

第3章 燃料電池等による建物の低炭素化技術

3.1 目的

都市全体の低炭素化を進めていくためには、都市を構成する様々な用途・規模の建物のそれぞれについて、エネルギー利用効率の向上と需要側のエネルギー消費削減の双方が求められる。第3章では、建築物に必要とされる低炭素化・省エネ化技術のうち、燃料電池を利活用する技術と建物(需要側)の各種省エネ技術について、以下の見地から検討を行い、技術的資料としてとりまとめる。

3.1.1 燃料電池を利活用する技術に関して

燃料電池は、純水素型では稼働時に二酸化炭素を全く排出しないことから、また化石燃料を使用するタイプでも発電効率や排熱も含めての総合効率が高く二酸化炭素の排出を減少させることができることから低炭素化技術の一つとして開発が進められており、これまでに、化石燃料を使用するタイプの100kW級の業務用りん酸形燃料電池や家庭用燃料電池(1kW級)が市販される状況になっている。燃料電池は、排熱も有効に利用することでエネルギー利用効率を格段に向上させることができるが、コージェネレーションシステムとして使用する際に供給側(燃料電池)と需要側(建物)の電力と熱の量的、時間的なギャップ(需給ギャップ)が生じることで想定した効果を見込めない事態も生じうる。建築物の電力・熱の需要は用途や規模に応じて様々であり、一般にはホテルや病院用途の建物では湯が大量に消費されるが、その他の建物用途では電力需要の方が給湯・暖房用の熱需要に比べてはるかに大きい。一方、冷熱需要が大きい建物用途では、排熱利用熱源機で冷熱を取り出すことで効果的に熱を使用することも考えられる。いずれにしても、燃料電池を導入する際には、その建物の電力・熱需要に対応した計画が必要となるが、建物への適切な導入手法に対する検討はなされていない。

住宅用の燃料電池は2011年度までに約2万台が販売され、2012年度は普及にさらに弾みがついている状況にある。これは、東日本大震災を受けての反応とも言われており、太陽光発電の導入とともに住宅のエネルギー事情を大きく変化させてきている。他にも、電気自動車や燃料電池自動車との連携、負荷平準化や需給ギャップ解消のための蓄電池、低損失となる直流給電、それらを連携させ系統連携や自立制御を行うスマート化技術等の導入により、さらに大きな変化も予想されている。

次節「3.2 燃料電池の利活用技術」では、以上のような燃料電池を中心としたエネルギー利用技術の現状を「3.2.1 燃料電池・排熱利用技術の技術開発動向調査」の中で整理している。技術開発動向の文献調査を行うとともに、燃料電池と排熱利用技術の開発に携わっている技術者、研究者等にアンケートと聞き取り調査を行い、建物への燃料電池導入と

排熱利用技術の課題を確認している。

また、「3.2.2 燃料電池・排熱利用技術導入による省エネ効果の評価」では、建築物の用途・規模毎に燃料電池と排熱利用設備を簡易設計システムシミュレーションを行うことで、導入効果の高い燃料電池と排熱利用技術をあきらかにしている。

「3.3 スマート水素ハウスの省エネ・CO₂削減効果の評価」では、戸建住宅を対象に、燃料電池をはじめ、各種の低炭素化・省エネ化技術について導入時の課題を検討し、燃料電池を導入したスマート住宅のモデルケースについて低炭素化、省エネ化の効果を検証している。

3.1.2 建物(需要側)の各種省エネ技術に関して

建物の省エネ化は、最初に省エネ基準が施行された 1980 年を一つの端緒として長年にわたり取り組まれているものの、現時点でも大きな課題であることに変わりはない。建物には各種の省エネ手法が導入されるが、省エネ手法の導入効果を適切に評価しながら設計を進めていくことは依然として難しい。その上、空調、換気、照明、給湯、昇降機等の各種設備もあわせて建物全体について総合的に省エネ手法の導入効果を適切に評価することは、対応できるシミュレーションツールが少ないこともあり、より難しいと言わざるをえない。

第4章で詳述する都市全体のエネルギー消費量、二酸化炭素排出量等の評価を可能とする「都市 CO₂計量評価ツール」の中では、都市を構成する建物群のエネルギー需要が大きなパラメータの一つとなる。既往の建物のエネルギー消費量調査から得られている原単位を使用した検討は可能であるが、調査建物の諸元が詳細まで明確になっていないデータが大半であり、建物に省エネ手法を導入する際の効果を個別に分析することは不可能である。

「3.4 省エネ効果の体系化」では、独立行政法人建築研究所が開発した一次エネルギー消費量算定プログラムを用いて、事務所建物について、空調、換気、照明、給湯、昇降機に関する省エネ手法を導入した際の一次および二次エネルギー消費量を算定し、建物全体のエネルギー消費量削減に及ぼす各種省エネ手法の効果を都市 CO₂計量ツールで使用できるパラメータ(省エネ係数)としてまとめている。

各種省エネ手法の効果は、対象とした建物、設備の設計方法により大きく変わることから、「3.4.1 建物・設備モデル設定」で、本節で検討対象とした建物プランと設備仕様を明示し、そのモデルにおいて適用される各種省エネ手法の効果を「3.4.2 省エネ効果の体系化」でとりまとめている。

3.2 燃料電池の利活用技術

3.2.1 燃料電池・排熱利用技術の技術開発動向調査

国の施策動向のほか、燃料電池及び排熱利用機器メーカーやエネルギー事業者、研究機関、需要家等へのアンケート及びヒアリング調査結果をもとに整理を行った。

(1) 燃料電池システム開発に関する計画等の整理

これまでに研究開発及び商品化が行われてきた燃料電池は、PEFC（固体高分子形）、SOFC（固体酸化物形）、PAFC（リン酸形）、MCFC（熔融炭酸塩形）の4種類であり、現在は、主にPEFCとSOFCの2方式について研究開発が進められている。

① 省エネルギー技術戦略 2011（経済産業省）

PEFC及びSOFCの2種類について、2030年頃を目途とした技術開発目標（コスト面、性能面）について整理を行っている。

② 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010（NEDO）

PEFC（定置用）とSOFC（定置用、複合システム）の2種類について記述されており、PEFCについては、スタックだけでなく、周辺機器も含めて総合的なコスト低減が必要であるとの整理を行っている。

一方、SOFCについては、適用先によって4段階の規模を想定しており、初期導入目標を2020年または2025年頃、それから2030年までを普及期間と想定している。

③ Cool Earth－エネルギー革新技術計画（2009、経済産業省）

重点的に取り組むべきエネルギー革新技術21件の一つとして、「定置用燃料電池」が含まれている（民生部門の技術として分類）。前述した燃料電池4種類のうち、以前より商品化されているPAFCについては記載が見られず、残り3種類の燃料電池について、現状の課題及び今後の技術開発目標が整理されている。

④ 再生可能エネルギー技術白書（2010、NEDO）

「スマートコミュニティ」の章で燃料電池システムについて言及されており、住宅、ビル等における利用の将来像について整理されている。

(2) 燃料電池及び排熱利用システムに関するアンケート調査

① 調査対象の検討・絞り込み

燃料電池本体や排熱回収・利用技術に加えて、燃料電池システム全体や建物側での利用技術など、建物におけるエネルギー利用全般に関連する分野の抽出を通じて、調査対象の検討・絞り込みを行った。調査先の概要を表 3.1 に示す。

表 3.1 アンケート調査先概要（全 56 件中、34 件から回答を得た）

区分		調査先
大学		7カ所に依頼。6カ所より回答を得た。
関係団体(3件全てから回答)		3団体に依頼。3団体より回答を得た。
エネルギー関連会社		10社に依頼。6社より回答を得た。
民間会社	(燃料電池本体)	19社に依頼。6社より回答を得た。
	(排熱利用機器)	
	(計装システム)	
需要家		8カ所に依頼。4カ所より回答を得た。
ゼネコン、サブコン		7社に依頼。7社より回答を得た。
自治体		2自治体に依頼。1自治体より回答を得た。

② アンケート調査項目

調査先の特性に応じて、アンケート調査項目を表 3.2 のように設定した。

表 3.2 アンケート調査先区分と質問事項（○をつけた項目について調査）

	大学	団体	エネルギー 関連会社	民間会社	需要家	サブコン ゼネコン	自治体等
1) 研究開発中の燃料電池の有無	○	○	○	○	—	—	—
2) 建物熱需要向けの技術開発の有無	○	○	○	○	—	○	—
3) 燃料電池及び排熱利用に関する プロジェクト参画経験の有無	○	○	○	○	○	○	○
4) 燃料電池の生産・販売	—	—	○	○	—	—	—
5) 建物熱需要向けの熱源機器	—	—	○	○	—	○	—
6) 燃料電池使用の有無	—	—	—	—	○	—	○
7) 導入拡大に向けた課題	○	○	○	○	○	○	○
8) 今後の方向性、期待、国への要望等	○	○	○	○	○	○	○

③ アンケート調査結果概要

質問項目別に、回答結果の概要を示す。

(a) 研究開発中の燃料電池

- PEFC については、現在、家庭用に導入されている 1(kW)クラスの高性能化に加え、やや規模の大きい 10(kW)クラスについても、開発が進められている。
- SOFC については、1(kW)クラスの外、業務用建築に適用可能な数百(kW)クラスの機種についても開発が進められている。
- この他、SOFC 稼働時に発生する高温蒸気を PEFC 用の水素改質に利用し、システム全体のエネルギー効率状況を高める研究や、アニオン伝導無機層状酸化物型燃料電池の開発が進められている。

(b) 建物熱需要向けの技術開発の有無

- 自然エネルギー(地中熱)や未利用エネルギー(太陽熱)との組み合わせなど、以下のような技術開発が進められている(表 3.3)。

表 3.3 建物熱需要向けに開発されている技術

技術名称	研究・開発主体	概要
地中熱ヒートポンプ	大学	排熱媒体は市水(冷水 4℃、温水 70℃)、FC 排熱を地中熱 HP へ輸送する配管を設計中。完成後、FC 排熱利用による COP 改善効果を検証予定。
水素吸蔵合金タンク	大学	排熱媒体は市水、温水 70℃。水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出は吸熱反応のため、合金の温度管理に FC 排熱を利用。現在、配管及び熱設計などについて検討中。
家庭用デシカント排熱利用	エネルギー関連会社	利用可能温度の下限拡大、床暖房も含めた排熱利用モード搭載について開発中。
太陽熱利用型 冷暖房給湯システム	民間会社	集熱器で温水をつくり、温水焚吸収冷温水機と組み合わせて冷暖房に利用する技術を実証試験中。
簡易移送型 潜熱蓄熱装置	民間会社	「地球温暖化対策技術開発事業(環境省)」に採択され、2011～2013 年度(予定)の期間で開発を進めている。排熱媒体は、排ガス、高温空気、蒸気、温排水等を想定。

(c) 燃料電池及びその排熱利用に関するプロジェクト参画経験の有無

- PEFC については、家庭用システムの大規模実証の他、業務用の 10(kW)クラスの機器についても実証が行われている。
- SOFC については、家庭用の数 kW クラスのものから、業務用に活用可能な数十 kW クラスのものまで、実証が行われている。また、コプロダクションやコンバインドシステム等、他の機器との組み合わせによる高効率化が進められている。
- PAFC については、適用範囲の拡大を目的に、寒冷地での実証が行われている。

(d) 燃料電池の生産・販売

- PEFC、SOFC とともに、家庭用の 1(kW)クラスが生産・販売されている。いずれも都市ガス型と LP ガス型があり、PEFC の場合、発電効率、排熱利用効率ともに LP ガス型の方がやや性能が高い(SOFC においては、差はなし)。
- PAFC については、以前から実用化されている 100(kW)のものが生産・販売されている。家庭用の PEFC、SOFC と異なり、排熱を給湯以外にも利用可能なため、燃料電池本体のみの販売となっている。

(e) 建物熱需要向けの熱源機器

- 排熱投入型吸収冷温水機(ジェネリンク)については、多くの機種があり、メーカーによっては三重効用の機器も存在する。ただし、三重効用の機器は、他の機種に比べると、機器単体の容量が小さくなっている。
- 排熱は単効用、追い焚き分をガス二重効用(都市ガス)で賄うことにより、機器全体の冷熱製造時における効率向上を図っている。

(f) 燃料電池システムの使用状況

- アンケート回答が得られた需要家4件のうち、3件はPAFC、1件はPEFCを利用。現在も稼働しているのは、一需要家のシステムのみ(PAFC)であった。
- 現在停止中の施設は、故障や部品交換費用が高価であることが原因である。
- 病院(一需要家)、上下水道施設(一需要家)では、施設内の電力・熱需要ともに大きいため、常時稼働している(していた)。

(g) 燃料電池システムの導入拡大に向けた課題

- 製造コスト(販売単価)、長寿命・メンテナンスコスト・耐久性を課題として挙げている回答が多く、これらの課題については、調査先の区分関係なく課題として認識されていることが伺える。また、「挙げた選択肢全てが課題」との記述も見られた。
- 発電効率やメンテナンスコストについては、ガスエンジン等、同種の機械との比較を前提に、普及のために達成が必要と考えられる水準について、具体的な提示も見られた。



- ✚ 製造コスト(販売単価)及びメンテナンスコスト低減、長寿命化、耐久性向上の観点からの研究開発が進むことで、燃料電池の適用先拡大が期待される。
- ✚ 他のコージェネとの競合も考えると、性能、コスト面でも、既存のガスエンジン等と比較して上回る必要がある。

(h) 今後の方向性、期待、国への要望等

- 前項で課題として挙げられていた事項に関する意見(コストダウン、長寿命化等)が多く出された。また、業務用建築に適用可能な機種自体が少ないことを指摘する意見もあった。
- 国からの導入支援として、補助金等が必要という意見が多く見られた。
- 燃料電池システムの特性を考慮した評価方法を採用すべきとの意見も見られた。



- ✚ 業務用建築への燃料電池システム導入拡大のためにも、数十～数百(kW)クラスのシステムの早期実用化、商品化が期待される。
- ✚ 排熱を複数建物で利用する場合の配管敷設に関する補助など、燃料電池本体だけでなく、その周辺インフラ整備に対しても、補助金等の活用が可能となることが望ましい。

(3) ヒアリングによる詳細調査

上記のアンケート調査結果を踏まえ、将来の機器開発動向や目標とする性能等に関するより詳細な情報、業務用建築及び都市において燃料電池システムを導入していく上で必要となる要素について、表 3.4 に示す項目のヒアリング調査を行った。また、ヒアリング調査先は、アンケート回答が得られた調査先から計 21 件を選定し、このうち表 3.5 に示す 16 件より回答を得た。

表 3.4 ヒアリング調査項目

(a) 定置用燃料電池普及の現実性	<p>(具体的な項目の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 民生用建物における燃料電池普及の現実性と課題 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 燃料電池が活用される建築条件、用途条件 ➢ 業務用燃料電池（数十～数百(kW)クラス以上）の開発状況 ➢ ガスエンジン、ガスタービン、ディーゼルエンジン等に対する優位性 ➢ モノジェネとしての活用の可能性 ◆ 需要家側の燃料電池システムに対するニーズ
(b) 燃料電池が都市及び建物のエネルギーシステムとして定着するための条件として考えられる事項	<p>(具体的な項目の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 今後の技術開発において重視すべき事項、解決すべき課題 ◆ 都市内に水素配管が整備されると仮定した場合の適用先拡大の可能性
(c) 都市システムとして燃料電池を活用する上でのあり方、可能性	<p>(具体的な項目の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 燃料電池を建物単体で保有するか、都市・地域ネットワークとして保有するか ◆ 都市・地域ネットワークで保有する場合に想定される（必要となる）規模、エンジン発電機に比べて優位となるための条件 ◆ 都市・地域ネットワークで燃料電池を持つ場合の排熱有効利用方法
(d) 水素、燃料電池活用時における利用者視点での安全面の課題及びその対策	
(e) 定置用燃料電池の海外展開	<p>(具体的な項目の例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 海外における燃料電池活用の動向 ◆ 電力ネットワークが十分でない国、地域における動向

表 3.5 ヒアリング調査先一覧（回答が得られた 16 件について掲載）

区分		調査先
大学		2カ所から回答を得た
関係団体		1 団体から回答を得た
エネルギー関連会社		5社から回答を得た(うち3社はメール調査による回答)
民間会社	(燃料電池本体)	2社から回答を得た
	(排熱利用機器)	2社から回答を得た
	(計装システム)	1社から回答を得た
需要家		1カ所から回答を得た
ゼネコン、サブコン		2社から回答を得た

(a) 定置用燃料電池普及の現実性

PEFC、SOFC とともに部分負荷運転は可能であるが、出力を下げた状態では、主に排熱利用効率の低下により、総合効率が低下する。このため、電力、熱負荷変動の比較的少ない用途もしくはベース負荷を賄う形での導入が望ましい。また、逆潮流可能かつ等価買取りに近い条件で稼働させることができれば、特に、比較的発電効率の高い SOFC については、発電能力を最大限に活用することが可能になる。その場合、排熱が余ることも想定されるため、蓄熱も考慮したシステムを考える必要がある。

また、燃料電池システムのメリットは、小規模でも機器（発電）効率が低下しない点にあり、大容量化で排熱利用面では有利となるが、内部の部品点数が増加するため、コスト及びメンテナンスの点では、必ずしも有利になるとは限らない。

排熱利用も含む高効率な利用を行うためには、蓄熱システムの活用もしくは温熱需要自体が大きい寒冷地での導入を中心に検討するのも一つの方法である。

なお、モノジェネとしての利用可能性については、発電効率で概ね 60%以上の水準まで上がれば可能と考えられる。

(b) 燃料電池が都市及び建物のエネルギーシステムとして定着するための条件として考えられる事項

PEFC の場合、都市内に水素配管が通れば、現行の都市ガス等の燃料改質方式に比べて発電効率の大幅な改善（10%程度）が期待でき、機器自体の小型化、低価格化が可能になる。ただし、都市域では、すでに電気と都市ガスのネットワークが整備されており、さらに水素配管が整備されるとすれば、燃料電池自動車、水素ステーションの普及を見込んでのことではないか、との意見も出された。

SOFC の場合は、水素利用により改質時に消費する熱が不要となるため、排熱回収温度

を高く取る（蒸気、300℃程度）ことが可能となる。これにより、排温水を利用する場合と比べて、効率的に冷熱を製造、利用することが期待される。

(c) 都市システムとして燃料電池を活用する上でのあり方、可能性

小型でも発電効率が低下しにくい特性を活かすためには、建物単位やフロア毎に1台ずつ配置するといった、できるだけ分散させて設置することが有効である。中・大規模ネットワークを構成する場合には、コスト及び機器効率ともに、ガスエンジンシステムの方が事業性は高いと考えられる。

(d) 水素、燃料電池活用時における利用者視点での安全面の課題と対策

現在主流である家庭用燃料電池の場合は、一般的に屋外への設置であり、また、改質装置内で製造した水素はすぐに本体へ供給される。このため、仮に水素が漏れることがあったとしても、すぐに上空へ放散するため、安全上の問題は少ないと考えられる。ただし、今後、前述のような水素配管が整備されるような場合には、付臭処理や検知器の設置、漏洩ガスの滞留防止等の対策を十分行うことが望ましい。

また、数十～数百(kW)以上の燃料電池システムを業務用建築へ導入する場合、他の熱源機器とともに機械室内へ格納されると考えられるため、排熱が室内へ溜まらないよう、機械換気が必要となる。

(e) 定置用燃料電池の海外展開

将来的に展開を予定している製造事業者もあり、現在は事前調査段階との回答であった。現状、国内では取り扱いがない MCFC についても、国外では実証等が進められている。燃料電池種類別に、開発・実用化状況の概要を表 3.6 に示す。

なお、海外では、中・大規模の燃料電池は屋外で使用されることが多い。設置スペースに余裕があること、及び室内に設置する場合に、大規模な吸排気設備を併設する必要があることが、その理由である。

表 3.6 海外における燃料電池技術の開発・実用化に関する動向

種 類	開発・実用化の概況
PEFC	日本と韓国が中心である。欧米では定置用の導入は断念しており、純水素を利用した車両用の補助電源として使用されている。
SOFC	国内の他に、海外でもドイツ、アメリカで開発が進められている。実証レベルで発電効率 55%を達成している機種もあるが、基本はモノジェネでの利用が中心である。
PAFC	排熱(湯)の利用方法や使用する燃料種類の関係で、海外でも屋内に設置されている。アメリカで 400(kW)クラスが製造されている。
MCFC	韓国で実証が進められている(ただし機器はアメリカ製)。耐久性と価格面でのメリットを得るのが容易でなく、現在、日本国内では取り扱われていない。

(4) 燃料電池排熱の建物利用に関する技術動向のまとめ

今回の調査結果及び既存資料をもとに、燃料電池及びその排熱利用システムについて、技術別、分野別に整理を行った。なお、アンケート及びヒアリング調査においては、燃料電池本体及び排熱利用機器に関する技術動向、今後の展望等を中心に情報収集を行ったが、都市域における燃料電池システム普及の観点から、以下の2項目について、新たに整理を行った。

- 都市域への水素インフラ整備
- HEMS、BEMS 等エネルギーマネジメントシステム

① PEFC (固体高分子形燃料電池)

【現在の開発状況】

戸建住宅への導入を前提とする 1(kW)級について、平成 20 年度までに大規模な実証が行われ、現在は、家庭用(発電出力 0.7kW)が複数のメーカーより販売されている。都市ガス型と LP ガス型で、性能に若干の差が見られる(表 3.7)。

一方、業務用への導入を想定した 10(kW)級のシステムについては、平成 14 年度より実証が行われており、平成 18 年度から 19 年度にかけて、灯油型の業務用燃料電池システム(発電出力 8kW)の実証試験運転が実施されている⁷⁾。実証機の機器性能は表 3.8 のとお

表 3.7 市販の家庭用 PEFC システムの機器性能

PEFC(0.7kW)	都市ガス型	LPガス型
発電効率	35~40%	38%
排熱回収効率	45~50%	50%
排熱利用形態	温水(60℃)	温水(60℃)
貯湯槽容量	200(L)	200(L)

表 3.8 実証システムの機器性能

PEFC (8kW)	灯油型
発電効率	36%
排熱回収効率	45%
排熱利用形態	温水(60℃)
貯湯槽容量	200(L)

りであり、現在、筑波大学等で同規模のシステムに関する研究が引き続き行われている。

【将来目標】

燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010 (NEDO) において、2015 年までを普及初期、2020 年までを本格普及に向けた開発期、2020 年以降を本格普及期と想定、それぞれの時期における機器効率等の達成目標について、表 3.9 に示すとおり設定している。1(kW)級と10(kW)級で、発電効率やシステム価格等に関する目標は共通である。

表 3.9 PEFC の開発目標

目標項目	～2015年	～2020年	2020年～
発電効率	37%	37%	40%以上
総合効率	—	—	85%以上
耐久性	6万時間 (起動停止10年)	9万時間	9万時間
システム価格	50～70万円/kW	40～50万円/kW	40万円/kW未満

【目標達成に向けた課題】

事業者へのアンケート及びヒアリング、前述のロードマップでの整理を踏まえると、以下のとおりである。

- 低コスト化のための抜本的システム簡素化
- 高温低加湿(80～100℃程度) 運転対応システムの構築
- 低環境温度への対応技術 (現行システムは、寒冷地仕様で-10℃まで)
- 不純物影響低減技術・性能回復技術
- 高効率、高信頼性システムに向けた材料開発、その性能のセル・スタックレベルでの実証

【都市域への水素インフラ整備を想定した場合の可能性】

将来的な都市域への水素配管敷設、またはボンベ等で貯蔵し、燃料として純水素が使用可能となるケースを仮定すると、現行システムに比べて、発電効率で 10%程度の改善が期待される。これにより、現行機であっても、発電効率が 45～50%近くまで向上することが見込まれ、これに排熱利用分も考慮すると、他のエネルギーシステムに対して遜色ない水準となることが期待される。

② SOFC（固体酸化物形燃料電池）

【現在の開発状況】

民生用建物等への導入を目指し、以前から比較的容量の大きな機種の開発、実証が行われる一方、平成 23 年 10 月より、家庭用の定格 0.7(kW)の機器が市販されている(表 3. 10)。

表 3. 10 家庭用 SOFC システムの機器性能

SOFC (0.7kW)	都市ガス型、LPガス型
発電効率	45%
排熱回収効率	42%
排熱利用形態	温水(65℃)
貯湯槽容量	90(L)

PEFC と同様、都市ガス型と LP ガス型があるが、発電効率等に差はない。機器の価格についても、PEFC の同規模機器と同様、本体の小売価格は 250 万円前後であり、補助金の活用を仮定すると、機器容量あたり単価は約 200～250 万円/kW となる。

民生用建物への導入に関しては、マイクロガスタービンとのコンバインドシステムの研究開発が進められており、200(kW)級のもので最大出力 229(kW)、発電効率 52.1% (LHV 基準、送電端) を達成している⁸⁾。現在、同形式で 1,000(kW)級の機種についても開発が進められている。なお、現在の開発レベルにおける本システムの導入コストは、概ね 250 万円/kW である。

他に、大型のガスタービン及び蒸気タービンとのトリプルコンバインドシステム（数万～40 万 kW 級）についても開発が行われている。

【将来目標】

規模により本格普及の時期等も異なると想定されており、普及期においては、いずれも耐久性 9 万時間（常時稼働で 10 年を想定）以上、システム価格についても、現状の家庭用燃料電池の 10 分の 1 以下の水準を目指している。なお、業務用ハイブリッド型と大容量（発電用）型については、いずれも排熱利用を想定せず、発電効率の向上に主眼を置いた仕組みであることから、発電効率のみを記載した（表 3.11）。

表 3.11 SOFC の規模別開発目標

段階	項目	1～数(kW) 家庭用	数～数百(kW) 業務用	数百～数千(kW) 業務用ハイブリッド*	数千～数十万(kW) 大容量(発電用)
初期導入	時期	～2020年	2015年以降	2017年～	2018年～
	発電効率	45%	45%	55%	65%
	総合効率	82%	89%	—	—
	耐久性	4万時間 (5年以上)	4万時間 (5年以上)	4万時間 (5年以上)	9万時間 (10年以上)
	システム 価格	kWあたり 50～100万円以下	kWあたり 100万円以下	—	kWあたり 数十～100万円
普及期	時期	2020年～	2025年～	2022年～	2022年～
	発電効率	55%	55%	60%	70%
	総合効率	89%	89%	—	—
	耐久性	9万時間 (10年以上)	9万時間 (10年以上)	9万時間 (10年以上)	9万時間 (10年以上)
	システム 価格	20万円/kW以下	20万円/kW以下	15万円/kW以下	15万円/kW以下

【目標達成に向けた課題】

システム規模別に示す（表 3.12）。

表 3.12 SOFC の技術開発上の課題

課題	1～数百(kW)級 (家庭用、業務用)	数百～数十万(kW)級 (業務用ハイブリッド、発電用)
共通	■ 低コスト化、コンパクト化	
規模別	<ul style="list-style-type: none"> ■ 起動停止特性、負荷追従性の向上 ■ 部分負荷運転制御性の向上 ■ システム評価手法の確立 ■ メンテナンス方法の確立 □ 電気・熱出力最適化と運用効率向上 (業務用: 数～数百(kW)級のみ) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ガスタービンとのハイブリッド技術のシステム化・制御技術・実証 ■ 燃料多様化 ■ 不純物耐久性の把握、対策 ■ 高圧力下での劣化挙動解析 ■ 高温排熱の高度利用 □ 高圧力稼働用スタック検証、高圧力運転技術、複合発電システムの制御技術 (SOFCとGTの動的依存性の把握、起動停止、負荷変動制御、負荷追従方法) (発電用: 数千～数十万(kW)のみ)

【都市域への水素インフラ整備を想定した場合の可能性】

SOFC においては、都市ガスまたは LP ガスを改質して使用する場合と、純水素を利用する場合とで、発電効率に大きな差は現れない。ただし、改質工程が不要となる分、高い温度での排熱回収が可能となる。このため、排熱を利用して冷房需要を賄うことが可能になり、より高効率な排熱利用が期待される。

③ PAFC（リン酸形燃料電池）

【現在の開発・導入状況】

燃料電池の中では最も早くから商用化されており、国内では業務用の 100 (kW) 級の製品が販売されている。表 3.13 に示した機種においては、排熱の利用形態に合わせて高温または中温のいずれかを選択可能である。海外では、やや規模の大きい 400 (kW) 級の製品も販売されている⁹⁾。

表 3.13 市販の業務用 PAFC の機器諸元

PAFC(100kW)	都市ガス型
発電効率	42% (消化ガス使用時:40%)
排熱回収効率	20% (高温:90℃取り出し) 49% (中温:60℃取り出し)
排熱利用形態	高温水または中温水

【将来目標】

ここでは、国内で市販を行っている会社の技術資料をもとに整理した。以前の機種に比べ、現行機は、設置面積の縮小や低温環境下への対応、耐震性の向上等に対応しており、さらなる展開として、表 3.14 に示す 3 点が提示されている。なお、発電効率、熱回収効率等のシステム効率に関連する改善目標などは、提示されていない。

表 3.14 今後の技術開発の方向性

項目	詳細
純水素、副生水素利用	燃料電池から出てきた排水素を本体入口に戻して再利用、高い水素利用率を実現
災害対応機能	都市ガスの供給停止時にも稼働できるよう、LPガスを備蓄し、災害時等に切り替えて発電を実施
水素供給機能	電力需要が小さくなる夜間に発電出力を下げ、余っている水素製造能力により水素ガスを取り出し、水素ステーションや高圧圧縮器内へ貯蔵

④ 燃料電池の排熱利用

【技術概要及び現在の利用状況】

市販されている家庭用燃料電池においては、温水（PEFCは約60℃、SOFCは約70℃）の形でタンクに貯めている。

また、業務用燃料電池（PAFC：100(kW)）の場合は、排熱の利用先に応じて、高温（約90℃）または中温（約60℃）のいずれかの形態で回収でき、高温回収の場合、排熱投入型の熱源機器（ジェネリンク）を使用した冷熱製造にも対応可能である。

ジェネリンクの場合、機種による差はあるが、定格容量の20～50%相当分を排温水のみで稼働させることが可能であり、定格稼働時においても、燃料を全て都市ガスで賄う場合と比較して、15～30%のガス使用量削減が可能である。

【排熱利用に関する課題】

市販されている排熱利用型の熱源機器は、一般的にガスエンジンまたはガスタービンからの排熱利用を想

表 3.15 排熱利用型熱源機器の対応可能出力及び排熱温度

機器種類	対応可能出力	利用可能な排温水温度
排熱投入型吸収冷温水機(ジェネリンク)	141(kW)～2,813(kW)	90℃
一重二重効用冷温水機	158(kW)～2,215(kW)	70～95℃
温水吸収冷凍機・冷温水機	35.2(kW)～1,846(kW)	88℃

定して製造されており、容量の小さい機器でも数十(kW)級、大きなものでは1,000(kW)を超える（表3.15を参照）。PEFC及びSOFCの排熱を現行の排熱利用型熱源機器で使用するためには、燃料電池自体の大規模化が必要である。また、複数台の燃料電池排熱をまとめて活用する、ガスエンジンなど他の熱源システムからの排熱も併せて回収、利用するといった対応が必要である。

また、年間を通じて排熱を有効利用できるよう、冷熱、温熱いずれの需要にも排熱の有効利用が可能な形が望ましい。

なお、排熱からの冷熱製造を行う場合の機器効率（COP）は、ジェネリンク（三重効用）で約1.6、温水吸収型冷凍機・冷温水機で約0.7であり、ジェネリンク使用の場合は、機器効率を維持するために、出力が定格に近づくにつれて、排熱の受入れ可能量が減少する点に留意が必要である。

温水吸収型の機器で冷熱需要を賄う場合は、機器効率がほぼ1である暖房、給湯需要を優先し、余剰分は冷熱需要を賄うために利用することが望ましい。

【今後の展望】

純水素型の燃料電池の場合、反応温度が高い SOFC (700~1,000℃) であれば、燃料電池内部での水素改質が不要となり、その分、高温(蒸気)での排熱回収が可能となる。排熱蒸気(圧力 8k と仮定)からの冷熱製造時の機器効率は 1.3~1.5 であり、夏期においても高効率な排熱利用が期待できる。

今後、民生用建物に適用可能な容量の燃料電池が実用化され、かつ都市内の水素インフラが整備されれば、まとまった量の高温排熱が確保でき、より効率的な冷熱供給を行える可能性がある。

また、水素貯蔵用の吸蔵合金の反応が吸熱反応であることを踏まえ、定置用燃料電池の排熱を利用した水素吸蔵システムの研究が進められている。純水素型の燃料電池システムの導入拡大に加え、需要家の近くに水素吸蔵タンクを設置することで、燃料電池システムの適用可能なエリア自体を拡大する効果も期待される。

⑤ 水素供給インフラ

【技術概要】

水素貯蔵技術と水素製造・輸送・供給技術に区分される。いずれも、燃料電池自動車の普及を進める上で必須といえる水素ステーションへの適用技術を中心に考えられているが、定置用燃料電池の効率的な活用の面からも、当該技術は重要な役割を果たす。

【現在の開発状況】

水素製造・輸送・供給技術については、福岡水素エネルギー戦略会議において、3件のモデル事業が進められている。

(モデル事業1：福岡水素タウン)

福岡県前原市の南風台団地・美咲が丘団地内の 150 世帯を対象に、大型ボンベから各戸へ LP ガスを供給、これを改質して燃料電池を稼働させて省エネ効果を検証している。

(モデル事業2：水素ハイウェイ)

北九州市(東田地区)及び福岡市(九州大学)の2カ所に水素ステーションを整備し、北九州～福岡間に「水素ハイウェイ」を構築する計画を進行中である。

平成 21 年 9 月より事業を開始し、2015 年の普及開始及び 2030 年頃の本格商用を目指している¹⁰⁾。

九州大学水素ステーションは水電解方式の水素ステーションであり、稼働時に二酸化炭素を全く発生しない日本初の次世代型ステーションを目指している。また、太陽光発電を利用した水素製造の研究開発も並行して進行中である。

一方、北九州水素ステーションは、製鉄所から発生する副生水素をパイプライン供給する次世代型水素ステーションであり、水素をパイプライン供給する点、地方自治体が主導、

整備する点において、我が国で初の事例である。

(モデル事業3：北九州水素タウン)

北九州市八幡東田地区において、工場から発生する副生水素をパイプラインで市街地（水素タウン）へ供給し、家庭や公共施設においては、燃料電池を使用して水素から発電、給湯を行う（表 3.16）。また、燃料電池を搭載したフォークリフトやアシスト自転車も運用する。2011年度から2013年度の3年間で実証を行う計画である¹¹⁾。

表 3.16 北九州水素タウン事業における実証項目

実証項目	概要
水素パイプラインによる水素供給技術の実証	水素ステーションから約1.2kmのパイプラインを配管し、水素の安定供給などに関する運用面での課題抽出を行う。
純水素型燃料電池の運転実証	1(kW)級12台、3(kW)級及び100(kW)級を各1台の計14台を集合住宅や商業施設、公共施設などに設置し、機器システムの評価や管理システム等周辺技術の検証を実施する。
水素を燃料とする小型移動体の実証	燃料電池フォークリフトや燃料電池アシスト自転車等、燃料電池で稼動する小型移動体の実証を行う。

一方、水素貯蔵技術に関しては、表 3.17 に示す3方式の研究・開発が進行中である。

表 3.17 研究・開発が進められている水素貯蔵技術

貯蔵方法	概要	課題
高圧水素タンク	現時点で、燃料電池自動車用水素貯蔵技術として最も一般的。水素圧力は350気圧と700気圧の2種類、材質についてもアルミ合金ライナー(Type3)と高密度ポリエチレンライナー(Type4)の2種類がある。	現在は、350気圧容器コストの65%、700気圧容器コストの80%が炭素繊維コスト。使用量の大幅な低減や安価な炭素繊維材料の利用等によるコスト低減が期待される。また、強度や水素脆化耐性などの点での広範なライナー材の検討が必要である。
水素吸蔵合金	30気圧と350気圧の2種類、後者は高圧部分と水素吸蔵合金部分で半分ずつ水素貯蔵を分担する「ハイブリッド容器」。コンパクトなため、車載時に有望とされている。水素貯蔵量4mass%以上の水素吸蔵合金が開発されれば、システム重量の点でも、700気圧級複合容器に対して競争性を持つようになる。	最大の課題は水素吸蔵合金のコスト。また、複合容器に匹敵する耐久性と安全性だけでなく、高圧容器内に熱交換器を設置することから、その安全・振動対策、熱交換器の性能向上(特に熱交換流路の改善)、さらに、衝突・落下時の耐久性確保や火災暴露時の安全性確保も課題である。
液体水素タンク	水素を液化することにより、5kgの水素の体積は80Lほどになり、既存のガソリン容器に近い体積となる。このコンパクトさが液体水素貯蔵の最大の利点である。ただし、現時点では、国内外において積極的に採用する動きは少ない。	極低温(-253℃)で水素を貯蔵するため、積層真空断熱などの効率的な断熱技術が必要となる。 また、液体水素の気化速度は現状で3~6%/日であり、停車時でも30時間程度で、ボイルオフガスを排出しなくてはならない。このガス量を低減する必要があり、2020年頃に0.5~1%までの低減が望まれる。 この他、車載に適した扁平型液体水素容器の開発も課題である。

【今後の展望】

平成24年2月に、同戦略会議より「北部九州燃料電池自動車普及促進構想」が発表された。この中で、2015年及び2020年までの水素ステーション配置シナリオとして、以下のとおり提示されている。「燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010」(NEDO)によれば、

純水素型燃料電池の普及拡大は2020年以降と見込まれていることから、これらの構想及びロードマップに従えば、水素インフラが一定程度整備された後に、定置型の純水素型燃料電池システムが普及することになる（表3.18）。

表 3.18 水素ステーション配置に関するシナリオ

目標年	水素ステーション配置シナリオ
～2015年	<ul style="list-style-type: none"> ■ FCVユーザーの「出発地」となる地点に配置 ■ 高速道路の主要パーキングエリアに配置 ■ 広域的に移動する際の「目的地」として特に重要な地点に配置
～2020年	<ul style="list-style-type: none"> ■ 広域的に移動する際の「目的地」となる地点に配置 ■ 都市間幹線道路の「出発地」と「目的地」との中間地点に配置 ■ 主要なバス営業拠点に配置

⑥ HEMS、BEMS 等によるエネルギーマネジメント

【技術の概要】

電力、ガスなどのエネルギー使用状況を適切に把握・管理し、削減につなげるシステムである。HEMS の場合は、家電製品や照明、太陽光発電、EV、燃料電池システムなどが組み込まれ、BEMS の場合は、空調や照明、OA 機器などが組み込まれる。エネルギーの使用量を表示する「見える化」により、利用者の自主的な省エネ行動を促すものから、不在時に自動的に照明をオフにするといった制御機能を持つものまで、様々な形態がある。

【現在の開発・実証状況】

HEMS、BEMS ともに導入レベルは様々である。機器別のエネルギー使用量を計測、専用モニタやパソコン等で確認する「見える化」のレベルに留まるものから、省エネに関する注意喚起を行うもの、不在時に照明や空調等を自動でオフにするといった制御を行うものまで存在する。

これまでの「見える化」等の情報をもとにしたユーザ側の取り組み中心の省エネから、今後は HEMS、BEMS システム側からのエネルギー使用量制御や、建物単位から地域単位への制御といった段階へ移行していくことが予想される。

なお、HEMS に関しては、宅内にある各家電製品等のエネルギー使用量及び創出量（燃料電池、太陽光発電等による）をネットワーク化して管理するための標準規格として、2012年2月に「エコネットライト」が認定されている。

【普及に向けた課題】

HEMS、BEMS ともに、新築建物への導入が増えつつあるものの、既築の建物への導入が遅れている。ただし、国のロードマップ等においても、ZEH（net Zero Energy House）や ZEB（net Zero Energy Building）のような環境配慮型の建築物に関する目標設定については、「新築建物全体での達成」といった形をとっており、費用対効果の面からも、古い建築物に対しては、建て替え等のタイミングでシステムを導入する方法が現実的である。

ユーザ（住宅やビル等の利用者）にとっては、HEMS 及び BEMS 導入により、エネルギー使用量及び使用料金の削減効果が得られるものの、特に住宅の場合は、一軒あたり数百円～千円/月程度の削減効果に留まるケースが多いと想定される。設備導入（初期コスト）及びエネルギーマネジメントサービス（ランニング）の費用回収に長い期間が必要となり、事業性の面で困難である。

サービス提供側は、機器導入時に負担したコストを、毎月の EMS サービス料として回収する形となるが、上記の理由から、エネルギー料金の削減効果以上の負担を求めることは難しく、やはり費用回収までに長期間を要する懸念がある。いずれの立場にとっても、機器類の導入コスト削減が重要となる。

HEMS 及び BEMS は、スマートグリッドを構築する上での要素の一つであり、基本的には、電力使用量の最適化に主眼が置かれている。このため、ガス給湯器や灯油ストーブ等は、通常、管理システムの中には組み込まれない。平成 22 年度より進められている「次世代エネルギー・社会システム実証」においては、一部の実証地域で熱利用も含めた最適化に関する実証が計画されており、この実証結果の活用が期待される。

【将来展望】

エコネットライトの普及促進に関しては、2020 年を目処に広く社会に行き渡ることを想定したロードマップの策定が行われている。

また、平成 22 年 6 月策定のエネルギー基本計画及び平成 22 年 3 月策定の地球温暖化対策に係る中長期ロードマップにおいては、HEMS 及び BEMS の将来普及目標について、表 3.19 のように示されている。

表 3.19 国の計画等における HEMS 及び BEMS の将来普及目標または想定

計画等	HEMS、BEMS等に関する目標または想定
エネルギー基本計画 (平成22年6月)	【住宅】 2030年までに新築住宅の平均でZEHを達成、家庭部門のエネルギー由来CO ₂ 半減を目指す。 【ビル等】 2020年までに新築公共建築物等でZEBを達成、2030年までに新築建築物の平均でZEBを達成。これにより、エネルギー由来CO ₂ の大幅削減を目指す。
地球温暖化対策に係る 中長期ロードマップ (平成22年3月)	2020年までの普及率想定として、以下のとおり定めている。 【HEMS】住宅ストックの80% → 520万トンのCO ₂ 削減効果を見込む 【BEMS】建築ストックの40% → 1,250万トンのCO ₂ 削減効果を見込む

我が国の平成 22 年度における温室効果ガス排出量は、全体で 12 億 5,800 万トン、このうち家庭部門は 1 億 7,180 億トン（全体の 14.4%）、業務その他部門は 2 億 1,670 億トン（同 18.2%）となっている。仮に両部門からの CO₂ 排出量を半減できれば、国全体の排出量を約 15%削減することにつながり、大きなポテンシャルを有する。

3.2.2 燃料電池・排熱利用技術導入による省エネ効果の評価

(1) 建築物の用途・規模に応じた条件設定

建物用途及び規模について複数ケースを設定し、各ケースにおいて想定される電力需要及び熱需要をもとに、効率的な稼働が期待される規模の燃料電池を導入した場合の省エネ効果について試算を行った。また、一部の用途については、熱電比を複数ケース設定し、燃料電池の導入効果への影響についても併せて検討を行った。

① 建築物の用途・規模の条件

想定した建物用途及び規模を表 3.20、建物モデルの標準ケースを表 3.21 に示す。

表 3.20 想定した建物用途及び規模

項目	設定方法
建物用途	業務、商業、ホテル、医療・福祉、教育、住宅（集合住宅）の6種類とした。
建物規模（床面積）	【非住宅】最小を特定建築物下限(2,000m ²)、最大を業務系第1種エネルギー管理指定工場下限(50,000m ² 程度)と想定し、その間に5,000m ² 、10,000m ² 、30,000m ² の3段階で設定した。 【住宅】一般的な広さとして80m ² /戸を想定した。
変動要素（追加検討）	熱電比
	任意の建物用途・規模を対象として、追加検討として実施。既存文献等における需要原単位データを基準とし、電力需要を固定。年間熱需要を年間熱電比（冷熱・温熱別）±50%程度の振れ幅を持たせた熱需要モデルを作成した（±25%単位で変動）。

表 3.21 建物モデルの標準ケース

用途 床面積	業務	商業	ホテル	医療・福祉	教育
2,000(m ²)	A-1	B-1	C-1	D-1	E-1
5,000(m ²)	A-2	B-2	C-2	D-2	E-2
10,000(m ²)	A-3	B-3	C-3	D-3	E-3
30,000(m ²)	A-4	B-4	C-4	D-4	E-4
50,000(m ²)	A-5	B-5	C-5	D-5	E-5

※ 住宅については、小規模（F-1：10戸）、中規模（F-2：50戸）、大規模（F-3：300戸）の3ケースを想定した。

② ケース毎の燃料電池・排熱利用システム想定

(a) 燃料電池および排熱利用システムのイメージ

燃料電池および排熱利用技術の中から、高い総合効率が見込めると想定されるシステムにより、各建物ケースにおける排熱利用システムを想定した（図 3.1）。

＜建物用途別熱利用特性＞

＜燃料電池排熱特性＞

- ① 蒸気排熱型燃料電池（SOFC、MCFC）
- ② 温水（80℃レベル）排熱型燃料電池（SOFC、MCFC）
- ③ 温水（60℃レベル）排熱型燃料電池（PEFC、PAFC）



給湯	冷暖房	暖房	概要
○	—	—	<u>I 給湯需要に供給</u> ※年間を通じて給湯需要がある施設 ホテル／医療・福祉施設
—	○	—	<u>II 冷暖房需要に供給</u> ※年間を通じて冷暖房需要がある施設 業務／商業／教育施設
○	○	—	<u>III 冷暖房・給湯需要に供給</u> ※年間を通じて冷暖房・給湯需要がある施設 業務／商業／ホテル／医療・福祉（大規模）
○	—	○	<u>IV 給湯・暖房需要に供給</u> ※年間を通じて給湯需要がある施設 住宅

図 3.1 燃料電池排熱特性と建物用途別熱利用特性の組み合わせイメージ

(b) 定置用燃料電池／排熱利用熱源機器の条件

燃料電池および排熱利用熱源機器の設定について表 3.22、表 3.23 に示す。

表 3.22 定置用燃料電池システムの種類、容量、機器性能

燃料電池種別	排熱種別	規模/台あたり	発電効率	排熱回収効率
SOFC	蒸気	100kW～1,000kW	55%(LHV)	25%(LHV)
SOFC	高温水(80℃レベル)	1kW～500kW	50%(LHV)	30%(LHV)
PEFC	低温水(60℃レベル)	1kW～500kW	50%(LHV)	35%(LHV)

※台数分割等により2台まで設置を想定した。

表 3.23 排熱利用型熱源機器の諸元

排熱種別	熱源機器	製造熱媒	規模	COP-c	備考
蒸気	蒸気吸収三重効用冷凍機	冷水	527kW (150RT)~	1.6	排熱蒸気量 310kW 以上で導入可能
	蒸気吸収冷凍機(小型)	冷水	105kW (30RT)~	1.2	排熱蒸気量 75kW 以上で導入可能
高温水 (80℃ レベル)	排熱投入型三重効用 吸収冷温水機(ジェネリンク)	冷水、 (温水)	527kW (150RT)~	1.6	燃料削減率 25%、 排熱単独運転 40%
	排熱投入型温水吸収 冷温水機(ジェネリンク)	冷水、 (温水)	281kW (80RT)~	1.4	燃料削減率 25%、 排熱単独運転 50%
	温水吸収冷凍機	冷水	35kW (10RT)~	0.7	排熱温水 44kW 以 上
低温水 (60℃ レベル)	-(低温水利用の冷熱源機器なし)				

③ 熱源システムの選定

各ケースの電力・熱需要を踏まえ、以下の方針で燃料電池を含む熱源システムを想定した。組み合わせリストを表 3.24 に示す。

<熱源システムの選定方針（各ケース共通）>

- 燃料電池容量は最大電力の1/3程度を導入
→ これまでのコージェネの導入実績や検討結果等の知見を踏まえ、燃料電池の容量は最大電力の1/3程度とする。ただし、低温水排熱の燃料電池に関しては、この条件に加え、給湯需要を上回らない容量とする。
- 従来型冷熱源機器は、ガス方式：電気方式を1：1とおく
→ 従来方式を含め、排熱利用機器を除く冷熱源機器は、ガス方式（吸収冷温水機）と電気方式（電動冷凍機）の割合を1：1として計算する。
- 温熱需要に対してはボイラで供給する
→ 従来方式を含め、温熱需要に対してはボイラ（+吸収冷温水機）によるガス方式で供給する。

表3.24 燃料電池排熱と建物用途の組み合わせリスト

熱需要先 燃料電池 排熱種別	給湯需要に供給 ※年間を通じて給湯需要がある施設 ホテル／医療福祉	冷暖房需要に供給 ※年間を通じて冷暖房需要がある施設 業務／商業／教育施設	冷暖房・給湯需要に供給 ※年間を通じて冷暖房・給湯需要がある 業務／商業／ホテル／医療福祉（大規模）	給湯・暖房需要に供給 ※年間を通じて給湯需要がある 住宅
① 蒸気排熱型燃料電池 ※SOFC、MCFC				
② 高温水（80度レベル）排熱型燃料電池 ※SOFC、MCFC				
③ 低温水（60度レベル）排熱型燃料電池 ※PEFC				

(2) 省エネ・CO₂削減効果の評価

① エネルギーシミュレーションおよび省エネ・CO₂削減効果の算定

計算の流れを図 3.2 に示す。業務施設、商業施設、ホテル、医療・福祉、教育、住宅について各種燃料電池の省エネ・CO₂削減効果を算出した。計算結果から得られた建物用途ごとの特徴について次頁以降に示す。

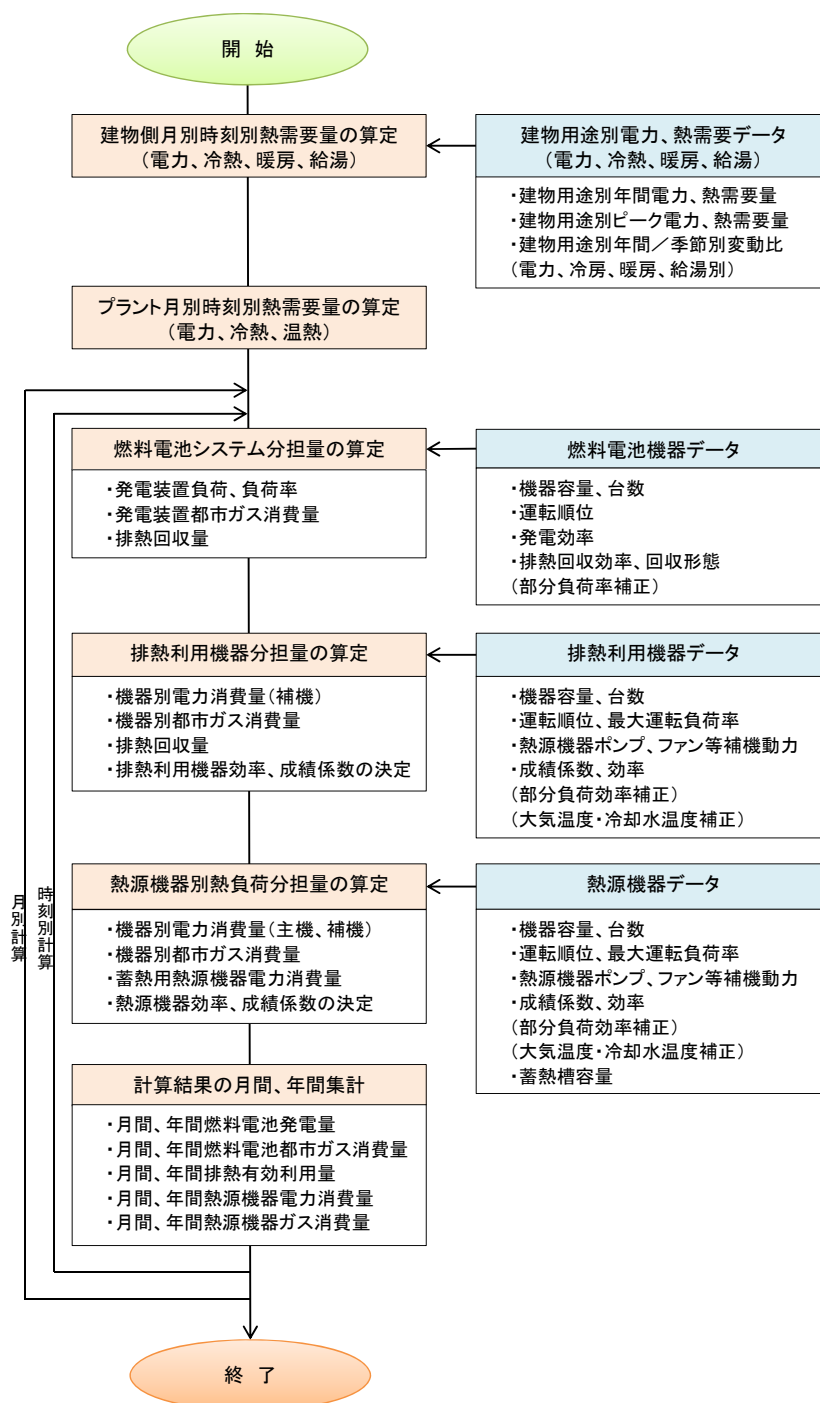


図 3.2 エネルギーシミュレーションフロー

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースA

業務施設

	A-1 (床面積) 2,000㎡		A-2 (床面積) 5,000㎡		A-3 (床面積) 10,000㎡		A-4 (床面積) 30,000㎡		A-5 (床面積) 50,000㎡							
(需要想定)	(電力) 90kW	(冷熱) 186kW	(温熱) 139kW	(給湯) 12kW	(電力) 225kW	(冷熱) 465kW	(温熱) 349kW	(給湯) 29kW	(電力) 1,350kW	(冷熱) 2,792kW	(温熱) 175kW	(給湯) 292kW	(電力) 2,500kW	(冷熱) 4,653kW	(温熱) 3,486kW	(給湯) 525kW
最大需要	200MWh	536GJ	252GJ	216GJ	500MWh	1,340GJ	630GJ	53GJ	3,000MWh	8,040GJ	3,780GJ	315GJ	5,000MWh	13,400GJ	6,300GJ	525GJ
年間需要	計	2,761GJ			計	6,903GJ			計	13,805GJ			計	41,415GJ		
エネルギー需要量																
年間買電量		307 MWh/年				733 MWh/年				1,461 MWh/年				4,226 MWh/年		
年間燃料消費量		10.4 千Nm ³ /年				26.5 千Nm ³ /年				50.4 千Nm ³ /年				158.4 千Nm ³ /年		
一次エネルギー量		3,464 GJ/年				8,347 GJ/年				16,527 GJ/年				48,374 GJ/年		
省エネルギー量		195.4 t-CO ₂ /年				470.4 t-CO ₂ /年				932.1 t-CO ₂ /年				2,725.1 t-CO ₂ /年		
CO ₂ 排出量		0.80				0.83				0.84				0.86		
CO ₂ 削減率																
FC・熱源システム効率																
省エネ率																
CO ₂ 排出削減率																
O. 従来方式																
I. 蒸気排熱型燃料電池																
燃料電池排熱																
年間買電量																
年間燃料消費量																
一次エネルギー量																
省エネルギー量																
CO ₂ 排出量																
CO ₂ 削減率																
FC・熱源システム効率																
省エネ率																
CO ₂ 排出削減率																
II. 高温水排熱燃料電池 (80℃レベル)																
燃料電池排熱																
年間買電量		199 MWh/年				347 MWh/年				500 MWh/年				1,794 MWh/年		
年間燃料消費量		28.4 千Nm ³ /年				87.2 千Nm ³ /年				186.8 千Nm ³ /年				491.0 千Nm ³ /年		
一次エネルギー量		3,220 GJ/年				7,308 GJ/年				13,286 GJ/年				39,604 GJ/年		
省エネルギー量		245 GJ/年				1,038 GJ/年				3,241 GJ/年				8,789 GJ/年		
CO ₂ 排出量		176.3 t-CO ₂ /年				393.5 t-CO ₂ /年				707.3 t-CO ₂ /年				2,127.2 t-CO ₂ /年		
CO ₂ 削減率		0.86				0.94				0.94				0.95		
FC・熱源システム効率																
省エネ率																
CO ₂ 排出削減率																
III. 低温水排熱燃料電池 (60℃レベル)																
燃料電池排熱																
年間買電量																
年間燃料消費量																
一次エネルギー量																
省エネルギー量																
CO ₂ 排出量																
CO ₂ 削減率																
FC・熱源システム効率																
省エネ率																
CO ₂ 排出削減率																

<備考> ■エネルギー需要原単位 業務施設
 (電力) (冷熱) (温熱) (給湯)
 最大需要 45W/㎡ 93kW 69.7kW 5.8kW
 年間需要 100kWh/㎡ 268MJ/㎡ 126MJ/㎡ 10.5MJ/㎡

*一次エネルギー換算値 *CO₂排出換算値
 電力: 0.559 kg-CO₂/kWh (平成22年度代替値)
 都市ガス: 45.0 MJ/Nm³ 都市ガス: 2.29 kg-CO₂/Nm³

○全体の省エネ性は数%~30%程度まで幅広く分布。
 ○蒸気排熱利用型の燃料電池の省エネ率が高く、25%前後が期待。一方、低温排熱型は燃料電池の容量も小さいため、効果は低い。
 ○高温水排熱型は、ジェネリックのスケールメリットを受けて、規模が大きいにほど省エネ効果が上昇する傾向を示す。

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースB 商業施設

	B-1 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 5,000㎡ 400kW 697kW 139kW 23kW 420MWh 1,004GJ 150GJ 42GJ 計 5,295GJ	B-2 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 5,000㎡ 800kW 1,394kW 697kW 58kW 2,100MWh 5,020GJ 375GJ 105GJ 計 13,238GJ	B-3 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 10,000㎡ 800kW 1,394kW 697kW 117kW 2,100MWh 5,020GJ 750GJ 210GJ 計 26,476GJ	B-4 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 30,000㎡ 2,400kW 4,183kW 2,092kW 350kW 6,300MWh 15,060GJ 2,250GJ 630GJ 計 79,428GJ	B-5 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 50,000㎡ 4,000kW 6,972kW 3,486kW 583kW 10,500MWh 25,100GJ 3,750GJ 1,050GJ 計 132,380GJ
需要想定	最大需要 年間需要 エネルギー需要量	最大需要 年間需要 エネルギー需要量	最大需要 年間需要 エネルギー需要量	最大需要 年間需要 エネルギー需要量	最大需要 年間需要 エネルギー需要量
O. 従来方式	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率
I. 蒸気排熱型燃料電池	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率
II. 高温水排熱燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率
III. 低温水排熱燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率

<備考> ■エネルギー需要原単位 商業施設 (冷熱) (給湯)
(電力) (温熱) (冷熱) (給湯) 80W/㎡ 139kW 697kW 11.7kW
最大需要 210kWh/㎡ 502MJ/㎡ 75MJ/㎡ 21.0MJ/㎡
年間需要

*一次エネルギー換算 電力: 9.760 kJ/kWh 都市ガス: 45.0 MJ/Nm3
*CO2排出換算 電力: 0.559 kg-CO2/kWh (平成22年度代替値) 都市ガス: 2.29 kg-CO2/Nm3

○全体の省エネ率は5%~17%程度。
○蒸気排熱利用型の燃料電池の省エネ率が高く、20%前後。一方、低温排熱型は燃料電池の容量も小さいため、効果は低い。
○高温水排熱型は、ジェネリックのスケールメリットを受けて、規模が大きいほど省エネ効果が上昇する傾向を示す。

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースC

ホテル

	C-1 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 5,000㎡ 2,000㎡ 100kW 174kW 156kW 232kW 400MWh 8366GJ 6706GJ 6706GJ 計 6,080 GJ	C-2 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 5,000㎡ 250kW 436kW 399kW 581kW 1,000MWh 2,090GJ 1,675GJ 1,675GJ 計 15,200 GJ	C-3 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 10,000㎡ 500kW 872kW 778kW 1,161kW 2,000MWh 4,180GJ 3,350GJ 3,350GJ 計 30,400 GJ	C-4 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 30,000㎡ 1,500kW 2,617kW 2,333kW 3,483kW 6,000MWh 12,540GJ 10,050GJ 10,050GJ 計 91,200 GJ	C-5 (床面積) (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 50,000㎡ 2,500kW 4,361kW 3,889kW 5,806kW 10,000MWh 20,900GJ 16,750GJ 16,750GJ 計 152,000 GJ
O. 従来方式	年間買電量 535.0 MWh/年 年間燃料消費量 42.7 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 7,143 GJ/年 CO2排出量 396.8 t-CO2/年 熱源システム効率 0.85	年間買電量 1,324 MWh/年 年間燃料消費量 102.5 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 17,535 GJ/年 CO2排出量 974.8 t-CO2/年 熱源システム効率 0.87	年間買電量 2,592 MWh/年 年間燃料消費量 210.9 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 34,788 GJ/年 CO2排出量 1931.9 t-CO2/年 熱源システム効率 0.87	年間買電量 4,477 MWh/年 年間燃料消費量 971.5 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 87,413 GJ/年 CO2排出量 16,268 GJ/年 CO2削減量 1035.3 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.04 省エネ率 15.7% CO2排出削減率 18.0%	年間買電量 7,145 MWh/年 年間燃料消費量 1,671.1 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 144,935 GJ/年 CO2排出量 28,429 GJ/年 CO2削減量 1816.7 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.05 省エネ率 16.4% CO2排出削減率 18.8%
I. 蒸気排熱型燃料電池	燃料電池規模 30kW 年間買電量 303 MWh/年 年間燃料消費量 84.2 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 6,746 GJ/年 省エネ率 397 GJ/年 CO2排出量 362.2 t-CO2/年 CO2削減量 34.7 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.90 省エネ率 5.6% CO2排出削減率 8.7%	燃料電池規模 80kW 年間買電量 679 MWh/年 年間燃料消費量 168.2 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 14,196 GJ/年 省エネ率 3,339 GJ/年 CO2排出量 764.7 t-CO2/年 CO2削減量 210.1 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.07 省エネ率 19.0% CO2排出削減率 21.6%	燃料電池規模 150kW 年間買電量 1,383 MWh/年 年間燃料消費量 342.0 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 28,888 GJ/年 省エネ率 5,900 GJ/年 CO2排出量 1556.3 t-CO2/年 CO2削減量 375.6 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.09 省エネ率 17.0% CO2排出削減率 19.4%	燃料電池規模 400kW 年間買電量 4,477 MWh/年 年間燃料消費量 971.5 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 87,413 GJ/年 省エネ率 16,268 GJ/年 CO2排出量 28,429 GJ/年 CO2削減量 1035.3 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.04 省エネ率 15.7% CO2排出削減率 18.0%	燃料電池規模 700kW 年間買電量 7,145 MWh/年 年間燃料消費量 1,671.1 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 144,935 GJ/年 省エネ率 28,429 GJ/年 CO2排出量 7820.9 t-CO2/年 CO2削減量 1816.7 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.05 省エネ率 16.4% CO2排出削減率 18.8%
II. 高温水排熱燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 30kW 年間買電量 303 MWh/年 年間燃料消費量 84.2 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 6,746 GJ/年 省エネ率 397 GJ/年 CO2排出量 362.2 t-CO2/年 CO2削減量 34.7 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.90 省エネ率 5.6% CO2排出削減率 8.7%	燃料電池規模 80kW 年間買電量 704 MWh/年 年間燃料消費量 204.6 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 16,078 GJ/年 省エネ率 1,457 GJ/年 CO2排出量 862.1 t-CO2/年 CO2削減量 112.8 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.95 省エネ率 8.3% CO2排出削減率 11.6%	燃料電池規模 150kW 年間買電量 1,316 MWh/年 年間燃料消費量 429.8 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 32,185 GJ/年 省エネ率 2,603 GJ/年 CO2排出量 1719.9 t-CO2/年 CO2削減量 212.0 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.94 省エネ率 7.5% CO2排出削減率 11.0%	燃料電池規模 400kW 年間買電量 4,017 MWh/年 年間燃料消費量 1,216.0 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 93,926 GJ/年 省エネ率 9,755 GJ/年 CO2排出量 5030.1 t-CO2/年 CO2削減量 732.5 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.97 省エネ率 9.4% CO2排出削減率 12.7%	燃料電池規模 700kW 年間買電量 6,339 MWh/年 年間燃料消費量 2,034.7 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 153,430 GJ/年 省エネ率 19,933 GJ/年 CO2排出量 8203.0 t-CO2/年 CO2削減量 1434.6 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 0.99 省エネ率 11.5% CO2排出削減率 14.9%
III. 低温水排熱燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 30kW 年間買電量 289 MWh/年 年間燃料消費量 71.6 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 6,043 GJ/年 省エネ率 1,100 GJ/年 CO2排出量 325.5 t-CO2/年 CO2削減量 71.3 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.01 省エネ率 15.4% CO2排出削減率 18.0%	燃料電池規模 80kW 年間買電量 702 MWh/年 年間燃料消費量 181.1 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 15,001 GJ/年 省エネ率 2,534 GJ/年 CO2排出量 807.1 t-CO2/年 CO2削減量 167.7 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.01 省エネ率 14.4% CO2排出削減率 17.2%	燃料電池規模 150kW 年間買電量 1,357 MWh/年 年間燃料消費量 358.7 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 29,386 GJ/年 省エネ率 5,403 GJ/年 CO2排出量 1580.0 t-CO2/年 CO2削減量 351.9 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.03 省エネ率 15.5% CO2排出削減率 18.2%	燃料電池規模 400kW 年間買電量 4,411 MWh/年 年間燃料消費量 1,002.6 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 88,168 GJ/年 省エネ率 15,512 GJ/年 CO2排出量 4761.7 t-CO2/年 CO2削減量 1000.9 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.03 省エネ率 15.0% CO2排出削減率 17.4%	燃料電池規模 700kW 年間買電量 7,073 MWh/年 年間燃料消費量 1,703.6 千Nm ³ /年 一次エネルギー量 145,694 GJ/年 省エネ率 27,669 GJ/年 CO2排出量 7855.1 t-CO2/年 CO2削減量 1782.5 t-CO2/年 FC・熱源システム効率 1.04 省エネ率 16.0% CO2排出削減率 18.5%

<備考> ■エネルギー需要原単位
ホテル (電力) (冷熱) (温熱) (給湯)
50W/㎡ 87kW 116.1kW 116.1kW
200kWh/㎡ 418MJ/㎡ 335MJ/㎡ 335MJ/㎡

*一次エネルギー換算値
電力: 9.760 kJ/kWh
都市ガス: 45.0 MJ/Nm³

*CO2排出換算値
電力: 0.559 kg-CO2/kWh (平成22年度代替値)
都市ガス: 2.29 kg-CO2/Nm³

○全体の省エネ率は5%~20%程度で最も導入効果が高い、これは24時間運転したことが影響していると考えられる。
○蒸気排熱型および低温水排熱型の燃料電池の省エネ率が高く、ともに15~20%程度が期待できる。
○高温水排熱型は、ジェネラタのスケールメリットを受けて、規模が大きいたまに省エネ効果が上昇する傾向を示す。

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースD

医療・福祉

	D-1 (床面積) 2,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 100kW 233kW 302kW 209kW 180MWh 418GJ 838GJ 1,506GJ 4,519 GJ 計	D-2 (床面積) 5,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 250kW 582kW 756kW 524kW 450MWh 1,045GJ 2,095GJ 3,765GJ 11,297 GJ 計	D-3 (床面積) 10,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 500kW 1,164kW 1,511kW 1,047kW 900MWh 2,090GJ 4,190GJ 7,530GJ 22,594 GJ 計	D-4 (床面積) 30,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 1,500kW 3,492kW 4,533kW 3,142kW 2,700MWh 6,270GJ 12,570GJ 22,590GJ 67,782 GJ 計	D-5 (床面積) 50,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 2,500kW 5,819kW 7,556kW 5,236kW 4,500MWh 10,450GJ 20,950GJ 37,650GJ 112,970 GJ 計
O. 従来方式	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率 0.74	785 MWh/年 188.3 千Nm ³ /年 15,235 GJ/年 824.2 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.74	1,523 MWh/年 336.5 千Nm ³ /年 30,007 GJ/年 1821.9 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.75	4,618 MWh/年 1,009.6 千Nm ³ /年 90,504 GJ/年 4893.4 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.75	7,661 MWh/年 1,882.7 千Nm ³ /年 150,493 GJ/年 8135.9 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.75
I. 蒸気排熱型 燃料電池	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネ率 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	100kW SOFC燃料電池 422 MWh/年 197.0 千Nm ³ /年 12,984 GJ/年 2,251 GJ/年 687.0 t-CO ₂ /年 137.2 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.87 省エネ率 14.8% CO2排出削減率 16.6%	200kW SOFC燃料電池 816 MWh/年 411.4 千Nm ³ /年 26,477 GJ/年 3,530 GJ/年 1998.3 t-CO ₂ /年 223.7 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.85 省エネ率 11.8% CO2排出削減率 13.8%	500kW SOFC燃料電池 2,718 MWh/年 1,249.7 千Nm ³ /年 82,764 GJ/年 7,740 GJ/年 4381.2 t-CO ₂ /年 512.3 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.82 省エネ率 8.6% CO2排出削減率 10.5%	800kW SOFC燃料電池 4,700 MWh/年 2,064.5 千Nm ³ /年 138,775 GJ/年 11,718 GJ/年 7355.0 t-CO ₂ /年 780.9 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.81 省エネ率 7.8% CO2排出削減率 9.0%
II. 高温水排熱 燃料電池 (80℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネ率 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	100kW SOFC燃料電池 410 MWh/年 223.9 千Nm ³ /年 14,077 GJ/年 1,158 GJ/年 741.9 t-CO ₂ /年 82.3 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.80 省エネ率 7.6% CO2排出削減率 10.0%	200kW SOFC燃料電池 695 MWh/年 463.9 千Nm ³ /年 27,659 GJ/年 2,348 GJ/年 1450.8 t-CO ₂ /年 171.1 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.82 省エネ率 7.8% CO2排出削減率 10.5%	500kW SOFC燃料電池 2,203 MWh/年 1,343.1 千Nm ³ /年 81,941 GJ/年 8,563 GJ/年 4307.2 t-CO ₂ /年 586.3 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.83 省エネ率 9.1% CO2排出削減率 11.5%	800kW SOFC燃料電池 3,797 MWh/年 2,218.1 千Nm ³ /年 136,873 GJ/年 13,820 GJ/年 7202.0 t-CO ₂ /年 933.9 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.83 省エネ率 9.1% CO2排出削減率 11.5%
III. 低温水排熱 燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネ率 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	80kW PFC燃料電池 464 MWh/年 212.5 千Nm ³ /年 14,091 GJ/年 1,144 GJ/年 746.0 t-CO ₂ /年 78.2 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.80 省エネ率 7.5% CO2排出削減率 9.4%	150kW PFC燃料電池 908 MWh/年 419.0 千Nm ³ /年 27,177 GJ/年 2,290 GJ/年 1467.1 t-CO ₂ /年 154.9 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.82 省エネ率 7.6% CO2排出削減率 9.5%	450kW PFC燃料電池 2,820 MWh/年 1,234.8 千Nm ³ /年 83,089 GJ/年 7,414 GJ/年 4404.1 t-CO ₂ /年 489.4 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.82 省エネ率 8.2% CO2排出削減率 10.0%	800kW PFC燃料電池 4,543 MWh/年 2,073.4 千Nm ³ /年 137,643 GJ/年 12,850 GJ/年 7287.6 t-CO ₂ /年 848.3 t-CO ₂ /年 FC・熱源システム効率 0.82 省エネ率 8.5% CO2排出削減率 10.4%
<備考>	<p>■エネルギー需要原単位 医療・福祉</p> <p>(電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 最大需要 50W/㎡ 116kW 151.1kW 104.7kW 年間需要 90kWh/㎡ 209MJ/㎡ 419MJ/㎡ 753MJ/㎡</p> <p>*一次エネルギー換算値 電力: 9.760 kJ/kWh 都市ガス: 45.0 MJ/Nm³</p> <p>*CO2排出換算値 電力: 0.559 kg-CO₂/kWh(平成22年度代替値) 都市ガス: 2.29 kg-CO₂/Nm³</p> <p>○全体の省エネ性は数%~15%程度。 ○蒸気排熱利用型は効果が10%を越えるが、その他は10%以下の省エネ効果になっている。 ○どの燃料電池でも一定の効果が期待できるが、ホテルほどの大きな効果にはなっていない。</p>				

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースE

教育

	E-1 (床面積) 2,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 90kW 170kW 12kW 200MWh 1266J 4026J 216J 計 2,501 GJ	E-2 (床面積) 5,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 225kW 122kW 425kW 29kW 500MWh 3156J 1,0056J 536J 計 6,253 GJ	E-3 (床面積) 10,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 450kW 244kW 850kW 58kW 1,000MWh 6306J 2,0106J 1056J 計 12,505 GJ	E-4 (床面積) 30,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 1,350kW 733kW 2,550kW 175kW 3,000MWh 1,8906J 6,0306J 3156J 計 37,515 GJ	E-5 (床面積) 50,000㎡ (電力) (冷熱) (温熱) (給湯) 2,250kW 1,222kW 4,250kW 292kW 5,000MWh 3,1506J 10,0506J 5256J 計 62,525 GJ
O. 従来方式	年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 CO2排出量 熱源システム効率 0.81	617 MWh/年 31.9 千Nm ³ /年 7,457 GJ/年 418.0 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.84	1,195 MWh/年 65.0 千Nm ³ /年 14,588 GJ/年 818.9 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.86	3,620 MWh/年 195.7 千Nm ³ /年 44,138 GJ/年 2471.7 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.85	5,886 MWh/年 325.0 千Nm ³ /年 72,072 GJ/年 4034.5 t-CO ₂ /年 熱源システム効率 0.87
I. 蒸気排熱型燃料電池	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	100kW SOFC燃料電池 231 MWh/年 78.7 千Nm ³ /年 5,796 GJ/年 1,661 GJ/年 309.4 t-CO ₂ /年 108.6 t-CO ₂ /年 1.08 22.3% 26.0%	200kW SOFC燃料電池 575 MWh/年 136.9 千Nm ³ /年 11,773 GJ/年 2,816 GJ/年 634.9 t-CO ₂ /年 181.9 t-CO ₂ /年 1.08 19.3% 22.3%	500kW SOFC燃料電池 1,620 MWh/年 423.6 千Nm ³ /年 34,873 GJ/年 9,265 GJ/年 1875.6 t-CO ₂ /年 596.1 t-CO ₂ /年 1.08 21.0% 24.1%	800kW SOFC燃料電池 2,607 MWh/年 637.5 千Nm ³ /年 54,132 GJ/年 17,941 GJ/年 2917.2 t-CO ₂ /年 1117.3 t-CO ₂ /年 1.16 24.9% 27.7%
II. 高温水排熱燃料電池 (80℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	30kW SOFC燃料電池 154 MWh/年 31.9 千Nm ³ /年 2,939 GJ/年 163 GJ/年 159.1 t-CO ₂ /年 14.5 t-CO ₂ /年 0.85 5.0% 8.3%	100kW SOFC燃料電池 617 MWh/年 161.4 千Nm ³ /年 13,285 GJ/年 1,303 GJ/年 714.7 t-CO ₂ /年 102.3 t-CO ₂ /年 0.94 8.9% 12.5%	500kW SOFC燃料電池 1,676 MWh/年 485.0 千Nm ³ /年 38,183 GJ/年 5,955 GJ/年 2047.5 t-CO ₂ /年 424.2 t-CO ₂ /年 0.98 13.5% 17.2%	800kW SOFC燃料電池 3,048 MWh/年 809.1 千Nm ³ /年 66,158 GJ/年 5,914 GJ/年 3556.7 t-CO ₂ /年 477.9 t-CO ₂ /年 0.95 8.2% 11.8%
III. 低温水排熱燃料電池 (60℃レベル)	燃料電池規模 年間買電量 年間燃料消費量 一次エネルギー量 省エネルギー量 CO2排出量 CO2削減率 FC・熱源システム効率 省エネ率 CO2排出削減率	80kW PEMFC燃料電池 216 MWh/年 18.3 千Nm ³ /年 2,932 GJ/年 160 GJ/年 162.7 t-CO ₂ /年 11.0 t-CO ₂ /年 0.85 5.2% 6.3%	150kW PEMFC燃料電池 1,043 MWh/年 89.9 千Nm ³ /年 14,225 GJ/年 363 GJ/年 788.9 t-CO ₂ /年 27.9 t-CO ₂ /年 0.88 2.5% 3.4%	450kW PEMFC燃料電池 3,137 MWh/年 258.0 千Nm ³ /年 42,227 GJ/年 1,911 GJ/年 2344.4 t-CO ₂ /年 127.3 t-CO ₂ /年 0.89 4.3% 5.2%	800kW PEMFC燃料電池 5,224 MWh/年 418.5 千Nm ³ /年 69,819 GJ/年 2,254 GJ/年 3878.6 t-CO ₂ /年 155.9 t-CO ₂ /年 0.90 3.1% 3.9%

<備考>

■エネルギー需要原単位
(電力) (冷熱) (給湯)
最大需要 45W/㎡ 24kW 85.0kW 5.8kW
年間需要 100kWh/㎡ 63MJ/㎡ 201MJ/㎡ 11MJ/㎡

■一次エネルギー換算値
電力: 9.760 kJ/kWh
都市ガス: 45.0 MJ/Nm³

*CO2排出換算値
電力: 0.559 kg-CO₂/kWh (平成22年度代替値)
都市ガス: 2.29 kg-CO₂/Nm³

○全体の省エネ性は数%~25%程度。
○蒸気排熱利用型は効率が20%を超える結果となった。一方、低温排熱型は効率は数%程度と低い。
○規模による大きな違いはない。

各ケースのシステム効率、省エネ率、CO2排出量削減率

■ケースF

住宅

需要想定	F-1 (規模)		F-2 (床面積)		F-3 (床面積)	
	10戸 (冷熱)	小規模 (温熱)	50戸 (冷熱)	中規模 (温熱)	300戸 (冷熱)	大規模 (温熱)
最大需要	12kW	47kW	60kW	233kW	360kW	360kW
年間需要	28MWh	33GJ	140MWh	167GJ	840MWh	840MWh
エネルギー需要量	計	516 GJ	計	2,581 GJ	計	15,485 GJ
年間買電量	33.2 MWh/年		166.2 MWh/年		997.0 MWh/年	
年間燃料消費量	5.2 千Nm ³ /年		25.8 千Nm ³ /年		154.7 千Nm ³ /年	
一次エネルギー量	556 GJ/年		2,782 GJ/年		16,694 GJ/年	
CO2排出量	30.4 t-CO2/年		151.9 t-CO2/年		911.7 t-CO2/年	
熱源システム効率	0.93		0.93		0.93	
省エネ率						
CO2排出削減率						
FC・熱源システム効率						
省エネ率						
CO2排出削減率						
年間買電量	11 MWh/年		61 MWh/年		435 MWh/年	
年間燃料消費量	8.1 千Nm ³ /年		39.7 千Nm ³ /年		227.9 千Nm ³ /年	
一次エネルギー量	474 GJ/年		2,380 GJ/年		14,503 GJ/年	
省エネ率	82 GJ/年		403 GJ/年		2,191 GJ/年	
CO2排出量	24.9 t-CO2/年		124.9 t-CO2/年		785.1 t-CO2/年	
CO2削減量	5.5 t-CO2/年		27.0 t-CO2/年		146.5 t-CO2/年	
熱源システム効率	1.09		1.08		1.07	
省エネ率	14.7%		14.5%		13.1%	
CO2排出削減率	18.2%		17.8%		16.1%	
FC・熱源システム効率						
省エネ率						
CO2排出削減率						
年間買電量	11 MWh/年		61 MWh/年		435 MWh/年	
年間燃料消費量	7.9 千Nm ³ /年		38.7 千Nm ³ /年		222.7 千Nm ³ /年	
一次エネルギー量	465 GJ/年		2,335 GJ/年		14,265 GJ/年	
省エネ率	91 GJ/年		447 GJ/年		2,429 GJ/年	
CO2排出量	24.4 t-CO2/年		122.6 t-CO2/年		753.0 t-CO2/年	
CO2削減量	6.0 t-CO2/年		29.3 t-CO2/年		158.6 t-CO2/年	
熱源システム効率	1.11		1.11		1.09	
省エネ率	16.4%		16.1%		14.6%	
CO2排出削減率	19.3%		19.3%		17.4%	
FC・熱源システム効率						
省エネ率						
CO2排出削減率						

＜備考＞
 ■エネルギー必要原単位
 (電力) (冷熱) (暖房) (給湯)
 最大需要 1,200W/戸 4,651kW/戸 3,488kW/戸
 年間需要 2,800kWh/戸 3,349MJ/戸 6,279MJ/戸 14,661MJ/戸

*一次エネルギー換算値
 電力: 9.760 kJ/kWh
 都市ガス: 45.0 MJ/Nm³

*CO2排出換算値
 電力: 0.559 kg-CO2/kWh (平成22年度代替値)
 都市ガス: 2.29 kg-CO2/Nm³

○全体の省エネ性は13%～16%程度。
 ○排熱量の大きい低温水排熱燃料電池ほど、省エネ性が高くなる傾向を示す。
 ○小規模でも大規模と同程度の効率となっており、規模による差は見られない。

② 算定結果に関する考察

(a) 発電効率の比較

建物用途別、想定した燃料電池種類別の発電効率を整理し、図 3.3 の結果が得られた。

最も発電効率が低かった教育施設 (2,000m²) においても、定格発電効率 50%に対して 48.3%の発電効率が得られており、用途と規模の組み合わせによっては、発電効率が 49.5%を超えるケースも見られた。今回設定した燃料電池の規模 (最大電力需要(kW)の約 1/3) 及び稼働時間条件 (9 時~21 時の DSS 運転、ただしホテルについては 24 時間運転) については、十分に効果的であると考えられる。また、若干ではあるが、建物規模が大きくなるにつれて発電効率が改善する傾向が見られた。

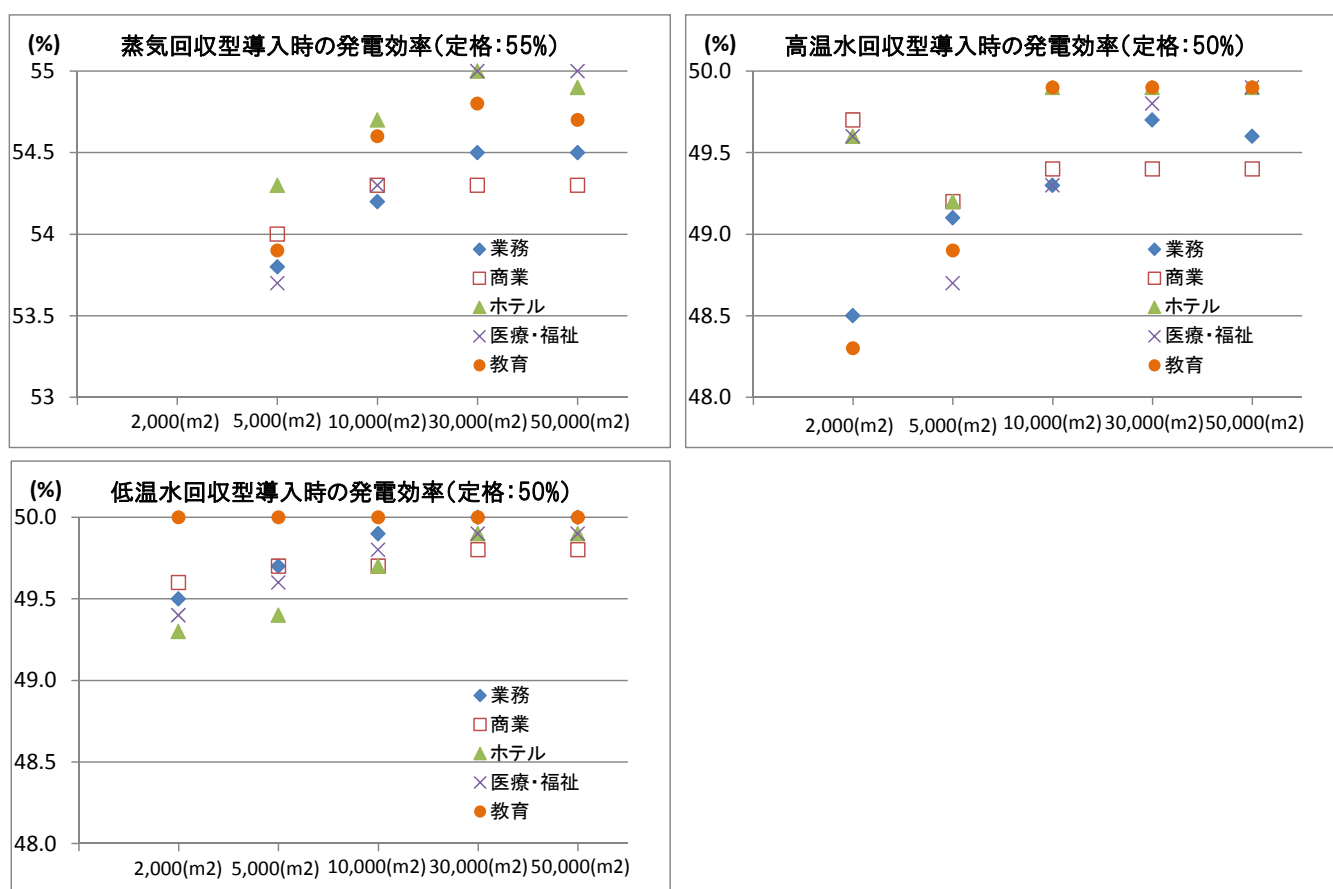


図 3.3 排熱利用形態毎の燃料電池発電効率の比較

(b) 排熱利用効率の比較

排熱利用効率については、図 3.4 に示すように、用途及び回収温度によって差が現れる結果となった。特に温熱需要が大きいホテル、医療・福祉施設においては、高温水、低温水ともに、建物規模にかかわらず高い排熱利用効率を達成している。一方、低温水の場合は、冷熱への利用が行えないため、最も温熱需要が小さい商業施設については、低温水の利用率が 15%前後と低くなっている。

排熱回収温度との関係について見てみると、低温水の場合は、建物規模に関係なく用途毎に概ね一定の回収効率を示しているが、蒸気及び高温水については、建物規模の増大に伴い、逆に回収効率の下がる傾向を示す用途も見られた（業務、教育施設など）。また、低温水及び高温水での回収時には、比較的温熱需要の大きい用途（ホテル、医療・福祉）と小さい用途（業務、商業、教育施設）で、傾向が分かれる結果となった。蒸気、高温水、低温水と回収温度が下がるにつれて、用途間の排熱回収効率の差がより大きくなる傾向が見られた。

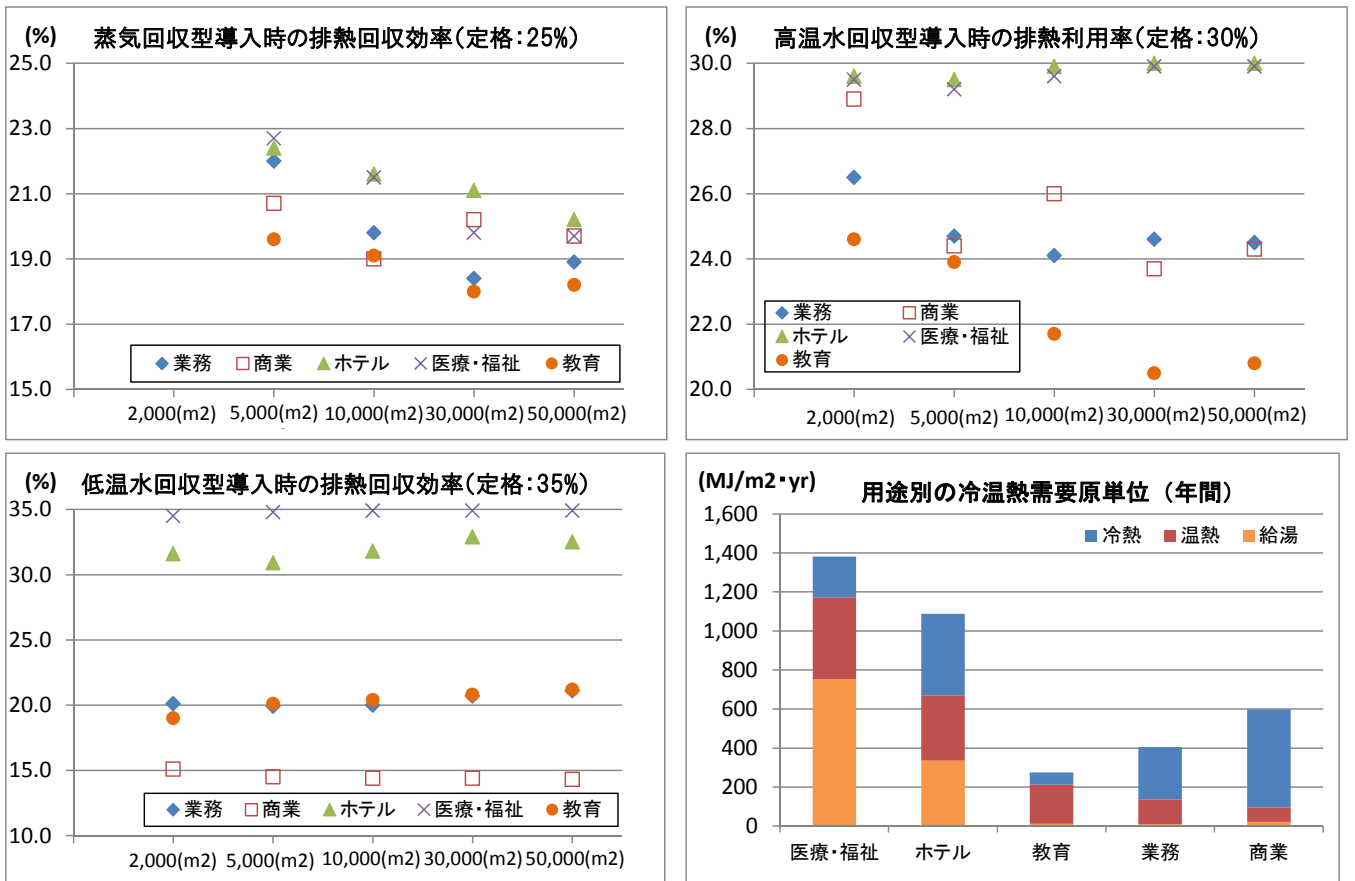


図 3.4 排熱利用形態毎の燃料電池排熱利用効率の比較

(c) 用途と排熱利用形態の違いによる CO₂ 排出量削減効果の比較

用途別、床面積別に CO₂ 排出量削減効果をグラフ化したものを図 3.5 に示す。

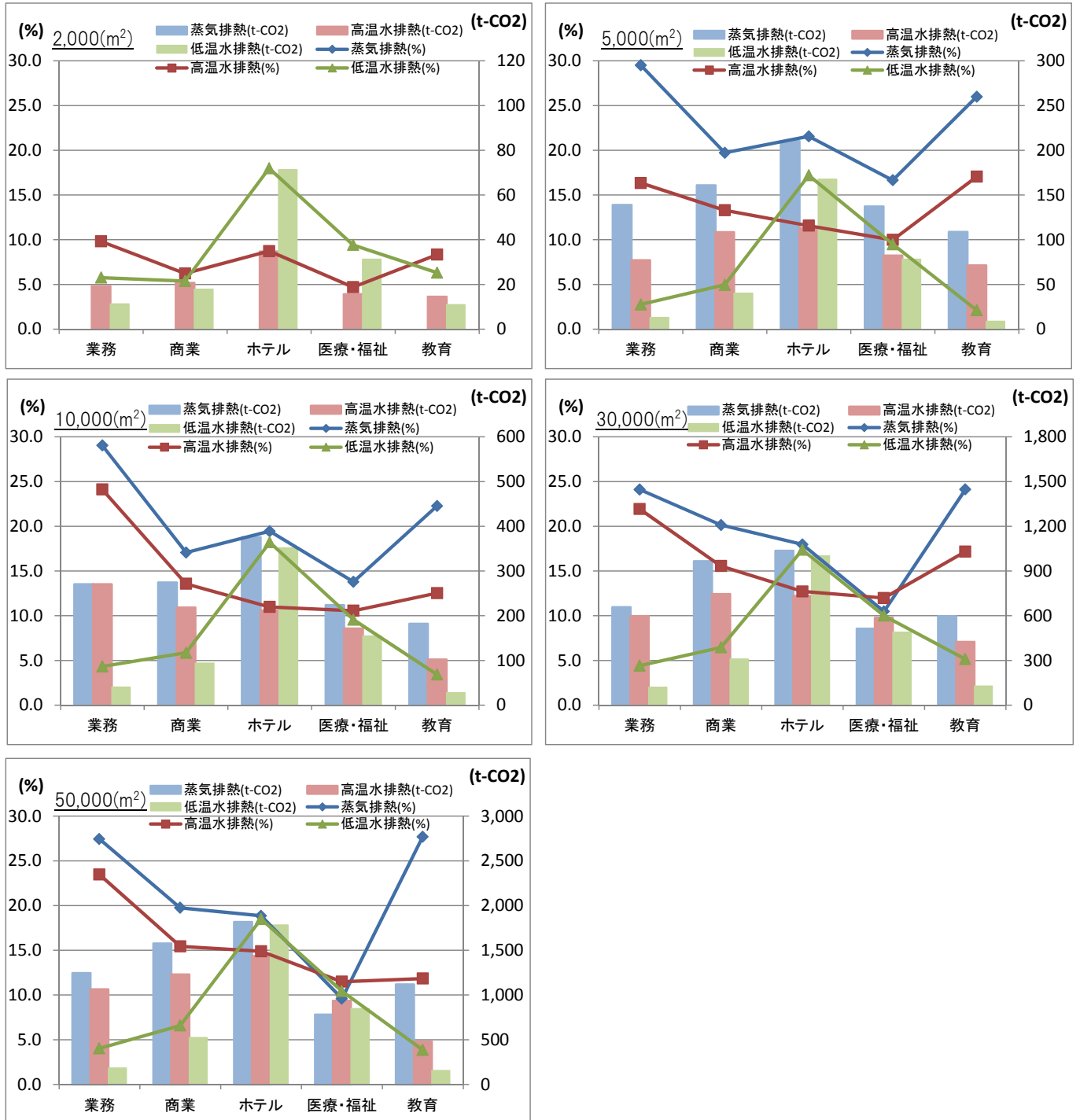


図 3.5 用途別の CO₂ 排出量削減効果の比較

◇ 用途の違いについて

CO₂削減量で評価すると、ホテルの削減量が最も大きい。続いて、商業施設、業務施設、医療福祉施設の順に削減量が多い傾向を示している。一方、CO₂削減率については、冷熱需要の比較的大きい業務施設・教育施設及び商業施設において、蒸気排熱利用および高温水排熱利用による冷房利用の効果が大きく反映されている。

◇ 排熱利用形態の違いについて

ホテルを除く施設では、蒸気排熱型が最も効果が高く、続いて高温水利用型、低温水利用型の順になる。一方、ホテルについては、低温水排熱利用型の効果も蒸気利用型と同程度に大きいことが明らかとなった。

<まとめ>

燃料電池の排熱利用形態と、施設用途については、導入適合性が見られる。

具体的には、蒸気排熱型および高温水排熱利用型の燃料電池は、どの施設用途についても一定のマッチングを見せるが、特に冷熱需要の割合が大きい施設（商業施設・業務施設・教育施設）では効果が高い。

一方、低温水排熱利用型は、ホテル、医療福祉施設など、給湯需要の期待できる施設では効果が見込めるが、給湯需要の少ない施設での導入効果は低い。なお、総合効率は最も高いため、給湯需要が十分ある施設における導入効果は期待できる。

燃料電池	業務	商業	ホテル	医療・福祉	教育
蒸気排熱型	◎	◎	◎	◎	◎
高温水排熱	○	○	○	○	○
低温水排熱	△	△	◎	○	△

(d) 建物規模（スケールメリット）による効果（CO₂ 排出量）

用途毎に、床面積別の CO₂ 排出量を比較した結果を図 3.6 に示す。

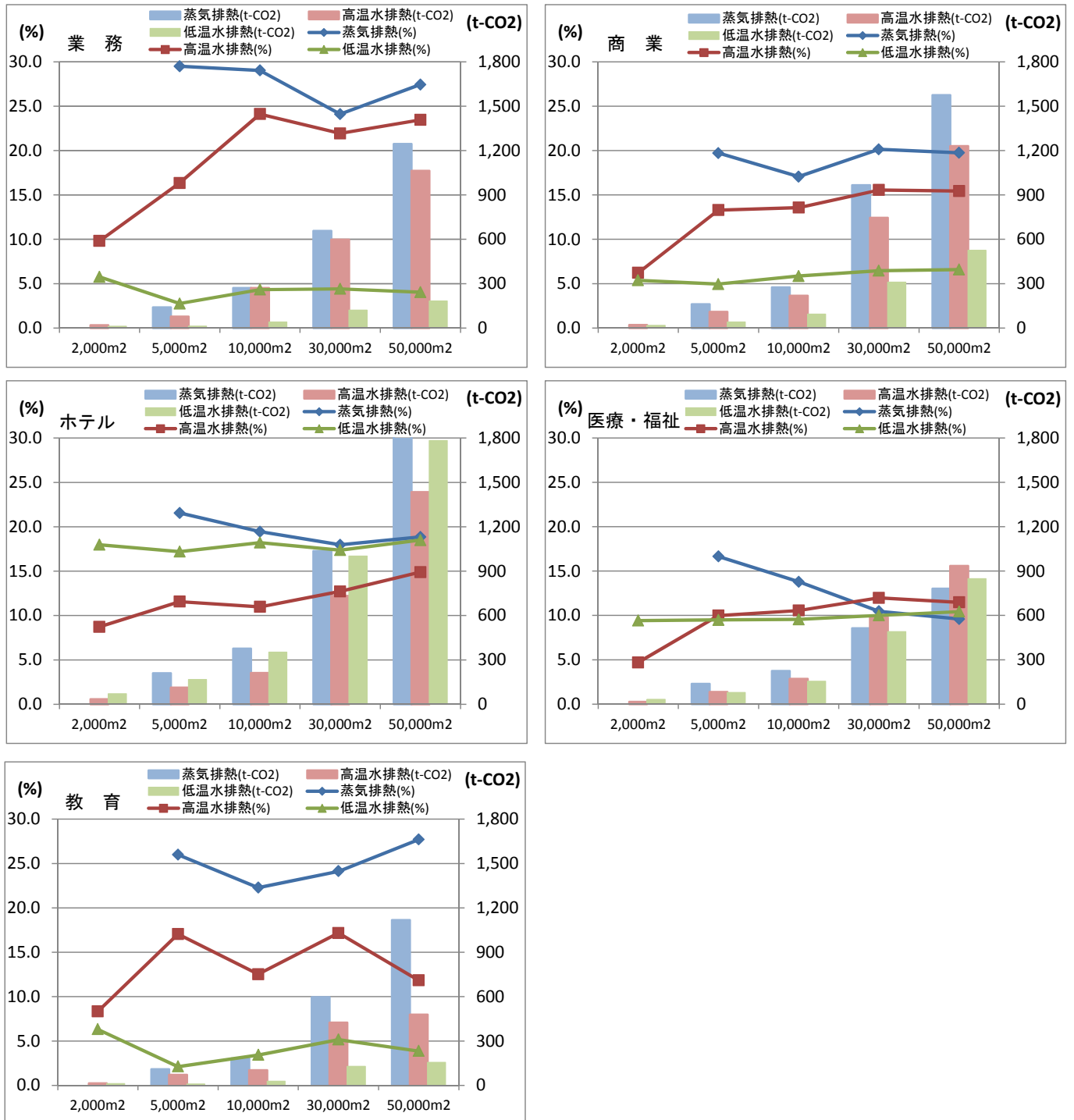


図 3.6 床面積別 CO₂ 排出量削減効果の比較

各用途とも、規模の増大に伴って CO₂ 削減量が増加する傾向を示す。一方、CO₂ 削減率に関しては、高温水排熱利用において 5,000m² 以下で効率が低下する傾向を示すものの、その他ではスケールメリットは認められない。

なお、高温水排熱利用で上記のスケールメリットが現れたのは、規模が小さい施設の場合は、効率の高い冷熱源機器が入れられないためと考えられる。すなわち、冷熱源機器に関しては、規模が大きいほど効率が上がるスケールメリットを有しており、これが燃料電池の排熱利用の効率に影響を与えている。

(e) 熱電比及び排熱回収形態による CO₂ 削減量の関係

本検討において想定した各建物用途の熱電比及び冷温熱比を表 3.25 に示す。熱電比については、もっとも大きい医療・福祉施設 (=4.26) と教育施設 (=0.76) で約 6 倍の差があるが、医療・福祉施設を除いた 4 用途に限れば、約 2 倍の範囲に収まる。一方、冷温熱比については、最も小さい医療・福祉施設で 0.18、最も大きい商業施設は 5.23 であり、30 倍近い差がある。商業施設を除いた 4 用途で考えても、その差は約 10 倍と大きい。

表 3.25 用途別熱電比及び冷温熱比 (用途別基本ケース)

用途区分	電力 kWh/m ² /y	冷熱 MJ/m ² /y	温熱 MJ/m ² /y	給湯 MJ/m ² /y	熱電比	冷温熱比
業務	100	268	126	10.5	1.12	1.96
商業	210	502	75	21	0.79	5.23
ホテル	200	418	335	335	1.51	0.62
医療・福祉	90	209	419	753	4.26	0.18
教育	100	63	201	10.5	0.76	0.3

※ 熱電比 = (冷熱+温熱+給湯)÷電力

※ 冷温熱比 = 冷熱÷(温熱+給湯)

◇ 熱電比の比較

熱電比と CO₂ 削減の関係を図 3.7、図 3.8 に示す。熱電比に近い業務施設と教育施設については、排熱回収形態による CO₂ 削減率の分布が類似している。一般的にはコージェネの導入は熱電比が高い方が有利と言われているが、今回の検討においては、熱電比の違いと CO₂ 削減率については大きな相関性は見られない。また、CO₂ 削減量についても、ある程度 (ホテル) までは熱電比が高い方が良い傾向を示すが、一定以上を超えると量が減少する傾向を示す。

すなわち、燃料電池の導入については、熱電比の上昇による CO₂ 削減効果の上昇には限界があり、一定比率を超える場合は、効果がむしろ減少する可能性がある。

(g) 民生用建物への燃料電池導入の適合性（まとめ）

・燃料電池の排熱利用形態と、施設用途については、導入適合性が見られる（表 3.26）。

蒸気排熱型および高温水排熱利用型の燃料電池は、どの施設用途についても一定の効果が期待できるが、特に冷熱需要の割合が大きい施設（商業施設・業務施設・教育施設）での効果が高い。

また、低温水排熱利用型は、ホテル、医療福祉施設など、給湯需要の期待できる施設では効果が見込めるが、給湯需要の少ない施設での導入効果は低い。なお、総合効率は最も高いため、給湯需要が十分ある施設における導入効果は期待できる。

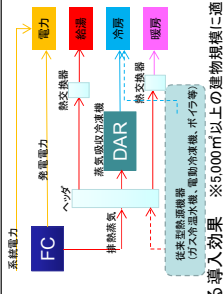
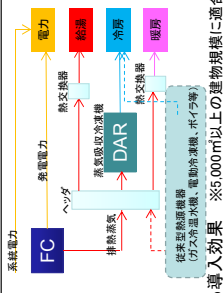
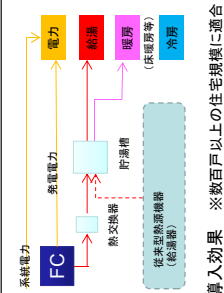
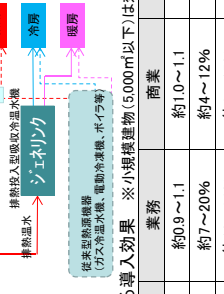
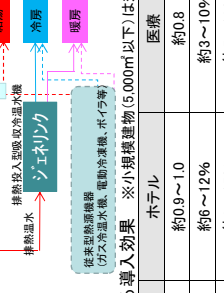
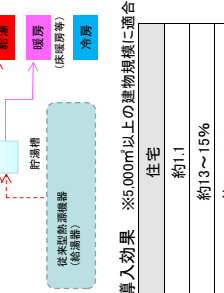
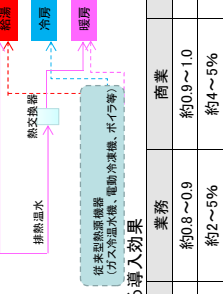
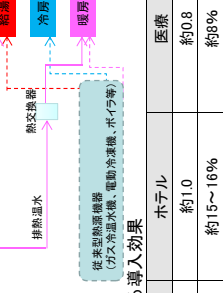
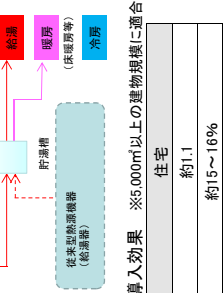
燃料電池	業務	商業	ホテル	医療・福祉	教育
蒸気排熱型	◎	◎	◎	◎	◎
高温水排熱型	○	○	○	○	○
低温水排熱型	△	△	◎	○	△

・燃料電池の排熱利用形態と、施設用途規模の関連性については、一部冷熱源機器が有するスケールメリットの影響を受けることから、5,000m²以下の規模の小さな冷熱需要が多い施設においては、導入効果が低下する傾向を示す。

一方、その他の施設では、燃料電池の排熱利用によるCO₂削減効果と施設規模については大きな関連はなく、建物規模に燃料電池の効果は影響されない。

・一般的にはコージェネの導入は熱電比が高い方が有利とされているが、燃料電池に関しては、熱電比と導入効果の関係は限りがあり、熱電比の低い建物においても、高い発電効率によって効果的な導入は可能である。

表 3.26 各建物条件における燃料電池排熱利用効果の一覧

建物特性に適する燃料電池導入の考え方	冷暖房需要中心に供給 ※冷暖房需要がある施設(給湯需要は少ない) 業務/商業/教育施設	給湯・冷暖房需要に供給 ※給湯・冷暖房需要がある施設 ホテル/医療施設	給湯需要に供給 ※給湯需要がある施設 集合住宅																																																												
<p>① 蒸気排熱型燃料電池 ※SOFC、MCFC</p> <ul style="list-style-type: none"> 排熱は蒸気→冷暖房・給湯に利用可能 規模は100kW以上 発電効率は最も高い(想定5.5%) 排熱回収率は低い(想定2.5%) 	<p>冷暖房需要の割合が大きい施設に対しては、蒸気排熱型および高温水排熱型燃料電池による効果が期待できるが、燃料電池に規模条件(100kW以上)があり、ある程度(5,000㎡)以上の建物規模が必要。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以上の建物規模に適合</p> <table border="1"> <tr><td>業務</td><td>約1.2</td><td>約11.1</td><td>約19~25%</td></tr> <tr><td>商業</td><td>約1.1</td><td>約16~17%</td><td>約22~28%</td></tr> <tr><td>教育</td><td>約1.1</td><td>約19~25%</td><td>約22~28%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約0.8</td><td>約0.8~0.9</td><td>約10~15%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約21~26%</td><td>約16~19%</td><td>約18~22%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約24~30%</td><td>約18~22%</td><td>約10~17%</td></tr> </table>	業務	約1.2	約11.1	約19~25%	商業	約1.1	約16~17%	約22~28%	教育	約1.1	約19~25%	約22~28%	システム効率	約0.8	約0.8~0.9	約10~15%	省エネ率	約21~26%	約16~19%	約18~22%	CO ₂ 削減率	約24~30%	約18~22%	約10~17%	<p>年間を通じて給湯需要がある施設には、蒸気排熱型・高温水排熱型・低温水排熱型と全ての燃料電池利による効果が期待できる。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以上の建物規模に適合</p> <table border="1"> <tr><td>ホテル</td><td>約1.0~1.1</td><td>約0.8~0.9</td><td>約10~15%</td></tr> <tr><td>医療</td><td>約1.1</td><td>約0.8~0.9</td><td>約10~15%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約1.0~1.1</td><td>約0.8~0.9</td><td>約10~15%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約16~19%</td><td>約16~19%</td><td>約10~17%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約18~22%</td><td>約18~22%</td><td>約10~17%</td></tr> </table>	ホテル	約1.0~1.1	約0.8~0.9	約10~15%	医療	約1.1	約0.8~0.9	約10~15%	システム効率	約1.0~1.1	約0.8~0.9	約10~15%	省エネ率	約16~19%	約16~19%	約10~17%	CO ₂ 削減率	約18~22%	約18~22%	約10~17%	<p>給湯需要のみで供給する場合、全ての燃料電池による効果が期待できる。特に、低温排熱型燃料電池との相性が良い。</p> <p>適合性:○</p>  <p>■期待される導入効果 ※数百戸以上の住宅規模に適合</p> <table border="1"> <tr><td>住宅</td><td>約1.1</td><td>約14%</td><td>約17%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約1.1</td><td>約14%</td><td>約17%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約14%</td><td>約14%</td><td>約17%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約14%</td><td>約14%</td><td>約17%</td></tr> </table>	住宅	約1.1	約14%	約17%	システム効率	約1.1	約14%	約17%	省エネ率	約14%	約14%	約17%	CO ₂ 削減率	約14%	約14%	約17%
業務	約1.2	約11.1	約19~25%																																																												
商業	約1.1	約16~17%	約22~28%																																																												
教育	約1.1	約19~25%	約22~28%																																																												
システム効率	約0.8	約0.8~0.9	約10~15%																																																												
省エネ率	約21~26%	約16~19%	約18~22%																																																												
CO ₂ 削減率	約24~30%	約18~22%	約10~17%																																																												
ホテル	約1.0~1.1	約0.8~0.9	約10~15%																																																												
医療	約1.1	約0.8~0.9	約10~15%																																																												
システム効率	約1.0~1.1	約0.8~0.9	約10~15%																																																												
省エネ率	約16~19%	約16~19%	約10~17%																																																												
CO ₂ 削減率	約18~22%	約18~22%	約10~17%																																																												
住宅	約1.1	約14%	約17%																																																												
システム効率	約1.1	約14%	約17%																																																												
省エネ率	約14%	約14%	約17%																																																												
CO ₂ 削減率	約14%	約14%	約17%																																																												
<p>② 高温水排熱燃料電池 ※SOFC、MCFC</p> <ul style="list-style-type: none"> 排熱は高温水(80℃レベル)→冷暖房・給湯に利用可能 規模は1kW以上 発電効率は高い(想定50%) 排熱回収率は高い(想定30%) 	<p>冷暖房需要の割合が大きい施設に対しては、蒸気排熱型および高温水排熱型燃料電池による効果が期待できるが、燃料電池に規模条件(100kW以上)があり、ある程度(5,000㎡)以上の建物規模が必要。</p> <p>適合性:○</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以下の効率低下</p> <table border="1"> <tr><td>業務</td><td>約0.9~1.1</td><td>約1.0~1.1</td><td>約0.9~1.0</td></tr> <tr><td>商業</td><td>約1.0~1.1</td><td>約4~12%</td><td>約5~14%</td></tr> <tr><td>教育</td><td>約0.9~1.0</td><td>約5~12%</td><td>約8~12%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約0.9~1.0</td><td>約0.8</td><td>約0.8</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約7~20%</td><td>約6~12%</td><td>約3~10%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約10~24%</td><td>約9~15%</td><td>約5~12%</td></tr> </table>	業務	約0.9~1.1	約1.0~1.1	約0.9~1.0	商業	約1.0~1.1	約4~12%	約5~14%	教育	約0.9~1.0	約5~12%	約8~12%	システム効率	約0.9~1.0	約0.8	約0.8	省エネ率	約7~20%	約6~12%	約3~10%	CO ₂ 削減率	約10~24%	約9~15%	約5~12%	<p>年間を通じて給湯需要がある施設には、蒸気排熱型・高温水排熱型・低温水排熱型と全ての燃料電池利による効果が期待できる。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以下の効率低下</p> <table border="1"> <tr><td>ホテル</td><td>約0.9~1.0</td><td>約0.8</td><td>約0.8</td></tr> <tr><td>医療</td><td>約1.0</td><td>約0.8</td><td>約0.8</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約0.9~1.0</td><td>約0.8</td><td>約0.8</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約6~12%</td><td>約3~10%</td><td>約3~10%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約9~15%</td><td>約5~12%</td><td>約5~12%</td></tr> </table>	ホテル	約0.9~1.0	約0.8	約0.8	医療	約1.0	約0.8	約0.8	システム効率	約0.9~1.0	約0.8	約0.8	省エネ率	約6~12%	約3~10%	約3~10%	CO ₂ 削減率	約9~15%	約5~12%	約5~12%	<p>給湯需要のみで供給する場合、全ての燃料電池による効果が期待できる。特に、低温排熱型燃料電池との相性が良い。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以上の建物規模に適合</p> <table border="1"> <tr><td>住宅</td><td>約1.1</td><td>約13~15%</td><td>約16~18%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約1.1</td><td>約13~15%</td><td>約16~18%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約13~15%</td><td>約13~15%</td><td>約16~18%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約13~15%</td><td>約13~15%</td><td>約16~18%</td></tr> </table>	住宅	約1.1	約13~15%	約16~18%	システム効率	約1.1	約13~15%	約16~18%	省エネ率	約13~15%	約13~15%	約16~18%	CO ₂ 削減率	約13~15%	約13~15%	約16~18%
業務	約0.9~1.1	約1.0~1.1	約0.9~1.0																																																												
商業	約1.0~1.1	約4~12%	約5~14%																																																												
教育	約0.9~1.0	約5~12%	約8~12%																																																												
システム効率	約0.9~1.0	約0.8	約0.8																																																												
省エネ率	約7~20%	約6~12%	約3~10%																																																												
CO ₂ 削減率	約10~24%	約9~15%	約5~12%																																																												
ホテル	約0.9~1.0	約0.8	約0.8																																																												
医療	約1.0	約0.8	約0.8																																																												
システム効率	約0.9~1.0	約0.8	約0.8																																																												
省エネ率	約6~12%	約3~10%	約3~10%																																																												
CO ₂ 削減率	約9~15%	約5~12%	約5~12%																																																												
住宅	約1.1	約13~15%	約16~18%																																																												
システム効率	約1.1	約13~15%	約16~18%																																																												
省エネ率	約13~15%	約13~15%	約16~18%																																																												
CO ₂ 削減率	約13~15%	約13~15%	約16~18%																																																												
<p>③ 低温水排熱燃料電池 ※PEFC</p> <ul style="list-style-type: none"> 排熱は低温水(60℃レベル)→暖房・給湯に利用可能 規模は1kW以上 発電効率は高い(想定50%) 排熱回収率は最も高い(想定3.5%) 	<p>冷暖房需要の割合が大きい施設に対しては、蒸気排熱型および高温水排熱型燃料電池による効果が期待できるが、燃料電池に規模条件(100kW以上)があり、ある程度(5,000㎡)以上の建物規模が必要。</p> <p>適合性:△</p>  <p>■期待される導入効果</p> <table border="1"> <tr><td>業務</td><td>約0.8~0.9</td><td>約0.9~1.0</td><td>約0.9</td></tr> <tr><td>商業</td><td>約0.9~1.0</td><td>約4~5%</td><td>約1~5%</td></tr> <tr><td>教育</td><td>約0.9</td><td>約5~7%</td><td>約2~6%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約0.8~0.9</td><td>約0.9~1.0</td><td>約0.9</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約2~5%</td><td>約4~5%</td><td>約1~5%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約3~6%</td><td>約5~7%</td><td>約2~6%</td></tr> </table>	業務	約0.8~0.9	約0.9~1.0	約0.9	商業	約0.9~1.0	約4~5%	約1~5%	教育	約0.9	約5~7%	約2~6%	システム効率	約0.8~0.9	約0.9~1.0	約0.9	省エネ率	約2~5%	約4~5%	約1~5%	CO ₂ 削減率	約3~6%	約5~7%	約2~6%	<p>年間を通じて給湯需要がある施設には、蒸気排熱型・高温水排熱型・低温水排熱型と全ての燃料電池利による効果が期待できる。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果</p> <table border="1"> <tr><td>ホテル</td><td>約1.0</td><td>約15~16%</td><td>約17~19%</td></tr> <tr><td>医療</td><td>約1.0</td><td>約15~16%</td><td>約17~19%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約1.0</td><td>約15~16%</td><td>約17~19%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約15~16%</td><td>約15~16%</td><td>約17~19%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約15~16%</td><td>約15~16%</td><td>約17~19%</td></tr> </table>	ホテル	約1.0	約15~16%	約17~19%	医療	約1.0	約15~16%	約17~19%	システム効率	約1.0	約15~16%	約17~19%	省エネ率	約15~16%	約15~16%	約17~19%	CO ₂ 削減率	約15~16%	約15~16%	約17~19%	<p>給湯需要のみで供給する場合、全ての燃料電池による効果が期待できる。特に、低温排熱型燃料電池との相性が良い。</p> <p>適合性:◎</p>  <p>■期待される導入効果 ※5,000㎡以上の建物規模に適合</p> <table border="1"> <tr><td>住宅</td><td>約1.1</td><td>約15~16%</td><td>約17~20%</td></tr> <tr><td>システム効率</td><td>約1.1</td><td>約15~16%</td><td>約17~20%</td></tr> <tr><td>省エネ率</td><td>約15~16%</td><td>約15~16%</td><td>約17~20%</td></tr> <tr><td>CO₂削減率</td><td>約15~16%</td><td>約15~16%</td><td>約17~20%</td></tr> </table>	住宅	約1.1	約15~16%	約17~20%	システム効率	約1.1	約15~16%	約17~20%	省エネ率	約15~16%	約15~16%	約17~20%	CO ₂ 削減率	約15~16%	約15~16%	約17~20%
業務	約0.8~0.9	約0.9~1.0	約0.9																																																												
商業	約0.9~1.0	約4~5%	約1~5%																																																												
教育	約0.9	約5~7%	約2~6%																																																												
システム効率	約0.8~0.9	約0.9~1.0	約0.9																																																												
省エネ率	約2~5%	約4~5%	約1~5%																																																												
CO ₂ 削減率	約3~6%	約5~7%	約2~6%																																																												
ホテル	約1.0	約15~16%	約17~19%																																																												
医療	約1.0	約15~16%	約17~19%																																																												
システム効率	約1.0	約15~16%	約17~19%																																																												
省エネ率	約15~16%	約15~16%	約17~19%																																																												
CO ₂ 削減率	約15~16%	約15~16%	約17~19%																																																												
住宅	約1.1	約15~16%	約17~20%																																																												
システム効率	約1.1	約15~16%	約17~20%																																																												
省エネ率	約15~16%	約15~16%	約17~20%																																																												
CO ₂ 削減率	約15~16%	約15~16%	約17~20%																																																												

③ 燃料電池利用による系統電力に与えるインパクト削減について

燃料電池および排熱利用技術を導入することによって、系統電力に及ぼす影響を時系列で分析し、燃料電池導入による節電効果の検討を実施した。

前項までに実施したシミュレーションデータから、エネルギー消費の時系列データの分析を実施した。ここでの分析は、10,000m²規模の建物のうち、温熱需要の乏しい事務所と温熱需要の豊富なホテルについて実施した。

(a) 前提条件

■ケースA-3：業務用途（事務所）の場合

【対象建物】 10,000 m²の事務所用途（ケースA-3）

【対象ケース設定概要】

- ・ A-3-0：燃料電池なし、系統電力の利用
- ・ A-3-I：蒸気排熱型（SOFC）+蒸気吸収冷温水機
- ・ A-3-II：高温水排熱型（80℃レベル、SOFC）+排熱投入型三重効用冷温水機
- ・ A-3-III：低温水排熱型（60℃レベル、PEFC）+給湯・暖房利用

■ケースC-3：ホテル用途の場合

【対象建物】 10,000 m²のホテル（ケースC-3）

【対象ケース設定概要】

- ・ C-3-0：燃料電池なし、系統電力の利用
- ・ C-3-I：蒸気排熱型（SOFC）+蒸気吸収冷温水機
- ・ C-3-II：高温水排熱型（80℃レベル、SOFC）+排熱投入型三重効用冷温水機
- ・ C-3-III：低温水排熱型（60℃レベル、PEFC）+給湯・暖房利用

(b) 系統電力への影響評価（ケースA-3、業務用途（事務所））

図 3.10～13 にケースA-3業務用途（事務所）について、電力消費量、燃料電池発電量、買電量A-3-0との買電量の差（=節電効果）を経時的に示す。

- ・ 系統のみのA-3-0では、日中の電力消費量は11～17時の間400kW程度で推移する。
- ・ SOFCの容量の大きい燃料電池（100kW×2台）のあるA-3-I、A-3-IIでは、日中フル稼働し、蒸気、高温水の排熱は冷熱に転換されて利用される。電力消費量の差分もあわせると200kW以上の削減となり、電力需要の高い日中に5割以上の削減を図ることができる。
- ・ PEFC40kWのA-3-IIIでは、排熱利用の制限から容量が小さく設定されているため、節電効果はほぼ40kWのみで、日中の1割程度の抑制を図ることができる。

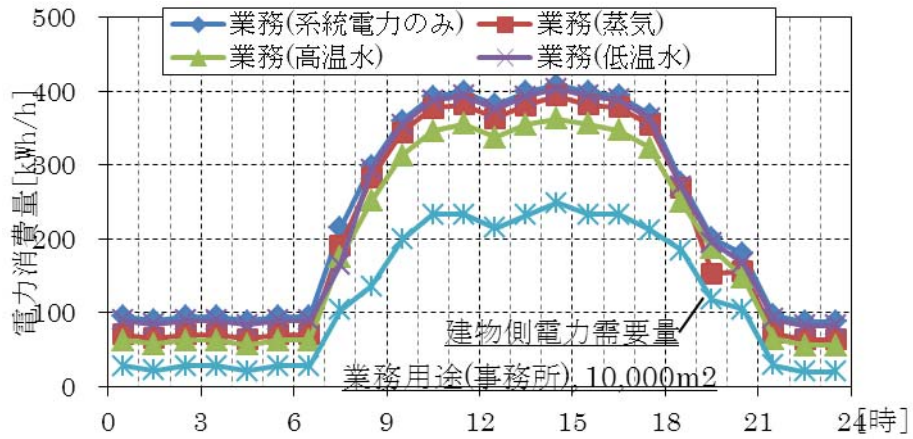


図 3.10 電力消費量の経時変化(業務用途(事務所), 8月代表日(ケースA-3))

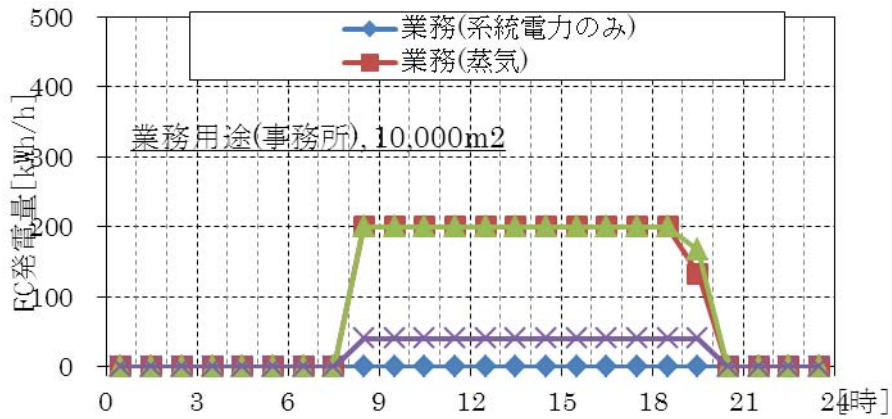


図 3.11 燃料電池発電量の経時変化(業務用途(事務所), 8月代表日(ケースA-3))

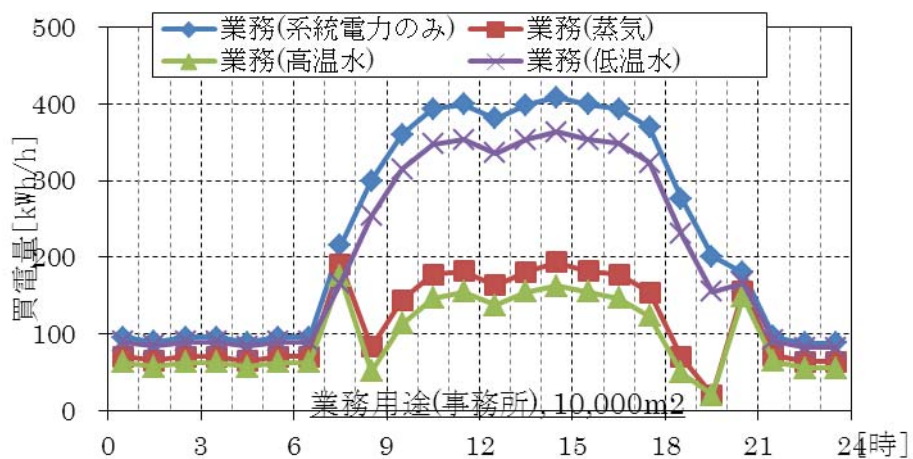


図 3.12 買電量の経時変化(業務用途(事務所), 8月代表日(ケースA-3))

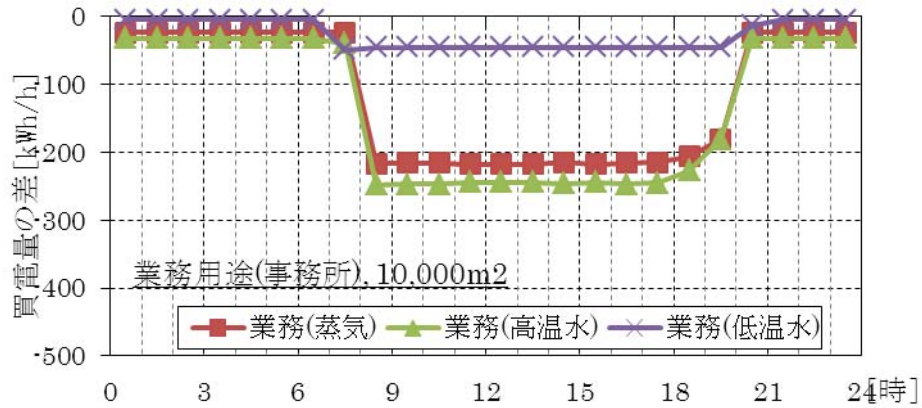


図 3.13 買電量の差の経時変化(業務用途(事務所), 8月代表日(ケースA-3))

(c) 系統電力への影響評価(ケースC-3、ホテル)

図 3.14~17 にケースC-3ホテル用途について、電力消費量、燃料電池発電量、買電量、C-3-0との買電量の差(=節電効果)を経時的に示す。

- ・系統のみのC-3-0では、14時に518kWのピークを迎え、12時~19時の間で500kW前後で推移する。
- ・燃料電池のあるケースでは、燃料電池の発電能力にあたる150kWの発電が24時間継続して行われている。そのため、日中ピーク時の系統電力からの買電量の抑制幅の150kW程度となり、ピーク時に3割弱の削減を図れる結果となっている。

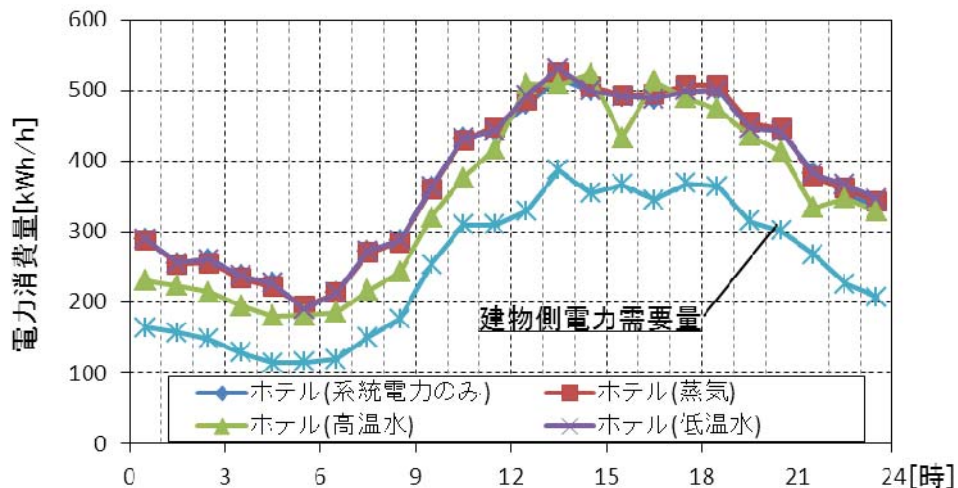


図 3.14 電力消費量の経時変化(ホテル用途, 8月代表日(ケースC-3))

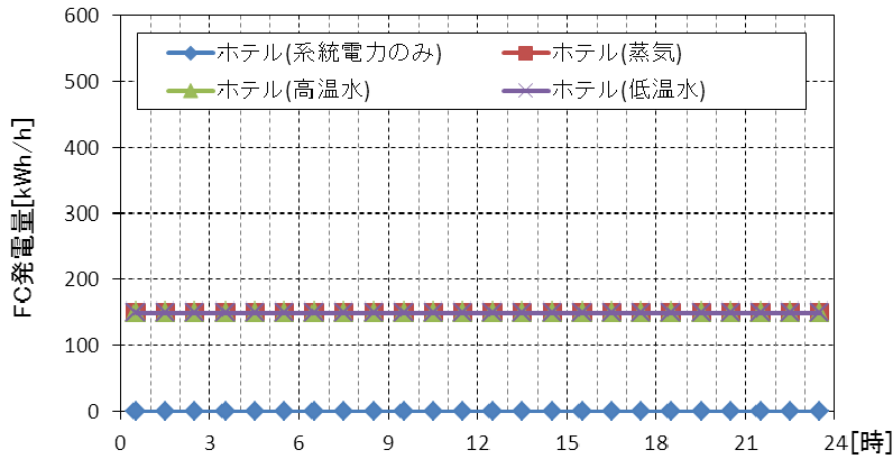


図 3.15 燃料電池発電量の経時変化(ホテル用途), 8月代表日(ケースC-3)

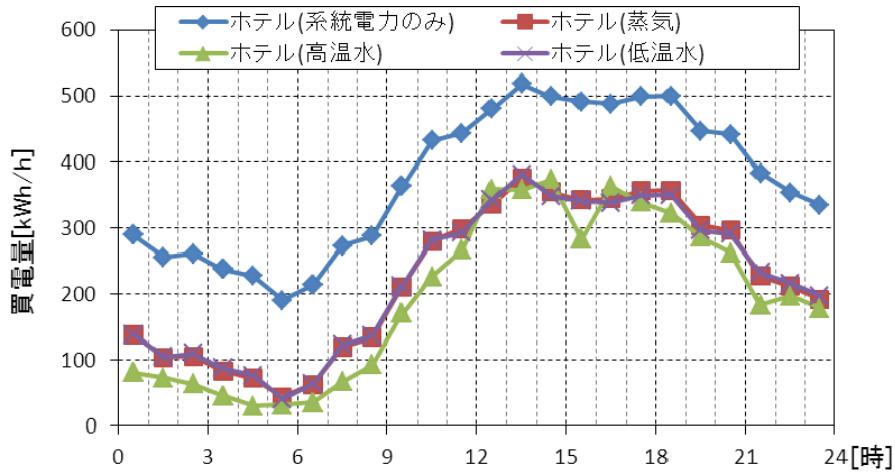


図 3.16 買電量の経時変化(ホテル用途), 8月代表日(ケースC-3)

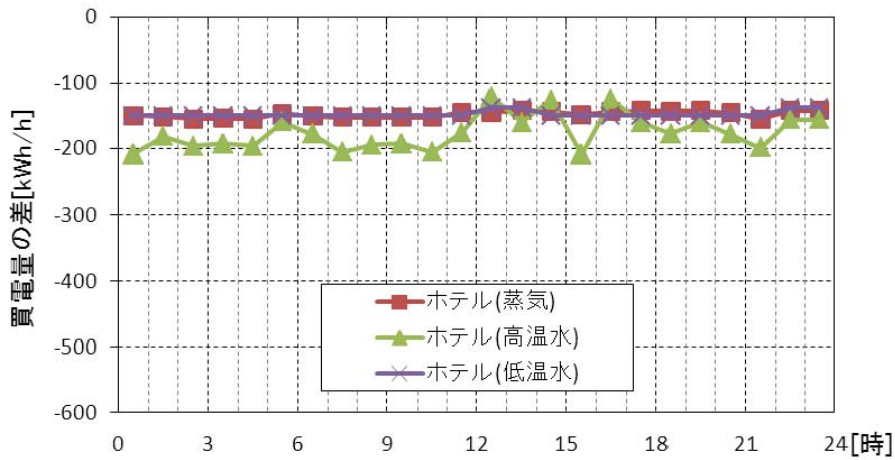


図 3.17 買電量の差の経時変化(ホテル用途), 8月代表日(ケースC-3)

(d) 建物規模とピーク時買電量・比率の関係

図 3.18 は、業務用途(事務所)に関して、建物規模別に消費電力のピークがくる可能性が高いと考えられる 8 月の 13 時~16 時の平均消費電力を示したものである。同様に、ホテル用途に関して図 3.19 に示す。

燃料電池および排熱利用技術導入によるピーク時の節電効果(電力購入量の削減効果)は、業務用途(事務所)であっても、ホテル用途であっても、規模による影響をそれほど受けないことが示されている(業務用途では、小さい建物規模で使用できる冷凍機の効率の低さの影響を受けて買電の占める比率が高くなる傾向はみられる)。

夏期の温熱需要が特に小さい業務用途(事務所)では、低温水排熱の利用が制限される PEFC でもととの発電容量が小さいこともあって節電効果が特に低く 1 割程度にとどまる結果となっている。一方、SOFC を導入し高温水や蒸気を冷熱に変換して使用するケースでは、買電量を 4~6 割程度に抑えることが可能となっている。

一方、夏期でも給湯用に一定の熱需要があるホテルでは、燃料電池と排熱利用技術のタイプや建物規模によらず、7 割前後を系統電力が占めている結果となっている。これは、温熱需要が期待できることから PEFC も SOFC と同程度の発電能力のものを導入できるとして設計していることから、ピーク時の発電量にも差が現れなかったことによる。

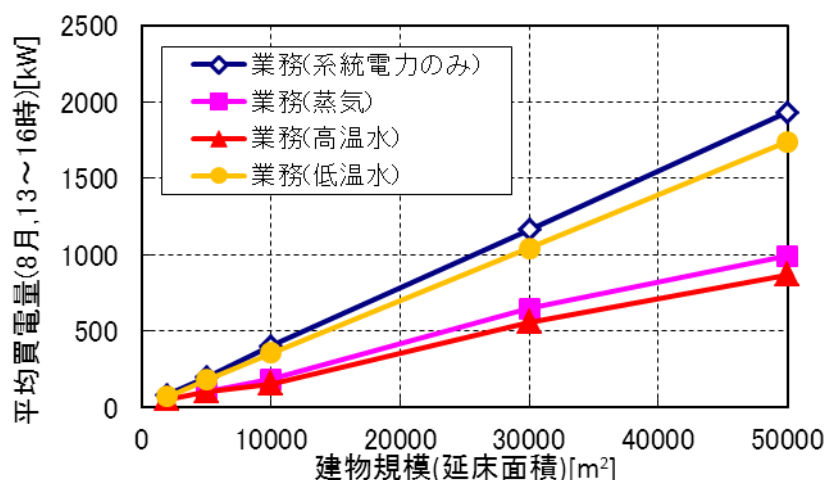


図 3.18 建物規模とピーク時の買電量の関係(業務用途(事務所))

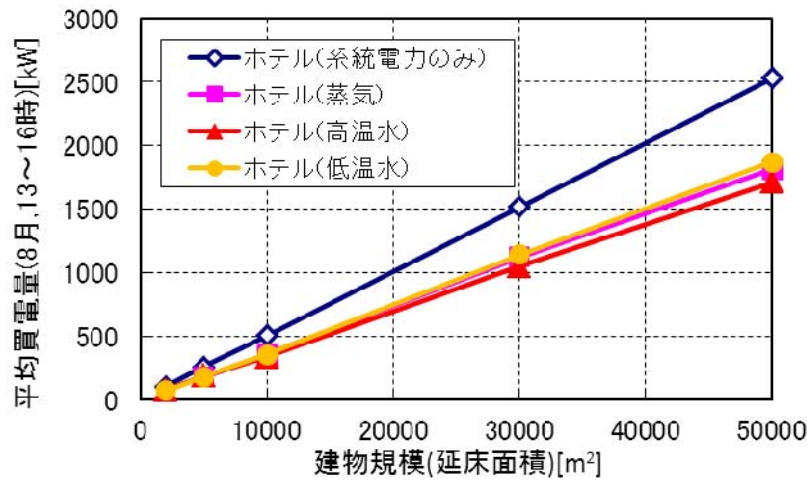


図 3.19 建物規模とピーク時の買電量の関係(ホテル用途)

3.3 スマート水素ハウスの省エネ・CO₂削減効果の評価

3.3.1 概念と先行事例の調査

(1) スマート水素ハウスの概念

水素パイプラインが都市内に構築された近未来を想定し、水素を利用した燃料電池を中心に、水素製造技術、貯蔵技術等を活用し、これらを HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）により最適に制御することによって、低炭素で環境に優しく、負荷平準化とエネルギー自立による安全・安心、高い利便性と快適性を実現した住宅を「スマート水素ハウス」とする（図 3.20、図 3.21）。

(2) スマート水素ハウスのメリット・デメリットと特徴

スマート水素ハウスと一般の住宅（スマートハウスを含む）の比較について表 3.27 に示す。スマート水素ハウスが特徴的な点は、「水素は炭素を含まず限りなくゼロカーボン化が期待できること」「エネルギーの高効率利用が可能なこと」「水素をエネルギーバッファーとして、住宅内での負荷変動抑制・負荷平準化に貢献できること」「住宅のエネルギー自立が可能で防災型住宅として期待できること」などが挙げられる。

一方で、安全対策や設置面積、コストなどの課題が挙げられる。



図 3.20 スマート水素ハウスのイメージ

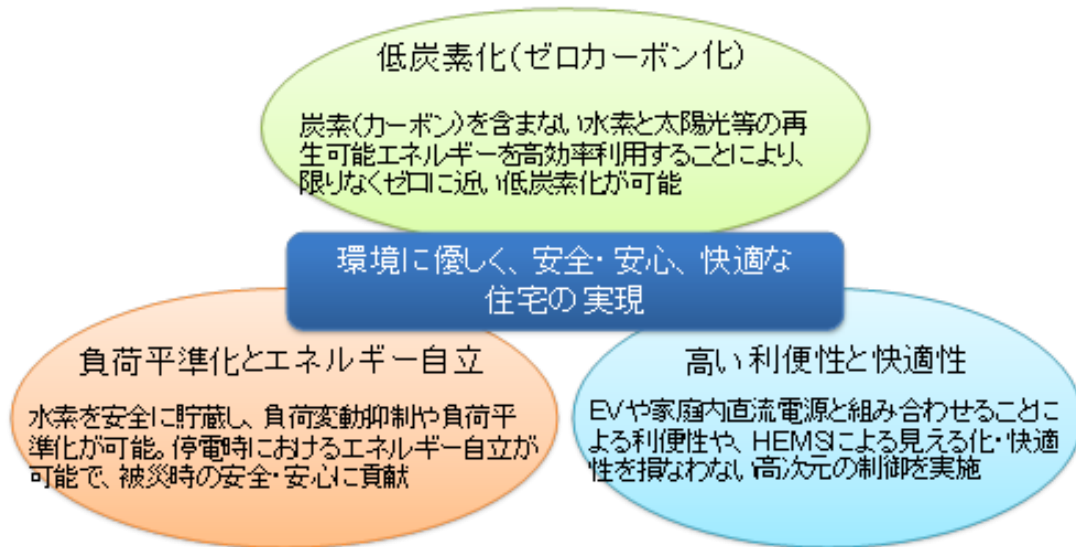


図 3.21 スマート水素ハウスの概念と目的

表 3.27 一般住宅とスマート水素ハウスの比較（メリット・デメリット）

		一般住宅		スマート水素住宅	
エネルギー源		住宅のエネルギー源として、電気、都市ガスを利用。場合によっては、オール電化住宅もある。		原則として、水素エネルギーで全てのエネルギーを賅うことが可能だが、電力の供給も受ける。	
エネルギー高効率利用	燃料電池利用	○	都市ガスを燃料としたPEFC等の燃料電池を導入可能。発電効率は40～45%程度	◎	純水素を燃料とすることで、更なる効率向上と機器のシンプル化・低コスト化が可能。発電効率は50～55%程度と期待。
	総合利用	○	HEMSと組み合わせて、効率的なエネルギーマネジメントが可能	○	HEMSと組み合わせて効率的なエネルギーマネジメントが可能(HEMSの組合せが前提)
エネルギー変動抑制・平準化	太陽光発電利用	○	昼間の電力逆潮を前提に設置。負荷変動により電力系統に悪影響。蓄電池と組み合わせることにより変動抑制・負荷平準化	◎	昼間の余剰太陽光発電電力は水素として貯め、夜間など住宅に電力が必要な時に燃料電池で供給。負荷変動抑制、負荷平準化に貢献
	蓄エネルギー	△	家庭用蓄電池に貯めることが可能だが、エネルギーロスを伴う。	△	水素に変換し燃料として貯めることが可能だが、エネルギーロスを伴う。
自立運転(防災性)		△	家庭用蓄電池によるバックアップが可能だが、容量に制限があり、限られた範囲での自立。	○	水素に変換し貯め、燃料電池による自立運転可能。電気だけでなく、お湯も製造。
安全性		◎○	都市ガスの導入は実績があり、十分な安全・地震対策が可能。また、オール電化住宅であれば火元は住宅内に無い。	○	水素は敷地内の屋外機置き場までであり、住宅内には引き込まれていない。屋外の水素は十分な安全対策を取ることが必要。
機器設置スペースの制約		○△	都市ガス機器はコンパクト。燃料電池、エコキュートは貯湯槽を含めスペースが必要。	△	燃調電池はコンパクト化が可能だが、貯湯槽、水素製造・貯蔵装置も設置スペースが必要。
費用対効果		○	都市ガス利用燃料電池、太陽光発電、オール電化などはそれぞれ費用対効果が期待。	—	設置コストは最も必要。一方、水素の供給単価が定まっておらず、評価不能。

スマート水素ハウスの特徴

- 水素は炭素を含まず限りなくゼロカーボン化が期待。
- 純水素燃料の燃料電池を中心に、エネルギーの高効率利用。
- 太陽光発電と組合せた際は、水素や燃料電池をバッファーに負荷変動抑制・負荷平準化に貢献。
- 住宅のエネルギー自立が可能で防災型住宅が可能。
- △屋外の水素に関しては、十分な安全対策が必要。
- △機器設置にスペースを要し、敷地条件に制約を受ける。
- △費用対効果は定まっておらず、評価できない。設置コストは高く、安価な水素供給が求められる。

(3) スマート水素ハウスの要素・周辺技術

将来の水素社会実現の際に想定されるスマート水素住宅の目的・考え方を、「ゼロカーボン（低炭素化）」「負荷変動抑制・平準化に寄与」「エネルギー自立による防災対応」「高い利便性・快適性の実現」と想定し、これを実現する要素・周辺システムに関連する技術開発動向や技術事例等を整理する（図 3.22）。

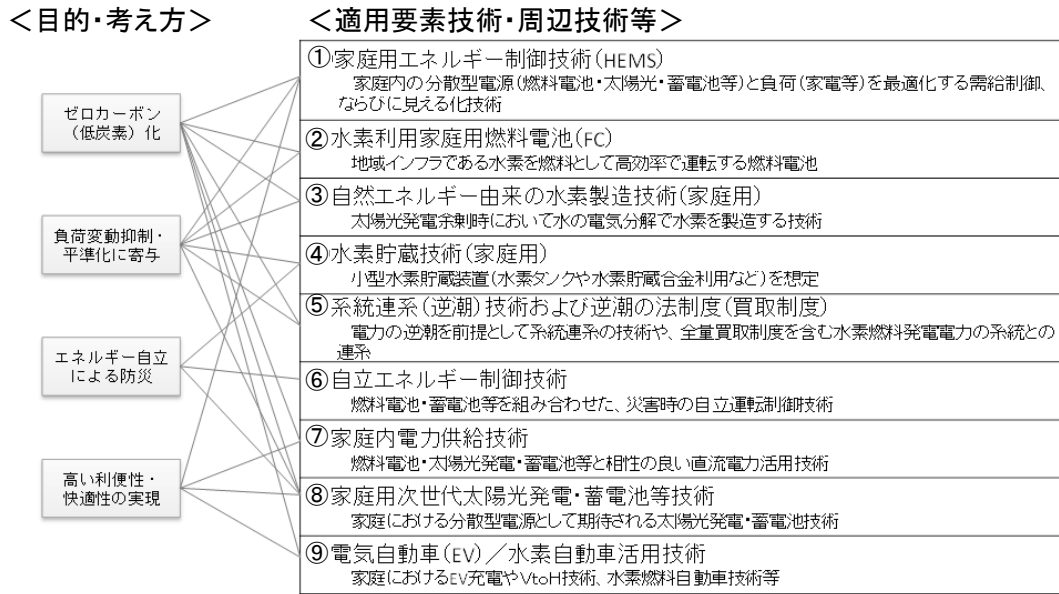


図 3.22 スマート水素ハウスの周辺技術

①家庭用エネルギー制御技術 (HEMS)

HEMS の概要について表 3.28 に示す。

表 3.28 HEMS の概要

技術	家庭内分散型電源と負荷の最適制御		見える化技術～見える化を活用したサービス
特徴	【創薬システム連携技術】 →自立エネルギー制御技術 ・ 平常時のエネルギー最適利用(太陽光発電や燃料電池の発電電力やEV等に蓄電された電力の有効活用) ・ 非常時(停電時)における電氣的な自立(太陽光発電や燃料電池の電力を充電し、HEMSにより充放電制御)	【機器の自動制御】 ・ HEMSにより宅内機器(ECONETLite対応機器)の運転モード、運転能力、運転時間を最適に自動制御	【見える化技術】 ・ 電気、ガス等のエネルギー使用量の表示 ・ エネルギー使用量データに基づく省エネアドバイスの表示 ・ 街区全体でのエネルギー消費量や他組織との比較情報等を表示 【見える化活用サービス】 ・ 集合住宅では一括受電時の調達コストを抑えるためデマンドレスポンスを実施(対応者にはポイント付与)
現状	実証段階(一部商品化)	商品化済み	商品化、サービス化済み
今後	・ 各家庭をクラウド化したエネルギーマネジメントで統合し街区へ展開	・ 対応機器の拡大	・ スマートメーターと連携し、電力消費量や電力料金等の情報をリアルタイムに取得

②水素利用家庭用燃料電池 (FC)

北九州水素タウンでは、実証段階としての取り組みを行っている。地域の工場で発生する副生水素をパイプラインで水素タウンへ供給し、タウン内の住宅や公共施設等に設置する燃料電池や燃料電池を搭載した小型移動体の運用を実施している。

【実施主体】 水素供給・利用技術研究組合 (HySUT)、福岡水素エネルギー戦略会議

【実証研究項目】

- 水素パイプラインによる水素供給技術の実証
- 純水素型燃料電池等の多用途・複数台運転実証
- 小型移動体への水素充電実証

出典: JX日鉱日石エネルギープレスリリース資料、HySUTホームページ

周南市水素タウンでは、ソーダ工場で発生する副生水素を一般家庭に設置した非改質タイプ固体高分子形燃料電池コージェネレーションシステム(以下「水素供給燃料電池」)にパイプラインで供給し、発電・給湯を行うモデル事業を実施している。

【実施主体】 周南市温暖化対策地域協議会(水素タウンモデル事業推進部会)

【事業概要】

- 水素パイプラインの敷設(トクヤマ徳山製造所、山口合同ガス)
- 一般家庭2世帯に0.7kW水素供給燃料電池を設置(東芝燃料電池システム)
- 水素供給燃料電池の基本性能(発電量、熱回収量等)を測定し、一次エネルギー削減効果や二酸化炭素削減効果等进行评估

【実証結果】

- 水素供給燃料電池の特性(優位性)として、高い CO₂ 削減効果や、起動時間の早さ、優れた負荷追従性等が確認された。
- 湯溜まりによる発電停止等を効率よく防ぐことにより、更なる運転効率の向上が期待される。
- 燃料電池機器そのものの耐久性及び信頼性の向上を進めるとともに、本体価格の大幅なコストダウンが必要。
- 安価で安定供給可能な高純度の副生水素の確保、水素供給配管に関する安全基準等の法的整備、また、水素供給基盤整備のための資材の大幅なコストダウン等が必要。

出典:周南市温暖化対策地域協議会 水素タウンモデル事業推進部会「水素タウンモデル事業報告書」

③自然エネルギー由来の水素製造技術（家庭用）

自然エネルギー由来の水素製造技術を表 3.29 に示す。完全自給タイプの水素エネルギーシステムの事例とソーラー水素ステーションの事例を以下に示す。

表 3.29 自然エネルギー由来の水素製造技術

原料	製造技術	概要	長所	短所
水	光触媒反応	半導体光触媒を用いて、紫外線、可視光などを照射して水を分解して水素を製造する技術。	<ul style="list-style-type: none"> ・ クリーンで無尽蔵なエネルギー供給源 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発中 ・ 安定的で効率的な光触媒の開発
	アルカリ電気分解法	水酸化カリウム(KOH)などのアルカリ水溶液を電解質として用いる電気分解によって、水を分解して水素を製造する技術。早くから実用化された技術で、エネルギー効率が70～80%と高い。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商業化済みで実績のある技術(アルカリ電気分解法) ・ 高濃度の水素製造が可能 ・ 再生可能電力からの水素製造に最適 ・ 断続的な再生可能エネルギーを水素で貯蔵することにより補償が可能 ・ 装置のコンパクト化が可能(固体高分子電解質分解法) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アルカリ水溶液を用いる場合は腐食の心配がある(アルカリ電気分解法) ・ 総合エネルギー効率 ・ 再生可能電力を直接電力として利用する場合との優位性の問題
	固体高分子電解質分解法	固体高分子電解質を用いた水電解法で水素を製造する技術。電解質膜に直接電極が取り付けられるので高密度の電解構造が可能であり、電解質の補充の必要がなく、作動温度が低いため部品材質や起動停止特性の面で有利であるなどの特徴がある。		
	高温水蒸気電解法	セラミックスなどの高温電解質を利用し水蒸気を電気分解し水素を製造する技術。		
バイオマス	嫌気性発酵法、光合成細菌法	生ゴミ、家畜排泄物、木材チップなどのバイオマスから水素を製造する試みが行われており、その多くは燃料電池との組み合わせを想定している。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固体燃料、液体燃料の利用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発中 ・ ガスの安定的生成や不純物除去(精製)などの技術的課題

出典:「平成17年度 特許流通支援チャート 水素製造」独立行政法人 工業所有権情報・研修館、「水素・燃料電池社会に向けた欧米諸国の政策と将来展望」第14回研究報告・討論会資料、その他資料をもとに作成

■ Z E E P 2 4

【開発】株式会社 FC-R&D

【システムの特徴】(表 3.30)

- 24 時間自立発電システム
- 昼間は太陽光発電による電力供給

- 余剰電力を水の電気分解によりエネルギー密度の高い水素にして貯蔵
- 夜間は貯蔵した水素による燃料電池発電

表 3.30 ZEEP24-2000 の仕様

太陽光発電	2kW
燃料電池発電	2kW
水素貯蔵量	4kNL(10kWh 相当)
水素発生量	200 L /h

出典：FC-R&D ホームページ

■ ソーラー水素ステーション（埼玉県庁）

太陽電池で電力を得て、水から水素を発生させる燃料電池車用水素製造・供給ステーションの実証実験を開始。将来は家庭用水素供給装置としての普及を目指し、水素エネルギーの効率的な管理と有効活用の可能性を検証。（※2012年3月より実証実験）

【実施主体】

埼玉県、本田技研工業株式会社、株式会社ホンダ技術研究所、岩谷産業株式会社

【システムの特徴】

- 太陽光発電 10kW を設置
- 高圧水電解システムにより水素の製造と圧縮を一体化することで、コンプレッサーが不要となり、小型・低騒音化を実現
- 24 時間で 1.5kg の水素を製造。燃料電池電気自動車 FCX クラリティが約 150km 走行できる量
- 高圧水素タンクの水素貯蔵能力は 800 L（350 気圧）

出典：環境省 地球温暖化対策技術開発・実証研究事業資料

④水素貯蔵技術（家庭用）

水素貯蔵技術について表 3.31 に示す。また、水素吸蔵合金のタンクの採用事例を以下に示す。

表 3.31 水素貯蔵技術

状態	貯蔵技術	概要
気体	圧縮水素	水素を高圧化により体積を圧縮し、容積あたりのエネルギー密度を高める方法。車載の実用化段階に入っている。350～700気圧の高圧容器が必要。
液体	液体水素	沸騰を避けるため、約-250度に保つ必要があり、ガス状の場合よりもエネルギー密度ははるかに高いものの、水素を液化・低温保存するためには大量のエネルギーを必要とする。
	有機ハイドライド	ガソリンの主要成分であるトルエンに水素を化学的に固定する水素化反応によって、水素ガスを1/500の体積の液体化学品（メチルシクロヘキサン）として、常温・常圧のまま、ガソリンと同様に貯蔵する。
	ギ酸触媒	水素を二酸化炭素と反応させてギ酸を生成し、ギ酸を分解させて燃料電池に適した高圧水素を取り出す。
固体	水素吸蔵合金	マグネシウム、アルミニウム、希土類金属などを基にした合金の表面に水素が吸着し、それが金属内部に拡散することで高い貯蔵密度が得られる。

出典：「水素・燃料電池社会に向けた欧米諸国の政策と将来展望」第 14 回
研究報告・討論会資料、その他資料をもとに作成

■ 水素吸蔵合金タンクの採用例

＜オーストラリア、ブリスベンのグリフィス大学サー・サミュエル・グリフィスセンター＞
（※2013 年完成予定）

【実施主体】

グリフィス大学、COX Rayner 建設、クイーンズランド州政府、ブリスベン市役所

【特徴】

- 送電線を利用せず自立発電
- 屋根と窓の太陽電池により発電される電力の 15%で電気分解して水素を生成

出典：Griffith University ホームページ

⑤系統連系（逆潮）技術および逆潮の法制度（買取制度）

燃料電池の逆潮流による分散型電源としての有効活用について、以下に示す。

- 燃料電池による系統電源への逆潮流により、効率的な定格連続運転が可能になり、燃料電池の発電量や排熱利用量が増大。試算によると、一次エネルギー削減率の大幅な向上（約 2.1 倍）が期待
- 逆潮流により系統の電力負荷をダイレクトに軽減。また、スマートグリッドとの連携時も安定的な電源として一定程度の電力供給を見込むことが可能

出典：第3回電力システム改革専門委員会配布資料(JX 日鉱日石エネルギー)

■ 逆潮に関する法制度

【現状】

- 燃料電池の逆潮流に関しては、電力事業者と燃料電池設置者との民間事業者間による取り決めによる
→ほとんどの契約が逆潮流不可（一部の電気事業者が工場等の自家発電設備の買取価格と同等の価格で買取）

【全量買取制度】

- 太陽光発電とのダブル発電の場合、燃料電池による太陽光発電の売電量の押し上げ効果があるため、ダブル発電価格（平成 24 年度は 34 円/kWh）を適用
- 一部のガス会社では、ダブル発電による余剰買取に対する支援策を実施（ダブル発電住宅の太陽光発電余剰電力量に 8 円/kWh 乗じた金額をキャッシュバック）

⑥自立エネルギー制御技術

自立エネルギー制御技術の事例を以下に示す。

■ 燃料電池・太陽光発電・蓄電池の組合せによる自立エネルギーシステム（※商品化済み）

【平常時】

- 家庭内電力需要と蓄電池の充電量に応じて充放電を制御

【非常時（停電時）】

- 蓄電池の充電電力を自動的に放電し、燃料電池の継続運転を実施
- 蓄電池からの放電と燃料電池の発電により、照明、冷蔵庫など、最低限必要となる電気を長時間供給可能
- 太陽光発電の非常用コンセントから蓄電池への充電も可能

出典：東京ガスホームページ

■ 太陽光発電・EV・HEMS の組合せによる自立エネルギーシステム（※実証段階）

【平常時】

- ▶ PV の発電電力やオフピーク時に EV に蓄電された電力を、HEMS による充放電や家電の制御により有効利用

【非常時（停電時）】

- ▶ 大容量の EV の蓄電池を活かして、昼間は PV の余剰電力を充電
- ▶ 天候等による PV の発電量や家庭内電力需要にあわせて EV の蓄電池の充放電を実施（発電量や蓄電量によって HEMS が家電の機能を制限）
→ 1 週間以上の停電時にも電氣的な自立を実現
- ▶ コンセントを差し替えずにそのまま EV の蓄電池の電力が利用可能

⑦家庭内電力供給技術（直流電力活用技術）

家庭内直流供給の事例を以下に示す。

■ 次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業（平成 21～22 年度）

太陽光発電や燃料電池、蓄電池等の直流設備や直流駆動機器の普及に伴い、将来的に直流配線が既存の交流配線と併用される場合に備え、直流システムの技術開発を実施。

<直流のメリット>

- ▶ 交流→直流変換のムダを省くため省エネ
- ▶ AC アダプタが不要なため配線がすっきり
- ▶ 停電時のバックアップが容易

【実施主体】

パナソニック 電工株式会社、シャープ株式会社

【実証研究項目】

- (a) 住宅内交流・直流併用システムの実証
- (b) 住宅内直流システム・情報ネットワーク融合可能性



<(a)の成果>

- ▶ 低電圧（48V 以下）直流配線と従来の交流配線を組み合わせたシステムを構築
- ▶ AC アダプタ対象機器の直流化により 10%以上の省エネを確認
- ▶ 創蓄システム連携制御により、一般住宅と比較して高い省エネ効果を確認
- ▶ 高圧直流（300V 以上）時の安全等の実運用に関わる技術課題を抽出

< (b) の成果 >

- ▶ 本直流システム運転状態の見える化技術を開発
- ▶ 直流配線と情報ネットワークの融合により、電力無駄 off 制御等の省エネ制御技術を開発

出典:「次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業」成果報告会資料

■ AC/DC ハイブリッド配線システム

エアコンや冷蔵庫など従来の AC 電源で動作する機器と、将来的に増えてくる DC 電源で動作する機器への電源供給を一元化できる次世代住宅内インフラ。並行して、LED 照明や換気扇、火災報知機など、DC 化に適した機器の開発を進め、家庭内エネルギー供給と需要の効率を高めていく。

直流分電盤から供給する電圧は未定であるが、12、24、48V の 3 つを候補にしている。これらは自動車の電装品やパソコンなどの電源アダプターなどで既に使われている電圧で、汎用性が高い。

【開発・販売】

パナソニック 電工株式会社

【実証実験 (CO₂±0 (ゼロ) 住宅)】

滋賀県東近江市 (パナホーム株式会社 本社工場内) にて、東京大学、株式会社 日建設計、海法主建築設計事務所との産学共同研究を行っている。

< 実証内容 >

- ▶ 創エネ:ソーラー発電システム、エネファーム
- ▶ 蓄エネ:バックアップ蓄電機能付 DC 分電盤、リチウムイオン蓄電池
- ▶ 繋エネ:ライフィニティ E C O マネシステム
- ▶ 省エネ:真空断熱材、AC / DC ハイブリッド配線システム、LED 照明、エコキュート、エコアイデア家電、エコライフ換気システム
- ▶ 活エネ:ダイレクトゲイン、ソーラー集熱と蓄熱、熱融通

出典:「次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業」成果報告会資料

⑧ 家庭用次世代太陽光発電・蓄電池等技術

家庭用次世代太陽光発電・蓄電池等技術について以下に示す。

■ 定置用リチウムイオン蓄電

容量 0.3kWh で価格が 15 万円という低容量低価格なものもあるが、1~2kWh 程度の容量で 100~200 万円程度の価格帯のものが多い。

出典:経済産業省 省エネルギー・新エネルギー部「蓄電池・水素について」平成 24 年 7 月 5 日

- 3 電池（太陽光発電システム＋固体酸化物型燃料電池（SOFC）＋家庭用リチウムイオン蓄電池）スマートエネルギーハウスの国内初の長期居住実験（※実験中）

3 電池（燃料電池・太陽電池・蓄電池）の最適制御の導入により、通年（平成 23 年 7 月 1 日～平成 24 年 6 月 30 日）で▲88%の節電効果、▲103%の CO₂ 排出量削減効果、▲31 万円の光熱費削減効果が得られることを実居住環境下で実証した。

【実施主体】

大阪ガス株式会社、積水ハウス株式会社

出典：大阪ガス、積水ハウスホームページ

⑨電気自動車（EV）／水素自動車（FCV）活用技術

水素を燃料とした燃料電池自動車（FCV）は次のような特長を有する。

- 既存のガソリン自動車と比較し、一次エネルギー投入量は 1/3 削減
- 既存のガソリン自動車と比較し、CO₂ 排出量は 1/2 削減
- 騒音が少ない
- 大気汚染の原因となる NO_x、一酸化炭素（CO）、浮遊粒子状物質の排出がない
- 航続距離が既存ガソリン車並みの 500～600km 超

電気自動車（EV）は次のような特長を有する。

- 走行時の CO₂ 排出量は 0
- 騒音が少ない
- 大気汚染の原因となる NO_x、一酸化炭素（CO）、浮遊粒子状物質の排出がない
- 航続距離はバッテリー容量に依存し、近距離での使用に適している。

- EV車から住宅に電力を供給するシステム（VtoH）＜日産 LEAF to Home＞

電気自動車（EV 車）の急速充電口とつないだ電力制御装置から住宅の分電盤に電力を送り、最大 6kW（200V で周波数 50/60Hz）、停電時に 2 日分（24kWh）を供給できる。住宅の分電盤に接続された電力制御装置を介し、電気自動車（EV 車）の急速充電コネクタから電力の供給が行われる。

【開発・販売】

日産自動車株式会社

⑩スマート水素ハウスに関する類似事例（ベンチマーク）

スマート水素ハウスの検討に参考になる先行事例の概要を以下に示す。

- 豊田市実証スマートハウス

「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の一つである豊田市において、スマートハウスの構築及び家と家をつなぎ地域全体のエネルギーを最適利用する取り組みを実施。

【実施主体】 トヨタホーム

＜スマートハウスの特徴＞

- 太陽光発電や燃料電池等の創エネ機器、PHV 等の蓄エネ機器、及び省エネ機器を導入
- HEMS により各機器をつなぎ、エネルギーの見える化、家庭内エネルギーの流れを最適制御
- 家電は HEMS と連動するコントローラにより省エネ制御
- 蓄電池には太陽光発電の余剰電力を蓄電し、非常時の電力源としても活用
- PHV には HEMS と連携して太陽光発電で得られた電力を充電。蓄積した電気は家での電力として使うことも可能 (V2H)
- 地域全体のエネルギーの需給バランスを予測・管理し、地域内でのエネルギーの地産地消を実現する EDMS を導入
- 予測に基づき住民へのエネルギー消費行動アドバイスを実施し、アドバイスに沿った行動にはポイントを付与
- 人感センサ、温湿度センサの情報から各家庭のエネルギー消費を予測し、行動アドバイスを提供

出典：トヨタすまいるライフホームページ

■ 磯子スマートハウス実証事業

「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の一つである横浜市において、集合住宅版スマートハウス（24 戸）の実証試験を実施。

【実施主体】 東京ガス

【実証項目】

- 再生可能エネルギー、燃料電池等を活用した熱と電気の管理手法の確立
- 住まい手の行動変化を促す手法等の確立

＜スマートハウスの特徴＞

- 燃料電池（エネファーム）、太陽熱利用ガス温水システム（SOLAMO）、太陽光発電等の分散型エネルギーを最大限に設置
- システムが生み出す熱や電気のエネルギーを「統合制御システム」で管理し、住棟内で融通
 - 太陽光発電と燃料電池で創られる電気は、合わせて棟全体に供給
 - 4 住戸あたり 2 台のエネファームで創るお湯を当該 4 住戸に供給

- SOLAMO で創られるお湯は 4 住戸の給湯や暖房の予熱に利用
- 「統合制御システム」によりエネルギーセキュリティを向上
 - 燃料電池と蓄電池を統合制御し、停電時でも各住戸の最低限必要な設備への電力供給を継続
 - 地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS) と連携し、地域電力のピークカットに貢献
- 各住戸におけるエネルギーの見える化、省エネアドバイスの提供、インセンティブを伴った省エネ行動を提案

出典：東京ガスホームページ

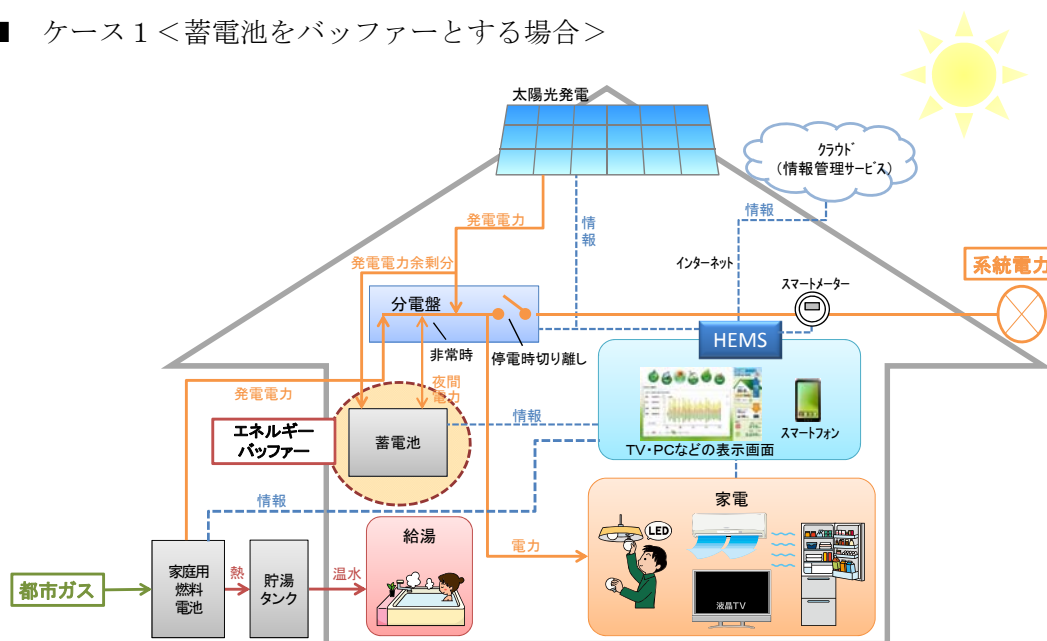
3.3.2 効果の検証

(1) エネルギーバッファの考え方 (図 3.23)

通常時における負荷平準化、および停電時の自立運転を行う為には、住宅内にバッファとなるエネルギー貯蔵装置が必要となる。従来のスマートハウスでは蓄電池にこの機能を持たせている。(ケース1)

スマート水素ハウスの場合、従来どおりに蓄電池をバッファとして想定する場合のほか、水電気分解による水素製造・貯蔵装置による水素をバッファとして活用する場合(ケース2)が想定され、停電時に燃料電池を有効活用出来る。

■ ケース1 <蓄電池をバッファとする場合>



■ ケース2 <水素をバッファとする場合>

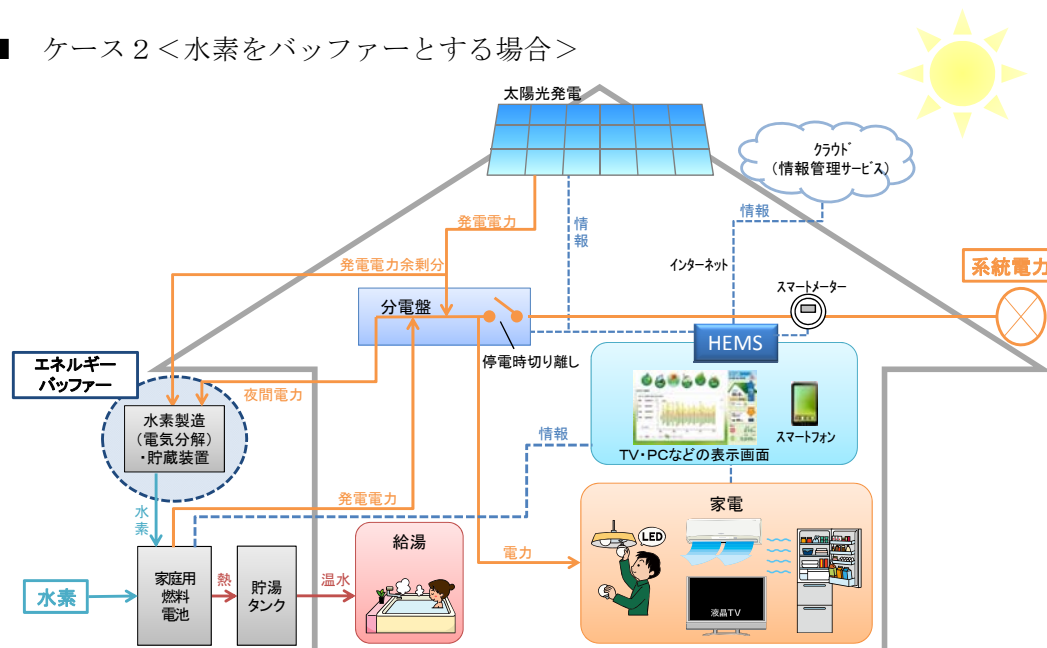
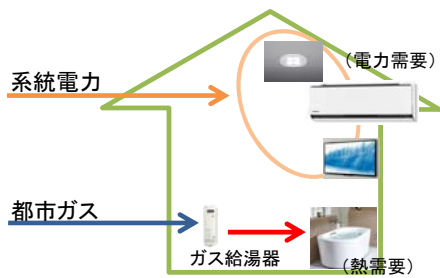
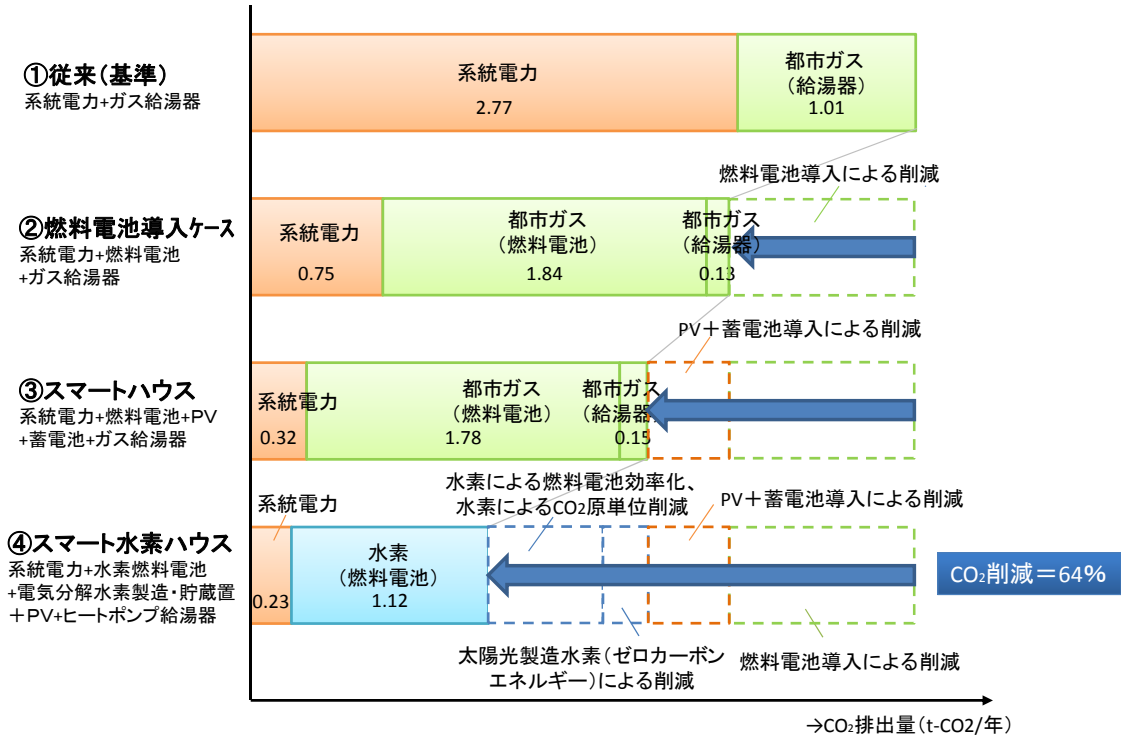


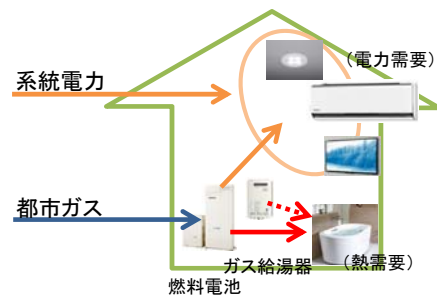
図 3.23 エネルギーバッファの考え方

(2) 効果

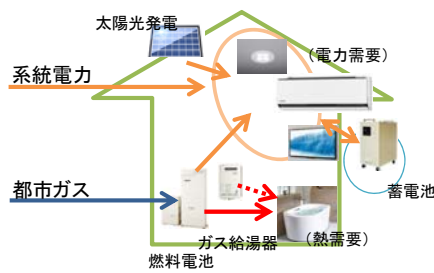
スマート水素ハウスの効果として、CO₂削減効果を検証し、従来と比較して64%程度のCO₂削減効果が期待できることが明らかとなった(図3.24, 図3.25, 表3.32)。



①従来(基準) ケース



②燃料電池導入ケース



③スマートハウス (ケース1)



④スマート水素ハウス (ケース2)

図3.24 スマート水素ハウスのCO₂削減効果検証結果

表 3.32 スマート水素ハウスの効果検証結果（省エネ／環境性評価）

項目		単位	①従来（基準） ガス給湯器	②燃料電池導入 FC (0.7kW) ガス給湯器	③スマートハウス FC (0.7kW) PV (1kW) 蓄電池 ガス給湯器	④スマート水素ハウス 水素FC (0.7kW) PV (1kW) 蓄エネ HP給湯器
住宅消費エネルギー内訳（シミュレーション）						
需要	電力負荷	kWh/年	4,952	4,952	4,952	4,952
	給湯負荷	MJ/年	15,192	15,192	15,192	15,192
エネルギー 消費	太陽光発電発電量	kWh/年	—	—	1,003	1,003
	エネファーム(FC)発電量	kWh/年	—	3,608	3,492	3,990
	蓄電池ロス電力量	kWh/年	—	—	112	116
	ヒートポンプ給湯消費電力(バックアップ)	kWh/年	—	—	—	341
	買電量	kWh/年	4,952	1,344	569	416
	燃料電池都市ガス消費量	Nm3/年	—	800	774	—
	給湯器都市ガス消費量(バックアップ)	Nm3/年	440	55	67	—
	都市ガス消費計	千Nm3/年	440	855	841	—
	燃料電池水素消費量	Nm3/年	—	—	—	2,984
	水素消費量計	千Nm3/年	—	—	—	2,984

■省エネルギー効果

エネルギー消費量	電力（系統購入分）	kWh/年	4,952	1,344	569	416
	都市ガス	Nm3/年	440	855	841	—
	水素	Nm3/年	—	—	—	2,984
一次エネルギー消費量	電力	MJ/年	48,332	13,117	5,553	4,060
	都市ガス	MJ/年	19,800	38,475	37,845	—
	水素	MJ/年	—	—	—	38,136
	計	MJ/年	68,132	51,592	43,398	42,196
省エネルギー量		MJ/年	—	16,539	24,733	25,936
省エネルギー効果		%	—	24.3	36.3	38.1

備考

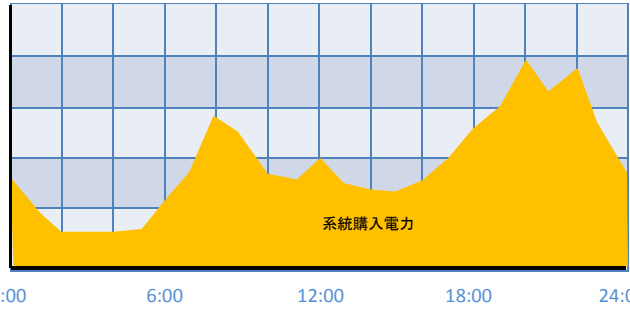
- *電力需要/給湯需要は、IBEC調査「住宅用燃料電池の導入に関する技術検討報告会資料(平成18年)」の戸建住宅4人世帯の平均値
- *一次エネルギー換算値
電力:9.760 kJ/kWh（「省エネ法」より）
都市ガス:45 MJ/Nm3 水素:12.78MJ/Nm3
- *省エネルギー量(GJ/年)
＝比較基準年間1次エネルギー使用量－各検討ケースの年間1次エネルギー使用量
- *省エネルギー率(%)＝(省エネルギー量/比較基準年間1次エネルギー使用量)×100

■CO2排出削減効果

エネルギー消費量	電力（系統購入分）	kWh/年	4,952	1,344	569	416
	都市ガス	Nm3/年	440	855	841	—
	水素	Nm3/年	—	—	—	2,984
CO2排出量	電力	t-CO2/年	2.77	0.75	0.32	0.23
	都市ガス	t-CO2/年	1.01	1.97	1.93	—
	水素	t-CO2/年	—	—	—	1.12
	計		3.78	2.72	2.25	1.35
CO2排出削減量		t-CO2/年	—	1.06	1.53	2.43
各ケースの省CO2効果		%	—	28.1	40.4	64.2

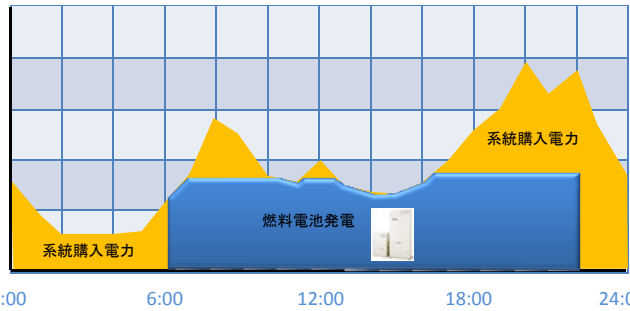
備考

- *CO2排出原単位
電力:0.559kg-CO2/kWh（温対法 代替値 2011年度実績、環境省）
都市ガス:2.29 kg-CO2/Nm3 水素:0.375kg-CO2/Nm3（太陽光2%、バイオマス30%、都市ガス改質40%、副生水素28%由来）
- *CO2排出削減量(t/年)＝比較基準年間CO2排出量－各検討ケースの年間CO2排出量
- *CO2排出削減率(%)＝(CO2排出削減量/比較基準年間CO2排出量)×100



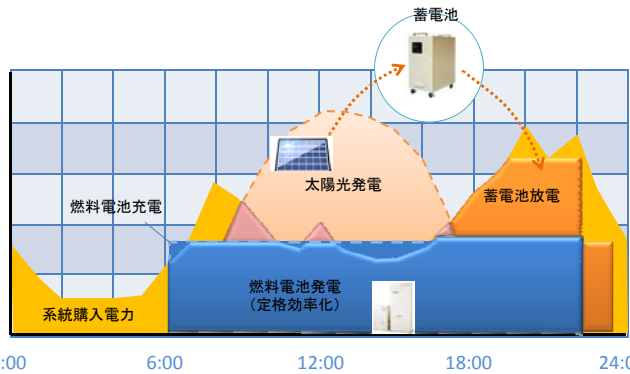
①従来(基準)

系統電力+ガス給湯器



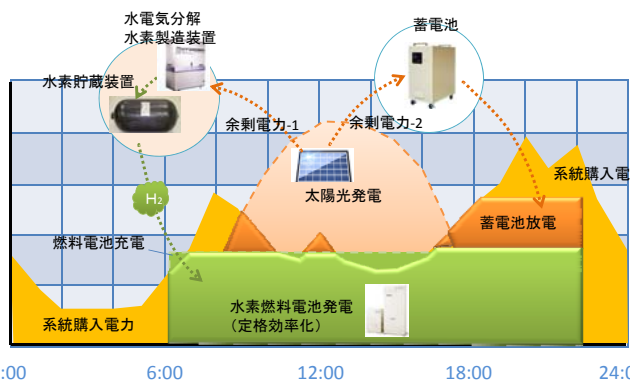
②燃料電池導入ケース

系統電力+燃料電池+ガス給湯器



③スマートハウス

系統電力+燃料電池+PV+蓄電池+ガス給湯器



④スマート水素ハウス

系統電力+水素燃料電池+水素製造・貯蔵装置+PV+HP給湯器

図 3.25 各ケースの一日の電力需給イメージ

3.3.3 一般向け情報発信の必要性

一般的な居住者や市民を対象として、水素や水素利用に関する情報提供や、スマート水素ハウスの啓蒙資料を作成し、今後の水素利用社会に向けた理解を促す。

パンフレットのテーマは、「水素を利用した燃料電池とくらし～スマート水素ハウスによる豊かなくらし～」とし、平成 24 年度に実施したつくば市における水素供給実験についてのプロジェクト紹介も併せて行っている。

パンフレットのイメージを図 3.26、図 3.27 に示す。

3.4 省エネ効果の体系化

本節では、事務所建物について、独立行政法人建築研究所が開発した一次エネルギー消費量算定プログラム(平成 24 年 12 月より低炭素建築物の認定基準の運用に使用されている)を用いて、各建物用途に空調、換気、照明、給湯、昇降機に関する省エネ手法を導入した際の一次および二次エネルギー消費量を算定し、建物全体のエネルギー消費量削減に及ぼす各種省エネ手法の効果を、東京地域を対象に系統的に整理して都市 CO₂ 計量評価ツールで使用できるパラメータ(省エネ係数)としてまとめる。

3.4.1 建物・設備モデル設定

各種省エネ手法の効果は、対象とした建物、設備の設計方法により大きく変わりうる。各種省エネ手法の効果を定量的に評価する際には、建物、設備のモデル設定の考え方は重要であり、各用途について汎用性が高い建物モデルで検討を行うことが望まれる。本節では、一次エネルギー消費量算定プログラムで検討した事務所について、建物・設備モデルを示す。

一次エネルギー消費量算定プログラムで検討した建物モデルはすべて仮想的なものである。設計資料集成等の設計資料から、建物用途ごとに複数の建物の分析を行い、標準的な室構成比率(床面積の割合)を割り出し、その室構成比率を参考に、都市部およびその近郊に立地することを想定して、建物モデルの設計を行っている。

事務所モデル

① 建物概要

- ・ 構造：S+RC造 建物階数：地上7階 建設地：東京
- ・ 延床面積：10,358.3㎡ (1F：1,459.16㎡、2～7F：1,472.60㎡、RF：63.50㎡)
- ・ 事務所用途の建物で各階に2区画の貸事務室スペースがある

② 図面

平面図および断面概要を図3.28～3.30に示す。



図 3.28 事務所モデルの1F 平面図



図 3.29 事務所モデルの2F~7F 平面図

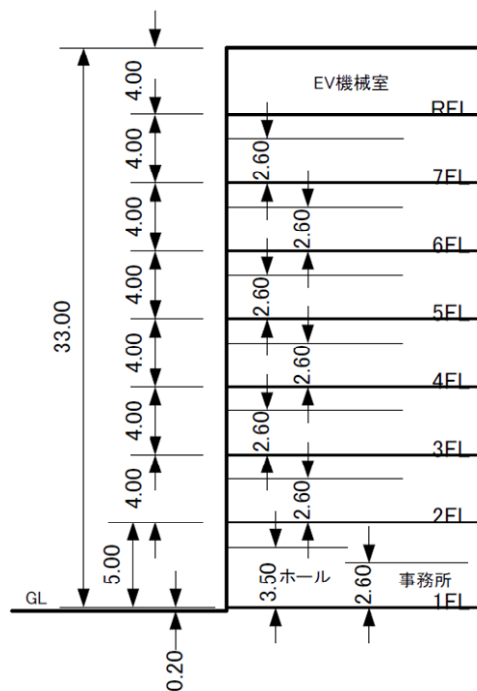


図 3.30 事務所モデルの断面概要

③ 室構成

室構成を図3.31に示す。表3.33に各室の計算対象を示す。

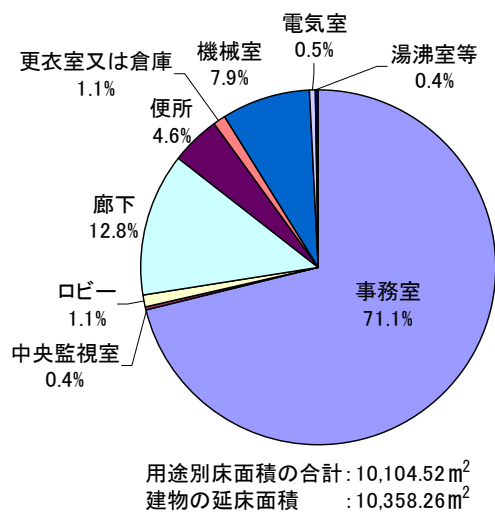


図 3.31 事務所モデルの室構成

表 3.33 各室の計算対象（事務所モデル）

	延床面積[m ²]	比率	空調計算対象	換気計算対象	照明計算対象	給湯計算対象
事務室	7,183.50	71.1%	■		■	■
中央監視室	39.00	0.4%	■		■	■
ロビー	114.12	1.1%	■		■	
廊下	1,298.34	12.8%	□		■	
便所	469.35	4.6%		■	■	
更衣室又は倉庫	111.64	1.1%	□	□	■	□
機械室	801.61	7.9%		□	■	
電気室	50.00	0.5%		■	■	
湯沸室等	36.96	0.4%		■	■	
用途別床面積の合計	10,104.52					
建物の延床面積	10,358.26					

■はすべて、□は一部を計算対象と設定

④ 外皮性能

外皮構成を表 3.34 に示す。

表 3.34 事務所モデルの外皮構成

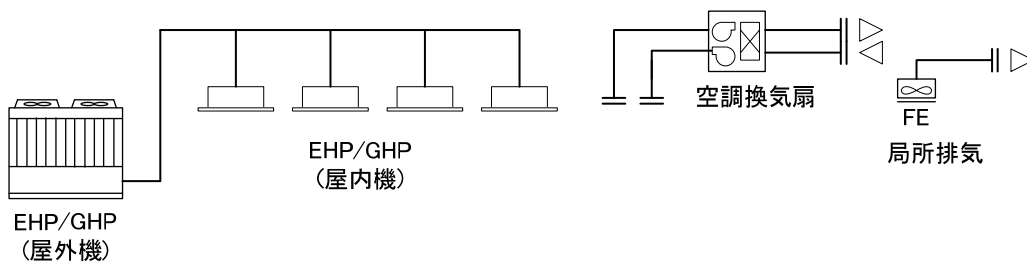
主たる部位	U 値	断熱仕様	備考
外壁	1.0	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	25mm
内壁	1.96		
屋根	0.53	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種	50mm
接地壁	0.81		
ガラス	(4.15)		透明シングル 6mm

⑤ 設備概要

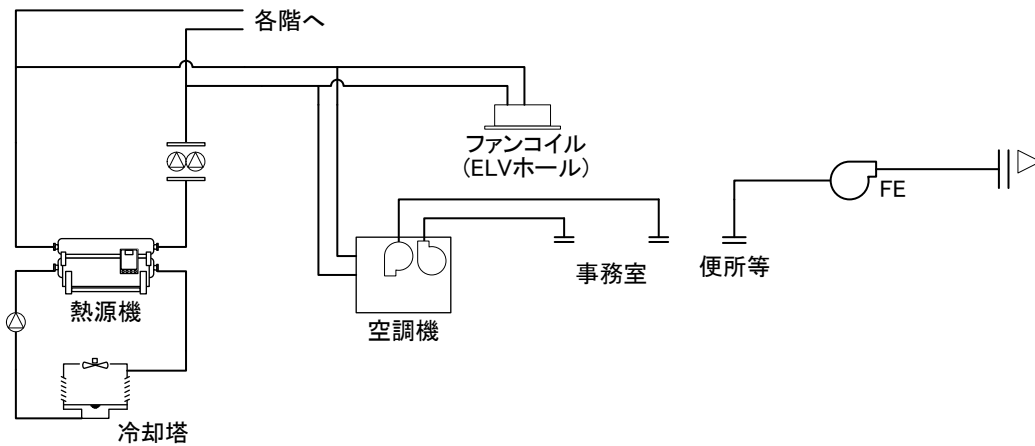
- ・現時点での新築事務所ビルを想定し、一般に用いられるであろうと考えられる設備構成を検討して設定した（表3.35、図3.32）。

表 3.35 事務所モデルの設備概要

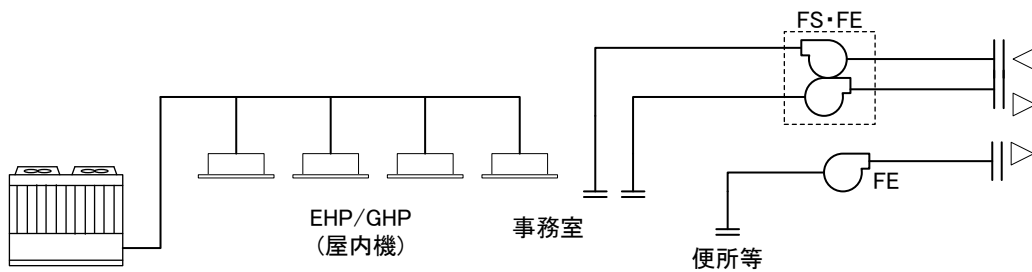
設備	概要
空調	<p>熱源方式は以下の方式とする。なお、熱源は冷暖切替式とする。</p> <p>①中央熱源式－直だき吸収冷温水機 ②中央熱源式－空冷ヒートポンプチラー ③個別熱源式－EHP ④個別熱源式－GHP</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱源機、熱源補機(冷却塔、ポンプ)等は屋上に設置 ・事務室系統外気処理の全熱交換器の有無による空調容量の変動を考慮 ・中央管理室、更衣室等バック系統は個別熱源(電気式)を設置し、全熱交換器の設置を考慮 ・中央熱源式の場合は、下記の通りとする。 <ul style="list-style-type: none"> ・二次側：ポンプ系統は1系統2ポンプ方式 ・熱源機は2台以上 ・各階空調機方式＋ホール部はファンコイル方式 ・個別熱源式の場合は、下記の通りとする <ul style="list-style-type: none"> ・フロアごとに区分 ・屋内機は天井カセット型 ・外気導入は事務室区画ごとに設置(個別方式)
換気	<p>各室個別換気方式</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1kW以上のファンは以下の2方式に変更 <p>①一般モータ、②高効率モータ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・換気制御は、機械室のみ温度制御を設定する
照明	<p>事務室：Hf型蛍光灯</p> <p>バック系統：Hf型蛍光灯ダウンライト式</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダウンライト式照明器具を以下の2方式に変更 <p>①Hf型ダウンライト、②LED型ダウンライト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照明制御は事務室、便所、給湯室等に在室検知、初期照度補正制御、昼光連動制御を設定
給湯	<p>便所の洗面器用途に個別給湯機(電気式)を設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・節水器具は自動給湯栓(洗面器用) ・保温仕様は保温2(普通断熱)、もしくは保温1(高断熱)
昇降機	<p>機械室レス型</p> <ul style="list-style-type: none"> ・制御方式を以下の2方式を設定 <p>①交流帰還制御方式 ②VVVF(電力回生あり、ギアレス)</p>



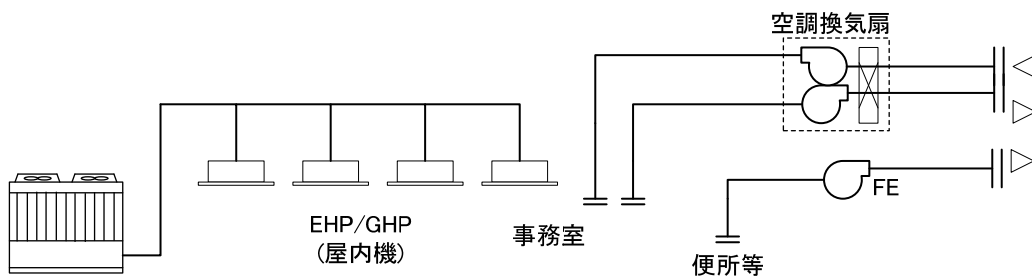
標準システム(バックヤード系統)



標準システム(中央式熱源-基準階)



標準システム(個別熱源[EHP/GHP](全熱交換器なし))



標準システム(個別熱源[EHP/GHP](全熱交換器あり))

図 3.32 事務所モデルの各種空調方式

3.4.2 省エネ効果の体系化

(1) 一次エネルギー消費量算定プログラムによるエネルギー消費量の算定

一次エネルギー消費量算定プログラム(<http://www.kenken.go.jp/becc/index.html>)を使用して、事務所モデルのエネルギー消費量を算出した(表 3.36)。

表 3.36(1) 事務所モデルの算出事例(1/2)

○ 空調システム

延べ床面積: 10,358.3 m²
 空調面積: 7,509.4 m²

検討NO.	1 case_01	2 case_02	3 case_03	4 case_04	5 case_05	6 case_06	7 case_07	8 case_08
熱源種別 (中央)	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機
(個別)	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP
台数	2	2	2	2	2	2	2	2
COP (中央)	1.1/0.84	1.1/0.84	1.1/0.84	1.1/0.84	1.1/0.84	1.3/0.87	1.3/0.87	1.1/0.84
熱源容量(冷) [W]	1,424	1,424	1,424	1,424	1,424	1,284	1,284	1,144
[W/ACm ²]	190	190	190	190	190	171	171	152
熱源容量(暖) [W]	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	868	868	952
[W/ACm ²]	159	159	159	159	159	116	116	128
二次側P 送水温度差	5℃差送水	7℃差送水	7℃差送水	10℃差送水	7℃差送水	7℃差送水	10℃差送水	7℃差送水
台数(2)	台数(2)	台数(2)	台数+INV制御	台数+INV制御	台数+INV制御	台数(2)	台数+INV制御	台数+INV制御
空調方式	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU
定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式	定風量方式
全熱交換器 主要室系	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	全熱交換器
外気CUT, 外気冷房					外気CUT, 外気冷房		外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房
個室系	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇
一次エネルギー消費量 [MJ/ACm ²]	1,125	1,124	1,098	1,094	1,046	1,036	969	1,027
[MJ/延m ²]	815	815	796	793	759	751	703	745
**基準値比	100%	100%	98%	97%	93%	92%	86%	91%
一次エネルギー消費量(内訳)								
電力 全熱交換器 [MJ]	0	0	0	0	0	0	0	92,205
空調ファン [MJ]	3,387,385	3,387,385	3,387,385	3,387,385	3,387,385	3,387,385	3,387,385	4,325,897
二次ポンプ [MJ]	287,969	286,944	120,609	88,514	86,320	287,969	86,320	78,034
熱源主機 [MJ]	43,990	43,990	43,990	43,990	43,990	43,990	43,990	43,990
熱源補機 [MJ]	81,224	81,224	80,294	80,515	76,975	70,189	68,223	60,530
一次ポンプ [MJ]	256,200	256,200	256,200	257,225	249,026	267,473	264,398	152,559
冷却塔ファン [MJ]	184,027	184,027	182,004	182,004	177,960	195,149	193,127	130,764
冷却水ポンプ [MJ]	373,027	373,027	368,928	368,928	360,730	290,087	287,081	261,529
ガス 熱源主機 [MJ]	3,830,533	3,830,533	3,806,177	3,809,710	3,474,951	3,240,929	2,946,529	2,567,963
合計 [MJ]	8,444,354	8,443,330	8,245,587	8,218,271	7,857,336	7,783,170	7,277,052	7,713,470
[MJ/ACm ²]	1,125	1,124	1,098	1,094	1,046	1,036	969	1,027
年間空調負荷 (冷) [MJ/年]	395.19	395.15	390.22	389.19	318.58	395.19	318.58	275.56
(暖) [MJ/年]	60.98	60.98	62.84	63.13	53.71	60.98	53.71	2.54
ピーク負荷 (冷) [W/㎡]	111	111	111	111	107	111	107	85
(暖) [W/㎡]	52	52	53	53	48	52	48	11
全負荷相当運転時間 (冷) [時間]	2,084	2,084	2,058	2,053	1,680	2,311	1,863	1,809
(暖) [時間]	383	383	395	396	337	528	465	20

検討NO.	9 case_09	10 case_10	11 case_11	12 case_12	13 case_13	16 case_16	17 case_17	18 case_18
熱源種別 (中央)	冷温水発生機	冷温水発生機	冷温水発生機	空冷HP	空冷HP(圧縮機台数制御)	EHP	EHP	GHP
(個別)	EHP	EHP	EHP	EHP	EHP			
台数	2	2	2	3	2	20	20	27
COP (中央)	1.3/0.87	1.3/0.87	1.3/0.87	3.5/3.0	3.6/3.8	3.1/3.8	3.2/3.8	1.3/1.6
熱源容量(冷) [W]	1,072	1,072	1,072	963	1,038	1,222	1,114	1,223
[W/ACm ²]	143	143	143	128	138	163	148	163
熱源容量(暖) [W]	726	726	726	1,085	1,100	1,369	1,248	1,375
[W/ACm ²]	97	97	97	144	146	182	166	183
二次側P 送水温度差	7℃差送水	7℃差送水	10℃差送水	7℃差送水	7℃差送水	—	—	—
台数+INV制御	台数+INV制御	台数+INV制御	台数+INV制御	台数+INV制御	台数+INV制御			
空調方式	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	空調機+FCU	屋内機	屋内機	屋内機
定風量方式	定風量方式	VAV方式	VAV方式	定風量方式	定風量方式			
全熱交換器 主要室系	全熱交換器	全熱交換器	全熱交換器	全熱交換器	全熱交換器	なし	全熱交換器	全熱交換器
外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房	外気CUT, 外気冷房			
個室系	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇	空調換気扇
一次エネルギー消費量 [MJ/ACm ²]	976	562	559	889	858	563	502	520
[MJ/延m ²]	708	408	405	645	622	408	364	377
**基準値比	87%	50%	50%	79%	76%	50%	45%	46%
一次エネルギー消費量(内訳)								
電力 全熱交換器 [MJ]	92,205	92,205	92,205	92,205	92,205	0	0	0
空調ファン [MJ]	4,325,897	1,382,075	1,382,075	4,325,897	4,325,897	734,407	1,034,072	1,034,072
二次ポンプ [MJ]	78,034	84,242	56,373	78,034	78,034	0	0	0
熱源主機 [MJ]	43,990	43,990	43,990	1,973,974	1,723,220	3,492,043	2,736,929	43,990
熱源補機 [MJ]	53,544	49,488	49,644	0	0	0	0	191,238
一次ポンプ [MJ]	161,577	181,116	181,868	206,668	226,481	0	0	0
冷却塔ファン [MJ]	139,783	124,001	124,001	0	0	0	0	0
冷却水ポンプ [MJ]	279,565	248,002	248,002	0	0	0	0	0
ガス 熱源主機 [MJ]	2,156,456	2,018,076	2,020,123	0	0	0	0	2,633,116
合計 [MJ]	7,331,050	4,223,195	4,198,280	6,676,777	6,445,836	4,226,450	3,771,001	3,902,416
[MJ/ACm ²]	976	562	559	889	858	563	502	520
年間空調負荷 (冷) [MJ/年]	275.56	235.77	234.90	275.56	275.56	312.07	285.44	285.44
(暖) [MJ/年]	2.54	14.51	14.79	2.54	2.54	104.82	27.75	27.75
ピーク負荷 (冷) [W/㎡]	85	76	76	85	85	99	73	73
(暖) [W/㎡]	11	21	21	11	11	64	28	28
全負荷相当運転時間 (冷) [時間]	1,930	1,652	1,646	2,149	1,994	1,917	1,924	1,753
(暖) [時間]	26	150	153	18	17	575	167	152

表 3.36(2) 事務所モデルの算出事例(2/2)

○ 換気システム

延べ床面積： 10,358.3 m²
換気面積： 1,171.5 m²

検討NO.	1 case_01 **	2 case_02
容量 SFP	0.09	0.09
換気総風量 [m ³ /h]	36,700	36,700
換気ファン容量 [kW]	3.23	3.23
制御	標準モード 制御なし	標準モード 温度制御(一部)
一次エネルギー消費量 [MJ/㎡]	219	167
[MJ/延㎡]	25	19
**基準値比	100%	76%
エネルギー使用量 電力[MWh]	26	20

○ 照明システム

延べ床面積： 10,358.3 m²
照明面積： 10,104.5 m²

検討NO.	1 case_01 **	2 case_02
容量 [W/㎡]	11	11
[W]	116,084	116,084
照明器具	Hf	Hf
照明制御	制御なし	在室検知制御 (便所等) 初期照度補正/ 昼光利用(事務 室等)
一次エネルギー消費量 [MJ/㎡]	326	241
[MJ/延㎡]	318	235
**基準値比	100%	74%
エネルギー使用量 電力[MWh]	338	249

○ 給湯システム

延べ床面積： 10,358.3 m²
給湯面積： 7,251.8 m²

検討NO.	1 case_01 **	2 case_02	3 case_03	4 case_04
熱源機	中央給湯 COP(1次)	—	—	—
個別給湯 COP(1次)	小型電気温水機 0.37	小型電気温水機 0.37	小型電気温水機 0.37	小型電気温水機 0.37
節水	なし	自動給湯栓	なし	自動給湯栓
保温	保温2	保温2	保温1	保温1
一次エネルギー消費量 [MJ/HWh]	38	29	37	29
[MJ/延㎡]	26	21	26	20
**基準値比	100%	78%	99%	77%
エネルギー使用量 電力[MWh]	28.04	21.87	21.59	16.57
都市ガス[m ³]	—	—	—	—
年間給湯負荷 [GJ/年]	101	79	78	60

○ 昇降機システム

延べ床面積： 10,358.3 m²

検討NO.	1 case_01 **	2 case_02	3 case_03
台数	4	4	4
制御方式	交流掃選制御	VVVF(電力回生 なし)	VVVF(電力回生 あり)
一次エネルギー消費量 [MJ]	170,668	85,334	75,853
[MJ/延㎡]	16	8	7
**基準値比	100%	50%	44%
エネルギー使用量 電力[MWh]	17.5	8.7	7.8

空調システムについては、年間一次エネルギー消費量の他に、各機器別の内訳(エネルギー種別毎)や暖冷房負荷積算値(熱源機が処理した熱量)の算出が行われる。またピーク負荷も算出されるが、現行の一次エネルギー消費量算定プログラムは日単位の処理をベースに行っているため、時間ピーク値ではなく日積算負荷が最大となる日の時間平均負荷である点に注意する必要がある。

(2) 省エネ手法の効果の体系化

一次エネルギー消費量算定プログラムによる各建物モデルのエネルギー消費量計算結果を、設備システム毎にベースシステムの一次エネルギー消費量、負荷、ピーク値(それぞれ設備システム毎の原単位に相当)と省エネ効果率に整理する。ここでの省エネ効果率は各省エネ手法を採択した際に原単位にかけ合わせていくことで、省エネ手法採択時の省エネ効果(エネルギー消費量や負荷等の削減効果)を算定できる比率として整理している。すなわち、100%未満で比率が小さいほど採択効果が高いとみなせる数値となる。

事務所モデルについて、整理した結果を示す。

事務所モデル

事務所モデルのベース設備システムにおける延床面積あたりの一次エネルギー消費量 1,556MJ/(年 m²)の内訳を図 3.33 に示す。空調が過半を占め、次いで照明とその他設備(コンセント接続機器類)が大きく、換気(便所、機械室等を対象とした空調を伴わない換気)や、給湯、昇降機は割合としては小さい結果となっている。過半を占める空調システムのうち、熱源主機と空調機(空気系搬送システム)が占める割合がほぼ同じで大きく、ベースシステムでは冷温水発生機を熱源機としていることから、ガスが一次エネルギー消費量に占める比率は熱源主機が使用するエネルギー量の大半にあたる 1/4 程度となっている。

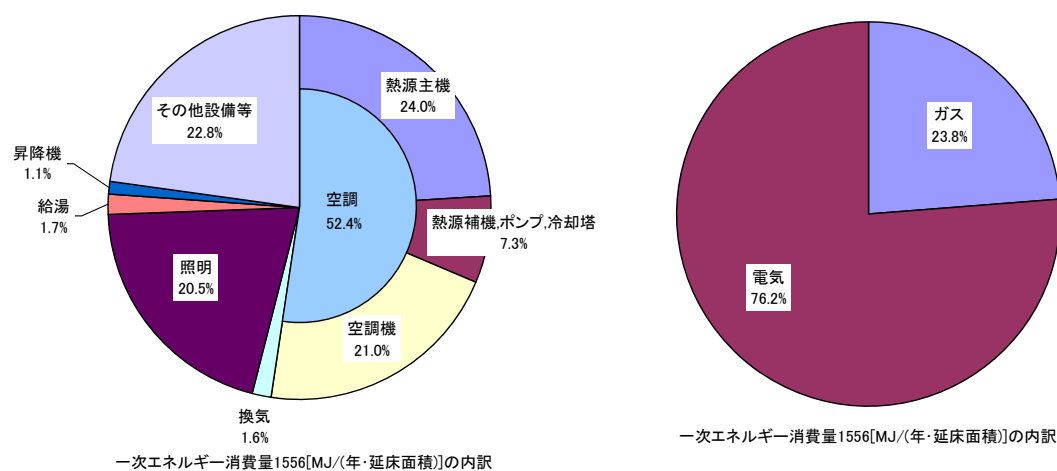


図 3.33 事務所モデルのベース設備システムにおける一次エネルギー消費量の内訳

以上の事務所モデルのベースシステムの設備毎の各原単位と、それに乗じる省エネ手法採択時の省エネ効果率を表 3.37 に示す。

事務所モデルの一次エネルギー消費の過半を占める空調システムにおいては、中央式では、VAV の導入が最も一次エネルギー消費量の削減に寄与する結果となっている。ファン動力自体の低減とともにファンからの発熱量の低減が空調負荷の多くを占める冷房負荷を削減につながり、空調一次エネルギー消費量を 4 割程度削減する結果となっている。全熱交換器の導入は、空調負荷、特に暖房負荷を著しく削減し、ガス消費量の 1/4 削減につながるが、ファン動力の増大により相殺され、年間一次エネルギー消費量としては 2%の削減にとどまっている。また、外気カットや外気冷房の導入は空調負荷を削減することでガス消費量の削減につながり、4%程度の年間一次エネルギー消費量削減につながる結果となっている。

一方、熱源機の高効率化については、冷温水発生機の高効率化(1.1/0.84 から 1.3/0.87 への COP のアップ)は 8%程度、空冷 HP の採用で 13~17%程度の一次エネルギー消費量削減につながる結果となっている。また、二次側ポンプの大温度差送水やインバータ制御の

導入は効果がほとんど評価されない結果となった。

中央式から個別式への変更は、EHP、GHPともに5割程度一次エネルギー消費量を削減する結果となっており、全熱交換器の導入によりさらに10%程度の削減が可能となっている。ただし、中央式のポンプなどが担っていた発熱分がなくなるため、その分を暖房負荷として処理する必要性が生じ暖房負荷自体は7割ほど増加する結果となっている(逆に冷房負荷自体は2割程度削減されている)。

照明に関しては、在室検知制御や初期照度補正、昼行利用などを適切に導入することで照明一次エネルギー消費量の1/4が削減される結果となっている。

また、原単位が小さい換気、給湯、昇降機システムについても、それぞれ省エネ手法を適用することで、2~5割程度の削減が見込まれる結果となった。

表 3.37 事務所モデルの設備システム毎の原単位と省エネ効果率

○建物全体の原単位

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]		空調負荷[MJ/年㎡]		日負荷ピーク値[W/㎡]		給湯負荷[MJ/年㎡]	
	うち電力	うちガス	冷房	暖房	冷房	暖房		
ベースシステム	1556	1186	370	395	61	111	52	10

○空調システム

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]		空調負荷[MJ/年㎡]		日負荷ピーク値[W/㎡]		
	うち電力	うちガス	冷房	暖房	冷房	暖房	
ベースシステム:中央式(熱源:冷温水発生器(台数制御)、二次側ポンプ:定流量(5℃差送水、台数制御)、空調方式:空調機+FCU(定風量)、全熱交換器なし)。補助的にEHPを併用	815	445	370	395	61	111	52

×

【省エネ手法毎の掛け率(100%以上で増大、未満で削減)】

中央式	熱源	削減手法	削減率		削減率		削減率		削減率	
			電力	ガス	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
中央式	熱源	冷温水発生器の高効率化	92%	98%	85%	100%	100%	100%	100%	100%
		空冷HP採用	87%	130%	0%	100%	100%	100%	100%	100%
		空冷HP(圧縮機台数制御)採用	84%	125%	0%	100%	100%	100%	100%	100%
	二次側P	5℃差送水→7℃差送水	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		5℃差送水→10℃差送水	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		INV制御導入	98%	96%	99%	99%	103%	99%	101%	101%
	空調方式	CAV→VAV	58%	43%	94%	86%	571%*	89%	186%	186%
		全熱交換器導入	98%	117%	74%	86%	5%	80%	23%	23%
		外気CUT、外気冷房導入	96%	99%	91%	82%	85%	97%	92%	92%
		EHPの採用	50%	92%	0%	79%	172%	89%	124%	124%
個別式への変更	GHPの採用	52%	31%	77%	79%	172%	89%	124%	124%	
	全熱交換器導入	89%	89%	89%	91%	26%	74%	43%	43%	

*全熱交換器導入の極端な削減と関連して算出された数字であり、全熱交換器導入と同時に進まない場合の蓋然性は保証されない。

○換気システム

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]
ベースシステム:標準モータ,制御なし	25

×

【省エネ手法毎の掛け率(100%以上で増大、未満で削減)】

温度制御導入(一部機械室)	76%
---------------	-----

○照明システム

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]
ベースシステム:H型蛍光灯(事務室等),Hf型蛍光灯ダウンライト式(バック系統),制御なし	318

×

【省エネ手法毎の掛け率(100%以上で増大、未満で削減)】

在室検知制御(便所等),初期照度補正/昼光利用(事務室等)	74%
-------------------------------	-----

○給湯システム

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]	給湯負荷[MJ/年㎡]
ベースシステム:便所の洗面器用途に個別給湯機(電気式)を設置,節水なし,保温2	26	10

×

【省エネ手法毎の掛け率(100%以上で増大、未満で削減)】

保温2→保温1	99%	99%
自動給湯栓導入	78%	78%

○昇降機システム

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]
ベースシステム:交流帰還制御	16

×

【省エネ手法毎の掛け率(100%以上で増大、未満で削減)】

VVVF(電力回生なし)	50%
--------------	-----

○その他設備等

	一次エネルギー消費量[MJ/延㎡]
コンセント接続機器等の消費エネルギー(共通)	355

3.5 まとめ

第3章では、燃料電池を利活用する技術と建物物(需要側)の各種省エネ技術について、検討を行い、以下の知見を得た。

- 1) 燃料電池および排熱利用技術の技術開発動向について調査を行い、現状の把握と課題の整理を行った。燃料電池の低コスト化、耐久性向上が普及に対しての最大の課題となるが、燃料電池のさらなる技術開発の進展や水素ハイウェイ構想等の水素供給体制の構築により、高効率なコージェネレーションシステムとしての活用が期待できる。
- 2) 建築物の用途・規模毎に燃料電池と排熱利用設備を簡易設計しシステムシミュレーションを行った結果、燃料電池の排熱利用形態と建物用途について導入適合性が確認された。蒸気排熱型および高温水排熱利用型の燃料電池(SOFC)は、どの建物用途についても一定の効果が期待でき、特に冷熱需要の割合が大きい施設(商業施設・業務施設・教育施設)での効果が高くなった。一方で、低温水排熱利用型(PEFC)は、ホテル、医療福祉施設など、給湯需要の期待できる施設では効果が見込めるが、給湯需要の少ない施設での導入効果は低い結果となった。また、建物規模との関係については、一部の冷熱源機器の性能が規模の影響を受けることから小規模かつ冷熱需要の多い建物では導入効果が小さくなる傾向を示すものの、それ以外の建物では導入効果は規模に左右されない結果となった。
- 3) 燃料電池を備えたスマートハウス(スマート水素ハウス)については、通常時の負荷平準化と停電時の自立運転を可能とするためのシステムとして、都市ガス供給による場合(太陽光発電と燃料電池による余剰電力のバッファに蓄電池を用いる)と純水素供給(水素をエネルギーバッファとする)場合の2ケースを想定し、二酸化炭素排出量を算定したところ、純水素供給と水素貯蔵を可能とすることで6割超の二酸化炭素排出量削減が期待できることが示された。
- 4) 事務所用途について建物モデルを作成し、一次エネルギー消費量算定プログラムを用いて、空調、換気、照明、給湯、昇降機に関する省エネ手法を導入した際のエネルギー消費量を算定した。算定結果は、都市CO₂計量ツールで使用できるパラメータとして、一次エネルギー消費量(エネルギー別含む)や暖冷房給湯負荷の原単位(ベースシステム)および各種省エネ手法の効果を原単位に対する比率(省エネ係数)の形で整理し、建物全体のエネルギー消費量削減に及ぼす効果を系統的にとりまとめた。

今後の課題としては、燃料電池および排熱利用技術を中心に建築の低炭素化・省エネ化

技術の今後の開発動向を確認し、低炭素化・省エネ化を検討する建築設計実務者や利用者に、継続的に定量的な検討の裏付けのある情報提供を続けていくことが必要となってくる。これは、都市全体の低炭素化を推進していくために必須であり、今後も対応を続けていく必要がある。