



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	実証実験に基づく自然エネルギー・燃料電池活用型住宅用複合システムの開発と総合評価 -分散型システムのためのネットワーク・設備共有化の効果-
Author(s)	辻, 将行; 濱田, 靖弘; 中村, 真人 他
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 6 建築 都市環境とエネルギー有効利用 . 6-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 169-172
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/1257">https://hdl.handle.net/2115/1257</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-1_p169-172.pdf



## 6-1 実証実験に基づく自然エネルギー・燃料電池活用型住宅用複合システムの開発と総合評価—分散型システムのためのネットワーク・設備共有化の効果—

○辻 将行、濱田靖弘、中村真人、窪田英樹、落藤 澄（北海道大学）  
後藤隆一郎、村瀬光則（北海道ガス）

### はじめに

本研究は、燃料電池活用型住宅用エネルギーシステムの導入可能性を明らかにし、安定的な分散型エネルギーシステムの構築を目指すことを目的として、燃料電池のエネルギーネットワークシステム、集住型設備共有システムに対する数値シミュレーションを行うものである。まず、最適運転シミュレーションにより各システムの商用システムとの連系量を算出し、個別に商用システムと連系する戸建住宅システムとの連系量を比較し、省エネルギー性、環境性、経済性に関する評価を行う。次いで、ネットワークシステムにおける世帯数と導入効果の関係に関する基礎的検討を行う。

### 1. 対象世帯概要と戸建住宅システム

#### 1.1 検討対象と計算条件

検討対象は表-1 に示した 11 世帯とした。各世帯の電力・給湯需要<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup> に対し、既報<sup>3)</sup> による最適運転プログラムを実行し、電力需要量と燃料電池発電量の差から商用システムとの連系量を算出した。表-2、図-1、図-2 にそれぞれ計算条件、プログラムフロー、システムモデルを示す。燃料電池の熱効率に関しては、既報<sup>4)</sup> から部分負荷による低下は無視できるものとして一定とし、起動・待機時のエネルギー消費については考慮しないものとした。また、比較する従来方式は商用電力およびガスボイラ（ボイラ効率：0.75<sup>5)</sup>、電力消費量：200 kW）を用い、余剰発電量の逆潮流は可能であるとした。計算は従来方式計算部、燃料電池方式計算部において、それぞれ時刻別に行い、時刻毎の一次エネルギー消費量を最小にするも

のである。さらに、燃料電池方式計算部では、燃料電池容量によるループを設けることにより、最適な燃料電池容量を算出する。

#### 1.2 戸建住宅システム

図-3 に戸建住宅システムの概念図を示す。戸建住宅システムとは各世帯に設置された燃料電池が、それぞれ商用システムと連系しているシステムとした。図-4 に戸建住宅システムの時刻別年間系統連系量を示す。11 世帯での年間合計商用電力購入量は 63 GJ、逆潮流量は 15 GJ となった。また、

表-2 計算条件

直流端発電効率	交流端発電効率	排熱回収効率	各世帯負荷率
42.5%	28.8%	49.2%	1kW
	補助ボイラ	補助ボイラ効率	補助ボイラ用コスト
	200W	75.0%	92円/m <sup>3</sup>
原単位	天然ガス		商用電力
一次エネルギー消費量	46.61 MJ/m <sup>3</sup> <sup>5)</sup> (HHV基準)		9.887 MJ/kWh <sup>6)</sup>
CO <sub>2</sub> 排出量	0.644 kg-C/m <sup>3</sup> <sup>5)</sup>		0.131 kg-C/kWh <sup>6)</sup>
コスト	燃料電池用：70円/m <sup>3</sup>		23.5円/kWh <sup>7)</sup>

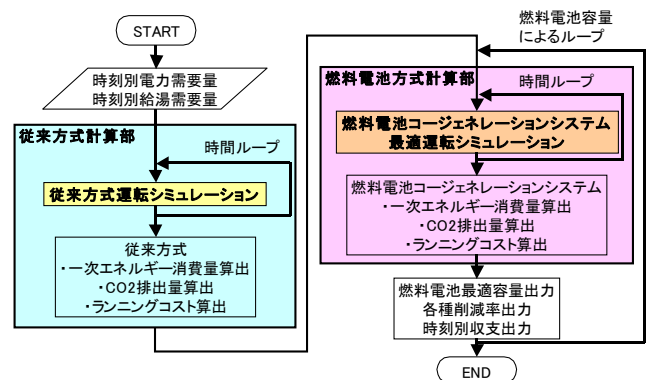


図-1 最適運転プログラムフロー

表-1 検討対象世帯

住宅の種類	戸建住宅									集合住宅	
	高断熱・高気密			標準的断熱						戸建一般	集合一般
世帯名	B邸	C邸	D邸	E邸	F邸	G邸	I邸	J邸	K邸	戸建	集合
世帯員数	4	3	3	4	5	5	2	3	5		
有職者数	3	2	1	1	1	1	0	1	1		
床面積[m <sup>2</sup> ]	111	214	107	133	125	104	157	78	65	123	50
電力需要[GJ]	16.0	10.1	7.9	12.3	16.1	7.9	9.5	12.2	15.4	9.5	5.7
給湯需要[GJ]	19.9	10.1	10.4	15.2	21.3	10.8	9.6	12.2	11.9	17.1	7.8

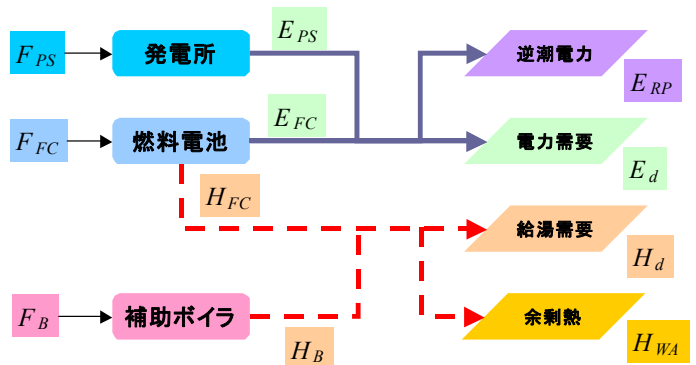


図-2 電力・給湯システムモデル

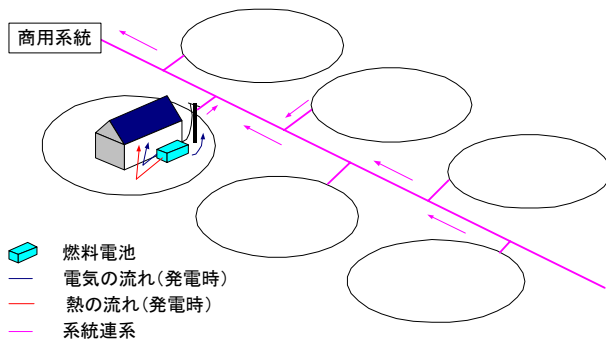


図-3 戸建住宅システム概念図

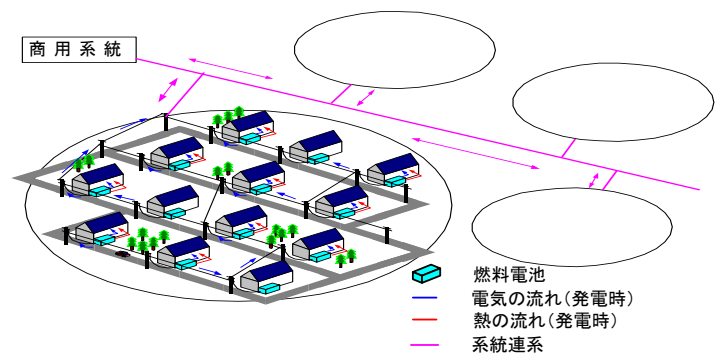


図-5 ネットワークシステム概念図

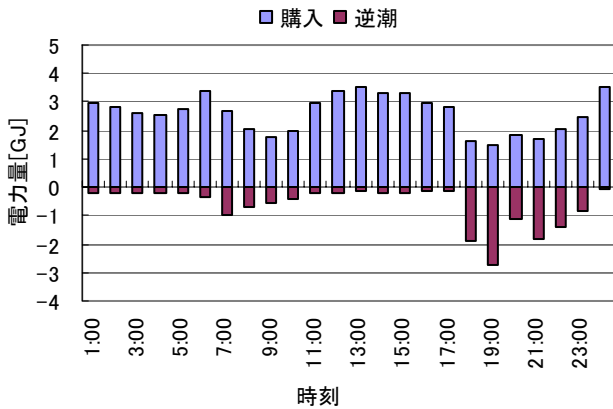


図-4 時刻別年間系統連系量 (戸建住宅)

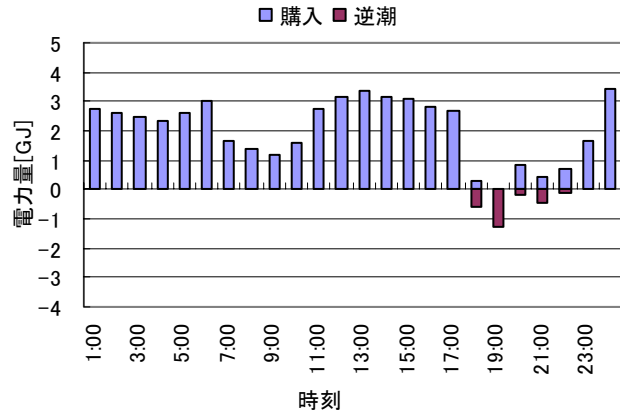


図-6 時刻別年間系統連系量 (ネットワークシステム)

従来方式に対する一次エネルギー削減率は 19%、逆潮分を除いた一次エネルギー削減率は 12%となった (図-12)。

## 2. エネルギーネットワークシステム

図-5 にエネルギーネットワークシステムの概念図を示す。エネルギーネットワークシステムとは各世帯に設置された燃料電池が、相互に電力の融通を行うことのできるシステムとした。このシステムを構築することによって、ネットワーク化された各世帯の電力負荷を平準化することが可能となり、商用系統との連系量が削減される。図-6 にネットワークシステムの時刻別年間系統連系量を示す。11 世帯での年間合計商用電力購入量は 50 GJ、逆潮量は 2 GJ となった。図-10 に系統連系量の比較を示す。戸建住宅システムと比較して、購入電力量が 20%、逆潮電力量が 83%と、逆潮電力量が大幅に削減される結果となった。また、図-11 に各システムの発電・排熱寄与率を示す。逆潮電力量が減少し燃料電池発電量が有効に利用されることにより、発電寄与率に 10%の向上が見られた。排熱寄与率および一次エネルギー削減率、に関しては、燃料電池発電量が等しいため戸建住宅システムと同様の結果となったが、逆潮分を除いた一次エネルギー削減率は 18%と高い

値を示した (図-12)。

## 3. 集住型設備共有システム

図-7 に集住型設備共有システムの概念図を示す。集住型設備共有システムとは、1つの燃料電池によって複数の住宅の電力・熱需要を賄うシステムである。このシステムでは、各世帯の電力負荷と熱負荷の比である熱電比を平準化することが可能となり、商用系統との連系量が削減されると考えられる。表-1 に示した 11 世帯の総需要に対して前述の最適運転プログラムによって解析を行った。図-8 に燃料電池最適容量の算出結果を示す。11 世帯の合計電力・給湯需要に対する燃料電池最適容量は 9.85 kW であり、そのときの一次エネルギー削減率は約 22%となった。図-9 に設備共有システムの時刻別年間系統連系量を示す。年間合計商用電力購入量は 46 GJ、逆潮量は 9 GJ となり戸建住宅システムに対して購入電力量が 27%、逆潮電力量が 40%削減される結果となった (図-10)。また、熱電比が平準化されることから発電寄与率・排熱寄与率とも 3つのシステム中最も高く、特に排熱寄与率は 88%に達した。さらに、一次エネルギー削減率は 22%、逆潮分を除いた一次エネルギー削減率は 17%となった (図-12)。

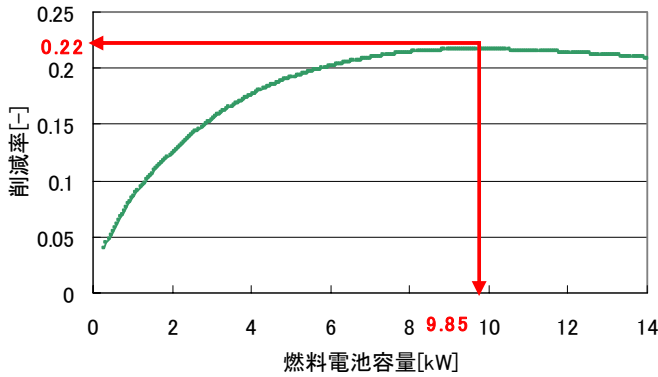
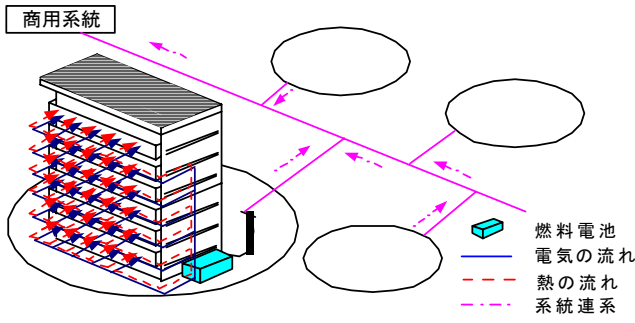


図-7 設備共有システム概念図

図-8 設備共有システム最適容量

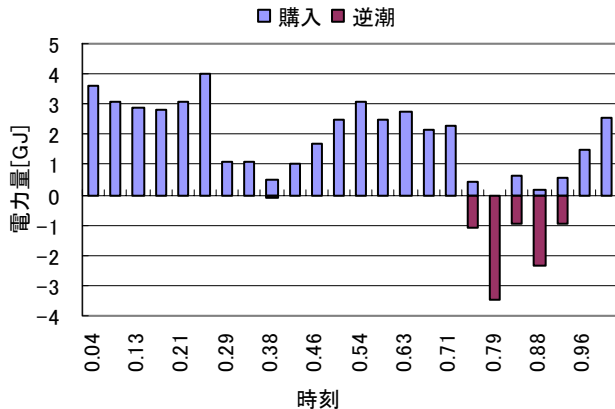
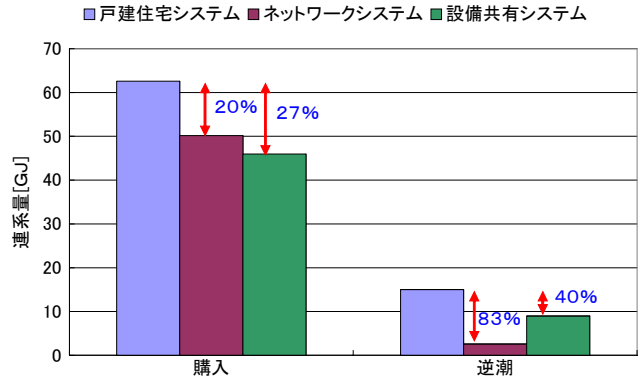


図-9 時刻別年間系統連系量  
(設備共有システム)

#### 4. 世帯数と導入効果の関係に関する基礎的検討

世帯数と導入効果の関係に関する基礎的検討として、2で述べたネットワークシステムに対し、乱数を用いた簡易評価プログラム<sup>9)</sup>を作成し数値シミュレーションを行った。図-13に乱数プログラムフローを示す。データは、各世帯に最適運転プログラムを実行することにより得られた時刻別燃料電池発電量と、時刻別電力需要量の差によって算出される時刻別系統連系量を用いた。乱数の発生により表-1に示した11世帯から任意の対象世帯を決定し、戸建住宅システム・ネット



ワークシステムのそれぞれに対して商用システムと

図-10 系統連系量比較

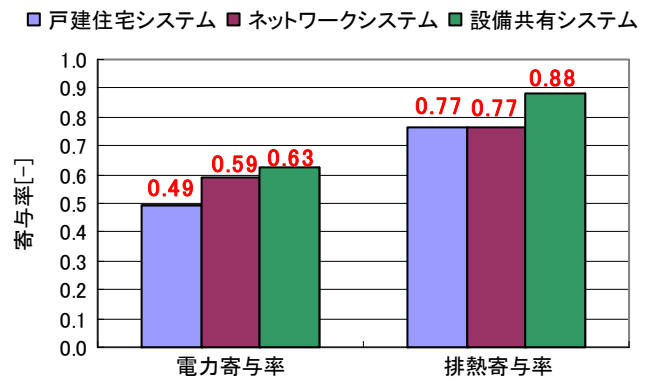


図-11 発電・排熱寄与率

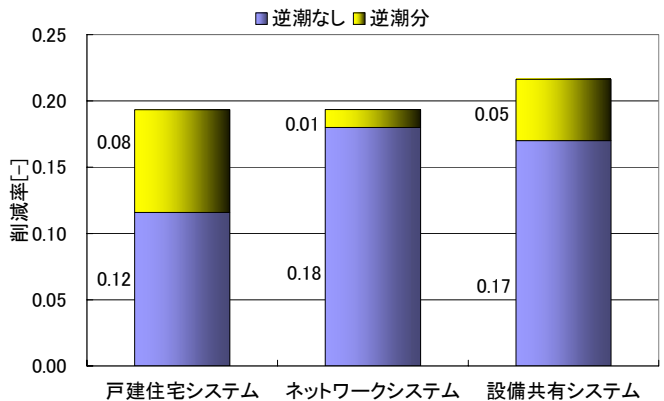


図-12 一次エネルギー削減率

の系統量を算出した。解析は1世帯から100世帯まで行い、この操作を60回繰り返すこととした。図-14に解析結果として60回の平均値と標準偏差を購入電力量・逆潮電力量のそれぞれについて示す。世帯数が増加するにつれて、依存率は低下する結果となった。特に、逆潮依存率は、数世帯のネットワークを形成するだけでも大幅に削減され負荷平準化の効果が期待できることが分かった。また、標準偏差も世帯数の増加と共に減少し、20世帯程度でほぼ一定値に近づいていること

が分かる。この結果とシステムの制御性を考慮

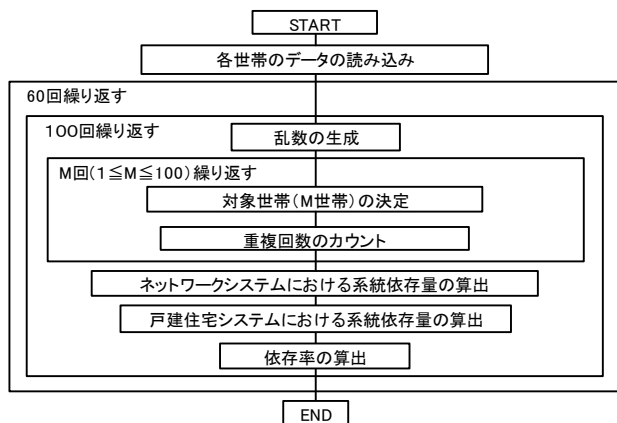


図-13 乱数プログラムフロー

すると、20 世帯程度の住宅でネットワークシステムを構築することが望ましいと考えられた。

### まとめ

- (1) エネルギーネットワークシステムとして 11 世帯で電力の融通を行うことを想定して数値シミュレーションを行ったところ、戸建住宅システムに対し、商用系統への依存率は、購入で 20%、逆潮で 83%削減され、特に逆潮量において大幅な削減が見られた。また、発電寄与率は 59%、排熱寄与率は 77% となり一次エネルギー削減率は 19%、逆潮分を除いた一次エネルギー削減率は 18%と高い値を示した。
- (2) 集住型設備共有システムとして、11 世帯の電力・給湯需要を 1 つの燃料電池で賄うことを想定して最適運転シミュレーションを行った結果、燃料電池最適容量は 9.85 kW であり、この時の戸建住宅システムに対する商用系統への依存率は、購入で 27%、逆潮で 40%削減された。また、電力寄与率は 63%、排熱寄与率は 88%となり一次エネルギー削減率は 22%、逆潮分を除いた一次エネルギー削減率は 17%となった。
- (3) 世帯数と導入効果の関係に関する基礎的な検討として、乱数を用いた簡易評価プログラムを作成し解析を行ったところ、世帯数が増加するにつれて依存率は低下していった。特に逆潮依存率は数世帯のネットワークを形成するだけでも大幅に削減され負荷平準化の大きな効果が期待できることが分かった。また、標準偏差も世帯数の増加と共に減少し、20 世帯程度でほぼ一定値に近づくと考えられた。この結果とシステムの

制御性を考慮すると、20 世帯程度の住宅でネットワークシステムを構築することが望

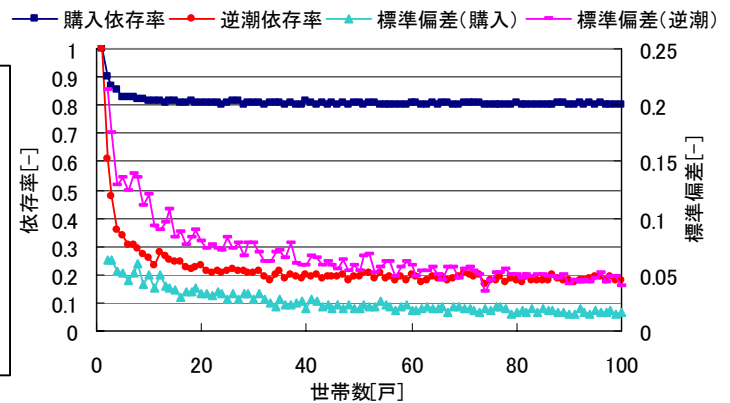


図-14 依存率の推移

ましいと考えられた。

終わりに、本研究の遂行にあたり、荏原バロード株式会社、および株式会社荏原製作所の関係諸氏に多大なご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)14550587“実証実験に基づく自然エネルギー・燃料電池活用型住宅用複合システムの開発と総合評価”〔研究代表者：窪田英樹(北海道大学教授)〕によった。

### 参考文献

- 1) 嶋原亮ら：北海道における家庭用エネルギー消費構造とその季節別変動の実態調査(第1報) 目的および調査内容、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(1999-9)、pp.657-660
- 2) 濱田靖弘ら：北海道における家庭用エネルギー消費構造とその季節別変動の実態調査(第2報) 調査結果と考察、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2000-9)、pp.273-276
- 3) 伊藤健ら：実証実験に基づく自然エネルギー・燃料電池活用型住宅用複合システムの開発と総合評価(第2報) 燃料電池の運転特性と導入効果に関する解析、空気調和・衛生工学会論文集(2003-9)、pp.345-348
- 4) 後藤隆一郎ら：燃料電池による住宅用エネルギーシステムの導入可能性評価(第1報) 発電・排熱回収特性に関する実験、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2002-9)、pp.1353-1356
- 5) 空気調和・衛生工学会編：空気調和・衛生工学便覧、第12版2(1995)、pp.239-266
- 6) 佐藤秀紀ら：住宅用エネルギーの季節別負荷解析及び負荷の平準化に関する研究、空気調和・

衛生工学会学術講演会講演論文集 (1996-9)、  
pp.761-764