



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	燃料電池による住宅用コージェネレーションシステムの省エネルギー性に関する検討
Author(s)	濱田, 靖弘; 窪田, 英樹; 中村, 真人 他
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学术交流会館) . 1 建築環境とエネルギー利用 . P1-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 17-20
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7136
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-1-4_p17-20.pdf



1-4 燃料電池による住宅用コージェネレーションシステムの省エネルギー性に関する検討

濱田 靖弘 (北海道大学)
中村 真人 (北海道大学)
横山真太郎 (北海道大学)
中島 祐一 (北海道ガス)
村瀬 光則 (北海道ガス)

窪田 英樹 (北海道大学)
○伊藤 健 (北海道大学)
落藤 澄 (北海道大学)
新庄 博之 (北海道ガス)
後藤隆一郎 (北海道ガス)

はじめに

今日、二酸化炭素の増加による地球温暖化や大気汚染、化石燃料の枯渇などが問題となっており、環境保全のためにはエネルギーの有効利用が必要不可欠となっている。筆者らの研究室では、これまで太陽エネルギー・地盤熱・風力など自然エネルギーを活用した実験住宅を建設し、その省エネルギー性について明らかにしてきた¹⁾が、これらの自然エネルギー利用設備の更なる省コスト化が今後の課題となっており、省エネルギー住宅の普及に向けては、自然エネルギーの利用基盤を段階的に強化することが不可欠と考えられる。本研究では、燃料電池による熱電併給に代表される従来型エネルギーの新利用形態と自然エネルギーとの複合化を展開することを目的として、一般の住宅に高分子電解質型燃料電池を導入した場合の省エネルギー効果に関する検討を行うものである。

1. 解析方法

図-1 に住宅用コージェネレーションの概要を示す。燃料電池を用いて電力を供給し、またその排熱を給湯および暖房に利用するものである。燃料電池のみで電力負荷

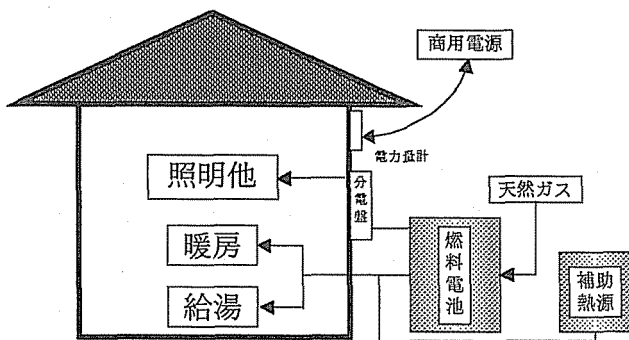


図-1 住宅用コージェネレーションの概念図

表-1 燃料電池の運転方式

運転方式	照明他	給湯・暖房
定負荷型	燃料電池+商用電源	燃料電池+(蓄熱槽)+補助熱源
電主熱従型	燃料電池	燃料電池+(蓄熱槽)+補助熱源
熱主電従型	燃料電池+商用電源	燃料電池+(蓄熱槽)

を賄えない場合は商用電源を用いるため、商用電源との系統連系システムとしている。また、熱負荷に対して燃料電池の排熱が不足する場合は、補助熱源によって不足分を賄う。

表-1 に燃料電池の運転方式を示す。運転方式としては、定負荷型、電主熱従型、熱主電従型の3通りを検討対象とした。照明・コンセントなどの電力負荷に対して、定負荷型と熱主電従型では、燃料電池と商用電源で賄い、電主熱従型では燃料電池のみで賄うことになる。また、給湯・暖房などの熱負荷に対しては、定負荷型と電主熱従型では、燃料電池の排熱と補助熱源で賄い、熱主電従型では燃料電池の排熱のみで熱負荷を賄う。また、それに対して蓄熱槽の導入も考えられる。

図-2 に省エネルギー性評価の流れを示す。まず、住宅の立地条件、仕様、居住者構成を設定する。住宅のエネルギー需要については、原単位、月別・時刻別需要比率を適用した時刻別データ(簡易分析ブロック)と分間隔の値(詳細分析ブロック)のいずれにも対応し得るものとして、解析結果に及ぼす影響などについて検討する。次いで、燃料電池の設備容量を設定し、運転特性の解析を行う。これより、天然ガス消費量、排熱量、購入電力

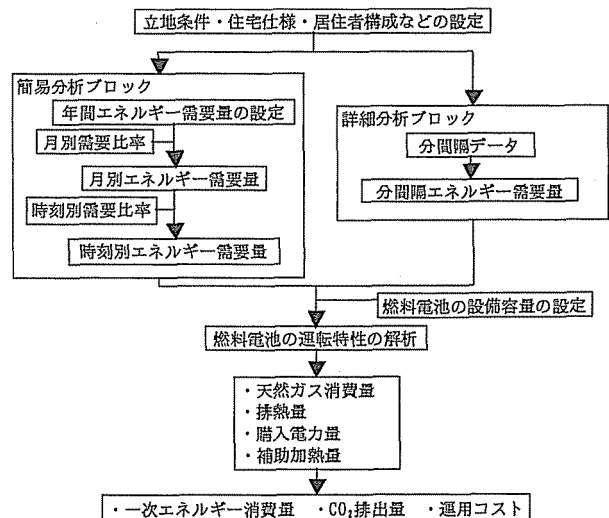


図-2 省エネルギー性評価の流れ

表-2 検討対象と計算条件

対象住宅	地域	住宅の種類	延床面積
	札幌	戸建て	約123m ²
年間エネルギー需要量[GJ/(世帯・年)]	簡易分析		詳細分析
照明他	11.4		12.0
給湯	23.9		12.9
発電・熱回収効率特性モデル	電力		熱
TYPE1(高位)	部分負荷時の効率低下有・低負荷(30%以下)時にバッテリー作動		一定効率(40%)
TYPE2(高位)	負荷効率50%まで一定効率・50%以下で効率低下有		一定効率(30%)
換算係数	商用電力	天然ガス	灯油
一次エネルギー換算係数(高位)	10.258 MJ/kW ⁷⁾	46.055 MJ/m ³ 8)	37.263 MJ/L ⁷⁾
CO ₂ 排出換算係数	0.139 kg-C/kWh ⁹⁾	0.647 kg-C/m ³ 6)	0.706 kg-C/L ⁷⁾

表-3 計算種類

	運転方式	発電・熱回収モデル	補助熱源	蓄熱槽
RUN1	定負荷型	TYPE1	灯油	無
RUN2	定負荷型	TYPE2	灯油	無
RUN3	電主熱従型	TYPE1	灯油	無
RUN4	電主熱従型	TYPE2	灯油	無
RUN5	電主熱従型	TYPE1	灯油	有
RUN6	電主熱従型	TYPE2	灯油	有
RUN7	電主熱従型	TYPE1	ガス	無
RUN8	電主熱従型	TYPE2	ガス	無

量、補助加熱量などが求まり、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、運用コストに関する従来方式との比較に基づく評価を行うものである。

2. 検討対象と計算条件

表-2 に計算対象と計算条件を示す。計算対象としては、札幌における戸建て住宅を対象とした。簡易解析に用いる年間エネルギー需要量、月別・時刻別比率には、筆者らの研究室において実施した過去の調査結果^{1)~3)}を適用した。照明他、給湯で、それぞれ、11.4、23.9[GJ/(世帯・年)]である(平均延床面積：約 123m²)。また、詳細分析では、1998 年から 1999 年にかけて行った家庭用エネルギー消費量の 5 分間隔の測定結果⁴⁾を用いた。燃料電池の特性に関しては、2 通りの発電・熱回収効率特性モデルを取り上げた。TYPE1 は、部分負荷運転時における発電効率の低下を考え⁵⁾、負荷率 30%以下では内臓バッテリーを作動させるものとした。TYPE2 では、負荷率 50%~100%の範囲では、一定の発電効率を与え、50%以下で発電効率が低下するものとした⁶⁾。また、天然ガスの換算係数については、都市ガス(13A)と成分が近いことから、同表の一次エネルギー換算係数 46.055 [MJ/m³]と CO₂ 排出量換算係数 0.647 [kg-C/m³]を用いた。

表-3 に計算種類を示す。計算は RUN1~RUN8 までの 8 通りについて実施した。今回の計算では、運転方式は、定負荷型、電主熱従の 2 つを取り上げた。また、排熱をより有効に活用するため、日積算給湯負荷の最大値に見合った貯湯槽を導入する場合の計算も行った。

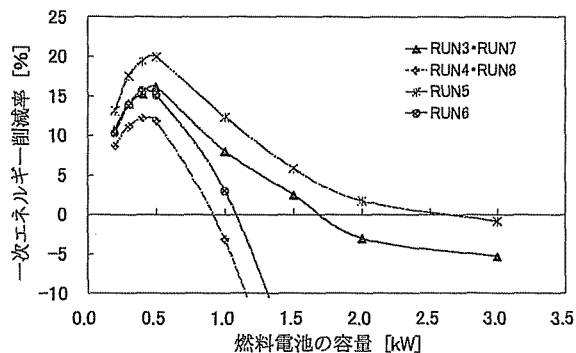


図-3 燃料電池容量と一次エネルギー削減率の関係
(燃料電池容量：0.5 kW)

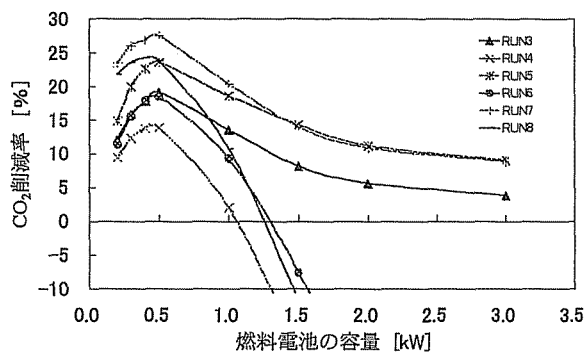


図-4 燃料電池容量と CO₂ 削減率の関係 (燃料電池容量：0.5 kW)

3. エネルギー需要原単位を用いた簡易解析

図-3 に電主熱従型の RUN3 から RUN8 における燃料電池容量と一次エネルギー削減率の関係を示す。いずれの計算種類においても 0.5 kW 付近で最大値をとっており、RUN5 では、一次エネルギー削減率が約 20%に達した。発電・熱回収効率特性の違いに関しては、低負荷時の設定の違いが大きく影響し、TYPE2 (RUN4) の省エネルギー効果は、0.9 kW 程度で負に転じる結果となった。また、蓄熱槽の効果について、RUN3 と RUN5 の比較を行うと、3~5%の削減率の改善が見られている。

図-4 に電主熱従型の RUN3 から RUN8 における燃料電池容量と CO₂ 削減率の関係を示す。一次エネルギー削減率と同様に、0.5 kW 付近で最大値をとっており、RUN7 では約 28%となった。RUN3 と RUN7 の相違は、補助熱源の種類によるものであるが、ガスボイラの採用が、環境保全性の観点からは望ましいと言える。

図-5 に RUN3 と RUN4 における月別発電効率(燃料電池容量：0.5 kW)を示す。発電効率の季節による違いは小さく、31~32%で安定した推移を示している。ただし、電力需要の大きい冬季において、RUN4 の発電効率が大きくなっているが、これは負荷率 50%以上における設定の違いが影響したものである。

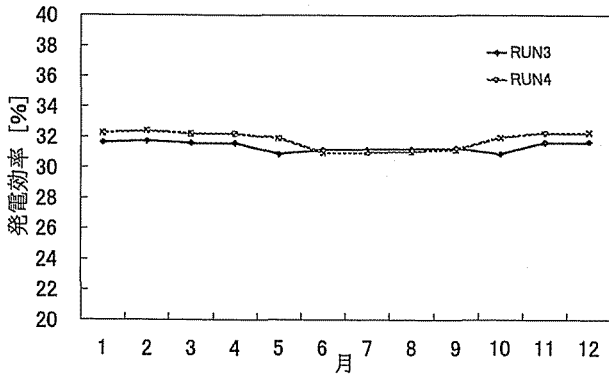


図-5 月別発電効率 (燃料電池容量 : 0.5 kW)

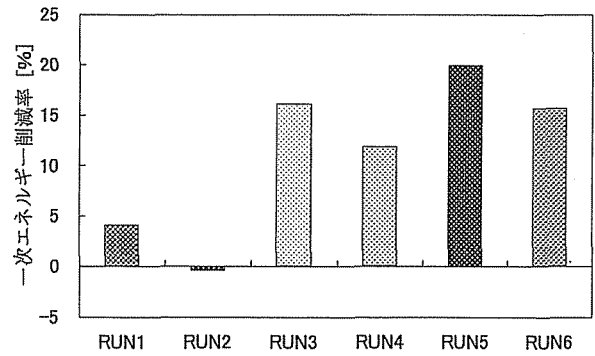


図-8 運転種類による一次エネルギー削減率の比較 (燃料電池容量 : 0.5 kW)

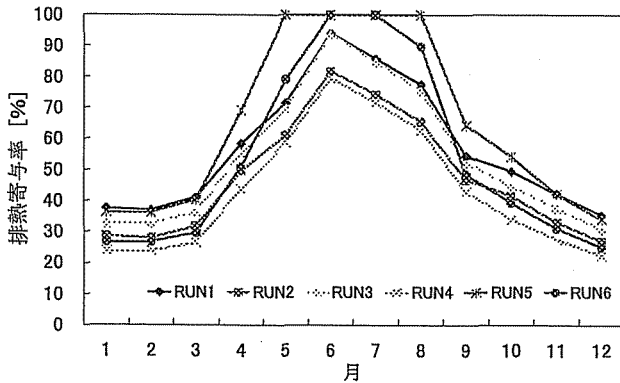


図-6 月別排熱寄与率 (燃料電池容量 : 0.5 kW)

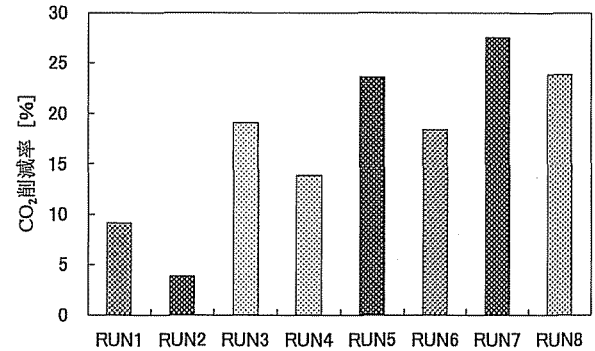


図-9 運転種類による CO2 削減率の比較 (燃料電池容量 : 0.5 kW)

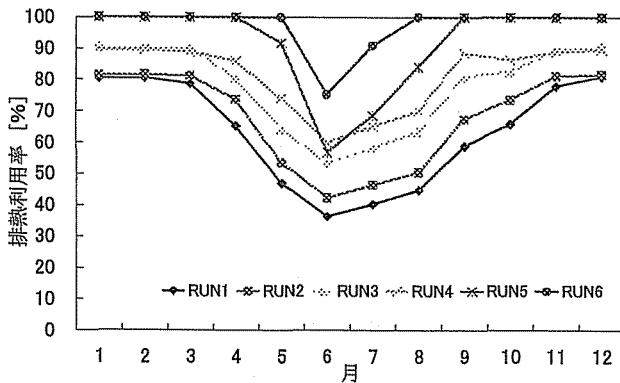


図-7 月別排熱利用率 (燃料電池容量 : 0.5 kW)

図-6 に月別排熱寄与率〔=排熱利用量/熱需要量〕(燃料電池容量 : 0.5 kW) を示す。蓄熱槽を用いる RUN5 と RUN6 の寄与率が高くなっており、夏季には、100%に達している。一方、供給側と需要側の熱電比が影響し、蓄熱槽を導入した場合でも、冬季の排熱寄与率は、35~40%にとどまる結果となった。

図-7 に月別排熱利用率〔=排熱利用量/排熱生成量〕(燃料電池容量 : 0.5 kW) を示す。排熱寄与率と同様に、RUN5 と RUN6 で利用率が高い結果となった。蓄熱槽の導入効果について、RUN4 と RUN6 の比較を行うと、季節により幅があるが、排熱利用率は 10~30%向上している。

図-8、図-9 に運転種類による一次エネルギー削減率お

よび CO₂削減率の比較 (燃料電池容量 : 0.5 kW) を示す。逆潮を考慮した定負荷型 (RUN1, RUN2) は、発電・熱回収効率特性として TYPE1 を用いた場合の RUN1 の方が、一次エネルギー削減率と CO₂削減率のどちらにおいてもよい値を示した。電主熱従型 (RUN3~RUN8) についても、発電・熱回収効率特性として TYPE1 を用い、蓄熱槽を導入した場合の RUN5 の一次エネルギー削減率が最大となっているが、補助熱源の相違から、CO₂削減率は、RUN7 が最大値をとる結果となった。

4. 分間隔データを用いた詳細分析

図-10、図-11 にそれぞれ 2. の詳細分析における時刻別平均値と 5 分間隔データを用いた場合の電力需要量と給湯需要量の関係を示す。ここでは 1998 年 11 月の測定値を用いている⁴⁾。時刻別平均の場合、全データの約 78% が 1 kW 以下・給湯需要量 5 kW 以下の範囲に集中しているが、これは主に昼間の測定値による。また、給湯が 5 kW 以上の範囲には、夕方から夜間にかけてのデータが多い。一方、5 分間隔の場合には、電力は 0~4 kW、給湯は 0~45 kW の範囲に広く分散している。このようなデータの精度の差が省エネルギー性評価結果に与える影響について検討することを目的として、代表日として 1998 年 11 月 11 日の測定値を取り上げ、一次エネルギー削減率の計

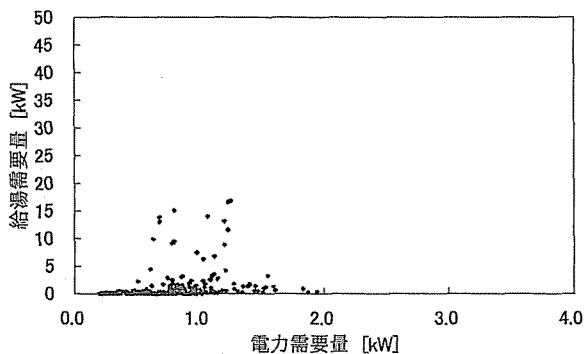


図-10 電力需要量と給湯需要量の関係 (時刻別平均)

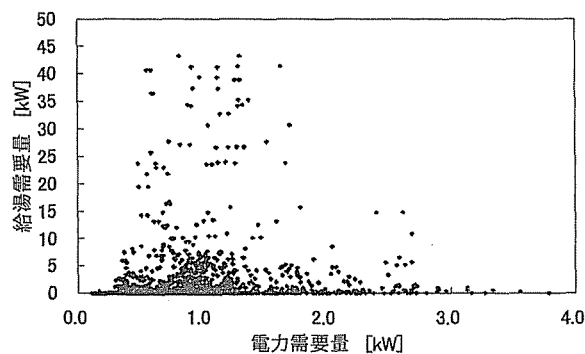


図-11 電力需要量と給湯需要量の関係 (5分間隔)

算を行った。図-12 に計算結果を示す。負荷率 100%で最大効率 35%を維持する定負荷型で、蓄熱槽を用いる場合を想定した。5分間隔データにおける一次エネルギー削減率は、燃料電池容量 0.7kW で最大値をとり約 24%という結果となった。時刻別平均値による結果との差は、2%以内となっており、両者に大きな相違は見られなかった。今後年間にわたる影響について検討を進める必要がある。

まとめ

- 1) 一般の住宅に高分子電解質型燃料電池を導入するものと想定した場合の省エネルギー性、環境保全性評価のための解析プログラムを作成し、発電・熱回収特性、運転方式、蓄熱槽などについて各種の計算条件を設定し、解析を行った。
- 2) 発電効率の季節による相違は小さく、31~32%を示した。また、蓄熱槽を用いた場合の夏季の排熱寄与率は 100%に達しており、排熱利用率についても 10~30%向上する結果となった。
- 3) いずれの計算条件においても、燃料電池の適正容量は、0.5 kW 程度という結果が得られた。また、蓄熱槽を導入した場合の一次エネルギー削減率は、約 20%であった。
- 4) エネルギー需要量に関する時刻別平均値と 5分間隔データの比較を行うとともに、代表日を取り上げて、一次エネルギー削減率の推定精度に関する評価を行

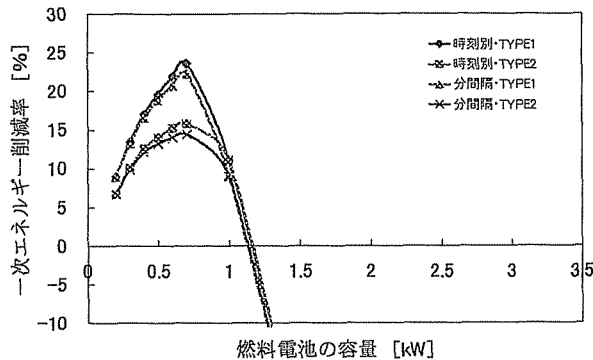


図-12 エネルギー需要データの精度 (時刻別・分間隔) が解析結果に及ぼす影響 (1998/11/11)

った結果、両者の差は 2%以内となった。

本研究の一部は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業における“環境低負荷型の社会システム”研究領域〔研究統括：茅 陽一教授 (慶應義塾大学)〕の公募研究“自立型都市をめざした都市代謝システムの開発”〔研究代表者：柏木孝夫教授 (東京農工大学)〕によった。

参考文献

- 1) 濱田靖弘・落藤 澄ら：自然エネルギーをハイブリッドに活用したエネルギー自律型住宅に関する研究 (第 1~3 報), 空気調和・衛生工学会論文集 (1999~2001)
- 2) 成田樹昭・落藤 澄ら：札幌市における低温都市排熱の利用に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, 59 (1995-10), pp.49~59
- 3) 落藤 澄ら：住宅用エネルギーの季別別負荷解析及び負荷の準化に関する研究, 空気調和・衛生工学会論学術講演会講演論文集 (1996-10), pp.761~764
- 4) 中村真人・落藤 澄ら：北海道における家庭用エネルギー消費構造とその季別変動の実態調査 (第 1~2 報), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (1999~2000)
- 5) 銚井修一ら：住宅への燃料電池導入の可能性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (2000-9), pp.1067~1068
- 6) 水野 稔ら：民生用熱源システムの総合評価手法に関する研究 (第 6 報), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (2000-9), pp.993~996
- 7) 省エネルギーハンドブック編集委員会：省エネルギーハンドブック'98 (1998-4), pp.51, (財)住宅・建築省エネルギー機構
- 8) 空気調和・衛生工学会：都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価 (1994-6), 丸善
- 9) 地球環境に関する委員会：地球環境時代における建築設備の課題 (1995-7), pp.72, 空気調和・衛生工学会