건축공종 및 내부자재별 친환경평가 분석을 통한 Smart Component 개발에 관한 연구

A Study on Developing Smart Component through the Analysis on Architectural Scheduling and internal Material

김 재 원*, 정 병 우*, 김 선 식*, 이 상 효*, 박 인 숙*, 김 재 준**
Kim, Jae-Won, Jeong Byung-Woo, Kim, Sun-Seek, Lee, Sang-Hyo, Park In-Suk, Kim, Jae-Jun

요 약

환경보전과 경제발전에 대한 문제가 전 산업에서 등장하면서 리우환경회의에서 CO_2 배출규제가 채택되었고, 우리나라도 교통의정서에 서명함으로서 친환경 및 지속가능한 개발을 추진해야하는 의무를 가지게 되었다. 국내 건축물은 조기전면 철거와 재건축으로 인한 자원 및 건설에너지의 낭비와 폐자재 재활용 미흡의 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 건축물의 CO_2 배출량을 추정하여 건축물의 환경친화성을 평가하고, 주거만족도 설문조사를 통해 현 국내건축물의 문제요소를 도출하여 건축물의 수명과 유연성을 증대하고 실내 건축 환경의 쾌적성을 향상시킬 수 있는 Smart Component 개발 방안을 모색해 보고자 한다.

키워드: 친환경평가, 가변성, Smart Component, 주거만족도

1. 서 론[1]

1.1 연구의 배경 및 목적

1972년 스톡홀름의 '인간 환경에 대한 회의'에서 환경보전과 경제발전에 대한 문제가 제기된 후 환경문제는 건설 산업을 포함한 전 산업의 화두로 등장하였다. 그리고 1992년 지속가능한 개발을 위한 '의제(Agenda 21)'의 리우환경회의에서 CO_2 배출규제가 채택되었고, 1998년 우리나라도 각국의 이산화탄소 배출량 감축을 의무화한 '교토의정서'에 서명하게 됨으로써 친환경 및 지속가능한 개발을 추진해야 되는 의무를 국제사회의 일원으로써 가지게 되었다.

전체산업 중 건설 분야에서 사용하는 에너지량은 상업용, 주거용 건물의 운용 부문, 건설자재 생산과 시공부문을 포함하여 전체 산업 CO_2 소비량의 1/3 정도이며, 특히 건설자재 생산에서 발생되는 CO_2 배출량은 전체의 약 13%정도로 배출량 절감에 대한 적절한 대책이 필요한 실정이다. (채창우 2000) 또한 국내 건축물은 건설 후 20년 정도의 수명으로 조기에 전면 철거되거나, 재건축됨으로써 자원 및 건설에너지 낭비와 폐자재의 재활용 미흡, 환경파괴와 오염 등의 문제를 야기하고 있다. (김수암. 2004)

이에 본 연구에서는 건축물을 구성하고 있는 각 구성재들의 친환경 평가분석을 통해, 건축물의 수명과 유연성을 증대하고 실내 건축 환경의 쾌적성을 향상시킬 수 있는 Smart Component 개발 방안을 모색해 보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 재료의 생산 단계에서부터 건축물의 유지 보수 및 폐기단계까지의 CO_2 배출량을 추정하여 건축물의 환경친화성 평가를 하고자 한다.

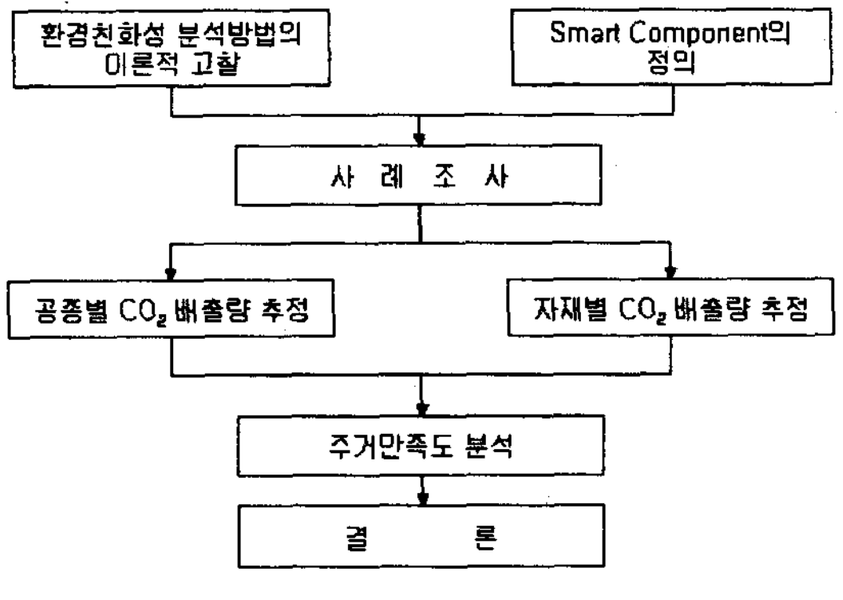

그림 1. 연구의 절차

상기 그림 1과 같은 본 연구의 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 환경친화성 분석방법과 Smart Component에 대한 이론적 고찰을 실시한다.

둘째, 대상건축물 선정 후 공종별·자재별 CO_2 배출량을 평가한다.

셋째, 주거만족도에 대한 설문 조사 및 분석을 통하여 향후 Smart Component 의 개발 방향을 도출하고자 한다.

* 일반회원, 한양대학교 건축환경공학과, 석사과정
** 종신회원, 한양대학교 건축환경공학과 교수, 공학박사

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음. 과제번호 R11-2005-056-03001

2. 환경친화성 분석방법과 Smart Component의 이론적 고찰

2.1 건축물의 환경친화성 분석 방법

본 연구에서는 개별적산법에 의한 건설자재의 원단위가 충분히 정비·공표되어 있지 않은 건설 산업의 특징에 따라 각 산업 간의 상호 연관관계를 반영하고, 국내 건축자재의 원단위 D/B를 일괄적용으로 도출할 수 있는 산업연관표를 이용한 산업연관분석을 바탕으로 CO_2 배출량을 추정하였다.

2.2 산업연관표와 산업연관분석

산업연관표란 일정기간 동안 한 나라의 국민 경제 내에서 생산된 모든 산업부문간의 물자나 서비스의 거래관계를 일정한 원칙에 따라 표시한 통계표를 말한다.

산업연관분석(input-output analysis)은 산업연관표를 이용하여 산업간의 상호 연관관계를 수량적으로 파악하는 분석법이다. 또한 산업연관표의 형식을 확장하고 산업 간만이 아닌 자연환경에서 산업으로의 투입(자원 채취)나, 산업으로부터 환경으로의 산출(폐기물, 오염물질의 배출)까지 포함한 물량단위의 투입 산출표를 작성하면 환경 문제에서의 응용이 가능하다.

2.3 Smart Component의 정의

지식기반의 사회로 전환됨으로서 정보기술의 광범위한 활용은 사회전반의 시스템을 변화시키고, 언제, 어디서나 유용한 정보를 획득하여 필요한 형태로 가공, 활용할 수 있는 능력을 갖추는 것이 필요하게 되었다.[1] MIT는 새로운 지능형 센서, 시스템 제어기술 및 IT를 기초로 한 지능형 주택모델을 제안하는 House_n 프로젝트를 통해, 정보사회의 특성을 주거환경에 수용하려는 연구를 진행하고 있다.[2]

본 논문에서의 Smart Component는 앞서 설명한 지능형 기술들 - 정보통신 기술, 첨단 설비 기술, 신소재 기술, 친환경 기술 등을 유기적으로 결합하여 고기능, 다기능, 친환경 등의 특성을 지닌 첨단 건축 component로 새롭게 설계, 제작, 설치, 유지관리 하는 기술을 의미한다.

3. 건축물 환경 친화성 분석

3.1 CO_2 원단위 산출

산업연관표를 이용한 원단위 산출기법에는 그 정도에 따라 다양한 방안이 강구되고 있다. 일반적으로 에너지 소비량 및 CO_2 배출량 원단위의 산출 프로세스는 그림 2와 같이 표시할 수 있다.

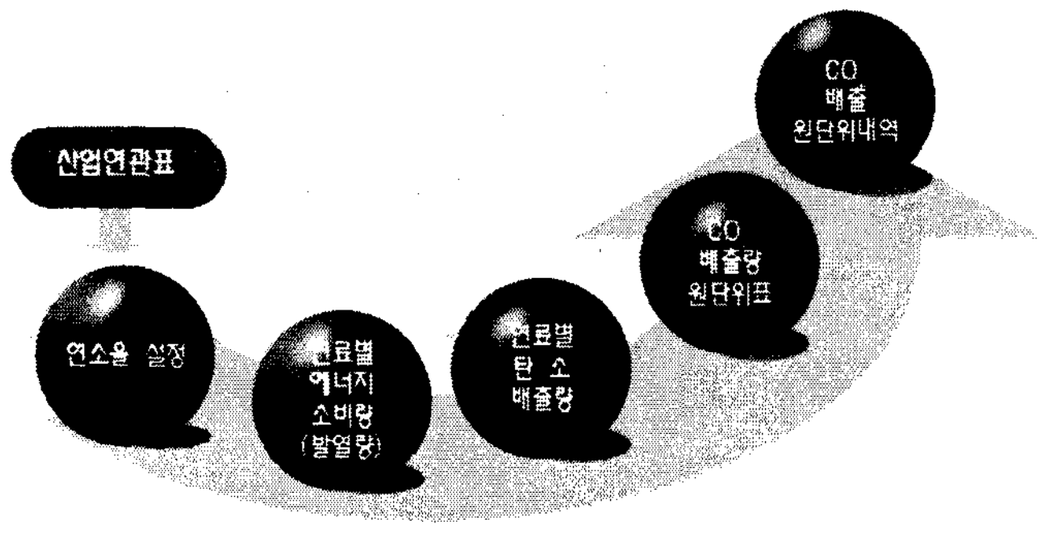

그림 2. CO_2 원단위 산출 모델

상기 그림 2와 같은 본 연구의 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 각 부문의 CO_2 배출의 원인이 된 연료의 종류별 투입량을 추계한다.

둘째, 연소율을 설정하여 연료 종류별 연료로서의 에너지 소비에 기여한 투입물량을 구한다.

셋째, 2단계에 각 연료별 CO_2 배출계수를 곱하고 더하여 직접 CO_2 배출량 원단위를 산출한다.

넷째, 생산유발계수로부터 각 부문별 직간접 원단위를 산출한다.

3.2 건설자재의 CO_2 배출량 원단위 및 적용자재 분류

건축물 생산 시 발생하는 CO_2 배출량 및 에너지 원단위 산출은 '2000년 산업연관표'의 '생산자 가격 평가표'를 기준으로 하였다. 표 1은 건축물 생산 시 '건설자재의 에너지소비량 및 CO_2 배출량 원단위 및 적용자재 내용'으로 산업연관표의 부속표인 '부문별품목별 공급액표'에 게재되어 있는 기초부문을 이용하여 건설자재 관련 산업부문 및 원단위, 그리고 세부적용 자재 내역을 정리하여 표시하였다. (김종엽, 2005)

표 1. 건설자재의 CO_2 배출량 원단위 및 적용 자재내용

No.	산업부문	에너지 (TOE)	CO_2 (T-CO_2)	적용자재내용
39	모래 및 자갈	0.1097	0.3619	모래, 자갈
41	기타건설용석재	0.6216	2.0011	화강암, 대리석
118	제재목	0.1768	0.6108	각재, 판재, 소할재, 기공목재, 우드칩
121	건축용목제품	0.2712	0.9523	문, 창문 및 틀, 건물부착물
132	기타종이제품	0.3465	1.2745	종이벽지, 직물벽지
154	합성수지	0.4381	1.6577	폴리에틸렌, 스틸렌수지, 에폭시
165	도료	0.4307	1.6873	유성, 수성페인트, 우레탄/아크릴/에폭시도료, 신너
167	접착제/젤라틴	0.3870	1.4701	접착제(공업용), 젤라틴
171	기타화학제품	0.4889	2.0370	왁스/광택제, 산화방지제, 방수액, 발포/소포제
172	플라스틱 1차제품	0.3892	1.4411	PVC/PE/PP/PS필름, 플라스틱파이프·관·호스 봉
173	산업용 플라스틱 제품	0.3631	1.3579	플라스틱장판, 플라스틱샤시바, 플라스틱벽지, 스티로폼, 라미네이팅
178	판유리 / 1차유리	0.7872	3.2129	판유리, 유리관, 구, 봉 및 피
179	산업용 유리제품	0.4414	2.0114	안전유리, 표면가공유리, 유리섬유, 유리섬유제품
182	가정용도자기	0.5495	2.7164	도기제품, 세면기, 변기, 욕조
184	건설용 점토제품	0.7863	2.8281	도기제품, 점토제기와, 타일
185	시멘트	1.7479	13.8110	보통/백색/알루미나/고로시멘트, 시멘트크링커
186	레미콘	0.8585	5.9690	레미콘
187	콘크리트제품	0.8675	5.1157	블록, 벽돌, 타일, 기와, 벽면, 문틀, 흄관, 전주, 침목, 파일, 플륨관
188	석회 / 석고제품	0.9513	18.0510	생석회, 소석회, 석고, 석고보드, 판 및 타일
190	석면 및 암면제품	0.6630	3.8749	판, 타일, 블록, 석면시멘트 및 유사제품, 석면, 석면제품, 암면제품

1) 정보통신부, 사이버코리아 21, 1999

2) School of Architecture and Planning , MIT, House_n Living Laboratory : *The MIT Home of the Future*, 2001. 2

No.	산업부문	에너지 (TOE)	CO_2 (T-CO_2)	적용자재내용
197	철근 및 봉강	3.0301	13.5445	일반철근, 고장력철근, 봉강
201	강판(주철관제외)	1.7556	7.7193	용접강관, 무계목강관
202	냉간압연강재	1.9374	8.4572	냉연강대, 냉연박판, 냉연전기/스텐레스냉연강판
203	주철물	2.6250	11.7953	선철/강/가단/흑연주물, 주철/직/이형관, 이음쇠
205	표면처리강재	0.9325	3.9551	아연도강판, 칙도강판, 도포강판
212	동1차제품	0.2254	0.8537	동선, 동판및띠, 대, 동봉 및 동합금봉, 동관 및 중공봉, 동주물, 동단조물
213	알루미늄1차제품	0.4735	1.7765	알루미늄샤시바, 알루미늄판, 띠, 알루미늄선, 알루미늄관, 알루미늄봉
214	기타비철금속 1차제품	0.4542	1.7766	주석압연제품, 아연압연제품, 중석압연제품, 기타비철금속주물
215	건물용금속제품	0.7653	3.1965	샤시문 및 창틀, 건물용 철문, 셔터문, 철제수문, 건물용금속공작물
216	구조물용 금속제품	1.1092	4.8395	육상금속구조물, 구조용금속판제품, 금속제조립식건물, 이동사다리
220	나사제품	0.9214	3.9418	볼트너트, 나사못, 리벳트, 와셔 및 산업용타스터
221	철선제품	0.9569	4.0895	흑철선, 철못, 철망, 경강선, 스텐레스강선, 아연도철선, pc강선
225	기타금속제품	0.5424	2.2516	코일스프링, 용접봉, 씽크, 욕조
227	밸브	0.5453	2.3109	밸브
228	베어링/전동요소	0.5247	2.1615	베어링, 기어, 체인
231	보일러	0.5203	2.1544	기름보일러, 가스보일러, 연탄보일러, 증기보일러, 온수보일러, 방열기
233	펌프/압축기	0.5024	2.1264	산업용펌프, 가정용펌프, 진공펌프, 양수기, 공압기
234	공기 및 이과청정기	0.4950	2.0733	집진기, 공기청정기, 공기여과기, 대기정화장비, 송풍기, 환풍기, 정수기
239	건설 및 처리기계	0.5081	2.1270	굴삭기, 크레인, 로더, 불도우저, 캐도식드랙터, 콘크리트믹서, 파쇄기
247	변압기	0.2638	1.0487	송배전/중대형/소형변압기, 전압조정기, 변압기부품
248	기타전기변환장치	0.2442	0.9651	전류전압공급기, 인버터, 정류기
249	전기공급, 제어장치	0.2602	1.0507	전력차단기, 누전차단기, 스위치, 커넥터, 배전반, 자동제어반, 분전반
250	전선 및 케이블	0.2478	0.9498	전력선, 동축케이블/도체, 광섬유케이블, 절연전선
252	전구램프, 조명장치	0.3312	1.2463	필라멘트전구, 방전램프, 형광등기구, 백열등기구
253	기타 전기장치	0.2804	1.1426	시동기 및 발전기, 배전기/전화장치, 경보/신호장치
261	기타전자부품	0.2787	1.0955	화성기, 헤드, 스카트카드
276	자동조정제어기기	0.2249	0.8819	온도조정장치, 자동조절장치
277	측정/분석기기	0.1950	0.7615	가스공급계기, 적산전력계, 전자개추기, 측량기기

4. 사례조사 및 분석

4.1 건축물 선정 및 환경친화성 분석

2005년 말을 기준으로 현재 신축 중에 있는 주상 복합건물을 대상으로 선정하였고, 신축단계에서 소요되는 자재물량을 공종별이나 자재별로 파악하여 산출함으로써 이들 공종 및 자재가 환경부하에 미치는 영향을 정량적으로 파악하겠다.

표 2. 대상 건물 개요

구분	내 용	구조형식	면적 (m²)			비율 (%)	
			연면적	대지면적	건축면적	건폐율	용적율
내용	주상복합건물, 지하 7층, 지상 25층	라멘구조	40,645.48	3,295	1,755.59	53.29	713.03

4.1.1 공종별 CO_2 배출량 분석

평가 대상 건물의 신축시 자재 사용에 따른 CO_2 배출량 산출은 '한국 물가 정보'의 자재 내역을 기준으로 표 1에서 제시한 각 자재별 금액기준의 원단위를 곱하여 산출하였다.

표 3. 공종별 / 자재별 CO_2 배출량

공종	명칭	자재비 (백만원)	자재비 비율 (%)	CO_2 발생량 (T-CO_2)	CO_2 발생 비율 (%)
건축	시멘트콘크리트 및 경량칸막이	1,237	20.71	22,324	62.67
	건물용 금속제품	631	10.56	2,016	5.66
	시멘트	131	2.20	1,811	5.08
	냉간압연강재	172	2.88	1,454	4.08
	기타화학제품	604	10.12	1,231	3.46
	판유리 및 1차유리	374	6.27	1,202	3.37
	합성수지	664	11.12	1,101	3.09
	구조물용금속제품	213	3.57	1,032	2.90
	타일류	195	3.26	551	1.55
	콘크리트제품	104	1.74	533	1.50
	기타건설용석재	231	3.88	463	1.30
	알루미늄 1차제품	228	3.82	405	1.14
	기타	1,187	19.87	1,496	4
	소계	5,971	100	35,619	99.8
기계	표면처리강재	630	16	2,493	23
	강관(주철관제외)	229	6	1,768	16
	기타금속제품	739	19	1,665	15
	접착제 및 첼라틴	1,017	26	1,495	14
	주철물	94	2	1,111	10
	기타일반용기계	251	7	719	7
	가정용도자기	196	5	532	5
	냉간압연강재	40	1	335	3
	동 1차제품	306	8	261	2
	보일러	106	3	228	2
	기타	242	7	437	3
	소계	3,850	100	11,044	100
전기	전구램프, 조명장치	247	27	308	31
	전선 및 케이블	277	31	263	27
	전기공급, 제어장치	247	27	260	26
	기타 전기장치	107	12	122	12
	플라스틱 1차제품	22	2	32	3
	기타전자부품	6	1	7	1
	구조물용금속제품	0	0	0	0
	소계	906	100	992	100
합계		10,727	-	47,654	-

표 3은 대상 건물의 신축시 내부공사에서 배출되는 CO_2량으로서 총 CO_2량은 47,654T-CO_2로 나타났으며, 각 공종별 CO_2 배출량은 건축공사가 35,618T-CO_2, 기계공사가 11,044T-CO_2, 전기공사가 992T-CO_2로 나타났다.

그림 3. 각 공종별 자재비용

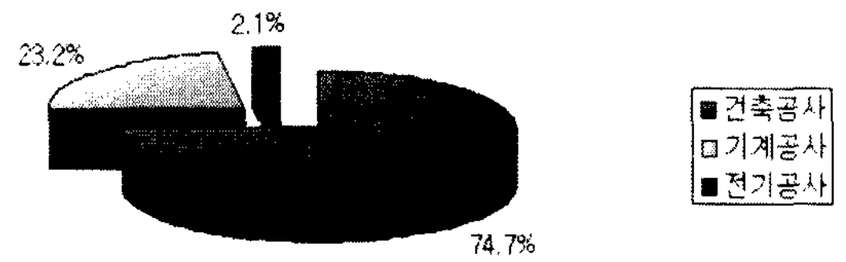

그림 4. 각 공종별 CO_2 배출량

그림 3, 4는 각 공종별 자재비용과 CO_2 배출량을 그래프로 나타낸 것으로서, 자재비구성 백분율(55.7%)에 비해 상대적으로 CO_2 배출량 백분율 (74.7%)이 높다는 것을 알 수 있다. 이는 건축공사가 타 공종에 비해 자재가 많이 소

요되며, 특히 석고보드 및 경량칸막이, 시멘트 등과 같은 환경부하가 큰 자재들을 포함하기 때문이다. 이를 통해 건축공사에 투입되는 자재관리가 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

4.1.2 자재별 CO_2 배출량 분석

표 3을 통해 건축공사 공종에서 소요되는 자재 중 석고보드 및 경량 칸막이가 22,324T-CO_2로 가장 많은 CO_2를 배출하는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 건물용 금속제품과 시멘트 순으로 나타났다.

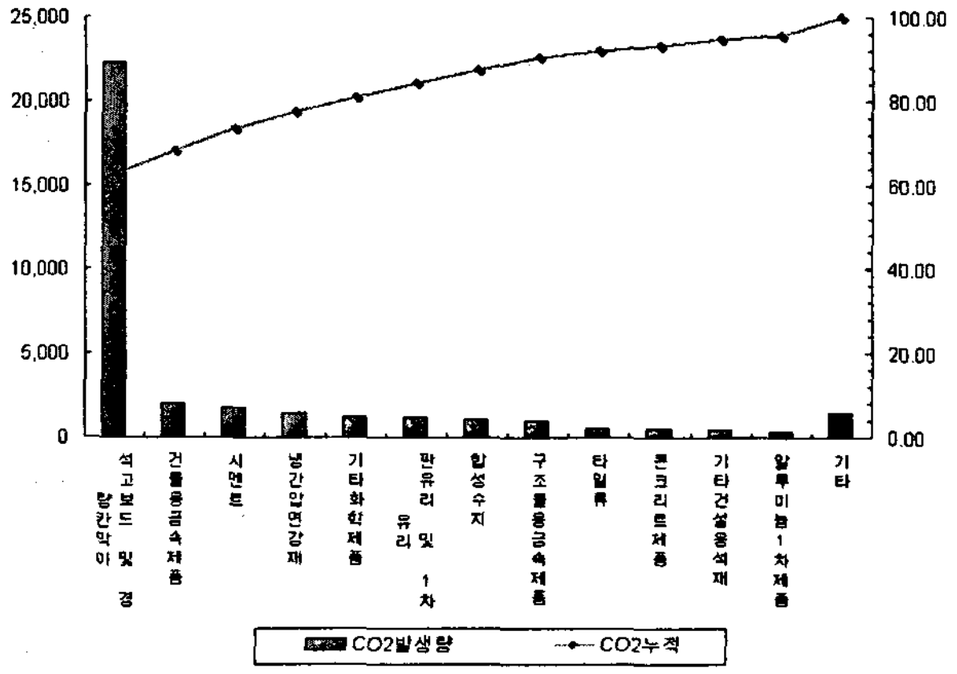

그림 5. 건축공사 자재별 CO_2 배출량

석고보드 및 경량 칸막이와 건물용 금속제품과 비교하면 자재비 항목에서는 2배의 차이를 보이지만, CO_2 배출량이 석고보드 및 경량칸막이가 금속 제품에 비해 11배 많은 이유는 석고 보드 및 경량칸막이가 건물용 금속제품에 비해 환경부하 및 CO_2 배출 원단위가 크기 때문이라고 판단되며, 이는 환경친화적 측면에서 중요한 관리자재임을 보여준다.

시멘트 및 철근이 CO_2 배출 원단위 및 환경 부하가 큰 자재임에도 불구하고 CO_2 배출량이 적게 나온 이유는 연구의 범위를 내부공사에 한정하여 자재투입량이 적었기 때문에 그림 5와 같은 결과를 보여준다. 표 1에서 시멘트 및 철근의 에너지 소비량과 CO_2 배출량 원단위는 매우 높아 환경부하가 매우 큰 자재임을 알 수 있다.

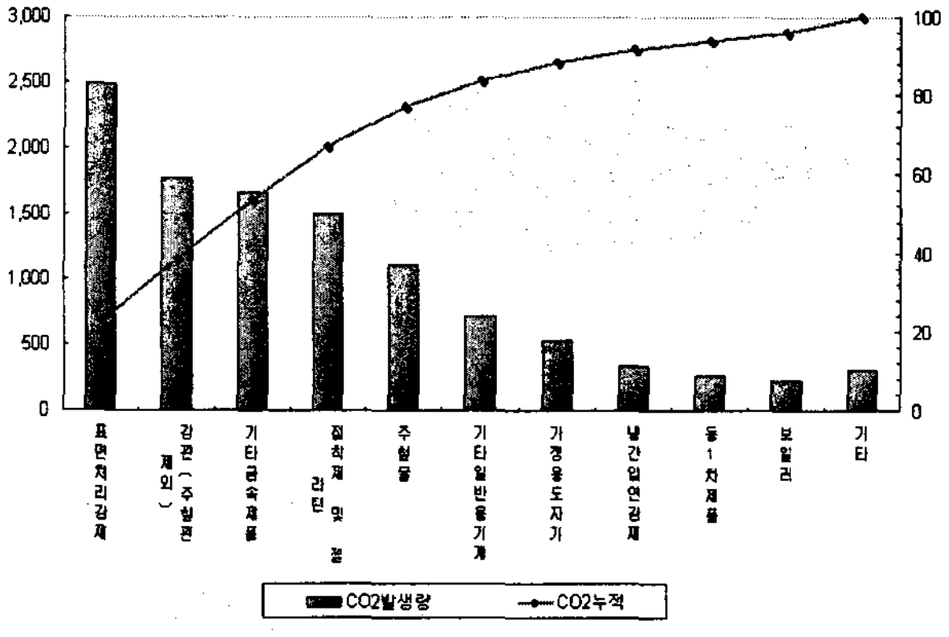

그림 6. 기계 공종 자재별 CO_2 배출량

그림 6의 기계 공종의 경우표면처리 강재가 총 CO_2 배출량의 23%를 차지함으로 가장 많은 수치를 보였으며 그 뒤로 셀라틴, 강관, 기타 금속 제품의 순서를 보인다.

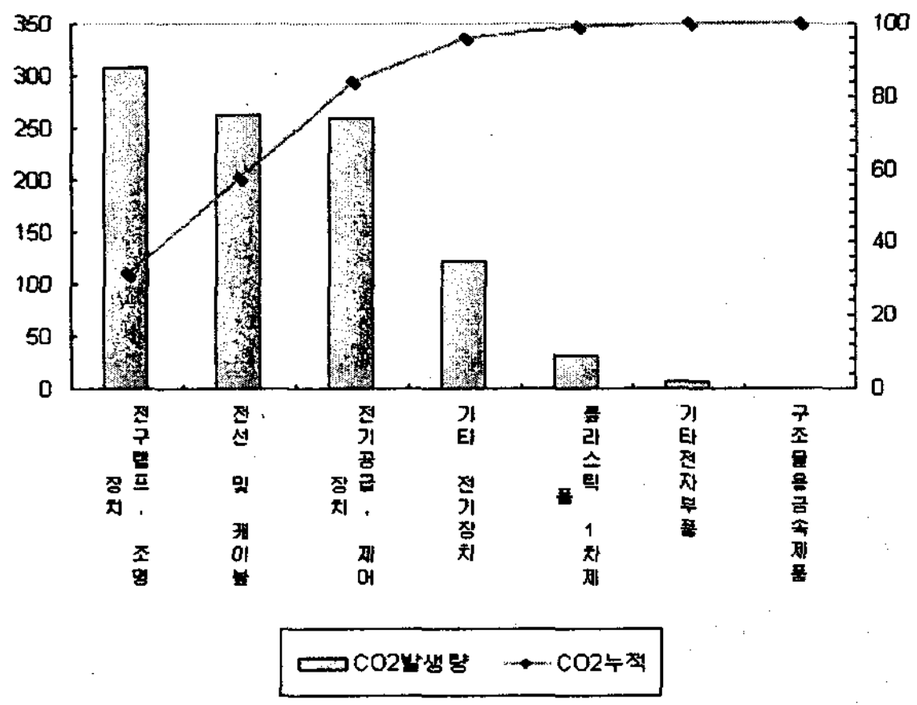

그림 7. 전기 공종 자재별 CO_2 배출량

그림 7의 전기 공종의 경우 자재비 투입 비중은 전기 공급 및 제어장치가 가장 크고 그 뒤로 전등 및 조명 장치 순으로 나타나지만, CO_2 배출량의 경우 전등 및 조명 장치가 가장 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 실내등 및 전등이 전선이나 열연철판에 비해 환경부하 및 CO_2 배출 원단위가 크고, 환경부하가 매우 큰 자재임을 알 수 있다.

4.2 주거만족도 평가/분석

내부 공간의 거주성능 향상과 장수명화를 위해, 소비자의 주거만족도 평가/분석을 통하여 거주성능 저해요소를 도출하고 이를 Smart Component 개발에 접목하고자 한다.

주거 만족도 분석을 위하여 2개 아파트에서 각 100명 씩 총 200명의 주민을 대상으로 7점 척도로 설문조사를 하였고, 주거만족도별 평균을 산출하여 각 샘플 건축물의 상관관계를 분석하였다. 설문항목으로는 내부 거주 성능을 파악하기 위해 POE와 주거만족도 관련문헌들을 조사하여 13항목으로 선정한 결과 표 4와 같은 주거만족도 결과를 도출하였다.

표 4. H건설 Apt와 K건설 Apt의 주거만족도

항 목	평 균	H 건설 Apt.			K 건설 Apt.		
		평 균	최빈값	편 차	평 균	최빈값	편 차
실 내 환 기	4.92	5.00	5	1.278	4.84	5	1.007
일 조 / 채 광	4.89	5.16	6	1.251	4.67	5	1.008
인 터 넷 환 경	4.80	5.18	5	0.941	4.41	5	1.428
난 방 조 절	4.78	4.83	5	1.261	4.73	5	1.005
조 망	4.72	4.74	4	1.426	4.69	5	1.294
건 물 의 향	4.67	4.70	3	1.446	4.63	4	1.014
평 면 계 획	4.67	4.72	5	1.325	4.61	5	1.037
인 동 간 격	4.58	4.64	4	1.208	4.51	4	0.953
전 체 만 족 도	4.54	4.76	5	0.947	4.31	5	1.004
평 수	4.52	4.56	5	1.198	4.47	4	1.138
내 부 마 감	4.50	4.26	4	1.103	4.73	5	0.995
주부의 가사활동 편의성	4.49	4.68	5	1.058	4.29	4	1.051
건물유지관리	4.47	4.58	4	1.108	4.35	4	1.021
수질/실내공기질	4.45	4.36	4	1.064	4.53	4	0.892
방음/층간소음	4.44	4.52	5	1.185	4.36	4	1.086
가 변 성	4.02	4.08	4	1.201	3.96	3	1.013

조사결과 가변성이나 실내 공기질, 방음 및 층간소음 등과 같은 환경과 구조 부문에서 거주자들의 만족도가 저조한 것으로 나타났으며, 만족도 점수가 낮은 항목들은 거주성능 저해 요소로 판단된다. 가변성 항목의 만족도가 가장 낮은 것은 현행 건축물의 내부 Component의 획일화와 비가동성이 그 원인이라 할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 Smart Component의 개발에 선행하여 각 건축공사의 공종별 소요되는 건축내부자재들의 CO_2 배출량을 추정하여 친환경평가 분석을 실시하였고, 소비자 주거만족도를 측정하여 거주성능 저해 요소를 분석함으로서 Smart Component 개발에 필요한 요소들을 제시하였다.

건축물 신축단계에서 공종별 배출량을 분석한 결과 건축공정이 총 CO_2 배출량의 74.74%를 차지함으로써 가장 많은 양의 CO_2를 배출함을 알 수 있었고, 각 공종별 투입자재의 경우 건축 공종에서는 석고보드 및 경량칸막이, 기계공종에서는 표면처리강재, 전기 공종에서는 실내등 및 조명장치가 가장 많은 CO_2를 배출함으로써 환경 부하가 큰 자재임을 알 수 있었다. 환경친화성을 평가하기 위한 산업연관분석을 이용한 원단위 분석법을 통해 각 공종 및 자재별 CO_2 배출량을 추정할 수 있었고, 친환경성 및 환경부하의 요인이 되는 공종 및 자재의 특성을 파악할 수 있었다.

아파트 거주자들의 내부 공간 거주성능과 주거만족도를 파악하기 위해 설문조사를 실시하여, 13가지 항목 중 최저점수를 기록한 가변성 항목이 성능 저해 요소로서 향후 Smart Component 개발에 가장 큰 영향 요소라는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 Smart Component 개발을 위해 시작하였으나, 아직까지는 개발에 필요한 요소분석 단계이다. 향후 연구에서는 본 연구에서 실시한 친환경평가 분석을 통해 도출된 결과와 Smart Component에 도입될 수 있는 IT기술을 분석/도출하여 내부 Component 기술과 융합하고자 한다. 이를 통해 거주자의 생활양식과 요구 변화에 적극적으로 대응할 수 있는 환경친화적이고 가변성을 갖춘 미래형 Smart Component 개발 연구를 추가적으로 수행해 나갈 예정이다.

참고문헌

1. 강광하. "산업연관 분석론". 연암사. 2000
2. 강승모, 박기덕. "공동주택에 있어 친환경 실내디자인의 국내추이에 관한 연구". 2005. 2
3. 김선숙 외2명. "공동주택의 거주성능 평가에 관한 연구". 대한건축학회 학술발표대회 22권. 2002. 4.
4. 김수암. "리모델링을 고려한 신축건축물의 기준과 기법". 한국건설기술연구원. 2002
5. 김수암 외 4명. "장수명 공동주택 설계시스템 개발(1차년도 연구 보고서)". 건설기술연구원. 2004
6. 김수암 외 4명. "장수명 공동주택 설계 시스템 개발(2차년도 연구 보고서)". 건설기술 연구원. 2005
7. 김종엽, 손장열. "LCA에 의한 공동주택 건설단계어서의 에너지 소비 및 CO_2 배출 특성 평가". 한양대학교. 2004
8. 김종엽. "공동주택 신축단계에서의 에너지 소비 및 CO_2 배출 특성 평가". 대한건축학회 논문집, 21권 4호. 2004
9. 대한 주택공사. "공동주택 생애 총 에너지소비량 산정에 관한 연구". 1998
10. 이현수. "건축성능 향상을 위한 기술정책 방향 모색". 2003
11. 조규수외 2명 "주상복합 빌딩의 거주성능 향상 및 에너지 절약 요소기술". 한국초고층 건축 포럼. 2005
12. 채창우 외 3명. "친환경 건축재재 평가 및 순화재활용 기술". 건설기술 연구원. 2000
13. 최부현. "친환경 실내 건축재료". 建築. 2005
14. 이승언 외 17명. "건축물 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구". 건설교통부. 2004
15. 한국은행. "2000년 산업연관표". 2003
16. Kent Larson, Stephen Intille, T.J. McLeish, Jennifer Beaudin, and R.E. Williams, "Open Source Building: Reinventing Places of Living". MIT. July 15, 2004
17. Larson, K., Intille, S. T.J. McLeish, Beaudin, J, Williams, R.E. "Open Source Building: Reinventing Places of Living". MIT. July, 2004

Abstract

When it comes environmental preservation and economic development throughout all the industries, it is adopted to regulate carbon dioxide emissions in United Nations Framework Convention on Climate Change. And we must be responsible for promoting the eco-friendly and sustainable development because of a registration of the Kyoto protocol. Almost all the domestic buildings have many problems that not only waste the resources and architectural energy, but also are not enough to recycling of the waste. So in this study the environment-friendship is estimated through assuming carbon dioxide emissions. And after indicators are derived through surveying the residential satisfaction, it is carefully thought to develop the Smart Component that increase the length of life and the flexibility and improve the comfortable circumstance in buildings.

Keywords : the Estimation of Environment-Friendship, Flexibility, Smart Component, Residential Satisfaction