

事務所ビルの省エネルギー

—東京都区部における可能量と必要コストの評価—

Energy Conservation Possibility in Office Buildings in Tokyo 23 Wards

キーワード：省エネルギー，事務所ビル，コスト，東京都区部，建築動態

鈴木 勉 中野 幸夫 井川 憲男
中村 慎 岡 建雄

本稿では、新築・改修される事務所ビルを対象に、現時点で利用可能な種々の省エネルギー手法を採用することによって削減されるエネルギーと必要となるコストについて、積み上げ方式による見積り評価を行った。その結果、照明器具・OA機器の高効率化や在席状況に応じた機器の制御システム等によってビル内での熱負荷を減らす効果が、躯体自体の工夫による効果よりも大きいことが明らかになった。ビル全体ではおよそ25~30%の省エネが可能で、これに伴いランニングコストは11~16%削減可能と計算された。一方、イニシャルコストの増加は3.2~4.1%、単純回収年数は9~13年と建築設備の償却年数に匹敵するため、普及には回収年の短縮が必要である。また、1993年から2000年までに東京都区部で新築・改修される事務所ビルに適用された場合の区部全体でのエネルギー消費・CO₂排出量・コストの推定を行った。その結果、3.5%の累積イニシャルコストの増加を伴うが、その半分はランニングコストの減少でカバーでき、1993~2000年の累積で約3.3%の省エネとなると算定された。早急な省エネを図るためには、迅速な省エネ技術普及の推進が必要である。

- はじめに
- モデルビルによる省エネ可能量と必要コストの検討
 - モデルビルの設定
 - エネルギー消費量
 - コストの評価
- 東京都区部での省エネビルの普及効果
 - 事務所ビル床面積の推移
 - 事務所ビル累積・着工床面積の将来予測
 - 新築・改修による省エネルギー・CO₂削減可能量の予測
 - 必要コストの予測結果
- 提言と課題
- 参考文献

1. はじめに

OA化の進展、冷暖房設備の充実に伴い、事務所ビルのエネルギー消費は高い伸びを示している。事務所ビルなど業務部門で消費される最終エネルギー消費量はわが国の総消費量の1/8を占め、1985年からの平均年間伸び率は4.5%である。この伸び率は運輸部門のそれに匹敵し、産業部門の1.9%、家庭部門の3.6%と比較して大きな値となっている。また、電力中央研究所が行った電力の需給見通し(永田(1994))

では、業務用の電力消費は今後年率3.6%で伸び続け、2010年には現在の1.8倍の規模に達すると予測している。このため、運輸部門と同様、業務部門での省エネが重要な課題となっている。一方、建築一般を対象にした省エネ技術は種々開発されているものの、普及の度合はエネルギー消費の伸びを抑えるまでには至っていない。

本研究では、東京地区の事務所ビルの新築ならびに改修についてモデルビルを設定し、標準的な技術・設備を採用する場合と現在利用可能

な種々の省エネ手法を十分に採用する場合とについてエネルギー消費量ならびにイニシャル、ランニングコストを算定する。そして、両者の比較から省エネ可能量と必要となるコストの評価を行い、費用対効果の高い省エネ手法を明らかにする。評価にあたっては採用した手法個々の費用対効果をできるだけ明確にする方針を採る。さらに、1993年から2000年までの間に東京都区部において新築・改修される事務所ビルすべてにここで検討した省エネ手法が取り入れられると仮定した場合のエネルギーの総節約量、必要コスト、CO₂排出量の抑制効果等の算定を試み、業務部門全体への波及効果の程度を把握する。モデルビルの設定にあたっては居住環境や業務の能率を犠牲にするような省エネ手法は採用しないことを条件とし、現在の環境を維持あるいは向上させた上での省エネを考える。

2. モデルビルによる省エネ可能量と必要コストの検討

東京都区部に新築される事務所ビル、また建設されてからある程度時間が過ぎて改修の必要が生じてきた既存ビルを対象に、それぞれモデルビルを設定し、それぞれの規模に応じて平均的・標準的な技術・設備を投入する場合（標準ケース）と現時点で利用可能な種々の省エネ手法を十分に採用する場合（省エネケース）とについて、エネルギー消費量、イニシャルコスト、ランニングコストを算定する。そして両ケースの比較から省エネ可能量と必要となるコストの評価を試みる。

2.1 モデルビルの設定

設定したモデルビルの概要を表1に示す。表2には省エネケースで採用した主な省エネ手法の概要をまとめてある。

表1 モデルビルの建物概要

	新 築						改 修			
	小 規 模		中 規 模		大 規 模		中 規 模			
	標 準	省エネ	標 準	省エネ	標 準	省エネ	改修前	標 準	省エネ	
延床面積	3,279 m ²		10,089 m ²		32,586 m ²		10,134 m ²			
階構成	B1, F7, P1		B1, F10, P1		B2, F14, P2		B3, F9, P1			
空調面積	2,323 m ²		7,888 m ²		21,507 m ²		6,430 m ²			
空調面積比率	71%		78%		66%		63%			
在室人員	0.1人/m ²						0.2人/m ²			
外気導入量	30 m ² /h 人						20 m ² /h 人			
照 明	空調室	15.0W/m ²	11.4W/m ²	15.0W/m ²	11.4W/m ²	15.0W/m ²	11.4W/m ²	20.0W/m ²	20.0W/m ²	15.2W/m ²
	便所・湯沸	1.6kW(点灯率50%)		4.0kW(点灯率50%)		6.2kW(点灯率100%)		4.0kW(点灯率50%)		
	階 段	0.7kW(点灯率50%)		1.0kW(点灯率50%)		1.3kW(点灯率100%)		1.0kW(点灯率50%)		
	地下駐車場	—		2.7kW(点灯率100%)		11.1kW(点灯率100%)		3.0kW(点灯率100%)		
コンセント負荷	10.9W/m ²	8.7W/m ²	10.9W/m ²	8.7W/m ²	10.9W/m ²	8.7W/m ²	10.9W/m ²	10.9W/m ²	8.7W/m ²	
熱 源	冷 房	ビルマルチ 95 RT COP=3.1	ビルマルチ 75 RT COP=3.1	冷温水発生機 265 RT COP=1.07	冷温水発生機 210 RT COP=1.07	ターボ冷凍機 750 RT COP=4.1	ターボ冷凍機 300 RT×2台 COP=4.1	ターボ冷凍機 300 RT COP=3.5	ビルマルチ 300 RT COP=3.1	ビルマルチ 240 RT COP=3.1
	暖 房	ビルマルチ 240 Mcal/h COP=3.5	ビルマルチ 150 Mcal/h COP=3.5	冷温水発生機 630 Mcal/h COP=0.85	冷温水発生機 400 Mcal/h COP=0.85	ボイラー 1,600 Mcal/h 効率=0.85	ボイラー 600Mcal/h×2 効率=0.85	ボイラー 600 Mcal/h 効率=0.85	ビルマルチ 600 Mcal/h COP=3.5	ビルマルチ 380 Mcal/h COP=3.5

注) 照明の点灯率は8時から20時までに対する値

表 2 採用した省エネ手法

軀体	屋根	スチレン発泡板 25 mm → 75 mm
	外壁	スチレン発泡板 なし → 50 mm
	地下駐天井	ロックウール吹付 10 mm → 50 mm
	窓	ペアガラスの採用
照明		高効率照明器具の採用：効率 24% 向上
		在席センサによるタスク照明の制御
		昼光センサによるアンビエント照明の制御
コンセント負荷		省エネ型 OA 機器の採用：使用時 効率 20% 向上 待機時 効率 80% 向上
		在席センサによる OA 機器の制御
エレベータ		省エネ型エレベータの採用：効率 20% 向上
外気処理		全熱交換器の採用
搬送		VAV, VWV の採用

(1) 新築モデルビルの設定

(a) 軀体

新築ビルとしては、小規模(延床面積約 3,000 m²)、中規模(約 10,000 m²)、大規模(約 30,000 m²) の 3 種のモデルビルを設定した。東京都区部において 1991 年度に着工した事務所ビルのうち、3,000 m² 未満のものの床面積の合計は総着工床面積の 34% を占め、10,000 m² 未満のものは 59% である ([11])。30,000 m² のモデルビルは 10,000 m² 以上の代表として設定した。

建物の階構成は、建物の規模や敷地、周辺環境、容積率など、各種条件によって異なる。ここでは [8] に掲載された竣工設備一覧から求めた平均的な階構成と、施工実績 [10] とを参考に設定した。建物のコア¹⁾配置については、[10] を参考に、小規模ビルでは図 1 の形状 2 に、中規模ビルでは形状 1、大規模ビルでは形状 3 に設定した。また、アスペクト比²⁾についても同様に、モデルビルを標準的なものとするには [10] からアスペクト比を 1.3~1.8 程度に設定すればよいものと考えられる。採用した建



図 1 コア配置

物のアスペクト比は小規模 1.44、中規模 1.76、大規模 1.31 となっている。

軀体を構成する部材については、省エネケースでは、屋根、外壁、床、天井の断熱を強化し、窓には二重ガラスを採用した。これは改修ビルにも共通である。

(b) 熱負荷・熱源機器

就業日、就業時間、空調機運転時間、在室率、照明機器およびコンセント負荷(主として OA 機器)の一日の電力消費パターンは表 3 のように設定し、日毎の熱負荷計算を行った。空調対象居室の温湿度条件は東京のものを用いた。熱負荷計算の結果、冷房負荷、暖房負荷の最大値に冷暖房とも 10% 程度の余裕を見込んで熱源機器の容量を設定した。

省エネケースでは高効率の照明器具や OA 機器等を採用したほか、これらを在室状況に応じて制御することによって熱の発生を抑制する。また、照明をタスク照明³⁾とアンビエント照明⁴⁾に分離し、さらに昼光を利用してアンビエ

1) 建物の共用施設・設備スペースなど。
 2) 建物の平面の縦横比。
 3) 机・パーティション・戸棚などに組み込んだ照明。コンピュータの画像面に反射光が映り込まないように工夫するためなどに用いる。
 4) 天井・周壁・床面への照明。タスク照明と組み合わせて快適な視環境をつくるために用いる。

表 3 モデルビルの運用条件（新築・改修共通）

就業日および就業時間	完全週休2日制 始業 9:00, 終業 17:00, 昼休み 12:00~13:00 時間外勤務 8:00~9:00, 17:00~20:00 を考慮
空調機運転時間	就業日の 8:00~20:00
在室率 (空調対象居室の値)	新築: 0.1人/m ² (100%) 改修: 0.2人/m ² (100%) 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 10% 75% 30% 75% 75% 30%
照明点灯率 (空調対象居室の値)	標準ケース: 新築: 15.0 W/m ² (100%) 改修: 20.0 W/m ² (100%) 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 35% 100% 35% 100% 100% 80%
	省エネケース: 新築: 11.4 W/m ² (100%) 改修: 15.2 W/m ² (100%) 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 23% 80% 50% 80% 83% 53%
	機器効率 24% アップを考慮 アンビエント照明とタスク照明を採用 (1:2) アンビエント照明のみの点灯率 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 50% 90% 90% 90% 100% 100% タスク照明のみの点灯率は在室率に等しい
コンセント負荷率 (空調対象居室の値)	標準ケース: 10.9 W/m ² (100%) 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 10% 100% 100% 100% 100% 100%
	省エネケース: 10.9 W/m ² (100%) 8:00~9:00~12:00~13:00~15:00~17:00~20:00 8% 65% 38% 65% 65% 38%
	機器効率: 使用時 20% アップ, 待機時 80% アップ 在室率に等しい割合の機器を使用, 9:00 以前は他の機器はオフ状態

ント照明を補うものとする。外気処理には全熱交換器を採用する。

熱源機器の選定は採用実績に基づいて行った。[2]に掲載された竣工設備一覧から熱源装置を建物の規模別に分類した結果を見ると、小規模ビルでは電気が主体で分散方式の熱源が多いので、小規模モデルビルではこのタイプの代表的な装置であるビルマルチ⁵⁾を採用することとした。中規模ビルではガスによる冷温水発生機が最も多く、パッケージ冷凍機がそれに次いでいる。丁度分散方式とセントラル方式の分かれ目となる規模とも考えられる。ここでは冷温水発生機によるセントラル方式を採用すること

とした。大規模ビルではセントラル方式を中心として冷温水発生機や遠心冷凍機が多い。ここではターボ冷凍機とボイラーの組み合わせによるシステムを検討することとした。設定した熱源機器の種類、容量、COP、効率は表1に示したとおりである。なお、大規模・省エネケースでは冷房、暖房とも同容量の機器2台で熱源を構成し、熱負荷に応じて台数制御も行うこと

5) ビル用マルチエアコン。一台の室外機に複数の室内機をつないで冷暖房を行うもの。室外機の容量は数十kWで、一フロアの空調を数台のビルマルチで行う。大量生産によるコストダウンと運用の利便性(セクション毎のオンオフなど)といったメリットにより、従来の水搬送の集中式空調システムに代わり、中小ビルの空調システムの主流となっている。

とした。

(c) 空調動力, 換気動力, エレベータ, 衛生他動力

空調動力については値の大きい冷房時の出力値をもとに電力容量を設定した。表2にも示したように, 省エネケースでは空調のファン, ポンプの制御にそれぞれ VAV⁶⁾, VWV⁷⁾ を採用している。制御下限は両者とも 40% である。

換気動力の値は, 各室の給気ファンおよび排気ファンの動力の合計値とした。これは標準ケース, 省エネケースとも同じに設定してある。後述するエネルギー消費量の計算においては, それぞれのファンを必要性に応じて 24 時間運転のもの, 就業時間帯 (8~20 時) のみ運転のものなどに分類して計算している。エレベータについては, 表2に示したように, 省エネケースでは標準ケースに比して 20% の効率向上を見込んでいる。

衛生他動力では, 100 l/人・日の上水を屋上に汲み上げる動力, 冷却塔およびボイラー (大規模モデルビルのみ) に補給水を供給する動力, 給湯加熱用電力, 非常用照明等を見込んでいる。なお, 冷却塔およびボイラーへの補給水はいずれも循環量の 2% とした。また, 給湯加熱機器の効率は 0.8 と想定した。

契約電力の設定は, 各動力の和および照明・コンセント電力それぞれに 8% の余裕を考慮して出力電力の最大値を設定し, 入力換算係数⁸⁾ 1.25 を乗じ入力電力最大値を求め, 両者の和に圧縮率⁹⁾ 0.65 を乗じ, 値を丸めて求めた。圧縮率の設定には [4] を参照した。

(2) 改修モデルビルの設定

改修については東京地区の築 30 年の既存ビルをモデルビルにして検討を行った。規模は中規模 (延床面積約 10,000 m²) である。

改修は, 熱源システムの劣化などのため, 熱源機器の交換を含む大規模なものを想定している。改修には標準的な改修を行う場合 (標準改

修ケース) と現時点で利用可能な種々の省エネ手法を十分に採用する場合 (省エネ改修ケース) とについて検討し, 両者間の比較あるいは改修前との比較を行った。

標準改修ケースの照明負荷およびコンセント負荷は改修前と変化させていない。また, 省エネ改修ケースで採用した省エネ手法は表2に示したとおりで, 躯体の断熱強化や省エネ型機器の採用を行っている。躯体の部材, 運用条件, 空調対象居室の温湿度条件等は, 新築モデルビルのもと同じとしている。

上記の条件のもとで日毎の熱負荷計算を行い, その結果に基づいて熱源機器の容量を設定した。改修モデルビルではターボ冷凍機とボイラーの組み合わせからビルマルチヘトリプレスを行うこととした。

改修モデルビルにおける空調動力, 換気動力, エレベータ, 衛生他動力, 照明・コンセント電力等, 契約電力の設定手順は新築ビルと同様である。

2.2 エネルギー消費量

それぞれのケースについて熱負荷計算を行い, 各月の平均値をその月の熱負荷代表値として冷暖房に要するエネルギー量を求め, 換気, 照明, コンセント, エレベータ, 衛生他の項目についても前節に示した運転条件のもとで消費電力量を計算した。熱源 (熱源電力・熱源ガス), 搬送・換気 (搬送電力・換気電力), 照明・コンセント (照明電力・コンセント電力), その他 (エレベータ電力・衛生他電力) に分類

6) 変風量システム。空調対象に対し, その室熱負荷の変動に応じて, 給気量を変動させる全空気式空調方式。1つのシステムに複数の変風量ユニットを使用することで, ユニット毎に制御できる。

7) 変水量システム。冷温水配管などで負荷の変動に応じて配管系の循環水量を変化させる方式。搬送動力の削減に有効である。

8) 照明における安定器, 動力における力率などを考慮し, 出力分を入力分に換算する係数。ここでは出力の 25% と仮定した。

9) 最大電力を算出する際に, 個別の最大電力を積み上げたものに乗じる係数。一般に経験的に 0.5~0.65 とされる。

表 4 年間のエネルギー消費量および省エネ率

	新 築						改 修		
	小 規 模		中 規 模		大 規 模		中 規 模		
	標 準	省エネ	標 準	省エネ	標 準	省エネ	改修前	標 準	省エネ
冷房負荷 [Mcal]	270,578	209,681	781,996	573,485	2,523,326	1,661,372	895,764	895,764	772,377
暖房負荷 [Mcal]	-74,660	-11,942	-185,721	-36,813	-461,658	-164,920	-119,910	-119,910	-33,181
熱源電力 [kWh]	121,739	77,375	54,525	40,830	830,213	534,915	380,652	405,570	270,222
熱源ガス [Mcal]	0	0	827,438	511,192	543,126	194,022	141,071	0	0
搬送電力 [kWh]	58,519	25,624	272,261	147,416	858,002	392,309	261,380	214,720	187,480
換気電力 [kWh]	71,748	71,748	197,388	197,388	820,077	820,077	284,984	284,984	284,984
照明電力 [kWh]	134,346	89,377	442,482	296,264	1,333,093	933,388	525,870	525,870	381,220
コンセント電力[kWh]	80,549	48,480	244,625	140,353	718,381	433,346	169,391	169,391	104,157
エレベータ電力[kWh]	15,692	12,555	43,072	34,459	159,996	127,990	32,304	32,304	25,846
衛生他電力 [kWh]	86,034	86,034	158,349	156,364	698,885	688,931	110,415	105,300	109,984
総エネルギー消費量 [Mcal]	1,393,136	1,007,423	4,288,558	2,993,223	13,818,811	9,824,864	4,465,311	4,258,441	3,341,538
エネルギー消費密度 [Mcal/m ²]	425	307	425	297	424	302	441	420	330
省エネ率 [%]	—	28	—	30	—	29	—	—	22

して、それぞれの消費エネルギーと各ケースの単位床面積当たりの年間エネルギー消費密度、省エネ手法の採用による省エネ率をまとめたものが表4である¹⁰⁾。省エネ手法の採用によって新築の場合は28～30%の省エネが可能であることがわかる。また改修の場合は、改修前と比較して標準的な改修で5%、省エネ手法を採用した改修で25%の省エネが可能である。改修後の両者を比較すると省エネ率は22%となる。全体の省エネ量に占める照明・コンセントの割合は42～57%となり、この部門での効果が最も大きい。

2.3 コストの評価

標準ケースと省エネケースのコスト差を求めた結果は表5のようになる。

(1) イニシャルコスト

イニシャルコストについては、建築工事（仮設工事、躯体工事、仕上工事）、設備工事（電気設備工事、給排水衛生工事、空調設備工事）およびその他工事に分類して見積を行った。表5から、ここでの設定条件の下では省エネ手法の

採用によってイニシャルコストは新築で3.2～4.1%、改修で3.8%増加することがわかる。ただし、改修の場合は建物の立地条件や改修のスケジュール等によって工事費が大きく変化することに留意しておく必要がある。

コスト差の生じた項目の具体的な内容を見ると、新築・省エネケースではイニシャルコストの全増分のうち、VAV、VWVなどを含めた空調の自動制御設備の占める割合が最も大きく、32～48%となった。次いで二重ガラスの占める割合が大きく、23～39%となった。改修の場合には二重ガラスへの変更を含めた窓部の改修工事の割合が最も大きく、全増分の46%を占めた。

高効率照明の採用や、在席センサによる照明ならびにOA機器等の制御装置の設置によるコストの増分は、新築ケースで全増分の17～20%、改修ケースで28%を占めた。しかし、この部門での省エネ量は全省エネ量の42～57%を占め、費用対効果が高い。しかもこれが室内

10) 電力は一次エネルギー換算で計上した。

表 5 標準ビルと省エネビルとのコスト比較 [千円]

		新 築			改 修
		小規模	中規模	大規模	中規模
イニシャルコスト差	建 築 工 事	18,986	48,535	113,399	46,755
	仮 設 工 事	0	0	0	0
	軀 体 工 事	0	0	0	0
	仕 上 工 事	18,096	40,535	112,399	46,755
	設 備 工 事	12,357	86,611	242,311	28,170
	電 気 工 事	3,567	17,513	42,732	16,950
	衛 生 工 事	0	-210	-700	0
	空 調 工 事	8,790	69,308	200,279	11,200
そ の 他 工 事	0	0	0	0	
イニシャルコスト差合計		30,453	135,146	354,710	74,925
イニシャルコスト増加率		3.3%	4.1%	3.2%	3.8%
ランニングコスト差	電 気 料 金	3,375	7,763	29,594	8,321
	ガ ス 料 金	0	1,534	3,067	0
	水 道 料 金	0	945	3,016	0
	管 理 人 費	0	0	0	0
	維 持 修 理 費	0	0	0	0
ランニングコスト差合計		3,375	10,242	35,677	8,321
ランニングコスト削減率		11%	13%	16%	11%
単 純 投 資 回 収 年		9.0年	13.2年	9.9年	9.0年

注) 改修は、標準改修に対する省エネ改修の値を示す。

の熱発生を抑制するため、熱源部門、搬送・換気部門の設備容量やエネルギー消費量の削減に寄与している。

(2) ランニングコスト

経常費については固定費（減価償却費，金利，保険料，租税公課）と変動費（電気料金，ガス料金，水道料金，管理人費，維持修理費）に分けて検討した。

(a) 固定費

減価償却費は定額法によって求め、設備の耐用年数は15年、躯体の耐用年数は30年とした。金利は現在変動が大きい、ここでは6%とした。保険は火災等を対象にしており、保険料は1%を見込んでいる。租税公課については、登録免許税0.6%および不動産取得税3%を初年度のみ支払うものとした。また、毎年支払うものとして固定資産税1.4%と都市計画税0.2%を考慮した。

(b) 変動費

電気料金は業務用電気料金表を用いた¹¹⁾。ガス料金の計算には、熱源に冷温水発生機を使用する新築・中規模ケースでは負荷調整契約料金を適用し（基本流量は標準ケースが63Nm³，省エネケースが40Nm³），暖房にボイラーを使用する新築・大規模ケースと改修の改修前ケースについては一般料金を適用した。水道料金については熱源・空調機に補充される水のみを考慮し、補給水としては冷却水の循環流量の2%とボイラー循環水量の2%が必要となるものと仮定した。料金は中規模ビルで610円/m³，大規模ビルで615円/m³のフラットレートを採用した。空調設備等の管理人数は小規模ビルで2人，中規模ビルで4人，大規模ビルで6人とし、経費は600万円/年・人に設定した。また、年間の維持修理費は標準モデルビルの設備費の

11) 特約料金制度などの需給調整契約は考慮しない。

1.5%を計上した。

(3) 計算結果

以上の条件に基づいた計算結果を示す。これより省エネ手法の採用によって変動費が11～16%削減できることがわかる。また、省エネ手法の採用によって生じるイニシャルコストの増分を、固定費を除いたランニングコストの年間節約分で割った単純投資回収年は、9～13年となった。

3. 東京都区部での省エネビルの普及効果

これまで検討してきた省エネビルが今後の事務所ビルの建設・改修時に導入された場合、全体としてどの程度の省エネがもたらされるかについて、事務所の立地や更新が進んでいる東京都区部をケーススタディ地域として予測する。

3.1 事務所ビル床面積の推移

東京23区における事務所床ストックは1987年に5,000万 m^2 を超え、92年には約6,750万 m^2 に達している。その半分以上は都心3区(千代田区、中央区、港区)に集中しており、残りの約半分も副都心4区(新宿区、渋谷区、豊島区及び台東区)に集積している。年間の純増加量は、バブル期を迎えた87年以降、300万 m^2 前後となっており、バブル崩壊後も2～3年間、床供給は衰えていない。

東京都の事務所着工床面積は85年以降大幅に増加し、全国でも若干時期を遅らせて同様の伸びを見せた。区部の着工床は毎年ほぼ400万 m^2 を超えているが、近年は若干減少傾向が見られる。特に、都心3区における着工面積は増加を見せず、むしろ副都心4区や周辺16区のシェアが増大している。着工床の対ストック比率の変化は、都心部で3～6%、副都心各区で6～10%、周辺区で約12%と周辺ほど高くなっており、事務所ビルの建築速度が早いことを示している。しかし、近年はこれも全体的に減少傾向にある。規模別に見ると、バブル期に延床

の約半分を占めていた5,000 m^2 以下の小規模ビルのシェアは近年減少しつつあり、逆に20,000 m^2 以上の大規模ビルのシェアが高くなってきている。これは、バブル期に計画された、計画変更の容易でない大型オフィスビルの竣工が相次いでいることによるものと考えられる。なお、都心部ほど大規模な床面積をもつ建築のシェアが大きい。一方、区部における商業・サービス床の減失床面積の推定値は年間約50～60万 m^2 となり、着工と同様に90年をピークとして減少に転じている。ストックに対する比率は、都心に比べ周辺各区の比が圧倒的に高く、小規模ビルのシェアの大きい周辺区部での事務所建築の更新が活発であることを物語っている。

改修に関しては、全国の動向についてしか論じ得ない。非住宅建築の「改装等」工事面積は、全国で80年代後半までは2,000～2,500万 m^2 に上ったが、90年代に入って景気の後退とともに急激に減少している。このうち、事務所の内訳は5ヶ年を通じて件数基準でほぼ20～25%を占めるので、この比率で案分すると、バブル景気期で約500万 m^2 、92年で200万 m^2 弱であったと推定される。増改築や改装等の比較的軽度の工事は時間的遅れを伴わずに景気の影響をすぐに受けるものと考えられる。事務所の着工面積当たりの改装面積比率を推計すると、88年の0.265から92年は0.087まで減少している。今後もこの比率はあまり上昇しないものと考えられる。

3.2 事務所ビル累積・着工床面積の将来予測

以上の事務所ビルの建築動向を踏まえて、東京区部における今後の事務所ビルの見通しを、図2に示したフローに従って床面積ベースで予測した。93年以降の新築分を新築ビルの対象とした。次節の省エネ効果の算定も、省エネビルが93年から普及し始めた場合の結果である。

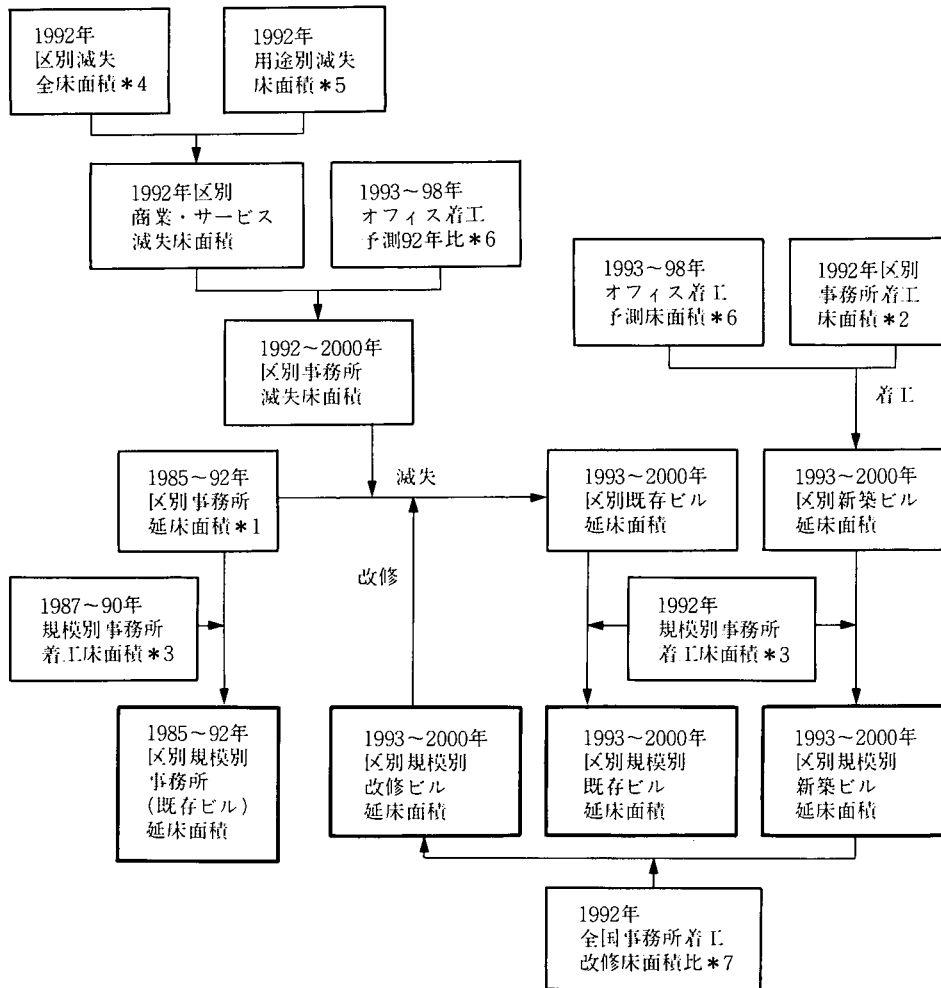


図 2 床面積算定フロー

- *1 地域、種類、構造別家屋の棟数及び床面積（東京都統計年鑑）
- *2 地域別・用途別着工建築物（建築統計年報）
- *3 構造別・規模別・用途別着工建築物（建築統計年報）
- *4 地域別減失建築物（建築統計年報）
- *5 減失建築物の推移〔地域・用途別・除却／災害建築物〕（建築統計年報）
- *6 東京 23 区のオフィス需給の推移（石澤（1993））
- *7 増改築・改装等調査（建設統計月報）

(1) 予測方法

算定は、ビルの規模別及び区別に行った。ビル規模は、5,000 m² 未満のものを小規模ビル、5,000 m²~20,000 m² のものを中規模ビル、20,000 m² 以上のものを大規模ビルとした。エネルギー消費算定に当たっては、原単位をそれぞれ 3,000 m²、10,000 m²、30,000 m² のビルのもので代表させた。また、区別を行うことにより、事務所床の変化に与える業種特性の影響を反映させた。なお、算定に当たっては、バブル崩壊に伴う今後のオフィス需要の減少などの

現実的な背景への対応を図った。

1985年~92年の規模別事務所床は、事務所床ストックの実績値をベースに、バブル期の規模別着工シェアと考えられる87~90年の規模別事務所着工床面積をもとに比例配分した。93年以降は、既存ビル分については、毎年、92年の減失分にオフィス着工予測床面積の92年比（都心3区以外は共通）を乗じた分が減失するものとして算定した¹²⁾。規模別は、減失分を

12) 但し、99、2000年の着工（または減失）は98年のそれと同量とした。

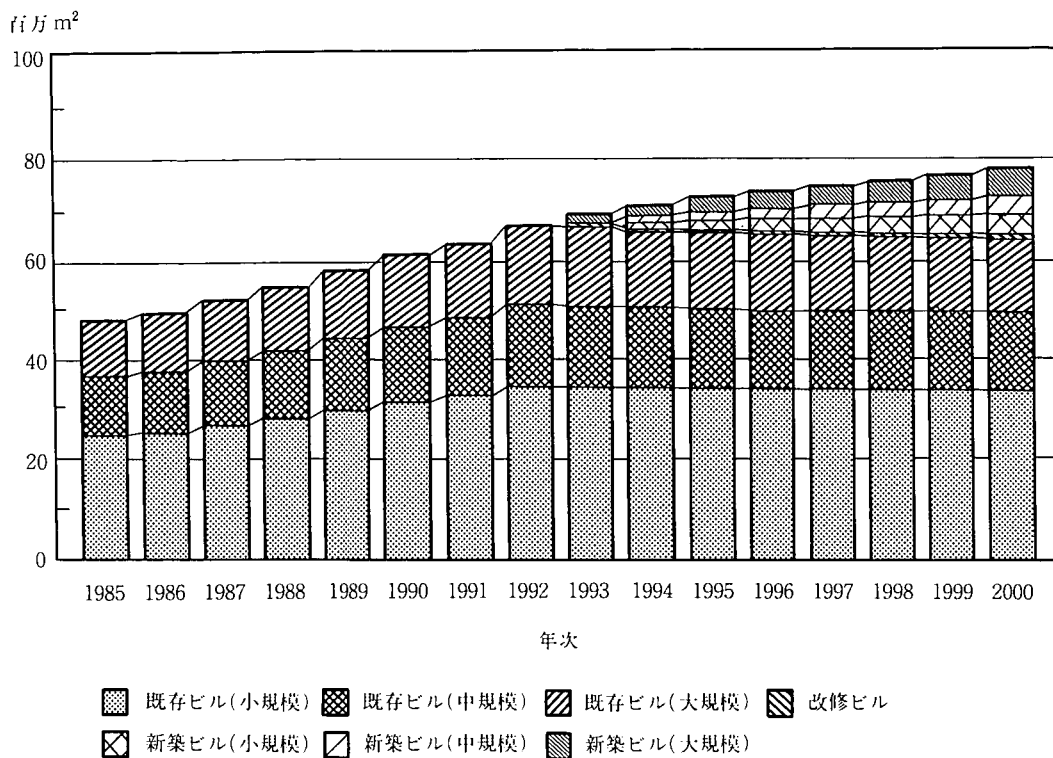


図3 事務所床面積の推移予測（規模別）

バブル後の規模別着工シェアと考えられる92年の規模別事務所着工床面積をもとに比例配分して求めて、上で求めた規模別ストックから減じて求めた。93年以降の新築ビル分については、石澤（1993）のオフィス着工予測をそのまま加算して積み上げた（但し、都心3区以外は92年事務所着工床面積の比率で配分）⁶⁾。規模別は、既存・減失と同様に求めた。

改修分については、前節で求めた92年の全国の着工単位面積当たりの改装等工事面積を定数と見なし、これを用いて新築面積から推定した。既存ビルのうち、この分は改修ビルに転換するものとした。

（2）予測結果

東京都区部の事務所総床面積は今後も増加するが、その伸びはバブル崩壊を経て大きく後退し、2000年時点でも8,000万m²に達しないものと予想された（図3）。93年以降に新築される事務所ビルの床面積は、着工・減失を通して、区部全体で2000年時点でおおよそ16%、改

修床面積は1.4%を占めるに留まるものと考えられる。

規模別では、バブル崩壊後、新築として建築されるビルの中では準備期間の長い大規模ビルのウエイトが大きくなるものと考えられることから、大規模ビルの伸びが26%と、小規模ビルの10%、中規模ビルの18%よりも大きくなるものと考えられる。

地域別では、都心部の11%に比べ、周辺区では25%を占め、ストックに対する伸び率が高くなると考えられる。これは、都心部は寿命の長い建造物の割合が高く、建築物のサイクルが長いいため、新築ビルの波及が遅いことによると考えられる。

3.3 新築・改修による省エネルギー・CO₂削減可能量の予測

（1）算定方法

2章の結果を用いて、図4に従って省エネルギー効果を予測した。なお、省エネルギー効果を評価するために、

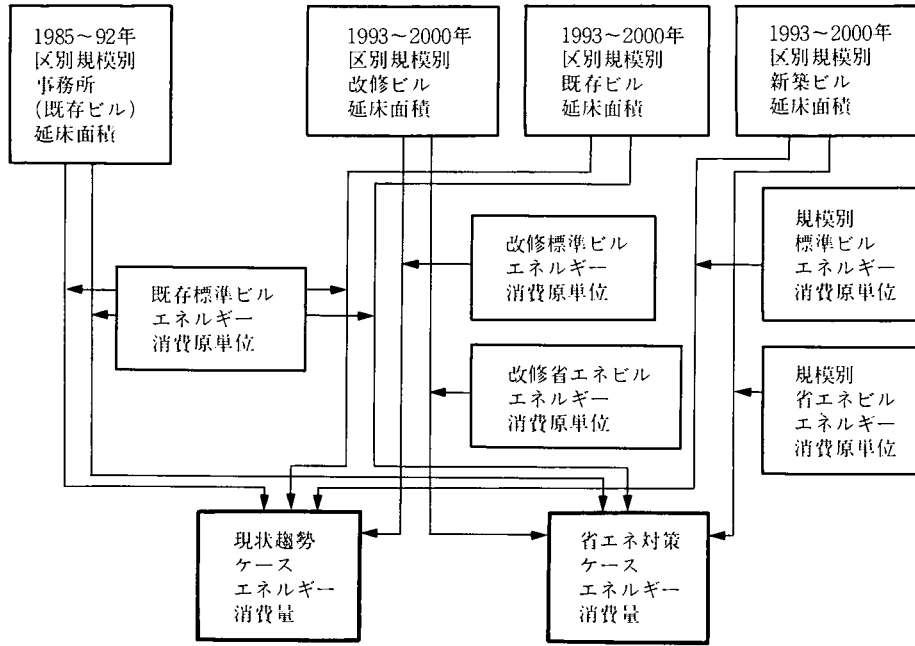


図 4 エネルギー消費量算定フロー

①現状趨勢ケース：既存ビルは「既存標準ビル」の原単位，新築ビルは規模別の「標準ビル」の原単位，改修ビルは「改修標準ビル」の原単位を用いて算定

②省エネ対策ケース：既存ビルは「既存標準ビル」の原単位，新築ビルは規模別の「省エネビル」の原単位，改修ビルは「改修省エネビル」の原単位を用いて算定

表 6 省エネビルによる省エネルギー・CO₂削減効果（2000年時点）

		現状趨勢ケース			省エネ対策ケース			エネルギー消費量削減率 (%)		CO ₂ 削減率 (%)
		エネルギー消費 (Tcal)		CO ₂ 排出量 (千トン)	エネルギー消費 (Tcal)		CO ₂ 排出量 (千トン)	一次エネ	電力	
		一次エネ	電力		一次エネ	電力				
規模別	小規模ビル	16,506	16,042	2,764	16,018	15,554	2,683	3.0	3.0	2.9
	中規模ビル	8,518	8,019	1,439	8,053	7,661	1,357	5.5	4.5	5.7
	大規模ビル	9,129	8,829	1,531	8,419	8,178	1,410	7.8	7.4	7.9
地域別	都心3区	16,943	16,347	2,843	16,401	15,860	2,751	3.2	3.0	3.3
	副都心4区	8,126	7,820	1,365	7,688	7,426	1,290	5.4	5.0	5.5
	周辺16区	9,085	8,722	1,527	8,401	8,106	1,410	7.5	7.1	7.7
	計	34,154	32,890	5,734	32,491	31,392	5,450	4.9	4.6	5.0

表 7 省エネビルによる省エネルギー・CO₂削減効果（1993~2000年の累積）

		現状趨勢ケース			省エネ対策ケース			エネルギー消費量削減率 (%)		CO ₂ 削減率 (%)
		エネルギー消費 (Tcal)		CO ₂ 排出量 (千トン)	エネルギー消費 (Tcal)		CO ₂ 排出量 (千トン)	一次エネ	電力	
		一次エネ	電力		一次エネ	電力				
規模別	小規模ビル	128,260	124,502	21,487	125,725	121,967	21,066	2.0	2.0	2.0
	中規模ビル	64,817	61,574	10,923	62,402	59,714	10,495	3.7	3.0	3.9
	大規模ビル	67,740	65,540	11,359	64,053	62,156	10,732	5.4	5.2	5.5
地域別	都心3区	130,970	126,516	21,971	128,129	123,958	21,485	2.2	2.0	2.2
	副都心4区	61,374	59,184	10,301	59,113	57,417	9,914	3.7	3.4	3.8
	周辺16区	68,473	65,916	11,498	64,937	62,732	10,893	5.2	4.8	5.3
	計	260,817	251,616	43,769	252,179	243,837	42,293	3.3	3.1	3.4

の2ケースを想定し、両者の比較から省エネ率を導出した。

(2) 省エネルギー量の算定結果

算定結果は表6・表7の通りである。東京区

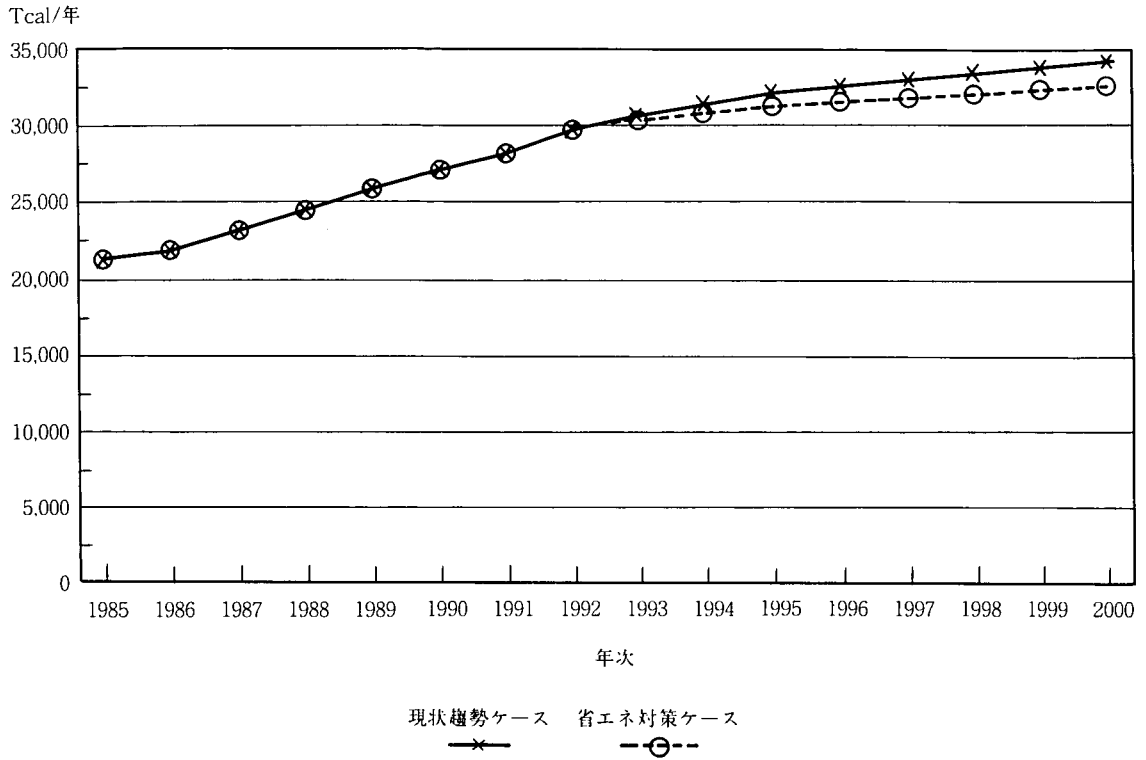


図5 エネルギー消費量の推移予測 (東京都区部)

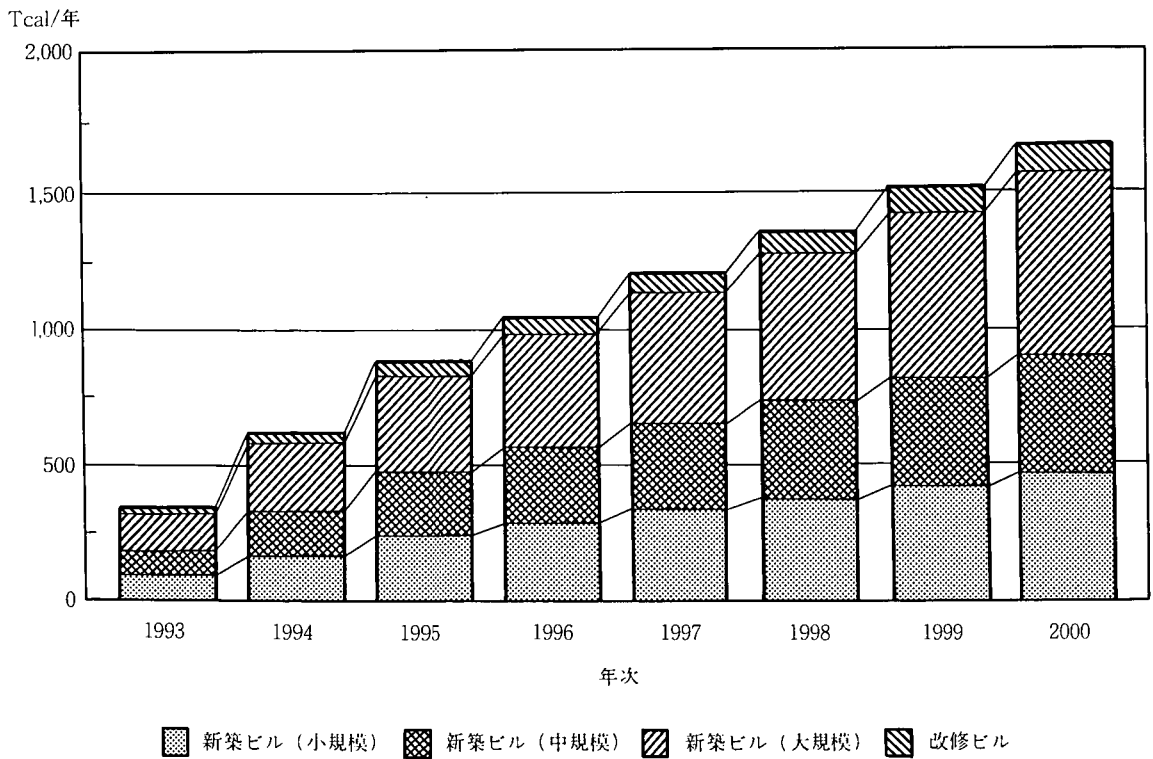


図6 省エネルギー量の推移予測 (規模別)

部の事務所ビルにおける 2000 年時点でのエネルギー消費量は、現状趨勢ケースでは年間 34,154 Tcal であるのに対し、省エネ対策ケースでは 32,491 Tcal となり、1,663 Tcal (約 4.9%) の省エネが期待できると考えられる (図 5)。93 年から 2000 年までの累積では、8,600 Tcal (約 3.3%) の省エネが可能である。

規模別の省エネルギー量 (図 6) は、大規模ビル 7.8%、中規模ビル 5.5%、小規模ビル 3.0% と、更新される床面積の割合に応じて多くなる結果となっている。

地域別では、2000 年時点で省エネ率が都心 3 区で 3.2%、副都心 4 区で 5.4%、周辺 16 区で 7.5% と、ビルの更新の早い周辺部ほど省エネが早く進むものと考えられる。

(3) CO₂ 削減量の算定結果

CO₂ 排出量についても省エネ量と同様の方法で算定した。使用した排出原単位は電力 0.407 kg/kWh、都市ガス 2.355 kg/Nm³ (平成 2 年実績値) である。

東京区部の事務所ビルからの 2000 年時点での CO₂ 排出量は、現状趨勢ケースでは年間約 573 万トンであるのに対し、省エネ対策ケースでは約 545 万トンとなり、約 28 万トン (約 5.0%) が削減できると考えられる (表 6・表 7)。93~2000 年の累積では、約 148 万トン (約 3.4%) が削減可能である。

3.4 必要コストの予測結果

同様にコストの変化を計算した結果を表 8 に示す。93~2000 年の累積イニシャルコストは、およそ 1,500 億円 (3.5%) 増加すると見込まれる。新築ビルの建設の多い 1993 年は年間 300 億円の負担増となるが、その後徐々に減少し、96 年以降は 150 億円を下回るものと推定される。一方、削減できるラン

ニングコストは、省エネビルの普及に伴って年々増大し、同期間での累積ではおよそ 740 億円 (1.6%) とイニシャルコストの半分にもなると考えられる。2000 年時点ではイニシャルコストの増加分よりもランニングコストの減少分の方が大きくなる計算になる。

4. 提言と課題

本研究では、東京都区部において新築あるいは改修される事務所ビルを対象にして、現時点で利用可能な種々の省エネ手法を採用することによって削減されるエネルギー量と必要となるコストの増加を評価した。その結果、省エネ手法の採用によって 25~30% の省エネが可能で、これに伴ってランニングコストは 11~16% 削減可能と評価した。一方、必要となるイニシャルコストの増加は 3.2~4.1% と算定した。イニシャルコストの増分を省エネによって得られるランニングコストの年間節約分で割った単純回収年数は 9~13 年となった。これは建築設備の通常の償却年数に匹敵するため、社会に受け入れられるためには、回収年を 3 分の 1 程度以下に短縮するなどの努力が必要である¹³⁾ とともに、以下に述べる点を中心にいくつかの具体的な施策が望まれる。

まず、高効率の照明器具や在席状況に応じた制御システム等、ビル内で発生する熱負荷を減らす工夫による効果が、二重ガラス等の躯体自

表 8 省エネビルによるコストの増減 (1993~2000 年の累積)

		イニシャルコスト 増加分 (百万円)	増加率 (%)	ランニングコスト 減少分 (百万円)	減少率 (%)
規模別	小規模ビル	38,620	3.3	22,236	0.9
	中規模ビル	47,903	4.1	19,258	1.6
	大規模ビル	62,440	3.2	32,969	2.7
地域別	都心 3 区	48,595	3.5	24,486	1.0
	副都心 4 区	39,258		19,490	1.7
	周辺 16 区	61,410		30,487	2.4
計		149,264	3.5	74,462	1.6

13) SHP (スーパーヒートポンプ) の場合の導入条件としての回収年の調査に [3] などがある。

体の工夫による効果よりも大きく、さらにビル内の熱発生を抑制するため、熱源や搬送部門の機器容量やエネルギー消費量の削減にも寄与する。効率の高い機器・器具類の開発、普及はもちろんであるが、必要性に応じて機器・器具類のオンオフを自動的に制御するセンサーやシステムの開発と普及が特に重要であるといえる。また、在室状況に応じて空調機を自動的に制御する機器類については、低価格化の推進はもちろんであるが、回収年が比較的長いことを考慮すると、これらの設備のリース制度なども検討に値する。一方、二重ガラスはエネルギー消費量の削減という観点からは費用対効果は高くないが、室内温度分布の均一化、結露防止、騒音防止等、室内環境の維持・向上の面での寄与は大きく、ピーク電力の抑制にも貢献するので、室内環境を維持した上で省エネを図る方針から見ると外せない技術であり、窓ガラスの費用対効果の向上や窓の使い方の工夫が今後一層図られるべきである。

今後、東京都区部で予想される事務所ビルの新築・改修すべてにここで検討した省エネ手法がすべて取り入れられても、2000年時点の省エネ率は5%、1993年から2000年までの累積では3%の省エネに留まることが明らかとなった。日本では建築物の更新のスピードが早いとされているが、2000年においても省エネ対策の施されたビルは全体の16%程度に留まるため、ビルの運用に伴うエネルギーの節約を進めるためには、迅速な省エネ技術の普及促進を図り、長期的な視点から業務ビルを省エネ化する対応が必要である。今後、建設時の省エネルギーのためにビルの長寿命化が一般的となれば、その必要は一層高まると言えよう。一方では、抜本的な省エネのためには、新しい省エネ技術・システムを残り84%の既存ビルに導入するためのインセンティブを与える施策が強く望まれる。

なお、本研究は電力中央研究所有識者会議第二研究グループ（主査：月尾嘉男東京大学教授）の活動の一環として計画され、同グループ内の「ビルの省エネ」WG（主査：岡建雄宇都宮大学教授）によって実施されたものである。関係各位には、ここに謝意を表する次第である。

〔参考文献〕

- [1] 石澤卓志（1991）「最近のオフィスビルの現況と将来展望」、不動産研究月報、154号。
- [2] 石澤卓志（1993）「経営戦略としてのオフィスコスト管理術」、日経ベンチャー第2回オフィス戦略セミナー資料。
- [3] (財)ヒートポンプ技術開発センター「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの研究開発トータルシステムの研究 成果報告書」。
- [4] 建築設備技術者協会、「建築設備設計マニュアル 空気調和編」。
- [5] 建設物価調査会、「増改築・改装等調査結果」、建設統計月報。
- [6] 建設経済研究所（1993）、日本経済と公共投資「制度改革をスプリングボードに、新たな展開を」、No. 22、平成5年12月。
- [7] 建設省建設経済局調査情報課監修、建築統計年報、建設物価調査会。
- [8] 「空気調和・衛生工学」、1985～93年。
- [9] 永田 豊（1994）、エネルギー需給の展望、平成6年度電力中央研究所経営部門研究発表会予稿集、17-22。
- [10] 竹中工務店施工実績データ。
- [11] 東京都、建築統計年報。
- [12] 東京都、東京都統計年鑑。
- [13] 東京都生活文化局（1993）、東京都におけるエネルギー需給構造の現状と将来展望に関する調査報告書。

すずき つとむ
技術評価グループ
なかの ゆきお
狛江研究所電気物理部
レーザー・光グループ
いがわ のりお
なかむら まこと
(株)竹中工務店技術研究所
おか たつお
宇都宮大学工学部建設学科