

# 日射熱に対する建物の外部しゃへいに関する実測研究

田中 辰明

## 概 要

最近の建物では、外壁でガラス窓の占める割合が大きくなり、日射熱が室内環境に及ぼす影響が大きくなっている。熱線吸収ガラスを外に置き「ダブルスキン」として日射熱しゃへいを行なった、住友商事神田ビル、梁や柱を外へ出し同じくしゃへい行なった電通本社ビルの実測例について報告を行なう。

## 1. はじめに

最近多く建つようになった高層建築では、建物の軽量化により外周部の熱容量が減り、外気温や日射が敏感に室温に影響を及ぼすようになってきている。一方近代建築の特徴として、外壁でガラス窓面積の占める割合はますます大きなものになってきており、より良い空気調和を行なう上でも、日射熱をいかに処理するかということが問題となっている。当社で設備施工を行なった主なビルに関しては、竣工後運転状態や、室内環境を実測し、設計条件と実際の場合においてはどのような相違があるかに重点をおいて一連の実験研究を行なっている。このうちより今回は日射熱をうまく処理し、熱負荷軽減が計られた住友商事神田ビルと、電通本社ビルの実測結果について報告を行なう。

## 2. 住友商事神田ビルの実測について

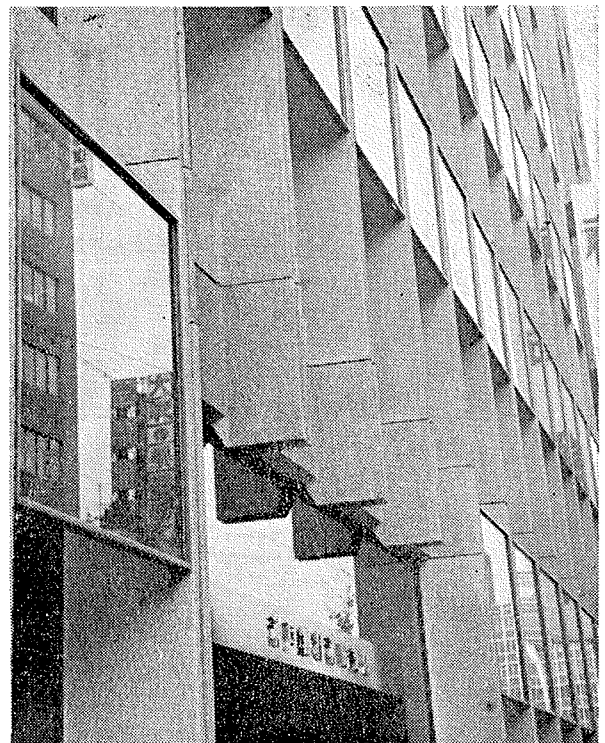
### 2.1. ダブルスキンについて

外壁に大きな開口をとりながら日射熱を処理する方法として、建築設計側からも、昔から、庇、ルーバー、ブラインド、ガラス自体に加工を施したガラスブロックや熱線吸収ガラスの使用が提案されてきた。住友商事神田ビル（図一）は日射熱処理の方法として「ダ



図一 住友商事神田ビル

ブルスキン」の採用されたビルである。「ダブルスキン」とは図一2にみられるように工場生産によるプレキャストコンクリートの外装材「ショックベトン」の外壁には普通透明ガラスを入れ、その外にある距離をおいて熱線吸収ガラス「8mm グレーペーン」を置き、ガラス窓を透過する日射量を減少させ、日射熱を吸収して高温になった熱線吸収ガラスは外気により自然に冷却され、室内熱取得となる量はきわめて少ないというアイデアである。住友商事ビルの実測よりダブルスキンの効果について報告を行なう。



図一2 住友商事ビル ダブルスキン

### 2.2. 測定方法

ダブルスキン内側の透明ガラス、外側熱線吸収ガラスの各内側表面温度、外気温、室温をそれぞれ銅コンスタントンの熱電対を用い、電子管式指示記録計によ

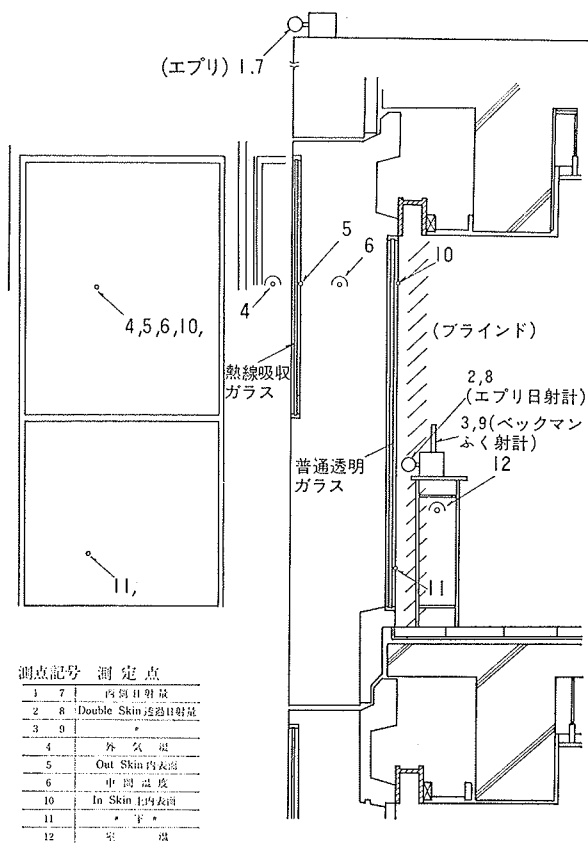


図-3 ダブルスキンの各温度測定点

り測定した。ガラス表面温度はサーモカップルシートを用い実測が行なわれた。ダブルスキンの各温度測定点を図-3に示す。このうち10番は外側の熱線吸収ガラスを透過した日射が内側の透明ガラスに当たっている内表面温度で、11番は直接日射が当たっている透明ガラスの内表面温度である。同ビル屋上でエプリ日射計を西側に向け垂直に設置し西側垂直面日射量を測定した。一方西側のダブルスキンを透過する日射量も同じくエプリ日射計を用い測定した。同日射計は長波長の低温ふく射を感じないので、ブラインドからの再ふく射も含めてダブルスキン、ブラインドの透過日射量を測るのはベックマンふく射計を用いて測定した。

### 2.3. 日射量について

測定したデータのうち、昭和42年8月8日、8月9日の時刻変化の西側垂直面日射量とダブルスキン透過日射量、ダブルスキン各部温度を図-4、図-5に示す。これらの図には計算により求めた太陽高度、太陽方位角、西壁面への直達日射入射角も併示した。ダブルスキンを透過した日射量は大巾に減少し、外側の熱線吸収ガラスを透過した日射が当たっている内側透明ガラスの内表面は温度上昇もさほどでなく、ダブルスキ

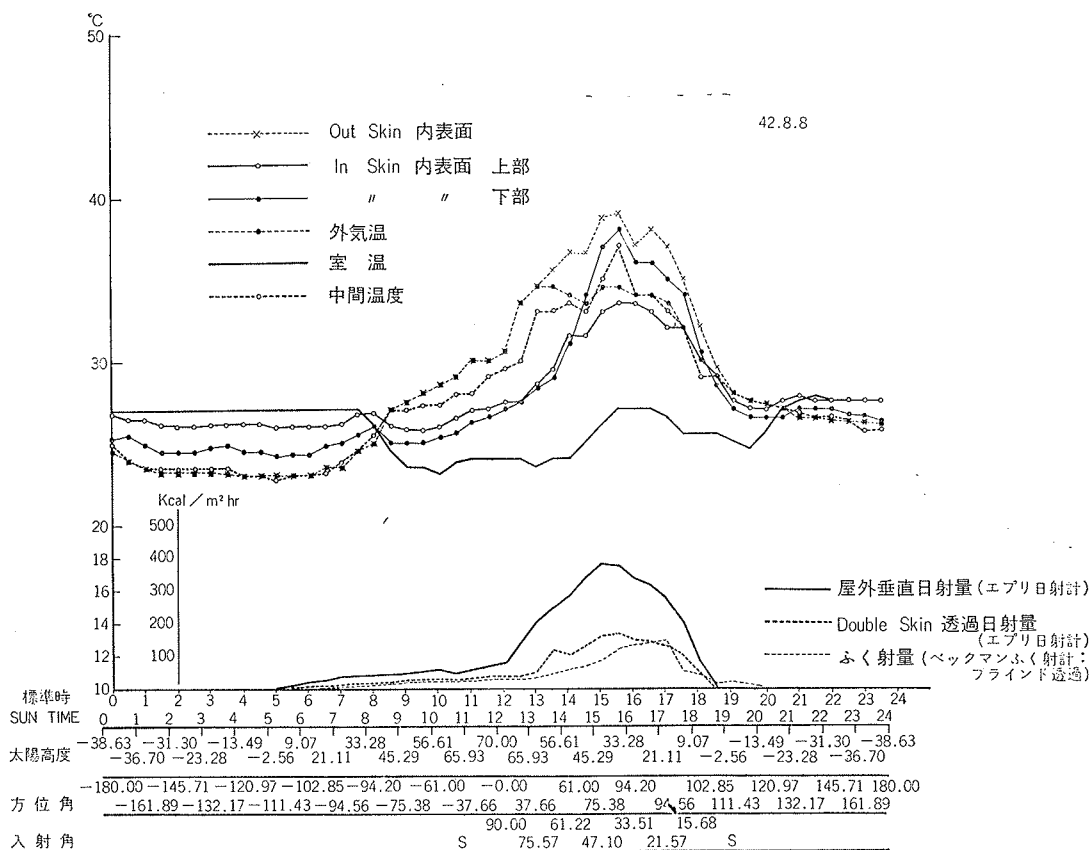
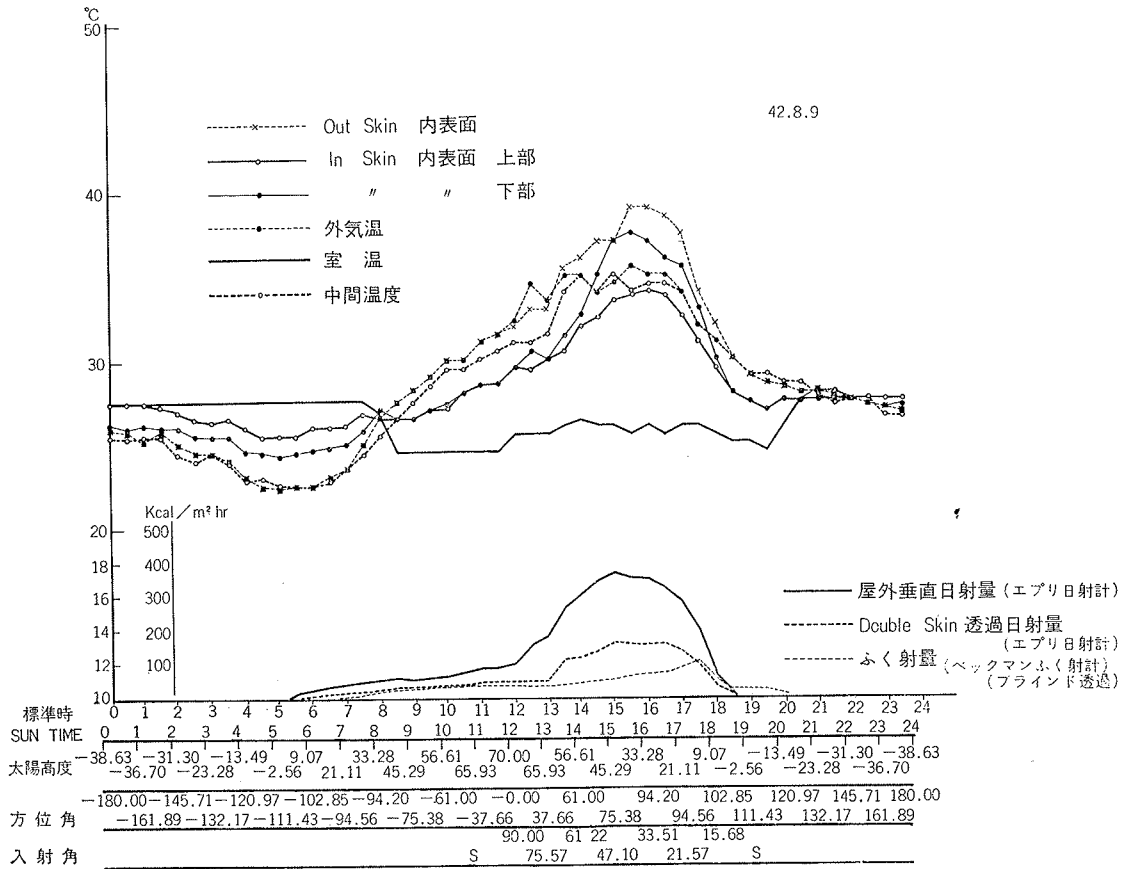


図-4 8月8日 各部温度、日射量

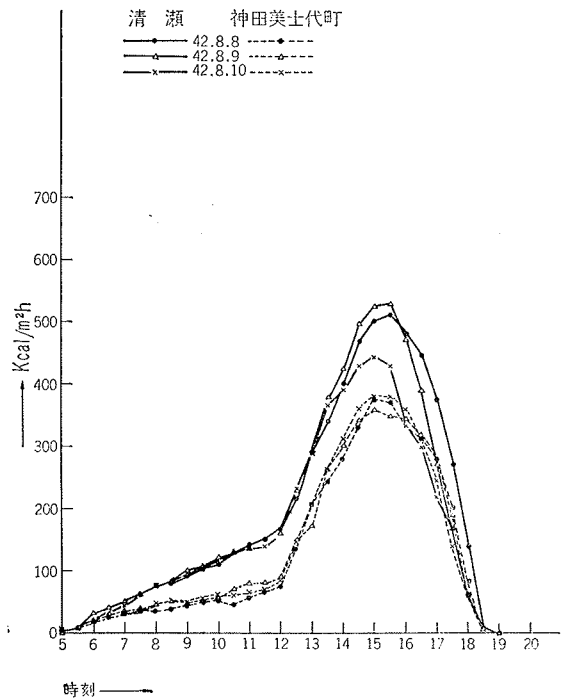


図一5 8月9日 各部温度，日射量

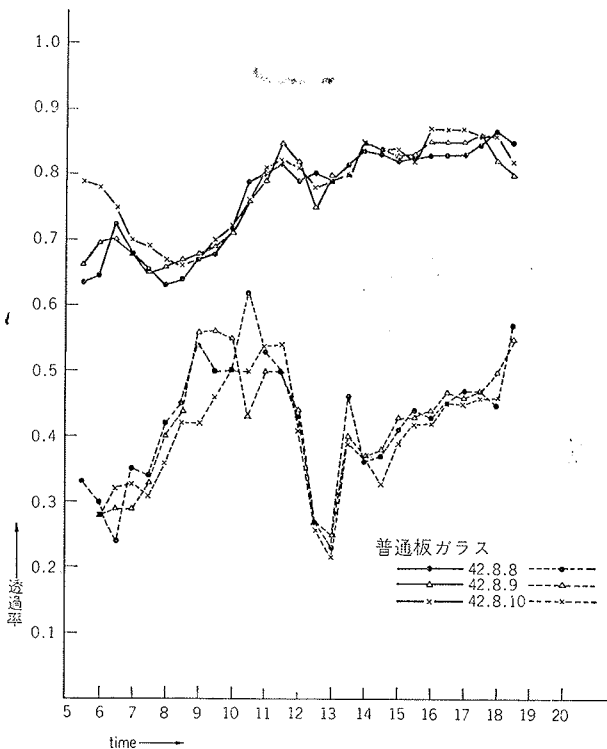
ンが透過日射量を減少させる効果が大いことを示している。ブラインドを透過する日射量を測定したベックマンふく射計とダブルスキン透過の日射量を測定したエプリ日射計でピークにずれがあるのは、ベックマンふく射計がショックベトン壁出隅部からの再ふく射をも感じ、出隅部が温まるまでに時間遅れがあるためと考えられる。

図一6に神田と東京都清瀬町の西側日射量の比較を示す。日射量の測定は全く同じ日に行なわれており、この図からもスモッグの少ない夏においてさえも都心の空気がいかに汚染され大気透過率を低いものになっているかがわかる。

図一7にダブルスキンならびに普通透明ガラスの全日射量透過率比較を示す。ダブルスキンの日射量透過率とは室内でダブルスキン透過後の日射量を測定しているエプリ日射計の値と屋上での測定値の比である。普通透明ガラスの透過率とは当社技術研究所の回転式空調実験室を西側に向け、前面の透明ガラスを透過してくる日射量と屋外の西側日射量の記録から同様にして求めたものである。ガラスの日射透過率は直達日射の入射角と相関々係があり、時刻とは直接関係がない。したがってこの図でも天空ふく射と地表面からの照り



図一6 神田と清瀬の西側日射量の比較

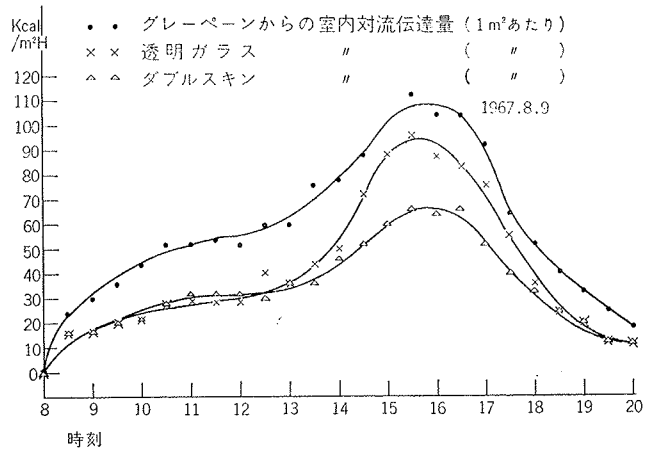


図一七 全日射量透過率比較

返しのみを感じている午前中と、直達日射も感じている午後では別の動きを示している。13時にダブルスキンの透過率が低下しているのは外壁のショックベトン出隅部の陰が、室内のエプリ日射計受感部に落ちているためである。西側の日射量測定であるため、午前中は散乱光である天空ふく射を測定しているの比較しにくい、直達日射が加わり、全日射量が増してくる午後ではダブルスキンの日射透過率が低くなっていることがこの図より明らかである。

2.4. ガラスからの伝達熱量の比較

日射量の測定によって、ダブルスキンの日射透過率の低いことがわかった。直接外壁に熱線吸収ガラスだけを入れたような建物でも、このようにして測定した日射透過率は低いものになる。しかしこのようなダブルスキンでない建物では透過日射量が減少しても、日射熱を吸収した熱線吸収ガラスの温度が上昇し、再び対流、ふく射により室内に放熱するので熱負荷軽減にもならず、窓際の人にとっては不快である。最近の事務所では上席の方が多く窓を背にして席を構えており、こういう方してみれば体の前方は空調の冷風で冷やさされ、背中ではふく射熱で暑くなり、これらの不快感で苦情をいただくのも当然であろう。しかしダブルスキン構造の外壁では、透過日射量が減った上、内側のガラス表面温度も上昇しないので、熱伝達により入ってくる熱量も少くきわめて快適である。図一八に8月9日の外側熱線吸収ガラス、熱線吸収ガラスによって隠

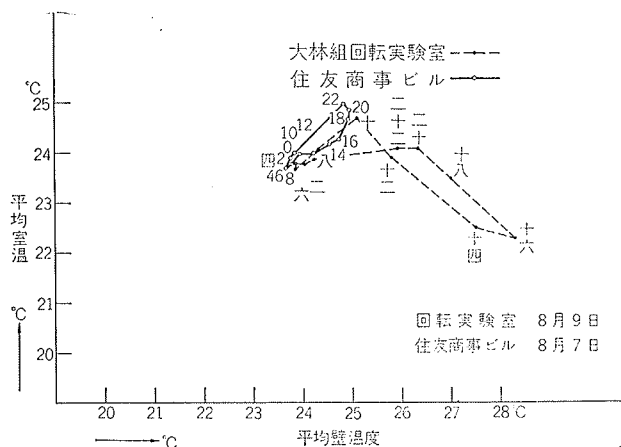


図一八 室内への対流熱伝達量

されている部分の透明ガラス、隠されていないガラス、それぞれの1㎡から室内への対流熱伝達量を示した。これは各々のガラス内表面温度と室温の差に室内側対流熱伝達率8kcal/m²・h・°Cを乗じたものである。ここで室内側対流熱伝達率を8kcal/m²・h・°Cと仮定したのには問題のあるところであるが、これは回転式空調実験室の実験より求められたものである。図一八から熱線吸収ガラスのみを外壁に入れた建物では透過日射量が減少してもガラス自体が温まり、結局室内熱取得となることがわかる。透明ガラスだけの建物では、ガラス自体が温まって室内へ入る熱量は少ないが、透過日射量が多く、ダブルスキン構造の建物では共に少なく熱負荷軽減に大いに役立っていることがわかる。

2.5. ダブルスキンと室内の快適さについて

現在の空調設計では、室内の設計条件として室温、湿度に加えて、せいぜい気流分布等を定めているにすぎないが、同じ室温に保たれた部屋でも、夏季には周壁表面温度が高ければ、ふく射熱により暑く感じ、低ければ快適または涼しく感じるものである。ダブルスキン構造の建物では他の全面ガラスの建物に比べ、床や周壁表面温度が上昇しにくいものである。仮りにダ



図一九 平均壁表面温度と室温の変化

ブルスキンでない建物でガラスの内側にブラインドがある場合は、床や周壁表面温度の上昇は和らげられるがブラインド自体が温まり、室内へ放熱するので快適ではない。図一9に当社回転式空調実験室を西側に向け測定した平均壁表面温度と室温の変化の関係と、住友商事神田ビルの場合の比較を行なった。回転式空調実験室は全面透明ガラスの建物と想定できる。測定日は異なるが、日射量は同じような日で、16時頃全面ガラスの建物では周壁温度上昇が著しいのに対し、住友商事ビルでは顕著な上昇は認められない。

### 2.6. 測定を終って

住友商事ビルの実測を行なって、ダブルスキンに関して多くのすぐれた点がわかった。ダブルスキン構造にすることにより建築費が若干上っても熱負荷の軽減により、空調設備の設備費、運転費が安くなり、経済的見地からも有利になると確信できた。

## 3. 電通本社ビルの実測について

都内築地の電通本社ビル冷房負荷変動の実態を昭和43年8月1日から1週間カロリメーターを使って実測した。実際の建物でこのように冷房負荷が測定されたのは珍しいケースで、貴重な資料が得られた。

### 3.1. 建物の概要

電通本社ビル(図一10)は鉄骨鉄筋コンクリート造、地上15階地下3階、建築延面積 30,464m<sup>2</sup>である。空調方式はステップ各階ユニット方式で、一部はパッケージ空調器が用いられている。主要機器として冷凍機4台(ターボ冷凍機 340USRT 2台, 55USRT 1台, 吸収式冷凍機300USRT 1台), ボイラは 3,000kg/H 2台が設置されている。空調系統は3系統に分かれており、系統別面積を表一1に示す。



図一10 電通本社ビル

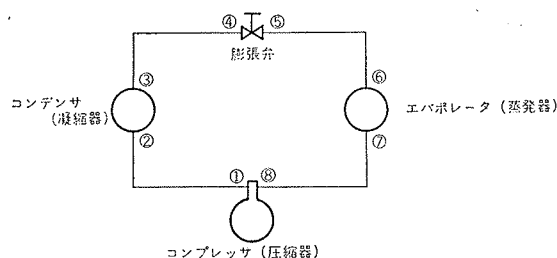
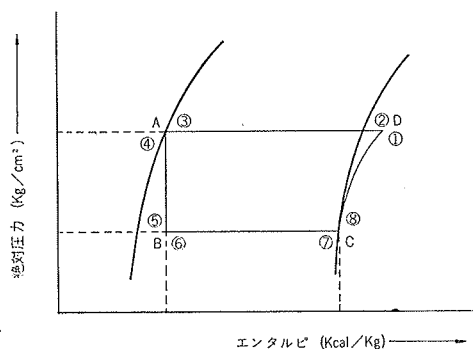
FLOOR	延面積 (m <sup>2</sup> )	空調面積 (中央式)(m <sup>2</sup> )	パッケージ空調面積 (m <sup>2</sup> )	電算機室面積 (中央式空調)(m <sup>2</sup> )	非空調面積 (m <sup>2</sup> )
15	744	—	138	—	606
14	726	—	361	—	365
13	1565	1151	—	—	414
12	"	1268	—	—	297
11~2	"	1347	—	—	218
1	596	439	—	—	157
B 1	3206	1352	—	369	1485
B 2	"	187	—	—	3019
B 3	"	—	292	—	2914

地上階系統	20846	16328	499	—	4019
地下階系統	9249	1539	292	—	7418
電算機室	369	369	—	—	—
総計	30464	18236	791	—	11437

表一1 電通本社ビル面積表

### 3.2. 冷凍機回りの測定

冷凍機がどのように働いているかを求めるには、冷凍サイクルの成績係数を求めるのが良い方法である。



図一11 モリエル線図

冷凍サイクルは図一11のモリエル線図で示され、成績係数 C.O.P. は次式で表わされる。

$$C.O.P. = \frac{(C \text{のエンタルピー}) - (B \text{のエンタルピー})}{(D \text{のエンタルピー}) - (C \text{のエンタルピー})}$$

これらは蒸発器、凝縮器出入口の温度と流量から熱量を算出して求めた。この結果を図一12、図一13に示す。成績係数は本機の場合計算によれば、100%負荷で4であるが、1号と2号を比べると、2号ターボ冷凍機の成績係数が低く、これは今後検討の要がある。ただし、冷水冷却水共に流量が非常に多いので、出入口温

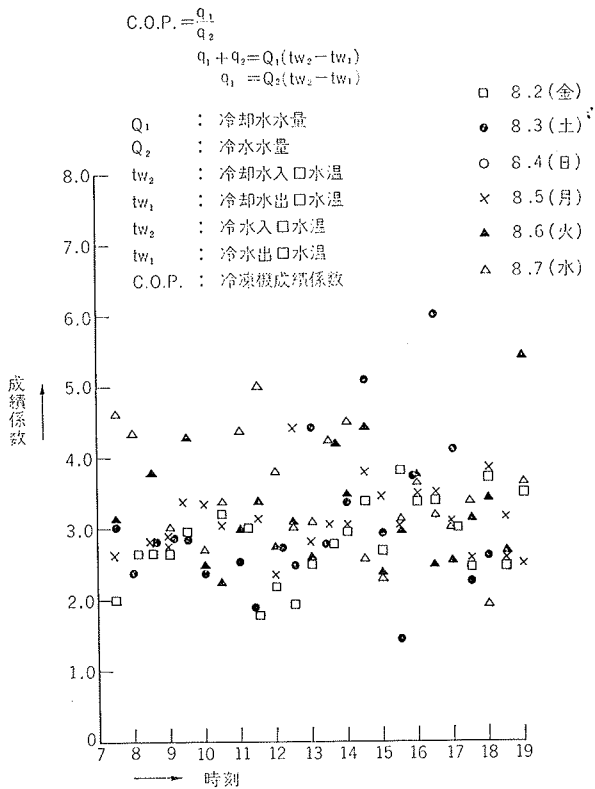


図-12 ターボ1号成績係数

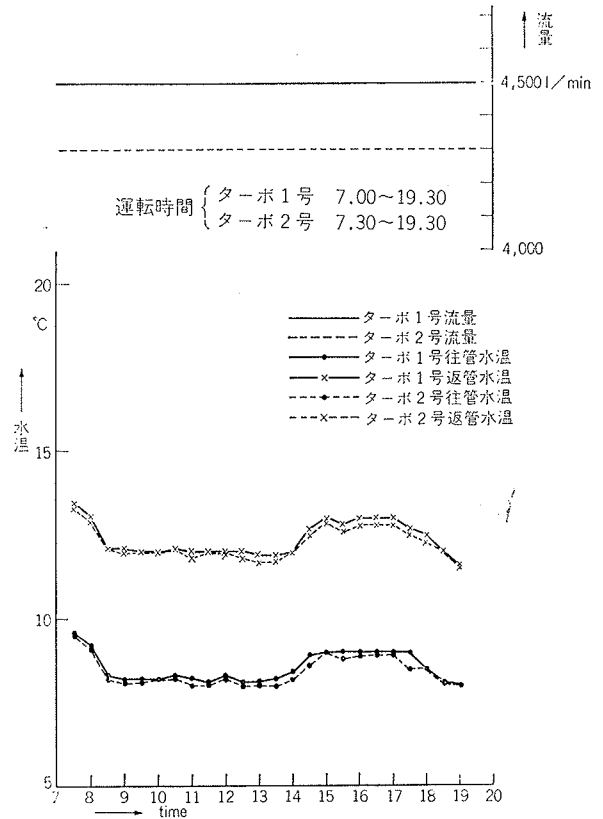


図-14 8月5日(月)各冷水温度と流量

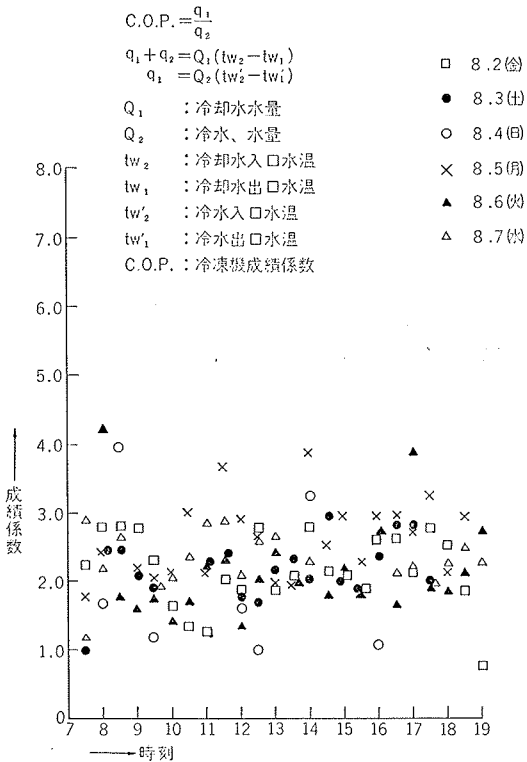


図-13 ターボ2号成績係数

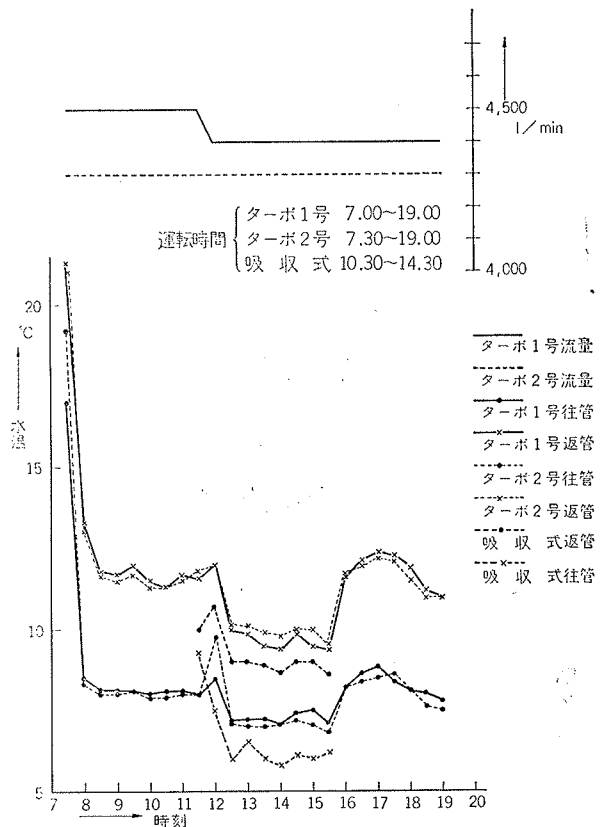


図-15 8月6日(火)各冷水温度と流量

度の少しの測定誤差が成績係数に大きな影響を及ぼしているともいえる。成績係数の計算の元になった、冷水入口出口温度、流量の測定結果から、8月5日6日

の記録を図-14、図-15に示す。8月5日はターボ冷凍機が2台しか運転されなかったが、図-14より冷却

熱量は1号で 1,080,000kcal/H (357USRT), 2号で 1,032,000kcal/H (342USRT)となり, 340USRT の冷凍機に対しては常に全負荷運転されていたことになる。ややオーバーロードぎみで稼動されていたといえる, 8月5日では蒸発器出口水温が, 設計では6℃に対し8℃にまで上昇している。一方8月6日のように吸収式冷凍機の運転が加わった時は冷水出口温度も下がっている。8月5日でも, 各室々温が満足された状態にあったのは, ポンプ, ファン, ダクト等他の機器に多少余裕があったからで, 本来なら冷凍機は3台の運転が望ましかったわけである。事実8月5日は各室で関係湿度の上昇が認められた。

### 3.3. 各系統の冷房負荷

冷房負荷の測定は地下3階機械室において, カレントロニックカロリーメータにより, 3系統別々に15分おきに直読により測定した。8月2日から7日までの各系統の負荷変動を図-16に示す。実測期間中は晴天

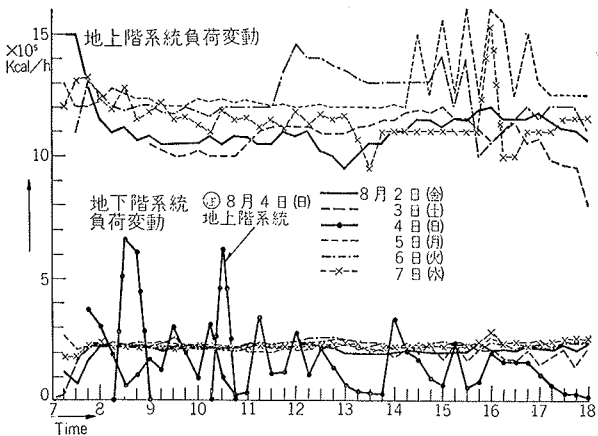


図-16 各系統の負荷変動

に恵まれ, ほぼ一週間日射量, 外気温ともに大体同じの典型的な東京の夏の気候であった。月曜, 火曜の負荷が金曜, 土曜の負荷に比べ大きくなっているのは, 日曜日には地上階系統がほとんど空調されていないので, その影響がでるからである。地下階系統, 電算機室系統(地下階にある)の負荷は, ほとんどが内部負荷であるため, 毎日ほぼ一定の負荷特性を示している。地下階系統, 電算機室系統とも約 200,000kcal/H (66 USRT) であり, 各時刻とも大体一定である。次に単位延面積当りの冷房負荷を図-17に示す。地上階系統は平均 60kcal/H・m<sup>2</sup>, 地下階系統は 25kcal/H・m<sup>2</sup>, 電算機室系統は図示してないが, 約 500kcal/H・m<sup>2</sup> になっている。単位空調面積当りの冷房負荷は地上階系統では平均約 75kcal/H・m<sup>2</sup> であり, これは一般の事務所建築のそれより, かなり小さくなっている。これ

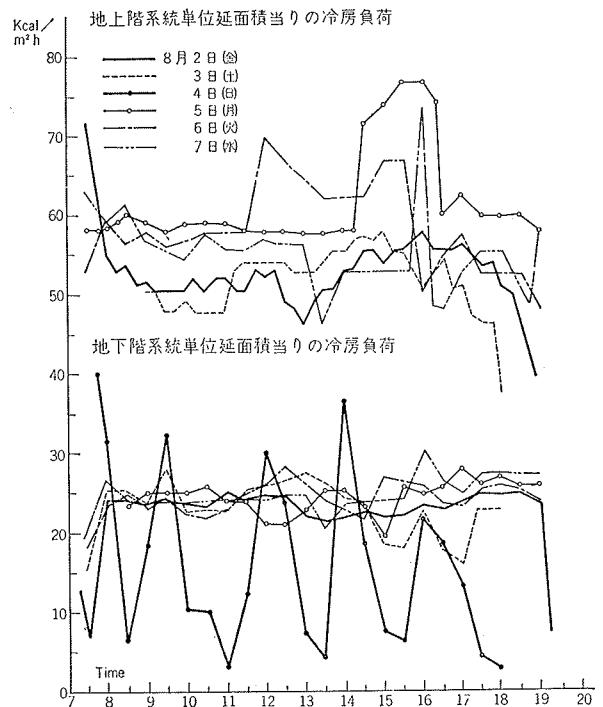


図-17 単位延面積当りの冷房負荷

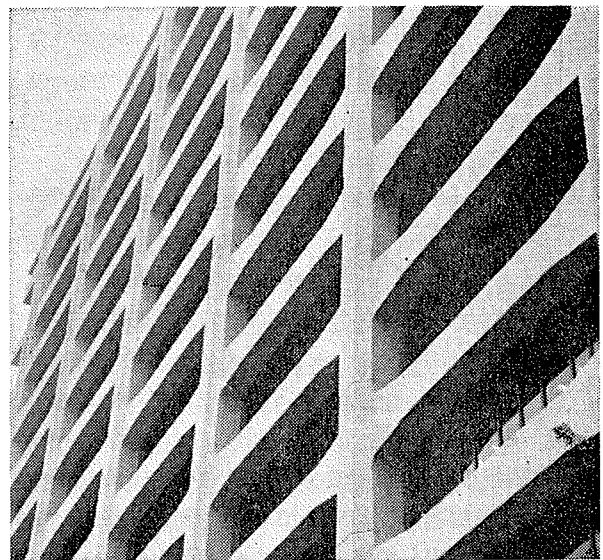
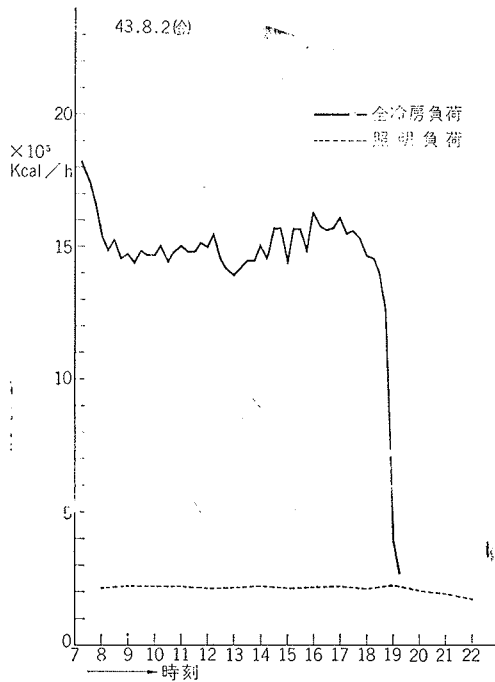


図-18 柱と梁の突出

は同ビルの外壁で図-18に示すように, 外へ出た梁と柱の構造体が日射熱に対する外部しゃ蔽として働き, 熱負荷軽減をしているのと, 夏季に日射の多い西側東側には開口が無く, ショックベトンの壁が使われ断熱効果も十分であるためと考えられる。単位空調面積当りの冷房負荷は地下階系統は約 150kcal/H・m<sup>2</sup> であり, 電算機室系統は同じく約 500kcal/H・m<sup>2</sup> となっている。

照明負荷は照明の電力使用量から知ったが, ほぼ毎日, また各時刻とも大体一定で全冷房負荷の14%位であった。8月2日の照明負荷, 全負荷を図-19に示す。

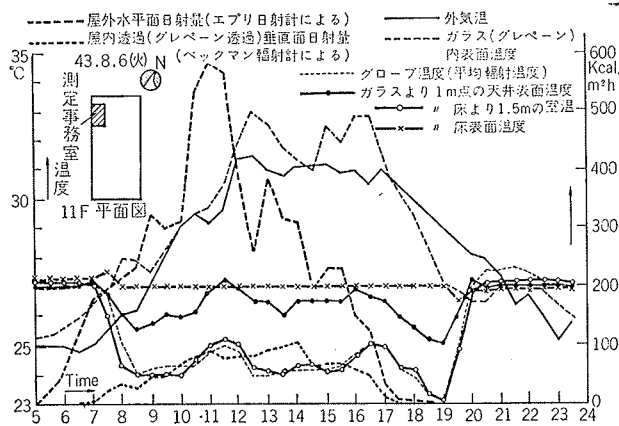


図一19 8月2日(金)全冷房負荷と照明負荷

技師を初め管理部の方々、当社小川隆三設備主任に謝意を表します。実測に当っては早大大学院宮川保之君の協力があったことを併記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中； 住友商事神田ビル環境実測1報・2報  
大林組技研報告書
- 2) 田中； 電通本社ビル環境実測  
大林組技研報告書
- 3) 小川・田中・宮川；電通本社ビル環境実測  
機械・空調・冷凍3学会論文講演会  
(昭和44年)



図一20 事務室の温度変化

3.4. 事務室の室温

11階南西側の事務室で室温を測定した結果を図一20に示す。冷房運転開始30分で室温は設計室温になり、機器の能力は十分である。ここには図示しなかったが、運転停止時の床や天井表面温度、室温は月曜、火曜で高く週末に向うに従って徐々に下がっている。これは日曜日に運転をしなかった影響が永い間続いているためと考えられる。

4. おわりに

住友商事ビル、電通本社ビルとも熱線吸収ガラスや、外へ突出した梁、柱が日射熱に対する外部しゃへいとして働き、冷房負荷を予想外に多く軽減していることがわかった。実測中お世話になった住友商事(株)、大野辰雄技師を初め不動産部の方々、電通本社ビル兼子