발 간 등 록 번 호
11-1613000-001483-01

도시건축연구사업 15CHUD-C060573

자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발 최종보고서

2016.07.22

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국과학기술원
공동연구기관 / 서울시립대학교
위탁연구기관 / DNC 소프트

비매품
93530
9 788989 453710
ISBN 978-89-89453-71-0

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "기후변화 대응 탄소저감 도시 조성기술에 관한 연구"과제(세부과제 "자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발에 관한 연구")의 보고서로 제출합니다.

2016. 7. 21.

주관연구기관명 : 한국과학기술원
주관연구책임자 : 김진근
연 구 원 : 김주식
" : 장성주
" : 양승우
" : 김정빈

보고서 요약서

과제고유번호	15CHUD-C060573	해당단계 연구기간	2011.12.16. ~2016.06.29.	단계구분	(3)/(3)
연 구 사 업 명	도시건축연구사업				
연 구 과 제 명	최상위 과제명	기후변화 대응 탄소저감 도시 조성기술			
	단위과제명	자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발			
연 구 책 임 자	김진근	총연구기간 참여 연구원수	총 : 80명 내부 : 5명 외부 : 75명	총연구비	정부 : 2,200,000 천원 기업 : 851,000 천원 계 : 3,051,000 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국과학기술원 건설및환경공학과		참여기업명	㈜ 유성, ㈜ 제이엔티아이엔씨, ㈜ 미시간기술, ㈜ 코비코리아, ㈜ 코웨이	

국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :	
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)		보고서면수	98

이 연구에서는 폐기물 처리의 친환경 공정을 통해 유용물질 및 에너지원의 회수를 최대화하기 위해 저탄소 도시 모델, 녹색 커뮤니티 설계와 운영 가이드라인, 그리고 자원순환 도시 설계 결정 지원 소프트웨어 개발을 수행하였으며, 최종적으로 다음과 같이 구성된 CURE (Circulative Urban Resources Eco-system) 프로토타입을 개발하였다.

① CURE 시스템 모델링 : CURE 시스템의 핵심 기능 Product & Process 모델과 자원순환 성능 지표의 계산 모델 도출

② CURE 대상 시설 분석 : 하수, 고형 폐기물, 바이오매스 및 폐에너지 활용에 대한 CURE 시스템의 구축을 위한 에너지 및 자원 회수 시설 및 프로세스의 자원 순환 성능 평가 데이터베이스 구축

③ CURE 가이드라인 : 도시 계획과 도시 설계 사례에 CURE 핵심 기술을 적용하기 위한 상세 녹색 커뮤니티 설계 및 운영에 대한 가이드라인 도출

④ CURE 설계 지원 시스템 : 자원 순환 도시 설계 의사 결정을 지원하기 위한 CURE 시스템 원리 기반 CURE 핵심 기술이 적용된 소프트웨어 패키지 개발

⑤ CURE 시스템 검증 테스트 베드 : 효율성과 CURE 프로토타입의 효과를 검증하기 위해 개발된 소프트웨어 평가와 녹색 커뮤니티 설계 및 운영에 대한 가이드라인을 평가하는 테스트베드 대상 탐색

색인어	한 글	재활용, 탄소배출량, 비용저감, 에코시스템, 도시자원
	영 어	Recycling, CO_2 Emission, Cost reduction, Eco-system, Urban resource

요 약 문

Ⅰ. 연구 목적 및 개요

이 연구에서는 폐기물 처리의 친환경 공정을 통해 유용물질 및 에너지원의 회수를 최대화하기 위해 저탄소 도시 모델, 녹색 커뮤니티 설계와 운영 가이드라인, 그리고 자원순환 도시 설계 결정 지원 소프트웨어 개발을 수행하고, 최종적으로 다음과 같은 CURE (Circulative Urban Resources Ecosystem) 프로토타입을 개발하는데 그 목적이 있다.

① CURE 시스템 모델링 : CURE 시스템의 핵심 기능 Product & Process 모델과 자원순환 성능 지표의 계산 모델 도출
② CURE 대상 시설 분석 : 하수, 고형 폐기물, 바이오매스 및 폐에너지 활용에 대한 CURE 시스템의 구축을 위한 에너지 및 자원 회수 시설 및 프로세스의 자원 순환 성능 평가 데이터베이스 구축
③ CURE 가이드라인 : 도시 계획과 도시 설계 사례에 CURE 핵심 기술을 적용하기 위한 상세 녹색 커뮤니티 설계 및 운영에 대한 가이드라인 도출
④ CURE 설계 지원 시스템 : 자원 순환 도시 설계 의사 결정을 지원하기 위한 CURE 시스템 원리 기반 CURE 핵심 기술이 적용된 소프트웨어 패키지 개발
⑤ CURE 시스템 검증 테스트 베드 : 효율성과 CURE 프로토타입의 효과를 검증하기 위해 개발된 소프트웨어 평가와 녹색 커뮤니티 설계 및 운영에 대한 가이드라인을 평가하는 테스트베드 대상 탐색

Ⅱ. 연구 결과

1. CURE 소프트웨어 개발

가. CURE 소프트웨어 대상 시설 분석

1~2차년도의 연구를 기반으로 하여 3~4차년도 연구를 통해 7개의 폐기물 처리 시설에 대한 분석이 수행되었다. 시설과 내부 프로세스의 평가 뿐 아니라 도시 자원 순환 성과 지표를 중점적으로 연구하였으며 연구의 목적은 2~4차년도에 걸쳐 상세 데이터베이스를 구축하는 것이었다.

① 자원순한 시설, 특허 기술, 기술 동향 분석
② 폐기물 처리 기술 분석
③ 폐기물 처리 시설과 프로세스 분석
④ 탄소 배출, 에너지 소비, 환경 부하, 그리고 생애주기비용 계산과 관련된 필수 요소 및 방법 조사

나. CURE 시스템 모델링

시설의 성능 지표 평가모델과 프로덕트/프로세스 통합 모델 뿐 아니라 서로 다른 시설의 설계 옵션을 위한 성능과 관련된 비용 및 CO_2에 대한 성능 평가 체계를 확립하는 것이다.

① CURE 프로토타입, 관련 통계, 그리고 연구 사례와 관련된 기존 모델을 분석
② 자원 순환 성능 평가 지표 모델 분석
③ CURE 시스템의 연구 방법 모델 도출
④ 선택된 자원 순환 도시의 현지 조사 보고서 작성

다. CURE 설계 지원 시스템

2차년도까지 시스템의 구조를 확립하고, 3~4차년도를 통해 데이터베이스, GIS 그리고 미들웨어/사용자 인터페이스 실현을 완성하는 것이다.

① CURE 설계 지원 시스템 개발 요구 사항 분석
② 폐기물 처리 시설 설계 지원 소프트웨어에 대한 연구
③ 웹과 GIS 기반의 응용 프로그램 플랫폼 분석
④ 개발 소프트웨어의 상세 구조 도출
⑤ 저탄소 도시 건설 프로젝트의 통합 소프트웨어 플랫폼에 대한 상세 연결 도출

라. CURE 테스트베드

테스트베드의 요구 조건과 선택된 대상 지역의 상세 조사 분석을 통해 CURE 시스템의 검증 프로세스가 수행되었다. 연속적인 연차를 통해 CURE 소프트웨어, 그리고 CURE 가이드라인으로 구성된 CURE 시스템이 테스트베드로 지정된 수원시에 적용되었다.

① CURE 테스트 베드 요구 사항 분석
② 수원시의 폐기물 처리 시설 계획 분석
③ 수원시의 개발 계획 분석

2. CURE 가이드라인 개발

이 연구의 주요 목적은 도시의 자원 순환에 대한 성능 평가 지표 데이터베이스를 기반으로 녹색 커뮤니티 개발의 가이드가 되는 것이다. 이 CURE 가이드라인은 CURE 소프트웨어와 관련된 대체 시설의 건설과 운영 평가가 포함되어 있다.

① CURE 가이드라인과 관련된 참고 문헌, 법률, 사례를 분석
② 도시의 특성과 폐기물 처리 사이의 상관 관계 분석
③ 지역 특성을 고려한 적절한 폐기물 처리 모델 분석

④ 도시 자원 순환 성과 지표 및 수식 계산 도출
⑤ 도시 특성과 자원 순환의 상관 관계를 모델링하고 도시 자원 순환 계획을 분석

3. 도시 자원 순환 시설 현장 (수원시) 적용 및 실용화 (테스트베드)

경기도 수원시의 폐수 처리시설, 매립지, 소각장, 자동 쓰레기 이송 시설, 폐콘크리트 처리 시설, 음식물 쓰레기 퇴비화 시설과 같은 기본적인 자원 순환 시스템 및 관련 시설에 대한 CURE 시스템 검증을 수행하였다. 앞으로 개발된 CURE v1.0 및 자원순환시설 설계 가이드라인의 실용화를 위하여 계속 협력할 예정이다.

Ⅲ. 연구 공헌

① 산업적 측면 : 도시와 지역사회의 자원 순환 구축 및 운영에 대한 최적 설계를 도출하기 위한 대한 평가 및 최적화 설계에 기여
② 정치적 측면 : CURE 가이드라인 개발, 토지 소유주 및 지방 정부로부터 매개 자원 순환 도시 계획 및 설계에 기여
③ 사회적 측면 : 도시 생활 스타일에 변화를 줄 수 있는 폐기물, 폐자원, 그리고 자원 소비 변화에 관한 사회적 인식 감소에 기여
④ 교육적 측면 : 개발된 CURE 소프트웨어와 스마트 녹색 도시의 지도와 교육을 통해 인적 자원 개발에 기여

SUMMARY

Ⅰ. Research Object & Outline

This research attempted to develop a low-carbon city model, green community design & operating guidelines, and resource circulative urban design decision support software in order to maximize the recovery of useful materials and energy resources through a eco-friendly process of treating the waste. To achieve this, we developed Circulative Urban Resources Ecosystem(CURE) prototype which pursues the final outcomes as follows.

① CURE system modeling : Generating Product model & Process model of the core facilities of CURE system, and resources circulation performance indicators calculation model
② CURE target facilities analysis: Establishing database for resources circulation performance evaluation related to energy & resource recovery facilities and processes through environment friendly disposal of wastewater, solid waste, biomass and the recovery of waste energy for building the CURE system
③ CURE associated guidelines : Producing guidelines for a Green Community design and operation in detail for applying CURE core technologies to urban planning and urban design practices
④ CURE Design Support System : Developing a software package to support resources circulative urban design decision-making by applying CURE core technologies to the cities based on the CURE system principles
⑤ CURE system validation test bed : Exploring actual test site for evaluating the applicability of the developed software and the Green Community design & operation guidelines in order to demonstrate the efficiency and the effectiveness of the CURE prototype

Ⅱ. Research Output

1. CURE Software Package

A. CURE target facilities analysis

Analyzing 7 different waste treatment facilities were performed through the 3, 4rd year based on the 1st and 2nd year researches. Main focus was the assessments of facilities and their internal processes as well as urban resource circulation performance indicators. The purpose was to build detailed databases in 2th, 3rd and

4th year.

① Resource circulation facilities, technology patents, and technology trend analysis
② Waste treatment technology analysis
③ Waste processing facilities and process analysis
④ Investigating essential factors and method related to carbon emissions, energy consumption, environmental load, the life cycle cost calculations

B. CURE system modeling

Originally, this portion of research was to establish facility performance indicators evaluation model and Product / Process integration model as well as the evaluation framework for cost and CO_2 related performance for each alternative facility design options.

① Analyzing the existing model related to CURE prototype, the relevant statistics, and case projects
② Resource circulation performance evaluation indicators model analysis
③ Deriving the research methods model of CURE system
④ Making a report of fieldwork of a selected resource circulative city

C. CURE Design support system

This research domain was to define the system structure within the 2rd year and the complete implementation of DB, GIS and middleware / user interface went through the 3rd, 4th year.

① CURE Design Support System development requirements analysis
② Case studies for waste treatment facility design support software
③ Web and GIS-based application platform analysis
④ Deriving a detailed architecture of development software
⑤ Deriving a detailed connection with the low-carbon city construction project integration software platform

D. CURE Testbed

The validation process for the CURE system was conducted to analyze requirement of the test-bed and detailed survey of the selected target site. Through the consecutive years, CURE system related facilities, design support software and green community design guidelines were applied to Suwon, the designated test-bed.

① CURE test bed requirements analysis
② Waste treatment facilities planning analysis of Suwon city
③ Development plan analysis of Suwon City

2. CURE Guideline Development

The main research purpose in this regards was to guide green community development based on the performance indicator assessment database for resource circulation in the city. This guideline was related to the facility construction and operational evaluation of alternatives associated with resource circulation urban design support software

① Analyzing references, legislation, and several cases involved in CURE Design Prototype
② Analyzing correlation between urban characteristics and waste treatment
③ Analyzing proper waste treatment model considering the characteristics of region
④ Pre-deriving the considerations in calculating the urban resource circulation performance indicators and formulas
⑤ Modeling the correlation between urban characteristics and resource circulation, and analyzing urban resource circulation plan

3. Urban resource circulation facility fieldwork(Suwon City: Testbed) and commercialization

We did CURE system validation for fundamental resource circulation systems and related facilities, especially, wastewater treatment facility, landfill, incinerator, automatic waste transfer facility, waste concrete treatment facility, and food waste composting facility in Suwon City, Geonggi-do, Korea. Further, we will keep cooperating to commercialize CURE system.

Ⅲ. Research Contribution

① Industrial aspects : Contributing to design alternatives evaluation and optimization aimed at deriving optimal design for building and operating resource circulation city and community
② Political aspects : With developed resource circulation city planning and urban design guidelines(CURE guideline), contributing to the resource circulative urban planning & design mediated by from land owner or local government

③ Social aspects : Contributing to reducing social awareness about waste/ waste resources and change resource consumption patterns that again could change of urban life styles

④ Educational aspects : Contributing to human resource development through the guidance and education of a smart green city with the developed CURE system design support software

CONTENTS

Ⅰ. Introduction ····· 14
A. Research purpose and necessity ····· 14
B. Objectives and scope of research ····· 14
1. Objectives of research ····· 14
2. Scope of research ····· 15
3. Properties of research ····· 16
C. Current trends ····· 16
1. National trends ····· 16
2. International trends ····· 18
D. Reputation of research ····· 19
1. Superiority ····· 19
2. Distinctiveness ····· 19

Ⅱ. Results ····· 21
A. Research achievement strategy and methodology ····· 21
1. Synergy effect created through interdisciplinary research ····· 21
2. Modular approach to maximize the effectiveness ····· 22
3. Module integration to maximize the effectiveness ····· 23
B. Research process ····· 24
1. Build database and derive model equation ····· 24
a. Build database ····· 24
b. Derive model equation ····· 29
2. CURE guideline ····· 44
a. Introduction ····· 44
b. Guideline ····· 44
3. CURE software ····· 70
a. Introduction ····· 70
b. Software ····· 76

Ⅲ. Final research outcomes and applications ····· 87
A. Research outcomes ····· 87
B. Results by critical technology elements ····· 87
1. CURE Software ····· 87
2. CURE Guideline ····· 87

C. Research achievements ····· 89
1. Scientific achievements ····· 89
2. Technical achievements ····· 89
D. Application examples and cases ····· 89
E. Market prospect ····· 89

Ⅳ. Achievement of research plan ····· 92
A. Final goal achievement of research ····· 92
B. Analysis of effect on research achievement ····· 95
1. Technical analysis ····· 95
2. Economical analysis ····· 95
3. Political analysis ····· 95

Ⅴ. Necessity for practical use and further study ····· 96
A. Plan for practical use ····· 96
A. Necessity for further study ····· 97

Refercence ····· 98

[Appendix] CURE Guideline
CURE Software User Manual

목 차

제 1장 연구개발과제 개요 ····· 14
제 1절 목적 및 필요성 ····· 14
제 2절 연구개발의 목표 및 범위 ····· 14
1. 연구개발의 목표 ····· 14
2. 연구개발의 범위 ····· 15
3. 연구개발의 특성 ····· 16
제 3절 국내외 기술개발 현황 ····· 16
1. 국내 기술 개발 현황 및 기술 수준 ····· 16
2. 국외 기술개발 현황 및 기술 수준 ····· 18
제 4절 연구개발 결과가 관련 분야에서 차지하는 위치 ····· 19
1. 연구개발 결과의 우수성 ····· 19
2. 연구개발 결과의 차별성 ····· 19

제 2장 연구개발 내용 및 결과 ····· 21
제 1절 연구수행 전략 및 방법론 ····· 21
1. 다학제적 연구추진체 구성을 통한 시너지 효과 창출 ····· 21
2. 최종 연구결과물의 효용성 극대화를 위한 모듈화 연구개발 방식 ····· 22
3. 최종 연구결과물의 효용성 극대화를 위한 모듈의 통합 ····· 23
제 2절 연구수행 과정 및 내용 ····· 24
1. 데이터베이스 구축 및 모델식 도출 ····· 24
가. 데이터베이스 구축 ····· 24
나. 폐기물 발생량 및 자원순환시설 평가 모델식 도출 ····· 29
2. CURE 가이드라인 ····· 44
가. 개요 ····· 44
나. 가이드라인 ····· 44
3. CURE 소프트웨어 ····· 70
가. 개요 ····· 70
나. 소프트웨어 구성 ····· 76

제 3장 최종 연구성과 및 적용 실적 ····· 87
제 1절 개별 연구성과 설명 ····· 87
제 2절 핵심요소기술(Critical Technology Elements)별 성과물 ····· 87
1. CURE 소프트웨어 ····· 87
2. CURE 가이드라인 ····· 87

제 3절 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과) ····· 89
1. 학술적 성과 ····· 89
2. 기술적 성과 ····· 89
제 4절 기술 실시 및 적용사례 ····· 89
제 5절 기술개발 성과의 국내외 시장 전망 ····· 89

제 4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 92
제 1절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 92
제 2절 연구개발 성과의 효과분석 ····· 95
1. 연구개발 성과의 기술적 효과분석 ····· 95
2. 연구개발 성과의 경제적 효과분석(시장창출, 고용창출 등) ····· 95
3. 연구개발 성과의 정책적 효과분석 ····· 95

제 5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ····· 96
제 1절 향후 활용 방안 ····· 96
제 2절 추가 연구 필요성 ····· 97

참고문헌 ····· 98

[부록] 자원순환시설 설계 가이드라인
자원순환시설 설계지원 소프트웨어 사용 매뉴얼

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 목적 및 필요성

우리가 살고 있는 도시라는 인공 환경생태계를 지속 가능한 형식으로 변환하려는 노력은 재생가능 대체 에너지원 개발, CO_2 발생 저감 정책 및 기술들, 수처리 고도화 및 친환경 자재 및 재료의 개발과 폐기물의 친환경적 처리나 에너지 회수 등 다양한 요소 기술들의 개발로 이어지고 있다. 화석연료 에너지 소비는 CO_2 발생과 직접 연관되어 있고 콘크리트와 같은 재료는 생산 당시 약 전세계 CO_2 발생의 약 8%를 차지하는 이산화탄소를 배출하고 있으며, 폐수나 폐기물은 도시 생태계 내에서 연쇄적인 환경오염을 유발하고 있고, 크든 작든 우리가 살고 있는 환경은 일종의 인공 환경 생태계이며 이러한 생태계의 균형이 깨지면서 다양한 형식의 환경적 재앙이 예고되고 있는 실정이다. 그래서 지속 가능한 도시, 지속 가능한 환경에 대한 요구는 최근 전 세계적인 물 부족, 대기 온난화, 환경오염, 에너지 및 자원 고갈 등의 문제를 근본적으로 해결하기 위한 시급한 해결을 요하는 이슈로 부각되고 있으나 유일한 해결책은 자원이 친환경적으로 순환하는 과정에서 에너지와 유용한 물질이 회수되는 자원 순환형 도시생태계를 구축하는 방법이다.

이에 따라 이 연구에서는 기후 변화와 환경오염, 에너지 고갈 및 자원 낭비 문제로 병들어 가고 있는 도시를 새로운 자원순환형 도시로 변환시키기 위한 해결책의 한 방법으로서 도시 내 폐기물 처리 및 폐에너지 회수 시설에 대한 설계 및 운영 시스템 평가를 위한 도구로서 도시계획 지원 시스템인 CURE 소프트웨어와 CURE 가이드라인을 개발하였다.

제 2 절 연구개발의 목표 및 범위

1. 연구개발의 목표

이 과제에서 수행된 연구개발의 최종 목표는 탄소저감형 도시계획 지원의 일환으로 도시내 핵심적인 폐기물 처리 및 폐에너지 획득 시설들-소각장, 매립지, 하수처리 시설, 음식물 쓰레기 처리시설, 폐콘크리트 처리 시설, 우수처리 시설, 소수력 발전시설- 설계 및 운영 시스템 대안평가를 위한 소프트웨어 도구와 가이드라인을 개발하고 이를 이용하여 폐기물처리 및 폐에너지 획득시설들의 설치 및 운영에 따른 탄소 발생량, 시설물 건설비용 및 유지비용을 추정하고 처리 부산물에 의한 비용 및 탄소저감 효과를 평가하고 최적대안 도출 프로세스를 가이드하여 실제 탄소저감 및 자원순환형 도시 개발을 지원하기 위한 것이다.

2. 연구개발의 범위

가. 이 연구에서는 도시계획 또는 단지계획에 따라 폐기물 처리 및 폐에너지 회수시설의 규모, 세부유형 및 입지, 운영방식 등을 결정을 지원하고, 정량적 평가모델식을 적용하여 평가대상 시설의 건설비, 운영비, 운송모델, 탄소 배출량, 산출물재활용 효과를 정량적으로 평가한 후, 여러 대안의 평가결과를 비교분석 할 수 있는 소프트웨어의 도출과 이를 통한 도시내 자원 및 폐기물의 친환경적 처리과정에서 유용한 물질과 에너지 회수를 극대화하기 위한 탄소저감형 도시의 자원순환체계 모델 확립과 그린커뮤니티 설계 및 운영 지침을 도출하여 자원순환형 도시설계를 지원하기 위한 소프트웨어 및 오프라인 가이드라인을 개발하는 것이 주요 연구 범위이다.

나. 자원순환시설은 각국의 관례나 개인별 이론, 특성에 따라서는 가연성, 불연성 및 고형폐기물, 액상폐기물, 기체상폐기물로 분류하여 정의하기도 하며, 탄소저감 효과와 전국 차원의 폐기물 처리 현황 통계 및 시설분포를 고려하여 이 연구에서는 대상 폐기물 처리 및 폐에너지 회수시설들을 다음의 7가지로 선택하였다.

(1) 하수처리시설
(2) 폐콘크리트 처리시설
(3) 매립지
(4) 음식물쓰레기 처리시설
(5) 소각장
(6) 우수처리시설
(7) 소수력발전시설

다. 이 과제에서 지향하는 소프트웨어 개발은 단지 및 도시차원의 선별된 자원순환관련 시설들에 대한 대안 평가를 위하여 다음의 소프트웨어 상의 절차와 구성요소들을 연구개발의 대상으로 한다.

(1) 웹상에서의 로그인
(2) 프로젝트 생성 후, 대상 폐기물처리시설 선택, 규모산정 등 시설설치 대안 결정
(3) 시설 입지 검토 및 입지 위치 결정
(4) 시설운영 방식 결정
(5) 시설성능 평가(건설비, 운영비, 운송비, 탄소배출량, 산출물재활용평가)
(6) 평가 결과 비교분석 및 가시화

라. 이 과제에서 지향하는 가이드라인 개발은 도시에서 폐기물처리과정의 탄소 발생량과 처리비용 감소를 정략적으로 계산하여 '자원순환도시' 계획을 위한 합리적 의사결정과정을 지원하는 것이다. 구체적으로 통계적 도시특성과 도시변화를 고려하여 폐기물발생량을 조절하고 처리할 수 있도록 하며, 각 지자체별 주민들이 서로 공감할 수 있는 방식으

로 자원순환 도시계획 및 자원순환시설 설계를 할 수 있도록 지침을 제시하는 것을 목적으로 한다

3. 연구개발의 특성

가. 도시 내 소각장, 매립지, 하수처리 시설, 음식물 쓰레기 처리시설, 폐콘크리이트 처리시설, 우수처리 시설, 소수력 발전시설 등 폐기물 처리 및 폐에너지 회수 시설의 설계 및 운영 시스템 대안평가를 위한 온라인 평가를 ArcGIS 기반으로 실제 개발하고 이를 통해 자원순환시설들의 탄소 발생량, 시설물 건설비용 및 유지비용을 추정하고 처리 부산물에 의한 비용 및 탄소저감 효과를 정량 평가하여 실제 탄소저감 및 자원순환형 도시 개발을 지원하기 위한 세계최초의 시도이다.

나. 보다 구체적으로는, 도시계획 또는 단지계획에 따라 폐기물 처리 및 폐에너지 회수시설의 규모, 세부유형 및 입지, 운영방식 등을 결정을 지원하고, 모델식을 적용하여 평가대상 시설의 건설비, 운영비, 운송모델, 탄소 배출량, 산출물재활용 효과를 정량적으로 평가한 후, 여러 대안의 평가결과를 비교분석 할 수 있는 소프트웨어를 개발하는 과제이다.

다. 이와 아울러 도시계획단계에서 자원순환성을 확대하고 탄소저감을 목표로 폐기물처리 및 폐에너지 획득을 위한 시설들을 단지 레벨, 도시레벨, 혹은 광역권 레벨에서 어떠한 규모, 유형, 입지, 운영빙식으로 구축할 것인가에[대한 도시계획적 요건과 법제도적 조건들 그리고 전략적인 어프로치 들을 별도로 가이드하기 위한 CURE 가이드라인을 도출하는 것 또한 이 과제의 특징적인 개발 방향이다.

제 3 절 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술 개발 현황 및 기술 수준

국내에서 생태공간 조성 및 도시재생기술'의 각 세부기술별로 진행되고 있는 연구개발 기술 수준은 <표 1.1>과 같고, 국내 생태도시 관련 연구개발 기술 개발 현황은 <표 1.2>와 같다.

〈표 1.1〉 국내 생태도시 관련 연구개발 기술 수준

세부항목	기술 수준(%)	전문인력 보유정도(%)	인프라 구축정도(%)
계획 및 설계·시공 기술	50	50	50
생태도시 건설 관련 BT	50	50	50
생태도시 건설 관련 ET	50	50	50
생태도시 건설 관련 에너지 확보 기술	30	30	30
요소기술의 융합화 및 통합화 기술	20	20	20
인프라 개발 및 보급기술	20	20	20
출처 : 국토해양부(2007), U-Eco City 사업단 사전기획 연구			

〈표 1.2〉 국내 생태공간 조성 및 도시재생기술 개발 현황

세부기술명	기술 개발 현황
친환경 생태공간 조성 기술	■ 환경·생태계획을 수립·적용한 사례가 증가하고 있으나, 과학적 정보 등 객관성 확보가 미흡하고 2차원 계획으로 개발용량 판단에 한계가 있음. ■ 인공지반·옥상녹화 등 생태공간조성 기술 국산화 노력은 지속됨. ■ 생태단지·도로·하천 개념이 포함된 설계·시설 도입이 검토되고 있으나, 초기단계임.
물순환 제어 기술	■ 하수재이용을 위한 표준공정 개발, 분산식 빗물관리에 대한 기초 기술의 개발이 추진되었으나, 기술 상용화가 잘 이루어지지 않음. ■ 수환경 조성, 하천복원과 관련된 연구는 수행되었으나, 기 조성된 수로 등 수질의 체계적 관리 및 모니터링은 미흡함.
지속가능한 도시환경 재생·복원 기술	■ 단지차원에서 신재생에너지 도입 및 공동주택을 위한 신재생에너지활용시스템 연구가 수행 중임. ■도시폐기물의 환경오염에 대한 분석 및 재활용에 대한 연구는 수행되고 있으나 신재생에너지와 폐기물 처리를 통해 생산된 에너지를 활용하는 저탄소형 인프라에 대한 연구는 미흡함. ■ 에너지·자원순환 사용에 대한 정책·제도적 결함으로 건축 및 도시차원에서의 에너지와 자원 공급 시스템의 연계기술 및 통합관리 인프라 구축 미비함.

2. 국외 기술개발 현황 및 기술 수준

국외 기술개발 현황 및 기술 수준은 <표 1.3>과 같다.

<표 1.3> 국내 생태도시 관련 연구개발 기술 수준 (계속)

세부기술명	기술 개발 현황 및 기술 수준
폐기물 에너지화 기술	■ 폐기물 에너지화 기술은 열적기술과 비열적기술등 다양한 기술이 활발하게 개발 중임열적기술은 일본이 강점을 가지고 있으며, 비열적기술은 미국과 EU가 강점을 가지고 있음. ■ 유럽에는 2005년 기준 431개의 폐기물 에너지화 플랜트가 있고, 2004년 기준 미국에는 89개 가 있음 - 2008년 이후 폐기물 에너지화에 대한 시장이 급속히 성장하기 시작하였고, 2010년 중동에서 폐기물 종합관리 (10년 +기준)에 대한 5억불 규모의 프로젝트가 발주됨.
탄소저감형 폐자원 회수 시스템 및 관로 이송 기술 개발 관련	■ 2005년 미국에서 대형 유통 상가 등에 캔 등 재활용품의 압착기능을 갖춘 폐기물 회수시스템 개발이 적용됨. ■ EU에는 폐기물 회수시설 지하에 피트를 설치하여 공간감소와 회수 비용절감이 실현됨. ■ 재활용, 재사용 가능한 폐자원의 효율적 수거를 위한 투입저류시설 및 인센티브 적용을 통한 회수율 향상 방안 등에 대한 연구를 수행함.

<표 1.3> 국내 생태도시 관련 연구개발 기술 수준

세부기술명	기술 개발 현황 및 기술 수준
개발패턴 접근법	■ 에너지와 온실가스가 다양한 도시 형성 시나리오에 미치는 영향을 평가하여 이해 관계자들의 의사결정을 도모함. ■ 개발 패턴 접근법 (DPA: Development Pattern Approach)은 현재의 토지 이용 조건을 파악하거나 목표되는 미래 시나리오를 작성하는 경우 활용함. ■ 현재(2007년)상태의 개발 시나리오와 100년 후의 개발 시나리오를 구축하는 데에 활용되었으며, 각 시나리오에서의 온실가스 배출량 추정 및 공간적, 시각적으로 온실가스 배출을 표현하는 맵 작성을 위해 활용함. ■ 온실가스 배출량을 정량화하고 공간적으로 배치시킴으로써 표준화된 토지 이용 시나리오 대안에 대한 지속적인 비교 및 평가와 표준안 선정에 관한 의사결정에 기여함. ■ 개발 패턴이 동일한 유형의 계획 데이터를 활용하기 때문에 컨셉트 계획은 향후 정책과 정책 시행 과정(밀도 목표, 토지 이용 배분, 건축 설계지침 등)의 측면에서 쉽게 해석될 수 있음. ■ 온실가스 배출량 산출과 감축, 도시 설계, 장기 계획 결정, 토지이용 및 교통계획, 협업계획 등의 복잡한 문제를 해결하려는 전례 없던 시도라는 의의를 가짐.

제 4 절 연구개발 결과가 관련 분야에서 차지하는 위치

1. 연구개발 결과의 우수성

가. 관련부처 및 지자체에서 자원순환시설 설치 및 운영 계획수립 지원 도구 제공

이 과제 결과물은 국토부나 환경부 혹은 지자체들에서 시스템에서 다루는 7대 폐기물 처리 혹은 폐에너지 회수 시설들의 규모산정, 세부유형 설정, 입지, 운영상의 대안들을 그 비용과 탄소발생량 측면에서 정량적으로 비교분석하여 가장 최선의 자원순환형 도시계획 혹은 환경시설 설치 운영 대안을 추출하기 위한 도구로 활용할 수 있다. 또한, 폐기물 처리 시설들의 탄소배출량 저감에 대한 정량적 평가와 더불어 폐기물 처리 부산물의 활용을 통한 자원순환성 제고를 위한 대안별 성능평가를 활용하여 국가적 목표인 탄소저감과 도시자원순환성능 향상을 도모하는 공공적 사업에 핵심적인 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

나. 관련 엔지니어링 업체에서의 설계대안 평가 지원

자원순환형 도시계획과 폐기물 처리시설에 대한 엔지니어링을 담당하는 기업들에서 이 연구 결과물을 활용하여 계획 및 설계 시설의 최적화를 도모하고 자신들이 설계하는 시설의 탄소저감 성능과 경제성을 정량적으로 발주처나 해당 지자체에 제시할 수 있는 도구로 활용할 수 있다.

다. 관련 컨설팅 업체에 정량평가 지원

도시의 자원순환성능 확대를 위한 폐기물처리 시설의 탄소배출량 및 부산물 획득을 통한 탄소저감량 그리고 시설의 건설 및 운영비용에 대한 정량적 평가가 가능한 이 연구 결과물인 세계 최초의 시스템을 활용하여 컨설팅 관련 시설계획을 주관하는 해당 지자체나 컨설팅 의뢰기관에 컨설팅 내용에 대한 정량적, 체계적 근거를 제시할 수 있는 도구로 활용할 수 있다.

라. 관련분야 교육 및 전문인력 양성 지원

CURE 1.0 시스템은 또한, 자원순환형 도시 및 폐기물처리 시설의 설치 및 운영관련 연구나 교육을 담당하는 학교, 연구소, 협회, 전문인력양성기관 등에서 교육과 연구를 위한 온라인 도구로 활용이 가능하다.

2. 연구개발 결과의 차별성

가. 자원순환형 도시계획 지원용 온라인 소프트웨어의 세계최초 개발

탄소저감형 도시 계획에서 교통계획, 에너지 수급계획, 토지이용에 따른 탄소저감 계획기법 같은 영역들에 대한 연구나 이를 지원하기 위한 온/오프라인 도구나 지침들은

그동안 국내외적으로 많이 개발되어 왔으나, 폐기물 처리 및 이과정에서의 유용한 물질과 에너지를 회수하는 자원순환성의 극대화를 지향하는 자원순환형 도시 인프라 대안 평가 지원 시스템은 전세계적으로 이 과제의 CURE(Circulative Urban Resources Environment)시스템 개발이 최초의 시도이며 그러한 측면에서 타 연구와는 확연히 차별화가 된다.

나. 접근성, 활용성 및 확장성을 고려한 소프트웨어 아키텍처의 혁신

웹을 통한 로기인과 멤버쉽(추후 실제 서비스 개시의 경우 채택) 기반으로 언제 어디서나 일정 스펙 이상의 인터넷에 연결된 단말기를 통해 프로그램에 접속할 수 있고, 프로그램 자체는 해당 단지나 지자체의 선택, 평가 시점의 선택, 자원순환시설의 선택과 설치 및 운영 대안들의 각종 입력사항들에 대한 순차적이고 논리적인 처리 절차를 바탕으로 이용자 인터페이스와 내부 전재 알고리즘을 작성하고, 특히 시설입지와 폐기물 운송경로 등의 평가에 대한 부분에서는 GIS 시스템의 다양한 지리정보 데이터 레이어들을 활용하여 이용자가 지도상에서 관련입력 사항이나 선정결과 등을 스크린 상에서 직관적으로 확인하며 평가절차를 진행할 수 있는 시스템 구성을 지닌다. 시스템은 또한, 향후 확장과 시스템 업그레이드를 위하여 데이터베이스나 평가 모델식의 수정, 보완, 교체, 추가, 재구성 등을 가능하게 하는 관리자 모드의 인터페이스를 제공하게 된다.

다. 자원순환형 도시계획 지원을 위한 상보적인 온/오프라인 듀얼 어프로치 채택

이 과제의 두가지 핵심 연구개발 결과물인 CURE 소프트웨어와 CURE 가이드라인은 각각 온라인과 오프라인에서 탄소배출과 비용을 저감하고 도시의 자원순환성을 극대화하기 위한 관련 시설들의 계획, 설계 및 운영 대안들을 도출하고 최적화하기 위한 정량적 평가 도구 지원(CURE 소프트웨어)과 계획 및 설계상의 법적 제도적 조건 및 도시설계상의 계획 요건 지침 제공(CURE 가이드라인)을 각각 중점적으로 제공하여 서로 상보적인 형식으로 과제의 목적인 도시 자원순환성 제고에 기여할 수 있도록 체계적으로 구성된 점 또한 차별화 포인트로 판단된다.

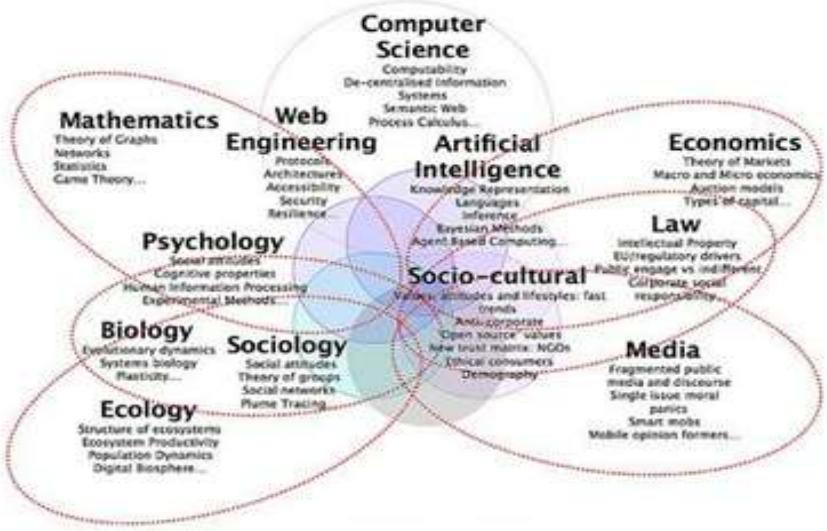
제 2 장 연구개발 내용 및 결과

제 1 절 연구수행 전략 및 방법론

이 연구는 하수처리장, 우수처리시설, 매립지, 건설 폐기물, 음식물 쓰레기 및 , 소각장, 소수력 발전시설 등 7대 주요 폐기물 처리시설들의 특정 도시계획 지역내 설치 및 운영시 시설별 규모산정, 세부유형 및 입지, 운영방식의 선정 대안에 따른 건설비용, 운영비용과 CO_2 발생량을 예측 평가하기 위한 자원순환형 도시 설계 지원 소프트웨어와 가이드라인 도출을 위하여 다음과 같은 전략과 방법론을 따라 수행되었다.

1. 다학제적 연구추진체 구성을 통한 시너지 효과 창출

이 연구는 융합적 성격으로 인하여 [그림 2.1]과 같은 다양한 과학 및 기술분야들을 아우르는 다학제적 연구 모델 형식을 참고하여 연구추진체를 구성하였다. 구성된 연구추진체는 [그림 2.2]와 같이 도시의 자원순환성 확대를 위한 폐기물 처리 및 폐 에너지 획득을 위한 관련 시설 설치 및 운영 대안 평가 및 가이드용 소프트웨어와 가이드라인 도출을 위하여 선택된 관련 시설들의 특성과 데이터 수집 분석, 그리고 이를 기반으로 한 CO_2 및 비용 평가 모델식의 개발과 소프트웨어의 설계를 담당하는 KAIST, 자원순환형 그린 커뮤니티 설계 및 운영 가이드라인(CURE 가이드라인)을 도시계획적 차원에서 접근하여 연구결과물의 도시계획 및 단지계획 활용성을 제고하기 위한 서울시립대의 연구진, 실제 소프트웨어의 개발을 담당한 D&C 소프트, 그리고 당초 울산시, 최종적으로 수원시로 결정된 연구결과 검증용 테스트베드 관련 지원 지자체와 참여기업들을 포함하는 다학제적, 다각적 연구 추진체를 구성하여 상호 시너지 효과의 극대화를 추구하였다.



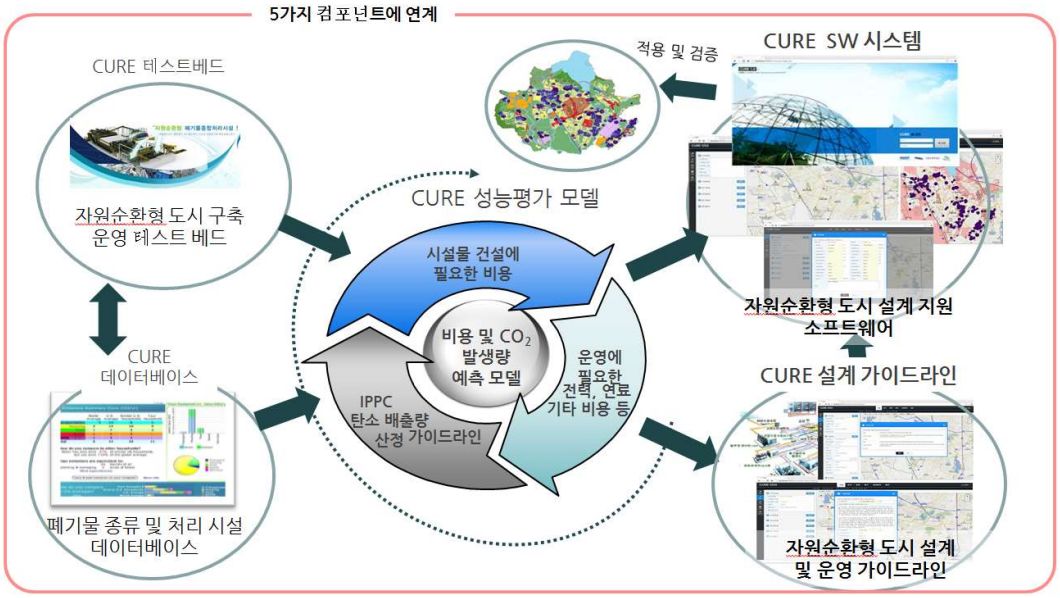
[그림 2.1] CURE 시스템 개발과정에서 참조하게 될 다학제적 연구 모델



[그림 2.2] 연구수행을 위한 다학제적 연구추진 조직 구성

2. 최종 연구결과물의 효용성 극대화를 위한 모듈화 연구개발 방식

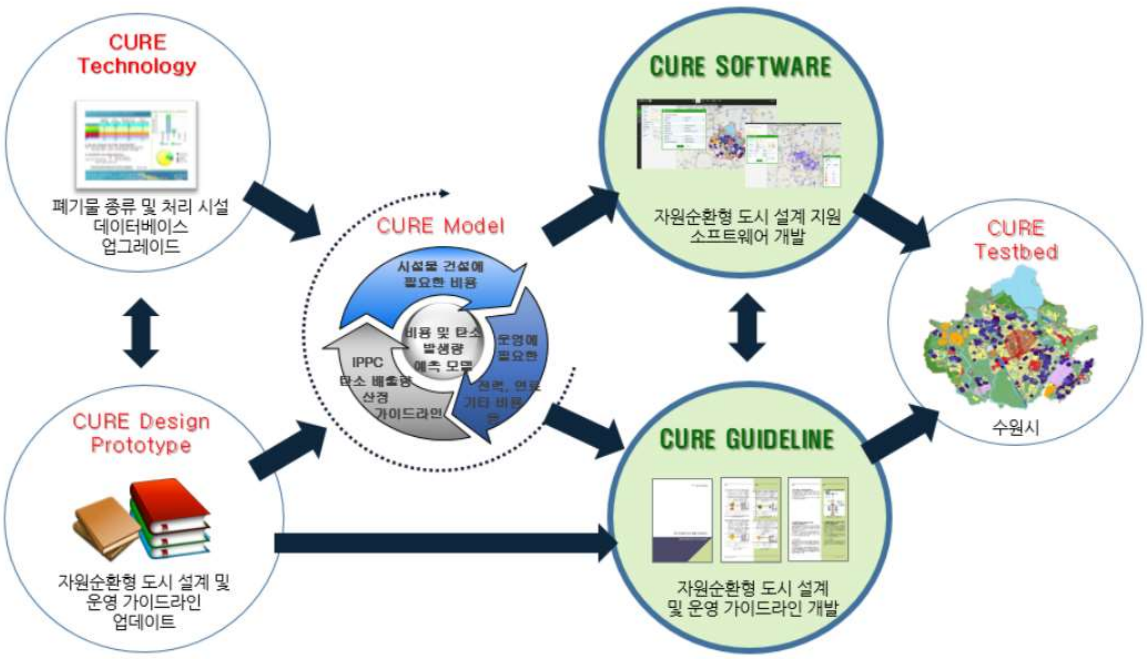
CURE 시스템 개발상의 효율성 향상과 최종 결과물의 완성도를 제고하기 위하여 [그림 2.3]과 같이 연구추진체별로 데이터베이스 구축, 시스템 평가 모델식 개발, 소프트웨어 도출, 가이드라인 도출 및 소프트웨어와 가이드라인의 테스트베드 적용을 통한 성능 검증을 포함하는 체계적이고 모듈화된 연구과제 수행 단위를 구성하고 이들간의 상호연계를 통하여 최종 결과물들을 도출하는 전략을 채택하였다.



[그림 2.3] 5가지 핵심 연구수행 모듈들과 이들의 상호 연계성 개념 도식화

3. 최종 연구결과물의 효용성 극대화를 위한 모듈의 통합

1~3차년도까지 유지해오던 5가지 핵심 연구수행 모듈을 3단계 연구가 진행되는 4~5차년도에는 [그림 2.4]와 같이 최종성과물인 CURE software와 CURE guideline으로 통합하여, 최종성과물 개발에 중점을 두고 연구하였으며, 이를 테스트베드인 수원시 데이터와 연계하여 검증하는 방식으로 연구를 진행하였다.



[그림 2.4] 5가지 핵심 연구수행 모듈의 통합화

제 2 절 연구수행 과정 및 내용

1. 데이터베이스 구축 및 모델식 도출

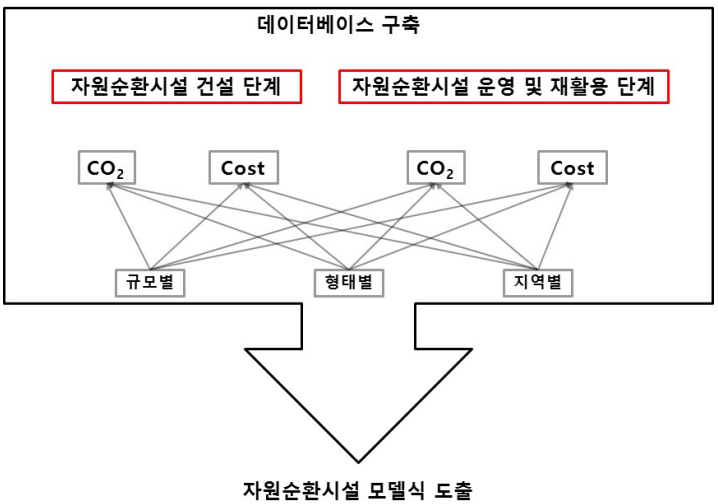
가. 데이터베이스 구축

1) 자원순환시설 선별

자원순환시설 대상 폐기물을 액상 폐기물, 고형폐기물, 폐바이오매스, 폐에너지로 구성하여 각 폐기물에서 활용할 수 있는 시설에 대한 조사를 수행하였다. 시설의 개요와 시설의 규모별, 형태별, 지역별로 분류하여 조사를 실시하였고, 최종적으로 액상 폐기물에서는 하수와 우수, 폐바이오매스는 음식물 쓰레기, 고형폐기물에서는 매립지와 폐콘크리트, 마지막으로 폐에너지는 소수력과 소각장 소각열을 선별하였다.

2) 선별 자원순환시설 비용 및 탄소 배출량 관련 데이터베이스 구축

자원순환시설의 모델식 구축을 위해서 [그림 2.5]와 같이 자원순환시설 건설 단계의 비용 그리고 운영 단계에서의 비용과 탄소 발생량에 대한 데이터베이스 구축하였다. 마지막으로 자원순환시설의 재활용에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 최종적으로 구축된 데이터베이스 현황은 <표 2.1>-<표 2.7>과 같다. 선별된 자원순환시설, 즉 폐기물 처리시설들에 대한 통계적 자료는 데이터의 성격상 1차적으로, 환경부나 환경부 산하 단체에서 주기적으로 공개하는 자료를 토대로 수집 정이하였다. 즉, 환경부 산하 한국환경공단에서 공시하는 폐기물배출 및 처리현황(전국폐기물 배출 및 처리현황), 가정생활폐기물실적정보(생활계, 사업장, 지정, 건설 폐기물 처리실적 정보),폐기물관련 통계(폐기물 발생량, 처리량, 업체수 등), 폐기물통계정보(지정폐기물 발생 및 처리현황)와 한국환경산업기술원 폐기물 배출 DB(일반폐기물 및 지정폐기물 배출량·재활용량) 등을 참조하였으며 구체적인 데이터베이스는 1~4차년도 보고서를 통해 확인할 수 있다.



[그림 2.5] 모델식에 따른 데이터베이스 분류

<표 2.1> 하수 처리시설 데이터베이스 현황

분류	구분	하수 처리시설 (개소)
설비 용량에 따른 분류	500 m^3/일 이상	470
	500 m^3/일 이하	2594
유형에 따른 분류	A2O	861
	Media	979
	SBR	495
	MBR	247
	기타	482
지역에 따른 분류	서울특별시	4
	부산광역시	27
	대구광역시	16
	인천광역시	12
	광주광역시	9
	대전광역시	2
	울산광역시	10
	경기도	303
	강원도	319
	충청북도	223
	충청남도	318
	전라북도	397
	전라남도	731
	경상북도	268
	경상남도	389
	제주특별자치도	36

<표 2.2> 우수 처리시설 데이터베이스 현황

분류	구분	우수 처리시설 (개소)
설비 용량에 따른 분류	5,000 m^3 이하	303
	5,000 ~ 20,000 m^3	2
	20,000 m^3 이상	27
유형에 따른 분류	우수저류시설	332
지역에 따른 분류	서울특별시	213
	부산광역시	1
	대구광역시	6
	인천광역시	2
	광주광역시	2
	대전광역시	3
	울산광역시	2
	경기도	28
	강원도	2
	충청북도	2
	충청남도	0
	전라북도	10
	전라남도	0
	경상북도	0
	경상남도	33

	제주특별자치도	28

〈표 2.3〉 음식물쓰레기 처리시설 데이터베이스 현황

분류	구분	음식물 처리시설 (개소)
설비 용량에 따른 분류	200 톤/일 이상	8
	100톤/일 이상 ~200톤/일 미만	11
	50톤/일 이상 ~100톤/일 미만	21
	50톤/일 미만	45
유형에 따른 분류	퇴비화	47
	시료화	15
	기타처라	23
지역에 따른 분류	서울특별시	5
	부산광역시	0
	대구광역시	0
	인천광역시	4
	광주광역시	1
	대전광역시	1
	울산광역시	1
	경기도	19
	강원도	11
	충청북도	3
	충청남도	8
	전라북도	5
	전라남도	9
	경상북도	5
	경상남도	8
	제주특별자치도	5

〈표 2.4〉 매립지 데이터베이스 현황

분류	구분	매립지 (개소)
설비 용량에 따른 분류	1,000,000 ㎥ 이상	39
	1,000,000 ㎥ 이하	183
지역에 따른 분류	서울특별시	0
	부산광역시	1
	대구광역시	1
	인천광역시	5
	광주광역시	2
	대전광역시	1
	울산광역시	2
	경기도	10
	강원도	24
	충청북도	12
	충청남도	16
	전라북도	15
	전라남도	56
	경상북도	40
	경상남도	27
	제주특별자치도	10

〈표 2.5〉 폐콘크리트 처리시설 데이터베이스 현황

분류	구분		폐콘크리트 처리시설 개수	
설비 용량에 따른 분류	1000 톤/일 이하		100	
	1000~2000 톤/일		228	
	2000~3000 톤/일		45	
	3000 톤/일		72	
지역에 따른 분류	서울	1	충북	26
	부산	13	충남	33
	대구	2	전북	48
	인천	6	전남	40
	광주	5	경북	74
	대전	5	경남	44
	경기	82	제주	9
	강원	49		
유형에 따른 분류	모래 처리 시설 유		모래 처리 시설 무	
	1단계 파쇄	1	1단계 파쇄	21
	2단계 파쇄	6	1단계 파쇄	125
	3단계 파쇄	22	1단계 파쇄	175
	4단계 파쇄	10	1단계 파쇄	30
	5단계 파쇄	5	1단계 파쇄	10
	6단계 파쇄	2	1단계 파쇄	1

〈표 2.6〉 소수력 발전시설 데이터베이스 현황

분류	구분	소수력 발전시설 (개소)
설비 용량에 따른 분류	500 KW이하	20
	500-1500 KW	26
	1500-3000 KW	18
	3000 KW 이상	1
유형에 따른 분류	하천	12
	보	2
	댐	23
	저수지	9
	농수로	1
	제철소	1
	정수장	4
	하수처리장	5
	양수발전부하댐	3
	화력발전냉각수	4
	가압펌프장	1
지역에 따른 분류	경기도 (서울, 인천 포함)	6
	강원도	3
	경상도 (울산, 대구 포함)	15
	전라도 (광주, 제주 포함)	13
	충청도	8

<표 2.7> 소각장 데이터베이스 현황

분류	구분	소각장 (개소)
설비 용량에 따른 분류	200 톤/일 이하	147
	200-600 톤/일	24
	600-800 톤/일	3
	800 톤/일 이상	2
유형에 따른 분류	고정상	19
	스토커	25
	열분해	13
	화격자	100
	기타	19
지역에 따른 분류	서울	5
	광역시	16
	경기도	23
	강원도	13
	충청도	22
	전라도	49
	경상도	41
	제주도	7

3) 자원순환시설 Product, Process 모델 관련 데이터베이스 구축

가) 액상폐기물 처리시설

(1) 하수

하수처리시설의 세부유형은 크게 A2O공법 유형, 연속 회분식 반응조 유형, MBR 유형, MEDIA 유형이 있다

각 시설에 대해 처리방식 및 특성, 설치 및 운영 조건, 에너지 및 물질 회수 특성, CO_2 배출 특성, 처리효율, 처리비용, 장·단점 등의 기준으로 정리하였으며 자세한 내용은 1~4차년도 보고서 및 성과점검기준표를 통해 확인할 수 있다.

(2) 우수

우수시설은 물부족과 침수 피해에 대처하기 위해 비가 올 때 빗물을 보아서 생활용수, 청소용수, 소방용수, 조경용수 등으로 사용할 수 있게 하는 시설물으로 집수장치를 통해 모아져서 시설로 유입된다. 특별한 세부 유형은 없으며 저장탱크의 형식으로 구분될 수 있다.

나) 고형폐기물 처리시설

(1) 폐콘크리트

폐콘크리트 처리시설의 세부유형은 형태별 차이보다는 모래 처리시설의 유무로 나눌 수 있으며 습식과 건식으로 분류할 수 있다. 형태는 1단계 파쇄에서 6단계 파쇄까지 있으며 그 중 3단계 설비 시설은 모래 처리시설에서 가장 많이 사용되고 있다. 모래 처리시설이 없는 경우는 2단계 파쇄와 3단계 파쇄 시스템이 주로 채택되었다.

(2) 매립지

매립지의 구조는 크게 혐기성, 위생, 준호기성, 호기성과 같이 4가지로 구분할 수 있으며 혐기성 매립 구조는 산간지나 저습지에 폐기물을 투기하는 방법인데 지금은 거의 사용되지 않고 있다. 그 외의 서설에 대해서는 1~4차년도 보고서를 통해 운영 방법 및 장단점 그리고 데이터베이스를 나타내었다.

다) 바이오매스 처리시설

바이오매스 처리시설로는 음식물쓰레기 처리시설이 선정되었으며 시설의 혐기성 소화공정, 바이오 알코올 생산 기술, 수소 생산 기술, 바이오매스 연료화 기술, 바이오매스 가스화 기술, 바이오매스 열분해 기술 등에 대해 조사되었다.

라) 폐에너지 회수시설

(1) 소수력

소수력은 세부시설 보다는 설비 용량에 따라 분류할 수 있으며, 발전 유형으로 분류하면 댐과 하천을 이용한 발전소가 일반적이고 그 외에 저수지, 양수발전 하부댐, 보, 화력발전 냉각수, 하수처리장, 정수장, 농수로를 이용한 발전소도 일부 운영되고 있다. 각 시설에 대한 분류 및 운영 방식에 대해서는 1~4차년도 보고서 및 성과점검기준표를 통해 확인할 수 있다.

(2) 소각장

소각 시설의 세부 유형은 발전 유형에 따라 화격자식, 로터리식, 유동상식, 그리고 열분해식으로 분류할 수 있으며 그 중 화격자식이 일반적이다. 각 시설에 대한 분류 및 운영방식은 1~3차년도 보고서를 통해 나타내었다.

나. 폐기물 발생량 및 자원순환시설 평가 모델식 도출

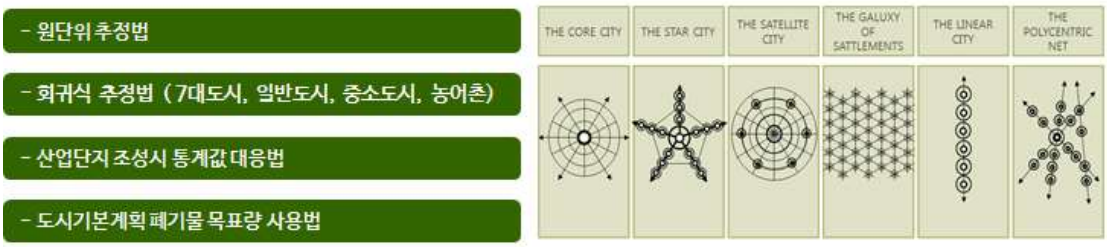
1) 폐기물 발생량

가) 지역별 도시특성을 반영한 폐기물 발생량 추정

이 연구에서는 폐기물 추정 방식을 크게 4가지로 구분하여 설명한다. 첫번째는 도시의 인구 규모를 기준으로 한 '인구원단위법'으로 환경부에서 제공하는 방법이다. 두번째는 인구 이외에 다른 도시 특성 요소까지 추가로 고려하여 회귀분석을 통해 도시 특성 요소를 반영한 '폐기물 발생량 예측 회귀식' 방법이다. 세번째는 일반적인 도시 이외에 산업단지 등 행정구역 경계가 아닌 범위의 개발 때 통계자료를 이용한 '통계대응법'이 있고, 마지막 네번째는 도시 기본 계획 또는 폐기물 처리기본 계획 등의 계획지표를 적용하여 폐기물 발생량을 예측하는 '계획지표 적용법'이 있다.

이 연구에서는 '폐기물 발생량 예측 회귀식' 방법을 적용하여 도시 규모별로 각각 '폐기물 발생량 예측 회귀식' 모델을 개발하여 장래의 폐기물 발생량 예측과 테스트

베드인 수원시에 적용하여 효용성을 비교 검증 하였다.



[그림 2.6] 폐기물 발생량 추정 방식 및 도시 유형

자원순환의 대상 폐기물은 도시의 행정구역을 기준으로 배출량 통계가 제공된다. 만약 폐기물 배출 특성을 행정구역 전체가 아닌 특정 지역의 배출 특성을 알 수 있다면, 자원순환 시설의 입지선정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

광역지자체들은 자치구 단위 소행정 구역까지 통계가 제공되지만, 기초 지자체들은 소행정 구역이 구분되어 있더라고 배출량 등을 별도로 정리하지 않고 있다.[1] 그렇기 때문에 연구의 실증 범위를 광역지자체로 한정하였다. 구체적으로‘서울 및 6대 광역시 하위의 총 74개 소행정 구역을 공간적 범위로 진행하였다.[2]

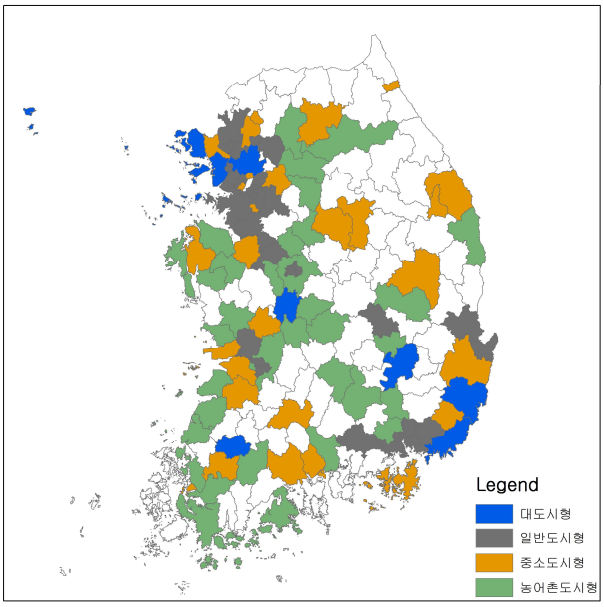
<표 2.8>과 같이 도시 특성(인구, 세대수 등)과 자원순환특성(폐기물 발생 및 처리시설별 특성)의 상관관계를 분석하였고, 이를 회귀식으로 도출하였다.

<표 2.8> 폐기물 발생량 분석 변수

구분	변수명		단위	자료출처
독립 변수	인구특성	총인구수	천명	지자체별 통계연보
		세대수	천호	
	토지이용 특성	행정구역면적	㎢	
		시가화면적		
		주거지면적		
		상업•업무지면적		
		공업지면적		
	주택건설 특성	단독호수	천호	
		아파트호수		
		연립주택호수		
		다세대주택호수		
	도로교통 특성	도로길이	km	
		자동차등록대수	천대	
	산업경제 특성	제조업 산업체수	개	
		도매 및 소매업 산업체수		
		숙박 및 음식업 산업체수		
		세입	백만원	
		재산세		
종속 변수	자치구별 폐기물 발생량		톤/일 ㎥/일	환경부, 전국 폐기물 발생현황

1) 예를들어 수원시의 경우, 시단위의 전체 통계자료만 제공되며 팔달구 등의 구단위의 소행정 구역별 자료는 제공하지 않음
2) 대도시형 모델의 범위는 자치구 및 군으로 나뉘며, 이하 ‘74개 자치구’로 표현하였음

이 연구에서는 폐기물 발생량 추정을 위한 두 번째 방식인 '도시 특성 요소 회귀식법(이하 회귀식)'을 통하여 폐기물 발생량을 예측 하였다. 또한 도시 규모별로 모델식을 도출하여 폐기물 발생 때 각 해당 도시 특성을 포함하였고, 테스트베드인 수원시를 대상으로 폐기물 발생량의 실제 통계량을 기준으로 인구원단위법과 회귀식법을 비교하여 그 신뢰도를 검증하였다.[3] 최종적으로 도출된 도시 규모별 모델식의 범위와 모델식은 [그림 2.7], <표 2.9>-<표 2.12>와 같다.



[그림 2.7] 도시 규모별 폐기물 발생량 예측 모델식 범위

<표 2.9> 대도시 폐기물 발생량 모델식

구분	회귀식	회귀분석 결과									비고
		a_1	a_2	a_3	a_4	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
하수발생량 (m^3/일)	$y = \left[a_1(x_1)^{n_1} + a_2(x_2)^{n_2} + a_3(x_3)^{n_3} + a_4(x_4)^{n_4} \right](x_5)^{n_5}$	52.7	1.00E-03	16.3	0.001	0.292	1.26	1.18E-06	0.995	0.878	R^2=0.83
음식물쓰레기 발생량 (톤/일)	x_1:세대수(천호), x_2:상업업체수(개), x_3:공업업체수(개), x_4:세입(백만원), x_5:인구(천명)	0.084	1.76E-06	2.57E-08	5.22E-08	0.06	1.27	1.2	1.11	0.908	R^2=0.59
생활폐기물 발생량 (톤/일)		0.159	7.22E-05	3.87E-07	0	0.077	1.08	1.28	0.692	0.821	R^2=0.63

3) 해당도시의 특성에 맞게 폐기물 발생량 대한 3차년도 결과를 수정 및 보완한 후

〈표 2.10〉 일반도시 폐기물 발생량 모델식

구분	회귀식	회귀분석 결과									비고
		a_1	a_2	a_3	a_4	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
하수발생량 (m³/일)	$y=\left[a_1(x_1)^{n_1}+a_2(x_2)^{n_2}+a_3(x_3)^{n_3}+a_4(x_4)^{n_4}\right](x_5)^{n_5}$ x_1:세대수(천호), x_2:상업업체수(개), x_3:공업업체수(개), x_4:세입(백만원), x_5:인구(천명)	6.36E-27	-23.9	4.18	1.00E-03	-11.5	0.639	0.307	0.962	0.421	R²=0.69
음식물쓰레기 발생량 (톤/일)		0.091	2.52	5.56E-07	9.66E-09	0.583	0.068	1.2	1.04	0.5	R²=0.76
생활폐기물 발생량 (톤/일)		7.21	0	2.03E-08	9.01E-08	0.144	1.09	1.42	1	0.499	R²=0.71

〈표 2.11〉 중소도시 폐기물 발생량 모델식

구분	회귀식	회귀분석 결과									비고
		a_1	a_2	a_3	a_4	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
하수발생량 (m³/일)	$y=\left[a_1(x_1)^{n_1}+a_2(x_2)^{n_2}+a_3(x_3)^{n_3}+a_4(x_4)^{n_4}\right](x_5)^{n_5}$ x_1:세대수(천호), x_2:상업업체수(개), x_3:공업업체수(개), x_4:세입(백만원), x_5:인구(천명)	72.7	20.2	11.4	0	0.027	0.309	0.002	0.957	0.929	R²=0.57
음식물쓰레기 발생량 (톤/일)		0.146	0.002	1.32E-06	3.22E-09	0.095	0.466	1.14	1.08	0.969	R²=0.77
생활폐기물 발생량 (톤/일)		2.63	0.001	1.18E-05	2.88E-07	-0.034	1.02	1.12	0.963	0.735	R²=0.69

〈표 2.12〉 농어촌 폐기물 발생량 모델식

구분	회귀식	회귀분석 결과									비고
		a_1	a_2	a_3	a_4	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
하수발생량 (m³/일)	$y=\left[a_1(x_1)^{n_1}+a_2(x_2)^{n_2}+a_3(x_3)^{n_3}+a_4(x_4)^{n_4}\right](x_5)^{n_5}$ x_1:세대수(천호), x_2:상업업체수(개), x_3:공업업체수(개), x_4:세입(백만원), x_5:인구(천명)	14.2	64.4	1.11E-29	0.005	0.2	0.559	9.68	0.951	0.406	R²=0.60
음식물쓰레기 발생량 (톤/일)		3.47E-08	0.001	7.15E-07	6.99E-05	2.5	1.01	1.04	0.701	0.495	R²=0.52
생활폐기물 발생량 (톤/일)		1.03	0.002	2.31E-05	4.99E-08	0.293	0.414	1.44	0.861	0.722	R²=0.63

2) 비용 및 탄소 배출량 모델 도출

가) 개요

도시내 선별된 폐기물 처리 및 폐에너지 회수 시설들에 대한 수집된 데이터를 기반으로 각 시설 유형 및 세부 유형별로 폐기물 처리를 위한 시설의 설치와 운영에 따른 건설비용, 운영비용, 탄소 배출량, 산출 부산물 활용을 통한 비용 및 탄소 배출 저감량에 대한 정량적 추정 평가 모델식의 개발이 2~5차년도에 걸쳐 점진적으로 보완개선 과정을 통하여 수행되었으며 간략히 정리하면 아래와 같다.

나) 도시 자원순환시설 성능지표 모델링 기법

(1) 모델식 도출 방법

이 연구의 대상 시설물들은 소각장, 매립지, 음식물쓰레기 처리시설, 폐콘크리트 처리시설, 하수 처리시설, 우수 처리시설, 소수력 발전시설이며, 앞서 수집한 데이터베이스를 회귀분석하여 모델식을 도출하였다. 선택된 대상 폐기물 처리시설의 세부유형이 존재하는 경우(예 소각장, 하수처리장 등) 이들 세부유형별 처리방식 및 공법 등을 세분하여 모델식을 도출하였고, 모델식 업그레이드 시 수집 데이터에 새로운 유형이 추가되는 경우에는 추후에도 해당 유형에 대한 모델식을 새로이 추가하여 이를 시스템 업그레이드에 반영할 예정이다.

(2) 물가상승률 반영

자원순환시설 성능지표를 산정하기 위하여 물가변동에 따른 비용의 가치변화를 연구에 반영하였다. 물가변동률을 반영하는 대표적인 지표인 GDP 성장률을 2013년을 기준으로 누적하여 곱하고, 비용 데이터와 곱하여 물가변동을 보정하였다. 물가변동률은 시중 금리를 기준으로 계산하기도 하지만, 한국은행이 고지하고 있는 시중 금리의 경우 1998년 이후부터 통화정책에 따라 고지하기 시작하였으므로, 많은 시설이 1998년 이전에 지어진 것을 감안할 때 일괄적으로 적용하기에 한계를 보였다. 이에 GDP 성장률을 기준으로 곱하여 사용하였으며, <표 2.13>과 같다.

<표 2.13> 물가상승률에 따른 비용 보정

물가상승률 반영식	비고
$C_{c,k} = \prod_{k=2013}^{n} (1+r_k) * C_c$ $\prod_{k=2013}^{n} (1+r_k) = (1+r_{2013})(1+r_{2014})...(1+r_{n-1})(1+r_n)$	C_c = 비용 (백만원) r_k = k 년도의 시중 금리(%) n = 적용 연도 * 모든 회귀식은 2013년을 기준으로 작성되었으므로 시간흐름에 따라 보정

다) 모델식 도출 결과

(1) 건설비용

건설비용 모델식 도출결과는 <표 2.14>-<표 2.20>과 같다.

※ 건설비용 추정 모델식은 토지비용이 포함된 데이터를 기반으로 도출되어 있으며, 토지비가 포함됨으로써 지역별 토지가 편차의 심화로 동일 시설용량의 시설 구축 시 건설비용의 예측모델 정확성이 저감되는 문제가 발견되어, 최종적으로 완성한 CURE 시스템에서는 일부 핵심자원순환시설들(소각장, 매립지, 음식물 쓰레기 처리시설 등)에 대하여 정부고시 표준건설단가 기반 건설비 추정식을 옵션으로 제공하도록 하였다.

<표 2.14> 하수 처리시설 건설비용 모델식

구분	모델식	변수	
전체	$\ln(y) = a[\ln(x)]^b$ y : 건설비용 (백만원) x : 시설용량 (톤/일)	a	2.66
		b	0.603
A2O식		a	2.77
		b	0.582
MBR식		a	2.73
		b	0.597
Media식		a	2.59
		b	0.595
SBR식		a	2.89
		b	0.582

<표 2.15> 우수 처리시설 건설비용 모델식

모델식	변수	
$\ln(y) = a[\ln(x)]^b$ y : 건설비용 (백만원) x : 시설용량 (m^3/일)	a	1.01
	b	0.877

<표 2.16> 음식물쓰레기 처리시설 건설비용 모델식

구분	모델식	변수	
사료화	$y = 1.3x_1\left[\frac{a}{(x_1+b)^c}+0.7\right]$ y: 건설비용 (억원) x_1: 음식물쓰레기 처리시설 용량	a	3.8E+08

	(톤/일)	b	218
퇴비화	$y = 2.0x_1\left[\frac{a}{(x_1+b)^c}+0.7\right]$ y: 건설비용 (억원) x_1: 음식물쓰레기 처리시설 용량 (톤/일)	c	3.78

〈표 2.17〉 매립지 건설비용 모델식

모델식	변수	
$y = x_1\left[\frac{a}{(x_1+b)^c}+20\right]$ y: 건설비용 (백만원) x_1: 매립지 용량 (1000m^3)	a	91700
	b	246
	c	1.24

〈표 2.18〉 폐콘크리트 처리시설 건설비용 모델식

폐콘크리트	1차 파쇄형	$\sum C_{c,cw1} = C_{c,jc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	C_c = 건설(설치)비용 <하첨자> - jc : 조크러셔 - cc : 콘크러셔 - dc : 더블크러셔 - ic : 임팩트크러셔 - ex : 굴삭기 - bc : 벨트콘베이어 - t : 차량 - g : 토지 - cl : 골재세척기
	2차 파쇄형	$\sum C_{c,cw2} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
	3차 파쇄형	$\sum C_{c,cw3} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
	4차 파쇄형	$\sum C_{c,cw4} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔(혹은 콘크러셔)+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
	5차 파쇄형	$\sum C_{c,cw5} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
	6차 파쇄형	$\sum C_{c,cw6} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	

<표 2.19> 소각장 건설비용 모델식

모델식	변수	
$y = x_1\left[\frac{a}{(x_1+b)^c}+3.0\right]+dx_2$ y: 건설비용 (억원) x_1: 소각장 용량 (톤/일) x_2; 소각여열 회수시설 수(개소)	a	254
	b	62.9
	c	1.21
	d	$\begin{cases}10\ (x_3 \le 30)\\13\ (30 < x_3 \le 50)\\25\ (50 < x_3 \le 200)\\29\ (200 < x_3 \le 300)\\46\ (300 < x_3)\end{cases}$ x_3: 소각여열 회수시실 용량 (톤/일)

<표 2.20> 소수력 발전시설 건설비용 모델식

구분	평균	표준편차
용량 (kWh)	1,090	1,290
건설비용 (백만원)	5,160	7,640
모델식	$y = 0.211x$ (y: 건설비용 (백만원), x: 용량 (kWh))	

(2) 운영비용

운영비용 모델식 도출 결과는 <표 2.21>-<표 2.27>과 같다.

<표 2.21> 하수 처리시설 운영비용 모델식

회귀분석 식	모델식 종류	회귀분석 변수	회귀분석 결과	R^2
$y = ax^b$ (x : 시설용량) 시설용량 (m^3/일)	전체	a	0.00451	0.91
		b	0.788	
	A2O	a	0.00277	0.92
		b	0.822	
	MBR	a	0.0192	0.72
		b	0.662	
	Media	a	0.00128	0.88
		b	0.907	
	SBR	a	0.00871	0.86
		b	0.727	

<표 2.22> 우수 처리시설 운영비용 모델식

회귀분석 식	모델식 종류	회귀분석 변수	회귀분석 결과	R^2
운영비용이 미미하여 모델식에서 제외				

<표 2.23> 음식물쓰레기 처리시설 운영비용 모델식

회귀분석 식	모델식 종류	회귀분석 변수	회귀분석 결과	R^2
$y = ax_1^b x_2^c$ (x_1 : 가동률 x_2 : 시설용량) 가동률* 시설용량 (m^3/일)	전체	a	31.2	0.88
		b	0.109	
		c	0.918	
	퇴비화	a	25.0	0.85
		b	0.052	
		c	0.968	
	사료화	a	34.2	0.94
		b	0.067	
		c	0.894	

*가동률 : 처리량/시설용량

〈표 2.24〉 폐콘크리트 처리시설 운영비용 모델식

1차 파쇄형	$\sum C_{c,cw1} = C_{c,jc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	C_c = 건설(설치)비용 <하첨자> - jc : 조크러셔 - cc : 콘크러셔 - dc : 더블크러셔 - ic : 임팩트크러셔 - ex : 굴삭기 - bc : 벨트콘베이어 - t : 차량 - g : 토지 - cl : 골재세척기
2차 파쇄형	$\sum C_{c,cw2} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
3차 파쇄형	$\sum C_{c,cw3} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
4차 파쇄형	$\sum C_{c,cw4} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔(혹은 콘크러셔)+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
5차 파쇄형	$\sum C_{c,cw5} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용+굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	
6차 파쇄형	$\sum C_{c,cw6} = \sum C_{c,jc} + \sum C_{c,cc} + C_{c,dc} + C_{c,ic} + C_{c,ex} + C_{c,bc} + C_{c,t} + C_{c,g} + C_{c,d}$ 조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+더블조크러셔+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+조크러셔단가(혹은 콘크러셔)+임펙트 콘크러셔+골재세척설비 비용+토지비용+차량구입비용굴삭기 구입비용+벨트콘베이어 비용+골재세척기 구입비용	

〈표 2.25〉 매립지 운영비용 모델식

구분	평균	표준편차
처리량 (m^3/년)	9,655	16,826
운영비용 (백만원/년)	283	306
모델식	$y = 0.0293x$ (x : 처리량)	

<표 2.26> 소각장 운영비용 모델식

회귀분석 식	모델식 종류	회귀분석 변수	회귀분석 결과	R^2
$y = ax^b$ (x : 처리량) 처리량 (톤/년)	전체	a	5.78	0.93
		b	0.62	
	고정상	a	1.45	0.94
		b	0.75	
	스토커	a	2.79	0.93
		b	0.69	
	열분해	a	3.77	0.95
		b	0.68	
	화격자	a	7.27	0.93
		b	0.60	

<표 2.27> 소수력 발전시설 운영비용 모델식

구분	평균	표준편차
발전량 (MWh/년)	8,013	10,739
운영비용 (백만원/년)	1,002	1,158
모델식	$y = 0.125x$ (x : 발전량)	

(3) 운영 탄소 발생량

탄소 발생량 모델식은 <표 2.28>-<표 2. 34>와 같다.

<표 2.28> 하수 처리시설 탄소 발생량 모델식

구분	모델식	변수	
A2O식	$y = ax + b$ y: 탄소 발생량 (kg/일), x: 처리량 (m^3/일)	a	0.092
		b	-595
MBR식		a	0.324
		b	254
Media식		a	0.140
		b	-135
SBR식		a	0.115
		b	202

<표 2.29> 우수 처리시설 탄소 발생량 모델식

모델식	변수
우수 처리시설의 탄소 발생량이 미미하여 모델식에서 제외	

〈표 2.30〉 음식물쓰레기 처리시설 탄소 발생량 모델식

모델식
$y = \sum_i (TS_i \times 365)$ y: 차량운영을 포함한 탄소 발생량 (톤/년) TS_i 음식물쓰레기 발생지점 i 에서 처리시설까지 수송을 통한 탄소 발생량 (톤/일)

〈표 2.31〉 매립지 탄소 발생량 모델식

모델식
$y = \sum_i (TS_i \times 365)$ y: 차량운영을 포함한 탄소 발생량 (톤/년) TS_i 폐기물 발생지점 i 에서 매립지까지 수송을 통한 탄소 발생량 (톤/일)

〈표 2.32〉 폐콘크리트 처리시설 탄소 발생량 모델식

모델식
$y = \sum_i (TS_i \times 365)$ y: 차량운영을 포함한 탄소 발생량 (톤/년) TS_i 폐기물 발생지점 i 에서 처리시설까지 수송을 통한 탄소 발생량 (톤/일)

〈표 2.33〉 소각장 탄소 발생량 모델식

모델식
$S_{reduction,faci,trans}^{typeA} = (0.0493X + 26.201) + \sum_i (TS_i \times 365)$ y: 소각장의 차량운영을 포함한 탄소 발생량 (톤/년) TS_i 는 폐기물 발생지점 i 에서 소각장까지의 수송을 통한 탄소 발생량 (톤/일)

〈표 2.34〉 소수력 발전시설 탄소 발생량 모델식

모델식	변수
소수력 발전시설의 탄소 발생량이 미미하여 모델식에서 제외	

(4) 자원순환 시설별 재활용 산출물 기반 비용 및 탄소 저감량

자원순환 시설별 비용 및 탄소 저감량 모델은 <표 2.35>와 같다.

<표 2.35> 자원순환 시설별 재활용 산출물 기반 비용 및 탄소 저감량 (계속)

시설 유형	산출물	재활용율	단위산출량	공장생산단가	산출물 추가생산단가	비용저감량	공장생산 단위탄소배출량	산출물 추가탄소배출량	탄소배출 저감량
소각장	폐열	100%	2.15Gcal/톤 (소각물)	63,000원/Gcal	0원/Gcal	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.2톤CO_2/ Gcal	0톤CO_2/Gcal	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
매립지	메탄가스	70%	0.105톤/톤(매립 폐기물) 150NM3/톤 (22.4NM3=16Kg)	200,000원/톤(메탄)	0원/톤 (메탄)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0톤CO_2/톤(메탄)	(-)20톤CO_2/톤(메탄) (1M3 의 메탄은 1M3의 CO_2에 비해 21배 온실효과 증대하며 공기중에 방출된 메탄과 연소 후 방출되는 CO_2의 온실효과 차이는 20배임)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
하수처리장	슬러지	40%	0.00025톤/톤 (하수)	300,000원/톤(슬러지) LNG 연료사용의 경우	2600원/톤 (슬러지)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	1.14톤CO_2/톤(부탄) 동일 열량발생 대체물질	13.7톤CO_2/톤 (슬러지)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	메탄가스	70%	0.0053톤/톤 (하수) 7NM3/톤 (22.4NM3=16Kg)	200,000원/톤(메탄)	0원/톤 (메탄)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0톤CO_2/톤 (메탄)	-20톤CO_2/톤 (메탄) (1M3 의 메탄은 1M3의 CO_2에 비해 21배 온실효과 증대하며 공기중에 방출된 메탄과 연소후 방출되는 CO_2의 온실효과 차이는 20배임)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)

<표 2.35> 자원순환 시설별 재활용 산출물 기반 비용 및 탄소 저감량 (계속)

시설 유형	산출물	재활용율	단위산출량	공장생산단가	산출물 추가생산단가	비용저감량	공장생산 단위탄소배출량	산출물 추가탄소배출량	탄소배출 저감량
음식물 쓰레기 처리시설	퇴비	44%	0.2톤/톤(음식물쓰레기)	30,000원/톤 (퇴비)	0원/톤 (퇴비)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.034 CO_2톤/톤(퇴비)	0 톤CO_2/톤 (퇴비)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	사료	47%	0.15톤/톤(음식물쓰레기)	150,000원/톤 (사료)	0원/톤 (사료)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.1 CO_2톤/톤(퇴비) 추정치	0 톤 CO_2/톤 (사료)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	메탄	70%	0.07톤/톤(음식물쓰레기) 100NM3/톤 (22.4NM3=16Kg)	200,000원/톤 (메탄)	0원/톤(메탄)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0톤CO_2/톤(메탄)	-20톤 CO_2/톤 (메탄) (1M3 의 메탄은 1M3의 CO_2에 비해 21배 온실효과 증대하며 공기중에 방출된 메탄과 연소후 방출되는 CO_2의 온실효과 차이는 20배임)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
폐콘크리트 처리시설	어초/바닥포장재 **1차파쇄**	6%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	5,000원/톤(재활용 콘크리트)	0원/톤(재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.009 CO_2/톤(재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	노반재/도로용재 **2차파쇄**	30%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	7,000원/톤 (재활용 콘크리트)	0원/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.009 CO_2/톤(재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)

<표 2.35> 자원순환 시설별 재활용 산출물 기반 비용 및 탄소 저감량

시설 유형	산출물	재활용율	단위산출량	공장생산단가	산출물 추가생산단가	비용저감량	공장생산 단위탄소배출량	산출물 추가탄소배출량	탄소배출 저감량
폐콘크리이트 처리시설	아스콘용 골재 **3차파쇄**	45%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	9,000원/톤 (재활용 콘크리트)	0원/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.009 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	조골재 **4차파쇄**	10%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	15,000원/톤 (재활용 콘크리트)	0원/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.009 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	세골재 **5차파쇄**	5%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	20,000원/톤 (재활용 콘크리트)	0원/톤(재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.009 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
	지반개량재 **6차파쇄**	4%	1.0톤/톤 (폐콘크리이트)	30,000원/톤 (재활용 콘크리트)	0원/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산단가-산출물 추가생산단가)	0.0022 CO_2/톤(재활용 콘크리트)	0톤 CO_2/톤 (재활용 콘크리트)	연간처리량x재활용률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)
우수처리시설	물	100%	1.0톤/톤 (우수)	400원/톤 (처리수)	200원/톤 (처리수)	연간 우수처리량x활용률x단위산출량x(수돗물 생산단가-빗물 처리수 추가생산단가)	0.000587 CO_2톤/톤 (처리수)	0 톤 CO_2/톤 (처리수)	연간 우수처리량x활용률x단위산출량x(수돗물 생산 단위탄소배출량-빗물 처리수 추가탄소배출량)
소수력 발전시설	전력	100%	8.6MWh/Kw 1Kw 시설용량 당 1년 생산전력	90,000원/MWh (전력)	180,000원/MWh (전력)	시설용량(Kw)x가동률단위산출량x(일반 전력생산단가-소수력 전력 추가생산단가)	0.00398 CO_2 톤/MWh (전력)	0.0113 톤 CO_2 /MWh(전력)	시설용량(Kw)x가동률x단위산출량x(공장생산 단위탄소배출량-산출물 추가탄소배출량)

2. CURE 가이드라인

가. 개요

1) 목적

가) 배경 및 목적

기후변화에 대응하기 위한 탄소저감 정책들이 전 지구적으로 수립되고 있고, 한국의 자원순환분야로만 한정지어보면 인접한 도시들의 폐기물처리권역을 중권역 1개로 묶어서 조정하는'폐기물처리권역최적화계획'을 제시하였다[4]. 각 지자체들은 폐기물감량정책을 적극 추진하면서 인접한 지자체들과 폐기물처리를 함께하기 위한 노력과 협상을 진행하는 과정에 있다. 그러나 환경부와 지자체들의 노력과 협상에도 불구하고, 주민들은 폐기물처리시설을 혐오시설로 인식하고 있어서 폐기물처리방식의 합리적 해결책을 마련하기 어려운 상태에 있다.

이 연구의 목적은 도시에서 폐기물처리과정의 탄소 발생량과 처리비용 감소를 정량적으로 계산하여 '자원순환도시' 계획을 위한 합리적 의사결정과정을 지원하는 것이다. 구체적으로 통계적 도시특성과 도시변화를 고려하여 폐기물발생량을 조절하고 처리할 수 있도록 하며, 각 지자체별 주민들이 서로 공감할 수 있는 방식으로 자원순환도시계획 및 자원순환시설 설계를 할 수 있도록 지침을 제시하는 것을 목적으로 한다. 도시변화 시나리오를 고려하여 CURE 소프트웨어와 연동될 경우 '자원순환도시'를 합리적으로 가이드 할 수 있게 된다. 또한 이 연구의 테스트베드인 수원시를 대상으로 가이드라인을 적용하여 연구 분석하였기 때문에, 장래의 수원시 폐기물발생과 처리과정에 있어 지속 가능한 자원순환도시를 위해 합리적인 의사결정을 하는 것에 그 역할을 한다.

나) 전제조건

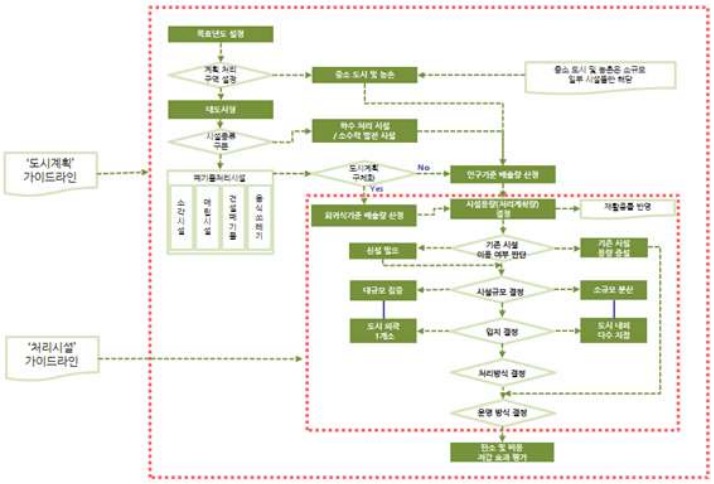
가이드라인의 원활한 작동을 위해 몇 가지 전제조건이 이행되어야 한다. 첫째, 도시기본계획, 관리계획, 지구단위계획, 도시개발계획 등 도시계획 수립시 자원순환을 위한 항목들을 작성한다. 둘째, 자원순환 가이드라인 내용들을 시민사회의 합의와 지자체별 특성을 반영한 조례로 법제화하여 실행력을 강화하는 법적 근거를 마련한다. 셋째, 폐기물발생량 추정법으로 제시한 회귀식은 각 지자체별 특성을 고려하여 보정하거나, 인구원단위법 또는 상위계획에서 제시한 계획지표 등과 비교 검증하여 사용한다.

나. 가이드라인

1) 가이드라인의 구성 체계

가이드라인은 [그림 2.8]과 같이 도시계획 가이드라인과 자원순환시설 가이드라인 2가지 위계로 구성된다.

4) 폐기물처리권역최적화계획, 환경부, 2012

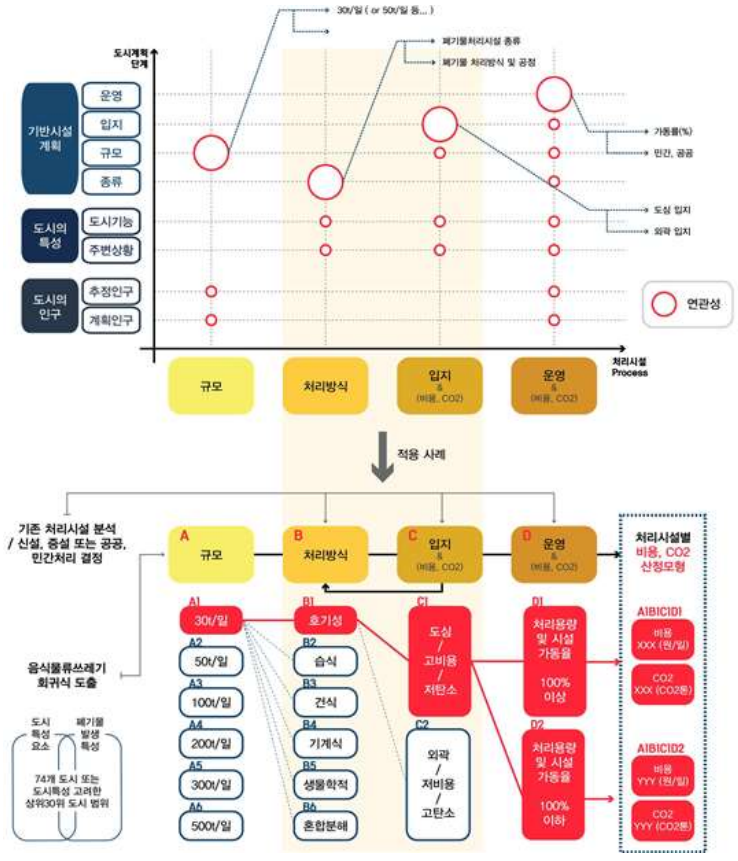


[그림 2.8] 자원순환시설 가이드라인의 구성

2) 가이드라인 적용 방식

가) 플로우차트의 구성

플로우차트는 [그림 2.9]와 같이 도시특성요소, 폐기물발생량, 운송거리, 처리시설현황을 사전조사하고, 폐기물발생량 추정, 처리시설 규모·입지, 운영방안(폐지, 증설, 신설)의 순서로 의사결정을 지원한다. 기 수립된 계획(안)도 탄소저감, 비용저감 가능한지 분석한 다음에 계획(안) 내용을 보완하도록 지원한다.

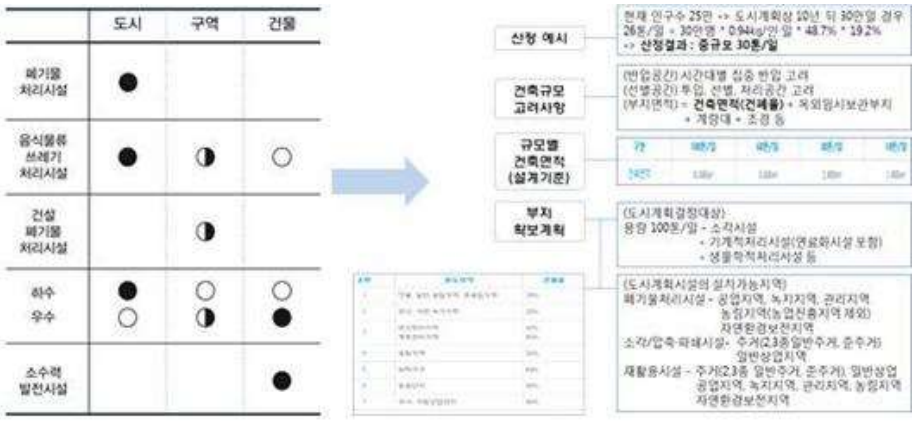


[그림 2.9] 가이드라인의 적용순서와 방식

3) 가이드라인 기본방향

가) 도시특성을 고려한 최적화된 가이드라인

가이드라인은 폐기물처리시설 관련 계획단위와 도시규모별 특성에 연동하여 작동하도록 의도하였음. 계획단위는 도시, 구역, 건물로 구분할 수 있으며, 연동되는 폐기물처리시설과의 관계는 [그림 2.10]과 같다.



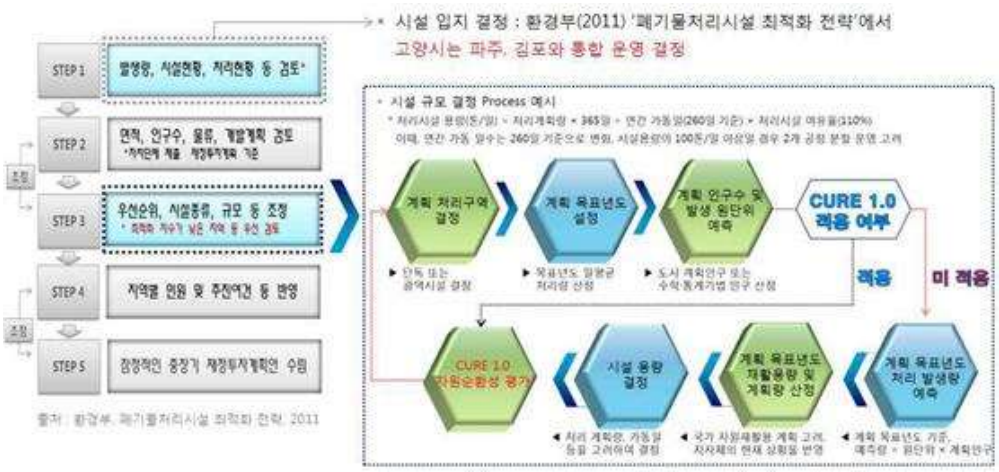
[그림 2.10] 도시특성을 고려한 최적화된 가이드라인

가이드라인에서는 도시특성을 고려하기 위해 도시규모를 대도시(서울, 6대광역시), 인구30만 명 이상 일반도시, 인구 30만 명 미만 중소도시, 농어촌형(군) 도시 등으로 구분하였고, 구체적인 도시특성요소는 5개분야(인구, 토지이용, 주택, 교통, 산업경제)에서 총 18개의 통계항목(총인구수, 세대수, 행정구역면적, 시가화면적, 주거지면적, 상업·업무지면적, 공업지면적, 단독호수, 아파트호수, 연립주택호수, 다세대주택호수, 도로길이, 자동차등록대수, 제조업산업체수, 도매및소매업산업체수, 숙박및음식업산업체수, 세입, 재산세)을 선정하여 폐기물발생량 추정 회귀식 도출 시 적용하였다.

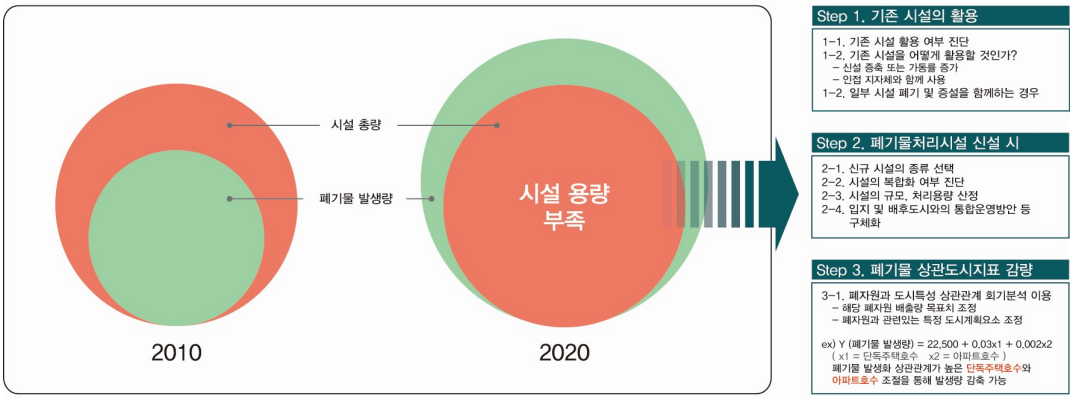
나) 도시변화를 반영한 분석적인 가이드라인

가이드라인은 [그림 2.11]과 같이 CURE 소프트웨어와 연동되어 도시특성과 도시변화를 반영하여 탄소 발생량 저감 효과, 비용 저감 효과 등 폐기물처리권역 최적화에 필요한 정량적 데이터를 제시함으로써 폐기물처리권역의 합리적인 조정이 가능하도록 작성되었다.

가이드라인은 [그림 2.12]와 같이 제시된 정량적 데이터를 바탕으로 실제 도시 계획 시 행해지는 시설의 신설 유무 및 기존 시설의 활용과 관련된 의사결정에 대한 기준을 제시하고 있다. 폐기물은 하나의 도시 내에서 처리되는 경우보다, 종류에 따라 행정구역의 경계를 넘나들며 다른 도시에서 처리되고 있기 때문에 실직적인 폐기물 처리는 행정구역 경계와 일정부분 차이가 있다. 2011년 환경부는 전국 지자체들을 64개 중권역 단위로 구분하여 폐기물처리를 통합적으로 운영하는 방식을 제시한 바 있으나, 폐기물처리권역 최적화의 정량적인 효용성을 분석할 수 있는 방식은 제시하지 못하였다.



[그림 2.11] 시설입지결정 때 CURE 소프트웨어 연동 방법

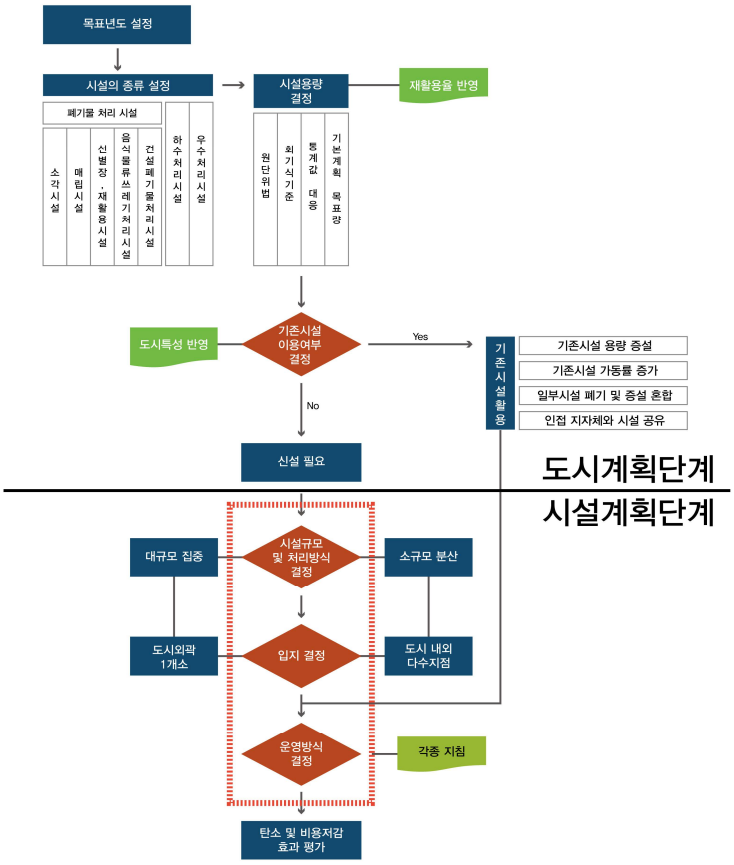


[그림 2.12] 폐기물 처리시설 추가 유무 및 추가 방식 결정 다이어그램

4) 가이드라인 플로우차트

가이드라인은 [그림 2.13]과 같이 크게 도시계획 단계와 시설계획 단계로 구분가능하다. 아래 ⅰ-ⅳ번 항목은 도시계획 단계에 속하며, ⅴ-ⅵ번 항목은 시설에 대한 가이드라인에 해당한다.

ⅰ. 목표연도 설정
ⅱ. 폐기물처리시설의 종류 설정
ⅲ. 시설 총 용량 산정 및 계획처리량 추정
·폐기물 발생량 추정
·시설의 총 용량 및 산정
·재활용을 반영한 계획처리량 추정
·목표연도 시설 총용량과 계획처리량 비교 후 시설계획 수립
ⅳ. 도시특성을 반영하여 기존시설 이용여부 결정
ⅴ. 증설(용량증가, 가동률증가, 혼합방식, 인접시설 공유)
ⅵ. 신설(규모, 입지, 운영방식 결정)



[그림 2.13] 자원순환시설 가이드라인 플로우차트

5) 자원순환시설의 도시계획단계

도시계획 단계에서는 해당 도시의 폐기물처리 목표연도를 설정하고, 시설종류를 결정함. 시설 결정 후 목표연도까지 도시변화를 고려하여 폐기물 발생량을 추정한다.

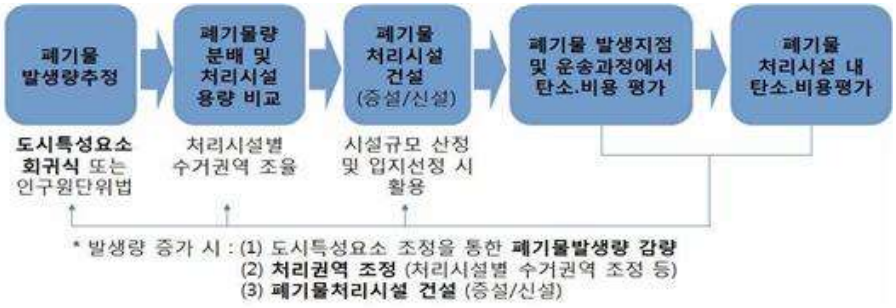
폐기물발생량 추정은 [그림 2.14]와 같이 인구원단위법, 회귀식 이용법, 통계값 1:1 대응법, 도시기본계획 또는 폐기물처리기본계획 등 상위계획에 제시된 계획지표 등 여러 추정방법 중에 당해 도시상황에 가장 적합한 방법을 사용하여 추정할 수 있다.



[그림 2.14] 폐기물발생량 추정방식

목표연도 폐기물발생량 추정 결과값에 재활용율을 반영하면 폐기물의 총 계획처리량을 산출할 수 있으며, 기존 시설(기 계획된 증설계획 또는 신설계획까지 반영) 총 용량과 계획처리량을 비교하여 목표연도 시설의 총 용량이 부족할 경우, 처리시설을 증설 또는 신설할 수 있다.

가이드라인은 [그림 2.15]와 같이 도시계획단계 이후 시설계획 단계에서 탄소·비용 평가까지 반영하여 시설의 규모, 입지, 처리방식 및 운영에 관한 내용까지 담고 있다. 기존 폐기물처리시설을 이용하는 경우에는, 기존시설 용량의 증설, 기존시설의 가동율 증가, 폐기물 발생량 감축 등 다양한 방식으로 정책적인 대응이 가능하다. 도시특성과 도시변화에 따라 가이드라인의 적용방식과 시나리오는 다르게 적용되어야 한다. 신축, 증축 이외에 향후 시설의 보수부분 중 대보수가 많은 부분을 차지할 것으로 예상되어, 대보수는 일단 증축의 특수형태로 보고 이에 대한 비용이나 탄소배출량 등은 이용자가 대보수의 범위나 성격을 파악하여 증축부분 파라미터에서 조정할 수 있게 하였다.

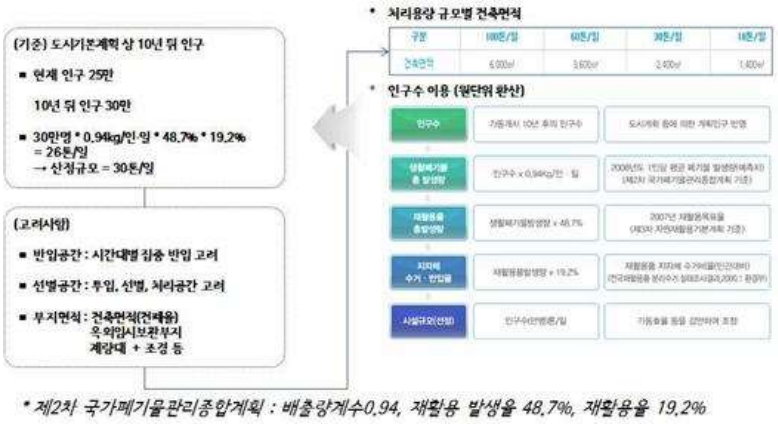


[그림 2.15] 도시계획단계의 의사결정 플로우차트

6) 자원순환시설의 시설계획단계

가) 시설계획단계

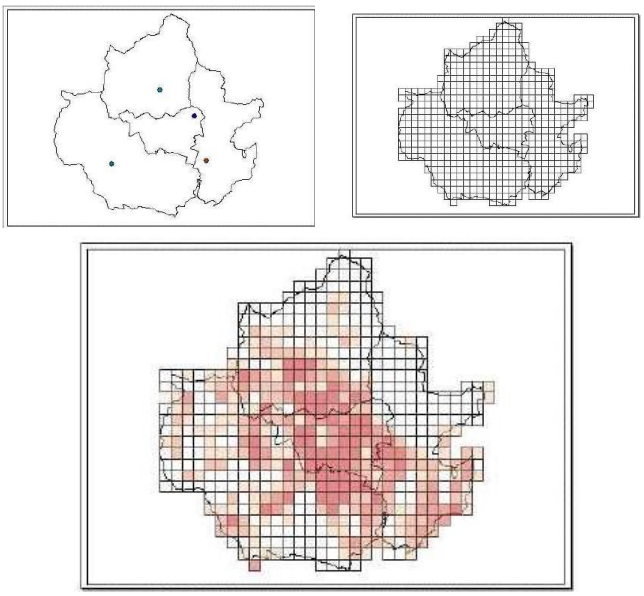
시설규모 결정은 당해 도시특성을 종합적으로 고려하여 처리계획량을 공간 할당하는 방식과 연동하여 계획함. 예를 들어 폐기물 발생지역이 분산되어 있어 다수의 소규모 시설 필요한 경우 시설별 처리계획량을 이에 맞게 배분한 후 각 시설의 규모와 부지면적을 산정하는 방식으로 추진하도록 한다. 시설의 처리방식은 공간 할당된 각 위치별 시설규모가 결정되면 해당 입지의 특성에 적합한 방식으로 결정하도록 한다. 시설의 입지결정은 현행법상의 시설 입지에 필요한 필수조건과 권장기준 및 각 지자체의 설치계획과 일반적인 폐기물처리시설의 입지모형에서 주로 고려하는 변수 등을 종합적으로 고려하여 결정하도록 한다. 시설의 운영은 각 시설의 규모, 입지, 처리방식 등을 종합적으로 고려하여 상황에 적합하도록 진행하도록 한다.



[그림 2.16] 시설계획단계의 의사결정 플로우차트

나) 공간할당 모형

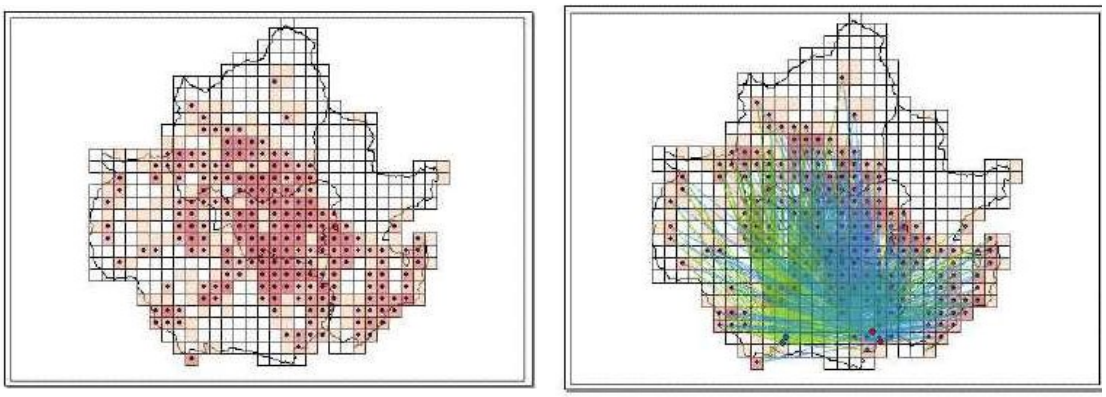
공간할당 모형은, [그림 2.17]과 같이 대상지역에 500x500 그리드 생성하여 공간을 분배한다. 분배한 각 셀마다 공간 속성데이터를 인구밀집으로 인한 폐기물 배출 집중 지역으로 입력하여 대상지역의 폐기물 발생량을 배분해준다.



[그림 2.17] 공간할당 모형 생성 과정 수원시 예시

다) 운송모델

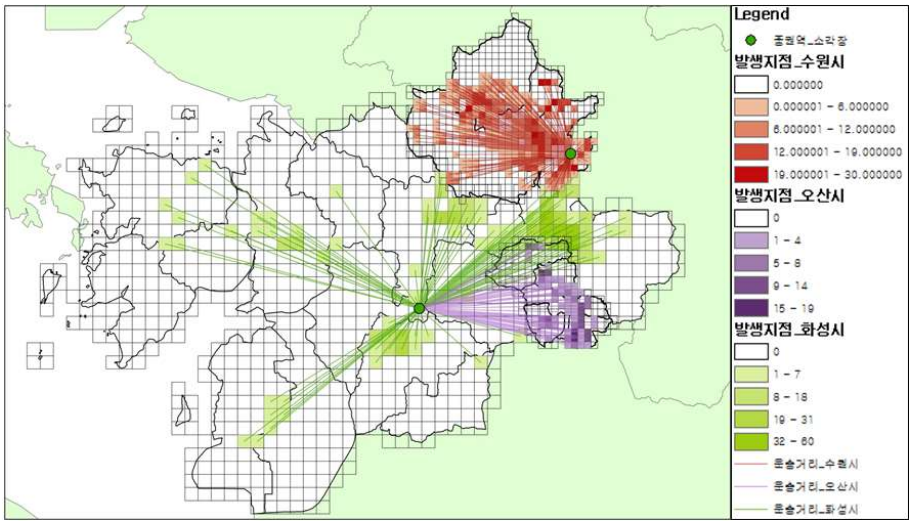
운송모델 과정은, [그림 2.18]과 같이 배분한 각 셀마다 공간적으로 배분된 셀을 포인트로 변환 후 발생지점으로 설정, 그 지점을 기준으로 처리시설까지의 OD분석을 실시한다. OD분석을 실시하면 최단거리가 도출되는데 도출된 최단거리를 운송모델 탄소 발생량 및 비용 추정식으로 탄소 발생량과 비용이 가장 적게 나타나는 지역에 폐기물 처리시설을 입지시킨다. 현재 CURE 시스템에는 직선거리 및 보정계수 결합형 운송거리 산정 모델과 실제경로탐색 기반 운송거리 산정 모델이 모두 구축되어 있어서 이용자가 선택적으로 평가할 수 있다.



[그림 2.18] 운송모델 과정 수원시 예시

(7) 자원순환시설 최적화 처리권역 설정

도시의 규모에 따라 자원순환 최적화를 위해 폐기물처리권역을 광역적으로 설정한다. 폐기물처리의 광역권화에 대비하여 기존의 도시규모, 단지규모 평가외에 광역권 규모의 평가가 가능하게 하기 위하여 일단 수원, 화성, 오산을 포함하는 광역권 평가를 추가하였다. [그림 2.19]와 같이 인접되어 있는 기초 지자체들은'폐기물최적화 처리권역'인 중권역으로 설정하여 자원순화시설을 중심으로 중권역에 단위에서 발생된 폐기물을 처리한다. 중권역에 구성되어있는 각 지차제들은 각각의 도시 규모에 맞게 폐기물발생량을 예측하고, 예측된 폐기물 발생량은 공간할당 모형과 운송모델을 통해 이산화탄소 발생량과 비용이 가장 합리적인 지역에 처리시설을 입지시킨다.



[그림 2.19] 중권역(수원-화성-오산) 생활폐기물 처리현황

7) 자원순환시설별 가이드라인(소각시설 예시)

가) 소각시설

(1) 가이드라인의 개요

가이드라인의 목적은 사업시행주체가 폐기물관리법 등에 의하여 생활폐기물 소각시설의 설치 및 운영을 하는데 선택 가능한 도움을 주기 위하여 작성되었다. 목적을 달성하기 위해 시설의 규모 및 입지 결정, 시설의 세부 유형, 운영 효율의 제고방안 등 필요한 제도적, 기술적 내용을 기존의 법규와 관련 가이드라인을 종합적으로 취합하여 제공하였다.

(2) 폐기물처리시설 설치계획의 공통필요사항

폐기물처리시설 설치계획에는 폐기물의 발생량 및 장래의 발생 예상량, 폐기물의 처리 현황 및 처리계획, 폐기물처리시설별 설치계획이 포함되어야 하며 처리 후에 발생하는 폐기물의 처리계획이 필요하다. 폐기물처리시설별 설치계획 및 처리계획은 다음

과 같은 사항을 고려하여 계획되도록 한다.

(가) 시설의 설치계획은 지역의 특성, 폐기물의 발생특성을 고려하여 충분한 사전조사와 그 지역의 관련계획을 바탕으로 과다한 용량이 설치되지 않도록 한다.
(나) 유휴시설이 발생하지 않도록 소요시설부지는 장기목표를 대비하여 확보 후 단계별로 설치할 것을 권장한다.
(다) 수집 및 운반계획, 중간처리시설 설치계획, 최종처리시설 설치계획 등과 상호 유기적으로 연계될 수 있도록 처리시설의 설치계획을 수립하여야 한다.

(3) 소각시설 설치 절차 및 관련 규정

(가) 폐기물처리시설 설치계획의 공통필요사항

폐기물처리시설은 폐기물처리시설설치촉진및주변지역지원등에관한법률 또는 폐기물관리법 등 관련법규에서 정하는 절차에 따라 추진된다. 폐기물처리시설 설치 추진 체계는 일반적으로 다음과 같다. 이는 추진절차상의 여건에 따라 변경될 수 있다.

1단계 : 폐기물처리기본계획 및 설치계획수립
(폐기물관리법 제9조, 폐촉법 제11조의 3)
2단계 : 입지선정계획수립 및 입지선정위원회 구성
3단계 : 시설설치 기본계획 및 입지타당성 조사
4단계 : 주민, 인접지자체와 협의, 환경성조사
5단계 : 입지선정 및 입지결정고시
6단계 : 국고지원신청
7단계 : 설계 및 설계심의
8단계 : 폐기물처리시설설치계획 및 설치 승인
(폐기물관리법 및 폐촉법)
9단계 : 공사발주 및 시공, 관리
10단계 : 시설검사 및 사용개시신고

(나) 폐기물처리시설 기본계획 수립 시 유의사항

시·도지사는 환경부장관이 정하는 지침에 따라 10년마다 폐기물처리에 관한 기본계획에 관한 기본계획을 세워 환경부장관의 승인을 받아야 하며, 승인사항을 변경하려 할 때에도 같다. 이 경우 환경부장관은 기본계획을 승인하거나 변경승인하려면 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다(폐기물관리법 제 9 조). 시장·군수·구청장은 10년마다 관할구역의 폐기물처리에 관한 기본계획을 세워 시도지사에게 제출하여야 한다(폐기물관리법 제 9 조).

폐기물처리시설은 수집·운반, 중간처리, 최종처리에 걸친 폐기물 처리과정에 있어서 가장 복잡하고 고도의 기술을 필요하므로, 막대한 건설비 및 유지비를 필요로 하여 지자체에서 가장 큰 투자사업이 되고 있다. 따라서 중간처리·자원화기술 선택에 있어서 해당 지자체의 규모, 자연 및 사회조건, 재정사정, 인적자원 등을 충분히 고려하면서 다음 표에 나타내는 각 기술에 대해서 충분히 조사·평가하여 기술을 결정할 것을 권장한다.

(다) 폐기물처리시설 설치계획 수립 시 유의사항

폐촉법 제11조의 3 제2항 및 동법 시행령 제12조 제1항의 규정에 의하여 자치단체장 등이 1시간 2톤 규모 이상의 폐기물 소각시설에 대하여 설치계획 승인을 받고자 하는 경우 신청서에 포함될 주요내용은 다음과 같다. 자세한 가이드라인은 환경부에서 2012년 10월에 작성한 소각시설 설치 운영 지침 해설서를 참고한다.

- 시설의 종류 및 규모, 시설의 위치 및 부지의 면적, 시설의 설치기관, 시설의 설치기간, 폐기물처리를 대상으로 하는 지역에 관한 사항이 포함된 폐기물처리시설의 개요
- 처리 후에 발생되는 폐기물의 처리계획
- 광역폐기물처리시설의 설치, 운영에 소요되는 비용에 관한 협약
- 주변지역의 토지이용계획
- 사업비의 조달계획
- 당해지역의 토지, 건물 또는 권리 등의 매수, 보상 및 주민이주대책에 관한 사항
- 폐기물처리시설의 사후관리계획
- 환경부장관이 고시하는 사항을 포함한 시설설치의 환경성조사서
- 입지선정에 관한 인접 지방자치단체와의 협의결과
- 입지선정에 관한 중앙환경분쟁 조정위원회의 조정결과

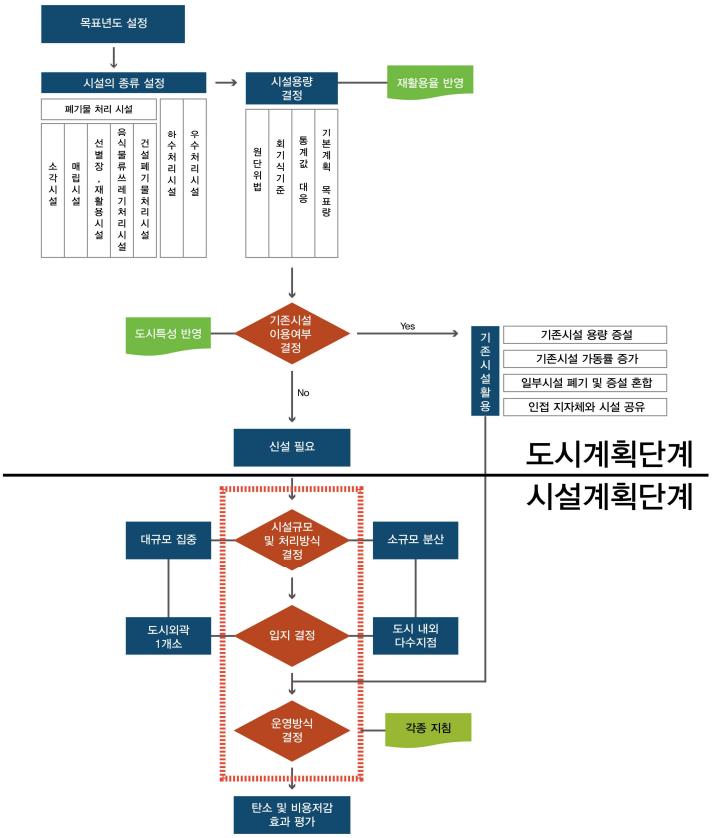
(라) 소각시설 관련 규정

소각시설과 관련된 주요한 규정 및 지침을 시설 설치 및 운영 단계별로 정리하면 다음과 같다. 자세한 사항은 각 규정 및 지침을 참고한다.

시설규모결정 : 폐기물관리법 제 29조,
생활폐기물소각시설 설치. 운영 지침, 2012, 환경부
입지용량결정 : 폐촉법 제 4조
소각처리 : 생활폐기물소각시설 설치. 운영 지침, 2012, 환경부
시설운영 : 폐기물관리법 제 30조, 제 31조
생활폐기물소각시설 설치. 운영 지침, 2012, 환경부
공통사항 : 폐기물관리법 제 36조, 제 37조
대기환경보전법 제 23조, 제 30조, 제 31조
폐기물처리시설설치 승인신고업무처리지침

(4) 소각시설 설치 가이드라인 플로우차트

소각시설의 가이드라인은 [그림 2.20]과 같이 도시계획단계 및 시설계획단계로 구성되며 도시계획단계에서는 소각 발생량의 추정 및 도시차원의 의사결정이 이루어지며, 시설계획단계에서는 소각시설의 규모, 처리방식, 입지, 운영에 관한 결정이 이루어진다.



[그림 2.20] 자원순환시설 가이드라인 플로우차트

(5) 소각발생량 추정 및 도시차원의 의사결정

(가) 폐기물 소각 계획처리량 추정

폐기물 처리계획량은 계획목표년도에 있어서 처리시설의 규모를 결정하는데 필요한 인자이다. 이는 처리구역 내의 생활폐기물의 현재 발생량과 인구증가, 도시지표 변화 등에 따른 장래발생량 예측을 통하여 1일 또는 연간발생량을 산정한다.

폐기물 발생량 추정법은 인구 원단위법, 생활 폐기물 발생량 회귀식, 통계값 1:1 대응 추정법, 도시기본계획 목표량 사용이 있다. 이 네 가지 추정법 중 하나 혹은 2개 이상의 가중평균 값을 기준으로 폐기물 계획처리량을 산정할 수 있다.

폐기물 소각 계획처리량을 추정할 시 소각 예상 발생량을 직접 추정하는 것이 아닌 전체 폐기물 예상 발생량을 추정한 후 각 도시의 폐기물 처리방법 중 소각처리 비율을 곱하여 구한다. 이는 각 도시의 폐기물 처리방법의 비율 편차가 커 각각의 처리방법의 추정식을 산정할 때 오차가 커지는 것을 피하기 위함이다.

(예시 : 00시의 생활폐기물 발생 처리계획량이 100이고 그 도시의 매립:소각:재활용 비율이 5:3:2 이면 생활폐기물 소각 처리계획량은 100X0.3= 30)

- 인구 원단위 추정법

인구 원단위 추정법에 의한 소각시설 처리계획량은 계획목표연도(시설설치에 따른 가동 지표년도와 중.장기 목표년도로 구분)에 있어서 계획처리 구역 내의 계획 1인 1일 평균배출량(발생원단위)에 대상인구수를 곱하여 산정한다.

베드타운화 되는 지역이나 상공업의 유치계획 등에 의해 급속히 대도시와 같은 배출

량으로 되는 경우도 고려하여야 한다. 계획처리구역이 클 때에는 거주형태, 활동형태에 따라서 평균배출량에 불균형이 생길 수 있으므로 각각의 유사한 형태의 구역을 블록화 하는 것이 배출량을 정확하게 파악할 수 있다.

각 지역별 폐기물 발생량 및 발생 원단위와 인구 원단위 추정법에 대한 자세한 소개는 환경부에서 정기적으로 발간하는 전국 폐기물 발생 및 처리현황에서 열람할 수 있다.

- 생활폐기물 발생량 추정 회귀식

예측된 도시지표를 처리계획 구역의 아래 제시된 추정 회귀식 중 도시 분류에 맞는 생활폐기물 발생량 회귀식에 대입하여 그 구역의 생활폐기물 발생 처리계획량을 산정한다. 산정된 생활폐기물 발생 처리계획량에 그 구역의 현재 생활폐기물 소각 비율을 곱하여 생활폐기물 소각 처리계획량을 최종 산정한다.

(예시 : OO시의 생활폐기물 발생 처리계획량이 100이고 그 도시의 매립:소각:재활용 비율이 5:3:2 이면 생활폐기물 소각 처리계획량은 100X0.3= 30)

〈표 2.36〉 회귀식에 사용된 도시지표 단위

구분	변수명		단위	자료출처
독립 변수	인구특성	총인구수	천명	지자체별 통계연보
		세대수	천호	
	토지이용 특성	행정구역면적	㎢	
		시가화면적		
		주거지면적		
		상업•업무지면적		
		공업지면적		
	주택건설 특성	단독호수	천호	
		아파트호수		
		연립주택호수		
		다세대주택호수		
	도로교통 특성	도로길이	km	
		자동차등록대수	천대	
	산업경제 특성	제조업 산업체수	개	
		도매 및 소매업 산업체수		
		숙박 및 음식업 산업체수		
		세입	백만원	
		재산세 (재산세 포함 회귀식에만 적용)		
종속 변수	자치구별 폐기물 발생량		톤/일 ㎥/일	환경부, 전국 폐기물 발생현황

〈표 2.37〉 도시 규모별 생활폐기물 발생 처리계획량 추정 회귀식

도시 분류	회귀식	회귀분석 결과									비고
		a_1	a_2	a_3	a_4	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
7대 도시 (구 단위)	$y=\begin{bmatrix}a_1(x_1)^{n_1}+a_2(x_2)^{n_2}\\+a_3(x_3)^{n_3}+a_4(x_4)^{n_4}\end{bmatrix}(x_5)^{n_5}$ x_1:세대수(천호), x_2:상업업체수(개), x_3:공업업체수(개), x_4:세입(백만원), x_5:인구(천명)	0.159	7.22E-05	3.87E-07	0	0.077	1.08	1.28	0.692	0.821	R^2=0.63
일반도시 (인구 30만 이상)		7.21	0	2.03E-08	9.01E-08	0.144	1.09	1.42	1	0.499	R^2=0.71
중소도시 (인구 5만~30만의 시)		2.63	0.001	1.18E-05	2.88E-07	-0.034	1.02	1.12	0.963	0.735	R^2=0.69
농어촌 (인구 5만~30만의 군)		1.03	0.002	2.31E-05	4.99E-08	0.293	0.414	1.44	0.861	0.722	R^2=0.63

- 산업단지 조성 때 통계값 대응 산정

새로운 산업단지 조성 때 위 방법으로 처리계획량 산정이 힘들 경우에는, 환경부에서 매년 출간하는 『전국 폐기물 발생 및 처리현황의 산업단지별 통계값을 참고하여 처리계획량을 산정할 수 있다. 같은 유형의 산업단지 중 산업단지 계획규모 및 도시지표와 유사한 특성을 보이는 산업단지의 통계값을 이용하여 폐기물 처리계획량 산정한다. 자세한 사업장배출시설폐기물 데이터는 환경부에서 작성한 '전국 폐기물 발생 및 처리현황 내 부록1:산업단지별 사업장배출시설계폐기물 발생 및 처리현황'을 참조한다.

- 도시기본계획 폐기물 목표량 사용

위의 세 방법을 이용하기 위한 도시지표를 구하기 어려운 지역에는 해당 도시의 도시기본계획에서 추정한 폐기물 목표량을 처리계획량으로 그대로 사용한다.

(나) 도시 차원의 시설 설치 의사결정

시설의 설치 이전에 추정한 소각 처리계획량을 목표연도의 예상 소각시설 용량과 비교하여 소각시설의 추가 유무에 관한 도시차원의 의사결정이 이루어 질 필요가 있다. 의사결정은 다음과 같은 단계를 고려하여 결정할 것을 권장한다.

1단계. 기존 시설의 활용 가능 여부 진단
1-1 기존 시설 활용 여부 진단
1-2 기존 시설의 활용 방안 (신축 혹은 가동률 증가)
2단계. 폐기물처리시설 신설 시
2-1 신규시설의 종류 선택, 시설의 복합화 여부 진단
2-2 시설의 규모, 처리용량 산정
2-3 입지 및 배후도시와의 통합운영방안 등 구체화
3단계. 폐기물 상관 도시지표 감량

3-1 폐자원과 도시특성의 상관관계 회귀식 이용 (폐기물 발생량 회귀식의 독립변수를 도시정책을 통해 조절함으로써 폐기물 발생량 감축 가능)

(다) 도시 차원의 신설 소각시설 입지 및 규모 결정

소각시설 신설 시 계획처리량의 배분은 도시 형태 및 도심 구조에 따라 폐기물을 가장 효율적으로 처리할 수 있는 형태로 배분하도록 한다. 소각시설의 입지 결정의 예를 들면 서울은 1개의 도심과 3개의 부도심이 있는 다핵 구조로, 이 경우 전체 계획처리량을 1개소에서 처리하면 폐기물 총 운송 거리가 늘어남에 따라 폐기물 처리 비용이 늘어난다. 따라서 주요 폐기물 발생지역에 중·소규모 소각시설의 적절한 배분이 필요하다.

(6) 소각처리량 추정 및 도시차원의 의사결정

(가) 소각시설 규모 결정

소각시설의 시설규모 결정은 계획 처리량, 계획 월 변동계수, 소각시설의 처리방식(연속식, 준연속식, 회분식 등), 연간가동일 수, 기존시설의 능력 등을 감안하여 가능한 한 기본계획착수 후 6개월 이내에 결정하는 것이 바람직하다.

소각시설의 시설규모를 결정하기 전에 각 지역별 폐기물 처리의 지역특성을 고려하고 지역 간 합의에 따라 소각시설, 재활용시설 등을 지역별로 수용하여 상호 유기적이며 종합적인 운영방안을 검토하여 계획을 수립, 시행하여야 한다.

소각시설규모 산정, 연간 가동일 수 산정, 계획 월 최대 변동계수 산정, 소각로 계열수 산정 등 소각시설 설치에 대한 자세한 가이드라인은 환경부에서 2012년 10월에 작성한 소각시설 설치 운영 지침 해설서를 참고한다.

(나) 소각시설 부지 면적 결정

부지의 면적은 소각시설의 규모에 따라 필요한 소각시설 및 부대시설의 면적을 포함한 부지의 면적을 ㎡로 표시하고, 시설별 건설에 필요한 부지산정은 다음 예시를 참조하여 산정하도록 한다.

- 소각시설

반입공급설비, 소각로, 연소가스 냉각설비, 배출가스 처리설비, 증기 발전설비, 통풍설비, 급배수설비, 재배출설비, 오폐수처리시설, 중앙제어실, 전기계장 설비, 건축기계설비 및 기타 지원설비 등

※ 경우에 따라 폐기물 파쇄설비, 분리 선별설비, 재처리(용융 및 고형화 등)설비, 지역 열난방설비, 보조연료용 가스감압설비 등이 추가될 수도 있음.

- 관리동

사무실, 홍보실, 구내식당, 자료실, 회의실, 실험실, 전기실, 창고, 주민협의체 사무실 등

- 세차동, 계량동, 정비동 및 굴뚝 등
- 주차장, 녹지공간, 휴게공간 등 여유공간
- 종합청소시설(재활용시설, 음식물류폐기물, 청소차고 등)

- 주민편익시설(필요에 따라 건설)

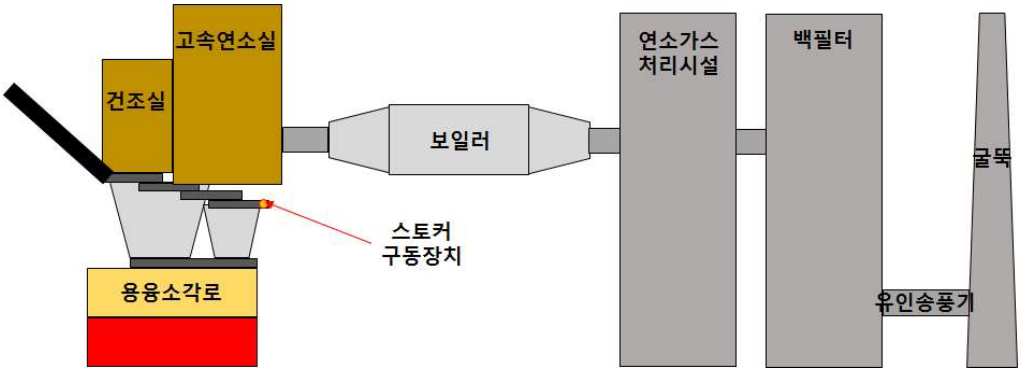
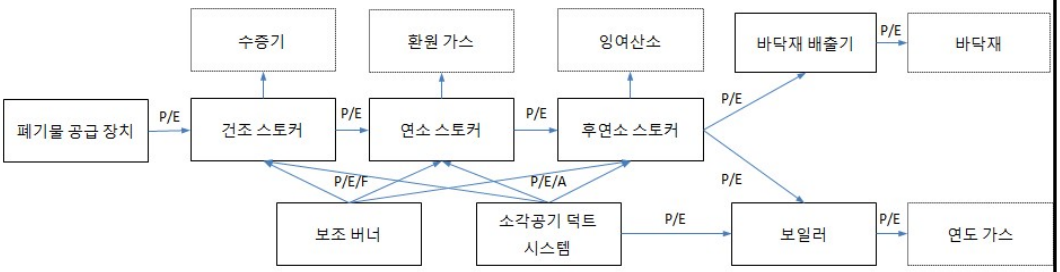
〈표 2.38〉 시설별 부지소요 면적

구분		소요면적	비고
소각시설	100 톤/일 이하	40 ㎡(12평)/톤	1기 기준 4,000 ㎡(1,200평) 이하
	40 ㎡/톤 × 100톤/일 + 330 ㎡ + 330 ㎡) × 100/40 = 11,650 ㎡ (3,524평)		
	100~300 톤/일	30 ㎡(9평)/톤	2기 기준 3,000~9,000 ㎡(900~2,700평) 이하
	(30 ㎡/톤 × 300톤/일 + 330 ㎡ + 330 ㎡) × 100/40 = 24,150 ㎡ (7,305평)		
	300~500 톤/일	20 ㎡(6평)/톤	2기 기준 6,000~10,000 ㎡(1,800~3,000평)이하
	(20 ㎡/톤 × 500톤/일 + 330 ㎡ + 330 ㎡) × 100/40 = 26,650 ㎡ (8,062평)		
	500 톤/일 초과	10~15 ㎡/톤(3~4.5평)	2~4기 기준 7,500~15,000 ㎡(2,250~4,500평) 이하
	(13 ㎡/톤 × 800톤/일 + 500 ㎡ + 500 ㎡) × 100/40 = 28,500 ㎡ (8,621평)		
관리동	500 톤/일 이하	330㎡(100평)	작업인원 35~50명 기준
	500 톤/일 초과	500㎡(150평)	작업인원 50~70명 기준
기타시설	500 톤/일 이하	330㎡(100평)	
	500 톤/일 초과	500㎡(150평)	
부지소요면적(㎡) = {소각시설의 톤당 필요바닥면적(㎡/톤) × 톤수(톤/일) + 관리동 바닥면적(㎡) + 세차장등 기타시설의 바닥면적(㎡)} × 100 ÷ 건폐율(%) ② 건폐율 : 처리시설의 쾌적한 환경을 위하여 녹지, 조경시설, 운동시설 등을 확보할 수 있도록 계획관리지역 기준인 40% 기준 적용			
건폐율		40% 이하	계획관리지역 기준
		20% 이하	자연녹지지역 기준

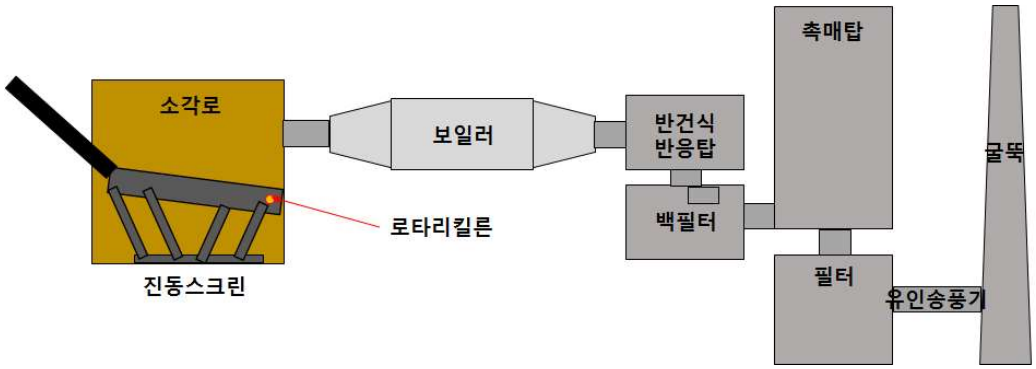
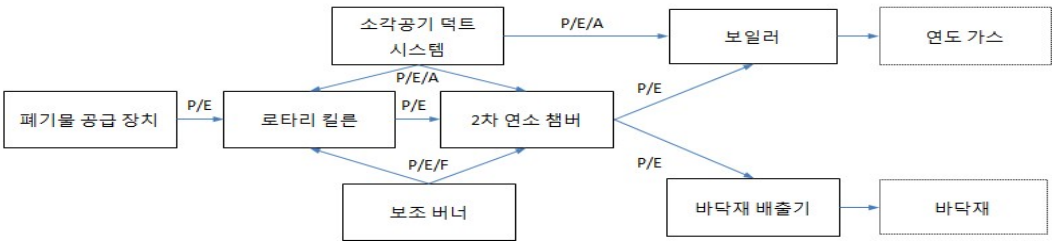
(다) 소각시설 처리방식 결정

소각시설의 세부유형은 크게 스토커/화격자 유형, 로타리 킬른 유형, 유동층 유형, 열분해 유형이 있다. 각 시설에 대해 처리방식 및 특성, 설치 및 운영조건, 에너지 및 물질 회수 특성, CO_2 배출특성, 처리효율, 처리비용, 선택 시 특장점, 선택 시 단점 등의 기준으로 정리하면 아래와 같다. 시설의 장단점을 도시의 특성 및 시설의 용도에 맞추어 소각시설 처리방식을 결정하여야 한다.

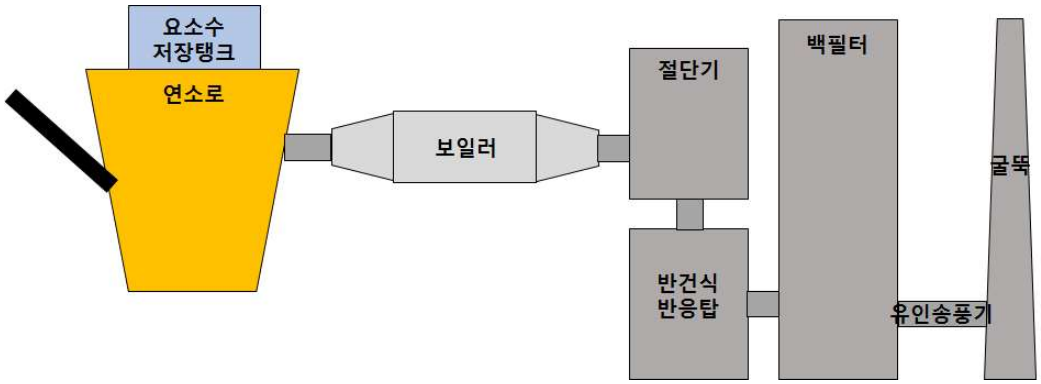
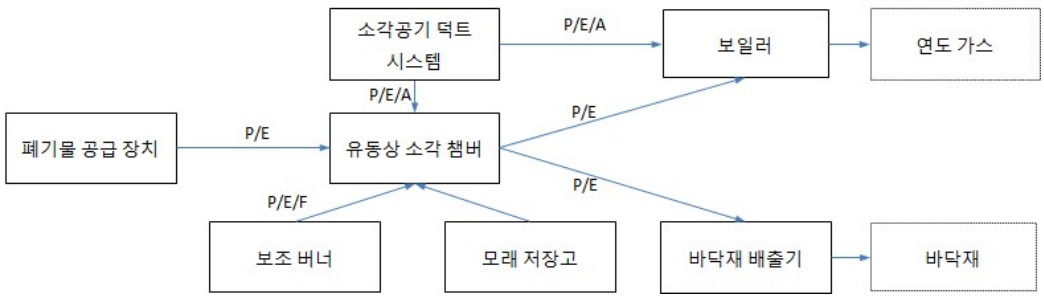
〈표 2.39〉 스토커/화격자 유형 정리표

<table>
<tr><th>세부
유형</th><th colspan="2">처리방식
및 특성</th><th>설치 및
운영 조건</th><th>에너지 및
물질 회수 특성</th><th>CO_2
배출 특성</th></tr>
<tr><td rowspan="3">스토커/
화격자</td><td colspan="2">대표적인 형식으로 고형물의 수분증발 → 휘발분 착화에 의한 연소등의 방법으로 처리함</td><td>스토커의 구획별 제어가 필요하며 소각로의 경사도와 처리시간을 맞춰야함</td><td>완벽한 소각처리로 폐기물을 분해하며 폐열을 이용하여 난방 및 발전 설비로 활용</td><td>건식 및 습식 집진장치를 설치함으로써 발생량 적음</td></tr>
<tr><td>처리
효율</td><td>처리비용</td><td>선택 때 장점</td><td>선택 때 단점</td><td>기타
특이사항</td></tr>
<tr><td>높음</td><td>처리량에 의존</td><td>연속적 소각 및 배출이 가능하며 대량 소각이 가능하다. 수분이 많거나 발열량이 낮은 쓰레기도 소각 가능하다.</td><td>소각로 내 온도가 높을 경우 그을음이 발생하며 수분이 많으면 흘러내림. 플라스틱류 등은 손상 및 고장의 원인이 되기도함</td><td></td></tr>
<tr><td>시설구성도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>처리과정도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
</table>

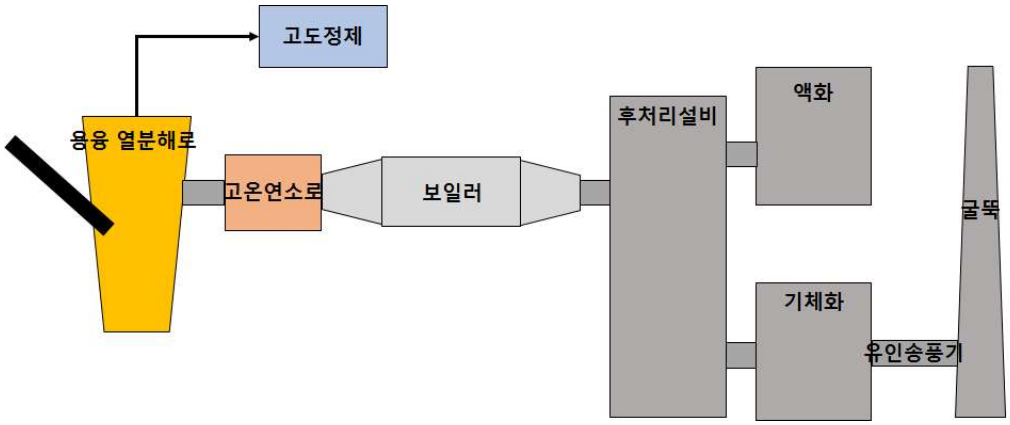
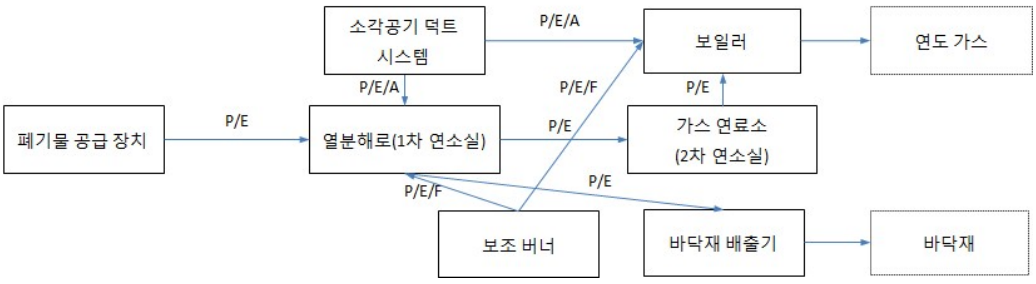
〈표 2.40〉 로터리 킬른 유형 정리표

<table>
<tr><th>세부
유형</th><th colspan="2">처리방식
및 특성</th><th>설치 및
운영 조건</th><th>에너지 및
물질 회수 특성</th><th>CO_2
배출
특성</th></tr>
<tr><td rowspan="3">로타리 킬른</td><td colspan="2">쓰레기를 적당한 크기로 파쇄한 후 드럼이라고 불리는 횡방향 원통형의 길른의 배부로 공급하고 드럼 내에 설치된 전열관을 끼워 간접 가열하는 것에 의해 열분해 처리됨</td><td>저온에서의 열분해이기 때문에 비산이나 용융하지 않아도 되며 드럼을 소형화하기 위해 건조기를 설치하고 쓰레기를 미리 건조시키는 운영을 하기도 함</td><td>고온연소 로에서 발생한 연소배기가스는 후단에 설치된 보일러에서 회수된 후 배기가스 처리설비로 정화시켜 굴뚝으로 배출된다. 열회수에 의해 발생한 증기를 통해 발전.</td><td>발생하지 않음</td></tr>
<tr><td>처리
효율</td><td>처리비용</td><td>선택 때 장점</td><td>선택 때 단점</td><td>기타
특이
사항</td></tr>
<tr><td>높음</td><td>처리량에 의존</td><td>안정된 운전이 가능하며 폭넓은 쓰레기질에 대응이 가능함. 배기가스량이 적고 발전 효율이 높음</td><td>넓은 부지면적을 요함.</td><td>-</td></tr>
<tr><td>시설구성도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>처리과정도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
</table>

〈표 2.41〉 유동층 유형 정리표

<table>
<tr><th>세부
유형</th><th colspan="2">처리방식
및 특성</th><th>설치 및
운영 조건</th><th>에너지 및
물질 회수 특성</th><th>CO_2
배출특성</th></tr>
<tr><td rowspan="3">유동층</td><td colspan="2">스토커 연소와 석탄 연소의 미분탄연소와의 중간적인 연소형태. 나무폐기물 등의 경질의 특수 연료에 이용되었지만 현재는 도시 폐기물에 대해서도 이용됨.</td><td>로 내 온도를 500~600도로 하여 쓰레기를 열분해하며 발생한 열분해가스는 고온 용융로에 유도되어 1300~1400도 정도의 고온에서 회분을 용융.</td><td>유동 모래와 철, 알류미늄, 기와와 자갈 등의 불연소물을 빼내 분리된 후 모래는 다시 로로 보내고 철, 알류미늄등은 반출시켜 리사이클.</td><td>연소 속도가 빨라 CO_2의 발생이 높음</td></tr>
<tr><td>처리
효율</td><td>처리비용</td><td>선택 때 장점</td><td>선택 때 단점</td><td>기타
특이사항</td></tr>
<tr><td>매우 좋음</td><td>처리량에 의존</td><td>연소시간이 짧고 미연분이 적어 연소효율이 좋으며 보조연료 사용량과 배출 가스량이 적음. 또한 고장이 적으며 수분이 있는 슬러지류 소각이 가능</td><td>분진 발생률이 높고 높은 운전기술이 요구되며 정비 때 냉각시간을 필요로 함.</td><td></td></tr>
<tr><td>시설구성도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>처리과정도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
</table>

<표 2.42> 열분해 유형 정리표

<table>
<tr><th>세부
유형</th><th colspan="2">처리방식
및 특성</th><th>설치 및
운영 조건</th><th>에너지 및
물질 회수 특성</th><th>CO_2
배출
특성</th></tr>
<tr><td rowspan="3">열분해</td><td colspan="2">쓰레기를 열분해한 후 발생한 가열성 가스를 연소시켜 그 연소에너지로 쓰레기 중의 회분을 용융하는 방식으로 처리함.</td><td>고온의 소각온도와 폐기물을 압축하여 투입함에 따라 열응력과 기계적 손상, 마모를 대비한 우수한 재질 선택이 필요함에 따라 건설비가 상대적으로 비쌈.</td><td>열분해가스를 연소시키지 않고 개질, 정제하여 깨끗한 연료나 화학제품의 원료로 사용하는 방법도 고려되고 있음.</td><td>적음</td></tr>
<tr><td>처리
효율</td><td>처리비용</td><td>선택 때 장점</td><td>선택 때 단점</td><td>기타
특이
사항</td></tr>
<tr><td>높음</td><td>처리량에 의존</td><td>소각 폐기물의 범위가 광범위하며 대형 폐기물을 제외하고는 전처리 설비가 불필요. 또한 다이옥신과 같은 대기오염물질 배출량이 극히 적음. 소각 잔재물의 감용화율이 매우 우수함.</td><td>재질 선택에 따라 건설비 과다 발생</td><td></td></tr>
<tr><td>시설구성도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>처리과정도</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
</table>

(7) 소각시설의 입지 결정

(가) 입지 결정 기본 고려사항

입지의 결정은 신설되는 소각시설의 특징을 고려하여야 하며, 입지 필수 조건을 만족시키는 부지 안에서 입지 권장 조건을 제일 많이 충족시키는 부지를 우선적으로 고려한다. 이 후, 민원 발생 등의 사회적 조건까지 포함하여 종합적으로 결정한다.

폐기물처리시설은 국토의 이용 및 계획에 관한 법률 상 환경기초시설에 해당하고 환경기초시설은 도시계획시설로서 도시의 기반시설에 해당하며 도시의 기반시설이 제공하는 공공서비스는 시설의 특성 및 유형에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 공공서비스에 해당하는 소각시설은 비배제성, 비경합성을 바탕으로 시설공급의 형평성과 효율성이 고려되어야 한다.

(나) 시설의 입지 모형

소각시설을 포함한 자원순환시설의 다양한 폐기물을 효과적으로 처리하기 위해 적용 가능한 입지모형으로는 쿠프만과 베크만형 입지배분모형이 있다.

(다) 소각시설 입지 결정의 주요 변수

소각시설을 포함한 자원순환시설 입지결정 시 다음과 같은 주요 변수를 고려하여야 한다. 자세한 가이드라인은 환경부에서 2012년 10월에 작성한 소각시설 설치 운영 지침 해설서를 참고한다.

- 수집 및 운반 : 수집 작업의 형태, 수집구역의 넓이, 처리시설의 위치 및 교통 사정, 수집운반용 자동차의 종류, 수송 간 에너지 사용량
- 주변조건 : 도시계획에 관련한 제반법규, 공시지가 및 임대료, 배출가스의 확산, 배출수의 방류선, 반입반출로 및 부속도로의 경로, 주거밀집지역과의 거리 및 주변지역에 대한 일조권 침해 및 전파장애 문제
- 지형 및 지질 : 지형의 경사, 굴뚝의 높이, 건물의 배치, 지반의 상태, 지하수의 흐름, 지하수의 수위 및 이용현황
- 장래계획 : 장래 도시계획과의 관계, 쓰레기양의 변화와 증가에 대한 대책, 환경오염방지시설의 증설, 예측 곤란한 사항에 대한 대비를 위한 증설, 보완 및 개축
- 토지이용계획 : 도시발전에 의한 주변상황의 변화, 용도지역, 지구, 구역 및 지구단위계획구역 등 토지이용이 제한
- 관련시설과의 관계 : 사무실, 주차장 및 세차장, 오수처리시설, 환경오염방지시설, 여열이용시설, 주민편익시설, 기타관련시설
- 재해에 대한 안전성 : 지진, 태풍, 산사태, 대홍수와 같은 천재지변에 대한 안전성

(라) 입지 결정의 필수조건

입지 결정 시 국토법 등 많은 규정에서 정해진 소각시설 배제지역은 아래 표와 같으며, 이와 관련된 규정은 다음과 같다.

- 도시군 계획시설의 결정구조 및 설치기준에 관한 규칙
  (제2절 폐기물처리시설 제 114조, 제 156~158조)
- 국토법
- 환경영향 평가법
- 서울시 도시계획조례 2조 등
- 자연환경 보전법
- 농지법, KLIS-UE101
- 문화재보호법, KLIS-U0301
- 수도법
- 군사기지 및 군사시설 보호법, KLIS-UN501
- 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률
- 산지관리법

〈표 2.43〉 소각시설 입지 배제 기준

항목	배제기준			
	대분류	중분류	소분류	비고
용도지역	도시지역	주거지역	제1종전용주거지역	-
			제2종전용주거지역	-
		상업지역	중심 상업지역	-
			근린 상업지역	-
			유통 상업지역	-
		녹지지역	보전 녹지지역	-
	비도시지역	관리지역	보전관리지역	-
		자연환경보전지역	-	-
환경영향	환경영향평가	환경영향평가 1등급 지역	-	-
		환경영향평가 2등급 지역	-	-
	비오톱	비오톱 평가 1등급 지역	-	-
		비오톱 평가 2등급 지역	-	-
	생태자연도	생태자연도 1등급	-	-
		생태자연도 2등급	-	-
용도구역 · 지구	농업진흥구역	-	-	-
	문화재보호구역	-	-	-
	상수원보호구역	-	-	-
	군사시설보호구역	-	-	-
	학교시설보호지구	-	-	-
	개발제한구역	-	-	-
	재해위험구역	제1종 재해위험구역	-	-
		제2종 재해위험구역	-	-
		제3종 재해위험구역	-	-
	도시자연공원구역	-	-	-
지형지세	지형	경사	-	부지 평균 경사도가 25도보다 큰 지역
		표고	-	부지 평균 고도가 250m 이상인 지역
		기타	-	저지대, 습지, 협곡, 계곡, 공유수면매립예정지역
민원	주거인구 밀집지역			주거시설이 밀집된 지역을 중심으로 처리시설과의 이격거리를 고려 (예 : 주거인구 및 공동 주택 단지 중심에서 반경 800m)
	공동주택 밀집지역			

(마) 입지 결정의 권장조건

입지 결정 시 많은 지침에서 정해진 소각시설 권장기준은 다음과 같은 조건에 의해 구분된다.

- 입지일반조건: 소각용량, 바람에 대한 영향, 열에너지 수요처와의 거리, 진입도로 개설, 폐기물 운반거리
- 사회적조건: 주변주거현황, 토지이용현황, 토지취득용이성, 토지가격, 지장물 현

황, 주변문화재 및 경관, 주민공모여부
- 환경영향조건: 생태계, 대기질, 악취, 하류지역 수자원상황, 소음 및 진동, 지하수 오염 가능성, 경사, 고도
- 조성기술조건: 시공 용이성, 동력공급 용이성, 개략 공사비
- 운영관리: 폐기물처리계획, 운영비, 소각재 처리, 폐기물 성상

자세한 가이드라인은 다음과 같은 지침서에서 확인이 가능하다.

- 입지일반조건, 사회적 조건: 폐기물처리시설설치 업무편람, 환경부
- 환경영향조건: 환경영향평가 평가범위설정 가이드라인(환경부), 폐기물처리시설설치 업무편람(환경부), 공공시설물 입지선정에 있어서 다기준평가기법의 활용에 관한 연구(이희연, 대한지리학회지, 2000)
- 조성기술조건: 생활폐기물 소각시설 설치. 운영지침(환경부)
- 운영관리: 폐기물처리리설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률 시행령, 폐기물처리시설 설치업무편람(환경부)

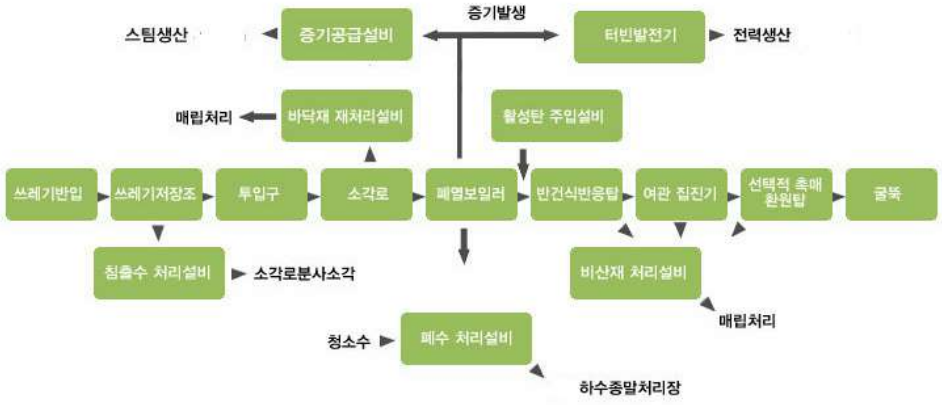
(바) 최적 계획구역 및 최적화 처리
처리계획구역은 계획목표년도의 해당 시.군.구의 관할구역에 있어서, 종합계획을 기초로 하여 개발구역과 처리 관할구역의 변경 유무 등을 계획 중에 감안하여 정할 필요가 있다. 최적화 처리 결정을 할 때 장단점을 검토하고 근접 지자체의 관련 계획과 충분한 조정을 행한 후 구역을 명확하도록 한다.

- 최적화처리의 장점: 시설건설비의 경감, 유지관리비의 경감, 인원확보의 용이, 리안정성 향상 및 처리의 고도화
- 최적화처리의 단점: 수집체제의 불일치, 운반거리의 증가, 해당 지역 민원

시설 건설계획의 수립은 인접 지방자치단체와의 공동계획에 의한 최적화 방안을 수립하는 것을 우선적으로 검토하여야 하나, 광역처리가 불가능할 경우 관할 시.군.구 단독으로 처리구역을 정하여 기본방침을 설정할 수 있다. 최적화 처리방안을 수립할 때 관련 시군구와 협의하여 시설 설치부지, 시설의 유지관리, 수집운반 등을 규정하여야 한다. 자세한 가이드라인은 환경부에서 2012년 10월에 작성한 소각시설 설치 운영지침 해설서를 참고한다.

(8) 운영 및 관리방안

(가) 소각시설 운영 과정
소각열을 회수하는 일반적인 운영 과정은 투입구, 소각로, 폐열보일러, 반건식반응합, 여관 집진기, 굴뚝으로 나눌 수 있으며, 세부 운영 과정를 살펴보면 다음과 같다.



[그림 2.21] 소각 처리 시설 계통도

(나) 소각시설의 운영 및 관리 방안

생활폐기물 소각시설을 운영하는 경우에는 다음의 사항을 고려하여 효율적이고 합리적으로 운영하도록 한다.

1. 소각로에서 생활폐기물의 완전연소를 도모하여 소각대상물질의 분해를 최대화하고 오염물질의 발생을 최소화 하며, 배기가스 처리설비를 효율적으로 운전하여 오염물질의 배출이 최소화되도록 운영 및 관리하도록 한다.
2. 연간 목표가동일수 및 연간 목표소각량의 목표 달성을 위하여 안정적이고 효율적으로 운영하여야 하며, 소각시설 운영비와 정산하여 가동률을 제고하도록 한다.
3. 반입되는 폐기물을 적정하게 관리하고, 소각재, 발생폐수 및 악취물질 등에 대한 합리적인 처리 및 인력관리의 적정화를 통하여 효율적인 시설운영이 되도록 하도록 한다.
4. 생활폐기물 소각시설은 고압보일러, 변전설비 등의 위험설비와 대기오염방지설비 및 폐수처리설비 등의 국민의 안전과 주변 환경에 직결되는 시설물로 책임의식이 있는 운전 및 유지관리를 하도록 한다.
5. 소각시설의 효율적 관리 및 운영을 위해 우수한 전문 인력을 확보하여야 하며, 환경전문 운영기관 등에 위탁 운영하여 운영효율이 제고될 수 있도록 검토하여 추진하도록 한다.
6. 쓰레기반입시설은 차량사고, 쓰레기 저장조 추락 등 소각시설을 운영할 때 안전사고가 발생하지 않도록 운영하도록 한다.
7. 각 소각시설에서는 각 공정별 목표로 하는 운전조건을 달성하여야 하며 이를 확인하기 위하여 감시시스템을 가동하여야 하고 비정상적 운전 시 신속한 점검과 조치가 이루어지도록 한다.

생활폐기물 소각시설의 세부시설별 운영 및 관리방안은 다음과 같다.

1. 생활폐기물반입장
   - ·악취방지: 반입차량의 운행계획 및 상태에 따라 폐기물 투입문 개폐수량을 조절하여 악취의 외부 유출을 막도록 한다.
   - ·인원안전 관리: 폐기물 투입구에는 추락위험 표시판을 설치하여 위험사항을 경고하도록 한다.

·기기관리: 에어커튼 및 탈취설비가 설치되어 있는 경우 그 동작상태 및 성능을 확인하도록 한다.

2. 폐기물 저장조 및 반입설비

·전체 크레인 가동시간 중 1/3은 폐기물 공급, 1/3은 혼합 등 부수작업, 나머지 1/3은 가동을 중지하는 것이 바람직하다. 정기적인 검, 교정으로 측정오차를 보정하도록 한다.

·폐기물을 투입할 때에는 정량적인 제어를 통하여 화격자위에 일정한 폭과 두께로 공급되도록 운전관리 하도록 한다.

·폐기물 크레인은 분진, 부식성 환경 등 운전여건이 열악한 환경 속에서 운전되고, 또한 작동 불능 상태가 되면 소각시설을 운영할 수 없게 되므로 지속적인 관리 및 보수점검을 하도록 한다.

3. 소각로 운전(화격자식연소장치)

·화격자는 투입된 폐기물이 이송되면서 충분히 혼합되어 완전연소가 이루어지도록 로 내의 체류시간, 폐기물 투입량 및 연소속도 제어 등을 하도록 한다.

·투입폐기물이 건조되고 연소하기에 충분한 공기가 화격자를 통하여 공급되어야 하므로 건조, 연소, 후연소 각단에서 적절한 연소가 이루어지도록 연소공기를 배분하여 공급하도록 한다.

4. 열 회수시설 및 열 이용설비

·보일러 드럼의 수위는 정상 수위가 유지되도록 한다.

·수위계는 필요성 및 규정에 따라 시험하도록 한다.

·과열기 출구 증기온도의 변동은 최소로 유지되며 부하변동으로 인한 변동이외의 비정상적인 압력과 온도의 변화가 발생되지 않도록 한다.

·보일러 대류부는 충분히 청결을 유지하도록 한다.

·증기 및 용수의 순도를 정기적으로 분석하여야 하며 순도 제한치가 보일러 해설서에 따라 유지되도록 한다.

·보일러의 여러 안전설비의 인터록은 규정에 따라 검사되도록 한다.

5. 연소배출가스 방지시설

·소각시설의 대기오염물질 배출수준이 연소상태의 불안정 등에 대비하여 배출허용기준을 약 50~60% 수준 이하로 달성할 수 있도록 운전하여야 한다.

·각 단위장치는 운전온도 및 압력, 배출가스 유량, 차압, 소요약품 사용량 등이 설계조건, 또는 최적운전조건에 부합되도록 운전하여야 한다.

·배출가스 이송 덕트는 보온 및 기밀을 유지하여야하고, 팽창 죠인트 및 단위장치별 연결부위는 부식상태 등을 세밀하게 점검하여야 한다.

·주요 예비품(특히 외국산 기자재)은 사전에 충분한 양을 확보해 즉시 보수가 이루어지도록 한다.

6. 폐수처리시설

·원수관리가 우선적으로 잘 되어야 함. 각 공정별 배출수의 적정 설계조건을 숙지하여 적절한 원수관리로 폐수처리설비의 최적 효율을 달성할 수 있도록 한다.

·유기계 폐수의 생물학적 처리과정은 미생물관리가 가장 중요하므로 미생물 성장에 필요한 조건인 유기물/영양소 공급, 적정 온도/pH 유지 및 산소농도를 적절한 범위 내로 관리하여야 한다.

·무기계 폐수의 물리/화학적 처리과정은 응집형성이 가장 중요하므로 응집제/응집보조제의 주입량, pH 조건, 감속기 교반속도를 적절히 하여 응집형성이 잘 되도록 관리한다.

·유기계, 무기계 혼합폐수의 처리과정은 여과장치를 통해 이루어지는데, 여과장치의 주기적인 역세척을 통해 수명을 연장시키며, 적절한 주기마다 여과재를 교체하도록 한다.

·슬러지 처리과정은 유(무)기계 침전조 슬러지를 주기적으로 슬러지 농축조로 이송시키고, 농축된 슬러지는 탈수과정을 거쳐 매립처분 하도록 한다.

·오수분무노즐은 고온의 연소가스에 노출되어 있으므로 냉각용 스팀을 분사하여 오수분무노즐의 고온부식을 예방하여야 하며, 오수분무 압력 및 오수분무 유량이 설계범위 이내로 유지하여야 한다.

7. 소각재 배출시설

·바닥재 배출관리 및 처리

소각로 화격자 하부, 후연소단에서 배출되는 바닥재는 수냉각설비에 의해 냉각시키고 컨베이어로 이송, 재벙커에 저장된 후 재선별과정을 거쳐 고철과 바닥재로 선별된 것을 매립처분하거나, 재활용 처리한다.

·폐열보일러 비산재 배출관리 및 처리

폐열보일러 및 절탄기에서 배출되는 보일러 비산재는 지정폐기물로 규정하고 있으므로 각각 분리 배출하여야 한다. 입경이 커서 마찰에 의한 마모가 크고, 고온의 재에 대한 냉각 대책이 요구됨. 집진기 비산재 처리와 같이 PE백에 담아 지정폐기물로 매립 처리하거나, 고형화설비 등의 별도처리설비로 이송한다.

·반응 흡수탑 비산재 배출관리 및 처리

소석회 슬러리와 반응한 고형물이 반응탑 하부 호퍼로 모아져 집진기 비산재 처리와 같이 PE백에 담아 지정폐기물로 매립 처리하거나, 고형화설비 등의 별도 처리설비로 이송한다.

·집진기 비산재 배출관리 및 처리

집진기에서 발생하는 소석회 슬러리, 활성탄과 반응한 미세먼지를 컨베이어로 이송, PE 백에 담아 지정폐기물로 매립 처리하거나, 고형화설비 등의 별도 처리설비로 이송한다.

(다) 소각시설의 사용연한

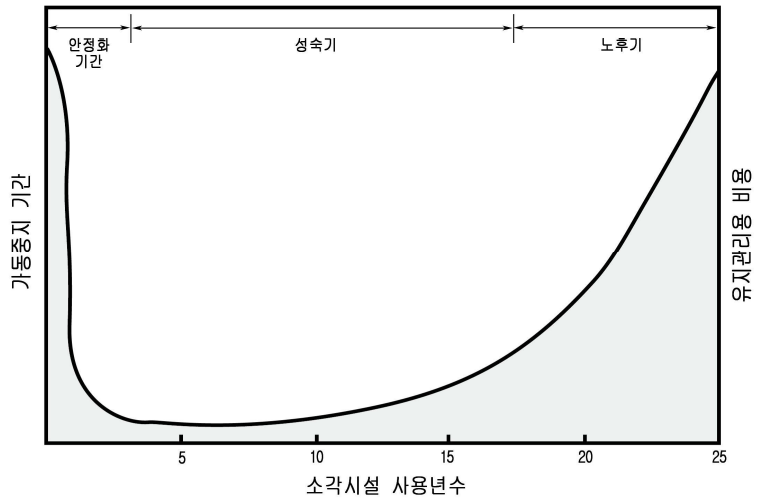
소각시설 주요설비의 일반적인 사용연한은 해설과 같이 다양하나 일반적으로 소각시설 설치 시 경제성분석에 적용하는 전체 시설의 사용연한은 15년을 기준으로 한다.

소각시설의 사용연한은 시설의 특성, 폐기물의 특성에 따라 많은 차이를 보이겠지만 유사한 시설이라 하여도 유지관리를 얼마나 철저히 수행하였는가에 따라 많은 차이가 있을 수 있으며, 국내외 소각시설 중 20~30년 이상 유지되는 시설도 있으므로 일반적으로 사용연한에 지나치게 제한 받지 않도록 한다. 소각시설의 사용연한은 지방자치단체의 폐기물관리정책, 폐쇄 이후 대책 시설의 특성, 투자비, 신규 폐기처리시설 건설기간 동안의 폐기물 처리 방안 등 다각적인 방면에 대한 검토를 통해 결정하여야 하며 필요하다면 전문기관에 잔여 사용연한 예측을 위한 기술진단을 의뢰하도록 한다. 시설이 노후화 되어 설비고장으로 인한 가동정지 기간과 유지관리비용이 증가하면 기존 소

각시설의 잔존가치가 크게 떨어져 기술적·경제적으로 사용연한이 얼마 남지 않았다 판단이 가능하다.

〈표 2.44〉 세부 설비별 사용 연한

설비명칭		사용연한
반입 공급설비		15년
소각설비		10~15년
연소가스 냉각설비		7~10년
배출가서 처리설비		7~10년
소각재 배출설비		7~10년
급배수 설비		15년
폐수처리 설비		15년
통풍설비		15년
기타설비	발전 및 여열이용 설비	10~15년
	파쇄설비	10~15년
	재 고형화 설비	10~15년



[그림 2.22] 소각시설의 사용년수와 유지비용

(라) 소각시설의 여열이용

폐기물을 소각함으로써 발생하는 다량의 고온 연소 가스는 매우 높은 열에너지를 가지고 있다. 따라서 이 연소가스가 가지고 있는 열에너지를 공기, 오수, 전력 등으로 회수하여 이용할 것을 고려하여야 한다. 소각시설의 여열이용 방식은 다음과 같다. 자세한 가이드라인은 환경부에서 2012년 10월에 작성한 소각시설 설치 운영 지침 해설서를 참고한다.

- 소규모 열이용 방식

소규모 소각시설에 주로 적용하는 방식으로는 처리장내의 공장동 및 부속건물에 대한 급탕, 난방 등에만 이용한다. 보통 수분사식 가스 냉각탑 후단에 온수기를 설치하여 잔열을 회수하거나 배기가스 중에 온수기(열교환기)를 직접 노출시키는 경우가 있으며, 이 경우 배기가스중의 황산화물(SO2) 등에 의한 저온 부식의 우려가 있다.

- 중규모 열이용 방식

소각시설로부터 회수된 열량이 증기발전을 하거나 대규모시설에 열을 공급하기에는 적고 단순히 급탕만 이용하기에는 많은 경우처리장내 부속건물에 대한 급탕, 난방에 사용한 후 여분은 인근에 복지센터나 온수수영장 등을 설치하여 여열을 공급하는 방식으로 수분사식 냉각방식과 폐열 보일러식을 조합한 방식으로 적용한다.

- 대규모 열이용 방식

소각 시 발생하는 열을 최대한 회수하여 이용하는 경우로 배가스의 보유열량을 가능한 전량 보일러로 회수하는 방식이며, 열의 이용은 주로 다음과 같은 목적으로 이용된다.

3. CURE 소프트웨어

가. 개요

CURE 가이드라인과 함께 사용될 CURE 소프트웨어를 개발하였으며, 매뉴얼 개발, 운영, 유지 관리 방안을 도출하였다.

CURE 소프트웨어의 연구 영역은 웹과 GIS기반으로 자원 순환 도시의 도시계획과 관련 시설들의 선별, 규모산정, 배치 및 운영 대안들에 따른 탄소 배출량과 비용으로 대표되는 자원 순환 성능 지표 값을 평가하여 서로 다른 자원 순환 관련 계획안들을 평가할 수 있는 소프트웨어 시스템의 요건 분석, 아키텍처 도출, 데이터베이스/GIS 엔진/시뮬레이션 엔진/이용자 인터페이스 구축을 통한 시스템 완성과 이의 탄소저감형 도시설계 통합 플랫폼에의 연동 버전을 도출하는 역할을 담당하며, 이와 관련된 연구 세부 내용은 다음과 같다.

1) 업무 요건

도시계획 지원 시스템(CURE)의 대상 처리시설, 공간적인 범위, 데이터 활용 범위는 다음과 같다.

가) 대상 처리시설

도시계획 지원 시스템(CURE)에서 처리 가능한 대상 시설의 종류는 <표 2.45>와 같다.

<표 2.45> 대상 시설 종류

처리분야	해당시설	비고
액상 폐기물	하수처리 시설	친환경적처리/에너지 및 자원 회수
고형 폐기물	폐콘크리트처리시설, 매립지, 소각장(생활폐기물)	친환경적처리/에너지 및 자원 회수
바이오매스	음식물 쓰레기 처리시설	친환경적처리/에너지 및 자원 회수

나) 공간적인 범위

본 연구에서 도시계획 Testbed 지역이 수원시로 결정되었으며, 수원시의 도시계획 특성을 고려하여 쓰레기 처리장이 있는 김포시가 포함되는 영역을 공간 분석이 가능한

범위로 정의한다.(단, GIS에 표출되는 배경 지도의 공간적인 범위는 전국)

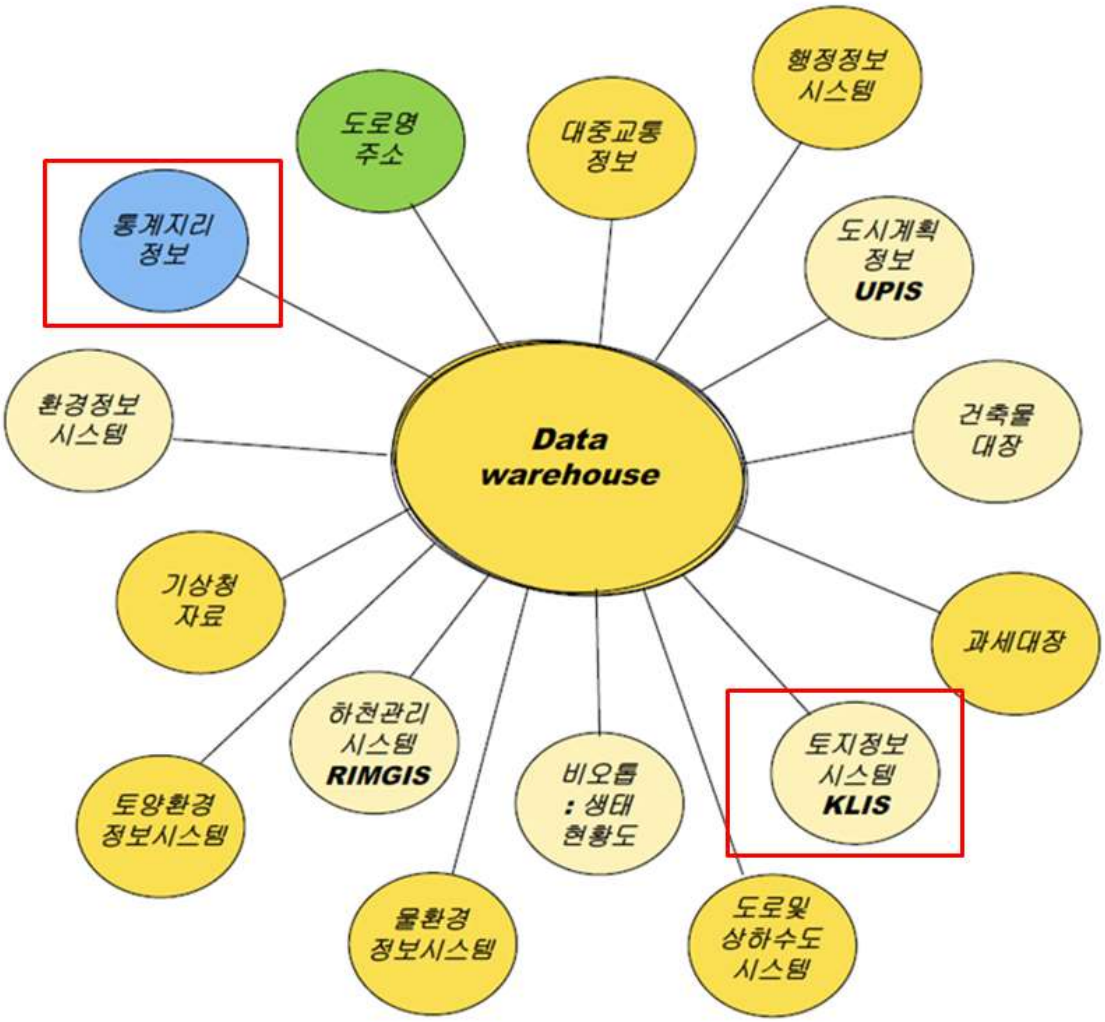
GIS 공간 자료를 시설의 입지 선정에 필요한 환경기초시설, 개발제한구역, 건축허가 제한구역 등 공간 분석에 필요한 자료와 행정경계, 도로 배경, 건물 등 배경 지도를 구성에 필요한 자료를 분류하고, 벡터 및 레스터 등 공간을 표현하는 데이터 구조를 적절히 활용하여 빠른 응답 속도를 제공할 수 있도록 공간 분석 범위와 배경 지도 범위를 분리하여 정의한다.



[그림 2.23] 공간적인 범위

다) 데이터 활용 범위

본 연구에서 활용이 가능한 데이터는 아래와 같이 많은 유형의 데이터를 활용할 수 있지만, 보유할 수 있는 자원의 한계가 있고, CURE 소프트웨어 베타 버전의 완성도를 높이기 위해 [그림 2.24]와 같이 현재 시점에 확보된 통계지리정보, 토지정보시스템(KLIS) 자료를 활용 범위로 선정한다.



[그림 2.24] 데이터 활용 범위

2) 시나리오 및 기능

가) 시나리오

도시계획 지원 시스템(CURE)은 기본적으로 다양한 규모(근린주구, 중소도시, 대도시, 메트로폴리탄, 광역도시, 특별시 등)와 성격(주거도시, 산업도시, 관광도시 등)은 물론 개발유형(신도시, 기존도시)을 지닌 도시를 설계하는 경우의 자원순환성능을 극대화하기 위한 폐기물 처리 및 폐에너지 회수 시설의 설계 대안평가를 위한 것이다. 이용자는 일단 자원순환성능 평가를 위한 대상도시를 2차원 GIS 시스템 기반으로 직접 입력하든가 아니면 SHAPE 파일의 import형식으로 별도의 Desktop에서 작성된 도시 또는 단지 영역을 입력하여 이를 도시계획 지원 시스템(CURE)과 연동하여 이용자가 볼 수 있다.

시스템의 데이터베이스에는 설계된 도시에 대한 정보 즉, 인구규모, 위치, 면적, 밀도분포, 토지이용, 교통망, 주요 인프라 시설의 규모 및 위치, 도시 공간 구조, 도시 성격 및 유형, 도시 내 시설 및 건물들의 분포, 인접도시와의 관계 등이 저장되어 있어야 하며, 통합플랫폼과의 통합을 고려하여 설계에 반영되어 있으며, 대상단지 혹은

도시가 확정되어 이용자에게 GIS 출력형식으로 제시된 후, 여기에 4가지 유형의 폐기물 처리 혹은 폐에너지 회수 시설들에 대한 설치 및 운영 대안을 평가할 수 있다.
각 각의 시설들은 아이콘으로 표시되고 특정 시설범주에 두 가지 이상의 대안 시설들이 있는 경우, 이들에 대한 정보 모두를 분리해서 시스템이 모두 저장하고 있어야 한다. 이용자가 선택할 수 있어야하며 이용자가 특정 시설의 아이콘을 선택할 경우, 화면 상에 특정시설의 형태가 매우 특징화되며, 간략화된 형식으로 그려지고, 이와 함께 pop-up 화면에 아래와 같은 정보가 시각적으로 표시된다.

시설의 개요 및 특성
시설의 물리적 구성
시설의 처리 프로세스

이용자는 2차원의 GIS 출력형식으로 화면에 표시되는 대상단지 혹은 도시설계 내용에 대해 이용자가 아이콘으로 선택하여 Drag & Drop 형식으로 화면에 끌어다 놓은 특정 폐기물 처리 혹은 폐에너지 회수 시설의 규모를 설정하고, 배치하며, 운영 스케줄링을 수행한다. 이를 이해서 시스템은 GIS 출력형식으로 화면에 표시된 도시설계 내용의 그래픽 표현에 직접 이러한 정보들을 입력하거나 별도의 입력박스내의 해당 필드 값을 채우는 형식으로 입력을 수행한다. 이때 시설의 규모나 배치 등은 GIS 화면상에 간략화된 형태로 표시되는 시설의 크기나 위치의 변화로 대응시켜 표현될 수 있다. 이 때, 시스템은 이용자의 특정시설 폐기물 처리 혹은 폐에너지 회수 시설에 대한 설계 대안 입력 시, 해당시설 관련 법규조항 및 규정에의 부합여부나 시설의 규모, 배치, 운영상의 이용자의 선택들에 대한 적정성 여부에 대한 관련 법규 정보를 확인할 수 있도록 화면을 제공한다. 특별히, 공시지가는 변동이 심한부분인데다 일반공개가 민감할 수 있는 사안이라 별도로 GIS 레이어에 포함되어 있지 않으나 추후, 필요한 경우가 발생하면 이에 대한 데이터를 수집하여 추가 가능하도록 설계하였다.
이러한 이용자의 일련의 특정 폐기물 처리시설 혹은 폐에너지 회수시설의 설계 대안에 대한 입력 값 변화를 통한 조작에 대응해서 시스템은 도시자원순환성능지표 값의 계산을 수행한다.

시설의 건설 및 운영 비용
시설의 운송 모델
시설의 탄소 배출량
시설의 비용 및 탄소 배출 저감

이러한 계산을 수행하기 위해서 시스템은 수식으로 표현된 도시자원순환성능지표 계산 엔진과 함께 데이터베이스에 다음과 같은 종류의 데이터들을 보관하고 있다.

전국시도 경계 GIS 데이터
입지 배제/추천 조건에 해당되는 Layer 의 GIS 데이터
대상도시의 도시기본정보
대상도시의 인구 분포도, 이를 기준으로 계산된 폐기물 배출지, 발생량 분포도

대상시설의 전국 분포 위치, 시설 용량, 처리 용량 등의 시설 기본 정보
재활용 평가를 위한 산출물별 단가
현행 물가 상승률을 적용한 비용 산출

시스템은 대상도시에 이용자가 선택한 폐기물 처리 혹은 폐에너지 회수 시설의 설치 및 운영 대안 선택에 대해 계산된 도시자원순환성능지표 결과 값들을 수치적인 방식과 그래프에 의한 방식 양자를 통해 화면에 출력하여 이용자가 이를 확인할 수 있게 하고, 이러한 평가 결과는 대상도시 설계안과 함께 연계시켜 데이터베이스에 하나의 평가 세션으로 저장되어 추후 시설대안의 비교 평가 등에 활용할 수 있으며, 동일한 대상도시에 대해 다수의 특정 폐기물처리 혹은 폐에너지 회수 시설의 설치 및 운영 대안들에 대한 평가를 수행하거나, 전술한 다양한 유형의 시설들에 대한 평가를 이용자의 선택에 의해 별도의 세션으로 반복해서 수행할 수 있다.

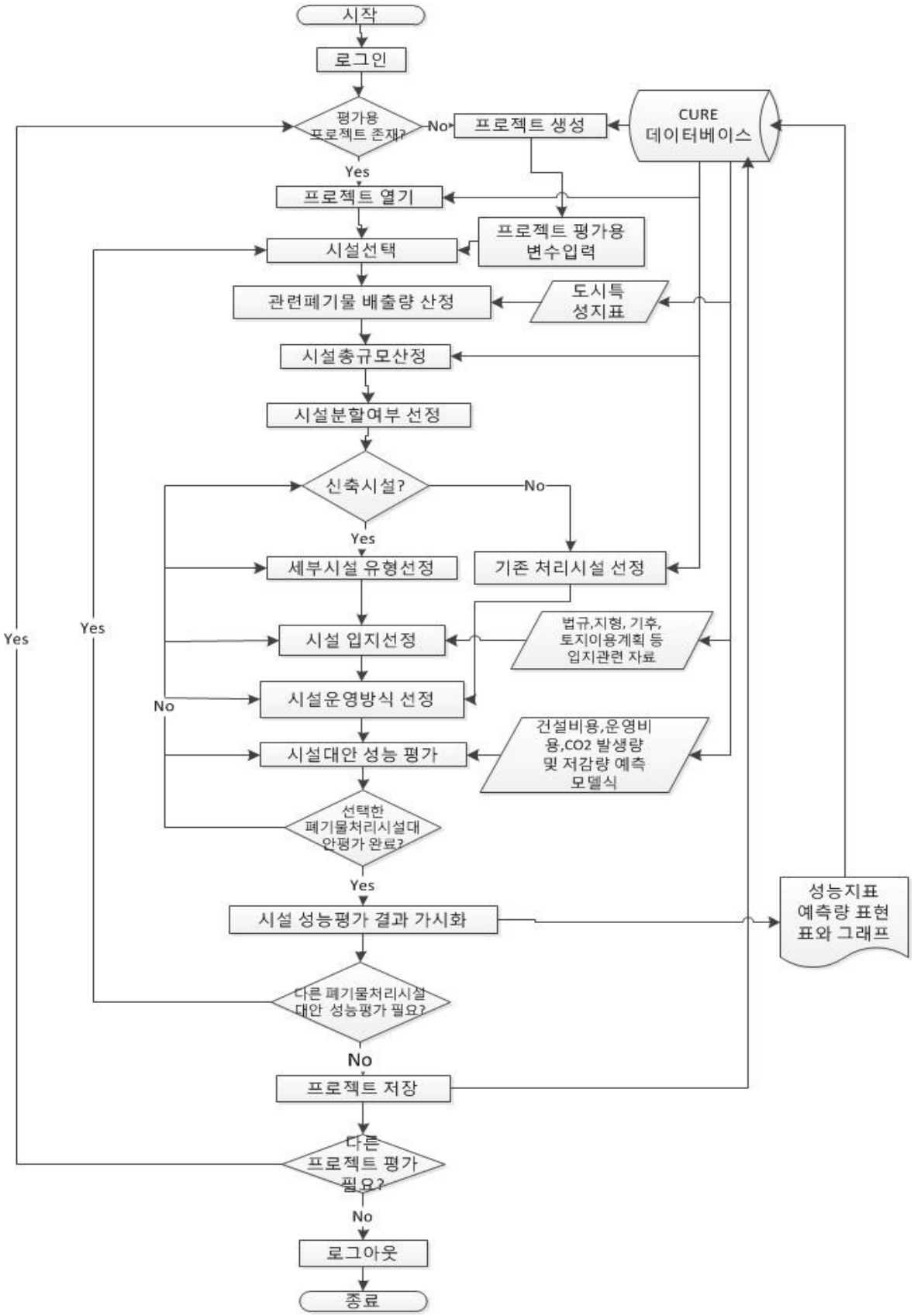
시스템을 통해 동일한 대상도시에 대해 특정 폐기물처리 혹은 폐에너지 회수 시설의 설치 및 운영 대안들에 대한 평가를 수행하는 경우, 시설의 규모, 배치, 운영상의 대안들에 대한 도시자원순환성능지표 값들의 비교 분석이 가능해야 하며 이용자가 이러한 비교분석의 결과를 인지할 수 있도록 수치적인 모드와 그래픽 모드로 대안들의 상호비교결과를 화면으로 제공하며, 동일한 대상도시에 대해 특정 폐기물처리 혹은 폐에너지 회수 시설상의 서로 다른 대안들, 예컨대 현행 수동식 폐기물 집하 시스템과 자동이송집하 시스템에처럼 동일 폐기물처리 시설의 서로 다른 대안들에 대한 도시자원순환성능지표 값들의 비교 분석을 선택할 때에는, 시스템이 이용자가 이러한 비교분석의 결과를 인지할 수 있도록 수치적인 모드와 그래픽 모드로 대안들의 상호비교 결과를 화면으로 제공한다. 이때, 건설비, 운영비, 운송비 등은 별도의 원단위로 계산된 것이 아니라 전국적인 동일시설 데이터의 통계분석(회귀분석)을 통한 통계적 예측치로 주어지기 때문에 원단위가 따로 존재치 않으나, 소각장, 매립지, 음식물쓰레기처리시설의 건설비에는 정부고시 표준건설단가를 적용을 옵션으로 추가하고 부산물의 활용효과의 정량적 분석부분에서는 원단위 단가들을 명시하도록 하였다.

시스템은 다수의 이용자들이 각각의 컴퓨터를 이용해서 동시 접속해서 별도의 시스템 사용 세션들을 수행할 수 있도록 웹 기반의 클라이언트-서버 형식으로 구축되어있으며, 필요한 경우 시스템은 웹을 통해서 접속하여 이미 도출된 대상도시설계 관련 프로젝트를 불러올 수 있어야 한다.

이러한 시스템 내부 정보처리 모델과 다음의 이용자 Use Scenario를 기반으로 도시계획 지원 시스템(CURE)을 도출되었다.

나) 기능 도출

통합 원활한 연동을 고려하여 웹과 GIS 기반 소프트웨어 시스템으로 전환하여 시스템 내부 정보처리 모델과 이용자의 Use Scenario를 기반으로 도시계획 지원 시스템(CURE)의 기능을 다음과 같이 정의하였다.



[그림 2.25] 시나리오

〈표 2.46〉 도시계획 지원 시스템(CURE) 기능

기능	설명
사용자 인증	• 인증된 사용자만 접근 가능한 로그인/로그아웃 기능
시스템 관리	• 사용자 검색, 등록, 수정, 삭제 등의 시스템 사용자 관리와 시스템 코드 및 설정 값 등을 관리할 수 있는 시스템 관리 기능
기초자료관리	• 평가 대상 행정구역 및 자원순환시설 등의 기초자료를 입력 관리 할 수 있는 기능
프로젝트 관리	• 프로젝트 생성, 불러오기, 삭제, 저장 등의 자원순환시설의 평가 세션을 수행할 수 있는 프로젝트의 관리 기능
도시계획요건	• 자원순환시설의 평가 세션을 수행하기 위해 도시계획일반요건, 토지이용계획, 밀도배분계획, 도시확장계획, 도시공간구조, 교통계획, 기반시설계획, 폐기물처리관련법령 등의 도시계획 요건을 입력할 수 있는 기능 • 도시계획요건입력은 도시규모와 단지규모로 구분
자원순환시설유형	• 자원순환시설의 평가 세션을 수행하기 위해 매립지, 하수처리장, 소각장, 폐콘크리트처리장, 음식물쓰레기처리장, 우수처리장, 소수력발전소의 자원순환시설의 유형별 해당 시설을 선택할 수 있는 기능
자원순환시설규모	• 자원순환시설의 평가 세션을 수행하기 위해 자원순환시설 유형에 따라 자원순환시설의 규모를 입력할 수 있는 기능
자원순환시설배치	• 자원순환시설의 평가 세션을 수행하기 위해 입지가능위치설정, 최적입지위치추천, 시설입지선정가이드, 참조도시시설배치예 등의 자원순환시설을 배치할 수 있는 기능
자원순환시설운영	• 자원순환시설의 평가 세션을 수행하기 위해 자원순환시설의 운영 방식을 입력할 수 있는 기능
시설대안성능평가	• 입력된 자원순환시설의 유형, 규모, 배치, 운영 값을 이용하여 단일시설대안평가, 대안별성능비교평가, 시설간연계효과평가, 시설평가기준설정 등의 평가 세션을 수행할 수 있는 기능

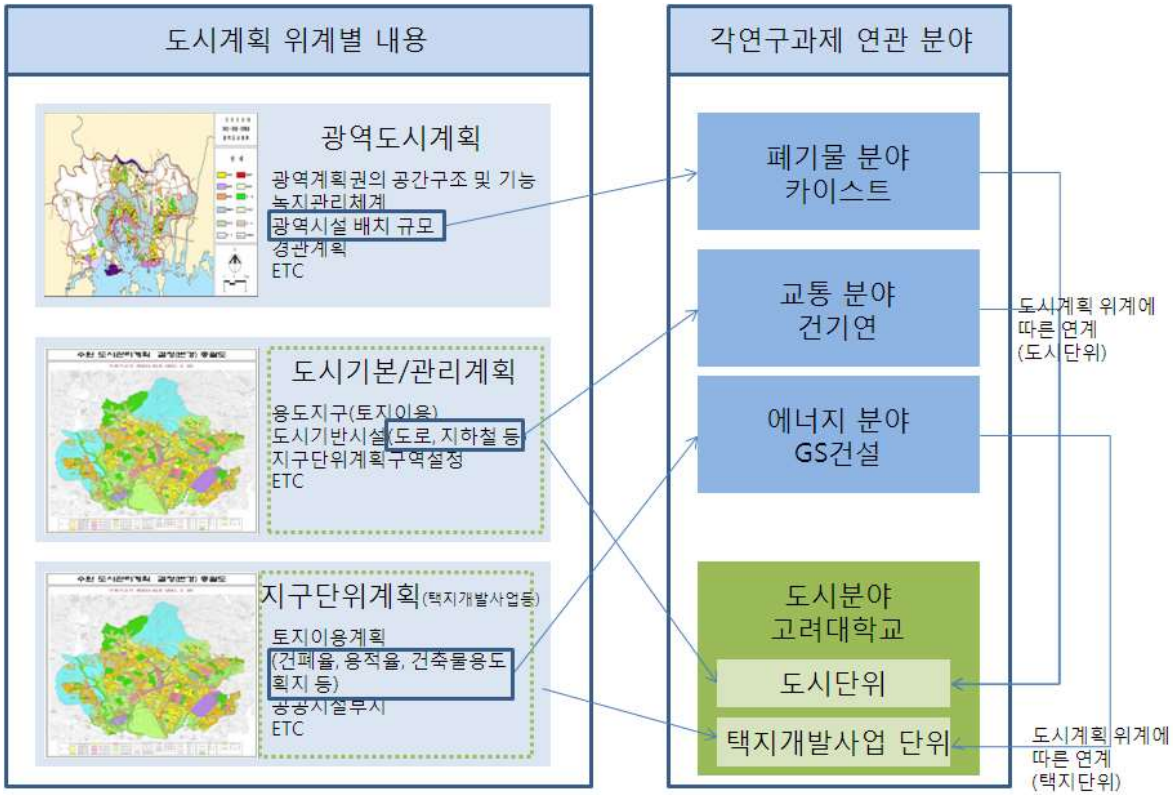
나. 소프트웨어 구성

1) 통합플랫폼 연동 버전 구성

가) 도시건축연구사업 전체 시스템 구성 및 연계 방향

본 연구에서는 통합플랫폼과의 연동 버전의 소프트웨어 개발을 위해 도시건축연구사업 전체 시스템 구성과 연계 방향을 분석하여 반영하여야 한다.

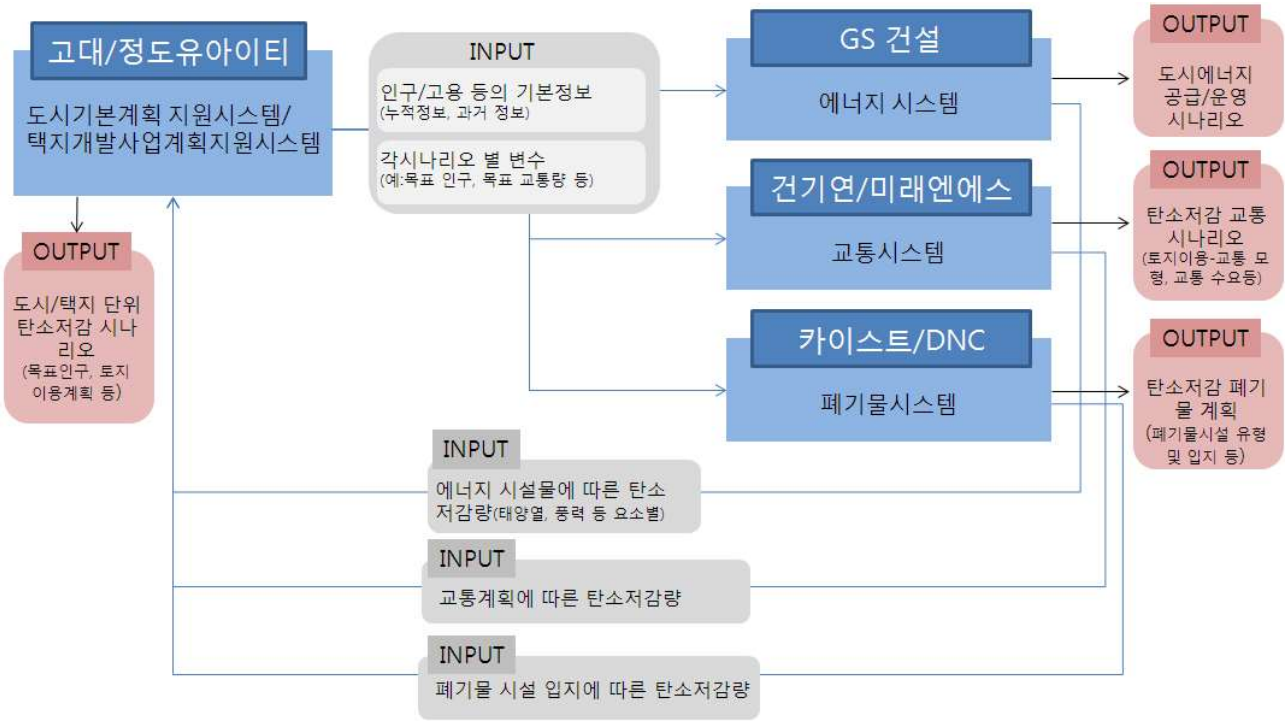
도시건축연구사업의 전체 시스템 도시계획은 [그림 2.26]과 같이 광역도시계획, 도시기본계획/관리계획, 지구단위계획(각종 개발사업 계획)으로 구성되며, 각 계획에서 다루고 있는 분야가 다르므로 폐기물 분야는 광역도시계획지원시스템과 통합 연계가 된다.



[그림 2.26] 도시계획 위계별 연계 방향

(1) 전체 시스템 통합 시나리오

탄소저감 도시계획지원시스템에서 [그림 2.27]과 같이 인구, 고용 등의 기본 정보 및 시나리오 정보를 각 과제 시스템에 제공하고, 각 과제 시스템에서 도출되는 탄소저감량(에너지, 교통, 폐기물)을 도시계획지원 시스템에 제공한다.



[그림 2.27] 통합 시나리오

(2) 전체 시스템 통합 방안

탄소저감 도시계획지원시스템을 중심으로 각 분야별 도시계획의 위계에 따라 통합체계를 구축한다. 폐기물 분야의 연구는 탄소저감량을 고려한 폐기물 처리시설의 입지 및 운영방식을 결정하는 지원시스템이므로 도시기본계획단위의 주거/상업/공업 지역에서 발생하는 폐기물에 따른 탄소량을 폐기물 처리시설에 따라 저감되는 탄소량을 차감하는 방식으로 통합한다. 이를 위해 광역시설인 폐기물처리시설이 광역적으로 처리하는 폐기물량을 해당 도시단위 폐기물량을 기준으로 보정하여 적용한다.

또한 탄소저감 도시기본계획 지원시스템의 신규 프로젝트 활성화시 시스템간 링크를 통해 도시계획 지원 시스템(CURE)과 통합한다. 이를 위해 도시계획 지원 시스템(CURE)에서는 통합플랫폼에서 요청하는 데이터를 제공할 수 있도록 소프트웨어 각 기능을 모듈화하여 연계 기능을 제공한다.

나) 소프트웨어 각 기능 모듈화

도시계획 지원 시스템(CURE)는 자원순환체계 구축을 위한 도시설계 지원 소프트웨어로 독립적인 의사결정시스템 뿐만 아니라 다른 세부 연구단의 도시 환경 분석 시스템과의 통합을 고려하여 설계되어 독립적인 모듈과 통합 환경이라는 두 가지 목표를 토대로 CURE Design Support System의 통합 플랫폼과의 연계 방안을 다음과 같이 통합을 위한 의미 및 그에 따른 문제점과 해결책을 살펴보았다.

(1) 시스템의 통합의 의미

시스템의 통합은 통합 방법에 따라 기능적/물리적 통합, 수직적/수평적 통합으로 나누어 볼 수 있다.

(가) 기능적/물리적 통합

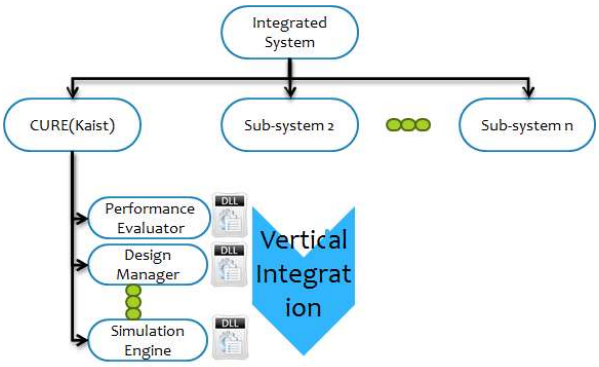
기능적 통합은 다른 어플리케이션을 하나의 시스템으로 운영 관리 될 수 있는 것 의미하고, 물리적인 통합은 하드웨어를 포함하여 소프트웨어가 하나의 물리적인 시스템 내에서 통합되는 것을 의미한다. 또한, 기능적 통합은 운영의 의미가 강한 반면 물리적 통합은 직접적으로 시스템의 물리적 리소스와 프로세스를 소프트웨어가 서로 공유할 수 있는 통합 방법이다.

(나) 수직적/수평적인 통합

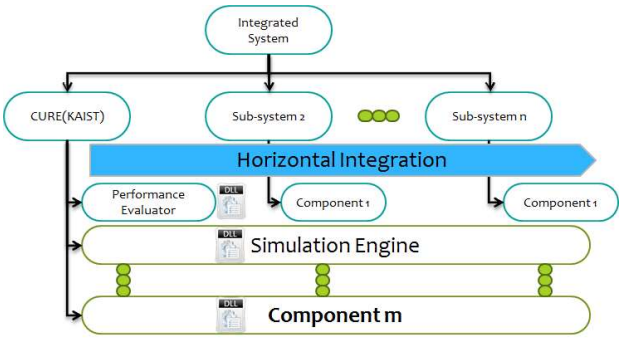
수직적 통합은 [그림 2.28]과 같이 전체 통합 시스템 내의 하나의 독립적인 어플리케이션에서 기능적인 모듈과의 상호 결합을 의미한다. 개별적인 서브시스템과의 연동이 초기에 계획되어지지 않고 통합된다면 [그림 4.30]과 같이 각 서브시스템들 간의 지원과 정보의 이동에 문제가 발생된다.

즉, 불필요하게 중복된 기능과 모듈이 발생하게 된다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로 [그림 4.29]와 같이 다른 서브시스템과의 공통된 모듈을 공유하며 정보를 상호 전달 공유 할 수 있는 모듈을 통합 운영하게 된다. CURE DSS(Design Support System)은 통합플랫폼의 서브시스템으로써 사용자 인터페이스를 공유하고 데이터와 같은 공유자원을 공유하며 다른 서브시스템과의 수평적 통합과 통해 [그림 4.31]과 같이 유기적

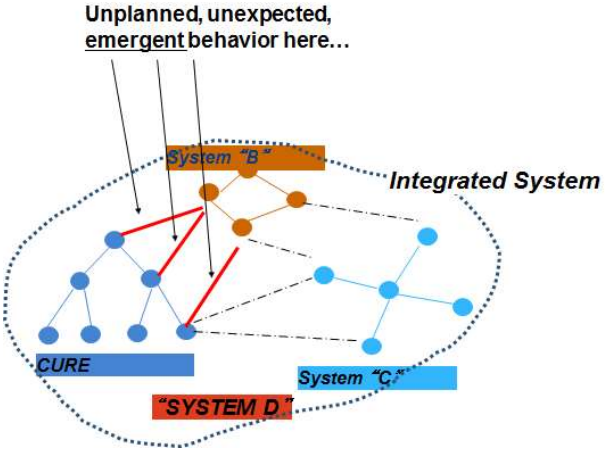
인 시스템으로 구성한다.



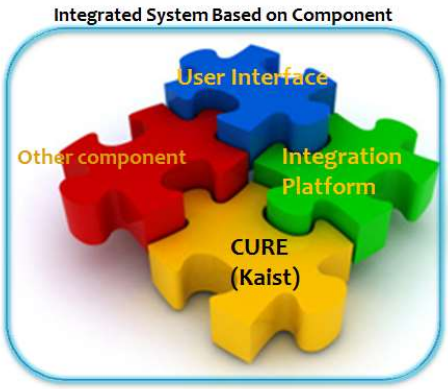
[그림 2.28] 수직적 통합



[그림 2.29] 수직, 수평적 통합



[그림 2.30] 수직적 통합의 문제점



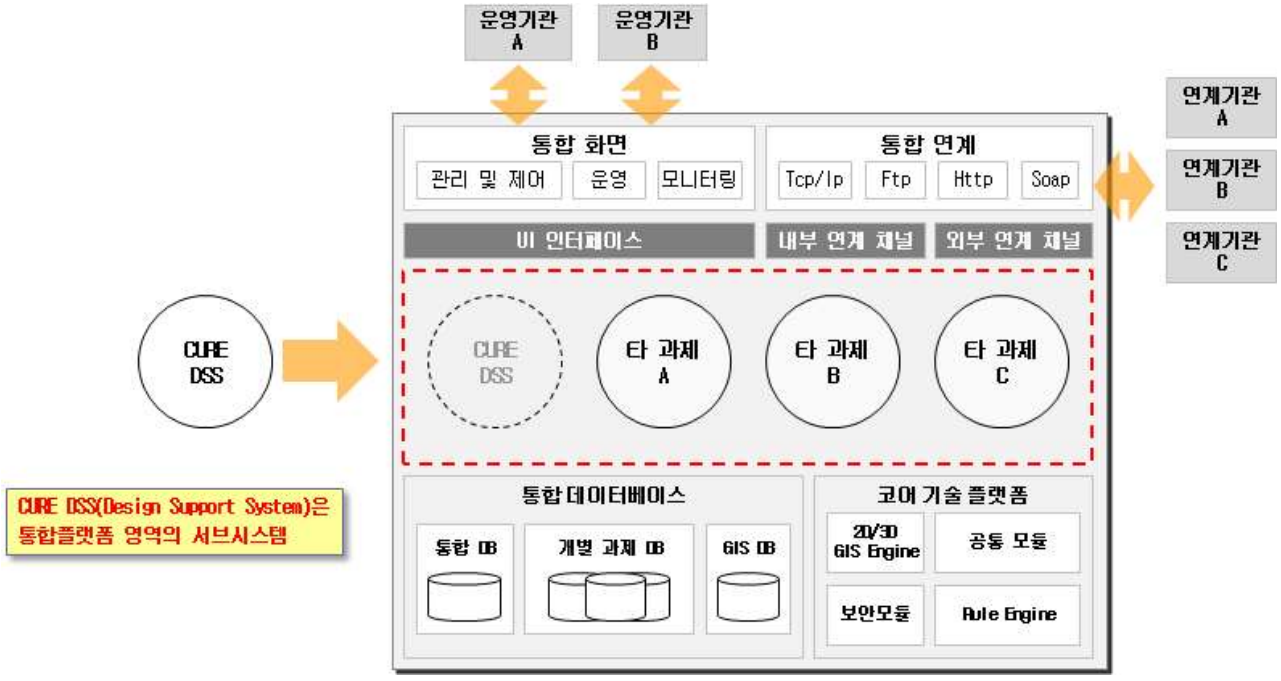
[그림 2.31] 컴포넌트 기반의 통합시스템

(2) 컴포넌트 기반의 통합 시스템

통합플랫폼과의 통합을 위한 의미 및 그에 따른 문제점과 해결책을 살펴보았고, 도시계획 지원 시스템(CURE)은 통합플랫폼의 서브시스템으로써 유기적인 시스템 구성을 위해 컴포넌트 기반으로 구성한다. 도시계획 지원 시스템(CURE)의 독립적인 모듈과 통합 환경을 고려하여 설계된 소프트웨어 아키텍처의 컴포넌트 영역은 크게 공통 컴포넌트와 비즈니스 컴포넌트로 구분되며, 각 컴포넌트는 서로 조합되어 다양한 기능을 수행한다.

(3) 통합플랫폼과의 연계 영역

통합플랫폼과의 연계를 위해 다양한 통합플랫폼을 연구하였고, 도시계획 지원 시스템(CURE)의 소프트웨어가 통합플랫폼의 서브시스템으로써 유기적인 시스템 구성을 위한 통합플랫폼의 이상적인 아키텍처 예시는 다음과 같다.



[그림 2.32] 통합플랫폼 연계 아키텍처

[그림 2.32]와 같이 도시계획 지원 시스템(CURE)은 통합플랫폼의 서브시스템으로써 통합플랫폼과의 통합 시 UI 통합, 내/외부 연계 통합, DB 통합 에 대한 연계 영역이 존재하며, 각 연계 영역에 대한 연계 방안은 다음과 같다.

(가) UI 통합

독립적인 모듈로 동작되는 도시계획 지원 시스템(CURE)의 소프트웨어의 각 화면의 인터페이스는 모듈 단위로 개발되어 통합플랫폼의 통합 화면에서 Import 또는 URL Link를 통하여 사용할 수 있다.

(나) 내/외부 연계 통합

도시계획 지원 시스템(CURE)은 소프트웨어의 각 기능 중 통합플랫폼 또는 타 과제와의 연계 기능 항목을 정의하고, 내/외부 연계가 필요한 기능 항목은 컴포넌트 기반의 오픈 API 방식으로 제공하여 통합 플랫폼 또는 타 과제와 연계되어 기능을 수행할 수 있도록 설계되었다.

(다) DB 통합

도시계획 지원 시스템(CURE)에서 사용하는 데이터베이스는 개별 과제 DB를 사용하며, 통합플랫폼에서 제공하는 통합 DB 또는 타 과제 DB 와의 연계는 DB Link 방식을 통해 연계되도록 설계하였고, 통합 DB에서 제공하는 공통 DB 및 GIS 공간 정보 DB는 직접 Access 도 가능하도록 설계되었다.

다) 도시건축연구사업 전체 DB 통합 개선

탄소저감 도시계획지원시스템에서 DB 통합은 공통 DB와 각 과제의 DB를 논리적/물리적으로 분리하여 구성되며, 도시계획 지원 시스템(CURE)은 이러한 논리적/물리적으로

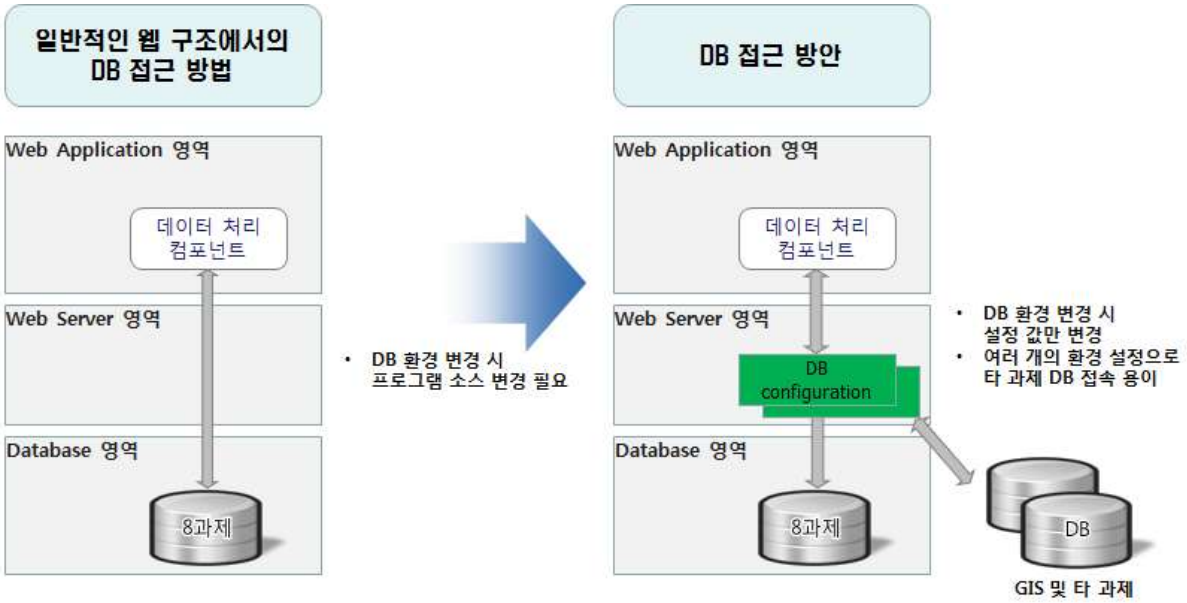
분리된 통합 DB의 접근 유연성을 확보하였다. 또한, 환경부의 “자원순환정보시스템”과의 추가적인 연계로 정보 열람을 목적으로 확장 가능한 DB의 외부자료 연계성을 설계에 고려하였다.

<표 2.47> 내/외부 연계 프로토콜 규격 정의

오픈 API 방식	• HTTP 프로토콜을 사용하기 때문에 웹 서버에서 동작하며, 사용자가 URL요청을 하면, XML의 구조화된 데이터를 응답하는 구조로 동작한다.

(Header)	인증 정보	고유 번호	기준 시간	응답 코드	(Body)	결과 수	결과 데이터

구분	규격	구분	규격
서비스 방식	Web Service (SOAP or REST)	데이터 인코딩	UTF-8
통신 규격	HTTP	좌표계	WGS84
데이터 형식	XML	프로그래밍 언어	Java



[그림 2.33] Database 접근 유연성

2) 데이터베이스 구성

도시계획 지원 시스템(CURE)에서 시설 평가를 위한 기초 자료는 CURE Design Prototype 모듈에서 공간 자료로 제공되지만, 소프트웨어가 구동되기 위해 필요한 데이터베이스를 설계하고, 테스트베드의 필요한 초기 데이터 구축하였다. 또한 타 지역 평가가 가능하도록 확장 가능한 시스템을 위해 DB Naming 표준 및 용어 사전을 정의하여 차 후 연구에 용이하도록 한다.

(1) 테이블 스페이스 정의

<표 2.48> 테이블 스페이스

테이블 스페이스명	파일명	크기	용도
TS_BASE	D:/oradata/CURE/TS_BASE.dbf	10G	일반 테이블
TS_GIS	D:/oradata/CURE/TS_GIS.dbf	30G	GIS데이터 테이블
TS_BASE_IDX	D:/oradata/CURE/TS_BASE_IDX.dbf	10G	일반 테이블 인덱스
TS_GIS_IDX	D:/oradata/CURE/TS_GIS_IDX.dbf	30G	GIS데이터 테이블 인덱스

※ DB의 데이터 여유 공간은 100G 확보 필요

(2) DB Naming 표준

데이터베이스를 구성하기 위한 Table, Index, Constraint, Partition, View/Mview의 오브젝트 생성 시 DB Naming 표준을 적용하여 일관성을 DB 오브젝트의 명칭에 일관성을 유지한다. (단, CURE Design Prototype 모듈에서 제공되는 공간 자료는 특성에 따라 DB Naming 표준에서 제외함)

(가) Table Naming

<표 2.49> Table Naming

Format	T[업무구분코드]_[업무명칭](_[시스템코드] or [NN])
자리수	1자리+1자리+_+N자리+_+(N자리)
설명	T: 테이블(T)의 오브젝트 구분자
	업무구분코드: 업무를 의미하는 코드 B: Backup, H: History, S: Statistics, T: Temporary, E: Etc, M: Master, D: Data, C: Code, G: GIS Data
	업무명칭: 용어사전에 등록된 영문 명칭 적용. 단어와 단어 사이는 붙여서 사용.
	시스템코드: 코드 테이블에 정의된 시스템코드 적용 또는 NN: 일련번호 (00~99) 적용. 생략 가능
예	TH_LOGIN, TM_USERINFO

(나) Index Naming

<표 2.50> Index Naming

Format	[인덱스구분자]_[Table Name](_[NN])
자리수	2자리+N자리+_+2자리
설명	인덱스구분자 IX: 일반 Index, PK: Primary Key, FK: Foreign Key, UK: Unique Key
	Table Name: 해당 Index의 Table 명
	NN: 인덱스 순서에 따른 일련번호 (00~99) 적용. 생략 가능
예	IX_LOGIN_00, IX_LOGIN_01, PK_USERINFO

(다) Constraint Naming

<표 2.51> Constraint Naming

Format	[Constraint구분자]_[Table Name](_Parent Table Name)(_[NN])
자리수	2자리+N자리+_+N자리+_+2자리
설명	Constraint구분자 PK: Primary Key, FK: Foreign Key, UK: Unique Key, CK: Check Constraint
	Table Name: 해당 Constraint의 Table 명
	Parent Table Name: FK의 경우 부모 Table 명
	NN: 인덱스 순서에 따른 일련번호 (00~99) 적용. 생략 가능
예	PK_USERINFO, FK_LOGIN_USERINFO

(라) Partition Naming

<표 2.52> Partition Naming

Format	[Partition구분자]_[Object 명]_[Partition Key 그룹]
자리수	30자 이하
설명	Partition구분자 PR: Partition Range, PL: Partition List, PH: Partition Hash
	Object 명: Table or Index 명 참고
	Partition Key 그룹: Partition Key의 그룹 명, 기간별 구분이면 기간, List 인 경우에는 주요 의미어로 구분
예	PR_LOGIN_201401

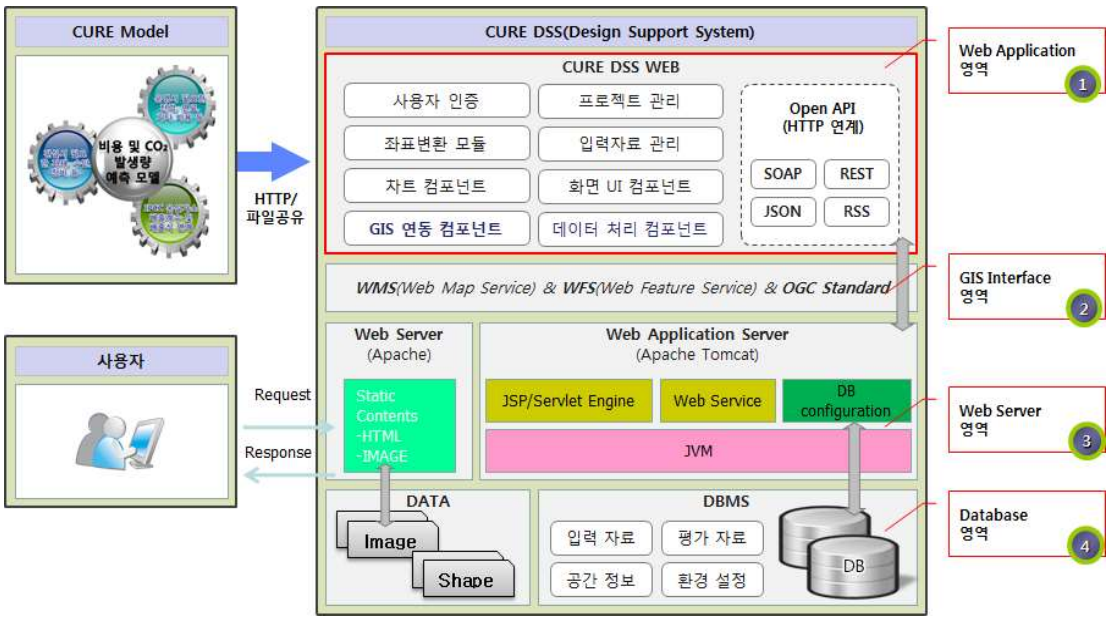
(마) View Naming

<표 2.53> View Naming

Format	[View 구분자][업무구분코드]_[업무명칭](_[시스템코드] or [NN])
자리수	1자리+1자리+_+N자리+_+(N자리)
설명	V: View의 오브젝트 구분자
	업무구분코드: 업무를 의미하는 코드 B: Backup, H: History, S: Statistics, T: Temporary, E: Etc, M: Master, D: Data, C: Code, G: GIS Data
	업무명칭: 용어사전에 등록된 영문 명칭 적용. 단어와 단어 사이는 붙여서 사용.
	시스템코드: 코드 테이블에 정의된 시스템코드 적용 또는 NN: 일련번호 (00~99) 적용. 생략 가능
예	V_LOGIN, V_USERINFO

3) 소프트웨어 연동 API 구성

도시계획 지원 시스템(CURE)은 통합플랫폼과의 유기적인 연동을 수행할 수 있도록 소프트웨어 연동 API 인터페이스가 설계되어 있으며, 이를 위한 소프트웨어 아키텍처는 [그림 2.34]와 같다.



[그림 2.34] 도시계획 지원 시스템(CURE) 아키텍처

위의 그림과 같이 Web Application 영역에서 웹과 GIS 기반의 User Interface를 제공하며, Web Application 영역의 내부는 컴포넌트 기반으로 동작한다. Web Application 영역을 구성하는 컴포넌트는 크게 공통 컴포넌트와 업무를 처리하는 비즈니스 컴포넌트로 구분된다.

공통 컴포넌트는 도시계획 지원 시스템(CURE)의 다양한 기능에서 공통적으로 처리되

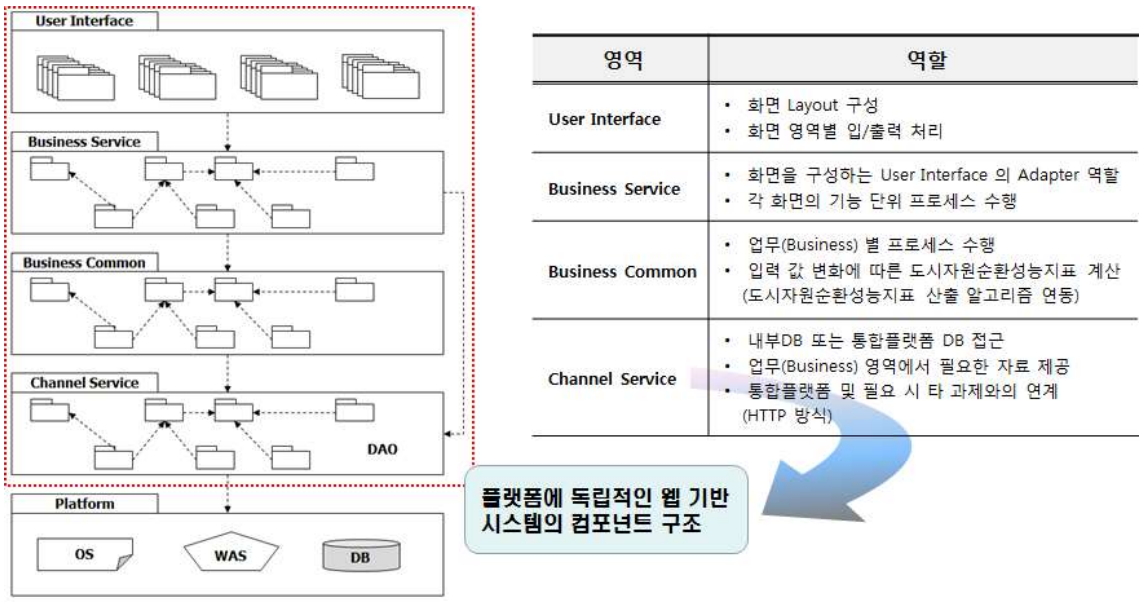
며 컴포넌트 단위로 API를 제공하여 각 기능 실행 시 해당 API를 Call 하는 방식으로 개발되어야 한다. 또한 내부(CURE Model)/외부(통합플랫폼)와의 연동 컴포넌트도 공통 컴포넌트로 개발되어 통합플랫폼과의 연계 시 소프트웨어의 수정을 최소화하여야 한다. 제공되는 공통 컴포넌트 목록은 <표 2.54>와 같다.

<표 2.54> 공통 컴포넌트 목록

항목	설명
사용자 인증	로그인/로그아웃 처리 사용자 그룹 및 권한 설정 처리 로그인 이력 처리
프로젝트 관리	프로젝트 생성/불러오기/저장/삭제의 설계 지원 프로젝트 관리 타 그룹 및 사용자와 프로젝트 공유 관리
입력자료 관리	자원순환 시설 유형 및 속성 관리 교통체계(6과제), 도시설계(5과제) 연계된 도시계획자료 입력 사회경계(인구포함), 시설 등 주요지표 설정
파일 업로드	Desktop에서 제작한 공간정보 모델 파일의 업로드
외부 연계	HTTP 연계 통합플랫폼을 통한 타 과제와의 연계 필요 시 타 과제의 데이터 참조
내부 연계	내부 컴포넌트 연계 CURE 시스템을 구성하는 5개의 모듈 중 CURE Model과 연동
GIS 연동	통합플랫폼의 GIS 연동 독립적인 모듈의 동작 시에는 선정된 오픈 API 지도 연동 (예: 네이버, 다음, 구글 등)
좌표 변환	입력 및 출력되는 공간 정보 모델의 좌표 값 변환 (GIS 및 표출 방법에 따라 좌표 변환)
차트	화면 또는 GIS와 연동되어 그래프로 표출되는 차트
화면 UI	GIS 를 포함한 화면 UI 구성 요소 웹 기반 브라우저 호환성
데이터 처리	DB와 연동되는 데이터 처리 사용자 입력 데이터 처리 연계 데이터 처리

비즈니스 컴포넌트는 도시계획요건 입/출력 및 자원순환시설의 유형, 규모, 배치, 운영, 평가 등의 각 세션을 실행하는 컴포넌트로 각 세션 실행 시 공통 컴포넌트와 조합되어 도시계획 지원 시스템(CURE)의 각 업무를 처리한다. 또한 해당 대상도시를 여러 사용자 및 타 과제와 공유하기 위해서는 공간 모델(GIS) 및 데이터 베이스의 정보를 HTTP 프로토콜을 활용한 웹 서비스(Web Service)를 제공함으로써 타 시스템과의 통합에 대한 유연성을 제공한다.

각 업무를 처리하는 비즈니스 컴포넌트의 내부 구조는 다음과 같다.



영역	역할
User Interface	• 화면 Layout 구성 • 화면 영역별 입/출력 처리
Business Service	• 화면을 구성하는 User Interface 의 Adapter 역할 • 각 화면의 기능 단위 프로세스 수행
Business Common	• 업무(Business) 별 프로세스 수행 • 입력 값 변화에 따른 도시자원순환성능지표 계산 (도시자원순환성능지표 산출 알고리즘 연동)
Channel Service	• 내부DB 또는 통합플랫폼 DB 접근 • 업무(Business) 영역에서 필요한 자료 제공 • 통합플랫폼 및 필요 시 타 과제와의 연계 (HTTP 방식)

[그림 2.35] 비즈니스 컴포넌트의 구조

(1) 통합플랫폼과의 연동을 위해 제공되는 API 목록

통합플랫폼과 연동되는 API 목록은 <표 2.55>와 같다.

<표 2.55> 연동 API 목록

번호	서비스 명	API 항목	설명
1	프로젝트 조회 서비스	- 프로젝트 목록 조회	CURE에 생성되어 있는 프로젝트 목록 조회하는 API
		- 프로젝트 정보 조회	프로젝트 상세 정보 조회하는 API
2	시설물 조회 서비스	- 기존시설 목록 조회	기존 시설 목록을 조회하는 API
		- 프로젝트 시설 목록 조회	프로젝트 생성 후 생성한 신축/증축 시설 목록을 조회하는 API
3	도시정보 조회 서비스	- 기준년도 도시정보 조회	프로젝트의 기준년도 도시정보 목록을 조회하는 API
		- 계획년도 도시정보 조회	프로젝트의 계획년도 도시정보 목록을 조회하는 API
4	운영방식 조회 서비스	- 운영방식 목록 조회	프로젝트 시설의 운영방식 목록을 조회하는 API
5	모델식 조회 서비스	- 모델식 조회	프로젝트 시설 평가 모델식을 조회하는 API

4) 화면 구성 및 웹 인터페이스

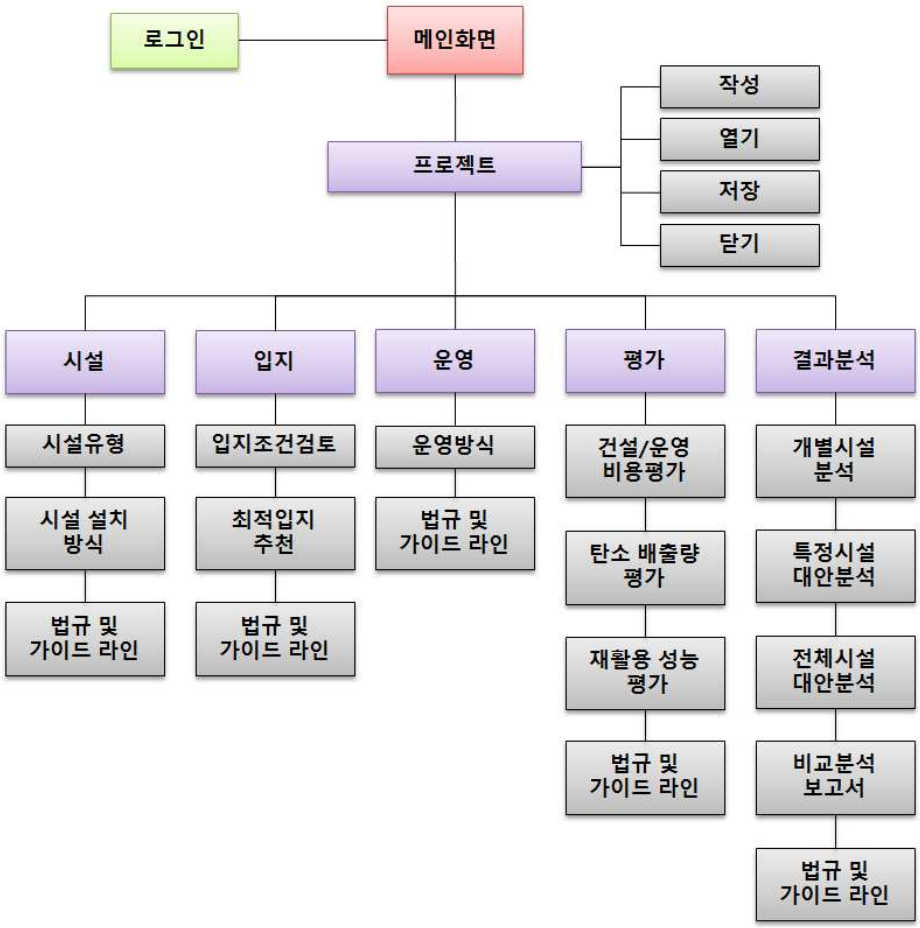
도시계획 지원 시스템(CURE)의 화면 흐름은 도출된 시나리오를 바탕으로 하며, 사용자 화면과 데이터베이스의 자료 흐름은 다음과 같다.

(1) 화면 디자인 및 웹 인터페이스 구축

도시계획 지원 시스템(CURE)은 기본적으로 웹과 GIS 기반으로 구성되며 의사결정을 위한 GIS 도시 정보 및 위치 선정, 자원순환시설 등의 정보와 같은 콘텐츠 제작은 물론 기본적인 시스템 관리 및 다수의 이용자들이 각 각의 컴퓨터를 이용해서 동시 접속해서 별도의 시스템 사용 세션들을 수행할 수 있도록 사용자 인증 기능까지 동작하고, 의사결정을 위한 GIS 도시 정보 및 위치 선정, 자원순환시설의 유형, 배치, 운영 등의 세션은 프로젝트 단위로 진행하도록 하여 다수의 이용자들의 다양한 평가 세션을 수행하고 공유할 수 있도록 프로젝트 기반의 기능을 제공한다.

(가) 메뉴 구조

이를 위해 도시계획 지원 시스템(CURE)의 소프트웨어 주요 기능을 도출한 메뉴 구조는 [그림 2.36]과 같다.



[그림 2.36] 메뉴 구조도

(나) 화면 레이아웃

도시계획 지원 시스템(CURE)은 웹 브라우저에서 동작하고, 화면은 메뉴 영역, 작업영역, 콘텐츠 영역으로 구성된다. 자세한 사항은 사용자 가이드를 참조한다.

제3장 최종 연구성과 및 적용 실적

제 1절 개별 연구성과 설명

연구의 최종결과물인 CURE Software와 CURE Guideline은 현재 세계적으로 관심이 고조되고 있는 친환경 및 녹색관련 산업의 여러 분야에 유용하게 활용될 것으로 예상된다. 후속 연구를 계속 진행하여 이 연구에서 다루지 않은 폐자원들로 연구 범위를 확대한다면 도시에서 발생하는 모든 폐자원들의 효율성 높은 재활용이 가능한 자원순환형 도시 개발 및 계획을 유도할 수 있고, 기존 시설에 대한 객관적 평가도 가능하다.

제 2절 핵심요소기술(Critical Technology Elements)별 성과물

1. CURE 소프트웨어

개발된 CURE 소프트웨어의 성과물은 아래와 같다.([그림3.1]참조)

가. 생활폐기물 처리 시설인 소각장, 매립지, 음식물쓰레기 처리시설, 하수 처리시설 등 4가지와 대표적 건설 폐기물인 폐콘크리트 처리시설 그리고 우수와 소수력 시설 등에 대한 건설비용, 운영비용, 발생탄소량, 재활용에 의한 절감 비용과 저감 탄소량 등을 예측할 수 있는 시스템(CURE 시스템) 구축
나. 생활폐기물 처리 시설인 소각장, 매립지, 음식물쓰레기 처리시설, 하수 처리시설 등 4가지와 대표적 건설폐기물인
다. 비용과 탄소 발생량을 최소화 할 수 있는 각 시설의 입지 위치 선정이 가능한 시스템 구축
라. 도시 유형별 생활폐기물 발생량을 예측할 수 있는 시스템 구축
마. 자원순환형 도시설계 지원 소프트웨어(CURE 소프트웨어)의 최종 버전 및 매뉴얼 개발과 향후 실용화 및 유지 관리 방안 도출
바. 향후 예측 모델의 개선을 위해 데이터베이스 구축 및 개선 방법의 제시
사. CURE 시스템을 사용할 수 있도록 사용 매뉴얼 개발
아. 개발된 자원순환시설 설계 가이드라인(CURE 가이드라인)과 연계 활용이 가능하도록 시스템 구축

2. CURE 가이드라인

개발된 CURE 가이드라인의 성과물은 아래와 같다.([그림 3.2]참조)

가. 폐기물 관련 시설인 소각장, 매립지, 음식물쓰레기 처리시설, 폐콘크리트 처리시설,

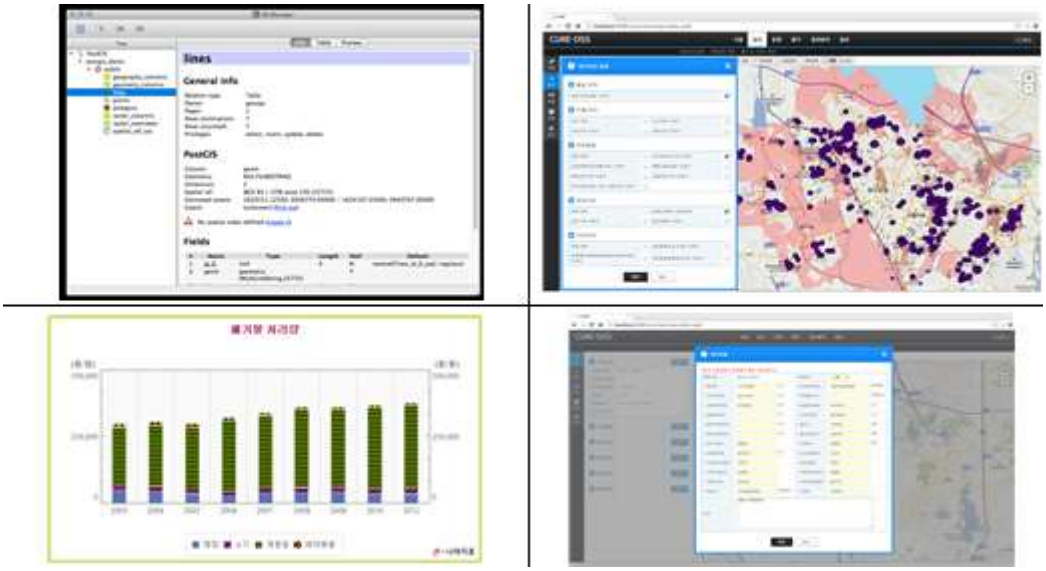
하수 처리시설, 우수 처리시설 등 6종류에 대한 도시 및 단지를 설계할 때 각 과정별 고려하여야 할 사항을 체계적으로 기술함으로써 설계자가 활용 가능하도록 함.

나. 상기 각 시설별 규모 및 처리 방식 결정에 대해 체계적으로 기술하여 설계자 및 담당 공무원이 활용 가능하도록 함.

다. 상기 각 시설별 입지 결정에 대해 체계적으로 기술하여 설계자가 활용 가능하도록 함.

라. 상기 각 시설별 운영 및 관리방안에 대하여 설계자 및 담당 공무원이 활용 가능하도록 함.

마. 개발된 CURE 소프트웨어와 연계 활용이 가능하도록 시스템 구축



[그림 3.1] CURE 소프트웨어 실행 화면 캡처 예시



[그림3.2] CURE 가이드라인 적용개념 예시

제 3절 주요 연구성과(학술적 성과 및 기술적 성과)

1. 학술적 성과

CURE 소프트웨어 및 가이드라인은 탄소 및 비용 저감과 폐기물 및 폐 에너지 부산물의 재활용을 통한 저탄소 저비용의 자원순환형 도시 폐기물 처리 시스템 관련의 본격적인 거의 세계 초유의 연구로 다음과 같은 학술적 의미를 지닌다.

가. 7대 주요 폐기물 및 폐에너지 처리 시설들에 대한 건설 및 운영비용, 입지, 규모산정, 시설 용량 산정, 에너지 사용량, 탄소 배출량, 부산물 재활용 등에 대한 국내현황 기반 광범위한 데이터베이스 구축과 이를 이용한 각 항목별 예측 모델식의 도출

나. 이러한 데이터베이스를 활용한 탄소저감을 지향하는 자원순환형 폐기물 처리시설 구축 및 운영 최적화 대안 평가체계의 도출과 소프트웨어 개발

다. 연구과정에서 다수의 국내외 저널 논문, 학술대회 논문 출간을 통한 학문적 성과 공유

2. 기술적 성과

CURE 소프트웨어 및 가이드라인은 또한, 다음과 같은 기술적 의미를 지닌다.

가. 7대 주요 폐기물 및 폐에너지 처리 시설들의 국내현황 기반 데이터베이스를 이용한 각 평가지표별 추정 모델식 도출을 위한 적정 회귀분석 방법 개발과 테스트베드 시험 평가를 통한 효용성 검증 방식 수립

나. CURE 소프트웨어 개발상에서 GIS 시스템과 웹기반의 유저인터페이스를 통한 사용자 접근성 확대와 이해하기 쉬운 입출력 인터페이스 구현

다. CURE 소프트웨어의 경우 향후 타 시스템과 연동이나 통합을 위한 API 제공

제 4절 기술 실시 및 적용사례

자원순환형 도시계획 지원을 위해 개발한 CURE 소프트웨어와 CURE 가이드라인의 테스트베드 평가 시행과 관련하여 공식 테스트베드인 수원 지자체를 대상으로 4가지 폐기물 처리 및 폐 에너지 회수시설들에 대한 도시 전체 혹은 단지 레벨의 설치 및 운영 대안들에 대한 CURE 소프트웨어와 가이드라인의 활용평가를 수행하였음. 추후 이를 통해 국내 및 국외 도시 개발 및 계획 때 프로토타입 모델로서 프로젝트 수주나 기술이전 등의 기회 마련에 활용이 가능할 것으로 예상됨.

제 5절 기술개발 성과의 국내외 시장 전망

자원순환시설의 건설, 운영에 관한 비용과 탄소발생량을 체계적으로 평가할 수 있는 최초의 시스템 개발로 국내외 신도시설계와 기존 도시의 평가에 활용함으로써 이 분야에 새로운 시장 개척이 가능

1. 도시계획 기획단계에서 정부의 녹색성장정책, 기후변화종합기본계획, 국가에너지기본계획 등 친환경 및 탄소저감 관련 정책과 관련하여 도시별 미래상, 비전 및 수립 목표를 구체화 시키는데 활용 가능하며. 예로, CO_2 감축 목표를 제시할 때 감축기간과 감축량을 현실적으로 제시할 수 있으므로 이러한 분야에 새로운 시장 개척
2. 지자체 및 관련 기관이 도시를 운영할 때 도시 재생 관점에서 도시의 자원 재활용의 상황을 분석하고 보완점을 파악하여 도시 관리 효율성을 높이는데 활용함으로 이 분야 시장 개척 가능
3. 추가적으로 민간섹터의 폐기물처리 영역 유관기관이나 민간회사와의 기술실시협약 등을 토대로 탄소배출량거래 및 탄소배출 저감 대안 및 관련시설의 효율성 평가, 혹은 자문과 관련된 엔지니어링사, 컨설팅사 등 유관 민간섹터에서의 활용은 물론, 자원순환 및 탄소배출 저감을 극대화하려는 글로벌한 추세에 발 맞추어 학계 및 연구소 등으로 확산중인 교육 및 연구지원용 소프트웨어 플랫폼으로의 활용을 비롯한 멤버쉽 기반 유료화 서비스를 제공
4. 구체적으로 사업화 가능 영역들은 다음과 같음.

가. 개별 시설물 내부의 탄소 발생 및 저감 프로세스에 대한 노하우를 가진 기업 혹은 조직과의 전략적 제휴를 통해, 개별 시설물 레벨에서 도시 레벨까지 다룰 수 있는 제품을 생산함으로서 시장의 다양한 스펙트럼에 능동적으로 대응할 수 있는 체제 구축
나. 폐기물 발생량 예측 프로그램으로 '환경기초시설 업성평가' 때 활용
다. 폐기물처리시설의 시설용량 및 입지선정 등에 대한 의사결정지원 실용화
라. 폐기물 발생량 감량화를 위하여 구체적인 감량화 지표(도시특성요소) 설정 등에 기여하는 방향으로 실용화
마. 개별 시군구 업무 담당자들의 예산 수립 및 공간계획 수립 때 계량적인 의사결정 정보제공 시스템
바. 지자체의 도시 변화를 고려한 자원순환도시 중·장기계획 수립을 지원하는 의사결정지원 모델로서 실용화
사. 폐기물 발생지와 처리시설의 관계를 네트워크 분석하여, 폐기물 처리시설 각각의 서비스지역(처리권역)을 조정하는 방식의 의사결정지원 실용화
아. 사용자가 반복적으로 자원순환 도시계획을 평가할 수 있고, 그 결과를 기존 시설과 비교 평가할 수 있도록 비교 분석 기능 지원
자. 솔루션 교육 서비스와 같은 도시계획 기술사 등의 폐기물 입지 처리 관련 전문 인력들을 대상으로 하는 체계적인 교육

5. 기타 실용화 가능성은 다음과 같음.

가. 탄소증감과 관련한 개별시설물 내부의 Product/Process 시스템 개발 사업자들에게 데이터베이스 판매 및 컨설팅 가능
나. 폐기물 발생에 대한 연구를 특화하여 상품화 모색
다. 공공부문의 폐기물처리 SI 사업에 컨설팅 및 솔루션 제공 검토

라. 민간부문의 개별 시설물 ERP 솔루션에 탄소모듈 제공 검토
마. 폐기물 처리시설의 법적, 제도적 도시(입지)계획 지침을 컴퓨터 알고리즘적으로 체계화하여, 입지관련 공공 및 민간 서비스시장에 단행본서적 형태로 제공 검토
바. 스마트시티 건설시장에 탄소기반 입지모듈 제공 검토

제 4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

연구개발 최종목표의 달성도는 <표 4.1>, <표 4.2>와 같다. 정석적성과의 경우, 대부분의 연구가 최종 마무리 단계에 있으며, 이는 최종보고서 제출이전에 모두 마무리가 될 예정이다. 정량적성과의 경우, 학술지게제 논문을 제외한 모든 성과를 100 퍼센트 달성하거나 초과하여 달성하였다. 학술지게제 논문의 경우 달성도가 목표치의 약 80 퍼센트이나, 게재된 논문의 50 퍼센트가 넘는 10편의 논문이 SCI급 논문이다. 부족한 논문은 추후 더 업데이트 될 것으로 판단된다.

연구개발 최종목표의 달성도 <표 4.1>

구분	연구목표	연구성과	달성도 (%)
		정성적 성과	
최종목표	○ 자원 순환 체계 구축을 위한 도시계획지원 시스템 개발	- CURE 소프트웨어 및 가이드라인 완성 및 효용성 확인	100
1 주제	○ CURE 소프트웨어 개발	- CURE 프로토타입 관련 기준 모델, 관련통계 혹은 사례 프로젝트 분석 - 자원순환형 도시 성능평가 지표 모델 분석 - CURE Model 연구 로드맵 작성 - CURE Technology 관련 기존 특허, 선행연구 및 기술선별 - CURE Technology 연구 로드맵 - CURE Design Support System 개발 요건 분석 건수 - CURE Design Support System 개발 상세 로드맵 - 자원순환 관련 선별 시설군 Product/Process 모델 도출 - 자원순환 관련 선별 시설 성능 지표계산 방식 도출 -자원순환 관련 선별 시설 Product, Process, 성능 지표 계산관련 자료 데이터베이스 구축 - 자원순환형 도시설계 지원 시스템 상세요건/구조 분석 - 설계평가용 Mock-Up SW 도출 - 자원순환형 도시설계 대안평가 및 통합플랫폼 연계 모델 도출 - 자원순환시설 분석, 평가, 성능 극대화 관	100

구분	연구목표	연구성과	달성도 (%)
		정성적 성과	
		련 데이터베이스 업그레이드 - 소프트웨어 개발을 위한 DB, GIS, 인터페이스 통합시스템 구축 - 자원순환형 도시시설 및 프로세스 통합 모델 도출 - 자원순환성 극대화 모델 도출 - 자원순환도시시설 대안 및 성능극대화 관련 자료 데이터베이스 구축 - 통합플랫폼 연동버전 소프트웨어 도출 - 개발 소프트웨어 업그레이드 버전 도출 - 개발 소프트웨어 실제도시 적용 효용성 분석 - 소프트웨어 매뉴얼 작성 - 소프트에어 실용화 및 유지관리 방안 도출	
2 주제	○ CURE 가이드라인 개발	- CURE Design Prototype 관련 문헌, 법제도 및 관련사례분석 건수 - CURE Design Prototype 연구 로드맵 - 자원순환시설 설치 및 운영 기준기준 도출 - 자원순환시설 설치/운영 알고리즘 및 성능지표 평가용 상세자료 데이터베이스 구축 - 자원순환형 그린 커뮤니티 관련시설 설계 및 운영 지침 도출 - 그린 커뮤니티 관련 지침 도시특성별 적용 가이드라인 도출 - 자원순환시설 설계 및 운영 알고리즘 및 평가 DB 업그레이드 - 그린 커뮤니티 설계/운영 지침 업그레이드 - 그린 커뮤니티 설계/운영 지침 테스트베드 적용방안 도출	100
3 주제	○ 테스트베드 적용 및 글로벌 확산 전략	- CURE TestBed 구축요건 분석 건수 - CURE TestBed 로드맵 작성 - 테스트베드 상세 요건 및 대상지 현황 검토건수 - 자원순환도시시스템 테스트베드 적용 타당성 검토 - 테스트베드 내 시설 구축 및 운영 초기 계획서 도출 - 테스트베드 자원순환성능 극대화 방안 도출 - 테스트베드 구축 및 운영 대안 평가 분석 - 테스트베드 기본 마스터플랜 도출 - 테스트베드 적용 시설/프로세스 대안 평가 - 자원순환도시 테스트베드 적용 모델 도출 - 자원순환도시시스템 도시 특성별 적용 모델 도출 - 테스트베드 성능예측평가 및 실제 구축 조직 및 상세계획 수립 - 테스트베드 글로벌 확산전략 도출	100

〈표 4.2〉 연구개발 정량적 연구성과 달성도

구분	연구목표	정량적 연구성과		달성도 (%)	비고
		성과	달성/목표		
최종목표	○ 자원 순환 체계 구축을 위한 도시계획지원 시스템 개발	특허 출원 및 등록	9/5	180	등록 3건
		학술지 게재	21/24	88	
		학술대회 논문 게재	31/25	124	
		인력양성	9/4	225	
		소프트웨어 등록	0/1	0	등록신청 완료
		포상	1/0	-	
1 주제	○ CURE 소프트웨어 개발	특허 출원 및 등록	9/5	120	등록 3건
		학술지 게재	16/18	89	
		학술대회 논문 게재	21/19	100	
		인력양성	5/2	250	
		소프트웨어 등록	0/1	0	등록신청 완료
		포상	1/0	-	
2 주제	○ CURE 가이드라인 개발	학술지 게재	5/6	83	
		학술대회 논문 게재	10/6	167	
		인력양성	4/2	200	
3 주제	○ 테스트베드 적용 및 글로벌 확산 전략	-	-	-	

제 2 절 연구개발 성과의 효과분석

1. 연구개발 성과의 기술적 효과분석

가. CURE시스템 연구를 통해 개발된 기술 및 특허를 추후 실용화 할 수 있도록 기업과 상호 협력하여 사업화하는데 활용이 가능할 것으로 예상된다.

나. CURE 시스템의 고도로 통합된 소프트웨어 구조와 GIS+웹기반 인터페이스는 개발 시스템의 접근성과 사용성을 보장하는 데 크게 일조할 것으로 판단된다.

다. 향후 폐기물 처리 시설의 설치와 운영 대안 평가의 정량화를 가능케 함으로써 비용과 탄소를 저감하는 방식으로 도시 내에 자원순환시설을 구축하고 운영하는 데 필요한 기술적 도구를 제공할 수 있게 되었다.

2. 연구개발 성과의 경제적 효과분석(시장창출, 고용창출 등)

가. CURE 소프트웨어와 가이드라인을 활용하여 도시나 단지 레벨 혹은 광역권의 폐기물 처리 및 폐에너지 회수 시설들을 계획하고 운영하게 되면 건설 비용, 운영 비용, 탄소 배출 저감 및 부산물 활용을 통한 확실한 경제적 이익을 기대할 수 있고 이러한 경제효과를 정량적으로 판단할 수 있다.

나. CURE 소프트웨어와 가이드라인은 따라서 관련 시장 확대와 자원순환형 도시 구축에 따르는 고용창출 효과를 지원할 것이다.

3. 연구개발 성과의 정책적 효과분석

국토계획에서부터 기초지자체의 도시계획에 이르기까지 도시 기본계획 수립지침에 반영하여 자원순환형 첨단도시 개발을 촉진하는데 활용 가능하다.

제 5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제 1절 향후 활용방안

이 연구의 최종 성과물로 개발된 CURE 1.0 시스템은 전세계적인 문제인 지구 온난화를 포함하는 기후변화에 대응하기 위하여, 각별히 폐기물 처리 및 자원순환의 영역에서, 도시 내 탄소배출저감 및 관련 시설의 건설 및 운영비용저감을 목적으로 하며, 이를 국토의 이용 및 계획 차원에서 도시공간에서 실현하기 위하여 자원순환형 도시계획에 대한 유관시설의 구축 및 운영관련 의사결정을 소프트웨어 측면에서 지원하려는 지극히 공공적인 성격을 내포하고 있다. 본 용역이 갖는 공공적 성격에 기반하여 향후 활용에 있어서도 주된 예비고객은 중앙정부기관(국토교통부, 환경부 등)과 지방자치단체(도시계획 및 환경 담당부서)가 될 것이며, 두 번째는 도시개발과 도시관리 업무를 수행하는 각종 관리공단 및 공사 등이 될 것이다. 그 외 폐기물처리시설 등 환경기초시설 설치에 관련된 환경플랜트 설계회사, 도시설계 엔지니어링회사, 건축설계사무소, 건설회사 등이다.

공공분야는 주로 폐기물처리시설의 입지와 규모 결정과 연계한 정책을 수립할 때 예측가능한 민원에 합리적으로 대응할 수 있으며, 민간영역에서는 기존 수작업으로 진행하던 계획수립과정에서의 투입인력, 시간, 비용 등을 저감하는데 기여할 수 있다.

① 정부기관인 국토교통부와 환경부, 각종 지방자치단체의 폐기물처리시설 설치 시, 환경부가 주관하는 폐기물처리시설최적화계획의 중권역(Testbed 수원시를 포함한 수원시·오산시·화성시)에서 폐기물처리시설의 입지 및 규모 등을 결정하는 경우 합리적인 의사결정을 지원함

② 각종 지방자치단체의 폐기물처리시설 설치를 대행하는 한국환경공단 및 연구기관(토지주택공사연구원, 수원시정연구원, 경기개발연구원 등)에서 타당성검토 등의 평가를 할 때 활용하거나, 지자체간 또는 단일 지자체의 폐기물처리권역을 조정하는 등 주민민원에 합리적으로 대응하기 위한 근거로 활용함

③ 폐기물처리시설 등 환경기초시설 설치에 관련된 환경플랜트 설계회사, 도시설계 엔지니어링회사, 건축설계사무소, 건설회사 등에서 폐기물처리시설 설치를 위한 계획수립시 계획수립기간 단축, 시설의 입지 및 규모에 따른 다양한 비교평가를 통해 전문기관의 투입인력과, 시간 및 비용 등을 저감할 수 있도록 지원함

본 연구의 최종성과물인 CURE Software의 활용하기 위하여 공공영역에 해당하는 LHI 토지주택연구원, 수원시정연구원, 수원시 환경사업소 등과 간담회, 설명회를 개최하고, 향후 활용을 위하여 기술실시계획을 협상중이다. 소프트웨어 개발업체(1차적으로 공동연구기관으로 참여하고 있는 D&C Soft)와 개별 도시 또는 도시군의 해당 상황에 적합한

기능을 발휘하게 최적화가 가능하도록 소프트웨어의 확장성을 보완하여 민간영역에도 판매할 수 있도록 할 것이다. 또한, CURE 시스템이 목적으로 하는 자원순환 관련 시설들의 탄소배출 및 구축과 운영비용을 포함하는 예측성능의 지속적인 업그레이드를 통해 시스템의 예측 신뢰도가 보다 업그레이드될 경우, CURE 시스템은 도시 내 폐기물처리시설 기획, 설계, 구축, 운영, 증설 및 폐기의 전 생애주기 단계들에 걸쳐 다양한 시나리오들에 기반한 대안들의 정량적 평가를 통한 다양한 대안선정 과정의 효율을 획기적으로 높이는 일을 가능하게 함으로써, 엔지니어링사, 컨설팅사, 폐기물 처리시설 구축 및 운영 관련 기업들이 수행하는 관련 프로젝트들의 성공과 이를 담보하는 효과적인 대안 창출을 가능하게 할 것이며, 이러한 측면에서, 민간분야에서의 CURE 시스템의 활용 확산 및 상용화의 가능성 또한 공공분야 못지않게 잠재적으로 매우 클 것으로 판단된다.

제 2절 추가 연구 필요성

자원순환 시설에 대한 비용 및 탄소 배출량 예측에 대한 평가 시스템 CURE Software를 개발하기 위한 본 연구는 세계 최초로 수행된 과제이다. 5년간 연구를 통하여 평가 Software를 개발하였고, 객관성을 확보하기 위해서 수원시를 Testbed로 적용하여 검증해왔다. 그러나 이를 다양하게 활용하고 상품화를 위해서는 앞으로 더 많은 지자체에 대한 검증과 환경부에서 지향하는 폐기물처리시설 최적화권역 각각의 수요에 부응하는 최적화 과정이 필요하다. 예를 들면 특정한 중권역(수원시, 오산시, 화성시)에서 향후 폐기물처리시설 최적화와 관련한 의사결정을 지원하기 위하여, 각 지자체별 최신 통계자료와 목표연도의 폐기물발생량 등을 수치로 입력하는 과정이 CURE software 최적화를 의미한다. 다양한 규모의 지자체를 대상으로 검증이 완료되고 객관성이 입증되는 시점에서 객관성과 확장성이 검증된다면, 해외시장을 포함한 민간시장에 판매가능한 Software가 될 수 있을 것이므로, 판매가능한 Software로서 객관성 입증 및 확장성을 갖추기 위하여 추가 연구가 필요하다.

④ 환경부와 국토교통부 정책에 부응하기 위하여 환경영향평가 항목들 및 녹색건축 가이드라인과 연계성, 환경기초시설 에너지자립률, 자원순환기본법 제정·공포에 따른 '폐기물처분분담금'(소각·매립세)가 도입되는 등 정부시책 변화에 대응하기 위한 추가연구가 필요함

⑤ 국내·외 폐기물처리권역별 특수성(인구구조, 주거건축물의 유형, 음식문화 등)을 검증하고 도시특성요소 통계, 폐기물발생량 등을 고려한 계획지표로 탄소배출량, 저감목표량, 자원순환성 등을 보완하는 등 해외시장을 염두에 둔 CURE software 확장성 확보 및 해외 Testbed 계획지표를 검토하는 추가연구가 필요함

⑥ 인구감소 시대에 돌입했음을 고려하여 시설용량 증대가 아닌 반대의 상황으로서 기존 시설들을 선별하여 운영을 중지하는 상황이 발생할 수 있다. 기존 시설폐쇄 및 대수선을 통한 용량감소 등 도시변화에 대응하여 자원순환도시의 시나리오를

다양하게 갖추는 추가연구가 필요함

⑦ 기 제시된 매뉴얼과 가이드라인들을 사용자가 친숙하게 활용할 수 있도록 사용자 유형별로 필요한 핵심만 간추린 이용주체별 요약본을 만들거나, 만화나 아이콘을 활용하는 인포그래픽을 적극도입하여 CURE software 활용자들을 위한 진입장벽을 없애는 방향으로 추가연구가 필요함

⑧ CURE software 내부에 적용된 다양한 모델식을 해외시장을 염두에 두고 해외의 database 구축과 모델식을 개발하고, 현재 평가중인 시설 이외에 재활용품 수집 및 분류시설, 지하 Pipe를 이용하여 폐기물수송하는 방식 등 다양한 영역에 관한 추가연구가 필요함

⑨ 향후 환경부, 환경공단 등 환경관점에서 본 CURE software에 관한 보완연구들을 추진하여 도시계획과 환경계획 두 영역을 융복합한 자원순환형 도시계획에 관한 의사결정지원시스템이 구축된다면, 이를 제도화하는 추가연구가 필요함

참고문헌

- 한국자원재생공사, 폐기물의 최적처리를 위한 컨설팅체계구축 방안, 2003.
- 배재근, 폐기물처리공학, 구미서관, 2004.
- 정평기, 서종원, 임종권, 확률적 LCC 분석기법을 활용한 수도시설물의 설계 VA모델에 관한 연구, 한국건설관리학회, 제 5권, 제 2호, pp.181-193, 2004.
- Young Woon Kim, Jun Beum Kim, Yong Woo Hwang, Ji Hyoung Park, Economic Analysis and CO2 Emissions Analysis by Circulating the Industrial Waste Resource between Companies, CLEAN TECHNOLOGY, Vol. 18, No. 1, pp. 111~119, 2012.
- 문진영, 기존 하수처리장 개조를 전제로 한 황이용 탈질 프로세스의 개발과 전과정 탄소 배출량 평가, 인하대학교 대학원 박사학위 논문, 2011.
- (재)한국스마트그리드사업단, http://www.smartgrid.or.kr
- 김기환 (2006) 이산화탄소 배출저감을 고려한 콘크리트 구조물의 환경설계에 관한 연구, 석사학위논문
- solarcube, http://www.solarcube.co.uk
- 한국중부발전, 해외지열사업 전개안, 2008
- 문화시민운동중앙협의회, http://www.bkm.or.kr
- 국내 최초로 하수 처리수 재이용 '녹색송도', 동아일보, 박희제, 2010
- 재생연료를 활용한 열병합 발전 기술, 휴다임, 제4회 Eco-Forum 런치세미나
- 소각시설 폐열 재이용, ㈜코엔텍
- 고양시, 고양시 폐기물처리 기본계획 수립 연구 보고서, 2011.
- 환경부, 환경관리공단, 2011 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2012.
- 환경부, 환경관리공단, 2011 지정 폐기물 발생 및 처리현황, 2012.
- 환경관리공단, 2011년도 기준 폐기물 재활용실적 및 업체현황, 2012.
- 환경부, 환경관리공단, 2011년 기준 환경산업통계조사보고서, 2012.
- 정해상, 소수력발전기술, 일진사, 2013.

- 타쿠마환경기술위원회, 쓰레기 소각기술, 씨아이알, 2013.
- 온실가스에너지 적산센터, 온실가스 에너지 적산실무 1,2, 이담북스, 2012.
- 배재근, 폐기물 처리공학, 구미서관, 2005.
- Jewel A. Capunitan, Sergio C. Capareda, Characterization and separation of corn stover bio-oil by fractional distillation, FUEL, Vol. 112, pp. 60~73, 2013.
- Jena L. Thompson, Wallace E, Tyner, Corn stover for bioenergy production: Cost estimates and farmer supply response, BIOMASS & BIOENERGY, Vol. 62, pp. 166~173, 2014.
- Xu Zhao, Lijuan Wang, Xuebin Lu, Shuting Zhang, Pretreatment of corn stover with diluted acetic acid for enhancement of acidogenic fermentation, BIORESOURCE TECHNOLOGY, Vol. 158, pp. 12~18, 2014.
- Yunan Chen, Liejin Guo, Wen Cao, Hui Jin, Simao Guo, Ximin zhang, Hydrogen production by sewage sludge gasification in supercritical water with a fluidized bed reactor, INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, Vol. 38, No. 29, pp. 12991-12999, 2013.
- Jose Corella, Maria-Pilar Aznar, Javier Gil, Miguel A. Caballero, Biomass gasification in fluidized bed: Where to locate the dolomite to improve gasification?, ENERGY & FUELS, Vol. 13, pp. 1122~1127, 1999.
- C Franco, F Pinto, I Gulyurtlu, I Cabrita, The study of reactions influencing the biomass steam gasification process, FUEL, Vol. 82, No. 7, pp. 835~842, 2003.
- 국토교통부, "부동산 가격공시에 관한 연차보고서", pp.310-334, 2013
- KPI 물가정보, 2013
- 한국전력공사, "한국전력통계", 2010
- 한국석유공사, "석유제품 가격 통계", 2013
- 한국교통연구원 화물운송시장정보센터, "일반화물차량의 차종별 일평균 차량운행여건", 2012
- KPI 물가정보, "제조부문 노임단가 적용기준", 2013
- 한국교통연구원 화물운송시장정보센터, "일반화물차량의 톤급별 연비 및 운행속도", 2012
- 국토해양부, "시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인", 2011
- 한국석유공사, "석유제품 가격 통계", 2013
- 한국교통연구원 화물운송시장정보센터, "일반화물차량의 차종별 일평균 차량운행여건", 2012
- 건설교통부, 고품질 재생골재 생산기술개발 연구 보고서, 2006.
- 권영철 외, "환경비용을 고려한 폐콘크리트 재활용의 경제성에 관한 연구", 대한건축학회논문집, vol.16, pp.227-234, 2000
- 정종석, 이재성, 안양진, 이경희, 배기선, 전명훈, "폐콘크리트 재활용 방식에 따른 이산화탄소 발생량 분석," 대한건축학회 논문집 구조계, 2008-10, pp. 109-116.

- 권영철, 이관호, 이언구, “환경비용을 고려한 폐콘크리트 재활용의 경제성에 관한 연구,” 대한건축학회 논문집 계획계, 2000-12, pp. 227-234.
- 김태현, 차기욱, 홍원화, “순환골재 생산의 에너지소비량 및 CO2 배출 저감 가능성에 관한 연구,” 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2013-05, pp. 6-7.
- 하성균, 태성호, 김태형, “순환골재 생산에 따른 CO2 평가에 관한 연구,” 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2010-10, pp. 181-182.