

■ 技術報告 ■

超省エネルギービル

大林組技術研究所本館

Super Energy Conservation Building

Ohsayashi-gumi Technical Research Institute

酒 井 寛 二*
Kanji Sakai

1. はじめに

大林組技術研究所本館は、事務所ビルの省エネルギーを、居住性と機能性を低下させることなく、かつ経済的にも成立しうる範囲で徹底して行うことを試みたものである。

この建物は1982年4月に竣工したが、計画段階で予測した年間エネルギー消費量は、図-1に示すように、在来の一般事務所の1/4~1/3、国内の有名省エネビルの1/2に相当する、98Mcal/m²を見込んでいた。また表1に、日米両国の代表的省エネビルを示しているが、この表から、現時点で当ビルが世界一の省エネを達成していると考え、超省エネビルと名付けた次第である。

この建物には、多くの省エネ手法が採用されており、その中には全く新しい試みのものもある。そこでこれらの手法の効果を定量的に把握することを目的として、多くの計測が自動的になされている。またエネルギー消費量は、詳細な用途別にも計量されており、今後さらに省エネ率を向上させる時の参考にしようとしている。これら計測・計量結果については、整理した後に、いずれ学会等で順次発表していく予定でいる。

2. 建物の概要

この建物の建築概要、空調設備概要、ならびに平面・断面図を以下に示す。

建築概要

所在地：東京都清瀬市

延床面積：3,776m²

階数：B1, 3F, PH

用途：研究所の事務室と研究室（実験室は別）

* 欄 大林組設備部 課長

〒101 東京都千代田区神田司町2-3

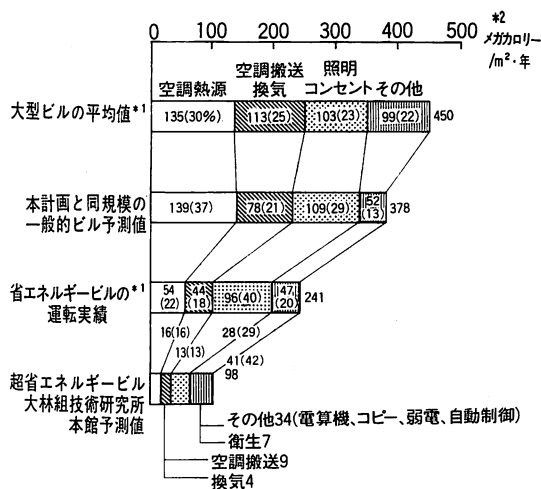


図-1 事務所ビル消費エネルギー量比較

空調設備概要

空調期間：通年空調

熱源：熱回収ヒートポンプ 15 + 10 Rt

太陽熱吸収冷凍機 10Rt

二次側：ダクト併用ファンコイルユニット方式、

VAV, メイン4管ゾーン2管方式

3. 採用されている省エネ手法

この建物で採用された省エネ手法は、次に示すように非常に広範囲で、多数にわたっている。

a. 建築のプランニングに関するもの

1. 建物配置の最適化
2. 建物方位の最適化
3. 建物形状をサイコロ状に近づける
4. 建物の一部を地中に埋設して土の断熱性利用

表1 代表的な省エネルギービル

建物名称 竣工・所在地	規模	省エネルギー策	エネルギー 消費量	備考
Aビル S.54. 東京	地下1階・地上4階 延面積 5,477㎡	・ソーラーシステム ・蓄熱システム ・熱回収システム ・VAVシステム ・VWVシステム ・外気冷房 ・CO ₂ コントロール ・コンピュータ コントロール等	○ 241Mcal/ ㎡・年	空調和・衛生工学 Vol. 55.No. 2, 1981
Bビル S.54. 愛知	地下1階・地上7階 延面積 11,402㎡	・ソーラーシステム ・蓄熱システム ・熱回収システム ・VWVシステム ・CO ₂ コントロール ・昼光利用 ・照明スケジュール 制御 ・コンピュータコ ントロール等	○ 243Mcal/ ㎡・年	空調和・衛生工学 Vol. 55.No. 2, 1981
Cビル S.55. 広島	地上3階 延面積 1,361㎡	・ソーラーシステム ・蓄熱システム ・輻射天井 ・昼光利用 ・照明スケジュール 制御	△ 147Mcal/ ㎡・年	Cビル技術資料
マンチェスター ビル S.51. ニューハ ンプシャー州 (米)	地下2階・地上7階 延面積 15,792㎡	・ソーラーシステム ・蓄熱システム ・熱回収システム ・VAVシステム ・外気冷房 ・タスク/アンビュ ントライティング ・コンピューターコン トロール等	○ 364Mcal/ ㎡・年	Thermal Perform- ance of the Norris Cotton Federal Office Building in Man- chester, New Ham- pshire, NBS
トペカ連邦ビル S.52. カンサス州 (米)	地下2階・地上4階 延面積 31,170㎡	・熱回収システム ・VAVシステム ・外気冷房 ・コンピューターコン トロール	○ 408Mcal/ ㎡/年	An instructional case study based on the Topeka Federal Building, Courthouse and Parking facility, GSA
カリフォルニア州 政府ビル 未定 カリフォル ニア州 (米)	大部分地下 一部地上6階 延面積 23,250㎡	・ソーラーシステム ・VAVシステム ・VWVシステム ・ナイトバージ ・水蓄熱システム	△ 121Mcal/ ㎡・年	ASHRAE Journal, Nov. 1979
ファームビューロ ービル S.54. カリフォル ニア州 (米)		・ソーラーシステム ・蓄熱システム ・熱回収システム ・VWVシステム ・ナイトバージ ・外気冷房 ・昼光利用 ・土による断熱	△ 323Mcal/ ㎡・年	Specifying Engineer, July, 1980
TVAチャタヌ ーガビル 第一次 S.55. 第二次 S.57. テネシー州 (米)	延面積 186,000㎡ コンピューターセンター + オフィス	・熱回収システム ・VAVシステム ・外気冷房 ・自然換気 ・昼光利用 ・地下水利用	△ 242Mcal/ ㎡・年	同 上

* エネルギー消費量は一次エネルギー換算値である。

○印：実績値

△印：設計値

5. 階数の減少
6. 階高の減少
7. コアを東西両壁面に集中配置
8. 出入口の位置を常風向と平行に配置
9. 出入口に防風壁を設置
10. 出入口に風除室を設置
11. 階段室とWCに自然採光窓を取付

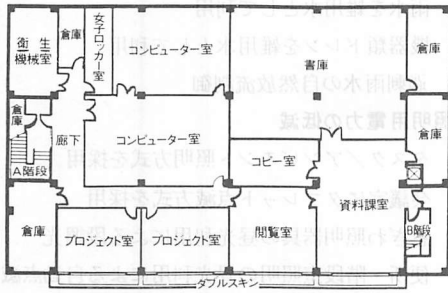


図-2 地下1階平面図

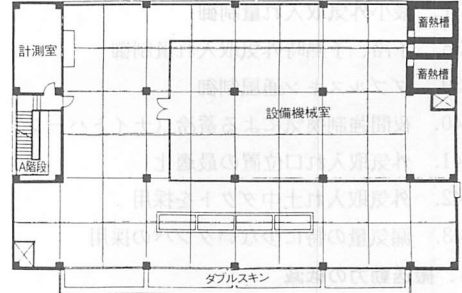


図-5 塔屋平面図

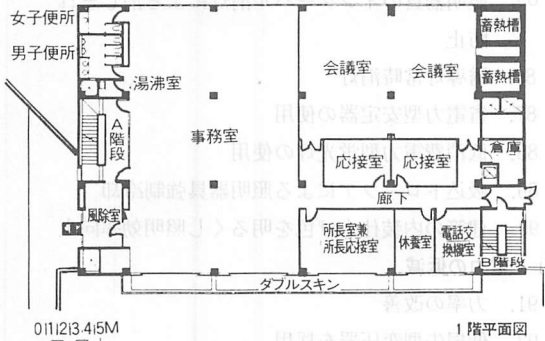


図-3 1階平面図



図-6 屋根状図

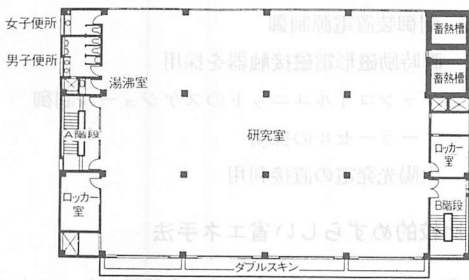


図-4 2階, 3階平面図

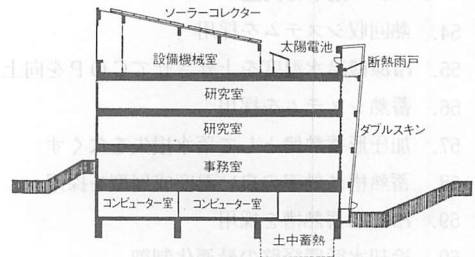


図-7 断面図

b. 建築の断熱・日射しゃへい・通風 (パッシブ的手法)

12. 建物全体としての窓面積の減少
13. 北面に高断熱性ペアガラスを使用
14. 外壁の断熱
15. 屋上面日射しゃへい
16. 断熱雨戸の採用
17. 外ブラインドの採用
18. 底を取付
19. 出入口扉を断熱
20. 出入口扉の気密性を向上
21. 窓枠の気密性・断熱性を向上
22. 休日や深夜の自然換気を可能とする
23. 建物周辺の緑化・植栽
24. ダブルスキンを採用

25. ダブルスキン外側ガラスに熱線反射型を採用
26. ダブルスキン外側ガラス面を傾斜
- c. 太陽熱利用 (アクティブ的手法)
27. 太陽熱の冷暖房への直接利用
28. 太陽熱の給湯への利用
29. 太陽熱の低温集熱とヒートポンプによる昇温
30. 太陽熱の土中蓄熱
31. 太陽熱の土中蓄熱損失をパネルヒーティングとして利用
- d. 設備的手段による熱負荷の低減
32. 全熱交換器の採用
33. 室内平均輻射温度の均一化による室内状態の緩和
34. 省エネ照明方式による空調負荷低減
35. 外部光源投光照明による空調負荷低減
36. 外気冷房制御

- 37. 最小外気取入れ量制御
- 38. 予冷、予熱時外気取入れ量制御
- 39. ダブルスキン通風制御
- 40. 夜間強制換気による蓄冷（ナイトバージ）
- 41. 外気取入れ口位置の最適化
- 42. 外気取入れ土中ダクトを採用
- 43. 漏気量の特に少ないダンパの採用

e. 搬送動力の低減

- 44. 変風量（VAV）方式を採用
- 45. 大温度差方式を採用
- 46. 外気冷房時無動力排気
- 47. ポンプ台数制御
- 48. 空調照明器具採用による還気ダクトの省略
- 49. 天井給気チャンバ方式を採用
- 50. 高効率モータの使用
- 51. 送風機駆動にタイミングベルトを採用
- 52. ダクト系の抵抗を減少
- 53. 配管系の抵抗を減少

f. システム効率の向上

- 54. 熱回収システムを採用
- 55. 冷凍機冷水温度を上昇させてCOPを向上
- 56. 蓄熱システムを採用
- 57. 加圧形蓄熱槽として落水損失をなくす
- 58. 蓄熱槽に効率の良い温度成層型を採用
- 59. 冷却水蓄熱槽を採用
- 60. 冷却水循環経路の最適化制御
- 61. 機器の最適発停制御
- 62. 蓄熱槽の断熱強化
- 63. 機器類の断熱強化
- 64. 配管系の断熱強化
- 65. ダクト系の断熱強化
- 66. ダクト系の気密性向上

g. 換気動力の低減

- 67. 機械室の自然換気
- 68. 湯沸室の自然換気
- 69. 便所の局所排気
- 70. 空調系排気を換気用給気として二段利用

h. 衛生動力の低減

- 71. 節水器具の使用
- 72. 大便器をロータンク方式として給水圧の低減
- 73. 低層部への直結給水
- 74. 局所給湯方式を採用
- 75. 給茶器のスケジュール制御
- 76. 排水の自然放流

- 77. 雨水を雑用水として利用
- 78. 機器類ドレンを雑用水として利用
- 79. 過剰雨水の自然放流制御

i. 照明用電力の低減

- 80. タスク／アンビエント照明方式を採用
- 81. 会議室にタブレット点滅方式を採用
- 82. 窓ぎわ照明器具の昼光利用による段調光
- 83. 便所・階段室照明の昼光利用による自動点滅
- 84. 昼休み時一部照明の強制消灯
- 85. 照明器具のインターバル消灯による消し忘れ防止
- 86. 誘導灯常時消灯
- 87. 省電力型安定器の使用
- 88. 低消費電力型蛍光灯の使用
- 89. 吸込トロップアによる照明器具強制冷却
- 90. 建築の内装仕上げ色を明るくし照明効率向上

j. 電力の低減

- 91. 力率の改善
- 92. 低損失型変圧器を採用
- 93. 変圧器の昼夜台数制御
- 94. 制御装置電源制御
- 95. 瞬時励磁形電磁接触器を採用
- 96. ファンコイルユニットのスケジュール制御
- 97. ソーラーセルの採用
- 98. 太陽光発電の直接利用

4. 比較的めずらしい省エネ手法

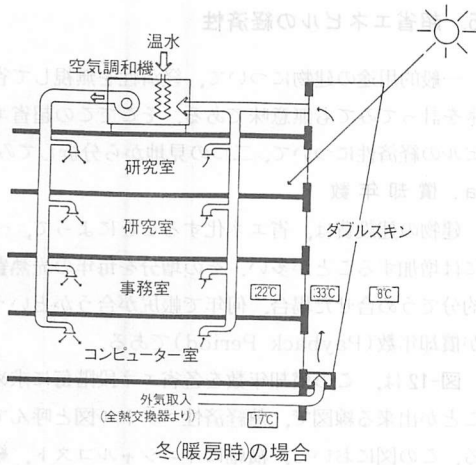
前章に示した諸手法の内には、今建設されつつある省エネビルで、常識的に採用されるものもあるし、全く新しい試みのものもある。本章では、あまりなじみのない新手法を中心に、いくつか紹介してみる。

a. ダブルスキン

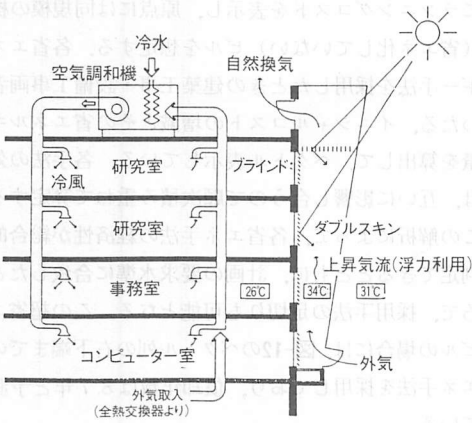
建物の南側に総ガラス貼りの温室風空間を設け、日射によって温められた空気を、冬期の室内暖房に利用している。また夏期には、温室風空間の上下を開放し、熱気を自然対流によって排除している。さらに、この空間内には、室内設置形のブラインドを取付けたり、冬期夜間に自動閉鎖する断熱戸を併設し、全体としての熱負荷を大巾に低下させている。この手法によって、今までの省エネビルは、とかく窓が小さくて閉鎖的であったが、大きな窓を設けることが可能となった。

b. ツインコアと最上階機械室

直方体の建物では、熱負荷上最も不利なのは屋根で、次に西、次に東の壁面である。そこでこの3面に接す



冬(暖房時)の場合



夏(冷房時)の場合

図-8 ダブルスキンの効果

る位置には居室を設けていない。すなわち屋上には機械室を、一般階には東西両壁面にそって、階段、WC、倉庫等のコア部分を配置している。居室の窓は、熱的には比較的可利な南面に大きく取り、北面に小さく設けている。

c. 無梁版構造

建物の外表面積をできる限り縮少することは、建築的省エネ手法の一つである。この建物では、床面にピアノ線を挿入し、これを両端で強く引張ることによって床の梁をなくしている。このような構造形式を無梁版といい、倉庫や大型店舗で次第に採用され始めている。

この階高節減効果は、外表面積の縮少の他、垂直方向の空気や水の輸送用エネルギーをへらすのにも有効である。

d. タスク/アンビエント照明

研究室と事務室部分には、本方式が全面的に採用さ

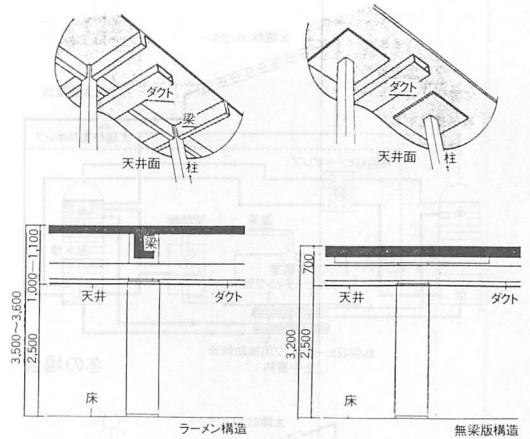


図-9 無梁版構造

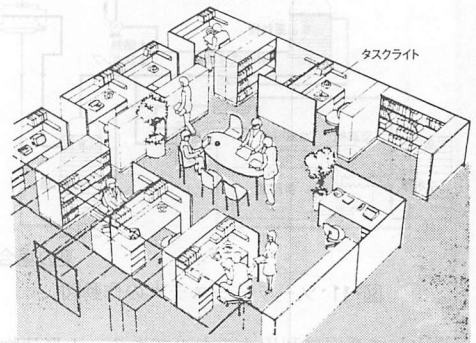


図-10 タスク/アンビエント照明

れている。まずタスク照明とは、作業面を局部的に照明することで、アンビエント照明とは、作業面以外をほんのりと照明して、省エネを計りながら目のつかれをなくす方法である。この両者を組合せることによって、室全体を均一に照明する方式に比して、照明用設備電力容量は30%程度減少する。さらに残業時等には、作業者の机のみ照明し、昼間でも離席時にタスク照明を消灯する習慣がつけば、照明で50%近い大巾な省エネが達成できる。

e. ソーラーシステム

太陽熱で冷暖房することは、もはやそれほど目新しくなくなりつつある。この建物では、この一般化されつつあるソーラーシステムに、太陽電池、土中蓄熱、温度成層型蓄熱槽等を組んでいる。

太陽電池は、太陽熱コレクターへ水を循環させるポンプ駆動用に使われ、バッテリーを介さず直接直流で駆動している。

土中蓄熱は、太陽熱コレクターによる秋期の余剰集熱分を、一時的に建物下部の土中に蓄熱し、厳冬期に

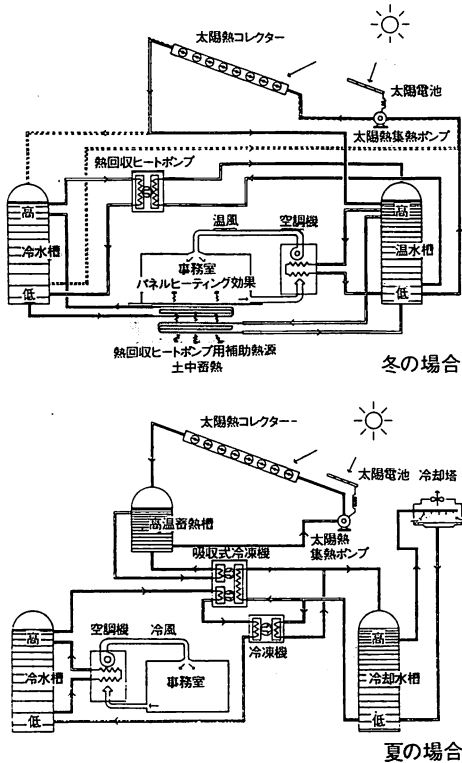


図-11 ソーラーシステムの作動図

とり出して暖房に利用するものである。大形建物に採用するに当たっては、種々検討を要し、広く普及するには至っていないが、今後寒冷地での利用が期待されている。

また蓄熱槽としては、建物内に組込まれた水深13mの温度成層型を採用しており、効率の良い運用を可能としている。

f. コンピュータによる最適化予測制御

第3章で前述した98の省エネ手法のうち、かなりの項目は、その時々気象条件や建物の使用状況に応じて、適切に運用して初めてその効果が十分に発揮できる。そしてこれらの多くの手法は、相互に密接なそして複雑な関係を持っており、人力によって迅速かつ正確に追従することは不可能である。そこでこの建物では小型コンピュータを使用し、状況に応じて最も省エネルギーとなるような運転制御を行っている。

コンピュータシステムの特徴としては、コストダウンと、省エネソフトに対する変更が簡単のように考え、マイコン分散構成に量産型パソコンを接続している。よって設計者あるいは運転管理者は、BASIC言語によって、省エネ運転方式の性能改善が容易に可能となった。

5. 超省エネビルの経済性

一般的用途の建物について、経済性を無視して省エネを計ってみても無意味である。そこでこの超省エネビルの経済性について、二つの見地から分析してみた。

a. 償却年数

建物の建設費は、省エネ化することによって、一般には増加することが多い。その増分を毎年の光熱費節約分でうめ合せた場合、何年で帳尻が合うかというのが償却年数(Payback Period)である。

図-12は、この償却年数を各省エネ段階毎に求めることが出来る線図で、熱経済性ベクトル図と呼んでいる。この図において、横軸にイニシャルコスト、縦軸にランニングコストを表示し、原点には同規模の標準(省エネ化していない)ビルを想定する。各省エネルギー手法を採用したときの建築工事・設備工事両者にわたる、イニシャルコストの増減とその省エネルギー量を算出して、ベクトル表示している。各手法の効果は、互いに影響し合うので順次積み重ねて算定する。この解析によって、各省エネ手法の経済性が総合的に判定できるとともに、計画の要求水準に合致したところで、採用手法の足切りも可能となる。この超省エネビルの場合には、図-12のベクトル列の右下端までの省エネ手法を採用しており、償却年数は8.7年と予測している。

b. ライフサイクルコスト

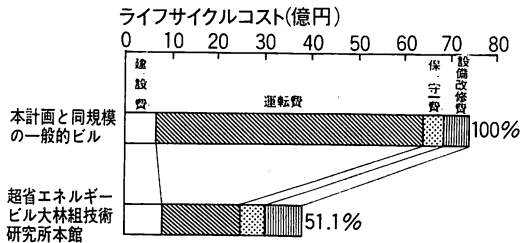
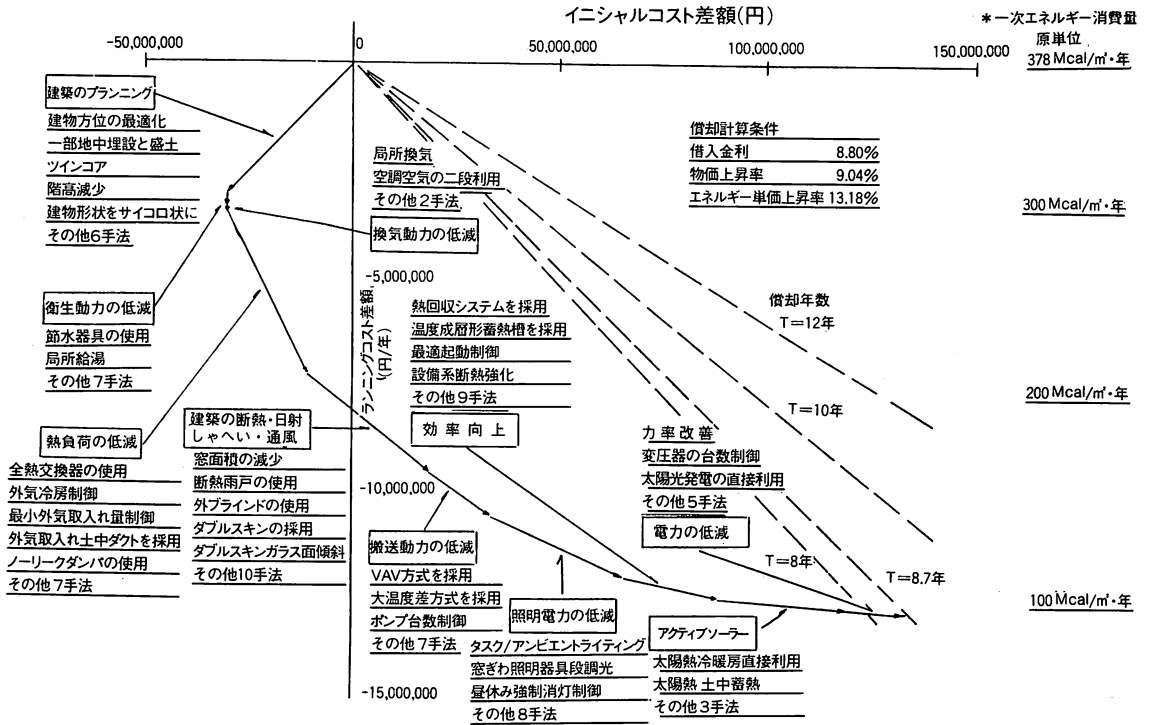
建物の寿命は、コンクリート躯体は65年、設備は16年程度とされている。前述の償却年数は、あくまでも赤字とならない為の判断基準である。しかし建物や設備は、一般に得られた償却年数よりもっと長寿命であるから、長い期間を通じての経済性を検討する必要がある。その為にライフサイクルコストという考えが次第に導入されつつある。

このコストを厳密に算出する手法は、未だ公式に認められたものがない。そこで極めて近似的ではあるが、大略をつかむ算法によって計算した結果を図-13に示す。この結果から、省エネ建築は、長い目で見て極めて大きな利益をもたらすことが判明する。

以上二つの手法による解析から、このような超省エネビルは、単に実験的なものではなく、町中に一般に建ててもおかしくないと考えている。

6. おわりに

省エネルギー建物は、竣工後数年運転して、始めて



その省エネ性が立証される。ここで紹介した超省エネルギービルは、原稿が切時点で丁度竣工後1年を経過したことになる。計測データの詳細な分析は現在進行中であるが、大略当初予想値の90%ぐらいで運転したことが判明している。別の機会があれば、追って分析結果を発表したいと考えている。

以上

国際シンポ案内

水素エネルギーシステム研究発表会及び
水素エネルギー国際シンポジウムのご案内

〔日 時〕：1983年 9月

5日(月)：研究発表会(原著20件,
総合講演5件)

6日(火)：シンポジウム(アメリカ,
カナダ, フランス,
オーストリー, 西ドイツ,
日本の概況)

〔場 所〕：東京・港区・三田, 笹川記念会館

〔主 催〕：水素エネルギーシステム研究会
(会長 太田 時男)

〔問合せ先〕：東京・世田谷・玉堤, 武蔵工大機械
工学科内

水素エネルギーシステム研究会

03-703-3111 内309