

ヒートポンプの将来像分析及び普及見通し調査

報告書

2017年8月

一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター

はじめに

我が国のエネルギー政策の基本的な方向性を示す「エネルギー基本計画」は少なくとも3年に1度の頻度で内容の検討を行い、必要に応じて変更を行うこととされており、現行の「第四次エネルギー基本計画」（2014年4月閣議決定）は改定作業のタイミングを迎えている。また、それに引き続いて「エネルギー長期需給見通し」の改定が予定されている。一方、パリ協定の採択を受け、各国は2020年度までに「低炭素発展戦略」（2050年度までの長期の戦略）の提出を求められており、「エネルギー基本計画」、「エネルギー長期需給見通し」の見直し作業においては、2050年度までの長期の期間を視野に入れて検討が行われる可能性が考えられる。

このようなエネルギー政策形成局面を見据え、行政、有識者等の関係主体に対するヒートポンプ分野に係る政策提言への活用に資するように、ヒートポンプの将来像及び普及想定について分析を行った。

第1章では、ヒートポンプの近年の技術開発及び普及進展の動向を踏まえ、我が国におけるヒートポンプの将来像に係る分析を行った。はじめにヒートポンプが我が国の将来社会において担う社会的意義を明確化し、その上で、我が国のエネルギー技術開発政策及び国際エネルギー機関の将来戦略におけるヒートポンプの位置付けを整理した。これらの検討を踏まえ、我が国において将来導入されていくであろう新たなヒートポンプの姿を整理した。

第2章では、第1章で実施したヒートポンプの将来像の分析結果を参考とし、2050年度までの我が国におけるヒートポンプの普及見通しに係る定量的分析を行った。併せて、代替可能な熱需要をヒートポンプに置き換えた場合の一次エネルギー消費及びCO₂排出の削減効果の分析を行った。

目次

1. ヒートポンプの将来像の分析	1
1.1 ヒートポンプが将来社会において担う役割	2
1.2 ヒートポンプの技術開発の動向.....	4
1.2.1 我が国における技術開発政策	4
1.2.2 ヒートポンプの技術開発に係る動向	9
1.2.3 国際エネルギー機関の将来戦略におけるヒートポンプの位置付け	12
1.3 ヒートポンプの新たな適用分野.....	13
1.3.1 住宅	14
1.3.2 業務施設	18
1.3.3 工場	23
2. ヒートポンプ普及見通し調査	26
2.1 分析の前提条件	26
2.1.1 分析対象	26
2.1.2 分析に用いた一次エネルギー換算係数、原油換算係数、CO2 排出係数	27
2.2 分野毎の普及見通し	28
2.2.1 家庭用給湯	28
2.2.2 家庭用空調	43
2.2.3 業務用給湯	61
2.2.4 業務用空調	81
2.2.5 産業用空調	97
2.2.6 産業用加温	111
2.2.7 農業用	125
2.2.8 融雪用	136
2.3 まとめ	149

1. ヒートポンプの将来像の分析

ヒートポンプは空調用熱源や冷蔵庫用に古くから使用されてきた機器ではあるが、技術開発の進展により著しく性能の向上が図られている。例えば、家庭用のエアコンはトップランナー制度の導入を契機として効率は2倍程度まで向上している。また、ビルや工場で使用されるターボ冷凍機にしても高効率化が進み、現在はCOP 6.5程度の高効率な機種が一般的になってきており、インバータ技術の開発等によって部分負荷時の効率向上が図られ外気温や負荷の条件によってはCOP 24程度の運転が可能になっている。これらの高い効率は、主に電動式のヒートポンプにおいて実現されてきている。

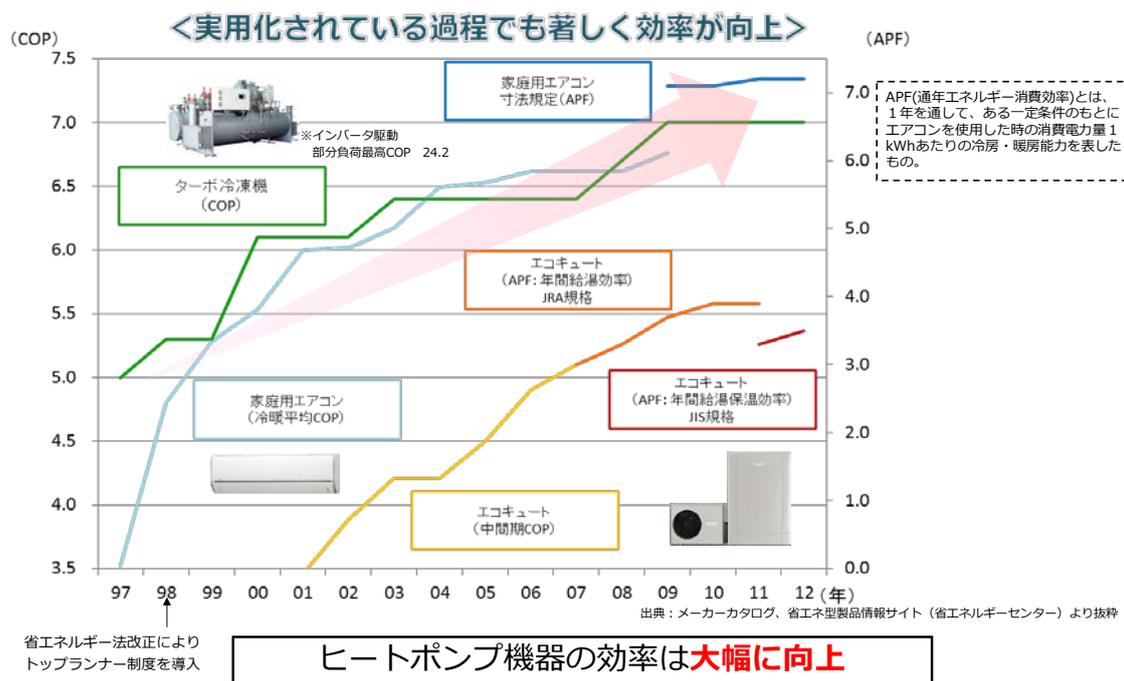


図 1-1 ヒートポンプの効率の推移

また近年では、家庭用ヒートポンプ給湯機や産業用ヒートポンプの開発及び普及進展等、従来にはなかった用途への展開も見られ、将来的には更なる性能向上や適用用途の拡大が予想される。

本調査では、新たな用途への展開を含めて、電動式のヒートポンプが将来の社会の中でどのように役立っていくかについて、具体的イメージを描きながら明確化した。

1.1 ヒートポンプが将来社会において担う役割

ヒートポンプの最大の特徴の一つとして効率性の高さが挙げられるが、社会でのヒートポンプの利用を考えた場合、その他にもヒートポンプには以下のような利点がある。

(1) 省エネ性に優れ投入エネルギーを上回る熱エネルギーの利用が可能な技術

ヒートポンプとは、燃焼や抵抗加熱等によって新たに熱を作り出すのではなく、冷媒の状態変化を利用して、大気中等に存在する熱を汲み出す原理の技術である。その特性から投入エネルギーを上回る熱を得ることができ、高い省エネ性を有する。

(2) そのままでは利用できない再生可能エネルギーの利用を可能とする技術

ヒートポンプは、空気をはじめ、地中、海水、河川水等、気温との温度差が少なくそのままでは利用が困難な熱を利用することができる。これらの熱は太陽エネルギーを起源とする無尽蔵かつ身近なエネルギーであり、この熱を有効に活用しながら熱を生み出すことは、太陽光や風力と同様のクリーンエネルギー利用技術・化石燃料代替エネルギー利用技術に他ならない。我が国では、「エネルギー供給構造高度化法」(2009年8月施行)において、ヒートポンプが利用する空気熱、地中熱、水熱(海水熱や河川水熱等)は、再生可能エネルギー源と定義されている。

(3) 導入箇所の特性に応じた規模・形態で導入可能な利便性の高い技術

これまでも家庭で使用されるルームエアコンや冷蔵庫等の比較的小規模な機器から、工場の加熱プロセスや地域冷暖房の熱供給プラントで使用される大規模なクラスまで様々な規模の機器が製造されており、導入先で必要としている熱の規模に応じたフレキシブルな対応が可能である。また回路の切替え一つで、ある時は冷たい熱を、ある時は暖かい熱を供給することが可能であり、その温度レベルもマイナス数十℃程度から百数十℃程度の温度まで幅広く供給することが可能である。

(4) 自然エネルギー等多様な電源による電力を利用可能な技術

近年、太陽光発電や風力発電等自然エネルギーを利用した電源の普及拡大、電力システム改革の進展に伴い、電源が多様化する方向にある。既存の電力は、もともとが水力発電、原子力発電、火力発電等様々な電源のベストミックスにより効率的な運用や発電効率の向上が図られているものであり、今後は高経年化火力のリプレース・新規設備導入時における経済的に利用可能な最良の技術(BAT: Best Available Technology)の活用や1,700℃級超高温ガスタービン複合発電(HHVベース熱効率57%)等の次世代火力発電技術の開発導入により、更なる発電効率の向上が見込まれる。

ヒートポンプは、こうした多様かつ高効率な電源による電力を利用するという面からも、エネルギーセキュリティに優れ、また環境に優しい形での利用が可能な機器であると言える。

(5) 自然エネルギーを利用した発電システムを下支えする技術

太陽光発電や風力発電等自然エネルギーを利用した電源の急速な普及に伴い、電力システムを安定的かつ有効に運用することが課題となりつつある。こうした状況に対応するため、需要家が有する各種のエネルギーリソースを統合制御することで電力の需給調整に活用し、再生可能エネルギーの導入拡大、更なる省エネルギー、電力の負荷平準化、系統安定化コストの低減等を図っていくことが期待されている。

ヒートポンプは、こうした需要家側エネルギーリソースとして活用するという面からも優れており、特にヒートポンプ給湯機や蓄熱式ヒートポンプ空調といった蓄熱槽を有するシステムは制御の柔軟性が高く、需要家側エネルギーリソースの有望機器として期待される。

(6) 既に社会インフラとして整備されている電力系統の中で活用可能な技術

ヒートポンプは主として電動のコンプレッサーを用いて空気を圧縮・膨張させて熱を取り出すものであり、既に社会インフラとして整備されている電力系統の中で、個々の建物や地域ごとの省エネを実現できる。したがって、ヒートポンプの普及拡大には新たなインフラ整備や新たな投資は不要である。

(7) 使用場所での大気汚染のないクリーンな技術

電動式のヒートポンプは使用する建物内で燃料の燃焼等を行わないため、使用場所で大気汚染物質等の排出のないクリーンな技術である。また、個別の需要場所に発電機を設置して発電と空調を行うようなシステムに比較して排熱の排出量も少なく、ヒートアイランド問題の緩和対策としても高効率ヒートポンプの活用が有効である。

(8) 社会の利便性・安全性の向上に貢献する技術

電動式ヒートポンプは家電製品との相性も良いことから、洗濯乾燥機への組み込み等様々な機器との組合せが可能であり、社会の利便性の向上に貢献する機器である。近年ではヒートポンプを用いた融雪システムが実用化される等、社会の安全性の向上にも貢献する。

また、蓄熱式ヒートポンプ空調のように蓄熱槽と組み合わせたシステムの場合、事業継続性の向上にも貢献することができる。ヒートポンプ・蓄熱システムは、大規模災害等による電力やガス等のライフラインの途絶時に、槽内の冷温水や氷を利用して、非常時優先業務等に必要な冷暖房機能を維持することができる。また、蓄熱槽の保有水を消防用水や生活用水として活用することも可能である。

1.2 ヒートポンプの技術開発の動向

1.2.1 我が国における技術開発政策

ヒートポンプはその優れた省エネ性等のため、我が国のエネルギー政策において重要な技術と認識されている。ここでは技術開発政策の観点から、表 1-1 に示した近年の主なエネルギー技術開発政策関連資料を対象として、技術開発政策上のヒートポンプの位置付けを整理した。

表 1-1 我が国における主なエネルギー技術開発政策関連資料

資料	発行者	発行年	概要
ヒートポンプ技術開発ロードマップ	NEDO	2011年、 2012年	<ul style="list-style-type: none">● ヒートポンプの性能向上と導入普及を戦略的に推進していくため、将来の技術開発のあり方をロードマップとして作成し、国・民間を問わず実施していくべき重要課題・重要技術等を明確化。
エネルギー関連技術開発ロードマップ	経済産業省	2014年	<ul style="list-style-type: none">● 特に重要な36件の技術の1つとして「高効率ヒートポンプ」は選定されている。● 空調・給湯用ヒートポンプの更なる効率向上、ヒートポンプの適用温度範囲の拡大に向けたロードマップが策定されている。
省エネルギー技術戦略 2016	資源エネルギー庁、 NEDO	2016年	<ul style="list-style-type: none">● 重点的に取り組むべき14分野の重要技術の1つとして「次世代型ヒートポンプシステム」は選定されている。● 更なる高効率化・低廉化等に向けた技術開発の必要性が謳われている。

(1) ヒートポンプ技術開発ロードマップ

NEDO によるヒートポンプ技術開発ロードマップは、技術開発事業「次世代型ヒートポンプシステム研究開発」(NEDO、2010～2013 年度)の一環として策定されたものである。ヒートポンプの性能向上と導入普及を戦略的に推進していくため、将来の技術開発のあり方を作成し、国・民間を問わず実施していくべき重要課題・重要技術等を明確化することを目的としている。なお、「次世代型ヒートポンプシステム研究開発」は、家庭用・業務用・産業用を対象とし、現状に比べて 1.5 倍以上の効率を有するヒートポンプシステムを実現するため、多様な未利用熱の活用、実負荷に合わせた年間効率の向上、生成熱の最大限の活用等を組み合わせた次世代型ヒートポンプシステムの研究開発を行う事業である。

本ロードマップでは、ヒートポンプの用途に応じて「家庭空調用ヒートポンプ」「業務用建物・工場空調用ヒートポンプ」「給湯用ヒートポンプ」「産業用ヒートポンプ」「冷凍冷蔵庫、ショーケース、自販機、カーエアコン用ヒートポンプ」「未利用熱の面的利用ヒートポンプシステム」の категорияが設けられ、各々について技術開発の目的及び目的達成に向けて必要となる個々の開発技術が整理されている。

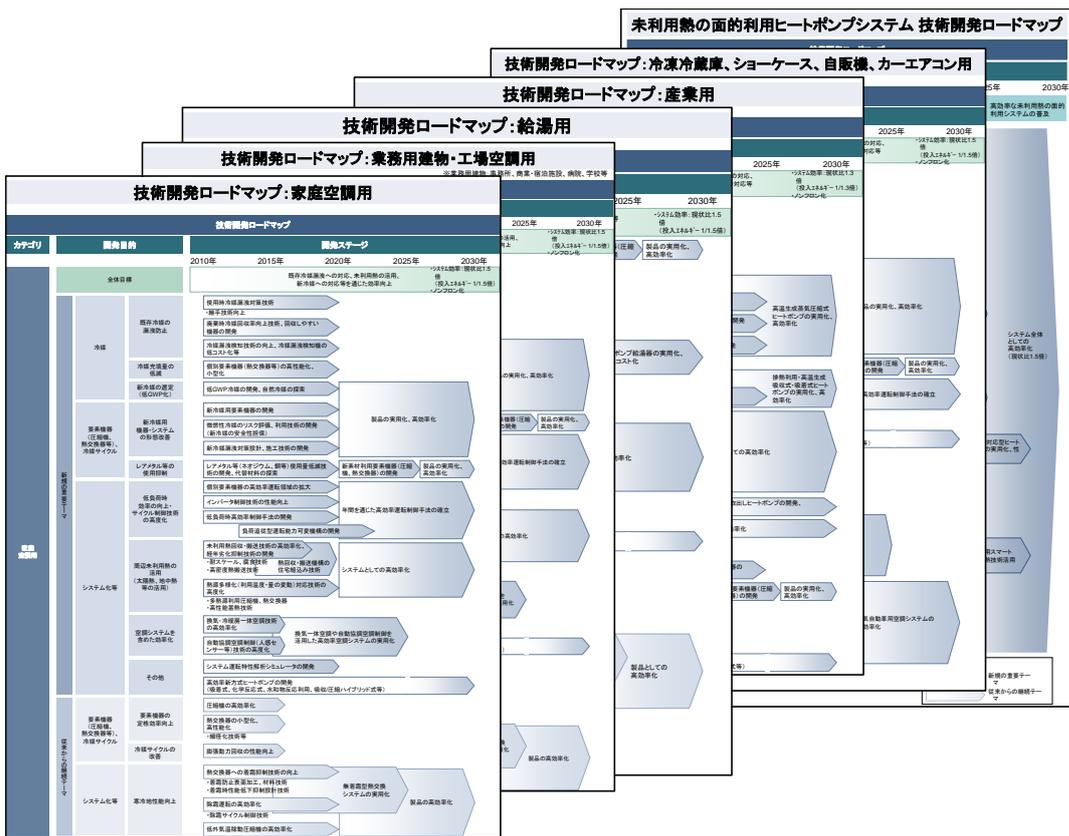


図 1-2 NEDO のヒートポンプ技術開発ロードマップ

出所)「次世代型ヒートポンプシステム技術開発に向けたシナリオ作成に関する調査 報告書」(NEDO、2011 年 3 月)、「次世代型ヒートポンプシステムの性能評価手法、及び熱の面的利用におけるヒートポンプの有効活用に関する検討 報告書」(NEDO、2012 年 3 月)より作成

(2) エネルギー関連技術開発ロードマップ

「エネルギー関連技術開発ロードマップ」（経済産業省、2014年12月策定）は、「環境エネルギー技術革新計画」「第4次エネルギー基本計画」を踏まえて、エネルギー関係の技術開発政策に関する指針を提示することを目的として策定されたものである。

特に重要な技術課題として図1-3のとおり36件の技術が抽出されており、その1つとして「高効率ヒートポンプ」は選定されている。個々の技術課題に対しては、開発の必要性、技術の社会実装に向けた課題、技術開発ロードマップが示されており、高効率ヒートポンプについては、図1-4に示すとおり、空調・給湯用ヒートポンプの更なる効率向上、ヒートポンプの適用温度範囲の拡大等に係る目標が掲げられている。

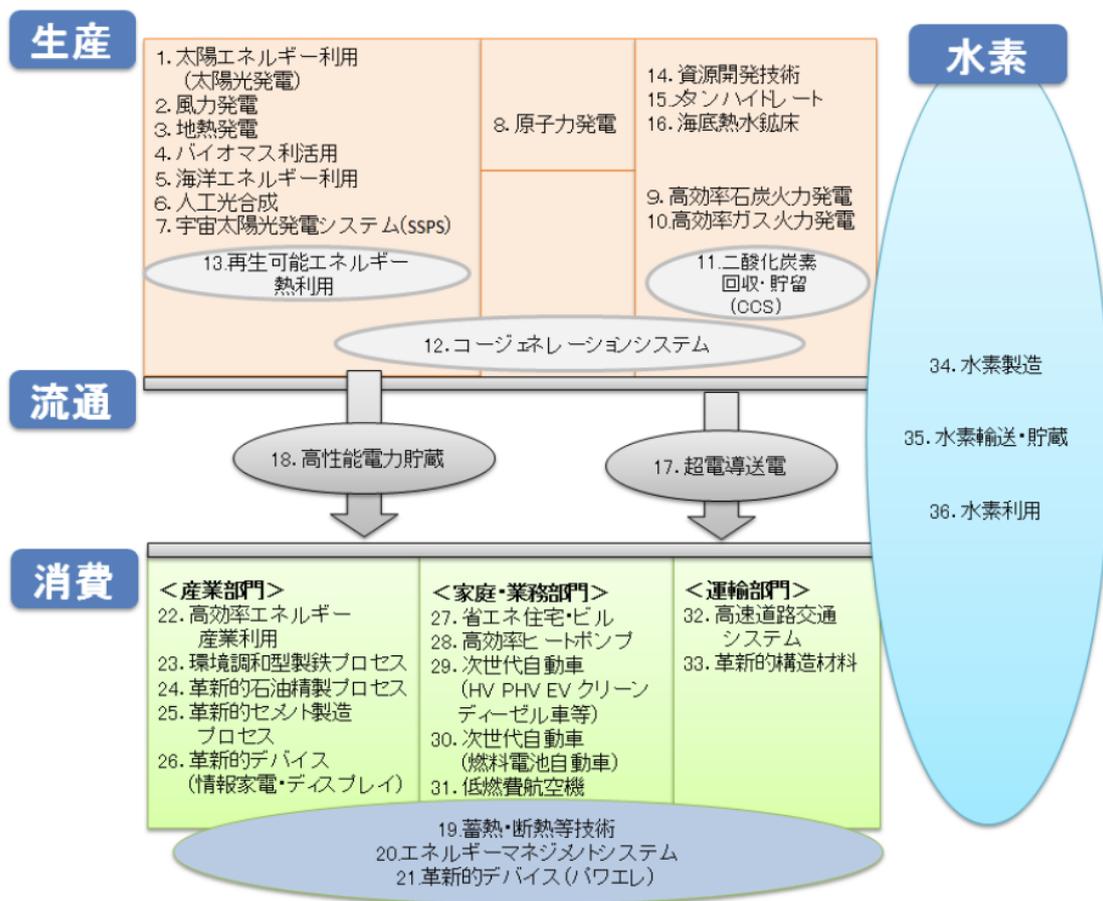


図 1-3 「エネルギー関連技術開発ロードマップ」で取り上げられた技術課題

出所)「エネルギー関連技術開発ロードマップ」(経済産業省)

28. 高効率ヒートポンプ

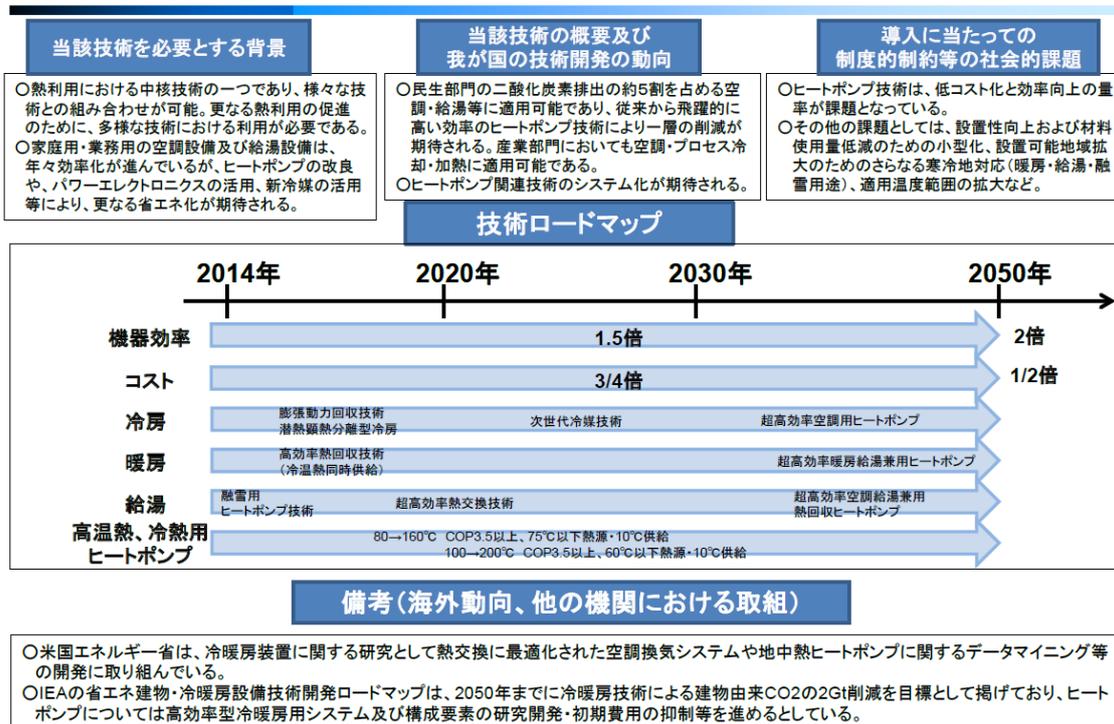


図 1-4 「エネルギー関連技術開発ロードマップ」におけるヒートポンプのロードマップ
出所)「エネルギー関連技術開発ロードマップ」(経済産業省)

(3) 省エネルギー技術戦略 2016

「省エネルギー技術戦略 2016」(資源エネルギー庁、NEDO、2016年9月策定)は、「エネルギー基本計画」等政府の省エネルギー技術開発の方針を踏まえ、NEDOにおける省エネルギー技術開発の具体的な方向性を示すことを目的として策定されたものである。

重点的に取り組むべき重要技術として図 1-5 のとおり 14 分野が抽出されており、その一つとして「次世代型ヒートポンプシステム」は選定されている。

次世代型ヒートポンプシステムについては、主要な関連技術として「家庭・業務用建物・工場空調用ヒートポンプ」「給湯用ヒートポンプ」「産業用ヒートポンプ」「冷凍倉庫等用ヒートポンプ」「カーエアコン用ヒートポンプ」「システム化・冷媒開発等共通技術」が例示されており、図 1-6 のとおり更なる高効率化・低廉化に向けた技術開発の必要性が掲げられている。



図 1-5 「省エネルギー技術戦略 2016」で取り上げられた重要技術

出所)「省エネルギー技術戦略 2016」(資源エネルギー庁、NEDO)

次世代型ヒートポンプシステム

技術概要

ヒートポンプは低温部分から高温部分へ熱を移動させる技術の総称であり、使用条件にも依存するが一般に作動に必要なエネルギーの数倍もの熱量を移動させることができるため、重要な省エネルギー技術の一つとして、空調、給湯、乾燥、冷凍冷蔵など種々な熱需要への適用が拡大している。東日本大震災後、太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーの活用への要請が高まる中、ヒートポンプはその出力変動を吸収する補助的な役割を果たす技術としても着目されている。また、地下水熱、河川熱、下水熱、太陽熱、工場廃熱等、低温の未利用熱の利用に資する技術としても重要である。

高効率冷凍サイクル、新規冷媒の開発、それらに対応する高性能熱交換器、高効率圧縮機といった機器単体の革新的要素技術の開発のみならず、熱源の多様化、搬送の効率化、高効率熱回収技術(冷温熱同時供給)、負荷変動への自動追従技術や建物躯体設計等を適切かつ高度に組み合わせたシステム化技術開発によって、温室効果ガスの排出量削減を実現させつつ、さらなる高効率化・低コスト化、また生成熱の高温化や次世代自動車空調用等の用途拡大を図る。

技術開発の進め方・その他留意点

2030 年に、当該システムの製造コストを現状の 4 分の 3、総合効率を 1.5 倍、2050 年にはコストを 2 分の 1、総合効率を 2 倍まで向上させる。既存のヒートポンプ単体の要素技術改良など実用化に近い開発は民間主導の開発を促す一方で、ヒートポンプの統合制御・蓄熱技術等、熱源から二次側までを含めた最適システム設計を実現する設計評価・検証技術、実際の運転時におけるシステム性能を計測・解析し最適制御する技術等については、国が実証研究等も含めた技術開発支援を行い、システムとしての抜本的改善・飛躍的効率向上を図る。

また、高温ヒートポンプなど革新的要素技術開発を伴う長期的な開発は、製品化に向けた研究開発を継続して国が支援しつつ、将来的には民間主導の開発に移行していくことが求められる。希土類の供給支障など材料面で問題も考慮すべきであるが、特に冷媒については環境リスクから GWP 値の高い冷媒の排出抑制対策等が国内外で検討されているが、ヒートポンプの性能を大きく左右する可能性があり、また新冷媒対応の各種技術開発も必要となるため、計画的な対応が必要である。

技術開発動向

現在、家庭・ビル等空調用や給湯用のヒートポンプシステムとして、熱交換器や圧縮機の高効率化、高機能蓄熱材の開発、CO₂をはじめとする自然冷媒の適用拡大や低外気温稼働、小型化などが取り組まれているが、将来普及が期待される次世代型自動車用高効率空調としてもヒートポンプシステムの開発が進展しつつある。

一方、業務用大型建物・工場の冷房用やプロセス冷却用等に、ターボ式や吸気式などの大型冷凍機が高性能化され製品化されているが、工場の省エネにむけた適用拡大の一つとして産業用高温ヒートポンプも研究開発の進展が見られる。現在実用化されている取り出し可能な温度は最も高いもので 120℃であるが、産業界における更なる用途の拡大のためには、180℃という高温域の生成が重要であり、高温熱源の量的確保や、適切な冷媒の選択などが課題になっている。

また全体を通して、低負荷時の性能向上、未利用熱の活用や他熱源とのハイブリッド化等の開発なども取り組まれており、これらの複合化によるシステム全体の効率向上が求められている。国家プロジェクトとしては、これまで「次世代型ヒートポンプシステム研究開発」が実施され終了しているが、現在は、引き続き「再生可能エネルギー熱利用技術開発」の中で地中熱利用ヒートポンプシステム及び「ヒートシステムの開発」、「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」の中で、高温ヒートポンプ技術や低温排熱利用ヒートポンプ技術の開発などが行われている。

波及効果

空調分野では、高効率ヒートポンプはその省エネ性が重要視され、近年はセントラル方式からのリプレースも多い。コストダウンが進めば、先進国だけでなく開発途上国での大きな需要を見据えた国際的な競争力を獲得できる。また給湯器としても寒冷地などへの市場拡大が可能となる。近年欧州を始め海外で注目を集めており、トータルコストが合えば大規模な展開が可能である。一方、産業用ヒートポンプにより工場などの高温排熱を熱源としてエクセルギーを再生しプロセス補助として活用できれば、製鉄業や化学工業など、エネルギー多消費産業の省エネルギー化(燃料の削減)に貢献できる。また本技術は諸外国の生産プロセスに適用可能であるため、低炭素化のニーズの高い先進国での普及も期待できる。

図 1-6 「省エネルギー技術戦略 2016」におけるヒートポンプに係る技術シート

出所)「省エネルギー技術戦略 2016」(資源エネルギー庁、NEDO)

1.2.2 ヒートポンプの技術開発に係る動向

ヒートポンプ技術開発に係る具体的な枠組みの代表的事例を整理した。

(1) 戦略的省エネルギー技術革新プログラム

NEDO の実施する「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」は、我が国における省エネルギー型経済社会の構築及び産業競争力の強化に寄与することを目的とした技術開発支援事業であり、現行の「省エネルギー技術戦略」に掲げる重要技術を中心に、高い省エネルギー効果が見込まれる技術開発を対象として助成するものである。

本プログラムでは、特に緊急性や社会的意義が高く着実に取り組むべきものを優先的に採択することを目的として、図 1-7 に示すとおり 14 件の重要技術の中からさらに 9 分野を選定して「特定技術開発課題」が設けられており、その一つとして「次世代型ヒートポンプ」は選定されている。

次世代型ヒートポンプについては、産業用高温ヒートポンプシステム、未利用熱等活用ヒートポンプシステム、潜熱分離空調システム、低負荷時効率向上ヒートポンプシステム、高効率ヒートポンプ給湯システム、寒冷地対応ヒートポンプシステム・冷凍冷蔵システム、自動車空調用ヒートポンプシステムにおいて計 9 件の特定技術開発課題が設定されている。

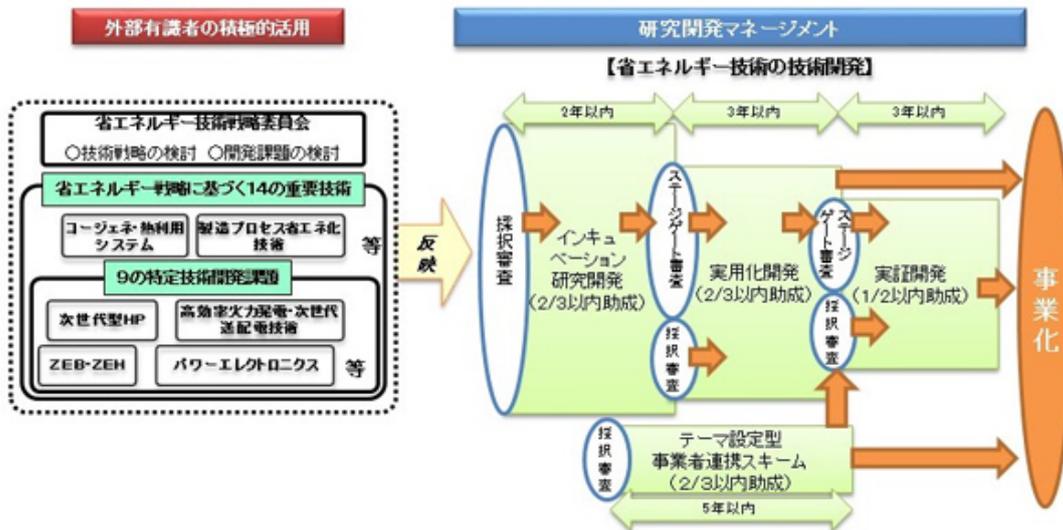


図 1-7 「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の事業概念図

出所) NEDO ウェブサイト

(2) 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（The MAT：Thermal Management Materials and Technology Research Association）とは、利用されことなく環境中に排出されている膨大な量の未利用熱に着目し、その削減・回収・利用を可能とするための要素技術の革新と、システムの確立を通じて革新的な省エネ・省CO2を促進し、更には我が国産業の国際競争力の向上を行うことを目的として設立された技術研究組合である。

図 1-8 に示すとおり 8 つ研究分野から構成されており、その一つとしてヒートポンプ技術は選定されている。

ヒートポンプ技術については、表 1-2 に示すとおり「産業用高効率高温ヒートポンプ」「機械・化学産業分野の高温熱配給に適した冷媒とヒートポンプシステム技術開発」「低温駆動・低温発生機」に係る技術開発が行われている。

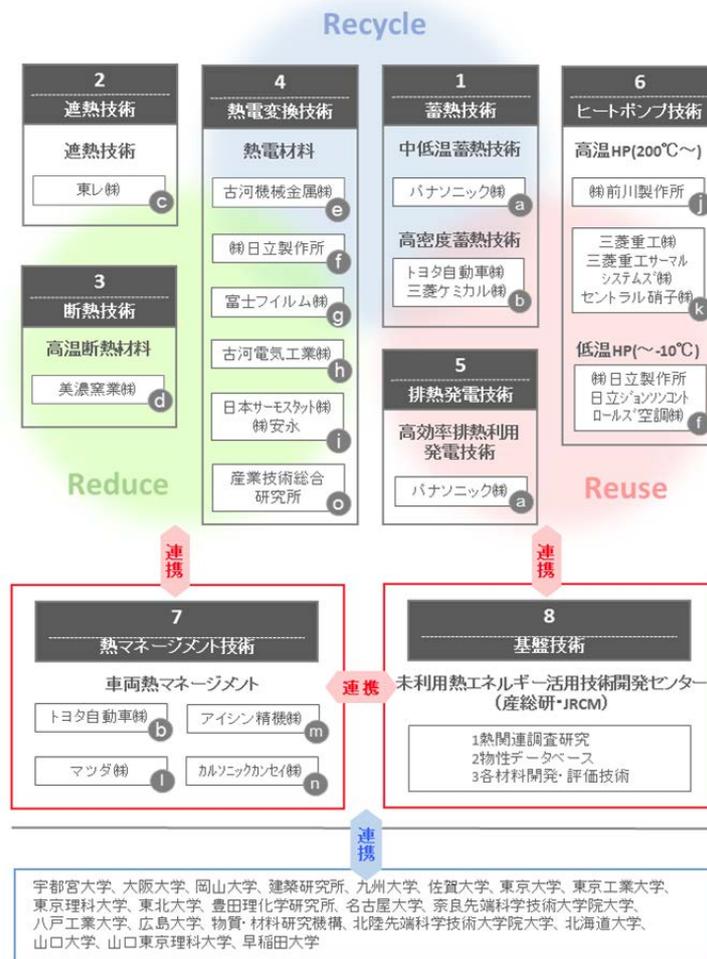


図 1-8 Ther MAT における研究分野・体制

出所) Ther MAT ウェブサイト

表 1-2 Ther MAT におけるヒートポンプ技術に係る開発テーマ

テーマ	目標
産業用高効率高温ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ● 遷臨界サイクルを用いた 100→200℃加熱において COP 3.5 を達成する産業用高温ヒートポンプシステムの開発。 ● 最適ヒートポンプサイクル、冷媒、圧縮機、熱交換器、断熱材等の要素技術開発を行い、統合解析シミュレーション技術、エンジニアリング技術を確立し、幅広い産業への適用拡大を図る。
機械・化学産業分野の高温熱配給に適した冷媒とヒートポンプシステム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 100℃の排熱を利用して 200℃の熱媒を取り出す COP 3.5 以上を達成するヒートポンプシステムとそれに適した冷媒の開発。
低温駆動・低温発生機	<ul style="list-style-type: none"> ● 産業排熱や太陽熱利用の温度範囲をより低温側に拡大し、一般空調の冷房用途やさらに低温を必要とする冷蔵・冷凍用途にも利用可能な低温発生ヒートポンプ冷凍機の開発。 ● サイクル構成による低温駆動化、新作動媒体による動作範囲拡大を進める。

出所) Ther MAT ウェブサイトより作成

1.2.3 国際エネルギー機関の将来戦略におけるヒートポンプの位置付け

(1) Energy Technology Perspectives 2017

「Energy Technology Perspectives」(ETP：エネルギー技術展望)は、2005年のG8 グレンイーグルズ・サミットにおいて、エネルギー・地球環境問題の将来に向けたシナリオと戦略の策定要請を受けたことを契機に、IEA (International Energy Agency：国際エネルギー機関)によって作成されたものである。2006年以降1～2年毎に発行されており、直近ではETP2017が発行されたところである。

ETP2017では、気温上昇を2100年までに2℃未満に抑えるシナリオの達成に向けて、エネルギー効率の改善、電化シフト、電源の低炭素化等の方向が示されている。ヒートポンプはその効率の高さに加えて、低炭素化が進化した電力の利用拡大に資すること、再生可能エネルギー電源の大量導入時における電力システムの柔軟性・信頼性向上に資すること等の意義を有することから、シナリオ達成に不可欠な技術の一つと認識されている。シナリオ達成のための具体的な戦略として、民生部門を中心に産業部門やエネルギー転換部門での利用も含めたヒートポンプの普及拡大が示されており、また2060年に向けた効率の倍増、デマンドレスポンス資源としての活用による電力系統への貢献の必要性等が謳われている。

表 1-3 ETP 2017におけるヒートポンプの位置付け

部門	ヒートポンプの位置付け
民生部門	<ul style="list-style-type: none">● 規制や支援の強化により、ヒートポンプや太陽熱利用機器等への移行を加速化する必要がある。● 研究開発により、ヒートポンプの効率を2060年までに現状から倍増させる必要がある。
産業部門	<ul style="list-style-type: none">● 熱利用の温度領域が低い業種においては電化シフトが重要であり、ヒートポンプは技術的に実現可能かつ経済的な対策となる。
共通	<ul style="list-style-type: none">● 再生可能エネルギー電源を電力系統に統合する上でデマンドレスポンスは重要であり、ヒートポンプや蓄熱技術はその有用な資源となりえる。● 高効率なヒートポンプは、電化シフトに伴う電力需要の増加を抑えることにより、電力系統及び電源容量の追加負担を軽減することができる。

出所)「Energy Technology Perspectives 2017」(IEA)より作成

1.3 ヒートポンプの新たな適用分野

ヒートポンプの大きな特徴は前述のとおり、空気等の熱を利用して熱を生み出す効率の高い機器であると同時に、様々な規模や用途に適用可能な利便性の高い機器である。これまで既に、ルームエアコンや冷蔵庫のように小型の機器から地域冷暖房の熱源のように大型の機器に至るまで、必要とされる熱の量に応じて様々な規模に利用されてきており、また適用用途に関してもかつては冷暖房及び冷蔵庫での利用が中心であったが、近年は給湯用、乾燥用、工場プロセス加熱用等様々な用途に利用されるようになってきている。

こうした状況から、技術開発の進展等により今後もヒートポンプの利用は様々な用途に拡大していくと考えられる。本調査では、「住宅」「業務施設」「工場」といった分野ごとに、ヒートポンプの現状と将来導入されていくであろうヒートポンプについて整理した。

1.3.1 住宅

これまで住宅で使用されてきたヒートポンプは、ルームエアコンによる冷房や冷蔵庫等、主に冷熱の供給に使用されてきた。近年は家庭用 CO2 冷媒ヒートポンプ給湯機（エコキュート）の普及拡大が進んでいるほか、ルームエアコンの暖房低温能力の向上等もあり、ヒートポンプによる温熱供給への注目も高まっている。このほか、ヒートポンプを用いた洗濯乾燥機の普及等、適用用途の拡大も見られる状況にある。これらの傾向は今後もさらに拡大していき、将来的に「家庭内で発生する熱需要」はすべてヒートポンプで賄いながら住宅における省エネ化を目指していく方向になっていくと予想される。

以下に、冷暖房・給湯・その他の用途ごとに将来の住宅で使用されるであろうヒートポンプの姿についてまとめた。

(1) 冷暖房分野

住宅の冷暖房の分野においては、これまでも「ルームエアコン」がヒートポンプ利用機器の中心として使用されてきた。ルームエアコンはこれまでに積極的な技術開発等により革新的な効率向上が進められてきており、今後もさらに効率向上が進められていくほか、床暖房機能との一体化や排熱利用など、機能自体も向上していく方向になる。以下に、将来的に冷暖房用途で使用されていくであろうヒートポンプの代表例についてまとめた。

1) 高効率ルームエアコン

上述のとおり、ルームエアコンは今後も更なる効率向上が進められ、「高効率ヒートポンプ」として家庭で使用されていくことになる。

2) 床暖房機能付きエアコン

家庭における快適性向上に資する機器として「床暖房」が普及してきており、最近では家庭用 CO2 冷媒ヒートポンプ給湯機（エコキュート）と床暖房の一体型システムやルームエアコンと床暖房の一体型システム等、ヒートポンプ技術を使った床暖房も登場してきている。現状は電気ヒータを用いたものや燃焼式の給湯器を用いたものが主流ではあるが、ヒートポンプを用いた床暖房はこれらの機器を省エネ性・環境性の面で大きく上回る機器である。特にルームエアコンとの一体型床暖房は、暖房開始時にはエアコンによって急速暖房を行い、室温がある程度上昇した段階で床暖房による快適空調に切り替えることのできる快適性の高いシステムであり、将来の住宅での有望システムである。

3) 排熱回収ヒートポンプ内蔵換気システム

将来の住宅での空調のあり方について考える場合、住宅の高断熱・高气密化の流れを外すことはできない。今後、住宅自体の省エネ化への動きが強まる中で、冷暖房の需要自体を抑制する高断熱・高气密住宅が普及拡大することは間違いのないところであり、こうした住宅に合致した空調システムが求められることになる。高断熱・高气密住宅では、気密性が良い分、換気をしっかりと行う必要がある。室内の暖かい空気（夏場の場合は冷たい

空気) を外に換気する際に熱を外に逃がすことになるため、この排熱を回収してヒートポンプを効率的に運用する「排熱回収ヒートポンプ内蔵換気システム」等が将来の住宅における省エネシステムとして有望である。すでに北欧のスイスやスウェーデンではこのシステムが新築住宅の標準的機器として広く普及している。

4) 地中熱利用ヒートポンプエアコン

地中の温度は、夏は空気よりも冷たく冬は空気よりも暖かいことから、この熱を利用してヒートポンプを運転すると非常に高い効率を得ることができる。また、河川水や下水と異なり、地面に配管を通して熱を採取するスペースさえあればどの住宅にも適用可能で汎用性も高い。このシステムも、既にスウェーデンなどの北欧諸国やフランスでは広く普及しているシステムである。

空気を熱源としたヒートポンプでは、冬場の暖房時に低い外気温による着霜が発生する等の問題が生じる場合があるが、地中熱を利用したヒートポンプではこの問題は発生しない。したがって、特に寒冷地で暖房を行う場合には効果的であり、床暖房付きヒートポンプエアコンとの一体型なども有望である。

(2) 給湯分野

家庭での給湯は、かつてガス給湯器・石油給湯器など燃料を燃焼させて湯を作るタイプの機器や電気ヒータを用いた温水器が主流であったが、近年は CO₂ 冷媒ヒートポンプ給湯機 (エコキュート) が急速な勢いで普及してきており、最も使用機器の構造変化の進みつつある分野である。

ヒートポンプによる給湯には、高効率であるという特徴のほか、排気が不要のため設置場所を選ばないという特徴がある。既存の給湯器は燃料であるガスや油を燃焼させるために必ず排気の必要があり、設置は屋外となる場合が多いほか、屋内に設置の場合は必ず排気筒を接続できる場所を選ばねばならない。一方、ヒートポンプの場合は排気の必要がないことから、シンク下温水器にヒートポンプを適用し屋内に個別設置をすることや、ユニットバスやシャワールームと一体化すること等も可能である。

また、従来の給湯器は屋外に 1 箇所設置する 경우가ほとんどであり、このため給湯器から離れた場所に給湯を行う場合には死に水の問題や配管での放熱ロス等が生じていた。ヒートポンプを用いた給湯であれば、エコキュートを 1 台設置しながら遠い場所への給湯は個別に行うといった形態が可能である。これによって死に水や配管からの放熱ロスなど無駄のない形で給湯を行うことが可能であり、効率の高い機器をさらに効率的に運転することが可能である。

以下に、将来的に給湯用途で使用されていくであろうヒートポンプの代表例についてまとめた。

1) CO₂ 冷媒ヒートポンプ給湯機

CO₂ 冷媒ヒートポンプ給湯機 (エコキュート) は 2001 年に世界に先駆けて商品化されて

以来、床暖房等も行うことができる多機能機種や省スペース型機種等様々な特長を持つ機種が製品化され、着実に普及が進展しており、2016年3月末時点で累計出荷台数は500万台を突破したところである。「長期エネルギー需給見通し」（2015年7月策定）では、エコキュートを2030年度までに1,400万台を普及させることが目標とされており、今後もさらに販売は伸びていくと考えられる。将来的には、浴槽の排熱を回収してヒートポンプ給湯機の熱源として利用することで省エネ化を図るシステム等も考えられる。

2) シンク下ヒートポンプ温水器

住宅の中で、2階、離れ、寝室等、給湯器から離れた場所に洗面台を設置する場合に、シンク下にヒートポンプを用いた温水器を設置することができれば、死に水や配管ロスの問題等を解決し、快適な給湯環境を整えることが可能である。

3) ユニットバス一体型ヒートポンプ給湯機

1階の給湯器から離れた2階等に浴室を設置するような場合、死に水の問題や配管ロスの問題が大きくなる。ユニットバス内の空間にヒートポンプユニットを組み込んで、ユニットバス一体型ヒートポンプ給湯機とすることができれば、これらの問題を解決し快適性・省エネ性の高いシステムとすることができる。

(3) その他分野

ヒートポンプは電気を駆動源とすることから家電製品との相性が良く、また温熱を製造する場合でも既存の給湯器やストーブのように換気の必要がないことから設置場所を選ばない。したがって、家庭でのヒートポンプ利用は、空調・給湯以外にも様々な用途へ拡大していく方向にある。家庭用除湿機や家庭用洗濯乾燥機においてはヒートポンプを利用した機種が発売されており、今後もヒートポンプを組み込んだ新たな製品が登場してくると考えられる。以下に、将来的に空調・給湯以外の用途で使用されていくであろうヒートポンプの代表例についてまとめた。

1) ヒートポンプ式洗濯乾燥機

2005年に国内家電メーカーより発売された製品であり、洗濯後の衣類乾燥に従来の電気ヒーターや燃料を燃焼させた熱ではなく、ヒートポンプによる温風を利用することにより大幅な省エネ化を実現したものである。家電製品との相性の良さ、場所を選ばない設置性が活かされた機器であると言える。

同様の考え方で、シンク下の温水器や食器洗浄機などへのヒートポンプの利用は、技術的には比較的容易に実現可能と考えられ、将来の家庭では「シンク下ヒートポンプ温水器」「ヒートポンプ式食器洗浄機」等ヒートポンプの利用用途は拡大していくと予想される。

2) ヒートポンプ式食器洗浄機

家庭用に多く使用されている食器洗浄機は、食器の洗浄に温水を使用するのが基本で、多くの製品は電気ヒーターを内蔵している。ヒートポンプを食器洗浄機に組み込むことで、電気代を電気ヒータータイプよりも低減することが可能である。

3) ヒートポンプ式家庭用除湿機

家庭用の除湿機には、除湿方式として「ヒートポンプ方式(コンプレッサー方式)」と「デシカント方式」がある。前者はヒートポンプを用いて空気を冷やすことにより水分を取り除く方法であり、後者はゼオライトやシリカゲルといった水分の吸着性能に優れた乾燥剤(デシカント剤とも呼ばれる)を使い空気中の水分を除去する方式である。ヒートポンプ方式は高温時(25℃以上)での除湿力が大きいので梅雨～夏場に向く、デシカント方式は一年を通して安定した除湿能力を発揮できるといった特色が異なるため、将来的にどちらが主流になるということはないと考えられ、将来の家庭でも用いられていく機器である。

4) ヒートポンプ式浴室乾燥機

現在の家庭用除湿機は持ち運び可能なタイプが大半であるが、今後除湿に対する一般の意識が高まるにつれてビルトインタイプの除湿機なども普及してくる可能性があり、浴室乾燥機などは特に有望である。

5) ヒートポンプ式家庭用ウォーターサーバ

近年、ボトル交換式を中心とする家庭向け宅配水サービスが進展している。我が国で用いられるウォーターサーバは冷温水兼用タイプが大半を占めており、ヒートポンプを組み合わせることで、冷えた飲料水を得ることが可能となっている。

6) その他

その他、寒冷地ではヒートポンプ式融雪システムやヒートポンプロードヒーティングシステム等も可能と考えられる。

1.3.2 業務施設

事務所ビル、店舗、ホテル等に代表される業務施設は、建物種類によって熱需要の種類や大きさが異なる。例えば、事務所ビルであれば建物内の熱需要は主として冷暖房需要であり給湯の需要は少ない一方で、ホテルの場合は冷暖房需要に加えて客室や厨房での給湯需要が発生し、また年間 365 日・24 時間の営業であるため熱需要量が非常に大きいといった特徴がある。店舗であれば、空調需要以外にショーケースでの冷蔵・冷凍の需要の発生などもある。

ヒートポンプは、規模は小規模から大規模まで、用途は空調用から給湯用・ショーケース用に到るまで様々な種類の製品があり、それぞれの用途に応じて適切なシステムの実現が可能である。業務施設では快適な環境を実現するために基本的に年間を通じて空調が行われること、このため建物の運営において空調にかかるコストが大きいこと等から、空調システムの省エネ化が積極的に進められてきており、その中心となる対策は熱源機であるヒートポンプの高効率化である。今後も技術開発の進展とともに高効率ヒートポンプがこれら建物に導入されていくことになる。

また、建物内で空調以外に給湯やショーケース等異なる熱の需要が発生する場合、特に温熱と冷熱が同時に発生するような場合には、冷房用の排熱を給湯に利用する等、熱の有効利用が可能である。

以下に、業務用施設のうち代表的な建物用途ごとに、将来のヒートポンプの姿についてとりまとめた。

(1) 事務所ビル

事務所ビルで発生する熱需要は冷暖房が主なものであり、給湯に関しては洗面台や給湯室で発生する程度である。一般に、事務所ビルの空調システムについてはこれまでに省エネ化のための対策が積極的に行われてきており、熱源であるヒートポンプの高効率化等も進められている。ヒートポンプに関しては、今後これまで進められてきた高効率化等をさらに進めながら導入されていく形になる。

以下に、将来の事務所ビルで使用されていくであろう機器とその概要についてまとめた。

1) 高効率ヒートポンプ

事務所ビルの空調には、一般に冷房・暖房ともヒートポンプが用いられる。大規模なビルでは機械室に大きなヒートポンプを設置して全館の空調を賄うセントラル方式が一般的であり、ヒートポンプチラーやターボ冷凍機といった機器が使用されてきた。一方で、中小規模のビルでは各階やエリアごとに空調を行う個別分散方式が一般的であり、ビルマルチと言われる機器が主流となっている。これらのヒートポンプはいずれも技術開発によって効率向上等が進められてきたが、将来的にはさらに効率向上を進めた高効率ヒートポンプが使用されていくことになる。

2) 蓄熱式空調システム

事務所ビルでは昼間の空調がメインであり、深夜に空調の需要が発生することは少ない。こうした建物には蓄熱式空調システムの導入が適する。蓄熱式空調システムとは、冷暖房に必要な熱を夜間に蓄え、この蓄えた熱を昼間の冷暖房に利用する空調システムである。建物内に蓄熱槽を設置し、冷温水や氷で熱を蓄える方法が一般的である。

通常、建物の空調需要は季節や時間帯によって負荷が大きく変動するため、熱源であるヒートポンプ側も常に負荷を変動させながらの運転を繰り返す必要があり、これが効率を低下させる一因になっていた。蓄熱システムは、この負荷変動を気にすることなく夜間に一定の負荷で運転を続けることができるためヒートポンプの効率的な運転が可能であり、空気の熱を利用する高効率なヒートポンプを、さらに効率的に運用できるシステムと言える。

また、蓄熱システムは夜間の安価な電気料金を用いて運転するため、空調の運転にかかる電気代を大幅に低減することができ、建物のオーナーやテナント側にとってもメリットの大きいシステムである。

3) シンク下ヒートポンプ温水器

事務所ビルは給湯需要が少なく厨房設備なども基本的に必要ないため、各階までガス配管が通じていないケースが多い。このため、温水の必要とされる洗面台等にはシンク下の電気温水器が設置されるケースも多い。これらの製品は電気ヒーターにより温水を製造しているが、これをヒートポンプに置き換えた製品も可能である。

4) 壁掛け式ヒートポンプ給湯機

事務所ビルで各階に給湯室や湯沸室があるような場合、給湯にはガス湯沸器や電気ヒーターを用いた温水器が用いられるのが一般的である。シンク下ヒートポンプ温水器と同様、これらをヒートポンプに置き換えた製品も可能で、ヒートポンプの小型化・高出力化が同時に実現できれば、壁掛け式の瞬間湯沸器式に近いヒートポンプ給湯機なども可能と考えられる。

5) ヒートポンプ式自動販売機

ホットアンドコールド機では、トップランナー制度の制定（清涼飲料用：2002年度、紙パック飲料用・カップ式：2007年度）以降、冷却時に発生する排熱も有効利用して効率的に自動販売機内の加温販売製品を加熱するヒートポンプ式の普及が進展し、照明のLED化や真空断熱材の採用等と相まって大幅な省エネ化が図られている。今後ともヒートポンプ式が主流として使用されていくことになる。

また、省エネ性・断熱性の向上を背景に、夏期日中等の電力需要ピーク時間帯における電力使用の抑制のために、ピーク時間帯に冷却運転をストップして夜間に冷却運転を行うピークシフト自販機の設置が拡大している。将来的には、柔軟性の高い運転制御を行うことでデマンドレスポンスのためのリソースの一つとして活用していくことも考えられる。

(2) 店舗

店舗は、他の業務用建物に比較して人員密度が高いこと、年間の営業日数も多いことから、年間を通じて空調の需要量が大きい用途である。他の熱需要については、給湯需要は店内に飲食店がある場合に厨房で需要が発生する程度であり、量としては少ない。一方で売場においてショーケースが多く利用されるため、冷蔵・冷凍等の冷熱の需要量が大きいという特徴がある。店舗での冷蔵・冷凍用エネルギー消費量は店舗全体の約4割を占め、空調まで含めると5～7割に達すると言われている。

ショーケースは家庭用の冷蔵庫と同様、ヒートポンプを用いて冷蔵・冷凍を行う機器である。ショーケース用ヒートポンプの高効率化はルームエアコン等に比べて遅れている面もあったが、近年はインバータの搭載等により高効率化した製品も実用化されてきている。

また、現在の店舗ではショーケースと空調用でそれぞれ別個にヒートポンプを設置（ショーケースは冷蔵用・冷凍用別個に）する形態が一般的である。しかし、近年はショーケース用のヒートポンプの排熱を空調用に利用したり、ショーケースの冷凍に使用した後の冷熱を空調にカスケード利用する等、空調側とショーケース側のシステムを組み合わせることによって省エネ化を図る技術が実用化されてきており、将来の店舗ではこうした技術が有望である。

1) 高効率ショーケース

上述のとおり、ショーケースのヒートポンプにインバータを搭載して高効率化を進めた製品等が販売されてきており、今後ショーケースの高効率はさらに進んでいくと考えられる。

また近年では、従来の代替フロン冷媒を用いた冷凍機システムに冷凍効率や省エネルギー効果が引けを取らない、CO₂冷媒を用いたショーケース用冷凍機システムが実用化されている。「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」（フロン排出抑制法）の2015年施行開始によるフロン類の管理強化も背景に、今後CO₂冷媒ショーケースシステムの開発・普及はさらに進んでいくと考えられる。

2) ショーケース・空調兼用ヒートポンプ（ショーケース排熱利用）

ショーケース用のヒートポンプと空調用のヒートポンプを一体化することにより、冷凍・冷蔵からの排熱を回収して冬期の暖房運転に用いる等、排熱も利用しながら省エネ・省スペース化を図ることが可能である。主にコンビニエンスストア向けに導入されているシステムであるが、一般の店舗にも展開可能である。

(3) ホテル

ホテルは、24時間・365日営業であり年間を通じて空調等が必要であること、宿泊者や利用者の快適性維持が重要であること等の点から、冷房・暖房ともに需要量の多い建物である。また、客室のシャワーやレストラン・宴会場の厨房等で湯を大量に使用するため、業務分野の中で最も給湯需要の多い建物の一つである。こうした用途の建物では、給湯需要と冷房需要が同時に発生する場合に冷房時の排熱を給湯に利用する等高効率なシステムの構築が可能である。

1) 排熱回収ヒートポンプ

ホテルのように給湯需要の多く発生する建物の場合、冷房時の排熱を給湯に利用することが可能であり、排熱回収ヒートポンプを用いることが有効である。一般にはダブルバンドル型ヒートポンプと言われるものであり、冷房時の排熱を給湯や給湯予熱に利用するものである。給湯の需要量が冷房需要に比較して大きくない場合には排熱のみで給湯を賄うことが可能であるし、給湯需要量の大きい場合には排熱を給湯の一部に利用し別途給湯機器を設置する形態も考えられる。

2) ヒートポンプ内蔵ファンコイルユニット

ホテルでは客室ごとに宿泊者が好みの室温設定を行うため、ある部屋では冷房が、ある部屋では暖房が必要となるような場合がある。こうしたケースに対応するためには、各室に冷水と温水の双方を供給する「4管式」の空調配管とする必要があるが、インシャルコストの負担が大きくなるなどの問題があった。

ファンコイルユニットをヒートポンプと一体化したヒートポンプ内蔵ファンコイルユニットを各室に設置することで、2 管式でありながら客室ごとに冷房・暖房運転を使い分け、かつ排熱回収により省エネ化を図ることのできるシステムを構築することができる。

3) ヒートポンプ給湯機（業務用エコキュート）

家庭分野に比較して業務分野におけるヒートポンプ給湯機の普及は遅れている状況にあるが、近年はメーカーサイドで業務用ヒートポンプ給湯機の開発が盛んに行われており、エコキュートとガス給湯器等の他熱源の給湯器とを組み合わせることで、湯切れ防止・省設置スペース化・初期費用低減等を実現するハイブリッド型システムも登場している。今後機器のバリエーションがさらに豊富になるとともに、業務用エコキュートは普及拡大が進んでいくと考えられる。

1.3.3 工場

(1) 冷凍・冷却用途（低温領域：10℃程度未満）

製造業の冷凍・冷却用途においては、ヒートポンプに替わる実用的な技術は乏しく、これまでもヒートポンプが幅広く利用されてきた。一般に、冷凍・冷却システムについてはこれまでに省エネ化のための対策が行われてきており、熱源であるヒートポンプの高効率化等も進められている。ヒートポンプに関しては、今後これまで進められてきた高効率化等をさらに進めながら導入されていくことになる。

以下に、将来の製造業の冷凍・冷却用途で使用されていくであろう機器とその概要についてまとめた。

1) 高効率ヒートポンプ

例えば食料品製造業における製品の冷凍・凍結乾燥・凍結濃縮、製造ラインの低温維持、化学工業における反応釜の冷却、ゴム製品製造業、化学工業等における低温脆性材料の破壊等に、ターボ冷凍機やスクルー冷凍機等が利用されている。これらのヒートポンプはいずれも技術開発によって効率向上等が進められてきたが、将来的にはさらに効率向上を進めた高効率ヒートポンプが使用されていくことになる。

2) 蓄熱式空調システム

チルド領域においては、安定した冷熱を供給するために、ヒートポンプと氷蓄熱との併用システムが広く導入されている。

(2) 加熱用途

産業用ヒートポンプは、製造業のプロセス加熱用途に適用可能な製品の実用化が進展しており、100℃未満の高温水の他に、近年では 160℃程度の蒸気が生成できるヒートポンプもある。また、ビール麦汁煮沸釜、エタノール蒸留塔、砂糖の濃縮装置、工場廃液濃縮装置等においては、プロセス低圧の廃蒸気を回収して再圧縮・加温して再利用する蒸気再圧縮（MVR：Mechanical Vapor Recompression Type）が利用されている。



図 1-9 産業用ヒートポンプの適用用途

出所)「産業用ヒートポンプ活用ガイド」(日本エレクトロヒートセンター)

以下に、工場で将来利用されるであろうヒートポンプの姿についてまとめた。

1) 分散配置・分散供給型ヒートポンプシステム

現状における多くの工場では、工場内のボイラ室等に設置した蒸気ボイラと各建屋内のプロセス設備が蒸気配管で接続され、蒸気ボイラにおいて高圧の蒸気を発生させた上で、蒸気の圧力を下げながら利用箇所へと供給する形態が一般的である。

ヒートポンプの技術向上及び製品開発の進展に伴い、今後はこれまでの工場の熱利用の形態は、工場内の個々の熱プロセスに対して適温・適量のヒートポンプを整合的に導入して新しい工場熱利用システムを目指していく方向になっていくと予想される。熱需要の近傍に熱源機器を個別分散で設置することにより、配管ロス削減を図ることができ、また個々の製造プロセスの稼動状況や必要温度に合った効率的な熱供給ができることとなる。

2) 低温排熱リサイクル利用ヒートポンプシステム

産業部門では様々な排熱が発生するが、100～300℃程度の低温排熱の多くは十分に活用されずに廃棄されていると言われている。排熱利用が容易であるというヒートポンプの利点を活かして、排熱を積極的に利用する形でヒートポンプを活用していくことが合理的である。

3) 冷温同時供給ヒートポンプシステム

ヒートポンプは熱源から熱エネルギーを移動させる技術であり、冷温熱を同時に取り出すことができるという特徴を有する。工場では、加熱と冷却の両方の工程が混在する場合も多いため、ヒートポンプを冷温同時供給可能な形で利用していくことが合理的である。なお、冷温熱を最大限活用するためには、熱の量的・時間的バランスを確保することが重要であり、蓄熱槽を組み合わせることも有用である。

4) 超高温ヒートポンプ

現状の産業用ヒートポンプの生成温度レベルは160℃程度であるが、今後のより一層の技術開発に伴い高温化・大容量化等が進展していき、ヒートポンプの適用範囲はさらに拡大していくと考えられる。

2. ヒートポンプ普及見通し調査

2.1 分析の前提条件

本章では、第1章で実施したヒートポンプの将来像の分析結果を参考とし、2050年度までの我が国におけるヒートポンプの普及見通しに係る定量的分析を行った。併せて、代替可能な熱需要をヒートポンプに置き換えた場合等の一次エネルギー消費及びCO2排出の削減効果の分析を行った。

2.1.1 分析対象

分析対象としたヒートポンプ機器及び各用途における分析内容を表2-1に示す。

表 2-1 ヒートポンプ普及見通しの分析対象機器、分析内容

用途		HP 機器	分析内容
家庭部門	給湯	家庭用 HP 給湯機	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃焼式給湯器、電気温水器から家庭用 HP 給湯機への代替効果 ● 家庭用 HP 給湯機の効率改善効果
	空調 (冷暖房)	家庭用エアコン	<ul style="list-style-type: none"> ● 暖房用途におけるガス暖房機器、石油暖房機器から家庭用エアコンへの代替効果 ● 暖房・冷房用途における家庭用エアコンの効率改善効果
業務部門	給湯	業務用 HP 給湯機	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃焼式給湯器から業務用 HP 給湯機への代替効果 ● 業務用 HP 給湯機の効率改善効果
	空調 (冷暖房)	チリングユニット ターボ冷凍機	<ul style="list-style-type: none"> ● 吸収式冷凍機からチリングユニット、ターボ冷凍機への代替効果 ● チリングユニット、ターボ冷凍機の効率改善効果
		パッケージエアコン	● パッケージエアコンの効率改善効果
産業部門	空調 (冷暖房)	チリングユニット ターボ冷凍機	<ul style="list-style-type: none"> ● 吸収式冷凍機からチリングユニット、ターボ冷凍機への代替効果 ● チリングユニット、ターボ冷凍機の効率改善効果
		パッケージエアコン	● パッケージエアコンの効率改善効果
	空調(暖房) 加温	産業用 HP	<ul style="list-style-type: none"> ● 産業用ボイラから産業用 HP への代替効果 ● 産業用 HP の効率改善効果
農業部門	ハウス 加温	農業用 HP	<ul style="list-style-type: none"> ● 農業用ボイラから農業用 HP への代替効果 ● 農業用 HP の効率改善効果
その他	融雪	融雪用 HP	<ul style="list-style-type: none"> ● 電熱式、温水式から融雪用 HP への代替効果 ● 融雪用 HP の効率改善効果

2.1.2 分析に用いた一次エネルギー換算係数、原油換算係数、CO2 排出係数

(1) 電力の一次エネルギー換算係数、原油換算係数

省エネ効果の算定に用いる、電力の一次エネルギー換算係数、原油換算係数については、表 2-2 に示すとおりとした。

表 2-2 電力一次エネルギー換算係数、原油換算係数

係数	対象エネルギー種	値	出所
電力の一次エネルギー換算係数	電力	9.76 GJ/MWh	省エネ法施行規則の第四条 3
原油換算係数	全エネルギー種	0.0258kL/GJ	

(2) 各エネルギー種の CO2 排出係数

CO2 削減効果の算定に用いる、各エネルギー種の CO2 排出係数については、表 2-3 に示すとおりとした。

表 2-3 CO2 排出係数の一覧

エネルギー種	単位	CO2 排出係数			出所
		2015 年度	2030 年度	2050 年度	
電力	t-CO2/MWh	0.530	0.370	0.120	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2015 年度：電気事業連合会「電気事業のデータベース (INFOBASE)」における 2015 年度の電気事業低炭素社会協議会実績値 ・ 2030 年度：電気事業連合会「電気事業における低炭素社会実行計画」における 2030 年度の目標値 ・ 2050 年度：エネルギー総合工学研究所「超長期エネルギー技術ロードマップ報告書」における 2050 年度の想定値
都市ガス	t-CO2/GJ	0.0498	0.0498	0.0498	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2015 年度：環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」における排出係数 (tC/GJ) に 44/12 を乗じて算定 ・ 2030 年度、2050 年度：2015 年度横置きと想定
LPG	t-CO2/GJ	0.0591	0.0591	0.0591	
灯油	t-CO2/GJ	0.0678	0.0678	0.0678	
A 重油	t-CO2/GJ	0.0693	0.0693	0.0693	

2.2 分野毎の普及見通し

2.2.1 家庭用給湯

(1) 前提条件

1) 評価対象とする機器

家庭用給湯については、燃焼式給湯器及び電気温水器をヒートポンプ給湯機で代替する効果について評価するものとし、表 2-4 に示す家庭用給湯器を対象とした。

ヒートポンプ給湯機については、日本冷凍空調工業会の自主統計において出荷実績が示されている「家庭用ヒートポンプ給湯機」と定義した。ガス給湯器及び石油給湯器については、ガス石油機器工業会の自主統計及び日本暖房機器工業会の「暖房機器年鑑」において出荷実績が示されている各機器を対象とした。

なお、ガス貯蔵湯沸器、ガス貯湯湯沸器、石油小形給湯器については、経済産業省「平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）」報告書における想定を参考に、92.5%を家庭用給湯、残りの 7.5%を業務用給湯と想定した。

表 2-4 評価対象とした家庭用給湯器

分析上の機器	統計上の機器	
	統計名	対象機器
HP 給湯機	日本冷凍空調工業会 自主統計	家庭用ヒートポンプ給湯機
ガス給湯器	ガス石油機器工業会 自主統計	ガス瞬間湯沸器のうち先止式のうち家庭用
		ガスふろがま
		ガス貯蔵湯沸器のうち 92.5%
		ガス貯湯湯沸器のうち 92.5%
	日本暖房機器工業会 暖房機器年鑑	ガス温水給湯暖房機のうち給湯・暖房兼用
石油給湯器	ガス石油機器工業会 自主統計	ガスだき温水ボイラのうち個人住宅用
		石油小形給湯器のうち 92.5%
	石油ふろがま	
石油給湯器	日本暖房機器工業会 暖房機器年鑑	石油給湯機付ふろがま
		油だき温水ボイラのうち 34.9kW 以下
電気温水器	機械統計年報	電気温水器

2) 市場セグメントの設定

家庭用ヒートポンプ給湯機の市場は住宅属性によって異なることから、表 2-5 に示すとおり、家庭用給湯市場を①～④の 4 つのセグメントに区分した。なお、地域区分については、以下の定義とした。

- 寒冷地：北海道、東北地方（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県）、北陸地方（新潟県、富山県、石川県、福井県）
- 温暖地：上記以外の地域

表 2-5 家庭用給湯市場のセグメントの設定

分類	地域	建て方
①	寒冷地	戸建住宅
②	寒冷地	集合住宅
③	温暖地	戸建住宅
④	温暖地	集合住宅

(2) 算定フロー

家庭用給湯市場におけるヒートポンプ給湯機の普及見通しの算定フローを図 2-1 に示す。

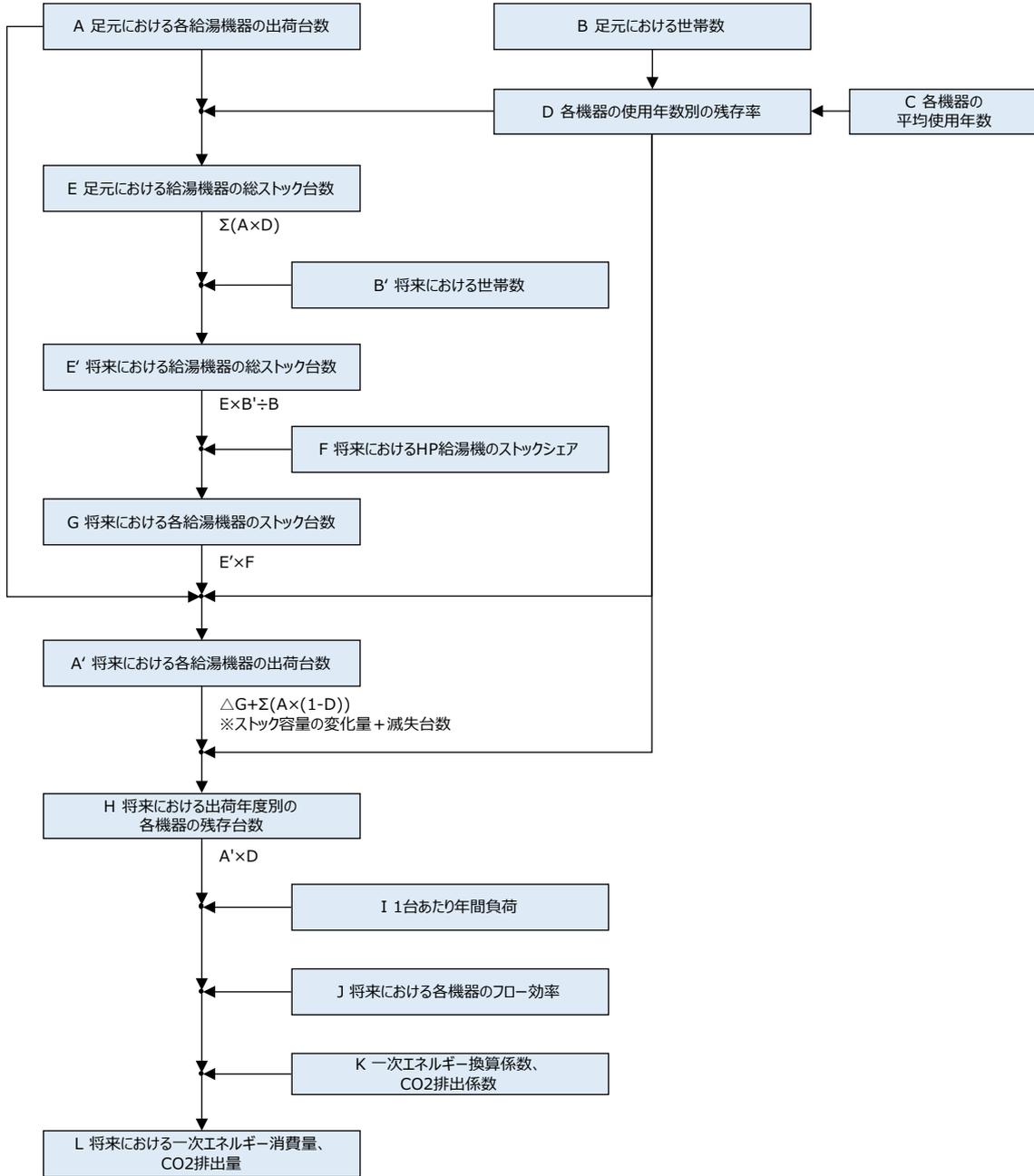


図 2-1 家庭用ヒートポンプ給湯機の算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 家庭用給湯の市場規模

a. 家庭用給湯機器の出荷台数

各家庭用給湯機器の国内出荷台数の推移を図 2-2 に示す。機器別の国内出荷台数を見ると、寒冷地の戸建住宅では石油給湯器の比率が高いのに対して、寒冷地の集合住宅及び温暖地ではガス給湯器の比率が高い。2000 年代以降は、温暖地の戸建住宅を中心にヒートポンプ給湯機の比率が高まっている。

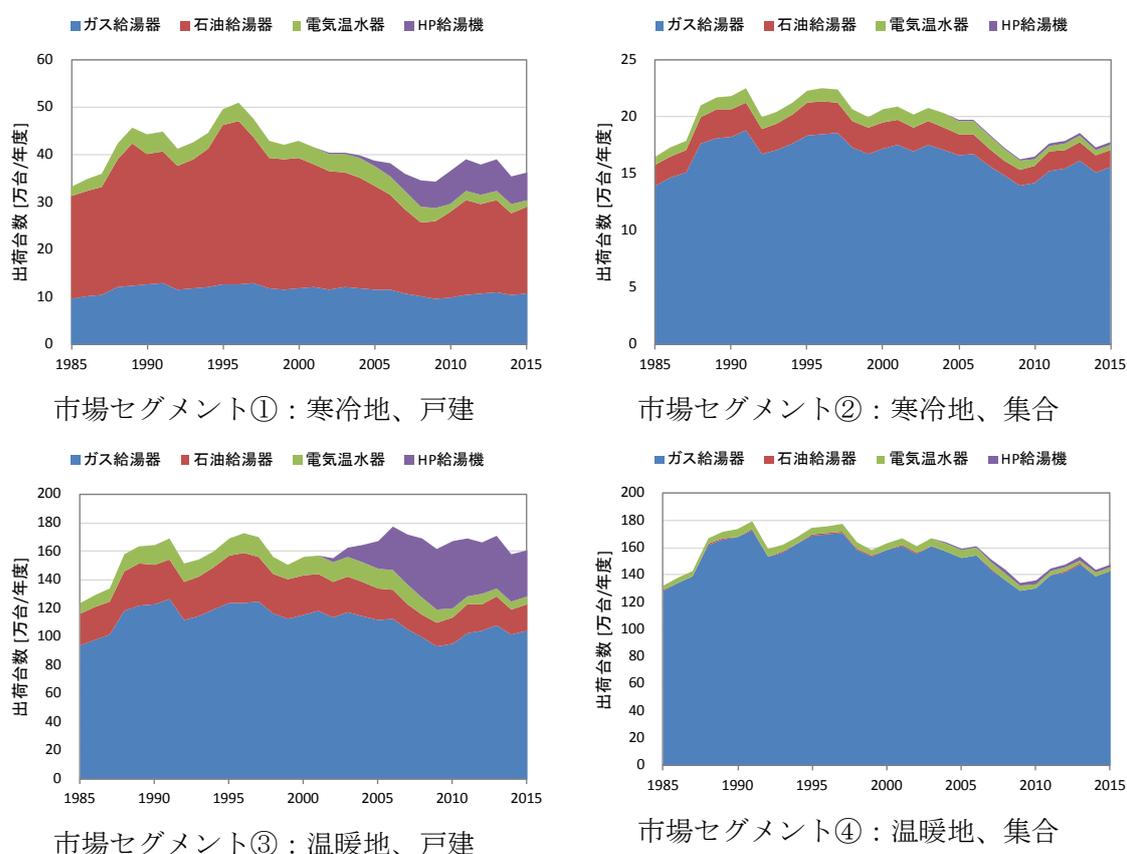


図 2-2 家庭用給湯器の出荷台数推移

出所) 日本冷凍空調工業会自主統計、「ガス石油機器の販売実績と予測」(ガス石油機器工業会)、「ガス温水機器及び石油温水機器の現状について」(ガス・石油機器判断基準ワーキンググループ)、「暖房機器年鑑」(日本暖房機器工業会)、「機械統計年報」(経済産業省)等より作成。

ヒートポンプ給湯機の寒冷地・温暖地別出荷台数は、日本冷凍空調工業会の自主統計より設定した。ガス給湯器及び石油給湯器の全国出荷台数は、ガス石油機器工業会、日本暖房機器工業会の自主統計、ガス・石油機器判断基準ワーキンググループ資料より設定した。過去時点の情報が得られない機器区分については、「機械統計年報」(経済産業省)より得られる当該区分の販売台数の経年変化率等を適用することにより推計した。電気温水器の

国内出荷台数は、「機械統計年報」（経済産業省）の販売台数より設定した。

また、ヒートポンプ給湯機の戸建・集合住宅別の内訳、ガス給湯器及び石油給湯器の寒冷地・温暖地別、戸建・集合住宅別の内訳は、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査」より得られる各機器の市場セグメント別の使用台数内訳と等しいと仮定することにより推計した。

b. 家庭用給湯機器の平均使用年数、残存曲線

はじめに、家庭用ヒートポンプ給湯機の平均使用年数は、「機械器具等の省エネルギー対策の検討に係る調査」（平成 27 年度）における家庭用ヒートポンプ給湯機の平均使用年数（日本冷凍空調工業会への聞き取り）である約 12 年と設定した。ガス給湯器及び石油給湯器についても、同調査におけるガス温水機器及び石油温水機器の平均使用年数（ガス石油機器工業会による平成 18 年時点アンケート調査）である約 11 年及び約 10 年を各々採用した。電気温水器の平均使用年数は約 14 年と設定した。

次に、前述の年度別出荷台数に残存率を乗じて推計される毎年の残存台数を積み上げた家庭用給湯器のストック台数と、後述の世帯数が整合するように、各機器の平均使用年数に対して補正係数を一律で乗じることにより、平均使用年数の補正を行った。

表 2-6 家庭用給湯機の平均使用年数の想定

機器種類	平均使用年数	
	補正前	補正後
家庭用 HP 給湯機	12 年	14.9 年
ガス給湯器	11 年	13.6 年
石油給湯器	10 年	12.3 年
電気温水器	14 年	17.3 年

残存曲線（使用年数別の残存率）は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメータである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される家庭用給湯器の平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

以上より設定した残存曲線を図 2-3 に示す。

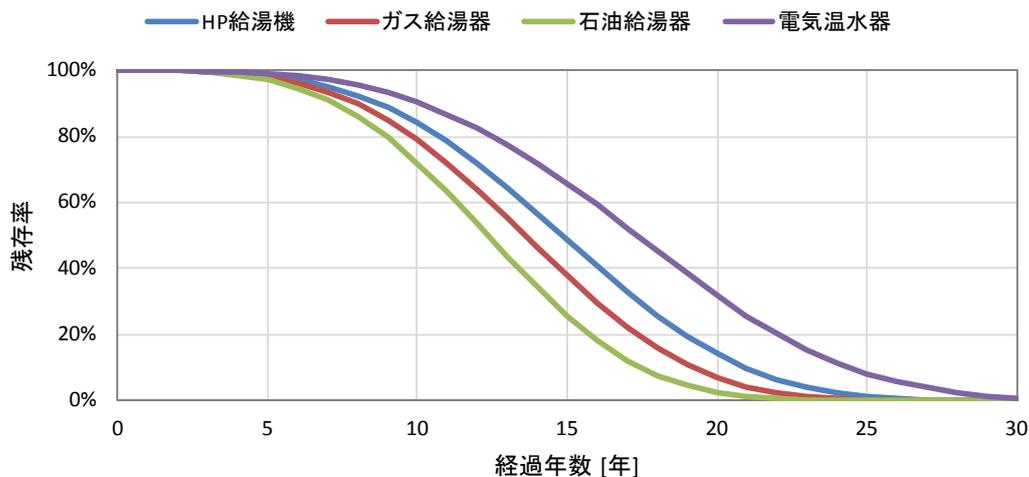


図 2-3 家庭用給湯器の残存曲線

c. 家庭用給湯の市場規模（ストック台数）

前述の年度別出荷台数に残存率を乗じて毎年の残存台数を推計し、積み上げた結果を足元の家庭用給湯器のストック台数と見なした。

また、将来の家庭用給湯器のストック台数の推計にあたり、給湯器の総台数は世帯数に比例するものと設定した。将来の世帯数は、国立社会保障・人口問題研究所による世帯数及び人口の将来推計に基づき寒冷地・温暖地別の一般世帯数を推計し、「住宅・土地統計調査」（総務省）を用いて戸建・集合住宅別の内訳を推計した。具体的には、まずは「日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）」（2014年4月推計）に基づき2035年度までの寒冷地・温暖地別の一般世帯数を推計し、2035年度以降については世帯人員は一定と仮定した上で、「日本の地域別将来推計人口」（平成25年3月推計）の将来人口に基づき推計した。次に、「住宅・土地統計調査」より得られる寒冷地・温暖地毎の戸建・集合住宅別の内訳は2013年度以降一定と仮定することにより、将来の寒冷地・温暖地別、戸建・集合住宅別の一般世帯数を図 2-4 のとおり推計した。

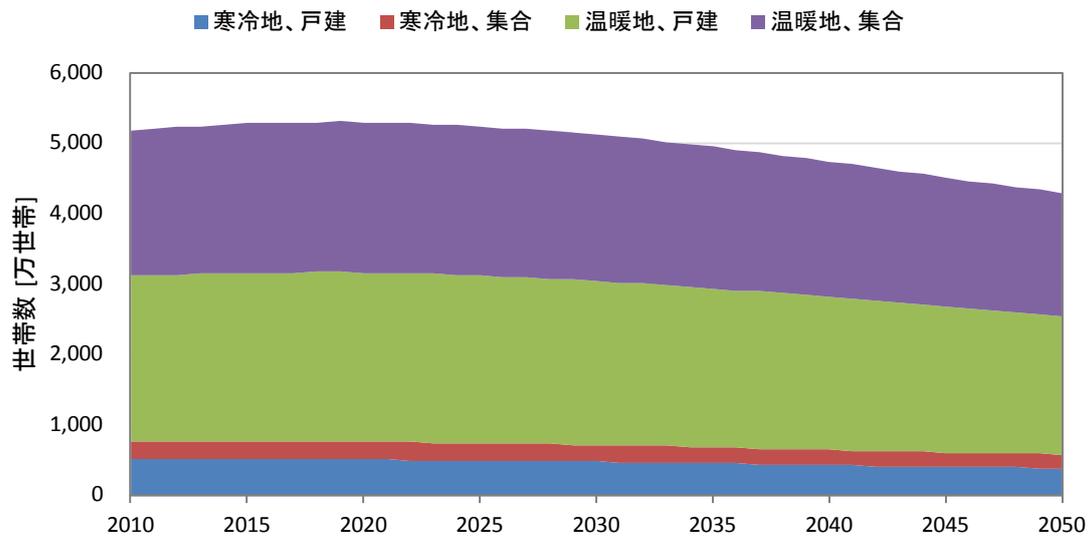


図 2-4 一般世帯数の推移

出所「日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）（2014年4月推計）」（国立社会保障・人口問題研究所）、
「日本の地域別将来推計人口（平成25年3月推計）」（国立社会保障・人口問題研究所）、「住宅・土地統計調査」（総務省）等より作成。

以上の想定に基づき、市場セグメント別に将来における家庭用給湯の市場規模（家庭用給湯器のストック台数）を推計した結果を図 2-5 に示す。

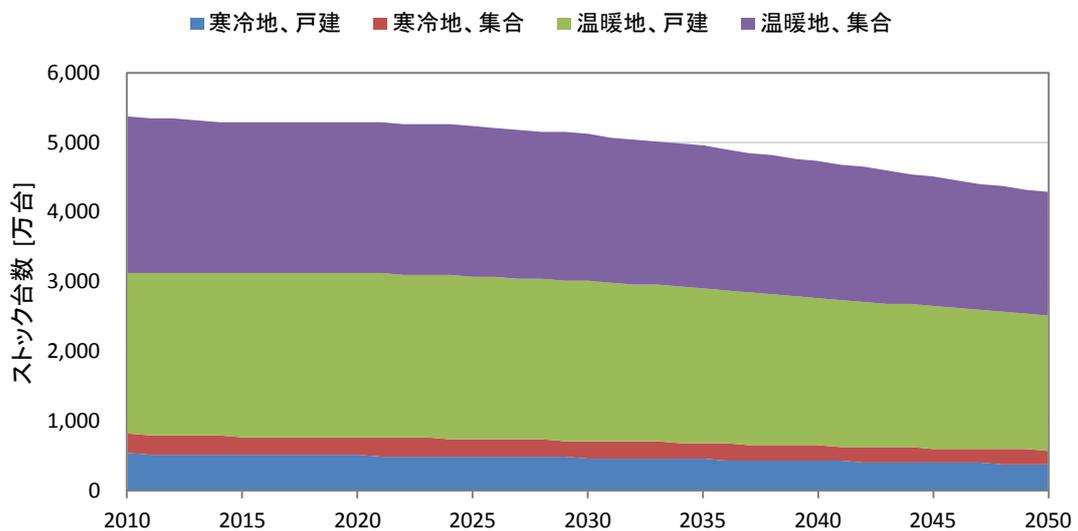


図 2-5 将来における市場セグメント別の家庭用給湯器のストック台数の推移

2) 家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェア

家庭用給湯市場における家庭用ヒートポンプ給湯機の顕在化率については、出荷台数の実績値より足元の家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェアを推計し、その推移状況に対してロジスティック回帰を適用することで設定した。ロジスティック回帰の適用にあたっては、家庭用ヒートポンプ給湯機のシェアの上限漸近値について、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

上述の家庭用給湯器の出荷実績及び残存曲線の想定を基に、出荷台数に残存率を加味して積み上げることにより各機器のストック台数を算定し、足元の家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェアを図 2-6 のとおり推計した。

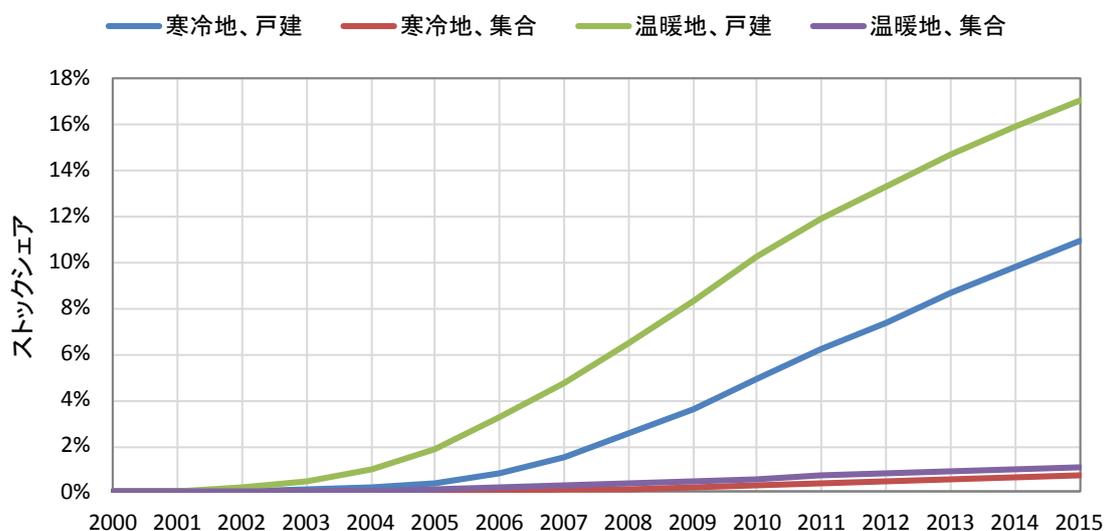


図 2-6 足元における家庭用 HP 給湯機のストックシェアの推移

将来の家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェアを推計するにあたり、家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェアの上限漸近値について、表 2-7 に示すとおり、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

表 2-7 家庭用 HP 給湯機の導入上限の想定

ケース	家庭用 HP 給湯機の導入上限 (ストックシェアの上限)
高位ケース	各市場セグメントのストック容量×90%
中位ケース	各市場セグメントのストック容量×60%
低位ケース	各市場セグメントのストック容量×40%

以上の想定に基づき推計した、将来の家庭用給湯市場における家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェアを図 2-7 に示す。

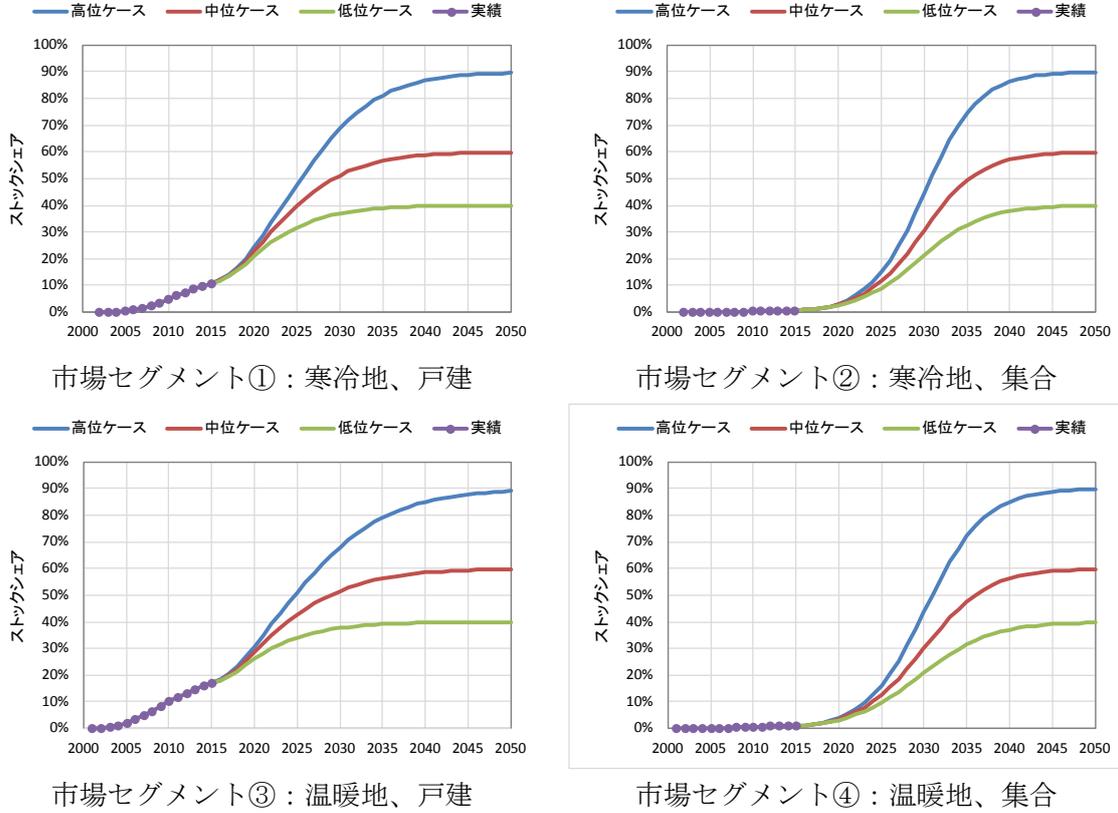


図 2-7 将来の家庭用給湯市場における HP 給湯機のストックシェアの想定

3) 家庭用給湯器のフロー効率

家庭用給湯器の機器別のフロー効率は、図 2-8 に示すとおり設定した。

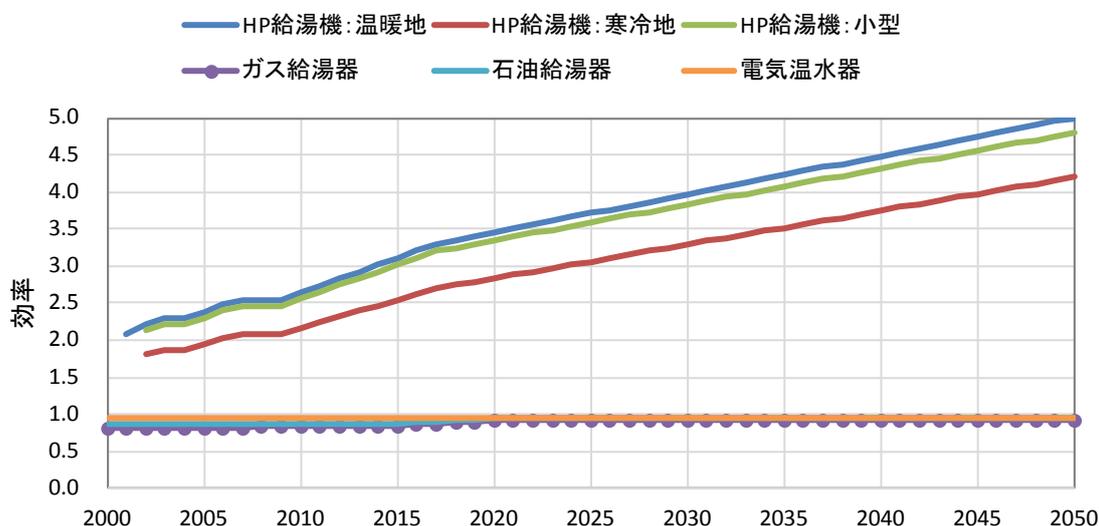


図 2-8 家庭用給湯機の機器別のフロー効率の想定

家庭用ヒートポンプ給湯機については、「ヒートポンプ給湯器判断基準小委員会 最終とりまとめ」で示された 2009 年度実績値 (2.49) から 2017 年度のトップランナー制度目標基準の達成に向けて着実に効率改善が進展していることから、2009～2017 年度は直線補間により設定した。2017 年度の効率値 (ふろ保温機能があるものは「年間給湯保温効率」、ふろ保温機能がないものは「年間給湯効率」) は、温暖地の戸建住宅向けはトップランナー制度の区分「320～550L・一般地・保温あり・一缶」の目標基準値である 3.3、寒冷地の戸建住宅向けは同区分「320～550L・寒冷地・保温あり・一缶」の目標基準値である 2.7、集合住宅向けは同区分「240～320L・一般地・保温なし・一缶」の目標基準値である 3.2 と設定した。また、2017 年度以降 2050 年度に向けて現状の 1.5 倍程度まで効率改善が進展するものと仮定した。他方で、JIS C 9220:2011「家庭用ヒートポンプ給湯機」の測定方法に基づく効率データが存在しない過去のデータについては、JIS C 9220:2011 に基づく効率値の経年変化率は COP の経年変化率の 1/2 と仮定することで設定した。

ガス温水機器及び石油温水機器については、「省エネ性能カタログ」(資源エネルギー庁)掲載機種の効率分布を参考に、潜熱回収型及び従来型の効率を想定した上で、両者の出荷比率で加重平均をとることにより設定した。足元における潜熱回収型及び従来型の出荷比率は、日本ガス石油機器工業会の自主統計及び日本暖房機器工業会の「暖房機器年鑑」に基づき設定した。また、将来に関しては、本調査で対象とした機器範囲においては 2020 年度までには潜熱回収型の比率が 100%に達するものと想定した。

電気温水器については、HPTCJ 調べの足元の効率から不変と設定した。

4) 給湯器 1 台あたり年間負荷

給湯負荷は、全機器とも JIS C 9220:2011 の給湯保温モード熱量（一般地は東京、寒冷地は盛岡として算定）に基づき、一般地は 17.5GJ/年、寒冷地は 21.0GJ/年と想定した。

(4) 算定結果

1) 出荷台数、ストック台数

以上の想定に基づく、家庭用ヒートポンプ給湯機の出荷台数及びストック台数の推計結果をそれぞれ図 2-9、図 2-10 に示す。

出荷台数については、特に高位ケースや中位ケースでは、2030 年度頃まで急伸した後、2040 年度頃までにかけて一度落ち込み、その後穏やかに減少傾向を辿る見込みとなっている。これは、他機器に対する経済優位性が高い需要家に加速度的に導入が進んだ後、当該市場が飽和するにつれて出荷台数が落ち込んでいるものと考えられる。2040 年度頃以降は、一度導入された家庭用ヒートポンプ給湯機の更新需要と世帯数の減少の影響が相殺され、出荷台数は概ね穏やかに減少していくものと考えられる。

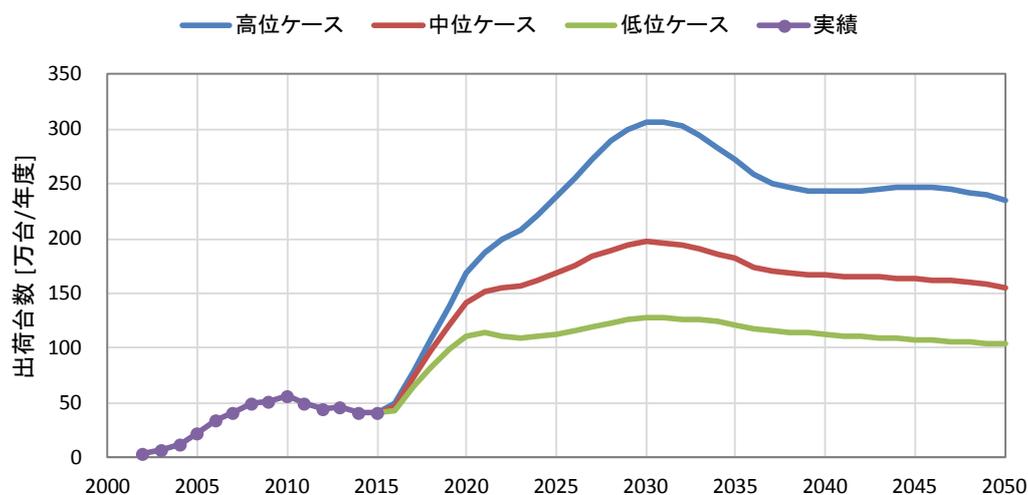


図 2-9 家庭用 HP 給湯機の出荷台数の推計結果

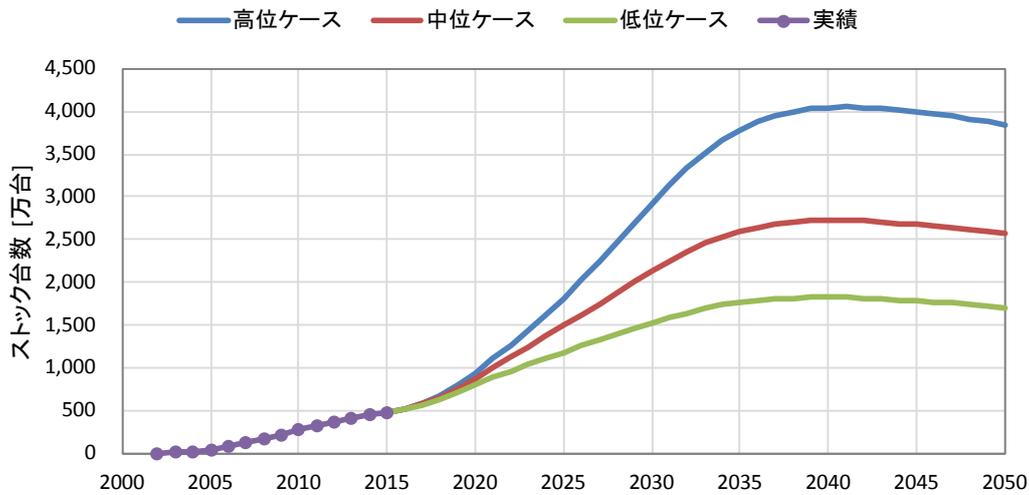
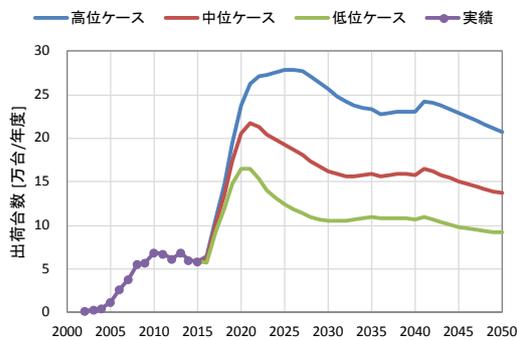


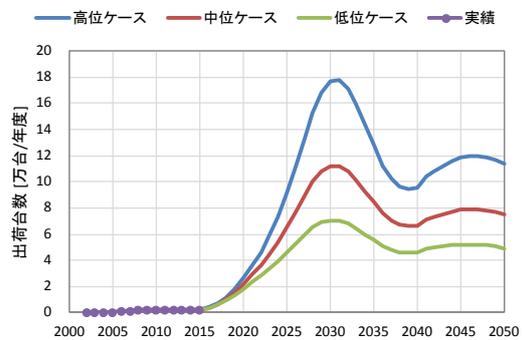
図 2-10 家庭用 HP 給湯機のストック台数の推計結果

(参考) 市場セグメント別の出荷台数・ストック台数

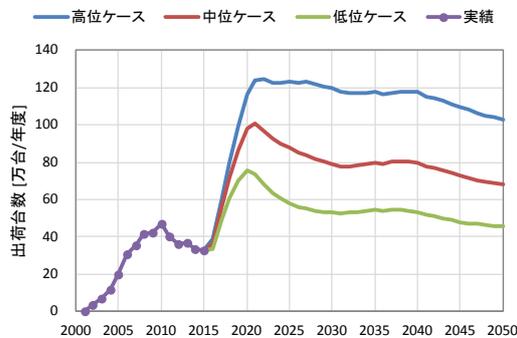
参考として、市場セグメント別の高位ケース、中位ケース、低位ケースそれぞれにおける家庭用ヒートポンプ給湯機の出荷台数及びストック台数の推計結果をそれぞれ図 2-11、図 2-12 に示す。



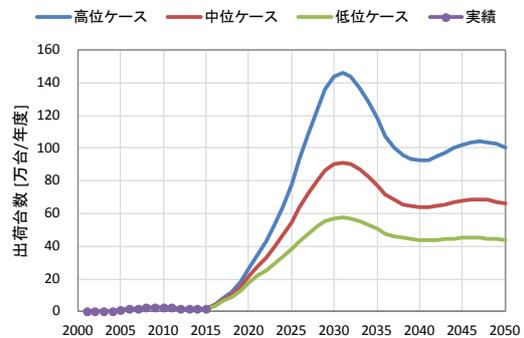
市場セグメント①：寒冷地、戸建



市場セグメント②：寒冷地、集合



市場セグメント③：温暖地、戸建



市場セグメント④：温暖地、集合

図 2-11 市場セグメント別の家庭用 HP 給湯機の出荷台数

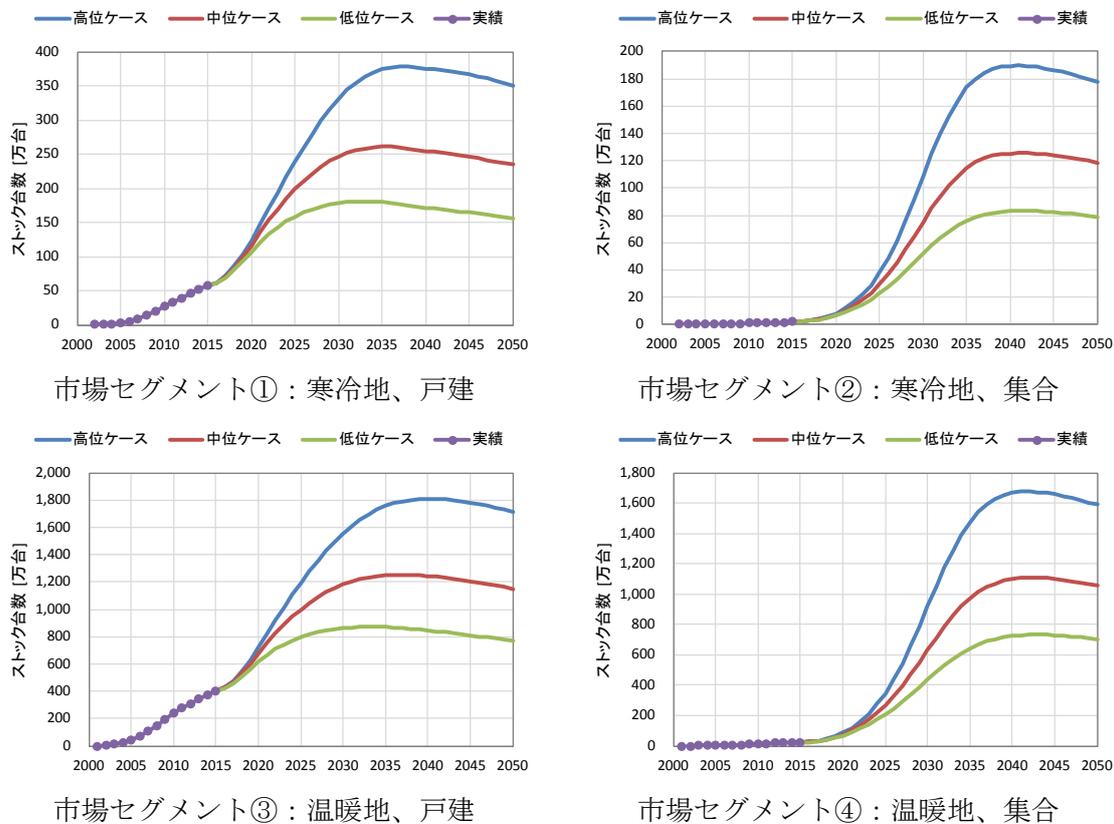


図 2-12 市場セグメント別の家庭用 HP 給湯機のストック台数

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記で推計した出荷台数、ストック台数、フロー効率、給湯器 1 台あたり年間負荷、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-13 に示す。

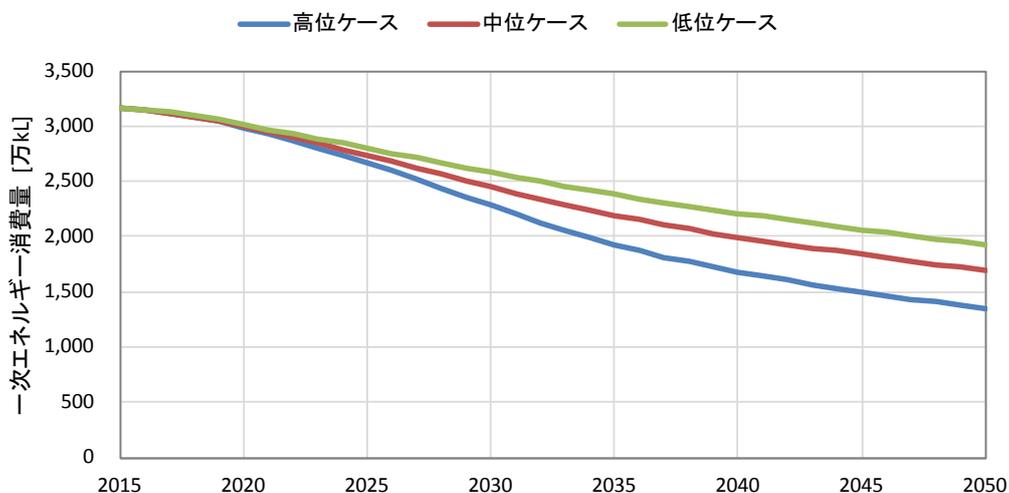


図 2-13 一次エネルギー消費量の推計結果：家庭用給湯

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015年度）の家庭用ヒートポンプ給湯機のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した現状固定ケースからの省エネルギー効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-14、表 2-8 に示す。

2050年度断面における中位ケースでの省エネ量は 638 万 kL/年であり、このうち、ガス温水給湯器、石油温水給湯器、電気温水器からの代替効果は 294 万 kL/年、ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 344 万 kL/年と推計される。

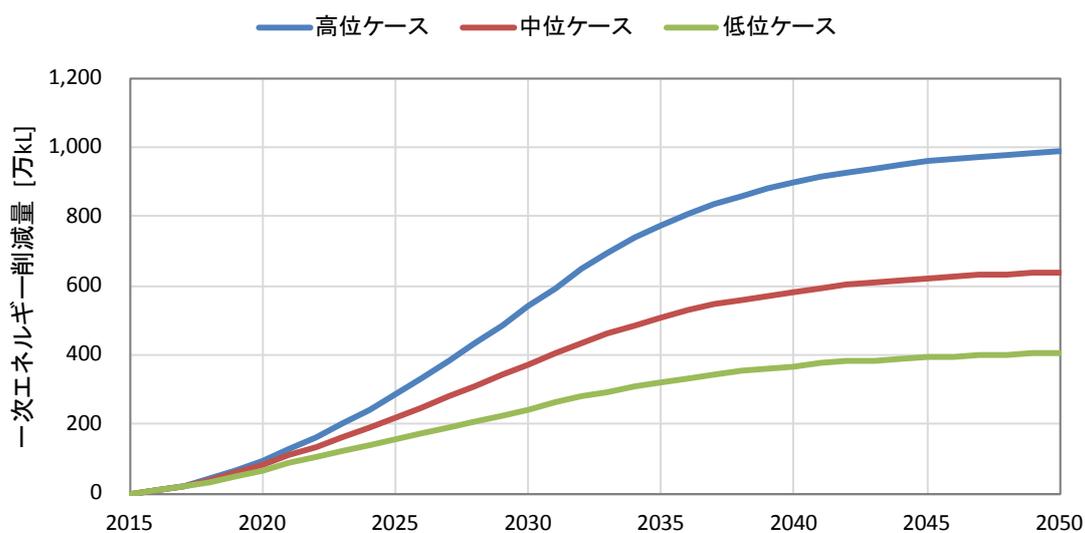


図 2-14 省エネ効果の推計結果：家庭用給湯

表 2-8 省エネ効果の内訳：家庭用給湯

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	96	541	898	986
	他の給湯器からの代替効果	75	347	494	471
	HP 給湯機の効率改善効果	20	194	405	515
中位ケース	合計	83	374	583	638
	他の給湯器からの代替効果	65	237	311	294
	HP 給湯機の効率改善効果	18	137	272	344
低位ケース	合計	68	244	368	405
	他の給湯器からの代替効果	52	150	186	175
	HP 給湯機の効率改善効果	15	94	182	229

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO2 原単位を乗じて CO2 削減効果を推計した結果を図 2-15、表 2-9 に示す。2050 年度断面における中位ケースでの CO2 削減効果は 1,863 万 t-CO2/年であり、このうち、燃焼系給湯器の代替効果は 1,699 万 t-CO2/年、ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 164 万 t-CO2/年と推計される。

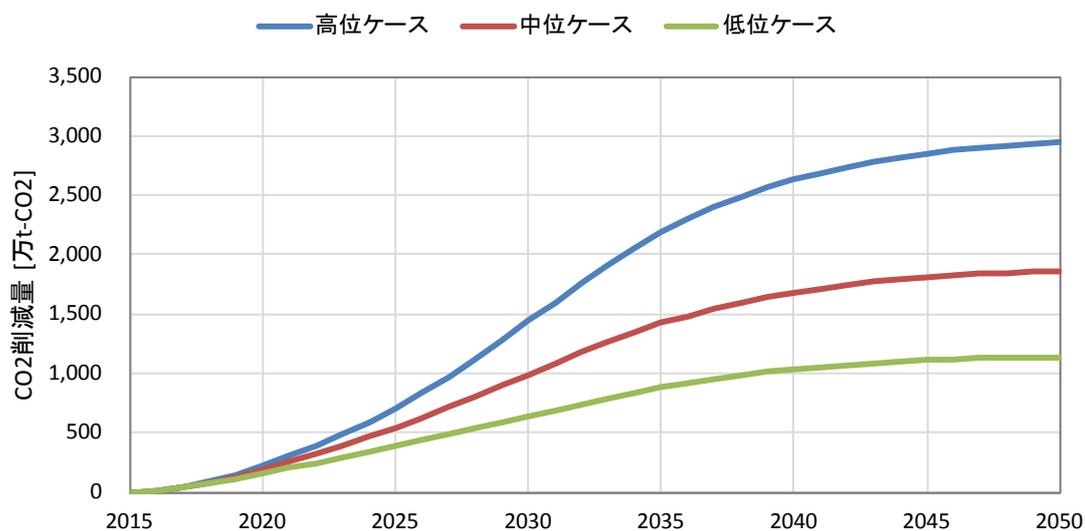


図 2-15 CO2 削減効果の推計結果：家庭用給湯

表 2-9 CO2 削減効果の内訳：家庭用給湯

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	220	1,439	2,631	2,941
	他の給湯器からの代替効果	181	1,154	2,237	2,696
	HP 給湯機の効率改善効果	39	285	394	245
中位ケース	合計	191	989	1,683	1,863
	他の給湯器からの代替効果	157	788	1,418	1,699
	HP 給湯機の効率改善効果	34	201	265	164
低位ケース	合計	155	638	1,035	1,139
	他の給湯器からの代替効果	126	500	858	1,030
	HP 給湯機の効率改善効果	29	138	177	109

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.2.2 家庭用空調

(1) 前提条件

1) 評価対象とする機器

家庭用空調については、ガス暖房機器及び石油暖房機器を家庭用エアコンで代替する効果並びに、冷房用途における家庭用エアコンの効率向上の効果について評価するものとし、表 2-10 に示す家庭用空調機器を対象とした。なお、電気カーペット・こたつ、電気ストーブ類は対象外とした。

家庭用エアコンについては、日本冷凍空調工業会の自主統計において出荷実績が示されている「家庭用（ルーム）エアコン」と定義した。ガス暖房機器及び石油暖房機器については、ガス石油機器工業会の自主統計において出荷実績が示されている各機器を対象とした。

表 2-10 評価対象とした家庭用空調機器

分析上の機器	統計上の機器	
	統計名	対象機器
家庭用エアコン	日本冷凍空調工業会 自主統計	家庭用（ルーム）エアコン
ガス暖房機器	ガス石油機器工業会 自主統計	ガス温水給湯暖房機のうち暖房専用機
		ガス暖房機器
石油暖房機器	ガス石油機器工業会 自主統計	石油ストーブ
		強制通気形開放式石油ストーブ
		半密閉式石油ストーブ
		密閉式石油ストーブ
		床暖房用石油ストーブ

2) 市場セグメントの設定

家庭用エアコンの市場は住宅属性によって異なることから、表 2-11 に示すとおり、家庭用空調市場を①～④の 4 つのセグメントに区分した。なお、地域区分については、以下の定義とした。

- 寒冷地：北海道、東北地方（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県）、北陸地方（新潟県、富山県、石川県、福井県）
- 温暖地：上記以外の地域

表 2-11 家庭用空調市場のセグメントの設定

分類	地域	建て方
①	寒冷地	戸建住宅
②	寒冷地	集合住宅
③	温暖地	戸建住宅
④	温暖地	集合住宅

(2) 算定フロー

家庭用空調市場における家庭用エアコンの普及見通しの算定フローを図 2-16 に示す。

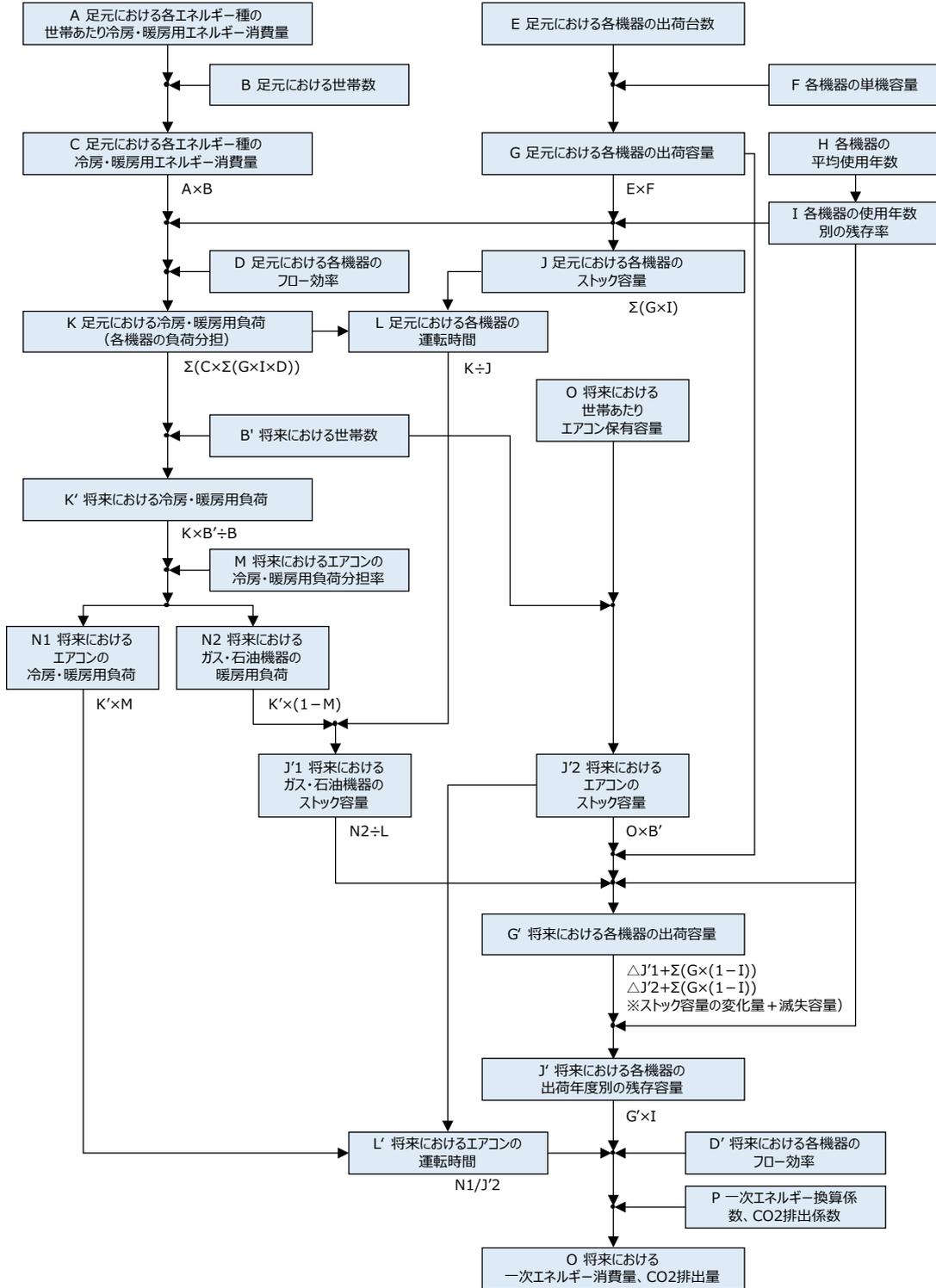


図 2-16 家庭用エアコンの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 家庭用空調の市場規模

a. 家庭用空調機器の出荷台数

各家庭用空調機器の国内出荷台数の推移を図 2-17 に示す。機器別の国内出荷台数を見ると、寒冷地では石油暖房機器の比率が高いのに対して、温暖地ではエアコンの比率が高い。

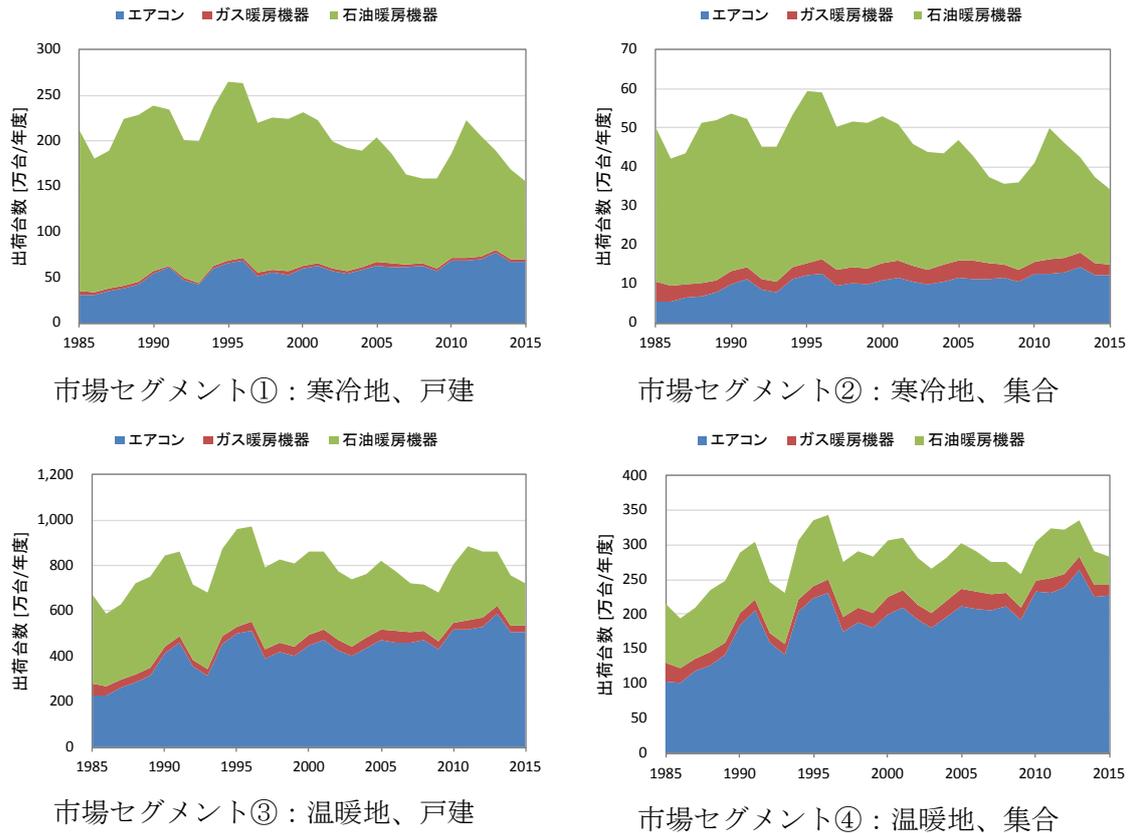


図 2-17 家庭用空調機器の出荷台数推移

出所)「家庭用(ルーム)エアコンの国内出荷台数と輸出台数の推移」(日本冷凍空調工業会)、「ガス石油機器の販売実績と予測」(日本ガス石油機器工業会)、「機械統計年報」(経済産業省)、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査」(環境省)等より作成。

家庭用エアコンの全国出荷台数は、日本冷凍空調工業会の自主統計より設定した。ガス暖房機器及び石油暖房機器の全国出荷台数は、ガス石油機器工業会の自主統計、ガス・石油機器判断基準ワーキンググループ資料より設定した。過去時点の情報が得られない機器区分については、「機械統計年報」(経済産業省)より得られる当該区分の販売台数の経年変化率等を適用することにより推計した。

また、出荷台数の寒冷地・温暖地別、戸建・集合住宅別の内訳は、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査」より得られる各機器の市場セグメント別の使用台数内訳と等しいと仮定することにより推計した。

b. 家庭用空調機器の単機容量

家庭用エアコンの単機容量は、1997～2015 年度については「省エネ性能カタログ」に掲載されたラインナップの各年度の単純平均値で設定した。また、2016 年度以降は 2015 年度の値で一定、1996 年度以前は 1997 年度の値で一定と設定した。

ガス暖房機器及び石油暖房機器の単機容量は、「省エネ性能カタログ」に掲載された 2004～2015 年度におけるラインナップの年度別の単純平均値は概ね横ばいで推移しているため、分析期間を通じて同カタログ掲載ラインナップの 2004～2015 年度の単純平均値のまま一定と設定した。

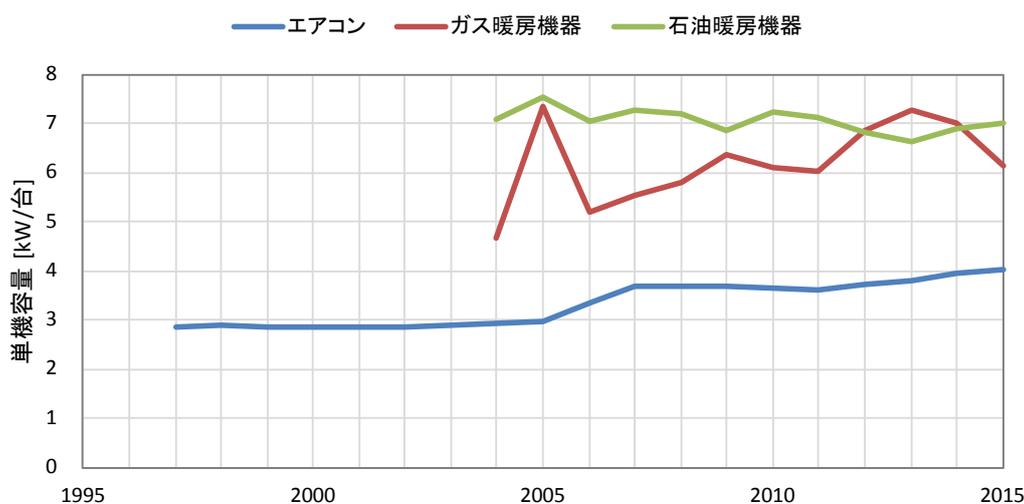


図 2-18 家庭用空調機器の単機容量

出所)「省エネ性能カタログ」(資源エネルギー庁)等より作成

c. 家庭用空調機器のフロー効率

家庭用空調機器の機器別のフロー効率は、図 2-19 に示すとおり設定した。

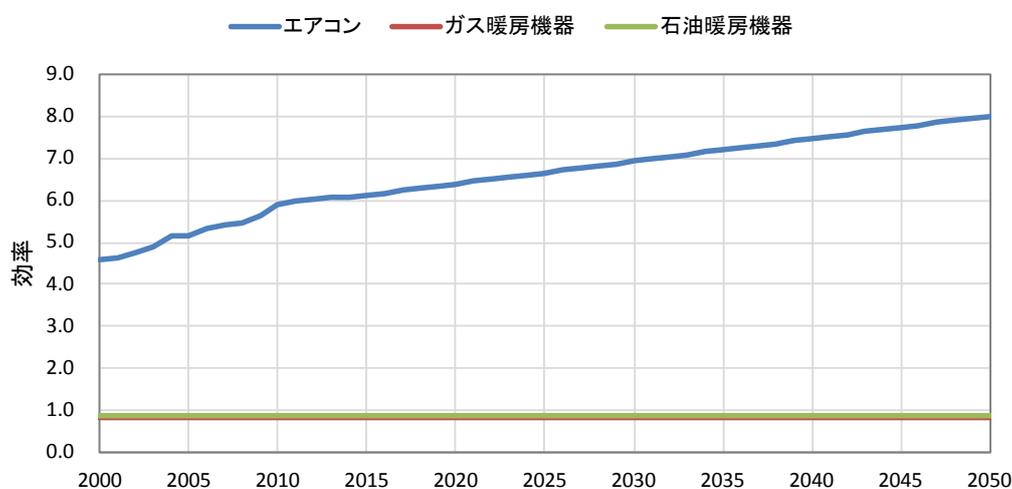


図 2-19 家庭用空調機器の機器別のフロー効率の想定

家庭用エアコンについては、2006年度から2015年度は「省エネ性能カタログ」（資源エネルギー庁）掲載機種の内容規模別のAPFに対して、2004冷凍年度の容量規模別出荷台数による加重平均をとることにより設定した。APFが存在しない2000年度から2005年度については、APFの経年変化率はCOPの経年変化率の1/2と仮定することで設定した。また、2050年度にはAPF 8.0へと改善していくものと設定した。

ガス暖房機器及び石油暖房機器については、「省エネ性能カタログ」（資源エネルギー庁）掲載機種の単純平均値より設定した。石油暖房機器は強制対流式の平均値を、ガス暖房機器は全タイプの平均値を採用した。

d. 世帯あたり空調用エネルギー消費量

世帯あたり空調用エネルギー消費量（二次エネルギーベース）の推移を図2-20に示す。寒冷地、温暖地ともに、戸建住宅よりも集合住宅の方が世帯あたり空調用エネルギー消費量は小さい。

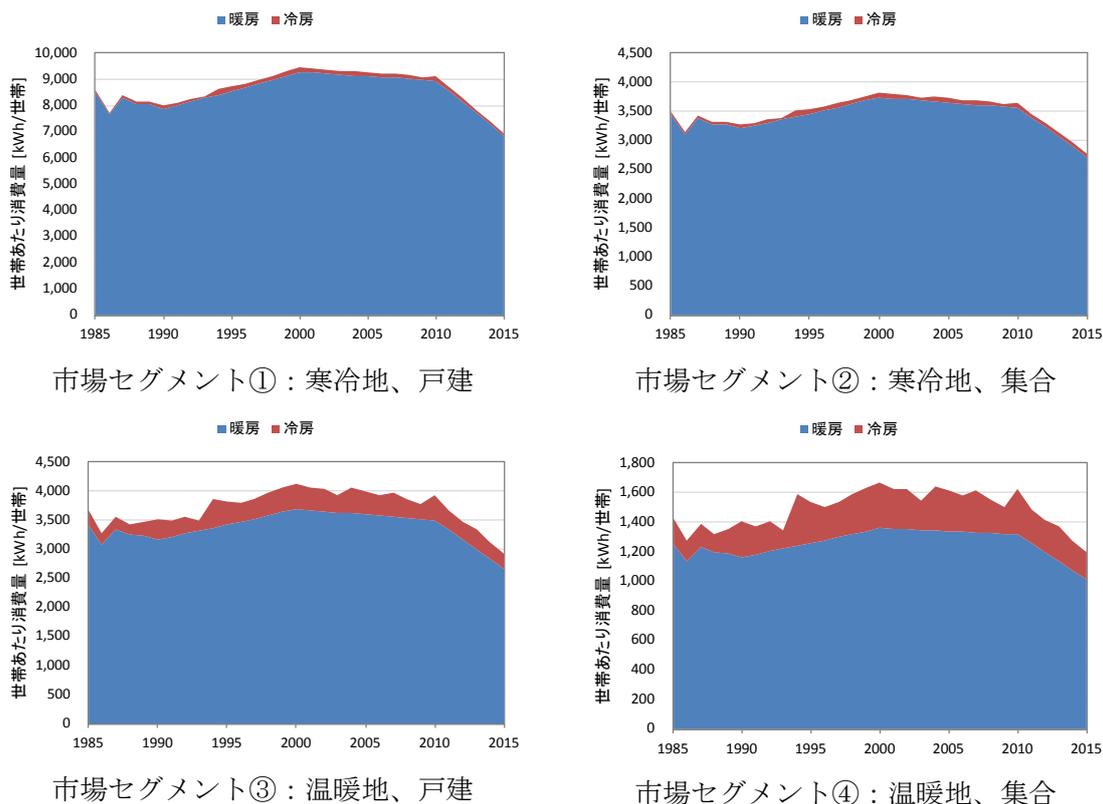


図 2-20 世帯あたり空調用エネルギー消費量（二次エネルギーベース）推移

出所)「エネルギー・経済統計要覧」（日本エネルギー経済研究所 EDMC)、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査」（環境省）より作成。

世帯あたり空調エネルギー消費量は、「エネルギー・経済統計要覧」におけるエネルギー種別消費量推移及び、「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査」より得られる各エネルギー種別の寒冷地・温暖地別、戸建・集合住宅別の世帯あたり空調エネルギー消費量分布に基づき推計した。

e. 家庭用空調機器の平均使用年数、残存曲線

家庭用エアコンの平均使用年数は、「消費動向調査」の 2015 年度時点におけるルームエアコンの平均使用年数である 12.3 年と設定した。ガス暖房機器及び石油暖房機器については、「機械器具等の省エネルギー対策の検討に係る調査」（平成 27 年度）におけるガスストーブ及び石油ストーブの平均使用年数（ガス石油機器工業会による平成 18 年時点アンケート調査結果）である、約 11 年及び約 10 年を、各々採用した。

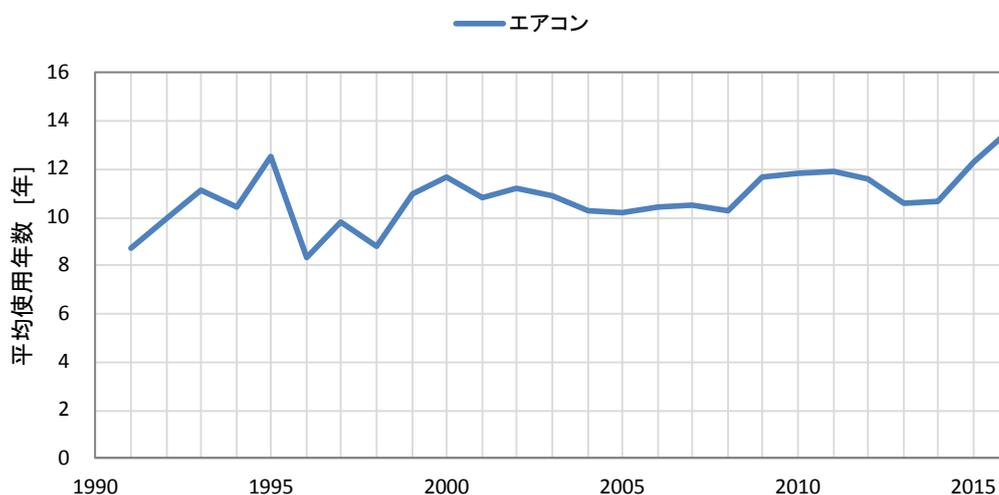


図 2-21 家庭用エアコンの平均使用年数

出所)「消費動向調査」より作成

残存曲線（使用年数別の残存率）は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメータである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される家庭用空調機器の平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

以上より設定した残存曲線を図 2-22 に示す。

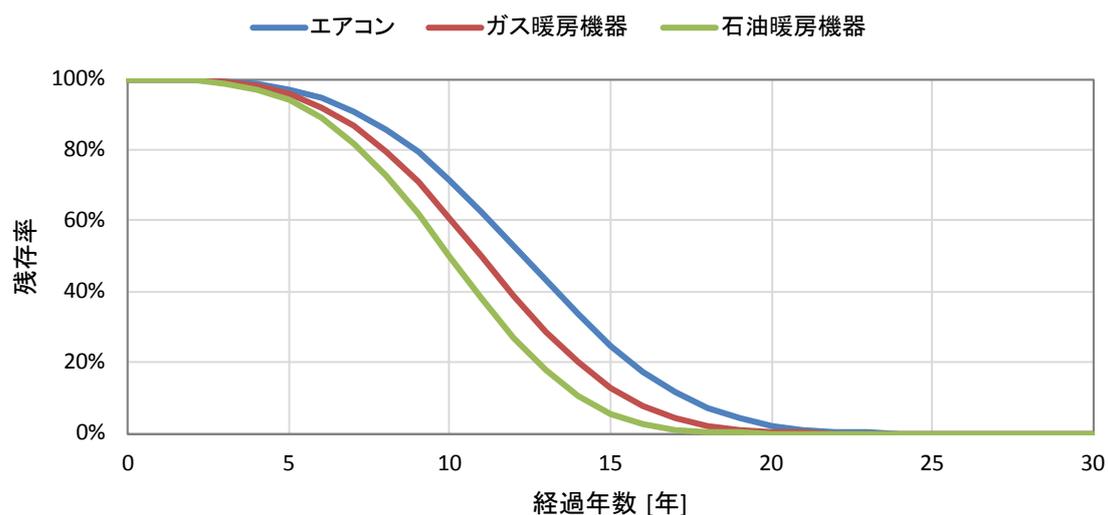


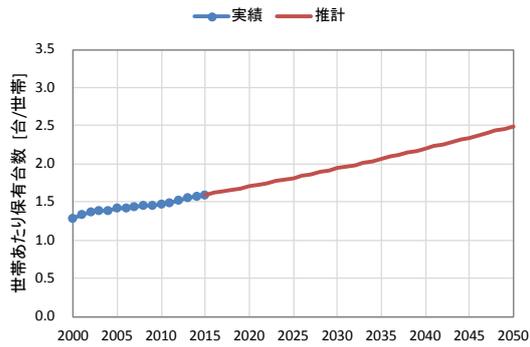
図 2-22 家庭用空調機器の残存曲線

f. 家庭用空調の市場規模（空調負荷）

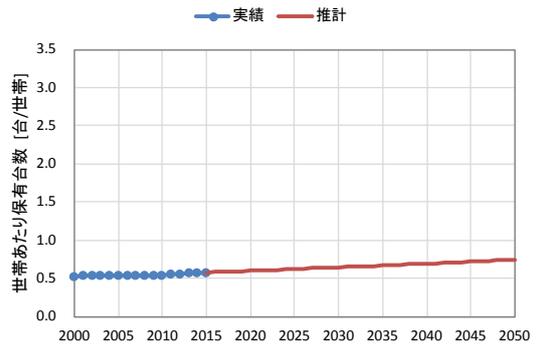
空調負荷は、世帯数に世帯あたり空調負荷を乗じることにより推計した。

世帯あたり空調負荷については、はじめに、前述の世帯あたり空調用エネルギー消費量に各機器のストック効率を乗じることにより、足元における世帯あたり空調負荷を推計した。ストック効率は、前述の年度別出荷台数に単機容量及び残存率を乗じることにより経過年数毎の残存容量シェアを推計し、これを年度別フロー効率に乗じることにより推計した。

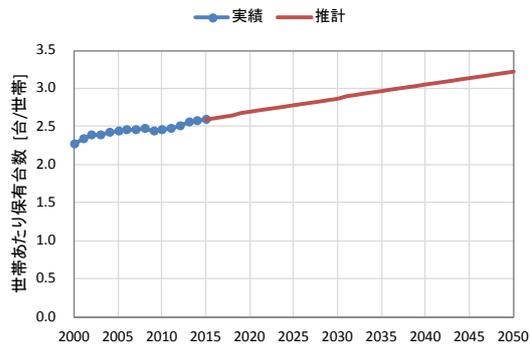
次に、将来における世帯あたり空調負荷については、暖房負荷は足元から変化なしと設定した。他方で、冷房負荷は、世帯あたりエアコン保有台数に比例するものと設定した。将来の世帯あたりエアコン保有台数は、出荷実績値より足元のエアコンの世帯あたり保有台数を推計し、その推移状況に対してロジスティック回帰を適用することで図 2-23 に示すとおり設定した。



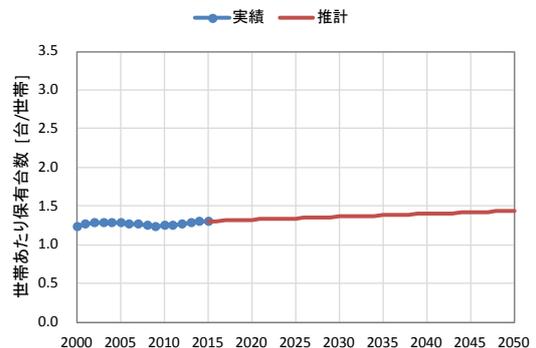
市場セグメント①：寒冷地、戸建



市場セグメント②：寒冷地、集合



市場セグメント③：温暖地、戸建



市場セグメント④：温暖地、集合

図 2-23 世帯あたり家庭用エアコン保有台数推移

将来の世帯数は、第 2.2.1 項の家庭用給湯における設定と同様に、国立社会保障・人口問題研究所による世帯数及び人口の将来推計及び「住宅・土地統計調査」より推計した。

以上で設定した世帯あたり空調負荷及び世帯数を乗じることにより推計した空調負荷を図 2-24 に示す。

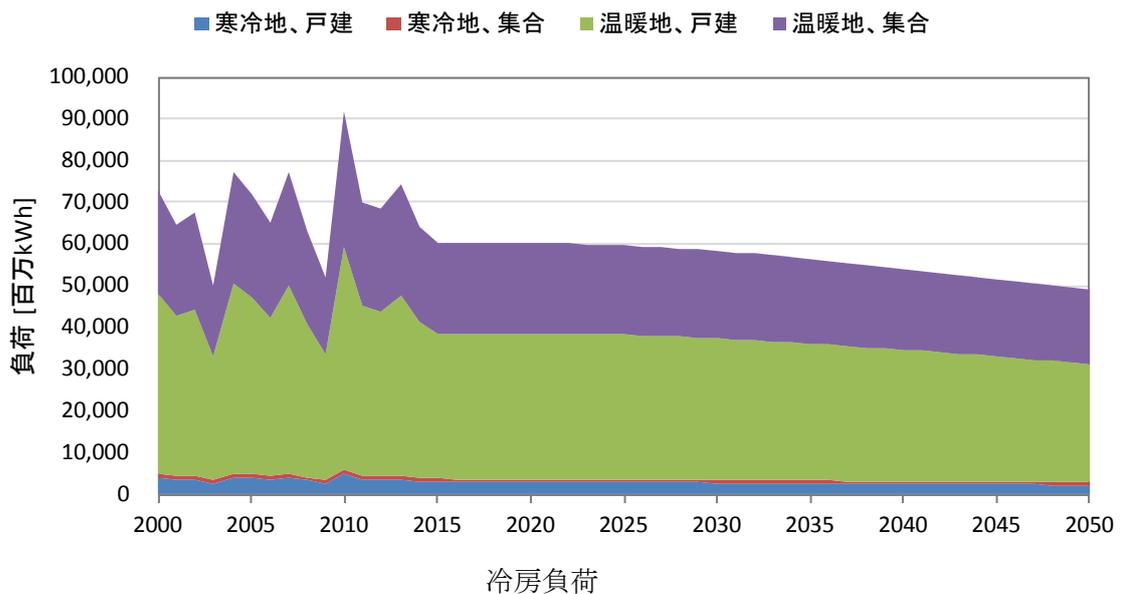
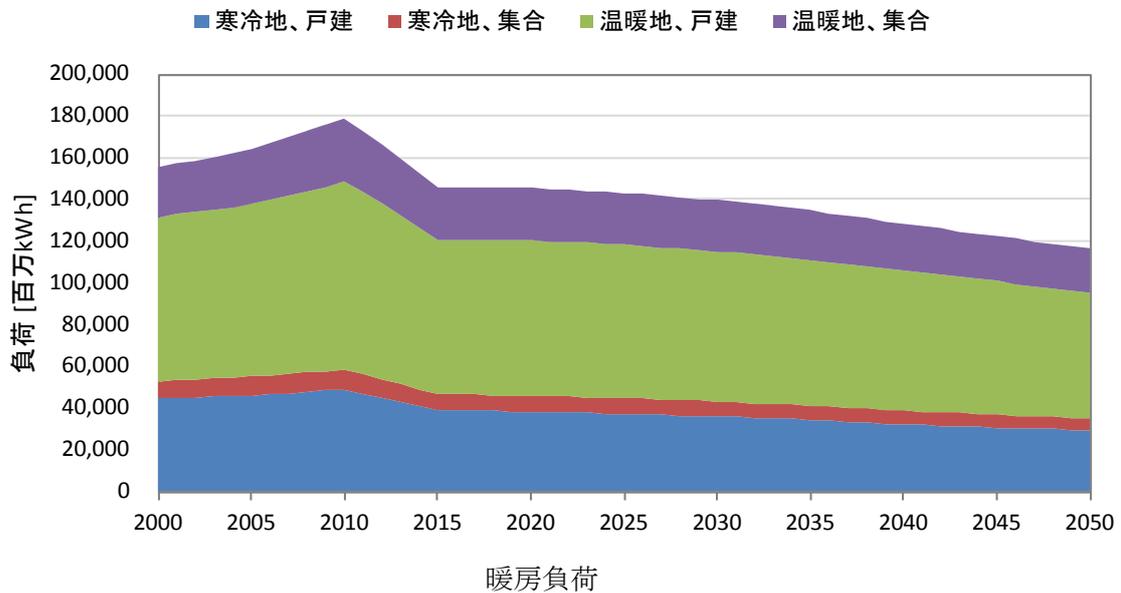


図 2-24 家庭用空調負荷の推移

2) 家庭用エアコンの暖房負荷分担率

家庭用暖房市場における家庭用エアコンの負荷分担率については、エネルギー種別の暖房用エネルギー消費量、機器別のフロー効率の実績値等より足元の家庭用エアコンの負荷分担率を推計し、その推移状況に対してロジスティック回帰を適用することで設定した。ロジスティック回帰の適用にあたっては、家庭用エアコンのシェアの上限漸近値について、表 2-12 に示すとおり、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

表 2-12 家庭用暖房市場における家庭用エアコンの熱負荷分担率上限の想定

ケース	エアコンの導入上限（暖房用熱負荷分担率の上限）
高位ケース	各市場セグメントの暖房用熱負荷×90%
中位ケース	各市場セグメントの暖房用熱負荷×70%
低位ケース	各市場セグメントの暖房用熱負荷×50%

以上の想定に基づき推計した、将来の家庭用暖房市場における家庭用エアコンの負荷分担率を図 2-25 に示す。

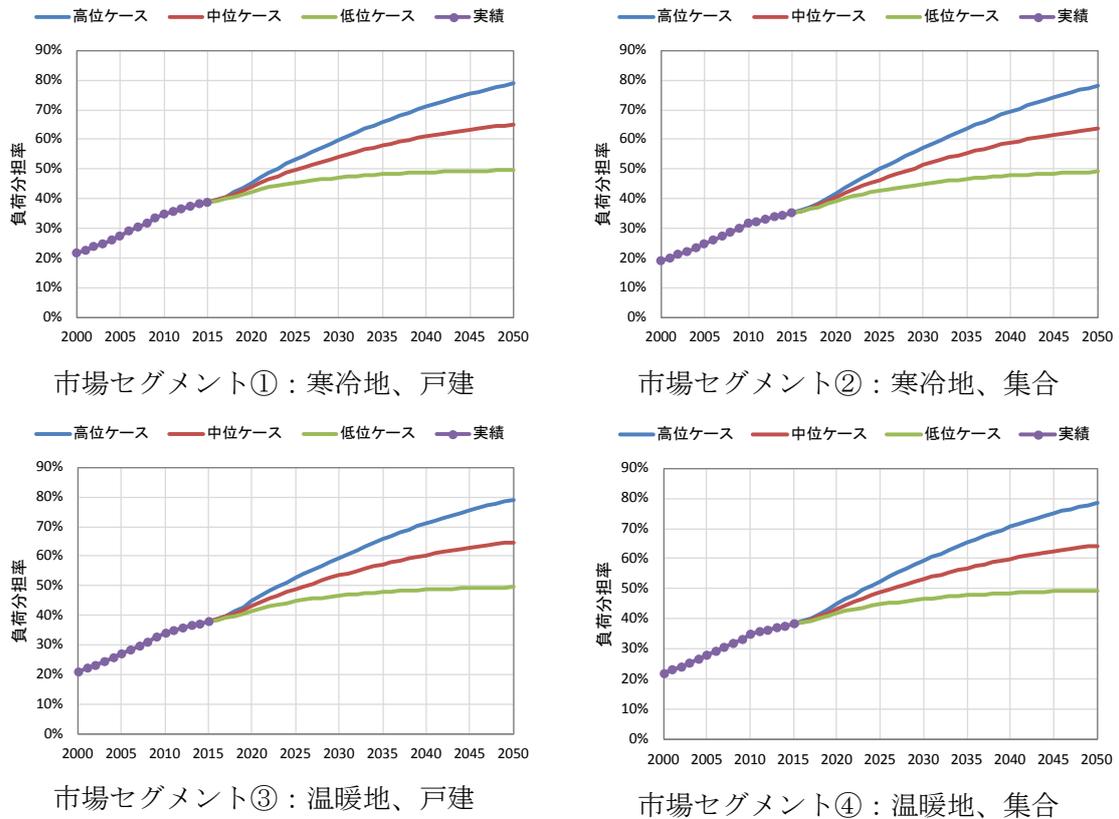


図 2-25 将来の家庭用暖房市場における家庭用エアコンの負荷分担率の想定

(4) 算定結果

1) 出荷容量、ストック容量

以上の想定に基づく、家庭用エアコンの出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-26、図 2-27 に示す。

家庭用エアコンの出荷容量及び普及容量は、世帯あたり保有台数、単機容量、世帯数に基づき設定されるが、いずれも 3 ケースで共通の設定を行っているため、出荷容量及び普及容量はケースによらず等しい結果となる。

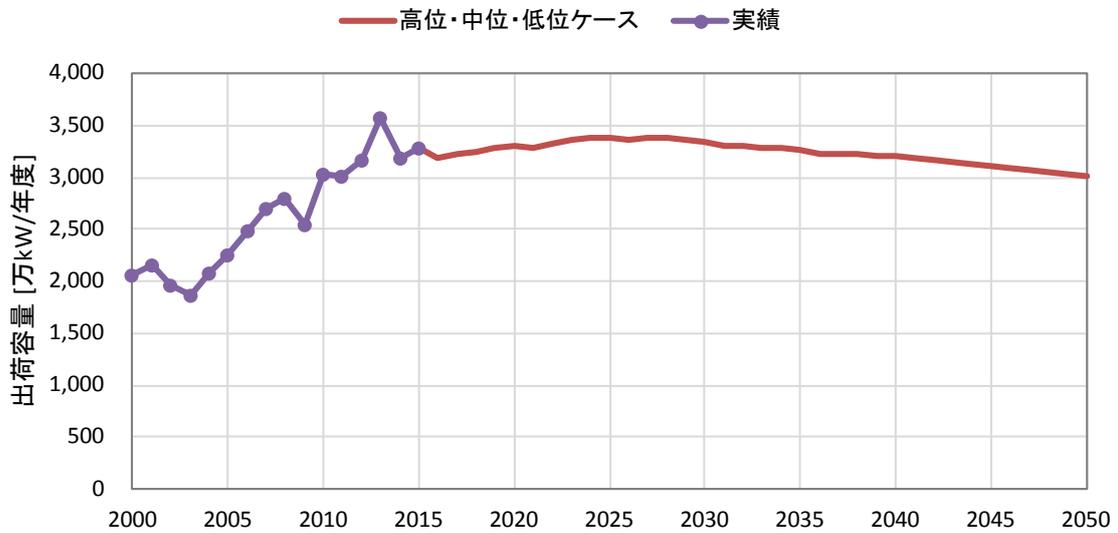


図 2-26 家庭用エアコンの出荷容量の推計結果

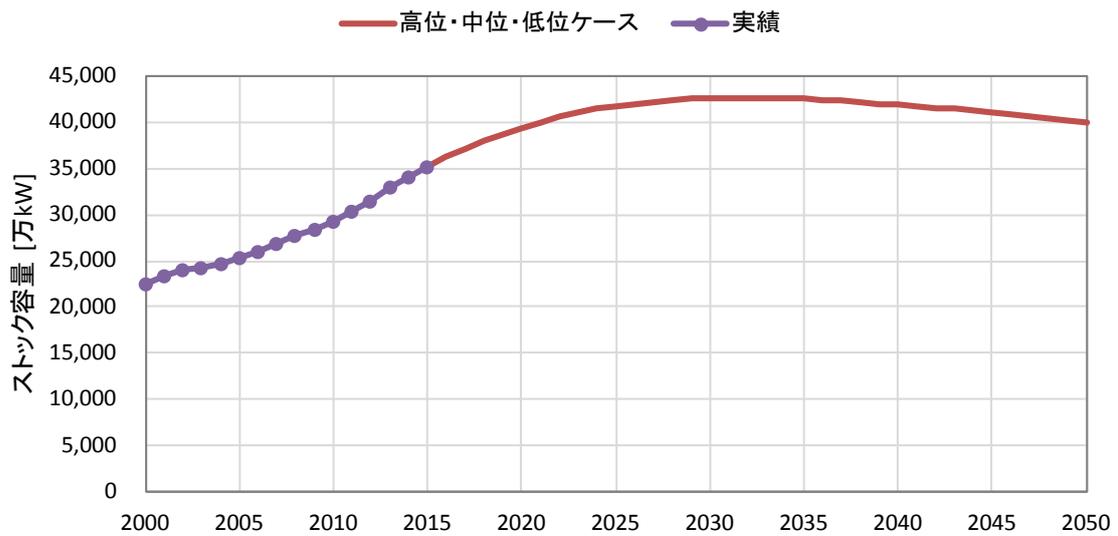
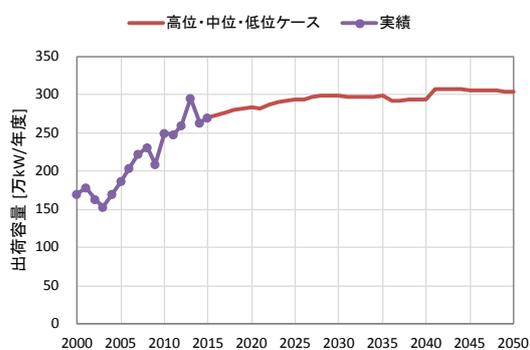


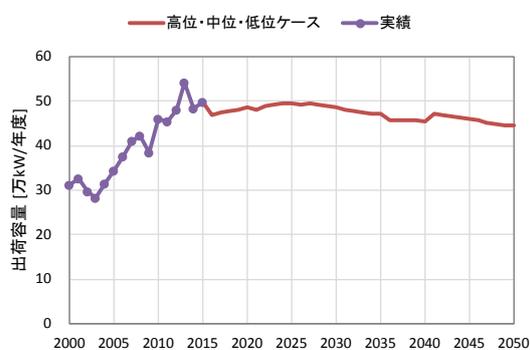
図 2-27 家庭用エアコンのストック容量の推計結果

(参考) 市場セグメント別の出荷容量

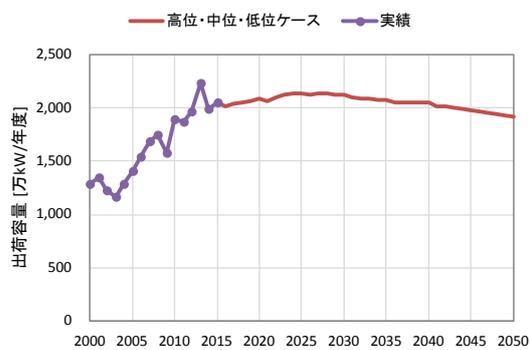
参考として、市場セグメント別の高位ケース、中位ケース、低位ケースそれぞれにおける家庭用エアコンの出荷容量及びストック容量の推計結果を図 2-28、図 2-29 に示す。



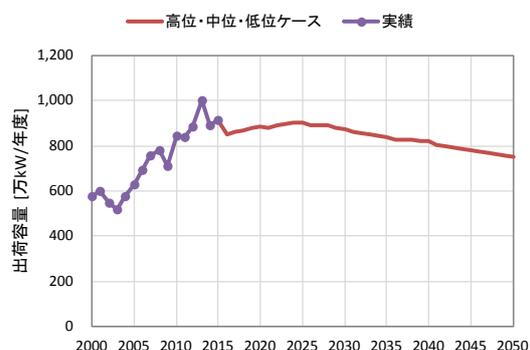
市場セグメント①：寒冷地、戸建



市場セグメント②：寒冷地、集合

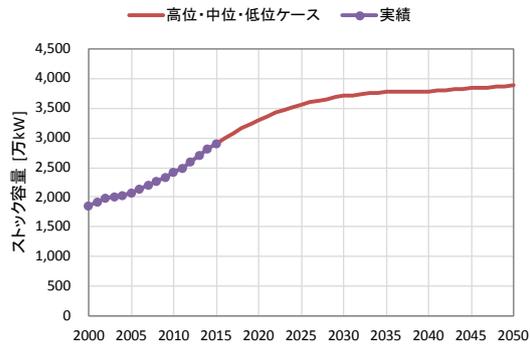


市場セグメント③：温暖地、戸建

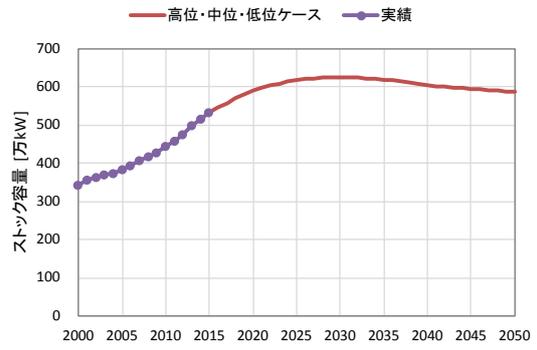


市場セグメント④：温暖地、集合

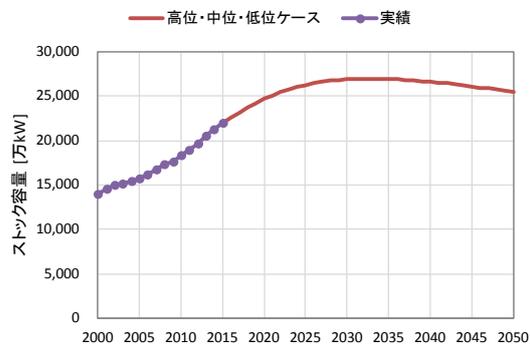
図 2-28 市場セグメント別の家庭用エアコンの出荷容量



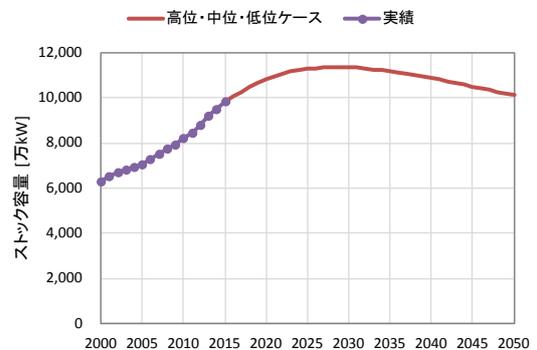
市場セグメント①：寒冷地、戸建



市場セグメント②：寒冷地、集合



市場セグメント③：温暖地、戸建



市場セグメント④：温暖地、集合

図 2-29 市場セグメント別の家庭用エアコンのストック容量

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2削減効果

上記で推計した出荷台数、ストック容量、フロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-30、図 2-31 に示す。

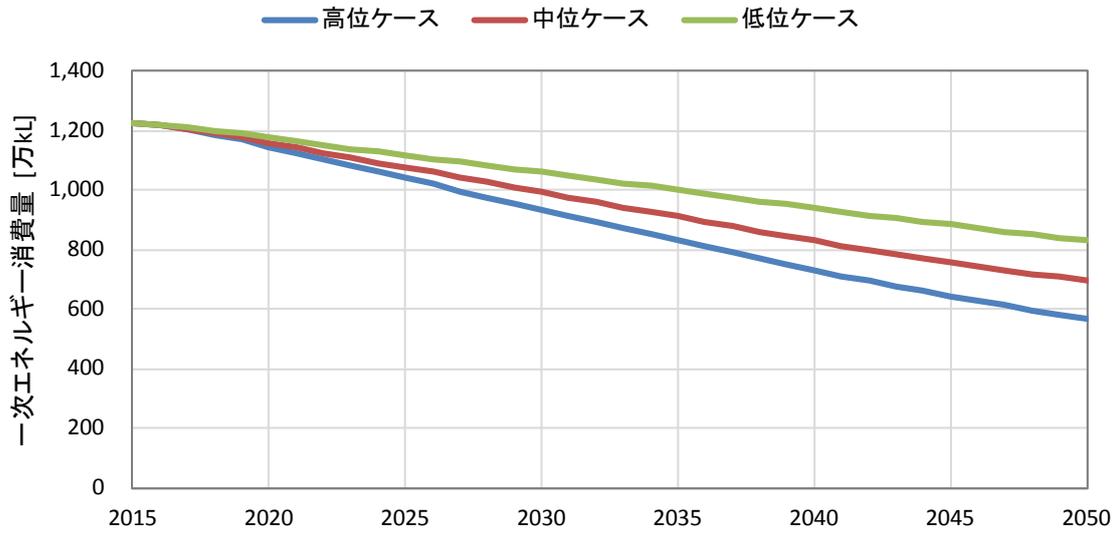


図 2-30 一次エネルギー消費量の推計結果：家庭用空調（暖房分）

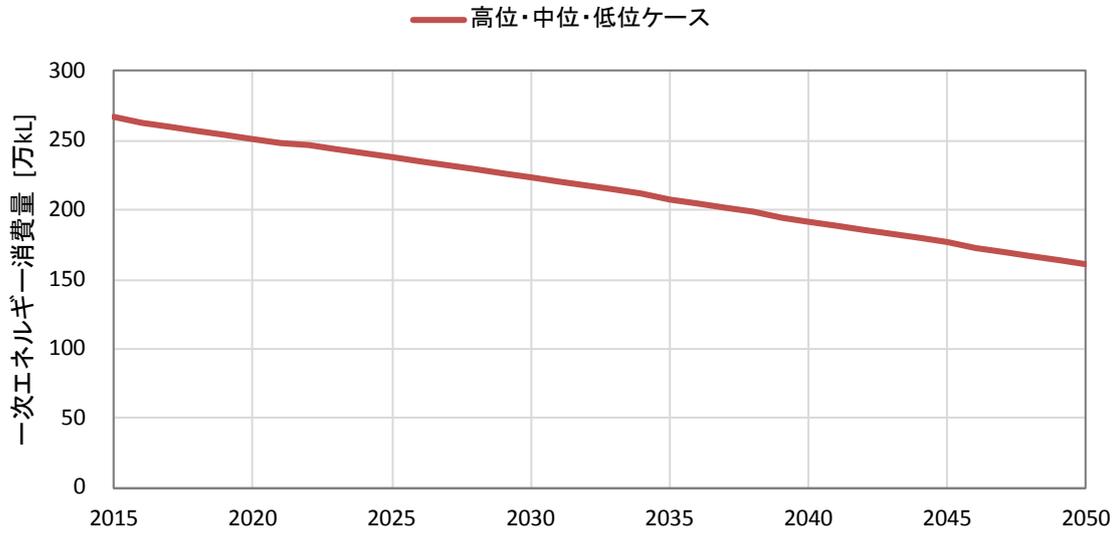


図 2-31 一次エネルギー消費量の推計結果：家庭用空調（冷房分）

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015年度）の家庭用エアコンの負荷分担率及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した現状固定ケースからの省エネルギー効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-32、図 2-33、表 2-13 に示す。

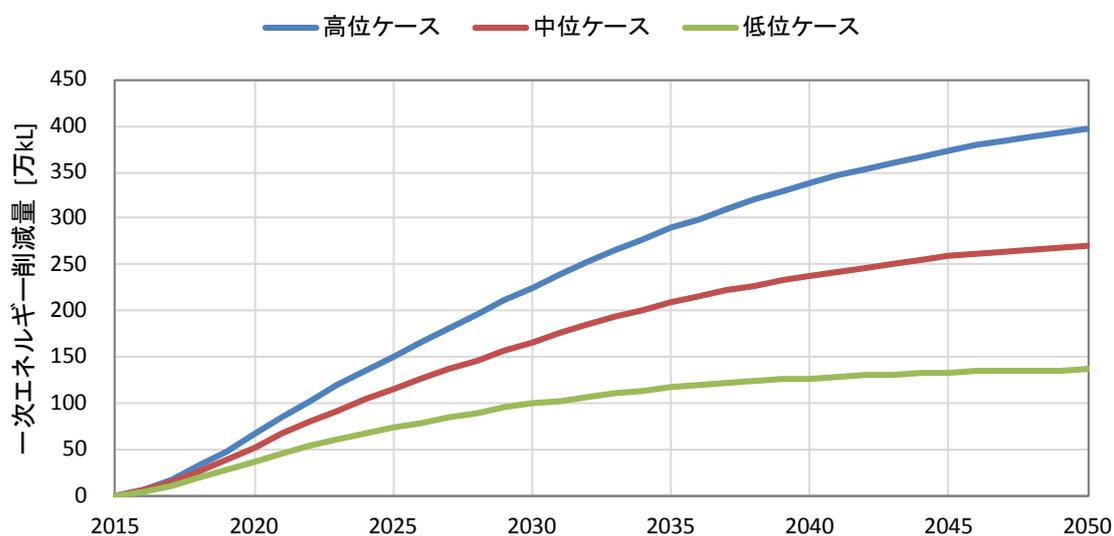


図 2-32 省エネ効果の推計結果：家庭用空調（暖房分）

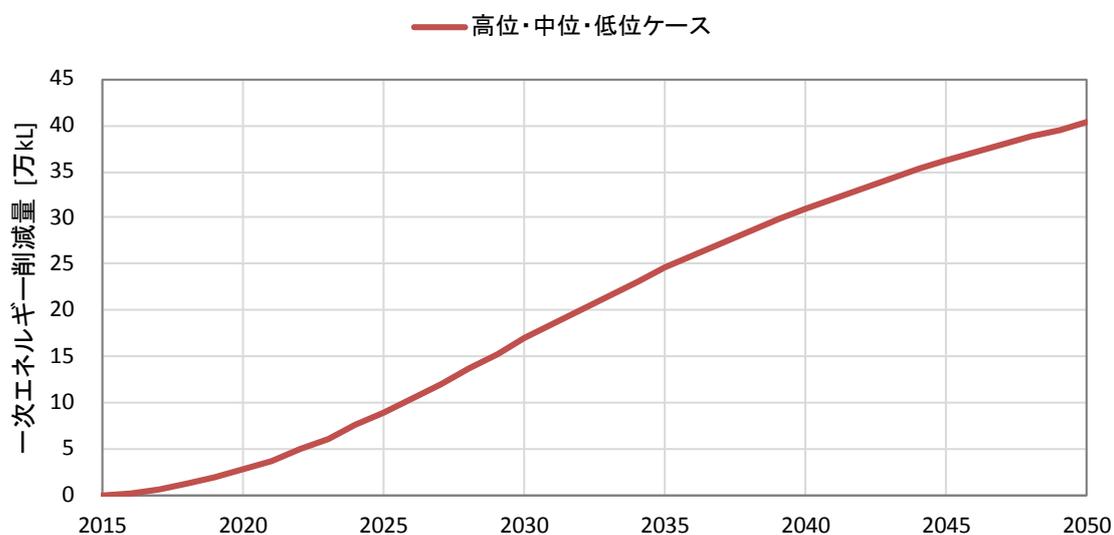


図 2-33 省エネ効果の推計結果：家庭用空調（冷房分）

表 2-13 省エネ効果の内訳：家庭用空調

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位 ケース	合計	70	242	369	437
	他の暖房機器からの代替効果	64	201	285	321
	エアコンの効率改善効果	6	41	83	116
	暖房	67	225	338	397
	他の暖房機器からの代替効果	64	201	285	321
	エアコンの効率改善効果	3	24	52	75
	冷房	3	17	31	40
	エアコンの効率改善効果	3	17	31	40
	中位 ケース	合計	56	184	269
他の暖房機器からの代替効果		50	145	194	209
エアコンの効率改善効果		6	39	75	102
暖房		53	167	238	271
他の暖房機器からの代替効果		50	145	194	209
エアコンの効率改善効果		3	22	44	62
冷房		3	17	31	40
エアコンの効率改善効果		3	17	31	40
低位 ケース		合計	40	116	159
	他の暖房機器からの代替効果	35	80	92	89
	エアコンの効率改善効果	6	36	67	88
	暖房	37	99	128	137
	他の暖房機器からの代替効果	35	80	92	89
	エアコンの効率改善効果	3	19	36	47
	冷房	3	17	31	40
	エアコンの効率改善効果	3	17	31	40

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果にCO₂原単位を乗じてCO₂削減効果を推計した結果を図 2-34、図 2-35、表 2-14 に示す。2050 年度断面における中位ケースでの CO₂ 削減効果は 828 万 t-CO₂/年であり、このうち、他機器の代替効果は 760 万 t-CO₂/年、家庭用エアコンの効率改善効果は 68 万 t-CO₂/年と推計される。

冷房分については、CO₂ 削減効果は 2030 年代後半に向けて増加した後減少に転じる見込みとなっている。これは、他機器の代替が存在せず電力利用機器（家庭用エアコン）の効率向上のみが評価される冷房分については、電力の CO₂ 原単位の低減が中長期的に進展していくにつれて単位省エネ量あたりの CO₂ 削減効果が小さくなることの影響が顕著に現れるためである。

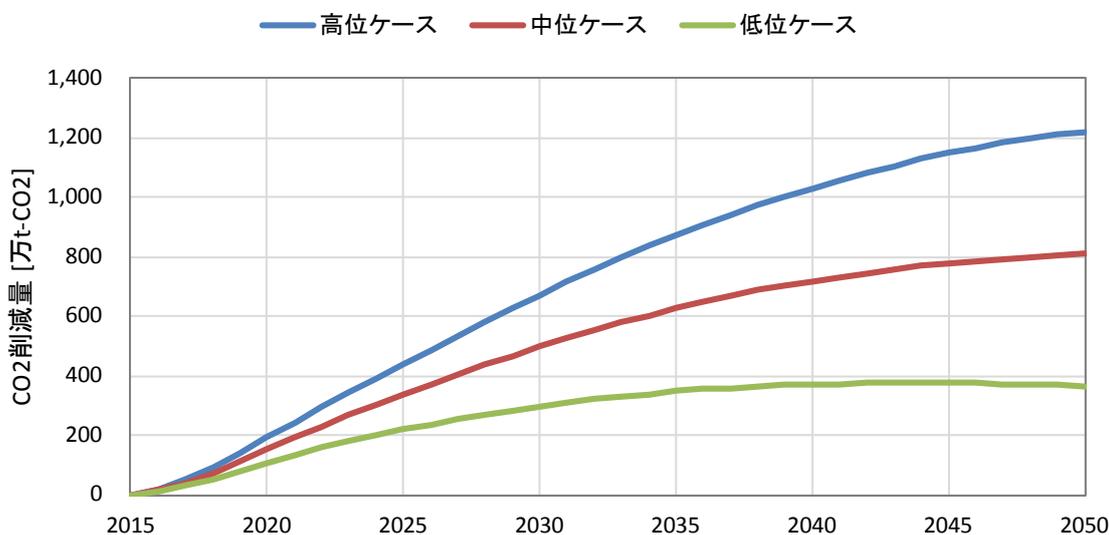


図 2-34 CO₂ 削減効果の推計結果：家庭用空調（暖房分）

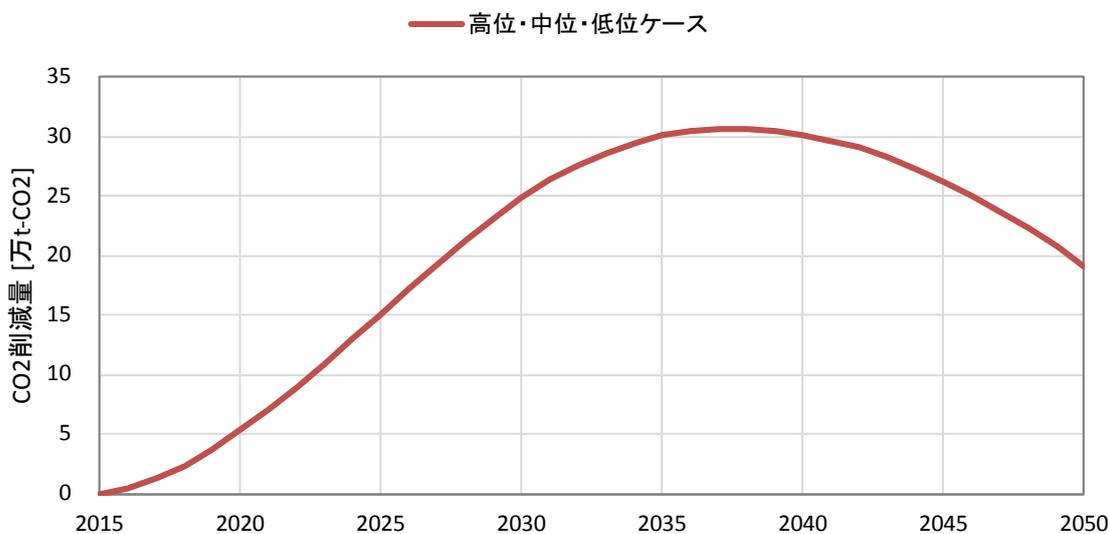


図 2-35 CO₂ 削減効果の推計結果：家庭用空調（冷房分）

表 2-14 CO2 削減効果の内訳：家庭用空調

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位 ケース	合計	196	696	1,062	1,241
	他の暖房機器からの代替効果	180	610	951	1,167
	エアコンの効率改善効果	16	85	111	74
	暖房	191	671	1,032	1,222
	他の暖房機器からの代替効果	180	610	951	1,167
	エアコンの効率改善効果	11	60	81	55
	冷房	5	25	30	19
	エアコンの効率改善効果	5	25	30	19
	中位 ケース	合計	156	521	749
他の暖房機器からの代替効果		140	440	645	760
エアコンの効率改善効果		16	82	104	68
暖房		151	497	719	809
他の暖房機器からの代替効果		140	440	645	760
エアコンの効率改善効果		11	57	73	49
冷房		5	25	30	19
エアコンの効率改善効果		5	25	30	19
低位 ケース		合計	112	322	401
	他の暖房機器からの代替効果	96	244	306	325
	エアコンの効率改善効果	16	78	95	61
	暖房	107	297	371	366
	他の暖房機器からの代替効果	96	244	306	325
	エアコンの効率改善効果	11	53	65	42
	冷房	5	25	30	19
	エアコンの効率改善効果	5	25	30	19

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.2.3 業務用給湯

(1) 前提条件

1) 評価対象とする機器

業務用給湯機については、燃焼式給湯器をヒートポンプ給湯機で代替する効果について評価するものとし、表 2-15 に示す業務用給湯機を対象とした。

ヒートポンプ給湯機については、日本冷凍空調工業会の自主統計において出荷実績が示されている「業務用ヒートポンプ給湯機」と定義した。燃焼式給湯器については、日本暖房機器工業会の「暖房機器年鑑」及び日本ガス石油機器工業会の自主統計において、出荷実績が示されている各機器を対象とした。

なお、小型貫流ボイラについては、経済産業省「平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）」報告書における想定を参考に、50%を業務用給湯、残りの 50%を産業用加温と想定した。同様に、ガス貯蔵湯沸器、ガス貯湯湯沸器、石油小形給湯器についても、同文献における想定を参考に 7.5%を業務用給湯、残りの 92.5%を家庭用給湯と想定した。

表 2-15 評価対象とした業務用給湯機

分析上の機器	統計上の機器	
	統計名	対象機器
HP 給湯機	日本冷凍空調工業会 自主統計	業務用ヒートポンプ給湯機
燃焼式給湯器	日本暖房機器工業会 暖房機器年鑑	ガスだき温水ボイラのうち業務用
		油だき温水ボイラのうち 34.9kW 超
		小型貫流ボイラのうち 50%
		真空式・無圧式温水発生機
	日本ガス石油機器工業会 自主統計	ガス瞬間湯沸器のうち先止式のうち業務用
		ガス貯蔵湯沸器のうち 7.5%
		ガス貯湯湯沸器のうち 7.5%
	石油小型給湯器のうち 7.5%	

2) 市場セグメントの設定

業務用ヒートポンプ給湯機は、必ずしも業務用建物のすべてに導入可能ではなく、建物の用途や規模によって導入の適否がある。

そこで、過年度調査と同様、表 2-16 に示すとおり、建物の用途、規模ごとに現在使用されている代表的な給湯システムを把握した上で、業務用ヒートポンプ給湯機の導入適性について判断した。

表 2-16 建物セグメント別の業務用 HP 給湯機の導入適性評価

建物セグメント		給湯システムの現状に基づく導入適性評価	
事務所	10,000m ² 未満	△	<ul style="list-style-type: none"> 湯の使用は洗面及び給湯室での需要がメインになる。かつては建物にボイラを設置して給湯配管を回す方法も見られたが、現在は給湯の必要な箇所に小型の給湯器や電気温水器を設置する方法が多いため、HP 給湯機の導入の難しいケースが多い。ただし、1 万 m² を超えるような大規模ビルでは食堂や飲食店が入る場合が多く、導入可能と考えられる。
	10,000m ² 以上	○	
店舗	10,000m ² 未満	△	<ul style="list-style-type: none"> 店舗での給湯需要の中心は事務所と同様洗面や給湯室での需要であり、局所給湯中心となる。したがって、HP 給湯機の導入の難しいケースが多い。ただし、大規模な店舗やショッピングセンターのクラスになると飲食店が入る場合が多く、導入可能と考えられる。
	10,000m ² 以上	○	
飲食店		○	<ul style="list-style-type: none"> 厨房で多くの給湯需要が発生し、ガス給湯器等が用いられている。家庭用と同様、一過式の HP 給湯システムでの対応が可能と考えられる。
学校	保育所	○	<ul style="list-style-type: none"> 保育所には必ず厨房設備があり給湯需要は多い。小中高校も、給食室のある学校では給湯需要が発生する。 大学では食堂での給湯需要があるほか、体育館等でシャワーやプール需要の発生するケースもある。 幼稚園やその他学校の場合は給湯需要が少なく、洗面での需要が中心となる。
	幼稚園	△	
	小中高校	○	
	大学	○	
	その他学校	△	
ホテル・旅館		○	<ul style="list-style-type: none"> いずれの規模においても、洗面・シャワー・共同浴室・レストランなどで多くの給湯需要が発生する。温水ボイラ+貯湯槽のセントラル給湯システムでこれらのすべてを賄う方法が基本で、HP 給湯機の導入が可能である。 大規模なシティホテルになると厨房での滅菌・乾燥やリネン室で蒸気を用いるケースが多く、蒸気ボイラを熱源とするケースが多くなる。現状こうしたケースにリニューアルで HP 給湯機を導入することは難しいが、リネンは外部委託化が進んでいること、食器の滅菌・乾燥は近年電気式の機器が多くなっていることなどから、将来的には HP 給湯機での対応が可能である。大規模シティホテルはそもそも給湯需要自体が大きいために HP 給湯機ではサイズの問題などもあるが、機器の小型化等により将来的にはすべてのホテルに適応可能と考えられる。
病院		○	<ul style="list-style-type: none"> 建物内の多くの箇所で洗面・シャワー・風呂などの給湯需要が発生し、温水ボイラ+貯湯槽のセントラル給湯システムでこれらのすべてを賄う方法が多く見られる。診療所の場合は瞬間式のガス給湯器が多い。いずれの場合も HP 給湯機の導入が可能と考えられる。 大規模病院では滅菌等に蒸気が必要となるため蒸気ボイラを用いる場合もあるが、近年は蒸気の使用は嫌われる傾向にあり、個別の箇所で滅菌機を使用するケースも多く、HP 給湯機の導入が可能と考えられる。

建物セグメント		給湯システムの現状に基づく導入適性評価	
その他	福祉施設	○	・ 給湯需要としては、厨房、風呂、居室給湯などがあり、温水ボイラ+貯湯槽のセントラル給湯システムでこれらのすべてを賄うのが基本である。厨房については別途給湯器を設置する場合も多く見られるが、いずれの場合も HP 給湯機の導入が可能と考えられる。
	理美容施設	○	・ シャンプー台での需要が多い。湯の温度や圧力を一定に保つニーズが大きいことから理美容用の温水ボイラが用いられる場合が多いが、HP 給湯機はタンクからの湯温が一定という特徴があるため、適用が容易である。
	スポーツ施設	○	・ 給湯需要としてはシャワー・洗面及びプール加温があり、温水ボイラを用いたセントラル給湯システムが基本である。プールサイドの暖房も貯湯槽からの湯で賄う場合が多い。現状、最も HP 給湯機が多く導入されている用途の一つである。
	ゴルフ場	○	・ 厨房・洗面・シャワーなど多くの場所で給湯需要が発生するほか、風呂の加温にも湯が使用される。温水ボイラ+貯湯槽のセントラル給湯システムでこれらすべてを賄うのが基本であり、HP 給湯機の導入が可能と考えられる。
	上記以外	△	・ 上記以外の建物では、給湯需要の中心は洗面や給湯室での需要であり、局所給湯中心となる。したがって、HP 給湯機の導入の難しいケースが多いと判断される。

以上の導入適性評価を踏まえ、表 2-17 に示すとおり、業務用給湯市場を①～③の 3 つのセグメントに区分した。なお、地域区分については、以下の定義とした。

- 寒冷地：北海道、東北地方（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県）、北陸地方（新潟県、富山県、石川県、福井県）
- 温暖地：上記以外の地域

表 2-17 業務用給湯市場のセグメントの想定

市場セグメント			想定
分類	建物セグメント	地域	
①	導入適性○	寒冷地	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入適性が「○」の建物セグメントについては、現在の業務用 HP 給湯機の普及が進むものと想定した。 ・ ただし、寒冷地は温暖地よりも普及が遅れていることから、セグメントを分けて設定した。
②	導入適性○	温暖地	
③	導入適性△	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入適性が「△」の建物セグメントについては、局所給湯が多く使用されるなど、現在の業務用 HP 給湯機では対応が困難な用途である。ただし、現在家庭用ヒートポンプを中心に「小型化」の開発が進められており、将来的にはシンク下など局所給湯対応の HP 給湯機が実用化される可能性がある。 ・ ここでは、導入適性「△」の建物セグメントにも、2025 年以降はこうした機種が導入されていくものと想定した。

(2) 算定フロー

業務用給湯市場におけるヒートポンプ給湯機の普及見通しの算定フローを図 2-36 に示す。

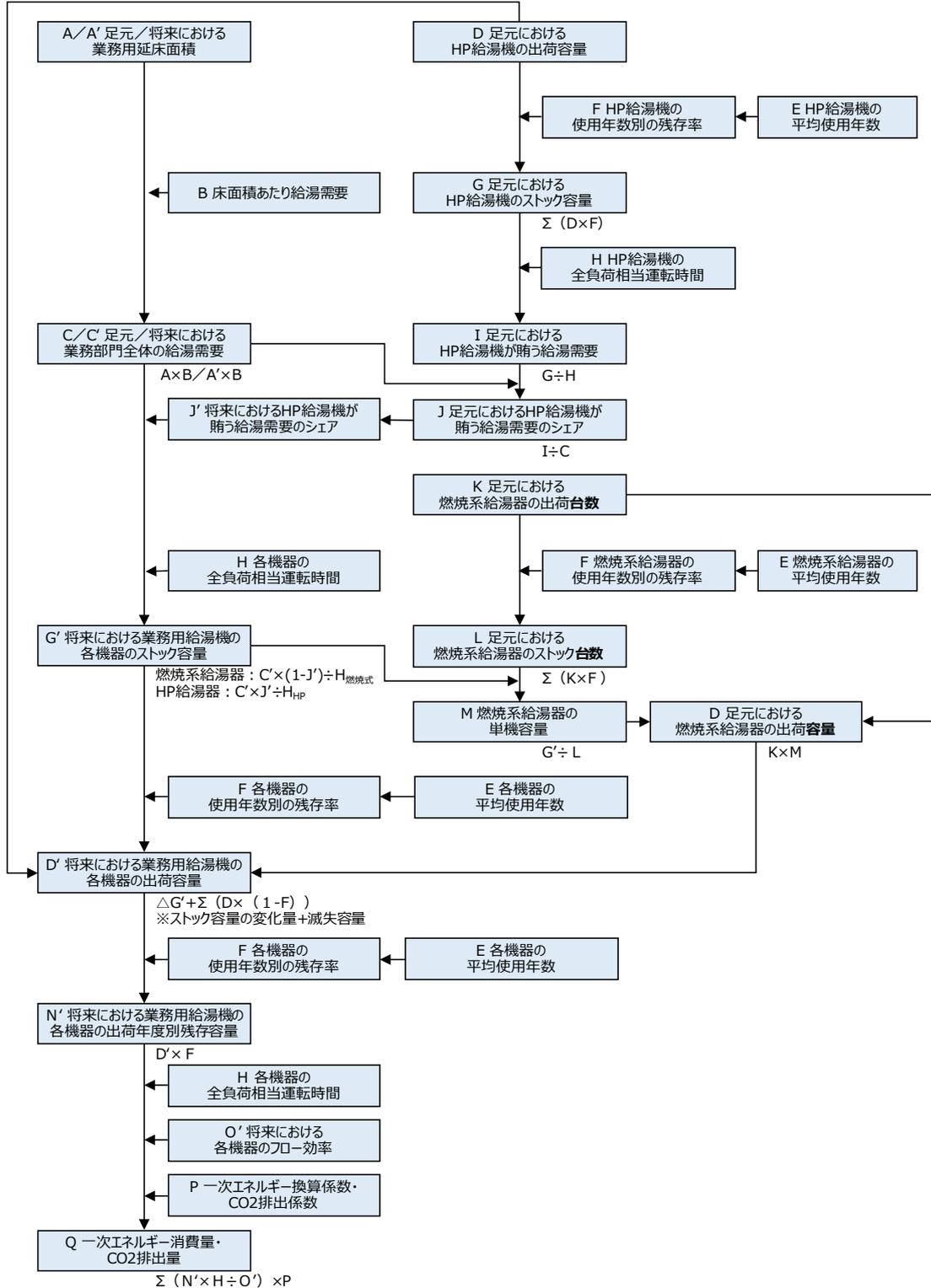


図 2-36 業務用給湯市場における HP 給湯機の普及見通しの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 業務用給湯の市場規模（業務部門における給湯需要）

現状及び将来の業務用給湯の市場規模（業務部門における給湯需要）については、業務用建築物の延床面積に、床面積あたりの給湯需要を乗じることで、業務部門全体の給湯需要を推計した。

a. 地域別・建物セグメント別の業務用延床面積

現状及び将来の業務部門の業務用給湯の市場規模（ストック容量）を推計するにあたり、まず地域別、建物セグメント別の業務用建築物の延床面積について整理した。

足元（2015年度）の実績値に関しては、日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編の「エネルギー・経済統計要覧」（EDMC）に記載されている建物用途別延床面積データをベースとして、次頁の表 2-19 に示すとおり、各種統計データを用いて、地域別（寒冷地、温暖地）、建物の規模別またはより細かな用途別（学校であれば幼稚園、小中高校、大学等）に分解した。

足元の地域別・建物セグメント別の業務用延床面積の推計結果を表 2-18 に示す。

表 2-18 足元（2015年度）の地域別・建物セグメント別の業務用延床面積の推計結果

建物セグメント	HP 給湯機の導入適性	延床面積（百万 m ² ）		
		全国	寒冷地	温暖地
合計		1,869	342	1,527
事務所		487	68	419
10,000m ² 未満	△	328	46	282
10,000m ² 以上	○	159	22	137
店舗		478	67	411
10,000m ² 未満	△	322	45	277
10,000m ² 以上	○	156	22	134
飲食店	○	66	10	55
学校		368	70	297
保育所	○	26	5	21
幼稚園	△	14	2	12
小中高校	○	230	47	183
大学	○	76	13	64
その他学校	△	22	4	18
ホテル・旅館	○	90	20	70
病院	○	114	21	93
その他		266	85	181
福祉施設	○	64	12	52
理美容施設	○	14	3	11
スポーツ施設	○	15	2	13
ゴルフ場	○	8	1	6
上記以外	△	165	67	98

表 2-19 地域別・建物セグメント別の業務用延床面積の設定方法

	建物セグメント	地域			備考
		全国	寒冷地	温暖地	
A	合計	EDMC の合計値	(A の合計値) × 寒冷地の床面積 ÷ 全国の床面積	(A の合計値) × 温暖地の床面積 ÷ 全国の床面積	地域別の床面積は、「建築物ストック統計」より 地域別・規模別の事務所の床面積は、「法人土地・建物基本調査」より
B	事務所	EDMC の「事務所」の値	(B の合計値) × 寒冷地の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	(B の合計値) × 温暖地の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	
①	10,000m ² 未満	(B の合計値) × 10,000m ² 未満の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	(B の合計値) × 寒冷地の 10,000m ² 未満の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	(B の合計値) × 温暖地の 10,000m ² 未満の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	
②	10,000m ² 以上	(B の合計値) × 10,000m ² 以上の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	(B の合計値) × 寒冷地の 10,000m ² 以上の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	(B の合計値) × 温暖地の 10,000m ² 以上の事務所の床面積 ÷ 全国の事務所の床面積	
C	店舗	EDMC の「卸・小売」「デパート・スーパー」の合計値	(C の合計値) × 寒冷地の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	(C の合計値) × 温暖地の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	地域別・規模別の店舗の床面積は、「法人土地・建物基本調査」より
①	10,000m ² 未満	(C の合計値) × 10,000m ² 未満の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	(C の合計値) × 寒冷地の 10,000m ² 未満の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	(C の合計値) × 温暖地の 10,000m ² 未満の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	
②	10,000m ² 以上	(C の合計値) × 10,000m ² 以上の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	(C の合計値) × 寒冷地の 10,000m ² 以上の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	(C の合計値) × 温暖地の 10,000m ² 以上の店舗の床面積 ÷ 全国の店舗の床面積	
D	飲食店	EDMC の「飲食店」の値	(D の合計値) × 寒冷地の飲食店数 ÷ 全国の飲食店数	(D の合計値) × 温暖地の飲食店数 ÷ 全国の飲食店数	地域別の飲食店数は、「平成 26 年経済センサス基礎調査」より
E	学校	EDMC の「学校」の値	寒冷地の①～⑤の合計値	温暖地の①～⑤の合計値	
①	保育所	(E の合計値) - (E②～⑤の合計値)	(E① の合計値) × 寒冷地の保育所数 ÷ 全国の保育所数	(E① の合計値) × 温暖地の保育所数 ÷ 全国の保育所数	地域別の保育所数は、「社会福祉施設等調査」より
②	幼稚園	「文部科学統計要覧」より	(E②の合計値) × 寒冷地の幼稚園数 ÷ 全国の幼稚園数	(E②の合計値) × 温暖地の幼稚園数 ÷ 全国の幼稚園数	地域別の学校数は、「文部科学統計要覧」より
③	小中高校	「文部科学統計要覧」より	(E③の合計値) × 寒冷地の小中高校数 ÷ 全国の小中高校数	(E③の合計値) × 温暖地の小中高校数 ÷ 全国の小中高校数	
④	大学	「文部科学統計要覧」より	(E④の合計値) × 寒冷地の大学数 ÷ 全国の大学数	(E④の合計値) × 温暖地の大学数 ÷ 全国の大学数	
⑤	その他学校	「文部科学統計要覧」より	(E⑤の合計値) × 寒冷地のその他学校数 ÷ 全国のその他学校数	(E⑤の合計値) × 温暖地のその他学校数 ÷ 全国のその他学校数	

	建物セグメント	地域			備考
		全国	寒冷地	温暖地	
F	ホテル・旅館	EDMCの「ホテル・旅館」の値	(Fの合計値) × 寒冷地のホテル・旅館の床面積 ÷ 全国のホテル・旅館の床面積	(Fの合計値) × 温暖地のホテル・旅館の床面積 ÷ 全国のホテル・旅館の床面積	地域別のホテル・旅館の床面積は、「法人土地・建物基本調査」より
G	病院	EDMCの「病院」の値	(Gの合計値) × 寒冷地の病院数 ÷ 全国の病院数	(Gの合計値) × 温暖地の病院数 ÷ 全国の病院数	地域別の病院数は、「医療施設調査」より
H	その他	EDMCの「その他」「娯楽場」の合計値	(寒冷地のAの値) - (寒冷地のB～Gの合計値)	(温暖地のAの値) - (温暖地のB～Gの合計値)	
①	福祉施設	全国の福祉施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	寒冷地の福祉施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	温暖地の福祉施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	各用途の地域別の施設数は「平成26年経済センサス基礎調査」より 各用途の1施設あたりの床面積は、過年度調査と同様、以下のとおり想定 福祉施設：670m ² 理美容施設：50m ² スポーツ施設：3000m ² ゴルフ場：3000m ²
②	理美容施設	全国の理美容施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	寒冷地の理美容施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	温暖地の理美容施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	
③	スポーツ施設	全国のスポーツ施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	寒冷地のスポーツ施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	温暖地のスポーツ施設の施設数 × 1施設あたりの床面積	
④	ゴルフ場	全国のゴルフ場の施設数 × 1施設あたりの床面積	寒冷地のゴルフ場の施設数 × 1施設あたりの床面積	温暖地のゴルフ場の施設数 × 1施設あたりの床面積	
⑤	上記以外	(Hの合計値) - (H①～④の合計値)	(寒冷地のHの値) - (寒冷地のH①～④の合計値)	(温暖地のHの値) - (温暖地のH①～④の合計値)	

将来の業務用延床面積に関しては、長期エネルギー需給見通しを参考に、図 2-37 に示すとおり、2030 年度までは緩やかに伸張、2030 年度以降は横這いになるものと想定し、この経年変化率を、表 2-18 で示した足元の業務用延床面積の各区分（地域、建物セグメント）に適用することで、将来における地域別・建物セグメント別に推計した。

将来の地域別・建物セグメント別の業務延床面積の推計結果を表 2-20 に示す。

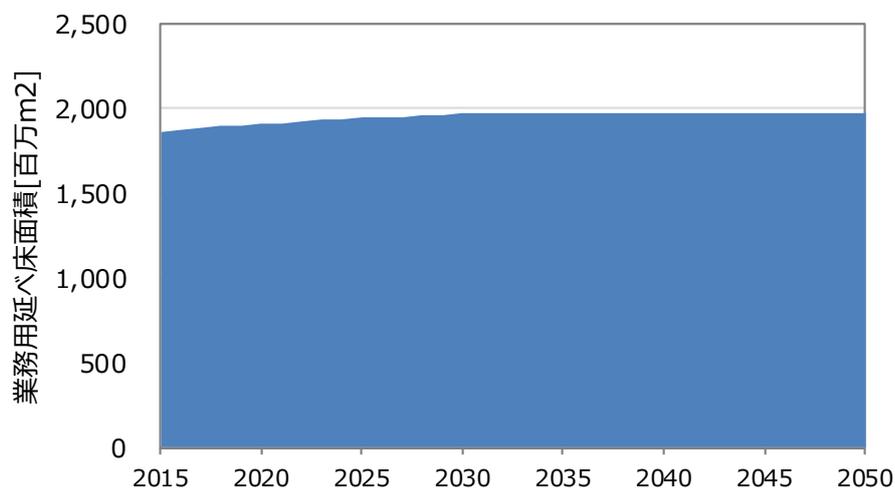


図 2-37 将来の業務用延床面積の推移

表 2-20 将来の地域別・建物セグメント別の業務用延床面積の推移

建物セグメント		延床面積（百万 m2）							
		寒冷地				温暖地			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度	2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
事務所	10,000m2 未満	47	49	49	49	288	297	297	297
	10,000m2 以上	23	24	24	24	140	144	144	144
店舗	10,000m2 未満	46	48	48	48	283	292	292	292
	10,000m2 以上	22	23	23	23	137	142	142	142
飲食店		10	11	11	11	57	58	58	58
学校	保育所	5	5	5	5	22	22	22	22
	幼稚園	2	2	2	2	12	12	12	12
	小中高校	48	50	50	50	187	193	193	193
	大学	13	13	13	13	65	67	67	67
	その他学校	4	4	4	4	18	19	19	19
ホテル・旅館		20	21	21	21	72	74	74	74
病院		22	22	22	22	95	98	98	98
その他	福祉施設	12	12	12	12	54	55	55	55
	理美容施設	3	3	3	3	11	12	12	12
	スポーツ施設	2	2	2	2	13	14	14	14
	ゴルフ場	2	2	2	2	7	7	7	7
	上記以外	68	71	71	71	100	103	103	103

b. 地域別・建物セグメント別の床面積あたり給湯需要

地域別・建物セグメント別の床面積あたり給湯需要については、建築物省エネ法における想定を参考に、表 2-21 に示すとおり設定した。

具体的には、基準一次エネルギー消費量の算定根拠として示されている「給湯設備の基準一次エネルギー消費量原単位」より、地域別・室用途別の給湯需要原単位を設定するとともに、建築物省エネ法のモデル建物法で用いられているモデル建物の仕様等を参考に、各建物セグメントの標準的な室用途毎の面積を想定し、算定した。なお、給湯需要原単位について、寒冷地は省エネ地域区分の1地域、温暖地は5地域の値を用いて設定した。

表 2-21 地域別・建物セグメント別の床面積あたり給湯需要

建物セグメント		HP 給湯機の導入適性	給湯需要原単位 (MJ/m ² ・年)	
			寒冷地	温暖地
事務所	10,000m ² 未満	△	13	11
	10,000m ² 以上	○	12	10
店舗	10,000m ² 未満	△	105	90
	10,000m ² 以上	○	61	51
飲食店		○	611	519
学校	保育所	○	86	73
	幼稚園	△	32	27
	小中高校	○	86	73
	大学	○	178	150
	その他学校	△	86	73
ホテル・旅館		○	210	178
病院		○	312	265
その他	福祉施設	○	312	265
	理美容施設	○	502	502
	スポーツ施設	○	1221	1221
	ゴルフ場	○	670	670
	上記以外	△	5	5

<給湯需要の設定方法：事務所・10,000m² 未満の例>

以下に示すとおり、室用途別の給湯需要原単位を面積で加重平均することにより算定。

モデル建物の仕様				地域別・室用途別の給湯需要原単位 (MJ/m ² ・年)		
階	室名	室用途	給湯負荷計算対象	室面積 (m ²)	寒冷地 (省エネ地域区分：1地域)	温暖地 (省エネ地域区分：5地域)
1F	更衣室1	更衣室又は倉庫	■	9	663	563
1F	更衣室2	更衣室又は倉庫	■	9	663	563
1F	事務室1	事務室	■	319	13	11
1F	事務室2	事務室	■	135	13	11
2-5F	事務室1	事務室	■	1,080	13	11
2-5F	事務室2	事務室	■	864	13	11
6F	事務室1	事務室	■	270	13	11
6F	事務室2	事務室	■	216	13	11
1F	警備室	事務室	■	15	13	11
1F	会議室	事務室	■	25	13	11
2-5F	会議室	事務室	■	100	13	11
6F	会議室	事務室	■	25	13	11
1F	風除け室	廊下		8		
1F	ロビー	廊下		24		
1F	廊下	廊下		56		
1F	...	廊下		...		
2-5F	廊下	廊下		224		
2-5F	EVホール	廊下		50		
2-5F	...	廊下		...		
6F	便所1	便所		26		
6F	...	便所		...		

合計	室面積による加重平均値	
4,124	13	11

c. 業務部門の給湯需要

以上の想定に基づき、将来における業務部門の給湯需要を市場セグメント別に推計した結果を図 2-38 に示す。

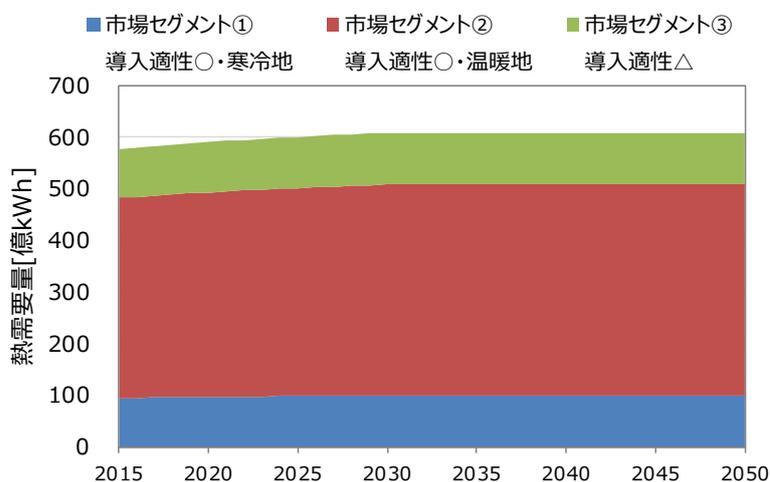


図 2-38 将来における業務部門の市場セグメント別の給湯需要の推移

2) 業務用ヒートポンプ給湯機が賅う給湯需要のシェア

足元における、業務用ヒートポンプ給湯機が賅う給湯需要のシェアについては、出荷容量の実績値及び残存曲線、全負荷相当運転時間の想定を基により、業務用ヒートポンプ給湯機が賅う給湯需要を推計し、1) で示した業務部門全体の給湯需要で除することで算定した。

将来については、足元における業務用ヒートポンプ給湯機が賅う熱需要のシェアの推移状況に対して、ロジスティック回帰を適用することで設定した。ロジスティック回帰の適用にあたっては、業務用ヒートポンプ給湯機のシェアの上限漸近値について、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

a. 足元の業務用給湯機の出荷容量

足元の業務用給湯機の出荷容量の推移を図 2-39 に示す。

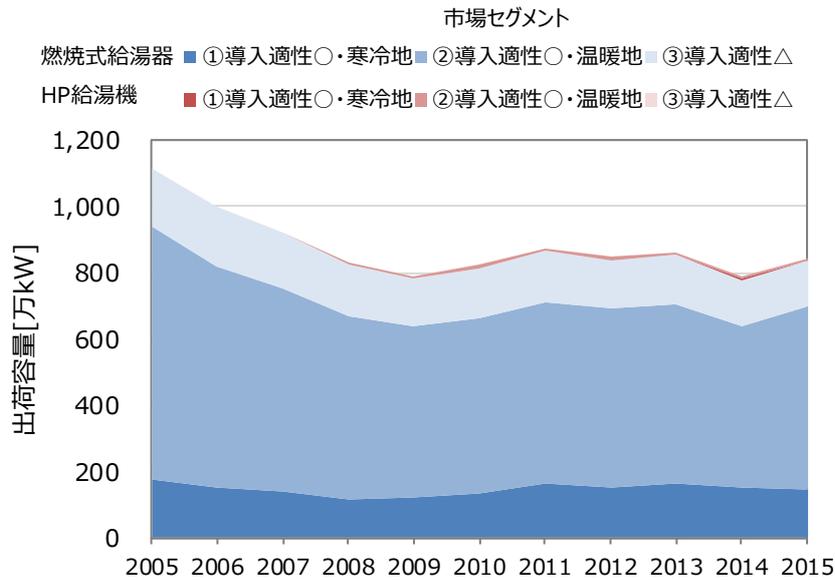


図 2-39 足元の業務用給湯機の出荷容量の推移

ヒートポンプ給湯機の出荷実績については、(1)の表 2-15 に示したとおり、日本冷凍空調工業会の自主統計より設定した。燃烧式給湯器の出荷実績は、日本暖房機器工業会が発行している「暖房機器年鑑」及び日本ガス石油機器工業会の自主統計より設定した。

なお、上記の統計データでは、ヒートポンプ給湯機については容量ベースの出荷実績が示されているものの、燃烧式給湯器については台数ベースの出荷実績しか示されていない。そこで、燃烧式給湯器に関しては、図 2-38 に示した足元（2015 年度）の給湯需要の推計結果と、後述する残存曲線、全負荷相当運転時間を考慮して推計される給湯需要が整合するよう、表 2-22 に示すとおり平均単機容量を設定した。

表 2-22 燃烧式給湯器の平均単機容量の想定

機器	市場セグメント	平均単機容量
燃烧式給湯器	①（建物セグメント：導入適性○、地域：寒冷地）	111kW
	②（建物セグメント：導入適性○、地域：寒冷地）	279kW
	③（建物セグメント：導入適性△）	23kW

b. 平均使用年数、残存曲線

平均使用年数については、経済産業省「平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）報告書」における想定に合わせて、表 2-23 に示すとおり設定した。

表 2-23 業務用給湯機の平均使用年数の想定

機器種類	平均使用年数
業務用燃烧式給湯器	14.6 年
業務用 HP 給湯機	12.9 年

残存曲線（使用年数別の残存率）は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメータである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される業務用給湯機の平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

以上より設定した残存曲線を図 2-40 に示す。

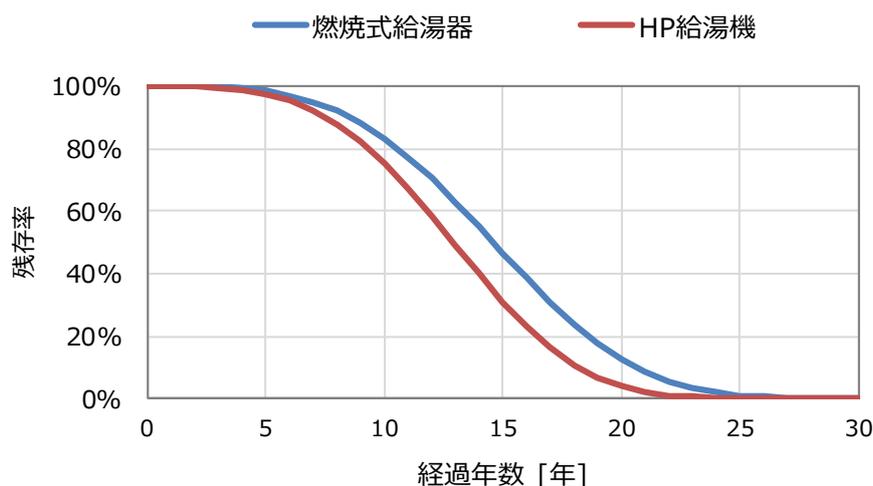


図 2-40 業務用給湯機の残存曲線

c. 業務用給湯機の全負荷相当運転時間

業務用給湯機の全負荷相当運転時間は、経済産業省「平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）報告書」における想定に合わせ、表 2-24 に示すとおり設定した。

表 2-24 業務用給湯機の全負荷相当運転時間の想定

機器種類	全負荷相当運転時間
業務用燃焼式給湯器	363h/年
業務用 HP 給湯機	2,366h/年

d. 足元の業務用ヒートポンプ給湯機が賄う給湯需要のシェア

以上の想定に基づき、各機器が賄う給湯需要を算定し、足元における業務用ヒートポンプ給湯機が賄う給湯需要のシェアを推計した結果を図 2-41 に示す。

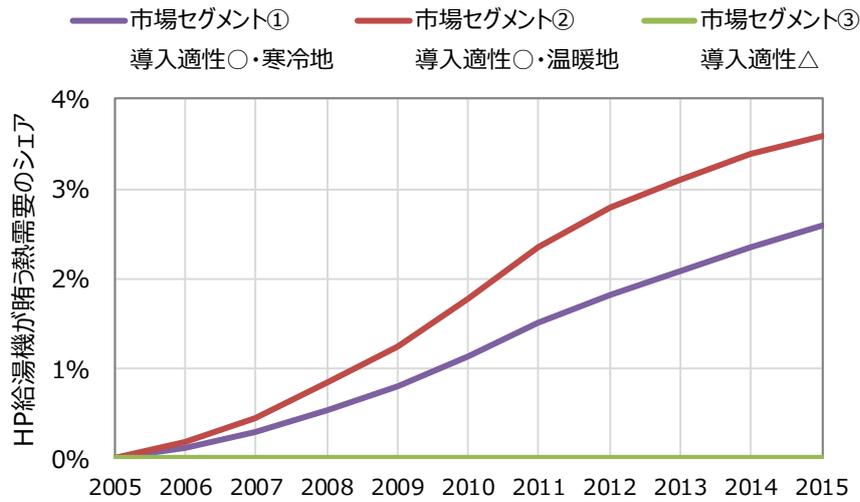


図 2-41 足元における業務用ヒートポンプ給湯機が賄う給湯需要のシェアの推移

e. 業務用ヒートポンプ給湯機の導入上限

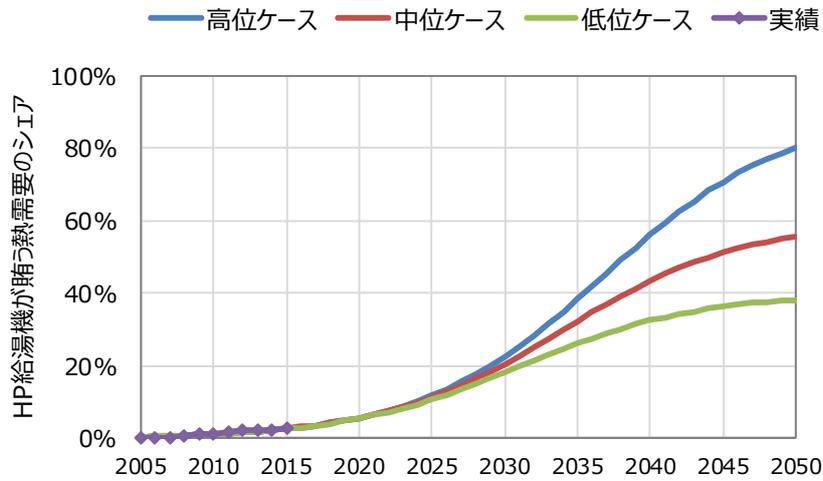
将来の業務用ヒートポンプ給湯機が賄う給湯需要のシェアを推計するにあたり、業務用ヒートポンプ給湯機のシェアの上限漸近値について、表 2-25 に示すとおり、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

表 2-25 業務用 HP 給湯機の導入上限の想定

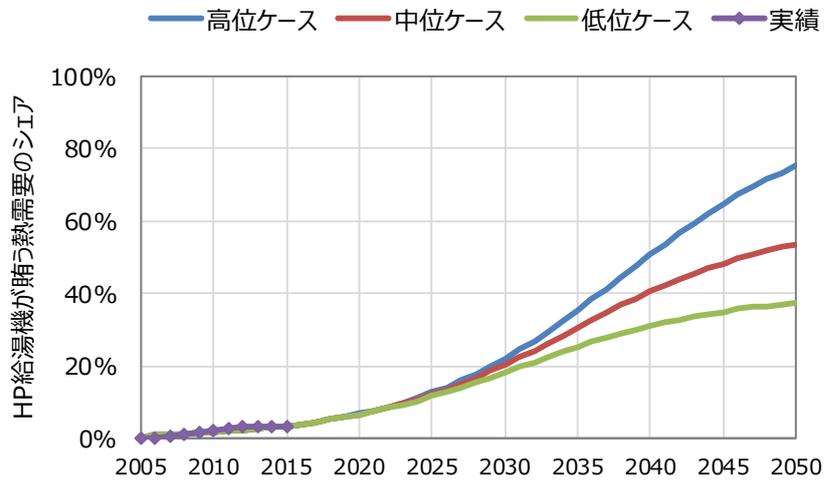
ケース	業務用 HP 給湯機の導入上限 (賄う給湯需要のシェアの上限)
高位ケース	各市場セグメントの給湯需要×90%
中位ケース	各市場セグメントの給湯需要×60%
低位ケース	各市場セグメントの給湯需要×40%

以上の想定に基づき、将来における業務用ヒートポンプ給湯機が賄う熱需要のシェアについて、高位、中位、低位の各ケースで推計した結果を図 2-42 に示す。

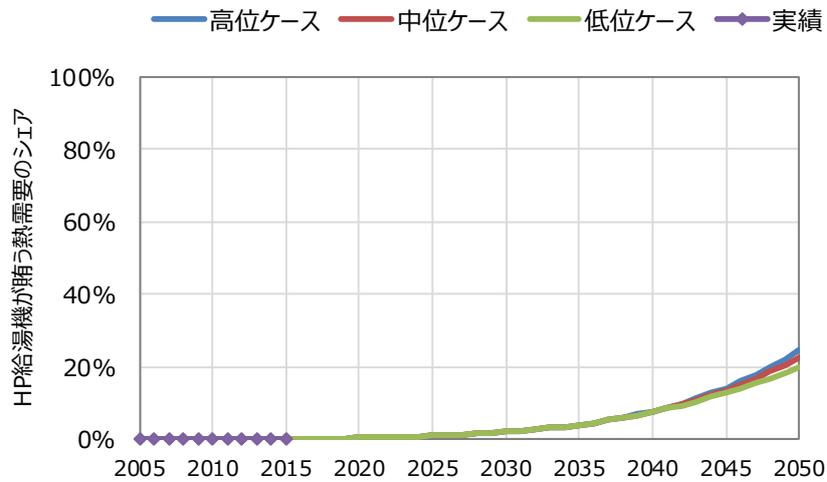
なお、市場セグメント③ (建物セグメント：ヒートポンプ給湯機の導入適性△) に関しては、前述のとおり、まだ実用化されていない (将来的に実用化することが見込まれる) 局所給湯対応のヒートポンプ給湯機の普及を想定していることから、普及開始を 2025 年度とし、その普及速度については市場セグメント② (建物セグメント：ヒートポンプ給湯機の導入適性○、地域：温暖地) と同様と想定の上、推計した。



市場セグメント① (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性○、地域：寒冷地)



市場セグメント② (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性○、地域：温暖地)



市場セグメント③ (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性△)

図 2-42 将来の業務用 HP 給湯機が賄う熱需要のシェアの想定

3) 業務用給湯機のフロー効率

業務用給湯機の機器別のフロー効率は、図 2-43 に示すとおり設定した。

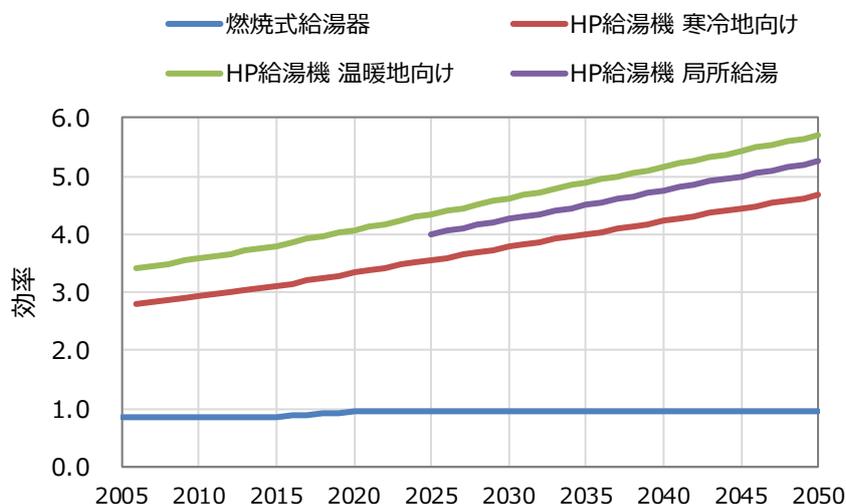


図 2-43 業務用給湯機の機器別のフロー効率の想定

温暖地向けヒートポンプ給湯機の足元（2015年度）の効率については、HPTCJ調べにより、現在販売されているヒートポンプ給湯機の効率等を踏まえ設定した。将来については、2050年度に足元（2015年度）の効率の1.5倍に達するものと想定し、間は線形補間とした。

寒冷地向けヒートポンプ給湯機の効率については、現行のトップランナー制度における、一般地向けのヒートポンプ給湯機と寒冷地向けのヒートポンプ給湯機の効率基準値の比率（貯湯容量：320～550L、保温機能：あり、貯湯缶数：一缶の効率基準値は、一般地：3.3、寒冷地：2.7）より、温暖地向けのヒートポンプ給湯機の0.82倍（ $2.7 \div 3.3$ ）と想定した。

局所給湯対応ヒートポンプ給湯機に関しては、前述のとおり、普及開始を2025年度とし、その時点での効率を4.0と想定した。将来については、温暖地向け、寒冷地向けそれぞれのヒートポンプ給湯機の効率向上の速度が同程度であると想定の上、設定した。

燃焼式給湯器の効率については、経済産業省「平成26年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）」報告書と同様に、燃焼式：0.85、潜熱回収型燃焼式：0.95と想定の上、両者の出荷比率で加重平均をとることにより設定した。燃焼式と潜熱回収型燃焼式の出荷比率については、日本暖房機器工業会が発行している「暖房機器年鑑」及び日本ガス石油機器工業会の自主統計で示されている両者の出荷台数を基に、表 2-26 に示すとおり設定した。将来に関しては、2020年度までは潜熱回収型燃焼式の比率が100%に達するものと想定し、間は線形補間した。

表 2-26 業務用燃焼式給湯器の出荷台数における燃焼式、潜熱回収型燃焼式の内訳

分類	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
燃焼式	99.8%	99.6%	99.3%	98.2%	97.2%	96.4%	94.3%	93.0%	91.8%	90.6%	89.6%	89.5%
潜熱回収型燃焼式	0.2%	0.4%	0.7%	1.8%	2.8%	3.6%	5.7%	7.0%	8.2%	9.4%	10.4%	10.5%

注釈）2003年度以前については燃焼式の比率を100%、潜熱回収型燃焼式の比率を0%と設定した。

(4) 算定結果

1) 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、業務用ヒートポンプ給湯機の出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-44、図 2-45 に示す。

業務用ヒートポンプ給湯機の出荷容量及びストック容量は、ともに大きく伸張り、中位ケースでの 2050 年度断面における出荷容量は約 100 万 kW、ストック容量は約 1,260 万 kW に達する。また、伸長の速度は緩やかとなるものの、2050 年度以降も引き続き拡大が進むことが見込まれる。

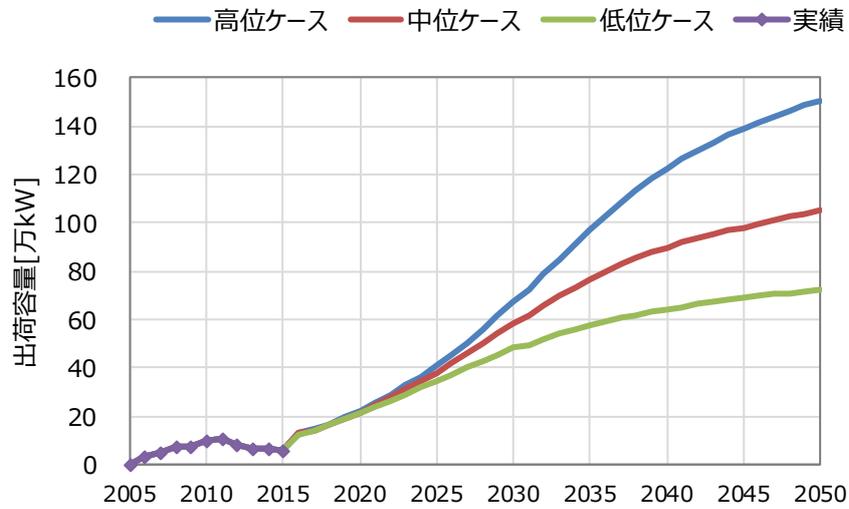


図 2-44 業務用 HP 給湯機の出荷容量の推計結果

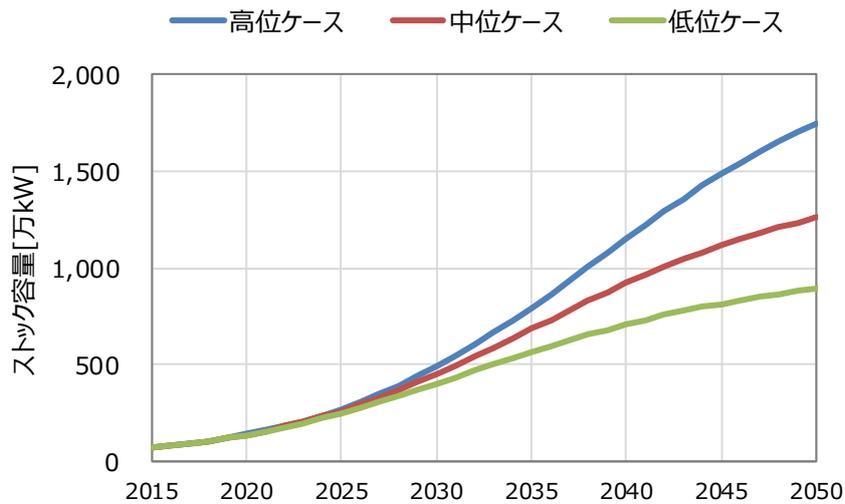
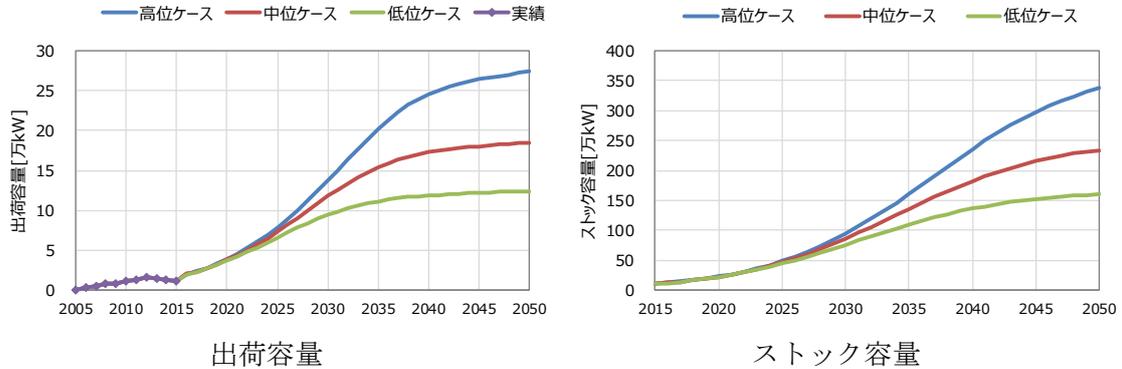


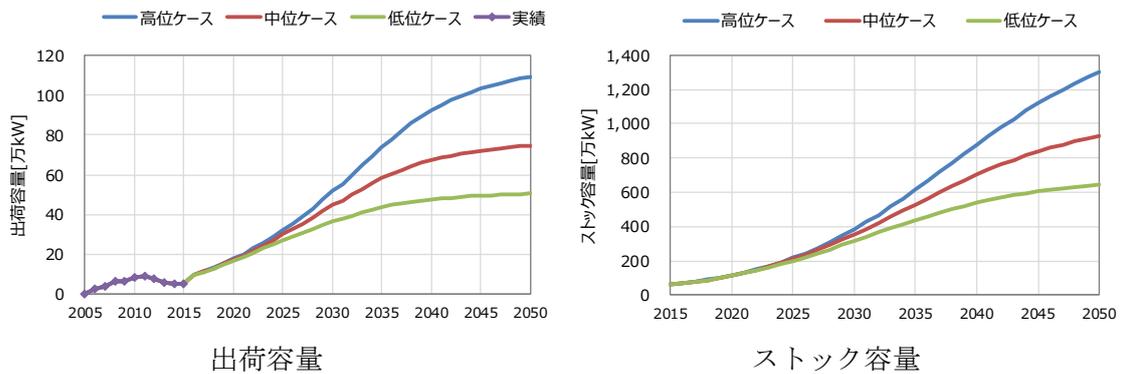
図 2-45 業務用 HP 給湯機のストック容量の推計結果

(参考) 市場セグメント別の出荷容量・ストック容量

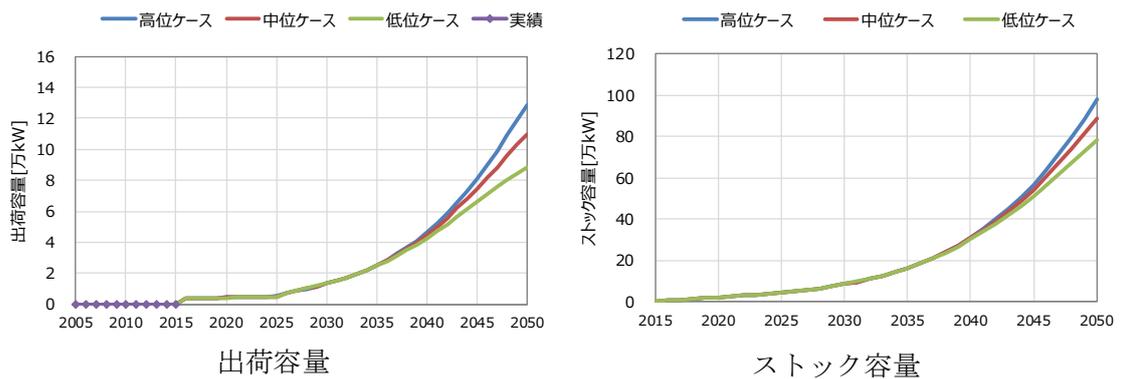
参考として、市場セグメント別の高位ケース、中位ケース、低位ケースそれぞれにおけるヒートポンプ給湯機の出荷容量及びストック容量の推計結果を図 2-46 に示す。



市場セグメント① (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性○、地域：寒冷地)



市場セグメント② (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性○、地域：温暖地)



市場セグメント③ (建物セグメント：HP 給湯機の導入適性△)

図 2-46 市場セグメント別の業務用 HP 給湯機の出荷容量及びストック容量の推計結果

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに (3) で示したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-47 に示す。

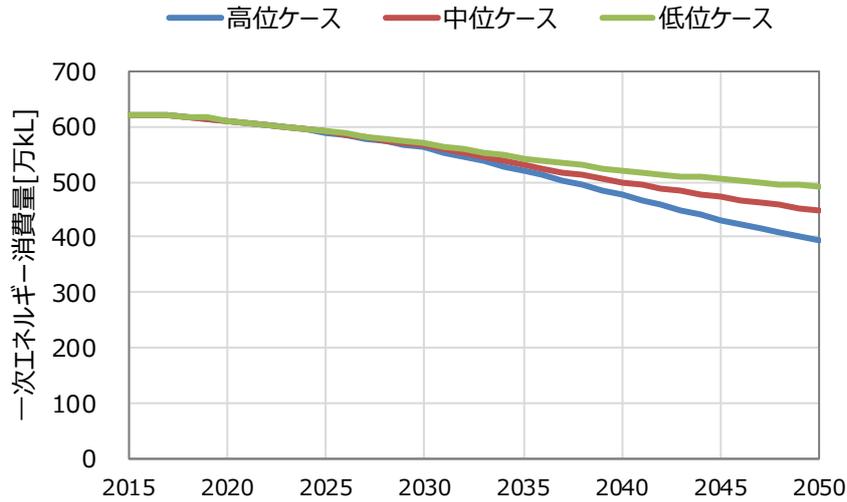


図 2-47 一次エネルギー消費量の推計結果：業務用 HP 給湯機

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015 年度）の業務用ヒートポンプ給湯機のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-48、表 2-27 に示す。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 140 万 kL/年であり、このうち、燃烧系給湯器の代替効果は 80 万 kL/年、ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 59 万 kL/年と推計される。

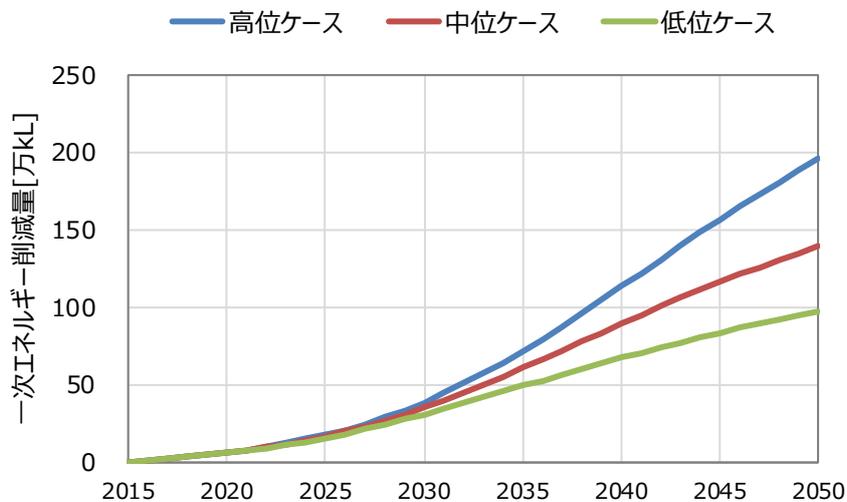


図 2-48 省エネ効果の推計結果：業務用 HP 給湯機

表 2-27 省エネ効果の内訳：業務用 HP 給湯機

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	6	39	114	196
	燃焼系給湯器の代替効果	5	28	73	113
	HP 給湯機の効率改善効果	1	10	41	83
中位ケース	合計	6	35	90	140
	燃焼系給湯器の代替効果	5	26	57	80
	HP 給湯機の効率改善効果	1	9	32	59
低位ケース	合計	6	31	68	98
	燃焼系給湯器の代替効果	5	23	43	56
	HP 給湯機の効率改善効果	1	8	25	42

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を図 2-49、表 2-28 に示す。なお、燃焼系給湯器の燃料については、エネルギー経済統計要覧における 2015 年度の給湯用燃料消費量を参照し、都市ガスと A 重油の加重平均で排出係数を算定し、将来にわたって一定と想定した。

2050 年度断面における中位ケースでの CO₂ 削減効果は 542 万 t-CO₂/年であり、このうち、燃焼系給湯器の代替効果は 513 万 t-CO₂/年、ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 28 万 t-CO₂/年と推計される。

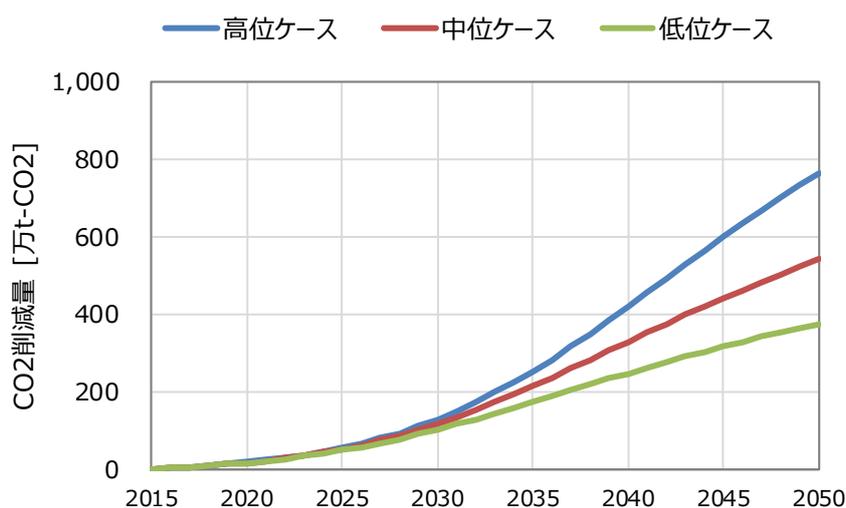


図 2-49 CO₂ 削減効果の推計結果：業務用 HP 給湯機

表 2-28 CO2 削減効果の内訳：業務用 HP 給湯機

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	17	129	419	764
	燃焼系給湯器の代替効果	16	113	379	725
	HP 給湯機の効率改善効果	1	15	40	40
中位ケース	合計	16	117	329	542
	燃焼系給湯器の代替効果	15	103	298	513
	HP 給湯機の効率改善効果	1	14	32	28
低位ケース	合計	16	102	248	375
	燃焼系給湯器の代替効果	15	90	224	355
	HP 給湯機の効率改善効果	1	12	24	20

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.2.4 業務用空調

(1) 前提条件

業務用空調については、セントラル空調と個別空調に分けて検討を行うものとする。

セントラル空調については、吸収式冷凍機をチリングユニット、ターボ冷凍機で代替する効果について評価し、個別空調についてはパッケージエアコンの効率向上が進む効果について評価することとした。(ガスヒートポンプ空調 (GHP) の代替については想定しない。)

ターボ冷凍機、吸収式冷凍機は日本冷凍空調工業会自主統計における「空調用」の分類を業務用空調と想定し、チリングユニットについては 30 馬力以上の 5% 以外を業務用空調と想定した(30馬力以上の5%については産業用空調と想定した)。パッケージエアコン (PAC) については、日本冷凍空調工業会自主統計における店舗用エアコン、ビル用マルチエアコンの分類を業務用空調と想定した。

表 2-29 評価対象とした業務用空調機器

区分	分析上の機器	統計上または文献上の機器	
		統計名	対象機器
セントラル	業務用 HP 空調	日本冷凍空調工業会 自主統計	ターボ冷凍機のうち空調用 チリングユニットのうち、30 馬力以上の 5% 以外
	吸収式冷凍機	日本冷凍空調工業会 自主統計	吸収式冷凍機のうち空調用
個別	パッケージ エアコン	日本冷凍空調工業会 自主統計	店舗用エアコン、ビル用マルチエアコン

(2) 算定フロー

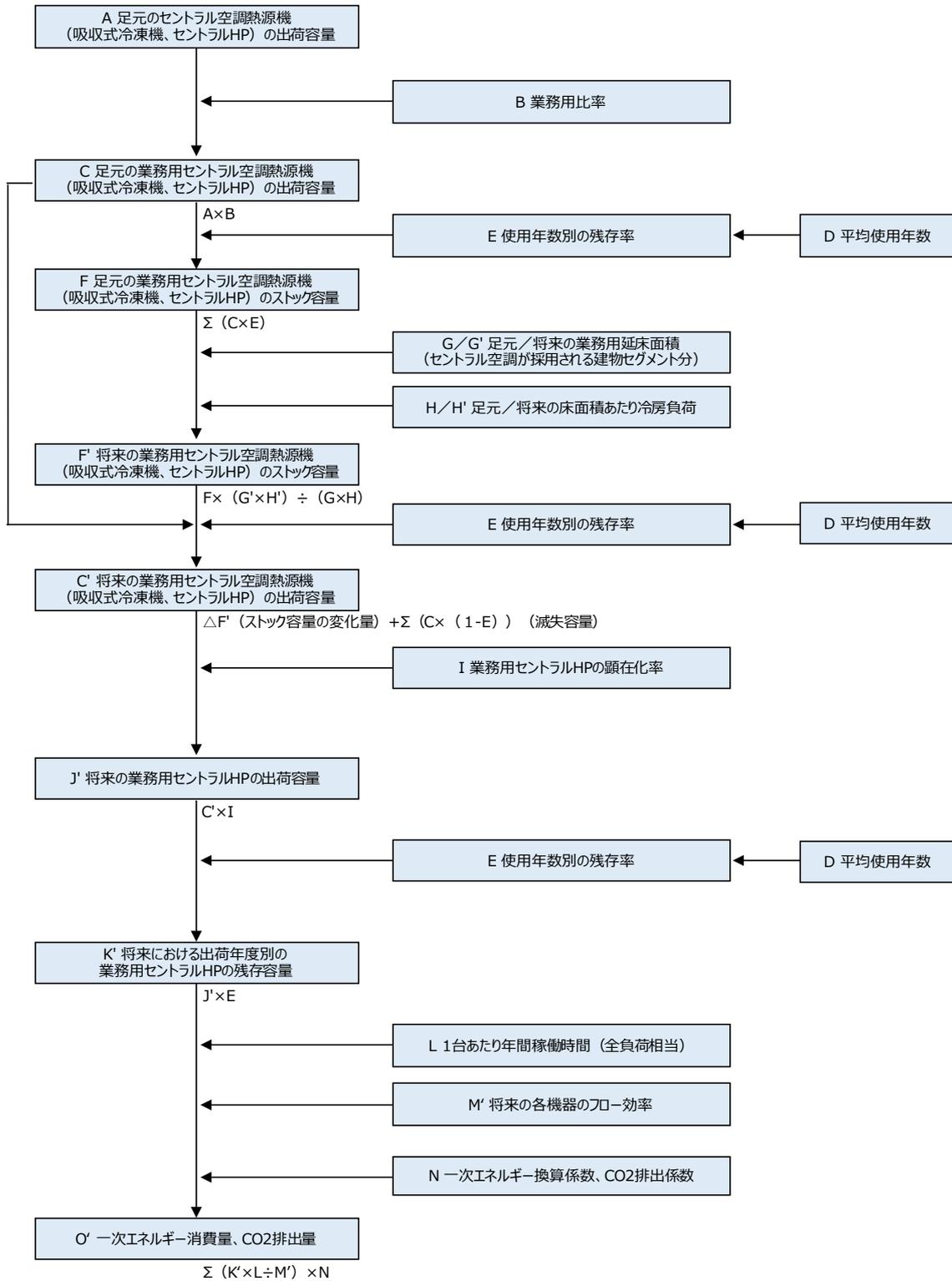


図 2-50 業務用空調 (セントラル) の普及見通しの算定フロー

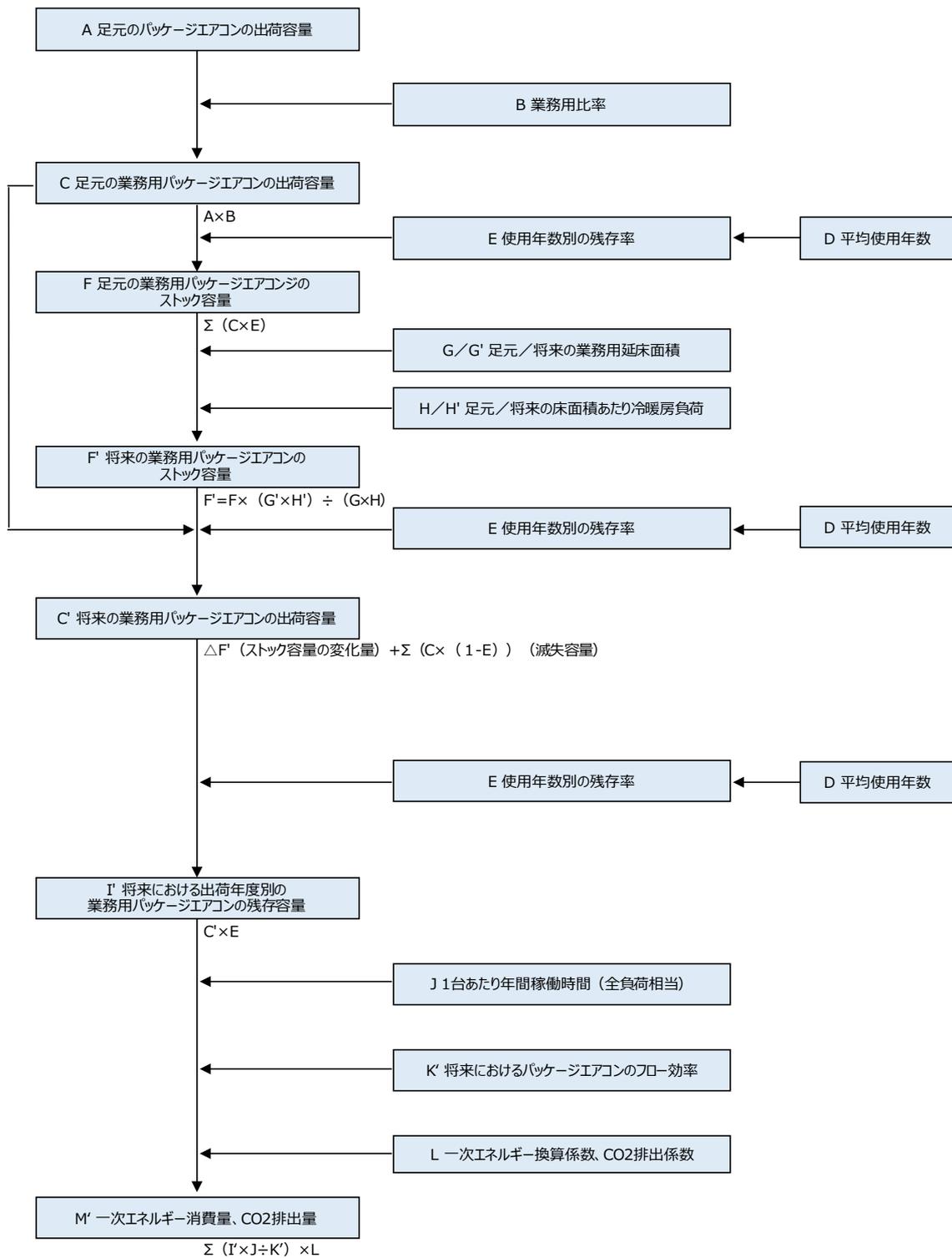


図 2-51 業務用空調（個別）の普及見通しの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 業務用空調の市場規模

a. 業務用空調機器の出荷容量

各業務用空調機器の出荷容量の推移を図 2-52 に示す。機器別の出荷容量を見ると、パッケージエアコン（個別空調）の比率が高く、全体の約 7～8 割程度を占める。セントラル空調の内訳としては、2000 年代前半までは吸収式冷凍機のシェアが高かったが、近年はチリングユニットの比率が高まっている。

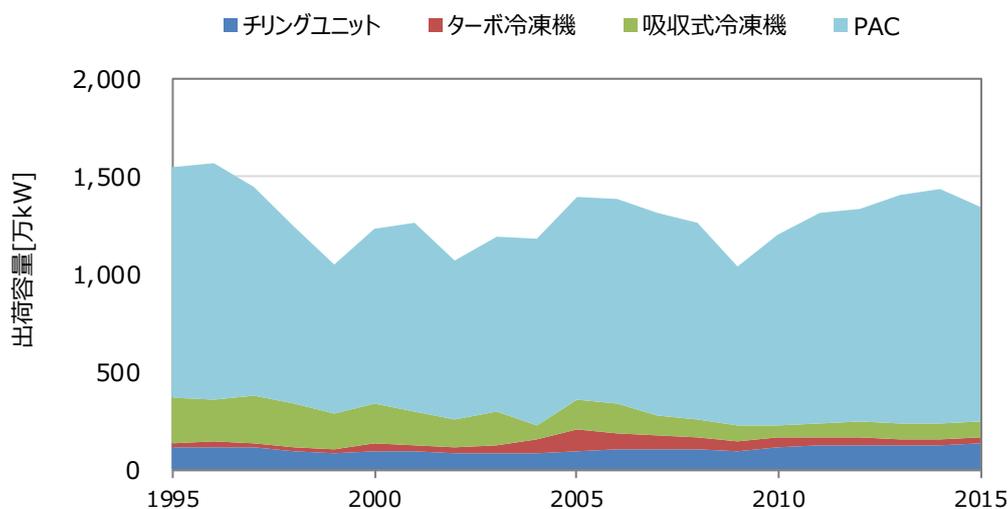


図 2-52 業務用空調機器の出荷容量推移（GHP 除く）

b. 平均使用年数、残存曲線

各空調機器の平均使用年数については、長期エネルギー需給見通しにおける想定を踏襲し、表 2-30 に示すとおり設定した。

表 2-30 業務用空調機器の平均使用年数の想定

機器種類	平均使用年数
チリングユニット	15 年
ターボ冷凍機	20 年
吸収式冷凍機	17 年
パッケージエアコン	15 年

残存曲線（使用年数別の残存率）は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメータである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される業務用空調機器の平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

設定した残存曲線は図 2-53 のとおりである。

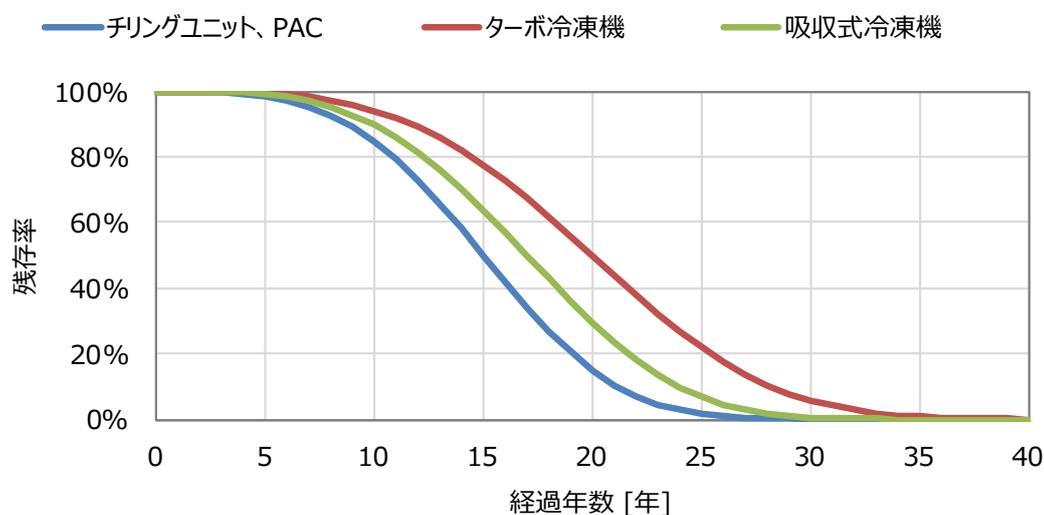


図 2-53 業務用空調機器の残存曲線

c. 業務用空調の市場規模（ストック容量）

前述の年度別出荷容量に残存率を乗じて毎年の残存容量を推計し、積み上げた結果を足元の業務用空調機器のストック容量と見なす。

また、将来の業務用空調のストック容量の推計にあたり、経済成長等に伴う業務用床面積の増加と、建築物省エネ法等の施行に伴う床面積あたり冷暖房負荷の減少を考慮する。業務用床面積の推移については長期エネルギー需給見通しを参考に想定し、床面積あたり冷暖房負荷の減少については、今後省エネ基準や ZEB 基準を満たす建築物の比率が高まることを踏まえ、図 2-54 のとおり想定した。

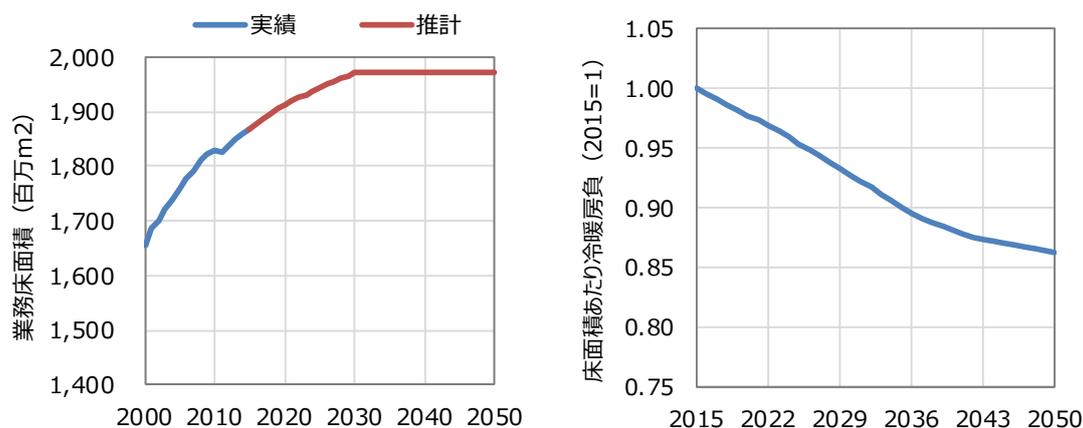


図 2-54 業務用床面積及び床面積あたり冷暖房負荷の推移

上記を踏まえた、将来の業務用空調のストック容量の推計結果を図 2-55 に示す。セントラルと個別（パッケージエアコン）の比率は将来にわたり変わらないと想定している。

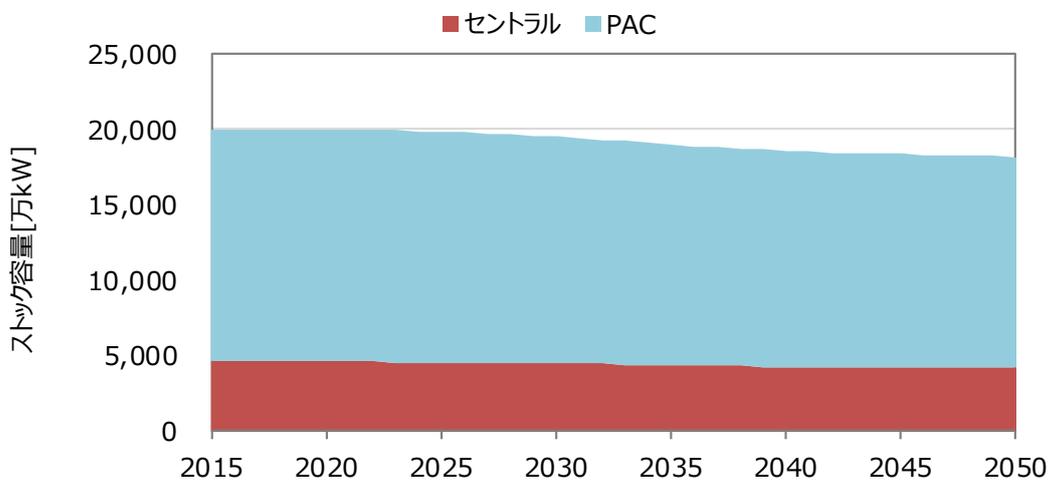


図 2-55 将来の業務用空調のストック容量 (GHP 除く)

2) 業務用空調機器の諸元

a. 業務用空調機器のフロー効率

業務用空調機器のフロー効率は、足元については HPTCJ 調べにより、現在販売されている機器の効率等を踏まえ設定した。将来については、2050 年度の APF をパッケージエアコンは 6.5、チリングユニットは 5.7、ターボ冷凍機は 8.0（それぞれ足元の 1.3～1.4 倍程度）に達するものと想定し、間は線形補間とした。

吸収式冷凍機については、2030 年度の APF について長期エネルギー需給見通しを参照した上で、2030 年度までの改善率を外挿して 2050 年度の APF を設定した。

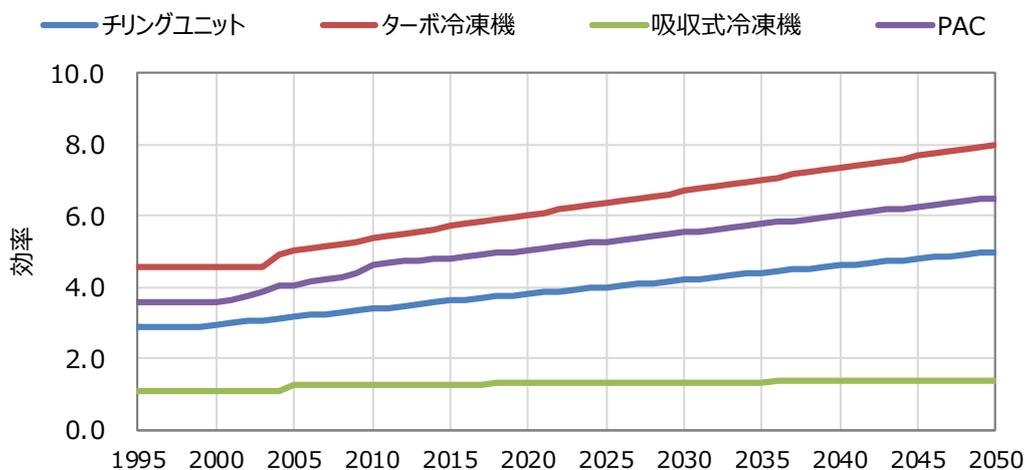


図 2-56 業務用空調機器の機器別のフロー効率の想定

b. 全負荷相当運転時間

業務用空調機器の全負荷相当運転時間は、東京都の「省エネ改修効果診断ツール操作マニュアル」を参照し、1,200h/年と想定した。

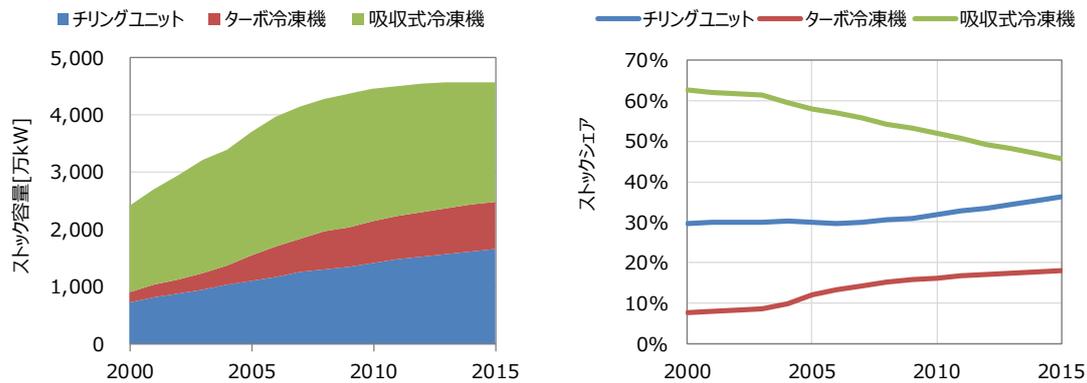
表 2-31 業務部門における業種別全負荷相当運転時間

ベンチマーク区分名	平均原単位 [kg-CO ₂ /㎡]	全負荷相当運転時間 [h/年]					
		熱源機器 冷房	熱源機器 暖房	熱源補機、 搬送冷房	熱源補機、 搬送暖房	空調機	
オフィス	(テナント専用部)	81.3	800	400	2,100	450	2,850
	自社ビル	65.4					
物販店	(コンビニ)	585.4	900	400	2,200	550	2,844
	(ドラッグストア)	295.4					
	(総合スーパー・百貨店)	259.7					
	(生鮮食品等)	387					
	(食料品の製造小売)	765.3					
	(服飾品)	124.8					
	(自動車(新車)小売)	63.4					
飲食店	(食堂・レストラン)	596.6	1,000	500	2,300	750	3,861
	(居酒屋・バー)	365.1					
	(ハンバーガー)	733.4					
	(喫茶)	414.1					
	(焼肉)	561.9					
	(中華料理・ラーメン)	985.1					
	(その他)	718.7					
その他	(旅館・ホテル)	125.2	1,000	1,200	3,000	5,000	5,110
	(学校・教育施設)	23.4	400	500	1,350	550	2,000
	(保育所)	57.1	1,000	900	3,400	1,600	5,110
	(病院・診療所)	106					
	(保健・介護施設)	72.6	1,000	500	2,300	1,100	3,861
	(フィットネス施設)	203.5					
	(パチンコ店舗)	287.1					
	(カラオケボックス店舗)	252.1					
	(ゲームセンター)	333.9					
	(図書館)	64.3					
	(博物館・美術館)	69.3					
	(区市町村庁舎等)	54.6	800	400	2,100	450	2,850
	ベンチマーク区分以外		800	400	2,100	450	2,850

出所) 東京都「省エネ改修効果診断ツール操作マニュアル」

3) 業務用ヒートポンプ空調（チリングユニット、ターボ冷凍機）のストックシェア

チリングユニット、ターボ冷凍機、吸収式冷凍機のストックを、統計データが得られた1994年度以降の導入実績の積算により推計した結果を以下に示す。2000年代半ば以降吸収式冷凍機のシェアが減り、チリングユニット、ターボ冷凍機のシェアが増加している。2010年度以降はチリングユニットのシェアの増加傾向が強まっている。2015年度においては、チリングユニット、ターボ冷凍機併せて約55%のシェアを占めている。



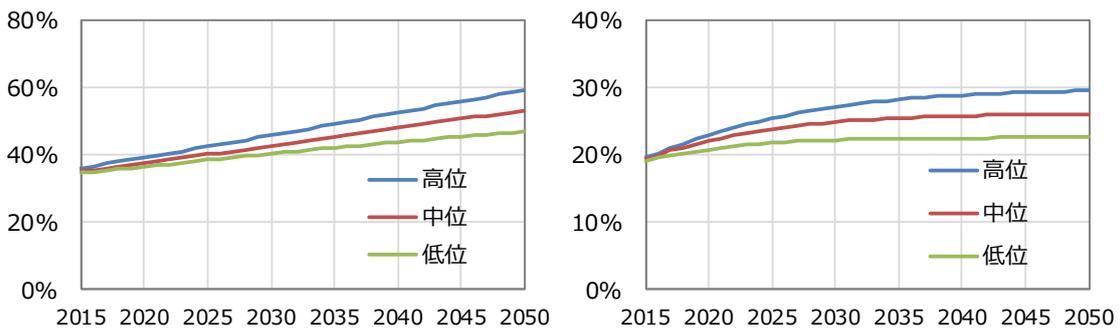
(左：ストック容量、右：ストックシェア)

図 2-57 業務用空調（セントラル）の導入状況

チリングユニット、ターボ冷凍機毎に、2000 年度以降のストックシェアを踏まえてロジスティック曲線を回帰推計し、2050 年度までのストックシェアを推計した。高位ケース、中位ケース、低位ケースにおいて、それぞれ 2050 年度のヒートポンプシェアが 90%、80%、70%程度に達すると想定し、チリングユニット、ターボ冷凍機の比率は足元とほぼ同程度と想定した。

表 2-32 業務用 HP 空調（セントラル）の導入上限の想定

ケース	業務用 HP 空調（セントラル）の導入上限
高位ケース	ストック容量×90%
中位ケース	ストック容量×80%
低位ケース	ストック容量×70%



(左：チリングユニット、右：ターボ冷凍機)

図 2-58 業務用空調（セントラル）のストックシェア想定

(4) 算定結果

1) セントラル

a. 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、チリングユニット及びターボ冷凍機の出荷容量、ストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-59～図 2-62 に示す。

中位ケースでの 2050 年度断面において、チリングユニットの出荷容量は約 150 万 kW、ストック容量は約 2,200 万 kW に達し、ターボ冷凍機の出荷容量は約 50 万 kW、ストック容量は約 1,100 万 kW に達する。

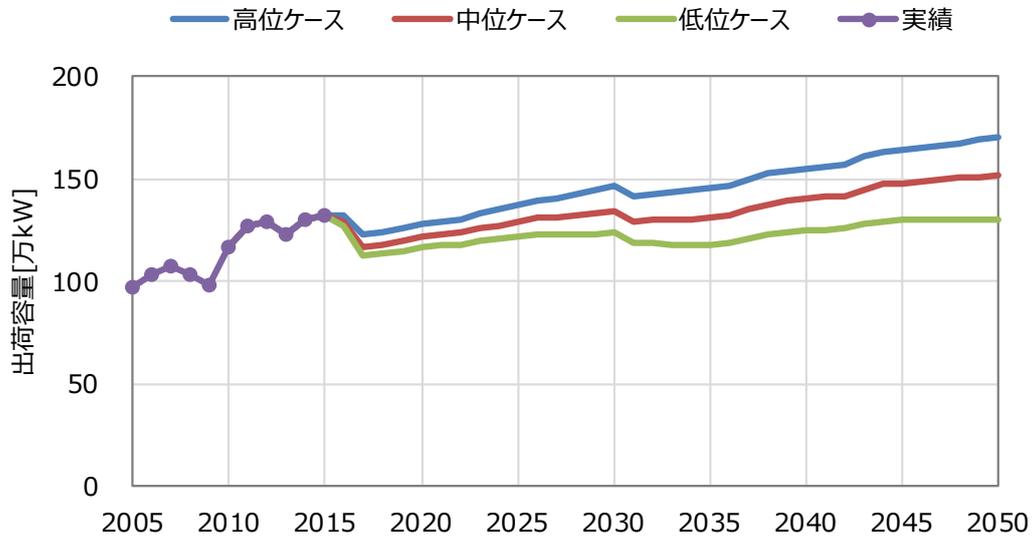


図 2-59 業務用チリングユニットの出荷容量推計

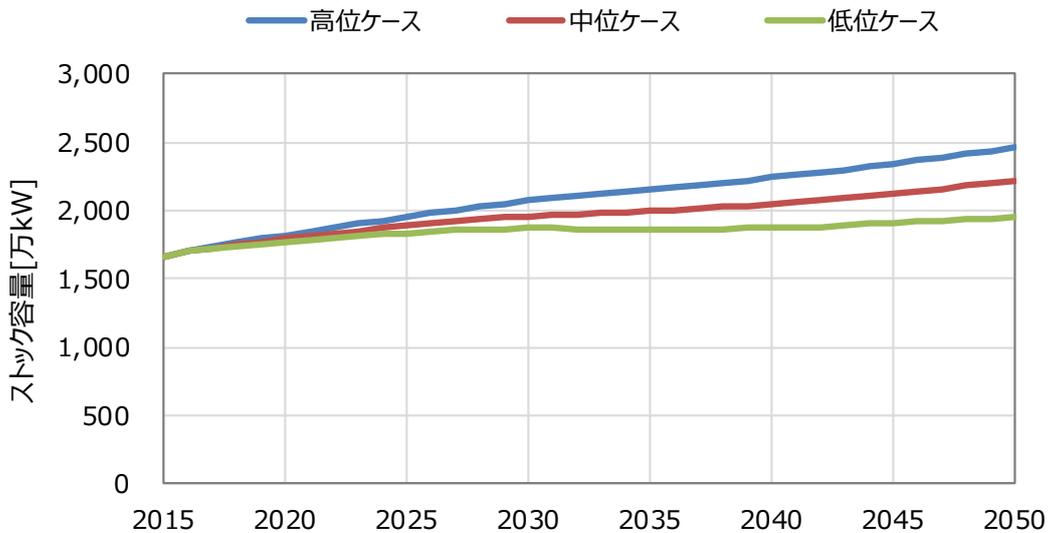


図 2-60 業務用チリングユニットのストック容量推計

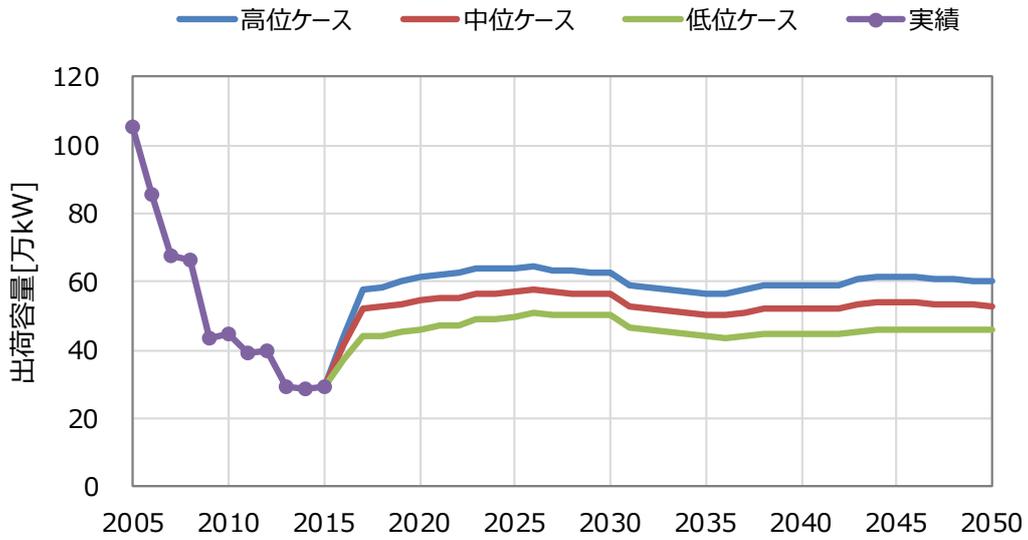


図 2-61 業務用ターボ冷凍機の出荷容量推計

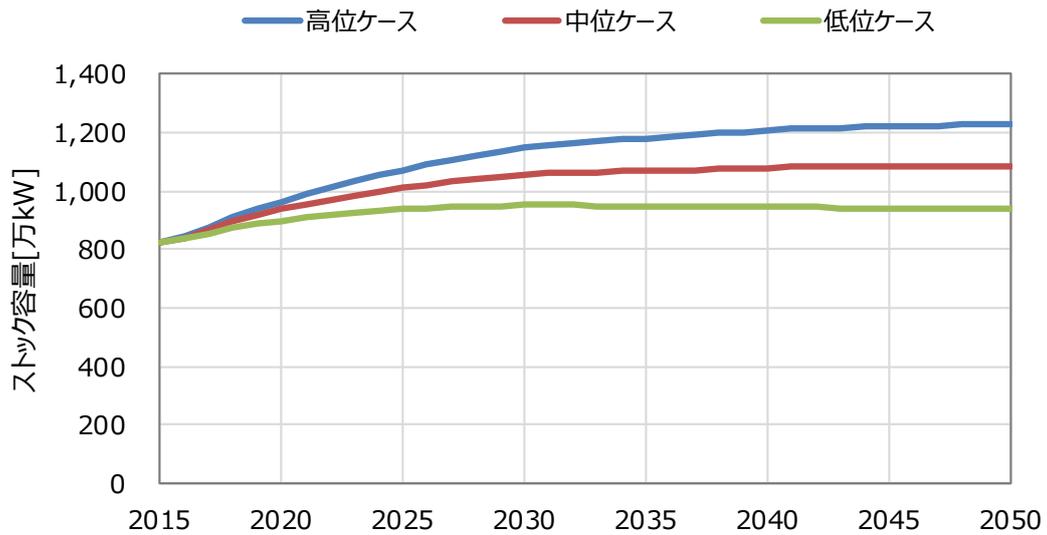


図 2-62 業務用ターボ冷凍機のストック容量推計

b. 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに 2)で示したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-63 に示す。

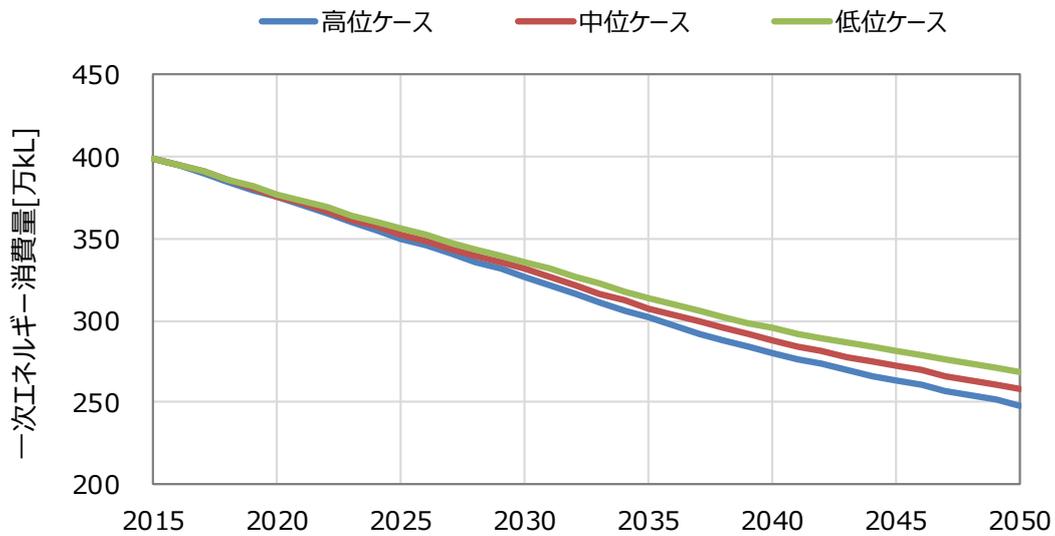


図 2-63 一次エネルギー消費量の推計結果：業務用空調（セントラル）

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015 年度）の業務用ヒートポンプ空調のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-64、表 2-33 に示す。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 73 万 kL/年であり、このうち、吸収式冷凍機からの代替効果は 14 万 kL/年、ヒートポンプ空調の効率改善効果は 59 万 kL/年と推計される。

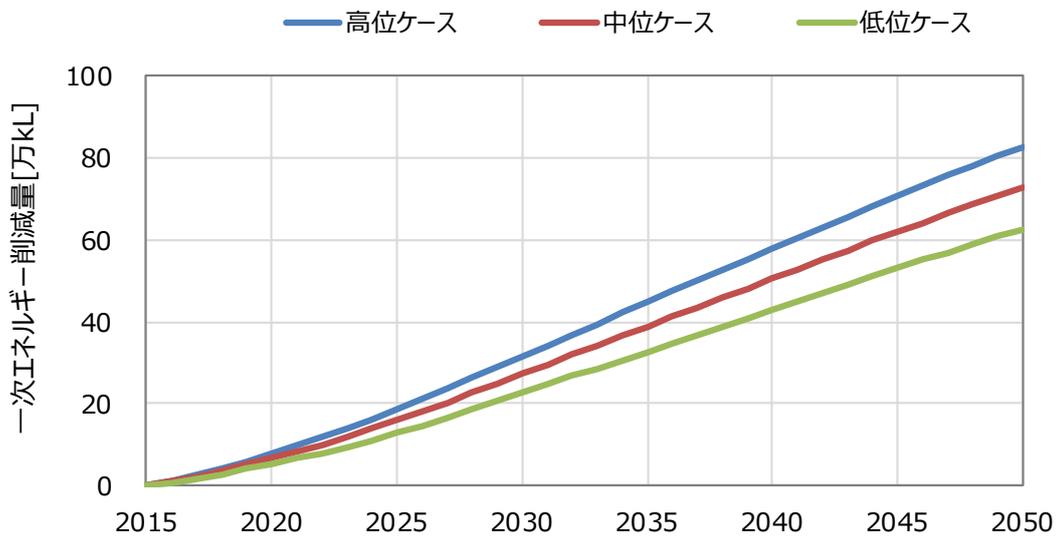


図 2-64 省エネ効果の推計結果：業務用空調（セントラル）

表 2-33 省エネ効果の内訳：業務用空調（セントラル）

ケース	内訳	省エネ効果（万 kL/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	8	32	58	83
	吸収式冷凍機の代替効果	5	13	17	19
	HP 空調の効率改善効果	2	19	41	63
中位ケース	合計	7	27	51	73
	吸収式冷凍機の代替効果	4	10	12	14
	HP 空調の効率改善効果	2	18	38	59
低位ケース	合計	5	23	43	62
	吸収式冷凍機の代替効果	3	6	7	8
	HP 空調の効率改善効果	2	17	36	55

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を図 2-65、表 2-34 に示す。なお、吸収式冷凍機の燃料については、エネルギー経済統計要覧における 2015 年度の空調用燃料消費量を参照し、都市ガスと A 重油の加重平均で排出係数を算定した（将来にわたり一定と想定）。

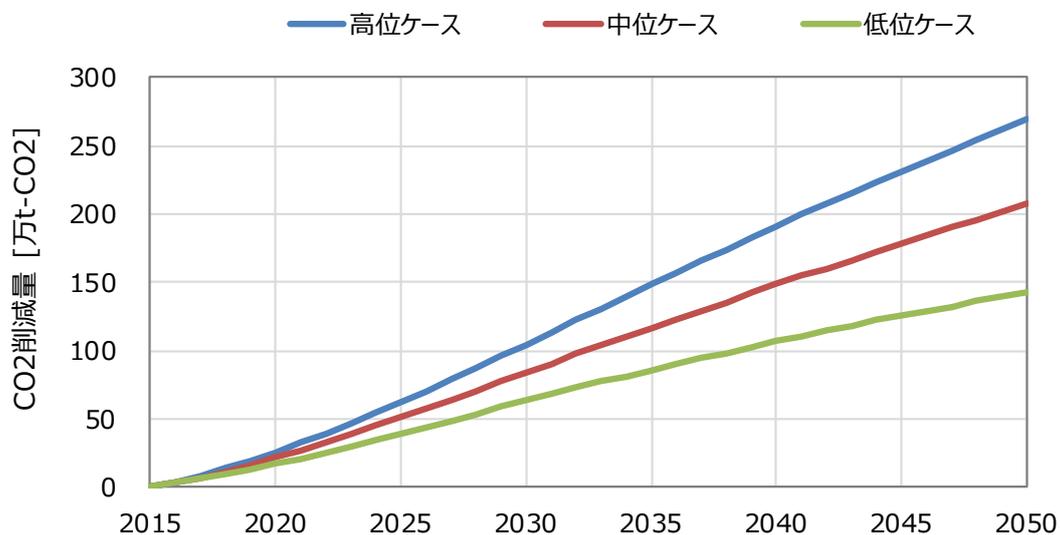


図 2-65 CO₂ 削減効果の推計結果：業務用空調（セントラル）

表 2-34 CO2 削減効果：業務用空調（セントラル）

ケース	内訳	CO2 削減効果（万 tCO2/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	25	104	191	269
	吸収式冷凍機の代替効果	21	76	148	235
	HP 空調の効率改善効果	5	28	43	34
中位ケース	合計	21	84	148	207
	吸収式冷凍機の代替効果	17	56	106	171
	HP 空調の効率改善効果	5	27	42	36
低位ケース	合計	17	63	106	142
	吸収式冷凍機の代替効果	12	37	65	104
	HP 空調の効率改善効果	4	27	41	38

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2) 個別（パッケージエアコン）

a. 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、パッケージエアコンの出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-66、図 2-67 に示す。

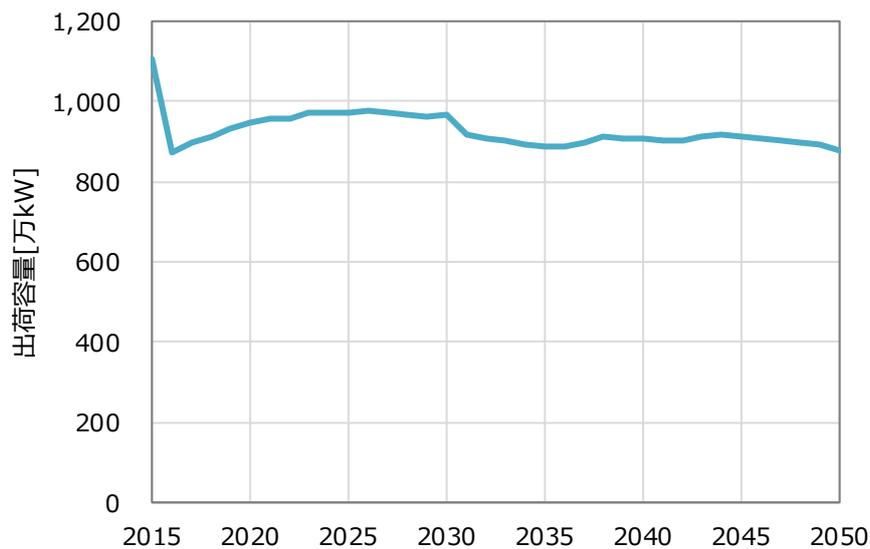


図 2-66 業務用パッケージエアコンの出荷容量推計

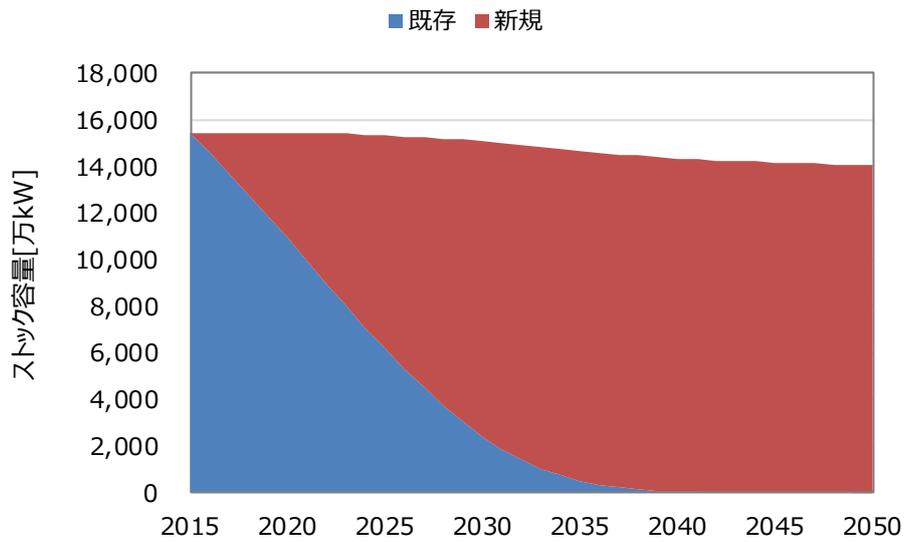


図 2-67 業務用パッケージエアコンのストック容量推計

b. 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

各ケースについて、足元（2015 年度）のフロー効率横這いと比較した一次エネルギーベースの省エネ効果を次図に示す。なお、高位ケース、低位ケースではそれぞれ現状固定ケースに対し、2030 年度時点でパッケージエアコンの効率が+5%/-5%変化すると想定した（2030 年度までの中間年は線形補間、2031 年度以降は現状固定ケースの改善幅と同等と想定）。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 188 万 kL/年と推計される。

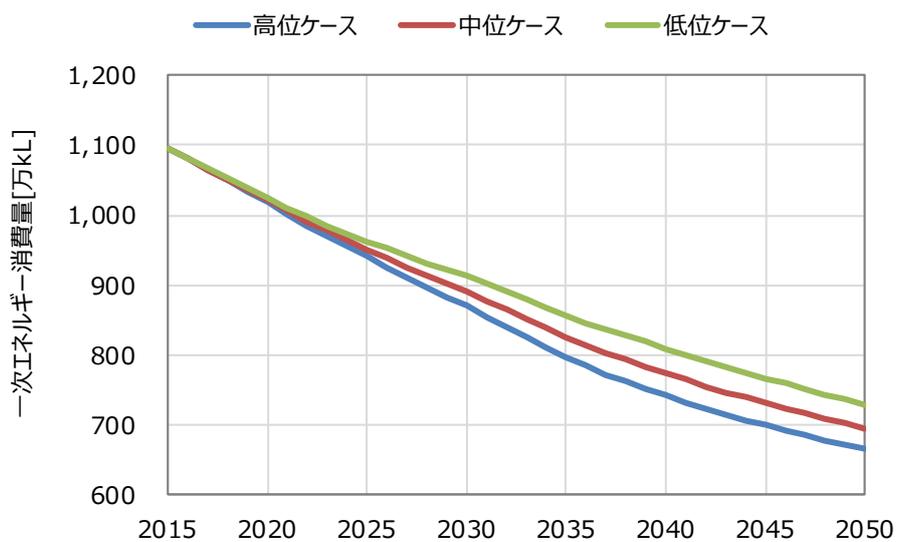


図 2-68 一次エネルギー消費量の推計結果：業務用空調（個別）

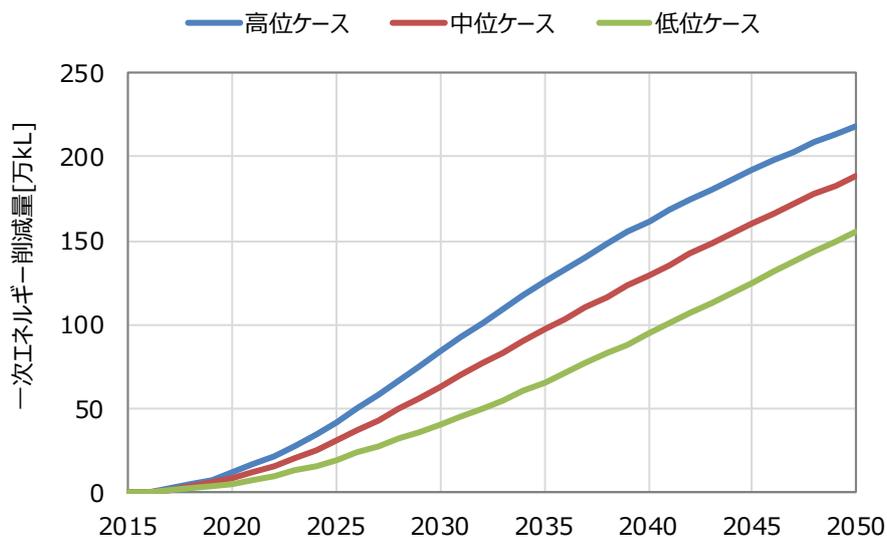


図 2-69 省エネ効果の推計結果：業務用空調（個別）

表 2-35 省エネ効果：業務用空調（個別）

ケース	省エネ効果（万 kL/年）			
	2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	12	84	162	218
中位ケース	9	63	130	188
低位ケース	5	41	94	155

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を表 2-36 に示す。CO₂ 削減効果は 2030 年代後半に向けて増加した後に減少に転じる見込みとなっている。これは、他機器の代替が存在せず電力利用機器の効率向上のみが評価されるパッケージエアコンについては、電力の CO₂ 原単位の低減が中長期的に進展していくにつれて単位省エネ量あたりの CO₂ 削減効果が小さくなることの影響が顕著に現れるためである。

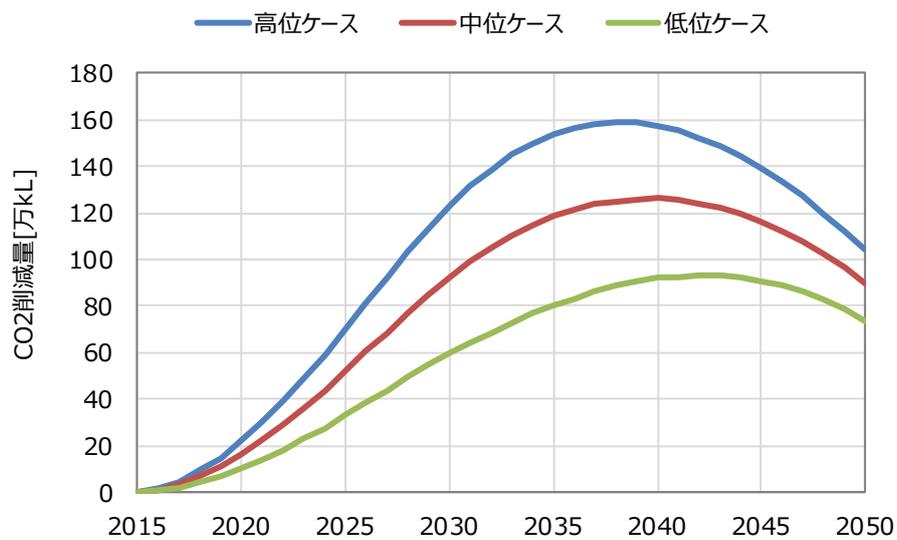


図 2-70 CO2 削減効果の推計結果：業務用空調（個別）

表 2-36 CO2 削減効果：業務用空調（個別）

ケース	省エネ効果（万 tCO2/年）			
	2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	22	123	157	104
中位ケース	16	93	126	90
低位ケース	10	60	92	74

2.2.5 産業用空調

(1) 前提条件

産業用空調については、業務用空調と同様にセントラル空調と個別空調に分けて検討を行うものとする。

セントラル空調については、吸収式冷凍機をチリングユニット、ターボ冷凍機で代替する効果について評価し、個別空調についてはパッケージエアコンの効率向上が進む効果について評価することとした（ガスヒートポンプ空調の代替については想定しない）。

ターボ冷凍機、吸収式冷凍機は日本冷凍空調工業会自主統計における「工場空調用」の分類を産業用空調と想定し、チリングユニットについては 30 馬力以上の 5%を産業用空調と想定した（30 馬力以上の 5%以外については、業務用空調と想定した）。パッケージエアコン（PAC）については、日本冷凍空調工業会自主統計における設備用エアコンの分類を産業用空調と想定した。

表 2-37 評価対象とした産業用空調機器

区分	分析上の機器	統計上または文献上の機器	
		統計名	対象機器
セントラル	産業用 HP 空調	日本冷凍空調工業会 自主統計	ターボ冷凍機のうち工場空調用
	吸収式冷凍機		チリングユニットのうち、30 馬力以上の 5%
個別	パッケージ エアコン	日本冷凍空調工業会 自主統計	吸収式冷凍機のうち工場空調用
			設備用エアコン

(2) 算定フロー

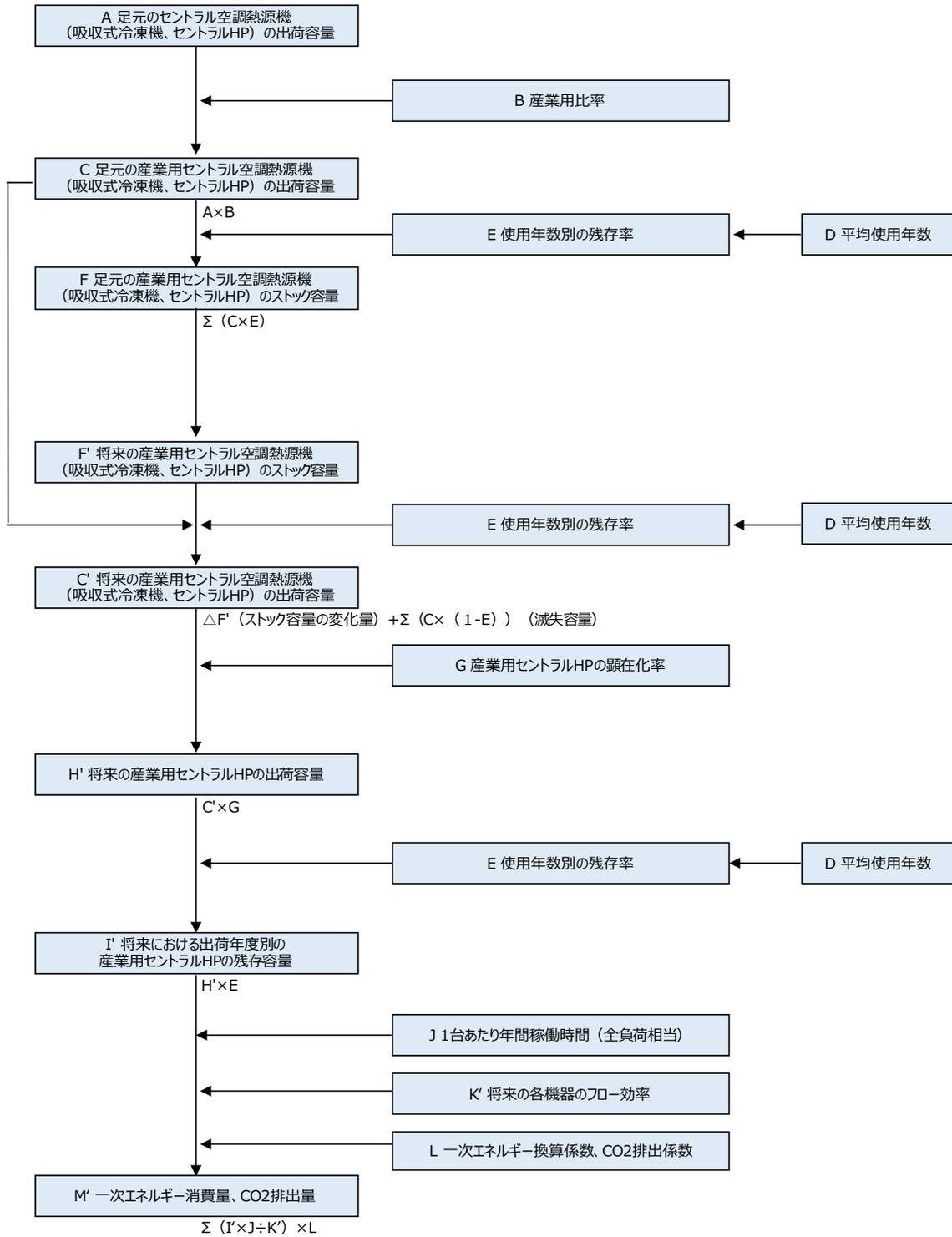


図 2-71 産業用空調 (セントラル) の算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 産業用空調の市場規模

a. 産業用空調機器の出荷容量

各産業用空調機器の出荷容量の推移を図 2-73 に示す。機器別の出荷容量を見ると、業務用空調と同様にパッケージエアコンが全体の約 7~8 割程度を占める。セントラル空調の内訳としては、1990 年代はターボ冷凍機と吸収式冷凍機がほぼ同程度のシェアを占めていたが、2000 年度以降はターボ冷凍機の比率が高まっている。

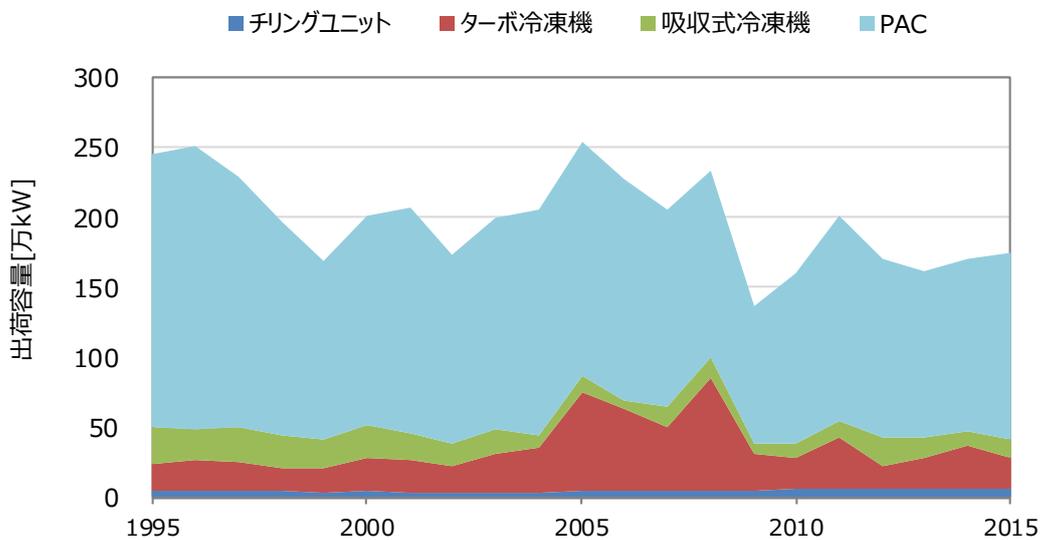


図 2-73 産業用空調機器の出荷容量推移 (GHP 除く)

b. 平均使用年数、残存曲線

各空調機器の平均使用年数、残存曲線については、業務用空調と同様と想定した。

c. 産業用空調の市場規模 (ストック容量)

前述の年度別出荷容量に残存率を乗じて毎年の残存容量を推計し、積み上げた結果を足元の産業用空調機器のストック容量と見なす。

将来の産業用空調機器のストック容量は足元横這い、セントラルと個別 (パッケージエアコン) の比率も将来にわたり変わらないと想定し、将来の産業用空調のストック容量を推計した結果を図 2-74 に示す。

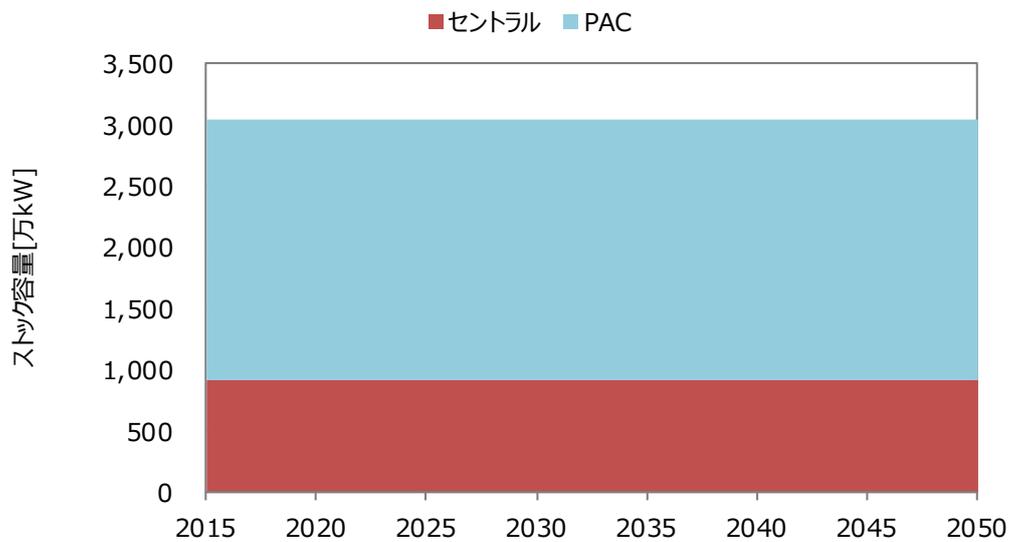


図 2-74 将来の産業用空調のストック容量（GHP 除く）

2) 産業用空調機器の諸元

a. 産業用空調機器のフロー効率

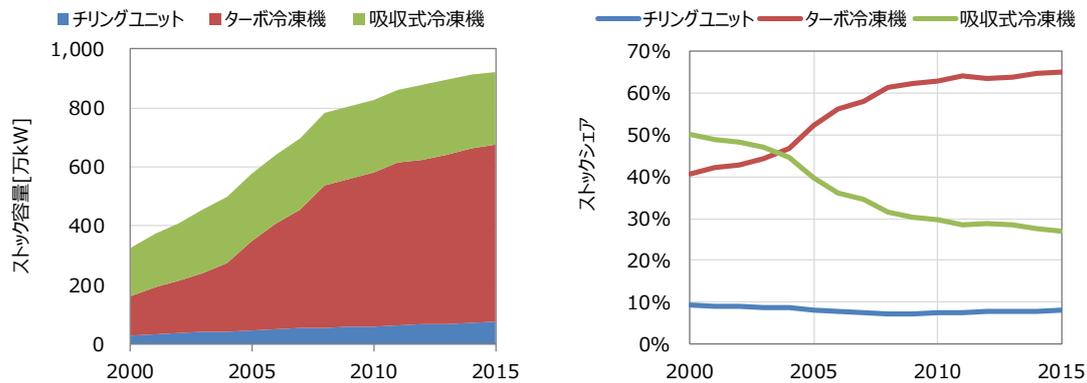
産業用空調機器のフロー効率は、業務用空調と同様と想定した。

b. 全負荷相当運転時間

産業用空調機器の全負荷相当運転時間は、長期エネルギー需給見通しにおける想定を参照し、1,100h/年と想定した。

3) 産業用ヒートポンプ空調（チリングユニット、ターボ冷凍機）のストックシェア

チリングユニット、ターボ冷凍機、吸収式冷凍機のストックを、統計データが得られた1994年度以降の導入実績の積算により推計した結果を以下に示す。2000年代に入り吸収式冷凍機のシェアが減り、ターボ冷凍機のシェアが増加している。2015年度においては、チリングユニット、ターボ冷凍機併せて約73%のシェアを占めている。



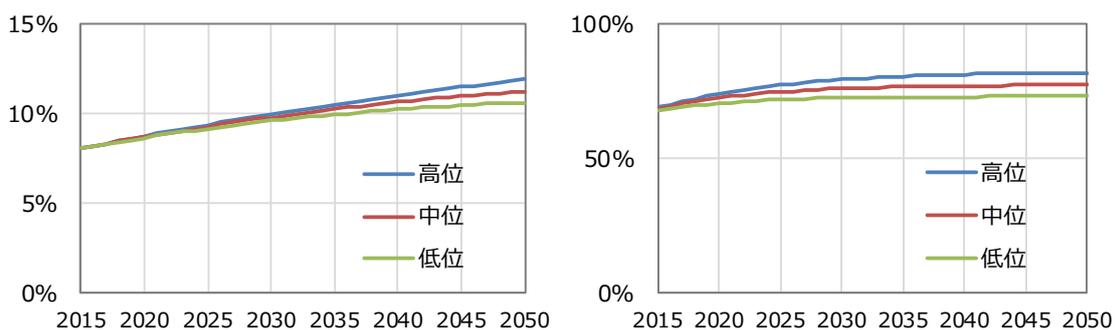
(左：ストック容量、右：ストックシェア)

図 2-75 産業用空調（セントラル）の導入状況

チリングユニット、ターボ冷凍機毎に、2000 年度以降のストックシェアを踏まえてロジスティック曲線を回帰推計し、2050 年度までのストックシェアを推計した。高位ケース、中位ケース、低位ケースにおいて、それぞれ 2050 年度のヒートポンプシェアが 95%、90%、85%程度に達すると想定し、チリングユニット、ターボ冷凍機の比率は足元とほぼ同程度と想定した。

表 2-38 産業用 HP 空調（セントラル）の導入上限の想定

ケース	産業用 HP 空調（セントラル）の導入上限
高位ケース	ストック容量×95%
中位ケース	ストック容量×90%
低位ケース	ストック容量×85%



(左：チリングユニット、右：ターボ冷凍機)

図 2-76 産業用空調（セントラル）のストックシェア想定

(4) 算定結果

1) セントラル

a. 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、チリングユニット及びターボ冷凍機の出荷容量、ストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-77～図 2-80 に示す。

中位ケースでの 2050 年度断面において、チリングユニットの出荷容量は約 7 万 kW、ストック容量は約 100 万 kW に達し、ターボ冷凍機の出荷容量は約 35 万 kW、ストック容量は約 710 万 kW に達する。

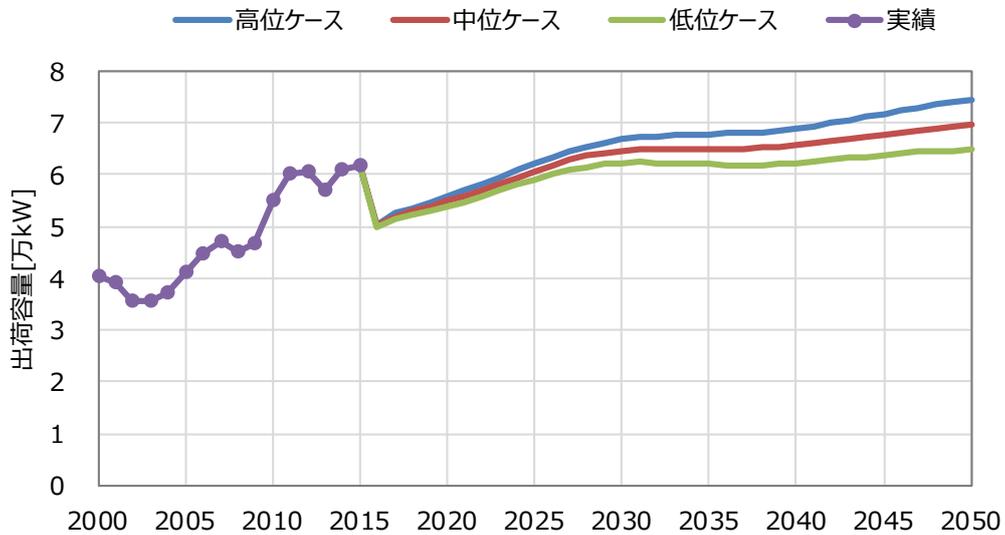


図 2-77 産業用チリングユニットの出荷容量推計

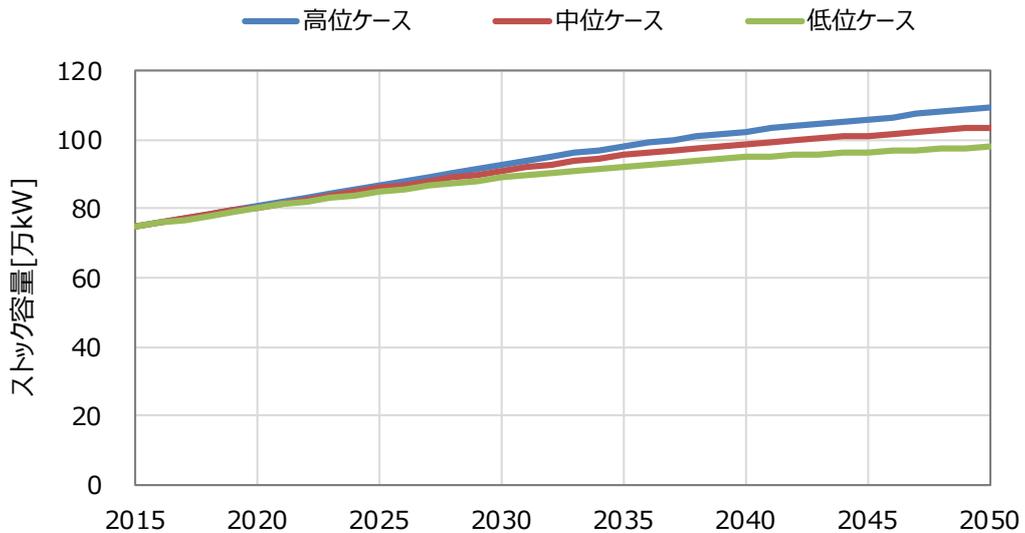


図 2-78 産業用チリングユニットのストック容量推計

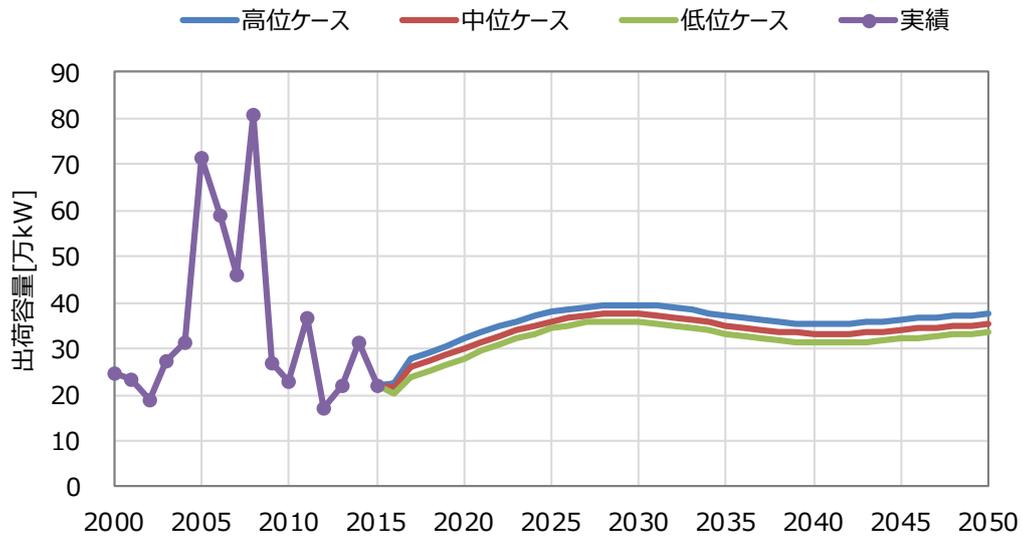


図 2-79 産業用ターボ冷凍機の出荷容量推計

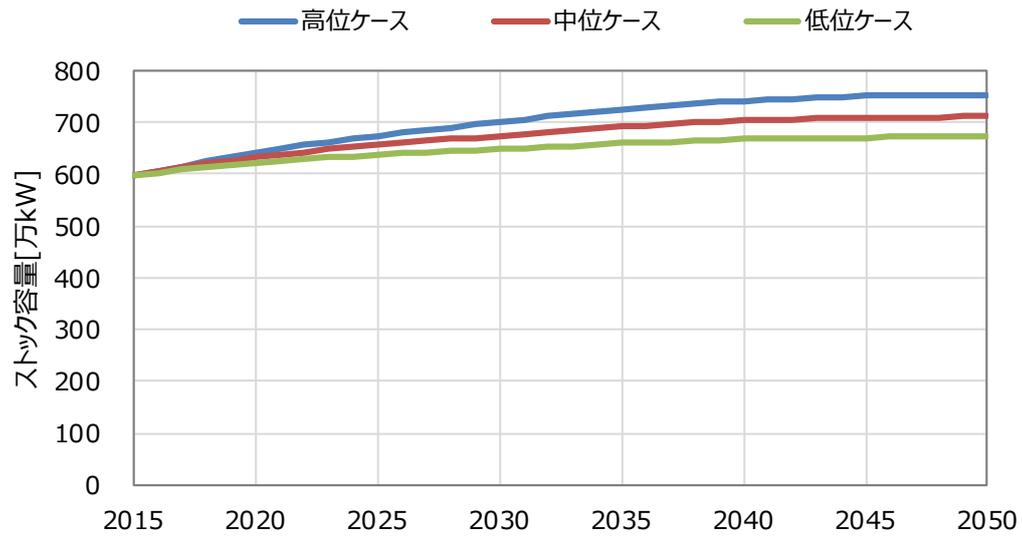


図 2-80 産業用ターボ冷凍機のストック容量推計

b. 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに想定したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図2-81に示す。

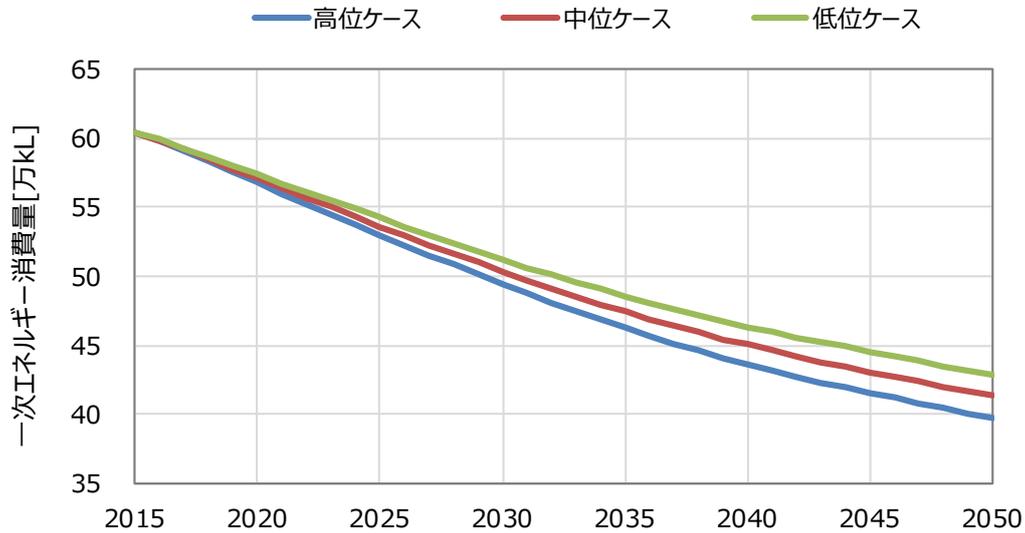


図 2-81 一次エネルギー消費量の推計結果：産業用空調（セントラル）

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015年度）の産業用ヒートポンプ空調のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図2-82に示す。

2050年度断面における中位ケースでの省エネ量は約13万kL/年であり、このうち、吸収式冷凍機からの代替効果は4万kL/年、ヒートポンプ空調の効率改善効果は10万kL/年と推計される。

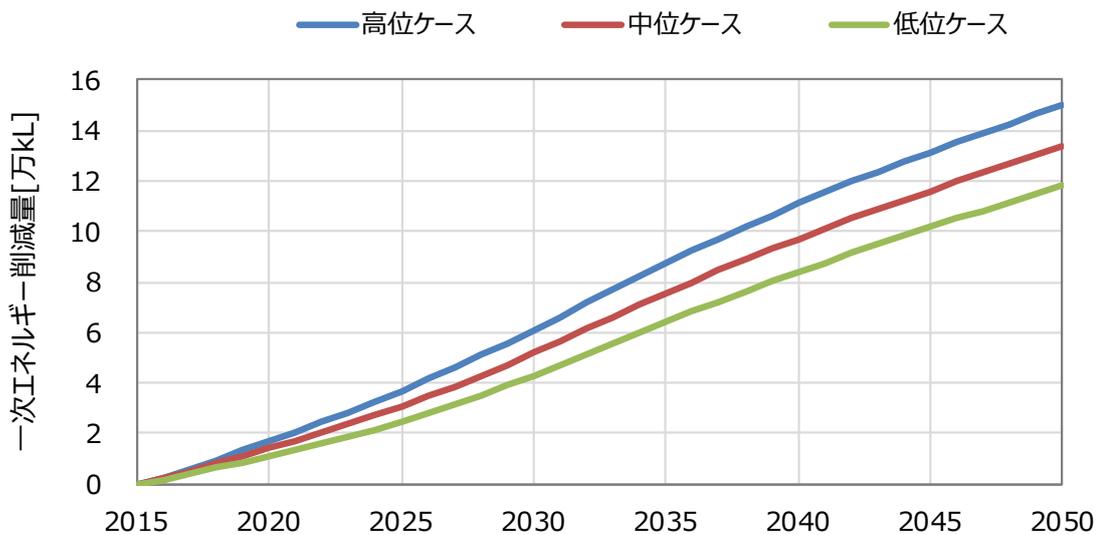


図 2-82 省エネ効果の推計結果：産業用空調（セントラル）

表 2-39 省エネ効果の内訳：産業用空調（セントラル）

ケース	内訳	省エネ効果（万 kL/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	2	6	11	15
	吸収式冷凍機の代替効果	1	3	5	5
	HP 空調の効率改善効果	0	3	7	10
中位ケース	合計	1	5	10	13
	吸収式冷凍機の代替効果	1	2	3	4
	HP 空調の効率改善効果	0	3	6	10
低位ケース	合計	1	4	8	12
	吸収式冷凍機の代替効果	1	2	2	2
	HP 空調の効率改善効果	0	3	6	9

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を図 2-83、表 2-40 に示す。なお、吸収式冷凍機の燃料については、便宜上、総合エネルギー統計における産業ボイラ用燃料の燃料種別内訳を参照し、都市ガスと A 重油、LPG の加重平均で排出係数を算定した（将来にわたり一定と想定）。

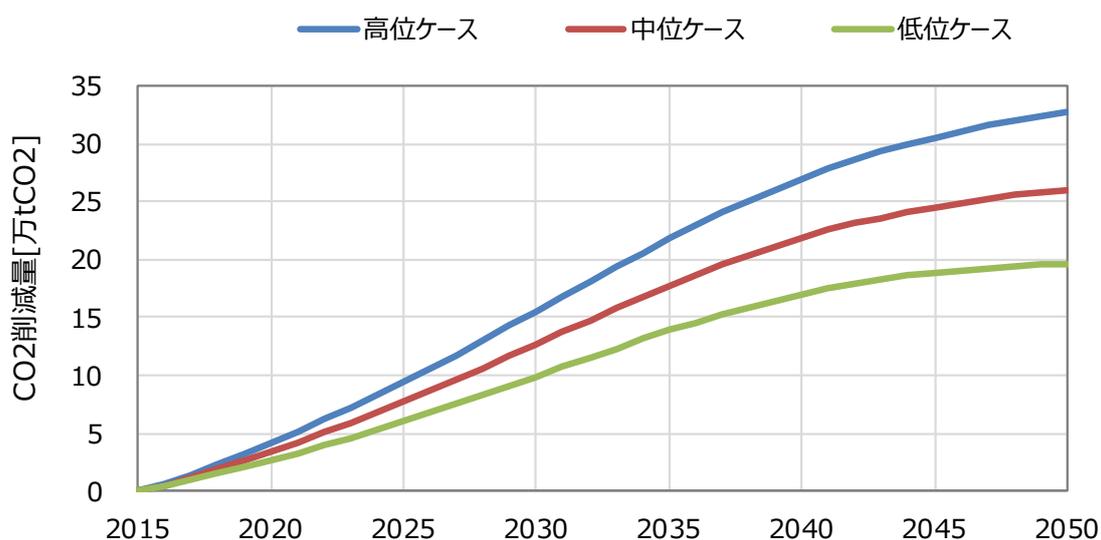


図 2-83 CO₂ 削減効果の推計結果：産業用空調（セントラル）

表 2-40 CO2 削減効果の内訳：産業用空調（セントラル）

ケース	内訳	CO2 削減効果（万 tCO2/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	4	15	27	33
	吸収式冷凍機の代替効果	4	11	20	27
	HP 空調の効率改善効果	1	4	7	5
中位ケース	合計	3	13	22	26
	吸収式冷凍機の代替効果	3	8	15	20
	HP 空調の効率改善効果	1	4	7	6
低位ケース	合計	3	10	17	20
	吸収式冷凍機の代替効果	2	6	10	14
	HP 空調の効率改善効果	1	4	7	6

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2) 個別（パッケージエアコン）

a. 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、パッケージエアコンの出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-84、図 2-85 に示す。

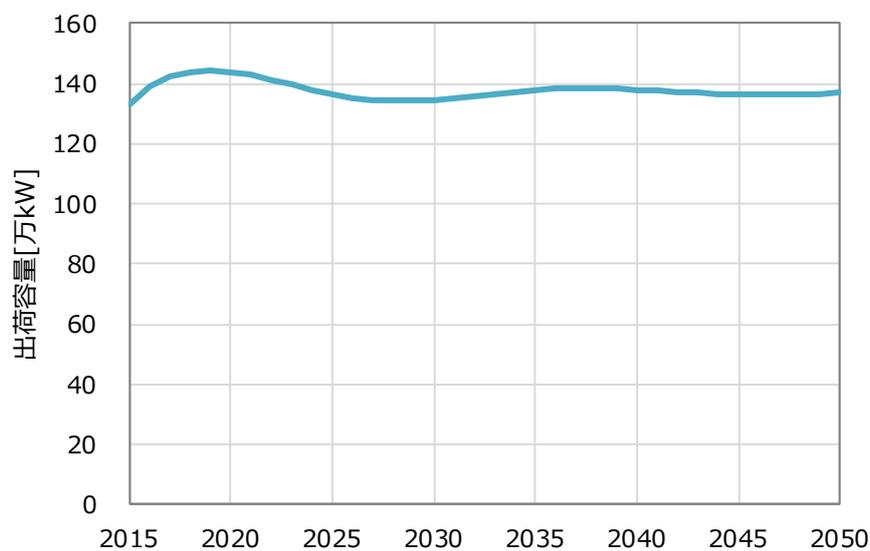


図 2-84 産業用パッケージエアコンの出荷容量推計

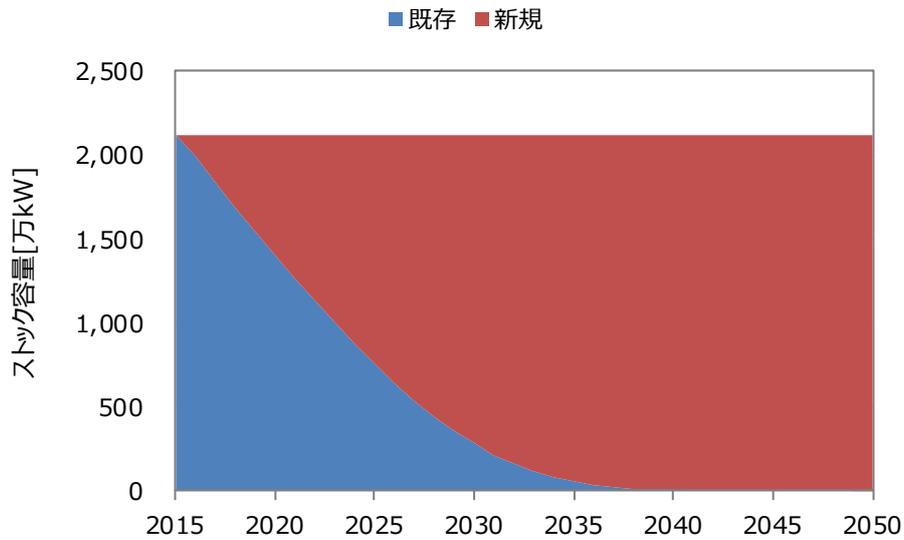


図 2-85 産業用パッケージエアコンのストック容量推計

b. 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

各ケースについて、足元（2015 年度）のフロー効率横這いと比較した一次エネルギーベースの省エネ効果を次図に示す。なお、高位ケース、低位ケースではそれぞれ現状固定ケースに対し、2030 年度時点でパッケージエアコンの効率が+5%/-5%変化すると想定した（2030 年度までの中間年は線形補間、2031 年度以降は現状固定ケースの改善幅と同等と想定）。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 26 万 kL/年と推計される。

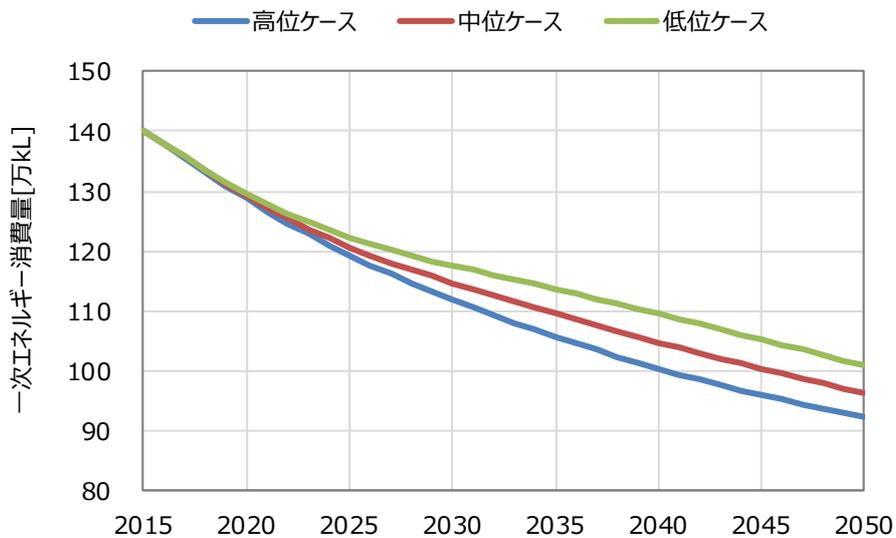


図 2-86 一次エネルギー消費量の推計結果：産業用空調（個別）

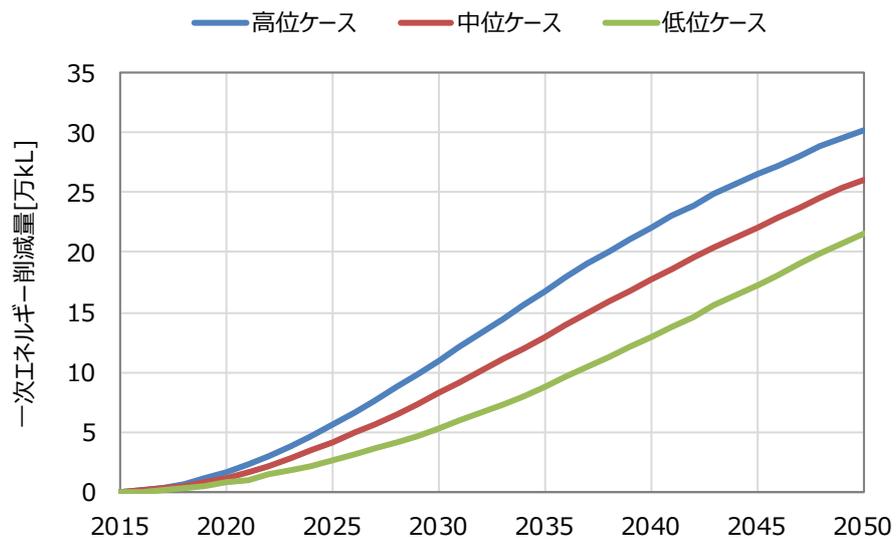


図 2-87 省エネ効果の推計結果：産業用空調（個別）

表 2-41 省エネ効果：産業用空調（個別）

ケース	省エネ効果（万 kL/年）			
	2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	2	11	22	30
中位ケース	1	8	18	26
低位ケース	1	5	13	22

上記省エネ効果に CO2 原単位を乗じて CO2 削減効果を推計した結果を図 2-88、表 2-42 に示す。CO2 削減効果は 2030 年代後半に向けて増加した後に減少に転じる見込みとなっている。これは、他機器の代替が存在せず電力利用機器の効率向上のみが評価されるパッケージエアコンについては、電力の CO2 原単位の低減が中長期的に進展していくにつれて単位省エネ量あたりの CO2 削減効果が小さくなることの影響が顕著に現れるためである。

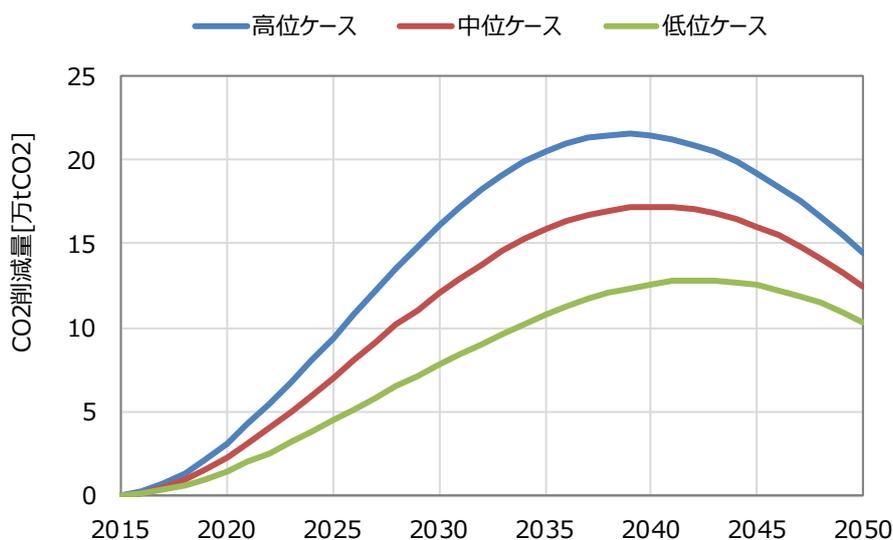


図 2-88 CO2 削減効果の推計結果：産業用空調（個別）

表 2-42 CO2 削減効果：産業用空調（個別）

ケース	省エネ効果（万 tCO2/年）			
	2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	3	16	21	14
中位ケース	2	12	17	12
低位ケース	1	8	13	10

2.2.6 産業用加温

(1) 前提条件

1) 評価対象とする機器

産業用加温については、産業用ボイラを産業用ヒートポンプで代替する効果について評価するものとし、表 2-43 に示す産業用加温機器を対象とした。

産業用ヒートポンプについては、中央環境審議会地球環境部会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会合同会合資料で出荷実績が示された「産業ヒートポンプ」と定義した。

産業用ボイラについては、生産動態統計における一般用ボイラと、日本暖房機器工業会の「暖房機器年鑑」で出荷実績が示されている「小型貫流ボイラ」と想定した。なお、「小型貫流ボイラ」については、経済産業省「平成 26 年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業（工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査）」報告書における想定を参考に、50%を産業用加温とし、残りの 50%を業務用給湯と想定した。

表 2-43 評価対象とした産業用加温機器

分析上の機器	統計上または文献上の機器	
	統計名または文献名	対象機器
産業用 HP	中央環境審議会地球環境部会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会合同会合（第 46 回）資料	産業用 HP
産業用ボイラ	生産動態統計	一般用ボイラ
	日本暖房機器工業会暖房機器年鑑	小型貫流ボイラのうち 50%

2) 市場セグメントの設定

産業分野におけるプロセス加熱にはボイラ蒸気が用いられる場合が多く、給湯、乾燥、洗浄、煮炊き、蒸し、低温加熱（発酵醸成等）、直接加熱（釜等の加熱）など幅広い用途で利用される。

ヒートポンプの適用が可能なのは 100℃未満の低温が中心であり、給湯、洗浄、乾燥、低温加熱といった用途が多い。また、空調についても、業種によってより厳しい管理を行う業種も多いが、これも基本的にヒートポンプの適用が可能であると考えられる。加えて、近年は 100℃以上の高温においてもヒートポンプの実用化が進んでいる。

そこで、ここでは、産業分野で使用されるボイラ用エネルギーのうち、「工場空調」、「加温（発酵醸成などの低温加熱及び給湯・洗浄）」、「低温乾燥（100℃未満）」といった 100℃未満の各用途のほか、「高温用」として、100℃以上の温熱を生成する高温用ヒートポンプについても普及見通し、省エネ効果を算定した。給湯・洗浄については、水を数十℃に加温するという点で低温加熱と共通する部分が多いため、「加温」として一括で検討を行った。

(2) 算定フロー

産業用加温市場における産業用ヒートポンプの普及見通しの算定フローを図 2-89 に示す。

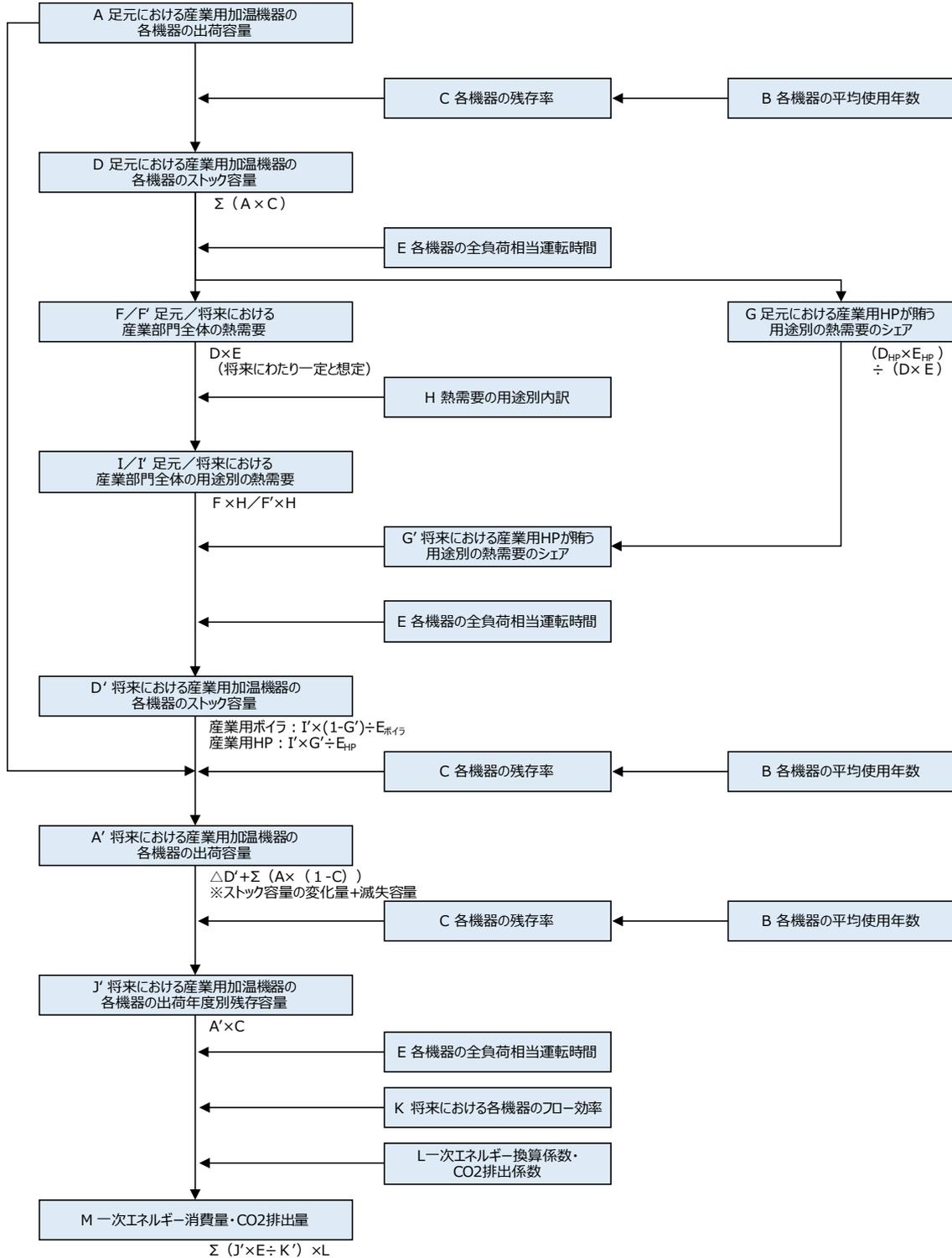


図 2-89 産業用加温市場における産業用 HP の普及見通しの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 産業用加温の市場規模（産業部門における熱需要）

現状の産業用加温の市場規模（産業部門における熱需要）については、足元の産業用加温機器の出荷容量に使用年数毎の残存分を考慮してストック容量を算定し、これに全負荷相当運転時間を乗じることで推計した。推計した熱需要について、既存統計等を用いて用途別（工場空調、加温、低温乾燥、高温）に按分することで、用途別の市場規模を算定した。

また、将来の市場規模については、足元（2015年度）横這いと想定した。

a. 足元の産業用加温機器の出荷容量

足元の産業用加温機器の出荷容量の推移を図 2-90 に示す。

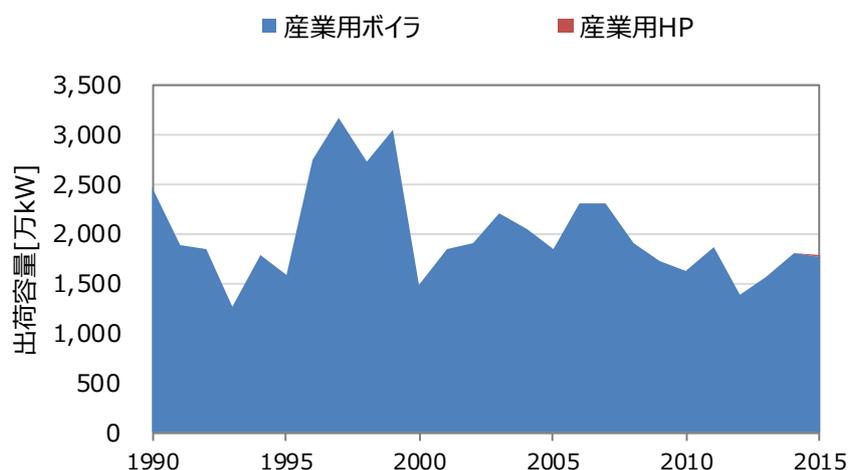


図 2-90 足元の産業用加温機器の出荷容量の推移

産業用ヒートポンプの出荷実績については、(1)の表 2-43 に示したとおり、日本冷凍空調工業会の自主統計及び中央環境審議会地球環境部会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会合同会合（第 46 回）資料より設定した。産業用ボイラについては、生産動態統計及び日本暖房機器工業会の「暖房機器年鑑」より設定した。

なお、上記のデータでは、産業用ヒートポンプ、及び産業用ボイラのうち一般用ボイラについては、容量ベースの出荷実績が示されているものの、小型貫流ボイラについては台数ベースの出荷実績しか示されていない。

そこで、小型貫流ボイラについては、表 2-44 に示すとおり平均単機容量を設定した。

表 2-44 小型貫流ボイラの平均単機容量の想定

機器	分類	平均単機容量*	
		小型貫流ボイラ	小型ボイラ
	簡易ボイラ	0.35t/h	220kW

注釈) 水の蒸発潜熱を 2,257kJ/kg と想定し、 $2,257\text{kJ/kg} \times 1,000\text{kg/t} \div 3,600\text{kJ/kWh} = 627\text{kW}/(\text{t/h})$ として換算。

b. 平均使用年数、残存曲線

平均使用年数については、HPTCJ 調べにより、表 2-45 に示すとおり想定した。

表 2-45 産業用加温機器の平均使用年数の想定

用途	平均使用年数
産業用ボイラ	15 年
産業用 HP	12 年

残存曲線（使用年数別の残存率）は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメータである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される産業用加温の平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

以上より設定した残存曲線を図 2-91 に示す。

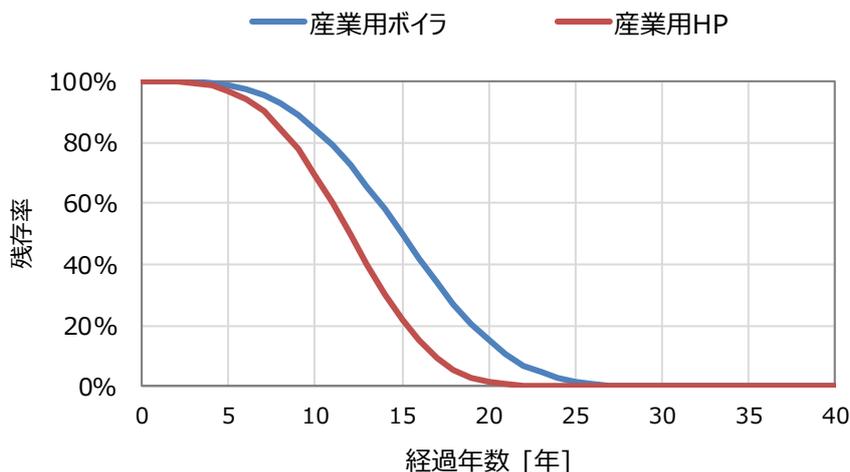


図 2-91 産業用加温機器の残存曲線

c. 産業用加温機器の全負荷相当運転時間

産業用加温機器の全負荷相当運転時間については、「ヒートポンプ・蓄熱白書」を参考に、表 2-46 に示すとおり、1,700h/年と想定した。

表 2-46 産業用加温機器の全負荷相当運転時間

使用データ		設定方法
①一日の稼働時間	16h/年	稼働時間は工場の稼働状況によって異なるが、24 時間稼働または昼間のみの 8 時間稼働のどちらかが多いと考えられることから、その中間値に設定
②年間稼働日数	300 日/年	平均的に日曜定休の工場を想定し、設定
③稼働率	35%	想定値
④全負荷相当運転時間	約 1,700h/年	①×②×③として設定

d. 産業部門の熱需要の用途別内訳

産業部門における熱需要の用途別（工場空調／加温／低温乾燥／高温）の内訳について、「ヒートポンプ・蓄熱白書」で示されている各業種の熱需要の用途別構成比を、「平成 27 年度エネルギー消費統計（石油等消費動態統計を含む試算表）」から把握される業種別の熱需要（蒸気自家発生量）で加重平均を取ることにより、推計した。

これより、表 2-47 に示すとおり、工場空調：14%、加温：11%、低温乾燥：11%、高温：64%と推計された。

表 2-47 産業部門における熱需要の用途別内訳

業種	熱需要 (百万 kWh)	熱需要の用途別構成比			
		工場空調	加温	低温乾燥	高温
食料品製造業	16,210	15%	15%	30%	40%
飲料・たばこ・飼料製造業	6,947	30%	30%	20%	20%
繊維業	15,638	20%	60%	0%	20%
木材・木製品製造業（家具を除く）	2,355	22%	16%	9%	53%
家具・装備品製造業	200	22%	16%	9%	53%
パルプ・紙・紙加工品製造業	115,526	10%	10%	25%	55%
印刷・同関連業	644	22%	16%	9%	53%
化学工業	85,509	20%	10%	10%	60%
石油製品・石炭製品製造業	68,873	10%	10%	0%	80%
プラスチック製品製造業（別掲を除く）	31,657	30%	5%	10%	55%
ゴム製品製造業	2,852	20%	5%	0%	75%
なめし革・同製品・毛皮製造業	29	22%	16%	9%	53%
窯業・土石製品製造業	36,930	10%	5%	5%	80%
鉄鋼業	61,957	7%	3%	0%	90%
非鉄金属製造業	2,766	10%	5%	0%	85%
金属製品製造業	2,188	22%	16%	9%	53%
はん用機械器具製造業	425	40%	10%	10%	40%
生産用機械器具製造業	1,656	40%	10%	10%	40%
業務用機械器具製造業	442	40%	10%	10%	40%
電子部品・デバイス・電子回路製造業	2,192	60%	20%	5%	15%
電気機械器具製造業	788	60%	20%	5%	15%
情報通信機械器具製造業	57	60%	20%	5%	15%
輸送用機械器具製造業	1,421	30%	30%	10%	30%
その他の製造業	294	22%	16%	9%	53%
熱需要による加重平均		14%	11%	11%	64%

e. 産業部門における熱需要

以上の想定に基づき、将来の産業部門における用途別の熱需要を推計した結果を図 2-92 に示す。なお、この合計値はエネルギー消費統計から推計される産業部門の熱需要と概ね一致する。

また、前述のとおり、将来については足元（2015 年度）横這いと想定した。

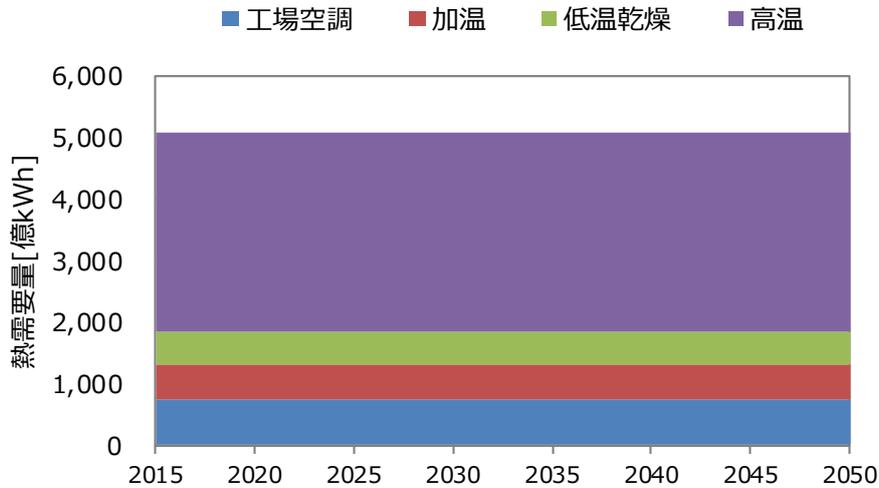


図 2-92 将来の産業部門における用途別の熱需要の推移

2) 産業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェア

足元における、産業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアについては、1) で示した、産業用加温機器の出荷実績及び残存曲線、全負荷相当運転時間の想定を基に、各機器が賄う熱需要を算定することにより、推計した。

将来については、足元における産業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアの推移状況に対してロジスティック回帰を適用することで設定した。ロジスティック回帰の適用にあたっては、産業用ヒートポンプのシェアの上限漸近値について、高位、中位、低位の 3 つのケースを想定した。

a. 足元の産業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェア

1) で示した想定を基に、足元における産業用ヒートポンプが賄うシェアを推計した結果を図 2-93 に示す。

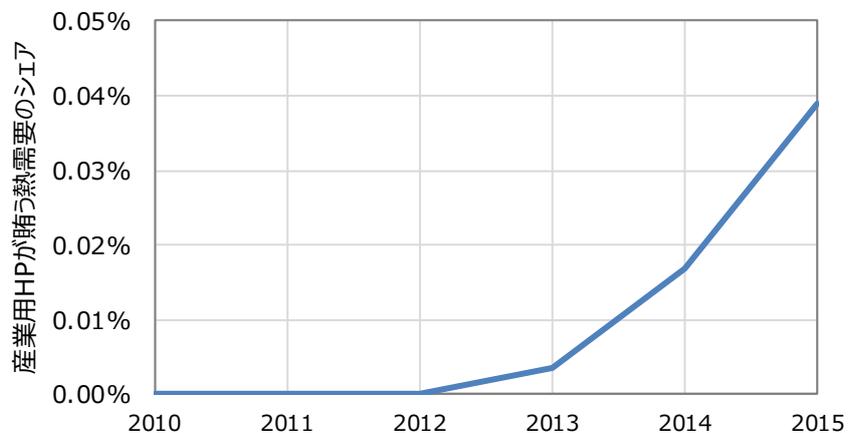


図 2-93 足元における産業用 HP が賄う熱需要のシェアの推移

b. 業種別・用途別の産業用ヒートポンプの導入上限

将来の産業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアを推計するにあたり、用途別の産業用ヒートポンプの導入上限漸近値について、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。工場空調用、加温用、低温乾燥用の想定を表2-48に、高温用の想定を表2-49に示す。

なお、高温用については、120℃程度の熱風ヒートポンプ、蒸気生成ヒートポンプも実用化されており、また更なる高温化技術開発も進められているが、一部業種にはそれらでも対応困難な温度帯の製造プロセスを持つものもある。ここでは、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、鉄鋼業の4業種については、ヒートポンプによる対応は困難であるとし、産業用ヒートポンプのシェアを0%と想定した。また、これら以外の業種についても、産業用ヒートポンプのシェアは異なるものと想定し、各業種の熱需要に占める高温用の比率に応じて、導入上限を設定した。

表2-48 産業用HPの導入上限（産業用HPが賄う熱需要のシェア）の想定（高温用以外）

ケース	工場空調	加温	低温乾燥
高位ケース	工場空調用熱需要×80%	加温用熱需要×70%	低温乾燥用熱需要×70%
中位ケース	工場空調用熱需要×70%	加温用熱需要×50%	低温乾燥用熱需要×50%
低位ケース	工場空調用熱需要×60%	加温用熱需要×30%	低温乾燥用熱需要×30%

表2-49 産業用HPの導入上限（産業用HPが賄う熱需要のシェア）の想定（高温用）

業種	熱需要に占める高温比率	高位ケース	中位ケース	低位ケース
食料品製造業	40%	80%	70%	60%
飲料・たばこ・飼料製造業	20%	80%	70%	60%
繊維業	20%	80%	70%	60%
木材・木製品製造業（家具を除く）	53%	70%	60%	50%
家具・装備品製造業	53%	70%	60%	50%
パルプ・紙・紙加工品製造業	55%	0%	0%	0%
印刷・同関連業	53%	70%	60%	50%
化学工業	60%	0%	0%	0%
石油製品・石炭製品製造業	80%	0%	0%	0%
プラスチック製品製造業（別掲を除く）	55%	70%	60%	50%
ゴム製品製造業	75%	60%	50%	40%
なめし革・同製品・毛皮製造業	53%	70%	60%	50%
窯業・土石製品製造業	80%	60%	50%	40%
鉄鋼業	90%	0%	0%	0%
非鉄金属製造業	85%	60%	50%	40%
金属製品製造業	53%	70%	60%	50%
はん用機械器具製造業	40%	80%	70%	60%
生産用機械器具製造業	40%	80%	70%	60%
業務用機械器具製造業	40%	80%	70%	60%
電子部品・デバイス・電子回路製造業	15%	80%	70%	60%
電気機械器具製造業	15%	80%	70%	60%
情報通信機械器具製造業	15%	80%	70%	60%
輸送用機械器具製造業	30%	80%	70%	60%
その他の製造業	53%	70%	60%	50%

上記の想定に対して、表 2-47 で示した業種別の熱需要量で加重平均を取ることで、各ケースの用途別の産業用ヒートポンプの導入上限を整理すると、表 2-50 に示すとおりとなる。

表 2-50 用途別の産業用 HP の導入上限の想定

ケース	工場空調	加温	低温乾燥	高温
高位ケース	80%	70%	70%	19%
中位ケース	70%	50%	50%	17%
低位ケース	60%	30%	30%	14%

2050 年には上述の導入上限に達しているものとした上で、将来の産業用加温市場における産業用ヒートポンプが賅う熱需要のシェアについて、高位、中位、低位のそれぞれのケースで推計した結果を図 2-94 に示す。

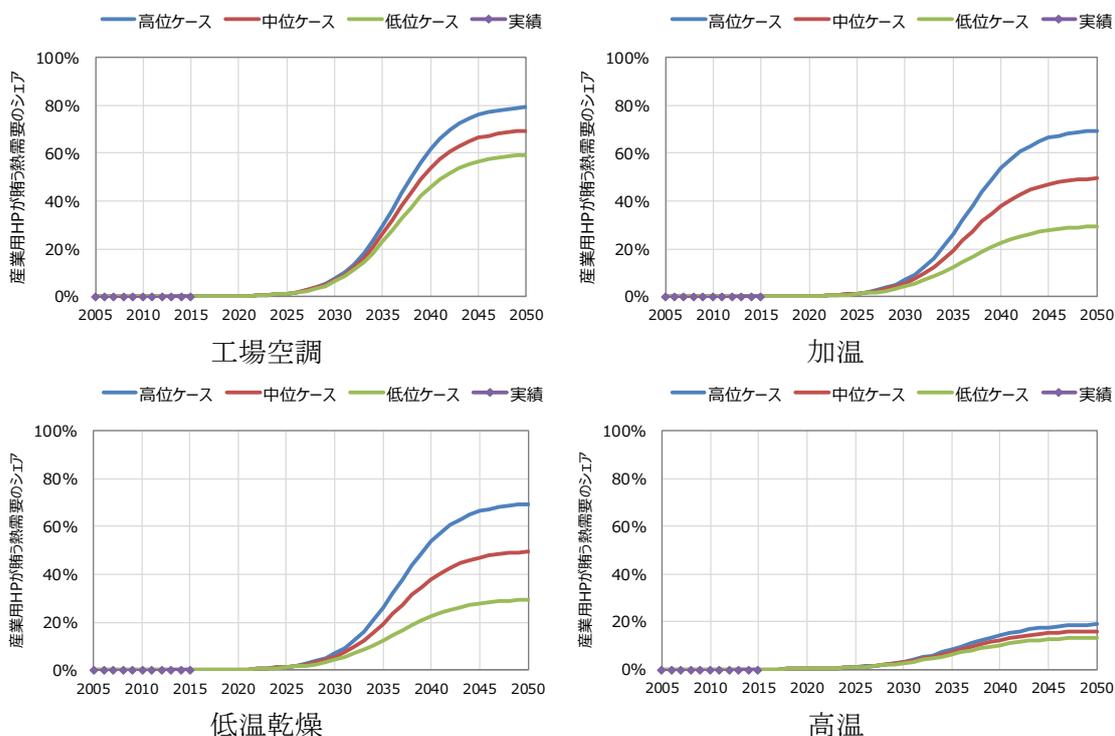


図 2-94 将来の産業用加温市場における産業用 HP が賅う熱需要のシェアの想定

3) 産業用加温機器のフロー効率

産業用加温機器の機器別のフロー効率は、図 2-95 に示すとおり設定した。

産業用ヒートポンプの効率については、HPTCJ 調べによる現在販売されている産業用ヒートポンプの効率や技術開発動向等を踏まえ、設定した。

産業用ボイラについては、工場空調用、給湯、乾燥用については、ボイラ効率を 0.9 で一定と想定した。高温用については、更に蒸気配管ロス 20%を見込み、ボイラの総合効率は 0.72 (=0.9×0.8) で一定と想定した。

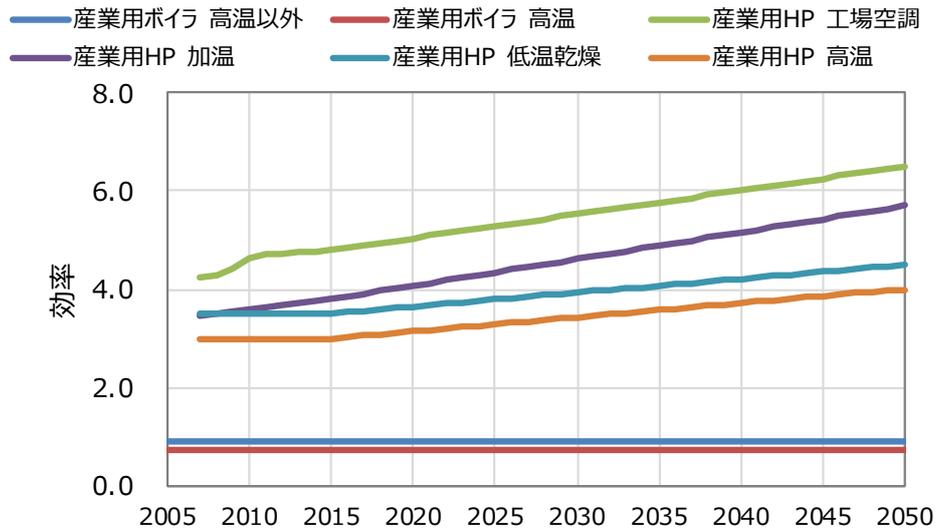


図 2-95 産業用加温機器の機器別のフロー効率の想定

(4) 算定結果

1) 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、産業用ヒートポンプの出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-96、図 2-97 に示す。

出荷容量については、2035 年度過ぎまで急伸した後、2045 年度頃までにかけて一度落ち込み、その後再び拡大した後、縮小する見込みとなっている。これは、産業用ボイラに対する経済優位性が働く市場に、加速度的に導入が進んだ後、当該市場が飽和した段階で一度落ち込んでいるものと考えられる。2045 年度以降は、一度導入された産業用ヒートポンプの更新需要等に応じて、増減を繰り返すものと考えられる。

ストック容量については、いずれのケースでも 2040 年度頃までにほぼ導入上限に達する見込みである。

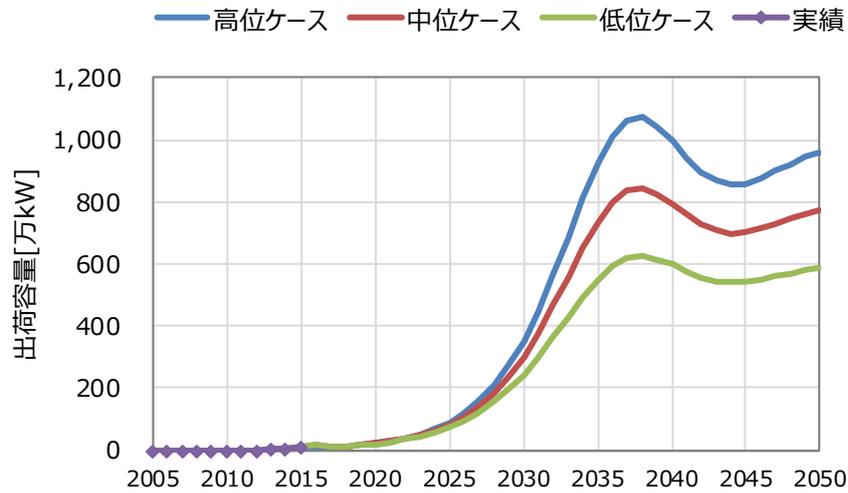


図 2-96 産業用 HP の出荷容量の推計結果

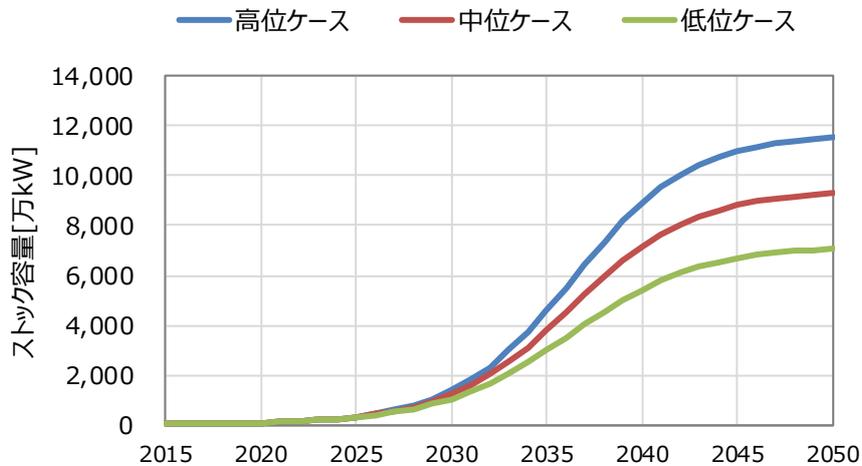


図 2-97 産業用 HP のストック容量の推計結果

(参考) 用途別の出荷容量・ストック容量

なお、参考として、高位ケース、中位ケース、低位ケースそれぞれにおける用途別の産業用ヒートポンプの出荷容量及びストック容量の推計結果を、図 2-98 に示す。

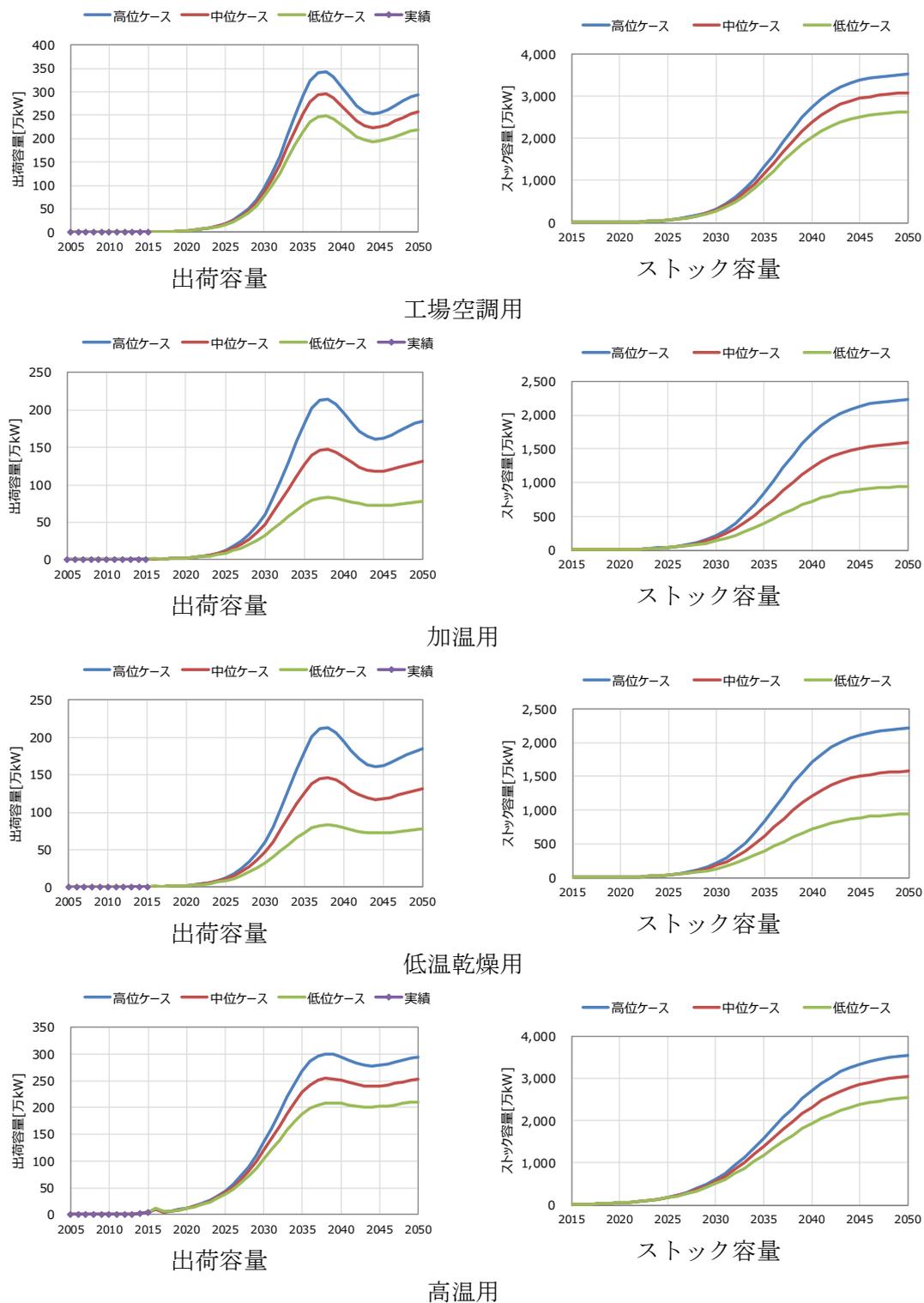


図 2-98 用途別の産業用 HP の出荷容量及びストック容量の推計結果

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに(3)で示したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-99 に示す。

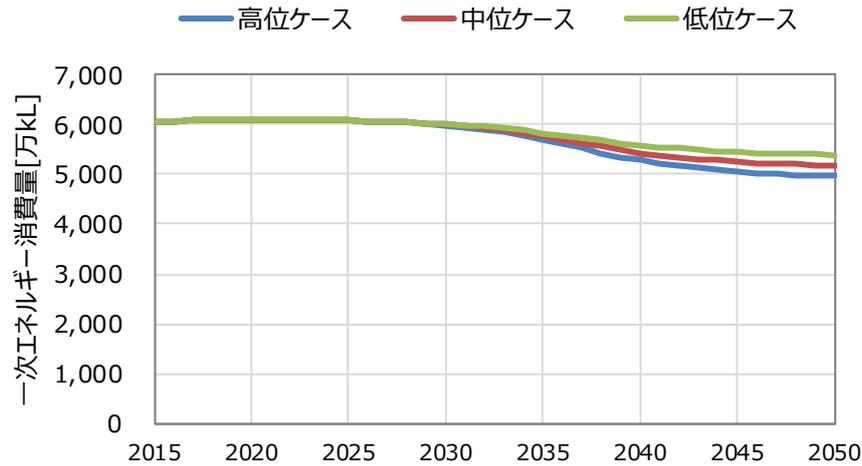


図 2-99 一次エネルギー消費量の推計結果：産業用加温

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015 年度）の産業用ヒートポンプのストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-100、表 2-51 に示す。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 925 万 kL/年であり、このうち、産業用ボイラの代替効果は 683 万 kL/年、産業用ヒートポンプの効率改善効果は 242 万 kL/年と推計される。

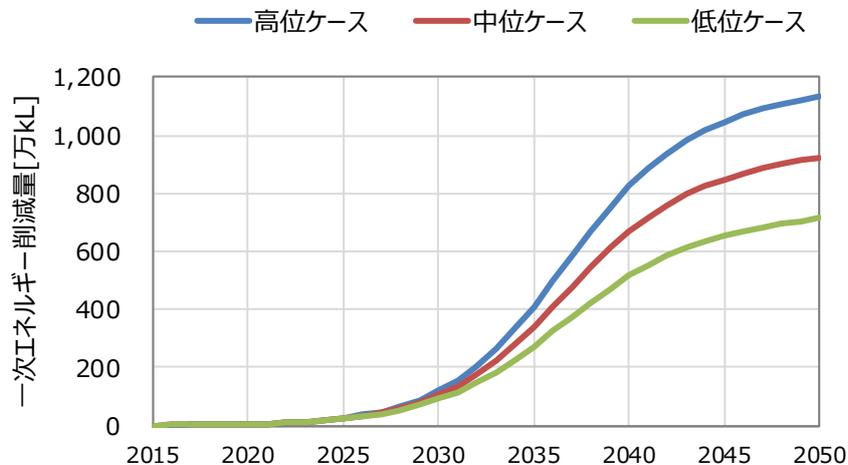


図 2-100 省エネ効果の推計結果：産業用加温

表 2-51 省エネ効果の内訳：産業用加温

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	5	118	824	1,136
	産業用ボイラの代替効果	5	100	643	834
	産業用 HP の効率改善効果	0	18	180	302
中位ケース	合計	5	105	668	925
	産業用ボイラの代替効果	5	89	525	683
	産業用 HP の効率改善効果	0	16	143	242
低位ケース	合計	5	91	515	714
	産業用ボイラの代替効果	5	77	407	531
	産業用 HP の効率改善効果	0	14	107	183

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を図 2-101、表 2-52 に示す。なお、産業用ボイラに用いられる燃料種は多岐に渡るが、ここでは便宜的に主要な燃料種である A 重油、都市ガス、LPG に代表させ、総合エネルギー統計における、製造業の自家用蒸気発生用の燃料種別投入量を用いて、加重平均で算定した。

2050 年度断面における中位ケースでの CO₂ 削減効果は 3,368 万 t-CO₂/年であり、このうち、産業用ボイラの代替効果は 3,253 万 t-CO₂/年、産業用ヒートポンプの効率改善効果は 116 万 t-CO₂/年と推計される。

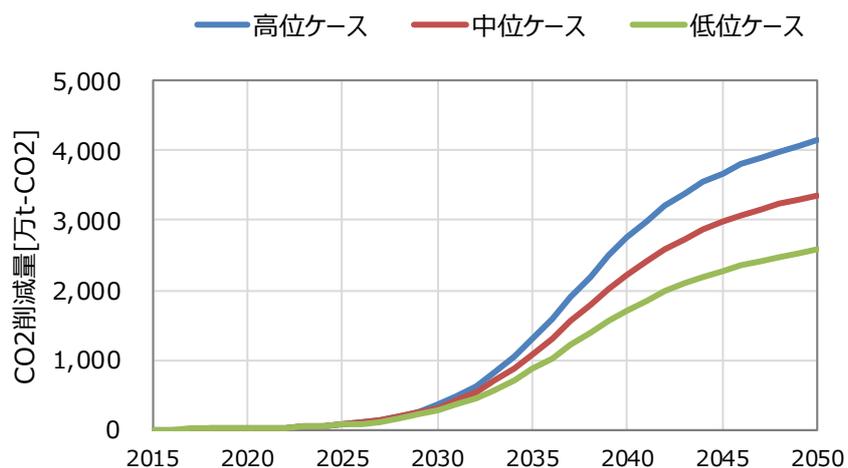


図 2-101 CO₂ 削減効果の推計結果：産業用加温

表 2-52 CO2 削減効果の内訳：産業用加温

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	13	351	2,757	4,156
	産業用ボイラの代替効果	12	324	2,581	4,012
	産業用 HP の効率改善効果	1	27	175	144
中位ケース	合計	13	313	2,229	3,368
	産業用ボイラの代替効果	13	289	2,089	3,253
	産業用 HP の効率改善効果	1	24	140	116
低位ケース	合計	13	270	1,706	2,581
	産業用ボイラの代替効果	13	250	1,601	2,494
	産業用 HP の効率改善効果	1	20	104	87

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.2.7 農業用

(1) 前提条件

農業のうち、施設園芸分野では、ハウスの加温にあたり、農業用ボイラや農業用ヒートポンプが用いられている。現状では、重油だきの農業用ボイラが利用されているケースが多いが、これを農業用ヒートポンプへと転換することで、大きな省エネ効果が見込まれる。

そこで、農業用については施設園芸分野における、重油だきの農業用ボイラから農業用ヒートポンプへの更新による省エネ効果について評価するものとした。

(2) 算定フロー

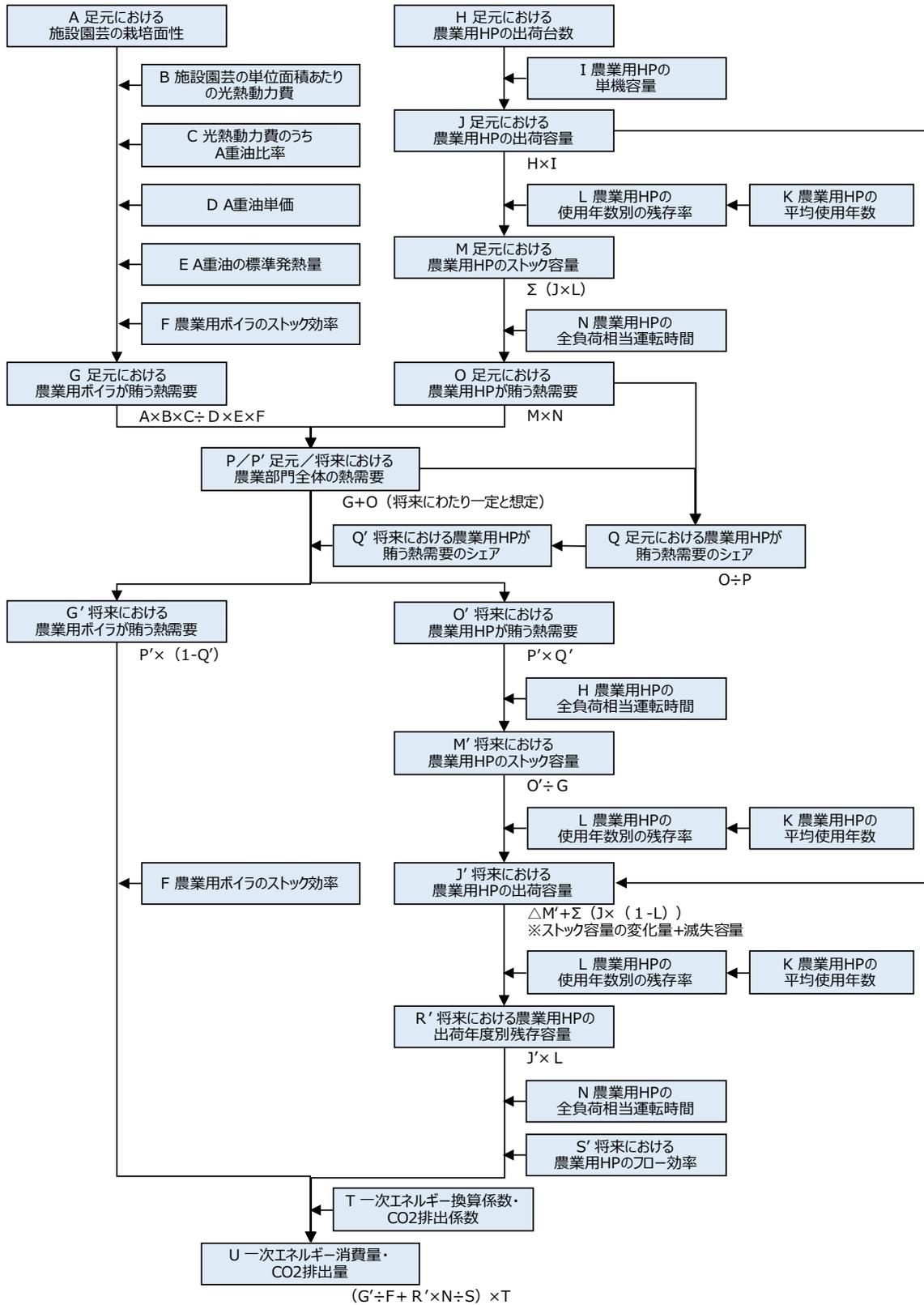


図 2-102 農業用市場における農業用 HP の普及見通しの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 農業用暖房機器の市場規模（農業分野における熱需要）

農業（施設園芸）における熱需要について、農業用ボイラ（A 重油）が賄う分と、農業用ヒートポンプが賄う分に分けて、それぞれ推計した。

a. 農業用ボイラ（A 重油）が賄う熱需要

農業用ボイラ（A 重油）が賄う熱需要については、表 2-53 に示すとおり、推計した。

表 2-53 施設園芸における農業用ボイラ（A 重油）が賄う熱需要の推計方法

使用データ	野菜	花き	出所／算定方法
①施設園芸の栽培面積	419,480 千 m ²	80,895 千 m ²	農林水産省「園芸用施設及び農業用廃プラスチックに関する実態調査結果（平成 24 年）」より
②施設園芸の単位面積あたりの光熱動力費	248 円/m ²	526 円/m ²	農林水産省「農業経営統計調査（平成 27 年）」より、個人経営（単一経営）、組織経営それぞれについて、面積あたりの光熱動力費を推計し、2015 農林業センサス結果における個人経営と組織経営の栽培面積の比率で加重平均して算定
③光熱動力費のうち A 重油比率	30%	30%	農林水産省「農業物価統計」における平成 23～27 年農業生産資材年次別価格指数より設定
④A 重油単価	67 円/L	67 円/L	資源エネルギー庁「石油製品価格調査」における「産業用価格（軽油・A 重油）」の「小型ローリー価格」の 2015 年 4 月～2016 年 3 月の全国平均価格
⑤A 重油の標準発熱量	39.1MJ/L	39.1MJ/L	資源エネルギー庁「エネルギー源別 2013 標準発熱量一覧表」より
⑥ボイラ効率	0.9	0.9	想定値
⑦農業用ボイラが賄う熱需要	4,572 百万 kWh	1,872 百万 kWh	①×②×③÷④×⑤×⑥× 0.278kWh/MJ として算定
合計	6,443 百万 kWh		

b. 農業用ヒートポンプが賄う熱需要

農業用ヒートポンプが賄う熱需要については、足元の農業用ヒートポンプの出荷台数に対して、残存率を加味して積み上げた結果をストック台数とし、それに 1 台あたりの単機容量と全負荷相当運転時間を乗じることで、推計した。

ア) 足元の農業用ヒートポンプの出荷台数

足元の農業用ヒートポンプの出荷台数の推移については、農林水産業生産局資料において示されており、図 2-103 のとおりとなっている。

2012 年度以降、A 重油価格の高騰に伴い、農林水産省により「燃油価格高騰緊急対策」が実施され、農業用ヒートポンプの出荷台数は大幅に急伸した。ただし、2015 年度以降は A 重油価格の下落が進んでおり、当面は農業用ヒートポンプの出荷台数の伸びは落ち着いていくものと見込まれる。

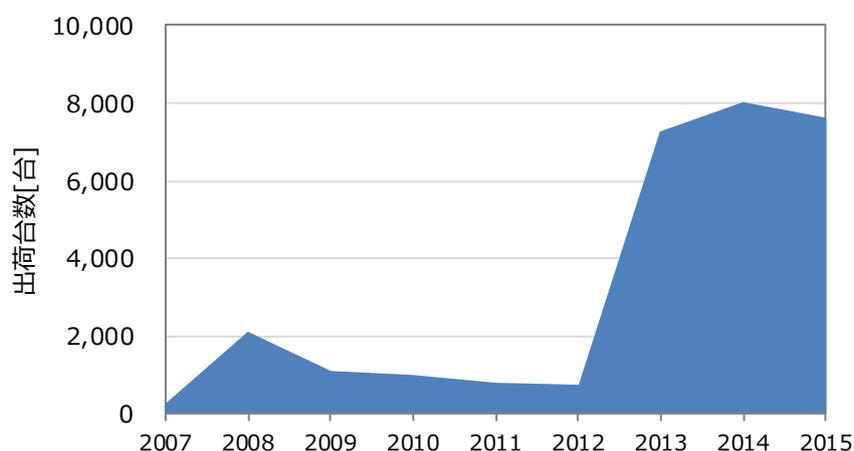


図 2-103 足元の農業用 HP の出荷台数の推移

出所) 農林水産業生産局農業環境対策課「持続的な産地の確立に向けた生産現場における技術的リスクマネジメント」(平成 28 年 8 月) より

イ) 農業用ヒートポンプの単機容量

メーカー各社のカタログによると、現在市販されている農業用ヒートポンプは 4 馬力 (11.2kW) ~10 馬力 (28.0kW) の容量のラインナップが多いことかた、農業用ヒートポンプの単機容量については、中間値の 19.6kW $((11.2+28.0) \div 2)$ と設定した。

ウ) 平均使用年数、残存曲線

農業用設備の法定耐用年数は 7 年と定められているが、実際には法定耐用年数を超えて使用されるケースが多い実態を踏まえ、平均使用年数については 10 年と設定した。

残存曲線 (使用年数別の残存率) は以下の式で表される。残存曲線の形状を表すパラメ

一タである α 、 β を設定する必要があるが、ここでは、残存曲線から推定される農業用ヒートポンプの平均使用年数が上述の平均使用年数の想定と整合するように設定を行った。

$$\text{残存率} = e^{-\alpha(\text{経過年数})^\beta}$$

以上より設定した残存曲線を図 2-104 に示す。

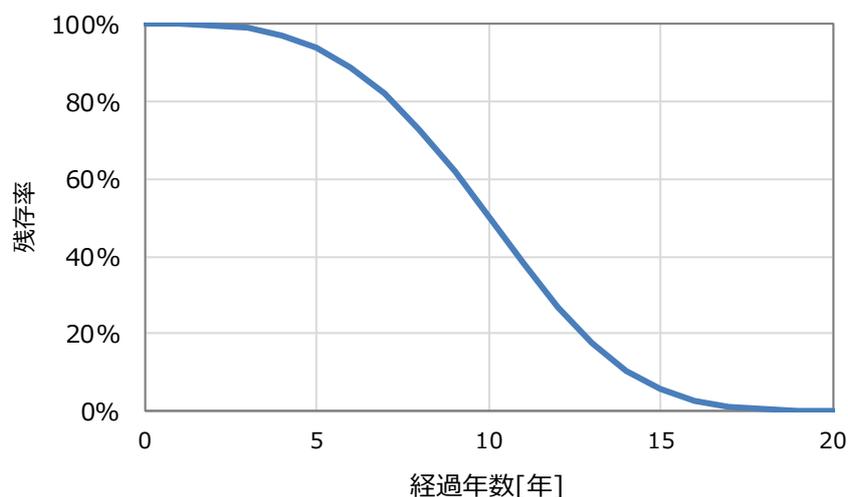


図 2-104 農業用 HP の残存曲線

エ) 農業用ヒートポンプの全負荷相当運転時間

農業用ヒートポンプの全負荷相当運転時間については、既往文献（農業電化協会「施設園芸におけるヒートポンプの有効利用－省エネと多面的な利用－」）等で示されている運転実績等を参考に、1,700h/年と想定した。

ア)～エ)の想定に基づき、足元（2015年度）における農業用ヒートポンプが賄う熱需要を推計すると、943百万 kWh となった。

c. 農業分野における熱需要

以上より、足元（2015年度）における農業（施設園芸）分野全体の熱需要は、表 2-54 に示すとおり、7,387百万 kWh と推計された。

また、将来については、足元（2015年度）横這いと想定した。

表 2-54 農業分野における熱需要

	熱需要	シェア
農業分野全体	7,387 百万 kWh	100%
農業用ボイラが賄う分	6,443 百万 kWh	87%
農業用 HP が賄う分	943 百万 kWh	13%

2) 農業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェア

農業分野における農業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアについては、1) で示した足元における農業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアの推移状況に対して、ロジスティック回帰を適用することで設定した。

ただし、前述のとおり、足元のシェアとしては、A 重油価格の高騰やそれに伴う農業用ヒートポンプに対する支援策等の影響により、急激に拡大しているものの、2015 年度以降は A 重油価格の下落が進んでいることに伴い、当面はこの拡大は落ち着く傾向になると想定した。

また、ロジスティック回帰の適用にあたっては、農業用ヒートポンプのシェアの上限漸近値について、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

a. 農業用ヒートポンプの導入上限

将来の農業用ヒートポンプが賄う熱需要の推計にあたって、ロジスティック回帰を適用するにあたり、2050 年度における上限漸近値について、表 2-55 に示すとおり、高位、中位、低位の3つのケースを想定した。

表 2-55 農業用 HP の導入上限の想定

ケース	農業用 HP の導入上限（農業用 HP が賄う熱需要のシェアの上限）
高位ケース	農業分野における熱需要×90%
中位ケース	農業分野における熱需要×60%
低位ケース	農業分野における熱需要×40%

b. 将来の農業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェア

以上の想定に基づき、農業用ヒートポンプが賄う熱需要のシェアについて、高位、中位、低位のそれぞれのケースで推計した結果を図 2-105 に示す。

2050 年度時点では、まだ導入上限には達しておらず、2050 年度以降も伸張し続けると見込まれる。

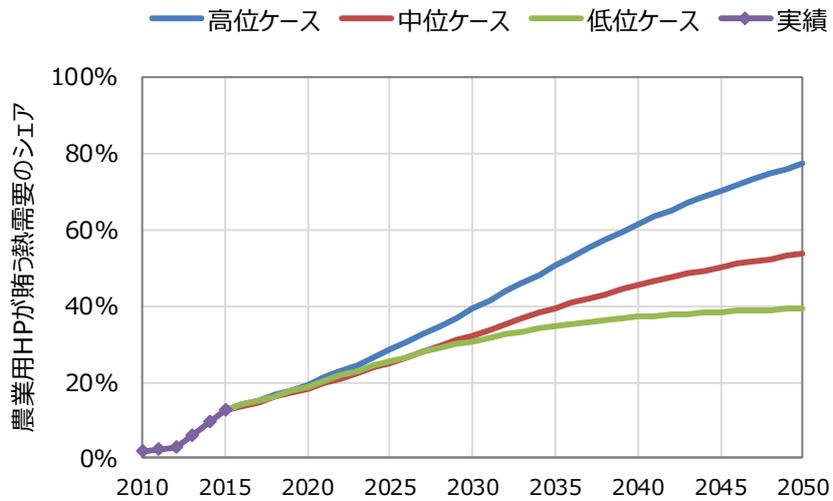


図 2-105 将来における農業用 HP が賄う熱需要のシェアの想定

3) 農業用ボイラ、農業用ヒートポンプのフロー効率

農業用ボイラ、農業用ヒートポンプのフロー効率は、図 2-106 に示すとおり設定した。

農業用ヒートポンプの効率については、業務用のパッケージエアコンと同じであると想定の上、設定した。

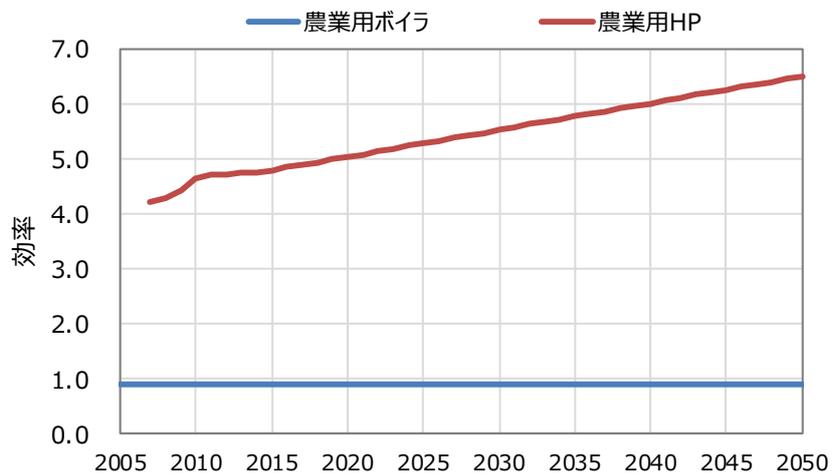


図 2-106 農業用ボイラ、農業用 HP のフロー効率の想定

注釈) 農業用ヒートポンプについては市販が開始した 2007 年以降の効率を示した。

(4) 算定結果

1) 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、農業用ヒートポンプの出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-107、図 2-108 に示す。

農業用ヒートポンプの出荷容量及びストック容量は、ともに大きく伸張し、中位ケースでの 2050 年度断面における出荷容量は約 23 万 kW、ストック容量は約 232 万 kW に達する。また、伸長の速度は緩やかとなるものの、2050 年度以降も引き続き拡大が進むことが見込まれる。

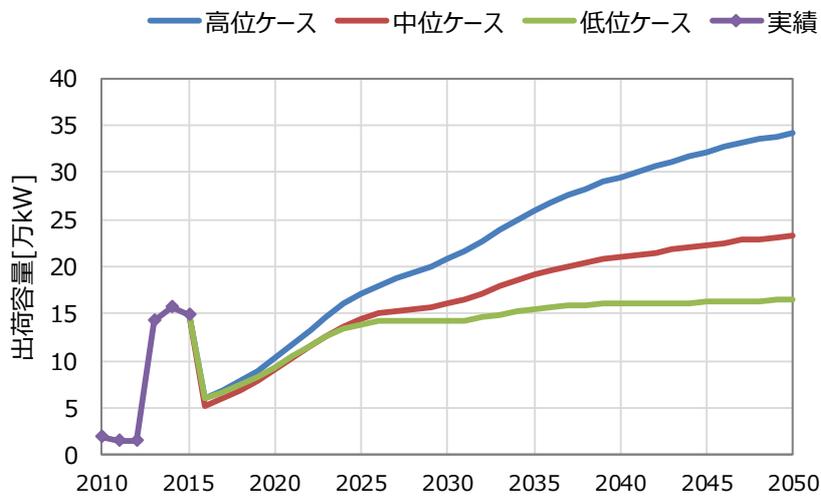


図 2-107 農業用 HP の出荷容量の推計結果：農業用

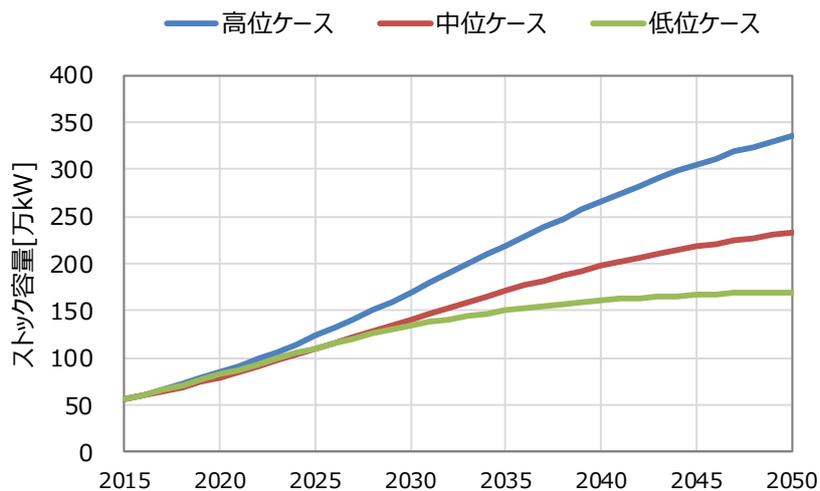


図 2-108 農業用 HP のストック容量の推計結果：農業用

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに(3)で示したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-109 に示す。

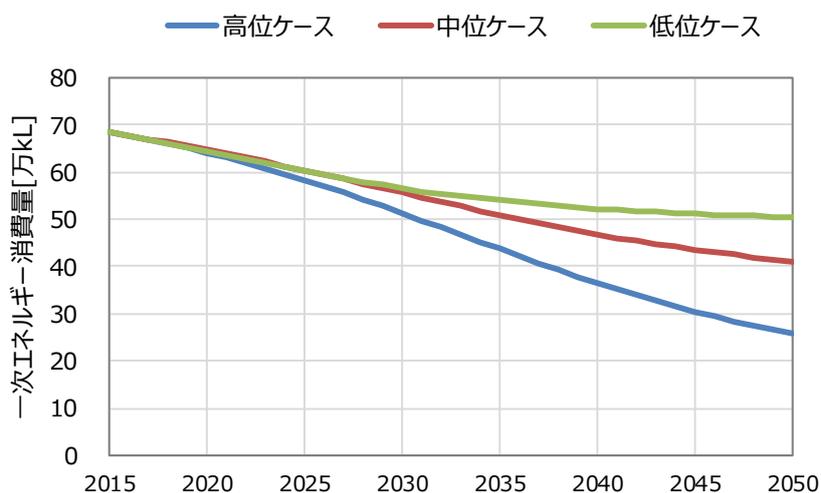


図 2-109 一次エネルギー消費量の推計結果：農業用

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元（2015 年度）の農業用ヒートポンプのストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を図 2-110、表 2-56 に示す。

2050 年度断面における中位ケースでの省エネ量は 27 万 kL/年であり、このうち、農業用ボイラの代替効果は 25 万 kL/年、農業用ヒートポンプの効率改善効果は 2 万 kL/年と推計される。

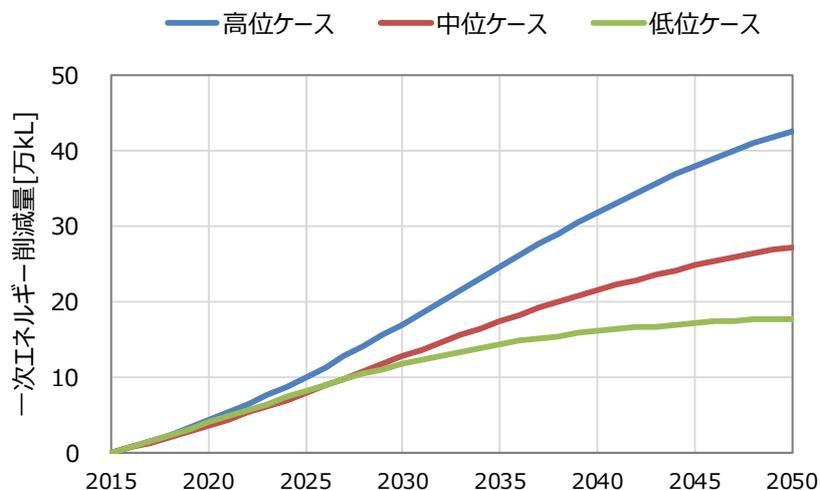


図 2-110 省エネ効果の推計結果：農業用

表 2-56 省エネ効果の内訳：農業用

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	4	17	32	43
	農業用ボイラの代替効果	4	16	30	40
	農業用 HP の効率改善効果	0	1	2	3
中位ケース	合計	4	13	21	27
	農業用ボイラの代替効果	3	12	20	25
	農業用 HP の効率改善効果	0	1	1	2
低位ケース	合計	4	12	16	18
	農業用ボイラの代替効果	4	11	15	16
	農業用 HP の効率改善効果	0	1	1	1

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO2 原単位を乗じて CO2 削減効果を推計した結果を図 2-111、表 2-57 に示す。

2050 年度断面における中位ケースでの CO2 削減効果は 78 万 t-CO2/年であり、このうち、農業用ボイラの代替効果は 76 万 t-CO2/年、農業用ヒートポンプの効率改善効果は 3 万 t-CO2/年と推計される。

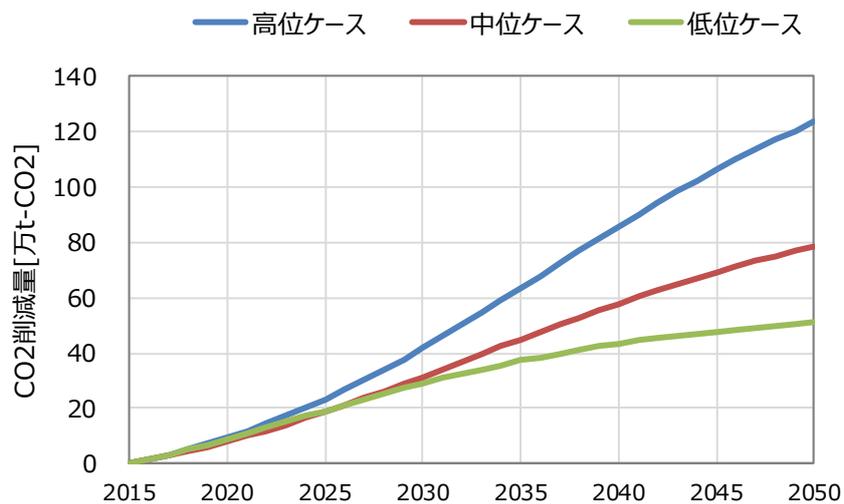


図 2-111 CO2 削減効果の推計結果：農業用

表 2-57 CO2 削減効果の内訳：農業用

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	9	42	86	123
	農業用ボイラの代替効果	9	39	81	120
	農業用 HP の効率改善効果	1	3	5	4
中位ケース	合計	8	31	58	78
	農業用ボイラの代替効果	7	29	54	76
	農業用 HP の効率改善効果	1	2	3	3
低位ケース	合計	9	29	43	51
	農業用ボイラの代替効果	8	27	40	49
	農業用 HP の効率改善効果	1	2	3	2

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.2.8 融雪用

(1) 前提条件

1) 評価対象とする機器

融雪を行うエリアとしては、道路、屋根、一般需要場所（店舗駐車場等）等、様々な種類があるが、本調査では、普及見通しの推計に必要となる定量データの入手可能性が比較的高い道路（国都道府県道、市町村道）のロードヒーティングを対象とした。

ロードヒーティングの熱源機器は、大きく分けてヒートポンプ式、電熱式、温水式（ガスだきボイラ、油（灯油）だきボイラ）の3つに分類されるが、現状は、電熱式、温水式がほとんどを占めており、ヒートポンプ式はほとんど普及していない。

そこで、融雪用については、電熱式、温水式から融雪用ヒートポンプへの代替による効果について評価するものとした。

2) 市場セグメントの設定

地域については、降雪量の多い北海道、東北、北陸の3つを対象とするものとした。

地域によって、気候（降雪量、外気温等）が異なり、それによって採用されているロードヒーティングの種類（電熱式、温水式のシェア等）等も異なると考えられることから、普及見通しの推計を行う上で、この3区分に分けて推計した。

表 2-58 地域区分

地域区分	該当する都道府県
北海道	北海道
東北	青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県
北陸	新潟県、富山県、石川県、福井県

(2) 算定フロー

融雪市場における融雪用ヒートポンプの普及見通しの算定フローを図 2-112 に示す。

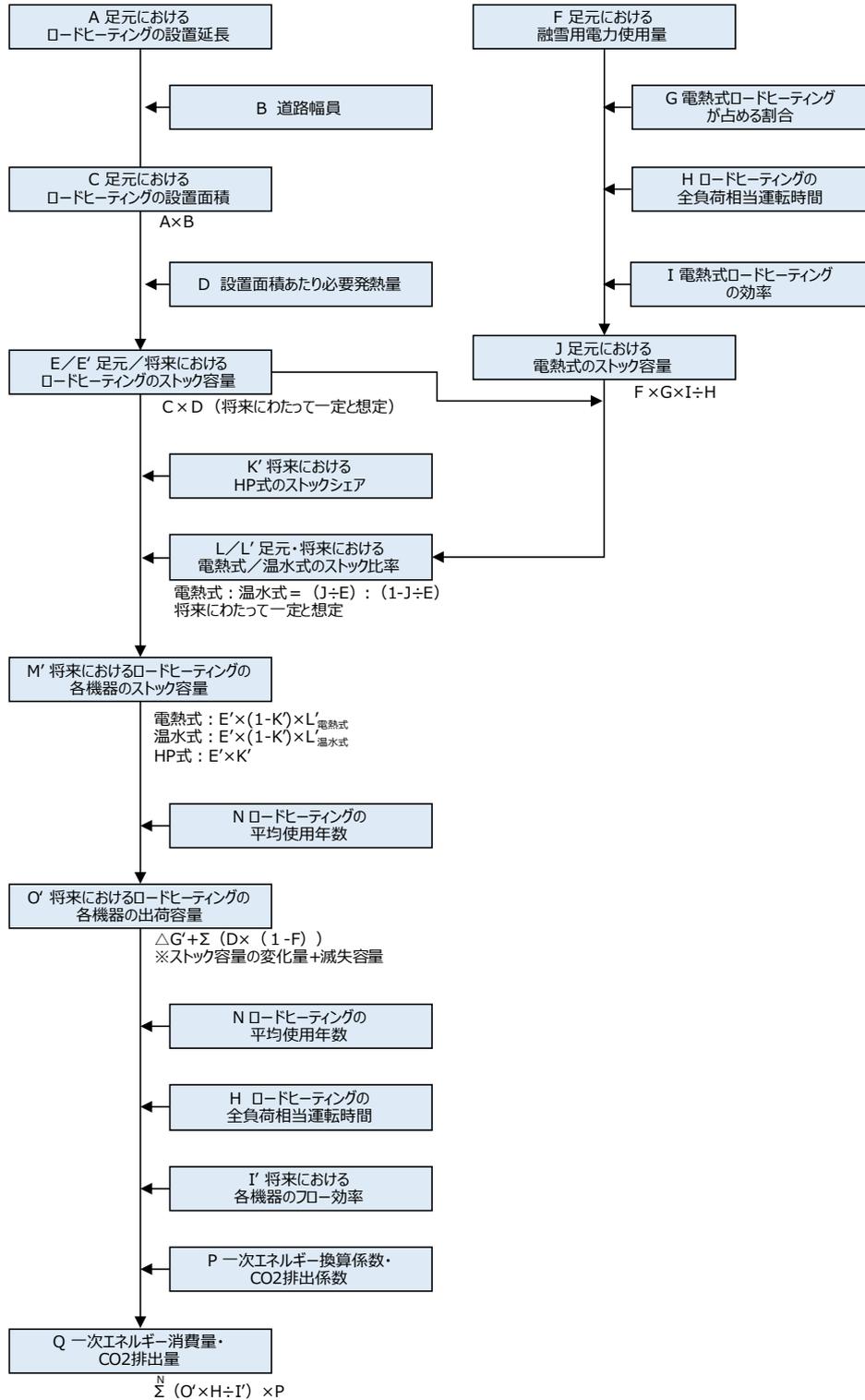


図 2-112 融雪市場における融雪用ヒートポンプの普及見通しの算定フロー

(3) 算定に用いたデータ

1) 融雪用機器の市場規模（ロードヒーティングのストック容量）

現状の融雪用機器の市場規模（ロードヒーティングのストック容量）については、ロードヒーティングの設置面積に、設置面積あたりの必要発熱量を乗じることで推計した。将来については、足元（2015年度）横這いと想定した。

また、出荷容量については、ストック容量を平均使用年数で除することで推計した。

a. 地域別のロードヒーティングの設置面積

足元（2015年度）の地域別のロードヒーティングの設置面積の実績値に関しては、表 2-59 に示すとおり、都道府県別・道路種類別（国都道府県道、市町村道）のロードヒーティングの設置延長に、都道府県別・道路種類別（国都道府県道、市町村道）の道路幅員を乗じ、地域毎に集約することで推計した。

表 2-59 地域別のロードヒーティングの設置面積の推計方法

使用したデータ		出所／推計方法
①	ロードヒーティング設置延長	国土交通省「豪雪地帯現況分析検討調査業務（基礎データ編）」より
②	道路幅員	国土交通省「道路統計年報」の「道路面積（道路部）」を「道路実延長」で除して算定
③	ロードヒーティング設置面積	①×②として推計

足元の地域別のロードヒーティングの設置面積の推計結果を表 2-60 に示す。この足元の設置面積が将来にわたって一定で続くものとした。

表 2-60 足元（2015年度）の地域別のロードヒーティングの設置面積の推計結果

	ロードヒーティング 設置延長	道路幅員（国都道府県道、 市町村道の加重平均値）	ロードヒーティング 設置面積
北海道	221km	7.8m	172 万 m ²
東北	281km	6.3m	176 万 m ²
青森県	37km	6.4m	24 万 m ²
岩手県	46km	5.9m	27 万 m ²
宮城県	11km	6.2m	7 万 m ²
秋田県	93km	6.0m	56 万 m ²
山形県	66km	7.1m	47 万 m ²
福島県	27km	5.7m	15 万 m ²
北陸	70km	6.8m	48 万 m ²
新潟県	20km	6.1m	12 万 m ²
富山県	19km	7.1m	14 万 m ²
石川県	22km	7.2m	16 万 m ²
福井県	9km	6.7m	6 万 m ²

b. 地域別の設置面積あたり必要発熱量

ロードヒーティングの設置面積あたり必要発熱量については、「ロードヒーティング設備の設計指針」（建設電気技術協会）において、地域別の目安値が示されている。

これを踏まえ、北海道については「北海道（道央地方）」の値とし 250W/m²、東北・北陸については 200W/m² と設定した。

表 2-61 ロードヒーティング設備の設置面積あたり必要発熱量

地域	必要発熱量
北海道（道東・道北地方）	300W/m ²
北海道（道央地方）、東北（山間部）	250W/m ²
北海道（道南地方）、東北、北陸	200W/m ²
関東以南	170W/m ²

出所) 建設電気技術協会「ロードヒーティング設備の設計指針」

c. ロードヒーティングのストック容量

以上の想定に基づき、現状及び将来における地域別のロードヒーティングのストック容量を推計した結果を図 2-113 に示す。

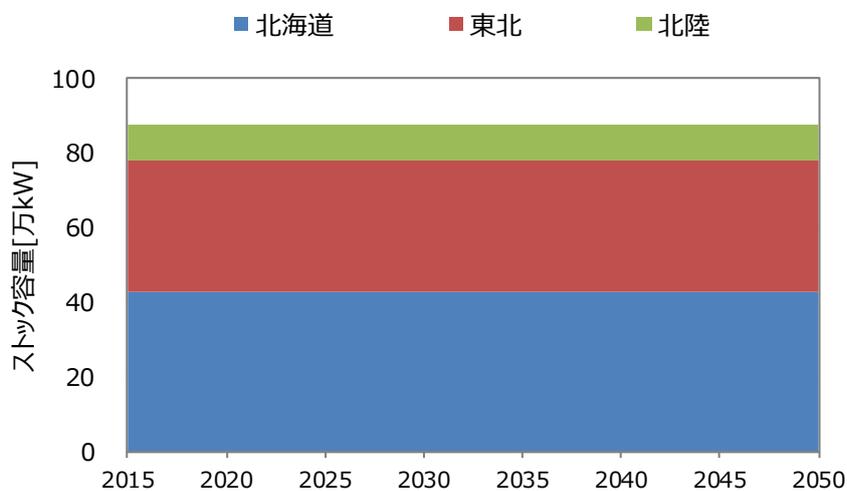


図 2-113 将来における地域別のロードヒーティングのストック容量の推移

2) 足元の機器別のストックシェア

融雪用の熱源機器は、前述のとおり、ヒートポンプ式、電熱式、温水式の3つに大別される。

現状は、ヒートポンプ式はほとんど普及しておらず、多くが電熱式、温水式とされているが、各機器の出荷量、普及量に関する公的な統計データは存在せず、機器別のシェアを正確に把握することはできない。

一方、北海道に限定すれば、既往文献・研究（国立研究開発法人土木研究所「融雪施設の維持管理のためのガイドライン（案）－エネルギーの効率的な活用－（平成28年）」等）において、概況を把握することができる。

また、経済産業省資源エネルギー庁が平成24年度に実施した「一般電気事業者選択約款動向調査」では、平成23年度実績値のみではあるが、地域（電力会社）別の融雪用電力使用量を把握することが可能である。

そこで、本調査では、上記の文献・統計等を用いて、北海道地域と東北・北陸地域に分けて機器別のストックシェアを推計した。

a. 北海道

ア) 足元の機器別のストックシェア

北海道の足元の機器別のシェアについて、既往文献・研究（国立研究開発法人土木研究所「融雪施設の維持管理のためのガイドライン（案）－エネルギーの効率的な活用－（平成28年）」等）を基に、以下のとおり設定した。

- 電熱式：80%
- 温水式：20%
- ヒートポンプ式：0%

なお、この設定より推計される電熱式のストック容量に対して、全負荷相当時間を乗じることによって、電熱式の電力使用量を算定し、これと「一般電気事業者選択約款動向調査」における北海道電力の融雪用電力使用量との比較をすることで、設定の妥当性（推計した電熱式のロードヒーティングの電力使用量が、北海道全体の融雪用電力使用量を上回らないか等）について確認した。

イ) ロードヒーティングの全負荷相当運転時間

北海道に関しては、「融雪施設の維持管理のためのガイドライン（案）－エネルギーの効率的な活用－」（国立研究開発法人土木研究所）において設置面積あたりの年間必要熱量（kWh/m²）が示されている。

そこで、北海道のロードヒーティングの全負荷相当運転時間については、この値と前述の設置面積あたりの必要発熱量（W/m²）を基に、表 2-62 に示すとおり算定した。

表 2-62 北海道におけるロードヒーティングの全負荷相当運転時間の算定方法

使用データ		出所／算定方法
①面積あたり必要発熱量	250W/m ²	建設電気技術協会「ロードヒーティング設備の設計指針」で示されている「北海道（道央地方）」の値
②面積あたり年間必要熱量	206.4kWh/m ²	国立研究開発法人土木研究所「融雪施設の維持管理のためのガイドライン（案）－エネルギーの効率的な活用－」で示されている札幌市における 2011～2014 年度の平均値
③全負荷相当運転時間	826h/年	②÷①として推計

ウ) 電熱式のロードヒーティングの電力使用量

1)で示した北海道地域におけるロードヒーティングのストック容量、及び上述の想定より、電熱式のロードヒーティングの電力使用量は、表 2-63 のとおり、244GWh と推計された。

「一般電気事業者選択約款動向調査」における北海道電力の融雪用電力使用量（2011 年度実績値）は 1,252GWh であるため、融雪用電力使用量全体のうち、電熱式のロードヒーティングが占める割合は約 19%ということになる。

なお、「一般電気事業者選択約款動向調査」における融雪用電力使用量には、今回対象としたロードヒーティング以外の一般需要場所（店舗駐車場等）における融雪用電力使用量も含まれている。また、ここでいう融雪用電力使用量は、「融雪用」という電力メニュー（冬季の所定時間帯を対象としたメニュー）の電力使用量であり、実際には融雪だけでなく、暖房等にも用いられているケースもあることを踏まえると、概ね妥当だと考えられる。

以上を踏まえ、足元のストックシェアについてはア) で示した設定を用いることとした。

表 2-63 北海道における融雪用エネルギー消費量

データ		出所／算定方法
①電熱式のロードヒーティングによる電力使用量	244GWh	ストック容量（43.0 万 kW）×電熱式のシェア（80%）×全負荷相当運転時間（826h/年）÷効率（0.9）として推計
②北海道全体の融雪用電力使用量（2011 年度実績値）	1,252GWh	経済産業省資源エネルギー庁「一般電気事業者選択約款動向調査」
③②のうち、電熱式ロードヒーティングが占める割合	19.4%	①÷②として推計

b. 東北・北陸

東北・北陸に関しては、足元の機器別のストックシェアに係る統計データ等がないため、「一般電気事業者選択約款動向調査」における融雪用電力使用量のうち、電熱式のロードヒーティングが占める割合を想定することで、電熱式による電力使用量を算定し、これを全負荷相当時間で割り戻すことで電熱式のストック容量を推計した。

残りのストック容量を全て温熱式と想定（ヒートポンプ式については0%と想定）して、機器別のストックシェアを設定した。

ア) 電熱式の電力使用量

東北・北陸については、「一般電気事業者選択約款動向調査」で示されている融雪用電力使用量のうち、電熱式によるロードヒーティングが占める割合を50%と想定し、表2-64に示すとおり、電熱式による電力使用量を推計した。

表2-64 東北・北陸地域における電熱式の電力使用量の推計

使用データ	東北	北陸	出所／算定方法
①融雪用電力使用量	306GWh	61GWh	経済産業省資源エネルギー庁「一般電気事業者選択約款動向調査」
②電熱式のシェア	50%	50%	想定値
③電熱式の電力使用量	153GWh	30GWh	①×②として推計

イ) ロードヒーティングの全負荷相当運転時間

東北・北陸に関しては、ロードヒーティングの全負荷相当運転時間に関する既存統計・文献等が見当たらなかった。このため、面積あたりの年間必要熱量が降雪量に比例するものと仮定して、前述の北海道における値に、気象庁ウェブサイトで公表されている地域別の降雪量の対北海道比を乗じることで、面積あたりの年間必要熱量を推計し、それを面積あたり必要発熱量で除することで全負荷相当運転時間を推計した、

推計結果を表2-65に示す。

表2-65 東北・北陸地域におけるロードヒーティングの全負荷相当運転時間の設定

地域	降雪量 (2011～2014年度の平均値)	面積あたり 年間必要熱量	面積あたり 必要発熱量	全負荷相当 運転時間
北海道	4.72m	206.4kWh/m ²	250W/m ²	826h/年
東北	2.99m	130.9kWh/m ²	200W/m ²	655h/年
北陸	2.04m	89.3kWh/m ²	200W/m ²	447h/年

注釈) 各地域に該当する都道府県の県庁所在地のデータを用いるものとし、北海道は札幌市、東北は青森市、盛岡市、仙台市、秋田市、山形市、福島市の平均、北陸は新潟市、富山市、金沢市、福井市の平均とした。

ウ) 足元の機器別のストックシェア

上述の電熱式による電力使用量、全負荷相当運転時間より、電熱式のストック容量を推計した。これと、1)で示した東北・北陸地域におけるロードヒーティング全体のストック容量より、足元における電熱式と温水式のシェアについて表 2-66 に示すとおり設定した。

表 2-66 東北・北陸地域における機器別のストック容量、ストックシェア

データ	東北	北陸	出所/算定方法
①ロードヒーティングのストック容量	35.3 万 kW	9.5 万 kW	1)で示した推計結果より
②電熱式のストック容量 (ストックシェア)	21.1 万 kW (60%)	6.1 万 kW (64%)	電熱式の電力使用量×効率 (0.9) ÷ 全負荷相当運転時間として推計
③温水式のストック容量 (ストックシェア)	14.2 万 kW (40%)	3.4 万 kW (36%)	①-②として推計 ※HP 式のストック容量は 0%と想定

3) 将来の機器別のストックシェア

将来のヒートポンプ式のストックシェアについては、産業用加温の「加温」・「低温乾燥」における産業用 HP の普及速度と同様であると想定の上、ロジスティック曲線を適用することで推計した。ロジスティック曲線の適用にあたり、ヒートポンプ式の上限漸近値については、表 2-67 に示すとおり、高位、中位、低位の 3 ケースを想定した。

表 2-67 HP 式の導入上限の想定

ケース	HP 式の導入上限 (ストックシェアの上限)
高位ケース	ストック容量×90%
中位ケース	ストック容量×60%
低位ケース	ストック容量×40%

以上の想定に基づく、将来の融雪市場におけるヒートポンプ式の高位、中位、低位の各ケースのストックシェアを図 2-114 に示す。

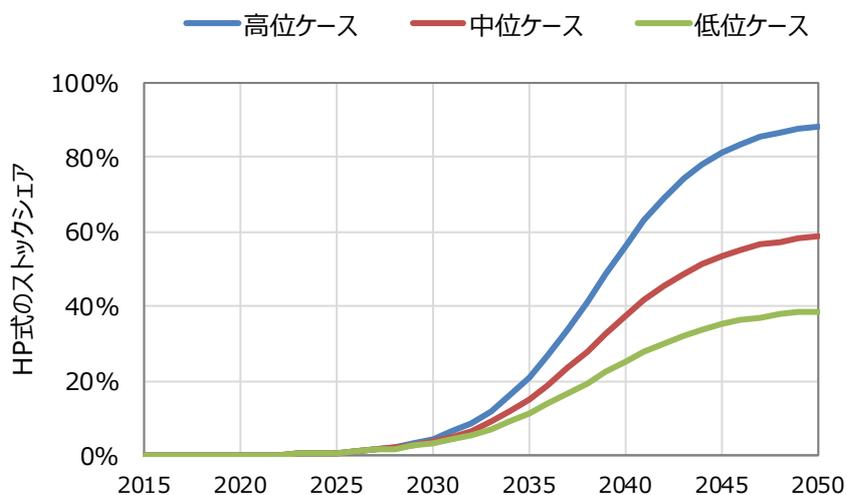


図 2-114 将来の融雪市場における HP 式のストックシェアの想定

電熱式、温水式のストックシェアについては、表 2-68 に示すとおり想定した。

表 2-68 将来の融雪市場における電熱式・温水式のストックシェアの想定

種類	ストックシェアの想定
電熱式	$(100\% - \text{HP 式のストックシェア}) \times \text{足元の電熱式のストックシェア}$
温水式	$(100\% - \text{HP 式のストックシェア}) \times \text{足元の温水式のストックシェア}$

4) 平均使用年数

平均使用年数については、「融雪施設の維持管理のためのガイドライン（案）－エネルギーの効率的な活用－」（国立研究開発法人土木研究所、平成 28 年 3 月）における想定に合わせて、20 年と設定した。

5) 融雪用機器のフロー効率

融雪用機器の機器別のフロー効率は、図 2-115 に示すとおり設定した。

ヒートポンプ式の効率について、足元（2015 年度）に関しては、HPTCJ 調べの現在市販されている融雪用ヒートポンプの効率を踏まえて設定した。将来の効率については、2050 年度に同年度における業務用ヒートポンプ給湯機の寒冷地の効率×0.9 倍を実現するものと想定し、間は線形補間とした。

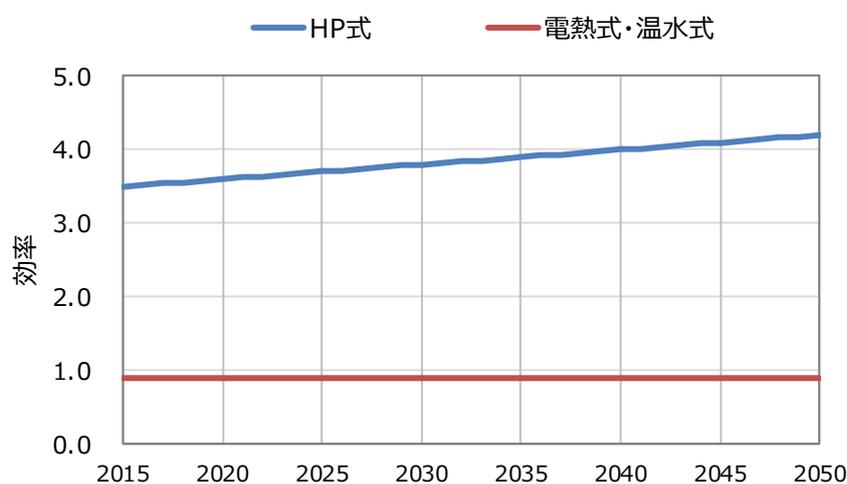


図 2-115 融雪用機器の機器別のフロー効率の想定

(4) 算定結果

1) 出荷容量・ストック容量

以上の想定に基づく、ヒートポンプ式の出荷容量及びストック容量の推計結果をそれぞれ図 2-116、図 2-117 に示す。

出荷容量については、2040 年度頃で急伸した後、2050 年度頃までにかけて一度落ち込み、その後再び拡大する見込みとなっている。これは、電熱式、温水式に対する経済優位性が働く市場に、加速度的に導入が進んだ後、当該市場が飽和した段階で一度落ち込んでいるものと考えられる。2050 年度頃以降は、一度導入されたヒートポンプ式の更新需要等があり、再び拡大していくものと考えられる。

ストック容量については、いずれのケースでも 2040 年度頃までにほぼ導入上限に達する見込みである。

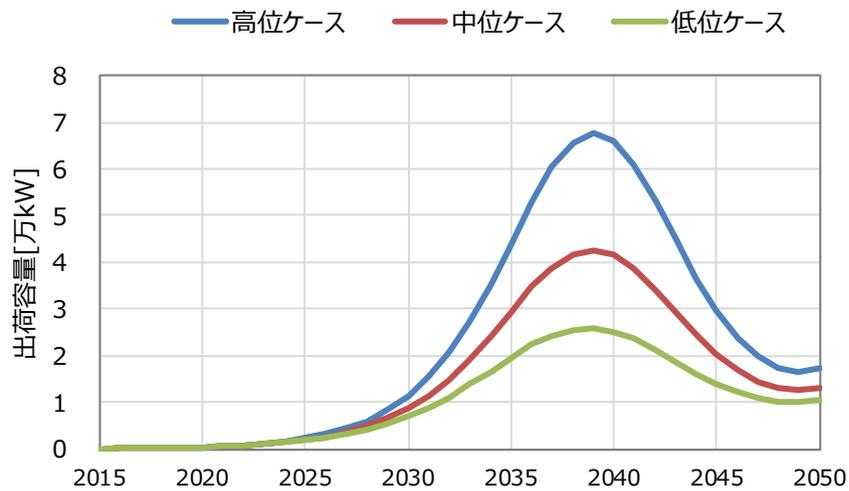


図 2-116 HP 式の出荷容量の推計結果

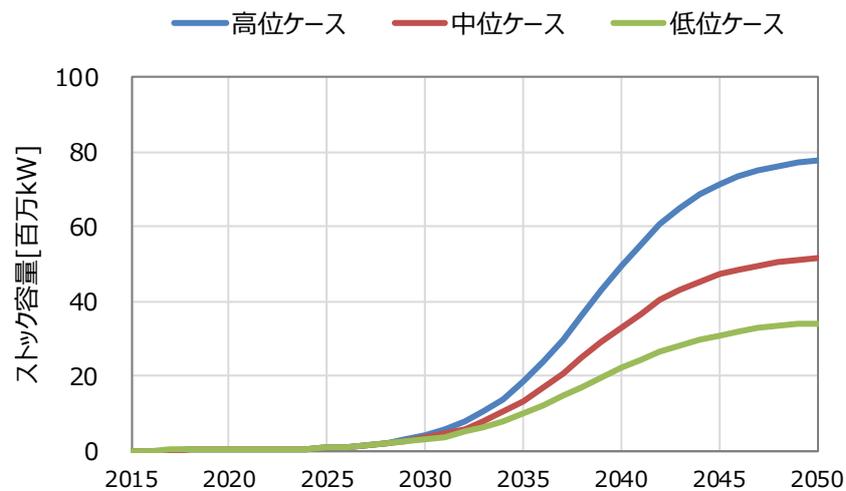


図 2-117 HP 式のストック容量の推計結果

2) 一次エネルギー消費量、省エネ効果、CO2 削減効果

上記の出荷容量、ストック容量の推計結果及びに(3)で示したフロー効率、全負荷相当運転時間、電力の一次エネルギー換算係数を基に、一次エネルギー消費量を算定した結果を図 2-118 に示す。

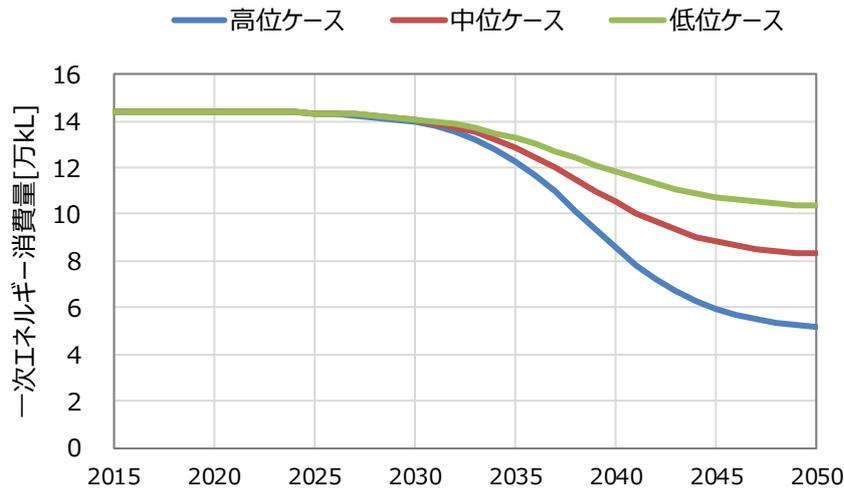


図 2-118 一次エネルギー消費量の推計結果：融雪用

また、上記の結果を踏まえ、各ケースについて、足元(2015年度)のヒートポンプ式のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した、現状固定ケースからの省エネ効果(一次エネルギー消費量の削減効果)を図 2-119、表 2-69 に示す。

2050年度断面における中位ケースでの省エネ量は6.1万kL/年であり、このうち、電熱式・温水式の代替効果は5.8万kL/年、ヒートポンプ式の効率改善効果は0.3万kL/年と推計される。

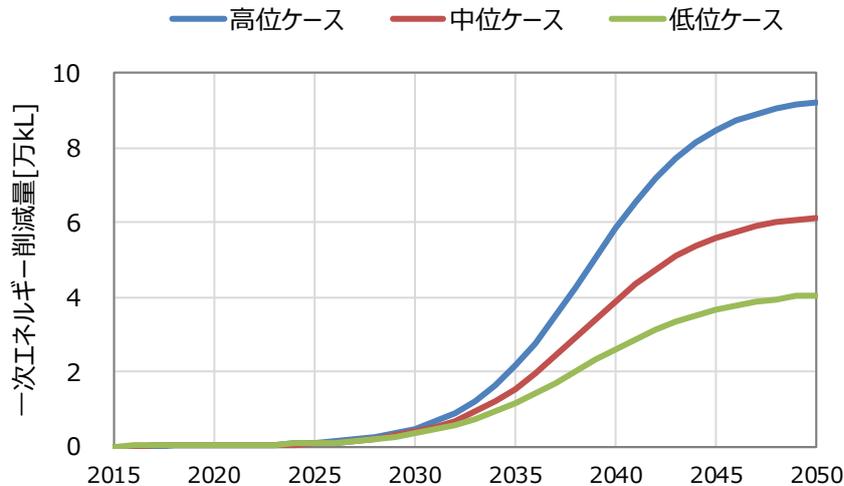


図 2-119 省エネ効果の推計結果：融雪用

表 2-69 省エネ効果の内訳：融雪用

ケース	内訳	省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	0.0	0.5	5.8	9.2
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.5	5.6	8.7
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.3	0.5
中位ケース	合計	0.0	0.4	3.9	6.1
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.4	3.7	5.8
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.2	0.3
低位ケース	合計	0.0	0.3	2.6	4.1
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.3	2.5	3.8
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.1	0.2

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

上記省エネ効果に CO₂ 原単位を乗じて CO₂ 削減効果を推計した結果を図 2-120、表 2-70 に示す。なお、温水式の燃料としては、都市ガスの場合と灯油の場合があるが、その内訳が不明であることから、ここでは同じ比率として、都市ガスと灯油の排出係数の平均を用い、将来にわたり一定と想定した。

2050 年度断面における中位ケースでの CO₂ 削減効果は 4.9 万 t-CO₂/年であり、このうち、電熱式・温水式の代替効果は 4.7 万 t-CO₂/年、ヒートポンプ式の効率改善効果は 0.2 万 t-CO₂/年と推計される。CO₂ 削減効果は 2040 年代前半に向けて増加した後に減少に転じる見込みとなっている。これは、CO₂ 削減効果のうち、電熱式の代替による効果やヒートポンプ式の効率向上による効果は、電力の CO₂ 原単位の低減が中長期的に進展していくにつれて単位省エネ量あたりの CO₂ 削減効果が小さくなることの影響が顕著に現れるためである。

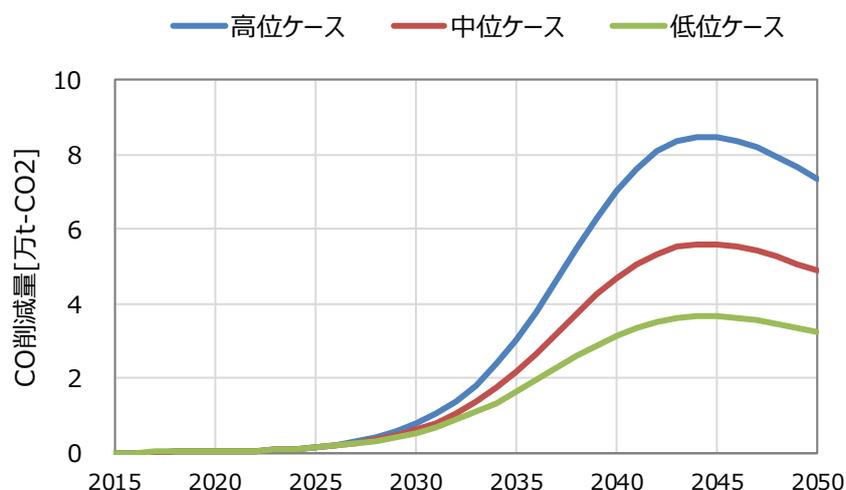


図 2-120 CO₂ 削減効果の推計結果：融雪用
表 2-70 CO₂ 削減効果の内訳：融雪用

ケース	内訳	CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
高位ケース	合計	0.0	0.8	7.0	7.3
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.7	6.8	7.1
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.3	0.2
中位ケース	合計	0.0	0.6	4.7	4.9
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.6	4.5	4.7
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.2	0.2
低位ケース	合計	0.0	0.5	3.1	3.2
	電熱式・温水式の代替効果	0.0	0.5	3.0	3.1
	HP 式の効率改善効果	0.0	0.0	0.1	0.1

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

2.3 まとめ

(1) 省エネ効果

以上の分析対象とした各用途について、足元（2015年度）のヒートポンプ機器のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した現状固定ケースからの省エネルギー効果（一次エネルギー消費量の削減効果）を、ケース別に表 2-71～表 2-73 に示す。

中位ケースの省エネ量は、2030年度断面では 815 万 kL/年、2050年度断面では 2,348 万 kL/年と推計される。

表 2-71 省エネ効果：高位ケース

用途		省エネ効果（万 kL/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	96	541	898	986
	空調	70	242	369	437
業務部門	給湯	6	39	114	196
	空調	19	116	220	301
産業部門	空調	3	17	33	45
	加温	5	118	824	1,136
農業部門	ハウス加温	4	17	32	43
その他	融雪	0	0	6	9
合計		204	1,091	2,495	3,153

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-72 省エネ効果：中位ケース

用途		省エネ効果（万 kL/年）			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	83	374	583	638
	空調	56	184	269	311
業務部門	給湯	6	35	89	139
	空調	15	90	180	261
産業部門	空調	3	13	27	39
	加温	5	105	668	925
農業部門	ハウス加温	4	13	21	27
その他	融雪	0	0	4	6
合計		172	815	1,843	2,348

注釈）四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-73 省エネ効果：低位ケース

用途		省エネ効果 (万 kL/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	68	244	368	405
	空調	40	116	159	177
業務部門	給湯	6	31	67	97
	空調	11	63	137	218
産業部門	空調	2	10	21	33
	加温	5	91	515	714
農業部門	ハウス加温	4	12	16	18
その他	融雪	0	0	3	4
合計		135	567	1,286	1,666

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

(2) CO2 削減効果

同様に、以上の分析対象とした各用途について、足元（2015 年度）のヒートポンプ機器のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した現状固定ケースからの CO2 削減効果を、ケース別に表 2-74～表 2-76 に示す。

中位ケースの CO2 削減量は、2030 年度断面では 2,174 万 t-CO2/年、2050 年度断面では 7,019 万 t-CO2/年と推計される。

表 2-74 CO2 削減効果：高位ケース

用途		CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	220	1,439	2,631	2,941
	空調	196	696	1,062	1,241
業務部門	給湯	17	129	419	764
	空調	47	228	348	373
産業部門	空調	7	32	48	47
	加温	13	351	2,757	4,156
農業部門	ハウス加温	9	42	86	123
その他	融雪	0	1	7	7
合計		509	2,916	7,357	9,654

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-75 CO2 削減効果：中位ケース

用途		CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	191	989	1,683	1,863
	空調	156	521	749	828
業務部門	給湯	16	117	329	542
	空調	37	177	274	297
産業部門	空調	6	25	39	38
	加温	13	313	2,229	3,368
農業部門	ハウス加温	8	31	58	78
その他	融雪	0	1	5	5
合計		428	2,174	5,366	7,019

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-76 CO2 削減効果：低位ケース

用途		CO2 削減効果 (万 t-CO2/年)			
		2020 年度	2030 年度	2040 年度	2050 年度
家庭部門	給湯	155	638	1,035	1,139
	空調	112	322	401	386
業務部門	給湯	16	102	247	374
	空調	27	123	198	216
産業部門	空調	4	18	30	30
	加温	13	270	1,706	2,581
農業部門	ハウス加温	9	29	43	51
その他	融雪	0	1	3	3
合計		336	1,502	3,664	4,781

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

(3) 電力消費量の増減

同様に、以上の分析対象とした各用途について、足元（2015年度）のヒートポンプ機器のストックシェア及びフロー効率が将来にわたって一定と仮定した現状固定ケースからの電力消費量の増減を、ケース別に表 2-77～表 2-79 に示す。

中位ケースの電力消費量は、ヒートポンプ機器の効率向上を見込まない場合、2030年度断面では 354 億 kWh/年増加、2050 年度断面では 880 億 kWh/年増加するが、効率向上を見込むとそれぞれ 238 億 kWh/年増加、470 億 kWh/年増加に抑制される。

表 2-77 電力消費量の増減：高位ケース

用途		内訳	電力消費量の増減（億 kWh/年）			
			2020年度	2030年度	2040年度	2050年度
家庭部門	給湯	合計	47	238	312	246
		他機器の代替効果	55	315	473	451
		HP 機器の効率改善効果	-8	-77	-161	-205
	空調	合計	14	32	36	31
		他機器の代替効果	16	48	69	77
		HP 機器の効率改善効果	-2	-16	-33	-46
業務部門	給湯	合計	4	23	54	76
		他機器の代替効果	5	27	70	109
		HP 機器の効率改善効果	-0	-4	-16	-33
	空調	合計	3	-18	-47	-70
		他機器の代替効果	8	22	32	41
		HP 機器の効率改善効果	-5	-40	-79	-111
産業部門	空調	合計	0	-3	-8	-12
		他機器の代替効果	1	3	4	4
		HP 機器の効率改善効果	-1	-5	-11	-16
	加温	合計	3	59	339	413
		他機器の代替効果	3	66	411	533
		HP 機器の効率改善効果	-0	-7	-72	-120
農業部門	ハウス加温	合計	1	3	6	7
		他機器の代替効果	1	4	7	10
		HP 機器の効率改善効果	-0	-1	-2	-3
その他	融雪	合計	-0	-0	-2	-3
		他機器の代替効果	-0	-0	-2	-3
		HP 機器の効率改善効果	0	2	0	0
合計		合計	72	334	690	689
		他機器の代替効果	89	485	1,065	1,222
		HP 機器の効率改善効果	-17	-151	-374	-533

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-78 電力消費量の増減：中位ケース

用途		内訳	電力消費量の増減（億 kWh/年）			
			2020年度	2030年度	2040年度	2050年度
家庭部門	給湯	合計	40	161	194	150
		他機器の代替効果	47	215	302	286
		HP 機器の効率改善効果	-7	-54	-108	-137
	空調	合計	10	20	17	10
		他機器の代替効果	13	35	47	50
		HP 機器の効率改善効果	-2	-15	-30	-41
業務部門	給湯	合計	4	21	42	53
		他機器の代替効果	4	25	55	77
		HP 機器の効率改善効果	-0	-4	-13	-24
	空調	合計	2	-15	-42	-66
		他機器の代替効果	7	16	23	30
		HP 機器の効率改善効果	-4	-31	-65	-96
産業部門	空調	合計	0	-2	-7	-11
		他機器の代替効果	1	2	3	3
		HP 機器の効率改善効果	-1	-4	-9	-14
	加温	合計	3	52	273	332
		他機器の代替効果	3	59	330	429
		HP 機器の効率改善効果	-0	-6	-57	-96
農業部門	ハウス加温	合計	1	2	4	4
		他機器の代替効果	1	3	5	6
		HP 機器の効率改善効果	-0	-1	-1	-2
その他	融雪	合計	-0	-0	-1	-2
		他機器の代替効果	-0	-0	-1	-2
		HP 機器の効率改善効果	-0	-0	-0	-0
合計	合計	合計	61	238	479	470
		他機器の代替効果	76	354	763	880
		HP 機器の効率改善効果	-15	-116	-284	-410

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

表 2-79 電力消費量の増減：低位ケース

用途		内訳	電力消費量の増減（億 kWh/年）			
			2020年度	2030年度	2040年度	2050年度
家庭部門	給湯	合計	32	101	113	85
		他機器の代替効果	38	138	185	176
		HP 機器の効率改善効果	-6	-37	-72	-91
	空調	合計	6	5	-5	-13
		他機器の代替効果	9	19	22	22
		HP 機器の効率改善効果	-2	-14	-27	-35
業務部門	給湯	合計	4	18	32	36
		他機器の代替効果	4	22	41	53
		HP 機器の効率改善効果	-0	-3	-10	-17
	空調	合計	2	-11	-35	-62
		他機器の代替効果	5	11	15	19
		HP 機器の効率改善効果	-3	-22	-50	-81
産業部門	空調	合計	0	-2	-5	-10
		他機器の代替効果	1	1	2	2
		HP 機器の効率改善効果	-0	-3	-7	-12
	加温	合計	3	45	206	252
		他機器の代替効果	3	50	249	325
		HP 機器の効率改善効果	-0	-5	-43	-73
農業部門	ハウス加温	合計	1	2	3	2
		他機器の代替効果	1	3	4	4
		HP 機器の効率改善効果	-0	-1	-1	-2
その他	融雪	合計	-0	-0	-1	-1
		他機器の代替効果	-0	-0	-1	-1
		HP 機器の効率改善効果	-0	-0	-0	-0
合計	合計	合計	49	158	308	289
		他機器の代替効果	61	244	517	599
		HP 機器の効率改善効果	-12	-86	-210	-309

注釈) 四捨五入のため、各値の合計と表示されている合計値は必ずしも一致しない。

ヒートポンプの将来像分析及び普及見通し調査 報告書
2017年8月

一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター