

電力中央研究所報告

業務部門における省エネルギー対策の
費用対効果と阻害要因

研究報告：Y10025

平成23年 4 月

財団法人 電力中央研究所



IR CRIEPI

The logo features the letters "IR" in a large, bold, serif font. To the right of "IR" is the word "CRIEPI" in a smaller, bold, sans-serif font. A light gray curved line arches over the word "CRIEPI", and another light gray curved line arches under the "IR" and "CRIEPI" text.

業務部門における省エネルギー対策の 費用対効果と阻害要因

西尾 健一郎^{*1} 木村 宰^{*1} 野田 冬彦^{*2}

キーワード：省エネルギー

CO₂削減ポテンシャル

温暖化政策

業務部門

オフィスビル

Key Words : Energy Efficiency

CO₂ Emission Reduction Potential

Climate Change Policy

Commercial Sector

Office Building

Cost Effectiveness and Barriers of Energy Efficiency in Commercial Buildings

Ken-ichiro Nishio, Osamu Kimura and Fuyuhiko Noda

Abstract

Improving the energy efficiency (EE) is widely recognized as a most cost-effective option to mitigate greenhouse gas (GHG) emissions. However, very little is known about what EE measures are currently implemented in the commercial sector and to what extent policy can promote EE. This study attempts to conduct ex-post analysis based on the empirical data of EE measures implemented under “the Tokyo CO₂ Emission Reduction Program.” In this program from 2005 to 2009, the large-scale commercial buildings were demanded to submit 5 year plans, including the detailed description of each EE option, e.g., category, level, and reduction amount. In order to investigate the impact of the program and obtain additional information for each measure, we conduct a questionnaire survey of about 300 buildings. A bottom-up analysis is performed using dataset of about 2000 measures, for example, when they are actually implemented, when they are expected to be implemented in case of business as usual, how long the pay-back period is, what kind of barriers make implementation difficult, etc. The result shows that the expected reduction rate of GHGs is about 3.5% on average. These EE measures reduced both the GHG emission and total cost at the average abatement cost of approx. -\$140/t-CO₂. Moreover, about 30% of reduction is identified to be measures incrementally prompted by the program, and the average abatement cost of additional reduction is estimated to be -\$80/t-CO₂. The study also elaborates why the economic reduction potential remains unavailable. The result reveals that the abatement potential under the influence of the lack of information is significantly cost-effective.

(Socio-economic Research Center, Rep.No.Y10025)

(平成 23 年 3 月 16 日 承認)

^{*1} 社会経済研究所 エネルギー技術政策領域 主任研究員

^{*2} 社会経済研究所 エネルギー技術政策領域 客員研究員、野田エネルギー管理事務所

背景

省エネルギー対策は、温暖化対策の中でも技術的なレベルが高く、経済的にも優れたアプローチとして期待されている。効果的な政策設計のためには、費用対効果を精査するとともに、促進要因（ドライバ）^{*1}や阻害要因（バリア）の構造を把握しておく必要がある。しかしながら、業務部門に関しては事例データ収集が難しかったため、省エネ対策の費用対効果や政策の追加性について実態はほとんど明らかにされてこなかった。

目的

東京都「地球温暖化対策計画書制度」^{*2}の業務部門対象事業所へのアンケート調査に基づき、省エネ対策の費用対効果とバリアを定量的に明らかにする。

主な成果

公表されている地球温暖化対策計画書をもとに、省エネ対策の実態について郵送アンケートによる追跡調査^{*3}を行った。具体的には、都内にある約 300 の業務部門大規模事業所の協力を得て、約 2,000 の省エネ対策の事例データを収集した上で、費用対効果やバリアを明らかにした。費用対効果を表す指標としては、設備投資額と光熱費削減額を考慮に入れた温室効果ガス削減単価（削減量あたりの追加的費用）を用いた。

- （１）実施された省エネ対策の多くは温室効果ガス削減単価がゼロを下回り（平均ではマイナス 1.2 万円/t-CO₂；図 1）、すなわち、温室効果ガス削減に加えて事業所の経費削減に寄与していた。削減単価が低く、削減率も大きい対策分野の例としては、空調運転管理、換気設備の運転管理、空気調和設備の効率管理などが挙げられる。
- （２）しかしながら、経済合理性だけで省エネ対策が進むわけではない。省エネ対策のバリアに着目すると（図 2）、リスクや情報不足から着手できなかった対策の費用対効果が極めて高く、動機不足や労力・時間がかかるといったエネルギー管理体制に起因する省エネ余地についても高い。すなわち、これら省エネバリアを解決する試みは、温暖化対策としても経費節減策としても優れていることが示唆される。また、初期費用のバリアを克服することにより削減量の拡大が期待される。
- （３）温室効果ガス削減量の約 3 割について、計画書制度による底上げ効果が認められた。また、底上げされた対策全体の削減単価はマイナス 7 千円/t-CO₂（加重平均）であり、これは、費用対効果の優れた対策を促進していたことを示している（図 3）。

今後の展開

省エネバリアが克服されるメカニズムを明らかにし、事業所の省エネ対策を推進する上で実効性のある温暖化政策のあり方について提言を進める。

- ※1 関連報告書 Y10026。
- ※2 東京都では、大規模事業所を対象にした「温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度」が 2010 年度より開始されているが、「地球温暖化対策計画書制度」は、その前身として 2002 年度から運用されてきた制度である。2005 年度以降の制度体系では、都内大規模事業所に 5 カ年計画の提出が義務づけられ、取り組みが不十分な事業所に対して専門的な指導・助言が行われていた。関連報告書 Y09012、Y10027。
- ※3 郵送アンケート調査は 2010 年 1 月～2 月に実施。

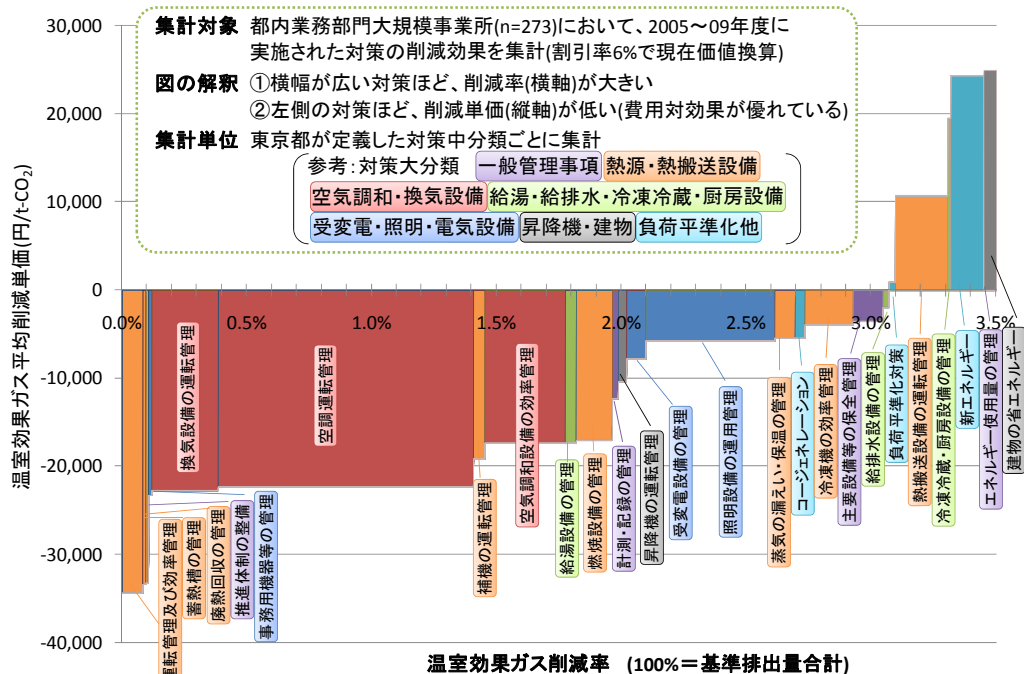


図1 5年間に実施された省エネ対策による温室効果ガス削減費用曲線
5年間で実施された約 2000 の省エネ対策を集計し、費用対効果(縦軸)の優れた対策の順に、効果(横軸)を積み上げた。削減単価が負の対策が半数以上を占める。分野としては、空調設備・換気設備や熱源・熱搬送設備の対策効果が大きい。

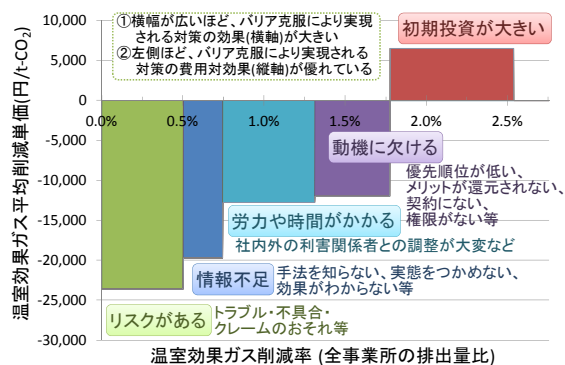


図2 省エネバリアを克服することの価値

アンケート調査で各対策の阻害要因(バリア)をたずね、各バリアの影響下にある対策について効果と費用対効果を集計した。リスクや情報不足のバリアの克服は、費用対効果に優れたポテンシャルの活用に貢献する。初期投資や労力・時間にかかるバリアの克服は、削減量拡大への寄与が特に大きい。

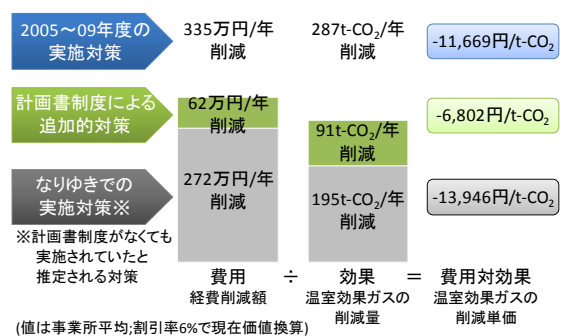


図3 計画書制度下での省エネ対策実績(事業所あたり)

事業所単位で見た費用、効果、ならびに温室効果ガス削減の費用対効果を分析した。実績全体の費用対効果は高く(マイナス 11,669 円/t-CO₂)、計画書制度に促された追加的対策についても、費用対効果が高かった(マイナス 6,802 円/t-CO₂)。

関連報告書: Y09012「業務部門における省エネルギー対策の傾向分析」
Y10026「業務部門における省エネルギー対策の取り組みレベルと促進要因」
Y10027「地球温暖化対策としての情報提供的な規制手法の有効性—東京都温暖化対策計画書制度の事例分析—」

目 次

1. はじめに	1
1.1 省エネ対策の費用対効果と阻害要因	1
1.2 東京都による「地球温暖化対策計画書制度」	1
1.3 関連研究	2
1.4 本研究の目的・構成	2
2. 事業所オーナーへのアンケート調査の概要	3
2.1 実施概要	3
2.1.1 調査対象	3
2.1.2 調査対象の基本属性	3
2.2 単純集計結果	6
3. アンケート調査にもとづく詳細分析	8
3.1 詳細分析の考え方	8
3.2 省エネ対策の費用対効果	12
3.3 省エネ対策のバリア	16
3.4 計画書制度による効果	18
4. まとめ	21
4.1 主な分析結果	21
4.2 考察	21
付録 事例分析～外気導入量の適正管理～	22
参考引用文献	26

1. はじめに

1.1 省エネ対策の費用対効果と阻害要因

省エネルギー対策は、技術的に確立され経済的にも優れていることが多く、温暖化対策の中でも費用効果的なオプションとして期待されている。事務所・商業・医療・宿泊・公共施設などで構成される業務部門は、我が国の CO₂ 排出の 13%(2009 年度;EDMC 統計)を占めており、家庭部門とともに排出の伸びを抑えることが求められている分野である(図 1)。

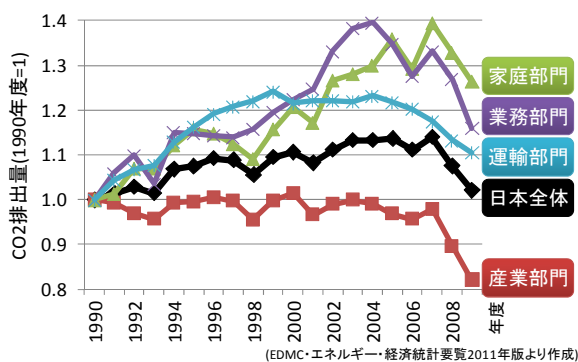


図 1 部門別 CO₂ 排出量の推移

(1) 業務部門における省エネ対策の費用対効果

CO₂ 排出を効率よく減らすためには、費用便益に優れた対策から優先的に実施していくのが望ましい。例えば、事務所ビルの新築や設備更新の際に低炭素技術を導入していくことで、経済的に削減を進めることができる(林他、2010[1])。また、光熱費削減だけでなく、経済への波及など間接的な効果がもたらされることで、費用対効果はさらに高まると指摘されている(日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム、2009[2])。

このように費用対効果に関する知見は蓄積されつつあるが、現場で実施されている省エネ対策の費用や効果については十分な整理が進んでいない。現場の実態としては、優秀事例の紹介記事や国の補助事業の成果報告会などにおいて個別事例に触れることができるものの、それだけでは全体像を把握することは難しい。技術開発や政策の位置づけを明確にする上でも、実際に行われている省エネ対策の費用対効果につい

て明らかにしていく必要がある。

(2) 省エネ対策の阻害要因(バリア)

省エネ技術の大きな課題として、経済性が優れているように見えても、思うようには普及が進展しないことが挙げられる。このような理想と現実のギャップを生じさせる障壁は、「省エネルギーバリア」と呼ばれ、情報不足やリスクなど、様々な要因の存在が指摘されている(IEA, 2008[3]; Sorrell et al., 2004[4]; SPRU, 2000[5]など)。本格的な省エネの実現に向けては、省エネバリアを除去する取り組みが欠かせない。

業務部門では、オーナーやテナント、管理会社など様々なアクターが関与しており、解決していくべきバリアも様々である(日本ビルエネルギー総合管理技術協会、2008[6])。現場においてどのようなバリアが影響を与えているか、さらに、バリアを解決することで実現される省エネ対策の費用効果はどれほどであるのか、明らかにしていかなければならない。

(3) 業務部門における実態把握の難しさ

業務部門の事業所は、それぞれ使用用途が異なり、建物や設備、エネルギー管理のやり方も多様である。そのため、個別の対策にまでさかのぼって横断的に事例データを収集することは容易でなく、費用対効果やバリアの実態を検証するための作業を難しくさせてきた。

しかし近年では、温暖化対策の重要性も広く認識されるようになり、業務部門のエネルギー消費に関する実態データの整備が進みつつある^a。実態データの一つとして注目に値するのが、東京都「地球温暖化対策計画書制度」の対象事業所が策定した対策リストである。

1.2 東京都による「地球温暖化対策計画書制度」

東京都では、大規模事業所を対象にした「温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度」が 2010 年度より開始されている。本研究で追跡調査する「地球温暖化対策計画書制度」は、その前身として 2002 年

^a 例えば、日本サステナブル建築協会により公開されている「非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)」など。

度から運用されてきた制度である。計画書制度は制度体系を途中で変えているが、ここでは後半の 2005～09 年度に運用された制度体系をもって「計画書制度」と呼ぶことにしよう。

計画書制度の運用実態は木村他(2011)[7]に譲り、表 1 には概要を整理する。条例対象は大規模事業所であり、具体的には、燃料・熱・電気の使用量が原油換算 1,500kL 以上の事業所である。これは、省エネ法の第一種・第二種エネルギー管理指定工場に相当する。対象事業所は、具体的な対策内容や削減効果の見込みを 5 年計画としてとりまとめ、「地球温暖化対策計画書」として提出する義務がある。各事業所が提出した書類のうち、計画書、排出状況報告書、中間報告書、結果報告書がホームページ上に公開される。

公開されている約 1,400 事業所の計画書からは、1 万件以上にも及ぶ個別対策のデータ、例えば、対策の内容や削減効果が把握できる。

表 1 東京都「地球温暖化対策計画書制度」の概要

	説明
制度の経過	02年度～旧・計画書制度 05年度～新・計画書制度 (注:10年度～総量削減義務と排出量取引へと移行)
対象事業所	都内の大規模事業所 ・06年度～エネルギー使用量が原油換算1,500kL以上 ・09年末 約1,400事業所 ・都内事業所によるCO ₂ 排出の約4割(都資料)
提出義務	計画書(5年計画、例:2005～09年度)、 状況報告書、中間報告書、結果報告書、など
ポイント	取組みの程度を評価、過去の対策も評価、 過大な負担を求めない、組織体制の整備、 テナントの協力義務を規定(都資料)

1.3 関連研究

筆者らのグループでは、業務部門の省エネに関して複数の研究を実施してきた。それらの概要、ならびに本研究の位置づけを整理しておく。

まず、西尾他(2010)[8]では、都下にある約 800 の業務部門大規模事業所が策定した計画書の記載内容をデータベース化した上で、約 6,000 の省エネ対策の分野別の傾向を明らかにした。ここで構築したデータベースには事業所属性や個別対策の詳細が収録されており、以下の関連研究の実施にあたっても活用した。

本研究では、各事業所が計画したそれぞれの対策について郵送アンケートにより追跡調査を実施することで、個別対策の費用対効果やバリアを精査する。さらには、計画書制度の事後評価の一環として、制度によって促された対策の効果を定量的に把握する。

計画書制度は、情報提供・アドバイスを重視した規制的措置の一例として、省エネ政策として興味深い試みだったと言える。そこで木村他(2011)[7]では、文献調査やインタビュー調査にもとづき、計画書制度の運用実態や実効性、政策としての費用対効果などについて分析している。また、若林他(2011)[9]では、都が 2010 年に導入した排出量取引制度の実効性について、今後の運用にあたり生じ得る課題等について事前検討をしている。

今回実施した郵送アンケート調査は、二つの狙いのもとで調査設計した。一つは本報告書で扱う個別省エネ対策の費用対効果とバリアを把握することだが、もう一つは、事業所全体でみた取り組みレベルや省エネ推進のドライバ(促進要因)について理解を深めることである。後者については、西尾他(2011)[10]にまとめたので、興味のある方は参照されたい。

1.4 本研究の目的・構成

本研究では、省エネ政策の議論に資することを目指して、東京都計画書制度の業務部門対象事業所へのアンケート調査に基づき、省エネ対策の費用対効果とバリアを明らかにする。

2 章では、アンケート調査の概要として、実施方法や単純集計結果を紹介する。より詳しい分析は、続く 3 章で行う。具体的には、アンケート回答データに加えて、東京都ホームページに公開されている各事業所の省エネ対策に関する情報を統合して二次集計することで、省エネ対策の費用対効果、バリア、および計画書制度による効果について分析する。最後に 4 章でまとめを述べる。

なお、本報告書は定量的な分析が中心であるが、バリアや計画書制度の効果に関する定性的な理解を深めるために、省エネ対策事例として外気導入量の適正管理に関する考察を付録に加えた。

2. 事業所オーナーへのアンケート調査の概要

2.1 実施概要

2.1.1 調査対象

都内にある業務部門の大規模事業所に対して、郵送によるアンケート調査を実施した。調査対象は、東京都ホームページにおいて「地球温暖化対策計画書」が公開されている事業所とした。

調査票は 1066 事業所に配布し、2010 年 1 月～2 月にかけて回答を依頼して、285 事業所から有効な回答を得た。有効回収率は 26.7%であり、事業所を対象とした郵送アンケート調査としては高めの水準である。

調査票は大まかには二部構成となっており、本稿では、後半部の個別対策を推進する上でのバリアに関する調査項目を取り上げ、その分析を行う。なお、前半部でたずねた事業所全体での省エネ推進のドライバについては、関連報告書(西尾他、2011[10])にまとめた。

表 2 アンケート調査の実施要領

	アンケート調査の実施要領
実施期間	2010年1月12日～2月28日
調査方法	郵送調査
調査対象	東京都より「地球温暖化対策計画書」が公開されている都内大規模事業所(業務部門) 配布数：1066事業所 有効回収数：285事業所(有効回収率26.7%)
回答者の特徴	78%が施設管理部門、93%が都の計画書制度や国の省エネ法の対応に関与、98%が事業所の社内関係者
調査票の構成	表紙(p.1) ご回答者について(p.2/問1-3) 事業所の省エネ対策全般について(pp.2-3/問4-9) 計画書記載の個別対策について(pp.4-5/問10-15) 自由記述欄など(p.6)

2.1.2 調査対象の基本属性

回答事業所と回答者の基本属性について、簡単にまとめておく。より詳しくは西尾他(2011)[10]を参照されたい。

回答事業所

285 事業所の業種構成を図 2 に示す。最も件数が多いのはテナントビルの 80 件(全体の 28%)で、次に

テナントビルではない事務所が 54 件(19%)と多い。これら二つで全体の約半分を占める。なお、各業種の構成比率は母集団(配布数)のそれに近い^b。

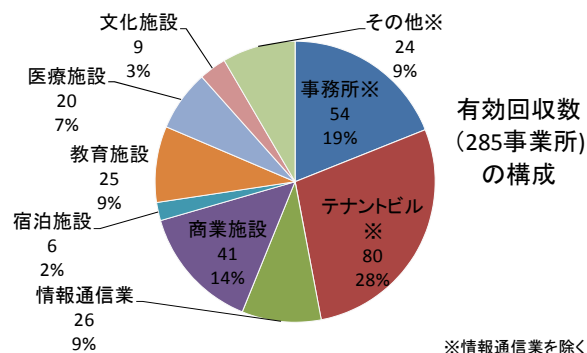


図 2 回答事業所の業種

本調査の回答事業所についても、業務部門の中では規模が大きめの事業所が中心になっている(図 3)。延床面積の平均は 6.6 万㎡である。エネルギー消費量の平均は原油換算 5,183kL/年で、省エネ法の第一種エネルギー管理指定工場に相当する事業所(3,000kL 以上)と、第二種エネルギー管理指定工場に相当する事業所(1,500kL 以上 3,000kL 未満)でほぼ二分される。温室効果ガスの基準排出量の平均は 8,163t-CO₂/年である。

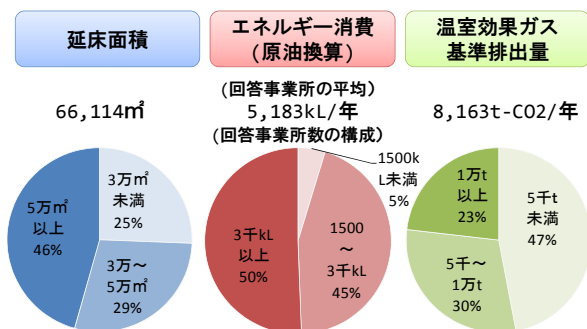


図 3 回答事業所の規模

回答者

回答者の中心は施設・設備管理部門であり、全体の 78%を占める。外部関係者が若干数含まれるものの、98%が事業所オーナーの社内関係者である。

^b 構成比率の差がもっとも大きかったのは、テナントビルの構成比率であり、母集団の 31.9%に対して有効回収ベースでは 28.1%であった。すなわち、3.8%ポイント下回ったに過ぎない。

一方で、計画書制度や省エネ法に関与していない回答者は、全体の 4%に過ぎない。77%が計画書制度の実務レベル担当者であり、53%は省エネ法の実務レベル対応者であった。

調査票

本稿では、アンケート調査の中から個別対策に関連する調査項目について分析する。該当箇所の抜粋を図 4 に示す。

東京都ホームページでは、各事業所の計画書が公開されている。それぞれの計画書には、事業所あたり平均 8 個程度の個別対策がリストアップされ、対策の分類や内容、削減効果の大きさが記載されている。これら公開データを活用することで、調査票ごとにその事業所が計画した対策リストを反映する形をとった。例えば、図 4 の調査票では、対策 No.1～7 の 7 つの対策について、それぞれ回答を依頼した。

調査票に記載した 2,292 個(事業所あたり平均 8.0 個)の個別対策のうち、無効サンプルをのぞいて 2,153 個を単純集計の対象とする。

続いて、貴事業所の「計画書」に記載の個別対策について、お問い合わせ。

お願い：
このページの回答は、各対策ごとに次ページ右側の回答欄にご記入下さい

問 10
その対策の**実施年度**は
いつですか？

1. 2005 年度
2. 2006 年度
3. 2007 年度
4. 2008 年度
5. 2009 年度(予定含む)
6. 2010 年度(予定)
7. 2011 年度以降(予定)
8. 中止した
(番号を1つ)

問 11
もし「計画書制度」の対象では
なかったとしたら、その対策は
いつ頃に実施していた可能性
が高いと思いますか？

- (前問でご回答の年度と比較して)
1. 同時期までに実施
 2. 3 年以内には実施
 3. 3 年以上先になるが実施
 4. 実施していない可能性あり
(番号を1つ)

問 12
その対策を以前に**実施していなかった背景**には、
どのような要因がございましたか？

- A. **情報不足**
(手法を知らない、実態をつかめない、
効果がわからない、など)
- B. **初期投資が大きい**
- C. **リスクがある**
(トラブル・不具合・クレームのおそれ、など)
- D. **助産に欠ける**
(優先順位が低い、メリットが還元されない、
契約がない、権限がない、など)
- E. **労力や時間がかかる**
(社内外の利害関係者との調整が大変など)

1. 大きく関係がある
2. ある程度関係がある
3. ほとんど関係ない
4. 全く関係ない
(A～E のそれぞれについて、
番号をひとつずつ)

問 13
その対策の設備投資に
ついて、お尋ねします。

- a. **投資回収年数**は
何年度ですか？
- b. **投資する設備は**
何年程度利用する
予定ですか？
(見込みでしたか？)

(基本対策(運用)の場合、
ご回答の必要がないため、
斜線をひいてあります)

1. 概ね 1 年以内
2. 概ね 3 年以内
3. 概ね 5 年以内
4. 概ね 10 年以内
5. 概ね 15 年以内
6. 概ね 20 年以内
7. 20 年超
8. わからない
(a と b について、
番号をひとつずつ)

問 14
費用や労力、得られる効果
などを踏まえた上で、**優れた省エネ対策**だと思
いますか？

1. 非常にそう思う
2. そう思う
3. どちらともいえない
4. そう思わない
5. 全くそう思わない
(番号を1つ)

- 4 -

貴事業所名: 財団法人 電力中央研究所 柏江地区

下表には、貴事業所の「計画書」の記載内容(※)を転記しております。(※「その5 8(1)基本対策及び目標対策」
設備(p.4)の回答を、各対策ごとに記入下さい。

対策 No.	対策の区分		対策の名称	対策 レベル	削減効果の 見込み		問 10	問 11	問12					問13		問 14
	区分 番号	区分名称			削減 率(%)	削減 量(t)			A	B	C	D	E	a	b	
1	150100	受変電設備の管理	変圧器の更新	目標対策	6	0.12										
2	130200	空調設備の効率 管理	空調機の更新	目標対策	44	0.96										
3	150200	照明設備の運用管理	照明器具のHf化&スイッチ細分化	目標対策	24	0.51										
4	120200	冷凍機の効率管理	冷温水出口温度の緩和と冷却水温度の適正な設定	基本対策 (運用)	4	0.07										
5	130100	空調設備の管理	外気導入量の適正管理	基本対策 (運用)	23	0.49										
6	150100	受変電設備の管理	変圧器の更新	目標対策	2	0.03										
7	130100	空調設備の運転 管理	本館外調機のインバータ化	基本対策	8	0.16										
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

- 5 -

(管理用 200313 、 22)

図 4 計画書制度記載の個別対策についての調査方法(調査票より該当箇所を抜粋)

2.2 単純集計結果

単純集計では、個別省エネ対策のサンプル数をカウントする。削減量の考慮や詳しい分析は次章以降に譲り、ここでは大まかな傾向を把握することに目的をおく。

(1) 対策の実施時期(問 10)

対策の実施年度(図 5)は、2005～2006 年度がやや多めである。2005～2009 年度の 5 年間に実施された対策が 87%を占める一方、中止した対策は全体の 3%に過ぎなかった。

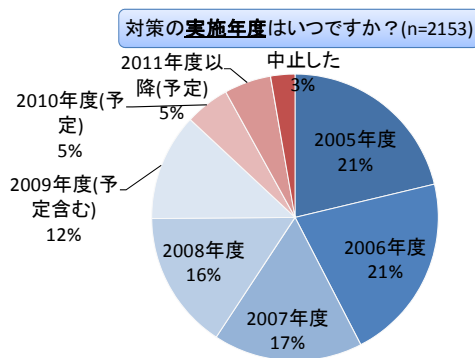


図 5 各対策の実施年度

(2) 計画書制度の影響(問 11)

計画書制度の対象でなかったとしても「同時期までに実施」していたとされる対策は、全体の 46%であった。一方、「3 年以内には実施していた」(22%)、「3 年以上先になるが実施」(12%)、「実施していない可能性あり」(20%)をあわせた約半分の対策については、計画書制度によって対策の早期実施が促された可能性がある。

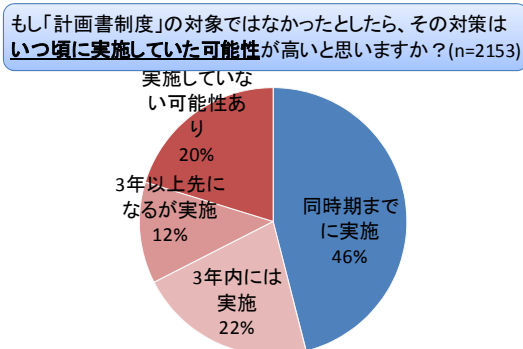


図 6 計画書制度がなかったとした場合の各対策の実施可能性

(3) 未実施だった背景要因(問 12)

計画書制度のもとで実施された省エネ対策は、過去にさかのぼると何らかの要因により実施されずにいたものである。その経緯をひもとくことは、省エネ推進の現実的課題を知る上で有益であろう。そこでアンケート調査では、既往文献や事前ヒアリング調査を踏まえて代表的な省エネバリアとして 5 項目(図 7)を例示し、個別対策ごとにその影響度を 4 段階でたずねた。

情報不足

- ・手法を知らない、実態をつかめない、効果がわからない、など

初期投資が大きい

リスクがある

- ・トラブル・不具合・クレームのおそれ、など

動機に欠ける

- ・優先順位が低い、メリットが還元されない、契約にない、権限がない、など

労力や時間がかかる

- ・社内外の利害関係者との調整が大変など

図 7 注目した 5 つの省エネバリア

図 8 によれば、「初期投資が大きい」ことの影響を指摘する回答が多めであり、22%の対策について、実施していなかった背景として大きく関係があるとされた。初期投資以外については、「労力や時間がかかる」「動機に欠ける」「リスクがある」が比較的多めで、「情報不足」と比べて少なめである。

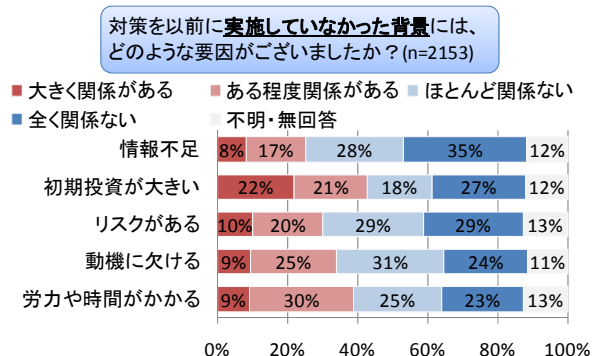


図 8 各対策におけるバリア影響度

(4) 投資回収年数(問 13a)

設備投資対策について、それぞれの投資回収年数をたずねた(図 9)。年数の回答が得られた対策に限って集計すると、投資回収年数が概ね 3 年以内の対策が 27%、概ね 5 年以内のものが 51%、概ね 10 年以内のものが 76%であった。なお、ここでは対策数ベースで単純集計したが、より詳しくは、次章の図 18 において対策分類別に削減量ベースの構成比を集計しているの、そちらを参照されたい。

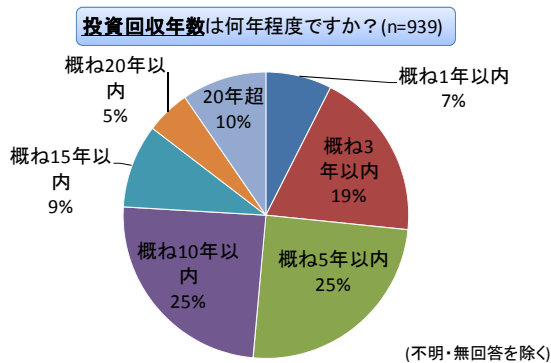


図 9 各対策の投資回収年数

(5) 予定している設備利用年数(問 13b)

設備投資対策について、それぞれの予定している設備利用年数をたずねた(図 10)。年数の回答が得られた対策に限って集計すると、利用年数が概ね 3 年以内の対策が 11%、概ね 5 年以内のものが 21%、概ね 10 年以内のものが 46%であった[°]。

[°] なお、「概ね 1 年以内」と回答した場合は 1 年、「概ね 3 年以内」は 2 年、「概ね 5 年以内」は 4 年、「概ね 10 年以内」は 7 年、「概ね 15 年以内」は 12 年、「概ね 20 年以内」は 17 年、「20 年超」は 20 年として単純平均すると平均 10.4 年、削減量により加重平均すると 12.6 年であった。この値は設備利用年数としてはやや短めかもしれない(例えば回答者によっては償却年数をイメージして選択した可能性もあるだろう)。設備利用年数を短めに見積もる場合、次章で分析する費用対効果はより保守的な値が導出されることになる。

投資する設備は何年程度利用する予定ですか？(n=1254)

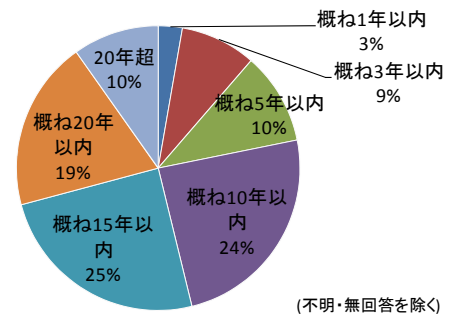


図 10 各対策の予定している設備利用年数

(6) 満足度(問 14)

最後に、それぞれの対策について、「費用や労力、得られる効果などを踏まえた上で、優れた省エネ対策」だと思うかをたずねた。図 11 によれば、「非常に思う」が 21%、「そう思う」が 52%を占める一方、否定的な回答は 5%にとどまる。すなわち、事業所オーナーとしては、省エネ対策の経験をふりかえって前向きな評価を与えている傾向が明らかになった。

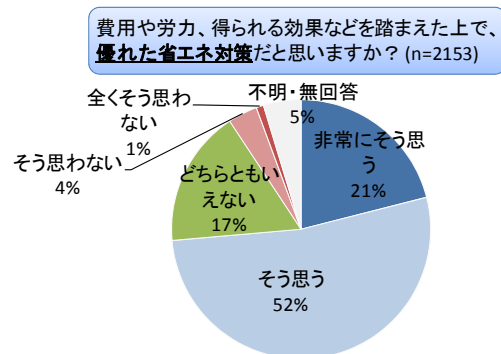


図 11 各対策の満足度

3. アンケート調査にもとづく詳細分析

本章では、アンケート回答データにもとづき省エネ対策の実態を詳しく分析する。はじめに 3.1 節で分析の考え方を整理した上で、分析結果として、3.2 節で省エネ対策の費用対効果、3.3 節で実施阻害要因(バリア)、3.4 節で計画書制度による効果について述べる。

3.1 詳細分析の考え方

(1) 特徴

本章の分析の特徴は以下の二点である。

第一に、外部情報の活用である。東京都ホームページには各事業所の計画書が公開されており、アンケートデータにこれを統合することで、省エネ対策についての情報量がさらに豊富となる。具体的に用いた計画書データは、個別省エネ対策の種類や削減量、各事業所のエネルギー消費原単位・温室効果ガス排出原単位である。

第二に、データを二次集計した上で、議論に供する点である。例えば、温室効果ガス削減単価をアンケートで直接たずねることは難しいが、投資回収年数などから間接的に推計できる。

(2) 分析対象の省エネ対策

アンケートで回収した 285 事業所の調査票には、2292 の個別対策(平均すると 8.0 対策/事業所)がある。このうち、実施時期と計画書制度がなかったとした場合の実施可能性に関する回答が有効^d、かつ、2009 年度までに実施された 1872 対策、273 事業所のデータを対象にする。なお、以降の分析の削減効果(温室効果ガスの削減率や光熱費の削減額)については、集計対象を限定することでそれが目減りすることのないよう、計画書全体の削減効果に整合するよう補正した値で

ある^e。

なお、対策データの中には、投資回収年数の回答が得られなかったものもある。それらを無効データとして除外すると、運用対策と設備投資の構成比や全体の温室効果ガス削減単価に対していたずらに影響を及ぼしてしまう^f。そこで、投資回収年数が不明な対策については、同じ中分類に属する有効な対策データの平均値を代入した。バリアに関するデータも同様である。

対策の分類

計画書の対策リストには、各対策の区分が記載されており、業務部門に関しては、表 3 に示す 7 つの大分類、26 の中分類が特定されている。これら分類は東京都による定義に基づくもので、分析の際の対策区分もこの表にならう。

^d 問 10 と問 11 の回答データは 3.4 節の分析において必要であり、無効データの補間が難しいため。両データが有効なのは 2153 対策である。なお、有効データによる削減量は全データの 94%を占めている(後述のとおり、分析結果は全データとの整合性を確保するよう補正した値を示す)。対策あたりの平均削減量も全データの 1.003 倍であり、誤差は十分に小さい。

^e 無効データを除外したまま集計すると、全体の削減効果は計画書の値を下回ってしまう。そこで、無効データがある事業所では、有効データで計画書の削減効果を按分することで、計画書の合計値との整合性を確保した。

^f 具体的には、設備投資対策のデータを多めに除外してしまうことにより、運用対策の比率が高くなり、削減費用が過小評価され、削減単価も低めに推計されることになってしまうおそれがある。

表 3 対策大分類・中分類の定義(東京都資料より作成)

大分類	中分類	(参考:細分類)
一般管理事項	推進体制の整備	推進体制の整備、人材育成及び省エネルギー教育、管理台帳の整備、目標設定、実行計画の策定、PDCAサイクル管理
	主要設備等の保全管理	日常点検・定期点検、保全計画・管理、機器性能管理、システム性能管理、図書管理
	計測・記録の管理	計測器の設置・運用、定期的な計測・記録、計測・制御システムの性能管理、各種データ管理
	エネルギー使用量の管理	エネルギーフローの管理、日使用量・日負荷変動、月使用量・月負荷変動、エネルギー消費原単位の算出、用途・消費先別原単位
熱源・熱搬送設備	燃焼設備の管理	空気比・排ガス管理、燃焼の管理
	冷凍機の効率管理	成績係数、冷温水出口温度設定、冷却水温度設定、熱交換器のスケール除去
	運転管理及び効率管理	熱源機器の台数制御、給水水質・フロー管理、ウォーミングアップ運転管理
	補機の運転管理	冷却性能の管理、冷却塔の水質管理
	熱搬送設備の運転管理	流量・圧力管理、可変流量制御方式
	廃熱回収の管理	廃熱利用管理
	蒸気の漏えい及び保温の管理	配管系統、負荷設備
	蓄熱槽の管理※	蓄熱効率の管理
空調調和・換気設備	空調運転管理	設定温度・湿度の適正化、外気導入量の制御、空調区間の管理、ウォーミングアップ運転時の外気遮断、運転時間・ファン動力の軽減対策、可変風量制御方式
	空気調和設備の効率管理	外気冷房(外気利用)、混合損失の防止
	換気設備の運転管理	換気回数の適正化、換気運転の管理、局所管理、駐車場換気運転制御
給湯・給排水・冷凍冷蔵・厨房設備	給湯設備の管理	給湯温度設定、給湯効率改善、スケジュール管理、補給水の予熱管理
	給排水設備の管理	中水の利用、給水流量・圧力、節水コマ・節水シャワーヘッド、擬音装置
	冷凍製造設備及びちゅう房設備の管理	保温管理、扉の開閉管理、ショーケースの管理、着霜制御
受変電・照明・電気設備	受変電設備の管理※	電気負荷状況、発電状況、変圧器容量、需要率・負荷調整、デマンド管理、力率管理
	照明設備の運用管理※	照明器具及びランプの適正な選択、自動調光による減光・消灯、局部照明、適正照度の管理、センサー・スイッチの細分化
	事務用機器等の管理※	待機消費電力の削減、自動販売機のスケジュール管理
昇降機・建物	昇降機の運転管理※	台数制御、スケジュール管理、改善整備
	建物の省エネルギー	構造体の断熱性管理、窓の断熱性・気密性、外気侵入遮断
負荷平準化	負荷平準化対策※	設備運用形態の改善
	コージェネレーション	コージェネレーションの運転管理
	新エネルギー※	燃料電池運転管理、太陽熱利用、太陽光発電管理、風力発電管理
※中分類のうち、動力・照明他需要にかかる省エネ対策		(東京都資料を参考に作成)

削減効果の解釈に関する補足

本稿の分析では、計画書に記載された個別対策の計画削減量を積み上げている(ボトムアップ推計)。そのため削減効果を解釈する際には、例えば、①実際の総排出量変化とは完全な一致を見ないこと、②個別対策の効果推計には不確実性があること、③個別対策をすべて把握できているとは限らないこと、などに留意すべきである(図 12)。

このうち②③に関しては、実態をより精緻に把握できるのが理想である。しかし、業務部門のエネルギー管理のデータにアクセスすることは一般に難しく、計画書データは質・量ともに他に類を見ないデータベースであると言えよう。①は事業活動変化をはじめとする外的要因の影響を排除することによっておこるもので、外的影響の排除はボトムアップ推計の長所に他ならない。

実際の総排出量変化との不一致

- ・対策はしたが事業成長により排出量が増えてしまった、利用者減により排出量が大幅に減った、など

個別対策の効果推計にかかる不確実性

- ・効果を正確に特定できない対策もある、実際には期待以上の効果があった/期待ほどではなかった、など

個別対策の把握範囲の限界

- ・計画書になかった対策を追加実施した、など

図 12 温室効果ガス削減効果を解釈する際の留意点

いずれにしても、本稿で扱う削減効果と、実際の排出量変化との関係を確認しておくことは有益だろう。2005 年度から対象の業務部門事業所について、個別対策の計画削減量を積み上げた削減率は 4.2%である。これに対して、東京都(2010)[11]によれば、2009 年度の実際の排出量は基準排出量を 5.2%下回っていた(図 13)。

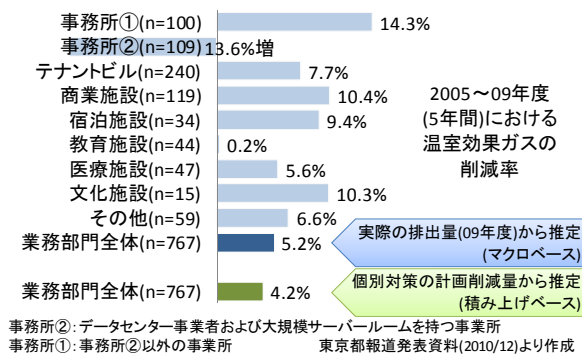


図 13 温室効果ガス削減率の推計方法による比較

(3) 対策費用の推計方法

各対策の温室効果ガス削減量をもとに、アンケートにより追加取得した情報[※]を加味して、対策費用などを導出する。その分析フローは図 14 に示すとおりである。

はじめに、温室効果ガスの削減量から光熱費の削減額を推定する。次に、光熱費の削減額に対してアンケートデータで得られた対策の投資回収年数を乗じることで、対策のための設備投資の総額を求める。さらに、設備の利用年数を勘案して、年償却額に換算する。すなわち、設備を長く利用するほど一年あたりでみた投資費用は小さくなること、あるいはその逆のことが考慮される。続いて、設備の年償却額から光熱費削減額をひくことで、対策の年経費が求まる。この値が負であれば、年経費は節減できたことになる。最後に、温室効果ガスの削減量を年経費で除すことで、当該対策の温室効果ガス削減単価が導出される。

[※] 「概ね 1 年以内」と回答した場合は 1 年、「概ね 3 年以内」は 2 年、「概ね 5 年以内」は 4 年、「概ね 10 年以内」は 7 年、「概ね 15 年以内」は 12 年、「概ね 20 年以内」は 17 年、「20 年超」は 20 年とした。

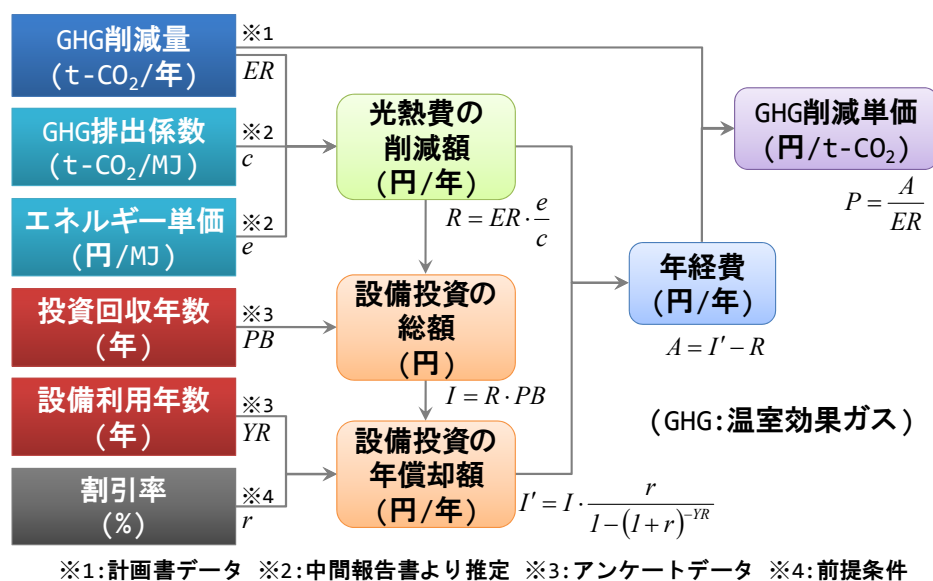


図 14 対策費用の推計方法

経済性分析の際には、設備投資費用を年償却額に換算する必要があり、重要な変数として割引率がある。公共政策の視点からは経済活動と調和する範囲の対策が推奨され、評価に用いる割引率としては、比較的高めの社会的時間選好率や、民間資本の収益率の水準を意識して、4～8%の水準が推奨されている(Geller and Attali, 2005[12])。そこで、本稿の分析では割引率を6%と仮定した。

温室効果ガス排出係数とエネルギー単価

計画書に記載されている温室効果ガス削減量(t-CO₂)から光熱費削減額(円)を推計するためには、削減されるエネルギーの温室効果ガス排出係数(t-CO₂/MJ)と単価(円/MJ)を把握すればよい。計画書から削減されるエネルギーの構成を対策ごとに把握することはできない^hものの、各事業所の公開書類(中間報告書)からエネルギー構成の特徴は把握できる。推計方法の

詳細は脚注ⁱにゆずり、その概要は次のとおりである。

- 動力・照明他需要にかかる省エネ対策については、電力を削減したものとみなし、全事業所共通の値を用いる
- 熱源他需要にかかる省エネ対策については、事業所ごとのエネルギー構成を反映した推計値を用いる。

ⁱ 具体的な手順は以下の通り。①統計(EDMC エネルギー経済・統計要覧 2010 年版)、ならび計画書制度の算定用数値(地球温暖化対策管理者ハンドブック 講習会テキスト 三訂版 EA-4;電力は0.386kg-CO₂/kWhより、業務部門平均での電力、ならびに電力以外の温室効果ガス排出係数 CPe,CPt(t/一次 MJ)、CSe,CS(t/二次 MJ)、エネルギー単価 Pe,Pt(円/MJ)を導出。②各事業所の中間報告書に記載されている床面積あたりのエネルギー消費原単位 A(一次 MJ/m²)と温室効果ガス排出原単位 B(t/m²)から、平均的な温室効果ガス排出係数を導出:CPa=B/A(t/一次 MJ)。③事業所ごとに一次エネルギーベースの電力と電力以外のエネルギーのシェアを導出:SPe=(CPt-CPa)/(CPt-CPe), SPt=1-SPe。④電力の変換効率F=36.9%(省エネ法)として、事業所ごとの電力と電力以外のシェアを、二次エネルギーベースのシェアに換算:SSe=SPe*F/(SPe*F+SPt), SST=1-SSe。⑤二次エネルギー消費の動力・照明需要シェアSSe1=48.8%(EDMC, 2008 年度業務部門用途別エネルギー消費構成)として、二次エネルギーベースのその他需要(電力)のシェアを導出:SSe2=SSe-SSe1。⑥その他需要の温室効果ガス排出係数とエネルギー単価を導出:CSo=(CSe2* SSe2+CS*tSSt)/(SSe2+SSt)など。

^h 例えば、ボイラにかかる対策が記載されているとしても、公開書類からはボイラの燃料が重油であるのかガスであるのか特定が難しい。また、熱源転換を伴う省エネ対策について、前後のエネルギー源を特定することが困難である。

3.2 省エネ対策の費用対効果

(1) 効果

まず、1872 の対策による温室効果ガス削減効果の内訳を確認していく。対策レベル別にみると、削減量の 4 割は運用対策による効果で、残り 6 割が設備投資によるものである(図 15)。全体の約半分は、運用対策と投資回収 3 年内の設備投資により構成される。

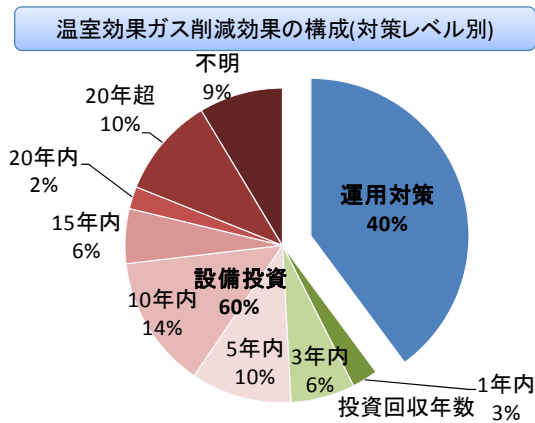


図 15 対策レベル別の削減効果

次に、図 16 には、対策区分(東京都による大分類)ごとに削減効果の構成を示す。空気調和・換気設備が 46%、熱源・熱搬送設備が 22%である。なお、熱需要に関する省エネ対策はこれだけではなく、一般管理事項に分類される対策の中には熱源機の更新やオーバーホールが含まれている。このように、熱需要に対する負荷側・供給側双方の対策が重要であることが分かる。

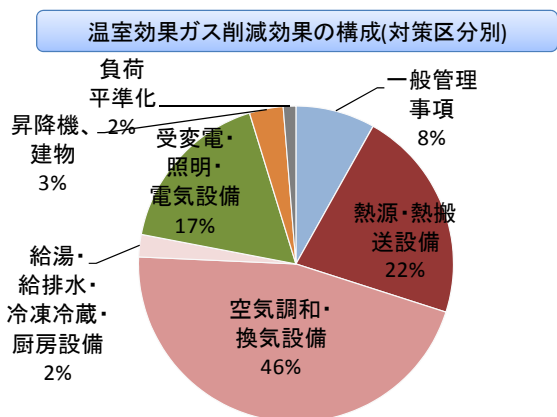


図 16 大分類別の削減効果

さらに詳しく、東京都による中分類ごとに、運用対策と設備投資の別に削減効果を整理する(図 17)。削減効果が最も大きい中分類は、空調運転管理で、運用対策が過半を占める。受変電・照明・電気設備の多くは照明関係の対策である。

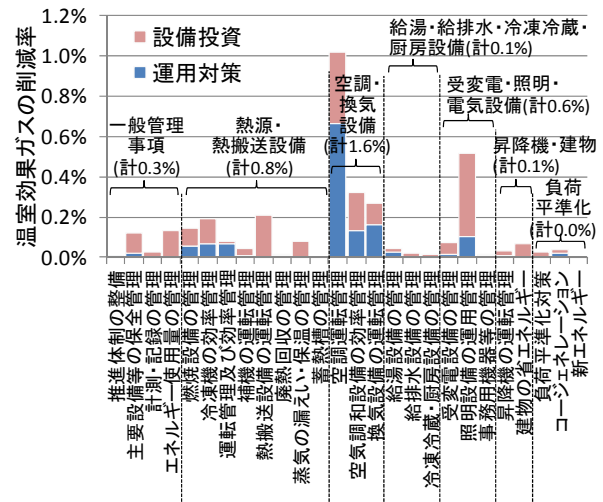


図 17 中分類・対策レベル別の削減効果

(2) 費用

図 18 には、設備投資の対策の投資回収年数について内訳と平均を示す。投資回収が短めなのは空気調和・換気設備への対策で、昇降機・建物分野の対策は長めとなる。設備投資対策の平均投資回収期間は 9.0 年であった。

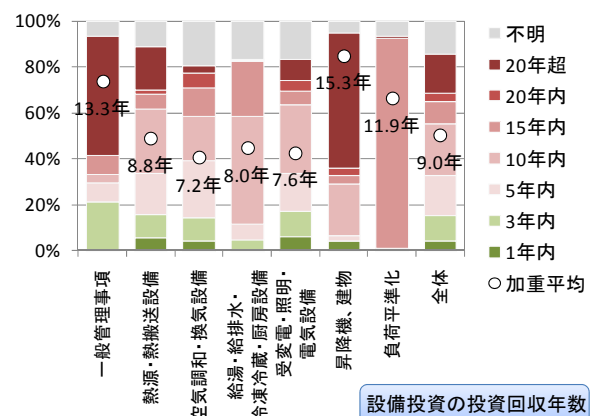


図 18 投資回収年数

図 19 によると、事業所平均では 1,002 万円/年の光熱費が削減され、そのための設備投資の総額は 5,322 万円である¹⁾。

光熱費の削減額が 200～500 万円の事業所が 26%、500～1000 万円の事業所が 25%、1000 万円以上の事業所が 29%を占める。設備投資額を光熱費削減額で割ると、全体平均では 5.3 年で投資回収できることになる。

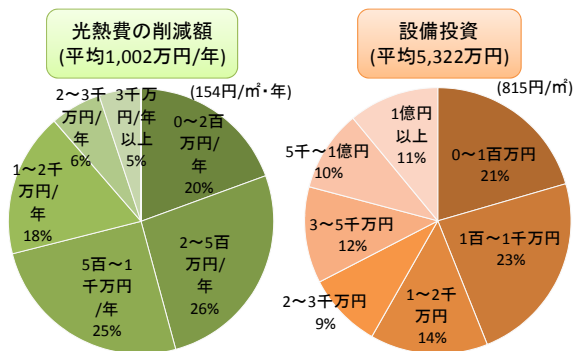


図 19 光熱費の削減額と設備投資総額

図 19 では設備投資を総額で示したが、対策ごとの利用年数にもとづき年償却額(割引率 6%)を集計すると、設備投資のための実質的な年間支出は、事業所平均で 668 万円/年と推定された。

光熱費の削減額(1,002 万円/年)から設備投資年償却額(667 万円/年)を引くと、平均 335 万円/年の年経費が削減できることになる(図 20)。

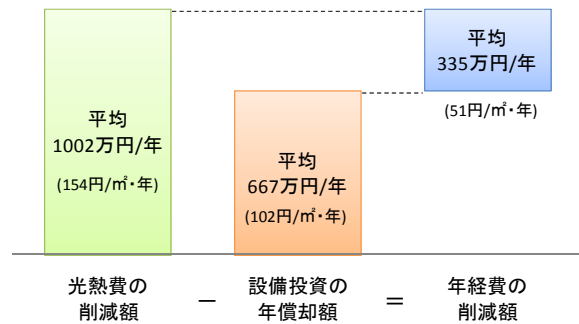


図 20 年経費の削減額

図 21 には、年経費の削減額ごとの事業所シェアを示す。最終的に経費節減につながった事業所が 83%、経費増の事業所が 17%であった。

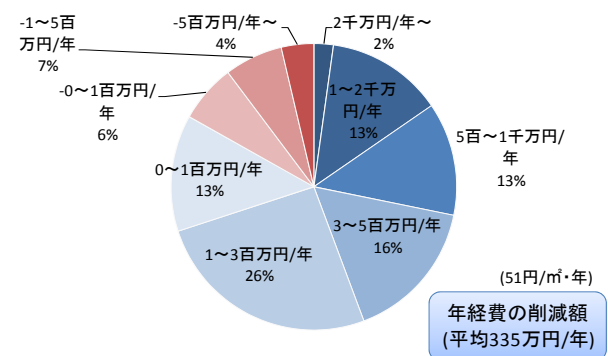


図 21 年経費の削減額の構成

以上では設備の利用年数に応じた償却額などから年経費を求めてきたが、対策の経済性を表すもう一つの指標として、投資回収年数を確認しておく。図 22 では、事業所ごとに、計画書に記載した対策全体でみた投資回収年数を集計し、事業所数シェアを示す。3 年未満で投資回収可能な事業所が 55%、5 年未満が 71%であった。

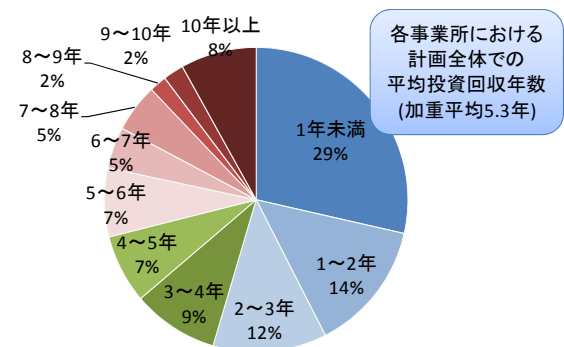


図 22 計画全体での平均投資回収年数の構成

¹⁾ 東京都が 2010 年から開始した総量削減義務の対象事業所に対する既往調査(日経新聞、2010 年 4 月 1 日朝刊)によれば、回答のあった約 300 の事業所のうち 7 割が、5 年間で平均 7.5 億円の設備投資を計画している。同調査は産業部門を含む排出量が多い事業所を対象としたもので単純比較はできないが、総量削減義務では求められる削減率が大きい点も勘案すると、事業所あたりの設備投資額は、本稿の推定値を上回るものと予想される。

(3) 温室効果ガス削減の費用対効果

事業所ごとに平均温室効果ガス削減単価を求めた上で、事業所数の構成を図 23 に示す。削減単価が負の場合は温室効果ガスと費用を同時に削減できることを表しており、約 8 割の事業所がこれに該当する。

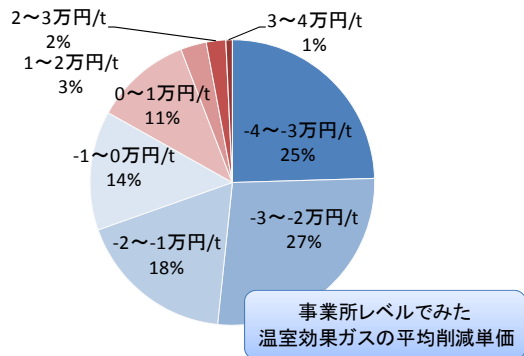


図 23 事業所レベルでみた温室効果ガスの平均削減単価 (事業所数のシェア)

図 24 は、個別対策ごとの温室効果ガス削減単価を分類し、削減量の構成比で表したものである。削減量のうち 69%は、削減単価が負である。この他にも、削減単価が 0~1 万円/t-CO₂ の対策が 13%を占めている。

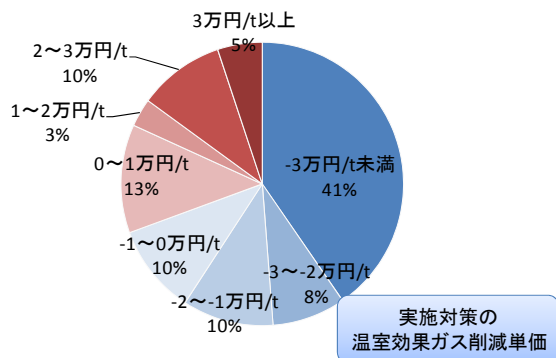


図 24 対策レベルでみた温室効果ガス削減単価の内訳 (削減量ベースのシェア)

削減費用曲線

図 25 は、温室効果ガス削減単価の安い順に、個別対策の削減量を積み重ねて描いた削減費用曲線である。費用対効果に優れている(=削減単価が低めに抑えられる)対策も多くあり、削減量のうち 69%は削減単価が負である。削減を進めるにつれて(=横軸の右側にいくほど)、温室効果ガス削減単価は上昇する。

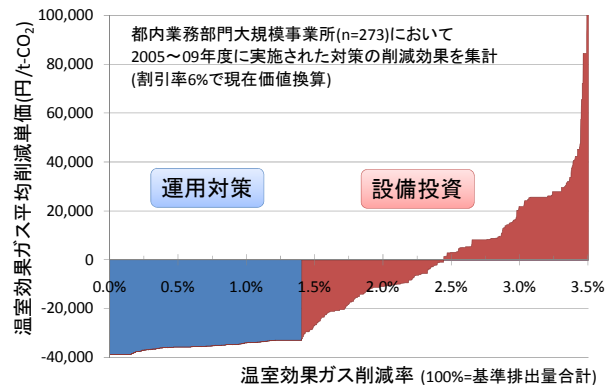


図 25 温室効果ガス削減費用曲線(個別対策)

ところで、図 25 の削減費用曲線は 1872 の個別対策データを積み上げたものだが、データが細かいため分野別傾向を表すことが難しい。そこで図 26 には、7 つの大分類ごとに削減量と削減費用を集約したものを示す。さらに図 27 では、26 の中分類ごとに集約したものを示す。

これまでの分析で述べてきたとおり、大分類でみた代表的な対策は、空気調和・換気設備にかかるものであり、削減量が大きく、平均削減単価も-21,375 円/t-CO₂ と低い。その詳細を中分類でみると、空調運転管理、換気設備の運転管理、空調設備の効率管理が特に重要なことがわかる。

同様に、熱源・熱搬送設備にかかる対策も平均削減単価が-7,274 円/t-CO₂ と低く、削減量也多めである。運転管理及び効率管理、熱源設備の管理といった対策の費用対効果が高い。

受変電・照明・電気設備への対策も、削減量が多めで、削減単価が-6,381 円/t-CO₂ と低い。削減量の多くは照明設備の運用管理によるもので、その他には、受変電設備の管理が削減量は大きくないものの費用対効果が高い。

なお、図 26 や図 27 では削減単価が負となる対策の比率が図 25 よりも大きくなるが、これらはデータ集約の都合^kによるもので正確な比率を示すわけではな

^k このように、集計方法次第で省エネ対策の費用対効果の仕上がりは異なってくる。なお、省エネ対策の実務現場においても、単独では投資回収が難しい省エネ対策が、費用対効果の高い対策と組み合わせることで実施可能になることがある。

いことに注意されたい。仮にデータ集約をさらに進めれば、個別対策の多様性は捨象されて、全体の平均削減単価(負)を表す直線に近づいていく。

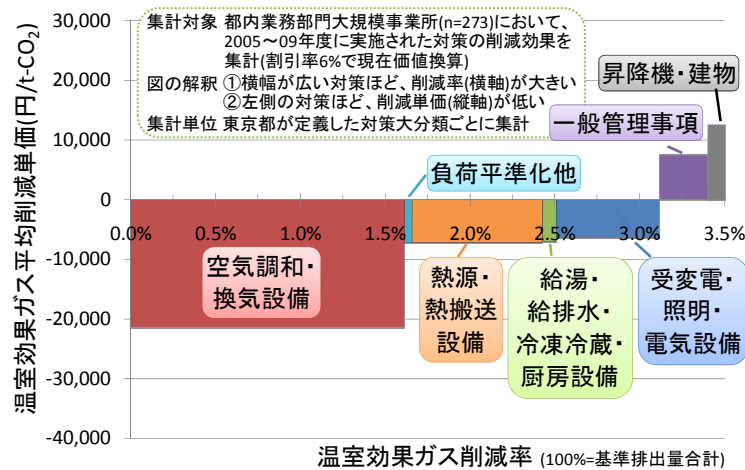


図 26 温室効果ガス削減費用曲線
(東京都大分類にもとづく集計)

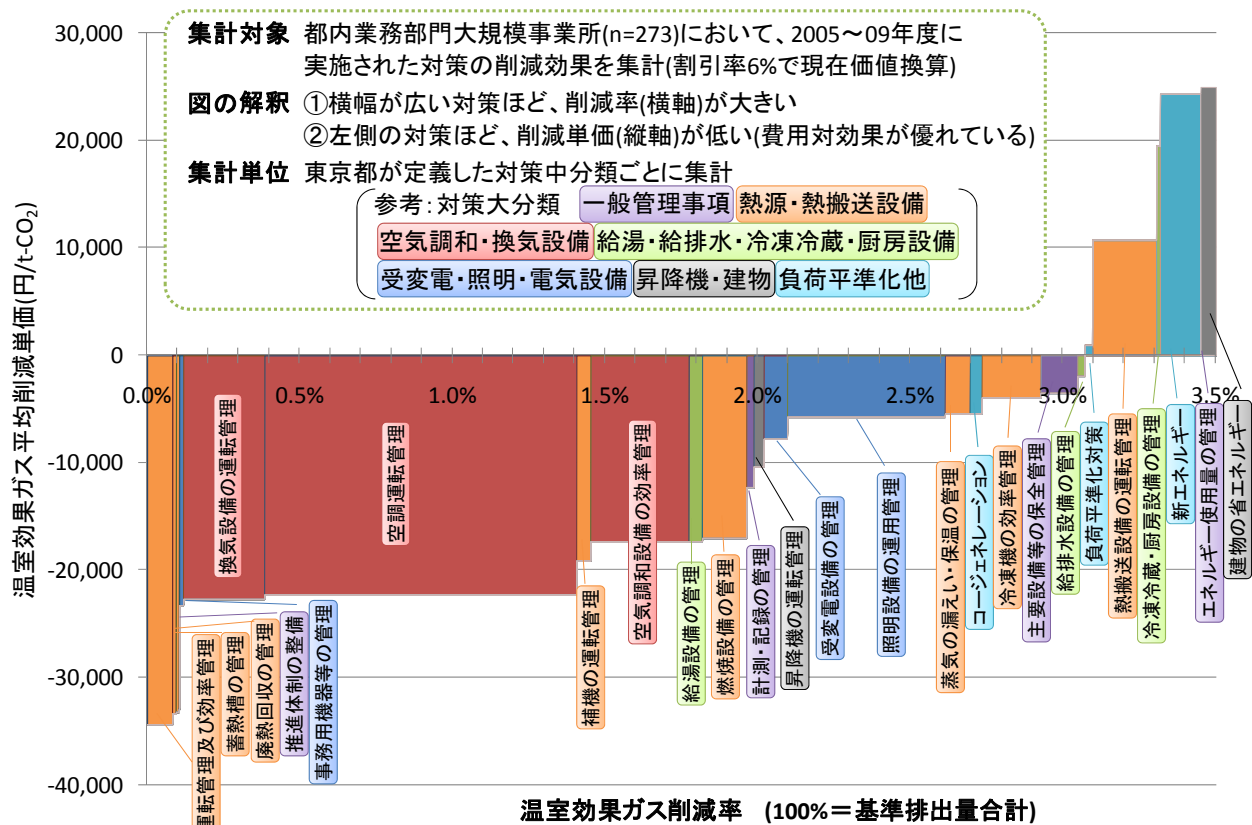


図 27 温室効果ガス削減費用曲線
(東京都中分類にもとづく集計)

3.3 省エネ対策のバリア

2 章の単純集計でも紹介した通り、アンケート調査では、実施された省エネ対策の過去にさかのぼり、どのようなバリアが影響していたのかをたずねている(図 28)。

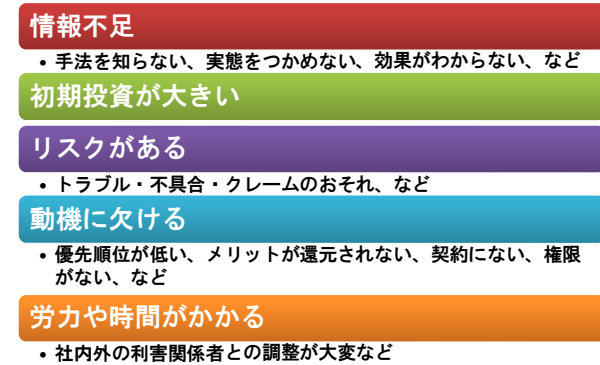


図 28 注目した 5 つの省エネバリア(再掲)

本節では、バリアについて詳しい二次集計を行う。その際、バリア影響度を統一的な方法で検証するため、あらかじめ回答データから個別対策ごとに支配的なバリアを特定した¹。

(1) バリアの影響

図 29 には、バリアの影響度を削減量ベースで表す。初期投資が 22%と最も影響が大きく、これに労力や時間(16%)、リスク(14%)、動機不足(13%)が続き、情報不足が 7%である。

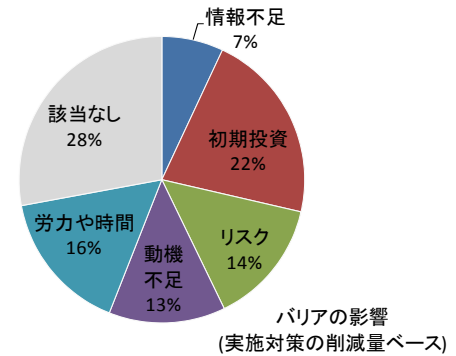


図 29 各種バリアの影響度

図 30 には、熱源・熱搬送・空調・換気関連分野の対策の中から削減量が多かった上位 5 対策を抽出して、バリアの影響度を示す。設定温湿度の適正化や換気区間・回数の見直しについてはリスクや労力・時間がかかるといったバリアが大きめであるのに対して、熱源・空調機の更新・改修、ポンプのインバータ・可変流量制御については初期投資バリアが大きい。

外気導入量の制御については、動機不足やリスクをはじめとして様々なバリアについて指摘が多い。なお、この対策を事例としてとりあげ、バリアや計画書制度の効果に関する定性的な考察を付録に加えたので、併せて参照されたい。

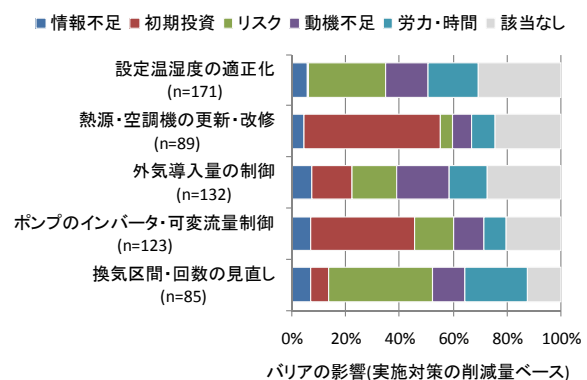


図 30 各種バリアの影響度
(熱源・熱搬送・空調・換気関連の
主な温室効果ガス削減対策)

¹ 具体的には、次のアフターコーディングを行った。①もともと関係の大きい選択肢が選ばれたバリアが一つであればそのバリアの影響度を 100%とし、②二つ以上であれば項目数により影響度を等分、③C もしくは D のみしか選択されなかった対策については「該当なし」に分類することにした。①の例としては、選択肢が「A=4、B=1、C=3、D=3、E=4」であれば、バリア影響度は「A=0%、B=100%、C=0%、D=0%、E=0%」。②の例としては、選択肢が「A=4、B=2、C=3、D=2、E=2」であれば、バリア影響度は「A=0%、B=33%、C=0%、D=33%、E=33%」。以上のアフターコーディングにより、ローデータの回答傾向から大きく外れることなく、続くデータ分析が可能となる。

(2) 費用対効果

図 31 では、各バリアの影響下にある対策の温室効果ガス削減単価を比較する。リスクの影響下にある対策の平均単価は-23,593 円/t-CO₂と低く、費用対効果の優れた対策が潜在していたことを示す。次に経済合理的なのは、情報不足(-19,711 円/t-CO₂)の影響下にある対策である。労力や時間(-12,749 円/t-CO₂)、動機不足(-11,952 円/t-CO₂)についても、同様に削減単価が低い。これら 4 つのバリアと異なり、初期投資(6,558 円/t-CO₂)については、平均削減単価が正となる。

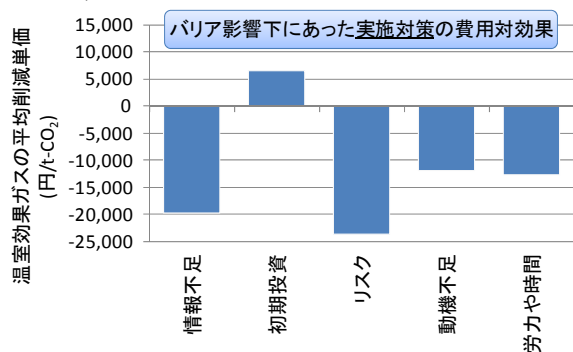


図 31 バリア影響下の実施対策による温室効果ガス平均削減単価

さらに詳しく、削減単価の内訳を図 32 に示す。初期投資バリアの影響下にある削減効果のうち 40%は単価が負であり、これらは長期的観点から費用効果的な設備投資とみなすことができる。この結果は、現実問題として短期間で投資回収できない対策には資金が付きにくい事例が少なからずあったことを示唆している。一方で、初期投資バリアの影響下にあった削減量の 35%は削減単価が 1 万円/t-CO₂を超えていた。

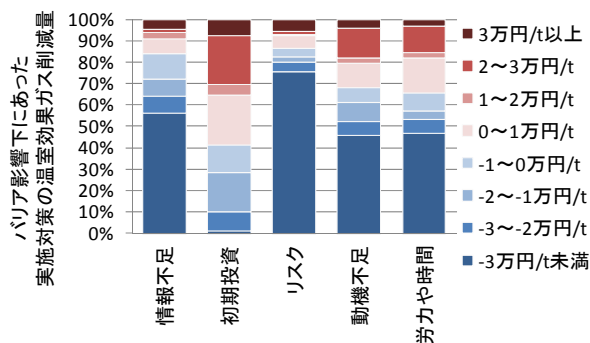


図 32 バリア影響下にあった実施対策の温室効果ガス削減単価の内訳

(3) 温室効果ガス削減費用曲線

以上の分析にもとづき、バリア影響下にある温室効果ガスの削減量と削減単価を集計し、削減費用曲線として図 33 に整理した。

リスクや情報不足から着手できなかった対策の費用対効果が極めて高いこと、労力・時間がかかることや動機不足といったエネルギー管理体制に起因する省エネバリアの影響下にある対策の費用対効果も高いことが明らかとなった。

また、初期投資がバリアとなり未実施だった対策は、削減効果に占める割合が最大である。その削減量の約半分は長期的に費用回収できるにもかかわらず、事業所としては投資に踏み切ることが難しかった実態が明らかになった。

なお、初期投資バリアに関連して、ここで描かれた削減費用曲線の解釈について、考察を加えておこう。今回集計したのは 2005～2009 年度に実施された省エネ対策であって、短中期的な対策が中心である。加えて、計画書制度においては運用対策の掘り起しが特に重視されていた。すなわち、今回は初期投資バリアの影響下にある削減対策の一部が顕在化したに過ぎず、実際には、より多くの対策余地が潜在しているものと推察される。中長期的にさらなる省エネ対策を追求していく上では、熱源機の高効率化や燃料転換といった設備投資対策への期待も高く、初期投資バリアとその克服策について理解を深めていく必要があるだろう。

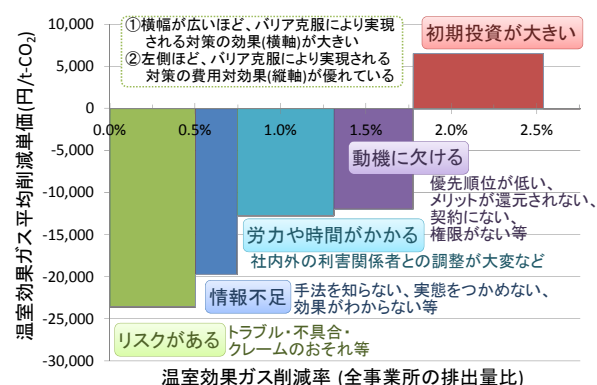


図 33 バリア影響下にあった実施対策の温室効果ガス削減費用曲線

3.4 計画書制度による効果

本節では、2009 年度末での温室効果ガス削減量に着目して、その中から、計画書制度に促されて実施された対策による削減量を推定するとともに、それら対策の費用対効果について検証する。

(1) 「追加性」の定義

省エネ政策の効果を評価する際には、「追加性」(additionality)を定義しておく必要がある(National Action Plan for Energy Efficiency, 2007[13])。そこでまず、本節における用語を定義しておく。

以下では、2009 年度末までに実施された対策を、「実施対策」と呼ぶことにする。

実施対策の中には、仮に計画書制度がなかったとしたら実施されていなかったり、実施時期が遅れていたものもあるだろう。このように制度がなかった場合に予想される状況を「なりゆき」と呼ぶ。

逆に、実施対策の中には、計画書制度をきっかけに実施されることになったり、実施時期が早まった対策もある。そうした対策を「追加的対策」、追加的対策による削減量・削減費用を「追加的な削減量・削減費用」と定義する。このようにして、なりゆきを上回る効果が認められる場合、計画書制度による「追加性」があったと表現する。

実施時期の推定方法

2009 年度末までに実施された対策のうち、計画書制度による追加性が認められる対策を推定する。

まず、実施対策については、アンケートにおける実施時期の回答データ(問 10)を用いて集計した。

次に、仮に計画書制度がなかった場合、すなわち、なりゆきでの進展度をアンケートから推計した。具体的には、実施時期に関する回答データ(問 10)に、制度有無による実施時期の違いに関する回答データ(問 11)を加味して、なりゆきでの実施時期を推計した。ここで、回答データの解釈に幅があることを勘案し、推計

にも幅をもたせることとした^㉓。

なお、事業所オーナーの回答にバイアスがかかるとすれば、推計される追加性は保守的にとどまる可能性がある。例えば、計画書制度がなければ未実施のまま今日に至るような対策についても、回答者によっては、遅かれ早かれ実施していたに違いないという認知バイアスがかかるかもしれない。

(2) 効果

図 34 には、温室効果ガス削減率の推移を示す。実施対策による削減率は、2009 年度末で 3.5%であった。集計対象の事業所の計画削減率は 4.1%だったので、削減量ベースで 86%が実施されたことになる。実施対策の削減率はなりゆきの推移を上回っており、その差は計画書制度による追加的效果とみなすことができる。2009 年度末に着目すると、実施対策 3.5%に対してなりゆきの削減率は 2.4%(推計方法により 2.2~2.7%)であることから、削減率にして+1.1 ポイント(同+0.9~1.3 ポイント)の追加性があったと推計される。

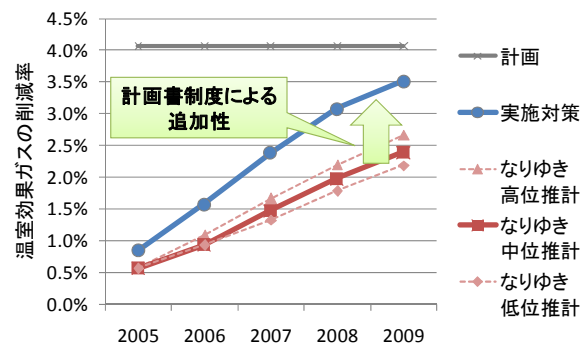


図 34 温室効果ガス削減率の推移

追加性をよりわかりやすく理解するため、図 35 には実施対策の削減量に占める追加的削減量の割合を示している。計画書制度の効果はどの年度断面で評価するかにより異なるものの、期間を通じて削減効果のおよそ 3~4 割に追加性が認められる。特に 2009 年

^㉓ 「なりゆき」に高位・中位・低位の 3 ケースを仮定する。「3 年内には実施」と回答した場合、実際の実施時期から遅れること 1 年(高位)、2 年(中位)、3 年(低位)で実施に至ったものとみなした。同様に、「3 年以上先になるが実施」については 3 年後、4 年後、5 年後とした。「実施していない可能性あり」については、なりゆきでは実施されなかったものとした。

度末に着目すると、全体の 32%(同 24～38%)が追加的対策による効果であった。これより先では、2009 年度末の中位推計の値を用いることにする。

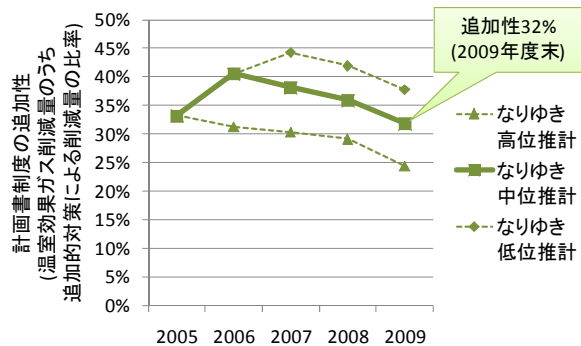


図 35 追加的削減量の割合

追加性は事業所によって異なる(図 36)。42%の事業所には追加性が認められなかったのに対して、計画削減量のうち 3 割以上について追加性が認められる事業所も 4 割程度存在する。

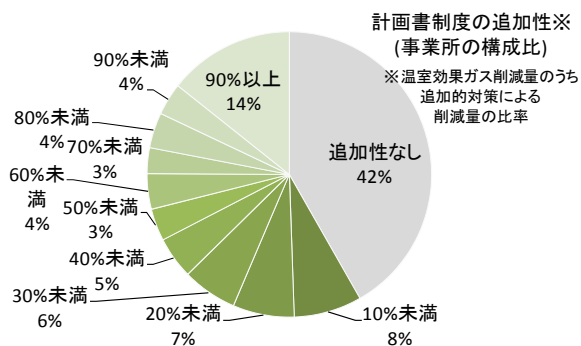


図 36 事業所による追加性の違い

対策レベルごとの追加性を比較したところ、運用対策の追加性は 25%で、設備投資は 36%である(図 37)。運用対策や回収 3 年以内の設備投資のように基本的な省エネ対策ほど、追加性が低めである。回収 3 年超 5 年以内の設備投資の追加性が高めであった。

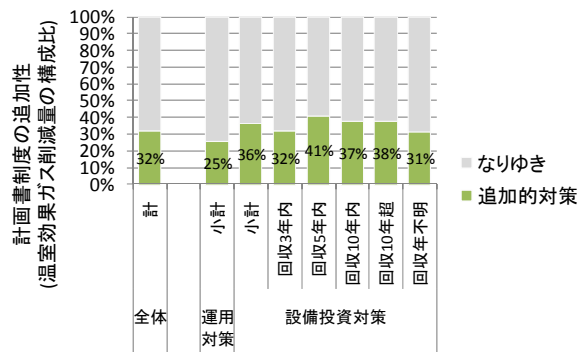


図 37 対策レベルごとの追加性比較

バリアごとに追加性を比較したのが、図 38 である。計画書制度の追加性が大きめだったのは、初期投資がバリアとなっていた対策(47%)である。次に情報不足バリアの影響下にあった対策の追加性が 42%と高い。

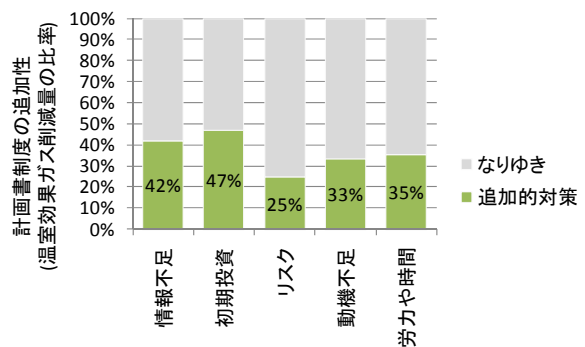


図 38 バリアごとの追加性比較

(3) 費用

追加的対策に限定して事業所平均の費用変化を整理したところ、光熱費の削減額(320 万円/年)から設備投資年償却額(258 万円/年)を差し引き、平均 62 万円/年の年経費が削減されたと推計される(図 39)。実際対策全体の費用変化(前掲図 20)と比べると、光熱費削減額のうち 32%、設備投資年償却額の 39%、年経費削減額の 19%が追加的対策によるものである。

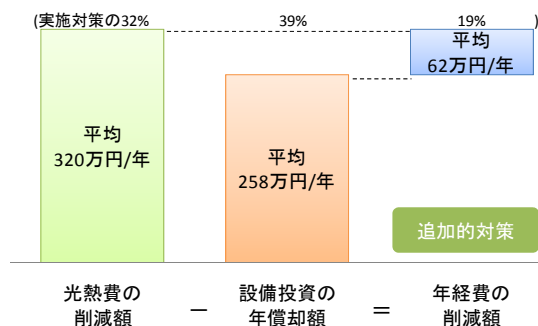


図 39 追加的対策による費用変化

(4) 費用対効果

平均温室効果ガス削減単価については、実績全体が-11,669 円/t-CO₂であるのに対して、なりゆきで実施されていた対策分では-13,946 円/t-CO₂とこれを下回り、一方の追加的対策は-6,802 円/t-CO₂であった。しかしそれでも、追加的対策による削減単価はマイナスであるから、費用対効果としては十分に高い。

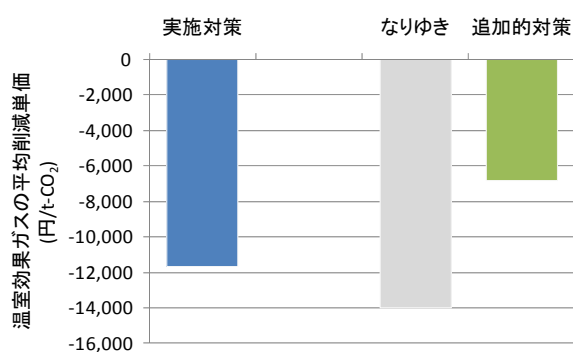


図 40 平均温室効果ガス削減単価

バリアごと

ここでは特に分析対象を追加的対策に絞ったうえで、バリアごとに、影響下にある対策の温室効果ガス削減単価を示す(実施対策全体については図 31 で既述)。

図 41 によると、情報不足の影響下にある対策の費用対効果が最も高い。これは、運用対策による削減余地がより多く掘り起こされたためである。リスク、動機不足、労力や時間がかかるといったバリアの影響下にあった追加的対策も、費用対効果が高い。

一方、初期投資バリアの影響下にある追加的対策については、平均的には対策費用がかかることになる。ただし、その追加的削減量の 37%は削減単価が負の設備投資対策であった。

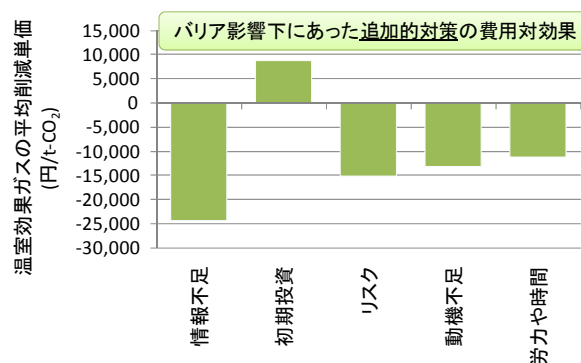


図 41 バリア影響下にある対策の温室効果ガス削減単価 (追加的対策のみ)

(5) 小括

計画書制度の効果をまとめると、図 42 のとおりである。追加的対策により、設備投資を考慮したうえで事業所あたり平均 62 万円の経費節減、91t-CO₂の削減をもたらし、平均削減単価は-6,802 円/t-CO₂と費用効果的であった。費用対効果については、特に、情報不足バリアの影響下にあった追加的対策で高く、リスク、動機不足、労力や時間がバリアになっていた対策についても同様である。初期投資バリアの影響下にある追加的対策は、平均的には対策費用がかかることになるが、追加的削減量の約 4 割は削減単価が負であった。

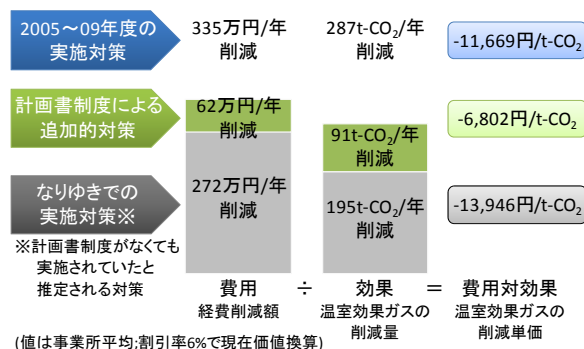


図 42 計画書制度による追加性

4. まとめ

4.1 主な分析結果

本研究では、都内にある約 300 の業務部門大規模事業所の協力のもと、約 2000 の省エネ対策について省エネ対策の費用対効果とバリアを分析し、以下の点を明らかにした。

- 実施された省エネ対策の多くは温室効果ガス削減単価がゼロを下回り(平均ではマイナス 1.2 万円/t-CO₂)、温室効果ガス削減に加えて、設備投資費用を考慮した上でも費用削減に寄与する。費用対効果に優れ、効果も大きい対策の例としては、空調運転管理、換気設備の運転管理、空気調和設備の効率管理などが挙げられる。
- しかしながら、経済合理性だけで省エネ対策が進むわけではない。省エネ対策のバリアに着目すると、リスクや情報不足から着手できなかった対策の費用対効果が極めて高く、動機不足や労力・時間がかかるといったエネルギー管理体制に起因する省エネ余地の費用対効果も高い。すなわち、これら省エネバリアを解決する試みは、温暖化対策としても経費節減策としても優れていることが示唆される。また、初期費用のバリアを克服することにより削減量の拡大が期待される。
- 削減効果の約 3 割について計画書制度による底上げ効果があったことが確認され、それらの平均温室効果ガス削減単価はマイナス 7 千円/t-CO₂であった。これは、計画書制度が、費用対効果の優れた対策を促進していたことを示している。

4.2 考察

省エネは儲かると形容されることが多い。業務部門については、これまでも成功事例の紹介やシミュレーション分析などから費用便益の感覚をつかむことはできたものの、実績ベースでは十分な検証がされてこなかった。建築技術や設備導入に関する費用対効果の知見は先行して蓄積されつつあるのに対して、運用改善のように現場で優先的に実施される省エネ対策は

実態解明が進んでいない。このような情報不足も、省エネ対策の進展を妨げるバリアになってきたといえる。

本稿の分析からは、実在する事業所において、運用改善をはじめとして費用効果的な温室効果ガス削減余地が多く存在することが明らかになった。ここで肝要なことは、「なぜ費用効果的な対策が実施されなかったのか」について理解し、「どうすれば実施につなげていけるか」を考えることであろう。

省エネバリアを取り除くことは、事業所の経費節減と温暖化対策の両面において、優れたポテンシャルを秘めている。付録に記す外気導入量の適正管理の事例からは、経済性とは別の問題により省エネ対策が進まない実態、外部からの指導・助言などによりバリアが解消される可能性が示唆される。計画書制度や省エネ診断事業は、このようなバリアを解消することに寄与し、政策としての費用対効果も高かったことが実証されている(木村他、2010[14]; 木村他、2011[7])。

もちろん、誘導的な政策だけではバリアのすべてを取り除くことはできない。設備投資を伴う省エネ対策については、たとえ長期的には費用効果的でも、3～5 年以内に投資回収できないと実施判断が難しいことも多いとされる。今後は、設備投資にかかるバリアや、初期投資バリアの解消を狙う補助金政策などについても、知見を深めていく必要がある。

謝辞

本アンケート調査を実施するにあたり、貴重な時間を割いてアンケート調査へご協力いただいた事業所のご担当者の皆様方に、心より御礼申し上げます。また、実際に省エネを推進されている関連企業・団体やエネルギー管理現場でご活躍されている専門家諸氏との議論は、大変有益でした。ここに記して感謝申し上げます。

付録 事例分析～外気導入量の適正管理～

本文では定量的な分析を扱ったが、付録として、定性的な分析を加えることで、別の角度から事業所の省エネ対策のバリアやそれが解消される過程について理解を深めることにしたい。事例として、計画書の中でも対策数が多く、様々なバリアが指摘された「外気導入量の適正管理」をとりあげる。

(1) 対策の概要

外気導入量は、二つの異なる目的のもとでバランスよく管理する必要がある。

一つには、十分な換気により、室内空気環境を良好な状態で維持しなければならない。CO₂ の主たる発生源は人間の呼吸であり、換気が不十分だと濃度が高くなることから、室内空気環境の管理指標として用いられている。具体的には、ビル管理法¹⁾において CO₂ 濃度は 1,000ppm 以下と定められており、ビルの使用実態を見ながら適度に外気(約 400ppm)を取り入れる工夫が求められる。

一方で、省エネの観点からは、換気が過剰とならないよう適切な制御が求められる。単純に言えば、入れ替えた空気のみだけ空調しなおすことになってしまうからである。

(2) アンケート調査結果の概要

オーナーへのアンケート調査の集計結果(図 43)にもとづき、対策の特徴を述べる。

外気導入量の適正管理の効果は大きく、温室効果ガス削減量は全体の約 1 割を占め、さらには、年経費削減額で見ても全体の約 2 割がこれにより生み出されていた。運用対策の比率が中心になることから温室効果ガス削減単価は-2.5 万円/t-CO₂ と低く、経済性も優れていた。

このように、計画書制度のもとでは業務部門事業所の主要な省エネ対策として計画化された対策であるが、

運用改善が中心であるにもかかわらず、それまで十分に実施されていなかった。その背景要因として、動機の不足(削減量ベースで 20%が影響)やリスク(同 17%)などが挙げられている。

計画書制度による追加性は、削減量ベースで 39%と推定され、全体平均を大きく上回っていた。

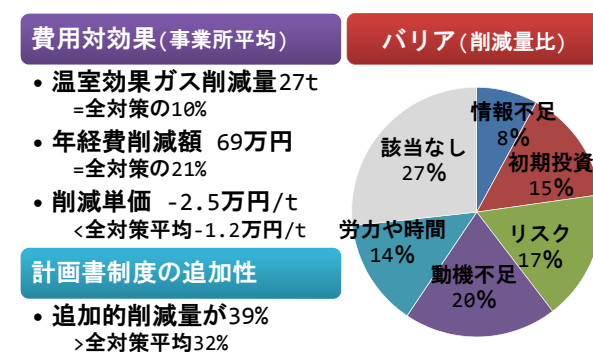


図 43 外気導入量の適正管理の実績概要

(3) バリアの考察

事業所オーナーへのアンケート調査からは、動機不足やリスクの影響が大きいことが示唆された。この結果への解釈を深めると同時に、より広範にオーナー以外のアクターからみたバリアも理解するため、文献調査やヒアリング調査にもとづき考察を加える。

ビル管理法のもとでの室内 CO₂ 濃度

省エネ対策として外気導入量を調整する際には、ビル管理法の室内 CO₂ 濃度基準を意識しなければならない。ビル管理法は、空気環境測定を 2 か月に一回は実施するよう求める点において、省エネ対策よりも具体的である。このため、オーナーによってはビル管理法が優先され、省エネ対策が後回しになる可能性がある。

- 「オーナーは法令順守に敏感である。外気を絞ったことで CO₂ 濃度が一度でもビル管理法で定められた 1,000ppm を超えると、オーナーからすぐに設定を戻してくれと言われてしまうことがある。」(ゼネコンA氏)

アンケート調査結果における最大のバリアは、優先順位が低いといった動機不足(20%)で、次に、リスク(17%)の影響が大きい。その解釈として、上のような問

¹⁾ 「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」。大規模な建築物(床面積 3000 ㎡以上の事務所、店舗、旅館など)において衛生環境の維持・管理すべき点を定めている。

題もあるだろう。

過剰になりがちな換気量

設計時や運用開始時に余裕を見て換気量を設定しておきながら、初期設定のまま運用し続ける場合、必要以上に外気を導入してしまうことになる。

オフィスビルを例にとると、設計時には一人あたり床面積を 5 m²/人と想定して多めの換気量を確保しておきながら、実際には人口密度 15 m²/人程度で利用される例も多く、場合によっては 3 倍程度の過剰外気取入れになっているおそれがある(省エネルギーセンター、2008[15])。また、実使用状況によっては、次のような省エネ余地が生まれる場合がある。

- 「電化厨房の室内 CO₂ 濃度が室内環境基準を大幅に下回っていることに着目した。外調機と排気ファンのインバータ制御の設定値を、少しずつ変えて、外気取入量の削減に成功した。これにより、昼間のピーク負荷時に追掛け運転を行っていた氷蓄熱ユニットの冷凍機の運転を止められるようになった。」(管理会社B氏)

図 44 には、都内にある 71 の大規模事業所について、夏期の室内 CO₂ 濃度の分布を整理している(建設技術研究所、2006[16]より作成)。これによると、半数以上の事業所が 700ppm を下回っている。中には建物の構造上、換気を抑えることが難しい事業所もあるが、全体として、外気導入量を適正に管理することで省エネ余地のある事業所が多かったことが推察できる。

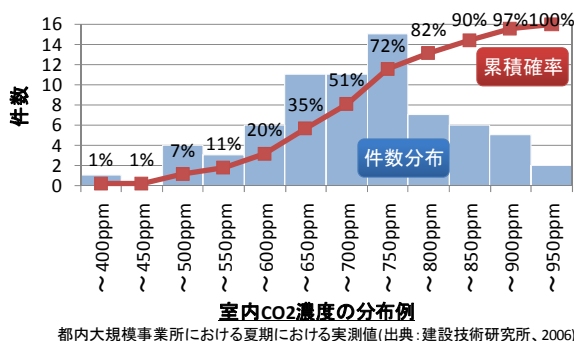


図 44 室内 CO₂ 濃度の分布例

外気導入量管理にかかる費用

外気導入量管理は運用改善が主である(アンケート

調査結果では削減量の 74%)。しかし、特に古いビルでは、外気導入量制御のために設備投資が必要な場合もある。このような場合には、投資の費用対効果が問われることになる。

- 「建築時期が古いビルでは、そもそも外気導入量を調整するという概念が設計上欠落しているビルも少なくない。たとえば、外気導入口が 1 箇所のみだったり、導入量を調整するバルブやダンパーが存在しなかったり、CO₂ 濃度測定を行うメーターが存在しないなどである。」(管理会社C氏)

外気導入量の調整にかかる労力や手間

ビルの形状や設備、使い方は多様であり、外気導入量制御のためには、CO₂ 濃度を的確に把握しながらバルブやダンパーの調整を進めなければならない。この調整作業のためには、管理員が労力や時間をかける必要が出てくる。しかしながら、ビル管理市場では管理委託費用が減らされる傾向にあり、管理会社のマンパワーは不足しがちである。

そもそも多くの管理契約においては、省エネの対価として生じる費用削減メリットは、オーナーが手にするものであって管理会社には基本的に還元されない。加えて、「管理業務のパフォーマンスは減点方式により評価されるため、担当員としてはクレームがないように運用するのが最優先」(サブコン D 氏)となりがちである。

そのため、オーナーから多くを求められない局面では、管理会社はプラスアルファの省エネ提案をする積極的な理由を持ちあわせず、省エネ余地が放置されてしまう場合がある。

(4) 計画書制度による追加性

それでは、計画書制度において外気導入量の適正管理はどのように位置づけられていたのだろうか。制度運用の詳細は木村他(2011)[7]にゆずり、外気導入量に関連する経緯をBOXに整理した。概要は以下の通りである。

都では指導・助言のターゲットとして 12 の重点項目をかかげ、外気導入量の適正管理もその一つとして位置付けた。それぞれの事業所について空気環境測定の日データなどを確認し、省エネ余地があると思われる場合には、オーナーとしてもメリットになることを理解し

てもらいながら対策実施を提案した。さらに、対策が不十分と思われる事業所には足を運び、事業所や管理会社の担当者と意思疎通しながら実施可能性について検討を促した。

実際に訪問調査を受けた事業所の担当者からは、次のようなコメントがあった。この例では、長年にわたり外気導入量を調整していなかったが、省エネにつながるのであればと好意的に受けとめ、対策実施につなが

った。

- 「東京都の担当者が現地調査におとずれ、外気導入量が多すぎて空調負荷が増えているので、空調機の風量を絞ってはどうかと提案された。これを受けてインバータで風量を絞ることにして、計画書にも追加記載した。」(事業所オーナー担当者E氏)

B0X: 計画書制度のもとでの「外気導入量の適正管理」の指導・助言

東京都では、対象事業所に対して 80 の基本対策をあらかじめ提示していたが、その中でも効果が大きく見逃されやすい対策を絞り込んだ上で、指導・助言のターゲットとした。具体的には、2005 年夏に各事業所から提出された計画書案を検証することで、12 の「重点項目」をつくりあげ、「外気導入量の適正管理」もこれに含まれることになった。

計画書案の提出時には、ビル管理法の計量証明付きの測定データについても提出が求められた。記載されている温度や CO₂ 濃度のデータは、各事業所の空調管理のレベルを把握するために活用できるからである。

こうして、重点項目への取り組みが不十分と思われる事業所がリストアップされていった。2005 年秋には計画書提出に先立って、レベルアップを目的に重点項目を含む基本対策の説明会が行われた。

2005 年冬の計画書提出時には、対象事業所は都庁まで書類を持参することが求められ、提出窓口は予約制で個別対応であった。都側の担当者は、事業所の事前提出書類を当日までにチェックしており、取り組みレベルをある程度把握していた。例えば、ビル管理法の測定データから真夏と真冬の CO₂ 濃度が低すぎると思われた事業所には、外気を絞れる可能性があることが助言され、対策可能な場合には計画書の修正が求められた。その年のデータが特異と思われる場合には、前年のデータも確認し、そのような確認作業を通じて計画の上積みがはかられた。

計画書提出後には、優秀な事業所と対策が不十分と思われる事業所を絞り込んで、現地訪問調査が行われた。計画化が不十分な事業所の中には、例えば外気を過剰に取り入れているところが多かったが、外気を絞ると空調の効きも良くなるといった提案は、事業所からも好意的に受けとめてもらえることが多かったとされる。現場で数値を示すと説得力が増すことから、現地調査の際には CO₂ 濃度計、照度計、温度計、電流・電圧計などが持ちこまれ、測定も適宜行われた。

エネルギー管理現場で働いている管理員の中には、省エネ対策について知らないわけではなく、必要性を上にもうまく伝えられていないといった場合もある。現地訪問調査の際には、事業所オーナーの担当者や上層部がいることが多く、そのような場での提案は実施につながりやすかったとされる。

木村他(2011)[7]などより作成

(5) 小括

外気導入量の制御は、計画書制度のもとで業務部門事業所の主要な省エネ対策として認識され、効果が大きいだけでなく、費用対効果にも優れていた。

このような対策がそれまで十分に実施されてこなかった背景として、例えば以下のような要因が挙げられる。

- 事業所オーナーによっては、ビル管理法の CO₂ 基準を満たすことが優先され、リスクをおかしてまで換気を抑制しようという動機が働かない。設定条件を精査しないまま運用していると、過剰換気の状態になっているおそれがある。
- 基本的には運用改善だけで省エネできることが多いが、特に古いビルでは、制御のために設備投資も必要となる場合がある。
- オーナーからの要請がある場合やオーナーへの貢献意識が高い場合を除くと、管理会社側に無理をしてまで省エネ提案をする状況にはない。

外気導入量の適正管理による削減量のうち、4 割程度について計画書制度による底上げ効果が認められた。この追加性は、その他の省エネ対策と比べて大きい。計画書制度の運用実態を振り返ると、外気導入量の適正管理は重点的な対策の一つとして位置づけられ、対策が不十分と思われる事業所に対しては、度重なる指導・助言が行われていた。

参考引用文献

- [1] 林立也・松縄堅・村上周三、2010. 低炭素社会・建築物の普及・推進を目的とした技術ロードマップの検討―事務所ビルにおける環境対策の限界費用分析―、日本建築学会大会学術講演梗概集、2010.9.
- [2] 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム、2009. 民生部門の低炭素化に係る対策コストと間接的便益(NEB)を考慮した費用対便益(B/C)の評価、カーボンマイナス・ハイクオリティタウン調査委員会中間とりまとめ、2009.12.
- [3] IEA, 2008. “Promoting Energy Efficiency Investments- Case Studies in the Residential Sector”, 2008.
- [4] Sorrell, S., O'Malley, E., Schleich, J., and Scott, S., 2004. “The Economics of Energy Efficiency: Barriers to Cost Effective Investment”, Edward Elgar, Cheltenham.
- [5] SPRU, 2000. “Reducing barriers to energy efficiency in public and private organizations”, Final Report, Joule III Project, EU, 2000.
- [6] 日本ビルエネルギー総合管理技術協会、2008. ビル省エネルギー手法・設備の調査・研究(その4)―業務用ビルにおける省エネ阻害要因調査とその対策の研究―、2008.3.
- [7] 木村宰・野田冬彦・西尾健一郎・若林雅代、2011. 地球温暖化対策としての情報提供的な規制手法の有効性―東京都温暖化対策計画書制度の事例分析―、電力中央研究所研究報告 Y10027、2011.4.
- [8] 西尾健一郎・木村宰・野田冬彦、2010. 業務部門における省エネルギー対策の傾向分析―東京都の温暖化対策計画書制度下ではどのような対策が計画されたか?―、電力中央研究所研究報告 Y09012、2010.4.
- [9] 若林雅代・木村宰・西尾健一郎、2011. 東京都排出量取引制度の実効性について―欧米の経験を通じた考察―、電力中央研究所研究報告 Y10023、2011.4.
- [10] 西尾健一郎・木村宰・野田冬彦、2011. 業務部門における省エネルギー対策の取り組みレベルと促進要因、電力中央研究所研究報告 Y10026、2011.4.
- [11] 東京都、2010. 東京都地球温暖化対策計画書制度(平成 17～21 年度)結果報告書の集計結果(暫定値)の公表、東京都環境局報道発表資料、2010.12.9.
- [12] Geller, H. and Attali, S., 2005. “The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmes in IEA Countries: Learning from the Critics”, IEA Information Paper, 2005.
- [13] National Action Plan for Energy Efficiency, 2007. “Model energy Efficiency program impact evaluation guide”, Prepared by Steven R. Schiller, Schiller Consulting, Inc. 2007.10.
- [14] 木村宰・野田冬彦、2010. 省エネルギー診断事業の費用対効果と改善策、電力中央研究所研究報告 Y09009、2010.3.
- [15] 省エネルギーセンター、2008. 新版 省エネチューニングマニュアル―運用によるビル設備の省エネ実践方法の解説書―、2008.3.
- [16] 建設技術研究所、2006. 東京都地球温暖化対策計画書制度(業務部門)に係る調査業務等委託報告書、2006.3.

電力中央研究所報告

〔不許複製〕

編集・発行人

財団法人 電力中央研究所
社会経済研究所



東京都狛江市岩戸北 2-11-1
電話 03 (3480) 2111 (代)

e-mail src-rr-ml@criepi.denken.or.jp

発行所

財団法人 電力中央研究所
東京都千代田区大手町 1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)

印刷所

株式会社 ユウワビジネス
東京都千代田区神田須田町 1-1
電話 03 (3258) 9380

ISBN978-4-7983-0508-0

