기존건축물 에너지성능 개선시 효과적인 녹색기술 연구

김대원* · 김영일** · 정광섭**†

*서울과학기술대학교 에너지환경대학원, **서울과학기술대학교
(2012년 8월 23일 접수, 2012년 9월 20일 수정, 2012년 9월 20일 채택)

A Study on Effective Green Technology in Relation to the Energy Performance Improvement of Existing Architectural Structures

Dae-Won Kim*, Young-Il Kim**, Kwang-Seop Chung**

*Graduate School of Energy Environment at Seoul National University of Science and Technology, **Seoul National University of Science and Technology

(Received 23 August 2012, Revised 20 September 2012, Accepted 20 September 2012)

요 약

정부의 온실가스 감축목표에 따라 건축물 부분은 26.9%가 할당 되었다. 신규 및 기존 주택에 대해 저에너지 지속 가능한 건축물의 변화는 과제이자 필수 불가결한 문제로 대두 되었다. 신축 건축물은 각종 제도와 규제 완화로 저탄소 지속가능한 에너지 변환을 유도하고 있으나 기존건축물 670만동에 대해서는 전체 감축 목표는 나와 있는데 감축방안에 대한 기준이나 방향 제시가 부족한 것이 현실이다.

본 연구는 선정 대상 건축물을 직접 방문하여 현황을 조사하고 적용 기술요소를 반복 시뮬레이션 하여 가장 경제적이고 효과적인 녹색기술 개선책을 제시 하고자 한다.

주요어 : 온실가스, 감축목표, 기존건축물, 녹색기술, 기술요소, 성능개선, 저감량

Abstract - The emission quota of 26.9% was allocated to the architectural sector according to the greenhouse gas(GHG) emission reduction goal of the government. It has become inevitable to change the architectural structures in a low-energy consumption and sustainable manner for new and existing house.

The introduction of various legal systems and deregulation have been attempted to promote the low carbon emission and sustainable energy conversion. Although overall emission reduction goal has been set for 6.7 million units of existing houses, there has been a lack of standards and directions for the emission reduction measures. This study was intended to present the most economic and effective green technology improvement measures based on the investigation into the current conditions through direct visit to the selected architectural structures and the repeated simulation of relevant technical elements.

Key words : Greenhouse gas, emission reduction goal, existing architectural structures, green technology, technical elements, performance improvement, emission reduction amount

1. 서 론

지구촌의 저지대가 삶의 터전을 잃고 한쪽은 폭염

한쪽은 물난리로 인한 환경난민이 발생하는 시점에서 지구 온난화야 말로 지구촌의 과제가 아닐까 생각한다. 정부의 각분야별 온실가스 감축목표를 살펴보면 수송분야 34.3%, 건물분야 26.9%, 산업분야 18.2% 기타 20.6%로 제시 하였다. 이를 해결하기 위하여 신축 건축물에는 각종 제도를 적용하여 저탄소 지속

†To whom corresponding should be addressed.
Graduate School of Energy and Environment,
Seoul National University of Science and Technology, Seoul
139-743, Korea
Tel : 010-7355-4522 E-mail : alli6044@naver.com

가능한 에너지 변환을 유도하고 있으나 기존 건축물 670만동에 대해서는 전체 감축 목표는 나와 있는데 감축방안에 대해 어떤 기준이나 방향 제시가 부족한 것이 현실이다.

본 논문은 기존 건축물을 조사하여 에너지 사용 실태와 효과적인 녹색기술 개선방법을 제시 하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구는 기존 건축물의 성능개선 사업을 효과적으로 진행하기 위하여 조사대상 건축물을 방문하여 시설물 관리현황과 유지관리 상태등 건축물 전반적인 현황을 확인하는 과정을 실시 하였다.

도면이 없는 건축물에 대해서 각층별 직접확인 하였으며 시뮬레이션 입력요소를 일일이 확인하는 과정을 실시 하였다. 건축 부분은 외벽면적, 창호면적 및 단창,복층 사양,지붕,바닥의 형별 상세를 확인 하였으며 천정 부분은 점검구를 통해 천정속을 확인하여 단열재의 적용여부를 확인 하였다. 기계부분은 기계실 장비 현황과 각층 실에 설치된 실내기를 조사 하였으며 실내 온도 및 상대습도를 측정 하였다. 시스템은 대부분은 중앙 냉난방 시스템으로 적용 되었으며 일부층에 추가로 EHP를 설치하여 이중으로 설치된 시스템은 예비로 적용 하였다. 전기 부분은 등의 용량 및 갯수를 확인 하였으며, 준공당시 도면에는 적용이 안되었지만 각실에 적용된 일사차단 커튼은 시뮬레이션 입력요소에 적용 하였다.

이렇게 확인된 요소들을 공공기관 에너지진단 공식 프로그램인 ECO-CE3 프로그램을 활용하여 시뮬레이션 적용하였으며 에너지 사용상 등급체계와 시뮬레이션을 반복하여 가장 경제적이면서 효과적인 녹색기술 개선책을 연구 하였다.

3. 건물별 에너지 사용실태 및 에너지 성능 고찰

3-1 에너지 사용 실태

건축물에 적용된 빌딩자동화 시스템(BMS)보다 더 중요한 것이 어떤 관리자가 어떤 조건으로 그 건축물을 관리 하는지가 사용 에너지량을 좌우 한다는 것은 일반적인 생각일 것이다. 그런데 현장을 조사하다 보니 기계실 관리자가 없거나 상주요원으로 있는 직원이 용역 직원으로 저임금의 근로의욕이 부족한 상

에서 유지관리를 하다보니 에너지 절감과 개선에 관한 협조가 쉬운일이 아니었다. 표1에 나타낸 바와 같이 건물현황을 보면 업무시설 2개소와 도서관,숙소가 각1개소를 시범현장으로 하였으며, 준공연도가 10년, 20년, 30년이상이 각1개소이며 최근 리모델링건이 1개소로 선정 하였다.

표2의 설비적용시스템 및 적용면적비를 살펴보면 대부분이 중앙식 집중냉,난방 방식을 적용 하였으며 시설 노후도에 따라 층별,실별 EHP를 보조 개념으로 적용하여 사용하는곳이 대부분 이었다. 연면적 대비 공조면적을 살펴보면 70~80% 정도 였으며 숙소 부분은 91.6%로 나타났다.창면적비는 대부분 23~25%로 나타났고 도서관 부분만 44.48%로 높게 나타났다.

표3에서 에너지 사용실태를 보면 각 현장별 가스 사용량과 전기 사용량을 합계를 1차에너지로 환산한 값을 나타냈으며, B업무시설만 5등급 내에 들었으며 나머지 건축물은 등의 건축물에 해당된다. D숙소 건축물은 1,549.52 kWh/m².year의 높은 사용율을 보이는데 이는 운동용도의 숙소에 따른 사우나 시설 사용에 따른 급탕부하와 냉장고 가전제품 콘센트 부하가 높은 것으로 추정 되었다.

3-2 건물 적용 요소별 에너지 효율향상 분석

에너지 사용실태에서 나타낸거와 같이 기존 건축물의 에너지 사용량이 생각 이상으로 높고 신축당시 열관류율 기준이 높은 상태에서 시공 되어진 건물이기 때문에 벽체의 열손실이 표4와 같이 높게 나타났다. 대상 건축물에서 현재 단열기준과 경제성을 고려하여 열관류율 개선한 것으로 외벽 대단열 적용기준으로 투입금액과 열관류율 개선이 A업무시설은 41,764천원,0.31 →0.20 D숙소동은 355,951천원, 1.71→0.26으로 각각 개선되었다.

표5는 지붕단열공사를 적용한 것으로 하프패널 137T로 방수와 단열을 한번에 마무리 할수 있는 신공법으로 내부 천정보강보다 외부 지붕에서 공사가 진행 됨으로 공기단축과 함께 사무실 사용의 공백을 최소화 할수 있다는 강점이 있다. 지붕단열 공사로 투입금액과 열관류율 개선이 A업무시설은 43,180천원, 2.70 →0.28, D숙소는 193,555천원, 1.13→0.19로 각각 개선되었다.

표6은 창호 단열공사로 개선전의 열관류율을 보면 4W/m²이상으로 열손실이 가장많은 부분 이었다. 창을 개선할때는 철거후 새창으로 교체하는 것은 대단

Table 1. 건물 현황 조사

건물명	준공년도	연면적 ^{m²}	공조면적 ^{m²}	경과년수	전문관리요원
A업무시설	1977.01.22	1,923	1,340.0	34년1월	무
B업무시설	1994.10.24	4,321	3,461.1	20년4월	무
C도서관	1981.09.30	8,049	9,394.6	2006.04 개보수 6년1월	위험물2 전기산업기사2
D숙소	1997.04.09	13,906	12,745.0	14년10월	위험물,보일러2 전기산업기사2

Table 2. 적용시스템 및 적용 면적비

건물명	적용시스템	보조시스템 적용여부	공조면적/연면적	창면적/외벽면적
A업무시설	중앙, 냉, 난방	EHP적용	69.68%	25.34%
B업무시설	지역난방	EHP적용	80.71%	25.61%
C도서관	중앙, 냉, 난방	EHP적용	79.45%	44.48%
D숙소	중앙, 냉, 난방	미적용	91.6%	23.18%

Table 3. 건물별 에너지 사용실태

건물명	3년평균 가스사용량 (^{m³}) 단위변환 kWh	3년평균 전기사용량 (kWh)	사용량 합계 (kWh/ ^{m²} .year)	1차 에너지 사용량 (kWh/ ^{m²} .year)
A업무시설	22,950.00 ^{m³} 280,203.49kWh	40,105.00	320,308.49	587.83
B업무시설	272.75 ^{m³} 317,151.16kWh	469,191.00	437,055.33	467.49
C도서관	34,406.33 ^{m³} 420,077.33kWh	954,789.00	1,377,233.99	543.65
D숙소	529,124.67 ^{m³} 6,460,243.02kWh	1,486,480.00	8,000,476.36	1,549.52

Table 4. 외벽단열재 투입금액 및 열관류율 개선

시설명	외벽단열재(벽체실내측시공)					중부기준 (0.6 ~ 1.38)	
	기준면적	설치비용	부대비용	부대비용	소계		
	단위:m²	외벽단열+석고 +페인팅 재설치공사비(40T)	석고보드 (자재+인건비)	도장공사 (수성페인트 2회)	외벽공사비 소계	열관류율 W/mK	
		단가	단가	단가		개선전	개선후
		33,540원	27,930원	15255원			
A업무	544.33	18,256천원	15,203천원	8,304천원	41,764천원	0.31	0.20
D숙소	4639.26	155,600천원	129,576천원	70,774천원	355,951천원	1.71	0.26
합 계	5183.59	173,856천원	144,779천원	79,078천원	397,715천원	평균	76,725원

Table 5. 지붕단열 투입금액 및 열관류율 개선

시설명	지붕 단열공사			중부기준 (0.12 ~ 0.2)	
	기준면적	설치비용	소계	열관류율 W/m ² K	
	지붕면적 단위:m ²	단가	지붕공사비 소계	개선전	개선후
A 업무시설	604.8	43,180천원	43,180천원	2.70	0.28
D 숙소	2,711.01	193,555천원	193,555천원	1.13	0.19
합 계	3,315.81	309,816천원	236,735천원	평균	71,395원

Table 6. 창호단열 투입금액 및 열관류율 개선

시설명	창호단열공사					중부기준 (2.4 ~ 3.4)	
	기준면적	설치비용	부대비용	소계	창호공사비	열관류율 (W/m ² K)	
	창호면적 단위:m ²	ROYAL 183"A"확정용 K=1.04w/m ² k	투명복층유리 추가 (마감공사포함)	창호철거 공사비		개선전	
		단가	단가	단가		소계	개선전
		468,000원	105,300원	33,930원			
A 업무시설	185	86,580천원	-	6,277천원	92,857천원	4.00	1.04
B 업무시설	545.39	255,242천원	-	18,505천원	273,747천원	5.50	1.04
C 도서관	1172.62	-	123,476천원	-	123,476천원	5.50	0.7
D 숙소	1562.26	731,137천원	-	53,007천원	784,145천원	6.60	1.04
합 계	3,465.27	1,072,960천원	123,476천원	77,789천원	1,274,225천원	평균	367천원

히 위험한 생각이며 가능한 덧창공법으로 개선하는 것이 바람직 하다. 즉 기존창에 유리를 덧대어 시공 함으로서 창호의 열관류율을 개선하는 방법이다. 건물별 투입금액과 열관류율 개선사항을 살펴보면 A 업무시설은 92,857천원, 4.0 → 1.04, B 업무시설 273,747천원, 5.50 → 1.04, C 도서관 123,476천원, 5.50 → 0.70, D 숙소등은 784,145천원, 6.60 → 1.04로 각각 개선되었다

표7은 보일러 노후도에 따라 교체공사에 따른 효율 개선으로 A 업무시설은 0.80 → 0.91 개선되었다

표8은 업무시설의 사용빈도가 높은 24시간 존에 대해 일반전등을 LED 등으로 교체하여 효율개선을 한 것으로 투입금액과 광원개선을 살펴보면 79,950천원, 65 → 98로 개선되었다

3-3 건물에 대한 녹색기술 요소별 에너지 저감량 분석

조사대상으로 선정된 건축물의 에너지 효율 향상을 위한 적용설계 요소별 에너지절감량을 살펴보면 아래 표9와 같이 A 업무시설은 7.43%, D 숙소는 11.04%로 나타났다.

표10의 지붕 하프패널 공사로 A 업무시설은 15.5%, D 숙소는 13.41%, 를 저감하였다

표11의 삼중창 교체로 A 업무시설 16.81%, B 업무시설 18.45%를 저감하였고, 2중창 추가공사로 C 도서관 7.06% D 숙소 26.93%를 저감하였다.

표12는 장비효율 개선을 나타낸 표로 A 업무시설은 보일러 교체로 12.84%, C 도서관은 블라인드설치 및 EHP중복운전 정지로 18.55%, D 숙소는 EHP 중복운전 중지로 29.73%로 각각 저감 하였다

표13은 조명 LED교체로 B 업무시설 35.19%로 저감하였다.

Table. 7. 장비 투입금액 및 열관류율 개선

시 설 명	보일러설치공사			효 율	
	기준면적	설치비용	소 계		
	창호면적 단위.m ²	온수보일러 5TON		개선전	개선후
		단가			
		19,760천원			
A 업무시설	1	19,760천원	19,760천원	0.80	0.91
합 계	1	19,760천원	19,760천원		

Table. 8. LED 투입금액 및 열관류율 개선

시 설 명	LED공사			광원 (lm/m²)	
	기준면적	설치비용	소 계		
	등수량	LED공사		개선전	개선후
		단가			
		195천원			
B 업무시설	410	79,950천원	79,950천원	65	98
합 계	410	79,950천원	79,950천원		

Table. 9. 외벽단열재 적용에 따른 저감율

시설명	연면적(m ²)	외벽단열재				비 고
		개선전	개선후	저감량	저감율(%)	
A 업무시설	1,923	236.8	219.2	17.6	7.43	
D 숙소	13,906	769.8	684.8	85	11.04	

Table. 10. 기붕단열 적용에 따른 저감율

시설명	연면적(m ²)	지붕 하프패널공사				비 고
		개선전	개선후	저감량	저감율(%)	
A 업무시설	1,923	236.8	200.09	36.71	15.50	
D 숙소	13,906	769.8	666.6	103.2	13.41	

Table. 11. 창호개선 적용에 따른 저감율

시설명	연면적(m ²)	창호개선공사				비 고
		개선전	개선후	저감량	저감율(%)	
A 업무시설	1,923	236.8	196.99	39.81	16.81	삼중창 교체
B 업무시설	4,321	229.3	187	42.3	18.45	복층창 추가
C 도서관	1172.62	221	205.4	15.6	7.06	복층창 추가
D 숙소	13,906	769.8	562.5	207.3	26.93	삼중창 교체

Table. 12. 장비효율 개선에 따른 저감율

시설명	연면적(m ²)	장비효율개선				비 고
		개선전	개선후	저감량	저감율(%)	
A 업무시설	1,923	236.8	206.4	30.4	12.84	보일러효율
C 도서관	1172.62	221	180	41	18.55	블라인드설치/ EHP간헐운전삭제
D 숙소	13,906	769.8	540.9	228.9	29.73	EHP/ 냉온수기 중복운전제거

3-4 녹색기술 요소별 에너지절감에 따른 적용기술 우선순위

기존 건축물에 적용될 녹색기술 요소별 에너지 저감량 분석에 따르면 외벽 단열재, 지붕 단열, 창호 열관류율, 장비효율, 조명 개선에 따른 적용기술을 건물별로 종합하여 표14에 나타 내었는데 투자비 대비 저감액이 가장 효과적인 적용기술 요소는 조명성능 41.71%, 단열성능 14.67%, 장비성능 13.08%, 창호 성능개선이 10.27% 순으로 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

3-5 녹색기술 저감요소 적용에 따른 시뮬레이션 결과분석

표15는 A업무시설의 개선전후 시뮬레이션 결과로 난방 42→19%, 냉방 22→48%, 조명 14→15%, 급탕 22→18%로 각각 개선되었으며, 개선전후의 에너지소비량을 살펴보면 난방 242.8→67.0kWh/m²·y, 냉방129.7→166.9kWh/m²·y, 조명 80.0→54.1kWh/m²·y 급탕 129.9→62.0kWh/m²·y로 전체 1차 에너지가 582.5→349.9kWh/m²·y로 개선되었다.

표16은 B업무시설의 개선전후 시뮬레이션 결과로 난방 51→36%, 냉방 18→15%, 조명 15→28%, 급탕 11→10%, 환기 4→11%로 각각 개선되었으며, 개선전후의 에너지소비량을 살펴보면 난방 406.9→108.8kWh/m²·y, 냉방144.5→46.2kWh/m²·y, 조명117.6→86.4kWh/m²·y 급탕 91.0→29.8kWh/m²·y로 전체 1차 에너지가 794.7→306.0kWh/m²·y로 개선되었다.

표17은 C도서관의 개선전후 시뮬레이션 결과로 난방 7→8%, 냉방 50→39%, 조명 18→23%, 급탕16→21%로 각각 개선되었으며, 개선전후의 에너지소비량

을 살펴보면 난방 33.4→63.1kWh/m²·y, 냉방231.8→46.2kWh/m²·y, 조명81.7→59.4kWh/m²·y 급탕 72.1→100.0kWh/m²·y, 환기 43.3→48.4kWh/m²·y로 전체 1차 에너지가 462.2→347.9kWh/m²·y로 개선되었다.

표18은 D숙소의 개선전후 시뮬레이션 결과로 난방 39→27%, 냉방 24→36%, 조명 5→6%, 급탕 10→12%, 조명 22→19%로 각각 개선되었으며, 개선전후의 에너지소비량을 살펴보면 난방 508.4→254.3kWh/m²·y, 냉방310.0→340.9kWh/m²·y, 급탕129.0→117.8kWh/m²·y, 환기 279.3→183.5kWh/m²·y로 전체 1차 에너지가 1,287.5→957.1kWh/m²·y로 개선되었다.

4. 결 론

본 연구에서 살펴 본바와 같이 기존 건축물 성능 개선시 어느 한부분을 개선 한다고 하여 그 건축물을 녹색인증 건물 또는 그린빌딩 건축물 이라고 보기 어려울 것이다. 따라서 건축, 기계, 전기 종합적인 기술 검토를 하여 패시브적인 요소와 액티브적인 요소를 절충한 투자비 대비 저감량이 좋은 녹색기술 요소를 적용해야 할 것이다.

본 연구의 녹색기술 요소별 에너지 저감량 분석에 따르면 투자비 대비 저감액이 가장 우수한 요소는 업무시설 24시간 존에 적용된 조명 성능개선이 41.71%, 외벽과 지붕의 단열 성능개선이 14.67%, 노후 보일러 교체에 따른 장비 성능개선 13.08%, 단창 또는 열관류율 값이 4.0 W/mK이상인 창호를 덧창 또는 신설함으로서 창호 성능개선이 10.27%의 순으로 나타났다.

지구 온난화가 가뭄과 폭우로 삶을 위협하고 에너

Table. 13. 조명개선에 따른 저감율

시설명	연면적(m ²)	조명효율개선				비 고
		개선전	개선후	저감량	저감율(%)	
B 업무시설	4,321	229.3	148.6	80.7	35.19	LED등으로교체

Table. 14. 투자비 저감량에 따른 우선순위

적용기술\구분	저감량(kWh/m ² ·a)	저감액(원)	투자비(원)	저감액/투자비(%)	우선순위
조명	138.01	102,233,956	245,115,000	41.71	1
단열	167.08	103,787,534	707,532,643	14.67	2
장비	18.36	2,583,754	19,760,000	13.08	3
창호	293.34	215,695,953	2,101,248,211	10.27	4

Table. 15. A업무시설 기술요소 적용에 따른 시뮬레이션 결과

개선전			개선후

구분	1차에너지 개선전		1차에너지 개선후		
	에너지소비량 (kWh/m ² ·a)	에너지소비 비율 (%)	에너지소비량 (kWh/m ² ·a)	에너지소비 비율 (%)	
난방	242.8	42	67	19	
냉방	129.7	22	166.9	48	
조명	80	14	54.1	15	
급탕	129.9	22	62.0	18	
환기	0	0	0		
합계	582.5		349.9		

Table. 16. B업무시설 기술요소 적용에 따른 시뮬레이션 결과

개선전			개선후

구분	개선전		개선후		
	에너지소비량 (kWh/m ² ·a)	에너지소비 비율 (%)	에너지소비량 (kWh/m ² ·a)	에너지소비 비율 (%)	
난방	406.9	51	108.8	36	
냉방	144.5	18	46.2	15	
조명	117.6	15	86.4	28	
급탕	91.0	11	29.8	10	
환기	34.8	4	34.8	11	
합계	794.7		306.0		

지 또한 고유가로 우리의 삶과 산업 전반에 큰 위협이 되는것이 현실이다. 따라서 정부와 민간이 합심하여 지속적인 R&D와 연구성과를 확인하는 별도의 검증 시스템을 적용하여 스스로의 경쟁력과 국제 경쟁력에 당당히 맞서 이겨야 우리의 미래가 약속 되어질 것이다.

참고문헌

1. 허태식, 박률. 사무소 건축물의 공조시스템 리모델링을 위한 평가기준 가중치 부여법에 관한 연구, 대한설비공학회 2004 동계학술발표대회 논문집, PP.288-293
2. 권두연. 한국건설 시장에서의 리모델링 사업의 전망에 대하여. 설비저널 제30권 제19호 2001

Table. 17. C도서관 기술요소 적용에 따른 시뮬레이션 결과

3. 김수암. 설비의 리모델링을 고려한 건축물 설계. 설비저널 제30권 제19호 .2001
4. 문선혜,윤용상. 신재생설비 적용을 통한 공동주택의 에너지 제로화,대한설비공학회 2009 동계학술발표대회 논문집, PP.550-555
5. 김대원,정광섭,김영일,김성민,조진환. 주상복합 건물에서 단열경계구역 축소에 따른 에너지 절감량 변화량에 따른 연구, 에너지공학회 논문집, 2012.06, 21권 2호