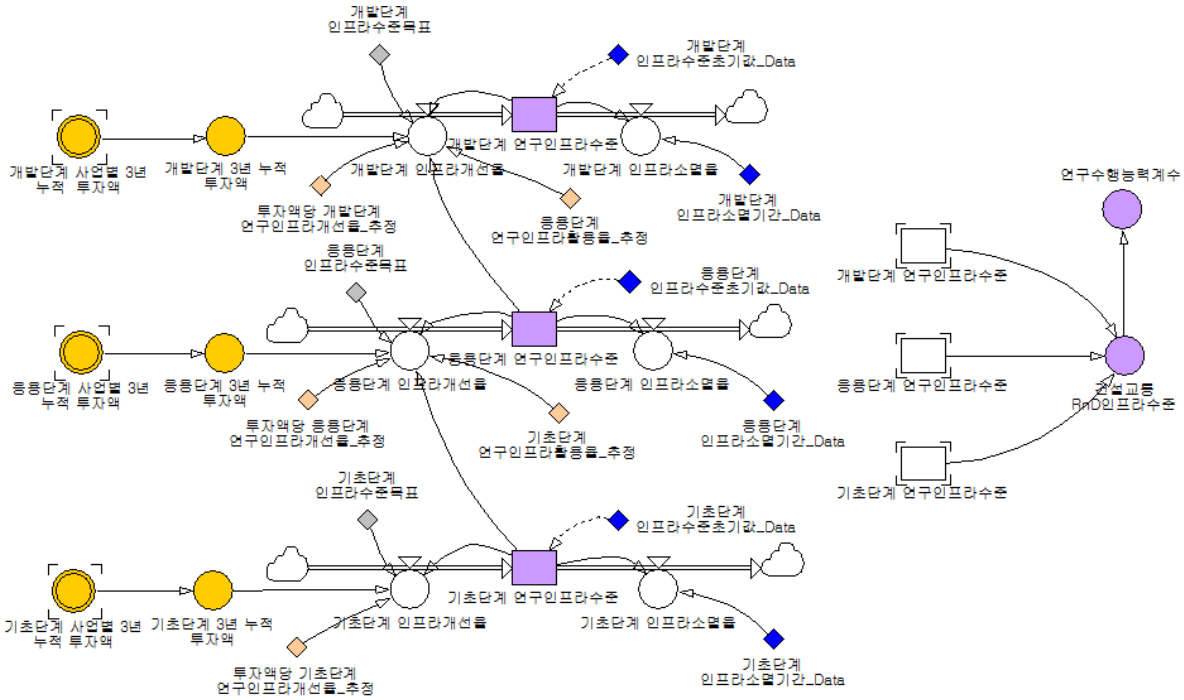
[부록그림 2-14] 건설교통 R&D 물류비 절감 모형



[부록그림 2-15] 건설교통 R&D 기술혁신 모형_논문수

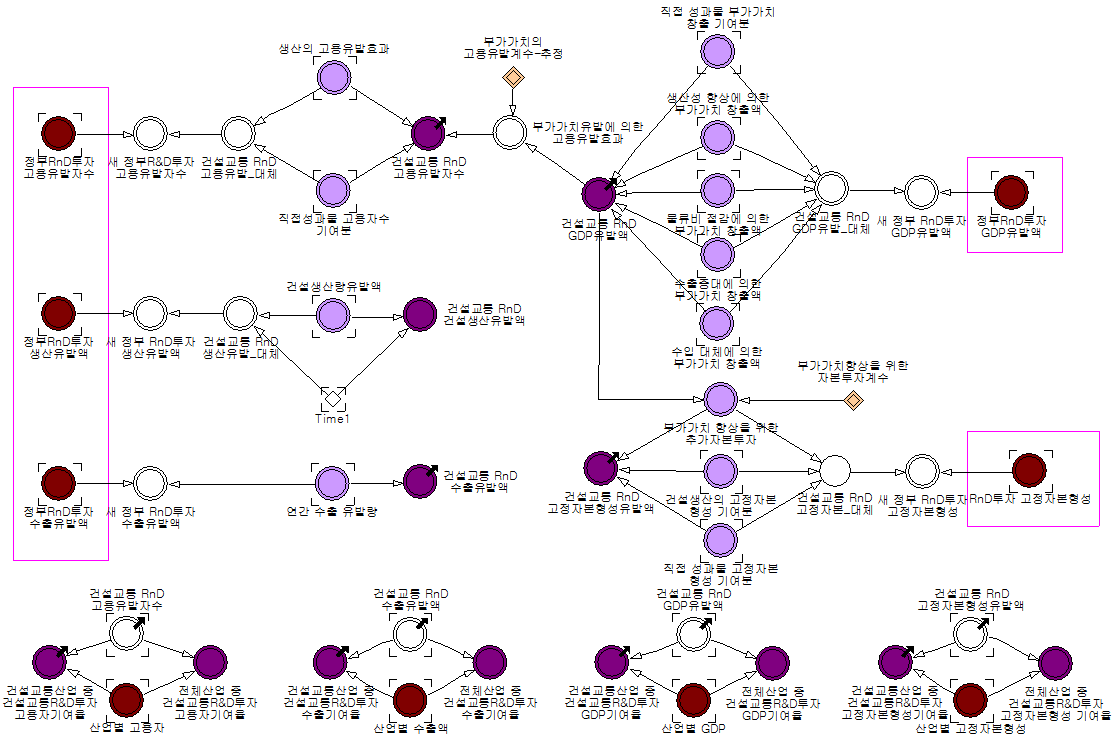


[부록그림 2-16] 건설교통 R&D 기술혁신 모형_특허수

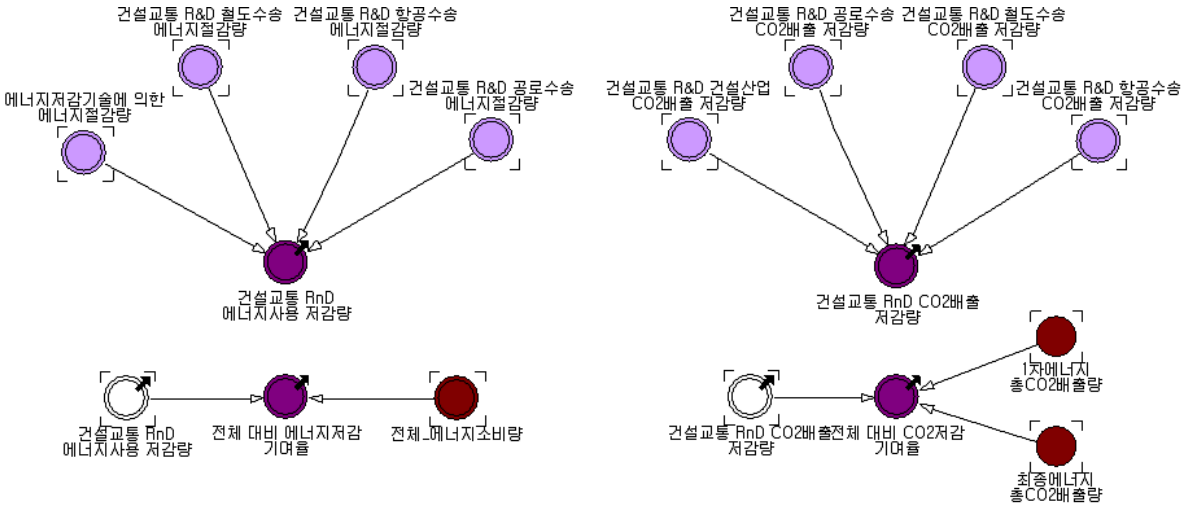


[부록 2-17] 건설교통 R&D 연구인프라 모형

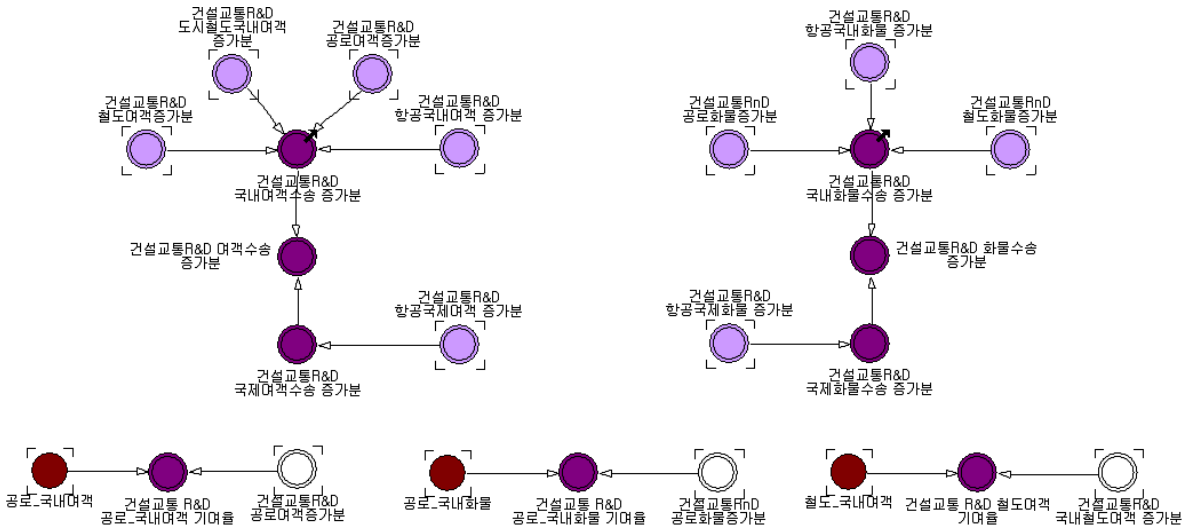
(3) 파급효과 지표/지수모형



[부록 2-18] 건설교통 R&D 경제 파급지표 모형

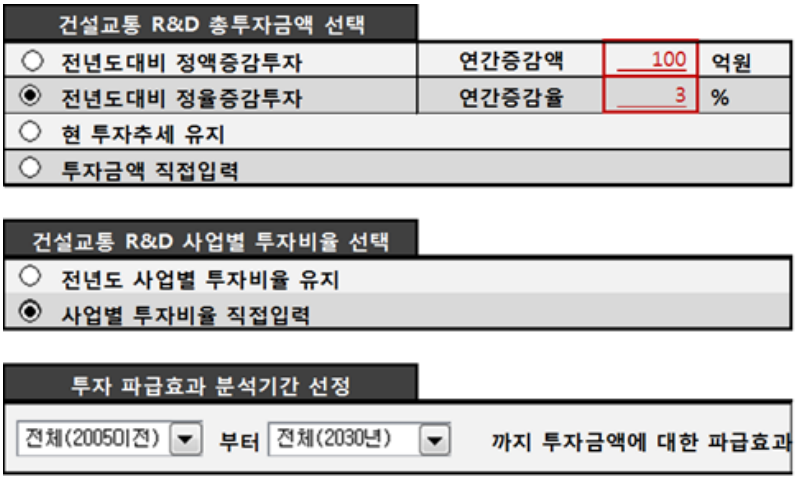


[부록 2-19] 건설교통 R&D 환경 파급지표 모형

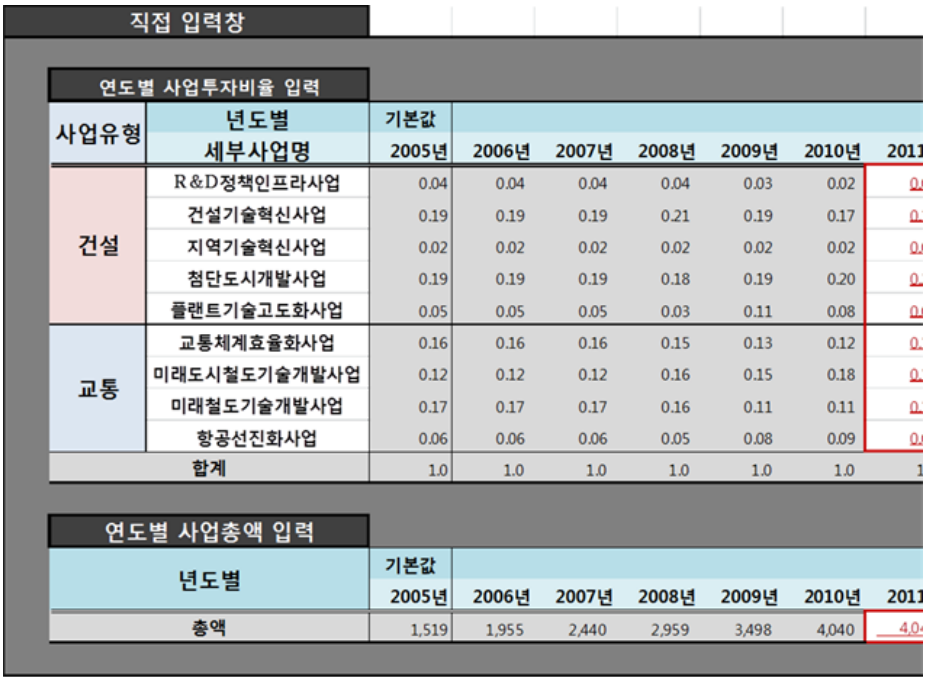


[부록 2-20] 건설교통 R&D 사회인프라 파급지표 모형

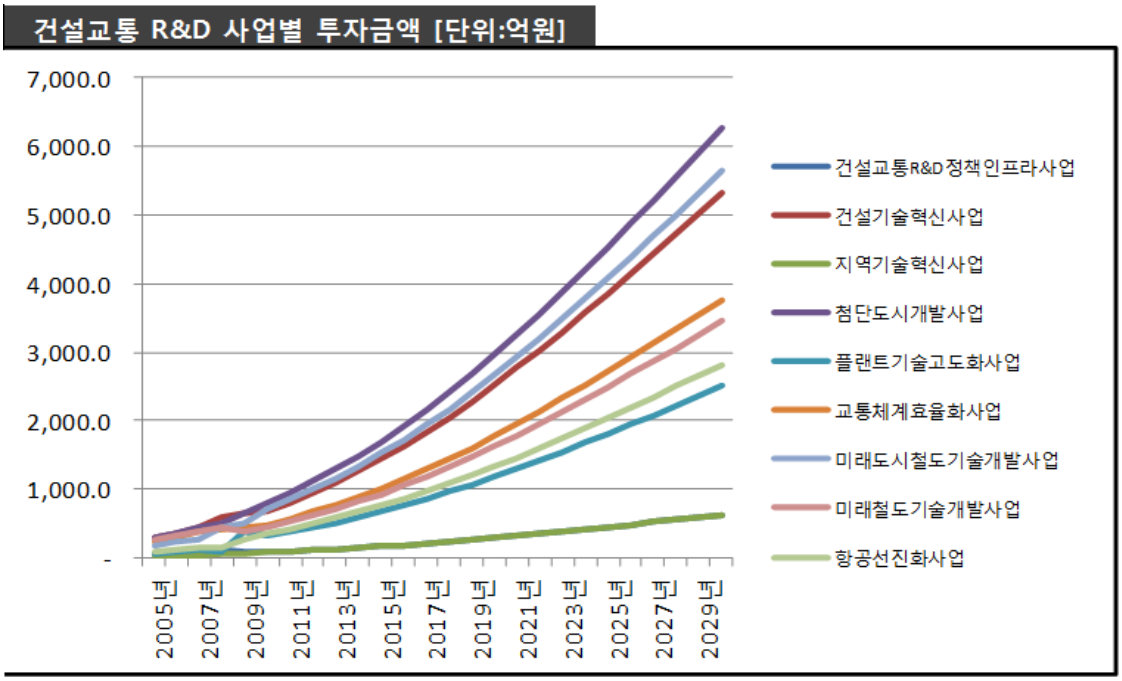
부록 3. 세부사업별 Display화면



[부록 3-1] 건설교통 R&D 투자액 설정 화면



[부록 3-2] 건설교통 R&D 투자액 직접입력 화면



[부록 3-3] 건설교통 R&D 사업별 투자금액 그래프 화면



[부록 3-4] 건설교통 R&D 사업별
파급효과 보기 화면

건설교통 R&D 세부사업별 투자비율

[단위: -]

산업분류	년도별 / 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	건설기술혁신사업	0.19	0.19	0.19	0.21	0.19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
	지역기술혁신사업	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	첨단도시개발사업	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	플랜트기술고도화사업	0.05	0.05	0.05	0.03	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
교통	교통체계효율화사업	0.16	0.16	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	미래도시철도기술개발사업	0.12	0.12	0.12	0.16	0.15	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	미래철도기술개발사업	0.17	0.17	0.17	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
	항공선진화사업	0.06	0.06	0.06	0.05	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
합계		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

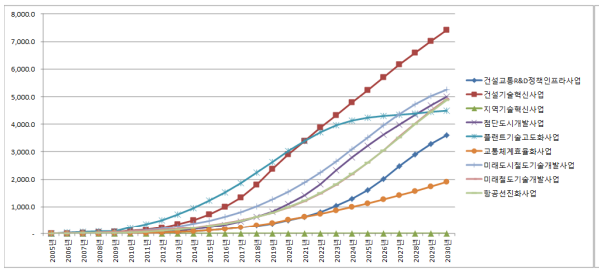
건설교통 R&D 세부사업별 투자금액

[단위: 억원]

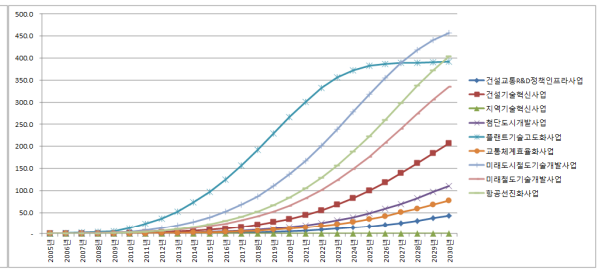
사업유형	년도별 / 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	60.7	76.3	94.1	114.1	102.1	80.2	95.0	111.4	129.3	148.8	169.8	192.2	216.2	241.6	268.4	296.4	325.7	356.2	387.6	420.0	453.2	487.1	521.6	556.5	591.8	627.3
	건설기술혁신사업	288.1	362.3	447.0	599.0	646.9	681.5	807.8	947.0	1,099.2	1,264.6	1,442.9	1,634.1	1,837.8	2,053.7	2,281.2	2,519.8	2,768.8	3,027.4	3,294.8	3,570.0	3,852.2	4,140.4	4,433.5	4,730.5	5,030.4	5,332.2
	지역기술혁신사업	30.3	38.1	47.1	57.0	68.1	80.2	95.0	111.4	129.3	148.8	169.8	192.2	216.2	241.6	268.4	296.4	325.7	356.2	387.6	420.0	453.2	487.1	521.6	556.5	591.8	627.3
	첨단도시개발사업	288.1	362.3	447.0	513.4	646.9	801.8	950.3	1,114.1	1,293.2	1,487.7	1,697.5	1,922.4	2,162.1	2,416.1	2,683.7	2,964.4	3,257.4	3,561.6	3,876.2	4,200.0	4,532.0	4,871.0	5,215.8	5,565.2	5,918.1	6,273.2
	플랜트기술고도화사업	75.8	95.4	117.6	85.6	374.5	320.7	380.1	445.6	517.3	595.1	679.0	769.0	864.8	966.4	1,073.5	1,185.8	1,303.0	1,424.6	1,550.5	1,680.0	1,812.8	1,948.4	2,086.3	2,226.1	2,367.2	2,509.3
교통	교통체계효율화사업	242.6	305.1	376.4	427.8	442.6	481.1	570.2	668.4	775.9	892.6	1,018.5	1,153.5	1,297.3	1,449.6	1,610.2	1,778.7	1,954.4	2,137.0	2,325.7	2,520.0	2,719.2	2,922.6	3,129.5	3,339.1	3,550.9	3,763.9
	미래도시철도기술개발사업	182.0	228.8	282.3	456.4	510.7	721.6	855.3	1,002.7	1,163.9	1,339.0	1,527.8	1,730.2	1,945.9	2,174.5	2,415.4	2,668.0	2,931.6	3,205.5	3,488.6	3,780.0	4,078.8	4,383.9	4,694.2	5,008.7	5,326.3	5,645.9
	미래철도기술개발사업	257.8	324.2	399.9	456.4	374.5	441.0	522.7	612.7	711.3	818.2	933.6	1,057.3	1,189.2	1,328.8	1,476.1	1,630.4	1,791.6	1,958.9	2,131.9	2,310.0	2,492.6	2,679.1	2,868.7	3,060.9	3,254.9	3,450.3
	항공선진화사업	91.0	114.4	141.2	142.6	272.4	360.8	427.6	501.3	581.9	669.5	763.9	865.1	972.9	1,087.2	1,207.7	1,334.0	1,465.8	1,602.7	1,744.3	1,890.0	2,039.4	2,192.0	2,347.1	2,504.4	2,663.1	2,823.0
합계		1,516.4	1,907.1	2,352.5	2,852.2	3,404.9	4,008.8	4,751.6	5,570.4	6,466.1	7,438.6	8,487.7	9,612.2	10,810.5	12,080.3	13,418.7	14,822.2	16,286.9	17,808.1	19,381.0	21,000.2	22,660.2	24,355.2	26,079.1	27,826.2	29,590.5	31,366.1

[부록 3-5] 각 년도 사업별 투자금액보기 화면

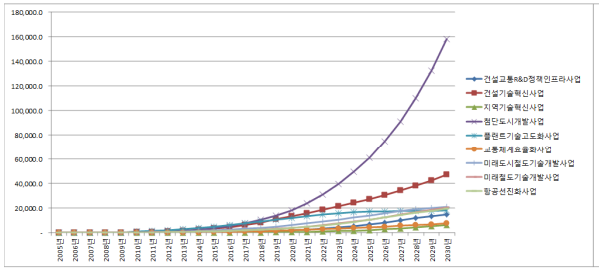
건설교통 R&D 당해년도 GDP유발액 [단위:억원]



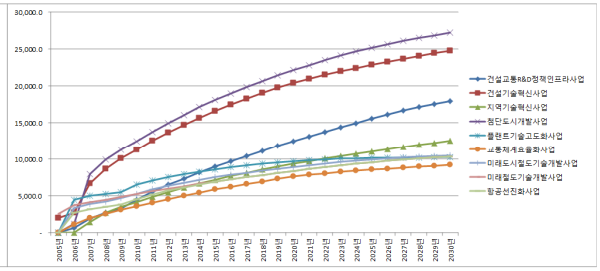
건설교통 R&D 당해년도 수출유발액 [단위:억원]



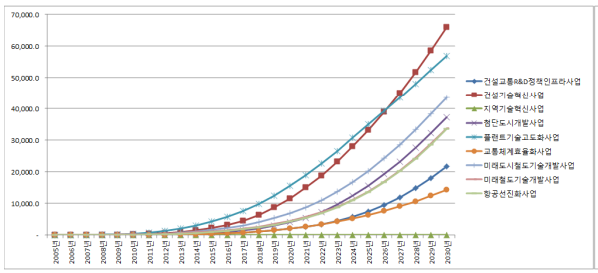
건설교통 R&D 당해년도 고정자본형성액 [단위:억원]



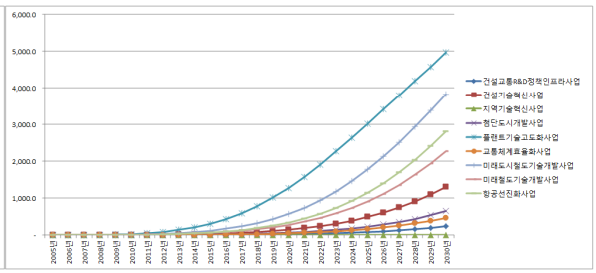
건설교통 R&D 당해년도 고용유발자수 [단위:명]



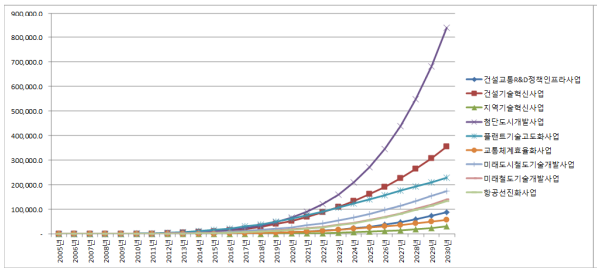
건설교통 R&D 누적 GDP유발액 [단위:억원]



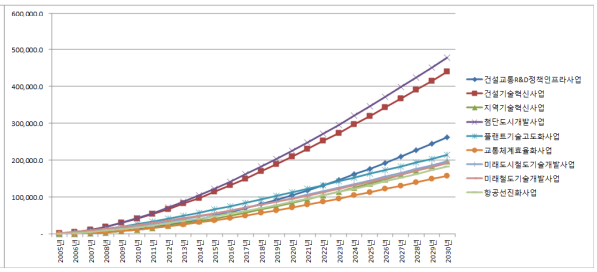
건설교통 R&D 누적 수출유발액 [단위:억원]



건설교통 R&D 누적 고정자본형성액 [단위:억원]

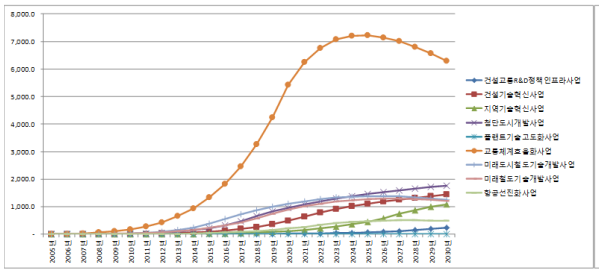


건설교통 R&D 누적 고용유발자수 [단위:명]

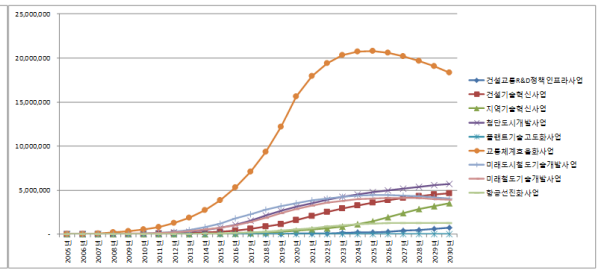


[부록그림 3-6] 경제지표 그래프보기 화면

건설교통 R&D 에너지사용 저감량 [단위:1000toe]

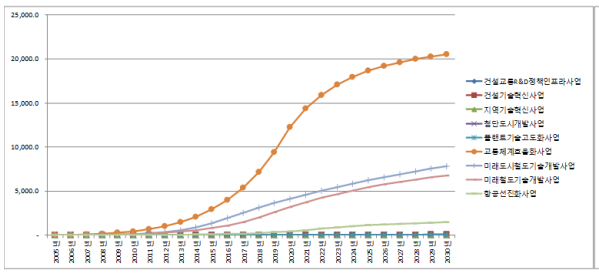


건설교통 R&D CO2배출 저감량 [단위:tCO2]

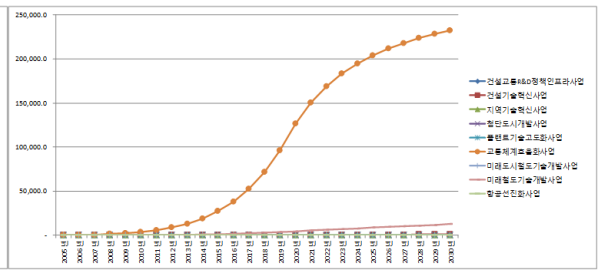


[부록그림 3-7] 환경지표 그래프보기 화면

건설교통 R&D 국내여객수송 증가분 [단위:km*백만명]

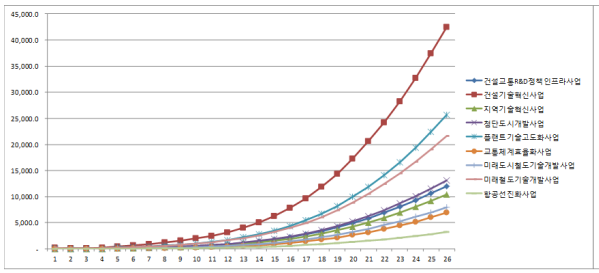


건설교통 R&D 국내화물수송 증가분 [단위:1000t]

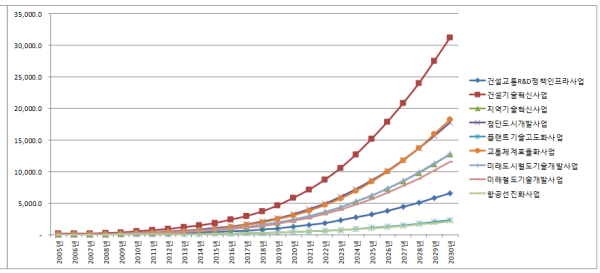


[부록그림 3-8] 인프라지표 그래프보기 화면

건설교통 R&D 논문게재건수



건설교통 R&D 특허 등록건수



[부록그림 3-9] 과학기술지표 그래프보기 화면

건설교통 R&D 당해년도 GDP유발액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0	1.8	5.0	9.3	15.2	23.7	35.1	49.9	69.3	94.9	128.1	171.2	226.5	296.8	385.9	498.1	638.5	813.2	1,029.3	1,295.0	1,619.2	2,011.9	2,483.6	2,902.4	3,272.7	3,601.6
	건설기술혁신사업	5.3	9.6	20.8	38.5	64.7	101.7	157.8	238.3	351.4	506.1	713.0	985.1	1,337.9	1,790.1	2,364.4	2,895.5	3,393.9	3,869.0	4,329.6	4,783.4	5,237.0	5,695.3	6,161.7	6,592.7	7,007.2	7,406.0
	지역기술혁신사업	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
	첨단도시개발사업	0.6	2.8	6.4	11.5	18.7	29.9	47.5	74.2	113.1	167.1	240.3	337.2	463.4	625.9	832.8	1,094.2	1,422.0	1,830.3	2,335.1	2,794.9	3,218.5	3,614.1	3,988.8	4,342.9	4,675.6	4,990.6
	플랜트기술고도화사업	-	40.7	61.3	79.3	94.2	225.7	354.9	518.3	716.1	949.7	1,221.1	1,529.6	1,872.7	2,244.1	2,632.3	3,019.9	3,384.5	3,702.3	3,953.9	4,131.6	4,242.8	4,308.1	4,352.4	4,394.6	4,443.1	4,499.0
교통	교통체계효율화사업	0.0	2.5	5.2	8.5	12.9	19.5	29.2	43.2	62.6	89.1	124.5	170.9	231.0	307.9	405.0	526.5	639.3	750.7	866.2	989.9	1,125.1	1,266.1	1,414.9	1,572.8	1,733.1	1,896.0
	미래도시철도기술개발사업	-	16.3	24.6	31.9	47.7	76.4	126.9	191.8	272.5	371.2	491.3	636.2	810.2	1,017.6	1,262.9	1,549.2	1,878.0	2,247.6	2,652.5	3,082.3	3,522.5	3,954.9	4,360.7	4,723.2	5,014.3	5,247.5
	미래철도기술개발사업	8.3	21.7	30.3	40.7	54.8	75.2	103.1	139.1	184.3	240.7	310.6	396.7	502.7	632.9	792.0	984.2	1,214.6	1,487.9	1,808.1	2,177.9	2,598.1	3,058.0	3,553.2	4,025.5	4,482.5	4,921.3
	항공선진화사업	0.0	9.4	14.2	18.5	24.0	42.2	71.9	110.4	158.8	218.6	292.5	383.0	493.7	628.6	792.3	989.6	1,225.5	1,503.9	1,827.8	2,198.1	2,613.3	3,058.8	3,526.6	4,004.8	4,452.6	4,867.4
합계		14.2	104.7	167.8	238.2	332.3	594.2	926.3	1,365.2	1,928.1	2,637.5	3,521.3	4,609.9	5,938.1	7,543.9	9,467.6	11,557.3	13,796.3	16,205.0	18,802.7	21,453.3	24,176.7	26,967.5	29,842.1	32,559.2	35,081.5	37,429.8

건설교통 R&D 누적 GDP유발액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0	1.8	6.7	16.0	31.2	54.9	90.0	139.9	209.2	304.1	432.2	603.4	829.9	1,126.7	1,512.6	2,010.7	2,649.2	3,462.4	4,491.7	5,786.7	7,406.0	9,417.9	11,901.4	14,803.9	18,076.6	21,678.2
	건설기술혁신사업	5.3	14.9	35.7	74.2	138.9	240.6	398.4	636.7	988.1	1,494.3	2,207.3	3,192.4	4,530.3	6,320.4	8,684.7	11,580.2	14,974.1	18,843.1	23,172.6	27,956.0	33,193.0	38,888.3	45,050.0	51,642.7	58,649.9	66,055.9
	지역기술혁신사업	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.8
	첨단도시개발사업	0.6	3.4	9.8	21.3	40.1	69.9	117.4	191.6	304.7	471.8	712.1	1,049.3	1,512.7	2,138.6	2,971.4	4,065.6	5,487.6	7,317.9	9,653.0	12,447.9	15,666.4	19,280.5	23,269.3	27,612.2	32,287.8	37,278.4
	플랜트기술고도화사업	-	40.7	102.0	181.3	275.5	501.2	856.2	1,374.4	2,090.5	3,040.2	4,261.3	5,790.9	7,663.6	9,907.7	12,540.0	15,559.9	18,944.4	22,646.7	26,600.6	30,732.2	34,975.0	39,283.1	43,635.5	48,030.1	52,473.2	56,972.2
교통	교통체계효율화사업	0.0	2.5	7.7	16.2	29.1	48.6	77.8	120.9	183.6	272.7	397.1	568.0	799.0	1,106.9	1,511.9	2,038.4	2,677.6	3,428.4	4,294.6	5,284.4	6,409.6	7,675.7	9,090.6	10,663.4	12,396.4	14,292.4
	미래도시철도기술개발사업	-	16.3	40.9	72.7	120.4	196.9	323.8	515.6	788.1	1,159.3	1,650.5	2,286.7	3,096.9	4,114.5	5,377.3	6,926.5	8,804.5	11,052.1	13,704.6	16,786.9	20,309.3	24,264.2	28,624.9	33,348.1	38,362.4	43,609.9
	미래철도기술개발사업	8.3	30.0	60.3	101.0	155.8	231.0	334.1	473.2	657.5	898.2	1,208.8	1,605.5	2,108.2	2,741.1	3,533.1	4,517.3	5,731.9	7,219.8	9,027.9	11,205.8	13,803.9	16,861.9	20,415.0	24,440.5	28,923.0	33,844.3
	항공선진화사업	0.0	9.4	23.6	42.1	66.0	108.2	180.1	290.5	449.3	668.0	960.4	1,343.4	1,837.1	2,465.7	3,257.9	4,247.6	5,473.1	6,977.0	8,804.8	11,003.0	13,616.3	16,675.1	20,201.7	24,206.5	28,659.1	33,526.5
합계		14.2	118.9	286.7	524.9	857.2	1,451.4	2,377.7	3,743.0	5,671.1	8,308.5	11,829.8	16,439.7	22,377.8	29,921.7	39,389.4	50,946.7	64,743.0	80,948.0	99,750.7	121,204.0	145,380.6	172,348.2	202,190.3	234,749.5	269,830.9	307,260.7

건설교통산업 GDP 중 건설교통 R&D투자의 GDP기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0000%	0.0001%	0.0003%	0.0006%	0.0009%	0.0014%	0.0019%	0.0026%	0.0035%	0.0045%	0.0057%	0.0073%	0.0091%	0.0114%	0.0140%	0.0172%	0.0208%	0.0252%	0.0302%	0.0360%	0.0427%	0.0503%	0.0589%	0.0653%	0.0699%	0.0730%
	건설기술혁신사업	0.0004%	0.0007%	0.0014%	0.0025%	0.0040%	0.0059%	0.0087%	0.0125%	0.0175%	0.0239%	0.0320%	0.0419%	0.0540%	0.0685%	0.0859%	0.0997%	0.1108%	0.1198%	0.1271%	0.1331%	0.1382%	0.1425%	0.1462%	0.1484%	0.1497%	0.1501%
	지역기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
	첨단도시개발사업	0.0000%	0.0002%	0.0004%	0.0007%	0.0011%	0.0017%	0.0026%	0.0039%	0.0056%	0.0079%	0.0108%	0.0143%	0.0187%	0.0240%	0.0302%	0.0377%	0.0464%	0.0567%	0.0685%	0.0778%	0.0849%	0.0904%	0.0947%	0.0978%	0.0999%	0.1012%
	플랜트기술고도화사업	0.0000%	0.0029%	0.0042%	0.0051%	0.0058%	0.0131%	0.0196%	0.0272%	0.0357%	0.0449%	0.0548%	0.0651%	0.0756%	0.0859%	0.0956%	0.1040%	0.1105%	0.1146%	0.1161%	0.1150%	0.1120%	0.1078%	0.1033%	0.0989%	0.0949%	0.0912%
교통	교통체계효율화사업	0.0000%	0.0002%	0.0004%	0.0005%	0.0008%	0.0011%	0.0016%	0.0023%	0.0031%	0.0042%	0.0056%	0.0073%	0.0093%	0.0118%	0.0147%	0.0181%	0.0209%	0.0232%	0.0254%	0.0275%	0.0297%	0.0317%	0.0336%	0.0354%	0.0370%	0.0384%
	미래도시철도기술개발사업	0.0000%	0.0012%	0.0017%	0.0021%	0.0029%	0.0045%	0.0070%	0.0101%	0.0136%	0.0175%	0.0220%	0.0271%	0.0327%	0.0390%	0.0459%	0.0533%	0.0613%	0.0696%	0.0779%	0.0858%	0.0929%	0.0990%	0.1035%	0.1063%	0.1071%	0.1064%
	미래철도기술개발사업	0.0006%	0.0016%	0.0021%	0.0026%	0.0034%	0.0044%	0.0057%	0.0073%	0.0092%	0.0114%	0.0139%	0.0169%	0.0203%	0.0242%	0.0288%	0.0339%	0.0397%	0.0461%	0.0531%	0.0606%	0.0686%	0.0765%	0.0843%	0.0906%	0.0957%	0.0997%
	항공선진화사업	0.0000%	0.0007%	0.0010%	0.0012%	0.0015%	0.0025%	0.0040%	0.0058%	0.0079%	0.0103%	0.0131%	0.0163%	0.0199%	0.0241%	0.0288%	0.0341%	0.0400%	0.0466%	0.0536%	0.0612%	0.0690%	0.0765%	0.0837%	0.0901%	0.0951%	0.0987%
합계		0.0011%	0.0075%	0.0114%	0.0154%	0.0204%	0.0346%	0.0512%	0.0716%	0.0960%	0.1247%	0.1579%	0.1962%	0.2397%	0.2889%	0.3438%	0.3980%	0.4504%	0.5017%	0.5519%	0.5970%	0.6379%	0.6748%	0.7082%	0.7329%	0.7492%	0.7587%

2005년 이전 년도 부터 2030 년도 까지의 투자금액의 해당연도에 대한 GDP 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
교통	교통체계효율화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-10] GDP 유발 지표값보기 화면

건설교통 R&D 당해년도 수출유발액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.9	3.7	4.7	6.0	7.5	9.4	11.7	14.5	17.8	21.7	26.2	31.5	37.1	43.1
	건설기술혁신사업	-	0.3	0.5	0.7	1.0	1.6	2.5	3.6	5.1	7.1	9.6	12.8	16.7	21.6	27.6	35.0	44.0	54.7	67.3	82.1	99.0	118.1	139.2	162.0	184.4	206.3
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	1.0	1.5	2.2	3.1	4.3	5.7	7.5	9.8	12.6	16.1	20.4	25.6	31.8	39.3	48.0	58.2	69.9	83.0	96.7	110.8
	플랜트기술고도화사업	-	1.9	3.1	4.3	5.5	14.1	23.6	36.3	52.6	72.6	96.7	124.9	156.8	191.9	228.9	266.2	301.3	331.9	355.9	372.5	382.1	386.8	388.7	389.7	390.5	391.3
교통	교통체계효율화사업	-	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.3	1.8	2.4	3.3	4.4	5.7	7.4	9.5	12.0	15.1	18.9	23.4	28.7	34.9	42.1	50.2	59.2	68.4	77.7
	미래도시철도기술개발사업	-	0.7	1.2	1.7	2.8	4.8	8.4	13.5	20.0	28.4	38.9	51.9	67.8	87.0	109.8	136.5	167.2	201.5	238.8	277.9	317.3	355.1	389.5	418.9	440.7	456.4
	미래철도기술개발사업	-	0.8	1.2	1.7	2.5	3.6	5.2	7.4	10.3	14.0	18.7	24.7	32.1	41.2	52.3	65.8	81.9	101.0	123.2	148.5	176.8	207.6	240.3	274.1	305.6	334.6
	항공선진화사업	-	0.4	0.7	1.0	1.4	2.6	4.7	7.6	11.4	16.3	22.5	30.3	40.0	51.8	66.3	83.7	104.4	128.7	156.7	188.2	222.9	260.0	298.6	337.4	372.5	403.7
합계		-	4.4	7.2	10.2	14.2	28.3	46.8	71.9	104.4	145.3	195.8	256.9	329.5	414.4	511.8	621.3	741.8	871.6	1,008.8	1,151.6	1,298.8	1,449.5	1,602.6	1,755.7	1,896.1	2,024.0

건설교통 R&D 누적 수출유발액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.6	2.4	3.4	4.7	6.4	8.6	11.5	15.1	19.8	25.8	33.3	42.7	54.4	68.8	86.6	108.3	134.5	166.0	203.1	246.2
	건설기술혁신사업	-	0.3	0.8	1.4	2.4	4.0	6.5	10.1	15.3	22.4	32.0	44.8	61.5	83.1	110.8	145.8	189.8	244.4	311.8	393.9	492.9	611.0	750.2	912.2	1,096.6	1,302.9
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	0.1	0.3	0.5	0.9	1.5	2.5	4.0	6.2	9.3	13.6	19.3	26.9	36.7	49.3	65.4	85.8	111.4	143.2	182.5	230.5	288.7	358.5	441.6	538.3	649.1
	플랜트기술고도화사업	-	1.9	4.9	9.3	14.8	28.9	52.5	88.9	141.5	214.1	310.9	435.7	592.5	784.4	1,013.3	1,279.5	1,580.8	1,912.7	2,268.7	2,641.1	3,023.3	3,410.1	3,798.8	4,188.5	4,579.1	4,970.4
교통	교통체계효율화사업	-	0.1	0.3	0.6	1.0	1.5	2.4	3.7	5.4	7.9	11.2	15.5	21.3	28.6	38.1	50.1	65.2	84.1	107.5	136.3	171.2	213.3	263.5	322.6	391.0	468.7
	미래도시철도기술개발사업	-	0.7	2.0	3.7	6.5	11.3	19.7	33.2	53.2	81.6	120.5	172.5	240.3	327.3	437.1	573.7	740.9	942.4	1,181.1	1,459.0	1,776.3	2,131.3	2,520.8	2,939.7	3,380.4	3,836.9
	미래철도기술개발사업	-	0.8	2.0	3.7	6.3	9.8	15.0	22.4	32.6	46.6	65.4	90.1	122.1	163.3	215.6	281.4	363.3	464.3	587.6	736.1	912.8	1,120.4	1,360.7	1,634.8	1,940.4	2,275.0
	항공선진화사업	-	0.4	1.1	2.1	3.5	6.1	10.8	18.4	29.8	46.1	68.7	99.0	138.9	190.7	257.0	340.7	445.1	573.8	730.4	918.6	1,141.5	1,401.5	1,700.1	2,037.5	2,410.0	2,813.7
합계		-	4.4	11.6	21.8	36.0	64.4	111.1	183.0	287.4	432.7	628.6	885.5	1,215.0	1,629.3	2,141.1	2,762.4	3,504.2	4,375.8	5,384.6	6,536.2	7,835.0	9,284.6	10,887.1	12,642.8	14,538.9	16,562.9

건설교통산업 GDP 중 건설교통 R&D투자의 수출기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0002%	0.0002%	0.0003%	0.0003%	0.0004%	0.0004%	0.0005%	0.0006%	0.0007%	0.0008%	0.0009%
	건설기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0003%	0.0004%	0.0005%	0.0006%	0.0008%	0.0009%	0.0011%	0.0013%	0.0016%	0.0018%	0.0021%	0.0025%	0.0028%	0.0032%	0.0036%	0.0040%	0.0044%
	지역기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
	첨단도시개발사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0002%	0.0003%	0.0003%	0.0004%	0.0005%	0.0006%	0.0007%	0.0009%	0.0010%	0.0012%	0.0014%	0.0016%	0.0019%	0.0021%	0.0023%
	플랜트기술고도화사업	0.0000%	0.0002%	0.0003%	0.0003%	0.0004%	0.0009%	0.0014%	0.0019%	0.0026%	0.0033%	0.0041%	0.0049%	0.0058%	0.0067%	0.0076%	0.0083%	0.0090%	0.0094%	0.0097%	0.0097%	0.0096%	0.0093%	0.0090%	0.0088%	0.0085%	0.0083%
교통	교통체계효율화사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0002%	0.0003%	0.0003%	0.0004%	0.0005%	0.0005%	0.0006%	0.0007%	0.0009%	0.0010%	0.0012%	0.0013%	0.0015%	0.0016%
	미래도시철도기술개발사업	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0005%	0.0007%	0.0010%	0.0013%	0.0016%	0.0021%	0.0025%	0.0030%	0.0036%	0.0043%	0.0050%	0.0057%	0.0065%	0.0072%	0.0079%	0.0086%	0.0091%	0.0094%	0.0096%	0.0096%
	미래철도기술개발사업	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0002%	0.0003%	0.0004%	0.0005%	0.0006%	0.0008%	0.0010%	0.0012%	0.0014%	0.0017%	0.0021%	0.0024%	0.0029%	0.0033%	0.0039%	0.0044%	0.0050%	0.0056%	0.0062%	0.0067%	0.0071%
	항공선진화사업	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0004%	0.0006%	0.0007%	0.0010%	0.0012%	0.0015%	0.0018%	0.0022%	0.0026%	0.0031%	0.0037%	0.0043%	0.0049%	0.0056%	0.0063%	0.0069%	0.0076%	0.0081%	0.0085%
합계		0.0000%	0.0005%	0.0007%	0.0008%	0.0010%	0.0018%	0.0027%	0.0039%	0.0051%	0.0066%	0.0083%	0.0101%	0.0122%	0.0145%	0.0169%	0.0194%	0.0221%	0.0248%	0.0274%	0.0300%	0.0325%	0.0350%	0.0373%	0.0395%	0.0413%	0.0428%

2005년 이전 년도 부터 2030 년도 까지의 투자금액의 해당연도에 대한 수출액 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
교통	교통체계효율화사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-11] 수출액 유발 지표값보기 화면

건설교통 R&D 당해년도 고정자본형성액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0	7.2	20.2	37.8	62.1	96.7	143.3	203.8	283.3	387.6	523.6	699.6	925.3	1,212.9	1,576.9	2,035.1	2,608.7	3,322.6	4,205.8	5,291.5	6,616.4	8,221.0	10,148.9	11,869.1	13,399.8	14,769.6
	건설기술혁신사업	25.4	41.2	93.1	176.5	298.5	469.0	728.5	1,101.8	1,626.1	2,343.8	3,303.9	4,566.2	6,202.7	8,300.1	10,963.3	13,543.6	16,102.4	18,702.4	21,407.0	24,279.7	27,383.5	30,779.5	34,525.9	38,461.8	42,744.0	47,371.8
	지역기술혁신사업	0.0	0.0	2.3	5.6	9.9	15.9	25.6	40.9	63.6	95.6	139.2	197.2	272.7	369.9	493.7	650.3	847.0	1,092.6	1,397.7	1,774.2	2,236.0	2,798.5	3,478.6	4,294.5	5,265.9	6,391.6
	첨단도시개발사업	2.9	11.5	72.7	161.8	279.5	444.6	712.5	1,140.6	1,778.2	2,680.2	3,910.5	5,546.8	7,682.7	10,432.6	13,937.3	18,368.6	23,934.5	30,882.4	39,502.7	49,485.1	61,162.8	74,900.6	91,093.4	110,133.7	132,444.5	158,014.9
	플랜트기술고도화사업	-	164.1	246.9	319.7	379.7	909.6	1,430.3	2,088.7	2,885.8	3,827.3	4,920.9	6,164.2	7,546.9	9,043.7	10,608.3	12,170.3	13,639.6	14,920.1	15,934.3	16,650.4	17,098.4	17,361.6	17,540.2	17,710.2	17,905.7	18,130.9
교통	교통체계효율화사업	0.0	10.1	21.1	34.2	51.9	78.5	117.7	173.9	252.3	359.1	501.6	688.8	931.0	1,240.8	1,632.4	2,121.8	2,576.4	3,025.6	3,491.0	3,989.4	4,534.6	5,103.0	5,702.5	6,338.7	6,984.8	7,641.6
	미래도시철도기술개발사업	-	65.7	99.0	128.4	192.3	308.0	511.4	773.1	1,098.1	1,495.9	1,979.8	2,563.9	3,264.9	4,101.0	5,089.3	6,243.2	7,568.2	9,057.8	10,689.4	12,421.7	14,195.5	15,938.3	17,573.6	19,034.5	20,207.5	21,147.6
	미래철도기술개발사업	39.8	91.5	126.4	170.2	229.3	315.8	433.3	583.9	772.9	1,008.4	1,299.8	1,659.2	2,101.7	2,644.7	3,308.3	4,110.2	5,071.2	6,211.0	7,546.3	9,088.1	10,840.0	12,759.4	14,828.0	16,772.6	18,655.7	20,466.1
	항공선진화사업	0.2	37.7	57.2	74.5	96.7	170.1	289.9	445.2	640.1	881.5	1,179.2	1,544.2	1,990.3	2,534.1	3,194.0	3,989.8	4,940.5	6,063.1	7,368.8	8,861.7	10,535.3	12,331.6	14,217.4	16,145.0	17,950.0	19,622.3
합계		68.2	429.0	738.9	1,108.8	1,599.9	2,808.3	4,392.6	6,551.8	9,400.5	13,079.5	17,758.5	23,630.0	30,918.2	39,879.8	50,803.7	63,232.9	77,288.4	93,277.7	111,543.1	131,841.9	154,602.7	180,193.5	209,108.5	240,760.1	275,557.8	313,556.3

건설교통 R&D 누적 고정자본형성액

[단위: 억원]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0	7.2	27.4	65.2	127.3	224.0	367.2	571.0	854.3	1,241.9	1,765.6	2,465.2	3,390.5	4,603.4	6,180.4	8,215.5	10,824.2	14,146.8	18,352.6	23,644.1	30,260.5	38,481.5	48,630.3	60,499.5	73,899.3	88,668.9
	건설기술혁신사업	25.4	66.6	159.8	336.3	634.8	1,103.8	1,832.3	2,934.1	4,560.2	6,904.0	10,207.9	14,774.1	20,976.8	29,276.9	40,240.2	53,783.8	69,886.2	88,588.6	109,995.6	134,275.3	161,658.8	192,438.3	226,964.2	265,426.0	308,169.9	355,541.7
	지역기술혁신사업	0.0	0.0	2.3	7.9	17.8	33.7	59.3	100.2	163.8	259.4	398.7	595.8	868.6	1,238.5	1,732.2	2,382.5	3,229.5	4,322.1	5,719.7	7,494.0	9,730.0	12,528.5	16,007.1	20,301.5	25,567.4	31,958.9
	첨단도시개발사업	2.9	14.4	87.0	248.8	528.3	972.9	1,685.5	2,826.0	4,604.2	7,284.4	11,194.9	16,741.8	24,424.4	34,857.1	48,794.4	67,163.0	91,097.4	121,979.8	161,482.5	210,967.7	272,130.5	347,031.1	438,124.5	548,258.1	680,702.6	838,717.5
	플랜트기술고도화사업	-	164.1	411.0	730.7	1,110.3	2,020.0	3,450.3	5,539.0	8,424.8	12,252.1	17,172.9	23,337.2	30,884.1	39,927.9	50,536.1	62,706.5	76,346.1	91,266.2	107,200.5	123,850.9	140,949.4	158,311.0	175,851.2	193,561.4	211,467.1	229,597.9
교통	교통체계효율화사업	0.0	10.1	31.2	65.5	117.3	195.8	313.6	487.5	739.8	1,098.9	1,600.6	2,289.3	3,220.3	4,461.1	6,093.5	8,215.3	10,791.7	13,817.3	17,308.3	21,297.8	25,832.4	30,935.4	36,637.8	42,976.5	49,961.3	57,602.9
	미래도시철도기술개발사업	-	65.7	164.7	293.1	485.4	793.4	1,304.8	2,077.8	3,176.0	4,671.8	6,651.6	9,215.5	12,480.4	16,581.4	21,670.7	27,913.9	35,482.1	44,539.9	55,229.3	67,651.1	81,846.6	97,784.9	115,358.5	134,393.0	154,600.5	175,748.0
	미래철도기술개발사업	39.8	131.2	257.7	427.9	657.2	973.0	1,406.3	1,990.2	2,763.1	3,771.5	5,071.3	6,730.5	8,832.2	11,476.9	14,785.2	18,895.4	23,966.6	30,177.7	37,723.9	46,812.0	57,652.1	70,411.5	85,239.5	102,012.1	120,667.8	141,133.9
	항공선진화사업	0.2	37.9	95.1	169.6	266.3	436.5	726.4	1,171.6	1,811.8	2,693.3	3,872.5	5,416.6	7,406.9	9,941.0	13,135.0	17,124.7	22,065.2	28,128.3	35,497.2	44,358.9	54,894.2	67,225.8	81,443.3	97,588.3	115,538.3	135,160.7
합계		68.2	497.2	1,236.1	2,344.9	3,944.8	6,753.1	11,145.7	17,697.5	27,098.0	40,177.5	57,936.0	81,566.0	112,484.2	152,364.1	203,167.8	266,400.6	343,689.0	436,966.8	548,509.8	680,351.7	834,954.4	#########	#########	#########	#########	#########

건설교통산업 GDP 중 건설교통 R&D투자의 고정자본형성기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0000%	0.0175%	0.0470%	0.0844%	0.1327%	0.1984%	0.2825%	0.3858%	0.5131%	0.6688%	0.8567%	1.0802%	1.3420%	1.6441%	1.9878%	2.3736%	2.8004%	3.2656%	3.7644%	4.2893%	4.8304%	5.3748%	5.9077%	6.1153%	6.0738%	5.8534%
	건설기술혁신사업	0.0650%	0.1006%	0.2173%	0.3940%	0.6383%	0.9624%	1.4365%	2.0861%	2.9452%	4.0437%	5.4050%	7.0504%	8.9955%	11.2506%	13.8199%	15.7959%	17.2859%	18.3819%	19.1602%	19.6815%	19.9918%	20.1234%	20.0978%	19.8164%	19.3748%	18.7741%
	지역기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0053%	0.0125%	0.0212%	0.0326%	0.0505%	0.0774%	0.1152%	0.1650%	0.2278%	0.3044%	0.3955%	0.5014%	0.6224%	0.7584%	0.9092%	1.0739%	1.2510%	1.4382%	1.6325%	1.8296%	2.0249%	2.2126%	2.3869%	2.5331%
	첨단도시개발사업	0.0073%	0.0280%	0.1695%	0.3611%	0.5977%	0.9123%	1.4049%	2.1595%	3.2207%	4.6241%	6.3975%	8.5645%	11.1418%	14.1412%	17.5687%	21.4234%	25.6936%	30.3531%	35.3566%	40.1134%	44.6529%	48.9696%	53.0260%	56.7433%	60.0337%	62.6235%
	플랜트기술고도화사업	0.0000%	0.4004%	0.5759%	0.7135%	0.8119%	1.8665%	2.8203%	3.9546%	5.2268%	6.6031%	8.0504%	9.5178%	10.9450%	12.2586%	13.3723%	14.1943%	14.6421%	14.6644%	14.2619%	13.4971%	12.4830%	11.3509%	10.2103%	9.1247%	8.1162%	7.1855%
교통	교통체계효율화사업	0.0001%	0.0247%	0.0492%	0.0764%	0.1109%	0.1611%	0.2321%	0.3293%	0.4571%	0.6196%	0.8207%	1.0635%	1.3502%	1.6819%	2.0577%	2.4746%	2.7658%	2.9738%	3.1246%	3.2339%	3.3106%	3.3363%	3.3194%	3.2658%	3.1660%	3.0285%
	미래도시철도기술개발사업	0.0000%	0.1604%	0.2309%	0.2865%	0.4112%	0.6319%	1.0084%	1.4637%	1.9889%	2.5808%	3.2388%	3.9587%	4.7350%	5.5588%	6.4154%	7.2815%	8.1245%	8.9026%	9.5675%	10.0693%	10.3637%	10.4203%	10.2297%	9.8070%	9.1595%	8.3811%
	미래철도기술개발사업	0.1017%	0.2233%	0.2949%	0.3798%	0.4903%	0.6481%	0.8544%	1.1055%	1.3999%	1.7398%	2.1264%	2.5619%	3.0479%	3.5849%	4.1704%	4.7937%	5.4439%	6.1046%	6.7542%	7.3669%	7.9139%	8.3420%	8.6315%	8.6416%	8.4561%	8.1110%
	항공선진화사업	0.0005%	0.0921%	0.1333%	0.1663%	0.2068%	0.3491%	0.5717%	0.8429%	1.1595%	1.5209%	1.9291%	2.3842%	2.8864%	3.4349%	4.0262%	4.6533%	5.3036%	5.9592%	6.5954%	7.1834%	7.6915%	8.0623%	8.2760%	8.3183%	8.1363%	7.7766%
합계		0.1746%	1.0471%	1.7234%	2.4745%	3.4212%	5.7624%	8.6613%	12.4049%	17.0264%	22.5657%	29.0525%	36.4855%	44.8393%	54.0562%	64.0409%	73.7487%	82.9690%	91.6791%	99.8358%	106.8731%	112.8701%	117.8093%	121.7234%	124.0450%	124.9034%	124.2667%

2005년 이전 년도 부터 2030 년도 까지의 투자금액의 해당연도에 대한 고정자본형성 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
교통	교통체계효율화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-12] 고정자본형성 유발 지표값보기 화면

건설교통 R&D 당해년도 고용유발자수

[단위: 명]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.3	700.5	1,941.4	2,700.0	3,299.6	4,491.2	5,565.4	6,500.2	7,364.8	8,183.8	8,967.3	9,720.9	10,447.9	11,151.0	11,832.8	12,495.6	13,141.1	13,770.6	14,384.9	14,984.1	15,568.1	16,136.7	16,689.4	17,167.3	17,593.4	17,976.5
	건설기술혁신사업	2,020.5	2,740.2	6,669.1	8,680.6	10,100.9	11,326.9	12,527.0	13,653.3	14,708.6	15,694.0	16,614.2	17,477.3	18,291.2	19,063.1	19,799.3	20,427.3	20,988.1	21,503.1	21,984.8	22,441.2	22,877.1	23,295.7	23,699.0	24,079.6	24,443.1	24,785.8
	지역기술혁신사업	0.2	0.1	1,478.2	2,741.3	3,531.6	4,187.0	4,850.0	5,502.4	6,116.8	6,684.4	7,207.2	7,691.4	8,142.8	8,567.0	8,968.8	9,352.1	9,719.8	10,074.3	10,417.1	10,749.2	11,071.3	11,383.8	11,686.7	11,980.2	12,264.3	12,534.2
	첨단도시개발사업	1.5	1,239.9	7,942.9	9,907.4	11,292.2	12,504.0	13,728.6	14,940.7	16,083.4	17,141.2	18,117.7	19,024.0	19,870.8	20,668.1	21,424.3	22,146.2	22,839.0	23,506.8	24,152.1	24,709.4	25,209.9	25,670.2	26,100.2	26,504.3	26,885.4	27,242.0
	플랜트기술고도화사업	0.4	4,492.4	4,988.0	5,301.1	5,511.5	6,570.7	7,120.3	7,580.4	7,973.6	8,317.4	8,623.7	8,898.5	9,145.8	9,367.2	9,562.9	9,731.8	9,872.4	9,983.8	10,066.3	10,122.5	10,157.6	10,179.2	10,194.7	10,209.6	10,226.2	10,244.6
교통	교통체계효율화사업	1.3	1,115.1	2,007.0	2,593.8	3,099.2	3,602.6	4,095.3	4,570.0	5,023.2	5,453.2	5,860.8	6,247.8	6,616.1	6,967.4	7,303.3	7,624.6	7,863.7	8,062.5	8,240.1	8,406.1	8,565.8	8,713.5	8,852.8	8,985.8	9,108.4	9,222.2
	미래도시철도기술개발사업	1.0	3,383.7	3,881.0	4,196.4	4,687.8	5,261.2	5,878.3	6,381.8	6,810.3	7,188.4	7,531.9	7,849.4	8,146.8	8,427.9	8,694.7	8,947.8	9,186.7	9,410.5	9,617.4	9,805.9	9,974.4	10,121.6	10,247.1	10,351.0	10,430.8	10,493.4
	미래철도기술개발사업	2,563.2	3,730.2	4,137.2	4,493.4	4,854.6	5,238.9	5,623.6	5,988.0	6,331.1	6,656.8	6,967.8	7,267.1	7,556.9	7,838.9	8,113.8	8,380.4	8,638.8	8,888.5	9,128.5	9,358.0	9,575.9	9,777.6	9,963.8	10,119.5	10,254.3	10,372.0
	항공선진화사업	0.5	2,711.1	3,214.6	3,536.1	3,852.1	4,538.3	5,185.6	5,706.9	6,148.7	6,538.3	6,892.8	7,221.7	7,531.6	7,826.7	8,109.8	8,382.1	8,644.0	8,895.2	9,134.7	9,361.5	9,574.5	9,768.7	9,944.7	10,102.5	10,234.6	10,346.3
합계		4,588.9	20,113.2	36,259.3	44,150.1	50,229.6	57,720.9	64,574.1	70,823.8	76,560.6	81,857.3	86,783.5	91,398.1	95,749.8	99,877.3	103,809.6	107,487.8	110,893.8	114,095.3	117,125.9	119,937.8	122,574.6	125,047.1	127,378.4	129,500.0	131,440.5	133,217.0

건설교통 R&D 누적 고용유발지수

[단위: 명]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.3	700.8	2,642.2	5,342.1	8,641.7	13,132.9	18,698.3	25,198.5	32,563.3	40,747.1	49,714.4	59,435.4	69,883.2	81,034.2	92,867.0	105,362.6	118,503.7	132,274.3	146,659.2	161,643.3	177,211.4	193,348.1	210,037.4	227,204.7	244,798.1	262,774.7
	건설기술혁신사업	2,020.5	4,760.7	11,429.8	20,110.4	30,211.3	41,538.2	54,065.3	67,718.6	82,427.2	98,121.2	114,735.4	132,212.7	150,503.9	169,567.0	189,366.3	209,793.5	230,781.6	252,284.7	274,269.5	296,710.7	319,587.8	342,883.5	366,582.5	390,662.1	415,105.2	439,891.0
	지역기술혁신사업	0.2	0.3	1,478.4	4,219.8	7,751.4	11,938.4	16,788.3	22,290.7	28,407.5	35,091.9	42,299.1	49,990.5	58,133.3	66,700.3	75,669.1	85,021.2	94,741.0	104,815.4	115,232.5	125,981.7	137,053.1	148,436.9	160,123.6	172,103.8	184,368.1	196,902.2
	첨단도시개발사업	1.5	1,241.4	9,184.3	19,091.7	30,383.9	42,888.0	56,616.6	71,557.3	87,640.7	104,781.9	122,899.6	141,923.6	161,794.4	182,462.5	203,886.8	226,032.9	248,871.9	272,378.7	296,530.9	321,240.2	346,450.1	372,120.3	398,220.6	424,724.9	451,610.3	478,852.3
	플랜트기술고도화사업	0.4	4,492.9	9,480.9	14,781.9	20,293.4	26,864.1	33,984.5	41,564.9	49,538.5	57,855.9	66,479.5	75,378.1	84,523.9	93,891.1	103,454.0	113,185.7	123,058.2	133,042.0	143,108.3	153,230.8	163,388.4	173,567.6	183,762.4	193,972.0	204,198.2	214,442.8
교통	교통체계효율화사업	1.3	1,116.3	3,123.3	5,717.1	8,816.2	12,418.9	16,514.1	21,084.1	26,107.3	31,560.5	37,421.4	43,669.2	50,285.2	57,252.6	64,555.9	72,180.5	80,044.2	88,106.8	96,346.8	104,752.9	113,318.7	122,032.3	130,885.1	139,870.9	148,979.3	158,201.6
	미래도시철도기술개발사업	1.0	3,384.6	7,265.6	11,462.0	16,149.9	21,411.1	27,289.5	33,671.2	40,481.5	47,669.9	55,201.8	63,051.2	71,198.0	79,625.9	88,320.6	97,268.4	106,455.1	115,865.6	125,483.0	135,288.9	145,263.3	155,384.9	165,632.0	175,983.0	186,413.9	196,907.2
	미래철도기술개발사업	2,563.2	6,293.5	10,430.7	14,924.1	19,778.7	25,017.6	30,641.2	36,629.2	42,960.3	49,617.1	56,584.9	63,852.0	71,408.9	79,247.8	87,361.6	95,742.1	104,380.9	113,269.3	122,397.8	131,755.8	141,331.7	151,109.3	161,073.2	171,192.7	181,447.0	191,819.0
	항공선진화사업	0.5	2,711.6	5,926.2	9,462.3	13,314.4	17,852.7	23,038.3	28,745.3	34,894.0	41,432.2	48,325.0	55,546.7	63,078.3	70,905.0	79,014.8	87,396.9	96,040.9	104,936.1	114,070.7	123,432.2	133,006.7	142,775.4	152,720.2	162,822.6	173,057.2	183,403.5
합계		4,588.9	24,702.1	60,961.3	105,111.4	155,341.0	213,061.9	277,636.0	348,459.8	425,020.4	506,877.7	593,661.2	685,059.3	780,809.1	880,686.4	984,496.0	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########

건설교통산업 GDP 중 건설교통 R&D투자의고용유발지수 기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0000%	0.0267%	0.0732%	0.1010%	0.1227%	0.1663%	0.2058%	0.2408%	0.2740%	0.3067%	0.3390%	0.3720%	0.4061%	0.4413%	0.4776%	0.5158%	0.5553%	0.5965%	0.6396%	0.6845%	0.7314%	0.7804%	0.8317%	0.8823%	0.9333%	0.9851%
	건설기술혁신사업	0.0780%	0.1045%	0.2516%	0.3247%	0.3755%	0.4194%	0.4633%	0.5058%	0.5472%	0.5881%	0.6280%	0.6688%	0.7110%	0.7543%	0.7992%	0.8433%	0.8870%	0.9315%	0.9775%	1.0251%	1.0748%	1.1267%	1.1811%	1.2375%	1.2966%	1.3582%
	지역기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0558%	0.1025%	0.1313%	0.1550%	0.1794%	0.2038%	0.2275%	0.2505%	0.2724%	0.2943%	0.3165%	0.3390%	0.3620%	0.3861%	0.4108%	0.4364%	0.4632%	0.4910%	0.5201%	0.5506%	0.5824%	0.6157%	0.6506%	0.6869%
	첨단도시개발사업	0.0001%	0.0473%	0.2996%	0.3705%	0.4198%	0.4630%	0.5077%	0.5534%	0.5983%	0.6423%	0.6849%	0.7280%	0.7724%	0.8179%	0.8648%	0.9142%	0.9652%	1.0183%	1.0738%	1.1287%	1.1844%	1.2415%	1.3007%	1.3621%	1.4262%	1.4928%
	플랜트기술고도화사업	0.0000%	0.1713%	0.1882%	0.1983%	0.2049%	0.2433%	0.2633%	0.2808%	0.2966%	0.3117%	0.3260%	0.3405%	0.3555%	0.3707%	0.3860%	0.4017%	0.4172%	0.4325%	0.4476%	0.4624%	0.4772%	0.4923%	0.5081%	0.5247%	0.5425%	0.5614%
교통	교통체계효율화사업	0.0000%	0.0425%	0.0757%	0.0970%	0.1152%	0.1334%	0.1515%	0.1693%	0.1869%	0.2043%	0.2215%	0.2391%	0.2572%	0.2757%	0.2948%	0.3148%	0.3323%	0.3493%	0.3664%	0.3840%	0.4024%	0.4214%	0.4412%	0.4618%	0.4832%	0.5054%
	미래도시철도기술개발사업	0.0000%	0.1290%	0.1464%	0.1569%	0.1743%	0.1948%	0.2174%	0.2364%	0.2533%	0.2694%	0.2847%	0.3004%	0.3167%	0.3335%	0.3510%	0.3694%	0.3882%	0.4077%	0.4276%	0.4479%	0.4686%	0.4895%	0.5107%	0.5320%	0.5533%	0.5750%
	미래철도기술개발사업	0.0989%	0.1422%	0.1561%	0.1681%	0.1805%	0.1940%	0.2080%	0.2218%	0.2355%	0.2494%	0.2634%	0.2781%	0.2938%	0.3102%	0.3275%	0.3460%	0.3651%	0.3850%	0.4059%	0.4275%	0.4499%	0.4729%	0.4966%	0.5201%	0.5440%	0.5684%
	항공선진화사업	0.0000%	0.1034%	0.1213%	0.1322%	0.1432%	0.1681%	0.1918%	0.2114%	0.2287%	0.2450%	0.2606%	0.2763%	0.2928%	0.3097%	0.3274%	0.3460%	0.3653%	0.3853%	0.4061%	0.4276%	0.4498%	0.4725%	0.4956%	0.5192%	0.5429%	0.5670%
합계		0.1771%	0.7670%	1.3678%	1.6512%	1.8671%	2.1374%	2.3882%	2.6235%	2.8481%	3.0673%	3.2805%	3.4974%	3.7221%	3.9522%	4.1903%	4.4372%	4.6864%	4.9426%	5.2075%	5.4789%	5.7587%	6.0478%	6.3481%	6.6554%	6.9724%	7.3002%

2005년 이전 년도 부터
2030 년도 까지의 투자금액의
해당연도에 대한 고용자수 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
교통	교통체계효율화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-13] 고용자수 유발 지표값보기 화면

건설교통 R&D 에너지사용 저감량

[단위: 1000toe]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	0.1	0.2	0.4	0.7	1.1	1.7	2.4	3.4	4.8	6.5	8.9	11.9	15.8	20.9	27.4	35.7	46.2	59.4	75.8	96.2	121.3	151.9	188.8	232.1
	건설기술혁신사업	-	-	1.3	3.4	6.1	10.2	16.9	27.3	42.8	64.9	95.7	137.5	193.3	266.9	362.9	487.2	646.8	785.5	906.6	1,012.7	1,106.2	1,188.9	1,262.4	1,328.0	1,386.8	1,439.6
	지역기술혁신사업	-	-	0.3	0.8	1.4	2.2	3.7	6.1	9.9	15.3	22.8	33.2	47.1	65.5	89.5	120.6	160.7	211.8	276.7	358.4	460.5	587.2	742.9	876.4	991.1	1,089.9
	첨단도시개발사업	-	-	2.9	7.3	13.2	21.5	35.7	59.6	96.6	151.0	227.6	332.6	473.8	660.5	823.3	965.9	1,091.2	1,201.9	1,300.1	1,387.6	1,466.1	1,536.7	1,600.6	1,658.5	1,711.4	1,759.6
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	29.1	69.7	119.7	186.9	289.0	439.2	652.5	944.3	1,330.9	1,831.2	2,466.1	3,259.3	4,238.1	5,432.5	6,241.3	6,761.8	7,065.7	7,206.6	7,224.1	7,148.0	7,001.2	6,801.3	6,562.0	6,294.6
	미래도시철도기술개발사업	-	-	3.4	9.0	16.9	29.7	52.0	91.6	154.8	248.1	378.9	555.1	717.4	864.2	994.1	1,106.2	1,199.7	1,274.4	1,330.3	1,367.5	1,386.8	1,389.0	1,375.5	1,347.5	1,306.7	1,254.7
	미래철도기술개발사업	-	-	3.9	10.2	19.2	32.0	50.1	76.4	113.6	164.6	232.6	321.0	433.4	573.6	745.9	892.7	1,014.4	1,111.8	1,186.2	1,239.1	1,272.3	1,288.0	1,288.4	1,275.8	1,252.8	1,221.4
	항공선진화사업	-	-	0.4	1.0	1.9	3.1	5.4	9.7	16.7	27.0	41.6	61.2	86.8	119.4	160.2	210.4	271.3	343.9	401.9	446.2	477.8	497.8	507.3	507.6	499.9	485.3
합계		-	-	41.3	101.6	178.7	286.3	454.0	711.6	1,089.2	1,618.6	2,334.7	3,278.2	4,426.6	5,821.3	7,429.9	9,236.5	10,652.8	11,726.8	12,513.6	13,077.4	13,469.5	13,731.8	13,899.6	13,947.0	13,899.4	13,777.3

전체 에너지소비 대비 에너지 저감 기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0002%	0.0004%	0.0005%	0.0007%	0.0009%	0.0012%	0.0017%	0.0022%	0.0029%	0.0037%	0.0048%	0.0061%	0.0078%	0.0099%	0.0125%	0.0157%	0.0195%	0.0242%	0.0298%	0.0363%
	건설기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0003%	0.0008%	0.0014%	0.0022%	0.0036%	0.0057%	0.0087%	0.0129%	0.0186%	0.0262%	0.0361%	0.0489%	0.0654%	0.0863%	0.1127%	0.1348%	0.1534%	0.1690%	0.1823%	0.1937%	0.2034%	0.2118%	0.2191%	0.2254%
	지역기술혁신사업	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0005%	0.0008%	0.0013%	0.0020%	0.0030%	0.0044%	0.0063%	0.0088%	0.0120%	0.0161%	0.0214%	0.0280%	0.0364%	0.0468%	0.0598%	0.0759%	0.0956%	0.1197%	0.1398%	0.1566%	0.1706%
	첨단도시개발사업	0.0000%	0.0000%	0.0007%	0.0017%	0.0030%	0.0047%	0.0076%	0.0124%	0.0197%	0.0300%	0.0443%	0.0634%	0.0885%	0.1211%	0.1483%	0.1710%	0.1901%	0.2063%	0.2200%	0.2316%	0.2417%	0.2503%	0.2579%	0.2645%	0.2703%	0.2755%
	플랜트기술고도화사업	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
교통	교통체계효율화사업	0.0000%	0.0000%	0.0069%	0.0161%	0.0269%	0.0409%	0.0617%	0.0915%	0.1328%	0.1878%	0.2590%	0.3491%	0.4609%	0.5977%	0.7634%	0.9620%	1.0876%	1.1605%	1.1954%	1.2030%	1.1908%	1.1644%	1.1280%	1.0846%	1.0365%	0.9856%
	미래도시철도기술개발사업	0.0000%	0.0000%	0.0008%	0.0021%	0.0038%	0.0065%	0.0111%	0.0191%	0.0315%	0.0494%	0.0738%	0.1058%	0.1341%	0.1585%	0.1791%	0.1959%	0.2091%	0.2187%	0.2251%	0.2283%	0.2286%	0.2263%	0.2216%	0.2149%	0.2064%	0.1965%
	미래철도기술개발사업	0.0000%	0.0000%	0.0009%	0.0024%	0.0043%	0.0070%	0.0107%	0.0159%	0.0231%	0.0327%	0.0453%	0.0612%	0.0810%	0.1052%	0.1344%	0.1581%	0.1768%	0.1908%	0.2007%	0.2068%	0.2097%	0.2098%	0.2076%	0.2035%	0.1979%	0.1912%
	항공선진화사업	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0002%	0.0004%	0.0007%	0.0012%	0.0020%	0.0034%	0.0054%	0.0081%	0.0117%	0.0162%	0.0219%	0.0289%	0.0373%	0.0473%	0.0590%	0.0680%	0.0745%	0.0788%	0.0811%	0.0817%	0.0810%	0.0790%	0.0760%
합계		0.0000%	0.0000%	0.0098%	0.0234%	0.0402%	0.0627%	0.0970%	0.1483%	0.2217%	0.3220%	0.4544%	0.6249%	0.8273%	1.0676%	1.3383%	1.6356%	1.8563%	2.0127%	2.1172%	2.1830%	2.2202%	2.2369%	2.2395%	2.2242%	2.1956%	2.1572%

2005년 이전 년도 부터 2030 년도 까지의 투자금액의 해당연도에 대한 에너지사용량 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-14] 에너지사용 저감 지표값보기 화면

건설교통 R&D CO2배출 저감량

[단위: tCO2]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	308	784	1,422	2,343	3,710	5,498	7,901	11,137	15,470	21,223	28,793	38,674	51,482	67,982	89,119	116,041	150,125	192,993	246,524	312,857	394,382	493,725	613,715	754,600
	건설기술혁신사업	-	-	4,282	10,896	19,745	33,046	55,008	88,795	138,978	210,829	310,688	446,449	627,816	866,886	1,178,798	1,582,403	2,100,953	2,551,560	2,944,684	3,289,143	3,592,342	3,860,470	4,098,670	4,311,191	4,501,516	4,672,268
	지역기술혁신사업	-	-	958	2,439	4,423	7,289	12,112	19,981	32,032	49,583	74,219	107,920	153,122	212,868	290,966	392,163	522,317	688,561	899,448	1,165,061	1,497,085	1,908,821	2,415,142	2,849,151	3,222,032	3,543,137
	첨단도시개발사업	-	-	9,268	23,600	42,789	69,953	116,116	193,643	314,062	490,733	739,775	1,081,313	1,540,137	2,147,198	2,676,592	3,140,018	3,547,410	3,907,171	4,226,390	4,511,029	4,766,077	4,995,694	5,203,331	5,391,832	5,563,530	5,720,320
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	85,722	205,047	351,491	547,535	844,970	1,280,764	1,897,838	2,739,299	3,851,457	5,287,629	7,107,308	9,378,639	12,179,735	15,598,554	17,916,382	19,414,225	20,298,683	20,722,173	20,797,812	20,610,315	20,223,931	19,688,181	19,041,979	18,316,560
	미래도시철도기술개발사업	-	-	10,877	28,853	54,151	95,320	166,677	293,869	496,563	796,083	1,215,634	1,781,002	2,301,751	2,772,579	3,189,378	3,548,993	3,849,156	4,088,824	4,267,951	4,387,375	4,449,184	4,456,367	4,413,085	4,323,136	4,192,177	4,025,648
	미래철도기술개발사업	-	-	12,418	32,873	61,510	102,572	160,740	245,091	364,428	528,152	746,308	1,029,873	1,390,493	1,840,618	2,393,503	2,864,591	3,255,114	3,567,780	3,806,553	3,976,469	4,083,450	4,134,146	4,135,779	4,095,994	4,022,719	3,922,831
	항공선진화사업	-	-	1,011	2,647	4,909	8,014	14,096	25,333	43,471	70,380	108,085	158,841	225,087	309,490	414,942	544,528	701,419	888,692	1,037,962	1,151,739	1,232,744	1,283,863	1,308,101	1,308,534	1,288,271	1,250,408
합계		-	-	124,842.9	307,140.4	540,439.6	866,070.9	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########	#########

전체 CO2배출 대비 CO2배출 저감기여율

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	0.0000%	0.0000%	0.0001%	0.0001%	0.0002%	0.0003%	0.0004%	0.0006%	0.0008%	0.0011%	0.0015%	0.0019%	0.0026%	0.0033%	0.0043%	0.0056%	0.0072%	0.0091%	0.0116%	0.0146%	0.0183%	0.0228%	0.0283%	0.0348%	0.0424%
	건설기술혁신사업	-	0.0000%	0.0004%	0.0009%	0.0016%	0.0026%	0.0043%	0.0067%	0.0103%	0.0152%	0.0219%	0.0308%	0.0424%	0.0573%	0.0765%	0.1009%	0.1317%	0.1575%	0.1791%	0.1973%	0.2127%	0.2258%	0.2371%	0.2468%	0.2551%	0.2625%
	지역기술혁신사업	-	0.0000%	0.0001%	0.0002%	0.0004%	0.0006%	0.0009%	0.0015%	0.0024%	0.0036%	0.0052%	0.0074%	0.0103%	0.0141%	0.0189%	0.0250%	0.0328%	0.0425%	0.0547%	0.0699%	0.0886%	0.1117%	0.1397%	0.1631%	0.1826%	0.1990%
	첨단도시개발사업	-	0.0000%	0.0008%	0.0020%	0.0035%	0.0056%	0.0090%	0.0147%	0.0232%	0.0354%	0.0521%	0.0745%	0.1039%	0.1420%	0.1737%	0.2002%	0.2224%	0.2412%	0.2571%	0.2706%	0.2822%	0.2922%	0.3010%	0.3086%	0.3153%	0.3213%
	플랜트기술고도화사업	-	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
교통	교통체계효율화사업	-	0.0000%	0.0075%	0.0174%	0.0289%	0.0438%	0.0657%	0.0970%	0.1401%	0.1974%	0.2712%	0.3642%	0.4794%	0.6202%	0.7905%	0.9946%	1.1235%	1.1984%	1.2346%	1.2430%	1.2314%	1.2056%	1.1697%	1.1268%	1.0793%	1.0289%
	미래도시철도기술개발사업	-	0.0000%	0.0009%	0.0024%	0.0045%	0.0076%	0.0130%	0.0223%	0.0367%	0.0574%	0.0856%	0.1227%	0.1553%	0.1834%	0.2070%	0.2263%	0.2414%	0.2524%	0.2596%	0.2632%	0.2634%	0.2607%	0.2552%	0.2474%	0.2376%	0.2261%
	미래철도기술개발사업	-	0.0000%	0.0011%	0.0028%	0.0051%	0.0082%	0.0125%	0.0186%	0.0269%	0.0381%	0.0526%	0.0709%	0.0938%	0.1217%	0.1553%	0.1827%	0.2041%	0.2202%	0.2315%	0.2385%	0.2418%	0.2418%	0.2392%	0.2344%	0.2280%	0.2204%
	항공선진화사업	-	0.0000%	0.0001%	0.0002%	0.0004%	0.0006%	0.0011%	0.0019%	0.0032%	0.0051%	0.0076%	0.0109%	0.0152%	0.0205%	0.0269%	0.0347%	0.0440%	0.0549%	0.0631%	0.0691%	0.0730%	0.0751%	0.0757%	0.0749%	0.0730%	0.0702%
합계		0.0000%	0.0000%	0.0109%	0.0260%	0.0445%	0.0693%	0.1068%	0.1631%	0.2433%	0.3528%	0.4972%	0.6829%	0.9022%	1.1618%	1.4523%	1.7688%	2.0055%	2.1742%	2.2888%	2.3631%	2.4078%	2.4312%	2.4404%	2.4303%	2.4058%	2.3708%

2005년 이전 년도 부터
2030 년도 까지의 투사금액의
해당연도에 대한 CO2배출량 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-15] CO2배출 저감 지표값보기 화면

건설교통 R&D 국내여객수송 증가분

[단위: km*백만명]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	건설기술혁신사업	-	-	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	0.9	1.3	1.8	2.5	3.3	4.5	5.9	7.7	10.0	12.8	16.4	20.8	26.2	32.8	40.8	50.5	62.0	75.2
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	79.6	182.2	300.2	451.6	676.4	1,000.6	1,456.0	2,076.1	2,899.9	3,976.2	5,364.5	7,139.6	9,394.9	12,246.3	14,342.0	15,897.4	17,065.4	17,955.6	18,645.1	19,188.6	19,623.4	19,979.9	20,274.6	20,521.2
	미래도시철도기술개발사업	-	-	13.8	35.7	65.3	112.2	191.9	332.2	553.9	880.5	1,339.9	1,965.9	2,556.9	3,114.8	3,641.4	4,138.6	4,607.9	5,050.9	5,469.1	5,863.9	6,236.6	6,588.5	6,920.6	7,234.1	7,530.1	7,809.4
	미래철도기술개발사업	-	-	14.8	38.4	70.2	114.7	176.5	264.8	389.2	560.2	789.8	1,092.5	1,485.4	1,989.5	2,630.0	3,213.1	3,743.6	4,225.8	4,663.9	5,062.2	5,424.2	5,753.1	6,051.5	6,322.7	6,568.2	6,790.0
	항공선진화사업	-	-	0.9	2.4	4.4	7.1	12.4	21.9	37.1	59.3	90.1	131.3	184.8	253.3	339.7	447.7	581.9	747.4	889.7	1,011.9	1,116.7	1,206.5	1,283.3	1,349.1	1,405.2	1,452.9
합계		-	-	109.3	258.7	440.2	685.8	1,057.6	1,620.1	2,437.2	3,577.5	5,121.6	7,168.4	9,595.0	12,501.7	16,011.9	20,053.5	23,285.4	25,934.3	28,104.5	29,914.4	31,448.8	32,769.5	33,919.6	34,936.2	35,840.0	36,648.7

건설교통 R&D 국내화물수송 증가분

[단위: 1000t]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	건설기술혁신사업	-	-	0.3	0.7	1.2	1.9	3.1	5.0	7.7	11.5	16.7	23.7	32.9	44.8	60.1	79.8	104.7	136.3	176.0	225.5	286.8	362.1	453.9	564.8	697.6	851.5
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	524.5	1,275.6	2,221.7	3,515.9	5,512.4	8,494.4	12,820.3	18,883.1	27,145.3	38,179.9	52,685.7	71,532.1	95,804.7	126,851.2	150,630.2	169,027.6	183,436.6	194,885.2	204,130.5	211,729.3	218,090.4	223,513.1	228,216.1	232,358.8
	미래도시철도기술개발사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	미래철도기술개발사업	-	-	18.6	46.8	84.2	136.0	208.1	312.4	461.7	671.3	960.2	1,352.4	1,878.4	2,576.6	3,496.2	4,392.1	5,268.3	6,127.9	6,972.9	7,804.3	8,622.8	9,428.2	10,220.0	10,997.3	11,758.9	12,503.6
	항공선진화사업	-	-	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6	2.3	3.3	4.6	6.3	8.4	11.2	14.7	19.1	23.2	26.9	30.4	33.7	36.8	39.9	42.8	45.7
합계		-	-	543	1,323	2,307	3,654	5,724	8,812	13,291	19,568	28,125	39,559	54,602	74,160	99,369	131,334	156,018	175,311	190,609	202,942	213,070	221,553	228,801	235,115	240,716	245,760

2005년 이전 년도 부터
2030 년도 까지의 투자금액의
해당연도에 대한 수송량 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	건설기술혁신사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	첨단도시개발사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	플랜트기술고도화사업	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교통	교통체계효율화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		-	-	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-16] 수송량 증대 지표값보기 화면

건설교통 R&D 논문게재건수

[단위: 편]

산업분류	년도별 사업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	131.2	82.1	82.7	130.1	192.1	193.4	263.4	345.1	443.8	566.8	718.9	908.8	1,146.2	1,441.0	1,803.7	2,243.9	2,771.0	3,392.7	4,115.1	4,942.0	5,875.2	6,913.7	8,054.2	9,291.3	10,617.5	12,023.7
	건설기술혁신사업	251.6	158.0	159.4	278.1	496.7	673.3	919.2	1,206.6	1,554.0	1,986.2	2,519.8	3,185.0	4,014.7	5,044.3	6,309.8	7,846.4	9,687.1	11,860.6	14,390.3	17,292.4	20,575.5	24,239.9	28,277.3	32,671.9	37,400.5	42,434.3
	지역기술혁신사업	56.1	35.2	35.5	55.9	110.2	166.6	227.3	298.0	383.6	490.2	622.0	786.6	992.1	1,247.3	1,561.1	1,942.3	2,398.8	2,937.6	3,564.3	4,282.5	5,094.0	5,998.4	6,993.3	8,074.4	9,235.4	10,468.9
	첨단도시개발사업	63.7	40.0	40.4	60.4	126.0	201.1	274.8	361.2	466.1	597.0	759.1	961.9	1,215.4	1,530.6	1,918.8	2,390.8	2,957.1	3,626.7	4,407.0	5,303.4	6,318.8	7,453.4	8,705.2	10,069.3	11,538.8	13,105.0
	플랜트기술고도화사업	67.3	42.7	43.6	41.8	305.7	341.5	472.0	627.3	817.8	1,057.1	1,355.1	1,728.7	2,197.1	2,781.1	3,502.8	4,384.6	5,448.7	6,716.1	8,205.6	9,932.8	11,910.0	14,144.6	16,639.6	19,392.6	22,396.4	25,639.0
교통	교통체계효율화사업	36.0	22.9	23.5	35.4	61.4	87.6	121.6	162.4	212.5	275.7	354.5	453.4	577.5	732.4	924.1	1,158.7	1,442.4	1,781.2	2,180.5	2,645.1	3,178.8	3,784.3	4,463.0	5,215.0	6,038.8	6,931.8
	미래도시철도기술개발사업	28.3	17.7	17.8	37.5	69.3	125.7	171.4	224.8	289.5	370.1	469.8	594.4	750.2	943.7	1,181.9	1,471.2	1,817.8	2,227.0	2,702.9	3,248.4	3,864.8	4,551.9	5,307.6	6,128.8	7,010.6	7,947.4
	미래철도기술개발사업	182.5	114.3	115.1	170.5	230.8	348.6	474.9	622.1	800.1	1,021.6	1,295.5	1,637.4	2,064.5	2,594.9	3,247.0	4,038.7	4,986.4	6,104.2	7,403.0	8,889.9	10,567.9	12,435.5	14,487.0	16,712.5	19,098.7	21,629.5
	항공선진화사업	11.8	7.4	7.4	9.7	30.7	52.2	71.1	93.2	119.8	153.0	194.0	245.1	308.9	388.2	485.7	604.0	745.6	912.7	1,106.7	1,328.9	1,579.6	1,858.6	2,165.1	2,497.7	2,854.2	3,232.4
합계		828	520	525	819	1,623	2,190	2,996	3,941	5,087	6,518	8,289	10,501	13,267	16,704	20,935	26,081	32,255	39,559	48,075	57,865	68,964	81,380	95,092	110,053	126,191	143,412

건설교통 R&D 특허 등록건수

[단위: 편]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	71.8	45.0	45.2	71.2	105.1	105.9	144.2	188.9	242.9	310.2	393.5	497.5	627.4	788.8	987.3	1,228.3	1,516.8	1,857.1	2,252.5	2,705.1	3,215.9	3,784.3	4,408.6	5,085.8	5,811.7	6,581.4
	건설기술혁신사업	185.0	116.1	117.2	204.5	365.3	495.1	675.9	887.2	1,142.7	1,460.4	1,852.8	2,341.9	2,952.0	3,709.0	4,639.5	5,769.4	7,122.8	8,721.0	10,581.1	12,715.0	15,129.1	17,823.4	20,792.1	24,023.4	27,500.3	31,201.7
	지역기술혁신사업	68.2	42.8	43.1	67.9	133.9	202.5	276.1	362.1	466.1	595.6	755.7	955.6	1,205.3	1,515.4	1,896.7	2,359.8	2,914.4	3,569.0	4,330.3	5,202.9	6,188.8	7,287.6	8,496.4	9,809.7	11,220.3	12,718.9
	첨단도시개발사업	86.4	54.3	54.8	81.9	170.8	272.5	372.5	489.7	631.8	809.2	1,029.0	1,303.8	1,647.5	2,074.8	2,601.0	3,240.9	4,008.5	4,916.2	5,974.0	7,189.1	8,565.4	10,103.5	11,800.3	13,649.5	15,641.5	17,764.5
	플랜트기술고도화사업	6.0	3.8	3.9	3.7	27.2	30.4	42.0	55.9	72.8	94.1	120.7	153.9	195.6	247.6	311.9	390.4	485.2	598.0	730.6	884.4	1,060.5	1,259.5	1,481.6	1,726.7	1,994.2	2,282.9
교통	교통체계효율화사업	94.6	60.4	61.9	93.1	161.7	230.5	320.1	427.3	559.3	725.5	932.9	1,193.2	1,519.8	1,927.5	2,431.9	3,049.3	3,795.9	4,687.4	5,738.1	6,960.7	8,365.2	9,958.6	11,744.7	13,723.6	15,891.7	18,241.5
	미래도시철도기술개발사업	45.4	28.5	28.7	60.2	111.3	202.0	275.5	361.3	465.2	594.8	755.1	955.3	1,205.7	1,516.7	1,899.4	2,364.4	2,921.4	3,579.0	4,343.9	5,220.7	6,211.3	7,315.5	8,530.1	9,849.8	11,267.0	12,772.6
	미래철도기술개발사업	97.4	61.0	61.4	90.9	123.1	185.9	253.3	331.8	426.7	544.8	690.9	873.3	1,101.1	1,383.9	1,731.8	2,154.0	2,659.4	3,255.6	3,948.2	4,741.3	5,636.2	6,632.3	7,726.4	8,913.4	10,186.0	11,535.7
	항공선진화사업	7.5	4.7	4.7	6.2	19.6	33.2	45.3	59.3	76.2	97.3	123.4	156.0	196.6	247.1	309.1	384.4	474.5	580.8	704.3	845.6	1,005.2	1,182.8	1,377.8	1,589.4	1,816.3	2,057.0
합계		662	416	421	680	1,218	1,758	2,405	3,163	4,084	5,232	6,654	8,431	10,651	13,411	16,809	20,941	25,899	31,764	38,603	46,465	55,378	65,347	76,358	88,371	101,329	115,156

2005년 이전 년도 부터
2030 년도 까지의 투자금액의
해당연도에 대한 논문특허 파급효과 비중

[단위: %]

사업유형	년도별 사업투자 비율	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
건설	건설교통R&D정책인프라사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	건설기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	지역기술혁신사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	첨단도시개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	플랜트기술고도화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
교통	교통체계효율화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래도시철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	미래철도기술개발사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	항공선진화사업	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
평균		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

[부록그림 3-17] 논문특허 지표값보기 화면

산업별 R&D투자대비 GDP

[단위: 억원/억원]

년도별 / 산업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
제조업	39.9	38.4	37.1	35.9	34.9	34.1	33.3	32.6	32.1	31.6	31.3	31.0	30.7	30.6	30.5	30.5	30.5	30.6	30.7	30.9	31.2	31.4	31.8	32.1	32.5	33.0
전기전자업	33.2	32.1	31.2	30.3	29.6	29.0	28.4	27.9	27.5	27.2	26.9	26.7	26.5	26.4	26.4	26.3	26.4	26.4	26.5	26.7	26.8	27.1	27.3	27.6	27.9	28.2
수송장비업	26.8	27.3	27.8	28.5	29.1	29.9	30.7	31.6	32.6	33.6	34.7	35.9	37.2	38.5	40.0	41.5	43.2	44.9	46.7	48.7	50.7	52.8	55.1	57.4	59.9	62.5
건설업	709.8	625.0	553.0	491.6	439.1	394.0	348.5	309.5	276.0	247.0	222.0	200.2	181.2	164.6	149.9	137.0	125.6	115.4	106.4	98.3	91.0	84.5	78.6	73.3	68.5	64.2
운수업	215.2	191.5	171.2	153.9	138.9	126.1	115.0	105.3	96.9	89.6	83.2	77.5	72.6	68.2	64.3	60.9	57.9	55.2	52.8	50.7	48.8	47.1	45.5	44.2	43.0	41.9
방송통신업	43.6	40.6	37.9	35.5	33.3	31.3	29.5	27.8	26.3	24.9	23.6	22.4	21.3	20.3	19.4	18.5	17.7	17.0	16.3	15.7	15.0	14.5	13.9	13.4	12.9	12.5

산업별 R&D투자대비 총 고정자본형성

[단위: 억원/억원]

년도별 / 산업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
제조업	333.5	303.7	277.1	253.4	232.2	213.2	196.1	180.6	166.6	154.0	142.5	132.0	122.4	113.6	105.5	98.0	91.1	84.7	78.8	73.2	68.1	63.2	58.7	54.5	50.5	46.7
전기전자업	10.5	10.2	9.9	9.6	9.4	9.1	9.0	8.8	8.7	8.5	8.5	8.4	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
수송장비업	10.4	9.9	9.5	9.2	8.9	8.6	8.4	8.2	8.0	7.9	7.7	7.6	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1
건설업	10.3	10.0	9.8	9.7	9.5	9.4	9.3	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.2	9.2	9.3	9.3	9.4	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.7
운수업	40.1	36.1	32.7	29.8	27.2	25.0	22.6	20.6	18.9	17.6	16.5	15.6	14.9	14.3	14.0	13.7	13.6	13.6	13.7	14.0	14.4	14.9	15.6	16.5	17.5	18.8
방송통신업	87.6	86.0	84.8	84.1	83.8	83.9	84.4	85.4	87.0	89.2	92.1	95.7	100.1	105.3	111.5	118.7	127.2	137.0	148.5	161.7	177.0	194.8	215.3	239.3	267.1	299.5

산업별 R&D투자대비 고용자수

[단위: 명/억원]

년도별 / 산업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
제조업	54.4	46.1	40.3	36.2	33.0	30.4	28.1	26.1	24.4	22.9	21.6	20.5	19.5	18.6	17.8	17.1	16.5	16.0	15.4	15.0	14.5	14.1	13.6	13.2	12.8	12.5
전기전자업	1,388.2	1,301.4	1,222.7	1,150.0	1,082.4	1,019.7	961.0	905.9	854.1	805.1	759.7	716.2	674.5	635.4	598.6	563.7	531.4	501.2	473.1	446.7	422.1	399.1	377.5	357.3	338.3	320.4
수송장비업	47.2	43.0	39.4	36.2	33.3	30.7	28.3	26.2	24.3	22.5	21.0	19.5	18.2	16.9	15.8	14.8	13.9	13.0	12.3	11.6	10.9	10.3	9.8	9.3	8.9	8.5
건설업	41.3	37.0	33.3	30.0	27.1	24.5	22.2	20.1	18.3	16.6	15.1	13.8	12.6	11.5	10.5	9.6	8.8	8.1	7.4	6.8	6.3	5.8	5.4	5.0	4.6	4.3
운수업	34.1	32.0	30.1	28.3	26.7	25.2	23.8	22.5	21.3	20.2	19.1	18.1	17.1	16.2	15.4	14.5	13.8	13.1	12.5	11.9	11.3	10.8	10.3	9.8	9.4	9.0
방송통신업	1,603.3	1,382.8	1,198.5	1,042.8	910.5	797.7	687.8	594.6	515.3	447.5	389.9	340.2	297.1	260.0	228.1	200.3	176.5	155.8	137.9	122.4	108.8	97.0	86.6	77.5	69.5	62.4

산업별 R&D투자대비 수출액

[단위: 억원/억원]

년도별 / 산업유형	기준 2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년
제조업	54.0	50.0	48.1	47.7	48.3	49.7	51.7	54.3	57.5	61.5	66.3	72.1	79.1	87.3	97.0	108.3	121.5	136.7	154.3	174.6	197.9	224.6	255.3	290.4	330.6	376.5
전기전자업	74.3	69.6	67.3	66.7	67.5	69.0	71.1	73.7	76.8	80.5	84.9	90.2	96.4	103.5	111.6	120.9	131.3	142.9	155.9	170.3	186.2	203.9	223.4	244.8	268.5	294.4
수송장비업	43.4	43.6	43.6	43.4	43.0	42.4	41.7	40.9	39.9	38.9	37.8	36.7	35.6	34.4	33.2	32.1	31.0	29.9	28.8	27.8	26.8	25.8	24.9	24.0	23.1	22.3
건설업	46.8	47.8	48.6	49.3	49.8	50.2	50.4	50.5	50.5	50.5	50.4	50.2	50.0	49.8	49.5	49.3	49.1	48.9	48.7	48.6	48.4	48.4	48.3	48.3	48.3	48.3
운수업	74.3	73.9	73.2	72.2	71.0	69.6	68.0	66.3	64.5	62.6	60.7	58.8	57.0	55.1	53.3	51.6	49.9	48.3	46.8	45.3	44.0	42.7	41.4	40.3	39.2	38.1
방송통신업	54.4	56.7	58.9	60.8	62.5	64.1	65.4	66.5	67.4	68.2	68.8	69.3	69.7	70.0	70.2	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8	70.8	70.9	70.9	71.0	71.1	71.1

[부록그림 3-18] 타산업 대비 투자파급효과 비교 화면

부록 4. 변수 간 인과관계 및 근거

선행변수	후행변수	인과관계 설명	자료 출처
1단계: R&D 투자액 > 성과물 발생			
R&D 투자액	현장적용비용절감액	R&D 투자에 따른 직접성과물 발생 (과거 추세 분석결과)	한국건설교통기술평가원 (2008)(2010)
	사업화매출액		
	기술료징수액		
	고용유발 인원수		
R&D 투자액	건설생산성 향상 기술수준	R&D 투자에 따른 간접성과물 발생 (각 사업별 특성분석 및 이전 R&D 과제 분석) R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 확산성)	한국건설교통기술평가원 (2008)(2009)(2010) (박헌준 외 2004) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)
	건설생산 유발 기술수준		
	해외국 대비 기술수준		
	에너지효율 증대기술수준		
	교통운영기술수준 (공로,철도,항공)		
	물류비 절감 기술수준		
	단계별 논문/특허수 (기초/응용/개발 단계)		
	단계별 연구인프라 수준 (지식스톡,장비인프라 등)		
연구수행능력계수	R&D 기술수준	R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 순환성, 불확실성)	(박헌준 외 2004) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)
연구개발기간	R&D 기술수준	R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 시차)	(박헌준 외 2004) (이경석 2006) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)
2단계: 성과물 발생 > 수혜자 활용효과			
건설생산성 향상 기술수준	건설생산성 향상효과	R&D 성과물의 산업적용효과 분석자료 R&D 사업별 목표분석 R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 확산성) R&D 투자의 파급효과 관련된 시스템다이내믹스 관계함수 (지수함수모형, 천이모형, 확산모형)	한국건설교통기술평가원 (2008)(2009)(2010) 국토해양부 (2010)(2011) (박헌준 외 2004) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010) Sterman (2000)
건설생산 유발 기술수준	건설생산 유발효과		
해외국 대비 기술수준	수출증대/수입대체 효과		
에너지효율 증대기술수준	에너지사용절감효과 CO2배출절감효과		
교통운영기술수준 (공로,철도,항공)	공로주행시간감소효과 수송량증대효과		
물류비 절감 기술수준	물류비절감효과		
단계별 연구인프라 수준 (지식스톡,장비인프라 등)	R&D 기술수준 (연구수행능력계수)	R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 순환성, 불확실성)	(박헌준 외 2004) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)
산업적용성계수	R&D 개발기술의 산업적용효과	R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 순환성, 불확실성)	(박헌준 외 2004) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)
산업적용시간	R&D 개발기술의 산업적용효과	R&D 투자의 성과확산 체계에 대한 문헌 (투자의 시차)	(박헌준 외 2004) (이경석 2006) (Bilbao-Osorio 2008) 서인석 · 이동규 (2010)

선행변수	후행변수	인과관계 설명	자료 출처
3단계: 수혜자 활용효과 > 사회적 파급효과			
건설생산성 향상효과	부가가치창출액, GDP유발액, 고용유발	통계자료를 통한 경제거시지표 간 상관관계 분석 각 기술별 최종파급효과 분석 및 예측자료	한국건설교통기술평가원 (2008)(2009)(2010) 한국은행 (2009) 통계청 (2009)
건설생산 유발효과	건설생산유발액, GDP유발액, 고용유발, 고정자본형성액		
수출증대/수입대체 효과	부가가치창출액, 수출액, GDP유발액, 고용유발		
에너지사용절감효과 CO2배출절감효과	에너지소비절감량, CO2배출절감량	통계자료를 통한 거시지표 간 상관관계 분석 에너지 사용과 관련한 기존 모형	Fiddaman (1997), Sterman (2002) 에너지경제연구원(2011)
공로주행시간감소효과 수송량증대효과	수송량 에너지소비절감량, CO2배출절감량		
물류비절감효과	부가가치창출액, GDP유발액	통계자료를 통한 거시지표 간 상관관계 분석 각 기술별 최종파급효과 분석 및 예측자료	한국은행 (2009) 통계청 (2009)
단계별 연구인프라 수준 (지식스톡,장비인프라 등)	연구인력수, 논문/특허수, 기술경쟁력	성과물에 따른 기술경쟁력 분석 자료	국가과학기술위원회 (2010) e-나라지표 (2012)
산업적용성게수	사업화건수, 제도/정책개선		

부록 5. 타 방법론과 비교한 모형 검증결과 (GDP예시)

(1) 모형 검증 결과

[부록 그림 5-1] 본 모형의 산업별 GDP 검증 결과 예시 [단위:억원]

구 분	본 모형의 시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
	06	07	08	09	10	10	차이	오차 (%)
농림 수산품	259,461	265,909	272,129	278,102	283,809	278,397	5,412	1.94
화학 제품	349,527	374,668	400,922	428,278	456,718	449,395	7,323	1.63
수송 장비	327,135	368,560	414,376	464,933	520,595	543,924	6,670	1.30
건설	708,573	724,497	739,739	754,248	767,980	753,211	14,769	1.96
운수 보관	359,345	376,429	393,705	411,130	428,660	421,126	7,533	1.79
통신 방송	248,418	253,742	258,818	263,630	268,162	262,987	5,176	1.97
전기 전자기기	525,971	575,164	627,787	683,953	683,953	732,819	10,952	1.49
산업 전체	9,214,806	9,802,434	10,415,501	11,054,138	11,718,411	11,525,808	192,603	1.67

[부록 그림 5-2] 타 분석 방법을 활용한 산업별 GDP 검증 결과 예시 [단위:억원]

구 분	회귀분석을 활용한 시뮬레이션 결과값					실제값	검증결과	
	06	07	08	09	10	10	차이	오차 (%)
건설	616,677	633,997	646,438	655,300	661,577	753,211	91,634	12.1
산업 전체	9,226,897	9,827,574	10,445,530	11,079,936	11,729,915	11,525,808	204,107	1.77

[부록 그림 5-3] 타 분석 방법과의 비교 결과

구 분	본 연구모형		타 분석방법 (회귀분석)	
	검증결과		검증결과	
	실제값과의 차이 (2010년)	오차 (%)	실제값과의 차이 (2010년)	오차 (%)
건설	91,634	12.1	91,634	12.1
산업 전체	204,107	1.77	204,107	1.77

(2) 모형 개요

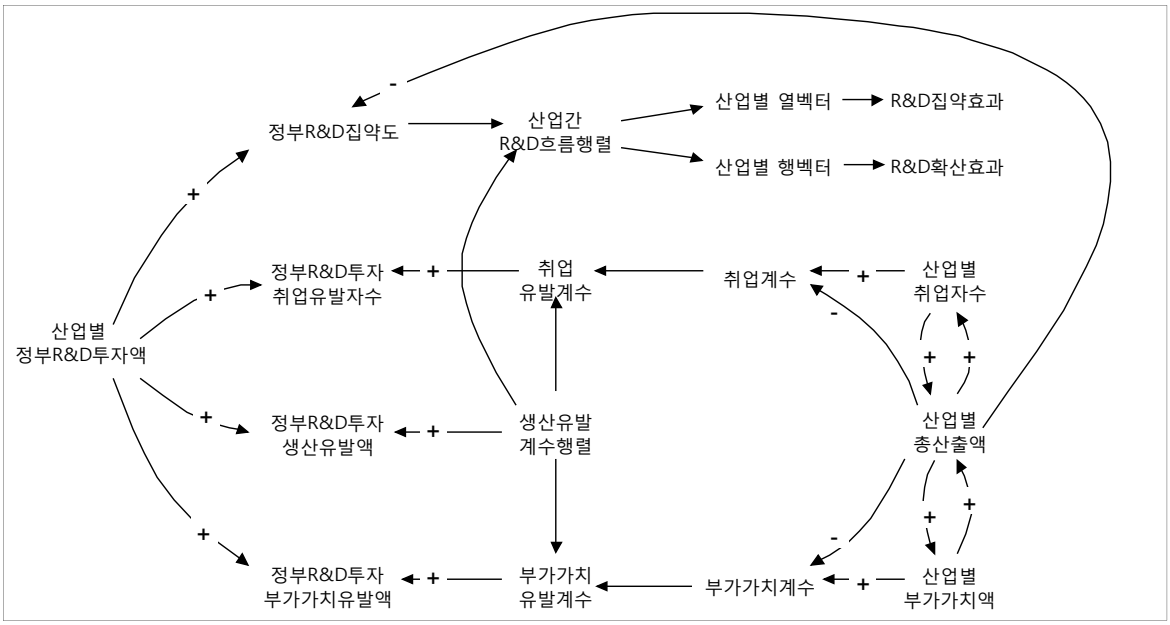
(가) 본 연구모형 (산업연관모형 기반의 SD 모형)

1. 모형개발 개요

- 목적
  - 산업분야별 정부R&D투자가 산업 및 취업(고용)에 미치는 영향력 분석

- 입출력값
  - 입력 : 산업별 정부R&D투자액
  - 출력 : 정부R&D투자에 따른 산업별 생산유발액
    정부R&D투자에 따른 산업별 취업유발자수
    정부R&D투자에 따른 산업별 부가가치(GDP)유발액
    정부R&D투자의 집약효과(후방연쇄효과)

- 인과관계도



- 회귀분석
  - 해당사항 없음

- 산업구조 관련자료[96)]
  - 산업별 생산유발계수 : 생산유발계수표 2종
  - 산업별 국내산출액 및 구성비 : 생산자가격평가표-총산출액
  - 산업별 부가가치액 및 구성비 : 생산자가격평가표-부가가치액
  - 산업별 고용자[취업자] 수 및 구성비 : 고용표

- 시뮬레이션 결과검증 관련자료[97)]
  - 산업별 부가가치계수 : 투입계수표-부가가치계수
  - 산업별 부가가치유발계수 : 수입 및 부가가치 유발계수표
  - 산업별 고용[취업]계수 : 고용표
  - 산업별 고용[취업]유발계수 : 고용표

2. 모형개발 절차

[STEP 1] 산업별 산출액 계산

1) 산업별 산출액 변화추세 분석
  - 전체산업 총산출액 추세분석
  - 산업별 산출액 비중 변화 추세분석

2) 산업별 산출액 계산

$$X_i = X \times \omega_i$$

여기서 X : 전체산업 총 산출액

X_i : i산업 산출액

ω_i : i산업 산출액비중

96) 2009년 산업연관표, 2011년발행, 한국은행
97) 2009년 산업연관표, 2011년발행, 한국은행

[STEP 2] 산업별 취업자 산출

1) 인구구조 변화를 반영한 생산가능인구 산출
   - Cohort Survival Method 이용

2) 산업별 취업구조 변화추세 분석
   - 취업률 변화 추세 분석
   - 산업별 취업자비중 변화 추세 분석

3) 산업별 취업자(**L**) 산출

$$L = P \times \delta \times \omega$$

여기서 P : 생산가능인구

δ : 취업율

ω : 산업별 취업자비중

[STEP 3] 산업별 부가가치액 산출

1) 산업별 부가가치액 변화추세 분석
   - 전체산업 부가가치액 추세분석
   - 산업별 부가가치액 비중 변화 추세분석

2) 산업별 부가가치액 계산

$$V_i = V \times \omega_i$$

여기서 V : 전체산업 총부가가치

V_i : i산업 부가가치

ω_i : i산업 부가가치비중

[STEP 4] 산업연관 모형 개발

1) 정부R&D투자 집약효과 산출
   - 정부R&D집약도 산출

R&D집약도 = 산업별 R&D투자액 / 산업별 산출액

- 산업간 R&D흐름행렬 계산

R&D흐름행렬 = R&D집약도 × $[I-A^{d}]^{-1}$ (28×28)

- 산업별 R&D 집약효과 및 확산효과 계산

2) 정부R&D투자 생산유발액 산출

- 정부R&D투자액과 생산유발계수행렬을 이용하여 생산유발액 산출

3) 정부R&D투자 취업유발자수 산출

- 취업계수 산출

취업계수 = 산업별 취업자수 / 산업별 산출액

- 취업계수와 생산유발계수행렬을 이용하여 취업유발계수 산출
- 정부R&D투자액과 취업유발계수를 이용하여 취업유발자수 산출

4) 정부R&D투자 부가가치유발액 산출

- 부가가치계수 산출

부가가치계수 = 산업별 부가가치액 / 산업별 산출액

- 부가가치계수와 생산유발계수행렬을 이용하여 부가가치유발계수 산출
- 정부R&D투자액과 부가가치유발계수를 이용하여 부가가치유발액 산출

(나) 타 분석모형 (회귀모형)

1. 모형개발 개요

- 목적
  - 산업분야별 정부R&D투자가 GDP 창출에 미치는 영향력 분석

- 입출력값
  - 입력 : 산업별 정부R&D투자액
  - 출력 : 산업별 GDP에 미친 규모 (GDP 변화량)

- 회귀분석
  - 산업별 정부R&D투자액과 산업별(경제활동별) 총고정자본형성
  - 산업별 생산자산·연도와 고정자본소모
  - 산업별 생산자산·취업자·연도와 GDP

- 사용자료
  - 산업별 정부 및 민간 R&D 투자액(2001-2010), 국가과학기술위원회,
  - 경제활동별 총고정자본 형성(1997-2008), 2009년 국가자산통계, 통계청, 2011
  - 인구 및 주택 총조사, 통계청, 각 연도
  - 국민계정, 한국은행, 각 연도

2. 모형개발 절차

[STEP 1] 산업별로 R&D투자액과 총고정자본형성 간의 함수 도출

1) 산업별로 R&D투자액과 총고정자본형성 간의 함수관계

$$Z = e^{a} \cdot X^{\alpha} \cdot e^{\gamma t}$$

여기서 Z : 총고정자본형성

X : R&D투자액

2) 산업별로 R&D투자액에 따른 총고정자본형성 증감규모 산출

$$\hat{Z} = Z_0 + \sum \triangle Z$$
$$= Z_0 + \sum (\triangle \overline{Z} + \triangle \widetilde{Z})$$

[STEP 2] 산업별로 총고정자본형성과 고정자본소모 자료를 이용하여 생산자산 산출

1) 산업별로 생산자산·연도와 고정자본소모 간의 회귀분석

$D = a + bK + ct$

여기서 D : 고정자본소모

K : 생산자산

t : 연도

2) 산업별로 생산자산 산출

$K = \sum(Z-D)\cdot\triangle t$

[STEP 3] 산업별 취업자 산출

1) 인구구조 변화를 반영한 생산가능인구 산출

- Cohort Survival Method 이용

2) 산업별 취업구조 변화 추세 분석

- 취업률 변화 추세 분석
- 산업별 취업자비중 변화 추세 분석

3) 산업별 취업자(**L**) 산출

$L = P \times \delta \times \omega$

여기서 P : 생산가능인구

δ : 고용률

ω : 취업자비중

[STEP 4] 산업별로 생산자산과 취업자를 바탕으로 GDP 산출

1) 산업별로 생산자산·취업자와 GDP 간의 함수관계

$$GDP = e^{a} \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot e^{\gamma t}$$

2) 산업별로 GDP 증감규모 산출

$$\widehat{GDP} = GDP_0 + \sum \triangle GDP$$
$$= GDP_0 + \sum (\triangle \overline{GDP} + \triangle \widetilde{GDP})$$

[STEP 5] 산업별 GDP 지수산출

3. 회귀분석 결과

1) 산업별 정부R&D투자액과 산업별 총고정자본형성의 회귀분석

$$\mathbf{Z = e^{a} \cdot X^{\alpha} \cdot e^{\gamma t}}$$

산업 구분	상관함수식	조정된 R2값	파라미터	t-통계량	유의수준
국가전체	Z = e9.828565 · X0.403647 Z : 국가전체 총고정자본형성 X : 국가전체 정부 R&D투자액(3년간)	0.8632	a	15.1248	0.000000
			α	7.6006	0.000063
건설	Z = e9.283326 · X0.170619 Z : 건설분야 총고정자본형성 X : 건설분야 정부 R&D투자액(3년간)	0.9423	a	56.5066	0.000012
			α	8.1413	0.003875

2) 산업별 생산자산&연도와 고정자본소모의 회귀분석

$$\mathbf{D = a + bK + ct}$$

산업 구분	상관함수식	조정된 R2값	파라미터	t-통계량	유의수준
국가전체	D = 481329 + 0.0124K + 40977t D : 국가전체 고정자본소모 K : 국가전체 생산자산	0.9976	a	15.0953	0.000000
			b	5.1634	0.000312
			c	8.9869	0.000002
건설	D = 47745 + 0.6004K + 908t D : 건설부문 고정자본소모 K : 건설부문 생산자산	0.7770	a	0.8860	0.398647
			b	3.6522	0.005299
			c	2.7241	0.023450

3) 산업별 생산자산&취업자&연도와 GDP의 회귀분석

$$GDP = e^{a} \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot e^{\gamma t}$$

산업 구분	상관함수식	조정된 R2값	파라미터	t-통계량	유의수준
국가전체	GDP = e-33.55197 · K0.44628 · L2.47270 GDP : 국가전체 GDP K : 국가전체 생산자산 L : 국가전체 취업자수	0.9927	a	-4.1063	0.003411
			α	5.3215	0.000710
			β	4.3871	0.002326
건설	GDP = e9.828565 · K0.403647 · L0.403647 GDP : 건설부문 GDP K : 건설부문 생산자산 L : 건설부문 취업자수	0.9646	a	-9.7899	0.000010
			α	9.8221	0.000010
			β	12.3198	0.000002

부록 6. 모형에 사용된 Database Update 방안

구 분		자료구성	자료 출처	Database Update	
DB	Data			2015년	2020년
경제 발전 모형 DB	생산유발 계수	- 2010년 생산유발계수	한국 은행 (2012)	생산유발계수표 (2010-2015)반영 Update (본 단계에서는 미래 생산유발계수를 추정하기에 누적 데이터가 부족하므로 2015년까지 변화된 생산유발계수표 반영)	생산유발계수표 (2010-2020)반영 Update 누적된 생산유발계수를 바탕으로 변화율 및 중변화율 추정 미래 예측치 반영할 수 있도록 모형 수정
	산업별 생산자산	- 산업별비중 초기값(2005) - 비중 변화율 추정치 - 비중 중변화율 추정치	통계청 (2009)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 고정자본형성	- 산업별비중 초기값(2005) - 비중 변화율 추정치 - 비중 중변화율 추정치	통계청 (2009)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 고정자본소모	- 산업별비중 초기값(2005) - 비중 변화율 추정치 - 비중 중변화율 추정치	통계청 (2009)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 총산출액	- 산업별산출액 초기값(2005) - 산출액 변화율 추정치 - 산출액 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 부가가치	- 산업별부가가치 초기값(2005) - 부가가치 변화율 추정치 - 부가가치 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 취업자	- 산업별취업비중 초기값(2005) - 취업비중 변화율 추정치 - 취업비중 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 고용자	- 산업별고용비중 초기값(2005) - 고용비중 변화율 추정치 - 고용비중 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 수출액	- 산업별수출비중 초기값(2005) - 수출비중 변화율 추정치 - 수출비중 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 수입액	- 산업별수입비중 초기값(2005) - 수입비중 변화율 추정치 - 수입비중 중변화율 추정치	한국 은행 (2012)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
기술 혁신 모형 DB	산업별 연구원수	- 연구원비중 초기값(2005) - 연구원비중 변화율 추정치 - 연구원비중 중변화율 추정치	국가과학기술위원회 (2010)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	부처별 R&D투자액	- 부처별투자비중초기값(2005) - 투자액변화율 추정치 - 투자액중변화율 추정치	국가과학기술위원회 (2010)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정

구 분		자료구성	자료 출처	Database Update	
DB	Data			2015년	2020년
환경 개선 모형 DB	부문별 에너지 소비	- 부문별최종에너지소비 초기값(2005) - 에너지소비 변화율 추정치 - 에너지소비 중변화율 추정치	에너지 경제 연구원 (2011)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	수송부문 에너지소비	- 수송부문별최종에너지소비 초기값(2005) - 에너지소비 변화율 추정치 - 에너지소비 중변화율 추정치	에너지 경제 연구원 (2011)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 에너지소비	- 산업별최종에너지소비 초기값(2005) - 에너지소비 변화율 추정치 - 에너지소비 중변화율 추정치	에너지 경제 연구원 (2011)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	부문별 석탄석유 소비	- 부문별석탄석유소비 초기값(2005) - 석탄석유소비변화율 추정치 - 석탄석유소비중변화율 추정치	에너지 경제 연구원 (2011)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
	산업별 석유소비	- 산업별석유소비초기값(2005) - 석유소비변화율 추정치 - 석유소비중변화율 추정치	에너지 경제 연구원 (2011)	2015년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정	2020년까지 실데이터 반영하여 비중 및 중변화율 재추정
세부 사업 분석 모형 DB	사업별 R&D 투자금액	- (2005-2010) 연도별 사업별투자액	국토 해양부 (2012)	2013 사업체계개편내용 반영 (2005-2015) 사업별 투자액 반영	(2005-2020) 사업별 투자액 반영 2020년 이후 사업별 투자액 변화추세 추정 및 추정값 모형 반영
	사업별 R&D 투자비율	- (2005-2010) 연도별 사업별투자비중	국토 해양부 (2012)	2013 사업체계개편내용 반영 (2005-2015) 사업별 투자비중 반영	(2005-2020) 사업별 투자비중 반영 2020년 이후 사업별 투자비중 변화추세 추정 및 추정값 모형 반영
	사업별 성과물 발생	- (2005-2010) 연도별 현장적용비용절감 - 연도별 사업화매출액 - 연도별 기술료징수액 - 연도별 고용유발수	국토 해양부 (2012)	2013 사업체계개편내용 반영 (2005-2015) 사업별 성과물 발생 데이터 반영	(2005-2020) 사업별 성과물발생 반영 2020년 이후 사업별 성과물발생 변화추세 추정 및 추정값 모형 반영

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 R&D정책인프라사업의 “건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측”(11TRPI-C061225-01) 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 R&D정책인프라사업의 연구결과(과제명 : 건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측, 과제번호 : 11TRPI-C061225-01)임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

11TRPI-
C061225-01

건설교통 R&D 투자의 파급효과 분석 및 예측 연구 보고서

■ 발행일 / 2013. 02. 07

■ 발행처 / 서울대학교 산학협력단

서울특별시 관악구 봉천7동 서울대학교 연구공원단지본관 111호

■ 인쇄처 / 서울문화사
