

運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지 節減

23

5·1. 빌딩의 에너지使用合理化 着眼點

빌딩의 에너지使用合理化를 크게 보았을 때 그것을 建物自體에 관한 것과 設備的인 것으로 나눌 수 있는데, 예를 들어 전자는 方位, 지붕, 壁斷熱材의 두께, 窓의 크기 등 設計段階에서 결정되는데 대하여 후자의 경우는 電氣, 空調, 照明 등 設計上의 고려와 함께 運用상의 문제도 대두됨으로써 검토의 범위가 넓다고 하겠다.

현실적으로는 設計上의 사고방식이 運用방법을 결정하는 경우도 많으나 원래 '에너지使用合理化'란 運用상의 소비에너지를 조금이라도 절약한다는 의미이기 때문에 에너지使用合理化의 입장에서 設計의 변경, 設備의 추가·변경이라는 것까지 당연히 검토의 대상이 될 것이다.

결론부터 미리 말하면 에너지使用合理化는 設計만, 運用만, 혹은 建築만, 電氣만, 空調만이라는 부분적인 문제가 아니고 매우 포괄적인, 예를 들면 인간의 의식속까지 깊이 들어간 넓은 범위를 섬세하게 추구함으로써 비로소 그 나름대로의 效果를 얻을 수 있는 과제라고 할 수 있다.

또 既存設備의 경우 에너지使用合理化를 하고자 할 때는 새로운 設備投資가 필요한 경우도 많고 경제적인 뜻에서의 先憂後樂의 價値判斷 기준을 정하는 방법을 확실하게 정할 필요가 있다. 그림5·1은 이와 같은 뜻에서 에너지使用合理化의 검토 단계를 표시한 것이다.

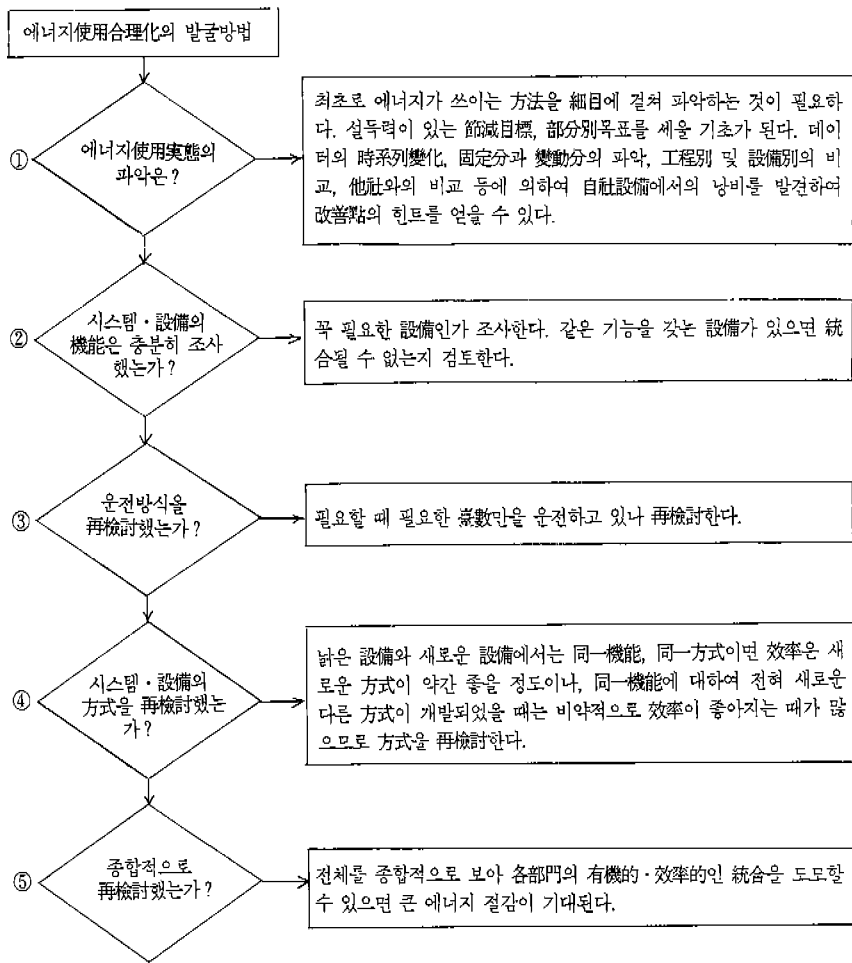
5·1·1 에너지의 消費實態

에너지使用合理化를 위한 기본적인 着眼點은

- (1) 빌딩 內外에서의 에너지負荷를 최소로 한다.
- (2) 에너지 관련 機器의 高效率化를 도모한다.
- (3) 自然에너지, 排出에너지를 有效하게 이용한다.

등을 들 수 있으나 에너지使用合理化의 결과가 빌딩이라는 居住空間에서 安全·環境·便益의 원천적인 기능을 손상시켜서는 안될 것이다. 그러기 위하여는 에너지의 使用實態를 충분히 파악하여 본래의 취지가 뒤바뀌지 않도록 分析과 대응이 필요하다.

일반적으로 빌딩에서의 에너지源으로서의 電



<그림 5·1> 에너지使用合理化 檢討의 스텝

氣, 가스, 石油의 3종류가 있어 이들의 사용량은 빌딩의 크기, 用途, 種類 혹은 設備, 設計方式에 따라 당연히 달라지며 표 5·1은 日本의 東京地區 건물 150棟에서의 실태를 조사한 예이다. 이 표에서 알 수 있듯이 빌딩의 규모가 커질수록 에너지 依存率(單位面積當의 에너지使用量)이 높아지고 또 에너지중에서는 電氣가 占有하는 比率이 태반이며 電氣가 에너지使用合理化의 주요대상임을 표시하고 있다.

다시 빌딩의 電氣에너지 用途를 크게 나누면 照明, 空調, 기타 一般動力이 되나 표 5·2와 같은 使用量調査例이 있기 때문에 빌딩의 개별조

건을 가미한 合理的인 에너지消費량을 設定하여 에너지使用合理化 方案을 전개하여야 할 것이다.

에너지使用實態는 적어도 時間單位로부터의 調査를 시작하지 않으면 分析上의 판단에 착오를 일으키기 쉬우나 예를 들어 로깅(Logging) 裝置를 이용하면 時報·日報와 같은 표를 사람 손을 빌리지 않고 정확하게 처리할 수 있어 에너지使用合理化에의 첫거름이 된다.

5·1·2 에너지使用合理化의 평가

에너지使用合理化의 결과는 電氣, 가스, 石油

<표5·1> 빌딩에서의 에너지年間使用實態

規模別	電氣			가스			石油類			計
	1棟平均 延面積	1棟平均 年間使用量	m ³ 當 電力換算 에너지	1棟平均 年間使用量	1棟平均 m ³ 當 使用量	m ³ 當 電力換算 에너지	1棟平均 年間使用量	1棟平均 m ³ 當 使用量	m ³ 當 電力換算 에너지	m ³ 當 電力換算 에너지
~5,000㎡	3,116㎡	335,379kWh	108kWh	17,407㎡	5.6㎡	32.6kWh	33.6kℓ	0.011kℓ	0.12kWh	140.72kWh
5,000㎡~	7,820	908,160	116	31,060	4.0	23.2	69.3	0.008	0.09	139.29
10,000㎡~	12,038	1,403,443	117	72,934	6.1	35.5	89.5	0.007	0.08	152.58
15,000㎡~	33,380	4,558,744	137	144,177	4.3	25.0	249.4	0.007	0.08	162.08
100,000㎡~	144,257	28,592,671	198	109,833	0.8	4.7	1,394.2	0.009	0.10	202.80
平均	14,852	2,114,850	142 (84.1%)	68,729	4.6	26.7 (15.8%)	132.2	0.009	0.10 (-)	168.80 (100%)

<표5·2> 事務所 빌딩의 用途別電力使用量

(單位: kWh/㎡年)

照 明	一 般 動 力	空 間 用 動 力			合 計
		熱 源 用	空 調 器 用	小 計	
62.6	28.9	11.9	16.7	28.6	120.1
52%	24%	10%	14%	24%	100%

<표5·3> 에너지使用合理化에 의한 電氣料金の 節減

패턴	kW料金の 節減	kWh요금 의節減	事 例
(a)	○		예를 들면 蓄熱槽와 深夜電力使用을 組合시킨 負荷의 平準化→ 피크컷, 契約電力의 引下
(b)		○	예를 들면 휴식시간에서의 消燈 實施
(c)	○	○	예를 들면 冷暖房設定溫度의 변경→베이스로드컷

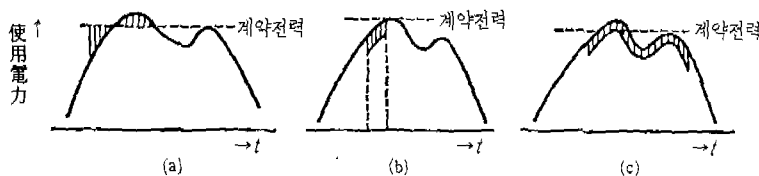
등 에너지를 위하여 지불된 代金の 경감이 위주가 되어 나타나게 되지만 근래의 電氣料金 引上 등에서 알 수 있듯이 에너지使用合理化에 의한 코스트節減이 기대되는 바 크다.

그러기 위해서는 단순한 에너지節減量뿐이 아니고 에너지의 料金體系, 앞으로의 동향에 대해서도 눈을 돌려 검토해야 한다. 앞서 기술한 바와 같이 빌딩 에너지로는 電氣가 80% 이상을 占有하고 있으므로 電氣를 중심으로 한 에너지使用合理化의 평가에 대하여 기술하기로 한다.

(1) 피크컷, 베이스 로드컷

현행의 電氣料金は 受電電壓, 使用目的, 契約電力, 季節別, 時間帶別 등에 따라 여러 가지 料金單價와 計算方式을 적용하게 되나 크게 나누면 kW料金額과 kWh料金額으로 구성되어 있어, 電氣料金の 패턴은 그림5·2 및 표5·3과 같이 (a), (b), (c)로 나누어진다.

패턴 (a)에서는 使用電力量에 변화가 없으나 負荷를 평준화하여 피크를 억제함으로써 kW料金額을 節減하는 방법이고, (b)에서는 從量料金額



<그림5·2> 에너지使用合理化 運用패턴

로서의 kWh料金を 節減하는 方法이며 다시 (c)에서는 그 兩者의 節減을 가능케 하고 있어 使用電力의 節減이 (a), (b), (c) 어느 패턴에 속하느냐에 따라 구체적인 에너지使用合理化 效果에 많은 차가 생기게 된다.

(2) 力率割引

電氣에너지에는 잘 알려져 있는 바와 같이 有效電力 외에 無效電力이 있다.

이 無效電力은 線電流의 增大에 따른 電壓降下나 電力損失의 증가를 가져오므로써 送配電設備容量을 크게 하는 원인이 되기 때문에 需用家에서나 전력회사에서나 바람직하지 못한 요소가 되고 있다. 이 때문에 kW料金中에는 無效電力 즉, 力率 요인을 포함한 遲力率 0.9를 기준으로 하여 이보다 力率이 좋을 때는 單價를 割引하고, 나쁠 때는 높게 하고 있어 $\left(1 + \frac{90 - \text{力率}}{100}\right)$ 의 係數操作을 한다. 따라서 力率을 95%로 유지할 수 있으면 kWh料金を 5% 節減하게 된다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 力率改善用 콘덴서를 필요한 곳에 설치하고 負荷狀況에 맞추어 力率改善을 위한 自動調整을 하지만, 거래상의 力率은 無效電力量計를 설치하여 1개월간의 平均力率 $\left(= \frac{\text{kWh}}{\sqrt{(\text{kWh})^2 + (\text{kvarh})^2}} \right)$ 을 산정하여 사용한다.

(3) 에너지使用合理化에 의한 減價償却

에너지使用合理化를 하는데 있어 既存設備를 전혀 건드리지 않고 運用상의 지혜만으로 가능하다면 이는 가장 바람직한 방법이다. 그러나 종전의 設備運用이 적정하다면 그 이상의 에너지使用合理化를 도모하기 위해서는 設備의 更新 혹은 追加 등 소위 에너지使用合理化投資가 필요한 것이 당연하다고 하겠다.

말하자면 經濟的인 뜻에서의 先憂後樂의 개념인데, 이는

(i) 장래가 불투명하고 不安要素가 예상될 경우

(ii) 현재 여유가 있어 先行投資를 할 경우 등에 施行하는 것이 검토할 만하다.

특히 에너지問題에 대하여는 中東地域의 石油危機가 큰 원인이 된다.

이와 같은 에너지使用合理化 投資를 定量的으로 판단하기 위하여 그 減價償却의 方法을 검토하여 본다. 즉,

K : 에너지使用合理化 初期投資額, k : 매년의 에너지使用合理化 效果額, α : 연간利率(1에 비하여 매우 적다), t : 利用年數로 하여 複利計算을 적용하면

$$K(1+\alpha)^{t-1} \leq k\{(1+\alpha)^{t-1} + (1+\alpha)^{t-2} + \dots + (1+\alpha) + 1\} \dots \dots \dots (1)$$

이 된다. 이 式의 左邊은 先憂, 右邊은 後樂이고 t 년 이후는 後樂이 우세하다는 것을 뜻하고 있다. 또 (1)식 右邊은 等比級數의 합이기 때문에 간단한 검토로

$$\text{右邊} = k \cdot \frac{(1+\alpha)^t - 1}{\alpha} \text{ 이 되나, } \alpha < 1 \text{을 조건으로 하면 (1)式은}$$

$$K\{1 + \alpha(t-1)\} \leq k \cdot t \dots \dots \dots (2)$$

를 얻을 수 있다.

(a) 耐用年數와 에너지使用合理化 投資의 限度

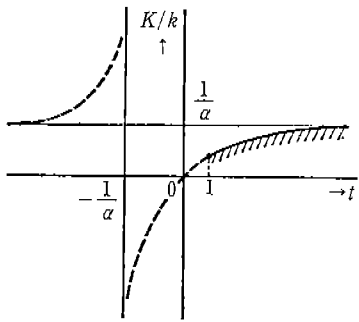
耐用年數가 t 년인 에너지節減機器 혹은 시스템을 導入하였을 경우, 그 때문에 에너지使用合理化 投資限度를 고려하면 (2)式에서

$$K \leq k \cdot \frac{t}{(1+\alpha) + \alpha t} \text{가 되어 그림 5.3과 같이 표시된다.}$$

따라서 $\alpha = 0.07$ 로 하고 보편적인 電氣製品의 耐用年數를 15~20년이라 하면 연간 에너지節減額의 7.57~8.58배의 初期投資가 가능하다.

(b) 에너지使用合理化 投資效果와 償却年數

다음에 에너지使用合理化投資 K , 매년效果



$$\frac{K}{k} \leq \frac{t}{(1-\alpha) + \alpha t}$$

$\alpha=0.07$ 일 때

t	(5)	(10)	15	20
K/k	(3.90)	(6.13)	7.57	8.58

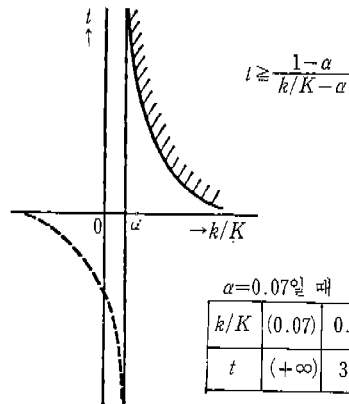
<그림5·3> 耐用年數와 에너지使用合理化 投資의 한도

k의 에너지使用合理化機器 혹은 시스템을 導入 하고 그에 따른 償却年數 t를 구하면 (2)式에서

$$t \geq \frac{1-\alpha}{k/K-\alpha}$$

가 되어 그림5·4와 같이 된다.

이 그림에서 보듯이 k/K, 즉 에너지使用合理化 投資效果率이라 하는 것이 利率 α 보다도 크지 않으면 償却回收가 되지 않으나 그것을 넘을 때는 複利效果에 의하여 대폭적으로 償却年數가 줄어들어 에너지使用合理化 投資效果



$$t \geq \frac{1-\alpha}{k/K-\alpha}$$

$\alpha=0.07$ 일 때

k/K	(0.07)	0.1	0.15	0.2	0.3
t	(+∞)	31	11.6	7.15	4.04

<그림5·4> 에너지使用合理化 效果와 耐用年數

率 20~30%에서 償却 4~7년인 것을 알 수 있다. 반대로 15% 이하의 效果에서는 償却은 10년 이상 걸린다고 볼 수도 있다.

이상 (a), (b)의 검토는 앞으로도 당연히 예상되는 電氣料金の 引上이나 物價의 上昇, 金利의 改定이라는 要素를 固定시킨 사고방식이지만, 그래도 에너지使用合理化를 위한 投資限界나 또는 에너지使用合理化投資에 의한 償却年數는 매우 폭이 넓어 定量的判斷이 어려운 一面이 있다. 더욱이 에너지使用合理化에는 現狀의 經濟性만으로는 判斷이 안되는 國家的인 要請도 포함되어 있어 그것이 현실적으로는 에너지使用合理化 관련의 法律로서 혹은 에너지使用合理

에너지를 한해 10%만 절약하면

제2 경인고속도로 4개 건설이 가능합니다.

化 融資라는 형태로 나타나고 있다.

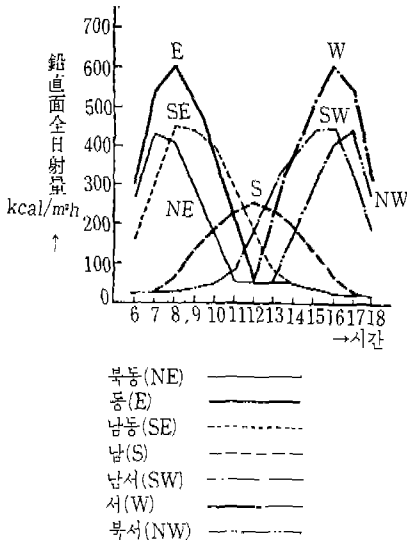
따라서 에너지使用合理化의 검토는 이들을 포함하여 具體的인 케이스 스터디를 해야겠다.

5.1.3 에너지使用合理化機器 혹은 시스템

5.1.1에서 에너지使用合理化 着眼點을 3개 項目으로 분류하였으나 이하에 최근의 에너지使用合理化 關聯機器 혹은 시스템 例를 소개한다.

(1) 屋外블라인드에 의한 空調負荷의 削減

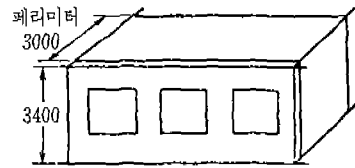
住居空間으로서의 쾌적성이나 빌딩의 디자인 면에서 오일쇼크 이전의 現代建築은 窓面積을 크게 하는 경향이 많았으나 에너지使用合理化를 고려하면 오히려 窓은 적고 外壁도 斷熱效果를 높이는 편이 좋다. 이와 같이 窓을 통한 熱의 出入이 空調負荷로서 큰 부담이 된다는 것은 日常生活에서도 체험하는 西편의 강한 햇빛으로도 상상할 수 있을 것이다. 예를 들면 그림 5.5는 東京의 鉛直面日射量의 方位別 時間推移로서 東面 혹은 西面 窓에서의 入射量이 특히 많은 것을 알 수 있다. 屋外블라인드는 그 이름



<그림 5.5> 7월의 東京의 鉛直面全日射量의 方位別時間推移

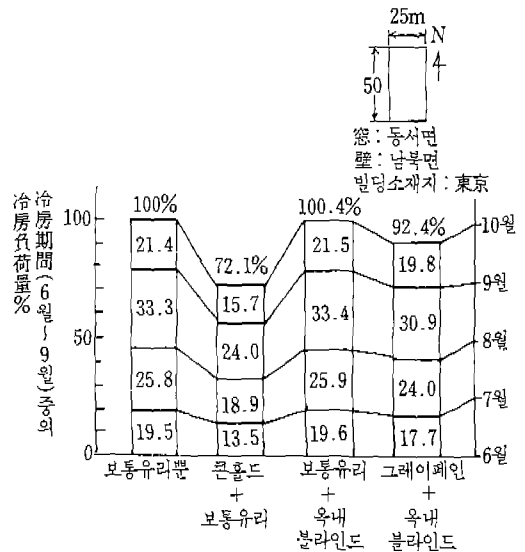
과 같이 블라인드를 窓의 外側에 설치하여 電動 또는 手動 크랭크에 의하여 昇降開閉操作可能하도록 하고 太陽에서의 入射에너지의 92%를 차단할 수 있는 것으로 冷房負荷熱量의 저감에 매우 유효하다.

시험적으로 그림 5.6과 같은 조건에서 리스펀스 팩터法에 의한 다이내믹 시뮬레이션을 각종 窓의 차폐方式에 대하여 비교하면 그림 5.7과 같이 冷房期間中の 熱負荷는 屋外블라인드方式에서 약 30% 가까이 경감되는 것을 표시하고 있다. 이와 같은 屋外블라인드는 유럽에서 많이 쓰여지고 있다.



壁: PC 콘크리트板(15cm) 壁面積 40%
窓: 各種日射 차폐方式, 窓面積 60%, 人員: 5㎡/인
照明外: 30W/㎡, 페리미터: 窓에서 3m

<그림 5.6> 冷房負荷의 各種차폐方式別 比較의 條件



<그림 5.7> 冷房期間中(6월~9월)의 各種日射 차폐方式에 있어서의 月別冷房負荷量比率 [(冷房시간(8:00~16:00)]

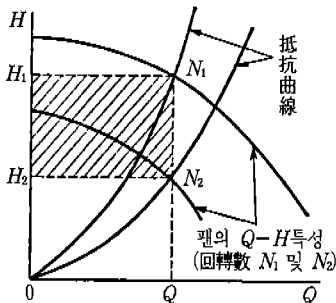
(2) VVVF 방식에 의한 交流모터可變速과 電力節減

빌딩에 쓰여지는 動力은 空調, 給排水관련 등 그 태반은 籠形誘導電動機를 구동원으로 하고 있으나 이들은 一定速運轉되어 設備가 필요로 하는 所定の 風量·流量은 댐퍼나 밸브에 의하여 조정되는 예가 대부분이었다.

그러나 토크가 速度의 2乘에 比例하는 블로어·펌프에서는 $Q \propto N$, $H \propto N^2$, $P = kQH \propto N^3$ 이 되어 風量이나 流量의 조절을 모터의 回轉數制御에 의하여 하는 것이 에너지使用合理化가 된다는 것은, 그림5·8에 표시하는 바와 같이 팬의 特性曲線과 덕트의 抵抗曲線과의 支點인 動作點 N_1 , N_2 을 비교하면 잘 알 수 있다. 이 때문에 옛부터 모터의 可變速技術을 추구하여 왔으나 籠形誘導電動機에 대하여도 效率 높고 비교적 값이 싼 可變電壓 可變周波數(VVVF)方式으로의 連續調整이 가능하고 종전의 極數變換方式(조정이 단계적이 된다) 또는 渦電流커플링方式, 一次電壓調整方式(모두 效率이 나쁘다)에 대신하여 최근 각광을 받고 있다.

(3) 물드變壓器에 의한 高效率化

· 受配電機器중에서 變壓器는 가장 중요한 機種의 하나로 빌딩에서는 不燃性 PCB油入式이나 H種乾式이 많이 사용되어 왔다. 그러나 약



風量 Q 를 얻기위한 運轉퍼턴은 回轉數 N_1 과 N_2 의 두 가지를 圖示하고 있으나 전자는 후자에 비하여 面積 N_1 , H_1 , H_2 , N_2 만큼 에너지로스가 많은 것을 뜻하고, 이는 덕트系的 댐퍼에서 소비되고 있다.

<그림5·8> VAV(VVV)에 의한 에너지使用合理化

10여년전에 難燃性的 에폭시樹脂를 사용한 물드變壓器가 출현한 이래 變壓器의 물드化가 급속하게 진전되고 있다. 이는 물드變壓器의 捲線構造에 참신한 아이디어를 채택하고 또 絶緣特性이 우수한 樹脂를 코일絶緣에 사용하고 있기 때문에 코일의 턴間 피치가 油入式, H種乾式 등보다도 극단적으로 적어져 捲線占積率이 양호하며 鐵心도 적어져 變壓器로스가 종전형보다도 경감되는 에너지使用合理化效果를 얻을 수 있게 되었다.

(4) 自然에너지, 排出에너지의 有效利用

앞서 기술한 項目은 모두 負荷設備에 관련된 에너지使用合理化 방법이었으나, 需用家側에서의 적극적인 에너지創出의 문제도 넓은 의미에서의 에너지使用合理化에 연결되게 된다. 예를 들면 太陽熱, 太陽光, 風力, 排熱回收 등이 있다. 여기서 주의하여야 할 것은 일단 電氣로 創出된 에너지는 그 利用이 100% 가능하다고 생각되는 점이다.

5·1·4 결 언

이상 빌딩의 에너지使用合理化에 대하여 개략을 설명하였다. 에너지使用合理化라는 테마는 1973년의 오일쇼크 이래 항상 話題가 되어 왔으나 世界의 政治情勢는 더욱더 그 필요성이 강조되는 경향이 되어 新에너지와 石油의 代替로서 原子力에너지의 開發이 急務로 되어 있다. 話題를 빌딩에 한정하여도 燃料電池라든가 排熱回收에 의한 토털에너지 시스템이라는 國부적인 시스템이 취해지리라 생각된다.

한편 負荷側에서의 에너지使用合理化는 사람들의 의식의 문제, 價値判斷의 기준이라는 것을 충분히 고려하지 않으면 本末轉倒의 結果나 本來的인 機能低下가 되는 어려움도 있다. 여기서는 그런 뜻에서 에너지使用合理化를 실시하기 위한 基本的인 着眼點, 즉 經濟的인 뜻에서의 投資基準의 思考方式에 대하여 기술하였다.

☛ 다음 호에 계속