富士電機能力開発センターの新エネルギー発電システム

堀内　義実（ほりうち　よしみ）　**西原　啓徳**（にしはら　ひろのり）　**氏家　孝**（うじいえ　たかし）

1　まえがき

1997年12月に京都で開催された「気候変動枠組み条約第3回締約国会議」（COP3）以降，環境負荷低減への関心が高まっている。富士電機は，東京システム製作所内に新設された富士電機能力開発センターの研修所にアモルファス太陽光発電システム，りん酸形燃料電池発電システム，マイクロガスタービンなどの新エネルギー，コージェネレーション設備，さらにこれらを統括管理するエネルギー運用システムを導入した。本稿ではこの概要を紹介する。

2　概　要

研修所の概要を**表1**に示す。

研修所は研修施設と宿泊施設を併せ持ち，電力需要と熱需要を有している。本研修所にCO_2やNOxなどの環境負荷の低減やエネルギー利用効率の向上を目的として，新エネルギー機器として急速に拡大している太陽光発電（10 kW），分散電源およびコージェネレーション設備として環境性に非常に優れた燃料電池（100 kW），コンパクトで小容量のコージェネレーション設備として注目されているマイクロガスタービン（26 kW）を設置した。導入した全体システムの概要を**図1**に示す。エネルギー利用効率を向上させる目的で研修や宿泊の予約データから電力，熱需要を予測し，その電力需要に対しては発電効率が高い燃料電池を，熱需要に対しては排熱回収効率が高いマイクロガスタービンの排熱を主に利用するエネルギー運用システムを構築した。

変電機器においては植物油入りの変圧器を採用した。この植物油（菜種エステル油）は生分解性が高いので環境に優しく，さらに絶縁性能に優れたものである。また，IT（Information Technology）として，富士電機の各種の情報機器から成る総合情報支援システムを導入した。本稿では，特に新エネルギー機器について説明する。

なお，太陽光発電，燃料電池などの新エネルギー発電設備の導入により以下の環境負荷低減効果が見込まれる。

○CO_2削減量：約28 t-C/年（17 %削減）
　導入前169 t-C/年に対し141 t-C/年に削減
○NOx削減量：約84 kg/年（33 %削減）
　導入前253 kg/年に対し169 kg/年に削減

表1　研修所の概要

大　研　修　室	1 室
中　研　修　室	3 室
小　研　修　室	12 室
オープン研修室	2 室
宿 泊 フ ロ ア	4～6 階（バス・トイレ付き）
延 べ 床 面 積	6 階建て　約 6,000 m^2

3　発電システムの仕様

3.1　太陽光発電システム

本太陽光発電システムは，現在，事業化に向けて開発を進めているアモルファスシリコン太陽電池を使用したシステムである。このシステムはアモルファスシリコン太陽電池，10 kWパワーコンディショナおよび計測装置（気象観測装置を含む）で構成，商用連系にて運転されている。太陽電池は，研修所屋上に30度の傾斜をつけた架台上に設置した。**表2**に太陽電池・パワーコンディショナの仕様を示す。

3.1.1　太陽電池モジュール

図2に設置したアモルファスシリコン太陽電池モジュールの外観を示す。基本的なモジュール構造は，一般に結晶系に多く使用されているガラスモジュール構造を採用した。**図3**に設置状況を示す。

3.1.2　パワーコンディショナ

今回設置したパワーコンディショナは10 kWユニットインバータで，10 kWの単位で増設が可能なタイプである。インバータユニットのほか，制御機能を持つ表示ユニット，入出力ユニットから構成されており，ラックマウントタイプである。

堀内　義実

燃料電池発電プラントのエンジニアリング業務および新エネルギー発電の企画業務に従事。現在，電機システムカンパニーエネルギーソリューション室主任。

西原　啓徳

りん酸形燃料電池，溶融炭酸塩形燃料電池の開発に従事。現在，(株)富士電機総合研究所材料技術研究所太陽電池プロジェクト室主任研究員。

氏家　孝

燃料電池の設計，開発および燃料電池プラントエンジニアリング業務に従事。現在，事業開発室燃料電池部主務。日本機械学会会員。

図１　全体システムの概要

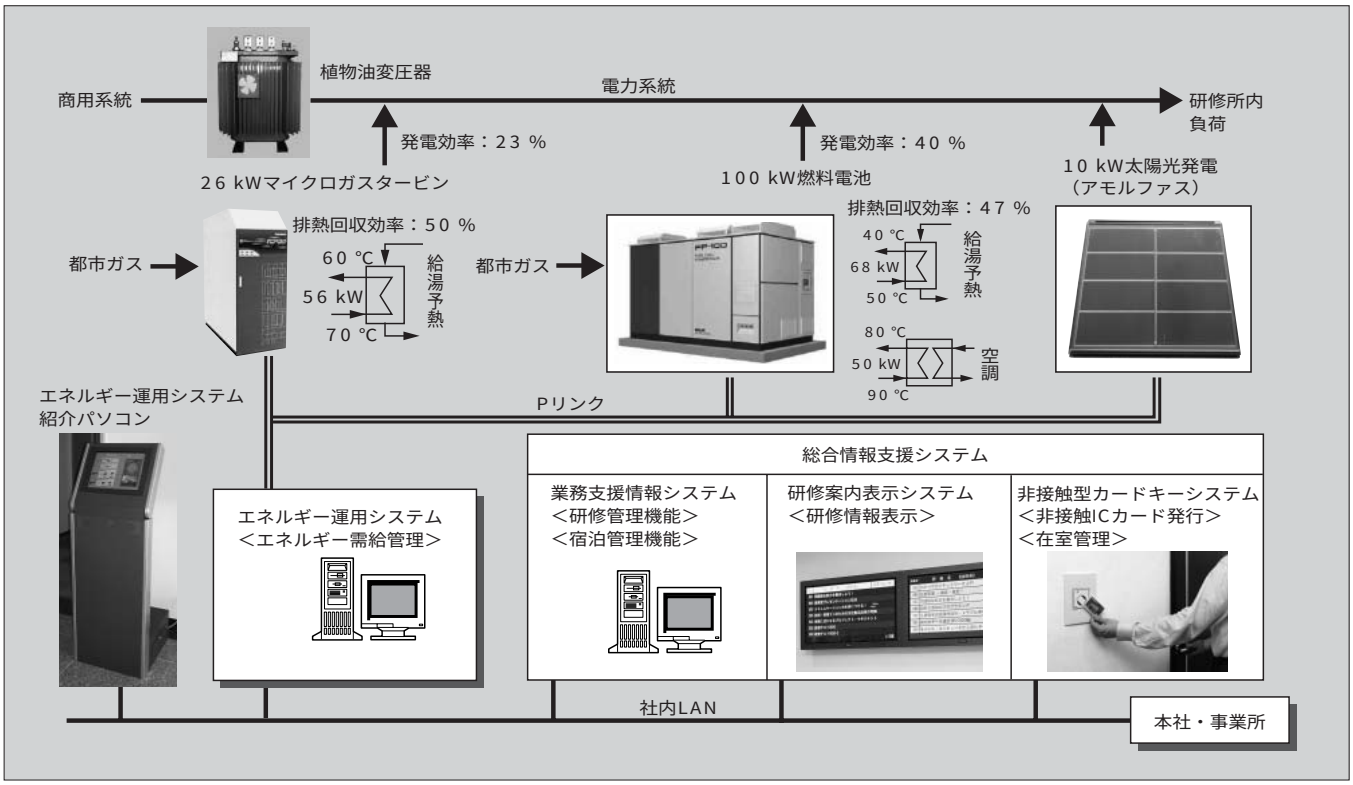


表２　太陽電池・パワーコンディショナの仕様

太陽電池	種　類	アモルファスシリコンガラス封止形
	モジュール最大出力	48 W
	モジュール枚数	210 枚（3直列×70並列）
	総設置容量	10.08 kW
	設置角度	南面　30 °
パワーコンディショナ	型　式	PVI plus10
	定格入力電圧	DC 300 V
	運転電圧範囲	DC 190～450 V
	系統条件	三相3線 210 V　50 Hz
	交流出力電力	10 kW
	実効効率	94 % 以上
	出力力率	95 %
	電流ひずみ率	総合 5 % 以下，各次 3 % 以下

図２　太陽電池モジュールの外観

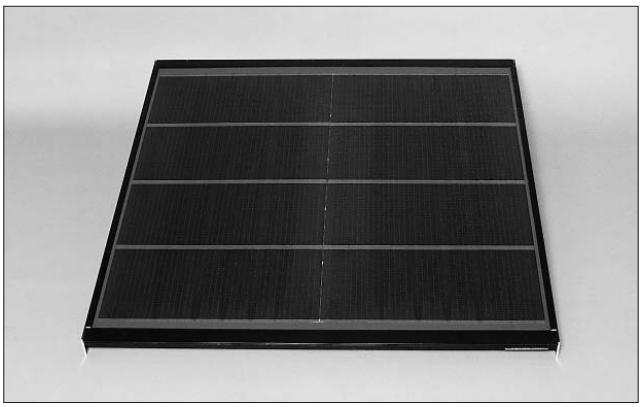


図３　太陽電池の設置状況

3.1.3　計　測

本太陽光発電システムの設置目的の一つに研究開発中のアモルファスシリコン太陽電池の実証確認がある。したがって，発電出力，気象データのほかに，特に太陽電池を小単位（サブアレイ）に分け，アモルファスシリコン太陽電池の性能評価が行えるように計測点を決定した。計測項目を**表３**に示す。この計測データはイントラネットを経由して，計測できるシステムとしている。

3.2　りん酸形燃料電池発電システム

3.2.1　100 kW りん酸形燃料電池の仕様と特長

燃料電池は第二次商品機（100F）であり，その仕様を

表３　計測項目

計測グループ	計測項目	信号種別	計測点数
太陽電池	日射量（水平，傾斜）	0～1 kW/m^2	2
	太陽電池温度	－20～＋100 ℃	9
	太陽電池出力電流	0～3 A	24
	太陽電池出力電圧	0～400 V	2
インバータ	出力線間電圧（三相）	0～300 V	3
	出力線電流（三相）	0～50 A	3
	出力電力	0～15 kW	1
	出力電力量	0.1 kW/Puls	1
気象	外気温度	Pt100 Ω	1
	湿度	0～100 %RH	1
	雨量	0.5 mm/Puls	1
状況監視	インバータ故障	オン・オフ	1
	インバータ運転・停止	オン・オフ	1
	UPS異常	オン・オフ	1

表４　燃料電池の仕様

定格出力	100 kW（送電端）
系統条件	三相3線 210 V 50 Hz
発電効率	40 %（定格時，低位発熱量基準）
排熱回収効率	47 %（定格時，低位発熱量基準）
総合効率	87 %（定格時，低位発熱量基準）
排ガス性状	NOx：5 ppm 以下（O_2＝7 %換算） SOx，ダスト濃度：検出下限界以下
燃料消費量	22 Nm^3/h（都市ガス13A）
運転方式	全自動運転・系統連系
代表寸法	2.2 m（W）×3.8 m（L）×2.5 m（H）
質量	10 t

表４に示す。発電効率は 40 %が得られ，出力が 100 kW 程度の他の発電装置と比較して高効率であり，排熱も利用すると総合効率は 87 %となる。電気出力と排熱出力の比は約１：１で，電気利用を主とするコージェネレーションに適している。排熱に関しては，発電負荷が定格時に最大となる。燃料電池の特長の一つとして，50 %程度の部分負荷でも発電効率が低下しないという特性があるが，他のコージェネレーション機器が部分負荷で効率低下が著しいことに比べると大きな特長である。

3.2.2　燃料電池発電システム

本システムは燃料電池発電装置，排熱処理設備，水処理装置，窒素設備，温水だき吸収式冷温水機で構成されており，商用連系し，連続運転を行っている。設置写真を**図４**に示す。

熱利用に関しては，高温水（90 ℃）は温水だき吸収式冷温水機（10RT）の熱源として利用し，施設内の厨房（ちゅうぼう）などの冷房に利用している。低温水（50 ℃）は，熱交換器を介して給湯予熱に利用している。

図４　燃料電池の設置状況

表５　マイクロガスタービンの仕様

定格出力	26 kW（送電端）
系統条件	三相3線 210 V 50 Hz
発電効率	23 %（定格時，低位発熱量基準）
排熱回収効率	50 %（定格時，低位発熱量基準）
総合効率	73 %（定格時，低位発熱量基準）
排ガス性状	NOx：15 ppm 以下
燃料消費量	9.7 Nm^3/h（都市ガス13A）
運転方式	全自動運転・系統連系
代表寸法	0.79 m（W）×1.9 m（L）×2.1 m（H）
質量	1.2 t

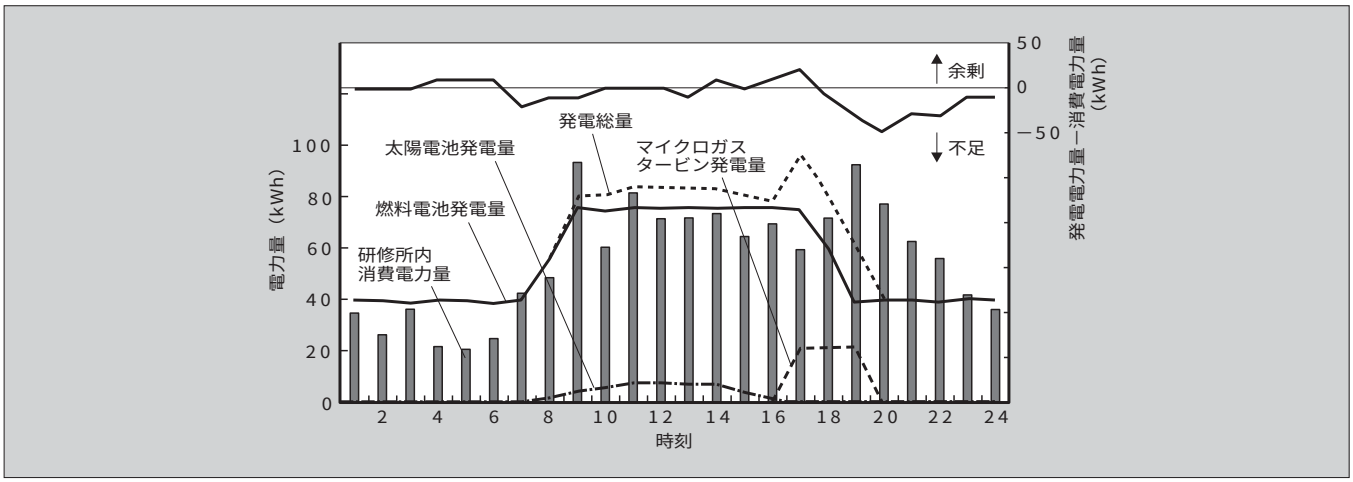
運転負荷は研修および宿泊の予約データに基づき，エネルギー運用システムにて運転パターンを選択し，それに従って制御される。

また，本システムでは，商用停電時に燃料電池で給電できるシステムを構築した。具体的には停電発生時に給電を行わない負荷フィーダを切り離す。一方，燃料電池は停電検出にてインバータ出力を停止し，一定時間後に電圧を徐々に上げるソフトスタートを行うことで，ラッシュ電流を抑えた再起動を行い，自立運転時の負荷給電を行う。なお，燃料電池の自立運転時には急激な負荷上昇とならないように特定負荷の選定や負荷投入に配慮している。

3.3　マイクロガスタービン

今回導入したマイクロガスタービンの仕様を**表５**に示す。本装置は，Capstone 社製タービン本体に排熱回収装置を付加した 26 kW マイクロガスタービン，都市ガス昇圧ブロワ，放熱器などで構成されたコージェネレーションシステムで，商用連系し，排熱は給湯予熱に利用される。電気出力と排熱出力の比は約１：２で，熱利用を主とするコージェネレーションに適している。エネルギー運用システムにより，マイクロガスタービンは熱需要が大きくなる夕方の時間帯に運転している。

図５　消費電力と発電電力の例



4　エネルギー運用システム

エネルギー運用システムとは，研修所において消費される電力や熱をエネルギー利用効率が最大となるように発電装置を運転制御するシステムであり，以下の三つの機能を備えている。

(1)　運転パターン選択機能

業務支援システムに登録された研修および宿泊の予約データを基にエネルギー使用量を演算（需要予測）し，燃料電池，マイクロガスタービンの最適な運転パターンを決定し，制御を行う。需要予測は，研修所の各種需要データの蓄積がないため，一般的な事務所ビル，ホテルのエネルギー使用量から予約された研修フロア，宿泊フロアに見合った使用量を演算している。電力需要に対しては，発電効率が高い燃料電池，熱需要（給湯）に対しては，排熱回収効率が高いマイクロガスタービンを運転することでエネルギー利用効率の向上を図っている。なお，燃料電池は連続運転が望ましいので電力需要が小さい夜間・休日は最低出力で運転する。現在は，昼間を 75 %，夜間を 40 %出力とする運転パターンとしている。**図５**に消費電力と発電電力の例を示す。発電電力でほぼ消費電力を賄っていることが分かる。

今後は研修所のエネルギー使用量のデータを蓄積・分析し，需要予測を最適なものとし，本研修所の運営に合ったエネルギー利用となるように運転パターンの検証を行う。

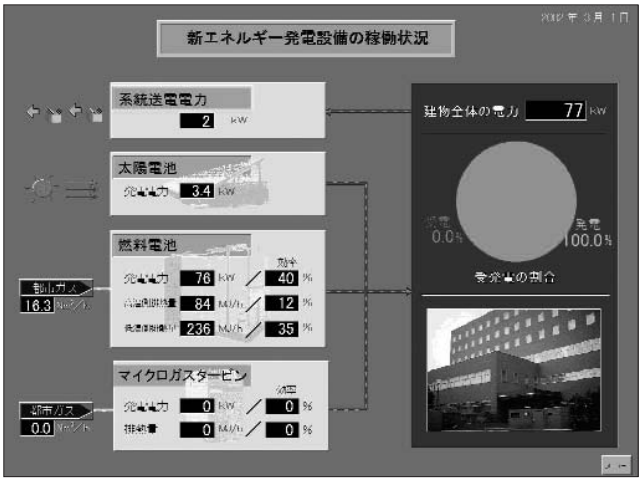
(2)　ロギング機能

燃料電池，太陽電池，マイクロガスタービンのエネルギー発生状況および建物側のエネルギー消費状況を記録し日報，月報，年報を作成する。

(3)　モニタ表示

エネルギーの発生・消費状況を研修所ロビーでモニタする機能を有している。ロビーの意匠を考慮し，ステーションタイプで液晶モニタを採用した。**図６**に新エネルギー発電設備の状態表示の例を示す。

図６　新エネルギー発電設備の状態表示の例



社内 LAN を経由して，（株）富士電機総合研究所にて太陽電池データの監視，本社事務所にて発電システムのモニタおよび監視が可能なシステムとなっている。

5　あとがき

今後はエネルギー消費状況などのデータを蓄積するとともに，環境性に配慮し，エネルギー利用効率を向上できるような運転の実証を行う予定である。また，本システムの構築，運用で得られたノウハウを基に最適なエネルギーソリューションを提供できるよう，さらなる努力を続ける所存である。

なお，燃料電池の導入に関しては，新エネルギー導入施設として経済産業大臣の認定を受け，新エネルギー・産業技術総合開発機構の新エネルギー事業者支援事業の補助を受けている。

本システムの導入にあたり，関係各位のご協力に厚くお礼申し上げる次第である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。