

リン酸型燃料電池の1,000kW級デモプラント

1,000kW Class Demonstration Plant of Phosphoric Acid Fuel Cell

永島 正明*
Masaaki Nagashima

1. はじめに

新エネルギー総合開発機構（NEDO）は、通商産業省工業技術院の大型省エネルギー技術プロジェクト（ムーンライト計画）の一環として、昭和56年度からリン酸型燃料電池発電技術の研究開発を進めている。この研究開発は、用途及び技術開発面などに特徴のある、主として分散配置用燃料電池発電システムに適する低温低圧型と火力発電所代替用燃料電池発電システムに適する高温高圧型の2方式を開発中である。昭和59年3月、通商産業省産業技術審議会省エネルギー技術開発部会評価分科会において、昭和58年度に実施した1,000kw級リン酸型燃料電池発電システムについての基本設計及び要素技術の研究開発についての中間評価を行った結果、昭和59年度から分散配置用と火力発電所代替用の2方式による1,000kw級発電プラントの試作・運転研究に着手することが決定された。

本稿は、現在NEDOが進めている1,000kw級発電プラントの建設計画について概述する。

2. 研究開発体制

1,000kw級発電プラントの分担は、分散配置用が富士電機㈱と三菱電機㈱、火力発電所代替用が㈱東芝と㈱日立製作所となっており、研究実施の重電4社体制は、競争と協調の相乗効果を生みつつ、研究開発の加速に有効に作用している。建設場所としては、関西電力㈱(分散配置用)と中部電力㈱(火力発電所代替用)の協力により両社の既設LNG火力発電所構内を予定している。

NEDOの1,000kw級発電プラントの試作・運転研究体制は図-1に示すとおりであり、本プロジェクトの円滑な遂行を図るため、運営会議と方式別ワーキング



図-1 1,000kw級発電プラントの試作・運転研究体制

・グループを設置し、本研究に関する実施方法の検討及び運営に必要な調整等の場としている。

3. 研究開発工程

1,000kw級発電プラントの研究開発工程の概要は、昭和59年度が詳細設計と一部試作、昭和60年度が試作と据付、昭和61年度が実証試験というスケジュールである。しかし、本プラントは開発途上であるために運転開始時に、機器設計・試作上の不都合、初期トラブル等が予想される。これは従来の経験、詳細な予備検討によりある程度は避けられるが、完全に回避しがたいので、PACテスト(Process and Control Test)**、調整試験の期間を充分とれるよう計画する。

4. 設計目標

1,000kw級発電プラント2方式の設計目標は、表1に示すとおりであり、発電効率は現在の火力、原子力発電所を上まわる40%以上とし、市街地内に分散設置される比較的小容量と既設火力発電所のリプレース等火力発電所地点に設置される比較的大容量のものに適した発電システムとすることを目標とし、将来の実用システムにおいては、経済性では在来汽力発電所と同等以上、設置場所としては都市内または都市近郊に設置可能、設置面積としては変電用地と同等以下の条件を満たすことを前提としている。

** システム全体の調整試験の前段階として、燃料電池本体及び直交変換系を除くシステムに対して、プロセスのバランス、制御機能を確認する。

* 新エネルギー総合開発機構燃料・貯蔵技術開発室主任研究員

〒170 東京都豊島区東池袋3-1-1 サンシャイン60・29F

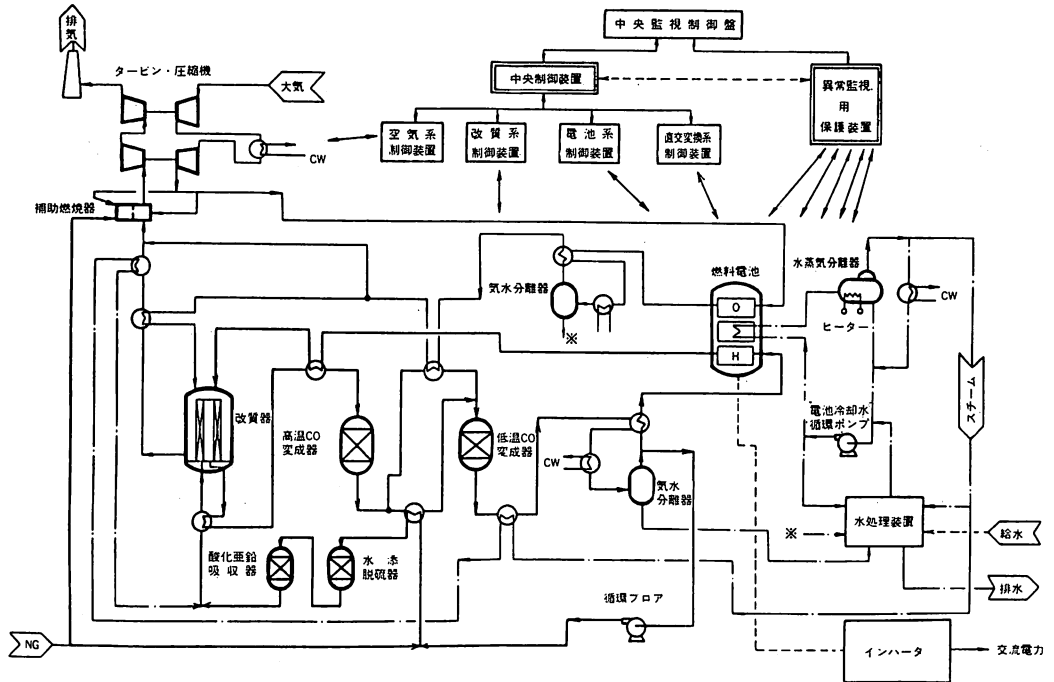


図-2 1,000kw級発電プラントの基本フロー

表 1 1,000 級発電プラントの設計目標

項目	分散配置用	火力発電所代替用
(1)出力	1,000kw (直交変換装置出力端)	
(2)発電端効率	40%(HHVベース)	42%(HHVベース)
(3)動作圧力・温度	4kg/cm ² G, 190℃	6kg/cm ² G, 205℃
(4)運転モード	全自動運転	有人・1人制御方式
(5)インバータ	自励式	
(6)燃料	天然ガス(都市ガス相当)	
(7)冷却水系	純水	
(8)排熱	回収せず	
(9)起動時間	4時間(コールドスタート)	
(10)負荷追従性	25↔100%:1分	
(11)環境条件	NO _x <20ppm, 0.12g/kwH, SO _x <0.1ppm, 騒音<55dB(プラント境界点)	
(12)プラント停止時間	1時間, 緊急時燃料供給停止まで:1分以内	
(13)予測寿命	40,000時間	

5. 設備概要

1,000 kw級発電プラントの基本構成は、燃料ガス(天然ガス)を水素リッチなガスに改質する改質系(Fuel Processing Subsystem)、改質ガス(水素)と酸素とを電気化学的に反応させることによって直接電気を取り出す電池系(Fuel Cell Subsystem)、発生した直流電力を交流電力に変換する直交変換系(Power

Conditioning Subsystem)、空気を燃料電池及び改質器に供給する空気系(Air Processing Subsystem)。燃料電池を冷却するとともに蒸気を発生する冷却水系(Cooling Water Subsystem)、各サブシステムの制御を行う制御系(Control Subsystem)、前記サブシステムに含まれない周辺装置(Balance of Plant)とから成り立っている。図-2に1,000級発電プラントの基本フローを示す。

1,000級発電プラントの主な特長は下記のとおりであり、分散配置用と火力発電所代替用との主要相違点を表2に示す。

〔特長〕

- (1) 燃料電池燃料極出口からの排水素(H₂約40vol%)を改質器燃焼用の燃料として使用する。
- (2) 燃料電池空気極出口からの排空気(O₂約10vol%)を改質器燃焼用の酸化剤として使用する。
- (3) 改質器からの燃焼排ガスのエネルギーを空気供給源としてのタービン・圧縮機の動力とする。
- (4) 燃料電池の冷却系は純水による水冷方式を採用する。
- (5) 制御系は中央制御装置とサブシステム毎のローカル制御装置で構成する。

5.1 改質系

改質器(Reformer)は化学工業用として多数の実績

表2 分散配置用と火力発電所代替用の主要相違点

分類	タイプ		
	主要相違点項目	分散配置用	
電池系	電池動作圧力(kg/cm ² G)	4	6
	電池動作温度(℃)	190	205
	電池出口リン酸処理	気水分離器(空気極のみ)	リン酸吸着器(両極)
	スタック電気接続	2スタック直列×2並列	4スタック直列
改質系	脱硫方法	水添+酸化亜鉛	活性炭
	改質管動作圧力(kg/cm ² G)	5.9	7
	改質管動作温度(℃)	820	800
	燃焼バーナ圧力(kg/cm ² G)	3.7	5.7
	CO変成器動作圧力(kg/cm ² G)	5.5	6.9
空気系	タービン・圧縮機吐出圧力		
	低圧段(kg/cm ² G)	1.3	1.7
	高圧段(kg/cm ² G)	4.3	6.2
冷却水系	水蒸気分離器圧力(kg/cm ² G)	6.5	8.1
直変換系	インバータ	500kVA×2台	1,000kVA×1台

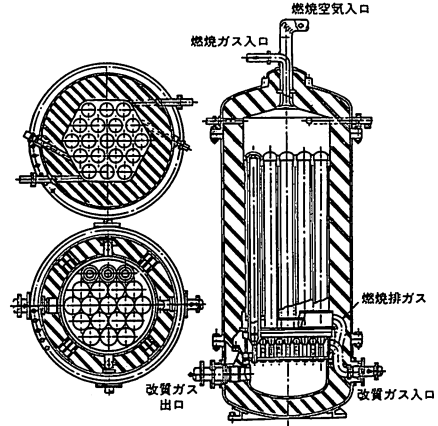


図-3 1,000 kw級発電プラント用改質器の組立断面図(火力発電所代替用)

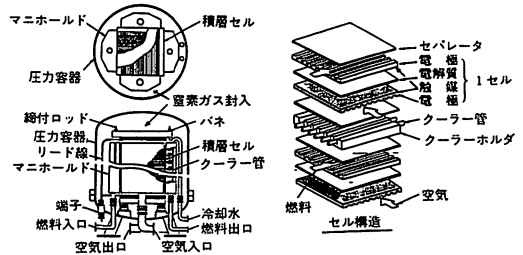


図-4 250 kw級燃料電池スタックの内部構造図(例)

があるが、これを燃料電池発電システムに適用するためには、高効率(熱効率85~90%)、コンパクト化、負荷応答性の向上(25↔100%:1分)等が要求される。また、改質器はシステムの構成上、加圧状態(4~6 kg/cm²G)、かつ燃料電池から排出される低カロリー・低酸素濃度ガスを燃焼することが要求される。

1,000 kw級改質装置の設計にあたっては、これまでの研究結果を踏えて、最適なシステムと構造を選択する。図-3に1,000 kw級改質器の組立断面図を示す。

尚、改質用蒸気は燃料電池で発生する余剰スチームを使用する。

5.2 電池系

燃料電池(Fuel Cell)はこれまで、セルの高性能化及び長寿命化を目指して、セル電極、触媒、マトリックス、セパレータ等の構成部材について、また数100枚のセルを積層してスタックに組み上げるための締付技術、シール技術、冷却技術等の要素技術について、研究開発を実施しており、これらの成果を1,000 kw級燃料電池の設計・試作に反映させる。

燃料電池は1プラントあたり、250 kw級のスタック

4基で構成され、スタックは約500セルの大型積層電池を内蔵し、窒素ガスでシールされる。図-4に250 kw級燃料電池スタックの内部構造を示す。

また電池スタックの接続については、分散配置用は2スタック直列×2並列に、火力発電所代替用は4スタック直列とする計画である。

1セル(電極有効面積約3,600 cm²)あたりの電池電圧特性は、分散配置用が0.70 V(at 200 mA/cm²)、火力発電所代替用が0.72 V(at 220 mA/cm²)を設計目標としている。

燃料電池への燃料及び空気は1系統の改質系及び空気系からそれぞれ供給され、4基のスタックの燃料極及び空気極を並列に流れる。これらの流量と圧力の制御は各調整弁によって行う。

5.3 直交変換系

インバータ(Inverter)は2方式とも自励式を採用するが、電池スタックの接続方法の違いから、分散配置用は2台設置し、それぞれの装置を介して500 kwづつの交流電気出力を発生し、火力発電所代替用は1台の装置を介して1,000 kwの交流電気出力を発生する。

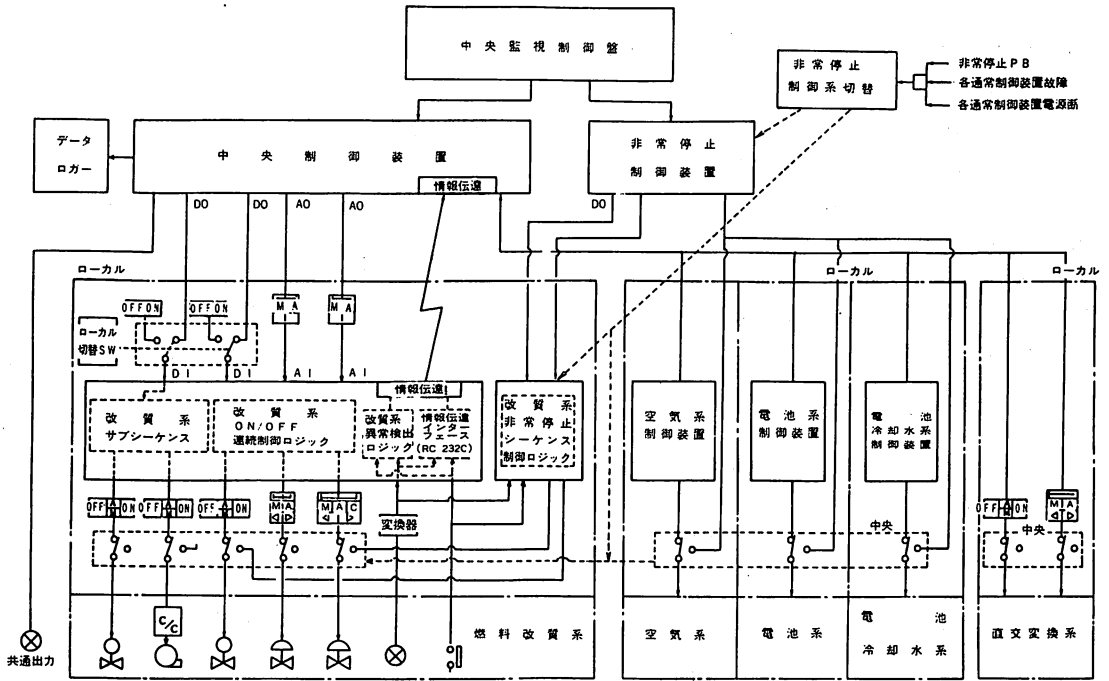


図-5 1,000 kw級発電プラント制御システムの概念図

尚、発生電力は、設置を予定している火力発電所の所内電力として使用する計画である。

5.4 空気系

1,000 kw級発電プラントは2方式とも燃料電池空気極及び改質器への加圧空気供給は、タービン・圧縮機で行う。この動力として、改質器からの燃焼排ガスのエネルギーをガスタービンで回収する。

タービン・圧縮機の効率は、発電プラント効率に大きな影響を及ぼす。しかしながら、1,000 kw級の小容量で高効率(70%以上)のものは開発されていないので、今回は在来技術による効率60%程度のものとなる見込みである。

5.5 冷却水系

燃料電池は5セル程度づつに冷却板を入れる構造になっており、冷却水としての純水は水蒸気分離器(Steam Separator)より電池冷却水循環ポンプ(Cell Cooling Water Circulation Pump)によって供給される。燃料電池の冷却管は極細管を使用するので、極細管の詰り、腐食、電気絶縁性を考慮し、水処理装置で処理し、冷却水の適正な水質管理を行う計画とする。

5.6 制御系

制御システムは信頼性と運転性の向上を図るため、プラントの監視・協調制御を行う中央制御システムと

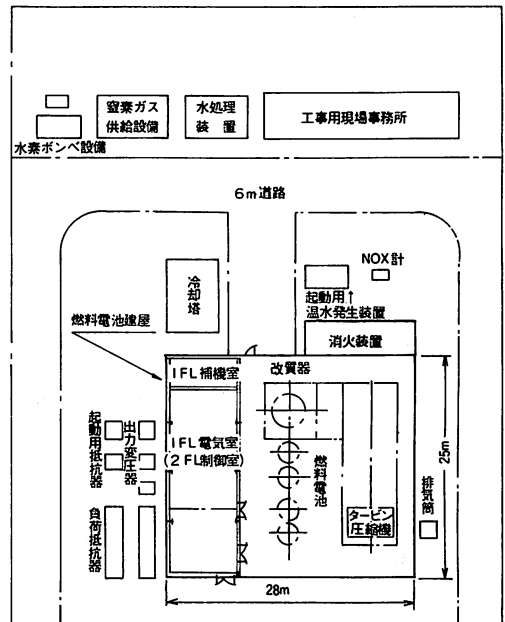


図-6 1,000 kw級発電プラントのプロットプラン (分散配置用)

電池系、改質系、空気系等のサブシステム単位のローカル制御システムとし、自立制御できるシステム構成とする。また必要に応じて制御・保護系の多重化を図り、プラント運転についても大幅な自動化を図り、信

頼性の高い発電プラントとなるよう計画する。図-5に1,000 kw級発電プラント制御システムの概念を示す。

5.7 周辺装置

上記主要装置のほか、1,000 kw級発電プラントの運転を補助する周辺装置として、冷却塔(Cooling Tower)水処理装置(Water Treatment Unit)、窒素貯蔵設備(Nitrogen Storage Unit)、水素貯蔵設備(Hydrogen Storage Unit)、排気筒(Exhaust Stack)、制御用空気圧縮装置(Instrument Air Compressor)などの装置を設置する。

6. プラントレイアウト

1,000 kw級発電プラントは試験設備であるところから、調整や保守点検が容易なように、主要装置については屋内設置とすることで計画する。図-6に1,000kw級発電プラントのプロットプランを示す。

7. 実証試験

1,000 kw発電プラントで実証する項目は、下記を計画している。

(1) プラント特性

- ①定常特性……………電池性能, 改質性能, 発電端効率など
 - ②過渡特性……………起動・停止特性, 負荷追従性など
 - ③環境適応性……………大気汚染, 騒音など
- (2) 耐久性……………特性経時変化など
- (3) 信頼性, 保守性, メンテナンスコストなど

8. おわりに

燃料電池は従来の発電方式にない数々の特長を持っており、特にリン酸型燃料電池は最も実用化が早いと期待され、また実証試験の成果についても国内外からの注目を集めるところである。NEDOとして本プロジェクト遂行にあたっては、引続き関係各位の協力を得ながら着実に研究開発を進め、所期の目標を達成するとともに、実用化に向けての自主技術開発に尽力する所存である。

なお、本稿を借り工業技術院ムーンライト計画推進室を初め電力事業者、関係メーカ等関係各位のこれまでのご指導ご協力に感謝の意を表するとともに、今後ともご理解ご支援をお願いしたい。

国際会議案内

太陽エネルギーの熱利用に関する国際シンポジウム

(International Symposium on Thermal Application of Solar Energy)

- <会期> 1985年4月8日(月)~10日(水)
- <会場> 富士屋ホテル(富士箱根)
- <共催> 日本太陽エネルギー学会
国際太陽エネルギー学会日本支部
- <後援> 通商産業省ほか
- <協賛> エネルギー・資源研究会ほか23団体
- <内容> このシンポジウムは、日本太陽エネルギー学会の創立10周年記念事業の一環として開催されます。当日は、太陽熱

捕捉装置、太陽エネルギーの保存、天日蒸留など17のテーマについて、約120件の研究発表が予定されている。詳細は、下記の主催者まで御照会下さい。
〒160 東京都新宿区高田馬場3-1-5
サンページョ 322
日本太陽エネルギー学会
Tel 03-368-7527