民生部門における 2030 年度の温室効果ガス４割削減に向けた対策の定量的分析
業務報告書（概要版）

大阪大学 大学院工学研究科 下田 吉之

１．はじめに

地球温暖化対策計画では、2030 年度における日本の温室効果ガス排出量を 2013 年度比で 26%削減するという目標が掲げられており、中でも業務部門の二酸化炭素（CO_2）排出量の削減目標は 40%という高いものである[1)]。地球温暖化対策計画では目標を達成するための具体的な対策が検討されている。表 1 に地球温暖化対策計画で位置付けられている業務部門の対策とそれによる効果の見込みを示す[2)]。このような評価は対策の方向性を示し、削減目標の達成可能性を示すうえで重要なものである。一方で、地球温暖化対策計画で見込まれている削減の実現は不確実である。同試算では対策技術の導入量と技術導入量当たりのエネルギー消費の削減量の積和を行い、その削減効果を定量化している。したがって、技術導入量、技術導入時のエネルギー消費削減量の実現可能性について評価をすることは削減目標を達成するうえで重要である。特に後者については、対策の相互作用や、気象や運用条件等に対する削減効果の依存性が存在し、想定通りの削減が得られない可能性がある。そこで本研究では、これらの不確実性要因を考慮して業務部門のエネルギー消費、技術導入時の省エネルギー効果を定量化可能なエネルギーモデルを開発し、地球温暖化対策計画において想定されている業務部門の削減見込み達成可能性を評価することを目的とした。

表 1 温暖化対策計画における対策技術と削減内訳

用途	省エネ対策	内訳	一次エネルギー消費削減量 [PJ/year]
建築物の省エネ化	新築建築物における省エネ基準適合の推進		129
	建築物の省エネ化(改修)		16
高効率な省エネルギー機器の普及	業務用給湯器の導入	HP 給湯器	26
		潜熱回収型給湯器	
	LED 等の高効率照明の導入		96
	冷媒管理技術の導入		0.2
トップランナー制度等による機器の省エネ性能向上			108
BEMS の活用、省エネ診断等を通じた徹底的なエネルギー管理の実施			91

２．業務部門エネルギーエンドユースモデル

開発モデルは Swan らによる国・地域のストックを対象とするエネルギー需要モデルの分類[3)]のうち、Archetype Engineering Bottom-up Modelling という方法に基づくものである。日本の業務部門を対象とする事例には岩船ら[4)]ロら[5)]のモデルがある。図 1 にモデル開発手順を示す。図の手順では、手順 2 における代表モデルの設計、手順 3 におけるシミュレーションによって業務施設でエネルギー需要が決定される構造を反映したうえで、手順 1 の類型化および手順 4 の積み上げによって対象とする建築ストック全体でのエネルギー需要の定量化が可能となる。本研究では、業務施設用途（事務所、宿泊、医療、商業、飲食、文教）、立地（全国を 10 地域に分類）、規模・業態、建築設備種別により全国の業務施設を 22 千類型に分類した。代表モデルは各類型の標準的な建築仕様、設備仕様、運用条件を有するものであり、各類型の特徴のほか、現実的な機器・設備の運用条件の下で、導入技術の相互作用を含めて、将来における技術的な変化がもたらしうるエネルギー需要の変化を定量化することが可能である。図中手順 3 では米国 DOR が開発した EnergyPlus8.6[6)]を用い、代表モデルを用いて算出したエネルギー需要を延床面積あたりで原単位化した。手順 4 では全 22 千類型について延床面積と原単位を積和し、日本全国の業務施設のエネルギー消費を定量化した。

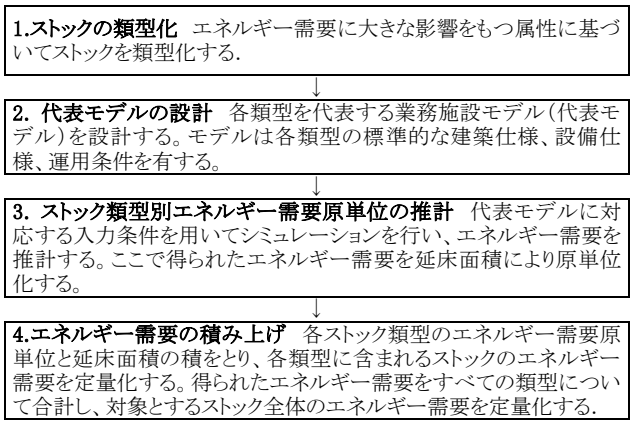

図 1 エネルギー需要モデル開発手順

３．モデルを用いた評価

本研究は日本の業務部門のうち事務所、宿泊、医療、商業施設を対象として、本研究では技術普及に関する複数のケースを想定し、技術普及とそれに伴う一次エネルギー消費量の変化の関係を分析した。結果に基づいて、地球温暖化対策計画により想定している CO_2 排出量の削減が可能か、また、2030 年における CO_2 排出量の削減目標を達成するた

めにはどのような技術的変化が必要か検討した。計算ケースの想定を表 2 に示す。また、各ケースにおける対策技術導入の想定を表 3 に示す。なお、今回の検討では延床面積 5 万㎡以上の施設、厨房、冷凍冷蔵用途は計算に含めていない。

表 2 計算ケース

ケース	想定内容
基準	2013 年のストックを想定した。
効率向上	照明、コンセント機器の効率が向上することを想定した。
対策	効率向上ケースに対して、給湯、建築物・空気調和設備の対策が導入されることを想定した。ただし、建築物・空気調和設備の対策は 2030 年までに新築・改修される建物のみとした。
省エネ	対策ケースで考慮した建築物・空気調和設備の対策が全ての建物ストックにおいて導入されていることを想定した。

表 3 対策技術導入の想定

最終需要	設定内容
照明	基準ケースでは対象建物ごとに標準的な照明設備の仕様を決定した。地球温暖化対策計画では 2020 年度までに照明ストックの 50%以上が LED 等の高効率照明に代替されること、2030 年までに照明器具の寿命に伴う交換で大部分の照明器具が代替されることが想定されている。このことから、対策ケースではすべての照明器具が LED 照明に置き換わることを想定した。
機器	地球温暖化対策計画では個々のトップランナー基準対象機器について使用台数、台数当たりの省エネルギー量を定めている。複写機、プリンタ、自動販売機などについては 30%～40%の省エネルギーが想定されている。また、別項目として BEMS 等による運用改善も想定されており、本研究ではコンセント機器全体で基準ケースから対策ケースにかけて消費電力が 40%減少することを想定した。
給湯設備	基準ケースでは 2013 年におけるストックの構成を推計し、ストックにおける電気温水器の普及率を 38%、ガス、石油給湯機の普及率を 60%と想定した。地球温暖化対策計画では、ヒートポンプ(HP)給湯機、潜熱回収型給湯機の普及台数が記載されている。記載内容に基づいて、対策ケースでは電気温水器の 38%が HP 給湯機に、ガス、石油給湯機の 63%が潜熱回収型に代替されることを想定した。
建築物・空気調和設備	地球温暖化対策計画では、2000 ㎡以上の延床面積を持つ新築建築物の省エネルギー基準適合義務化、改修における省エネルギー技術導入により、2013 年度における建築省エネルギー法における省エネルギー基準適合建築物の割合が 23%から 2030 年度 39%まで増加することを想定している。これに基づいて、ストックの 20%の建築物において外皮性能、空気調和設備の省エネルギー対策が行われ、熱源機器効率の向上が生じると想定した。 外皮性能は基準ケースにおいて PAL 基準を満たす仕様とした。空気調和設備については基準ケースでは現在のストックの標準的な技術、対策ケースにおいてある程度一般的に採用されている省エネルギー手法が導入されることを想定した。空調熱源機器効率(COP)は基準ケースでストックの標準的水準、対策ケースでは建物においてトップランナー性能を持つ機器に代替されることを想定した。

今回対象としたストックでは基準ケースにおける一次エネルギー消費量は約 1,100 PJ/年と推計された。効率向上ケース（図中の効率）では基準ケースの 22%に相当する 210PJ/年が削減されると推計された。この削減は表 1 の数値と同程度のものである。このうち、照明、コンセント電力の直接的削減効果は 19%であり、残りは内部発熱減少に伴う間接効果によるものである。対策ケースでは 25%の減少となり、3%削減率が増加した。用途別に見ると、給湯設備における一次エネルギー消費が 16%、空調用途の熱源機器の削減が 10%、ポンプ、ファン等の補器の削減が 8%である。対策ケースでは建築物・空気調和設備の省エネルギー手法が導入された建物の 20%の増加を想定したが、これを 100%とした省エネケースでは 34%の減少となった。一方、表 1 に示した地球温暖化対策計画での想定では 129PJ の削減が想定されているのに対して、対策ケースでは約 30PJ であり、省エネケースで地球温暖化対策計画での想定と同等の削減となる。この結果から、建築物・空気調和設備分野では、一般的に広く普及している手法が標準的に採用されるようになったとしても 2030 年度における目標の達成には不十分であり、さらなる技術的な進展が必要であると考えられる。

4．得られた知見

本検討で得られた知見を以下に示す。

- 大幅な CO_2 排出量削減のためには照明、コンセント機器の高効率化の実現は不可欠である。
- 給湯、建築物・空気調和設備の省エネルギーは重要である。特に建築物・空気調和設備では一般的な手法のみでは地球温暖化対策計画で想定している削減は達成不可能であり、さらなる技術的進展が必要となる。

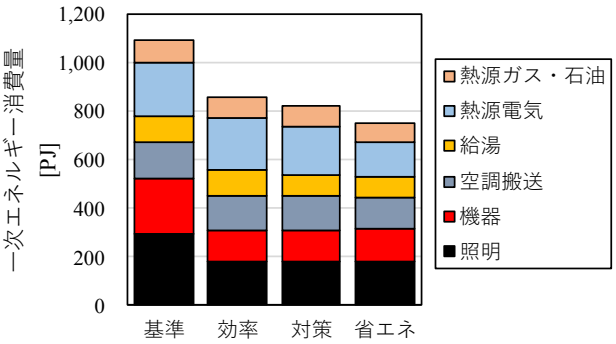

図 2 一次エネルギー消費量の推計結果

参考文献

1) 内閣府：地球温暖化対策計画，2016 年 5 月 13 日閣議決定，https://www.env.go.jp/press/files/jp/102816.pdf
2) 内閣府：地球温暖化対策計画における対策の削減量の根拠，2016 年 5 月 13 日閣議決定参考資料，https://www.env.go.jp/press/files/jp/102972.pdf
3) Swan LG, Ugursal V.I.: Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 13, pp. 1819-1835, 2009.
4) 岩船由美子，山地憲治：業務用建物における各種省エネルギー施策の総合的評価，電気学会論文誌 B（電力・エネルギー部門誌），Vol. 121 (2001) No. 5，pp. 581-589.
5) 山口容平，下田吉之，水野稔．建築・設備ストックの集積状況を考慮した大阪市の民生業務部門エネルギー需要モデルの開発と温暖化対策の評価．日本建築学会環境系論文集，第 74 巻，No. 641，pp. 853-862，2009 年 7 月．
6) EnergyPlus, EnergyPlus 8.6.0, September 2016, https://energyplus.net/, 最終アクセス日 2017 年 4 月 12 日