

# 실내 공기질을 고려한 마감자재 선정 프로세스 연구

-공동주택을 중심으로-

## A Finish Material Management Process for Indoor Air Quality

-Focused on Apartment Buildings-

권기덕<sup>\*</sup>      이동훈<sup>\*\*</sup>      이성호<sup>\*\*\*</sup>      정기<sup>\*\*\*\*</sup>      김선국<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Kwon, Gi-Deoc    Lee, Dong-Hoon    Lee, Sung-Ho    Zheng, Qi    Kim, Sun-Kuk

### Abstract

Indoor air quality has attracted great attention in recent years and thus the importance of managing finishing materials in terms of pollutant source control is being emphasized. Managing the finishing material at the design stage maximizes the efficiency of IAQ control at the following construction stage. However, there are insufficient investigations on the application of a specific finishing material management process, a database management system or a finishing material management process network. As a result, the main purposes of this study comprise comprehensive evaluation of IAQ performance from the selected finishing materials and auxiliary materials, application of the material management system basing on the types and characteristics of toxic substances generated from the indoor finishing materials, investigation of IAQ evaluation standard, and the overall IAQ evaluation method for the design parts. The result of this study will be the basic data to construct DBMS for management of finishing materials with respect to IAQ.

키워드 : 실내공기질, 마감자재, 선정과정, 정보관리시스템

Keywords : Indoor Air Quality, Finishing Material, Management Process, Database Management System(DBMS)

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

최근 건축물의 쾌적성 및 재실자의 건강유지에 대한 관심과 요구가 증가하고 있다. 특히 새집증후군(sick house syndrome) 문제가 사회적으로 부각되면서 실내공기질(Indoor Air Quality, 이하 IAQ)에 대한 관심이 증가하고 있다. 도시 밀집형 주거로 인한 실내외 공기질의 저하는 천식 등의 호흡기 질환 발생으로 직결되며(A.P.Jones, 1998), 실내마감자재의 다양화와 건물의 기밀시공은 실내 공기질 문제를 가중시키고 있다(박진철, 2009, Sumin Kim, 2009).

IAQ의 저하는 건축자재, 가구, 스프레이 등 다양한 오염원에서 비롯되며, 주방에서의 취사와 흡연 등 재실자의 생활패턴, 그리고 건물자체의 기밀성과 환기성능 등과도 크게 관련된다. 실내 유해물질 저감을 위해서는 각종 오염원에서 발생하는 유해물질의 종류와 방출특성을 파악

하여 재실자의 건강에 미치는 영향정도를 명확하게 규명해야 한다(최성우, 1996). 또한, 설계단계에서의 신뢰도 있는 IAQ 예측 및 평가방법 수립은 사후 발생할 수 있는 IAQ 문제를 최소화할 수 있다(김창남, 2007).

설계단계에서 IAQ의 예측과 평가를 수반한 마감자재 선정은 자재의 IAQ성능 평가와 선정단계로 나뉘며, 이를 뒷받침할 수 있는 방대한 자재정보 DB와 평가모듈, 그리고 선정 프로세스의 확립이 필요하다.

국내 설계업체의 대다수가 자체적인 자료축적 및 검색 지원도구를 보유하지 않고 있으며, 설계단계에서 자재선정업무 중 자재의 검색과 분석 및 평가에 대부분의 시간을 소요하고 있다(김종일, 2009). 현실적으로 자재정보 제공기관 웹사이트 등은 단편적·제한적 정보의 제공으로 활용도가 낮아 자재 선정에의 노력과 시간이 소요되므로 성능비교 지원 모델의 개발이 필요한 실정이다(구교진, 2008). 그리고 건설 업무별 의사소통과 설계단계 이후의 효율적인 자재정보 전달 및 저장·관리를 위한 정보관리 시스템을 구축해야 한다(권기덕, 2009).

지금까지의 연구동향을 살펴보면, 실내마감재의 오염물질 방출특성에 대한 연구(최성우, 1996, Uhde, 2007, 김수민, 2009)와 IAQ 영향요인의 조사 연구(WHO, 2000, Sekhar, 2002)가 활발하게 이루어지고 있다. 또한 실내 각 영향요소들의 종합적인 IAQ 평가방법에 대한 연구

\* 경희대학교 건축공학과 석사과정(okkkd@khu.ac.kr)  
\*\* 교신저자, 경희대학교 건축공학과 박사과정  
(dr.lee.kor@gmail.com)  
\*\*\* 경희대학교 건축공학과 박사과정(khlsh@khu.ac.kr)  
\*\*\*\* 경희대학교 건축공학과 석사과정(jianchao@khu.ac.kr)  
\*\*\*\*\* 경희대학교 건축공학과 정교수, 공학박사(kimskuk@khu.ac.kr)

(Zheng Qi, 2010)와 실내마감자재의 선정을 위한 정보관리 시스템 구축을 위한 연구(한충한, 2007, 구교진, 2008) 등이 진행되었다. 그러나 자재의 IAQ성능 평가를 기본으로 한 자재선정 시스템을 구축하기 위한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 설계단계에서 활용 가능한 IAQ를 고려한 건축마감자재 선정시스템의 업무 프로세스 구축을 목적으로 한다. 본 연구의 결과는 추후 IAQ를 고려하여 실내마감자재를 선정하기 위한 정보관리시스템 구축의 자료로 활용될 수 있다.

**1.2 연구범위 및 방법**

건축물이 거주자의 건강에 미칠 수 있는 여러 영향요인들 중 인체가 호흡기를 통해 직접 섭취하는 공기의 영향도는 매우 높은 것으로 판단된다(A.P. Jones, 1999). 또한 최근 국내 주택수요 중 공동주택이 차지하는 비중은 86%(한국국토연구원 KRIHS, 2008)에 달할 정도로 높다. 이러한 경향이 지속될 경우 신축공동주택이 갖추어야 할 기본성능으로서 IAQ의 향상에 대한 고려는 필수적이다. 따라서 본 연구는 오염물질 방출 등으로 IAQ에 직접적인 영향을 미치는 실내마감재를 대상으로 하며, 자재의 적용범위를 공동주택으로 한정한다. 여기에는 벽지, 목질바닥재 등 실내공간에 노출되는 자재뿐만 아니라 이들의 시공 및 설치에 필수적인 접착제 등의 부속재도 포함된다.

본 연구는 IAQ를 고려한 실내마감자재 선정프로세스를 연구하기 위해 그림 1과 같이 진행한다.

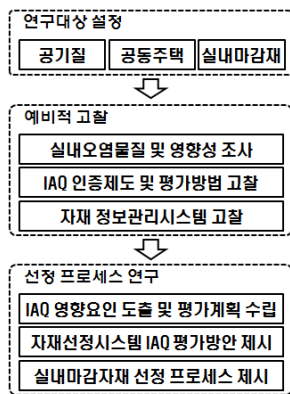


그림 1. 연구범위 및 방법

우선적으로 실내오염물질과 자재의 오염물질 영향성에 대한 기존의 연구문헌과 공동주택 자재의 분류방법을 고찰한다. 이를 통해 공동주택의 IAQ 영향요인을 도출하고 평가에 대한 기본계획을 수립한다. 국내외 IAQ 인증제도의 평가기준 조사와 설계부위의 종합적인 IAQ평가방법 고찰을 통해 자재선정시스템의 IAQ 평가방안을 제시한다. 또한 기존에 구축되어있던 자재 정보관리시스템들이 제공하는 정보유형을 분석함으로써 자재선정시스템 내부의 자재분류와 검색항목을 도출한다. 최종적으로 시스템상의 세부적인 업무와 데이터 흐름을 설정함으로써 실내 마감자재의 평가 및 선정 프로세스를 제시한다.

**2. 예비적 고찰**

**2.1 문헌고찰**

설계단계에서의 마감자재 선정과 관련하여 구교진(2008)은 설계단계에서 자재선정에 대해 설계자가 의사결정을 내릴 수 있는 마감자재 성능비교 지원모델 구축 방안을 제시하였다. 김종일(2009)은 과거 유사프로젝트 정보 활용 및 자재성능평가 기반의 바닥마감자재 선정 지원모델을 제시하였다. 권기덕(2009)은 자재가 실내환경에 미치는 영향정도를 건강성능으로 정의하고 이를 고려한 자재선정 시스템의 개념과 프로세스 및 정보관계를 제시하였다.

IAQ와 관련하여 Sumin Kim(2006, 2010)은 목질 실내 마감자재의 유해물질 방출특성을 시험을 통해 조사하고, IAQ 평가기준 및 평가기법들을 고찰하였으며, K.W.Mui(2006)은 환경조건을 변화시키면서 설문조사를 통하여 환기필요정도를 조사하고 IAQ의 관리를 위한 건축물의 보완사항을 제시하는 연구를 하였다. 또한 IAQ 평가방안과 관련하여 Zheng Qi(2010)는 IAQ의 종합평가를 위해서 설문을 통해 세부영향요소를 도출하여 이들의 영향정도를 FD-AHP기법을 이용한 가중치로 나타내는 연구를 진행하였다.

기존 연구는 자재 정보의 활용을 위한 데이터베이스 및 정보관리 시스템에 관한 연구와 자재의 오염물질 방출특성 시험, 그리고 유해물질의 IAQ 영향정도 평가에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 그러나 IAQ성능을 고려한 실내마감자재의 구체적인 선정과정이나 정보관리시스템에의 적용방안에 대한 연구는 미비한 실정이다.

**2.2 공동주택 IAQ의 영향요인 및 평가기준 고찰**

**1) 공동주택의 주요 실내마감자재**

자재에 의한 공동주택의 IAQ 영향요인을 도출하기 위해서는 건축공사에 필요한 자재의 종류 및 특성을 파악해야 하며 공사항목에 따른 구분으로 주요 실내마감자재를 판별한다(표 1 참조).

공동주택의 건축과정을 공사 항목별로 구분하면 바닥공사를 비롯한 각종 내장공사와 간막이벽, 그리고 천장공사

표 1. 공동주택건설 항목별 주요 재료 (국가환경정보센터 www.konetic.or.kr)

항목	주요재료	
구조재료	철근 콘크리트, PC 등 구조재	
외부마감재	목재보존재, 코킹재, 실런트, 유리 창틀, 파티, 가스켓, 경량기포콘크리트(ALC)	
단열재	단열재, 내화피복재음향재료	
냉난방설비	파이프, 덕트보온재, 덕트실린트, 냉각수첨가제, 냉매	
실내 마감재	내장재	목재바닥재, 카펫트, 비닐계 바닥재, 텍스 타일, 접착제, 판넬류(파티클 보드, 칩보드, 하드보드 등)
	간막이벽	마감벽지, 직물류, 접착제, 페인트, 목재보존재, 판넬류, 합판류
	천장재	실링타일, 판넬

를 실내공사로 구분할 수 있으며, 이에 사용되는 주요 재료는 실내마감자재로 구분된다.

2) 공동주택 실내마감자재의 주요 오염물질

자재를 구성하는 재질과 생산과정에서 사용되는 약제 및 처리 방법과 마감자재의 설치에 필요한 기타 부속자재 및 접착제 등에 의해 주요 오염원과 방출 오염물질이 결정된다. 따라서 실내마감자재로 분류된 자재는 각각의 오염원과 방출 오염물질에 대한 조사가 필요하다.

실내마감자재에서 방출되는 주요 오염물질에는 포름알데히드(HCHO)와 휘발성유기화합물(VOCs)가 있으며, 한국에서 규제대상으로 지정된 VOCs의 종류는 총 37가지이다(환경부 고시 제2009-198호, 2009). 다양한 오염물질들 중 환경부와 공기청정협회가 공통적으로 평가에 반영하는 신축공동주택의 주요 오염물질과 그 영향은 다음과 같이 정리할 수 있다(표 2 참조).

표 2. 주요 실내공기 오염물질 및 인체영향 (한국환경시험연구소, 국가환경정보센터)

오염물질		인체에 미치는 영향
VOCs	Benzene	골수손상, 혈소판 감소증, 백혈구감소증, 빈혈증
	Toluene	간, 혈액, 신경 등에 독성, 피로감, 정신착란: 가장 독성 강함
	Xylene	신경계에 대한 독성 매우 강함
	Ethyl benzene	신경계에 대한 독성 강함
	Styrene	급성독성, 안구 점막 자극, 중추신경계 위축
포름알데히드		눈, 코, 목 자극증상, 기침, 설사, 어지러움, 구토, 피부질환, 비염, 정서불안증, 기억력상실, 신경계 손상, 발암 등

주요 오염물질들은 주로 신경계에 미치는 영향이 크며, 강한 독성으로 인체의 이상증상을 유발하게 된다(한국환경시험연구소, 국가환경정보센터). 평가의 객관화를 위해서 각 오염물질에 의해 발생하는 인체의 이상증상 또는 그 영향정도를 파악하여 공기질 성능평가 항목의 선택과 가중치 계산을 고려하여야 한다. 그러나 오염물질 영향정도의 가중치 산정을 위한 객관화된 지표 또는 상관계수 도출에 대한 연구는 본 연구의 범위에서 제외하며 추후 보완되어야 한다.

3) IAQ 인증제도 및 기준

세계 각국의 IAQ 인증기관은 자체적인 건축자재의 인증기준을 마련하고 있으며, IAQ에 영향을 미치는 오염물질과 이를 발생시키는 오염원을 지정하고 대상 자재에 대한 오염물질 방출량 측정방법을 제시하고 있다. 국내외 기관의 IAQ인증제도는 주로 휘발성 유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO)를 평가대상으로 하며, 사용제한기준 또는 등급기준을 마련하고 오염물질의 단순방출량 또는 전과정(LCA)에 걸친 환경성 평가를 실시하고 있다. 대표적인 해외 인증제도로는 유럽 5개국 30여 업체가 참여하는 독일의 Emissioncode, 미국의 Green Guard, 일본의 JIS, 핀란드의 RTS 등이 있다.

방출량이 측정된 대상 자재는 인증기관의 자체기준 또는 국제규격에 따라 성능이 평가되어 인증과정을 거치게 된다. 방출량에 의한 실내마감자재의 인증은 등급인증 또는 제한 방출량 초과여부에 따른 사용 적합성을 결정하는 형식으로 나뉜다. 독일의 Blue Angel, 한국 환경부 산하 환경산업기술원(KEITI)의 환경표지제도의 경우 오염물질 방출량을 포함하여 실내마감자재의 생산, 유통, 재활용, 폐기 등 제품 전과정(LCA)에 걸친 환경성을 평가하는 기준을 제시한다.

한국공기청정협회(KACA)는 오염물질 방출량에 따른 등급을 부여하고 있다(표 3 참조). 휘발성 유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO)의 시간당 단위배출량을 기준으로 평가하며, 3등급의 친환경 인증등급을 부여하며, 법적인 규제력은 없다. 2003년 이후 등급평가 대상이 되는 자재들의 종류를 늘려가고 있으며, 그 평가기준도 엄격해지고 있다.

표 3. 건축자재의 인증등급(공기청정협회, 2010)

구분	일반자재, 페인트, 퍼티	접착제	실란트	
			단위 (mg/m <sup>2</sup> ·h)	등급
최우수 ★★★★★	TVOC	0.10 미만	0.10 미만	0.25 미만
	5VOC	0.03 미만	0.03 미만	0.75 미만
	HCHO	0.015 미만	0.015 미만	0.015 미만
우수 ★★★★	TVOC	0.10 이상 ~0.20 미만	0.10 이상 ~0.30 미만	0.25 이상 ~0.75 미만
	5VOC	0.06 미만	0.09 미만	0.22 미만
	HCHO	0.015 이상 ~0.05 미만	0.015 이상 ~0.05 미만	0.015 이상 ~0.05 미만
양호 ★★★	TVOC	0.20 이상 ~0.40 미만	0.30 이상 ~0.60 미만	0.75 이상 ~2.5 미만
	5VOC	0.12 미만	0.18 미만	0.75 미만
	HCHO	0.05 이상 ~0.12 미만	0.05 이상 ~0.12 미만	0.05 이상 ~0.12 미만

※ 5VOC : 신축 공동주택의 실내공기 오염물질(벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 스티렌)

2.3 종합 IAQ 산정 연구 고찰

실내마감자재의 선정을 위해서는 각 자재의 공기질 성능을 평가하는 인증기준과 함께 설계를 통해 구성된 부위의 모든 자재의 조합 및 기타 공기질에 영향을 미치는 요소들을 종합적으로 평가할 수 있는 방안이 필요하다.

Zheng Qi(2010)는 각 기관의 평가요소들을 정리하고 관련 전문가들을 대상으로 설문조사 및 인터뷰를 실시하여 오염물질량, 오염원 제어, 환기성능, 주관적 판단 총 4가지 영역에서 9개 요소를 도출하였다. 이 과정에서 각 평가요소들이 IAQ에 미치는 영향정도의 상이함을 고려하여 FD-AHP기법을 통한 가중치를 산정하였다(표 4 참조).

표 4. 평가영역의 퍼지 매트릭스(예시)

평가영역	오염물질	오염원제어	환기성능	주관적판단
오염물질	(1, 1, 1)	(1/9, 0.786, 9)	(1/7, 1.311, 9)	(1/7, 3.460, 9)
오염원제어	(1/9, 1.274, 9)	(1, 1, 1)	(1/7, 3.325, 9)	(1/7, 4.430, 9)
환기성능	(1/9, 0.763, 7)	(1/9, 0.301, 7)	(1, 1, 1)	(1/7, 3.639, 7)
주관적판단	(1/9, 0.289, 7)	(1/9, 0.226, 7)	(1/7, 0.275, 7)	(1, 1, 1)

김창남(2007)은 설계단계에서 발생제어(source control) 및 희석제어(dilution control) 적용에 따른 영향을 평가하기 위하여 건물 계획 시 친환경자재의 등급별 적용, 환기량 조절 등의 방안의 적용효과를 사전에 파악할 수 있는 프로그램 구축방안을 제시하였다. 자재의 화학물질 방출량 단순 합산 방식으로 계획된 실내의 화학물질 농도 예측을 진행하였으며, 시간당 마감자재의 화학물질 방출속도와 마감자재의 면적을 변수로 하였다.

한국 국토해양부가 고시한 '주택성능등급 인정 및 관리기준'에는 실내환경 관련 등급 평가항목 중 실내공기질이 포함되어 있다. 이와 관련한 세부 항목으로 오염물질 저방출 자재의 적용여부와 단위세대의 환기성능 확보 여부가 있으며, 이는 종합적인 주택성능 평가에 반영된다. 실내마감자재의 적용에 대한 평가방식은 기관에서 제시한 9가지 항목의 만족여부에 따라 1점 또는 2점의 점수를 부과하여 총 점수로 공기질 등급을 평가한다(표 5 참조).

표 5. 한국국토해양부 실내마감재 사용에 따른 IAQ등급 기준

등급	등급기준
1급	11점이상 (최종마감재점수+접착제점수+기타내장재점수)
2급	8점이상 ~11점미만 (최종마감재점수+접착제점수+기타내장재점수)
3급	5점이상 ~8점미만 (최종마감재점수+접착제점수+기타내장재점수)

### 2.4 실내마감자재 정보유형

실내마감자재의 선정 프로세스를 수립하기 위해서는 우선적으로 자재를 평가 및 비교하기 위한 항목을 도출하여야 하며, 기존에 구축된 데이터베이스들이 제공하는 정보유형에 대한 분석이 필요하다. 따라서 국내에서 운영되는 주요 건축자재 및 친환경제품 정보망을 조사하였다(표 6 참조).

표 6. 기존 데이터베이스 정보유형 분석

	정보유형	녹색상품 정보망	공기청정 협회	조달청	주택공사
제품 일반 정보	이미지	○	○	○	○
	상품코드	○			
	분류명(종류)	○	○	○	
	모델명(제품명)	○	○		○
	규격	○		○	
	가격	○		○	
	식별번호	○		○	
	제조사	○	○	○	○
	연락처		○	○	○
	홈페이지 주소		○	○	○
	거래정보			○	
	시방서				○
일위대가				○	
친환경 인증 정보	인증번호	○			
	인증기간	○			
	인증구분(마크)	○	○		
	인증사유	○			
기타	제품비교			○	

조사된 자재 정보망에서는 정보가 제공되는 자재의 수가 적으며, 대다수 자재의 기본정보가 완전하게 기입되지 않았다. 녹색상품 정보망의 경우 환경산업기술원의 환경표지인증을 받은 제품만 정보망에 입력될 수 있기 때문에 대상 제품의 수가 많지 않으며, 제품분류 및 친환경인증 여부와 인증사유가 간략하게 제시되어 있을 뿐 상세한 성능정보를 제공하지는 않는다. 한국공기청정협회는 자체적으로 인증을 해준 실내마감자재(HB마크)들의 정보를 제공하고 있으나 규격이나 가격 등 기본적인 정보가 생략되어 자재선정에 참고하기에는 불편하다. 또한 조달청 자재정보망의 경우 온라인상에서 자재거래를 유도하기 위해서 구축되었으며 비교적 정보항목이 잘 나타나고 제품비교 기능까지 제공하고 있었으나, 일반적 물성정보 및 거래정보 위주로 편성되었다. 대한주택공사의 경우 시방서 및 일위대가를 파일첨부 형식으로 제공하여 현장 적용 시 참고할 수 있도록 하였으나, 다른 기본정보가 부족하였다.

### 3. IAQ를 고려한 실내마감자재 선정 프로세스 연구

#### 3.1 선정 프로세스의 개념

건축물의 설계단계에서부터 선택된 마감자재 및 부속자재로부터 발생하는 오염물질을 신속하고 종합적으로 평가하여 적정수준의 IAQ성능을 가진 자재를 선정할 수 있는 시스템 개발과 프로세스 확립이 필요하다. 즉, 설계단계부터 선택된 마감자재 및 부속자재가 발생시키는 오염물질의 수준이 한계수준을 넘는 경우 양질의 자재를 재선택 및 재평가 하는 반복과정을 거쳐야 한다.

그림 2는 설계단계에서 목표 수준에 적합한 자재를 선택하는 전반적인 과정이다. 실내공기질 수준과 설계부위가 선택되었다면, DB 검색을 통해 그 부위에 시공할 수 있는 자재들을 선택하고, 이 중 자재 물성에 따른 기본적인 규격과 성능을 만족하는 자재를 예비로 선별한다. 다시 예비 자재들은 시스템 상의 IAQ 평가척도에 의한 오염도 평가를 거치며 적합 자재들만 선별된다. 선별된 자재를 적용하여 설계부위의 IAQ를 종합적으로 평가한 후 자재의 확정 또는 재선택 단계로 넘어간다.

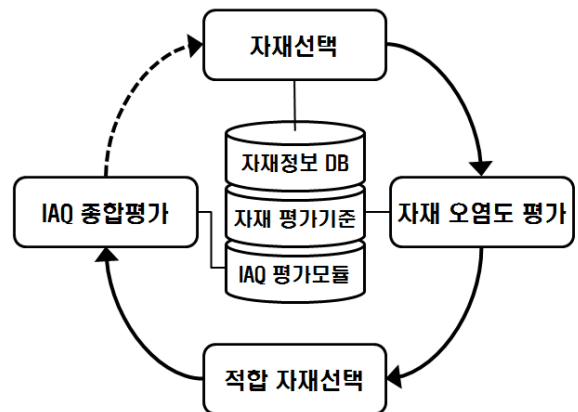


그림 2. 설계단계의 자재 선정 프로세스 개념

### 3.2 IAQ성능 평가 방안

#### 1) 자재별 IAQ 평가

설계단계에서 설정한 IAQ성능 수준을 만족하는 자재를 선정하기 위해서는 성능의 등급별 구분 또는 이를 점수화 하는 기준이 필요하다. 2.2에서 조사한 바와 같이 IAQ와 관련하여 국가 또는 연합단체에서 제시하는 기준이 다양하며, 오염물질의 방출량 제한 기준을 제시하는 경우가 많다. 등급화 또는 점수화하기 위해서 제시되는 인증 기준들은 오염물질의 방출농도 평가를 기본으로 한다. 대표적인 등급인증규격으로는 한국 공기청정협회 인증규격 외에도 일본공업규격(오염물질의 방출량에 따라 3개 등급), 핀란드 민간단체인 빌딩정보재단 인증(RTS, 건축자재 등급을 M1, M2, M3로 구분하여 인증) 등이 있다.

실내마감자재의 등급화 된 IAQ성능 평가결과는 자재선정 시스템 상에서 방출량 정보를 읽어 직접 성능을 평가하는 것 보다 신속하게 선정시스템에 적용될 수 있다. 각 자재의 IAQ성능에 따라 프로젝트 목표 성능에 부합되는지 여부가 확인되어 채택여부가 결정된다.

본 연구에서 제시하는 실내마감자재 선정 프로세스는 이러한 인증제도와 법적 사항을 우선 고려하여 제한규격을 만족하는 수준에서 품질관리 한계를 설정하며, 이를 통해 전략적이고 효율성 있는 자재선정 계획을 수립할 수 있다.

#### 2) 종합 IAQ 평가

자재 등급수준을 만족하는 각 자재 및 부속자재를 선택하여 조합한 후에는 실내공간의 종합적인 IAQ 평가가 실행되어야 한다. 각 자재의 일반정보 및 오염물질 방출특성과 방출량에 대한 정보는 IAQ의 종합평가를 위한 기본 데이터로 활용된다. IAQ 종합평가를 통해 실내공간의 공기질 기준 통과여부를 판가름하여 자재를 다시 선택할지를 결정한다. 이 단계에서는 자재 자체의 오염물질 방출특성 뿐만 아니라 선택된 자재결합에 의한 방출특성이나 설계상 공간의 오염원 제어방안 등 거주자의 생활에 영향을 미치는 모든 요소들이 평가대상이 될 수 있다.

설계부위로 지정된 공간의 IAQ 종합산정을 위해서는 우선적으로 평가요소를 도출하여야 한다. ASHRAE, U.S.EPA, 호주 보건부, 영국 환경국, 그리고 WHO 등 세계 각국의 환경기관에서는 각각 IAQ의 평가기준을 제시하고 있으며, 평가요소는 환기규정, 오염물질, 인체에의 영향 등 다양하다.

실내마감자재 선정 단계의 종합 IAQ평가는 2.3절에서 설명된 Zheng Qi의 연구와 같이 오염물질 외에 여러 가지 사항의 가중치 산정과 주관적 판단을 통해 이루어질 수 있다. 그러나 선정과정을 시스템화 할 경우, 종합 IAQ 평가 모듈은 주관적 판단이 불가능할 뿐만 아니라, 오염원 제어 수준과 환기수준의 별도 설정이 필요하여 현 단계에서는 적용하기 쉽지 않다. 또한 김창남이 제시한 단순합산 방식에 의한 실내오염물질 농도평가는 자재 시공에 의한 자재들 간의 간섭여부나 방출특성 변화를 반영할 수 없으며, 오염물질 방출량 평가에만 특정되는 한계

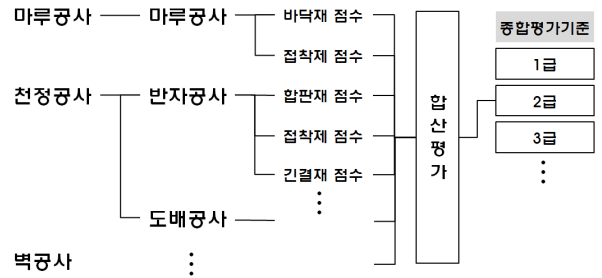


그림 3. 종합IAQ 평가의 기본 개념

가 있다. 또한 국토해양부의 ‘주택성능등급 인정 및 관리 기준’에서 제시하는 평가방법은 자재의 등급을 반영하지 못하고 기준 통과 여부만을 평가하는 한계가 있다.

본 연구에서는 시스템 상의 조건사항 만족 여부와 자재의 등급을 반영한 점수 시스템을 고려한다. 그림 3은 건설자재분류에 의해 구분된 각 자재의 점수를 합산하여 평가하는 개념을 도시한 것이다. 이는 설계단계에서 선택 자재의 입력된 정보를 통해 적합 여부를 판단할 수 있으며, 등급화가 가능하다. 또한 인증된 자재의 적용 여부가 아닌 자재의 등급점수로 평가할 수 있으므로, 자재 성능 수준의 상세한 설정 및 전략적 설계를 유도할 수 있다.

IAQ 종합평가 방안에 대한 연구는 현재 미비한 실정이며, 향후 기준설정과 등급수준 조정에 관한 상세한 연구가 이루어진 후 채택하여야 한다.

### 3.3 마감자재 선정 프로세스 연구

#### 1) 마감자재 선정 알고리즘

권기덕(2009)은 본 연구의 선행연구로서 거주자의 건강에 영향을 미치는 실내 영향요소들의 평가를 통한 자재 선정 프로세스를 제시하였다. 본 연구에서는 선행연구에서 제시한 평가요소의 범위를 세분화하여 건강의 영향요소들 중 공기질에 한정시켜 발전된 실내마감자재 선정 프로세스를 제시한다(그림 4). 이는 신규 Project 생성 시 필요자재 또는 제품선정과정으로서, 제품선정에 앞서 자재의 종류를 먼저 선정하며, 선정된 자재의 종류에 해당하는 제품들의 정보를 검색하게 된다.

과거에 실시된 유사 프로젝트의 존재여부를 조사하고 기존 프로젝트에서 변경된 일부 수정사항을 추가하여 자재 선정 업무를 마칠 수 있다. 그러나 유사 프로젝트가 존재하지 않을 시에는 순차적인 자재 선정과정이 진행된다.

각 제품의 물성, 규격 등 일반정보와 함께 제시된 오염물질 방출특성 및 IAQ성능등급 평가요소에 해당하는 수치자료를 성능평가기준과 비교한 뒤 해당 프로젝트에서 요구하는 기준을 만족하는지의 여부를 판단하여 자재를 선정하게 된다. 추후 선정 시스템이 구축되어 IAQ성능기준이 확립되고, 제품정보가 충분히 축적이 된다면 제품의 일반정보에 상세한 IAQ성능정보를 추가적으로 표시할 수 있게 된다. 이는 더욱 신속하고 효율적인 자재선정을 유도할 수 있으며, 현장 적용 시 IAQ로 인해 발생하는 문제를 사전에 방지할 수 있다.

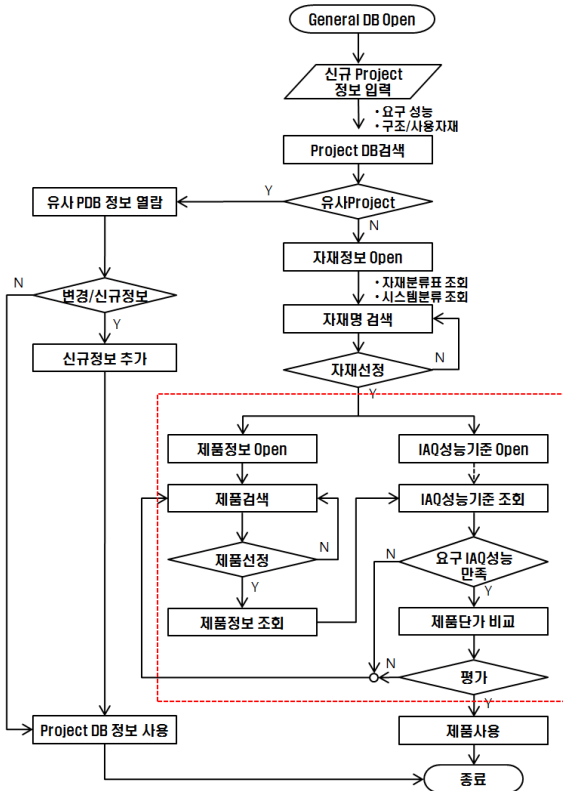


그림 4. 실내마감자재 선정 알고리즘(권기덕, 2009)

2) 마감자재 선정 세부절차

그림 4에서 설명된 자재 선정 절차에서 실내마감자재의 IAQ 성능평가 및 선정에 대한 세부 절차(그림 4의 점선 상자 부분)는 그림 5와 같다.

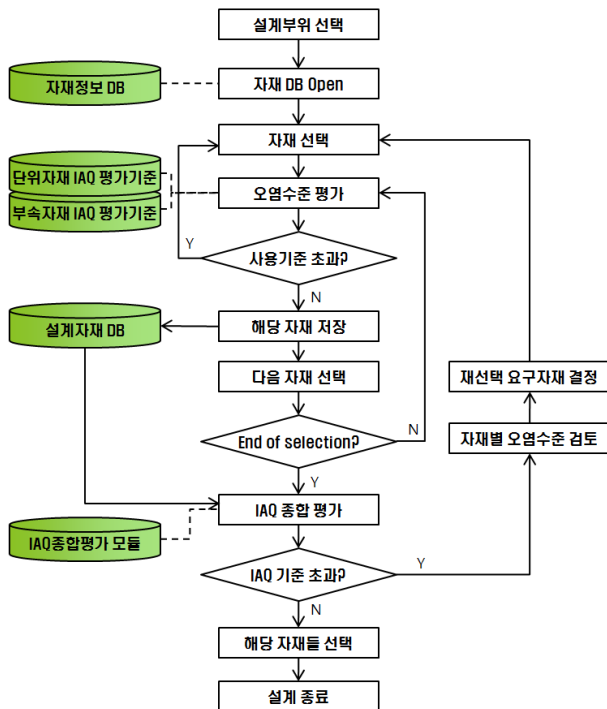


그림 5. 실내마감자재 평가 및 선정 세부절차

이는 IAQ를 고려한 실내마감자재 선정 시스템 또는 자재 정보관리시스템이 구축된 것으로 가정하여 설명할 수 있다. 설계단계에서 선택된 부위에 대한 자재들의 목록을 시스템 상의 DB에서 검색하여 나열한다. 순차적으로 자재를 선택하여 오염물질 방출정도에 대한 정보를 검색하거나 자재의 IAQ성능정보 및 인증정보를 해당 사업에서 제시한 오염물질 방출기준과 비교하여 자재를 선정한 뒤 적정 성능의 자재를 설계자재 DB(designed material DB)에 저장한다.

이렇게 선정된 자재들의 조합에 의한 전체적인 IAQ를 평가 하여 자재를 재선택하는 과정을 거쳐 최종적으로 적합자재를 선정하게 된다. 종합 IAQ평가기준을 만족하지 못하면 다시 선택된 자재들의 오염수준을 검토하여 비용증가가 가장 적거나 IAQ성능향상의 폭이 큰 자재를 우선으로 재검토하여 변경한다. IAQ의 종합평가 과정을 통해 자재를 선정하는 상세 과정은 3.4절에서 설명하기로 한다.

3.4 IAQ 성능 평가 및 자재선정

실내마감자재의 IAQ성능 인증에 앞서 공인된 검사기관 또는 검사대행업체를 통해 오염물질 방출량을 검사하며, 이 결과를 토대로 인증기관에 인증평가를 신청하여 일정기간의 인증을 받는 것으로 업무가 진행된다. 선정시스템 내에서 실내마감자재의 오염물질 방출수준을 평가하여 설계에 반영하는 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있다 (그림 6 참조).

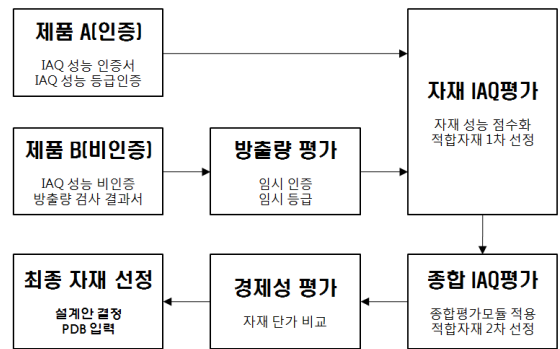


그림 6. 자재 평가 및 선정 업무 절차

첫째, 자재의 IAQ성능에 대해 인증기관이 제시한 인증서 또는 등급을 점수화 하는 방법으로서 자재선정시스템 내부의 평가모듈에서 제시하는 기준에 의해 조합된 자재들의 점수를 합산하여 설계부위의 IAQ를 종합평가한다. 이는 기준에 인증된 평가내용에 따라 오염물질 방출량에 대한 평가뿐만 아니라 제품 생산 전과정의 환경영향도를 반영할 수 있으며, 자재 선정 시스템 내부의 검토과정을 간소화 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 인증받은 제품에 한하여 DB상에 등록될 수 있으므로 자재선정의 폭이 좁은 단점이 있다.

둘째, 인증기관에 의한 IAQ성능 평가를 받지 않았거나, 인증과정의 지연 등으로 인증서 또는 등급을 받지 못한

제품들을 자체적으로 평가하는 방법이다. 선정시스템의 IAQ평가모듈에 인증기관의 평가기준을 반영하여 입력된 제품의 오염물질 방출량에 따라 각 자재에 대한 임시 인증 또는 등급을 부여한다. 단, 모든 제품의 오염물질 방출량이 측정되었으며 인증을 받지 않은 제품이 인증을 받은 것보다 낮은 IAQ성능을 가진다고 볼 수 없다는 가정 하에 적용될 수 있다. 이 평가방법은 자재선택의 폭을 넓힐 수는 있으나, 자재의 단순 방출량만을 평가에 반영할 수 있으며, 자재선정시스템의 검토과정이 복잡해지는 단점이 있다.

실내마감자재 선정과정은 두 평가방법 중 한 가지만 적용될 수도 있으나, 자재의 인증여부에 따라 분리하여 독립적으로 적용, 통합하는 세부방안이 필요하다.

**3.5 자재선정시스템 적용**

김종일(2009)이 실시한 설문에 의하면 국내 설계업체의 대다수가 자체적인 자료축적 및 검색 지원도구를 보유하지 않고 있으며, 자재검색, 분석 및 평가에 전체 자재선정업무 시간의 약 79%가량을 소비한다. 이러한 선정과정은 모두 인력에 의존하게 되며 정보의 저장과 관리가 효과적으로 이루어지지 않음으로써 시간과 인력 등 건설자원의 낭비가 초래된다(허성수, 2006). 따라서 이 단계의 업무를 지원하는 시스템의 개발은 전체 자재선정업무 부담을 경감시키기 위해 반드시 필요하다.

그림 7은 본 연구에서 제시하는 선정업무 중 평가프로세스의 시스템 적용을 도시한 것이다. 설계도면 작성과 각 공간의 IAQ성능결정 이후 자재를 선정하기 위해서는 분류에 따른 검색을 하게 된다.

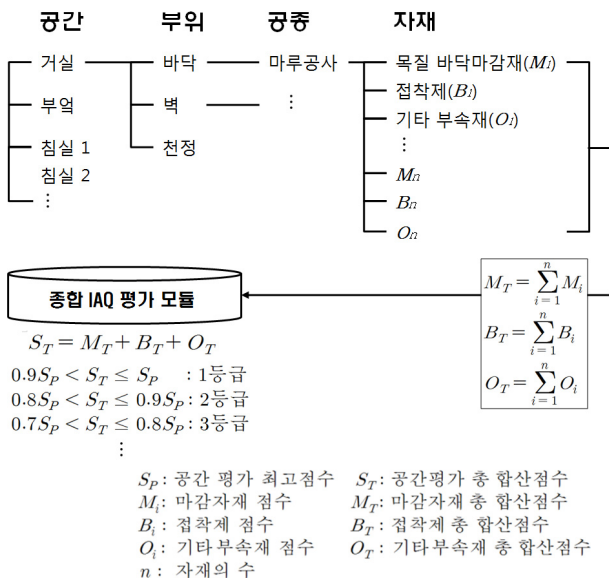


그림 7. 자재선정시스템 적용(예시)

여기서는 건설공사 표준분류체계의 Facet분류를 적용하였다. 공동주택 거실 마루공사의 경우를 예로 들면, 우선 거실공간 바닥부위의 마루공사를 선택하여 이에 적용되는 자재들의 항목을 얻는다. 다시 상세조건검색을 통해

설계제시조건에 부합하는 마루공사 자재들의 항목을 얻고 평가과정을 진행한다. 각 바닥자재와 시공에 사용되는 접착제 및 기타 부속자재의 점수를 합산하고 실내공간의 종합 IAQ를 시스템 평가모듈에 따라 등급을 나눈다. 본 연구에서는 설계에 적용된 모든 자재종류의 최고등급점수를 합산한 것을 공간평가 최고점수로 하고 적용자재들의 총 합산점수를 최고점수 대비 비율로 평가하여 등급화 하도록 개념을 설정하였다. 평가모듈의 평가방안과 종합 IAQ평가의 상세 기준에 대한 연구는 추후 보완하여야 한다.

그림 8은 기존 연구내용(허성수, 2006, 권기덕, 2009, 김종일, 2009)을 참고하여 현행 자재선정업무와 자재선정시스템 적용 시의 업무프로세스를 비교 작성한 것이다. 마감자재 선정과정에서 자재 정보는 선정자의 경험, 유사프로젝트 사례 조사, 인터넷 검색, 동료에게의 문의, 그리고 자재생산업체 제공자료 활용 등을 통해 입수된다(김종일, 2009). 이러한 자재선정업무는 기획조사와 계획설계, 기본설계, 실시설계 등의 설계 각 단계는 물론 자재의 수급부족과 재검토 시 반복되는 문제가 있다.

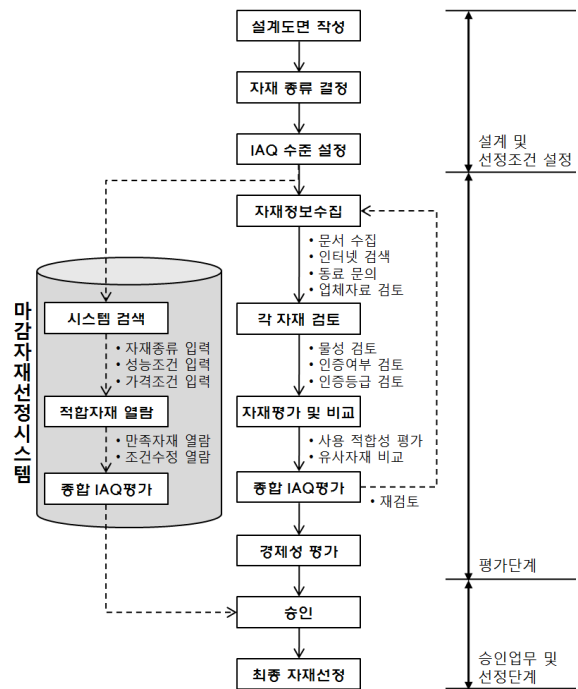


그림 8. 현행 업무와 시스템 적용 프로세스의 비교

IAQ를 고려한 실내마감자재 선정시스템에서는 자재에 대한 가격, 물성, 인증여부 및 인증등급에 대한 정보는 물론 종합 IAQ평가결과까지 제공받을 수 있다. 자재선정단계에서 간단한 조건설정을 통한 정보의 검색이 가능하므로 별도의 정보수집과 검토단계를 거치지 않는다. 또한 설계된 가상공간의 종합 IAQ평가 역시 시스템 내의 평가모듈에 의해 진행되므로 인력에 의한 평가기준 조회 및 등급평가를 생략할 수 있다. 따라서 자재 검색, 분석 및 평가에 소요되는 선정업무시간과 인력의 절감효과를 얻을 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 설계단계에서부터 실내공기질을 고려한 건축 마감자재 선정 시스템 구축을 위한 내부 프로세스를 제시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫 번째, 공동주택의 주요 자재를 파악하고 이들로부터 발생하는 오염원 및 방출오염물질을 조사하였다. 이를 통해 주요 오염물질들이 미치는 영향을 도출하였다. 이는 IAQ를 고려한 실내마감자재의 선정 프로세스의 현실화에 있어 평가방법의 기본 방향을 설정하는 것에 기여할 수 있다.

두 번째, 자재선정 계획 수립을 위해 국내외 IAQ 인증 기관들의 평가방법 및 인증방법을 조사하였으며 기존에 구축된 자재정보망들을 분석하여 자재선정 시 고려할 수 있는 정보유형을 조사하였다. 이를 통해 자재 및 종합 IAQ 평가방안을 제시하였다.

세 번째, 실내공기질을 고려한 공동주택 실내마감자재 선정 계획을 수립하고, 자재의 평가 및 선정 프로세스를 제시하였다. 또한 실내마감자재의 평가에 있어서 인증자재와 비인증자재의 개별 및 종합 IAQ 평가에 대한 세부 절차를 제시하고 시스템 상의 데이터흐름을 설정함으로써, 선정 프로세스의 구체적인 방안을 마련하였다.

실내공기질을 고려한 건축마감자재 선정 프로세스의 확립은 설계단계에서의 마감자재 및 부속자재 선정에 소요되는 인력과 의사결정시간을 절약하게 하며, 자재정보관리 시스템 구축과 각 건설단계의 의사소통 개선 및 업무 효율성 향상에 기여할 수 있다. 또한 궁극적으로 건축물의 품질개선과 IAQ 성능 향상을 도모할 수 있다.

본 연구의 결과는 추후 IAQ를 고려한 실내마감자재를 선정 정보관리시스템 구축연구의 자료로 활용될 수 있으며, 설계공간의 종합 IAQ성능 평가절차 및 기준설정 등에 대한 상세연구로 발전시킬 수 있다.

#### 후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 20100001860)

#### 참고문헌

1. 구교진, 박형진, 박성철, 김종일, “설계단계 건축마감자재 선정을 위한 지식정보기반 자재성능비교 지원모델”, 대한건축학회논문집, 구조계 제24권 제4호(통권 234호), 2008. 04. pp.191-198
2. 권기덕, 이동훈, 김선국, “건강친화형 건축자재의 DB화 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제9권 제6호(통권 40호), 2009. 12. pp.3-11
3. 김종일, 2009, 프로젝트 유사도 및 자재성능 기반 업무시설 바닥 마감자재 선정 지원모델, 석사학위논문, 서울시립대학교.
4. 김창남, 김용경, 김선숙, 강동화, 최동희, 여명석, 김광우, “건축마감자재의 오염물질 방출량 및 환기량에 따른 실내공기질 평가 프로그램 (KLAir-E) 개발”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제27권

- 제1호(통권 제51집), 2007. 10. pp.913~916
5. 박진철, 김남규, “신축공동주택의 실내공기환경 실태조사에 관한 연구”, 한국건축환경설비학회 논문집, 제3권 제3호 2009. 09. pp. 96-103
6. 최성우, “실내공기질: 실내오염원 및 실내오염 제어방법의 고찰”, 환경과학논문집 제1권 제1호, 1996. pp. 113-134
7. 한충한, 주기범, 김형준, “건설자재 정보속성 정형화를 위한 조사·분석적 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2007.11. pp.768-773
8. 허성수, “건축마감자재정보관리 시스템화 연구”, 국회도서관, 석박사학위논문, 2006
9. ZHENG QI, 이동훈, 최재휘, 김선국, “실내공기질의 건강성능평가 모델 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제10권, 제3호, 2010.06. p.03~10
10. A. P. Jones, “Asthma and domestic air quality”, Social Science & Medicine, Volume 47, Issue 6, 16 September 1998, pp. 755-764
11. A. P. Jones, “Indoor air quality and health”, Atmospheric Environment, Volume 33, Issue 28, December 1999, pp. 4535-4564
12. K.W. Mui, W.T. Chan, “Building calibration for IAQ management”, Building and Environment, Volume 41, Issue 7, July 2006, Pages 877-886
13. Sekhar, S. C., Tham, K. W., Cheong, K. W., “Ventilation, indoor environment quality and climate- comparison of European and Singapore office buildings”, International Journal of Ambient Energy, vol. 23, 2002, p. 108-112
14. Sumin Kim, Jin-A Kim, Hyun-Joong Kim, Shin Do Kim, “Determination of formaldehyde and TVOC emission factor from wood-based composites by small chamber method”, Polymer Testing, Volume 25, Issue 5, August 2006, Pages 605-614
15. Sumin Kim, “The reduction of indoor air pollutant from wood-based composite by adding pozzolan for building materials”, Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 6, June 2009, Pages 2319-2323
16. Sumin Kim, Yoon-Ki Choi, Kyung-Won Park, Jeong Tai Kim, “Test methods and reduction of organic pollutant compound emissions from wood-based building and furniture materials”, Bioresource Technology, Volume 101, Issue 16, August 2010, Pages 6562-6568
17. Uhde, E., Salthamme, T., “Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry”, Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 15, P3111-3128, 2007.05
18. WHO, “Air Quality Guidelines for Europe” 2nd edition, 2000
19. 한국국토연구원, 2008년도 주거실태조사 결과발표, 2008.8
20. 환경부, 휘발성유기화합물 지정, 환경부 고시 제2009-198호
21. 국가환경정보센터, <http://www.konetic.or.kr/>
22. 녹색상품정보망, <http://www.greenproduct.go.kr/>
23. 대한주택공사, ITIS 정보서비스, <http://itis.jugong.co.kr/>
24. 조달청, 나라장터 쇼핑몰, <http://shopping.g2b.go.kr/>
25. 한국공기청정협회, <http://www.kaca.or.kr/>
26. 한국환경시험연구원, <http://www.ketri.co.kr/>

투고(접수)일자: 2010년 10월 6일

심사일자: 2010년 10월 6일

게재확정일자: 2010년 12월 14일