

超省エネルギービル（大林相技術研究所本館） における室内環境調査（その2）

—冬季における測定とアンケート調査—

田中辰明 岡 建雄
渡辺真知子

Comfortableness in the Super Energy Conservation Building (Main Building of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute) (Part 2)

—Survey by Measurements and Questionnaire During Winter—

Tatsuaki Tanaka Tatsuo Oka
Machiko Watanabe

Abstract

The Super Energy Conservation Building aims to provide comfortableness in living spaces through cooling and heating all year round with energy consumption of 98 Mcal/m²yr which corresponds to a quarter of the consumption in a conventional office building. The room environment was verified to be good by the results of measurements in which room air temperatures were between 21 and 22°C during the winter, and temperature drops after air-conditioning stoppages were less than 2°C due to good insulation and airtightness. The air in the room was changed 0.061 times an hour according to measurements of CO₂ density. All densities of CO₂, CO and dust in living spaces were under limits set in Japanese codes, which shows that the air quality was also kept good in this building. The results of a questionnaire of the occupants during the winter show that favorable comments were received concerning the room environment such as room air temperature, humidity and illumination.

概 要

本報告は、室内温湿度やCO₂濃度等の測定を行ない省エネルギー化と共に室内環境が十分高い水準に保持されていることを確認しようとしたものである。冬季の室温は21~22°Cに保たれ、湿度は40%である。熱損失の少ない建物であるために空調停止後の室温降下は2°Cと小さい。又自然換気回数をCO₂濃度減衰法で測定したところ、0.061回/hとなり本建物の気密性の高いことが確認された。昭和58年3月の測定では、室内のCO₂、粉じん、CO濃度はいずれも基準を下回り、十分良好な室内空気となっていた。アンケート結果では、室内温湿度、明るさ等総合的な室内環境は十分良好に保たれていると結論できる。

1. はじめに

昭和57年4月に竣工して以来1年を経過した超省エネルギービルにおける冬季室内環境の実態を測定したものである。エネルギー消費量は、当初予測値である1次エネルギー換算で98 Mcal/m²年を下回り、86.7 Kcal/m²年という計測値を得ることができた。本報告では室内環境についても当初の計画通り、充分良好に保たれていることを確認しようとしたものである。一方、測定に併行してアンケート調査を行ない、物理的計測では捉えきれない環境を定量的に補足した。



写真一 研究室階 (2F, 3F)

2. 測定結果

2.1. 室内温湿度

本建物には約500のセンサー*1)が設置されており、中央管制による制御と研究計測*2)が行なわれている。測定は昭和58年2月16日から1週間行なった。図-1, 2は、冬季の代表日における室内各部の温度変動を示したものである。室内の設定室温は20℃であるが、実際には21~22℃と設定室温より2℃程高い値になっている。空調停止後は3Fを除いて19~20℃に降下する。3F室温の温度降下が大きいのは3F天井面からの熱損失によるものと考えられる。

図-3は空調時間帯における年間の室温頻度分布を示したもので、夏季、冬季共に快適環境の中に収まっている。冬季室温は平均18℃~23℃程度である。各階で室温分布を測定するといずれも均一な分布状態が得られているものの、B1Fから3Fまでの階ごとの室温の相違は比較的大きかった。これは供給風量のバランスや空調制御が各階の熱負荷の相違に充分追従していないためと考えられる。又B1Fは夏涼しく、冬暖かいといった特有の傾向が見られた。これは土の熱容量の影響であると考えられる。

非空調時における室温変動は、外気の日較差が14℃の場合、室内空気温の日較差は2℃程度と変動幅が小さい。又躯体の温度はB1Fが21.5℃、3Fが19℃であり、空調時、非空調時にかかわらずほとんど温度は変化していない。このことから、本建物は外界条件に影響される割合が小さく、断熱性・気密性等の建物の熱性能が高いと推定された。

図-4に2Fの中央垂直温度分布を示す。室内空気の上下温度差は2℃程度である。

2Fの相対湿度は40%に維持されており、温湿度共に室内環境を十分良好に保っていると考えられる。

2.2. 換気回数と室内環境

ボンベからCO₂を室内に放出し、CO₂濃度*3)が一様になった時点からCO₂濃度を連続記録し、その濃度減衰法により非空調時の自然換気回数を次式により求めた。すなわち、室のCO₂濃度をC_r、外気の濃度をC₀、C₁を計測開始時の初期濃度とすれば、

$$C_r = C_0 + (C_1 - C_0)e^{-nt} \quad \dots\dots(1)$$

である。すき間風量は換気回数nとして

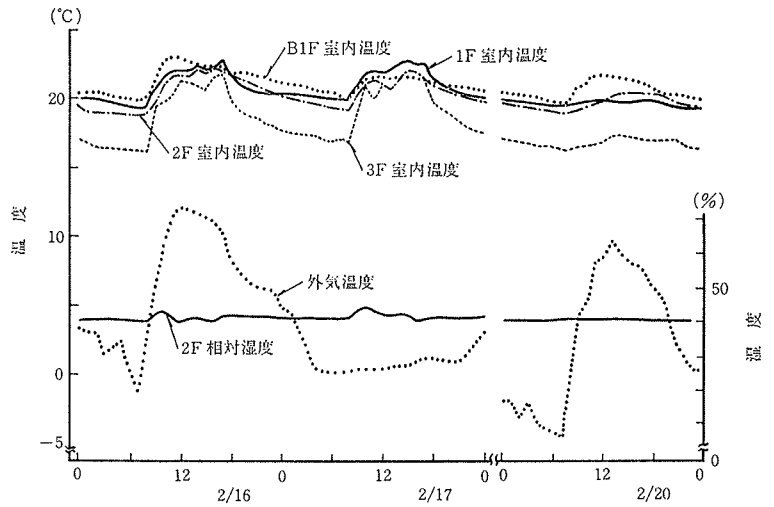


図-1 各室の室温変動

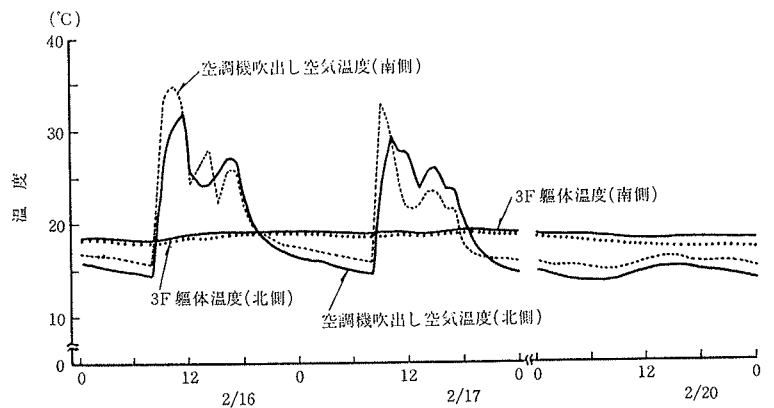


図-2 空調機吹出空気温度及び躯体温度

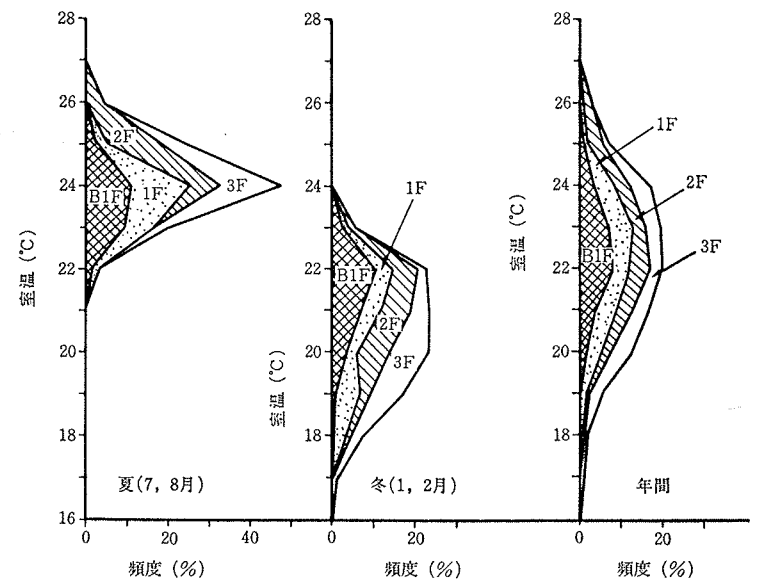


図-3 年間の室温頻度分布

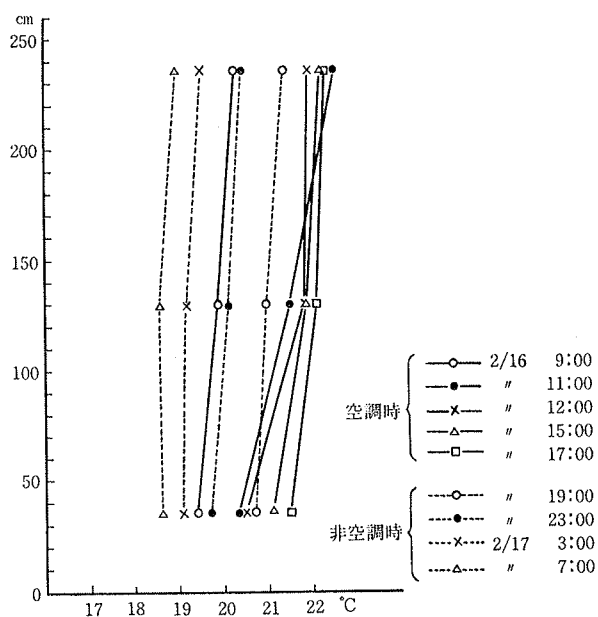


図-4 室内垂直温度分布

$$n = -\frac{2.3}{t} \log \frac{C_r - C_0}{C_1 - C_0} \dots\dots(2)$$

と示される。換気回数を測定したところ0.06回/h程度となり、本建物の気密性が非常に高いことが確認された。一般の事務所ビルでは0.5回/h⁴⁾である。測定は23時から5時まで6時間行ない、ちなみにその間の平均外部風速は0~0.5 m/sであった。

図-5は冬季における研究室や会議室、事務室等の室内空気(CO₂*⁴⁾及びCO濃度*⁵⁾、粉じん濃度*⁶⁾の測定結果である。いずれの濃度も基準値より低くなっており、室内空気は清浄であることが示されている。CO濃度は基準値の5分の1以下であり、CO₂や粉じん濃度は基準値を20%から40%下回っている。本建物の外気導入量は還ダクト内のCO₂濃度で制御されており、設定濃度は当初1000 ppmにしていたが、その後600 ppmに変更した。設定変更後の還ダクトのCO₂濃度は600 ppm、粉じん濃度は0.08 mmg/m³程度に収まっている。しかしながら各室の汚染濃度は、室の使い方や在席者数の片よりによってばらつきが生じるために、平均値で制御するには限界があり、今後の制御システム上の大きな課題となる。

2.3. 室内表面温度

2.3.1. サーモフロ-計による測定 室内各部の表面温度をサーモフロ-計*⁷⁾と呼ばれる放射量計により1日4回、3FからB1Fまで移動しながら測定を行なった。

図-6は外気温と室内各部の表面温度の相関を示したものである。本建物の北側窓ガラスはペアガラスで、カタログによる熱貫流率は1.67 Kcal/m²h°C、また外壁は40 mm厚の発泡スチレン板で内断熱されている。従って

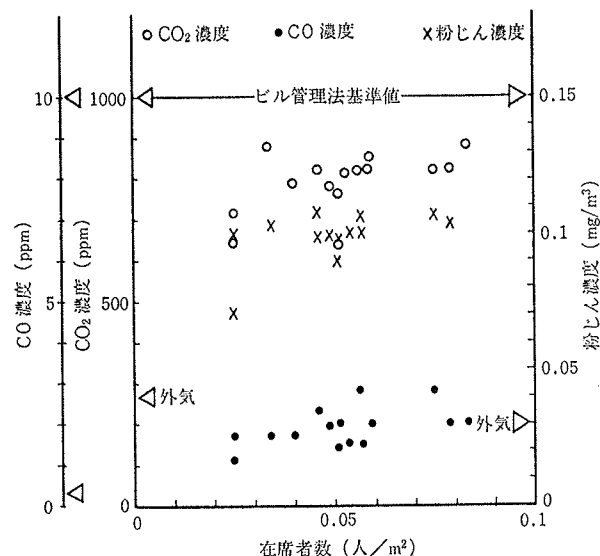


図-5 CO₂及びCO濃度と粉じん濃度(昭和58年3月)

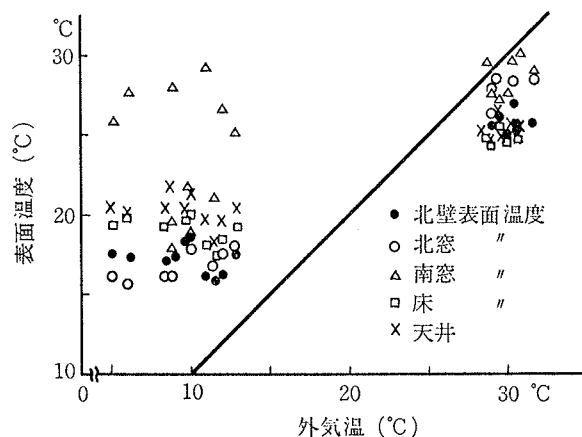


図-6 表面温度と外気温との相関

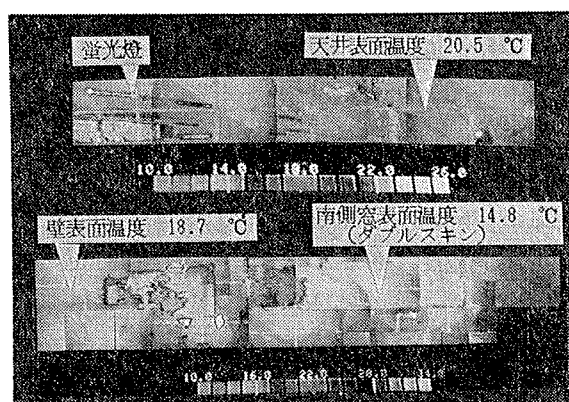


写真-2 室内の熱写真(昭和58年2月17日)

一般建物に比べて室温に近い内表面温度に保たれ、作用温度の点からも快適な温熱環境になるように計画されている。北側のガラス窓や外壁の内表面が16°Cから18°Cと比較的低いが、床、天井の表面温度は18°Cから21°Cの範囲にあり、天井の方が床より1°C程度高い。南側の窓はダブルスキンであるから25°Cから30°Cと高温である。

このように室内表面温度は高く保れており、ドラフト防止、冷輻射防止に大きな効果を上げていると考えられる。

2.3.2. サーマカメラによる測定

赤外線映像によるサーモカメラ*8)によって映し出された本館の外観及び室内の熱映像をビデオに収録し、各部表面の温度や熱のリークを可視化した。本来の熱映像は温度が色別に写し出されるが、写真-2に研究室の熱写真をモノクロームで示す。測定時は雪が降っているという気象条件のために、日射の影響が少なく、内外の温度差は20℃に達している。

このような気象条件でも室内の温度分布は均一で、天井、床の表面温度差は1℃以内である。外気に接する外壁や窓ガラスはある程度低温となっているが、室温との差は4℃から6℃である。サッシや排煙窓の温度降下も小さく、本建物の熱リークは非常に少ないことが確認された。

2.4. 2次側熱負荷

本建物で測定されている2次側熱負荷と外気温の相関を図-7に示す。2次側熱負荷は空調機及びFCUに送られる冷温水熱量である。床面積当りの2次側熱負荷は、通常の事務所ビルに比べると4分の1から5分の1になっており、本建物の高い断熱性と気密性が窺える。月別の熱負荷では7月に比べて8月の熱負荷が大きい。また1月より3月の熱負荷が大きい等、本建物では全体の熱負荷が小さいために、長期的蓄熱負荷が2次側熱負荷に影響している割合が大きいと考えられる。また外気温が12℃から17℃にある場合は熱源機器の運転が不要で、外気冷房によって室温が良好に保たれている。このように2次側熱負荷の測定値から、本建物は極力外界気象条件の影響を受けないように設計されており、建物自体の熱性能が良好であると共に、中間期は外気冷房を行なう等自然エネルギーを有効に利用していることが実証された。

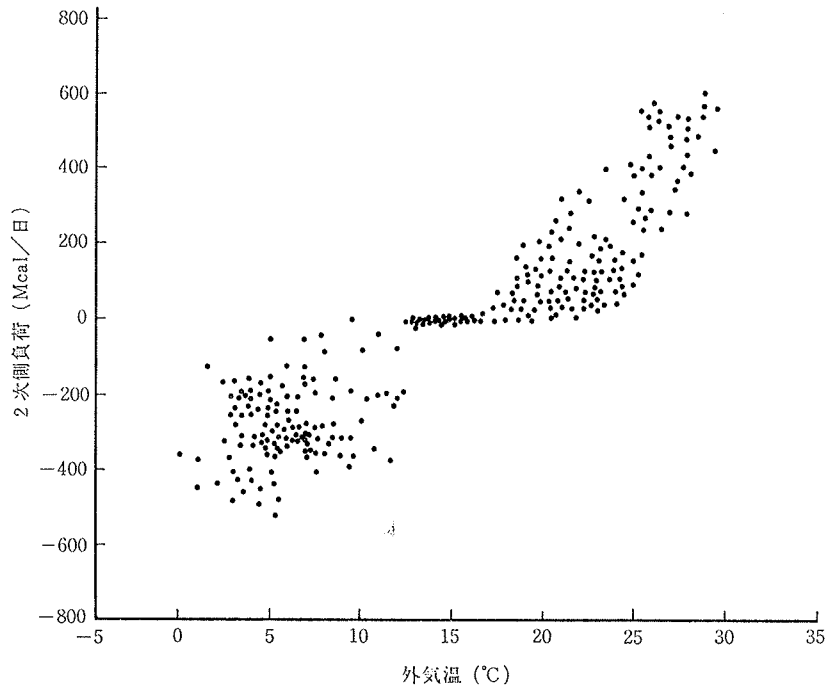


図-7 2次側熱負荷と外気温の相関

調査項目	調査結果	
室内の気度調節	良好(58%)	悪い(38%) (2%)
冬季の室温状態	良好(47%)	寒い(53%)
室内の上下温度差	気にならない(62%)	気になる(38%)
室内の湿度調節	良好(52%)	悪い(17%) どちらとも言えない(29%)
室内の気流状態	気にならない(70%)	気になる(20%) (7%)
パーティションによる仕事のし易さ	しやすい(48%)	しにくい(6%) どちらとも言えない(25%) 無回答(18%)
カーベットの使用(温冷感)	暖かく感じる(85%) 冷たく感じる(11%)	
室内の明るさ	満足(45%)	不満足(34%) どちらとも言えない(21%)
室内の配色	満足(59%)	不満足(10%) どちらとも言えない(29%)
一人当りの執務スペース	満足(62%)	不満足(14%) (20%)
一人当りの収納スペース	満足(39%)	不満足(47%) (9%)
ブラインドの使用	満足(18%)	不満足(10%) どちらとも言えない(67%)

////// どちらとも言えない XXXX 無回答

図-8 冬季アンケート調査結果

3. アンケート調査

昭和57年8月上旬に行なわれた夏季のアンケート調査では、室内環境に関してはほとんどの人から良好あるいは満足であるという回答が得られた*9)。

冬季のアンケートでは、居住性について調査すると共

に机上の照度やパーティション等については使用を開始し、時が経つと共に利用者がどのような考え方、感じ方を持つものかの調査を行なった。

アンケート調査は、厳寒時の2月7日～2月16日に本館に在席している147名を対象とした。各階の在席者は

B1F 6名, 1F 19名, 2F 72名, 3F 50名で内訳は男性116名, 女性31名である。

室内の温湿度に関しては, 半数の人が良好であると回答している。冬季の室温状態が寒いと回答している人が53%に達しているが, これは1日のある時刻に室温が18℃まで下った日が数日続いたことを指したものである。室内の温度分布は測定結果からも明らかなように, ほぼ均一な状態に保たれておりアンケートの回答からも良好であるとされた。まだダクトやファンコイルユニットからの気流, ドアや窓からのすき間風, ドラフトに関しては不満は少なく, 良好な室内環境にあると言える。机の周囲に設けられたパーティションによる仕事のしやすさに対しては前回に比べて仕事がしやすくなったと答えた人が10%増えた。

事務室にはカーペットを敷いており, 靴音がしなくなる, 保温効果があるといった面から居住者の満足度は高くなっている。その他に関しては図-8に示すごとくいずれも満足であるとの回答が多かった。

4. 結論

本報告を要約すると,

(1) 冬季の空調時における室内設定温度は20℃であるが, 測定された室温は平均21℃から22℃である。空調後の温度変動はなだらかに降下しているものの, 3F室温の温度降下だけは他に比べて大きい。これは3F天井面からの熱損失のためであると考えられた。相対湿度は40%で空調時, 非空調時にかかわらず概ね一定であった。

(2) 外気温が0℃の場合でも外気に接する外壁や窓ガラスの内表面温度は16℃から18℃に保たれている。天井は床に比べて1℃程度高温であり冷放射やドラフトはないと言える。

(3) 2Fの自然換気回数をCO₂濃度減衰法で測定したところ, 0.061回/hとなり, 建物全体に高い気密性が保たれていることが示された。

(4) 室内空気のCO₂, CO, 粉じん濃度はいずれも基準値を下回り, 清浄な空気である。

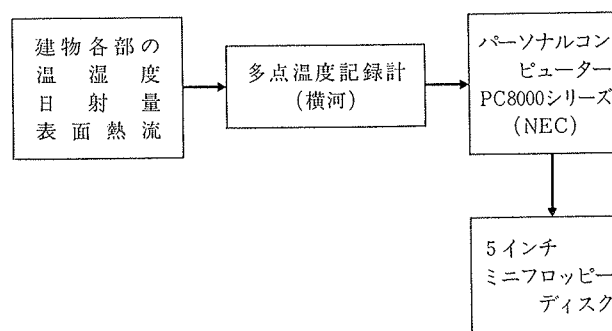
(5) アンケート調査によると室内の温湿度, 明るさ等総合的な室内環境は十分良好に保たれていると結論できる。

参考文献

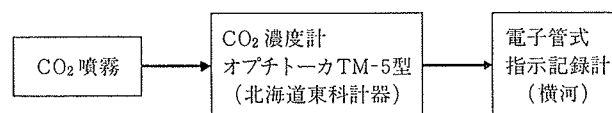
- 1) 田中, 岡, 渡辺: 超省エネルギービル(大林組技術研究所本館)における室内環境調査(その1), 大林組技術研究所報, No. 27, (1983), pp. 1~5
- 2) 酒井, 他: 省エネルギー化を計った建物に関する研究 その1~9, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和57.10), pp. 801~807, (昭和58.9), pp. 895~897, 669~671, 277~279
- 3) 酒井, 他: 省エネルギー化を計った設備システムに関する研究 その1, 空気調和・衛生工学会講演論文集, (昭和57年), pp. 385~388
- 4) 井上宇市: 空気調和ハンドブック, 丸善, (昭和42), p. 60

注

- *1) 主にCC熱電対0.6mm
- *2)



*3)



- *4) KANAMAX モデル2311
- *5) KANAMAX モデル5300
- *6) ガスティック CM-2510
- *7) リニア社製, LINEARFLOW 放射計
- *8) 日本アビオニクス, 赤外線映像装置
- *9) 参考文献1)