

超省エネルギービル(大林組技術研究所本館)の運転実績 (その1)

—竣工後1年間のエネルギー消費量—

岡 建 雄 酒 井 寛 二
(本社建築本部設備部)
清 水 満
(本社建築本部設備部)

Experiences with Super Energy Conservation Building (Main Building of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute) (Part 1)

—Record of Annual Energy Consumption since Completion—

Tatsuo Oka Kanji Sakai
Mitsuru Shimizu

Abstract

Measurements of the annual primary energy consumption at the Super Energy Conservation Building since its completion have been obtained. The prediction was 98 Mcal/m² per floor area of the building per year, which corresponds to a quarter of the consumption in a conventional office building. The result of measurement was 86.7 Mcal/m²·yr, a figure which verifies the effective performances of the various energy conserving systems as well as the accuracy of prediction techniques. The structure of energy consumption shows that 40% is for lighting, 30% for air conditioning, and the remaining 30% for computers, duplicators, controllers, etc. The results of energy consumption measurements concerning building services and heating/cooling loads show that the energy requirement of the building is low due to various mechanical energy saving systems, and excellent insulation and airtightness, while the overall efficiency of air-conditioning systems is of an equal level compared with existing buildings having solar systems.

概 要

この超省エネルギービルは建物の単位床面積当り年間98 Mcal/m²年という一般事務所建築の4分の1の一次エネルギー消費量で運転されるように計画されている。本報告は竣工後1年間にわたる各種エネルギー消費量の実績について報告するものである。実績値では、86.7 Mcal/m²年という計画値以上の好成績が得られ、本建物の省エネルギー性が実証されると共に、予測手法の高い精度が検証された。各種エネルギー消費量と二次側熱負荷の測定値から、建物自体の熱性能が高いために冷暖房用エネルギー消費量が少なく、また設備システムの総合効率も従来の太陽熱利用設備と同程度であることが明らかとなった。

1. はじめに

超省エネルギービル(大林組技術研究所本館, 東京都清瀬市)の竣工後1年間(1982年5月~1983年4月)にわたるエネルギー消費量の実績について報告する。この超省エネルギービルは年間空調を行ない, その居住性, 機能性を充分確保したうえで, 建物の床面積当りに年間消費するエネルギーの絶対量が世界一少なくなるように

計画された事務所ビルである。本報告ではエネルギー消費量の絶対値, すなわち一次エネルギー量の算出には1 kWhの電力量を2.45 Mcalのエネルギー量として換算している。この超省エネルギービルと同規模の一般事務所ビルの建物単位面積当りに年間消費するエネルギー量を試算すると, 378 Mcal/m²年となる¹⁾。またわが国の省エネルギービルの実績値の例では241 Mcal/m²年という値が得られている。本建物は計画値として98 Mcal/

m²年を目指して設計されたもので、これは一般事務所ビルの約4分の1の消費エネルギー量に相当する。

2. 建物概要と計測システム

写真-1に示すように、本建物は地上3階地下1階、延面積3,776m²の典型的なRC造事務所建築である。地下1階はプロジェクト室、資料室、電算室、1階は事務室と会議室、2階と3階は研究室である。東西面は階段や洗面所等の非空調部分で構成し、屋上に機械室を配し、平面計画からも極力省エネルギー化を計っている。

南面は垂直投影面積で435m²のダブルスキンと呼ばれる付設温室に近い機能を有する省エネルギー手法が採用されている。ダブルスキンは夏には暖まった空気を自然換気によって外部に逃がして冷房負荷を低減させ、冬には温風コレクターとして働き、導入外気を温める。

屋上には220m²の真空管式コレクターが設置され、冬は太陽熱暖房、夏は吸収冷凍機による冷房が行なわれている。熱源機器はこの他10RTと15RTのヒートポンプチャラー各1台及び深さ12m、容量70m³の温度成層型蓄熱槽2基が建物に組み込まれている。

省エネルギー照明としてタスク/アンビエント照明システムが研究室、事務室に採用され、照明用エネルギー消費量を一般事務所ビルの2分の1以下に低減している。

この他の省エネルギー手法として、コレクターで集熱された秋季余剰熱を土中に蓄熱しておき、冬季の曇天日や雨天日にヒートポンプで回収するという土中蓄熱システムや集熱ポンプに接続された最大出力1kWの太陽電池がある。更にコンピュータによる最適化予測制御システムが採用され、徹底した省エネルギー化が計られている。

制御及びデータ収集のために本建物には総計500のセンサーが取り付けられており、20分ないし30分間隔にデータを収録している。図-1はエネルギー消費量の計測を系統別に示したもので、各系統に積算電力計が取り付けられている。本報告はこの電力計の1ヶ月ごとの積算値を中心に分析したものである。

3. エネルギー消費量

3.1. 建物全体のエネルギー消費量

本建物では年間72日の休日は空調機の運転を一切休止し、平日の運転時間は8時10分頃から17時10分まで、土曜日は12時までである。在館人員は定時の執務時間内の平均で19.9m²(空調面積)/人程度であった。室内設定温度は夏季27°C60%冬季20°C40%であるが、実測された夏季の室温は23~26°C、冬季18~23°Cであった。

図-2に1年間にわたる本建物のエネルギー消費量を

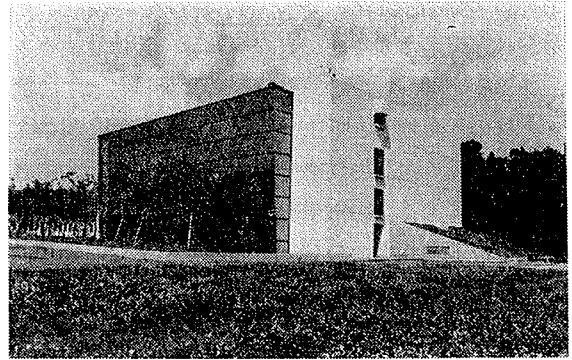


写真-1 超省エネルギービル外観

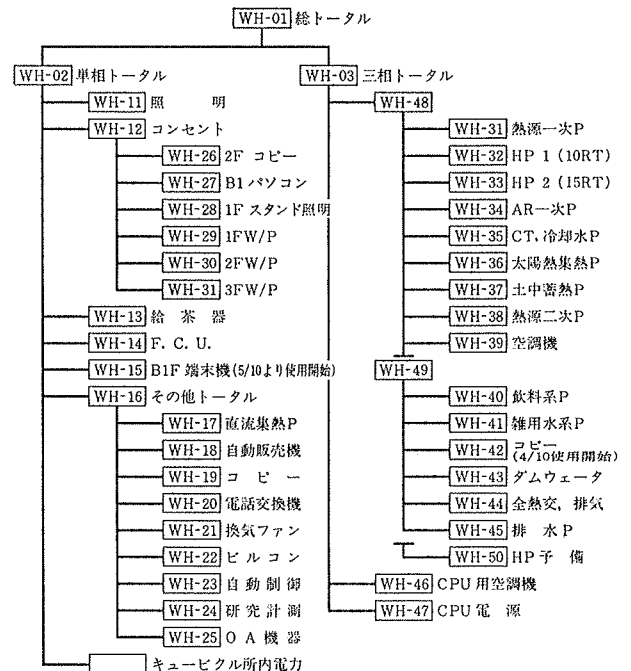


図-1 エネルギー消費量計測系統図

示す。消費されるエネルギーの大部分は照明・コンセント用と空調熱源・搬送用である。本建物はエネルギー消費量の絶対値(一次エネルギー換算値)が一般事務所ビルの4分の1程度と極めて少ない。また設備稼動に高度な制御システムを採用しているために、自動制御用エネルギー消費量の占める割合が大きく、全体の9%に達している。その他のエネルギー消費量の内訳はOA機器、複写機、電算機等である。1年間の全エネルギー消費量は328,705Mcal/年で、建物単位面積当たり換算すると86.7Mcal/m²年である。この実績値により本建物の省エネルギー性が実証されたと言える。86.7Mcal/m²年という値は計画値の98Mcal/m²年より12%少ないもので、通常事務所建築の4分の1以下のエネルギー消費量である。

3.2. 空調用エネルギー消費量

図-3, 4と空調熱源及び空調搬送用エネルギー消費

量の月間変動を示す。

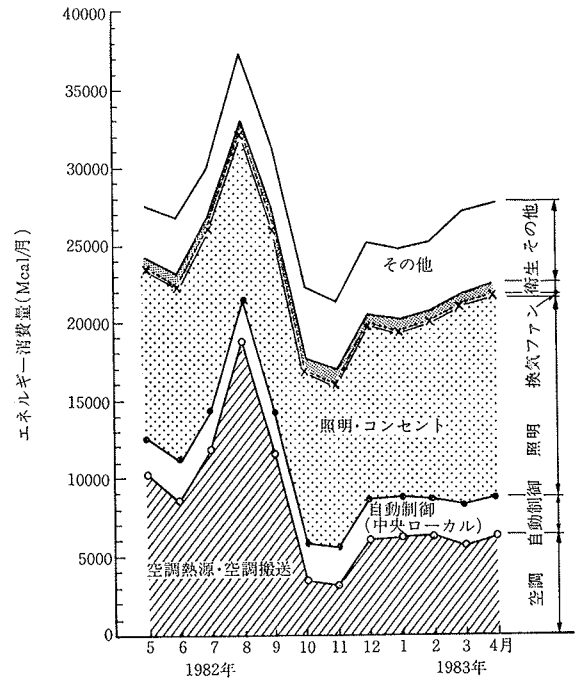
空調熱源用エネルギーの月変動は夏に鋭いピークとなり、冬は夏の20%程度の消費量、10月・11月の中間期はピーク月の6%程度と低下している。これは冬季の太陽熱利用システムが高い効率で稼働していることや中間期の外気冷房による冷房効果が高いためである。なお、5月・6月のエネルギー消費量が比較的大きい。これは初年度のため各種調整に手間取ったことが主な原因で、この期間は当初の予測値よりもエネルギー消費量が多くなっている。

空調搬送用エネルギーは空調熱源用エネルギーに比較して年変動は小さいと言えるが、中間期の10月はピーク月の57%まで低下している。特に中間期には全熱交換機の外気ファン・排気ファンと二次側循環ポンプ用のエネルギー消費量が減少している。

空調システムは VAV 方式を採用しており、空調機ファンの月別負荷率は0.43~0.64と比較的少ない。これは本建物の断熱性、気密性が優れているために外乱の影響が少ないためであると考えられる。空調機ファンは回転数制御で、年平均負荷率から年平均送風量は定格値の70%と推定される。なお表一に空調用主要機器の稼働実績として、消費電力量と全負荷運転時間数を示す。

3.3. 照明・コンセント用エネルギー消費量

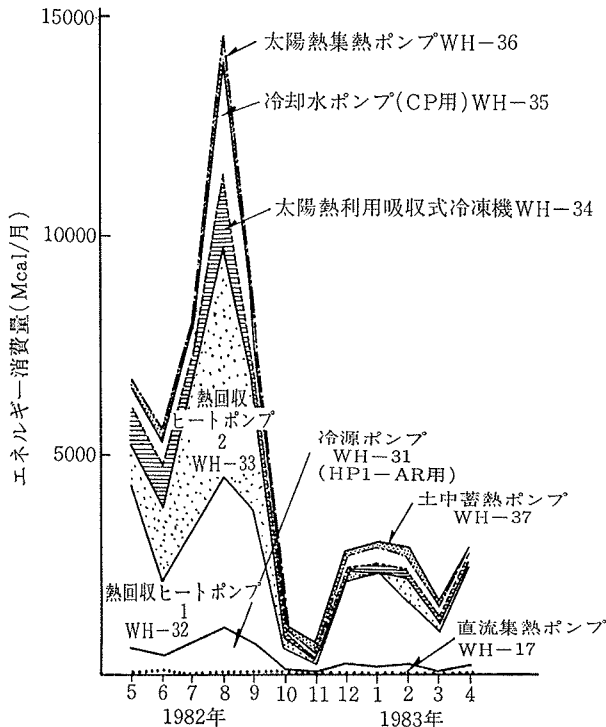
図一をみると、照明・コンセント用エネルギー消費量は各月共ほとんど一定である。コンセントの消費量は照明用の5%程度で、入居者の省エネルギーに対する協



図一 建物全体のエネルギー消費量の月変動

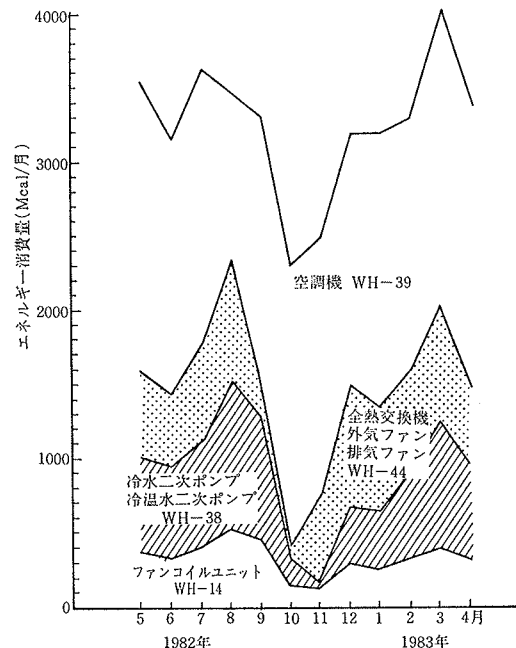
空調熱源			空調搬送		
機器名	消費電力量 (kwh/年)	全負荷相当運転時間 (h/年)	機器名	消費電力量 (kwh/年)	全負荷相当運転時間 (h/年)
ヒートポンプ 1	8083	803	空調機	4678	625
	3514	464		4523	805
ヒートポンプ 2	5856	526	ファンコイルユニット	914	497
	770	69		781	414
吸収冷凍機	2133	796	冷水二次ポンプ	1843	730
冷水・冷却水・熱源水各ポンプ	0	0	冷温水二次ポンプ	1185	527
太陽熱集熱ポンプ	587	489	外気・排気ファン	1143	835
	829	891	全熱交換器	1764	980

記) 消費電力量および全負荷相当運転時間欄の上段は冷房期、下段は暖房期の数値を示す。



図三 空調熱源用エネルギー消費量の月変動

表一 空調用主要機器の稼働実績



図四 空調搬送用エネルギー消費量の月変動

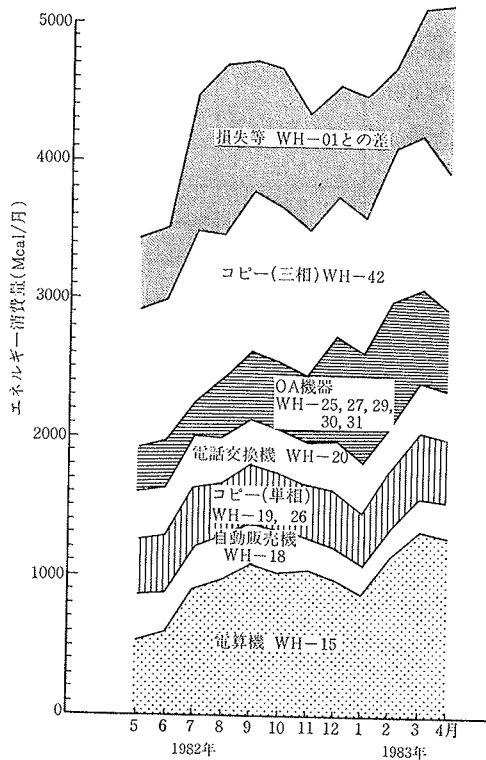


図-5 その他のエネルギー消費量の月変動

力が現れている。本建物はタスク/アンビエント照明方式を採用している他、会議室やプロジェクト室には昼光利用のための調光制御、消し忘れ防止対策を行なっている。このため一般事務所ビルの照明用エネルギー消費量が建物の単位床面積当たり 109 Mcal/m² 年程度である^{1),2)} のに対し、本建物では 36 Mcal/m² 年と一般事務所ビルの 3 分の 1 以下の消費量で賄われている。

3.4. 給湯・衛生用、換気用エネルギー消費量

給湯は屋上にある 4 m² の平板コレクターで間接予熱された水が各階の給茶器と給湯蛇口に送られる。給茶器は電気ヒータで加熱する機構となっているが、給湯蛇口には加熱装置はない。衛生用動力は飲料用揚水ポンプ、雑用系揚水ポンプ、排水ポンプである。これらの衛生用消費エネルギーは月変動が小さく、年間 7,794 Mcal/年で、その90%は給茶器用である。

換気ファンは洗面所とロッカー室の排気用で、年間 1,617 Mcal/年のエネルギー消費量となっている。

3.5. その他のエネルギー消費量

建物内で使われる事務機器等その他用のエネルギー消費量は全体の28%を占めている。図-5 にその他用のエネルギー消費量を示す。電算機やOA機器等が竣工後に徐々に増設されているので、それに伴ってエネルギー消費量が1年間で51%増加しており、今後も増加する傾向にある。この中でOA機器と電算機の占める割合が最も大きく34%を占めており、複写機が33%を占めている。

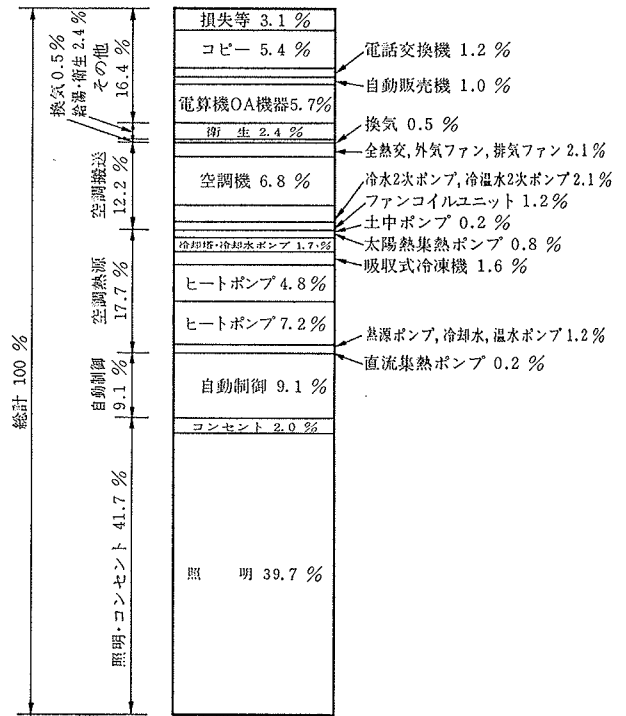


図-6 年間のエネルギー消費量の内訳

損失等は主としてトランス損失で、この他に、幹線ケーブルの損失等がある。

3.6. 年間のエネルギー消費量の内訳

図-6 に年間の消費エネルギー量の内訳を示す。この中で照明用エネルギーがベース負荷として最も大きい割合を示している。空調用エネルギーは月変動が大きく、8月には全体の50%を占めるものの、11月には15%となり、年平均では26.8%となっている。自動制御用エネルギーのほとんどは空調機器の制御用で、全エネルギー消費量の9.1%、空調用エネルギー消費量の23%を占めており、今後の自動制御機器の省エネルギー化が望まれる。

4. 空調設備の稼働効率

本建物では二次側供給熱量として、ファンコイルユニット (FCU) と空調機に送られる熱量のデータを30分間隔に収録している。二次側供給熱量は冷房ピーク日で建物単位面積当たり 172 kcal/m² 日、暖房ピーク日で 126 kcal/m² 日であった。一般事務所ビルの実測例では冷房ピーク日で 660 kcal/m² 日、暖房ピーク日で 260 kcal/m² 日という値が得られており²⁾、本建物は一般事務所ビルの 4 分の 1 の冷房負荷、2 分の 1 の暖房負荷で、建物自体の熱性能が極めて高く、熱負荷の少ない建物であると言える。

設備機器の稼働効率を求めるために、二次側熱負荷に

月	二次側供給 熱量*, H (Mcal/月)	投入エネルギーの一次エネルギー換算値			システム COP		
		空調熱源 A (Mcal/月)	空調搬送 B (Mcal/月)	自動制御 C (Mcal/月)	空調熱源に 対するCOP, H/A	空調用エネル ギーに対する COP H/(A+B)	自動制御を含む空 調用エネルギーに 対する COP H/(A+B+C)
5	-278 3575	6733	3528	2438	0.57	0.33	0.30
6	1387	5455	3166	2384	0.25	0.16	0.13
7	2780	8296	3626	2455	0.34	0.23	0.19
8	11200	14402	4567	2595	0.78	0.59	0.52
9	5438	8443	3327	2480	0.64	0.46	0.38
10	0	1100	2313	2477	-	-	-
11	- 913	724	2509	2475	1.26	0.28	0.16
12	-5277	2840	3207	2573	1.86	0.87	0.61
1	-6528	2967	3234	2607	2.20	1.05	0.74
2	-7780	2917	3335	2379	2.67	1.24	0.90
3	-8771	1656	4070	2578	5.30	1.53	1.06
4	-2388 70	2862	3450	2433	0.86	0.39	0.28
年間	56385	58394	40330	29871	0.97	0.57	0.44

*二次側供給熱量のうち、冷房負荷はプラス、暖房負荷はマイナスで示す。

表-2 二次側熱負荷とシステム COP

対する投入エネルギー量を算出し、システム COP によって評価する手法がある。システム COP の定義は、

$$\text{システムCOP} = \frac{\text{二次側供給熱量}}{\text{投入エネルギーの一次エネルギー換算値}}$$

表-2 に月別の二次側供給熱量とシステム COP を示す。空調熱源はヒートポンプと吸収冷凍機用エネルギー消費量に冷却塔ファンや一次ポンプ、集熱ポンプ等を含めたものである。空調用エネルギーは空調熱源用エネルギーに空調機、二次側ポンプ、FCU 等空調用エネルギーをすべて含んだものである。

空調用エネルギー消費量に対するシステム COP を算出すると、夏季0.59、冬季1.24~1.53、年平均では0.57となる。既存の太陽熱利用設備のシステム COP は、大学研究棟の例では冷房期0.41~0.50、暖房期0.72~0.88と報告されている³⁾。太陽熱利用住宅の例では冷房期0.52~0.71、暖房期0.61~1.10となっている⁴⁾。各々システムは異なるものの、本建物の空調設備の稼働効率は通常の太陽熱利用設備と比較して、特に暖房時に効率が高いことが明らかとなった。

5. 結論

超省エネルギービルの竣工後1年間にわたる運転実績

を報告した。エネルギー消費量は一次エネルギー換算で建物単位床面積当たり 86.7 Mcal/m²年という値が得られた。この実績値により本建物の省エネルギー性が実証された。エネルギー消費量の内訳は空調関係が30%、照明・コンセントが40%、その他が30%であった。また二次側熱負荷の測定値を分析したところ、システム COP は夏季0.59、冬季1.24~1.53程度であった。

参考文献

- 1) 酒井寛二, 他: 省エネルギー化を計った建物に関する研究 その4~5, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和58.9), pp. 895~898
- 2) 市川利夫, 他: 大阪大林ビルの年間空調運転実績報告, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和49.10), pp. 329~330
- 3) 稲沼 実, 他: サンシャイン計画・大分大学研究棟太陽冷暖房システムの運転計測解析(その1), 空気調和・衛生工学会講演論文集, (昭和56), pp. 121~124
- 4) サンシャイン研究グループ: サンシャイン計画枚方ソーラハウスの運転実績と最適システムの検討, 大林組技術研究所報, No. 21, (1980), pp. 140~144