T00711110

GOVP1200961269

건설교통 R&D 정책인프라사업 제3차년도 최종보고서

R&D/기반구축A05-01

Construction & Transportation R&D Report

건축자재 환경성정보 국가D/B 구축사업 최종보고서

2008. 6. 29

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
협동연구기관 / 한국인정원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업" 의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 06. 29.

주관연구기관 : 한국건설기술연구원
원장직무대행 우 효 섭
협동연구기관 : 한국인정원
원 장 양 진 석
: 친환경상품진흥원
원 장 이 상 영

■ 총 괄 연 구 책 임 자 /	선임연구원 채 창 우	주관 총괄
■ 주관연구기관 참여연구원 /	수석연구원 이 승 언	기능단위 설정
	수석연구원 이 윤 규	평가요건 정립
	연 구 원 정 영 선	프로그램 개발
	연 구 원 장 대 희	네트워크 연계
	연 구 원 박 은 미	프로그램 개발
■ 협동연구기관 참여연구원 /	수석연구원 안 재 선	인증제 도입
	선임연구원 이 보 삼	인증제 도입
	선임연구원 성 지 현	가이드 개발
	선임연구원 정 재 우	D/B 구축
	선임연구원 박 종 일	D/B 구축
	선임연구원 김 익	협동총괄
	연 구 원 권 은 선	D/B 구축
	연 구 원 최 유 나	D/B 구축
	연 구 원 허 준 혁	D/B 구축
	연 구 원 전 병 준	자료수집
	연 구 원 정 민 경	자료수집
	연 구 원 이 우 협	자료수집

요 약 문

Ⅰ. 제 목

건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 필요성

국내외적으로 건축자재의 생산, 사용 및 폐기 단계에서 소비되는 자원과 에너지는 막대한 양에 이르고 있으며, 이러한 과정에서 발생하는 환경영향에 대한 인식은 많은 건설관련 종사자들(설계자, 시공자, 공급자 등)로 하여금 건축물을 시공할 때 어떠한 건축자재 및 부품을 선택하는 것이 환경영향을 최소화 할 수 있는 방법인가에 대한 관심으로 이어지고 있다.

건축자재의 생산 및 사용에서 발생되는 환경부하를 줄이기 위해서는 환경영향의 발생 정도를 파악하는 것이 필요하며, 이러한 발생정도를 데이터베이스화 해 놓을 경우 관련된 재료나 부품의 환경영향 특성 평가와 함께 공정별 환경성능을 개선하기 위한 노력을 수행 할 수 있게 된다.

본 사업은 국내에서 생산되고 사용되는 대표적인 건축자재에 대한 환경성 정보를 구축하여 건축자재의 환경영향에 대한 정보를 정량화하고 건축물의 환경성능을 개선하기 위한 것으로써, 국제표준화기구에서 제안하는 방법을 이용하여 환경성정보 데이터베이스를 구축하고자 한다.

이러한 원칙으로 구축된 환경성정보 D/B는 건축자재산업의 친환경화를 유도할

뿐만 아니라 건축 산업 전반을 친환경적인 체제로 전환시키는 도구로 훌륭히 활용되어 건축부문이 기후변화협약에 효과적으로 대응하는 방편이 될 수 있을 것이다.

2. 연구개발의 목적

본 사업의 목표는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 건축자재의 환경성정보(LCI D/B) 국가 D/B 구축이고, 다른 하나는 건축자재의 환경성정보를 활용하기 위한 시스템 구축이다. 3차년도의 연구개발 목적은 다음과 같다.

(1) 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 관련 기술의 범위
- 건축자재 대상 cradle to gate LCA 수행
- 건축자재 환경성정보 수집을 위한 기능단위 설정
- 건축자재 환경영향평가 항목 선정
- 건축자재 및 시공 LCI D/B 22개 모듈 구축

(2) 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 대상 자재의 범위
- 건축물에 투입되는 자재 중 에너지 소비가 많은 자재
- 건축물에 투입되는 자재 중 이산화탄소 발생량이 많으며 투입빈도가 높은 자재
- 기존 연구결과에서 환경부하 발생이 높은 건축자재

(3) 건축자재 환경성 정보 활용시스템 구축을 위한 기술의 범위
- 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축
- 건축자재 및 건축물 LCA 소프트웨어 APESS 개발
- 구축된 D/B를 이용한 환경성 정보 인증제도(안) 도입

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1. 국내 LCA 방법론 간략화
   - 건축분야 LCA 방법론 간략화
   - 건축자재 전과정평가를 위한 환경영향평가 항목 선정

2. 22개 모듈에 대한 환경성정보(LCI D/B) 구축
   - 범용성 및 파급효과가 큰 건축자재 22개 모듈에 대한 D/B구축

3. 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축
   - 1·2차년도에 이어 건축자재 국내외 환경관련 정보
   - 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 배포 시스템 구축
   - 1·2·3차년도 LCI D/B 업데이트
   - LCA 교육자료 및 다양한 정보교류의 장 형성

4. 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 개발
   - 건축자재 및 건축물 LCA 소프트웨어 개발을 위한 해외사례 조사
   - 구축된 LCI D/B를 활용한 환경영향평가 가능하도록 소프트웨어 개발
   - 건축자재를 비롯하여 건축물 단계 환경영향평가

5. 건축자재 환경성정보 인증제도 구축
   - 국내 건축물 관련 인증제도 조사
   - 국외 환경성적표지에 의한 인증제도 조사

Ⅳ. 연구개발결과

본 사업의 목표인 건축자재의 환경성정보(LCI) 국가 D/B를 구축하는 것과 이를 활용하기 위한 체계를 구축하기 위해서 1·2차년도에 이어 건축자재 환경성정보 국가 D/B 추가 구축과 활용 시스템 체계를 구축하였다.

1. 건축분야 LCA 방법론 간략화 방안

건축분야에 적합하면서 LCI D/B를 구축하기 쉽도록 LCA 방법론 간소화 작업을 진행하였다.

2. 건축자재 환경성정보(LCI) 국가 D/B 구축

건축자재 환경성정보(LCI) 국가 D/B는 1·2차년도에 이어 22개 모듈을 추가 구축하여, 총 64개의 건축자재 모듈을 구축하였다.

3. 건축자재 환경성정보 활용시스템 구축

건축자재 환경성정보 활용시스템 구축은 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축, 건축자재 LCA 소프트웨어 구축, 건축자재 환경성 인증제도 구축을 위한 사전조사 등 3가지로 진행되었다.

건축자재 환경성정보 네트워킹 구축은 1·2차년도에 이어 시스템 업그레이드를 진행하였다. 환경문제와 건축자재 LCA 방법론에 대한 교육프로그램들을 추가하였다. 이는 사용자들의 이해와 접근을 돕기 위함이다.

건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 개발을 통해 구축된 LCI DB를 활용할 수 있는 기반을 마련하였다. 건축자재를 비롯하여 건축물 단위도 환경영향평가를 할 수 있는 기틀을 마련하였다.

LCI DB 구축과 LCA 소프트웨어 APESS개발과 더불어 국내 건축산업에 파급효과가 큰 건축자재 환경성정보 인증제도 도입을 위한 방안을 마련하였다.

건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축사업의 결과물은 64개의 건축자재 LCI D/B 모듈과 구축된 LCI D/B 모듈의 활용방안이다. 활용방안으로는 건축자재 환경성정

보 네트워크에 일반사용자를 비롯한 전문가의 자료 공유 및 LCA 교육, 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS의 다운, 건축자재 환경성 인증제도와의 연계가 이루어지게 된다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

1. 연구결과의 활용방안

(1) 건축자재 환경성정보 네트워크

전과정환경영향평가(LCA)는 건축분야 설계자·시공자·소비자·생산자에게 생소한 분야로 국가 LCI DB의 필요성, 방법론에 대해 공감을 얻기 위해 접근성이 높은 인터넷 웹사이트를 이용하도록 하였다. 건축자재 환경성정보 네트워크를 통해 건축자재 국가 LCI DB의 필요성을 비롯하여 LCA 방법론에 대한 교육 등을 통해 사용자의 이해를 돕고자 한다. 또한, 건축자재 LCI DB 공개와 APESS 프로그램을 공개하고자 한다. 이는 건축분야 생산자·설계자·소비자·사용자에게 건축자재의 친환경성을 정량적으로 판단하고 비교를 통해 환경부하가 적은 자재를 사용할 수 있도록 유도하기 위함이다.

(2) 건축자재 전과정평가(LCA) 소프트웨어

건축자재 환경성정보(LCI) D/B로 전과정환경영향평가(LCIA)를 실시하였다. LCA 프로그램에서는 선택 자재에 대한 환경영향평가 뿐 아니라 선택자재 이외 대체자재를 선택할 수 있는 기능을 통해 생산자·시공자·설계자·소비자가 좀 더 친환경적인 자재 선택을 돕기 위함이다. 환경영향은 특성화지수, 정규화지수를 비롯하여 국내 실정에 맞게 가중치지수를 부여하고 각 자재에 대한 총환경지수를 나타냈다. 사용자는 총 환경지수를 통해 건축자재에 대한 환경성을 평가할 수 있다. 또한 환경영향평가 항목은 전세계적으로 이슈가 되는 항목들로 재편성하였으며, 다음과 같은 비재생에너지자원, 수질오염, 지구온난화, 인체독성 4가지로 구성되었다.

(3) 건축자재 LCI DB

건축자재 생산 및 사용, 폐기 공정에서 환경개선을 위한 정량적인 데이터로 활용, 건축자재 LCA 프로그램의 기본데이터로 활용, 자재생산산업의 환경성능 평가 데이터로 활용, 기후변화협약 대응 건축물의 환경부하 저감을 위한 기본 데이터로 활용할 수 있다.

(4) 친환경 건축자재 인증제도(안)

ISO 14025에 의한 환경성적 표지제도를 건축자재에 대해 적용하기 위한 기본원칙(PCR) 기준 제정을 위한 국외 사례를 조사하였다. 이러한 국외 사례조사를 통해 건축자재에 대한 환경성선언이 진행방향을 살펴보았으며, 건축자재 환경성선언(Type Ⅲ) 인증제도 시범실시 및 확대방안 마련을 위한 초석을 마련하였다.

(5) 인증제도 및 EMS

건축자재 환경성능 인증제도(안) 시행의 기초자료로 활용, 건설업체 환경경영체제 구축을 위한 기본 정보로 활용하기 위한 가이드라인을 제공하였다.

2. 건축 산업에 미치는 파급효과

본 사업의 연구결과는 크게 건축자재의 전과정평가를 수행하기 위해 각 자재군별로 필요한 수행 룰과 건축자재의 환경성정보의 네트워킹, 건축물 및 건축자재의 특성을 반영한 소프트웨어의 개발, 건축자재의 LCI D/B 및 인증제도(안) 제시로 예상 할 수 있다. 본 사업이 성공적으로 수행된다면 건축자재 산업의 각 공정에 대한 환경성정보를 규명할 수 있고, 그에 따라 자재생산업체 자체의 공정개선 노력을 위한 유용한 정보를 제공과 더불어 관련 환경산업 및 건설산업의 기술개발에 대한 파급효과를 유도할 수 있다. 또한, 건축생산과 관련하여 설계자나 시공자가 환경적으로 우선하는 건축자재를 사용하도록 유도함으로써 건축생산 현장의 환경성을 제고하며 유사 자재별로 환경성 개선 노력을 유발시켜 지구환경적인 측면과 소비자 건강 측면에서 성능이 향상된 자재의 개발과 사용을 촉진할 수 있을 것이다.

또한, 본 사업에서 개발되는 자재군별 전과정평가 수행룰은 ISO TC59 SC17에서 수행중인 '건축제품의 환경선언(Environmental Declaration of Building Products)'의 후속작업으로 예상되는 PCR(Product Category Rules)과 관련된 규격을 개발하는 데에 우리나라 의견으로 제안할 수 있고, 국제규격 작성에 적극적으로 반영하여 국내산업의 국제위상을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 개발된 LCI D/B는 산업자원부와 환경부에서 개발 중인 국가 LCI D/B와 공유를 할 수 있어, 환경부 및 지식경제부(구. 산업자원부) 유관 산업에 정보제공을 통한 환경성 개선 파급효과가 기대된다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

National D/B for Environmental Information of Building Products

Ⅱ. Objectives and Necessities of the Study

1. Necessities of the Study

Consumption of resource and energy affects the environment during stages of manufacture, use and disposal of building products' lifecycle, and recognition about environmental impacts during the stages brings the stakeholders to consider the best way to minimize environmental impact for choosing building products and elements during the construction(Stakeholders are designer, builder and supplier, etc.).

It is needed to reduce environmental load during manufacture and use stage of building products, and environmental information D/B makes it possible to assess environmental impacts and improve environmental efficiency in each stage.

This study is to quantify and systemize the environmental information of building products and environmental efficiency improvement of the building through developing Life Cycle Inventories of frequently used building products in domestic, using methodology suggested by ISO.

Environmental D/B which is established by above principle leads green building products and is able to be usded as countermeasure for actions against Climate Change.

2. Objectives of the Study

2 kinds of objectives are possible to this study. The first is for Establishing National LCI DB of building products, and the second is constructing a system to utilize environmental information of building products. The 3rd year's objectives are following.

(1) Technologies for establishing National LCI DB of building products
- Performing 'cradle to gate LCA'
- Establishing functional unit to collect environmental information of building products
- Selecting environmental assessment items of building products
- Establishing 22 LCI D/B modules of building products and constructions.

(2) Criteria to select products for establishing National LCI DB
- Building products which comsume enormous energy during life cycle
- Building products which emit enormous Co2 and have high input frequency
- Building products which have high environmental load from existing studies

(3) Technologies to establish utilizing system for National LCI DB of building products
- Establishing environmental information network of building products.
- Developing APESS which is an LCA S/W for building products and the building.
- Introducing environmental information certification system by established D/B

Ⅲ. Contents and Scope of the Study

1. Simplifying domestic LCA methodology
- Simplifying LCA methodology of building field
- Selecting environmental assessment items for LCA of building products

2. Establishing 22 LCI D/B modules
- Establishing 22 LCI D/B modules of building products which have wide usage and huge affect.

3. Establishing environmental information network of building products
   - Domestic and oversea environmental information of building products continued from the 1st and 2nd year's studies.
   - Establishing distributing system for APESS which is an LCA S/W of building products.
   - Updating LCI D/B of the 1st, 2nd and 3rd year's
   - Preparing opportunities of LCA education data and various information

4. Developing APESS which is an LCA S/W of building products
   - Case study for developing LCA S/W of building products and the building.
   - Developing S/W which is possible to perform environmental assessment by utilizing established LCI D/B
   - Environmental assessment of building products and building stages.

5. Establishing a certification system for environmental information of building products
   - Surveying domestic certification systems of the buildings.
   - Surveying oversea certification systems of environmental record label

Ⅳ. Results of the Study

It has established national environmental information D/B of building products and utilizing system linked with the 1st and 2nd year's to establish additional national LCI D/B of building products and utilizing system.

1. Simplifying method for LCA methodology in the building sector

It has performed simplifying LCA methodology feasible to the building sector and developed LCI D/B establishment.

2. Establishing National Environmental Information D/B of building products

A total of 64 modules of building products are developed including 22 additional modules for the 3rd year project.

3. Establishing an application system for environmental information of building products.

Establishing an application system for environmental information of building products has performed by 3 ways as a network establishment, development of an LCA S/W and suggestion of a certification system.

System upgrade of network for environmental information of building products has peformed succeeding the 1st and 2nd year projects. Education webpages for environmental problems and LCA methodology of building products have been added. It is to help users' understanding and approach.

Basis to established LCI D/B has been prepared by developing APESS which is an LCA S/W of building products. Opportunity to assess environmental impact of building products and the building unit has been prepared.

A scheme to introduce environmental information certification system has been prepared with establishing LCI D/B and developing APESS, the LCA S/W.

The outcomes for National Environmental Information D/B Establishment of building products are 64 LCI D/B modules and applications for established LCI D/B modules. As application, sharing data, LCA education, downloading APESS S/W and connecting with environmental certification system of building products are possible.

V. Future Studies

1. Future Studies

(1) Environmental information network of building products

The website is supplied for national LCI D/B because LCA is not familiar to designer, builder, consumer and manufacturer of building sector. It is to help user's understanding by providing education materials for national LCI D/B of building products and LCI methodology. Also, LCI D/B and APESS S/W has

been released. It is to lead low environmental load products by quantitative decision and comparison for designer, builder, consumer and manufacturer.

(2) LCA S/W of building products

LCIA has been performed from LCI D/B of building products. Designer, builder, consumer and manufacturer are able to select more environmental products from LCA S/W which is feasible to assess selected products and select alternative products. Total environmental index for each product is presented by characterization, normalization and weighting. Users are able to assess environmental impacts of building products by total environmental index. Also, environmental impact assessment items are reorganized as global issues, and it is organized as non-recycling energy resource, water pollution, global warming and toxicity.

(3) LCI D/B of building products

It is possible to be utilized as quantified data for environmental improvement during manufacturing, using and demolition procedure. Basic data for LCA program of building products, Environmental Assessment data for manufacturing industry, and basic data for environmental load reduction of the building could be used for the actions against Climate Change.

(4) Environmental certification system of bulding products

Oversea case study has been performed for PCR establishment to apply Environmental Product Declaration by ISO 14025. Overseas's EDP program has been progressed so far in the case studies and fundamental data have been provided into the market for TYPE Ⅲ Certification System.

(5) Certification system & EMS

A Guideline for environmental performance certification system of building products and environmental management system has been provided.

2. Extending effect on building industry

The results of this study are expected to be used as tools for stakeholders to perform LCA of building products, connecting environmental information network, using S/W and LCI D/B of environmental building products. A certification system with a national level could be suggested near future. Also, developing and using improved products are possible to make it easier for desingers and builders to choose and apply environmental building products.

Therefore, an LCA performing rule by each product category is possible to be suggested as a Korean PCR(Product Category Rules) which succeeds to Environmental Declaration of Building Products by ISO 21930 (ISO TC59 SC17), and it is possible to increase international position of Korean industry. Also, environmental improving effect is expected by supporting information to associated industries of Ministry of Knowledge and Economy and Ministry of Environment because developed LCI D/B has common rules as national database sharing same methodologies from Ministry of Knowledge and Economy, and Ministry of Environment.

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1
1.1 연구개발의 필요성 ····· 1
1.2 연구개발의 목적 ····· 9
1.3 연구내용 및 범위 ····· 12
1.4 연구개발 결과 ····· 13

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· 16
2.1 국외 관련 기술개발 현황 ····· 16
2.2 국내 관련 기술개발 현황 ····· 24

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 30
3.1 국내·외 동향 분석 및 평가 대상 자재의 선정 ····· 30
3.2 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)개요 ····· 43
3.3 건축자재 환경성정보 구축을 위한 LCA 수행지침 ····· 51
3.4 64개 모듈에 대한 LCI D/B 구축 ····· 70
3.5 건축자재 LCA 프로그램 개발현황 ····· 82
3.6 건축자재 및 건축물 환경성평가 프로그램 APESS ····· 97
3.7 국내·외 환경성정보 네트워킹 구축현황 ····· 133
3.8 건축자재 환경성정보 네트워크 ····· 151
3.9 친환경 건축자재 인증제도 도입 방안 연구 ····· 159

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 192
4.1 당해연도 연구목표 ····· 192
4.2 연구목표의 달성도 ····· 193
4.3 관련분야 예상 기대효과 ····· 196
4.4 연구성과 - 1, 2, 3차년도 최종 ····· 199

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 210
5.1 연구결과의 활용방안 ····· 210
5.2 건축 산업에 미치는 파급효과 ····· 214

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 216
6.1 ATHENATM v2.0 ····· 216
6.2 건축 자재 LCA ····· 216
6.3 국제시장에서 건축자재에 대한 환경성 선언 기준(PCR) ····· 217
6.4 제3차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의 ····· 217
6.5 GEDnet 세미나 및 회의 ····· 220
6.6 제4차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의 ····· 221
6.7 제5차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의 ····· 224
6.8 ISO TC59/SC17 WG5회의 ····· 227
6.9 BRE Innovation Park(영국의 지속가능주택 시범단지) ····· 228
6.10 ECO DESIGN ····· 230

제 7 장 참고문헌 ····· 231

Ⅰ. (첨부) 자체평가 의견서 ····· 234
Ⅱ. 연구개발 실적 ····· 235
Ⅲ. 종합의견 ····· 236

부 록
1. LCI DB 구축 보고서
2. LCI DB Layout
3. LCI DB

별책부록
1. 건축자재 환경성(LCI) DB 목록
2. 건설분야 전과정평가 수행지침
3. 건설업을 위한 환경경영시스템 가이드
4. 건축자재 및 건축물 환경성평가 소프트웨어 -APESS-
5. APESS 프로그램 CD

그 림 목 차

[그림 2.1.1] UNEP-SETAC Life cycle initiative 홈페이지 ····· 18
[그림 2.1.2] 일본-JEMAI LCA 홈페이지 ····· 19
[그림 2.1.3] 스위스-Eco Invent LCI D/B ····· 20
[그림 2.1.4] 미국-NREL LCI D/B ····· 20
[그림 2.2.1] 환경부- TOTAL ····· 25
[그림 2.2.2] 산자부-PASS ····· 25
[그림 3.1.1] 전체산업 중 건설부분 이산화탄소 배출량 ····· 30
[그림 3.1.2] 구조형식별 단위면적당 자재사용량 ····· 31
[그림 3.2.1] 건설제품 지속가능성을 위한 단계 ····· 44
[그림 3.2.2] 의사결정에서의 LCA 역할 ····· 48
[그림 3.3.1] 건축물의 전과정 단계별 투입 및 폐기흐름 ····· 57
[그림 3.3.2] 전과정평가의 구성성분 ····· 59
[그림 3.3.3] 공정흐름도 작성의 예 ····· 66
[그림 3.4.1] 국가 LCI DB 구축절차 ····· 70
[그림 3.5.1] BEES 프로그램 구성 ····· 85
[그림 3.6.1] 프로그램 개발 로직 ····· 99
[그림 3.6.2] APESS프로그램 ····· 100
[그림 3.6.3] APESS DOWNLOAD ····· 100
[그림 3.6.4] APESS 설치과정① ····· 101
[그림 3.6.5] APESS 설치과정② ····· 101
[그림 3.6.6] APESS 설치과정③ ····· 101
[그림 3.6.7] APESS 설치과정④ ····· 101
[그림 3.6.8] APESS 설치과정⑤ ····· 102
[그림 3.6.9] APESS 설치과정⑥ ····· 102
[그림 3.6.10] APESS 설치과정⑦ ····· 102
[그림 3.6.11] APESS 설치과정⑧ ····· 102
[그림 3.6.12] APESS 따라하기(건축자재) - 단계별 진행 부문 ····· 103
[그림 3.6.13] APESS 따라하기(건축자재) - 결과 값 표시 부문 ····· 104
[그림 3.6.14] APESS 따라하기(건축자재) - 작업전환 ····· 105
[그림 3.6.15] APESS 따라하기(건축자재) - 결과출력 ····· 105
[그림 3.6.16] STEP1. 새작업 ····· 106
[그림 3.6.17] STEP1. 열기 ····· 106
[그림 3.6.18] STEP2. 건축자재 ····· 107

[그림 3.6.19] STEP3. 생산 ····· 108
[그림 3.6.20] STEP3. 유지관리 ····· 108
[그림 3.6.21] STEP3. 폐기 ····· 108
[그림 3.6.22] STEP4. 자재선택-트리형식 ····· 109
[그림 3.6.23] STEP4. 자재선택-검색형식① ····· 109
[그림 3.6.24] STEP4. 자재선택-검색형식② ····· 109
[그림 3.6.25] STEP4. 자재선택-검색형식③ ····· 109
[그림 3.6.26] STEP4. 자재선택-검색형식④ ····· 109
[그림 3.6.27] STEP5. 자재비교① ····· 110
[그림 3.6.28] STEP5. 자재비교②-1 ····· 110
[그림 3.6.29] STEP5. 자재비교②-2 ····· 110
[그림 3.6.30] STEP5. 자재비교③-1 ····· 110
[그림 3.6.31] STEP5. 자재비교③-2 ····· 111
[그림 3.6.32] STEP5. 자재비교④ ····· 111
[그림 3.6.33] STEP5. 자재비교⑤-1 ····· 111
[그림 3.6.34] STEP5. 자재비교⑤-2 ····· 111
[그림 3.6.35] STEP6. 목록비교①-1 ····· 112
[그림 3.6.36] STEP6. 목록비교①-2 ····· 112
[그림 3.6.37] STEP6. 목록비교②-1 ····· 112
[그림 3.6.38] STEP6. 목록비교②-2 ····· 112
[그림 3.6.39] STEP6. 목록비교③ ····· 113
[그림 3.6.40] STEP6. 목록비교④ ····· 113
[그림 3.6.41] STEP6. 특성화 결과① ····· 114
[그림 3.6.42] STEP6. 특성화 결과② ····· 114
[그림 3.6.43] STEP6. 정규화 결과① ····· 114
[그림 3.6.44] STEP6. 정규화 결과② ····· 114
[그림 3.6.45] STEP6. 전과정환경지수① ····· 115
[그림 3.6.46] STEP6. 전과정환경지수② ····· 115
[그림 3.6.47] 작업이력 ····· 115
[그림 3.6.48] 자재일반정보(그림변경) ····· 115
[그림 3.6.49] 결과인쇄(그림변경) ····· 115
[그림 3.6.50] 그래프 ····· 115
[그림 3.6.51] APESS 따라하기(건축물) - 단계별 진행 부문 ····· 116
[그림 3.6.52] APESS 따라하기(건축물) - 결과 값 표시 부분 ····· 117
[그림 3.6.53] APESS 따라하기(건축물) - 작업전환 ····· 118
[그림 3.6.54] APESS 따라하기(건축물) - 결과 출력 ····· 118
[그림 3.6.55] STEP1. 새작업 ····· 119

[그림 3.6.56] STEP1. 열기 ····· 119
[그림 3.6.57] STEP2. 생산/유지관리/폐기 ····· 120
[그림 3.6.58] STEP3. 생산 ····· 121
[그림 3.6.59] STEP3. 유지관리 ····· 121
[그림 3.6.60] STEP3. 폐기 ····· 121
[그림 3.6.61] STEP4. 자재검색 ····· 122
[그림 3.6.62] STEP4. 자재선택① ····· 122
[그림 3.6.63] STEP4. 자재선택② ····· 122
[그림 3.6.64] STEP4. 자재선택③ ····· 122
[그림 3.6.65] STEP4. 비교자재선택① ····· 123
[그림 3.6.66] STEP4. 비교자재선택② ····· 123
[그림 3.6.67] STEP4. 비교자재선택③ ····· 123
[그림 3.6.68] STEP4. 비교자재선택④-1 ····· 123
[그림 3.6.69] STEP4. 비교자재선택④-2 ····· 123
[그림 3.6.70] STEP4. 비교자재선택⑤ ····· 123
[그림 3.6.71] STEP4. 자재 선택 완료 ····· 123
[그림 3.6.72] STEP4. 자재 환경영향결과 ····· 124
[그림 3.6.73] STEP5. 시공공정선택① ····· 125
[그림 3.6.74] STEP5. 시공공정선택② ····· 125
[그림 3.6.75] STEP5. 시공공정선택③ ····· 125
[그림 3.6.76] STEP5. 시공공정선택④ ····· 125
[그림 3.6.77] STEP5. 건축물 환경영향결과 ····· 126
[그림 3.6.78] STEP5. 건축자재 환경영향결과① ····· 126
[그림 3.6.79] STEP5. 시공공정 환경영향결과① ····· 126
[그림 3.6.80] STEP5. 시공공정 환경영향결과② ····· 126
[그림 3.6.81] 그래프 ····· 127
[그림 3.6.82] 인쇄(그림변경) ····· 127
[그림 3.6.83] 작업이력 ····· 128
[그림 3.6.84] 자재일반설명(그림변경) ····· 128
[그림 3.6.85] 인쇄(그림변경) ····· 128
[그림 3.6.86] 그래프① ····· 130
[그림 3.6.87] 그래프② ····· 130
[그림 3.6.88] 그래프③ ····· 130
[그림 3.6.89] 그래프④ ····· 130
[그림 3.6.90] 그래프 출력 ····· 130
[그림 3.6.91] 그래프 닫기 ····· 130
[그림 3.6.92] 엑셀 ····· 132

[그림 3.6.93] 저장 ····· 132
[그림 3.6.94] 새로저장 ····· 132
[그림 3.6.95] 닫기 ····· 132
[그림 3.6.96] 종료 ····· 132
[그림 3.7.1] BEES 홈페이지의 신청 가능한 건축자재 목록 다운로드 페이지 ·· 133
[그림 3.7.2] GaBi의 데이터베이스 ····· 134
[그림 3.7.3] ATHENA의 구조제품에 대한 데이터베이스 ····· 135
[그림 3.7.4] Eco-Quantum의 시작 페이지 ····· 135
[그림 3.7.5] EIO-LCA의 Use the Model 화면 ····· 137
[그림 3.7.6] SimaPro를 다운받을 수 있는 페이지 ····· 138
[그림 3.7.7] TEAM 4.0에 관해 설명하고 있는 페이지 ····· 138
[그림 3.7.8] Umberto의 이용화면 스크린샷 설명 페이지 ····· 139
[그림 3.7.9] BRE 홈페이지 메인화면 ····· 141
[그림 3.7.10] ENVEST2 홈페이지 메인화면 ····· 141
[그림 3.7.11] Archidb 운영체계 ····· 143
[그림 3.7.12] 건축정보센터(Archidb) 홈페이지 ····· 145
[그림 3.7.13] 환경마크분류 EL743 무기성 토목·건축자재에 대한 기업 현황 ···· 147
[그림 3.7.14] HB 인증획득 기업 및 제품현황 ····· 148
[그림 3.8.1] 건축자재 환경성정보 네트워크 회원가입 절차 ····· 151
[그림 3.8.2] 건축자재 환경성정보 네트워크 사이트 맵 ····· 152
[그림 3.8.3] 홈페이지 메인화면 ····· 153
[그림 3.8.4] 정보등록을 위한 메인화면 ····· 154
[그림 3.8.5] 일반회원 가입 ····· 154
[그림 3.8.6] 기업회원 가입 ····· 154
[그림 3.8.7] 기업회원 제품등록시 기입사항1 ····· 155
[그림 3.8.8] 기업회원 제품등록시 기입사항2 ····· 155
[그림 3.8.9] 국가 LCI DB의 필요성 및 목적 ····· 155
[그림 3.8.10] ISO에서 LCA 방법론 ····· 156
[그림 3.8.11] LCI DB정보 ····· 157
[그림 3.8.12] APESS 프로그램의 개요 ····· 157
[그림 3.8.13] 정보마당의 공지사항 ····· 158
[그림 3.9.1] ISO 기준에 따른 친환경 건축자재 인증제도 ····· 176
[그림 3.9.2] 인증제도 환경성적표지 인증제도 운영 체계 ····· 177
[그림 3.9.3] 친환경 건축자재 인증 절차 ····· 179
[그림 5.1.1] 지식경제부의 국가LCI종합정보망 ····· 211
[그림 5.1.2] 환경부의 국가LCI데이터베이스정보망 ····· 212
[그림 6.9.1] Innovation Park 배치도 및 사진 ····· 229

표 목 차

[표 1.1.1] 연구개발 실적 ····· 8
[표 1.2.1] 조사대상 자재 및 시공항목 ····· 10
[표 1.4.1] 3차년도 연구내용 및 결과 ····· 15
[표 2.1.1] 건축자재 환경성능과 관련된 국제규격 ····· 17
[표 2.2.1] 지식경제부 LCI 데이터베이스 구축현황 (2006.12, 158개) ····· 26
[표 2.2.2] 환경부 LCI 데이터베이스 구축현황 (2008. 6, 164개) ····· 27
[표 3.1.1] 건축물 라이프사이클과 건축재료의 라이프사이클의 관계 ····· 33
[표 3.1.2] 자재별 이산화탄소 배출량 순위 ····· 34
[표 3.1.3] 건축물 부재 및 부재별 자재 우선순위 ····· 35
[표 3.1.4] 공종별 자재 우선순위(괄호 안은 순위) ····· 36
[표 3.1.5] LCA를 위한 건축자재 분류의 적합성 순위 ····· 36
[표 3.1.6] LCA를 위한 건축재료의 분류 ····· 37
[표 3.1.7] 건축자재 분류 및 구축모듈 ····· 39
[표 3.1.8] 건축공종 분류 및 구축모듈 ····· 40
[표 3.1.9] 건축공종 분류 및 구축모듈 ····· 41
[표 3.1.10] 건축공종 분류 및 구축모듈 ····· 42
[표 3.2.1] 일본 건설업에서 LCA 구조상황 ····· 50
[표 3.3.1] LCI 데이터베이스 범주별 기능단위 ····· 60
[표 3.5.1] BEES의 장·단점 비교 ····· 86
[표 3.5.2] GaBi의 장·단점 비교 ····· 88
[표 3.5.3] SimaPro의 3가지 version ····· 90
[표 3.5.4] SimaPro의 3가지 version별 내용 ····· 91
[표 3.5.5] 건축물 및 건축자재 전과정평가를 위한 소프트웨어 모델 ····· 95
[표 3.5.6] 각 프로그램별 구성내용 분석 ····· 96
[표 3.7.1] 홈페이지의 특징 비교 ····· 149
[표 4.2.1] 연구개발 수행진도율 ····· 193
[표 4.2.2] 연구개발 목표달성도 ····· 194
[표 4.2.3] 연구개발 추진전략 및 방법 ····· 195

Contents

1. Introduction ····· 1
1.1 Necessities of the Study ····· 1
1.2 Objectives of the Study ····· 9
1.3 Contents and Scope of the Study ····· 12
1.4 Results of the Study ····· 13

2. Present states for Domestic & Oversea technology development ····· 16
2.1 States for Oversea technology development ····· 16
2.2 States for Domestic technology development ····· 24

3. Contents & Results of the Study ····· 30
3.1 Tendency of Domestic & Oversea LCA Study and selecting objective products ····· 30
3.2 Summary of LCA ····· 43
3.3 LCA guidance for Environmental Information establishment of building products ····· 51
3.4 Establishing LCI DB for 64 modules ····· 70
3.5 Developing states for LCA S/W of building products ····· 82
3.6 APESS, Environmental Assessment S/W of building products and the building ····· 97
3.7 Present states for Domestic & Oversea environmental information network establishment ····· 133
3.8 Environmental information network of building products ····· 151
3.9 Study of introducing method for certification system of environmental building products ····· 159

4. Contribution in Achievement of Study objectives and Related fields 192
4.1 Objectives of this year's Study ····· 192
4.2 Achievement of Objective of the study ····· 193

4.3 Expected Effects for related fields ····· 196
4.4 Results of the Study - final ····· 199

5. Utilizing plan for Results of the Study ····· 210
5.1 Utilizinf method for Results of the Study ····· 210
5.2 Extended Effects for building industry ····· 214

6. Oversea Technical Information from procedures of the study ····· 216
6.1 ATHENA™ v2.0 ····· 216
6.2 LCA of building products ····· 216
6.3 PCR of building products on international market ····· 217
6.4 The 3rd ISO/TC 59/SC 17 and working group meeting ····· 217
6.5 GEDnet seminar and meeting ····· 220
6.6 The 4th ISO/TC 59/SC 17 and working group meeting ····· 221
6.7 The 5th ISO/TC 59/SC 17 and working group meeting ····· 224
6.8 ISO TC59/SC17 WG5 meeting ····· 227
6.9 BRE Innovation Park ····· 228
6.10 ECO DESIGN ····· 230

7. References ····· 231

Ⅰ. (Annex) Self assessment comments ····· 234
Ⅱ. Achievements of the Study ····· 235
Ⅲ. Overall comments ····· 236

Appendix
1. Repot for LCI DB Establishment
2. LCI DB Layout
3. LCI DB

Supplement

1. LCI D/B list of building products
2. LCA performance guidance of constructing fields
3. Environmental management system guide for constructing industry
4. APESS, Environmental Assessment S/W of building products and the building
5. APESS S/W CD

Figure lists

[Figure 2.1.1] UNEP-SETAC Life cycle initiative web site ····· 18
[Figure 2.1.2] Japan-JEMAI LCA web site ····· 19
[Figure 2.1.3] Switzerland-Eco Invent LCI D/B ····· 20
[Figure 2.1.4] U.S.-NREL LCI D/B ····· 20
[Figure 2.2.1] Ministry of Environment- TOTAL ····· 25
[Figure 2.2.2] Ministry of Knowledge Economy-PASS ····· 25
[Figure 3.1.1] Co2 emission of constructing field among overall industries ····· 30
[Figure 3.1.2] Amount of using products per unit area by structure type ····· 31
[Figure 3.2.1] Stage for sustainablity of constructing products ····· 44
[Figure 3.2.2] LCA roles for making decision ····· 48
[Figure 3.3.1] Input and waste flow by LCA stage of the building ····· 57
[Figure 3.3.2] Compositing component of LCA ····· 59
[Figure 3.3.3] Example of Stage flow chart ····· 66
[Figure 3.4.1] National LCI D/B establishment procedures ····· 70
[Figure 3.5.1] Components for BEES S/W ····· 85
[Figure 3.6.1] S/W development logic ····· 99
[Figure 3.6.2] APESS S/W ····· 100
[Figure 3.6.3] Downloading APESS S/W ····· 100
[Figure 3.6.4] APESS Install process① ····· 101
[Figure 3.6.5] APESS Install process② ····· 101
[Figure 3.6.6] APESS Install process③ ····· 101
[Figure 3.6.7] APESS Install process④ ····· 101
[Figure 3.6.8] APESS Install process⑤ ····· 102
[Figure 3.6.9] APESS Install process⑥ ····· 102
[Figure 3.6.10] APESS Install process⑦ ····· 102
[Figure 3.6.11] APESS Install process⑧ ····· 102
[Figure 3.6.12] APESS Guide(building products) - process of each stage ····· 103
[Figure 3.6.13] APESS Guide(building products) - presenting result ····· 104
[Figure 3.6.14] APESS Guide(building products) - changing work sheet ····· 105
[Figure 3.6.15] APESS Guide(building products) - printing result ····· 105
[Figure 3.6.16] STEP1. New document ····· 106
[Figure 3.6.17] STEP1. Open ····· 106
[Figure 3.6.18] STEP2. Building products ····· 107

[Figure 3.6.19] STEP3. Manufacturing ····· 108
[Figure 3.6.20] STEP3. Maintenance ····· 108
[Figure 3.6.21] STEP3. Waste ····· 108
[Figure 3.6.22] STEP4. Products selection-Tree form ····· 109
[Figure 3.6.23] STEP4. Products selection-Searching form① ····· 109
[Figure 3.6.24] STEP4. Products selection-Searching form② ····· 109
[Figure 3.6.25] STEP4. Products selection-Searching form③ ····· 109
[Figure 3.6.26] STEP4. Products selection-Searching form④ ····· 109
[Figure 3.6.27] STEP5. Products comparison① ····· 110
[Figure 3.6.28] STEP5. Products comparison②-1 ····· 110
[Figure 3.6.29] STEP5. Products comparison②-2 ····· 110
[Figure 3.6.30] STEP5. Products comparison③-1 ····· 110
[Figure 3.6.31] STEP5. Products comparison③-2 ····· 111
[Figure 3.6.32] STEP5. Products comparison④ ····· 111
[Figure 3.6.33] STEP5. Products comparison⑤-1 ····· 111
[Figure 3.6.34] STEP5. Products comparison⑤-2 ····· 111
[Figure 3.6.35] STEP6. List comparison①-1 ····· 112
[Figure 3.6.36] STEP6. List comparison①-2 ····· 112
[Figure 3.6.37] STEP6. List comparison②-1 ····· 112
[Figure 3.6.38] STEP6. List comparison②-2 ····· 112
[Figure 3.6.39] STEP6. List comparison③ ····· 113
[Figure 3.6.40] STEP6. List comparison④ ····· 113
[Figure 3.6.41] STEP6. Characterized result① ····· 114
[Figure 3.6.42] STEP6. Characterized result② ····· 114
[Figure 3.6.43] STEP6. Regularized result① ····· 114
[Figure 3.6.44] STEP6. Regularized result② ····· 114
[Figure 3.6.45] STEP6. LCA environmental index① ····· 115
[Figure 3.6.46] STEP6. LCA environmental index② ····· 115
[Figure 3.6.47] Work history ····· 115
[Figure 3.6.48] General information of products(changing figure) ····· 115
[Figure 3.6.49] Printing result(changing figure) ····· 115
[Figure 3.6.50] Diagram ····· 115
[Figure 3.6.51] APESS Guide(the building) - process of each stage ····· 116
[Figure 3.6.52] APESS Guide(the building) - presenting result ····· 117
[Figure 3.6.53] APESS Guide(the building) - changing work sheet ····· 118
[Figure 3.6.54] APESS Guide(the building) - printing result ····· 118
[Figure 3.6.55] STEP1. New work sheet ····· 119

[Figure 3.6.56] STEP1. Open ····· 119
[Figure 3.6.57] STEP2. Manufacturing/Maintenance/Waste ····· 120
[Figure 3.6.58] STEP3. Manufacturing ····· 121
[Figure 3.6.59] STEP3. Maintenance ····· 121
[Figure 3.6.60] STEP3. Waste ····· 121
[Figure 3.6.61] STEP4. Searching products ····· 122
[Figure 3.6.62] STEP4. Products selection① ····· 122
[Figure 3.6.63] STEP4. Products selection② ····· 122
[Figure 3.6.64] STEP4. Products selection③ ····· 122
[Figure 3.6.65] STEP4. Comparing products selection① ····· 123
[Figure 3.6.66] STEP4. Comparing products selection② ····· 123
[Figure 3.6.67] STEP4. Comparing products selection③ ····· 123
[Figure 3.6.68] STEP4. Comparing products selection④-1 ····· 123
[Figure 3.6.69] STEP4. Comparing products selection④-2 ····· 123
[Figure 3.6.70] STEP4. Comparing products selection⑤ ····· 123
[Figure 3.6.71] STEP4. Finishing products selection ····· 123
[Figure 3.6.72] STEP4. Environmental impact result of products ····· 124
[Figure 3.6.73] STEP5. Selecting constructing stage① ····· 125
[Figure 3.6.74] STEP5. Selecting constructing stage② ····· 125
[Figure 3.6.75] STEP5. Selecting constructing stage③ ····· 125
[Figure 3.6.76] STEP5. Selecting constructing stage④ ····· 125
[Figure 3.6.77] STEP5. Environmental impact result of the building ····· 126
[Figure 3.6.78] STEP5. Environmental impact result of building products① ·· 126
[Figure 3.6.79] STEP5. Environmental impact result of constructing stage① ·· 126
[Figure 3.6.80] STEP5. Environmental impact result of constructing stage② ·· 126
[Figure 3.6.81] Diagram ····· 127
[Figure 3.6.82] Print(changing figure) ····· 127
[Figure 3.6.83] Work history ····· 128
[Figure 3.6.84] General information of products(changing figure) ····· 128
[Figure 3.6.85] Print(changing figure) ····· 128
[Figure 3.6.86] Diagram① ····· 130
[Figure 3.6.87] Diagram② ····· 130
[Figure 3.6.88] Diagram③ ····· 130
[Figure 3.6.89] Diagram④ ····· 130
[Figure 3.6.90] Printing Diagram ····· 130
[Figure 3.6.91] Closing Diagram ····· 130
[Figure 3.6.92] Excel S/W ····· 132

[Figure 3.6.93] Save ····· 132
[Figure 3.6.94] Save as new ····· 132
[Figure 3.6.95] Close ····· 132
[Figure 3.6.96] Exit ····· 132
[Figure 3.7.1] Downloading page for building products list on BEES web site ··· 133
[Figure 3.7.2] D/B for GaBi ····· 134
[Figure 3.7.3] D/B for structure products of ATHENA ····· 135
[Figure 3.7.4] The 1st page of Eco-Quantum ····· 135
[Figure 3.7.5] Use the Model page of EIO-LCA ····· 137
[Figure 3.7.6] Web page for Downloading SimaPro ····· 138
[Figure 3.7.7] Web page for TEAM 4.0 ····· 138
[Figure 3.7.8] Web page for Umberto ····· 139
[Figure 3.7.9] Main page of BRE web site ····· 141
[Figure 3.7.10] Main page of ENVEST2 web site ····· 141
[Figure 3.7.11] Archidb operating system ····· 143
[Figure 3.7.12] Archidb web site ····· 145
[Figure 3.7.13] Company lists for Environmental labeling classification EL743 of civil & building products ····· 147
[Figure 3.7.14] HB certificated companies and product states ····· 148
[Figure 3.8.1] Joining process for Environmental Information network of building products ····· 151
[Figure 3.8.2] Site map for Environmental Information network of building products ····· 152
[Figure 3.8.3] Main page of web site ····· 153
[Figure 3.8.4] Main menu for Information registration ····· 154
[Figure 3.8.5] Joining for common member ····· 154
[Figure 3.8.6] Joining for company member ····· 154
[Figure 3.8.7] Entry lists for product registration of company member 1 ····· 155
[Figure 3.8.8] Entry lists for product registration of company member 2 ····· 155
[Figure 3.8.9] Necessity and objective of National LCI D/B ····· 155
[Figure 3.8.10] LCA methodology for ISO ····· 156
[Figure 3.8.11] LCI DB information ····· 157
[Figure 3.8.12] Summary of APESS S/W ····· 157
[Figure 3.8.13] Notice web page ····· 158
[Figure 3.9.1] Certification system for environmental building products from ISO standard ····· 176

[Figure 3.9.2] Operating system for certification systems of environmental record label ····· 177
[Figure 3.9.3] Certification procedures of environmental building products ···· 179
[Figure 5.1.1] Korea LCI Information Network, Ministry of Knowledge Economy ····· 211
[Figure 5.1.2] Korea LCI Database Information Network, Ministry of Environment ····· 212
[Figure 6.9.1] Pictures of Innovation Park ····· 229

Table list

[Table 1.1.1] Achievements of the Study ····· 8
[Table 1.2.1] Products & Construction Items for the survey ····· 10
[Table 1.4.1] Contents & Results for The 3rd year's study ····· 15
[Table 2.1.1] Environmental performance of building products and related international specification ····· 17
[Table 2.2.1] Establishing states for Ministry of Knowledge Economy (2006.12, 158 items) ····· 26
[Table 2.2.2] Establishing states for Ministry of Environment (2008. 6, 164 items) ·· 27
[Table 3.1.1] Connection between life cycle of the building and life cycle of building products ····· 33
[Table 3.1.2] Co2 Emission rank by each product ····· 34
[Table 3.1.3] Products rank by secondary material ····· 35
[Table 3.1.4] Products rank by construction type ····· 36
[Table 3.1.5] Classifying building products rank for LCA ····· 36
[Table 3.1.6] Classifying building products for LCA ····· 37
[Table 3.1.7] Classifying building products and establishing module ····· 39
[Table 3.1.8] Classifying building construction type and establishing module ··· 40
[Table 3.1.9] Classifying building construction type and establishing module ··· 41
[Table 3.1.10] Classifying building construction type and establishing module ·· 42
[Table 3.2.1] LCA organizing states for Japanese construction industry ····· 50
[Table 3.3.1] LCI D/B functional unit by category ····· 60
[Table 3.5.1] Comparing Strong & Weak points of BEES ····· 86
[Table 3.5.2] Comparing Strong & Weak points of GaBi ····· 88
[Table 3.5.3] 3 versions of SimaPro ····· 90
[Table 3.5.4] Contents for 3 versions of SimaPro ····· 91
[Table 3.5.5] LCA S/W model for the building & building products ····· 95
[Table 3.5.6] Contents Analysis by each program ····· 96
[Table 3.7.1] Comparing character of web site ····· 149
[Table 4.2.1] Performance ratio of the Study ····· 193
[Table 4.2.2] Objective achievement of the Study ····· 194
[Table 4.2.3] Strategy & method of the Study ····· 195

제 1 장 서 론

1.1 연구개발의 필요성

1.1.1 연구개발 개요

국내외적으로 건축자재의 생산, 사용 및 폐기 단계에서 소비되는 자원과 에너지는 막대한 양에 이르고 있으며[1], 이러한 과정에서 발생하는 환경영향에 대한 인식은 많은 건설관련 종사자들(설계자, 시공자, 공급자 등)로 하여금 건축물을 시공할 때 어떠한 건축자재 및 부품을 선택하는 것이 환경영향을 최소화 할 수 있는 방법인가에 대한 관심으로 이어지고 있다. 환경영향의 최소화는 세계적인 주요 관심사로 교토의정서의 기후변화협약과 세계무역기구(WTO)의 Doha Development Agenda를 비롯한 각종 국제 협약과 규제 등이 나오고 있다.

2005년 2월부터 발효된 기후변화협약 교토의정서에서는 각 국가가 정해진 목표시한 내에 국가별로 설정된 탄소 배출량의 감축을 달성 할 것을 의무화하고 있다. 우리나라는 선발 개도국으로써 온실가스 감축을 위한 교토의정서 상 2차 공약기간(2013~2017년)에는 온실가스 감축 의무이행이 불가피할 것으로 예상된다. 이에 우리 정부는 기후변화협약 대응을 위한 제 3차 종합대책을 수립하여 후속조치를 추진 중에 있으며, 3대 부문별 총 92개 과제를 계획 준비 중에 있다.

이와 더불어 2001년 출범한 세계무역기구(WTO) 도하 개발 아젠다(Doha Development Agenda)에서는 환경과 무역을 연계한 다양한 국제적 협약과 규제 등에 대한 문제를 협의하고 있고 환경관련 상품[2] 및 서비스에 대한 무역규제 수정에 대한 논의가 진행 중이다. 이러한 국제적 움직임을 비추어 볼 때 모든 분야의

1) 전 세계 건축산업이 소비하는 천연자원은 30억톤에 이르며, 지구적으로 소비되는 자원의 40%에 해당된다. 이는 매년 채굴되거나 수확되는 천연자원의 절반에 이르는 수준이다. (Ross Spiegel, Dru Meadows(1999), Green Building Materials, John Wiley & Sons)

2) 대표적인 환경관련 상품은 ISO 14000s에 의한 Type1, Type 3 에코라벨제품과 유전자조작제품(GMO)이다.

조직, 제품 및 서비스 등은 환경영향을 최소화하는 방향으로 개발되거나 운용되어야 하며, 건축물 구성요소인 자재 분야 역시 이런 흐름에 부응해야하는 시점이다.

건축자재의 생산 및 사용에서 발생되는 환경부하를 줄이기 위해서는 환경영향의 발생 정도를 파악하는 것이 필요하며, 이러한 발생정도를 데이터베이스화 해 놓을 경우 관련된 재료나 부품의 환경영향 특성 평가와 함께 공정별 환경성능을 개선하기 위한 노력을 수행 할 수 있게 된다. 현재 자재나 제품을 평가하기 위해 국제적으로 통용되는 환경영향 평가방법은 ISO 14040s에 의한 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)이며, 이 방법은 국제표준화기구 기술위원회 TC 207에서 국제적인 합의하에 제정되었다. 그리고 전과정평가를 활용하여 제품의 환경성능을 표시하는 방법에 대한 국제규격도 TC 207 산하 분과위원회인 SC 3에서 표준을 제정하였다. 또한, 건축제품의 특성을 반영한 건축자재의 환경선언에 대한 규격도 마련되었는데, 건축자재의 환경성능을 표시하는 방법은 국제표준화기구 기술위원회 중 TC 59 산하에 설치된 분과위원회 SC 17[3]에서 TC 207과 연계하여 ISO 21930(건축자재의 환경선언)이란 표준을 제정하였다.

본 사업은 국내에서 생산되고 사용되는 대표적인 건축자재에 대한 환경성 정보를 구축하여 건축자재의 환경영향에 대한 정보를 정량화하고 건축물의 환경성능을 개선하기 위한 것으로써, 전술한 국제표준화기구에서 제정된 방법[4]을 이용하여 환경성정보 데이터베이스를 구축하였다. 현재 국내에는 동일한 방법을 사용하여 산업자원부와 환경부를 주관으로 1999년부터 국가기반산업부문과 기초소재부문에 대한 전과정목록 분석 데이터베이스(LCI D/B) 모듈이 400여개 정도 구축되었으며, 여기에는 수송, 에너지, 수자원, 화학, 페인트 등이 포함되며 건축과 관련된 모듈은 13개[5] 있다.

---

3) SC 17은 '건축의 지속가능성'을 다루는 분과위원회이며, 여기에서는 건축물의 환경성능 평가방법과 건축자재 및 제품의 환경선언, 건축물의 지속가능성 지표 등을 다루고 있다.

4) ISO 14040(Life Cycle Assessment), ISO 14025(Environmental Declaration), ISO 21930 (Environmental Declaration of Building Products)이며, 이를 토대로 국내공용방법론이 개발되었다. 공용방법론은 2004년 국가청정생산지원센터에서 수행한 '국가 LCI Database 구축방법론 및 관리보급확산 방안'의 연구 결과물로 환경부와 산업자원부가 함께 수행한 연구사업이다.

5) 건축과 관련된 LCI D/B은 환경부에서 시멘트, 판유리를, 산업자원부에서 석고보드, 유리면(3개), 레미콘(4개), 시멘트(5개)를 개발하였으며, 모듈은 15개이나 자재의 종류에 따라 분류하자면 5개로 볼 수 있다.

건축자재의 환경성정보의 구축은 건축자재 라이프사이클 단계별로 발생되는 환경부하를 저감시키는 데에 필요할 뿐만 아니라 건축자재의 집합체가 되는 건축물의 환경부하를 저감시키는 데에 필수적인 요소이다. 이는 건축자재의 환경성 정보를 구축하는 데에 있어 건축물의 특성을 반영해야 하는 이유가 되는데, 자재는 건축물 구성요소의 일부가 되어 건축물이 발생시키는 환경부하에 영향을 끼치는 물리적 제어도구가 될 수 있기 때문이다. 다시 말하자면, 건축자재 자체로는 환경영향이 적을지라도 건축물 구성 요소의 일부가 되었을 경우 자재의 물리적 성능에 따라 환경영향이 커질 수도 있다. 따라서 건축자재의 환경영향에 대한 정보를 구축하기 위해서는 건축물의 일부로서의 기능을 충분히 고려하여야 하며, 단순한 건축자재 LCI D/B의 구축으로는 건축물의 환경성능 개선에 기여하기가 쉽지 않다.

이에 본 사업의 성공적인 성과물 도출을 위하여 다음과 같은 몇 가지 원칙을 설정하여 연구를 수행하였다.

첫 째, 범용적이며 환경영향이 큰 건축자재를 대상으로 하는 정보의 구축
둘 째, 물리적 특성 및 기타 환경성 정보와의 연계를 고려한 정보의 구축
셋 째, 친환경 건축물 또는 건축자재 등 기존 제도와의 연계를 고려한 정보의 구축
넷 째, 유관 부처(지식경제부(구 산업자원부), 환경부)의 D/B와 호환성 확보를 고려한 정보의 구축
다섯째, 국제 협약 및 규준에 부합하는 정보의 구축 및 국제 규격화에 대한 고려

이러한 원칙으로 구축된 환경성정보 D/B는 건축자재산업의 친환경화를 유도할 뿐만 아니라 건축 산업 전반을 친환경적인 체제로 전환시키는 도구로 훌륭히 활용되어 건축부문이 기후변화협약에 효과적으로 대응하는 방편이 될 수 있을 것이다.

1.1.2 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

기존의 건축물 또는 건축자재에 대한 환경성 평가는 정성적인 면에 치우치고 있다. 이는 건축물 시공시 수많은 건축자재가 필요한 물리적 다양성과 함께 사회 · 경제 · 문화적 요소가 고려되어야 하기 때문에 환경성능을 정량화 하는데 어려움이 따르게 된다. 그럼에도 불구하고 물리적 영역에서는 정량적인 환경평가가 가능하며, 이를 위해서는 건축을 이루는 구성요소인 건축자재가 기본이 되어야 할 것이다.

본 사업에서 수행하고자 하는 건축자재의 환경영향에 대한 데이터베이스 구축은 1차적으로는 건축자재의 환경성을 판단할 수 있는 기본적인 정보를 제공하는 효과가 있다. 이는 건축자재의 제품시스템에서 발생하는 환경성정보를 파악하는데 필수적이며 우리나라를 비롯하여 유럽 각국과 미국, 일본 등에서 활발하게 개발하고 있는 상황이다. 본 과업이 시작되기 전(2005년 7월)까지 국내에서 개발된 건축자재 관련 LCI D/B는 15개이었으며, 데이터베이스가 적었던 이유는 LCI D/B 사업이 지식경제부(구 산업자원부)와 환경부를 중심으로 수행되었기 때문으로 보여 진다. 그러나 건축시스템에서 발생하는 환경성정보를 파악하기 위해서는 주요 건축자재에 대한 LCI D/B의 구축이 시급하다고 할 수 있다. 구축의 기술적인 방법에 있어서는 기존의 산업연관분석에 의한 방식과 ISO 14041에 의한 방법의 적용 한계를 명확히 할 필요가 있다. 이러한 환경성정보 D/B는 건축물 차원에서 환경부하를 저감할 수 있는 자재의 적용을 유도하고, 이를 통하여 건축물 전체에 대한 환경성정보를 구축[6]하는 데에 선행되어야 할 사업이라고 할 수 있다.

따라서, 본 사업은 건축 산업이 환경 친화적인 체제로 전환하고 기후변화협약 등에 능동적으로 대처하기 위한 기술을 구축하는 데에 가장 기본적인 요소 사업이라고 할 수 있다. 또한, 본 사업의 주요 목적인 환경성정보 D/B 구축에 사용되는 전과정평가방법의 효과적인 적용을 위하여, 본 연구에서 수행하게 될 건축자재의 특성을 고려한 평가기술에 대한 방법설정 연구는 자재군별로 요구되는 평가방법을 표준화하는 데 있어 기술적인 면에서 중요성이 있으며, 향후 건축물의 전과정평가 기술을 구축하는 데에 필수적인 요소라고 할 수 있다.

---

6) 유럽연합에서는 건축물의 전과정평가를 위한 표준을 제정 중이다. EN-M/850으로 명명된 표준화 작업에는 건축물 LCA방법론, 자재별 영향의 합산 방법, LCI 품질을 고려한 건축자재의 LCA방법론, 건축자재의 EPD, 일반데이터 기술보고, 건설단계에 대한 평가, 최종 단계에 대한 평가, 건축물 수명과 연계한 건축자재 평가와 관련된 사항 등을 다루고 있다.

나. 경제·산업적 측면

기후변화협약 교토의정서의 발효 이후 기업들에게 환경이란 수익을 창출하거나 제품의 경쟁력을 좌우하는 중요한 요소가 되고 있다. 또한, 기업의 환경 친화적인 체제의 구축은 기업의 이미지 재고라는 무형 자산의 확보와 함께, 기업 내 관련조직이나 생산시스템의 환경성을 개선하여 환경비용을 절감하는 효과를 거두고 있다. 이러한 환경 친화적 체제의 구축을 위해서는 기업이나 제품의 환경성에 대한 정확한 평가와 자료의 구축이 필요하며 환경적 관점에서 지속적인 유지관리가 필요하다고 할 수 있다.

본 사업에서 활용한 전과정평가 방법론은 제품의 정확한 평가와 환경성정보에 대한 자료의 구축에 필수적인 요소이며, 이는 대상제품시스템의 환경부하의 근원을 분석하여 기업이나 산업체로 하여금 시스템 개선을 유도하고, 기존 대상 제품 시스템의 여러 대안들을 비교하여 환경적으로 최적의 대안 제품을 적용할 수 있게 한다. 또한, 신규 자재를 개발하거나 다수의 대상 제품 시스템들 중에서 최적 대안을 선정할 때 사용하여 환경을 고려한 제품설계를 수행 할 수 있다.

이에 본 사업의 결과물로 예상되는 건축자재 환경성정보 평가방법론을 건축자재 산업의 환경부하 저감을 위한 노력에 적용할 경우 친환경적인 건축자재 생산시스템을 구축할 수 있을 뿐만 아니라, 건축물의 생산시스템에서도 환경부하공정을 개선하는 효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다. 또한 구축된 환경성정보 D/B를 활용할 경우 환경적으로 우수한 자재를 선정하여 건축물을 시공할 수 있고, 신규 건축자재의 개발시 환경을 고려한 개발과 생산을 유도할 수 있으며, 나아가서는 환경을 고려한 건축물 설계의 요소기술로 활용하여 건축 산업 전반에 걸쳐 환경부하를 줄이는 효과[7]를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 본 사업의 대상이 되는 건축자재는 환경부, 지식경제부, 국토해양부 등에서 모두 관심의 대상이 되는 제품이며, 기존 산업자원부와 환경부 위주로 수행했

7) 이러한 효과는 예상되는 환경부하 저감에 따른 비용절감액으로 나타낼 수 있으며, 현재 시범 시행되는 국가간 탄소배출권 거래에서 적용되는 금액으로 환산할 수 있을 것이다.

던 국가 LCI D/B사업과 연계할 경우 우리나라의 환경성정보 D/B의 수준을 한 층 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이는 기후변화협약에 대응하는 정부 차원의 노력을 관련 부처 간에 효과적으로 공유할 수 있고, 각 부처와 관련되는 기업과 민간 부문에 환경성능 제고라는 파급효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

다. 사회·문화적 측면

지속가능한 사회로의 전환을 준비하고 친환경건설이 건설산업의 모토가 되어 가고 있는 시점에서 본 용역은 사회문화적으로 다음과 같은 의미를 지니고 있다.

첫째, 건축자재의 환경 친화적인 사용을 위한 데이터베이스의 구축을 통하여 건설문화 전반에 걸쳐 환경을 고려한 기술의 활용을 촉진시키고, 건설프로젝트의 수행에 있어 환경을 중시하는 풍토를 조성시키는 데에 기여할 수 있다.

둘째, 건축자재의 환경성을 먼저 고려할 수 있도록 제공되는 평가프로그램(3차년도 사업의 결과물)의 지속적인 활용을 통하여 설계자 및 시공자뿐만 아니라 건축물의 건축주 또는 사용자들도 건축자재의 환경성을 인식하게 되어, 건설현장에 친환경자재를 사용하는 문화를 확산시킬 수 있다.

이러한 점 이외에도 본 국가 D/B 구축 사업은 국가 건설프로젝트 뿐만 아니라 민간 건설프로젝트 전반에서 실내 환경을 고려하게 할 뿐만 아니라 지구환경을 고려하는 풍토를 조성하여 국가 온실가스 저감을 위한 정책시행에 도움을 줄 것이고 환경을 고려한 기술은 모든 프로젝트의 기본이 되는 사회문화풍토가 조성될 것이다.

라. 지금까지의 연구개발 실적

당 연구팀이 본 사업과 관련하여 수행한 연구는 크게 건축 분야, 기초소재 및 물질에 대한 LCI D/B 개발 분야 등으로 나누어 볼 수 있다. 건축 분야에서는 '친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술'과 '건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구'가 대표적이며, 해당 연구는 ISO 14040을 이용한 건축자재의 LCA 평가방법을 정립하는 것과 경제 분석 도구 가운데 하나인 산업연관분석을

이용한 건축물의 LCA와 관련된 평가프로그램을 개발하는 연구이다. 한편 LCI D/B 개발과 관련하여서는 산업자원부와 환경부에서 수행되었던 다수의 연구개발을 수행하였으며, 이는 본 연구의 성과 극대화와 건축자재 국가 D/B 개발을 위한 중요한 실적으로 사료된다.

〔표 1.1.1〕 연구개발 실적

연구과제명	연구기간	연구예산 (천원)	주요 연구내용
친환경 건축자재 평가 및 순환재 활용기술	2000. 1. ~ 2001. 12.	120,000	건축자재의 환경영향, ISO 14040에 근거한 건축자재의 환경친화성 평가방법 정립, 인터넷 기반 LCA 프로그램 개발, 친환경 건축자재 인증제도 수행방안, 건축자재를 대상으로 LCA 시범 수행(합성수지거푸집, 이중바닥재), 건축자재 LCA 수행룰 작성(PSR의 일종)
건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램개발연구	2002.12. ~ 2004. 12.	300,000	샘플 건축물에 대한 LCA에 의한 친환경 건축물 평가 기법의 적용 과정 및 결과의 타당성 파악, 최종 제안된 원단위 DB의 신뢰성평가,친환경 건축물 인증제도 시행 방안의 합리성 및 국제화 대응 가능 여부 판단
환경경영체제 매뉴얼 모델 개발	1996. 5. ~ 1996.10.	15,000	ISO 14000 환경경영시스템 규격을 국내 인증제도로 도입하기 위한 기초조사, 국내 실정에 적합한 환경경영시스템 모델 개발 및 관련 해설서 발간
환경친화적 산업기반구축을 위한 환경경영 표준화	1998. 10. ~ 2003. 9.	2,050,000	150여 모듈에 대한 국가 LCI DB 구축, LCA 수행 소프트웨어 PASS 개발 및 보급, 환경성과평가(EPE) 매뉴얼 개발 및 보급, Type III 환경성적표지 인증을 위한 규정 개발 등
국가 LCI DB 구축	2004. 11. ~ 2005.10.	130,000	"환경경영 표준화사업"을 통해 구축한 국가 LCI DB에서 부족한 13개 제품군에 대한 DB 구축
경영시스템 관련 지침서 개발	2004. 5. ~ 2004.11.	28,800	환경경영시스템 규격에 따라 시스템을 구축, 운영 및 개선을 위한 해설서 발간 및 보급
환경부 LCI DB 개발 표준지침서 작성 및 LCI DB 개발	2002. 10. ~ 2003. 7.	39,500	LCI DB 개발을 위한 표준지침서의 개발과 이를 이용한 데이터베이스 표준화 수행. 기존 200여개 데이터베이스 수정 및 보완, DMT 등 3개 모듈 LCI DB 개발
환경부 LCI DB 개발 및 LCA 소프트웨어 (TOTAL) 개발사업	2003. 7. ~ 2005. 3	285,000	수자원분야 LCI DB 9개 모듈 제정, 철강분야 LCI DB 12개 모듈 개정, carbon black 등 6개 모듈 개정, 전과정평가 소프트웨어 TOTAL 개발

1.2 연구개발의 목적

1.2.1 최종목표

본 사업의 최종 목표는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 건축자재의 환경성정보를 활용하기 위한 시스템의 구축이고, 다른 하나는 건축자재의 환경성정보(LCI D/B) 국가 D/B 구축이다.

건축자재 환경성정보 활용시스템 구축 관련된 기술에서 아래의 항목에 대하여 수행한다.

- 건축물에 적용되는 가설, 구조, 비구조 재료 LCA 우선 대상 자재 선정
- 건축자재의 제품군별 특성을 반영한 전과정평가 지침서 개발
- 건축자재의 물리·환경적 특성 관련된 정보와 본 사업의 국가 D/B와의 네트워킹
- 친환경 자재선정을 위한 LCA 소프트웨어 개발
- 범용성이 높은 주요 건축자재 30여종에 대한 국가 환경성정보(LCI D/B)를 국제 환경성 평가 기준인 ISO 14040 시리즈 규격에 의거하여 구축
- ISO에서 제정중인 건축자재 환경성 정보 제공 관련 국제규격인 ISO 21930 등과 유럽을 중심으로 이미 시행중인 관련 제도를 벤치마킹하여, 국내 실정에 적합한 친환경 건축자재 환경성정보 인증제도의 도입과 시범인증을 통해 국내 제도 도입 검토
- 건축 및 토목분야에 관련된 조직의 환경경영시스템 구축을 위한 가이드 개발
  ; 환경경영시스템규격(ISO 14001)에 건설업종의 특성을 반영한 시스템 구축 가이드를 개발하여, 전문위원들의 검토를 거친 후 보급

건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 대상 자재의 범위는 다음과 같음

- 건축물에 투입되는 자재 중 에너지 소비가 가장 많은 자재
- 건축물에 투입되는 자재 중 이산화탄소발생량이 가장 많고 투입빈도가 높은 자재

- 기존 연구결과에서 환경부하 발생이 큰 순위의 건축자재
- 아래 자재를 우선 조사 대상으로 정하나 조사 용이성을 고려하여 수정할 수 있음

[표 1.2.1] 조사대상 자재(안) 및 시공항목

조사 대상 자재 및 항목(안)	
자 재	고강도철근(1), 레미콘(2), PHC파일(3), 갱폼(4), 시멘트(5), 타일(6), PP유리문(7), 유리(8), 판넬(9), 석고보드(10), 작업발판(11), 목재도어(12), 룸카페트(13), 형강(14), 경량기포콘크리트(15), 분체난간(16), 콘크리트벽돌(17), 세대현관문(18), 발코니케이지(19), 이동폼(20), 강관(21), 합판(22), 도아록(23), 백색시멘트(24), 단관(25), 지주형계단난간(26), 페인트(27), 비닐실크벽지(28), 알미늄창호(29), 스티로폴(30), 칼라 아스팔트싱글(31), 판상단열재(32), 반자돌림(33), 각재(34), 철재매쉬(35), 플랫타이(36), 창호프레임(37), PL픽스플레이트(38), 유리면(39), 코너브라켓(40)
시 공 해 체	펌프카타설(1), 몰탈펌프타설(2), 터파기(3), 하부쇄석포장(4), 아스콘포장(5), 브레이카해체(6), 백호우해체(7), 페이로다(8), 재생골재생산(9), 재생콘크리트생산(10)

1.2.2 3차년도 연구개발 목적

본 사업의 목표는 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 건축자재의 환경성정보(LCI D/B) 국가 D/B 구축이고, 다른 하나는 건축자재의 환경성정보를 활용하기 위한 시스템 구축이다.

■ 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 관련 기술의 범위는 다음과 같다.

- 건축자재 대상 cradle to gate LCA 수행
- 건축자재 환경성정보 수집을 위한 기능단위 설정
- 건축자재 환경영향평가 항목 선정
- 건축자재 및 시공 LCI D/B 20개 모듈 구축

건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축 대상 자재의 범위는 다음과 같다.

- 건축물에 투입되는 자재 중 에너지 소비가 많은 자재
- 건축물에 투입되는 자재 중 이산화탄소 발생량이 많으며 투입빈도가 높은 자재
- 기존 연구결과에서 환경부하 발생이 높은 건축자재

■ 건축자재 환경성 정보 활용시스템 구축을 위한 기술의 범위는 다음과 같다.

- 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축
- 건축자재 및 건축물 LCA 소프트웨어 APESS 개발
- 구축된 D/B를 이용한 환경성 정보 인증제도(안) 도입

1.3 연구내용 및 범위

본 연구의 3차년도 연구 내용은 1·2차년도에 이어서 다음과 같이 진행되었다

주요 연구내용은

1. 국내 LCA 방법론 간략화
   - 건축분야 LCA 방법론 간략화
   - 건축자재 전과정평가를 위한 환경영향평가 항목 선정

2. 20개 모듈에 대한 환경성정보(LCI D/B) 구축
   - 범용성 및 파급효과가 큰 건축자재 20개 모듈에 대한 D/B구축

3. 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축
   - 1·2차년도에 이어 건축자재 국내외 환경관련 정보
   - 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 배포 시스템 구축
   - 1·2·3차년도 LCI D/B 업데이트
   - LCA 교육자료 및 다양한 정보교류의 장 형성

4. 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 개발
   - 건축자재 및 건축물 LCA 소프트웨어 개발을 위한 해외사례 조사
   - 구축된 LCI D/B를 활용한 환경영향평가 가능하도록 소프트웨어 개발
   - 건축자재를 비롯하여 건축물 단계 환경영향평가

5. 건축자재 환경성정보 인증제도 구축
   - 건축자재 대상 해외인증제도 사례 분석
   - 건축자재의 환경성정보의 평가 및 공개, 인증을 위한 국내 시스템 제안
   - 제도 활성화를 위한 방안 제시

1.4 연구개발 결과

본 사업의 목표인 건축자재의 환경성정보(LCI) 국가 D/B를 구축하는 것과 이를 활용하기 위한 체계를 구축하기 위해서 1·2차년도에 이어 건축자재 환경성정보 국가 D/B 추가 구축과 활용 시스템 체계를 구축하였다.

1) 건축분야 LCA 방법론 간략화 방안
; 건축분야에 적합하면서 LCI D/B를 구축하기 쉽도록 LCA 방법론 간소화 작업을 진행하였다.

2) 건축자재 환경성정보(LCI) 국가 D/B는 1·2차년도에 이어 22개 모듈을 추가 구축하였다.
; MDF 바닥재(강화마루), 철제 현관문, 복층유리, 우레탄 방수재, 시트 방수재, 실리카 인조대리석, 타일카펫, 강화유리, 재생잔골재, 재생굵은골재, 기계화시공-불도저, 기계화시공-로더, 기계화시공-스크레이퍼, 기계화시공-굴삭기, 점토벽돌, 폴리염화비닐 관, 우레탄 판, 발포 폴리스티렌 판, 유리면 판, 알루미늄 복합(무기질) 패널, 알루미늄 복합(PE)패널, 압출성형 콘크리트 패널

3) 건축자재 환경성정보 활용시스템 구축은 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축, 건축자재 LCA 소프트웨어 구축, 건축자재 환경성 인증제도 구축을 위한 사전조사 등 3가지로 진행되었다.
; 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축은 1·2차년도에 이어 시스템 업그레이드를 진행하였다. 환경문제와 건축자재 LCA 방법론에 대한 교육프로그램들을 추가하였다. 이는 사용자들의 이해와 접근을 돕기 위함이다.
; 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS 개발을 통해 구축된 LCI DB를 활용할 수 있는 기반을 마련하였다. 건축자재를 비롯하여 건축물 단위도 환경영향평가를 할 수 있는 기틀을 마련하였다.

; LCI DB 구축과 LCA 소프트웨어 APESS개발과 더불어 국내 건축산업에 파급 효과가 큰 건축자재 환경성정보 인증제도 도입을 위한 방안을 마련하였다.

건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축사업의 결과물은 64개의 건축자재 LCI D/B 모듈과 구축된 LCI D/B 모듈의 활용방안이다. 활용방안으로는 건축자재 환경성정보 네트워크에 일반사용자를 비롯한 전문가의 자료 공유 및 LCA 교육, 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS의 다운, 건축자재 환경성 인증제도와의 연계가 이루어지게 된다.

〔표 1.4.1〕 3차년도 연구내용 및 결과

연구 내용	연구 결과
건축자재 환경성정보 네트워킹 구축완료 및 인터넷 공개를 위한 시스템 구축	- 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축 완료 - LCA에 관한 정보 및 교육자료 구축 - APESS 프로그램 배포
대상자재별 비교평가가 가능한 APESS 건축자재 소프트웨어 개발 및 적용성 확대 방안 연구	- 건축자재 환경성 평가 프로그램 - 건축물 환경성 평가 프로그램 - 건축자재 LCI DB 정보
LCA 방법론 간략화방안	- 건축분야에 적용이 쉬운 LCA 방법론간략화
20개 모듈에 대한 LCI DB 추가 구축	22개 모듈에 대한 LCI DB 구축 - 관련 자료 수집 및 분석 후 주관연구기관, 위탁연구기관과의 실무회의를 통해 DB 구축 우선순위 결정 - 우선순위에 따라 1차년도 DB 구축 대상 건축자재/공정 22개 선정 ① 협동연구기관(한국인정원) 담당(14개) : MDF 바닥재, 철제현관문, 복층유리, 우레탄 방수재, 시트방수재, 실리카 인조대리석, 타일카펫, 강화유리, 재생잔골재, 재생굵은골재, 기계화시공-불도저, 로더, 스크레이퍼, 굴삭기 ② 협동연구기관(친환경상품진흥원) 담당(8개) : 점토벽돌, 폴리염화비닐 관, 우레탄 판, 발포 폴리스티렌 판, 유리면 판, 알루미늄 복합(무기질)패널, 알루미늄 복합(PE) 패널, 압출성형 콘크리트 패널
친환경 건축자재 환경성정보 인증제도 제안	- 건축자재 대상 해외인증제도 사례 분석 · 해외의 건축자재 환경성정보 인증제도 구성체계 분석 · 인증대상 제품 및 방법론 고찰 - 건축자재의 환경성정보의 평가 및 공개, 인증을 위한 국내 시스템 제안 · 환경성정보 인증을 위한 체계 검토 · 인증시스템 관련 각 기관별 역할 및 운영방안 제안 - 제도 활성화를 위한 방안 제시

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

2.1 국외 관련 기술개발 현황

2.1.1 국외기술 및 산업동향

건축자재의 환경성정보를 구축하기 위해 필요한 전과정평가 관련 표준은 국제표준화기구(ISO)에서 개발되어 전 세계적으로 적용되고 있으며, 기존에 개발되어 사용되고 있던 ISO/TC 207 14040s 규격들 외에, 건축분야에서도 건축물의 환경성능을 평가하는 규격이 ISO/TC 59에서 21930 규격으로 현재 제정되고 있다. 또한, 건축자재를 포함한 제품(서비스 포함)의 환경성정보를 공개하는 방법 중 하나로, 전과정평가를 통한 환경성적을 그대로 제공하는 Type III 환경라벨링 규격이 ISO/TC 207에서 ISO 14025 환경선언 규격으로 제정되어 활용되고 있다.

[표 2.1.1] 에서 보는 국제표준을 이용하여 각국의 정부기관, 대학, 연구소, 단체 등에서는 이미 국가 LCI D/B 구축에 대한 노력에 많은 시간과 비용을 투자하고 있으며, 구축된 D/B에 대한 지속적인 관리도 수행하고 있다. 현재 개발된 D/B는 개발 특성에 따라 건축자재에 대한 정보를 많이 포함하는 것이 있고, 타 분야를 중심으로 개발된 것이 있다. 그러나 건축자재가 기초소재나 물질에 대한 정보가 없이는 개발되기 힘든 점을 감안할 때 LCI D/B는 그 모듈의 수가 많을수록 건축자재의 LCI D/B를 개발하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 관점에서 환경부와 산업자원부의 LCI D/B와의 연계는 중요하다고 볼 수 있다.

[표 2.1.1] 건축자재 환경성능과 관련된 국제규격

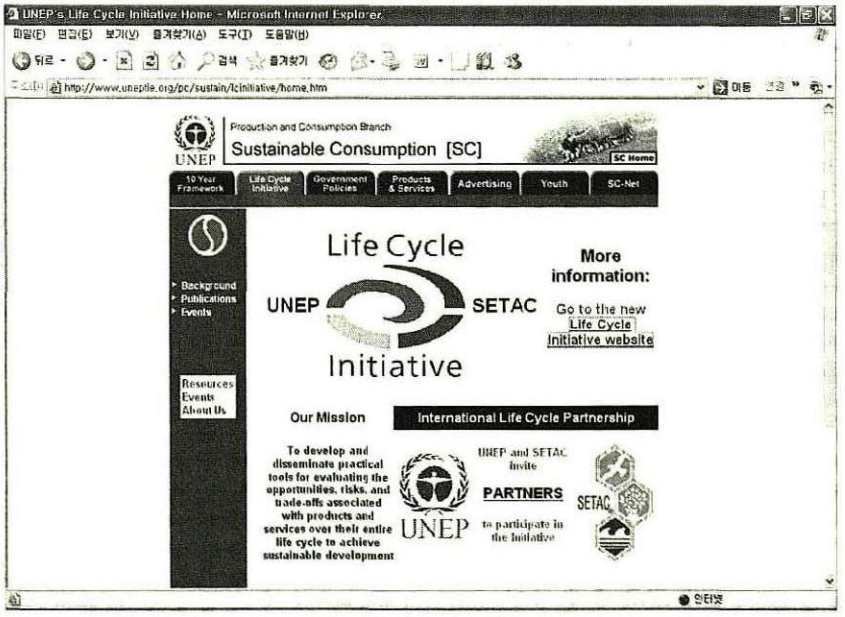
담당 기구	규격개발 담당위원회명	규격번호	규격명
ISO	TC207 SC5	ISO 14040:2006	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework 전과정평가의 원칙 및 구조
ISO	TC207 SC5	ISO 14044:2006	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines 전과정평가 요구사항 및 지침
ISO	TC207 SC5	ISO/TS 14048:2002	Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format LCI DB 문서화 양식
ISO	TC207 SC5	ISO/TS 14049:2000	Environmental management - Life cycle assessment - Example of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis 전과정평가 활용 사례
ISO	TC207 SC3	ISO 14025:2006	Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures 환경라벨 Type 3 - 환경선언
ISO	TC59 SC17	ISO CD 21930	건축제품의 환경선언
ISO	TC59 SC17	ISO TS 21931	건축물의 환경성능 평가방법

가. 국제 기구 활동

국제적으로는 UNEP(국제연합환경계획) 및 SETAC(환경독성화학회)의 지원하에 Life Cycle Initiative(www.uneptie.org/pc/sustain/lcinitiative/home.htm)를 결성하고 전과정평가 기법 등의 개발 및 개발도상국의 자질개발(capacity building) 등을 지원하는 프로그램을 수행하고 있다.

본 프로그램을 상세하게 보면, 전과정목록분석 분과와 전과정영향평가 분과가 세부 작업반을 운영하고 있다.

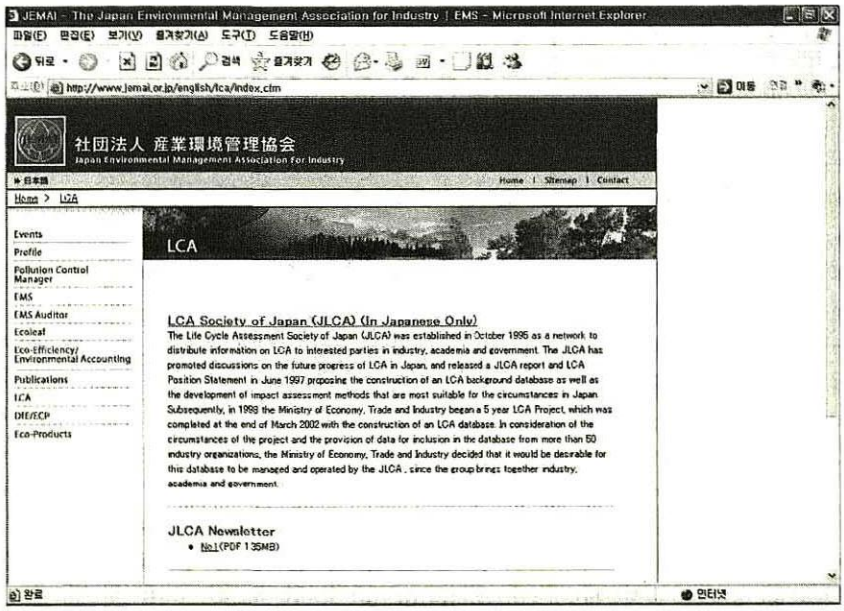
- 전과정목록분석 분과 : LCI D/B 등록(TF1), LCI D/B 특성 및 품질(TF2), LCI 방법론적 일관성(TF3), LCA 사례연구에 대한 라이브러리 운영(TF4), LCI D/B 기술이전(TF5)
- 전과정영향평가 분과 : LCIA 정보시스템(TF1), 천연자원과 토지이용(TF2), 독성 영향(TF3), 국경이동 영향(TF4)



〔그림 2.1.1〕 UNEP-SETAC Life cycle initiative 홈페이지

나. 각 국 동향

국외에서는 화학, 자동차, 전자, 반도체 산업을 중심으로 활발한 LCI D/B 개발과 LCA가 수행되고 있다. LCI D/B의 개발실적은 유럽연합이 2629개, 일본 476개, 미국 429개이며, 이러한 D/B를 활용하는 소프트웨어는 TEAM, GaBi, Sima Pro, LCAiT 등이 있다. 건축자재와 관련해서는 SimaPro와 GaBi 프로그램이 건축 관련 LCI D/B를 가장 많이 구성하고 있는 것으로 알려져 있다. Sima Pro는 네델란드 PRe 컨설팅사에서 개발한 소프트웨어로 2004년 현재 Ver 5.1까지 개발되어 있다. 이 프로그램은 ISO 규격에 따른 LCA 단계별 수행항목이 배열되어 있어, 해당 항목별로 내용을 기입하여 LCA를 수행하도록 되어 있다. GaBi는 독일의 IKP와 PE Europe GmbH Leinfelden-Echterdington사가 공동으로 개발한 프로그램으로 LCC 기능이 추가되어 다양한 환경관리 프로그램으로 활용할 수 있다.

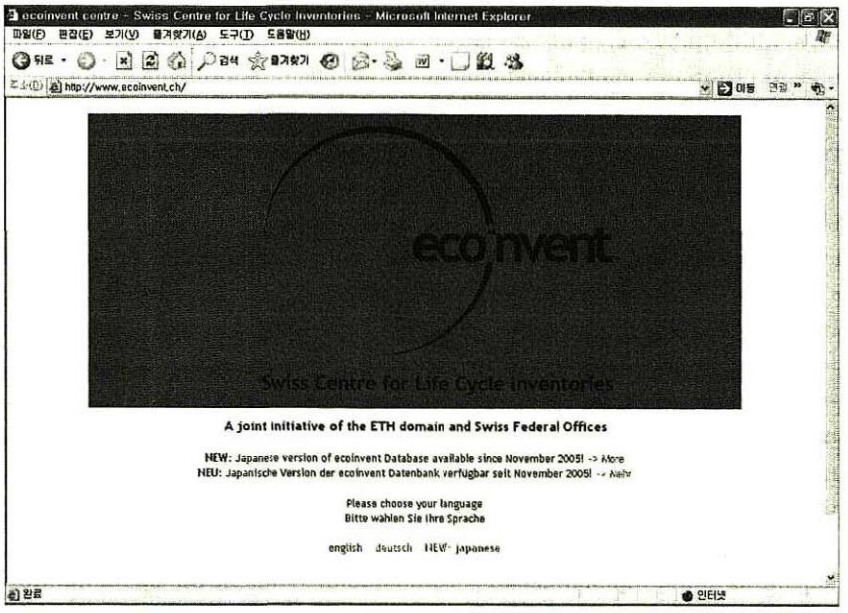


[그림 2.1.2] 일본-JEMAI LCA 홈페이지

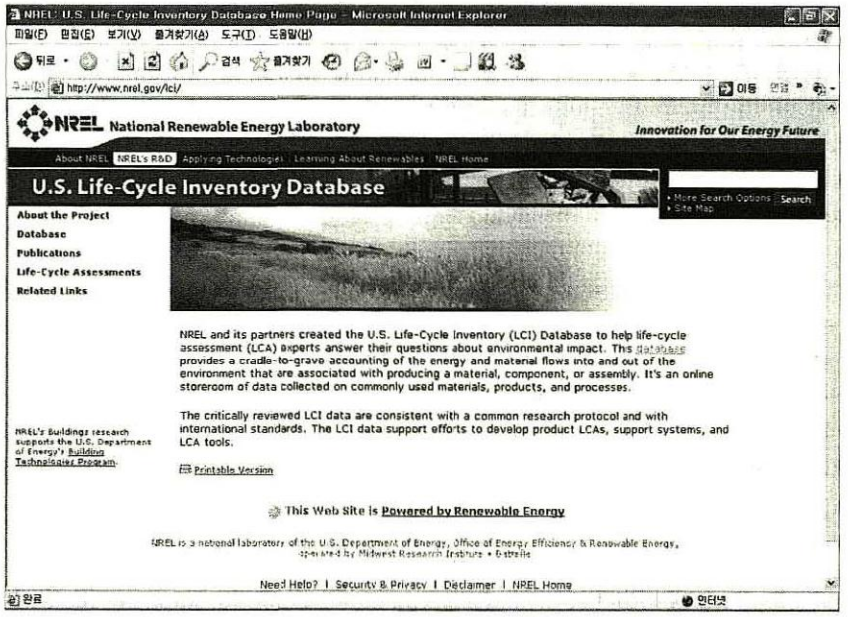
일본의 경우 1995년에 일본 기업들이 주축이 되어 JLCA(일본 LCA 포럼)을 결성하여 활동하고 있으며, 2005년에 전과정평가에 대한 보다 체계적인 연구를 위해 ILCAJ(일본전과정평가연구소)를 설립하여 운영하고 있다. 또한, 1998년부터 2005년까지 2차례의 전과정평가 프로젝트를 수행하여 전과정평가 관련 방법론 및 소프트웨어, LCI 데이터베이스를 개발하였다. 또한, 2006년부터 전과정평가에 대한 교육 및 컨설팅 업무 지원을 위한 목적으로 3단계 전과정평가 프로젝트를 착수하였다.

유럽에서는 스웨덴, 네덜란드, 덴마크, 독일, 영국 등 대부분의 국가에서 관련 연구를 활발하게 추진하고 있으며, 최근에는 건축물에 대한 전과정평가 및 건축자재에 대한 LCI 데이터베이스 구축이 활발하게 진행되고 있다.

미국은 학계차원에서는 이미 많은 연구가 진행되고 있으나, 정부 차원에서는 다른 국가들에 비해 다소 늦게 출발하였다. '01년부터 '02년까지 NREL(재생가능에너지연구소)을 중심으로 LCA 및 LCI D/B 구축 방법론 개발을 위주로 1단계 프로젝트를 추진하였고, '02년부터 '04년까지 LCI 데이터베이스 개발 위주로 2단계 프로젝트를 완료하였으며, 최근에는 LCI D/B 개발 및 관리 등의 계획을 가지고 장기계획을 수립하여 진행 중에 있다.



[그림 2.1.3] 스위스-Eco Invent LCI D/B



[그림 2.1.4] 미국-NREL LCI D/B

다. 해외 LCI D/B 구축 현황

외국의 전과정 목록 데이터베이스의 구축작업은 서부유럽을 중심으로 활발하게 진행되고 있으며, 미국과 일본 등지에서도 이미 개발하였거나 현재 개발 중에 있다. 아래에는 전과정평가 관련 소프트웨어에 내장되어 널리 활용되고 있는 전과정 목록 데이터베이스들을 간략하게 소개하였다.

(1) BUWAL250

BUWAL은 스위스의 연방환경산림국토청(Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landscape)으로 우리에게는 영문명인 SAEFL(the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape)로도 알려졌다. BUWAL250은 연방환경산림국토청에서 환경시리즈 250번에 해당하는 데이터베이스를 의미하는 것으로 1996년에 처음으로 데이터베이스를 발표하였다. 데이터베이스의 지역적인 범위를 보면, 전기 및 에너지 공급은 서부유럽에 한정하고 있으며, 원료물질 채취는 전세계, 폐기는 스위스의 상황을 반영하였다. 이렇게 해서 구축된 데이터베이스는 세부모듈별로 플라스틱, 유리, 펄프, 종이류, 알루미늄, 스틸강판류, 전기, 기타 에너지류, 소각, 매립, 폐기물처리 등이다. 데이터베이스는 SPOLD(the Society for Promotion Of Life Cycle Assessment Development) 포맷을 활용하였다.

(2) ETH

스위스 기술연구소인 ETH(the Swiss Federal Institute of Technology)에서는 1996년부터 데이터베이스를 발표하였다. 데이터베이스에는 기초물질과 에너지, 수송, 폐기물에 대한 데이터베이스가 포함되어 있는데 에너지에 대한 범주를 에너지 담체, 전력, 오일, 천연가스, 석탄, 원자력, 수력, 목재, 태양열, 광전지, 풍력 등으로 세분화하여 데이터베이스를 개발한 것이 특징이다. 에너지원들 중에서 LNG와 경유, 중유 등의 열원은 스위스와 유럽의 평균 보일러기술과 열 손실율을 고려하였으며, 전기 데이터베이스는 오스트리아를 포함한 유럽의 서유럽전력망(UCPTE)에 포함된 국가들이 모두 참여하여 1990년부터 1994년까지의 5년간의 데이터의 평균치를 활용하여 데이터베이스를 구축하였다.

(3) IDEMAT

네델란드의 TU Delft 대학에서 개발한 것으로 1996년에 데이터베이스를 구축한 이래로 최근에 업데이트된 데이터베이스에는 세라믹, 섬유, 유리, 판, 금속, 비금속,

고분자, 목재 등에 대한 세부적인 데이터베이스들이 포함되어 있다. 각 모듈별 데이터베이스에는 투입되는 물질들의 물성정보와 영향평가 방법론인 Eco-indicator를 활용하여 데이터베이스 목록별로 환경지수(eco- indicator)를 산출한 것이 특징이다.

(4) APME

APME(Association of Plastics Manufacturers in Europe)에서는 1993년부터 플라스틱류에 대한 전과정 목록 데이터베이스를 구축하였고, 1999년에는 1차 개정판을 발표하였다. 데이터베이스를 개발하는 과정에서 반드시 3개사 이상이 참여하는 것을 원칙으로 하였으며, 각 업체별 데이터를 통합하는 과정에서 수직법과 수평법을 사용하였다. 그 이외에 데이터 계산과정은 Boustead Model에서 계산한 방법을 적용하였다.

(5) Frankline Association

Franklin사는 종이/마분지, 유리, 스틸, 알루미늄, 플라스틱 제품, 기저귀제품, 포장재, 컨테이너와 수송시스템, 건축자재 그리고 많은 다른 제품과 공정을 대상으로 전과정평가를 수행한 연구경험을 통하여 약 40여 가지의 연료, 에너지 그리고 수송에 관한 LCI 환경데이터베이스를 개발하였다. 또한 종이와 플라스틱 물질에 대해서는 재활용 비율이 매우 유동적으로 변함에 따라 사용자가 그 비율에 맞춰 데이터베이스를 조합하여 사용할 수 있도록 100% 순수물질과 100% 재활용물질에 대한 데이터베이스를 별도로 제공하고 있다. 이와 같은 형태로 제공되는 데이터베이스는 표백하지 않은 크레프트 종이판, 종이타올, PP, PET, 신문지, LLDPE, LDPE, HIPS, HDPE, GPPS, EPS, 유리 그리고 알루미늄 등이 있다.

(6) IISI(International Iron & Steel Institutes)

IISI는 1998년 4월에 전세계 57개 철강회사로부터 데이터를 수집하여 총 12가지 철강제품에 대한 LCI데이터베이스를 발표하였다. 데이터베이스에는 총 철강제품

의 80%에 해당하는 열연코일(hot rolled coil), 산세코일(pickled hot rolled coil), 냉연코일(cold rolled coil), 주석도금코일(tinplated coil), 크롬도금강(tin-free steel), 용융아연도금강(hot-dipped galvanised), 전기아연도금강(electrogalvanised), 유기물도금판(organic coated flat), 판(plate) 등이 포함되어 있다.

2.2 국내 관련 기술개발 현황

2.2.1. 국내 기술 및 산업 동향

국가 LCI D/B 관련 제·개정 및 관리 등 전반의 작업은 지식경제부(구 산업자원부)와 환경부에서 담당하고 있다. 지식경제부와 환경부는 산업군을 분류하여 LCI D/B 대상제품을 선정하고 제정 작업을 진행하고 있다. 기본적으로 지식경제부는 에너지, 합성수지, 제조공정, 전기·전자 소재 등의 산업중심으로 D/B를 구축하여 왔으며, 환경부는 국가인프라와 기초 소재분야로 접근하였다.

지식경제부는 2007년 6월을 기점으로 화학제품(47), 에너지(7), 금속(18), 제지(4), 건축자재(13), 전기전자(33), 제조공정(36), 수송(7), 폐기(19), 유틸리티(4) 분야 총 188개 LCI D/B를 개발하여 보급 중이다. 지식경제부에서 개발된 LCI D/B는 데이터 검증을 거친 후, 국가청정생산 지원센터에 설치된 국가 LCI 종합정보망(www.kncpc.re.kr/lci)을 통하여 정보를 제공하고 있다. 환경부는 2007년 3월을 기점으로 고무(6), 금속(20), 건축자재(11), 기초부품(3), 기초화학(67), 수자원(11), 에너지(3), 펄프종이(5), 플라스틱(3), 부품가공(4), 육상수송(10), 해상수속(11), 소각(2), 재활용(4), 기타(4) 분야의 총 164개 LCI D/B를 개발하여 보급 중이다. 환경부에서 개발된 LCI D/B는 데이터검증을 거친 후, 친환경상품진흥원 LCI D/B 정보망(http://klcidb.koeco.or.kr/lci/main.asp)을 통하여 환경성정보를 제공하고 있다.

LCI D/B는 기본적으로 LCA를 수행하기 위하여 필요한 데이터베이스로 산업체가 활용할 때에 국가 D/B로서의 효용성이 발휘된다고 할 수 있다. 이에 국토해양부(구. 건설교통부)에서 시행하는 본 사업은 건축자재에 대한 LCI D/B를 구축하여 건축자재생산회사 및 건설회사가 활용할 수 있도록 유도하는 것이 필요하다. 방대한 LCI DB활용을 위해서 지식경제부와 환경부는 PASS와 TOTAL소프트웨어를 개발하여 제공하고 있다. 각 소프트웨어는 각 부처에서 구축된 LCI D/B를 효과적으로 활용하는 LCA소프트웨어이다.

현재 사용되고 있는 PASS와 TOTAL은 전 산업에 대한 LCA 소프트웨어로써 건축자재의 LCI D/B에는 건축자재의 전과정적인 특성을 고려한 소프트웨어의 개발이 중요하다고 할 수 있다. 현재 전동차에 대한 전과정평가 역시 수행되고 있으며 이에 대한 소프트웨어도 개발 중에 있다.

[그림 2.2.1] 환경부- TOTAL

[그림 2.2.2] 산자부-PASS

또한 각 부처별(국토해양부, 지식경제부, 환경부)로 LCI DB 구축에 있어 데이터 처리 및 방법론에 있어 나타났던 기술적 차이를 줄이기 위해 2004년 국가청정생산기술센터에서 개발한 LCI D/B 구축 방법론에 대한 연구 수행 결과를 준용하였다. 건축자재에 대한 LCI DB 구축은 환경부에서 11개 모듈, 지식경제부 13개 모듈을 완료하였다. 본 연구는 환경부, 산업자원부가 수행한 건축자재 24개 모듈과 중복자재를 제외하고 건축자재 중 이산화탄소 발생량이 높은 자재를 우선순위로 설정하여 조사하였다.

[표 2.2.1] 지식경제부 LCI 데이터베이스 구축현황 (2006.12, 158개)

구 분	지식경제부
에너지	전기(원자력, 천연가스, 오일, 역청탄, 무연탄), 휘발유, 경유, 석탄, LPG, 등유, 벙커C유
수 송	5톤트럭(국도, 고속도로), 11.5톤 트럭(국도, 고속도로), 기차(디젤, 전기, 통합)
철금속	전기로 제강제품(형강), 전기로 제강제품(봉강), 전기로 제강제품(철근), 전기로 제강제품(레일)
비철금속	전기동, 황동조, 순동관, 황동봉, 구리로드, 알루미늄 판, 알루미늄 박, 알루미늄 빌레트(1050, 6061, 6063), 알루미늄 로드(자동차냉매용, 전선용), 알루미늄 압출제품, 니켈
공 정	플라스틱 가공 : Injection moulding(PE, PS, PVC), Extrusion(compounding PE, compounding PP, compounding PS, film PE, film PP, pipe PE, sheet PE, sheet PP, sheet PS), Welding(ABS, PE, PP, PS, PVC), Pressing, PVC calendering(연질, 경질, 통합), Reaction Injection Molding, Blow Molding, Vacuum Forming 철가공 : 프레스 가공, 산소-아세틸렌 절단, FCAW(스테인레스강용, 탄소강용), GMAW(스테인레스강용, 탄소강용), SAW(스테인레스강용, 탄소강용), Plasma 절단, SPOT용접
화 학	나프타, 에틸렌, 프로필렌, 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 저밀도 폴리에틸렌, 사출용 고밀도 폴리에틸렌, 중공용 고밀도 폴리에틸렌, 파이프용 고밀도 폴리에틸렌, 필름용 고밀도 폴리에틸렌, 고밀도 폴리에틸렌, 호모 폴리프로필렌, 블록 폴리프로필렌, 랜덤 폴리프로필렌, 폴리부타디엔 라텍스, 에틸렌 디클로라이드, 염화비닐 단량체, 스티렌 단량체, 메틸 메타크릴레이트, 스티렌 아크릴로니트릴, ABS 파우더, 발포 폴리스티렌, 폴리스티렌-고유동, 폴리스티렌-내열, 폴리스티렌-범용, 폴리스티렌, 내충격성 폴리스티렌-고기능, 내충격성 폴리스티렌-고유동, 내충격성 폴리스티렌-범용, 내충격성 폴리스티렌, 폴리메틸 메타크릴레이트 파우더, 폴리비닐클로라이드, 디페닐메탄 디이소시아네이트, 톨루엔 디이소시아네이트, 선형저밀도 폴리에틸렌, 폴리카보네이트, 에폭시 수지, 페놀 수지, 폴리올, 이소프로필 알콜, 폴리아마이드 6, 폴리아마이드 66, 폴리우레탄, 옥탄올
폐 기	구리 재활용, HDPE 재활용, LDPE 재활용, PP 재활용, PS 재활용, PVC 재활용, PET 재활용, 플라스틱 재활용(통합), PP 소각, HDPE 소각, LDPE 소각, PS 소각, PVC 소각, PET 소각, 플라스틱 소각(혼합), 폐플라스틱 매립(혼합), 종이 재활용, 종이 소각, 종이 매립
건축자재	포틀랜드 시멘트(1종, 2종, 3종, 5종), 고로슬래그 시멘트, 석고보드, 유리면 보온방음판, 유리면 파이프커버, 유리면, 레미콘 25-210-12, 레미콘 25-210-12, 레미콘 25-240-12, 레미콘 25-240-15
전자부품	막대 땜납(3종), 선상땜납(2종), 수지입 땜납(3종), 리드선(3종), 기기선(1종), 저항(4종), 알루미늄 전해콘덴서(3종), 트랜지스터(1종), 다이오드(1종), 인쇄회로기판, 연성인쇄회로기판, 망간전지, 알카라인전지, Ni-Cd전지, Ni-MH전지, 발광다이오드, 와이어하니스
유틸리티	내부전기, 스팀, 순수,여과수
계	188

[표 2.2.2] 환경부 LCI 데이터베이스 구축현황 (2008. 6, 164개)

구분	명 칭	구분	명 칭	구분	명 칭
건축자재	시멘트	기초화학물질	염소	수자원	상수_영산강섬진강수계
	판유리		인산_건식		상수_제주권
	도료_불포화폴리에스테르계		인산_습식		상수_한강수계
	도료_수용성 에멀젼계		제올라이트		11
	도료_수용성수계		질산	에너지	경유
	도료_아미노알키드계		황산_25%		중유
	도료_아크릴계		황산_93%		천연가스
	도료_ 알키드에나멜바니쉬계		황산_98%		3
	도료_에폭시계		가성칼륨_90%	펄프종이	아황산염미표백펄프
	도료_우레탄계		가성칼륨_95%		아황산염표백펄프
	파티클보드		규산나트륨		황산염미표백펄프
	11		니트로벤젠		황산염표백펄프
고무	스티렌 부타디엔 고무		메탄올		상자용 골판지 보드
	에틸렌 프로필렌 디엔 고무		산소		5
	천연고무_latex		산화철	플라스틱	PET
	천연고무-coagulum		수산화칼슘		PBT_고상
	폴리부타디엔 고무		수소		PBT_일반
	폴리부타디엔 고무		신나류		EPP Beads
	6		아닐린		4
금속	비드와이어		아르곤	부품가공	볼트 제조공정
	스틸코드		아세톤		스위치 제조공정
	납괴		아세트알데하이드		커넥트 제조공정
	냉연코일		아크릴로니트릴		MLCC 제조공정
	빌렛_고로		알킬벤젠술폰산염		4
	빌렛_전기로		알파올레핀술포네이트	육상수송	1ton 트럭
	산세코일		에틸 알콜		1.25ton 트럭
	선재		염화나트륨		2.5ton 트럭
	스테인레스 냉연코일_BA		염화칼륨		3.5ton 트럭
	스테인레스 냉연코일_AP		질산나트륨		3.51-5ton 트럭
	스테인레스 열연코일		질소		5.1-8ton 트럭
	아연괴		청화소다		8.1-15ton 트럭
	열연코일		탄산칼륨		15.1-18ton 트럭
	용융아연도금강판		페놀		18.1-23ton 트럭
	전기아연도금강판		포름알데히드		23.1-25ton 트럭
	주석도금강판		폴리아크릴아미드_리퀴드 1		10
	크롬도금강판		폴리아크릴아미드_리퀴드 2	해상수송	로로선_ 내항_1,200~20,000dwt
					벌크선_ 내항_1,500~20,000dwt

기초부품	후판	수자원	폴리아크릴아미드_리퀴드 3	재활용	벌크선_ 내항_10,000~200,000dwt
	스테인레스강		폴리아크릴아미드_에멀젼		벌크선_ 외항_1,500~20,000dwt
	탄소강		폴리아크릴아미드_파우더		벌크선_ 외항_10,000~200,000dwt
	20		폴리알루미늄클로라이드		컨테이너선_외항_27,500dwt
	무연솔더 바		황산나트륨		탱커_ 내항_10,000~300,000dwt
	무연솔더 와이어		AES		탱커_내항_500~20,000dwt
	무연솔더 크림		n-헥산		탱커_ 외항_10,000~300,000dwt
	3		1,4-부탄디올		탱커_외항_500~20,000dwt
기초화학물질	산화아연		고순도 테레프탈산		탱커_LNG_100dwt
					항공수송_화물기
	스테아린산		디메틸테레프탈레이트		12
	이산화티타늄		에피클로로히드린	소각	일반폐기물 소각
	카본블랙		카프로락탐		지정폐기물 소각
	탄산칼슘_1μ		폴리옥시메틸렌		2
	탄산칼슘_2μ		발연황산_98%	재활용	골판지 원지용 폐지 재활용
	탄산칼슘_5μ		아크릴아미드		정제연료유용 폐유 재활용
			금속잉크		
			아크릴에멀젼 접착제		
			옵셋잉크		
			에폭시접착제_건축용		
			에폭시접착제_전기전자용		
	탄산칼슘_10μ		82		파티클보드용 폐목재 재활용
	황		공업용수_경남권		펠렛용 폐플라스틱 재활용
	1,3-부타디엔		공업용수_경북권		4
	가성소다		공업용수_수도권	기타	공정유
	무수불화수소		공업용수_전남권		윤활유
	불화수소_55.5%		공업용수_전북권		활성탄
	소다회		공업용수_충청권		국가산단 폐수종말처리
					E-유리섬유
	암모니아		상수_금강수계		5
	염산		상수_낙동강수계		

2.2.2. 국내 시장 현황 및 예측

국내 건축분야 전과정평가 방법론은 초기 도입단계를 지나고 있다. 그동안 건축분야의 전과정평가 방법론은 이론적 논의에 그쳤다. 본 연구에서는 건축자재 생산업계 및 건설업계가 직접 데이터를 공개하는 적극적인 참여를 통해 건축자재 국가환경정정보(LCI DB) 구축하였으며, 3년에 걸쳐 이산화탄소 배출량이 높은 자재를 대상으로 건축자재 환경성정보 64개를 구축하였다.

1999년부터 환경부와 지식경제부(구 산업자원부)는 전 산업에 걸친 LCI D/B를 작성해 왔으며, 현재에도 LCI D/B를 구축하고 있다. 이에 반해 건축부분 LCI D/B는 본연구가 시작되기 이전에는 구축사례가 타 분야에 비해 미비했다. 본 연구에서 구축된 건축자재 환경성정보는 웹사이트와 APESS LCA 소프트웨어를 통해 쉽게 접근할 수 있으며, 환경정보가 부족했던 건설 분야에 정량적 환경정보를 제공 및 활성화 할 수 있도록 구성되었다. 또한, 그동안 건설업계에서 시행되던 환경영향평가에 대한 신뢰성 확보와 더불어 건설업계 친환경 자재 생산이 체계적으로 도입되며 환경부하 감소노력은 증가할 것으로 기대된다. 현재 건축자재에 대한 환경마크제도는 Type I 으로 기업이 공표하는 자료만을 신뢰해야 하는 단점이 있었다. 그러나 D/B 공개와 더불어 친환경 건축자재 인증제도(가칭, 도입예정)를 통해 정량적인 환경영향정보를 소비자, 생산자, 개발자, 설계자, 시공자에게 공개함으로 건축분야 친환경성에 대한 신뢰도가 높아지게 될 것이다.

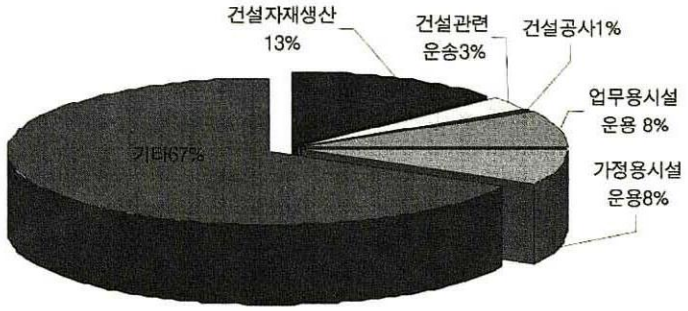
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

3.1 국내·외 동향 분석 및 평가 대상 자재의 선정

3.1.1 건축자재산업의 환경영향

시설운용부문을 포함하여 건설분야에서 사용되는 에너지량은 전체의 1/3을 차지하고 있으며, 화석에너지의 사용으로 인하여 배출되는 이산화탄소 등의 온실가스는 대기온도 상승이나 오존층파괴 등의 환경문제를 야기하고 있다.

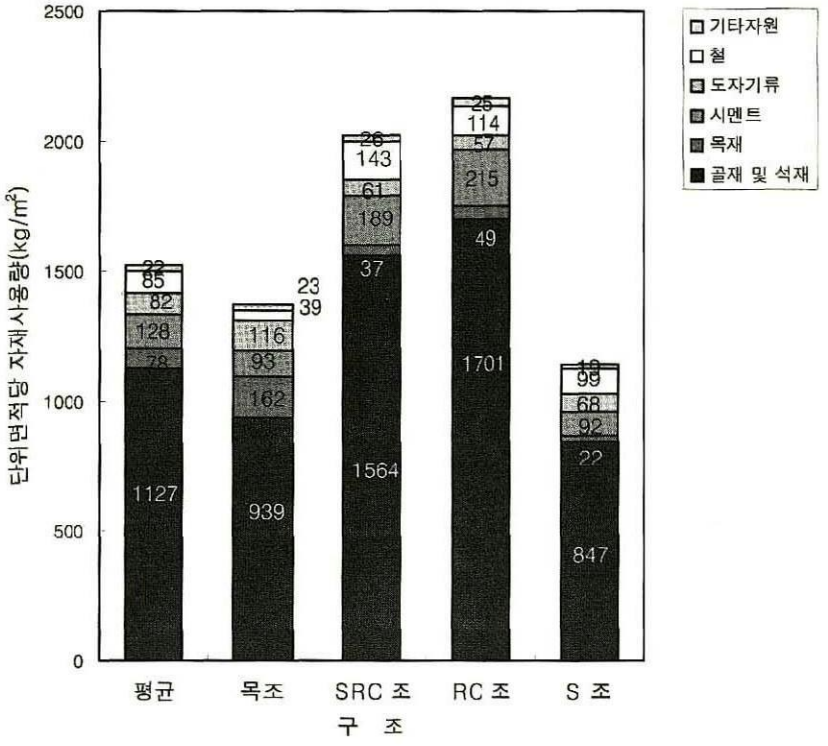
특히 건설자재를 생산하기 위해서는 많은 양의 자원을 소비해야 되고, 자원의 채취와 생산 및 시공공정에서 발생되는 이산화탄소 배출량은 전체의 약 13%정도로 큰 비중을 차지하고 있어 건설자재의 지속가능한 사용을 위한 대책이 필요하다.



[그림 3.1.1] 전체산업 중 건설부분 이산화탄소 배출량

따라서 건설자재 산업에서 에너지 소비를 줄이고 환경 친화적인 체제로 전환하기 위해서는 건설자재의 환경성에 대한 데이터베이스를 구축하고, 이를 통하여 친환경적인 재료를 선택하고 사용하는 방안을 마련해야 한다. 특히, 건설자재 중 가장 많이 소비되는 자재는 시멘트와 골재 등을 이용한 시멘트콘크리트 제품이며, 건축물에서 이러한 자재가 사용되는 비중은 단위면적당으로 비교 했을 경우 80%

를 상회하고 있어 시멘트 및 시멘트관련 제품에 대한 환경성 정보 구축이 우선적으로 필요하다. 아울러, 건설자재의 환경성 평가는 지구환경부하 물질을 위주로 진행되고 있으나 건축자재의 경우 인간이 거주하는 공간에 쓰이기 때문에 인체유해성 측면에서도 환경성 검토가 필요함. 이를 위해서는 건축자재로부터 발생하는 오염물질의 발생강도를 정량·정성적으로 분석하기 위한 기술의 정립이 필요하다.



〔그림 3.1.2〕 구조형식별 단위면적당 자재사용량

3.1.2 평가대상 예상 자재 선정

가. 건축재료의 분류 및 대상자재 선정 원칙

건축재료는 목재, 석재, 콘크리트, 철재 등을 위주로 하는 구조재료를 비롯하여 기와, 슬레이트 등의 지붕재료와 미장, 도료 등의 마무리 재료 등 그 범위가 매우 광범위하다. 제조분야에서는 천연재료와 인공재료로 분류하고 화학적 조성면에서

는 유기재료와 무기재료로 분류하며 공사별로는 기초재료, 골조재료, 지붕재, 바닥, 벽, 천장, 수장, 창호, 도장 등으로 분류할 수 있다.

(1) 생산방식에 의한 분류

· 천연재료 : 목재, 석재, 골재, 점토 등

· 인공재료 : 콘크리트 및 그 제품, 금속제품, 요업제품, 석유화학제품 등

(2) 화학적조성에 의한 분류

· 무기재료 : 금속재료, 비금속재료 등

· 유기재료 : 천연재료, 합성수지 등

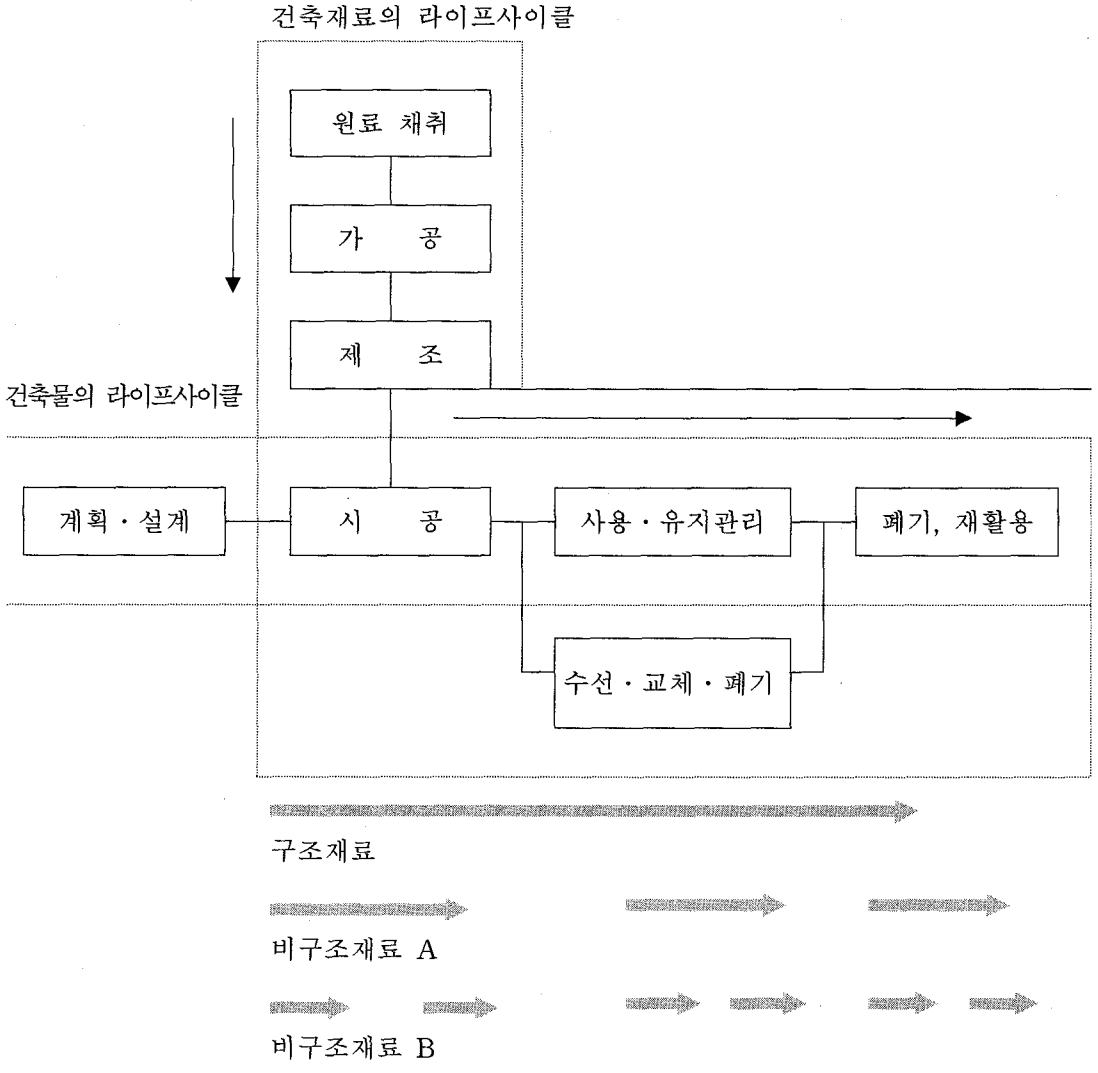
(3) 용도에 의한 분류

· 구조용 재료 : 목구조용, 철근콘크리트구조용, 철골구조용, 조적구조용 재료 등

· 비구조용 재료 : 내외장 마감재료, 차단재료, 채광재료, 창호재료, 방화 및 내화재료

건축재료는 동일한 용도나 기능을 갖더라도 수명에 따라 건축물의 라이프사이클에 대응하는 회수가 달라지기 때문에 환경성정보를 구축하기 위하여 건축재료를 분류할 때에는 이점을 고려할 필요가 있다.

[표 3.1.1] 건축물 라이프사이클과 건축재료의 라이프사이클의 관계



나. 이산화탄소배출량에 따른 건축자재 순위

공동주택 신축공사의 건축공종에 투입된 227개 자재 중 상위 25개의 자재가 전체 에너지소비량의 91%를 차지하며, 40여개의 자재만으로도 97%를 차지하고 있다. (2004년 건축물 LCA 연구 수행결과)

[표 3.1.2] 자재별 이산화탄소 배출량 순위

	제 품		제 품		제 품		제 품
1	고강도철근	11	목재문	21	강관	31	반자돌림
2	레미콘	12	작업발판	22	합판	32	판상단열재
3	PHC파일	13	룸카페트	23	백색시멘트	33	알미늄창호
4	갱폼	14	형강	24	도아로크	34	각재
5	타일	15	경량기포콘	25	중앙홀 계단난간	35	발코니선반
6	시멘트	16	콘크리트벽돌	26	단관(비계용)	36	플랫타이
7	PP유리문	17	분체난간	27	비닐실크벽지	37	유리면
8	유리	18	세대현관문	28	페인트	38	창호박스프레임
9	패널	19	발코니케이지	29	아스팔트쉉글	39	PL+PL
10	석고보드	20	승강기거푸집	30	스치로폴	40	화강석

[표 3.1.3] 건축물 부재 및 부재별 자재 우선순위

부위	재료명	부재명	재 료
구조체	구조 재료	기둥, 보, 벽, 바닥, 계단 등	(1)고강도철근, (2)레미콘, (14)형강, (3)PHC파일
구체용 가설	가설 재료	거푸집, 가설비계 등	(4)갱폼, (12)작업발판, (20)승강기거푸집, (26)단관, (36)플랫타이, (21)강관
벽체	외벽마감 재료	외벽	(28)페인트, (40)화강석, (29)아스팔트쉉글(지붕)
벽체	내벽마감 재료	내벽	(5)타일, (6)시멘트, (9)패널, (10)석고보드, (16)콘크리트벽돌, (23)백색시멘트, (27)비닐실크벽지
차단재	단열재		(30)스치로폴, (32)판상단열재, (37)유리면,
창호재	창호	창호	(7)PP유리문, (8)유리, (11)목재문, (18)세대현관문, (24)도아로크, (33)알미늄창호, (38)창호박스프레임 (39)PL+PL
발코니	발코니	발코니, 난간	(17)분체난간, (19)발코니케이지, (25)중앙홀계단난간, (35)발코니선반
천장	천장재	천장재	(22)합판, (31)반자돌림, (34)각재
바닥	바닥재	바닥재	(13)룸카페트, (15)경량기포콘

[표 3.1.4] 공종별 자재 우선순위(괄호 안은 순위)

공 종	제 품
가설공사	(4)갱폼, (12)작업발판, (20)승강기거푸집, (26)단관, (36)플랫타이
토공사(+기초)	(3)PHC 파일
철근콘크리트 공사	(1)고강도철근, (2)레미콘
철골공사	(14)형강
방수공사	
석재 및 타일공사	(5)타일, (23)백색시멘트, (40)화강석
금속공사	(17)분체난간, (19)발코니케이지, (21)강관, (25)중앙홀계단난간, (35)발코니선반
미장공사	(6)시멘트, (15)경량기포콘
창호 및 유리공사	(7)PP유리문, (8)유리, (11)목재문, (18)세대현관문, (24)도아로크, (33)알미늄창호, (38)창호박스프레임, (39)PL+PL
도장공사	(28)페인트
수장공사	(9)패널, (10)석고보드, (13)룸카페트, (22)합판, (27)비닐실크벽지, (31)반자돌림, (34)각재
지붕공사	(29)아스팔트쉉글
조적공사	(16)콘크리트벽돌
단열공사	(30)스치로폴, (32)판상단열재, (37)유리면

[표 3.1.5] LCA를 위한 건축자재 분류의 적합성 순위

	재료종류별	부위별	건축공종별
사용자 중심	3	2	1
비교평가	3	1	2
목 록 화	1	3	2
호 환 성			

다. 건축자재의 부품군 요구조건(PCR) 수립 및 LCA 수행지침

(1) 건축자재의 부품군

유사한 기능이나 용도, 또는 적용되는 부위별로 건축자재의 환경성정보를 구축하여 환경적으로 우수한 건축자재를 사용하기 위해서는 적절한 분류체계가 필요하다. 이에 구조적기능과 용도에 따른 부품군을 <표15>와 같이 분류하였다.

[표 3.1.6] LCA를 위한 건축재료의 분류

대분류	중분류	기능의 목적	재료 예
구조 재료	금속계 구조재료	금속계로 된 건축물 주요 구조부재로 건축물과 동일한 1회의 전과정을 갖는 재료	형강, 스틸스터드 등
	무기질계 구조재료	무기질계로 된 건축물 주요 구조부재로 건축물과 동일한 1회의 전과정을 갖는 재료	콘크리트, 시멘트블록 등
	목질계 구조재료	목질계로 된 건축물 주요 구조부재로 건축물과 동일한 1회의 전과정을 갖는 재료	목재 등
비구조 재료	가설재료	건축물의 주요 구성요소가 되지 아니하며 다른 건축물에도 사용가능하거나 사용회수가 1회 이상인 보조재료	거푸집, 동바리, 비계 등
	1회적 내장 재료	건축물 내부에 사용되는 재료로써 인체 건강과 관련이 있고 건축물과 동일한 1회의 전과정을 갖는 재료	단열재, 석고보드 등
	다회적 내장 재료	건축물 내부에 사용되는 재료로써 인체 건강과 관련이 있고 건축물 1회 전과정 동안 2회이상의 전과정을 갖는 재료	도장재, 벽지, 이동식 간막이 등
	1회적 외장 재료	건축물의 외부에 사용되는 재료로써 미관 및 외부환경과 관련이 있고 건축물과 동일한 1회의 전과정을 갖는 재료	석재 패널 등
	다회적 외장 재료	건축물의 외부에 사용되는 재료로써 미관 및 외부환경과 관련이 있고 건축물 1회 전과정 동안 2회 이상의 전과정을 갖는 재료	도장재, 드라이비트, 합성수지 사이딩 등
	보조 재료 및 부품	건축물의 구성이나 외장 및 내장 재료의 기능을 하지 않으나 건축물의 마감의 보조재 역할을 하는 재료로 교체 및 수선의 빈도가 잦은 재료	실란트 등
기타 재료		위에서 기술한 재료에 포함되지 않거나 엄밀한 의미에서 건축재료는 아니나 건축물을 구성하는 재료나 부품으로 건축물의 전과정에 대한 환경친화성 평가를 위한 항목의 필요한 재료	주방가구, 우편함, 국기게양대 등

(2) 건축자재의 제품군 요구조건(PCR) 수립

제품군을 구축하는데 있어 우선적으로 고려해야 하는 사항은 제3유형 선언이며, 제품의 요구조건(PCR) 원칙은 ISO 14020 환경라벨 및 선언, ISO FDIS 14025 환경라벨 및 선언 - 제3유형 환경선언과 ISO FDIS 21930 건축자재의 환경선언(지속가능한 건축)과 전과정평가 LCA(Life Cycle Assessment)표준과 관련한 ISO 14040 시리즈 등에 기초하고 있다.

건축 생산품인 재료, 제품, 부품, 장비 또는 시스템 등은 건물 내에서 영구적인 방법으로 상호 접합되기 위해 생산되어지거나 시공에 사용되기 위해 제작되었다. 또한 건물 자체가 건축 생산품으로 간주될 수 있다.

건축자재를 위한 PCR은 다음 4개의 주요한 내용으로 구성하였다.

① 제작자의 표기, 제도 실행자, 증빙내용

② 제품의 설명

③ ISO 14040ff 에 근거한 기본적인 전과정평가(LCA)의 요구조건

④ 일치 내용 및 조사, 그리고 추가 정보

이 중 제품의 설명은 제품과 내구연한에 대하여 상세하게 다루고 있다.

- 제품의 특징 : 사용자로 하여금 제품을 명백하게 규명하도록 도와줌. 여기에서는 제품의 정의, 제품의 사용, 관련 특성, 구성 및 구조에 대한 시각적 묘사가 포함되어야 한다.
- 생산 단계 : 생산단계의 주요 과정과 적용된 기술이 설명되어짐. (예, 생산공정도 등에 의해) 생산단계에는 원자재의 생산, 부속 제품, 생산, 조립, 포장, 수송 및 저장에 대하여 기술되어야 한다.
- 사용 단계 : 제품 내용을 표시하고(예: 총 중량의 몇 %), 위험물질들은 총량내에서 독립적으로 분리 표기되어야 함. 제품의 공개(포럼)는 추가적인 위험물질들을 포함시킬 수 있음. 열, 화재, 물 등 특수한 조건에서의 제품 성능에 대한 설명이 필요하며, 제품의 기준 내용년한이 설명되어야 한다.

- 폐기단계 : 수명이 끝나는 단계의 예측가능한 시나리오의 설명으로 폐기물 목록 뿐 만 아니라 재사용 및 재활용에 관한 내용이 포함된다.

3.1.3 건축자재 환경성평가 대상 자재

건축자재 중 이산화탄소 배출량이 높은 자재로 선정된 40여개 자재 중에서 자재 활용빈도가 높은 자재를 대상으로 건축자재 환경성평가를 실시하였다. 또한 시공공정의 경우 공사별로 균등한 분포를 이루도록 시공D/B를 구성하였다. D/B 구축에 앞서 자재 및 시공 분류를 실시하였으며, 이는 건축자재 환경성정보 D/B구축이 단위 건축물에 있어 각 분류별로 고른 분포를 이루도록 하기 위함이다. 이에 환경성정보 구축으로 선정된 자재는 단위 건물에서 사용빈도가 높으면서, 분류별 대표성을 띄고 있는 자재를 대상으로 하였다. 건축자재 분류와 시공공정은 아래 [표 3.1.7] 및 [표 3.1.8] 과 같이 구분되어 있으며, 이 중 자재나 시공공정에서 환경성정보 D/B구축 여부가 표시되어 있다.

[표 3.1.7] 건축자재 분류 및 구축모듈

대분류	중분류	구축	대분류	중분류	구축
01000. 일반자료	01100.건설장비	√	08000. 창호재	08100.문	√
	01200.기타			08200.창	√
02000. 대지조성재	02100.대지정리			08300.유리	√
	02200.조경			08400.창호부속재	
	02300.기타			08500.기타	
03000. 콘크리트재	03100.콘크리트제품	√	09000. 마감재	09100.미장재	
	03200.시멘트제품	√		09200.도장재	√
	03300.콘크리트종류	√		09300.타일재	√
	03400.시멘트	√		09400.밀폐재	
	03500.혼화재료	√		09500.천장재	√
	03600.골재	√		09600.지붕재	√
	03700.거푸집	√		09700.벽마감재	√
	03800.거푸집부속재			09800.바닥마감재	√
	03900.기타			09900.기타마감재	
04000. 조적재	04100.천연석	√	10000. 운송설비	10100.비계	
	04200.인조석재	√		10200.승강기	
	04300.석재제품			10300.화물운반기	
	04400.벽돌	√		10400.기타운송설비	
	04500.블록	√			
	04600.기타				
050000. 금속재	05100.강재(형강)	√	11000. 비품설비	11100.내장부품	
	05200.봉강			11200.가구	
	05300.강판류			11300.기타	

	05400.긴결 및 이음재		12000. 특수건축	12100.특수건축물	
	05500.박판, 선재 및 가공품			12200.체육시설	
	05600. 기타금속제품			12300.기타	
	05700. 기타		13000. 기계설비	13100.냉난방설비	
060000. 목재 및 플라스틱재	06100.집성재			13200.공조설비	
	06200.합판(구조용 포함)	√		13300.급배수위생설비	
	06300.기타목재			13400.공용설비	
	06400.열경화성			13500.방재조절설비	
	06500.열가소성	√		13600.기타	
	06600.기타				
070000. 기능재	07100.아스팔트		14000. 전기설비	14100.조명설비	
	07200.방습재	√		14200.전원설비	
	07300.내화재			14300.제어기기	
	07400.단열재	√		14400.통신시청각설비	
	07500.흡음재	√		14500.경보설비	
	07600.차음재			14600.기타	
	07700.기타				

[표 3.1.8] 건축공종 분류 및 구축모듈

공사별 대분류	종류	구축D/B
1.가설공사	가설울타리공사 등	
2.토공사	대지조성공사, 흙막이공사, 기계화시공-불도저, 기계화시공-로더, 기계화시공-스크레이퍼, 기계화시공-굴삭기 등	√
3.지정및기초공사	나무말뚝지정공사, 기성콘크리트말뚝공사, 현장타설콘크리트말뚝지정공사, 특수콘크리트말뚝지정공사, 강재말뚝지정공사, 우물통 및 잠함지정공사, 지반개량지정공사, 모래,자갈및잡석지정공사, 밑창콘크리트지정공사, 온통기초지정공사, 콘크리트및철근콘크리트기초공사 등	
4.콘크리트공사	콘크리트공사일반, 거푸집공사, 철근공사, 경량기포콘시공, 레미콘시공, 유로폼시공, 갱폼시공 등	√
5.철골공사	철골공사일반, 현장조립공사, 형강시공, 경량철골공사 등	√
6.조적공사	조적공사일반, 벽돌공사, 블록공사, ALC블록공사 등	
7.석공사	석공사일반, 화강석공사, 대리석공사, 테라초공사, 모조석공사, 기타통공사, 건식석재공사, 석축공사 등	
8.타일및테라코타 공사	타일공사, 테라코타공사 등	√
9.목공사	목공사일반 등	
10.방수 및 방습공사	방수공사일반, 아스팔트 방수공사, 개량아스팔트시트방수공사, 합성고분자계시트방수공사, 시멘트모르타르계방수공사, 금속판방수공사 등	
11.지붕 및 홈통공사	지붕및홈통공사일반 등	
12.금속공사	금속공사일반 등	
13.내외벽공사	내외벽공사일반 등	
14.미장공사	미장공사일반 등	
15.온돌및바닥공사	벽돌시공 등	√

16.창호및유리공사	창호공사일반, 목재창호공사, 강제창호공사, 알루미늄합금제창호공사, 유리공사 등	
17.도장공사	도장공사일반 등	
18.수장공사	수장공사일반, 바탕공사, 바닥공사, 벽공사, 천장공사 등	
19.단열,방내화공사	단열공사, 내화충전, 내화피복 등	

1) 건축자재

건축자재 환경성정보는 애초에 계획했던 이산화탄소 배출량 순위 40개 중에서 19개 모듈에 대해 건축자재 환경성정보 D/B를 완성하였다. 애초에 설정했던 이산화탄소 배출량에 의한 40개 자재 중 사용빈도가 높고 파급력이 큰 자재를 대상으로 모듈을 선정하였다. 그 결과 건축자재 부문에서는 아래 [표 3.1.9] 와 같은 모듈이 선정되었다.

[표 3.1.9] 건축공종 분류 및 구축모듈

건축자재 환경성정보 국가 DB					
1	ㄱ형강	19	타일	37	철제 현관문
2	ㄷ형강	20	합판	38	복층유리
3	I 형강	21	콘크리트 파일	39	우레탄 방수재
4	H 형강	22	유리문	40	시트방수재
5	일반 이형철근	23	목재문	41	실리카 인조대리석
6	고장력 이형철근	24	아스팔트싱글	42	타일카펫
7	모래(총괄)	25	화강석	43	강화유리
8	하천모래	26	갱폼	44	재생잔골재
9	바다모래	27	유로폼	45	재생굵은골재
10	육상모래	28	PVC 창호	46	우레탄판
11	산림모래	29	암면 단열재	47	발포 폴리스틸렌판
12	자갈	30	암면 보온방음판	48	유리면판
13	레미콘 수송(8톤 덤프)	31	암면 천장마감재	49	폴리염화비닐관
14	레미콘 수송 (10.5톤 덤프)	32	경보행용 바닥재	50	알루미늄복합(무기질)패널
15	레미콘 수송(15톤덤프)	33	중보행용 바닥재	51	알루미늄복합(PE)패널
16	레미콘 수송 (콘크리트 믹서 트럭)	34	EPS 층간 소음방지재	52	압출성형 콘크리트 패널
17	PVC 벽지	35	EPP 층간 소음방지재	53	점토벽돌
18	콘크리트 벽돌	36	MDF 바닥재 (강화마루)	54	

2) 시공공정

시공공정은 건축자재를 바탕으로 자재를 조합해 하나의 공정 완성에 따른 시공공정 환경성정보 D/B를 구축한 결과이다. 건물 건설공종분류 중에서 사용빈도가 높고 형평성에 따라 시공공정 환경성정보 D/B를 구축하였다. 미구축 분류는 공종 특성이 시스템화 된 단일공사의 성격이 아니며 하나의 공사나 제품으로 완성되기까지 사람에 의해 많은 변수가 나타나기 때문에 D/B구축에서 제외하였다. 구축된 시공공정 환경성정보 국가 D/B는 아래 〔표 3.1.10〕 과 같다

〔표 3.1.10〕 건축공종 분류 및 구축모듈

시공공정 환경성정보 국가 DB					
1	형강시공	5	경량기포콘크리트시공	9	기계화시공-로더
2	레미콘 시공	6	벽돌시공	10	기계화시공-스크레이퍼
3	유로폼시공	7	타일시공	11	기계화시공-굴삭기
4	갱폼시공	8	기계화시공-불도저	12	

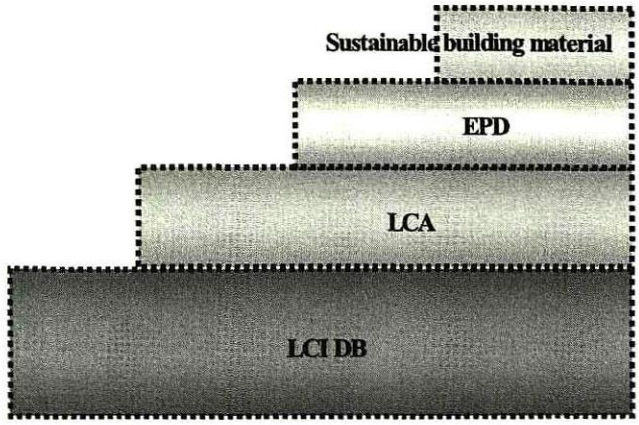
3.2 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)개요

3.2.1. 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)의 의미

전과정평가(LCA)는 어떤 제품에 대한 사용원료와 에너지 그리고 배출되는 물질의 환경영향을 파악하고, 환경적 개선 사항의 파악 및 평가를 목적으로 진행되며 에너지와 원료, 그리고 배출되는 폐기물을 정의하고 정량화함으로써 한 제품, 공정 또는 활동과 관련된 환경부하를 평가하는 과정으로 정의할 수 있다. 즉, 전과정평가(LCA)는 특정 제품이나 공정, 또는 활동에 관련된 전체 시스템의 유입, 변형, 이동, 환경에의 영향, 에너지 소비 등을 총괄적이고 종합적으로 분석 평가하는 총체적 접근법(holistic approach) 도구라고 할 수 있는데, 그 범위는 자연에서의 원료 추출에서부터 부품 및 제품의 생산, 유통, 사용 및 최종 폐기까지를 포함하고 있다. 즉, 전과정평가(LCA)는 개념적으로 환경부하 혹은 배출에 관한 질적, 양적 자료목록을 작성, 평가하여 환경성과를 개선시키기 위한 대안을 검토하는 과정이라고 할 수 있으며 환경영향평가(EIA), 위해성평가(Risk Assessment)등과 같이 환경관리기법 중의 하나로 정립되어가고 있고 ISO 14000 Series의 기술적 근간을 이루고 있어 다른 기법에 비해 국제적으로 보다 중요시되는 기법이 되고 있다.

위와 같은 환경평가기법 개발에 착수하여 제품의 환경성에 대해 종합적으로 지원할 수 있는 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)를 환경평가의 주요수단으로 활용하기 시작했다. ISO 14000's에 의한 전과정평가(LCA)는 정량적 평가방법으로 선진국들은 1990년 초반부터 환경선언 제도의 시행을 위한 기술적 근거를 수립하였다. 특히 유럽에서는 제품에 대한 환경정정보(LCI; Life Cycle Inventory) D/B 구축이 상당 수준 진행되어 있다. [그림 3.2.1] 과 같이 건설제품 및 건축물의 지속가능성 실현을 위한 성과를 위해서는 전과정목록(LCI; Life Cycle Inventory), 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment), 환경제품선언(EPD; Environmental Product Declaration)이 단계별로 진행되어야 한다. 전과정목록(LCI; Life Cycle Inventory) D/B 모듈은 국가별로 구축되거나 지역별로 구축되고 있으며, 한국에서는 현재 400여개의 국가 모듈이 구축되었다.

한국의 LCI D/B 모듈은 환경부, 지식경제부(구 산업자원부), 국토해양부(구 건설교통부)에 의해서 구축되고 있으며 ISO 14040's의 규정을 따라 구축되고 있다. 구축된 LCI D/B는 지식경제부의 PASS, 환경부의 TOTAL 프로그램에 의해 전과정평가(LCA)가 이루어지고 있다.



[그림 3.2.1] 건설제품 지속가능성을 위한 단계

3.2.2. 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)기법의 개발연혁

환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD : Environmentally Sound and Sustainable Development)이라는 명제 하에 지구환경을 보전·보호하려는 방법들이 전 세계적으로 수립·확산되고 있다. 제품의 전과정에 걸쳐 필연적으로 발생하는 환경부하를 규명하고, 환경부하가 환경에 미치는 영향을 평가하여 이를 저감, 개선하고자 하는 기법으로 전과정평가(LCA)가 도입되었으며, 이를 국제적으로 연구·보급하려는 노력이 활발히 진행되고 있다.

최초의 전과정평가는 1969년도 코카콜라에서 실시하였으며, 오늘날 전과정 목록분석방법의 기초가 되었다. 전과정평가가 기술적인 발전을 이룬 시기는 1990년대로 환경독성학회(Society of Environmental Toxicology and Chemistry : SETAC)가 구심점을 이루고 있다. 이 학회에서는 전과정평가의 기술적 골격, 영향평가, 그리고 데이터의 질 등에 대한 기술회의를 잇달아 개최하여 그 방법론과 수용될 수 있는 전문적 실행기술에 대한 공감대를 형성하였고 ISO 14040시리즈를 만드는데 견인차 역할을 하였다.

3.2.3. 건설부문과 전과정평가(LCA; Life Cycle Assessment)

다양한 제품과 소비재를 대상으로 개발된 전과정평가(Life Cycle Assessment) 방법과 기법의 대부분은 분석대상 특성을 고려하여 전과정평가에 대한 수정·개선이 필요한 부분이 많다. 토목·건축구조물의 경우 건설과정과 유지관리를 위해

투입한 자재, 발생하는 폐기물, 부가적으로 발생하는 환경부하 평가방법에서는 제품의 LCA방법론 적용이 가능하다. 그러나 국가 혹은 지역과 도시 경제활동, 시민생활과 밀접하게 연관되어 있는 사회간접자본 정비는 환경영향의 규모·범위는 크기 때문에 수행에 어려움이 따른다. 예를 들면, 현재 지역·도시에서 하수도와 폐기물 소각 시설을 건설하면 여기에는 물, 물질 자원순환에 변화가 발생하고 생활하는 시민생활에 영향을 미친다. 좁은 의미에서 LCA목표는 특정 시설건설·유지관리 등에 관한 환경부하 발생량을 수치화하는 것이지만 사회간접자본이 가지는 역할을 고려하면 협의의 LCA로 하는 것은 가능하지 않다. 결국, LCA결과를 공사의 의사결정에 어떻게 효과적으로 반영하는가가 중요하다. 그렇기 때문에 대규모 개발행위에서는 환경평가(환경영향평가 : EIA, Environmental Impact Assessment)가 제도화되어 있다. 따라서 LCA와 EIA의 상호관계를 고찰·검토하는 것이 필요하다.

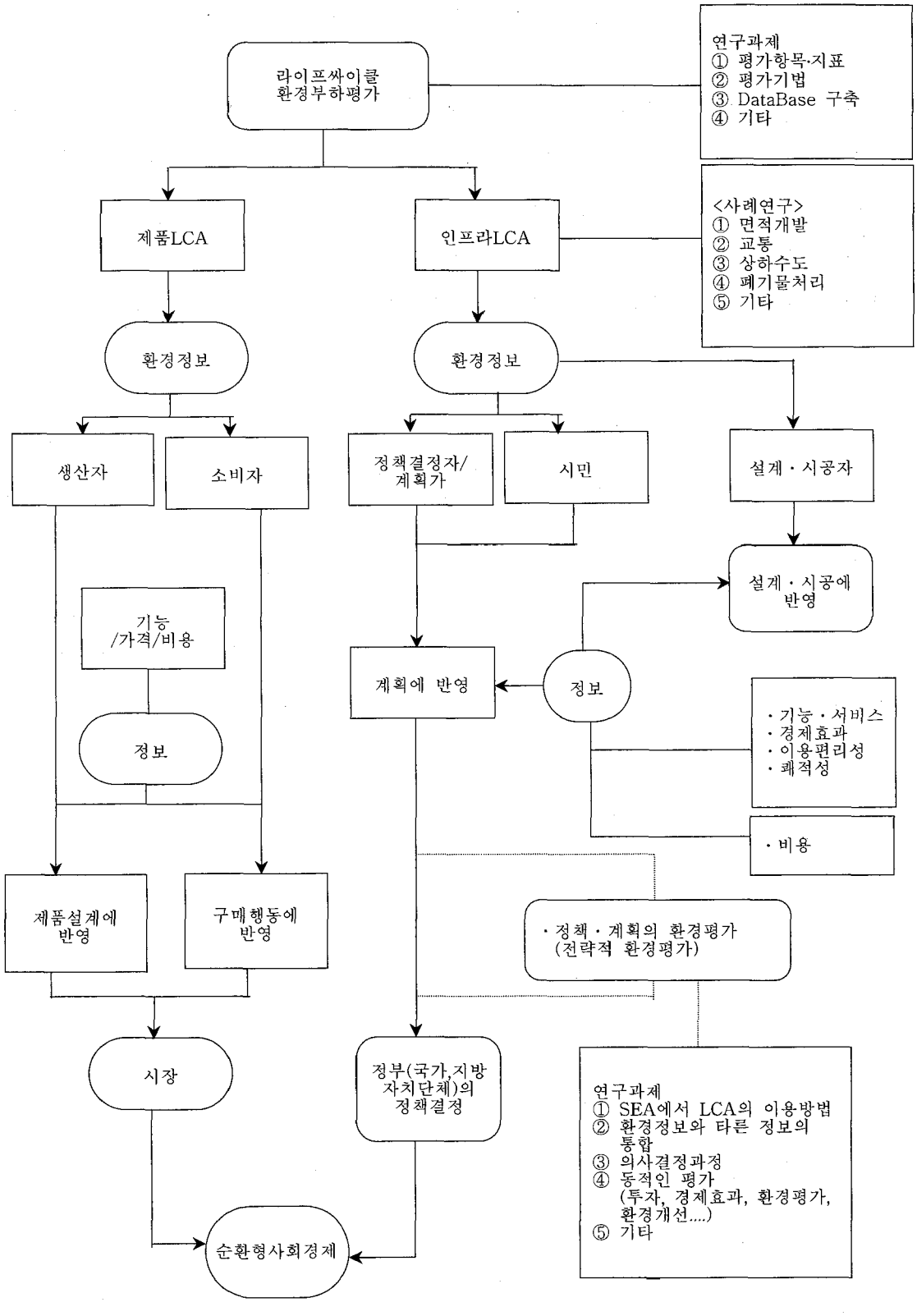
3.2.4. 건설 전과정평가 목적 : 의사결정 지원 도구로써의 전과정평가(LCA)

국제 표준화기구(ISO)의 전과정평가(LCA)는 환경관리시스템(EMS)의 일환으로 이용되고 있다. 건축자재의 전과정평가 직접적 용도는 제품개발 및 개선이지만 환경적으로 보다 양호한 제품을 개발하여 시장에 공급하고자 하는 생산자와 같은 제품을 구입하여 충족하는 소비자 양쪽의 욕구가 일치함으로써 가속화되고 있다. 이것은 기업의 마케팅 전략으로도 중요한 의미를 가지고 있기 때문에 국제표준화기구(ISO)에서 체계화되고 있는 전과정평가의 내용은 주로 소비재를 중심으로 작성하고 있다. 가전제품과 자동차 같이 동등 기능을 가지는 유사제품이 시장에 존재하는 경우, 환경적으로 양호한 것을 소비자가 판단하는 재료로써 전과정평가 결과가 중요한 역할을 한다. 또한, 전과정평가 결과가 소비자 구매행동에 큰 영향을 주게 되므로, 생산자로도 전과정평가결과가 양호한 원료, 제조방법, 수송 방법 등의 선택을 해야만 한다. 국제표준화기구(ISO)의 환경관리시스템(EMS)은 자체 기업의 자주적인 실시를 전제로 하고 있음으로 어디까지 실시되는가를 파악하는 것은 최종적으로는 시장의 의무이다. 전과정평가 결과가 어떻게 발생하는가도 시장에서 생산자와 소비자의 선택행동에 좌우된다. 전과정평가 결과가 소비자의 상품 선택에 영향을 가질지라도 결과의 호소(appeal)도 중요함으로 다양한 제품광고와 환경제품 Labelling 등의 수단이 사용된다.

다른 한편으로 전과정평가가 가지는 하나의 중요한 용도로써 전략 입안과 정책 입안이 있다. 전과정평가의 대상이 무엇인가, 전략과 정책의 입안자가 도출함으로써 전과정평가의 용도와 사용방식이 변화된다. 지금까지는 제품개발과 마케팅에 관한 기업전략 차원에서의 과제를 수행하였지만 지구환경이라고 하는 큰 관점, 장기적인 측면에서는 기업 활동, 정부 정책을 고찰하는 것도 중요하다.

도로, 항만, 상하수도, 폐기물 처리 등의 다양한 공공시설의 건설과 공공 용도를 중심으로 하는 사회간접자본 정비가 대상이 되면 소비재를 대상으로 하는 경우의 전과정평가 방법론 의의와 역할도 달라진다. 현재까지는 환경영향평가결과를 보여주는 방식 혹은 데이터에 의한 의사결정을 하는 주체가 다양한 경우로써 국가, 지방자치단체 등의 행정기관을 들 수 있다. 여기에서 행정 정책과 예산을 결정하는 역할을 가지는 의회가 있다. 또한, 시설 서비스를 받는 한편, 개별적으로 부담하는 사업비를 부담하는 시민이 있다. 따라서 사업자와 정책 결정자가 조직내부에서 "자주적 행동규범"으로 환경관리시스템과 전과정평가를 사용하고 실행하는 것이 관건인 동시에 관련정보를 시민에게 공개하는 것과 공개된 정보를 정책결정에서 어떻게 반영하는가가 문제이다. 일본은 1997년(환경영향평가법)에 법률을 제정하여 규모가 큰 개발사업(공공사업)에 대해서는 환경영향평가가 법적으로 정의되어 수행과정에서 주민의견이 나오고 있다. 그리고 현재 일본의 환경영향평가는 사업실시지역 및 그 주변지역 환경에 미치는 영향, 예를 들면 대기오염·수질오염·생태계에 대한 영향 등이 평가주축이 되고 있다. 그러나 환경문제는 관심이 높아짐과 동시에 환경영향평가 항목 및 평가기법에 대해서도 다양한 요구가 나올 가능성이 높다. 전략, 정책차원에서 LCA의 중요한 역할은 국가와 지방자치단체의 의사결정과정에서의 이용이다. 특히, 도로·교통시스템·상하수와 폐기물 처리시설과 같은 사회간접자본 정비에 대해서 공공적인 의사결정에 LCA결과를 반영하는 방법이다. 이것은 구체적인 사업의 실시단계의 문제만이 아니고 「사업착수」 단계에서 수행되는 환경영향평가에서 포함되지 못한 영역의 문제를 많이 포함하고 있다. 일본에서 공공사업의 의사결정은 과거부터 정보공개 지연과 비용효과분석의 부족 등이 문제로 되고 있다. 따라서 환경영향평가의 새로운 도구(schema) 실시로 전환되는 한편, 공공사업에 대한 비용효과분석의 실행도 활발하게 시작되고 있다. 이러한 분위기속에서 전략적인 환경평가(SEA: Strategic Environmental Assessment)라고

하는 개념이 등장하고 있다. 이것은 사업실시단계에서 주로 사업실시지역의 환경영향에 초점을 두고 실시하는 기존의 환경영향평가를 보완하는 것이다. 그리고 정책과 계획, 프로그램을 대상으로 환경영향 평가항목도 폭넓게 도입하여 보다 종합적인 환경영향평가를 하는 것이다. 이와 같은 방향 가운데에서 현재 지역의 환경관리를 위해 시책과 기술 시스템의 전체를 LCA적 시점에서 평가하는 것이 중요하다. [그림 3.2.2] 는 LCA에 의한 정보화, 기능·서비스, 경제효과, 이용편리성, 쾌적성 등에 관한 정보가 종합적으로 분석·평가되어 다양한 주체의 의사결정에 반영된 구조를 보여주고 있다.



[그림 3.2.2] 의사결정에서의 LCA 역할

3.2.5. 건설업과 LCA

건설, 특히 규모가 큰 사회간접자본 정비를 대상으로 하는 경우에는 전과정평가를 수행하는데 있어 정부·지방자치단체, 공공기관 등의 정부관계 부처가 주도해야 한다. 그리고 전과정평가의 실제 수행은 민간 건설회사나 컨설턴트 회사가 담당한다. 이들 기업은 공법, 재료, 유지, 운전의 데이터를 축척하고 현장을 숙지한 많은 기술자를 보유하고 있어야 한다. 전과정평가를 현실적으로 실행하는 업무의 대부분은 기업에서 발주한다. 동시에 기업은 자사가 보유하고 제공하는 기술에 대해서 성능과 비용 측면에서 우수평가를 더해 전과정 환경성 데이터를 정비하는 것이 필요하다.

국내에서 건설업 전과정평가 수행은 일부 사업시행에 있어 정부관계 부처가 전과정평가 실시 조항을 두고 있으나, 실제 수행할 수 있는 민간건설회사와 컨설턴트 회사가 부족한 실정이다. 이는 건설업에 있어 전과정평가 목록(LCI D/B) 구축이 미비하며, 이를 효율적으로 운용할 수 있는 기술자가 부족하기 때문이다.

생산업체에서 전과정평가를 수행하는 것은 자사 제품이 「환경에 친근한가?」를 객관적·정량적인 지표로 표시하여 확인하는 것이다. 특히, 고도의 환경개선을 달성하기 위한 노력을 계속하기 위해 중요한 도구로써 전과정평가(LCA)가 활발하게 이루어지고 있다. 하나의 제품이 제조, 사용되고 폐기되고 재이용되는 전체 단계에서 투입된 에너지량, 재료 사용량, 배출된 이산화탄소 등이 수치로 표시되고 이 수치를 통해 환경에 미치는 정도를 분석한다. 예를 들면 소비단계에서 이산화탄소가 발생하는 양이 다소 적게 나왔지만 생산과 폐기단계까지를 포함하면 무시할 수 없는 발생량이 나오는 결과를 발견하게 된다. 또한, 같은 기능을 지니고 있는 2개 회사의 제품을 비교하여 구형제품과 신형제품을 비교하고 어느 제품이 환경측면에서 양호한 것인가를 평가하는 것이 가능하다. 이와 같이 제조업에서 전과정평가가 활발하게 이루어지는 배경은 유럽의 환경규제 정책 때문으로, 전과정평가 결과를 요구하는 사례가 증가함으로 타사 제품보다 우수한 것을 소비자에게 호소하는 도구로 효과적이기 때문이다. 건설업의 경우, 국제경쟁이 다소 적고 장소의 특수성에 제약을 받는 사업이 많기 때문에 환경면에서 우위성 시장경쟁의 결

정하는 것이 다소 적다. 이와 같은 환경으로 제조업에 비교하면 ISO14001의 환경관리 시스템 규격에 따라 인증을 받은 사례로 상대적으로 다소 적지만 많은 건설회사는 이것을 취득하려 하고 있다. 이와 같이 기업은 스스로의 활동을 환경측면에서 평가하는 것이 필요고 이를 지원하는 데 중요한 역할을 LCA가 한다. [표 3.1.1] 은 일본 건설업에서 LCA 구조상황을 보여주고 있다. 다만, 최근 환경관리 시스템을 도입하는 기업이 증가함으로 이와 같은 상황은 단기간에 변화할 가능성이 있다.

[표 3.2.1] 일본 건설업에서 LCA 구조상황

기업	내 용
K건설	"환경보전을 지향하고 사업활동의 분야·단계에서 부단한 노력을 계속한다"라고 하는 환경방침에 따라 환경관리시스템을 작성하고 엔지니어링 활동의 제품에서는 각 시설·설비시스템의 구축, 운용, 해체, 폐기의 각 단계에서 환경부하 저감을 위한 환경배려설계를 추진을 중심으로 하는 내용임. ·지구환경부하 저감에 공헌하는 기술개발과 프로젝트(환경부하 저감프로젝트)의 적극적 추진을 목표로 하고 있고 보다 선도적으로 창조적인 환경보전활동의 목표로 한다.
S건설	독자적인 환경영향 평가수법을 개발, 실시
T건설	기획·건설단계에서는 환경에 대한 배려를 하고 라이프싸이클에서는 에너지절감, 자원절감에 대해서 고객에 제안
M건설	건축물의 라이프싸이클 전반에서 환경부하를 저감하는 '환경배려설계'를 데마로 하는 ISO14001 인증취득
K건설	기술부문으로 LCA에 기초한 환경관련기술의 개발·연구

현재까지 국내 건설업에 있어서는 전과정평가 수행기술이나 실적이 미비하지만. 전자제품의 경우에는 전과정평가 수행이 활발하게 수행하고 있다. 이는 유럽에서 수출품에 대한 ROHs, WEEE를 비롯한 적극적인 환경규제 때문이다. 유럽의 경우 전기전자제품을 비롯하여 건설제품에 대해서도 전과정평가 수행을 확대 실시하고 있다. 또한 환경 친화적인 건물을 판단하는 기준으로 건축자재에 있어 전과정평가를 실시한 제품사용이라는 항목이 존재하고 있다. 각 국가별로 전과정평가 방법론을 연구하는 기관과 건축분야의 전과정평가 프로그램을 개발하여 활발히 사용하고 있다. 또한 일본에서도 JLCA 라는 전과정평가 방법론 프로그램을 개발하여 활용하고 있으며 건설분야 전과정평가 실시를 통해 건설분야 환경부하를 줄이려는 노력을 지속적으로 진행하고 있다.

3.3 건축자재 환경성정보 구축을 위한 LCA 수행지침

3.3.1 개요

지속가능한 발전(sustainable development)이 지구환경개선을 위한 최선의 패러다임으로 인식되면서 환경문제에 대한 접근도 사후처리(end-of-pipe)에서 사전예방(front-of-pipe)로 전환된 지 오래다. 즉, 환경문제에 대처하는 방식이 오염물질의 통제에서 투입되는 자원과 에너지의 흐름을 최적화시켜서 오염물질의 발생 원인을 줄이려는 방향으로 전환되었다.

건설분야는 세계 물소비의 17%, 목재 사용량의 25%[8], 에너지 소비의 40%[9]를 차지하는 등 세계 에너지와 자원의 흐름의 한 축을 담당하고 있다. 따라서 건설분야에서 자원과 에너지를 줄이는 것이 세계 자원보존을 위한 핵심대안이 될 수 있다.

산업 전반에서 자원과 에너지의 사용을 줄이기 위해서는 제품의 가치사슬(value chain)에서 자원이 투입량이 얼마인지를 파악할 수 있어야 한다. 전과정평가(life cycle assessment, LCA)는 제품시스템의 전과정인 원료채취과정에서 생산, 유통, 사용, 폐기에 이르기까지에서 자원과 에너지의 흐름 및 폐기물의 흐름을 정량화하여 이들이 환경에 미치는 잠재적 영향을 평가하는 환경성평가 도구(environmental assessment tools) 중의 하나이다. 국제표준화기구(international organization for standardization, ISO)에서는 지난 2006년 7월에 전과정평가와 관련하여 ISO 14040과 ISO 14044를 출판하여 국제적으로 표준화된 방법론을 제시하였다.

여기서는 ISO 14040 및 14044의 요건을 반영하여 건설분야에서 쉽게 적용할 수 있는 전과정평가 수행지침을 제시하고자 한다.

---

8) 출처: Angela Acree Guggemos et. al., "Comparison of environmental effects of steel- and concrete-framed buildings", Journal of Infrastructure systems(2005)

9) 출처: Fulvio Ardente et. al., "Building energy performance: A LCA case study of kenaf-fibres insulation board", Journal of Energy and Buildings(2006)

3.3.2 용어정리

건설분야에 대한 전과정평가를 수행하기 위하여 필요한 주요 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

■ 전과정 (life cycle)

원료물질 채취에서부터, 그들의 최종 폐기에 이르기 까지, 제품시스템의 연속적인 그리고 상호 연결된 단계들

■ 전과정평가 (life cycle assessment, LCA)

제품시스템의 전과정에서 투입물과 산출물을 정량화하고 이들에 의해 야기된 잠재적 환경영향을 평가하는 도구

■ 전과정 목록분석 (life cycle inventory analysis, LCI)

제품시스템의 전과정에서 투입물과 산출물을 수집하고 정량화하는 것을 포함한 전과정평가의 단계

■ 전과정 영향평가 (life cycle impact assessment, LCIA)

제품시스템의 전과정에서 잠재적 환경영향의 크기와 중요성을 이해하고 평가하는데 목적이 있는 전과정평가의 단계

■ 전과정 해석 (life cycle interpretation)

연구의 결론과 권고사항을 도출하기 위하여 전과정 목록분석 또는 전과정 영향평가 또는 이들 두 단계의 결과물들이 사전에 정의된 연구의 목적 및 범위에 따라 수행되었는지를 평가하는 전과정평가의 단계

■ 환경측면 (environmental aspect)

환경과 상호작용할 수 있는 조직활동, 제품, 서비스의 요소

■ 제품 (product)

상품 또는 서비스

■ 부산물 (co-product)

동일한 단위공정 또는 제품시스템으로부터 발생되는 둘 또는 그 이상의 제품들

■ 재활용 폐기물 (recycling waste)

공정에서 발생되는 폐기물이지만 판매되는 폐기물

■ 공정 (process)

투입물에서 산출물로 변형되는 일련의 상호작용 활동들

■ 기본흐름 (elementary flow)

사전에 인간에 의한 인위적인 변형(transformation)이 없이 환경으로부터 기술계 시스템으로 들어가는 물질 또는 에너지 흐름, 또는 인간에 의한 변형 없이 기술계 시스템에서 환경으로 배출된 물질 또는 에너지 흐름

주) 전과정 목록표(Life cycle inventory table)는 기본흐름에 의해 작성된 표임.

■ 에너지 흐름 (energy flow)

에너지 단위로 정량화된 단위공정 또는 제품시스템으로의 투입물 또는 산출물

■ 원료에너지 (feedstock energy)

고위발열량 또는 저위발열량으로 표현된 것으로 제품시스템에서 에너지원으로 사용되지 않는 원료 투입물의 연소열

■ 원료 (raw material)

제품을 생산하기 위하여 사용되는 1차 또는 2차 물질

주) 이차 물질에는 재생재를 포함함.

■ 보조 투입물 (ancillary input)

제품의 일부에 포함되지 않으면서, 제품을 생산하는 단위공정에서 사용되는 물질 투입물

■ 할당 (allocation)

연구 중에 제품시스템과 한 개 이상의 다른 제품시스템 사이의 투입물과 산출물의 흐름을 분할하는 과정

■ 제외기준 (cut-off criteria)

연구에서 제외할 공정 또는 제품시스템과 연관된 환경적인 중요도의 수준 또는 물질 또는 에너지 흐름량을 명기하는 과정

■ 데이터 품질 (data quality)

설명한 요건을 만족시키기 위한 그들의 능력과 연관한 데이터의 특성

■ 기능단위 (functional unit)

제품에 대한 환경성평가의 기준단위로 사용하기 위한 제품시스템의 정량적성능

■ 투입물 (input)

단위공정으로 들어가는 제품, 소재 또는 에너지 흐름

■ 중간흐름 (intermediate flow)

연구할 제품시스템의 단위공정들 사이에서 나타나는 제품, 물질 또는 에너지흐름

■ 중간제품 (intermediate product)

한 단위공정의 산출물이 추가적인 변형을 위해 다른 단위공정으로 투입되는 제품

■ 산출물 (output)

단위공정을 나오는 제품, 소재, 또는 에너지 흐름

■ 공정에너지 (process energy)

에너지의 생산과 유통에 필요한 에너지 투입물을 제외한 단위공정내의 공정 또는 장비를 가동하기 위해 필요한 에너지 투입물

■ 제품흐름 (product flow)

제품시스템으로 들어오거나 나가는 제품

■ 제품시스템 (product system)

하나 이상의 기능을 수행하면서, 제품의 전과정을 모형화한 기본흐름과 제품흐름을 포함한 단위공정의 집합체

■ 기준흐름 (reference flow)

기능단위에 의해 표현된 기능을 수행하기 위하여 필요한 주어진 제품시스템에서 공정들로부터 산출물의 단위

■ 배출물 (releases)

대기, 수계, 토양으로 버려진 물질

■ 민감도 분석 (sensitivity analysis)

방법론과 데이터에 대한 선택이 연구의 결과에 미치는 효과를 측정하기 위한 체계적인 절차

■ 시스템경계 (system boundary)

제품시스템에 포함되는 단위공정들을 명확히 하기 위한 일련의 기준

■ 불확실성분석 (uncertainty analysis)

모델의 부정확성, 투입물의 불확실성, 데이터의 가변성 등에 의한 축적효과로 인하여 전과정 목록분석의 결과에서 도입된 불확실성을 정량화하기 위한 체계적인 절차

■ 단위공정 (unit process)

어떤 투입물과 산출물이 정량화되기 위하여 전과정 목록분석에서 고려된 최소요소

■ 폐기물 (waste)

가치가 없거나 유용성이 떨어져 더 이상 원치 않는 물질

■ 정밀검토 (critical review)

전과정평가 수행결과와 전과정평가의 국제표준 요건 및 원리 사이의 일관성을 보장하기 위한 과정

■ 이해관계자 (interested party)

제품의 환경적 성과 또는 전과정평가의 결과에 의해 영향을 받거나 이들과 관련된 개인 또는 단체

3.3.3 간략화 방안

전과정평가의 수행은 시간과 노력이 많이 요구되는 것으로 인식되고 있다. 이에 따라 이를 신제품 개발 또는 정책개발에 활용하는데 많은 어려움이 제기되고 있기 때문에 최근에 간략화된 전과정평가 방법론이 제안되고 있다.

전과정평가의 수행시간은 다음과 같이 수집할 데이터의 종류와 데이터의 수집범위에 의해 좌우된다.

전과정 평가 수행시간	=	1. 수집데이터 종류	×	2. 데이터 수집범위
		1.1 모든 데이터		2.1 전과정
		1.2 누적질량기여도 99% 이상		2.2 현장데이터: 1차업체이상
		1.3 누적질량기여도 97% 이상		2.3 현장데이터: 1차업체까지
		1.4 누적질량기여도 95% 이상		2.4 현장데이터: 자사사업장
		1.5 원료와 에너지		2.5 특정 전과정단계 제외

가. 수집 데이터 종류

전과정평가를 위해 수집해야 할 데이터는 다음과 같다.

Input	원료, 보조원료, 에너지, 연료
Output	제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물

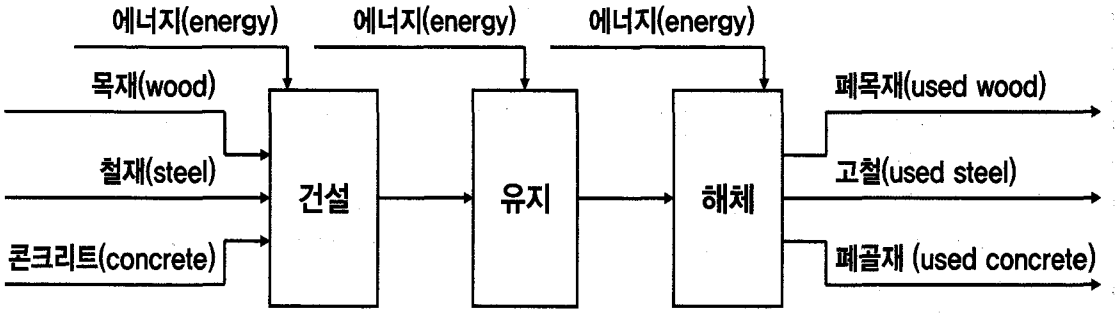
제품별로 차이가 있을 수 있지만 완제품을 1개를 기준으로 평균 수십에서 수백 개의 원료와 보조원료 등이 투입되고 배출된다. 이들 데이터는 사업장의 특정 부서에서 통합·관리하는 것이 아니라 각기 다른 부서에서 관리하고 있기 때문에 데이터 관리가 통합적으로 관리되지 않을 경우에 전과정평가를 수행하기란 현실적으로 매우 어렵다.

그런데, 제품의 환경성이란 투입량이 많을수록 배출량이 많고 환경영향도 클 가능성이 매우 크다. 투입량이 많은 것은 주로 원료로서 관리가 잘 되는 반면에 투입량이 매우 적은 보조원료 등은 제품 원가에 미치는 영향이 적기 때문에 특정 화학물질을 제외하고는 대부분 환경영향도 매우 적고 데이터 관리도 허술하다. 즉, 사업장에서 전과정평가를 수행하는데 있어서 데이터 수집시간이 많이 걸리는 이유는 원료와 같은 투입량이 많은 데이터가 아니라 보조원료와 같이 투입량이 적으면서도 환경영향이 적은 데이터가 대부분이다.

이에 ISO 표준의 전과정목록분석의 절차 중에서 '제외기준(Cut-off criteria)'이라는 것을 정의하여 데이터 수집으로 인한 부하를 줄이려는 방안을 제시하고 있다. 그런데, 건설산업은 투입되는 자재의 종류가 워낙 많기 때문에 제외기준을 어느 수준에서 설정하느냐에 따라 수집해야 할 데이터의 개수 및 연구결과가 달라질 수 있어 간략화된 전과정평가 방법으로 적절치 않다고 판단된다.

건설산업의 특징을 고려해 볼 때, 건설산업은 다른 산업에 비해 투입물의 종류와 양이 월등히 많지만, 콘크리트와 철재, 목재가 차지하는 비중이 건축물의 유형에 상관없이 거의 지배적이다. 이 경우 건축물의 시방서 등을 참조하여 그림 1과 같이 목재와 철재, 콘크리트에 대한 투입량과 에너지 사용량만을 고려하여도 건설

단계에서의 환경부하를 반영할 수 있을 것으로 보인다. 만일 건설단계에서 관리하고자 하는 자재 목록이 그림 1에 제시된 3가지이외에 추가로 존재할 경우에는 이를 포함할 수도 있다. 또한, 유지단계에서는 사용수명 동안에 사용될 에너지 사용량을 예측하여 계산하고 해체단계에서는 투입되는 자재별로 폐기방법별 처리비율을 고려하는 방식이다.



[그림 3.3.1] 건축물의 전과정 단계별 투입 및 폐기흐름

나. 데이터 수집범위

데이터의 수집범위는 현장데이터의 수집범위와 일반데이터의 수집범위로 나뉜다. 일반데이터의 수집범위는 현장데이터의 수집범위에 따라 달라지기 때문에 여기서는 현장데이터의 수집범위만을 다룬다.

현장데이터의 수집범위는 [그림 3.3.1] 에 제시된 모든 전과정 단계에 대하여 현장데이터를 수집하는 방식과 건설현장으로 투입되는 자재의 1차 협력업체를 포함한 상위 협력업체로부터의 현장데이터 수집, 1차 협력업체에 대해서만 현장데이터를 수집하는 방식, 건설현장에서만 현장데이터를 수집하는 방식, 특정 전과정단계를 제외하는 방식 등으로 구분할 수 있다.

이중 간략화 방법론의 차원에서 첫 번째와 두 번째, 세 번째 방식은 수집 데이터의 종류를 특정 자재(콘크리트 등)로 한정하였기 때문에 적절치 않고, 네 번째 방식이 적절할 것으로 판단된다. 또한, 특정 전과정 단계를 제외하는 방식은 건축물의 전과정 동안에 총 환경영향에 영향을 거의 미치지 않는 단계를 제외하자는 취

지인 만큼, 전과정 단계를 고려하여 일부 전과정 단계를 연구초기부터 제외할 수도 있다. 수송의 경우에 자재의 수송, 폐건축자재의 폐기물 처리장으로의 수송 등이 포함되는데 이들 각 수송에 대한 환경영향을 평가하여 전체 영향에서 차지하는 것이 미미할 경우 제외하는 것도 고려해 볼 수 있다.

《간략화 방법》

○ 수집 데이터
- 건설현장에서 콘크리트, 목재, 철재, 에너지의 사용 데이터는 포함하고, 필요시 추가 자재를 포함
- 건축물 유지기간 동안에 사용하는 에너지를 포함
- 해체과정에서 사용되는 에너지와 폐자재들에 대한 처리방법별 비율을 적용

○ 데이터 수집범위
- 건설현장에서의 현장데이터만을 수집하고, 그 상위에 대하여는 자재에 대한 상위 흐름 데이터베이스를 연결
- 필요시, 수송과 같은 특정 전과정단계를 제외

3.3.4 전과정평가 수행

가. 개요

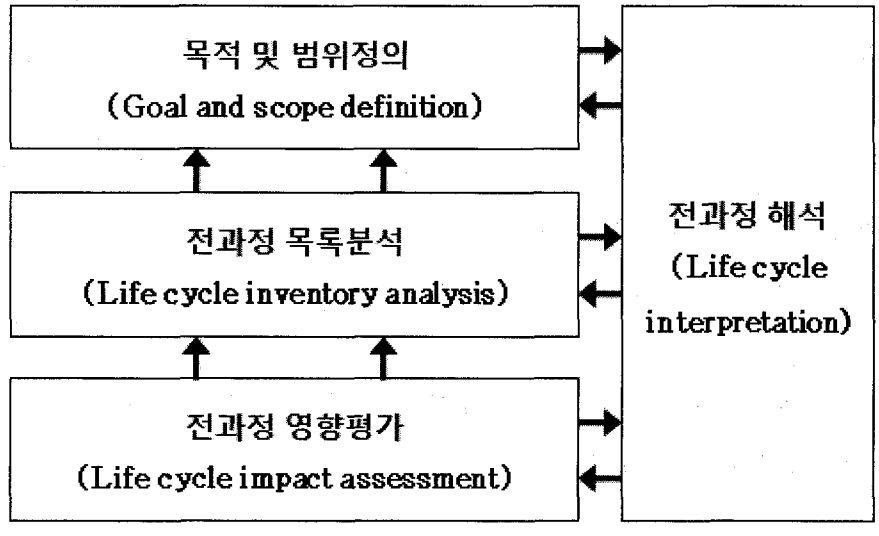
전과정평가는 그림 2와 같이 4가지의 구성성분을 가진다.

■ 목적 및 범위정의 (goal and scope definition)
전과정평가를 수행하는 목적과 목적에 따른 물질과 에너지 데이터의 수집범위 등을 결정하는 단계로써, 건축물의 설계단계가 여기에 해당

■ 전과정 목록분석 (life cycle inventory analysis)
목적 및 범위정의에서 정의한 것을 토대로 물질과 에너지 데이터를 수집하고 검증하여 제품 전과정 동안에 자원과 폐기물의 흐름을 정량화하는 단계

■ 전과정 영향평가 (life cycle impact assessment)
제품 전과정 동안에 발생하는 정량화된 자원과 폐기물의 흐름(환경부하) 으로 인해 지구온난화, 자원소모 등과 같은 환경영향에 어느 정도의 기여할 것인지를 평가하는 단계

■ 전과정 해석 (life cycle interpretation)
목적 및 범위정의, 전과정 목록분석, 전과정 영향평가 과정을 통해 도출된 결과를 토대로 개선해야 할 환경측면의 주요이슈를 도출하고 이를 보고하는 단계



[그림 3.3.2] 전과정평가의 구성성분

나. 목적 및 범위정의

(1) 기능 및 기능단위

대상제품의 특성을 반영한 기능 및 기능단위를 설정하고, 기능단위가 제품의 기능을 충분히 고려하지 못할 경우 기능단위를 보완할 수 있는 제품특성 정보를 기술한다. 일반적으로 전과정평가는 주요 기능을 가진 최종제품 또는 서비스 등을 대상으로 수행하기 때문에 기능단위의 설정이 매우 중요하다. 하지만, LCI 데이터베이스는 최종 제품 또는 서비스라기보다는 이들을 구성하는 주요 소재 또는 에너지, 주요 공정 등을 대상으로 수행한다. 따라서 LCI 데이터베이스를 구축하는 경우에는 기능을 정의하는 것은 LCI 데이터베이스 구축하는데 있어 계산 기준을 제시하는 것 밖에 큰 의미가 없다. 이 경우에 계산 기준은 일반적으로 [표 3.3.1] 과 같이 설정한다.

[표 3.3.1] LCI 데이터베이스 범주별 기능단위

범주	기능단위
원자재/부품	원료/부품 1kg 또는 1ton 생산
에너지	에너지원 1MJ 또는 1kcal 생산 (전기는 1kwh 생산)
수송	수송모드별 1ton.km 운반
폐기	각 폐기방법의 재질별 1kg 또는 1ton 폐기

(2) 시스템 경계

- 건축자재 LCI 데이터베이스는 원료물질 채취, 제품제조 및 폐기 단계를 모두 포함하는 것을 원칙으로 한다.
- 시스템 경계 내에 포함된 단위공정의 투입물과 산출물은 기본 흐름이 되어야 한다.
- 시스템 경계는 다음 각 호에 따라 구분하고 결정된 단위공정(수송 포함)에 대하여 공정흐름도를 작성한다.

(가) 원료물질 채취 및 제조단계

- 제품을 구성하는 원료물질 채취 및 제품제조단계로 투입되는 중간제품의 제조공정들을 포함한다.

(나) 제품제조단계

- 대상 제품을 생산하는 관련 공정 [제품생산과 직접적으로 연관된 생산공정, 제조공정(유틸리티), 배출물 처리공정 등] 을 포함한다.
- 관련 공정은 적절한 단위공정으로 세분화하여야 한다.

(다) 폐기단계

- 폐기단계는 제품의 재질, 폐기 방법 등을 고려하여 재활용, 소각, 매립으로 구분한다.
- 폐기처리와 관련한 현장데이터가 있는 경우는 이를 적용하고 근거자료를 제시하여야 한다.
- 제품별, 재질별 폐기현황에 대한 공인된 통계자료가 있을 경우는 이를 적용한다.
- 나)호 및 다)호에 해당되지 않는 경우는 폐기 시나리오를 구성하여 적용한다.

■ 열린고리 재활용 시스템을 통해 재활용된 물질이 공정 투입물로 들어가는 경우에는 재활용 공정을 시스템 경계 내로 포함한다.

■ 소각공정은 시스템 경계 내로 포함하고, 회수한 열을 활용하는 경우에는 환경영향의 총 값에서 이를 차감한다.

(3) 제외기준

■ 투입물에 대한 제외기준을 적용하기 위하여 질량, 에너지, 환경 관련성 등을 고려한다.

■ 제외된 부품 또는 물질은 반드시 이를 기록하여야 한다.

투입물에 대한 제외기준 적용 시에 누적질량 기여도 이외에 누적에너지 기여도, 환경 관련성을 고려하여 투입물의 제외여부를 결정하기 위해서는 투입물들에 대

한 에너지함량 및 환경관련성 등에 대한 추가적인 데이터 수집이 선행되어야 하는 방대하고 비효율적인 작업이 될 수 있다. 이에 본 일반원칙에서는 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 제품의 생산과정에서 제품의 품질에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하는 것을 원칙으로 한다. 반면에 제품 생산과는 직접적인 연관이 없는, 예컨대, 근로자들의 편의시설에서 사용되는 것들과 종업원의 장갑, 모자 등과 같은 것은 제외하기로 한다.

(4) 데이터 범주

- 투입물의 데이터 범주는 제품 전과정에서 사용되는 물질(원료물질, 보조물질), 에너지로 한다.
- 산출물의 데이터 범주는 제품 및 부산물, 환경배출물(대기배출물, 수계배출물, 폐기물 등)로 한다.
- 환경배출물 중 환경오염물질의 데이터 범주는 대기환경보전법, 수질환경보전법, 폐기물관리법 등에서 규제하는 환경오염물질 및 사업장의 자체관리 항목을 포함하며, 폐기물은 매립, 소각, 재활용 폐기물로 구분한다.
- 대기환경보전법에서 규정한 대기오염물질 이외에 이산화탄소 등을 포함하여야 한다.
- 수집 대상이 되는 투입물 및 산출물의 종류를 명시한다.
- 물질명은 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)명 혹은 관용명으로 기재한다.

(5) 데이터 품질요건

- 데이터는 현장데이터(측정치, 계산치 등) 사용을 원칙으로 하며, 현장데이터가 없는 경우에는 유사제품 또는 유사공정 데이터를 사용할 수 있다.
- 현장데이터는 3년 이내의 최근 1년 누적평균데이터로 한다. 다만, 생산기간이 1년 미만인 신제품의 경우에는 생산시점부터 데이터 수집 시점까지 누적 평균데이터를 사용할 수 있다.

■ 제품생산, 데이터 측정 기술 및 방법 등의 기술적 범위는 현장에서 사용되고 있는 기술수준 및 공법을 적용한다.

■ 현장데이터 사용이 어려운 경우에는 정부가 구축한 제품의 전과정목록분석 데이터베이스(이하 "국가 LCI 데이터베이스"라 한다.) 등 공개된 일반데이터를 사용할 수 있다.

■ 일반데이터는 지역적 범위, 시간적 범위, 기술적 범위 순으로 적용한다.

■ 유사제품 데이터 사용, 유사공정 데이터 사용, 일반데이터 사용, 데이터가 누락된 경우에는 그 사유 및 타당성 등을 검토하고 이를 명시하여야 한다.

다. 전과정 목록분석

■ 데이터 수집 항목은 데이터 범주에서 명시한 항목 및 다음의 내용을 포함하여야 하며, 측정이 어려운 데이터 항목은 타당한 방법으로 산출하고 산출근거를 명시 하여야 한다.

(가) 데이터 출처 및 수집방법

(나) 데이터(누락데이터 포함) 처리과정 및 가정

(다) 처리방법 및 결과

■ 전과정 단계별 데이터 수집 및 계산은 다음 각 호에서 정하는 바와 같다.

(가) 원료물질 채취 및 제조단계

- 데이터의 품질요건에 따라 현장데이터 또는 일반데이터를 사용할 수 있다. 일반 데이터는 다음과 같은 우선순위에 따라 사용해야 한다.

① 해당 국가 LCI D/B

② 해당 업계 평균 데이터(APME, IISI 등)

③ 일반데이터(소프트웨어 내장 데이터 등)

(나) 투입물에 관련된 공급자가 복수인 경우는 모든 공급자에 대한 데이터 수집을 원칙으로 한다. 단, 타당성이 있는 경우 대표 데이터를 사용할 수 있으며, 이 경우 대표 데이터 선정 기준의 정당성을 입증하여야 한다.

(다) 제품제조단계

- 제품제조단계의 데이터 수집은 현장데이터 수집을 원칙으로 하고, 단위공정별 투입물과 산출물 값은 물질수지 또는 에너지수지를 활용하여 데이터의 타당성을 검증한다.
- 이산화탄소의 배출량이 측정되지 않는 경우에는 붙임 2의 IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change)에서 규정한 배출계수를 적용한다.
- 소각 및 폐수 처리공정은 현장데이터 수집을 원칙으로 하되, 현장데이터 수집이 어려운 경우에는 일반데이터를 사용할 수 있다. 이때, 폐기물을 일반폐기물과 지정폐기물로 구분하여 소각하는 경우에는 일반폐기물과 지정폐기물 데이터를 사용하고, 폐기물을 물질별로 소각하는 경우에는 물질별로 구분된 데이터를 사용하여야 한다.
- 데이터는 단위공정별로 수집하되 필요시 단위공정을 더 세분화할 수 있다.
- 복수의 생산라인에서 제품을 생산할 경우에는 모든 생산라인의 데이터 수집을 원칙으로 한다. 단, 생산라인의 특성이 유사한 경우 대표 라인을 선정하여 데이터를 수집할 수 있으며, 이 경우 대표 라인 선정기준의 정당성을 입증하여야 한다.
- 투입물을 복수의 공급자로부터 공급받아 사용하는 경우 모든 데이터 수집을 원칙으로 한다. 단, 타당성이 있는 경우 대표 공급자의 데이터를 사용할 수 있으며, 이 경우 대표 공급자 선정 기준의 정당성을 입증하여야 한다.

(1) 단위공정 결정

데이터 수집의 기본단위인 단위공정은 다음과 같은 세 가지의 원칙에 의하여 결정한다.

■ 기업의 데이터 관리 수준

데이터를 제공하는 기업에서 데이터를 통합해서 관리하느냐? 또는 세분화해서 관리하느냐는 단위공정을 결정하는 중요한 지표가 된다.

■ 공정의 유사성

기업이 데이터를 세분화하여 관리하는 경우, 단위공정 결정은 세부 공정들 간의 유사성을 고려하여 결정한다. (예 : 중합공정, 탈수공정 등)

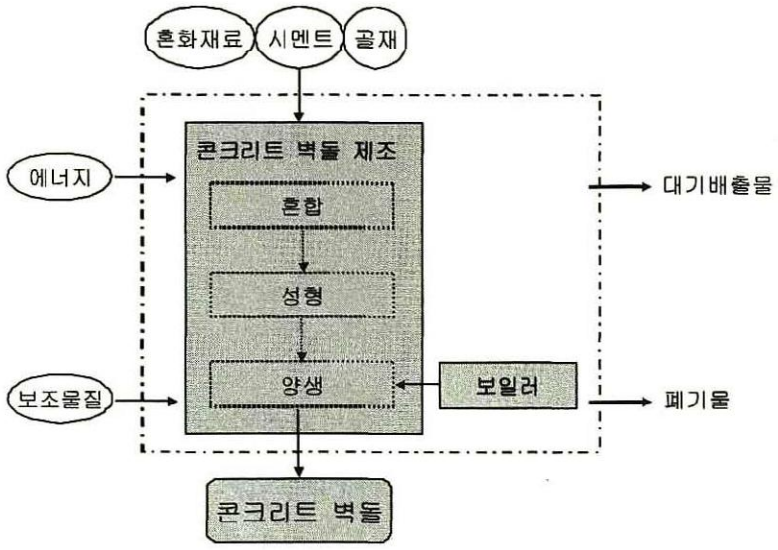
■ 할당 회피 가능성

데이터가 세분화되어 관리되는 경우, 공정의 유사성에 대한 고려와 함께 공정 중간에 발생하는 부산물에 대한 할당을 회피할 수 있는 수준에서 단위공정을 결정한다.

(2) 공정흐름도 작성

작성된 공정흐름도에 대한 일관성과 데이터베이스 사용자의 이해를 돕기 위하여 공정 흐름도의 작성 시에 다음과 같은 일반원칙을 적용한다.

■ 제품흐름은 수직흐름으로 표시한다. 제품흐름에는 공정에 투입되는 원료와 중간제품, 최종제품이 포함된다.
■ 보조물질과 환경배출물, 부산물의 흐름은 수평흐름으로 표시한다.
■ 단위공정은 사각형(▭)으로 표시한다.
■ 기술계에서 투입되는 물질 및 에너지와 기술계로 배출되는 흐름은 타원(⬭)으로 표시한다. 다만, 기술계 흐름 중에서 상·하위흐름 데이터베이스를 연결시키지 않는 것은 (⬭)으로 표시한다.
■ 자연계에서 투입되고 자연계로 배출되는 흐름은 별도의 표시가 없이 명칭만을 기입한다.
■ 제품과 부산물은 모서리가 둥근 사각형(▢)으로 표시하되, 제품은 바탕색이 회색으로 표시하고 부산물은 흰색으로 표시한다.
※ 재활용 공정이나 열회수에 의한 소각공정에서 생산되는 제품 또는 부산물은 그에 따른 환경영향을 제외시키는 avoid impact를 고려하는데 이 경우도 부산물과 동일하게 둥근 사각형(▢)으로 표시한다.
■ 공정 내부의 물질 및 에너지 순환흐름은 점선으로 표시한다.



[그림 3.3.3] 공정흐름도 작성의 예

(3) 데이터 수집

데이터 수집은 우리 원에서 개발한 설문지를 활용하는 것을 원칙으로 한다. 이외에 추가로 데이터 수집이 필요할 경우에는 전화 또는 우편, 이메일 등을 활용하여 데이터를 수집한다. 본 설문지는 아래와 같이 Part A, B, C로 구성되어 있다. 설문서의 사용법에 대한 세부적인 설명은 붙임 1을 참조.

- Part A : 데이터 작성자 인적사항 및 제품정보
- Part B : 공정데이터 특성
- Part C : 투입물/배출물 정량적 정보

(4) 데이터 검증

설문지를 활용하여 수집한 공정 데이터의 사용적합성 여부를 판단하기 위하여 데이터검증을 수행한다. 데이터의 검증은 일반적으로 물질수지 검증방법을 사용한다. 또한, 제품이 에너지원으로 활용되거나, 내부에너지(feedstock) 에너지량이 큰 제품의 경우에는 부분적으로 에너지 수지에 의해 데이터의 적합성 여부를 검증할 수 있다. 예를 들면 열병합발전소의 경우에는 물질수지에 의한 데이터 검증도 중요하지만 에너지수지에 의한 데이터의 추가적인 검증도 중요하다.

일반적으로 물질수지가 맞지 않을 경우에는 다음의 항목을 확인해야 한다.

- 단위가 잘못 기입되었는지 체크한다.
- 동일 모듈의 다른 참여업체의 데이터와 비교하여 누락물질과 이상치가 있는지를 체크한다.
- 공정 설명자료 등을 활용하여 누락시킨 물질 등이 있는지 확인한다.
- 체크한 항목들이 모두 맞을 경우;

(가) 투입물보다 산출물의 양이 적다면, 산출물의 일부를 손실(loss)로 간주할 수 있는지 여부를 공정 전문가와 상의하여 결정한다. 실제 공정에서는 물질수지가 100% 맞는 경우는 거의 없기 때문이다.

(나) 투입물보다 산출물의 양이 많다면, 연보상의 제품 생산량과 동일하다면 최종 제품을 중심으로 데이터를 역으로 계산하여야 한다. 이는 4장 1절에서 설명한 바와 같이 업체별 gate to gate 데이터 통합 시에 업체별 생산량을 중심으로 환산인자를 산출하기 때문이다.

- 이상의 문제점이 없다면 데이터 작성자와 상의하여 공정 데이터의 재수집 여부를 결정한다.

물질수지가 맞을 경우에도 아래의 항목은 반드시 확인해야 한다.

- 제품흐름(mainflow)에 대한 수지(balance)를 체크한다.
  - 상위공정 output mainflow = 하위공정 input mainflow
  - 원료의 합 = 제품 + 부산물 + 일부 폐기물

(5) 데이터 계산

데이터 계산은 gate to gate 데이터를 구축하기 위한 과정이다. 데이터 계산과정에는 단위공정 내 데이터 계산과 단위공정간 데이터 계산, 기능단위에 의한 환산, 데이터 통합 등이 포함된다. 데이터 계산이 완료되면 할당 등의 수행으로 인하여 투입물과 산출물간에 물질수지가 맞지 않을 수도 있다.

■ 단위공정 내 데이터 계산

(가) 대기배출물 산출

연료를 사용할 경우에는 대기배출물이 발생한다. 일반적으로 업체에서 측정하는 데이터를 우선적으로 수집하지만, 여의치 않을 경우에는 다음과 같은 순서에 의하여 대기배출물을 산출한다.

- 연료의 원소조성을 조사한 후, 이론연소방정식을 세워 대기배출물을 산출한다. 이 경우에 연료의 황함유량과 탈황비율에 대한 자료 조사가 선행되어야 한다.
- 연료의 원소조성을 모를 경우에는 IPCC 연소식을 활용하여 대기배출물의 조성 및 배출량을 산정한다.

(나) 수계배출물 산출

수계배출물이 하천 또는 바다로 방류되는지 아니면 종말처리장으로 보내지는지에 따라 데이터 계산이 달라진다.

- 방류하는 경우 : 수계배출물 항목인 BOD, COD, SS, T-N, T-P 등에 대한 배출량을 조사해야 한다. 하지만 업체들이 농도단위로 관리할 경우에는 질량단위로 전환하기 위하여 연간 총 방류수와 연간 평균 농도를 조사하여 항목별로 배출량을 계산한다. 만일 연간 총배출량을 모를 경우에는 시간당 평균 유량을 추가로 조사해야 한다.
- 종말처리장으로 보내질 경우 : 자연으로 방류되지 않기 때문에 폐수에 대한 농도를 조사할 필요가 없다. 단지 종말처리장으로 보내지는 배출 총량만을 조사한다. 그런 후에 종말처리장에 대한 하위흐름 데이터베이스를 연결함으로써 최종적으로 자연으로 배출되는 수계배출물의 양을 파악할 수 있다.

■ 단위공정 간 데이터 계산

(가) 공정간 순환되는 에너지 흐름

스팀을 사용한 후에 발생하는 응축수는 버려지는 것이 아니라 일반적으로 보일러로 보내져서 다시 스팀으로 재생하는 경우가 일반적이다. 이 경우에 원하는 스팀을 생산하는 과정에서 응축수의 고유 열량에 스팀에 필요한 열량만을 보충함으로써 스팀으로 재생된다. 즉, 이러한 경우에는 공정에 필요한 스팀을 생산하기 위하여 보일러에 보충되는 에너지량만을 기록하면 된다.

(나) 할당

ISO14049에서 언급한 바와 같이 다음과 같은 사항을 순차적으로 고려하여 할당을 수행한다.

- 할당 회피 가능성

할당을 피할 수 있는지 여부를 확인한다. 하지만, 할당을 피하기 위하여 부산물을 폐기물로 간주하는 것과 같은 다분히 주관적인 고려는 배제한다.

- 물리적인 인자에 의한 할당 가능성

할당을 회피할 수 없을 경우에는 우선적으로 물리적 인자에 의하여 할당이 가능한지 여부를 고려한다. 즉, 무게비에 의한 할당이 타당한지 여부를 판단한다. 만일 무게비에 의한 할당이 결정되면 본 연구와 같이 데이터베이스를 구축하는 경우에는 부산물에 의한 할당을 수행하지 않아도 1kg 또는 1ton 기준의 목록분석 결과는 동일하다.

- 경제적 가치에 의한 할당

물리적 인자에 의한 할당이 타당하지 않다고 판단되는 경우에는 단가에 생산량을 곱한 매출액 비를 활용한 경제적 가치에 의한 할당을 수행한다.

- 물리적 또는 경제적 가치에 의한 할당이 타당하지 않을 경우에는 다른 할당 기준을 적용할 수도 있다. 예컨대, 제품과 부산물의 용도가 에너지원으로 활용될 경우에는 발열량에 의한 할당을 수행할 수도 있다.

할당을 수행하는 경우에는 반드시 공유공정의 여부를 고려하여야 하고, 투입물과 제품, 부산물의 인과관계를 고려한 할당 여부를 반드시 고민하여야 한다.

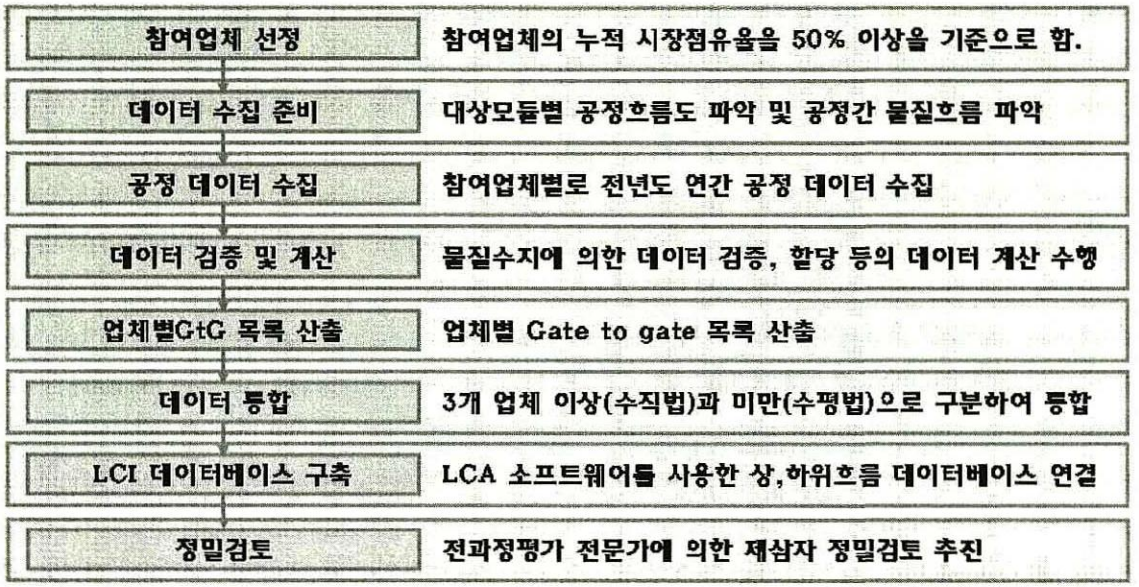
■ 기능단위 기준으로 환산

단위공정별 계산이 완료된 데이터는 기능단위인 1kg 또는 1ton 기준으로 환산한다. 예를 들면, 설문지를 활용하여 수집한 공정 데이터의 제품량이 10만톤이고 기능단위가 1톤이라면 공정데이터를 1ton 기준의 기능단위로 환산하기 위하여 모든 투입물과 배출물을 10만분의 1로 나눠줘야 한다. 이렇게 하면, 1ton의 제품을 생산하는데 투입되고 배출되는 물질의 양이 계산된다.

3.4 64개 모듈에 대한 LCI D/B 구축

3.4.1 건축자재 LCI D/B 22 모듈 구축절차

국가 LCI 데이터베이스를 구축하는 절차는 ISO 14044:2006에 따라 아래와 같이 진행된다.



[그림 3.4.1] 국가 LCI DB 구축절차

가. 참여업체 선정

(1) 제품별 참여 업체 선정

: 데이터베이스의 대표성을 확보할 수 있도록, 국내 생산량의 50% 이상을 생산하는 업체들을 선정하거나, 기술적 대표성이 있을 경우 해당 기술을 사용하는 업체를 선정하였다.

(2) 정부 담당부처(건설교통부 건축기획팀) 협조를 통한 참여 요청 공문 발송을 통해 참여를 독려하였다.

나. 데이터 수집 준비

(1) 원활한 데이터 작성을 위한 LCA 기초 교육 실시

: 업체별 방문 또는 업체 담당자 소집교육을 통해 기초 LCA 교육 실시하였다. 기초 LCA 교육에서는 데이터 제공자가 LCA에 대한 지식을 갖고 데이터 작성에 응할 수 있도록 기초적이고 필수적인 내용을 교육하였다.

(2) 기준흐름 및 기준공정 제정

: D/B 구축 대상 자재/공정 해당 참여업체 담당자와의 토의를 통해 D/B 구축의 기준이 되는 기준흐름 및 기준공정 제정

[사례] 점토 벽돌

제1절 점토 벽돌

1. 일반정보

가. 제품정보

본 제품은 점토, 고령토, 황토 등의 광물질을 혼합하여 1,200℃에서 구워낸 것으로 건물의 내·외장의 치장 및 구조용으로 사용하는 조적용 벽돌이다.
점토 벽돌은 미장벽돌과 유약벽돌로 구분하여 정의가 내려진다. 미장 벽돌은 점토 등을 주 원료로 하여 소성한 벽돌로서 속이 빈 벽돌은 하중 지지면의 유효 단면적이 전체 단면적의 50% 이상이 되도록 제작한 벽돌을 의미하고, 유약 벽돌은 점토 등을 주원료로 하여 외부에 노출되는 표면에 유약 또는 그와 유사한 원료로 용융된 상태로 소성한 벽돌을 의미한다. 또한 모양에 따라서 크게 일반형(그림 1)과 유공형(그림 2)로 종류가 구분된다.(KS L 4201)

본 연구의 대상모듈은 미장벽돌을 대상으로 일반형과 유공형 모두 포함한다. 점토벽돌은 불연재 및 내수재로서 단열, 보온, 방은 효과가 클 뿐 아니라 돌마감이나 타일마감에 비해 공기가 짧고 공사비가 저렴하다. 또한 유지관리비가 들지

않고 내후성이 강해 반영구적이며 흙의 성분과 소성 온도 조절에 따라 다양한 색상을 연출할 수 있는 장점이 있다.

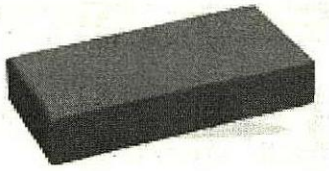


그림 1 점토 벽돌(일반형)

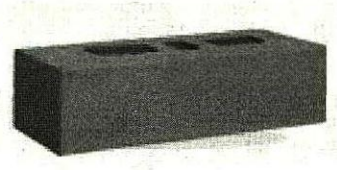


그림 2 점토 벽돌(유공형)

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여할 기업을 선정하였다.

국내 점토 벽돌은 약 40개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 점토 벽돌의 연구개발 및 생산에 있어 선두적이며 환경표지 인증업체 중 3개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

점토 벽돌의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 표 1과 같다.

표 1 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 / 제품	점토 벽돌
기능	건축물의 내,외장의 치장 및 구조용으로 사용하는 조적용 벽돌
기능단위	점토 벽돌 1kg 생산
기준흐름	점토 벽돌 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 점토 벽돌 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계 배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 표 2와 같다.

표 2 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고령토, 점토, 황토
	에너지	전기, B-A유, B-C유
	보조물질	용수
산출물	제품	점토 벽돌
	부산물	-
	대기배출물	dust, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SO2
	수계배출물	-
	폐기물	불량품

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 점토 벽돌 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다(표 3).

표 3 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	점토 벽돌 제조단계
시간적범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 점토 벽돌 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 그림 3과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 점토 벽돌 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. 그림 1은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 점토 벽돌의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 점토 벽돌 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 점토 벽돌은 제토, 성형, 건조, 소성공정을 거쳐 제조된다.

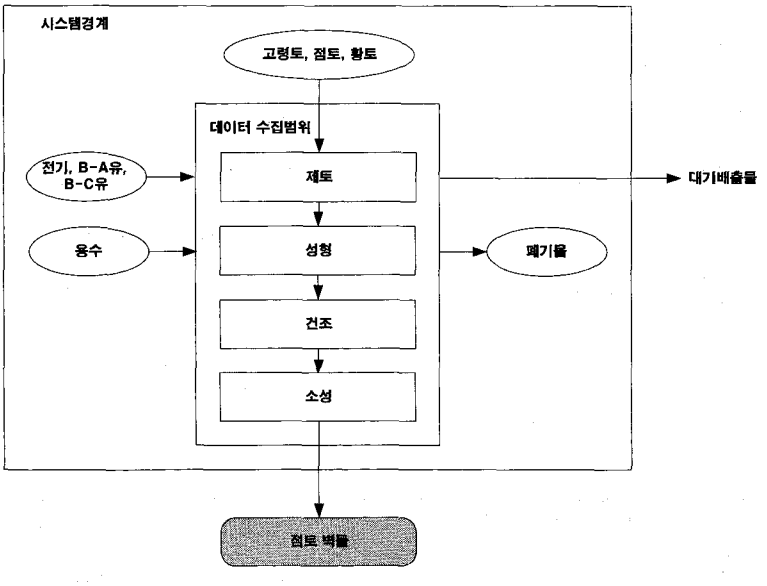


그림 3 점토 벽돌 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다. 원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 표 4와 같다.

표 4 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	고령토	O	ecoinvent, 2000
	점토	O	ecoinvent, 2000
	황토	×	data gap
에너지	전기	O	산자부, 2000
	B-A유	O	환경부(heavy fuel oil), 2003
	B-C유	O	
수송	8.1~15ton 트럭	O	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	O	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

점토 벽돌 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

점토 벽돌 전과정목록 데이터베이스는 점토 벽돌 1kg 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 점토 벽돌의 단위 부피 당 무게(kg/m3)를 우선적으로 파악하여 데이터베이스를 적용하여야 한다.

[설문지 작성 교육 내용]

데이터 수집 설문지 작성 요령

본 설문지는 그림과 같이 [양식 A], [양식 B], [양식 C]로 구성되어 있다.

■ 양식 A : 데이터 작성자 인적사항 및 제품정보 기입

대상제품명 - A사

대상제품	
자료산출기간[1]	2002. 1. 1 ~ 2002.12.31 (1년간)

인적 사항

생산부서 담당자		환경부서 담당자	
성명		성명	
소속		소속	
직위		직위	
전화		전화	
팩스		팩스	
e-mail		e-mail	

1 페이지

제품 정보

총 생산제품 리스트

생산제품[2]	생산량		평균 판매가		비고	참고사항
		ton/yr		원/ton		
		ton/yr		원/ton		
		ton/yr		원/ton		
		ton/yr		원/ton		
		ton/yr		원/ton		

각주 설명

1) 데이터베이스 구축하는 전년도이다. 예를 들어, 2003년도에 데이터베이스를 개발하면 자료산출기간은 2002. 1.1 - 2002. 12.31이다.

2) 귀사에서 생산하는 대상제품 및 대상제품 생산공정에서 발생하는 부산물을 모두 기입하여 주십시오.

예) 대상제품 : caprolactam. 부산물 : scrap, 증류

[그림 1] 설문지 양식 (양식 A)

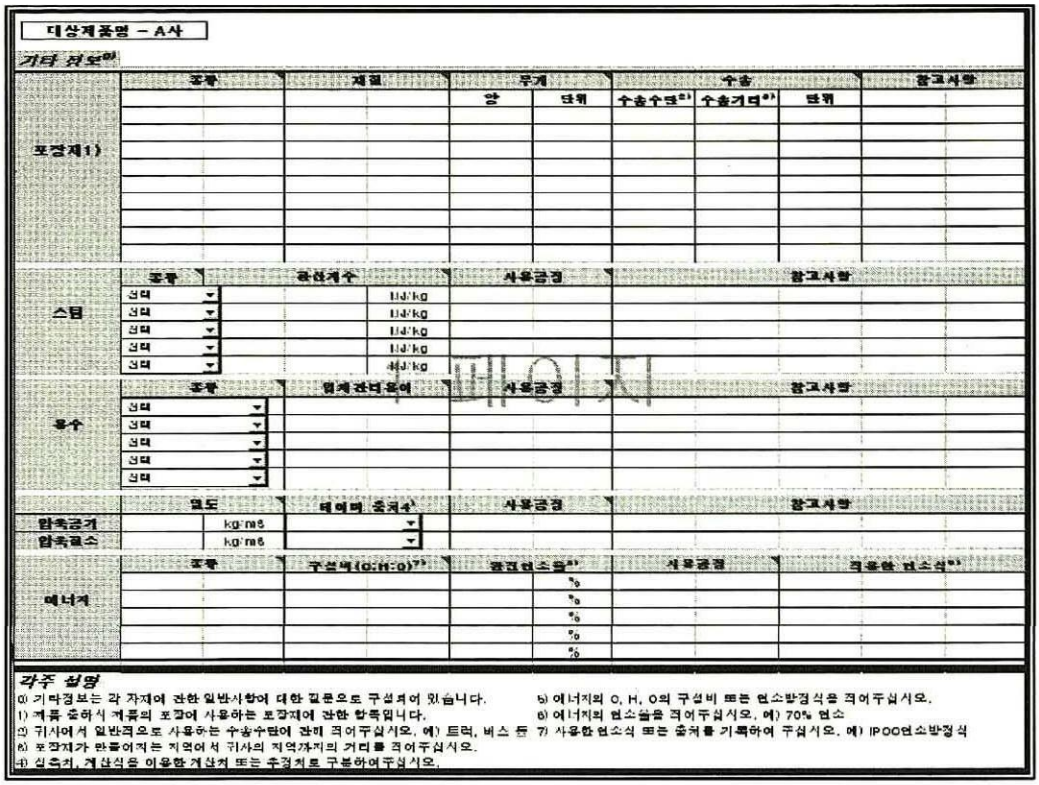
○ 데이터 작성자 인적사항 기입

공정정보 및 데이터에 대한 정보 교류를 위하여 데이터 작성자의 인적사항은 가급적 자세하게 기록한다.

○ 제품정보 기입

공정에서 생산되는 제품과 부산물의 생산량 및 가격에 대한 정보를 반드시 수집하여야 한다. 이는 할당이 필요할 경우에 할당기준으로 가격비가 적용될 경우에 활용하기 위한 것이다. 만일 제품 또는 부산물의 기능이 에너지원으로 사용될 경우에는 제품과 부산물의 발열량에 대한 정보를 수집하여야 한다.

■ 양식 B : 공정데이터 특성 기입



대상제품명 – A사

기타 정보[0]

	종류	재질	무게		수송			참고사항
			양	단위	수송수단[2]	수송거리[3]	단위	
포장재1)								

	종류	관찰계수		사용공정	참고사항
스팀	선택		MJ/kg		
	선택		MJ/kg		
	선택		MJ/kg		
	선택		MJ/kg		
	선택		MJ/kg		

	종류	업체관리용어	사용공정	참고사항
용수	선택			
	선택			
	선택			
	선택			
	선택			

	밀도		데이터 출처[4]	사용공정	참고사항
압축공기		kg/m6			
압축질소		kg/m6			

	종류	구성비(C:H:O)[7]	관찰연소율[8]	사용공정	적용한 연소식[9]
에너지			%		
			%		
			%		
			%		
			%		

각주 설명

0) 기타정보는 각 자재에 관한 일반사항에 대한 질문으로 구성되어 있습니다.
1) 제품 출하시 제품의 포장에 사용하는 포장재에 관한 항목입니다.
2) 귀사에서 일반적으로 사용하는 수송수단에 관해 적어주십시오. 예) 트럭, 버스 등
3) 포장재가 만들어지는 지역에서 귀사의 지역까지의 거리를 적어주십시오.
4) 실측치, 계산식을 이용한 계산치 또는 추정치로 구분하여주십시오.
5) 에너지의 C, H, O의 구성비 또는 연소방정식을 적어주십시오.
6) 에너지의 연소율을 적어주십시오. 예) 70% 연소
7) 사용한 연소식 또는 출처를 기록하여 주십시오. 예) IPCC연소방정식

[그림 2] 설문지 양식 (양식 B)

○ 포장재

상위흐름 데이터베이스 연결을 위하여 재질 및 무게에 대한 정보와 더불어 필요에 따라 부피에 대한 정보 및 수송에 대한 정보까지를 수집하여야 한다.

○ 스팀

사용되는 스팀의 종류 및 종류별 발열량에 대한 정보를 수집하여야 한다. 이와 더불어 응축수가 회수되는 것을 고려하여 응축수의 발열량도 조사한다. 만약 응축수에 대한 발열량에 대한 정보가 관리되지 않으면 응축수의 온도를 조사하여 계산할 수 있게 한다.

○ 용수

데이터의 재현성을 위하여 사용되는 용수의 업체의 관리명과 관용명을 함께 수집한다. 뿐만 아니라 용수가 어떤 단위공정에서 사용되는지에 대한 정보도 수집한다.

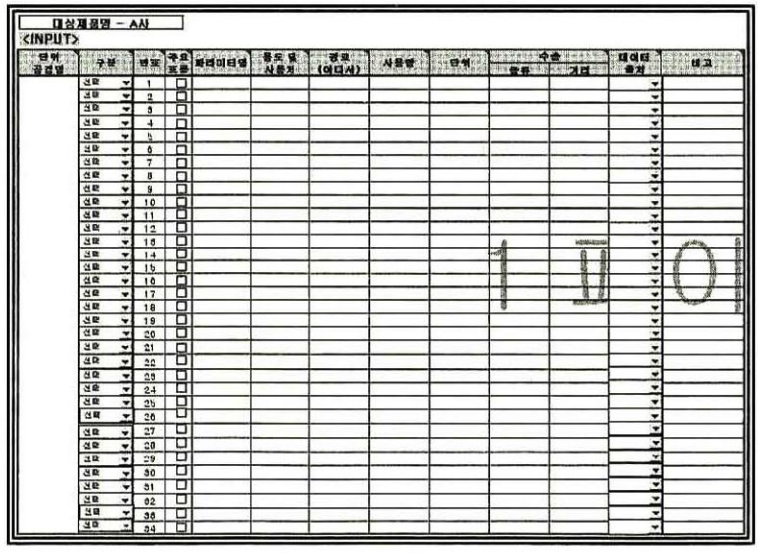
○ 압축공기/압축질소

압축공기와 압출질소를 제조하는 과정에서 사용되는 전기가 개별적으로 관리되는지의 여부를 파악한다. 만일 분리가 불가능하다면, 별도로 이들의 사용량에 대한 정보를 수집할 필요가 없다.

○ 에너지/연료

전기를 제외한 에너지 및 연료를 공정 중에서 사용하면 대기배출물이 발생한다. 따라서 대기배출물의 성상별 배출량을 계산하기 위하여 연료에 포함된 C, H, O, N, S의 구성비에 대한 정보를 수집해야 한다. 만일 업체가 대기배출물에 대한 정보를 관리하고 있다고 하더라도 이산화탄소에 대한 정보를 관리하고 있지 않기 때문에 탄소의 함량에 대한 정보는 반드시 수집이 되어야 한다.

■ 양식 C : 투입물/배출물 정량적 정보 기입



[그림 3] 설문지 양식 (양식 C)

○ 단위공정명

데이터 수집 준비단계에서 정의한 단위공정명을 기입한다.

○ 구분

데이터범주를 선택한다. 투입물의 데이터범주는 원료, 보조물질, 에너지이고 산출물은 대기배출물, 수계배출물, 폐기물, 제품, 부산물이다.

○ 번호

공정 내 순환흐름을 파악할 때 유용하게 활용된다.

○ 주요흐름

제품흐름으로 투입물들 중에서 제품되는 항목을 체크한다.

○ 파라미터명

투입물과 배출물의 명칭을 기록한다. 이 경우에 재현성을 높이기 위하여 각 기업의 관리명 보다는 일반적인 관용명을 기록한다.

○ 용도 및 사용처

각 물질들의 용도를 기입한다. 예를 들면, 화학물질의 경우에 여러 가지가 투입되지만 이들의 용도는 몇 가지로 압축할 수 있다.

○ 경로

'번호' 항목과 함께 공정 내 순환흐름을 파악하는데 활용된다. 예를 들면, IP-A-5의 의미는 A공정의 투입물 5번 물질로 재순환됨을 의미한다.

○ 사용량

투입물과 배출물의 정량적인 정보를 기입한다.

○ 단위

원료와 보조물질, 환경배출물의 경우에는 kg 또는 g, ton 단위로 단위를 기입한다. 반면에 에너지의 경우에 전기는 kWh로 기입하고 나머지는 MJ 또는 kcal 단위로 기입한다.

○ 수송

투입물과 배출물의 수송경로를 기록한다. 이 경우에 수송 모드와 수송거리를 함께 기록한다. 예를 들면, 수송모드(4톤트럭), 수송거리(100km)

○ 데이터품질

데이터품질은 다음의 네 개의 항목으로 구성되어 있으며, 각각의 항목은 다음 [표 1]을 참조하여 점수(1~5점, 1점이 가장 높은 점수임)로 기록한다.

[표 1] 공정데이터 평가 지표

점수 / 항목	매우 양호(1)	양호(2)	보통(3)	불량(4)	매우 불량(5)
수집 방법	측정에 의한 검증된 데이터	부분적 가정에 의한 검증된 데이터 또는 측정에 의한 검증되지 않은 데이터	부분적 가정에 의한 검증되지 않은 데이터	공인된 추정 데이터	비공인된 추정 데이터
시간	1년 이상 누적 데이터	9개월 이상 누적 데이터	9개월 이상 주적 데이터	3개월 이상 누적 데이터	3개월 미만의 누적 데이터
지리	연구 대상 현장의 데이터	연구대상 현장이 포함된 지역의 평균 데이터	동일한 생산조건을 가진 다른 지역의 데이터	유사한 생산조건을 가진 다른 지역의 데이터	알 수 없는 데이터 또는 다른 지역 데이터
기술	연구 대상 기업의 데이터	동일한 프로세스와 물질을 사용하고 있는 다른 기업의 데이터	동일한 프로세스와 물질을 사용하나, 기술이 다른 연구 대상 기업의 데이터	유사한 프로세스와 물질 및 기술을 가진 다른 기업의 데이터	유사한 프로세스와 물질을 사용하나, 기술이 다른 기업의 데이터

○ 비고

이상과 같은 내용 이외에 추가로 기입할 내용에 대하여 작성자가 직접 기입한다.

라. 데이터검증 및 계산

설문지를 통해 수집된 데이터에 대한 물질수지, 물수지 및 에너지수지 분석과, 업체 담당자와의 협의를 통해 누락되거나 잘못 기입된 데이터를 수정, 보완하는 작업이며, 사용된 방법론(할당 방법, 시스템 경계 설정 방법 등)에 대한 내부 검토를 실시한다. 이렇게 사용된 방법론에 대한 평가 또한 정밀검토 과정에서 재차 평가한다.

마. gate to gate(GtG) 데이터 산출

데이터 검증 및 계산이 완료되면 업체별로 기능단위당 투입물과 산출물에 대한 공정 데이터인 gata to gate 데이터 산출한다.

바. 데이터 통합 및 LCI 데이터베이스 구축

참여업체별로 구축된 GtG 데이터는 업체들의 생산량비를 적용하여 수직법 또는 수평법을 이용하여 데이터를 통합한다. 이러한 통합 GtG를 LCA 소프트웨어(PASS, TOTAL)를 사용하여 전과정목록 데이터를 산출하여 국가 표준 LCI DB의 형태(ISO 14048에 따름)에 맞추어 최종 DB의 형태로 완성한다.

사. 정밀검토

: LCA 및 건축자재 관련 전문가에 의한 DB 최종안에 대한 검증(정밀검토) 실시

· 2007. 6월 중 : 검증위원 선정 및 DB 정밀검토(1차, 2차 및 3차) 수행하였다.

- 1차 검토 대상 : 수집 데이터(input 및 output) 정확도 및 완성도 검증
- 2차 검토 대상 : 사용된 LCA 방법론에 대한 검증
- 3차 검토 대상 : 최종 완성 DB의 국내외 동일 또는 유사 DB와의 상호 비교를 통한 검증

아. 참여업체에 대한 결과 설명

DB 구축 결과 및 외국 DB와의 비교 등, 사업 결과의 각 업체별 방문 설명 하였 다.

3.5 건축자재 LCA 프로그램 개발현황

3.5.1 국외 현황

가. Eco-Quantum

(1) 개요

네덜란드는 The Ministry of Housing Spatial planning and the Environment 등 건축 관련 4개의 주요 조직에 의하여 1994년부터 건축 산업의 LCA 평가프로그램을 개발하였다. 건축산업의 LCA에 대한 계산방법은 1996년 4월에 구체화되었으며, 신뢰성평가 및 유용한 정보제공의 검증은 1996년 10월에 마무리되었다. Eco-Quantum이라 불리는 건축산업 LCA평가 프로그램은 건축물 원자재의 채취에서부터 건축물의 최종폐기, 재사용까지 고려하고 있으며, 이 방법은 주거용이나 상업용 건축물에 모두 적용할 수 있도록 설계되어 있다.

(2) Eco-Quantum 프로그램

Eco-Quantum은 Domestic판과 Eco-Quantum Research판으로 두 가지 버전이 있으며, 이 두 가지 버전은 모두 네델란드 환경성능규격(EP)과 독립적인 네델란드 LCA 프로그램인 SimaPro이다. SimaPro는 건자재, 에너지 및 물 생산관련 공정, 교통 및 폐기물 처리공정의 환경 프로필을 kg단위로 나누어 계산한다. Eco-Quantum은 SimaPro의 데이터베이스를 바탕으로 입력되는 데이터에 의해 건물의 환경성능을 계산해주게 된다.

첫째로 Eco-Quantum은 환경프로필에 상응하는 자재 및 에너지 흐름에 연결시키고, 이렇게 함으로써 전체 건물의 전 과정에 걸친 환경영향이 합해져 원자재, 에너지, 부지사용과 같은 사항은 입력물로 나타나고 폐기물 및 방출은 출력물로 표시된다. 둘째로 LCA의 특성화(Characterization) 요소를 바탕으로 12개의 환경영향으로 점수화되는데 여기에는 자원고갈, 독성 및 온실효과 등이 있다. 다음 과정에서 이러한 점수들은 네델란드 Environmental Rating methodology에 의해 자원

고갈, 방출, 에너지 소비 및 폐기물의 4개 환경단위로 자동 변환된다.

Eco-Quantum Domestic판은 자국 내 건축물에 초점을 두고 있으며, 건축가는 이를 통해 가장 중요한 환경영향의 요인을 찾아낼 수 있고 이를 바탕으로 설계를 변경하여 대안을 모색할 수 있다. 평가의 초점은 건물의 환경영향을 규명한 후 건축가가 설계변경을 가할 수 있게 하는 것이다. Research판은 사무실과 같이 보다 복잡한 건물에 적용할 수 있다. 실험을 통해 밝혀진 바로는 만약 건물의 설계 시방서가 건축가는 한 시간 내에 설계의 환경적 영향을 판단할 수 있으며 손쉽게 설계 정보를 프로그램에 입력할 수 있고 전체 건축물 환경영향의 주요요인을 찾아낼 수 있는 것으로 알려지고 있다. 아울러 결과로서 4가지 환경지표(자원소비, 배출, 에너지, 폐기물)을 산출해낼 수 있는데 이는 11가지 LCA점수 형태의 환경프로필보다 해석이 용이해 건축가들이 선호한다는 점이다.

나. ATHENA: An LCA Decision Support Tool for the Building Community

(1) 개요

ATHENA 소프트웨어(환경영향 평가)는 건물들의 라이프 사이클 평가를 위한 북아메리카용 소프트웨어이다. 건물 구조의 95%를 modeling 할 수 있으며, 건축가, 기술자 그리고 연구원으로 하여금 협회, 사무실, 주택에 알맞은 멀티 유니트 주거, 그리고 단독주택 디자인, 산업프로그램으로 환경과 관련된 평가를 가능하게 한다.

ATHENA는 캐나다에서 개발한 LCA 프로그램으로 모델화하여 사용하기 쉽다. 또한 GBC와 같은 평가 구조에 맞게 활용하거나 독자적인 방향으로 진행되어 사용할 수 있다. 대체 가능한 건물디자인과 효율적인 재료 사용, 별도의 정밀한 LCA 과정 없이도 환경적 프로파일을 획득하여 디자이너들이 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 건물들의 Life-cycle을 통한 환경 영향을 감소시켜 사용할 수 있다.

(2) ATHENA 프로그램

ATHENA 프로그램의 평가 초점은 LCI 데이터가 세부적으로 제시되어 양적인

데이터로 사용되도록 상업적, 공공적, 주거건물 등 5계층으로 구성되었다. 그러므로 상세한 LCI 산출결과는 그래픽이나 표 형식으로 요약되어 보여주고 있다.

생태적 자원 회득과 타입별 내재에너지의 입력, 잠재된 온실효과, 수자원과 공기의 독성 정도 측정, 고형폐기물을 평가한다. ATHENA 툴의 범위는 스틸, 나무, 그리고 콘크리트로 한정되어있다. 그러나 피복금속, 점토벽돌, 석고보드, 이중창 등 다른 제품들은 미래에 추가되어 더 다양한 데이터를 구축해 나갈 것이다.

다. BEES(Building for Environmental and Economic Sustainability)

(1) 개요

미국은 1978년 건축 산업에 대해 산업연관분석을 이용하여 에너지량 산출을 행하였으며, 적산방식에 의해서도 종이, 선철, 동, 합판 등 건축부분의 자재에 대해 조사를 시행했다. ASTM(American Society for Testing and Material)에서는 건축재료, 자재의 환경 LCA와 주거용 그린빌딩 디자인 및 사양, 건설과 운용에 대한 지침을 제시하고 있다. SETAC(Society of Environmental Toxicology and Chemistry)에서는 건축자재의 LCA의 검토를 행하고 있으며, 그 밖에 U.S. Green Building Council, U.S. Environmental Protection Agency 및 American Institute of Architects에서도 건축자재에 대한 LCA를 행하고 있다.

현재 미국의 대표적인 LCA 툴은 미국정부가 친환경적인 건축자재의 선택을 지원하기위해 1994년 미국 NIST에 의뢰하여 개발한 BEES(Building for Environmental and Economic Sustainability)프로그램을 들 수 있다. BEES는 환경성뿐만 아니라 경제성을 동시에 고려할 수 있도록 고안된 기법으로 건축주 및 정부의 투자 우선순위 의사결정을 위한 지원도구 개발을 목적으로 하고 있다.

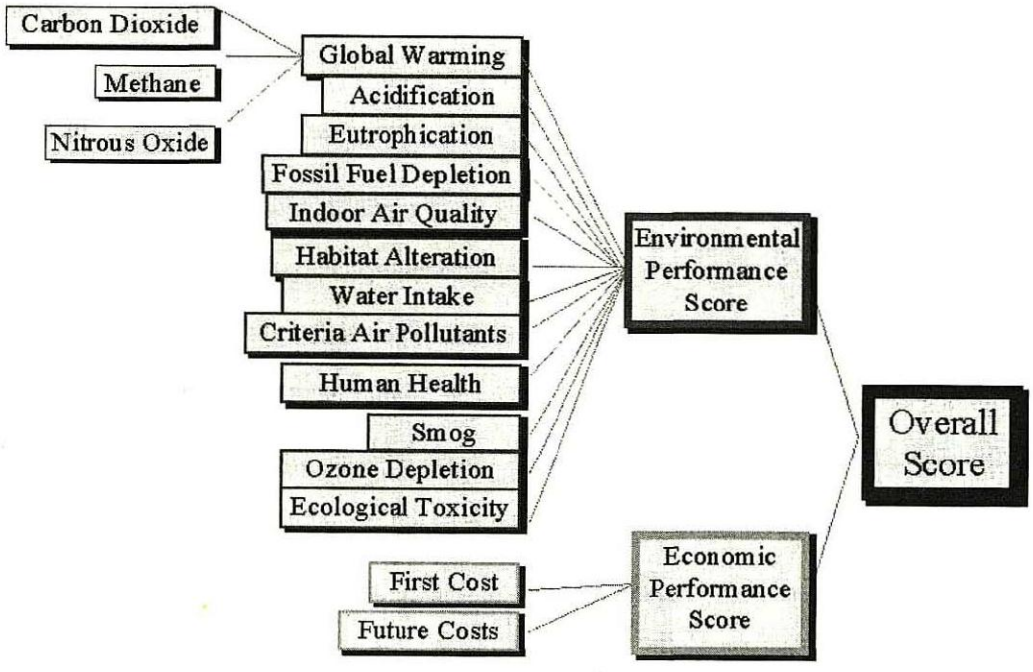
BEES는 미국정부가 구매하는 매년 2000억불의 제품과 서비스(건물 포함)의 환경영향을 감소시키기 위한 미국대통령령 12873호 "Federal Acquisition, Recycling, and Waste Preventions" 실행수단인 Environmentally Preferable Purchasing(EPP) Program의 지원 툴로서 사용되며, BEES는 환경성과 경제성을 동시에 평가할 수 있는 도구로서 평가된다.

(2) BEES 프로그램

BEES의 분석방법은 Parameter Analysis로 환경적인 현상과 경제적인 현상을 각각 50%씩 분류하여 수행한다. 분류 후에는 Define Alternatives에서 Major group, Group Elements, Individual Element로 사용자가 선택한다. 그 후 Summary Group에서 전체적인 부분에서, 환경적 부분, 경제적 부분을 선택한다. 또한 세부적 그룹에서는 Life-cycle, Environmental flow, Embodied energy의 큰 3 그룹에서 필요한 항목들을 선택하여 결과를 도출한다.

각 항목들은 ; 온실효과, 산성화, 부영양화, 화석연료 감소, 실내공기의 질, 공기오염 기준, 자연자원 고갈, 실내공기의 질등이 있다. 전체 점수에서, BEES는 Life-cycle stage는 13개 항목, Environmental flow은 12개 항목, 내재 에너지 2개 항목으로 나타난다.

일반적으로 주거와 상업용 건물 그리고 건물 요소들에 한정된 범위 속에서 사용된다. 그러나 미래 버전들은 요소의 집합들 또는 잠재된 성분들로 계획될 것이다.



[그림 3.5.1] BEES 프로그램 구성

(3) 사용자 측면에서의 BEES의 장·단점

[표 3.5.1] BEES의 장·단점 비교

장점	단점
Menu가 간단히 구성되어 있어 BEES의 사용방법을 쉽게 익힐 수 있다. (File, Analysis, Window, Help)	간단한 프로그램 구성으로 인한 세밀한 결과 도출은 어렵다.
사용자가 3가지 분류 중 필요 항목에 체크를 하여 결과를 산출할 수 있다.	
Bees의 분석결과는 그래프와 표가 함께 표현되어 값들의 차이를 쉽게 파악할 수 있다.	LCA 흐름도가 없다. (할당의 생략)
2개이상의 항목에 대해 비교분석이 가능하다	
원하는 형태로의 결과도출이 가능하다. 표 형식의 결과는 다른 프로그램 호환 가능	

라. GaBi

(1) 개요

GaBi data와 프로그램은 Stuttgart대학의 IKP(Institute for Polymer Testing and Polymer Sciences)와 PE Europe GmbH(Life cycle engineering)이 공동으로 개발하였다. IKP는 1991년에 설립되어 자동차와 전기, 건설 산업 등에서 약 10년 이상 LCA에 대한 지속적인 연구와 조사 컨설팅을 담당하는 유럽의 연구기관이다. 데이터는 한개 ITEM에 대해 3개 이상 관련회사에 설문조사를 통해 작성하거나 혹은 직접 현장조사를 통해 LCA 방법에 의해 데이터를 취득하고 있다. 하나의 ITEM에 대한 데이터 수집기간은 최소 6개월 정도 소요되며, 관련 제조되며 정확한 기간예측이 힘들기 때문에 관련회사와의 긴밀한 협조를 통해 데이터를 지속적으로 수집하고 있다.

GaBi는 조직, 공장, 공정 혹은 제품의 전과정 평가를 통해 지속가능성을 관리하기 위한 도구이다. 전과정 평가 외에 Greenhouse Gas Accounting, Life Cycle

Engineering, Design for Environment, Energy Efficiency Studies, Substance Flow Analysis, Company Eco balances, Environmental Reporting, Sustainability Reporting, Strategic Risk Management, Total Cost Accounting 등도 할 수 있다. 제공되는 데이터베이스로는 버전에 따라 일반형, 전문가형, 확장형이 있으며, 확장형은 금속, 유기/무기화합물 중간체, 고분자, 광물, 에너지, 코팅, 전자, 재생물질, 제조공정 등에 대한 방대한 데이터를 제공한다.

(2) GaBi 프로그램

GaBi 4.0은 사용자 인터페이스가 가장 윈도우 시스템에 가장 가깝게 만들어졌으며 사용자가 마우스를 사용하여 거의 모든 기능을 수행할 수 있다. 또한 ISO 14040에서 규정한 절차에 따라 소프트웨어가 구성되어 있으며 "drop&drop"기능 등 사용자가 편리하게 시스템을 구성하도록 다양한 기능들을 제공하고 있다.

데이터베이스는 "GaBi DB manager"에서 관리되며 물질과 생산 공정을 12가지 주제로 나누었다. 데이터베이스 보호는 소프트웨어를 시작할 때 사용자의 이름과 암호를 넣어야 한다. 사용자 이름과 암호는 DB manager의 시스템에서 사용자가 지정할 수 있다. 소프트웨어에는 이미 많은 단위들이 지정되어 있으며 "quantity"를 지정하기 위해 사용자가 단위를 지정할 수 있다. 할당은 할당기준을 마우스로 선택하여 부산물에 대한 할당을 손쉽게 수행할 수 있도록 하였다. 소프트웨어 내에서 여러 가지 수식을 사용할 수 있으며 운송공정은 DB manager에서 운송공정을 만들어 사용할 수 있다. 또한, 운송에 사용되는 연료에 대한 emission factor를 사용하여 환경 배출물을 산출한다.

전과정 영향평가는 DB manager에서 정규화와 가중치부여에 대한 값은 선정한 후 수행할 수 있으며 "GABI Analyst"의 "Parameter variation" 기능을 사용하여 여러 변수에 대한 민감도 분석(Sensitivity analysis)을 수행할 수 있다. 또한 "Scenario analysis"를 사용하여 여러 가지 시나리오를 비교할 수 있다. 그러나 두 가지 이상의 시스템을 비교하는 기능은 없다. 결과는 다양한 결과의 2,3차원 그래프로 나타낼 수 있으며 워드 프로그램 및 MS-Excel과의 호환성이 가장 뛰어나다.

(3) 사용자 측면에서의 GaBi의 장·단점

[표 3.5.2] GaBi의 장·단점 비교

장점	단점
흐름도 작성시 데이터 할당이 편리함. 사용자가 Drop&Drop를 이용하여 쉽게 사용.	data 입력시 사용자가 값을 설정하여 정확도를 높이는 장점이 있으나, 각각의 값을 설정하는 절차가 많음.
사용자가 값 설정이 가능함.	흐름도 작성시 Drop&Drop를 이용하여 쉽게 할당할 수 있지만 SimaPro에 비해서는 복잡함.
프로그램 시작 전 training 코너를 통해 학습할 수 있음.	초보자가 사용하기 어렵움
GaBi 4.0에 대한 용어설명	
LCA, LCC, LCWT	

마. EIO-LCA

미국, 카네기 멜론대학에서 연구된 EIO-LCA(Economic Input Output - Life Cycle Assessment)는 1992년에 US Department of Commerce에 의해 발표된 485개의 산업부분에 대해 제품이나 서비스에 대해 다양한 환경배출, 자원요구, 경제거래 등을 조사하였고, Gregory Norris에 의해 에너지, 경제데이터와 오염물질데이터(CO2 TRI : Toxic Release Inventory등)을 이용한 EIO-LCA 모델연구를 수행하였다.

바. CML

네델란드의 CML(Centre of Environmental Science)에서는 산업연관표를 이용하여 MIET(Missing Inventory Estimation Tool)등의 다양한 연구를 수행하고 있다. 최근에는 적산방법과 산업연관분석의 이점을 이용하여 분석하는 조합법(hybrid method)이 연구되고 있으며, 이 방법은 단계별조합(tiered hybrid), 투입산출조합(input-output hybrid), 통합조합(integrated hybrid) 등으로 구분하기도 한다.

개별적산법에 기초로 한 조합방법은 전통적인 LCA방법과 같이 각각 제품의 물질데이터를 모은 후, 환경자료는 산업연관표의 자료를 이용하여 평가하는 방법으로 많은 선행연구가 진행되고 있다. 산업연관법에 기초한 조합방법은 데이터 수집의 시간에 전략적으로 목적을 두고 있으며, 전과정 목록분석에 대한 조합법의 접근과 산업연관표와 적산법을 통해 조합방법 등 다양한 연구가 시도되고 있다.

사. SimaPro

SimaPro는 "System for Integrated Environmental Assessment of Products"의 약자이며 제품, 공정, 서비스의 전과정 평가를 위한 상업용 도구로 1990년에 초기 버전이 나왔다. 수 천 가지 이상의 공정에 대한 Inventory data와 다양한 환경영향 평가 방법들이 포함되어 있으며, Monte Carlo 분석, Weak Point분석, 다양한 폐기물 처리 및 재활용 옵션 등을 제공하고 있다. 또한 10,000 Inventory data 기록들을 가지고 사용하고 있다. SimaPro는 LCA 사용자들의 3가지 서로 다른 타입에 따라 Compact, Analyst, Developer 3가지로 구분된 tool이 제공된다.

· SimaPro Compact는 빠른 결과
· SimaPro Analyst는 상세한 LCA 연구
· SimaPro Developer는 특정 LCA 툴 개발

SimaPro 7.0은 환경성디자인(Eco-design)과 전과정 평가 등에 광범위하게 사용된다. 다른 소프트웨어와 다른 점은 먼저 Main data에서 Processes 범주인 material, energy, transport, processing, use, waste scenario, waste treatment에 대한 하위범주(sub-category)를 정의하여 데이터를 입력한 후 BOX에서 수행할 전과정 평가의 타입을 결정한다. 모든 데이터를 입력한 후 BOX의 Type에서 Life cycle을 선택한 후 연구 중인 제품 시스템의 명칭을 기입한 후 앞에서 데이터를 입력한 processing과 transport를 선택하여 전과정평가를 수행한다. SimaPro는 데이터를 입력시키는 기능이 간편하므로 초보자도 전과정평가를 손쉽게 수행할 수 있을 것이라 판단된다. SimaPro 7.0은 데이터 보호 기능 외에 모든 데이터를

SPOLD형식에 맞추어 입력하도록 되어있다. 그러므로 차후에 이미 만들어진 데이터베이스를 이용할 때 데이터베이스에 대한 자세한 내용을 알 수 있으므로 전과정 평가의 목적과 범위에 맞는 질을 갖는 데이터베이스를 선택할 수 있을 것으로 판단된다. 환경부하 단위는 사용자가 Quantities 및 Units 데이터베이스를 이용하여 지정할 수 있으며 Unit conversion에서는 단위 전환에 대한 데이터베이스를 만들 수도 있다. 운송은 "Transport"에서 운송데이터베이스를 만든 후 전과정 평가를 수행할 때 이미 지정된 데이터베이스를 사용하면 된다.

할당은 각 데이터베이스를 만들 때 시나리오를 선택하거나 "avoided product를 사용하여 수행할 수 있다. 전과정 영향평가는 지수방법 뿐만 아니라 분류화, 특성화 및 가중치부여 순으로 영향평가를 수행할 수도 있다. 또한 데이터베이스를 만들어 사용할 수도 있으며 이미 소프트웨어에는 Eco point, SimaPro 및 Eco-indicator 값들이 내장되어 있다. SimaPro의 장점은 결과를 출력시 process tree나 그래픽 결과를 File/Store 메뉴를 사용하여 bmp 파일로 저장하여 워드 프로그램과 호환이 가능하고 테이블 결과도 text파일로 저장하여 다른 프로그램과 호환이 가능하다.

[표 3.5.3] SimaPro의 3가지 version

Name	Compact	Analyst	Developer
Import data (CSV+SimaPro7.0 database)	Y	Y	Y
Monte Carlo Calculations	N	Y	Y
Parameterized medeling	N	Y	Y
Scenario analysis	N	Y	Y
Export(CSV, SimaPro database)	N	Y	Y
Library editing	N	Y	Y
Move project data to library	N	Y	Y
Data Quality Indicator system	N	Y	Y
Edit System descriptions	N	Y	Y
Advanced results analysis	N	Y	Y
Process Tree	N	Y	Y
Import EcoSpold format	N	N	Y
Hide confidential data	N	N	Y
Wizard development	N	N	Y
COM interface	N	N	Y
Direct Excel/ASP links	N	N	Y

[표 3.5.4] SimaPro의 3가지 version별 내용

Name and year	Content	Process count	database name		
			Analyst	Starter	internet Demo
Danish to database	Detailed Danish Input output database for Denmark	793	x	x	
Danish IO database	Database on food, using Marginal approach, developed by LCA 2,-0	671	x	x	
Ecoinvent v1.2(2005)	2600processes on energy, transport, materials, etc.	2600	x		
Ecoinvent demo	subset of 50 processes for demo(systems)	50		x	x
USA input output 2003	IO dataset for the USA compiled by CML Leiden	500	x	x	
Industry data 2001	Data published by industrial associations, such as APME	74	x	x	
Idemat(2001)	Dutch database, compiled from different sources by Delft Uni. of technology	508	x	x	
Buwal 250(1997)	General materials, energy, and transport and waste, Swiss pack. institute	248	x	x	x
ETH-ESU(1996)	ALL processes of the famous energy and transport database, ETH-ESU Zurich	1100	x	x	
Franklin	USA database, on materials, transport and energy etc. Franklin associates	78	x	x	

아. TEAM

1990부터 Ecobilan, 또는 Ecobalance로 언급되며 제품과 서비스의 환경성 실현에 산업체와 정부를 조력했다. 환경 분석과 software tool들, Ecobilan에서 제공되는 서비스들, 방법론은 조직체의 각각의 기능들과 엇갈린 환경현상을 증진시킨다. Ecobilan은 2000년 3월 Price water house Coopers의 Global Sustainability 서비스 부분으로 연합되어 있다. 환경, 경제 사회적 영향의 3가지 주요 key를 설정하고 지속가능한 개발로 정량화 하여 다양성을 접근하여 조화시키고 있다. Ecobilan 소프트웨어 프로그램들은(TEAM, WISARD) 그리고 웹 응용은(INES, TEAM Web)

들이 있다. 이 프로그램들의 분석은 간단한 방법들로 적용되고 때때로 집약적이고 복잡한 데이터들에도 적용이 가능하다.

TEAM은 현재 버전 4.0까지 개발되었으며 Article, Atomic, Module, Atomic Node, System Node 등을 사용하여 전과정 시스템을 만들며 Module 수에 제한받지 않는 장점이 있다. 데이터는 계속해서 업데이트 하고 있다. 데이터보호 기능은 SimaPro와 거의 동일하며 DEAM에는 500개 이상 모듈을 포함하고 있으며 영향평가 데이터베이스도 광범위하나 하나의 데이터베이스로 보기 때문에 소프트웨어 내에서 영향평가에 대한 데이터베이스의 수만 늘려놓은 것으로 여겨진다. 환경부하 단위는 전과정 평가를 수행하기 전 미리 정의한 후 사용하는 것이 수월할 것이다. 운송은 하나의 "Node"로 만들어 모든 input 및 output을 계산하여 입력해야 한다. 할당은 두 가지 방법으로 수행할 수 있다. 첫 번째는 Allocation 열에 승수(multiplier)를 입력하는 방법과 부산물이 사용되는 "Node"에 부산물을 연결하는 시나리오에 근거한 방법이 사용된다. 전과정 영향평가는 TEAM에서 수행되며 각 영향범주가 하나의 데이터베이스로 되어 있으므로 각 영향범주마다 영향평가를 수행하거나 지수 방법도 사용할 수 있다. SimaPro처럼 영향평가의 하위 단계를 순차적으로 수행하기에는 상당한 시간이 소요될 것으로 판단된다. 민감도 분석도 TEAM에서 수행되고 결과 비교시 단점은 data sheet의 각 환경부하가 같아야 비교가 가능하다는 점이다. 따라서 결과를 비교하기가 어려운 경우가 많을 것으로 생각된다. TEAM의 장점은 결과를 3차원 그래프 등 다양한 형태로 출력할 수 있다. 또한 목록분석 결과를 텍스트파일로 저장하여 MS Excel상에서 편집도 가능하다.

자. Umberto

재료와 에너지 흐름을 모델링하는 상업용 도구이며 제조공정 평가나 전과정 평가에 사용된다. 모델링 결과로는 경제성 및 환경성 지표로 표시된다. 경영층의 의사결정을 돕기 위해 물질과 공정에 대한 비용데이터를 입력할 수 있으므로 자본집약적인 생산 공정을 향상시키는데 많은 도움을 준다. 프로그램이 유연하고 기능이 다양해서 물질흐름분석(Material Flow Analysis)이나 전과정 평가를 연구하는 연구기관이나 컨설팅 업체에서 많이 사용하고 있다.

차. LCAiT

LCAiT는 현재 버전 3.0까지 개발되었으며 다른 소프트웨어와는 달리 환경부하를 Process card, Transport card에 일일이 기입해야 한다. Tool bar는 사용할 수 없으며 접고 펴는식(Pull-down) 메뉴만을 사용할 수 있다. 소프트웨어 내에서 에너지와 수송 데이터베이스는 별개로 관리되며 사용자가 새로운 데이터베이스를 만들 수도 있고 화학제품, 플라스틱, 펄프/종이, 및 유리제품에 대한 cradle-to-gate 결과가 소프트웨어에 내장되어 있다. 또한, KCL-ECO와 마찬가지로 데이터를 보호하는 기능은 없으므로 주의가 필요하다.

환경부하에 사용되는 단위는 소프트웨어에서 지정한 단위를 사용해야 한다. 따라서 사용자는 조사한 모든 환경부하 데이터를 소프트웨어에서 사용되는 단위로 바꾸어야 하는 단점이 있다. 운송공정은 운송 데이터베이스가 따로 있으며 운송공정에 운송거리를 입력하도록 되어 있다. 할당을 지원하는 기능은 없지만 사용자가 할당 시나리오를 만들어 할당을 수행할 수는 있다. 이 할당 시나리오는 전과정 평가 초보자에게는 어려울 것이라 판단되며 방정식은 사용하지 않는다.

LCAiT에서는 실질적으로 전과정 영향평가를 수행할 수 있는 기능은 없다. 따라서 목록분석을 수행한 후 도출된 Inventory Matrix를 Export 메뉴를 사용하여 MS Excel로 보내어 영향평가를 수행해야 한다. 이때 Excel의 매크로를 이용하여 영향평가를 간편하게 수행할 수 있으며 영향평가 결과를 이용하여 dominance 분석도 가능하다. 민감도 분석과 결과를 비교하는 기능은 없다. 전과정 목록분석 결과는 막대그래프로 나타내는 Inventory Matrix를 사용하여 출력할 수 있다. 그러나 결과를 3차원상의 그래프로 표현하는 기능은 없다.

카. 영국 - BRE

(1) Environmental Profiles

Environmental Profiles은 건물 재료 성능에 관한 요구에 대응하기 위한 환경데이터이다. Environmental Profiles은 관련 건물 재료들을 비교할 수 있고, 신뢰성 있는 환경정보를 요구할 수 있도록 디자이너들에게 동기부여를 한다. 그리고 공급자들에게는 자사 제품들에 대하여 믿을 수 있는 환경 정보를 구축할 기회를 준다.

· Elements and materials

여기에는 세 가지 타입이 있다. 제조업자들은 UK 데이터 베이스에 Profile 타입들의 전부 또는 얼마간을 인증하여 분별한다. Environmental Profile들은 요람에서 무덤까지 60년의 생애를 가지고 건물 요소들(벽, 바닥, 지붕 등등)에 적합하게 평가되었다. 추가로, Profile들은 그들이 건물에 안에 적용될 때 적합한 요소(Cradle to Gate)로 구성할 수 있습니다. Profile들은 건물 재료(강철, 알루미늄, 콘크리트, 등등) 별도로 분류되어 있다. 재료 Profile은 톤을 기본으로, 그리고 고려된 환경 영향들은 (Cradle to Gate)까지 제시된다. 이 프로그램은 경쟁 제조사들로부터 2개 이상 동등한 제품들을 비교하여 사용될 수 있다.

(2) Software application : ENVEST

Environmental Profile정보를 환경영향 평가 툴인 ENVEST에서 사용되면, 디자이너들이 설계 초기 단계에 건물 재료의 라이프 사이클 환경 영향을 평가할 수 있다. Green Guide는 디자이너와 시방서 작성자들이 건축물 생산에 있어 요구되는 올바른 정보를 제공하는 것을 목표로 하다. 파이챠트는 사용자들이 다른 여러 건축 타입들 중 각기 다른 요소들의 상대적인 중요성에 대한 아이디어를 얻는 것을 가능케 한다. 보다 자세한 자재 시방서를 고려하고 건축물의 운용영향과 관계된 자재의 선택이 어떻게 되는지(예를 들어 난방, 조명과 냉방) 이해하기를 희망하는 디자이너를 위해, BRE는 Envest라 불리우는 소프트웨어 툴을 개발하였다. 최초 설계 단계부터 사용하기 위해, Envest는 디자이너들이 설계하는데 영향을 끼치는 요소들을 밝혀냈다. 이는 라이프사이클 영향과 건축물 사용의 운용 영향간의 상호작용을 조사하기 위해 요구되는 운용 에너지 표시를 포함하고 있다. Envest는 Green Guide와 같은 데이터를 근거로 하며, 데이터의 대다수는 BRE 환경 내역 프로젝트와 Envest에서 사용된 환경 영향의 평균 측정값인 Ecopoint를 산출 하기위해 Green Guide가 사용했었던 것과 같은 시스템으로부터 도출된다.

〔표 3.5.5〕 건축물 및 건축자재 전과정평가를 위한 소프트웨어 모델

국가	모델 개발자	모델명	홈페이지
캐나다	Athenasmi	Athena	www.athenasmi.ca
독일	IKP - Stuttgart University	Build-It	GaBi
덴마크	Danish Building and Urban Research - SBI	Building Environmental Assessment Tool 2000 (BEAT)	www.by-ogbyg.dk/english/research/environmental-impacts-frombuildings/index.html
프랑스	CSTB	Escale	www.cstb.fr
핀란드	VTT	LCA House	www.vtt.fi/rte/esitteet/ympparisto/lcahouse.html
노르웨이	Norwegian Building Research Institute - NBI	Ecoprofile	www.byggforsk.no/oekoprofil/default.html
네델란드	NVTB - Dutch construction Products Association	Eco-Quantum	www.ecoquantum.nl
스웨덴	KTH Infrastructure & planning	Eco-effect	
영국	Building Research Establishment (BRE)	Envest: new environmental impact estimating software	www.bre.co.uk/sustainable/envest.html
미국	NIST	BEES Building for Environmental and Economic Sustainability	www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html
한국	KICT	(가칭)APESS 개발중	http//:kict.netonbiz.co.kr

[표 3.5.6] 각 프로그램별 구성내용 분석

	GaBi	SimaPro	PASS	TOTAL	BEES	Ecoquantum	ATHENA	ENVEST
공종 존재								
건축물								
건축재료								
환경부하								
경제성								
환경부하와 경제성 비교								
초기투자비용								
공종추가 가능								
신규재료 분석가능								
대체재료 선택가능								
원재료와 대체 재료값 비교								
건축물에 대한 기초정보								
사용자가 값 입력								
민감도 분석								
시나리오 분석								
시나리오 리포트 분석가능								
몬테카를로 분석								
그래프								
표								
프로그램에서 규정한 점수								
LCI 값 표시								

3.6 건축자재 및 건축물 환경성평가 프로그램 APESS

3.6.1 LCA 소프트웨어 개발 개요

가. 개발 목표

국내 LCA 소프트웨어는 지식경제부(구 산업자원부) PASS와 환경부 TOTAL이 사용되고 있다. 이들 소프트웨어는 전 산업에 대한 LCA 프로그램이며, 별도의 프로그램 관련 교육을 받은 후에 사용할 수 있는 전문가 중심의 프로그램이다. 이에 건축자재 환경성정보(LCI D/B)를 설계자, 사용자, 소비자가 손쉽게 이용할 수 있도록 APESS(A Program for Evaluation and Selection for Sustainable Building Materials)를 개발하였다. APESS는 사용자 중심 소프트웨어 구축을 위해 조작이 간단하고 이해하기 쉽도록 구성되었으며, 건축분야에 국한되어 건축 관련 실무자들이 용이하게 사용할 수 있도록 구성하였다. 국내 LCA 소프트웨어로써 PASS, TOTAL과 기능과 활용도 측면에서 중복되지 않도록 PASS와 TOTAL을 통해 구현할 수 있는 기능은 우선 제외시켰다. APESS는 건축자재 환경성정보 DB를 적극적으로 활용하고 향후 확장에 대응할 수 있도록 계획하고 있다.

건축자재 LCA 소프트웨어 APESS의 세부목표는 아래와 같다.

- 건축자재의 환경성 비교평가 자료를 제공
- 건축물 환경성평가 자료 제공
- 사용자가 쉽게 접근할 수 있는 간단한 조작방법
- 같은 분류군에 속한 자재별 환경영향 비교·선택기능

나. APESS 개발 경과

APESS 프로그램은 2005년 6월 건축분야 건축자재 환경성을 평가를 목표로 프로그램 개발에 착수하여 2008년 6월에 APESS를 개발하였다. 프로그램은 www.apess.kict.re.kr을 통해 다운로드 받을 수 있으며, CD로 제작되어 일반사용자 및 건축분야 전문가에게 배포하였다. 또한 www.apess.kict.re.kr에는 APESS 프로그램, 프로그램 매뉴얼과 더불어 건축분야 및 일반사용자들이 LCA를 통한 수행방법에 대한 이해를 돕기 위한 자료들이 공개되어 있다.

다. APESS 활용

APESS는 건축분야 종사자, 건축주를 비롯하여 자재 및 건물의 환경친화성에 관심 있는 사용자를 대상으로 하고 있다. 이에 APESS의 구성은 단순하면서 쉽게 이해할 수 있는 프로그램 구조를 갖추고 있으며, 사용자가 손쉽게 자재의 친환경성을 판단하고 선택하는데 중점을 두었다.

라. APESS 특징

APESS의 주목적은 친환경적 건물을 위해 환경부하가 적은 건축자재 및 시공공정을 선택할 수 있도록 도와주기 위함이다. 프로그램의 특징을 아래와 같다.

① 사용자 접근성 향상
- 사용자의 시선이동에 따라 STEP1, 2, 3의 순서대로 프로그램을 실행하는 간단한 프로그램 구성을 통해 사용자의 접근성 향상

② 자재 및 건물의 환경친화성 판단
- 에너지자원, 지구온난화, 수질오염, 인체독성 등 자재 및 건물의 전과정환경지수 도출

③ 자재의 비교선택기능
- 자재의 비교선택기능을 통해 친환경성 건축자재 선택유도

④ 자재의 물량입력 기능

- 건축자재의 자재선택기능, 건축물의 자재선택 및 시공공정 선택기능에서 물량 입력기능을 추가함으로써, 기존의 단위 kg당 환경지수에서 물량에 따른 환경부하 결과도출

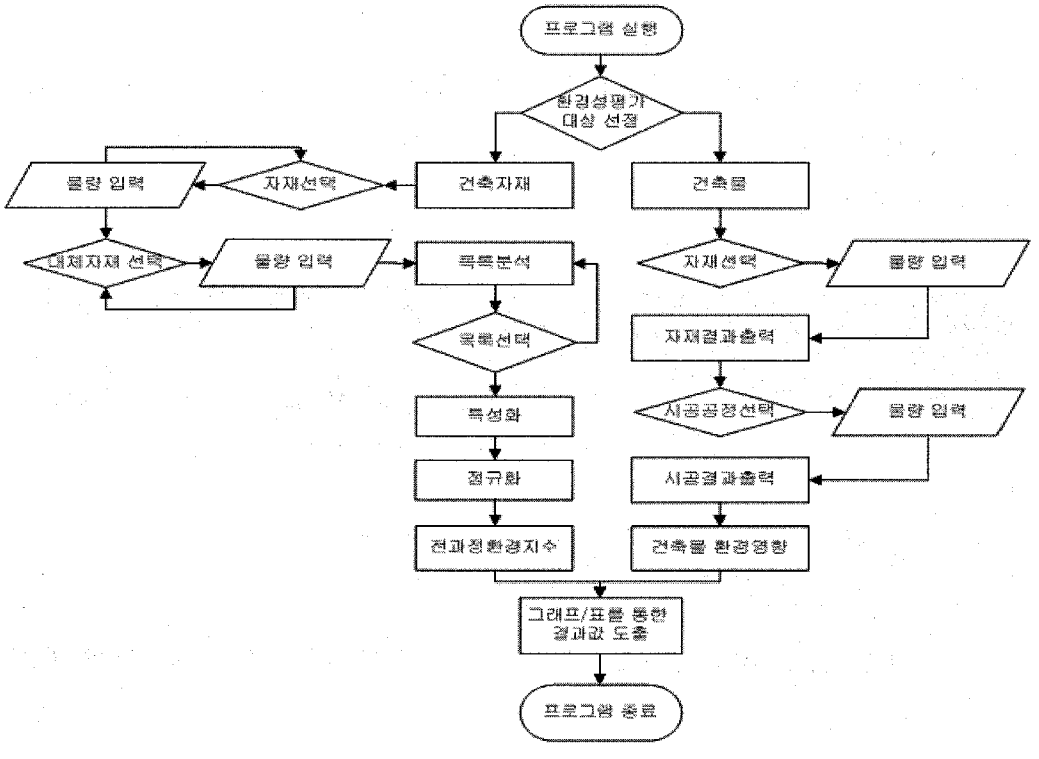
⑤ 결과도출의 편리성 증대

- 사용자 스스로 어떤 과정을 통해 결과가 도출되었는지 알 수 있도록 '작업이력' 기능을 통해 사용자 이용성을 증대
- 선택자재에 대한 자재 일반정보를 알 수 있도록 '자재 일반정보'기능을 통해 선택자재에 대한 자재의 일반정보에 대해 사용자에게 정보제공

⑥ 그래프를 통한 비교

- 선택자재와 비교자재의 환경성을 그래프를 통해 비교
- 건축물의 경우 건축물, 건축자재, 시공공정 등이 환경에 미치는 영향을 쉽게 비교할 수 있는 기능

마. APESS 개발 로직



〔그림 3.6.1〕 프로그램 개발 로직

3.6.2 APESS 설치하기

가. 설치사양

구분	최소사양	권장사항
CPU	Pentium-III	Pentium-IV 이상
RAM	256MB	1G 이상
설치용량	32MB	100MB 이상
운영체제	Win98 이상	Win XP
해상도	1024*768	1280*1024 이상

나. 다운로드

APESS 프로그램은 2가지 방법으로 다운받을 수 있다. 건축자재 환경성정보 국가 DB구축사업 홈페이지를 통한 다운로드 방법과 CD를 이용하여 프로그램을 배포하였다.

건축자재 환경성정보 국가 DB구축사업 홈페이지 http://apess.kict.re.kr에는 지구환경문제를 비롯한 LCA 따라하기 등 APESS 프로그램 이해를 돕기 위한 정보가 포함되어 있다.

[그림 3.6.2] APESS프로그램

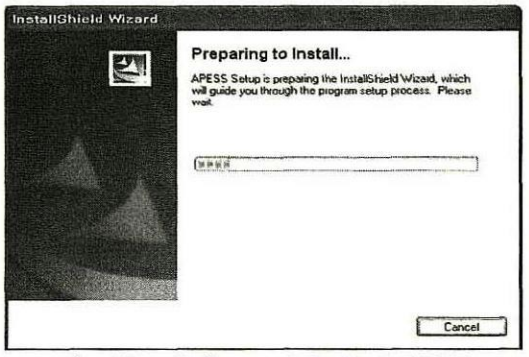
[그림 3.6.3] APESS DOWNLOAD

① 건축자재 환경성정보 국가 DB구축사업 홈페이지
(http://apess.kict.re.kr)에서 APESS프로그램을 선택한다.

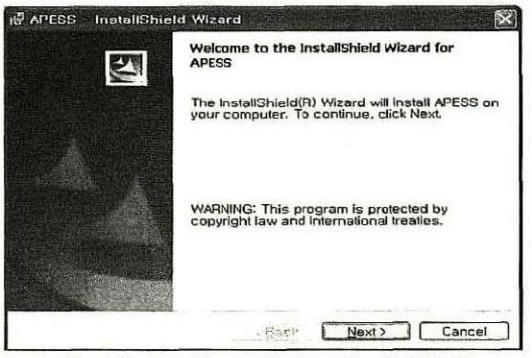
② 왼쪽 메뉴에서 APESS DOWNLOAD를 선택하여 APESS 설치 파일을 다운로드 한다.

③ APESS 설치파일을 컴퓨터에 저장한다.

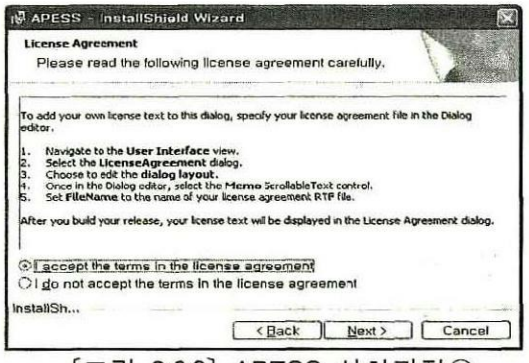
다. 설치



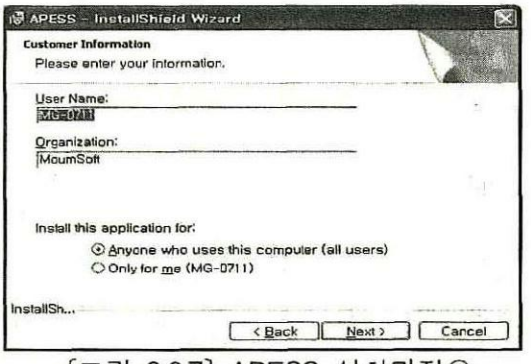
[그림 3.6.4] APESS 설치과정①



[그림 3.6.5] APESS 설치과정②



[그림 3.6.6] APESS 설치과정③



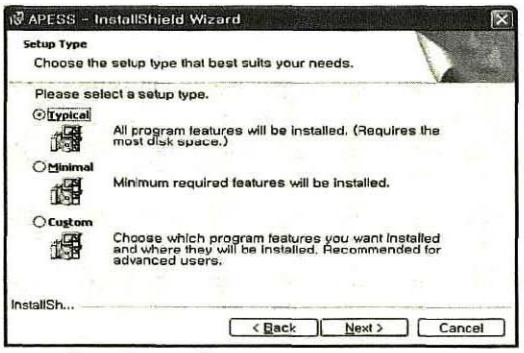
[그림 3.6.7] APESS 설치과정④

① 저장된 설치파일을 찾아 더블클릭한다.

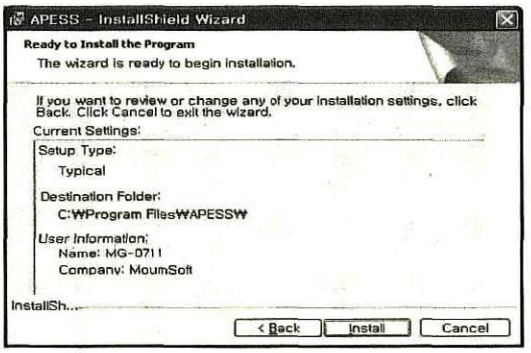
② InstallShield Wizard 화면에서 'Next'를 선택한다.

③ 인가 동의 화면에서 'Accept' 선택 후 'Next'를 선택한다.

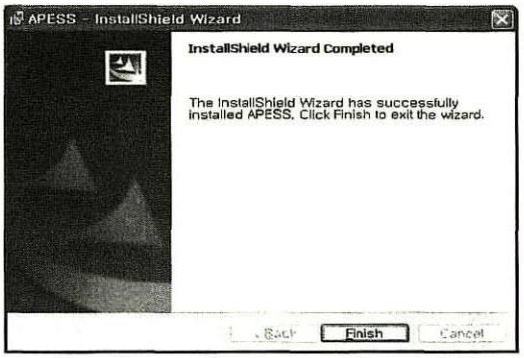
④ 사용자 정보에서 'Next'를 선택한다.



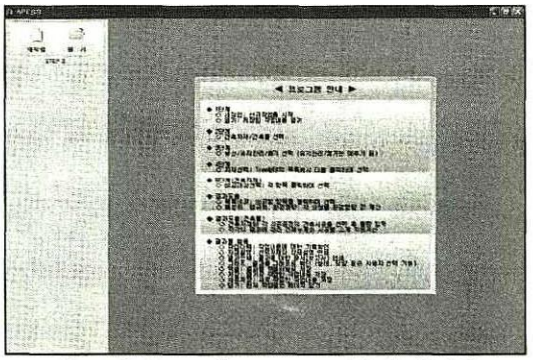
[그림 3.6.8] APESS 설치과정⑤



[그림 3.6.9] APESS 설치과정⑥



[그림 3.6.10] APESS 설치과정⑦



[그림 3.6.11] APESS 설치과정⑧

⑤ 설치 형식에서 'Typical'과 'Next'를 선택한다.

Typical : 시스템이 효율적인 방식으로 설치하는 방식(권장)

Minimal : 최소한의 설치방식이로 효율이 떨어지며 Typical과 별 차이가 없다.

Custom : 사용자가 설치할 폴더의 위치 등을 지정할 수 있는 방식으로 컴퓨터 시스템의 전문가가 아니면 오히려 문제가 발생할 수 있다.

⑥ 프로그램 설치를 위해 'Install'을 선택한다.

⑦ 설치가 끝나면 'Finish'를 선택한다.

⑧ APESS 설치 후 실행 첫 화면

프로그램 첫 화면에서 프로그램 단계에 대한 간단한 설명을 보여준다.

3.6.3 APESS 실행

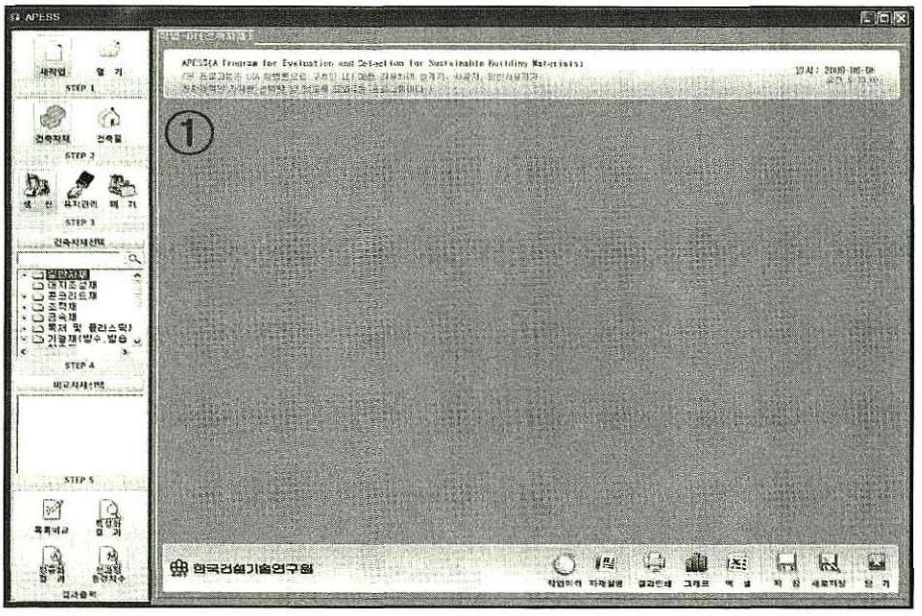
각 Step을 따라 순서대로 선택 및 입력한다. 건축자재는 목록비교, 특성화결과, 정규결과, 전과정환경지수의 결과를 선택하여 볼 수 있으며 건축물은 선택, 입력하는 물량에 따라 평가 결과 값을 얻을 수 있다. 진행도중 새로운 작업을 선택하여 작업 중인 진행과 별도의 작업을 새로 시작할 수 있으며 진행창의 해당 탭을 선택하면 선택한 작업의 화면으로 복귀되어 진행을 계속하거나 변경 할 수 있다.

	step 1	step 2	step 3	step 4	step 5
건축자재	건축자재/건축물비교 선택	생산/유지관리/폐기	자재선택/물량입력	비교자재 선택	목록비교/특성화/정규화/전과정 환경지수
건축물			자재선택/물량입력	시공공정선택/물량입력	

가. APESS 따라하기 - 건축자재

1) 단계별 진행 부문

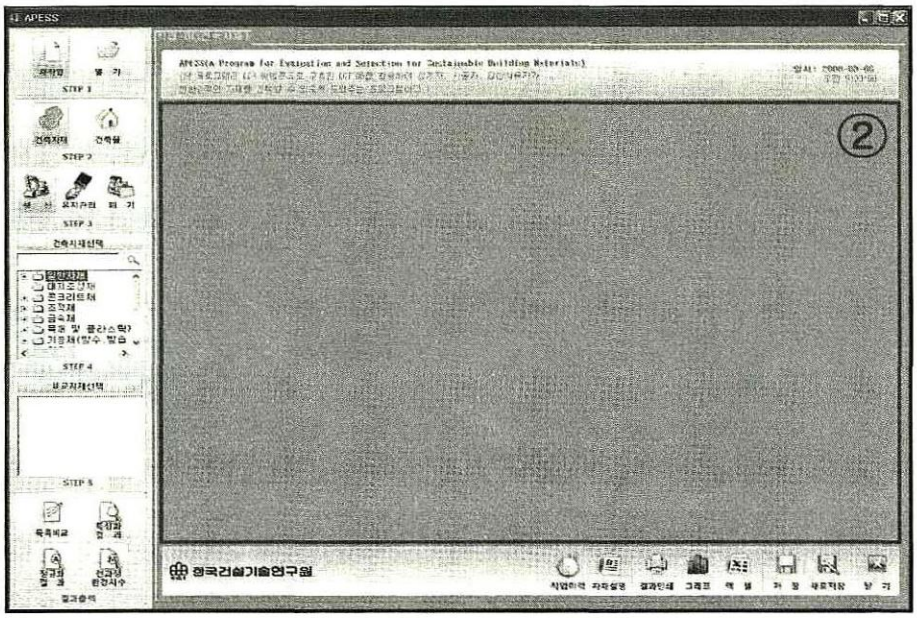
단계별 진행은 화면 왼쪽에 표기된STEP에 따라 진행하게 구성되어 있다. STEP 1 → STEP 2 → STEP 3 → STEP 4 → STEP 5 → 결과출력 순서로 진행되며 각 STEP을 선택함에 따라 다음 STEP으로 넘어갈 수 있다.



[그림 3.6.12] APESS 따라하기(건축자재) - 단계별 진행 부문

나. 결과 값 표시 부문

화면 중앙에는 STEP에 따른 결과 값이 표시되도록 구성되어있다. 목록비교, 특성화결과, 정규화 결과, 전과정환경지수 항목은 화면 중앙에서 결과값이 처리되어 표현된다. 건축물 부문의 경우 STEP 3에서 자재입력 및 물량선택, 시공공정 선택 및 물량입력을 실행하게 되면 화면 중앙에 선택자재, 물량, 건축자재 전과정환경지수, 시공공정 전과정환경지수, 건물 전과정환경지수에 결과값이 하나의 표로 출력된다.

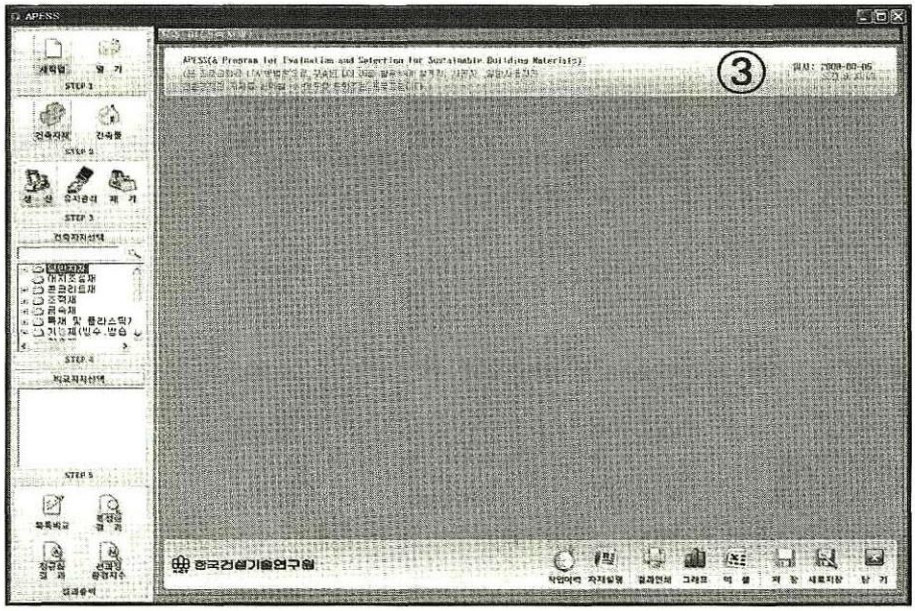


[그림 3.6.13] APESS 따라하기(건축자재) - 결과 값 표시 부문

다. 작업전환

APESS 프로그램은 한개 프로그램 실행을 통해 건축자재 단계와 건축물 단계에 대한 전과정환경지수 값을 도출해야 하는 구조로 구성되었다. 이와 같은 구성은 여러 가지 작업을 동시에 실행해야 하기 때문에 이에 대한 대응책으로 2개 이상의 작업결과를 동시에 실행하고 결과를 볼 수 있는 '탭'방식을 이용하였다.

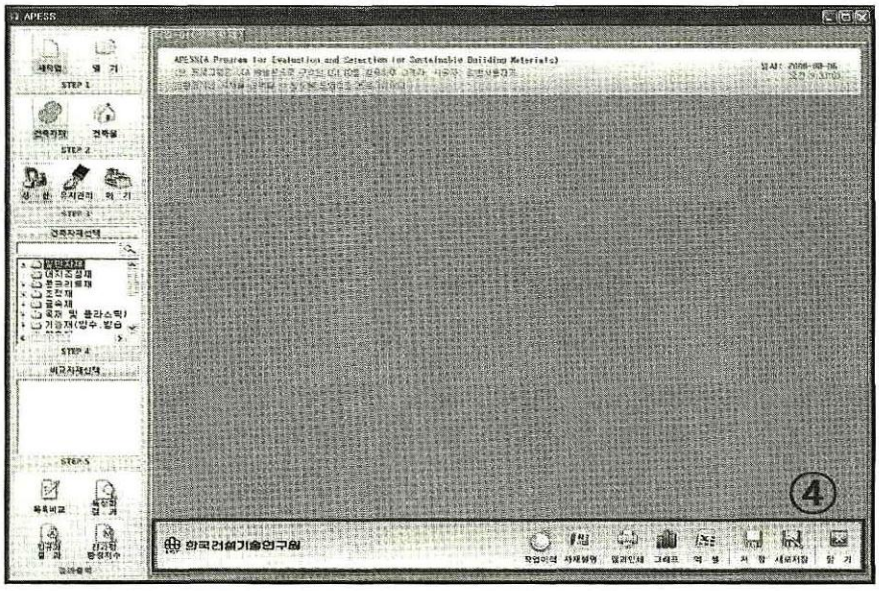
'탭' 방식은 건축자재에 대한 결과를 도출하고, 건축물 부문에 대한 결과를 도출하면서 건축자재 결과를 볼 수 있으며, '탭'화면은 독립성을 유지하고 있다.



[그림 3.6.14] APESS 따라하기(건축자재) - 작업전환

라. 결과 출력

결과 출력 방식은 화면 하단부분에 자리 잡고 있으며, 크게 3가지로 분류되어 진행한다. 첫째, 작업진행을 도와주는 보조역할 기능으로는 작업이력, 자재일반 기능이 있다. 둘째, 작업결과 출력 기능으로는 결과 값 인쇄기능, 챠트 기능, 엑셀파일 변환이 가능하다. 셋째, 저장기능, '탭'닫기 기능이 있다.

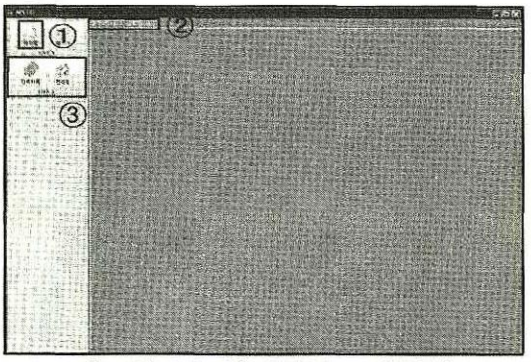


[그림 3.6.15] APESS 따라하기(건축자재) - 결과출력

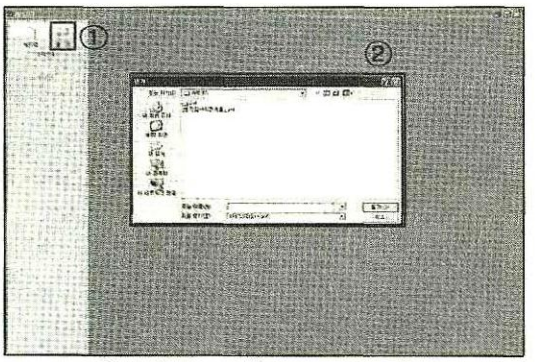
3.6.4 건축자재 환경성평가 따라하기

건축자재 환경성평가 따라하기 파트에서는 APTESS 프로그램의 특징인 STEP 1~5의 진행에 따라 쉽게 사용 가능하도록 설명되어 있다.

가. STEP 1. 새작업/열기



[그림 3.6.16] STEP1. 새작업



[그림 3.6.17] STEP1. 열기

새작업: 새로운 작업을 시작한다.

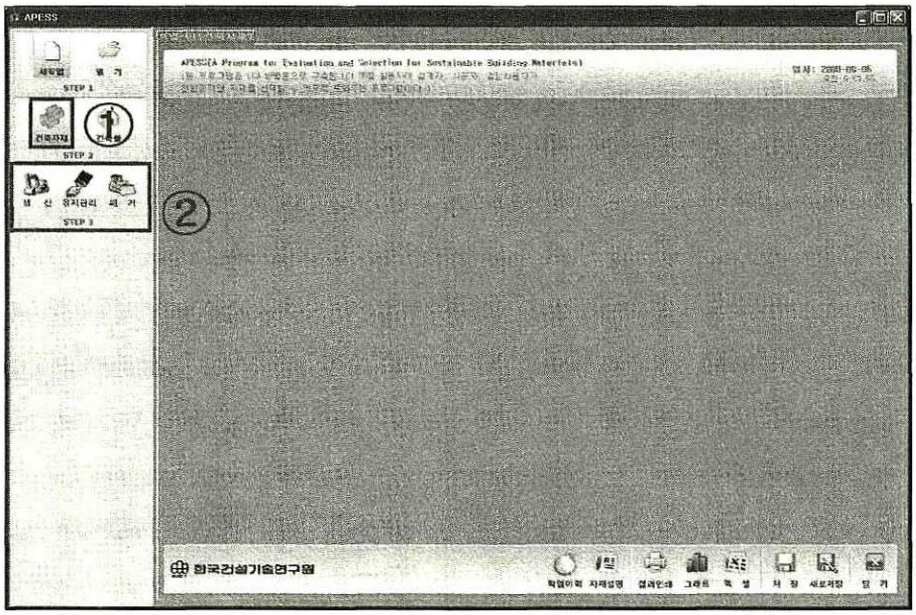
프로그램 시작 시 혹은 다른 작업을 하고 있을 때에도 사용 가능하며 이미 다른 작업을 하고 있는 상태에서 새작업 버튼을 누르면 화면 상단에 새작업 (02)이 생성(그림에서②)되며 탭 간 이동이 가능하도록 구성되어 있다. STEP 1에서 새작업 혹은 열기를 선택하면 STEP 2 건축자재/건축물이 생성된다.

열 기: 기존 작업을 불러온다.

이전의 작업을 저장하여 저장된 시점까지의 작업 내용을 그대로 불러올 수 있으며 저장된 파일이 'ahf' 확장자를 갖는다.

나. STEP 2. 건축자재

건축자재 : 건축자재의 생산/유지관리/폐기 분야별 환경영향DB 데이터를 볼 수 있으며 자재 환경성 비교와 자재의 환경영향결과를 알 수 있다.



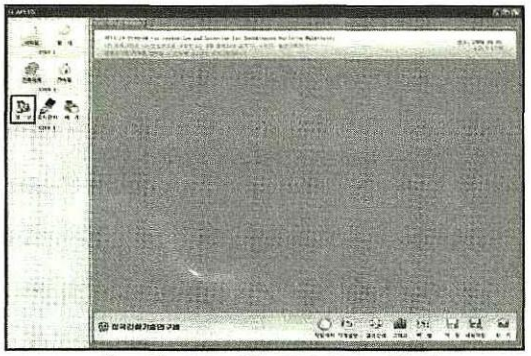
〔그림 3.6.18〕 STEP2. 건축자재

① 건축자재 버튼(①)을 누르면 STEP3로 창이 열리고(②) 생산/유지관리/폐기 분야를 선택할 수 있다.

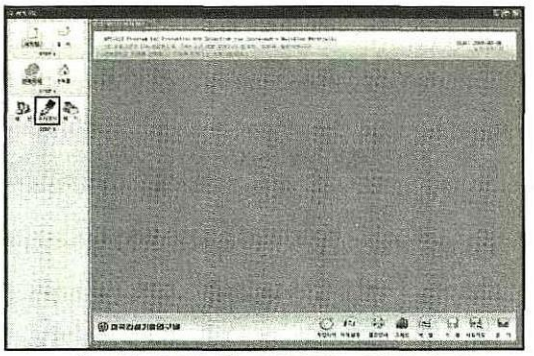
다. STEP 3. 평가항목

전과정 환경평가는 대상제품 시스템의 환경부하가 언제, 어디서, 발생했는지 상관없이 전과정에 걸쳐서 대상 시스템의 환경성을 분석하는 방법론이다. 여기서 전과정이란 자원의 채취에서 원/부자재의 생산, 부품군의 생산 및 제품의 사용, 폐기처리 등을 모두 포함하는 것을 이야기 한다. 건축자재의 경우 자재 생산을 위한 자원채취부터 원/부자재의 생산까지를 '건축자재의 생산'으로 규정하고 자재 사용단계에서 발생하는 환경문제에 대한 '유지관리'자재의 폐기 및 재활용 단계에서 발생하는 환경문제를 '폐기'로 구분하였다.

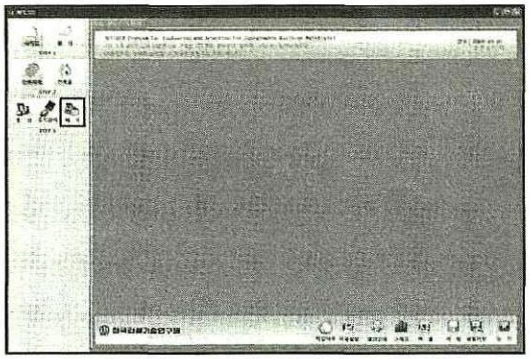
LCA 방법론에서 'Cradle-to-Grave'의 의미는 제품의 생산(요람)에서 폐기(무덤)까지 전 과정에 대한 제품의 환경부하를 평가하는 것을 의미한다.



[그림 3.6.19] STEP3. 생산



[그림 3.6.20] STEP3. 유지관리



[그림 3.6.21] STEP3. 폐기

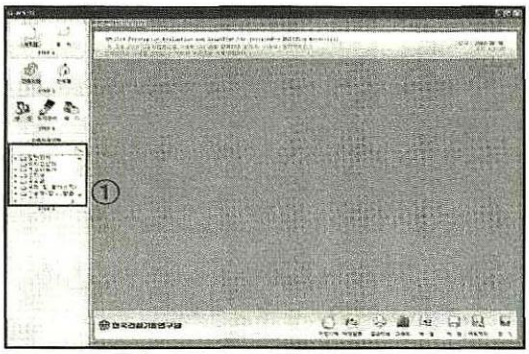
생　산: 제품의 생산단계에서 투입되는 물질과 배출되는 물질로 인해 발생하는 환경부하

유지관리: 제품이 폐기되기 전까지 유지관리 단계에서 발생되는 환경부하

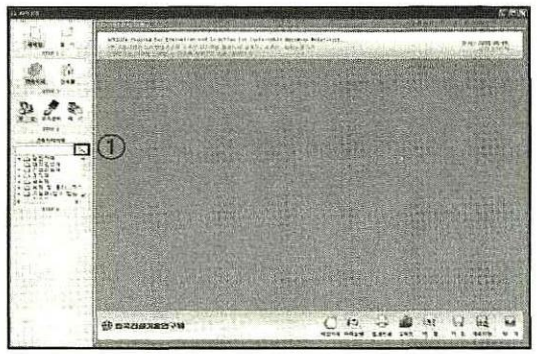
폐　기: 제품 폐기에 따른 재활용, 소각, 폐기 등으로 발생하는 환경부하

라. STEP 4. 건축자재 선택

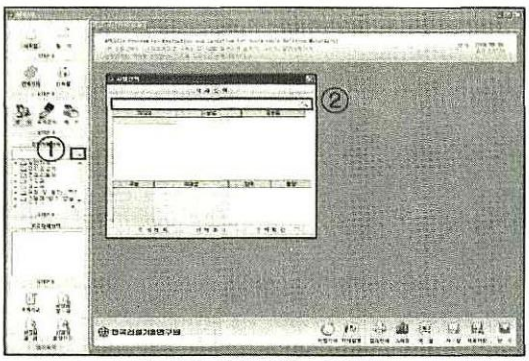
선택자재: 사용자가 환경영향값을 보고자 하는 자재를 선택한다. 사용자가 첫 번째로 선택한 자재는 '선택자재'로 명명하고 자재 선택은 팝업창을 통해 자재 입력 및 선택자재 비교자재 선택, 물량입력 등이 이루어지게 구성되어 있다. 트리 구조에서는 대분류·중분류·소분류에 따라 자재가 분류되어있다.



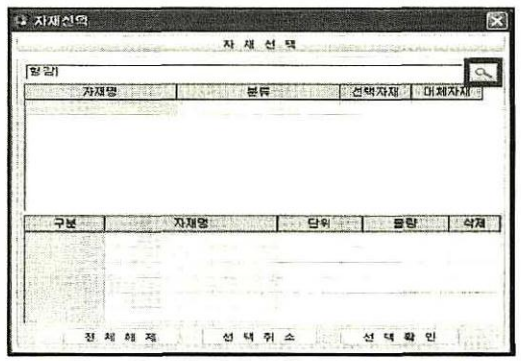
[그림 3.6.22] STEP4.
자재선택-트리형식



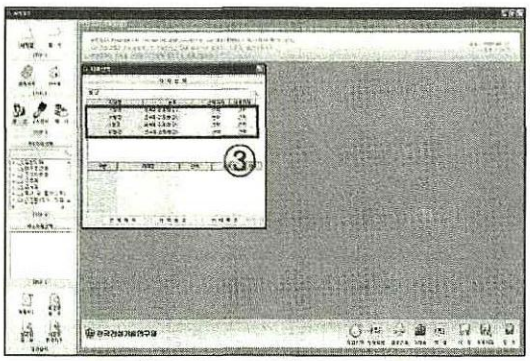
[그림 3.6.23] STEP4.
자재선택-검색형식①



[그림 3.6.24] STEP4.
자재선택-검색형식②



[그림 3.6.25] STEP4.
자재선택-검색형식③



[그림 3.6.26] STEP4.
자재선택-검색형식④

<트리형식>

① [그림 3.6.22] ①에서 자재를 선택한다.

자재의 분류방법은 tree구조로 대분류, 중분류, 소분류로 구성되어 있으며, 자재를 선택하면 비교자재 검색이 가능한 팝업이 뜬다.

<검색형식>

검색형식에서는 팝업이 실행되어 검색 가능하며 선택자재와 비교자재를 한 번에 선택 할 수 있으며 팝업 안에서 물량 선택도 가능하다.

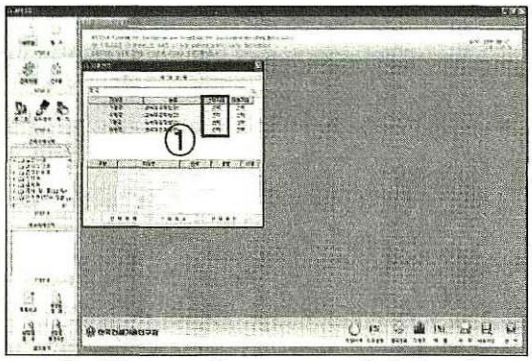
① 검색형식에서는 [그림 3.6.23] ①의 돋보기 버튼을 누르면 자재 검색이 가능한 팝업이 실행된다.

② 돋보기를 실행에 생성된 팝업의 상단 [그림 3.6.24] ②에 검색할 단어를 입력한다.

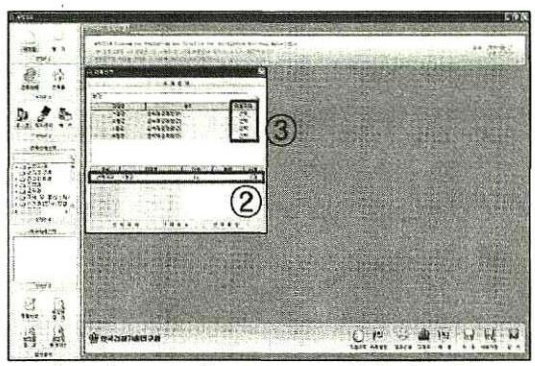
③ 검색할 자재 명칭을 입력하면 검색아이콘의 색상이 회색에서 노란색으로 변경된다.

④ 위에서 검색한 단어가 [그림 3.6.26] ③처럼 해당 자재들이 나타나게 되면 선택 버튼을 통해 선택자재/비교자재로 구분하여 선택할 수 있다.

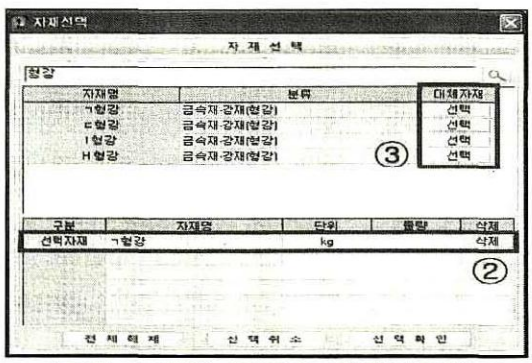
마. STEP 5. 비교자재



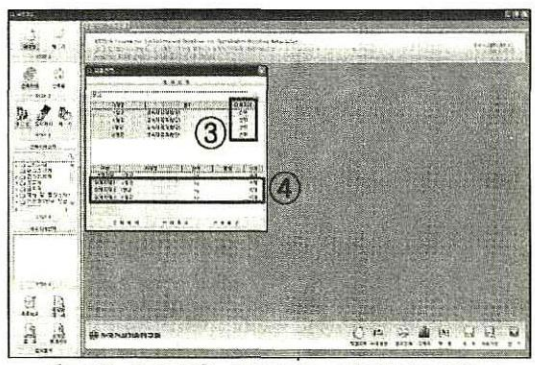
[그림 3.6.27] STEP5. 자재비교①



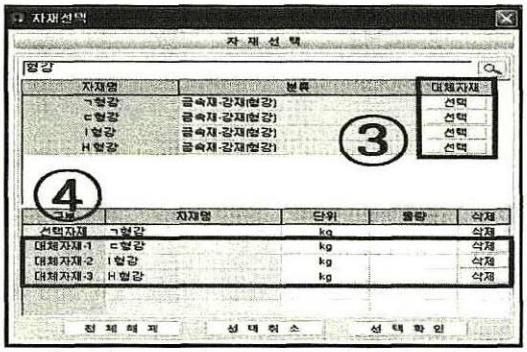
[그림 3.6.28] STEP5. 자재비교②-1



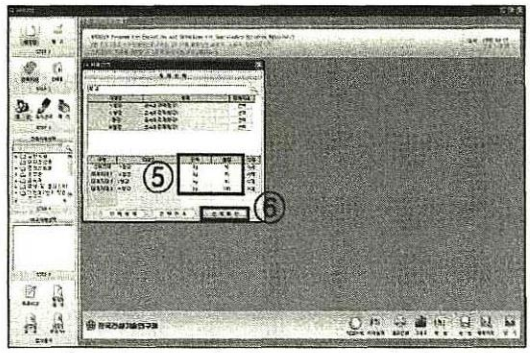
[그림 3.6.29] STEP5. 자재비교②-2



[그림 3.6.30] STEP5. 자재비교③-1

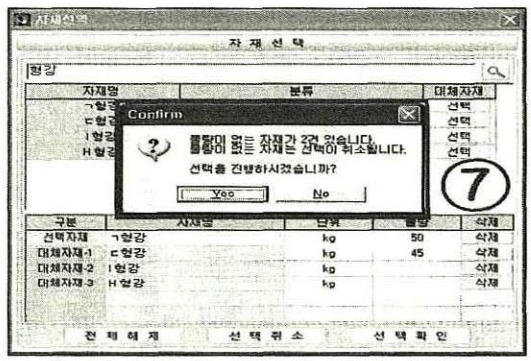


[그림 3.6.31] STEP5. 자재비교③-2



[그림 3.6.32] STEP5. 자재비교④

[그림 3.6.33] STEP5. 자재비교⑤-1



[그림 3.6.34] STEP5. 자재비교⑤-2

비교자재: '비교자재'는 사용자가 알고자 하는 '선택자재'와 환경성을 비교 선택할 자재를 선택한다. STEP 4 비교자재 선택까지 완성되면, 자재의 선택은 마무리 된다.

① STEP 4 건축자재 선택의 팝업에서 검색 된 자재에서 오른쪽의 선택자재 부분의 선택 버튼을 누른다.

② 선택자재를 선택하고 나면 <선택자재>버튼은 없어지며 하단의 <삭제> 버튼으로 선택자재를 삭제하면 다시 선택자재를 선택할 수 있도록 화면에 버튼이 나타난다.

③ [그림 3.6.31] ③에서 비교자재를 선택하면 선택자재 아래에 [그림 3.6.31]의 ④와 같이 표시되며 하단 우측의 <삭제>버튼으로 선택한 자재들을 선택적으로 삭제 가능하다.

④ 물량을 입력한 후 <선택확인>버튼으로 자재 선택 완료한다.

⑤ 선택한 자재에 대한 물량을 입력하지 않은 경우 물량이 없는 자재 수와 함께 처리여부를 확인하는 팝업이 생성된다.

▸ 팝업 하단의 버튼 설명

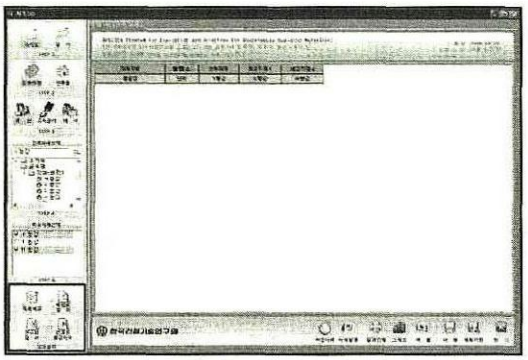
전체해제: 상단의 검색과 하단의 선택된 자재를 모두 취소(Clear)

선택취소: 검색과 선택한 내용을 모두 무시함. 즉, 좌상단의 X를 클릭하여 창을 강제로 닫는 것과 같은 효과. 선택한 자재가 하나라도 있는 상태에서 <선택취소> 시 경고음과 선택을 취소할지 묻는 메시지 출력

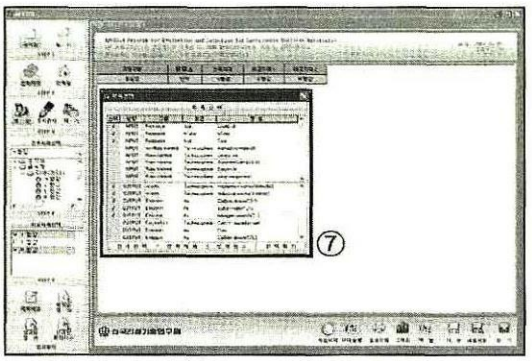
선택확인: 선택한 내용들을 유효화(메인 화면으로 선택결과를 넘기는 정상적인 팝업 종료)

바. STEP 6. 평가결과

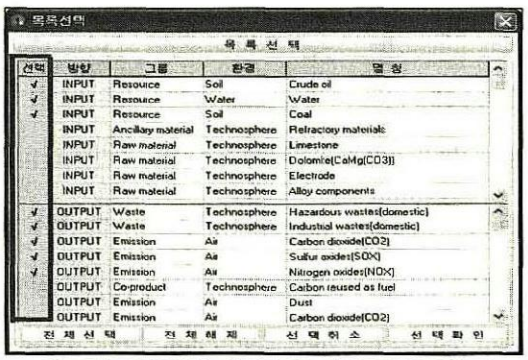
평가결과에서는 선택한 자재와 비교자재들에 대한 목록비교, 특성화결과, 정규화결과, 전 과정 환경지수를 결과 창의 기능버튼을 이용하여 자료를 출력하거나 도식화하여 볼 수 있다.



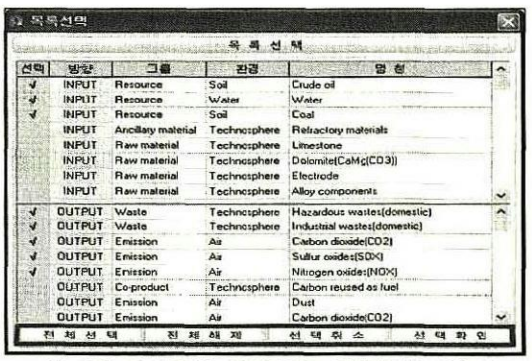
[그림 3.6.35] STEP6. 목록비교①-1



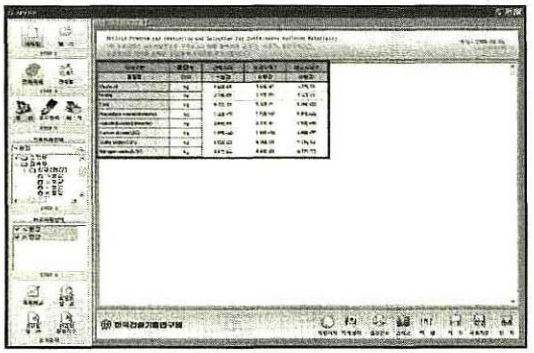
[그림 3.6.36] STEP6. 목록비교①-2



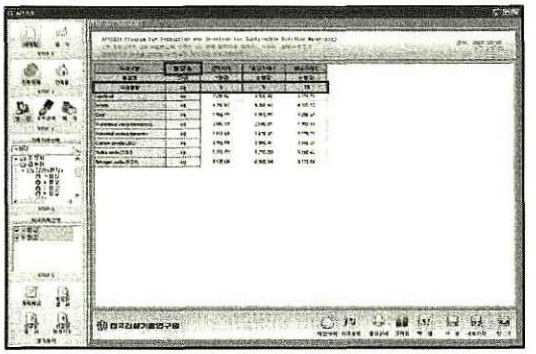
[그림 3.6.37] STEP6. 목록비교②-1



[그림 3.6.38] STEP6. 목록비교②-2



[그림 3.6.39] STEP6. 목록비교③



[그림 3.6.40] STEP6. 목록비교④

목록비교: 비교하고자 하는 물질을 선택한다. 기본적으로 INPUT 물질 3가지와 OUTPUT 물질 5가지는 선택이 되어있는 상태가 된다. 추가적으로 선택하고자하는 물질을 선택한 후 선택확인을 클릭하면 결과창에 선택한 물질들에 대한 결과가 나타난다.

① 목록비교 버튼을 누르면 [그림 3.5.36] ⑦과 같은 팝업이 뜬다.

② 빨간색 선택부분은 INPUT · OUTPUT물질 중에서 가장 많은 비율을 차지하는 INPUT 3개, OUTPUT 4개를 기본 항목으로 지정했다.
INPUT, OUPPUT 전체 목록을 보고 싶을 경우는 전체 선택이용, 사용자가 원하는 물질만 보고 싶은 경우 선택 버튼을 이용해 물질명 클릭한다. 해체 방법은 전체 해제와 선택취소가 있다.

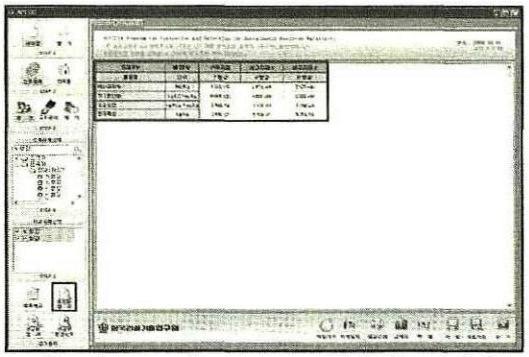
③ 팝업에서 선택확인을 누르면 목록분석 결과를 볼 수 있다.

④ 물량▽ 버튼을 누르면 입력한 물량이 표시된다.

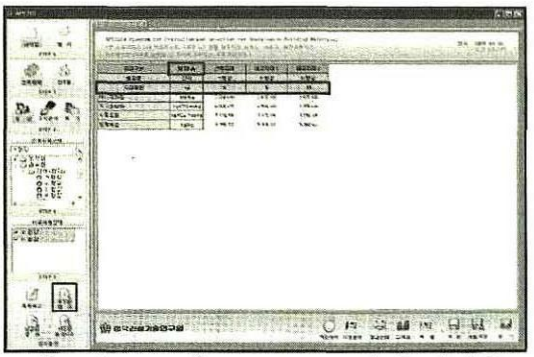
▸ 팝업 하단의 버튼 설명

전체선택: 비교할 목록을 모두 선택
전체해제: 필수 비교항목을 제외한 나머지 항목(선택 여부와 상관없이) 선택 해제
선택취소: 목록비교 선택(팝업 창 자체) 취소. 즉, 강제로 팝업 창을 닫는 효과(별도의 메시지 없음)
선택확인: 선택한 내용들을 유효화(메인 화면으로 선택결과를 넘기는 정상적인 팝업 종료)

특성화 결과: 영향범주별로 분류된 목록파라미터들이 영향범주에 미치는 영향을 정량화하는 특성화(characterization) 결과를 보여준다.



[그림 3.6.41] STEP6. 특성화 결과①

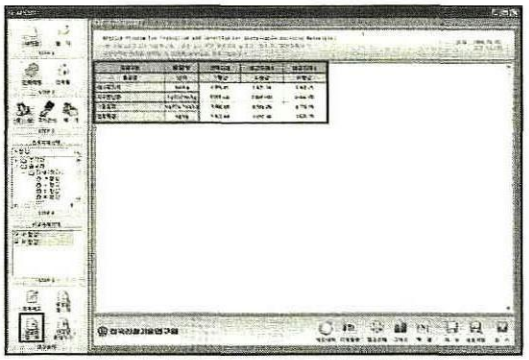


[그림 3.6.42] STEP6. 특성화 결과②

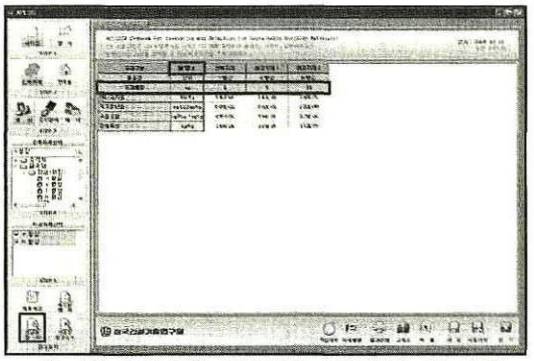
① 특성화 결과 버튼을 누르면 선택자재와 비교자재의 에너지자원/지구온난화/수질오염/인체독성의 정규화 결과 값을 볼 수 있다.

② 물량▽ 버튼을 누르면 입력한 물량이 표시된다.

정규화 결과: 영향범주별 환경영향을 지역적인 인자 또는 시간적인 인자·인구수에 의한 인자 등에 의해 기여한 환경영향으로 나누는 정규화(normalization) 결과를 보여준다.



[그림 3.6.43] STEP6. 정규화 결과①

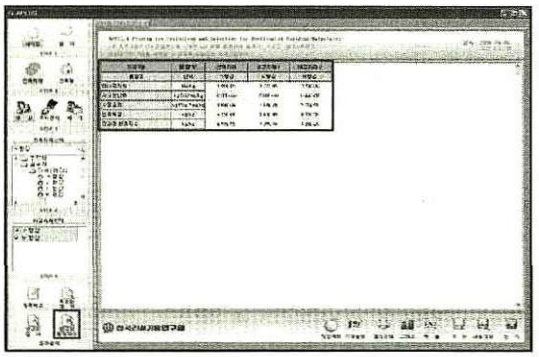


[그림 3.6.44] STEP6. 정규화 결과②

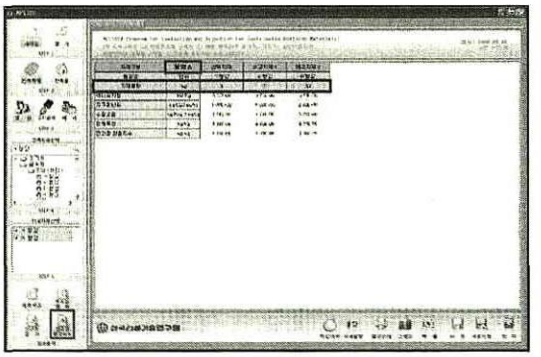
① 정규화 결과 버튼을 누르면 선택자재와 비교자재의 에너지자원/지구온난화/수질오염/인체독성의 정규화 결과 값을 볼 수 있다.

② 물량▽ 버튼을 누르면 입력한 물량이 표시된다.

전과정환경지수: 영향범주별 상대적인 가중치를 결정하는 가중치부여 (weighting) 결과를 보여준다.



[그림 3.6.45] STEP6. 전과정환경지수①

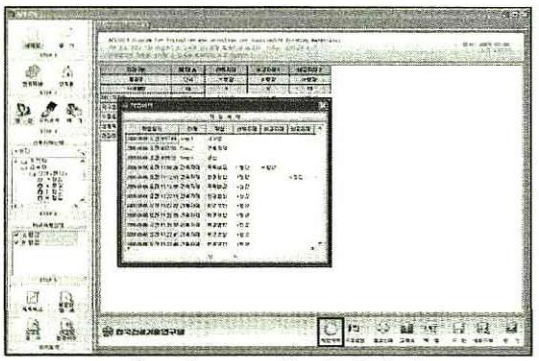


[그림 3.6.46] STEP6. 전과정환경지수②

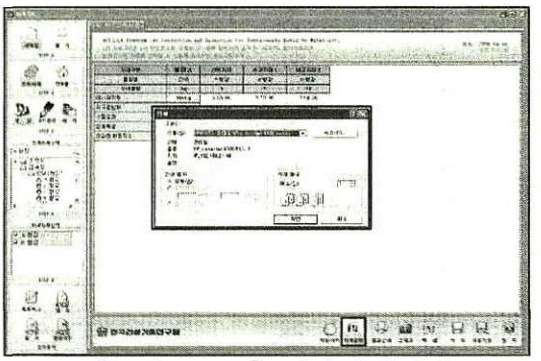
① 전과정환경지수 버튼을 누르면 선택자재와 비교자재의 에너지자원/지구온난화/수질오염/인체독성의 전과정환경지수 값을 볼 수 있다.

② 물량▽ 버튼을 누르면 입력한 물량이 표시된다.

사. 결과출력

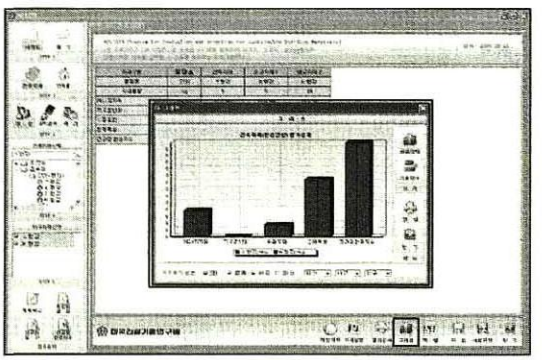


[그림 3.6.47] 작업이력



[그림 3.6.48] 자재일반정보

[그림 3.6.49] 결과인쇄



[그림 3.6.50] 그래프

① 선택자재에 대해 자재의 일반정보를 제공하고자 한다. 자재의 일반정보에는 제품개요, 제품의 특징, 제품의 용도를 비롯하여 제품의 종류 및 규격들이 포함되어 있다. 또한 제품의 환경성 D/B활용을 위해 기능, 기능단위 및 기준흐름, 시스템 경계 및 데이터 수집범위까지 포함하고 있다.

② 선택자재와 비교자재의 결과를 인쇄한다.

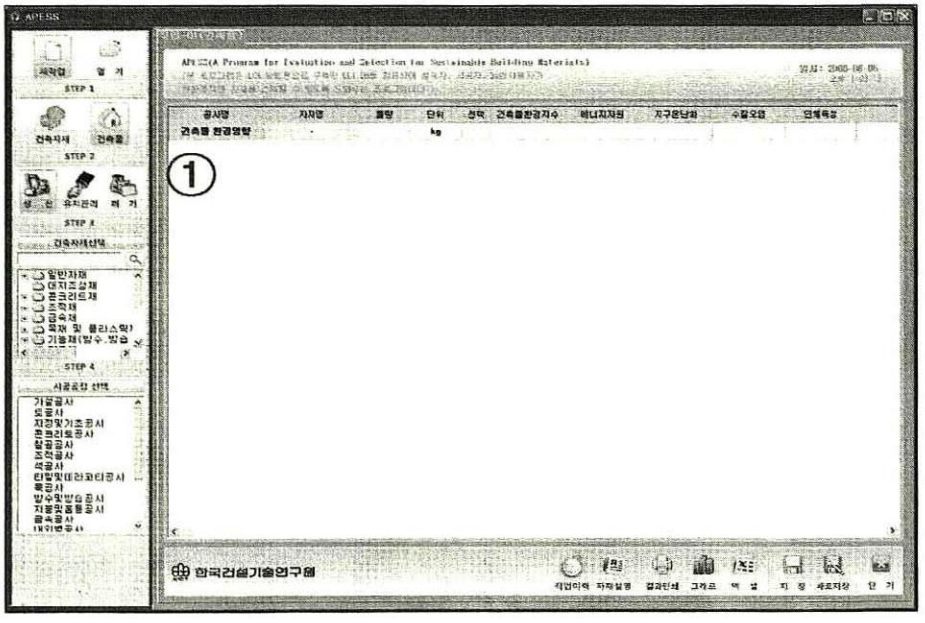
③ 선택자재와 비교자재를 그래프를 통해 비교하고자 한다.

3.6.5 APESS 따라하기 - 건축물

가. 건축물 화면구성

1) 단계별 진행 부분

단계별 진행은 화면 왼쪽에 표기된 STEP에 따라 진행하게 구성되어 있다. STEP 1 → STEP 2 → STEP 3 → STEP 4 → STEP 5 → 결과출력 순서로 진행되며 각 STEP을 선택함에 따라 다음 STEP으로 넘어갈 수 있다.



[그림 3.6.51] APESS 따라하기(건축물) - 단계별 진행 부분

나. 결과 값 표시 부분

자재 및 시공공정 선택에 따라 화면 중앙(②)에 결과가 연산되어 출력된다. 결과는 건축물 전과정환경지수, 건축자재 전과정환경지수, 시공공정 전과정환경지수를 비롯하여 각 자재별 결과가 출력된다. 또한, 에너지자원, 지구온난화, 수질오염, 인체독성 4개 항목에 대한 결과도 도출된다.

[그림 3.6.52] APESS 따라하기(건축물) - 결과 값 표시 부분

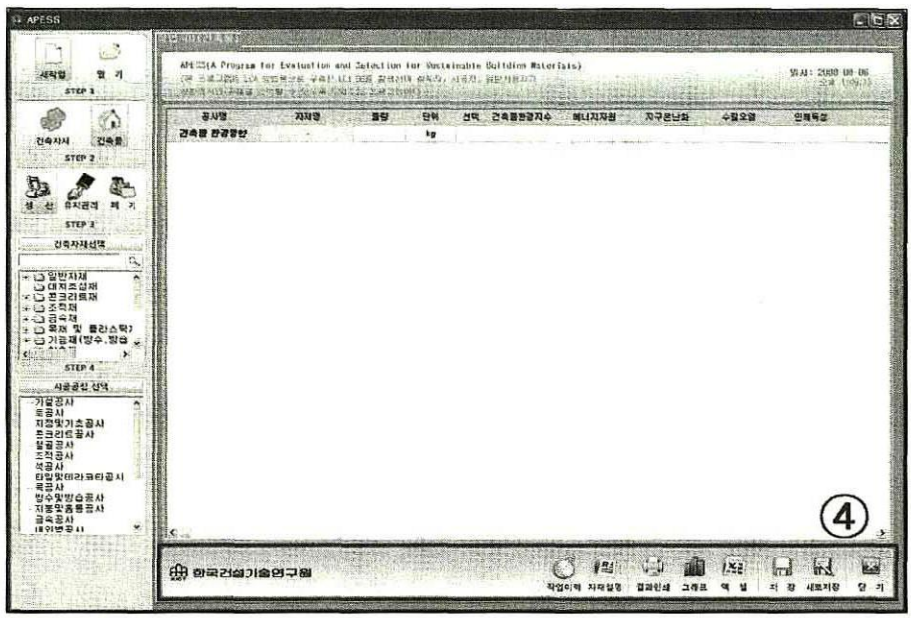
다. 작업전환

'건축자재'와 동일하게 '탭'방식을 이용하여 작업전환이 가능하도록 구성되었다.

라. 결과 출력

결과 출력 방식은 화면 하단부분에 자리잡고 있으며, 크게 3가지로 분류되어 진행한다. 첫째, 작업진행을 도와주는 보조역할 기능으로는 작업이력, 자재일반 기능이 있다. 둘째, 작업결과 출력 기능으로는 결과 값 인쇄기능, 챠트 기능, 엑셀파일 변환이 가능하다. 셋째, 저장기능, '탭'닫기 기능이 있다.

[그림 3.6.53] APESS 따라하기(건축물) - 작업전환



[그림 3.6.54] APESS 따라하기(건축물) - 결과 출력

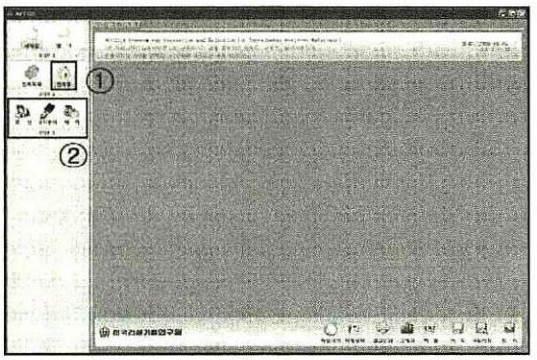
마. STEP 1. 새작업/열기

새작업: 새로운 작업을 시작한다.

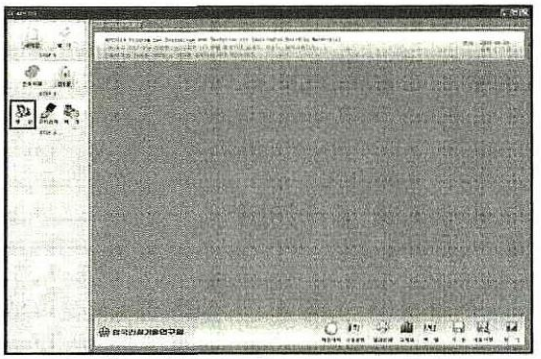
프로그램 시작 시 혹은 다른 작업을 하고 있을 때에도 사용 가능하며 이미 다른 작업을 하고 있는 상태에서 새작업 버튼을 누르면 화면 상단에 새작업 (02)이 생성(그림에서②)되며 탭 간 이동이 가능하도록 구성되어 있다. STEP 1에서 새작업 혹은 열기를 선택하면 STEP 2 건축자재/건축물이 생성된다.

열 기: 기존 작업을 불러온다.

이전의 작업을 저장하여 저장된 시점까지의 작업 내용을 그대로 불러올 수 있으며 저장된 파일이 'ahf' 확장자를 갖는다.



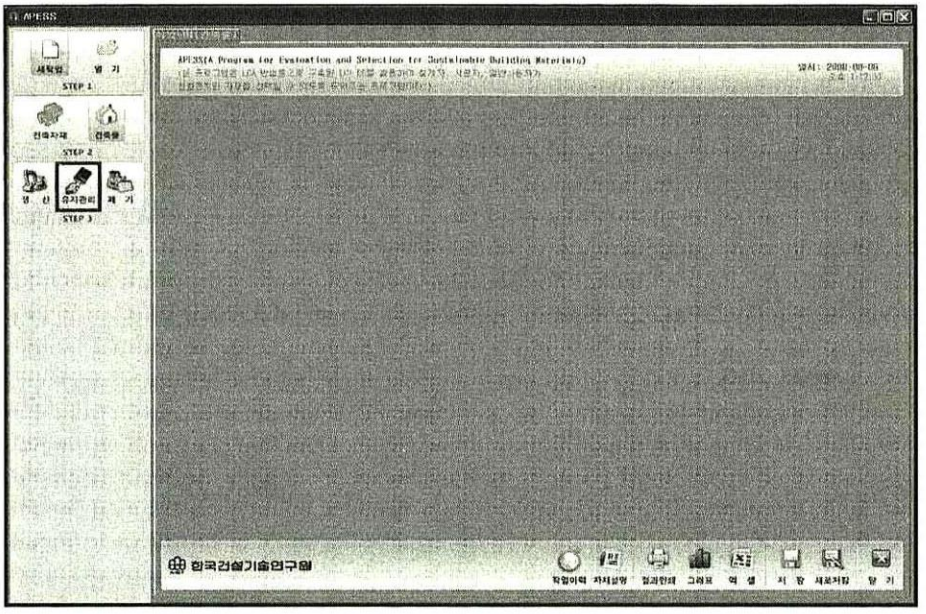
[그림 3.6.55] STEP1. 새작업


[그림 3.6.56] STEP1. 열기

바. STEP 2. 건축물

건축물: 건축물의 생산/유지관리/폐기 분야별 환경영향DB 데이터를 볼 수 있으며 자재와 시공공정에 따른 건물의 환경영향 결과를 알 수 있다.

① 건축물 버튼 [그림 3.6.55] ① 을 누르면 STEP3로 창이 열리고 [그림 3.6.55] ② 생산/유지관리/폐기 분야를 선택할 수 있다.



[그림 3.6.57] STEP2. 생산/유지관리/폐기

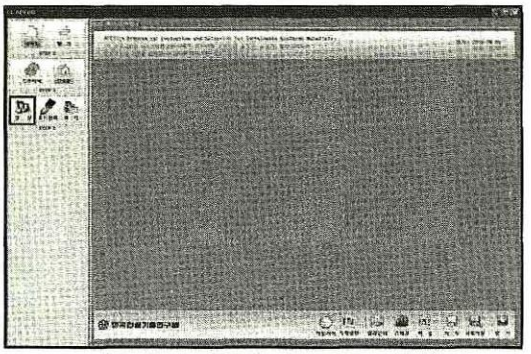
사. STEP 3. 평가항목

전과정 환경평가는 대상제품 시스템의 환경부하가 언제, 어디서, 발생했는지 상관없이 전과정에 걸쳐서 대상 시스템의 환경성을 분석하는 방법론이다. 여기서 전과정이란 자원의 채취에서 원/부자재의 생산, 부품군의 생산 및 제품의 사용, 폐기처리 등을 모두 포함하는 것을 이야기 한다. 건축물의 경우 자재와 시공공정이 모여 건축물이 형성되는 과정을 '생산'으로 규정하고 건물 운영단계에서 발생하는 환경문제는 '유지관리', 건축물 철거를 통해 발생하는 폐기물 및 재활용 단계는 '폐기'로 구분하였다. LCA 방법론에서 'Cradle-to-Grave'의 의미는 제품의 생산(요람)에서 폐기(무덤)까지 전 과정에 대한 제품의 환경부하를 평가하는 것을 의미한다.

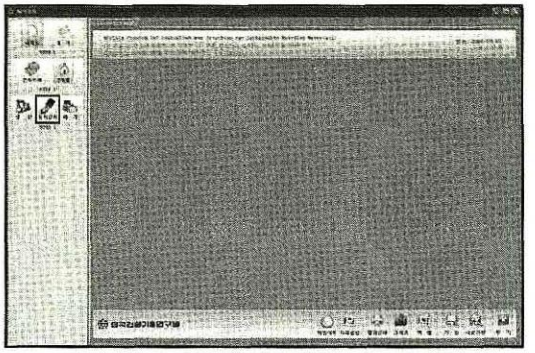
생　　산: 제품의 생산단계에서 투입되는 물질과 배출되는 물질로 인해 발생하는 환경부하

유지관리: 제품이 폐기되기 전까지 유지관리 단계에서 발생되는 환경부하

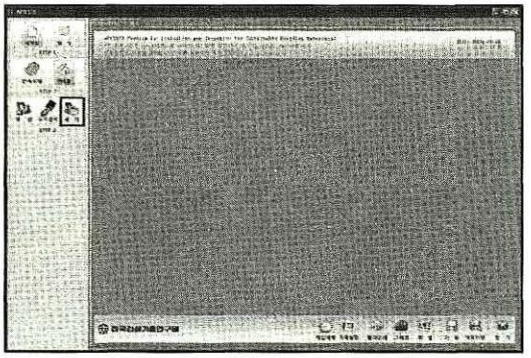
폐　　기: 제품 폐기에 따른 재활용, 소각, 폐기 등으로 발생하는 환경부하



[그림 3.6.58] STEP3. 생산



[그림 3.6.59] STEP3. 유지관리



[그림 3.6.60] STEP3. 폐기

아. STEP 4. 건축물 선택

선택자재: 건축자재와 동일하게 진행된다.

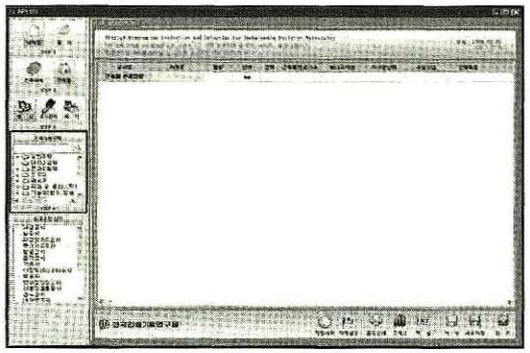
사용자가 환경영향값을 보고자 하는 자재를 선택한다. 사용자가 첫 번째로 선택한 자재는 '선택자재'로 명명하고 자재 선택은 팝업창을 통해 자재 입력 및 선택자재 비교자재 선택, 물량입력 등이 이루어지게 구성되어 있다. 트리 구조에서는 대분류·중분류·소분류에 따라 자재가 분류되어있다.

1) 검색형식

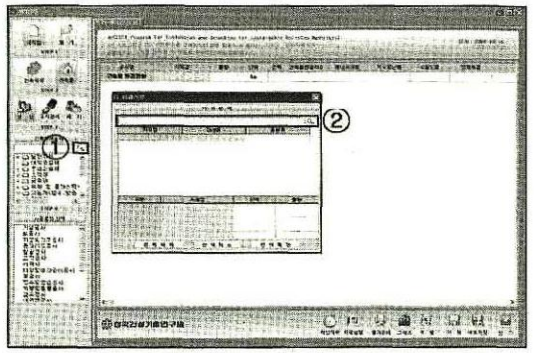
① 자재 검색은 2가지 방법으로 이용할 수 있다.

- 돋보기 버튼을 이용한 팝업창 이용
- 트리 구조에서 더블 클릭을 이용한 자재선택

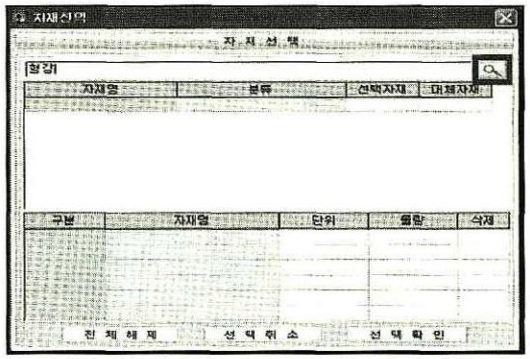
검색형식은 한 번의 검색으로 여러 개의 자재를 복수 선택하여 비교하는 것이 가능하다.



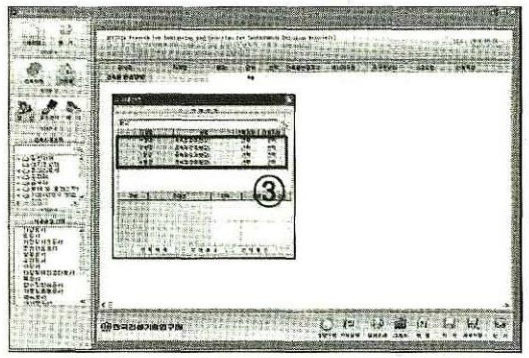
[그림 3.6.61] STEP4. 자재검색



[그림 3.6.62] STEP4. 자재선택①



[그림 3.6.63] STEP4. 자재선택②



[그림 3.6.64] STEP4. 자재선택③

2) 자재선택

① [그림 3.6.62] 의 ①에 돋보기 버튼을 누르면 팝업이 생성되며 그림의 ②에 원하는 자재명을 입력하여 검색이 가능하다.

② 검색할 자재 명칭을 입력하면 검색아이콘의 색상이 회색에서 노란색으로 변경된다.

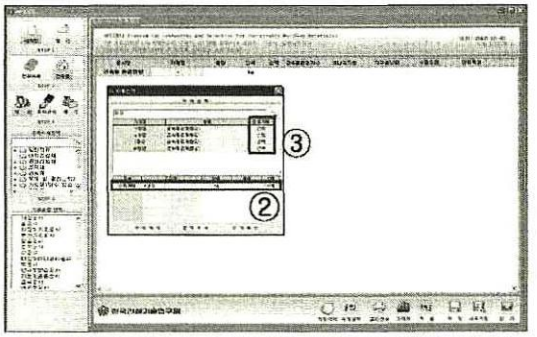
③ 위에서 검색한 단어가 [그림 3.6.64] 의 ③처럼 해당 자재들이 나타나게 되면 선택 버튼을 통해 선택자재/비교자재로 구분하여 선택할 수 있다.

3) 비교자재선택

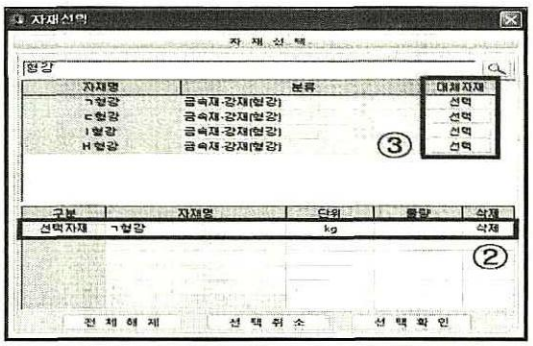
① 건축자재 선택의 팝업에서 검색 된 자재에서 오른쪽의 선택자재 부분의 선택 버튼을 누른다.

② 선택자재를 선택하고 나면 <선택자재>버튼은 없어지며 하단의 <삭제> 버튼으로 선택자재를 삭제하면 다시 선택자재를 선택할 수 있도록 화면에 버튼이 나타난다.

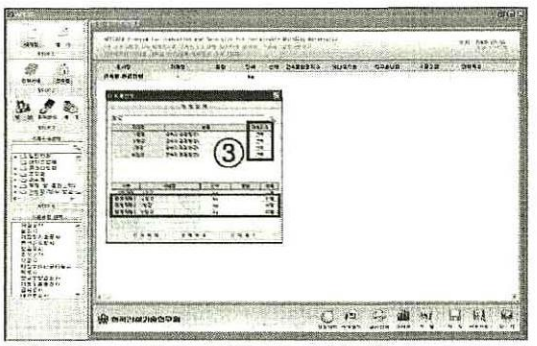
[그림 3.6.65] STEP4. 비교자재선택①



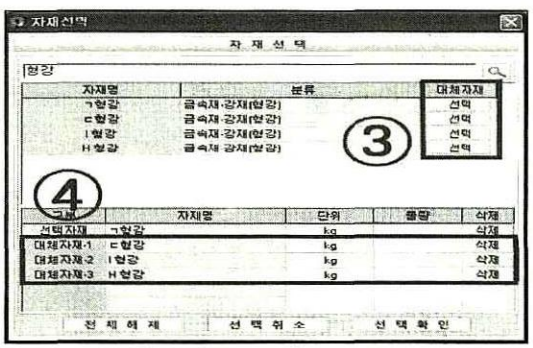
[그림 3.6.66] STEP4. 비교자재선택②



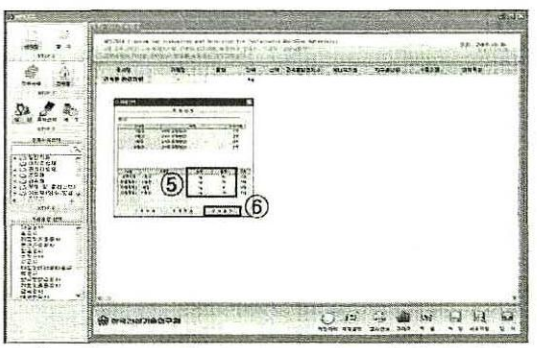
[그림 3.6.67] STEP4. 비교자재선택③



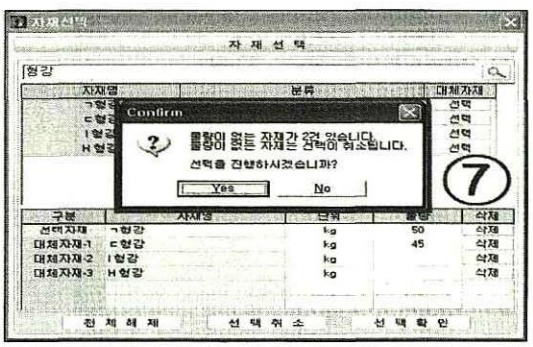
[그림 3.6.68] STEP4.
비교자재선택④-1



[그림 3.6.69] STEP4.
비교자재선택④-2



[그림 3.6.70] STEP4. 비교자재선택⑤



[그림 3.6.71] STEP4. 자재 선택 완료

③ [그림 3.6.69] 의 ③에서 비교자재를 선택하면 선택자재 아래에 [그림 3.6.69] 의 ④와 같이 표시되며 하단 우측의 <삭제>버튼으로 선택한 자재들을 선택적으로 삭제 가능하다.

④ 물량을 입력한 후 <선택확인>버튼으로 자재 선택 완료한다.

⑤ 선택한 자재에 대한 물량을 입력하지 않은 경우 물량이 없는 자재 수와 함께 처리여부를 확인하는 팝업이 생성된다.

▸ **팝업 하단의 버튼 설명**

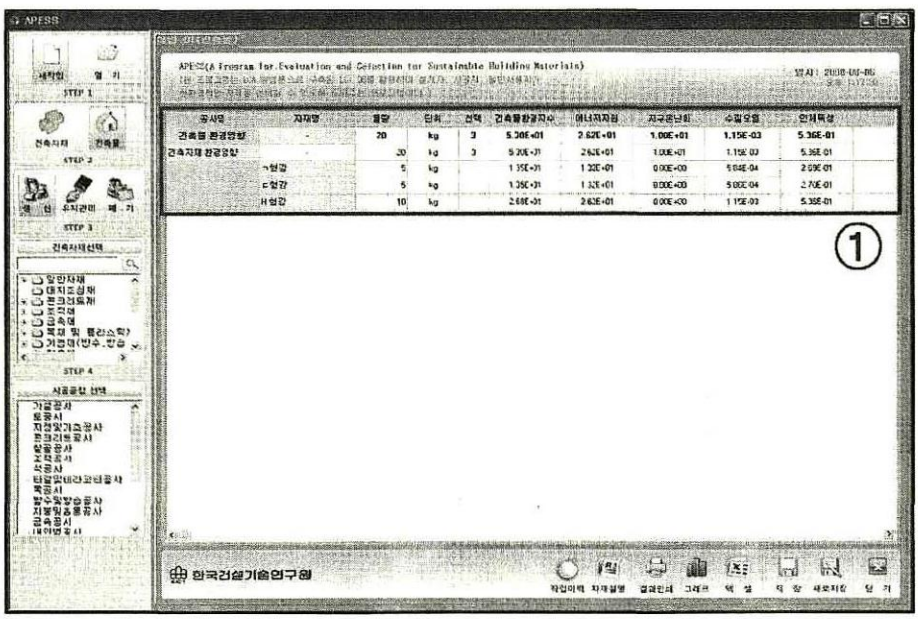
전체해제: 상단의 검색과 하단의 선택된 자재를 모두 취소(Clear)

선택취소: 검색과 선택한 내용을 모두 무시함. 즉, 좌상단의 X를 클릭하여 창을 강제로 닫는 것과 같은 효과. 선택한 자재가 하나라도 있는 상태에서 <선택취소> 시 경고음과 선택을 취소할지 묻는 메시지 출력

선택확인: 선택한 내용들을 유효화(메인 화면으로 선택결과를 넘기는 정상적인 팝업 종료)

4) 자재 환경영향결과

① 팝업에서 설정한 선택자재, 비교자재의 환경성결과가 도출된다.



[그림 3.6.72] STEP4. 자재 환경영향결과

자. STEP 5. 시공공정 선택

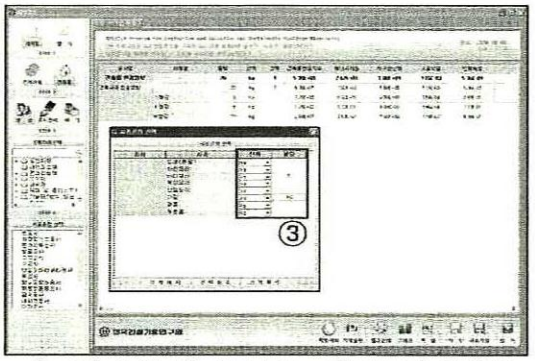
시공공정: 건축자재와 동일하게 tree형식으로 구성되어 진행된다. 자재를 선택한 후 자재에 해당되는 시공공정을 선택하게 된다. 시공공정은 대분류/중분류로 구분되어 있으며, tree구조에서 해당공정의 대분류를 디블클릭하게 되면 팝업창이 생성된다.

생성된 팝업창은 대분류 공정이 하위 항목으로 공개되며 그 중 해당공정을 선택하면 된다.

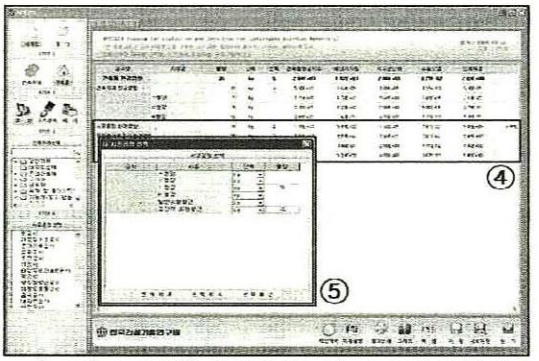
1) 시공공정 선택

[그림 3.6.73] STEP5. 시공공정선택①

[그림 3.6.74] STEP5. 시공공정선택②



[그림 3.6.75] STEP5. 시공공정선택③



[그림 3.6.76] STEP5. 시공공정선택④

① 시공공정을 선택한다. 시공공정 선택은 트리 구조에서 선택하고자 하는 시공공정의 대분류 공정을 더블클릭한다.

② 시공공정상의 대분류를 두 번 클릭하면 [그림 3.6.74] 의 ②의 팝업화면이 생성된다.

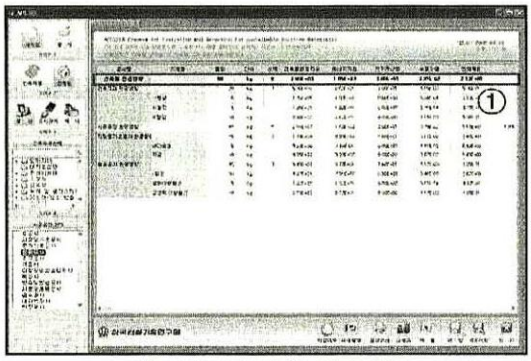
③ 생성된 팝업창에서 시공공정을 클릭하고 물량 입력란에 물량을 입력하게 된다. 물량 미 입력 시 kg당 환경영향결과가 도출된다.

각 공정별 필요 자재와 물량을 선택하여 환경영향결과를 도출함으로써, 건축자재 부문, 시공공정 부분 등이 전체 환경영향에 미치는 비율을 확인할 수 있다.

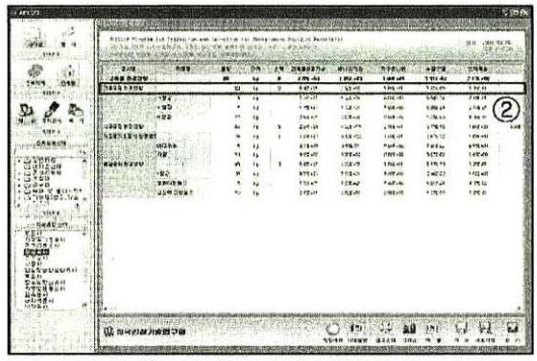
④ 시공별 필요한 자재와 물량 값을 선택하면 [그림 3.6.76] 의 ④와 같이 값을 얻을 수 있다. STEP 3에서 비교한 건축자재별 값도 사라지지 않으므로 건축자재별 값과 같이 비교/확인 가능하다.

⑤ 다른 시공을 비교에 추가하고 싶으면 왼쪽의 STEP 5에서 원하는 시공을 선택하여 [그림 3.6.76] 의 ⑤와 같이 팝업이 생성되며 앞에서와 같이 필요한 자재를 선택 필요 물량을 넣고 선택확인버튼을 누르면 된다.

2) 환경영향결과 도출

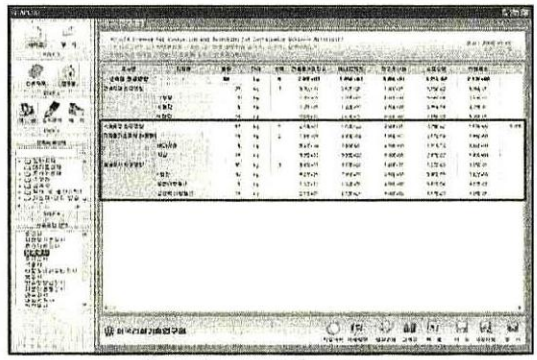


[그림 3.6.77] STEP5.
건축물 환경영향결과



[그림 3.6.78] STEP5.
건축자재 환경영향결과

[그림 3.6.79] STEP5.
시공공정 환경영향결과①



[그림 3.6.80] STEP5.
시공공정 환경영향결과②

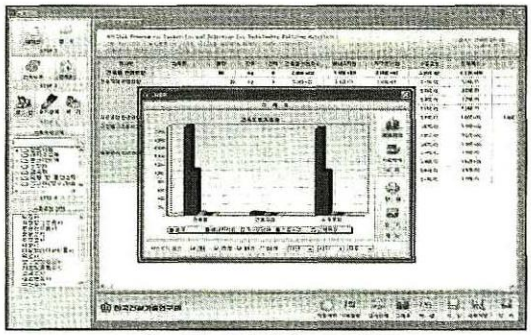
① 화면구성에서 [그림 3.6.77] 의 '누계(①)'부문은 건축자재, 시공공정 단계의 환경지수를 더한 총 계로 건축물의 전과정화경지수를 결과를 나타낸다.

② 화면구성에서 [그림 3.6.78] 의 '건축자재 누계(②)'은 건축자재의 전과정환경지수 누계 결과이며, 하위 항목은 선택한 자재들의 물량 및 전과정환경지수이다.

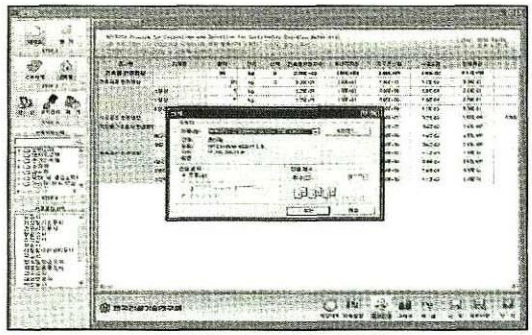
③ 화면구성에서 [그림 3.6.79] 의 '시공공정 누계(③)'은 시공공정의 전과정환경지수 누계 결과이며, 하위 항목은 선택한 자재들의 물량 및 전과정환경지수이다.

④ 전체 화면에서 선택 자재와 시공공정의 전과정환경지수를 비롯하여 건축물의 총 누계를 표현해주고 있다.

차. 결과 출력



[그림 3.6.81] 그래프



[그림 3.6.82] 인쇄

1) 그래프

① 그래프는 건물에 대한 전과정환경지수를 비롯하여, 건축자재의 환경지수, 시공공정의 환경지수를 결과를 그래프를 통해 보여주고 있다.

2) 인 쇄

① 전과정환경지수 결과표를 인쇄해주는 기능이다.

3.6.6 APESS 활용하기

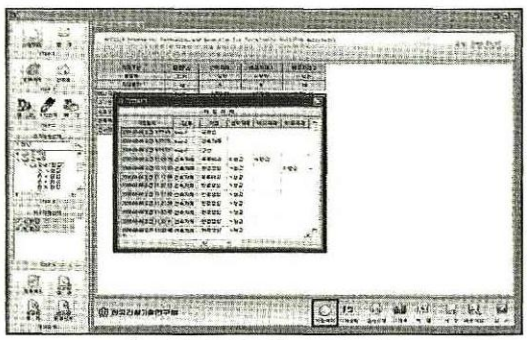
가. 작업이력

각 단계별로 진행하고 선택한 이력을 보여 준다. 작업이력은 작업한 순서대로 표현되며 단계별 진행과 선택내역이 있는 경우 선택한 사항들까지 기록되고 보여 준다.

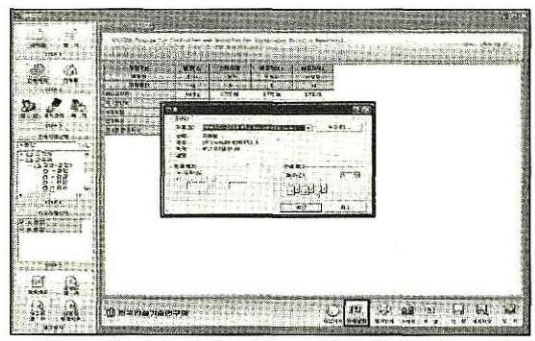
1) 화면 하단의 작업이력 버튼을 누르면 작업이력 팝업이 활성화된다.
2) 작업이력을 통해 사용자는 어떤 경로와 과정을 통해 자재를 선택하고 비교했는지 경과를 알 수 있다.

나. 자재 설명

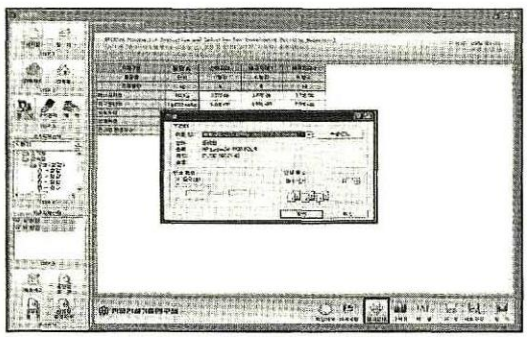
선택한 자재의 개요, 특징, 용도, 종류 및 규격, 환경영향범주별 영향, 전과정환경지수, 기능, 시스템 경계 및 데이터 수집범위 등의 결과를 보고서 형식으로 인쇄한다. 결과가 있는 경우만 기능이 활성화된다.



[그림 3.6.83] 작업이력



[그림 3.6.84] 자재일반설명



[그림 3.6.85] 인쇄

1) 자재 일반정보는 '건축자재'부문에서 선택자재에 대한 내용만 제공된다.
2) 화면 하단의 자재설명 버튼을 누르면 미리보기 화면이 나오게 된다.
   이후 인쇄하고자 하면 인쇄창이 활성화 되어 보고서를 출력할 수 있다.
   자재 설명 버튼은 건축자재 부분에서만 활성화 되어 사용가능하다.

다. 인쇄

작업 완료된 환경영향 결과를 출력한다. 출력에 앞서 미리보기를 통해 화면이 출력되며, 출력된 화면 인쇄를 원한다면 인쇄 버튼을 누르면 표 형태의 환경영향 결과가 출력된다.

1) 화면 하단의 인쇄 버튼을 누르면 미리보기 이후 인쇄창이 활성화 되어 인쇄 가능하다.

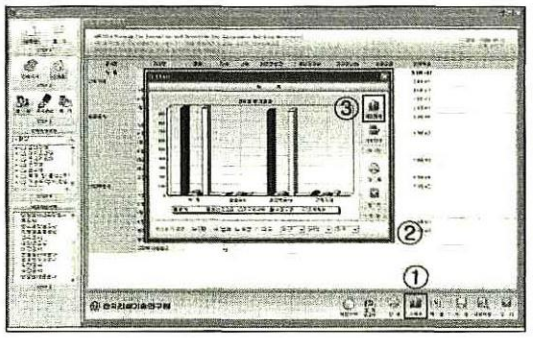
라. 그래프

결과 창의 내용을 그래프로 보여 준다. 팝업 형태로 보여 지는 그래프 창은 사용자가 원하는 표현을 선택할 수 있으며 그래프 결과를 프린터로 인쇄할 수도 있다. 그래프는 '건축자재'와 '건축물'이 보여주는 양식이 상이하다. 건축자재의 경우 선택자재와 비교자재의 결과를 비교해주는 그래프이며, '건축물'에서는 건축물에 대한 전과정환경지수를 비롯하여 건축자재와 시공공정의 환경지수를 비교할 수 있도록 건축물 전과정환경지수, 건축자재 전과정환경지수, 시공공정 환경지수로 표현되다.

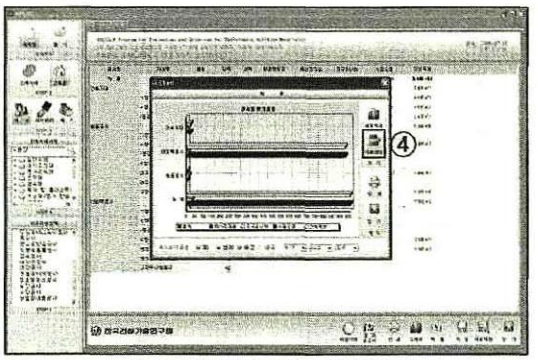
1) [그림 3.6.86] 의 ① 그래프 버튼을 누르면 Chart 팝업이 활성화 된다. [그림 3.6.86] 의 ③에서 세로막대 그래프를 선택할 수 있다.
2) [그림 3.6.87] 의 ④에서 가로막대 그래프를 선택할 수 있다.
3) [그림 3.6.88] 의 ⑤에서 3D, 범례, 배경, 마크 등 챠트보기의 각종 옵션을 선택 할 수 있다.

4) [그림 3.6.90] 의 ⑥에서 인쇄 버튼을 누르면 그래프 인쇄 창이 생성되어 인쇄 할 수 있다. [그림 3.6.90] 의 ⑦ 인쇄되는 크기는 A4용지 로 출력된다.

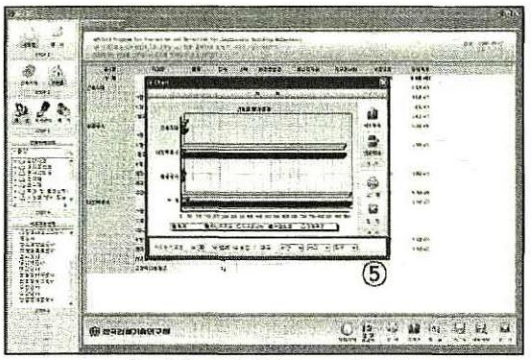
5) [그림 3.6.91] 의 ⑧에서 닫기 버튼으로 활성화된 그래프 창을 닫을 수 있다.



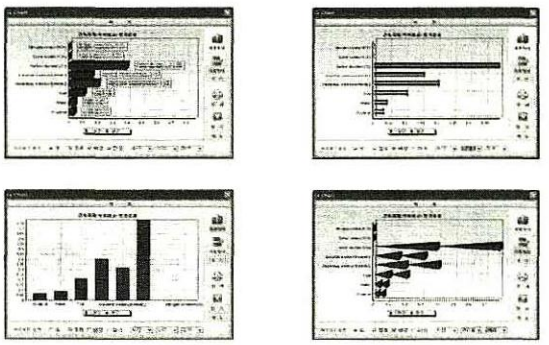
[그림 3.6.86] 그래프①



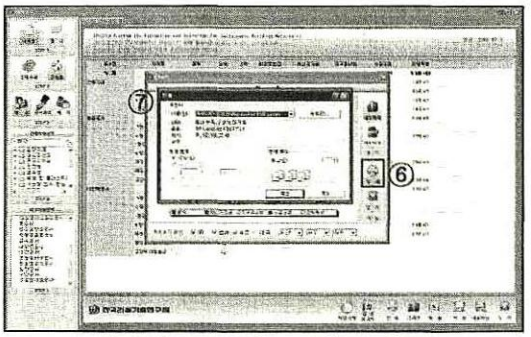
[그림 3.6.87] 그래프②



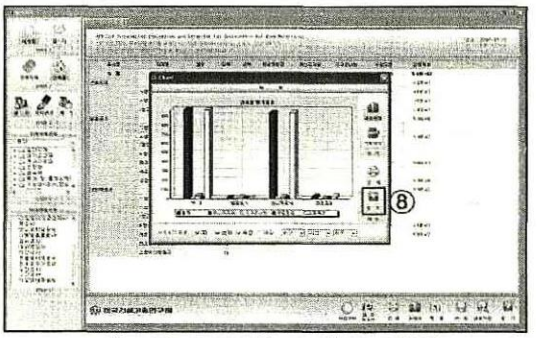
[그림 3.6.88] 그래프③



[그림 3.6.89] 그래프④



[그림 3.6.90] 그래프 출력



[그림 3.6.91] 그래프 닫기

마. 엑셀

결과 창에 나타난 결과를 엑셀 파일로 저장한다.

1) [그림 3.6.92] 의 ①에서 엑셀 버튼을 누르면 다른 이름으로 저장하기 창이 활성 [그림 3.6.92] 의 ②가 되어 엑셀 파일로 저장 할 수 있다.

바. 저장

열기로 불러들인 작업에 대하여 추가 또는 변경된 작업 내용을 저장한다. 저장한 내용은 열기 기능으로 불러들여 재작업이나 추가 작업이 가능하다.

1) [그림 3.6.93] 의 ①에서 저장 버튼을 누르면 저장 확인 팝업 [그림 3.6.93] 의 ②가 뜬다.

사. 새로저장

새작업으로 진행된 작업 내용들과 결과를 저장한다. 저장한 내용은 열기 기능으로 불러들여 재작업이나 추가 작업이 가능하다.

1) [그림 3.6.94] 의 ①에서 새로저장 버튼을 누르면 다른 이름을 저장하기 창이 활성화 되어 저장 할 수 있다.

아. 닫기

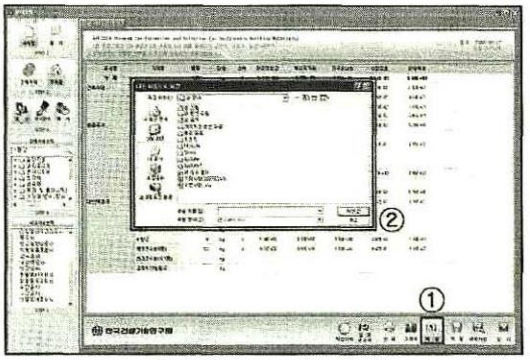
현재 작업 중인 창을 닫는다. 저장하지 않고 닫을 경우 작업 내용과 결과는 삭제된다.

1) [그림 3.6.95] 의 ①에서 닫기 버튼을 누르면 팝업이 생성되고 확인을 누르면 작업중인 창을 닫을 수 있다.

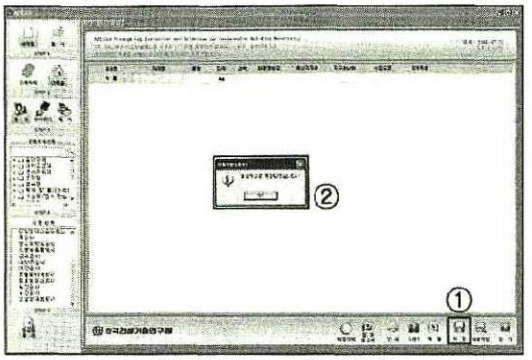
자. 종료

프로그램을 종료한다. 작업내용 저장과 관련된 안내창이 뜨며 저장하지 않은 작업 내용들은 삭제된다.

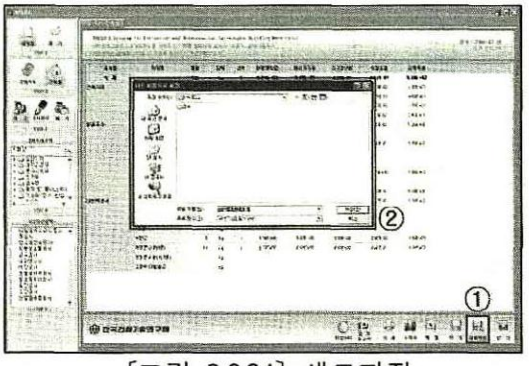
1) [그림 3.6.96] 의 ①에서 종료 버튼을 누르면 종료 팝업이 활성화 되고 확인을 누르면 프로그램이 종료 된다.



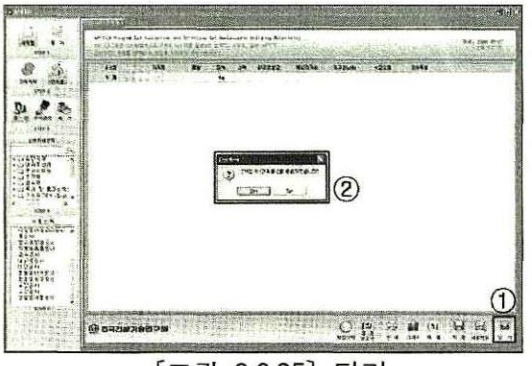
[그림 3.6.92] 엑셀



[그림 3.6.93] 저장



[그림 3.6.94] 새로저장



[그림 3.6.95] 닫기

[그림 3.6.96] 종료

3.7 국내·외 환경성정보 네트워킹 구축현황

3.7.1 국외 현황

가. BEES(Building for Environmental and Economic Sustainability)

(1) 홈페이지 구성 및 내용

BEES는 Download와 BE4ES 소개, BEES 모델링 작업, BEES에 대항 다양한 내용에 대해 홈페이지가 구성되어 있다. 그러나 전문가와 초보자의 이용에는 약간의 차이가 발생할 것으로 보인다.

[그림 3.7.1] BEES 홈페이지의 신청 가능한 건축자재 목록 다운로드 페이지

(2) 홈페이지 주소

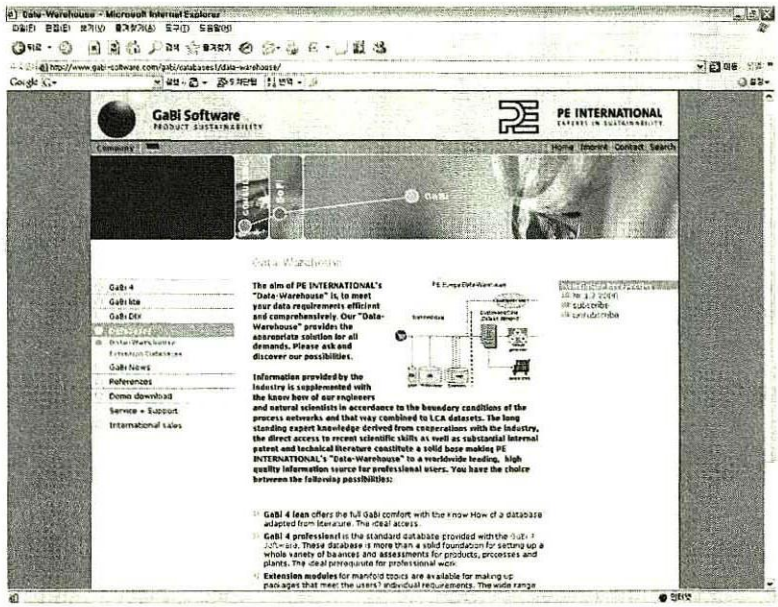
- http://www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees/

나. GaBi

(1) 홈페이지 구성 및 내용

GaBi는 GaBi lite와 GaBi 4, GaBi Dfx의 세 가지 툴에 대해 설명하고 있다. GaBi lite는 lif4e cycle 결과를 손쉽게 도출 할 수 있는 프로그램으로 step by step으로 진행되어간다. GaBi 4는 lite와 Dfx보다 세부적인 사항을 제공해주고 있다. data updata와 training, GaBi 4에서 사용되는 용어 설명 등이 제공되고 있다.

GaBi 홈페지이의 특징은 3가지 소프트웨어에 대한 설명들이 분류되어 있으며, 초보자를 위한 프로그램부터 사용자를 배려하였다. 또한 기존 홈페이지가 프로그램 관련 설명과 LCA에 대한 설명에만 국한되었지만, GaBi는 training과 GaBi 4에서 사용되는 용어들에 대한 설명을 소개하여 이용자의 입장을 배려하였다.



[그림 3.7.2] GaBi의 데이터베이스

(2) 홈페이지 주소

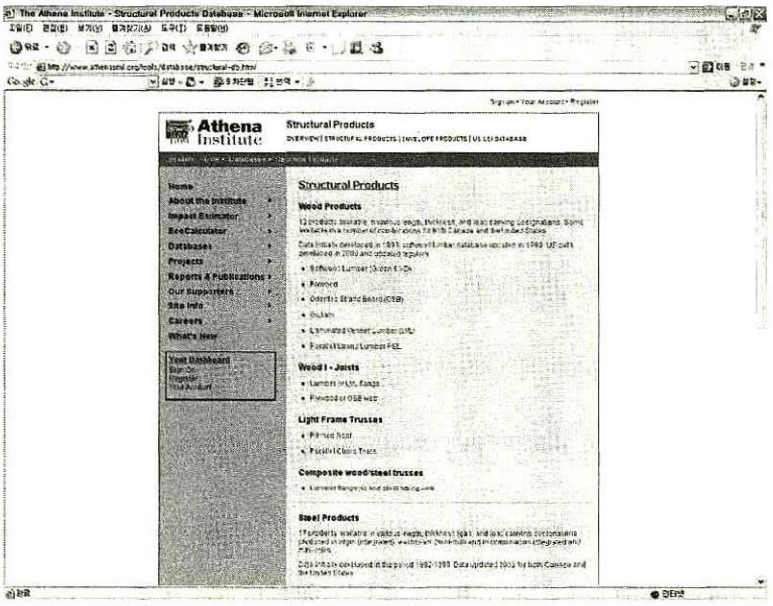
- http://www.gabi-software.com/

다. ATHENA: An LCA Decision Support Tool for the Building Community

(1) 홈페이지 구성 및 내용

ATHENA 홈페이지는 Impact Estimator, EcoCalculator, Database, Project 등의 콘텐츠로 구성되어 있다. Impact Estimator에서는 서브 콘텐츠로 건축물의 환

경영향평가에 대한 튜터리얼, 프리데모, LCI 데이터 레포트 CD 등을 제공하고 있다. EcoCaculator는 일반적인 기존 건축물에 대해 간단한 LCA 결과를 제공하는 프로그램이며 서브 콘텐츠에서 다운로드양식, 유저 가이드 등을 제공하고 있다. 단조로운 텍스트 위주의 홈페이지로, 비전문가 유저의 사용에 다소 어려움이 있을 것으로 예상된다.



[그림 3.7.3] ATHENA의 구조제품에 대한 데이터베이스

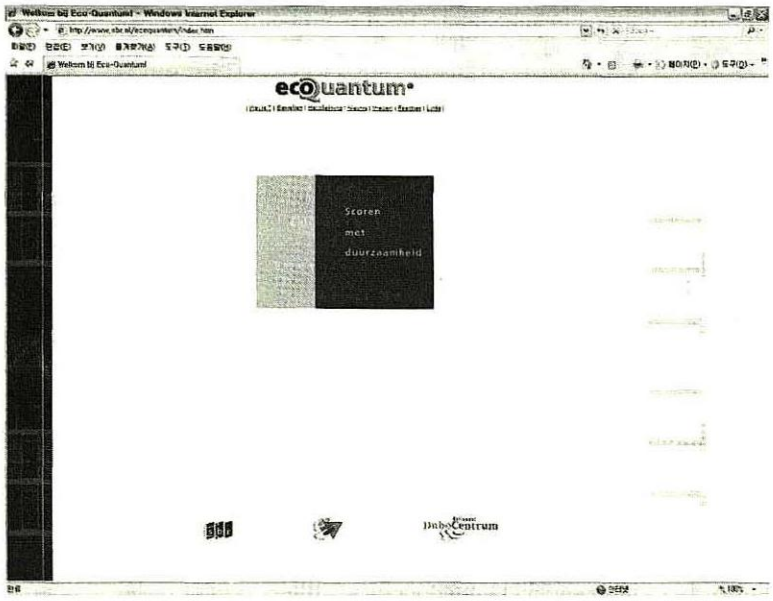
(2) 홈페이지 주소

- http://www.athenasmi.org/

라. Eco-Quantum

(1) 홈페이지 구성 및 내용

Eco-Quantum 홈페이지는 Eco-Quantum에 관한 내용 소개, 뉴스, 프로그램 다운로드, 링크 등의 콘텐츠로 이루어져 있으며 매우 간결한 디자인으로 구성되어 있다. 텍스트 위주의 구성이며, 네덜란드어로만 제공되고 있다. 각 메뉴의 글자 크기가 매우 작아 이용상 불편발생의 우려도 있다.



[그림 3.7.4] Eco-Quantum의 시작 페이지

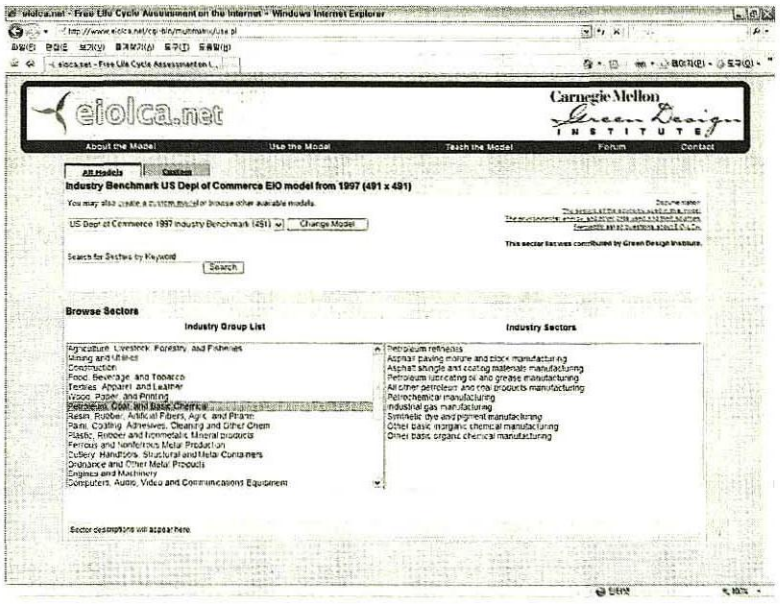
(2) 홈페이지 주소

- http://www.sbr.nl/ecoquantum/index.htm

마. EIO-LCA

(1) 홈페이지 구성 및 내용

EIO-LCA(Economic Input Output - Life Cycle Assessment)의 홈페이지는 About the Model, Use the Model, Teach the Model, Forum, Contact 등의 심플하고 알기 쉬운 메뉴를 상단에 배너형식으로 위치시키고 있으며, 나머지 공간을 넓게 콘텐츠에 활용하고 있다. About the Model에서는 EIO-LCA에 관한 간략한 설명과, 튜터리얼, 팀 구성원 등에 대해 설명하고 있으며, Use the Model에서는 EIO-LCA의 사용에 대해 설명하고 있다. Teach the Model에서는 뉴스와 각종 자료를 링크해두었다. Forum은 방명록 형식으로 되어있으며, 업데이트 정보와 최신 뉴스, 전문가에 의한 또는 EIO-LCA에 관한 Q&A, References 등을 제공하고 있다.



[그림 3.7.5] EIO-LCA의 Use the Model 화면

(2) 홈페이지 주소

- http://www.eiolca.net/

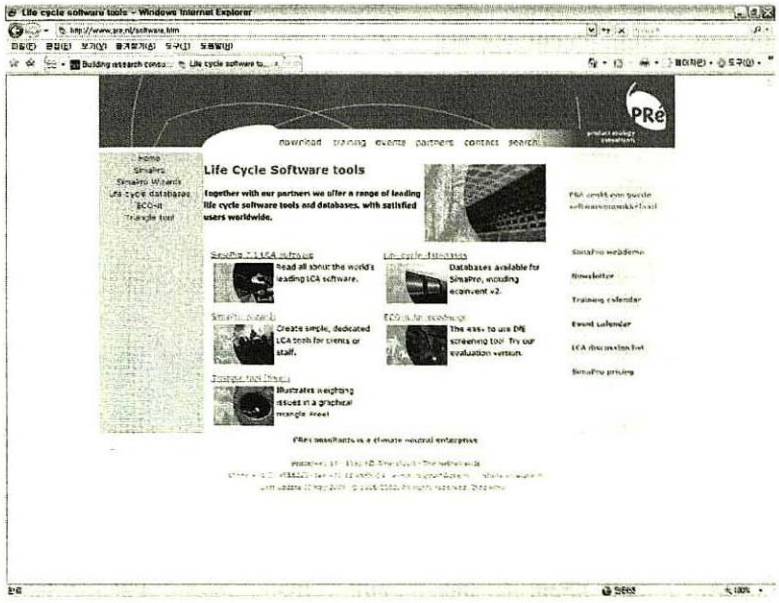
바. SimaPro

(1) 홈페이지 구성 및 내용

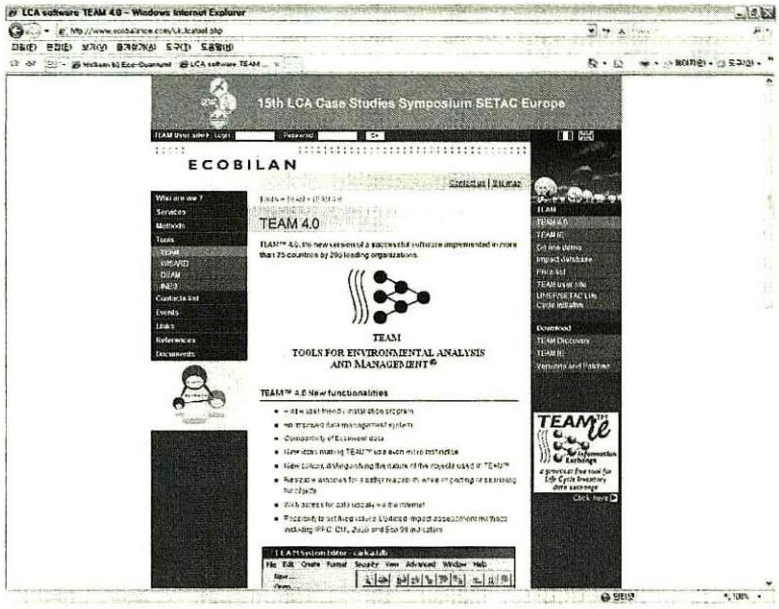
SimaPro를 다운받을 수 있는 홈페이지로, SimaPro 7.1 LCA software와 데이터베이스, 데모, 교육용 버전 등을 제공하고 있다. 또한 Life Cycle Management에 대한 상세한 설명도 곁들이고 있다. 간결한 디자인과 파스텔톤의 편안한 색채로 구성되어 있으며, 적절한 이미지와 텍스트를 사용하고 있어 전체적으로 지루함을 주지 않는다. 그러나 사용된 아이콘 이미지의 아이덴티티가 부족하고, 각 페이지마다 구성이 비슷하여 메뉴 이용에 혼동을 줄 수 있다.

(2) 홈페이지 주소

- http://www.pre.nl/



[그림 3.7.6] SimaPro를 다운받을 수 있는 페이지



[그림 3.7.7] TEAM 4.0에 관해 설명하고 있는 페이지

사. TEAM

(1) 홈페이지 구성 및 내용

TEAM 외에도 WISARD, DEAM, INES 등의 툴을 가지고 있는 ECOBILAN의

홈페이지를 소개한다. ECOBILAN의 홈페이지는 크게 Service, Methods, Tools로 구성되어 있으며 TEAM 등은 Tools에서 소개하고 있다. 모든 콘텐츠는 프랑스어와 영어로 제공되며, 플래시와 강렬한 원색을 사용하여 역동적인 분위기를 자아내고 있다. TEAM의 최신 버전인 4.0을 소개하고 있으며, 데모와 데이터베이스, 구입 관련 정보, TEAM user site 등을 제공하고 있다. Download 페이지에서 TEAM의 각 버전, Discovery, IE와 패치를 다운받을 수 있다.

(2) 홈페이지 주소

- http://www.ecobilan.com/

아. Umberto

(1) 홈페이지 구성 및 내용

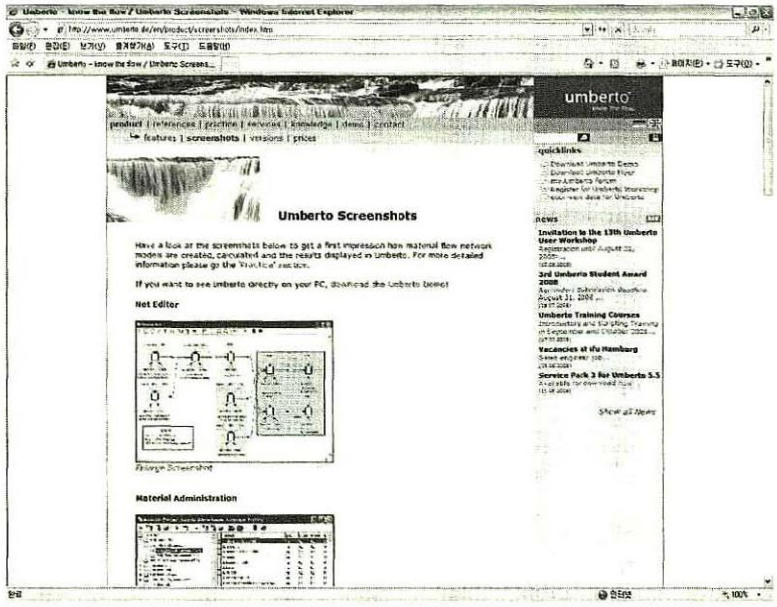
Product, References, Practice, Services, Knowledge, Demo, Contact 등의 콘텐츠로 구성되어 있으며, Umberto를 손쉽게 다운로드 받을 수 있는 Quick Links와 뉴스 등의 메뉴를 오른쪽에 상시 띄워놓아 이용에 편리함을 도모했다. 또한 독일어와 영어로 홈페이지가 제공되고 있어, 다양한 국가에서 이용할 수 있도록 되어 있다. 주 메뉴에서는 그라데이션을 통해 메뉴의 위계를 나타냈으며 더불어 디자인적인 감각도 보여주고 있다. 차분하면서도 감각있는 컬러와 콘텐츠에 적합한 아이덴티티를 가지는 이미지 삽입으로, 짜임새 있으면서 이용하기 편한 홈페이지 환경을 구축하고 있다.

Product에서는 Umberto의 특성 및 버전, 구입에 관한 설명 뿐 아니라 스크린샷을 통해 프로그램의 설명을 하여 이해를 돕고 있다.

(2) 홈페이지 주소

- http://www.umberto.de/en/

자. BRE(Building Research Establishment)



[그림 3.7.8] Umberto의 이용화면 스크린샷 설명 페이지

(1) 홈페이지 구성 및 내용

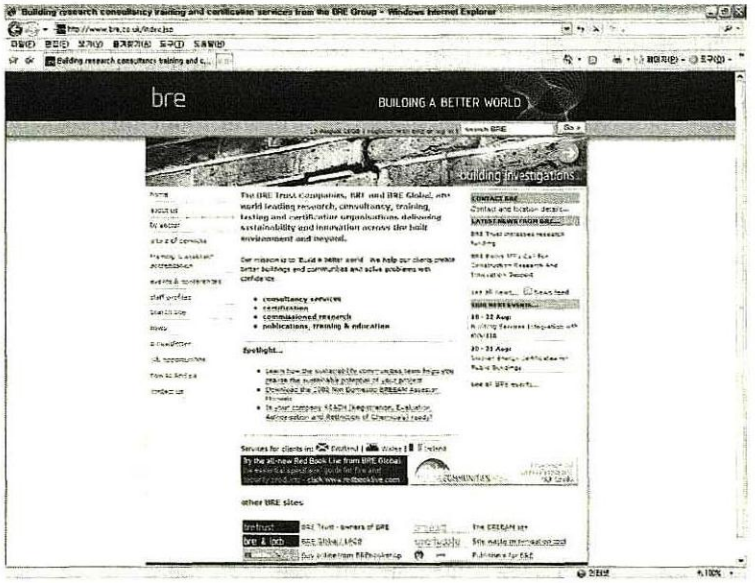
영국의 BRE에서는 다양한 서비스를 제공하고 있으며, 그 중 Environmental Profiles은 건물 재료 성능에 관한 요구에 대응하기 위한 환경데이터이며, ENVEST는 환경영향 평가 툴이다. BRE 홈페이지에서 기본적으로 제공되는 모든 서비스에 대해 검색이 가능하며, ENVEST는 별도의 웹사이트를 가지고 있다.

BRE 홈페이지의 다양한 메뉴 중 a to z of services에서 BRE에서 제공하는 모든 서비스에 대해 알파벳순으로 손쉽게 검색해 볼 수 있다. 웹 디자인은 기본이 되는 두 가지 메인 테마 색으로 깔끔하게 구성되어 있으며, 텍스트와 이미지를 조화시켜 산만하지 않으면서도 지루하지 않은 분위기를 조성하고 있다.

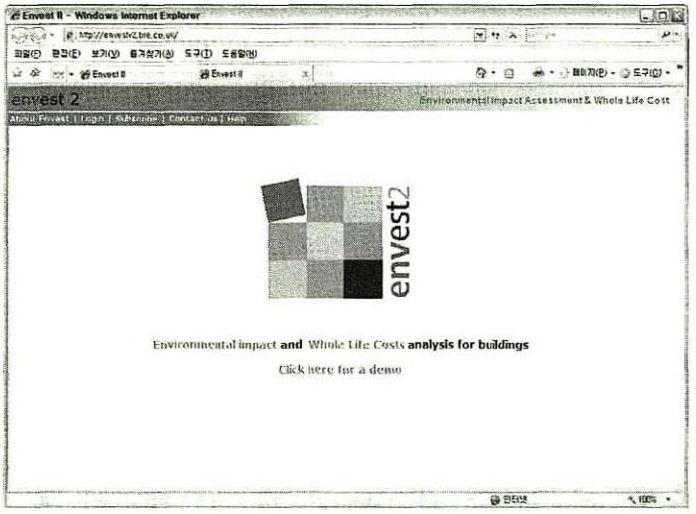
ENVEST 홈페이지는 ENVEST에 관한 설명과 운용, 구매, 기업이나 점포간의 정보공유를 할 수 있는 장으로써 제공되고 있다. 단색의 테마 색을 이용한 깔끔한 디자인으로 되어 있다.

(2) 홈페이지 주소

- BRE : http://www.bre.co.uk/
- ENVEST : http://envestv2.bre.co.uk/



〔그림 3.7.9〕 BRE 홈페이지 메인화면



〔그림 3.7.10〕 ENVEST2 홈페이지 메인화면

3.7.2 국내 사례

국내에서 건축자재에 대한 정보를 웹에서 얻는 방법은 여러 가지가 있다. 그 중 가장 일반적인 방법은 자사 홈페이지를 가지고 제품에 대한 정보를 제공하고 홍보하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 이런 방법은 사용자 측면에서 제품에 대한 정보를 얻기 힘들며, 제품 정보에 대한 비교분석에 어려움이 따르게 된다.

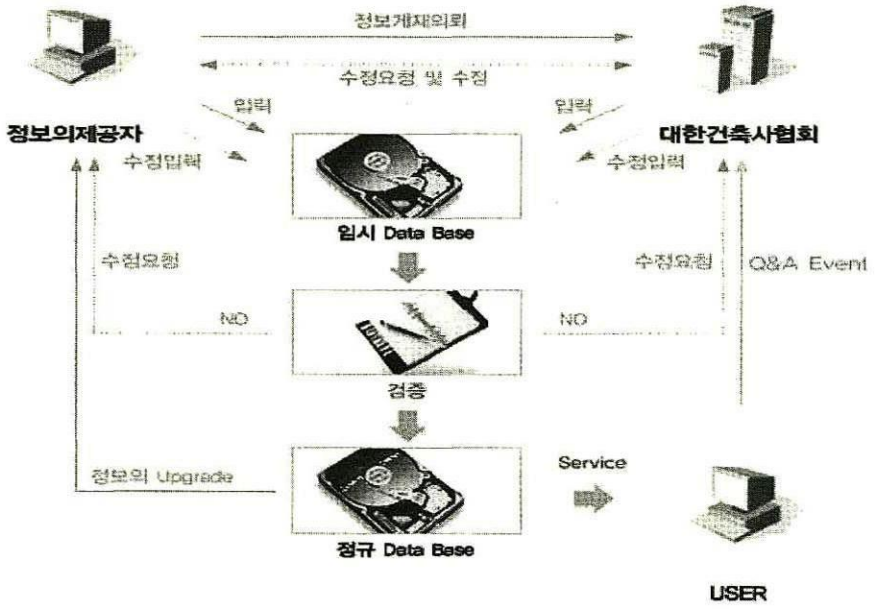
다른 방법으로는 협회나 연구단체, 또는 특정 목적을 가지고 제품에 대한 정보를 수집하는 방법이 있으며, 현재 우리나라에서 운영되는 건축제품에 대한 웹이 3개 정도 운영되고 있다.

가. 대한건축사협회 - 건축정보센터

대한 건축사 협회에서 운영하는 건축정보센터의 목적은 회원사를 포함한 공공이익의 극대화를 목적으로 대한 건축사협회가 개발하여 구축한 것이다. 건설산업과 관련된 건설자재, 설계, 시공, 유지관리 등에 관한 전문적이며 다양한 정보를 제공하는 "건설 종합포털사이트"를 목적으로 하고 있다.

(1) 목 적

건설자재를 생산·판매하는 회사에서 제공된 정보에 대하여 검증 절차를 거친 후 체계적으로 Data를 구축하고 Internet을 통하여 건축사, 시공관련기술자등 건축관계 전문가와 소비자에게 직접 제공한다. 그로 인해 건설자재에 대한 홍보를 극대화하고, 건축사 등 건축 관계 전문가와 소비자는 설계 및 시공과정에서 제공된 자재정보를 비교·검토하여 자재를 선택하고 실무에 직접 적용할 수 있는 장점이 있다. 건설자재에 대한 정보를 제공자와 실사용자가 공유함으로써 비효율적이고 비능률적인 현행의 정보전달체계를 개선함으로써 건설 분야의 경쟁력 확보를 목적으로 하고 있다.



[그림 3.7.11] Archidb 운영체계

(2) 정보 등록방법

Archidb.com의 건설자재정보는 회사정보와 자재정보(카달로그, 시방서, 상세도, 물성표, 가격정보)로 구성되어 있다.

건설자재정보를 등록할 때 우선 Archidb.com에시 제시하는 바에 따라 기업회원으로 가입 후 협회의 승인을 거쳐 회사정보와 자재정보를 등록하고 관리할 수 있는 권한(Password와 ID)을 부여한다. 이후 회사정보 및 건설자재성보를 등록하고자 하는 경우에는 Archidb.com에서 제공하는 정보등록 절차에 따라 입력함. 이를 위해 Information에 게재되어 있는 Manual을 참고하여 입력 및 수정을 한다. 만약 Archidb.com에 직접 자재정보를 등록하기 어려운 경우에는 "자재정보 작성 요령" 에 따라 회사정보 및 자재정보를 작성하여 대한 건축사협회에 등록을 대행할 수 있다. 이렇게 등록된 정보는 Archidb.com에서 협회에서 소정의 검증절차를 거친 후 일반인에게 정보공개를 하고 있다.

(3) 홈페이지 주소

- http://www.archidb.com/

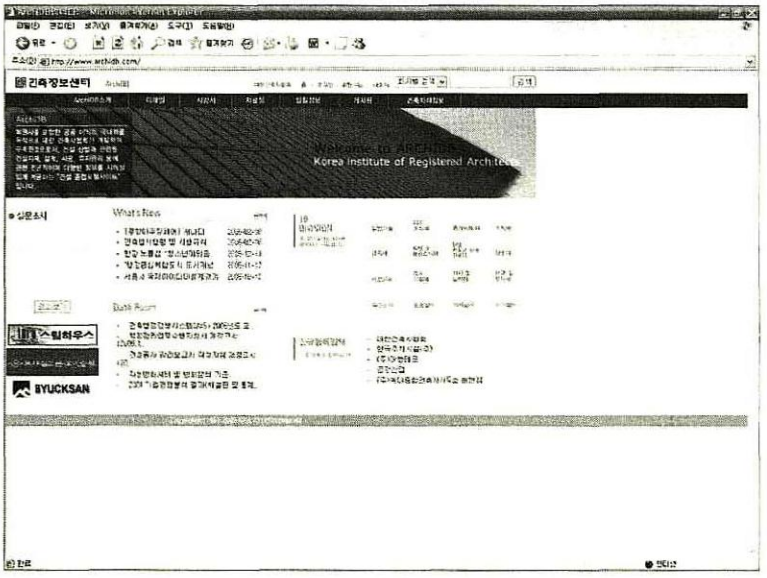
(4) 분류코드

Arcidb의 경우 아래와 같은 분류에 의거하여 제품등록시 아래와 같은 분류코드에 의거하여 제품등록을 시행하고 있다. 제품정보 입력 시 기업이 분류코드를 찾아 입력함으로써 사용자는 동일한 제품군에 대한 다양한 기업의 제품을 비교평가할 수 있는 기회를 갖게 된다. 이런 의미에서 분류코드는 중요한 의미를 갖고 있다.

- Division 01 - 일반자료 / General Data
- Division 02 - 대지조성재 / Sitework
- Division 03 - 콘크리트재/ Concrete
- Division 04 - 조적재 / Masonry
- Division 05 - 금속재 / Metals
- Division 06 - 목재 및 플라스틱재 / Wood and Plastics
- Division 07 - 단열, 방수 및 외벽, 지붕재 / Thermal and Moisture Protection
- Division 08 - 창호재 / Doors and Windows
- Division 09 - 마감공사 / Finishes
- Division 10 - 특수시설재 / Specialties
- Division 11 - 기기 및 설비재 / Equipment
- Division 12 - 가구 및 장식재 / Furnishings
- Division 13 - 특수공사 / Special Construction
- Division 14 - 운송설비 / Conveying Systems
- Division 15 - 기계설비 / Mechanical
- Division 16 - 전기설비 / Electrical

(5) 시방서 및 상세도 작성요령

Archidb의 또 하나의 특징은 시방서 및 상세도를 표준화된 규격에 의해 입력한다.



[그림 3.7.12] 건축정보센터(Archidb) 홈페이지

나. 친환경상품진흥원

친환경상품진흥원에서는 환경마크(Type Ⅰ)과 함께 환경성적표지제도(Type Ⅲ)를 운영하고 있다.

(1) 환경마크제도

환경마크제도는 동일용도의 제품 중 생산 및 소비과정에서 오염을 상대적으로 적게 일으키거나 자원을 절약할 수 있는 제품에 환경마크를 표시하여 제품에 대한 정확한 환경정보를 소비자에게 제공하고, 기업으로 하여금 소비자의 선호에 부응하여 환경제품을 개발, 생산하도록 유도하는 제도이다. 국내에서는 환경기술개발 및 지원에 관한 법률에 의해 1992년 4월부터 시행되고 있다.

- 환경마크제도는 전체 산업제품을 대상으로 하고 있으며 현재까지 건축자재도 환경마크를 획득하고 있다.

(2) EL 분류로 본 건축자재 현황

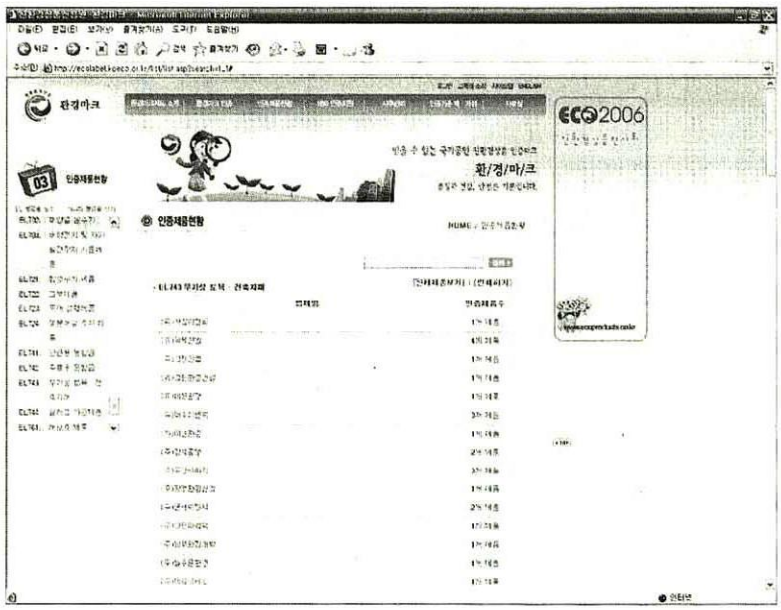
· EL 172 사무용 목제가구	· EL 173 가스 캐비넷 히터
· EL 174 사무용 칸막이	· EL 175 의자
· EL 221 절수형 수도꼭지	· EL 222 샤워헤드 및 수도꼭지 절수부속
· EL 223 절수형 양변기	· EL 224 양변기용 부속
· EL 225 수도계량기	· EL 226 자동 온도조절 밸브
· EL 227 수도용 급수관	· EL 228 소변기
· EL 241 페인트	· EL 242 벽지
· EL 243 보온, 단열재	· EL 244 건설용 방수재
· EL 245 투수 콘크리트 제품	· EL 246 실내 바닥 장식재
· EL247. 조립식 바닥 난방 시스템	· EL248. 벽 및 천장 마감재
· EL249. 층간 소음 방지재	· EL250. 창호
· EL251. 접착제	· EL252. 장식용 합성수지 시트
· EL253. 이중바닥재	· EL254. 장식용 섬유 제품
· EL261. 가스 보일러	· EL262. 히트펌프 시스템
· EL263. 열 회수 환기장치	· EL264. 소방용 스프링클러헤드
· EL653. 저소음 건설기계	· EL654. 레디믹스트콘크리트 회수수처리 시스템
· EL702. 태양열 온수기	· EL703. 태양전지 및 자가발전장치 사용 제품
· EL721. 합성수지 제품	· EL722. 고무제품
· EL723. 목재 성형제품 - 개정검토중	· EL724. 생분해성 수지 제품
· EL741. 단련용 동합금 - 개정검토중	· EL742. 주물용 동합급 - 개정검토중
· EL743. 무기성 토목 · 건축자재	· EL744. 슬래그 가공제품

현재 건축 자재는 EL 분류상 42개 항목에 대해 환경마크 제도가 운영되고 있다. EL 분류 에 해당자재를 생산하는 기업들이 친환경상품진흥원에 제품 신청 후 심의를 거쳐 제품에 대한 환경마크제도를 획득한다. 또한, 건축가, 시공자, 일반사용자들은 홈페이지를 통해 사용예정 제품 중 환경마크 제도를 획득한 제품에 한해서 다양한 기업들에 대한 제품을 선택할 수 있는 기회를 갖게 된다. 이는 1차적으로 환경마크를 획득한 제품에 대해 사용자가 선택하는 2차 선택의 기회를 갖지만 동일한 환경수준을 가진 제품들에 대한 선택이므로 환경마크제도를 획득한 기업의 제품들은 동일한 환경수준으로 보고 선택해야 하는 단점을 가지고 있다.

(3) 환경성적표지제도

현재 환경성적표지제도(EDP)는 본 연구에서 사용하는 LCA 방법론에 의해 제품을 인증하는 제도임 그러나 국내에서는 건축자재 부분에 대한 환경성적표지제도가 시행되고 있지 않다.

(4) 홈페이지 주소 - http://www.koeco.co.kr/



[그림 3.7.13] 환경마크분류 EL743 무기성
토목·건축자재에 대한 기업 현황

다. 한국공기청정협회/연구조합

(1) 친환경 건축자재 단체품질 인증사업의 목적

국내 건축자재 생산업체 또는 수입 건축자재를 대상으로 화학물질 방출강도를 평가하여 인증함으로써 건축자재 오염물질 방출에 대한 자율적인 품질관리를 행할 수 있도록 권장하며 제품의 품질 향상에 기여함을 목적으로 한다.

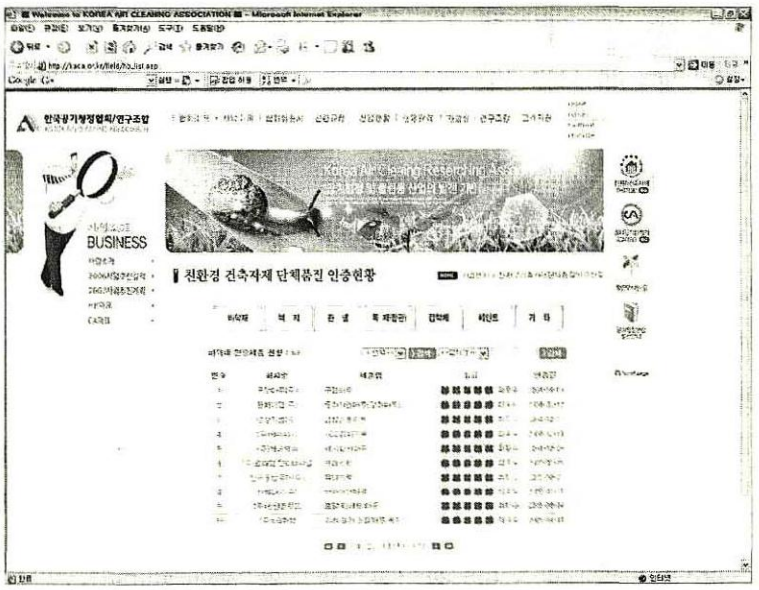
(2) 적용대상

건축물의 내장재 중 실내마감자재로 사용되는 일반자재(판, 패널 및 보드, 목재류, 바닥재, 벽지 등의 롤형태의 제품) 와 접착제 페인트 등에 적용하고 있다. 국내 건축자재 생산업체의 제품이나 수입하는 건축자재로 시중에 유통되는 제품 또는 납품되는 건축자재를 대상으로 하고 있다. 단, 시제품 및 개발제품은 제외된다.

(3) 인증 기업

한국 공기청정협회/연구조합에서는 친환경 건축자재 품질인증제도(단체표준)을 실시하고 있다.

바닥재, 벽지, 판넬, 목재(합판), 접착제, 페인트, 기타 제품을 생산하는 기업들에 대해 인증 실시하고 있다. 이는 환경마크제도와 마찬가지로 1차 환경적으로 우수한 기업의 제품들이 등록되어 있다. 그러나 환경마크제도와 달리 인증등급제를 시행하여 일반 Ⅱ, 일반 Ⅰ, 양호, 우수, 최우수의 5단계로 분류되어 건축가, 시공자, 일반사용자가 선택할 수 있는 폭이 다양하다.



[그림 3.7.14] HB 인증획득 기업 및 제품현황

(4) 홈페이지 주소

- http://kaca.or.kr/main.asp

라. 운영되고 있는 건축자재 정보등록 웹과 건축자재 환경성정보 네트워크 비교

국내에서 건축자재 관련 홈페이지 분석결과 아래 〔표 3.7.1〕과 같은 결과가 나왔다. 각 운영 중인 홈페이지의 주목적은 상이하지만 건축자재에 대한 홍보교육적인 성격을 모두 공통적으로 가지고 있다. 특히 본 연구에서 진행 중인 건축자재 환경성정보 네트워크에서는 일반사용자의 편리성 증대가 주목적이기 때문에 홍보교육적인 성격이 부각시키고자 했다. 일반인들도 LCA 분야에 대해 쉽게 이해할 수 있고 이에 따라 사용자 스스로 친환경 건축자재에 정보를 열람하고 판단할 수 있도록 구성했다.

Archidb가 표준규격에 의해 생산되는 건축자재를 대상으로 하였으며, 환경마크·친환경건축자재 단체품질인증 홈페이지의 경우는 친환경과 관련된 자재만을 대상으로 하였다. 그러나 본 연구에서 구축한 홈페이지에서는 친환경이라는 이름을 붙이기 이전에 자재에 대한 환경성을 판단한 정량적인 결과를 토대로 사용자 및 전문가가 스스로 판단할 수 있는 기회를 제공할 예정이다. 건축자재 친환경 인증제도가 도입되기 이전에는 모든 자재에 대한 정보를 수집, 공유할 수 있도록 하였다. 이후 LCA에 대한 사회적 인식과 친환경 건축자재 인증제(가칭)이 실시된다면 Type Ⅲ인증에 대한 구체적인 절차가 홈페이지를 통해 진행될 것으로 사료된다.

〔표 3.7.1〕 홈페이지의 특징 비교

	Archidb	환경마크	친환경 건축자재 단체품질 인증	건축자재 환경성정보 네트워크
홈페이지 주목적	· 전문가 집단에 자재 정보 제공 · 소비자에게 자재 홍보 및 제품선택의 기회	· 환경마크 획득을 위한 홈페이지 운영	· 건축자재 단체품질 인증 이외에 다양한 인증 추진	· 전문가 집단에게 자재 정보 제공 · 일반소비자가 제품정보 및 제품선택 기회 · 집단 간 건축자재 환경성에 대한 정보교류

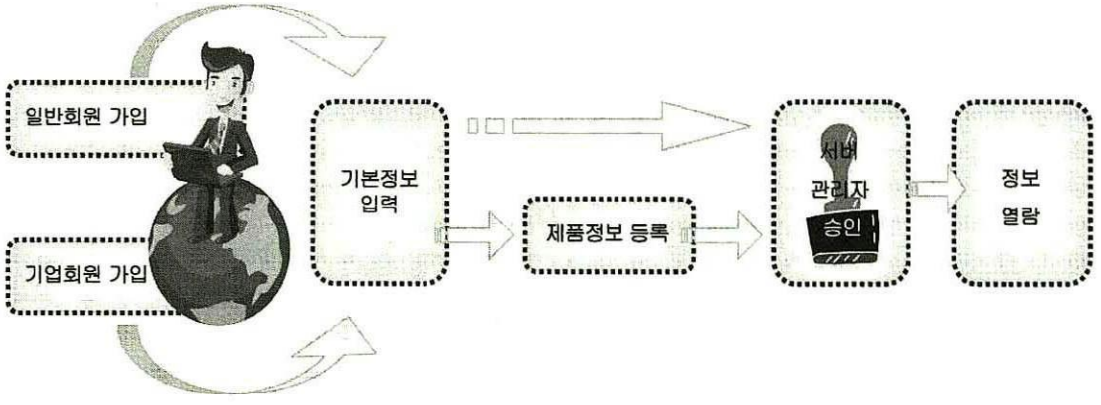
특징	· 협회가 제공하는 형식에 맞춰 등록 · 협회 심사후 정보 등록 여부 결정	· 환경마크 획득만을 목적 · 건축자재 이외 환경마크 획득을 위한 다양한 제품 등록	· 건축자재 단체 품질 인증 획득을 목적 · 등록 건축자재 한정	· 일반 건축자재 등록 · Type Ⅲ 획득을 원하는 기업
기업 접근성	· 등록을 원하는 건축자재 생산기업은 협회가 원하는 기준에 맞춰 등록가능	· 환경마크 획득 했거나, 획득을 원하는 기업 접근	· 친환경 건축자재 단체품질인증을 원하는 기업 · 실내마감자재로 사용되는 일반자재만 적용대상	· 건축자재 등록을 원하는 기업 · 전과정평가를 통한 Type Ⅲ 획득을 원하는 기업
일반 사용자 접근성	· 일반사용자 접근성 용이 · 일반사용자가 표준화된 규격에 의해 비교 선택 가능	· 환경마크 획득제품 검색 가능	· 건축자재 품질 인증 획득 기업 목록 열람 가능	· 사용자가 친환경 건축자재에 대한 기초지식 습득 가능 · 일반 건축자재 등록 기업 및 제품정보 열람
홍보 효과	· 표준화 된 규격에 따라 동등 조건에서 제품홍보	· 제품의 환경성에 대한 인증을 통한 홍보	· 건축자재 품질 단체인증을 통해 기업 및 제품 홍보	· 제품에 대한 일반적 사항 등록을 통한 제품홍보 · 제품에 대한 환경성(Type Ⅲ)정보 홍보
홈페이지 활성화 정도	· 초기 단계	· 중기 단계	· 중기 단계	· 초기 단계
단점	· 건축자재 환경성에 대한 정보는 얻기 힘듬	· 일반 제품들과 함께 등록되어 건축자재에 대한 항목을 찾기 힘듬	· 건축자재가 한정되어 있음.	· Type Ⅲ에 대해 친환경상품진흥원과 중복됨

3.8 건축자재 환경성정보 네트워크

건축자재 환경성정보 수집을 위해서는 1차년도에 구축한 건축자재 환경성정보 네트워크 홈페이지를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 건축자재 환경성정보 네트워크 홈페이지는 설계자나 시공자 또는 일반인이 친환경 건축자재에 대해 쉽게 이해할 수 있는 목적으로 시스템이 구축되었으며, 건축자재의 환경성정보 D/B 제공을 통하여 친환경 건축자재에 대한 정보를 제공하고, 각종 건축자재에 대한 환경성을 비교·평가할 수 있는 프로그램을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

2차년도에는 현재 구축된 건축자재 환경성정보 네트워크 홈페이지를 이용하여 기업회원과 일반회원이 함께 정보를 공유할 수 있도록 일반회원과 기업회원의 가입을 활성화시킬 수 있는 홈페이지 개발을 하였다.

- 건축자재환경성정보 네트워크의 회원가입은 아래 [그림 3.8.1] 과 같은 절차로 진행된다.

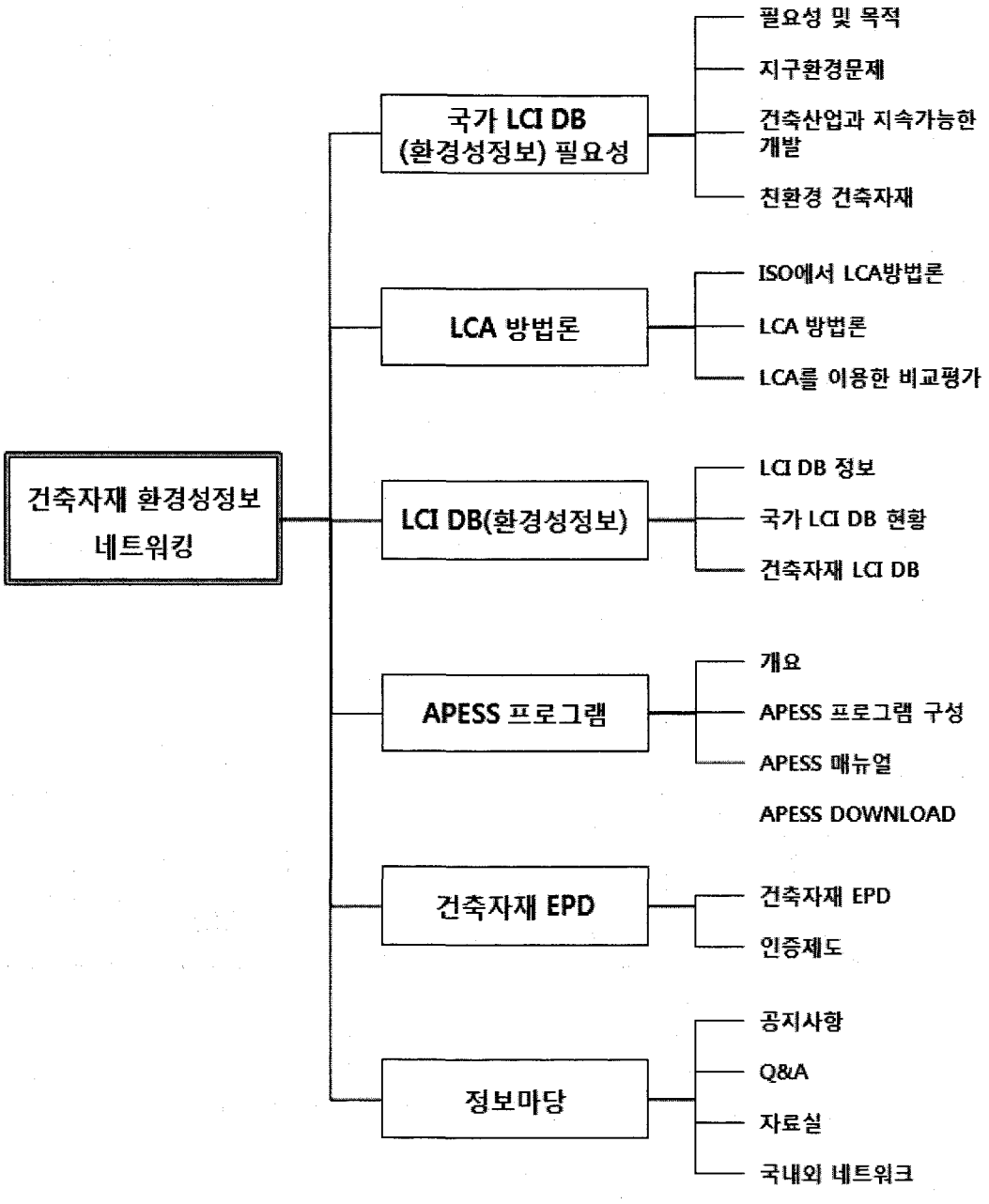


[그림 3.8.1] 건축자재 환경성정보 네트워크 회원가입 절차

당해 연도에는 1·2차년에 구축했던 건축자재환경성정보 네트워크를 완성시켰다. 기존에 구성되었던 네트워크를 재구성하고 LCA, LCI D/B에 대한 사용자 접근성 및 활용도를 높이는데 중점을 두었다.

가. 건축자재 환경성정보 네트워크 사이트 맵

건축자재 환경성정보 네트워크 시스템의 사이트 맵은 아래 그림과 같다.



[그림 3.8.2] 건축자재 환경성정보 네트워크 사이트 맵

나. 메인 화면 구성

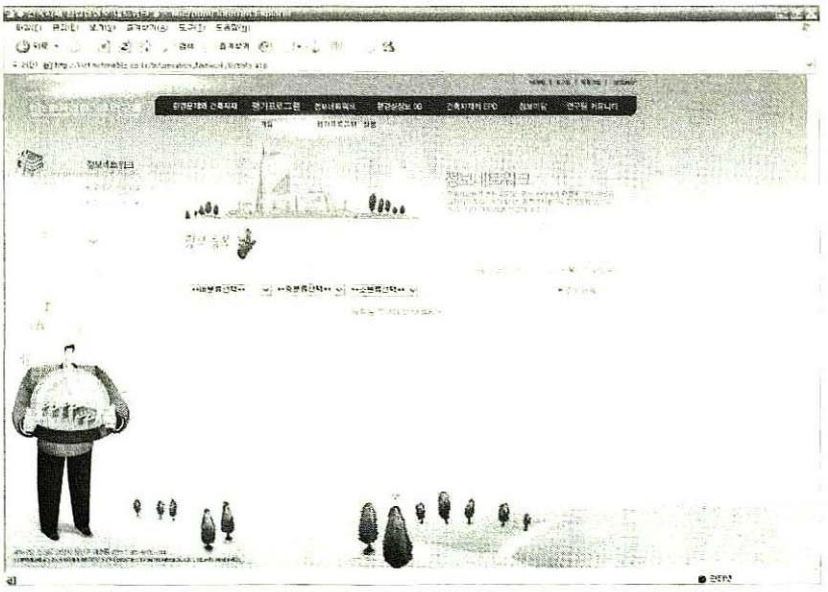
메인 화면에서는 상단의 주 메뉴가 중심이 되며, 국가 LCI DB 필요성, LCA방법론, LCI DB, APESS프로그램, 건축자재 EDP, 정보마당으로 이루어진다. 그 외, 공지사항・게시판・FAQ・Q&A의 업데이트 정보, 건축관련 지구 환경뉴스 업데이트 정보를 제공하여 최신정보를 손쉽게 접할 수 있도록 하였다. 또한 국내외 네트워크 및 주요 기관 링크를 이용하기 쉽게 배치하였다.

[그림 3.8.3] 홈페이지 메인화면

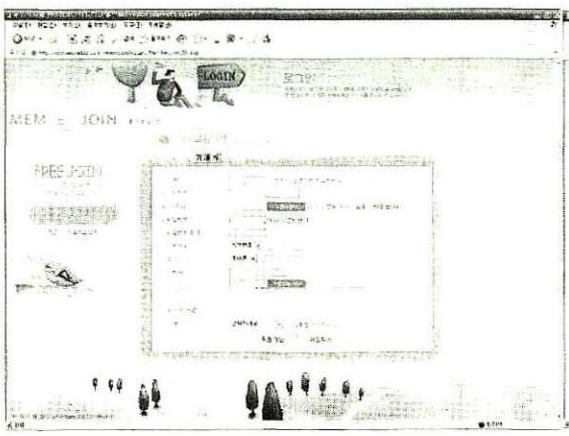
다. 회원가입 및 정보등록 화면

1) 정보등록

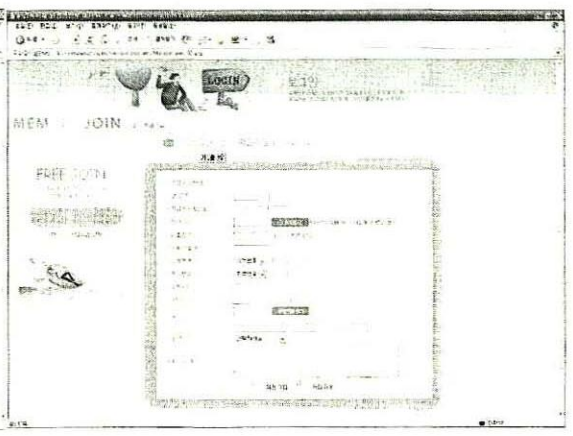
건축자재에 대한 정보 등록을 위해 대/중/소로 분류하여 등록하도록 하였다. 이는 건축자재의 종류가 다양하고 일반 사용자 및 전문가들이 같은 용도 및 성격을 띈 자재별로 비교분석을 원활히 시행하기 위함이다. 같은 용도와 성격을 지닌 자재 중 환경에 미치는 영향이 적은 자재를 선택하도록 유도하기 위함이며, 이 같은 분류는 건축자재 LCA 소프트웨어 APESS에서도 동일하게 적용된다. APESS를 사용하여 동일 분류군에 속한 자재에 대한 환경영향값을 비교하여 선택할 수 있도록 하였다.



[그림 3.8.4] 정보등록을 위한 메인화면



[그림 3.8.5] 일반회원 가입

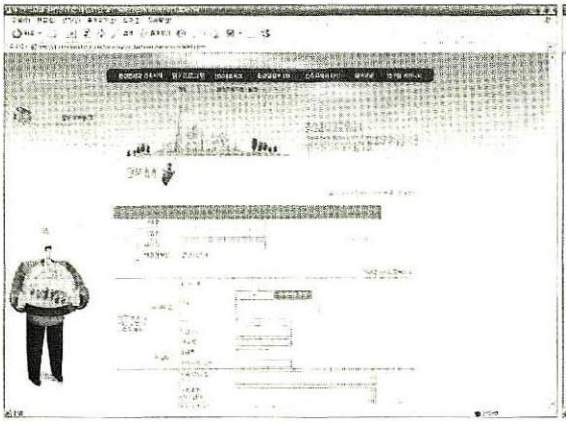


[그림 3.8.6] 기업회원 가입

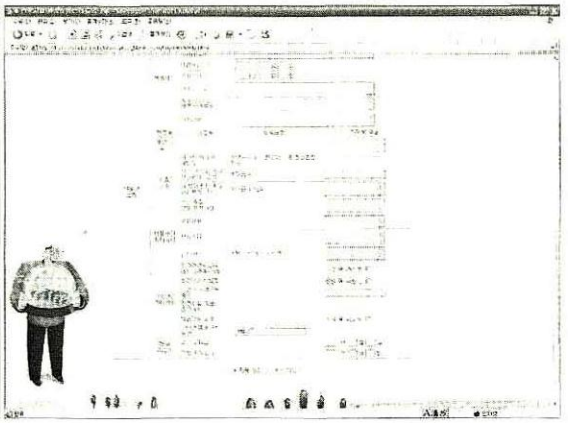
2) 일반회원 및 기업회원 가입

국내 기업과 일반사용자의 접근 공개는 모든 홈페이지가 공통적으로 가지고 있으며 이에대한 기업과 일반사용자에 대한 1차적인 필터링 작업은 실시하고 있다. 이에 따라 일반 사용자와 기업관계자는 서버관리자의 승인을 통해 정보열람이 가능하도록 진행하고 있다. 또한 기업관계자의 경우 자재나 제품등록을 원할 경우 아래 양식에 따라 자재 및 제품의 성격 및 특징을 기입하면 된다. 현재는 Type Ⅰ의 양식에 의존하고 있지만 향후 연구가 마무리 되는 시점에서는 Type Ⅲ의 성격이 포함된 양식에 의해 정보를 기재할 수 있도록 진행하고자 한다.

4) 기업회원 제품등록



[그림 3.8.7] 기업회원 제품등록시 기입사항1



[그림 3.8.8] 기업회원 제품등록시 기입사항2

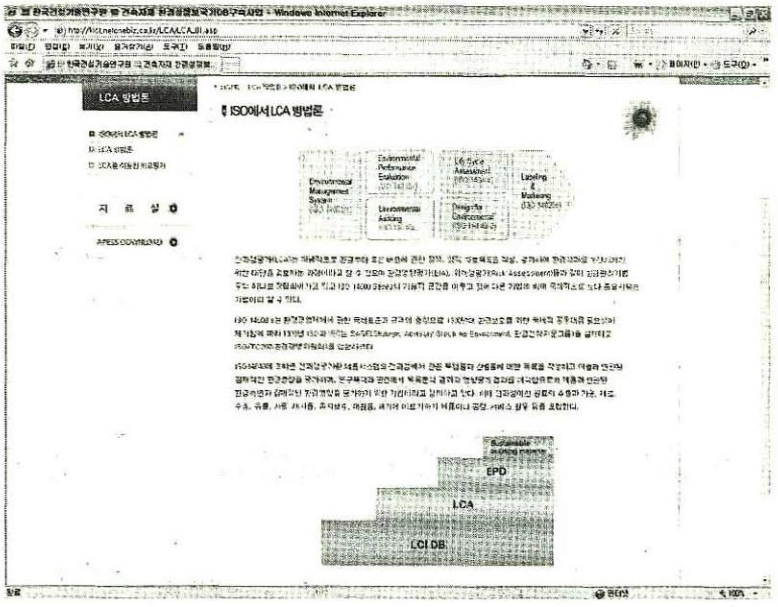
[그림 3.8.9] 국가 LCI DB의 필요성 및 목적

라. 국가 환경성정보 구축 필요성

사이트 구성에서 첫 번째로 국가 환경성 정보 구축의 필요성에 대해 명기했다. 건축자재 환경성정보 구축의 필요성은 지구환경문제가 대두됨에 따라 심화되기 시작됐다. 이러한 문제들에 대비하여 건축산업의 지속가능한 발전을 이루고 친환경 건축자재 사용의 필요성에 대한 내용으로 구성되었다.

라. LCA 방법론

환경성정보 LCI DB에서는 국제표준규격(ISO) 14000's에 의한 LCA 방법론에 대해 사용자의 이해를 도운 뒤 실제 LCA 방법론과 종이백과 비닐백의 환경영향평가를 비교하여 사용자가 이해를 돕고자 한다.



[그림 3.8.10] ISO에서 LCA 방법론

마. 환경성정보 LCI DB

건축자재 환경성정보 (LCI DB) 구축 단계와 1.2.3차년도에 걸쳐 구축되었던 LCI DB를 공개하고자 한다.

건축자재 환경성정보 구축은 8단계를 거쳐 구축되며, 관련업체에 대한 참여 요청을 시작으로 참여업체 담당자의 LCA 교육하게 된다. 업체에서 얻은 데이터는 1.2차 분석과 최종 정밀검토를 통해 국가 LCI DB가 구축된다.

[그림 3.8.11] LCI DB정보

마. APESS 환경성평가 프로그램

건축자재 및 건축물에 대한 환경성평가 프로그램인 APESS는 웹사이트를 통해 무료 배포된다. 또한 APESS에 대한 사용 매뉴얼을 포함한 기본적인 사항을 공개했다.

[그림 3.8.12] APESS 프로그램의 개요

바. 정보마당

정보마당에는 공지사항을 비롯하여 Q&A, 게시판, 자료실, 국내외 네트워크를 구축했다. LCA 방법론을 비롯한 ISO기준이 자료실에 공개되어 있으며, Q&A와 공지사항을 통해 일반 사용자들과 활발한 교류가 이루어지도록 구성하였다.

[그림 3.8.13] 정보마당의 공지사항

3.9 친환경 건축자재 인증제도 도입 방안 연구

앞서 살펴본 바와 같이 건축물의 전반적인 환경성을 평가하기 위해서는 현재의 환경성평가방법과 같은 부지평가, 주변 환경에의 영향평가 및 사용단계에서의 에너지 사용량 등 눈에 보이는 영향들뿐만 아니라, 건축물에 사용되는 건축자재를 생산하는 과정에서는 얼마나 많은 환경영향이 발생하는지, 시공과정에서는 어떠한 환경영향이 발생하는지, 더 나아가서는 자연으로부터 필요한 원자재를 취득하는 과정부터 시작해서, 건설폐기물의 폐기 단계까지 걸친 전과정에서 얼마만큼의 환경영향이 발생하는지를 정량적으로 평가할 수 있는 전과정평가(LCA, Life-Cycle Assessment)를 수행하여야 한다.

친환경 건축자재의 생산과 소비를 장려하기 위한 친환경 건축자재 인증제도 또한 제도 도입의 궁극적인 목적을 제품의 생산이나 소비 등 특정 단계의 환경영향(예: 건물의 에너지 효율성 향상, 실내공기질 향상 등)을 감소시키기 위함에 두지 말고, 제품의 전과정에 걸친 환경영향의 감소를 목적으로 하여야 할 것이다. 즉, 친환경 건축자재라 함은 보다 적은 자원을 효율적으로 취득하여 사용하며, 생산과정에서도 환경영향이 적게 발생하는 동시에, 사용단계에서도 실내공기질 오염이나 에너지 소모량을 방지할 수 있어야 하며, 폐기 및 분리수거가 원활하게 이루어 질 수 있도록 세심하게 설계되어 생산되는 제품만이 궁극적인 친환경 건축자재라고 부를 수 있을 것이다.

이러한 전과정을 고려한 친환경 건축자재의 생산과 소비를 장려할 수 있는 효과적인 방법 중 하나가 친환경 건축자재의 인증제도 도입이라 할 수 있을 것이다. 공신력 있는 기관이 친환경 건축자재의 전과정평가 결과를 검증하여 인증해주고, 가능한 범위 내에서 적정한 인센티브를 생산기업에 제공하고 대내외에 인증사실을 홍보함으로써, 친환경 건축자재의 생산과 소비가 향상될 수 있는 계기로 작용할 것으로 판단된다.

이러한 목적 하에서, 보다 효율적인 친환경 건축자재 인증제도의 도입을 위해

제도 도입의 필요성, 국내외 유사제도의 운영 실태 등을 조사한 결과를 요약하였으며, 이 결과 및 설문결과에 의해 가장 효과적일 것으로 판단되는 친환경 건축자재 인증제도의 형태 및 운영방안을 제시하고자 한다.

3.9.1 제도 도입의 필요성

가. 국내외 현황

(1) 건축자재 및 건축물의 환경영향에 대한 사회적 관심 증대

21세기 들어 현대 문명생활의 발전으로 인해 새롭게 발생하기 시작한 여러 가지 질병이나 증상들 중 아토피성 피부염의 주범이 건축자재 및 시공공정에서 발생하는 환경호르몬에 의한 실내공기질 오염임이 밝혀짐에 따라, 이러한 환경호르몬에 대한 관심이 급증하기 시작했다. 이에 따라 자연스럽게 친환경 건축자재의 생산 및 소비에 대한 관심이 지속적으로 증대되고 있으며, 최근에는 소비자들의 웰빙심리와 결부되어 친환경 건축자재의 생산과 소비가 급증하고 있다.

이러한 소비자들의 요구에 따라 건축자재 생산업체들은 사용 단계에서 VOC의 배출이 적은 자재라든지 인공재료의 사용량을 줄이고 천연재료의 비율을 높인 자재의 생산에 주력하고 있으며, 이러한 제품들에 기존 제품들과의 차별성을 부여하기 위한 홍보에도 주력하고 있다. 또한 이런 제품들에 공신력을 실어줄 수 있는 제품 인증제도와 나아가 친환경건축물에 대한 인증제도도 도입되게 되었는데, 이러한 제도들의 대표적인 예에는 친환경건축자재 인증제도(HB제도), 국토해양부와 환경부가 공동으로 시행하고 있는 친환경건축물 인증제도 등이 있다.

(2) 국제에너지가격의 상승 및 기후변화 방지를 위한 에너지 고효율 건축물 필요성 증대

최근의 국제 유가 급등 사태는 제3차 오일쇼크라 불릴 만큼 사회 전반에 큰 파장을 일으키고 있다. 특히 일반 대중을 대상으로 하는 생활에너지의 절약 캠페인

이 대중매체를 통해 지속되고 있으며 주거문화의 개선이 에너지 절약을 위한 정부 대책의 주요 이슈로 떠오르고 있다. 이런 상황에서 주목받고 있는 주거형태가 바로 에너지 절약형 건축물의 설계 및 도입이다. 네덜란드, 영국, 독일 등 유럽을 위주로 한 주요 선진국들에서는 이미 에너지 사용량을 기존 주택의 10% 수준으로 낮출 수 있는 친환경주택(Eco Home)의 보급이나, 친환경 주택단지(Eco City)의 개발에 힘써왔으며, 이러한 노력의 결과가 최근 국제 유가 급등의 시류에 따라 다시 한 번 조명을 받고 있다.

뿐만 아니라, 기후변화협약에의 대응을 위한 방책 중 하나로서도 친환경건축물의 중요성은 높아지고 있다. 국가 온실가스 배출량의 25% 가량을 차지하는 건축물로부터의 온실가스(냉/난방용 및 취사용 연료 사용, 전기 사용 등)를 감축시키는 것 또한 국가 온실가스 배출량의 감축 이슈 중 중요한 부분이기 때문이다.

이에 따라 에너지 사용효율이 높거나 에너지 사용량을 줄인, 그리고 친환경 건축자재를 사용하여 인체 및 주변 환경에 해가 없는 주택을 설계하고 보급하는 데 대한 필요성이 갈수록 증가하고 있다.

(3) 국제환경규제의 패러다임 전환

국제환경규제는 WTO 자유무역체제에서 자국의 산업 및 제품을 보호할 수 있는 또 다른 무역장벽으로 활용되고 있다. 기존의 환경규제가 제품에 함유된 환경오염물질에 대한 규제, 즉 제품의 생산 단계만을 고려하는 규제의 성격이었다면, 현재 새로이 도입되고 있는 환경규제들은 제품의 사용이나 폐기단계에서의 친환경성을 보장토록 하고 있으며, 또한 제품에 포함된 부품이나 물질의 친환경성을 보장하기 위해 원자재나 부품을 판매하는 협력업체에 대한 관리까지 요구하고 있다. 이러한 국제환경규제의 예를 들어 보면 다음과 같다.

- EU 및 중국 등의 RoHS(유해물질규제)에서는 제품에 포함된 모든 중금속 등 유해물질의 허용량을 제한하기 위해, 최종 판매업체가 협력업체까지 관리하도

록 요구함. 즉, 제품의 사용 및 폐기 단계에서의 친환경성 향상까지 고려한 친환경제품의 설계를 요구

- EU의 ELV제도 및 각국의 유사제도에서는 폐자동차의 생산자 수거를 의무화하고 재활용 비율을 준수할 것을 요구

- EU의 EuP에서는 사용 단계에서 에너지를 사용하는 제품(백색가전제품 포함)에 대해 친환경설계를 의무화

위와 같이 환경규제는 제품의 전과정(원료채취, 수송, 생산, 사용, 폐기)을 관리대상으로 하는 추세로 전환되고 있다.

(4) 국내 인식도 파악 및 제도 도입 필요성에 대한 설문

본 연구의 연구진은 2008년 6월에 실시한 설문조사를 통해, 현 건축자재의 환경성 이슈에 관한 인식 조사와 함께, 건축자재의 환경성과 관련되어 현재 실시되고 있는 제도의 효율성, 전과정을 고려한 친환경 건축자재 인증제도의 도입 등과 관련된 문항들에 대해서 설문조사를 실시하였다. 이 설문은 환경영향평가의 가중치 부여를 위한 지수 산정을 위한 설문과 공동으로 수행하였으므로, 표본의 수 및 설문 대상은 동일하다.

[설문항목]

1. 건축자재의 환경성과 관련하여 다음 중 어떤 것이 중요하다고 보십니까? 개인적인 견해에 따라 중요한 순서대로 번호를 매겨 주십시오.
   (> > >)
   가. 건축자재의 사용 단계(완성된 건축물에 거주자가 주거하는 단계)에서의 환경오염(실내공기질 오염 등) 저감
   나. 건축자재의 제조 과정(원료 채취, 수송 및 제조공정)에서의 온실가스 배출량 감축

다. 건축자재의 제조 과정(원료 채취, 수송 및 제조공정)에서의 환경오염(주변 대기/수질 오염 등) 저감

라. 건축자재 폐기의 용이성을 고려한 설계(단일재질화 등) 및 재활용율 향상

2. 현재 시행되고 있는 건축자재 관련 제도(친환경 건축자재 단체품질 인증제도(HB마크) 등)에 대한 의견은 어떻습니까?

(5점: 매우 좋음 ~ 1점: 매우 나쁨)

가. 대중에 대한 인식도 : 건설업 관련자 및 일반 대중 포함 ( )

나. 제도의 효율성 : 친환경 건축자재의 생산 및 보급에 효과적임 ( )

다. 환경개선효과 : 기존 건축자재에 비해 친환경성이 우수함 ( )

라. 기타 의견 ( )

3. 2번의 '다'항목과 관련하여, 어떤 환경개선효과가 있다고 보십니까?

( )

4. 건축자재의 전과정평가를 통해 친환경 건축자재의 설계, 생산 및 사용을 장려하는 제도의 필요성에 대해 어떻게 생각하십니까? ( )

가. 시급히 도입할 필요가 있음

나. 도입할 필요가 있음

다. 도입할 필요는 있으나 시기상조임

라. 도입할 필요 없음

마. 기타 ( )

* 전과정평가 : life-cycle assessment, 건축자재의 생산에 필요한 원자재의 채취 및 수송, 제조, 사용 및 폐기를 포함하는 전과정에 대한 환경성 평가

5. 기후변화에 대한 대처를 위해 건설업 및 건축자재 생산업체에서 해야 할 다음 활동의 시급성을 어떻게 보십니까?

(5: 매우 시급함 ~ 1: 전혀 시급하지 않음)

가. 에너지 고효율 건축물의 설계 ( )

나. 온실가스 배출량을 감축한 저탄소 건축자재의 생산 및 보급 ( )

다. 시공공정에서 발생하는 온실가스 감축 노력 ( )

라. 지역단위 친환경 주거단지의 개발 및 보급 ( )

6. 기후변화 및 건축자재의 탄소 배출량을 관리하거나 저탄소 배출 건축자재의 활성화를 위한 제도가 필요하다고 보십니까? ( )

가. 시급히 도입할 필요가 있음
나. 도입할 필요가 있음
다. 도입할 필요는 있으나 시기상조임
라. 도입할 필요 없음
마. 기타 ( )

[설문 결과]

1. 건축자재의 환경성 중 가장 중요한 것은?

우선순위	환경성 요인	중요도
1	제조과정에서의 환경오염 저감	28.3%
2	제조과정에서의 온실가스 배출량 감축	28.0%
3	사용단계에서의 환경오염 저감	22.7%
4	폐기의 용이성 및 재활용율 향상	21.0%
합 계		100.0%

※ 중요도의 계산은 첫 번째로 선택한 경우에 5점을 부과하고, 이후 순서대로 4점, 3점, 2점, 1점 순서로 계수를 부여하여 합산 후 산술평균을 취하여 계산함.

1번 항목은 건축자재의 환경성에 대한 일반적인 인식도를 알아보기 위한 항목이다. 설문 결과 일반적으로 건축자재의 환경성 요소라고 볼 수 있는 네 가지 항목 중 어느 하나에 치우치지 않고 모두 중요하게 여기는 것으로 나타났으며, 이들 중 건축자재의 제조과정이 보다 친환경적이어야 하며, 제조과정에서의 온실가스 배출량도 감축하여야 한다는 점이 좀 더 중요한 것으로 보고 있었으며, 폐기나 재활용을 고려한 건축자재의 설계는 중요도가 약간 떨어지는 것으로 나타났다.

2. 건축자재 관련 제도의 효율성

2-1) 대중에 대한 인식도

대중에 대한 인식도	응 답
매우 좋음	3.0%
좋음	21.2%
보통	42.4%
나쁨	21.2%
매우 나쁨	12.2%
합 계	100.0%

2-2) 제도의 효율성

환경 개선 효과	응 답
매우 좋음	3.0%
좋음	33.3%
보통	33.3%
나쁨	24.2%
매우 나쁨	6.2%
합 계	100.0%

2-3) 환경 개선 효과

환경 개선 효과	응 답
매우 좋음	6.1%
좋음	33.3%
보통	42.4%
나쁨	18.2%
매우 나쁨	0.0%
합 계	100.0%

기타 의견

1) HB마크에 대해 알고는 있으나 상세한 기준은 모름
2) 기준이 오염물질 저방출 정도에만 국한되어 있으므로, 건축자재 환경성 전반에 대한 평가 확대가 필요함
3) 제도와 관련된 홍보가 부족함. HB 제도의 신뢰성 향상을 위해 보완 필요
4) 전반적으로 HB마크에 대한 인지나 인식이 부족. 제도 홍보 부족

종합)

설문 항목	내 용	호응도
1	대중에 대한 인식도	21.1%
2	제도의 효율성	31.5%
3	환경 개선 효과	47.4%
합 계		100.0%

※ 호응도의 계산은 매우 좋음에 3점, 좋음에 2점, 보통에 1점, 나쁨에 -1점, 매우 나쁨에 -2점의 계수를 부여하여 합산 후 산술평균을 취하여 계산함.

2번 항목은 현재 국내에서 시행되고 있는 HB제도 등 건축자재 관련 제도에 대한 인식도 및 그 효용성에 대한 질문이다. 우선 인식도에 대해서는 응답자의 24.2%가 매우 좋거나 좋다고 하였으며, 42.4%는 보통이라고 대답하여 응답자의 66.6%는 인식도가 보통 이상인 것으로 응답하였으며, 1/3 정도에 해당하는 응답자들은 이러한 제도들의 인식도가 좋지 않은 것으로 판단하고 있었다. 또한 제도의 효율성에 대해서는 69.6%의 응답자가 보통 이상이라고 응답하여, 제도가 친환경 건축자재의 생산과 보급에 효율성이 있다고 판단하고 있었으나, 30.4%는 이 제도의 효율성이 나쁘다고 보고 있으며 특히 6.2%는 매우 효율성이 나쁘다고 보고 있었다. 제도의 효과성에 대한 질문에서는 건축자재의 환경성 개선 효과 면에서는 18.2%의 응답자를 제외한 나머지 81.8%의 응답자가 보통 이상의 환경성 개선 효과가 있다고 하여, 제도를 도입한 결과로써의 건축자재 환경성 개선 효과는 있는 것으로 보고 있었다.

그러나 2번 항목의 결과를 종합적으로 판단해보면 대중의 호응도는 인식도가 21.1%, 효율성이 31.5%, 환경성이 47.4%로 나타나, 세 항목 모두 50%를 밑도는 낮은 호응도를 보이고 있다. 이러한 원인을 분석하여보면 기타 의견에서도 판단할 수 있듯이 대중에 대한 홍보 부족 등의 요인으로 인한 인식도 부족이 가장 큰 문제점으로 드러났으며, 효율성 또한 일부 실내공기질 오염 관련 물질 등으로 국한된 제도로써, 건축자재의 전반적인 환경성 개선 효율은 미흡한 것으로 나타났다.

4. 전과정평가를 통한 친환경 건축자재 제도 도입 필요성

필요성	응답률
시급히 도입할 필요가 있음	40.0%
도입할 필요가 있음	54.2%
도입할 필요는 있으나 시기상조임	2.9%
도입할 필요 없음	2.9%
합 계	100.0%

기타 의견

1) 외국 유사 제도의 도입 후, 보완하며 도입하여야 함

2) 예산문제와 기술수준을 검토하여 단계별로 도입하여야 함

4번 항목은 건축자재의 환경성 평가에 전과정평가 방법을 사용하는 친환경 건축자재 인증제도의 도입 필요성에 대한 설문이었다. 설문 결과는 94.2%의 응답자가 도입할 필요가 있다고 하였으며, 특히 응답자의 40.0%는 시급히 도입하여야 할 제도라고 응답하였다.

5. 기후변화 대비를 위한 건설업 및 건축자재 생산업체의 주요 업무

5-1) 에너지 고효율 건축물

시급성	응답
매우 시급함	62.9%
시급함	31.3%
보통	2.9%
시급하지 않음	2.9%
전혀 시급하지 않음	0.0%
합 계	100.0%

5-2) 온실가스 배출량을 감축한 저탄소 건축자재의 생산 및 보급

시급성	응답
매우 시급함	37.1%
시급함	45.8%
보통	17.1%
시급하지 않음	0.0%
전혀 시급하지 않음	0.0%
합 계	100.0%

5-3) 시공공정에서 발생하는 온실가스 감축 노력

시급성	응답
매우 시급함	34.3%
시급함	25.7%
보통	28.6%
시급하지 않음	8.6%
전혀 시급하지 않음	2.8%
합 계	100.0%

5-4) 지역단위 친환경 주거단지의 개발 및 보급

시급성	응답
매우 시급함	14.4%
시급함	37.1%
보통	37.1%
시급하지 않음	5.7%
전혀 시급하지 않음	5.7%
합 계	100.0%

종합)

중요도	설문 내용	시급성
1	에너지 고효율 건축물	32.4%
2	온실가스 배출량을 감축한 저탄소 건축자재의 생산 및 보급	28.3%
3	시공공정에서 발생하는 온실가스 감축 노력	21.6%
4	지역단위 친환경 주거단지의 개발 및 보급	17.7%
합 계		100.0%

5번 항목은 기후변화 및 온실가스 배출량 감축을 위해 건축자재 생산업체나 건설업체에서는 어떠한 노력을 우선적으로 수행하여야 할지에 대한 설문이었다. 설문 결과에 의하면 에너지 고효율 건축물의 설계 및 보급이 가장 시급한 문제로 인식되고 있었으며(전체 응답자의 32.4%), 그 다음으로 저탄소 배출 건축자재의 생산과 보급(28.3%), 시공공정의 온실가스 감축(21.6%), 친환경 주거단지 개발 및 보급(17.7%) 순으로 시급하다고 판단하고 있었다.

각 이슈별 시급성을 보다 자세히 분석해보면, 에너지 고효율 건축물의 개발 및 보급은 62.9%의 응답자가 매우 시급하다고 보고 있었으며, 31.3% 또한 시급한 문제로 파악하고 있어 가장 시급한 이슈로 파악되었다. 저탄소 배출 건축자재 또한 응답자의 82.9%가, 시공공정의 온실가스 배출 감축은 60.0%가 시급하거나 매우 시급한 문제로 보고 있었으며, 친환경 주거단지의 보급은 이보다 조금 낮은 51.5%의 응답자가 시급하거나 매우 시급한 이슈라고 판단하고 있었다.

6. 탄소배출 관리 또는 저탄소배출 건축자재 활성화를 위한 제도의 필요성

필요성	응답
시급히 도입할 필요가 있음	25.7%
도입할 필요가 있음	62.9%
도입할 필요는 있으나 시기상조임	2.9%
도입할 필요 없음	2.9%
합 계	100.0%

6번 항목은 건축자재의 탄소 배출량 관리나 저탄소 건축자재 생산 및 보급 활성화를 위한 제도 도입의 필요성에 대한 설문으로써, 설문 결과는 응답자의 88.6%가 관련 제도를 도입할 필요성이 있다고 보고 있었으며, 도입할 필요가 없다고 보는 응답자는 2.9%, 도입할 필요는 있으나 아직 도입시기가 이르다고 보는 응답자 또한 2.9%였다.

3.9.2 유사 제도 연구

이와 같은 필요성에 의해 동 연구사업의 1차년도와 2차년도에는 제품의 환경성을 평가하여 인증을 부여하는 형태의 국내외 유사 제도들에 대한 분석을 주로 수행하였다. 이러한 분석 결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

가. 유사 제도인 ISO 14025 규격에 따르는 "환경성적표지 인증제도" 조사

- 국내외 환경성적표지 인증제도 도입 현황 조사
  : 스웨덴, 일본, 한국 등에서 실시하고 있는 유사제도인 환경성적표지 인증제도 도입 및 운영 현황 조사

① 스웨덴

· 제도명 : Environmental Product Declaration (EPD)
· 운영주체 : Swedish Environmental Management Council (SEMC)
· 운영구조 : 인정기관(SWEDAC) 및 8개 인증기관
· 제품군별 세부지침(PCR) : 총 69개 제품군
· 제도의 특징
  - B2B 중심의 운영(B2C를 배제하지는 않음)
  - 스웨덴뿐만이 아닌 세계 각국(이탈리아, 일본, 벨기에 등)에서 자체적인 PCR을 개발, 등록하여 인증에 활용

② 일본

· 제도명 : Ecoleaf
· 운영주체 : 일본산업환경관리협회 (JEMAI)

· 운영구조 : 인정기관(SWEDAC) 및 8개 인증기관

· 제품군별 세부지침(PSC) : 총 51개 제품군

· 제도의 특징

- 총 397개 등록 실적
- 기업 전체/일부의 능력을 평가하여 시스템 인증을 부여하는 제도를 동시에 추진

③ 대한민국

· 제도명 : 환경성적표지인증제도

· 운영주체 : 환경부

· 운영구조 : 환경성적표지 인증 및 업무수탁기관(친환경상품진흥원), 인증심사원 교육기관(환경보전협회)로 구성

· 제품군별 세부지침(PCR) : 총 24개 제품군

· 제도의 특징

- 2005. 12. 현재 86개 제품 인증 유지
- "환경기술개발및지원에관한법률"에 근거하여 운영

④ 캐나다

· 제도명 : Environmental Profile Data Sheet (EPDS)

· 운영주체 : 캐나다산림제품협회

· 운영구조 : Terrachoice Environmental Services Inc. (민간 제3자 검증기관)과 운영주체의 공동 운영

· 제도의 특징

- 2004. 11 현재 34개 펄프, 제지 제품군 인증 취득

⑤ 독일

· 제도명 : 환경성적표지인증제도

· 운영주체 : AUB (독일건축자재생산자연합)

· 운영구조 : 환경성적표지 인증기관(환경관리공단), 업무 수탁기관(친환경상품진흥원), 인증심사원 교육기관(환경보전협회)로 구성

· 제품군별 세부지침(PSC) : 총 51개 제품군

· 제도의 특징

- 빌딩 평가를 위한 유럽 규격(CEN TC 350) 제정 예정

⑥ 미국

· 제도명 : Certified Eco-Profile Labeling System (CEP)

· 운영주체 : Scientific Certification System (SCS)

· 제도의 특징

- 2004.6 현재 33개 제품군 1000여개 제품 인증 획득

⑦ 노르웨이

· 스웨덴의 EPD 제도를 주로 활용

· GEDnet의 홈페이지를 통한 PCR 정보 공개/활용

· NOH, BNL 두 조직의 작업반에 의해 EPD 제도 운영, 2007년 사설기관 설립 예정

⑧ 중국

· 현재 제3유형 환경성선언프로그램 시행을 위한 준비단계

· 2006년 2개 기업을 대상으로 한 시범인증 시행

나. 국내 환경성적표지제도의 ISO 국제규격과의 비교

① 해외 제3유형 환경성선언제도의 공통된 특징

· ISO 14025 규격의 내용에 충실

· 법에 기준을 두고 시행되는 형태보다는 민간부문 주도로 시행

· B2C 위주가 아닌 B2B 인증 형태로 운영

· 각 국가별로 제3유형 환경성선언제도의 원칙을 유지하며 독특한 형태로 운영

② 해외 제3유형 환경성선언제도와 비교한 국내 제도의 규격 부합성

· ISO 14025 규격에서 언급하는 기본 원칙에의 부합성

- "자발적 참여" 원칙 : 대체적으로 부합
- "이해관계자 참여" 원칙
  : 정부주도의 운영으로 인해 운영주체가 다양하지 못하여 다소 폐쇄적임
- "비교가능성" 원칙
  : 외국 제품과의 비교는 GEDnet을 통한 상호인정절차 수립 전에는 불가. 제품군간의 비교는 양호
- "검증" 원칙
  : 대체적으로 양호하나, PCR 작성자와 검증위원의 중복 위험 존재
- "탄력성" 원칙
  : 정부 주도의 제도 운영으로 인한 탄력성 미흡(인증기관 추가 지정 불가 판결 등)
- "투명성" 원칙
  : 대체적으로 부합하나, B2C를 고려한 운영상 일반인이 이해하기 쉬운 LCA 정보 공개 미흡

다. 유사제도 분석에 따른 친환경건축자재 인증제도 국내 제도화 방안 제시

- 제도 운영 기본원칙

① 프로그램 운영의 다양성 고려
: 법률에 의거한 정부 주도의 제도로 제한하지 않는, 광범위한 민간부문 참여 필요

② 국제 상호인정 고려
: 해외의 건축자재 인증제도와의 연계 상호인정을 고려한 국제 기준 도입 필요

③ B2C와 B2B를 동시에 추구
: 기업간 거래를 위한 환경정보 간소화의 효과 외에도, 직접 소비자에게 어필할 수 있고, 이해하기 쉬운 환경성정보의 제공이 필수적

④ 기타 제도 및 환경경영기법과의 연계방안 추구

: 기업의 환경경영시스템(ISO 14001)과의 통합 운영을 통한 중복노력 최소화, 환경경영보고서/지속가능보고서 발간 정보 획득이 쉽도록 연계성 제고 필요, 국가 LCI DB(건교부, 산자부 및 환경부)와의 연계를 통한 LCA 기법 활용

⑤ 제도 홍보 및 인식 제고

: 정부 차원의 적절한 인센티브 개발 필요

라. 국내외 제도의 특징 분석 및 인증제도 정착을 위한 정책적 고려사항

- 국내 제도의 특징

① 기존 친환경건축자재인증제도의 평가 대상 편중성

: 기존 친환경건축자재 제도는 실내공기질을 우선으로 하여 지구환경에 대한 고려를 하지 못하고 있음

② 건축물 및 건축자재의 특징 미반영

: 기존 환경성적표지제도는 건축물의 구성요소로 투입되는 건축자재의 특징을 고려하지 않아 제도 정착에 어려움이 있었음

- 국외 제도의 특징

유럽에서는 건설산업의 중요성을 인식하여 환경성적표지나 탄소표시에서 건축자재을 우선 적용대상으로 삼고 제도를 운영 중임

- 정책적 고려 사항

① 기존 환경성적표지제도나 시행예정인 탄소표시제도에 대한 고려

: 기존 제도에서 건축자재를 다룰 것인지 새로운 틀로 다룰 것인지 고려가 필요하나 현재 상태에서는 기존 제도 내에서 다루는 것이 바람직 함

② 건축물 및 건축자재산업에서 확산을 위한 정책 지원

: 친환경건축물인증제도에서 건축자재의 환경성표시나 탄소 표시를 의무화하도록 규정하는 것이 필요하고, 정부발주공사에서 친환경건축자재가 일정 비율 이상 사용되도록 규정하는 것이 요구됨

3.9.3 친환경 건축자재 인증제도

전술한 정책적 고려사항에도 불구하고 건축산업에서 친환경건축자재가 적용되기 위한 기본적인 틀을, 국내 실정을 고려하고 국제규격에 준하여 제안하면 다음과 같다. 본 제도(안)에 대한 시행여부는 주무부처와 협의하고자 한다.

가. 인증제도 개요

이 친환경 건축자재 인증제도는 기본적으로 ISO 국제규격에 따라 적합성이 유지될 수 있도록 국제 인증제도의 기본 틀을 도입하였으므로, 다음과 같은 특성을 갖게 된다.

(1) 인증제도 운영과 관련된 기관

① 운영기관

제도 운영을 총괄하는 기관으로써, 정부 주도의 제도인 경우 일반적으로 담당 정부부처가 되며, 민간 주도의 제도인 경우 독립성 있는 위원회 등이 맡게 된다.

② 인정기관

국제규격에 의해 제도를 실질적으로 운영하는 기관으로써, 주요 담당 업무는 인증기관들의 지정/관리 업무이며, 해외 유사제도들과의 상호인정 업무 등을 함께 수행한다.

③ 인증기관

기업의 신청을 받아 실제로 인증심사를 수행하고 인증서를 발급하는 업무를 담당하는 기관이다.

④ 연수기관

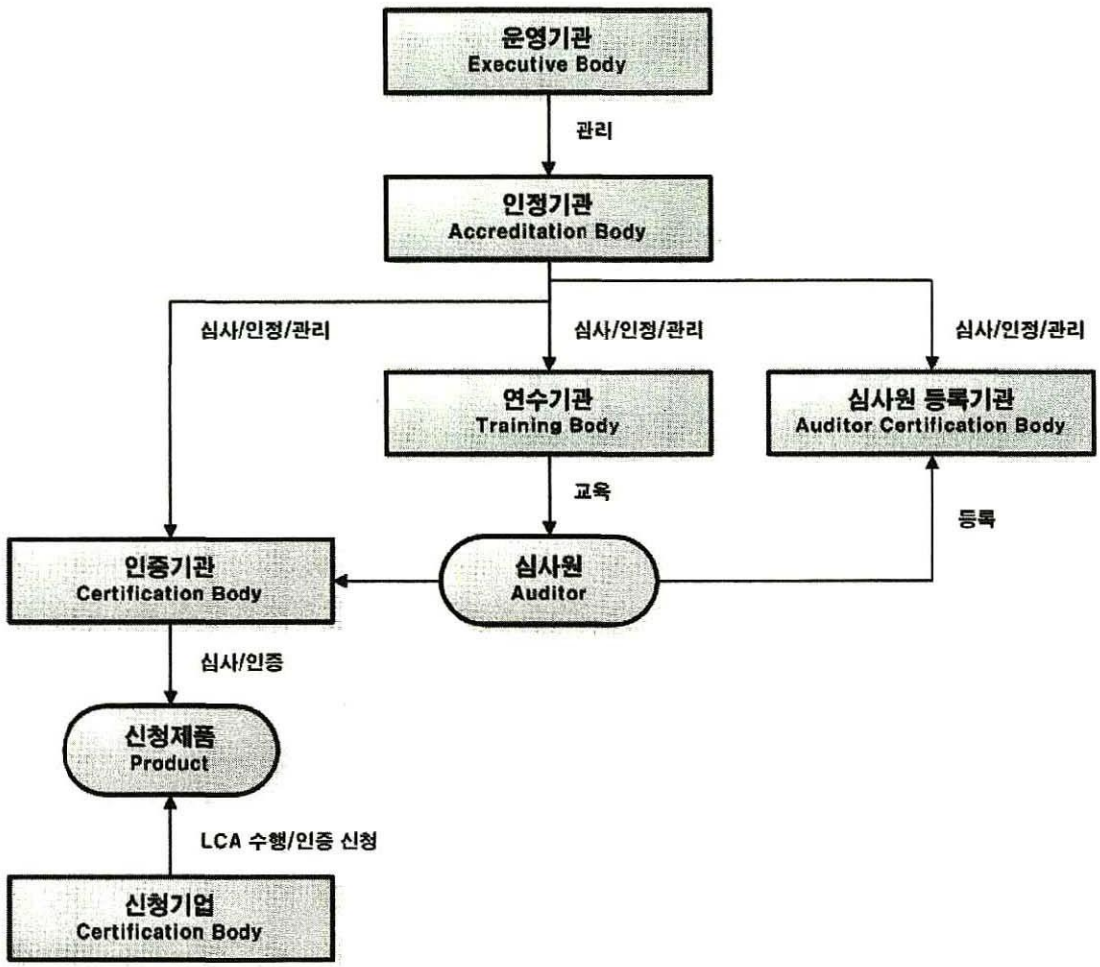
인증심사를 수행하는 심사원을 교육, 양성하는 기관이다.

⑤ 심사원 등록기관

양성된 심사원을 등록, 관리하고 적격성을 유지하도록 하는 기관이다.

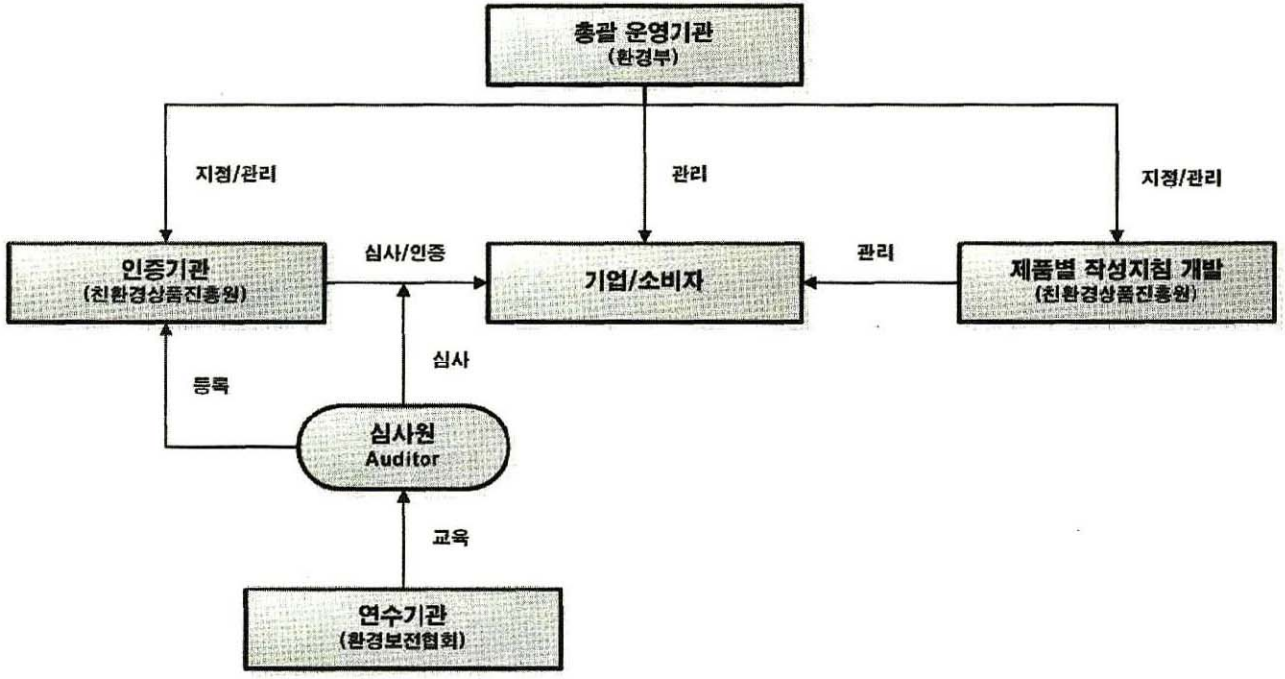
(2) 인증제도 운영 체계

친환경 건축자재 인증제도가 ISO 국제표준에의 부합성을 유지하려면, 다음의 그림과 같은 형태를 갖는 것이 바람직하다.



[그림 3.9.1] ISO 기준에 따른 친환경 건축자재 인증제도

참고로, 현재 환경부에서 운영하고 있는 환경성적표지제도의 경우 아래와 같은 구조를 갖고 있으며, 이 구조는 관련 기관의 독립성 문제가 취약하여 ISO 국제규격에의 부합성을 획득하기 어려운 약점을 갖고 있다.

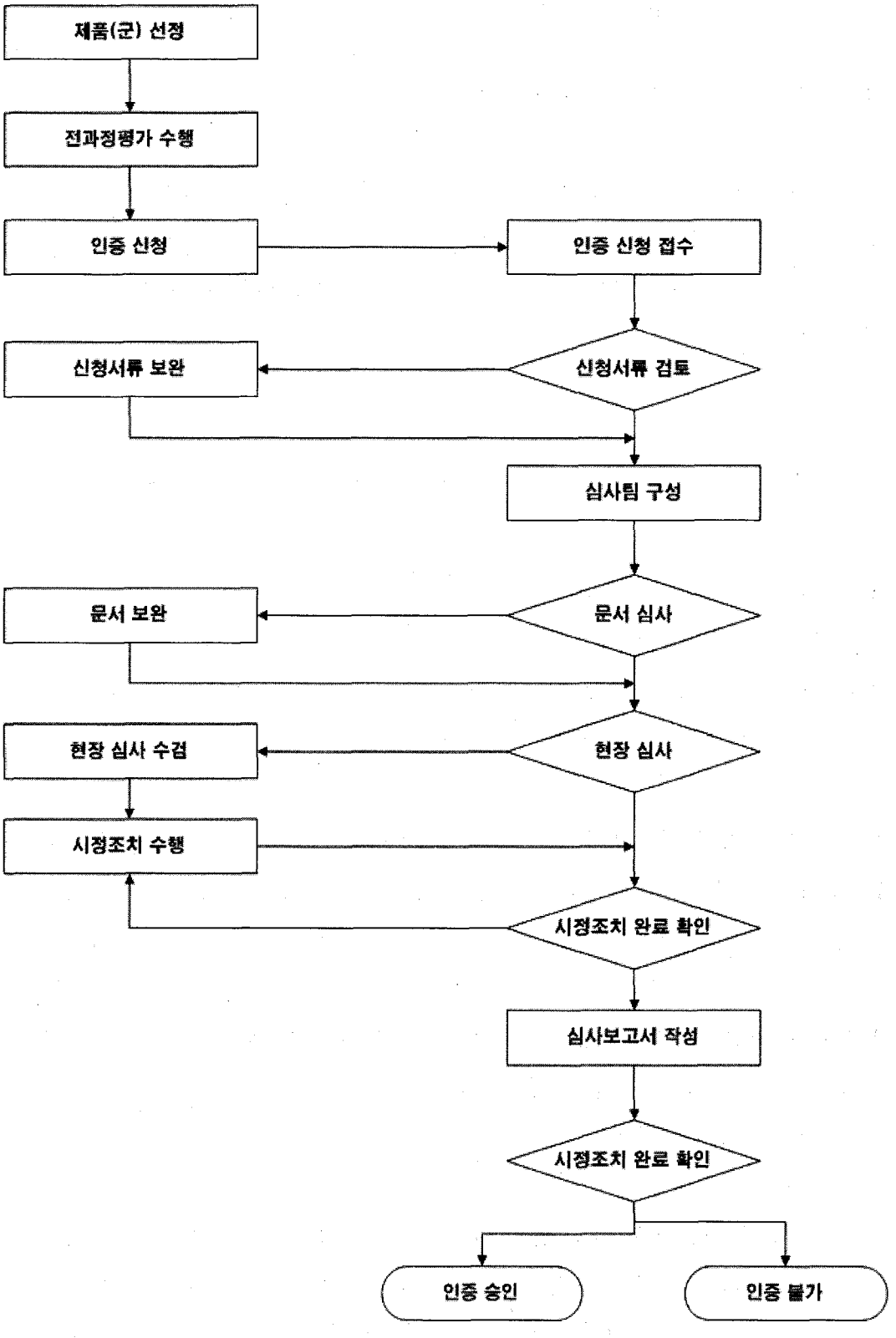


[그림 3.9.2] 인증제도 환경성적표지 인증제도 운영 체계

(3) 인증제도 운영 절차

친환경 건축자재 인증제도는 다음의 그림과 같은 절차로 운영될 수 있다. 즉, 기업이 원하는 제품에 대해 주어진 전과정평가 수행기준에 따라 전과정평가를 수행하고 그 결과를 제출하여 인증을 신청하면, 인증기관에서 그 결과에 대해 서류 검토, 문서 심사 및 현장 심사를 수행한 후 심사보고서를 작성하여, 최종적으로 독립적인 인증심의위원회에서 인증 여부를 결정하는 형태로 진행되게 된다.

인증기관에서 수행하는 각각의 검토 및 심사 절차에는 발견된 미비사항에 대해 신청기관이 보완할 수 있는 기간을 확보하도록 하고 있으며, 이러한 시정조치들이 다 완료된 후에 보고서가 작성되는 형태로 구성되어 있다.



[그림 3.9.3] 친환경 건축자재 인증 절차

나. 인증제도 운영규정

(1) 친환경 건축자재 인증제도 운영규정

제도 운영규정은 현재 운영되고 있는 환경성적표지 인증제도와 최대한 유사한 형태를 갖도록 하여, 기존에 상기 제도에 참여하고 있는 건축자재 생산업체들의 혼란을 최소화할 수 있도록 하였으며, ISO 국제규격에 의한 기준과 절차를 도입하여 수정하였다.

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 운영규정(이하 "규정"이라 한다)은 친환경 건축자재 인증(이하 "인증"이라 한다)업무를 수행하는 인증기관들이 준수하여야 할 사항을 규정한 것으로, 친환경 건축자재 인증제도 인정기관(이하 "인정기관"이라 한다)이 인증기관을 관리 및 감독할 때 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(용어 정의) 본 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. "인증심사팀"이라 함은 인증신청된 제품별 친환경 건축자재 인증심사업무를 수행하고 인증심사보고서를 작성하여 인증심의위원회에 보고하기 위하여 인정기관장이 구성·운영하는 기구를 말한다.
2. "인증심의위원회"라 함은 인증심사팀의 심사 결과를 검토하고 인증여부를 심의하기 위하여 인정기관장이 구성·운영하는 기구를 말한다.
3. "지침"이라 함은 "친환경 건축자재 전과정평가 수행지침"(이하 "지침"이라한다)을 말한다.
4. "동일제품"이라 함은 최초 인증 제품과 비교하여 동일한 기능을 수행하며 경미한 디자인의 변경이나 색상의 변화로 인하여 최초 인증 제품으로부터 제품의 형식번호(모델명)가 변경되나 환경성적은 최초 인증 제품과 동일한 것으로 인정되는 제품을 말한다.
5. "파생제품"이라 함은 최초 인증 제품과 비교하여 동일한 기능을 수행하며 다만

크기, 용량, 색상 등의 변화가 있어 최초 인증 제품으로부터 제품의 형식번호(모델명)가 변경되고 환경성적이 달라지는 것으로 인정되는 제품을 말한다.

6. "사후관리"라 함은 인증을 얻은 제품의 인증 유지상태 확인 및 친환경 건축자재 무단사용 사례조사 등을 말한다.

제3조(업무범위) 인증기관의 인증업무의 범위는 다음 각 호와 같다.

1. 인증심사팀 및 인증심의위원회 구성·운영에 관한 사항
2. 인증심사 및 인증·인증취소에 관한 사항
3. 인증제품의 사후관리 및 이의신청에 관한 사항
4. 인증결과의 공개 및 인증관련 국제교류에 관한 사항
5. 그밖에 인증과 관련된 교육·연구·용역 등 부대사업

제2장 인증심사팀·심의위원회 구성 및 운영

제4조(인증심사팀 구성 및 기능)

① 인증기관장은 인증신청 제품에 대한 인증심사를 합리적이고 객관적으로 수행하기 위하여 적격한 친환경 건축자재 인증심사원(이하 "심사원"이라 한다)으로 조직된 인증심사팀(이하 "심사팀"이라 한다)을 구성해야 한다.

② 심사팀은 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 서류심사
2. 문서심사
3. 현장심사
4. 심사결과의 인증심의위원회 보고

③ 인증기관장은 외부 심사원을 비상근심사원으로 위촉할 수 있다.

④ 심사팀장은 인증기관장이 심사원 중에서 임명한다.

⑤ 인증기관장은 외부 심사원을 활용할 경우 인증신청기업과 이해관계가 있는 자를 심사원으로 활용하여서는 아니된다.

제5조(인증심의위원회 구성 및 기능)

① 인증기관장은 친환경 건축자재 인증심의를 위하여 다음 각 호로 구성된 인증심의위원회를 구성한다.

1. 친환경 건축자재 심사원
2. 전과정평가 및 환경경영 분야 전문가
3. 제품설계 또는 생산공정 분야 전문가
4. 그 밖에 인증기관장이 인증심의를 위하여 필요하다고 인정하는 전문가

② 심의위원회는 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 최초인증 심의·의결
2. 인증취소 심의·의결
3. 변경인증 심의·의결
4. 이의신청사항, 동일제품 확인 등 인정기관 장이 심의위원회의 심의·의결이 필요하여 상정하는 안건에 대한 심의·의결

③ 인증기관장은 인증심의 대상제품과 이해관계가 있는 자를 심의위원으로 임명하여서는 아니된다.

④ 인증기관장은 심의위원회 위원이 원하거나 다음 각 호의 1에 해당되는 경우에는 동 위원을 해촉할 수 있다.

1. 윤리규정 준수서약서를 위반하였거나 위원회의 명예를 손상하였을 경우
2. 위원이 임기 중에 질병·장기여행 등 일신상의 사정으로 위원의 직무를 수행할 수 없는 경우

제3장 인증절차

제6조(인증신청)

① 친환경 건축자재 인증을 얻고자 하는 자(이하 "신청자"라 한다)는 인증신청서를 인증기관장에게 제출하여야한다.

제7조(인증업무절차)

인증업무의 처리절차는 별표와 같다.

제8조(인증심사)

① 인증기관장은 신청인으로부터 인증신청서를 접수받은 후 적격한 심사팀장을 선정하여야 하며, 심사팀장은 적격한 심사원으로 구성된 심사팀을 조직하여야 한다.

② 인증심사는 대상제품별 전과정평가 수행지침을 기준으로 수행하여야 한다.

③ 심사팀장은 서류심사 및 문서심사를 실시하고 미비한 사항이 발견된 경우 신청자에게 통보하여 보완토록 한다.

④ 심사팀은 제품규격, 생산공정, 현장데이터 검증 등을 위하여 현장심사를 실시하고 심사보고서를 작성하여야 한다.

⑤ 심사팀장은 서류심사, 문서심사 및 현장심사를 완료하고, 시정조치가 완료되었음을 확인한 후 인증심의보고서를 작성하여 인증기관장에게 제출하여야 한다.

제9조(인증심의)

① 인정기관장은 심사팀의 심사가 완료된 후에 심의위원회를 구성, 소집하여야 한다.

② 심의위원회는 심사단장이 제출한 심사보고서를 토대로 심의 여부를 결정하여야 한다.

제10조(심의결과 통보) 인정기관장은 인증심의결과를 신청자에게 심의완료일로부터 7일 이내에 신청인에게 통보하여야 한다. 이때 적합하지 아니한 것으로 결정된 경우에는 그 사유를 명시하여야 한다.

제11조(동일제품 인증)

① 동일제품 인증을 신청하고자 하는 자는 동일제품임을 확인할 수 있는 제품규격서 등 증빙서류를 첨부하여 인증기관장에게 신청하여야 한다.

② 인증기관장은 신청인으로부터 증빙서류가 접수되면 동일제품 여부를 결정하여 신청인에게 통보하여야 한다.

③ 동일제품으로 확인된 제품의 경우에 기 인증제품의 인증서를 사용할 수 있다.

제12조(변경 인증)

① 신청인은 다음 각 호에 해당하는 사유가 발생한 경우에는 친환경 건축자재 변경인증신청서를 작성하여 인증기관장에게 제출하여야 한다.

1. 인증제품의 투입물 및 생산공정 등의 변화로 전과정평가 결과가 변경된 경우
2. 인증기간이 종료된 제품에 대하여 인증연장신청을 하는 경우
3. 인증 받은 제품의 파생제품에 대하여 인증신청을 하는 경우

② 인증기관장은 신청인으로부터 친환경 건축자재 변경인증신청서를 접수받은 경우에는 제8조 내지 제9조에 따라 인증심사 및 인증심의를 수행하여야 한다.

제13조(인증서 교부 및 재교부 등)

① 인증기관장은 인증심사 결과 적합하다고 판단된 제품에 대해서는 친환경 건축자재인증서(이하 "인증서"라 한다)를 교부하여야 한다.

② 인증을 얻은 자는 인증 내용과 관련된 중대한 변경사항이 발생한 경우에는, 그 내용을 인증기관장에게 제출하여야 하고, 인증기관장은 변경 내용을 반영하여 인증서를 재발급 할것인지의 여부를 결정하여야 한다.

1. 기업의 명칭, 대표자, 소재지 변경 시
2. 공장의 양도·양수 시
3. 기타 인증제품의 전과정평가 결과의 큰 변화 없이 상품(브랜드)명이 변경된 경우

③ 인증기관장은 인증을 얻은 자가 인증서의 분실 또는 훼손으로 인증서 재교부를 요청한 경우에는 이를 재교부하여야 한다.

제14조(인증기간)

① 인증이 결정된 제품에 대한 인증 유효기간은 3년으로 한다.

② 친환경 건축자재 인증기간 중에 인증 받은 내용이 변경된 경우에는 인증기관에 변경된 내용을 제출하여 승인을 받아야 한다.

③ 동일제품과 파생제품의 인증기간 만료는 최초 인증제품의 인증 만료일과 동일하게 적용한다.

제15조(친환경 건축자재 표시형태)

① 친환경 건축자재 대상제품별 표시형태 기준은 별도의 기준에 따른다.

② 인증을 얻은 자는 별지 제11서식의 친환경 건축자재표시형태사용계획서를 인증기관장에게 제출하여야 한다.

③ 인증기관장은 신청자가 제출한 친환경 건축자재표시형태 사용계획서의 승인여부를 결정하고 이를 통보하여야 한다.

제16조(이의신청)

① 이해관계자 또는 신청인은 인증결과에 대하여 이의가 있을 경우 이의신청을 할 수 있다.

② 제1항의 규정에 따라 이의신청을 하고자 하는 자는 별지 제12호서식의 이의신청서를 작성하여 인증기관장에게 제출하여야 한다.

③ 인증기관장은 제2항의 이의신청을 받은 경우에는 사실여부를 조사하여 처리하고, 조사결과 이의신청이 중요하다고 인정되는 경우에는 심의위원회의 심의를 거쳐 그 결과를 신청인 및 인정기관에게 통보하여야 한다.

제4장 사후관리

제17조(기본계획 수립 및 시행)

① 인증기관장은 제18조에 포함된 범위의 사후관리를 위하여 매년 기본계획을 수립하고 이를 시행하여야 한다.

② 인증기관장은 제1항에 의한 사후관리를 시행하고 그 결과를 인정기관에게 제출하여야 한다.

③ 사후관리는 년 1회이상 시행하는 것을 원칙으로 하며, 인증일로부터 1년이 경과한 후부터 실시한다.

제18조(사후관리 범위) 인증기관장은 다음 각 호의 사후관리를 실시해야 한다.

1. 전과정평가 결과로 제시한 물질구성비 및 생산공정 데이터 등의 지속적인 유지여부
2. 친환경 건축자재 인증서 및 광고의 적정 사용 여부
3. 친환경 건축자재 인증서의 무단사용 여부
4. 그 밖의 인정기관장이 필요하다고 인정하는 사항

제19조(시정조치 및 인증취소)

① 인증기관장의 인증자에 대한 인증취소 결정은 별도의 인증취소규정에 따른다.

② 인증기관장은 사후관리 실시 후 시정조치가 필요한 경우에는 이를 시정하도록 요구하여야 한다.

③ 인증기관장은 제1항에 의거 인증을 취소하고자 하는 경우 인증취소규정 의한 심의위원회의 의결을 거쳐야 하며, 인증을 취소하기로 결정한 때에는 그 사실을 인증자에게 통보하고, 공고를 요청하여야 한다.

제5장 자료 관리 및 보고

제21조(자료 관리)

① 인증기관장은 인증심사 및 인증 관련 자료를 적절히 기록하고 정해진 기간대로 유지, 보관하여야 한다.

제22조(보고)

① 인증기관장은 다음 각 호의 사항을 포함한 전년도 운영실적과 당해년도 인증심사운영계획을 수립하여 매년 정해진 기한 내에 인정기관에게 보고하여야 한다.

1. 심사단 및 위원회 구성·운영 등 인증심사 계획
2. 사후관리

② 인증기관장은 다음 각 호의 사항에 대하여는 인정기관에게 보고하여야 한다.

1. 이의신청 처리결과
2. 인증제품의 인증취소 내용

제23조(서류 보완)

① 인증기관장은 제6조에 의한 인증 신청서류의 보완이 필요한 경우에는 신청인에게 이를 요구할 수 있으며, 보완 및 수정에 소요되는 기간은 민원처리기간에 산입하지 아니한다.

제24조(신청수수료 징수 및 반환)

① 인증기관장은 신청인이 인증을 신청하는 경우에는 신청수수료를 징수하고, 영수증을 교부하여야 한다.

② 인증기관장은 신청자가 서류심사 전에 인증신청 철회를 요청한 때에는 관계서류 및 인증신청수수료를 반환한다.

(2) 건축자재 온실가스 인증제도

현재 전 세계는 기후변화협약 및 온실가스 감축 이슈에 대응하기 위해 절치부심하고 있다. 건축물 및 건축자재 분야 또한 예외가 될 수 없어 에너지 고효율 건축물의 개발과 보급은 물론이고, 건축자재의 온실가스 배출량까지 관리되어야 할 것으로 전망되고 있다.

이러한 건축자재의 온실가스 배출량 또한 동 연구에서 작성한 전과정평가 수행기준 및 국가 데이터베이스를 활용하면 손쉽게 산출할 수 있으므로, 본 연구결과의 보다 효과적인 활용을 위해 건축자재의 전과정 온실가스 배출량을 인증할 수 있는 제도 또한 도입할 수 있는 가능성이 높은 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 건축자재의 탄소발자국(Carbon Footprint, 제품의 전과정에 걸쳐 발생되는 온실가스의 양을 정량화한 것)에 대한 검증을 수행할 수 있는, 보다 현실적인 제도 운영안을 다음과 같이 추가로 제시하고자 한다. 이 제도 운영안은 ISO 14064 및 ISO 14065 온실가스 규격을 기준으로 하고, 현재 지식경제부가 시행하고 있는 "온실가스 감축실적 등록제도"의 운영기준을 참고로 하여 작성하였다.

1. 일반사항

가. (기준의 해석) 이 기준의 보다 구체적인 해석이 필요한 경우에는 ISO 14065 규격 및 KS A ISO 14064-3 규격을 참조할 수 있다.

나. (원칙) 검증기관은 타당성 평가 및 검증 업무를 수행함에 있어 다음과 같은 원칙에 따라야 한다.

① 공평해야 한다.

② 적격한 인원들을 활용해야 한다.

③ 객관적인 심사를 통해 습득한 사실에 근거하여 의사결정을 해야 한다.

④ 심사 관련 정보를 시기적절하게 이해관계자에게 제공해야 한다.

⑤ 심사에서 습득한 정보에 대한 기밀을 준수하여야 한다.

⑥ 이의제기나 불만의 처리에 소홀하지 말아야 한다.

다. (법적 지위 및 책임 소재) 검증기관은 검증 업무 전반에 대한 책임을 질 수 있는 법인이어야 하며, 검증 활동, 의사결정사항 및 검증보고서에 대한 법적 권한과 책임을 가져야 한다.

라. (배상책임 및 재정) 검증기관은 검증 업무와 관련된 재정적 리스크를 평가하였음을 입증하여야 하고, 배상책임을 위한 보험에 가입해야 한다.

마. (경영시스템) 검증기관은 이 기준의 달성을 지속적으로 유지하고 있음을 입증하기 위하여 문서화된 경영시스템을 수립, 실행하고, 관련된 기록을 유지하여야 한다.

2. 조직

가. (최고경영자) 검증기관의 최고경영자는 검증기관의 운영 전반에 대한 총괄적인 권한과 책임을 가져야 한다.

나. (조직 체계) 경영진 및 기타 관련 인원의 의무, 책임과 권한을 보여주는 조직구조 및 체계를 문서화하여야 한다. 검증기관이 법인의 일부인 경우, 이 구조는 동일한 법인 내의 다른 부분과의 관계 및 권한 계통을 포함하여야 한다.

다. (인원의 권한과 책임) 검증 업무 수행과 관련된 모든 인원의 책임과 권한을 명확히 규정하여야 한다.

라. (공평성 및 이해상충 관리) 검증기관은 업무를 수행함에 있어서 공평한 운영을 보장하고 이해상충을 방지할 수 있도록 독립적인 위원회를 포함하는 조직구조 및 문서화된 규정을 갖추어야 하며, 주기적으로 공평성 및 잠재적 이해상충 리스크를 파악, 분석 및 관리하여야 한다.

마. (아웃소싱) 검증기관은 검증보고서 검토와 발행 업무를 제외한 타당성 평가 및 검증 업무의 일부를 계약을 통해 검증기관으로 지정된 다른 기관에 위탁할 수 있으나, 위탁한 내용에 대해 고객과 합의하여야 하며, 위탁한 업무에 대해 모든 책임을 져야 한다.

3. 인력

가. (인원관리) 검증기관은 최고경영자를 포함한 경영진, 심사원, 기술전문가, 정보전문가 및 기타 관련 직원 등 타당성 평가 및 검증 업무와 관련된 인원들의 적격성을 관리하기 위한 기준과 절차를 수립, 유지하여야 한다.

나. (인원적격성 및 교육훈련) 검증기관은 검증활동을 수행하기 위한 충분한 인원을 확보하고, 해당 인원의 적격성을 유지하기 위해 필요한 교육훈련을 실시하며, 관련 기록을 최신으로 유지하여야 한다.

다. (심사원) 검증기관은 적격성이 확보된 심사원을 충분히 보유하여야 한다.

라. (심사팀 구성) 검증기관은 검증을 수행하는데 필요한 적격성을 고려하여 심사팀장을 포함한 심사팀을 선정 및 임명하는 절차를 갖추어야 하며, 이에 따라 심사팀을 구성하여야 한다.

마. (외부심사원) 외부심사원을 활용하고자 할 경우에는, 외부심사원이 수행한 모든 활동에 대한 검증기관이 책임을 져야 하며, 외부심사원과 비밀 준수 및 이해상충 방지를 위한 내용을 포함한 계약을 유지하여야 한다.

4. 운영

가. (고객에게 전달해야 하는 정보 및 고객의 의무 통보) 검증기관은 고객에게 검증활동과 관련된 정보 및 자료를 제공해야 하며, 고객의 의무사항도 전달하여야 한다.

나. (계약) 검증기관은 심사 수행 이전에 검증을 수행할 수 있는지 공평성과 적격성을 평가하고 법적으로 효력이 있는 계약을 체결하며, 적격한 심사팀장을 선정하여야 한다.

다. (심사 전) 검증기관은 적격한 심사팀을 선정하여 고객과 의사소통하고, 샘플링 계획을 포함한 심사계획을 수립하여야 한다.

라. (심사) 심사는 심사팀이 심사계획과 샘플링 계획에 따라 KS A ISO 14064-3의 요구사항에 적합한지를 평가하는 형태로 진행하여야 한다.

마. (검토 및 보고서 발행) 심사팀으로 참여한 인원을 제외한 적격한 인원이 심사

내용 및 결과를 검토하고, KS A ISO 14064-3의 요구사항에 적합한 타당성 평가 보고서 또는 검증보고서를 발행하여야 한다.

바. (보고서 발행 후 발견사항) 보고서 발행 이후 보고서의 내용에 중대한 영향을 주는 사실이 발견된 경우 이에 대한 적절한 조치를 하여야 하며, 필요한 경우 개정 보고서를 발행하여야 한다.

사. (이의제기 및 불만) 검증기관은 검증 활동과 관련된 이의제기 또는 불만의 처리를 위한 문서화된 절차를 수립하여 공개하고 실행하여야 한다.

아. (특별심사) 검증기관은 검증 보고서가 발행된 이후에 제시된 이의제기나 불만, 또는 전담기관의 요청 등에 의해 특별심사를 수행할 수 있는 절차를 마련하여야 한다.

자. (기록) 검증기관은 타당성 평가 및 검증활동과 관련된 기록을 유지 및 관리하여야 한다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

4.1 당해연도 연구목표

당해연도에는 건축자재 LCI D/B 20개 모듈 구축과 더불어 활용을 위한 방안을 마련하였다.

1·2차년도에 이어 범용성이 높고 환경에 미치는 영향이 큰 22개 자재에 대하여 LCI D/B를 구축하였다. 3차년도까지 건축자재 환경성정보(LCI D/B) 64개 모듈이 구축되었다.

구축된 환경성정보가 활용되기 위한 다양한 방안을 마련하였다. 첫 번째는 건축자재 및 건축물 환경성 평가프로그램 APESS 개발이다. 이는 건축자재의 환경성 비교를 통해 환경성이 적은 자재를 쉽게 인식할 수 있도록 개발한 프로그램이다. 나아가 건축물에 있어서는 환경성이 적은 자재선택을 통해 환경에 미치는 영향이 적은 건축물을 사용자가 선택할 수 있도록 구성된 프로그램이다. 무엇보다도 LCA 방법론에 대해 이해가 부족한 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 구성되어 있다. 둘째, 환경성정보 네트워킹 구축이다. 이는 사용자의 접근이 쉬운 웹사이트를 통해 지구환경문제를 비롯하여 LCA방법론 교육프로그램, 국가 환경성정보 제공, APESS프로그램 교육 및 제공으로 구성되어있다. 셋째, 건축자재의 친환경성을 정량적으로 판단할 수 있는 제도를 제안하고자 한다. 자재의 탄소배출량 또는 전과정 관점에서 배출되는 유해물질에 대한 규제 등 정량적인 방법을 통해 검증된 데이터를 바탕으로 소비자의 선택권을 존중하는 제도를 제안하는 것을 목표로 하고 있다.

4.2 연구목표의 달성도

4.2.1 연구개발 수행진도율

..... 당초계획

——— 실　　적

〔표 4.2.1〕 연구개발 수행진도율

구분 / 개발내용	연구개발기간 7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	진도(%)
건축자재 환경성정보 네트워킹 구축을 위한 조사	·····	·····	·····	·····	·····	·····	———						100%
건축자재환경성 정보 네트워킹 구축									·····	·····	·····	·····	100%
건축자재 환경성정보 인증제도 연계											·····	———	100%
LCA 소프트웨어 조사			·····	·····	·····	·····	———	———	———	———	———	———	100%
APESS프로그램 구축							·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
20개 LCI DB구축	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
인증제도(안) 제안										·····	·····	·····	100%
보고서작성											·····	———	100%
총 진도율													100%

4.2.2 연구개발 목표의 달성도

[표 4.2.2] 연구개발 목표달성도

목 표	달 성 도 (%)	내 용
건축자재 환경성정보 네트워킹 구축 완료 및 인터넷 공개를 위한 시스템 구축	100%	▪ 건축자재 환경성정보 네트워킹 시스템의 구체화된 구축방안 마련 ▪ 구체화된 구축방안에 따라 건축자재 환경성정보 네트워킹 공개에 대비한 시스템 구축 완료 ▪ 일반사용자 및 전문가들이 정보 공유 및 LCA 방법론에 대한 교육이 가능하도록 구축 ▪ 건축자재 LCA 프로그램 APESS 배포 가능 ▪ LCI DB 네트워킹 시스템을 통한 공개 및 LCI DB 관련 간행물(협동기관과 공동작업) ▪ 건축자재 환경성정보 인증제도와의 연계방안 ▪ www.apess.kict.re.kr 완료
대상자재별 비교평가가 가능한 APESS 건축자재 LCA 소프트웨어 개발 및 적용성 확대방안 연구	100%	▪ 건축자재 환경영향평가 프로그램 구축 완료 - APESS 구축완료 ▪ 해외 DB를 비롯한 산자부, 환경부 구축완료 DB와의 호환 및 연계성 ▪ APESS 건축자재 LCA 프로그램과의 인증제도와의 연계방안
20개 모듈에 대한 LCI DB 추가 구축	100%	▪ 1, 2차년도의 DB에 추가하여, 우선순위 파악 결과 범용성 및 파급효과가 큰 건축자재 22개 모듈에 대한 DB 추가 구축 ① 관련 업체 선정 및 참여 요청 ② 참여업체 담당자 기초 LCA 교육 ③ 기준흐름 및 기준공정 제정 ④ 참여업체담당자 설문지 작성교육 ⑤ 데이터 수집, 1차 검증 및 보완 ⑥ 데이터 계산 및 2차 검증 ⑦ 최종 DB 구축 및 3차 검증 ⑧ 참여업체에 대한 결과 설명
친환경 건축자재 환경성정보 인증제도 제안	100%	▪ 대표성 있는 건축자재 제조업체들을 대상으로 인증제도 설문조사 실시 ▪ 설문조사 결과를 반영하여 인증제도 보완 및 개선 ▪ 친환경 건축자재 환경성정보 인증제도 제안

4.2.3 연구개발 추진전략 및 방법

[표 4.2.3] 연구개발 추진전략 및 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근 방법)
건축자재 환경성정보 네트워킹 구축 완료 및 인터넷 공개를 위한 시스템 구축	▪ 국내외 관련자료 수집 ▪ 국내외 수집된 자료를 바탕으로 사용자 접근성이 원할한 웹사이트 구성 ▪ LCI DB 네트워킹 시스템을 통한 공개 및 LCI DB 관련 자료공개
대상자재별 비교평가가 가능한 APESS 건축자재 LCA 소프트웨어 개발 및 적용성 확대방안 연구	▪ LCA 소프트웨어 개발을 위한 국내외 LCA소프트웨어 조사 ▪ 국내 PASS, TOTAL개발 기관과 협의를 통해 접근성이 좋은 LCA 소프트웨어 개발 ▪ 해외 DB를 비롯한 산자부, 환경부 구축완료 DB와의 호환 및 연계성
20개 모듈에 대한 LCI DB 추가 구축	▪ 1, 2차년도의 DB에 추가하여, 우선순위 파악 결과 범용성 및 파급효과가 큰 건축자재 22개 모듈에 대한 DB 추가 구축 ① 관련 업체 선정 및 참여 요청 ② 참여업체 담당자 기초 LCA 교육 ③ 기준흐름 및 기준공정 제정 ④ 참여업체담당자 설문지 작성교육 ⑤ 데이터 수집, 1차 검증 및 보완 ⑥ 데이터 계산 및 2차 검증 ⑦ 최종 DB 구축 및 3차 검증 ⑧ 참여업체에 대한 결과 설명 - 2개 모듈 추가 구축
친환경 건축자재 환경성정보 인증제도 제안	▪ 국내외 건축물 및 건축자재 관련 인증제도 조사 ▪ 건축자재 환경성정보 인증제도 시스템 제안

4.3 관련분야 예상 기대효과

4.3.1 기대성과 및 파급효과

가. 기술적 측면

- ISO 14040, ISO 21930에 의한 건축자재 LCA 평가 기술 및 환경성 정보 표시 기술의 확보와 이를 통한 친환경 건축자재 기술 개발 촉진
- LCA 평가를 통해 친환경적인 건축자재를 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 친환경 건축자재 시장 변화
- 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축을 통한 기후변화 협약 대응 기반 확보
- 현재 유럽에서 진행 중인 LOHAS 등 환경규제가 건축자재에 대해 확대되었을 경우 대응 기반 확보
- 건축물의 성능, 수명, 환경과 관련된 정량적 평가기술 확보를 통한 건축물 부하 저감 기술 개발 유도
- 건축자재의 환경성정보 네트워크 구축을 통한 건설산업의 환경비용 절감 유도
- 인증제도와 EMS 구축을 통한 건설산업의 환경친화적인 체제로의 전환
- 산업 부문에서 환경을 고려한 제품의 개발 유도 및 환경제품의 개발을 통한 건축자재 국제 경쟁력 확보
- 인증제도 시행을 통한 건축자재 산업이 환경기술 제고
- 건축자재 환경성적표지제도(Type Ⅲ) 인증제도 마련
- 사용자 및 시공자, 설계자의 APESS 의 원활한 사용 유도
- 건축자재 환경성정보 네트워킹 구축으로 건축부분 LCA 관련 정보를 일반사용자 및 전문가가 손쉽게 이용할 수 있도록 시스템 구축

나. 사회·경제적 측면

- 건축자재의 환경성정보 네트워크 구축을 통한 건설산업의 환경비용 절감 유도
- EMS 구축을 통한 건설산업의 환경친화적인 체제로의 전환
- 산업 부문에서 환경을 고려한 제품의 개발 유도 및 환경제품의 개발을 통한 건축자재의 국제경쟁력 확보
- 인증제도 시행을 통한 건축자재산업의 환경기술 제고
- 건축자재 환경성정보 네트워킹을 통해 건축분야 친환경성정보를 공유하고 건축산업에 있어 경쟁력 확보

다. 타 산업에 미치는 효과

건축업체의 원칙적인 친환경경영에 대한 노력을 유도할 수 있다는 점 외에, 건축자재의 원자재를 생산하는 모든 관련된 업체들(유리, 알루미늄, 철강, 제지, 목재 관련 업체 등) 또한 환경친화적인 원자재를 공급하라는 요구를 받게 되므로, LCA를 통한 환경성 분석의 영향은 거의 모든 산업계 전반에 미치게 된다. 또한 LCI D/B 성격상 원자재의 D/B들은 같은 원자재를 사용하는 대신 다른 산업분야의 LCA 수행에도 직접 적용될 수 있는 형태로 구축되므로, 산업계 전반에 걸쳐 그 영향이 매우 크다고 할 수 있다.

- 건축자재업체의 환경 친화적인 생산체제 도입
- 건축 관련 원자재 LCI D/B 구축 사업의 촉진(산업 자원부, 환경부에서 시행)
- 운송 및 건설 중장비, 시공기계, 플랜트 등 건설관련 설비산업의 환경부하 저감 유도
- 건축자재 생산업체의 친환경 건축자재 개발/제조 유도
- 시공업체의 친환경 건축물 설계 유도
- 원자재 생산업체의 제품 환경성 개선 및 환경성정보 관리 유도

라. 정부 정책과의 연계 방안

- 미국의 LCA 프로그램인 BEES의 경우 정부에서 구입하는 제품의 환경성에 대한 정량적으로 평가하여 좀 더 친환경적인 제품을 구매하기 위해 시작됨
- 친환경에 대한 관심 증가 정성적인 평가 프로그램에서 정량적인 평가 프로그램으로 변화
- 단순히 친환경적인 성향을 가지고 있는 건축자재 및 건축물이 아닌 친환경적인 성격을 띠고 있으면서도 좀 더 친환경적인 건축자재 및 건축물을 사용하고 있는 것을 구매자가 직접 선택할 수 있음 이는 기업의 환경에 대한 자극효과 뿐 질적인 성능 증가
- 환경부의 환경기술개발 및 지원에 관한 법률에 의해 환경성적표지제도 운영하고 있음. 현재까지 건축부문에서 환경성적표지제도를 획득한 자재는 없으나 향후 건축자재 부문에서도 환경성적표지제도를 획득해야 함
- 국가 전체적인 친환경성에 영향을 미치게 됨
- 지속가능 건축물의 설계 및 평가에 사용되는 객관적인 환경 데이터 제공
- 국제 환경규제 대응을 통한 해외 건축시장 공략
- 건축자재의 환경성정보 공개제도 개발 및 적용을 통한 무분별한 저급 건축자재 제조 및 수입 규제

4.4 연구성과 - 1, 2, 3차년도 최종

4.4.1 건축자재 환경성정보 국가 D/B 홍보

가. 건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업 설명회 실시

- 일시 : 2005년 10월 22일
- 장소 : 건설회관 중회의실 3층
- 목적 : 사업의 목표와 활용방안에 대하여 건설업체와 건축자재 생산업체 관련 자를 대상으로 설명회를 개최함
- 발표내용

시 간	내 용	발표자
14:00~14:30	접수 및 등록	
14:30~14:50	건축자재의 친환경성 제고 정책 방향	건설교통부 이영창 사무관
14:50~15:15	건축자재 국가 환경성 D/B 구축 사업	한국건설기술연구원 채창우 박사
15:15~15:40	건축자재의 국가 D/B 구축 방안	한국인정원 이보삼 팀장
15:40~16:05	건축자재의 친환경성평가	한국친환경상품진흥원 김 익 팀장
16:05~16:30	질의 및 응답	

나. 건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업 설명회 실시

- 일시 : 2007년 02월 13일
- 장소 : 과천 그레이스 호텔 13층 사파이어 Ⅱ
- 목적 : 사업개요 설명 및 사업결과 활용방법 교육
  제품별 참여업체 선정
- 발표내용

시 간	내 용	발표자
10:00~10:40	인사말	건설교통부 조한권 사무관
10:40~11:00	사업개요 및 추진현황	한국건설기술연구원 채창우 박사
11:00~11:30	건축자재 및 시공의 LCI DB구축필요성 및 구축방법	한국친환경상품진흥원 김 익 팀장
11:30~12:00	건축자재 환경성정보 국가 DB	한국인정원 이보삼 팀장
12:00~12:30	질의 및 응답	

다. 건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업 전자공청회 실시

2006년 12월 건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업과 관련된 제도 개발을 위한 의견조회를 위하여 전자공청회를 실시하였다.(제안의견은 없었음)

4.4.2 국제 컨퍼런스 및 국제회의, 세미나 등 개최

가. 제 3유형 환경선언 국제 컨퍼런스 개최

- 일시 : 2005년 11월 10일
- 장소 :고양 KINTEX Room 304호
- 목적 : 각국 및 각 산업에서의 환경선언프로그램에 대한 경험의 공유와 건설부문에서 프로그램 도입을 위한 사례 소개
- 주관 및 주최 :

  주관 : 한국건설기술연구원(KICT), 친환경상품진흥원(KOECO)

  주최 : 건설교통부(MOCT), 환경부(MOE)
- 참석대상 : EDP 운영자, 관련 제조업체, 건설업체, 환경경영관리자
- 발표 내용 :

Time	Activity / Topic	Speaker
10:30-11:00	등록	
11:00-11:10	개회인사	KOECO 원장
11:10-11:20	축사	차관(환경부)
11:20-12:00	제 3유형 환경선언의 중요성	허탁교수(건국대)
12:00-13:00	Lunch	
13:00-13:30	한국의 제 3유형 환경선언 실태	환경경제과장 (환경부)
13:30-13:50	LG전자의 EDP인증사례	최광림(LG 전자)
13:50-14:10	EDP의 경험과 인증	박광익(LG Philips LCD)
14:10-14:50	Eco-Leaf에 대한 일본 사례 (성공사례 설명)	치에 나가니와(JEMAI, 일본)
14:50-15:10	Coffee break	
15:10-15:40	건설부문에서 제3유형 환경선언 도입을 위한 방안	조한권 사무관 (건교부)
15:40-16:00	건설부문에서 환경성정보의 필요성	채창우 박사(건기연)
16:00-16:40	독일의 건설자재 제 3유형 환경선언 프로그램에 대한 사례 (건설부문에서 PCR의 개발)	Eva Schmincke (Five Winds, Germany)
16:40-17:00	패널 회의	

나. 영국건축연구소(BRE) 초청 국제세미나

- 2007년 5월 11일, 한국건설기술연구원
- 발표자 : Tim Allan, 조동우, 채창우
- 주 제 : 영국과 한국에서의 친환경건축물 및 건축자재 현황
- 참석자 : 삼성물산 등 관련사 담당자 50인
- 주 관 : 한국건설기술연구원
- 주 최 : 건설교통부

Time	Activity / Topic	Speaker
13:30-14:00	등록	
14:00-14:10	개회인사	(건교부)
14:10-14:30	친환경 건축물 인증 추진 현황	조동우 (건기연)
14:30-14:50	건축물의 지속가능성 관련 해외 활동 현황	채창우 (건기연)

14:50-15:10	건축자재 환경성정보 구축 현황	김익 (친환경상품진흥원)
15:10-15:30	건축자재 환경성정보 인증제도 수립 방안	이보삼 (한국인정원)
15:30-15:50	영국의 친환경건축물 및 건축자재 환경성평가 방법 및 현황	Tim Allan (BRE)
15:50-16:00	질문 및 폐회	

다. 제5차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반(WGs 1, 2 & 4)회의 개최

- 회의 주관 : 채창우 선임연구원(한국건설기술연구원 건축연구부),
- 개최국 및 장소 : 한국 / 강남 르네상스호텔
- 목 적 : 제5차 ISO/TC 59/SC17 총회 및 작업그룹 회의 참석

  ○ 건축분야에서 지속가능한 개발을 도모하고 기후변화 등 환경문제에 대응하기 위하여 설치된 TC59/SC17(지속가능한 건축)의 제5차 총회를 한국으로 유치하였으며, 르네상스호텔에서 개최된 총회와 3개 작업그룹의 회의에 참석하여 국제 동향 파악과 우리나라의 의견을 반영하고, '한국에서의 지속가능한 건축을 위한 활동'이란 주제로 워크샵을 개최하여 우리나라의 기술 수준 및 활동 현황을 국제 전문가들에게 홍보하고 교류협력을 위한 기반을 다졌음

  ○ 작업반 회의는 일반원칙 및 용어(WG1), 지속가능성 지표(WG2) 및 건축물의 환경성능 평가방법(WG4) 등 3개 작업반회의가 있었으며 각 회의에 참석하여 규격 제정 현황 파악 및 의견을 개진하였음
- 참석 국가 : 캐나다, 일본, 영국 등 12개국
- 일시 : '07. 10. 9 ~ 10. 11.
- 작업그룹(참가국) : WGs 1(13개국), WG2(13개국), WG4(13개국)
- 장 소 : 강남 르네상스 호텔 토파즈룸

  ○ ISO/TC 59/SC17 총회
- 일시 : '07. 10. 8 오전, '07. 10. 12 오전
- 참가국 : P멤버-한국 등 12개국
- Liaison : TC 207 등 5개, 협력 기관 - OECD 등 9개 기관
- 장 소 : 강남 르네상스호텔 토파즈 룸
- 회의기간 : '07. 10. 08(월) ~ 10. 12(금) (4박5일)

- 주요 활동사항
  - ○ ISO/TC 59/SC 17/WGs 회의 참가
  - ○ ISO/TC 59/SC 17 총회 참가

라. 파워스펙트럼을 활용한 건설산업의 환경성능 분석

- 일시 : 2008년 01월 23일 11:00~15:00
- 장소 : 한국건설기술연구원 3층 회의실
- 목적 : 파워스펙트럼을 이용한 건설산업의 환경성능 분석 및 호주 건설산업 환경성능을 위한 노력
- 참석대상 : Prof. Vivian W.Y. Tam/ 호주 Gfiffith 대학 및 연구진

4.4.3 워크샵 개최

가. 건축자재 PCR 작성 및 환경성 인증제 도입을 위한 국제 워크샵

- 일시 : 2005년 11월 11일
- 장소 : 한국건설기술연구원 지하다목적홀
- 목적 : 건축자재 환경성정보 국가 DB 구축을 위해 필요한 건축자재의 제품군요구조건(PCR)의 개발 관련 독일 사례 및 인증제 도입을 위한 코멘트 청취
- 주관 및 주최 :

  주관 : 한국건설기술연구원(KICT), 한국인정원(KAB)

  주최 : 건설교통부(MOCT), 산업자원부(MOCIE)
- 참석대상 : 연구진을 대상으로 한 Closed Conference

나. 영국건축연구소(BRE) 초청 연구진세미나

- 일 시 : 2007년 5월 13일
- 장 소 : 한국건설기술연구원 재료연구동 회의실
- 발표자 : Tim Allan
- 주 제 : 영국과 한국에서의 친환경건축물 및 건축자재 현황
- 참석자 : 채창우, 김익, 이보삼외 4인

다. ISO/TC 59/SC 17을 위한 한국의 친환경건축기술 관련 워크샵

- 일 시 : 2007.10.08 14:00~17:00
- 장 소 : 강남 르네상스호텔 토파즈 룸
- 주 제 : SC17활동에 대한 소개
  지속가능건축연구센터 소개
  저에너지 친환경공동주택 사업 소개
  친환경건축물
  건축자재 환경성정보 국가 DB구축사업 소개
  SC17활동에 대한 소개
- 참석자 : 한양대학교 지속가능건축 연구센터(한양대 신성우 교수)
  저에너지친환경공동주택 사업단(연세대 송수원 박사)
  한국건설기술연구원(조동우실장, 채창우 박사)

라. 건축자재 환경성정보 국가 D/B 구축을 위한 LCA 방법론 간략화 워크샵

(1) 1차 워크샵

- 일시 : 1차 워크샵(2007.10.18~19)
- 장소 : 경기도 화성시
- 목적 : 간략화된 전과정평가 방법론 고찰
  전과정평가 수행 세부지침의 필요성
  기후변화협약의 일환으로 전과정평가의 중요성 대두

(2) 2차 워크샵

- 일시 : 2008. 1.24(목)~25(금)
- 장소 : 파주 유일레저
- 목적 : 간략화된 전과정평가 방법론 고찰
  건축자재 온실가스 배출량 등급제 도입
  (Type I 형태를 빌린 Type III 인증제도)

(3) 3차 워크샵

- 일시 :2008. 4. 17.(목) ~ 18.(금)
- 장소 : KAL호텔(제주 서귀포)
- 목적 : 건축자재 LCI DB 구축 현황
  친환경 건축자재 인증제도 도입 방안 연구
  국가 LCI DB 개선방안

4.4.4 논문실적

1. 국가 LCI D/B를 기반으로 하는 건축자재 환경성능평가프로그램 개발연구 / 한국전과정평가 학회 / 2005.11
2. Classification of Building Products for Environmental Product Declaration / International Conference on Sustainable Building 2007, 27 June
3. The Estimation of the Energy Consumption and CO2 Emission at the Construction Stage in the Apartment Housing / International Conference on Sustainable Building 2007, 27 June
4. The Estimation of the Functional Unit on Energy Consumption and CO2 Emission concerned with Construction of Building / International Conference on Sustainable Building 2007, 27 June
5. 전과정평가를 활용한 건축자재 환경성 분석 / 한국전과정평가학회 / 2007. 11.16
6. 국내 건축자재 환경영향평가 프로그램 개발에 관한 연구 / 한국전과정평가학회 / 2007. 11.16
7. 친환경 건축자재 인증제도 도입방안 연구 / 한국전과정평가학회 / 2007. 11.16
8. 국가 LCI D/B를 기반으로 하는 건축자재 환경성능평가프로그램 개발연구 / 한

국전과정평가학회 논문집 / 2008.06.30(게재 예정)

9. Comparative Study on Environmental Performance Certification Programs of Building Materials.-Focused on Certification Methods using LCI DB- / 7th International Conference on Sustainable Energy Technologies Seoul, Korea / 2008.08.24(게재 예정)

4.4.5 현장교육 및 기술지도

(1) 현장교육

교육명	교육내용	교육대상	교육시간
사업설명회	기초 LCA 교육 및 기업의 LCA 기법 활용방법	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2005.12.21
사업결과 지방순회 설명회	사업결과 및 활용 방법 설명	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.06.19
사업결과 지방순회 설명회	사업결과 및 활용 방법 설명	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.06.21
사업결과 지방순회 설명회	사업결과 및 활용 방법 설명	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.06.26
환경전과정평가(LCA) 기법 교육	제품 및 공정의 전과정 환경성평가(LCA) 기법 교육	금호건설 본사 환경팀	2007.01.16
LCA 및 LCI DB 설문지 작성교육	LCA 기법 교육 및 LCI DB 구축을 위한 설문지 작성교육	PHC 파일 제조업체 환경담당자	2007.01.23
LCA 및 LCI DB 설문지 작성교육	LCA 기법 교육 및 LCI DB 구축을 위한 설문지 작성교육	아스팔트 싱글 제조업체 환경담당자	2007.02.12
LCA 및 LCI DB 설문지 작성교육	LCA 기법 교육 및 LCI DB 구축을 위한 설문지 작성교육	갱폼/유로폼 제조업체 환경담당자	2007.02.13
환경전과정평가 기법 교육	제품 및 공정의 전과정 환경성평가(LCA) 기법 교육	두리화학(주)	2008. 5.15

환경전과정평가 기법 교육	제품 및 공정의 전과정 환경성평가 (LCA) 기법 교육	(주)뉴보텍	2008. 5.16
환경전과정평가 기법 교육	제품 및 공정의 전과정 환경성평가 (LCA) 기법 교육	(주)벽산음성공장	2008. 5.21

(2) 현장기술지도

교육명	교육내용	교육대상	교육시간
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2005.12.20
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.01.26
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.02.22
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.03.17
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.09
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.10
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.15
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.17
참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.19

참여업체 방문 LCI DB 작성방법 교육	LCI DB 구축을 위한 데이터 수집 및 계산방법, LCA SW 활용법 등	건축자재 DB 구축과 관련된 업체 담당자	2006.05.22

4.4.6 환경성정보 DB 구축

(1) 건축자재

건축자재 환경성정보는 애초에 계획했던 이산화탄소 배출량 순위 40개 중에서 19개 모듈에 대해 건축자재 환경성정보 D/B를 완성하였다. 애초에 설정했던 이산화탄소 배출량에 의한 40개 자재 중 사용빈도가 높고 파급력이 큰 자재를 대상으로 모듈을 선정하였다. 그 결과 건축자재 부문에서는 아래와 같은 모듈이 선정되었다.

건축자재 환경성정보 국가 DB					
1	ㄱ형강	19	타일	37	철제 현관문
2	ㄷ형강	20	합판	38	복층유리
3	I 형강	21	콘크리트 파일	39	우레탄 방수재
4	H 형강	22	유리문	40	시트방수재
5	일반 이형철근	23	목재문	41	실리카 인조대리석
6	고장력 이형철근	24	아스팔트싱글	42	타일카펫
7	모래(총괄)	25	화강석	43	강화유리
8	하천모래	26	갱폼	44	재생잔골재
9	바다모래	27	유로폼	45	재생굵은골재
10	육상모래	28	PVC 창호	46	우레탄판
11	산림모래	29	암면 단열재	47	발포 폴리스틸렌판
12	자갈	30	암면 보온방음판	48	유리면판
13	레미콘 수송(8톤 덤프)	31	암면 천장마감재	49	폴리염화비닐관
14	레미콘 수송 (10.5톤 덤프)	32	경보행용 바닥재	50	알루미늄복합(무기질)패널
15	레미콘 수송(15톤덤프)	33	중보행용 바닥재	51	알루미늄복합(PE)패널
16	레미콘 수송 (콘크리트 믹서 트럭)	34	EPS 층간 소음방지재	52	압출성형 콘크리트 패널
17	PVC 벽지	35	EPP 층간 소음방지재	53	점토벽돌
18	콘크리트 벽돌	36	MDF 바닥재 (강화마루)	54	

2) 시공공정

시공공정은 건축자재를 바탕으로 자재를 조합해 하나의 공정 완성에 따른 시공공정 환경성정보 D/B를 구축한 결과이다. 건물 건설공종분류 중에서 사용빈도가 높고 형평성에 따라 시공공정 환경성정보 D/B를 구축하였다. 미구축 분류는 공종특성이 시스템화 된 단일공사의 성격이 아니며 하나의 공사나 제품으로 완성되기까지 사람에 의해 많은 변수가 나타나기 때문에 D/B구축에서 제외하였다. 구축된 시공공정 환경성정보 국가 D/B는 아래와 같다

시공공정 환경성정보 국가 DB					
1	형강시공	5	경량기포콘크리트시공	9	기계화시공-로더
2	레미콘 시공	6	벽돌시공	10	기계화시공-스크레이퍼
3	유로폼시공	7	타일시공	11	기계화시공-굴삭기
4	갱폼시공	8	기계화시공-불도저	12	

4.4.6 특허출원 및 소프트웨어 등록예정

(1) APESS

(건축자재 환경성 평가 프로그램, A Program for Evaluation and Selection for Sustainalbe Building Materials)

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

5.1 연구결과의 활용방안

본 사업은 2005년 6월 30일부터 2008년 6월 29일까지 약 940,000천원의 사업비가 투입되어 새로 출범한 정부의 정책 목표인 '저탄소 녹생성장'의 기반이 되는 건축자재의 환경성정보(이산화탄소배출을 포함하는)의 구축과 이를 활용하기 위한 시스템을 마련하는 것을 목표로 진행되었다.

지식경제부와 환경부에서는 1990년대 후반부터 탄소 및 환경성정보 데이터베이스 구축사업을 현재까지 수행하고 있으며 약 600여개의 데이터베이스가 구축되어 있다. 지식경제부 및 환경부에서는 1개의 모듈에 대한 개발 비용을 15,000천원에서 20,000천원 정도 투입하였는데, 본 사업에서는 총 66개의 모듈개발과 함께 소프트웨어 및 네트워크를 구축하였으므로, 본 사업의 기간 및 연구비는 적정한 것으로 평가된다. 다만, 지식경제부나 환경부는 데이터의 개정(매 5년마다)과 유지관리를 위한 별도의 사업을 수행하고 있어 본 사업에서 개발된 건축분야를 위한 LCI D/B의 유지관리 뿐만 아니라 신규 LCI D/B의 개발을 지속적으로 수행하기 위한 체계의 마련이 필요하다고 할 수 있다.

본 사업의 구체적인 성과물로 예상되는 환경성정보 네트워크, 건축자재 전과정평가(LCA)소프트웨어, 건축자재 환경성정보(LCI) D/B, 친환경 건축자재 인증제도(안)의 구체적인 활용방안을 살펴보면 다음과 같다.

가. 건축자재 환경성정보 네트워크

전과정환경영향평가(LCA)는 건축분야 설계자・시공자・소비자・생산자에게는 생소한 분야로 국가 LCI DB의 필요성, 방법론에 대한 공감대를 형성하기 위하여 접근성이 높은 인터넷 웹사이트를 이용하도록 하였다. 건축자재 환경성정보 네트워크를 통해 건축자재 국가 LCI DB의 필요성을 비롯하여 LCA 방법론에 대한 교육 등을 통해 사용자의 이해를 돕고자 한다. 또한, 건축자재 LCI DB 공개와

APESS 프로그램 공개하여 건축분야 관련 전문가 및 사용자들에게 건축자재의 친환경성을 정량적으로 판단하고 비교를 통해 환경부하가 적은 자재를 사용할 수 있도록 유도하는데, 네트워크가 활용될 수 있도록 계획하고 있다.

현재 지식경제부와 환경부에서는 국가 LCI D/B 사이트를 운영 중인데, 지식경제부는 국가청정지원센터(www.kncpc.re.kr/lci)에서 국가 LCI 종합정보망으로, 환경부는 친환경상품진흥원(www.koeco.or.kr)에서 국가 LCI데이터베이스정보망(www.klcidb.or.kr)으로 관리하고 있다. 본 과제에서 개발된 건축자재 환경성정보(LCI D/B)는 한국건설기술연구원에 의하여 당분간 관리될 예정이며, 국가정보의 공유를 위하여 지식경제부와 환경부의 정보망에도 공급될 예정이다.

한편, 데이터베이스의 관리를 위해서는 별도의 인력과 예산이 필요한 바, 건축자재 및 건설관련 LCI 데이터베이스 개발 및 관리를 위한 추가적인 예산확보 조처를 강구할 예정이다.

[그림 5.1.1] 지식경제부의 국가LCI종합정보망

[그림 5.1.2] 환경부의 국가LCI데이터베이스정보망

나. 건축자재 전과정평가(LCA) 소프트웨어

소프트웨어는 건축자재 환경성정보(LCI) D/B을 이용하여 전과정환경영향평가(LCIA)를 실시하기 위하여 개발되었다. LCA 프로그램에서는 선택 자재에 대한 환경영향평가 뿐 아니라 선택자재 이외 대체자재를 선택할 수 있는 기능을 통해 생산자·시공자·설계자·소비자가 좀 더 친환경적인 자재 선택을 할 수 있도록 하고 있다. 환경영향은 특성화지수, 정규화지수를 비롯하여 국내 실정에 맞게 가중치지수를 부여하고 각 자재에 대한 총환경지수를 나타냈다. 사용자는 총 환경지수를 통해 건축자재에 대한 환경성을 평가할 수 있다. 또한 환경영향평가 항목은 전세계적으로 이슈가 되는 항목들로 재편성하였으며, 다음과 같은 비재생에너지자원, 수질오염, 지구온난화, 인체독성 4가지로 구성되었다.

소프트웨어는 설계자나 건축자재 사용자들이 건축자재나 프로젝트에 투입되는 자재의 탄소배출량을 조사하거나 환경지수를 평가하는 데에 활용할 수 있다. 이를

통하여 저탄소 건축자재를 선정할 수 있으며, 나아가 건축물의 자재부문에서의 탄소배출량 계산에도 활용할 수 있다. 소프트웨어의 객관성 검증을 위하여 2008년 10월 중 특허 출원과 소프트웨어 등록을 실시할 예정이다.

다. 친환경 건축자재 인증제도(안)

ISO 14025에 의한 환경성적 표지제도를 건축자재에 대해 적용하기 위한 기본원칙(PCR) 기준 제정을 위한 국외 사례를 조사하였고, 국외 사례조사를 통한 건축자재에 대한 환경성선언의 진행방향을 검토하여 건축자재 환경성선언(Type Ⅲ) 인증제도 시범실시를 위한 인증제도안을 제안하였다..

향후 본 과제에서 제안한 친환경건축자재 인증제도(안)가 법제화되거나 시장에서 운용될 수 있도록 과제 발주처인 국토해양부와 유관기관인 환경부 및 지식경제부의 관련 부서와의 협의를 진행 해 나갈 예정이다.

다만, 기존 시장에 포화상태로 공급된 건축자재 및 건축물 관련 인증제도로 인하여 제도 출범이 어려울 경우 국토해양부에서 2008년 8월부터 수행하게 될 '친환경건축물인증제도 개선 사업'에서 본 과제의 결과물인 건축자재의 LCI D/B가 활용될 수 있도록 주무부서인 국토해양부 건축기획과와 협의할 계획이다.

라. 건축자재 LCI DB 및 EMS 가이드

건축자재 생산 및 사용, 폐기 공정에서 환경개선을 위한 정량적인 데이터로 활용, 건축자재 LCA 프로그램의 기본데이터로 활용, 자재생산산업의 환경성능 평가 데이터로 활용, 기후변화협약 대응 건축물의 환경부하 저감을 위한 기본 데이터로 활용할 예정이다.

전술한 바와 같이 LCI DB는 지식경제부와 환경부에서 국가 LCI 종합정보망과 국가LCI데이터베이스정보망으로 공급되고 있으며, 국토해양분야를 위한 별도의 DB정보망은 없는 상황이다. 국토해양분야를 위한 DB 정보망은 향후 데이터베이스가 확장되고 활용성이 높아질 때 구축할 수 있을 것으로 기대되므로 현재 개발된 LCI DB는 지식경제부와 환경부의 데이터베이스망에 우선 공급하고 한국건설

기술연구원에서 운영되는 건축자재 환경성정보 웹페이지에서 관리할 예정이다.

또한, 2008년 8월부터 '저탄소 녹생성장'을 위한 탄소성적표지제도(운영주체:환경부)가 시행될 예정인데, 여기에는 건축물 및 건축자재도 표지 대상제품이 되고 있다. 이에 본 사업에서 개발된 LCI DB를 탄소성적표지를 위한 기본 자료로 제공하고 국토해양분야에서도 이산화탄소 관리를 위한 시스템을 마련하는데 본 과제의 성과물을 활용할 예정이다.

한편, 건설산업을 위한 EMS 가이드는 건설업체 환경경영체제 구축을 위한 기본 지침으로 활용할 수 있도록 각 건설관련 업체에 공급할 예정이다.

5.2 건축 산업에 미치는 파급효과

본 사업의 연구결과는 크게 건축자재의 전과정평가를 수행하기 위해 각 자재군별로 필요한 수행 룰과 건축자재의 환경성정보의 네트워킹, 건축물 및 건축자재의 특성을 반영한 소프트웨어의 개발, 건축자재의 LCI D/B 및 인증제도(안) 제시 구분된다.

본 사업의 결과물이 미치게 될 사회적 파급효과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 본 사업의 결과는 건축자재 산업의 각 공정에 대한 환경성정보를 규명하기 위한 노력을 유발하고, 그에 따라 자재생산업체 자체의 공정개선 노력을 위한 유용한 정보를 제공과 더불어 관련 환경산업 및 건설산업의 기술개발에 대한 파급효과를 유도할 수 있다. 또한, 건축생산과 관련하여 설계자나 시공자가 환경적으로 우선하는 건축자재를 사용하도록 유도함으로써 건축생산 현장의 환경성을 제고하며 유사 자재별로 환경성 개선 노력을 유발시켜 지구환경적인 측면과 소비자건강 측면에서 성능이 향상된 자재의 개발과 사용을 촉진할 수 있을 것이다. 본 과제의 결과를 통한 건축자재의 환경성정보 인증(안)이 실행될 경우, 일반 국민에서 건축자재가 단순히 사람에게 무해하여야 하는 현재의 인식(현재 시행되는 친환경건축자재인증제도는 휘발성유기화합물 등 인체 유해물질만을 평가한다)에서 벗어나 지구환경에 커다란 영향을 미치는 인자로서 건축물과 건축자재에 대한 인식을 갖게

하여 건설업체나 자재생산업체로 하여금 지구환경과 인간을 모두 고려하는 생산활동을 하도록 유도하는 계기가 될 것이다.

본 사업의 연구결과물이 건축산업에 미치게 될 경제적 파급효과는 정확히 가늠하기 어려운데, 이는 아직 우리나라 건축시장에 탄소시장이 확보되어 있지 않기 때문이다. 현재 세계 탄소시장의 규모는 2006년도에 301억달러에서 2007년도 541억달로 급격히 성장하고 있는 추세(세계 총생산은 54조달러)이나 이는 대부분이 배출권거래 등과 관련된 것이고 저탄소제품 개발시장이나 에너지절감 기술 시장을 포함한 것은 아니다. 우리나라도 친환경제품 시장의 규모가 2009년에는 1조 5000억원에 달할 것으로 예상하고 있으며 건축자재시장은 마감재를 위주로 시장을 확대하고 있다. 본 사업의 결과물이 미치게 될 경제적 파급효과는 탄소표시제도(2008년 8월 환경부 시행예정)가 시행되고 이 시장에서 건축자재가 자치하는 비중을 파악할 때 가능할 것으로 사료된다.

또한, 본 사업에서 개발되는 자재군별 전과정평가 수행룰은 ISO TC59 SC17에서 수행중인 '건축제품의 환경선언(Environmental Declaration of Building Products)'의 후속작업인 PCR(Product Category Rules)과 관련된 규격을 개발하는 데에 우리나라 의견으로 제안될 예정이며, ISO 21930과 같은 국제규격 작성에 적극적으로 반영되어 국내산업의 국제위상을 제고하였다(본 과제 수행 중이던 2007년 12월 국제규격화 되었으며, 본 사업 주관기관인 한국건설기술연구원은 ISO 21930 제정을 위한 한국대표간사기관이었다). 그리고 개발된 LCI D/B는 산업자원부와 환경부에서 개발 중인 국가 LCI D/B와 공유를 할 수 있어, 환경부 및 산업자원부 유관 산업에 정보제공을 통한 환경 개선 파급효과가 기대된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

6.1 ATHENATM v2.0

INTRODUCING ATHENATM v2.0: AN LCA BASED DECISION SUPPORT TOOL FOR ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE BUILT ENVIRONMENT

- 저자 및 소속 : W. B. Trusty J. K. Meil / ATHENATM Sustainable Materials Institute, Merrickville, Ontario, Canada
- 주요 내용 : 본 논문은 ATHENA 연구에서 건축 설계자 및 연구원들을 위해 개발한 환경성 의사결정 지원도구인 ATHENA의 개요를 설명한다. 또한, 본 논문은 건축물에 대한 전과정평가를 적용할 때 고려되어야 할 여러 가지 사항 및 데이터들에 대해서 언급하고 있다. 본 논문은 서로 다른 소재와 제품들의 동등한 처리를 보장하고 건축물에 대한 환경성평가 시에 기능적인 동등성을 보증하는 이슈들을 처리하기 위하여 허용된 연구 프로토콜과 투명한 연구과정이 매우 중요하다고 강조하고 있다.

6.2 건축 자재 LCA

Life cycle assessment for building products - the significance of the use phase

- 저자 및 소속 : Jacob Paulsen (2001) / BYGGNADSMATERIAL
- 주요 내용 : 본 논문은 건축자재의 선정이 건축물의 사용단계에서 어떻게 영향을 미치는지를 여러 가지의 사례를 들어서 분석하고 있다.

6.3 국제시장에서 건축자재에 대한 환경성 선언 기준(PCR)

Product category rules(PCR) for building products on an international market

- 저자 및 소속 : Martin Erlandsson, Lars Gunnar Lindfors, Sven Olof Ryding / IVL (Swedish Environmental Research Institute)
- 주요 내용 : 국제시장에서 건축자재에 대한 환경성 선언을 위한 기준(PCR)을 개발을 위해 필요한 요건 및 절차 등에 대해 규정하고 있다.

6.4 제3차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의

2003년 10월 프랑스 파리, 2004년 6월 동경에서 열린 두 번의 총회에 이어 제3차 Plenary Meeting of ISO/TC 59/SC17 회의 총회에 P멤버로 참석하였다. 일반원칙 및 용어(WG1), 지속가능성 지표(WG2), 건축제품의 환경선언(WG3), 건축물의 환경성능 평가방법(WG4) 등 4개 작업반회의 참석, 규격 제정 현황 파악 및 의견 개진을 하였다.

6.4.1 ISO/TC 59/SC 17/WGs 회의

2005년 10월 10일부터 13일에 걸쳐 프랑스, 영국, 캐나다 등 13개국 30여명이 참가한 가운데 회의가 이루어졌다. 회의의 주요 내용은 다음과 같다.

1. 작업그룹 1 (WG 1) - 간사국 : 스웨덴

General Principles and Terminology

• 관련 규격안 : CD 15392 "General Principles", CD21932 "Terminology"

CD 15392에 대한 의견은 영국, 캐나다, 일본을 중심으로 제출되었으며 '제품(product)'이나 '서비스(service)'의 정의에 대한 합의를 도출하기 위한 논의가 있었다. 논의의 대부분은 용어의 정의에 할애되었으며, 가장 많이 논의된 용어는 환경성능(environmental performance), 건축환경(building environment), 라이프사이클(life cycle)에 대한 것이었다.

2. 작업그룹 2 (WG 2) - 간사국 : 핀랜드

Sustainable Indicators

• 관련 규격안 : WD 21929 "Sustainable Indicators"

회의에서는 그 동안 작업한 지속가능성 지표를 각국에서 실험적으로 적용한 후 9개월 ~ 12개월 후 규격작업을 다시 시작하는 것에 대한 토의가 있었다. 이는 지속가능성 지표의 특성상 모든 나라의 상황을 반영하기는 어렵기 때문에 자국의 실정에 맞는 대안을 찾기 위한 과정을 갖기 위한 것이다.

3. 작업그룹 3 (WG 3) - 간사국 : 노르웨이

Environmental Declaration

• 관련 규격안 : DIS 21930 "Environmental Declaration of Building Products"

회의에서는 ISO DIS 14025와의 일치성 확보를 위한 협의를 위주로 회의가 진행되었다. 회의의 쟁점 중 하나는 일본측의 의견이었는데, 사용단계에서의 에너지절약이나 물 절약에 대한 내용이 제품의 환경선언에 포함되어야 한다는 것이었음. 각국의 의견은 그것은 기술적 정보이므로 환경적 정보에 포함되어서는 안 된다는 입장이었고, 규격에서 정보를 다루는 범주를 조정하여 표현이 가능하도록 하는 선에서 타협이 되었다.

4. 작업그룹 4 (WG 4) - 간사국 : 일본

Environmental Assessment

• 관련 규격안 : PDTS 21931 "Framework for Assessment of Environmental Performance of Buildings and Constructed Assets"

본 규격안은 제 2 차 총회 당시 DIS가 아닌 TS로 가는 것으로 투표되었었고, 현재 PDTS 단계로 규격 제정 작업을 수행중이다. 금번 회의에서는 5장을 위주로 논의가 진행되었었는데, 5장은 환경성능평가를 위해 고려되어야 할 항목들의 목록을 정하는 내용을 다루고 있다. 건물에 관련된 이슈, 건물의 사용과 관련된 이슈, 실내환경에 대한 이슈, 지역환경에 대한 이슈로 구분되 있으며, 가장 논의가 활발했던 항목은 건물에 대한 이슈로 환경 영향과 환경적 측면의 고려사항들을 논의하였다.

본 규격은 현재 국내에서 시행중인 '친환경건축물 인증제도'의 모규격이 될 수

있으며, 본 규격이 출판된다면 국내 규격도 본 규격안의 권고사항에 의거하여 인증항목을 재구성하거나 새로이 도출해야 될 필요가 있다.

6.4.2 ISO/TC 59/SC 17 3차 총회

2005년 10월 14일에 P-멤버 11개국, O-멤버 2개국, TC 207 등 ISO내 협력위원회, 협력 기관 OECD 등 9개 기관 총 30여명이 참가한 가운데 이루어졌다. 회의 주요 내용은 다음과 같다.

1. 각 작업그룹의 작업내용 승인 및 권고

- 의장인 프랑스 표준국 AFNOR의 Mr. Jacques Lair를 중심으로 13개국 30여명의 위원들이 각 작업그룹의 작업내용을 승인함.

• 작업그룹 1(일반원칙 및 용어), 작업그룹 2(지속가능성 지표), 작업그룹 3(건축제품의 환경선언), 작업그룹 4(건축물의 환경성능 평가방법)에서 작업된 내용을 승인함

• 작업그룹 2와 작업그룹 4는 가능한 빨리 TS(기술시방)의 상태로 이전을 하고 출판준비를 완료할 것을 권고함. (완료 후 새로운 작업아이템의 제시는 추후 논의하기로 함)

2. 협력체제의 확대

- 기존의 OECD, EAA(유럽알루미늄협회), EURIMA(유럽단열재 제조협회), BING(유럽연합 폴리우레탄협회), FIDIC(컨설팅 엔지니어 국제조합)에 추가하여 아래 기관에 대한 협력관계 유지 승인이 있음.

• EXiBA와 A영역 협력체제 지위를 유지함.

• CEPMC와 A영역 협력체제 지위를 유지함.

• iiSBE(국제 지속가능한 건축환경위원회)와 일반협력체제 지위를 유지함. 간사는 독일의 Prof. Lutzkendorf가 맡음.

• CEN TC 30 (건설사업의 지속가능성) 위원회와 긴밀한 협력관계를 유지하고, 핀랜드의 Mr. Ari Ilomaki가 간사를 맡기로 함. CEN 위원회는 건설분야의 지속가능성과 관련한 유럽규격을 제정하기 위한 기술위원회 임.

- 그 외 ISO 조직 내의 TC207(환경경영체제) SC3, SC5와 협력체제를 공고히 하고, TC 14, TC 16, TC 163, TC 205와 협력체제를 유지하는 것을 재확인 또는 승인함.

6.5 GEDnet 세미나 및 회의

2006년 5월 11일부터 13일에 걸쳐 독일 투빙엔에서 개최한 GEDnet 세미나 및 회의에 참석하였다. 세미나에서는 건축자재에 대한 환경성적표지제도의 국제적 동향을 파악하였으며, 회의에서는 제도 시행 국가간의 운영정보 교환 및 최근 동향을 파악하였다.

6.5.1 GEDnet 세미나

스웨덴, 독일, 일본, 노르웨이, 한국 등에서 13명이 참석하였다. 영국 BRE의 Kristian Steele이 영국의 BRE 컨설팅의 BREEAM (BRE Environmental Assessment Method, www.breeam.org)와 EcoHome (www.breeam.org/ecohomes.html) 시스템에 대해 소개하였으며, JEMAI의 Chie Nakaniwa는 일본의 LCA 수행역사에 대해 소개하였다. RockWool의 Drs Agnes Schuurmans는 네덜란드의 환경관련제품정보 프로그램인 MRPI(Environmental Relevant Product Information)을 소개하였다. AUB의 Hans Paters는 CEN(유럽표준화위원회) TC350(제품환경성능평가)의 추진일정에 대해 소개하였다. IVL의 Anna Jarnehammar는 스웨덴 IVL에서 개발하고 있는 건축물에 대한 작성지침(PCR)의 요건 등에 대해 소개하였다.

6.5.2 GEDnet 회의

GEDnet 회의에서는 GEDnet에서 논의할 환경성적표지 대상제품에 건축분야를 포함하도록 하였으며, 향후 GEDnet 워크샵에서 전기전자 분야와 건축분야를 돌아가면서 주요 분야로 다루기로 하였다. 향후 한국회의에서 별도의 세미나가 개최된

다면 전기전자 분야를 다루기로 하였다.

또한 각국의 제도 운영사례에 대해 발표하였으며, 스웨덴의 EPD, 일본의 Eco-leaf, 노르웨이의 EPD, 독일의 AUB, 한국의 EDP에 대해 발표하였다. GEDnet Regional activities에서는 각국의 우수한 시행사례 및 작성지침 개발시에 특수한 사례들에 대해서 서로 공유하도록 하자고 한국에서 제안하였다. 특히, 한국에서 개발한 부직포 및 현재 개발 중인 구리합금에 대한 PCR에 대해서 기존 PCR과의 차이점과 특수성에 대해 소개하였다. 이에 따라, 한국의 특수 사례를 작성해서 다음 회의에서 발표하기로 하였다.

6.6 제4차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의

2003년 10월 프랑스 파리, 2004년 6월 동경, 2005년 10월 베이징에서 가진 세 번의 총회에 이어 열린 제4차 Plenary Meeting of ISO/TC 59/SC17 회의 총회에 P 멤버로 참석하였다. 일반원칙 및 용어(WG1), 지속가능성 지표(WG2), 건축제품의 환경선언(WG3), 건축물의 환경성능 평가방법(WG4) 등 4개 작업반회의 참석, 규격 제정 현황 파악 및 의견을 개진하였다.

6.6.1 ISO/TC 59/SC 17/WGs 회의

2006년 10월 2일부터 6일에 걸쳐 프랑스, 영국, 캐나다 등 13개국의 30여 명이 참석하였다. 주요 내용은 다음과 같다.

1. 작업그룹 1 (WG 1) - 간사국 : 스웨덴

General Principles and Terminology

• 관련 규격안 : DIS 15392 "General Principles", CD21932 "Terminology"

CD 15392의 DIS(국제규격초안)으로의 진행을 위해서 일 년 정도의 시간이 있으며, 이에 대한 의견 재검토를 위하여 2007년 5월 3, 4일과 2007년 6월 4, 5일 작업 그룹 회의를 개최하기로 합의하였다. CD 15392는 올 해 중에 프랑스어로 번역

을 하여 관련국의 의견 수렴을 실시하기로 하였다.

새로운 작업 아이템이 프랑스에 의하여 제안되었으며, 새 작업은 건설산업에서 지속가능성의 일반원칙을 적용하는 방법 (Guidnace for the application of the General Principles)에 대한 것으로 프랑스는 이 작업을 국제표준(IS) 보다는 기술시방(TS)이나 기술보고서(TR)정도의 수준으로 고려하고 있다.

2. 작업그룹 2 (WG 2) - 간사국 : 핀랜드

Sustainable Indicators

• 관련 규격안 : TS 21929 "Sustainable Indicators"

작업그룹 2에서 다루는 TS 21929-1은 개정을 위한 준비 작업에 들어갔으며, 2007년 2월 28일 새로운 작업아이템(NWIP)을 위한 기초 문서가 될 것이다.

지속가능성 지표와 관련하여 각국의 유사그룹(mirror group)들은 TS 21929의 발전적인 개정을 위하여, 자국 내에서 건설이나 사회기반시설의 지속가능성 지표를 만들기 위한 작업을 수행하고, 새로운 작업에 참여할 전문가를 지원하며, 현재 각국들이 보유하고 있는 지속가능성 지표를 제안하기로 합의하였다.

3. 작업그룹 3 (WG 3) - 간사국 : 노르웨이

Environmental Declaration

• 관련 규격안 : DIS 21930 "Environmental Declaration of Building Products"

DIS 21930의 최종 판단을 위해서 약 6개월의 여유가 있으므로 각국은 자국내 유사그룹이 본 표준(안)에 대한 충분한 검토를 수행할 수 있도록 지원하여 6개월 후 만족할만한 결론을 도출할 수 있도록 합의하였다.

일본은 기본적으로 본 표준에 대하여 반대의 의견을 가지고 있고, 반대 이유 중 대표적인 것은 본 표준이 사용 중 에너지의 저감이나 환경부하를 저감시킬 수 있는 자재나 제품에 대하여 소극적으로 다루고 있기 때문으로 주장하였다. ISO 14040s의 전반에 대한 이해 부족과 DIS 21930의 범위 및 표시에 대한 몰이해에서 비롯된 판단으로 사료된다.

4. 작업그룹 4 (WG 4) - 간사국 : 일본

Environmental Assessment

• 관련 규격안 : TS 21931 "Framework for Assessment of Environmental Performance of Buildings and Constructed Assets"

본 규격안은 제 3 차 총회 당시 기술시방(TS)으로 제정되는 것으로 합의되어 현재 TS의 수준을 유지하고 있다.

본 TS를 새로운 작업아이템으로 등록하여 국제규격초안(DIS)로의 작업을 위한 위원회초안(CD)로 등록하기 위한 투표를 실시하였으며, 투표참여국 중 13개국이 NWIP에 대하여 찬성표를 행사하여 CD로의 작업진행을 수행할 예정이다.

6.6.2 ISO/TC 59/SC 17 4차 총회

2006년 10월 6일에 P-멤버 11개국, O-멤버 1개국, TC 207 등 ISO내 협력위원회, 협력 기관 OECD 등 9개 기관 총 30여명이 참석한 가운데 이루어졌다. 주요 내용은 다음과 같다.

1. 각 작업그룹의 작업내용 승인 및 권고

의장인 프랑스 표준국 AFNOR의 Mr. Jacques Lair를 중심으로 11개국 30여명의 위원들이 각 작업그룹의 작업내용을 승인하였다.

- 작업그룹 1(일반원칙 및 용어), 작업그룹 2(지속가능성 지표), 작업그룹 3(건축제품의 환경선언), 작업그룹 4(건축물의 환경성능 평가방법)에서 작업된 내용을 승인함
- 작업그룹 1과 작업그룹 4에서 제안된 새로운 작업아이템(NWIP)은 빠른 시간내에 작업을 수행하여 위원회 초안(CD)나 국제규격초안(DIS)로의 진행을 위한 작업을 수행할 것을 합의 함. (각국의 자국내 유사그룹에 대한 의견 수렴 포함)

2. 협력체제의 유지 및 신규 멤버의 가입

기존의 OECD, EAA(유럽알루미늄협회), EURIMA(유럽단열재 제조협회), BING(유럽연합 폴리우레탄협회), FIDIC(컨설팅 엔지니어 국제조합)에 추가하여 아래 기관에 대한 협력관계 유지 승인이 있었다.

- EXiBA와 A영역 협력체제, CEPMC와 A영역 협력체제, iiSBE(국제 지속가능한 건축환경위원회)와 일반협력체제 지위를 유지한다.

• CEN TC 30 (건설사업의 지속가능성) 위원회와 긴밀한 협력관계를 유지하며, 그 외 ISO 조직 내의 TC207(환경경영체제) SC3, SC5와 협력체제를 공고히 하고, TC 14, TC 16, TC 163, TC 205와 협력체제를 유지하는 것을 재확인 또는 승인하였다.

호주가 새로운 P멤버(투표권 행사가 가능한)로 가입하여 적극적인 협력을 약속하였으며, 폴란드가 P멤버에서 O멤버로 지위 변경을 요청하였다. 남아프리카공화국은 O멤버 지위를 유지하면서 적극 참여를 수행하고 있다.

6.7 제5차 ISO/TC 59/SC 17 총회 및 실무작업반 회의

건축분야에서 지속가능한 개발을 도모하고 기후변화 등 환경문제에 대응하기 위하여 설치된 TC59/SC17(지속가능한 건축)의 제5차 ISO/TC 59/SC17 총회 및 작업그룹 회의 총회를 올해 한국으로 유치하였으며, 르네상스호텔에서 개최된 총회와 3개 작업그룹의 회의에 참석하여 국제 동향 파악과 우리나라의 의견을 반영하고, '한국에서의 지속가능한 건축을 위한 활동'이란 주제로 워크샵을 개최하여 우리나라의 기술 수준 및 활동 현황을 국제 전문가들에게 홍보하고 교류협력을 위한 기반을 다지기 위하여 참석하였다. 작업반 회의 중 건축제품의 환경선언(WG3)은 국제표준이 제정된 관계로 금번에 회의를 개최하지 않았으며, 일반원칙 및 용어(WG1), 지속가능성 지표(WG2) 및 건축물의 환경성능 평가방법(WG4) 등 3개 작업반회의 참석, 규격 제정 현황 파악 및 의견을 개진하였다.

6.7.1 ISO/TC 59/SC 17/WGs 회의

프랑스, 영국, 캐나다 등 13개국의 30여명이 참석하였으며, 주요내용은 다음과 같다.

1. 작업그룹 1 (WG 1) - 간사국 : 스웨덴

   General Principles and Terminology

• 관련 규격안 : DIS 15392 "General Principles", CD21932 "Terminology"

일반원칙에 대하여 다루고 있는 DIS 15392는 현재 FDIS(국제규격 최종안)로의 진행을 위해서 대기 중이며, 각국의 FDIS 투표 결과에 따라 향후 진행 일정을 정하기로 하였다.

용어 관련한 CD21392는 기술보고서(TR)로 진행하기 위하여 투표에 상정할 예정이며, 최근의 SC17문서와 AHG그룹에서 배포된 문서 상에 나타나는 용어들과의 일관성을 유지하기 위한 검토 작업을 수행하기로 하였다.

프랑스(Jean-Luc CHEVALIER)에 의하여 제안된 새 작업인 일반원칙의 적용 가이드 (Guidnace for the application of the General Principles)는 작업그룹에서 아이템 제안을 위하여 몇몇 나라들이 참여하기로 하고, 지속적인 문서 준비를 수행하기로 하였다.

2. 작업그룹 2 (WG 2) - 간사국 : 핀랜드

Sustainable Indicators

• 관련 규격안 : TS 21929 "Sustainable Indicators"

작업그룹 2는 2006년 10월 몬트리얼 회의 이후 2007년 7월 베를린에서 회의를 가졌으며 신규작업문서에 대한 초안(TS 21929-1 : 2006)을 작성하였다. 신규작업문서는 TS 21929 4장에 기술된 건설작업의 지속가능성 지표, 지표들의 사용, 코어셋(core-set)을 반영하여 작성하는 것으로 정하고, 코어셋 신규 건축물 및 기존 건축물, 지속가능한 관점에서 건축물에 필수적인 내용을 포함하도록 협의하였다.

작업그룹2(WG2)는 그룹에서 개발된 지속가능성지표가 모든 건설작업에서 동일한 수준으로 적용되어야 함을 확인하고, 새로 설치될 예정인 토목시설의 지속가능성을 위한 작업그룹5(WG5)의 작업을 지지하고 지원하기로 하였다.

3. 작업그룹 4 (WG 4) - 간사국 : 일본

Environmental Assessment

• 관련 규격안 : CD 21931 "Framework for Methods of Assessment for Environmental Performance of Construction Works - Part 1. Buildings"

TS 21931에서 CD로 변환하여 작업 중이던 본 규격을 향후 12개월 동안 보완작업을 수행하고 DIS로의 투표를 위한 준비를 하기로 정했다.

최종 편집과 문서 검토 및 개정을 위하여 각 작업그룹의 의장이 참여하는 소규모 편집그룹을 한시적으로 운영하기로 하고 이에 대한 실무는 영국의 John Bowdidge와 캐나다의 Rodney McPhee가 담당하기로 정했다.

금번 회의에서 가장 관심이 높은 작업그룹이었으며, 쟁점은 환경영향, 환경측면, 실내환경 등에서 의무항목과 권장항목의 분류에 대한 것이었다. 지구온난화와 오존층파괴물질에 대한 평가는 의무항목으로 정하고 나머지는 독일이 제안한 매트릭스표를 검토하기로 하였다.

6.7.2 ISO/TC 59/SC 17 5차 총회

P-멤버 11개국, iiSBE 등 협력 기관 OECD 등 9개 기관 총 30여명이 참석하였다. 주요내용은 다음과 같다.

1. 각 작업그룹의 작업내용 승인 및 권고

의장인 프랑스 표준국 AFNOR의 Mr. Jacques Lair를 중심으로 11개국 30여명의 위원들이 각 작업그룹의 작업내용을 승인하였다.

- 작업그룹 1(일반원칙 및 용어), 작업그룹 2(지속가능성 지표), 작업그룹 3(건축제품의 환경선언), 작업그룹 4(건축물의 환경성능 평가방법)에서 작업된 내용을 승인하였다.
- 작업그룹 1의 가이드 문서, 작업그룹 2의 신규작업문서, 작업그룹 4의 DIS 투표는 빠른 시간내에 작업을 수행하여 위원회 기술보고서(TR)나 국제규격초안(DIS)로의 진행을 위한 작업을 수행할 것을 합의하였다. (각국의 자국내 유사그룹에 대한 의견 수렴 포함)
- 스페인이 주도하는 '토목시설의 지속가능성'을 다루게 될 신규작업그룹인 작업그룹5(WG5)의 설치에 대한 의견이 기존 작업그룹내의 작업과 신규작업그룹 설치로 양분되었으나, 한국 및 일본 등의 적극적인 의견 개진과 호주의 동참으로 신규작업그룹 설치로 정하여졌다. 신규 작업그룹의 첫 회의는 12월 10일경 마드리드에서 개최하기로 합의하였다.

2. 협력체제의 유지 및 신규 멤버의 가입

기존의 협력체제 가운데 일부 협력체제는 유지, BING 등 세 개의 협력체제는 폐기 예정, 신규 협력요청에 대하여는 보류로 의견을 정하였다.

- BING(유럽연합 폴리우레탄협회), EXIBA, EAA(유럽 알루미늄협회)는 향후 1년간 활동에 대한 보고가 접수되지 않으며 SC17과의 협력체제를 단절하기로 하였다.
- iiSBE(국제 지속가능한 건축환경위원회)와 일반협력체제 지위를 계속 유지하고 2008년 9월 호주에서 개최 예정인 SB08 대회에서 SC17의 주도적인 참여를 위한 협력방안을 공동 협의하기로 하였다.
- CEN TC 350 (건설사업의 지속가능성) 위원회와 긴밀한 협력관계를 유지하고 작업문서들이 SC17의 작업문서와 일관성이 유지되도록 서로 협조할 것을 재확인 하였다.

ISO TC71/SC8 (콘크리트와 콘크리트작업의 환경경영)측 관련자인 일본의 SAKAI 교수가 활동 예정 분야에 대한 발표와 협력에 대한 논의가 있었으며, SC17은 기본적으로 SC17의 규격이 모든 건설작업에 유효하므로 TC71/SC8에서 별도의 규격을 만드는 것은 불필요하다고 인지하나 상호 협력을 위한 협력기구 설치에 대한 공식적인 고려를 하기로 정하였다.

6.8 ISO TC59/SC17 WG5회의

ISO TC59/SC17 기술위원회는 지속가능한 건축과 관련한 국제표준을 제정하기 위하여 결성되었으며 2002년 TC59산하에 신설되었다. 프랑스가 의장국이며 영국, 미국을 비롯한 18개국이 정식멤버로 참여중이고 6개국이 옵서버로 의견을 제안하고 있다. 기술위원회에는 WG1(용어 및 원칙), WG2(지속가능성지표), WG3(건축자재의 환경선언), WG4(건축물의 환경성능 평가방법)의 작업그룹이 있으며, 2007년 한국에서 개최된 5차 총회에서 WG5(토목시설의 지속가능성)에 대한 작업그룹을 신설하였다.

현재 위원회에서 제정한 규격은 국제규격이 1건(건축자재의 환경선언)이 있으며, 기술시방(지속가능성지표), 기술보고서(용어 및 원칙) 등이 있고 국제표준을 위한 위원회안(건축물의 환경성능 평가방법)에 대한 표준화작업이 진행 중이다. 이외에도 건축물의 지속가능성지표 가이드라인과 같은 신규사업이 추진 중이며 우리나라에서는 우리연구원이 대표기관으로서 역할을 수행중이며 운영은 본 과제의 책임자인 건설기술연구원의 채창우 선임이 담당하고 있다.

6.9 BRE Innovation Park(영국의 지속가능주택 시범단지)

BRE Innovation Park은 런던 북쪽 와포드(Wartford)에 자리 잡고 있는 영국 건축연구소(BRE, Building Research Establishment)내에 건립된 지속가능주택 시범단지로서 2005년 6월 문을 열었다. 이 시범단지에 조성된 5개의 주택과 학교 건축물에는 최신 시공기술과 200여 가지 이상의 혁신적인 기술들이 적용되었으며 개장 이래 현재까지 웨일즈왕자 등 고위 관료를 포함한 14,000명 이상의 방문객이 다녀갔다고 한다. 이 시범단지를 필자가 방문한 날에도 스코틀랜드 상무장관 일행이 견학을 하고 있어 시범단지에 대한 정부차원의 높은 관심을 알 수 있었다.

BRE는 100여년의 역사를 가지고 있는 세계 최고의 건축 분야 연구기관으로 건설, 건축 및 환경, 화재 및 재난, 인증 등의 분야에서 연구, 교육·훈련, 컨설팅 등의 업무를 수행하고 있으며, 1990년대 후반부터는 BREEAM[10] 등의 개발을 통하여 건축 및 건설환경에서 지속가능한 개발을 달성하기 위한 기술 구축을 선도하고 있다. BRE Innovation Park은 이러한 BRE의 기술적 배경을 가지고 조성되었으며, 지역·지방정부부[11], 상무부[12] 등이 후원하고 듀폰(Dupont), 오스본(Osborne),

10) BREEAM(BRE Environmental Assessment Methods)은 건축물의 환경성능을 향상시키기 위하여 BRE가 개발한 프로그램이며, 이를 시작으로 캐나다의 GBC, 미국의 LEED 등 환경성평가 프로그램이 개발되었다. 우리나라는 한국건설기술연구원에서 친환경건축물평가방법을 2000년도에 제시하였고, 현재는 건교부와 환경부 공동시행으로 친환경건축물인증제도를 시행 중 이다.
영국에서의 BREEAM은 주택, 사무소, 학교 등 다양한 용도의 건축물을 대상으로 개발되어 활발한 적용이 이루어졌으며, 이 프로그램이 발전하여 지속가능주택(Sustainable Home)이란 인증제도가 2007년 10월부터 시행되게 되었다.

11) Department of Communities & Local Government

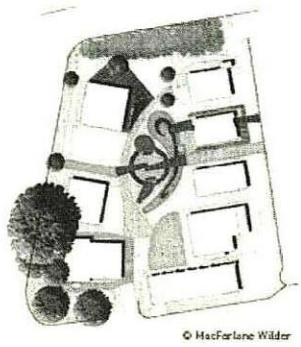
12) 영국에서는 건설을 담당하는 주무부처가 상무부(DTI, Department of Trade and Industry)이다.

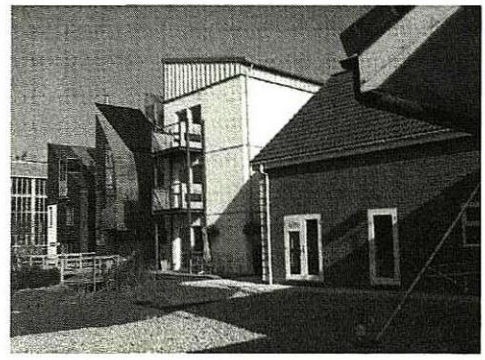
한센(Hansen) 등 기업들의 투자와 시공 지원이 있어 가능하게 되었다고 할 수 있다.

현재 주택에서의 이산화탄소 배출 저감이나 지속가능주거의 개발은 해외뿐만 아니라 우리나라에서도 관심이 높아지고 있는 분야인데, 영국의 지속가능주택 시범단지에 대한 내용을 살펴봄으로써 해당 분야 관련자들에게 지속가능주택 기술의 사례에 대한 정보 제공하고 우리나라에서의 지속가능주택에 대한 방향을 설정하는데 도움을 주고자 한다.

영국의 2007년도의 국가보고서(Budget 2007)에서는 영국 국가정책의 장기목표 중 하나를 '환경보호와 기후변화 대응'으로 정하고 이에 대한 대책 중 하나로 지속가능주택(Sustainable Home) 인증제도를 건축법(Building Code)에 명문화하여 10월부터 시행하고 있다. 지속가능주택이 궁극적으로 목표하는 것은 이산화탄소 무배출(제로카본, Zero Carbon)이며, 제도의 활성화를 위하여 영국정부는 50만파운드 이하 신축주택에 대해서는 등록세를 면제하고, 50만파운드 이상 주택은 1만5천파운드의 등록세를 공제 해 주고 있다.

시범단지에는 5개의 주택과 1개의 학교 건축이 조성되어 있으며, 이는 주택과 학교를 대상으로 시행되는 지속가능주택의 확산을 위한 것이라고 할 수 있다. 이 주택 및 학교 건축물은 실제 생활과 이용이 가능하도록 모든 시설이 완비되어 있으며 이러한 준비를 통하여 관람자들의 이해도 및 공감을 높이는 효과를 거두고 있다.





[그림 6.9.1] Innovation Park 배치도 및 사진
(배치도 출처 : www.bre.co.uk/page.jsp?id=634)

6.10 ECO DESIGN

2007 ECO DESIGN은 국제 환경디자인과 재활용시스템에 대해 5번째로 개최되는 심포지움으로, 1999년부터 격년마다 개최되어 올해가 5회이다.

전자전자제품, 건축물, 도시시설물, 가구, 자동차, 기계 등에 대한 에코디자인적 접근을 보여주며, 에코디자인학회연합과 IEEE CS TCEE가 공동주최하고 일본의 환경부와 경제부를 포함한 11개 정부부처에서 후원하고 있다.

에코디자인적인 접근을 통한 사업전략, 기술, 시스템적인 디자인의 통합에 대한 정보를 교환하는 심포지움이다. 에코디자인에 대한 국제적인 추세를 반영한 세션 구성으로 논문의 분포에 따라 세계의 흐름을 파악할 수 있으며, 매회 평균 200여 편 이상의 논문이 발표되며, 대부분이 일본의 학계와 산업계에서 발표를 하며, 일부 유럽과 우리나라를 포함한 아시아 국가들이 참여하고 있다.

제 7 장 참고문헌

1. ISO 14001 Environmental Management
2. ISO TC 59/SC17 CD 21929 Sustainability indicators
3. ISO TC 59/SC17 CD21930 Environmental declaration of building products
4. ISO TC 59/SC17 CD 21931 Framework for assessment of environmental performance of buildings
5. ISO TC 59/SC17 CD 21932 Terminology
6. SETAC, A Conceptual Framework For Life-Cycle Imapct Assessment, 1993
7. SETAC, A Technical Framework for Life-Cycle Assessment, 1991
8. 채창우, 건설재료의 환경친화성 평가와 가치공학적 개념의 도입, 건설기술정보지, 1999. 2.
9. 채창우, 서치호, "건축자재의 환경친화성 평가방법에 관한 연구" 대한건축학회 논문집, 2000. 12.
10. 채창우, 건축재료의 친환경적 사용을 위한 방안, 건설기술인 2002. 1.
11. 채창우,건축재료의 환경친화성 평가방법에 대한 고찰, 주공하우진 2004. 2.
12. 채창우, 친환경 건축물 관련 국제규격 제정 현황, 설비공학, 2003. 10
13. 한국건설기술연구원, 건축물 환경성능 인증제도 도입방안, 환경부, 1999
14. 한국건설기술연구원, 기후변화협약 대응 건축물 에너지절약 중장기대책 연구, 건설교통부, 1999
15. 한국건설기술연구원, 친환경 건축자재 평가 및 순환재활용 기술, 2000.
16. 한국건설기술연구원, 건축물 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구, 2002~2004
17. 한국건설기술연구원, 친환경 건축물 인증기준 작성 연구 -공동주택, 주상복합, 사무소-, 환경부, 2003~2004
18. 한국인정원, "ISO 전문 분야별 인증제도 동향", 2003. 8.
19. 환경부, "LCI 데이터베이스 표준지침서", 2003. 5.
20. 한국생산기술연구원 국가청정생산지원센터, "국가 LCI Database 구축 방법론 및 관리·보급확산 방안", 2004. 12.

21. 산업자원부, "전문경영시스템 인증제 도입 기반 구축 산업기술기반조성에 관한 보고서", 2003. 8.
22. 산업자원부, "환경친화 제품설계를 위한 DfE 기술 개발", 2003. 3.
23. 산업자원부, "환경친화적 산업기반 구축을 위한 환경경영 표준화사업", 2003. 9.
24. 김상용 외, "환경전과정평가", 시그마프레스, 1993
25. 한국인정원, "ISO 전문 분야별 경영시스템 사례집", 2003. 8.
26. 한국인정원, "공공부문의 환경경영시스템(ISO 14001)", 2003. 10.
27. 이보삼, 노재동, 이건모, "제품의 환경성 표시/인증을 위한 표준화(Type III 프로그램)", 한국전과정평가학회 연구논문집, 1999. 11.
28. 정재우, 이보삼, 노재동, "비교가능성을 고려한 제품(냉장고)의 LCA 수행을 위한 연구", 한국전과정평가학회 연구논문집, 2001. 11.
29. 김성우, 정종식, 문정민, 정기석, 노재동, 정재우, "전과정평가분석도구", 한국전과정평가학회 연구논문집, 2001. 11.
30. 정재우, 박종일, 노재동, 이보삼, "Development of LCA Software "KAB LCA", 한국전과정평가학회 연구논문집, 2002. 11.
31. 박종일, 성지현, 양인목, "Environmental Performance Evaluation and Verification Programs for Sustainable Development", 한국전과정평가학회 연구논문집, 2003. 12.
32. 이보삼, 정재우, 박종일, "National Life Cycle Inventory Database Project", 한국전과정평가학회 연구논문집, 2003. 12.
33. 환경성적표지 공통기준 개발, 환경부, 2003. 5.
34. 신동희, 권은선, 정종연, 문승식, 허진호, LCA 기법을 적용한 제품의 우선순위 선정 방법론, 한국전과정평가학회 연구논문집, 2003. 12.
35. LCI 데이터베이스 표준지침서, 환경부, 2003. 5.
36. 환경성적표지제도 길라잡이, 환경부 · 환경마크협회 · 환경관리공단 · 환경보전협회, 2004. 6.
37. 정종연, 위영철, 허진호, 문승식, 김만영, 전과정 목록분석 정보망의 역할 및 활용극대화 방안, 전과정평가 논문집, 2002. 12.
38. 김익, 허탁, 전과정평가 기법을 적용한 국내 주요 플라스틱에 대한 환경영향 분석, 전과정평가 논문집, 2002. 12.

39. 日本建築學會 建築と地球環境特別委員會, 建築が地球環境に与える影響, 1992
40. Kang-Hee Lee, Chang-U Chae, An Estimation Method of the Life-Cycle Energy and CO2 of Buildings, 3rd International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2000
41. Jong-Jin Kim, Breanda Rigdon, Sustainable Architecture Module: Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials, National Pollution Prevention Center for Higher Education, 1998

■ 자체평가의견서

자체평가의견서

1. 과제 현황

사업명	건설교통 R&D 정책 인프라사업(변경 전 : 건설기반구축사업)			
연구 과제	과 제 명	건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업		
	주관연구기관	한국건설기술연구원	주관연구 책임자	채창우
연구 기간	2007.06.29 - 2008.06.30			
협동연구 기관	기 관 명		연 구 책 임 자	
	한국인정원 (외 1)		이보삼	
위탁연구 기관	기 관 명		위탁연구책임자	
	(외)			
참여기업	기업체명		대 표 자	
	(외)			
연 구 비 (천원)	연차	정부	민간	계
	1차년도	300,000		
	2차년도	323,000		
	3차년도	320,000		
	계	943,000		

2. 평가일 : 2008. 06. 20.

3. 평가자(연구책임자) 확인

본인은 평가대상 연구과제의 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약합니다.

소 속	직 위	성 명	확약(서명, 인)
한국건설기술연구원	팀 장	채 창 우	

Ⅰ. 연구개발 실적

평 가 항 목	가중치 (A)	평가척도(B) 수 5	우 4	미 3	양 2	가 1	득점 (A×B)	평 기 의 견
연구수행								
① 연구개발 결과의 우수성 및 창의성	1		v				4	건축자재의 환경성정보를 국제표준에 근거해 제시한 국내 최초의 사례임
② 연구개발 수행노력의 성실도	2		v				8	국토해양부, 지식경제부, 환경부의 건축자재 관련 연구기관이 적극적으로 참여하여 수행했음
③ 연구개발 결과에 대한 활용가능성	3		v				12	향후 건축물 및 건축자재산업부문에서 탄소배출저감을 위한 기반기술로 활용가능함
④ 연구개발 결과의 파급효과	2		v				8	건축자재 및 건축설계에서 친환경건축자재 활용을 위한 기술구축 노력을 촉진시킬 것임
⑤ 공개 발표된 연구개발 성과 (논문 게제 또는 산업재산권 출원 및 심사 가능성, 발표회개최 등)	2			v			6	국제학술발표 1건, 국내학술발표 4건, 국제세미나 2건, 특허출원 1건 등 다양한 노력을 기울였으나 좀 더 많은 노력이 필요했다고 평가됨
연구목표 달성도(연구개발계획서상에 기술된 연구목표)								
⑥ 건축자재 LCA 수행지침 및 건축산업을 위한 환경경영지침 개발	1	v					5	LCA 수행지침과 건축산업 환경경영을 위한 EMS 가이드는 향후 건축산업의 정량적인 환경정보 구축과 탄소저감을 위한 체제구축을 앞당길 것임
⑦ 환경성정보 제공 홈페이지 구축 및 네트워킹 체계 마련	2		v				8	구축된 정보의 제공을 위한 홈페이지는 건축전문가 및 일반인들의 정보접근을 도울 것임
⑧ 건축자재 환경성 평가 프로그램 개발	2		v				8	설계자 및 자재사용자들에게 환경영향이 적은 자재 및 재료 선택을 위한 도구로 활용 가능함
⑨ 50여개 모듈에 대한 LCI D/B 구축 및 정보제공	3	v					15	기존 지식경제부, 환경부에서 구축하고 있는 LCI D/B에 건축관련 DB를 추가하여 국가 환경성정보능력을 향상시켰음
⑩ 친환경건축자재 인증제도 실행방안 마련 및 도입체계 구축	2			v			8	기존 건축물 관련 인증제도가 다수 존재하여 인증제도의 도입에 신중할 필요가 있음
소계 전문가 평가점수 (100점 만점)							82	

II. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 사업은 총 3개년에 걸쳐 진행된 건설교통 R&D 정책인프라 사업으로 건축자재분야에서 기후변화에 대응하고 친환경적인 생산체제 구축을 위한 기반마련을 위한 '건축자재 환경성정보 국가 DB 구축사업'임. 본 사업의 목표는 50개 모듈에 대한 국가 환경성정보(LCI D/B)를 구축하고 이를 활용하기 위한 평가소프트웨어의 개발 및 홈페이지 구축 그리고 LCA 수행지침, EMS 가이드마련 및 인증제도 제안을 하는 것을 내용으로 하고 있음.

3년간 진행된 본 사업에서는 69개 모듈에 대한 LCI D/B를 구축하였으며, 환경성정보의 제공을 위한 홈페이지의 구축이 완료되었고 환경성평가 프로그램인 APESS를 개발하였음. 그리고 건축산업에 적합한 EMS 가이드와 건축자재 LCA 수행지침을 개발하여 건축산업의 지속가능한 경영을 위한 기반데이터를 제공하였음. 다만, 환경성정보 인증제도는 건축산업의 여건을 고려하여 향후 1, 2년 내에 적용 가능한 대안을 제시하여 운용주체 및 관련 조직의 역량 확보를 위한 지속적인 체제 마련이 필요함.

본 사업은 기후변화에 대응하기 위한 기반마련에 중점을 두고 있어 건축자재와 관련된 국토해양부, 지식경제부, 환경부 관련 기관들이 참여하였고, 각 기관들은 건축산업에서 기후변화대응 기반 마련이라는 목적에 집중하여 각자의 역할을 성실히 수행하여 좋은 성과를 제시하였다고 평가됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 사업은 건설관련 신기술이나 신공법, 현장기술을 개발하는 것이 아닌 기후변화에 대응하고 지속가능한 건축산업 구축을 위한 국가 환경성정보 DB를 구축하고 이를 활용하기 위한 시스템 수립 연구임.

따라서, 본 사업의 결과가 실용화나 제품화보다는 기후변화 대응체제 마련을 위한 기반조성에 충분히 도움이 될 것인지에 평가 주안점을 두어야 함. 기반조성에는 DB 구축, 운영을 위한 기본 가이드 제공, 정보제공을 위한 네트워크 구축, 인증제도 마련이 있음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

활용방안

- 기후변화에 대응하는 건축자재 환경성 평가 도구로 활용
- 지속가능한 건축을 위한 법적 제도적 기준 마련시 기초 데이터로 활용
- 기존 친환경건축자재 인증제도의 개선을 위한 자료로 활용
- 설계자 및 시공자, 사용자가 활용할 수 있는 지속가능 건축자재 선정도구로 활용

향후조치

- 건축자재 시공가이드 개발 및 지속적인 DB 구축사업 추진
- 기존 친환경 인증제도 개선을 위한 제도 및 정책제안 (건축법 내에서)

부 록

1. LCI DB 구축 보고서

2. LCI DB Layout

3. LCI DB(CD별첨)

<목 차>

<목 차> ····· i
<표 목 차> ····· iii
<그 림 목 차> ····· xi

제 1절 콘크리트 파일(Concrete piles) ····· 1
제 2절 골재 - 모래(Sands) ····· 7
제 3절 골재 - 하천모래(Riverbed Sands) ····· 12
제 4절 골재 - 바다모래(Seabed Sands) ····· 18
제 5절 골재 - 산림모래(Crushed Sands) ····· 25
제 6절 골재 - 육상모래(Land Sands) ····· 32
제 7절 골재 - 자갈(쇄석)(Crudsh Sands) ····· 37
제 8절 재생 잔골재(Recycled Fine Aggregate) ····· 43
제 9절 재생 굵은골재(Recycled Fine Aggregate) ····· 49
제 10절 갱폼(Gang Form) ····· 55
제 11절 유로폼 시공(Euro Form) ····· 61
제 12절 화강석(Granite) ····· 68
제 13절 인조대리석(Artificial Marble) ····· 74
제 14절 점토 벽돌(Clay brick) ····· 81
제 15절 콘크리트 벽돌(Concrete brick) ····· 86
제 16절 ㄱ형강(Angle) ····· 92
제 17절 ㄷ형강(Channel) ····· 100
제 18절 I형강(I-Beam) ····· 107
제 19절 H형강(H-Beam) ····· 114
제 20절 일반 이형철근(Deformed Reinforcing Steel Bar) ····· 121
제 21절 고장력 이형철근(High-Tension Deformed Rdinforcing Steel Bar) ····· 128
제 22절 합판(Plywood) ····· 135
제 23절 우레탄 방수재 (Polyurethane Water-Proof Agent) ····· 141
제 24절 시트 방수재 (Water-Proof Sheets) ····· 147
제 25절 우레탄 판(Urethane panel) ····· 153
제 26절 발포 폴리스티렌 판(Expanded polystyrene panel) ····· 158
제 27절 유리면 판(Glass wool panel) ····· 163
제 28절 알루미늄 복합(무기질) 패널(Aluminium composite(mineral) panel) ····· 168
제 29절 알루미늄 복합(PE) 패널(Aluminium composite(polyethylene) panel) ····· 173
제 30절 압출 성형 콘크리트 패널(Extrusion concrete panel) ····· 178
제 31절 암면(Mineral wool) ····· 183

제 32절 EPS 층간 소음 방지재(EPS foam for thermal insulation) ····· 188
제 33절 EPP 층간 소음 방지재(EPP form for thermal insulation) ····· 193
제 34절 암면 보온방음판(Mineral wool board for thermal insulation) ····· 198
제 35절 유리문(Polished plate glass door) ····· 203
제 36절 나무문(Wooden door) ····· 209
제 37절 철제 현관문 (Steel Door) ····· 215
제 38절 PVC 창호 프로파일(PVC profile) ····· 221
제 39절 복층유리(Insulating Glass) ····· 226
제 40절 강화유리 (Tempered Glass) ····· 232
제 41절 타일(Tile) ····· 238
제 42절 암면 천장마감재(Mineral wool ceiling board) ····· 245
제 43절 아스팔트 싱글(Asphalt Shingle) ····· 250
제 44절 PVC 벽지(PVC wallpaper) ····· 256
제 45절 경보행용 바닥재(Residential flooring) ····· 263
제 46절 중보행용 바닥재(Commercial flooring) ····· 269
제 47절 MDF 바닥재(MDF Flooring) ····· 275
제 48절 카펫 타일(Carpet Tiles) ····· 281
제 49절 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭(Ready-mixed concrte transportation using concrete mixer truck) ··· 287
제 50절 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭(Ready-mixed concrte transportation using 8t Dump truck) ····· 293
제 51절 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭(Ready-mixed concrte transportation using 10.5t dump truck) ···· 299
제 52절 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭(Ready-mixed concrte transportation using 15t dump truck) ····· 305
제 53절 폴리염화비닐 관(Polyvinyl chloride pipe) ····· 311
제 54절 형강 시공(Construction process of steel sections) ····· 316
제 55절 레미콘 시공(Construction Process Using Ready-Mixed Concrete) ····· 321
제 56절 유로폼 시공(Construction Process Using Euro Form Concrete) ····· 327
제 57절 갱폼 시공(Construction Process Using Gang Form Concrete) ····· 334
제 58절 경량기포 콘크리트 시공(Construction Process Using) ····· 342
제 59절 벽돌 시공(Construction Process Using Bticks) ····· 350
제 60절 타일 시공(Construction Process Ceramic Tiles) ····· 356
제 61절 기계화 시공 - 불도저(Motorized Construction Process Using A Bulldozer) ···· 362
제 62절 기계화 시공 - 로더(Motorized Construction Process Using A Loader) ····· 369
제 63절 기계화 시공 - 스크레이퍼(Motorized Construction Process Using A Scraper) ····· 376
제 64절 기계화 시공 - 굴삭기(Motorized Construction Process Using A Excavator) ·· 383

<표 목 차>

[표 1] 콘크리트 파일 - 데이터 제공 업체 ····· 2
[표 2] 콘크리트 파일 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 2
[표 3] 콘크리트 파일 - 데이터 범주 ····· 4
[표 4] 콘크리트 파일 - 데이터 품질 요건 ····· 4
[표 5] 콘크리트 파일 - 데이터 출처 ····· 5
[표 6] 골재허가실적 및 채취실적 통계표 ····· 7
[표 7] 골재 - 모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 9
[표 8] 골재 - 모래 - 데이터 범주 ····· 9
[표 9] 골재 - 모래 - 데이터 품질요건 ····· 10
[표 10] 골재 - 하천모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 13
[표 11] 골재 - 하천모래 - 데이터 범주 ····· 14
[표 12] 골재 - 하천모래 - 데이터 품질요건 ····· 15
[표 13] 골재 - 하천모래 - 데이터 출처 ····· 16
[표 14] 바다모래의 조립률에 따른 구분과 용도 ····· 18
[표 15] 골재 - 바다모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 19
[표 16] 골재 - 바다모래 - 데이터 범주 ····· 21
[표 17] 골재 - 바다모래 - 데이터 품질요건 ····· 21
[표 18] 골재 - 하천모래 - 데이터 출처 ····· 23
[표 19] 암석의 분류 ····· 25
[표 20] 골재 - 산림모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 27
[표 21] 골재 - 산림모래 - 데이터 범주 ····· 28
[표 22] 골재 - 산림모래 - 데이터 품질요건 ····· 29
[표 23] 골재 - 산림모래 - 데이터 출처 ····· 31
[표 24] 골재 - 육상모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 33
[표 25] 골재 - 육상모래 - 데이터 범주 ····· 34
[표 26] 골재 - 육상모래 - 데이터 품질요건 ····· 34
[표 27] 골재 - 육상모래 - 데이터 출처 ····· 36
[표 28] 골재 - 쇄석 - 기능, 기능단위, 기준흐름 ····· 38
[표 29] 골재 - 쇄석 - 데이터 범주 ····· 40
[표 30] 골재 - 쇄석 - 데이터 품질요건 ····· 40
[표 31] 골재 - 쇄석 - 데이터 출처 ····· 42
[표 32] 재생골재의 종류 및 품질기준 ····· 43
[표 33] 재생 잔골재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 44
[표 34] 재생 잔골재 - 데이터 범주 ····· 46
[표 35] 재생 잔골재 - 데이터 품질 요건 ····· 46
[표 36] 재생 잔골재 - 데이터 출처 ····· 47
[표 37] 재생골재의 종류 및 품질기준 ····· 49
[표 38] 재생 굵은골재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 50

[표 39] 재생 굵은골재 - 데이터 범주 ····· 52
[표 40] 재생 굵은골재 - 데이터 품질 요건 ····· 52
[표 41] 재생 굵은골재 - 데이터 출처 ····· 53
[표 42] 갱폼의 구성부품 및 관련 규격 ····· 55
[표 43] 갱폼 - 데이터 제공 업체 ····· 56
[표 44] 갱폼 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 56
[표 45] 갱폼 - 데이터 범주 ····· 58
[표 46] 갱폼 - 데이터 품질 요건 ····· 58
[표 47] 갱폼 - 데이터 출처 ····· 59
[표 48] 유로폼 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 62
[표 49] 유로폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 63
[표 50] 유로폼 시공 - 데이터 범주 ····· 65
[표 51] 유로폼 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 65
[표 52] 유로폼 시공 - 데이터 출처 ····· 66
[표 53] 화강석 - 데이터 제공 업체 ····· 68
[표 54] 화강석 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 69
[표 55] 화강석 - 데이터 범주 ····· 70
[표 56] 화강석 - 데이터 품질요건 ····· 71
[표 57] 화강석 - 데이터 출처 ····· 72
[표 58] 인조 대리석 - 품질기준 ····· 75
[표 59] 인조대리석 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 76
[표 60] 인조대리석 - 데이터 범주 ····· 78
[표 61] 인조대리석 - 데이터 품질 요건 ····· 78
[표 62] 인조대리석 - 데이터 출처 ····· 79
[표 63] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 82
[표 64] 데이터 범주 ····· 83
[표 65] 데이터 품질요건 ····· 83
[표 66] 데이터 출처 ····· 85
[표 67] 콘크리트 벽돌의 분류 ····· 86
[표 68] 콘크리트 벽돌 - 참여기업의 생산현황 ····· 87
[표 69] 콘크리트 벽돌 - 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 87
[표 70] 콘크리트 벽돌 - 데이터 범주 ····· 88
[표 71] 콘크리트 벽돌 - 데이터 품질요건 ····· 88
[표 72] 콘크리트 벽돌 - 데이터 출처 ····· 90
[표 73] 형강의 분류 ····· 92
[표 74] ㄱ형강 - 참여기업 생산량 비율 ····· 93
[표 75] ㄱ형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 93
[표 76] ㄱ형강 - 데이터 범주 ····· 95
[표 77] ㄱ형강 - 데이터 품질 요건 ····· 96
[표 78] ㄱ형강 - 데이터 출처 ····· 98

[표 79] ㄷ형강 - 참여기업 생산량 비율 ····· 100
[표 80] ㄷ형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 101
[표 81] ㄷ형강 - 데이터 범주 ····· 103
[표 82] ㄷ형강 - 데이터 품질 요건 ····· 103
[표 83] ㄷ형강 - 데이터 출처 ····· 105
[표 84] I형강 - 참여기업 생산량 비율 ····· 107
[표 85] I형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 108
[표 86] I형강 - 데이터 범주 ····· 110
[표 87] I형강 - 데이터 품질 요건 ····· 110
[표 88] I형강 - 데이터 출처 ····· 112
[표 89] H형강 - 참여기업 생산량 비율 ····· 114
[표 90] H형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 115
[표 91] H형강 - 데이터 범주 ····· 117
[표 92] H형강 - 데이터 품질 요건 ····· 117
[표 93] H형강 - 데이터 출처 ····· 119
[표 94] 일반철근 - 참여기업 생산량 비율 ····· 122
[표 95] 일반철근 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 122
[표 96] 일반철근 - 데이터 범주 ····· 124
[표 97] 일반철근 - 데이터 품질 요건 ····· 124
[표 98] 일반철근 - 데이터 출처 ····· 126
[표 99] 고장력 철근 - 참여기업 생산량 비율 ····· 128
[표 100] 고장력 철근 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 129
[표 101] 고장력 철근 - 데이터 범주 ····· 130
[표 102] 고장력 철근 - 데이터 품질 요건 ····· 131
[표 103] 고장력 철근 - 데이터 출처 ····· 133
[표 104] 합판 생산현황 ····· 136
[표 105] 합판 - 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 136
[표 106] 합판 - 데이터 범주 ····· 137
[표 107] 합판 - 데이터 품질요건 ····· 137
[표 108] 합판 - 데이터 출처 ····· 139
[표 109] 우레탄 방수재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 143
[표 110] 우레탄 방수재 - 데이터 범주 ····· 144
[표 111] 우레탄 방수재 - 데이터 품질 요건 ····· 144
[표 112] 우레탄 방수재 - 데이터 출처 ····· 145
[표 113] 시트 방수재 - 종류 및 특성 ····· 147
[표 114] 시트 방수재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 148
[표 115] 시트 방수재 - 데이터 범주 ····· 150
[표 116] 시트 방수재 - 데이터 품질 요건 ····· 150
[표 117] 시트 방수재 - 데이터 출처 ····· 151
[표 118] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 154

[표 119] 데이터 범주 ····· 155
[표 120] 데이터 품질요건 ····· 155
[표 121] 데이터 출처 ····· 157
[표 122] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 159
[표 123] 데이터 범주 ····· 160
[표 124] 데이터 품질요건 ····· 160
[표 125] 데이터 출처 ····· 162
[표 126] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 164
[표 127] 데이터 범주 ····· 165
[표 128] 데이터 품질요건 ····· 165
[표 129] 데이터 출처 ····· 167
[표 130] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 169
[표 131] 데이터 범주 ····· 170
[표 132] 데이터 품질요건 ····· 170
[표 133] 데이터 출처 ····· 172
[표 134] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 174
[표 135] 데이터 범주 ····· 175
[표 136] 데이터 품질요건 ····· 175
[표 137] 데이터 출처 ····· 177
[표 138] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 179
[표 139] 데이터 범주 ····· 179
[표 140] 데이터 품질요건 ····· 180
[표 141] 데이터 출처 ····· 182
[표 142] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 184
[표 143] 데이터 범주 ····· 185
[표 144] 데이터 품질요건 ····· 185
[표 145] 데이터 출처 ····· 187
[표 146] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 189
[표 147] 데이터 범주 ····· 190
[표 148] 데이터 품질요건 ····· 190
[표 149] 데이터 출처 ····· 192
[표 150] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 194
[표 151] 데이터 범주 ····· 195
[표 152] 데이터 품질요건 ····· 195
[표 153] 데이터 출처 ····· 197
[표 154] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 199
[표 155] 데이터 범주 ····· 199
[표 156] 데이터 품질요건 ····· 200
[표 157] 데이터 출처 ····· 201
[표 158] 유리문 - 데이터 제공 업체 ····· 203

[표 159] 유리문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 204
[표 160] 유리문 - 데이터 범주 ····· 206
[표 161] 유리문 - 데이터 품질 요건 ····· 206
[표 162] 유리문 - 데이터 출처 ····· 207
[표 163] 나무문 - 데이터 제공 업체 ····· 210
[표 164] 나무문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 210
[표 165] 나무문 - 데이터 범주 ····· 212
[표 166] 콘크리트 파일 - 데이터 품질 요건 ····· 212
[표 167] 나무문 - 데이터 출처 ····· 213
[표 168] 철제 현관문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 216
[표 169] 철제 현관문 - 데이터 범주 ····· 218
[표 170] 철제 현관문 - 데이터 품질 요건 ····· 218
[표 171] 철제 현관문 - 데이터 출처 ····· 219
[표 172] 창호 프로파일 원료에 따른 창호의 분류 ····· 221
[표 173] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 222
[표 174] 데이터 범주 ····· 223
[표 175] 데이터 품질요건 ····· 223
[표 176] 데이터 출처 ····· 225
[표 177] 복층유리 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 227
[표 178] 복층유리 - 데이터 범주 ····· 229
[표 179] 복층유리 - 데이터 품질 요건 ····· 229
[표 180] 복층유리 - 데이터 출처 ····· 230
[표 181] 강화유리 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 233
[표 182] 강화유리 - 데이터 범주 ····· 235
[표 183] 강화유리 - 데이터 품질 요건 ····· 235
[표 184] 강화유리 - 데이터 출처 ····· 236
[표 185] 타일의 분류 ····· 238
[표 186] 타일 생산현황 ····· 239
[표 187] 타일 - 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 239
[표 188] 타일 - 데이터 범주 ····· 240
[표 189] 타일 - 데이터 품질요건 ····· 241
[표 190] 타일 - 데이터 출처 ····· 243
[표 191] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 246
[표 192] 데이터 범주 ····· 246
[표 193] 데이터 품질요건 ····· 247
[표 194] 데이터 출처 ····· 249
[표 195] 아스팔트 싱글 - 데이터 제공 업체 ····· 251
[표 196] 아스팔트 싱글 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 251
[표 197] 아스팔트 싱글 - 데이터 범주 ····· 253
[표 198] 아스팔트 싱글 - 데이터 품질 요건 ····· 253

[표 199] 아스팔트 싱글 - 데이터 출처 ····· 254
[표 200] 벽지 - 벽지의 분류 ····· 256
[표 201] 벽지 - 벽지 생산현황 ····· 257
[표 202] 벽지 - 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 258
[표 203] 벽지 - 데이터 범주 ····· 258
[표 204] 벽지 - 데이터 품질요건 ····· 259
[표 205] 벽지 - 데이터 출처 ····· 261
[표 206] 사용원료에 따른 바닥재의 분류 ····· 263
[표 207] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 264
[표 208] 데이터 범주 ····· 265
[표 209] 데이터 품질요건 ····· 265
[표 210] 데이터 출처 ····· 267
[표 211] 사용원료에 따른 바닥재의 분류 ····· 269
[표 212] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 270
[표 213] 데이터 범주 ····· 271
[표 214] 데이터 품질요건 ····· 271
[표 215] 데이터 출처 ····· 273
[표 216] MDF 바닥재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 276
[표 217] MDF 바닥재 - 데이터 범주 ····· 278
[표 218] MDF 바닥재 - 데이터 품질 요건 ····· 278
[표 219] MDF 바닥재 - 데이터 출처 ····· 279
[표 220] 카펫타일 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 282
[표 221] 카펫타일 - 데이터 범주 ····· 283
[표 222] 카펫타일 - 데이터 품질 요건 ····· 284
[표 223] 카펫타일 - 데이터 출처 ····· 285
[표 224] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 기준 시나리오 ····· 288
[표 225] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 289
[표 226] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 범주 ····· 290
[표 227] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 품질 요건 ····· 290
[표 228] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 출처 ····· 291
[표 229] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 기준 시나리오 ····· 294
[표 230] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 295
[표 231] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 범주 ····· 296
[표 232] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건 ····· 296
[표 233] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 출처 ····· 297
[표 234] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 기준 시나리오 ····· 300
[표 235] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 301
[표 236] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 범주 ····· 302
[표 237] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건 ····· 302
[표 238] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 출처 ····· 303

[표 239] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 기준 시나리오 ····· 306
[표 240] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 307
[표 241] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 범주 ····· 308
[표 242] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건 ····· 308
[표 243] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 출처 ····· 309
[표 244] 기능 및 기능단위, 기준흐름 ····· 312
[표 245] 데이터 범주 ····· 313
[표 246] 데이터 품질요건 ····· 313
[표 247] 데이터 출처 ····· 315
[표 248] 형강시공 - 조사 대상 공사 정보 ····· 317
[표 249] 형강시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 317
[표 250] 형강시공 - 데이터 범주 ····· 318
[표 251] 형강시공 - 데이터 품질요건 ····· 318
[표 252] 형강시공 - 데이터 출처 ····· 320
[표 253] 주택 건설 현황 ····· 322
[표 254] 레미콘시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 323
[표 255] 레미콘시공 - 데이터 범주 ····· 323
[표 256] 레미콘시공 - 데이터 품질요건 ····· 324
[표 257] 레미콘시공 - 데이터 출처 ····· 326
[표 258] 유로폼 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 328
[표 259] 유로폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 329
[표 260] 유로폼 시공 - 데이터 범주 ····· 331
[표 261] 유로폼 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 331
[표 262] 유로폼 시공 - 데이터 출처 ····· 332
[표 263] 갱폼 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 337
[표 264] 갱폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 337
[표 265] 갱폼 시공 - 데이터 범주 ····· 339
[표 266] 갱폼 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 339
[표 267] 갱폼 시공 - 데이터 출처 ····· 340
[표 268] 경량기포 콘크리트 자재별 기준 ····· 343
[표 269] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 344
[표 270] 경량기포 콘크리트 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 345
[표 271] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 범주 ····· 347
[표 272] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 347
[표 273] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 출처 ····· 349
[표 274] 벽돌 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 350
[표 275] 벽돌 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 351
[표 276] 벽돌 시공 - 데이터 범주 ····· 353
[표 277] 벽돌 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 353
[표 278] 벽돌 시공 - 데이터 출처 ····· 354

[표 279] 타일 시공 - 데이터 제공 업체 ····· 356
[표 280] 타일 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 357
[표 281] 타일 시공 - 데이터 범주 ····· 359
[표 282] 타일 시공 - 데이터 품질 요건 ····· 359
[표 283] 타일 시공 - 데이터 출처 ····· 360
[표 284] 기계화 시공 - 불도저 ····· 363
[표 285] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준 ····· 364
[표 286] 기계화시공 - 불도저 기준조건 ····· 364
[표 287] 기계화 시공 - 불도저 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 364
[표 288] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 범주 ····· 366
[표 289] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 품질 요건 ····· 366
[표 290] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 출처 ····· 367
[표 291] 기계화 시공 - 불도저 - 환경영향 환산계수 ····· 368
[표 292] 기계화 시공 - 로더 ····· 369
[표 293] 기계화 시공 데이터베이스 구축 기준 ····· 370
[표 294] 기계화 시공 - 로더 기준조건 ····· 370
[표 295] 기계화 시공 - 로더 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 371
[표 296] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 범주 ····· 372
[표 297] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 품질 요건 ····· 372
[표 298] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 출처 ····· 373
[표 299] 기계화 시공 - 로더 - 환경영향 환산계수 ····· 375
[표 300] 기계화 시공 - 스크레이퍼 ····· 377
[표 301] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준 ····· 378
[표 302] 기계화시공 - 스크레이퍼 기준조건 ····· 378
[표 303] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 378
[표 304] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 범주 ····· 380
[표 305] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 품질 요건 ····· 380
[표 306] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 출처 ····· 381
[표 307] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 환경영향 환산계수 ····· 382
[표 308] 기계화 시공 - 굴삭기 ····· 384
[표 309] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준 ····· 385
[표 310] 기계화시공 - 굴삭기 기준조건 ····· 385
[표 311] 기계화 시공 - 굴삭기 - 기능, 기능단위 및 기준흐름 ····· 385
[표 312] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 범주 ····· 387
[표 313] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 품질 요건 ····· 387
[표 314] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 출처 ····· 388
[표 315] 기계화 시공 - 굴삭기 - 환경영향 환산계수 ····· 389

<그 림 목 차>

[그림 1] 콘크리트 파일 ····· 1
[그림 2] 콘크리트 파일 - 공정 흐름도 ····· 3
[그림 3] 연도별 골재채취현황 ····· 7
[그림 4] 골재 공급원별 채취현황 ····· 8
[그림 5] 골재 - 하천모래 - 공정 흐름도 ····· 13
[그림 6] 골재 - 하천모래 - 데이터 수집 범위 ····· 16
[그림 7] 골재 - 바다모래 - 공정 흐름도 ····· 20
[그림 8] 골재 - 바다모래 - 데이터 수집 범위 ····· 22
[그림 9] 골재 공급원별 채취현황 ····· 26
[그림 10] 골재 - 산림모래 - 공정 흐름도 ····· 27
[그림 11] 골재 - 산림모래 - 데이터 수집 범위 ····· 30
[그림 12] 골재 - 육상모래 - 공정 흐름도 ····· 33
[그림 13] 골재 - 육상모래 - 데이터 수집 범위 ····· 35
[그림 14] 골재 - 쇄석 - 공정 흐름도 ····· 39
[그림 15] 골재 - 쇄석 - 데이터 수집 범위 ····· 41
[그림 16] 재생 잔골재 ····· 43
[그림 17] 재생 잔골재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 45
[그림 18] 재생 굵은골재 ····· 49
[그림 19] 재생 굵은골재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 51
[그림 20] 갱폼 - 공정 흐름도 ····· 57
[그림 21] 유로폼 시공 - 공정흐름도 ····· 64
[그림 22] 화강석 - 공정 흐름도 ····· 69
[그림 23] 인조 대리석 ····· 74
[그림 24] 인조대리석 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 77
[그림 25] 점토 벽돌(일반형) ····· 81
[그림 26] 점토 벽돌(유공형) ····· 81
[그림 27] 점토 벽돌 제조 공정흐름도 ····· 84
[그림 28] 콘크리트 벽돌 - 공정 흐름도 ····· 89
[그림 29] ㄱ형강 - 공정 흐름도 ····· 94
[그림 30] ㄱ형강 - 데이터 수집 범위 ····· 97
[그림 31] ㄷ형강 - 공정 흐름도 ····· 101
[그림 32] ㄷ형강 - 데이터 수집 범위 ····· 104
[그림 33] I형강 - 공정 흐름도 ····· 108
[그림 34] I형강 - 데이터 수집 범위 ····· 111
[그림 35] H형강 - 공정 흐름도 ····· 115
[그림 36] H형강 - 데이터 수집 범위 ····· 118
[그림 37] 일반철근 - 공정 흐름도 ····· 123

[그림 38] 일반철근 - 데이터 수집 범위 ····· 125
[그림 39] 고장력 철근 - 공정 흐름도 ····· 129
[그림 40] 고장력 철근 - 데이터 수집 범위 ····· 132
[그림 41] 합판 - 공정 흐름도 ····· 138
[그림 42] 우레탄 방수재 ····· 141
[그림 43] 우레탄 방수도막의 구조 ····· 141
[그림 44] 우레탄 방수재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 143
[그림 45] 시트 방수재 ····· 147
[그림 46] 시트 방수재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 149
[그림 47] 우레탄 판 ····· 153
[그림 48] 우레탄 판 제조 공정흐름도 ····· 156
[그림 49] EPS 판 ····· 158
[그림 50] EPS 판 제조 공정흐름도 ····· 161
[그림 51] 유리면 판 ····· 163
[그림 52] 유리면 판 제조 공정흐름도 ····· 166
[그림 53] 알루미늄 복합(무기질) 패널 ····· 168
[그림 54] 알루미늄 복합(무기질) 패널 제조 공정흐름도 ····· 171
[그림 55] 알루미늄 복합(PE) 패널 ····· 173
[그림 56] 알루미늄 복합(PE) 패널 제조 공정흐름도 ····· 176
[그림 57] 압출 성형 콘크리트 패널 ····· 178
[그림 58] 압출 성형 콘크리트 패널 제조 공정흐름도 ····· 181
[그림 59] 암면 제조 공정흐름도 ····· 186
[그림 60] EPS 층간 소음 방지재 제조 공정흐름도 ····· 191
[그림 61] EPP 층간 소음 방지재 제조 공정흐름도 ····· 196
[그림 62] 암면 보온방음판 제조 공정흐름도 ····· 201
[그림 63] 유리문 - 공정 흐름도 ····· 205
[그림 64] 나무문-일반적인 나무문 ····· 209
[그림 65] 나무문-공정흐름도 ····· 211
[그림 66] 철제 현관문 ····· 215
[그림 67] 철제 현관문 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 217
[그림 68] PVC 창호 프로파일 제조 공정흐름도 ····· 224
[그림 69] 복층 유리의 구조 ····· 226
[그림 70] 복층유리 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 228
[그림 71] 강화유리 ····· 232
[그림 72] 강화유리 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 234
[그림 73] 타일 - 공정 흐름도 ····· 242
[그림 74] 암면 천장마감재 제조 공정흐름도 ····· 248
[그림 75] 아스팔트 싱글 ····· 250
[그림 76] 아스팔트 싱글 - 공정 흐름도 ····· 252
[그림 77] PVC 벽지 - 공정 흐름도 ····· 260

[그림 78] 경보행용 바닥재 제조 공정흐름도 ····· 266
[그림 79] 중보행용 바닥재 제조 공정흐름도 ····· 272
[그림 80] MDF 바닥재 ····· 275
[그림 81] MDF 바닥재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 277
[그림 82] 카펫 타일 ····· 281
[그림 83] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서트럭 - 공정 흐름도 ····· 289
[그림 84] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 ····· 295
[그림 85] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 ····· 301
[그림 86] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 ····· 307
[그림 87] PVC 관 ····· 311
[그림 88] PVC관 제조 공정흐름도 ····· 314
[그림 89] 형강시공 - 공정 흐름도 ····· 319
[그림 90] 레미콘시공 - 공정 흐름도 ····· 325
[그림 91] 유로폼 시공 - 공정흐름도 ····· 330
[그림 92] 갱폼 표준단면 ····· 334
[그림 93] 갱폼 제조 및 시공공정 ····· 335
[그림 94] 갱폼 시공 - 공정 흐름도 ····· 338
[그림 95] 경량기포 콘크리트 제조 공정 ····· 343
[그림 96] 경량기포 콘크리트 시공 - 공정흐름도 ····· 346
[그림 97] 벽돌 시공 - 공정흐름도 ····· 352
[그림 98] 타일 시공 - 공정 흐름도 ····· 358
[그림 99] 불도저 ····· 362
[그림 100] 기계화 시공 - 불도저 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 365
[그림 101] 로더 ····· 369
[그림 102] 기계화 시공 - 로더 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 371
[그림 103] 스크레이퍼 ····· 376
[그림 104] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 379
[그림 105] 굴삭기 ····· 383
[그림 106] 기계화 시공 - 굴삭기 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위 ····· 386

제 1 장

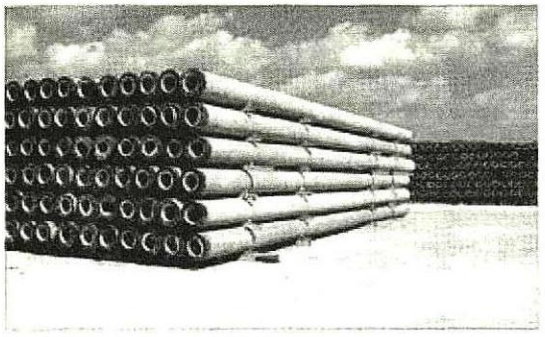
LCI DB 구축 보고서

제 1절 콘크리트 파일(Concrete piles)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

콘크리트 파일은 원심력을 응용하여 압축강도 5N/㎟(800kg/㎠) 이상을 갖도록 제조한 원기둥 모양의 고강도 콘크리트 말뚝을 말한다. 일반적으로 사용되고 있는 PHC 파일의 규격은 KS F 4306에 의해 규정되어 있다.



[그림 1] 콘크리트 파일

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 콘크리트 파일의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 콘크리트 파일 생산량의 대부분을 차지하고 있는 다음의 8개 기업이 참여하여 데이터를 제공하였다.

[표 1] 콘크리트 파일 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
콘크리트 파일	영풍산업(주) 동서산업(주) 대림콩크리트공업(주) 동양시멘트(주) 새한마택(주) 아주파이트(주) 동진산업(주) 중원콘택(주)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

콘크리트 파일은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 콘크리트 파일의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 2]와 같다.

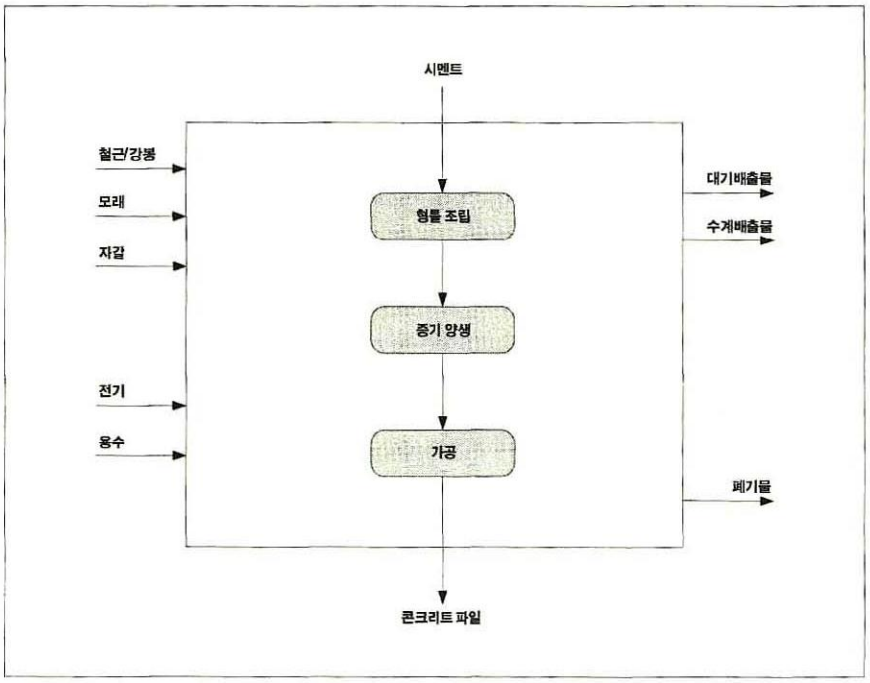
[표 2] 콘크리트 파일 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	콘크리트 파일
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 콘크리트 파일
기능단위	콘크리트 파일 1kg 생산
기준흐름	콘크리트 파일 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 콘크리트 파일의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

콘크리트 파일의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 2]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 2] 콘크리트 파일 - 공정 흐름도

① 형틀 조립

콘크리트를 부어 넣기 위한 형틀에 철근을 미리 배치하여 파일의 형태를 갖추고, 형틀을 조립하여 이후 공정을 준비하는 과정

② 증기 양생

완성된 콘크리트 파일의 형틀에 콘크리트를 부어 넣고, 고온 고압의 증기를 쬐며 양생하되, 파일의 양 끝에 인력을 가하며 양생하는 과정

③ 가공

양생이 완료된 콘크리트 파일을 형틀에서 분리하고, 파일의 표면을 매끄럽게 처리 하며, 제품 생산번호를 프린트 하는 등, 제품 판매를 위한 최종 마무리 과정

(3) 데이터 범주

콘크리트 파일의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 3]과 같

이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 3] 콘크리트 파일 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	철근, 콘크리트(시멘트+물)
	에너지	전기, 스팀, 경유
	보조물질	윤활유, 방청유
산출물	제품	콘크리트 파일
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

콘크리트 파일의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 4]와 같다.

[표 4] 콘크리트 파일 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 콘크리트 파일은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "콘크리트 파일(PHC 파일)"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 콘크리트 파일의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "콘크리트 파일 생산 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 5]와 같다.

[표 5] 콘크리트 파일 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	시멘트	○	지식경제부, 2000
	철근	○	국토해양부, 2006
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	스팀	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	GaBi SW, 1996
	방청유	×	data gap
수송	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.2%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

할당 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

콘크리트 파일 데이터베이스는 제품의 다양성을 고려하여 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, 콘크리트 파일에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

제 2절 골재 - 모래(Sands)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

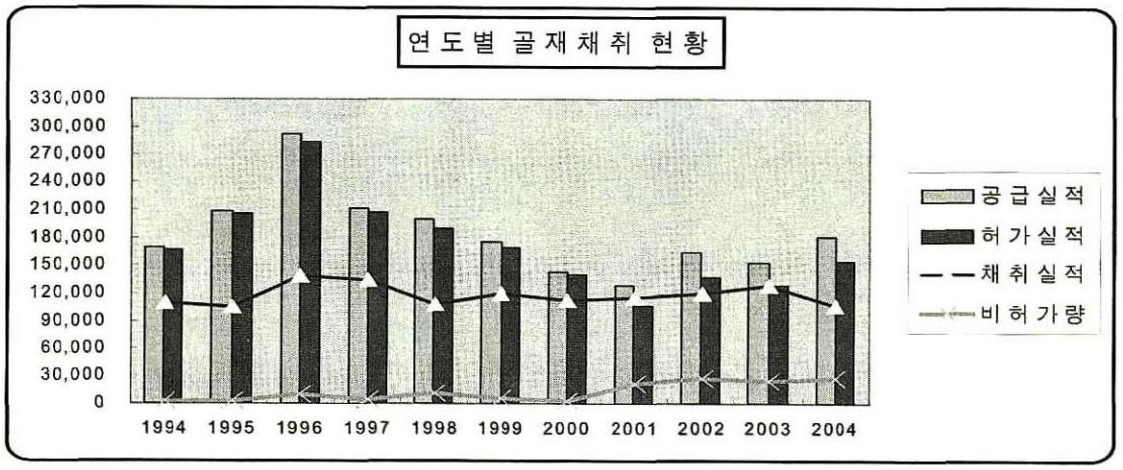
골재의 채취량은 1996년 정점에 도달했다가 IMF 이후 감소추세를 보였으나, 최근 건설경기가 되살아남에 따라 다시 증가하고 있다([표 6], [그림 3] 참조)

(단위 : 백만㎥)

[표 6] 골재허가실적 및 채취실적 통계표

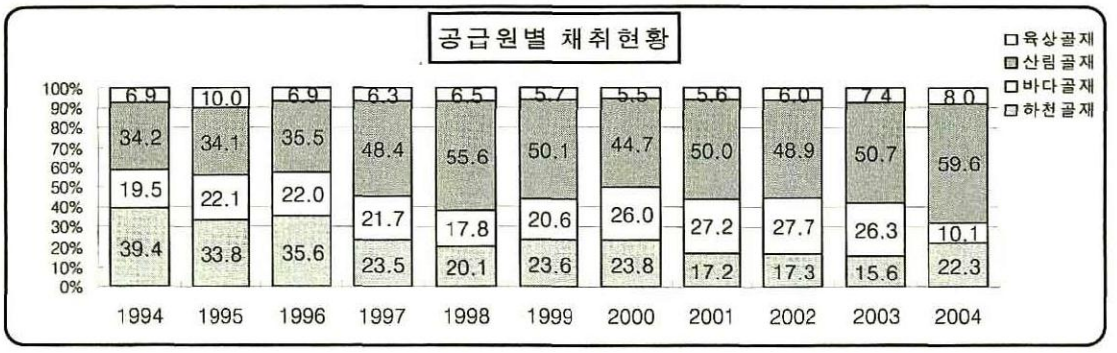
구 분	'94	~	'01	'02	'03	'04	기간별 평균실적		
							'94~'96	'97~'02*	'03~'04**
공급실적	170	~	129	165	153	181	224	171	167
허가실적	167	~	107	138	128	154	219	159	141
채취실적	109	~	115	119	128	107	118	118	117
비허가량	3	~	22	27	25	27	5	12	52

* '97~'02 : 국민의 정부 ** '03~'04 : 참여정부 ※ 공급실적 = 허가실적+ 비허가량



[그림 3] 연도별 골재채취현황

※ 비허가량 : 타법에 따라 사업을 시행중 1000㎥이상 넘는 골재



[그림 4] 골재 공급원별 채취현황

[그림 4]에 의하면, 각 공급원별 골재 생산량은 해마다 적지 않은 폭으로 변화하고 있어 그 비율에 일관성이 없으며, 이러한 변화의 원인은 골재의 부존량 외에도 중앙 및 지방정부의 채취허가 및 환경정책 등이 요인으로 작용하고 있다. 대체적인 경향은 바다 및 하천골재의 감소추세와 산림골재의 증가 추세로 볼 수 있는데, 이 이유는 산림이 대부분인 우리나라의 특성상 산림골재의 비율이 증가추세를 보이고 있다는 점과, 바다 및 하천골재 등과 비교하여 산림골재는 환경 관련 민원이 발생할 소지가 적다는 점에 있다고 할 수 있다.

나. 참여기업 정보

모래 DB는 육상모래, 산림모래, 바다모래, 하천모래 DB를 2004년도 채취현황 비율(육상 8.0%, 산림 59.6%, 바다 10.1%, 하천 22.3%)을 적용, 조합하여 작성하였으므로 특별한 참여기업은 없다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

모래는 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 모래로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나,

모래의 경우 일반적으로 ㎥의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, ㎥ 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 7]과 같다.

[표 7] 골재 - 모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	모래
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 모래
기능단위	모래 1㎥ 생산
기준흐름	모래 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 모래의 채취 및 가공(세척 등)단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 모래의 생산이란 자연계에서 바로 채취하는 것이므로, 제품의 채취과정이 곧 생산과정이 되는 경우가 많아, 별도의 생산단계가 포함되지 않을 수 있다.

(3) 데이터 범주

모래의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 8]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 8] 골재 - 모래 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	모래
	에너지	경유, 전기
	보조물질	윤활유,
산출물	제품	모래
	부산물	-
	대기배출물	
	수계배출물	폐수
	폐기물	폐유, 폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

모래의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 9]와 같다.

[표 9] 골재 - 모래 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	대한민국, 북한	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

모래의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정사항은 [그림 4]과 같이 최신의 공급원별 채취량 비율(2004년 기준)을 적용하였다는 점이다. 직접 수집한 데이터는 2005년도 데이터이지만, 국가 채취량 비율 데이터는 2005년도 자료를 습득할 수 없어 2004년도 데이터를 적용하였다. 모래의 데이터베이스는 육상모래, 산림모래, 바다모래, 하천모래의 채취량 비율에 따른 평균치이며, 이 채취량 비율은 매년 변화하는 수치이므로 새로운 채취량 비율 데이터를 습득할 수 있을 경우 새로운 비율을 적용하여 업데이트 하여 사용하는 것이 바람직하다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

모래의 데이터베이스는 육상모래, 산림모래, 바다모래, 하천모래의 채취량 비율에 따른 평균치이므로 별도의 공정흐름도가 존재하지 않는다. 즉, 완성된 각각의 채취원별 모래 데이터를 이용하여 국가 평균 모래의 데이터를 산출하였다.

(2) 데이터 수집

육상모래, 산림모래, 바다모래 및 하천모래 각각의 데이터 수집 항목 참조

(3) 데이터 검증 및 계산

데이터 계산에 사용된 육상모래, 산림모래, 바다모래 및 하천모래의 각 데이터베이스가 이미 물질수지 검증을 마친 상태이므로 다시 물질수지를 검증하지는 않았다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 데이터 계산은 생산율을 기준으로 한 평균으로 구하였다.

(4) 할당

모래 데이터베이스를 구축하기 위해 수행한 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

모래 데이터베이스는 참여기업 정보에서 언급하였듯이 2004년도 공급원별 채취비율을 적용하여 계산한 것이므로, 이 비율 정보가 최신 정보로 업데이트될 경우 데이터베이스도 그에 따라 업데이트 하여 사용해야 할 것이다.

제 3절 골재 - 하천모래(Riverbed Sands)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

기존에는 한강, 금강, 낙동강 유역을 중심으로 한 하천모래의 생산이 골재 수급량의 대부분을 차지하였으나, 댐 등의 건설로 인한 모래 유입 경로 차단, 지속적인 채취 등에 의해 부존량의 고갈이 심각하여, 금강 유역의 채취가 전면 금지되는 등 하천모래의 생산량은 급격히 감소하고 있다. 현재는 낙동강 상류를 중심으로 하여 소량이 생산되고 있으며, 기타 채취원으로부터의 모래에 비해 별다른 처리과정이 필요하지 않아 생산 가격이 저렴하며, 품질 또한 우수하다.

하천모래의 채취 과정은 바지선이 채취지역으로 이동, 파이프를 하강하여 매설한 후 모래를 흡입, 파이프를 통해 선별기로 운반한 후, 선별기에서 분리된 하천모래를 평지에 야적하여 적정 습도까지 건조시킨 후 출하시키는 일련의 과정으로 이루어진다.

하천모래의 재질은 채취 장소에 따라 큰 차이를 보이지만, 낙동강 유역에는 상류지방을 중심으로 아직 양질의 하천모래가 많이 존재하고 있다.

나. 참여기업 정보

하천모래의 데이터베이스 구축에는 낙동강 유역의 하천모래 채취업체를 대표하는 한국골재협회 대구지회가 참여하였으며, 금남골재장의 영남준설에 대한 현장실사를 통해 보다 정확한 데이터를 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

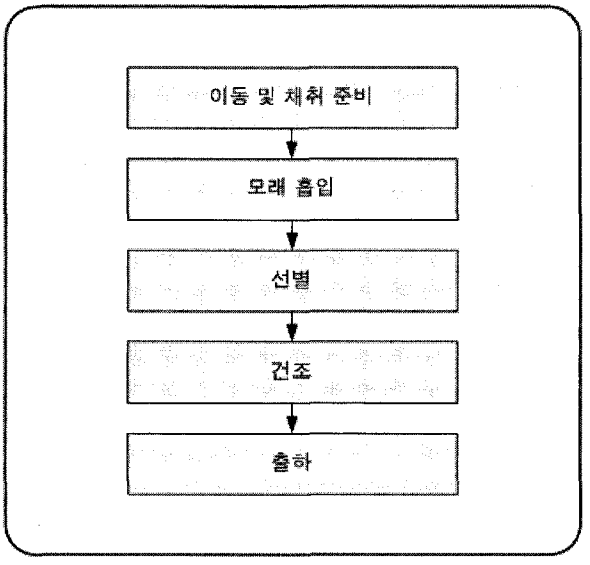
하천모래는 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 하천모래로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 하천모래의 경우 일반적으로 ㎥의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, ㎥ 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 10]과 같다.

[표 10] 골재 - 하천모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	하천모래
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 하천모래
기능단위	하천모래 1㎥ 생산
기준흐름	하천모래 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 하천모래의 채취 단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 하천모래는 세척 등의 별도의 생산과정이 필요하지 않으므로, 자연계로부터의 채취 과정이 바로 생산과정이 된다.



[그림 5] 골재 - 하천모래 - 공정 흐름도

하천모래 데이터베이스 구축에 포함된 공정을 요약하면 위의 [그림 5] 같으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.

① 이동 및 채취 준비

바지선이 자체 동력으로 채취허가구역으로 이동, 도착 후 후드파이프 하강

② 모래 흡입

바지선 기관의 동력을 이용한 하천모래 흡입, 파이프를 통해 선별기로 이송

③ 선별

선별기(무동력 필터)를 통해 자갈과 모래로 분리, 모래는 건조를 위해 야적

④ 건조

자연건조를 통해 수분함량 조절

⑤ 출하

덤프트럭에 불도저나 포크레인을 이용하여 상차

(3) 데이터 범주

하천모래의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 11]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 11] 골재 - 하천모래 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	하천모래
	에너지	경유
	보조물질	윤활유(그리스, 엔진오일, 작동유)
산출물	제품	하천모래
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

하천모래 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 12]와 같다.

[표 12] 골재 - 하천모래 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	대한민국	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

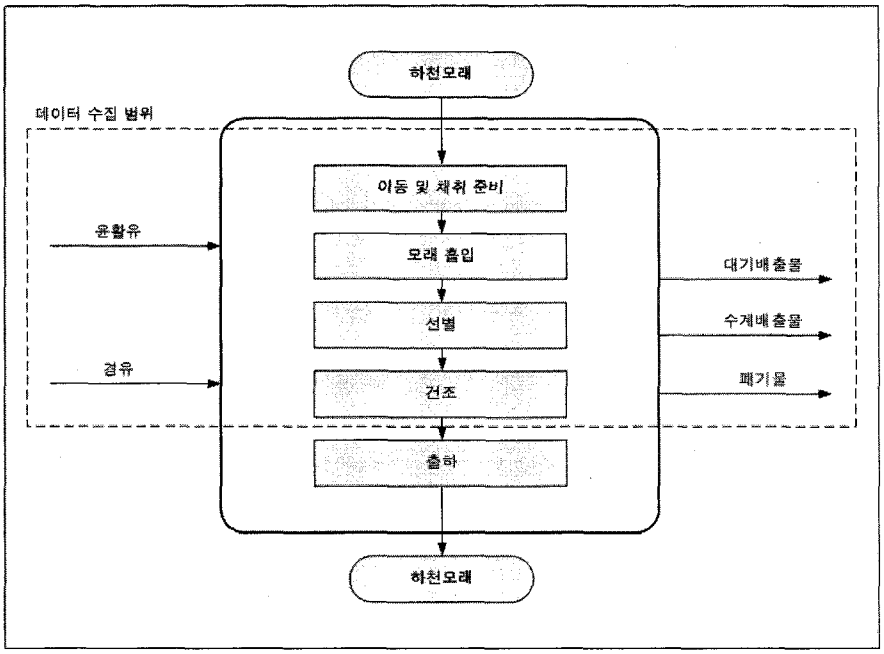
하천모래의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 하천모래 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 현재 국내에서 하천모래의 대부분을 채취하고 있는 낙동강 유역의 업체들을 총괄하는 한국골재협회 대구지회의 협조를 얻어 데이터를 수집하였으며, 따라서 대표성을 확보할 수 있다고 가정한다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 하천모래 채취 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고, "하천모래 채취 공정" 하나로 취합하여 데이터를 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 고장력 철근[그림 6]과 같다.



[그림 6] 골재 - 하천모래 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 13]과 같다.

[표 13] 골재 - 하천모래 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

하천모래의 경우 강바닥에서 모래를 물과 함께 흡입하여 건조시키므로, 흡입하는 물의 양을 정확하게 측정할 수 없어, 물수지(water balance)를 제외한 물질수지(material balance)만을 확인한 결과, 99.3%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

바다모래 데이터베이스를 구축하기 위해 수행한 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

"가정 및 제한사항"을 참조하여, 이를 보완할 수 있는 경우 보완을 실시한 이후 활용한다.

제 4절 골재 - 바다모래(Seabed Sands)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

과거에는 기술이 부족하고 골재 수요가 많지 않아 해저에서 모래를 채취할 필요가 없었으나, 현재에는 골재 수요의 폭발적인 증가와 더불어 해저모래 채취기술, 선박 및 장비의 비약적인 발전에 의해 바다모래의 채취량이 큰 폭으로 증가하였다. 바다모래는 육상모래나 산림모래에 비해 부존량이 절대적으로 많고, 생산 가격이 비교적 저렴한 편이며, 품질이 우수한 특징이 있다.

그러나 현재는 근해의 환경문제에 대한 민원 증가에 따른 각 지방관청의 인허가량 감소가 바다모래 채취에 큰 걸림돌로 작용하여 채취량이 지속적으로 감소하고 있으며, 이에 따라 2005년 말 이후 대규모 채취는 북한지역에서 대부분 이루어지고 있는 실정이다.

바다모래의 특징은 5mm 이하의 세골재(細骨材 - 잔골재)가 대부분이라는 것이며, 조립률에 따른 용도는 다음 [표 14]와 같다[13].

[표 14] 바다모래의 조립률에 따른 구분과 용도

구 분	조 립 률	주 요 용 도
세사	2.1~2.3	미장용, 벽돌쌓기용
중사	2.1~2.8	건축용, 레미콘용, 매립용
왕사	2.8~3.2	콘크리트블럭 제작용, 레미탈용

나. 참여기업 정보

바다모래의 데이터 수집 과정에 참여한 업체는 한국골재협회 인천지회와 (주)삼한강이다. (주)삼한강의 2005년 1년간 바다모래 채취량은 1,940,584㎥로써, 국가 전체 바다모래 채취량 10,807,000㎥의 약 18%만을 차지하고 있으나, 바다모래 채취 업체 중 가장 규모가 크며 현대적인 장비와 설비, 기술을 보유하고 있어 국가 DB 수집의 대표성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

13) 대한토목학회 자료

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

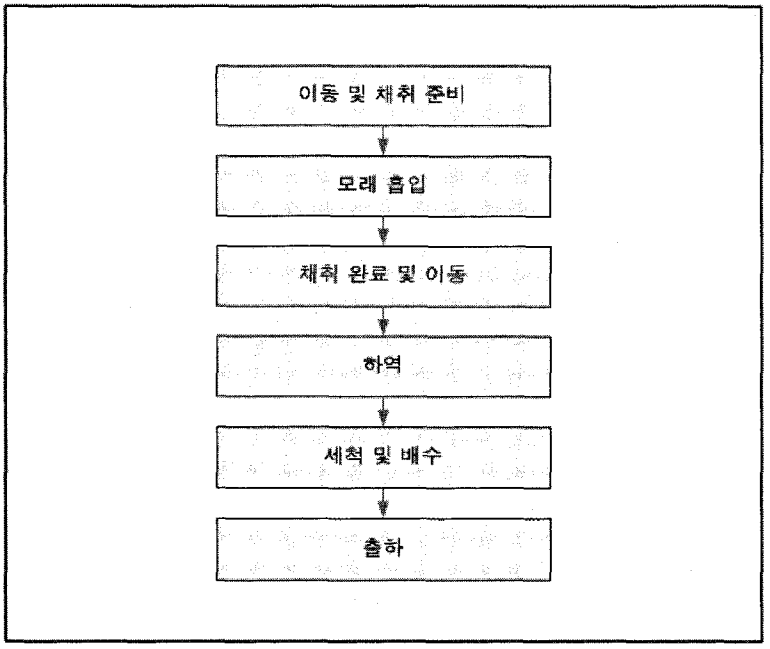
바다모래는 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 바다모래로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 바다모래의 경우 일반적으로 m^3의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, m^3 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 15]와 같다.

[표 15] 골재 - 바다모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	바다모래
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 바다모래
기능단위	바다모래 $1m^3$ 생산
기준흐름	바다모래 $1m^3$

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 바다모래의 채취 및 가공(세척 등)단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 바다모래의 생산에는 염분 제거를 위한 세척 과정이 필수적이므로, 하천모래 등 여타 모래와는 달리 생산 과정이 반드시 포함되어야 한다.



[그림 7] 골재 - 바다모래 - 공정 흐름도

바다모래 데이터베이스 구축에 포함된 공정을 요약하면 위의 [그림 7]과 같으며 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.

① 이동 및 채취 준비(출항, 이동, 흡입 준비과정 포함)

예인선이 바지선을 예인하여 채취허가구역으로 이동, 도착 후 후드파이프 하강 바지선 기관 운전 개시

② 모래 흡입

바지선 기관의 동력을 이용한 바다모래 흡입(해수와 분리)

③ 채취 완료 및 이동(채취 완료, 이동, 입항과정 포함)

후드파이프 인양 및 바지선 기관 정지, 예인선이 바지선을 예인하여 부두로 이동

④ 하역

굴삭기 바지선 승선, 하역컨베이어 및 세척시설 컨베이어를 이용한 해사 적재

⑤ 세척 및 배수

적정 상수량까지 살수 후 배수(자연중력배수)

⑥ 출하

덤프트럭에 휠로더로 상차

(3) 데이터 범주

바다모래의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 16]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 16] 골재 - 바다모래 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	바다모래
	에너지	B-C유, 경유
	보조물질	상수, 윤활유(그리스, 엔진오일, 작동유)
산출물	제품	바다모래
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	폐수, S-S, T-N, T-P, COD, N-H
	폐기물	폐유, 폐윤활유, 폐합성수지

(4) 데이터 품질요건

바다모래의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 17]과 같다.

[표 17] 골재 - 바다모래 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	대한민국, 북한	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

바다모래의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 바다모래 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 생산량 비율로는 18%정도이지만 대표적인 기술과 설비, 장비를 운영하고 있으며, 단일기업 생산량으로써는 가장 크기 때문에 대표성을 갖는다고 가정하였다.

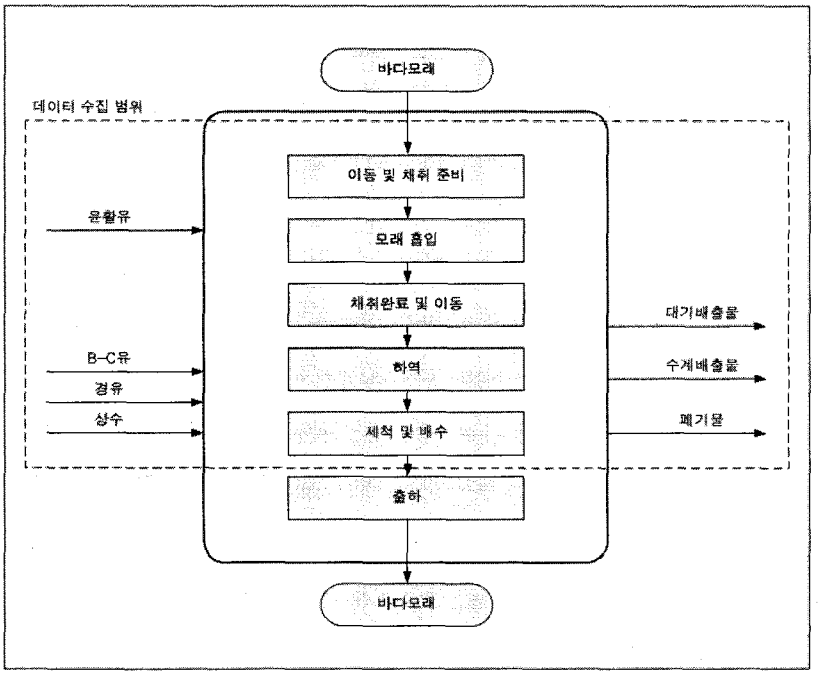
바다모래는 염분 제거를 위해 일반 상수(식수)를 이용하여 세척하고 있는데, 증발하지 않고 남은 세척한 물은 전량 재활용하고 있어, 발생하는 폐수는 거의 없는 것으로 가정하였다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

바다모래의 데이터베이스는 [그림 8]의 공정들을 세분화하지 않고 통합하여, 전체 공정에 대한 데이터를 수집하였으며, 데이터 수집 범위와 포함되는 공정, 주요 투입/산출물들의 정보를 요약하면 다음의 [그림 8]과 같다. 단, 출하공정은 소비를 위한 운송공정이므로 포함 대상 공정에서 제외하였다.



[그림 8] 골재 - 바다모래 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌

데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 18]과 같다.

[표 18] 골재 - 하천모래 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
	B-C유	×	data gap
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	상수	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

바다모래는 세척 과정에서 상수를 사용하고 있으므로, 수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함(단, 채취 과정에서 함께 흡입하여 배수하는 해수는 고려하지 않음)한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 98.9%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 B-C유 및 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

바다모래 데이터베이스를 구축하기 위해 수행한 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

"가정 및 제한사항"을 참조하여, 이를 보완할 수 있는 경우 보완을 실시한 이후 활용한다.

제 5절 골재 - 산림모래(Crushed Sands)

1. 일반 정보

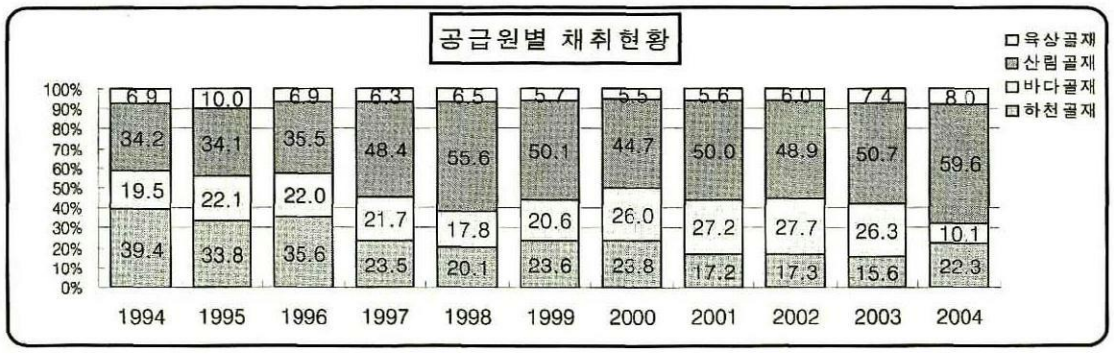
가. 제품 정보

산림골재는 제3기말에서 제4기에 퇴적되어 그 후 기반의 융기에 의해 산지, 구릉지 등이 된 곳에 부존하는 골재를 말하며, 부착력이 좋아 고밀도, 저흡수율의 강도가 높은 콘크리트를 제조할 수 있다는 장점이 있다. 산림골재로 사용되는 암석들에는 다음의 [표 19]와 같은 종류들이 있다.

[표 19] 암석의 분류

구 분	특 징	햄머 타격 시
풍화암	물리, 화학적 작용으로 인한 파쇄대가 매우 발달되어 있으며, 암반 내부까지도 풍화 진행으로 여러 방향의 절리와 다소의 단층을 포함하고 있으며 점토질이 많이 발달되어 있는 암상임	손으로도 부서짐
연암	층리, 편리, 절리 등이 매우 발달된 상태이며, 암석내부는 부분적으로 풍화가 진행 중임, 파쇄대가 존재하는 암질임	햄머로 치면 둔탁한 소리를 내며 가볍게 부서짐
보통암	균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며, 균열에 따라 다소 풍화가 진행되어 있음, 세편상태로 잘 부서지고 절리 면에서 풍화진행 및 일부 변색되어 있음	햄머로 치면 다소 맑은 소리를 내며 부서짐
경암	균열 및 절리가 거의 없고, 견고하며 풍화변질 및 물리적, 화학적 작용을 거의 받지 않은 신선한 암질체의 대괴상의 암질	햄머로 치면 맑은 소리를 (금속음) 내며, 잘 부서지지 않고, 휘는 경향을 보임

우리나라는 산림이 국토의 대부분을 차지하고 있기 때문에 다른 골재에 비해 산림골재의 부존량이 가장 많으며, 이에 따라 석산에서 암석을 분쇄하여 골재를 생산하는 비율은 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 바다 및 하천골재 등과 비교하여 산림골재는 채취 장소가 민간 거주지역과 거리가 있는 경우가 많아 환경 관련 민원이 발생할 소지가 적다는 점 또한 장점이라고 할 수 있다.([그림 9] 참조)



[그림 9] 골재 공급원별 채취현황

산림모래는 석산에 벌목 및 개발 작업을 완료한 후 다이너마이트를 이용하여 파쇄하고, 이를 크러셔로 분쇄하고 걸러 모래를 만드는 공정으로 제조된다.

나. 참여기업 정보

산림모래 데이터베이스 구축에 참여한 업체는 한국골재협회 서울지회와 (주)삼표산업이다. 산림골재를 채취하는 공정 자체가 업체별로 크게 차이가 없는 표준화된 공정이며, 한국골재협회의 표준 데이터를 활용하였으므로, 데이터베이스의 대표성을 확인할 수 있다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

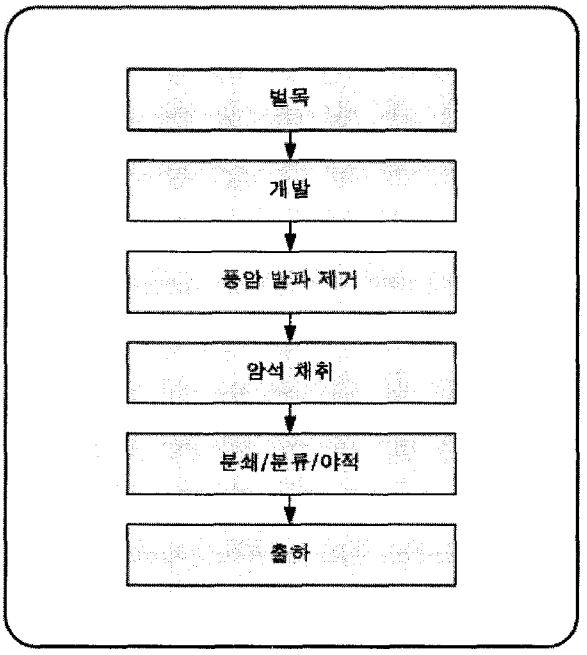
산림모래는 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 모래로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 모래의 경우 일반적으로 ㎥의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, ㎥ 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 20]과 같다.

[표 20] 골재 - 산림모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	산림모래
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 산림모래
기능단위	모래 1㎥ 생산
기준흐름	모래 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 모래의 채취 및 가공(분쇄 및 거름 등) 단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다.



[그림 10] 골재 - 산림모래 - 공정 흐름도

산림모래 제조와 관련된 공정들을 요약하면 위의 [그림 10]과 같고, 이 범위에 포함된 공정들에 대한 설명은 다음과 같다.

① 벌목

골재 채취 허가를 습득한 산지 표면의 나무를 제거

② 개발

산지 표면의 흙을 포크레인 등을 이용하여 제거

③ 풍암 발파 제거

풍화가 진행되어 있는 표면의 암석을 발파하여 제거

④ 암석 채취

암석을 bench cut한 후 드릴로 천공, 다이너마이트를 이용하여 발파한 후, 쇄석을 가공공장으로 운송

⑤ 분쇄/분류/야적

운송된 암석을 조 크러셔 및 콘 크러셔 등으로 분쇄하고, 스크린으로 크기별로 분류한 후, 최종 제품을 야적장에 야적

⑥ 출하

덤프트럭 등에 상차

(3) 데이터 범주

산림모래의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 21]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 21] 골재 - 산림모래 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	암석
	에너지	경유, 전기
	보조물질	윤활유, 공업용수
산출물	제품	산림모래
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	폐수
	폐기물	폐유, 폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

산림모래의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 22]와 같다.

[표 22] 골재 - 산림모래 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	대한민국	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

산림모래의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 산림모래 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 참여기업의 생산량은 23%정도이지만, 대표적인 기술과 설비, 장비를 운영하고 있으며, 단일기업 생산량으로써는 가장 크기 때문에 데이터베이스가 대표성을 갖는다고 가정하였다.

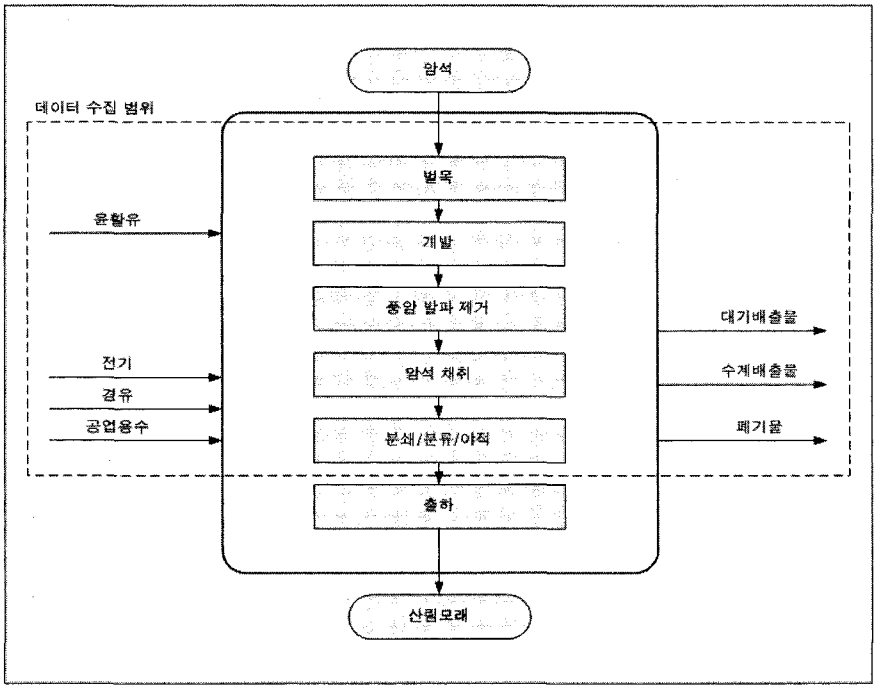
산림모래의 제조 단계에서 공업용수를 이용한 분리 기법이 이용되고 있는데, 사용한 물은 증발분을 제외하면 전량 재활용하고 있어, 발생하는 폐수는 거의 없다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

산림모래의 데이터베이스는 [그림 11]의 공정들을 세분화하지 않고 통합하여, 전체 공정에 대한 데이터를 수집하였으며, 데이터 수집 범위와 포함되는 공정, 주요 투입/산출물들의 정보를 요약하면 다음의 [그림 11]과 같다. 단, 출하공정은 소비를 위한 운송공정이므로 포함 대상 공정에서 제외하였다.



[그림 11] 골재 - 산림모래 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 23]과 같다.

[표 23] 골재 - 산림모래 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	공업용수	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

산림모래는 분류 과정에서 공업용수를 사용하고 있으므로, 수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.4% (output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 B-C유 및 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

암석을 파쇄할 때에는 산림모래와 함께 자갈(쇄석)이 함께 나오게 된다. 따라서 투입물 및 배출물을 산림모래와 자갈(쇄석)의 생산량을 기준으로 하여 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

"가정 및 제한사항"을 참조하여, 이를 보완할 수 있는 경우 보완을 실시한 이후 활용한다.

제 6절 골재 - 육상모래(Land Sands)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

육상모래는 여러 가지 모래 중 채취 과정이 가장 간단한 모래이다. 즉, 토질이 모래인 육상에서 불도저나 포크레인 등을 이용하여 모래를 채취, 바로 출하하는 것이 육상모래의 일반적인 채취 방법이다.

육상모래는 가장 채취가 간단하지만 그 부존량은 가장 적은 편에 속하기 때문에, 우리나라 전체의 공급량 중 큰 부분을 차지하고 있지는 않다.

나. 참여기업 정보

육상모래 데이터베이스 구축에 참여한 업체는 한국골재협회 대구지회와 영남준설(주)이다. 육상모래 채취업체의 경우 대부분이 소규모 업체이므로 생산량으로는 대표성을 띨 수 없으나, 워낙 채취 공정이 간단하며 별다른 채취 기술이 필요하지 않으므로 공정의 유사성에 따라 대표성을 확보하고 있다고 간주한다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

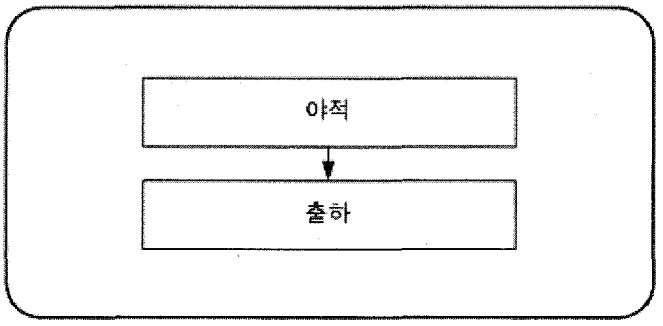
육상모래는 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 모래로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 모래의 경우 일반적으로 m^3의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, m^3 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 24]와 같다.

[표 24] 골재 - 육상모래 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	육상모래
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 육상모래
기능단위	육상모래 1m³ 생산
기준흐름	육상모래 1m³

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 육상모래의 채취 및 가공단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다.



[그림 12] 골재 - 육상모래 - 공정 흐름도

육상모래 제조와 관련된 공정들을 요약하면 위의 [그림 12]와 같고, 이 범위에 포함된 공정들에 대한 설명은 다음과 같다.

① 야적

불도저나 포크레인 등으로 모래를 야적지에 쌓음

② 출하

덤프트럭 등에 상차

(3) 데이터 범주

육상모래의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 25]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 25] 골재 - 육상모래 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	육상모래
	에너지	경유
	보조물질	윤활유
산출물	제품	육상모래
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

산림모래의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 26]과 같다.

[표 26] 골재 - 육상모래 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	-
지역적 범위	대한민국	대한민국	-
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	-

(5) 가정 및 제한사항

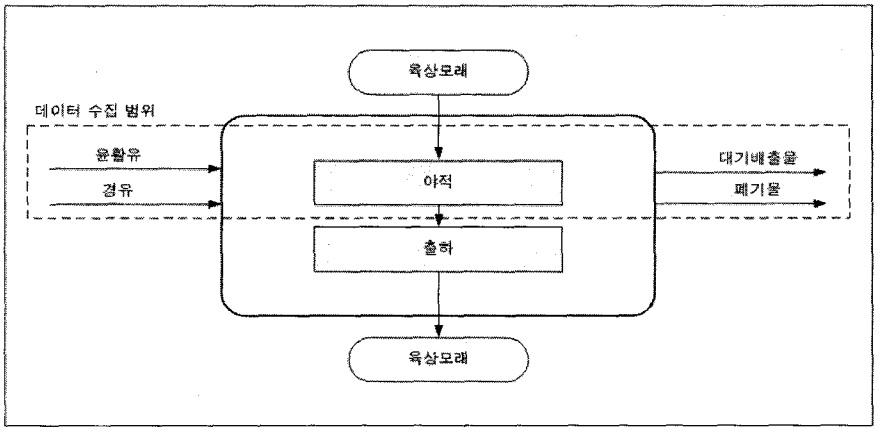
육상모래의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 육상모래 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 참여기업의 생산량은 미미하지만, 대표적인 기술과 설비, 장비를 운영하고 있기 때문에 데이터베이스가 대표성을 갖는다고 가정하였다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

산림모래의 데이터베이스는 [그림 13]의 공정들을 세분화하지 않고 통합하여, 전체 공정에 대한 데이터를 수집하였으며, 데이터 수집 범위와 포함되는 공정, 주요 투입/산출물들의 정보를 요약하면 다음의 <그림 21>과 같다. 단, 출하공정은 소비를 위한 운송공정이므로 포함 대상 공정에서 제외하였다.



[그림 13] 골재 - 육상모래 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 27]과 같다.

[표 27] 골재 - 육상모래 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

육상모래는 채취 과정에서 물을 사용하지 않으므로, 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 99.6%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 B-C유 및 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

육상모래 데이터베이스를 구축하기 위해 수행한 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

"가정 및 제한사항"을 참조하여, 이를 보완할 수 있는 경우 보완을 실시한 이후 활용한다.

제 7절 골재 - 자갈(쇄석)(Crudsh Sands)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

자갈이란 암석이 풍화작용 등으로 인해 붕괴하여 마모작용(摩耗作用)으로 둥그스름해진 조립(粗粒) 석재를 의미한다. 암석을 부수어 만든 모난 석재는 쇄석(碎石)이라 하여 자갈과 구별한다.

지름 5mm 이상의 것을 자갈이라 하며, 산출장소에 따라, 강자갈 ·바다자갈 ·산자갈로 구별한다. 석재로 사용하기 위해서 일정한 지름의 것으로 선별한 것, 모래 등을 물에 씻어 없앤 것 등이 있다. 가장 큰 지름을 붙여서, 가령 4mm 선별자갈 등으로 부르기도 한다. 광물조성은 산지의 암석조성에 따라서 다르며, 색·광택·석리(石理) 기타의 특징도 모암의 성질에 준한다. 보통의 자갈은 비중 2.4~2.8, 흡수율 0.6~8.0% 범위에 속한다.

산출장소에 따라 각각 다음과 같은 특징이 있다. 강자갈은 물에 씻기며 운반된 것이므로 둥그스름하고 깨끗하다. 바다자갈은 바닷가에서 채취된 것인데 파도에 씻기어 지름이 비교적 고르나, 염분이 묻어 있다. 염분이 해로울 때에는 물로 씻어 제거한다. 산자갈은 옛 하천 바닥에서 채취된 것이며, 유기성부식토나 점토 등이 묻어 있어서 물로 씻어 사용한다. 시멘트콘크리트용이나 아스팔트콘크리트용 골재(骨材)로, 도로의 포장·구조물의 기초·지하 배수공사·수돗물의 여과 등의 재료로 널리 사용된다.

현재 우리나라에서 일반적으로 레미콘용으로 쓰이는 자갈은 암석을 파쇄해서 만든 쇄석이 대부분이다. 레미콘용 쇄석이란 일반적으로 25mm 메쉬를 통과하며 8mm메쉬는 통과하지 못하는 규격(8mm~25mm)의 골재를 의미한다. 이러한 쇄석은 산림모래를 제조하는 과정에서 함께 만들어지게 된다.

쇄석의 제조 공정은 산림모래와 마찬가지로, 석산에 벌목 및 개발 작업을 완료한 후 다이너마이트를 이용하여 파쇄하고, 이를 크러셔로 분쇄하고 걸러 모래를 만드는 방법으로 생산된다.

나. 참여기업 정보

쇄석 데이터베이스 구축에 참여한 업체는 한국골재협회 서울지회와 (주)삼표산업이다. 산림골재를 채취하는 공정 자체가 업체별로 크게 차이가 없는 표준화된 공정이며, 한국골재협회의 표준 데이터를 활용하였으므로, 데이터베이스의 대표성을 확인할 수 있다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

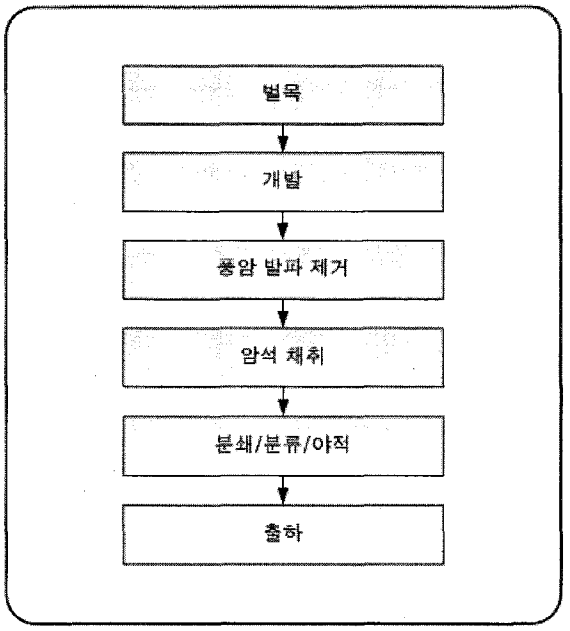
쇄석은 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고 있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 쇄석으로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 쇄석의 경우 일반적으로 ㎥의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, ㎥ 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 28]과 같다.

[표 28] 골재 - 쇄석 - 기능, 기능단위, 기준흐름

구 분	쇄석
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 쇄석
기능단위	쇄석 1㎥ 생산
기준흐름	쇄석 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 쇄석의 채취 및 가공(분쇄 및 거름 등) 단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다.



[그림 14] 골재 - 쇄석 - 공정 흐름도

쇄석 제조와 관련된 공정들을 요약하면 위의 [그림 14]와 같고, 이 범위에 포함된 공정들에 대한 설명은 다음과 같다.

① 벌목

골재 채취 허가를 습득한 산지 표면의 나무를 제거

② 개발

산지 표면의 흙을 포크레인 등을 이용하여 제거

③ 풍암 발파 제거

풍화가 진행되어 있는 표면의 암석을 발파하여 제거

④ 암석 채취

암석을 bench cut한 후 드릴로 천공, 다이너마이트를 이용하여 발파한 후, 가공 공장으로 운송

⑤ 분쇄/분류/야적

운송된 암석을 조 크러셔 및 콘 크러셔 등으로 분쇄하고, 스크린으로 크기별로 분류한 후, 최종 제품을 야적장에 야적

⑥ 출하

덤프트럭 등에 상차

(3) 데이터 범주

쇄석의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 29]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 29] 골재 - 쇄석 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	암석
	에너지	경유, 전기
	보조물질	윤활유, 공업용수
산출물	제품	쇄석
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	폐수
	폐기물	폐유, 폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

쇄석의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 30]과 같다.

[표 30] 골재 - 쇄석 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	대한민국	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

쇄석의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 쇄석 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 참여기업의 생산량은 26%정도이지만, 대표적인 기술과 설비, 장비를 운영하고 있으며, 단일기업 생산량으로써는 가장 크기 때문에 데이터베이스가 대표성을 갖는다고 가정하였다.

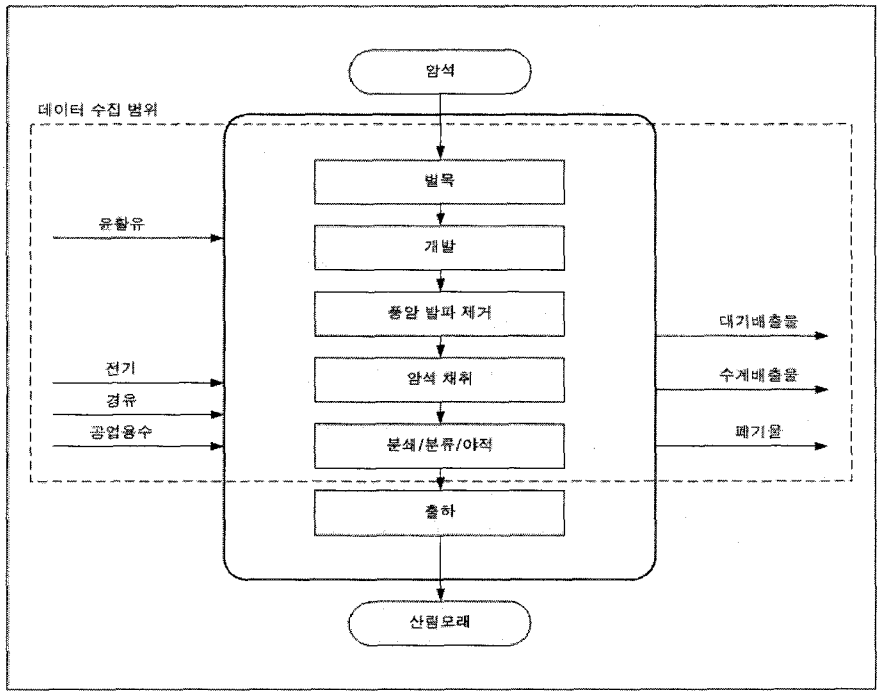
쇄석의 제조 단계에서 공업용수를 이용한 분리 기법이 이용되고 있는데, 사용한 물은 증발분을 제외하면 전량 재활용하고 있어, 발생하는 폐수는 거의 없다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

쇄석의 데이터베이스는 [그림 15]의 공정들을 세분화하지 않고 통합하여, 전체 공정에 대한 데이터를 수집하였으며, 데이터 수집 범위와 포함되는 공정, 주요 투입/산출물들의 정보를 요약하면 다음의 <그림 25>과 같다. 단, 출하공정은 소비를 위한 운송공정이므로 포함 대상 공정에서 제외하였다.



[그림 15] 골재 - 쇄석 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일

반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다. 생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 31]과 같다.

[표 31] 골재 - 쇄석 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	공업용수	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

쇄석은 분류 과정에서 공업용수를 사용하고 있으므로, 수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.4%(output/input 비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 B-C유 및 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

암석을 파쇄할 때에는 산림모래와 함께 자갈(쇄석)이 함께 나오게 된다. 따라서 투입물 및 배출물을 산림모래와 자갈(쇄석)의 생산량을 기준으로 하여 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 8절 재생 잔골재(Recycled Fine Aggregate)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

재생골재(또는 순환골재, recycled aggregate)란 건축 및 토목 시공과정에서 발생하거나 건축물 등의 해체과정에서 발생하는 건설폐기물 중 골재에 해당하는 콘크리트, 철골조 등을 수거하여 재생공정을 통해 만들어내는 골재를 뜻한다.

재생골재의 종류 및 품질기준은 다음의 [표 32]과 같다.

[표 32] 재생골재의 종류 및 품질기준

종 류	규 격	품 질 기 준			
		흡수율 (%)	절대건조밀도 (g/㎤)	마모감량 (%)	실적률 (%)
도로공사용 재생골재	40㎜ 이상	-	-	-	-
콘크리트용 재생 굵은골재	9~25㎜	3이하	2.5이상	40이하	55이상
콘크리트용 재생 잔골재	5㎜이하	5이하	2.2이상	-	53이상

[그림 16] 재생 잔골재

콘크리트용 재생골재는 천연골재와 혼합하여 레미콘 콘크리트 등으로 사용되며, 천연골재만을 사용할 때만큼의 흡수율 및 강도를 유지할 수 있어야 한다. 도로공사용 순환골재는 고속도로 및 일반포장도로의 기층재, 보조기층재, 동상방기층재 등 토목공사의 성토/복토재용으로까지 사용되며, 간척지 및 개간지, 매립지의 복토용으로도 널리 사용되고 있다.

순환골재의 생산을 위한 공정은 일반적으로 비계/구조물 해체, 폐기물 수집/운반, 폐기물 중간처리, 순환골재 생산/판매의 순서로 진행된다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

재생 잔골재의 경우 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 국내 재생 잔골재 생산량의 상당량을 차지하고 있는 인선이엔티로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

재생 잔골재의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 33]과 같다.

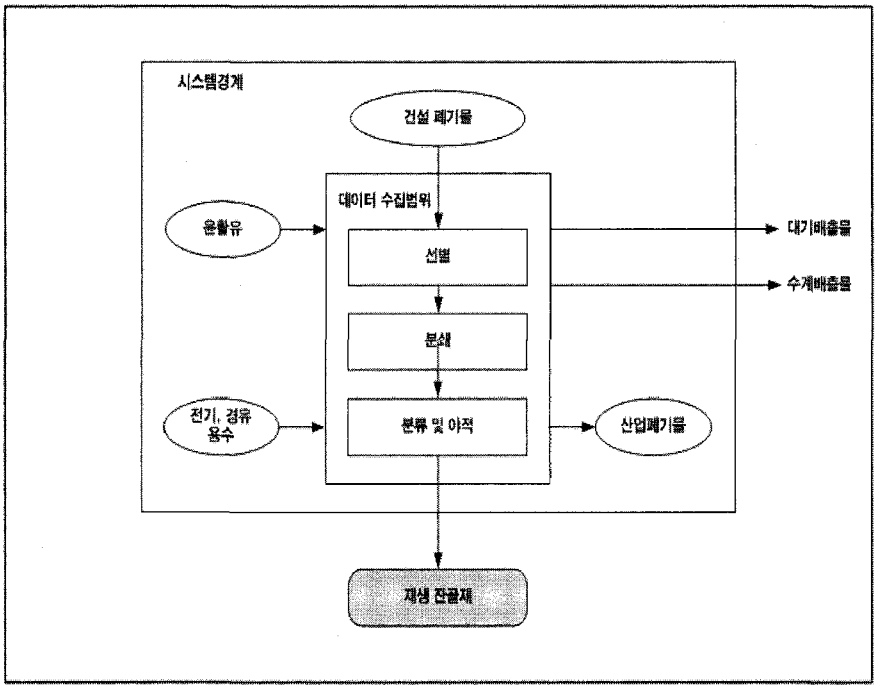
[표 33] 재생 잔골재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	재생 잔골재
기 능	건축자재 및 토목자재로 사용되는 재생 잔골재
기능단위	재생 잔골재 1㎥ 생산
기준흐름	재생 잔골재 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 재생 잔골재의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

재생 잔골재의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 17]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 17] 재생 잔골재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 선별

건설 폐기물을 선별하여 재생 골재, 재생 철골류(고철) 및 폐기물 등으로 구분

② 분쇄

재생 골재로 활용하기 위해 선별된 건설 폐기물을 분쇄(크러셔 사용)

③ 분류 및 야적

분쇄된 골재를 크기별로 구분하여 야적

(3) 데이터 범주

재생 잔골재의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 34]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 34] 재생 잔골재 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	건설 폐기물
	에너지	전기, 경유, 용수
	보조물질	윤활유
산출물	제품	재생 잔골재
	부산물	재생 굵은골재
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

재생 잔골재 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 35]와 같다.

[표 35] 재생 잔골재 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 건설 폐기물의 종류는 매우 다양하므로, 이들 중 콘크리트 등 재생 골재로 사용할 수 있는 자재들을 건설 폐기물이 발생하는 장소에서 일차 분류하여 재생 공장으로 운송하는 것이 일반적이다. 따라서 재생 골재가 아닌 폐기의 대상이 되는 건설 폐기물들까지 재생 공장에서 수거하여 분류하는 것은 아니다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

재생 잔골재의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "재생 잔골재 생산공정" 하나로 취합하여 수집하였으며, 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 17]과 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 36]과 같다.

[표 36] 재생 잔골재 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	건설 폐기물	×	환경부하 없음
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 88.4%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다. 물질수지가 타 건축자재에 비해 상대적으로 낮은 이유는, 생산 과정에서 발생하는 폐기물에 대한 데이터를 추적하기 어려운 점 때문인 것으로 판단된다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 재생 잔골재 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

재생 잔골재의 생산 과정에서는 잔골재와 함께 굵은골재가 함께 나오므로, 부산물로 굵은골재를 지정하고, 각각의 생산량(m^3) 비율에 따른 할당을 수행하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

재생 잔골재의 데이터베이스는 제품 1m^3를 생산하는 것을 기준량으로 하여 구축되었다. 이 과정에는 건설 폐기물을 생산지로부터 재생 잔골재 생산업체까지 운송하는 과정이 생략되었는데, 그 이유는 다양하고 일시적인 폐기장을 모두 고려하여 평균 운송거리를 산정하기가 불가능하기 때문이다. 따라서 운송을 고려하고자 할 경우에는 특정 건설 폐기물 생산지의 정보를 습득하여, 그 장소로부터의 운송거리 및 운송수단을 감안하여야 한다.

제 9절 재생 굵은골재(Recycled Fine Aggregate)

1. 일반 정보

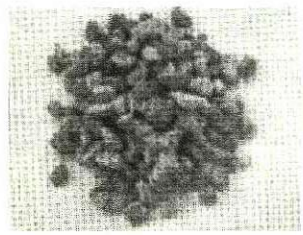
가. 제품 정보

재생골재(또는 순환골재, recycled aggregate)란 건축 및 토목 시공과정에서 발생하거나 건축물 등의 해체과정에서 발생하는 건설폐기물 중 골재에 해당하는 콘크리트, 철골조 등을 수거하여 재생공정을 통해 만들어내는 골재를 뜻한다.

재생골재의 종류 및 품질기준은 다음의 [표 37]과 같다.

[표 37] 재생골재의 종류 및 품질기준

종 류	규 격	품 질 기 준			
		흡수율 (%)	절대 건조밀도 (g/㎤)	마모감량 (%)	실적률 (%)
도로공사용 재생골재	40㎜이상	-	-	-	-
콘크리트용 재생 굵은골재	9~25㎜	3이하	2.5이상	40이하	55이상
콘크리트용 재생 잔골재	5㎜이하	5이하	2.2이상	-	53이상



[그림 18] 재생 굵은골재

콘크리트용 재생골재는 천연골재와 혼합하여 레미콘 콘크리트 등으로 사용되며, 천연골재만을 사용할 때만큼의 흡수율 및 강도를 유지할 수 있어야 한다. 도로공사용 순환골재는 고속도로 및 일반포장도로의 기층재, 보조기층재, 동상방기층재 등 토목공사의 성토/복토재용으로까지 사용되며, 간척지 및 개간지, 매립지의 복토용으로도 널리 사용되고 있다.

순환골재의 생산을 위한 공정은 일반적으로 비계/구조물 해체, 폐기물 수집/운반, 폐기물 중간처리, 순환골재 생산/판매의 순서로 진행된다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

재생 굵은골재의 경우 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 국내 재생 굵은골재 생산량의 상당량을 차지하고 있는 인선이엔티로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

재생 굵은골재의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 38]과 같다.

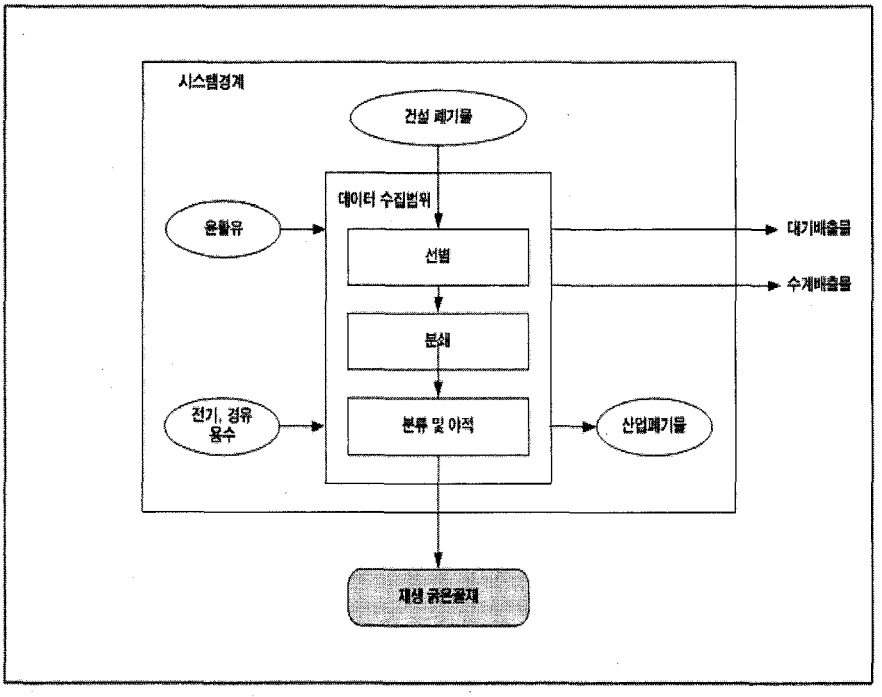
[표 38] 재생 굵은골재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	재생 굵은골재
기 능	건축자재 및 토목자재로 사용되는 재생 굵은골재
기능단위	재생 굵은골재 1㎥ 생산
기준흐름	재생 굵은골재 1㎥

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 재생 굵은골재의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

재생 굵은골재의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 19]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 19] 재생 굵은골재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 선별

건설 폐기물을 선별하여 재생 골재, 재생 철골류(고철) 및 폐기물 등으로 구분

② 분쇄

재생 골재로 활용하기 위해 선별된 건설 폐기물을 분쇄(크러셔 사용)

③ 분류 및 야적

분쇄된 골재를 크기별로 구분하여 야적

(3) 데이터 범주

재생 굵은골재의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 39]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 39] 재생 굵은골재 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	건설 폐기물
	에너지	전기, 경유, 용수
	보조물질	윤활유
산출물	제품	재생 굵은골재
	부산물	재생 잔골재
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

재생 굵은골재 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 40]와 같다.

[표 40] 재생 굵은골재 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 건설 폐기물의 종류는 매우 다양하므로, 이들 중 콘크리트 등 재생 골재로 사용할 수 있는 자재들을 건설 폐기물이 발생하는 장소에서 일차 분류하여 재생 공장으로 운송하는 것이 일반적이다. 따라서 재생 골재가 아닌 폐기의 대상이 되는 건설 폐기물들까지 재생 공장에서 수거하여 분류하는 것은 아니다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

재생 굵은골재의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "재생 굵은골재 생산공정" 하나로 취합하여 수집하였으며, 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 19]와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 41]과 같다.

[표 41] 재생 굵은골재 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	건설 폐기물	×	환경부하 없음
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 88.4%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다. 물질수지가 타 건축자재에 비해 상대적으로 낮은 이유는, 생산 과정에서 발생하는 폐기물에 대한 데이터를 추적하기 어려운 점 때문인 것으로 판단된다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 재생 굵은골재 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

재생 굵은골재의 생산 과정에서는 잔골재와 함께 굵은골재가 함께 나오므로, 부산물로 잔골재를 지정하고, 각각의 생산량(m^3) 비율에 따른 할당을 수행하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

재생 굵은골재의 데이터베이스는 제품 1m^3를 생산하는 것을 기준량으로 하여 구축되었다. 이 과정에는 건설 폐기물을 생산지로부터 재생 잔골재 생산업체까지 운송하는 과정이 생략되었는데, 그 이유는 다양하고 일시적인 폐기장을 모두 고려하여 평균 운송거리를 산정하기가 불가능하기 때문이다. 따라서 운송을 고려하고자 할 경우에는 특정 건설 폐기물 생산지의 정보를 습득하여, 그 장소로부터의 운송거리 및 운송수단을 감안하여야 한다.

제 10절 갱폼(Gang Form)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

갱폼은 콘크리트 시공 시 거푸집을 형성하는, 철재로 재단되어 조립될 수 있도록 가공되어 진 정형화된 틀이다. 갱폼은 거푸집과 케이지로 나누어져 각각 철판이나 환봉, 각파이프 등으로 구성되며, 제품의 규격은 별도로 정해지는 것이 아니라, 공사 현장의 요구에 따라 적절히 재단되어 제작되고 있으며, 다만 각 부품에 대한 요구사항은 KS D 규격에서 정하고 있다.

[표 42] 갱폼의 구성부품 및 관련 규격

구 분		규 격	비 고
거푸집	측벽용 Rib철판	2.0t Rib 철판 (D16-50mm 볼트조립)	KS D 3503-SS41 Hot rolled
	평철판	3.2t 평철판 (용접·볼트 접합)	KS D 3503-SS41 Hot rolled
	수평(띠장)재		
	상단	Φ114.6mmx4.5t Steel Pipe	KS D 3566-SS41
		2C Channel 100x50x5x7t	KS D 3530-SS41
	중간	C-Channel 75x45x15x2.3t	KS D 3530-SS41
	하단	2C-Channel 75x45x15x2.3t	KS D 3530-SS41
	수직(멍에)재	2C-Channel 75x45x15x2.3t	KS D 3530-SS41
	인양고리	Φ22mm 환봉(Round bar)	KS D 3561-SS41 Cold drawn
케이지 (Cage)	수직재	40x40x2.0t~2.3t 각파이프	KS D 3568-SS41
	가로재	40x40x1.4t~1.6t 각파이프	KS D 3568-SS41
	수평재	40x40x1.6t 각파이프	KS D 3568-SS41
	안전난간재	40x20x1.6t 각파이프	KS D 3568-SS41
	작업발판	Extended metal SG-362, SS-342 Type	KS D 3601
	발판띠장	40x40x1.6t 각파이프	KS D 3568-SS41
		40x20x1.6t 각파이프	KS D 3568-SS41

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 갱폼의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 갱폼 생산량의 대부분을 차지하고 있는 다음의 8개 기업이 참여하여 데이터를 제공하였다.

[표 43] 갱폼 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
갱폼	삼목정공, 금강공업, 대흥, 동경금속, 대림기공, 문화스틸

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

갱폼은 건설 현장에 따라 다양한 종류와 규격 제품이 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 갱폼의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, '건설공사 표준품셈'을 참조하여 1㎥의 벽면에 콘크리트를 타설하기 위해 사용되는 갱폼의 양을 평균하여 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 44]과 같다.

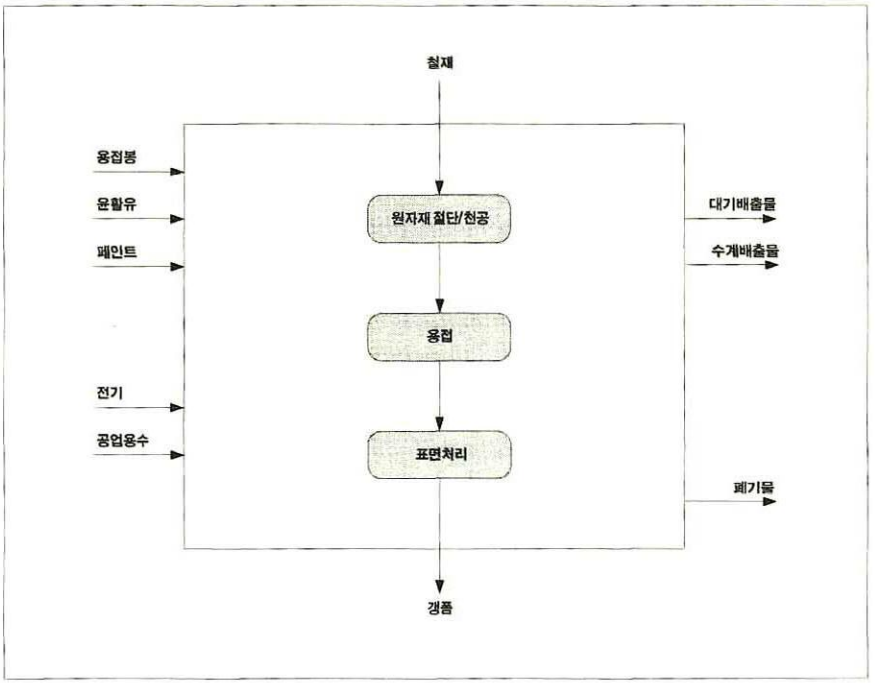
[표 44] 갱폼 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	갱폼
기 능	콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 갱폼 생산
기능단위	1㎥ 벽면에 콘크리트를 타설하기 위한 갱폼 생산
기준흐름	1㎥ 벽면에 콘크리트를 타설하기 위한 갱폼

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

갱폼의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 20]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 20] 갱폼 - 공정 흐름도

① 원자재 절단 및 천공

갱폼의 틀이 되는 기초 원자재인 철골류를 절단하고, 시공에 필요한 각종 구멍을 천공

② 용접 접합

가공이 완료된 원자재와 보강재를 용접하여 접합, 유로폼의 틀을 완성

③ 표면 처리

공사 현장의 요구에 따라 도색 처리 등을 도입

(3) 데이터 범주

갱폼의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 45]와 같이 투입물

과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 45] 갱폼 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	철재(강봉, 각봉, 철판), 합판
	에너지	전기, 용수
	보조물질	페인트, 용접봉
산출물	제품	갱폼
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

갱폼의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 46]과 같다.

[표 46] 갱폼 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 1m3의 벽면에 콘크리트를 타설하기 위해 사용되는 갱폼의 양을 평균하여 기능단위로 설정하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 갱폼의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "갱폼 생산 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 47]과 같다.

[표 47] 갱폼 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	합판	○	지식경제부, 2000
	철재(열연강판으로 대체)	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	경유	○	환경부, 2003
보조물질	용접봉	○	GaBi SW, 1996
	페인트	○	환경부, 2003
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.2%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 1m3의 벽면에 콘크리트를 타설하기 위해 사용되는 갱폼의 양을 평균하여 기능단위로 설정한 데이터베이스이므로, 데이터베이스 적용 시 벽면의 넓이를 고려하여 비례식 등을 적용하여야 할 것이다.

제 11절 유로폼 시공(Euro Form)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

유로폼은 철제의 틀(프레임) 양쪽 면에 합판을 부착한 것으로, 콘크리트 시공 시 거푸집을 형성하는 정형화된 틀이다. 유로폼은 내부의 인코너 패널, 외부의 헌치 패널, 아웃코너 앵글 등으로 구성되며, 설치 시에는 파이프 후크(pipe hook), 웨지 핀(wedge pin), 플랫 타이(flat tie), 볼트 타이(bolt tie), 윙 너트(wing nut), 와셔(washer) 등의 부속 철물류를 사용하여 고정시킨다.

일반적으로 사용되고 있는 유로폼의 규격은 KS F 8006:2004 '강제틀 합판 거푸집'에 규정되어 있으며, 길이는 900mm, 1200mm, 1500mm, 1800mm로 정형화되어 있으며, 너비 200-600mm의 다양한 제품이 존재한다.

유로폼 시공공정을 자세하게 살펴보면 다음과 같은 순서로 이루어진다.

① 먹줄치기 및 LEVEL

이미 타설된 FLOOR콘크리트 타설후 양생되면 도면에 따라 먹줄치기를 한 후 LEVEL을 측정하고 그 치수를 기입한다.

② 철근 설치

FORM 설치전 철근 및 전기 배관을 1일전 선행 설치한다.

③ WALL FORM 설치

㉮ 도면에 따라 필요한 STEEL FORM을 준비한다.

㉯ 직선 WALL일 경우 어느 쪽부터 세워도 무난하며 CORNER일 경우는 CORNER (내부, 외부)를 세우고 PANEL을 LINE에 맞추어 세운후 조립핀으로 견고하게 조립하며, 그 간격은 보통 300-600㎜로 조립한다.

㉰ WALL의 양쪽을 같이 설치진행하며, 다음 PANEL을 세우고 FRAME에 있는 구멍으로 FLAT TIE를 끼우고 조립핀으로 체결한다.TIE의 간격은 하부 300㎜에서부터 간격은 보통 600㎜로 채우며 콘크리트 타설속도가 2m/hr이상일 경우, 또는 측압이 5000kg²/m 이상일 경우 TIE를 증가시켜 채운다.

㉲ 하단부 PANEL을 전 평면에 조립한 후 상단부도 하단부와 같은 순서대로 조립한다.

㉳ 조립된 PANEL의 수평과 수직을 정렬시키기 위하여 띠장용으로 Φ48.6 파이프의 길이는 수평용 6m, 수직용 2m를 사용한다.

㉴ PIPE CLAMP(수직, 수평)로 PANEL에 고정시킨다.

㉵ WALL 마감은 WALL END PANEL로 마감한다.

㉶ WALL에서 OPEN 부분은 세부 도면에 따른다.

④ 콘크리트 타설 및 양생

⑤ 해체(STRIPPING) / 기준 : WALL FORM 해체

㉮ 보통 조립의 역순이며 최초 수직 WALER를 해체한다.

㉯ WALL 하단부 PANEL 및 CORNER 해체.

㉰ WALL 상단부 PANEL 해체.

㉱ SIDE부의 PANEL은 마루까지 떨어지므로 파손과 안전을 위하여 적절한 조치를 한다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 유로폼 시공공정의 경우 다음 [표 48]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 48] 유로폼 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
유로폼 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

유로폼 시공공정은 건설 현장의 요구에 따라 다양하게 적용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 유로폼의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 유로폼 시공을 기능으로, 3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 유로폼 거푸집 시공을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 49]과 같다.

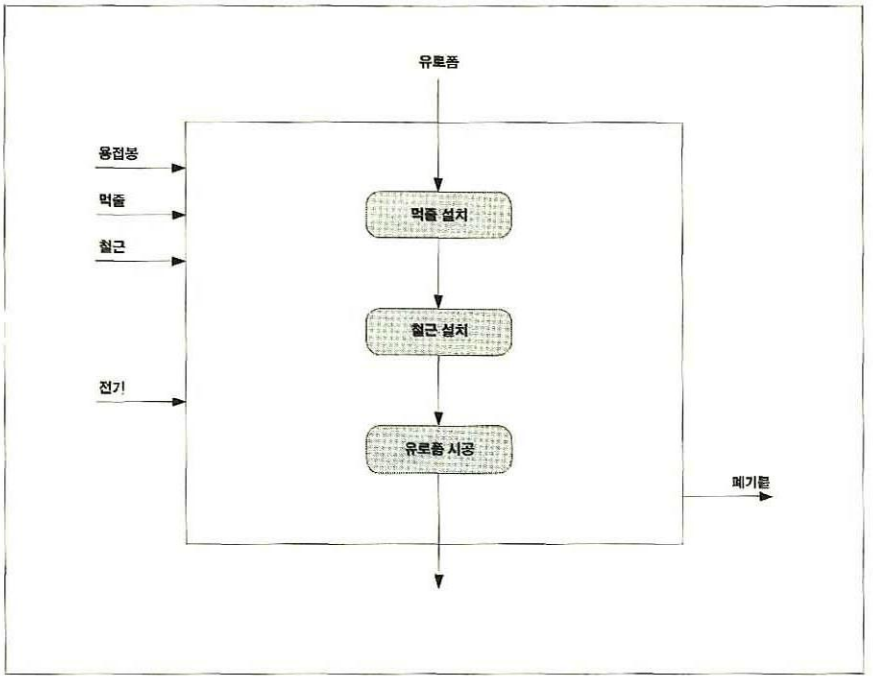
[표 49] 유로폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	유로폼 시공
기 능	콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 유로폼 시공
기능단위	3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 유로폼 거푸집 시공
기준흐름	3.3㎡ 콘크리트 시공

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

유로폼 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 21]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 21] 유로폼 시공 - 공정흐름도

① 먹줄 설치

이미 타설된 콘크리트 바닥에 유로폼을 시공하기 위한 기준으로써, 평활도 확보 작업과 함께 먹줄을 설치하는 과정

② 철근 설치

유로폼을 지지하기 위한 철근(전기 배관 등을 같이 시행)을 설치하는 과정

③ 유로폼 시공

wall form 및 유로폼을 설치하여, 이후의 콘크리트 타설 작업을 위한 거푸집을 완성하는 과정

(3) 데이터 범주

유로폼 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 50]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 50] 유로폼 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	유로폼, 철근
	에너지	전기
	보조물질	철제 부품, 먹줄
산출물	제품	유로폼 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

유로폼 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 51]과 같다.

[표 51] 유로폼 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 유로폼 시공공정의 기준을 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 거푸집 설치과정으로 하고 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 유로

폼의 시공 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "유로폼 시공 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 52]와 같다.

[표 52] 유로폼 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	유로폼	○	지식경제부, 2000
	철근	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	철제 부품	×	data gap
	먹줄	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 98.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의

한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 유로폼 거푸집 설치과정에 대한 데이터베이스이므로, 건축물의 규격에 의해 비례식을 적용하여 사용하여야 한다.

제 12절 화강석(Granite)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

현재 우리나라에서 일반적으로 사용되는 화강석은 암석을 파쇄, 가공해서 만든 것이 대부분이다. 쇄석의 제조 공정은 석산에 벌목 및 개발 작업을 완료한 후 다이너마이트를 이용하여 파쇄하고, 이를 가공하여 만드는 방법으로 생산된다.

나. 참여기업 정보

화강석 데이터베이스 구축에 참여한 업체는 주안기업, 우진기업, 토목코리아, 모닝스톤, 강호석재의 5개 업체이며, 한국골재협회의 협조를 받아 대표적인 데이터를 수집하였다. 화강석을 채취하는 공정 자체가 업체별로 크게 차이가 없는 표준화된 공정이며, 한국골재협회의 표준 데이터를 활용하였으므로, 데이터베이스의 대표성을 확인할 수 있다.

[표 53] 화강석 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
화강석	주안기업 우진기업 토목코리아 모닝스톤 강호석재

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

화강석은 다양한 용도로 사용되지만, 대부분 토목자재 또는 건축자재로 사용되고

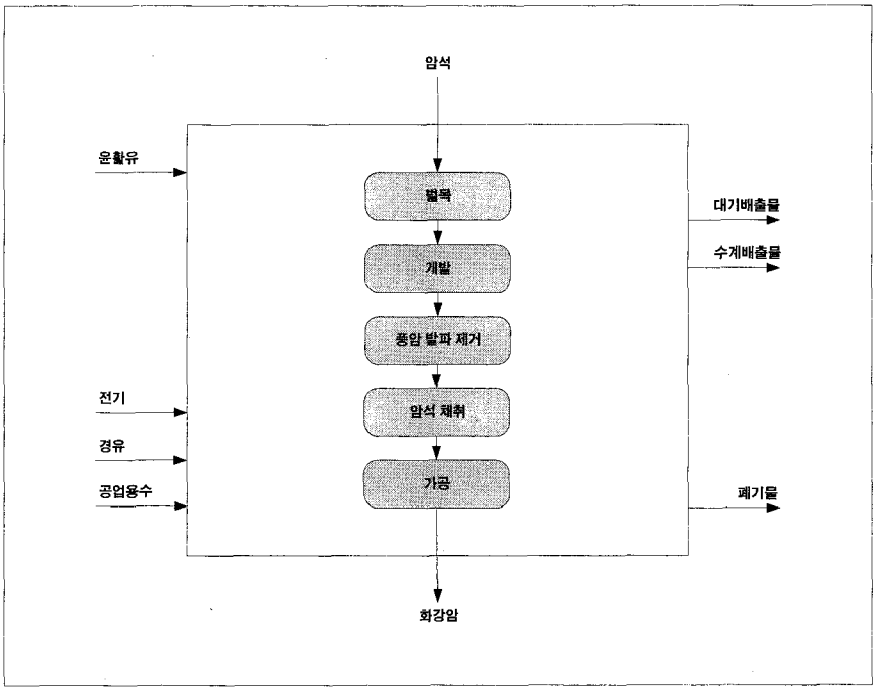
있으므로, 기능을 토목자재 및 건축자재로 사용되는 화강석으로 설정하였고, 기능단위와 기준흐름의 경우 기타 물질의 경우 질량(kg) 단위로 관리하는 것이 편리하나, 화강석의 경우 일반적으로 m^3의 단위로 거래·사용되고 있으며, 채취 장소에 따라 입도나 밀도 등의 차이가 크므로 질량으로 관리하기가 어려워, m^3 단위를 사용하였다. 이를 정리하면 다음 [표 54]와 같다.

[표 54] 화강석 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	화강석
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 화강석
기능단위	화강석 $1m^3$ 생산
기준흐름	화강석 $1m^3$

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 이후 단계를 제외한 화강석의 채취 및 가공(분쇄 및 거름 등)단계까지를 포함한 cradle to gate로 정의하였다.



[그림 22] 화강석 - 공정 흐름도

화강석 제조와 관련된 공정들을 요약하면 위의 [그림 22]와 같고, 이 범위에 포함된 공정들에 대한 설명은 다음과 같다.

① 벌목

골재 채취 허가를 습득한 산지 표면의 나무를 제거

② 개발

산지 표면의 흙을 포크레인 등을 이용하여 제거

③ 풍암 발파 제거

풍화가 진행되어 있는 표면의 암석을 발파하여 제거

④ 암석 채취

암석을 bench cut한 후 드릴로 천공, 다이너마이트를 이용하여 발파한 후, 가공공장으로 운송

⑤ 가공

(3) 데이터 범주

화강석의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 55]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 55] 화강석 - 데이터 범주

구 분		물 질 명
투입물	원료	암석
	에너지	경유, 전기
	보조물질	윤활유, 공업용수
산출물	제품	쇄석
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	폐수
	폐기물	폐유, 폐윤활유

(4) 데이터 품질요건

화강석의 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 다음 [표 56]과 같다.

[표 56] 화강석 - 데이터 품질요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	대한민국	대한민국	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

화강석의 데이터베이스를 구축함에 있어 주된 가정 사항은 참여기업의 데이터가 국가 데이터베이스로서의 대표성을 갖고 있다는 점이다. 쇄석 채취업체의 경우 비교적 규모가 작은 다수의 기업들이 많아, 참여기업의 생산량은 26%정도이지만, 대표적인 기술과 설비, 장비를 운영하고 있으며, 단일기업 생산량으로써는 가장 크기 때문에 데이터베이스가 대표성을 갖는다고 가정하였다.

화강석의 제조 단계에서 공업용수를 이용한 분리 기법이 이용되고 있는데, 사용한 물은 증발분을 제외하면 전량 재활용하고 있어, 발생하는 폐수는 거의 없다.

제품 출하와 관련된 장비/설비의 운영에서 비롯된 연료 소모는, 제품 생산 단계에서 제외하여 범위 내에 포함하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

화강석의 데이터베이스는 공정들을 세분화하지 않고 통합하여, 전체 공정에 대한 데이터를 수집하였다. 단, 출하공정은 소비를 위한 운송공정이므로 포함 대상 공정에서 제외하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는

원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 57]과 같다.

[표 57] 화강석 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	공업용수	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

화강석은 분류 과정에서 공업용수를 사용하고 있으므로, 수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 93.4%(output/input비율)의 물질수지율을 보여 다소 낮은 완전성을 보였으나, 이는 고형폐기물(쇄석 잔류물 등)을 이후 복원 과정에 사용하기 위하여 저장하는 과정에서 발생한, 측정되지 않은 축적량 데이터에 의한 것으로써, 수집 데이터의 완전성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 B-C유 및 경유 사용에 의한 것이므로 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 단수이므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

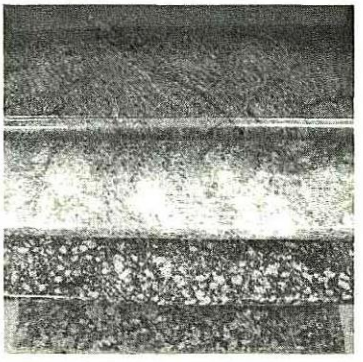
특이사항 없음

제 13절 인조대리석(Artificial Marble)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

인조대리석은 골재, 무기질, 안료 및 불포화 폴리에스테르 수지를 주원료로 사용하고 진공 가압에 의하여 성형 제조된다. 일반적으로 인조대리석은 천연의 광석분 또는 합성 무기 재료 분말을 필터로 하여 수지로 경화시킨 후 압축 프레스로 성형한 것이다. 필터 재료는 수산화알루미늄, 황산바륨, 탄산바륨, 탄산칼슘, 실리카(규사), 화강암, 어영(御影)석분 등이 이용되고 수지재료로는 열경화성 불포화 폴리에스테르 및 열가소성 메틸메타아크릴(MMA) 수지가 이용된다.



[그림 23] 인조 대리석

인조대리석은 휨강도 및 압축강도가 천연석에 비해 높아 얇은 판재로 시공이 가능하며 경제적이고 다양한 색상이 있다. 또한 스크래치나 흠집에도 강하며 광택과 색상도 오래 지속된다. 현재 인조대리석의 이름으로 시판되고 있는 것은 대부분의 불포화 폴리에스테르계와 열가소성 메틸메타아크릴계의 두 가지 종류이다. 인조대리석은 가압성형으로 제조하여 기공이 없는 치밀한 조직을 갖는다. 인조 대리석의 품질기준은 다음의 [표 58]과 같다.

[표 58] 인조 대리석 - 품질기준

품질기준 항목		기준
비중		2.3이상
흡수율		0.1이하
국부압축강도 (N/㎟)		1.0
휨강도 (N/㎟)		1.0
충격강도		판의 깨짐이나 균열이 없어야 함
내마모성	연마품	광택도 감소율 40% 이하
	비연마품	마모 저항도 5(N)일 때 표면엔 현저한 변색이 없어야 함.
내후성		깨짐이 없고, 변색이 현저하지 않아야 함.
내오염성		변색이 현저하지 않아야 함.
난연성		난연 3급이상

인조대리석은 건축물의 바닥이나 내·외장 마감재로 사용되며, 수분을 흡수하지 않기 때문에 욕실이나 화장실에 사용하기 좋다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

인조대리석은 그 종류와 재질이 매우 다양하기 때문에, 모든 제품을 포괄할 수 있는 데이터베이스를 구축하기는 어렵다. 따라서 가장 일반적인 실리카 인조대리석을 위주로 하여 생산업체의 대표성을 확보하기 위해 LG화학과 대림으로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능

을 세분화하여 정하기는 어렵다. 인조대리석 또한 주재료도 다양하고 배합비 등이 제품별로 모두 다르기 때문에, 이러한 특징을 모두 감안하여 제품별 기능을 설정하기가 어렵다. 따라서 기능은 가장 일반적인 바닥재 및 벽면재의 기능으로 설정하였다. 기능단위는 우레탄 방수재 1kg 생산이 되고, 이에 따라 기준흐름은 우레탄 방수재 1kg이 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 59]와 같다.

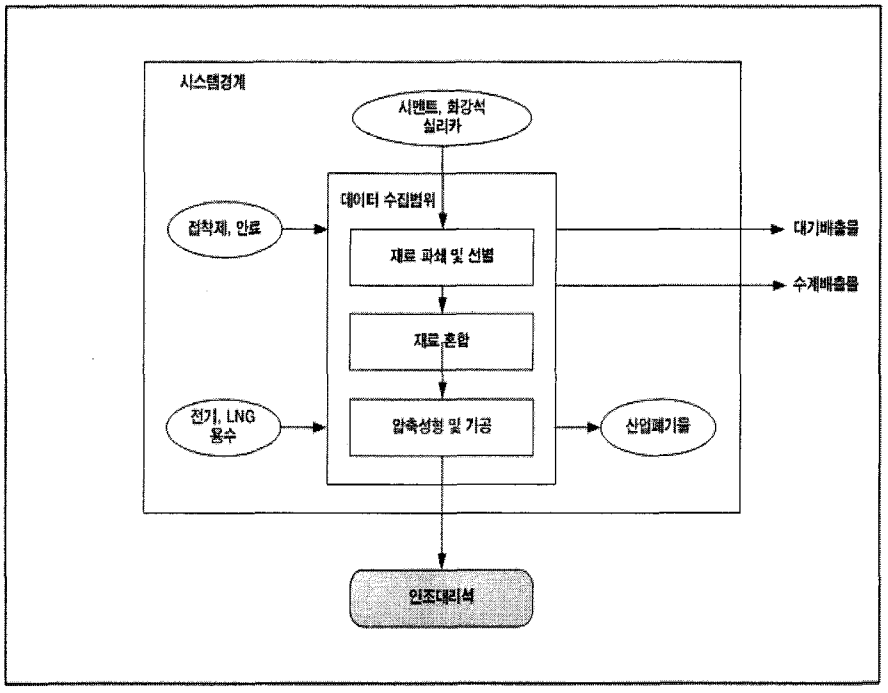
[표 59] 인조대리석 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	시트 방수재
기 능	바닥재로 사용되는 인조대리석
기능단위	표준크기(500㎜×500㎜) 인조대리석 1개 생산
기준흐름	표준크기(500㎜×500㎜) 인조대리석 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 인조대리석의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

인조대리석의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 24]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 24] 인조대리석 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 재료 파쇄 및 선별

화강석을 파쇄하여 석분을 제조하고, 크기별로 선별

② 재료 혼합

실리카 및 백색 포틀랜드 시멘트를 화강석 석분과 적정 비율로 혼합

③ 압축 성형

압축 프레스로 성형

④ 가공

성형된 인조대리석의 가장자리 및 표면에 광택처리 등 필요한 가공을 수행

(3) 데이터 범주

인조대리석의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 60]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 60] 인조대리석 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	실리카, 백색 포틀랜드시멘트, 화강석
	에너지	전기, 용수, LNG
	보조물질	착색제
산출물	제품	인조대리석
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

인조대리석의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 61]과 같다.

[표 61] 인조대리석 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 다양한 인조대리석 제품들 중 데이터베이스 구축의 대상인 제품군은 실리카 및 백색포틀랜드 시멘트와 화강석 석분을 주재료로 하는 실리카 인조대리석 제품이다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 인조

대리석의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "인조대리석 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 24]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 62]와 같다.

[표 62] 인조대리석 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	실리카	×	환경부하 없음
	백색 포틀랜드시멘트	○	지식경제부, 1998
	화강석	○	국토해양부, 2007
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	착색제	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.7%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 하나의 기업에 데이터를 요청하였므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하였으며, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

인조대리석은 단일 생산라인에서 제조되며, 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 할당이 적용되지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

인조대리석 데이터베이스는 이 제품군에 해당하는 다양한 제품들 중 가장 일반적인 크기와 재료로 제조되는 하나의 제품을 선정하여 만들어진 것으로써, 특히 재료의 구성비는 실리카 28%, 안료 2%, 백색 포틀랜드 시멘트 31%, 화강석 석분 39%로 구성된 제품을 대상으로 하였다. 따라서 제품의 규격이 다르거나 재료의 성분비가 다른 경우 이를 감안하여 데이터베이스를 활용하여야 할 것이다.

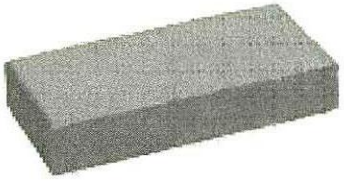
제 14절 점토 벽돌(Clay brick)

1. 일반정보

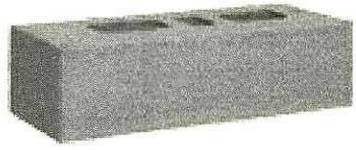
가. 제품정보

본 제품은 점토, 고령토, 황토 등의 광물질을 혼합하여 1,200℃에서 구워낸 것으로 건물의 내,외장의 치장 및 구조용으로 사용하는 조적용 벽돌이다.

점토 벽돌은 미장벽돌과 유약벽돌로 구분하여 정의가 내려진다. 미장 벽돌은 점토등을 주 원료로하여 소성한 벽돌로서 속이 빈 벽돌은 하중 지지면의 유효 단면적이 전체 단면적의 50% 이상이 되도록 제작한 벽돌을 의미하고, 유약 벽돌은 점토 등을 주원료로 하여 외부에 노출되는 표면에 유약 또는 그와 유사한 원료로 용융된 상태로 소성한 벽돌을 의미한다. 또한 모양에 따라서 크게 일반형[그림 25]와 유공형[그림 26]으로 종류가 구분된다.(KS L 4201)



[그림 25] 점토 벽돌(일반형)



[그림 26] 점토 벽돌(유공형)

본 연구의 대상모듈은 미장벽돌을 대상으로 일반형과 유공형 모두 포함한다. 점토벽돌은 불연재 및 내수재로서 단열, 보온, 방은 효과가 클 뿐 아니라 돌마감이나 타일마감에 비해 공기가 짧고 공사비가 저렴하다. 또한 유지관리비가 들지 않고 내후성이 강해 반영구적이며 흙의 성분과 소성 온도 조절에 따라 다양한 색상을 연출할 수 있는 장점이 있다,

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업

공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 점토 벽돌은 약 40개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 점토 벽돌의 연구개발 및 생산에 있어 선두적이며 환경표지 인증 업체 중 3개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

점토 벽돌의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 63]과 같다.

[표 63] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	점토 벽돌
기능	건축물의 내,외장의 치장 및 구조용으로 사용하는 조적용 벽돌
기능단위	점토 벽돌 1kg 생산
기준흐름	점토 벽돌 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 점토 벽돌 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 64]와 같다.

[표 64] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고령토, 점토, 황토
	에너지	전기, B-A유, B-C유
	보조물질	용수
산출물	제품	점토 벽돌
	부산물	-
	대기배출물	dust, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SO2
	수계배출물	-
	폐기물	불량품

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 점토 벽돌 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다[표 65].

[표 65] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	점토 벽돌 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

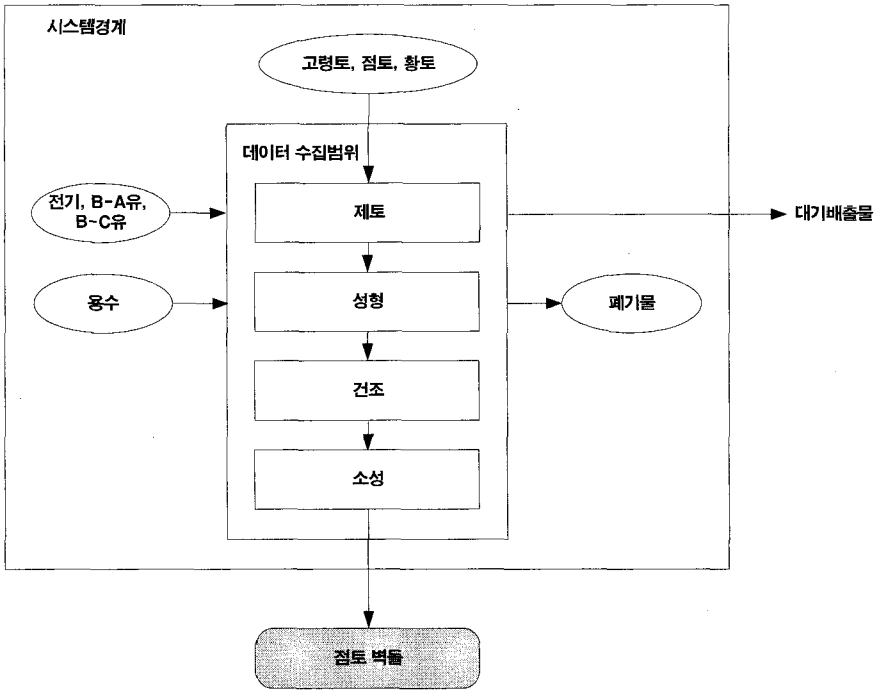
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 점토 벽돌 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 27]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 점토 벽돌 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 27]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 점토 벽돌의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 점토 벽돌 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 점토 벽돌은 제토, 성형, 건조, 소성공정을 거쳐 제조된다.



[그림 27] 점토 벽돌 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 66]과 같다.

[표 66] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	고령토	○	ecoinvent, 2000
	점토	○	ecoinvent, 2000
	황토	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	B-A유	○	환경부(heavy fuel oil), 2003
	B-C유	○	
수송	8.1~15ton 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

점토 벽돌 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

점토 벽돌 전과정목록 데이터베이스는 점토 벽돌 1kg 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 점토 벽돌의 단위 부피 당 무게(kg/m3)를 우선적으로 파악하여 데이터베이스를 적용하여야 한다.

제 15절 콘크리트 벽돌(Concrete brick)

1. 일반정보

가. 제품정보

콘크리트 벽돌은 시멘트와 골재, 물, 혼화재료를 원료로 성형과 양생과정을 거쳐 생산되는 건축자재이다. 이는 건축물의 외장을 위한 건축자재로서 다양한 건물의 건축에 광범위하게 사용되고 있다. 건축물의 외장재로서 압축강도시험 및 흡수율 시험등을 통해 최적의 건축자재가 생산되어야 한다. 콘크리트 벽돌은 모양과 품질에 따른 분류기준을 두고 있다. 모양에 따라서는 기본 벽돌과 이형 벽돌로 분류되고, 품질에 따라서는 A종, B종, C종(1급,2급)으로 분류되고 있다([표 67]참조).

[표 67] 콘크리트 벽돌의 분류

모양에 따른 분류 (단위: mm)				
모양	길이	높이	두께	허용차
기본벽돌	190	57	90	±2
이형벽돌	홈 벽돌, 둥근 모접기 벽돌과 같이 기본벽돌과 동일한 크기인 것으로서 치수 및 허용차는 기본벽돌에 준하고, 그 외의 경우는 당사자 합의에 따라 성형될 수 있는 벽돌			

품질에 따른 분류				
구분		기건 비중	압축강도 (N/mm2)	흡수율(%)
A종		1.7미만	8이상	-
B종		1.9미만	12이상	-
C종	1급	-	16이상	7이하
	2급	-	8이상	10이하

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업

공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 콘크리트 벽돌은 약 462여개 기업이 생산을 하고 있지만, 타 콘크리트제품과는 달리 (-) 부가가치를 창출함에 따라 대부분의 기업이 일정한 생산보다는 주문생산에 의한 방식으로 이루어지고 있는 실정이다. 콘크리트 벽돌의 시장규모는 10억원 미만으로 파악되고 있고, 생산 기업들은 대부분 중·소·영세 기업들로서 기업별 시장점유율은 약 1% 미만 정도로 파악이 되고 있다 (출처: 한국콘크리트공업협동조합연합회). 생산기업들의 기업 별 참여 의사 표명에 따라 2개사(동남콘크리트, 주주콘크리트)가 최종 선정되었고, 참여기업들의 생산량 현황은 [표 68]과 같다.

[표 68] 콘크리트 벽돌 - 참여기업의 생산현황

업체명	생산량 (kg/년)
동남콘크리트	55,760,895
주주콘크리트	13,232,965
합계	68,993,860

* 출처 : 업체 별 보고(2005)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

콘크리트 벽돌은 건축물의 외장재로서의 용도가 주기능으로 기능단위는 콘크리트 벽돌 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 [표 69]와 같다.

[표 69] 콘크리트 벽돌 - 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	콘크리트 벽돌
기능	건축물의 외장재로서의 건축자재
기능단위	콘크리트 벽돌 1kg 생산
기준흐름	콘크리트 벽돌 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 콘크리트 벽돌 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 제품 생산과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 제품의 품질에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 포함하며 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물을 포함한다. 콘크리트 벽돌에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 70]과 같다.

[표 70] 콘크리트 벽돌 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료	시멘트, 골재, 색소, 혼화 재료
	에너지	전기, 경유
	보조물질	유압작동유, 기어오일, 소금, 청관제,
산출물	제품	콘크리트 벽돌
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC
	수계배출물	-
	폐기물	폐유, 불량품

(4) 데이터 품질요건

콘크리트 벽돌에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 71]과 같다.

[표 71] 콘크리트 벽돌 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	합판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2005년
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국

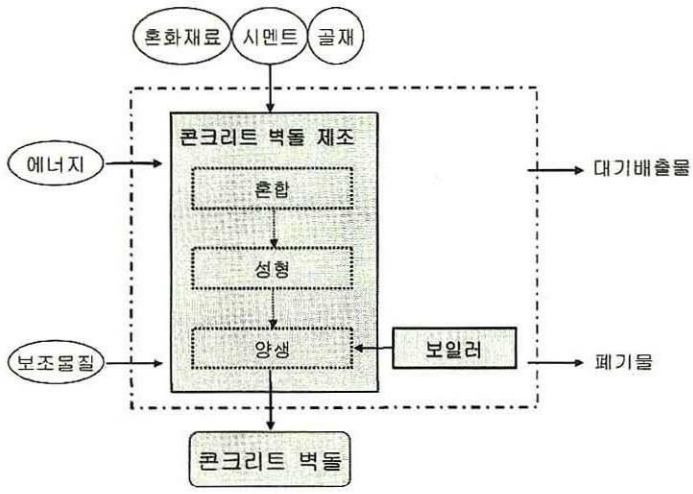
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 원료 혼합에 사용되는 물에 대한 환경부하는 지하수를 사용함에 따라 지하수를 끌어올리기 위해 사용되는 전기 발전에 따른 환경부하만을 고려하였다.
- 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 공정흐름도는 현장데이터 수집단위인 콘크리트 벽돌 제조공정과 양생에 필요한 스팀을 생산하기 위해 가동되는 보일리공정을 기준으로 하여 [그림 28]과 같이 결정하였다. 콘크리트 벽돌 제조공정은 혼합, 성형, 양생의 3개의 세부 공정으로 이루어져있다. 이들은 일련의 공정으로서 참여기업에서는 공정별 데이터 관리가 이루어지지 않아 통합하여 데이터를 수집하였다.



[그림 28] 콘크리트 벽돌 - 공정 흐름도

- 혼합: 콘크리트 벽돌의 원료(시멘트, 골재, 혼화재료, 물)를 혼합하는 공정

- 성형: 혼합된 원료를 원하는 크기와 모양으로 성형하는 공정
- 양생: 콘크리트 경화를 위해 증기를 사용하여 수화작용을 촉진하기 위한 공정

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

콘크리트 벽돌을 생산하는 최종 생산단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질, 제품, 수계배출물, 폐기물은 측정치를, 대기배출물은 계산치를 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 72]와 같다.

[표 72] 콘크리트 벽돌 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	시멘트(포틀란트 1종)	○	환경부, 2003
	골재	○	국토해양부, 2006
	혼화 재료	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	경유	○	환경부, 2003
보조 물질	유압작동유	○	환경부, 2003
	기어오일	○	환경부, 2003
	소금	○	환경부, 2003
	청관제	×	data gap
수송	23.1~25톤 공로수송	○	환경부, 2003
폐기	폐유재활용	○	환경부, 2006

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였으며, 각 공정들 간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질 별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량 만을 고려하여 해결하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따르며, 합산방법은 수직법을 사용하였다.

- 콘크리트 벽돌 제조공정 중 양생은 증기양생으로서 보일러를 가동하여 증기를 생산하게 된다. 따라서 보일러의 연료로 사용되는 경유 연소에 따른 대기배출물은 IPCC 배출계수를 적용하여 산출하였다.
- 콘크리트 벽돌은 업체 관리 단위가 "장"으로서 콘크리트 벽돌의 비중 "1.85kg/ 장"을 이용하여 년간 생산량을 "kg"으로 산출하였다.

(4) 할당

- 콘크리트 벽돌 제조공정에 사용되는 에너지 및 보조물질들은 업체에서 통합관리 된다. 이는 다중 입출력물(multi-input/output)시스템으로서 산출물들의 생산량비를 기준으로 할당하였다.
- 콘크리트 벽돌 제조공정에서 발생하는 불량품은 인공 골재로 재활용 된다. 이는 열린고리 재활용(open-loop recycling) 시스템으로서 폐기물은 발생량만을 파악하여, 재활용 공정에 대한 환경부하는 추적하지 않는 cut-off 방법론을 이용하여 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 16절 ㄱ형강(Angle)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

형강은 고로 또는 전기로에서 제조한 용선(쇳물)을 일정 형태를 갖도록 연속주조하여 생산하는 철강 제품이다. 건축자재로서의 형강은 구조재나 구조물의 보강재, 콘크리트 타설을 위한 거푸집 등의 용도로 사용되고 있다.

형강은 그 단면의 모양에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

[표 73] 형강의 분류

구 분		설 명
대분류	중분류	
ㄱ형강	등변 ㄱ형강 부등변 ㄱ형강 부등변부등후 ㄱ형강	절단면이 ㄱ자 모양을 띄고 있는 형강
ㄷ형강	-	절단면이 ㄷ자 모양을 띄고 있는 형강
I형강	I형강 광산지보용 I형강	절단면이 I자 모양을 띄고 있는 형강
H형강	H형강 H형강 말뚝 무늬 H형강 경량 H형강	절단면이 H자 모양을 띄고 있는 형강

[표 73]에 나타낸 것 외에도, C.T.(Cut Tees)형강, 강널말뚝(Sheet Piles), 트랙슈(Track Shoe), 마스트빔(Mast Beams) 등의 다양한 형태의 형강들이 사용되고 있으나, 그 제조량이 미미하고 건축자재로써는 사용되지 않는다.

ㄱ형강은 ㄱ자 모양을 갖도록 제조한 형강으로써, 단면의 모양에 따라서는 양 변의 길이가 같은 등변 ㄱ형강, 양 변의 길이가 서로 다른 부등변 ㄱ형강, 양 변의 길이와 두께가 다른 부등변부등후 ㄱ형강 등으로 제조되고 있으며, 크기별로 다양한 제품이 사용되고 있다. 국내에서 ㄱ형강은 주로 트러스, 일반구조물의 보강재, 철탑, 선박재료 등으로 사용되고 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

ㄱ형강의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 ㄱ형강 생산량의 대부분을 차지하고 있는 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 ㄱ형강 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 74]와 같다.

[표 74] ㄱ형강 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	72.7
동국제강	19.4
계	92.1

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

ㄱ형강은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 ㄱ형강의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 75]와 같다.

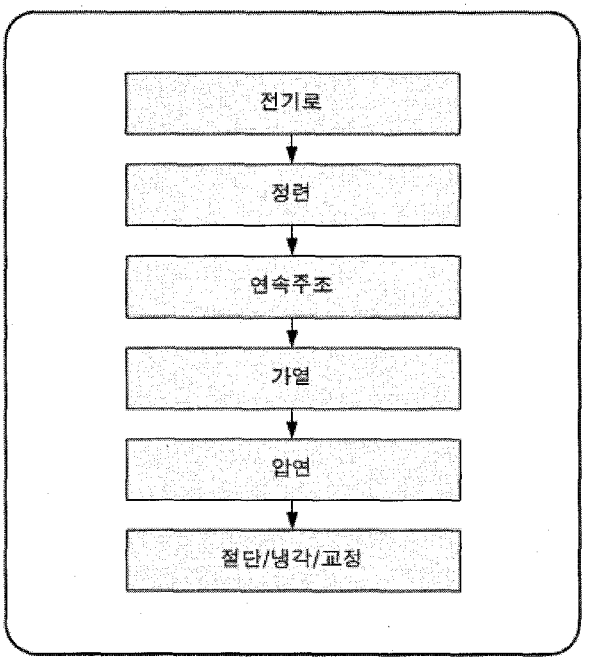
[표 75] ㄱ형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	ㄱ형강
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 ㄱ형강
기능단위	ㄱ형강 1kg 생산
기준흐름	ㄱ형강 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 ㄱ형강의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

ㄱ형강의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 29]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 29] ㄱ형강 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기 양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 형강으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 형강의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

형강을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

ㄱ형강의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 76]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 76] ㄱ형강 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	ㄱ형강
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

ㄱ형강의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 77]과 같다.

[표 77] ㄱ형강 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

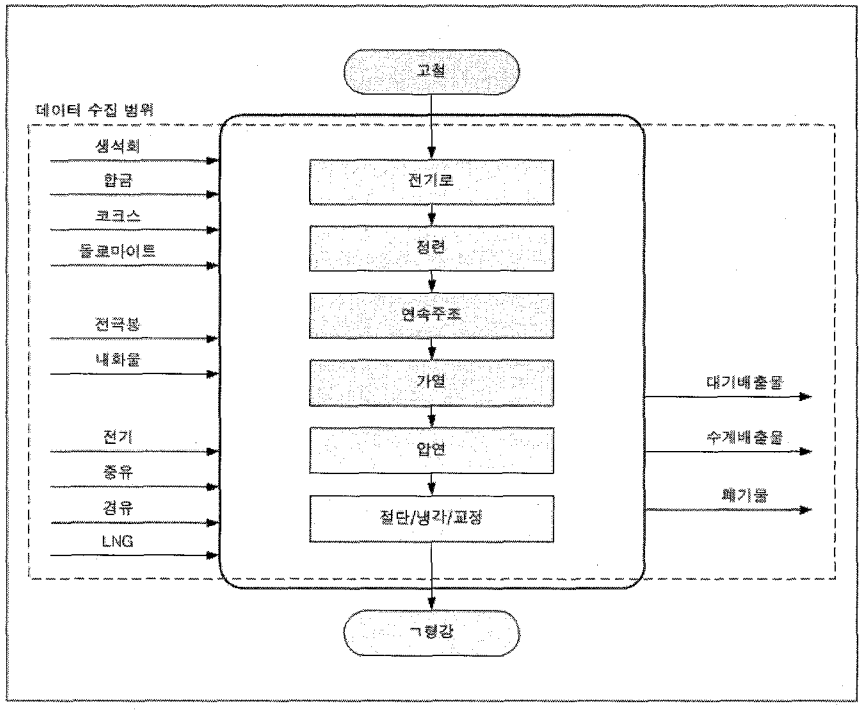
① ㄱ형강은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "ㄱ형강"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. ㄱ형강의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "ㄱ형강 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 고장력 철근 [그림 30]과 같다.



[그림 30] ㄱ형강 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 78]과 같다.

[표 78] ㄱ형강 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.2%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

ㄱ형강은 수요에 따라 다른 종류의 형강(ㄷ형강, H형강 등)들과 함께 제조되기 때문에, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게

에 비례하는 경향을 보이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

ㄱ형강 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, ㄱ형강에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 17절 ㄷ형강(Channel)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

ㄷ형강은 ㄷ자 모양을 갖도록 제조한 형강으로써, 일반적으로 채널(channels)이라 부른다.

ㄷ형강은 자체적으로 건축물이나 구조물의 주요 구조재로 사용되지는 않으며, 강도를 보강하기 위한 부재료로 주요 사용되고 있다. 특히 외부의 압력에 의해 뒤틀림이나 휘는 현상이 발생할 수 있는 형강구조물의 경우, ㄷ형강을 덧대어 비틀림 현상을 조기에 발견할 수 있는 용도로 사용하는 등, 다양한 용도에 사용되고 있다.

국내에서 생산되고 있는 ㄷ형강은 대부분 고철의 전기로 용융을 통한 제조방법으로 제조되고 있으며, 200×90mm에서 450×125mm까지 다양한 규격의 제품들이 생산, 유통되고 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

ㄷ형강의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 ㄷ형강 생산량의 대부분을 차지하고 있는 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 ㄷ형강 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 79]과 같다.

[표 79] ㄷ형강 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	43.6
동국제강	27.6
계	71.2

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

ㄷ형강은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 ㄷ형강의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 80]과 같다.

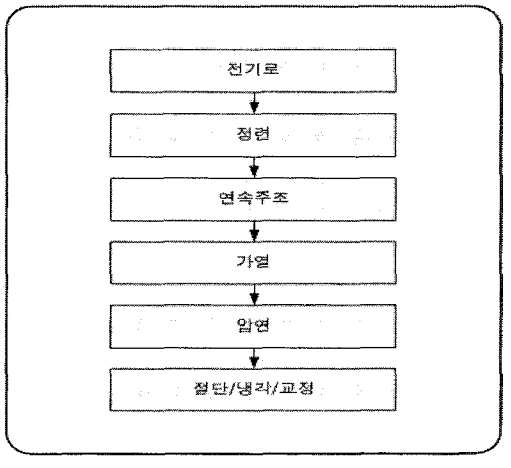
[표 80] ㄷ형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	ㄷ형강
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 ㄷ형강
기능단위	ㄷ형강 1kg 생산
기준흐름	ㄷ형강 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 ㄷ형강의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

ㄷ형강의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 [그림 31]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 31] ㄷ형강 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 형강으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 형강의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

형강을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

ㄷ형강의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 81]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 81] ㄷ형강 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	ㄷ형강
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

ㄷ형강의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 82]와 같다.

[표 82] ㄷ형강 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① ㄷ형강은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "ㄷ형강"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

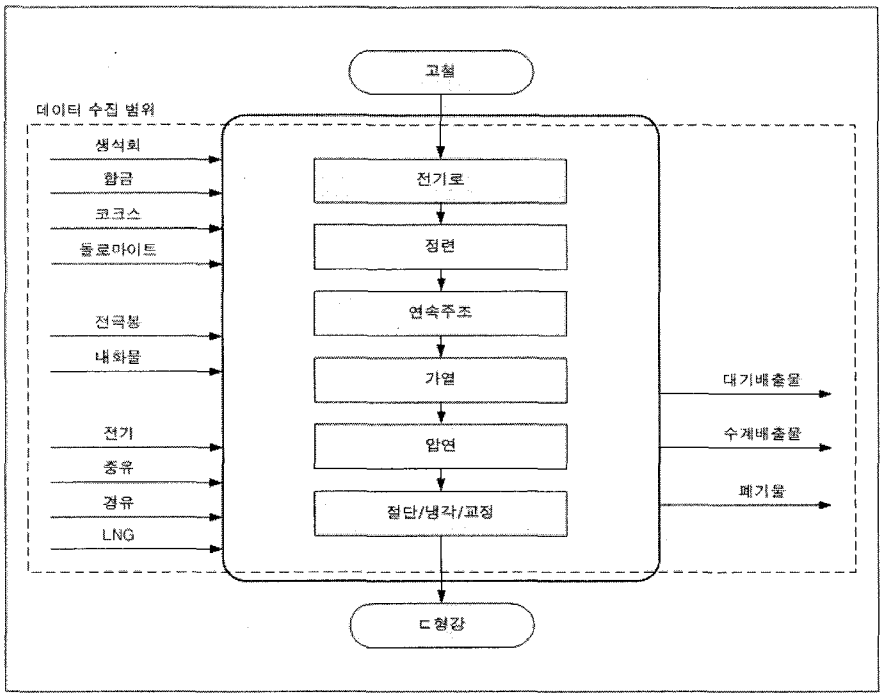
② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. ㄷ형강

의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "ㄷ형강 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 32]와 같다.



[그림 32] ㄷ형강 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 83]과 같다.

[표 83] ㄷ형강 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 98.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

ㄷ형강은 수요에 따라 다른 종류의 형강(ㄱ형강, H형강 등)들과 함께 제조되기 때문에, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게

에 비례하는 경향을 보이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

ㄷ형강 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, ㄷ형강에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 18절 I형강(I-Beam)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

I형강은 I자 모양을 갖도록 제조한 형강으로써, H형강과 비교하여 양쪽 판의 넓이가 좁아, 좁은 표면적에 큰 하중이 수직으로 걸릴 때 보다 잘 견디는 특성을 갖고 있는 형강의 종류이다.

I형강은 기계구조물의 받침이나 호이스트 가이드레일, 갱도 지지대 등 건축물보다는 주로 토목공사에서 구조물의 지지체로 사용되고 있다.

국내에서 생산되고 있는 I형강은 대부분 고철의 전기로 용융을 통한 제조방법으로 제조되고 있으며, 125×75mm에서 600×190mm까지 다양한 규격의 제품들이 생산, 유통되고 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

I형강의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 I형강 생산량의 대부분을 차지하고 있는 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 I형강 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 84]와 같다.

[표 84] I형강 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	75.9
동국제강	5.3
계	81.2

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

I형강은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 I형강의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 85]와 같다.

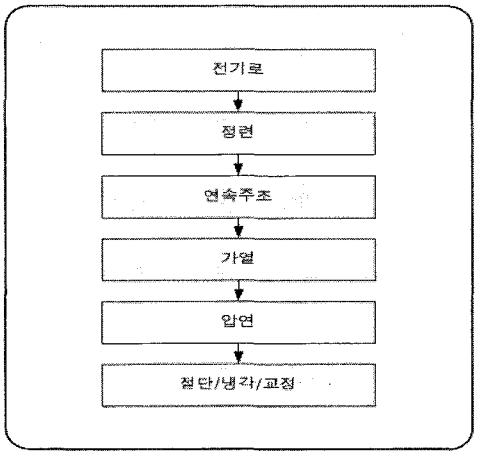
[표 85] I형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	I형강
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 I형강
기능단위	I형강 1kg 생산
기준흐름	I형강 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 I형강의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

I형강의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 [그림 33]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 33] I형강 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 형강으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 형강의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

형강을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

I형강의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 86]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 86] I형강 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	I형강
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

I형강의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 87]과 같다.

[표 87] I형강 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

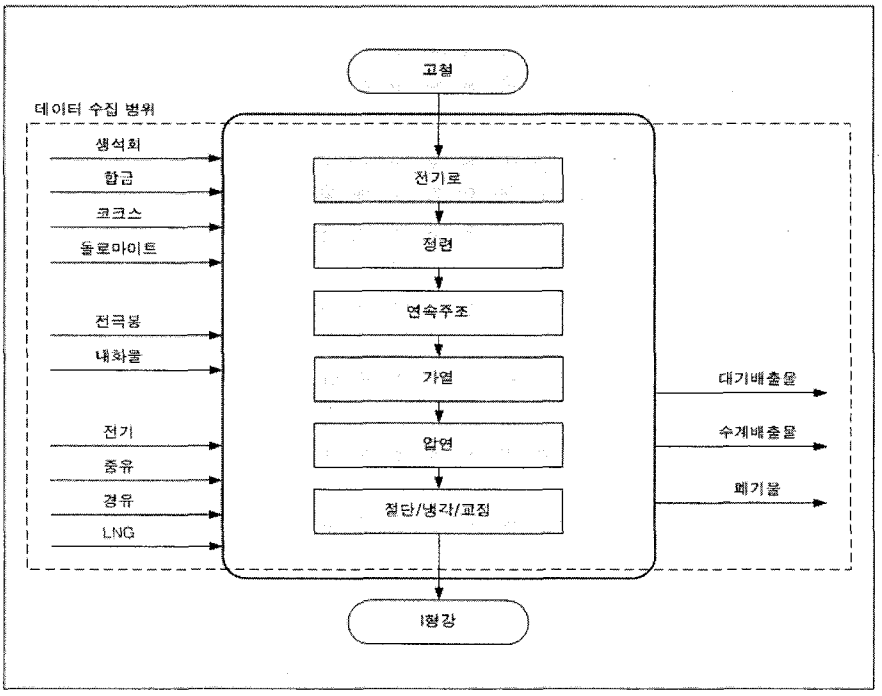
① I형강은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "I형강"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. I형강의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "I형강 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 34]와 같다.



[그림 34] I형강 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 88]과 같다.

[표 88] I형강 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 96.9%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

I형강은 수요에 따라 다른 종류의 형강(ㄱ형강, H형강 등)들과 함께 제조되기 때문에, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게에

비례하는 경향을 보이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

I형강 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, I형강에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 19절 H형강(H-Beam)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

H형강은 가장 광범위하게 널리 쓰이는 형강의 종류로써, H자 모양을 갖도록 제조한 형강이다. I형강과 비교하여 양쪽 판의 넓이가 넓어, 넓은 표면적으로 비교적 큰 하중을 효과적으로 지탱하기 위해 사용된다.

H형강은 강구조물(건축물, 구조물 등)의 가로보, 세로보 등으로 많이 사용하고, 연약한 지층에 건축물이나 구조물을 가설할 경우 하중을 견디기 위한 기초용 파일(pile)로 사용된다. 또한 지하 터파기 때 흙막이 용도로도 사용하며, 특히 대형 H형강은 단면적이 커서 큰 하중을 받는 가로보 및 세로보로 사용하는데 적절하다.

국내에서 생산되고 있는 H형강은 세분화하면 일반 H형강(wide flange shapes), H형강 말뚝(H-bearing piles), 무늬 H형강(checkered H-beam), 경량 H형강(junior beams) 등 다양한 형태로 제조, 유통되고 있으며, 대부분 고철의 전기로 용융을 통한 제조방법으로 제조되고 있다. 제품의 규격은 일반 H형강의 경우 100×100mm에서 900×300mm까지 가장 다양한 규격의 제품들이 생산, 유통되고 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

H형강의 경우 대표성을 확보하기 위하여 국내 H형강 생산량의 대부분을 차지하고 있는 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 H형강 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 89]와 같다.

[표 89] H형강 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	65.6
동국제강	25.3
계	90.9

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

H형강은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 H형강의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 90]과 같다.

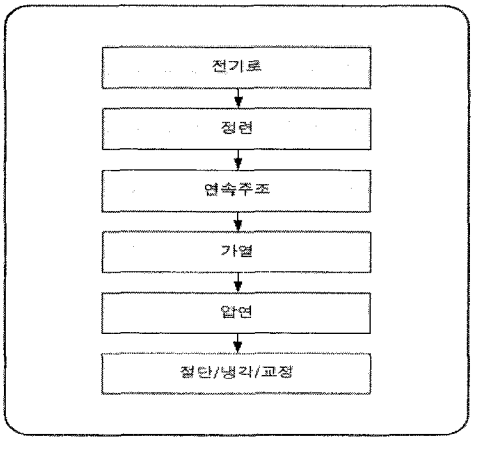
[표 90] H형강 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	H형강
기 능	토목자재 및 건축자재로 사용되는 H형강
기능단위	H형강 1kg 생산
기준흐름	H형강 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 H형강의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

H형강의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 [그림 35]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 35] H형강 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 형강으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 형강의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

형강을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

H형강의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 91]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 91] H형강 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	H형강
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

H형강의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 92]와 같다.

[표 92] H형강 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① H형강은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "H형강"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

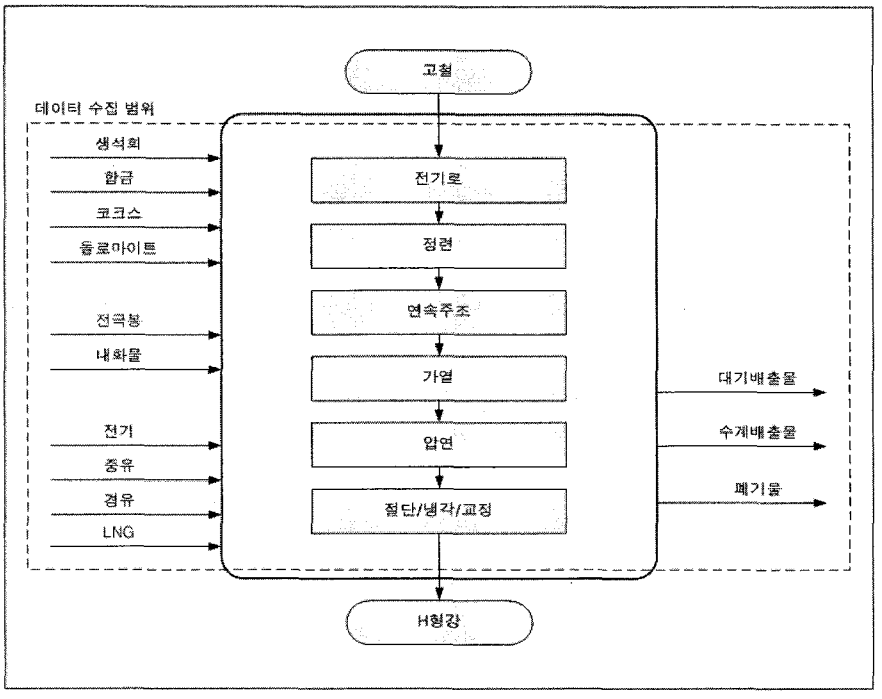
② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. H형

강의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "H형강 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 36]과 같다.



[그림 36] H형강 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 93]과 같다.

[표 93] H형강 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.3%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

H형강은 수요에 따라 다른 종류의 형강(ㄱ형강, ㄷ형강 등)들과 함께 제조되기 때문에, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게

에 비례하는 경향을 보이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

H형강 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, H형강에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 20절 일반 이형철근(Deformed Reinforcing Steel Bar)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

철근의 종류에는 원형철근과 이형철근이 있다. 이들 중 철근콘크리트 구조물이나 철근콘크리트 건축물에는 이형철근을 주로 사용하는데, 그 이유는 콘크리트의 특성상 싸고 압축강도가 강하지만 인장강도가 압축강도에 훨씬 못 미치기 때문에, 인장강도가 큰 철근을 포함시킴으로써 인장력과 압축력에 강하게 지탱하기 위함인데, 콘크리트에 잘 부착하여 큰 마찰력을 갖게 하기 위해 철근 표면에 요철모양을 넣은 이형철근을 사용하게 된다.

또한 주로 사용되는 철근들은 강도에 따라 SD30, SD40, SD50으로 구분할 수 있는데, 이는 철근의 항복강도에 따라 각각 3,000kgf/㎠, 4,000kgf/㎠, 5,000kgf/㎠을 견딜 수 있는 종류임을 의미한다. 특히 4,000kgf/㎠ 이상인 SD40과 SD50을 항복강도가 강한 "고장력 철근"이라 하며, 각각 철근 끝부분의 도색을 노란색과 검정색으로 하여, 일반 철근의 녹색과 구분하여 사용한다.

일반적으로 건축구조물에서는 고장력 철근을 주로 사용하고, 일반 토목공사에서는 일반철근을 주로 사용하는데, 그 이유는 건축구조물의 경우 일반적으로 부재의 크기가 작을수록 좋고, 토목에 비해 구조물이 넓고 높기 때문에, 제한된 부재크기로서, 계산된 각종 하중에 응력을 발휘해야 하므로 적은 단면으로 큰 응력을 발휘할 수 있는 고장력 철근을 사용하게 된다. 반면에 토목에 사용되는 부재들은 건축구조물과 같이 적은단면으로 큰 응력을 발휘할 필요가 없어서 비교적 가격이 저렴한 일반철근을 사용하게 되며, 또한 고장력 철근은 한도이상의 하중을 받게 되면 부러지는데 반해 일반철근은 한도이상의 하중을 받더라도 부러지지 않고 구부러지는 성질이 있어, 일반적인 토목구조물인 교량, 옹벽 등 사회간접시설물의 경우 극한하중이 작용하더라도 일시에 붕괴되는 일이 없어야 하므로 일반철근을 주로 사용하게 된다.

일반철근 또한 형강류와 마찬가지로 대부분 고철의 전기로 용융을 통한 제조방법으로 제조되고 있다. 제조 공정상에서 일반철근과 고장력 철근과의 차이점은 고장력 철근의 경우 정련공정에서 인, 망간 및 규소 성분을 추가하여 장력을 강화한다는 점에 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

일반철근의 경우 수많은 중소규모 기업들이 생산하고 있어 대표성을 확보하기 쉽지 않기에, 국내 일반철근 생산업체 중 비교적 규모가 큰 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 H형강 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 94]와 같다.

[표 94] 일반철근 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	33.0
동국제강	21.6
계	54.6

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

일반철근은 주로 토목자재의 용도로 사용되고 있으나, 실제 활용 분야는 매우 다양하여 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 일반철근의 규격이 토목공사의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 95]와 같다.

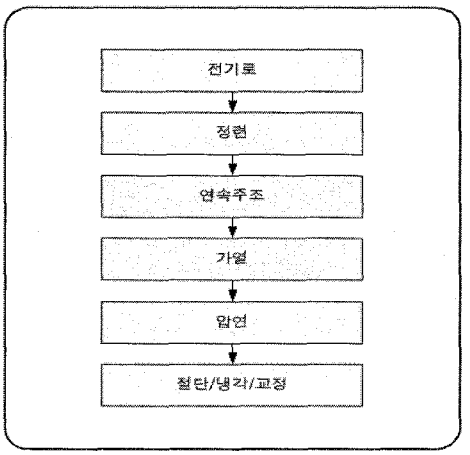
[표 95] 일반철근 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	일반철근
기 능	토목자재로 사용되는 일반철근
기능단위	일반철근 1kg 생산
기준흐름	일반철근 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 일반철근의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

일반철근의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 37]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 37] 일반철근 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 철근으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 철근의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

철근을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

일반철근의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 96]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 96] 일반철근 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	일반철근
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

일반철근의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 97]과 같다.

[표 97] 일반철근 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

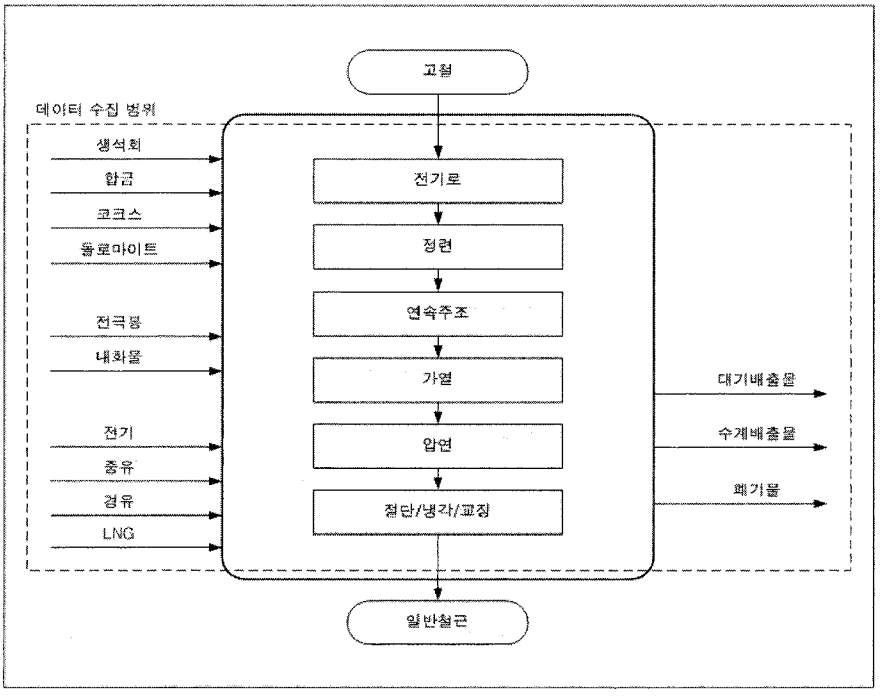
(5) 가정 및 제한사항

① 일반철근은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "일반철근"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.
② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 일반철근의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "일반철근 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 38]과 같다.



[그림 38] 일반철근 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 98]과 같다.

[표 98] 일반철근 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 96.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의

한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

일반철근은 고장력 철근과 동일한 형태로 제조되며, 정련공정을 제외하면 모든 공정이 동일하여, 관련 데이터를 분리하여 수집하기가 불가능하므로, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게에 비례하는 경향을 보이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

일반철근 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, 일반철근 제품군에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 21절 고장력 이형철근
(High-Tension Deformed Rdinforcing Steel Bar)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

고장력 철근이란 항복강도가 4,000kgf/㎠ 이상인 철근 제품을 의미하며, 일반적으로 건축구조물의 구조재로 사용된다.(제6절 일반 이형철근 참조)

고장력 철근 또한 형강류와 마찬가지로 대부분 고철의 전기로 용융을 통한 제조방법으로 제조되고 있다. 제조 공정상에서 일반철근과 고장력 철근과의 차이점은 고장력 철근의 경우 정련공정에서 인, 망간 및 규소 성분을 추가하여 장력을 강화한다는 점에 있다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

고장력 철근의 경우 수많은 중소규모 기업들이 생산하고 있어 대표성을 확보하기 쉽지 않기에, 국내 고장력 철근 생산업체 중 비교적 규모가 큰 2개 기업에 대해 참여를 권고하였으며, 그에 따라 참여를 결정하여 데이터를 제공한 기업들의 국내 고장력 철근 총생산량 대비 생산량 비율은 다음의 [표 99]와 같다.

[표 99] 고장력 철근 - 참여기업 생산량 비율

업체명	생산량 비율(%)
현대제철	36.2
동국제강	24.3
계	60.5

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

고장력 철근은 주로 토목자재의 용도로 사용되고 있으나, 실제 활용 분야는 매우 다양하여 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 고장력 철근의 규격이 토목공사의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 100]과 같다.

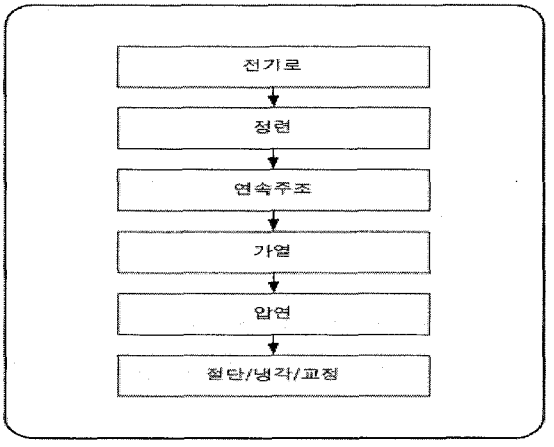
[표 100] 고장력 철근 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	고장력 철근
기 능	토목자재로 사용되는 고장력 철근
기능단위	고장력 철근 1kg 생산
기준흐름	고장력 철근 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 고장력 철근의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

고장력 철근의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 [그림 39]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 39] 고장력 철근 - 공정 흐름도

① 전기로

고철(scrap)을 전극봉을 이용한 전기로에서 가열하여 용강을 제조하는 공정. 전기양도체인 전극에 전류를 통함으로써 전극과 고철 사이에서 발생하는 아크(arc)열에 의하여 고철을 용해, 정련하여 강을 제조함.

② 정련

불순물을 제거하고, 용강의 탄소함량 등을 조절하기 위해 각종 flux류를 첨가하는 공정. 전기로에서 용해한 용강의 온도 및 성분조절을 위해 용강을 환원 정련함.

③ 연속주조

용강을 틀(mold) 안에 부어 주조함으로써 반제품인 빔블랭크(beam blank), 블룸(bloom), 빌렛(billet)을 생산하는 공정.

④ 가열

반제품을 철근으로 가공하기 쉽게 하기 위해 가열하는 공정. B-C유나 LNG를 사용하여 쇠의 재질을 무르게 하여 압연이 쉽게 되도록 하는 공정.

⑤ 압연

가열된 반제품에 압력을 가하여 철근의 형태로 제조하는 공정. 롤에 공형(구멍)을 가공한 후 회전시키며 가열된 반제품을 통과시켜 성형함. 조 압연, 중간 압연, 사상 압연으로 세분화할 수 있음.

⑥ 절단/냉각/교정

철근을 규격에 맞게 절단하고 냉각하며, 필요할 경우 교정하는 공정

(3) 데이터 범주

고장력 철근의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 101]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 101] 고장력 철근 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	고철, 생석회, 합금, 코크스, 돌로마이트
	에너지	전기, 중유, 경유, LNG
	보조물질	전극봉, 내화물
산출물	제품	고장력 철근
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

고장력 철근의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 102]와 같다.

[표 102] 고장력 철근 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

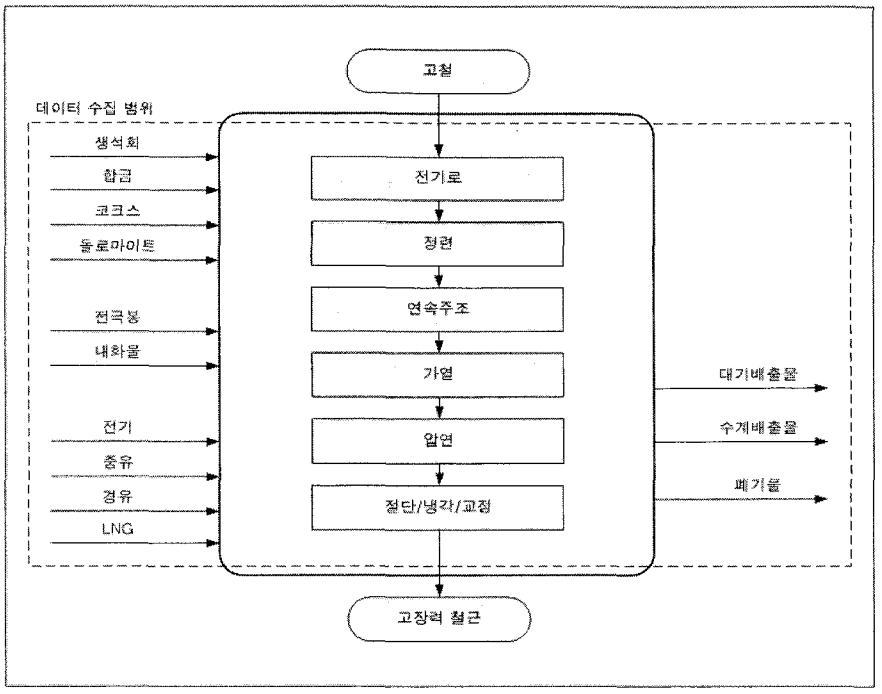
① 고장력 철근은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, "고장력 철근"에 해당하는 모든 제품들을 통합하여 관련 데이터를 수집하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 고장력 철근의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "고장력 철근 생산 공정" 하나로 취합하여 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 고장력 철근 [그림 40]과 같다.



[그림 40] 고장력 철근 - 데이터 수집 범위

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 103]과 같다.

[표 103] 고장력 철근 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	고철	×	환경부하 없음
	생석회	○	GaBi SW, 1996
	합금	×	data gap
	코크스(coal로 대체)	○	지식경제부, 2000
	돌로마이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	중유	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	전극봉	○	GaBi SW, 1996
	내화물	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 95.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

고장력 철근은 일반철근과 동일한 형태로 제조되며, 정련공정을 제외하면 모든 공정이 동일하여, 관련 데이터를 분리하여 수집하기가 불가능하므로, 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 철강의 가격은 제품의 무게에 비례하는 경향을 보

이고, 환경에 대한 영향도 다른 종류의 형강과 별반 다를 것이 없으므로, 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

고장력 철근 데이터베이스는 기준무게 1kg을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, 고장력 철근 제품군에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게(kg) 또는 단위 길이 당 무게(kg/m)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다. 만약 단위당 무게를 파악하기 어려울 경우, 평균적인 철강제품의 밀도인 7.84(g/㎤) 또는 7,840(kg/㎥)을 적용하여 환산한다.

제 22절 합판(Plywood)

1. 일반정보

가. 제품정보

합판은 원목을 얇게 절삭한 단판(單板, venner)에 접착제를 도포한 후, 홀 매수로 섬유방향이 직교하도록 구성하여 접착한 판상 재료이다. 일반적으로 합판의 표면에 위치하는 단판을 표판(表板)이라 하고, 뒷면의 단판을 이판(裏板), 중간 것을 심판(心板)이라 칭한다. 따라서 합판은 단판을 만드는 것부터 제조가 시작된다. 합판의 원자재인 원목은 대부분 남양재[14]가 차지하고 있고 나왕[15]이 주종을 이루고 있다.

합판은 제조방법과 접착성, 판면의 품질 및 겉모양, 합판의 구성 수종에 따라 크게 분류된다. 제조방법에 따라서는 일반, 무취, 방충, 난연으로 분류가 되고 있고, 접착성에 따라서는 내수, 준내수, 비내수로 분류되고 있다. 또한 판면의 품질 및 겉모양에 따라서는 1급과 2급으로 급수를 두어 분류가 되고 있고, 마지막으로 합판의 구성 수종에 따라서는 침엽수 합판과 활엽수 합판으로 분류되고 있다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 원목을 원료로 합판을 생산하는 업체는 선창산업, 성창기업, 이건산업이 주요생산기업으로서 국내 합판생산의 90%를 차지하고 있다. 2005년도 3개사의 합판생산량은 약 635,854m3 이었으며, 기업별 참여 의사 표명에 따라 2개사(성창기업, 이건산업)가 최종 선정되었다.

---

14) 아시아의 남방지역(인도네시아, 필리핀, 파푸아뉴기니, 말레이시아 등)에서 생산되는 목재의 총칭
15) 인도네시아·필리핀 등지에 걸쳐 널리 분포하는 용뇌향과의 상록교목의 총칭

[표 104] 합판 생산현황

업체명	생산량(m3/년)	생산점유율(%)
성창기업	223,225	31.60
이건산업	178,829	25.31
선창산업	233,800	33.09
기타	70,651	10.00
합계	706,505	100.00

* 출처 : 한국합판보드협회(2005)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

합판은 건축물의 내장 및 외장재, 건축현장의 거푸집[16], 사무용가구 등 건축물 시공과 관련하여 필수·범용적으로 사용되는 건축자재로서의 용도가 주기능이다. 기능단위는 합판 1m3 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 [표 105]와 같다.

[표 105] 합판 - 기능 및 기능단위, 기준흐름

제품 / 구분	합판
기능	건축물의 내·외장재, 건축현장의 거푸집, 사무용 가구 등에 사용되는 건축자재
기능단위	합판 1m3 생산
기준흐름	합판 1m3

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 합판 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 제품 생산과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 제품의 품질에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

16) 콘크리트를 부어 넣도록 만든 틀

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 포함하며 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물을 포함한다. 합판에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 106]과 같다.

[표 106] 합판 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	원목, 접착제, 접착사
	에너지	전기, B-C유, 목재, 폐목
	보조물질	윤활유, 염화나트륨, 황산, 염산, 냉각수처리제, 상수도, 활성탄, 청관제, 고분자응집제, 원목소독물질, 가성소다
산출물	제품	합판
	부산물	-
	대기배출물	먼지, SOx, NOx, CO, CO2, CH4, N2O, NMVOC
	수계배출물	물, T-N, T-P, SS, COD, N-H
	폐기물	폐유, 원목 심, 폐슬러지, 소각재, 폐활성탄 등

(4) 데이터 품질요건

합판에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 107]과 같다.

[표 107] 합판 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	합판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2005년
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

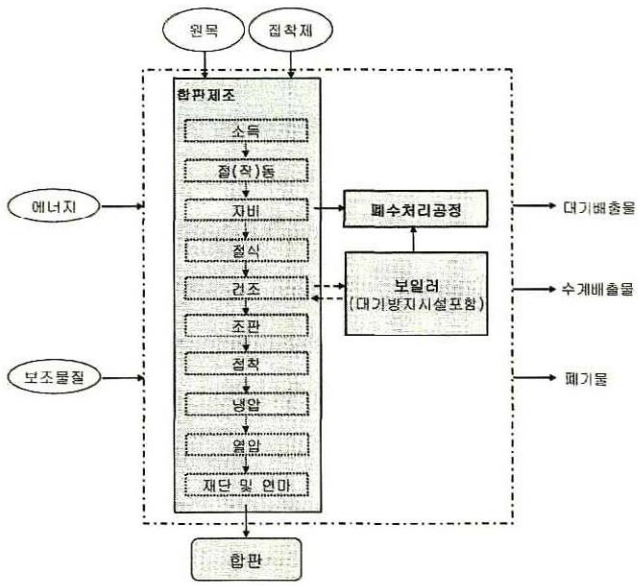
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 합판제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.
- 합판의 주원료인 원목 채취에 대한 환경부하는 고려하지 않고 수소에 따른 환경부하만을 고려하였다. 따라서 수송에 따른 환경부하를 적용하기 위해 공개

된 국가 데이터베이스를 적용하였다. 수송 국가 데이터베이스는 질량단위를 기준으로 구축되어 있어, 부피단위(m3)로 관리되고 있는 원목 및 단판의 수입량을 원목의 평균 비중을 적용하여 질량단위로 환산하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 공정흐름도는 현장데이터 수집단위인 합판제조공정과 제조공정에서 발생하는 폐수 처리를 위한 폐수처리공정, 스팀 및 전기발전을 위한 보일러 공정을 기준으로 하여 [그림 41]과 같이 결정하였다. 합판제조공정은 절(작)동, 절삭, 자비, 중·단판 가공, 접착, 냉압, 열압, 재단/연마의 8개의 세부 공정으로 이루어져있다. 이들은 일련의 공정으로서 참여기업에서는 공정 별 데이터 관리가 이루어지지 않아 통합하여 데이터를 수집하였다.



[그림 41] 합판 - 공정 흐름도

- 절(작)동: 원목을 log(통나무)로 절단하는 공정
- 절삭: 절단된 log를 단판으로 절삭하는 공정
- 건조: 절삭된 단판을 적절한 함수까지 건조하는 공정
- 조판: 표판·심판·이판으로 사용 될 단판 및 중판을 제품 사양에 맞게 가공하는 공정

- 접착: 표판·심판·이판을 스프레더를 통해 접착제를 도포하는 공정
- 냉압: 접착제가 도포된 반제품을 냉착하는 공정
- 열압: 냉착된 반제품을 hot press로 열착하는 공정
- 재단 및 연마: 열착된 제품을 판면 연삭, 보수 및 검사하는 공정

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

합판을 생산하는 최종 생산단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질, 제품, 수계배출물, 폐기물은 측정치를, 대기배출물은 계산치를 사용하였다. 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 108]과 같다.

[표 108] 합판 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	원목	×	data gap
	접착제	○	환경부, ecoinvent, BUWAL, IDEMAT
	접착사	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	B-C유	○	환경부, 2003
보조 물질	윤활유	○	환경부, 2003
	소금	○	환경부, 2003
	염산(HCl)	○	환경부, 2003
	가성소다(NaOH)	○	환경부, 2003
	황산(H2SO4)	○	환경부, 2003
	상수도	○	환경부, 2003
	고분자응집제	○	환경부, 2003
	활성탄	○	환경부, 2003
	윤활유	○	환경부, 2003
	원목 소독제	×	data gap
	냉각수처리제	×	data gap
	청관제	×	data gap
수송	선박	○	환경부, 2003
	23.1-25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였으며, 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질 별로 경로를 파악하여 산출물기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따르며, 합산방법은 수직법을 사용하였다.

- 합판제조 공정에서 사용되는 스팀 및 전기 생산을 목적으로 가동되는 보일러는 합판 제조공정에서 폐기물로 발생되는 폐목을 주요연료로 사용하고 B-C유를 보조연료로 사용한다. 보일러에서 폐목과 B-C유 연소에 따른 대기배출물은 IPCC 배출계수를 적용하여 계산하였다.
- 접착제의 세부적인 성분에 대해서는 MSDS 상의 조성을 이용하여 계산하였다.

(4) 할당

합판제조공정에서 절삭공정 후 발생하는 목재 심은 재활용 폐기물로서 조경에서 지주목으로 사용된다. 이는 열린고리 재활용(open-loop recycling) 시스템으로서 폐기물은 발생량만을 파악하여, 재활용 공정에 대한 환경부하는 추적하지 않는 cut-off 방법론을 이용하여 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

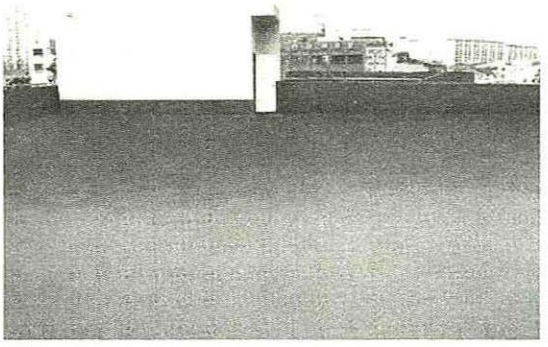
특이사항 없음

제 23절 우레탄 방수재 (Polyurethane Water-Proof Agent)

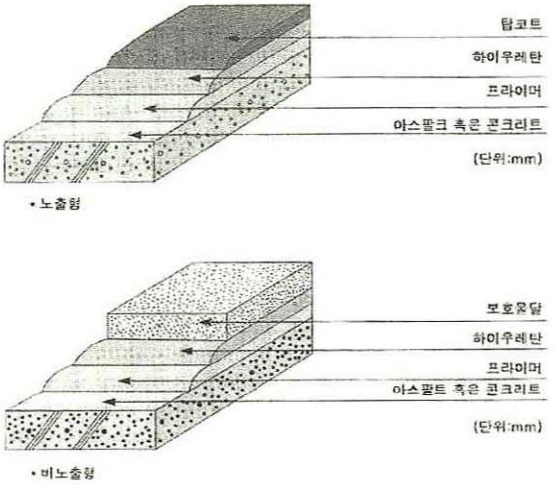
1. 일반 정보

가. 제품 정보

일반적으로 말하는 우레탄 방수재란 건물의 옥상, 천정, 벽면 및 바닥 등에 방수 성능을 부여하기 위해 사용되는 폴리우레탄 재질의 탄성 도막방수제를 말한다. 이 우레탄 방수재는 폴리올과 이소시아네이트를 반응시켜 제조되는 고탄성의 폴리우레탄을 이용하여 도막작업을 수행함으로써, 이음새가 없는 방수층을 형성할 수 있는 도막 방수 바닥재이다. 건물을 장기적으로 보호하고, 실내공간의 쾌적함을 유지하기 위해 방수가 필요하며 그 중 우레탄 방수재는 탄력성, 접착성이 좋고, 바닥의 균열을 커버할 수 있어 여러 곳에 사용되고 있다.



[그림 42] 우레탄 방수재



[그림 43] 우레탄 방수도막의 구조

우레탄 방수재는 균열에 강하고 충격에 강하며, 탄성이 강하고 접착성이 좋아 옥상사용에 용이하며, 상당한 균열에도 방수층이 깨지지 않고 내구성 및 내화학성이 우수하다. 건물의 옥상이나 선박, 체육시설의 방수재로 주로 쓰인다. 따라서 건물 옥상에 방수 겸 바닥재로 이용하거나 탄성이 필요한 스포츠 시설의 바닥재로 사용된다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

우레탄 방수재를 생산하는 업체는 매우 많으며, 대부분 중소규모의 기업들이 생산하고 있다. 그러나 생산되는 제품들의 특성과 생산공정이 거의 유사하므로, 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 강남화성 한 개 업체로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 우레탄 방수재는 그 성능은 유사하지만, 제조단계에 있어서의 원재료 배합비율 및 부가적인 첨가제 투입량 등이 서로 다른 동시에 기업의 기밀사항으로 처리되고 있어, 이러한 특징을 모두 감안하여 제품별 기능을 설정하기가 어렵다. 따라서 기능은 가장 일반적인 방수재로서의 기능으로 설정하였다. 기능단위는 우레탄 방수재 1kg 생산이 되고, 이에 따라 기준흐름은 우레탄 방수재 1kg이 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 109]와 같다.

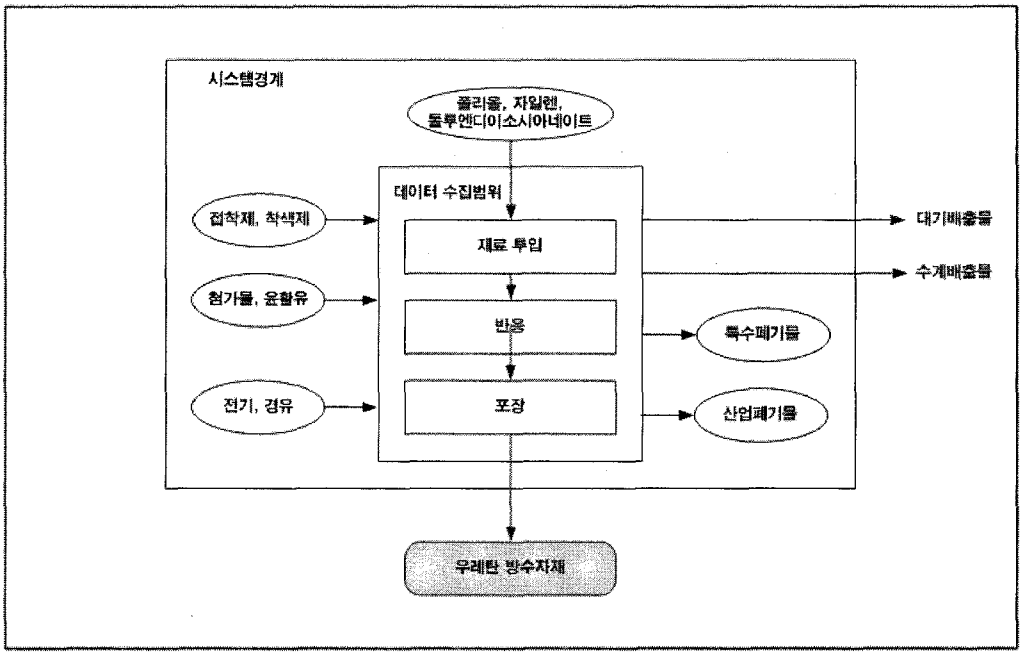
[표 109] 우레탄 방수재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	복층유리
기 능	방수막의 형성 및 유지
기능단위	우레탄 방수재 1kg 생산
기준흐름	우레탄 방수재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 철제 현관문의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

우레탄 방수재의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 44]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 44] 우레탄 방수재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 재료 투입

우레탄 방수재의 원재료인 폴리올, 자일렌 및 톨루엔디이소시아네이트를 반응기에 적정 비율로 투입

② 반응

반응기 반응을 통해 폴리우레탄 방수재 제조

③ 포장

적절한 포장단위로 포장하여 송치

(3) 데이터 범주

우레탄 방수재의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 110]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 110] 우레탄 방수재 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	폴리올, 디이소시아네이트
	에너지	전기, 용수, LNG
	보조물질	첨가제, 착색제
산출물	제품	우레탄 방수재
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

우레탄 방수재의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 111]과 같다.

[표 111] 우레탄 방수재 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사

용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 우레탄 방수재의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "우레탄 방수재 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 44]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 112]와 같다.

[표 112] 우레탄 방수재 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	폴리올	○	지식경제부, 2005
	디이소시아네이트	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	첨가제	×	data gap
	착색제	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 93.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 하나의 기업에 데이터를 요청하였므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하였으며, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

우레탄 방수재는 단일 생산라인에서 제조되며, 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 할당이 적용되지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

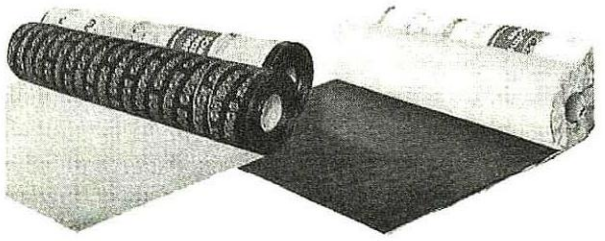
우레탄 방수재는 제품의 크기, 형태 및 재질 등에 따라 매우 다양한 제품들이 존재한다. 이 우레탄 방수재의 데이터베이스는 일반적인 표준 제품 1kg 생산을 기준으로 작성되었으므로, 제품의 무게를 고려하여 활용해야 할 것이며, 제품의 조성 등이 크게 다른 형태의 우레탄 방수재 제품에 적용할 경우 이를 감안하여 유사 데이터베이스로써 활용하여야 할 것이다.

제 24절 시트 방수재(Water-Proof Sheets)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

시트방수재란 건물의 옥상, 천정, 벽면 및 바닥 등에 방수성능을 부여하기 위해 시트 형태로 제조된 합성고분자계 또는 보강합성고분자계의 도막방수재를 말한다. 가장 널리 쓰이는 시트방수재로는 크게 합성고무계 시트, 합성수지계 시트 및 고무아스팔트계 시트가 있다. 시트방수재는 일반적으로 외관 및 보행성능 등이 폴리우레탄계 방수재보다 미흡하므로, 시트방수재를 시공한 위에 콘크리트를 타설하거나 기타 바닥재를 시공하는 경우가 많다.



[그림 45] 시트 방수재

시트 방수재는 크게 합성고분자계 시트와 개량아스팔트계 시트의 두가지 종류가 있으며, 다음의 [표 113]과 같은 종류와 특성들이 있다.

[표 113] 시트 방수재 - 종류 및 특성

구 분	재 질	특 성
합성고분자 시트	합성고무계	내후성 및 인장강도가 크고 시공성도 우수하나 시공 시에 인장하여 조여 붙이면 오존의 열화를 받기 쉬움.
	합성수지계	인장강도는 작으나 접착성이 우수하고 가격이 저렴하며 비교적 견고함.
개량아스팔트 시트	고무아스팔트계	고무(천연, 합성, 합성수지)와 아스팔트를 혼합한 형태의 시트.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베

이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

시트 방수재를 생산하는 업체는 매우 많으며, 대부분 중소규모의 기업들이 생산하고 있다. 그러나 생산되는 제품들의 특성과 생산공정이 거의 유사하므로, 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 강남화성 한 개 업체로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 우레탄 방수재는 그 성능은 유사하지만, 제조단계에 있어서의 원재료 배합비율 및 부가적인 첨가제 투입량 등이 서로 다른 동시에 기업의 기밀사항으로 처리되고 있어, 이러한 특징을 모두 감안하여 제품별 기능을 설정하기가 어렵다. 따라서 기능은 가장 일반적인 방수재로서의 기능으로 설정하였다. 기능단위는 우레탄 방수재 1kg 생산이 되고, 이에 따라 기준흐름은 우레탄 방수재 1kg이 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 114]와 같다.

[표 114] 시트 방수재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

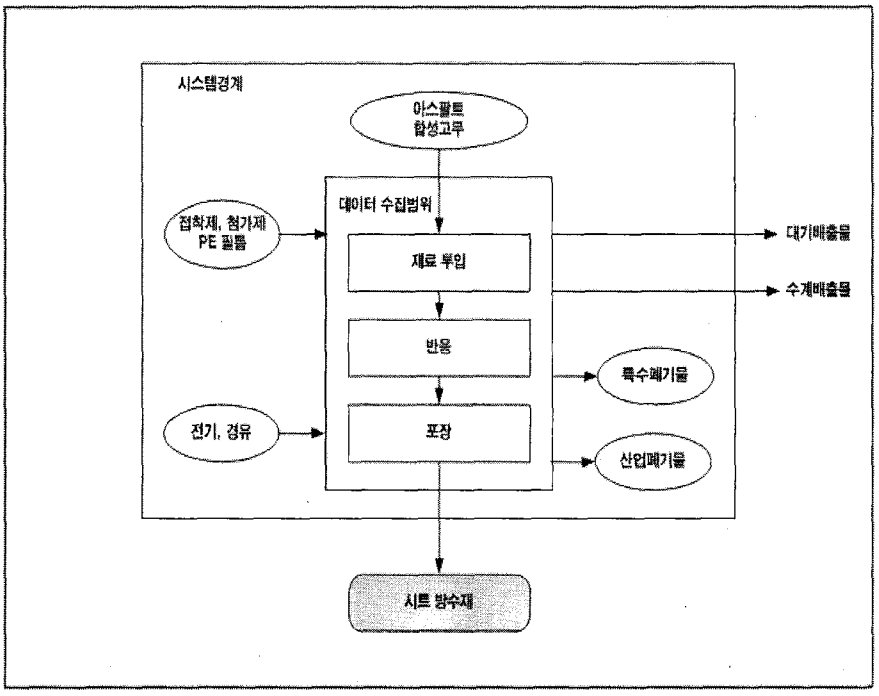
구 분	시트 방수재
기 능	방수막의 형성 및 유지
기능단위	시트 방수재(개량아스팔트 시트) 1㎡ 생산
기준흐름	시트 방수재(개량아스팔트 시트) 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 시트 방수재의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내

에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

시트 방수재의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 46]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 46] 시트 방수재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 재료 투입

철판에 필요한 부분을 펀칭 가공함

② 성형 및 절곡공정

철판의 좌, 우측면 및 상, 하부면을 가공함

③ 조립공정

우레탄 본드를 양쪽 철판에 칠한 후 내부보강재 및 하니콤을 삽입하고 접합한 후, 80℃ 가량의 프레스에서 압착하여 접합

⑤ 절곡공정

측면 도어록 부위에 필요한 부분을 절곡 가공함.

(3) 데이터 범주

우레탄 방수재의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 115]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 115] 시트 방수재 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	아스팔트, 합성고무
	에너지	전기, 용수, LNG
	보조물질	첨가제, 접착제, PE필름
산출물	제품	시트 방수재
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

시트 방수재의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 116]와 같다.

[표 116] 시트 방수재 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 다양한 시트 방수재 제품들 중 데이터베이스 구축의 대상인 제품군은 개량아스팔트 시트로써, 고무아스팔트계 재질로 코팅한 시트제품이 해당된다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 시트 방수재의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "시트 방수재 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 46]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 117]과 같다.

[표 117] 시트 방수재 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	아스팔트	○	GaBi SW, 1996
	합성고무	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	첨가제	×	data gap
	접착제	×	data gap
	PE 필름	○	지식경제부, 1998
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 93.7%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 하나의 기업에 데이터를 요청하였므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하였으며, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

시트 방수재는 단일 생산라인에서 제조되며, 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 할당이 적용되지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

시트 방수재는 종류가 다양할 뿐만 아니라, 종류별로 각 제품의 구성성분도 크게 다르다. 이 데이터베이스는 다양한 시트 방수재 제품들 중 고무아스팔트계 시트방수재(개량아스팔트 시트)를 대상으로 구축한 것으로써, 다른 재질의 시트 방수재에 적용할 수 없다.

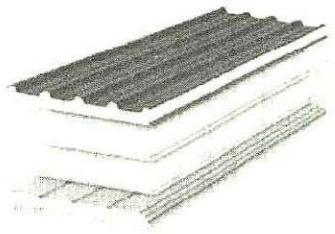
제 25절 우레탄 판(Urethane panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

우레탄 판은 표면의 양면에 도장한 철강 재료를 사용하고 그 사이에 우레탄 폼을 단열재로 사용한 건축용 철강재 벽판 및 지붕판으로서 건축물 내·외벽 및 지붕 구조등에 사용되는 건축자재이다. 이는 주택용, 상업용, 공업용 건축 및 창고시설 등에 광범위하게 사용된다.

우레탄 판은 단열 성능, 구조 성능, 난연성, 내열성, 절연성 등이 뛰어나고 유기용제에 대한 저항성이 매우 우수하며 경질 closed cell 구조로 형성되어 있어 물기나 습기에 대한 저항력이 우수한 특징을 가지고 있다. 그러나 가격이 비교적 고가이고 유기질 단열재로서 화재 시 유독가스가 발생한다는 단점을 가지고 있다.



[그림 47] 우레탄 판

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 우레탄 판은 약 15개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 우레탄 판의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 3개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

우레탄 판의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 118]과 같다.

[표 118] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	우레탄 판
기능	건축물 내·외벽 및 지붕 구조에 사용되는 건축용 철강재 벽판 및 지붕판
기능단위	우레탄 판 1kg 생산
기준흐름	우레탄 판 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 우레탄 판 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 119]와 같다.

[표 119] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	철판, MDI, PPG
	에너지	전기
	보조물질	-
산출물	제품	우레탄 판
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	철판 스크랩, 폐 우레탄 폼

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 우레탄 판 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 120]참조).

[표 120] 데이터 품질요건

	상 · 하위흐름 단계	수송단계	우레탄 판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

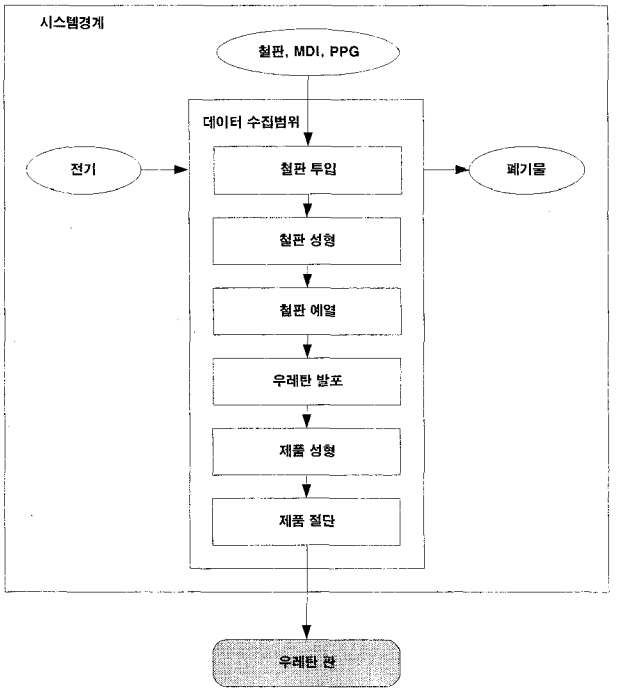
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 우레탄 판 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 48]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 우레탄 판 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 48]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 우레탄 판의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 우레탄 판 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 우레탄 판은 철판 투입, 철판 성형(철골 형성), 철판 예열, 우레탄 도포 및 발포, 제품 성형, 제품 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 48] 우레탄 판 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 121]과 같다.

[표 121] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	철판	O	환경부, 2005
	MDI	O	ecoinvent, 1995
	PPG	O	ecoinvent, 1994
에너지	전기	O	지식경제부, 2000
수송	18.1~23ton 트럭	O	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	O	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

우레탄 판 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

우레탄 판 전과정목록 데이터베이스는 우레탄 판 1kg 으로 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 판의 단위 면적 당 무게(kg/m^2)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

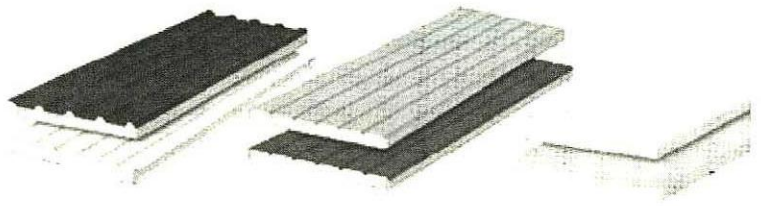
제 26절 발포 폴리스티렌 판(Expanded polystyrene panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

발포 폴리스티렌 판(이하 EPS 판이라 한다.)은 표면의 양면에 도장한 철강 재료를 사용하고 그 사이에 EPS 폼을 단열재로 사용한 건축용 철강재 벽판 및 지붕판으로서 건축물 내·외벽 및 지붕 구조등에 사용되는 건축자재이다. 이는 주택용, 상업용, 공업용 건축 및 창고시설 등에 광범위하게 사용된다.

EPS 판은 단열 성능이 뛰어나고 무게가 가벼우며 자체강도와 내구성이 강할 뿐만아니라 에너지 효율이 높고 시공비와 유지비용 등이 저렴하다는 장점이 있다. 반면 이 판은 화재시 단열재가 쉽게 녹아 연소가스가 발생되고 화염전파가 빨라 안전에 취약하다는 단점이 있다.



[그림 49] EPS 판

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 EPS 판은 약 120개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 EPS 판의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 2개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

EPS 판의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 122]와 같다.

[표 122] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	EPS 판
기능	건축물 내외벽 및 지붕 구조에 사용되는 건축용 철강재 벽판 및 지붕판
기능단위	EPS 판 1kg 생산
기준흐름	EPS 판 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 EPS 판 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 123]과 같다.

[표 123] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	철판, EPS 폼, MDI, PPG
	에너지	전기
	보조물질	-
산출물	제품	EPS 판
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	철판 스크랩, 폐 EPS 폼

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. EPS 판 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 124]참고).

[표 124] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	우레탄 판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

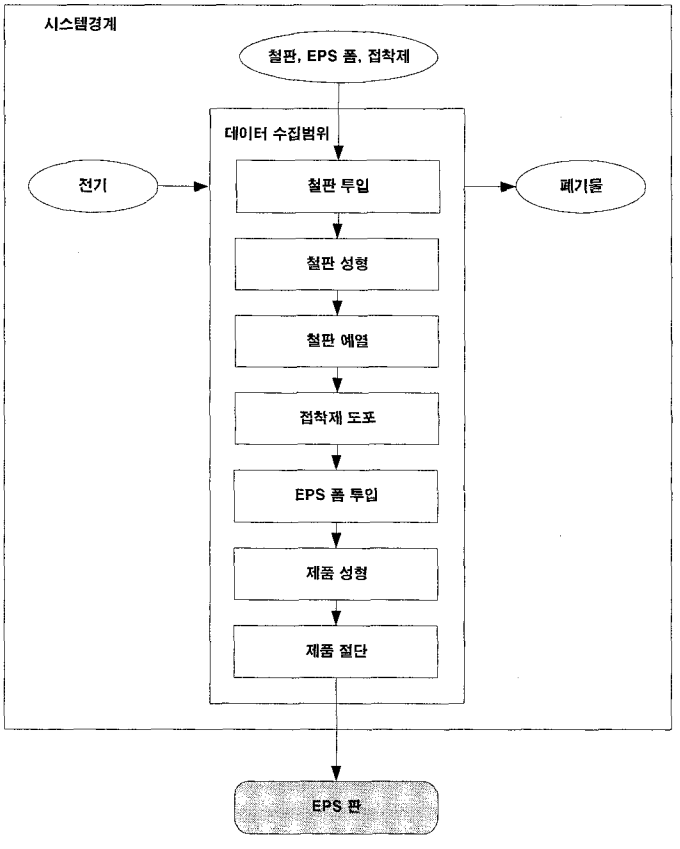
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- EPS 판 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 50]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 EPS 판 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. 그림 4는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 발포 폴리스티렌 판의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 EPS 판 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. EPS 판은 철판 투입, 철판 성형(철골 형성), 철판 예열, 접착제 도포, EPS 폼 투입, 제품 성형(압착양생), 제품 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 50] EPS 판 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 125]와 같다.

[표 125] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	철판	○	환경부, 2005
	EPS 보온방음판	○	건교부, 2007
	MDI	○	ecoinvent, 1995
	PPG	○	ecoinvent, 1994
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
수송	2.5ton 트럭	○	환경부, 2003
	3.5~5ton 트럭	○	환경부, 2003
	18.1~23ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

EPS 판 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

EPS 판 전과정목록 데이터베이스는 EPS 판 1kg 으로 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 판의 단위 면적 당 무게(kg/m2)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

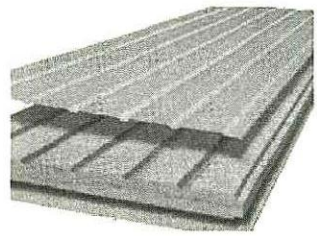
제 27절 유리면 판(Glass wool panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

유리면 판은 표면의 양면에 도장한 철강 재료를 사용하고 그 사이에 유리면(판상)을 단열재로 사용한 건축용 철강재 벽판 및 지붕판으로서 건축물 내·외벽 및 지붕 구조등에 사용되는 건축자재이다. 이는 주택용, 상업용, 공업용 건축 및 창고시설 등에 광범위하게 사용된다.

유리면 판은 무기질계 재료인 유리면(준불연 재료)을 단열재를 사용함으로써 화재 안정성이 가장 우수하다. 즉 화재시 화염 전파가 거의 없고 유독가스 발생이 없어 화재의 초기 진화에 유리하다는 것이다.



[그림 51] 유리면 판

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 유리면 판은 약 50개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 유리면 판의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 4개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

유리면 판의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 126]과 같다.

[표 126] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	유리면 판
기능	건축물 내외벽 및 지붕 구조에 사용되는 건축용 철강재 벽판 및 지붕판
기능단위	유리면 판 1kg 생산
기준흐름	유리면 판 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 유리면 판 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 127]과 같다.

[표 127] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	철판, 유리면 단열재, MDI, PPG
	에너지	전기
	보조물질	-
산출물	제품	유리면 판
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	철판 스크랩, 폐 유리면

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 유리면 판 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 128]참조).

[표 128] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	유리판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

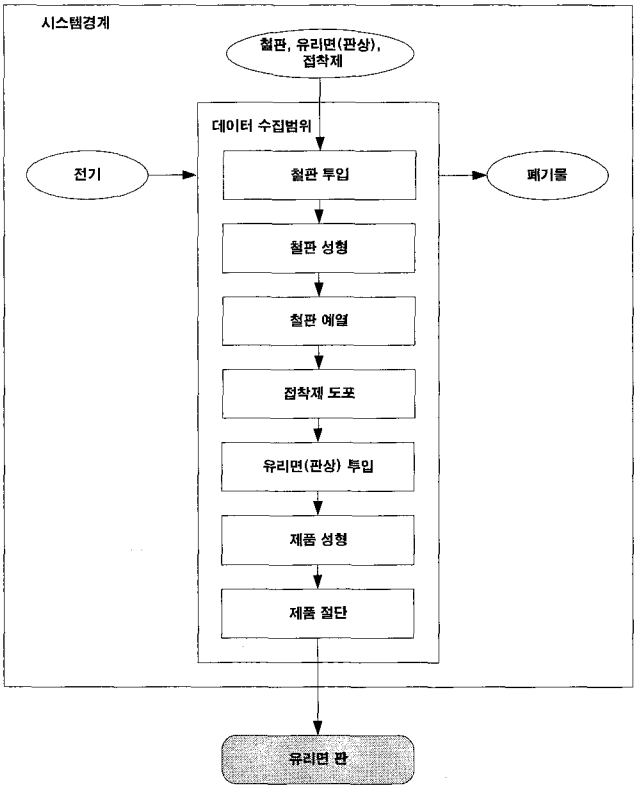
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 유리면 판 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 52]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 유리면 판 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. 그림 6은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 유리면 판의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 유리면 판 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 유리면 판은 철판 투입, 철판 성형(철골 형성), 철판 예열, 접착제 도포, 유리면 단열재 투입, 제품 성형(압착양생), 제품 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 52] 유리면 판 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지사용

량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 129]와 같다.

[표 129] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	철판	○	환경부, 2005
	유리면 단열재	○	지식경제부, 2003
	MDI	○	ecoinvent, 1995
	PPG	○	ecoinvent, 1994
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
수송	3.5~5ton 트럭	○	환경부, 2003
	8.1~11ton 트럭	○	환경부, 2003
	18.1~23ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

유리면 판 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

유리면 판 전과정목록 데이터베이스는 유리면 판 1kg 으로 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 판의 단위 면적 당 무게(kg/m^2)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

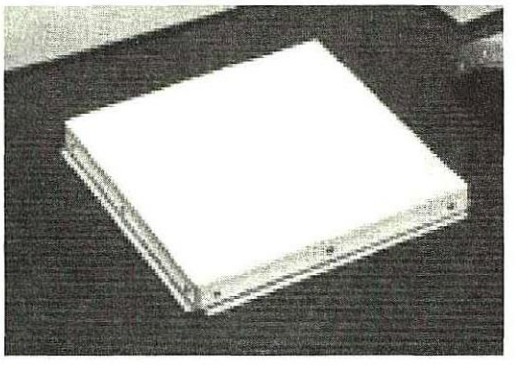
제 28절 알루미늄 복합(무기질) 패널
(Aluminium composite(mineral) panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

알루미늄 복합(무기질) 패널은 가볍고 견고한 두 장의 알루미늄 박판 사이에 무기질을 충전재로 사용하여 고온 접합시킨 샌드위치 구조의 특수 패널로서 변형되기 쉬운 플라스틱의 보완 및 가공이 힘들고 무거운 금속 패널의 대용 자재이다. 또한 기존의 충전재로 사용된 폴리 에틸렌의 화재 위험성을 보완하기 위해 무기질을 충전재로 사용한 패널이다.

이 패널은 벽면의 내장과 외장에 무리를 주지않는 경량성, 견고성, 평활성이 뛰어나고 건축물을 보호하는 단열성, 차음성 등의 기능성과 건축물을 표현하는 디자인 및 평활성의 뛰어난 장점으로 건축물의 내·외장재. 전시장 구조물, 광고판, 터널 외장 등에 광범위하게 사용된다.



[그림 53] 알루미늄 복합(무기질) 패널

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 알루미늄 복합패널은 약 10개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 알루미늄 복합패널의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 2개 업체(누적시장점유율: 50% 이상)를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

알루미늄 복합(무기질) 패널 의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 130]과 같다.

[표 130] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	알루미늄 복합(무기질) 패널
기능	건축물 내외벽 및 지붕 구조 등에 사용되는 내·외장재
기능단위	알루미늄 복합(무기질) 패널 1kg 생산
기준흐름	알루미늄 복합(무기질) 패널 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 알루미늄 복합(무기질) 패널 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 131]과 같다.

[표 131] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	알루미늄 판, 무기질 충전재, 접착제
	에너지	전기
	보조물질	-
산출물	제품	알루미늄 복합(무기질) 패널
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐 알루미늄, 폐 무기질

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 알루미늄 복합(무기질) 패널 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 132]참조).

[표 132] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	알루미늄 복합(무기질) 패널 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

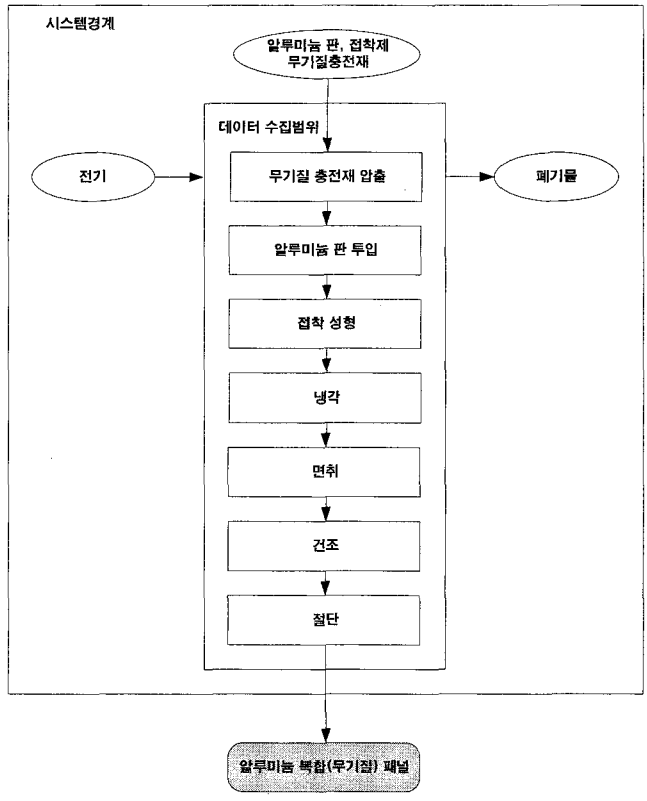
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 알루미늄 복합(무기질) 패널 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 54]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 알루미늄 복합 패널_무기질 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 54]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 알루미늄 복합 패널_무기질의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 알루미늄 복합 패널_무기질제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 알루미늄 복합(무기질) 패널은 무기질 충전재 압출, 알루미늄 판 투입, 접착 성형, 냉각, 면취, 건조, 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 54] 알루미늄 복합(무기질) 패널 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 133]과 같다.

[표 133] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	알루미늄 판	○	지식경제부, 2001
	무기질 충전재	×	data gap
	접착제	○	지식경제부(LDPE), 2000 지식경제부(Homo-polypropylene), 1999
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
수송	3.5~5on 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

알루미늄 복합(무기질) 패널 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

알루미늄 복합(무기질) 패널 전과정목록 데이터베이스는 알루미늄 복합(무기질) 패널 1kg 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 패널의 단위 면적 당 무게(kg/m2)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

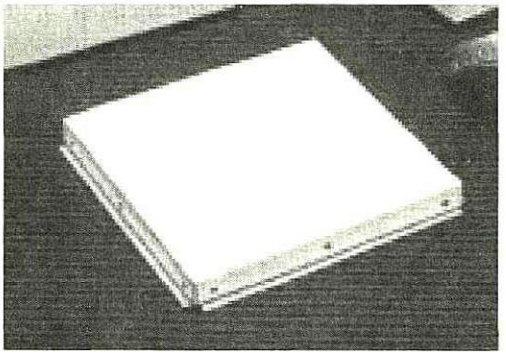
제 29절 알루미늄 복합(PE) 패널
(Aluminium composite(polyethylene) panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

알루미늄 복합(PE) 패널은 가볍고 견고한 두 장의 알루미늄 박판 사이에 폴리에틸렌을 충전재로 사용하여 고온 접합시킨 샌드위치 구조의 특수 패널로서 변형되기 쉬운 플라스틱의 보완 및 가공이 힘들고 무거운 금속 패널의 대용 자재이다.

이 패널은 벽면의 내장과 외장에 무리를 주지않는 경량성, 견고성, 평활성이 뛰어나고 건축물을 보호하는 단열성, 차음성 등의 기능성과 건축물을 표현하는 디자인 및 평활성의 뛰어난 장점으로 건축물의 내·외장재. 진시장 구조물, 광고판, 터널 외장 등에 광범위하게 사용된다.



[그림 55] 알루미늄 복합(PE) 패널

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 알루미늄 복합패널은 약 10개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 알루미늄 복합패널의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 2개 업체(누적시장점유율: 50% 이상)를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

알루미늄 복합(PE) 패널의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 134]와 같다.

[표 134] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	알루미늄 복합(PE) 패널
기능	건축물 내외벽 및 지붕 구조 등에 사용되는 내·외장재
기능단위	알루미늄 복합(PE) 패널 1kg 생산
기준흐름	알루미늄 복합(PE) 패널 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 알루미늄 복합(PE) 패널 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 135]와 같다.

[표 135] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	알루미늄 판, PE, 접착제
	에너지	전기
	보조물질	-
산출물	제품	알루미늄 복합(PE) 패널
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐 알루미늄, 폐 PE

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 알루미늄 복합(PE) 패널 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 136]참조).

[표 136] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	알루미늄 복합(PE) 패널 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

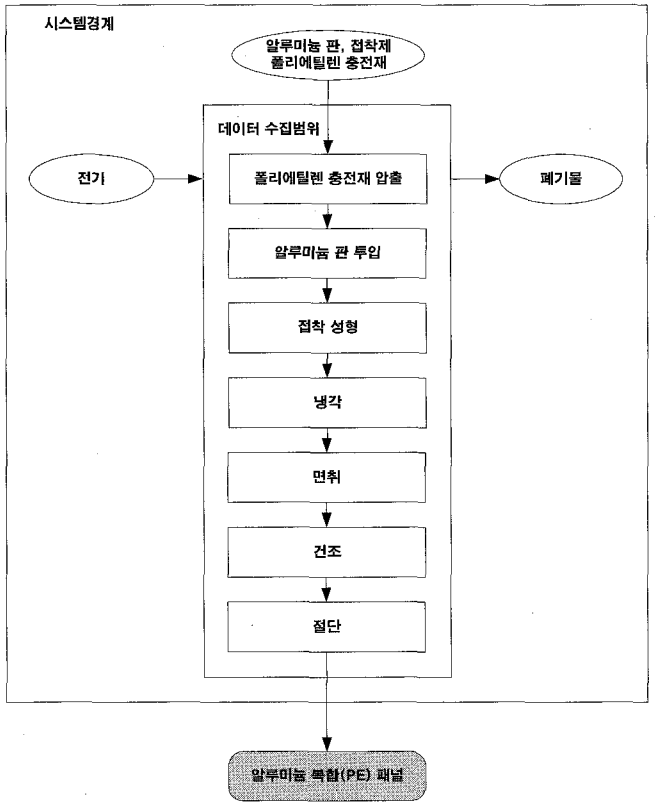
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 알루미늄 복합(PE) 패널 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 56]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 알루미늄 복합(PE) 패널 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 56]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 알루미늄 복합(PE) 패널의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 알루미늄 복합(PE) 패널 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 알루미늄 복합(PE) 패널은 폴리에틸렌 압출, 알루미늄 판 투입, 접착 성형, 냉각, 면취, 건조, 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 56] 알루미늄 복합(PE) 패널 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 137]과 같다.

[표 137] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	알루미늄 판 생산	○	지식경제부, 2001
	폴리에틸렌	○	지식경제부, 2000
	접착제	○	지식경제부(LDPE), 2000 지식경제부(Homo-polypropylene), 1999
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
수송	3.5~5on 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

알루미늄 복합(PE) 패널 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

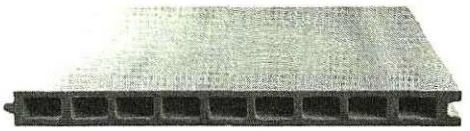
알루미늄 복합(PE) 패널 전과정목록 데이터베이스는 알루미늄 복합(PE) 패널 1kg 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 패널의 단위 면적 당 무게(kg/m2)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

제 30절 압출 성형 콘크리트 패널(Extrusion concrete panel)

1. 일반정보

가. 제품정보

본 제품은 시멘트를 주원료로 압출 성형하여 고온·고압에서 증기 양생하여 생산된 조립식 패널로서 내부에 이상적인 공간이 형성되어 있어 강도가 높고 차음, 내화, 단열성이 우수한 건축자재이다. 건축물의 외벽, 내벽, 바닥, 칸막이, 계단 등의 건축용 외장재 및 고속도로, 국도, 철도의 반사형 차음판 등의 차음용 자재로 사용된다.



[그림 57] 압출 성형 콘크리트 패널

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 압출 성형 콘크리트 패널은 국내에서는 두 업체에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 거의 유사하다. 두 업체 중 압출 성형 콘크리트 패널 만을 생산하는 업체를 선정하여 따라서 압출 성형 콘크리트 패널의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 3개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

압출 성형 콘크리트 패널의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 138]과 같다.

[표 138] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	압출 성형 콘크리트 패널
기능	건축물의 외벽, 내벽, 바닥, 칸막이, 계단 등의 건축용 외장재 및 고속도로, 국도, 철도의 반사형 차음판 등의 차음용 자재
기능단위	압출 성형 콘크리트 패널 1kg 생산
기준흐름	압출 성형 콘크리트 패널 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 압출 성형 콘크리트 패널 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 139]과 같다.

[표 139] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	시멘트, 규석분, 모래, 펄프, Methyl Cellulose, 기타
	에너지	전기, B-C유
	보조물질	-
산출물	제품	압출 성형 콘크리트 패널
	부산물	-
	대기배출물	dust, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SO2
	수계배출물	-
	폐기물	폐콘크리트, 분진

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 압출 성형 콘크리트 패널 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 140]참조).

[표 140] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	압출 성형 콘크리트 패널 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

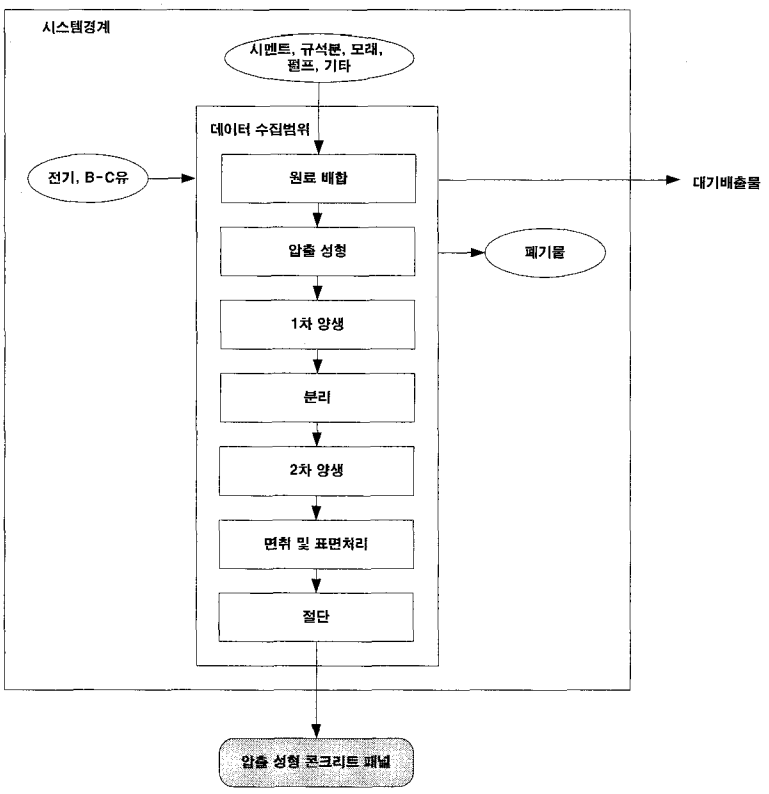
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 압출 성형 콘크리트 패널 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 58]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 압출 성형 콘크리트 패널 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 58]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 압출 성형 콘크리트 패널의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 압출 성형 콘크리트 패널 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 압출

성형 콘크리트 패널은 원료 투입, 원료 배합, 압출 성형, 양생, 면취, 표면처리, 절단 공정을 거쳐 제조된다.



[그림 58] 압출 성형 콘크리트 패널 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 141]과 같다.

[표 141] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	시멘트	○	환경부, 2003
	규석분	○	환경부, 2003
	모래	○	건교부, 2006
	펄프	○	환경부, 2007
	Methyl Cellulose	×	data gap
	기타	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	B-C유	○	환경부(heavy fuel oil), 2003
수송	8.1~15ton 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

압출 성형 콘크리트 패널 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

압출 성형 콘크리트 패널 전과정목록 데이터베이스는 압출 성형 콘크리트 패널 1kg 으로 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 패널의 단위 부피 당 무게 (kg/m3)를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

제 31절 암면(Mineral wool)

1. 일반정보

가. 제품정보

본 연구의 대상모듈인 암면은 천연암석과 고로슬래그를 용해로에서 고열로 용융 액화시켜 융체를 원심력 또는 압축공기를 이용한 방사방법으로 만든 인공 광물질 섬유로서 발암물질인 석면에 대별되며 인체에 무해한 제품이다. 암면의 우수한 성능 중 제일로 드는 것은 고단열성이다. 그 비밀은 작은 섬유가 다수 묶여있고 섬유와 섬유 사이에 함유된 움직임이 없는 대량의 공기가 열의 이동을 어렵게 하기 때문인데, 열전도율은 같은 무기질 계의 단열재 중에서도 단연 뛰어나다. 두 번째로 방화성능을 들 수 있다. 내열온도는 주택용 단열재 중에서도 최고인 650℃이다. 암면 섬유는 건설성이 인정한 불연소재이고, 화재시에 연소를 장시간 방지한다. 또 유해 가스 발생의 우려도 없다. 세 번째 방음성에 우수하다. 보통 단열재의 경우에는 밀도가 높을수록 방음효과를 잘 발휘하지만, 암면은 미세한 섬유 사이에 밀집된 공기가 소리 에너지를 흡수해 외부로 소리를 유출하거나 외부로부터의 소음 침입을 받지 않는다. 네 번째로 발수(撥水)성을 들 수 있다. 수분이 흡수되기 어려운 성질을 갖는다. 이와 같이 불연성, 단열·흡음성, 내구성의 특징을 갖춰 건축설비, 플랜트 설비의 단열재 및 방·내화 재료로서 널리 사용되고 있다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 암면은 벽산과 케이씨씨가 암면 시장의 100% 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체 모두를 선정함에 따라 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

암면의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 142]과 같다.

[표 142] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	암면
기능	건축설비, 플랜트 설비의 단열재 및 방·내화 입상재료
기능단위	암면 1kg 생산
기준흐름	암면 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 암면 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 코크스 연소로 발생하는 대기배출물 처리시설에 대한 환경설비를 시스템 경계에 포함한다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 143]과 같다.

[표 143] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	규산질광물, 고로슬래그, 인조석, 방진유
	에너지	전기, LNG, 코크스
	보조물질	지하수
산출물	제품	암면
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 경보행용 바닥재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 144]참조).

[표 144] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	암면 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

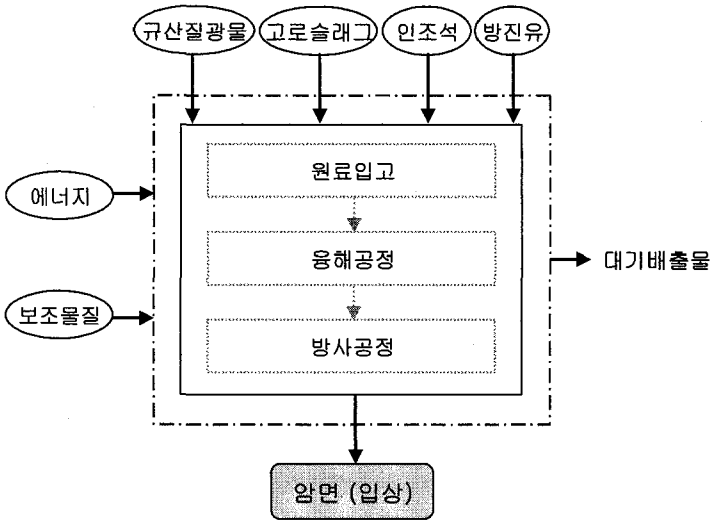
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 인조석에 대한 상위흐름은 조성을 이용하여 일반데이터를 적용하였다.
- 암면 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 59]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 암면 제조 공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위 흐름을 표현하였다. 그림 [그림 59]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 암면의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 암면 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. 암면은 규산질광물, 고로슬래그, 인조석을 용해로에서 용해한 후 방사공정을 거쳐 제조된다.



[그림 59] 암면 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지, 보조물질 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 145]와 같다.

[표 145] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	규산질 광물	×	data gap
	고로슬래그	×	data gap
	인조석	△	환경부, 2000 등(조성반영)
	방진유	○	환경부(공정유), 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2007
	코크스	○	ecoinvent, 1993
수송	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003
	해양수송_벌크선	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다. 한편 LNG 및 코크스 연소로 인해 발생되는 대기배출물 중 현장데이터 부재 물질은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

암면 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

암면 LCI 데이터베이스 활용에 대한 특이사항은 없다.

제 32절 EPS 층간 소음 방지재
(EPS foam for thermal insulation)

1. 일반정보

가. 제품정보

층간 소음 방지재는 건축물의 층간 바닥 충격 및 진동에 의한 소음전달에 대해서 차음 역할을 하는 건축자재이다. 현대 사회에서 주거의 대표적인 형식인 공통주택은 이웃의 벽과 바닥을 공유하는 특수성 때문에 윗 세대에서 바닥을 통해 발생되는 소음등이 구조물을 통하여 인접 세대에 방사되어 소음이 발생하게 된다. 우리나라 전체 가구수의 50% 이상이 공동주택 주거형태로 조사되고 있고, 공동주택 주거민들을 대상으로 주거환경에 대한 조사를 하면 불만족 1순위가 "층간 소음"으로 나타남에 따라 건축물 시공에 있어 중요한 사항으로 고려되고 있다. 따라서 다양한 소재를 사용한 층간 소음 방지재가 연구·개발되고 재료에 따라 크게 발포폴리스티렌(expanded polystyrene, EPS), 발포폴리프로필렌(expanded polypropylene, EPP), 에틸렌 비닐아세테이트 공중합체수지(ethylene vinyl acetate copolymer, EVA), 발로 폴리에틸렌(expanded polyethylene, EPE), 폐타이어로 분류되고 있다.

본 연구의 대상모듈은 EPS를 원재료로 하여 생산된 층간 소음 방지재로서 EPS를 강제로 발포 시켜 내부에 독립기포(cell) 구조를 형성하게 되어 소음이나 열, 습기에 대한 차단효과가 좋고 충격흡수성이 좋아 소음방지재, 보온·냉재료, 단열재 등으로 광범위하게 사용된다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 EPS 층간 소음 방지재는 약 150개 정도의 업체에서 생산되고 있지만

대부분 중소업체로서 업체 별 시장점유율 파악은 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 민간건설 아파트에서 수요가 많은 업체를 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체를 선정하였다. 선정된 두 업체는 EPS 층간 소음 방지재 연구개발 및 생산에 대표적인 업체로서 국내 EPS 층간 소음 방지재 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

EPS 층간 소음 방지재의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 146]과 같다.

[표 146] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	EPS 층간 소음 방지재
기능	층간 바닥 충격음 차단 및 흡수
기능단위	EPS 층간 소음 방지재 1kg 생산
기준흐름	EPS 층간 소음 방지재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 EPS 층간 소음 방지재 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 지하수의 사용용도는 스팀발생용으로서 사용 후 폐수로 발생되지 않으므로 폐수처리시설은 시스템 경계에 포함되지 않는다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 147]과 같다.

[표 147] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	EPS
	에너지	전기, B-C유
	보조물질	지하수
산출물	제품	EPS 층간 소음 방지재
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. EPS 층간 소음 방지재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 148]참조).

[표 148] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	EPS 층간 소음 방지재 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

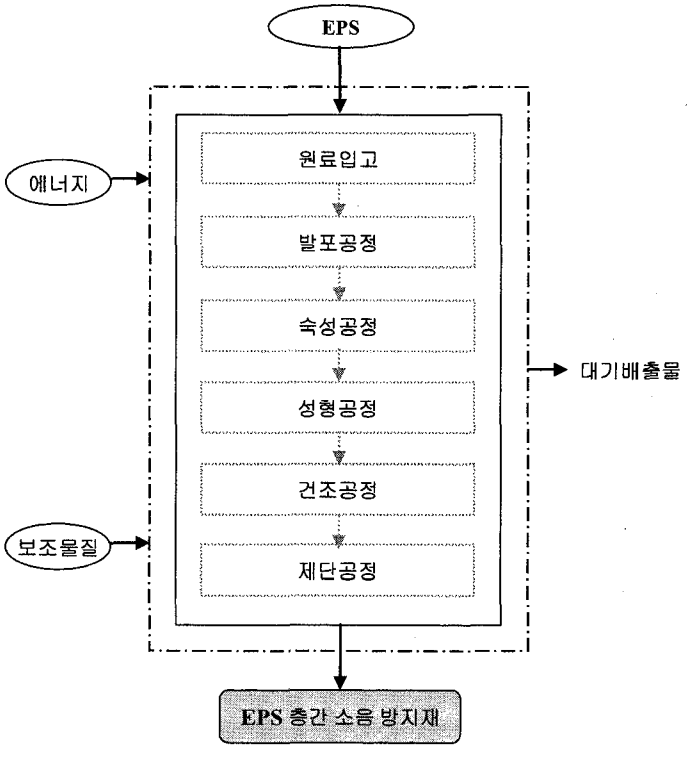
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- EPS 층간 소음 방지재 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 60]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 EPS 층간 소음 방지재 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 60]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 EPS 층간 소음 방지재의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 EPS 층간 소음 방지재 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. EPS 층간 소음 방지재는 원료물질를 투입하여 발포, 숙성, 성형, 건조, 제단공정을 거쳐 제조된다.



[그림 60] EPS 층간 소음 방지재 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지

및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 149]과 같다.

[표 149] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	EPS	○	지식경제부, 2001
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	B-C유	○	환경부(중유), 2003
수송	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 한편 B-C유 사용에 따른 대기배출물 배출량은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

EPS 층간 소음 방지재 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

EPS 층간 소음 방지재는 부직포를 부착하여 제품화되는 경우도 많다. 본 EPS 층간 소음 방지재 LCI 데이터베이스는 부직포가 부착되지 않은 층간 소음 방지재 1kg 생산을 기능단위로 설정하였다. 따라서 부직포 부착 EPS 층간 소음 방지재의 경우는 부직포 및 접착제 등을 별도로 고려하여야 한다.

제 33절 EPP 층간 소음 방지재
(EPP form for thermal insulation)

1. 일반정보

가. 제품정보

층간 소음 방지재는 건축물의 층간 바닥 충격 및 진동에 의한 소음전달에 대해서 차음 역할을 하는 건축자재이다. 현대 사회에서 주거의 대표적인 형식인 공통주택은 이웃의 벽과 바닥을 공유하는 특수성 때문에 윗 세대에서 바닥을 통해 발생되는 소음등이 구조물을 통하여 인접 세대에 방사되어 소음이 발생하게 된다. 우리나라 전체 가구수의 50% 이상이 공동주택 주거형태로 조사되고 있고, 공동주택 주거민들을 대상으로 주거환경에 대한 조사를 하면 불만족 1순위가 "층간 소음"으로 나타남에 따라 건축물 시공에 있어 중요한 사항으로 고려되고 있다. 따라서 다양한 소재를 사용한 층간 소음 방지재가 연구·개발되고 재료에 따라 크게 발포폴리스티렌(expandable polystyrene, EPS), 발포폴리프로필렌(expanded polypropylene, EPP), 에틸렌 비닐아세테이트 공중합체수지(ethylene vinyl acetate copolymer, EVA), 발포 폴리에틸렌(expanded polyethylene, EPE), 폐타이어로 분류되고 있다.

본 연구의 대상모듈은 폴리프로필렌(polypropylene, PP)수지를 무가교 발포한 발포체(Bead)를 판상으로 성형하여 제조한 층간 소음 방지재이다. EPP는 원료인 PP 수지의 영향으로 깨짐성, 반복완충성, 유연성 및 내약품성이 우수하다. 셀의 구조는 독립 구조(closed형)로 형성되어 있으며 셀 안의 공기가 소음을 완충시키는 원리를 통하여 차음 역할을 하도록 한다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 EPP 층간 소음 방지재는 약 100개 정도의 업체에서 생산되고 있지만 대부분 중소업체로서 업체 별 시장점유율 파악은 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 주공 아파트에서 수요가 많은 업체를 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체를 선정하였다. 선정된 두 업체는 EPP 층간 소음 방지재 연구개발 및 생산에 대표적인 업체로서 국내 EPP 층간 소음 방지재 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

EPP 층간 소음 방지재의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 150]과 같다.

[표 150] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	EPP 층간 소음 방지재
기능	층간 바닥 충격음 차단 및 흡수
기능단위	EPP 층간 소음 방지재 1kg 생산
기준흐름	EPP 층간 소음 방지재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 EPP 층간 소음 방지재 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 용수의 사용용도는 스팀발생용으로서 사용 후 폐수로 발생되지 않으므로 폐수처리시설은 시스템 경계에 포함되지 않는다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 151]과 같다.

[표 151] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	EPP
	에너지	전기, B-C유
	보조물질	용수
산출물	제품	EPP 층간 소음 방지재
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. EPP 층간 소음 방지재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 152]참조).

[표 152] 데이터 품질요건

	상위 · 하위흐름 단계	수송단계	EPP 층간 소음 방지재 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

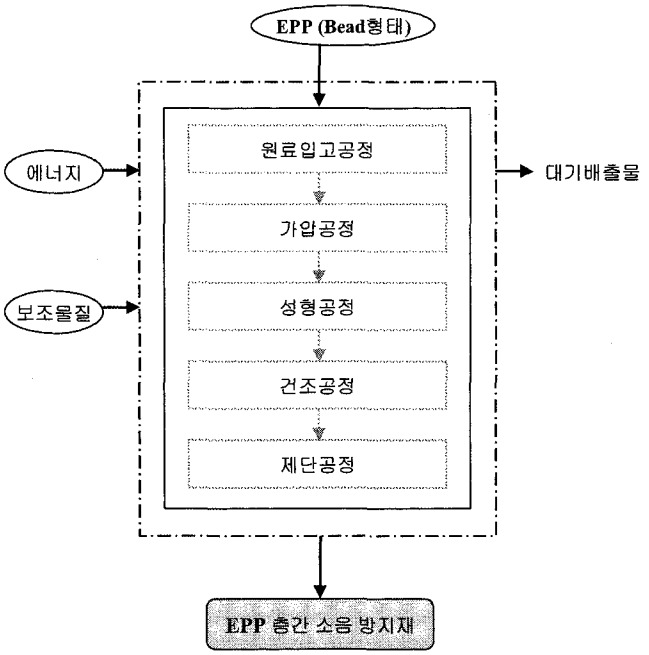
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- EPP(Bead)에 대한 상위흐름은 EPP(Bead) 생산의 원료물질 사용량을 이용하여 일반데이터를 적용하였다.
- EPP 층간 소음 방지재 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 61]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 EPP 층간 소음 방지재 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 61]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 EPP 층간 소음 방지재의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 EPP 층간 소음 방지재 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. EPP 층간 소음 방지재는 원료인 EPP(Bead)를 투입하여 가압, 성형, 건조, 제단공정을 거쳐 제조한다.



[그림 61] EPP 층간 소음 방지재 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 153]과 같다.

[표 153] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	EPP	○	지식경제부(PP, 1999), ecoinvent(butane, 2000)
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	B-C유	○	환경부(중유), 2003
수송	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 한편 B-C유 사용에 따른 대기배출물 배출량은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

EPP 층간 소음 방지재 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

EPP 층간 소음 방지재 LCI 데이터베이스 활용에 대한 특이사항은 없다.

제 34절 암면 보온방음판
(Mineral wool board for thermal insulation)

1. 일반정보

가. 제품정보

본 연구의 대상모듈인 암면 보온판은 천연암석과 고로슬래그를 용해로에서 고열로 용융 액화시켜 융체를 원심력 또는 압축공기를 이용한 방사방법으로 만든 인공광물질 섬유인 입상의 암면을 바인더를 사용하여 판상으로 성형한 보온방음판이다. 암면 보온방음판은 원료인 암면의 특성으로 불연성, 단열·흡음성, 내구성이 우수하다. 따라서 건축설비, 플랜트 설비의 단열재 및 방·내화 재료로서 널리 사용되고 있다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 암면 보온방음판은 벽산과 케이씨씨가 암면 보온방음판 시장의 100% 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체 모두를 선정함에 따라 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

암면 보온방음판의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 154]와 같다.

[표 154] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	암면 보온방음판
기능	건축설비, 플랜트 설비의 단열재 및 방·내화 판상재료
기능단위	암면 보온방음판 1kg 생산
기준흐름	암면 보온방음판 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 암면 보온방음판 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 155]와 같다.

[표 155] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	암면, 바인더, 기타
	에너지	전기, LNG
	보조물질	-
산출물	제품	암면 보온방음판
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 경보행용 바닥재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장

데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 156]참조).

[표 156] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	암면 보온방음판 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

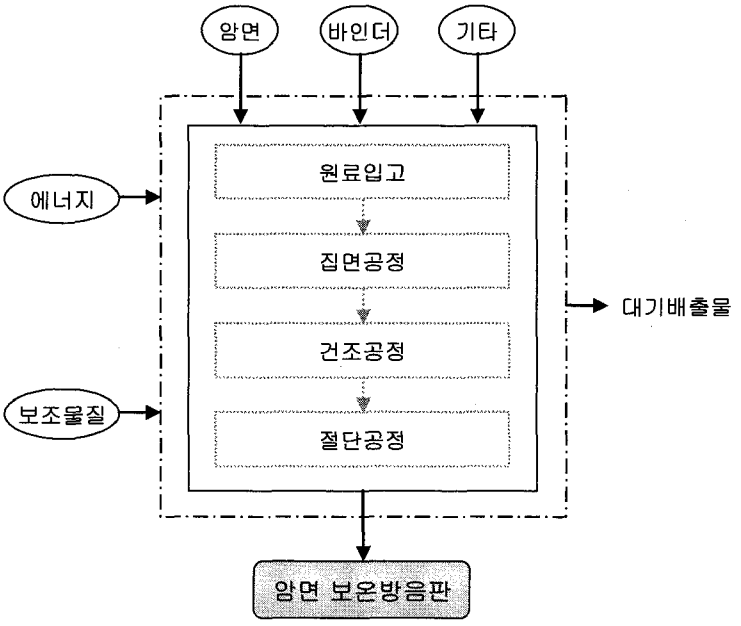
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 암면 보온방음판 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 62]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 암면 보온방음판 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 62]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 암면 보온방음판의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 암면 보온방음판 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. 암면 보온방음판은 입상의 암면을 바인더를 사용하여 일정한 형태로 성형(집면), 경화, 냉각, 절단공정을 거쳐 제조된다.



[그림 62] 암면 보온방음판 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다. 원료물질 및 에너지, 보조물질 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반 데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 157]과 같다.

[표 157] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	암면	○	국토해양부, 2007
	바인더	○	ecoinvent, 2000
	기타	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2007

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 한편 LNG 연소로 인해 발생되는 대기배출물 중 현장데이터 부재의 경우는 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

암면 보온방음판 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

암면 보온방음판 LCI 데이터베이스 활용에 대한 특이사항은 없다.

제 35절 유리문(Polished plate glass door)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

PP 유리문으로 불리우는 일반적인 유리문은 판유리에 표면 연마처리를 거친 PP 유리를 재단하고, 유리문의 가동에 필요한 철제 가동부위를 접합하는 형태로 제작되는 것이 대부분이다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

유리문의 경우 대기업이 주로 생산하기보다는, 중소기업들이 생산량의 대부분을 차지하고 있어, 소수의 대기업이 데이터를 제공한다 해도 데이터베이스의 대표성을 확보하기 어렵다. 그러나 유리문은 업체에 관계없이 유사하고 단순한 공정을 통해 생산되고 있으므로, DB 구축에서는 다음의 [표 158]과 같이 일반적인 유리문 생산업체 5개를 선정하여 데이터를 수집하였다.

[표 158] 유리문 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
유리문	동양금속샷시 가나토탈도어 아이템코리아 뉴욕금속 BAROKEY

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

유리문은 건축물의 크기 및 사용자의 요구에 따라 매우 다양하게 제조되어 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 유리문의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 기준 사용량 1 ㎡ 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 159]와 같다.

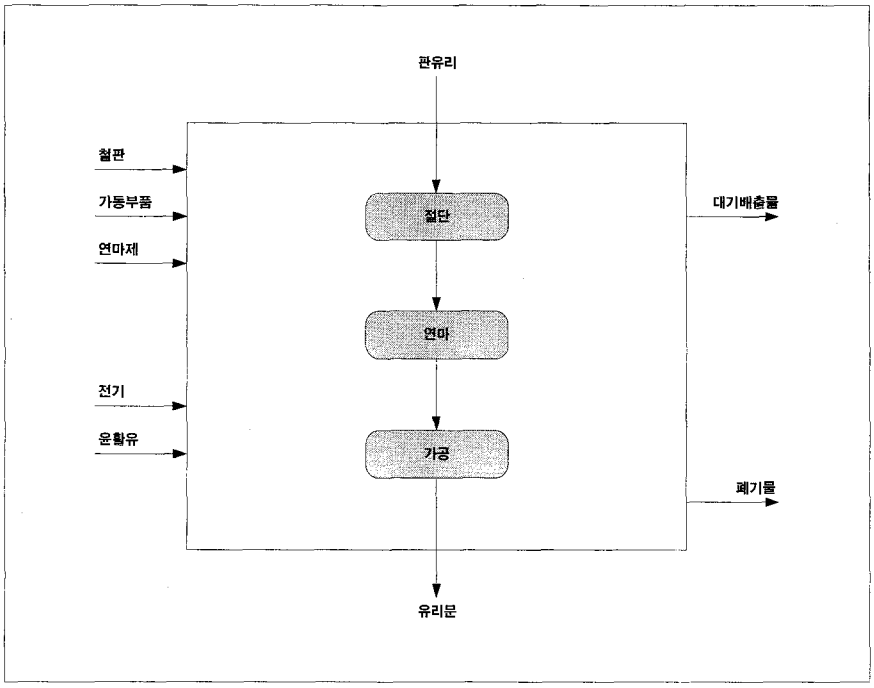
[표 159] 유리문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	유리문
기 능	건축물의 창호재로 사용되는 유리문
기능단위	유리문 1㎡ 생산
기준흐름	유리문 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유리문의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

유리문의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래의 [그림 63]과 같이 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 63] 유리문 - 공정 흐름도

① 절단

건축물의 규격 및 사용자의 요구에 맞도록 판유리를 절단하는 과정

② 연마

절단면을 연마하여 유리문의 취급 및 사용상의 안전성을 높이고, 필요에 따라 철제 부품의 조립을 위한 천공작업 등을 수행하는 과정

③ 가공

유리문의 가동부위 및 지지대가 되는 철제 부품을 조립하고, 실리콘 등으로 접합하여 유리문을 완성하는 과정

(3) 데이터 범주

유리문의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 160]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 160] 유리문 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	판유리, 철제 부품
	에너지	전기
	보조물질	실리콘 실런트
산출물	제품	유리문
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

유리문의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 161]과 같다.

[표 161] 유리문 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

유리문은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, 가장 일반적인 형태의 "유리문" 단위 넓이를 생산하는데 관여하는 투입물/배출물을 수집하여 계산하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 유리문의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "유리문 생산 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 162]와 같다.

[표 162] 유리문 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	연마 판유리(유리로 대체)	○	환경부, 2003
	철제 부품(냉연제품으로 대체)	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	실리콘 실런트	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 99.5%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

할당 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

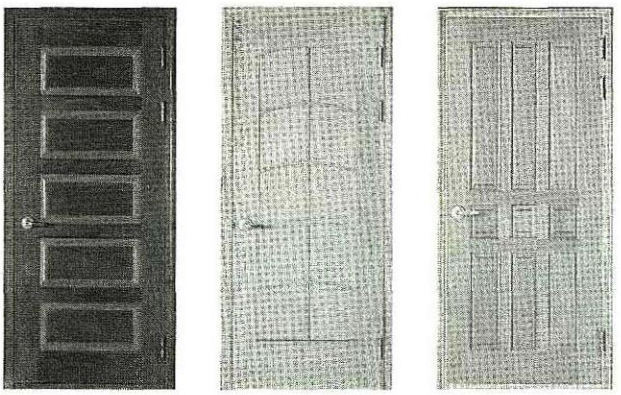
유리문의 데이터베이스는 제품의 다양성을 고려하여 기준넓이 1㎡을 단위로 하여 작성된 데이터베이스이므로, 유리문에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 넓이를 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

제 36절 나무문(Wooden door)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

나무문은 목재를 가공하여 생산된 문을 모두 지칭하고 있으나, 이러한 나무문은 제조에 사용되는 자재나 가공 방법, 장식류 및 규격 등에 따라 매우 다양하다. DB 구축 과정에서는 각목으로 문의 골격을 짜고 양면에 합판을 접합시킨 형태의 가장 일반적인 나무문(플러쉬 목재문, hollow flush wooden door)을 구축 대상 자재로 선정하였다.



[그림 64] 나무문-일반적인 나무문

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

나무문의 경우 대기업이 주로 생산하기보다는, 중소기업들이 생산량의 대부분을 차지하고 있어, 소수의 대기업이 데이터를 제공한다 해도 데이터베이스의 대표성을 확보하기 어렵다. 그러나 구축 대상으로 선정한 나무문은 업체에 관계없이 유사하고 단순한 공정을 통해 생산되고 있으므로, DB 구축에서는 다음의 [표 163]과 같이 일반적인 목재문 생산업체 2개를 선정하여 데이터를 수집하였다.

[표 163] 나무문 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
나무문	동국창호 한화종합화학

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

나무문은 건축자재의 용도만 해도 매우 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 나무문의 규격이나 재질이 건축물의 크기나 특성, 사용자의 요구에 따라 다양하게 사용되므로, 국가표준 시방서 A 13012 및 관련 한국산업규격(KS)에 따라, 가장 대표적인 규격(높이 1800, 폭 800, 옆두께 36, 합판두께 4.8)의 나무문 1개 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 164]와 같다.

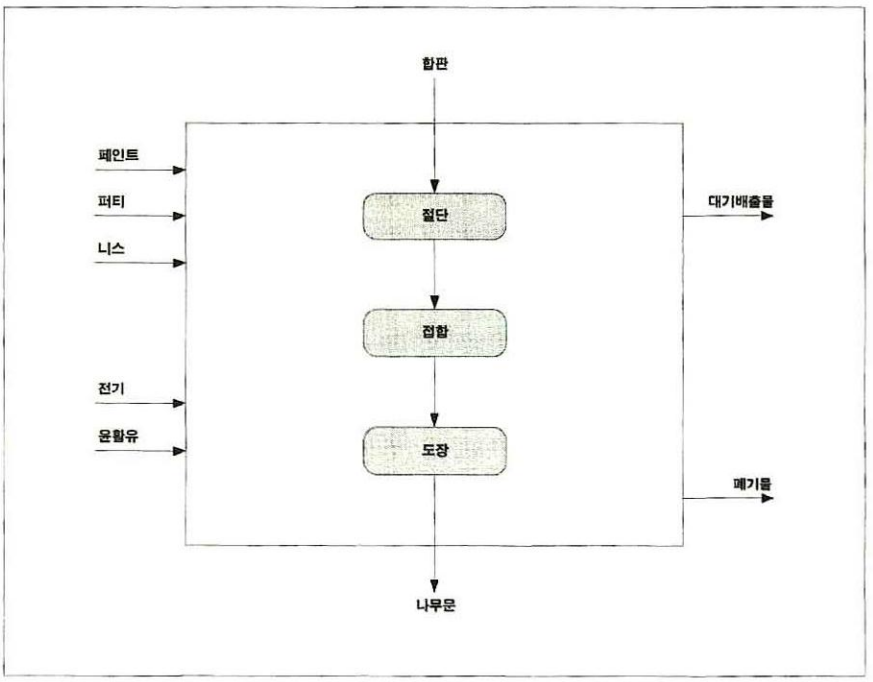
[표 164] 나무문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	나무문
기 능	건축물의 창호재로 사용되는 나무문
기능단위	나무문(1,800x800x36, 4.8, 플러쉬 목재문) 1개 생산
기준흐름	나무문(1,800x800x36, 4.8, 플러쉬 목재문) 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 목재문의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

나무문의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 64]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 65] 나무문-공정흐름도

① 절단

합판 및 각목을 나무문의 규격에 맞도록 절단하며, 필요에 따라서는 접합에 필요한 홈이나 모서리의 가공 과정까지 포함하는 공정

② 접합

문의 용도에 따른 접착제를 사용하여 절단 공정을 통해 완성된 목재를 접합하여 나무문의 형태를 완성하는 공정

③ 도장

나무문의 용도 및 사용자의 요구에 따라 문의 외부를 칠하는 공정

(3) 데이터 범주

나무문의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 165]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 165] 나무문 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	각목(원목으로 대체), 합판
	에너지	전기
	보조물질	접착제(KS M 3700에 따른 초산비닐수지 에멀젼 목재용)
산출물	제품	나무문
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

나무문의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 166]과 같다.

[표 166] 콘크리트 파일 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 나무문은 그 규격에 따라 세부 제품군이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, 가장 대표적인 "플러쉬 목재문(hollow flush wooden door)"을 구축 대상 제품군으로 선정하여 관련 데이터를 수집하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 목재문의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "목재문 생산 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 167]과 같다.

[표 167] 나무문 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	각목(원목으로 대체)	○	GaBi, 2000
	합판	○	국토해양부, 2006
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	접착제	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 99.3% (output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

할당 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

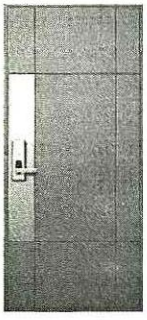
나무문 데이터베이스는 제품의 다양성을 고려하여 표준크기의 가장 일반적인 형태의 나무문인 플러쉬 목재문을 기준으로 하여 작성된 데이터베이스이므로, 나무문에 포함되는 다양한 제품에 적용하고자 할 경우, 그 제품의 무게와 규격을 먼저 파악하고 적절한 지수를 이용하여 적용하여야 할 것이다.

제 37절 철제 현관문(Steel Door)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

철제 현관문은 압연강판을 주요 재료로 하여 생산되는 제품으로, 대개 내부의 공간에 단열 및 방음 등의 목적을 위한 유리섬유계열의 하니콤을 충진하고, 외부에 두 층의 압연강판을 용접하여 접합하는 형태로 제작된다. 철제 현관문의 크기나 세부적인 재질 등은 매우 다양하여 규격화하기 어려우나, 가장 보편적인 크기는 900㎜×1900㎜ 정도이며, 일반적으로 미리 도색이 된 열연강판을 이용하여 제조된다.



[그림 66] 철제 현관문

철제 현관문은 목재 현관문에 비해 강도가 높고 내구수명이 길며, 최근에는 방화, 결로방지, 부식방지 및 방음기능이 추가된 형태의 철제 현관문이 보급되고 있다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

철제 현관문의 경우 국내 생산량의 대부분을 일부 기업이 차지하고 있다기보다는, 중소규모 기업들이 유사한 공정에 따라 여러 가지 다양한 제품을 생산하고 있는 것이 현실이기 때문에, 가장 일반적인 생산공정에 따라 철제 현관문을 생산하고 있는 에스와이스틸과 신동방에 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 철제 현관문 또한 일반적인 크기는 가로 900㎜ 가량, 세로 1900㎜ 가량으로 대부분 유사하지만, 사용자의 요구에 따라 그 크기나 외형, 기능 등이 서로 다른 매우 다양한 제품들이 생산되어 사용되고 있다. 따라서 기능은 가장 일반적인 창호재로서의 기능으로 설정하였으며, 기능단위는 가장 일반적으로 사용되는 규격인 900㎜×1900㎜ 크기의 철제 현관문 1개 생산으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 900㎜×1900㎜ 크기의 철제 현관문 1개가 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 168]과 같다.

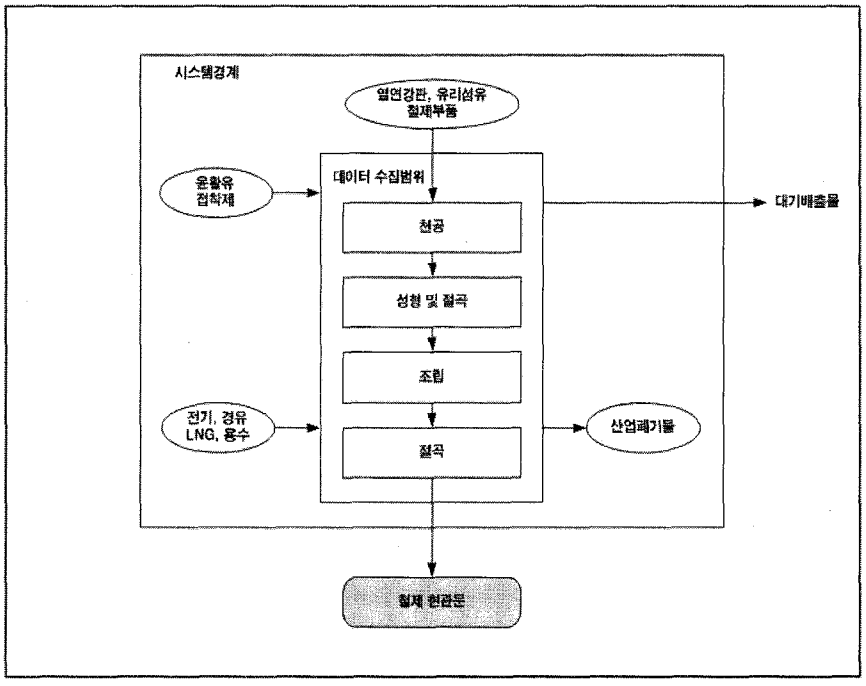
[표 168] 철제 현관문 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	철제 현관문
기 능	창호재로 사용되는 철제 현관문
기능단위	철제 현관문 1개 생산
기준흐름	철제 현관문 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 철제 현관문의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

철제 현관문의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 67]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 67] 철제 현관문 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 천공공정

철판에 필요한 부분을 펀칭 가공함

② 성형 및 절곡공정

철판의 좌, 우측면 및 상, 하부면을 가공함

③ 조립공정

우레탄 본드를 양쪽 철판에 칠한 후 내부보강재 및 하니콤을 삽입하고 접합한 후, 80℃ 가량의 프레스에서 압착하여 접합

⑤ 절곡공정

측면 도어록 부위에 필요한 부분을 절곡 가공함.

(3) 데이터 범주

철제 현관문의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 169]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 169] 철제 현관문 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	열연강판, 유리섬유(하니콤), 철제부품
	에너지	전기, 경유, LNG, 용수
	보조물질	접착제, 윤활유
산출물	제품	철제 현관문
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

철제 현관문의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 170]과 같다.

[표 170] 철제 현관문 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 철제 현관문 제품군은 그 규격과 재질, 모양 등에 따라 색상 및 외형 등 제품들이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, 가장 대표적인 형태와 규격의 제품(900㎜×1900㎜) 하나를 대표제품으로 선정하여 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 철제 현관문의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "철제 현관문 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 67]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 171]과 같다.

[표 171] 철제 현관문 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	열연강판	○	환경부하 없음
	유리섬유	○	GaBi SW, 1996
	철제부품(열연강판으로 대체)	○	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	접착제	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 93.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 데이터 요청 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

철제 현관문은 수요에 따라 여러 가지 규격과 재질로 제조되기 때문에, 기능단위로 설정한 대표제품에 대해 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

철제 현관문은 제품의 크기, 형태 및 재질 등에 따라 매우 다양한 제품들이 존재한다. 이 철제 현관문의 데이터베이스는 표준크기(900㎜×1900㎜) 제품을 기준으로 작성되었으므로, 다른 형태의 제품에 적용할 경우 이를 감안하여 유사 데이터베이스로써 활용하여야 할 것이다.

제 38절 PVC 창호 프로파일(PVC profile)

1. 일반정보

가. 제품정보

창호는 건축물의 내부와 외부를 차단시키기 위해 창이나 출입구 등의 개구부에 설치되는 창이나 문을 의미한다. 창호는 창호 프로파일의 재료에 따라 크게 목제, 금속제 및 합성수지제로 분류되고 있다([표 172]참조). 현재 국내 창호시장은 합성수지제(PVC 창호)와 금속제(알루미늄)가 95%이상을 점유하고 있다.

본 연구의 대상모듈은 폴리염화비닐([polyvinyl chloride, PVC) 창호 프로파일로서 합성수지제 창호의 대표적인 제품이다. PVC 창호 프로파일은 매우 낮은 열전도율(알루미늄 창호의 1250분의 1)을 지녔으며 과학적인 설계로 에너지 효율을 극대화하여 냉난방 에너지 절감에 매우 효과적이다. 또한 방음과 흡음성이 뛰어나며 창문의 개폐시 유연성이 좋아 소비자의 선호도가 높은 건축자재로 평가받고 있다.

[표 172] 창호 프로파일 원료에 따른 창호의 분류

구분	합성수지제 창호	금속제 창호	목제 창호
주원료	합성수지(주로 PVC)	금속(주로 알루미늄)	원목, 목질재료

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 PVC 창호 프로파일은 케이씨씨, 한화종합화학, LG화학이 PVC 창호 프로파일 시장의 95%이상의 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후, 참여의사에 따라 두 업체를 선정하였

다. 선정된 두 업체는 국내 PVC 창호 프로파일 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 업체로서 국내 PVC 창호 프로파일 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표 업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

PVC 창호 프로파일의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 173]과 같다.

[표 173] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	PVC 창호 프로파일
기능	PVC 창호 프로파일
기능단위	PVC 창호 프로파일 1kg 생산
기준흐름	PVC 창호 프로파일 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 PVC 창호 프로파일 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 174]와 같다.

[표 174] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	PVC, CaCO3, 안료, 안정제, 충격보강제
	에너지	전기
	보조물질	공업용수
산출물	제품	PVC 창호 프로파일
	부산물	-
	대기배출물	먼지
	수계배출물	COD, SS, T-N, T-P
	폐기물	폐합성수지, 폐유

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. PVC 창호 프로파일 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기·수계배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 175]참조).

[표 175] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	PVC 창호 프로파일 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

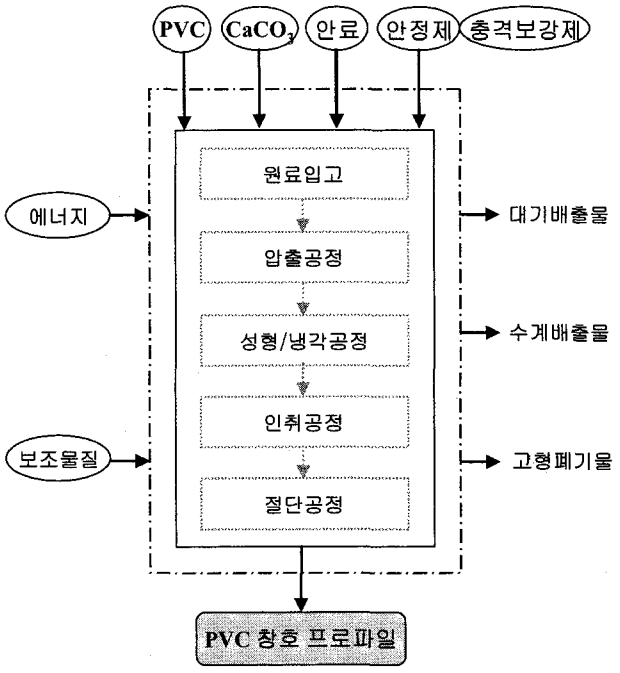
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- PVC 창호 프로파일 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 68]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 PVC 창호 프로파일 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 68]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 PVC 창호 프로파일의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 PVC 창호 프로파일 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. PVC 창호 프로파일은 PVC 등의 원료물질를 혼합하여 압출, 성형/냉각, 인취, 절단공정을 거쳐 제조된다.



[그림 68] PVC 창호 프로파일 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지, 보조물질 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 176]과 같다.

[표 176] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	PVC	○	지식경제부, 2001
	CaCO3	○	환경부, 2003
	안료	○	환경부, 2003
	안정제	×	data gap
	충격보강제	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조 물질	공업용수	○	환경부(충청권, 전북권), 2003
수송	3.6~5ton 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

PVC 창호 프로파일 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

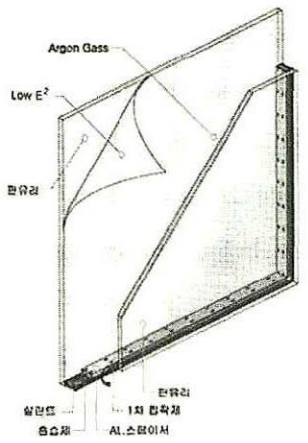
PVC 창호 프로파일 LCI 데이터베이스의 기능단위는 PVC 창호 프로파일 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 창호재에 대한 LCI 데이터베이스를 사용하고자 할 경우에는 창호재에 포함된 기밀재(모헤어, 개스킷 등)에 대한 LCI 데이터베이스를 별도로 고려하여야한다.

제 39절 복층유리(Insulating Glass)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

단층의 판유리는 열의 방출이 커서 실내온도를 떨어뜨리고 소음의 통로가 되는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 2장 이상의 판유리를 동일한 틈새를 두어 나란히 배치하고, 그 틈새에 대기압에 가까운 공기 또는 비활성 기체를 충진한 뒤 주변을 밀봉하여 제조되는 형태의 유리제품을 복층유리라 한다. 복층유리의 규격 및 생산 기준은 KS L 2003 규격에 명시되어 있다.



[그림 69] 복층 유리의 구조

복층유리는 투시성은 보통판유리와 같으나 단열 및 소음차단의 특성이 강하며, 유리면의 결로현상을 방지할 수 있으며 내풍압 강도가 높다. 이런 특성에 의해 복층유리는 건물의 유리스크린, 문창 및 자동차, 선박, 비행기, 기기의 창호재로 광범위하게 사용된다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한

다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

복층유리를 생산하는 업체는 매우 많으나, 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 국내 복층유리 생산량의 상당량을 차지하고 있는 한글라스와 KCC로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 복층유리 또한 양쪽에 접합되는 판유리의 두께 및 두 판유리간의 이격 간격, 그리고 이렇게 조립된 복층유리의 총 두께 등에 따라 매우 다양한 형태의 제품들이 생산되어 사용되고 있다. 따라서 기능은 가장 일반적인 창호재로서의 기능으로 설정하였으며, 기능단위는 5㎜ 판유리 사이에 6㎜의 이격이 있고, 비활성 기체인 아르곤을 충진한 총 두께 16㎜ 복층유리 1㎡ 생산으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 16㎜ 복층유리 1㎡가 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 177]과 같다.

[표 177] 복층유리 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

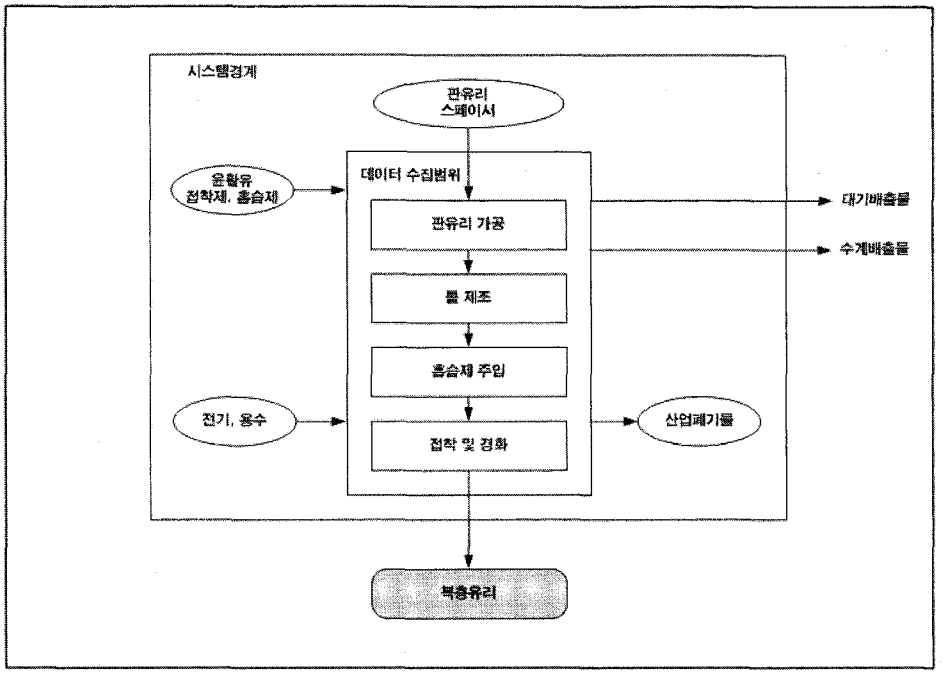
구 분	복층유리
기 능	창호재로 사용되는 복층유리
기능단위	복층유리(16㎜, 5+6A+5) 1㎡ 생산
기준흐름	복층유리(16㎜, 5+6A+5) 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 철제 현관문의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

복층유리의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이

[그림 70]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 70] 복층유리 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 판유리 가공

두 장의 판유리를 동일한 규격으로 재단, 세척 및 건조함

② 틀 제조

가공된 판유리 사이에 스페이서를 끼우고 틀에 맞추어 사각 틀 모양을 완성

③ 흡습제 주입

판유리 사이의 이격부위의 공기를 건조시키기 위해 흡습제를 주입

④ 접착 및 경화

접착제를 이용해 스페이서와 유리를 접착하고, 압축하여 밀착시킨 후 경화과정을 거침

(3) 데이터 범주

복층유리의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 178]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 178] 복층유리 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	판유리, 스페이서(알루미늄)
	에너지	전기, 용수
	보조물질	접착제, 윤활유, 흡습제
산출물	제품	복층유리
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

복층유리의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 179]와 같다.

[표 179] 복층유리 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 복층유리 제품군은 판유리의 두께, 판유리간의 이격, 판유리의 코팅 재질 및 이격 부위에 충진하는 기체의 종류 등에 따라 제품들이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, 가장 대표적인 형태와 규격의 제품(16㎜, 5+6A+5) 1㎡를 대표제품으로 선정하여 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 복층유리의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "복층유리 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 70]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 180]과 같다.

[표 180] 복층유리 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	판유리	○	환경부하 없음
	스페이서(알루미늄으로 대체)	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, 2003
	접착제	×	data gap
	흡습제	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 93.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 데이터 요청 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

복층유리는 수요에 따라 여러 가지 규격과 재질로 제조되기 때문에, 기능단위로 설정한 대표제품에 대해 생산량(㎡)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

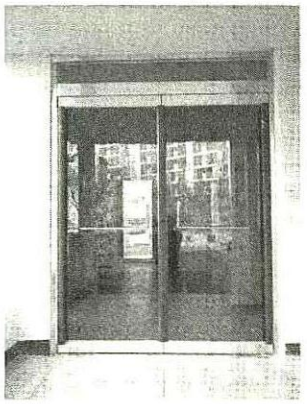
복층유리는 제품의 크기, 형태 및 재질 등에 따라 매우 다양한 제품들이 존재한다. 이 복층유리의 데이터베이스는 표준크기(16㎜, 5+6A+5) 1㎡ 제품을 기준으로 작성되었으므로, 다른 형태의 제품에 적용할 경우 이를 감안하여 유사 데이터베이스로써 활용하여야 할 것이다.

제 40절 강화유리(Tempered Glass)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

강화유리는 성형 판유리를 연화온도(軟化溫度)에 가까운 500~600 ℃로 가열하고, 압축한 냉각공기에 의해 급랭시켜 유리 표면부를 압축변형시키고 내부를 인장변형시켜 강화한 유리이다. 보통 유리에 비해 굽힘강도는 3~5배, 내충격성도 3~8배나 강하며, 내열성도 우수하다. 그러나 유리 자체가 내부에서 힘의 균형을 유지하고 있기 때문에 한쪽이 조금 절단되어도 전체가 팥알 크기의 파편으로 파괴되므로 강화처리 하기 전에 용도에 맞는 모양으로 만들어야 한다.



[그림 71] 강화유리

강화유리는 두께를 기준으로 3㎜, 4㎜, 5㎜, 6㎜, 8㎜, 10㎜, 12㎜ 등 다양한 제품이 생산되고 있으나, 유리문 등의 목적으로 가장 흔히 사용되는 제품은 10㎜ 두께의 제품이다. 강화유리는 투명도를 유지하면서 일반 판유리보다 높은 강도가 필요한 곳, 즉 현관문, 욕실, 계단 칸막이 등으로 주로 사용되면, 자동차 ·항공기의 창유리, 도난방지용 창유리 등으로도 사용된다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율

이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

강화유리 제품은 규격도 다를 뿐 아니라 가공방법이나 첨가되는 필름의 재질 등에 따라 매우 다양하기 때문에, 모든 제품을 포괄할 수 있는 데이터베이스를 구축하기는 어렵다. 따라서 가장 일반적인 형태의 강화유리 제품을 위주로 하여 생산업체의 대표성을 확보하기 위해 한글라스 및 KCC로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 강화유리 제품은 규격도 다를 뿐 아니라 가공방법이나 필요에 따라 첨가되는 필름의 재질 등에 따라 매우 다양하기 때문에, 이러한 특징을 모두 감안하여 제품별 기능을 설정하기가 어렵다. 따라서 기능은 가장 일반적인 창호재의 기능으로 설정하였다. 기능단위는 우리나라에서 가장 흔히 사용되고 있는 두께 10㎜의 강화유리 1㎡ 생산으로 하였다. 이에 따라 기준흐름은 두께 10㎜의 강화유리 1㎡가 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 181]과 같다.

[표 181] 강화유리 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

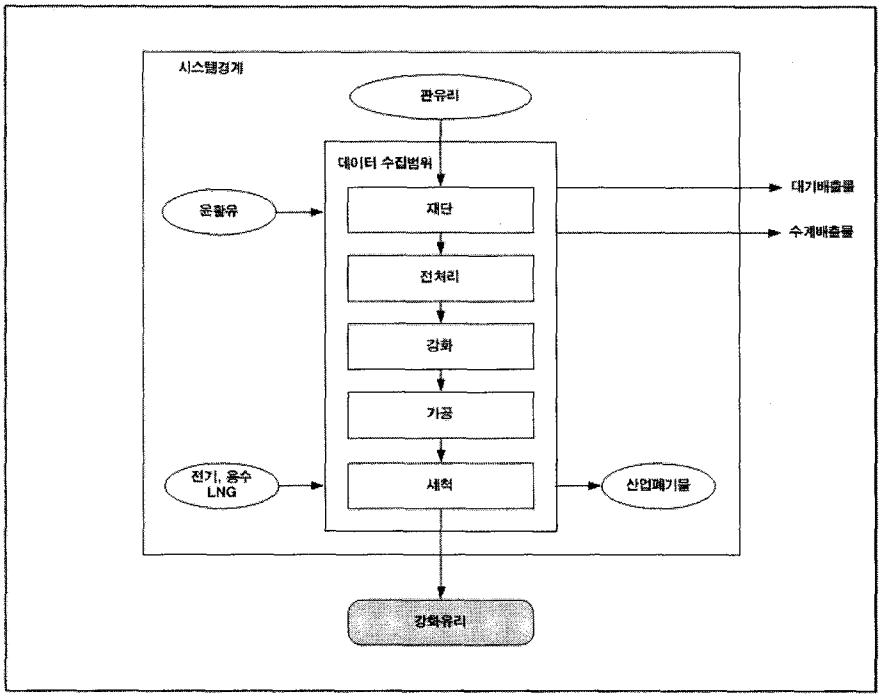
구 분	강화유리
기 능	창호재로 사용되는 강화유리
기능단위	강화유리(10㎜) 1㎡ 생산
기준흐름	강화유리(10㎜) 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 강화유리의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포

함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

강화유리의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 72]에 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 72] 강화유리 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 재단

강화유리의 원재료인 판유리를 재단하여 원하는 크기로 준비

② 전처리

판유리의 불순물을 제거하고, 필요한 부분에 천공작업을 하며, 최종적으로 세척을 통해 강화공정을 준비

③ 강화

판유리를 500~600 ℃로 가열하고, 압축한 냉각공기에 의해 급랭시켜 원하는 강도를 획득

④ 가공

불필요한 부분을 면취(일반면취, 양각면취, 수평각면취, 천공 등)함

⑤ 세척

최종적으로 성형된 제품을 세척

(3) 데이터 범주

강화유리의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 182]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 182] 강화유리 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	판유리
	에너지	전기, 용수, LNG
	보조물질	윤활유
산출물	제품	강화유리
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

강화유리의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 183]과 같다.

[표 183] 강화유리 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 강화유리의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "강화유리 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 72]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 184]와 같다.

[표 184] 강화유리 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	판유리	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 94.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 두 개 이상의 기업에 데이터를 요청하였으므로 수평법을 사용하였으며, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

강화유리는 단일 생산라인에서 제조되며, 여러 가지 규격으로 나오긴 하지만 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 할당이 적용되지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

강화유리 데이터베이스는 이 제품군에 해당하는 다양한 제품들 중 가장 일반적인 크기와 재료로 제조되는 하나의 제품을 선정하여 만들어진 것으로써, 두께 10㎜ 제품 1㎡ 생산을 기준으로 만들어진 데이터베이스이다. 따라서 제품의 규격이 다르거나 재료의 성분비가 다른 경우 이를 감안하여 데이터베이스를 활용하여야 할 것이다.

제 41절 타일(Tile)

1. 일반정보

가. 제품정보

점토 또는 암석의 분말을 성형·소성하여 만든 박판제품을 총칭하여 부르는 이름이다. 원래 타일이란 라틴어의 'Tegula(덮개)'에서 유래되어 바닥, 벽, 지붕 등을 덮은 판재모양의 재료를 뜻하는 것으로, 우리나라에서는 주로 지붕을 뺀 바닥, 벽등에 사용되고 있다. 타일은 여러 가지 성능을 가지고 있으며 비교적 시공도 간단 할 뿐 아니라 시공 후 균열을 일으키거나 변색되는 일이 거의 없다. 또 내구성에 있어서 주택이나 건축물의 표면을 마감하는 데 좋은 재료 중 하나이다. 특히 내수성과 미려한 질감으로 위생이 강조되는 주방·화장실·목욕탕·세면장 등에는 없어서는 안 될 건축자재로 평가받고 있다. 이러한 타일은 호칭, 소지의 질, 유약의 유무에 따라 <표 185>와 같이 나뉜다.

[표 185] 타일의 분류

기준	구분	
호칭	내장타일	자기질, 석기질, 도기질
	외장타일	자기질, 석기질
	바닥타일	자기질, 석기질
	모자이크타일	자기질
소지의 질	자기질(불침투성:0%, 용화성:1.0%)	
	석기질(거의 용화성:1.0%이상~3.0%미만, 비용화성:3.0%이상~10.0%미만)	
	도기질(비용화성:1.0%이상)	
유약의 유무	시유	
	무유	

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이

선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 외장 및 내장타일을 생산하는 업체는 극동요업(주) 및 대동산업(주), 대림요업(주), 동서산업(주), (주)삼현, KT세라믹스가 국내 생산량의 대부분을 차지하고 있다. 이들 6개사의 생산능력은 연간 987,187,036평 정도이며, 기업별 참여 의사 표명에 따라 1개사(대동산업)가 최종 선정되었다.

[표 186] 타일 생산현황

업체명	생산량 (평/년)	생산량비율(%)
대동산업	209,822,650	15.06
동서산업	270,663,586	19.43
KT 세라믹스	155,086,100	11.13
대림요업	127,927,900	9.18
극동요업	119,162,700	8.56
삼현	104,524,100	7.50
기타	405,680,602	29.14
합계	1,392,867,638	100.00

* 출처 : 월간 세라믹스(2006)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

타일은 건축물의 내장(내벽) 및 외장(바닥, 외벽, 화장실 바닥)을 위한 건축자재로서의 용도가 주기능이므로 기능단위는 타일 1kg 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 [표 187]과 같다.

[표 187] 타일 - 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	타일
기능	건축물의 내벽, 바닥, 외벽, 화장실 바닥등에 부착되는 건축자재
기능단위	타일 1kg 생산
기준흐름	타일 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 타일 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 제품 생산과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 제품의 품질에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물을 포함한다. 타일에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 188]과 같다.

[표 188] 타일 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료	점토, 도석, 장석, 석회석, 백토, 규산소다, 납석, 프리트, 수산화알루미늄, 고령토
	에너지	전기, LNG
	보조물질	윤활유, 황산알루미늄, PAA, 소포제
산출물	제품	타일
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC
	수계배출물	-
	폐기물	불량품, 폐유

(4) 데이터 품질요건

타일에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 189]와 같다.

[표 189] 타일 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	타일 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2005년
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국

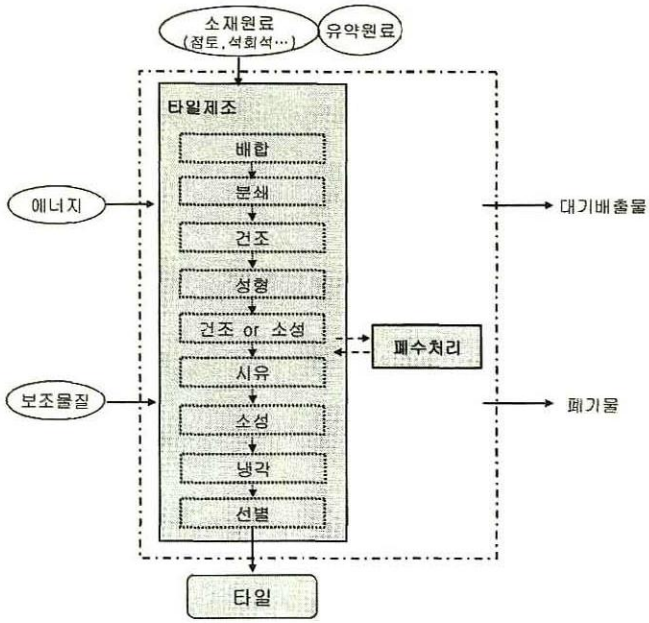
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 원료 배합에 사용되는 물에 대한 환경부하는 지하수를 사용함에 따라 지하수 를 끌어올리기 위해 사용되는 전기에너지 발전에 따른 환경부하만을 고려하였다.
- 타일제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 공정흐름도는 현장데이터 수집단위인 타일제조공정과 제조에서 발생하는 폐수 처리를 위한 폐수처리공정을 기준으로 하여 [그림 73]과 같이 결정하였다. 타일제조공정은 배합, 분쇄, 건조, 성형, 소성, 시유, 냉각, 선별의 8개의 세부 공정으로 이루어져있다. 하지만 이들은 일련의 공정으로서 참여기업에서는 공정 별 데이터 관리가 이루어지지 않아 통합하여 데이터를 수집하였다.



[그림 73] 타일 - 공정 흐름도

- 배합: 원하는 소지를 얻기 위해 적정원료를 조합하는 공정
- 분쇄: 배합된 원료를 분해하고 일시 저장하는 공정
- 건조: 분쇄된 원료를 성형하기에 적절한 함수율을 가진 과립형태로 건조하는 공정
- 성형: 원하는 크기와 모양으로 가압 성형하는 공정
- 건조: 성형제품을 열풍을 이용하여 적절한 함수율까지 건조하는 공정
- 시유: 건조된 제품위에 유약을 바르는 공정
- 소성: 시유된 제품을 굽는 공정
- 냉각: 소성된 제품을 식혀주는 공정
- 선별: 최종적으로 소성, 냉각된 제품을 불량품 및 등급별로 분리하는 공정

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

타일을 생산하는 최종 생산단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질, 제품, 폐기물은 측정치를, 대기배출물은 계산치를 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 190]과 같다.

[표 190] 타일 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	점토(clay)	○	ecoinvent, 2000
	도석(pottery stone)	×	data gap
	장석(feldspar)	○	ecoinvent, 1995
	석회석(limestone)	○	ecoinvent, 2000
	백토(terra alba)	×	data gap
	규산나트륨	○	환경부, 2003
	납석(agalmatolite)	×	data gap
	프리트(frit)	×	data gap
	수산화알루미늄	○	ecoinvent, 2000
	고령토(kaolin)	○	ecoinvent, 2000
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2003
보조 물질	윤활유	○	환경부, 2003
	황산알루미늄	○	BUWAL, 2006
	PAA	○	환경부, 2003
	소포제	×	data gap
수송	15.1~18톤 공로수송	○	환경부, 2003
	23.1~25톤 공로수송	○	환경부, 2003
폐기	폐유재활용	○	환경부, 2006

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였으며, 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질 별로 경로를 파악하여 산출물기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따르며, 합산방법은 수직법을 사용하였다.

- 폐수처리공정에서 발생하는 처리수는 원료 배합수로, 슬러지는 원료로서 재사용됨에 이들은 내부순환 흐름으로 고려하였다. 또한 타일제조에서 발생하는 불량품 중 원료로서 재활용 가능한 것과 대기집진시설에서 걸러지는 먼지는 원료로 사용됨에 따라 내부순환 흐름으로 고려하였다.
- 타일제조공정에서 소성과 건조의 연료로 사용되는 LNG 연소로 인한 대기배출물은 IPCC 배출계수를 적용하여 산출하였다.

- 타일은 업체 관리 단위가 "평"단위로서 기능단위(타일 1kg 생산)에 맞추어 kg 단위로 연간 생산량을 산출하였다.

(4) 할당

타일 제조공정에서 발생하는 불량품 중 타일의 원료로서 내부 재활용이 불가능한 것은 골재화되어 시멘트 원료 및 고속도로 원료로서 외부 재활용된다. 이는 열린고리 재활용(open-loop recycling) 시스템으로서 폐기물은 발생량만을 파악하여, 재활용 공정에 대한 환경부하는 추적하지 않는 cut-off 방법론을 이용하여 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 42절 암면 천장마감재(Mineral wool ceiling board)

1. 일반정보

가. 제품정보

천장마감재는 건축물의 천장을 마감하는 재료를 의미한다. 본 연구의 대상 모듈인 암면 천장마감재는 무기성 마감재로서 암면을 주원료로 하여 판상으로 제조 성형한다. 암면 천장마감재는 원료인 암면의 영향으로 불연, 단열, 흡음의 기능이 우수하며, 기존의 석고 시멘트판에 비해 무게가 1/3에 불과하여 대형판으로 제조가 가능하며 무늬의 다양성이 가능해져 건축물의 천장을 더욱 고급스럽게 장식할 수 있는 가장 보편적인 천장마감재라고 할 수 있다.

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 암면 천장마감재는 벽산과 케이씨씨가 암면 천장마감재 시장의 95%이상의 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상 업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 두 업체 모두를 선정하였다. 선정된 업체들은 국내 암면 천장마감재 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 업체로서 국내 암면 천장마감재 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

암면 천장마감재의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 191]과 같다.

[표 191] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 / 제품	암면 천장마감재
기능	건축용 천장마감재
기능단위	암면 천장마감재 1kg 생산
기준흐름	암면 천장마감재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 암면 천장마감재 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 용수의 사용용도는 원료배합 및 페인트 희석용으로서 사용 후 폐수로 발생되지 않으므로 폐수처리시설은 시스템 경계에 포함되지 않는다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 192]와 같다.

[표 192] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	암면, 강도보강제, 충진제, 발수제, 응집제, 수성페인트
	에너지	전기, LNG, B-C유
	보조물질	지하수
산출물	제품	암면 천장마감재
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 암면 천장마감재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 193]참조).

[표 193] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	암면 천장마감재 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

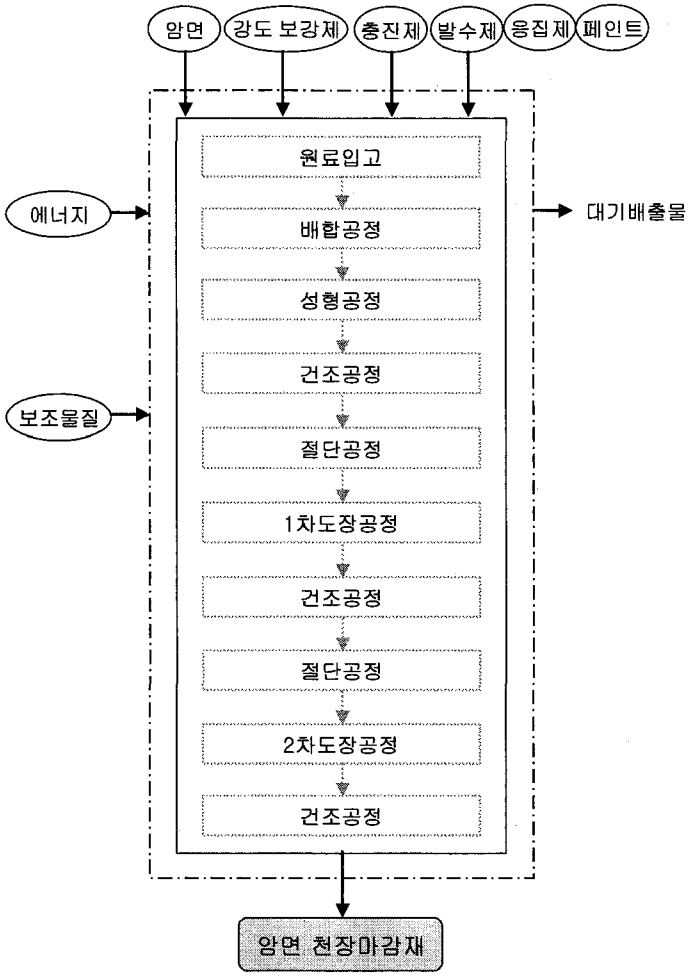
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 암면 천장마감재 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 74]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 암면 천장마감재 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 74]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 암면 천장마감재의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 암면 천장마감재 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. 암면 천장마감재는 주원료인

암면과 강도보강제, 충진제, 발수제, 응집제를 배합하여 판상모양으로 성형한 후 건조, 도장, 절단공정을 반복하여 제조된다.



[그림 74] 암면 천장마감재 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 194]와 같다.

[표 194] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	암면	○	국토해양부, 2007
	강도보강제	○	data gap
	충진제 1	○	ecoinvent, 2000
	충진제 2	○	환경부, 2003
	충진제 3	○	환경부, 2003
	발수제	×	data gap
	응집제	×	data gap
	수성 페인트	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2007
	B-C유	○	환경부(중유), 2003
수송	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003
	해양수송_컨테이너선	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 한편 LNG와 B-C유 사용에 따른 대기배출물 배출량은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

암면 천장마감재 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

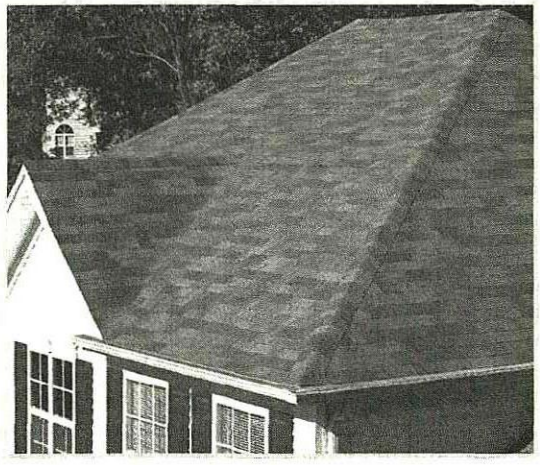
암면 천장마감재 LCI 데이터베이스 활용에 대한 특이사항은 없다.

제 43절 아스팔트 싱글(Asphalt Shingle)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

아스팔트 싱글은 지붕재로 사용되는 건축자재로써, 일반적으로 유리섬유에 아스팔트 등의 석유재를 도포하고, 표면 처리를 위해 미네랄 그래뉼(모래 등)을 접착하여 제조된다.



[그림 75] 아스팔트 싱글

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

아스팔트 싱글의 경우 95% 이상이 수입제품에 의존하고 있으며, 국내 생산분은 오웬스 코닝 1개사에서 시행하고 있으나, 데이터베이스 수집은 다음의 [표 195]와 같이 수입업체를 포함한 원일산업, 서부기업, 주신기업, 광스틸, 오웬스 코닝 5개 업체에 대해 수행하였다.

[표 195] 아스팔트 싱글 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
아스팔트 싱글	원일산업 서부기업 주신기업 광스틸 오웬스 코닝

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

아스팔트 싱글은 건설 현장에 따라 다양한 종류와 규격 제품이 다양하게 사용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵기 때문에 표준 크기(600mm×300mm)의 아스팔트 싱글 생산에 대한 데이터를 기준으로 삼았다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 196]과 같다.

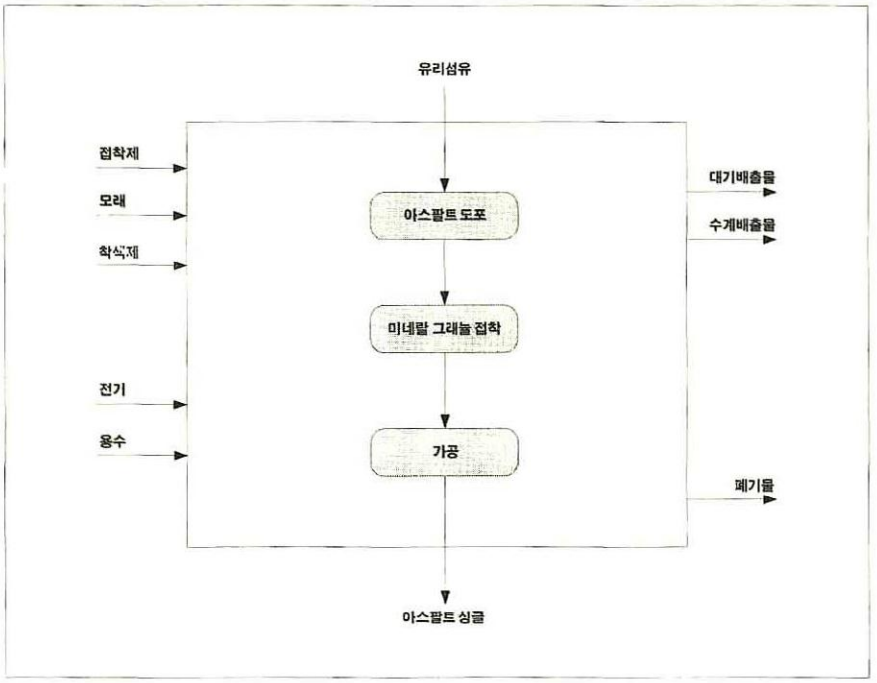
[표 196] 아스팔트 싱글 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	아스팔트 싱글
기 능	건축물의 지붕재로 사용되는 아스팔트 싱글
기능단위	표준 크기(600mm×300mm) 아스팔트 싱글 1개 생산
기준흐름	표준 크기(600mm×300mm) 아스팔트 싱글 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

아스팔트 싱글의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 76]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 76] 아스팔트 싱글 - 공정 흐름도

① 아스팔트 도포

유로폼의 틀이 되는 기초 원자재인 철골류를 절단하고, 시공에 필요한 각종 구멍 을 천공

② 미네랄 그래뉼 접착

가공이 완료된 원자재와 보강재를 용접하여 접합, 유로폼의 틀을 완성

③ 가공

공사 현장의 요구에 따라 도색 처리 등을 도입

(3) 데이터 범주

아스팔트 싱글의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 197]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 197] 아스팔트 싱글 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	유리섬유, 아스팔트, 미네랄 그래뉼
	에너지	전기, 용수
	보조물질	접착제, 페인트
산출물	제품	아스팔트 싱글
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

아스팔트 싱글의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 198]과 같다.

[표 198] 아스팔트 싱글 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 표준 크기(600mm×300mm)의 아스팔트 싱글 생산에 대한 데이터를 기준으로 삼았다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 갱폼의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "아스팔트 싱글 생산 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 199]와 같다.

[표 199] 아스팔트 싱글 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	유리섬유	○	GaBi SW, 1996
	아스팔트	○	GaBi SW, 1996
	미네랄 그래뉼(모래로 대체)	○	국토해양부, 2006
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
보조물질	접착제	×	data gap
	페인트	○	환경부, 2003
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.2%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 부산물인 염산에 대한 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 표준 크기(600mm×300mm)의 아스팔트 싱글 생산에 대한 데이터를 기준으로 삼은 데이터베이스이므로, 데이터베이스 적용 시 다른 제품을 사용할 경우 넓이를 고려하여 비례식 등을 적용하여야 할 것이다.

제 44절 PVC 벽지(PVC wallpaper)

1. 일반정보

가. 제품정보

벽지는 벽을 보호하거나 외풍을 막는 기능적인 면 뿐만 아니라, 인간의 미적 감정의 발달로서 아름답게 꾸미려는 장식적 기능이 담겨있는 건축자재이다. 벽지의 근원을 보면 병풍이나 벽화, 액자 등의 벽걸이로부터 시작되어 실내장식에서 벽의 장식형태로 많이 사용되고 있다. 이러한 벽지는 현재 [표 200]과 같이 소재에 따라 다양한 종류의 벽지로 분류되어 생산되고 있고, 현재 국내 벽지시장의 시장 점유율은 PVC 벽지가 56%, 종이벽지가 40%, 기타벽지가 4%를 나타내고 있다. 특히, PVC 벽지는 벽면 covering 및 내마모성, 내오염성, 디자인 측면에서 타 벽지에 비해 우수함에 따라 일반 가정주택, 호텔, 상점 등에서 선호되는 건축자재로 평가받고 있다.

[표 200] 벽지 - 벽지의 분류

종류		설명
종이 벽지	일반종이	종이에 인쇄를 하는 일반적인 방법 외에도 표면에 요철을 넣어 천, 모래, 나뭇결 등의 무늬를 표현한 엠보싱벽지 등이 있다.
	코팅(합지 엠보지)	
	지사	
	특수 종이	
비닐 벽지 (PVC)	비닐 실크	플라스틱으로 코팅한 벽지 외에 순수한 비닐로만 이루어진 벽지로 구분된다.
	발포	
	케미칼(타일 벽지)	
섬유 벽지	직물	천벽지, 직물벽지라고도 하며, 실을 이용해 뽑아낸 벽지를 일컫는 것으로서, 소재로는 견, 모, 면, 마 등의 천연섬유와 레이온, 나일론, 아크릴 등의 합성섬유가 쓰인다.
	스트링	
	부직포	
초경 (草徑) 벽지	갈포	갈포벽지가 주종을 이루는, 우리나라 고유의 전통민속공예 벽지라 할 수 있다.
	완포	
	황마	
	아바카	
	기타(해초,죽순,..)	
목질계 벽지	콜크	나무의 재질을 이용하여 만든 벽지를 일컫는다.
	무늬목 벽지	
	목포(木布)	
무기질 벽지	질석	비닐벽지와 유사한 벽지로서 구별할 수 없을 정도로 비슷하다.
	금속박(metalic)	
	유리섬유	

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내에서 벽지를 생산하는 업체는 26개 기업으로 6개정도의 전문기업과 20개정도의 중·소·영세기업이 있으며, 국내 벽지 시장의 규모는 약 3,500억 정도로 파악되고 있다. 대동벽지, DID 벽지, 서울벽지, 신한벽지, 우리산업, 코스모스벽지가 국내 벽지시장을 대표하는 전문기업으로서 국내 생산의 주를 이루고 있다. 기업별 참여 의사 표명에 따라 3개사(서울벽지, 신한벽지, 코스모스벽지)가 최종 선정되었으며, 이들 전문기업들 간의 2005년 PVC 벽지생산율(%)은 [표 201]과 같다.

[표 201] 벽지 - 벽지 생산현황

업체명	생산율 (%)
서울벽지	13.45
신한벽지	9.20
코스모스벽지	6.68
우리산업	10.41
대동벽지	30.13
DID벽지	30.13
합계	100.00

* 출처 :통계청 및 업체 별 보고(2005)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

벽지는 건축물의 벽 및 천장 등을 도배하는 용도가 주기능이므로 기능단위는 벽지 1m2 생산으로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 주요 기능 및 기능단위, 기준 흐름은 [표 202]와 같다.

[표 202] 벽지 - 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	PVC 벽지
기능	건축물의 벽, 천장등을 도배하는 건축자재
기능단위	벽지 1m2 생산
기준흐름	벽지 1m2

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 벽지 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 제품 생산과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 제품의 품질에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 포함하며 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 폐기물을 포함한다. 벽지에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 203]과 같다.

[표 203] 벽지 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료	PVC, 종이, 잉크류
	에너지	전기, LNG, LPG
	보조물질	지하수, 희석제, 충진제, 안정제, 발포제, 가소제
산출물	제품	PVC 벽지
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO, CO2, SOx, NOx, NMVOC
	수계배출물	-
	폐기물	폐지, 폐벽지

(4) 데이터 품질요건

벽지에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 204]와 같다.

[표 204] 벽지 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	벽지 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2005년
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

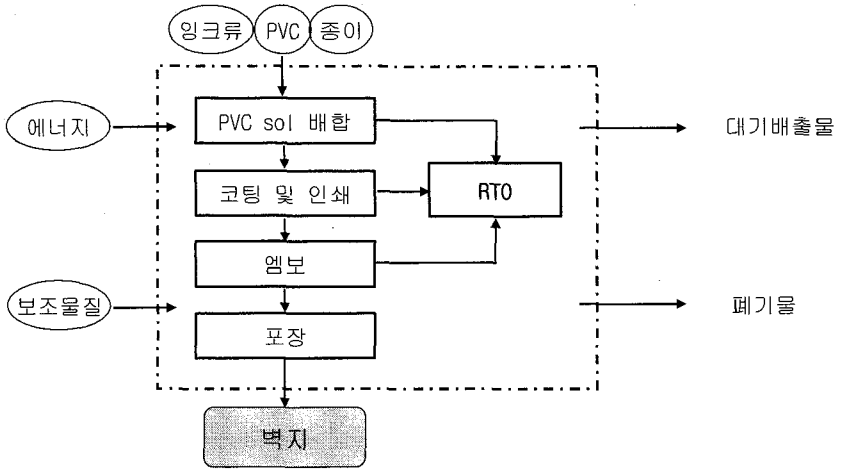
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- LPG의 발열량은 에너지이용합리화법 시행령 제2조규정에 의한 석유환산기준에 따라 1,200kcal/kg으로 적용하였다.
- 잉크와 졸(sol)의 세부적인 성분에 대해서는 MSDS 상의 조성을 이용하여 계산하였다.
- 각 공정별로 사용되는 압축공기에 대한 환경부하는 공기압축의 동력으로 사용되는 전기에너지 발전에 따른 부하를 적용하였다.
- 벽지 제조공정에서 발생되는 휘발성 유기화합물은 100% RTO에서 처리되는 것으로 가정하였다.
- 벽지제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.
- 벽지제조에 사용되는 지하수에 대한 환경부하는 지하수를 끌어올리기 위해 사용되는 전기 발전에 따른 환경부하만을 고려하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 공정흐름도는 현장데이터 수집단위인 PVC 벽지 제조공정으

로서 PCV sol 배합과 코팅 및 인쇄, 엠보, 포장, 환경설비로서의 RTO 공정을 기준으로 하여 [그림 77]과 같이 결정하였고 각 단위공정 별로 데이터를 수집하였다.



[그림 77] PVC 벽지 - 공정 흐름도

- PVC sol 배합: PVC paste resin과 가소제, 발포제 등의 첨가제를 넣어 혼합하여 PVC sol(벽지의 코팅에 사용)을 제조하는 공정
- 코팅 및 인쇄: 코팅 및 겔링, 발포, 인쇄공정이 모두 포함되는 공정(PVC sol을 원지위에 일정 두께로 도포하는 코팅 과정을 거친 후, PVC sol을 가열하여 첨가제들이 PVC에 완전히 침투하여 sol을 고상으로 변화시키는 과정이 일어난다. 다음으로 발포제를 분해하는 발포공정과 인쇄 공정으로 이뤄진다.)
- 엠보: 벽지표면에 입체적인 무늬를 표현하기 위해 열을 가한 후 요철을 가하는 공정
- 포장: 벽지의 완제품이 일정 길이로 지관에 형태로 포장하는 공정
- RTO: 축열식 연소장치(Regenerative Thermal Oxizer) 로서 악취 및 VOC 가스를 연소시키는 환경설비

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집

이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의 하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

벽지를 생산하는 제품 제조단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질, 제품, 대기/수계배출물, 폐기물은 측정치를 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 205]와 같다.

[표 205] 벽지 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	PVC (polyvinylchloride)	○	지식경제부, 2001
	종이	○	지식경제부, 2003
	잉크류	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2003
	LPG	○	IDEMAT, 1999
보조 물질	희석제	○	지식경제부, 환경부, eco-invent, IDEMAT, BUWAL (MSDS의 조성 적용)
	충진제		
	안정제		
	발포제		
	가소제		
폐기	폐지재활용	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였으며, 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질 별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다.

- 원지 사용량: [원지투입길이(m)/일]와 [벽지생산량(평)/일], 제품의 폭(m)를 이용하여 [불량률(%)/일] 을 산출하고, 이를 근거로 생산된 제품길이에 따른 불량률 가중치를 두어(가중평균 적용) 원지의 투입량을 계산한다. 또한 이와 같이 계산된 원지의 길이(m)와 제품의 폭(m), 원지의 평량(kg/m2)을 통해 중량단위로 계산하였다.
- Sol 사용량: 배합 sol의 사용량은 제품 에 포함된 sol 과 휘발된 sol, 재단된 부분에 포함된 sol의 무게의 합으로 계산하였다. 휘발된 sol 무게는 실험치를 적용하였다.

- 대기배출물: 벽지제조 공정중에서는 sol과 잉크, 접착제로부터 VOC가 발생한다. 발생된 VOC는 RTO(VOC 소각시설)에서 처리되어 CO2, dust, SOx, NOx 등과 함께 배출된다. 이러한 대기배출물은 방지시설에 관련하여 업체가 해당 관청에 보고하는 '대기 측정기록부'를 통해서 수집하였다.

(4) 할당

벽지제조공정을 대표 단위공정으로 세분화하였을 때 단위 공정별로 관리되고 있지 않은 물질들에 대해서는 할당이 필요하다. 할당이 필요한 물질은 전력사용량과 LNG 및 LNG 사용량, RTO 설비의 대기배출물이 있고 할당방법은 아래와 같다.

- 공정 별 전력사용량은 제조설비를 구성하고 있는 성분 기계들의 소비 전력을 기준으로 할당하였다.
- LNG 및 LPG 사용량은 대상 제품 별 사용량과 대상 제품 제조공정의 단위공정별 사용량으로 나뉜다. 전자의 경우는 생산량을 기준으로 할당하였고, 후자의 경우는 단위 공정을 구성하는 가스 버너의 용량을 기준으로 할당하였다.
- 대기배출물은 RTO로 투입되는 VOC의 양을 기준으로 할당하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 45절 경보행용 바닥재(Residential flooring)

1. 일반정보

가. 제품정보

바닥재는 실내의 바닥 표면을 아름답게 유지하고 보행의 편의성 제공 및 사람이 안전하고 쾌적한 생활을 유지할 수 있도록 건축물의 실내 바닥표면에 시공하는 최종 마감재를 의미한다. 이러한 바닥재는 사용 원료에 따라 [표 206]과 같이 크게 5가지로 분류된다. 그 중 합성수지 바닥재의 대표적인 PVC계 바닥재는 흔히 "장판" 혹은 "모노륨"으로 불렀던 폴리염화비닐(Polyvinly Chloride, PVC)소재의 바닥재로서 내마모성, 내수성, 내약품성이 뛰어나며 대량생산이 가능하여 기능성과 가격적인 면에서 현재 가장 보편적인 바닥재라고 할 수 있다.

PVC계 바닥재는 용도에 따라 경보행용과 중보행용으로 구분된다. 경보행용은 신발을 벗고 생활하는 장소인 안방, 침실, 거실등의 주택에서 사용되는 바닥재를, 중보행용은 신발을 신고 생활하는 공간인 사무실, 매장, 병원 등의 상업용 건물에 쓰이는 바닥재를 의미한다.

본 연구의 대상모듈인 경보행용 바닥재는 보행감 및 충격흡수 기능을 부여하기 위해 발포공법을 사용하여 발포층을 부여한 매우 우수한 바닥재로서 주택용 바닥재로 선호되는 건축자재이다.

[표 206] 사용원료에 따른 바닥재의 분류

구분	합성수지 바닥재	고무 바닥재	목제 바닥재	무기성 바닥재	섬유계 바닥재
주원료	합성수지	합성고무	원목, 합판, 목질재료	무기성 재료	직물, 부직포

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업

공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 PVC계 바닥재는 케이씨씨, 한화종합화학, LG화학이 PVC계 바닥재 시장의 95%이상의 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체를 선정하였다. 선정된 두 업체는 국내 PVC계 바닥재 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 업체로서 국내 PVC계 바닥재 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

경보행용 바닥재의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 207]과 같다.

[표 207] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	경보행용 바닥재
기능	건축물의 미관 및 보행성을 위해 실내 바닥표면에 시공하는 경보행용 최종 마감재
기능단위	경보행용 바닥재 1kg 생산
기준흐름	경보행용 바닥재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 경보행용 바닥재 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 공업용수의 사용용도는 냉각수로서 사용 후 폐수로 발생되지 않으므로 폐수처리시설은 시스템 경계에 포함되지 않는다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으

로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 208]과 같다.

[표 208] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	PVC, CaCO3, 가소제, 유리섬유, 안료, 발포제, 기타
	에너지	전기, LNG, B-C유
	보조물질	공업용수, 열매체유
산출물	제품	경보행용 바닥재
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	폐합성수지, 폐유

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 경보행용 바닥재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 209]참조).

[표 209] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	경보행용 바닥재 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

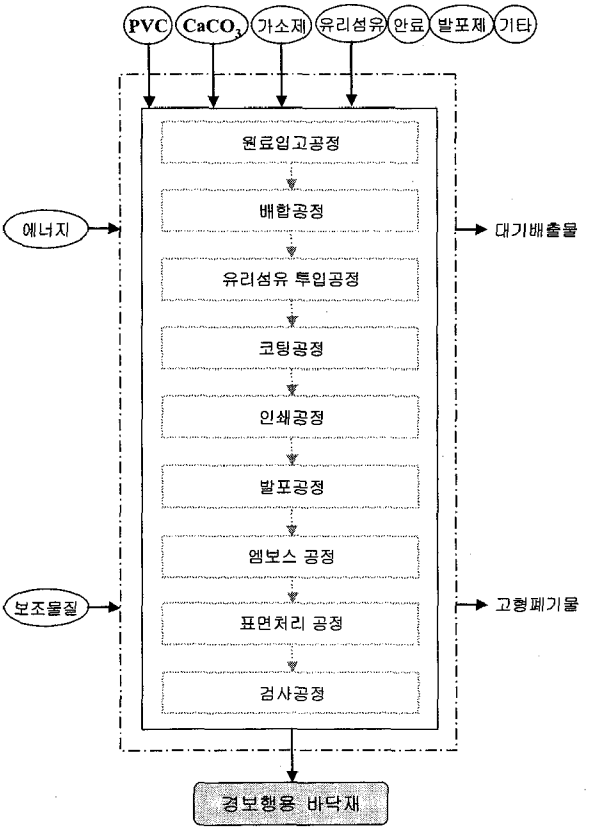
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.

- 원료물질 중 상위흐름 데이터베이스의 부재의 경우, MSDS 상의 세부적인 조성을 이용하여 일반데이터를 적용하였다.
- 경보행용 바닥재 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 78]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 경보행용 바닥재 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 78]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 경보행용 바닥재의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 경보행용 바닥재 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. 경보행용 바닥재는 배합한 원료로 유리섬유를 함침시키고 코팅, 인쇄, 발포, 엠보스, 표면처리공정을 거쳐 제조된다.



[그림 78] 경보행용 바닥재 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지, 보조물질 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 210]과 같다.

[표 210] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	PVC	○	지식경제부, 2001
	CaCO3	○	환경부, 2003
	가소제	×	data gap
	유리섬유	○	ecoinvent, 2000
	안료	○	환경부, 2003
	발포제	×	data gap
	기타	△	data gap 및 MSDS 조성 반영
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2007
	B-C유	○	환경부(중유), 2003
보조물질	공업용수	○	환경부(충청권), 2003
수송	열매체유	○	환경부(공정유), 2003
	23.1~25ton 공로	○	환경부, 20003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다. 한편 LNG와 B-C유 사용에 따른 대기배출물 배출량은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

경보행용 바닥재 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

경보행용 바닥재 LCI 데이터베이스는 주택용으로 주로 사용되는 발포층이 있는 PVC계 바닥재 LCI 데이터베이스이다.

제 46절 중보행용 바닥재(Commercial flooring)

1. 일반정보

가. 제품정보

바닥재는 실내의 바닥 표면을 아름답게 유지하고 보행의 편의성 제공 및 사람이 안전하고 쾌적한 생활을 유지할 수 있도록 건축물의 실내 바닥표면에 시공하는 최종 마감재를 의미한다. 이러한 바닥재는 사용 원료에 따라 [표 211]과 같이 크게 5가지로 분류된다. 그 중 합성수지 바닥재의 대표적인 PVC계 바닥재는 흔히 "장판" 혹은 "모노륨"으로 불렀던 폴리염화비닐(Polyvinly Chloride, PVC)소재의 바닥재로서 내마모성, 내수성, 내약품성이 뛰어나며 대량생산이 가능하여 기능성과 가격적인 면에서 현재 가장 보편적인 바닥재라고 할 수 있다.

PVC계 바닥재는 용도에 따라 경보행용과 중보행용으로 구분된다. 경보행용은 신발을 벗고 생활하는 장소인 안방, 침실, 거실등의 주택에서 사용되는 바닥재를, 중보행용은 신발을 신고 생활하는 공간인 사무실, 매장, 병원 등의 상업용 건물에 쓰이는 바닥재를 의미한다.

본 연구의 대상모듈인 중보행용 바닥재는 PVC칩을 산포하는 방법으로 제조되어 내마모성이 우수한 바닥재로서 상업용으로 선호되는 건축자재로 평가받고 있다.

[표 211] 사용원료에 따른 바닥재의 분류

구분	합성수지 바닥재	고무 바닥재	목제 바닥재	무기성 바닥재	섬유계 바닥재
주원료	합성수지	합성고무	원목, 합판, 목질재료	무기성 재료	직물, 부직포

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업

공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 PVC계 바닥재는 케이씨씨, 한화종합화학, LG화학이 PVC계 바닥재 시장의 95%이상의 점유율을 차지하는 대표 제조업체이다. 따라서 이 업체들을 데이터 수집 예상업체로 우선 선정한 후에 참여의사에 따라 두 업체를 선정하였다. 선정된 두 업체는 국내 PVC계 바닥재 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 업체로서 국내 PVC계 바닥재 제조업체들의 생산기술을 반영할 수 있는 대표업체로서 충분한 대표성이 있는 것으로 판단된다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

중보행용 바닥재의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 212]와 같다.

[표 212] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	중보행용 바닥재
기능	건축물의 미관 및 보생성을 위해 실내 바닥표면에 시공하는 중보행용 최종 마감재
기능단위	중보행용 바닥재 1kg 생산
기준흐름	중보행용 바닥재 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 중보행용 바닥재 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 공업용수의 사용용도는 냉각수로서 사용 후 폐수로 발생되지 않으므로 폐수처리시설은 시스템 경계에 포함되지 않는다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으

로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 213]과 같다.

[표 213] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	PVC, CaCO3, PVC 칩, 가소제, 유리섬유, 부직포, 기타부자재
	에너지	전기, LNG
	보조물질	공업용수, 열매체유, 윤활유
산출물	제품	중보행용 바닥재
	부산물	-
	대기배출물	먼지, CO2, CH4, N2O, NOx, CO, NMVOC, SOx
	수계배출물	-
	폐기물	폐합성수지, 폐유

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 중보행용 바닥재 제조공정에 대한 투입물데이터(원료물질, 에너지, 보조물질 사용량)와 산출물데이터(제품 생산량, 폐기물 및 대기배출물 배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지, 보조물질의 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 214]참조).

[표 214] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	중보행용 바닥재 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

(5) 가정 및 제한사항

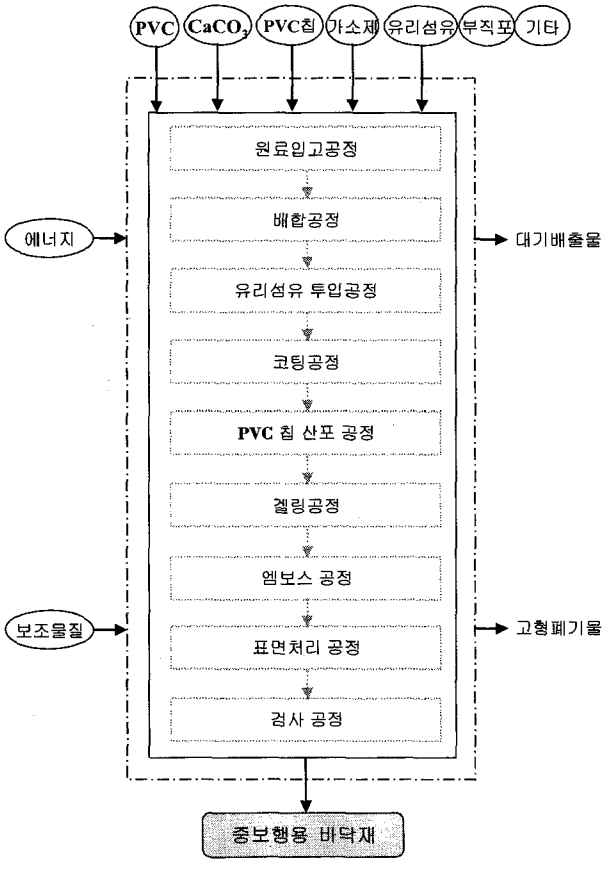
- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- 원료물질 중 상위흐름 데이터베이스의 부재의 경우, MSDS 상의 세부적인 조성을 이용하여 일반데이터를 적용하였다.

• 중보행용 바닥재 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 79]와 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 중보행용 바닥재 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 79]는 일반원칙에 따라 세로방향으로는 중보행용 바닥재의 주요 원료 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 중보행용 바닥재 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 대기배출물 등의 흐름을 표시하였다. 중보행용 바닥재는 배합한 원료로 유리섬유를 함침시키고 코팅, PVC 칩 산포, 겔링, 엠보스, 표면처리공정을 거쳐 제조된다.



[그림 79] 중보행용 바닥재 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2006년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지 및 유틸리티 사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지, 보조물질 등의 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 215]와 같다.

[표 215] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료 물질	PVC	○	지식경제부, 2001
	CaCO3	○	환경부, 2003
	PVC 칩	△	MSDS 조성 반영
	가소제	×	data gap
	유리섬유	○	ecoinvent, 2000
	부직포	×	data gap
	기타	△	data gap 또는 MSDS 조성 반영
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	LNG	○	환경부, 2007
보조 물질	공업용수	○	환경부(충청권), 2003
	열매체유	○	환경부(공정유), 2003
수송	3.6~5ton 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다. 각 공정들간의 내부순환 흐름에 대해서는 물질별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량만을 고려하여 해결하였다. 한편 LNG 사용에 따른 대기배출물 배출량은 일반원칙에 따라 IPCC 계산식을 적용하여 그 값을 산출하였다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

중보행용 바닥재 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

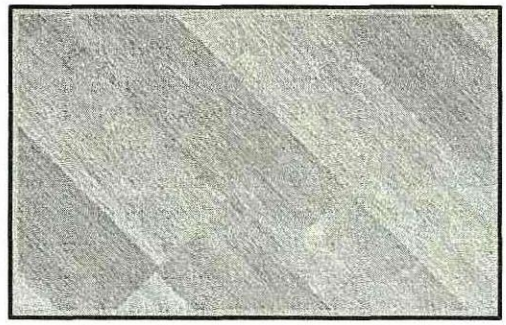
중보행용 바닥재 LCI 데이터베이스는 상업용으로 주로 사용되는 발포층이 없는 PVC계 바닥재 LCI 데이터베이스이다.

제 47절 MDF 바닥재(MDF Flooring)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

MDF란 중밀도섬유판(Medium-Density Fibreboard)의 약자로써, 연한 목재를 잘게 부수어 왁스나 레진을 접합재로 사용하여 압착하여 만든 합성목재판을 말한다. MDF 바닥재란 LPL(Low Pressure Laminates)과 다양한 무늬를 나타내기 위해 멜라민 수지가 함침된 모양지로 구성된 표층과, 고밀도 MDF(일반 MDF에 비해 밀도를 강화시킨 HDF)로 구성된 중층(바탕재층) 및 밑바닥에서부터 습기를 차단하기 위해 표층처럼 LPL로 라미네이트 처리를 한 하층부로 구성되어 있다.



[그림 80] MDF 바닥재

MDF 강화마루는 기존의 가구나 인테리어용으로 사용하던 파티클보드나 HDF 소재에 표면강화처리를 하여, 스크래치(긁힘)가 적어 오랜 기간 사용할 수 있고 유지관리가 편리하며, 또 합판마루처럼 기존의 바닥을 철거하지 않고 바로 시공이 가능한 장점이 있다. 단, 습기에 매우 민감하기 때문에 시공 시 습기 차단과 뒤틀림 방지를 위한 기술이 필요하며, 열전도율이 온돌마루에 비해 떨어지는 단점이 있다. 따라서 강화마루는 온돌마루와는 달리 매장용(상업용) 바닥재로도 사용되고 있다.

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베

이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

MDF 바닥재의 경우 이와 같은 대표성을 확보하기 위해 국내 MDF 바닥재 생산량의 대부분을 차지하고 있는 한솔홈데코 및 KCC로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. MDF 바닥재 또한 크기는 가로 1200~1300㎜, 세로 190~200㎜로 대부분 유사하지만, 제품의 외형을 결정하는 패턴의 종류나 표면층의 처리물질 등, 코어층의 재질 등에 따라 매우 다양한 제품들이 생산되어 사용되고 있다. 따라서 기능은 가장 일반적인 바닥재로서의 기능으로 설정하였으며, 기능단위는 가장 일반적으로 사용되는 규격인 1200㎜×190㎜×10㎜ 크기의 MDF 바닥재 1개 생산으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 1200㎜×190㎜×10㎜ 크기의 MDF 바닥재 1개가 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 216]과 같다.

[표 216] MDF 바닥재 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

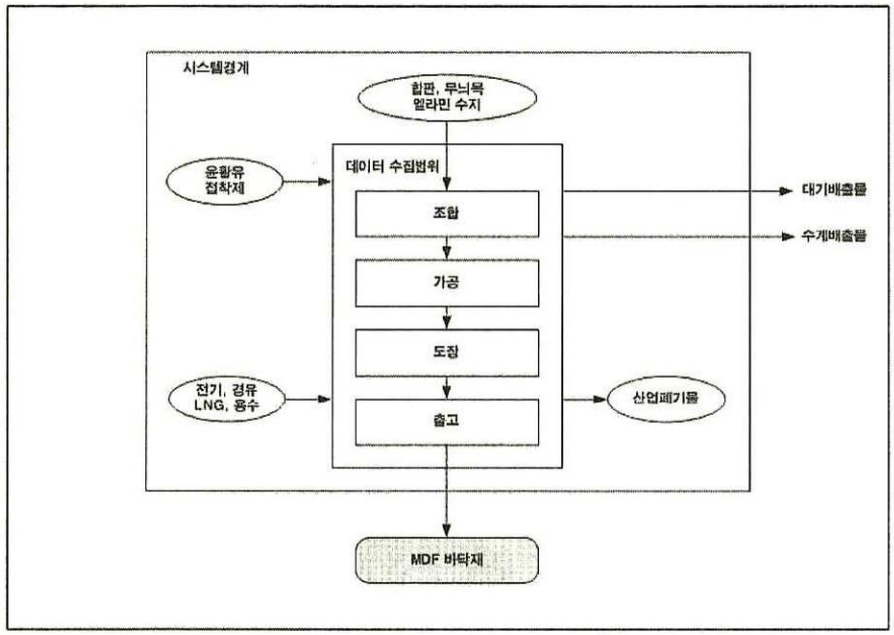
구 분	MDF 바닥재
기 능	건축물의 바닥재로 사용되는 MDF 바닥재
기능단위	MDF 바닥재(1200㎜×190㎜×10㎜) 1개 생산
기준흐름	MDF 바닥재(1200㎜×190㎜×10㎜) 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 MDF

바닥재의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

MDF 바닥재의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 81]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 81] MDF 바닥재 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 조합공정

원자재(내수합판, 천연무늬목)를 선별, 재단한 후 접착제를 도포하여 합판을 접착한 후, 프레스로 1차 압착, 열프레스로 2차 압착하여 상온에서 48시간 이상 적재함

② 가공공정

가공된 무늬목을 연마 가공하며, 변형을 줄이고 시공성을 높이기 위해 홈 가공을 함

③ 도장공정

가공이 끝난 제품의 상하부에 UV 코팅으로 라미네이트층을 코팅한 후 가열건조함

④ 출고공정

도장이 완료된 제품을 검사하고 적재, 출고함.

(3) 데이터 범주

MDF 바닥재의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 217]과 같

이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 217] MDF 바닥재 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	합판, 무늬목, 멜라민 수지
	에너지	전기, 경유, LNG, 용수
	보조물질	윤활유, 접착제
산출물	제품	MDF 바닥재
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

MDF 바닥재의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 218]과 같다.

[표 218] MDF 바닥재 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① MDF 바닥재 제품군은 그 규격과 재질, 모양 등에 따라 세부 제품들이 매우 다양하여 각 제품군별로 데이터를 습득하는 것이 현실적으로 불가능하므로, 가장 대표적인 형태와 규격의 제품(1200㎜×190㎜×10㎜ 크기) 하나를 대표제품으로 선정하여 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. MDF 바닥재의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "MDF 바닥재 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다. 데이터 수집 대상이 되는 공정들의 범위는 [그림 81]에 명시한 바와 같다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 219]와 같다.

[표 219] MDF 바닥재 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	합판	○	국토해양부, 2007
	무늬목(목재로 대체)	○	GaBi SW, 1996
	멜라민 수지	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	경유	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유	○	환경부, ????
	접착제	×	data gap
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	철도수송	○	지식경제부, 2000
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.2%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 데이터 요청 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

MDF 바닥재는 수요에 따라 여러 가지 규격과 재질로 제조되기 때문에, 기능단위로 설정한 대표제품에 대해 생산량(kg)을 기준으로 한 할당이 수행되었다. 가격이나 환경성에 의한 별도의 할당은 적용하지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

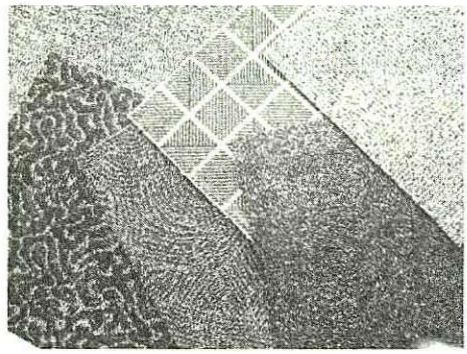
MDF 바닥재는 제품의 크기, 모양 및 재질 등에 따라 매우 다양한 제품들이 존재한다. 이 MDF 바닥재의 데이터베이스는 표준크기(1200㎜×190㎜×10㎜) 제품을 기준으로 작성되었으므로, 다른 형태의 제품에 적용할 경우 이를 감안하여 유사 데이터베이스로써 활용하여야 할 것이다.

제 48절 카펫 타일(Carpet Tiles)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

카펫타일은 카펫과 타일의 강점을 살려, 카펫의 쿠션감과 방음성의 특징을 최대한 유지하면서 취급 및 유지관리, 내습성 등 카펫의 취약점을 보완해 사각모양의 타일형으로 만든 제품이다. 카펫타일은 표면층과 바닥층의 구조로 이루어져 있다. 표면층은 PP(폴리프로필렌), 나일론, 코테라 등을 원사로 사용하고 있으며, 정전기 방지, 방염, 방오처리 등이 되어 있는 것이 대부분이다. 바닥층은 시공이 용이하고, 유지관리가 간편하며 습기에 잘 견딜 수 있도록, 유리섬유(Glass fiber)나 PVC를 적층하여 사각모양의 타일 형태로 제조된다. 카펫타일은 국내에서는 500㎜×500㎜의 크기가 많이 사용되고 있으며, 18인치, 20인치, 24인치, 36인치, 39인치의 카펫타일이 생산되기도 한다.



[그림 82] 카펫 타일

나. 참여기업 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

카펫타일은 그 종류와 재질이 매우 다양하기 때문에, 모든 제품을 포괄할 수 있는 데이터베이스를 구축하기는 어렵다. 따라서 가장 일반적인 나일론계 카펫타일을 위주로 하여 생산업체의 대표성을 확보하기 위해 KCC로부터 데이터 협조를 구했다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

대부분의 건축자재는 형태나 재질, 규격 및 그 성능이 매우 다양하기 때문에 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 카펫타일 또한 표면층의 원사 및 바닥층의 재질 등이 제품별로 모두 다르기 때문에, 이러한 특징을 모두 감안하여 제품별 기능을 설정하기가 어렵다. 따라서 기능은 가장 일반적인 바닥재의 기능으로 설정하였다. 기능단위는 나일론66 BCF(bulked continuous filaments)를 원사로 사용하고 유리섬유를 바닥재로 사용하는, 우리나라에서 가장 흔히 사용되고 있는 500㎜×500㎜ 크기의 카펫타일 1개 생산으로 하였으며, 이 카펫타일의 두께는 일반적으로 7㎜ 정도이므로 아래와 같이 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 표준크기(500㎜×500㎜×7㎜) 카펫타일 1개가 된다. 이렇게 설정된 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 표 59과 같다.

[표 220] 카펫타일 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	카펫타일
기 능	바닥재로 사용되는 카펫타일
기능단위	표준크기(500㎜×500㎜×7㎜) 카펫타일 1개 생산
기준흐름	표준크기(500㎜×500㎜×7㎜) 카펫타일 1개

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 카펫타일의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

카펫타일의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.

① 재료 파쇄 및 선별

화강석을 파쇄하여 석분을 제조하고, 크기별로 선별

② 재료 혼합

실리카 및 백색 포틀랜드 시멘트를 화강석 석분과 적정 비율로 혼합

③ 압축 성형

압축 프레스로 성형

④ 가공

성형된 인조대리석의 가장자리 및 표면에 광택처리 등 필요한 가공을 수행

(3) 데이터 범주

카펫타일의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 221]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 221] 카펫타일 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	나일론66(BCF), 유리섬유
	에너지	전기, 용수, LNG
	보조물질	접착제, 윤활유
산출물	제품	카펫타일
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	폐수
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

카펫타일의 데이터베이스 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 222]와 같다.

[표 222] 카펫타일 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 다양한 카펫타일 제품들 중 데이터베이스 구축의 대상인 제품군은 실리카 및 백색포틀랜드 시멘트와 화강석 석분을 주재료로 하는 실리카 인조대리석 제품이다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 인조대리석의 생산 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "인조대리석 생산 공정" 하나로 취합하여 수집하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 223]과 같다.

[표 223] 카펫타일 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	나일론66 BCF	×	환경부하 없음
	유리섬유	○	GaBi SW, 1996
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	용수	○	환경부, 2003
	LNG	○	환경부, 2003
보조물질	접착제	×	data gap
	윤활유	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 97.6%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물 중 경유 및 LNG 사용에 의한 것은 국가 데이터베이스의 경유 및 LNG 데이터를 각각 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 하나의 기업에 데이터를 요청하였므로 데이터 계산에는 수직법을 사용하였으며, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는 것은 물론이고, 정확한 총 생산량, 시스템 외부에서 투입되는 물질들과 관련된 수송거리, 할당 비율 등을 공개하지 않는다.

(4) 할당

카펫타일은 단일 생산라인에서 제조되며, 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 할당이 적용되지 않았다.

3. LCI 데이터베이스 활용

카펫타일 데이터베이스는 이 제품군에 해당하는 다양한 제품들 중 가장 일반적인 크기와 재료로 제조되는 하나의 제품을 선정하여 만들어진 것으로써, 나일론66 BCF를 표면재로 하고 유리섬유를 바닥재로 하는 표준크기(500㎜×500㎜×7㎜)의 제품을 기준으로 만들어진 데이터베이스이다. 따라서 제품의 규격이 다르거나 재료의 성분비가 다른 경우 이를 감안하여 데이터베이스를 활용하여야 할 것이다.

제 49절 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭

(Ready-mixed concrte transportation using concrete mixer truck)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

레미콘이란 모래(또는 자갈 일부 포함)와 시멘트 및 물을 용도에 따른 배합비율에 맞도록 미리 배합한 콘크리트(ready mixed concrete)를 뜻한다. 이 레미콘은 공기와 접촉할 경우 빠르게 응고현상이 진행되므로, 레미콘을 수송할 때는 응고현상이 일어나지 않도록 신속하게, 교반을 실시하면서 수송하는 것이 중요하다. 따라서 레미콘을 수송할 때는 공기와 접촉하지 않도록 밀폐된 운반용기 안에서 적절한 교반을 실시하며 운송할 수 있는 콘크리트 믹서 트럭을 이용하는 것이 일반적이다.

일반적인 콘크리트 믹서 트럭은 1회 운반에 6.0㎥의 레미콘을 운송할 수 있으며, 레미콘 배합 장소와 공사 현장까지의 거리가 25km 이내여야만 레미콘이 응고되지 않는다는 제약이 있다.

국토해양부에서 제시하는 "건설공사 표준품셈"에 의하면, 콘크리트 믹서 트럭의 시간당 운반량을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{60 \times W \times E}{Cm}$$

Q : 시간당 운반량(㎥/hr)

W : 적재용량(㎥)

E : 작업효율(0.95)

Cm : t1+t2+t3+t4(분)

t1 : 적입시간 $t1 = \frac{W}{q} \times Cmc$

t2 : 주행시간 $t2 = \frac{\text{운반거리}}{\text{적재시평균주행속도}} + \frac{\text{운반거리}}{\text{공차시평균주행속도}}$

t3 : 배출시간 슬럼프 4Cm 이하(3~4분), 슬럼프 5Cm 이상(2~3분)

※ 콘크리트 펌프와 조합작업 시는 10분 가산

t4 : 대기시간(5~10분)

나. 참여기업 정보

콘크리트 믹서 트럭을 이용하는 레미콘 수송은, 콘크리트플랜트의 위치, 공사 현장의 위치, 도로 사정 등 여러 가지 원인에 의해 매우 다양한 시나리오가 발생하게 된다. 따라서 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 임의의 레미콘 운송업체를 참여시켜 데이터를 수집하지 않고, 국가 표준인 "건설공사 표준품셈"의 수식에 다음과 같은 기준 시나리오를 대입시켜 데이터베이스를 구축하였다.

[표 224] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 기준 시나리오

기준 시나리오
○ 콘크리트 믹서 트럭 1회 운반량 : 6.0㎥
○ 콘크리트 믹서 트럭 1회 운반 시 사용 연료(경유)량 : 21.1ℓ
○ 편도 운반 거리 : 15km[17]
○ 평균 주행 속도 : 18.25km/hr[18]
→ 따라서, 평균 주행 속도 18.25km/hr의 속도로 레미콘 1.0㎥을 1km 운송할 경우(회차 포함), 사용되는 경유 양은 0.23ℓ 임

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

레미콘 수송의 기능 및 기능단위는 콘크리크 믹서 트럭을 이용하여 레미콘 1㎥을 1km 수송하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 레미콘 1㎥를 1km 수송하는 데 들어가는 투입물 및 발생하는 산출물이 되며, 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 225]와 같다.

17) 적정 운행 거리(적정거리: 15km 이내, 최대거리: 25km 이내)
18) (2006. 2 .2) 7대도시 평균 주행 속도, 국토해양부 통계자료(도심: 13.5km/hr, 외곽: 25km/hr)

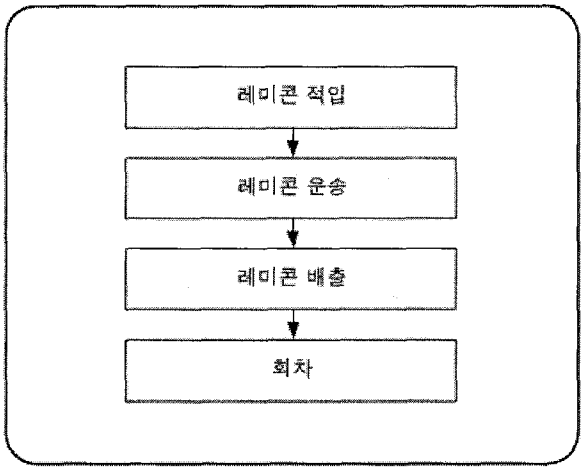
[표 225] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭
기 능	콘크리트 믹서 트럭을 이용한 레미콘 수송
기능단위	레미콘 1㎥ - 1km 수송
기준흐름	레미콘 1㎥ - 1km

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 레미콘을 적입하는 과정에서 레미콘을 배출하고 회차하는 과정을 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 즉, 배출한 레미콘이 사용 및 폐기되는 과정을 포함하지 않는다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

레미콘 수송 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 83]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 83] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 공정 흐름도

① 레미콘 적입

콘크리트 배합 플랜트에서 콘크리트 믹서 트럭에 레미콘을 적입하는 공정

② 레미콘 운송

콘크리트 믹서 트럭의 운행

③ 레미콘 배출

공사 현장에서 콘크리트 믹서 트럭이 레미콘을 배출하는 공정

④ 회차

공사 현장으로부터 콘크리트 배합 플랜트로의 운행

(3) 데이터 범주

레미콘 수송 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 226]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 226] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	윤활유(엔진오일)
산출물	제품	-
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐오일

(4) 데이터 품질요건

레미콘 수송의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 227]과 같다.

[표 227] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	-
지역적 범위	전세계	전세계	-
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	-

(5) 가정 및 제한사항

① 대기배출물의 양은 차량별로 차이가 있을 수 있으므로, 사용된 경유의 양을 국가 LCI DB의 경유 연소 데이터와 연결하여 대기배출물의 양을 계산해 내었다.
② 기타 가정사항은 "건설공사 표준품셈"에 따라 설정한 기준 시나리오를 참조

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 현장데이터와 관련된 모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 228]과 같다.

[표 228] 레미콘 수송 - 콘크리트 믹서 트럭 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유(엔진오일)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터의 물질수지(material balance)는 경유 사용량과 그에서 비롯된 대기배출물간의 물질수지이나, 이 물질수지는 기존의 국가 데이터베이스 중 경유 사용에 대한 데이터에서 이미 확인된 바이므로, 별도로 물질수지 확인을 하지 않는다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

레미콘 수송 데이터베이스를 구축하기 위해 수행된 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

레미콘 수송 데이터베이스는 국토해양부의 "건설공사 표준품셈"에 따라 구축하였으므로, 이 표준품셈에 변경사항이 있을 경우 이를 적용하여 업데이트하여야 한다. 또한 이 데이터베이스는 레미콘 1㎥를 1km 운송(회차 포함)하는 데 대한 데이터베이스이므로, 활용할 경우에는 레미콘 사용량(㎥)과 운송거리(콘크리트 배합 플랜트와 건설 현장간의 거리)를 곱하여 활용한다.

제 50절 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭

(Ready-mixed concrte transportation using 8t Dump truck)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

레미콘이란 모래(또는 자갈 일부 포함)와 시멘트 및 물을 용도에 따른 배합비율에 맞도록 미리 배합한 콘크리트(ready mixed concrete)를 뜻한다. 이 레미콘은 공기와 접촉할 경우 빠르게 응고현상이 진행되므로, 레미콘을 수송할 때는 응고현상이 일어나지 않도록 신속하게, 교반을 실시하면서 수송하는 것이 중요하다. 따라서 레미콘을 수송할 때는 공기와 접촉하지 않도록 밀폐된 운반용기 안에서 적절한 교반을 실시하며 운송할 수 있는 콘크리트 믹서 트럭을 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 콘크리트 포장 공사 등과 같이 작업물량이 많고 슬럼프치가 낮아 믹서트럭 운반이 부적합할 경우에는 덤프트럭으로 운반하는 경우가 있다.

일반적으로 덤프트럭의 종류는 차량 무게에 따라 8톤, 10.5톤, 15톤 덤프트럭으로 나눌 수 있으며, 각 덤프트럭의 콘크리트 적재량은 각각 3.3㎥, 4.4㎥, 6.0㎥이다. 덤프트럭으로 레미콘을 운반할 경우에는 콘크리트 믹서 트럭과는 달리 레미콘이 공기중에 노출되며, 별도의 교반작업이 수행되지 않으므로, 콘크리트 믹서 트럭보다 운송거리가 훨씬 짧아져, 최대 운송거리는 15km 이내, 적정거리는 10km 이내가 된다.

국토해양부에서 제시하는 "건설공사 표준품셈"에 의하면, 덤프트럭으로 운반할 경우의 시간당 운반량을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{60 \times W \times E}{Cm}$$

Q : 시간당 운반량(㎥/hr)
W : 적재용량(㎥)
E : 작업효율(0.95)
Cm : Cm1+Cm2
Cm1 : 1회 사이클의 주행시간(분)
Cm2 : 1회 사이클의 작업하역시간 및 대기시간의 합계(분)

나. 참여기업 정보

8톤 덤프트럭을 이용하는 레미콘 수송 또한, 콘크리트플랜트의 위치, 공사 현장의 위치, 도로 사정 등 여러 가지 원인에 의해 매우 다양한 시나리오가 발생하게 된다. 따라서 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 임의의 레미콘 운송업체를 참여시켜 데이터를 수집하지 않고, 국가 표준인 "건설공사 표준품셈"의 수식에 다음과 같은 기준 시나리오를 대입시켜 데이터베이스를 구축하였다.

[표 229] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 기준 시나리오

기준 시나리오
○ 8톤 덤프트럭 1회 운반량 : 3.3㎥
○ 8톤 덤프트럭 1회 운반 시 사용 연료(경유)량 : 12.4ℓ
○ 편도 운반 거리 : 10km[19]
○ 평균 주행 속도 : 18.25km/hr[20]
→ 따라서, 평균 주행 속도 18.25km/hr의 속도로 레미콘 1.0㎥을 1km 운송할 경우(회차 포함), 사용되는 경유 양은 0.38ℓ 임

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

레미콘 수송의 기능 및 기능단위는 8톤 덤프트럭을 이용하여 레미콘 1㎥을 1km 수송하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 레미콘 1㎥를 1km 수송하는 데 들어가는 투입물 및 발생하는 산출물이 되며, 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 230]과 같다.

19) 적정 운행 거리(적정거리: 10km 이내, 최대거리: 15km 이내)
20) (2006. 2 .2) 7대도시 평균 주행 속도, 국토해양부 통계자료(도심: 13.5km/hr, 외곽: 25km/hr)

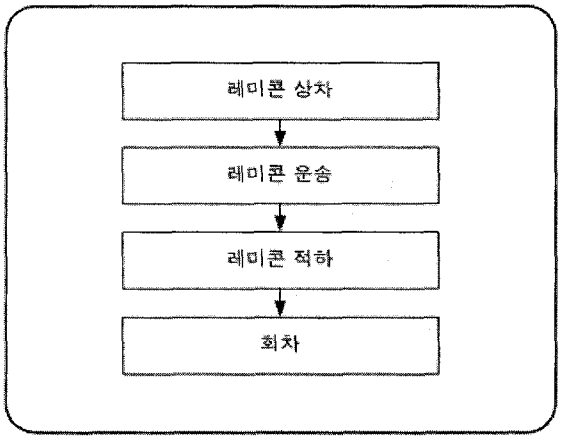
[표 230] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭
기 능	8톤 덤프트럭을 이용한 레미콘 수송
기능단위	레미콘 1㎥ - 1km 수송
기준흐름	레미콘 1㎥ - 1km

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 레미콘을 상차하는 과정에서 레미콘을 적하하고 회차하는 과정을 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 즉, 배출한 레미콘이 사용 및 폐기되는 과정을 포함하지 않는다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

레미콘 수송 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 84]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 84] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭
- 공정 흐름도

① 레미콘 상차

콘크리트 배합 플랜트에서 덤프트럭에 레미콘을 상차하는 공정

② 레미콘 운송

덤프트럭의 운행

③ 레미콘 적하

공사 현장에서 덤프트럭이 레미콘을 배출하는 공정

④ 회차

공사 현장으로부터 콘크리트 배합 플랜트로의 운행

(3) 데이터 범주

레미콘 수송 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 231]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 231] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	윤활유(엔진오일)
산출물	제품	-
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐오일

(4) 데이터 품질요건

레미콘 수송의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 232]과 같다.

[표 232] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	-
지역적 범위	전세계	전세계	-
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	-

(5) 가정 및 제한사항

① 대기배출물의 양은 차량별로 차이가 있을 수 있으므로, 사용된 경유의 양을 국가 LCI DB의 경유 연소 데이터와 연결하여 대기배출물의 양을 계산해 내었다.

② 기타 가정사항은 "건설공사 표준품셈"에 따라 설정한 기준 시나리오를 참조

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 현장데이터와 관련된 모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 233]과 같다.

[표 233] 레미콘 수송 - 8톤 덤프트럭 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유(엔진오일)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터의 물질수지(material balance)는 경유 사용량과 그에서 비롯된 대기배출물간의 물질수지이나, 이 물질수지는 기존의 국가 데이터베이스 중 경유 사용에 대한 데이터에서 이미 확인된 바이므로, 별도로 물질수지 확인을 하지 않는다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

레미콘 수송 데이터베이스를 구축하기 위해 수행된 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

레미콘 수송 데이터베이스는 국토해양부의 "건설공사 표준품셈"에 따라 구축하였으므로, 이 표준품셈에 변경사항이 있을 경우 이를 적용하여 업데이트하여야 한다. 또한 이 데이터베이스는 레미콘 1㎥를 1km 운송(회차 포함)하는 데 대한 데이터베이스이므로, 활용할 경우에는 레미콘 사용량(㎥)과 운송거리(콘크리트 배합 플랜트와 건설 현장간의 거리)를 곱하여 활용한다.

제 51절 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭

(Ready-mixed concrte transportation using 10.5t dump truck)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

레미콘이란 모래(또는 자갈 일부 포함)와 시멘트 및 물을 용도에 따른 배합비율에 맞도록 미리 배합한 콘크리트(ready mixed concrete)를 뜻한다. 이 레미콘은 공기와 접촉할 경우 빠르게 응고현상이 진행되므로, 레미콘을 수송할 때는 응고현상이 일어나지 않도록 신속하게, 교반을 실시하면서 수송하는 것이 중요하다. 따라서 레미콘을 수송할 때는 공기와 접촉하지 않도록 밀폐된 운반용기 안에서 적절한 교반을 실시하며 운송할 수 있는 콘크리트 믹서 트럭을 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 콘크리트 포장 공사 등과 같이 작업물량이 많고 슬럼프치가 낮아 믹서트럭 운반이 부적합할 경우에는 덤프트럭으로 운반하는 경우가 있다.

일반적으로 덤프트럭의 종류는 차량 무게에 따라 8톤, 10.5톤, 15톤 덤프트럭으로 나눌 수 있으며, 각 덤프트럭의 콘크리트 적재량은 각각 3.3㎥, 4.4㎥, 6.0㎥이다. 덤프트럭으로 레미콘을 운반할 경우에는 콘크리트 믹서 트럭과는 달리 레미콘이 공기 중에 노출되며, 별도의 교반작업이 수행되지 않으므로, 콘크리트 믹서 트럭보다 운송거리가 훨씬 짧아져, 최대 운송거리는 15km 이내, 적정거리는 10km 이내가 된다.

국토해양부에서 제시하는 "건설공사 표준품셈"에 의하면, 덤프트럭으로 운반할 경우의 시간당 운반량을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{60 \times W \times E}{Cm}$$

Q : 시간당 운반량(㎥/hr)
W : 적재용량(㎥)
E : 작업효율(0.95)
Cm : Cm1+Cm2
Cm1 : 1회 사이클의 주행시간(분)
Cm2 : 1회 사이클의 작업하역시간 및 대기시간의 합계(분)

나. 참여기업 정보

10.5톤 덤프트럭을 이용하는 레미콘 수송 또한, 콘크리트플랜트의 위치, 공사 현장의 위치, 도로 사정 등 여러 가지 원인에 의해 매우 다양한 시나리오가 발생하게 된다. 따라서 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 임의의 레미콘 운송업체를 참여시켜 데이터를 수집하지 않고, 국가 표준인 "건설공사 표준품셈"의 수식에 다음과 같은 기준 시나리오를 대입시켜 데이터베이스를 구축하였다.

[표 234] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 기준 시나리오

기준 시나리오
○ 10.5톤 덤프트럭 1회 운반량 : 4.4㎥
○ 10.5톤 덤프트럭 1회 운반 시 사용 연료(경유)량 : 18.8ℓ
○ 편도 운반 거리 : 10km[21]
○ 평균 주행 속도 : 18.25km/hr[22]
→ 따라서, 평균 주행 속도 18.25km/hr의 속도로 레미콘 1.0㎥을 1km 운송할 경우(회차 포함), 사용되는 경유 양은 0.43ℓ 임

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

레미콘 수송의 기능 및 기능단위는 10.5톤 덤프트럭을 이용하여 레미콘 1㎥을 1km 수송하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 레미콘 1㎥를 1km 수송하는 데 들어가는 투입물 및 발생하는 산출물이 되며, 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 235]와 같다.

21) 적정 운행 거리(적정거리: 10km 이내, 최대거리: 15km 이내)
22) (2006. 2 .2) 7대도시 평균 주행 속도, 국토해양부 통계자료(도심: 13.5km/hr, 외곽: 25km/hr)

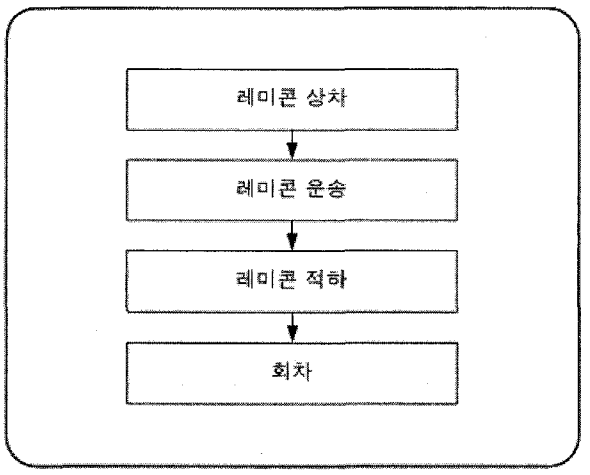
[표 235] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭
기 능	10.5톤 덤프트럭을 이용한 레미콘 수송
기능단위	레미콘 1㎥ - 1km 수송
기준흐름	레미콘 1㎥ - 1km

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 레미콘을 상차하는 과정에서 레미콘을 적하하고 회차하는 과정을 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 즉, 배출한 레미콘이 사용 및 폐기되는 과정을 포함하지 않는다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

레미콘 수송 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 85]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 85] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭
- 공정 흐름도

① 레미콘 상차

콘크리트 배합 플랜트에서 덤프트럭에 레미콘을 상차하는 공정

② 레미콘 운송

덤프트럭의 운행

③ 레미콘 적하

공사 현장에서 덤프트럭이 레미콘을 배출하는 공정

④ 회차

공사 현장으로부터 콘크리트 배합 플랜트로의 운행

(3) 데이터 범주

레미콘 수송 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 236]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 236] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	윤활유(엔진오일)
산출물	제품	-
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐오일

(4) 데이터 품질요건

레미콘 수송의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 237]과 같다.

[표 237] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	-
지역적 범위	전세계	전세계	-
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	-

(5) 가정 및 제한사항

① 대기배출물의 양은 차량별로 차이가 있을 수 있으므로, 사용된 경유의 양을 국가 LCI DB의 경유 연소 데이터와 연결하여 대기배출물의 양을 계산해 내었다.

② 기타 가정사항은 "건설공사 표준품셈"에 따라 설정한 기준 시나리오를 참조

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 현장데이터와 관련된 모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 238]과 같다.

[표 238] 레미콘 수송 - 10.5톤 덤프트럭 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유(엔진오일)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터의 물질수지(material balance)는 경유 사용량과 그에서 비롯된 대기배출물간의 물질수지이나, 이 물질수지는 기존의 국가 데이터베이스 중 경유 사용에 대한 데이터에서 이미 확인된 바이므로, 별도로 물질수지 확인을 하지 않는다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

레미콘 수송 데이터베이스를 구축하기 위해 수행된 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

레미콘 수송 데이터베이스는 국토해양부의 "건설공사 표준품셈"에 따라 구축하였으므로, 이 표준품셈에 변경사항이 있을 경우 이를 적용하여 업데이트하여야 한다. 또한 이 데이터베이스는 레미콘 1㎥를 1km 운송(회차 포함)하는 데 대한 데이터베이스이므로, 활용할 경우에는 레미콘 사용량(㎥)과 운송거리(콘크리트 배합 플랜트와 건설 현장간의 거리)를 곱하여 활용한다.

제 52절 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭

(Ready-mixed concrte transportation using 15t dump truck)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

레미콘이란 모래(또는 자갈 일부 포함)와 시멘트 및 물을 용도에 따른 배합비율에 맞도록 미리 배합한 콘크리트(ready mixed concrete)를 뜻한다. 이 레미콘은 공기와 접촉할 경우 빠르게 응고현상이 진행되므로, 레미콘을 수송할 때는 응고현상이 일어나지 않도록 신속하게, 교반을 실시하면서 수송하는 것이 중요하다. 따라서 레미콘을 수송할 때는 공기와 접촉하지 않도록 밀폐된 운반용기 안에서 적절한 교반을 실시하며 운송할 수 있는 콘크리트 믹서 트럭을 이용하는 것이 일반적이다. 그러나 콘크리트 포장 공사 등과 같이 작업물량이 많고 슬럼프치가 낮아 믹서트럭 운반이 부적합할 경우에는 덤프트럭으로 운반하는 경우가 있다.

일반적으로 덤프트럭의 종류는 차량 무게에 따라 8톤, 10.5톤, 15톤 덤프트럭으로 나눌 수 있으며, 각 덤프트럭의 콘크리트 적재량은 각각 3.3㎥, 4.4㎥, 6.0㎥이다. 덤프트럭으로 레미콘을 운반할 경우에는 콘크리트 믹서 트럭과는 달리 레미콘이 공기중에 노출되며, 별도의 교반작업이 수행되지 않으므로, 콘크리트 믹서 트럭보다 운송거리가 훨씬 짧아져, 최대 운송거리는 15km 이내, 적정거리는 10km 이내가 된다.

국토해양부에서 제시하는 "건설공사 표준품셈"에 의하면, 덤프트럭으로 운반할 경우의 시간당 운반량을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{60 \times W \times E}{Cm}$$

Q : 시간당 운반량(㎥/hr)

W : 적재용량(㎥)

E : 작업효율(0.95)

Cm : Cm1+Cm2

Cm1 : 1회 사이클의 주행시간(분)

Cm2 : 1회 사이클의 작업하역시간 및 대기시간의 합계(분)

나. 참여기업 정보

15톤 덤프트럭을 이용하는 레미콘 수송 또한, 콘크리트플랜트의 위치, 공사 현장의 위치, 도로 사정 등 여러 가지 원인에 의해 매우 다양한 시나리오가 발생하게 된다. 따라서 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 임의의 레미콘 운송업체를 참여시켜 데이터를 수집하지 않고, 국가 표준인 "건설공사 표준품셈"의 수식에 다음과 같은 기준 시나리오를 대입시켜 데이터베이스를 구축하였다.

[표 239] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 기준 시나리오

기준 시나리오
○ 15톤 덤프트럭 1회 운반량 : 6.0㎥
○ 15톤 덤프트럭 1회 운반 시 사용 연료(경유)량 : 21.1ℓ
○ 편도 운반 거리 : 10km[23]
○ 평균 주행 속도 : 18.25km/hr[24]
→ 따라서, 평균 주행 속도 18.25km/hr의 속도로 레미콘 1.0㎥을 1km 운송할 경우(회차 포함), 사용되는 경유 양은 0.35ℓ임

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

레미콘 수송의 기능 및 기능단위는 15톤 덤프트럭을 이용하여 레미콘 1㎥을 1km 수송하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 기준흐름은 레미콘 1㎥를 1km 수송하는 데 들어가는 투입물 및 발생하는 산출물이 되며, 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 240]과 같다.

23) 적정 운행 거리(적정거리: 10km 이내, 최대거리: 15km 이내)
24) (2006. 2 .2) 7대도시 평균 주행 속도, 국토해양부 통계자료(도심: 13.5km/hr, 외곽: 25km/hr)

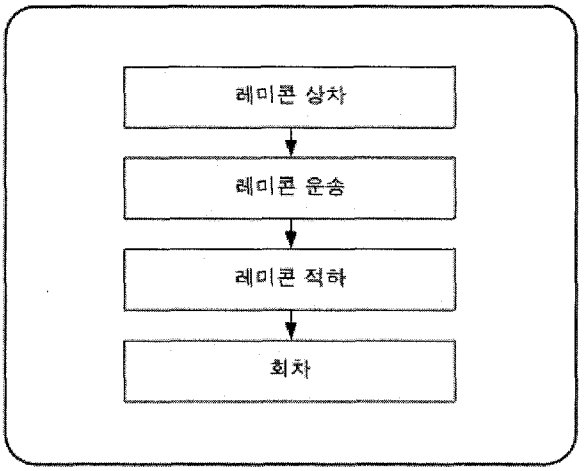
[표 240] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭
기 능	15톤 덤프트럭을 이용한 레미콘 수송
기능단위	레미콘 1㎥ - 1km 수송
기준흐름	레미콘 1㎥ - 1km

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 레미콘을 상차하는 과정에서 레미콘을 적하하고 회차하는 과정을 포함한 cradle to gate로 정의하였다. 즉, 배출한 레미콘이 사용 및 폐기되는 과정을 포함하지 않는다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

레미콘 수송 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 86]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 86] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭
- 공정 흐름도

① 레미콘 상차

콘크리트 배합 플랜트에서 덤프트럭에 레미콘을 상차하는 공정

② 레미콘 운송

덤프트럭의 운행

③ 레미콘 적하

공사 현장에서 덤프트럭이 레미콘을 배출하는 공정

④ 회차

공사 현장으로부터 콘크리트 배합 플랜트로의 운행

(3) 데이터 범주

레미콘 수송 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 241]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 241] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	윤활유(엔진오일)
산출물	제품	-
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	폐오일

(4) 데이터 품질요건

레미콘 수송의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 242]와 같다.

[표 242] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	-
지역적 범위	전세계	전세계	-
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	-

(5) 가정 및 제한사항

① 대기배출물의 양은 차량별로 차이가 있을 수 있으므로, 사용된 경유의 양을 국가 LCI DB의 경유 연소 데이터와 연결하여 대기배출물의 양을 계산해 내었다.

② 기타 가정사항은 "건설공사 표준품셈"에 따라 설정한 기준 시나리오를 참조

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 현장데이터와 관련된 모든 데이터는 "건설공사 표준품셈"에서 취득하였으므로, 따로 수집한 데이터는 없다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 243]과 같다.

[표 243] 레미콘 수송 - 15톤 덤프트럭 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003
보조물질	윤활유(엔진오일)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터의 물질수지(material balance)는 경유 사용량과 그에서 비롯된 대기배출물간의 물질수지이나, 이 물질수지는 기존의 국가 데이터베이스 중 경유 사용에 대한 데이터에서 이미 확인된 바이므로, 별도로 물질수지 확인을 하지 않는다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

(4) 할당

레미콘 수송 데이터베이스를 구축하기 위해 수행된 할당은 없다.

3. LCI 데이터베이스 활용

레미콘 수송 데이터베이스는 국토해양부의 "건설공사 표준품셈"에 따라 구축하였으므로, 이 표준품셈에 변경사항이 있을 경우 이를 적용하여 업데이트하여야 한다. 또한 이 데이터베이스는 레미콘 1㎥를 1km 운송(회차 포함)하는 데 대한 데이터베이스이므로, 활용할 경우에는 레미콘 사용량(㎥)과 운송거리(콘크리트 배합 플랜트와 건설 현장간의 거리)를 곱하여 활용한다.

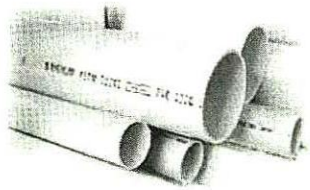
제 53절 폴리염화비닐 관(Polyvinyl chloride pipe)

1. 일반정보

가. 제품정보

본 제품은 염화 비닐 수지에 열안정제 및 안료등의 부원료를 첨가하여 혼합한 후 압출성형기에 의해 가열 성형하여 제조된 관으로서 상하수도용, 공업용, 전선용, 배수·배기용, 가스도관용, 광산용, 농업용, 온천용, 염전용 등으로 사용되고 있다. 사용되는 부원료들은 폴리염화비닐 관(이하 PVC 관이라고 한다.)에 필요한 성질들을 갖추도록 한다. PVC 관은 금속관에 비해 가볍고 무독·무취이며 유량이 크다. 또한 내식성, 내약품성, 내유성이 우수하며 관의 마찰저항이 적고, 전기 절연성이 크며 열전도율이 낮아 쉽게 동결되지 않는다. 그러나 고온 및 저온에서 강도가 떨어지고 충격에 대하여 약하며, 열팽창률이 크다. 또한 화재시 소각 또는 폐기하는 경우 인체에 유해한 염산가스를 발생하는 단점이 있다.

본 연구의 대상모듈은 상·하수도용 PVC 관이다.



[그림 87] PVC 관

나. 참여기업 정보

대표성과 관련하여 연구 참여기업 선정은 전체 연구결과의 신뢰도를 높이는 중요한 요인이 될 수 있다. 그러므로 국내의 상황을 충분히 반영할 수 있도록 기업이 선정되어야한다. 이에 따라 본 연구에서는 국내 생산기업의 생산능력 및 각 기업 공정의 기술적인 특징 등을 조사하고, 이를 토대로 데이터 수집에 참여 할 기업을 선정하였다.

국내 유리면 판은 약 50개 중소기업에서 생산되고 있고, 공정의 기술적 특징이 유사하다. 따라서 유리면 판의 연구개발 및 생산에 있어 선두적인 3개 업체를 선정하여 기술적 대표성을 확보하였다.

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

PVC 관의 기능 및 기능단위, 기준흐름은 아래 [표 244]와 같다.

[표 244] 기능 및 기능단위, 기준흐름

구분 \ 제품	PVC 관
기능	건축물 상·하수도용 관
기능단위	PVC 관 1kg 생산
기준흐름	PVC 관 1kg

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용단계를 제외한 원료 채취에서부터 PVC 관 제조단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 전과정평가시 포함되어질 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 일반원칙에 따라 원료물질, 에너지, 보조물질, 제품, 부산물, 대기·수계배출물, 폐기물로 구분하였다. 각 데이터범주별로 수집 할 투입물과 산출물 목록은 [표 245]와 같다.

[표 245] 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	PVC 레진, CaCO3, 안정제, 기타
	에너지	전기
	보조물질	냉각수
산출물	제품	PVC 관
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

데이터는 크게 현장데이터와 공개된 일반데이터(국가 및 외국 LCI 데이터베이스)로 구분된다. 유리면 판 제조공정에 대한 투입물 데이터(원료물질, 에너지 사용량)와 산출물 데이터(제품 생산량, 폐기물배출량)는 현장데이터를 수집하였으며, 각 원료물질 및 에너지 생산과 관련된 상위흐름은 일반데이터를 적용하였다([표 246]참조).

[표 246] 데이터 품질요건

	상·하위흐름 단계	수송단계	PVC 관 제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2007년
지역적 범위	대한민국, 외국	대한민국	대한민국

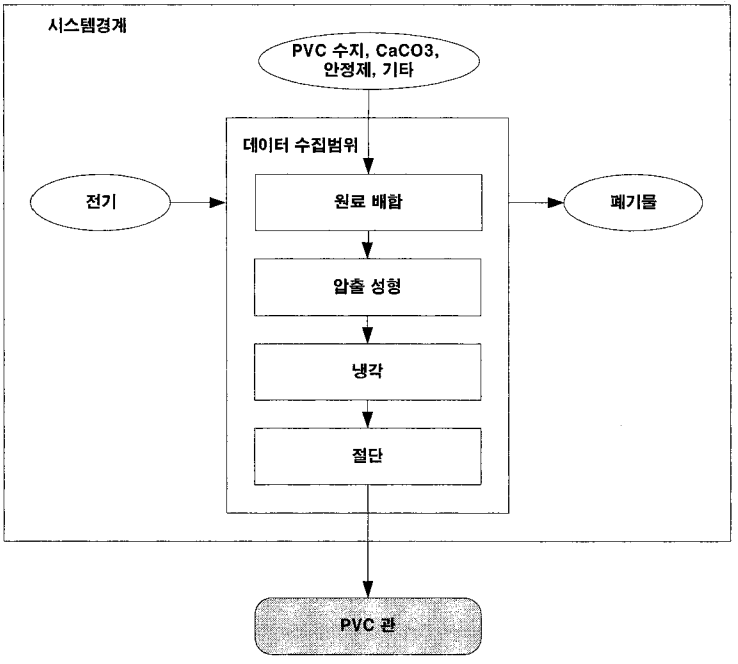
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송 단계의 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하거나 data gap으로 처리하였다.
- PVC 관 제조를 위해 구축된 설비에 따른 환경부하는 고려하지 않았다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

본 연구에서는 [그림 88]과 같이 업체의 데이터 관리 수준을 고려하여 유리면 판 제조공정으로 단위공정을 결정하고, 단위공정으로 투입되고 산출되는 상위흐름과 하위흐름을 표현하였다. [그림 88]은 일반원칙에 따라 세로방향으로는 유리면 판의 원료물질 및 생산되는 제품에 대한 흐름인 주요 흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향의 흐름에는 유리면 판 제조공정으로 투입되는 에너지, 보조물질 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. PVC 관은 원료투입, 배합, 압출성형, 냉각 및 절단공정을 거쳐 제조된다.



[그림 88] PVC관 제조 공정흐름도

(2) 데이터 수집

설문서와 현장방문을 통하여 연간 현장데이터(2007년)를 수집하였다. 수집된 데이터는 업체가 관리하는 원단위 데이터이며, 사업장 전체로 통합 관리되는 에너지사용량 데이터는 업체 별 관리되고 있는 분배기준을 적용하여 데이터를 수집하였다.

원료물질 및 에너지 생산에 대한 상위흐름은 일반데이터를 적용하였으며, 그 출처는 [표 247]과 같다.

[표 247] 데이터 출처

구분	물질명	상위흐름 연결여부	DB 출처
원료물질	PVC 레진	○	지식경제부, 2001
	CaCO3	○	지식경제부, 2003
	안정제	×	data gap
	기타	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
수송	3.5~5ton 트럭	○	환경부, 2003
	23.1~25ton 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여는 물질수지를 통한 검증을 수행하였으며, 별도의 에너지 수지에 의한 검증은 하지 않았다.

기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따랐으며, 업체별 데이터의 합산방법은 수직법을 사용하였다.

(4) 할당

PVC 관 제조공정은 다중 투입/산출물 공정이 아니므로 이에 대한 할당이 발생하지 않는다.

3. LCI 데이터베이스 활용

PVC 관 전과정 목록 데이터베이스는 PVC 관 1kg 기준으로 작성된 데이터베이스이므로 대상 PVC 관의 단위 길이 당 질량(kg/m)을 우선적으로 파악하여 적용하여야 한다.

제 54절 형강 시공(Construction process of steel sections)

1. 일반정보

가. 개요

KS에 의해 정해져 있는 형강은 1,000~1,200℃로 가열해 압연하고, 롤형을 통해 완성한 구조용의 연강압연재이다. 일반용압연강(SS재)과 용접성을 향상시키기 위해 망간의 함유량을 증가시틴 용접용압연강(SM재)으로 나뉜다. 모양으로 분류하면 등변형강, 부등변형강, I형강, T형강, H형강, Z형강 등으로 분류된다. 고층건축의 기둥, 보에는 H형강, I형강이 단일재로 사용되고, ㄱ자형강, ㄷ자형강 등이 조립재로 이용된다. 상온에서 압연하여 성형시킨 두께 6mm 이하의 형강을 경량형강이라고 한다. 단면이 얇으며, 주택용 경량철골 건축이나 간막이벽의 골격으로 사용된다. 형상에 따라 경량ㄷ형강(C형강), 경량 T형강, 경량 I형강, 햇(hat)형강, 리브형강, 리브제트형강 등이 있다.

형강시공은 형강의 사용목적에 따라 건설 현장에서 여러 가지공법에 사용된다. 차수목적과 동시에 구조체로 이용할 수 있는 공법과 차수를 위한 가시설 공법, 약액주입 등에 의하여 지반을 개량하여 차수시키는 공법으로 대변할 수 있는 차수공법에도 형강이 시공된다. 차수공법에는 주입공법, 지하연속벽시공법, 주열식 공법, 토류벽 콘크리트공법, 쉬트파일공법이 있다. 이 중에서 주열식 공법은 rotary boring거나 rock auger, benoto, R.C.D 장비등으로 ψ400m/m~1,500m/m 정도의 크기로 지반내에 천공하여 철이나 H-beam 등 보강재를 삽입하고 콘크리트나 몰타르를 타설하여 개개의 파일을 조성한 후 이를 연속적으로 축조하여 주열식의 연속벽을 설치하는 공법이다. 이 공법은 지층조건 및 시공장비에 따라 다소의 제약을 받으며 시공심도는 대략 25m 이내이고 개개 파일의 수직정도는 1/100~1/200 정도이며 응력재에 따라 강성은 큰 편이나 오버랩 시공상의 문제점을 안고 있기 때문에 그라우팅 등의 보조공법이 필요하다.

나. 시공회사 정보

형강시공에 대한 데이터는 [표 248]과 같이 지하철 9호선 913공구 건설공사의 시공정보를 조사하여 수집하였다.

[표 248] 형강시공 - 조사 대상 공사 정보

구분		내용
공사명		지하철 9호선 913공구 건설공사
위치		서초구 반포동 세화여중고교 앞 ~ 서초구 반포동 서울고속버스터미널(입)출구앞
공사규모	총연장	L=1,780m
	본 선	L=1,407.50m (터널 781.90m, 개착 625.60m)
	정거장(2개소)	L= 372.50m
	출입구	7 개소
	환기구	7 개소
	환승통로설치	2 개소
시공사		쌍용건설(주), (주)화인종합건설
책임감리		(주)건화엔지니어링, (주)한구엔지니어링

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

형강시공은 용도에 따라 적용공법이 달라진다. 본 연구에서는 차수공법의 주열식 공법을 사용하여 형강시공을 수행할 때를 기준으로 하여 기능단위 10m×10m×10m (가로×세로×깊이) 공간의 형강시공으로 설정하였다. 본 연구에서 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 [표 249]와 같다.

[표 249] 형강시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

시공 / 구분	형강시공
기능	차수 및 구조체로 이용할 수 있는 가시설
기능단위	10m×10m×10m 공간의 형강시공(주열식 공법)
기준흐름	형강시공 10m×10m×10m

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 형강 원료 채취에서부터 형강시공단계까지를 포함하여 정의하였다. 형강시공과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 형강시공에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 포함하며 산출물은 시공, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물을 포함한다. 형강시공에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 250]과 같다.

[표 250] 형강시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료	H-Beam, 형강, 볼트, 케이싱튜브, 철판, 용접봉
	에너지	전기, 경유
	보조물질	산소, 아세틸렌,
산출물	시공	형강시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

형강시공에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 251]과 같다.

[표 251] 형강시공 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	형강시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데어터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국

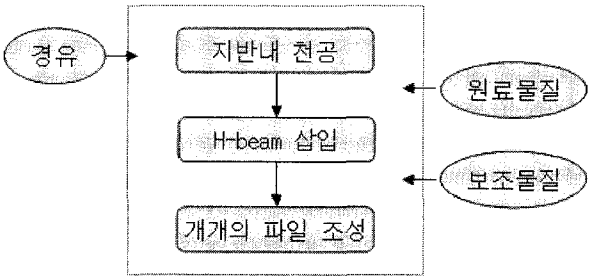
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송단계이 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하여 data gap으로 처리하였다.
- 건설자재와 장비를 이용하여 시공하는 단계이기 때문에 시공단계에서 발생하는 대기 및 수계에 등에 대한 배출물은 고려하지 않았다.
- 시공 시 투입되는 장비자체의 환경부하는 고려하지 않고, 장비 사용을 위한 에너지 사용의 환경부하만 고려하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 시공흐름도는 현장데이터 수집단위인 주열식 공법의 형강시공으로 지반내 천공, H-beam 삽입, 개개의 파일 조성의 순으로 [그림 89]와 같이 시공과정을 결정하였다.



[그림 89] 형강시공 - 공정 흐름도

- 지반 내 천공 : 천공기를 이용하여 일정한 크기로 지반 내에 천공하여 철이나 H-beam 등 보강제를 삽입할 수 있도록 함
- H-beam 삽입 : 천공된 지반 내에 H-beam 삽입
- 개개의 파일 조성 : 위 과정을 반복하여 지반 내 공간을 확보

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

형강을 시공하는 단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질은 측정치를 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물에 대한 데이터 출처는 [표 252]와 같다.

[표 252] 형강시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	형강	○	지식경제부, 2002
	볼트	×	data gap
	철판	○	환경부, 2000
	용접봉	×	data gap
에너지	전기	○	지식경제부, 1999
	경유	○	지식경제부, 2001
보조 물질	산소	○	환경부, 2001
	아세틸렌	○	Gabi, 1997

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따르며, 합산방법은 수직법을 사용하였다.

- 지하시설의 구조물 설치를 위하여 형강시공을 하는 경우 깊이와 면적에 따라 형강의 종류와 양이 달라진다. 형강시공에 대한 공간개념의 기능단위를 고려하기 위하여 가로×세로×깊이에 맞추어 자재 및 에너지 사용량을 산출하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 55절 레미콘 시공
(Construction Process Using Ready-Mixed Concrete)

1. 일반정보

가. 개요

콘크리트는 건축물의 용도, 기능, 사용되는 부위를 고려하여 계획적으로 배합시킨다. 콘크리트는 수화 반응에 의해 경화하기 때문에 기온에 의해 수화반응이 영향을 받고, 고온인 경우에는 경화가 빨라진다고 할 수 있지만, 동시에 고온에서는 수분의 증발도 빠르기 때문에 수분을 보급하지 않으면 강도 있는 콘크리트를 시공할 수 없다. 일반적으로 건축물은 실외에서 시공이 이루어지므로 상기와 같이 기후에 의해 영향을 받는 일이 많다. 또 콘크리트의 특징으로서 소정의 강도가 나오기까지 시간이 걸리기 때문에, 그 사이에는 물을 뿌려 수분을 보충하는 등의 적절한 조치가 필요하다. 이것을 양생이라 한다. 즉, 콘크리트의 시공은 재료개량, 혼합, 운반, 타설, 다짐, 마무리, 양생의 과정을 거치게 된다.

콘크리트 운반은 콘크리트의 품질이 변화하지 않도록 소요 타설장소까지 운반하는 일로서 운반자, 버킷(bucket) 콘크리트 펌프, 콘크리트 플레이서(concrete placer), 벨트 컨베이어, 손수레, 트롤리차(trolley car), 슈트(chute)등의 운반기구가 있다.

버킷공법은 크레인 등에 의해 버킷을 달아 올려 운반차 또는 믹서로부터 배출되는 콘크리트를 버킷을 받아서 직접 타설 장소까지 운반하는 방법으로 버킷에 콘크리트를 장시간 방치해 두면 그로 인해 블리딩이 많아지거나 슬럼프 저하가 되기 때문에 지체 없이 운반하여야 한다. 콘크리트 플레이서 공법은 터널 등의 좁은 장소에 콘크리트를 운반하는데 유리하다. 수송 중 콘크리트 슬럼프가 상당히 작아지는 경우에 대비하여 단위 시멘트 페이스트량을 크게 한 콘크리트를 사용한다. 슈트 공법은 짧은 슈트를 사용하여 콘크리트를 흘리든지 낙하시키는 방법으로 철제 또는 플렉시블 호스에 의한 것이 많다. 벨트 컨베이어 공법은 벨트 컨베이어에 콘크리트를 실어서 운반하는 방법으로 필요에 따라 일광의 직사 비바람을 막기 위해 컨베이어에 커버를 씌우기도 한다. 콘크리트 펌프는 10~15cm관의 가는 파이프에 의해 수평 500m, 수직 50m까지 운반이 가능하다. 적당한 조합과 관리만 하면 운반

중에 재료분리를 최대한 줄일 수 있다.

콘크리트 타설은 기초, 1층, 2층, 3층의 순서로 각 층마다 타설한다. 1층 콘크리트 치기는 1층의 기둥, 벽, 계단, 2층의 바닥슬래브를 타설하기 때문에 콘크리트 부어넣기 준비는 2층 바닥에서 실시한다. 콘크리트 타설에는 타설 작업 이외에 거푸집의 수직, 수평, 기울기 등을 점검하고, 필요한 경우 철근이 헐겁다거나 상부근이 내려앉은 철근을 수정한다. 또 보강콘크리트블록 별이 되는 위치에 꽂이철근의 작업을 수행한다.

나. 시공회사 정보

생활공간인 주거환경의 건설 사업에 대한 현황을 살펴보면 [표 253]과 같이 건설주택 수 중 아파트가 단연 많은 비중을 차지하는 것을 볼 수 있다. 본 연구와 관련하여 건설주택수중 가장 많은 비중을 차지하는 아파트를 대상으로 콘크리트 시공에 대하여 조사하였다.

[표 253] 주택 건설 현황

년도	건설주택수	단독	아파트	연립	다세대
2001	529,854	49,454	267,401	8,592	204,407
2002	666,541	53,323	384,692	7,963	220,563
2003	585,382	42,173	468,763	6,265	68,181
2004	463,800	34,237	404,878	3,697	20,988

· 단위: 호 · 자료출처 : 국토해양부 주택건설실적통계

시공회사 및 대상아파트에 대한 정보는 다음과 같다.

- 시공회사 : 금호건설
- 건축물 : 32평형 아파트

2. LCI 데어터베이스 구축

가. 범위정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

콘크리트 시공은 건축물의 구조 형성을 위하여 수행된다. 본 연구에서는 32평형 아파트에 있어서 콘크리트 시공을 수행할 때를 기준으로 하여 기능단위는 1평 콘크리트 시공으로 설정하였다. 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 [표 254]와 같다.

[표 254] 레미콘시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구분 \ 시공	형강시공
기능	건축물의 구조 형성
기능단위	1평 콘크리트 시공(아파트 기준)
기준흐름	1평 콘크리트 시공

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 콘크리트 원료 채취에서부터 콘크리트 시공단계까지를 포함하여 정의하였다. 콘크리트 시공과정에서 투입물에 대한 질량 및 에너지, 환경관련성에 대한 추가적인 고려를 하지 않고 콘크리트 시공에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터를 포함하였다.

(3) 데이터 범주

데이터 범주는 투입물과 산출물에 대해 정의하는 것으로서 투입물은 원료물질, 보조물질, 에너지를 포함하며 산출물은 시공, 부산물, 대기배출물, 수계배출물, 폐기물을 포함한다. 콘크리트 시공에 대한 LCI 데이터베이스의 구축을 위해 수립해야 할 데이터 범주는 [표 255]와 같다.

[표 255] 레미콘시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료	유로폼, 합판, 각재, 파이프, 레미콘, 철근
	에너지	전기, 경유
산출물	시공	콘크리트 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	레미콘 잔재, 철근 고철, 폐목재

(4) 데이터 품질요건

콘크리트 시공에 대한 LCI 데이터베이스 구축에 필요한 데이터 품질요건은 [표 256]과 같다.

[표 256] 레미콘시공 - 데이터 품질요건

	상위/하위흐름 단계	수송단계	콘크리트 시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내 데이터	최근 10년 이내 데이터	2006년
지역적 범위	전 세계	전 세계	대한민국

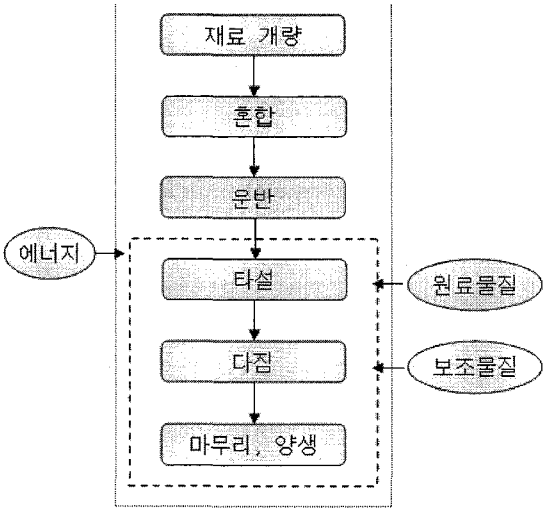
(5) 가정 및 제한사항

- 상위/하위흐름 단계 및 수송단계이 시간적 범위가 최근 10년 이내 데이터로 정의하였지만, 10년 이내 데이터의 부재 시에는 가장 최신의 데이터를 사용하였으며, 데이터 부재 시에는 유사 데이터를 사용하여 data gap으로 처리하였다.
- 건설자재와 장비를 이용하여 시공하는 단계이기 때문에 시공단계에서 발생하는 대기 및 수계에 등에 대한 배출물은 고려하지 않았다.
- 콘크리트 타설시 사용되는 펌프카의 경우 붐 36m와 붐 43m 사용을 고려하였으며, 1일 8시간 사용시 각각 360L(붐 36m), 430L(붐 43m) 경유 사용을 기준 콘크리트 타설량을 고려하여 경유사용량을 산출하였다.
- 시공 과정에 투입되는 장비자체의 환경부하는 고려하지 않고, 장비 사용을 위한 에너지 사용의 환경부하만 고려하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터 수집을 위한 시공 흐름도는 현장데이터 수집단위인 콘크리트 시공을 기준으로 [그림 90]과 같이 결정하였다. 콘크리트의 시공은 재료개량, 혼합, 운반, 타설, 다짐, 마무리, 양생의 과정을 거치며, 시공현장에서는 혼합된 콘크리트를 운반해서 바로 타설로 들어가기 때문에 타설 이후의 과정부터 포함하여 데이터를 수집하였다.



[그림 90] 레미콘시공 - 공정 흐름도

- 재료 개량 : 콘크리트의 성질 개선, 부피의 증가, 공사비의 절감 등의 목적을 위하여 재료를 개량한다.
- 혼합 : 혼합시간, 압축강도, 슬럼프, 공기량과의 관계 등을 고려하여 를 고려하여 물, 시멘트, 모래, 자갈 등의 재료를 혼합한다.
- 운반 : 공장에서 배합을 완료하여 현장으로 운반하는 센트럴 믹스 콘크리트와 공장에서 어느 정도 비빈 것을 운반 도중에 완전히 비비는 슬링크 믹스 콘크리트, 그리고 공장에서는 재료만 계량 공급하고 운반시 일부 비비며 현장에서 완전히 비비는 트렌시트 믹스 콘크리트의 운반방식이 있다.
- 타설 : 콘크리트를 부어넣는 것으로 낮은 곳에서부터 기둥, 벽, 계단, 보, 바닥판의 순서로 부어나간다.
- 다짐 : 콘크리트의 밀실한 충전과 소요강도, 수밀성, 내구성 확보 그리고 재료분리와 곰보 방지를 위하여 진동기를 이용하여 실시한다.
- 마무리, 양생 : 마무리는 표면 결함을 막기 위하여 결함이 있는 부분을 제거하여 매끄럽게 마무리하고, 양생은 저습, 건조, 급격한 온도 변화 등으로 경화작용을 방해하거나 균열이 생기지 않도록 적당한 온도 하에서 습윤 상태를 유지하는 것을 말한다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌

데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다. 콘크리트를 시공하는 단계에 대해서는 현장 데이터를 사용하였으며, 그 상위 및 하위 공정의 기술계 흐름에 대해서는 문헌데이터를 사용하였다. 원료물질과 에너지, 보조물질은 측정치를 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물에 대한 데이터 출처는 [표 257]과 같다.

[표 257] 레미콘시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료 물질	유러폼	×	data gap
	천정용 합판(파티클 보드)	○	환경부, 1999
	각재	×	data gap
	4각 파이프	×	data gap
	레미콘	○	지식경제부, 2003
	철근	○	지식경제부, 2002
에너지	전기	○	지식경제부, 1999
	경유	○	지식경제부, 2001

(3) 데이터 검증 및 계산

물질수지, 유틸리티, 단위 등은 일반원칙을 따라 데이터를 검증하였다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 일반원칙을 따르며, 합산방법은 수직법을 사용하였다.

- 32평형 아파트를 대상으로 1평당 콘크리트 시공에 대한 기능단위를 고려하여 자재 및 에너지 사용량을 산출하였다.
- 콘크리트 시공 시 형틀유지를 위해 사용되는 자재의 경우 기준 단위가 '장', '개', '본' 등으로 구성되어 있으므로 데이터 사용을 위해 무게 단위로 환산하여 적용하였다.

3. LCI 데이터베이스 활용

특이사항 없음

제 56절 유로폼 시공

(Construction Process Using Euro Form Concrete)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

유로폼은 철제의 틀(프레임) 양쪽 면에 합판을 부착한 것으로, 콘크리트 시공 시 거푸집을 형성하는 정형화된 틀이다. 유로폼은 내부의 인코너 패널, 외부의 헌치 패널, 아웃코너 앵글 등으로 구성되며, 설치 시에는 파이프 후크(pipe hook), 웨지 핀(wedge pin), 플랫 타이(flat tie), 볼트 타이(bolt tie), 윙 너트(wing nut), 와셔(washer) 등의 부속 철물류를 사용하여 고정시킨다.

일반적으로 사용되고 있는 유로폼의 규격은 KS F 8006:2004 '강제틀 합판 거푸집'에 규정되어 있으며, 길이는 900mm, 1200mm, 1500mm, 1800mm로 정형화되어 있으며, 너비 200-600mm의 다양한 제품이 존재한다.

유로폼 시공공정을 자세하게 살펴보면 다음과 같은 순서로 이루어진다.

① 먹줄치기 및 LEVEL

이미 타설된 FLOOR콘크리트 타설후 양생되면 도면에 따라 먹줄치기를 한 후 LEVEL을 측정하고 그 치수를 기입한다.

② 철근 설치

FORM 설치전 철근 및 전기 배관을 1일전 선행 설치한다.

③ WALL FORM 설치

㉮ 도면에 따라 필요한 STEEL FORM을 준비한다.

㉯ 직선 WALL일 경우 어느 쪽부터 세워도 무난하며 CORNER일 경우는 CORNER(내부, 외부)를 세우고 PANEL을 LINE에 맞추어 세운후 조립핀으로 견고하게 조립하며, 그 간격은 보통 300-600㎜로 조립한다.

㉰ WALL의 양쪽을 같이 설치진행하며, 다음 PANEL을 세우고 FRAME에 있는 구멍으로 FLAT TIE를 끼우고 조립핀으로 체결한다.TIE의 간격은 하부

300㎜에서부터 간격은 보통 600㎜로 채우며 콘크리트 타설속도가 2m/hr이상일 경우, 또는 측압이 5000kg²/m 이상일 경우 TIE를 증가시켜 채운다.

㉮ 하단부 PANEL을 전 평면에 조립한 후 상단부도 하단부와 같은 순서대로 조립한다.

㉯ 조립된 PANEL의 수평과 수직을 정렬시키기 위하여 띠장용으로 Φ48.6 파이프의 길이는 수평용 6m, 수직용 2m를 사용한다.

㉰ PIPE CLAMP(수직, 수평)로 PANEL에 고정시킨다.

㉱ WALL 마감은 WALL END PANEL로 마감한다.

㉲ WALL에서 OPEN 부분은 세부 도면에 따른다.

④ 콘크리트 타설 및 양생

⑤ 해체(STRIPPING) / 기준 : WALL FORM 해체

㉮ 보통 조립의 역순이며 최초 수직 WALER를 해체한다.

㉯ WALL 하단부 PANEL 및 CORNER 해체.

㉰ WALL 상단부 PANEL 해체.

㉱ SIDE부의 PANEL은 마루까지 떨어지므로 파손과 안전을 위하여 적절한 조치를 한다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 유로폼 시공공정의 경우 다음 [표 258]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 258] 유로폼 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
유로폼 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

유로폼 시공공정은 건설 현장의 요구에 따라 다양하게 적용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 유로폼의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 유로폼 시공을 기능으로, 3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 유로폼 거푸집 시공을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 259]와 같다.

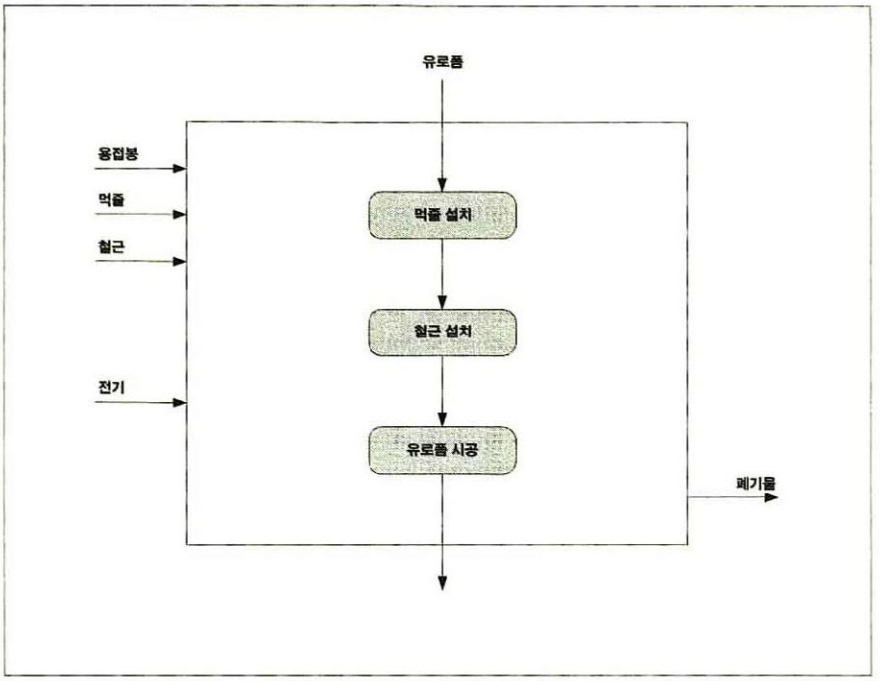
[표 259] 유로폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	유로폼 시공
기 능	콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 유로폼 시공
기능단위	3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 유로폼 거푸집 시공
기준흐름	3.3㎡ 콘크리트 시공

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

유로폼 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 91]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 91] 유로폼 시공 - 공정흐름도

① 먹줄 설치

이미 타설된 콘크리트 바닥에 유로폼을 시공하기 위한 기준으로써, 평활도 확보 작업과 함께 먹줄을 설치하는 과정

② 철근 설치

유로폼을 지지하기 위한 철근(전기 배관 등을 같이 시행)을 설치하는 과정

③ 유로폼 시공

wall form 및 유로폼을 설치하여, 이후의 콘크리트 타설 작업을 위한 거푸집을 완성하는 과정

(3) 데이터 범주

유로폼 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 260]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 260] 유로폼 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	유로폼, 철근
	에너지	전기
	보조물질	철제 부품, 먹줄
산출물	제품	유로폼 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

유로폼 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 261]과 같다.

[표 261] 유로폼 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 유로폼 시공공정의 기준을 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 거푸집 설치과정으로 하고 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 유로폼의 시공 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "유로폼 시공 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 262]와 같다.

[표 262] 유로폼 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	유로폼	○	지식경제부, 2000
	철근	○	환경부, 2003
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	철제 부품	×	data gap
	먹줄	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 98.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 유로폼 거푸집 설치과정에 대한 데이터베이스이므로, 건축물의 규격에 의해 비례식을 적용하여 사용하여야 한다.

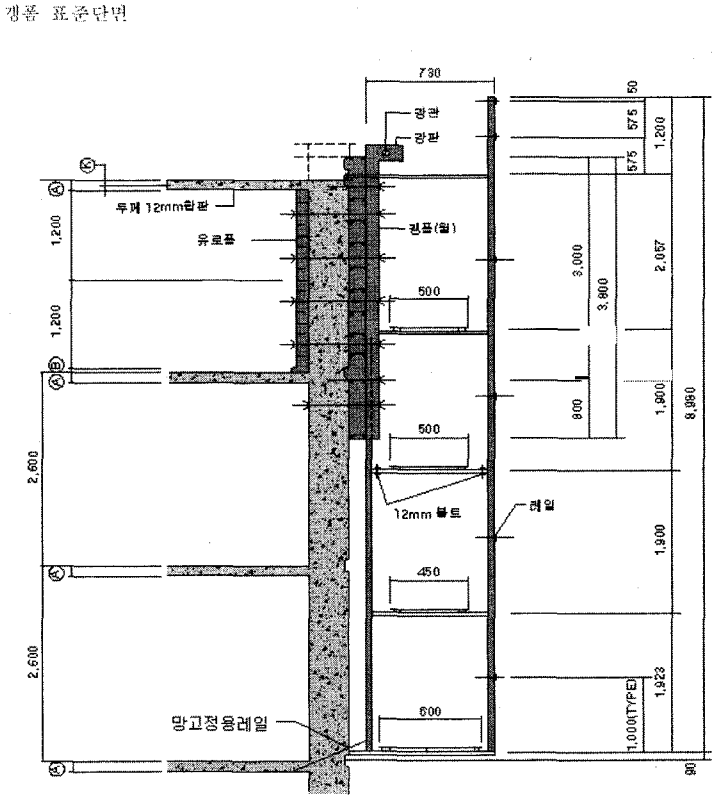
제 57절 갱폼 시공

(Construction Process Using Gang Form Concrete)

1. 일반 정보

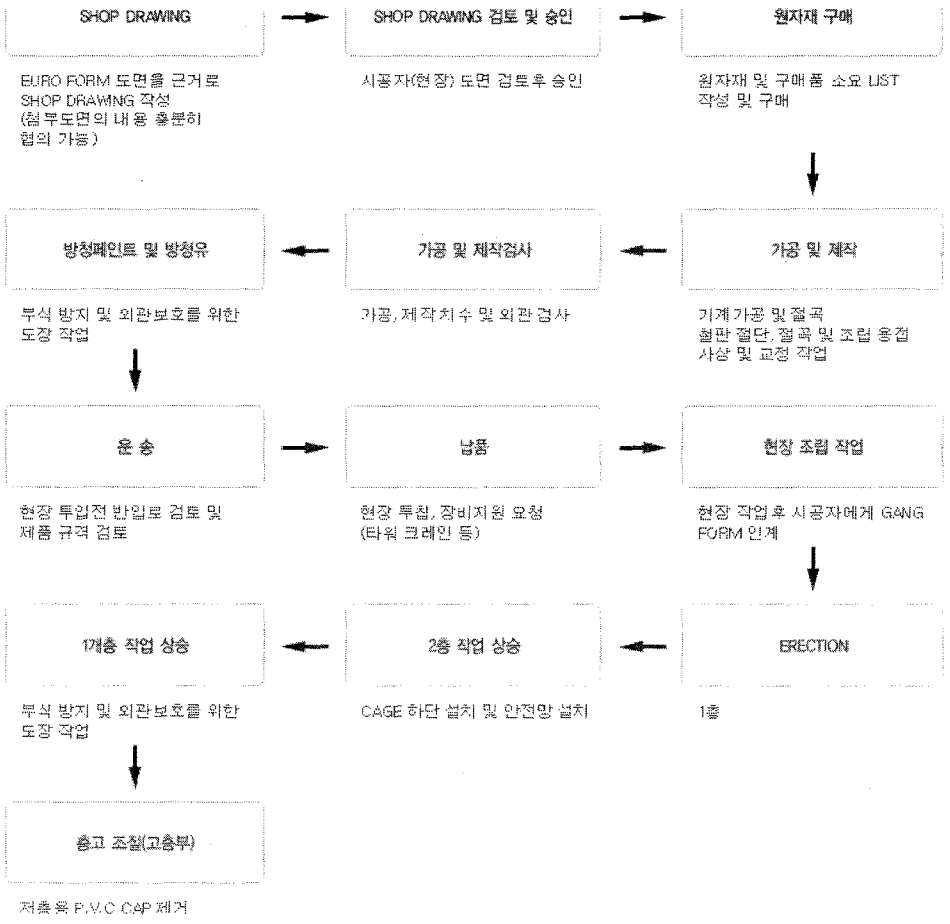
가. 제품 정보

갱폼은 콘크리트 시공 시 거푸집을 형성하는, 철재로 재단되어 조립될 수 있도록 가공되어 진 정형화된 틀이다. 갱폼은 거푸집과 케이지로 나누어져 각각 철판이나 환봉, 각파이프 등으로 구성되며, 제품의 규격은 별도로 정해지는 것이 아니라, 공사 현장의 요구에 따라 적절히 재단되어 제작되고 있으며, 다만 각 부품에 대한 요구사항은 KS D 규격에서 정하고 있다.



[그림 92] 갱폼 표준단면

갱폼 제조 및 시공공정을 자세하게 살펴보면 다음의 [그림 93]과 같다.



[그림 93] 갱폼 제조 및 시공공정

- 조 립

(1) ST'L PANEL 이 제작 납품 완료되어 도장된 상태에서 외관상 휨이나 변형이 없는 자재로 검수하여 설계도면에 의한 치수에 맞게 조립한다. 이때 허용오차는 ± 5㎜ 이내로 한다.

(2) 제작된 ST'L PANEL을 조립할 때 굴곡을 방지하기 위하여 C - CLAMP 또는 쐐기를 사용 완전 밀착시킨 상태에서 조립하여야 한다.

(3) GANG FORM 제작후 FORM TIE BOLT 고정용 수직부재는 내부 FORM 간격과 동일 한 위치에 부착하며 수직부재는 DOUBLE C-CHANEL로 하여 ST'L PANEL에 완전 밀착, 직선이 되도록 용접하여 고정한다.

(4) GANG FORM 상부에는 CRANE HOOK를 부착하여 달아 올릴 수 있도록 해야하며 이때 BAR ψ22㎜ SS41로 사용하여야 한다.

(5) GANG FORM 1 PIECE 3M이상 또는 2 PIECE 이상의 GANG FORM이 일직선으로 결합될 때 상부에 100 ×50 ×5 ×7.5(t) (WALER)를 부착시켜 FORM의 휨을 방지한다.

(6) 작업발판은 각 파이프 40㎜ ×40㎜를 사용하고 발판높이를 9.1M로 제작하여 발판 의 간격은 1,800㎜ - 2100㎜로 4등분하여 발판을 고정 시킨다.

(7) 작업발판을 FORM에 조립할 때는 FORM에 고정된 SOLDIER에 BOLT로 조립하여 조립과 해체, 이동, 보관이 용이하도록 한다.

(8) HAND RAIL은 상, 하부 6칸으로 나누어 각 파이프 20 ×40㎜를 발판용CAGE에 용접, 고정시켜 작업자의 안전을 유지시키도록 한다.

(9) 양 측벽 작업 발판에는 사다리를 제작하여 상.하로 오르내릴 수 있도록 용이하도록 제작 설치하여야 한다.

(10) GANG FORM과 GANG FORM이 교차하는 부위는 작업자의 안전을 고려하여 발판용 CAGE를 사선으로 처리하며 그 간격은 200 - 250을 유지하도록 한다.

- 설 치

(1) FORM 을 도면에 의한 부위별로 정확하게 설치하고 콘크리트 타설시 진동이나 충격에 움직이거나 이동하는 현상이 없도록 견고하게 조립하고 이때 FORM 상호 간 결속은 부속철물을 적절히 선정하여 결속용 BOLT나 CLIP 등을 사용하여 조립 부위에 응력이 약화 되지 않도록 정확하게 설치한다.

(2) 내부 FORM 과의 간격을 유지하기 위하여 폼타이 볼트를 사용하여 정확하게 설치한다.

(3) 교차부위 및 코너부위는 접합 부속철물을 사용하여 결속용 볼트류나 클립을사용하여 조립한다..

(4) 개구부에는 개구부용 부속철물을 사용하여 FORM 내부에 정확한 위치에 조립 한다.

(5) 작업용 발판은 고정볼트를 사용하여 FORM외부에 조립하고 한쪽 면은 사다리를 고정하고 다른 한쪽 면은 통로용 발판을 설치 후 뒷면과 측면에는 작업자가 안전하게 작업할 수 있도록 안전망을 설치하여야 한다.

(6) 설치 후 확인 및 검사

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 갱폼 시공공정의 경우 다음 [표 263]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 263] 갱폼 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
갱폼 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

갱폼 시공공정은 건설 현장의 요구에 따라 다양하게 시공되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 갱폼의 크기나 길이가 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 갱폼 시공을 기능으로, 3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 갱폼 거푸집 시공을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 264]와 같다.

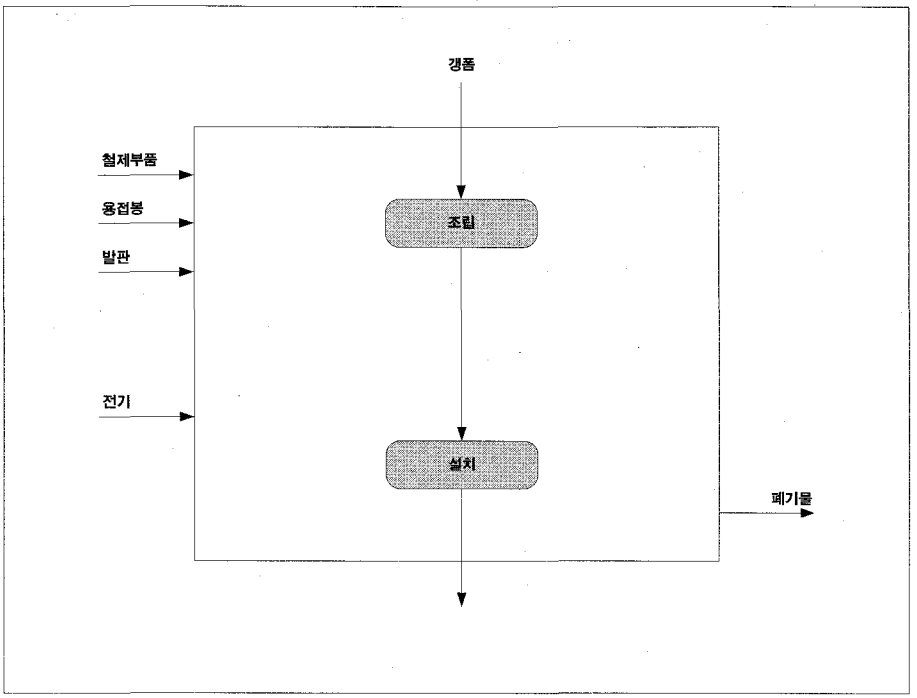
[표 264] 갱폼 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	갱폼 시공
기 능	콘크리트 타설용 거푸집으로 사용되는 갱폼 시공
기능단위	3.3㎡ 콘크리트 시공을 위한 갱폼 거푸집 시공
기준흐름	3.3㎡ 콘크리트 시공

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

갱폼 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 94]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 94] 갱폼 시공 - 공정 흐름도

① 조립

현장에 납품된 갱폼 부품을 이용하여 현장에서 조립하는 과정

② 설치

케이지 하단 설치 및 층별 조립을 통하여 갱폼을 설치하여, 콘크리트 타설을 위한 거푸집을 완성하는 과정

(3) 데이터 범주

갱폼 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 265]와

같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 265] 갱폼 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	갱폼
	에너지	전기
	보조물질	철제부품
산출물	제품	갱폼 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

갱폼 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 266]과 같다.

[표 266] 갱폼 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 갱폼 시공공정의 기준을 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 거푸집 설치과정으로 하고 데이터베이스를 구축하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이 터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 갱폼 시공공정 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "갱폼 시공공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 267]과 같다.

[표 267] 갱폼 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	갱폼	○	국토해양부, 2007
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
보조물질	철제부품	×	data gap
수송	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 94.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 3.3㎡ 콘크리트 시공을 기준으로 하는 벽면용 갱폼 거푸집 설치과정에 대한 데이터베이스이므로, 건축물의 규격에 의해 비례식을 적용하여 사용하여야 한다.

제 58절 경량기포 콘크리트 시공(Construction Process Using)

1. 일반 정보

가. 제품 정보

경량 기포 콘크리트란 시멘트와 물과 기포(거품의 일종)를 혼합하여 형성한 경량 콘크리트의 한 종류이다. 사용 용도로는 단열 목적과 토목 부분의 채움 목적으로 주로 활용되고 있다. 우리나라에서 현재 가장 많이 이용되고 있는 곳은 공동주택의 바닥 단열층으로 경량 기포 콘크리트가 타설되고 있다. 제조 과정에 따라서 기포 발생을 먼저 하여 시멘트, 물 등과 혼합하여 형성하는 선기포 방식(Pre-foaming type)과 시멘트, 물 등에 알루미늄 분말이나 아연 분말 등의 발포제를 혼합하여 소정의 시간이 경과한 후 화학반응에 의해 발생되는 가스에 의하여 기포가 형성되어 제조되는 후기포 방식(After-foaming type)으로 나뉘기도 한다.

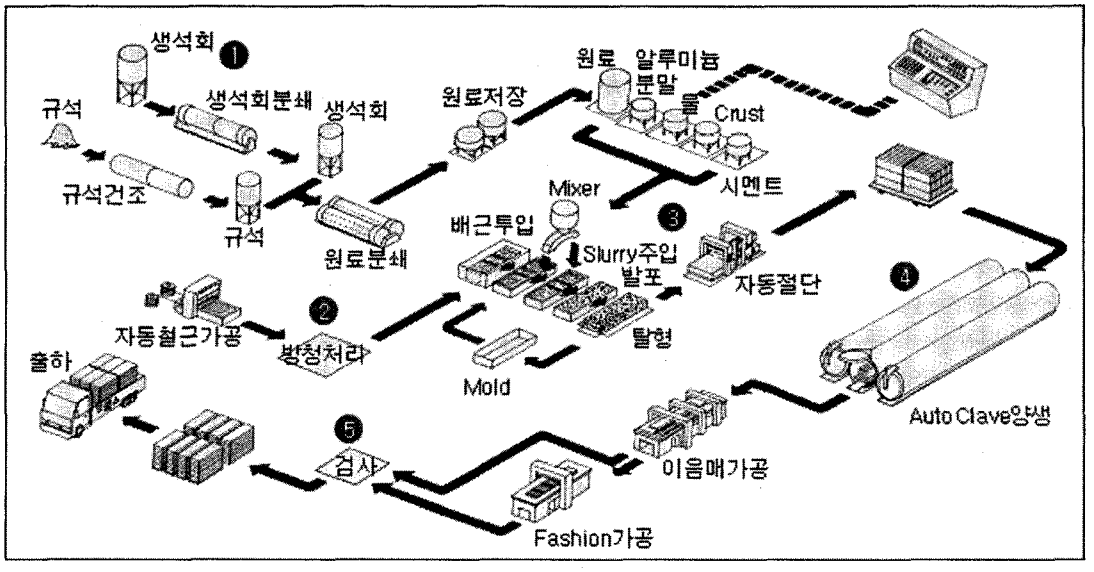
단열용 경량 기포 콘크리트의 주요 성능 기준인 압축강도와 열전도율은 당연히 비중과 밀도에 따라 좌우되고, 비중과 밀도의 가장 큰 구성 요소는 시멘트의 양이다. 보통 1㎥(1,000ℓ)부피의 기포 콘크리트를 형성하는 데에 시멘트 6 - 13(240kg~520kg), 혼합수인 물 약 200ℓ 내외, 약 700~800ℓ 기포가 소요된다. 경량 기포 콘크리트를 분쇄하면 결국 체적의 약 80% 내외가 기포로 형성된 것을 확인할 수 있다.

따라서 이런 구조로 인해 단열성이나 흡음성이 있는 콘크리트로서의 효능을 발휘하면서도 한편으로는 많은 건조수축과 취약한 물성구조로 인한 압축강도 약화, 크랙 발생, 높은 흡수성 등의 문제점을 노출 시키기도 한다. 현재 우리나라에서 현장 타설용으로 시공되고 있는 경량 기포 콘크리트 KS규정(KSF4039)에 의하면 겉보기 비중에 의해 세 가지 품으로 나뉘어 있다.

a) 0.4품 : 0.30이상 0.40미만

b) 0.5품 : 0.40이상 0.50미만

c) 0.6품 : 0.50이상 0.70미만



[그림 95] 경량기포 콘크리트 제조 공정

경량기포 콘크리트를 구성하는 재료들은 각각 관련된 기준에 의해 품질을 관리하여야 하며, 그 품질 기준은 다음의 [표 268]과 같다.

[표 268] 경량기포 콘크리트 자재별 기준

석회질 재료	석회(CaO)	생석회, 공업용 석회
	시멘트	포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 시멘트, 실리카 시멘트, 플라이애쉬 시멘트
규산질원료(SiO2)		규석, 규사, 고로슬래그 시멘트, 플라이애쉬 시멘트 등으로 진흙, 먼지, 유기물 등 유해물을 함유하지 않을 것
기포제		A1 분말 또는 페이스트, 표면활성제 등 균등한 기포가 얻어지는 것
혼화재료		기포의 안정, 경화시간 조정 등을 위하여 사용되는 재료로 그 품질 및 사용에 유해한 영향이 없는 것
철근		KS D 3503(일반구조용 압연강재), KS D 3504(철근콘크리트용봉강), KS D 3553(철선)등을 이용

또한, 시공된 경량기포 콘크리트는 다음과 같은 기준을 만족하여야 한다.

- 성능기준

가. 기포제, 시멘트와 물을 혼합하여 경화 후 28일 압축강도 8kgf/cm2 이상, 밀도 400 kgf/m2 이하이어야 한다.

나. 양생에 따른 균열, 처짐 등의 수축변형과 유해물질, 가스발생이 없어야 한다.

- 재료

가. 시멘트

KS L 5201의 1종 보통 포틀랜드 시멘트에 적합한 제품을 사용한다.

나. 기포제

1) 당해 기포제로 제조한 경량 기포콘크리트가 성능기준에 적합한 제품이어야 한다.
2) 기포제는 PH 7-7.5의 약 알칼리 성분이어야 하며, 배관제를 부식시키는 성분이 포함되지 않아야 한다.
3) 기포제 원액에 물을 희석하여 고압력 압축기를 이용, 제조된 기포는 시멘트 스러리와 충분히 혼합하여 콘크리트내에 균일하게 분포되어야 하고 기포가 일부에 몰리거나 파괴되지 않아야 한다.

다. 물

물은 품질에 영향을 주는 기름, 산, 유기불순물이 함유되지 않은 정수를 사용한다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 경량기포 시공공정의 경우 다음 [표 269]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 269] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
벽돌 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

경량기포 콘크리트 시공공정은 건설 현장의 요구에 따라 다양하게 적용되고 있으므로 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위 역시 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 사용되므로, 건축물의 구조 형성을 기능으로, 3.3㎡ 경량기포 콘크리트 시공을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 270]과 같다.

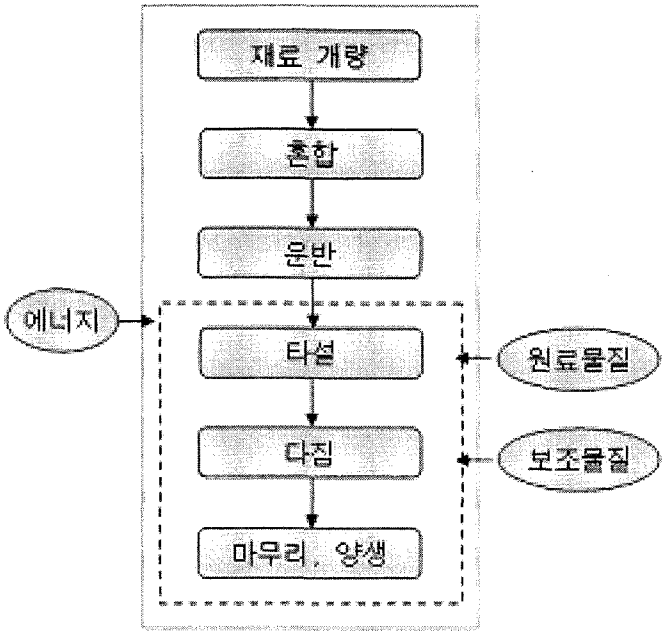
[표 270] 경량기포 콘크리트 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	경량기포 콘크리트 시공
기 능	건축물의 구조 형성
기능단위	3.3㎡ 경량기포 콘크리트 시공
기준흐름	3.3㎡ 경량기포 콘크리트 시공

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

경량기포 콘크리트 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 96]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 96] 경량기포 콘크리트 시공 - 공정흐름도

① 재료 개량

콘크리트의 성질 개선, 부피의 증가, 공사비의 절감 등의 목적을 위하여 재료를 개량한다.

② 혼합

혼합시간, 압축강도, 슬럼프, 공기량과의 관계 등을 고려하여 를 고려하여 물, 시멘트, 모래, 자갈 등의 재료를 혼합한다.

③ 운반

공장에서 배합을 완료하여 현장으로 운반하는 센트럴 믹스 콘크리트와 공장에서 어느 정도 비빈 것을 운반 도중에 완전히 비비는 슬링크 믹스 콘크리트, 그리고 공장에서는 재료만 계량 공급하고 운반시 일부 비비며 현장에서 완전히 비비는 트랜시트 믹스 콘크리트의 운반방식이 있다.

④ 타설

콘크리트를 부어넣는 것으로 낮은 곳에서부터 기둥, 벽, 계단, 보, 바닥판의 순서로 부어나간다.

⑤ 다짐

콘크리트의 밀실한 충전과 소요강도, 수밀성, 내구성 확보 그리고 재료분리와 곰보 방지를 위하여 진동기를 이용하여 실시한다.

⑥ 마무리, 양생

마무리는 표면 결함을 막기 위하여 결함이 있는 부분을 제거하여 매끄럽게 마무리하고, 양생은 저습, 건조, 급격한 온도 변화 등으로 경화작용을 방해하거나 균열이 생기지 않도록 적당한 온도 하에서 습윤 상태를 유지하는 것을 말한다.

(3) 데이터 범주

경량기포 콘크리트 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 271]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 271] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	경량기포 콘크리트
	에너지	전기, 경유
	보조물질	-
산출물	제품	경량기포 콘크리트 시공
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

경량기포 콘크리트 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 272]와 같다.

[표 272] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2005년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 3.3㎡의 표준면적에 경량기포 콘크리트를 시공하는 과정을 기준으로 삼아 데이터베이스를 작성하였다.

② 이산화탄소를 제외한 대기배출물의 양은 참여기업에서 측정한 내부 자료를 사용하였으며, 이산화탄소는 IPCC 배출계수를 사용하여 참여기업에서 산출한 데이터를 사용하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 경량기포 콘크리트 시공공정 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "경량기포 콘크리트 시공공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 273]과 같다.

[표 273] 경량기포 콘크리트 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	경량기포 콘크리트 (레미콘으로 대체)	○	지식경제부, 2000
에너지	전기	○	지식경제부, 2000
	경유	○	환경부, 2003
수송	해양수송	○	환경부, 2003
	레미콘 수송	○	국토해양부, 2006
	23.1~25톤 트럭	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 96.8%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① upstream을 제외한 생산과정에서 발생하는 대기배출물은 모두 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터는 3.3㎡의 표준면적에 경량기포 콘크리트를 시공하는 과정을 기준으로 삼아 작성되었으므로, 건축물의 규격에 따라 비례식 등을 적용하여 활용하여야 할 것이다.

제 59절 벽돌 시공(Construction Process Using Bticks)

1. 일반 정보

가. 시공공정 정보

벽돌 시공공정은 벽돌의 종류(시멘트 벽돌, 나무 벽돌 등)에 따라 약간씩의 차이가 있으나, 크게 구분하여 벽돌을 시공하기 위한 표면의 평활도를 확보하기 위한 바탕 준비 작업, 타일 붙이기, 보양 및 청소 과정으로 이루어진다고 볼 수 있다. 국가 데이터베이스 구축 과정에서는 표준품셈에 의거하여, 가장 널리 사용되고 있는 도자기질 타일을 붙임 모르터를 사용하여 붙이는 시공 공정을 대표적인 공정으로 선정하였다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 벽돌 시공공정의 경우 다음 [표 274]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 274] 벽돌 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
벽돌 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

시공 공정은 건축물의 규모, 재질 및 건설 현장의 특성에 따라 다양하게 적용되고 있으므로, 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위나 기준흐름 역시 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 변화될 수 있으므로, '건설공사 표준품셈'을 기준으로 하여, 표준 면적이나 표준 부피를 시공하는 것을 기준으로 삼는 것이 합당할 것이다. 따라서 벽돌 시공공정에서는 건축물 벽면이나 바닥의 내장공사의 일부로 시행되는 타일 시공공사 중 단위 면적인 1㎡를 시공하는 것을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 275]와 같다.

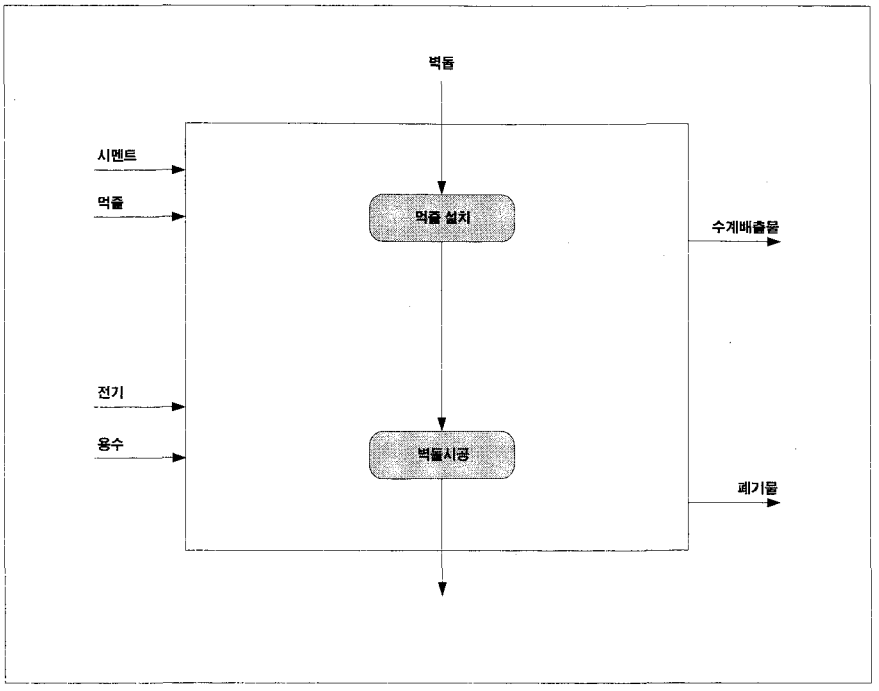
[표 275] 벽돌 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	벽돌 시공
기 능	건축물 벽면의 구조재로 사용되는 벽돌 시공공정
기능단위	건축물 벽면 1㎡ 벽돌 시공
기준흐름	건축물 벽면 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

벽돌 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 97]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 97] 벽돌 시공 - 공정흐름도

① 먹줄 설치

벽돌 시공의 기준을 잡기 위해 바닥의 평활도를 확보하고, 먹줄을 설치하는 과정

② 벽돌 시공

시멘트와 물을 혼합하여 콘크리트를 개고, 벽돌을 쌓으며 시공하는 과정

(3) 데이터 범주

벽돌 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 276]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 276] 벽돌 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	벽돌, 모르터(시멘트, 물)
	에너지	-
	보조물질	-
산출물	제품	벽돌 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

벽돌 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은[표 277]과 같다.

[표 277] 벽돌 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 벽돌 시공공정의 데이터베이스는 벽면 1㎡ 시공에 필요한 투입물과 산출물을 조사하여 작성하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 벽돌 시공공정의 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "벽돌 시공 공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 278]과 같다.

[표 278] 벽돌 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	벽돌	○	국토해양부, 2006
	시멘트	○	지식경제부, 2000
보조물질	물(공업용수)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 99.1%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

이 데이터베이스는 건축물 벽면의 표준 면적(1㎡)에 대한 벽돌 시공을 기준으로 작성되었으므로, 총 벽돌 시공 면적을 계산하여 적용하여야 전체 건축물의 벽돌 시공에 대한 데이터를 획득할 수 있다.

제 60절 타일 시공(Construction Process Ceramic Tiles)

1. 일반 정보

가. 시공공정 정보

타일 시공공정은 타일의 종류(도자기질, 인조대리석, 천연석, 클링커 등)에 따라 약간씩의 차이가 있으나, 크게 구분하여 타일을 시공하기 위한 표면의 평활도를 확보하기 위한 바탕 준비 작업, 타일 붙이기, 보양 및 청소 과정으로 이루어진다고 볼 수 있다. 국가 데이터베이스 구축 과정에서는 표준품셈에 의거하여, 가장 널리 사용되고 있는 도자기질 타일을 붙임 모르터를 사용하여 붙이는 시공 공정을 대표적인 공정으로 선정하였으며, 이에 따라 특수타일이나 대형타일을 시공하는 데 사용되는 혼화재는 포함하지 않았다.

나. 참여기업 정보

국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다.

건축자재의 경우 국가 데이터베이스로써의 대표성을 확보하기 위하여 국내 생산량의 일정부분 이상을 차지하고 있는 기업에 대한 설문을 수행하지만, 시공 공정의 경우 표준화된 형태의 시공일 경우 기업별 편차가 거의 없음을 감안하여, 타일 시공공정의 경우 다음 [표 279]의 2개 기업에 대해 설문을 수행하였다.

[표 279] 타일 시공 - 데이터 제공 업체

제품/공정	데이터 제공 업체
타일 시공	금호건설 한화건설

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

시공 공정은 건축물의 규모, 재질 및 건설 현장의 특성에 따라 다양하게 적용되고 있으므로, 기능을 세분화하여 정하기는 어렵다. 또한 기능단위나 기준흐름 역시 건축물의 크기나 특성에 따라 다양하게 변화될 수 있으므로, '건설공사 표준품셈'을 기준으로 하여, 표준 면적이나 표준 부피를 시공하는 것을 기준으로 삼는 것이 합당할 것이다. 따라서 타일 시공공정에서는 건축물 벽면이나 바닥의 내장공사의 일부로 시행되는 타일 시공공사 중 단위 면적인 1㎡를 시공하는 것을 기능단위로 설정하였다. 따라서 본 연구에서 설정한 주요 기능 및 기능단위, 기준흐름은 다음 [표 280]과 같다.

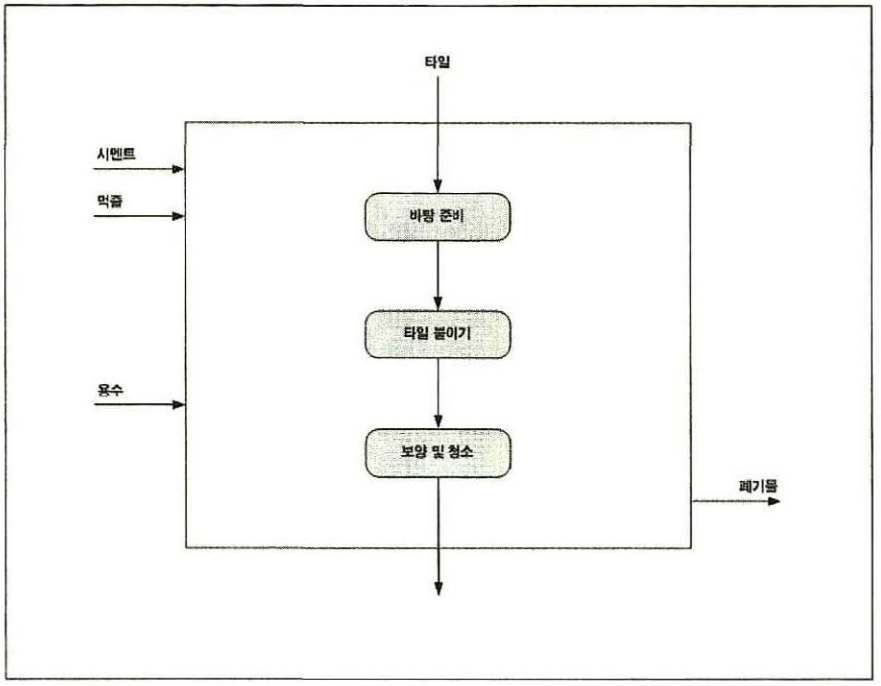
[표 280] 타일 시공 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	타일 시공
기 능	건축물 벽면 및 바닥 내장재로 사용되는 타일 시공공정
기능단위	건축물 벽면 및 바닥 1㎡ 타일 시공
기준흐름	건축물 벽면 및 바닥 1㎡

(2) 시스템 경계

시스템 경계는 사용 및 폐기/재활용 단계를 제외하고, 원료의 채취로부터 유로폼의 제조 단계까지를 포함하는 cradle to gate로 정의하였다. 시스템 경계 내에 포함된 모든 투입물과 산출물을 포함하였으며, 별도의 cut-off 기준을 적용하지 않았다.

타일 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 98]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 98] 타일 시공 - 공정 흐름도

① 바탕 준비

타일을 붙이는 면(벽 또는 바닥)의 평활도를 확보하기 위해 바탕을 준비하는 과정

② 타일 붙이기

모르터를 이용하여 타일을 준비된 바탕에 붙이는 작업

③ 보양 및 청소

모르터의 보양을 통한 타일의 접착 완료 및 완료된 표면의 청소 작업

(3) 데이터 범주

타일 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 281]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 원료, 에너지, 보조물질을 포함하고, 산출물은 제품, 부산물, 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물을 포함한다.

[표 281] 타일 시공 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	타일, 모르터(시멘트, 물)
	에너지	-
	보조물질	먹줄
산출물	제품	타일 시공
	부산물	-
	대기배출물	-
	수계배출물	-
	폐기물	산업폐기물

(4) 데이터 품질요건

타일 시공공정의 LCI DB 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 282]와 같다.

[표 282] 타일 시공 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2006년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 타일 시공공정의 데이터베이스는 가장 일반적인 도자기질 타일을 붙임 모르터를 사용하여 건축물 내장재로써 벽면 또는 바닥 1㎡ 시공에 필요한 투입물과 산출물을 조사하여 작성하였다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 설문지의 형태로 참여업체 담당자가 작성하는 형태로 수집하였다. 타일 시공공정의 관련 데이터는 각 공정별 데이터를 별도로 수집하지 않고 "타일 시공공정" 하나로 취합하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다. 데이터 수집은 참여기업의 현장데이터를 우선 적용하는 원칙에 따라 설문서를 통하여 참여기업의 현장데이터를 수집하였으며, 데이터 수집이 어려운 원료와 유틸리티, 외부 공정설비 등에 대해서는 참여기업의 동의하에 문헌 데이터를 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였다.

주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 283]과 같다.

[표 283] 타일 시공 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
원료물질	타일	○	국토해양부, 2006
	시멘트	○	지식경제부, 2000
보조물질	물(공업용수)	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터에 대하여 물수지(water balance)를 포함한 물질수지(material balance)를 확인한 결과, 99.3%(output/input비율)의 물질수지율을 보여, 완전성이 있는 데이터임을 확인하였다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 참여 기업이 복수이므로 데이터 계산에는 수평법을 사용하되, 참여 기업 데이터의 보안을 보장하기 위해 gtg 데이터를 공개하지 않는다.

(4) 할당

해당사항 없음

3. LCI 데이터베이스 활용

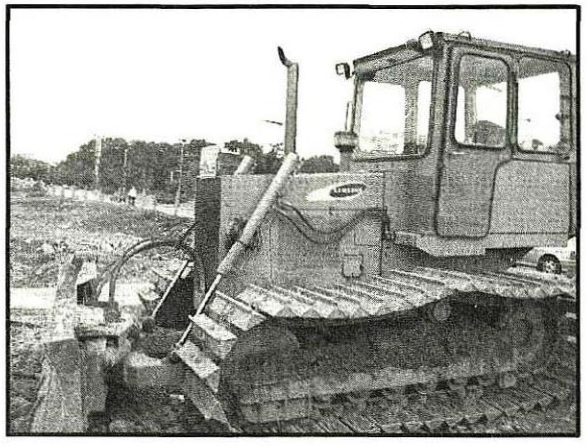
이 데이터베이스는 건축물 내부의 표준 면적(1㎡)에 대한 타일 시공을 기준으로 작성되었으므로, 총 타일 시공 면적을 계산하여 적용하여야 전체 건축물의 타일 시공에 대한 데이터를 획득할 수 있다.

제 61절 기계화 시공 - 불도저
(Motorized Construction Process Using A Bulldozer)

1. 일반 정보

가. 시공 정보

불도저(bulldozer)는 미개지(未開地)의 정지작업(整地作業)이 주 용도인 건설용 차량이다. 내연기관(주로 디젤기관)으로 캐터필러(무한궤도) 또는 바퀴를 돌려서, 평탄치 않은 지면을 앞쪽에 달려 있는 쟁기(plough)로 깎아 요철(凹凸)을 평평하게 하기 위한 용도로 사용되며, 그 밖에 벌개(伐槪)작업이나 제근(劑根)작업에 사용되는 차량이다.



[그림 99] 불도저

불도저에는 배토판 또는 다른 작업장치를 전면 또는 후면에 부착한 트랙터가 포함되며, 불도저의 규격은 작업가능 상태의 중량(t)에 따라 구분한다.

건설공사 표준품셈에서는 건설기계를 이용한 작업의 종류와 각 작업별로 사용되는 건설기계들을 다음의 [표 284]와 같이 구분하고 있으며, 이러한 작업들 중 불도저가 사용되는 작업들을 표시하였다.

[표 284] 기계화 시공 - 불도저

작업종류	건설기계종류
벌개, 제근	불도저(레이크 도저)
굴삭	로드, 굴삭기(유압식 백호), 불도저, 리퍼, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
적재	로드, 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 적재	로드, 버킷식 굴삭기(유압식 백호), 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 운반	불도저, 스크레이퍼
운반	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어
부설	불도저, 모터그레이더
함수량 조절	살수차
다짐	롤러(타이어, 탬핑, 진동, 로드), 불도저, 진동 콤팩터, 래머, 탬퍼
정지	불도저, 모터그레이더
도랑파기	굴삭기(유압식 백호), 트렌처

나. 참고문헌 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

이와 같은 대표성을 확보하기 위해 기계화 시공공정의 경우, 건설공사 표준품셈의 기계화시공 적용기준 및 운전경비 산정기준에 따라 기준시공조건을 다음의 [표 285]와 같이 결정하였다.

[표 285] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준

구분	시공조건
공사규모	중규모 이하 작업 중 최대 규모 공사
사용 건설기계	중규모 공사에 사용되는 중형 건설기계 중 최대 규격
건설기계 특성	자주식 건설기계(견인식 건설기계 제외)
운전경비	각종 손료 및 잡품비를 제외한 주연료의 시간당 사용량만을 고려
시공 조건	토질, 암질, 작업효율 등 시공환경에 의한 조건을 고려하지 않고, 운전경비만을 고려함.

또한, 이 기준시공조건에 의해 불도저를 이용한 기계화 시공공정의 기준조건은 다음의 [표 286]과 같이 결정하였다.

[표 286] 기계화시공 - 불도저 기준조건

구분	기계화 시공공정 - 불도저
대상 기종	무한궤도형 19t
작업시간	1시간 : 작업시간 50분 및 휴식시간 10분(엔진 정지) 포함
운전경비	주연료 사용량 : 경유 23.8ℓ(19.8kg/h)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

[표 286]의 기준에 따라 불도저를 이용한 기계화 시공공정의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 287]와 같이 설정하였다.

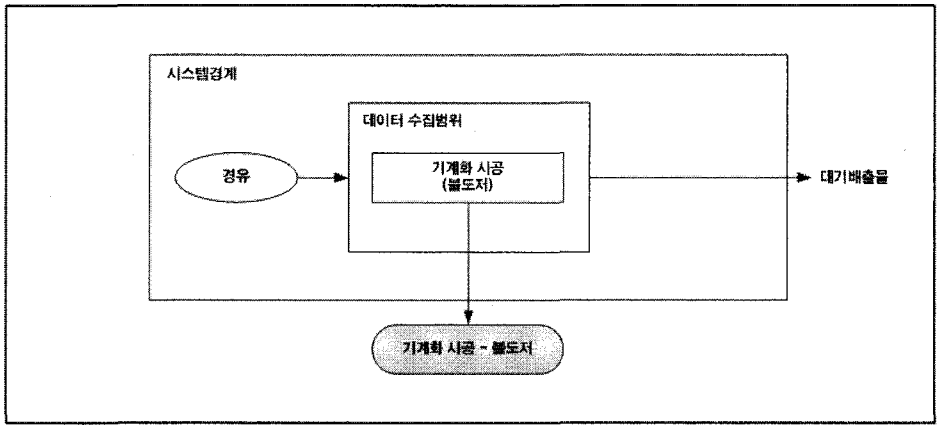
[표 287] 기계화 시공 - 불도저 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	기계화 시공 - 불도저
기 능	불도저를 이용한 기계화 시공공정
기능단위	불도저(무한궤도형 19t) 1시간 사용
기준흐름	불도저(무한궤도형 19t) 1시간 사용

(2) 시스템 경계

기계화 시공공정의 시스템 경계는 제품의 시스템 경계와는 몇 가지 상이한 점이 있다. 첫째로 기계화 시공공정의 전과정은 기계가 소모하는 물질, 즉 주연료 및 잡품(윤활유, 엔진오일 및 마모된 부품 등)의 생산단계 및 이러한 소모품들을 사용하는 시공단계만으로 구성된다. 둘째로 전과정에 관여하는 물질들 중 환경에의 영향은 주연료의 연소에 의한 대기오염이 대부분을 차지하게 된다. 따라서 이러한 특성들을 반영하여, 기계화 시공공정에서는 투입물로서는 주연료만을 포함시켰으며, 산출물에는 주연료의 연소과정에서 발생되는 대기오염물질들만을 감안하였다.

불도저를 이용하는 기계화 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 100]으로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 100] 기계화 시공 - 불도저 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 기계화 시공 - 불도저

불도저를 이용하는 모든 기계화 시공공정, 즉 [표 284]에 언급된 벌개, 제근, 굴삭, 운반, 부설, 다짐 및 정지작업들이 모두 포함된다. 시공과정에서 불도저는 경유를 주연료로 사용하며, 연료 연소과정을 통한 각종 대기오염물질을 배출하게 된다.

(3) 데이터 범주

불도저를 이용한 기계화 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 288]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 에너지만을 포함하고, 산출물에는 제품과 대기배출물을 포함한다.

[표 288] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	-
산출물	제품	기계화 시공 - 불도저
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

불도저를 이용한 기계화 시공공정 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 289]와 같다.

[표 289] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 불도저를 이용한 기계화 시공공정은 불도저의 종류 및 시공공정의 특성에 따라 매우 다양하다. 따라서 여기에서는 대표성이 있는 불도저 기종(무한궤도형 19톤)을 이용한 기계화 시공공정을 선택하여 데이터베이스를 구축하였으며, 기능단위로 1시간 작업(50분 작업 및 10분 휴식 포함)량에 사용되는 경유 사용량을 설정하였다.

② 이 시공공정에서 불도저의 운전에 소모되는 각종 잡품(삽날 및 귀삽날, 윤활유, 엔진오일 등)은 고려하지 않았다.

③ 다른 기종의 불도저를 이용한 기계화 시공공정은 경유 사용량의 비율로부터 계산된 환산계수를 사용하여 환경영향을 환산하여 사용할 수 있다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 문헌데이터를 이용하여 [표 287]의 작업기준에 소모되는 경유의 사용량만을 조사하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 290]과 같다.

[표 290] 기계화 시공 - 불도저 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터는 건설공사 표준품셈에 의거한 경유 사용량 데이터이므로 별도의 검증과정이 필요하지 않다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 불도저를 이용한 기계화 시공공정에서 발생하는 대기배출물은 대부분 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업으로부터 데이터를 습득하지 않고 문헌조사만을 통해 구축된 데이터베이스므로, 수평법이나 수직법 등 국가 평균치를 만들기 위한 특별한 계산법이 도입되지 않았다.

(4) 할당

불도저를 이용한 시공공정 데이터베이스는 경유 사용 이외에 소요되는 물질이 없으므로, 할당이 필요하지 않다.

3. LCI 데이터베이스 활용

불도저를 이용한 시공공정 데이터베이스를 활용하고자 할 경우에는, 사용하는 불도저의 기종에 따라 이 데이터베이스에(product를 제외한 모든 input 및 output 항목에) 환산계수를 곱하여 사용하여야 한다. 즉, 다음 [표 291]의 환산계수를 적용하여 각 불도저의 환경영향을 산출할 수 있다.

[표 291] 기계화 시공 - 불도저 - 환경영향 환산계수

불도저 기종		경유 소모량(ℓ /h)	환산계수
형태	규격 (차체 중량)		
무한궤도형	7t	8.6	0.36
	10t	11.9	0.50
	12t	13.9	0.58
	19t	23.8	1.00
	32t	39.6	1.66
타이어형	15t	20.7	0.87
	28t	38.9	1.63
	33t	45.8	1.92
습지형	4t	5.1	0.21
	13t	13.9	0.58

예1) 타이어형 33t급 불도저를 사용한 시공공정의 경우 DB 전체에 환산계수인 1.92를 곱하여 사용함.

예2) 무한궤도형 7t급 불도저를 사용한 시공공정의 경우 DB 전체에 환산계수인 0.36을 곱하여 사용함.

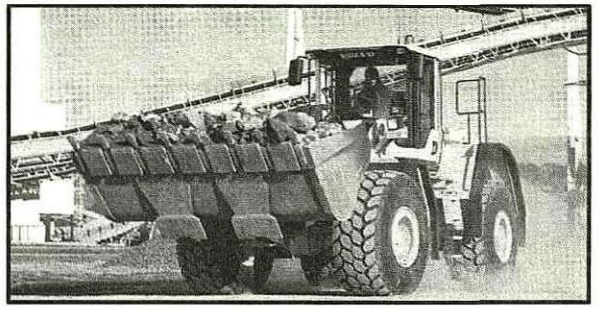
제 62절 기계화 시공 - 로더

(Motorized Construction Process Using A Loader)

1. 일반 정보

가. 시공 정보

로더(loader)는 굴삭된 토사 ·골재 ·파쇄암 등을 운반기계에 싣는 데 사용되는 기계로써, 트랙터 전면에 버킷을 장착한 것이 이 기종의 표준형이며 연속식 적립기계와 백호부 로더 및 배토판부 로더 등 특수 로더도 이에 속한다. 규격은 표준 버킷의 용량(㎥)으로 표시한다.



[그림 101] 로더

건설공사 표준품셈에서는 건설기계를 이용한 작업의 종류와 각 작업별로 사용되는 건설기계들을 다음의 [표 292]와 같이 구분하고 있으며, 이러한 작업들 중 로더가 사용되는 작업들을 표시하였다.

[표 292] 기계화 시공 - 로더

작업종류	건설기계종류
벌개, 제근	불도저(레이크 도저)
굴삭	로더, 굴삭기(유압식 백호), 불도저, 리퍼, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
적재	로더, 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 적재	로더, 버킷식 굴삭기(유압식 백호), 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 운반	불도저, 스크레이퍼
운반	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어
부설	불도저, 모터그레이더
함수량 조절	살수차
다짐	롤러(타이어, 탬핑, 진동, 로드), 불도저, 진동 콤팩터, 래머, 탬퍼
정지	불도저, 모터그레이더
도랑파기	굴삭기(유압식 백호), 트렌처

나. 참고문헌 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

이와 같은 대표성을 확보하기 위해 기계화 시공공정의 경우, 건설공사 표준품셈의 기계화시공 적용기준 및 운전경비 산정기준에 따라 기준시공조건을 다음의 [표 293]과 같이 결정하였다.

[표 293] 기계화 시공 데이터베이스 구축 기준

구분	시공조건
공사규모	중규모 이하 작업 중 최대 규모 공사
사용 건설기계	중규모 공사에 사용되는 중형 건설기계 중 최대 규격
건설기계 특성	자주식 건설기계(견인식 건설기계 제외)
운전경비	각종 손료 및 잡품비를 제외한 주연료의 시간당 사용량만을 고려
시공 조건	토질, 암질, 작업효율 등 시공환경에 의한 조건을 고려하지 않고, 운전경비만을 고려함.

또한, 이 기준시공조건에 의해 로더를 이용한 기계화 시공공정의 기준조건은 다음의 [표 294]와 같이 결정하였다.

[표 294] 기계화 시공 - 로더 기준조건

구분	기계화 시공공정 - 로더
대상 기종	무한궤도형 1.15㎥(버킷 용량 기준)
작업시간	1시간 : 작업시간 50분 및 휴식시간 10분(엔진 정지) 포함
운전경비	주연료 사용량 : 경유 39.6ℓ(32.9kg/h)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

[표 294]의 기준에 따라 로더를 이용한 기계화시공의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 295]와 같이 설정하였다.

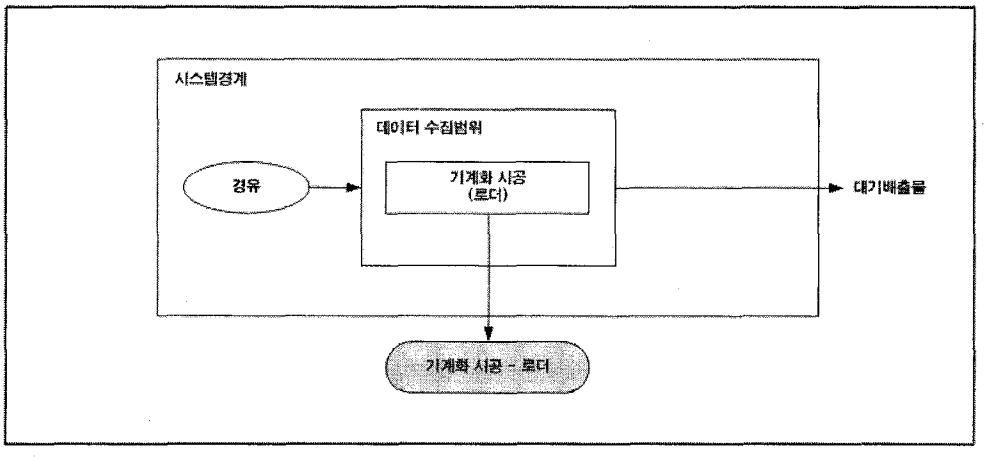
[표 295] 기계화 시공 - 로더 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	기계화 시공 - 로더
기 능	로더를 이용한 기계화 시공공정
기능단위	로더(무한궤도형 버킷 용량 1.15㎥) 1시간 사용
기준흐름	로더(무한궤도형 버킷 용량 1.15㎥) 1시간 사용

(2) 시스템 경계

기계화 시공공정의 시스템 경계는 제품의 시스템 경계와는 몇 가지 상이한 점이 있다. 첫째로 기계화 시공공정의 전과정은 기계가 소모하는 물질, 즉 주연료 및 잡품(윤활유, 엔진오일 및 마모된 부품 등)의 생산단계 및 이러한 소모품들을 사용하는 시공단계만으로 구성된다. 둘째로 전과정에 관여하는 물질들 중 환경에의 영향은 주연료의 연소에 의한 대기오염이 대부분을 차지하게 된다. 따라서 이러한 특성들을 반영하여, 기계화 시공공정에서는 투입물로서는 주연료만을 포함시켰으며, 산출물에는 주연료의 연소과정에서 발생되는 대기오염물질들만을 감안하였다.

로더를 이용하는 기계화 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 102]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 102] 기계화 시공 - 로더 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 기계화 시공 - 로더

불도저를 이용하는 모든 기계화 시공공정, 즉 [표 292]에 언급된 굴삭 및 적재작업들이 모두 포함된다. 시공과정에서 로더는 경유를 주연료로 사용하며, 연료 연소를 통해 각종 대기오염물질을 배출하게 된다.

(3) 데이터 범주

로더를 이용한 기계화 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 396]과 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 에너지만을 포함하고, 산출물에는 제품과 대기배출물을 포함한다.

[표 296] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	-
산출물	제품	기계화 시공 - 로더
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

로더를 이용한 기계화 시공공정 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 297]과 같다.

[표 297] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	제조단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 제조기술

(5) 가정 및 제한사항

① 로더를 이용한 기계화 시공공정은 불도저의 종류 및 시공공정의 특성에 따라

매우 다양하다. 따라서 여기에서는 대표성이 있는 로더 기종(무한궤도형 버킷 용량 1.15㎥)을 이용한 기계화 시공공정을 선택하여 데이터베이스를 구축하였으며, 기능단위로 1시간 작업(50분 작업 및 10분 휴식 포함)량에 사용되는 경유 사용량을 설정하였다.

② 이 시공공정에서 로더의 운전에 소모되는 각종 잡품(삽날 및 귀삽날, 윤활유, 엔진오일 등)은 고려하지 않았다.

③ 다른 기종의 로더를 이용한 기계화 시공공정은 경유 사용량의 비율로부터 계산된 환산계수를 사용하여 환경영향을 환산하여 사용할 수 있다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 문헌데이터를 이용하여 [표 295]의 작업기준에 소모되는 경유의 사용량만을 조사하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 298]과 같다.

[표 298] 기계화 시공 - 로더 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터는 건설공사 표준품셈에 의거한 경유 사용량 데이터이므로 별도의 검증과정이 필요하지 않다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 로더를 이용한 기계화 시공공정에서 발생하는 대기배출물은 대부분 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업으로부터 데이터를 습득하지 않고 문헌조사만을 통해 구축된 데이터베이스므로, 수평법이나 수직법 등 국가 평균치를 만들기 위한 특별한 계산법이 도입되지 않았다.

(4) 할당

로더를 이용한 시공공정 데이터베이스는 경유 사용 이외에 소요되는 물질이 없으므로, 할당이 필요하지 않다.

3. LCI 데이터베이스 활용

로더를 이용한 시공공정 데이터베이스를 활용하고자 할 경우에는, 사용하는 로더의 규격(버킷 용량)에 따라 이 데이터베이스에(product를 제외한 모든 input 및 output 항목에) 환산계수를 곱하여 사용하여야 한다. 즉, 다음 [표 299]의 환산계수를 적용하여 각 로더의 환경영향을 산출할 수 있다.

[표 299] 기계화 시공 - 로더 - 환경영향 환산계수

로더 기종		경유 소모량(ℓ/h)	환산계수
형태	규격 (버킷 용량)		
무한궤도형	0.57㎥	5.9	0.50
	0.76㎥	7.8	0.67
	0.95㎥	9.1	0.78
	1.15㎥	11.7	1.00
	1.34㎥	13.9	1.19
	1.53㎥	16.3	1.39
	1.72㎥	18.0	1.54
타이어형	0.25㎥	4.1	0.35
	0.57㎥	4.3	0.37
	0.95㎥	7.6	0.65
	1.34㎥	9.5	0.81
	1.72㎥	12.1	1.03
	2.29㎥	16.3	1.39
	2.87㎥	20.2	1.73
	3.5㎥	24.4	2.09
	5.0㎥	36.2	3.09

예1) 타이어형 로더 중 버킷 용량 0.95㎥급을 사용한 시공공정의 경우 DB 전체(product를 제외한 모든 input 및 output 물질의 수치에)에 환산계수인 0.65를 곱하여 사용함.

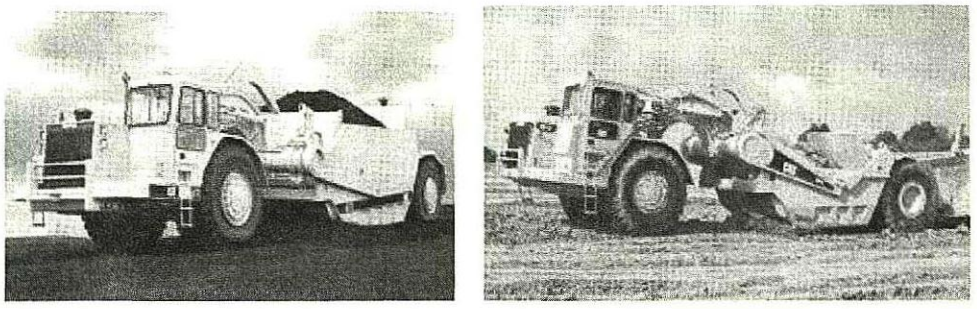
예2) 무한궤도형 로더 중 버킷 용량 1.53㎥급을 사용한 시공공정의 경우 DB 전체(product를 제외한 모든 input 및 output 물질의 수치에)에 환산계수인 1.39 곱하여 사용함.)

제 63절 기계화 시공 - 스크레이퍼
(Motorized Construction Process Using A Scraper)

1. 일반 정보

가. 시공 정보

스크레이퍼(scraper)는 피견인식(被牽引式)과 자주식(自走式)의 두 종류로 구분한다. 피견인식은 4륜차이며 트랙터로 견인한다. 또 기관을 갖춘 자주식은 모터스크레이퍼라고도 한다. 구조는 바닥에 날판을 부착한 철제의 상자에 고무타이어가 달린 것인데, 토사를 퍼올릴 때에 상자를 지면까지 내려서 날판으로 떠올린다. 토사를 운반할 때에는 상자를 원래의 위치로 끌어올리고 토사를 살포할 때에는 상자의 앞벽이 위로 열리고 동시에 뒷벽이 앞으로 이동해서 토사를 밀어낸다. 운반기로서의 스크레이퍼는 불도저가 운반거리의 한도에 이르렀을 경우나, 또는 덤프트럭의 운반거리의 최소한도 내일 경우에 가장 유효하게 이동된다.



[그림 103] 스크레이퍼

건설공사 표준품셈에서는 건설기계를 이용한 작업의 종류와 각 작업별로 사용되는 건설기계들을 다음의 [표 300]과 같이 구분하고 있으며, 이러한 작업들 중 스크레이퍼가 사용되는 작업들을 표시하였다.

[표 300] 기계화 시공 - 스크레이퍼

작업종류	건설기계종류
벌개, 제근	불도저(레이크 도저)
굴삭	로드, 굴삭기(유압식 백호), 불도저, 리퍼, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
적재	로드, 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 적재	로드, 버킷식 굴삭기(유압식 백호), 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 운반	불도저, 스크레이퍼
운반	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어
부설	불도저, 모터그레이더
함수량 조절	살수차
다짐	롤러(타이어, 탬핑, 진동, 로드), 불도저, 진동 콤팩터, 래머, 탬퍼
정지	불도저, 모터그레이더
도랑파기	굴삭기(유압식 백호), 트렌처

나. 참고문헌 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

이와 같은 대표성을 확보하기 위해 기계화 시공공정의 경우, 건설공사 표준품셈의 기계화시공 적용기준 및 운전경비 산정기준에 따라 기준시공조건을 다음의 [표 301]과 같이 결정하였다.

[표 301] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준

구분	시공조건
공사규모	중규모 이하 작업 중 최대 규모 공사
사용 건설기계	중규모 공사에 사용되는 중형 건설기계 중 최대 규격
건설기계 특성	자주식 건설기계(견인식 건설기계 제외)
운전경비	각종 손료 및 잡품비를 제외한 주연료의 시간당 사용량만을 고려
시공 조건	토질, 암질, 작업효율 등 시공환경에 의한 조건을 고려하지 않고, 운전경비만을 고려함.

또한, 이 기준시공조건에 의해 스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정의 기준조건은 다음의 [표 302]와 같이 결정하였다.

[표 302] 기계화시공 - 스크레이퍼 기준조건

구분	기계화 시공공정 - 스크레이퍼
대상 기종	자주식 11.5㎥(적재함 용량 기준)
작업시간	1시간 : 작업시간 50분 및 휴식시간 10분(엔진 정지) 포함
운전경비	주연료 사용량 : 경유 39.6ℓ(32.9kg/h)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

표 95의 기준에 따라 스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 303]과 같이 설정하였다.

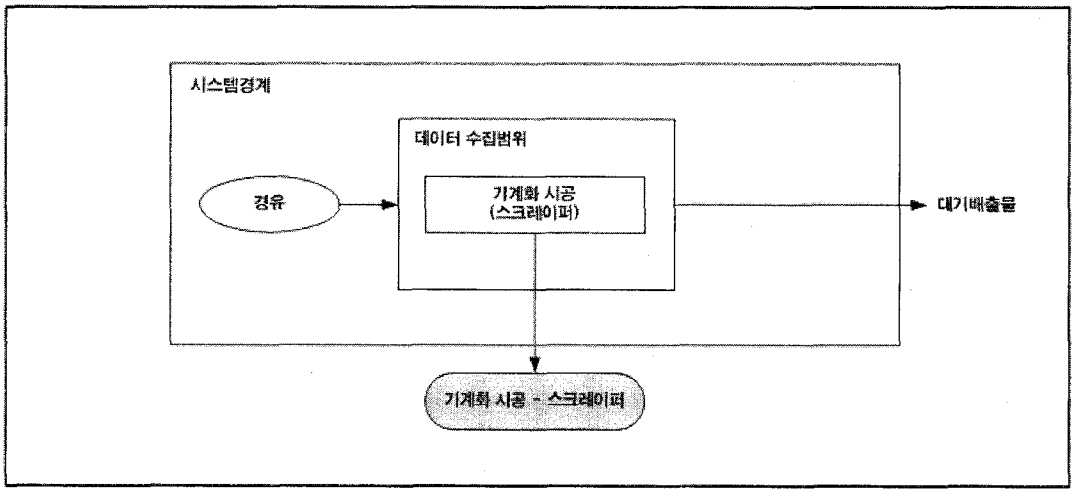
[표 303] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	기계화 시공 - 스크레이퍼
기 능	스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정
기능단위	스크레이퍼(자주식, 적재함 용량 11.5㎥) 1시간 시공
기준흐름	스크레이퍼(자주식, 적재함 용량 11.5㎥) 1시간 시공

(2) 시스템 경계

기계화 시공공정의 시스템 경계는 제품의 시스템 경계와는 몇 가지 상이한 점이 있다. 첫째로 기계화 시공공정의 전과정은 기계가 소모하는 물질, 즉 주연료 및 잡품(윤활유, 엔진오일 및 마모된 부품 등)의 생산단계 및 이러한 소모품들을 사용하는 시공단계만으로 구성된다. 둘째로 전과정에 관여하는 물질들 중 환경에의 영향은 주연료의 연소에 의한 대기오염이 대부분을 차지하게 된다. 따라서 이러한 특성들을 반영하여, 기계화 시공공정에서는 투입물로서는 주연료만을 포함시켰으며, 산출물에는 주연료의 연소과정에서 발생되는 대기오염물질들만을 감안하였다.

스크레이퍼를 이용하는 기계화 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 104]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 104] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 기계화 시공 - 스크레이퍼

스크레이퍼를 이용하는 모든 기계화 시공공정, 즉 [표 300]에 언급된 굴삭 및 운반작업들이 모두 포함된다. 시공과정에서 스크레이퍼는 경유를 주연료로 사용하며, 연료 연소과정에서 각종 대기오염물질을 배출하게 된다.

(3) 데이터 범주

스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 304]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 에너지만을 포함하고, 산출물에는 제품과 대기배출물을 포함한다.

[표 304] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	-
산출물	제품	기계화 시공 - 스크레이퍼
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 305]와 같다.

[표 305] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정은 스크레이퍼의 종류 및 시공공정의 특성에 따라 매우 다양하다. 따라서 여기에서는 대표성이 있는 스크레이퍼 기종(자주식, 적재함 용량 11.5㎥)을 이용한 기계화 시공공정을 선택하여 데이터베이스를 구축하였으며, 기능단위로 1시간 작업(50분 작업 및 10분 휴식 포함)량에 사용되는 경유 사용량을 설정하였다.

② 이 시공공정에서 스크레이퍼의 운전에 소모되는 각종 잡품(삽날 및 윤활유, 엔진오일 등)은 고려하지 않았다.

③ 다른 기종의 스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정은 경유 사용량의 비율로부터 계산된 환산계수를 사용하여 환경영향을 환산하여 사용할 수 있다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 문헌데이터를 이용하여 [표 302]의 작업기준에 소모되는 경유의 사용량만을 조사하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 306]과 같다.

[표 306] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터는 건설공사 표준품셈에 의거한 경유 사용량 데이터이므로 별도의 검증과정이 필요하지 않다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 스크레이퍼를 이용한 기계화 시공공정에서 발생하는 대기배출물은 대부분 경유 사용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업으로부터 데이터를 습득하지 않고 문헌조사만을 통해 구축된 데이터베이스므로, 수평법이나 수직법 등 국가 평균치를 만들기 위한 특별한 계산법이 도입되지 않았다.

(4) 할당

스크레이퍼를 이용한 시공공정 데이터베이스는 경유 사용 이외에 소요되는 물질이 없으므로, 할당이 필요하지 않다.

3. LCI 데이터베이스 활용

스크레이퍼를 이용한 시공공정 데이터베이스를 활용하고자 할 경우에는, 사용하는 스크레이퍼의 기종에 따라 이 데이터베이스에(product를 제외한 모든 input 및 output 항목에) 환산계수를 곱하여 사용하여야 한다. 즉, 다음 [표 307]의 환산계수를 적용하여 각 스크레이퍼의 환경영향을 산출할 수 있다. 단, 견인식 스크레이퍼의 경우에는 트랙터 등 견인하는 차량에 의해 환경영향이 발생하므로, 이 데이터베이스를 활용하여 환경영향을 계산할 수 없다.

[표 307] 기계화 시공 - 스크레이퍼 - 환경영향 환산계수

스크레이퍼 기종		경유 소모량(ℓ/h)	환산계수
형태	규격 (적재함 용량)		
자주식	5.4㎥	18.6	0.47
	11.5㎥	39.6	1.00
	16.1㎥	51.0	1.29
	20.6㎥	60.0	1.52

예) 적재함 용량이 5.4㎥인 스크레이퍼를 사용한 시공공정의 경우 DB 전체에 환산계수인 0.47을 곱하여 사용함.

제 64절 기계화 시공 - 굴삭기
(Motorized Construction Process Using A Excavator)

1. 일반 정보

가. 시공 정보

굴삭기는 땅을 파거나 깎는 작업에 사용되는 기계로써, 일반적으로 포크레인이라고도 불리우나, 이는 프랑스의 대표적인 굴삭기 제조업체의 상표명이다. 굴삭기의 붐 끝에 장착하는 도구를 교체함으로써 굴삭작업뿐만 아니라 천공작업, 다짐작업 등도 수행할 수 있다. 굴삭기의 범위 내에는 무한궤도 또는 타이어식으로 굴삭장치를 가진 자체중량 1톤 이상인 것들이 포함되며, 기계식 또는 유압식 굴삭기계로서 굴삭작업을 할 수 있는 작업 장치를 가진 것이 이에 속한다. 규격은 작업가능상태의 중량(t)으로 표시한다. 이 데이터베이스에서는 가장 일반적인 형태의 굴삭기인 유압식 백호(hydraulic backhoe)를 사용하는 시공공정을 대상으로 한다.

[그림 105] 굴삭기

건설공사 표준품셈에서는 건설기계를 이용한 작업의 종류와 각 작업별로 사용되는 건설기계들을 다음의 [표 308]과 같이 구분하고 있으며, 이러한 작업들 중 굴삭기(유압식 백호)가 사용되는 작업들을 표시하였다.

[표 308] 기계화 시공 - 굴삭기

작업종류	건설기계종류
벌개, 제근	불도저(레이크 도저)
굴삭	로드, 굴삭기(유압식 백호), 불도저, 리퍼, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
적재	로드, 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 적재	로드, 버킷식 굴삭기(유압식 백호), 버킷식 엑스커베이터, 셔블계 굴삭기(파워셔블, 백호, 드래그 라인, 크램쉘)
굴삭, 운반	불도저, 스크레이퍼
운반	불도저, 덤프트럭, 벨트컨베이어
부설	불도저, 모터그레이더
함수량 조절	살수차
다짐	롤러(타이어, 탬핑, 진동, 로드), 불도저, 진동 콤팩터, 래머, 탬퍼
정지	불도저, 모터그레이더
도랑파기	굴삭기(유압식 백호), 트렌처

나. 참고문헌 정보

건축자재 생산과 관련된 국가 데이터베이스의 대표성을 확보하기 위해, 데이터베이스 작성에 참여하는 기업들은 국가 전체에서 생산되는 해당 제품의 일정 비율 이상을 생산하고 있거나, 논리적으로 그 대표성이 인정될 수 있도록 선정되어야 한다. 또한 시공공정의 경우 대표성을 확보하기 위해 표준화되거나 범용성이 높은 시공공정을 선택하여야 한다.

이와 같은 대표성을 확보하기 위해 기계화 시공공정의 경우, 건설공사 표준품셈의 기계화시공 적용기준 및 운전경비 산정기준에 따라 기준시공조건을 다음의 [표 309]와 같이 결정하였다.

[표 309] 기계화시공 데이터베이스 구축 기준

구분	시공조건
공사규모	중규모 이하 작업 중 최대 규모 공사
사용 건설기계	중규모 공사에 사용되는 중형 건설기계 중 최대 규격
건설기계 특성	자주식 건설기계(견인식 건설기계 제외)
운전경비	각종 손료 및 잡품비를 제외한 주연료의 시간당 사용량만을 고려
시공 조건	토질, 암질, 작업효율 등 시공환경에 의한 조건을 고려하지 않고, 운전경비만을 고려함.

또한, 이 기준시공조건에 의해 굴삭기를 이용한 기계화 시공공정의 기준조건은 다음의 [표 310]과 같이 결정하였다.

[표 310] 기계화시공 - 굴삭기 기준조건

구분	기계화 시공공정 - 굴삭기
대상 기종	유압식 백호 굴삭기 0.7㎥(버킷 용량 기준)
작업시간	1시간 : 작업시간 50분 및 휴식시간 10분(엔진 정지) 포함
운전경비	주연료 사용량 : 경유 10.5ℓ(8.72kg/h)

2. LCI 데이터베이스 구축

가. 범위 정의

(1) 기능 및 기능단위, 기준흐름

[표 310]의 기준에 따라 굴삭기를 이용한 기계화 시공공정의 기능, 기능단위 및 기준흐름은 다음의 [표 311]과 같이 설정하였다.

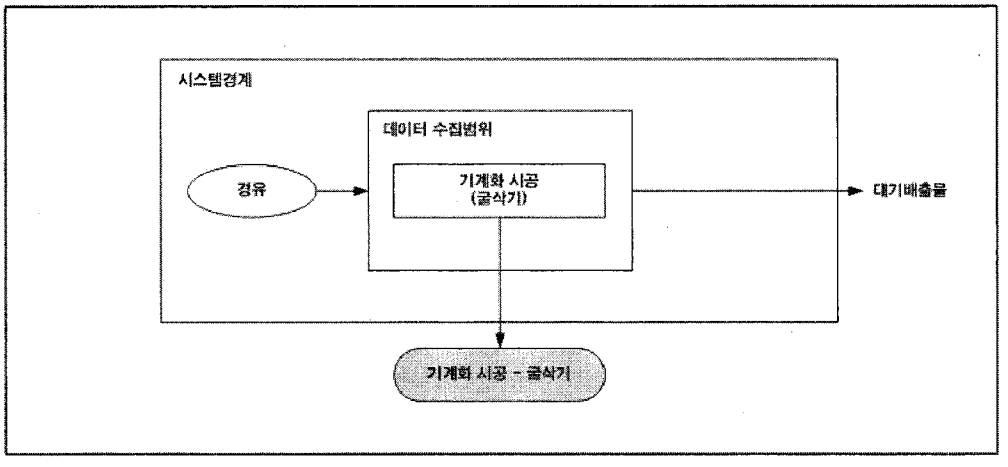
[표 311] 기계화 시공 - 굴삭기 - 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	기계화 시공 - 굴삭기
기 능	굴삭기를 이용한 기계화 시공공정
기능단위	굴삭기(유압식 백호, 버킷 용량 0.7㎥) 1시간 시공
기준흐름	굴삭기(유압식 백호, 버킷 용량 0.7㎥) 1시간 시공

(2) 시스템 경계

기계화 시공공정의 시스템 경계는 제품의 시스템 경계와는 몇 가지 상이한 점이 있다. 첫째로 기계화 시공공정의 전과정은 기계가 소모하는 물질, 즉 주연료 및 잡품(윤활유, 엔진오일 및 마모된 부품 등)의 생산단계 및 이러한 소모품들을 사용하는 시공단계만으로 구성된다. 둘째로 전과정에 관여하는 물질들 중 환경에의 영향은 주연료의 연소에 의한 대기오염이 대부분을 차지하게 된다. 따라서 이러한 특성들을 반영하여, 기계화 시공공정에서는 투입물로서는 주연료만을 포함시켰으며, 산출물에는 주연료의 연소과정에서 발생되는 대기오염물질들만을 감안하였다.

굴삭기를 이용하는 기계화 시공공정의 데이터베이스 구축 시스템에 포함된 공정들을 요약하면 아래와 같이 [그림 105]로 나타낼 수 있으며, 각 공정에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 106] 기계화 시공 - 굴삭기 - 시스템 경계 및 데이터 수집범위

① 기계화 시공 - 굴삭기

굴삭기를 이용하는 모든 기계화 시공공정, 즉 [표 308]에 언급된 벌개, 제근, 굴삭 및 적재작업들이 모두 포함된다. 시공과정에서 굴삭기는 경유를 주연료로 사용하며, 연료 연소과정에서 각종 대기오염물질을 배출하게 된다.

(3) 데이터 범주

굴삭기를 이용한 기계화 시공공정의 LCI DB 구축에 포함되는 데이터의 범주는 다음의 [표 312]와 같이 투입물과 산출물로 크게 구분하여, 투입물은 에너지만을 포함하고, 산출물에는 제품과 대기배출물을 포함한다.

[표 312] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 범주

구분		물질명
투입물	원료물질	-
	에너지	경유
	보조물질	-
산출물	제품	기계화 시공 - 굴삭기
	부산물	-
	대기배출물	CO2, CO, SOx, NOx 등
	수계배출물	-
	폐기물	-

(4) 데이터 품질요건

굴삭기를 이용한 기계화 시공공정 구축에 필요한 데이터의 품질요건은 [표 313]과 같다.

[표 313] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 품질 요건

구분	상위/하위흐름 단계	수송단계	시공단계
시간적 범위	최근 10년 이내	최근 10년 이내	2007년 1년간
지역적 범위	전세계	전세계	대한민국
기술적 범위	현재 사용되는 기술	일반적인 수송 기술	현재 사용하는 시공기술

(5) 가정 및 제한사항

① 굴삭기를 이용한 기계화 시공공정은 굴삭기의 종류 및 시공공정의 특성에 따라 매우 다양하다. 따라서 여기에서는 대표성이 있는 굴삭기 기종(유압식 백호, 버킷 용량 0.7㎥)을 이용한 기계화 시공공정을 선택하여 데이터베이스를 구축하였으며, 기능단위로 1시간 작업(50분 작업 및 10분 휴식 포함)량에 사용되는 경유 사용량을 설정하였다.

② 이 시공공정에서 굴삭기의 운전에 소모되는 각종 잡품(삽날 및 윤활유, 엔진오일 등)은 고려하지 않았다.

③ 다른 기종의 굴삭기를 이용한 기계화 시공공정은 경유 사용량의 비율로부터 계산된 환산계수를 사용하여 환경영향을 환산하여 사용할 수 있다.

나. 전과정 목록분석

(1) 데이터 수집 준비

데이터는 문헌데이터를 이용하여 [표 388]의 작업기준에 소모되는 경유의 사용량만을 조사하였다.

(2) 데이터 수집

데이터 수집은 크게 현장데이터 수집과 문헌데이터 수집으로 나눌 수 있다. 문헌데이터 수집에는 국가 LCI 데이터뿐만 아니라 외국 데이터베이스와 같은 공개된 일반데이터들이 포함된다.

생산 이전의 upstream 데이터에 대해서는 기존의 국가 LCI DB(지식경제부 및 환경부), 외국 DB 등을 연결하여 사용하였으며, 주요 원료 및 보조물질 등의 투입물과 산출물에 대한 데이터 출처는 [표 314]와 같다.

[표 314] 기계화 시공 - 굴삭기 - 데이터 출처

구분	파라미터명	DB 사용여부	DB 출처
에너지	경유	○	환경부, 2003

(3) 데이터 검증 및 계산

수집한 데이터는 건설공사 표준품셈에 의거한 경유 사용량 데이터이므로 별도의 검증과정이 필요하지 않다.

데이터 계산 시에 다음 사항들을 고려하였다.

① 굴삭기를 이용한 기계화 시공공정에서 발생하는 대기배출물은 대부분 경유 사

용에 의한 것이므로, 국가 데이터베이스의 경유 데이터를 연결하여 계산하였으며, 별도의 이론연소방정식이나 연소식을 사용하지 않았다.

② 참여 기업으로부터 데이터를 습득하지 않고 문헌조사만을 통해 구축된 데이터베이스므로, 수평법이나 수직법 등 국가 평균치를 만들기 위한 특별한 계산법이 도입되지 않았다.

(4) 할당

굴삭기를 이용한 시공공정 데이터베이스는 경유 사용 이외에 소요되는 물질이 없으므로, 할당이 필요하지 않다.

3. LCI 데이터베이스 활용

굴삭기를 이용한 시공공정 데이터베이스를 활용하고자 할 경우에는, 사용하는 굴삭기의 기종에 따라 이 데이터베이스에(product를 제외한 모든 input 및 output 항목에) 환산계수를 곱하여 사용하여야 한다. 즉, 다음 [표 315]의 환산계수를 적용하여 각 굴삭기의 환경영향을 산출할 수 있다. 단, 견인식 스크레이퍼의 경우에는 트랙터 등 견인하는 차량에 의해 환경영향이 발생하므로, 이 데이터베이스를 활용하여 환경영향을 계산할 수 없다.

[표 315] 기계화 시공 - 굴삭기 - 환경영향 환산계수

굴삭기 기종		경유 소모량(ℓ /h)	환산계수
형태	규격 (버킷 용량)		
유압식 백호	0.12㎥	2.4	0.23
	0.2㎥	3.8	0.36
	0.4㎥	9.0	0.86
	0.7㎥	10.5	1.00
	1.0㎥	17.7	1.69
	2.0㎥	29.8	2.84

예) 버킷 용량이 1.0㎥인 굴삭기를 사용한 시공공정의 경우 DB 전체에 환산계수인 1.69를 곱하여 사용함.

제 2 장

LCI DB Layout

2. LCI DB Layout

(1) CodeMst

DB-Record Map					
Table-Name		DB-Name	Title	Type	Reference
CodeMst		₩Dat	코드Master	Paradox7	
No.	Field	Type	Title	Initial	Contains
1	CM_Code	A(8)	코드	구분(2)+대분류(2)+중분류(2)+소분류(2)	
2	CM_Name	A(50)	코드명칭	목록에 나타나는 명칭	
3	CM_SelCode	A(2)	사용여부		
4	CM_DBName	A(50)	DB 파일명		
5	CM_ImgName	A(50)	이미지 파일명	추후 사용 예정	
6	CM_Info01	A(50)	추가정보-1	추후 사용 예정	
7	CM_Info02	A(50)	추가정보-2	추후 사용 예정	
8	CM_Info03	A(50)	추가정보-3	추후 사용 예정	구분-1
9	CM_Info04	A(50)	추가정보-4	추후 사용 예정	M: 건축자재
10	CM_Info05	A(50)	추가정보-5	추후 사용 예정	C: 건축시공
11	CM_Info06	A(50)	추가정보-6	추후 사용 예정	H: 건축물
12	CM_Info07	A(50)	추가정보-7	추후 사용 예정	
13	CM_Info08	A(50)	추가정보-8	추후 사용 예정	
14	CM_Info09	A(50)	추가정보-9	추후 사용 예정	
15	CM_Info10	A(50)	추가정보-10	추후 사용 예정	
16	CM_Info11	A(50)	추가정보-11	추후 사용 예정	구분-2
17	CM_Info12	A(50)	추가정보-12	추후 사용 예정	C: 생산
18	CM_UnitName	A(10)	단위명칭	추후 사용 예정	M: 유지관리
19	CM_UnitValue	A(20)	당위 환산 값	추후 사용 예정	X: 폐기
20	CM_Ext1	A(30)	예비용-1		
21	CM_Ext2	I	예비용-2		
22	CM_Ext3	A(255)	예비용-3		
23					
24					대,중,소분류: 숫자
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
User			User-Password		
Last Up-date	2008. 07. 22. (화)		Designed By	이 하 영	

(2) DataMst

DB-Record Map					
Table-Name		**DB-Name**	**Title**	**Type**	**Reference**
<xx>nnnnnn		₩Dat	Data Mst	Paradox7	
No.	**Field**	**Type**	**Title**	**Initial**	**Contains**
1	DM_No	Numeric	번호	원본(엑셀)의 순번	
2	DM_Direction	A(10)	방향	INPUT, OUTPUT 등의 영향의 방향	
3	DM_Group	A(30)	그룹	실행과 무관한 자료	
4	DM_Environment	A(50)	환경	실행과 무관한 자료	
5	DM_Name	A(50)	명칭	키 값에 해당하는 물질명 명칭	
6	DM_DesignateRule	A(20)	명명규칙	실행과 무관한 자료	
7	DM_NameRule	A(20)	명칭규격	실행과 무관한 자료	
8	DM_Unit	A(10)	단위기호	Kg으로 통일(현재)	
9	DM_UnitDesc	A(20)	단위설명	실행과 무관한 자료	
10	DM_EnvName	A(20)	매개변수 명칭	실행과 무관한 자료	
11	DM_EnvValue	A(30)	매개변수 값	목록비교의 결과, 환경영향 비교의 계산용	
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
User			User-Password		
Last Up-date		2008. 07. 22. (화)	Designed By	이 하 영	

(3) LikeMst

DB-Record Map					
Table-Name		DB-Name	Title	Type	Reference
LikeMst		₩Dat	유사명칭Mst	Paradox7	
No.	Field	Type	Title	Initial	Contains
1	LM_ID	A(10)	구분번호	2차 Key	
2	LM_Name	A(50)	명칭		
3	LM_Status	L	상태 값	상태 값(대표값 여부)	
4	LM_ChemForm1	A(30)	화학식-1		
5	LM_ChemForm2	A(30)	화학식-2		
6	LM_CAS	A(20)	CAS 번호	1차 Key	
7	LM_Ext	A(20)	예비용		
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
User			User-Password		
Last Up-date		2008. 07. 22. (화)	Designed By	이 하 영	

(4) SpecFact

DB-Record Map					
Table-Name		DB-Name	Title	Type	Reference
SpecFact		₩Dat	특성화인자Mst	Paradox7	
No.	Field	Type	Title	Initial	Contains
1	SF_Category	A(30)	영향범주	7가지의 영향 범주 명칭	
2	SF_Section	A(10)	구분	대기,수계 등의 구분	
3	SF_Item	A(50)	목록항목	키 값의 역할을 하는 항목명칭	
4	SF_CasNo	A(15)	CAS No	고유번호값-의미없음	
5	SF_Unit	A(10)	단위	모두 Kg단위로 되어 있음	
6	SF_Factor	A(20)	특성화 인자	특성화 인자 값 - 환경영향 결과에 계산대상	
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
User			User-Password		
Last Up-date		2007. 11. 28. (수)	Designed By	이 하 영	

(5) 보고서Mst

DB-Record Map					
Table-Name		DB-Name	Title	Type	Reference
R+Code명(9자)		₩Dat	보고서Master	Paradox7	
No.	Field	Type	Title	Initial	Contains
1	RM_Dat1	M(200)	내용-1		
2	RM_Dat2	A(100)	내용-2		
3	RM_Dat3	A(100)	내용-3		
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
User			User-Password		
Last Up-date		2008. 07. 22. (화)	Designed By	이 하 영	

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 중간연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
한국건설기술연구원 TEL 031)910-0367
한국인정원 TEL 02)2113-8524
친환경상품진흥원 TEL 02)2085-0055

R&D / 기반구축 A05-01

건축자재 환경성정보
국가 DB 구축사업

■ 발행일 / 2008. 06. 29.
■ 발행처 / 한국건설기술연구원
경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
TEL : 031-910-0114
■ 인쇄처 / (사)장애우권익문제연구소 리드릭