

# PV/FC システムの負荷形状による CO<sub>2</sub>削減量と経済性への影響

Eliminated volume of CO<sub>2</sub> emissions and effects on Economical efficiency  
of PV/FC system for various load patterns

山崎 猛 \*1  
Takeshi YAMAZAKI

望月信助 \*2  
Shinsuke MOCHIZUKI

谷辰夫 \*3  
Tatsuo TANI

## Abstract

PV/FC system is consisted of photovoltaic power system and fuel cell generation system. This system is very easy to operate it, and its capacity is flexible. In this paper, the annual amount of electric power loads and the amount of hot-water supply loads were aimed at the individual residence which is 14000kWh, respectively. This value is equivalent to four houses. The economical efficiency in considering annual CO<sub>2</sub> emissions and an annual carbon tax was searched for by the simulation.

As a result, it is found that the best system is 2kW in capacity of a fuel cell, and it is the operation mode of 2.2. Operation mode best from the viewpoint of economical efficiency is the method of fixed operation through every year, which is the mode 1. It can be concluded from these things that PV/FC system is an outstanding system.

キーワード : 太陽電池, 燃料電池, ハイブリッドシステム

Keywords : photovoltaic array, fuel cell, hybrid system

## 1. はじめに

最近, ガススタービンや太陽光発電, 燃料電池などの研究開発が進み, エネルギーの供給形態は集中型からオンライン型分散型へと関心が移りつつある。たとえば, 駅ビルなどの大型建築物へのエネルギー供給は負荷の容量に合わせたガススタービンなどによるコージェネレーションシステムや個人住宅などへの太陽光発電システムの導入がそれである。また, 燃料電池は地球環境負荷の軽い小型分散型のエネルギー供給システムとしての実用化が期待されている。近い将来, 自動車の駆動動力源や個人住宅の電源として普及する可能性もある。

本研究では太陽光発電システム(以下 PV と称する)と都市ガスを燃料とした燃料電池システム(固体高分子型燃料電池を想定した。以下 FC と称する)とを組み合わせた PV/FC ハイブリッドシステムに関する諸特性をシミュレーションにより求め, 記述したものである。すなわち, 現代のエネルギー供給システムと本システムによる CO<sub>2</sub>

排出量削減量の比較や効率よく運転が可能な燃料電池の容量と運転方式をシミュレーションにより検討したので報告する。

シミュレーションは 1 時間毎に 1 年分行い, 個人住宅は 4 軒分であり, 年間負荷量は, 電力量, 給湯量ともに 3500kWh × 4 = 14000kWh とした。

## 2. システム構成

### 2-1. 基本構成と主な仕様

本論文で検討した PV/FC ハイブリッドシステムの構成は図 1 のようである。負荷へのエネルギー供給は太陽光発電と燃料電池であり, 熱エネルギーが不足する場合にはガス温水器を用いることになる。また, このハイブリッドシステムは商用電源と系統連系されており, 電力の授受が可能である。負荷の種類は電力エネルギーとエアコンを介して供給される冷暖房, 給湯用の熱エネルギーである。PV, FC の定格容量はそれぞれ 0~12kW, 0~5kW の範囲で変化させた。

本ハイブリッドシステムを構成する要素機器の仕様は表 1 と表 2 のようである。太陽電池アレイの変換効率は基準条件の下で 13% であるとした。また, インバータ効率が

\*1 東京理科大学大学院工学研究科電気工学専攻  
(〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3)  
e-mail : j4300652@ed.kagu.sut.ac.jp

\*2 東京理科大学大学院工学研究科電気工学専攻

\*3 東京理科大学工学部教授  
(原稿受付 : 2002年1月9日)

98%, ガス温水器の変換効率が 80%である。冷暖房用エアコンの変換効率は T 社製 RAS-325YDR のデータをベースにして設定し、1 時間毎の負荷量をもとに効率を計算した。定格暖房出力は 4.5kW, 定格冷房出力は 3.2kW である。さらに、固体高分子型燃料電池の発電効率、廃熱回収率は表 2 のように設備利用率の大きさによって変化するものとした。

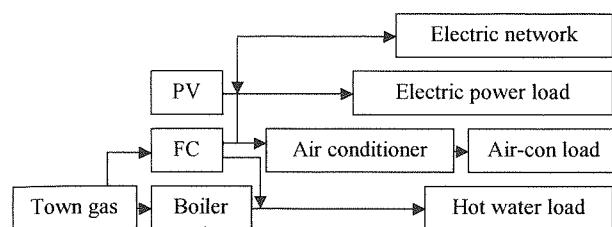


Fig. 1 System

図 1. システム図

Table. 1 Conversion efficiencies

表 1. システムの仕様

PV array	13% <sup>*1</sup>
DC/AC inverter	98%
Town gas boiler	80%
Air conditioner <sup>*2</sup> (T company make RAS-325YDR)	Heater 503%
	Cooling 478%

\*1 日射強度 1.0kW/m<sup>2</sup>, モジュール温度 25°C

\*2 電気エアコンの部分負荷効率は最大負荷・定格負荷・中間負荷・最低負荷それぞれの効率より線形に線を引き予測した数値

Table. 2 Conversion efficiencies

表 2. FC 変換効率<sup>(2)</sup>

Capacity utilization rate	100%～20%	20%～13%	13%～0%
Generation efficiency	35%	30%	20%
Rate of waste heat recovery	40%	37.5%	35%

## 2-2. PV 発電量計算方法

気象データは HASP データ(東京)の 1 時間毎 1 年分の日射量、外気温度、風速データを用い、太陽電池モジュールの変換効率を気象データを元に以下のようにして算出した。

$$T_c = 0.041I - 2.9X + 0.75T + 284 - 273 \quad (1)$$

$$\alpha = \alpha' \{1 - \beta(T_c - 25)\} \quad (2)$$

$$P = \alpha I A \quad (3)$$

ここで、 $P$ ：発電電力[W],  $A$  : PV アレイ面積[m<sup>2</sup>],

$I$  : 日射量[W/m<sup>2</sup>],  $X$  : 風速[m/s],  $T$  : 外気温度[K],

$T_c$  : セル温度[K],  $\alpha$  : 温度係数,  $\alpha'$  : 定格変換効率。

## 2-3. 運転モード

本ハイブリッドシステムの運転モードは PV が設置場所の日射パターンに合わせて発電するものとし、燃料電池、ガス温水器は 5 モードで動作するものとした。これらの運転モードの説明は次の通りである。また、貯湯槽は 400L を想定し、65 度の温水を蓄えるものとした。

### (1) 1 モード：定格型

FC は定格運転を行い、熱供給後の余熱を貯湯槽に蓄える。貯湯量が定格容量を超えると、FC の運転を停止させる。また、給湯負荷を賄いきれないときには、ガス温水器を稼働させる。

### (2) 2-1 モード：電主熱従型 1

電力負荷に追従させて FC を運転し、余熱を貯湯槽に蓄える。貯湯槽の定格容量を超えると、FC の運転を停止させる。また、貯湯槽の熱で給湯負荷を賄いきれない場合、ガス温水器を稼働させる。

### (3) 2-2 モード：電主熱従型 2

電主熱従型 1 の運転を行い設備利用率(定格運転に対する出力)が 20%以下の場合、運転を停止させる。

### (4) 3-1 モード：熱主電従型 1

給湯負荷に追従させて FC を運転し、給湯負荷を賄いきれない場合、ガス温水器を稼働させる。

### (5) 3-2 モード：熱主電従型 2

熱主電従型 1 で行い設備利用率が 20%以下の場合、FC の運転を停止させる。

## 3. 負荷パターン

個人住宅の負荷パターンは「住宅における生活スケジュールとエネルギー消費」<sup>(4)</sup>と「都市ガスによるコーポレーションシステム計画・設計と評価」<sup>(5)</sup>を参考にして作成した。4 幹分の年間合計負荷量は同じとし、負荷のピーク値が大きく負荷率(年間の最大負荷 3 日間の平均値に対する年間平均値の割合)の小さなものの(以下 H 負荷という)、負荷が平準化されていて負荷率が大きなものの(以下 L 負荷という)、さらに H 負荷パターンと L 負荷パターンの中間

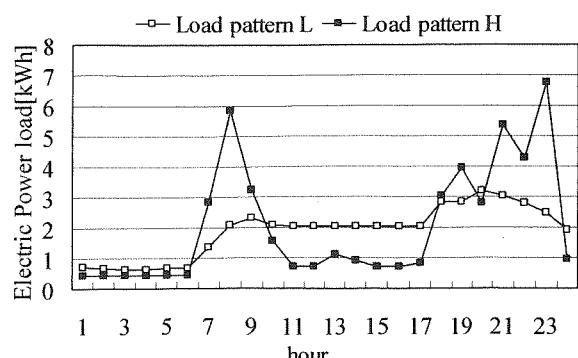


Fig. 2 Electric power load pattern

図 2. 電力負荷パターン

に位置するパターン(以下 M 負荷という)である。このうち、H 負荷パターンと L 負荷パターンの電力負荷の一例(1月 10 日)を図 2 に示す。

#### 4. CO<sub>2</sub> 排出原単位と料金

本システムの料金設定と CO<sub>2</sub> 排出原単位は以下に示す値を使用した。また、本システムは 1 つのコージェネシステムを個人住宅 4 軒に供給するため、本論文内での CO<sub>2</sub> 排出量、年間予想コストは個人住宅 1 軒分の値とする。PV、FC はローン購入を想定し、金利を 3% と設定した。

##### 4-1. 商用電源

シミュレーションにより求めた月間不足電力量、余剰電力量、負荷電力量をベースとし個人住宅の電力契約を従量電灯 30A と仮定し、表 3 より月間の電気料金を算出した。

また、商用電源による CO<sub>2</sub> 排出原単位は次のように設定した。現在の我が国の発電電力構成比は原子力が 45.0%，火力が 45.0%，水力+地熱が 10.0% であるとする。また送配電損失が 5.6%，総合損失率が 9.5% であるとして CO<sub>2</sub> 排出原単位は 0.316kg/kWh であるとした。

Table. 3 Electricity charges

表 3. 電気料金

30A contract		Price rate [yen/kWh]
Base charge	780 yen	
Budget of electric power	~120kWh	16.41
	~300kWh	21.78
300kWh~		23.85

##### 4-2. 都市ガス

都市ガスの料金を次表 4 により算出した。

Table. 4 City gas charges

表 4. 都市ガス料金

Budget	Base charge [¥]	Price rate [¥/m <sup>3</sup> ]
0m <sup>3</sup> ~ 20m <sup>3</sup>	690	127.25
20m <sup>3</sup> ~ 80m <sup>3</sup>	1040	109.75
80m <sup>3</sup> ~ 200m <sup>3</sup>	1460	104.5
200m <sup>3</sup> ~ 500m <sup>3</sup>	2000	101.8

また、都市ガスの構成を CH<sub>4</sub> が 90%，C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> が 10%，都市ガスの熱量を 11.000kcal/Nm<sup>3</sup> として CO<sub>2</sub> 排出原単位を 0.184kg/kWh と設定した。

##### 4-3. PV

住宅用太陽光発電システムの価格を生産量を年産 10MW<sup>(6)</sup> のとき 55 万円/kW とし、耐用年数を 20 年に設定した。また、CO<sub>2</sub> 排出原単位は CO<sub>2</sub> 排出原単位を 0.057kg/kWh と設定した。

#### 4-4. FC

FC の価格は 15 万円/kW とした。また、溶融炭酸塩型燃料電池のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量<sup>(7)</sup> を参考にし耐用年数を 15 年とし住宅用 PEFC の CO<sub>2</sub> 排出原単位を約 1300kg/kW と設定した。

#### 5. 計算結果

##### 5-1. 用語の定義

本論文で使用する用語を次のように定義した。

(1) FC 稼働率(operating rate of FC : ORFC)

$$\text{FC 稼働率} = \frac{\text{年間発電量}[kWh]}{\text{年間発電可能電力量}[kWh]}$$

(2) 熱回収利用率(rate of utilization for waste heat : ROH)

$$\text{熱回収利用率} = \frac{\text{年間回収廃熱の給湯使用量}[kWh]}{\text{年間廃熱回収量}[kWh]}$$

(3) 宅内利用率(rate of electricity utilization for home consumption : ROE)

$$\text{宅内利用率} = \frac{\text{年間使用量}[kWh]}{\text{システム年間発電電力量}[kWh]}$$

##### 5-2. FC 運転特性

PV 容量を 4kW 一定として FC 容量の変化に対する諸特性を求めた。負荷は M 負荷パターンである。図 3 は定格型(1 モード)で運転した際の諸特性である。図の横軸は FC 容量であり、縦軸は年間量に対する割合である。図のパラメータは FC 稼働率、熱回収利用率、宅内利用率、ガス温水器利用率(rate of utilization for town gas boiler : ROB)、CO<sub>2</sub> 排出率である。これらは 5-1 の用語の定義に従うが、ガス温水器利用率、CO<sub>2</sub> 排出率は FC を使用していないシステムを基準(100)としたときの各々の割合である。また、図 4 は図 3 と同じシステム構成であり熱主電従型 2(3-2 モード)で運転した際の特性である。さらに、表 5 はすべての運転モード 5 種類について求めた FC 稼働率と年間 CO<sub>2</sub> 排出量を示したものである。これらの結果、表 5 より FC の運転方法は熱主電従型 2(3-2 モード)が最も CO<sub>2</sub> 排出量が少ないことが分かった。また、FC の最も稼働率の高い運転モードは定格型(1 モード)であることもわかった。

##### 5-3. PV 容量による特性

FC が未導入な場合と FC 容量を 2kW で運転モードを電主熱従型 2(2-2 モード)、熱主電従型 2(3-2 モード)とし、PV 容量の変化に対する諸特性を求めた。負荷は M 負荷パターンである。図 5、図 6 において横軸は PV 容量であり、縦軸は年間量に対する割合である。図のパラメータは 5-1 の用語の定義に従い、ガス温水器利用率、CO<sub>2</sub> 排出率は PV、FC を使用していないシステムを基準(100)としたときの各々の割合である。これらの結果、図 5、6 より、電主熱従型 2(2-2 モード)の稼働率が PV 容量の増加により減少し、

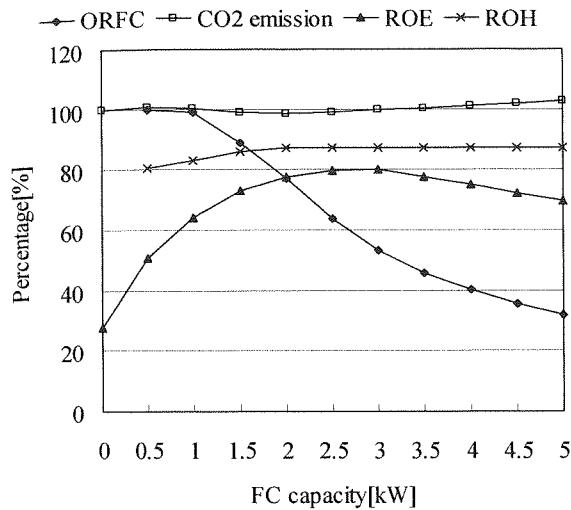


Fig. 3 Relationship between FC capacity and ORFC, CO<sub>2</sub> emission, ROE and ROH  
(In case of PV capacity : 4kW, Operating mode of FC : 1)

図3. FC容量に対する各パラメータの特性  
(PV容量:4kW, 運転モード:定格型)

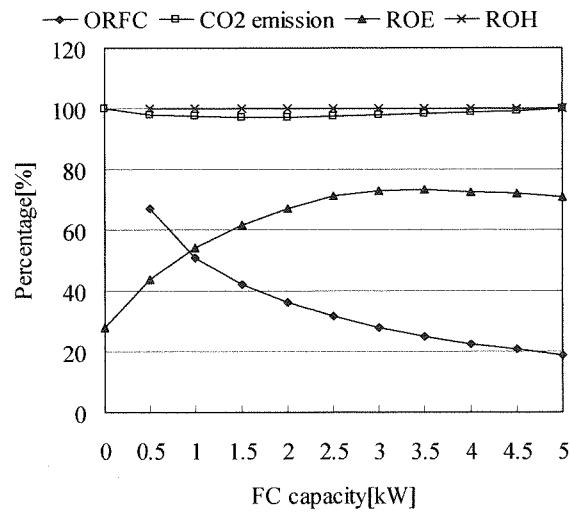


Fig. 4 Relationship between FC capacity and ORFC, CO<sub>2</sub> emission, ROE and ROH  
(In case of PV capacity:4kW, Operating mode of FC : 3-2)

図4. FC容量に対する各パラメータの特性  
(PV容量:4kW, 運転モード:熱主電従型2)

Table. 5 ORFC and CO<sub>2</sub> emissions according to operating mode(PV capacity : 4kW, FC capacity : 2kW)

表5. 運転モード別 FC稼働率[%]と年間CO<sub>2</sub>排出量[kg]値  
(PV容量 4kW, FC容量 2kW)

Operation mode	ORFC [%]	CO <sub>2</sub> emissions [kg]
1	77.1	1475
2-1	44.7	1510
2-2	43.8	1503
3-1	38.6	1468
3-2	36.4	1455

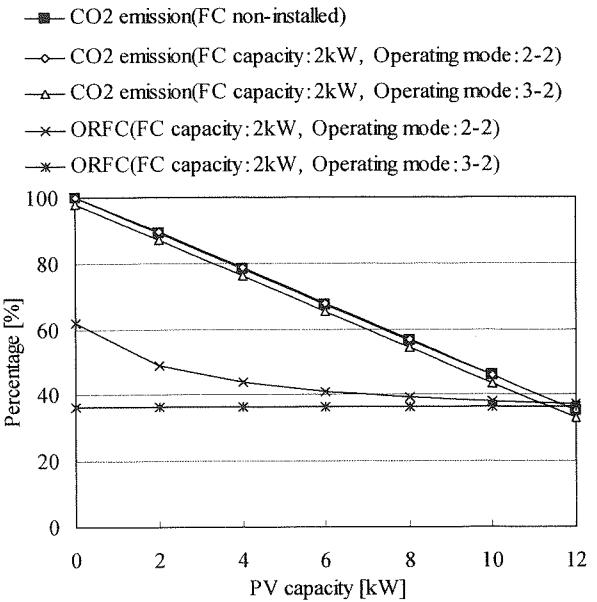


Fig. 5 Relationship between PV capacity and ORFC, CO<sub>2</sub> emission  
(In case of FC capacity: 2kW)

図5. PV容量に対するFC稼働率, CO<sub>2</sub>排出量

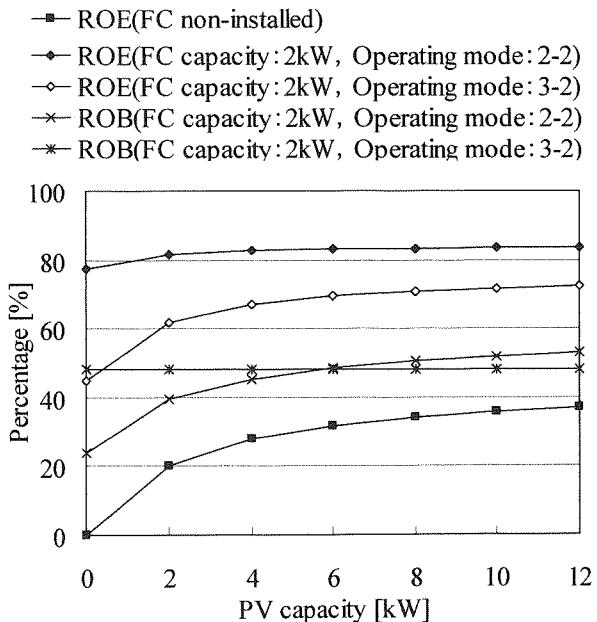


Fig. 6 Relationship between PV capacity and ROE, ROB  
(In case of FC capacity: 2kW)

ガス温水器利用率が上昇していることが分かった。また、CO<sub>2</sub>排出率はPV容量の増加にほぼ比例した減少量を示していることが分かった。熱主電従型によりFCを運転した場合、PV容量の変化により稼働率が変動しない理由は、FCが給湯負荷に連動して駆動しているためPVの発電電力量に左右されないためである。

#### 5-4. CO<sub>2</sub>排出量

PV容量を変化させてもCO<sub>2</sub>排出量が最小となるFC容

量は、負荷形状、運転方法を決定した場合はほぼ一定となり表6のようになった。FCを効率の悪い低負荷での運転、電力負荷に追従させての運転を行うことによる廃熱利用の不完全性などでコージェネの効果が薄れ、負荷形状によりCO<sub>2</sub>排出量が最小となるFC容量が変化するものと思われる。

しかし、図5からわかるようにPV容量を増すことで一様にCO<sub>2</sub>排出量は大きく減少していることがわかる。PV未設置の運転方法別年間最小CO<sub>2</sub>排出量を表7に示す。表7より、H負荷パターンを除いて熱主電従型1(3-1モード)、熱主電従型2(3-2モード)の方が定格運転よりCO<sub>2</sub>削減効果があることがわかる。尚、PV、FC未設置時の住宅1軒分のCO<sub>2</sub>排出量は1911kgとなった。

Table. 6 FC capacity of minimum CO<sub>2</sub> emission according to operating mode

表6. 運転モード別CO<sub>2</sub>排出量最小FC容量

Operating mode	FC capacity of minimum CO <sub>2</sub> emission [kW]		
Load pattern	L	M	H
1	2	2	2
2-1	1.5	0	0
2-2	2	2.5	0
3-1	1.5	1	2
3-2	2	2	2

Table. 7 PV non-installed CO<sub>2</sub> emission

表7. PV未設置時のCO<sub>2</sub>排出量

Operating mode	CO <sub>2</sub> emission [kg]		
Load pattern	L	M	H
1	1889	1889	1895
2-1	1904	1909	1911
2-2	1902	1905	1911
3-1	1851	1877	1902
3-2	1845	1845	1902

### 5-5. 経済性評価

年間のPV設置、FC設置の減価償却費、電気料金、ガス料金を積算した最小値をそのときのPV、FC容量とともに表9から表11に示す。また、M負荷パターンにおいてFC未設置時でPV容量を変化させた場合の年間料金を表8に示す。これらの結果、年間最低料金は稼働率の大きな定格型(1モード)が最小の値を示し、他の運転方法の年間最低料金差は、負荷が平準化されていないものほど大きな値となった。また、PV導入により、CO<sub>2</sub>削減効果は大きいものの経済性を求めるのは困難である事が明らかになった。

Table. 8 FC non-installed cost(Load pattern M)

表8. FC未設置時の年間料金(M負荷パターン)

PV capacity [kW]	Cost[yen]	PV capacity [kW]	Cost[yen]
0	127,700	8	163,400
2	135,000	10	175,100
4	142,500	12	186,900
6	152,100		

Table. 9 Minimum cost with Load pattern L according to operating mode

表9. L負荷パターン時の年間最低料金

Operating mode	PV capacity [kW]	FC capacity [kW]	Cost [yen]
1	0	1.5	116,000
2-1	0	1.5	117,000
2-2	0	1.5	117,000
3-1	0	1.5	116,700
3-2	0	1.5	116,800

Table. 10 Minimum cost with Load pattern M according to operation mode

表10. M負荷パターン時の年間最低料金

Operating mode	PV capacity [kW]	FC capacity [kW]	Cost [yen]
1	0	1.5	115,600
2-1	0	1.5	117,200
2-2	0	1.5	117,200
3-1	0	1.5	120,500
3-2	0	2	120,400

Table. 11 Minimum cost with load pattern H according to operation mode

表11. H負荷パターン時の年間最低料金

Operating mode	PV capacity [kW]	FC capacity [kW]	Cost [yen]
1	0	1.5	115,700
2-1	0	1.5	119,400
2-2	0	1.5	119,400
3-1	0	2.5	126,500
3-2	0	2	126,500

● Operating mode:3-2 ▲ Operating mode:3-1

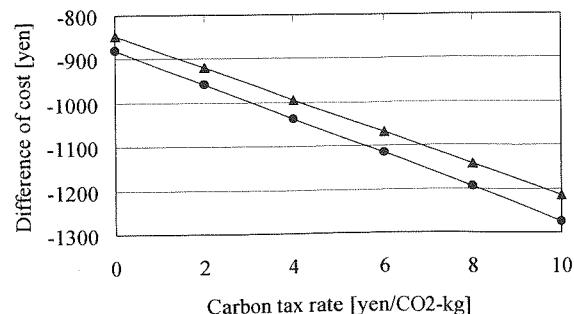


Fig. 7 The difference of minimum cost with mode 1 in terms of carbon tax rate

図7. 炭素税額に対する定格型との年間最低料金差

### 5-6. 炭素税導入時の経済性

ガソリン 1 リッター当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は約 2.16kg であり、炭素税額は炭素 1t あたり 30,000 円ガソリンでは 1 リットルあたり約 20 円上昇する<sup>(8)</sup>可能性から、10 円/CO<sub>2</sub>-kg に相当する炭素税額が十分に考えられる。このことから個人住宅で発生する CO<sub>2</sub> に炭素税が賦課された場合の年間料金求める。L 負荷パターンで PV 容量 4kW とし、炭素税額を変化させた場合の各運転方式の年間最低料金を定格型(1 モード)からの値段差にして図 7 に示す。

尚、L 負荷パターンで PV 容量 4kW、定格型(1 モード)の年間最低料金は、炭素税額 0 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 139,000 円、5 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 146,000 円、10 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 154,000 円となり、PV、FC 未設置時の炭素税額に対する年間料金は、炭素税額 0 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 127,700 円、5 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 137,200 円、10 円/CO<sub>2</sub>-kg 時約 146,800 円となった。

炭素税額を増加させた場合各運転方法の定格型(1 モード)に対する年間最低料金の特性は H 負荷パターンを除いては PV、FC にかかわらずほぼ同じ特性となり、炭素税額が増加するに従って電主熱従型 1(2-1 モード)、電主熱従型 2(2-2 モード)の運転方法では料金差は増加し、熱主電従型 1(3-1 モード)、熱主電従型 2(3-2 モード)の運転方法では減少した。

今回行ったシミュレーションの容量内では、炭素税額 10 円/CO<sub>2</sub>-kg で定格型(1 モード)より年間最低料金が安くなった運転方法があるのは L 負荷パターンの場合だけであった。また熱主電従型 2(3-2 モード)が一番安くなり、その料金差は約 1300 円であった。

### 5-7. 運転方法を月別で変更する事による効果

FC には季節により妥当と思われる運転方法があり、月別に運転方法を制御する事によりその効果を検討してみる。

負荷形状に M 負荷パターンを用い、PV 容量 4kW、FC 容量 2kW とした場合を考える。それぞれの方法で運転を行った場合の炭素税額に対する年間料金と、月別に運転方法を最適に制御した場合の年間料金を表 12 に、最適に制御した場合の各月の運転方法を表 13 に示す。

これらの結果より、給湯負荷の大きな冬場にあらかじめ熱を貯めておく定格型(1 モード)を、熱があまりがちになる夏場に熱主電従型 2(3-2 モード)を行うのが良いことがわかる。

年間料金では、年間を通して定格型で運転を行うより最適な制御を行うことで炭素税額 10 円/CO<sub>2</sub>-kg の場合約 400 円安くなることがわかった。また、このとき CO<sub>2</sub> 排出量は定格運転時より約 18kg 削減できることが明らかとなった。

Table. 12 cost for the year

表 12. 年間料金

Operating mode	Carbon tax rate [yen/CO <sub>2</sub> kg]		
	0	5	10
Controlled	139,000 円	146,300 円	153,600 円
1	139,200 円	146,600 円	154,000 円
2-1	143,300 円	150,800 円	158,400 円
2-2	143,000 円	150,500 円	158,000 円
3-1	141,800 円	148,600 円	156,500 円
3-2	141,300 円	148,100 円	155,900 円

Table. 13 Monthly operating mode on controlled

表 13. 最適な月別運転方法

	Operating mode		Operating mode
Jan	1	Jul	3-2
Feb	1	Aug	3-2
Mar	1	Sep	3-2
Apr	1	Oct	3-2
May	1	Nov	1
Jun	1	Dec	1

### 5-8. 従来型との比較

炭素税を考えず、PV、FC 未設置時を従来型とし、PV 4kW 設置時、FC 2kW 設置時、そして PV/FC 設置時の年間料金、CO<sub>2</sub> 排出量を比較した。FC の最適な月別運転方法は負荷形状、また、年間料金、CO<sub>2</sub> 排出量のどちらを重視するかにより変わってくる。年間料金を重視するならば定格型(1 モード)が、CO<sub>2</sub> 排出量を重視するならば熱主電従型が多く採用される形となった。

この結果を表 14 に示す。年間料金が安くなるのは FC のみ設置時で年間料金を重視した場合となったがその場合 CO<sub>2</sub> 削減量は PV のみ設置した場合の削減量の 1/20 と少ない削減量となった。

## 6. まとめ

コーデネーションシステムを個人住宅 4 軒分に同時に供給した場合負荷形状に対する FC の稼働率、CO<sub>2</sub> 排出量、経済性等を検討した。その結果次のことが明らかになった。

- 1) PV 容量、FC 容量、運転方法で多少差が生じるが、PV、FC、ともに設置しない場合に比べて CO<sub>2</sub> 排出量は減少する傾向が現れ、年間価格においても FC 導入により減少する事から、システム導入による期待は十分に考えられる結果を得ることができた。
- 2) FC 容量を増加することで FC 稼働率はどれも低下の傾向を示すが、定格型(1 モード)で運転を行った場合稼働率は他の運転方法より大きな値となった。

- 3) 個人住宅 4 軒に供給するにも関わらず、FC 容量が 2kW と少ない取り付け容量ですむことが明かとなつた。
- 4) CO<sub>2</sub> 排出量は H 負荷パターンでは年間合計で定格型(1 モード)が最小となり、それ以外では熱主電従型 2(3-2 モード)が最小となつた。また、L 負荷パターンでは通年を通じて毎月熱主電従型 2(3-2 モード)が最小となつた。
- 5) PV, FC の減価償却費を考慮した年間料金は稼働率の大きな定格型が最も小さい値となり、L 負荷パターンの場合のみ炭素税額を考慮すると熱主電従型 1(3-1 モード)、熱主電従型 2(3-2 モード)が定格型(1 モード)を下回る料金が現れ、年間料金、CO<sub>2</sub> 排出量ともに定格型より熱主電従型が少なくなつた。
- 6) PV 容量 4kW, FC 容量 2kW では年間料金を最低にするように月別で運転方法を最適に制御することにより、炭素税額 10 円/CO<sub>2</sub>-kg の場合、年間を通じて一定の運転方法を行った場合最も年間料金が安くなつた定格型で運転を行う場合より、金額で約 400 円、CO<sub>2</sub> 排出量で 18kg 削減できる結果を得た。
- 7) 従来型との比較では PV を設置により FC のみの設置時の約 20 倍もの CO<sub>2</sub> 排出量が削減でき、コスト面の改善により一般住宅への導入が十分可能であることが確認できた。

今回のシミュレーションにより未設置時に対して PV4kW, FC2kW 設置時の CO<sub>2</sub> 排出量は一軒当たり約 450kg であり、世帯人数 3 人以上の世帯は 2157 万世帯存在する。ことから単純計算 1000 万世帯に本論文のシステムを導入し、平均的にシミュレーションと同等の効果が上がつたと仮定すると年間 450 万トンの CO<sub>2</sub> 削減となり、この量は民生(家庭)部門からの CO<sub>2</sub> 排出量を 2.66% 削減することが可能である。筆者は本論文等のシステムの導入により省エネ意識が改善され、より一層の効果が現れることを期待する。

## 参考文献

- 1) 山崎猛・前田正史・望月信助・谷辰夫、個人住宅用 PV/FC ハイブリッドシステムの CO<sub>2</sub> 削減量による評価、太陽/風力エネルギー講演論文集(2000), 25-28.
- 2) 平成 10 年度新エネルギー等導入促進基礎調査、民生用小型分散型エネルギー・システムに関する調査 成果報告書(平成 11 年 6 月), 39, 社団法人日本電気工業会。
- 3) 財団法人 住宅・建築省エネルギー機構、SMASH for Windows Ver1.02.
- 4) 社団法人空気調和・衛生工学会シンポジウム、住宅における生活スケジュールとエネルギー消費(平成 12 年 3 月 27 日).
- 5) 社団法人空気調和・衛生工学会、都市ガスによるコーポレーションシステム計画・設計と評価(1994), 142, 新日本印刷株式会社、東京。
- 6) 加藤和彦、太陽光発電システム CO<sub>2</sub> 排出削減効果、太陽エネルギー, Vol. 25 No. 4 (1999), 10-15.
- 7) 鈴木昭男、産業用 MCFC システムの環境影響評価、季報エネルギー総合工学, 第 23 卷 第 1 号(2000), 52-62.
- 8) 環境省、中央環境審議会地球環境部会国内制度小委員会「中間とりまとめ」(2001. 7), 44.

Table. 14 compare PV/FC system to Conventional

表 14. 従来型との比較

Load pattern		Conventional	Emphasize cost				Emphasize CO <sub>2</sub> emissions	
			Install PV	Install FC	Install PV/FC	Install FC	Install PV/FC	
H	CO <sub>2</sub> emissions [kg]	1911	1497	1895	1481	1883	1469	
	Cost [¥]	128,100	142,800	116,500	139,900	119,100	140,600	
M	CO <sub>2</sub> emissions [kg]	1911	1497	1889	1462	1865	1451	
	Cost [¥]	127,900	142,500	115,700	139,000	118,000	139,800	
L	CO <sub>2</sub> emissions [kg]	1911	1497	1874	1444	1845	1432	
	Cost [¥]	127,700	142,400	115,900	138,300	117,500	139,600	