

學校建物の 에너지原單位基準(案) 研究

A Study on the Typical Energy Consumption Values in School Buildings

洪 性 喜* 尹 龍 鎮* 朴 孝 洵**
Hong, Sung-Hee Yoon, Yong-Jin Park, Hyo-Soon

1. 서 론

그 동안 지속되어온 국가의 경제성장과 더불어 전반적인 생활 수준은 거의 선진국 수준에 이르렀으나 교육환경 만큼은 증가하는 학생을 수용할 시설을 확충하는 양적 개선 요구 때문에 개선되지 못하였다. 이를 위해서는 막대한 재원이 소요되는 데다 경제발전의 기여도가 타 분야에 비해 미흡하다는 인식 때문에 아직도 많은 시설이 '70년대에 비해 크게 달라진 것이 없다고 해도 과언이 아니다. 이를 위하여 늦게나마 교육여건 개선을 위하여 교육환경개선 특별회계법을 제정하고('95.12), 또한 "고교이하 각급 학교 설립 운영 규정"을 제정하여 교사 내 환경기준('97.9)을 정하여 조도기준(300룩스), 최저실내온도기준(18℃), 소음기준(55db)을 신설하였다.

그러나 교육환경 개선사업으로 교실내의 학습환경이 개선되는 소기의 목적을 달성할 수 있겠으나 신설된 제 기준이 에너지소비 증가를 초래하게 될 것이므로 국가차원에서 환경개선과 더불어 에너지의 효율적 사용에도 관심을 기울여야 할 것이다. 이를 위하여 선진각국에서는 학교 건물의 에너지원단위기준을 설정, 에너지관리를 통하여 에너지를 절약해나가고 있는 상황이다.

이와 같이 건물의 에너지원단위기준 설정은

기존·신축건물의 에너지관리를 통한 에너지절약 그리고 정부의 건물에너지절약 정책 수행의 혼동방지와 아울러 효율적인 에너지수급 정책도 원활하게 추진할 수 있는 중요한 기준이 되고 있으므로 본 연구에 의하여 제시된 에너지원단위가 학교건물의 에너지절약을 효율적 추진하는데 일조를 할 것으로 판단된다.

2. 실태조사 및 방법

2.1 실태조사

조사결과 분석시 일부 항목에 대하여는 교육부가 1996년 전국의 10,000여 개 초·중·고등학교를 대상으로 조사를 실시한 "학교 시설 관리 전산화 자료"(SFMS)를 활용하였고 에너지경제연구원 3년마다 실시하는 에너지 총조사 중 일부 학교부문 자료도 이용하였다.

그러나 국내 학교들의 에너지관련 자료는 매우 빈약한 실정이어서 초·중·고등학교의 에너지 사용실태조사를 위하여 시도교육청 설비관련 담당자들의 적극적인 협조를 받았고 조사표의 내용 작성·배포·회수 과정에서 각 시·도 교육청 및 해당 지역 교육청으로 부터도 적극적 지원을 받아 작성하였다. 그리고 이러한 자료의 충족을 위하여 교육부가 제공한 10,230개교 중에서 511개교를 표본추출하였으며 추출된 초·중·고등학교에 대해 1997년 말을 기준으로 현황을 조사

* 한국에너지기술연구소, 건물에너지연구팀
** 한국에너지기술연구소, 건물에너지연구팀장

하였고 회수한 480개 학교를 대상으로 조사표를 표 1.과 같이 작성, 실태조사와 분석을 실시하였다. 아울러 신뢰도 확보를 위하여 50개 학교에 대해 현장을 방문하여 미흡한 부분에 대해 실태 조사를 보완적으로 실시하였다.

2.2 실태조사표 작성

다음 실태조사표 표 1.은 교육부와 각 시도교육청 설비계장으로 구성된 자문위원회의 검토를 거쳐 작성하였다.

3. 실태조사결과 분석

3.1 건축부문

학교건물의 단열기준 충족 여부를 종합적으로 고려하였을 때 구조체, 창문, 출입문 등 세 부분의 단열 기준을 모두 충족시키는 경우는 전체의 2%(22개 동)에 불과한 것으로 나타났는데 이러한 이유는 개정된 단열기준의 적용을 받게되는 '92년 6월 이후 학교건물은 집계대상 건물 중 16%(85동)에 불과하고 나머지 84%(962동)는 개정된 규정의 적용을 받기 이전에 건축되어 에너지절약 측면에서 매우 열악하여 이에 대한 적극적인 대책 마련이 필요할 것으로 판단되고 있다.

표. 1 실태조사표 내용

내 용	세부내용
1. 학교일반사항	-학급수, 학급당 학생수 -수업일수, 수업시간 -학교건물현황 -교실의 면적,실수,이용시간
2. 에너지절약기법	-단열, 창호, 출입문 상태
3. 냉난방설비	-냉난방설비 종류 및 대수
4. 조명설비현황	-계약전력,조명에너지사용량 -전동종류 및 설치수량 -등기구설치상태,노후정도
5. 에너지원별사용현황	
6. 기타	-급수사용량,절수설비보유량 -설비관리현황
7. 사용자시설만족도	
8. 학교축 건의 사항	

(1) 단열현황

다음 표 2.는 학교건물 부위별 단열기준 충족율이다. 건물 전체적으로는 5%내 지나지 않음을

알 수 있다.

표 2. 학교건물의 단열기준 충족율

단 열 부 위	최상층/최전지붕	전 후 체	축 벽	최 하 층	건 전 물 체
충족율	49%	51%	26%	8%	5%

(2) 창문

실태조사 결과 교실 전면창과 후면창은 대부분 이중창과 복층창으로 개선이 많이 되었으나 아직도 단층창인 곳이 많이 있었으며 또한 중간창이 모두 단층창으로 단열이 되지 않아 중간창을 통한 열손실이 과다하여 실태조사 대상학교의 약 50%정도가 중간벽을 통한 열손실이 외벽을 통한 열손실보다 많은 것으로 나타나 이에 대한 건축계획적 차원의 검토와 난방기기설치 등을 고려하여야 할 것이다.

(3) 건물구조체

학교는 일반건물과는 달리 비난방공간인 복도가 교실과 외벽사이에 있는데 중간벽체의 단열이 거의 되어 있지 않아 중간벽체 및 중간창을 통한 열손실이 외벽을 통한 열손실보다 많은 학교도 있었다.

(4) 주출입문

학교는 많은 학생들이 수시로 이용하므로 주출입문이 항상 개방상태로 되어 있는 경우가 대부분이기 때문에 주출입문의 방풍실이 현재 3%의 설치율을 보이고 있으나 적극적으로 방풍실을 설치하고 열림방지 장치와 기밀유지를 위한 씰(Seal)의 부착 등으로 환기손실을 최소화하는 것이 바람직하며 초등생들이 쉽게 여닫게 하기 위해서는 경량으로 하여야할 것이다. 또한 경우에 따라서는 주출입문 출입방법을 직선 출입대신 대각선 방향으로 출입하도록 하여 외기의 직접 유입을 완화하는 것도 바람직하다.

3.2 설비부문

(1)교실냉난방실시

교육부의 학교관리시스템(SFMIS)자료에 따르면 표 3. (초·중·고교실 난방실시현황)에서 보는 바와 같이 비난방 교실이 전체의 19%를 차지하고 있으며 난방교실이라도 약 16%에 해당

되는 교실이 노후되어 개선이 요구되고 있는 실정이다. 또한 냉방방식은 조사대상 학교의 32.5%에 해당하는 156개교가 교실당 1대이상 선풍기를 보유하고 있었으며 그 밖에 룸에어콘, 패키지 에어컨 등이 부분적으로 사용되고 있는 것으로 나타났다. 실제 현장에서의 건의 사항을 살펴보면 냉방의 필요성이 난방개선에 못지 않게 요구되고 있으나 수전시설의 확충, 냉방설비 설치 소요예산과 유지관리비 측면 등을 고려할 때 여건상 어려움이 많아 이를 수용할 계획을 세우지 못하고 있는 것으로 판단된다.

표 3. 초중고 교실난방실시현황

전체 교실수	난방교실수			비난방 교실수
	계	정상 난방실수	노후 난방실수	
290,315 (100%)	234,229 (100%)	196,863 (84%)	37,366 (16%)	56,086 (19.3%)

표 4. 초·중·고별 주난방방식 도입현황
(단위 : 개교)

구분	가스 히터 온풍기	석유 난로	심야 전기 축열 히터	중·양 지 난방	기타	비 난방	계
초 등학교	28 10%	192 69	16 6%	10 4%	16 6%	18 6%	280 100%
중 학교	19 15%	64 52%	6 5%	6 5%	8 6%	21 19%	124 100%
고 등학교	12 5%	38 48%	3 4%	7 9%	2 3%	18 23%	80 100%
계	59	294	25	23	26	57	484

(2) 교실 냉난방방식 도입현황

학교급별 주난방방식 분포현황을 알아보면 표 4.의 초·중·고교 모두 석유난로의 비중이 가장 큰 것으로 나타났다. 심야전기 축열히터는 초등학교에서, 가스히터/온풍기와 중앙난방은 중·고등학교에서 상대적으로 우위에 있음을 알 수 있다. 한편 비난방의 경우 초등학교에 비해 중·고등학교의 비난방 비율이 상대적으로 높게 나

타나는 것을 알 수 있다.

4. 학교의 에너지사용현황

4.1 에너지원별 사용량 비교

산업자원부에서 1996년 발표한 <에너지총조사보고서>¹⁾에 의한 초·중·고등학교 부문의 에너지원별 사용량과 영국학교의 에너지소비량을 비교한 내용을 표 5.에 나타내었다. 보는 바와 같이 우리나라는 학교 부문에서 석유류의 사용 비중이 높고 석탄과 신탄의 사용비중도 상업·공공부문보다 높다. 영국 학교의 경우는 가스가 53.72%로 가장 많이 사용하고 있어 우리나라 학교 에너지 소비구조와 큰 차이를 보이고 있다. 전력소비 비중이 영국보다 높은 것은 심야전기를 난방연료로 사용하고 있기 때문인 것으로 추정된다. 영국의 경우 지역난방과 신탄의 사용이 없고 석탄의 사용비중이 우리나라보다 높은 것이 특이하다.

표 5. 에너지원별 소비구조의 국내외 비교
(단위 : %)

구분	석탄	유류	가스	지역 난방	신탄	전력	계
초중고	0.6	48.4	18	0.4	1.4	32	100
상업공공 건물	0.2	39.1	20.6	0.3	0.1	39.4	100
영국학교	5.73	27.95	53.72	-	-	12.6	100

4.2 연도별 에너지 사용량 변화 추이

그림 1.은 이번 실태조사를 통해 파악된 초·중·고등학교의 '95년부터 '97년까지 연도별 주요 에너지원의 사용량 변화 추이를 나타내었다. 보는 바와 같이 사용하기 편리하고 단위열량당 단가가 낮은 심야전기와 가스의 소비가 급격한 증가세를 보이고 있으며 이러한 추세는 향후 지속될 것으로 전망된다. 조명, 냉방, 동력에 사용되는 일반전력은 조도개선사업, 교육정보화 그리고 냉방기 설치로 현재보다 높은 증가추이를 보일 것으로 추정된다.

1) '에너지이용합리화법' 제14조 3항 및 동법 시행령 제17조의 규정에 의거 산업자원부(구 '통상산업부')에서 시행, 에너지경제연구원 이 주관하여 3년마다 에너지소비통계조사 실시, 초중고 부문은 296개교 표본조사

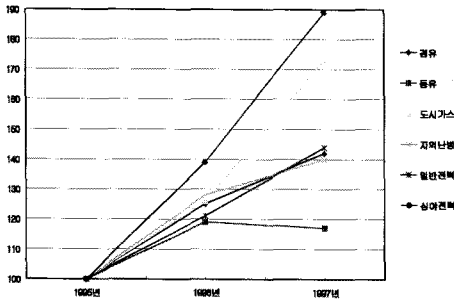


그림 1. 에너지원별 사용량 증가 추이

4.3 초·중·고교별 에너지 사용량

실태조사 결과 나타난 1997년도 초·중·고교별 에너지 사용현황은 그림 2와 같다. 초·중·고교별 에너지 사용량을 추출하면서 에너지 사용량이 현저하게 많은 '특수학교'를 구분하여 분석을 하였는데 이는 일반적인 초·중·고교의 에너지 사용행태와 다른 양상을 보이므로 별도의 구분을 필요로 하기 때문이다. 여기서 말하는 '특수학교'란 농·공고 및 기숙사·실내수영장 보유학교 등 에너지를 특별히 많이 소비하는 시설·설비를 보유하고 있는 에너지 다소비 학교를 지칭하는 것으로 교육부 SFMIS 자료에서 구분하고 있는 '특수학교'와는 다른 개념이다.

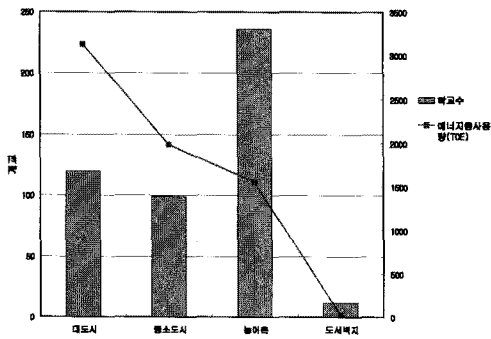


그림 2. 일반 및 특수학교의 에너지사용량 비교

4.4 지역 유형별 에너지 소비구조

대도시·중소도시·농어촌·도서벽지의 4개 지역 유형별 에너지 사용현황은 1997년도 기준으

로 그림 3과 같이 나타났다. 여기서 도시지역의 에너지 사용량이 많고 농어촌지역과 도서벽지의 에너지 사용량이 적어 지역 유형별로 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 도시지역의 학교 규모가 상대적으로 크고 에너지를 사용하는 설비가 보다 많기 때문인 것으로 생각된다.

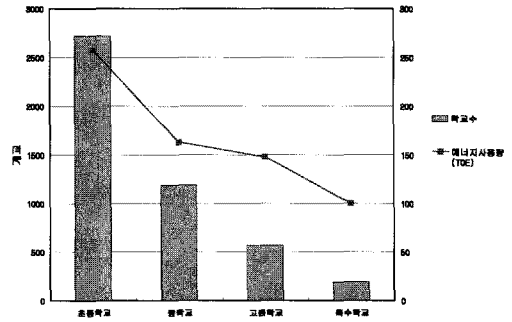


그림 3. 지역 유형별 에너지 총사용량

4.5 기후 지역별 에너지 소비 구조

기후 지역별 1997년도 에너지 사용현황은 그림 4에서와 같다. 각 기후지역별 1개교당 에너지 사용량은 상대적으로 추운 지방에서의 에너지 소비량이 따뜻한 지방에 비해 많은 것을 알 수 있다.

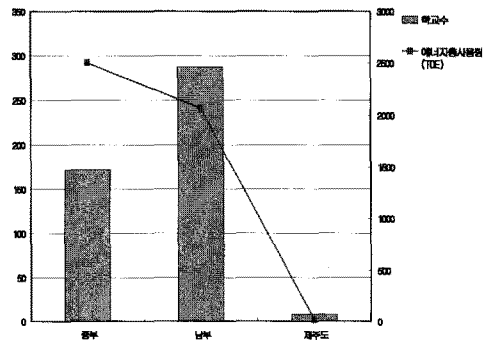


그림 4. 기후지역별 에너지 총사용량 비교

4.6 학생 1인당 에너지 연간사용량

학생 1인당 연간 에너지 사용량은 특수학교의 경우 일반학교와 비교하여 에너지 사용량에서

현저한 차이를 보이고 있다. 이러한 이유는 일반 초·중·고등학교의 에너지 설비가 낙후되고 사용을 자제하는 데 비해 공공, 농공공, 기숙사와 수영장 보유학교 등 불가피하게 에너지를 사용할 수밖에 없는 특수학교의 경우 일반학교와 큰 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 그림 5.는 지역 유형에 따른 학급당 평균 학생수 및 학생 1인당 평균 연간 에너지 사용량을 나타낸 것이다. 특수학교(중부 749Mcal)의 경우 고등학교(중부 145.2Mcal)에 비해 3배 가까이 에너지 소비량이 많게 나타나고 있으나 미국의 전형적인 초등학교의 학생 1인당 평균 연간 에너지소비량은 523.49Mcal로 우리 나라 일반 초등학교(중부 145.2Mcal)보다 3배 이상 에너지를 많이 사용하는 것으로 나타나고 있다. 또한 '95년부터 '97년까지 연도별 학생 1인당 에너지 사용량 변화 추이를 분석한 바에 의하면 초·중·고 및 특수학교 모두 에너지 사용량이 증가하고 있는 것으로 나타나 초등학교의 경우 '95년에 비해 '97년에 학생 1인당 에너지 사용량이 36% 증가하였고 중학교 27%, 고등학교 33%, 특수학교가 17% 증가한 것으로 파악되어 우리나라도 본격적으로 전 학교건물에 난방설비시스템을 설치하게 된다면 에너지사용량이 크게 증가될 것으로 예상되므로 학교신축시 에너지절약기법을 적극적으로 도입하여야 할 것이다.

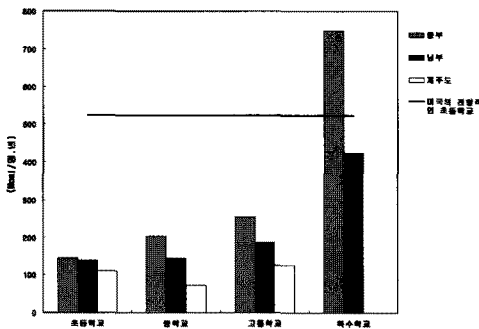


그림 5. 학생 1인당 연간에너지 사용량

5. 학교건물의 에너지원단위

단위면적당 연간 에너지 사용량인 건물 용도별 에너지원단위는 표 6.과 같은데 '교육시설'에는

초·중·고등학교 외에 대학교와 학원 등 기타 교육기관이 포함된 수치이다. 이 표에서 보는 바와 같이 교육시설의 단위 면적당 에너지 사용량, 35(Mcal/m²·년)이 타 부문에 비해 매우 낮은 것은 학교 에너지시설의 사용시간이 일반건물에 비해 짧은 것도 원인이 있지만 그동안 실내환경 기준에 의하여 난방을 하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 향후 선진 교육 환경 조성을 위해 학교 에너지시설이 개선되면 에너지원단위는 상당 수준으로 증가될 것이 예상된다.

표 6. 상업·공공부문 에너지원단위 비교
(단위 : Mcal/m²·년)

평균	판매시설	숙박시설	식당시설	통신시설	금융시설	융합교육시설	보육시설	건물시설
208	119	209	295	218	162	35	241	

5.1 학교건물의 에너지원단위

이번 조사 결과, 표 7.에서 처럼 연료와 전기를 합한 에너지원단위는 초등학교가 47Mcal/m²·년, 중학교 57Mcal/m²·년, 고등학교 98Mcal/m²·년인 것으로 나타났으나 미국의 원단위 값은 우리나라 학교의 값에 비해 2.5~4배가 높은 수치를 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 7. 미국과 우리나라 학교와의 에너지원단위 비교
(단위 : Mcal/m²·년)

구분	한국	미국			최저에너지원단위지표
		북동부	남서부	북서부	
초등학교	47	209	188	199	128
중학교	57	224	196	187	
고등학교	98	250	229	196	

* 기준년도 : 1997년

미국공립학교의 경우 연간 수업일수 190일을 기준으로 하였을 때 최저 에너지소비 지표가 될 표준에너지원단위는 128(Mcal/m²·년)으로 조사되어 이 목표에너지 원단위를 비교하여도 우리

나라 학교의 단위 면적당 에너지사용량은 이에 크게 못미치는 실정이다. 물론 이러한 이유는 고등학교가 수업이외의 활동과 체육활동이 많고 여름학기가 매우 집중적으로 실시되며 연중 야간에는 성인을 위한 평생교육의 장소로 활용되기 때문이지만 현재 우리나라 학교의 단위면적당 에너지사용량은 이에 훨씬 못미치는 실정이다.

5.2 난방에너지원단위

(1) 초·중·고교별 난방에너지 원단위 비교

우리나라 초·중·고교별 평균 난방원단위를 비교하여 보면 다음 그림 6.과 같이 고학년으로 갈수록 에너지소비가 증가하는 양상을 보이고 있다. 학교급별 최대 원단위와 최소 원단위를 알아본 결과, 초·중·고 학교의 유형에 상관없이 최대 230.46Mcal/m²·년으로부터 최소 2.47Mcal/m²·년까지 20~100배에 이르는 큰 차이를 보이고 있어 학교별로 에너지 사용량에 현저한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 건축물의 상태나 시설의 차이가 원인일 수도 있고 에너지 관리상태에 따라 차이가 날 수도 있다. 평균 난방에너지원단위 이상으로 에너지를 사용하는 학교 비중은 30%인 것으로 나타났다.

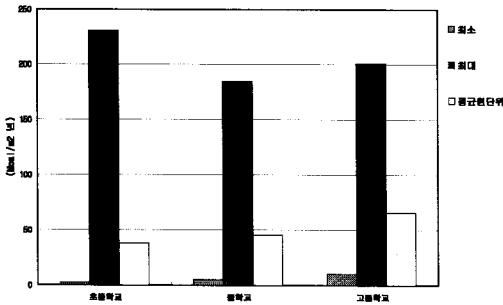


그림 6. 초·중·고교별 난방에너지원단위 비교

(2) 난방방식별 난방에너지원단위 비교

학교의 주 난방방식별 평균 난방에너지원단위를 구해 보면 그림 7.과 같이 중앙난방 방식이 108.03Mcal/m²·년으로 가장 높고 석유난로에 의한 개별난방방식이 37.60Mcal/m²·년으로 가장 낮은 것으로 나타나고 있다. 온풍기는 70.84Mcal/m²·년, 가스히터 54.29Mcal/m²·년, 심야전기축

열히터 48.20Mcal/m²·년, 지역난방 43.72Mcal/m²·년으로 나타나고 있다. 또 석유난로, 가스히터 방식은 난방원단위 최대값과 최소값이 현저한 차이를 보이고 있는데 이는 각 실별로 온도제어를 할 수 없어 적절한 에너지관리가 이루어지지 않고 있기 때문인 것으로 판단된다.

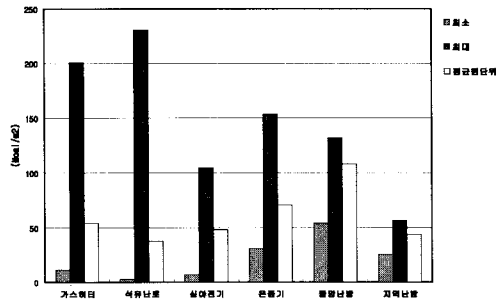


그림 7. 난방방식별 난방에너지원단위 비교

(3) 지역유형별 난방에너지원단위 비교

그림 8.과 같이 지역 유형별로 학교의 평균 난방원단위를 구해 보면 대도시로 갈수록 에너지원단위가 증가하는 것을 알 수 있으나 지역 유형에 따른 난방에너지 최대값과 최소값은 지역 유형에 상관없이 학교별로 큰 차이를 나타내는 것으로 보인다.

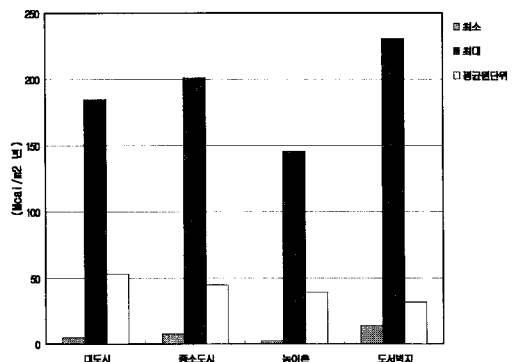


그림 8. 지역유형별 난방에너지원단위 비교

(4) 지역 구분별 난방에너지원단위 비교

지역구분별로 학교의 평균 난방원단위를 구

해보면 중부의 경우 59.96(Mcal/m²·년) 남부는 36.43(Mcal/m²·년)으로 추운 중부지방에 위치한 학교가 남부지방에 위치한 학교보다 단위면적당 에너지를 더 많이 사용하는 것으로 나타나고 있다. 중부지방은 남부지방보다 난방일수와 난방시간이 많으므로 적절한 에너지관리가 이루어지지 않으면 학교별 에너지원단위에 차이가 날 수 있다.

(5) 초·중·고교의 전력에너지원단위 비교

조사 결과 나타난 초·중·고교의 전력에너지원단위를 살펴보면 그림 9와 같이 상급학교로 갈수록 전력소비가 많은 것으로 나타나고 있다. 이는 학교 이용시간의 차이 및 공교·농공교 등 전기 다소비설비 보유에 따른 차이 때문인 것으로 보인다.

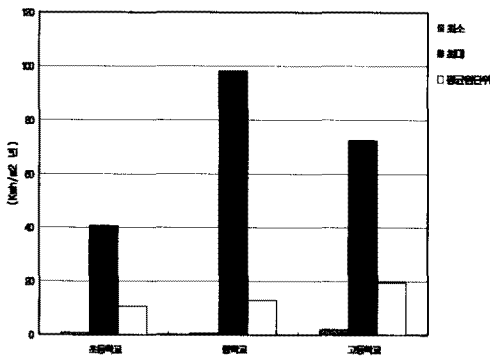


그림 9. 초·중·고교의 전력에너지원단위

6. 결 론

1) 실태조사를 통하여 선진국 또는 국내의 다른용도의 건물과 비교하였을 때 우리 나라의 초·중·고교의 에너지사용시설의 전반적인 낙후와 에너지원단위가 낮았는데 이는 에너지절약으로 발생된 것이 아니기 때문에 학교실내 열환경이 기준에 크게 못미치고 있음을 알 수 있었다.

2) 단위 면적당 연간 에너지 사용량이 타 건물에 비하여 적어 학교실내 열환경이 열악한 것으로 나타났으며 또한 에너지사용량이 학교간에 차이가 큰 것으로 분석되었다. 아울러 에너지사용량이 많은 원인으로는 대부분 단열이 제기준에

크게 못미치고 있으며 다른 학교에 비하여 에너지다소비 설비의 보유와 에너지관리 미흡이 가장 큰 원인으로 분석되었다.

표 7. 난방 및 전력에너지원단위 (단위 : Kcal/m²·년)

구분	초등학교	중학교	고등학교
난방에너지원 단위	37,970	45,540	65,610
전력에너지원 단위	9,199	10,031	16,790
총 계	47,169	56,571	82,400

3) 학교건물의 난방에너지 원단위를 학교종류별, 난방방식별, 지역유형별, 지역구분별로 구분하여 제시하였고, 전력에너지원단위도 제시하였다.

학교건물의 난방 및 전력에너지 원단위는 다음 표 7.과 같다.

4) 본 연구는 학교시설을 대상으로 학교건물의 에너지원단위 기준을 설정한 것으로서 이를 바탕으로 향후 학교시설의 에너지관리는 물론 에너지설비의 효율적 관리를 위한 기초 통계 자료의 지속적인 확보를 통하여 선진국 수준의 학교 환경이 될 수 있도록 노력을 하여야할 것이다.

참고문헌

1. 박효순, 윤용진 외, 학교건물의 환경개선을 위한 냉난방시스템 연구, 한국에너지기술연구소, 1998.9
2. 에너지관리공단, 월간 에너지소비통계, "98.8 및 에너지경제연구원, 에너지수요전망," 1998.
3. 김영호, 건축설비, 보문당, 1995.43. 산업자원부, 시험진단보고서, 1998.10
4. (사) 공기조화 냉동공학회, 공기조화·냉동·위생공학 편람 제2권, 1991
5. 落藤澄, 暖房方式と温熱環境-學校暖房の實測を中心にして, 空氣調和・衛生工學 第61卷 第4号, 1987
6. Department of Education(DFE) "Guide3 ;Managing School Facilities", UK, 1995
7. ASHRAE, ASHRAE Handbook of Fundamentals(1997), ASHRAE, 1997
8. Department of Education and Science, "Energy Use in Educational Buildings", UK, June 1992.
9. 한전 판매사업단 분석자료 '심야전력을 이용하는 축열식 난방 운수기', 1998.3