
建築の居住環境調整におけるエネルギーの有効利用に関する研究

Effective use of energy for environmental control in architecture

代表研究者	東京都立大学工学部教授	伊藤直明
	Prof., Faculty of Eng., Tokyo Metropolitan Univ.	Naoaki ITO
協同研究者	名古屋大学工学部教授	中原信生
	Prof., Faculty of Eng., Nagoya Univ.	Nobuo NAKAHARA
	東洋大学工学部助教授	土屋喬雄
	Assoc. Prof., Faculty of Eng., Toyo Univ.	Takao TSUCHIYA
	東京大学生産技術研究所助教授	村上周三
	Assoc. Prof., Inst. of Industrial Sci., Univ. of Tokyo	Shuzo MURAKAMI
	宇都宮大学工学部助教授	石野久弥
	Assoc. Prof., Faculty of Eng., Utsunomiya Univ.	Hisaya ISHINO

Consumption of energy in buildings covers various aspects such as air-conditioning, lighting, domestic hot water supply, drainage, ventilation, transportation, etc. It is presumed that the amount of energy to be consumed will vastly increase in accordance with the elevation of living standard.

Nowadays, when the saving of resources and energy is an urgent necessity, consideration is required for design of buildings to make a most efficient use of energy as well as to maintain an excellent housing environment.

This research is aiming at providing with a guideline to the architectural designing through a study on various architectural devices for an effective use of energy consumed in air-conditioning, and their effects.

The following three points are constituting the main themes of the research.

(1) Acquiring a basic data through an experimental analysis on the relation of thermal performance of the building envelope with energy consumption and thermal environment inside buildings.

(2) Study on a predictive evaluation method of energy saving effect in building design.

(3) Establishing a guideline for an effective use of energy in the future through a survey of energy consumption.

研究目的

建築物におけるエネルギーの使用は、暖冷房をはじめ、照明・給排水・給湯・換気・搬送など多岐に及ぶが、そのエネルギー消費量は、今後生活水準の向上などによって、さらに著しい増大が予想される。優れた居住環境を維持しつつ、できるだけ効率よいエネルギー利用をはかるためには、設計段階において、十分配慮することが必要である。

本研究は、暖冷房エネルギーの有効利用をはかるための具体的な建築手法とその効果を検討し、今後の建築計画に対する指針を与えることを目的とするものであるが、特に、(1) 建物の外皮構造の熱性能に対するエネルギー消費特性と熱環境形成に関する基礎資料を実験的に求めることを中心に、(2) 省エネルギー性能の評価法の検討、(3) 各種建物におけるエネルギーの消費実態、ならびに省エネルギー対策の状況を把握し、今後のエネ

ルギー有効利用のための指標を求めること、について考究するものである。

研究成果

I. 建物外皮構成と熱環境性能——外皮の断熱・蓄熱性に対するエネルギー消費特性と熱環境形成に関する実験的考察

暖冷房エネルギーの有効利用のための建築面からの方策として、建物の断熱構造化は最も基本的で有効な手法の一つといえる。

しかしながら、軽構造（木造、鉄骨造など）の壁体に対する断熱の効果は明白であるが、コンクリート造のように蓄熱性をもつ構造体に対する断熱は、その構法の相違（外断熱か内断熱かなど）によって、室内気候形成、エネルギー消費量などに大きな差異を生じさせることが考えられる。換言すれば、日射・外気温などの外的条件、暖冷房時間などの運転条件、および室内発生熱などの内的条件に応じて、断熱性と蓄熱性を適正に組み合わせた外皮構造を講じることが、暖冷房エネルギー

の有効利用や居住性にとって重要である。

そもそも外断熱構法に対する評価は、施工性、結露防止に対しては内断熱より明らかに優れているが、省エネルギー性に対しては、一般に考えられているような有利性を必ずしも有しているとはいえず、過大評価されている面がある。

このような観点から、その基礎的性状を確認するため、コンクリート壁体と断熱層の配置に関し、条件を単純化した実験を試みた。すなわち、

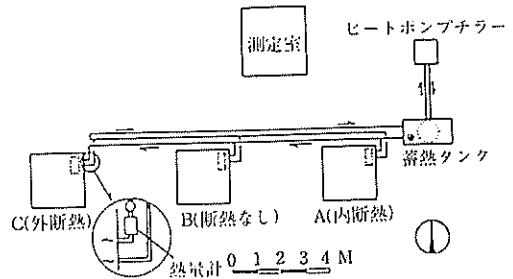


図 I-1. 実験装置配置図

表 I-1. 実験棟概要

	A棟: 内断熱	B棟: 断熱なし	C棟: 外断熱
試験体			
外皮			
熱貫流率	0.54 kcal/m ² h°C	3.76 kcal/m ² h°C	0.54 kcal/m ² h°C

表 I-2. 実験ケース一覧

期 間	暖 冷 房 運 転		測 定 対 象
冬 期	暖 房	連 続 運 転	温度・エネルギー消費
		間 歇 運 転 事務所モード 住宅モード	温度・エネルギー消費
	非 暖 房	運 転 停 止	自 然 温 度
中 間 期	非 冷 暖 房	運 転 停 止	自 然 温 度
	冷 房	連 続 運 転	温度・エネルギー消費
非 冷 房		間 歇 運 転	温度・エネルギー消費
夏 期	冷 房	運 転 停 止	自 然 温 度
	非 冷 房	運 転 停 止	自 然 温 度

窓を設けないRC造(厚さ12cm)の均一なテストセル(2m×2m×2.4m)に断熱材(フォームポリスチレン50mm厚)を内側に施したもの(内断熱-A棟),外側に施したもの(外断熱-C棟),全く施さないもの(無断熱-B棟)の3棟を屋外に設置し,室温を一定条件(連続的,および間歇的)にコントロールする時のエネルギー消費量,暖冷房停止時の室内気候性状,各部位の熱移動状況などについて比較解析した。図 I-1,および表 I-1 に装置の概要,表 I-2 に実験ケース一覧を示す。

1. エネルギー消費,および室温形成

冬期終日暖房運転(室温20°C設定)を行なった場合の,室内外温度・日射量に対するエネルギー消費量の変化状況の一例を図示したものが図 I-2 である。エネルギー消費量は,当然のことながら,断熱のないB棟が最も多く,A,C両棟はほぼ同じとみられるが,外断熱のC棟の方がやや大きい値を示している。B棟の消費量の日変動は,日射と外気温によって影響を受け,ほぼそれに追従する形となっている。それに対し,A,C両棟では,日射や外気温の影響は少なく,特

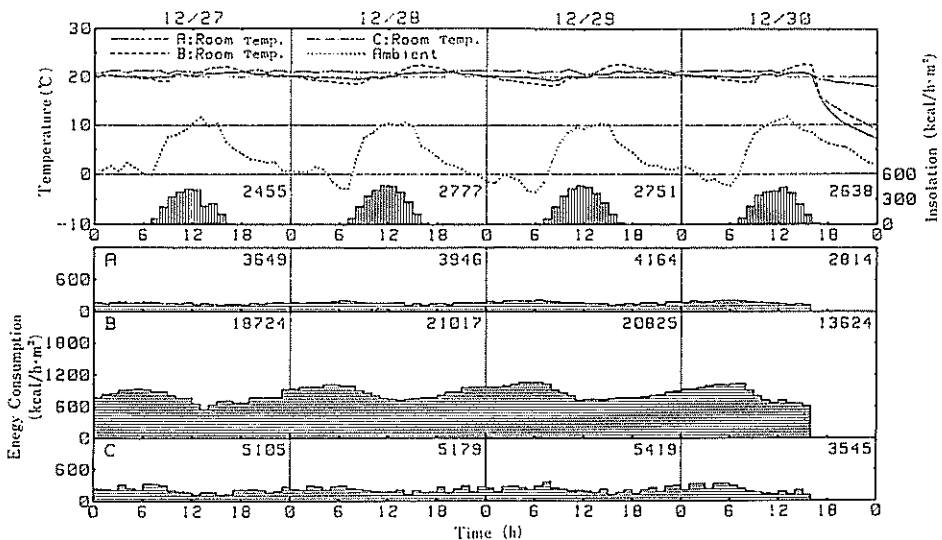


図 I-2. 暖房連続運転におけるエネルギー消費の比較

に内断熱のA棟は、終日ほとんど一定の消費量を示している。外断熱のC棟では、A棟より時刻別の消費量にやや変化がみられる。室内が終日同様に暖房され、室を取り囲む壁体（床、壁、天井）の熱貫流率が同じであるA、C両棟であるが、エネルギー消費量に若干の差異がみられるのは、外表面に対する日射・外気温・風・天空や地物の輻射などの外乱要素の作用が蓄熱体の位置・容量などによって微妙に異なるためと考えられる。

次に、間歇運転の場合についてみると、一般に、事務所建築はもちろん、厳寒地など特別な条件の場合を除き、住宅でも間歇暖房が行なわれているのが通常である。間歇暖房の場合、外断熱により、コンクリート壁体が室内側の蓄熱体となることは、室内空気温の上昇とともに壁体を暖める必要があり、このため間歇の状況によってエネルギー消費量が大きく左右されるものと考えられる。

図I-3は、事務所建築に相当する暖房運転モード（9～17時）の場合の室温変動、エネルギー消費量を比較した例である。装置能力が3棟とも同一であるため、断熱のないB棟では、断熱されたA、C両棟と同じ室温に到達するまでに遅れがみられるが、エネルギー消費量も当然の結果としてB棟が著しく大きくなっており、次いで外断熱の

C棟、内断熱のA棟の順となっている。

図I-4は、厳寒地を除く地域の住宅に多くみられる暖房間歇運転モード（6～9時、17時～22時）とした時の室温変動、エネルギー消費量を比較したものである。前述の場合と同様、装置能力の不足のため、設定室温に到達し得ない場合もみられるが、エネルギー消費量の状況も先の場合と同様、外断熱は内断熱に比し著しく大きいものとなっている。外断熱の場合の室内側にある熱容量は、暖房停止後の室温降下を抑制するものの、再度室温を上昇させる場合には、やはりこの熱容量がエネルギーの多消費をもたらす要因となっている。しかし、今回の実験では、窓からの透過日射や実際の建物では必ず存在する人体・照明などの室内発熱の影響がない状態での実験であるので、これらが室内側で蓄熱されると、この差異は縮小するであろうし、条件によっては逆の結果をもたらすことも考えられる。

夏季の冷房連続運転の場合の実測結果の一例を示すものが図I-5である。室温を終日一定に保つよう設定したときのエネルギー消費量を比較すると、暖房の連続運転の場合と同様、断熱のないB棟は外気温・日射の影響を顕著に受けて非常に大きい値を示しているのに対し、内断熱のA棟、外

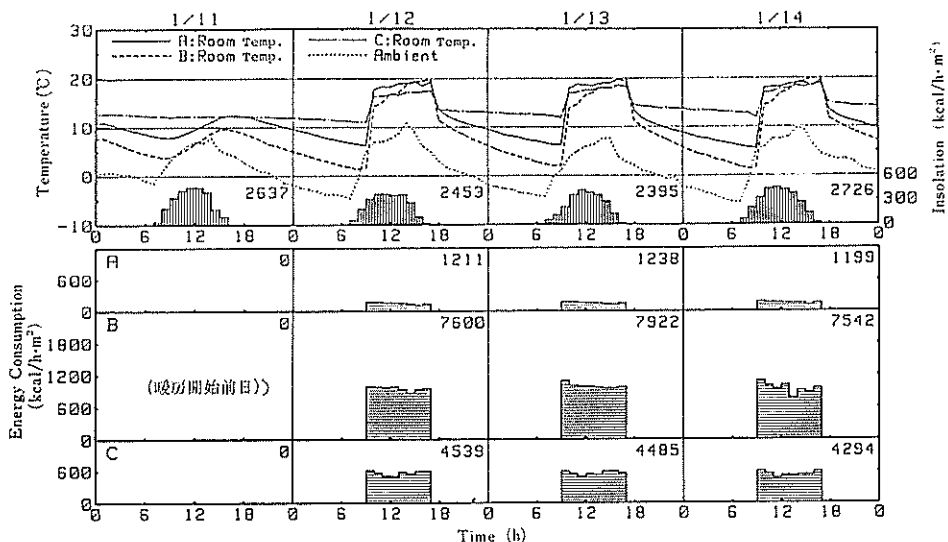


図 I-3. 暖房間歇運転（事務所モード）におけるエネルギー消費の比較

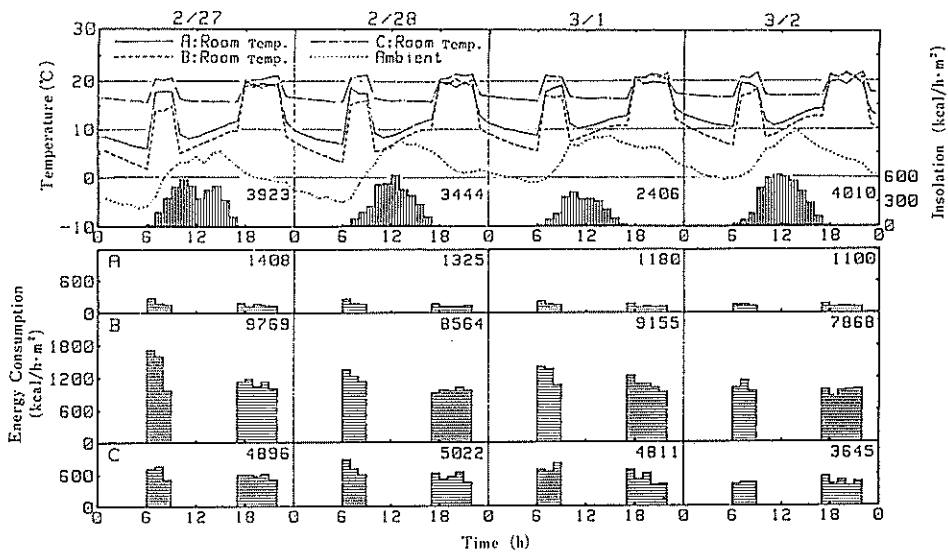


図 I-4. 暖房間歇運転（住宅モード）におけるエネルギー消費の比較

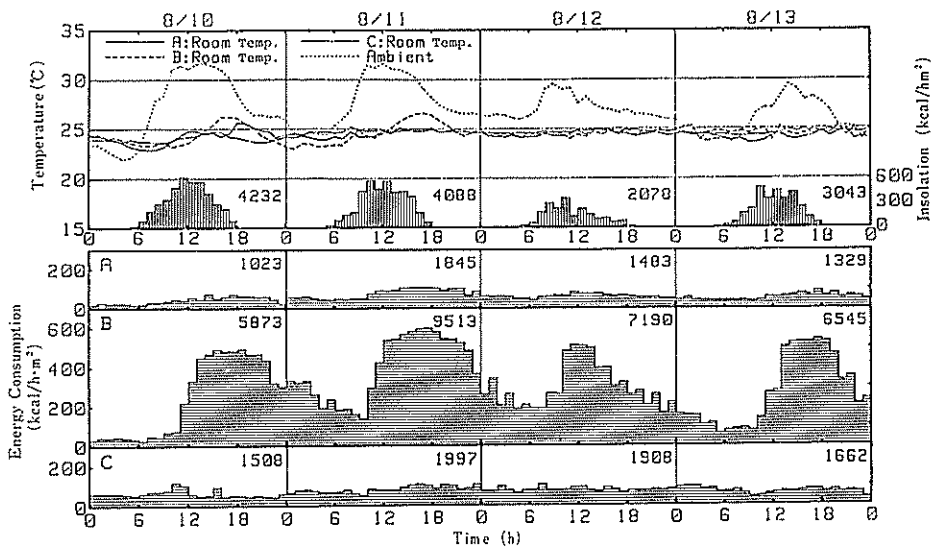


図 I-5. 冷房連続運転におけるエネルギー消費の比較

断熱のC棟はほぼ等しい値を示し、外乱の影響もほとんど現れていない。冷房の場合にも暖房の場合と同様、C棟の方がエネルギー消費のやや大きい傾向がみられるのは、室容積が若干大きいことも考えられるが、前述のように、外皮構成、外気条件、運転条件等の組み合わせが微妙に作用していることも考えられ、さらに詳細な検討を行なう必

要があろう。

図 I-6 は、夏期冷房の間歇運転の場合の実測結果の一例を示すものである。9～17時の冷房時間に対し、断熱のないB棟では装置容量の不足により室温が十分下げられていないが、エネルギー消費量は断熱材をもつ他の2棟に比し断然多い。内断熱のA棟と外断熱のC棟では、暖房の間歇運転

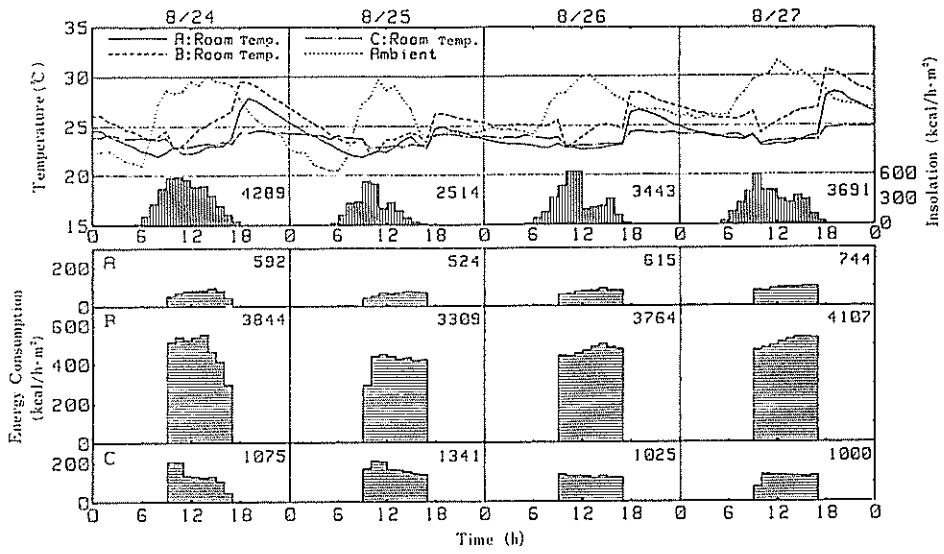


図 I-6. 冷房間歇運転におけるエネルギー消費の比較

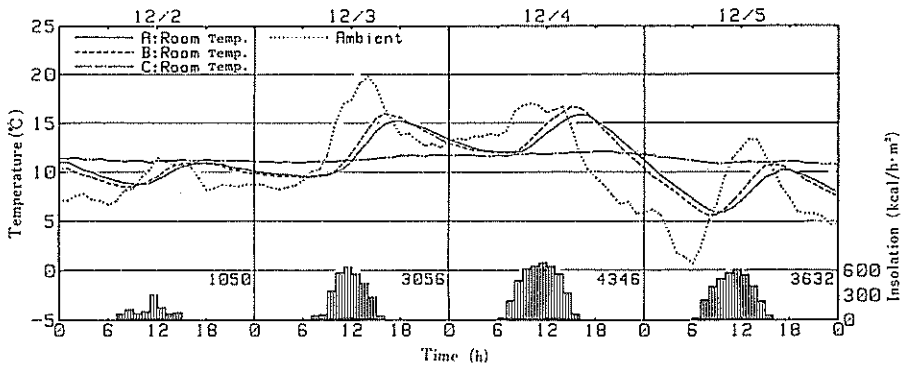


図 I-7. 冬期の自然室温

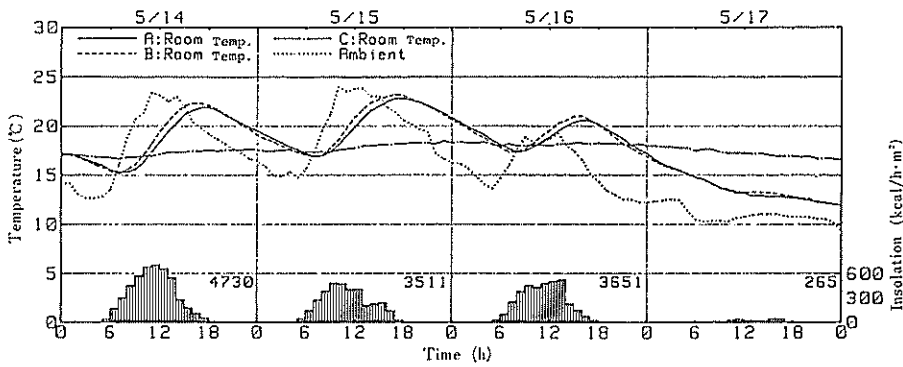


図 I-8. 中間期の自然室温

の場合と同様に、外断熱の方が明らかにエネルギー消費量が多い結果を示している。窓からの日射、室内発熱があると、この傾向はさらに大きくなると思われる。一方、冷房停止後の室温上昇は、外断熱が最小で、かつ翌朝までほとんど一定状態に保たれるのに対し、他の2棟はともに停止直後に4~6°C程度の急激な上昇があり、その後徐々に降下して行く。

暖冷房停止時の室温変動は、外断熱の場合には長時間極めて安定した状態に維持されるのに対し、内断熱、断熱なしの場合には急激な室温変動がみられ、特に内断熱の場合の温度保持性は予想以上に低い。同一厚さの断熱材を蓄熱体であるコンクリート壁体の外気側に貼布するか、室内側に貼布するかによって、その温度保持性は著しく相異し、内断熱のものはむしろ断熱のない壁体に近

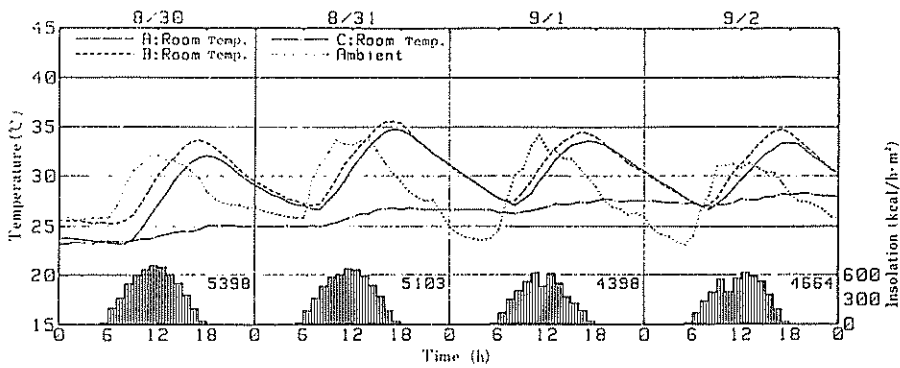


図 I-9. 夏の自然室温

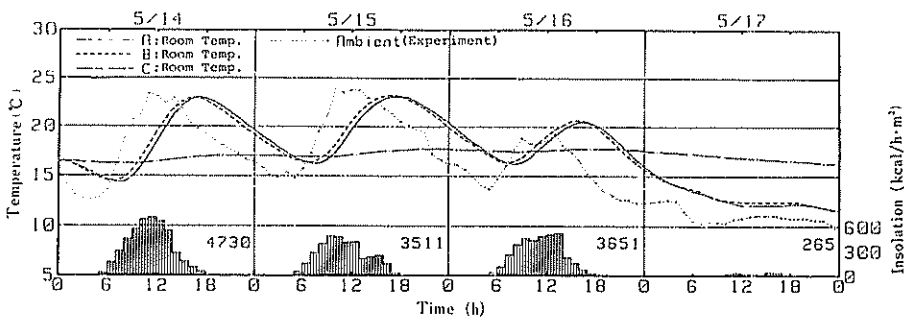


図 I-10. 計算による中間期の自然室温変動

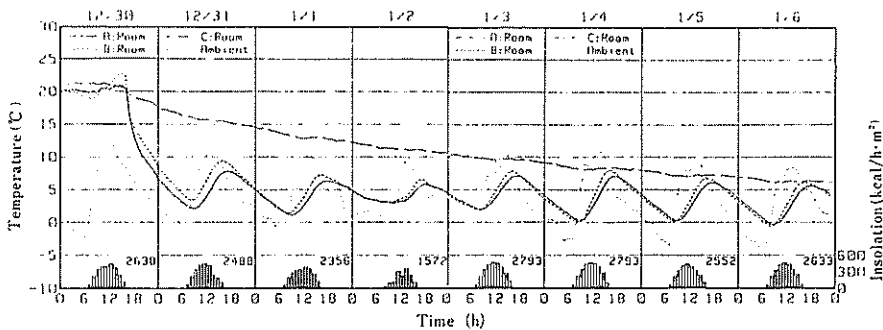


図 I-11. 暖房停止後の室温降下状況の比較

い室温変動を示し、外気温、日射等の外乱要素の影響を強く受ける。この傾向は、冬期・中間期・夏期の自然室温の変動にも顕著に現れている(図 I-7, I-8, I-9)。計算によって中間期の自然室温変動を求めた結果を図示したものが図 I-10 であるが、全く同一の傾向が確認された。

図 I-11 は、ほぼ同一の暖房室温にある三つのテストセルで、暖房停止後の室温降下状況を比較して示したものである。17時に暖房を停止して、内断熱・断熱なしの両者の室温は、翌朝には外気温(-1°C)に近い温度(3°C前後)にまで低下してしまい、その後、日射や外気温の影響を受け

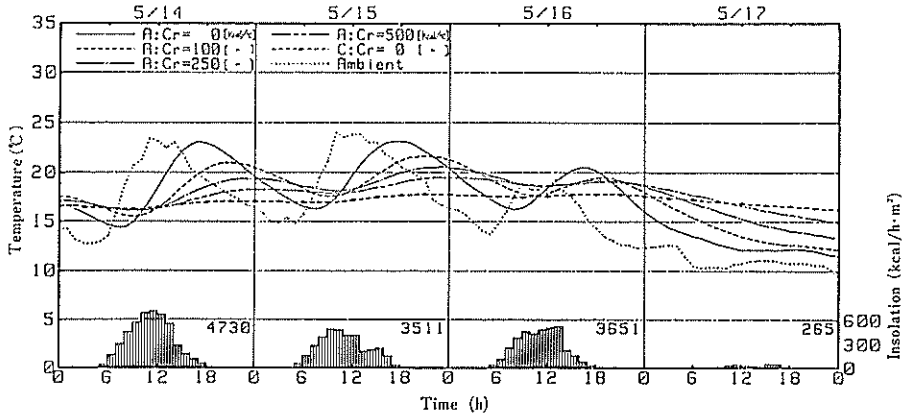


図 I-12. A 棟の室内に熱容量を増加した場合の自然室温変動の比較 (計算値)

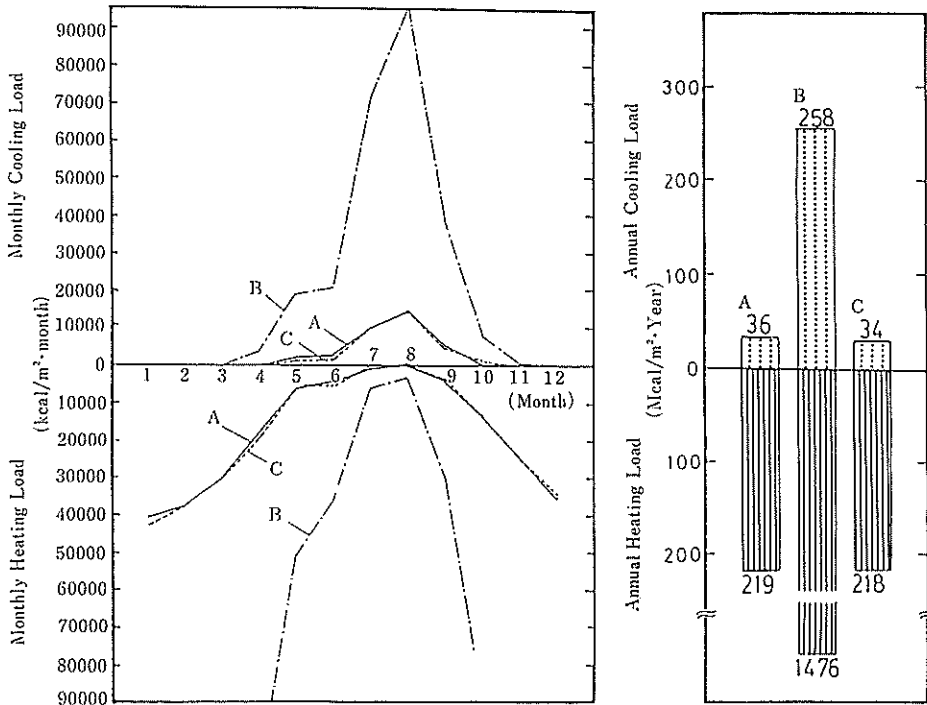


図 I-13. A, B, C 3 棟の月別および年間暖冷房負荷 (連続運転の場合) の比較

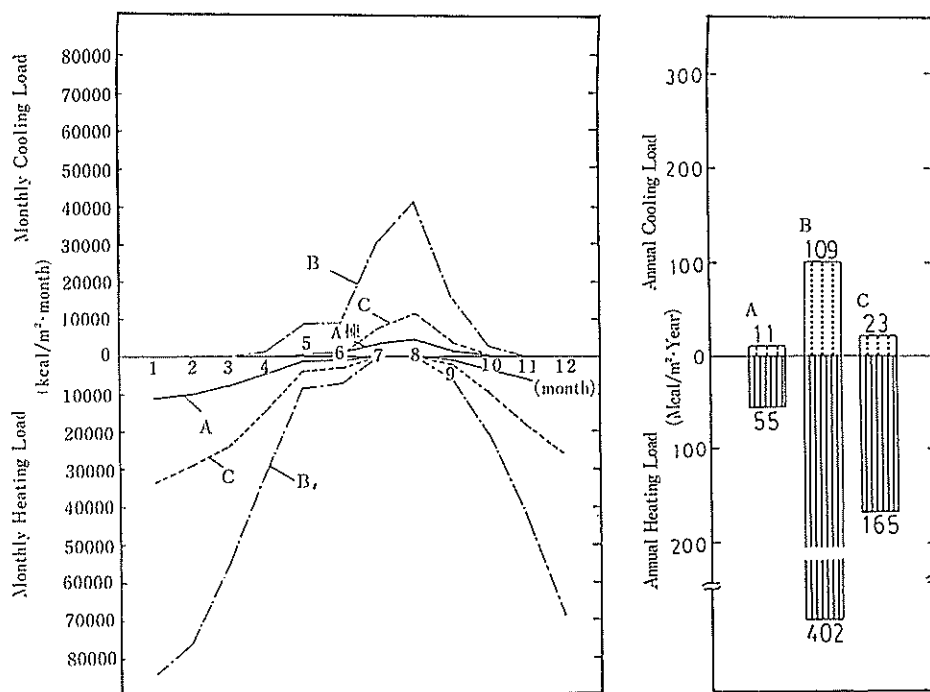


図 I-14. A, B, C 3 棟の月別および年間暖冷房負荷 (間歇運転の場合) の比較

て顕著な日較差を有する変動を繰り返すが、外断熱の場合には、翌朝の同時到来までにわずか 4°C 程度の低下にすぎず、外乱による日変動もほとんどなく、4 昼夜を経てやっと 10°C の降下となっている。

外断熱における室内側のコンクリート蓄熱体の吸放熱作用が室温の安定に大きく貢献していることは上述のとおりであるが、いま、室内側に蓄熱体のない A 棟 (内断熱) について、その室内に蓄熱体を入れた場合の室温状況をシミュレーションによって求めたものが図 I-12 である。すなわち、室内の熱容量を $C_v=0$ から 100, 250, 500 (kcal/°C) と増加した場合、室温の変動幅がしだいに小さくなり、外断熱の C 棟の室温変動に近づいて行く様子がみられる。

2. 月別、および年間の熱負荷比較

冬期、中間期、夏期の各季節ごとの実測、およびシミュレーションによって、断熱性と熱容量によるエネルギー消費量の相違を比較してきたが、このような A, B, C 3 棟が標準気象条件のもと

におかれた場合、それぞれの熱負荷はどのようになるかを比較したものが図 I-13 および I-14 である。計算プログラムは、空気調和・衛生工学会の HASP/ACLD/8001 を使用、標準気象データは同学会による東京のデータを用いている。なお、このシミュレーションでは 3 棟とも室容積が同一であるとし、間歇運転は 9-17 時、日曜・祭日は運転休止としている。

図 I-13 は連続運転の場合の月別、および年間の暖冷房負荷を示す。連続運転の場合には、各月とも外断熱と内断熱の差はほとんどみられず、したがって年間負荷もほぼ等しい値を示している。この傾向は、実験における連続運転の場合にもみられた。

図 I-14 は間歇運転の場合の月別、および年間の暖冷房負荷を示す。連続運転の場合とは異なり、各月とも暖冷房負荷は外断熱の方が内断熱より大きく、したがって年間負荷も外断熱の方が大きい (暖房で約 3 倍、冷房で約 2 倍) 値となっている。この傾向も、実験における結果とほぼ一致

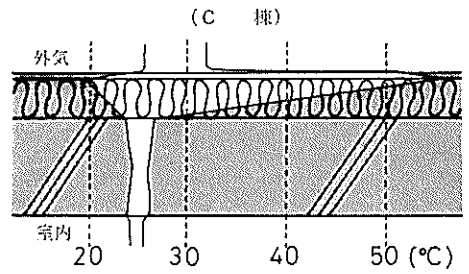
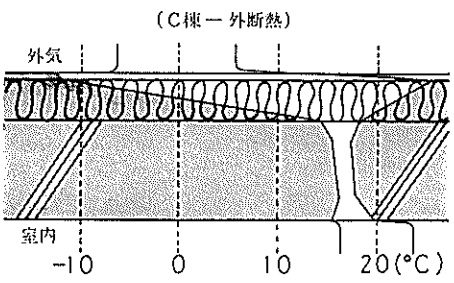
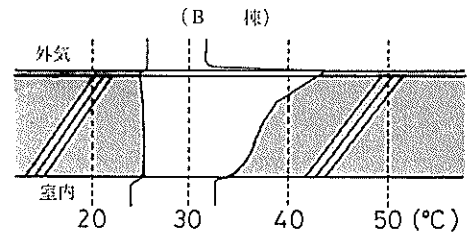
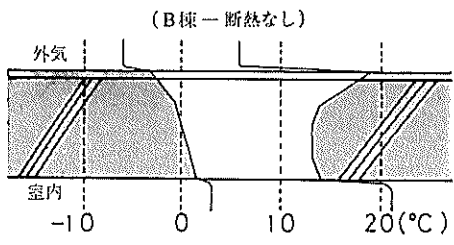
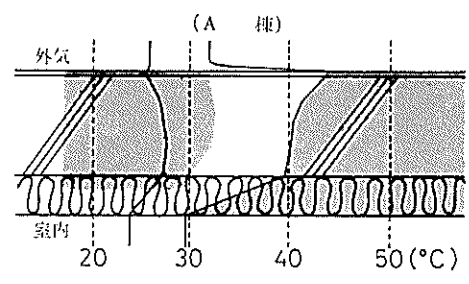
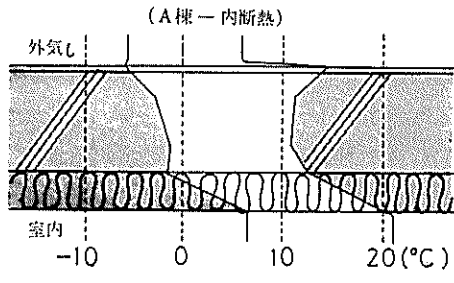


図 I-15. 屋根スラブ各部の温度変動範囲の比較 (冬期間歇暖房時の例—2月27日の実測値)

図 I-16. 屋根スラブ各部の温度変動範囲の比較 (夏期間歇冷房時の例—8月27日の実測値)

するものである。

3. 壁体内部温・表面温の性状

日射・外気温・夜間輻射などの外乱と間歇運転における室内空気温の変動は、壁体内各部の温度変動を形成する。図 I-15、および I-16 は、それぞれ冬期および夏期の間歇運転時の屋根スラブ各部について、実測された温度変動範囲を A、B、C 各棟について示したものである。

断熱層の位置が蓄熱体の温度変動範囲に大きく関係し、また、表面における日射、夜間輻射の影

響の受け方にも顕著な相異を生じさせていることが明確にみられる。また、前述の A、B 棟の室温変動が近似していることも、両者の壁体内部温の変動から推察される。

4. むすび

以上、熱容量をもつ建築壁体について、断熱材の配置による熱性状をエネルギー消費、および温度形成の面から考察した。今回の実験およびシミュレーションによる検討は、限られた条件のもとの一つの性状を示すものであるが、建物外皮の

断熱性と熱容量の組合せは、目的に応じた最適化を考慮することが必要であり、建築のエネルギー有効利用にとって重要な要素であると考えられる。

II. 建築の省エネルギー性能の評価

1. 最大負荷と年間負荷

建築の居住環境設計において最も根幹をなすものは熱負荷計算である。最大熱負荷計算は設備機器容量の決定のために行なわれるし、年間熱負荷計算は年間エネルギー消費量および消費特性を把握するために行なわれる。建築の省エネルギー設計を実現しようとする際に、年間熱負荷は直接エネルギー消費に結びつくものであり、最大熱負荷はそれを過大に見積ったときは、搬送エネルギーの増加や機器効率の低下などにより空調システムのトータル効率の激減を招くことになり、正確に見積る必要がある。もちろん、最大負荷の過小評価は室内環境の低下につながることは明白である。本論は最大熱負荷の精算法と精算値の特性、年間熱負荷の特性、最大熱負荷と年間熱負荷の関係を追求しようとするものである。

2. 正味最大負荷

最大負荷の“最大”の意味するところは設計者の思想・経験によるところが大きくて不明確なものであるが、一般には最も厳しい気象条件（暑いまたは寒い）が毎日繰り返すものとして算出されたものを最大負荷（冷房または暖房）として扱う手法が多用されている。また、最も厳しい気象条件としては、ASHRAE の提案による TAC 方式によって超過危険率 2.5% とか 5% の各種データが採用されている。それぞれ独立に算出された各種気象データを組み合わせて使用する気象学的矛盾、および超過危険率数%の気象日が毎日繰り返すという矛盾を考慮すると、設計思想として与えた気象条件の超過危険率と比べて算出される最大負荷値の期間での過負荷危険率はかなり小さくなり、現実にはあり得ないような過大な最大負荷を求めていることになる。しかし、最大負荷計算には計算上の色々な問題*1 が山積していること

*1 石野：最大熱負荷の精度に関する考察，日本建築学会大会 57.10

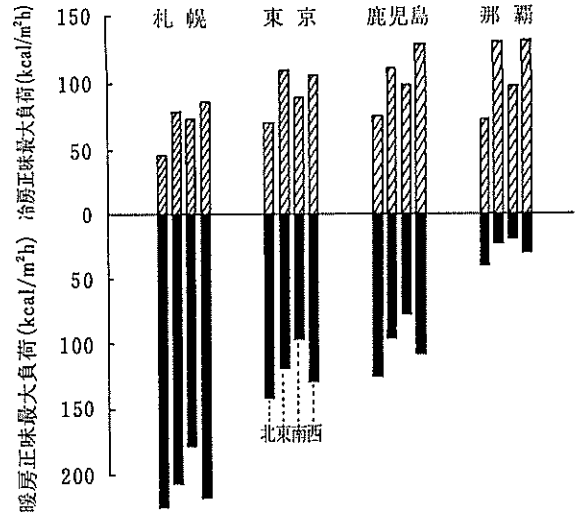


図 II-1. モデルビルにおける正味最大負荷

や、ダクト配管のヒートロス・蓄熱・漏洩など未解決の箇所もあり、設計として前述の TAC 法の欠陥が顕在化していないのに他ならない。ここでは過去になかった精度の高い最大負荷を求める方法として、実際に夏期 (6~9 月)、冬期 (12~3 月) の熱負荷シミュレーションを時々刻々行なって、室温が設定値からスウィングする時間が空調時間数の 2.5% となるような装置容量を最大負荷と考えるものである。すなわち、従来用いられてきた気象データの危険率ではなく負荷そのものの危険率を考えたものであり、このようにして求めた最大負荷を“正味最大負荷”と定義する。年間気象データとしては空気調和・衛生工学会版の各地域平均年データを用い、プログラムは HASP/ACLD/8001 を一部追加修正したものを用いた。

モデル建物における正味最大負荷を方位、地域別に算定したものを図 II-1 に示す。冷房負荷の最大は西方位であり、順に東・南・北方位となっている。これは盛夏期の方位別日射特性が大きな要因となっているものと考えられる。暖房負荷については最大方位は北であり、順に西・東・南方位である。冷暖房負荷を合計して考えると、東京・鹿児島では南方位が最小値を示す。札幌については南・北方位、那覇については北・南方位の最

大負荷が小さい。最も負荷の大きい方位は各地域とも西方位である。また、暖房最大負荷は地域差が大きい、冷房最大負荷にはそれほどの地域差は認められない。それは暖房と冷房の室内外温度差 Δt がその性格を異にすること、冷房は日射熱取得が大きな要因となりうるなどが原因であろうと推察される。

正味最大負荷の要因（断熱性能、窓面積比、庇の効果、熱容量）別特性についても検討を行ない^{*2}、次のような結論を得た。断熱性能を強化すると暖房負荷は激減し、かつ冷房負荷も少し小さくなる。窓面積の増加は、冷房負荷はかなり増大（特に東西方位）するが暖房負荷（特に南方位）はほとんど不変である。庇については冷房負荷が減少し、暖房負荷はあまり変わらない。熱容量については冷暖房両負荷とも影響は小さい。

3. 年間熱負荷

モデル建物における年間熱負荷を方位、地域別に算定したものを図 II-2 に示す。暖房負荷は各地域とも南方位が最も小さく、東・西・北方位と大きくなる。これは日射熱取得が暖房負荷の軽減に大きく寄与していることを意味している。冷房負荷は東・南・西方位には大差が認められないが、北方位がかなり小さな値を示している。これ

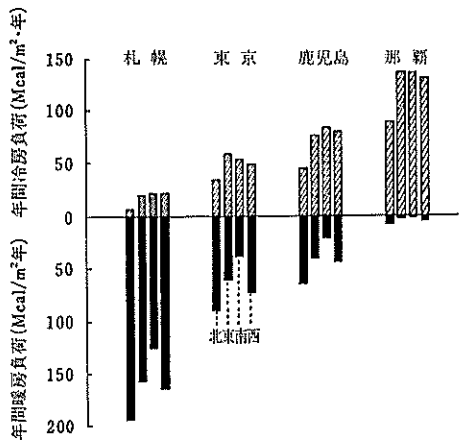


図 II-2. モデルビルにおける年間熱負荷

^{*2} 伊藤・石野他：最大負荷の地域別、要因別特性、空調・冷凍講演会，57.4

は他の3方位においても日射遮蔽装置を合理的に設置すればかなりの省エネルギー効果が得られることを示唆している。冷暖を合計して考えると那覇については北方位、他3地域は南方位が最も小さな負荷となる。那覇は冷房負荷が大半を占めていること、他3地域は南方位の暖房負荷が極めて小さいことが原因となっている。

年間熱負荷の要因別特性についても検討を行なったが^{*3}、結論としては以下のとおりである。断熱は年間熱負荷軽減に非常に効果が大きいことが判明した。断熱強化により一試算例では冷房負荷が東京では10%、鹿児島では5%増大するものの、冷房暖房合計して考えると、東京では20%、鹿児島では13%減少する。冷房負荷が多少なりとも増加する原因は室温より外気温が低い冷房期において熱損失が妨げられるためである。しかし、この要因は外気冷房システムの効果的導入によって解消されるべき事柄であることより断熱強化は重要な省エネルギー設計因子である。また、5~10月の各月の空調時平均外気温が設定室温より高い地域（那覇）では年間冷房負荷は断熱強化によっても増加しないことも判明した。しかも最大冷房負荷は断熱強化によって各地域とも減少するのである。窓面積については窓面積率の増加に

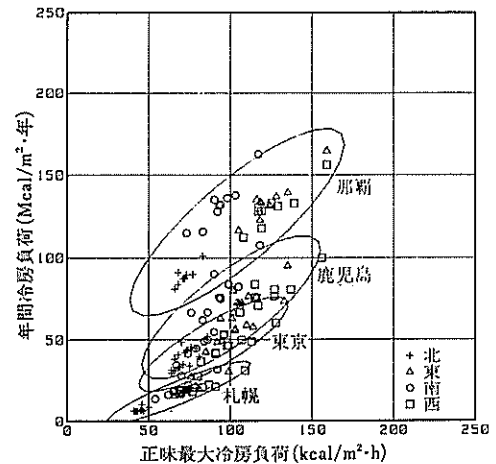


図 II-3. 正味最大負荷と年間負荷の関係

^{*3} 伊藤・石野他：年間負荷の特性と最大負荷との相関、空調・冷凍講演会，57.4

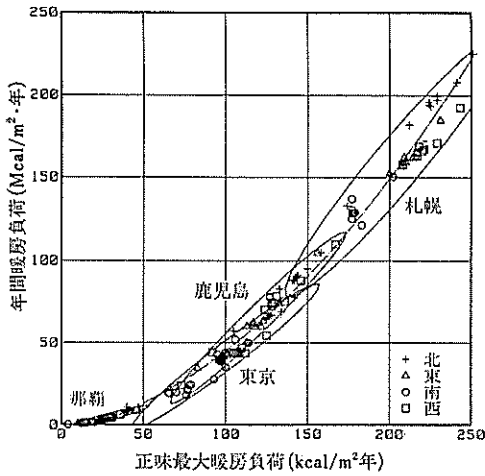


図 II-4. 正味最大負荷と年間負荷の関係

よって冷房負荷は東・南・西方位はかなり増大するが、北方位の増分はわずかである。暖房負荷については北方位は増大するが、西・東方位はほとんど不変であり、南方位では負荷の減少をもたらすことがわかった。

4. 正味最大負荷と年間熱負荷の相関

正味最大負荷と年間熱負荷の関係を図 II-3、図 II-4 に示す。冷房負荷では、正味最大負荷はある範囲に限定されている。特に鹿児島と那覇では正味最大負荷はほとんど同じ範囲に存在する。しかし、年間冷房負荷は地域差が大きい。このことより地域別、更には方位別に相関をみるべきであると考えられる。これは冷房負荷の主要因が日射であり、日射量は最大負荷発生期とその他の期間との間に比例関係がないこと、および最大負荷を発生するような気象状態における日射量は地域差が少ないことが原因であろう。それに対し外気温が負荷の主要因を占め、かつ最大暖房負荷を発生する時期とその他の時期の間には正の相関を有する外気温の特性を考えると明らかのように、正味最大負荷と年間暖房負荷の間には強い相関を有している。年間暖房負荷 Q_{HA} (Mcal/m² 年) は最大暖房負荷を Q_{HP} とすると

$$Q_{HA} = 0.002707 Q_{HP}^2 + 0.2352 Q_{HP} - 5.7 \quad (1)$$

と表わすことができる。

冷房負荷の相関を追求するには、外気負荷や断熱材のように最大負荷への効果と年間負荷への効果の間に負の相関関係を有する要因の効果的な除去が重要となる。これは冷房期に外気温が熱取得外乱となったり、熱損失外乱になったり変動するためであるが、冷房期の外気温というものは外気冷房システムの採用とか窓の開放などにより、本来は人間が利用できる最も基本的なファクターであるから年間冷房負荷は外気導入量、断熱材によって変化しないものであると考えるのが妥当であろう。

III. 各種建物のエネルギー消費と省エネルギー対策の実態

1. 調査の目的

(1) 民生用エネルギーの大半を占めるのは既設建物である。その中でもビル（非住宅建物）はエネルギー消費設備が固定的であり、省エネルギー対策が困難な実状である。有効な対策を確立するためにはエネルギー消費と設備の現状を把握する必要がある。

(2) 「エネルギーの使用の合理化に関する法律」におけるビルの省エネルギーの判断指標の一つである CEC（空調用エネルギー消費係数）は現行では事務所ビルのみに対して値が提示されているが、他種建物に対してはデータ不足から提示されていない。本研究はその合理的な値設定のための客観データを供給する。

(3) 経済的かつ高効率の省エネルギー化の手法を提示するために省エネルギー管理の現状を把握し、これを評価選定し、さらには有用な管理マニュアル作成のためのデータを作ることが重要である。

(4) 建物種別ごと、地域ごと、システム種別ごとのエネルギーなど実態の比較を行なう。

以上のような目的のために主として中部・関西地区の建物についてアンケート調査を行なった。

2. 1次エネルギー消費の実態

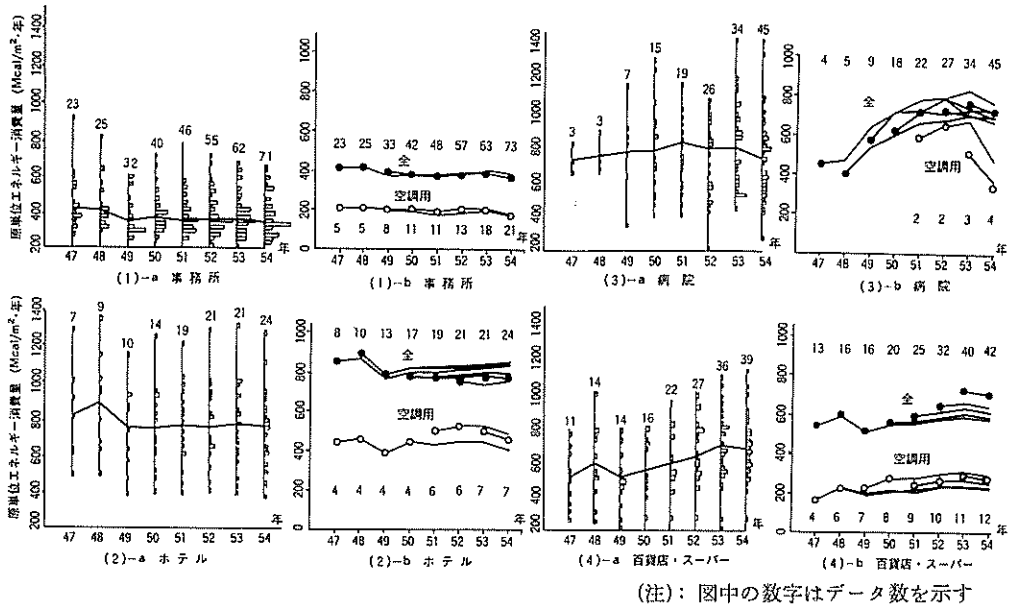
(1) 床面積との相関

建物の全エネルギー消費と床面積との相関が極めて高いことがわかっているが、床面積として、空調床面積、延床面積、修正延床面積のいずれを

表 III-1. 年間一次エネルギー消費量，同原単位と床面積との相関

種 別	一次エネルギー消費量対床面積			原単位エネルギー消費量対床面積		
	延床面積	空調面積	実効面積	延床面積	空調面積	実効面積
事 務 所	0.93 (393)	0.89 (529)	0.92 (529)	0.04 (393)	0.15 (529)	0.20 (529)
ホ テ ル	0.86 (133)	0.70 (109)	0.75 (109)	0.13 (133)	-0.00 (109)	0.08 (109)
病 院	0.87 (215)	0.88 (157)	0.88 (157)	-0.36 (215)	-0.50 (157)	-0.49 (157)
百貨店・スーパー	0.93 (120)	0.89 (76)	0.89 (76)	0.32 (120)	0.01 (76)	0.12 (76)

注：() 内はデータ件数



(注)：図中の数字はデータ数を示す

図 III-1. 各種建物の1次エネルギー消費原単位の経年変化

とるべきかについて意見が分かれている。表 III-1 に示すように、各建物種とも、全消費量に対しては延床面積をとることが望ましく、また、原単位（床面積当たりエネルギー消費量）はいずれをとっても相関性は低いことが確認された。

(2) 原単位の経年変化

エネルギー消費原単位の経年変化はそのまま省エネルギー姿勢、意識の変遷を示す。なぜならば気象により影響される因子は暖房用熱エネルギーなど全消費量に及ぼす影響は少ない。これに反し、省エネルギー意識は過剰照明の点滅、空調運転時間の短縮、温度設定の変更などの多くの要因の積み重ねが全体としてエネルギー消費構造にインパクトを与える。図 III-1 は各建物種別ごとの全エネルギーおよび空調用エネルギー消費につ

き、平均値と頻度分布の経年変化を示す。それぞれの (b) 図は同一建物群のみを追跡調査したものである。これらの図などから、

i) 昭和 49 年以外は顕著な省エネルギー努力が見られない

ii) 全エネルギー消費原単位と空調用エネルギー比率は、それぞれ、事務所ビルが約 360 Mcal/m²・年と 50%、ホテルが約 750 Mcal/m²・年と 60%、病院が約 750 Mcal/m²・年と 60%、百貨店が約 600 Mcal/m²・年と 50% である。

iii) 地域ごとの差はスーパー以外は大阪>名古屋であり、病院については大阪>東京>名古屋であった。

(3) エネルギー種別使用の経年変化

電気・ガス・油の消費割合の経年変化を調べた

ところ、病院以外は大きくは転換していない。病院においては昭和 49～50 年の付近でいったん、極減した油使用量が供給の円滑化とともに復活している。百貨店・スーパーは電力使用が卓越し、冬期の内部発熱の効果が顕著に現れている。

(4) 月変化のパターン

各建物種別の全 1 次エネルギー消費の月変化パターンは大きく 2 分され、事務所・ホテル・病院は夏・冬の 2 山型、大型物販店は 1 山型である。後者は前項の冬期内部発熱の効果によるものであ

る。電力消費については各建物とも 1 山型であり、電力消費の夏ピークについては対策を検討する必要がある。

なお、最近の事務所建築における省エネルギービルの実勢からみて、前述の原単位実績値の 20% 減（既設建物）、40% 減（新設建物）を一応の目標とするのが妥当と考えられる。

3. 省エネルギー手法採用の実態

図 III-2 に建物種別ごとの省エネルギー手法採用率を示す。ここに、

$$\text{採用率} = \frac{\text{当該年度における有効建物数に対する採用省エネルギー手法数の総和}}{\text{省エネルギー手法総数 (87) } \times \text{当該年度有効建物数}} \times 100 (\%)$$

表 III-2.

(a) 省エネルギー手法採用の順位

	事務所	ホテル	病院	百貨店	スーパー	全体
1	Cm 13	Co 51	Co 51	Bl 123	Co 11	Cm 21
2	Cm 22	Cm 22	Cm 21	Cm 21	Co 22	Cm 22
3	Co 22	Cm 21	Co 61	Co 71	Cm 12	Co 22
4	Cm 24	Co 22	Cm 21	Co 91	Co 52	Co 71
5	Cm 27	Co 71	Co 52	Cm 22	Cm 22	Co 11
6	Co 11	Co 61	Co 22	Co 22	Co 71	Co 51
7	Co 91	Co 11	Co 71	Co 72	Cm 13	Co 21
8	Co 71	Co 21	Co 32	Cm 23	Co 61	Co 91
9	Co 21	Co 91	Co 21	Co 21	Co 23	Co 61

(b) 採用率の高い省エネルギー対策手法のコード表

番号	省エネルギー手法
Bl 23	照明器具それぞれに個別スイッチ（キャノビスイッチ）の取付け
Co 11	空調時の外気取入量の減少
Co 21	手動でこまめに調節
Co 22	自動制御による調節
Co 23	送水送風温度の設定変更
Co 32	外気スケジュール（外気温度・負荷に応じて調節）の導入
Co 51	非使用室の空調停止
Co 52	空調運転時間短縮・残業時間の非空調
Co 61	熱源設定温度圧力等の調節
Co 71	照明の間引（事務室など）
Co 72	始業前点灯時間の短縮・制限
Co 91	エレベーター・エスカレーターの運転間引き
Cm 12	空調機コイル・フィルターの清掃
Cm 13	冷凍機コンデンサ・エバポレーターの清掃
Cm 21	廊下・ホール等の消灯・間引き
Cm 22	照明スイッチ ON-OFF の励行
Cm 23	窓際照明の消灯
Cm 24	ブラインド閉閑の実行
Cm 27	ビル居住者への省エネルギー PR・協力依頼

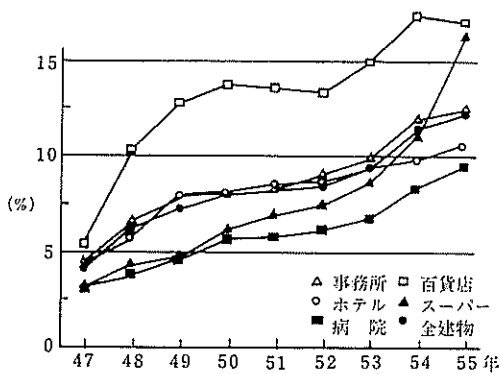


図 III-2. 省エネ手法採用率の経年変化

とする。全建物としては最も件数の多い事務所ビルの傾向に強く支配されているが、建物種別ごとに見ると、百貨店はオイルショック直後に急昇し、さらに第2次オイルショックでも急昇して常に高採用率を示す。病院は比較的省エネルギー化の困難な建物と考えられる。常時空調が常識であったホテルについては省エネルギー化が容易なはずである。しかし、前述のように図 III-2 の結果が図 III-1 に反映していない所が問題であり、今回の調査で最も重要な示唆を与えるところである。

表 III-2 には各建物種別ごとに採用されたと申告された省エネルギー対策手法の順位と内容を示す。表から判断される所は、最も手軽かつ実効のある照明消灯に関するものや、空調の外気取入量低減などが多く、システムや構造に改善を必要とするものは僅少である。また、ヒアリング結果からも申告手法の実行度は不確実である。これらの事実から、既設建物に対して適切な改修指針の確立の必要性が痛感される。

おわりに

本研究では、高層建築において顕著に生ずる階段室などを通しての縦方向の空気移動による熱負荷の増大—いわゆる煙突効果についても、シミュレーションによりその性状を解明すべく作業をすすめた。また、日射の有効利用と建物躯体の蓄放熱性状についても実験的に考究した。いずれもこの方面に対する今後の研究の緒を与えていることを付記する。

謝 辞

終りに当たり、3年間にわたって本研究の助成をいただいた日産科学振興財団に対し深く感謝する次第である。

発表論文

- 1) 伊藤直明・宮田浩:「室内気候調整における日射の有効利用に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 1980. 9.
- 2) 伊藤直明・須永修通・当山雅道:「断熱構法の相違(外断熱・内断熱)によるRC造建物の熱性能に関する比較実験(その1)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 1981. 9.
- 3) 伊藤直明・石野久弥・三浦満雄:「建築の省エネルギー性能評価に関する研究(1. 最大負荷の考え方)」, 同上.
- 4) 伊藤直明・石野久弥・高橋肇:「同上(2. 設計用気象データ)」, 同上.
- 5) 伊藤直明・石野久弥:「同上(3. 新総合TACによる最大負荷)」, 同上.
- 6) 伊藤直明・石野久弥・矢川明弘:「同上(4. 外気冷却効果に関する検討)」, 同上.
- 7) 伊藤直明・石野久弥・三浦満雄・石川正雄:「最大負荷の地域別・要因別特性」, 空調調和・冷凍連合講演論文集, 1982. 4.
- 8) 伊藤直明・石野久弥・高橋肇:「外気冷却効果の地域特性」, 同上.
- 9) 伊藤直明・石野久弥・三浦満雄:「年間負荷の特性と最大負荷との相関」, 同上.
- 10) 伊藤直明・石野久弥・三浦満雄:「省エネルギー性能評価における年間負荷の特性と最大負荷の関係」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1982. 10.
- 11) 石野久弥:「最大熱負荷の精度に関する考察」, 同上.
- 12) 伊藤直明・石野久弥・高橋肇:「建築の省エネルギー化のための外気冷却効果に関する研究」, 同上.
- 13) 伊藤直明・須永修通・当山雅道・矢川明弘:「断熱構法の相違(内断熱・外断熱)によるRC造建物の熱性能に関する研究(その2)」, 同上.
- 14) 中原信生・相良和伸・小川昌幸:「既設ビルのエネルギー消費と省エネルギー対策の実態(第2報)」, 各種建物のエネルギー消費パターンと原単位の経年変化」, 日本建築学会東海支部研究報告, 1982. 2.
- 15) 相良和伸・小川昌幸・中原信生・岡田嘉寿雄:「同上(第3報)」, 各種建物のエネルギー消費量の重回帰分析」, 同上.
- 16) 相良和伸・小川昌幸・中原信生・岡田嘉寿雄:「同上(第4報)」, 省エネルギー手法適用の実際」, 同上.
- 17) 中原信生・相良和伸・中川剛・小川昌幸:「建物のエネルギー消費量等調査(その1)」, アンケート調査の概要及びエネルギー消費量の概略分析」, 空調調和・衛生工学会学術講演論文集, 1981. 10.
- 18) 中原信生・岡田嘉寿雄・相良和伸・島賀崇・後藤

- 達雄:「同上(その2), 経年変化から見たエネルギー利用の省エネルギー化の動向」, 同上. 1982. 10.
- 19) 池沢広和・島貫崇・後藤達雄・中原信生・相良和伸:「同上(その3), 各種建物のエネルギー消費構造に関する考察(1)」, 同上.
- 20) 島貫崇・後藤達雄・松尾浩・中原信生・相良和伸:「同上(その4), 各種建物のエネルギー消費構造に関する考察(2)」, 同上.
- 21) 島貫崇・後藤立夫・後藤達雄・中原信生・相良和伸:「同上(その5), 建築・設備計画の設計諸元に関する考察」, 同上.
- 22) 中原信生・岡田嘉寿雄・相良和伸・島貫崇・後藤達雄:「同上(その6), 空調システム適用の実態」, 同上.