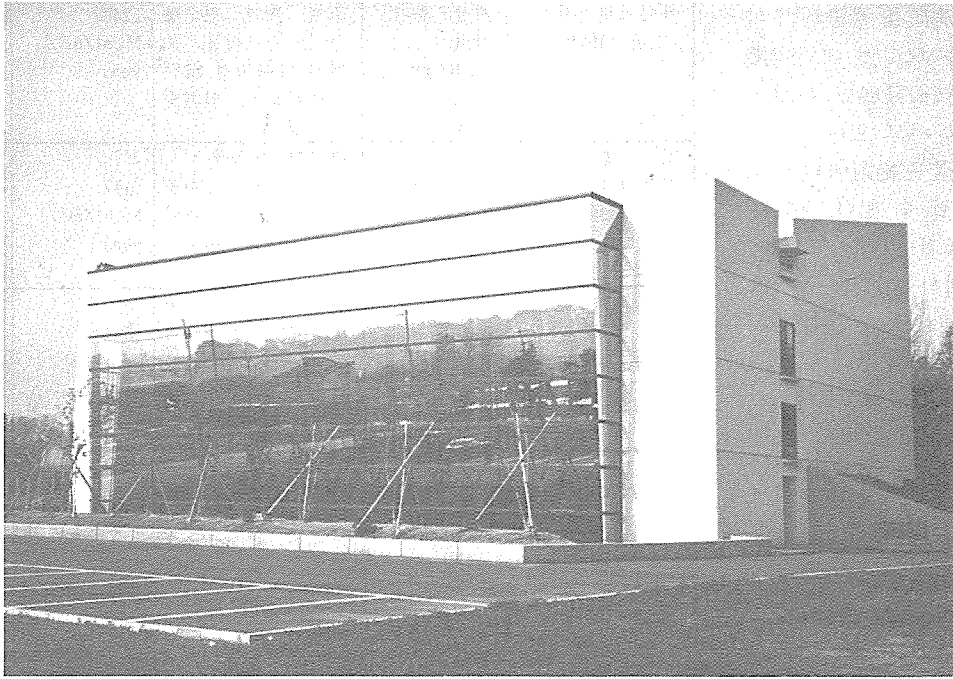


# 超에너지節約型 建物

朴 相 東 — 韓國動力資源研究所 建物研究室



建物の熱的性能을 향상시키기 위한 노력은 주로 政府가 주도하고 이에 따른 技術開發은 産業界가 하는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라에서도 建築法에 “建築物의 熱損失防止를 위한 措置”로서 斷熱基準을 정하여 놓고 있으며 企業은 이에 부응하여新斷熱材 개발 및 斷熱施工方法을 연구하고 있다.

한편 政府出捐機關인 韓國動力資源研究所에서는 이러한 基準制定과 施行方法에 있어서의 合理性과 實用性을 보증하기 위하여 여러가지 實驗研究를 수행해 오고 있으며 연구결과를 실용화하기 위한 制度研究에도 박차를 가하고 있다. 그러나 아직 국민들을 위한 홍보·계몽에 미흡한 점이 있

어 이들의 認識不足은 두드러지게 나타나고 있으며 이에 따른 企業의 활동은 先進外國에 비해 극히 저조하다고 볼 수 있겠다.

筆者는 근년에 이웃 日本의 이 분야 研究現況을 둘러 볼 기회가 있어서 日本 靑島の 建設會社인 (株)大林組의 技術研究所에 들러 同研究所 연구진으로 지은 超에너지節約型 建物(Super Energy Conservation Building)을 접하게 되어 이 건물의 計劃—設計—施工에 이르는 설명을 듣고, 평범한 듯 하면서도 상당한 에너지節約效果를 얻은 이들의 지혜를 國內에 알리게 되면 실무에 종사하는 建築人들에게 다소나마 도움이 되겠다는 주제념은 所見에서 本誌를 통하여 이 건물

을 소개하고자 한다.

## 1. 프로젝트의 目的

建物の 바닥面積當 年間節對에너지 소모량이 세계 최소가 되는 事務室用 건물의 建立이 目的이며 目標値는  $100 \text{ Mcal/m}^2 \cdot \text{年}^{2)}$  이하이다.

지금까지 에너지節約 정도를 표현할 때  $\bigcirc\bigcirc\%$ 라는 표현을 사용하여 왔으나 이러한 기준은 불확실하며 모호한 면이 있다. 그래서 바닥面積當 에너지 소모량을 명확히 계산함에 의해 에너지節約의 정도를 평가하는 尺度로 하도록 제안하고 있다.<sup>2)</sup>

〈그림 1〉은 日本에서의 일반 事務室用 건물의 바닥면적당 에너지 소모량의 平均値, 에너지節約型 건물로 공

註 1)  $1 \text{ Mcal} = 1000 \text{ Kcal}$

註 2) 이러한 기준은 美國에너지저장이 개발한 BEPS와 같으며 이 BEPS (Building Energy Performance Standard)는 종래의 部位別 기준(Component Standard)이 건물 各部位別로 最低 에너지性能을 表示(예: 壁체는 K값이 0.5 이하이어야 한다) 한데 반하여 建物全体的 使用에너지의 上限基準(예: A라는 지역의 B用途建物は 年間·單位面積當  $\bigcirc\bigcirc \text{ Kcal}$  이상의 에너지使用을 초과하지 않도록 設計·施工되어야 한다)을 정해 놓은 性能基準(Performance Standard)으로 當 動力資源研究所에서는 1982년 研究事業으로 大韓建築學會 및 空氣調和·冷凍工學會와 공동으로 國內에서의 사용을 목적으로 部位別基準(案)을 제정하였으며 1983-4년에는 이를 기초로 하여 한국적 BEPS를 제정하고자 하며 이미 當 研究所 建物研究室과 大韓建築學會가 共同研究事業으로 착수하였다.

表된 대표적 건물 및 本計劃의 運轉 시뮬레이션에 의한 豫測值를 나타낸 것이다.

〈표 1〉은 세계적으로 유명한 에너지節約型 건물의 에너지 소모량을 표시한 것으로 本計劃의 값과 비교해보면 100Mcal/m<sup>2</sup>·年이라는 값은 事務室用 건물의 에너지節約分野에 있어서 획기적인 것임을 알 수 있다.

건물 완성 후 豫測值를 실증하기 위하여 정밀한 計測을 행하며 에너지節約型 건물에 관한 技術發展을 위하여 Data를 발표하려고 하고 있다.

에너지節約型 건물은 絶對에너지 소모량만으로는 평가할 수 없다. 이 건물은 에너지의 효율적인 이용에 의하여 에너지節約을 꾀하는 것을 목적으로 하였다. 또한 居住性과 機能性의 확보를 위하여 연중 계속 冷·暖房을 실시하며 건축적인 美觀에 대해서도 충분한 고려를 하였고, 이것을 必要最小限의 경비로 실현하고자 하였다.

〈표 1〉 代表的인 에너지 절약형 건물

건물명 위치 공년도	규모	에너지 절약 기술	* 에너지소모량	비고
건물 A 토오코(일본) 1979	지하 1 층 지상 4 층 연면적 5,477m <sup>2</sup>	태양열시스템, 변풍량방식, 축열, 변수량방식, CO <sub>2</sub> 조절 및 컴퓨터조절, Free Cooling, 열회수시스템 등	○ 241 Mcal/m <sup>2</sup> / year	Journal of the Society of Heating Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan, Volume 55, No.2, 1981
건물 B 아이찌현청사(일본) 1979	지하 1 층 지상 7 층 연면적 11,402m <sup>2</sup>	태양열시스템, CO <sub>2</sub> 조절, 축열, 변수량방식, 주광이용, 조명의 계획조절 및 컴퓨터조절, 열회수시스템 등	○ 243 Mcal/m <sup>2</sup> / year	Journal of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan, Volume 55, No. 2, 1981
건물 C 히로시마 현청사(일본) 1980	3 층 연 면 적 1,361m <sup>2</sup>	태양열 시스템 축열, 주광이용, 지붕 구조체에 의한 냉방(Ceiling Cooling), 조명의 계획조절	△ 147 Mcal/m <sup>2</sup> / year	Technical reports on C Building
맨체스터 빌딩 뉴 햄프셔(미국) 1976	지하 2 층 지상 7 층 연 면 적 15,792m <sup>2</sup>	태양열시스템, 변풍량방식, 축열, 열회수 시스템, 국부/ 전체조명, 컴퓨터조절, Free cooling 등	○ 364 Mcal/m <sup>2</sup> / year	The thermal performance of the Norris Cotton Federal Office Building in Manchester, New Hampshire, NBS
Topeka Federal 빌딩 캔사스(미국) 1977	지하 2 층 지상 4 층 연 면 적 31,170m <sup>2</sup>	열회수시스템 변풍량방식, Free cooling, 컴퓨터 조절	○ 408 Mcal/m <sup>2</sup> / year	An instruction case study based on the Topeka Federal Building, Courthouse and Parking Facilities, GSA
캘리포니아주정부 건물 캘리포니아(미국) 未定	대부분지하 일부분지상6층 연면적 23,250m <sup>2</sup>	태양열시스템, 변풍량방식, 변수량방식 Night purge and Ice heat Storage	△ 121 Mcal/m <sup>2</sup> / year	ASHRAE Journal, Nov., 1979
농무국 건물 캘리포니아(미국) 1979	지상 2 층 연면적 12,540m <sup>2</sup>	태양열시스템, 변수량방식, 축열, 야간 자연환기이용방식 열회수 시스템, 주광이용, Free Cooling, 흙사용 단열(Soil-Used Insulator)	△ 323 Mcal/m <sup>2</sup> / year	Specifying Engineer, July 1980
TVA chatanooga 빌딩 테네시(미국) 1 단계 1980 2 단계 1982	컴퓨터센터및 사무실용건물 연면적 186,000m <sup>2</sup>	열회수 시스템, 변풍량방식, Free Cooling 자연환기, 주광이용, 지하수 응용	△ 242 Mcal/m <sup>2</sup> / year	Same as above

\* 에너지 소모량은 1 차에너지 수준으로 환산한 것임.

○實績值 △設計值

電氣設備: 受電-3相, 3線 6.6 Kv  
Dumb waiter 1 基

### 3. 主要한 에너지節約技術에 대한 설명

가. 二重外皮(Double Skin)

태양열 集熱器를 이용한 태양에너지의 이용이 보급된 이래 최근에는 가능한 한 기계의 힘을 빌리지 않고 태

양열을 유효하게 이용하려고 하는 Passive利用이 주장되어 왔다.

본 계획은 이러한 방법의 일환으로서 건물의 남측에 全面유리를 붙인 溫室形態의 공간을 만들어 自然光에 의하여 따뜻해진 공기를 冬期の 室内暖房에 이용하는 방법을 채용하였다.

특히 에너지節約型 건물은 폐쇄적인 작은 창이 유리한 것으로 알려져

## 2. 建物概要

가. 建築概要

位置: 東京都 清瀬市 下清戸 4丁目 640

建築面積: 886.85m<sup>2</sup>

延床面積: 3775.84m<sup>2</sup>

構造: 鉄筋콘크리트造

層數: 地下 1 層·地上 3 層·屋塔 1 層

標準層高: 3.2m

나. 設備概要

空調設備: 熱回収 히트펌프-25RT

太陽熱利用 吸收式 冷凍機-10RT

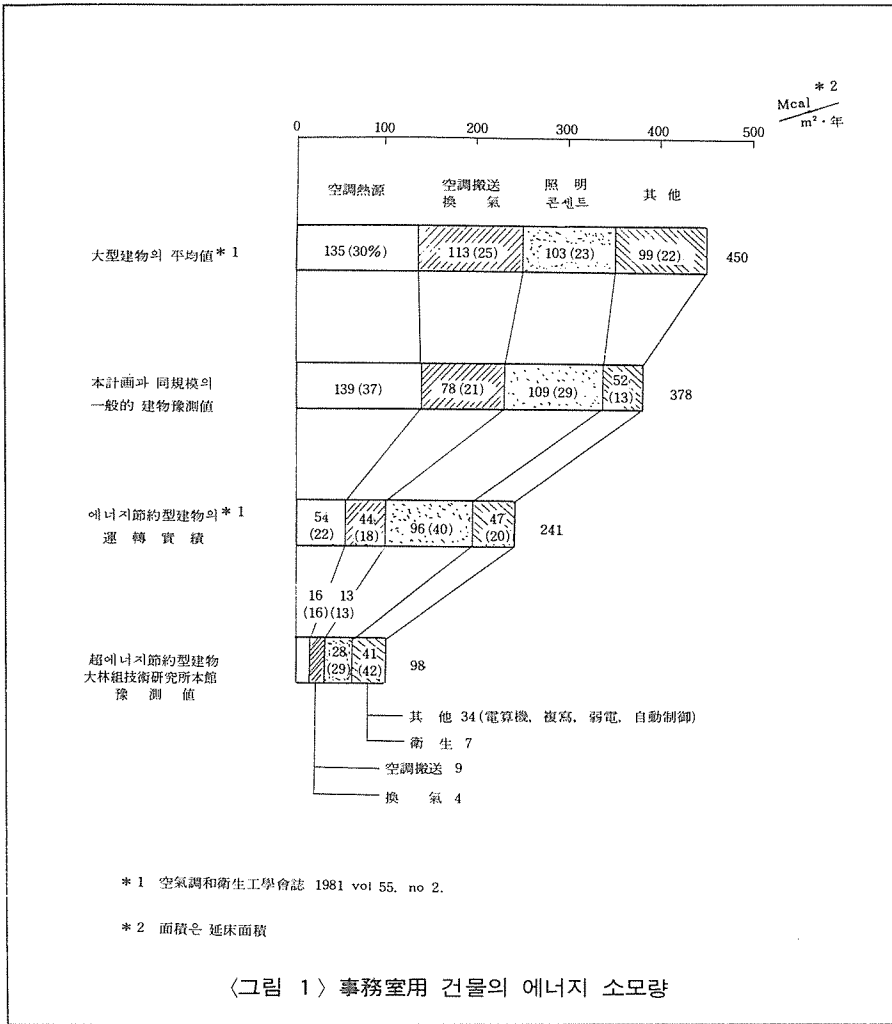
太陽熱集熱器(眞空管式) 有効集熱面積-220m<sup>2</sup>

溫度成層形 蓄熱槽-70m<sup>3</sup> × 2 덕트併用 팬·코일·유니트方式 南北 2 系統, VAV 方式

Main에서 4-Pipe 方式, Zone에서 2-Pipe 方式 컴퓨터에 의한 中央制御 方式

衛生設備: 雨水利用(便器給水, 冷却塔 補給水)

太陽熱給湯 屋內消火栓, 連結散水設備



〈그림 1〉 事務所用 건물의 에너지 소모량

있지만 日本의 太平洋에 접하는 지역은 겨울철에 晴天日이 많아 冬期日照를 有效하게 이용하는 것이 오히려 유리하다는 것을 본 계획의 한가지 특징으로 하고 있다.

建物内部에서 볼 때 남쪽벽의 開口部는 全体壁面의 65%를 점유하고 있고 그 外側에 全面유리의 溫室이 附設되어 있다.

暖房時에는 公조용 外氣 및 空調리턴 공기는 二重外皮(Double Skin)部를 통해서 따뜻해진 후에 空調機에 導入되며 冷房期에는 二重外皮 상하를 개방해서 생기는 自然드래프트에 의해 冷房負荷를 줄이게 된다.

이중으로된 開口部는 冷房期나 中間期에 直射日光이 실내로 주는 영향을 완화시키며 暖房期の 夜間에는 외부로의 放熱을 막아 주도록 되어 있다.

나. 平面計劃의 特徵

● Twin Core

平面計劃에 있어서 空調가 필요하지 않는 방들을 建物周邊部(側面)에 배치하는 것을 원칙으로 하였다. 日射

의 영향을 받기 쉬운 東西側에 이들 非空調室을 배치해서 이 부분을 구조적인 코어(Core)로서 이용하였다. 이러한 배열의 결과로서 居室은 외부로부터의 負荷가 감소하고 壁面溫度의 변화가 적어져서 居住性을 향상시킨다.

● 屋上機械室

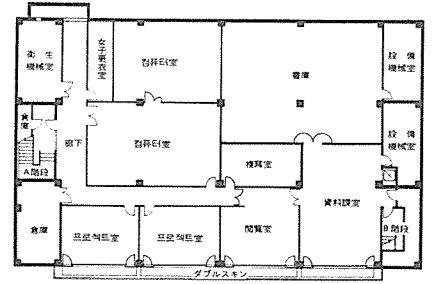
上記原理과 같이 기계실은 최상층에 설치하여 直下層에 있는 연구실의 負荷低減에 이용하였다.

이 기계실의 위치는 太陽熱集熱器 및 蓄熱槽의 溫水入口에도 가깝게 하여 配管部의 열손실 및 循環펌프動力을 절감시킨다.

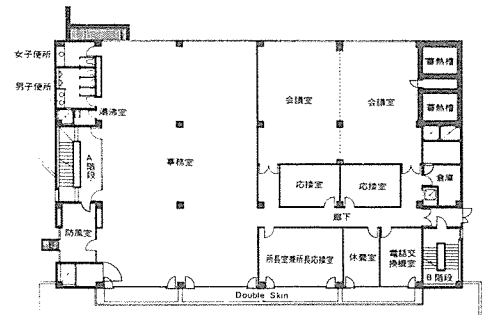
또한 기계실의 換氣動力을 절감하기 위하여 側壁에는 최대의 開口部를 갖도록(開放的으로) 설계되어 있다.

다. 平슬라브(無梁板構造, Flat Slab) 構造

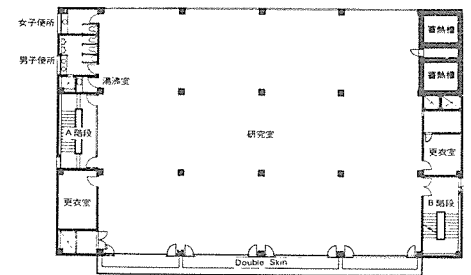
外壁面을 최소로 하는 것이 에너지節約技術에 대한 기본적인 조건의 하나이다. 이 계획에서는 層高를 최소로 줄임으로써 外表面積을 최소로 줄일 수 있는 Unbounded P. C. Slab 構



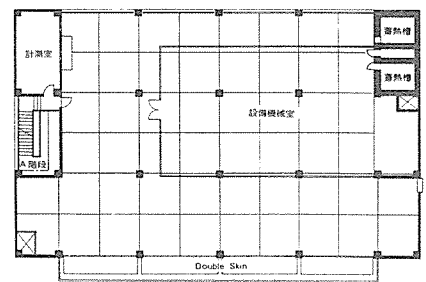
〈그림 2〉 地下 1層平面圖



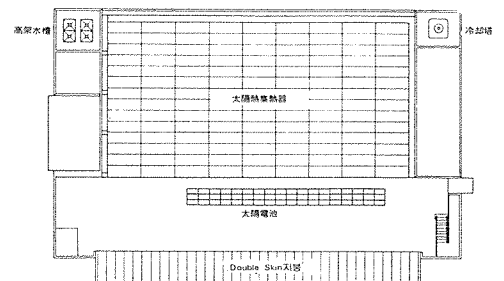
〈그림 3〉 1層平面圖



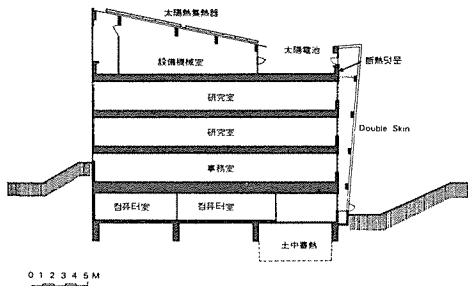
〈그림 4〉 2層, 3層平面圖



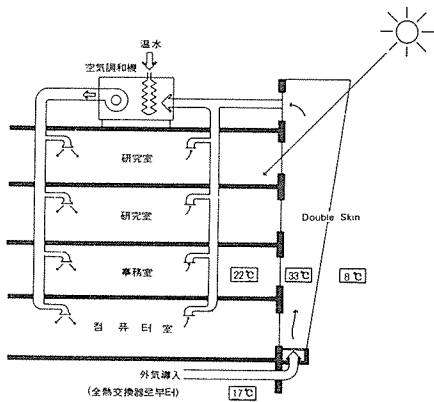
〈그림 5〉 屋塔平面圖



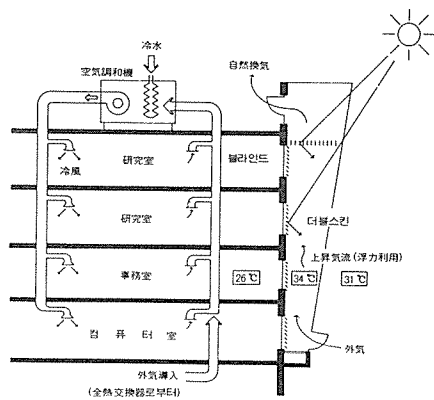
〈그림 6〉 지붕平面圖



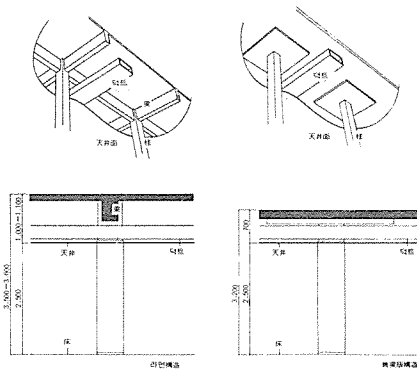
〈그림 7〉 斷面圖



〈그림 8〉 暖房概念圖



〈그림 9〉 冷房概念圖



〈그림 10〉 라멘構造와 평슬라브構造

造를 채택하였다. 일반적인 사무실 건물의 대표적인 層高는 3.6M이나 이 계획에서는 3.2M로 하였다. 또한 평슬라브構造는 層高減少 이외에도空調덕트配置를 자유자재로 할 수 있어서 덕트抵抗의 감소에 의한 Fan 動力節減도 기대할 수 있다.

라. 흡의 熱特性 活用

● 建築計劃上的 利用

건물은 地下1層, 地上3層으로 하고 南側 지하부분은 居住性을 높이기 위하여 내려앉은 형태의庭園(Sunken Garden)으로 하였다. 또 掘削한 흡은 建物1層 東·西面 및 北面에 盛土해서 흡이 갖는 斷熱性·蓄熱性을 이용해서 건물의 負荷低減에 도움이 되도록 하였다.

● 흡속에서의 蓄熱(土中蓄熱)

이 계획에서는 태양열에 의한 冷暖房이 행해지는데 가을철에는 冷暖房 負荷가 적어져서 태양열의 集熱分은 남게 된다. 이 過剩熱을 建物下部에 埋設된 파이프를 통해서 흡속(土中)에 蓄積하였다가 冬期에 이용하는 것을 목적으로 한 土中蓄熱方式을 채용하였다.

이 방식의 채용에 의하여 태양열 집열기의 稼動率을 향상시키고 한정된 集熱面積으로 太陽熱依存率을 1층 향상시키는 효과가 있다.

이 방식은 日本通産省 선샤인計劃의 일환으로서 同社技術研究所가 연구를 계속해 왔으며 현재 研究所内の 다른 2개소에서 별도로 실험 중에 있다.

마. 局部 및 全体照明

보통 사무실용 건물은 總에너지의 1/3~1/4을 조명에 사용한다. 따라서 본 계획에서는 조명용 消費에너지의 절감을 중요한 과제로 생각하였다.

변소나 계단 등은 晝間에 조명이 필요하지 않도록 採光窓을 설치하고, 사무실·연구실에 대해서도 晝光센서를 이용해서 自然採光으로 충분한 밝기가 확보되고 있을 때는 자동적으로 消灯되는 시스템을 채용하고 있다.

연구실은 局部/全体照明(Task / Ambient Lighting)을 채용하였다. 이 방식은 종래의 照明方式과 같이 天障에 매달은 照明器具만으로 조명하는 것이 아니라 各個人의 책상에 낮은 간막이를 설치하고 이 간막이마다 작은

照明器具를 달아서 쾌적한 作業面の 밝기를 만들어 주는 것이다. 天障에는 방 전체적인 분위기를 만들기 위한 최소한의 照明器具를 설치하였다. 이 방식은 研究員이 席하지 않은 경우의 消灯効果도 기대할 수 있기 때문에 연구실의 조명용 消費에너지를 약 1/2로 줄일 수 있다.

바. 太陽熱 冷暖房과 太陽電池의 利用

본 계획에서는 眞空管型의 高効率 集熱器를 屋上部에 220.5m<sup>2</sup> 설치하고 코어部分에 설치한 蓄熱槽를 이용해서 냉난방용 熱源으로 하고 있다. 이외에 土中蓄熱方式도 병용해서 그 効率向上에 기여하고 있다.

또한 실험적이지만 太陽電池를 설치해서 피크時 1kw의 發電을 해서 太陽熱 集熱器用 펌프의 動力에 이용하고 있다.

사. 컴퓨터에 의한 最適化 豫測 制御

〈표 2〉에 있는 98가지의 에너지節約技術中 대부분은 그 때의 기상조건이나 건물의 사용상황에 따라서 적절히 運用해야 비로소 그 효과를 충분히 발휘할 수 있는 것이다.

이들 대부분의 기술은 서로 밀접하지만 복잡한 관련을 갖고 있어서 人力에 의해서 신속·정확하게 시행할 수 없다. 따라서 이 건물에서는 컴퓨터를 사용해서 상황에 따라 가장 에너지節約적인 형태로 運轉·制御하고 있다.

이 건물에서 채용된 하드웨어는 높은 신뢰성과 변경을 위한 柔軟性, 低價格 등의 목표를 달성할 수 있도록 새로이 개발된 建物制御設備(中央統制方式의 建物管理/制御設備=Computerized Building Supervisory / Control System)이다. 즉, 마이크로 컴퓨터의 分散型構成, 量産形퍼스널 컴퓨터의 一部使用, 光파이버 互換形 傳送系 등의 최신기술이 적용되었다.

한편 1974년 日本에서 建物制御設備 제 1호였던 오오사카大林組建물의 에너지節約소프트웨어가 완성된 후, 많은 경험이 최적의 制御와 正確性的 향상을 위해 기여해 왔다.

이러한 경험과 실험의 결과가 이 건물에 반영되고 있으며 채택된 소프트웨어의 내용은 사용자에게 의하여 쉽게

〈표 2〉大林組 기술연구소 研究棟에 適用한 주요한 에너지 절약기술

분 류	에너지 절약 기술	분 류	에너지 절약 기술	분 류	에너지 절약 기술	
건 축 설 계	1. 적절한 건물위치	열적부하 감소	36. 외기 냉방 제어	위생시스템에 대한 에너지 절감	71. 절수 설비사용	
	2. 적절한 건물방향		37. 최소 외기 유입조절		72. Low 탱크형 수조를 사용하므로서 給水壓 감소	
	3. 큐비클 구조		38. 예냉 및 예열시 공기유입조절		73. 저층의 直水공급	
	4. 부분지하 및 흙으로 두쌓기		39. 이중외피 내의 통풍조절		74. 소구간給湯 방식	
	5. 층수의 감소		40. 야간자연환기 이용방식		75. 茶공급기구의 계획조절	
	6. 층고의 축소		41. 외부공기 유입용 開口部의 절적인 위치		76. 重力에 의한 배수시스템	
	7. twin-core 시스템채택		42. 지하공기 유입덕트 채택		77. 雨水活用	
	8. 入口를 風向과 平行하게 설치		43. 無누출 뱀퍼사용		78. 기계배수 재활용	
	9. 入口에 방풍벽 설치		44. 변풍량 방식 채택		79. 雨水의 중력배수 조절	
	10. 방풍실 설치		45. 대온도차 방식의 채택		조 명 에 너 지 감 소	80. 국부/전체 조명
	11. 계단실 및 화장실에 자연광을 받을 수 있는 창문설치		46. 외기 냉방시 무에너지 배기 시스템			81. Tablet 형 스위치 사용
건 물 의 단 열 차양시설 및 환 기	12. 窓面積 감소	47. 작동펌프 台數 조절	82. 창 주변 지역의 점광조절			
	13. 북쪽면에 특수복층유리 사용	48. 空調 조명기구 사용	83. 주광사용으로 화장실 및 계단실의 ON/OFF스위치 사용			
	14. 외벽단열	49. 無덕트 급기 시스템 채택	84. 중식시간의 소등조절			
	15. 지붕면상의 차양덮개 단열	50. 고효율 모터 사용	85. 정오 및 오후 5시의 자동소등			
	16. 단열 덧문 이용	51. 타이밍벨트(timing belt) 사용	86. 주간 및 휴일의 비상구 표시등 소등			
	17. 외부 블라인드 사용	52. 덕트 시스템의 저항경감	87. 전력절약형 Balast 사용			
	18. 수평 Fin 설치	53. 배관시스템의 저항경감	88. 전력절약형 형광등 사용			
	19. 현관문 단열	효율증대	54. 열회수 시스템 채택	89. 회수공기에 의한 조명기의 효과적 냉각		
	20. 현관문 기밀성 증가		55. 냉동기의 냉수 온도증가	90. 밝은 색의 내부마감재 사용		
	21. 창문의 단열과 기밀성 증가		56. 축열 시스템 채택	동력감소	91. 力率의 개선	
	22. 자연환기 허용		57. 가압형 축열조 채택		92. 고효율 변압기 사용	
23. 인공 녹지환경 조성	58. 온도 성층형 축열조 채택		93. 부과 부하에 따른 작동변압기의 台數 조절			
24. 이중 외피 채택	59. 냉각수 축열시스템 채택		94. 비작동시 컴퓨터 시스템의 주변기기 스위치 off			
25. 이중외피의 열반사유리 사용	60. 냉각수 순환조절		95. 톱니형 자기접촉기 사용			
26. 이중외피 외부유리의 경사유지	61. 始動의 적절한 조절		96. F. C. U 계획조절			
설 비 형 태 양 열 시 스템	27. 공기조화 및 난방에 태양열 직접이용		62. 축열탱크 주위의 단열증가		97. 태양전지 사용	
	28. 급탕에 태양에너지 이용		63. 설비 및 기계주변 단열증가		98. 무뱀테리 태양광 발전	
	29. 저온에서의 태양에너지 집열		64. 배관 시스템의 단열증가			
	30. 태양에너지 지하축열	65. 덕트시스템의 단열증가				
	31. 태양열 복사난방	66. 덕트시스템의 공기유출 방지책				
32. 全熱 열교환기 사용	환 기 에 너 지 감 소	67. 기계실의 자연환기				
33. 실내평균 복사 온도 동일화로 실내상태 완화		68. 탕비실의 자연환기				
34. 에너지 절약 조명시스템 채택으로 냉방부하 감소		69. 국부환기				
35. 외부광원 투광방식에 의한 조명부하 감소		70. 熱氣 및 공기 조화된 공기의 2 단 활용				

조정될 수 있다. 즉, 숙련된 사용자가 에너지節約率을 증가시키기 위하여 建物運用의 경험에 입각한 조정을 할 수 있도록 되어 있다.

#### 4. 熱經濟性的 檢討

##### 가. 建築費와 運轉費

에너지節約建築을 평가하기 위해서는 에너지節約量과 동시에 初期投資(建築費)와 增減을 검토할 필요가 있다. 그래서 同社가 개발한 에너지節約 建築計劃 프로그램(ENECOST)을 사용해서 이 계획의 建築費·運轉費를 계산해 보았다.

〈그림 15〉는 가로軸에 初期投資, 세로軸에 運轉費를 표시한 것으로 原点에는 同規模의 標準建物を 想定하고 있다. 各에너지節約技術을 채용했을 때의 建築工事, 設備工事 兩者에 대한 初期投資의 增減과 그 에너지節約量을 산출해서 Vector로서 표시하고 있다. 各技術의 효과는 서로 영향을 주기 때문에 차례로 더해서 算定했다. 最終 Vector가 가리키고 있는 위치가 이 계획의 종합적인 평가가 된다.

##### 나. 라이프 사이클 코스트

##### (Life Cycle Cost)

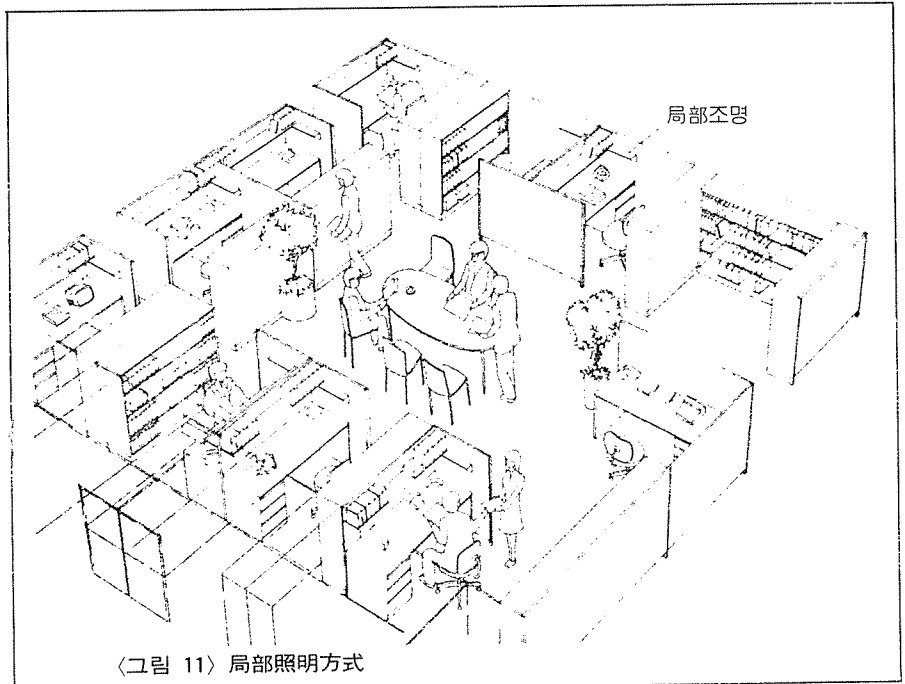
건물은 장기간에 걸쳐 사용되는 것이다. 鐵筋콘크리트造 건물의 法定償却年數인 65년간을 이 건물의 Life Cycle로 해서 總費用을 산출해 보았다.

라이프 사이클 코스트의 算定法에는 여러가지가 있지만 65년간에 설비는 3回 更新하는 것으로 假定했다. 〈그림 16〉을 보면 알 수 있듯이 運轉費가 支配的이기 때문에 에너지節約 建物は 絶대적으로 유리하다.

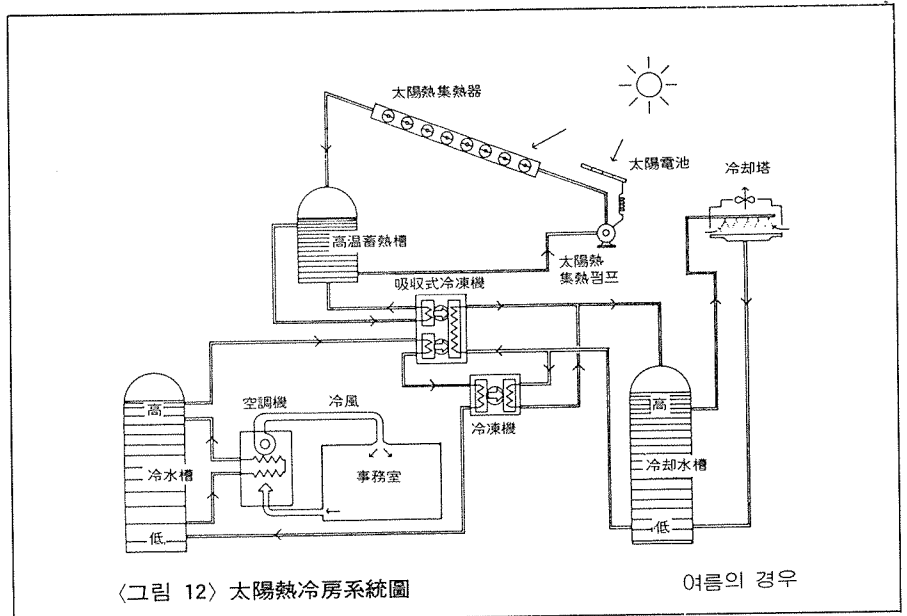
#### 5. 에너지消費量 實測

當 建物內에 測定 Data收集과 制御를 위하여 약 500개소에 각종 Sensor를 설치하여 1982년 4월부터 10월까지 實測해 왔으며 이 건물에서의 에너지消費量的 豫測値와 實測値를 보면 〈그림 17〉과 같이 豫測에너지消費量보다 더 적은 에너지를 소비한 것으로 나타났다.

이상과 같이 大林組 技術研究所 建物에 적용한 98項目的 에너지節約技術은 지금까지 널리 알려진 기술들이며 同技術研究所에서는 이들을 모두

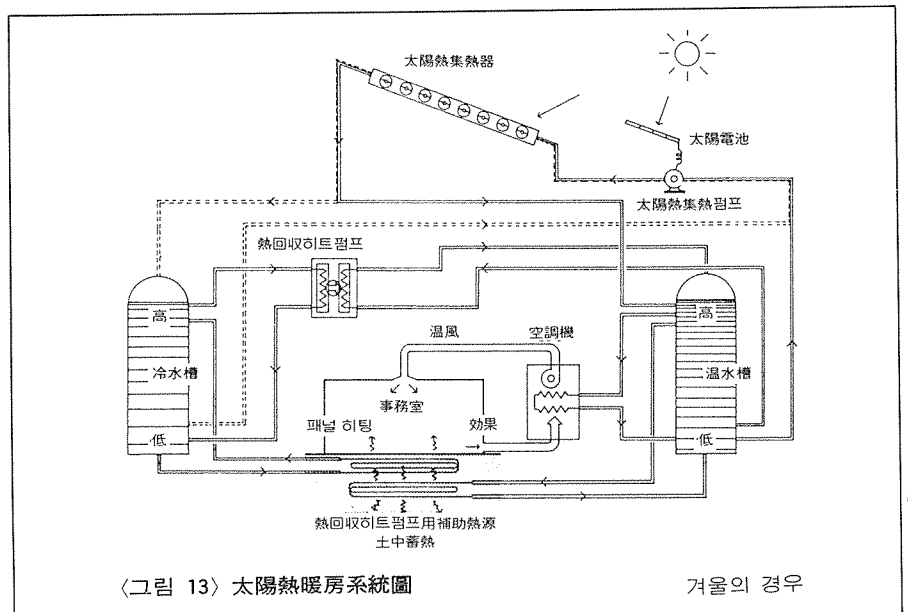


〈그림 11〉 局部照明方式



〈그림 12〉 太陽熱冷房系統圖

여름의 경우



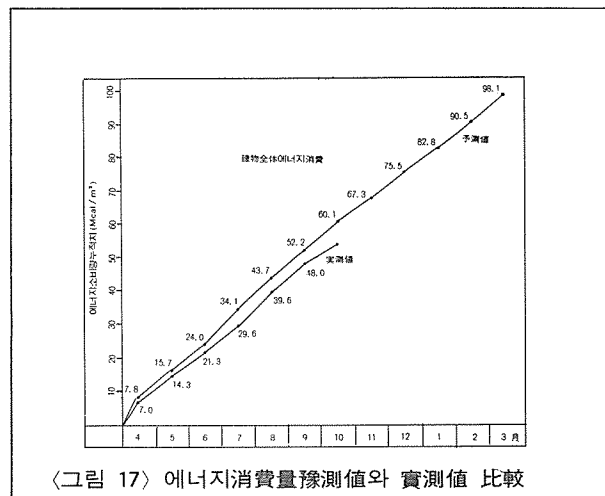
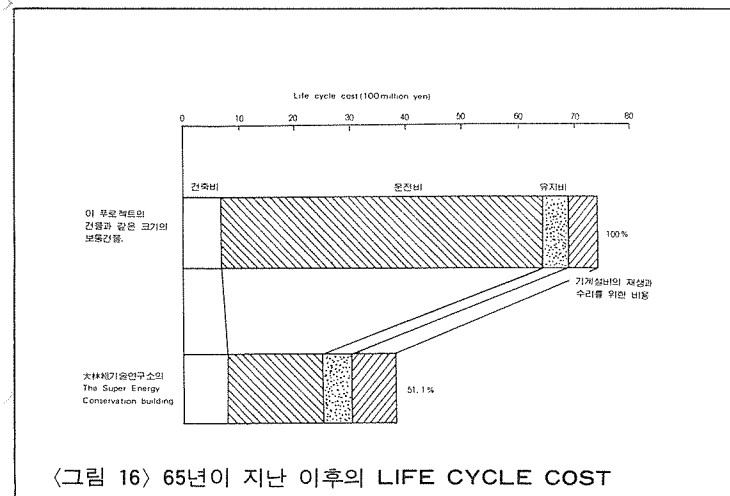
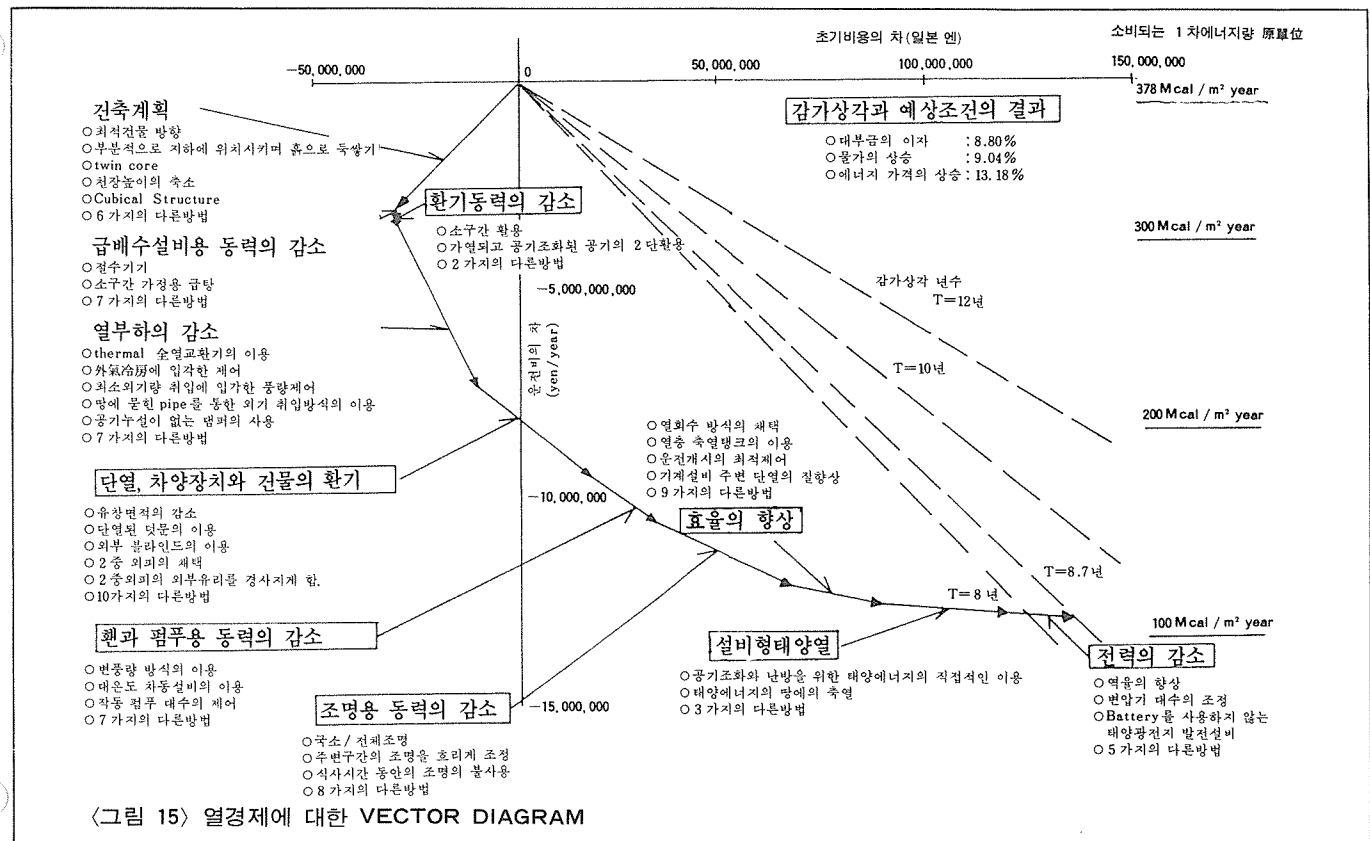
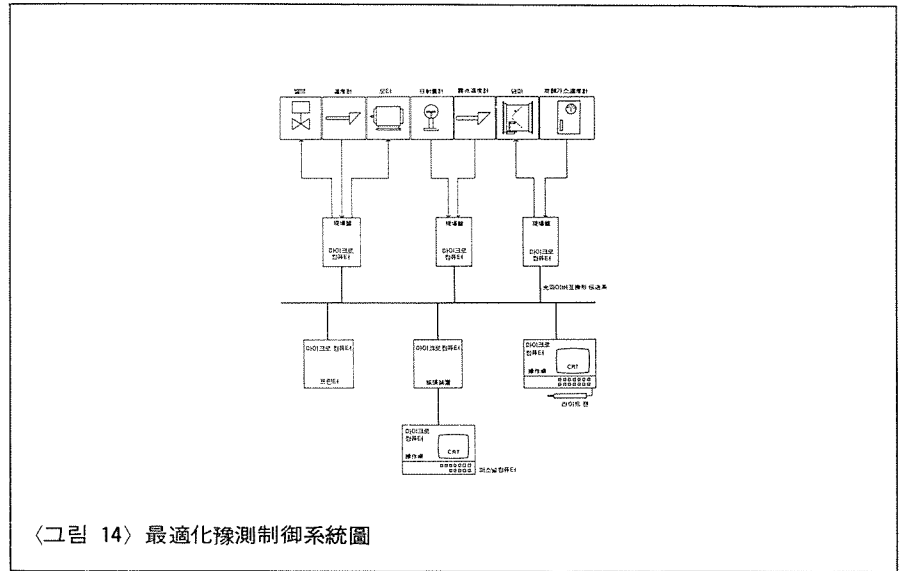
〈그림 13〉 太陽熱暖房系統圖

겨울의 경우

본 계획에 적용하여 98Mcal/m<sup>2</sup>·year의 에너지消費만을 허용한다는 것은 美國의 BEPS에 나타난 EBL (Energy Budget Level, 最大許用使用에너지豫算)의 最低值인 101MBTU/ft<sup>2</sup>·year<sup>3)</sup> (273.6Mcal/m<sup>2</sup>·year)와 비교해도 경이적인 것이다.

따라서 이러한 98個 기법중 適用 가능한 기술은 新建築物에서 사용되는 것이 바람직하며 아울러 기왕에 알려진 美國의 BEPS에 대한 간단한 설명을 부록으로 달고서 超에너지節約型 건물에 대한 소개를 마치고자 한다.

註 3) 美國 California州 Oakland市的 大型事務所建物の EBL임.



〈附 錄〉

BEPS는 美國 에너지에서 제정 한 것으로 ASHRAE의 ASHRAE Standard 90~80, 美國 HUD의 MP S (Minimum Property Standard) 와 함께 美國의 대표적인 에너지節約에 관한 技術基準이라 할 수 있다.

이 BEPS (Building Energy Performance Standard)는 1976년 美議 會가 “新築建物에서의 에너지節約基準”을 통과시킴에 따라 美國 에너지 省이 1977년 5월부터 시작하여 1980년 法制化를 목표로 에너지節約 및 合理的 이용을 도모하기 위해서 研究·開發된 것으로 住居用 및 商業用 신축 건물에 대한 에너지性能基準이다. 이에 대해 建物에너지解析用 프로그램인 DOE-2.1이 標準評價道具(Standard Evaluation Tool, SET)로서 개발되어 建物設計에 대한 에너지消費 量을 계산한다. BEPS는 美國全域을 78개의 氣候區로 세분하고 건물도 類型別로 세분하고 있다.

그 主要内容은

① 각각의 氣候區에서의 각 建物類型別 最大許用使用 에너지豫算(EBL, Energy Budget Level)에 관한 것.

EBL은 1년간 單位ft<sup>2</sup> 당의 에너지消費 量의 規制値로서 주택의 EBL은 冷暖房 EBL과 給湯 EBL이 각각 있으며 주택이외의 건물은 冷暖房·給湯·電氣 등을 모두 합한 EBL로 되어 있다. 또한 주택의 EBL은 使用燃料에 따라 그 값이 다르다.

② 單位面積當 年間設計에너지豫算(DEB, Design Energy Budget)를 구하기 위하여 EBL을 적용하는 방법에 관한 것.

③ 建物設計에서 單位面積當 年間使用에너지(DEC, Design Energy Consumption)를 계산하는 방법에 관한 것으로 되어 있다.

BEPS의 주요한 요건은 다음과 같다.

① 新築建物設計의 DEC는 DEB를 초과하지 않아야 한다.

② DEC는 標準評價技法(SET, Standard Evaluation Technique)이나 승인된 代替評價技法(AET, Alternative Evaluation Technique)에 따라 계산되어야 한다.

③ 승인된 設計法이나 기준을 만족

〈資料 1〉 일가구 주택설계를 위한 냉난방 Energy Budget Level (MBTU / ft<sup>2</sup> / year)

State	SMSA	일가구 독립주택			일가구 연립주택		
		Gas	Oil	전 기	Gas	Oil	전 기
Alabama	Birmingham	27.1	29.8	26.7	20.6	22.5	30.4
	Mobile	26.0	26.7	26.7	21.5	22.1	20.5
Arizona	Phoenix	29.2	30.2	30.1	24.0	24.8	23.3
California	Bakersfield	25.0	26.8	24.6	19.6	20.9	18.5
	Fresno	24.4	26.7	23.6	18.6	20.2	17.5
	Los Angeles	14.1	14.8	12.7	11.4	11.9	9.2
	Oakland	13.8	16.0	10.9	9.6	11.1	7.3
	Sacramento	22.3	25.0	21.0	16.6	18.4	15.4
	San Diego	15.2	15.5	14.4	12.7	13.0	10.7
	San Francisco	14.2	16.7	11.3	9.7	11.4	7.6
Colorado	Denver	33.7	40.3	38.4	24.6	29.5	29.2
Connecticut	Bridgeport	33.3	39.3	36.8	24.4	28.8	27.9
	Hartford	37.1	44.2	43.5	27.4	32.8	33.5
D. C.	Washington	31.2	35.7	32.4	23.1	26.3	24.3
Florida	Jacksonville	26.9	27.6	27.9	22.3	22.9	21.4
	Miami	34.3	34.4	37.1	29.0	29.1	29.1
	Tampa	28.6	28.7	30.9	24.5	24.7	24.0
Georgia	Atlanta	26.3	29.1	25.7	19.8	21.8	19.2
Idaho	Boise City	35.1	41.7	40.0	25.8	30.7	30.6
Illinois	Chicago	39.1	46.5	46.6	29.2	34.8	36.0
	Glenview	40.0	47.4	47.6	30.0	35.6	36.8
Indiana	Indianapolis	39.0	46.1	45.6	29.2	34.4	35.1
Kansas	Dodge City	28.3	32.9	32.8	37.9	44.1	42.8
Kentucky	Louisville	32.9	38.1	35.2	24.3	28.0	26.6
Louisiana	Baton Rouge	26.3	27.1	27.0	21.7	22.3	20.7
	Lake Charles	28.0	29.3	28.5	22.6	23.6	21.7
	New Orleans	27.9	29.3	28.3	22.4	23.5	21.5
Maine	Portland	44.6	54.3	46.8	34.6	42.2	46.6
Massachusetts	Boston	36.3	43.2	42.1	26.9	32.0	32.2
Michigan	Detroit	40.8	48.7	49.8	30.7	36.7	38.6
Minnesota	Minneapolis	56.9	68.3	80.2	45.4	54.6	64.0
Mississippi	Jackson	28.8	31.0	28.9	22.5	24.1	21.8
Missouri	Columbia	36.8	42.8	41.0	27.4	31.8	31.3
	Kansas City	37.5	43.3	41.5	28.0	32.3	31.7
	St. Louis	38.0	44.2	42.7	28.4	32.9	32.7
Montana	Great Falls	45.1	54.7	59.6	34.6	42.1	46.9
Nebraska	Omaha	41.6	49.2	50.0	31.4	37.1	38.7
Nevada	Las Vegas	30.7	32.8	31.3	24.3	25.8	23.8
New Jersey	Newark	33.7	39.2	36.5	24.9	28.8	27.7
New Mexico	Albuquerque	31.6	63.4	33.1	23.3	36.4	24.9
New York	Albany	44.9	54.1	58.2	34.3	41.5	45.6
	Binghamton	48.2	58.3	65.2	37.4	45.4	51.5
	Buffalo	41.3	49.8	51.9	31.1	37.7	40.4
	New York	31.0	36.0	32.7	22.7	26.3	24.6
No. Carolina	Raleigh	28.5	32.3	28.7	21.2	23.8	21.4
North Dakota	Bismarck	63.0	76.4	95.6	51.8	62.9	77.2
Ohio	Akron	39.6	47.4	48.0	29.7	35.5	37.1
	Cincinnati	34.8	40.6	38.2	25.8	29.9	29.0
	Cleveland	41.3	49.4	50.9	31.1	37.3	39.5
	Columbus	39.8	47.2	44.4	29.8	35.4	36.6
Oklahoma	Oklahoma City	33.0	37.2	34.3	24.7	37.0	25.9
	Tulsa	31.2	35.0	31.9	23.4	26.1	24.0
Oregon	Medford	25.8	30.5	26.0	18.3	21.7	19.2
	Portland	25.3	30.5	26.0	17.8	21.4	19.2
Pennsylvania	Allentown	35.0	41.5	39.8	25.8	30.6	30.3
	Philadelphia	35.7	41.8	39.8	26.5	30.9	30.3
	Pittsburgh	36.7	43.6	42.4	27.2	32.3	32.5
So. Carolina	Charleston	26.3	28.3	26.1	20.6	22.0	19.6
Tennessee	Memphis	29.7	32.9	29.9	22.5	24.8	22.4
	Nashville	29.1	32.8	29.3	21.7	24.3	21.9



State	SMSA	일가구 독립주택			일가구 연립주택		
		Gas	Oil	전 기	Gas	Oil	전 기
Texas	Amarillo	30.7	35.3	31.8	22.7	25.9	23.9
	Brownsville	31.6	31.8	34.5	27.1	27.3	26.9
	Dallas	31.7	33.9	32.5	25.1	26.6	24.7
	El Paso	27.8	30.3	27.6	21.3	23.1	20.7
	Fort Worth	29.0	31.1	29.2	22.8	24.2	22.1
	Houston	28.5	29.7	29.2	23.1	24.0	22.3
	Lubbock	29.4	33.1	22.2	22.0	24.6	22.9
	San Antonio	29.5	31.1	30.1	23.6	24.8	22.9
Utah	Salt Lake City	40.6	48.2	48.7	30.5	36.2	37.6
Vermont	Burlington	49.1	59.6	67.5	38.3	46.7	53.5
Virginia	Norfolk	27.0	30.3	26.7	20.1	22.4	19.8
	Richmond	33.1	38.2	35.3	24.5	28.1	26.7
Washington	Seattle	25.6	31.3	26.5	18.6	22.7	19.6
	Spokane	38.3	46.5	47.6	28.5	34.8	36.9
West Virginia	Charleston	33.1	38.5	35.7	24.3	28.3	27.0
Wisconsin	Madison	45.4	54.8	59.6	34.8	42.2	46.8
	Milwaukee	45.3	54.8	59.4	34.8	42.1	46.7
Wyoming	Cheyenne	41.1	49.9	52.5	31.0	37.8	41.0

주) 냉방은 모든 경우에 있어서 전기를 사용하는 것으로 한다.

(資料 2) 일가구 주택 설계를 위한 가정용 운수 EBL (MBTU / year/unit)

Gas	Oil	전 기
29,500	42,500	54,600

주) 상기의 값을 신축건물의 총 면적으로 나누어서 표 1-1의 적합한 냉난방을 위한 EBL 값과 합한다.

시키는 建物設計는 그 설계의 DEB를 초과하지 않는 DEC를 갖는 것으로 간주되어야 한다.

이 基準은 標準都市統計地域 (SMS A, Standard Metropolitan Statistical Area) 78개 都市에 대한 EBL을

(資料 3) 상업용 건물과 다가구 주택 건물설계를 위한 Energy Budget Level (MBTU / ft<sup>2</sup> / year)

State	SMSA	진료소	공회당	체육관	병원	호텔	다가구	다가구	요양소	대형	소형	초등	중등	쇼핑	상점	극장/	창고
						모텔	고층주택	저층주택		사무실	사무실	학교	학교	센터		강당	
Alabama	Birmingham	123	107	127	353	166	114	110	161	113	101	89	117	181	142	139	53
	Mobile	142	129	147	406	192	127	132	187	131	116	96	133	207	166	162	47
Arizona	Phoenix	146	133	152	406	196	131	136	192	134	119	100	137	212	171	168	49
California	Bakersfield	123	109	127	358	167	113	112	162	113	110	86	116	181	143	140	48
	Fresno	120	105	123	353	163	112	198	158	111	98	85	114	178	139	136	50
	Los Angeles	112	101	115	364	157	103	103	151	106	91	74	106	171	132	126	42
	Oakland	108	93	108	353	150	102	94	143	101	87	75	103	164	125	119	50
	Sacramento	118	102	120	353	160	110	104	154	108	96	84	112	175	136	132	52
	San Diego	113	104	117	364	158	104	106	153	107	92	75	107	172	134	128	40
San Francisco	108	92	109	353	150	103	94	143	101	87	76	103	165	125	119	51	
Colorado	Denver	122	98	123	338	162	119	100	156	109	100	97	118	178	137	135	71
Connecticut	Bridgeport	128	105	130	353	170	123	106	156	115	105	100	123	186	144	142	71
	Hartford	125	101	127	338	165	122	102	159	112	103	100	121	181	140	139	74
D. C.	Washington	127	107	129	353	169	120	109	164	115	104	96	121	185	144	142	63
Florida	Jacksonville	143	130	149	406	193	128	134	189	132	117	97	134	209	167	164	47
	Miami	152	142	161	406	203	133	147	201	140	125	103	141	219	179	178	41
	Tampa	145	135	152	406	196	129	139	193	135	119	98	136	212	171	168	43
Georgia	Atlanta	122	106	125	353	165	114	108	160	112	100	88	116	180	141	138	53
Idaho	Boise City	124	100	125	338	163	120	101	158	111	101	98	120	179	139	137	71
Illinois	Chicago	127	102	129	338	167	124	103	161	113	104	103	123	183	142	141	75
	Glenview	129	103	130	338	168	125	105	163	114	105	103	124	184	143	143	75
Indiana	Indianapolis	128	103	130	338	168	124	105	162	114	105	102	123	184	143	142	73
Kansas	Dodge City	133	109	135	353	175	128	111	162	119	109	105	128	191	150	149	72
Kentucky	Louisville	128	107	131	353	170	122	109	165	116	105	98	123	186	145	143	66
Louisiana	Baton Rouge	142	129	147	406	192	128	132	188	131	116	97	133	208	166	163	48
	Lake Charles	144	130	149	406	194	130	133	189	133	118	100	135	210	168	165	51
	New Orleans	144	129	149	406	194	130	133	189	132	118	100	135	210	168	164	52
Maine	Portland	130	100	131	335	169	129	101	162	114	107	109	127	186	143	143	86
Massachusetts	Boston	125	101	126	338	165	121	102	159	111	102	99	121	181	140	139	72
Michigan	Detroit	129	103	130	338	168	125	104	163	114	106	105	125	185	143	143	77

설정하였으며 SMSA에 위치하지 않는 지방에 대해서는 暖房度日·冷房度日·年間平均日照率·年間平均露点温度 등을 비교하여 氣候條件이 가장 유사한 도시의 EBL을 선택한다. 이 기준은 에너지節約目標을 달성하기 위한 方法·過程·建築材料에 대해서는 규정하지 않고 오직 要件·基準 및 評價方法에 관해서만 언급하고 있다. 또한 이 기준은 建物設計時에만 적용되고 이미 지어진 건물의 作動·維持 및 에너지消費는 규제하지 않는다.

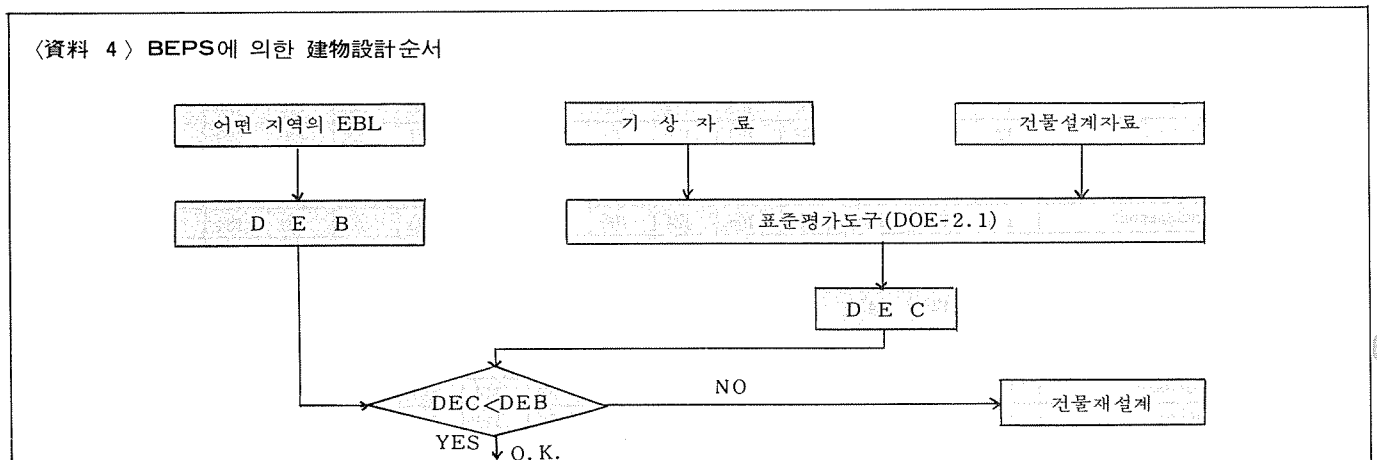
이것은 性能基準 (Performance Standard) 으로서 建築設計者에게 많은 自由性을 부여하고 있으며 非枯渴 에너지의 사용을 적극적으로 장려하고 있다. 이 기준이 강제성을 가지고 시행될 경우에 1975년 이전에 건축된 건물과 비교하여 單獨住宅은 22~51%, 多家口住宅과 商業用建物은 17~52%의 에너지節減이 있을 것으로 美國 에너지省은 추정하고 있다.

이 BEPS에 관한 더욱 상세한 내용은 “朴相東：美國 에너지省이 制定한 BEPS 解説, 空氣調和·冷凍工學, Vol.11, No. 2 (1982)”에 있다.

State	SMSA	진로소	공회당	체육관	병 원	호 텔 모 텔	다가구 고층주택	다가구 저층주택	요양소	대 형 사무실	소 형 사무실	초 등 학 교	중 등 학 교	쇼 핑 센 터	상 점	극장/강 당	창 고
Minnesota	Minneapolis	142	109	144	335	180	140	110	175	123	117	122	138	198	155	157	93
Mississippi	Jackson	127	113	131	358	171	117	115	167	117	104	90	120	186	147	145	50
Missouri	Columbia	132	109	134	353	174	126	111	161	118	108	103	127	190	149	148	71
	Kansas City	133	110	136	353	175	127	112	162	119	109	104	128	191	150	149	70
	St. Louis	133	110	136	353	175	128	112	163	119	109	105	128	192	150	149	72
Montana	Great Falls	131	102	132	335	170	129	102	163	115	107	110	127	186	144	144	85
Nobraska	Omaha	130	105	132	338	170	126	106	164	115	107	105	126	186	145	145	78
Nevada	Las Vegas	130	115	135	358	174	118	118	170	119	106	92	122	188	150	148	49
New Jersey	Newark	129	107	131	353	171	123	108	165	116	105	99	124	187	146	144	68
New Mexico	Albuquerque	127	107	129	353	169	121	108	164	115	104	96	122	185	144	142	64
New York	Albany	131	102	132	335	170	129	103	164	115	108	109	127	187	145	145	83
	Binghamton	133	103	135	335	172	132	104	166	117	110	113	130	189	147	147	88
	Buffalo	129	101	130	338	163	127	102	162	114	106	106	125	185	143	142	80
	New York	126	105	128	353	168	120	107	162	114	103	96	121	184	143	141	66
No. Carolina	Raleigh	124	106	127	353	167	117	108	161	113	101	92	119	182	142	139	59
North Dakota	Bismarck	146	110	147	335	184	146	111	179	125	121	129	143	203	158	161	102
Ohio	Akron	128	102	129	338	167	125	103	161	113	105	104	124	183	142	141	77
	Cincinnati	130	107	132	353	172	124	109	166	117	106	101	125	188	147	145	70
	Cleveland	129	103	131	338	169	126	104	163	114	106	105	125	185	144	143	78
	Columbus	128	103	130	338	168	125	104	162	114	105	103	124	184	143	142	75
Oklahoma	Oklahoma City	129	110	132	353	172	121	112	167	117	106	97	123	187	147	146	61
	Tulsa	127	109	130	353	170	119	111	165	116	104	95	121	185	146	144	59
Oregon	Medford	120	99	121	353	162	116	101	155	109	98	91	116	177	136	133	64
	Portland	119	98	120	353	161	116	99	154	108	97	91	115	176	135	131	66
Pennsylvania	Allentown	129	105	131	353	171	125	106	158	116	106	102	125	187	145	144	74
	Philadelphia	131	107	133	353	173	126	109	166	117	107	102	126	189	147	146	71
	Pittsburgh	126	101	127	338	165	122	103	159	112	103	100	121	181	141	139	72
So. Carolina	Charleston	124	110	128	358	168	114	113	163	114	102	88	118	183	144	141	49
Tennessee	Memphis	126	109	129	353	169	117	111	164	115	103	92	120	184	145	142	56
	Nashville	125	107	128	353	168	117	109	162	114	102	92	119	183	143	141	58
Texas	Amarillo	126	106	129	353	168	120	108	163	114	103	95	121	184	144	141	63
	Brownsville	150	139	157	406	200	132	143	198	138	123	101	139	216	176	174	43
	Dallas	131	116	136	358	175	119	119	171	120	107	94	124	190	152	150	50
	El Paso	126	110	129	358	169	116	113	164	115	103	90	119	184	145	142	52
	Fort Worth	128	113	132	358	171	117	116	167	117	104	90	120	186	148	145	50
	Houston	145	130	150	406	195	130	134	190	133	118	100	136	211	169	166	51
	Lubbock	126	107	128	353	168	118	110	163	114	103	93	120	183	144	141	58
San Antonio	146	131	151	406	196	132	134	191	134	119	102	137	212	170	167	53	
Utah	Salt Lake City	129	104	131	338	169	125	105	163	114	106	104	125	185	144	143	76
Vermont	Burlington	134	103	135	335	173	133	104	167	117	110	114	131	190	147	148	89
Virginia	Norfolk	123	105	125	353	165	115	108	160	112	100	90	117	180	141	138	56
	Richmond	129	107	131	353	171	122	109	165	116	105	98	123	186	146	144	66
Washington	Seattle	119	96	119	353	160	116	97	153	107	96	91	115	176	134	130	69
	Spokane	126	99	126	338	165	124	100	158	111	103	103	122	181	139	138	79
West Virginia	Charleston	128	106	130	353	170	123	108	164	115	105	99	123	186	145	143	68
Wisconsin	Madison	131	102	132	335	170	130	103	164	115	108	110	128	187	145	145	84
	Milwaukee	131	102	132	335	170	129	103	164	115	108	110	128	187	145	145	84
Wyoming	Cheyenne	128	100	129	338	167	127	101	161	113	105	106	125	184	142	141	82

주) 수치는 난방, 냉방, 급탕, 환풍기, 배기기, 냉난방 보조기기, 승강기, 조명에 대한 모든 것을 포함한다.

주) 음식점과 산업용 건물은 이 표에서 제외되어 있다.



〈資料 5〉 SMSA 및 도시위치 (NOAA 기후요약)

주	도 시	군	H D D (60°C 기준)	C D D (50°C 기준)	일조율	연간평균 눈점온도
1	2	3	4	5	6	7
Alabama	Birmingham	Jefferson, St. Clair, Shelby, and Walker	1995	5403	59	51
Alabama	Mobile	Baldwin and Mobile	1062	6698	59	60
Arizona	Phoenix	Maricopa	899	7596	85	41
California	Bakersfield	Kern	1367	5835	78	45
California	Fresno	Fresno	1724	4986	78	45
California	Los Angeles	Los Angeles	522	5442	73	50
California	Oakland	Napa and Solano	1570	2963	66	47
California	Sacramento	Placer, Sacramento, and Yolo	1837	4294	77	46
California	San Diego	San Diego	648	4746	68	51
California	San Francisco	Alameda, Contra Costa, Marin, San Francisco, and San Mateo	1668	2912	66	47
Colorado	Denver	Adams, Arapahoe, Boulder, Douglas, Gilpin, and Jefferson	4246	2993	67	28
Connecticut	Bridgeport	Fairfield and New Haven	4264	3064	60	42
Connecticut	Hartford	*Hartford, *Litchfield, *Middlesex, *New London, and *Tolland	5085	2714	58	40
District of Columbia	Washington	District of Columbia, Charles (MD), Montgomery (MD), Prince Georges (MD), Alexandria City (VA), Fairfax City (VA), Falls Church City (VA), Arlington (VA), Fairfax (VA), Loudoun (VA), and Prince William (VA)	3182	4237	58	44
Florida	Jacksonville	Baker, Clay, Duval, Nassau, and St. Johns	788	6938	62	58
Florida	Miami	Dade	54	8308	67	66
Florida	Tampa	Hillsborough Pasco, and Pinellas	364	4172	68	67
Georgia	Atlanta	Bufts, Cherokee, Clayton, Cobb, De Kalb, Douglas, Fayette, Forsythe, Fulton, Gwinnett, Henry, Newton, Paulding, Rockdale, and Walton	2189	4886	60	50
Idaho	Boise City	Ada	4533	2793	66	33
Illinois	Chicago	Cook, Du Page, Kane, McHenry, Will, and Lake	4952	3272	59	39
Illinois	Glenview	City limits	5245	2863	59	39
Indiana	Indianapolis	Boone, Hamilton, Hancock, Hendricks, Johnson, Marion, Morgan, and Shelby	4430	3441	59	42
Kansas	Dodge City	City limits	3963	4025	71	39
Kentucky	Louisville	Bullitt, Jefferson, Oldham, Clark (IN), and Floyd (IN)	3584	4005	59	45
Louisiana	Baton Rouge	Ascension Parish, East Baton-Rouge, Livingston, West Baton, and Rouge	1036	6685	59	60
Louisiana	Lake Charles	Calcasieu Parish	908	5965	59	59
Louisiana	New Orleans	Jefferson, Orleans, St. Bernard, and St. Tammany	893	6956	59	60
Massachusetts	Boston	*Essex, *Middlesex, *Norfolk, *Plymouth, and Suffolk	4383	2920	57	39
Maine	Portland	*Cumberland and *York	6035	1890	58	37
Michigan	Detroit	Lapeer, Livingston, Macomb, Oakland, St. Clair, and Wayne	5167	2823	53	39
Minnesota	Minneapolis	Anoka, Carver, Chicago, Dakota, Hennepin, Ramsey, Scott, Washington, Wright, and St. Croix (WI)	6842	2575	56	34
Mississippi	Jackson	Hinds and Rankin	1548	6086	59	54
Missouri	Columbia	Boone	3997	3919	61	43
Missouri	Kansas	Cass, Clay, Jackson, Platte, Ray, Johnson (KS), and Wyandotte (KS)	4089	4085	65	43
Missouri	St. Louis	Franklin, Jefferson, St. Charles, St. Louis, Clinton (IL), Madison (IL), Monroe (IL), and St. Clair (IL)	3701	4232	61	44
Montana	Great Falls	Cascade	6248	2132	64	28
Nebraska	Omaha	Douglas, Sarpy, and Pottawattamie (IA)	4907	3637	62	40
Nevada	Las Vegas	Clark	1770	6443	82	28
New Jersey	Newark	Essex, Morris, Somerset, and Union	3911	3533	59	42
New Mexico	Albuquerque	Bernalillo and Sandoval	3234	4053	76	30
New York	Albany	Albany, Montgomery, Rensselaer, Saratoga, and Schenectady	5596	2619	53	38
New York	Binghamton	Broome, Tioga, and Susquehanna (PA)	5908	2231	44	37
New York	Buffalo	Erie and Niagara	5591	2388	53	39
New York	New York	Bronx, Kings, New York, Putnam, Queens, Richmond, Rockland, Westchester, and Bergen (NJ)	3739	3653	59	42
North Carolina	Raleigh	Durham, Orange, and Wake	2542	4482	61	48
North Dakota	Bismarck	City limits	7656	2248	59	30
Ohio	Akron	Portage and Summit	4971	2820	50	41
Ohio	Cincinnati	Clermont, Hamilton, Warren, Boone (KY), Campbell (KY), Kenton (KY), and Dearborn (IN)	3763	3864	57	43
Ohio	Cleveland	Cuyahoga, Geauga, Lake, and Medina	4901	2807	50	41
Ohio	Columbus	Delaware, Fairfield, Franklin, Madison, and Pickaway	4513	3183	55	42
Oklahoma	Oklahoma City	Canadian, Cleveland, McCain, Oklahoma, and Pottawatomie	2760	4980	68	47
Oklahoma	Tulsa	Creek, Mayes, Osage, Rogers, Tulsa, and Wagoner	2750	5052	62	47
Oregon	Medford	City limits	3614	2685	58	40
Oregon	Portland	Clackamas, Multnomah, Washington, and Clark (WA)	3385	2309	48	44
Pennsylvania	Allentown	Carbon, Lehigh, Northampton, and Warren (NJ)	4618	3053	57	43
Pennsylvania	Philadelphia	Bucks, Chester, Delaware, Montgomery, Philadelphia, Burlington (NJ), Camden (NJ), and Cloucester (NJ)	3753	3679	57	43
Pennsylvania	Pittsburgh	Allegheny, Beaver, Washington, and Westmoreland	4694	2914	51	40
South Carolina	Charleston	Berkeley, Charleston, and Dorchester	1230	6334	66	55
Tennessee	Memphis	Shelby, Tipton, Crittenden (AR), and DeSota (MS)	2352	5339	64	50
Tennessee	Nashville	Cheatham, Davidson, Dickson, Robertson, Sumner, Williamson, and Wilson	2758	4812	59	49
Texas	Amarillo	Potter and Randall	3156	4274	76	38
Texas	Brownsville	Cameron	336	8753	61	65
Texas	Dallas	Collin, Dallas, Denton, Ellis, Kaufman, Parker, and Rockwell	1554	6467	68	52
Texas	Fort Worth	Hood, Johnson, Tarrant, and Wise	1616	6239	68	51
Texas	El Paso	El Paso	1833	5548	80	35
Texas	Houston	Brazoria, Fort Bend, Harris, Liberty, Montgomery, and Waller	6854	7150	56	60
Texas	Lubbock	Lubbock	2603	4745	75	41
Texas	San Antonio	Bexar, Comal, and Guadalupe	956	7146	62	55
Utah	Salt Lake City	Davis, Salt Lake, Tooele, and Weber	4733	3094	69	32
Vermont	Burlington	City limit	6488	2180	46	36
Virginia	Norfolk	Chesapeake, Norfolk, Portsmouth, Suffolk, Virginia Beach, and Currtuck (NC)	2516	4530	62	49
Virginia	Richmond	Charles City, Chesterfield, Goochland, Hanover Henrico, and Powhatan	2916	4276	61	47
Washington	Seattle	King and Snohomish	3657	1832	45	43
Washington	Spokane	Spokane	5420	2120	58	34
West Virginia	Charleston	Kanawha and Putnam	3500	3750	48	44
Wisconsin	Madison	Dane	6373	2361	56	37
Wisconsin	Milwaukee	Milwaukee, Ozaukee, Washington, and Waukesha	6680	2342	57	38
Wyoming	Cheyenne	City limits	5825	2003	66	27