

# 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3）

——竣工後2年間にわたる運転実績——

田 中 辰 明           岡     建 雄  
安 江       進           岩 波       洋  
渡 辺 真知子

## Experiences with Super Energy Conservation Building (Main Building of Ohbayashi Corporation Technical Research Institute) (Part 3) ——Operation Record for Two Years Since Completion——

Tatsuaki Tanaka                   Tatsuo Oka  
Susumu Yasue                   Hiroshi Iwanami  
Machiko Watanabe

### Abstract

Two years have passed since the Main Building of the Ohbayashi Corporation Technical Research Institute was completed. The annual primary energy consumption per building area was 86.7 Mcal/m<sup>2</sup>·yr in the first year and 95.9 Mcal/m<sup>2</sup>·yr in the second year, both of which were less than the predicted value of 98 Mcal/m<sup>2</sup>·yr. Water conservation techniques including a rain water utilization system were also adopted in the Super Energy Conservation Building. Thirty-five percent of water consumption in this building is supplied with rain water and the city water consumption for each person is 40 percent of that in a conventional office building. It is now predicted that the investment for construction in order to achieve super energy conservation will be recovered in 8.2 years as a result of recalculations based on measured values obtained during the two years since completion.

### 概 要

超省エネルギービルが竣工してから2年以上経過している。1年目における建物床面積当りの一次エネルギー消費量は86.7 Mcal/m<sup>2</sup>年、2年目では95.9 Mcal/m<sup>2</sup>年となり、目標としていた98 Mcal/m<sup>2</sup>年をいずれも下回り、超省エネルギービルであることが実証された。本建物は省エネルギーばかりでなく、雨水利用など節水技術を巧みに採用している。その結果、建物で消費される全水量の35%は雨水で賄われ、1人当りの上水の消費量は一般ビルの40%で済んでいる。運転実績から経常費を求めると、省エネルギーのために投資された費用は8.2年で回収されると予測された。

### 1. はじめに

大林組技術研究所本館は世界一の超省エネルギー事務所ビルを目指して計画、設計され、昭和57年4月に竣工した。竣工以来、各種のエネルギー消費量をはじめ、水消費量、室内環境および経済性について徹底した追跡調査を継続している。さらに本館に採用された各種の省エネルギー手法の効果も測定を通して、性能を明らかにすることができた。

年間延面積当りの一次エネルギー消費量は87~96 Mcal/m<sup>2</sup>年と測定され、目標とした98 Mcal/m<sup>2</sup>年を僅

かに下回ることができた。この値は従来的一般事務所ビルの4分の1のエネルギー消費量に相当している。室内環境、水消費量、経済性に関しても当初の予想値以上の成果が達成されていることが確認された。

本報告は竣工以来2年間にわたるエネルギー消費量、水消費量および経済性に関する実績値を報告するとともに、土中蓄熱、土中ダクトなど報告される機会の少なかった省エネルギー手法の実績値についてもまとめて記したものである。

### 2. エネルギー消費量の実績値

(1) 建物の使用と在館者数

空調は通常の勤務時間内に限り稼働し、照明は年間いつでも在館者が自由に使用できる様に設定されている。熱源の冷房運転は5月中旬から10月中旬までであり、その他は暖房運転となっている。本建物は開放できる窓が設置されて、自然換気もできる様になっており、休日や夜間は必要に応じて窓を開放している。

建物内の在館者数は設計値で空調面積当たり0.07人/m<sup>2</sup>、実測によると平均0.048人/m<sup>2</sup>であった。一般の事務所ビルでは0.089人/m<sup>2</sup>程度であるから、在館者密度は一般事務所ビルの約半分程度ということになる。

なお、エネルギー消費量の原単位は一次エネルギー換算値で、延面積当りの値である。すなわち電力1kWh=2.45 Mcalとし、延面積3,776 m<sup>2</sup>で除した値である。

(2) 空調用エネルギー消費量

表一に年間のエネルギー消費量、図一に月別エネルギー消費量の変動が示されている。冷房モードでは吸収式冷凍機による太陽熱冷房と通常のヒートポンプ2台による冷房運転が行なわれている。暖房モードでは太陽集熱器による温水集熱運転の他、土中蓄熱槽からの熱回収運転、ダブルスキンによる温風集熱運転などにより、暖房熱量が賅われている。

年間のエネルギー消費量の変動は主として空調用エネルギー消費量によるもので、中間期には熱源運転が不要になることが多く、エネルギー消費量は著しく減少する。空調用エネルギー消費量は1年目で26.4 Mcal/m<sup>2</sup>年、2年目で29.8 Mcal/m<sup>2</sup>年となっており、1年目に比べて約13%増加している。1年目は冷夏、暖冬、2年目は猛暑、厳冬であったために、空調用エネルギー消費量が増加したと考えられる。空調用エネルギー消費量の60%が熱源用、40%が搬送用となっている。

(3) 照明・コンセント用エネルギー消費量

2年目の照明・コンセント用エネルギー消費量は1年目に比べて約8%増加している。業務が多忙化したことが主な理由である。空調用エネルギー消費量と異なり、月別変動がなく、一年を通してほぼ一定した消費量を示すが、建物全体の40%は照明・コンセント用エネルギー

消費量で、大きな割合を占める項目である。

(4) その他用エネルギー消費量

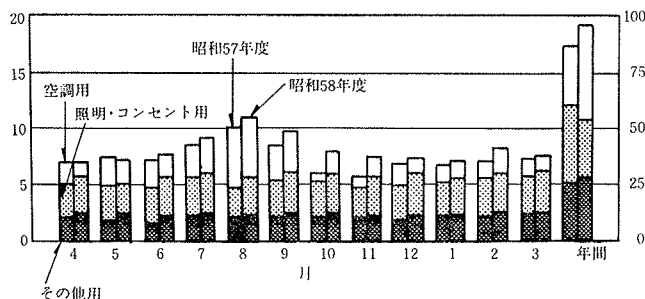
換気、衛生、自動制御、事務機器などのその他用エネルギー消費量も1年目に比べると、2年目では12%増加している。特に事務機器用では21%と大きくなっている。業務の多忙化の他、OA化に伴うワープロ、パソコンなどの増設が主な原因である。照明・コンセント用と同様に年間を通してほぼ一定のエネルギー消費量となる。

(5) 全エネルギー消費量

建物全体で消費される全エネルギー消費量は表一、図一に示されるごとくである。1年目で86.7 Mcal/m<sup>2</sup>年、2年目で95.9 Mcal/m<sup>2</sup>年となり、いずれも目標値とした98 Mcal/m<sup>2</sup>年より少ないエネルギー消費量と

用 途		エネルギー消費量 (Mcal/m <sup>2</sup> 年)		
		昭和57年度	昭和58年度	
空調	熱源	ヒートポンプ1	6.2	6.3
		ヒートポンプ2	4.3	5.9
		吸収冷凍機・ポンプ	1.4	1.6
		冷却塔ポンプ	1.5	1.5
		熱源一次ポンプ	1.1	1.5
		太陽熱集熱ポンプ	0.9	1.0
		土中熱ポンプ	0.2	0.2
	(小計)	(15.6)	(17.8)	
	搬送	空調機	6.0	7.3
		ファンコイルユニット	1.1	1.4
全熱交換品		1.9	1.4	
その他	空調二次ポンプ	1.8	2.0	
	(小計)	(10.8)	(12.0)	
照明・コンセント	照明	34.2	36.5	
	コンセント	1.7	2.3	
	(小計)	(35.9)	(38.8)	
その他	衛生	換気	0.4	0.5
		給茶器	1.9	1.9
		ポンプ類	0.2	0.2
	自動制御	(小計)	(2.1)	(2.2)
		中央	5.3	5.3
		ロカール	2.6	2.8
	事務機器	(小計)	(7.9)	(8.1)
		電算機端末	2.9	4.2
		OA機器	1.7	2.4
		複写機	4.7	5.0
電話交換機		1.1	1.1	
(小計)		(10.4)	(12.6)	
その他	自動販売機	0.9	1.0	
	その他	2.7	3.0	
(小計)		(3.5)	(3.9)	
合 計		86.7	95.9	

表一 エネルギー消費量一覧表



図一 エネルギー消費量の月別変動

なる。

建物全体のエネルギー消費量を用途別にまとめると、空調用31%、照明・コンセント用41%、その他用28%となっている。月間エネルギー消費量の最大値は8月に現われ、10~11 Mcal/m<sup>2</sup>月、最小値は11月あるいは12月に現われ、6~7 Mcal/m<sup>2</sup>月となる。

### 3. 水消費量と再水利用

本建物は様々な省エネルギー技術を駆使していると同時に、高度な節水技術を採用している。最も大きな効果を示す節水技術は雨水利用システムであるが、その他節水型ロータンク便器、赤外感知式フラッシュバルブ、泡沫式水栓などを採用している。

図-2に示されるように給水設備は水道水を使用する飲料水系と雑用水系に分かれている。雑用水は便器洗浄水、冷却塔補給水、消火用水、機械室掃除用水に給水さ

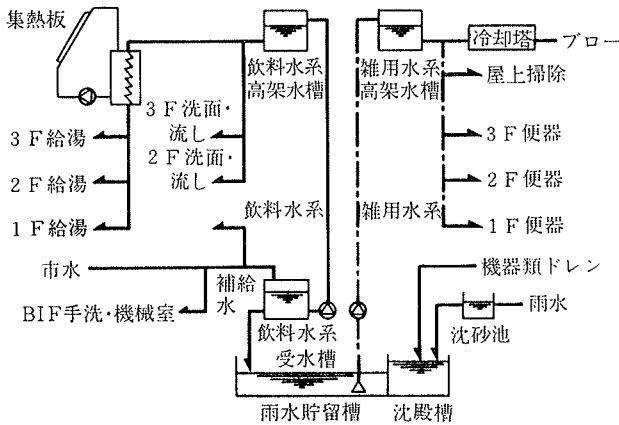


図-2 給水、雨水利用系統図

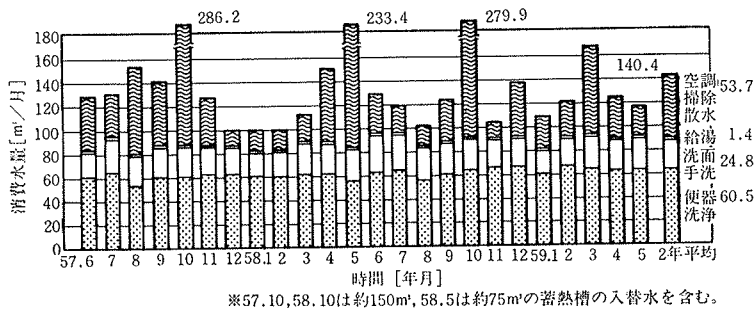


図-3 月別水消費量

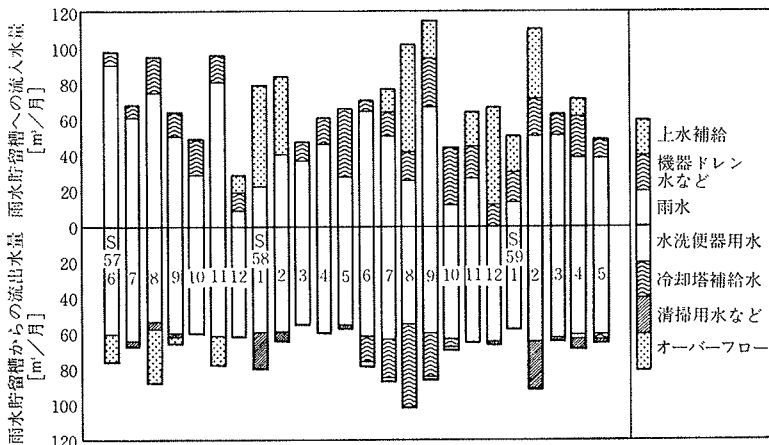


図-4 雨水貯留槽への流入流出水量

れている。

図-3は竣工以来2年余にわたる月別水消費量を示したものである。便器洗浄水や洗面・手洗の月間水消費量はほぼ一定で、各々 60 m³/月、25 m³/月である。空調用の水消費量は冷却塔補給水として消費される割合が大きいため、夏季の消費量が増えている。5月と10月に水消費量が急増しているのは、蓄熱槽の水の入れ換えのためである。用途別水消費比率は、便器洗浄水43%、洗面・手洗18%、給湯1%、空調用水他38%となる。

雨水利用システムは建物の屋上および周辺緑地に降った雨を集水し、沈砂、沈澱処理した後、雑用水として利用している。集水面積は総計 1,380 m²、沈砂池 4 m³、沈澱槽 9 m³、雨水貯留槽 28 m³、雑用系高架水槽 2 m³ で雨水利用システムを構成している。

図-4は雨水貯留槽への流入流出水量を月ごとに示したものである。流入水の約68%は雨水、20%は機器ドレンなど、上水の補給は12%であった。流出量ではそのほとんどが水洗便器用水として消費されている。竣工後1年間は水質検査を徹底させ、冷却塔補給水として雨水を利用したのは竣工後2年目からである。

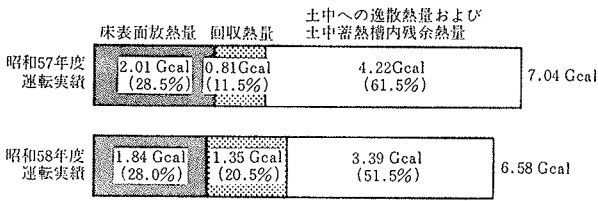
雨水貯留槽における水質を分析すると、若干の細菌の増殖は認められるものの、溶解成分が全体的に少なく、雑用水として、充分給水に供せられる良好な水質であることが確認された。便器洗浄水に限れば、用水の86%は

雨水で賄われている。また建物全体の水消費量の中、雨水で賄われている割合は35%に達している。

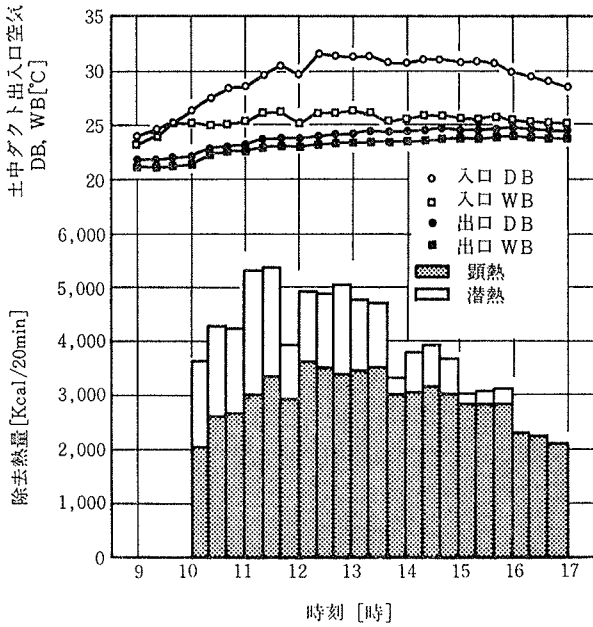
各種の節水技術を採用したために、本建物の水消費量は一般事務所ビルより少なく、一人当たりの水消費量として比較すれば、一般事務所ビルの約60%の水消費量で運転されている。この節水効果の大半は節水型便器の採用に依るものである。また雨水の利用が建物全体の35%に達しているため、建物全体の上水消費量は一般事務所ビルの39%で済んでいることになり、省エネルギー化とともに、極めて高い水準をもつ節水型の事務所ビルであることが実証されている。

### 4. その他の省エネルギー手法の効果

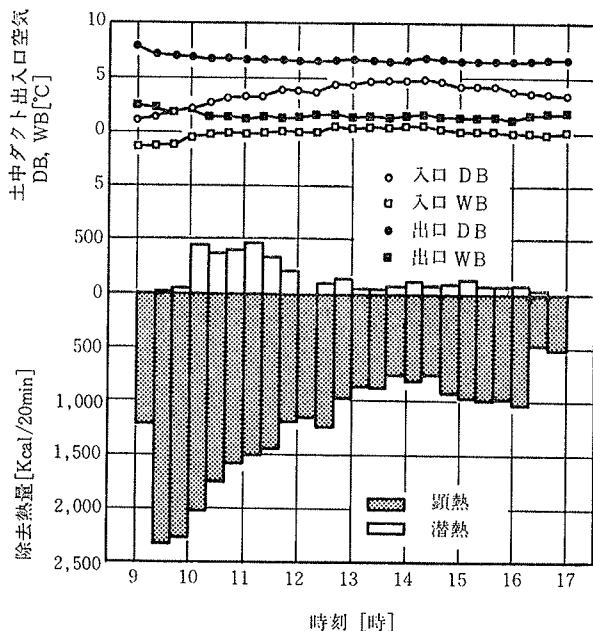
本建物に採用されたダブルスキンや太陽熱冷暖房、タスク/アンビエント照明などについては既に報告されているので、本建物ではその他の省エネルギー手法として土中蓄熱と土中ダクトについて記述する。本建物は土の熱を極めて有効に取り入れた点にも大きな特



図—5 土中蓄熱量，回収熱量，床表面放熱量の年間累積値



図—6 土中ダクトの運転実績 (昭和58年8月3日)



図—7 土中ダクトの運転実績 (昭和59年1月24日)

色を有するもので、省エネルギー的な見地からも土の熱は大きく貢献している。

(1) 土中蓄熱

土中蓄熱システムは秋季に余剰となった太陽熱を土中コイルを介して、土中に蓄えておき、冬季のヒートポンプ熱源として利用するものである。通常11月頃から土中に蓄熱を開始し、翌3月頃までヒートポンプの熱源として熱回収を行なうものである。

蓄熱時には土中コイル単位長さ当りの蓄熱量は最大15~20 kcal/mh となる。パイプ総長は1,200 m であるから、蓄熱量は20 Mcal/h、1日当り150~200 Mcal 程度を蓄熱することができる。12月末に蓄熱量が最大となるが、この時点ではコイル近傍の土中温度は30°Cに達している。

ヒートポンプの熱源として土中から熱を回収する場合においても、コイル単位長さ当りの回収熱量は15~20 kcal/mh 程度となる。3月には土中温度が低下し、暖冬であった1年目では25°C、厳冬であった2年目では20°Cとなった。回収運転時の土中コイル返水温は10~20°Cとなり、ヒートポンプのCOP 向上に貢献している。

土中に蓄熱された熱はヒートポンプの熱源として利用される他、フロアヒーティング効果として地下1階の床面から室内へ逸散される。床面から直接、室内に放熱される熱は蓄熱量の20~25%、ヒートポンプ熱源として回収される熱量は12~20%となり、これを回収効率と呼べば、回収効率は40~50%となる。

図—5に1年目、2年目における土中蓄熱システムの熱量バランスを示す。

2年間にわたる土中蓄熱システムの運転実績を通して、本システムの性能が実証され、一般建築物に広く適用できることが確認された。

(2) 土中ダクト

夏季および冬季の外気取入れの際は、土中ダクトを通過させて、外気負荷を極力減少させている。

夏季においては、土中ダクト入口温度が24~32°Cに対して、土中ダクト出口温度は22~24°Cとなり、外気負荷の低減効果は40%に達する。冬季においては土中ダクト入口温度が1~5°Cに対して、出口では7~8°Cとなり、外気負荷の低減効果は10%と小さい。これを土中ダクト1m 当りの熱量に換算すると、夏で120 kcal/m 日、冬で38 kcal/m 日となった。

土中ダクトの効果を月ごとに見ると、8月で600 Mcal/月、冬季では100~300 Mcal/月と、他の省エネルギーシステムと比べて、その絶対量は小さいものの、ピーク日に効果を発揮するために、設備容量の面からは有利である。

## 5. 経常費

建物の経常費は固定費と変動費に分類される。固定費の中、減価償却費と不動産所得税は資本回収係数を用いて算出し、損害保険や固定資産税などは毎年均等に支払うこととする。本建物の場合、管理は管理会社に委託しており、敷地内他施設の管理をも含めて2名の管理者が常駐している。変動費の中、人件費、維持修理費および環境衛生費は各年度の契約金額である。

表-2に1年目と2年目における経常費一覧表を示す。固定費は約80,064千円/年、変動費は36,453~36,799千円/年となっている。電力費が予想されたより少なく済んだことや、建設に当って低利の融資が利用できたことから省エネルギー投資された建設費の回収年数は現在8.2年と予測されている。

## 6. 結論

本報告は大林組技術研究所本館が超省エネルギービルとして竣工して以来、2年間にわたる運転実績をまとめたものである。得られた結論を要約すると、

(1) 延床面積1m<sup>2</sup>当り消費される年間の一次エネルギー量は、1年目で86.7Mcal/m<sup>2</sup>年、2年目で95.9Mcal/m<sup>2</sup>年となり、いずれも目標値とした98Mcal/m<sup>2</sup>年より少ない消費量となった。エネルギー消費量の内訳は、空調用31%、照明・コンセント用41%、その他用28%となっている。2年目の消費量が増加した原因として気象条件の違いの他、OA機器の増加、業務の多忙化などが挙げられる。

(2) 本建物に採用された雨水利用システムや節水技術の効果を測定したところ、建物全体で消費される水量の35%は雨水で賄われており、1人当りの上水の消費量は通常の事務所ビルに比べ、39%の消費量で済んでいることが確かめられた。雨水の貯留槽の水質分析を行なったところ、雑用水として供給するに良好な水質であることも確認された。

項 目		昭和57年度	昭和58年度
固定費	減価償却費	72,281,000	
	不動産所得税	1,082,000	
	損害保険・固定資産税・他	6,701,000	
	(小 計)	(80,064,000)	
変動費	電力費	6,255,000	6,633,000
	上下水道費	672,000	640,000
	人 件 費	9,469,000	9,469,000
	維持修理費	5,722,000	5,722,000
	環境衛生管理費	14,335,000	14,335,000
	(小 計)	(36,453,000)	(36,799,000)
合 計	116,517,000	116,863,000	

表-2 経常費

(3) 報告する機会の少なかった土中蓄熱と土中ダクトに関する性能について記述した。土中蓄熱システムではパイプ1m当り20kcal/h程度の蓄熱、熱回収が期待でき、本建物においても極めて順調に運転されていた。土中ダクトに関しては、40~120kcal/m日程度の外気負荷除去能力があり、8月で600Mcal/月、冬季で100~300Mcal/月の効果があった。

(4) 2年間の運転実績を基に、固定費と変動費を求めたところ、省エネルギーのために投ぜられた費用は8.2年で回収されると予測された。

## 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1~その10), 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和57~昭和59)
- 2) 岩波 洋: 建築物における雨水利用に関する研究, 同上, (昭和58), pp. 213~214
- 3) 酒井寛二, 他: 省エネルギー化を計った設備システムに関する研究(その1~その10), 空気調和・衛生工学会学術論文集, (昭和57~昭和59)