[연구개발계획서 작성시 주의사항]

제안시 제출하는 연구개발계획서의 연구목표, 연구내용, 최소 요구성능, 연구비, 연구기간 등은 RFP에 표기된 내용을 중심으로 필히 작성바랍니다.

(본 기획보고서는 참고자료로 활용바랍니다.)

2012 첨단 기획 A01

주택성능품질실험시설구축기획연구

2013

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

Land Infrastructure and Transport R&D Report

첨단도시개발사업 기획보고서

R&D / 2012-첨단기획-A01

주택성능품질실험시설구축기획연구

2013 . 06 . 26 .

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 "주택성능 품질 실험시설 구축 기획 연구"과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2013. 06. 26

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 이윤규
연 구 원 : 양관섭
" : 김경우
" : 정영선
" : 신철웅
" : 연준오
" : 이지현
" : 김수하
" : 김소연

보고서 요약

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>2012-
첨단기획
-A01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2012.12.27.~
2013.06.26</td><td>단 계 구 분</td><td>(1단계)/
(1단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">첨단도시개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">주택성능 품질 실험시설 구축 기획 연구</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">이윤규</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 8명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 144,000천원
기업 : 천원
계 : 144,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 8명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 144,000천원
기업 : 천원
계 : 144,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
그린빌딩연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td colspan="2">보고서면수 170</td></tr>
<tr><td colspan="6">본 연구는 실제 국민들이 공감할 수 있도록 생활환경과 밀착된 새집 증후군, 결로, 생활소음 및 진동, 냉난방부하 및 환기 등에 대한 성능을 객관적이고 종합적으로 측정할 수 있는 국가 인프라 차원의 실험시설을 구축하기 위한 기획연구임. 다양한 주택성능 중 실내공기환경, 소음 및 진동, 결로, 환기 등 공동주택의 거주자 쾌적하고 안전한 거주환경을 제공하기 위한 객관적이고 복합적으로 평가를 할 수 있는 주택성능품질 실험시설을 구축하기 위해 국내외 대형 실험시설에 대한 문헌조사 및 현장조사를 통해 기존의 연구시설에 대한 분석 등을 수행함. 기본적으로 주택성능 요소들에 대한 개별적인 성능평가를 위한 실험시설의 확보 및 이를 체계화하여 적용된 요소별 기술을 복합적으로 성능평가 할 수 있는 종합실험시설과 실증 실험주택(Test Bed)인 실내공기환경 및 결로시험동, 음향실증실험동, 실물 CV 시뮬레이터 실험동에 대한 구축 기획안을 도출하고 주택성능품질실험시설의 운영방안을 제안함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">주택성능, 실증실험시설, 실내공기질, 결로, 소음</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Housing Performance, Substantiation Facilities, Indoor Air Quality, Condensation, Acoustical Environment</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목

: 주택성능 품질 실험시설 구축 기획 연구

Ⅱ. 실험시설 정의 및 필요성

본 기획연구에서 구축하고자 하는 주택성능품질 실험시설은 실제 국민들이 공감할 수 있는 생활과 밀착된 새집 증후군, 결로, 생활소음 및 진동, 냉난방부하 및 환기 등에 대한 성능을 객관적이고 종합적으로 측정할 수 있는 국가 인프라 차원의 실험시설로 정의할 수 있다.

○ 실내공기환경 및 결로 실험동

본 실험시설은, 새집증후군 문제를 해결하기 위한 실내공기환경과 공동주택의 주요 하자요인중의 하나인 결로 등과 같은, 실내환경 관련 요소별 성능평가 및 복합적인 실험에 활용될 수 있다. 온도, 습도, 기류 등 실내환경을 구성하는 물리적 요소에 대한 기본적인 제어가 가능하며, 실험 목적에 따라 이를 선택적으로 조절하여 전체적인 성능평가가 가능한 실험시설로 다음과 같은 성능품질 실험이 가능하여야 한다.

○ 음향 실증 실험동

국내 공동주택의 패러다임 변화를 수용할 수 있도록 다양한 공동주택의 평면형태와 라멘구조 등을 갖추고, 층간소음, 생활소음, 설비소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설로, 다음과 같은 항목에 대한 성능품질 실험이 가능하여야 한다.

○ 실물 CV 시뮬레이터 실험동

실물 CV 시뮬레이터 실험시설은 기본적으로 풍동과 유사한 형태를 갖는 실험시설이지만 실제 주택을 대상으로 환기성능 및 단위세대의 환기부하 저감 성능 등을 검증하기 위한 실물실증 실험이 가능한 실험시설이어야 한다.

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경 분석

○ 국내외 실험시설 종합분석

국내의 경우, 2개 국공립 연구기관과 4개의 민간연구소, 1개의 대학 실험시설(국가인프라연구운영원소속)을 분석한 결과, 대부분의 연구기관은 주택성능품질에 대한 개별적인 성능 실험시설 및 장비의 일부만을 구축하고 있는 것으로 나타났다. 각 기관별 성격에 따라 실내공기질, 음향, 결로, 방수, 구조 등 연구개발에 활용되는 실험시설 및 장비에 차이가 있는 것으로 나타났다.

대형실험시설의 경우, 풍동 실험시설은 3곳, 실증실험시설은 4곳에서 보유하고 있었다. 풍동실험시설은 교량 및 건축물의 풍압 하중에 대한 연구개발을 목적으로 구축된 실험시설이며, 민간건설업체에서 보유한 실증실험시설은 공동주택의 냉난방 에너지 절감을 위한 연구개발을 목적으로 구축된 실험시설이었다.

주요 선진국의 주택성능품질관련 실험시설은 다양하게 존재하지만 그중에서 본 연구과제의 목적과 가장 유사한 실험시설은 일본의 BRI와 캐나다의 NRC-IRC에서 보유하고 있는 것으로 판단된다. 본 연구를 위해 현장조사를 진행한 독일, 프랑스, 스위스, 미국, 일본, 캐나다의 연구기관은 대부분 국공립 연구기관으로 주택성능에 대한 실험시설이 체계적으로 구축되어 있었으며, 일본, 캐나다, 독일, 프랑스, 미국의 경우 통합적인 성능평가가 가능한 실험시설도 보유하고 있었다.

또한 해당 국가의 주택 및 건설 정책의 지원을 위한 공공성 있는 연구수행을 전담하고 있었으며, 독일, 프랑스, 스위스의 경우는 약 50% 이상의 비율로 민간기업의 연구과제 및 자체적인 인증제도 운영 등을 통해 연구비를 조달하는 것으로 파악되었다. 일본 BRI와 캐나다 NRC의 경우 국가정책 지원을 위한 연구를 중점적으로 수행하는 기관으로서 건축분야의 다양한 요소기술 검증 실험시설과 개별기술의 복합적인 성능평가를 위한 실증실험주택을 운영하고 있었다.

일본 BRI의 통풍실험시설은 단위세대 규모의 실제 건물을 대상으로 환기부하에 대한 실험이 가능한 시설을 보유하고 있었으며, 캐나다의 경우는 다양한 형태의 풍동실험시설과 실내환경에 영향을 미치는 요소들에 대한 개별적인 실험시설을 구축하고 있었다. 또한 미국의 FLEXLAB은 본 연구에서 기획하고자 하는 실험시설의 목적과 유사한 실험시설로서 가변형 구조를 통해 다양한 평면 형태별로 실내환경실험이 가능한 실험시설이다.

Ⅳ. 실험시설 구축 구성(안) 및 추진전략

본 연구를 통해 기획하고자 하는 실험시설은 다양한 주택성능 중 실내공기환경, 소음 및 진동, 결로, 환기 등 공동주택의 거주자에게 쾌적하고 안전한 거주환경을 제공하기 위하여 필요한 주택성능을 객관적이고 복합적으로 평가를 할 수 있는 시설을 의미한다. 이를 위해서 기본적으로 주택성능과 관련된 요소기술들에 대한 개별적인 성능평가를 위한 실험시설이 확보되어야 하며, 이러한 기술들이 체계적으로 적용된 통합성능을 복합적으로 평가할 수 있는 종합실험시설과 실증 실험주택(Test Bed)을 확보하여야 한다.

○ 국내의 경우, 특정 실험만을 단편적으로 수행하는 데에 목적이 있는 단일 실험실을 위주로 하는 실험시설이 운영되고 있음

○ 주요 선진국의 국공립 연구기관(미국 : 건설 중, 일본, 프랑스, 독일)에서는 개별 및 통합기술에 대한 성능실험과 이를 종합적으로 적용할 수 있는 실증실험시설을 보유하고 있으나, 우리나라의 경우, 공동주택형태의 주택성능에 대한 복합적인 성능평가가 가능한 시설은 미비한 실정임

○ 주택성능품질과 관련되는 다양한 연구와 실험을 통합된 종합실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링 등이 가능하기 때문에 효율을 극대화 할 수 있음

○ 중소기업 및 대학 등에서 필요한 품질성능시험 및 연구업무의 대행이 가능한 실험시설의 구축이 필요함

○ 복합적인(요소기술별) 성능평가 실험 수행이 가능해야 하며, 세계최고 수준의 실험 정확성 및 시험비용 최적화를 통하여 주택성능품질실험의 적용성 확대가 필요

○ 국토교통부 등의 주택관련 기술정책 및 제도수립 지원을 위한 기초기술자료의 확보가 용이한 통합운용센터가 요구됨

주택성능품질 실험시설의 구성(안)은 차후 본 실험시설을 유치하려는 기관에서 실험시설을 실시설계하고 건설하는데 기본 자료로 참고할 수 있도록 필요한 사항들을 정의하고자 하였다. 이를 위하여 다음과 같이 건축공사비, 구축 장비 사양 및 구입 추정액 등의 기초적인 사항들을 제시하였다.

① 실험시설 기본설계 개념 및 특이사항, 실험동 도면
② 국내외 기존 실험시설 자료조사 및 분석 (실험시설의 위치, 규모, 실험동 및 주요 장비현황, 실험시설의 용도 등)
③ 필요장비 분석 및 배치안
④ 추정공사비 및 장비구입비 등의 예산안 및 공사기간

가) 실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험시설의 개요

실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험시설은 지상 5층 지하 1층으로 구성된 실험시설로서 그린홈 건설시 요구되는 요소기술의 하나인 친환경 건축자재 및 실내공기오염물질 저감 및 결로 방지를 위한 실내환경 관련 기준의 개발 및 검증을 수행하는 실험시설이다. 새집증후군의 원인인 실내오염물질(VOCs, 알데하이드류)의 저감성능 및 현장 적용성에 대한 정량적 평가와 공동주택에 적용 가능한 결로방지기술 개발, 환기시스템 적용에 따른 실내공기환경 개선성능 평가를 수행할 수 있다.

나) 음향 실증실험동의 개요

음향 실증실험시설은 국토교통 R&D 발전전략 및 건축자재의 성능 평가기술을 선진화하고 공동주택의 층간소음, 급배수 소음 등의 생활소음을 저감할 수 있는 기술을 정량적으로 평가하는 실험시설이다. 고시개정(인정을 위한 시험시설은 공공주택 평면과 유사하게 지어져야 함)으로 인해 일반 공동주택 평면과 같은 형태의 신규 바닥충격음 시험시설의 건립이 요구됨에 따라 공동주택에 적용되고 있는 대표적인 2개 평면 형태를 대상으로 설계 및 시공 계획을 구성하였다. 공동주택에서 발생되는 층간소음 및 진동 저감 성능 평가, 생활발생 급배수소음 제어 성능 평가 등의 건축환경 분야의 소음 및 진동 저감 성능 평가를 수행할 수 있다.

다) 실물 CV 시뮬레이터 실험시설의 개요

실물 CV 시뮬레이터는 지상 3층(규모), 지하 1층으로 구성된 실험시설로서 그린홈 건설시 요구되는 요소기술의 하나인 건물냉방 및 환기부하 저감을 위한 관련 기준을 개발 및 검증하고 CV(Cross Ventilation)에 의한 건물에너지 부하 저감성능의 정량적 평가할 수 있다.

본 실험시설을 활용하여 건물 에너지 부하의 저감을 위한 외피 기밀성능 기준 및 에너지 소비량 평가방법 개발 등의 연구개발 성과에 대한 성능평가가 가능하다. 이는 그린홈 건설 및 환기시스템의 성능 평가기술을 선진화함으로써 건축물에서 소비되는 에너지의 약 30%를 차지하는 환기부하를 저감할 수 있는 방법을 정량적으로

평가할 수 있는 실험시설로 활용될 수 있어야 한다.

Ⅴ. 사전타당성 검토

1. 정책적 타당성

가) 국정비전 및 국정목표와의 연계성

○ 현 정부의 140대 국정 과제 중 3번 창의교육과 문화가 있는 삶, 16번 국가 과학기술 혁신역량 강화, 110번 생태휴식 공간 확대 등 행복한 생활문화 공간 조성

- 주택의 생활환경 개선 : 오염물질 저방출 자재 사용 확대 등을 통해 실내공기질 개선

○ 주택건설기준 등에 관한 규정=>일부개정령(대통령령 제24529호)이 2013년 5월6일 공포(1년 후 시행)

- 결로방지성능 기준 마련, 실내공기 오염물질 최소화 위한 건강친화형 주택의 설계기준 신설

○ 본 기획연구는 주거환경에 대한 복합적이고 정량적인 평가가 가능한 실험시설 구축을 통해 쾌적한 주거환경 조성에 이바지 할 수 있음

나) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020)과의 연계성

○ 환경기준의 강화에 따라 녹색주택 공급 필요성이 커지고, 주택 및 주거문화에 대한 관심이 지속적으로 확대될 전망

○ 녹색주택 공급 필요성 증대에 따른 녹색건축기술 개발의 주요성과물의 성능평가와 성과물의 현장적용성에 대한 정량적인 성능평가를 위한 실험시설로 활용 가능

다) 국토교통 R&D 발전전략 및 건설교통R&D 중장기계획과의 연계성

○ 국민생활과 밀착되고 장기비전과 연속성을 가진 주택정책분야 R&D시스템의 구축 필요성 대두

○ 인문·사회적 요소가 결합된 정책형 R&D, 결로·누수방지, 층간소음 개선 등 생활밀착형 R&D의 추진 필요

○ 종합적인 실증실험시설의 구축은 주택의 실내환경과 관련된 원천기술 개발 및 주택성능기준 마련의 기술적 토대가 될 뿐 아니라, 실험시설의 건립 후에도 실내환경분야에 대한 기술경쟁력을 선진국 수준으로 끌어올릴 수 있게 되어, 주거용 건물의 실내주거환경이 국민 건강에 미치는 부정적인 영향을 최소화

2. 기술적 타당성

가) 기술수준 및 역량분석

○ 최고기술보유국 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량·정석적으로 파악하여 구축하고자 하는 실험시설별 구축방향 설정에 반영하였음

○ 현재 국내에 운영 중인 연구기관의 실험시설 및 장비현황을 토대로 현재 실험시설의 기술 수준을 나타냄

구 분		실험실 기술수준	
실험동	세부실험시설	최고기술보유국	국내기술수준(%)
IAQ 실험동	미생물실험실	미국, 일본, 독일	70%
	흡착·흡방습실험실	일본, 독일, 프랑스	80%
	냄새실험실	독일, 프랑스	70%
	정밀분석실험실	미국, 독일, 프랑스	85%
	챔버실험실	일본, 독일, 캐나다	75%
	결로실험실	일본, 캐나다	70%
	환기성능 실험실	일본, 미국, 캐나다	80%
	실증실험실(Test Bed)	일본, 미국, 독일, 캐나다	30%
음향실험동	층간소음 및 생활소음	독일, 프랑스, 캐나다	80%
실물 CV 시뮬레이터 실험동	실물 CV 시뮬레이터	일본	0% (유사 실험시설 없음)
	풍동실험시설	일본, 캐나다	50%

나) 기술개발의 성공 가능성

○ 기획단계의 실험시설별 구축계획안에 대한 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축

○ 분야별 전문가 자문 네트워크를 활용하여 주택성능품질 실험시설 구축기획안에 대한 정량적/정성적인 평가 진행 후 최종안 도출

3. 경제적 타당성

본 연구에서 구축하고자 하는 주택성능품질실험시설의 경제적 타당성 검증을 위해서는 비용-편익분석(Benefit-Cost Analysis)방법을 적용할 필요가 있다. 이를 검증하기 위해서 국가인프라시설로서의 국가 기술정책 지원, 관련업계 및 국민의 편의성 증진 등의 무형적인 부분은 제외하고 다음과 같이 주택성능품질 관련 연구개발 및 인증/시험사업에서 얻어지는 간접적인 편익만을 고려하더라도, 주택성능품질실험시설 구축의 경제성은 충분할 것으로 판단된다.

주택성능품질실험시설의 구축에 따라 대체할 수 있는 국가차원의 예산규모는 다음과 같이 개략적인 산정이 가능하며, 실험시설의 집중화, 성능의 고도화, 시험비용의 저감 등을 통한 전체적인 국내 품질인증 및 시험사업 규모가 증가할 뿐만 아니라, 다음 그림에서 보는 바와 같이 관련 산업의 점차적인 발전을 고려할 경우, 경제적 타당성은 더 크게 높아질 것으로 사료된다.

4. 정부지원의 타당성

○ 국가 상위계획과의 부합성

- 정부는 저탄소 녹색성장 기본법(법률 제10599호, 2011. 4. 14)의 제2조(정의)에서 “녹색기술이란 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 청정에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함한다) 등 사회·경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술을 말한다.” 라고 명시하고 있으며, 제54조(녹색건축물의 확대)를 통해 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물인 녹색건축물의 확대를 규정하고 있음.
- 국토교통부는 “녹색건축물 활성화 추진전략” 에 따라 그린홈 건설 확대를 추진하고 있음. 또한, 공동주택의 에너지성능을 포함한 다양한 주거 환경의 질을 평가하기 위한 “녹색건축물 인증제도” 등을 시행하고 있음

○ 정부(국토교통부)지원의 필요성

- 유해화학물질, 소음, 환기부족, 결로 등으로 인하여 야기될 수 있는 실내환경 문제의 근본적인 해결을 위해서는 통합적인 성능을 검증할 수 있는 국가인프라차원의 실험시설 구축이 기본적으로 선행되어야 하며, 이를 활용하여 주택의 성능 및 품질을 향상시키고, 관련 기술 개발을 유도함으로써 건강하고 쾌적한 국민생활공간인 주택의 청정화 및 녹색건축 공간으로의 창출에 부응할 수 있음

- 주택성능품질을 개선하기 위한 기능성 건축자재 등의 원천 기술은 미래유망 기초 기술의 하나로서 관련 제품의 보급을 거의 수입에 의존하고 있는데, 이는 국내 관련 실험시설의 기반이 미비하기 때문이며, 그에 따라 중소업체나 관련 연구자들이 손쉽게 접근하기 어려운 점이 국내 기술발전을 저해하고 있음. 따라서 누구나 손쉽게 이용할 수 있는 공익시설로서 주택성능품질실험시설을 구축하는 것은 국가의 기술경쟁력 및 국민생활공간의 성능 향상에 책임이 있는 국가가 선도적으로 추진해야 할 문제임. 또한 고가의 실험비용 등에 대한 수입대체효과를 증대할 수 있으며, 고성능의 실험시설을 구축함으로써 국내 관련시장을 활성화하고 기초기술의 확대보급에 기여할 수 있음
- 주택 실내 환경에서 유해환경 인자를 적극적으로 개선하여 국민의 삶의 질 향상에 기여할 수 있는 주택품질성능실험시설의 구축은 사회 경제적 비용의 절감, 국민복지 및 건강 향상, 관련 산업발전의 차원에서 절실히 요구됨. 이러한 필요성에 대해 민간차원에서 소극적으로 대처할 경우, 주택의 품질과 성능을 향상시키기 위한 국내 기술개발의 경제성 저하가 우려되므로 국가차원에서 신성장 동력 개발의 일환으로 지원이 이루어져야 함.

목 차

1장. 실험시설의 정의 및 필요성 ····· 1

1절. 실험시설의 정의 및 필요성 ····· 1

1. 실험시설의 정의 ····· 1
2. 실험시설의 필요성 ····· 3

2절. 산업 및 정책 동향과의 연관성 ····· 7

1. 산업 동향과의 연관성 ····· 7
2. 정책 동향과의 연관성 ····· 8
3. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 27

2장. 국내외 실험시설 및 장비현황 조사 ····· 33

1절. 국내 실험시설 현황 조사 ····· 33

1. 한국건설기술연구원 ····· 33
2. 국립환경과학원 ····· 36
3. 삼성물산 주거성능연구소 ····· 38
4. 대림산업 기술개발원 ····· 42
5. 대우건설 기술연구소 ····· 45
6. 현대건설 기술연구소 ····· 48
7. 전북대학교 풍동실험센터 ····· 51

2절. 국외 실험시설 현황 조사 ····· 53

1. 영국 BRE(Building Research Establishment) ····· 53
2. 독일 Fraunhofer WKI ····· 54
3. 일본 동경대 생산기술연구소 ····· 55
4. 일본 세끼스이 하우스 연구소 ····· 56
5. 일본 건축시험센터 ····· 57

3절. 국외 대형 실험시설 현장 조사 ····· 58

1. 일본 BRI (Building Research Institute) ····· 58
2. 캐나다 NRC-IRC (NRC - Institute for Research in Construction) ·64
3. 미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory) ····· 69

4. 스위스 EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology) ····· 74
5. 독일 IBP (Fraunhofer, Institute for Building Physics Fraunhofer)· 75
6. 프랑스 CSTB(Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)····· 79
4절. 종합분석 ····· 83
1. 국내외 실험시설 종합분석 ····· 83
2. 기존 실험시설과의 차별성 ····· 87

3장. 주택성능품질실험시설 구축 추진 전략 ····· 88

1절. 비젼 및 목표 ····· 88
1. 기획연구 비젼 및 목표 ····· 88
2. 기술개발 전략 및 효과 ····· 88
2절. 연구 개발 추진 전략 ····· 89

4장. 주택성능품질실험시설 구성(안) ····· 90

1절. 실험시설의 기본설계 개요 ····· 90
1. 기본설계 개요 및 범위 ····· 90
2. 기본설계 방안 ····· 91
2절. 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로 실험동 ····· 94
1. 실험시설 개요 ····· 94
2. 실험시설의 기본설계(안) ····· 95
3. 실험시설의 주요 장비 개요 ····· 96
4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격 ····· 97
5. 실내공기환경 및 결로 실험동 주요 측정장비 성능검토 ····· 99
6. 실험시설 평면도 및 단면도 ····· 100
3절. 음향 실증 실험동 ····· 105
1. 실험시설 개요 ····· 105
2. 실험시설의 기본설계(안) ····· 106
3. 음향 실증 실험동 주요 측정장비 성능검토 ····· 107
4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격 ····· 108

5. 실험시설 평면도 및 단면도 ····· 109
4절. 실물 CV 시뮬레이터(Cross Ventilation simulator) 실험동 ····· 113
1. 실험시설 개요 ····· 113
2. 실험시설의 기본설계(안) ····· 114
3. 실험시설의 주요 장비 개요 ····· 114
4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격 ····· 115
5. 실물 CV 시뮬레이터 실험동 주요 측정장비 성능검토 ····· 115
6. 실험시설 평면도 및 단면도 ····· 116
5절. 주택성능품질 실험시설의 운영방안 ····· 121
1. 실험시설의 운영 개요 ····· 121
2. 주택성능품질실험시설 운영 방안 ····· 122

5장. 사전 타당성 검토 ····· 126

1절. 정책적 타당성 ····· 126
2절. 기술적 타당성 ····· 127
3절. 경제적 타당성 ····· 128
4절. 정부지원의 타당성 ····· 131
5절. 전문가 자문의견 수렴 ····· 133

6장. 주택성능 품질 실험시설 구축 추정예산 ····· 138

1절. 전체 사업 소요 예산 ····· 138
2절. 실험시설 구축 로드맵 ····· 139
3절. 세부 실험실별 소요예산 ····· 140
1. 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로 실험동 ····· 140
2. 음향 실증실험동 ····· 141
3. 실물 CV 시뮬레이터 실험동 ····· 142

7장. 요약 및 결론 ····· 144

1. 주택성능품질 실험시설의 구성 ····· 144
2. 주택성능품질실험시설 운영 방안 ····· 144

8장. 과제 제안요구서 ····· 145

1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 145

2절. 실험시설 유치기관 선정 및 평가 방안 ····· 154

1. 기본방향 ····· 154
2. 신청자격 ····· 154
3. 연구책임자의 자격 ····· 155
4. 유치기관의 기타사항 ····· 155
5. 평가 및 선정 절차 ····· 156
6. 평가방법 ····· 156
7. 평가 내용 및 기준 ····· 157

9장. 참고문헌 ····· 159

그 림 목 차

그림 1 건축물 현황 통계(2011년 말 기준) ····· 3
그림 2 2010년 소음.진동 관리시책, 시.도별 추진실적 평가(환경부) ····· 4
그림 3 신축 아파트의 3년간 오염도 변화추이('06년 입주) ····· 4
그림 4 환기시스템 특허관련 출원 동향 ····· 7
그림 5 국토종합계획 수정계획 비젼 및 목표와 추진전략 ····· 8
그림 6 LH공사 주택분야 건축설계 지침 내용 중 결로방지 가이드라인 부분 ····· 12
그림 7 강동구 친환경 공동주택 가이드라인 운영기준 ····· 13
그림 8 SH 공사 재개발(재건축) 임대아파트 시설물 설치기준(건축) ····· 13
그림 9 US EPA에서 제공하는 Indoor Air Plus Checklist ····· 18
그림 10 한국소비자원 민원제기 현황 ····· 28
그림 11 유럽의 지역별 주거 건축물 공급 예상(EU-27) ····· 29
그림 12 EU 27개국의 Net construction activity - 신축, 대수선, 지붕/창호 수선 추이 ····· 29
그림 13 세계 실내공기질 시장의 변동 추이 ····· 30
그림 14 일본의 주택용 환기 시스템 시장규모 예측 ····· 31
그림 15 electrical heat tracing system 예 ····· 32
그림 16 hot water heat tracing system 예 ····· 32
그림 17 환기설비 시장규모의 증가 추세 ····· 130
그림 18 기능성 건축자재 시장규모의 증가 추세 ····· 130
그림 19 가구제품 시장의 증가 경향 ····· 131

표 목 차

표 1 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준 ····· 11
표 2 결로분야 국내 정책 동향 및 제도 ····· 14
표 3 건축물 친환경 및 에너지 관련 현행 인증제도 및 기준 ····· 15
표 4 미국 냉난방공조학회(ASHRAE) 가이드라인; 2003 ····· 18
표 5 캐나다 실내공기질 권고기준(1989) ····· 19
표 6 실내공기 기준치 (IRK: 독일 실내공기위생위원회(2004년)) ····· 20
표 7 영국 실내공기질 가이드라인(1999) ····· 21
표 8 싱가포르 실내공기질 가이드라인(1996) ····· 22
표 9 노르웨이 실내공기질 가이드라인(1999) ····· 22
표 10 유럽의 건물 등급에 따른 환기량 기준 ····· 23
표 11 네덜란드 건축법에서의 열교방지를 위한 온도 계수의 최소값 ····· 24
표 12 프랑스 실내 온도조건에 따른 온도차이비율의 범위 ····· 24
표 13 국외 결로방지 표준 설계 시공 기술 관련 법규, 표준 및 시방 현황 ····· 25
표 14 국가별 결로 설계 기준 ····· 26
표 15 2012년 공동주택 분양실적 및 2011년 분양실적 비교 ····· 27
표 16 실내환경 연구시설 ····· 33
표 17 음향 연구시설 ····· 35
표 18 실내환경 연구시설 ····· 36
표 19 음향 연구시설 ····· 37
표 20 실내환경 연구시설 ····· 38
표 21 음향 연구시설 ····· 40
표 22 통합실증 연구시설 ····· 41
표 23 실내환경연구시설 ····· 42
표 24 음향연구시설 ····· 43
표 25 통합실증 연구시설 ····· 44
표 26 실내환경 연구시설 ····· 45
표 27 음향 연구시설 ····· 46
표 28 풍동 연구시설 ····· 47
표 29 실내환경 연구시설 ····· 48
표 30 음향 연구시설 ····· 49
표 31 풍동 연구시설 ····· 50
표 32 풍동 연구시설 ····· 51
표 33 실내환경 연구시설 ····· 53
표 34 음향연구시설 ····· 53
표 35 실내환경 연구시설 ····· 54

표 36 실내환경 연구시설 ····· 55
표 37 건축환경 연구시설 ····· 56
표 38 실내환경 연구시설 ····· 57
표 39 풍동 연구시설 ····· 59
표 40 건축환경 실험동 ····· 60
표 41 음향 연구시설 ····· 61
표 42 통합실증 연구시설 ····· 62
표 43 BRI 연구논문 리스트 ····· 63
표 44 실내환경 연구시설 ····· 65
표 45 음향 연구시설 ····· 66
표 46 풍동 연구시설 ····· 66
표 47 통합실증 연구시설 ····· 67
표 48 NRC 연구논문 리스트 ····· 68
표 49 통합실증 연구시설 ····· 69
표 50 실내환경 연구시설 ····· 71
표 51 LBNL 연구논문 리스트 ····· 72
표 52 음향 연구시설 ····· 74
표 53 실내환경 연구시설 ····· 76
표 54 음향 연구시설 ····· 77
표 55 통합실증 연구시설 ····· 78
표 56 실내환경 연구시설 ····· 80
표 57 음향 연구시설 ····· 81
표 58 풍동 연구시설 ····· 82
표 59 실험시설별 예산배정(안) ····· 92
표 60 실험시설별 공통장비 및 시설 ····· 93
표 61 세부 실험시설 개요 및 주요 장비 ····· 94
표 62 세부 실험시설 개요 및 주요 장비 ····· 105
표 63 세부 실험시설 개요 및 주요 장비 ····· 113
표 64 주요장비 구성 및 사용용도 ····· 114
표 65 주택성능품질 실험시설 행정운영 인력 소요 ····· 122
표 66 실내공기환경 및 결로 실험동 소요예산 ····· 140
표 67 실내공기환경 및 결로 실험동 필요시설 및 측정장비 ····· 140
표 68 실내공기환경 및 결로실험동 소요공사비 ····· 141
표 69 음향 실증실험동 소요예산 ····· 141
표 70 음향 실증 실험동 필요시설 및 측정장비 ····· 141
표 71 음향 실증실험동 소요공사비 ····· 142
표 72 실물 CV 시뮬레이터 실험동 소요 예산 ····· 142

표 73 실물 CV 시뮬레이터 실험동 필요시설 및 측정장비 ····· 142
표 74 실물 CV 시뮬레이터 실험동 소요공사비 ····· 143

1장. 실험시설의 정의 및 필요성

1절. 실험시설의 정의 및 필요성

1. 실험시설의 정의

최근 국내 공동주택의 패러다임 변화 및 다양한 평면형태의 증가 등으로 인해 기존의 실험시설을 활용한 주택성능품질 실험 결과와 실제 거주공간에서의 성능구현의 차이가 크게 다르게 나타나고 있다.

특히 주택성능품질 성능실험의 경우, 건축물에 적용되는 단위 건축부재에 대한 개별적인 성능평가가 가능한 수준의 실험시설은 국내 공공연구소 및 기업부설 연구소, 대학 등에서 일부 보유하고 있으나, 실제 주택을 대상으로 하는 요소기술의 성능검증을 할 수 있는 실험시설이 전무한 실정이다,

따라서 본 기획연구에서 구축하고자 하는 실험시설은 실제 국민들이 공감할 수 있는 거주생활환경과 밀착된 새집 증후군, 결로, 생활소음 및 진동, 냉난방부하 및 환기 등에 대한 성능을 객관적이고 종합적으로 측정할 수 있는 국가 인프라 차원의 실험시설로 정의할 수 있다.

○ 실내공기환경(IAQ) 및 결로실험동 :

본 실험시설은, 새집증후군 문제를 해결하기 위한 실내공기환경과 공동주택의 주요 하자 요인 중의 하나인 결로 등과 같은, 실내환경 관련 요소별 성능평가 및 복합적인 성능평가 실험에 활용될 수 있다. 온도, 습도, 기류 등 실내환경을 구성하는 물리적 요소에 대한 기본적인 제어가 가능하고, 실험 목적에 따라 이를 선택적으로 조절하여 전체적인 성능평가가 가능한 실험시설로, 다음과 같은 성능실험이 가능하다.

① 건축자재 및 생활제품(가구류, 전자제품 등)의 유해화학물질(VOCs, HCHO, SVOC 등) 방출량, 결로의 원인이 되는 항균, 항곰팡이 발생가능성, 재실자의 만족도 및 쾌적성에 영향을 주는 냄새 등에 대한 성능요소별 실험 및 단위세대의 복합적인 성능평가가 가능한 실험시설

② 친환경주택(그린홈, 녹색건축물), 건강친화형주택, 제로에너지 건축물, 녹색건축물 인증제도 등과 관련된 개별 성능(Individual Performance) 및 전체 성능(Overall Performance)의 실증이 가능한 실험시설 및 Test Bed

③ 국가 연구개발 사업의 성과물에 대한 성능평가 및 국가 주택 정책의 기술적 지원을 위한 실험시설

○ 음향 실증실험동 :

국내 공동주택의 패러다임 변화에 따라 탑상형 공동주택의 평면 형태와 라멘구조 등을 갖추고, 층간소음, 생활소음, 설비소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설로, 다음과 같은 항목에 대한 성능품질 실험이 가능하여야 한다.

① 층간소음, 세대 간 소음, 생활소음, 설비소음 및 진동 등에 대한 요소별 또는 복합적인 성능 평가가 가능한 실험시설
② 친환경주택(그린홈), 녹색건축물 인증제도 등과 관련된 개별 성능(Individual Performance)과 전체성능(Overall Performance) 실증이 가능한 실험시설
③ 국가 연구개발 사업의 성과물에 대한 성능평가 및 국가 주택 정책의 기술적 지원을 위한 실험시설

○ 실물 CV시뮬레이터 실험동:

CV시뮬레이터 실험시설은 기본적으로 풍동과 일부 유사한 부분도 있는 실험시설이지만, 실제 주택을 대상으로 환기성능 및 단위세대의 에너지성능, 외부환경에 의한 영향을 검증하기 위한 실물실증 실험이 가능한 실험시설이어야 한다.

① 단위세대를 대상으로 단위세대의 맞통풍 효과와 자연형 냉방효과(passive cooling effect) 등 환기성능평가 및 이와 관련된 에너지성능평가, 풍향/풍속/온도/습도 등과 같은 외부환경 영향에 따른 실내환경 변화에 대한 예측 실험시설
② 실제 주택의 단위세대를 건축하여 실제 주거 환경과 유사한 환경을 구현할 수 있는 실험시설
③ 공동주택 에너지 성능평가와 친환경 건축물(그린홈) 및 제로에너지건축물 분야의 개별성능(Individual Performance)과 전체성능(Overall Performance) 실증이 가능한 실험시설

2. 실험시설의 필요성

2012년 2월 국토교통부에서 발표한 “2011년 건축물 현황 통계[1)]” 에 따르면 용도별 건축물 현황에서 주거용 건물이 전체 건물의 67.3%를 차지하고 있으며, 또한 공동주택(아파트)이 주거용 건축물에서 차지하는 비율이 52%로 가장 높게 나타났다.

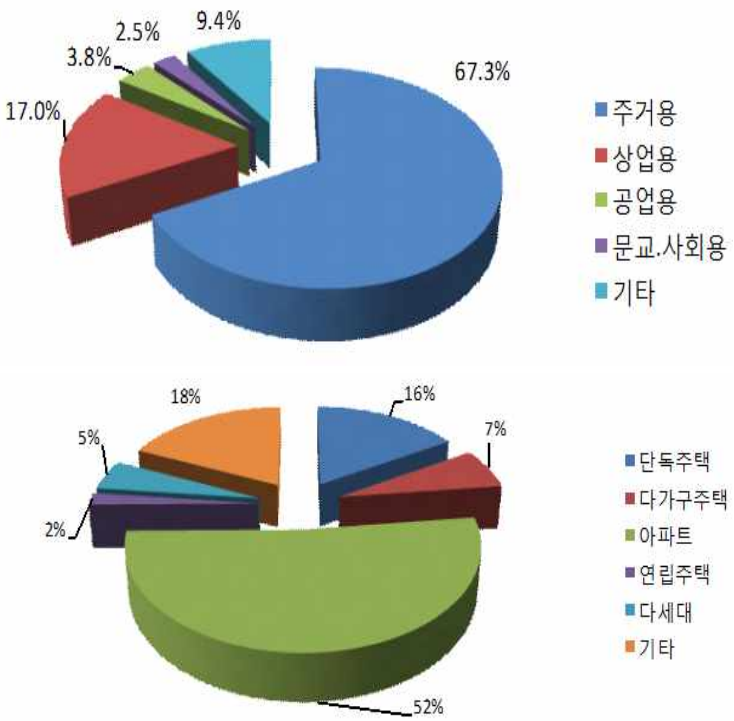


그림 1 건축물 현황 통계(2011년 말 기준)

2005년 한국소비자원에서 보고한 “아파트 소비자피해 실태 조사” 에 따르면 아파트 소비자피해는 주택 종류별 피해구제 청구 현황 중 2003년부터 약 80% 이상을 차지하고 있으며, 그 피해가 지속적이고 동일 아파트 내 유사피해가 많아 건당 피해구제 중요성이 매우 높은 실정이다.

아파트의 주요 소비자 피해구제 청구 건을 크게 “건축상 하자” 와 “환경상 하자” 유형으로 구분하여 분석한 결과, “건축상 하자” 에 해당하는 결로 등 건축물 관련 하자가 약 50%를 차지하며, “환경상 하자” 는 소음 및 실내공기질과 관련되는 악취 등이 약 8%를 차지하는 것으로 조사되는데, 그 피해 발생의 원인이 명확치 않고 동일 하자가 반복되는 특성이 있으며, 보수과정에서 파생되는 피해로 인해 구체적인 대책 마련이 필요하다.

1) 건축물 현황 통계, 2012.02, 국토교통부

환경부의 2010년 소음·진동 관리시책의 내용에 따르면 소음진동민원 발생은 매년 증가하는 추세이며, 발생원 중 생활소음이 전체의 96%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.



그림 2 2010년 소음·진동 관리시책, 시·도별 추진실적 평가(환경부)

공동주택오염도 변화추이 파악을 위한 시계열 조사연구[2]에서는 신축 아파트의 실내공기 중 유해한 오염물질은 입주 전보다 입주 후 2개월까지 농도가 증가하였다가 감소하는 경향을 나타났다. 포름알데히드는 거주하는 동안에 새 가구류 및 건축자재 등에서 지속적으로 방출되어 휘발성 유기화합물에 비해 장기간 실내공기를 오염시키는 주요 원인으로 나타나, 입주 후에도 지속적으로 방출되는 오염물질에 대한 관리방안의 마련이 시급한 실정이다.

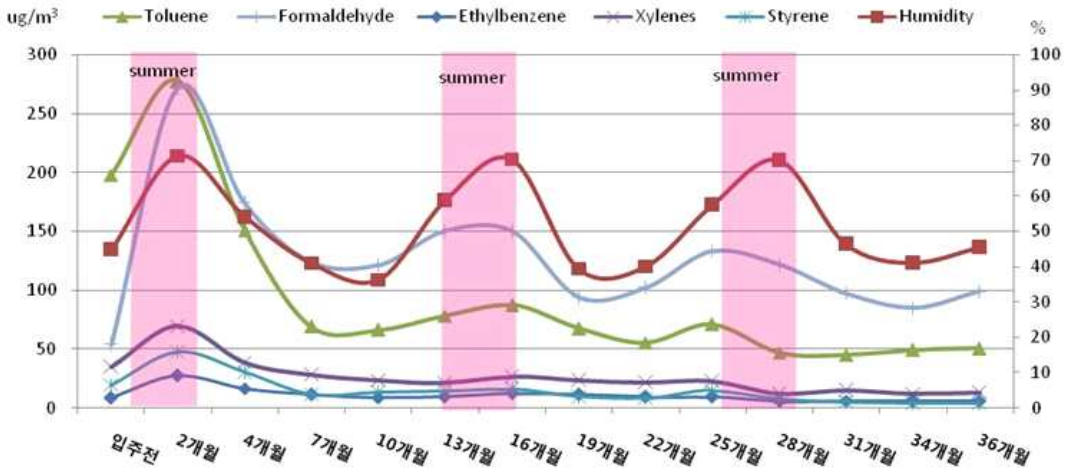


그림 3 신축 아파트의 3년간 오염도 변화추이('06년 입주)

2) 환경부 보도자료, 새 아파트 실내공기 입주 전보다 입주 후가 더 문제!, 09.12.10,

환경부에서 발표한 보도자료[3]에 따르면 2010년 3월부터 1년간 서울 및 수도권 지역의 단독 및 다세대 주택을 대상으로 총 부유미생물 농도를 조사한 결과, 총부유세균 및 총부유곰팡이 평균 농도가 다중이용시설 등의 실내공기질 기준치 및 WHO 권고기준을 약 2.2배, 1.5배 초과하는 것으로 나타나 관리가 절실한 것으로 나타났다. 다세대주택의 경우, 층수에 따라 부유곰팡이의 농도가 440.0~1,079.7 CFU/m^3으로 편차가 크게 나타나 지하세대에서는 부유곰팡이 관리에 특히 주의를 기울여야 할 것으로 나타났다.

국내 주택 보급률이 높아지고 생활수준이 향상되면서 기본적 거주조건의 충족뿐만 아니라 쾌적한 실내환경에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 대응하기 위하여 국토교통부에서는 2006년 1월 주택의 주요성능을 등급화 하여 공표함으로써 소비자에게 정확한 정보를 제공하고, 주택의 품질향상을 유도하기 위하여 소음, 구조, 환경, 생활환경, 화재·소방 성능 등 5개 분야 20개 항목 등급화 및 표시 의무화함으로써 국민편익 증진을 위한 주택보급을 위해 주택성능등급표시 제도를 운영하였다.

또한 2002년부터 국토교통부에서는 지속가능한 개발의 실현을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획·설계되고, 에너지와 자원 절약 등을 통하여 환경오염부하를 최소화함으로써 쾌적하고 건강한 거주환경을 실현한 건축물의 건설을 위한 친환경건축물 인증 제도를 운영하였다.

2013년 2월에는 「녹색건축물 조성 지원법」 시행(‘13.2.23)으로 「친환경건축물 인증제」와 「주택성능등급 인정제」를 통합하여 「녹색건축 인증제」로 새로이 시행하게 되었다. 현행 9개 전문분야의 분류체계에서 유사 분류항목을 통합하여 7개의 전문분야로 분류체계를 재정립하였으며, 공동주택의 경우 녹색건축 예비인증 결과를 입주자 모집공고에 표시하도록 하고 그 의무대상을 1,000세대(에너지성능은 300세대) 이상에서 500세대 이상으로 확대하였다. 또한 공공건축물의 신축 또는 별동증축 시 인증취득 의무대상을 연면적 10,000 ㎡ 이상에서 3,000 ㎡ 이상으로 확대하였다.

2009년 12월 이후 두통, 천식, 아토피 등의 원인이 되는 새집증후군을 예방하고 공동주택 입주자들이 건강하고 안전한 거주환경을 확보하기 위하여 주택건설사업계획 승인신청을 하는 1,000가구 이상의 신축 및 리모델링 공동주택을 대상으로 “청정건강주택(Clean & Healthy Housing) 건설기준” 을 제정하였다.

그러나 이러한 제도들은 주택성능과 관련된 요소기술에 대한 평가항목만을 규정하고 있기 때문에 실제 현실조건을 고려하여 종합적인 성능을 검증할 수 있는 보완

3) 환경부 보도자료, 가정집 70%가 총부유세균 유지기준 초과, 2011.06.15.

이 필요하다. 특히, 최근 시행되고 있는 건축분야 R&D 관련 연구는 건축물의 에너지 절약 및 에너지 효율화, 저탄소 건축물 구현 검증을 위한 실험시설의 연구개발에 집중됨으로써 주택성능과 품질을 검증하고 확인 할 수 있는 통합적인 실증 실험시설의 확보는 매우 미흡한 실정이며, 국민편익증진 및 쾌적한 실내환경 조성을 위하여 층간소음, 결로, 새집 증후군, 냉난방부하 및 환기 등에 대한 실내환경 요소기술별 검증과 더불어 종합적인 성능을 판단할 수 있는 국가인프라시설로서의 주택성능품질 종합 실증 실험시설 구축이 시급하다.

이와 더불어 실험시설이 부족한 대학 및 중소 민간건설업체의 기초기술개발을 지원할 수 있는 성능품질 실험시설을 구축하고, 이를 편리하고 저렴한 비용으로 이용할 수 있도록 국가적 차원에서 운영체계를 확보할 필요성이 요구되고 있다.

2절. 산업 및 정책 동향과의 연관성

1. 산업 동향과의 연관성

국토교통부에서는 2006년 1월 주택의 주요성능을 등급화 하여 공표함으로써 소비자에게 정확한 정보를 제공하고 주택의 품질향상을 유도하기 위하여 주택성능등급 표시 제도를 시행하고 있다. 또한 기존의 친환경건축물 인증제도와 통폐합하여 2013년 2월부터 녹색건축물 인증제도가 새롭게 시작되었다. 이러한 주택관련 제도들이 제정됨에 따라 건설업체 및 건축자재 생산업체들의 연구개발 및 관련시장이 크게 증가하는 추세이다.

그러나 최근 시행되고 있는 건축분야 R&D 관련 연구는 건축물의 에너지 절약 및 에너지 효율화, 저탄소 건축물 구현 검증을 위한 실험시설의 연구개발에 집중됨으로써 중소업체에서 층간소음, 결로, 소음, 새집 증후군, 냉난방 및 환기 등에 대한 요소기술을 직접 개발하기 어려운 실정이며, 개발된 요소기술에 대한 검증과 더불어 종합적인 성능을 판단할 수 있는 방법과 시설이 없기 때문에 이러한 문제를 해결할 수 있는 국가인프라시설로서의 주택성능품질 실험시설 구축이 필요하다.

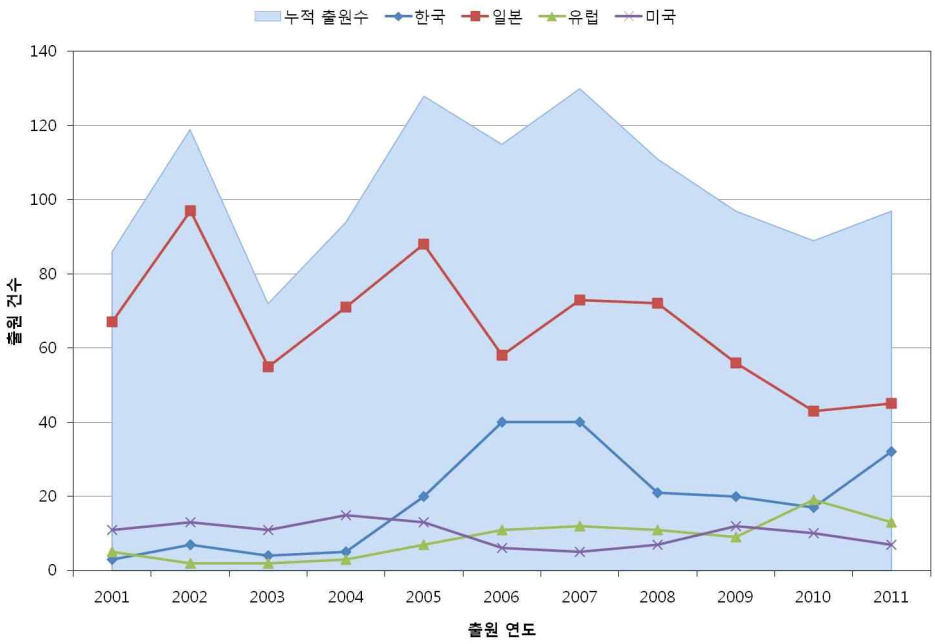


그림 4 환기시스템 특허관련 출원 동향

2. 정책 동향과의 연관성

현재 국내에서는 공동주택을 포함하여 국민이 거주하는 공간을 쾌적하고 안전하게 구축하기 위하여 다양한 기술개발 및 이에 따른 법제화가 활발하게 추진되고 있다.

2012년 4월 국토종합계획 수정계획(2011-2020)[4]을 통해 이전에 수립된 국토종합계획 중 국내외 여건변화와 새로운 국가발전전략 대두에 능동적으로 대응하여 장기 국토비전 및 정책방향을 재정립하였다. 국토종합계획 수정계획에서는 "정주환경, 인프라, 산업, 문화, 복지 등 전 분야에 걸쳐 국민의 꿈을 담을 수 있는 국토공간을 조성하고, 저탄소 녹색성장의 기반을 마련하는 녹색국토 실현" 을 비젼으로 제시한 바 있다.

이를 위한 세부 추진전략 중 "쾌적하고 문화적인 도시 주거 환경 조성" 에서 주거수준의 선진화 및 주거안전망 확충을 통해 점차 다양화되는 주택수요에 부응하여 1인 가구용 소형주택, 고령자 전용주택, 도심 소형주택, 전원주택, 타운하우스 등 수요맞춤형 주택 공급정책을 추진하고, 보금자리주택 등 신규주택 공급, 공공임대주택 재고 확대, 기존 주택의 개보수 등에 대한 정부지원 강화 등을 통해 주택의 수준을 선진국 수준으로 제고하는 계획을 수립하였으며, 환경 친화적 주택보급을 확대하고 주거단지 및 주택 디자인 개선을 통해 주거환경의 질적 향상을 도모하고 있다.

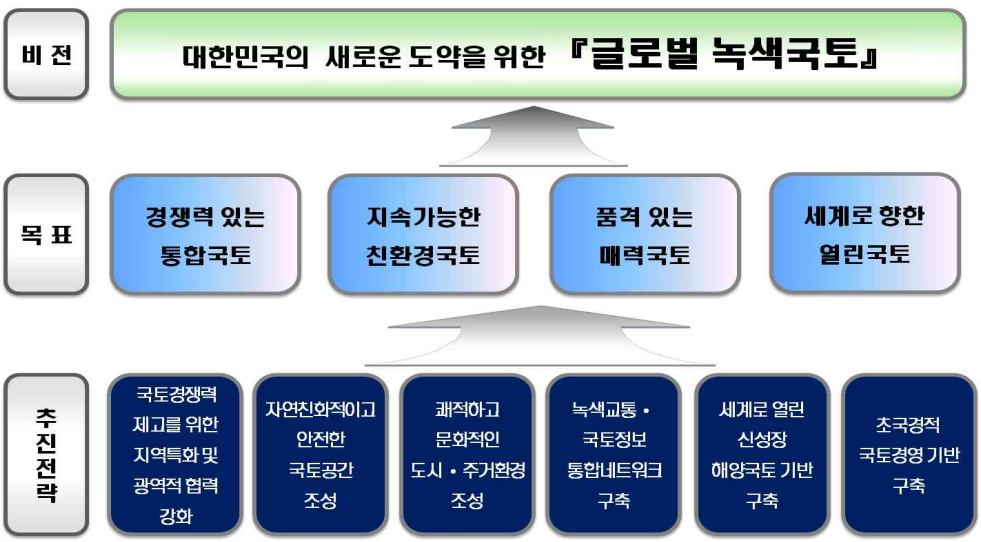


그림 5 국토종합계획 수정계획 비젼 및 목표와 추진전략

4) 제4차 국토종합계획 수정계획(2011-2020), 국토교통부, 2012.04.06

가) 국내 정책 및 기준 동향

○ 소음 관련 분야

공동주택의 소음과 관련하여 공동주택 면적이 30만 ㎡ 미만인 지역에서는 주택건설기준 등에 관한 규정 제 9 조 제1항에 의거 1층에서 5층까지의 실외소음 기준과 6층 이상에서의 실외소음기준 또는 실내소음 기준을 만족하도록 의무 조항을 제정하였다. 국토교통부 고시 제2012-7호 주택건설기준 등에 관한 규정으로 소음관련(경량, 중량충격음, 세대 간 경계벽 차음성능, 화장실 급·배수 소음 및 외부소음기준)관리 기준(주택성능등급)을 제시하고 있으며, 2012년 12월 중량충격음 평가 시 뱅머신 뿐만 아니라 실제 사람의 충격력과 유사한 주파수 파형을 가지고 있는 고무공(Rubber ball) 까지 사용할 수 있도록 KS 규격이 제정된 상태이다.

층간소음 저감재의 잔류변형량을 측정 및 평가할 수 있는 KS 규격을 등록 시킨 상태로, 시일이 지남에 따른 층간소음저감재의 성능을 다소 확보 할 수 있는 계기가 될 수 있다. 층간소음 저감재의 측정 및 평가는 표준시험동을 활용하여 진행하고 있지만, 현장적용 시 다소의 문제로 인하여 실제 공동주택 평면을 가지 2개소 이상에서 평가하도록 법제화 진행 중이며, 층간소음 뿐만 아니라 공동주택에서 발생 할 수 있는 소음에 대한 전반적인 평가를 할 수 있는 실증 실험시설(실증주택)이 필요한 실정이다.

항공기 소음에 대한 개선 현황으로는 공항소음방지 및 소음대책지역 지원에 관한 법률의 기준 규제, 소음피해지역별 구분과 대책내용 및 시설물 설치 제한 등에 대한 조항 등이 있으며, 소음·진동 관리법의 별표 12에 따라 교통소음·진동의 관리기준을 시행하고 있다. 환경부의 환경영향평가 대상지역의 공동주택 단지 30만 ㎡ 이상은 도로변 “가” 및 “나” 지역의 실외소음기준을 주간 65 dB 이하와 양간 55 dB 이하를 만족하도록 환경정책 기본법에서 시행하고 있다.

○ 실내공기질 관련 분야

환경부는 국민이 공감할 수 있는 실내공기질 조성을 통한 국민 건강보호를 위하여 범정부 차원의 실내공기질 관리 중장기('09 ~ '13) 실천계획인 「2차 실내공기질 관리 기본계획[5)]」을 수립하였다. 실내공기질 관리 기본계획('04 ~ '08)에 이어 환경성 질환 증가 및 기후변화문제 대응 등 그간 변화된 국내·외 여건에 적극 대응하고자 마련하였고, 기획재정부, 교육부, 보건복지부, 국토교통부, 고용노동부 등

5) 실내공기질 관리 기본계획 (2009~2013), 2009.1 관계부처 합동(국토교통부, 교육과학기술부, 지식경제부, 보건복지부, 환경부, 노동부)

관련부처와 협의를 거쳐 수립하였다. 1차 기본계획('04 ~ '08)의 추진에 따른 지난 5년간의 성과를 분석해 보면, 다중이용시설의 실내공기질 폼알데하이드 기준강화(120→100 $\mu g/m^3$, '08.2), 신축공동주택 실내공기질 권고기준 마련('05.12) 등 실내공기질 기준 설정 및 관리기반을 마련하였고, 친환경건축자재의 보급을 촉진하였으며 다중이용시설 및 공동주택의 환기설비 설치를 의무화하였다. 2차 실내공기질 관리 기본계획은 지난 5년간의 성과와 정책여건을 반영하고, 향후 실내공기질 정책 전반에 대한 실행계획을 제시하는 중·장기 계획으로서 정책 방향은 다음과 같이 설정·추진하고 있다.

① 수요자 중심의 맞춤형 실내공기질 관리
② 사전예방적인 실내공기질 관리
③ 국민건강을 고려한 수용체 중심의 실내공기질 관리
④ 저탄소 녹색성장 및 기후변화에 대응하는 공기질 관리

2차 기본계획은 6대 중점과제를 중심으로 41개 세부과제를 집중적으로 추진해나갈 예정으로서 주요내용은 아래와 같다.

① 다중이용시설 관리대상 확대 및 기준 합리화
- 영화관 등 대규모 시설은 법적 관리대상에 포함시키고 개별VOC, 곰팡이 등에 대한 실내공기질 기준을 마련할 계획임.

② 목질판상제품 오염물질 방출관리
- 가구·건축자재의 원자재로, 실내 폼알데하이드의 주요방출원인인 합판·파티클보드와 같은 목질판상제품에 대한 관리체계를 도입하고

③ 환기설비 관리체계 구축
- 적정한 실내공기질 확보를 위해 환기설비 운영·관리 가이드라인을 마련할 계획임

④ 저탄소형 실내공기질 관리방법 개발·보급
- 실내공기질 관리방안별 에너지사용량/CO_2 발생량 분석을 통해 저탄소형 실내공기질 관리방안을 개발·보급하고,

⑤ 건강영향이 큰 물질 관리
- 석면, 라돈, 미생물, 흡연과 같이 인체에 암을 유발하는 등 건강영향이 큰 물질에 대한 관리체계를 강화할 계획이며,

⑥ 실내공기질 관련 환경성질환 관리
- 실내공기 오염과 환경성질환의 상관관계를 규명하고 교육·예방 프로그램 운영 등 환경성질환 관리체계를 수립할 계획임

국토교통부는 건축물의 대지 · 구조 · 설비 기준 및 용도 등을 정하여 건축물의 안전 · 기능 · 환경 및 미관을 향상시킴으로써 공공복리의 증진에 이바지하는 것을 목적으로 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙[6]」을 제정하였다. '공동주택 및 다중이용시설의 환기설비기준 등' 규정에 따라 신축 또는 리모델링하는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 주택 또는 건축물은 시간당 0.7회 이상의 환기가 이루어질 수 있도록 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하여야 함을 규정하고 있다.

환경부는 다중이용시설과 신축되는 공동주택의 실내공기질을 알맞게 유지하고 관리함으로써 그 시설을 이용하는 국민의 건강을 보호하고 환경상의 위해를 예방함을 목적으로 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법[7]」을 제정하였다. 관리법에서 권고하고 있는 신축 공동주택의 실내공기질 측정항목과 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준은 아래의 표와 같다.

표 2 신축 공동주택의 실내공기질 권고기준

대상 오염물질	기준치
1. 폼알데하이드	210 ㎍/㎥ 이하
2. 벤젠	30 ㎍/㎥ 이하
3. 톨루엔	1,000 ㎍/㎥ 이하
4. 에틸벤젠	360 ㎍/㎥ 이하
5. 자일렌	700 ㎍/㎥ 이하
6. 스티렌	300 ㎍/㎥ 이하

○ 결로 관련 분야

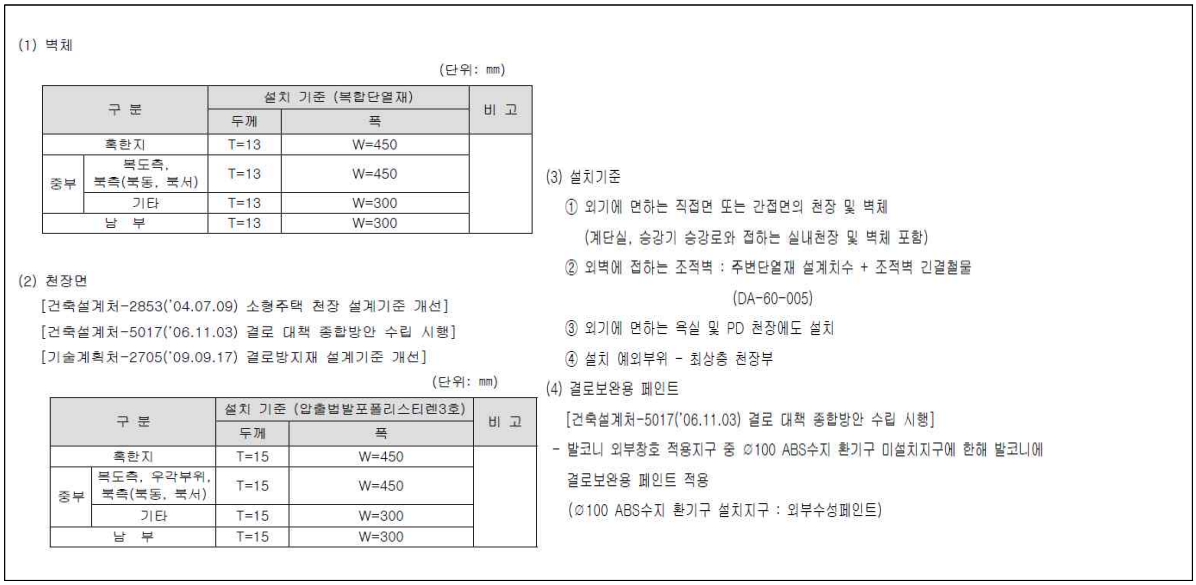
현재 국내 건축물의 결로 측정 및 평가, 기준 등 명확한 기준이 제정되어 있지 않은 실정이다. 「주택건설기준 등에 관한 규정[8]」에서 500세대 이상의 공동주택을 건설하는 경우 국토교통부장관이 정하여 고시하는 결로 방지 성능을 갖추도록 하고, 결로 취약부위에 대해서는 결로 방지 상세도를 작성하도록 명시하고 있는 것이 현재 국내 관련 법규에서는 결로 관련 내용의 전부인 실정이다.

건축물의 결로와 관련된 국가 측정 표준은, 창호 결로 방지 성능 평가방법과 같이 건축물에 설치되는 해당 부재에 대한 측정 표준은 제정되어 있으나, 구조체에 관한 결로 방지 성능 평가에 대한 측정 표준은 전무한 실정이다.

또한 현재 시행되고 있는 국내 인증제도에서는 구조체 및 창호의 표면 결로 및 내부 결로에 대한 점검 항목은 전무한 실정이다.

6) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 국토교통부령 제1호, 2013.3.23
7) 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법, 법률 제10789호, 2011.6.7
8) 주택건설기준 등에 관한 규정, 대통령령 제24621호, 2013.6.17.

결로 방지 가이드라인은 LH공사의 주택분야 설계지침 상에서 결로 방지를 위한 설계지침 및 창호에서의 요구수준을 비교적 상세하게 제시하고 있다.「LH공사 주택분야 건축설계지침」에서는 주방벽 단열 및 벽·천장 결로 보완재 설치 시, 세대현관문 결로 방지, 발코니 확장 설계 기준 상의 발코니 벽·천장 결로방지재 설치 요구, 결로 방지를 위한 벽체/천장면 부분별 상세 제공, 발코니 공간 습도 저감을 위한 환기구 설치 지침 등의 내용을 제공하고 있다. 또한 LH공사 내부적으로 합리적인 결로 방지 설계 온습도기준을 설정하여 준수하도록 정하고 있다.



(1) 벽체

(단위: mm)

구 분		설치 기준 (복합단열재)		비 고
		두께	폭	
흑한지		T=13	W=450	
중부	북도측, 북측(북동, 북서)	T=13	W=450	
	기타	T=13	W=300	
남 부		T=13	W=300	

(2) 천장면

[건축설계처-2853('04.07.09) 소형주택 천장 설계기준 개선]

[건축설계처-5017('06.11.03) 결로 대책 종합방안 수립 시행]

[기술계획처-2705('09.09.17) 결로방지재 설계기준 개선]

(단위: mm)

구 분		설치 기준 (압출법발포폴리스티렌3호)		비 고
		두께	폭	
흑한지		T=15	W=450	
중부	북도측, 우각부위, 북측(북동, 북서)	T=15	W=450	
	기타	T=15	W=300	
남 부		T=15	W=300	

(3) 설치기준

① 외기에 면하는 직접면 또는 간접면의 천장 및 벽체
(계단실, 승강기 승강로와 접하는 실내천장 및 벽체 포함)

② 외벽에 접하는 조적벽 : 주변단열재 설계치수 + 조적벽 긴결철물
(DA-60-005)

③ 외기에 면하는 욕실 및 PD 천장에도 설치

④ 설치 (예외부위 - 최상층 천장부

(4) 결로보완용 페인트

[건축설계처-5017('06.11.03) 결로 대책 종합방안 수립 시행]

- 발코니 외부창호 적용지구 중 ∅100 ABS수지 환기구 미설치지구에 한해 발코니에 결로보완용 페인트 적용

(∅100 ABS수지 환기구 설치지구 : 외부수성페인트)

그림 6 LH공사 주택분야 건축설계 지침 내용 중 결로방지 가이드라인 부분

LH공사에서 활용하고 있는 전문시방서에서는 창호 및 환기구의 경우, 국내 KS F 2295에 따른 결로 방지 성능 시험 후 창호 종류 등에 따라 일정수준 이상의 온도 저하율 만족 여부가 표시된 결로 방지 성능시험서 제출을 규정하고 있다. 구조체의 경우, 최상층 경사지붕 및 발코니 천장부위 적용을 위한 결로 방지용 단열재의 시방이 명기되어 있다.

이외에도 건축공사시방서 내용 중 A12000 창호 및 유리공사에서는 금속 커튼월 설계 시 품질관리 계획서와 하부 결로 방지 계획서 제출을 지정하고 있다. A17000 결로 방지에서는 결로 보완용 페인트 일반 시방서를 제시하고 있다.

자치단체의 경우 서울특별시 차원에서 임대아파트 결로 저감을 위한 단열재 적용을 건축 설치기준으로 제시하고 있으며, 구차원에서의 가이드라인 제시는 구체적인 수준은 아니나 도입에 의의가 있다.「강동구 친환경 공동주택 가이드라인 운영기준」에서는 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인 중, 사업시행(계획) 단계에서의

권장사항으로 외단열시스템 적용, 혹은 외피 단열성능 강화(일정 수준 이상의 열관류율 기준 만족)로 표면 결로 방지를 하도록 언급하고 있다.

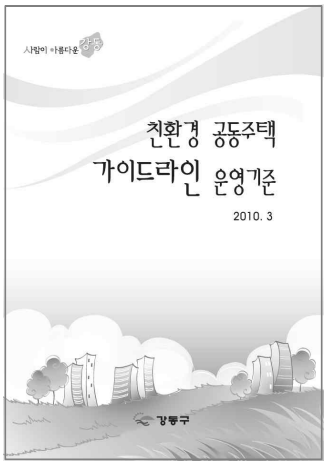


그림 7 강동구 친환경 공동주택 가이드라인 운영기준

「SH 공사 재개발(재건축) 임대아파트 시설물 설치기준(건축)」에서는 건축계획 시, 엘리베이터 실 지하층 공용부위 결로 방지용 페인트 등 적용, 승강기기계실 창호 결로 방지, 복도식 아파트 세대현관문 결로 예방할 수 있는 구조의 문 설치, 외벽과 접하는 내벽, 천장 결로 방지 단열재 설치(특히 코너부위, 계단실, 승강기실벽 포함), 측벽에 면한 발코니 창고내부 및 후면 발코니벽체 등에 결로 저감을 위한 단열재(THK20) 적용 등으로 결로 방지를 하도록 하고 있다.

재개발(재건축) 임대아파트 시설물 설치기준
(건 축)

2012. 3.

S H 공 사

구 분	분 야	내 용	비 고
건축계획	승강기기계실	○바닥 : 에폭시 이상의 계통	
		○벽체 및 천장 : 수성페인트 이상의 계통	
		○창호 : 단창 페어글라스 (결로방지)	
		○상부 슬라브에 인양용 고리 설치	
		○승강기 기계실의 외부 출입문 테두리 외부보다 약 5cm이상 높게 할 것	
		○환기시설설치(실내온도 40℃ 이하)	
	지 붕	○방풍지붕내 수평트렌치 방수 필거 : 트렌치 주변 특히 주의(우레탄방수로 시공)	
		○[]등은 누수 방지가 될 수 있는 공법 채택 (이중차단방식)	
		○루프드레인 주변 방수필거(방수처리돌림, 동판후 테잎 보강후 Sealant시공) 홈출기 시공부위 마감필거	
		○평지붕의 경우 전주변 구배3%유지 및 수평피트, 홈출기주변 방수필거	
		○평지붕 루프 신축줄눈 설치(3~4m) 및 Sealant필거	
		○평지붕 파라펫 방수처리 필거(외부돌림 몰부위 Sealant필거)	
		○비상계단등 출입구 주변 안전난간대 높이 필히 준수(옥엔 수평피트를 부분 둠)	
		○지붕 점소물크리 T=3~5가당 1EA이상(SST)	
		○방풍지붕의 조경 : 조립식(경량철골구조)지붕 조성 금지(단, 같이 시공되는 분양아파트단지와 동일 구조로서 구조내력상 지장이 없을 시 허용)	
		○고가수조 설치시 - 고가수조실 벽체, 천장 단열시공(창은 2중창으로 설치) - 고가수조실 점검공간 60cm이상 확보 -경사지붕 점검과 보수에 지장이 없도록 스텐레스 안전 난간 설치	
	단위세대	○세대별 발코니 사시 설치(방충망 포함)	
		○주방가구(상, 하부장) 설치 및 통재 코킹 (ex하부장 길이 : 120이상)	
		○주날개공간(폭 : 3천이상)설치	
		○배관기공간 확보(점검구설 및 콘센트설치)	
		○냉장고 공간(1M×1M)확보 및 콘센트설치	
		○복도식 아파트인 경우 세대현관문은 단열효과와 결로를 예방할수 있는 구조의 문을 설치할것	

구 분	분 야	내 용	비 고
건축계획	단위세대	○작은방에 가급적 반침설치(추장 및 이불장)	하우징
		○발코니에 세탁기 설치시 우,오수분리 배수관(이중통합배관 가능) 설치(단차조경)	
		○외벽과 접하는 내벽(코퍼포함), 천장 결로방지 단열재 설치(특히 코너부위, 계단실, 승강기실벽 포함)	
		○현관문 내부측 단열몰딩 시공, 내, 외부 문틀주변코킹	
		○거멀보일러 설치시 설치 규정준수(건축물의 설비기준등에관한 규칙13조)	
		○현관문 전면에 벽체가 있을 경우 유효거리1400mm상 확보	
		○발코니 난간에 국기봉 설치	
		○현관문 개폐 거리내에 가스관, 우수홈통 등이 있을 경우 도어스톱(반달형) 설치(화장실문, 작은방 손잡이등이 타일, 석고보드등 마감재에 충격시 파손 우려가 있는 문 포함)	
		○발코니 및 복도측 벽이 조적의 경우 하부에 방수턱 필히 설치	
		○각 창호 주변 코킹 시공	
		○현관문틀 바킹 설치(문과 접촉부위)	
		○화장실 발코니 천장 단열재 설치	
		○계단실, 승강기실과 면한 세대별 내부단열(T=50이상)	
		○신발장 설치(내부유효 깊이 30CM이상, 좌우 확보길이 1.2M이상)	
		○가스레인지 인접 재료분리대는 인화되지 않는 STS 등으로 시공	
		○세대내 PD 점검구 설치(재질 : STS)	
		○발코니 분합문과 복도측 작은창 창문은 2중창 또는 고기밀창 창호 설치 및 방충망 설치	
		○세대 바닥마감은 거실주방은 온돌강화마루(THK120)으로, 침실은 모노륨계트 설치(분양과 동일)	

그림 8 SH 공사 재개발(재건축) 임대아파트 시설물 설치기준(건축)

아래의 표 2는 국내에서 시행중인 결로 관련 국내 정책 동향 및 제도에 대한 요약이다. LH공사 내부 설계지침에서 결로 방지를 위한 방안이 가장 구체적으로 제시되고 있다. 결로 관련한 하자발생 방지뿐 아니라, 국민 주거환경의 질적 향상을 위해서는 국가적인 차원의 정책 마련이 필요하며, 이를 검증하기 위한 실험시설의 구축이 시급하다.

표 3 결로분야 국내 정책 동향 및 제도

구분	기준명	요약
법규	건축물의 에너지절약설계기준	지하부위 하계 표면 결로 방지 조치 / 표면 결로 발생 방지를 위한 열교부위 최소 열저항 확보 / 방습층 설치 의무조항
	주택건설기준 등에 관한 규정 2013년 5월 6일 공포 (1년 후 시행)	500세대 이상의 공동주택을 건설하는 경우 국토교통부장관이 정하여 고시하는 결로 방지 성능을 갖추도록 함 결로 취약부위에 대해서는 결로 방지 상세도 작성
표준	KS F 2295	창호 결로 방지 성능 평가 방법 제시하고 있으나, 표준 상에서의 요구수준 제시 없음.
인증제도	친환경건축물 인증제도/ 주택성능등급 표시제도	인증제도 상 실내 표면 결로 및 구조체 내부 결로 방지를 위한 내용 전무
대한주택 공사(LH)	주택분야 설계지침/ 전문시방서	발코니부위, 창호 등의 결로 방지를 위한 설계지침 및 결로 방지용 건자재(단열재 및 페인트)의 시방 제시
자체단체 (강동구)	친환경 공동주택 가이드라인	외피 단열성능 강화, 외단열 시스템 적용을 통한 결로 방지 권장하는 수준
자체단체 (SH)	재개발 임대아파트 시설물 설치기준(건축)/ 건축공사시방서	임대아파트 결로 저감을 위한 단열재 적용 등을 요구

○ 국내 인증제도 요약

현재 국내 건축물 친환경과 에너지와 관련된 인증 및 평가도구로 ‘건강친화형주택 건설기준’, ‘건축물에너지 효율등급 인증제도’, ‘친환경 건축물 인증제도’, ‘녹색건축 인증 기준’, ‘건축물에너지절약설계기준’ 등과 같은 제도와 법령 등이 시행되고 있으며, 각 인증과 기준의 요약은 다음과 같다.

표 4 건축물 친환경 및 에너지 관련 현행 인증제도 및 기준

구분	건강친화형주택 건설기준	녹색건축 인증 기준	건축물 에너지 효율등급 인증제도	건축물에너지 절약설계기준	친환경 주택 건설기준 및 성능
관련 근거	주택법 22조	국토교통부 고시 제2013-383호 환경부 고시 제2013-84호	건축법 제66조의 2	건축법 제66조	주택건설기준 등에 관한 규정 제64조
주관 부서	국토교통부	국토교통부, 환경부	국토교통부, 지식경제부	국토교통부	국토교통부
인증 대상	500세대이상 공동주택 또는 500세대 이상 신축 및 리모델링 주택	공동주택(리모델링 포함), 복합건축물 (주거, 리모델링 포함), 업무용 건축물 (리모델링 포함), 학교시설(리모델링 포함), 판매시설 (리모델링 포함), 숙박시설 (리모델링 포함), 소형주택 (리모델링 포함), 기존 공동주택, 기존 업무용 건축물, 그 밖의 건축물(리모델링 포함)	공동주택 업무용건축물	공동주택, 3,000 ㎡이상 업무시설/판매시설 등	공동주택
평가 항목	최소기준 건축자재 및 붙박이 가구 적용 외 8개 항목 권고기준 흡방습 성능 건축자재의 적용 외 3개 항목	토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 재료 및 자원, 물 순환관리, 유지관리, 생태환경, 실내환경, 주택성능분야	신청주택의 총에너지 절감율, 에너지소요량, 이산화탄소발생량	건축, 기계, 전기, 의무사항 및 에너지성능지표(EPI)	성능: 총에너지 절감율 시방: 단열, 고효율 열원 및 에너지 절약설비
제도 성격	자체평가서제출 의무인증	의무인증(자체평가서)	자발적 인증	의무 기준 (시방)	의무기준 (시방 또는 성능)

나) 국외 정책 및 기준 동향

○ 소음 관련 분야

공동주택에 있어서 상·하부 세대 간 층간소음에 대한 법제화에서 경량충격음에 대한 평가 기준은 국내와 유사하나 중량충격음에 대한 평가기준은 상이하게 제시하고 있다. 세계보건기구(WHO)에서 실내·외 소음에 대한 가이드라인(Guideline for Community Noise, 1995)은 실내의 사용 목적에 따라 발생되는 인체의 감각에 대한 영향요소로서 소음레벨을 제안하고 있다. 실내에서는 주간 16시간 동안에 준해서 35 dB(A)를 넘어설 경우, 회화방해와 보통의 불쾌감이 발생되며, 야간 8시간에는 30 dB(A)를 초과하면 침실에서 수면방해가 발생하는 것으로 나타났으며, 야간에 침실 밖에서 수면을 취할 경우 외부창이 오픈되었을 때, 45 dB(A)를 초과하면 수면방해가 발생하는 것으로 가이드라인을 제시하고 있다.

일본의 경우는 1965년 “주택건설계획법” 이 제정되어, 1973년 “바닥충격음 측정방법(JIS A 1418)"이 마련되었으며, 이후, 일본의 실정에 맞게 독자적으로 개발된 중량충격음에 대한 측정방법이 추가하였다. 또한 “뜬 바닥용 락울 완충재(JIS A 9321)" 등 차음 재료와 건축물의 차음성능 기준과 설계지침을 마련하였다. 주택품질확보촉진법을 제정하여 2001. 4월부터 시행하고 있고, 바닥충격음 등급을 제시하고 있으며, 일본 환경기본법 제16조 1항에 따라 소음에 관계된 환경기준에서 도로에 향하는 지역과 도로에 향하지 않는 지역에 대해서 각각 유형 및 시간의 구분에 따라 기준 값을 설정하고 있다. 일본의 실내소음 기준은 지역을 구분하여 간선도로 주변지역에서 주간 45 dB, 야간에서는 40 dB로 설정하고 있다.

영국은 Noise Policy Statement for England (NPSE)[9]에서 건강과 삶의 질에 영향을 미치는 요소를 회피하거나 줄이도록 하고 있으며, 소음정책을 명확히 알려주고 적절한 조치와 비용적 효과를 나타낼 수 있도록 대안을 검토하였다. 소음저감대책 마련을 위한 절차 등을 규정하고 있다. 스코틀랜드의 TRANSPORTATION NOISE ACTION PLAN[10]에서는 항공기, 도로, 철도로 인한 소음피해인구를 산정하고, 공공의 목적으로 환경소음 정보를 제공하고 있으며, 소음지도 제작 절차 및 소음저감정책 준비를 위한 가이드를 제공하고 있으며, 비용 및 이익을 고려한 미래분석을 제시하고 있다.

---

9) Noise Policy Statement for England (NPSE), Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2010.03

10) Environmental Noise Directive Action Plan: Transportation Noise Action Plan - Document for Consultation ,The Scottish Government, 2008.05

○ 실내공기질 관련 분야

국외 기준을 살펴보면 해당 국가별 규제하고 있는 대상 오염물질 및 기준치가 차이가 있으며, 이는 각국의 실내공기 관리 수준, 자연환경의 특징에 기인한다고 할 수 있다. 미국의 경우, 토양은 라돈의 발생량이 높아 장기간 폭로 시 암을 유발한다고 밝혀져 환경부에서 이에 대하여 적극적인 규제 정책을 펼치고 있고, 일본은 건축의 주재료가 목재이기 때문에 목재와 목재의 방부, 방충 처리 등에서 사용되는 화학물질 중의 폼알데하이드를 국가적 차원에서 중점관리하고 있다.

주거용 건축물의 환기와 관련하여 대부분의 국가에서 주택의 최소 환기량 규제는 실별로 구체적인 기준을 제시하고 있으며 환기시스템 및 실내공기질 개선에 대한 정부차원의 가이드라인을 제시하고 협회나 민간을 중심으로 한 실내공기질 진단 및 개선 프로그램 또한 활성화되어 운영되고 있다.

미국은 개별 오염물질별 법적규제는 하지 않고 있으나, 다양한 실내공간에 대한 관리를 위하여 작업장 환경에서의 실내오염물질에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 미국 환경청(US EPA : Environmental Protection Agency)는 9개실 3개 담당관 10개 지역사무소로 구성되어 있으며, 9개실 중의 하나인 대기방사선실에는 6개국이 있고 그 중 방사선 및 실내 대기국에서 실내오염물질과 방사선 노출로부터 일반시민과 환경을 보호하고 있다. 방사선 및 실내 대기국(ORIA)내의 실내환경과(IED: Indoor Environments Division)에서는 정부의 실내공기질 정책 및 프로그램 개발과 다양한 정책평가, 실내오염물질들의 영향에 대한 연구, 실내오염 분야의 발전 및 정책 기구 의 결정 등 실질적인 실내환경업무를 수행하고 있으며, 21개 연방정부기관들로 구성된 실내공기질위원회(CIAQ:Committee for Indoor Air Quality)에서 수행되는 모든 활동들을 선도하고 있다. 또한 미국 환경보호청(US EPA)에서는 Indoor Air PLUS와 같은 실내공기질 진단 및 인증 프로그램을 운영하여 설계에서 완공 후까지 실내공기질 관련 항목을 진단할 수 있도록 체크리스트를 제공하고 있으며, 실내공기질 진단을 위한 체크리스트와 인증 프로그램을 스마트폰 어플리케이션을 활용한 방법으로 제공하여 손쉽게 활용하고 개선 가능하도록 유도하고 있다.



그림 9 US EPA에서 제공하는 Indoor Air Plus Checklist

OSHA(Occupational Safety and Health Administration)는 작업장 공기오염 기준을 설정하였고, ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers)에서는 환기 및 공기질과 관련하여 자발적으로 기준을 설정하였다. 캘리포니아 주정부 대기관리부는 신규 건축물에서 발생되는 VOCs, 연소오염물질(일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 분진, 다환방향족탄화수소(PAHs)등), 포름알데하이드 등에 대한 관리지침을 제정·운영하고 있으며, 보건부서에서는 실내공기 오염물질(VOCs포함)에 대한 노출평가, 노출량 감소 지침을 제시하고 있다. 실내공기오염물질에 대한 지침이나 권고 이외에도 실내공기질 개선 효과를 유도할 수 있는 방법으로 실내공기질에 대한 인증제도를 실시하고 있다.

미국 냉난방공조학회(ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers)를 중심으로 주택의 환기시스템 및 실내공기질 개선에 대한 가이드라인을 제시하고 있으며, ANSI/ASHRAE Standard 62-2001 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)로 실내공기오염 농도에 대한 기준을 제시하고 있다.

표 5 미국 냉난방공조학회(ASHRAE) 가이드라인; 2003

오염물질	목표 가이드라인
일산화탄소 (CO)	9000 ppb (10,309.9 ㎍/㎥), (8시간 평균)
포름알데히드 (HCHO)	100 ㎍/㎥ (81 ppb), (30분 평균)
납 (Pb)	1.5 ㎍/㎥ (3개월 평균)
이산화질소 (NO_2)	100 ㎍/㎥ (531 ppb), (1년 평균)
냄새	80% 만족률 (거주자나 방문자의 80%가 허용)
오존 (O_3)	100 ㎍/㎥ (50 ppb), (1년 평균)
부유입자 (PM2.5) 부유입자 (PM10)	15 ㎍/㎥ (1년 평균) 50 ㎍/㎥ (1년 평균)
라돈 (Rn)	4 pCi/liter (1년 평균)
이산화황 (SO_2)	80 ㎍/㎥ (30.5 ppb), (1년 평균)
총휘발성유기화합물 (TVOC)	1)300 ㎍/㎥미만, 2)(300~3000) ㎍/㎥, 3)3000 ㎍/㎥이상

일본의 경우, Sick Building Syndrome과 같은 실내화학물질 오염 문제가 사회적으로 크게 부각되면서 1996년 7월에는 건강주택연구회가 조직되었고, 이 위원회에서 '주택 내 화학물질오염에 관한 가이드라인' 을 추진하였다. 1997년 6월에는 후생성에서 실내공기중 화학물질과 건강과의 관계를 조사하였고, 포름알데히드의 실내농도 지침을 발표하였으며, 2002년 1월에는 13종류의 화학물질에 대해 실내농도 지침을 발표하였고, 계속해서 새로운 화학물질에 대한 검토가 이루어지고 있는 상태이다. 각 정부 부처에서는 연구 활동을 통하여, 후생노동성(지침치, 측정법, 빌딩관리법), 국토교통성(실태조사, 주택품질확보 촉진법, 건축기준법), 농림수산성(JAS제정), 경제산업성(JIS제정), 문부과학성(학교위생 기준 개정) 등의 가이드라인 및 기준을 정립하였다. 2003년 3월에는 건축자재에서 방출되는 포름알데히드의 등급에 대하여 JIS/JAS 규정을 강화하고 적용대상 건축자재를 확대하여 시행하였으며, 휘발성 유기화합물에 대해서는 2003년 기준안을 검토 후 정립하였다. 2003년 7월 건축기준법 개정을 통해 공동주택에 24시간 환기설비 설치를 의무화하였으며, 포름알데히드를 방출하는 건축자재는 실내 환기횟수에 따라 등급별로 구분하여 사용면적을 제한하는 것으로 규제하고 있다.

캐나다 환경부는 대기환경청, 수질관리청, 환경평가청, 기상청, 야생동물관리청 등을 중심으로 지부와 프로그램들로 구성되어있으며, 실내공기오염은 보건부, 환경부, 노동부, 지방정부 등이 상호 협력 하에 작업장 및 주거지의 실내공기질 관리지침을 정하고 이에 따라 관리하고 있다. 관리대상 오염물질은 크게 비발암물질과 발암물질로 나누며, 그밖에 생물학적인 오염원과 기타 먼지, 담배연기 등을 포함한 권고기준을 두고 있다. 보건부와 노동 관련기관에서는 작업장 및 주거지의 실내공기질 허용기준 및 관리지침을 제정하여 관리하고 있다.

표 6 캐나다 실내공기질 권고기준(1989)

오염물질	가이드라인
폼알데하이드(HCHO)	120 ㎍/㎥(100 ppb)
아크로레인(CHCHO)	50 ㎍/㎥(20 ppb)
이산화탄소(CO_2)	6300 ㎍/㎥(6,300,000 ㎍/㎥) 3,500 ppm(3,500,000 ppb)
일산화탄소(CO)	12.6 ㎍/㎥(12,600 ㎍/㎥) 11 ppm(11,000 ppb) : (ASTER, 8시간 평균) 28.6 ㎍/㎥(28,600 ㎍/㎥) 25 ppm(25,000 ppb) : (ASTER, 1시간 평균)
이산화질소(NO_2)	100 ㎍/㎥ (50 ppb) : (ASTER) 480 ㎍/㎥ (250 ppb) : (ASTER, 1시간 평균)
오존(O_3)	240 ㎍/㎥ (120 ppb) : (ASTER, 1시간 평균)
부유분진(PM 2.5)	40 ㎍/㎥ : (ASTER) 100 ㎍/㎥ : (ASTER, 1시간 평균)
이산화황(SO_2)	50 ㎍/㎥ (19.1ppb) : (ASTER) 1000 ㎍/㎥ (381.6ppb) : (ASTER, 5분 평균)
라돈(Rn)	800 Bq/㎥ (년 평균)
습도(Rel. Hum)	(30~80)%(하계), (30~55)%(동계)

독일의 실내공기질 관리에는 환경부, 보건부, 경제부, 건설·노동사회부, 건설부, 과학기술부 등이 관련되어 있으며, 부처 간에 working group이 결성하여 협의 하에 관리가 이루어지고 있다. 최근에 들어 독일의 연방환경청(UBA) 산하 IRK(Innen raumlufthygiene – Kommission, 독일실내공기위생위원회)가 구성되어 실내공기위생에 대하여 연방환경청장의 자문역할을 수행하고, 실내공기위생에 대한 조언과 입장을 표명하는 업무를 담당하고 있다. IRK는 AOLG[11]를 정하는 연구업무를 수행하여, 실내공기질을 크게 GV I 와GV II로 구분하고 있으며, 현재까지 알려진 바에 의하면 GV I은 평생 노출되어도 건강을 해치지 않는 실내에 있어서 유해물질농도에 대한 기준치인 반면 GV II는 유독성이나 전염성과 같은 작용이 나타날 수 있는 최소 하한치에 안전계수를 고려하여 정한 기준치이다. 공기 중에 GV II에 속하는 가스가 기준치 이상 존재할 경우에는 즉시 대책을 마련해야만 하며 예민한 사람이 이 기준치에 장시간 노출되면 건강이 손상되는 위험이 따를 수 있기 때문이다.

표 7 실내공기 기준치 (IRK: 독일 실내공기위생위원회(2004년))

물질	GV Ⅱ	GV Ⅰ	확정연도
톨루엔	3 ㎎/㎥(3,000 ㎍/㎥)	0.3 ㎎/㎥(300 ㎍/㎥)	1996
폼알데하이드(HCHO)	–	120 ㎍/㎥ (100 ppb)	
디클로로메탄	2 ㎎/㎥(2,000 ㎍/㎥) (24시간평균)	0.2 ㎎/㎥(200 ㎍/㎥)	1997
일산화탄소(CO)	60 ㎎/㎥(60,000 ㎍/㎥) (30분 평균) 15 ㎎/㎥(15,000 ㎍/㎥) (8시간평균)	6 ㎎/㎥(6,000 ㎍/㎥) (30분 평균) 1.5 ㎎/㎥(1,500 ㎍/㎥) (8시간평균)	1997
펜타클로로페놀	1 ㎍/㎥	0.1 ㎍/㎥	1997
이산화질소(NO_2)	0.35 ㎎/㎥(350 ㎍/㎥) (30분 평균) 0.06 ㎎/㎥(60 ㎍/㎥) (1주일평균)	–	1998
스티렌	0.3 ㎎/㎥(300 ㎍/㎥)	0.03 ㎎/㎥(30 ㎍/㎥)	1998
수은(Hg)	0.35 ㎍/㎥	0.035 ㎍/㎥	1999
트리스(2-클로로에틸 포스페이트)	0.05 ㎎/㎥(50 ㎍/㎥)	0.005 ㎎/㎥(50 ㎍/㎥)	2002
티레펜틴	2 ㎎/㎥(2,000 ㎍/㎥)	0.2 ㎎/㎥(2,00 ㎍/㎥)	2003
나프탈렌	0.02 ㎎/㎥(20 ㎍/㎥)	0.002 ㎎/㎥(2 ㎍/㎥)	2004
총휘발성유기화합물 TVOC	(1~3) ㎎/㎥((1,000~3,000) ㎍/㎥) (0.2~0.3) ㎎/㎥((200~300) ㎍/㎥;(미래목표치)		1999

11) Arbeitsgemeinschaft der Obersten Gesundheitsbehoerden der Laender, 주정부 최고 보건위생국 공동협력체와 공동으로 실내공기질-기준치인GV(GuidelineValue)

영국은 환경과 건설, 교통부가 하나로 통합되어 있으며, 환경건설교통부내 환경국이 실내오염에 대한 측정 및 감시연구 등을 전담하고 있다. 건설과는 실내공기질을 관리하여 생산성이 향상될 수 있도록 목표와 평가지표를 단계적으로 설정하고 있다. 영국은 통합된 업무들이 부내에서 각 국별로 나뉘어 이루어지므로 교류와 연계가 용이하다는 장점을 가지고 있고, EPAQS(Expert Panel of Air Quality Standards)가 제시하는 가이드라인을 DEFRA(Department for Environment Food and Rural Affairs)가 받아들여 활용하고 있다.

표 8 영국 실내공기질 가이드라인(1999)

기준 물질	기 준	EPAQS report
벤젠	5 ppb (16.25 ㎍/㎥) (년 평균)	1994
부타디엔	1 ppb (2.25 ㎍/㎥) (년 평균)	1994
일산화탄소 (CO)	10 ppm (10,000 ppb), (11,600 ㎍/㎥) (8시간 평균)	1994
납 (Pb)	0.25 ㎍/㎥ (년 평균)	1998
이산화질소 (NO_2)	150 ppb (287 ㎍/㎥) (1시간 평균)	1996
오존 (O_3)	50 ppb (100 ㎍/㎥) (8시간 평균)	1994
부유분진 (PM10)	50 ㎍/㎥ (24시간 평균)	1995
이산화황 (SO_2)	100 ppb (266 ㎍/㎥) (15분 평균)	1995

싱가포르 환경부(Ministry of the Environment)는 1996년 실내공기질관리 지침을 제정하고 이산화탄소, 일산화탄소, 폼알데하이드, 오존, 부유분진, 휘발성유기화합물 등의 실내공기질을 관리하고 있으며, 가이드라인을 설정하여 실내공기질은 매 2년마다, 환기시스템은 매 6개월마다 건물 소유자가 정밀검사토록 의무화하고 있다. 실내공기질이 의심되는 경우 담당공무원이 실내공기질과 환기설비를 직접 조사토록 하는 Environmental Public Health Act를 집행하고 있다.

표 9 싱가포르 실내공기질 가이드라인(1996)

오염물질 기준	기 준
이산화탄소 (CO_2)	1800 mg/㎥(1,800,000 ㎍/㎥), (1,000,000 ppb); (8시간평균)
일산화탄소 (CO)	10 mg/㎥ (10,000 ㎍/㎥), (9,000 ppb); (8시간 평균)
폼알데하이드(HCHO)	120 ㎍/㎥(100 ppb) (8시간 평균)
오존 (O_3)	100 ㎍/㎥ (50 ppb) (8시간 평균)
총휘발성유기화합물 (TVOC)	3 ppm (3,000 ppb)
총세균	500 CFU/㎥
부유분진	150 ㎍/㎥

덴마크는 환경보호부(MEE :Ministry of Environment and Energy) 산하 환경보호청(EPA)에서 실내공기오염에 대한 관리를 담당하고 있으며, 덴마크 실내환경협회는 건물재료와 인테리어 재료들이 실내환경에 미치는 영향을 중시하여 실내환경인증(Indoor Climate Labeling : ICL)제도를 실시하고 있다. 덴마크를 비롯한 서구의 환경선진국은 실내공기질에 영향을 미치는 실내오염원을 제어하기 위하여 건축자재와 설비의 기준을 강화하였으며 VOCs, PAHs, Radon, HCHO, 석면 등과 같은 물질을 엄격하게 통제하기 위한 활동을 진행하고 있다.

노르웨이는 보건부, 노동부, 건축물 관련부처 등이 실내공기질 관련 업무를 수행하고 있다. 보건부 산하 국립공중위생원(National Institute of Public Health)에서 라돈, 석면에 대한 실내공기질 가이드라인을 운영하고 있다.

표 10 노르웨이 실내공기질 가이드라인(1999)

항목	기 준
라돈(Rn)	(200~400) Bq/㎥
석면	0.001 fiber/m
광물 섬유(MMMF)	0.01 fiber/m
분진(PM 2.5)	20 ㎍㎥(24시간평균)
이산화탄소(CO_2)	1,800 mg/㎥(1,800,000 ㎍/㎥)
일산화탄소(CO)	10 mg/㎥(10,000 ㎍/㎥ ; (8시간평균) 25 mg/㎥(25,000 ㎍/㎥ ; (1시간평균)
이산화질소(NO_2)	100 ㎍/㎥(1시간평균)
폼알데하이드(HCHO)	100 ㎍/㎥(30분 평균)

유럽 국가들의 경우 노르웨이, 덴마크를 비롯한 많은 나라에서는 WHO에서 1987년 제정한 유럽의 `실내공기환경 지침서(Air Quality Guidelines for

Europe)'에 근거하여 기준을 설정하였고, 2004년 CEN/TC 156WG(유럽기준/환기분과위원회)에서 제안한 쾌적성 유지를 위한 실내공기질과 환기량 기준이 적용하고 있다.

표 11 유럽의 건물 등급에 따른 환기량 기준

항목	재실자에 대한 환기량	건물특성에 대한 환기량	
		저오염건물	오염건물
A등급	10 L/s · 인	1.0 L/s · ㎡	2.0 L/s · ㎡
B등급	7 L/s · 인	0.7 L/s · ㎡	1.4 L/s · ㎡
C등급	4 L/s · 인	0.4 L/s · ㎡	0.8 L/s · ㎡

○ 결로 관련 분야[12)]

일반적으로 유럽 각국 선진국에서는 결로 방지를 위한 설계기준으로 온도 차이 비율(temperature difference ratio)을 사용하고 있다. 국제 표준인 ISO 10211 : 2007에서도 온도차이비율[13)]을 가지표로 사용할 것을 규정하고 있다.

미국은 ASHRAE를 중심으로 다습한 지역을 중심으로 결로나 누수 및 이에 따른 곰팡이 피해를 진단하고 복구하는 프로토콜을 정부기관(EPA, NIOSH, CDC 등) 및 지자체 등에서 제시하고 있다.

오스트리아는 Austrian Standard B 8110- 2에서는 외기온도에 따른 실내 상대습도 및 온도 기준을 제시하고 있다. 실내 온습도 기준을 만족할 경우 어떠한 외기조건하에서도 표면 결로가 발생하지 않도록 기준을 정하고 있다. 표면결로를 방지하기 위해서는 다음의 두 가지 조건 중 하나를 만족시키도록 설계하도록 유도하고 있다.

현재 벨기에 기준에는 결로 발생 평가에 관한 조항이 없다. 유일한 공식문서인 1984년 BBRI가 출간한 기술노트(TN 153)에서의 지침은 주거공간에서 보편적인 상황에 적용할 수 있는 요소들을 통해 결로 발생 가능성이 있는 부위에 대해 온도차이비율(TDR)을 0.3으로 정하고 있으며, 일반적으로 열교를 발생시키는 약 50개의 건물상세를 포함하고 있는 작은 열교도감을 활용하여 단열층의 열저항이 달라질 경우 온도차비율(TDR)을 미리 계산하여 보여주고 있다.

스위스 기준 S1A180에서는 건물의 열적으로 취약한 부위(모서리, 열교)에서의 표면온도는 항상 노점온도보다 높아야 한다고 명시하고 있다. 이때 결로 판정을 위한 실내 온도조건은 20 ℃(EF)이고 상대습도는 50%를 기준으로 하며 내표면 저

12) 결로방지 및 단열성능 개선방안 연구, 롯데건설(주) 기술연구소 건축환경담당, 2005

13) 온도차이비율이란 실온과 외기온의 차이에 대한 실온과 내벽표면온도의 차이를 비율로 표시한 것으로 온도 차이 비율을 나타내는 용어는 각 참고문헌 별로 온도 강하율, temperature depression, temperature difference ratio, temperature ratio value 등과 같이 차이가 나타남

항은 Rsi=0.167 ㎡K/W을 사용하게 되어 있다. -5 ℃와 25 ℃ 사이의 외기온에 따라 온도차비율(TDR)값은 0.239에서 0.43사이로 변하고, 유리창의 가장자리와 같이 결로가 발생하더라도 특별한 손상이 발생하지 않는 부위에 대해서는 일시적으로 발생이 허용되고 있다.

네덜란드 건축법에서 요구하고 있는 건물의 용도별 온도차이비율(TDR)에 대한 필요조건을 다음의 표에 나타냈으며, 온도차이비율(TDR)의 계산방법은 NEN2778에 제시되어 있다. NEN 2788(moisture control in buildings, determination method)은 습기 조절방안을 다루고 있으며 결로의 판정 방법은 NEN 2788의 8장에 제시되어 있다. 여기에는 결로 발생과 관련하여 건물 부위의 표면온도를 예측할 수 있는 3차원 수치해석방법을 제공하고 있다.

표 12 네덜란드 건축법에서의 열교방지를 위한 온도 계수의 최소값

건물 용도 구분	온도계수
신축 주거용	≤ 0.35
신축이동식 주택	≤ 0.35
신축비주거용	≤ 0.50
신축호텔 등	≤ 0.35

프랑스는 습도와 결로에 대해서 단지 권장사항을 사용하고 있으며 그 방법은 실내의 시간당 수증기 W(g/h), 시간당 환기량 n(m^3/h) 그리고 실외의 절대습도 We(g/m^3) 등을 고려한 습도 평형식을 근거로 하고 있으며, 결로 판정의 참고조건(reference condition)은 실외 온도 0 ℃, 실외 상대습도 80%, 실내온도는 18 ℃로 하고 있다.

표 13 프랑스 실내 온도조건에 따른 온도차이비율의 범위

실내 습도 조건	온도차이비율의 범위
W/N ≤ 2.5 g/㎥	TDR < 0.75
2.5 < W/N ≤ 5 g/㎥	TDR < 0.48
5 < W/N ≤ 7.5 g/㎥	TDR < 0.27

표 14 국외 결로방지 표준 설계 시공 기술 관련 법규, 표준 및 시방 현황

분류	번호	자료명	결로방지성능			
			평가 지표	요구 수준	평가 방법	요소 기술
법규	①	영국, Building Regulations 2000, Approved Document L1A Conservation of fuel and power in new dwellings, 2010.10 (5.9~5.13 등)	O			
	②	영국, Building Regulations 2000, Approved Document L1B Conservation of fuel and power in existing dwellings, 2010.10 (5.5~5.6 등)	O			
	③	영국, Building Regulations 2000, Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2010.10 (5.3~5.8 등)	O			
	④	영국, Building Regulations 2000, Approved Document L2B Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings, 2010.10 (5.5~5.7 등)	O			
	⑤	영국, BR 497, Conventions for calculating linear thermal transmittance and temperature factors, BRE, 2007	O		O	
	⑥	영국, IP1/06, Assessing the effects of thermal bridging at junctions and around openings, BRE, 2006	O	O		
	⑦	캐나다, National Building Code of Canada 2005, Division B Acceptable, Part 5 Environmental Separation, 5.3 Heat Transfer (Appendix A-5.2.1.2.(1)), 2010	O			
	⑧	네덜란드, Regeling Bouwbesluit 2003, Dutch Building Code (Dutch Building Code Online, http://www.bouwbesluitonline.nl)	O	O		
표준	①	캐나다, Canadian Standards Association(CSA) A 440-00/440.1-00, Temperature index I	O		O	
	②	오스트리아, NORM B 8110-2, Wärmexchutz im Hochbau - Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz (Austrian standard B 8110-2 - Thermal insulation in building construction - Water vapour diffusion and protection against condensation), sterreichisches normungsinstitut, 2002	O	O		
	③	독일, DIN 4108-2:2001-03, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2001	O	O	O	
	④	핀란드, Asumisterveysohje, Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1, Sosiaali- ja terveysministeri, Helsinki, 2003	O	O		
	⑤	네덜란드, NEN 2778:1991, Vochtwering in gebouwen, Bepalingsmethoden. Nederlands Normalisatieinstituut, Delft, 1991	O		O	
	⑥	미국, ASHRAE, ASHRAE Handbook 2009 Fundamental, Chapter 25. HEAT, AIR AND MOISTURE CONTROL IN BUILDING ASSEMBLIES-FUNDAMENTALS, 2009	O			
	⑦	ISO 10211:2007, Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations, 2007	O		O	
	⑧	ISO 13788:2001, Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods, 2001	O		O	
	⑨	영국, BS 5250:2002, Code of practice for control of condensation in buildings, 2002	O			O
시방	①	미국, AAMA 1503-09, Voluntary Test Method for Thermal Transmittance and Condensation Resistance of Windows, Doors, and Glazed Wall Sections, 2009	O		O	
	②	미국, NFRC 500-2010 Procedure for Determining Fenestration Product Condensation Resistance Values, 2010	O		O	
	③	미국, NFRC 500UG-2002 User Guide to NFRC 500: Procedure for Determining Fenestration Product Condensation Resistance Values, 2002	O		O	
	④	미국, NFRC 102-2010 Procedure for measuring the steady-state thermal transmittance of fenestration systems, 2010			O	

표 15 국가별 결로 설계 기준

세부사항			결로 설계 기준					
국가	기준명	건물 구분	실내		실외		TDR	최소표면온도
			온도	RH	온도	RH		
일본	㈜주택성능평가 표시협회	주거용	15	50	최한월일 최저기온평 균값 or 최저온도	70	결로량 “0” or 상대습도 98% 이하	노점온도이상
벨기에	BBRI TN 153	공통	–	–	–	–	0.30	–
네덜란드	NEN 2778	주거용 사무용	18	–	0	–	0.35 0.50	–
프랑스	RFFF-Vol.2	공통	18	절대 습도 기준	0	80	0.75 0.48 0.27	–
스위스	SIA-180	공통	20	30~78	-20~20	–	0.25	노점온도이상
영국	BER AD L1/2	주거용	–	–	–	–	0.25	–
오스트리아	ON B8110-2	공통	–	–	–	–	0.31	노점온도이상
핀란드	BC, C3, C4	공통	21	45	–	–	–	10
스페인	–	주거용	20	75	1월평균 온습도	–	–	KOBRA
포르투갈	EN ISO 13788	공통	20	80	13	–	0.17~0.55	–
폴란드	PN-82 / B-02403	주거용	20	55	–	–	0.19~0.23	노점온도+1
독일	DIN 4108-2	공통	–	–	–	–	0.7	–
한국		공동주택	22	55	-20(혹한) -15(중부) -10(남부)	–		
	세대현관문 대비방화문		-15		0.33(평균) 0.40(평균)	–		

3. 국내외 시장현황 및 전망

가) 국내 시장현황

주택성능품질실험시설과 관련된 건축물에서의 소음, 실내공기질, 결로 연구 분야는 국내에 건설된 기존 주택 및 향후 건설될 쾌적한 주거 환경을 제공하기 위해 필수적인 기술이므로 시장의 성장가능성은 클 것으로 판단된다. 국내에서는 주거용 건물 중 아파트가 매년 상당수 건설되어 왔으며, 신축 주택 뿐 아니라 기존 주택의 거주자를 대상으로 한다면 소음저감, 실내공기질 개선, 결로 저감과 같은 생활밀착형 주택성능품질 향상 기술의 보급에 대한 관심도가 증대되고 있어 국내 시장 전망은 넓다고 할 수 있다.

표 16 2012년 공동주택 분양실적 및 2011년 분양실적 비교

구분	2012년	2011년	증감률
전국	297,964	284,923	4.60%
수도권	103,602	120,415	-14.00%
(서울)	29,686	38,390	-22.70%
(인천)	17,582	10,620	65.60%
(경기)	56,334	71,405	-21.10%
지방	194,362	164,508	18.10%

주택에서 발생되는 소음과 관련된 연구 분야는 바닥충격음, 리모델링 기술, 항공기 소음, ANC 기술 등의 개발이 활발하게 진행되고 있어 국내 건축 시장 형성 및 국외 기술 이전 등 충분한 시장을 확보하고 있으며, 국내 건설된 기존 아파트 거주자 및 향후 건설될 아파트 거주자의 쾌적한 소음/진동 환경을 제공하여야 하므로 생활소음 저감 관련 시장은 충분히 확보되었다고 판단할 수 있다.

주택 내 실내공기 오염물질 제거 관련 분야에서는 국내 공기청정기 시장은 약 5,000억 원 규모로 이중 대부분(약80%)은 한국 공기청정협회의 CA인증을 획득하고 있다. 국토교통부에서 시행한 공동주택 환기기준 및 주택성능등급표시제 시행으로 열회수 환기장치를 중심으로 환기설비 시장이 확대되고 있으며, 최근 에너지고효율 제품 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 현재 국내 건물 환기설비 시장은 1조 5000억 원 규모로 이 중 환기시장이 6700억 원을 형성하고 있으며, 2013년부터

일부 지역에서부터 시범적으로 시행된 녹색건물건축물법이 전국적으로 확산 시행되면 이보다 10배 이상이 커질 것으로 예상된다. 또한 건축물에서 에너지절감을 위한 환기제품에 대한 도입을 문의 하거나 설치 컨설팅을 의뢰하는 건물주와 건축물 관리기관이 전년 대비 3배 이상 급증하고 있다. 이에 따라 고객의 다양한 요구와 강화된 실내공기질 기준에 대응할 수 있는 하이브리드 환기시스템 등 다양한 제품 개발 시장이 확대되고 있는 실정이다.

실내공기 오염물질 발생저감 분야에서는 오염물질을 적게 방출하는 친환경건축자재에 대한 수요 증가로 관련 시장규모는 매년 급속히 성장하고 있다. 가구, 전기·전자제품 등 생활용품의 오염물질 저방출 제품이 점차 보급되고 있으며, 실내공기질 개선과 관련해서는 실내 환경 쾌적성을 증대시키기 위한 기능성 건축 자재의 경우, 수입하는 제품에 비하여 국내 제품이 시장에서 점유율을 크게 가지고 있으므로 그 전망이 밝다고 할 수 있다.

실내공기 개선 서비스 분야는 실내공기에 대한 관심이 증가함에 따라 그 수요가 증가하고 있으나, 국내에서 사용되는 실내공기질 측정분석 기자재의 경우 대부분 수입해야 하는 실정이므로 실내공기질 측정 및 분석기기산업의 기술경쟁력 확보가 필요할 것으로 판단된다. 현재 실내공기질 측정대행업체로 45개 업체가 등록되어 있으며, 주로 다중이용시설과 신축공동주택의 공기질 측정업무를 수행하고 있다.

주택 결로 분야는 공동주택의 하자와 관련하여 결로 방지를 위한 요소기술 및 제품시장의 확대가능성이 가장 클 것으로 판단된다. 2002~2006년 한국소비자원 공동주택 민원제기 현황 분석 시, 총 127건의 민원 중 누수/결로 관련 하자가 21.3%로 나타났다. 결로에 의한 하자사례의 경우, 건축공종에 따른 책임소재가 명확하지 못하므로 한국소비자원으로의 민원제기로 이어지는 경우가 많아 그 비율이 높게 나타났으며, 이는 결로 방지를 위한 요소기술의 시장 확대 가능성이 높아질 것으로 예상되는 대목이다.

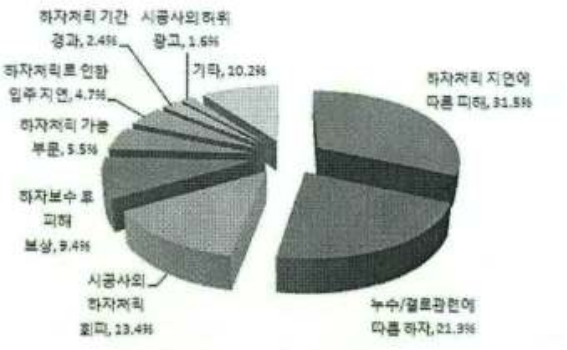


그림 10 한국소비자원 민원제기 현황

나) 국외 시장현황

국외의 경우, 특히 유럽에서의 건물 대수선 및 부재 수선에 대한 추이를 토대로 건축물에 영향을 미치는 소음 및 실내공기질, 결로 예방 기술의 시장 규모는 증가하는 경향이 나타났다. 유럽의 경우, EU 27개국을 대상으로 하는 기존 주택의 에너지효율과 정책에 대한 연구에서 기존 주택의 공급 추이는 아래와 같을 것으로 예상된다. 2060년에는 2000대비 약 2.5배가 증가할 것으로 조사되었으며, Net construction activity를 예상한 결과, 신축은 1.5%를 차지하고, 2000년에서 2006년 사이에 전체 건축물 중 약 1.6~1.8%가 대수선(Major renovation)을 할 것으로 판단된다. 또한 건물 부재를 수선하는 비율은 이보다 더 높을 것으로 예상된다.[14)]

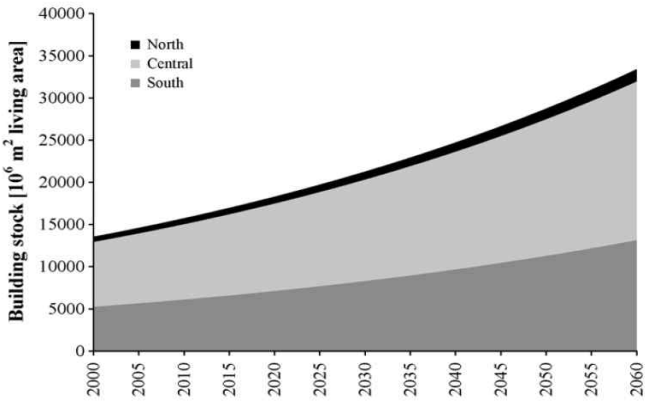


그림 11 유럽의 지역별 주거 건축물 공급 예상(EU-27)

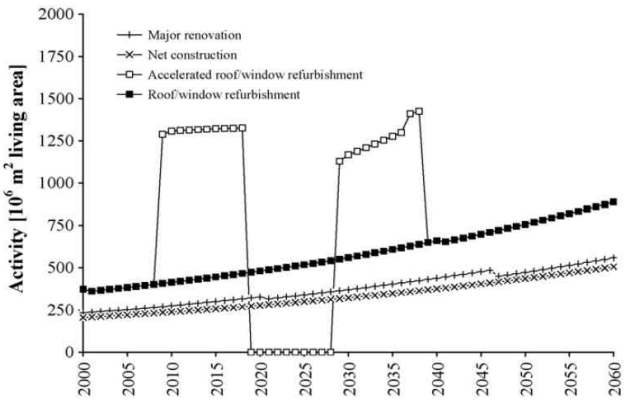


그림 12 EU 27개국의 Net construction activity – 신축, 대수선, 지붕/창호 수선 추이

14) Andreas Uihlein, Peter Eder, Policy options towards an energy efficient residential building stock in the EU-27, Energy and Buildings 42, 2010, pp.791-798.

주택 소음 관련 요소기술 분야에서는 국외의 경우, 고층의 공동주택 보다는 저층의 주거 형태가 일반적이며, 목조주택 등과 같이 국내의 벽식 콘크리트 아파트와는 다른 주택형태를 보이고 있고, 이러한 주택형태에서 소음과 진동을 저감하기 위하여 국내보다 많은 연구가 진행되고 있다. 도심지 주택건설 및 도로, 철도변 주택건설 등 다양한 국가의 소음 저감 기술이 적용되고 있다.

실내공기질 관련 기기 및 기술 시장[15]은 2005년 36억 달러였으며 2011년까지 104억 달러에 이를 것으로 예상되며, 향후 5년 동안 매년 5.3%의 성장이 있을 것으로 기대된다. 실내공기질 관련 컨설팅과 시험 서비스 분야는 2005년 15억 달러에서 2011년까지 27억 달러에 이를 것으로 예상되며, 향후 5년 동안 매년 10%의 성장이 있을 것으로 예상된다. 라돈 완화와 곰팡이 제거, 석면 감소를 위한 환경서비스 분야는 2005년에는 16억 달러의 가치 평가가 있었으며, 매년 9.5%의 성장률을 비춰 2011년에는 29억 달러에 이를 것으로 예상된다.

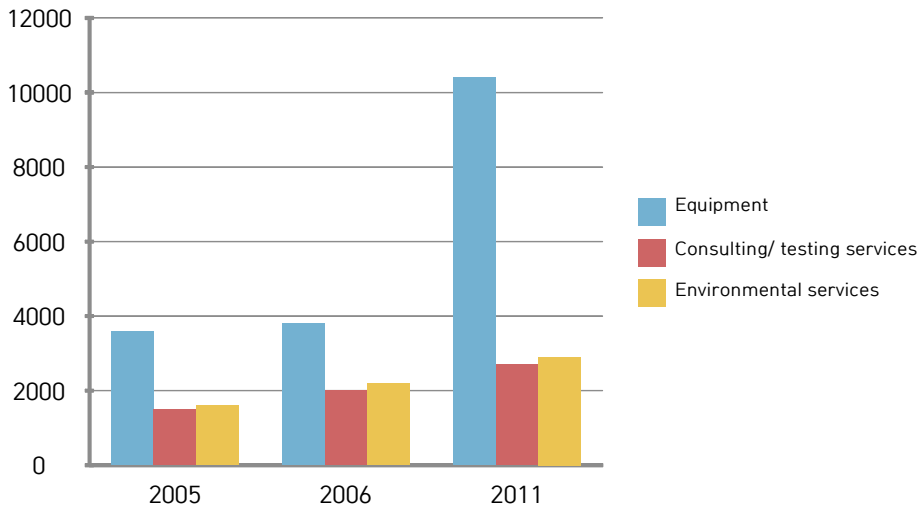


그림 13 세계 실내공기질 시장의 변동 추이

미국의 실내공기질 개선과 관련하여서는 BCC Research 결과에 따르면 미국의 실내공기질 시장은 2011년에 약 70억 달러, 2012년 약 73억 달러를 기록했고, 2017년에는 4.6%의 연평균 복합 성장률(CAGR)로 성장해 약 92억 달러에 달할 것으로 예상되며, 설비부문은 2012년 37억 달러에 이르고 그 이후 CAGR 4.8%로 확대되어 47억 달러에 달할 것으로 예상된다. 환경서비스 부문은 2012년에 19억 달러에 이르고, 그 이후 CAGR 4.4%로 확대되어 24억 달러를 달성할 것으로 전망

15) U.S. Indoor Air Quality Market, BCC Research Advanced Search, 2012. 07

된다.

일본의 경우 2003년 7월 건축기준법의 개정으로 모든 주택에 기계환기설비의 의무화가 시행되었으며, 이후 주택용 환기시스템 시장의 규모가 전년대비 195.6% 성장한 것으로 조사되었다. 2002년 135억 엔 정도의 시장이 2003년에는 264억 엔으로 성장하였고, 2005년에는 약 340억 엔의 시장을 형성하여 피크를 이룰 것으로 예측되었으며, 그 이후에는 성장 속도가 둔화되거나, 약간 감소할 것으로 예상하고 있다.

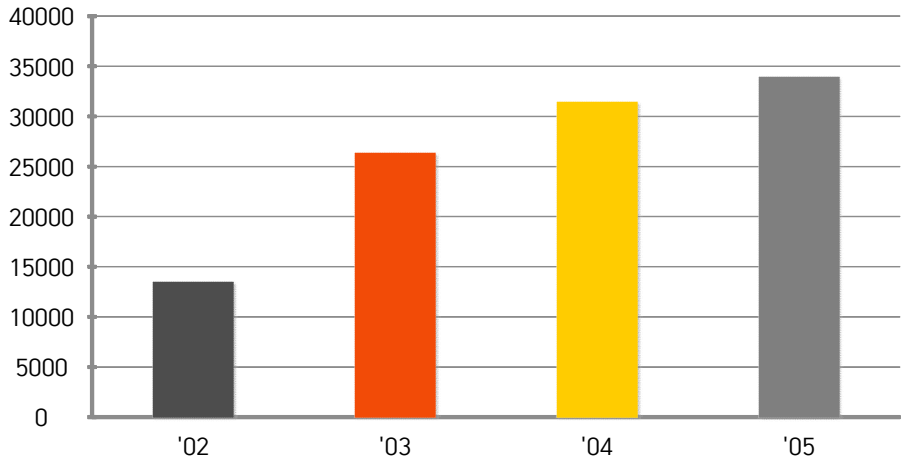


그림 14 일본의 주택용 환기 시스템 시장규모 예측

일본의 주택 환기 시스템 시장 참여 기업은 크게 종합 가전 브랜드, 전업기계환기 브랜드, 공조계 환기 브랜드, 건자재 브랜드, 도시가스업계 등으로 구분할 수 있는데, 법 시행 이후 환기시스템 시장의 대상 지역이 한랭지(북해도, 동북지역) 중심에서 전국으로 확대되었으며, 종합가전 브랜드들을 중심으로 하여 시장이 형성되어 있고, 타 업계로부터의 신규 시장 참여 기업이 계속하여 증가하고 있는 추세이다.

또한 공기청정기 가전업체는 체계적인 여재 개발과 기능성 제품의 끊임없는 연구개발을 통해 최고 성능의 제품을 생산하고 있으며, 2001년 기준으로 관련시장은 668억 엔으로 한화 7000억 원을 상회하는 시장을 형성하고 있다.

결로 방지 성능 개선 기술과 관련하여 국외에서는 건축물의 신축 혹은 개보수시 참고할 수 있는 결로 방지 기술에 대한 매뉴얼을 제공하고 있다. 결로 방지 성능 개선 기술로 활용되고 있는 기술로는 방습층의 설치, 환기, 단열, 열교방지 등이 있으며, 최근 신기술로는 전기를 이용한 electrical heat tracing system과 파이프 내부 온수를 흘려보내는 hot water heat tracing system이 개발되고 있다.



그림 15 electrical heat tracing system 예



그림 16 hot water heat tracing system 예

유럽 및 미국 등 결로 방지 성능 개선기술의 개발추이 및 향후 동향을 살펴보면 세계적으로 건축물의 에너지 소비량 저감을 위하여 단열을 강화하고 궁극적으로는 제로에너지하우스의 보급을 목표로 정해놓고 있다. 또한 신축 뿐 아니라 기존 건축물의 에너지절약을 위한 개보수 지침을 수립하고 사업을 진행하고 있으므로, 이러한 사업을 통해 단열성능 향상과 함께 결로 저감 성능이 향상될 것으로 기대되고 있다.

2장. 국내외 실험시설 및 장비현황 조사

1절. 국내 실험시설 현황 조사

1. 한국건설기술연구원

가) 개요

한국건설기술연구원은 건설기술 분야의 전문연구기관으로서 국토교통부 등 정부의 주요 건축 및 주택정책(주택성능등급 표시제도, 건강친화형주택 건설기준, 건축물 에너지효율등급, 녹색건축물 인증제도 등)에 대한 자문 및 운영을 하고 있으며, 건축물의 열성능, 실내공기질, 소음성능, 신재생에너지 등 건축 전반에 걸친 원천기술 개발 및 연구 R&D를 수행함으로써 건설 산업 발전, 국민 삶의 질 향상 및 국가경제·사회 발전에 기여하고 있다.

나) 실험시설 현황

한국건설기술연구원의 IAQ실물실험동은 12개 단위 실물시험실, 정밀분석실 및 소형챔버실험실 등으로 구성되어 건축자재의 오염물질 방산량 시험을 통한 실내공기질 평가 및 건강한 실내 환경 확보를 위한 환기설비 성능평가 및 기준 제시 관련 연구를 수행하고 있다. 또한 대형챔버(24 m^3)과 중형챔버(1 m^3)실험시설을 활용하여 중·대형건축자재 및 가구류, 전자제품에 대한 실험을 수행하고 있으며, 실내공기질 및 환기설비, 결로방지에 관련된 요소기술에 대한 성능평가의 수행이 가능하다.

표 17 실내환경 연구시설

연구시설 현황	• IAQ 실물실험동(12개 단위 실물 실험실, 정밀분석실 및 소형챔버실), 대형챔버(24 m^2), 중형챔버(1 m^2), 소형챔버(20 L)
연구시설 및 장비보유 현황	• IAQ 실물실험동, 대형챔버(24 m^2), 중형챔버(1 m^2), 소형챔버(20 L), 흡착챔버, 흡방습챔버 가스크로마토그래피/질량분석기, 액체크로마토그래피, 열탈착장치, 샘플링펌프 온습도 계측 및 데이터로거, 열전도율측정기, 열관류율 및 결로방지성능장치, 주택 기밀성능 측정장치 등 보유
장비 및 실험 시설 사진	 대형챔버실험실  자연환기실험실



정밀분석 실험실



IAQ실물실험동



흡착 실험장치



기밀성능 측정장치



흡방습 장치



항온항습기



HPLC



GC/MS



열탈착장치



UPS

표 18 음향 연구시설

연구시설 현황	· 표준시험동은 벽식구조의 3층 규모 · 슬래브 두께 150 mm 2개실, 180 mm 3개실 및 240 mm 2개실로 구성 · 음향투과손실, 바닥충격음, 환경소음평가 실험 등
장비보유 현황	· 주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기보유
장비 및 실험 시설 사진	 표준실험동  차음재 및 몰탈시공   바닥충격음 차단성능 평가 실험실  주파수 분석기  테핑머신  뱅머신  음향계측시스템

2. 국립환경과학원

가) 개요

1978년 7월 국립환경연구소로 발족하였으며, 이후 2005년 국립환경과학원으로 승격 및 명칭개정과 함께 조직 확대, 인력을 증원, 연구시설 및 장비를 확충하였고, 환경전문 국가연구기관으로서의 내실을 강화하면서 환경부의 환경정책 및 주요 환경오염방지 사업에 대한 연구지원활동을 추진하고 있다.

나) 실험시설 현황

환경부 산하기관으로 주택품질성능보다는 다중이용시설과 연관된 실내공기 및 소음분야에 대한 단편적인 측정 장비 위주로 실험시설을 구축하고 있다.

표 19 실내환경 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>· 실내환경종합연구동 실내공기질 연구실, 실내오염원 연구실
· 환경실험실 이화학 실험실, 생물실험실, 기기분석실, 가스 저장시설,
시료 시약보관 시설, 전처리 시설</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>가스크로마토그래피(GC-MS), 액체크로마토그래피[HPLC], 열탈착장치, 샘플링펌프, 열전도율측정기, 열관류율측정기, 소형챔버 시스템 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
환경실험실

열관류율시험장치

소형챔버시스템

전처리시설

시료보관 시설

가스 저장시설</td></tr>
</table>

표 20 음향 연구시설

연구시설 현황	· 생활소음진동 시험연구, 소음진동 측정기기 형식 승인 및 정도검사, 가전제품의 음향파워체험 검사를 하는 음향시험동, 잔향실, 무향실
장비보유 현황	· 주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기 보유
장비 및 실험 시설 사진	 무향실험실  무향실험실(소리분석)  무향실 체험  잔향실 측정  뱅머신  테핑 머신

3. 삼성물산 주거성능연구소

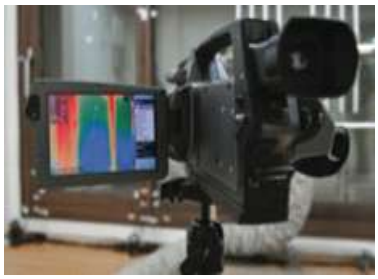
가) 개요

삼성건설 기술연구센터는 친환경 자재 평가 기술에 대한 연구, 실제 건축물의 환경조건을 구현하여 복합 구성된 자재의 오염물질 방출특성 및 내구성 등에 대한 연구를 수행하며, 실내 공기질에 대한 예측/진단/개선 기술 개발에 대한 연구로서 고기밀화된 현대의 건물에서 쾌적한 실내공기환경을 구현하기 위한 현장 지원 기술 개발을 수행한다.

나) 실험시설 현황

공동주택과 관련된 세부 요소들에 대한 연구 및 개발을 수행 할 수 있는 지상 4층 지하 2층으로 공동주택평면을 가진 4세대 및 실험시설을 갖추고 있다. 바닥충격음 차단성능을 시험할 수 있는 실험실은 총 3개실로 구성되어 있으며, 벽식구조, 무량판구조, 라멘구조의 건물 구조형식에 대한 실험이 가능하다. 구조형식별 시험실 크기는 4.7 m × 5.2 m × 3.06 m 이며, 바닥충격음 시험 시 계측을 할 수 있는 실은 별도로 지정되어 있다. 건물 구조형태에 따라 시험이 가능하기 때문에 과도한 바닥구조의 설계를 피할 수 있는 장점을 보유한 실험실로 바닥충격음, 방수성능, 결로, 전기설비, 마감재 등 공동 주택과 관련된 여러 요소들에 대해 연구 및 개발을 할 수 있는 시설을 보유하고 있다.

표 21 실내환경 연구시설

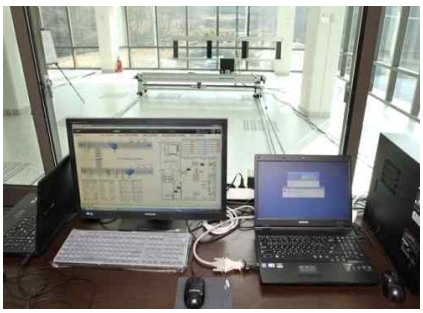
<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td colspan="2">· 결로 목업 실험실(Condensation Mock-Up Lab) - 창호, 벽체 등으로 구성된 외피시스템을 실제조건과 동일하게 설치하고 단열 및 결로 방지 성능을 파악하기 위한 실험실 및 방수성능평가 실험실 보유</td></tr>
<tr><td>연구시설
및
장비보유
현황</td><td>· 결로분야
· 환기분야
· 방수분야
· 음향분야</td><td>· 지하단열시스템 검증실험대, 온도 측정시스템, 온습도 제어장치, 온습도계, 외부기상관측장비, 열화상카메라, 열전도율 측정기
· 철드빔, 제습 공기조화기, DVM공기조화기, 매립형 팬 컨벡터 보유
· 만능인장시험기, 출입문 반복개폐 장치, 한신금풍
· 방수 Sample 거치대, 한신금풍 1기, 광학 전자현미경, 도막 두께 측정기 1기, 투수 시험기 보유
· 시편 실험실 :4.7 m × 5.2 m × 3.06 m(구조별)
· 계측실 : 8.42 m × 3.5 m × 2.37 m
· 실증실험시설 : 실 입주 아파트 평면(100 m²기준)재현</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td colspan="2">
바닥단열 실험대

열화상 카메라</td></tr>
</table>

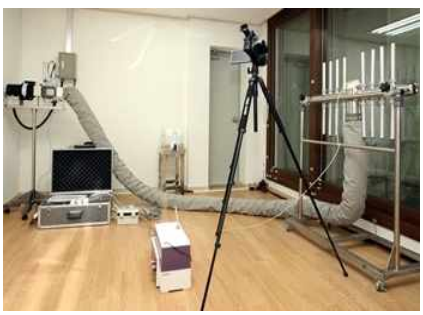
장비 및 실험 시설 사진		
	창호 결로실험실	벽체 결로실험실
		
	방수성능평가 실험실	화장실 방습재료 측정장치
		
	항온항습수조	Air Sampling Unit

표 22 음향 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>바닥충격음 슬래브시편 실험실 - 구조형식(벽식구조, 무량판구조, 라멘구조) 및 슬래브 종류별 바닥충격음 차단성능을 검토하기 위한 실험실</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>· 시편 실험실 :4.7 m × 5.2 m × 3.06 m(구조별)
· 계측실 : 8.42 m × 3.5 m × 2.37 m
· 실증실험시설 : 실 입주 아파트 평면(100 ㎡기준)재현
· 주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향 계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td> 
바닥충격음 슬래브시편 실험실
 
바닥충격음 슬래브시편 실험실
 
테핑 머신 겐츄리 크레인</td></tr>
</table>

표 23 통합실증 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>· 목업 세대 바닥충격음 실험실(Mock- Up Test for Floor Impact Noise)
· 실 입부 아파트 평면(100 ㎡기준)을 재현한 Mock up세대에서의 구조형식에 따른 바닥충격음 성능검증 및 바닥 구조별 성능 Data Base화
· 통합실증 연구시설로써 총 4개의 실험세대 보유
– Creative Zone 201호 - 기능성 마감자재 성능 검증
– Smart Zone 202호 - 최신 전기설비 성능검증을 위한 실험세대
– Zero Defect Zone - 단열/소음/방수 3대분야 무결함 달성 위한 실험세대
– Zero Emission Zone - CO_2발생 Zero화를 위한 요소기술 검증실험세대</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>· Ethernet 온도 측정시스템, 온습도 제어장치, 온습도계, 외부기상관측장비, 열화상카메라, 열전도율 측정기 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
2~3층 실증실험시설 전경

실험데이터 분석시설

통합실증 연구시설 배치도

결로발생 측정장비

음향측정기</td></tr>
</table>

4. 대림산업 기술개발원

가) 개요

1980년 설립된 연구소는 건설 현장의 기술적 요구를 충족시키며 효율적인 건설 기술의 적용을 위해 기술개발을 수행하고 있다. 특히 친환경 저에너지 공동주택 구현을 위한 Eco House 및 녹색기술과 IT기술이 결합된 기술의 상품화를 추진 중이다. 저에너지 친환경 공동주택 Eco 3L House 개발하였으며, 공동주택 관련 각종 실험에 시설 및 장비를 확보하고 있다.

나) 실험시설 현황

대림산업 건축환경연구센터에서는 태양열, 지열 등 신재생에너지 기술을 도입하여 제로에너지연구와 개발을 진행하고 있으며, 층간소음, 실내공기 환경에 대한 연구개발도 진행하고 있다. 연구센터의 구조는 아파트 형태로 라멘구조 3세대와 벽식구조 4세대로 연면적 970여 평 규모로 구성되어 있으며, 바닥충격음 시험실, 자연채광실, 차음성능실, 조명실, 열환경실 등으로 구성되어 있다. 또한, 바닥충격음 시험 시 실제 공동주택의 평면과 동일하기 때문에 거실을 비롯하여 각각의 방의 바닥충격음 평가도 가능하며, 외부 창호의 디자인에 따른 외부소음 유입형태, 실 내부의 조건을 다양하게 변화시켜 가면서 음장 조건 등을 평가 할 수 있다.

표 24 실내환경연구시설

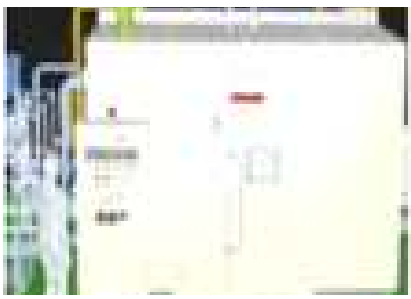
연구시설 현황	열에너지 실험실로 Test Cell, 항온항습실 보유 빛환경 실험실로 자연채광/인공조명 시설 보유 실내공기환경 성능평가를 위한 정밀분석 실험실과 챔버실험실 보유
장비보유 현황	가스크로마토그래피[GC-MS], 액체크로마토그래피[HPLC], 열탈착장치, 샘플링 펌프, 열전도율측정기, 열관류율측정기, 챔버 시스템 보유
장비 및 실험 시설 사진	 환기설비 실험  HPLC   챔버 및 정밀분석 실험시설

표 25 음향연구시설

연구시설 현황	음환경 실험실로 실내음향시스템, 바닥충격음 성능평가 실험실, 벽체 차음 성능평가 실험실 보유
장비보유 현황	주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기 보유
장비 및 실험 시설 사진	  바닥충격음 성능평가 실험실   뱅머신 테핑머신   벽체 차음 성능평가 실험실

표 26 통합실증 연구시설

<table>
<tr><td rowspan="2">연구시설
현황</td><td>· 40평 단위세대(기둥식 3세대/ 벽식구조 4세대)로 구성</td></tr>
<tr><td>· 열에너지 실험세대 초에너지 절약세대(3리터 하우스)
· 음환경 실험세대 바닥충격음, 욕실소음 실험 및 연구
· 실내공기환경 실험세대 자재방출강도 실험 및 연구
· 설비실험세대 환기설비, 유비쿼터스 설비 실험 및 연구</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td colspan="2">가스크로마토그래피, 액체크로마토그래피[HPLC], 열탈착장치, 샘플링펌프, 열전도율측정기, 열관류율 및 GC-MS(질량분석기), 챔버 시스템 보유
주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td colspan="2">
3L House

조명 체험실

건축환경연구센터(실증 단위세대 포함)</td></tr>
</table>

5. 대우건설 기술연구소

가) 개요

1983년 11월에 연구와 실험이 가능한 종합기술연구원을 구축하였으며 전문기술의 제공함으로써 건설공사의 품질향상에 기여하고 있다. 풍동실험시설을 기반으로 건물, 교량 및 대공간 구조물 등에 작용하는 풍력, 풍압, 풍진동 및 풍환경 평가와 실외 환경 변화에 따른 건축 환경 및 설비에 관한 연구를 종합적으로 수행할 수 있는 전문 연구동을 갖추고 있다.

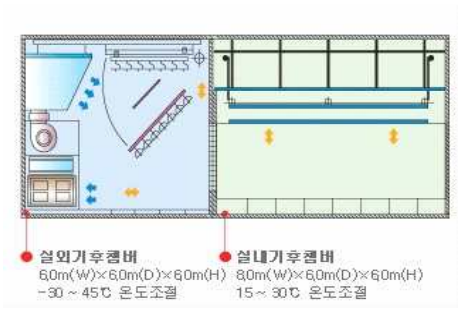
나) 실험시설현황

표 27 실내환경 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설 현황</td><td>· 연면적 1,788 m^2의 자하 1층, 지상 2층의 철근콘크리트 구조물
· 지상에서 모든 기상조건을 재현할 수 있는 인공기후 실험실, 최대 규모 집적회로(VLSl)제작과 같은 첨단산업분야에서 연구, 개발 및 생산을 위한 크린룸 보유</td></tr>
<tr><td>장비보유 현황</td><td>· 인공기후실험챔버, 일사장치, 강우장치, GC/MS(휘발성 유기화합물 측정 및 분석), HPLC(포름알데히드 측정 및 분석) 보유</td></tr>
<tr><td>장비 및 실험 시설 사진</td><td>

실내기후챔버 내부

인공기후 실험챔버

IAQ 분석실


실내, 실외 기후챔버

일사장치

강우장치
</td></tr>
</table>

표 28 음향 연구시설

연구시설 현황	· 음향실험동 잔향/차음/진동 등을 연구하기 위한 실험시설로 연면적 1,037 m^2 · 잔향실, 무향실, 측로전파실, 모델실험실, 측정실, 공조실 및 방제실, 자동이송장치 및 작업장 보유
장비보유 현황	B&K-Pulse 3560C, Muller BBM-PAK, 01dB-Symphonie, GRAS-Intensity Probe, RION-Sound Level Meter(NA 28), RION-Vibration Level Meter(VM 54), RION-Tapping Machine(Fl-01), RION-Bang Machine, B&K-Speaker(Type 4296), RION-Calibrator(NC 73), RION-Excitor(VE 10), PCB-Impact Hammer(086D20)보유
장비 및 실험 시설 사진	 무향실험실  측로전파음 실험실  배수소음 측정실  모델실험실  B&K-Pulse 3560C  Muller BBM-PAK  Tapping Machine  RION-Calibrator

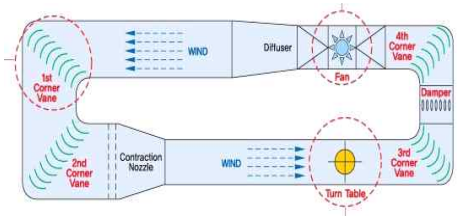
표 29 풍동 연구시설

<table>
<tr><td rowspan="2">연구시설
현황</td><td colspan="2">· 건물, 교량 및 대공간 구조물 등에 작용하는 풍력, 풍압, 풍진동 및 풍환경 등의 평가하는 풍동실험시설 보유</td></tr>
<tr><td>· 풍동본체
· 측정부분
· 측정부</td><td>모멘형식-회류형 경계층 풍동
(3.0 m × 2.0 m × 20.0 m 전장 78.5 m) 축류비 3.3:1
풍속 (0.5~30) m/s, 풍속분포 ±1.0% 이하, 난류강도 0.5% 이하</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td colspan="2">Coner Vane(모서리 기류 전환장치), Fan 연속가변 축류 송풍기, 3차원 프린터, 가사화 장비, Traverse, Turn Table 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td colspan="2">
Coner Vane

3차원 프린터

Traverse

Turn Table


풍동 실험실</td></tr>
</table>

6. 현대건설 기술연구소

가) 개요

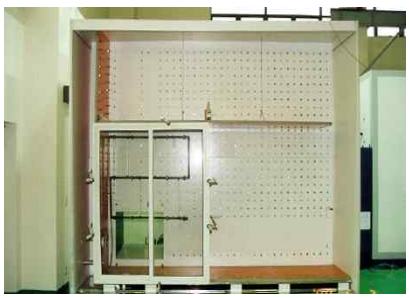
1989년 10월에 종합건설기술연구소로 출발하여, 1996년 11월 경기도 용인시에 위치한 현대그룹 연구단지 내에 위치하고 있으며, 건축자재의 환경오염물질 분석과 건물의 결로 방지를 위한 실험 및 신축 공동주택의 실내공기질 분석을 통해 실내공기질 향상을 위한 기술을 개발하고 있다.

풍동실험을 통한 풍력, 풍압, 풍환경 평가를 바탕으로 구조물 내풍안전성을 확보하고, 바람과 관련된 각종 컨설팅 및 엔지니어링 업무를 수행하고 있다.

나) 실험시설현황

환경오염물질 정밀분석, 유기화합물 정량분석, 유해중금속 함량분석 시설, 열관류율 측정에 따른 단열, 결로실험, 수밀성, 기밀성평가, 내풍압성 평가를 통한 건물의 결로 방지를 위한 실험시설과 풍력측정실험, 풍압측정실험, 풍환경 평가실험 기류가시화 실험을 위한 풍동실험 시설을 갖추고 있다.

표 30 실내환경 연구시설

연구시설 현황	환경실험실, 건축설비실험실, IAQ실험실로 구성
장비보유 현황	· 환경실험실 ICP(고주파 유도 결합 프라즈마), Elemental Analyzer(원소 분석기) 보유기밀성 시험장치, 열관류율시험장치 보유 · 건축설비실험실 GC-MS&ATD, HPLC(고성능 액체 크로마토그래프), · IAQ실험실 ADPAC system(소형챔버 시스템) 보유
장비 및 실험 시설 사진	 환경실험실  ICP   건축설비실험실



기밀성 시험장치



ADPAC system

표 31 음향 연구시설

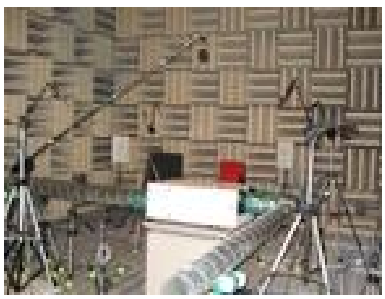
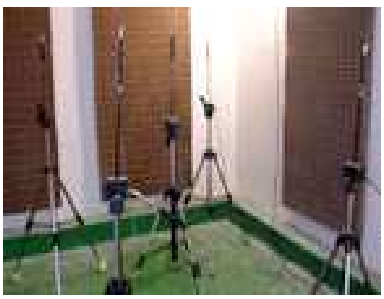
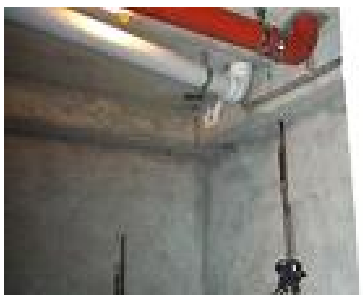
연구시설 현황	환경소음 · 건축음향 시뮬레이션 · 음향파워 · 인텐시티 측정 · 가청화 시스템의 무향실험실과 흡음율, 음향투과손실 측정 · 바닥 충격음 차음 성능을 평가하는 잔향실험실로 구성
장비보유 현황	· 가청화시스템, 음향인텐시티프로브, 음향파워레벨 시스템, 경량 및 중량 바닥 충격음 충격원 평가 시스템, 급배수설비소음실험실, 바닥충격음 목업실험실 보유
장비 및 실험 시설 사진	 음향인텐시티프로브  음향파워레벨 평가  바닥충격음 목업실험실  급배수설비 소음실험실  무향실험실(소리 분석)  잔향실험실

표 32 풍동 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>· 풍력측정실험 · 풍압측정실험 · 풍환경평가실험 · 기류가시화를 하는 풍동 실험실 보유
· 대형풍동 측정부분 측정부 폭 4.5 m 높이 2.5 m 길이 25.0 m
풍속 (0.3~17.5) m/s, 난류강도-0.5% 이하, 개방형 풍동
· 소형풍동 측정부분 측정부 폭 1.0 m 높이 1.5 m 길이 6.0 m
풍속 (0.3~22) m/s, 난류강도-0.5% 이하, 개방형 풍동</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>6분력계, 3분력계, 증폭기, 측정시스템, 짐발시스템, 레이져변위계, 광학센서, 광학변위계, 다점풍압계, 다점풍속계, 레이져, 연발생기 보유</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>

풍동실험실

짐발시스템

광학변위계

증폭기

연발생기</td></tr>
</table>

7. 전북대학교 풍동실험센터

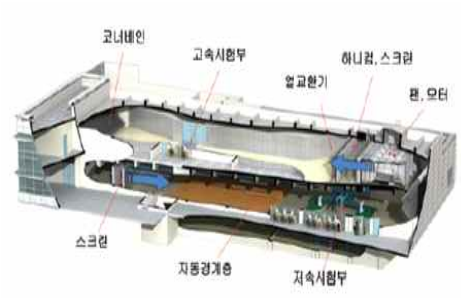
가) 개요

전북대학교 풍동실험센터는 부지면적 4,368 m^2, 건축연면적 3,449 m^2의 지하 1층 지상 2층 규모로 대형 풍동 1식과 소형 풍동 1식으로 구성되어 있고, 수식 순환형 폐회로 방식의 경계층 풍동으로 규모면에서 국내 최대이며, 세계에서 4위권 규모의 대형실험시설을 보유하고 있다. 주요기능으로는 초고층 주상복합 건물의 내풍 안정성 평가 풍동실험, 남서해안 지역의 해상 교량에 대한 내풍 안정성 확보를 위한 풍동실험, 지하철 등과 같은 지하구조물 환기/배기, 유독 물질 확산, 환경 오염물질 확산 등과 같은 방재분야 검토 풍동실험, 교량 및 산업설비 내풍안전성 평가 등이 있다. 다양한 풍동실험을 통해 구조물의 안정성과 사용성 향상 및 도시의 환경문제를 해결하고자 한다.

나) 실험시설현황

대형풍동 및 소형풍동, 기타 중장비를 보유하고 있으며 대형풍동의 경우 이중시험부(저속시험부, 고속시험부)로 구성되어 있다. 저속시험부는 비교적 저속의 바람을 발생시켜 교량, 빌딩 등의 구조물 실험이나 지형모형 실험을 수행하며, 고속시험부의 경우 비교적 고속의 강한 바람을 발생시켜 고층빌딩 실험이나 풍압실험을 수행한다.

표 33 풍동 연구시설

연구시설 현황	· 실험시설의 활용도를 높이기 위하여 저속, 고속 2개의 시험부로 구분하여 구성하였으며, 실험 종류와 목적에 따라 선택하여 이용 가능 · 폭이 5 m인 고속시험부의 경우에는 최대 풍속 30 m/s까지 가능 · 풍동 건물은 풍동 본체를 포함한 실험동으로 대형풍동, 조종실, 소형풍동실, 작업실, 회의실, 자료실, 연구실, 모형 전시실 등으로 구성
장비보유 현황	· 턴테이블(저속시험부에 직경 11 m, 고속시험부에 직경 4.5 m크기로 구성), 3차원 트래버스, 자동경계층 생성장치, 능동난류 발생장치 보유 · 주요 계측장비: 열선풍속계, 압력측정장치, 흐름가시화 장치, 자료획득장치, 각종 센서, 6분력계, 6채널, 비접촉 광학식 변위측정기 6채널, 접촉시 변위계 및 가속도계
사진	 대형풍동실험시설  대형풍동시설 투시도



1층 저속 시험부



2층 고속 시험부



턴테이블



능동난류발생장치



3축 자동이송장치



소형풍동



흐름가시화 장치



열선풍속계(Dantec)



압력측정장치(PSI8400)



자동경계층생성장치

2절. 국외 실험시설 현황 조사

1. 영국 BRE(Building Research Establishment)

가) 개요

1917년 1차 세계 대전 후 새로운 주택에서 사용하기에 적합한 건설방법 및 다양한 건축 재료들을 조사할 수 있는 조직의 생성을 제안하면서 만들어지게 되었다. 1990년대 동안 BRE는 다른 정부 투자 연구소와 함께 상위 부서의 집행 기관으로서 운영되었고 1997년에 민영화 되었다. 2005년에 와자의 재단과 혼동을 피하기 위해 BRE Trust로 변경되었다.

나) 실험시설현황

표 34 실내환경 연구시설

연구시설 현황	· 룸 챔버	· 완벽한 제품 구성, 실제 환경에서의 방출, 화학에 대한 개인의 노출들을 실험 · 건물, 차량, 가구 및 가전제품에서의 오염물질 테스트
	· 중형챔버(1 m^2) · 마이크로 챔버	· 표면 방출과 작은 샘플들을 테스트 · 표준대기 검증을 위하여 시험재료와 제품 간의 상호작용을 검증
장비보유 현황	가스크로마토그래피/질량분석기[GC/MS], 액체크로마토그래피[HPLC], 실시간 모니터(VOCs, CO^2, CO, NO^2 등), 이온크로마토그래피, 열화상카메라	

표 35 음향연구시설

연구시설 현황	· 무향실	유럽에서 가장 큰 무향실을 중 하나를 보유 262 m^2의 크기로 작은 오케스트라를 수용할 수 있을 만큼의 크기
장비 및 실험 시설 사진	  무향실	

2. 독일 Fraunhofer WKI

가) 개요

Fraunhofer WKI는 목재의 물리적·화학적 특성을 전문적으로 시험하는 연구소로 유럽의 RAL-UZ38규격에 의하여 대형챔버로 관련 제품을 시험해왔다. 특히, 1 ㎥ 이상의 대형챔버를 재질별·크기별로 구비하고 있어 대형챔버의 운영 및 유지관리 방면으로 다년간의 경험을 갖고 있는 연구소 이다.

나) 실험시설현황

표 36 실내환경 연구시설

연구시설 현황	· 대형챔버(50 m^3) 스테인레스 재질의 챔버 1개 소유 · 소형챔버(1 m^3) 유리 재질의 챔버 6개 소유
장비 및 실험 시설 사진	   대형챔버(50 m^3)   스테인레스 챔버, 유리 챔버(1 m^3)

3. 일본 동경대 생산기술연구소

가) 개요

도쿄시내 외곽의 에 위치한 생산기술연구소는 총 97,000 m^2의 대지 위에 건물 면적이 57,000 m^2에 이르고 있다. 현재 일본 동경대학교에는 10개의 단과대학과 11개의 연구소 등으로 구성되어 있다. 이중 생산기술연구소는 가장 큰 연구소로 5개의 연구 분과를 가지고 있으며 Chiba에 실험에 관한 연구 분소를 두고 있다. 연구소에 속해 있는 교수들은 각각의 분야에서 연구를 수행함과 동시에 대학원 수업, 실험 및 세미나 등을 통해 대학원 과정을 활성화시키고 있다.

나) 실험시설현황

표 37 실내환경 연구시설

연구시설 현황	· 자재 방출실험용 대형챔버(10 m^3), 중형챔버(1 m^3), 소형챔버(20 L)
장비보유 현황	가스크로마토그래피/질량분석기[GC/MS], 액체크로마토그래피[HPLC], 오염공기 흡,탈착 분석기, 소형챔버 세척용 대형 오븐(1 m^3)
장비 및 실험 시설 사진	 대형챔버(10 m^3)  소형챔버(20 L)  HCHO 분석기  VOC 분석기  소형챔버 세척용 오븐  오염공기 흡,탈착 분석기

4. 일본 세끼스이 하우스 연구소

가) 개요

1960년 설립되었으며, 계약부터 공사 감독, 시공까지 전 분야를 아우르고 있고, 관리 및 경영 컨설팅 사업의 평가까지 이르는 많은 일들을 수행하고 있다. 건축환경분야에서는 건축자재별 방출량 조사 및 Mock-Up실험, 가정용 클린룸 시스템을 개발하고 있고 구조 및 재료 · 환경 · 계획 분야까지 전부 관여하고 있다.

나) 실험시설현황

표 38 건축환경 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>· Mock-up실험동
· 단열결로실험실
· 인공기상실(10 × 15 × 10 m)</td><td>온도 : (-10~50) ℃
습도 : (30~80)%
환기량 : 600 m^2/h,
일사량 : (70~700) kcal/m^2h
강수량 : (40~300) mm/h</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td colspan="2">가스크로마토그래피/질량분석기[GC/MS], 액체크로마토그래피[HPLC], 오염공기 흡,탈착 분석기, 소형챔버 세척용 대형 오븐(1 m^3)</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td colspan="2">
단열결로 실험실

Mock-up실험동

방출시험 챔버

인공기상실</td></tr>
</table>

5. 일본 건축시험센터

가) 개요

재단법인 베터 리빙(better living)은 국민의 주택에 대한 요구가 양으로부터 질로 변화하고 있던 1973년에 건설대신의 허가를 얻어 일본 건축시험센터를 설립하였다. 그 이후, 우량한 주택 부품의 개발·보급을 중심으로 주생활 수준의 향상을 목적으로 다양한 활동을 진행시켜 왔다. 츠쿠바 건축시험센터와 일본 주택 및 주택부품에 관한 모든 기준에의 적합성을 평가하고 인증을 실시하는 주택·주택부품평가센터를 설치하는 등 주택에 관한 광범위한 사업을 전개하고 있다.

향후, 급속히 진행되는 고령화 사회에의 대응, 개개인의 가치관 변화, ISO 기준의 보급·확대, 지구 환경 문제에의 대처 등 「국제 규격」에 대한 대응이 요구되고 있다. 건축 기준법이나 주택 품질 확보법과 관련되는 성능 평가 시험으로 시작해 BL부품의 성능 시험 및 건축재료·부재 등 건축 전반에 걸치는 시험이나 조사 연구를 실시하고 있다.

나) 실험시설현황

표 39 실내환경 연구시설

연구시설 현황	· 환기설비 및 방/내화 구조, 방화재료, 벽 차음 구조, 목조 축조 벽 배율, 포름알데히드 방산량, 기초 말뚝, 석면 비산 방지제에 관한 성능 평가 및 시험 시설
장비보유 현황	· 가스크로마토그래피/질량분석기, 액체크로마토그래피 장비보유 · 열전대, 온습도 센서 · Mock-up Test Building
장비 및 실험 시설 사진	 TBTL(Tsukuba Building Reseach Test Laboratory)   Mock-up Test Room

3절. 국외 대형 실험시설 현장 조사

1. 일본 BRI (Building Research Institute)

가) 개요

1942년 건축 연구소로 시작하여 국토교통성 산하의 공공 연구 기관으로서 공정하고 중립적인 입장을 갖는 실험시설을 확보하여 주택 · 건축 · 도시계획 기술에 관한 연구 개발, 지진 공학에 관한 연구 등을 종합적, 조직적, 지속적으로 실시하고 있다.

연구 개발의 성과는 국가에서 실시하는 관련 행정 대책의 입안이나 기술 기준의 책정 등에 반영되고 민간의 기술 개발이나 설계 · 시공의 현장에 활용됨으로써, 국민 안전의 확보, 건강하고 쾌적한 거주 공간의 실현, 에너지 절약과 환경에의 배려 등 지속 가능성을 확보한다. 소비자에 대한 실내 환경의 쾌적감 제공 등과 같이 공공적인 측면에서는 일본 주택, 건축, 도시의 질적 향상에 기여하고 있다.

나) 실험시설현황

일본 건축연구소의 건축환경시험동은 자원 · 에너지 절약을 고려한 주거 환경의 수준향상을 도모하기 위해, 인간의 심리와 생리에 관한 측면과 몸체 및 장비의 물리적 측면을 동시에 연구하기 위한 종합적인 시설(복합환경 시뮬레이터, 환기시스템 성능 실험실, 인체환경 실험실, 인공천공 실험실, 시환경 실험실, 열/습기 실험실 등)을 보유하고 있다.

표 40 풍동 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>실물 회류식 풍동실험 시설</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>· 회류식 풍동 · 최대 풍속 5 m/sec (37 kW 팬 6기 탑재)
· 분출 통로 높이 (5 m × 9 m)
· 목업 건축물(풍향 변경 가능 (0~345) °)
· 냉각 냉동기 340 kW

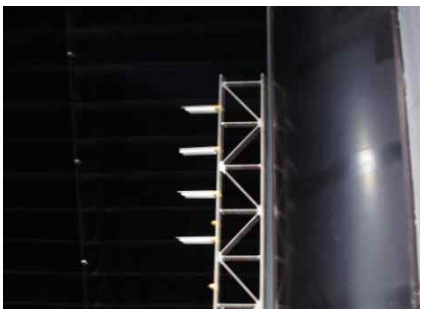
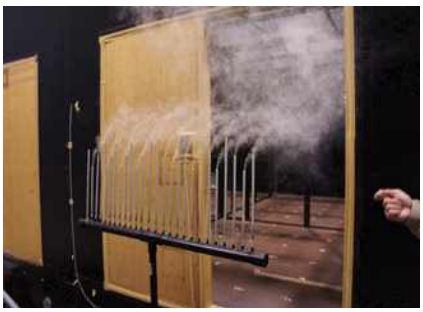
풍동 환기장치, 턴테이블, 레이저 조사장치, 풍압 측정 장치</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td> 
통풍 실험동
 
레이저 조사장치 풍압 측정장치
 
기류 측정 장치 기류측정용 연기발생장치
 
기류변화 측정시설 통풍 실험도 설계도</td></tr>
</table>

표 41 건축환경 실험동

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>복합환경 시뮬레이터, 환기시스템 성능실험실, 인체환경 실험실, 인공천공 실험실, 시환경 실험실, 열 · 습기 상수 실험실, 실내공기질 실험실</td></tr>
<tr><td rowspan="2">장비보유
현황</td><td>· 환기시스템 성능실험설비 : (12 m × 13 m × 13 m)
· 온열 환경 실험실 : (4.4 m × 3.4 m × 2.6 m)
· 실내환경 시뮬레이터 : (4.3 m × 4.7 m × (2~4) m),
(2.7 m × 4.7 m × (2~4) m)
· 재료 열 특성 실험시설 : (2.5 m × 2.5 m × 2.2 m)
· 열관류 시험장치 : (5.0 m × 5.2 m × 3.0 m),
(3.0 m × 5.2 m × 3.0 m)
· 실내공기질 시뮬레이터 : (4.0 m × 5.0 m × 2.7 m)
– 온도 (−10~40) ℃, 습도 (30~90)%의 범위에서 제어 가능한 공기조화시설</td></tr>
<tr><td>· 멀티 가스 모니터 - 최대 6가지 가스 농도 연속측정
· 가스크로마토그래피/질량분석기[GC/MS](SHIMADZU사) 1기 보유
· 액체크로마토그래피[HPLC](VARIAN Star 9050) 1기 보유
· 인공천공 실험시설 - 일광 재현, 방위/고도별 조도 가변
· 일사차폐효과 측정시설 -2 m × 2 m × 1 m 5면에 설치한 냉열패널의 열손실 측정 특수 설비</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
환기시스템 성능실험설비

실내환경 시뮬레이터

인공 천공 실험 시설


온열 환경 실험실


실내공기질 시뮬레이터

열관류 시험장치</td></tr>
</table>

표 42 음향 연구시설

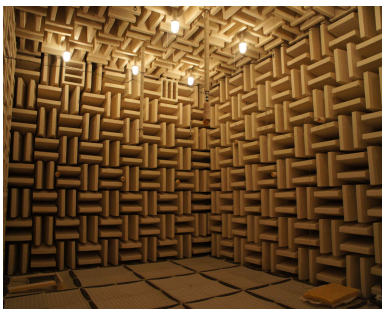
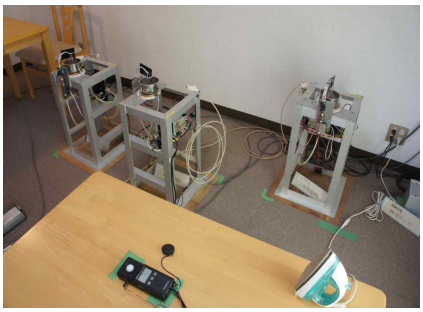
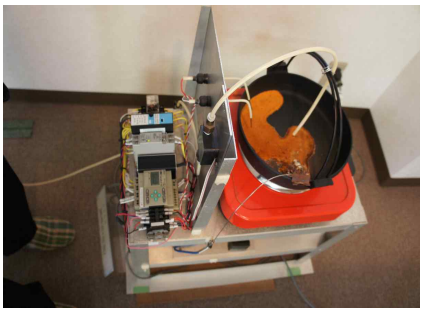
연구시설 현황	무향실 2개실, 잔향실 4개실, 실험준비실 1개실, 계측실 1개실
장비보유 현황	· 제 1 무향실 (9.0 m × 6.0 m × 5.4 m) · 제 1 무향실 (4.2 m × 6.0 m × 5.4 m) · 제 1 잔향실 (체적 224.5 m^3, 표면적 219.9 m^2, 바닥면적 38.8 m^2) · 제 2 잔향실 (체적 220.0 m^3, 표면적 216.0 m^2, 바닥면적 38.8 m^2) · 제 3 잔향실 (체적 219.0 m^3, 표면적 233.0 m^2, 바닥면적 38.8 m^2) · 제 4 잔향실 (체적 208.0 m^3, 표면적 208.0 m^2, 바닥면적 34.8 m^2) · 벽식구조 시험시설 · 슬래브 두께 (150 mm, 200 mm) · 슬래브 면적 20 m^2 (4.0 m × 5.0 m) · 시험체 시공범위 10.2 m^2 (2.76 m × 3.68 m) · 수음실 크기 4.0 m × 5.0 m × 3.0 m · 주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기, 음향 인텐시티 측정 분석 장비, 실험모델 해석장치
장비 및 실험 시설 사진	 무향실  잔향실  벽식구조 시험시설  반향실 바닥소음실험

표 43 통합실증 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>일본식 단독주택 실증시설 1채, 일본식 공동주택 실증시설 1채(6세대)</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>· 인체 모의발열 공급장치 정확도 ±2% RS ±2digit
· 요리 모의발열 공급장치 소비전력 524 W, 히터부 최대 500 W, 물공급량 0.36 ml/min ~ 56 ml/min
· 커튼 개폐 장치, 창문 개폐 장치, 수도 제어장치, 가전기기 제어장치, 욕실 및 변기 커버 개폐 장치, 열전대, 온습도 센서, 풍향풍속계, 일사계, 유량계, 가스유량계, 데이터로거, 전력계, 스케줄에 따른 장치들의 제어시스템</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
환기시스템 성능실험설비

실내환경 시뮬레이터

인체 모의발열 공급장치

온열 환경 실험실

LCCM

실증시설관련 에너지설비

에너지소비 제어장비

물소비 모의 제어장치</td></tr>
</table>

다) BRI 연구동향

일본 BRI의 최근 동향을 살펴보면 실내공기질과 음향 등의 연구가 이루어졌다. 실내 오염물질 저감을 위한 환기시스템 개발이나 저탄소 건물을 위한 기술개발을 진행해 왔으며, 건축자재와 실내공기질을 위한 마감재 또한 IAQ나 실증실험시설을 통해 연구되고 있다. 뿐만 아니라 건물의 냉난방 시스템이나 환기 시스템의 성능 실험을 위해 실증 실험시설이 이용되고 있다. 또한 음향실험시설에서는 바닥충격음과 차음 성능 실험 연구 등이 이루어지고 있다.

표 44 BRI 연구논문 리스트

년도	논문 제목
2010	Development of Quality Securing and Maintenance Technique for Materials and Components of Building and Housing under Long-term Use
	Development of Seismic Evaluation System of Timber Frame Structures by Collapsing Process Analysis Program
	Development on the Utilization Method of Information about Substances Containing Building Materials
	Follow-up Study on Renewal and Using Method of Existing Building
	Study on Reduction Effect of Concrete Shrinkage with Admixtures
	Development of Technology for Low Carbon Buildings and Community during Life Cycle
	Development of Wastewater Treatment System Based on Water Use Reduction Technology for Effective Use of Water Resources and Reduction of Environmental Impact
	Development of the Design Method for Integrating the Envelope Thermal Performance and the Heating and Cooling System Performance in residential buildings
2009	Development of Technologies to Promote the Use of Recycled Aggregates and Wooden Materials Produced from Construction and Demolition Waste
	Study on Inspection Method of Wood Integrity on Existing Timber Constructions
	Development of Ventilation and Source Control Technology to Decrease Indoor Volatile Organic Compounds
	Development of New Energy Supply System for House and Building Installed with New Technology Related to Energy Production and Storage
	Development of renovation design approach for the realization of CO_2 reduction target in an air-conditioning system
2008	Development of Technologies to Utilize IC Tags in Buildings Development of Building Information Management System to Promote Circulation of Building Stocks
	Strength development of high-strength concrete in full-scale members more than 10 years
	Study on Renewal and Application Method of Existing Building
	Development of quantitative determination for surface roughness of coating materials for textured finishes of buildings
	Study on Technology that Effectively Improves Energy Conservation Performance of Buildings and Application Technique to Existing Buildings
	Study on an estimation method of urban morphology for the reduction of urban heat islands

2. 캐나다 NRC-IRC (NRC - Institute for Research in Construction)

가) 개요

캐나다의 국가연구위원회(National Research Council: 이하 NRC)는 과학과 기술 분야의 연구, 기술 보급 및 과학 기술 정보 배포에 있어서 캐나다 최고의 과학기술연구개발 기관으로 1916년에 설립된 NRC는 Ottawa에 새로운 연구소들이 생기기 시작한 1930년대 초까지 주로 정부에 대한 고문 기관의 기능을 수행해 왔다.

NRC의 가장 중요한 장점은 캐나다 지역 사회의 발전에 이바지하고 캐나다인의 건강과 삶의 질의 향상에 기여한다는 것이며, 이를 통해 캐나다의 기술 능력을 구축하고 효과적이고 효율적인 연구 결과를 상업화 결정을 통해 전체 캐나다 경제를 강화시키는 역할을 한다.

나) 실험시설현황

NRC의 실내 환경 시험시설은 건축 기술 분야인 건설연구원(Institute for Research in Construction 이하 IRC)에 소속되어 있다. IRC는 한국건설기술연구원과 같이 건축 기술 관련 연구를 담당하며 주요 연구 분야로는 건물외피 및 구조, 화재, 실내 환경 및 도시시설 등이 있다.

또한, 캐나다 주택기술센터(Canadian Center for Housing Technology), 지속가능한 기간시설 연구센터(Center for Sustainable Infrastructure Research)에서는 건강한 건물, 나노 기술 및 지속 가능한 건물 환경을 구축함으로써 독창적이며 선도적인 연구를 진행하고 업계가 비용 대비 효율적인 에너지 효율을 낼 수 있도록 실내 환경의 설계 및 운영에 대한 기술을 개발하여 거주자의 열적 쾌감과 건강을 최적화하고 있다.

표 45 실내환경 연구시설

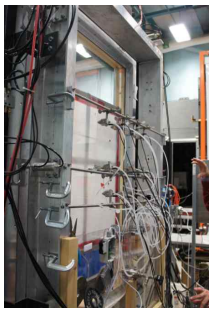
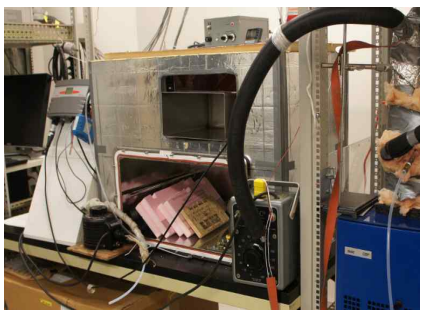
연구시설 현황	휘발성 유기화합물 분석 연구실, Daylighting 실험실, 건물외피 외부환경 실험시설(EEEF: Envelope Environmental Exposure Facility), 건축자재의 결로방지 성능 및 방수성능 실험실, 실내공기질 실험실, 실내환경 연구시설, 대형 및 소형 챔버 실험실 등을 보유
장비보유 현황	· 가스크로마토그래피(GC-MS), 액체크로마토그래피(HPLC), 열탈착장치, 샘플링 펌프, 열전도율측정기, 열관류율 및 소형 방출 챔버 시스템 보유
장비 및 실험 시설 사진	 실내환경 실험시설   창호 외부환경 실험시설  건물외피 환경노출 시험시설  정밀분석 실험실  열전도 장치  소형 방출 챔버(50L)

표 46 음향 연구시설

연구시설 현황	무향실, 실 소음 측정 시설, 층간소음 실험시설, 측벽사이 소음실험시설, 벽 · 창호 사이 소음실험시설, 반향실 보유
장비보유 현황	· 주파수분석기, 마이크로폰, 프리앰프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 앰프, 음향 계측시스템, 뱅머신, 테핑머신, 충격력 측정기, 관내법 시험기 보유 · 음향 인텐시티 측정 분석 장비, 실험모델 해석장치 보유 · 자체 제작 음향 및 진동 측정 장치들 보유
장비 및 실험 시설 사진	 실 소음 측정 시설  측벽사이 소음실험시설  벽 · 창호사이 소음실험시설  자체제작 음향측정장치

표 47 풍동 연구시설

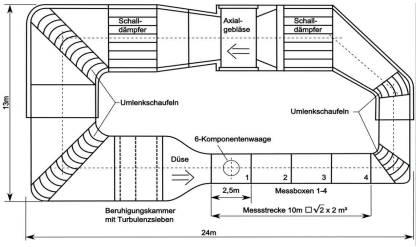
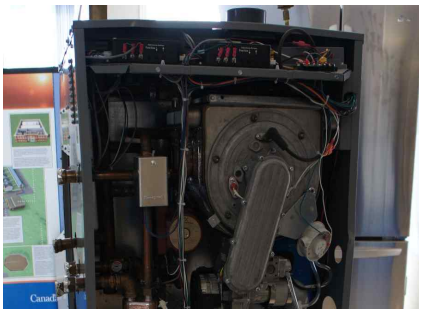
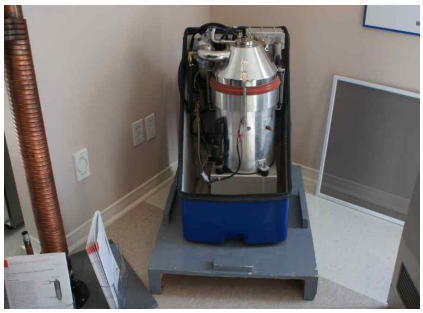
연구시설 현황	항공 분야 및 비항공 분야(차량표면, 지반구조물, 건축물, 풍력터빈 등)을 연구하기 위해 6가지 형태의 풍동 연구시설을 보유 · 풍동 시설 — 1.5 m trisonic blowdown · 저속 풍동 시설 — 9 m × 9 m · 풍동 시설(오픈 회로 추진 및 냉각) — 2 m × 3 m 와 3 m × 6 m · 파일럿 풍동 시설 — 0.9 m × 0.9 m · 고도 냉각 풍동 시설 — 0.57 m × 0.57 m
장비 및 실험 시설 사진	  풍동 시설 전경  풍동 평면도  풍동시설 내부

표 48 통합실증 연구시설

연구시설 현황	환기 및 벽에 대한 실증연구시설 및 실내환경 전반에 관한 연구를 통합하여 실험할 수 있는 시설(환기/조명/음향) 보유 Canadian Centre for Housing Technology(CCHT)에서는 건축형태가 똑같은 트윈하우스를 실증주택으로 구축하여 각기 다른 에너지소비시스템(냉난방, 조명 포함)하여 비교 분석 연구
장비보유 현황	· 실증 주택에 대한 에너지소비 모니터링과 시뮬레이션 수행을 위해 각기 다른 에너지소비시스템을 연구마다 적용 · 최근 연구로는 소형 열병합 냉난방 시스템 적용 및 연료전지 시스템을 설치하여 일반적인 냉난방시스템과 비교 분석 연구 및 신재생에너지원으로 지열 연구
장비 및 실험 시설 사진	 실내환경 실험시설  CCHT   트윈 하우스  트윈하우스 적용 장비내부  자체제작 음향측정장치

다) NRC 연구 동향

NRC에서는 실내 환경 연구시설과 음향시설, 실증실험 시설 등을 통하여 다양한 분야를 연구하고 있다. 실내 공기 오염물질 저감을 위한 환기시스템 개발과 공기청정효과 연구가 있으며, 포름알데히드 등의 오염물질 감지 센서 개발을 위한 연구와 건축자재 개발 등이 실내 환경 연구시설에서 이루어졌다. 실물 음향실험시설을 활용한 측벽 사이 소음이나 층간 소음, 외부 또는 실내의 소음에 대한 연구가 수행되고 있으며, 실증실험 시설을 통해 에너지 효율 향상을 위한 시스템과 신재생에너지 사용에 대한 실질적인 에너지 소비 분석과 냉난방, 환기, 습도 조절 시스템의 에너지 효율성을 연구하였으며 태양열 에너지 등의 신재생 에너지 개발을 위해서도 이용되고 있다.

표 49 NRC 연구논문 리스트

년도	논문 제목
2012	Comparison of air exchange rates measured with different methods and influencing factors: preliminary results of a field study involving asthmatic children
	Testing Effectiveness of Duct Cleaning and its Impact on Airborne Particles, Mold and Biocide Levels in Commercial Office Buildings. Evaluation Report
	Effect of structural changes on acoustic performance of wood frame walls
	Do green buildings outperform conventional buildings? Indoor environment and energy performance in North American offices
	Increased ventilation improves indoor air quality
	Evaluation of IAQ impact of balanced residential ventilation devices that incorporate heat recovery ventilation(HRV) and/or enthalpy recovery ventilation(ERV)
2011	Coupled Gas Flow, Diffusion and Reaction in a ppb-level $Sn0_2$-NiO Formaldehyde Sensor System
	Trace amount formaldehyde gas detection for indoor air quality monitoring
	Seasonal variation in indoor air quality from a field study investigating the impact of ventilation rates on the health of asthmatic children in Québec City
	Survey on Building Managers? Knowledge of Indoor Air and Improvement Strategies
	Characterizing commercially available formaldehyde sensors
	IAQ Solutions and Technologies: Review and Selection for Protocol Development
	Commercial IAQ Sensors and their Performance Requirements for Demand-Controlled Ventilation
	Biological damage functions models for durability assessments of wood and wood-based products in building envelopes
	Instrumentation for measurements in building acoustics
	Sound transmission loss improvement by a viscoelastic material used in a constrained layer damping system
	High intensity noise generation for extremely large reverberant room test applications
2010	Improve energy and environmental efficiency of a generic office building
	Preliminary analysis of energy consumption and indoor environment quality of an office building in Montreal
	Integrated analysis of whole building heat, air and moisture transfer
	Influence of receive room properties on impact sound pressure level measured with heavy impact sources
	Investigation of flanking sound transmission in lightweight building structures using a scanning laser vibrometer
	An Improved Method of Permutation Correction in Convolutive Blind Source Separation
	Improving air quality through stratified air ventilation
	Parametric study of sound transmission through lightweight floors

3. 미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)

가) 개요

LBNL는 신소재 · 생명과학 · 에너지효율 · 검출기 · 가속기 등 다양한 분야의 연구개발을 진행하는 미국에서 가장 오래된 국립연구소로서 미국 정부(에너지부)의 위임을 받아 캘리포니아대학교에서 운영하며, 연구 조직은 바이오 과학, 에너지 및 환경 과학, 컴퓨터 과학, 일반 과학(물리학 등)을 담당하는 4개의 연합실험실 아래 14개의 부서로 구성되어 있다.

환경에너지 기술부문 연구실은 실내공기질 관련 연구 및 법규와 기준을 제시하고 있고, 실내환경그룹 연구실은 에너지효율과 쾌적한 실내환경 조성 및 유지 관련 건설기술연구수행, 정부와 관련 기업의 중간의 위치에서 기술 관련 인증 업무 없이 순수하게 연구 및 개발 업무를 수행하고 있다.

나) 실험시설현황

LBNL의 환경 에너지 기술 부문 연구실은 개선된 실내공기질과 더불어 에너지절감이 되는 시스템 개발과, 개선된 실내공기질이 건물 거주자에게 미치는 열적 쾌감과 건강과 생산성의 상관관계에 대해 연구하여 실내공기질과 거주자의 오염 물질 노출이 건강 효과에 미치는 요인과 프로세스에 대한 과학적 이해를 돕고, 실내의 오염물질에 대한 거주자들의 노출을 줄이는 가장 효과적인 방법을 개발하고 있다. 또한 이런 개발에 대한 법규와 실내 환경 및 에너지 성능에 관련된 기준을 제시한다.

표 50 통합실증 연구시설

연구시설 현황	FLEXLAB(Facility for Low Energy eXperiments in Buildings) 에너지효율을 위한 단일 구성요소 또는 전체 빌딩 시스템 통합에 초점을 맞춘 연구 또는 제품 개발을 목적으로 구축 건물 외피, 창문과 음영 시스템, 조명, HVAC, 에너지 제어시스템, 지붕과 채광창, 또는 가구 등의 인테리어 구성 요소와 파티션 등과 같은 것들을 교체하여 실험 및 시뮬레이션 가능 2013년 내 완공 목표로 버클리연구소 내 Building 90 앞에 위치 각각 600 ft^2의 2개의 실험시설과 1개의 회전 가능한 실험시설, 1개의 천장높이가 일반건물의 두 배인 실험시설로 총 4개의 연면적 7000 ft^2 규모의 새로운 실험시설로 구축예정 다양한 건물 외피와 냉난방 시스템 및 건물의 방향과 천장 높이에 따른 건물 에너지효율을 연구하고 결과를 바탕으로 기술 및 제품 개발

장비
및
실험
시설
사진



FLEXLAB 조감도



FLEXLAB 위치도





구축중인 FLEXLAB

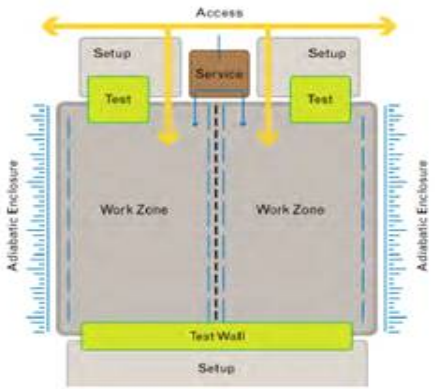


Diagram of exterior testbed cell showing access, setup, test, and work zones.

실험시설 작업영역



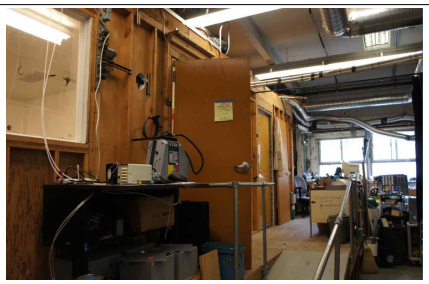
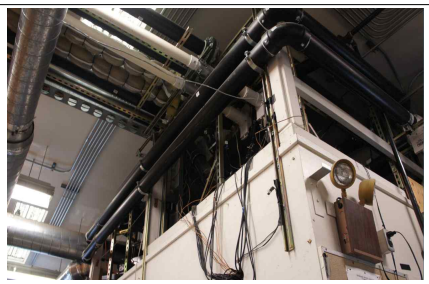
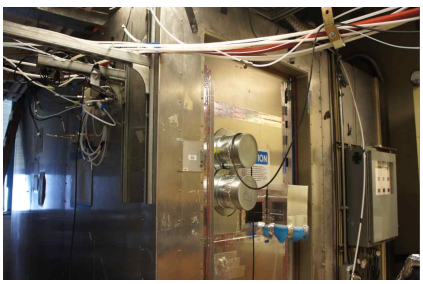
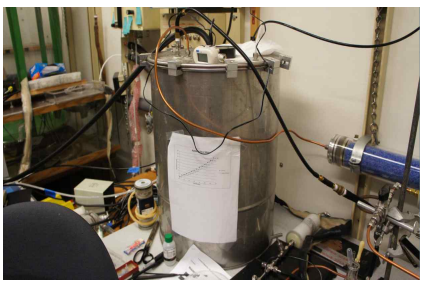
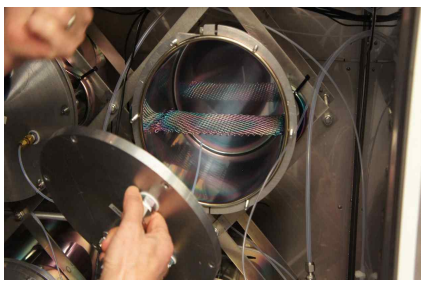
Exterior testbed exploded view concept.

실험시설 적용 분야 모식도




구축중인 FLEXLAB

표 51 실내환경 연구시설

연구시설 현황	휘발성 유기화합물 분석 연구실, Lighting 실험실, 실내공기질 실험실, 듀얼 챔버 시설, 다양한 실내공기질 실험을 위한 Mock-up Test Room, 대형 및 소형 챔버 실험실 등을 보유
장비보유 현황	가스크로마토그래피(GC-MS), 액체크로마토그래피(HPLC), 열탈착장치, 샘플링 펌프, 열전도율측정기, 열관류율 및 소형 방출 챔버 시스템 보유
장비 및 실험 시설 사진	 Mock-up Test Room  Mock-up과 연결된 HVAC  대형 챔버 시설  정밀분석 실험실  중형 방출 챔버  소형 방출 챔버

라) LBNL 연구 동향

미국 LBNL의 최근 연구 동향을 살펴보면 실내공기질 개선을 위한 연구들이 이루어지고 있다. 실내 오염물질(CO_2, VOCs, Formaldehyde, ...)을 제거하거나 저감시키기 위한 연구로, 온도와 습도에 따른 변화를 실험하고 환기 시스템을 개발하는 연구를 IAQ실험시설을 통해 계속 해오고 있다. 뿐만 아니라 에너지 효율성에 대한 관심이 높아지면서 공기청정 설비와 환기시스템 등의 에너지 효율을 연구하고 있다. 이에 따른 보다 종합적이고 실질적인 실험을 위해서 에너지 성능을 실험할 수 있는 실증실험시설이 구축 중에 있다.

표 52 LBNL 연구논문 리스트

년도	논문 제목
2013	Association of Classroom Ventilation with Reduced Illness Absence: A Prospective Study in California Elementary Schools
	Effect of the shutdown of a large coal-fired power plant on ambient mercury species
	Evaluation of the Indoor Air Quality Procedure for Use in Retail Buildings
	How many replicate tests do I need? - Variability of cookstove performance and emissions has implications for obtaining useful results
	Is CO_2 an Indoor Pollutant? Higher Levels of CO_2 May Diminish Decision Making Performance
	Protocol for Maximizing Energy Savings and Indoor Environmental Quality Improvements when Retrofitting Apartments
	Applying Large Datasets to Developing a Better Understanding of Air Leakage Measurement in Homes
	Chemistry of NOx on TiO_2 surfaces studied by ambient pressure XPS: products, effect of UV irradiation, water and coadsorbed K+
	Formaldehyde emissions from ventilation filters under different relative humidity conditions
	Health benefits of particle filtration
	Maximizing Information from Residential Measurements of Volatile Organic Compounds
	Radiation field modeling and optimization of a compact and modular multi-plate photocatalytic reactor (MPPR) for air/water purification by Monte Carlo method
2012	Changing Ventilation Rates in U.S. Offices: Implications for Health, Work Performance, Energy, and Associated Economics
	Contaminant levels and source strengths in U.S. retail stores - A pilot study
	Energy Efficient Indoor VOC Air Cleaning with Activated Carbon Fiber (ACF) Filters
	Engineering for the Global Poor: The Role of Intellectual Property
	Healthy Zero Energy Buildings (HZEB) Program- Interim Report on Cross-Sectional Study of Contaminant Levels, Source Strengths, and Ventilation Rates in Retail Stores
	Impact of Natural Gas Appliances on Pollutant Levels in California Homes
	Modeling, Analysis, and Control of Demand Response Resources
	Performance Assessment of U.S. Residential Cooking Exhaust Hoods
	Adsorption and photocatalytic oxidation of formaldehyde on a clay-TiO_2 composite

2011	Black Carbon Emission from Barbeque Activities during College Football Games
	Contribution of organic carbon to wood smoke particulate matter absorption of solar radiation
	Critical Review of Particulate Matter Emitted from Biomass Cookstoves
	Effect of Change in Cookstove Types on Visibility - A Case Study Using the Berkeley-Darfur Stove and Three Stone Fire
	How Many Replicates Are Sufficient for Characterizing Cookstove Emissions - A Case Study Using the Berkeley-Darfur Stove and Three Stone Fire
	Increased Cytotoxicity of Oxidized Flame Soot
	Is CO_2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO_2 Concentrations on Human Decision-Making Performance
	Key parameters influencing the performance of photocatalytic oxidation (PCO) air purification under realistic indoor conditions
	Modeling indoor exposures to VOCs and SVOCs as ventilation rates vary
	Source Apportionment of Airborne Particulate Matter using Inorganic and Organic Species as Tracers
	Ventilation, temperature, and HVAC characteristics in small and medium commercial buildings in California

4. 스위스 EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)

가) 개요

1880년 Zurich에 건설시험연구소를 설립하였으며 1962년 Dubendorf로 이전하였고, Dubendorf이외의 St. Gallen, Thun의 세 지역에 28개의 연구소를 보유하고 산학연 네트워크를 구축하여 효과적인 기술의 발전 및 이전에 힘쓰고 있다. 철도소음예측을 위한 SonRail Project를 비롯해 다양한 실용연구와 소음제어를 위한 연구를 통해 스위스의 산업발전 및 공공사회복지 분야 발전에 기여하고 있다.

나) 실험시설현황

EMPA는 잔향실, 무반향실, 공기전달 충격음 실험실, 경량구조 측로전달 실험실 등을 보유하고 있으며 음향분야 전문성을 바탕으로 연구 활동을 진행하고 있다.

표 53 음향 연구시설

연구시설현황	잔향실, 무반향실, Airborne/Impact noise facilities, Sound transmission of lightweight structures 보유
장비보유현황	· 잔향실 : 규모 211 ㎥, 실험표면 12 ㎡, 습도조절가능(60% rel.) · 무반향실 : 자유구역상태 50 Hz < f < 12.5 kHz, 면적 43.54 ㎥, 바닥 16.12 ㎡ · 장비 : 가속도계, 테핑머신, 음향 인텐시티 측정장비, 주파수 분석기 등 보유
장비 및 실험 시설 사진	 잔향실  무향실  sound transmission  무지향성 스피커·마이크로폰  공기전달 충격음 실험실  음향 계측 시스템

5. 독일 IBP (Fraunhofer, Institute for Building Physics Fraunhofer)

가) 개요

독일 프라운호퍼 연구소는 응용기술연구를 위해 지난 1949년 설립된 정부출연연구소로서, 실제 활용성을 염두에 두고 연구를 진행하며, 현재 독일 전역 40여개 지역에 58개의 개별 연구소로 분산되어 있으며, 유럽 내 타 연구소들과의 협력을 통해 유럽 연구 활동의 경쟁력 향상에 기여한다.

Fraunhofer IBP(Institute of Building Physics)의 주요 연구 분야는 건축 물리학의 다양한 전문분야로 연구, 개발, 테스트, 데모 및 컨설팅 등이 있다. IBP의 작업 분야는 건축 자재의 방출, 습기에 대한 보호책, 기후에 따른 실내 환경 제어, 실내에서 거주자의 위생 및 건강 문제를 포함하고 있다.

Fraunhofer IBP는 환경친화적인 건축 재료, 부품 및 시스템을 개발하고 실행하기 위해 건축회사, 기계 공학 회사, 공장 제조업체, 개발자, 기획자 및 라이센스 기관 등의 건축 관련 산업의 파트너들과 함께 합리적 비용과 에너지 사용의 최소화를 유지하면서 거주민에게 최대의 편안함과 건강을 보장하는 적합한 주택을 개발하고 보급한다.

나) 실험시설현황

독일 Holzkirchen에 있는 연구시설은 실제 기후 조건과 사용자의 행동에 따른 건축 자재와 건설 구성요소의 실험을 위해 세계 최대의 1:1 규모의 냉난방, 환기, 에너지 시스템을 구축하여 제공한다.

이 시설은 새로운 건축 재료, 부품 및 시스템 개발을 책임지고 있다. Holzkirchen의 실외에는 에너지 및 실내 환경 분야의 연구 수행을 위한 모듈실험 시설이 있으며, VERU는 자연기후조건이 상호 인접한 객실에 미치는 영향에 대한 연구와 다양한 건물 외피 시스템에 대한 연구를 위해 사용된다.

표 54 실내환경 연구시설

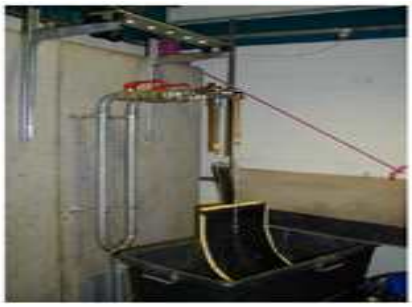
연구시설 현황	오염물질 방출 성능실험 설비, 미생물실험실 열·습기 측정 실험시설, 방사능 측정 실험시설, 복합환경 시뮬레이터 챔버 시설 등 보유
장비보유 현황	· 건축재료 및 건물 구성요소의 유기화합물의 방출에 대한 측정 및 분석을 수행함 · 0.1 L ~ 7.5 m^3 챔버, 열탈착장치, HPLC-DAD, HPLC-MS, GC-FID-MS, GC-MS, GCO-FID, GCO-GCO-MS, 전자 현미경, weathering facilities
장비 및 실험 시설 사진	 항공기 실내환경 실험시설  Mock-up Test Building  에너지성능실험실  항곰팡이실험실  ATD-GC-FID-MS  HPLC-DAD  

표 55 음향 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>· 잔향실: 공조시스템을 이용하여 온·습도 조건 조정, 벽은 서로 마주보고 있지 않으며, 테스트 면적(바닥)은 15 m^2 의 면적을 확보해야 함
· 무향실: 스틸케이블망 설치로 자유로운 측정 위치를 가능하게 하며, 자동차 등 큰 하중을 지탱할 수 있는 구조
· Facades 성능실험 설비(1.55 m × 4.45 m × 3.67 m), 벽·창호 등 음향투과 손실 실험시설, 차음 성능 평가 실험시설, 급배수 소음 실험시설 등</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
잔향실

무향실

창호 성능실험실

Facades 성능실험실</td></tr>
</table>

표 56 통합실증 연구시설

연구시설 현황	Mock-up Test Building의 경우 시험결과를 실시간 모니터링할 수 있으며 일정 부분 원격으로 시험조건 제어가 가능함. 자연 기상 상태에서 1:1 규모로 가능한 실용 지향적 시험 항공분야를 포함한 지반구조물 연구시설, 풍력터빈 보유
장비보유 현황	옥외 폭뢰 시험장, Mock-up Test Building(School, Twin House, VERU)
장비 및 실험 시설 사진	 Mock-up 학교(Class)  Twin Mock-up 주택  VERU  PLC 소프트웨어 시스템  옥외 폭뢰 시험장  데이터 로거 송수신기

6. 프랑스 CSTB(Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)

가) 개요

1947년에 설립되어 국립연구센터로서 4개 지역(마흔 라 발레, 낭트, 그레노블, 소피아 앙티폴리스)에 각각 독자적인 연구기능을 수행하는 실험센터가 전문화되어 분산되는 형태를 유지하고 있다. 파리 외곽 마흔 라 발레(Marne-La-Valle)의 지역 연구소가 주로 대형 실험설비와 기능을 보유하고 있어 방재, 구조, 시공관리, 재료, 시공 및 기후실험 등에 관한 연구 및 실험기능을 총괄하고 있으며, 각 연구영역별 실험실과 첨단 계측방비를 상설 운영하고 있는 세계 최고 수준의 건축연구소이다.

프랑스의 CSTB는 건물에 대한 연구, 전문 지식 습득, 평가 및 인증, 개발된 기술 배포의 4가지 주요 목적을 가진 프랑스의 건설 산업의 지속적인 글로벌화를 위한 공공연구기관으로서, 에너지와 환경, 안전, 사용자의 요구 및 경제적 타당성, 거주자들의 건강과 실내 적응의 측면에서 성능 구축에 대한 통합 접근 방식의 지속가능한 개발을 통해 혁신적이며 신뢰적인 건설 제품/공정을 만들고 있다.

이 연구소는 자회사 및 국가의 네트워크를 통한 유럽 및 국제 규격에 맞는 건물의 품질과 안전 향상을 위해 건설의 모든 이해 관계자와 협력관계를 맺고 기술을 보급한다.

나) 실험시설현황

ARIA 연구소에서는 공기 밀폐 공간의 미생물 품질 제어 관한 연구, 건설 제품의 유해오염물질 방출 평가, 건설 제품의 위생 품질 평가, 환기와 실내 공기질 사이의 관계 연구, 실내 오염 물질의 운동 및 입자의 흡착, 기계환기 시스템에서의 VOC와 포름알데하이드 방출 성능 연구를 수행하고 있다.

표 57 실내환경 연구시설

연구시설 현황	ASTERIA(실내공기질 연구실), 실내오물질연구실, 미생물실험실, 기기분석실, 방열·방습 실험실 등 보유
장비보유 현황	실내공기질 시뮬레이터, HCLP(액체크로마토그래피), 열관류율 및 소형·대형 챔버 시설, 온열환경 실험장치 등 보유
장비 및 실험 시설 사진	 기기분석실  오염물질 방출 챔버  GC-MS  열관류율 시험장비

표 58 음향 연구시설

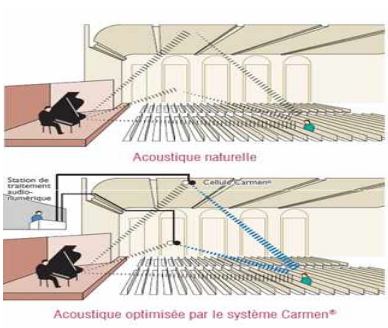
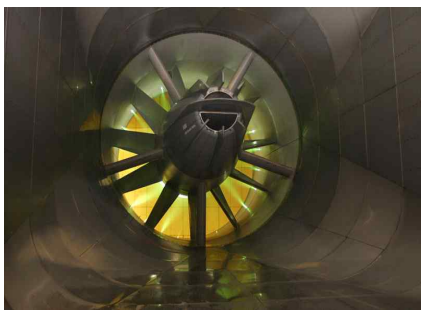
연구시설 현황	음향분야를 담당하는 부서에서는 소음 및 진동, 빛, 전자파 부분도 같이 연구를 진행 중에 있으며, 특히 전자파로 인해 영향을 연구하기 위한 시설도 보유 중에 있음. 차음성능 평가 실험 컨테이너(Epsilon), 바닥충격음 실험실, 무향실, 잔향실, 계측실, 실내음향시스템, 음향 분석 소프트웨어, 흡음률 측정 실험실 등 보유
장비보유 현황	· 체적 10.5 ㎥, 최대 15 t의 하중을 제어할 수 있는 장비 · 약 47 ㎡의 시료규격 · 장비현황 : CARMEN(잔향가변 시스템), 음향계측 시스템, 마이크로폰, 앰프, 무지향성 스피커, 지향성 스피커, 충격력 측정기, 주파수 분석기 등
장비 및 실험 시설 사진	 흡·차음 실험실  바닥충격음 실험실  잔향가변시스템  음향분석기기  실내음향시스템  바닥충격음 실험장비

표 59 풍동 연구시설

<table>
<tr><td>연구시설
현황</td><td>풍동 실험실 · 측정부 최대 280 ㎞/h 의 풍속을 재현 한 황사, 폭풍대비 풍동 시뮬레이션 실험 가능
강수제어 실험실 · 100 m^2 면적 대비 최대강수 200 ㎜/h로 재현 하여 10 g/m^3 크기의 모래알이나 먼지를 포함한 강수를 제어
폭설제어 실험실 · 200 m^2 면적 대비 15 cm/h의 적설량을 기준으로 모델링 한 폭설제어 시뮬레이션, 측정 기온 -32 ℃ ~ +55 ℃ 사이로 제어가능
회류형 풍동 실험시설, 취출식 풍동 실험시설, 강수, 강풍, 폭설 시뮬레이터·챔버</td></tr>
<tr><td>장비보유
현황</td><td>6분력계(최대풍속 280 ㎞/h), 시뮬레이터(최대 160 ㎞/h의 터뷸런스, 200 ㎜/h의 강수, 15 ㎝/h의 적설량 측정가능 챔버 보유)</td></tr>
<tr><td>장비
및
실험
시설
사진</td><td>
풍동 실험실

강수제어 실험실

폭설제어 실험실

6분력계

시뮬레이터</td></tr>
</table>

4절. 종합분석

1. 국내외 실험시설 종합분석

가) 국내 실험시설 분석

상 : ○ 중 : △ 하 : ×

연구기관명	실내환경시설	음향시설	CV 시뮬레이터	통합실증실험시설	연구 시설 현황	
					관련 분야	세부 연구 시설 현황
한국건설기술 연구원	○	○	×	△	IAQ	IAQ 실물 실험동, 정밀분석실, 자연환기성능실험실 대형챔버(24 m^2), 중형챔버(1 m^2), 소형챔버(20 L)
					음향	벽식구조 3층 규모, 슬래브 두께 150 mm, 2개실, 180 mm 3개실, 240 mm 2개실
국립환경 과학원	○	○	×	△	IAQ	실험실, 세미나실, 실내공기질 연구실, 실내오염원 연구실, 시료보관실, 시약보관실, 전처리시설, 생물실험실, 가스저장실, 이화학 실험실, 기기분석실 등
					음향	음향시험동에 잔향실과 무향실 보유
삼성 주거성능 연구소	△	○	×	○	IAQ	결로 목업 실험실, 방수성능평가 실험실
					음향	바닥충격음 슬래브시편 실험실(벽식,무량판,라멘) 각각 4.7 m × 5.2 m × 3.06 m 슬래브시편 계측실, 시편적재실 및 겐츄리크레인(20 Ton)
					실증	목업 세대 바닥충격음 실험실(100 m^2) 통합실증 연구시설 총 4개 실험세대
대림산업 기술개발원	△	○	×	○	IAQ	Test Cell, 항온항습실, 자연채광/인공조명 시설, 정밀분석 실험실, 챔버실험실
					음향	실내음향시스템, 바닥충격음 성능평가 실험실, 벽체 차음 성능평가 실험실
					실증	40평 단위세대(기둥식 3세대 벽식구조 4세대) 열에너지, 음환경, 실내공기환경, 설비 실험세대
대우건설 기술연구소	△	○	△	×	IAQ	인공기후 실험실, IAQ 분석실, 크린룸
					음향	잔향실, 무향실, 측로전파실, 모델실험실, 측정실, 자동이송장치 및 작업장
					CV	모멘형식 회류형 경계층 풍동(3 m × 2 m × 20 m) 전장 78.5 m 측정부풍속 (0.5~30) m/s
현대건설 기술연구소	△	○	△	×	IAQ	환경실험실, 건축설비실험실, IAQ 실험실
					음향	무향실험실, 잔향실험실 급배수설비 소음실험실, 바닥충격음 목업실험실
					CV	대형풍동풍속 ((0.3~17.5) m/s) 소형풍동풍속 ((0.3~22) m/s)
전북대풍동 실험센터	×	×	△	×	CV	지상 1층 지상 2층 연면적 3499 m^2 수직순환형 폐회로 방식 경계층 풍동(세계 4위 규모) 대형풍동, 조정실, 소형풍동실, 작업실, 회의실, 자료실, 연구실, 모형 전시실

실내공기질 및 결로, 음향관련으로 구분하여 국내 2개 국립 연구기관과 4개의 민간연구소, 1개의 대학 실험시설(국가인프라연구운영원소속)을 분석한 결과, 대부분의 연구기관은 주택성능품질에 대한 개별적인 성능 실험시설 및 장비를 구축하고 있는 것으로 나타났다. 각 기관별 성격에 따라 실내공기질, 음향, 결로, 방수, 구조 등 주로 연구개발에 활용되는 실험시설 및 장비의 차이가 나타났으며, 일반 업체의 경우 해당업체의 건설현장에 적용하기 위한 기술개발 위주로 실험실이 운영되고 있었다.

대형실험시설의 경우 풍동 실험시설은 3곳, 실증실험시설은 4곳에서 보유하고 있다. 풍동 실험시설은 교량 및 건축물의 풍압 하중에 대한 연구개발을 목적으로 구축된 실험시설로 현재 국내에서는 CV시뮬레이터실험시설은 전무한 실정이다. 민간건설업체에서 보유한 실증실험시설의 경우 해당업체의 공동주택의 냉난방 에너지 절감등의 연구와 하자 저감을 위한 기술개발을 위한 연구개발을 목적으로 구축된 실험시설이다.

본 기획연구에서 구축하고자 하는 주택성능품질실험시설과 유사한 실험시설을 민간업체에서 일부 보유하고 있으나, 에너지 분야 편중된 R&D 경향 및 자사 공동주택 및 건축물의 하자저감에 대한 연구위주의 실험시설로 활용하고 있다. 또한 실증실험시설의 세부 요소실험이 가능한 개별실험실이 확보되어 있지 않아 종합적인 주택성능품질 성능평가가 어려운 실정이다.

나) 국외 실험시설 분석 상 : ○ 중 : △ 하 : ×

연구기관명	실내환경시설	음향시설	풍동시설	통합실증실험시설	연구 시설 현황	
					관련 분야	세부 연구 시설 현황
일본/ 국토교통성 건축연구소 (BRI)	○	○	○	○	IAQ	복합환경 세뮬레이터, 환기시스템 성능실험실, 인체환경 실험실, 시환경 실험실, 챔버실험실, 정밀분석실험실, 열 · 습기 상수 실험실
					음향	2개의 무향실, 4개의 잔향실, 각 1개의 실험준비실과 계측실, 벽식구조 시험시설
					CV	회류식 풍동(길이 82 m 측정부: 높이 9 m, 폭 15.5 m) 지름 8 m 턴테이블 위에 목업 건축물(0~345도)
					실증	일본식 단독주택 실증시설 1채, 공동주택 실증시설 1채, LCCM(Life Cycle Carbon Minus)
미국/ Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)	○	×	×	△	IAQ	휘발성 유기화합물 분석 연구실, Lighting 실험실, 실내공기질 실험실, 듀얼 챔버 시설, 실내공기환경 목업실험실, 대형 및 소형 챔버 실험실
					실증	FLEXLAB(Facility for Low Energy eXperiments in Buildings) [총 연면적 7000 ft^2 규모] 600 ft^2 2개의 실험시설, 1개의 회전 가능한 시설 및 1개의 천장높이 두 배인 시설 총 4개의 시설로 구축
캐나다/ NRC Institute for Research in Construction (NRC-IRC)	○	○	○	○	IAQ	휘발성 유기화합물 분석 연구실, Daylighting 실험실, 건물외피 외부환경 실험실, 건축자재의 결로방지 성능 및 방수성능 실험실, 실내환경 연구시설 등
					음향	무향실, 실소음 측정시설, 층간소음 실험시설, 측벽사이 소음 실험시설, 벽 · 창호사이 소음 실험시설
					CV	6가지 형태의 풍동 연구시설, 항공분야 및 비항공분야[차량표면, 지반구조물, 건축물, 풍력터빈 등]을 연구
					실증	환기 및 벽에 대한 실증연구시설 및 실내환경 통합실증연구시설, Canadian Centre for Housing Technology(CCHT)의 트윈하우스
프랑스/ Centre Scientifique et Technique du B□timent (CSTB)	○	○	○	△	IAQ	ASTERIA(실내공기질 연구실), 미생물실험실, 기기분석실, 방열·방습 실험실 등 보유
					음향	차음성능 평가 실험 컨테이너 (Epsilon), 바닥충격음 실험실, 무향실, 잔향실, 계측실, 실내음향시스템, 음향 분석 소프트웨어, 흡음률 측정 실험실 등 보유
					CV	회류형 풍동 실험시설, 취출식 풍동 실험시설, 강수, 강풍, 폭설 시뮬레이터·챔버
					실증	ARIA에 위치한 실증 Mock-up 실험주택 보유

독일/ Fraunhofer – IBP	○	○	○	△	IAQ	오염물질 방출 성능실험 설비, 미생물실험실 열·습기 측정 실험시설, 방사능 측정 실험시설, 복합환경 시뮬레이터 챔버 시설 및 에너지성능평가를 위한 Mock-up 실험실(학교, Twin House) 보유
					음향	Facades 성능실험 설비(1.55 m × 4.45 m × 3.67 m), 벽·창호 등 음향투과손실 실험시설, 차음 성능 평가 실험시설, 무향실, 잔향실, 급배수 소음 실험시설 등
					실증	Mock-up Test Building(School, Twin House, VERU)을 통해 에너지 및 채광 등의 연구에 활용
스위스/ EMPA	×	○	△	△	음향	잔향실, 무반향실, Airborne/Impact noise facilities, Sound transmission of lightweight structures 보유
					실증	물사용 제로 모듈러 주택을 건설 중

국외의 실험시설은 다양하게 존재하지만 그중에서 본 연구과제의 목적과 가장 유사한 실험시설로는, 일본의 BRI와 캐나다의 NRC-IRC가 가장 적합한 것으로 판단된다. 본 연구를 위해 현장조사를 진행한 독일, 프랑스, 스위스, 미국, 일본, 캐나다의 연구기관은 건축분야의 개별 주택성능에 대한 실험시설이 구축되어 있었으며, 일본, 캐나다, 독일과 프랑스, 미국의 경우 통합적인 성능평가가 가능한 실험시설도 보유하고 있었다.

또한 해당 국가의 주택 및 건설 정책 지원을 위한 연구수행을 전담하고 있었으며, 독일, 프랑스, 스위스 미국의 경우 약 50% 이상의 비율로 민간기업의 연구과제 및 자제적인 인증제도 운영을 통해 연구비를 조달하는 것으로 파악되었다. 일본 BRI와 캐나다 NRC의 경우 국가정책 지원을 위한 연구를 중점적으로 수행하는 기관으로서 건축분야의 다양한 개별기술 검증 실험시설과 개별기술에 대한 복합적인 성능평가를 위한 실증실험주택을 보유하고 운영하고 있었다.

일본 BRI의 통풍실험시설은 단위세대 실제 건물을 대상으로 환기 및 에너지에 대한 실험이 가능한 실험시설을 보유하고 있었으며, 캐나다의 경우 다양한 형태의 풍동실험시설과 실내환경에 영향을 미치는 요소들에 대한 개별적인 실험시설을 구축하고 있었다. 또한 미국의 FLEXLAB은 본 연구에서 기획하고자 하는 실험시설의 목적과 가장 유사한 실험시설로서 가변형 구조를 통해 다양한 평면 형태별 실내환경실험이 가능한 실험시설이다.

2. 기존 실험시설과의 차별성

본 연구를 통해 기획하고자 하는 실험시설은 다양한 주택성능 중 실내공기환경, 소음 및 진동, 결로, 환기 등 공동주택의 거주자에게 쾌적하고 안전한 거주환경을 제공하기 위하여 주택성능의 객관적이고 복합적인 평가를 할 수 있는 시설을 의미한다. 이를 위해서 기본적으로 주택성능 요소들에 대한 개별적인 성능평가를 위한 실험시설이 확보되어야 하며, 이를 체계화하여 적용된 요소별 기술을 복합적으로 성능 평가할 수 있는 종합실험시설과 실증 실험주택(Test Bed)이 확보하여야 한다.

○ 현재까지는 특정 실험을 수행하는 데에 목적을 두고 단일 실험장만을 갖춘 실험시설을 운영하고 있음

○ 주요 선진국(미국, 일본, 프랑스, 독일)에서는 국공립 연구기관에서 실증실험시설을 보유하고 있으나, 우리나라의 경우, 공동주택형태의 주택성능에 대한 복합적인 성능평가가 가능한 시설은 전무함

○ 주택성능품질과 관련되는 다양한 연구를 통합된 실험시설에서 수행할 수 있으면, 실시간으로 비교/모니터링 가능

○ 업계 및 대학 등에서 필요한 품질성능시험 및 연구업무의 대행이 가능

○ 복합적인(요소기술별) 성능평가 실험 수행이 가능하여 세계최고 수준의 성능실험 정확성 및 시험비용의 최적화를 통하여 주택성능품질실험의 적용성 확대

○ 국토교통부 등의 정책 및 제도 수립을 위한 기초 기술자료 확보가 용이함

3장. 주택성능품질실험시설 구축 추진 전략

1절. 비젼 및 목표

1. 기획연구 비젼 및 목표

○ 주택성능품질 실증 실험시설 구축
○ 주택성능품질 실험에 대한 표준화 방안 및 실험시설의 활용방안 제시
○ 주택성능품질 운영센터 방안제시 및 운영

비젼

국민 삶의 질 향상을 도모하기 위한
생활밀착형 실내주거환경의 품질표준화 및 개선

목표

주택성능품질 확보를 위한
국가인프라 실험시설의 구축과 운영방안 제시

2. 기술개발 전략 및 효과



2절. 연구 개발 추진 전략

○ 미래 기술수요와 향후 확장성을 고려한 실험시설별 세부 시설 및 장비의 미래지향적 설계를 반영한 세계 최고 수준의 생활밀착형 주택성능시험시설 구축

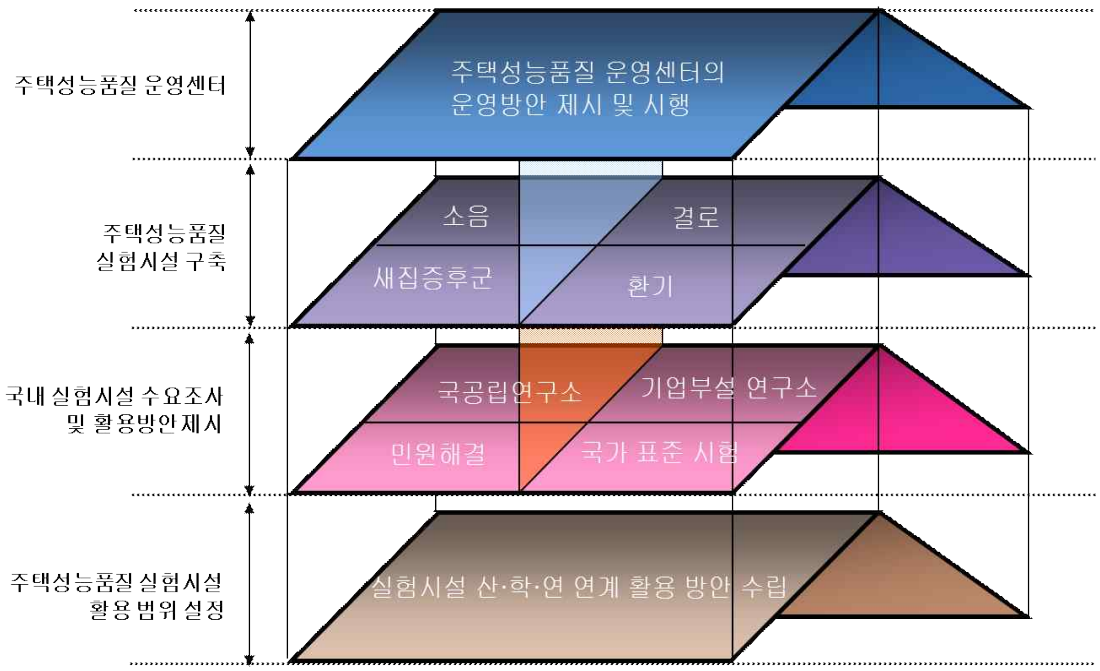
1) 실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험동 : 새집증후군 및 결로방지 실험실 및 Test Bed
2) 음향 실증 실험동 : 층간소음 및 생활소음/진동 실험실
3) 실물 CV simulator 실험동 : 단위세대의 환기부하 및 환기성능 실험실

○ 주택성능품질 운영센터의 세부운영 방안 마련

1) 주택성능품질 관련 중소기업 및 건설업체, 대학 등의 기술개발 지원
2) 국토교통부의 기술정책 지원을 위한 기술자료 확보

○ 생활밀착형 요소기술 및 주택성능 시험방법의 표준화 방안 마련

○ 주택성능품질 성능평가 및 연구개발을 위한 통합 운영센터 계획안 마련



4장. 주택성능품질실험시설 구성(안)

1절. 실험시설의 기본설계 개요

1. 기본설계 개요 및 범위

본 연구에서 제시한 주택성능품질실험시설은 현재 국내 공동주택에서 많이 발생되고 있는 하자 등 생활밀착형 현안문제 해결과 저에너지 친환경 건축물 확산과 쾌적한 실내공기환경 구현을 위해 연구되고 있는 국내외 연구동향 및 주요 선진국의 연구실험시설을 토대로 3개의 실험동으로 구성하였다. 실내공기환경 및 결로 실험동, 음향 실증 실험동, 실물 CV 시뮬레이터 실험동은 실내공기질, 결로, 소음 및 진동 등 각각의 실험 및 연구 분야의 연관성과 종합적인 성능평가에 필요한 개별 실험이 가능하며, 개별 실험결과를 토대로 각 분야별 종합적인 성능검증이 가능하도록 3개의 실험동으로 기획하였다.

주택성능품질실험시설의 구성(안) 차후 본 실험시설을 유치하려는 기관에서 실험시설을 설계하고 건설하는데 기본 자료로 참고할 수 있는 필요한 사항들을 정의하고자 한다. 실험시설 건축 공사비 및 실험장비 구축 예산(안) 등의 기초적인 사항들을 제시하고 있다.

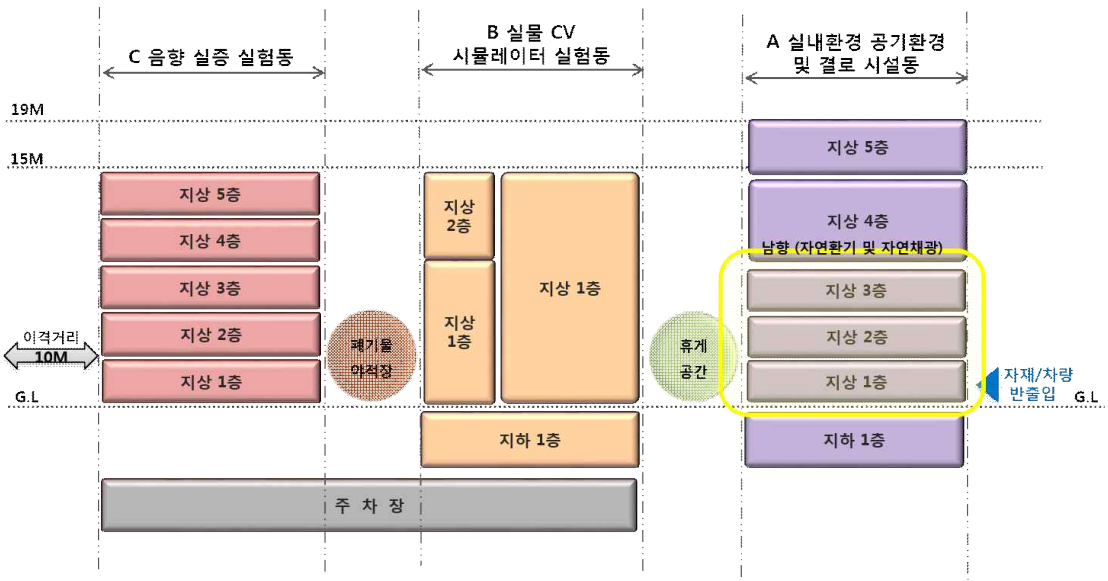
(1) 실험시설 기본설계 개념 및 특이사항
(2) 국내외 기존 실험시설 자료조사 및 분석
(실험시설의 위치, 규모, 실험동 및 주요 장비현황, 실험시설의 용도 등)
(3) 필요장비 분석 및 배치 안
(4) 추정공사비 장비구입비 등 예산안 및 공사기간
(5) 실험동 도면

2. 기본설계 방안

기본설계는 설계를 위하여 주어진 조건의 여러 가지 제약으로 인하여 실험시설에 대한 기본설계이지만, 실제로는 기획설계에 근접한 개념으로 접근하였다. 본 연구에서 제시하고 있는 각 실험시설별 건축 및 장비의 배치, 장비 사양 및 구입액, 공사비 등은 이러한 제약점들과 기본설계에 필요했던 고려사항들을 아래에 항목별로 정리하였다.

가) 현장조건 반영의 제한

본 연구는 유치기관이 선정되지 않은 상태에서 실시되어, 실험시설이 설치될 현장의 조건 등이 제대로 반영될 수 없다. 즉, 실험시설의 배치, 접근성 등의 문제점과 지반조건에 따른 토목공사비의 산정이 제대로 이루어질 수 없다. 따라서, 실험시설의 접근로, 실험시설의 민원인을 위한 주차장, 일반적으로 실험시설에 필요한 외부공간 등 필수 건축 사항 외 실험시설 주변의 상황은 유치기관에서 판단하여 계획하도록 하였으며, 토목공사의 지반기초공사 비용 등은 일반적인 관례에 따라 제시하도록 하였다.



나) 실험시설별 고정된 예산

주택성능품질 실험시설 구축을 위한 각 실험시설별 예산을 추정하여 아래와 같이 나타냈다. 본 연구에서는 예산에 가능한 맞추어 실험시설 건설공사 추정액과 장비사양 및 장비구입 추정액을 제시하도록 하였다. 아래의 표의 예산에는 실시설계, 공사비, 장비구입비가 포함되어 있다.

표 60 실험시설별 예산배정(안)

실험시설	정부지원예산(억원)
실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험동	77
음향 실증 실험동	25
실물 CV 시뮬레이터 실험동	73
총 예산	175

다) 장비사양 및 구입

장비구입액은 장비를 구입하는 직접적인 당사자가 아닌 관계로 인하여 비록 실험실 운영에 경험이 많은 담당연구원 및 자문위원들이었지만 적정한 가격의 견적을 받는데 한계가 있었다고 판단되어, 기존에 유치기관에서 보유하고 있는 실험장비의 내구연한 및 성능개선에 대한 비용을 고려하여 장비사양 및 구입방안에 대한 방안을 제시하였다. 그러나 실험실에 필요한 필수 장비들은 반드시 포함시킬 수 있도록 하였다.

라) 경제성

주택성능품질 실험시설 구축에 포함되는 실험시설들은 규모가 대형이며, 실험실 규모뿐만이 아니라 장비들도 일반 실험시설에서 갖추기 어려운 장비들을 가능한 많이 제시하도록 노력하였다. 그러나 기본설계에서 연구원들과 자문위원들이 같이 많이 고민한 부분은 비록 규모가 크다고 할지라도 유치한 기관에서 실험시설을 경제적으로 운영할 수 있어야 한다는 것이었다. 즉, 너무 대형인 경우에는 오히려 실험시설이 가동되는 연간 실험일수가 작을 수도 있다는 점을 고려하여, 적절한 규모의 경제성이 고려될 수 있는 실험시설을 기본설계에 반영하도록 하였다.

마) 공통 시설

주택성능품질 실험시설들은 국가 연구 인프라 실험시설로서 기본적인 개념이 다양한 산학연 연구자 및 관련업체들이 실험을 의뢰하고 수행할 수 있어야 한다. 따라서, 이러한 사항들을 고려하여 다음과 같은 시설들을 공통으로 설계에 반영하도록 노력하였다.

다만, 실험시설의 규모 및 특성을 고려하여 일부 시설은 실험시설에 따라 제외된 경우도 있고 시설의 규모도 편차를 두고 있지만 일반적으로 이러한 사항들이 공통되게 고려해야 한다.

아래의 표에 주택성능품질 실험시설 구축을 위한 기본설계에서 각 실험시설별로 공통적으로 고려하도록 한 시설 및 장비들을 정리하였다

표 61 실험시설별 공통장비 및 시설

구 분	비 고
1. 원격 실험 모니터링	CCTV / 관련장비
2. 화상회의	화상회의실
3. 자료실 및 전산실	장비 모니터링
4. 작업실 및 보관시설	지하공간활용 고려
5. 에너지 효율성 고려	채광(조명) 및 냉난방설비

2절. 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로 실험동

1. 실험시설 개요

실내 발생 유해오염물질 제어 및 환기설비 성능, 결로 관련 주택성능품질(공기환경)실증실험실 및 요소기술 성능실험시설 구성

가) 실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험동의 개요

실내공기환경(IAQ) 및 결로 실험동은 지상 5층 지하 1층으로 구성된 실험시설로서 그린홈 건설시 요구되는 요소기술의 하나인 친환경 건축자재 및 실내발생오염물질 저감 및 결로 방지를 위한 실내환경 관련 기준의 개발 및 검증을 수행할 수 있는 실험시설이다. 새집증후군의 원인인 실내발생 오염물질(VOC, 알데하이드류)의 저감성능 및 현장 적용성에 대한 정량적 평가와 공동주택에서 발생하는 결로문제에 대한 주택의 결로 방지기술 개발, 환기시스템 적용에 따른 오염물질 및 실내 온·습도 조절 성능 평가를 수행할 수 있다.

표 62 세부 실험시설 개요 및 주요 장비

세부실험실 명칭	사용용도	공간규모		운용 인원 (인)	수용 기자재 (주요장비)
		소요면적 (m^2)	천장높이 (m)		
미생물실험실	실내 발생 미생물 제어 성능 분석	120	3	1	항균 및 항곰팡이 측정장치, 청정공기여과공급장치
흡착·흡방습실험실	오염물질 흡착 및 흡방습 성능 실험	120	3	1	흡착챔버, 흡방습 항온항습조
냄새실험실	악취 분석 및 제어성능 평가	120	3	1	CLIMAQ
정밀분석실험실	유해화학물질 정밀분석	150	3	2	GC/MS 및 HPLC
챔버실험실	건축자재, 전자제품, 가구류의 오염물질 방출 성능 실험	300	6	2	대형 챔버(24 m^3) 중형 챔버(5 m^3) 소형 챔버(20 L)
실증실험실	실내공기 오염물질 실증실험 및 환기부하 성능 평가	750	3	2	온습도센서, 열전대, 유량계, 데이터로거
시험체보관실	시험체 보관	140	3	-	항온항습기
기계 및 전기실	시설의 설비 관리	100	3	-	-
결로실험실	결로방지성능 분석	350	6	2	온습도 및 기류 센서, Thermography
환기성능 실험실	자연/기계환기 설비성능평가 및 환기부하성능실험	250	3	1	자연환기설비 성능측정 챔버 유량계, 압력계
합 계		2,400			

2. 실험시설의 기본설계(안)

실내공기환경(IAQ) 및 결로 실증 실험동 및 요소기술 성능실험실 구성(안) 제시를 통해 실험시설이 갖추어야하는 기본적인 계획안을 기술하였다. 세부 실험실은 상기의 표에 나타난 실험을 기본을 구성하였으며, 실제 주택성능품질실험시설 구축 시 변경될 수 있어 본 연구에서는 구성안 및 기본장비에 대한 내용을 기술하였다.

○ 지하 1층 : 공동주택의 벽체접합부 및 창호/출입문의 결로방지 성능을 실험할 수 있는 결로 실험실, 자연/기계환기, 설비성능평가 및 환기부하 성능실험을 위한 환기성능 평가실험실이 위치되어야 한다.

○ 1~3층 실험실 : 실험시설의 1~3층은 현재 국내 공동주택에서 적용되고 있는 탑상형 평면형태의 단위세대를 토대로 실증 Mock-up 실험실로 기획하였다. 실제 공동주택과 동일한 시공방법을 적용하여 구축하고, 실내 건축자재 및 환기설비, 창호 등을 연구목적에 맞게 변경이 가능하며, 복합적인 요소기술에 대한 성능 평가를 수행할 수 있는 Test Bed를 구축하여 장기간의 성능변화에 대한 모니터링이 가능한 실증실험실이 설치되어야 한다.

○ 4층 실험실 : 실험시설의 4층은 중대형챔버 실험실과 소형챔버실험실, 시험체보관실 및 전기기계실로 구성되어있다. 대형챔버실험실은 가구류제품 및 생활제품등 완제품에 대한 오염물질 방출량 실험이 진행되는 실험실로서 24m^2, 5m^2의 챔버가 구축되어야 하며, 건축자재등에 대한 방출시험챔버인 20L 소형챔버가 구축되어야 한다, 공동주택에 적용되는 대형 붙박이 가구류 등의 오염물질 방출시험이 진행되므로 시료의 반출입이 용이하도록 다른 실험에 비해 층고가 높고, 항온항습환경(25 ℃, 50%RH)이 유지되어야 하며, 실내에 청정공기정화기가 설치되어야 한다.

○ 5층 실험실 : 실험시설의 5층은 미생물 실험실, 냄새실험실, 흡착 및 흡방습 실험실, 정밀분석실로 구성되어 있음. 미생물실험실은 항균 항곰팡이 성능에 대한 요소별 실험을 수행하며, 항온항습 및 청정공기여과기가 설치되어야 하며, 흡착 및 흡방습 실험실은 건축자재의 오염물질 흡착성능과 흡방습 성능에 대한 실험실이 설치되어야 한다.

3. 실험시설의 주요 장비 개요

각 실험실별 주요 장비의 일반적인 명칭을 아래의 표와 같이 정리하였다. 각 실험실은 항온항습기와 UPS(무정전 전원장치)가 설치되어야 하며, 실험실별 급배기 시설을 별도로 운영되어야 한다. 또한 정밀분석실험실과 미생물실험의 경우 별도의 급배수 위생시설이 설치하여 다른 실험실에서 발생되는 오폐수와 별도로 관리해야 한다.

실험시설 명	주요 장비
소형챔버 실험실	· 소형 챔버 20 L(16대)
대형챔버 실험실	· 대형 챔버 24 ㎡, 5 ㎡, 1 ㎡
흡착 · 흡방습 실험실	· 흡착·흡방습 성능 측정 장치(3대)
정밀분석 실험실	· GC/MS-ATD(3대) · HPLC(3대) · 원소분석기(Elemental Analyzer) · 열탈착 장치
미생물 실험실	· 향균 및 항곰팡이 측정장치 · 충돌식 에어 샘플러(2대) · 인큐베이터 · 오토클레이브 · 클린벤치 · 광학현미경 · 세균 계수기 · 온습도계 · 자외선 살균장치 및 센서 (2대) · 파티클카운터 · Spiral plator
냄새 실험실	· CLIMAQ(12대) · 클린벤치
환기성능 실험실	· 자연환기설비 성능측정 챔버 · 유량계 · 압력계
결로실험실	· 온습도 및 기류센서 · 항온항습챔버 · 3차원 풍속계 · 열화상카메라 · 열전도율 측정기
실증 공동주택	· 온습도 센서 · 샘플링 펌프 · 열전대 · 유량계 · 데이터 로거 · 열화상카메라 · 실내오염물질 측정기 · 분진계

4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격

세부실험실 명칭	성능(측정)기준
미생물실험실	ASTM-D-6329(Standard Guide for Developing Methodology for Evaluating the Ability of Indoor Materials to Support Microbial Growth Using Static Environmental Chambers), ASTM G21:09(Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi), ASTM-D-3273(Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber), JIS-Z-2801(Antibacterial products - Test for antibacterial activity and efficacy)
흡착·흡방습실험실	KS-I-3546(건축자재의 VOCs 및 알데하이드 저감 성능 시험방법-고상 건축자재), KS-I-3547(건축자재의 VOCs 및 알데하이드 저감 성능 시험방법-액상 건축자재), ISO-16000-23(Indoor air - Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials), ISO-16000-24(Indoor air - Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials), JIS-A-1905-1(Performance test of sorptive building materials of reducing indoor air pollution with small chamber - Part 1: Measurement of adsorption flux with supplying constant concentration of Formaldehyde), JIS-A-1906(Performance test of sorptive building materials of reducing indoor air pollution with small chamber - Measurement of adsorption flux with supplying constant concentration of contaminant air of VOC and aldehydes without formaldehyde)
	KS-I-ISO-16000-11(실내 공기-제11부 : 휘발성 유기 화합물의 방출 측정법-시료 채취, 보관 및 시험편 제작), KS-I-ISO-16000-9(실내 공기-제9부 : 휘발성 유기 화합물의 방출 측정법-방출 시험 챔임버법), ISO-24353(Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of moisture adsorption/desorption properties in response to humidity variation), JIS-A-1470-1(Determination of water vapour adsorption / desorption properties for building materials - Part 1: Response to humidity variation), JIS-A-1470-2(Determination of water vapour adsorption/desorption properties for building materials - Part 2 : Response to temperature variation)
냄새실험실	KS-M-1967(공업용 메틸 에틸 케톤-잔류 냄새 검사), KS-M-1431(탈취용 바이오필터 담체의 성능 시험방법)
챔버실험실	KS-I-2007(가구 등의 폼알데하이드 및 휘발성유기화합물 방출량 측정방법-대형챔버법), JIS-A-1911(Determination of the emission of formaldehyde for building materials and building related products - Large chamber method), JIS-A-1912(Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes without formaldehyde for building

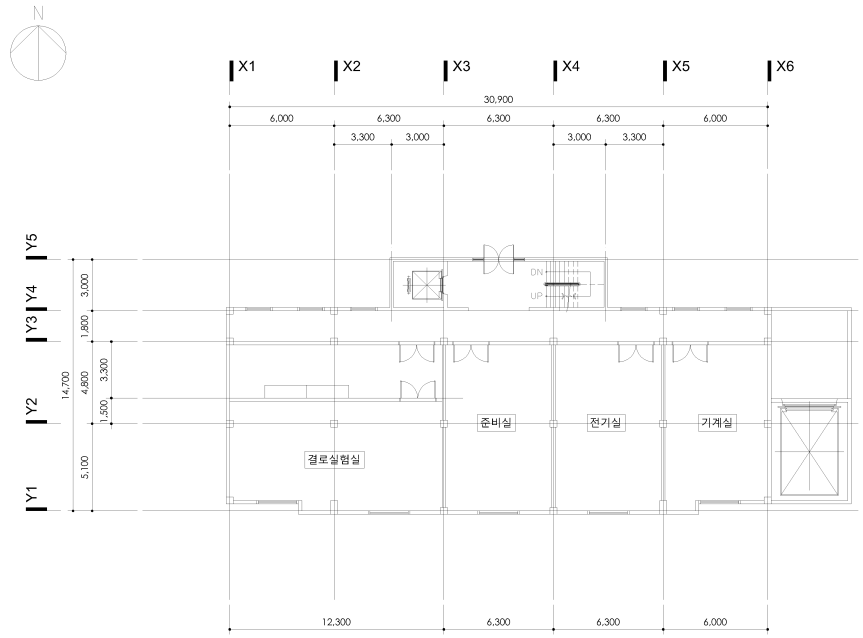
	materials and building related products – Large chamber method), **실내공기질 공정시험 기준, KS-M-1998**(건축 내장재의 폼알데하이드 및 휘발성 유기화합물 방출량 측정), **JIS-A-1905-1**(Performance test of sorptive building materials of reducing indoor air pollution with small chamber – Part 1: Measurement of adsorption flux with supplying constant concentration of Formaldehyde), **JIS-A-1905-2**(Performance test of sorptive building materials reducing indoor air pollution with small chamber – Part 2: Measurement of capability for suppressing formaldehyde emission), **JIS-A-1906**(Performance test of sorptive building materials of reducing indoor air pollution with small chamber – Measurement of adsorption flux with supplying constant concentration of contaminant air of VOC and aldehydes without formaldehyde), **JIS-A-1901**(Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products – Small chamber method)
실증실험실	**실내공기질 공정시험 기준**
결로실험실	**KS-F-2295**(창호의 결로 방지 성능 시험 방법), **KS-L-ISO-13788**(건물 부재 및 요소의 흡습성능-임계 표면습도와 내부 결로를 피하는 내부 표면온도-계산법), **KS-F-2278**(창호의 단열성 시험방법), **KS-F-2292**(창호의 기밀성 시험방법), **KS-L-ISO-6946**(건물 부재 및 요소-열저항 및 열투과율-계산법), KS-F-2607(건축재료의 투습성 측정방법), KS-M-ISO-4898(경질 발포 플라스틱 – 건축물 단열재 - 규격서), **ISO-10456**(Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values), **ISO-13788**(Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation-Calculation methods), **ISO-10211-1**(Thermal bridges in building construction-Heat flows and surface temperatures-Detailed calculations), **BS EN 12524**(Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values)
환기성능 실험실	**실내공기질 공정시험 기준** **KS-L-ISO-9972**(단열-건물 기밀성 측정-팬 가압법), **KS L ISO 12569**(건물 열 성능-건물 내 환기 측정 추적 가스 희석법) **KS-F-2921**(자연환기설비의 환기성능 시험방법)

5. 실내공기환경 및 결로 실험동 주요 측정장비 성능검토

세부실험실	측정 기자재 (주요 실험장비)	주요 성능
미생물 실험실	① 항균 측정장치 ② 항곰팡이 측정장치 ③ 항온항습기	- 부유세균충돌식샘플러 : (2.0 ~ 4.0) L/min (±5%이내) - 오토클레이브(고압멸균기) : Ambient (10 ~ 125) ℃ - 클린벤치 : (150 ~ 780) CFM (ISO 14644-1 Class 4) - 인큐베이터(배양기) : Ambient (10 ~ 60) ℃ - 편광현미경 : 30 W, (0.5 ~ 50) μm - 항온항습기 : (-10 ~ 120) ℃ (±0.1 ℃), (10 ~ 90)%RH (±2%이내)
흡착·흡방습 실험실	① 흡착 성능측정장치 ② 흡방습 성능측정장치	① 흡착성능챔버 : 20 L, VOCs, 알데하이드류 샘플링 펌프 : (0.30 ~ 1.50) L/min, (0.100 ~ 0.500) L/min ② 흡방습항온항습챔버 : (15 ~ 85)%RH (±3%이내), (10 ~ 50) ℃ (±0.3 ℃) 전자저울 : 측정범위 (0 ~ 7,000) g 가독성 (10 mg) 온습도계 : (-15 ~ 65) ℃ (±0.1 ℃), (10 ~ 98)%RH (±3.0%이내)
냄새 실험실	① CLIMPAQ	① CLIMPAQ Chamber : 50 L, 225 L, ISO 16000 EN717-1 standards, 기류속도 (0 ~ 0.3) m/s, 환기량 (0.02~140) 1/h
결로 실험실	① 온도, 습도센서 ② 기류 센서 ③ PMV 측정기	① (-15 ~ 65) ℃ (±0.1 ℃), (10 ~ 98)%RH (±0.1%이내) ② 피토 튜브방식 (0 ~ 100) m/s ③ 열전대 K type (–200 ~ +1370 (분해능 0.1 ℃)), 차압((-25 ~ +25) hPa (분해능 0.001 hPa)), 흑구온도 ((0 ~ +120) ℃), 조도((0 ~ 100,000) Lux)
정밀 분석실	① GC / MS-ATD ② HPLC ③ SVOC 분석시스템	① 샘플링 튜브 : 1/4 OD x 90 mm Tenax TA, 샘플링 튜브 가열/제거유속 : (20 ~ 150) mL/min (1 mL increments) at (80 ~ 400) ℃ (1°C increments) ② Wavelength range : (190 ~ 700) nm (±1 nm), lamp warmup time : 5분, sampling frequency : (10 ~ 1) Hz, operating temperature range : (4 ~ 40) ℃ ③ Cooling Temo. : -30 ℃(Cooler Type), Desorption Temp. : max. 350 ℃, Control : PC Control, Transfer Line : 250 ℃, Valve : max. 320 ℃ two position valve, Sample Flow Control : MFC 200 cc/min,
챔버 실험실	① 대형챔버(24 m^3) ② 중형챔버(1 m^3, 5 m^3) ③ 소형챔버(20 L) ④ 항온항습기	① 온습도성능 : (10 ~ 55) ℃ (±0.3 ℃), (20 ~ 85)%RH (±5.0%) 샘플링 라인 2개, 스테인리스 재질 ② 온습도성능 : (10 ~ 75) ℃ (±0.3 ℃), (20 ~ 85)%RH (±5.0%) 샘플링 라인 2개, 스테인리스 재질 ③ 온습도성능 : (10 ~ 65) ℃ (±0.3 ℃), (15 ~ 85)%RH (±5.0%) 샘플링 라인 2개, 스테인리스 재질 ③ 항온항습도성능 : (10 ~ 50) ℃ (±0.5 ℃), (15 ~ 85)%RH (±5.0%)
실증 실험실	① 실내공기질 종합측정 ② 샘플링 펌프 ③ 열전대 ④ 유량계 ⑤ 데이터로거	① VOCs, 알데하이드류, CO, CO2, 온습도, PM10, PM2.5 개별 오염물질 종합 측정 ② 유량범위 (0.050~0.500) ℓ/min(설정유량값에 대해 ±5%이내) ③ 0 ℃이상 300 ℃이하 ④ 열전대 K type (–200 ~ +1370 (분해능 0.1 ℃)), ⑤ 데이터로거 : 20채널, DC, V, Ω 인식
환기성능 실험실	① 자연환기설비성능측정 ② 챔버유량계 ③ 압력계 ④ 기밀성능 측정장치	① 자연환기성능측정 실험실 온도조건(20 ± 5) ℃ ± 2 ℃ (챔버 누기량 100 pa에서 5 m^3/h 이하) ② 4개 지점 풍량 측정 : (0.01 ~ 200) CMH (±0.01 m/s) ③ 4개 지점 압력계 : (0 ~ 150) Pa (±0.1 Pa) ④ Flow Range : (11 ~ 6,100) CFM, 압력차 : (10 ~ 80) Pa

6. 실험시설 평면도 및 단면도

실내 공기환경 및 결로 실험동 지하1층 평면도



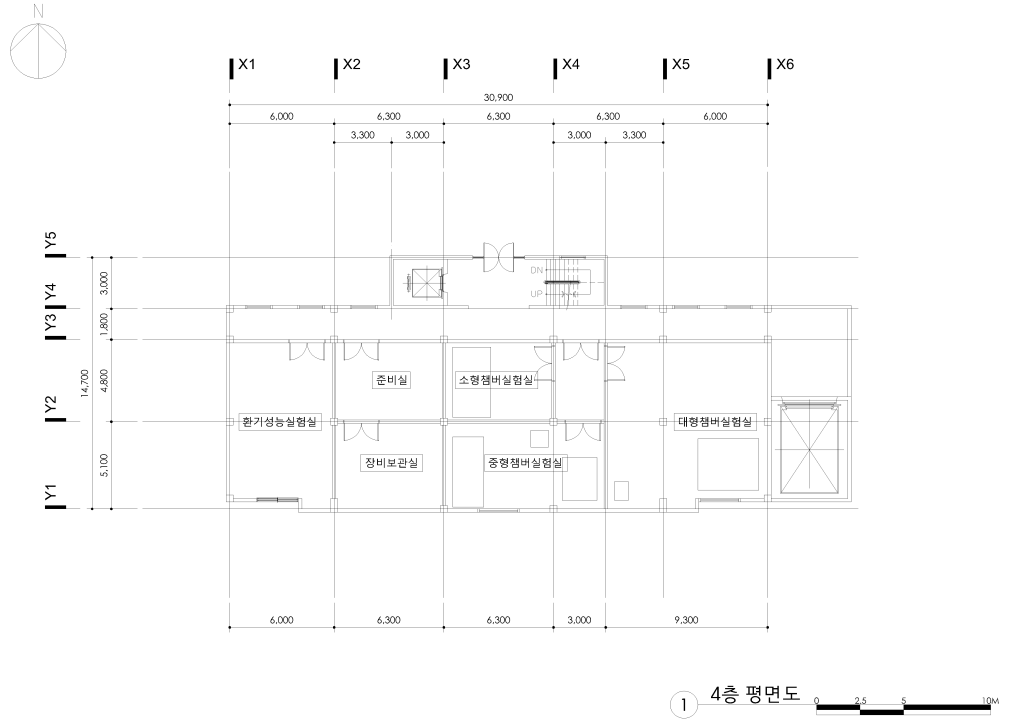
1 지하층 평면도 0 2.5 5 10M

실내 공기환경 및 결로 실험동 지상1~3층 평면도



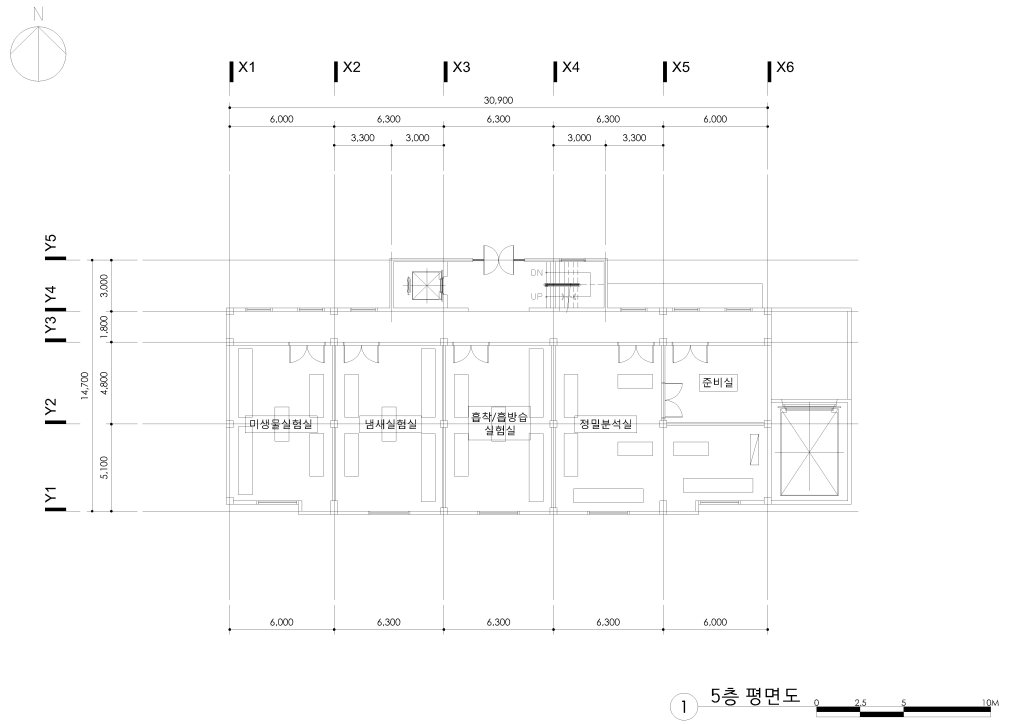
1 1~3층 평면도 0 2.5 5 10M

실내 공기환경 및 결로 실험동 지상4층 평면도



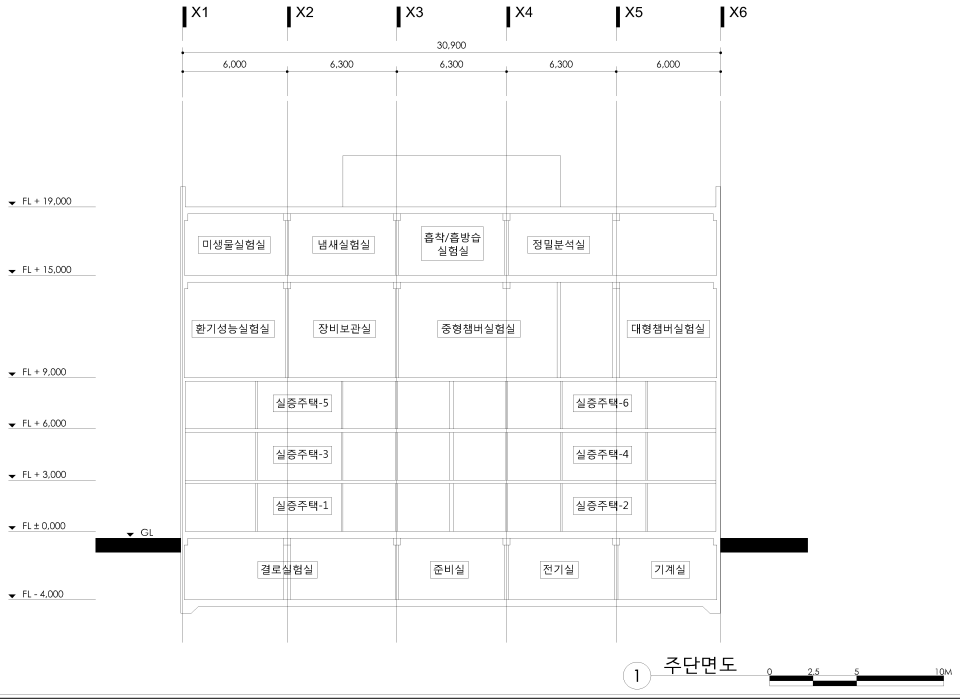
1 4층 평면도 0 2.5 5 10M

실내 공기환경 및 결로 실험동 지상5층 평면도

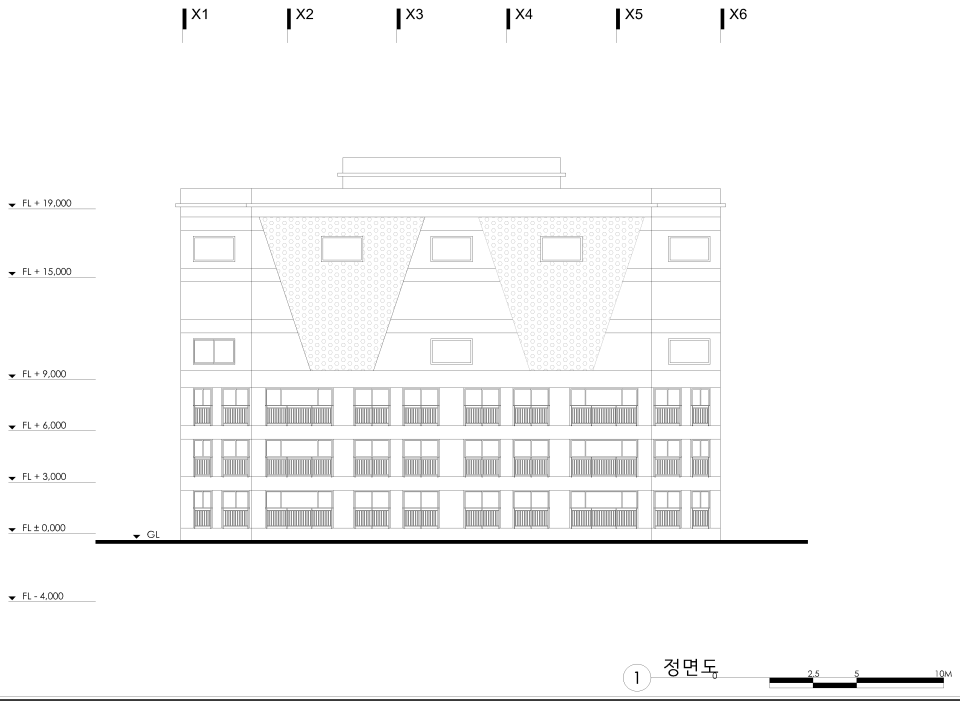


1 5층 평면도 0 2.5 5 10M

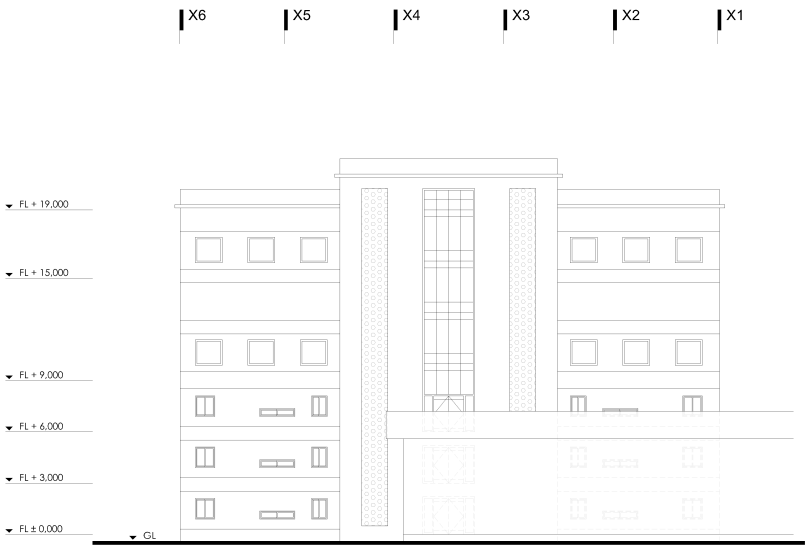
실내 공기환경 및 결로 실험동 주단면도



실내 공기환경 및 결로 실험동 정면도

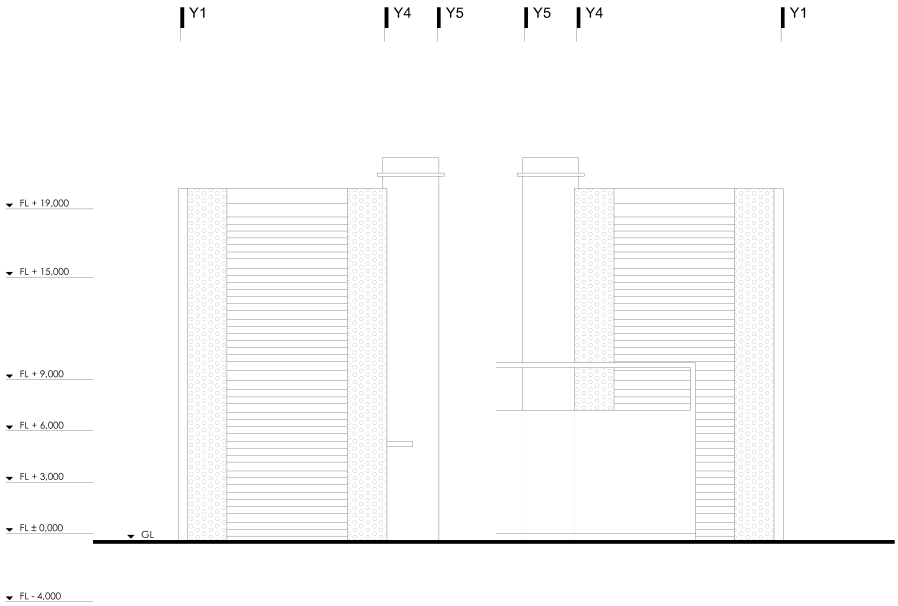


실내 공기환경 및 결로 실험동 배면도



1 배면도

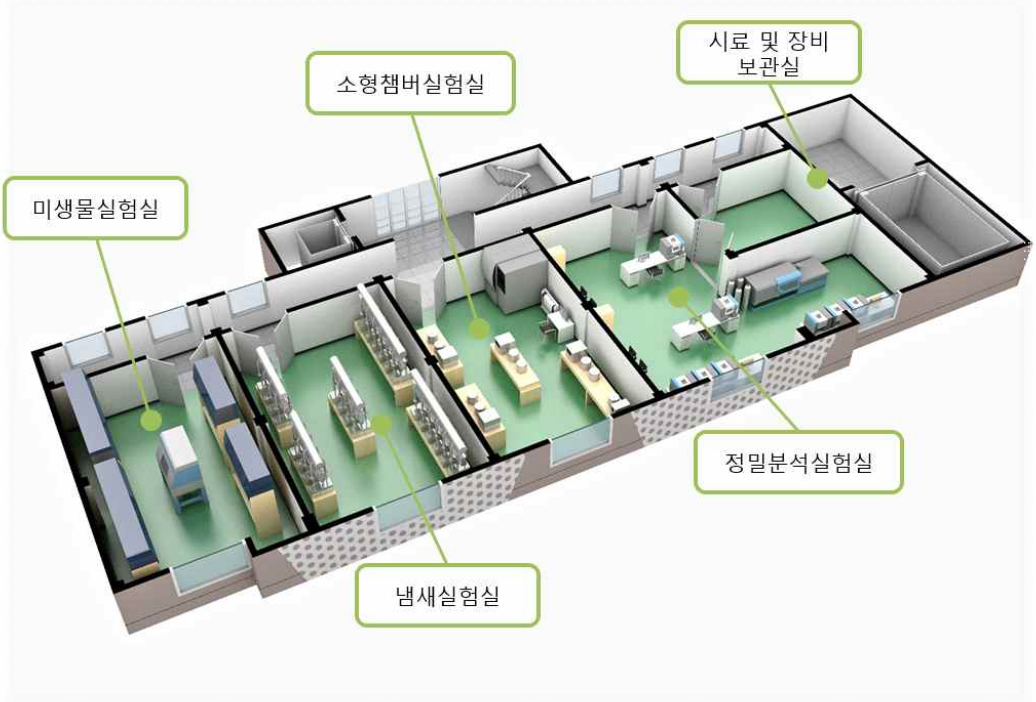
실내 공기환경 및 결로 실험동 좌우측면도



1 우측면도

1 좌측면도

실내 공기환경 및 결로 실험동 실내 조감도



3절. 음향 실증 실험동

1. 실험시설 개요

공동주택을 모사한 실험시설을 구축하여 층간소음 및 생활소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설

가) 음향 실증 실험동의 개요

음향 실증실험시설은 바닥충격음 차단구조 인정기관으로 국토교통 R&D 발전전략 및 건축자재의 성능 평가기술을 선진화함으로서 공동주택의 층간소음, 급배수 소음 등의 생활소음을 저감할 수 있는 기술을 정량적으로 평가하는 실험시설이다.

건축물의 층간소음 및 진동 저감 성능 평가, 생활발생 급배수소음 제어 성능 평가 등의 건축환경 분야의 소음 및 진동 저감 성능 평가를 수행할 수 있다.

고시개정(인정을 위한 시험시설은 공공주택 평면과 유사하게 지어져야 함)으로 인한 일반 공동주택 평면과 같은 형태의 신규 바닥충격음 시험시설의 건립이 요구됨에 따라 공동주택의 일반적인(전용면적 59 m^2, 84 m^2) 평면 형태로 구서하고 보편적으로 많이 시공되는 면적을 기준으로 실험동을 구성하였다. 2가지 면적과 기둥식구조, 벽식구조로 구분하여 공동주택 면적 및 구조에 대한 영향을 고려한 종합적인 성능평가가 가능하도록 구성하여야 한다.

표 63 세부 실험시설 개요 및 주요 장비

세부실험실 명칭	사용용도	공간규모		운용 인원 (인)	수용 기자재 (주요장비)
		소요 면적 (m^2)	천장 높이 (m)		
바닥충격음 실험실	층간소음 및 진동 저감 성능 평가	700	2.8	4	뱅머신, 테핑머신, 마이크로폰, 엠프, 프리엠프, 무지향성스피커, 지향성스피커, 충격력 측정기, 음향계측시스템(Symphony), 주파수분석기(소음측정/진동영향 평가용 다채널 분석기), 급수압조절장치 등
		600			
급배수소음 실험실	생활발생 급배수 소음 제어 성능 평가	100			
외부소음 실험실	외부소음원 으로부터 소음·진동 제어	-			
합계		1,400			

2. 실험시설의 기본설계(안)

음향 실증실험실은 지상 5층으로 구성되어 있으며, 일반적으로 공동주택 규모인 84 ㎡ Type, 59 ㎡ Type이 배치된 평면 형태로 계단실을 두 개의 평면이 공동으로 사용한다.

○ 1~5층 실험실 : 실험실은 좌우 2세대, 지상 5층의 규모로 구성되며 좌우 세대의 평면은 공동주택 인테리어를 제외한 일반적인 평면 형태로 설계하여야 한다.

○ 바닥충격음실험의 경우 충격력 및 주파수 특성을 분석하기 위해 상·하층 같은 형태의 평면으로 구성하였고, 현장 적용성 평가를 위해 59 ㎡ Type의 평면과 84 ㎡ Type을 구성하였다. 각 층별로 상이한 다박 슬래브 두께를 구성함으로 바닥두께에 대한 성능변화를 파악할 수 있도록 하였다. 급배수 소음 실험실에서는 급수 및 배수 설비에서 물의 흐름에 의해 생기는 주거공간에서 문제가 되는 소음측정 및 평가가 이루어지며, 외부소음 실험실에서는 주거지역 주변의 진동 및 소음 성능 평가를 수행할 수 있어야 한다.

○ KS F 2810-1,2 “건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법”에 준하여 시험을 진행 할 수 있도록 거실 부분에 차음시스템을 설치하여 시험을 진행할 수 있어야 한다.

○ 주택성능등급 부분에서 “화장실 급배수 소음”을 측정 할 수 있도록 상·하부층의 화장실을 실제 거주환경과 동일하게 시공하여 측정 및 평가를 진행할 수 있어야 한다.

○ KS F 2860 “건물 및 건물 부재의 차음성능 측정방법”에 준하여 시험을 진행할 수 있도록 창호, 문, 건식벽체 등의 차음량을 측정 및 평가 할 수 있어야 한다.

○ 본 기획보고서에서 제안한 실험시설의 규모는 국내에서 일반적인 공동주택에서 대표적으로 사용되고 있는 평면 및 구조형태를 반영하여 제안하였다.

3. 음향 실증 실험동 주요 측정장비 성능검토

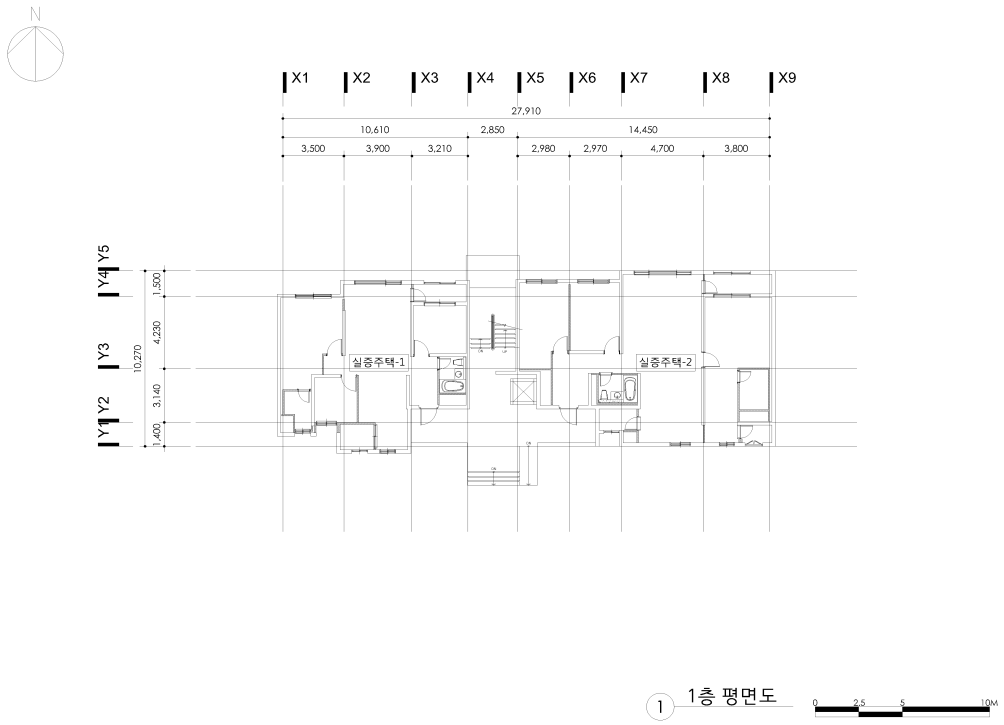
세부실험실	측정 기자재 (주요 실험장비)	측정 대상(범위)
단위세대 실험실 (탑상형 평면)	주파수 분석기	소음 및 진동 측정 분석 (1 Hz ~ 5000 Hz 이상)
		소음 및 진동 측정 분석 Frequency range : 0 Hz to 25.6 kHz, Analysis frequency : 100 Hz to 40 kHz
	표준중량충격원 (Bang Machine)	바닥충격음 차단성능 중량충격음 측정 Octave band center frequency : (31.5~630) Hz, Octave band impact force exposure level : (5.5 ~ 47) dB
	중량충격원 (Impact Ball)	바닥충격음 차단성능 중량충격음 측정(2014) (2.5 ± 0.1) kg, Hollow sphere with 32 mm thick wall and 178 mm external diameter
	표준경량충격원 (Tapping Machine)	바닥충격음 차단성능 경량충격음 측정 Impact cycle : (100 ± 5) ms, Cylindrical, liner arrangement of 5 hammers spaced 100 mm apart
	마이크로폰 (Microphone)	소음 측정용 마이크로폰 (±2 dB) 3.15 Hz to 20 kHz, input(10 GΩ), Output(≤25 Ω)
	무지향 스피커	잔향시간 등 음원으로 활용 Sound power level : 123 dB, Nomanal impedance : 6 Ω, Maximum input power : 600 W rms
	임팩트 헤머	동탄성 계수 측정 Sensitivity(±15%) : 2.25 mV/N, Measurement range : ±2224 N pk, Frequency range : 8 kHz
	진동 센서	바닥 등 진동 측정 60 pC/g, Measurering range(±3 dB) : +5000/−1000 g

4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격

세부실험실 명칭	성능(측정)기준
바닥충격음 실험실	KS-F-2805(잔향실법 흡음률 측정 방법), KS-F-2808(건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 실험실 측정 방법), KS-F-2809(공기 전달음 차단 성능 현장 측정 방법), KS-F-2810-1(바닥 충격음 차단 성능 현장 측정 방법-제1부 : 표준 경량 충격원에 의한 방법), KS-F-2810-2(건축물의 바닥 충격음 차단 성능 현장 측정 방법-제2부 : 표준 중량 충격원에 의한 방법), KS-F-2865(콘크리트 슬래브 위 마감 구조의 경량 충격음 저감량 실험실 측정방법), 소음/진동 공정시험기준, KS-F-2868(콘크리트 슬래브 위 마감 구조의 경량 충격음 저감량 실험실 측정방법), KS-F-3106(특수 가공 치장 합판), ISO-1409(Plastics/rubber-Polymer dispersions and rubber latices (natural and synthetic)-Determination of surface tension by the ring method), ISO-1408(Rubber - Determination of carbon black content - Pyrolytic and chemical degradation methods), ISO-9052-1(Acoustics - Determination of dynamic stiffness - Part 1: Materials used under floating floors in dwellings), JIS-A-6321(Rock wool isolating material for floating floors)
급배수소음 실험실	
외부소음 실험실	

5. 실험시설 평면도 및 단면도

음향 실증실험동 지상1층 평면도



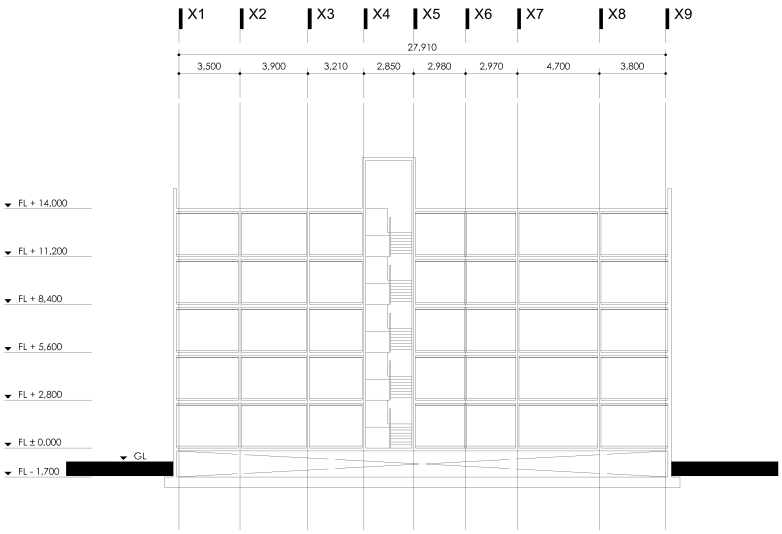
① 1층 평면도 0 2.5 5 10M

음향 실증실험동 지상2층~5층 평면도



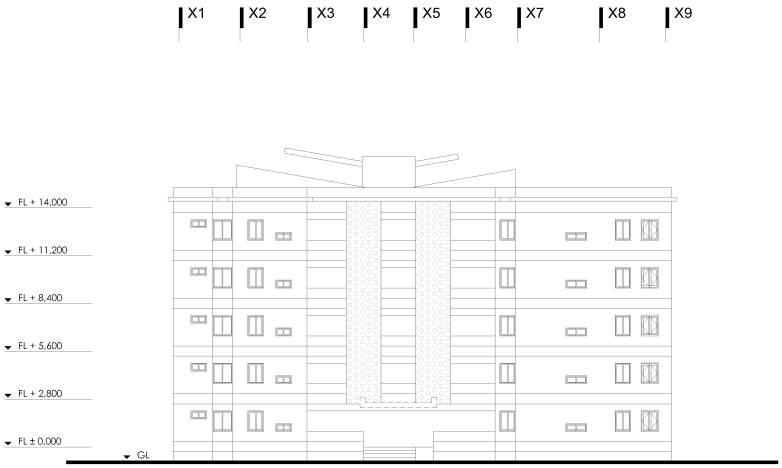
① 2~5층 평면도 0 2.5 5 10M

음향 실증실험동 주단면도



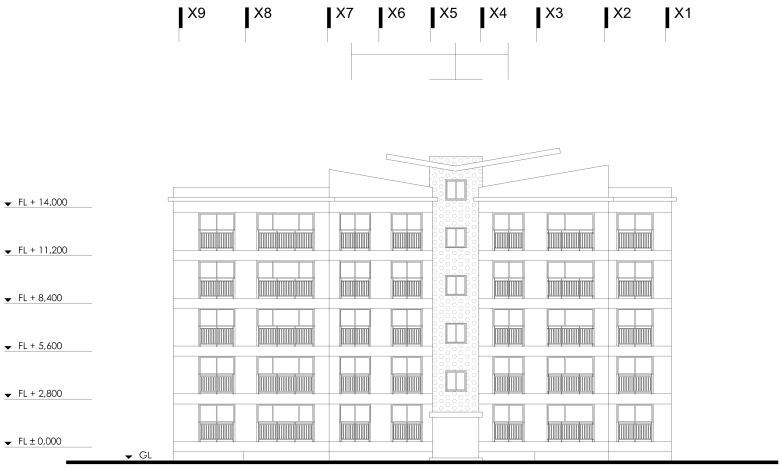
1 주단면도 0 2.5 5 10M

음향 실증실험동 정면도



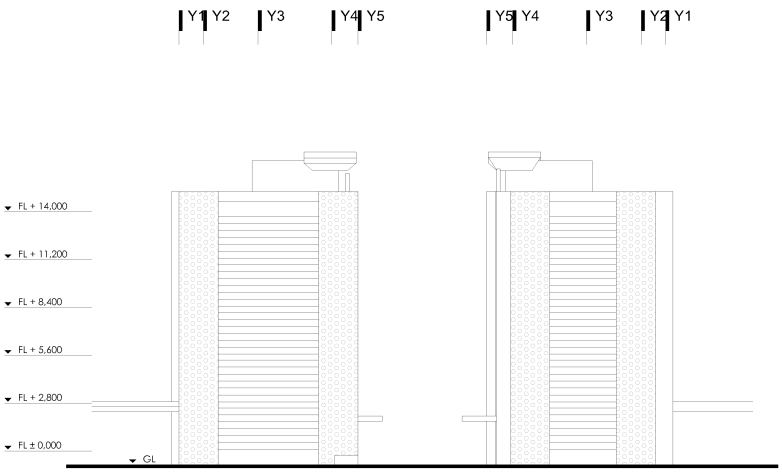
1 정면도 0 2.5 5 10M

음향 실증실험동 배면도



1 배면도 0 2.5 5 10M

음향 실증실험동 좌우측면도



1 우측면도

1 좌측면도 0 2.5 5 10M

실내 공기환경 및 결로 실험동 실내 조감도



4절. 실물 CV 시뮬레이터(Cross Ventilation simulator) 실험동

1. 실험시설 개요

실물 주거 단위세대를 대상으로 환기 성능 및 외피 기밀성능 등 환기부하 저감효과의 정량적 평가를 위한 실증실험실

가) 실물 CV 시뮬레이터 실험시설의 개요

실물 CV 시뮬레이터는 지상 3층(전체 높이 15 m)으로 구성된 실험시설로서 그린홈 건설시 요구되는 요소 기술의 하나인 건물냉방 및 환기부하 저감을 위한 관련 기준의 개발 및 검증하고 CV(Cross Ventilation)에 의한 건물 환기부하 저감성능을 실제 주택과 동일한 규모에서 정량적 평가할 수 있다.

본 실험시설을 활용하여 건물 환기부하의 저감을 위한 외피 기밀성능 기준 및 환기 에너지 소비량 평가방법 개발 등의 연구개발 성과에 대한 성능평가가 가능하다. 이는 그린홈 건설 및 환기시스템의 성능 평가기술을 선진화함으로써 건축물에서 소비되는 에너지의 약 30%를 차지하는 환기부하를 저감할 수 있는 방법을 정량적으로 평가할 수 있는 실험시설로 활용될 수 있어야 한다.

표 64 세부 실험시설 개요 및 주요 장비

세부실험실 명칭	사용용도	공간규모		운용 인원 (인)	수용 기자재 (주요장비)
		소요면적 (m^2)	천장높이 (m)		
Test room	실험대상 실물시설설치	1,000	12	2	3차원 풍향 풍속계 12개 턴테이블
기류발생 및 제어실	기류발생 및 제어	300	6	1	기류발생 팬 기류가시화장치등
모니터링실	실험결과의 모니터링	200	6	1	분석용 컴퓨터 등
장비보관실	계측장비 보관	200	6	1	
실험용 자재보관실	자재 보관	200	6	1	
교육장	주택성능품질실험 교육시설	110	6		
업무지원실	실험시설 행정업무지원실	90	6		
합 계		2,100			

2. 실험시설의 기본설계(안)

CV시뮬레이터 실험실 설계(안) 제시를 통해 실험시설이 갖추어야하는 기본적인 실험실에 대해 기술하였다. CV시뮬레이터는 교량 및 건축물의 풍압을 측정하는 기존의 풍동실험시설과 다르게 실제 주택을 실험실 내에 설치하여 단위세대의 환기부하 및 환기성능, 외피 기밀성능에 대한 정량적인 평가가 이루어지는 실험시설이다.

○ 실험실 : CV시뮬레이터의 풍로는 시공되는 부지의 건축면적을 고려하여 상하로 구성하였으며, 실험구간의 크기는 85 m^2의 단위세대가 설치될 수 있는 턴테이블 크기를 고려하여 구성하였다. 풍속의 범위는 0.5 m/s ~ 3 m/s 로 설정하였으며, 풍속의 공간적 분포는 2%이하, 난류강도는 2%이하로 설정하여야 하며, 실험공간의 온습도조절을 위한 항온항습 조절장치가 설치되어야 한다.

3. 실험시설의 주요 장비 개요

표 65 주요장비 구성 및 사용용도

구분	시스템/계측기 명칭	장비구성	사용용도
항온항습 시스템	고압증기보일러 저온공조기, 저온냉동기	1대	실험 공간 내 온습도조절
풍속측정	Pitot tube, manometer	3대	평균풍속의 계측
	Hotwire anemometer	2ch.	난류의 계측
	Ultrasonic Anemometer	10ch.	다지점의 풍향풍속 계측
풍력측정	6-component loadcell	1대	6분력 계측
기류가시화	flow visualization system	1대	구조물 주변의 기류양상 가시화
자료수집	Data acquisition system	1대	계측자료의 수집, 분석, 저장

4. 세부 실험시설별 성능 및 측정 관련 국내외 규격

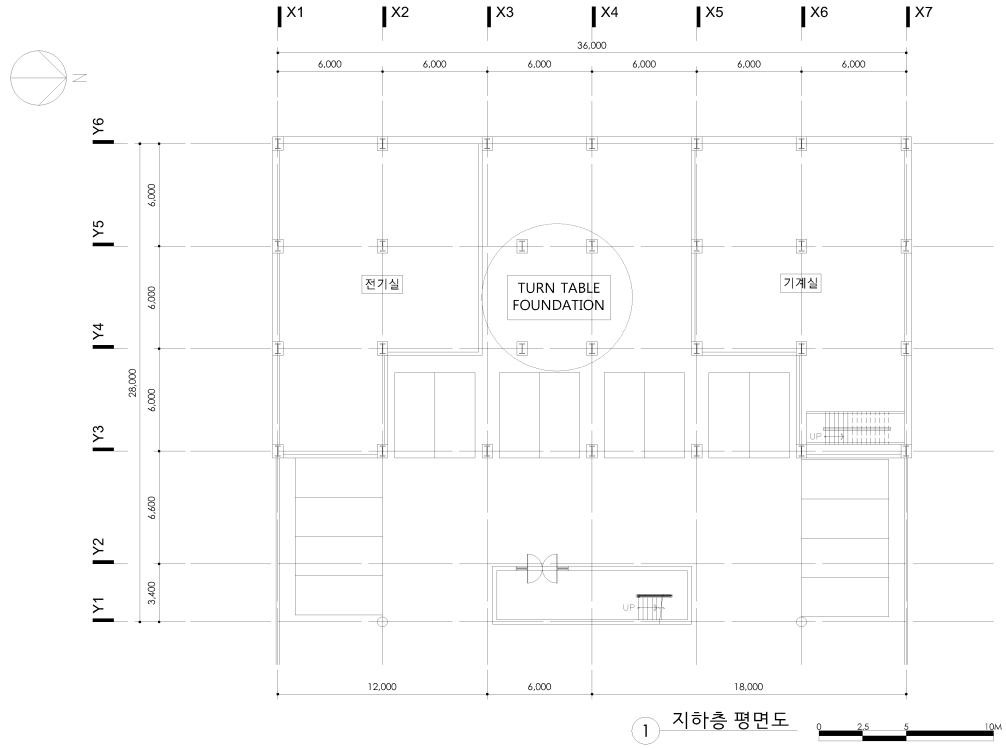
세부실험실	성능(측정)기준
실물 CV 시뮬레이터 Test room	**실내공기질 공정시험 기준, KS-L-ISO-9972**(단열-건물 기밀성 측정-팬 가압법), **KS L ISO 12569**(건물 열 성능-건물 내 환기 측정 추적 가스 희석법)

5. 실물 CV 시뮬레이터 실험동 주요 측정장비 성능검토

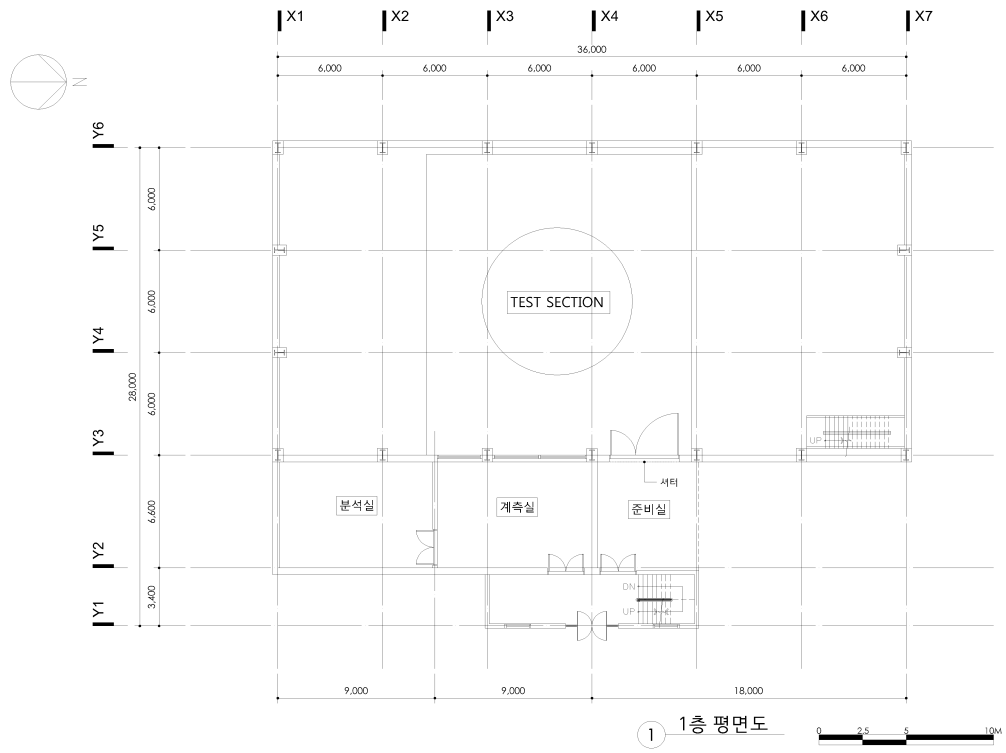
세부실험실	측정 기자재 (주요 실험장비)	측정 대상(범위)
Test room	항온항습기 온도-습도계 풍속-풍향풍속계 3차원 풍향 풍속계 6분력계	- 온도 : (-20 ~ 45) ℃ (±0.1 ℃), 습도 : (20 ~ 60)%RH (± 5% 이내), - 풍속 : (0.1 ~ 3) m/s (± 0.5 m/s) - (0 ~ ±10) m/s ± (측정치의 2% ± 0.02 m/s), 분해능 (0.005 m/s (풍속)) - 2.5% RO (각 분력간), 1.5% RO (모멘트를 제외한 각 분력간
기류발생 및 제어실	기류발생 팬, 기류가시화장치	- TEST Section Flow Rate : (1 ~ 10) m/s - 무독성 연무 발생기 (10시간 지속 발생)

6. 실험시설 평면도 및 단면도

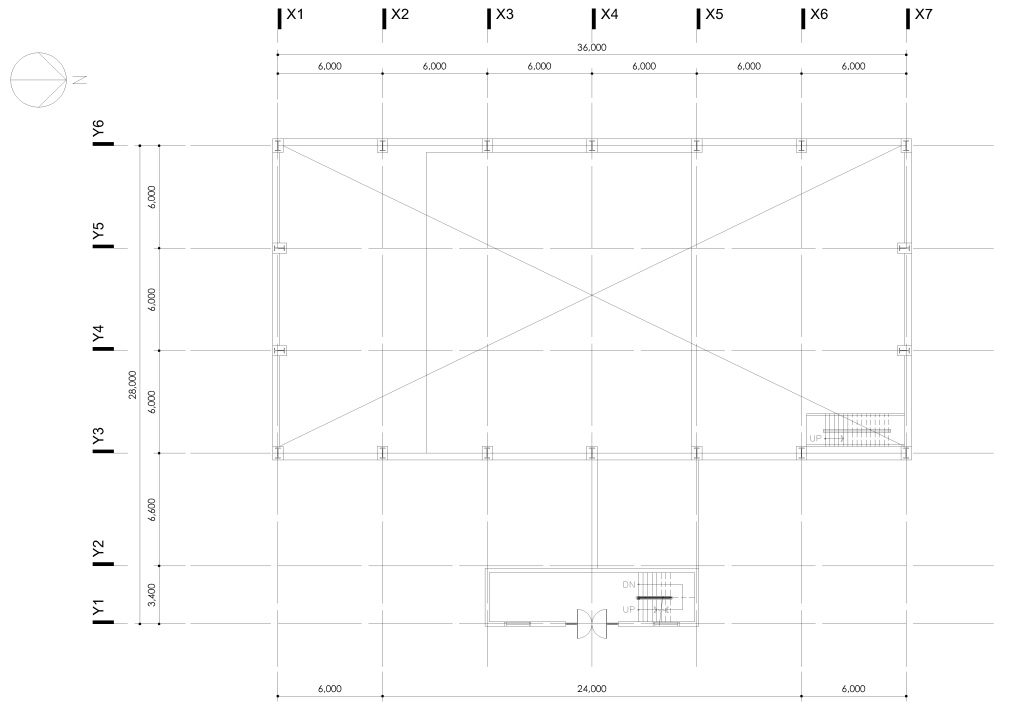
CV 시뮬레이터 지하 설비층 평면도



CV 시뮬레이터 지상1층 평면도



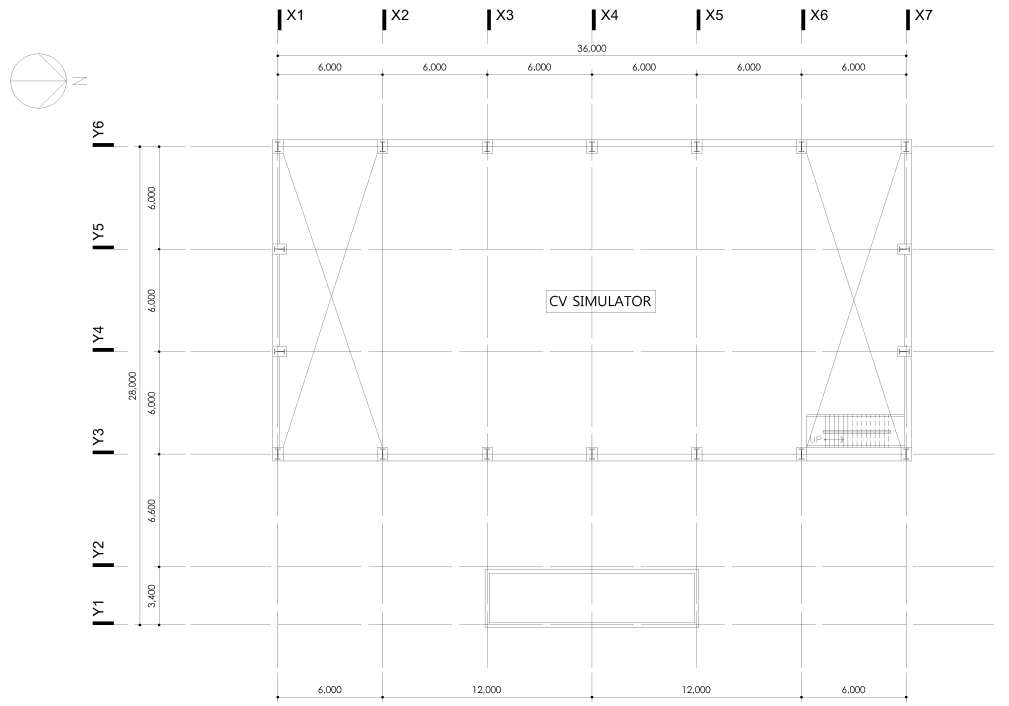
CV 시뮬레이터 지상2층 평면도



1 2층 평면도

0 2.5 5 10M

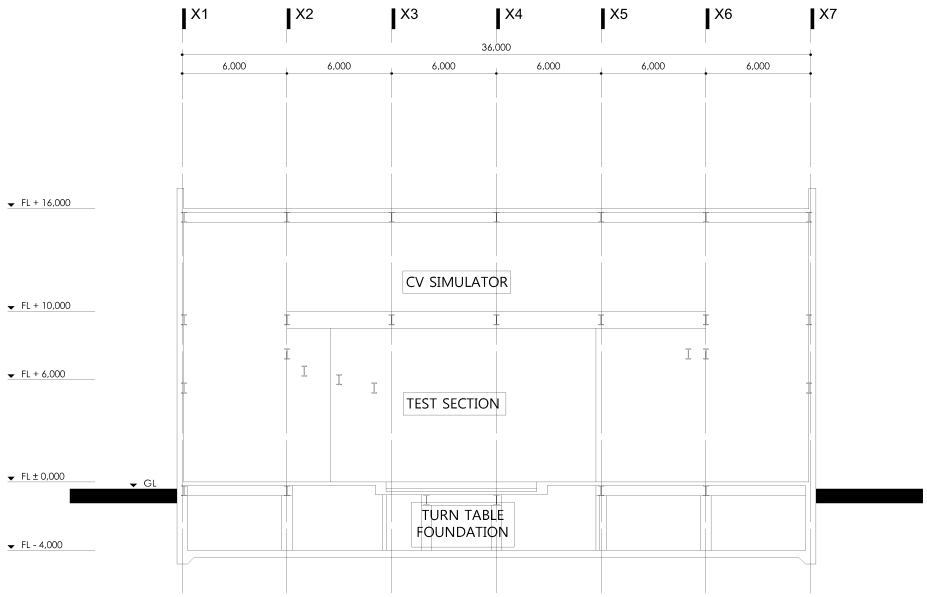
CV 시뮬레이터 지상3층 평면도



1 3층 평면도

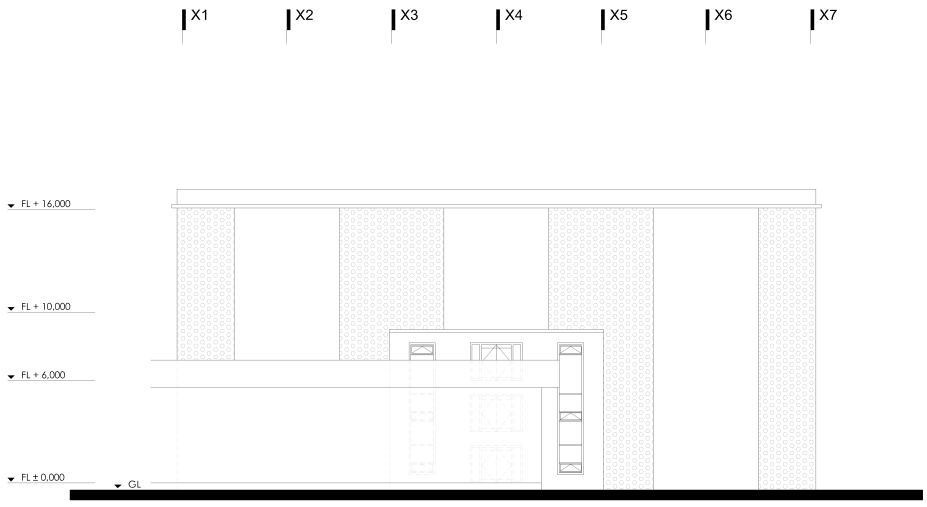
0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 주단면도



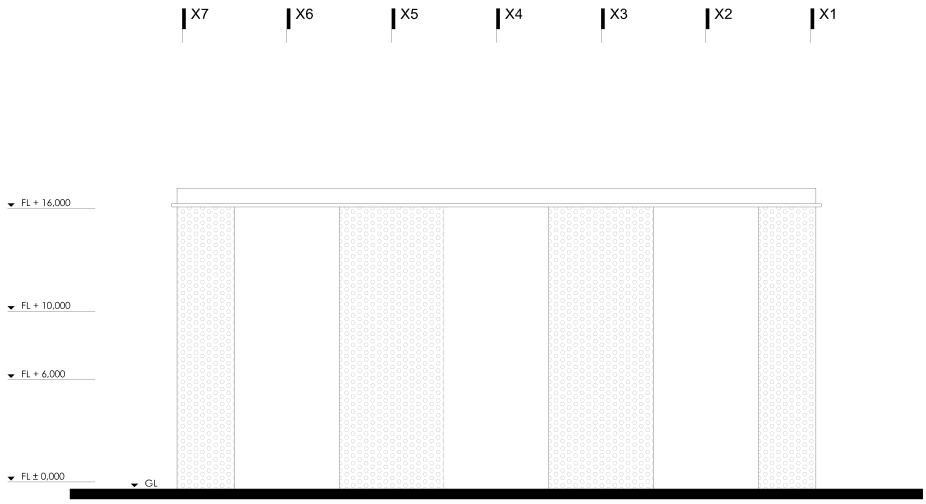
1 주단면도 0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 정면도



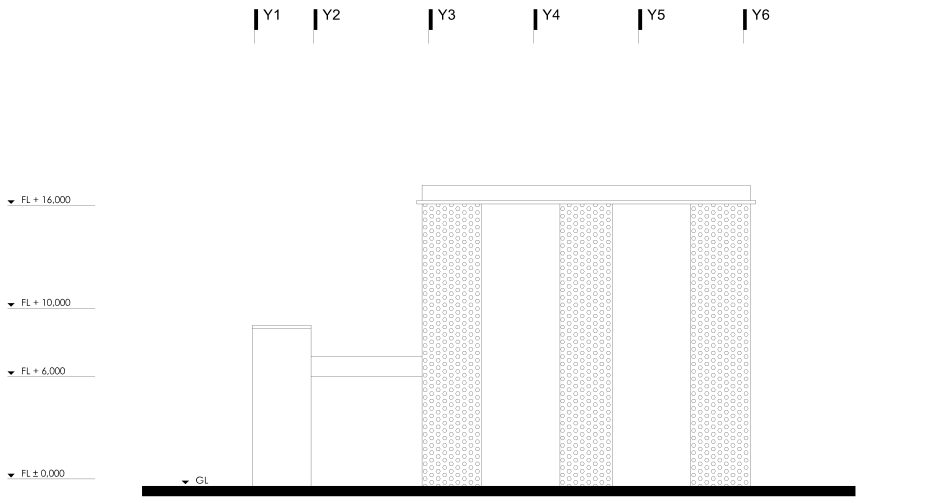
1 정면도 0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 배면도



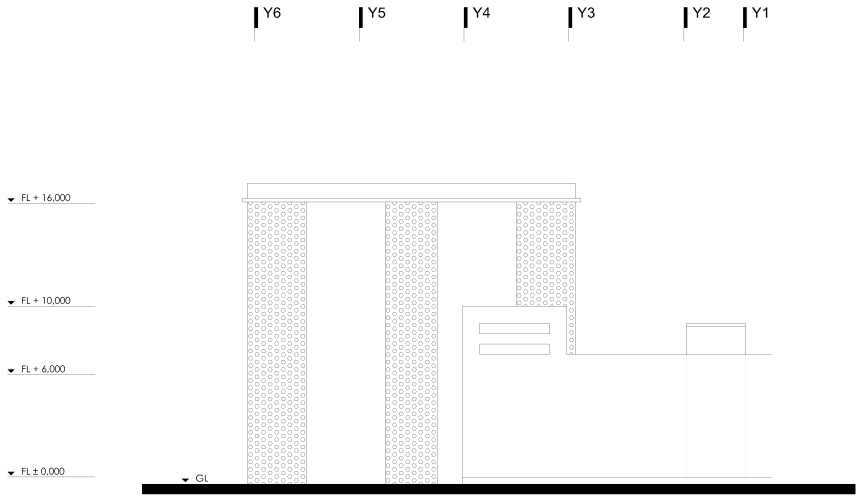
1 배면도 0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 우측면도



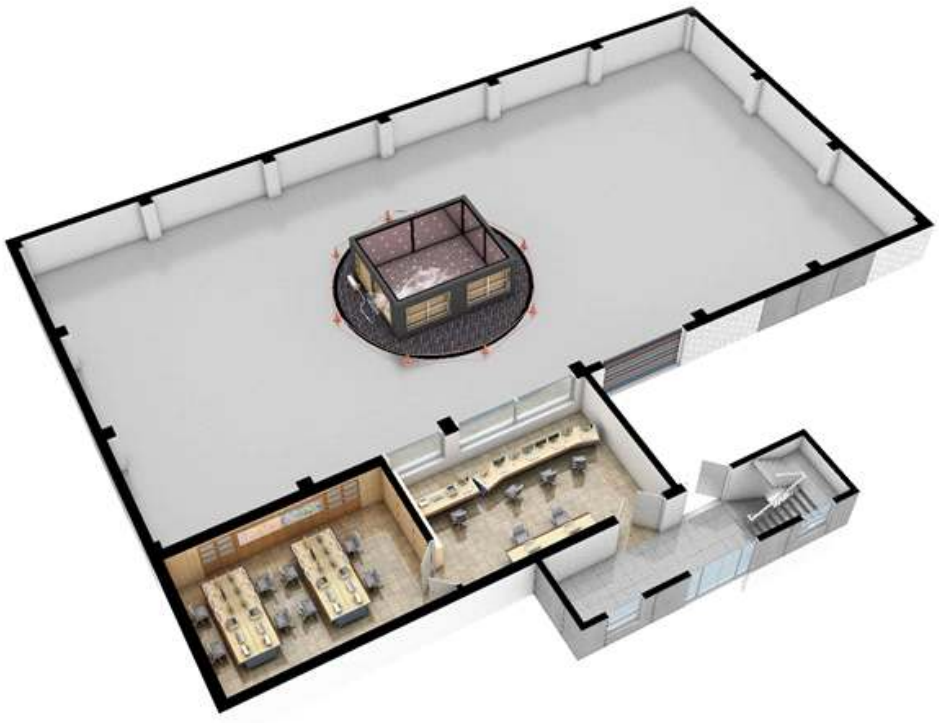
1 우측면도 0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 좌측면도



1 좌측면도 0 2.5 5 10M

CV 시뮬레이터 실내 조감도



5절. 주택성능품질 실험시설의 운영방안

1. 실험시설의 운영 개요

가) 주택성능품질실험시설의 기능

주택성능품질실험시설은 정부 주요 정책 지원 및 연구관련 업무지원, 산업계 지원 기능이 확보되어야 하며 주요 기능은 다음과 같다.

1) 정책지원

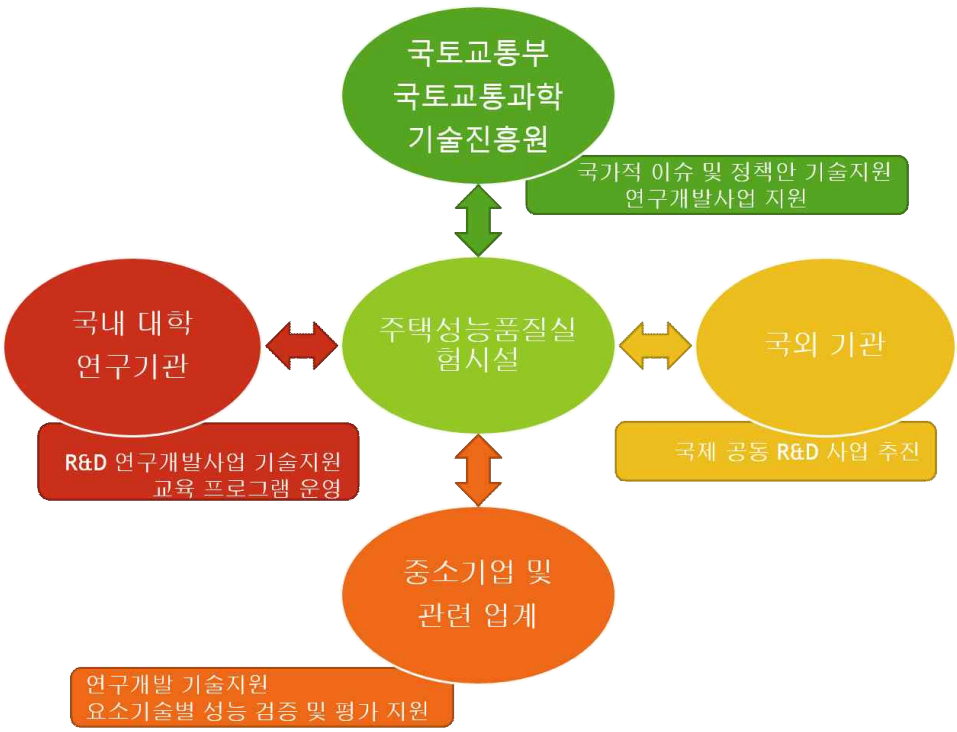
- 통합운영센터에서는 국토교통부 건축 정책의 기술 지원과 국토교통과학기술진흥원의 R&D 과제에 대한 실험 및 기술지원

2) 산업계 지원

- 중소기업 요소기술 개발 지원과 관련업계의 기술별 품질 및 시험업무 수행을 통한 성능검증

3) 학계 지원

- 관련 대학 및 연구소등의 실험장비 공동활용을 통한 국가적 R&D 질적 향상 도모 및 우수인력 배출을 위한 실험교육/훈련 프로그램 지원



세부 실험시설 별 적정한 운영지원과 국가 정책 동향 파악, 건설 분야 및 타 분야의 실험수요 파악 및 유지, 신규시장 발굴, 실험장비의 통합관리, 홍보 등 전반적인 지원이 이루어지는 조직으로 구성되어야 한다.

표 66 주택성능품질 실험시설 행정운영 인력 소요

구 분	소요인력	비고
세부 실험시설 책임자	3	
실험시설 운영인력	4	실험시설별 1인(석사이상)
행정지원인력	1	행정인력
합계	8	

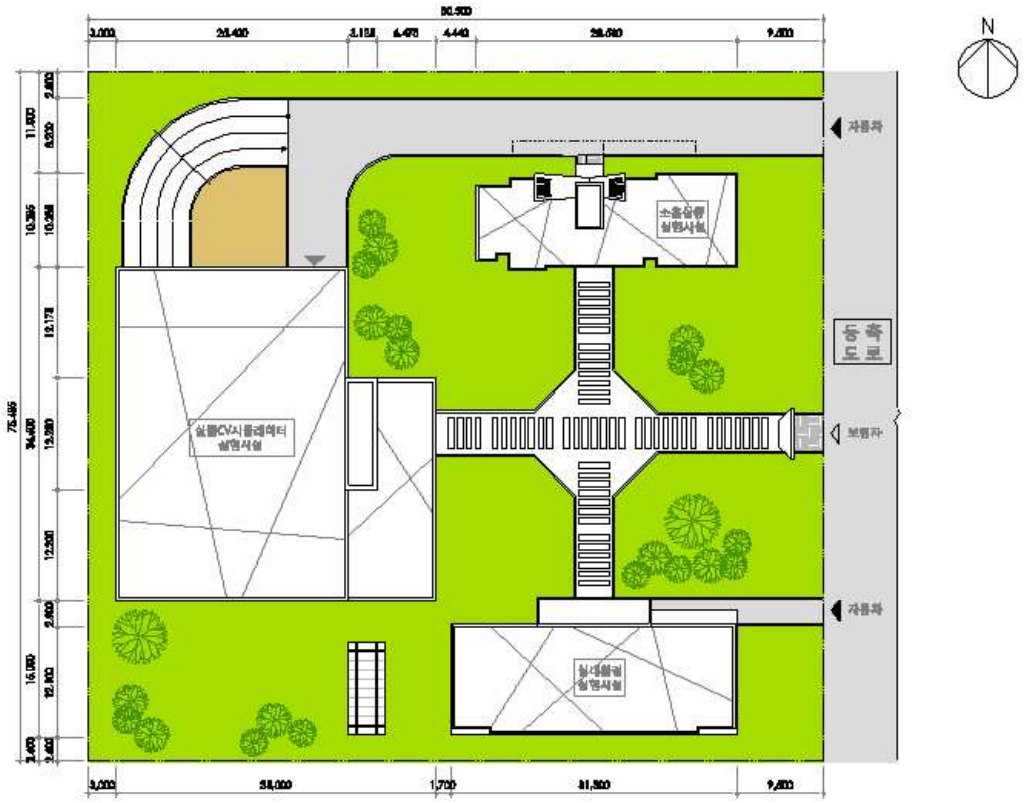
2. 주택성능품질실험시설 운영 방안

주택성능품질 실험시설은 건설인프라운영원의 기존에 구축된 6개의 대형실험시설과 공동 활용 네트워크를 구축, 연계하여 3개 실험시설의 운영 및 지원을 담당하게 된다. 운영센터는 전담기관과의 협약을 통해 건설인프라연구원의 타 실험시설과 공동 운영하며, 구축된 실험설비의 공유 활용에 대한 업무를 담당하게 된다. 또한 국토교통부 등 정부의 제도 및 정책방안에 대한 직접적인 기술지원의 창구 역할을 하게 된다.

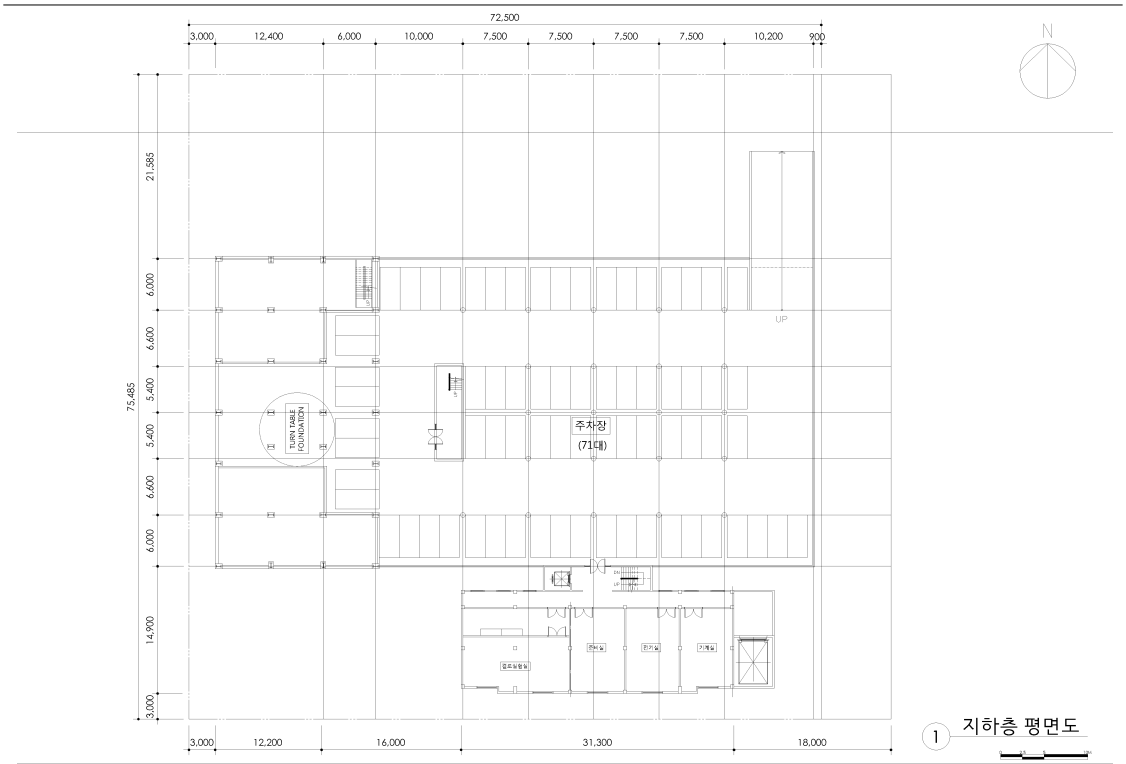
실험시설의 운영방안에 관한 세부내용을 아래와 같이 나타냈다.

구분	세부내용	비고
기본 운영방안	• 전담기관과의 협약을 통해 운영 – 건설연구인프라운영원과 연계 방안 검토 • 실험시설은 유치기관이 독립적 운영 • 운영규칙은 전담기관과 협의에 의해 결정 • 국토교통부 등 정부의 정책방안에 대한 기술지원의 창구 역할	
실험시설의 활용	• 전담기관과의 공유 사용 협력 • 주요 실험결과는 공개 및 공유 (단, KOLAS 사업에 대한 시험결과는 비공개를 원칙으로 함)	세부사항은 전담기관과 유치기관과의 협약을 통해 조정
실험시설 운영 예산 확보 방안	• 국가 R&D 사업의 실험 위탁 및 유치기관의 개별사업(KOLAS 사업 등)을 통해 운영예산 확보 • 국토교통부의 정책 지원사업 관련 예산의 확보	

전체 배치도



주차장 계획



① 지하층 평면도

조감도 1



조감도 2



조감도 3



조감도 4



5장. 사전 타당성 검토

1절. 정책적 타당성

가) 국정과제와의 연계성

○ 국정과제 3번 **창의교육과 문화가 있는 삶**, 16번 **국가 과학기술 혁신역량 강화**, 110번 **생태휴식 공간 확대 등 행복한 생활문화 공간 조성**

○ 본 기획연구는 주거환경에 대한 복합적이고 정량적인 평가가 가능한 실험시설 구축을 통해 쾌적한 주거환경 조성에 이바지 할 수 있음

나) 제4차 국토종합계획 수정계획 (2011-2020)의 연계성

○ 환경기준의 강화에 따라 녹색주택 공급 필요성이 커지고, 주택 및 주거문화에 대한 관심이 지속적으로 확대될 전망

○ 녹색주택 공급 필요성 증대에 따른 녹색건축기술 개발의 주요성과물의 성능평가와 성과물의 현장적용성에 대한 정량적인 성능평가를 위한 실험시설로 활용 가능

다) 국토교통 R&D 발전전략 및 건설교통 R&D 중장기 계획의 연계성

○ 국민생활과 밀착되고 장기비전과 연속성을 가진 주택정책분야 R&D시스템의 구축 필요성 대두

○ 인문·사회적 요소가 결합된 정책형 R&D, 결로·누수방지, 층간소음 개선 등 생활밀착형 R&D의 추진 필요

○ 종합적인 실증실험시설의 구축은 주택의 실내환경과 관련된 원천기술 개발 및 주택성능기준 마련할 수 있는 기술적 토대가 될 뿐 아니라, 실험시설의 건립 후에도 실내환경분야에 대한 기술경쟁력을 선진국 수준으로 끌어올릴 수 있게 되어, 주거용 건물의 실내주거환경이 국민 건강에 미치는 부정적인 영향을 최소화

2절. 기술적 타당성

가) 기술수준 및 역량분석

○ 최고기술보유국 대비 국내 기술수준 및 현황을 정량·정석적으로 파악하여 구축하고자 하는 실험시설별 구축방향 설정에 반영하였음

○ 현재 국내에 운영 중인 연구기관의 실험시설 및 장비현황을 토대로 현재 실험시설의 기술 수준을 나타냄

구 분		실험실 기술수준	
실험동	세부실험시설	최고기술보유국	국내기술수준(%)
실내공기환경 및 결로 실험동	미생물실험실	미국, 일본, 독일	70%
	흡착·흡방습실험실	일본, 독일, 프랑스	80%
	냄새실험실	독일, 프랑스	70%
	정밀분석실험실	미국, 독일, 프랑스	85%
	챔버실험실	일본, 독일, 캐나다	75%
	결로실험실	일본, 캐나다	70%
	환기성능 실험실	일본, 미국, 캐나다	80%
	실증실험실 (Test Bed)	일본, 미국, 독일, 캐나다	30%
음향 실증 실험동	층간소음 및 생활소음	독일, 프랑스, 캐나다	80%
실물 CV 시뮬레이터 실험동	실물 CV 시뮬레이터	일본	(실험시설 없음)
	풍동실험시설	일본, 캐나다	50%

나) 기술개발의 성공 가능성

○ 기획단계의 실험시설별 구축계획안에 대한 기술 수요처와의 유기적 협조체계 구축

- 수요처 : 주택성능품질실험시설 활용을 통해 국가 R&D 기술개발 및 검증을 필요로 하는 대학, 민간 건설업체, 건축자재 생산 중소기업 등에서 활용 가능

○ 분야별 전문가 자문 네트워크를 활용하여 주택성능품질 실험시설 구축기획안에 대한 정량적/정성적인 평가 진행 후 최종안 도출

3절. 경제적 타당성

본 연구에서 구축하고자 하는 주택성능품질실험시설의 경제적 타당성 검증을 위해서는 비용-편익분석(Benefit-Cost Analysis)방법을 적용할 필요가 있다. 이를 검증하기 위해서 국가인프라시설로써의 국가 기술정책 지원, 관련업계 및 국민의 편의성 증진 등의 무형적인 부분은 제외하더라도 다음과 같이 주택성능품질 관련 연구개발 및 인증/시험사업에서 얻어지는 간접적인 편익만을 고려하더라도, 주택성능품질실험시설 구축의 경제성은 충분할 것으로 판단된다.

공동주택 환기기준 마련 및 주택성능등급표시제 시행으로 열회수 환기장치를 중심으로 시장이 확대되고 있으며, 최근 에너지고효율 제품 개발이 활발하게 진행되고 있다. 현재 국내 건물 환기설비 시장은 1조 5000억 원 규모로 이 중 환기시장이 6700억 원을 형성하고 있으며, 2013년부터 일부 지역에서부터 시범적으로 시행된 녹색건물건축물법이 전국적으로 확산 시행되면 이보다 10배 이상이 커질 것으로 예상된다. 에너지절감 환기제품에 대한 도입을 문의하거나 설치 컨설팅을 의뢰하는 건물주와 건축물 관리기관이 증가하는 추세이다. 이에 따라 고객의 다양한 요구와 강화된 실내공기질 기준에 대응할 수 있는 제품 개발에 활용 가능한 실험시설 확보가 필요하다.

결로 방지를 위한 기술 개발 및 시공 전 요소기술(단열간봉, 고성능 유리, 단열재 등) 시장이 확대될 전망이다. 현재, LG하우시스(로이유리, TPS간봉), 이건창호(단열간봉 적용 삼중유리) 등에서 고성능 창호 중심으로 요소기술 시장 확대되고 있다. 대표 건설사의 시범 주택(삼성 Green Tomorrow, 대림 3L House 등)에서 결로 방지를 위한 요소기술 적용되고 있는 건설현장이 확대되고 있다. 결로 방지 성능 개선 기술 중 구조체 단열보강(결로 방지용 단열재 및 몰탈, 결로 보완용 페인트 등)을 위한 기술의 경우, 국내 다수의 업체에서 제품개발 및 판매되고 있다. 이러한 기술들은 성능검증을 통하여 표준 설계시공 기술로서 지속적인 기술개발을 통해 시장의 성장 가능성이 높다. 결로 방지 성능 개선 기술 중 창호 단열보강(단열필름, 단열코팅 등)을 위한 기술의 경우, 자동차, 설비시스템 등 건물 이외의 곳에 적용되던 기술을 건물에 도입한 사례로 지속적인 시장 확대와 기술의 정착을 위해서는 건축물에서의 결로 방지 성능 검증을 위한 실증 실험시설의 활용이 필수적이며, 그 수요 또한 증가할 것으로 예산된다. 결로 방지를 위한 요소기술 중 단열필름의 경우, 자동차나 스마트폰 등에 적용되며 현재 스마트폰의 경우 1천200억원 규

모의 시장을 형성하고 있으며, 약 1조원의 시장 규모를 형성. 건물의 창호 및 벽면 단열 활용 시, 무한한 시장잠재력을 가질 것으로 판단된다.

주택성능품질실험시설의 구축에 따라 대체할 수 있는 국가차원의 예산규모는 다음과 같이 개략적인 산정이 가능하며, 실험시설의 집중화, 성능의 고도화, 시험비용의 저감 등을 통한 전체적인 국내 품질인증 및 시험사업 규모의 증가뿐만 아니라, 다음 그림에서 보는 바와 같이 관련 산업의 점차적인 발전을 고려할 경우, 경제적 타당성은 더 크게 높아질 것으로 사료된다.

○ 실내환경(공기/음/결로/환기 등) 연구개발 투입예산 추정 : 年 약 150억원

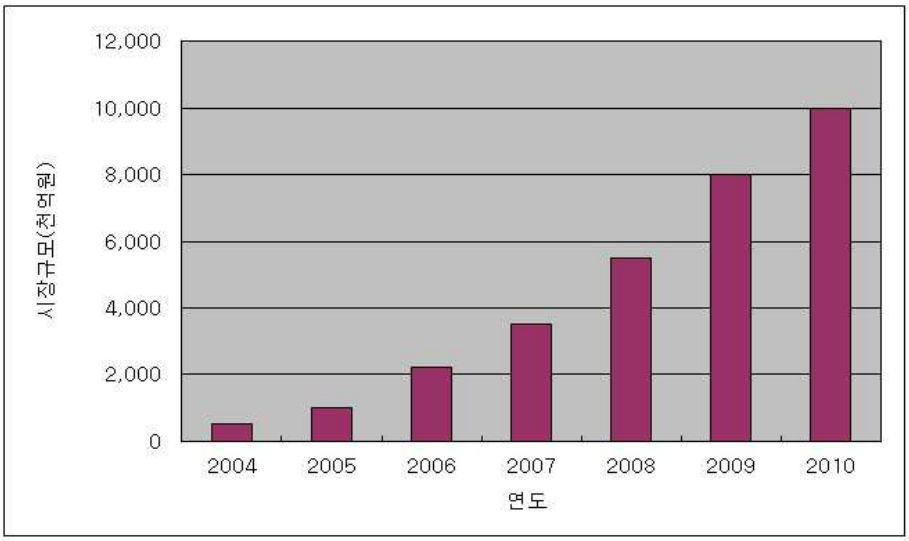
- KAIA : 약 50억원 (총예산 약 5,000억원의 1%)
- KIETI : 약 45억원 (총예산 약 3,000억원의 1.5%)
- 기타 정부 및 민간연구사업 : 약 50억원

○ 품질인증 및 시험사업 시장규모 : 年 약 50억원

- 새집증후군 저감을 위한 실내공기질 종합 성능실험 : 약 10억
- 건축자재의 유해화학물질 방출량 시험 : KACA 인증 약 10억, KIETI 인증 약 5억
- 기능성자재(흡착/흡방습/항균/항곰팡이) 성능시험 : KICT/KCL 약 2억
- 가구 및 가전제품의 오염물질방출량 시험 : KICT/KCL 약 1억
- 결로발생 저감을 위한 방지기술 실험(하/동계 결로, 내부 및 표면결로) : KIER/KICT 약 2억
- 환기(통풍 및 자연환기 성능) : 약 5억 추정
- 기밀성능(창호, 출입문 등) : 약 1억 추정
- 바닥충격음 인정 : LH공사/KICT/KCL 약 3억원
- 차음/흡음성능 : KICT/KCL/KFPA 등 약 10억

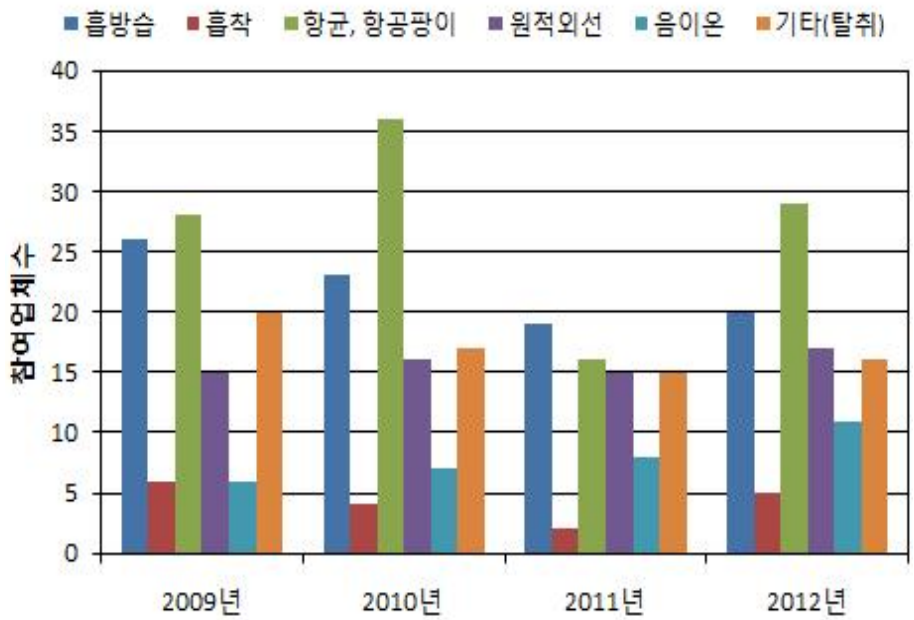
○ 산학 자체 품질시험 시장규모 : 年 약 50억원

- 관련업계 및 대학의 자체 품질관리시험 예산 등 : 약 50억 추정



출처 : 일간석유가스 2009년 5월 25일자
월간설비기술 2006년 3월호
디지털타임스 2005년 9월 14일자 등

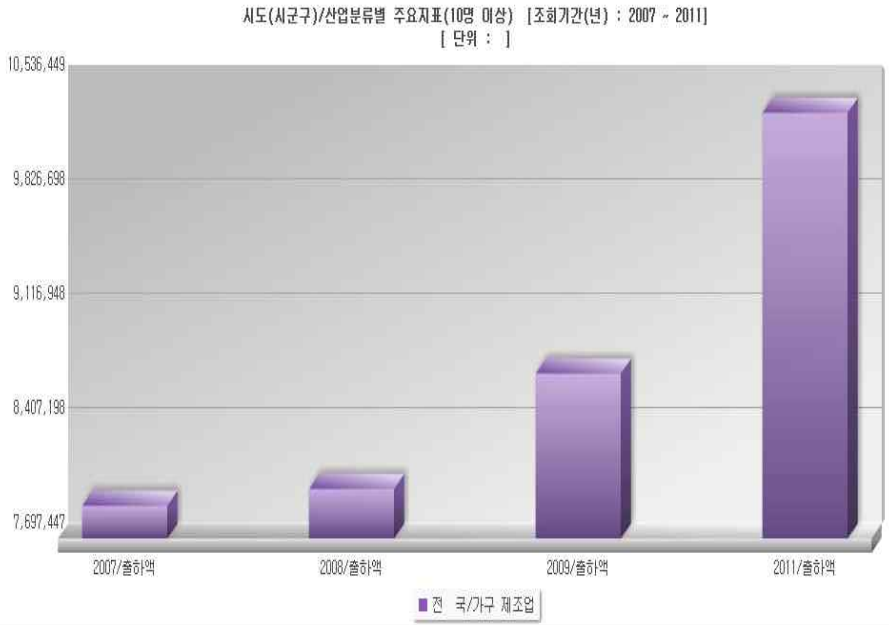
그림 17 환기설비 시장규모의 증가 추세



16)

그림 18 기능성 건축자재 시장규모의 증가 추세

16) 청정건강용 기능성 건축자재 개발 및 관련 기준 정립 한국건설기술연구원, 2013



17)

그림 19 가구제품 시장의 증가 경향

4절. 정부지원의 타당성

가) 국가 상위계획과의 부합성

○ 정부는 저탄소 녹색성장 기본법(법률 제10599호, 2011. 4. 14)의 제2조(정의)에서 “녹색기술이란 온실가스 감축기술, 에너지 이용 효율화 기술, 청정생산기술, 청정에너지 기술, 자원순환 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함한다) 등 사회·경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술을 말한다.” 라고 명시하고 있으며, 제54조(녹색건축물의 확대)를 통해 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물인 녹색건축물의 확대를 규정하고 있음

○ 국토교통부는 “녹색건축물 활성화 추진전략” 에 따라 그린홈 건설 확대를 추진하고 있음. 또한, 공동주택의 에너지성능을 포함한 다양한 주거 환경의 질을 평가하기 위한 “녹색건축물 인증제도” 등을 시행하고 있음

○ 본 연구에서는 이러한 정부정책에 부합하기 위하여 관련 법/제도에 따른 주

17) 친환경 붙박이 가구의 방출량 실태조사 및 성능향상 방안 연구, 한국건설기술연구원, 2012

택의 품질성능을 검증하고 국민생활 체감형 기술정책을 제시할 수 있는 기술기반을 구현할 필요가 있음

나) 정부(국토교통부)지원의 필요성

○ 유해화학물질, 소음, 환기부족, 결로 등으로 인하여 야기될 수 있는 실내환경 문제의 근본적인 해결을 위해서는 통합적인 성능을 검증할 수 있는 국가 인프라차원의 실험시설 구축이 기본적으로 선행되어야 하며, 이를 활용하여 주택의 성능 및 품질을 향상시키고, 관련 기술 개발을 유도함으로써 건강하고 쾌적한 국민생활공간인 주택의 청정화 및 녹색건축 공간으로의 창출에 부응할 수 있음

○ 주택성능품질을 개선하기 위한 기능성 건축자재 등의 원천 기술은 미래유망 기초 기술의 하나로써 관련 제품의 보급이 거의 수입에 의존하고 있는데, 이는 국내 관련 실험시설의 기반이 미비하기 때문이며, 그에 따라 중소업체나 관련 연구자들이 손쉽게 접근하기 어려운 점이 국내 기술발전을 저해하고 있음. 따라서 누구나 손쉽게 이용할 수 있는 공익시설로써 주택성능품질 실험시설을 구축하는 것은 국가의 기술경쟁력 및 국민생활공간의 성능 향상에 책임이 있는 국가가 선도적으로 추진해야 할 문제임. 또한 고가의 실험비용 등에 대한 수입대체효과가 증대할 수 있으며. 또한, 고성능의 실험시설을 구축함으로써 국내 관련시장을 활성화하고 기초기술의 확대보급에 기여할 수 있음

○ 주택 실내환경에서 유해환경 인자를 적극적으로 개선하여 국민의 삶의 질 향상에 기여할 수 있는 주택품질성능실험시설의 구축은 사회 경제적 비용의 절감, 국민복지 및 건강 향상 및 관련 산업발전의 차원에서 절실히 요구됨. 이러한 필요성에 대해 민간차원에서 소극적으로 대처할 경우, 주택의 품질과 성능을 향상시키기 위한 국내 기술개발의 경제성 저하가 우려되므로 국가차원에서 신성장 동력 개발의 일환으로 지원이 이루어져야함

5절. 전문가 자문의견 수렴

산학연 전문가를 대상으로 서면 자문의견 및 자문회의 개최를 통해 다음과 같은 의견을 반영하였다.

○ 실험시설 구축 목표 및 내용의 적절성

구 분	자문의견서	비 고
전문가 A	• 거주공간 및 생활 수준에 대한 거주자들의 기대치 상승에 따라 주택성능 품질에 대한 요구 수준 및 다양성이 날로 확대되어 가고 있으므로, 본 기획과제의 목표인 '주택성능품질 확보를 위한 국가인프라 성능실험시설의 구축 및 운영방안 제시' 는 타당하게 설정된 것으로 판단됨	기반영
전문가 B	• 주택성능품질에 영향을 미치는 주요 하자 요소로는 결로, 소음, 실내공기질, 균열, 누수 등이 있음. 이들 요소의 저감을 위해 실증 실험시설을 구축하고 성능을 검증하여 품질을 표준화 하고 제도를 개선하는 목표와 내용은 적절한 것으로 판단됨	기반영
전문가 C	• 국민 생활수준이 향상됨에 따라 주택성능에 대한 요구수준이 증대되는 점을 고려할 때, 본 기획연구에서 계획한 소음진동, 실내공기환경 및 결로, 실물 CV시뮬레이터 실험동 및 실증세대 구성은 매우 적절하게 계획이 수립되었음	기반영
전문가 D	• 주택성능 및 품질 확보(검증)에 필요한 인프라구축은 매우 중요하고 시의 적절하며, 목표 및 구성 등 내용은 적절하다고 판단됨	기반영
전문가 E	• [비전] 장기적인 비전 제시가 중요, 현재 국민 삶의 품질 표준화 및 개선은 오히려 전략에 가까움. 비전이라 함은 보다 큰 틀에서 장기적으로 달성할 수 있는 것이므로 예를 들면 "세계 최고 수준의 생활밀착형 실내 주거환경 평가를 위한 시설 구축" • [목표] 적절한 것으로 판단됨 • [전략] 국가 지원 사업으로 연구, 산업, 교육 등의 활용을 생각한다면 연구, 사업의 연계는 충분해 보이나 교육(전문가, 일반인 등) 활용에 대한 전략이 없음	기반영 기반영 반영 검토중 (진흥원협의 필요)
전문가 F	• 주택성능품질 향상을 위한 국가적 차원의 실험시설확보가 필요함 • 쾌적한 주거환경 구현 및 개선 방안 등 국가 정책 및 제도의 기술적 타당성확보를 위한 장기적인 실험시설 운영 계획 수립이 요구됨	기반영
전문가 G	• 주거환경 개선을 목적으로 구축되는 실험시설이므로 발생될 수 있는 다양한 건축환경문제에 대응한 대상 항목 및 실험실의 구축계획 수립이 필요하며, 향후 확장성이 고려되어야 함	기반영

○ 실험시설 구축계획(세부 실험시설별)의 타당성

– 각 실험시설의 세부 실험실 유형 및 규모에 대한 의견

실내공기환경 및 결로 실험동

구 분	자문의견서	비 고
전문가 A	• 결로 문제는 거주자가 직접 느끼고 눈으로 확인이 가능한 부분으로, 기밀화 및 물을 많이 사용하 는 현대인의 생활 습관을 고려할 때 특히 중요한 실험시설인 것으로 판단되며, 문, 벽체 구성부위, 창호 등 다양한 부위의 결로발생 실험이 가능하도록 적절히 구성된 것으로 판단됨	• 기반영
전문가 B	• 공동주택 결로의 주요 발생부위는 발코니, 외기직면 세대 현관문, 대피공간 방화문, 창문, 지하공간 승강기 홀 및 계단실 임. 실험실 계획에서 외기직면 세대 현관문, 지하공간 등에 대한 실험시설이 누락된 것으로 사료됨	• 기반영
전문가 C	• 건축자재 흡•방출량 시험, 환기시스템 성능평가 및 세대단위 IAQ평가를 위한 실험실 계획이충실하게 기획되었음 • 건축물의 바닥 - 벽(창호) – 천정 등을 포함하는 실증규모 결로실험이 가능한 수준으로실험동 규모를 일부 확대할 필요가 있음	• 기반영
전문가 D	• □결로측정을 비롯하여 실내공기환경을 평가할 수 있는 실험실을 모두 갖추고 있음 • □규모 및 배치가 적정함	• 기반영
전문가 E	• 챔버 실험실에 대한 중복성이 문제가 될 수 있음 • 실 단위에서의 실험실은 타당하게 생각되나 실간, 층간에서의 오염물질, 습기이동, 연돌효과 등의 해석을 할 수 없음. 5층 규모로 다소 어려움이 있을 수 있으나 적극 고려 필요함 • 대부분 물리적 실험에 집중되어 있으나 피험자 실험을 할 경우에 대한 대비 부족. 최소한 항온, 항습이 가능하고 피험자 실험이 가능하고 기타 실험과의 비교실험이 가능한 공간 확보 필요	• 미반영(수요증가) • 미반영 • (20층 규모 필요) • 기반영
전문가 F	• 장기적인 실험실 운영계획 수립을 통해 다양한 건축자재의 부재단위실험과 복합적으로 적용된 부재들의 실내공기환경에 대한 기여도를 도출할 수 있는 실증실험실의 운영이 필요함	• 기반영
전문가 G	• 개별 부재 실험실과 별도로 다양한 공동주택 평면에 대한 실증실험의 확장성이 고려되어야 함	• 기반영

음향 실증 실험동

구 분	자문의견서	비 고
전문가 A	• 바닥충격음 실험시 일반적인 중량, 경량 충격음 실험 외에 청소기 가동 시 하부 세대의 소음 전달 실험 등 일상 생활소음에 대한 평가 실험도 같이 이루어질 수 있도록 하는 것이 바람직함 • 고가수조가 옥상에 있을 경우, 최상층 세대의 펌프 가동 등에 의한 소음도 평가할 수 있어야 함	• 기반영
전문가 B	• 당해층 배관의 시공성을 평가할 수 있는 방안 검토 필요	• 기반영
전문가 C	• 엘리베이터, 벽체차음 및 화장실소음(배관, 공기전달음) 등 건축물의 음환경 평가 및 시험을 위한 제반 실험계획이 충실하게 계획되었음	• 기반영
전문가 D	• 슬래브 두께를 다르게 설계한 것은 잘 검토함 것임. 소형 평면 중심으로 되어있어 중량 충격음 진동에 대한 큰 거실의 거동을 예측하는 것에 제약이 있을 수 있음(부지 제약으로 생각)	• 기반영
전문가 G	• 공동주택의 다양한 형태를 실험하기에 정형화된 형태의 실증 실험동의 구축보다 다양한 공동주택 형태를 반영 할 수 있는 장기적인 실험계획의 수립을 통해 다변화되는 공동주택의 층간소음 및 생활소음, 외부소음에 대한 검증 계획이 필요함	• 수정 반영

실물 CV시뮬레이터 실험동

구 분	자문의견서	비고
전문가 C	• 실물 주거 단위세대를 대상으로 한 환기성능 및 외피 기밀성능 등을 수행하기 위한 실증 실험실로서 해외에도 사례가 많지 않은 차별적인 시설임 • 기존에 제한적인 풍동 실험 및 수치해석에 의존하던 상황에서 보다 실질적인 성능평가가 가능할 것이며, 이를 기반으로 제도/법규 정립에 활용될 수 있을 것임	• 기반영
전문가 D	• 세계적으로 몇 안 되는 국가에서만 보유하고 있는 것이므로 활용이 기대됨	• 기반영
전문가 E	• 현재 평면으로는 CV를 적절하게 측정할 수 있는 기자재가 들어갈 수 있는지 확인할 수 없지만 적절하게 보이지 않음 • 발생 기류의 품질에 대한 기술이 없어 판단할 수 없지만, 기류 발생 및 제어실에 3억원 비용은 너무 작아 보임(기류 발생 시 풍속분포, 난류 성능에 대한 기준 필요)	• 기반영 • 기반영(시설 구축비에 포함)

○ 세부 실험시설 별 주요 장비 구축 계획에 대한 의견

구 분	자문의견서	비 고
전문가 B	• 결로 관련 실험시설에는 습도조절 장치 필요 • 발코니 및 대피공간 결로저감 실험을 위해서는 3차원 풍향풍속계 필요	• 기반영
전문가 C	• 실내공기환경 및 결로실험동, 음향실증실험동 및 실물 CV시뮬레이터 실험동에 소요되는 주요장비 계획이 충실하게 계획되었음 • 다만, 음향실증실험동의 경우 인텐시티프로브 등 일부 측정장비의 추가계획도 바람직할 것임	• 기반영 • 반영예정
전문가 D	• 관련규격 장비 모두 잘 검토되었다고 생각됨 • 대형챔버의 상대습도를 ±0.1%로 설계할 것으로 보이는데 매우 어려운 제어조건임. ±1%도 어려움. 설비업체와 협의 필요	• 기반영 • 수정반영

○ 주택성능품질실험시설의 계획안에 대한 종합의견

구 분	자문의견서	비 고
전문가 A	• 공간 또는 예산이 부족할 경우, 전체 세부실험실을 한꺼번에 다 건설하는 것보다 우선순위에 의한 중요도에 따라 실험시설을 순차적으로 짓는 것을 고려해 볼 만함. 실험시설 개수 및 종류보다도 꼭 필요한 시설을 정확한 실험이 가능한 수준으로 계획하는 것이 보다 중요하다고 판단됨	기반영
전문가 B	• 주택성능품질 향상은 곧 하자발생의 최소화이며 하자 원인 요소로서 가장 발생빈도가 높은 요소는 결로와 층간 소음임 • 실험시설 계획안에서 결로 및 소음을 위한 실험시설의 확충이 필요함	기반영
전문가 C	• 본 기획연구에서 계획한 소음진동, 실내공기환경 및 결로, 실물 CV시뮬레이터 실험동 및 실증세대 구성은 매우 적절하게 계획이 수립되었음 • 특히 실물 CV시뮬레이터 실험동 등은 기존에 제한적인 풍동실험 및 수치해석에 의존하던 상황에서 보다 실질적인 성능평가가 가능할 것이며, 제도/법규 정립에 활용될 수 있을 것 임 • 주택성능품질 실험시설이 구축되는 경우, 건설분야의 국가적 기술력 제고는 물론 삶의 질을 향상시키는 요소기술개발, 보급에 크게 기여할 수 있을 것임	기반영 기반영 기반영
전문가 D	• 1차년도 기본설계, 실시설계 단계가 가장 중요하다고 생각하므로 다양한 분야의 전문가와 많은 상의가 완성도를 높일 수 있다고 생각됨 • 전체적인 계획안 모두 잘 기획되어 있음	기반영 기반영

전문가 E	• 특별히 문제가 없어 보이나 물리적 실험과 함께 피험자 실험도 고려. 실단위 실험과 함께 실간, 층간 실험에 관한 계획도 고려 필요 • 기류 발생에 관한 부분이 명확하지 않고, 예산 부분도 적절하지 않은 것으로 판단됨 • 실험의 구성, 기자재 구성 및 설계 부분은 구체적으로 잘 계획된 듯함 • 인증시험과 산업계에 대한 기여뿐만 아니라 인력양성, 교육부분의 보완이 필요함	기반영 기반영(시설구축비에 포함) 기반영 반영 검토중
전문가 F	• 구체적인 국가 주택 정책 및 제도지원을 위한 장기 실험시설 운영계획이 요구됨	기반영
전문가 G	• 기존 실험시설의 활용방안 및 국가 인프라실험시설로서 활용되는 부분에 대한 계획이 필요함	기반영

6장. 주택성능 품질 실험시설 구축 추정예산

1절. 전체 사업 소요 예산

주택성능품질실험시설 구축을 위한 국가연구개발 연구사업의 필요한 기간 및 소요예산은 다음과 같다.

○ 총 사업기간 : '14 ~ '18 이후 (5년)

○ 실험시설 구축 총괄 예산안 (17,500백만원(정부출연금))

총연구비 (백만원)	직접비(백만원)			간접비 (백만원)	비고 (기타의견)
	인건비	연구장비·재료비	기타[1)]		
17,500	950	15,050	350	1,150	총연구비의 간접비율 6.6%

1) 기타 : 연구활동비, 연구과제추진비, 연구수당, 위탁연구개발비를 포함

○ 연차별 연구예산 (정부출연금 기준)

(단위 : 백만원)

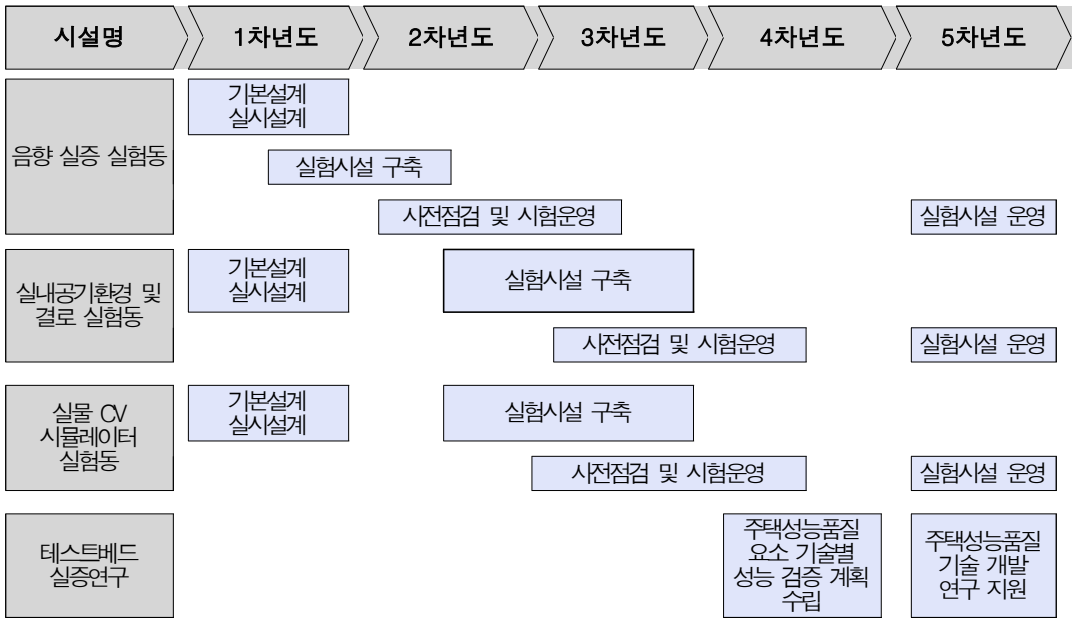
계	’14	’15	’16	’17	’18이후	계
정부	2,000	4,000	5,500	3,500	2,500	17,500
민간	미정	미정	미정	미정	미정	–

○ 2014년 연구예산(안) (정부출연금 기준)

항목	비목 \ 연도		2014년		
			내용	금액 (천원)	비율
직접비	인건비		참여연구인력 6명	180,000	9.0
	소계			180,000	9.0
	연구장비·재료비		주택성능실험시설 설계비	547,410	27.4
			음향실증실험동 공사비	1,000,000	50.0
			음향실증실험동 장비 구축비 (1차)	200,000	10.0
	연구활동비		회의비, 정산수수료등	11,000	0.5
	연구과제추진비		국내여비 등	11,000	0.5
	연구수당		인건비의 10%	18,000	0.9
	소계			1,787,410	89.4
	위탁연구개발비				
간접비			직접비(연구장비재료비 제외)의 15%	32,590	1.6
연구개발비총액		현금		2,000,000	100.0
		현물			
		총액		2,000,000	100.0

2절. 실험시설 구축 로드맵

주택성능품질실험시설 건축 및 장비구축과 사전점검 및 시험가동 등 로드맵은 아래와 같다. 각 실험시설의 기본설계 및 실시설계 후 각 개별실험동의 건축이 진행된다. 실험시설의 완공 이전에 각 실험동 별 세부 실험실의 필요한 실험장비 구입 및 사전 점검이 진행된다. 구축된 장비는 표 66의 예시와 같이 KS, ISO 등 해당 실험시설의 시험분야 별 주요 시험 규격에 따라 정도관리(불확도 검증, 시험소간 비교시험 등)를 위한 시험운영을 실시하여 실험시설의 객관성 및 신뢰성 확보할 수 있을 것으로 판단된다.



○ 실험시설 구축 대상 후보지

주택성능품질실험시설 구축 대상 후보지는 실험시설의 대상 부지가 확보되어 있고, 실험시설을 활용하고자 하는 대학 및 기업체에서 접근이 용이한 수도권에 위치한 정부출연기관, 대학 등으로 한정하여 진행하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

○ 실험시설 별 주요 시험방법

실내공기환경 및 결로 실험동, 음향실증실험동, CV시뮬레이터 실험동은 KS, ISO, JIS, ASTM등 주택성능품질 관련 국내외 규격의 실험이 가능한 실험시설이 되어야 하므로 각 실험시설의 해당규격을 아래와 같이 조사하였다.

3절. 세부 실험실별 소요예산

1. 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로 실험동

실내공기환경 실험동에 필요한 세부 실험실과 측정기자재 및 이를 구축하기 위하여 필요한 소요예산(안)은 다음과 같다.

표 67 실내공기환경 및 결로 실험동 소요예산

세부내용	소요예산 (억원)	비고
실험동 설계/공사비	30	
측정 기자재 구입비	40	
내부시설비	5	냉난방기, 기본실험기기 등
시험운용비	2	시험가동을 위한 재료비 등
합계	77	

표 68 실내공기환경 및 결로 실험동 필요시설 및 측정장비

세부실험실	소요예산 및 구축순위		측정 기자재 (주요 실험장비)
	예산(억원)	순위[주1,2]	
미생물 실험실	3	3	항균 및 항곰팡이 측정장치, UPS, 항온항습장치 등
흡착·흡방습 실험실	3	2	흡착 및 흡방습 성능 측정장치, UPS, 항온항습장치 등
냄새 실험실	3	3	CLIMPAQ, UPS 등
결로 실험실	5	1	온습도 및 기류 센서, Thermography
정밀 분석실	9	1	GC/MS-ATD 및 HPLC 각 2대, SVOC 측정 및 분석시스템, UPS 등
챔버 실험실	10	1	대형(24 m^3), 중형챔버(1 m^3, 5 m^3), 소형챔버(20 L), UPS등
실증 실험실	2	2	온습도센서, 샘플링 펌프, 열전대, 유량계, 데이터로거
환기성능 실험실	3	2	자연환기설비 성능측정장치, 챔버유량계, 압력계 등
시험체 보관실	1.5	-	항온항습장치 등
기계 및 전기실	0.5	-	-
합 계	40		-

주 1) 국내 건설시장의 시험 수요 반영
주 2) 국내 운영 중인 인증제도 관련 시험항목 우선 반영

표 69 실내공기환경 및 결로실험동 소요공사비

(단위:원)

품명	재료비	노무비	경비	합계	비고
1. 건축공사	877,424,400	808,606,800	34,408,800	1,720,440,000	
2. 토목공사	26,322,732	24,258,204	1,032,264	51,613,200	대지구입비 제외
3. 기계,설비공사	263,227,320	242,582,040	10,322,640	516,132,000	실험장비비 제외
4. 전기공사	175,484,880	161,721,360	6,881,760	344,088,000	-
5. 기타공사	119,914,668	110,509,596	4,702,536	235,126,800	-
6. 실시설계비	-	-	-	132,600,000	
합계	1,462,374,000	1,347,678,000	57,348,000	3,000,000,000	-

2. 음향 실증실험동

음향 실증실험동은 아래와 같은 세부 실험실과 측정기자재로 구성되며, 이를 구축하기 위하여 필요한 소요예산(안)은 다음과 같다.

표 70 음향 실증실험동 소요예산

세부내용	소요예산 (억원)	비고
실험동 설계/공사비	10	
측정 기자재 구입비	10	
내부시설비	2	냉난방기, 기본실험기기 등
시험운용비	3	시험가동을 위한 재료비 등
합계	25	

표 71 음향 실증 실험동 필요시설 및 측정장비

세부실험실	소요예산 및 구축순위		측정 기자재 (주요 실험장비)
	예산(억원)	순위[주1,2)]	
단위세대 실험실 (탑상형 평면)	1.5	1	급수압조절장치 (급수소음평가)
	7.5	1	주파수 분석기 (소음측정/진동영향 평가용 다채널 분석기)
	0.5	2	시료운반용 리프트 (중량시료 수직 운반)
폐기물 야적 시설	0.5	-	콘크리트 등의 시공 후 처리할 수 있는 시설(잔여물 양생 후 처리 등)
합 계	10		

주 1) 국내 건설시장의 시험 수요 반영
주 2) 국내 운영 중인 인증제도 관련 시험항목 우선 반영

표 72 음향 실증실험동 소요공사비

(단위:원)

품명	재료비	노무비	경비	합계	비고
1. 건축공사	301,960,000	278,277,600	11,841,600	592,080,000	
2. 토목공사	7,590,330	6,995,010	297,660	14,883,000	대지구입비 제외
3. 기계,설비공사	75,900,240	69,947,280	2,976,480	148,824,000	실험장비비 제외
4. 전기공사	50,639,430	46,667,710	1,985,860	99,293,000	-
5. 실시설계비				144,920,000	-
합계	436,090,000	401,887,600	17,101,600	1,000,000,000	-

3. 실물 CV 시뮬레이터 실험동

실물크기의 단위세대 환기 및 기밀성능 실험을 위한 CV시뮬레이터 실험동은 아래와 같은 세부 실험실과 측정기자재로 구성되며, 이를 구축하기 위하여 필요한 소요예산(안)은 다음과 같다.

표 73 실물 CV 시뮬레이터 실험동 소요 예산

세부내용	소요예산 (억원)	비고
실험동 설계/공사비	55	
측정 기자재 구입비	9	센서류 등
시험운용비	1	시험가동을 위한 재료비 등
실험용 자재보관실	3	시험체 및 재료 보관
성능실험시설 행정 운영비용	5	센터 운영 및 CI system 구축비
합계	73	

표 74 실물 CV 시뮬레이터 실험동 필요시설 및 측정장비

세부실험실	소요예산 및 구축순위		측정 기자재 (주요 실험장비)
	예산(억원)	순위	
Test room[주1)]	50	1	3차원 풍향풍속계 15개
기류발생 및 제어실	3	1	기류발생 팬, 기류가시화장치 등
모니터링실	1.5	2	분석용 모니터링 장비 등
실험용 자재보관실	0.5	2	
행정업무지원시설	5	2	
합 계	60		

주 1) CV시뮬레이터 장비 구축의 경우 건축과 전기, 설비공사에 일부 장비가 포함됨

표 75 실물 CV 시뮬레이터 실험동 소요공사비

(단위:원)

품명	재료비	노무비	경비	합계	비고
1. 건축공사	1,632,767,090	1,504,706,926	64,030,082	3,201,504,098	
2. 토목공사	48,983,013	45,141,208	1,920,902	96,045,123	대지구입비 제외
3. 기계,설비공사	489,830,127	451,412,078	19,209,025	960,451,230	실험장비비 제외
4. 전기공사	326,553,418	300,941,385	12,806,016	640,300,820	-
5. 기타공사	223,124,352	205,624,403	8,749,975	437,498,729	-
6. 실시설계비				164,200,000	
합계	2,721,258,000	2,507,826,000	106,716,000	5,500,000,000	-

7장. 요약 및 결론

1. 주택성능품질 실험시설의 구성

- 실내공기환경실험실(IAQ) 및 결로 실험동 : 실내 발생 유해오염물질 제어 및 환기설비 성능, 결로 관련 주택성능품질(공기환경)실증실험실 및 요소기술 성능실험시설 구성
- 음향 실증 실험동 : 공동주택을 모사한 실험시설을 구축하여 층간소음 및 생활소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설
- 실물 CV 시뮬레이터 실험동 : 실물 주거 단위세대를 대상으로 환기 성능 및 외피 기밀성능 등 건물 냉방 부하저감의 정량적 평가를 위한 실증 실험실

2. 주택성능품질실험시설 운영 방안

주택성능품질 실험시설은 건설인프라운영원의 기존에 구축된 6개의 대형실험시설과 공동 활용 네트워크를 구축, 연계하여 3개 실험시설의 운영 및 지원을 담당하게 된다. 운영센터는 전담기관과의 협약을 통해 건설인프라연구원의 타 실험시설과 공동 운영하며, 구축된 실험설비의 공유 활용에 대한 업무를 담당하게 된다. 또한 국토교통부 등 정부의 제도 및 정책방안에 대한 직접적인 기술지원의 창구 역할을 하게 된다.

실험시설의 운영방안에 관한 세부내용을 아래와 같이 나타냈다.

구분	세부내용	비고
기본 운영방안	• 전담기관과의 협약을 통해 운영 – 건설연구인프라운영원과 연계 방안 검토 • 실험시설은 유치기관이 독립적 운영 • 운영규칙은 전담기관과 협의에 의해 결정 • 국토교통부 등 정부의 정책방안에 대한 기술지원의 창구 역할	
실험시설의 활용	• 전담기관과의 공유 사용 협력 • 주요 실험결과는 공개 및 공유 (단, KOLAS 사업에 대한 시험결과는 비공개를 원칙으로 함)	세부사항은 전담기관과 유치기관과의 협약을 통해 조정
실험시설 운영 예산 확보 방안	• 국가 R&D 사업의 실험 위탁 및 유치기관의 개별사업(KOLAS 사업 등)을 통해 운영예산 확보 • 국토교통부의 정책 지원사업 관련 예산의 확보	

8장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서(RFP)

<table>
<tr><th>연구과제명</th><th>주택성능품질 실험시설 구축 연구</th></tr>
<tr><td colspan="2">1. 연구개발 목표</td></tr>
<tr><td colspan="2">○ 주택성능품질 확보를 위한 국가인프라 실험시설의 구축과 운영방안 제시

【 주택성능품질 실험시설 】
① (음향실증실험동) 공동주택을 모사한 실험시설을 구축하여 층간소음 및 생활소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설
② (실내공기환경(Indoor Air Quality 및 결로실험동) 실내공기환경 및 결로 실험시설은 녹색건축물 건설시 요구되는 요소기술의 하나인 친환경 건축자재 성능평가, 실내오염물질 저감방안 검증 및 결로 방지 성능 등 개별 요소기술의 평가 및 종합성능 평가를 수행하기 위한 실험시설
③ (실물 CV시뮬레이터(Cross Ventilation simulator) 실험동) 실물 주거 단위세대를 대상으로 환기 성능 및 외피 기밀성능 등 건물 환기부하 저감의 정량적 평가를 위한 실증실험실</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. 연구개발 필요성 및 기술동향</td></tr>
<tr><td>□연구개발의 필요성</td><td>○ 국내 주택 보급률이 높아지고 생활수준이 향상되면서 주거환경에 대한 관심 증가로 인한 각종 소음/진동, 실내공기질, 결로 등 생활밀착형 주거환경 관련 민원의 증가
○ 주거환경에 대한 성능 및 품질 검증을 위한 R&D가 상대적으로 미흡하여 국민 삶의 질 향상을 도모하기 위한 생활밀착형 실내주거환경의 품질표준화 및 개선방안 제시가 시급
○ 근본적인 주택성능품질 개선을 위해서는 소음/진동, 결로, 새집증후군(실내공기질 및 환기) 등에 대한 요소기술별 성능 검증과 더불어 종합적인 품질을 판단할 수 있는 국가인프라 실험시설의 구축과 공공운영기관(센터)의 설립이 시급함</td></tr>
</table>

□ 기술동향

○ 국내 관련시설 구축동향

- 국내 주요 국공립 연구기관, 대학, 민간연구소 등에 대한 분석결과 대부분 주택성능품질에 대한 개별적인 성능 실험시설 및 장비만을 일부 구축하고 있는 것으로 나타남
- 각 기관별 성격에 따라 실내공기질, 음향, 결로 등 주로 연구개발에 활용되는 실험시설 및 장비가 차이가 나타났으며, 일반 건설업체의 경우 해당업체의 건설현장에 적용하기 위한 기술개발 위주로 실험실이 운영되고 있음
- 대형실험시설의 경우 풍동 실험시설은 3곳, 실증실험시설은 4곳에 보유하고 있으나, 풍동실험시설은 교량 및 건축물의 풍압 하중에 대한 연구개발을 목적으로 구축된 축소모형 실험시설이며, 민간건설업체에서 보유한 실증실험시설은 공동주택의 냉난방 에너지 절감을 위한 연구개발을 목적으로 구축된 실험시설임
- 따라서 국내의 경우, 국가인프라 실험시설로써의 종합적인 주택성능품질 실험시설이 매우 미흡한 수준임

○ 주요 선진국의 관련시설 구축 동향

- 독일, 프랑스, 스위스, 미국, 일본, 캐나다의 국공립연구기관은 건축분야의 개별적인 주택성능평가를 위한 실험시설이 구축되어 있었으며, 일본, 캐나다, 독일의 경우는 통합적인 성능평가가 가능한 실험시설도 보유하고 있음
- 국외의 실험시설 중 본 연구사업의 목적과 가장 유사한 실험시설은 일본의 BRI와 캐나다의 NRC-IRC에서 보유하고 있는 실험시설인 것으로 판단됨
- 특히, 일본 BRI와 캐나다 NRC의 경우, 국가정책 지원을 위한 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 주택분야의 다양한 개별기술 평가 실험시설과 복합적인 성능평가를 통한 정책 및 제도 지원을 위한 실증실험시설로써 운영중임

- 또한, 미국 LBNL의 경우 본 연구에서 구축하고자 하는 실험시설의 목적과 유사한 실험시설로서 가변형 구조를 통해 다양한 실내환경실험이 가능한 FLEXLAB을 2013년 후반기에 구축하여 운영중임

3. 연구개발내용

○ 주택성능품질 실험시설 구축

- 미래 기술수요와 향후 확장성을 고려한 실험시설별 실시설계
- 세계 최고 수준의 생활밀착형 주택성능품질 시험시설 구축
- 실제 생활밀착형 요소기술의 성능 검증이 가능한 Test-bed 구축

주택성능품질실험시설 구축 기획(안)

실험시설명	규모 (연면적)	주요 실험실명
음향 실증실험동	지상 5층 (1,400 m^2)	-단위세대 실험실 -급배수소음 실험실 -외부소음 실험실
실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로실험동	지하 1층 지상 5층 (2,400 m^2)	-미생물 실험실 -흡착·흡방습 실험실 -냄새 실험실 -결로 실험실 -정밀 분석실 -챔버 실험실 -환기성능 실험실 -주택성능 실증실험실 (Test-bed, 84 m^2 6세대)
실물 CV 시뮬레이터 (Cross Ventilation simulator) 실험동	지상 3층 (2,100 m^2)	-Test room -기류발생 및 제어실 -모니터링실

※ 상기 실험시설의 구축 계획은 지원기관에 따라 변경 가능

○ 실험시설 운영방안 및 정책 지원 방안 등의 제시

- 주택성능품질 실험시설 세부운영방안 제시

- 주택과 관련된 제반 생활밀착형 요소기술의 성능 검증 및 세부 성능시험방법의 표준화 방안 마련
- 주택성능 및 품질 관련 정책 및 제도지원 방안 제시
- 주택성능품질실험시설관련 산학연 연구지원 및 교육 방안 제시

4. 연구개발 추진방법

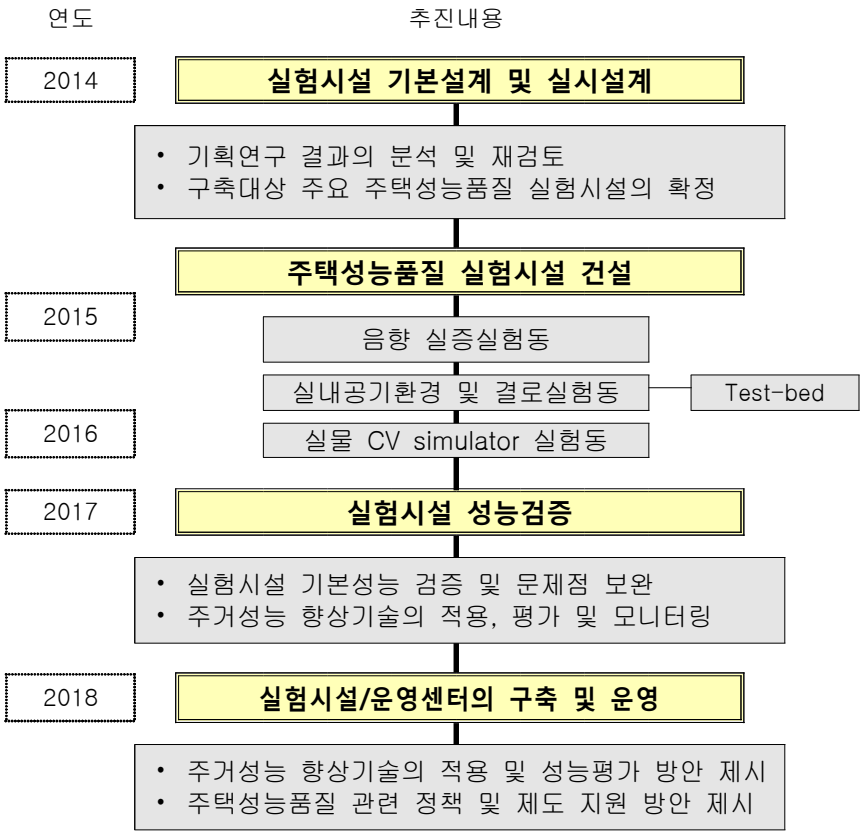
□ 추진체계

○ 달성 가능한 연구 목표를 정량적으로 제시
(예; 기존 국외 실험시설 대비 00%, 국내 실험시설 대비 00% 수준의 성능 향상 등)

○ 세부과제별 특성을 고려하여 연구내용의 연구기간 차별화
- 연구과제가 연구 기간 내 수행될 수 있도록 연구일정 및 추진계획 수립

○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 구체적으로 제시

○ 연구개발 추진 체계 및 내용 예시



□ 추진전략

○ 기획연구 결과의 타당성 검증 및 실제 구현을 통하여 선진화된 주택성능품질 실험시설의 구축
- 제시된 실험시설 및 요구사양의 타당성 재검증
- 주택성능품질 실험에 대한 표준화(실험방법 및 대상범위)
- 기획연구 결과로 도출된 주택성능품질 실험시설의 구축

○ 국가인프라 실험시설 등과의 연계 추진
- 구축된 실험시설의 효율적 운영 및 유지관리 방안 제시
- 건설연구인프라운영원과의 구체적인 연계방안 제시
- 기술수요기관(중소기업, 학교 등)의 요구사항 등 의견수렴을 통한 활용성 증대 및 국가 기술경쟁력 향상방안 도출

○ 선진국 유사 시험시설의 구축 및 운영시스템 모니터링
- 유사 실험시설의 보유 및 운영중인 선진국 관련 연구/시험기관과의 국제교류/협력체계 구축
- 선진화된 주택성능품질 실험시설 운영시스템의 개발

○ “주거복지 구현을 위한 생활밀착형 주거성능 향상기술 개발” 연구사업과의 체계적인 연계 방안 제시
- 공동주택의 생활소음 저감 기술의 평가 및 검증
- 주택 실내공기질 개선 기술의 현장 적용성 평가
- 주택의 결로방지 및 예방기술의 성능 및 효과 검증

○ 구축된 실험시설의 향후 구체적인 운영방안 제시
- 주택정책 및 제도와의 연계, R&D 활용성 등을 포함하는 운영방안 제시
- 에너지절약적이고 지속가능한 실험시설의 유지관리방안 제시

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

□ 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로실험동

○ 지상 5층 지하 1층 규모의 실험시설로 그린홈 건설시 요구되는 요소기술의 하나인 건축자재 성능평가, 오염물질저감성능 검증, 결로방지성능 평가 등을 수행하기 위한 실험시설

세부실험실	사용용도	수용 기자재 (주요장비)
미생물실험실	실내 발생 미생물의 제어 성능 분석	- 항균 및 항곰팡이 측정 장치 - 청정공기 공급장치
흡착·흡방습 실험실	오염물질 흡착 및 흡방습 성능 실험	- 흡착 챔버 - 흡방습 챔버

냄새실험실	실내 냄새 분석 및 제어성능 평가	- CLIMPAQ - 클린벤치
정밀분석실험실	유해화학물질 정밀분석	- GC/MS-ATD - HPLC
챔버실험실	건축자재, 전자제품, 가구류의 오염물질 방출 성능 실험	- 대형 챔버(24 m^3) - 중형 챔버(5 m^3, 1 m^3) - 소형챔버(20 L)
실증실험실	실내공기 오염물질 실증실험 및 환기부하 성능 평가	- 온습도센서 - 열전대 및 데이터로거 - 유량계
결로실험실	결로방지성능 분석	- 온습도 및 기류 센서 - Thermography
환기성능 실험실	자연/기계환기설비 성능평가 실험	- 자연환기설비 성능측정 챔버 - 유량계 및 압력계

○ 음향 실증실험동

: 공동주택을 모사한 실험시설을 구축하여 층간소음 및 생활소음에 대한 객관적인 성능평가 및 복합적인 소음 및 진동에 대한 평가가 가능한 실험시설

세부실험실	사용용도	수용 기자재 (주요장비)
바닥충격음 실험실	층간소음 및 진동 저감 성능 평가	- 뱅머신, 테핑머신, 마이크로폰, 엠프, 프리엠프 - 무지향성/지향성스피커 - 충격력 측정기 - 음향계측시스템(Symphony) - 주파수분석기(소음측정/진동 영향 평가용 다채널 분석기) - 급수압조절장치 등
급배수소음 실험실	생활발생 급배수 소음 제어 성능 평가	
외부소음 실험실	외부소음원 으로부터 소음·진동 제어	

○ 실물 CV 시뮬레이터(Cross Ventilation Simulator) 실험동

: 실물 주거 단위세대를 대상으로 환기 성능 및 외피 기밀성능 등 건물 환기부하 저감의 정량적 평가를 위한 실증실험실

세부실험실	사용용도	수용 기자재 (주요장비)
Test room	실험대상 실물시설설치	- 3차원 풍향 풍속계 - 턴테이블
기류발생 및 제어실	기류발생 및 제어	- 기류발생 팬 - 기류가시화장치등
모니터링실	실험결과의 모니터링	- 분석용 컴퓨터 등
장비보관실	계측장비 보관	
실험용 자재보관실	자재 보관	
행정업무 지원시설	실험시설 운영 지원	회의실 및 CI system 구축

	○ 주택성능품질실험시설 운영방안 제시 - 실험시설의 운영 및 관리시스템 구축 - 주택 성능 및 품질관련 정책지원 시스템 구축
6. 활용방안 및 기대효과	
□ 활용방안	○ 주택성능품질실험시설 구축을 통해 다양하고 종합적인 검증실험 수행, 신기술 개발 지원 및 실용화 촉진이 가능하여 관련 분야 기술경쟁력 제고에 기여 ○ 주택성능품질 관련 녹색건축물인증제도, 건강친화형 주택건설기준, 친환경주택인증제도, 건물에너지효율등급인증제도, 창세트 에너지효율 등급, 결로방지설계검증위원회 등 산-학-연 관계자 및 학생 등 수요자들의 교육과 전문가 양성을 위한 교육시설 활용 ○ 중소기업의 애로기술 개발 지원 등을 통한 민간의 시험비용 절감, 연구·실험 인프라의 효율적인 활용, 국가적 연구시설의 중복 투자 방지 ○ 주택성능품질 시험분야의 신수요 창출 및 중소기업 기술지원 확대
□ 기대효과	○ 국내 첨단 실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내에서 수행함으로써, 국가적으로 중요한 기술 및 외화의 해외유출 방지 가능 ○ 대형 실험시설을 기반으로 한 세계 유수의 연구기관과 국제협력 연구가 가능하여 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능 ○ 성능검증 및 관련분야 시험기술의 체계적 구축을 통해 건설교통 분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제표준화 등을 통해 국제적 기술선도 가능 ○ 국가 연구시설·장비의 중복 투자를 방지하고 공동활용을 통한 이용 효율성 증대
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	○ 총 연구기간 : 2014 ~ 2019 (5년) - 1차년도 연구기간 : 2014. 4 ~ 2015. 4 (1년) ○ 총 정부출연금 : 17,500백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 2,000백만원 이내

※ 연차별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

8. 기타

○ 본 과제의 보안등급은 “일반/보안 과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치)

및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음
- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우,「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제결과로 구축된 “분산공유 6대 실험시설” 우선 활용

※ 공고시 첨부한 “분산공유형 건설연구 인프라 실험시설 소개자료” 참조

2절. 실험시설 유치기관 선정 및 평가 방안

1. 기본방향

○ 신청기관을 대상으로 사업추진계획, 사업수행능력, 실험시설 건설계획, 장비 구축계획, 시설 입지 조건 등 평가요소에 관한 종합적인 평가를 통하여 최적의 사업 유치기관을 선정함

○ 실험시설 유치기관 선정의 객관성, 공정성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 중립적인 전문가 평가단을 구성하여 서류평가, 발표평가, 현장평가의 다단계 평가를 실시

2. 신청자격

본 실험시설 구축과 관련하여 유치희망기관의 신청자격을 다음과 같음

○ 일반사항

- 유치기관(주관연구기관)은 국가연구개발사업에 참여할 수 있는 기관 등 중에 **공공성, 공유 활용을 담보할 수 있는 기관**을 원칙으로 함
- 유치기관의 신청자격은 **"국토교통부 소관 연구개발 사업운영규정" 제 4조 제1항의 제1호, 제2호, 제3호, 제4호, 제8호**에 해당하는 기관으로 제한함
- 유치기관의 **공동연구기관(대학, 연구기관, 기업체 등 제한 없음)과 컨소시엄**을 구성하여 신청할 수 있음

○ 필수사항

※ 과제제안서(RFP)상에 명시된 주택성능품질 실험시설과 관련된 분야의 연구 및 실험 수행 실적이 있는 KOLAS 인증 기관

※ 주택성능품질 실험시설의 건설예정 부지가 기 확보되지 않은 기관은 참여 제한

국토교통부 소관 연구개발 사업 운영규정(2012년 7월 개정)

구 분	범 위	
국공립연구기관	(제4조 1항 1호)	국 · 공립 연구기관
정부출연연구기관	(제4조 1항 2호)	「정부출연 연구기관 등의 설립 · 운영 및 육성에 관한 법률」 또는 「과학기술분야 정부출연 연구기관 등의 설립 운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 정부출연 연구기관
특정연구기관	(제4조 1항 3호)	「특정연구기관육성법」에 따른 특정 연구기관
대학, 산업대학 또는 기술대학	(제4조 1항 4호)	「고등교육법」에 따른 대학, 산업대학 또는 기술 대학
공공기관	(제4조 1항 8호)	중앙행정기관의 장의 지도감독을 받는 공공기관

3. 연구책임자의 자격

○ 연구책임자 자격조건은 “**국토교통부 소관 연구개발 사업 운영규정**”에 따름

- 주택성능품질 실험시설 관련 분야의 책임급 연구원 이상 또는 건축환경공학 관련 학과에 재직 중인 정규직 교원 (대학 신청시)

4. 유치기관의 기타사항

○ 유치기관에서는 실험시설 구축 후 실험시설사용료에서 시설/장비의 유지관리비와 감가상각비 등의 부담이 최소가 되도록 운영에 필요한 최소한의 기술 인력과 행정인력의 인건비 및 전기·수도 등 공공요금을 지원하여야 함

○ 유치기관은 연구책임자를 비롯한 참여인력이 실험시설의 건설 및 운영 전 단계에서 사업에 전념할 수 있도록 하여야함.

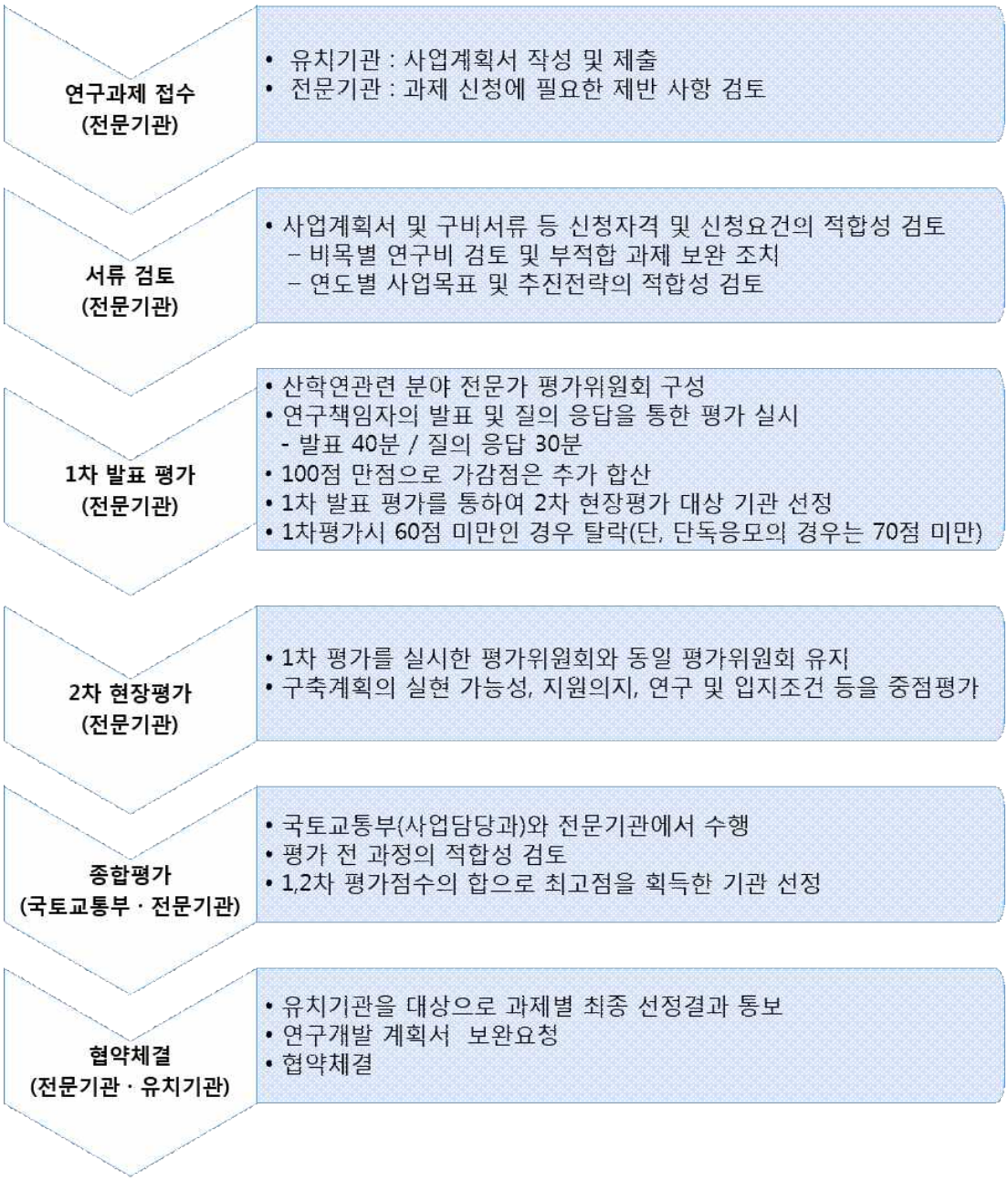
○ 유치기관은 실험시설의 건설 및 운영 전 단계에서 재정이 독립적으로 운영될 수 있도록 지원하여야 함.

○ 연구비 구성

- 유치기관은 정부출연금, 유치기관 및 공동연구기관의 대응자금, 기타 외부지원기관(지자체 또는 타 기관)의 지원금 등으로 연구비를 구성할 수 있음
- 정부출연금은 최소한의 인건비 및 간접비를 제외하고 시설/장비 구축을 위한 예산으로만 구성, 집행계획을 수립하여야 함

※ 간접비는 직접비 세목 중 연구장비·재료비를 제외한 인건비 및 연구활동비, 연구과제추진비의 15% 이내로 계상함

5. 평가 및 선정 절차



6. 평가방법

접 수	서류 검토	1차 평가	2차 평가
유치기관의 연구개발계획서 작성 및 접수	서류 사전검토 (1,2차 평가 참고 자료)	발표 평가 (현장평가 대상 선정)	현장 방문 평가

7. 평가 내용 및 기준

○ 선정평가서의 각 항목 및 평가척도에 따라 정략적으로 평가

○ 산 · 학 · 연 전문가 평가위원회 구성

○ 신청기관별 평가점수 산정 : 평가위원의 평가점수 중 최고점과 최저점을 부여한 각 1인의 점수를 제외한 총점을 산술평균하여 산정

평 가 항 목		배점
1	실험시설 건설 계획	30점
	○ 건축계획의 적합성 / 우수성 – 기본설계 요구사항과의 부합여부 및 제안 설계의 우수성 – 실험시설의 특성화 방안	10
	○ 실험장비 도입계획의 적합성 / 우수성 – 기본설계 최소 요구 성능과의 부합여부 및 제안 장비의 우수성 – 실험장비의 특성화 방안	10
	○ 구축 및 예산계획의 우수성 및 타당성 – 사용자의 접근성, 상용의 용이성, 부대시설의 효율성 등 – 구축 및 품질관리 계획, 그리드 시스템과의 연계방안	10
2	운영 및 활용 계획	50
	○ 실험시설 운영계획 및 활성화 방안의 우수성 – 조직/인력/예산/유지관리계획 등 – 실험시설 활성화 방안	15
	○ 연구 활용 계획 및 활성화 방안의 우수성 – 실험시설을 활용한 연구계획 – 실험시설의 특성화/전문화 계획 – 실험시설을 활용한 국제협력 방안 등	15
	○ 전체 실험시설의 공동 협력방안 – 전담기관과의 공동운영 계획 – 대학, 연구기관 및 산업체와의 연계 및 협력 방안	5
	○ 정부정책 및 제도와의 연계 방안 제시	5
	○ 주택성능 품질 실험시설 관련 운영 실적	10
3	유치기관 및 참여연구진의 수행 능력	20
	○ 유치기관의 수행 능력 – 기존 시설, 인력 및 연구 현황 등	5
	○ 유치기관의 지원 내용 – 구축 및 운영단계에서의 현금, 현물(인력포함)등의 지원 방안 – 연구책임자 등 참여인력에 대한 지원 방안	5
	○ 연구책임자의 운영능력 및 연구실적	10
합 계		**100**

가) 사전 서류 검토

- 사업계획서, 구비서류 등 신청자격과 요건의 적합성 검토
  · 비목별 연구비 검토 및 부적합 과제 보완조치
  · 연도별 사업목표 및 지원 분야와 적합성 검토

나) 유치 대상 기관 평가

- 기업의 경우 직접적 참여(주관기관) 불가
- 타 기관(대학 및 연구기관)이 공동으로 참여시 활용기술 연구 등에만 참여 가능

다) 운 영

- 실험시설 구축 및 운영을 위한 독립적인 운영방안 제시여부 평가
  : 유치기관으로부터의 연구책임자에 대한 독립성 보장과 유치기관 산하의 독립적인 운영 방안 평가

라) 부 지

- 유치기관은 부지에 대한 비용은 연구예산에 계상하지 않음

마) 예 산

- 총 예산 구성은 직접비(인건비 포함)와 간접비로 구성
- 정부출연금은 최소한의 인건비와 간접비를 제외하고 시설/장비 구축을 위한 직접적인 예산으로 편성
- 유치기관의 대응자금 및 외부지원금이 있을 경우, 이는 RFP에서 제시된 시설/장비의 최소 요구 성능에 추가 또는 확장을 위한 비용으로 사용되어야 함
- 구축된 시설/장비의 소유권은 유치기관에 둔다. 단, 사용권은 전담기관과 유치기관의 별도 협약에 따름

9장. 참고문헌

1. 저에너지 친환경 공동주택 통합설계 (설계가이드, 시공메뉴얼), 이승복 외 (2011)
2. 자연환기설비 성능평가방법 통합화 연구, 한국건설기술연구원 (2007)
3. 건강주택의 개념을 적용한 국내외 친환경건축물인증제도 평가항목 분석에 관한 연구, 김건영 외 (2008)
4. 쾌적한 주저, 안심주택 건설 실행 방안, 서울시주택국 (2007)
5. 공기유동 해석에 의한 공동주택 환기성능 예측모델에 관한 연구, 이윤규, 연세대 박사논문 (1998)
6. 국내환기 기준의 개요 및 환기설비 기술개발, 이윤규 외 (2007)
7. 국내 친환경 인증 건축물의 사후관리 및 재인증 평가에 관한 연구, 김창성 외 (2008)
8. 기능성 건축자재 실태조사 및 관리방안 연구, 국립환경과학원 (2008)
9. 신축공동주택 실내공기질 측정공고 설문결과가 분석, 환경부 (2008)
10. 신축 공동주택의 환기 관련법규 및 환기설비 설치기준, 이윤규 (2006)
11. 실내공기질 관리제도 발전방안에 관한 연구 보고서, 한국환경정책평가연구원 (2004)
12. 친환경 건축물 인증제도의 실내 환경 인자 평가분석과 아파트 거주자의 인지도 조사를 통한 제도 개선안 연구, 유선용 외 (2006)
13. 친환경 건축자재 사용에 따른 공동주택 실내공기질 성능평가, 이윤규 (2009)
14. 친환경상품의 환경 경제적 편익분석 연구, 환경부 (2007)
15. 해외 친환경건축물 인증제도에 대한 비교분석 연구, 이현우 외 (2007)
16. 거주 후 평가를 통한 친환경 인증제도의 실내환경 개선 방향에 대한 연구, 이명준 외 (2004)
17. 室内空気中の揮発性遺棄化合物汚染低減健材認定基準,建材試験センター (2003)
18. 調湿建材の調湿性能'評価基準, 建材試験センター (2006)
19. 調湿建材判定基準, 日本建材ㆍ住宅設備産業協会 (2007)
20. 建築空間の空気·熱環境計画, 繪内正道, 北海道大學出版会 (2006)
21. Critical steps for wide scale implementation of building and ductwork airtightness, peter wouters, Air Infiltration and Ventilation Centre (2011)
22. A Guide to Energy Efficient Ventrlation, Air Infiltration and Ventilation Centre (2011)
23. Towards optimal airtightness performance, Air Infiltration and Ventilation Centre (2011)
24. Assessment of buildings mould in residential buildings, 윤영란 (2009)

25. Basic principle of health housing, Centers for Disease Control and Prevention, (http://www.cdc.gov)
26. Envelope airtightness in the context of the European Energy Performance of Buildings Directive (2007)
27. The approach to housing and health, World Health Organization Regional Office for Europe, (www.eure.whoint/Housing/20080319_10)
28. www.kenken.go.jp, 일본
29. archive.nrc-cnrc.gc.ca, 캐나다
30. www.lbl.gov, 미국
31. www.ibp.fraunhofer.de, 독일
32. www.empa.ch, 스위스
33. www.cstb.fr, 프랑스

별첨 1. 실내공기환경(Indoor Air Quality) 및 결로 실험동 주요 장비 사항

실 험		IAQ	
구 분		실내공기질 종합측정기	
제조사/국가		Critical Environment Technologies/canada	
사 진			
온도 범위		5 ℃ ~ 50 ℃ (41 ℉ ~ 122 ℉)	
측정 항목	분 류	측정 범위	분해능
	Carbon Dioxide (CO2)	(0 ~ 5,000) ppm	1 ppm
	Carbon Dioxide (CO2)	(0 ~ 5.0)% Volume	0.1%
	Carbon Dioxide (CO2)	(0 ~ 100)% Volume	1%
	Combustibles infrared(IR)	(0 ~ 5)% Volume CH4	0.1%
	Combustibles infrared(IR)	(0 ~ 100)% Volume	1%
	Combustibles	(0 ~ 100)% LEL	1%
	Carbon Monoxide (CO)	(0 ~ 50) ppm	0.1 ppm
	Nitrogen Dioxide (NO2)	(0 ~ 5.0) ppm	0.01 ppm
	Nitric Oxide (NO)	(0 ~ 100) ppm	1 ppm
	Oxygen (O2)	(0 ~ 25.0) % Volume	0.1%
	Ozone (O3)	(0 ~ 1.00) ppm	0.001 ppm
	Ammonia (NH3)	(0 ~ 50) ppm	0.1 ppm
	Chlorine (CL2)	(0 ~ 5.0) ppm	0.01 ppm
	Chlorine Dioxide (CLO2)	(0 ~ 1.0) ppm	0.01 ppm
	Hydrogen (H2)	(0 ~ 1,000) ppm	1 ppm
	Hydrogen Sulphide (H2S)	(0 ~ 50) ppm	0.1 ppm
	Hydrogen Chloride (HCL)	(0 ~ 30) ppm	0.1 ppm
	Hydrogen Cyanide (HCN)	(0 ~ 100) ppm	1 ppm
	Hydrogen Flouride (HF)	(0 ~ 10) ppm	0.1 ppm
	Sulphur Dioxide (SO2)	(0 ~ 20) ppm	0.1 ppm
	Formaldehyde (HCHO)	(0 ~ 10) ppm	0.1 ppm
	Arsine (AsH3)	(0 ~ 2.0) ppm	0.01 ppm
	Flourine (F2)	(0 ~ 2.0) ppm	0.01 ppm
	Hydrazine (N2H4)	(0 ~ 1.0) ppm	0.01 ppm
	Phosgene (COCL2)	(0 ~ 1.0) ppm	0.01 ppm
	Phosphine (PH3)	(0 ~ 1.0) ppm	0.01 ppm
	Silane (SiH4)	(0 ~ 1.0) ppm	0.01 ppm
	TVOC	(0 ~ 2,000c) ppm	0.1 ppm
	TVOC	(0 ~ 20) ppm	0.01 ppm
크 기	178 mm (W) X 213 mm (H) X 56 mm (D) / 524 g		

실 험		IAQ	
구 분		실내공기질 종합측정기	
제조사/국가		GrayWolf/USA	
사 진			
측정 항목	분 류	측정 범위	정밀도
	CO2	0 to 10,000 ppm	±3% of reading, ±50 ppm
	TVOC	20 to 20,000 ppb or 0.1 to 10,000 ppm	
	PM-10 (옵션)	0.001 to 400 mg/m3	±5% of reading
	CO	0.1 to 500 ppm	±2ppm <50 ppm, ±3% of reading >50 ppm
	NO2	0.01 to 20 ppm	±5% of reading
	O3	0.00 to 1.00 ppm	±5% of reading
	온도	-15 to 60 ℃	Accuracy 0.3 ℃
	습도	0 to 100%RH	±2%RH <80%RH (±3%RH >80%RH)

실 험		IAQ			
구 분		실내공기질 종합측정기			
제조사/국가		Shimadzu/JAPAN			
사 진					
모 델 명		IQ-610Xtra			
측정 항목	분 류	측정 방법	측정 범위	분해능	정밀도
	CO2	비분산형 적외선방식	(0 ~ 10,000) ppm	10 ppm	전 영역±0.5℃
	CO	정전위전해방식	(0 ~ 100) ppm	0.1 ppm	
	부유 분진	광산란 방식	(0 ~ 4) ㎎/㎥	0.001 ㎎/㎥	
	온도(고)	더어미스터식	(-10 ~ -60) ℃	0.1 ℃	
	상대습도	고분자박막 정진용량식	(0.5 ~ 95)%rh	0.1%rh	
	기류	브릿지평횡형 정온도차 동작방식	(0.05 ~ 2.0) m/s	0.01 m/s	

실 험	IAQ						
구 분	TVOC 측정기						
제조사/국가	RAE systems/USA				GrayWolf/USA		
사 진							
측정항목	분 류	측정 범위	분해능	정밀도	분 류	측정 범위	정밀도
	VOC	(0 ~ 9,999) ppb	1 ppb	전영역 ±0.5 ℃	TVOCs	(20 ~ 200000) ppb	
		(10 ~ 99) ppm	0.01 ppm			(0.1 ~ 4000) ppm	
		(100 ~ 999.9) ppm	0.1 ppm		상대습도	(0.0 ~ 100.0) %RH	+/-2%rh<80%RH (=+/-3%rh>80%RH)
		(1000 ~ 9999) ppm	1 ppm		온도	-10 ℃~+70 ℃	+/-0.3 ℃

실 험	IAQ	
구 분	VOCs 샘플러	
제조사/국가	SIBATA/JAPAN	
사 진		
측정 범위	온도 범위	(10~70) ℃
	유량가변범위	(0.050 ~ 0.500) ℓ/min
	순시유량표시범위	(0.000 ~ 0.750) ℓ/min
정유량 차압범위	0.1 ℓ/min : (0 ~ 9.5) kPa	
	0.2 ℓ/min : (0 ~ 8.5) kPa	
	0.3 ℓ/min : (0 ~ 8.0) kPa	
	0.4 ℓ/min : (0 ~ 7.0) kPa	
	0.5 ℓ/min : (0 ~ 6.0) kPa	
정유량 정도	설정유량값에 대해 ±5%이내	
펌프 방식	더블다이어프램방식	

실 험	IAQ		
구 분	포름알데히드 측정기		
제조사/ 국가	Haltechnologies/USA	ppm-technology/U.K	RIKEN KEIKI/JAPAN
사 진			
측정 방법	APump and pointing sampling	-	광진관의 광도측정방식
측정 범위	(0 ~ 5) ppm (0 ~ 20 ppm : Option)	(0.01 ~ 50) ppm	(0 ~ 0.4) ppm /(0 ~ 1.0) ppm
분해능	0.01 ppm	-	0.005 ppm/0.01 ppm
정밀도	-	2 ppm level 10%	-

실 험		IAQ		
구 분		실내외 공기중 복합가스 측정장치		
제조사/국가		SIBATA/JAPAN		
사 진				
측정 항목	분 류	측정 범위	분해능	정밀도
	CO2	(0 ~ 5000) ppm	1 ppm	0.01 ppm(10 ppb) 또는 0.1/1 ppm
	CO	(0 ~ 100) ppm	0.1 ppm	
	O3	(0 ~ 2) ppm	0.001 ppm	
	NO2	(0 ~ 5) ppm	0.01 ppm	
	NH3	(0 ~ 10) ppm	0.01 ppm	
	H2S	(0 ~ 10) ppm	0.01 ppm	
	온도	(0 ~ 100) ℃	-	0.1 ℃
	습도	(10 ~ 95)%rh	-	1%

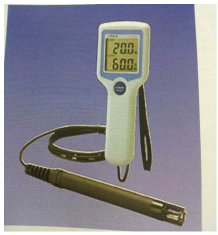
실 험	IAQ		
구 분	고농도 분진측정기	분진 측정기 PM10	분진 측정기
제조사/ 국가	SIBATA/JAPAN	SIBATA/JAPAN	SIBATA/JAPAN
사 진			
측정 방법	광산란방식	광산란방식	광산란방식
측정 범위	(0.01 ~ 100.0) mg/m^3 (0 ~ 40) ℃	(0.001 ~ 10) ㎎/㎥	(0.001 ~ 10000) ㎎/㎥
온도 범위	5% ~ 90%RH	(0 ~ 40) ℃	(0 ~ 40) ℃
상대 습도	0% ~ 95%RH	5% ~ 90%RH	5% ~ 90%RH

실 험	IAQ	
구 분	PM-10 미세먼지 측정기	미세먼지측정기
제조사/ 국가	Kanomax/USA	Turnkey Instruments/JAPAN
사 진		
측정 방법	광산란방식	광산란방식
측정 범위	(0.001 ~ 10) mg/m^3	(0 ~ 6,000) mg/m^3
분해능	-	0.01 mg/m^3
온도 범위	1 CPM=0.001 mg/m^3	-5 ~ +50 ℃
상대 습도	(0 ~ 45) ℃	5% ~ 90%RH

<table>
<tr><td colspan="2">실 험</td><td colspan="6">IAQ</td></tr>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td colspan="3">CO2, CO, 온습도측정기</td><td colspan="3">CO/CO2 측정기</td></tr>
<tr><td colspan="2">제조사/
국가</td><td colspan="3">Kanomax/USA</td><td colspan="3">SIBATA/JAPAN</td></tr>
<tr><td colspan="2">사 진</td><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="6">측
정
항
목</td><td>분 류</td><td>측정 방법</td><td>측정 범위</td><td>분해능</td><td>측정
방법</td><td>측정 범위</td><td>분해능</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CO_2</td><td rowspan="3">비분산식
적외선방식</td><td rowspan="3">(0 ~ 5000)
ppm</td><td rowspan="3">1 ppm</td><td rowspan="3">비분산형
적외선
흡수 방식</td><td rowspan="3">(0 ~ 4000)
ppm</td><td>10 ppm
(0 ~ 2000
ppm)</td></tr>
<tr><td>20 ppm
(2000 ~
3000 ppm)</td></tr>
<tr><td>50 ppm
(3000 ~
4000 ppm)</td></tr>
<tr><td>CO</td><td>전기화학식</td><td>(0 ~ 500)
ppm</td><td>0.1 ppm
(0~99 ppm)
1 ppm
(100 ~ 500
ppm)</td><td>정전위
전해 방식</td><td>(0 ~ 50)
ppm</td><td>0.1 ppm</td></tr>
<tr><td>온도</td><td>–</td><td>(−20 ~ 60)
℃</td><td>0.1 ℃</td><td>–</td><td>(5 ~ 40)
℃</td><td>–</td></tr>
<tr><td>습도</td><td>–</td><td>(2 ~ 98)
%RH</td><td>0.1%RH</td><td>–</td><td>–</td><td></td></tr>
<tr><td>특
징</td><td colspan="4">측정치 및 최대치 Hold, 전지잔량표시(5단계)
기압보정기능, 최대·최소·평균치측정, 환기율측정
가스교정기능, 시간표시기능, 측정단위변경</td><td colspan="3">채기방식은 펌프 내장 자동 흡인
방식</td></tr>
</table>

실 험	IAQ		
구 분	항온 항습기		
제조사/ 국가	Coretech/Korea		
사 진			
모 델 명	CT-DTH81	CT-DTH81L	CT-DTH81H
용 량	81 ℓ		
내부 크기	450X400X450 mm		
온도 범위	(-10 ~ +120) ℃	(-30 ~ +120) ℃	(-50 ~ +120) ℃
소비 전력	4 Kw	5 Kw	5 Kw
모 델 명	CT-DTH150	CT-DTH150L	CT-DTH150H
용 량	150 ℓ		
내부 크기	500X500X600 mm		
온도 범위	(-10 ~ +120) ℃	(-30 ~ +120) ℃	(-50 ~ +120) ℃
소비 전력	5 Kw	6 Kw	6 Kw
공통 사항			
온도 분해능	0.1 ℃		
온도 정밀도	±0.5 ℃ at 37 ℃		
습도 범위	(30 ~ 98)%RH		
습도 분해능	1%		
습도 정밀도	±3% at 30 ℃ 70%		

구 분	기본형 열화상 카메라	2채널 온습도 로거
제조사/국가	testo/USA	testo/USA
사진		
해 상 도	160 x 120 pixel	
측정 범위	(-20 ℃ ~ +280) ℃	(-20 ~ +55) ℃/(0 ~ 100)%RH
사용 온도	(-15 ℃ ~ +40) ℃	(-35 ~ +55) ℃
보관 온도	(-30 ℃ ~ +60) ℃	(-35 ~ +55) ℃
열 감 도	(30 ℃ ~ 0.08) ℃	-
분 해 능	-	0.1 ℃, 0.1%RH
정 밀 도	±2 ℃, 측정값의 ±2%,	±0.4 ℃(-20 ~ +55 ℃)/ ±2%RH (2 ~ 98%RH)/ +0.03%RH/K
특 징	열화상/실 화상/동시재생 분석기능: 중앙초점, 1-point 지점 측정, 최고/최저온도, 등온선, 지역 설정	측정주기: 10초~24시간(선택가능)

구 분	디지털 온·습도계		적외선 방사 온도계	
제조사/국가	SIBATA/JAPAN		SIBATA/JAPAN	
사진				
측정 범위	온도	습도	온도	습도
	(-10 ~ +60) ℃	(20 ~ 98)%RH	(-40 ~ +450) ℃	
정 밀 도	(15 ~ 35) : ±0.5 ℃ 그 외 1 ℃	±3%RH (at (15 ~ 35) ℃, (30 ~ 90)%RH) 그 외 (±5 ~ 7)%RH	(-40 ~ -20±) : ±3 ℃ (-19.9 ~ 399) : ±2% reading 혹은 2 ℃ 중 큰 수치 400~450 ℃: ±2.5% reading	
센 서	서미스터	고분자 저항 변화형 습도 센서	-	
분 해 능	-		자동전환 100 ℃ 미만 0.1 ℃ 100 ℃ 이상 1 ℃	

실험	결로 실험			
구 분	열전대 T타입			
제조사/국가	계측솔루션/Korea	에코솔루션/Korea		
사 진				
타 입	T	T (스텐)		
측정범위	0 ℃이상 300 ℃이하			
등급/허용차	0.75급/± 2.3 deg 1.5급/± 4.5 deg			
기준/소선경 온도허용구간	(+)Couper(Cu) 99.9%	0.32	200 ~ 250	
		0.65	200 ~ 250	
	(-)Cu+Ni합금 (Constantan)	1.0	250 ~ 300	
		1.6	300 ~ 350	

실험실명	정밀분석실험실		
장비명	GC/MS		
제조사/국가	GENTECH/U.K	Agilent/USA	Agilent/USA
picture			
Control	- Touch screen interface with real-time graphic display	- Keyboard control with digital display	- Keyboard control with digital display
Column Oven	- Operating temperature: 5 °C to 500 °C - Max. Heating Ramp Rate: 140 °C /min - Temperature Resolution: 0.1 °C	- Operating temperature: 4 °C to 450 °C - Max. Heating Ramp Rate: 120 °C/min - Temperature Resolution: 0.1 °C	- Operating temperature: 4 °C to 450 °C - Max. Heating Ramp Rate: 120 °C/min - Temperature Resolution: 1 °C
Heated Zones	- Independent heated zones, not including oven: 8 - three (3) injectors, three (3) detectors and two (2) auxiliary - Max. temperature for auxiliary: 450 °C	- Independent heated zones, not including oven: 6 - two (2) injectors, two (2) detectors and two (2) auxiliary - Max. temperature for auxiliary: 400 °C	- Independent heated zones, not including oven: 6 - two (2) injectors, two (2) detectors and two (2) auxiliary - Max. temperature for auxiliary: 400 °C
Pneumatic Control	- Digital Pneumatic Control - Pressure Range: 1 - 120 psi - Injectors Gas Saver: YES	- Electronic Pneumatic Control - Pressure Range: 0.1 - 150 psi - Injectors Gas Saver: YES	- Electronic Pneumatic Control - Pressure Range: 0.1 - 99 psi - Injectors Gas Saver: YES
Detectors Max. of	- Flame ionization (FID) - Thermal conductivity (TCD)	- Flame ionization (FID) - Thermal conductivity (TCD)	- Flame ionization (FID) - Thermal conductivity (TCD)

three (3)	- Micro-thermal conductivity (micro-TCD) - Flame photometric (FPD) - Nitrogen-phosphorus (NPD) - Electron capture (ECD) - Photoionization (PID)	- Micro-electron capture (micro-ECD) - Flame photometric (FPD) - Nitrogen-phosphorus (NPD) - Electron capture (ECD) - Photoionization (PID)	- Micro-electron capture (micro-ECD) - Flame photometric (FPD) - Nitrogen-phosphorus (NPD) - Electron capture (ECD) - Photoionization (PID)
Injectors Max. of three (3)	- Packed purged injection port (PPIP) - Split/splitless capillary inlet (S/SL) - Programmable temperature vaporizer (PTV) - Gas Sampling Valves	- Packed purged injection port (PPIP) - Split/splitless capillary inlet (S/SL) - Programmable temperature vaporizer (PTV) - Multimode inlet - Temperature-programmable cool on-column (PCOC) - Volatiles inlet (VI)	- Packed purged injection port (PPIP) - Split/splitless capillary inlet (S/SL) - Programmable temperature vaporizer (PTV) - Multimode inlet - On column

실 험	IAQ
구 분	GC/MS
제조사/국가	Perkinelmer /USA
사 진	
모 델 명	Gas Chromatograph
1st컬럼	MEGA SE-52 (0.25 x 25 m, df=0.25 μm)
오븐	(50 ~ 280) ℃ (3 ℃/min)
인젝터	250 ℃
분해능	1:100
Monitor FID	290 ℃(H2:50 mL/min, Air:400 mL/min, Make-up:0 mL/min)
스위칭	8 times
2st 컬럼	MEGA DetTBuSililBeta (0.25 x 25 m, df=0.25 μm)
오븐	45 ℃ ~ 180 ℃ (2 ℃/min)

실 험	IAQ
구 분	ATD
제조사/국가	Perkinelmer /USA
사 진	
모 델 명	PERKIN ELMER TURBO MATRIX
Valve temperature	250 ℃
Trap low	-5 ℃
Tube oven temperature	280 ℃
Trap high	350 ℃
Transfer line	250 ℃
Purge time	1 min
Primary desorb	5 min
Cycle time	15 min
Secondary desorb	3 min
Carrier pressure	12 psig
Desorb flow	20 mL/min
Re-collect flow	20 mL/min
GC oven	50 ℃ (hold for 2 min) then 9 ℃ min – 110 ℃ (0 hold time)
Detector	Flame ionization - 250 ℃ - Range: 1 - Attenuation: 4

실 험		IAQ	
구 분		HPLC	
제조사/국가		shimadzu/JAPAN	
사 진			
흡광도 검출기	SPD-20A / M20A	Column	ODS(100 mm L. × 2.1 mm I.D., 1.8 μm)
		Mobile phase	A–water, B-acetonitrile
		Gradient	B 25%→40%(0-.1 min)→70%(3.0 min)
		Flow rate	0.8 mL/min
		Column temp.	30 ℃
		Detection	240 nm
	RF-20A / 20Axs	Column	ODS(50 mm L. × 3 mm I.D., 1.8 μm)
		Mobile phase	A-0.05% formic acid
		Gradient	B 8%→16%(0.75 min)→36%(1-1.5 min)→95%(2 min)
		Flow rate	2.0 mL/min
		Column temp.	55 ℃
		Detection	Ex. 295 nm, Em. 455 nm (0-1.05 min)
SIL-30AC Autosampler		Column	ODS(50 mm L. × 3.0 mm I.D., 2.2 μm)
		Mobile phase	A–20 mmol/L Potassium Phosphate B-Acetonitrile
		Flow rate	1.2 mL/min
		Column temp.	40 ℃
		Detection	Fluorescence at EX 350 nm, Em 450 nm
CTO-30A Column Oven	Green LC	Column	Poly-based ODS(150 mm L. × 3 mm I.D., 3 μm)
		Mobile phase	Water only
		Flow rate	0.5 mL/min
		Column temp.	150 ℃
	Conventional LC	Column	ODS(150 mm L. × 4.6 mm I.D., 5 μm)
		Mobile phase	Methanol/Water only (30/70)
		Flow rate	1.0 mL/min
		Column temp.	40 ℃

실 험	IAQ
구 분	HPLC
제조사/국가	shimadzu/JAPAN
사 진	
Column	Shim - pack XR - ODS (50mmL. × 3mmi.d.)
Column temp.	40 ℃
Mobile phase	Water / Acetonitrile
Flow rate	1.5 mL/min
Detection	245 nm
sample	Alkylphenone
Personal Computer reauirements	Operating environment : MS Windows® 2000 / XP
	CPU : Pentium2 200 MHz or better
	RAM : More than 128 MB
	Display : SVGA(800 x 600) or better
	Hard disk : More than 20 MB required to install the AA software
	3.5"Floppy disk drive : One or more units

실 험	IAQ
구 분	HPLC
제조사/국가	Agilent/USA
사 진	
Hydraulic system	Dual plunger in series pump with proprietary servo-controlled variable stroke drive, floating plungers and passive inlet valve
Settable flow range	(0.001 ~ 10) mL/min, in 0.001 mL/ min increments
Flow range	(0.2 ~ 10.0) mL/min
Flow precision	<0.07% RSD, or <0.02 min SD whatever is greater, based on retention time at constant room temperature
Flow accuracy	± 1% or 10 µl/min whatever is greater
Pressure	Operating range (0 ~ 60) MPa ((0 ~ 600) bar, (0 ~ 8700) psi) up to 5 mL/min Operating range (0 ~ 40) MPa ((0 ~ 400) bar, (0 ~ 5880) psi) up to 5 mL/min Operating range 0 – 20 MPa (0 – 200 bar, 0 – 2950 psi) up to 10 mL/min (all versions)
Pressure pulsation	< 2 % amplitude (typically < 1 %), at 1 mL/min isopropanol, at all pressures >1 MPa (10 bar)
Compressibility compensation	User-selectable, based on mobile phase compressibility
Recommended pH range	(1.0 ~ 12.5), solvents with pH < 2.3 should not contain acids which attack stainless steel
Gradient formation (gradient pump or optional; two solvents)	Low pressure dual mixing/gradient capability using proprietary high-speed proportioning valve Delay volume (800 ~ 1100) µl, dependent on back pressure
Composition range	(0 ~ 95)% or (5 ~ 100)%, user selectable
Composition precision	< 0.2% RSD, at 0.2 and 1 mL/min
Agilent 1220 Infinity LC System - Performance Specifications Autosampler	
Pressure	Operating range0 – 60 MPa ((0 ~ 600) bar, (0 ~ 8700) psi)
Injection range	(0.1 ~ 100) µL in 0.1 µL increments Up to 1500 µL with multiple draw (hardware modification required)
Replicate injections	(1 ~ 99) from one vial
Precision	< 0.25% RSD from (5 ~ 100) µL, < 1% RSD (1 ~ 5) µL variable volume

Minimum sample volume	1 µL from 5 µL sample in 100 µL microvial, or 1 µL from 10 µL sample in 300 µLmicrovial
Carryover	Typically < 0.1%, < 0.05% with external needle cleaning
Sample viscosity range	(0.2 ~ 50) cp
Sample capacity	100 × 2-mL vials in 1 tray 40 × 2-mL vials in ½ tray 15 × 6-mL vials in ½ tray (Agilent vials only)
Injection cycle time	Typically 50 s depending on draw speed and injection volume
Agilent 1220 Infinity LC System - Performance Specifications Oven	
Temperature range	5 °C above ambient to 80 °C
Temperature stability	± 0.15 °C
Temperature accuracy	± 0.8 °C with calibration ± 0.5 °C
Column capacity	One 25-cm column
Internal volume	6 µL
Agilent 1220 Infinity LC System Performance Specifications Variable Wavelength Detector	
Detection type	Double-beam photometer
Light source	Deuterium lamp
Wavelength range	(190 ~ 600) nm
Short term noise	± 0.35 × 10-5 AU, at 230 nm
Drift	3 × 10-4 AU/hr, at 254 nm
Linearity	> 2 AU (5%) upper limit
Wavelength accuracy	± 1 nm; Self-calibration with deuterium lines, verification with holmium oxide filter
Band width	6.5 nm typical
Flow cells	Standard: 14- µL volume, 10-mm cell path length and 40 bar (588 psi) pressure maximum High pressure: 14- µL volume, 10-mm cell path length and 400 bar (5880 psi) pressure maximum Semi-micro: 5- µL volume, 6-mm cell path length and 40 bar (588 psi) pressure maximum

실 험	냄새실험실			
구 분	CLIMPAQ			
제조사/국가	Climtech/DENMARK			
사 진				
Parameter	Minimum	Maximum		Remark
Supply airflow rate	0.0003***	2.0	$1 \cdot s^{-1}$	Obtained with internal fan only
Air change rate	0.02	140	h^{-1}	Volume of empty chamber = 50.9 liters
Mean air velocity*	0	0.3	$m \cdot s^{-1}$	Depends on material loading and recirculation
Material loading**	0	3.8	m^2	Max 12 double sided plates
Temperature	23 ℃ ± 1 ℃			
Relative humidity	50%RH ± 5%RH			
Air velocity	(0.2 ± 0.1) $m \cdot s^{-1}$.			
CLIMAQ package consists	Funnel (diffuser) Fan and power supply Rods for suspending test materials Damper for regulating air circulation Valves for regulating air circulation Rubber bands for the lid Stoppers for holes (can be used for measuring air velocity)			
Test material	200 mm * 200 mm * 800 mm			

* Measured with a hot-wire anemometer in the test zone of an empty CLIMPAQ.

** Dependent on the thickness of the test specimens.

*** Air leakage when recirculating 100 % and operating without external supply air system.

실 험	미생물 실험실
구 분	에어 샘플러
제조사/ 국가	MERCK MILLIPORE/Germany
사 진	 
Sampling Head 지름	10 cm
공칭 기류	100 liters / min. 2.5%
Standard Sampling Volumes	50, 100, 250, 500, 1000 liters
Freely Definable Sampling Volumes	1 to 2000 lirers
Battery pack	Li-Ion, rechargeable battery, 7.4 V/ 6.9 Ah
Charging time	Full recharge time approx. 3.5 hours
Running time	Total running time approx. 7 hours
Total aspiration volume	approx. 42000 liters
Motor	6V
Display	Alphanumeric liquid crystal display, 32 characters
Lifetime RTC Battery	RTC(Real Time Clock) battery, good for approx. 10 years
Driving Motor	PWM frequency for driving motor
Processor	Type 80C552
Airflow Regulation	Hot-wire anemometer, numerical control, Temperature and Presure sensors
CE Approval	Dmission: EN 61326-1:2006, EN 55011:1998+A1:99 Immunity: EN 61326-1 : 2006, EN 61000-4-2 : 1955+A1: 98+A2:01 EN 61000-4-3 : 2002, DN 61000-4-4:1995+A1:01+A2:01 EN 61000-4-5 : 1995+A1:01, EN 61000-4-6:1996+A1:01 EN 61000-4-8:1993+A1:0
특징	앤더슨 충돌 원리(Anderson impaction principle)에 근거하여 개발된 신뢰성이 높은 일상생활용 공기 모니터링 시스템

실 험		미생물 실험실		
구 분		인큐베이터		
제조사/ 국가		Lab Companion/Korea		
사 진				
모 델 명		IB-05G	IB-15G	**IB-25G**
치수	Internal Volume(liter)	60	102	**151**
	Internal(WxDxH, mm)	400x260x420	480x410x520	**610x460x540**
	External (WxDxH, mm)	595x555x745	675x605x855	**805x655x885**
	Weight (Net, kg)	45	55	**62**
	Shelves(standard/max)	2/8	2/12	**2/14**
온도	Range	Ambient(주변온도)+5 ℃ ~ 70 ℃		
	Accuracy	±0.1 ℃ at 40 ℃		
	Uniformity	±0.4 ℃ at 40 ℃		
	Heating-up time to 40℃	45 min		
특징		오염원으로부터 독립적인 배양공간을 제공하기 위해 온도 조절을 위한 기구들(히터, 팬)을 챔버 외부에 배치하여 배양하고자 하는 시료의 오염을 근원적으로 차단하고, 외부 오염의 염려없이 내부관찰이 가능하도록 구성됨		

실 험	미생물 실험실
구 분	오토클레이브
제조사/국가	SH/KOREA
사 진	  
Using Temp	121 ℃
Using Press	(1.2 ~ 1.3) Kg/㎠
Time Controller	Microprocess digital P I D Controller
Steriling time	00.00 to 99HR 59 MIN (MIN SEC) Selectable
Temp Accuracy & Stability	±0.1 ℃
Pressure Gauge	mechanical type 0 to 3 Kg/㎠
Thermocouple	R.T.D Type
Heater Element	Stainless Steel sheath Pipe Type
특징	·최초 온도 Setting 단계만으로 멸균 및 진공의 전 공정이 자동으로 진행됨 ·121 ℃에서 ±0.5 ℃ 이내의 높은 온도 안정성을 지니고 있으며 실험중 사용자의 눈으로 확인 가능

실 험		미생물 실험실			
구 분		클린벤치			
제조사/국가		i-nexus, inc./ UK			
사 진					
(W×D×H)		920×600×600	1230×600×600	1530×600×6000	1640×600×600
Purity		Lower than class 100			
Main filter		Hepa filter/ 0.3 micron 99.98% Efficiency			
Pre filter		Nylon material			
Winding Velocity		(0.3 ~ 0.5) m/sec			
Material	in	Stainless steel 1.0 T			
	out	Steel plate with powder coation			
Window		Safety glass 3 T			
특징		· ISO Standard Class 2에 준한 청정도 유지 · 0.3micron 99.99% DOP TEST를한 Hepa Filter 사용 · Work Zone의 풍향이 0.3~0.5 m/sec가 유지되는 구조 · Blower speed를 조절 하여 외부환경의 변화에 대응하여 청정도 유지			

실 험	미생물 실험실
구 분	Spiral plator
제조사/국가	휴먼코퍼레이션/KOREA
사 진	
모 델 명	Spiral Plater
Plate diameters	Plate diameters
Volume dispensed	16 to 55 ㎕
Counting range in cfu/ml	200 to 5.106
Dispensing time	8 seconds
Vacuum required	50 to 70 cm of Hg
특징	· Savings on Petri dishes, agar, pipettes · 100% automatic sample-taking, disinfecting, rinsing · food hygiene controls, bactericidal cinetics, MIC, cosmetics (challenge test), pharmaceuticals CE ·Microprocessor control

별첨 2. 음향 실증 실험동 주요 장비 사항

실험		바닥충격음				
구분		Bang machine				
제조사/국가		RION/Japan				
사진						
모델명		FI-02				
측정 범위	Octave band center frequency (Hz)	31.5	63	125	250	500
	Octave band impact force exposure level (dB)	47.0	40.0	22.0	11.5	5.5
	Tolerance (dB)	±1.0	±1.5	±1.5	±2.0	±2.0

실험		바닥충격음
구분		Impact ball
제조사/국가		RION/Japan
사진		
모델명		YI-01
측정 조건	Equivalent mass	(2.5 ± 0.1) kg
	Drop height	1m
	Major rubber compound	Silicone rubber
	Shape	Hollow sphere with 32 mm thick wall and 178 mm external diameter
	Rebound coefficient	(0.8 ± 0.1)

실험		바닥충격음	
구분		Tapping machine	
제조사/국가		RION/Japan	CESVA/Spain
사진			
모델명		FI-01	MI005
측정 조건	Impact cycle	(100 ± 5) ms	100 ms (Average time)
	Hammers	Cylindrical, liner arrangement of 5 hammers spaced 100 mm apart	liner arrangement of 5 hammers spaced 100 mm apart
	Hammer material	stainless steel	stainless steel
	Power	100V AC (50/60 Hz), approx. 80 VA	230V (50 Hz)

실험	음향성능 측정 및 분석			
구분	Omni-directional loudspeaker			
제조사/ 국가	CESVA/Spain		B&K/Denmark	
사진				
모델명	BP-012		4292-L	
측정조건	Sound power level	123 dB	Sound power level	122 dB
	Nomanal impedance	6 Ω	Frequency response	(100 ~ 3150) Hz
	Maximum input power	600 W rms	Number of speaker	12
	Diameter	40 cm	Limited low frequencies	(100 ~ 200) Hz
Weight	14.5 kg		8 kg	

실험	음향성능 측정 및 분석	
구분	Impedance tube	
제조사/ 국가	BSWA/CHINA	B&K(Denmark)
사진		
모델명	SW 260	4206-A
Frequency range	(125 ~ 6300) Hz	(100 ~ 3.2) kHz
Diameter	60 mm for low frequency 30 mm for high frequency	100 mm for large tube 63.5 mm for medium tube

실험	음향성능 측정 및 분석			
구분	Signal analyzer(주파수 분석기)			
제조사/국가	RION/Japan		B&K/Denmark	
사진				
측정범위	Frequency range	DC to 40 kHz	Frequency range	0 Hz to 25.6 kHz
	Analysis frequency	100 Hz to 40 kHz	Operating temperature	-10 to +50 ℃ (14 to 122 ℉)
	Number of analysis point	64 to 32768	Humidity	93%RH

실험		음향성능 측정 및 분석	
구분		Condenser microphones	
제조사/국가		RION/Japan	CESVA/Spain
사진			
측정범위	Nomanal diameter	1/2 inch	1/2 inch
	Frequency response	Field	(±2 dB) 3,15Hz to 20 kHz
	Bias voltage	0 V	0 V
	Sensitivity level (dB re 1 V/Pa)	-27	46.4 mV/Pa
	Capacitance(pF)	13.0	17.0
	Input impedance	5 GΩ	10 GΩ
	Output impedance	≤120 Ω	≤25 Ω
	Gain	-0.6(12 pF) dB	-0.15 dB

실험		음향성능 측정 및 분석	
구분		Sound calibrator	
제조사/국가		RION/Japan	CESVA/Spain
사진			
측정범위	Frequency	1000 Hz ± 2%	1000 Hz ± 1%
	Sound pressure level	94 dB ± 1.0 dB (0 dB=20 μPa, -10~ + 50 ℃) 94 dB ± 0.5 dB (IEC 60942 Class 2 L, (+5 ~ +35) ℃, (30 ~ 80)%RH)	94 dB re 20 μPA(1PA=1N/㎡)
	Distortion	Less than 2%	Less than 2%

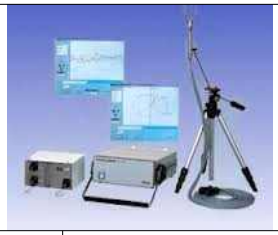
실험		동탄성계수 측정			
구분		가속도계			
제조사/국가		MMF/Germany		RION/Japan	
사진					
측정범위	Sensitivity	60 pC/g		Sensitivity	1000 ± 10% mV/g
	Measurering range(±3dB)	+5000/ -1000 g	Frequency response	±10%	(0.35 ~ 2600) Hz
				±3 dB	(0.15 ~ 400) Hz
	Linear frequency range(±3dB)	15000 Hz	Mounted resonance		> 7 kHz

실험	음향성능 측정 및 분석			
구분	Impact hammer			
제조사/국가	PCB/USA		B&K/Denmark	
사진				
측정 범위	Sensitivity(±15%)	2.25 mV/N	Sensitivity	0.225(1) mV/N(mV/lbf)
	Measurement range	±2224 N pk	Range full scale	22.2 k (5000) N (lbf)
	Resonant Frequency	≥ 22 kHz	Maximum force	44.4 k (10k) N (lbf)
	Non-linearity	≤ 1%	Maximum compression	22.2 k (5000) N (lbf)
	Frequency range	8 kHz	Frequency range	0.7 kHz
	Amplitude range	500 lb	Operating temperature range	-73 ℃ to 60 ℃
hammer mass	160 g		450 g	

<table>
<tr><td>실험</td><td colspan="5">음향성능 측정 및 분석</td></tr>
<tr><td>구분</td><td colspan="5">Frequency sound level recorder-limiter</td></tr>
<tr><td>제조사/국가</td><td colspan="3">Inter-M/Korea</td><td colspan="2">CESVA/Spain</td></tr>
<tr><td>사진</td><td colspan="3"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="8">측정 범위</td><td rowspan="3">Rated output</td><td>at 8 Ω 1 kHz (stereo CH)</td><td>220 W</td><td>Input impedance</td><td>100 kΩ</td></tr>
<tr><td>at 4Ω 1kHz (stereo CH)</td><td>350 W</td><td>Output impedance</td><td>100 kΩ</td></tr>
<tr><td>at 8 Ω 1 kHz (Bridged mono)</td><td>700 W</td><td>Minimum output charge</td><td>47 kΩ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Input sensitivity (8 Ω, 1 kHz)</td><td>0.775 Vrms</td><td>Total harmonic distortion(THD)</td><td>< 80 dB</td></tr>
<tr><td colspan="2">Frequency Response(±0.5 dB)</td><td>(10 ~ 35) kHz</td><td>Absolute maximum input level</td><td>±25 V</td></tr>
<tr><td colspan="2">T.H.D (at 1 kHZ Rated output)</td><td>Less than 0.05%</td><td>Maximum input level without distortion</td><td>±13.5 V</td></tr>
<tr><td colspan="2">S/N</td><td>Better than 100 dB</td><td>Frequency response(±0.5dB)</td><td>20 to 20000 Hz</td></tr>
<tr><td colspan="2">Slew rate</td><td>±40 V/μsec</td><td>Measurement range</td><td>(60 ~ 120) dB</td></tr>
</table>

별첨 3. 실물 CV 시뮬레이터(Cross Ventilation simulator) 실험동 주요 장비 사항

실 험	공동주택용 맞통풍 및 환기부하 성능 실험			
구 분	열선 풍속계		풍속,압력,온도측정기	
제조사/국가	testo/USA		ecomac/Korea	
사진				
모 델 명	testo 425		6035/6036	
프로브 타입	풍속	온도	풍속	온도
측정 범위	(0 ~ +20) m/s	-20 ℃ ~ +70 ℃	(0.01 ~ 30) m/s	-20 ℃ ~ 70 ℃
정밀도	±0.03 m/s 측정값의 +5%	±0.5 ℃ (0 ~ +60 ℃) ±0.7 ℃ (나머지 범위)	± 3.0%reading 혹은 0.015 m/s중 큰 수치	0.5 ℃
분 해 능	0.01 m/s	0.1 ℃	0.01m/s (0.01~9.99m/s) 0.1 m/s (10~20m/s)	0.1 ℃
작동 온도	(-20 ~ +50) ℃		-20 ℃ to 70 ℃	
보관 온도	(-40 ~ +85) ℃		-10 ℃ to 50 ℃	

실 험	공동주택용 맞통풍 및 환기부하 성능 실험				
구 분	초음파 3차원 풍향 · 풍속계		초음파 3차원 풍향 · 풍속계		
제조사/국가	KAIJO SONIC/JAPAN		KAIJO SONIC/JAPAN		
사 진					
모 델 명	SAT-530	SAT-540		WA-790,590	
측정 방식	초음파 Pulse 시분활 절환 방식		초음파 Pulse 시분활 절환 방식		
풍속 범위	(0.00 ~ 60.00) m/s (3성분형 Span)		(0 ~ 10) m/s		
측정 반복	4회/s	10회/s		10회/s	
풍속 정도	±4% RD + 0.05 m/s		±(측정치의 2%±0.02 m/s)		
풍속 분해능	0.01 m/s		0.005 m/s (풍속)		
풍향 범위	(0 ~ 540) m/s		(0 ~±10) m/s		
풍향 측정 정도	± 3 m/s		± 10 ℃		
Analog 출력	0 ~ 20 mA, 4 ~ 20 mA (전환 가능)		RS-232C 출력		
온도 출력	-	(-20.0 ~ 50.0) ℃ 분해능 0.05 ℃	-	-	

실 험	공동주택용 맞통풍 및 환기부하 성능 실험	
구 분	3분력계	6분력계
제조사/국가	NISSHO/JAPAN	SHOWA/JAPAN
사 진		
모 델 명	LMC-3502 SERIES	MDF-SERIES
허용과부하	±150%FS	150%RC
정격출력	0.5 mV/V(약1000 x 10-6)	1.2mV/V±15%
직선성	±0.2%FS / 0.4%RO	10회/s
Hysteresis	±0.2%FS	0.4%RO
영점의 온도영향	±0.01%FS/℃	0.02%RO/℃
출력의 온도특성	±0.05%Reading/℃	0.05%/℃
Cross talk	±2%FS/FS(각 분력간) ±3%FS/FS(타 분력에 의함)	2.5%RO(각 분력간) 1.5%RO(모멘트를 제외한 각 분력간)
Cable	NDI Connector	φ3 mm 4 Core Shield Cable
특 징	각종 수리시험에 적합한 방수형 3분력 검출기	소형, 경량의 집점형 6분력계 변위량이 작은 우수한 동적특성 분력상호간의 영향이 보상됨

실 험	공동주택용 맞통풍 및 환기부하 성능 실험	
구 분	기류측정용 연기발생장치(연기발생기)	
제조사/국가	KITAGAWA/JAPAN	KITAGAWA/JAPAN
사 진		
모 델 명	AS-2	No.500
발연관 모델	별도 지정되지 않음.	No.501 6개/Box

9. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 첨단도시개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.