

業務用ビルの省エネルギー対策とその削減効果に関する調査

尾崎 哲也* 佐藤 英明 吉野 昇** 中村 眞一*
孟 歌 辛***

(*環境管理部 **現大気保全部 ***非常勤研究員)

要 旨

都内の業務用ビルを想定した複数の基準モデル（事務所ビル・商業ビル）に、省エネルギー対策を導入した場合の効果を、主にシミュレーションにより算出し、効果の評価を行った。また、業務用ビルに関連する事業者に対し、省エネルギー対策についての意識・要望等のアンケート調査を行った。

その結果、次のことが明らかになった。

- ① 今回の基準モデルに対しては、総じて、蓄熱槽、VAV/VWV（変風量/変流量方式）、照明制御、低速搬送等の省エネルギー対策が有効であること。
- ② 省エネルギー効果の大きい対策は、できるだけ早期に標準的に装備されるものとするように、積極的に普及を図るべきものであること。
- ③ 投資回収年数が概ね6年以下の対策は、費用対効果が高いと考えられるので、事業者等において、積極的に導入を検討すべきものであること。

キーワード：基準モデル、シミュレーション手法、用途別1次エネルギー消費量、省エネルギー対策、1次エネルギー削減量、費用対効果（投資回収年数）

Investigation on Energy-saving Measures and Performance of Business Buildings in Tokyo

Tetsuya Ozaki*, Hideaki Sato, Noboru Yoshino**, Shinichi Nakamura* and Gexin Meng***

*Environmental Management Division **Air Quality Protection Division

***Associate researcher

Summary

Estimates of energy savings from installed measures are simulated for a business building in Tokyo. In addition, results of a questionnaire survey to determine building occupant response to energy consciousness and the desire for energy-saving measures is presented. The results are summarized as follows:

- (1) Measures such as thermal storage, VAV/VWV systems, lighting control, low-speed conveyance, and others proved effective in the simulation model;
- (2) Effective energy-saving measures should be standardized so that they may be diffused, in order to optimise their benefits;
- (3) Energy-saving measures that have a six-year or less payback period should be promoted to introduce in entrepreneurs.

Keywords : model buildings, simulation technique, the 1st energy consumption quantity with different uses, energy-saving measures, costing vs. effecting, payback period

1 はじめに

東京の最終エネルギー消費は、平成8年度(1996年度)には全国の約5.4%を占め、近年、増加を続けている。その特徴として、業務用ビルや家庭などの民生部門及び運輸部門の比率が高く、伸びが大きいことなどが挙げられている。

また、今後のエネルギー需要は、都市活動の24時間化や情報機器等の増加などライフスタイルの多様化により民生(業務+家庭)部門、運輸部門を中心に増加することが予測されている。

一方、需要者サイドにおける省エネルギーや新エネルギーの活用等は、地球温暖化対策などの環境対策の面からも大きな課題となっており、様々な対策が講じられている。この中で、都内において最もエネルギー消費量の伸びが著しい業務部門では、省エネルギーシステム等の普及が進められている。また、東京都においては、「循環型社会づくり行動計画(エコロジー東京)」、「東京エネルギービジョン」などを策定し、事業者の省エネルギー行動、省エネルギー型ビル整備等に対する支援などの施策を展開している。

しかしながら、業務用ビルの建設、改修に際して、省エネルギー対策は、技術情報の不足や初期費用の問題(ライフサイクルでの費用を十分に考慮していない)などにより選択されない傾向も見受けられるなど、十分と

はいえない状況にある。

本調査は、東京の業務用ビルを対象に、省エネルギーに有効な対策及びその推進方法を明らかにし、今後の東京都の施策推進の基礎資料とすることを目的とするものである。

なお、本調査では、二酸化炭素排出量の削減に向けて取り組むべき重要課題である電力負荷平準化に有効な対策も対象としており、同対策を推進する事業を行っている東京電力(株)の参画を得て、共同で調査を実施した。

2 調査方法

本調査は、都内の業務用ビルを想定した基準モデルに、省エネルギー対策を導入した効果を、主にシミュレーションにより算出したものである。

調査全体のフローは、次のとおりである(図1)。

調査方法の概要は、以下のとおりである。

(1) シミュレーション等によるエネルギー消費量の推計 A 基準モデル

各種統計資料から、都内の業務用ビルの特徴を調査し、事務所ビル9ケース、商業ビル6ケースを基準モデルとして設定した(表1、表2)。

事務所ビルは、規模、熱源の構成割合を考慮した。商業ビルは、各業種等により、建物条件、利用形態等が多岐にわたるため、都内に比較的多く立地している大規模

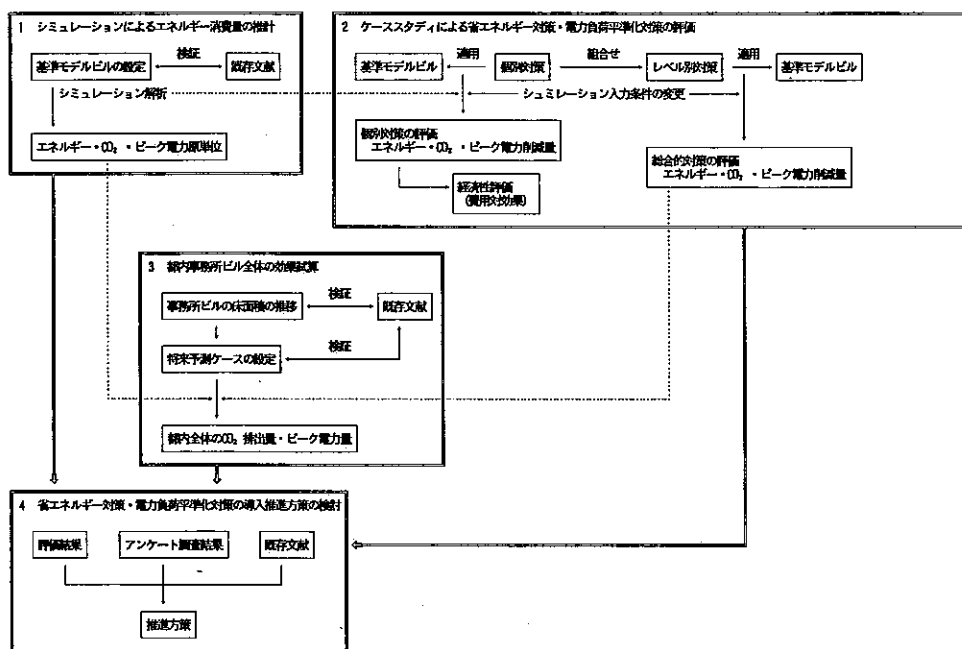


図1 調査全体のフロー

小売店舗に限った。

表1 事務所ビルの基準モデル

| No. | 区分 | 規模：階数 | 事務室方位 | 熱源・空調方式 |
|-----|--------------|----------------|-------|-------------------|
| 1 | Case-O JLSJP | Large(大) | 南北 | 個別[電気・パナセック(P)] |
| 2 | Case-O JLSC | 延床面積 9,912㎡ | | 中央[電気・空冷チラー(C)] |
| 3 | Case-O JLSG | -1F,+10F | | 中央[ガス・吸収式冷凍水機(G)] |
| 4 | Case-O JMSP | Medium(中) | South | 個別[電気・パナセック(P)] |
| 5 | Case-O JMSC | 延床面積 3,369㎡ | (南) | 中央[電気・空冷チラー(C)] |
| 6 | Case-O JMSP | -1F,+6F | | 中央[ガス・吸収式冷凍水機(G)] |
| 7 | Case-O JMNP | | North | 個別[電気・パナセック(P)] |
| 8 | Case-O JMNC | | (北) | 中央[電気・空冷チラー(C)] |
| 9 | Case-O JMNG | | | 中央[ガス・吸収式冷凍水機(G)] |

*丸欄の○は省エネルギー対策のケーススタディを行ったモデル

表2 商業ビルの基準モデル
(延床面積14,112㎡ -1F,+3F)

| No. | 区分 | 地域 | 熱源・空調方式 |
|-----|------------|----------------|---|
| 1 | Case-O STP | 都心:TOSHIN | 個別[電気・パナセック(P)] |
| 2 | Case-O STP | | 中央[ガス・外調機+FCU(F)] |
| 3 | Case-O STC | | 中央[ガス・単一ダクトCAV(C)] (蓄熱槽のケーススタディでは電気熱源キックを設定) |
| 4 | Case-O SKP | 郊外:KOGAI(TAMA) | 個別[電気・パナセック(P)] |
| 5 | Case-O SKF | | 中央[ガス・外調機+FCU(F)] |
| 6 | Case-O SKC | | 中央[ガス・単一ダクトCAV(C)] (蓄熱槽のケーススタディでは電気熱源キックを設定) |

*丸欄の○は省エネルギー対策のケーススタディを行ったモデル

なお、基準モデルは、省エネ対策の効果を比較するために想定したモデルであり、現存する業務用ビルのエネルギー消費の標準となるモデルではない。

イ 算出手法

(ア) 空調

一般的に空調に関わるエネルギー消費量は、業務用ビルのエネルギー消費の約半分を占め、季節によっても変動が大きいだけでなく、建築形態や空調システム、内部発熱や建物の使用状況によっても大きく異なる。したがって、この予測精度が業務用ビルの各種原単位設定精度に与える影響は非常に大きい。そこで、今回の調査では、この空調用エネルギー消費を精度良く算出するために年間空調システムシミュレーションプログラム HSP/ACLD/8501~ACSS/8502*を使用した。

*建築設備士協会によるもので、非定常伝熱計算を基に、現在使用されている熱源や空調システムをほとんど網羅している汎用性の高いプログラム

である。同種の解析ツールとしては最も良く利用され、実績を持つ。

(イ) 空調以外(照明、コンセント、換気、エレベーター、衛生設備その他)

全負荷相当運転時間法**を使用した。

**機器のエネルギー消費量の年間積算値を機器の定格入力エネルギー換算値で割って得られる時間であり、これに設備容量を与えれば、年間エネルギー消費量が求められる。

(2) ケーススタディによる省エネルギー対策・電力負荷平準化対策の評価

ア 省エネルギー効果等の評価

代表的なエネルギー消費量推計結果の内訳をもとに、大きなエネルギー消費量削減効果が見込まれる省エネルギー対策項目をリストアップした(表3)。

表3 評価の対象とした省エネルギー等の対策
(事-事務所ビル、商-商業ビル)

| 中熱源 | 個別熱源 | 対策手法 | 概要 |
|-----|------|-----------------------|--|
| 改修 | 改修 | 高効率照明(Hf) | Hf照明器具の採用(照明原単位 25 W/㎡→20 W/㎡) |
| 事 | 事 | 照明制御 | 星光利用。窓際2列の照明を机上面照度 500 lxを満たすよう、連続調光。商業ビル売場部分はアイスクリームによる制御 |
| 事 | 事 | 低速搬送(圧損減) | 空調コイル通過風速 2.5m/s→2.0m/s |
| 事 | 事 | VAV/VWV | 風量ユニットをCAV(定風量)→VAV(変風量)、二次ポンプをCWP(定流量)→VWV(変流量) |
| 商 | 商 | CO/CO ₂ 制御 | 人員密度に応じてmin.0A以下に外気導入量を制御(50%に絞る)、駐車場の換気量を制御(50%に絞る) |
| 商 | 商 | 全熱交換器 | 外気取り入れに全熱交換器を採用 |
| 事 | 事 | 蓄熱槽(高効率運転) | 深夜電力を利用した水蓄熱槽設置(22時より10時移行) |
| 事 | 事 | COP・マイラー効率向上 | 熱源のCOPを10%向上 |
| 事 | 事 | ファン・ポンプ効率 | 効率を10%向上 |
| 事 | 事 | 台数制御 | 熱源台数を事務所ビル(大規模)1→2台、商業ビル2→3台 |
| 事 | 事 | 外気冷房 | 外気有効な状態で全外気冷房運転 |

年間空調システムシミュレーションプログラム、全負荷相当運転時間法の入力データを変更する方法により、基準モデルに具体策を導入した場合の省エネルギー効果、CO₂削減効果、電力負荷平準化効果を算定した。

イ 費用対効果

基準モデルのうち、事務所ビルは、大規模・中規模×中央熱源・個別熱源(基準モデルNo.1・2・4・5)、商業ビルは、都心・郊外×中央熱源・個別熱源(基準モ

デルNo1・3・4・6)の区分で、新築時・改修時の費用対効果を算出した。

イニシャルコスト算出については、各省エネルギー対策毎に無対策モデルと導入モデルの図面を作成し、機器見積もり、積算を行った。ランニングコスト削減費算出については、各対策毎に、アのエネルギー削減量からエネルギーコスト削減費を算出し、メンテナンスコスト増加分を差し引いた。イニシャルコスト増加費をランニングコスト削減費で割ることにより、投資回収年数を算出した。

見積もり項目

・新築

イニシャルコスト：機器単価、労務費、共通費
(15%)

ランニングコスト：エネルギー費

メンテナンスコスト：消耗品（一部、維持費）

・改修

イニシャルコスト：機器単価、労務費、
撤去費（機器単価＋
労務費の20%）、
共通費（15%）

ランニングコスト：エネルギー費

メンテナンスコスト：消耗品（一部、維持費）

ウ 総合的対策の評価

基準モデルに、評価対象とした省エネルギー対策を総合的に導入する場合を想定し、年間空調システムシミュレーションプログラム、全負荷相当運転時間法の入力データを変更する方法により、エネルギー消費量削減効果を試算した。

(3) 都内事務所ビル全体の効果試算

ア 床面積推移の予測

事務所ビルについて、各種統計資料から、ストック（現存）床面積は、ある年（過去）のストック床面積を基準に、基準年からの過去又は未来の着工床面積・滅失床面積の想定値を与えて、4ケースの予測を行った。過去のデータも全て揃っていないものは想定値を与えている。

なお、商業ビルについては、大規模小売店舗に限定していることもあり、試算は行っていない。

イ CO₂排出量推移の予測

事務所ビルの新築建物、既存建物に、総合的に省エネルギー対策を行った場合のCO₂排出量削減割合を6レベル設定し、都内全体の試算を行った。

(4) アンケート調査

ビル設計者、ビルオーナー、テナント等に対し、建築物の省エネルギーに関する意識・要望等を調査した（表4）。

表4 アンケートの配付先及び回答数

| | 配布社数 | 回答社数 | 回収率 | 配布者数 | 回答者数 | 回答率 |
|----------|------|------|-------|------|------|-------|
| ① 設計事務所 | 33 | 18 | 54.5% | 99 | 35 | 35.4% |
| ② 建設会社 | 14 | 9 | 64.3% | 42 | 9 | 21.4% |
| ③ ビルオーナー | 14 | 8 | 57.1% | 42 | 13 | 31.0% |
| ④ テナント | 17 | 7 | 41.8% | 51 | 8 | 15.7% |
| 合計 | 78 | 42 | 53.8% | 234 | 65 | 27.8% |

*1社当たり3通配布

調査期間 平成10年11月～平成11年1月

3 調査結果

(1) 基準モデルの一次エネルギー消費量の推計結果

ア 事務所ビル（図2）

総じて空調に係わる項目（熱源、空調機、ポンプ）が全体の約半分を占め、最も影響が大きいことがわかる。

また照明に関わるエネルギー消費量も1/4を占め、まずこの2点をターゲットとして対策を施してゆくのエネルギー消費量削減にあたって大事であることがわかる。

パッケージ空調機は搬送動力（空調機、ポンプ）が小さい反面、熱源の効率が悪いため全体に空調に係わるエネルギー消費量を増加させている。

イ 商業ビル（図3）

総じて空調に係わる項目（熱源、空調機、ポンプ）が全体の約4～5割を占め、最も影響が大きいことがわかる。

また照明に関わるエネルギー消費量は事務所より比率が大きく4割強を占め、まずこの2点をターゲットとして対策を施してゆくのエネルギー消費量削減にあたって大事であることがわかる。

パッケージ空調機については、事務所ビルと同様である。

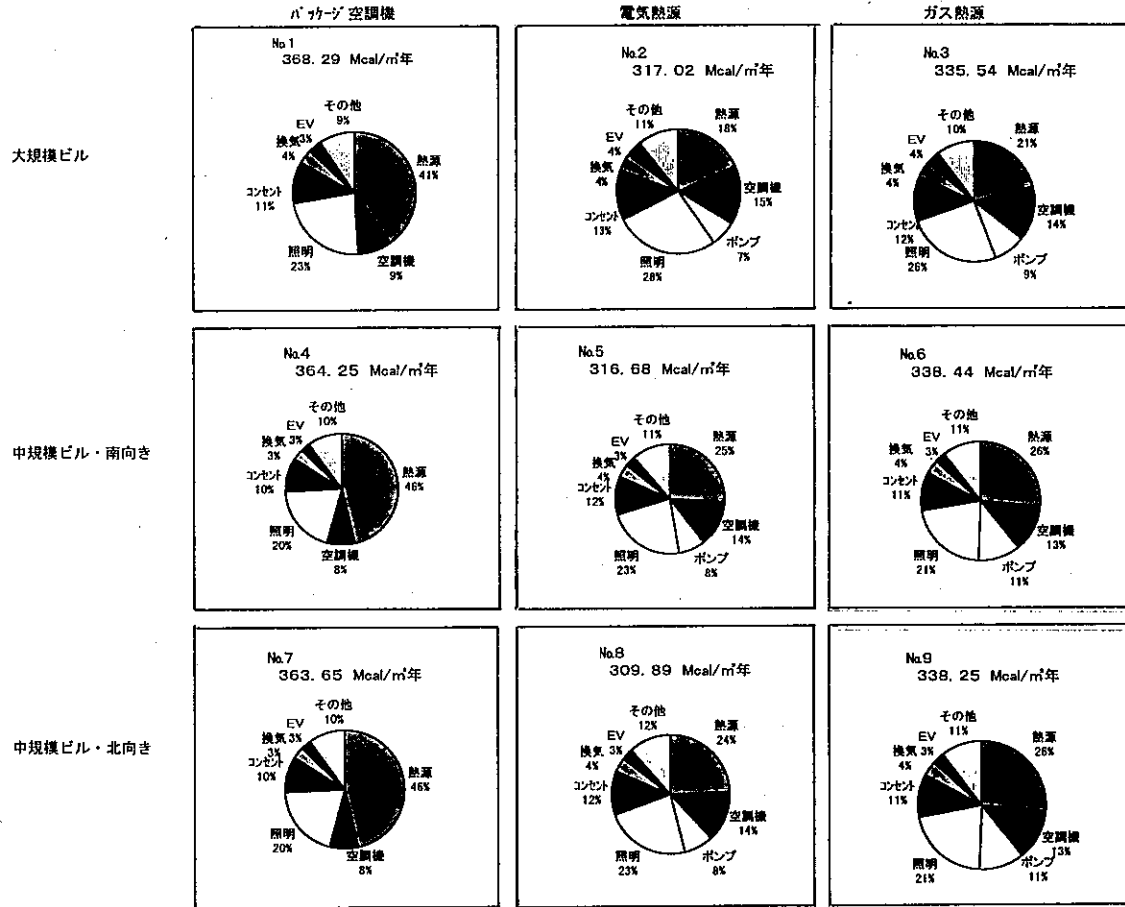


図2 事務所ビルの1次エネルギー消費量

パナソニック空調機…圧縮機等の冷凍サイクル機器、送風機、IT-FM、制御システムを一体化した空調ユニット。空冷型と水冷型がある（基準形は空冷型）
 熱源設備…ボイラー、冷凍機、ヒートポンプ、冷却塔等の機器で、電力からの供給を受け、熱媒を作る設備
 コンセント…OA機器等の電力消費

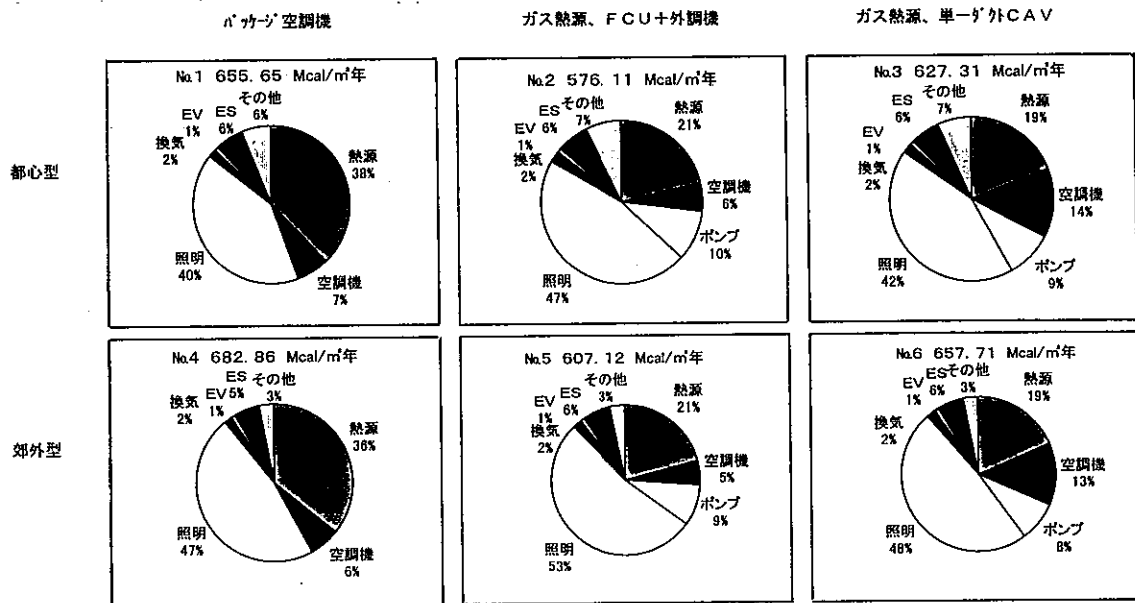


図3 商業ビルの1次エネルギー消費量

パナソニック空調機…圧縮機等の冷凍サイクル機器、送風機、IT-FM、制御システムを一体化した空調ユニット。空冷型と水冷型がある（基準形は空冷型）
 FCU (ファンコイルユニット)…冷水・温水、送風機、IT-FM等を収めた室内に設置する空気調和機。主にパナソニック（窓際）の熱処理に用いられる。
 外調機 (外気調和機)…空調機やファンコイルに導入する外気を一括して温湿度調節を行う空気調和機
 単一外CAV (定風量)…空調機で温湿度調整等を行った空気を一定の量で送風し、負荷変動には温湿度を変化させて対応する。最も基本的な方式

(2) ケーススタディによる省エネルギー対策・電力負荷
標準化対策の評価

ア 個別対策の評価結果

事務所ビルNo2（大規模・中央熱源）の新築時では、蓄熱槽、VAV/VWV（変風量/変流量方式）、高効率照明、低速搬送等が省エネルギー効果が大きい（図4）。

なお、投資回収年数については、高効率照明、低速搬送、照明制御、蓄熱槽、COP/ボイラー効率向上、ファン・ポンプ効率向上が6年以下となり費用対効果が大きい。

商業ビルNo3（都心・中央熱源）の新築時では、外気冷房、蓄熱槽、VAV/VWV、照明制御、低速搬送、台数

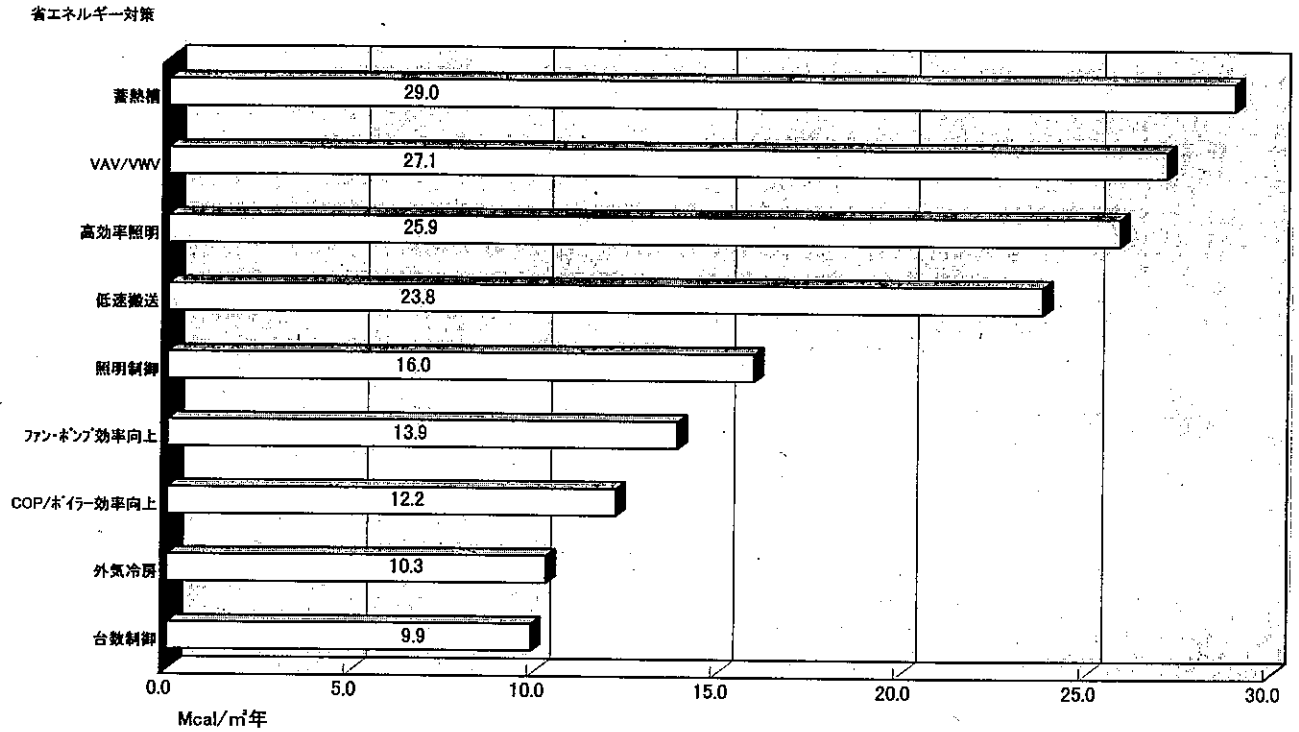


図4 一次エネルギー削減量（事務所ビル No.2（大規模・中央熱源））

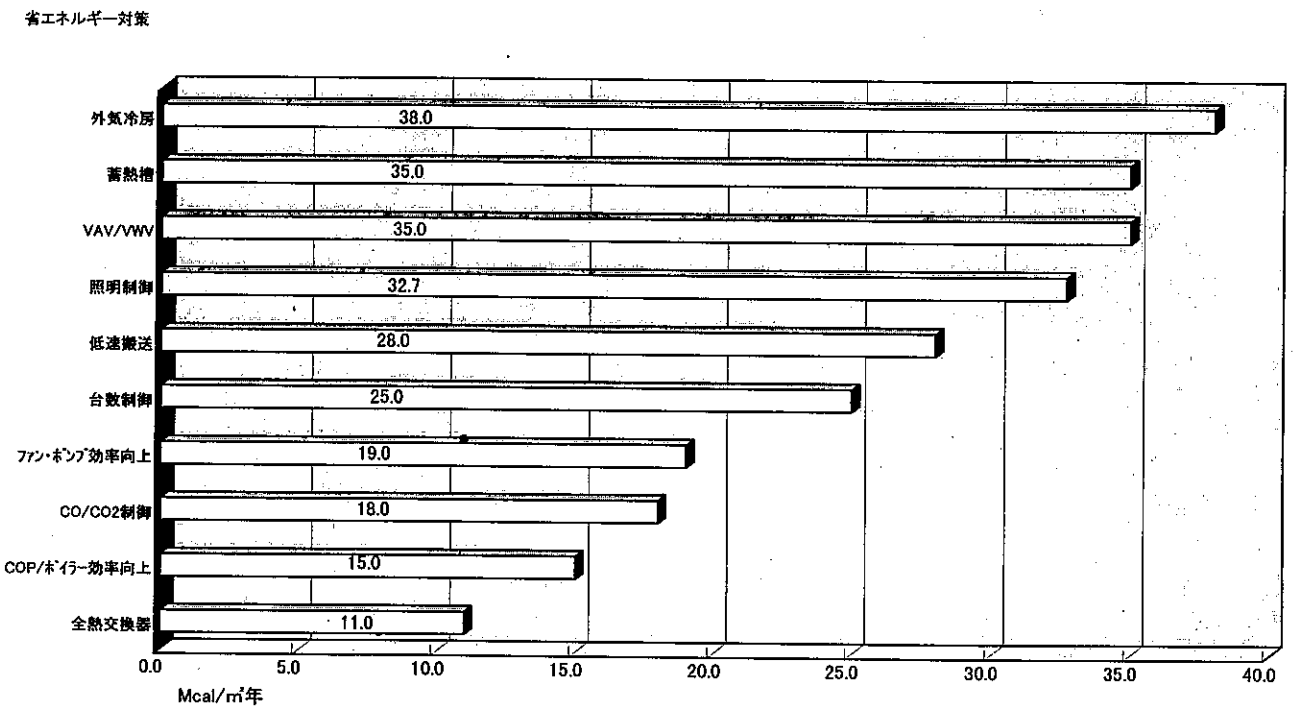


図5 一次エネルギー削減量（商業ビル No.3（都心・中央熱源））

制御等が省エネルギー効果が大きい(図5)。

なお、投資回収年数については、照明制御、高効率照明、人感センサー、低速搬送、外気冷房、VAV/VWV、台数制御、COP/ボイラー効率向上、蓄熱槽、断熱強化が6年以下となり費用対効果が大きい。

また、電力負荷平準化については、中央熱源においては、蓄熱槽・低速搬送・高効率照明・全熱交換器・COP/ボイラー効率向上が、個別熱源においては、高効率照明・全熱交換器・COP/ボイラー効率向上が、それぞれ効果が高いという結果となった。

イ 総合的対策の評価結果

事務所ビルNo2(大規模・中央熱源)の新築時において、今回評価対象とした省エネルギー対策を総合的に導入した場合には、最大で約44%(139Mcal/m²年)の省エネルギー化を図ることができる。

(3) 都内事務所ビル全体の効果試算

床面積がバブル後の状況で推移し、CO₂削減割合を新築-50%・改修-40%に設定した場合のCO₂排出量の予測結果を示す(図6)。

この予測ケースは、他のケースと比較して、CO₂削減量が多いケースであるが、この場合でも、1990年レベルの排出量になるのには、2025年までかかるとの結果になった。

(4) 省エネルギー対策・電力負荷平準化対策の導入推進方策の検討

ア アンケート調査結果(図7)

これらの結果をまとめると、省エネルギー対策導入について、障害となっているのは「イニシャルコストの増加」、採用の判断基準は「投資回収年数が4~6年」が最も多い。また、支援施策は「補助金」と「税制優遇」の要望、エネルギー管理、総量規制等行政指導制度の導入については、「基準、計量システム、運用方法等の実施条件に対する意見」が多い。

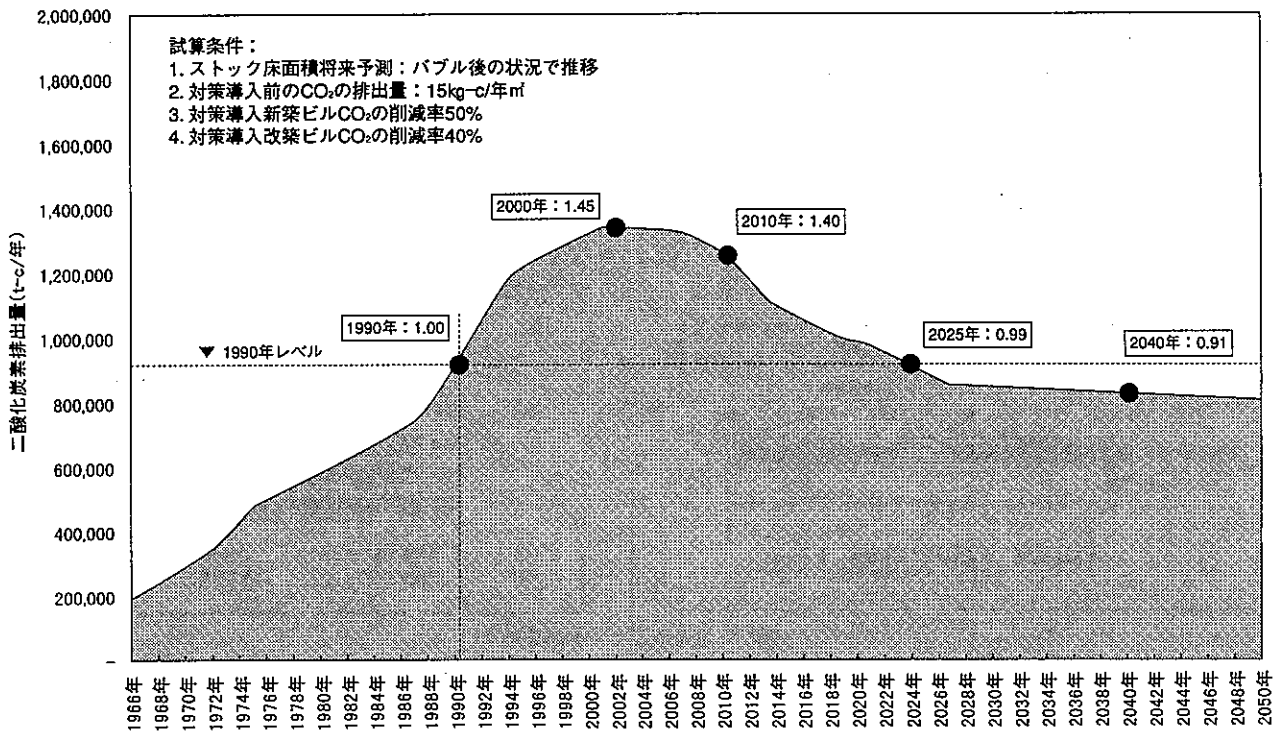
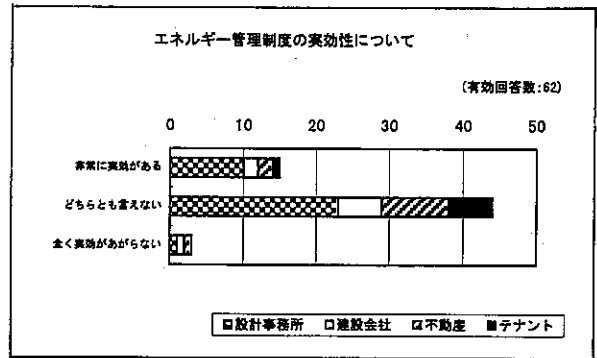
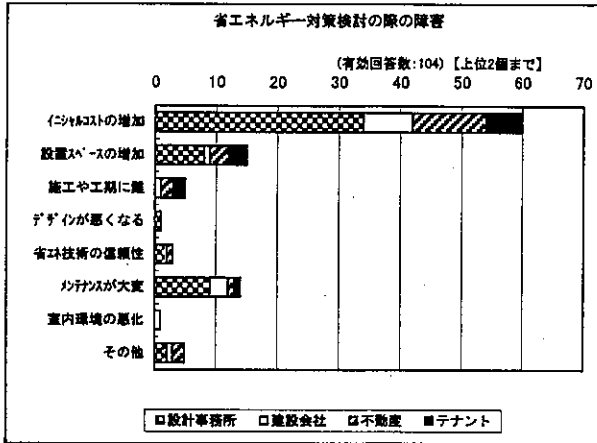


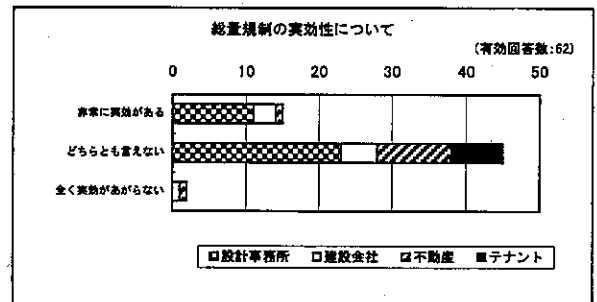
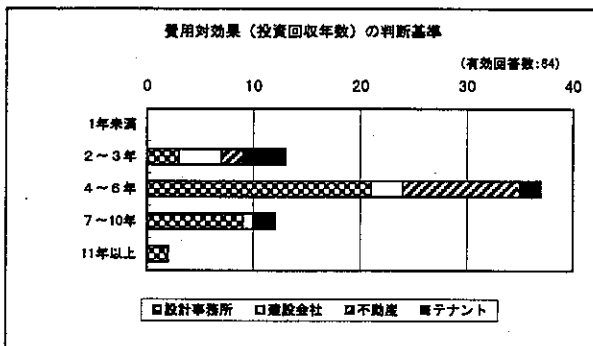
図6 都内事務所ビル全体の二酸化炭素排出量推移予測



エネルギー管理体制の実効性

どちらとも言えない

- ・業態による違いをどの様に標準化できるか疑問
- ・正確に使用量が出るかわからない
- ・届出だけではデータの信頼性に欠ける
- ・強力な罰則規定が必要
- ・費用を伴う改善がどこまで実現できるか



総量規制制度の実効性

どちらとも言えない

- ・規制値を一律の基準で設定することは現実的でない
- ・一般建物のベースをどの程度におくか、設定が難しいのではないか
- ・業種によって使用量が異なるため、省エネ効果率のような方法で規制する方が現実的
- ・正確に使用量ができるかわからない
- ・ペナルティの実効性についてどうか?
- ・既存のメーター以外の設置が必要であるなら、このインシヤルランニング費をどうするか

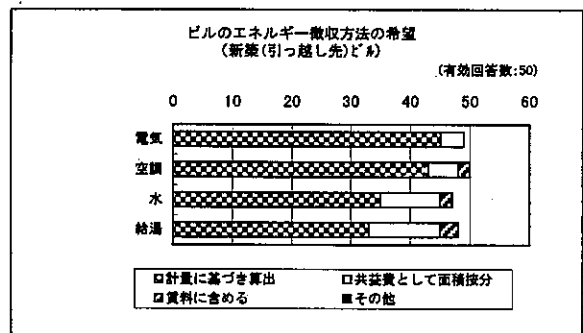
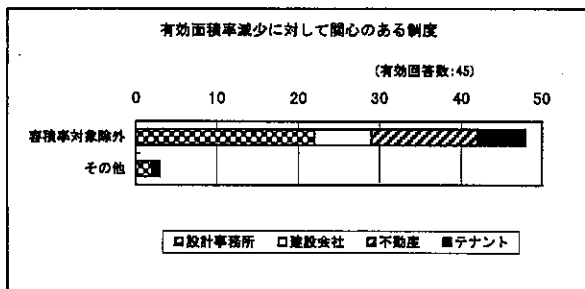
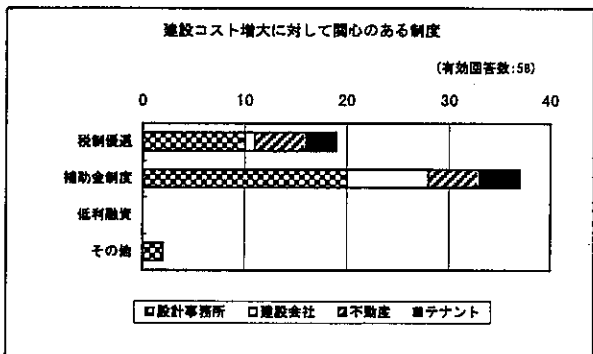


図7 主なアンケート調査結果

4 考 察

(1) 都内事務所ビル全体の効果試算結果を考慮すると、省エネルギー対策の評価結果において、省エネルギー効果の大きい対策は、できるだけ早期に標準的に装備されるものとするように、行政等においては、普及啓発する必要がある。

また、アンケート調査の結果から、投資回収年数が概ね6年以下の対策は、事業者等において、積極的に導入を検討すべきものである。

(2) アンケート調査の結果から、省エネルギー効果は大きいものの、イニシャルコストが大きく、投資回収年数が長い対策については、費用対効果の面で導入されないことが考えられるので、初期投資の援助、税制優遇等の支援策が必要である。

(3) 個別の省エネルギー対策の効果の評価方法については、これまで定まったものがない。

今回の基準モデルは、都内の一般的な事務所ビルを想定しており、このモデルによるシミュレーションを中心とした今回の評価方法は、コスト評価や改修時の評価も行っているため、実際の計画・設計時の評価方法を検討する際には、ベース資料として活用できるものとする。

(4) 都内事務所ビル全体の効果試算結果を、仮に東京都の全体の目標（2010年度におけるCO₂排出量を1990年に対する比率で6%削減する）に当てはめると、ビル単体での省エネルギー対策だけではその達成は困難であり、都市再開発等のまちづくりにおいても、未利用エネルギーの活用等を含めた地域的対策の導入の検討をしていく必要がある。

引用文献

- 1) 東京都：地球環境保全東京アクションプラン（1998）