

THE INTERNATIONAL FUEL CELL CONFERENCE

燃料電池国際シンポジウム

報 告 書

平成 4 年 3 月

新エネルギー・産業技術総合開発機構



010005495-6

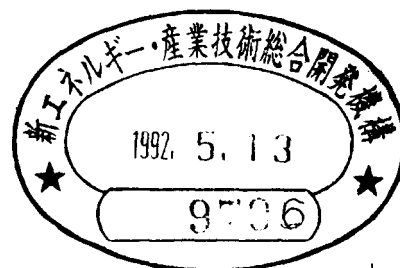
04
68



THE INTERNATIONAL FUEL CELL CONFERENCE

燃料電池国際シンポジウム

報 告 書



平成 4 年 3 月

新エネルギー・産業技術総合開発機構

目 次

I. 概 要	1
II. 講演及び発表要旨	1
III. 実施体制	4
IV. 考 察	7
V. 講演及び発表・質疑内容	
• <u>全体会議（基調講演及び一般講演）</u>	
プログラム	15
内 容	16
• <u>技術開発戦略</u>	
プログラム	25
内 容	26
• <u>リン酸型燃料電池（P A F C）</u>	
プログラム	33
内 容	38
• <u>熔融炭酸塩型燃料電池（M C F C）</u>	
プログラム	69
内 容	76
• <u>固体電解質型燃料電池（S O F C）</u>	
プログラム	109
内 容	114
• <u>その他の燃料電池</u>	
プログラム	145
内 容	146
• <u>クロージングセッション</u>	
プログラム	155
内 容	156

I. 概 要

1. 期 間 : 平成4年2月3日(月)～2月6日(木)
2. 場 所 : 日本コンベンションセンター(幕張メッセ)
千葉市中瀬2-1

3. 主催機関等

- 主 催 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
- 後 援 通商産業省
- 協 賛 米国 エネルギー省(DOE)
電力研究所(EPRI)
ガス研究所(GRI)
燃料電池協会(FCA)
欧州 EC委員会(CEC)
欧州燃料電池グループ(EFCG)
日本 燃料電池開発情報センター(FCDIC)

4. 参 加 者 等 : (1)参加登録者:約500名(海外18ヶ国 約110名)
(2)発表論文数:111件(海外41, 国内70)

- 全体会議(基調講演・一般講演) 7件
- 分科会 100件
- 全体会議(クロージング) 4件

II. 講演及び発表要旨

1. 全体会議

- (1) 開会式では主催者であるNEDOの林理事長から挨拶が行われた後、工業技術院長 石原舜三氏から歓迎と本シンポジウムに対する期待についての挨拶が行われた。
- (2) 基調講演では、日、米、欧における政府機関(資源エネルギー庁、米国エネルギー省、EC委員会)から、それぞれの地域におけるエネルギー事情、燃料電池に対する期待、国家プロジェクトとしての技術開発計画等についての報告が行われた。
また、一般講演ではこれを受けて、日本は工業技術院、米、欧は代表的な技術開発推進機関から、技術開発の現状と将来展望等について報告がなされた。
- (3) 各国とも、りん酸型燃料電池の可及的すみやかな導入・普及を、また高温型については21世紀初頭までに熔融炭酸塩型、続いて固体電解質型の実用化を目指し、積極的に技術開発を進めている。また、米、欧では輸送用等として、固体高分子型についても並行して技術開発を行っている。

2. 分科会

(1) 技術開発戦略

日本の電力、ガス、石油産業における燃料電池の技術開発計画と実用化計画について報告があり、実用化のための課題等について、多数の海外参加者と活発な質疑応答がなされた。

また米国からは、輸送部門における脱石油化と大気環境保全の観点から燃料電池による自動車の開発計画について報告があり、我が国におけるこの分野での技術開発の必要性が痛感された。

(2) リン酸型燃料電池

研究開発成果の報告だけでなく、我が国はユーザーの立場として、実プラントによる実証運転の最新データ及びこれに基づく実用化に向けての具体的な課題提起等を行い、活発な質疑応答がなされた。特に、プラントの運転状況や保守点検等に関し、正確な情報交換を行うことが重要であると指摘された。

海外からはイタリアにおける1 MWプラントの開発状況と運転計画の報告等があった。

(3) 熔融炭酸塩型燃料電池

米国から70kWスタックの運転試験計画、MCFCプラントの商用化計画等、また、日本からは1 MWパイロットプラント開発に向けてのスタックと周辺機器の開発及び実証試験計画等について報告が行われた。

これらにより、MCFCの開発はプレ商用機の実証の段階に近づきつつあることが確認でき、電池の高性能化、長寿命化等、今後の技術開発課題について真剣な討議が行われた。

(4) 固体電解質型燃料電池

日本からはNEDOプロジェクトに基づく製造基盤技術に関する最新の報告等が行われ、海外からは、Westinghouse社が25kWスタックを本年3月から日本で運転試験する予定等の報告があった。また、日米欧の大学、研究所からセル材料等に関する基礎研究の報告が多数あり、活発な討議が行われた。

(5) その他の燃料電池

固体高分子型燃料電池に関する発表がほとんどで、海外のメーカー及びユーザーから車載用、潜水艦用としての技術開発及び分散型電源としての200kW システムの計画等が紹介された。

日本からは基礎研究の発表があった。

3. クロージングセッション

- (1) 燃料電池の導入・普及に向けて今後取り組むべき課題に関する報告がなり、電池の高電力密度化、重量低減とコストダウンのための技術開発及び情報交換と啓蒙普及活動の重要性が指摘された。
- (2) 最後にNEDOから、以下のごとく本会議全体のまとめと提言がなされた。
 - ① 高効率、クリーンな燃料電池をできるだけ早く実用化し、幅広く利用できるようにすることが、我々の使命である。
 - ② このためには、各国において、技術開発と実証を一層加速するとともに、情報交換など国際協力と連帯を強めていく必要がある。
 - ③ 今後米国で開催予定のFuel Cell Seminar 及び英国で開催予定のグローブ卿シンポジウムについても、協力関係を維持していく必要がある。
 - ④ 次回の日本における国際シンポジウムの開催については、前向きに検討する必要がある。

4. そ の 他

(1) ウェルカムレセプション

開会挨拶 ; 燃料電池国際シンポジウム組織委員長 笛木和雄氏
; NEDO 木田橋理事

参加者 ; 約450名

(2) バンケット

開会挨拶 ; NEDO 岩崎副理事長
; 通商産業政務次官 沓掛哲男氏
; 資源エネルギー庁長官官房審議官 末広恵雄氏

参加者 ; 約500名

(3) テクニカルツアー

- ① 11MWリン酸型燃料電池発電プラント（東京電力(株)五井火力発電所）
- ② 幕張地域冷暖房センター（東京ガス(株)）

参加者 ; 約100名

(4) 展 示 会

出 展 者

N E D O

溶融炭酸塩型燃料電池発電システム技術研究組合、リン酸型燃料電池発電技術研究組合、石川島播磨重工業、三洋電機、東芝、日本鋼管、日立製作所、藤倉電線、富士電機、富士電機総合研究所、三菱電機、村田製作所、燃料電池開発情報センター、米国燃料電池協会、その他

Ⅲ. 実 施 体 制

1. 組織委員会

委員 長	笛 木 和 雄	東京理科大学 理工学部 教授
副委員 長	竹 原 善一郎	京都大学 工学部 教授
	浅 川 春 樹	中央電力協議会 専務理事
	上之園 博	(財)電力中央研究所 理事
	伊 藤 文 夫	東京電力(株) 技術開発本部 副本部長
	青 木 正 寛	関西電力(株) 支配人
	小 林 勇	中部電力(株) 支配人 研究企画部長
	稲 垣 信 夫	(社)日本ガス協会 常務理事
	甲斐崎 充 典	東京ガス(株) 理事 燃料電池プロジェクトチームマネージャー
	橋 本 昌	大阪ガス(株) 理事 燃料電池プロジェクト部長
	奥 田 義 一	溶融炭酸塩型燃料電池発電システム技術研究組合 専務理事
	山 地 義 門	リン酸型燃料電池発電技術研究組合 専務理事
	大 門 準一郎	(社)日本電機工業会 常務理事
	丹 羽 鼎	(財)石油産業活性化センター 常務理事
	木田橋 勉	新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
	杉 本 健	新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
(アドバイザー)	上 田 全 宏	資源エネルギー庁 省エネルギー石油代替エネルギー対策課長
	谷 口 富 裕	資源エネルギー庁 公益事業部 技術課長
	本 田 幸 雄	工業技術院ムーンライト計画推進室 室長
	広 瀬 研 吉	“ 研究開発官

2. 企画・運営部会

部会長	正 田 英 介	東京大学 工学部 教授
	内 田 勇	東北大学 工学部 教授
	大 西 利 只	電子技術総合研究所 エネルギー部長
	福 田 健 三	化学技術研究所 材料化学部長
	児 玉 皓 雄	大阪工業技術試験所 無機機能材料部長
	原 沢 和 彦	中央電力協議会 技術開発部長
	浜 松 照 秀	(財)電力中央研究所 横須賀研究所 エネルギー部長
	北 川 三 郎	(社)日本ガス協会 技術部長
	高 倉 毅	(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部長
	青 木 博	石川島播磨重工業(株) 技術本部 副本部長
	岩 本 雅 民	三菱電機(株) 中央研究所長
	岡 野 一 清	富士電機(株) 燃料電池事業部長
	菱 沼 孝 夫	(株)日立製作所 エネルギー環境技術推進本部 副本部長
	松 下 徹 志	(株)東芝 燃料電池事業推進部長
	寺 田 範 雄	N E D O 企画部長
	寺 澤 洋	N E D O 燃料・貯蔵技術開発室長

3. 論文審査部会

部会長	田 川 博 章	横浜国立大学 環境科学研究センター 教授
	渡 辺 政 廣	山梨大学 工学部 応用化学科 教授
	恩 田 和 夫	電子技術総合研究所 エネルギー部 高温エネルギー研究室長
	土器屋 正 之	化学技術研究所 材料化学部 エネルギー材料課長
	奥 山 博 信	大阪工業技術研究所 燃料電池研究室長
	阿 部 俊 夫	(財)電力中央研究所 横須賀研究所 エネルギー部 燃料電池研究室長
	柴 田 邦 雄	東京電力(株) 開発研究所 燃料電池研究室長
	楠 啓	関西電力(株) 総合技術研究所 主席研究員

加 藤 厚	中部電力(株) 電力技術研究所 新エネルギー担当部長
足 田 知 士	東京ガス(株) 基礎技術研究所 副所長
尾 本 敏 孝	大阪ガス(株) 燃料電池プロジェクト部 副部長
堀 内 長 之	溶融炭酸塩型燃料電池発電システム技術研究組合 技術部長
大 塚 馨 象	(株)日立製作所 日立工場 燃料電池開発センタ長
桜 井 正 博	富士電機(株) 燃料電池事業部 首席
留 井 英 明	三菱電機(株) 機電技術部 燃料電池統轄部長
中 沢 健 三	石川島播磨重工業(株) エネルギー・プラント事業本部 技師長
古 川 修 弘	三洋電機(株) 機能材料研究所 電子化学研究部長
福 留 渥	N E D O 燃料・貯蔵技術開発室 室長代理

4. 準備活動経緯

平成3年	2月25日	理事会（開催について了承）
	6月	案内状及び論文募集発送
	8月15日	発表論文アブストラクト締切
	8月30日	第1回企画運営部会
	9月6日	第1回組織委員会
	9月10日	第1回論文審査部会（アブストラクト審査）
	9月	論文採用通知発送
	10月7日	第2回論文審査部会（プレリミナリープログラム編成）
	10月22日	第2回企画運営部会（プレリミナリープログラム審議）
	11月	プレリミナリープログラム、ホテル、参加登録案内発送 参加登録受付開始
	12月6日	通商産業省後援申請提出
	12月10日	予稿集原稿締切
	12月24日	理事会（準備状況報告）
平成4年	1月14日	第2回組織委員会（プログラム審議）
	2月3日～6日	燃料電池国際シンポジウム開催
	2月14日	理事会（開催報告）

IV. 考 察

1. 日本における国際シンポジウムの開催意義

本シンポジウムは、省エネルギーの一層の推進と地球規模の環境保全に対して、我が国が技術保有国としての責任を果たして、積極的にこれに取り組む姿勢をアピールするとともに、新技術開発の面で国際貢献を果たしたいという目的で開催したものである。

世界各国から多数の参加者に対して、最新データによる論文発表、展示会、テクニカルツアーにより、我が国における技術開発の急速な進歩に深い感銘を与えたこと及び懇親会等により情報交換と交流の場を提供できたこと等により、十二分にその目的を達成した。

2. 日本の燃料電池技術開発の現状の認識

この会議を通じて我が国の技術開発の現状を次のように認識した。

- (1) リン酸型及び熔融炭酸塩型技術開発については、世界の最先端のレベルである。
- (2) 固体電解質型については、米国が進んでいるが、我が国でも要素技術開発等が着実に進展しつつある。
- (3) 固体高分子型については、欧米が進んでいる。

会議スケジュール

日 程 会 場	第 1 日 (2 / 3)		第 2 日 (2 / 4)		第 1 日 (2 / 5)		第 4 日 (2 / 6)
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	
メイン会場	開会式 (全体会議)					クロージングセッション (全体会議)	Technical Tour
第 1 会場			分科会① 技術開発戦略	分科会⑤ その他の燃料電池			
第 2 会場			分科会② りん酸型燃料電池				
第 3 会場			分科会③ 溶融炭酸塩型燃料電池				
第 4 会場			分科会④ 固体電解質型燃料電池				
第 5 会場			展 示				
	・ Welcome Party		・ Banquet				

V. 講演及び発表・質疑内容

全 体 会 議

基 調 講 演
一 般 講 演

Plenary Session:

Chairperson: H. Terasawa (NEDO/Japan)

Keynote Speech:

- KS- 1 U.S. DEPARTMENT OF ENERGY FUEL CELL
RESEARCH AND DEVELOPMENT PROGRAM
M. Mayfield
(Morgantown Energy Technology Center,
U.S. DOE/U.S.A.) 16
- KS- 2 FUEL CELL R & D BY THE EUROPEAN
COMMUNITY
P. Zegers
(Commission of the European Communities). ... 17
- KS- 3 THE ROLE OF FUEL CELLS IN THE ENERGY
POLICY
T. Taniguchi
(Agency of Natural Resources and
Energy, MITI/Japan) 18

Plenary Session:

General Speech:

- GS- 1 FUEL CELL DEPARTMENT IN JAPAN -
HISTORY AND FUTURE
K. Hirose
(Agency of Industrial Science and
Technology, MITI/Japan) 19
- GS- 2 EPRI FUEL CELL PROGRAM
E.A. Gillis
(Electric Power Research
Institute/U.S.A.) 20
- GS- 3 GAS RESEARCH INSTITUTE FUEL CELL R & D
PROGRAM
M.P. Whelan
(GRI/U.S.A.) 21
- GS- 4 THE STATUS OF THE DUTCH MCFC
ACTIVITIES AND THE ROUTE TO
COMMERCIALIZATION
K. Joon, P.C. van der Laag and D. Jansen
(Netherlands Energy Research
Foundation, ECN/The Netherlands) 22

分類番号： K S - 1	題 目：U. S. Department of Energy Fuel Cell Research and Development Program
基調講演	発表者：M. Mayfield Morgantown Energy Technology Center, U. S. DOE/U. S. A.
発表内容： (1) DOEは連邦政府の機関で、エネルギー関係の米国の問題を扱うところである。 (2) 米国での民間による燃料電池開発としてGRIによるオンサイト型燃料電池、EPRIによる石炭ガス化天然ガス、液体燃料を使っの大型の電気事業用プラントの研究開発がある。 (3) 燃料電池システムの効率、コスト調査によれば天然ガス利用のもので60%以上、石炭ガス化プラス燃料電池システムで60%は達成可能で、コスト的にも1991年時点で1100\$～1200\$/kW 台で十分他のテクノロジーと競合していける。 (4) PAFCは今や商用化初期にあり、今後はMCFC、SOFCの次世代燃料電池の開発に重点をおいている。しかし、石炭ガスの利用として今後力を入れていくものとして、ガス化のプロセスのクリーンアップ技術の開発と燃料電池の性能に対する不純物の影響に関する研究が主要であり研究を行っている。 2010年には燃料電池と石炭ガス化を統合させるシステムを目標としている。 (5) 米国では、2010年までに約20万MWの新規電源の開発が必要とされ、この状況に対応するにはより効率の良い、脆弱性の少ない、そして環境に優しいエネルギー開発を行って行く必要があり、そのためには燃料電池技術の開発が急務であると考えている。燃料電池の今後の技術開発課題として、PAFCではスタックの長期運転、耐久性、コストの低減、MCFCではセルの安定性、耐久性、容量アップ、そして、SOFCでは、セル製造技術の確立、コスト低減が課題である。	

分類番号： KS-2	題 目：Fuel Cell R & D by the European Community
分科会： 基調講演	発表者：P. Zegers Commission of the European Communities
発表内容： (1) ヨーロッパでは、1965～1975年の間にPAFC、MCFC、SOFCに関しかなりの研究を行ったが、1975年以降殆どのFC活動は停止した。しかし、1986年にEC委員会でこれを復活させた。現在、オランダ、イタリア、ドイツ、スペイン、デンマーク、ノルウェー、スイス等が最近、燃料電池に関するプログラムを開始している。 (2) ヨーロッパでのPAFCの開発状況は、イタリアのミラノ市で1MWプラントが行われている。システムは、ANSALDOが行い、スタックはIFC、改質器は、ハルダートプソーである。スタックを製造するメーカーは無く、IFC、日本から輸入している。 (3) MCFCに関しては、3つのプログラムが進められている。オランダ、ドイツ、イタリアのプロジェクトがあり、オランダでは1989年から1kWの運転を開始し、将来は1991～1995年にかけて250kW×2基の運転を行う予定である。 ドイツでは、100kWサイズのものに関して1995年に完成する予定であり、MBBが主体となって進めている。 イタリアでは、ANSALDOにより1994年に100kWそして1994～1995年に300kWを完成することを計画している。また、新しいカソード材料あるいは酸化ニッケルの溶解等の問題に係わる基礎研究開発も進める予定である。 (4) SOFCに関しては、1991年以内に1kW級のものを完成させ1995年に20kW、1997年に200kWを完成させることを計画している。	

分類番号： KS-3	題 目：The Role of Fuel Cell in the Energy Policy
基調講演	発表者：T.Taniguchi Agency of Natural Resources and Energy, MITI/Japan
発表内容： (1) 日本、そして世界、特に低開発国のエネルギー需要は高い伸びが予想され、供給面ではOPEC諸国への依存度が高まるものと予想されている。 (2) 地球温暖化問題については、化石エネルギーの消費と密接不可分な関係にあり、アメリカ等CO₂大量排出国にあっては地球温暖化防止対応策を図るべく行動計画を提出した。 (3) 日本はエネルギーの輸入に対する依存度が極めて高く、エネルギーの安定供給に対する制約、そして地球環境問題への対応という観点から省エネルギー、原子力エネルギー、新エネルギー開発、早期導入の期待が高まっている。 (4) リン酸型燃料電池の大型化の技術開発が90年代半ばに終了し、それ以降、都市部での熱電併給としての分散型電源として導入が進むものと予想されている。2010年にはMCFC等の導入も見込まれている。 (5) 分散型電源の課題として ①信頼性の向上、コスト低減等に向けた技術開発 ②系統接続のためのガイドライン整備 ③導入促進のための支援策等が挙げられる。 (6) 具体的な燃料電池導入促進として技術開発の面からリン酸型FCとして5MW、1MWの開発、MCFCについては25kWスタック及び100kWスタックの開発に続き、1MW発電プラントの開発を目標としている。また、系統連系試験の実施、制度的規制緩和としては、届出、主任技術者の不専任等により緩和を行った。また、既存、発電システムとの連系技術のガイドラインが現在製作されている。 (7) FCのコストは現在、90万円/kW で1996年頃には50万円/kW、2000年には20～25万円/kWと予想されている。日本のFC実用化研究は国際社会に大きく貢献することが出来ると思われる。	

分類番号： GS-1	題 目：Fuel Cell Development in Japan-History and Future
一般講演	発表者：K. Hirose Agency of Industrial Science and Technology, MITI/Japan
発表内容： (1) 日本では、1960年頃からF Cの開発が始められ、本格的に研究開発事業が開始されたのは1981年のムーンライト計画からである。ムーンライト計画ではP A F C 1000kW 2 台、200 kW 2 台の実証試験を行い数々の成果を挙げ終了した。さらに高温型燃料電池の研究開発を推進している。 MC F Cについては、スタックの開発と周辺機器及びシステムの技術開発を行っている。スタックは、2つの外部改質型、1つの内部改質型である。将来1993年から1997年までの間に1000kWの発電システムの設計、建設、運転を予定している。また、S O F Cについては、数百Wクラスのモジュール開発を行っている。 さらに、ムーンライト計画として低温で作動するP E F Cの研究を92年より開始する計画である (2) 燃料電池は、電気・熱を供給出来るシステムとしてそのクリーン性と、高効率から将来、都市部、高層ビル等のエネルギー供給のために活用が期待されている。	

分類番号： GS-2	題 目：EPRI Fuel Cell Program
一般講演	発表者：E. A. Gillis Electric Power Research Institute/U. S. A.
発表内容： (1) EPRIでは、最近3つ目のD即ち、電力会社が使える形で導入していくこと、コスト、効率性、そして環境に優しいというアテンションをつけて活動していくことが使命に加えられた。 (2) EPRIのFC開発活動、PAFCについては、全世界のデモンストレーションをモニターしている。また、MCFCに関しては、最重点に開発を行っているところである。なお、SOFCについては、製造、適用について研究を行っているところである。 加えて、MCFCについては、1992年より70kWプラント1993年より120kW プラントが運転される予定である。 (3) MCFCの具体的な開発状況として、1～10kWのものがユーザーの近くに設置されると予想され、燃料として石炭ガス化装置と統合する計画である。 1992年秋に20kWMCFCと石炭ガス化装置を使った燃料電池のテストをする予定がある。	

分類番号 : GS - 3	題 目 : Gas Research Institute Fuel Cell R & D Program
一般講演	発表者 : M. P. Whelan GRI/U. S. A.
発表内容 : (1) GRIでは、燃料電池を天然ガスの技術と位置づけ、低騒音、無振動及びローエミッションであり、都市部にも十分立地できる利点があるため、オンサイトのコージェネレーションに適用可能と考えている。 米国では、ピーク、オフピークの差が大きく、また熱・電利用比率が小さい。このことはコージェネプラントは様々なサイズ、容量で提供されなければ、技術の普及、広い適用は望めないことを示している。 MCFCあるいはSOFCはMW級のシステムが産業用の発電に必要なになってくると思われる。 電力用としては、天然ガスを燃料とした分散型（小規模電源）として導入が進むと考えられる。 (2) 実用化に向けPAFCのコスト低減努力、スタック、サブシステムの改良をONSI社と共同で行っている。 また、MCFCについては、MCパワー社と20kWスタックのテストを開始した。初期導入型のパワープラント 500～2000kWシステムを1990年代の後半に実用化し、そして市場導入を考えている。 一方、SOFCに関しては、50～500kW のセラマテック社の開発をサポートしている。 (3) 2000年以降の発電容量の増加に対し1990年代始めの技術改良が不可欠であり、今後FCの普及が不可欠と考える。	

分類番号： GS - 4	題 目：The Status of the Dutch MCFC Activities and the Route to Commercialization
一般講演	発表者：K. Joon Netherlands Energy Research Foundation, ECN/ The Netherlands
発表内容： (1) オランダでは、燃料電池のR&Dを6年前に開始した。開発の内容としては電気化学の基礎研究からスタートし商業化につなげていくことにある。基礎研究としては、アノード、カソードに関する研究、モデリングの研究、金属腐食等の研究を行っている。 (2) これまでの基礎研究の実施により、電極に関してはほぼ解決ができ、これから装置、設備、のスケールアップの問題が残っている。 (3) オランダでは、MCFCの実用化開発として国、電力により250kW の石炭ガス化装置を作ることに合意している。また、天然ガス利用の250kW のものもこれから作っていくことによりヨーロッパでは市場に参入していくことになると考えている。	

SESSION I :

技 術 開 発 戦 略

Session I : Technology Development Strategies

Chairpersons: A.J. Appleby (Texas A&M University/U.S.A.)
H. Tagawa (Yokohama National University/Japan)

I - 1	FUEL CELL DEVELOPMENT FOR THE ELECTRIC POWER INDUSTRY I. Kanno (The Central Electric Power Council/Japan)	26
I - 2	FUEL CELL DEVELOPMENT FOR THE JAPANESE GAS INDUSTRY K. Kimoto (The Japan Gas Association/Japan)	27
I - 3	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF UTILIZATION OF LIGHT PETROLEUM FRACTION FOR FUEL CELLS I. Yoshioka (Petroleum Energy Center/Japan)	28
I - 4	IMPACT OF FUEL CELLS ON THE TRANSPORTATION SECTOR A.C. Lloyd, P. Patil* (South Coast Air Quality Management District & *U.S. DOE/U.S.A.)	29

分類番号： 1 - 1	題 目：Fuel Cell Development for the Electric Power Industry
分科会： Technology Development Strategies	発表者：I. Kanno The Central Electric Power Council/Japan
発表内容： 電気事業用燃料電池の開発状況の概要について報告された。電気事業においては、過去10年間にわたり、国のプロジェクトへの参加や自主研究を行っている。 (1) P A F C a. 国のプロジェクト参画 電気事業用としての燃料電池開発は、ムーンライト計画の中で1987年から低温低圧型及び高温高圧型の2つのタイプの1000kW級パイロットプラントの運転研究が、関西電力、中部電力にて実施された。 これらの成果を踏まえ、1991年4月には、電力9社と電力中央研究所並びに都市ガス4社による「リン酸型燃料電池発電技術研究組合」が設置された。今後、資源エネルギー庁からの補助金を受けて、1996年度まで（6年計画）分散配置用5000kW級加圧型燃料電池と、コージェネ用の1000kW級常圧型燃料電池の実用化技術開発を行う予定である。 小容量の開発についても、ムーンライト計画において業務用（200kW）および離島用（200kW）の実証試験を行った。 b. 電力各社の研究 電力各社は、コージェネ用、離島用、技術の蓄積等の目的のため、4 - 4500kW級のプラントの運転試験を行ってきた。東京電力では、11MW級プラントを五井火力発電所に設置し、本格的な運転を開始している。 (2) M C F C 電力各社で基礎的な研究を実施している。関西電力／三菱電機は間接内部改質型の開発（10, 30kWスタック運転）を実施しており、電中研でも10kW級の研究開発を行っている。 (3) S O F C 電力各社で開発を進めている。東京電力／三菱重工／電源開発は1kW級スタックの運転研究を行っている。関西電力では、大阪ガス／東京ガスと共同で、25kW級（WH社）の運転研究を行う予定である。 (4) 導入の課題 ①信頼性の向上（寿命） ②コンパクト化 ③コスト (5) 導入計画 今後の導入計画について、報告があった。	
質疑／意見： ・ 燃料電池の導入戦略について問題が提起された。すなわち、日本がP A F Cの導入に関心があることに對し、欧米ではM C F C、S O F Cに関心が移っていることについて議論があった。	

分類番号： I - 2	題 目：Fuel Cell Development for the Japanese Gas Industry
分科会： Technology Development Strategies	発表者：K. Kimoto The Japan Gas Association/Japan
発表内容： 日本のガス業界における燃料電池の開発について、技術開発の歴史に触れた後、最近のオンサイト型燃料電池の技術開発の概要とその市場について報告された。 (1) ガス業界における技術開発の歴史と技術開発状況 日本におけるオンサイト用燃料電池の開発は先行していた米国機を導入することから始まった。 ・1972年 東京ガス／大阪ガス 米国のターゲット計画参加〔1973年 PC11(12.5kW)〕 ・ 東京ガス／大阪ガス 米国のGRI計画参加 [PC18(40kW)] GRI計画では、排熱回収装置が設けられ、また、単機の累積最長時間(15,588h)は現在でも世界最長記録となっている。 その後、1989年よりムーンライト計画(200kW級業務用の運転研究)に参加し、1991年3月で成功裏に終了した。 現在ガス業界で推進しているプロジェクトは、①ガス3社による商品化プロジェクト、②IFC社のPC25商品化プロジェクト、③5000kW級、1000kW級の技術開発である。 ①ガス会社の商品化プロジェクト ・東京ガス：パッケージ型燃料電池のプロトタイプの研究 50kW(富士電機)、100kW(日立製作所) ・ガス3社(東京、大阪、東邦)／富士電機：50,100kW オンサイト用商用機の共同開発 共同開発のポイント：主要機器の小型化、信頼性の向上、コスト低減 FY FY1990: 50kW 1次試作機, FY1991: 2次試作機, モニターテスト後, FY1993: 商品機の販売 ② IFC社のPC25商品化プロジェクト 大阪ガスは、PC25(200kW)を1989年に大阪の梅田センタービルに設置し、デモンストレーション運転を行った。今後、ガス3社(東京、大阪、東邦)は合計21台のPC25のファーストロット機を導入し、モニターテストを実施する予定である。 ③ 都市エネルギーセンター等燃料電池技術開発 ガス4社(東京、大阪、東邦、西部)は、「リン酸型燃料電池発電技術研究組合」に参加し、1996年度までに(6年計画)分散配置用5MW級加圧型とオンサイトコージェネ用、1MW級常圧型の燃料電池の実用化開発を推進する予定である。 その他に、四国ガスは、四国電力等の電力会社とLPGを燃料とする燃料電池の開発を行っている。 なお、ガス業界ではPAFCの他にMCFC、SOFCの開発を進めている。 (2) 燃料電池の市場 ・ガス業界では、現在オンサイトコージェネ用として、50,100,200,500,1000kWの各機種を開発中であり、民生用のほぼ全部と産業用のかなりの部分の需要に応じることができる。 ・オンサイト用の導入先は、民生用では病院、ホテル、スポーツ施設、飲食店などが適している。 ・熱電比の問題を解決する例として都市エネルギーセンター構想が、燃料電池コージェネの導入により省エネルギーが図れる例として未来型集合住宅「NEXT21」(大阪ガス)が紹介された。	
質疑／意見： 燃料電池の導入戦略(I-1から継続)について意見があった。 ・2つの方法(①FSをやり続ける、②設置して試験をしながら発展する)うち、②の方法が正しいやり方である。	

分類番号： I - 3	題 目：Technology Development of Utilization of Light Petroleum Fraction for Fuel Cells
分科会： Technology Development Strategies	発表者：I. Toshioka Petroleum Energy Center/Japan
発表内容： 石油業界における燃料電池の研究開発にいて概要が報告された。P E C 設立以来、ナフサ等の石油留分を原料とする燃料電池システムが主なプログラムの一つである。 (1) P A F C a. P A F C 用ナフサ利用技術の開発 FY1986-FY1991(5 年)、ナフサ等の石油留分を原料とする燃料電池システムの技術開発を実施した。技術開発の概要は次のとおりである。 ①ナフサおよび灯油の水素化脱硫触媒の改良、部分的分解脱硫触媒及び吸着脱硫触媒の開発、②Ni 系改質触媒の改良、貴金属系改質触媒の開発、③改質プロセスの高効率化、④膜分離技術を用いた変成プロセスの高効率化及び水素リサイクルシステムによる高効率化、⑤炭化水素、硫化水素等のような改質ガスの不純物の電池性能及び構成材料に与える影響の調査、⑥これらの開発に基づいたナフサ等を原料とする P A F C システム (50, 80, 100, 200kW) の実証運転研究、累積稼働時間は、1000-3700 時間である。 b. 石油燃料 P A F C の実用化技術開発 上記の技術開発を基に、FY1991 から 5 年計画でスタートした。ナフサ燃料の実用化プロジェクト 2 機 (50kW, 200kW) 及び灯油燃料の実験用プロトタイプ 1 機 (50kW) が耐久性、信頼性等の運転試験を実施する。 (2) M C F C a. 外部改質型 M C F C のナフサ利用技術 FY1986-FY1991 にかけて、ナフサ等の石油留分を原料とする外部改質型 M C F C システムの技術開発を実施した。 ①貴金属改質触媒の開発、②改質ガス中の硫黄化合物と水分の電池構成材の影響調査及びウエトシール部材や電解質材の改良、③ナフサ燃料外部改質型 M C F C システム (10kW) の実証試験 (累積稼働時間は、2000 時間である) b. 内部改質型 M C F C のナフサ利用技術 FY1990 から 5 年計画で、ナフサ等の軽質石油留分を燃料とする内部改質型 M C F C システムの技術開発を実施している。 ①システムの F S ②水素化分解型脱硫触媒の開発 ③改質触媒及び電極材料の活性 耐被毒性及び寿命特性等の研究評価 ④アノード排ガスからの水素分離／濃縮の膜利用調査 ⑤石油燃料内部改質型システム (10kW) の製作・実証試験 (3) S O F C FY1990 から 5 年計画で、ナフサ等の軽質石油留分を燃料とする S O F C システムの技術開発を実施している。 a. 円筒型 S O F C ①高活性、長寿命の改質触媒及び改質システム、②プラズマ溶射による電解質の緻密薄膜化技術、③内部改質型 S O F C システムの開発、④石油燃料 S O F C (25kW) の実証試験、現時点では、間接／直接の改質触媒が調査された。 b. 平板型 S O F C ①内部抵抗を最小化することによる高出力密度化 (ターゲット：0.2W/cm²)、②インターコネクタと電気的絶縁材料の開発、③セルコンポーネントの熱膨張差の緩和技術、④ガスシール技術を開発して燃料電池の信頼性を高めること、⑤石油燃料 S O F C (10kW) の製作・実証 225cm² のセル 30 枚からなるセルスタックで、1,300W を達成している。	
質疑／意見： Q 1：貴金属と従来のニッケル系の触媒の差は？ A 1：貴金属の触媒は高活性だが、コストが高い。 Q 2：脱硫触媒関連で、脱硫を良くすることによって S / C を下げることができて、熱利用効率を上げることができるが、S / C はどれぐらいか？ A 2：2.5 程度までいっているが、種々の知見を得るため、広い範囲で実験している。	

分類番号： I - 4	題 目：Impact of Fuel Cells on the Transportation Sector
分科会： Technology Development Strategies	発表者：A. C. Lloyd. So. Coast Air Quality Management District/U. S. A.
発表内容： 米国における，燃料電池車両を開発する背景と，燃料電池車両を実現するために現在実施しているプログラムが紹介・報告された。 (1) 背景 輸送部門から公害を減少させるという問題と米国の輸入石油依存性を減少させようということから電気自動車（バッテリー or FC）に対してより一層関心が高まっている。 SCAQMDは，南カルフォルニアの一地域で，著しいオゾン，CO，微粒子（PM₁₀）などで健康関連大気品質基準（health-related air quality standards）を超えているところである。この地域は米国内で二酸化窒素が大気品質基準を超えている唯一のところである。ROG（reactive organic gas）は，モービルソースとステーションナリーソースがほぼ同じ程度排出しているが，NO_x とCOは，モービルソースの排出量のほうが多い。 最近のコンピューター解析によると，2010年までに健康関連大気品質基準を満たすためには，NO_x，ROG，CO を約80%減少させなければならない。また，最近の実施した大気品質管理計画によれば，連邦大気品質基準に達するためには，ROG 及びNO_x を1985年のレベルからそれぞれ88%，70%減少させる必要がある。 米国では，輸送部門からエネルギー消費量と排気ガスの両方を減少させる戦略を行っているが，燃料電池は大変有効なものである。 (2) 排ガス削減の方策 クリーンに燃焼する代替燃料を検討した。CECの提案したメタノールは注目を集め，実証プログラムが実行される。その他，天然ガス，プロパン，エタノールがある。 (3) カリフォルニア LEV/CF 計画 新型車両など世界で最も厳しい排出ガス基準を含む，Low Emission Vehicle/Clean Fuel（LEV/CF）計画を採用した。この真の重要性は，ゼロ排出ガス車両（ZEV）を販売することである。1998年に2%のZEV（40,000台）を生産すること，また5年以内に200,000台をZEVにしなければならない。 (4) プログラムの実例 a. 燃料電池／バッテリーのバスプログラム b. PEM燃料電池推進システムプログラム	
質疑／意見： ・ZEVの定義の質問があった。（予稿集参照） Q1：輸送部門以外についてのアプローチは？ A1：CO₂削減やIPCCへの参加など，輸送部門以外の環境努力の紹介があった。 Q2：種々の電気自動車の中で，推奨するものは？ A2：アドバンスドバッテリーコンソーシアムが取り組んでいるが，私見では基本的には鉛電池と考えているが未だ問題が残っている。	

SESSION II :

リン酸型燃料電池 (PAFC)

**Session II – A : Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)
– Materials and Basic Studies–**

Chairpersons: M. Watanabe (Yamanashi University/Japan)
H. Wendt (Inst. für Chemische Technologie/Germany)

II – A – 1	AN ADVANCED GAS-DIFFUSION ELECTRODE FOR LONG-LIFE AND HIGH-PERFORMANCE PAFC M. Watanabe, C. Shimura, N. Hara* and K. Tsurumi* (Yamanashi University & *Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K./Japan)	38
II – A – 2	NOVEL TECHNIQUE FOR ANALYSIS AND PREDICTION OF CARBON CORROSION AND CO POISONING IN PAFC K. Mitsuda , T. Murahashi, M. Matsumoto and K. Usami (Mitsubishi Electric Corporation/Japan)	39
II – A – 3	CATALYSIS AND ELECTROCHEMISTRY IN PAFC: A UNIFYING APPROACH N. Giordano , E. Passalarqua, L. Pino, V. Alderucci and P.L. Antonucci* (Institute CNR-Transformation and storage of Energy & *University of Reggio Calabria/Italy)	40
II – A – 4	SURFACE ACID-BASE PROPERTIES OF Pt/C CATALYSTS FOR PHOSPHORIC ACID FUEL CELLS A. Aricó, V. Antonucci , P.L. Antonucci* L. Pino and N. Giordano (Institute CNR-Transformation and Storage of Energy & *University of Reggio Calabria/Italy)	41

Session II – A : Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)
- Materials and Basic Studies-

Chairpersons: M. Sakurai (Fuji Electric/Japan)
P. Stonehart (Stonehart Associates/U.S.A.)

II – B – 1	PHOSPHORIC ACID FUEL CELLS – MATERIAL PROBLEMS, PROCESS TECHNIQUES AND LIMITS OF THE TECHNOLOGY B. Rohland , J. Scholta and H. Wendt* (Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff-Forschung & *Institut für Chemische/Germany)	42
II – B – 2	FACTORS AFFECTING PLATINUM LOADING IN Pt/C CATALYST USEFUL IN RHOSPHORIC ACID FUEL CELL H. Kim , E.S. Choi and W. Roh (Seoul National University/Korea)	43
II – B – 3	PAFC HEAT TRANSFER MODEL AND VALIDATION FOR A 1KW STACK V. Recupero , G. Maggio, V. Alderucci, R. Di Leonardo, M. Laganà and N. Giordano (Institute for Transformation and Storage of Energy of the CNR/Italy)	44
II – B – 4	MODELLING OF MOLTEN CARBONATE FUEL CELLS K. Janowitz and H. Wendt (Institut für Chemische Technologie/ Germany)	45
II – B – 6	SEPARATER AND POROUS CARBON PLATES FOR PAFC K. Sasabayashi, S. Murakami, T. Hasumoto and T. Fukai (Showa Denko K.K./Japan)	46

Session II - C & D : Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)
- Application -

Chairpersons: T. Saito (Sanyo Electric/Japan)
K. Shibata (TEPCO/Japan)

II - C - 1	THE ADVANCED CARBON MATERIALS FOR THE PHOSPHORIC ACID FUEL CELL K. Haino (Tokai Carbon Co., Ltd./Japan)	47
II - C - 2	FUEL SUBSTITUTION IN A PHOSPHORIC ACID FUEL CELL SYSTEM FOR TELECOMMUNICATIONS USE T. Take, K. Oshima and T. Koyashiki (NTT Interdisciplinary Reserch Laboratories/Japan)	48
II - C - 3	LIQUID-COOLED PHOSPHORIC ACID FUEL CELL SUBSYSTEM FOR BUS O. Yamamoto, Y Ozawa, and S. Ohga (Fuji Electric Co., Ltd./Japan)	49
II - C - 4	DEVELOPMENT OF PAFC PORTABLE POWER UNIT WITH METAL HYDRIDE A. Hamada, O. Tajima, N. Nishizawa, M. Tsutsumi, T. Itoh, A. Furuse, S. Fujitani and T. Saitoh (Sanyo Electric Co., Ltd./Japan)	50

Chairpersons: E. A. Gillis (EPRI/U.S.A.)
E. Nishiyama (Mitsubishi Electric/Japan)

II - D - 1	DEVELOPMENT OF PHOSPHORIC ACID FUEL CELL UTILIZING PETROLEUM PRODUCTS T. Shioiri, S. Tanagida* and Y. Sekido* (Nippon Oil Co., Ltd. & *Nippon Petroleum Refining Co., Ltd./Japan)	51
II - D - 2	DEVELOPMENT OF PHOSPHORIC ACID FUEL CELL USING NAPHTHA T. Yanagino, H. Matsumoto, B. Kariya, N. Kadoya and E. Yoshino (Idemitsu Kosan Co., Ltd./Japan)	52
II - D - 3	DEVELOPMENT OF A NEW REFORMING PROCESS FOR FUEL CELLS N. Iwasa and O. Okada (Osaka Gas Co., Ltd./Japan)	53

Session II - E : Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)
- Operation and Demonstration, Plant Equipment -

Chairpersons: N. Hashimoto (Osaka Gas/Japan)
T. Takakura (Inst. of Applied Energy/Japan)

II - E - 1	LOAD OPERATION CHARACTERISTICS OF TEPCO 11MW PAFC POWER PLANT K. Yokota , K. Uehara, J.S. Caraceni*, Y. Shiraiwa**and T. Amemiya** (Tokyo Electric Power Company, *International Fuel cells Corporation/U.S.A. & **Toshiba Corporation/Japan)	54
II - E - 2	FIELD TEST OF A 200kW ON-SITE FUEL CELL AT A HOTEL H. Yamamoto , Y. Matsumoto* and Y. Mizumoto** (Osaka Gas Co., Ltd., *Kansai Electric Power Company, Inc. & **Mitsubishi Electric Corporation/Japan)	55
II - E - 3	DEMONSTRATION TEST OF 200kW FUEL CELL H. Maebayashi , S. Onodera, and Y. Kanai* (Tokyo Electric Power Co., & *TOHDEN Real Estate Maintenance Co., Inc./Japan)	56
II - E - 4	DEMONSTRATION TESTS OF GRID INTERCONNECTION OF PHOSPHORIC ACID FUEL CELL (PAFC) AT ROKKO ISLAND (JAPAN) A. Kitamura , K. Nakaji and H. Matsuda (The Kansai Electric Power Company, Inc./Japan)	57
II - E - 5	DEVELOPMENT OF NEW CONCEPT OF MOTOR DRIVEN CONTROL VALVE AND ITS VERIFICATION Y. Fujita , K. Shima and I. Satoh* (Toyo Engineering Corp. and *Yaskawa Electric Corp./Japan)	58
II - E - 6	DEVELOPMENT OF HIGH-EFFICIENCY TURBO COMPRESSOR FOR FUEL CELL POWER PLANT Y. Fukao , T. Hirata, Y. Yoshikawa, T. Baba and T. Inaba (Kobe Steel,Ltd./Japan)	59

Session II - F & G : Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)
- Commercialization -

Chairpersons: Y. Ogawa (PAFC Res. Association/Japan)
Y. Sakamoto (Toshiba/Japan)

II - F - 1	PRODE PROJECT: A FIRST PAFC POWER PLANT DEMONSTRATION IN EUROPE V. Cincotti, U. Haus* and D. Sardone** (ENEA, *AEM and **ANSALDO/Italy)	60
II - F - 2	THE ANALYSIS OF THE INTERCONNECTION TO ELECTRIC POWER SYSTEM ON FUEL CELL D. Rho , H. Kim, J. Kim, and E. Kim (Korea Electrotechnology Research Inst./Korea)	61
II - F - 3	DEVELOPMENT OF 50kW-100kW ON-SITE PAFC BY JAPANESE GAS COMPANIES M. Ikeda , N. Iwasa*, and H. Yoshida** (Tokyo Gas Co., Ltd., *Osaka Gas Co., Ltd., and **Toho Gas Co., Ltd./Japan)	62
II - F - 4	DEVELOPMENT OF A 500kW CLASS PAFC FOR COGENERATION N. Hashimoto , I. Tsushi, N. Iwasa, Y. Sawada and R. Ide (Osaka Gas Co., Ltd./Japan)	63

Chairpersons: V. Antonucci (CNR-TAE Inst./Italy)
I. Yoshioka (Petroleum Energy Center/Japan)

II - G - 1	FUEL CELL COMMERCIALIZATION BY FUJI ELECTRIC CO., LTD. K. Okano (Fuji Electric Co., Ltd./Japan)	64
II - G - 2	PAFC COMMERCIALIZATION AND RECENT PROGRESS OF TECHNOLOGY IN MITSUBISHI ELECTRIC M. Matsumoto , K. Usami, and T. Murahashi (Mitsubishi Electric Corporation/Japan)	65
II - G - 3	COMMERCIALIZATION PLAN OF TOSHIBA'S PAFC T. Matsushita , T. Terayama, N. Ishikawa, Y. Shiba, and S. Takeshita (Toshiba Corporation/Japan)	66

分類番号： Ⅱ－A－1	題 目：An Advanced Gas-Diffusion Electrode for Long Life and High Performance PAFC
分科会： P A F C	発表者：N. Hara Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K./Japan
発表内容： (1) カーボンブラック（CB）をポリエチレン（PE）で被覆して、これをフッ素化したもの（FPE）をはっ水剤としてPTFEの代わりに用いる新しいアイデアと、そのはっ水性についての要素試験及びハーフセルを用いた実験結果が報告された。 (2) 新しいアイデア カーボンの一時粒子（0.02～0.04 μm）に比べてPTFE粒子は 0.3 μm と大きく、触媒を局部的に覆ってしまうために、はっ水性の保持及び白金利用率を上げることが困難であった。これに対して粒径の小さなFPEを用いることで、触媒利用率を下げることなく必要なはっ水性を保つことができると考えられる。 (3) FPE/Cのはっ水性 ・PEのHが完全にFに置換されていることを、ESCAのCl_s およびF_{1s} のケミカルシフトにより確認した。 ・FPEを5～40wt%含むCBを用いて20wt%PTFEに調整した電極と、20wt%PTFEのみや60%PTFEのみの電極についてリン酸との接触角を調べ、FPEの方がPTFEのみの場合よりも高い値（強いはっ水）が得られた。 ・リン酸吸収量（ボア占有率）の経時変化では、2500時間程度までPTFEのみの場合に比べて優位差が見られた。ただ徐々にリン酸吸収量が増大したが、これはフッ素化しきれなかったFPEによるもので、近々解決できる見込みである。 (4) ハーフセル性能 PTFEのみの電極に比べて、FPEを含むCBを用いた電極では、200mA/cm² での電位が10mVほど改善され、白金利用率も76%から93%へ約20%改善された。また、触媒層の厚さが2倍近くなのに、Tafel Slope はむしろ低下し改善が見られた。	
質疑： Q：構造上の変化を加えているか？ FPEとCBの最適比率はどのあたりか？ A：FPEとCBの最適比率は、およそ1対1であったが、電極の構造によって異なってくると思われる。	

分類番号： Ⅱ－A－2	題 目：Novel Technique for Analysis and Prediction of Carbon Corrosion and CO Poisoning In PAFC
分科会： P A F C	発表者：K. Mitsuda Mitsubishi Electric Corporation/Japan
発表内容： (1) 多極 Reference付単セルという新規な評価装置を用いて行われた、カーボンの腐食メカニズムやCO被毒メカニズムについての解析結果が報告された。 (2) 多極 Reference付単セル評価装置 小型単セルの周囲に12個のRHE（可逆水素電極）が配置されており、それぞれの位置から同時にアノード電位、カソード電位を測定することができる。 (3) カーボンの腐食に対する水素分圧と水素利用率の影響 カソード電位の極大値は水素分圧にはあまり依存せず、水素利用率が90%を超えたあたりで急激に上昇して0.9Vvs. RHEを超えた。 (4) カーボンの腐食に対する燃料のシリアルフロー方式の効果 ・シリアルフロー方式のスタックの上流セルでは下流セルに流す水素が余分に流れ、下流セルでは上流セルで使い残した水素が余分に流れるので、いずれの場合も燃料利用率が実質的に低下し、腐食の危険性が低くなる。 ・大型18セルスタックの寿命試験で、パラレルフロー方式に比べてシリアルフロー方式の方が寿命特性が改善されていることが確認された。 (5) カーボンの腐食に対するマトリックスピンホールの影響 マトリックスピンホールを模擬したテストで、アノードへの空気の流入によって、ピンホールの下流域で1.5Vvs. RHEを超える高い電位が観測され、腐食の危険性が高まることわかった。 (6) CO被毒のメカニズム CO被毒により、燃料出口側全域で電位シフトが起こった。電流が燃料入口側に集中し、カソード分極が増大することで電圧が低下すると考えられ、COロスの主体はアノード分極ではなくカソード分極であると考えられる。	
質疑： Q1：腐食は水の濃度にセンシティブだといわれているので、pHやプロトンの濃度ではなく水の濃度変化が起因しているのではないか？ A1：確かにリン酸濃度の変化によってもpHが変化しうることと思う。 Q2：電位の分布はセル面内電流密度の不均一によって引き起こされるのか？ A2：その通り。セル面内電流密度の高い所では水素が欠乏し、電流密度の低い所では消費されない水素が通過する。	

分類番号： Ⅱ－A－3	題 目：Catalysis and Electrochemistry in PAFC: A Unifying Approach
分科会： P A F C	発表者：V. Antonucci University of Reggio Calabria/Italy
発表内容： (1) Pt/C触媒の酸素還元反応における触媒作用について、触媒調整のプロセスや熱処理条件によって決定される触媒のもつ酸－塩基性との関連性を触媒のマスアクティビティや短時間の触媒安定性試験により調べた結果が報告された。 (2) 触媒の酸－塩基性は触媒の懸濁性の電位差滴定法によって調べ、またZ P C (zero point of charge)を求めた。 (3) 担持カーボン(Ketjenblack) 自体はもともと塩基性であり、塩化白金酸(H_2PtCl_6) の吸着に対して重要な役割をしている。H_2PtCl_6の分解によりH C lが生じ、これにより酸性基が生じるが、熱処理温度が高くなるにつれて酸性から塩基性に変化し、900 ℃ではもとの担持カーボンよりも強い塩基性を示した。 (4) 触媒のマスアクティビティや白金粒子径とZ P Cとの関連性を調べると、データがばらついているものの、触媒のZ P Cが増加するにつれて触媒のマスアクティビティが低下し白金粒子径が増大する傾向が見られる。 (5) 触媒のマスアクティビティと白金粒子径の関係については、触媒（合金種）や担持カーボンによらず相関性があるように思われる。 (6) 高温リン酸に24時間浸漬した後の電位の低下の程度を調べると、触媒の酸性裏面吸着基が多くなるほど電位の低下が小さくなる傾向が見られた。 (7) このことは、担持粒子の酸素化された裏面吸着基によって引き起こされるアンカー（つなぎ止め）効果によって説明できる。すなわち、P t や H_2PtCl_6 が担持カーボンの表面吸着基と反応し、P t－酸素錯体を形成してアンカー中心となっていると考えられる。P t 粒子のシンタリングはマイルドな酸性基を持つほうが起こりにくい、塩基性吸着基との関連性は見いだされなかった。	
質疑： 同一講演者により、次のⅡ－A－4を含めた発表が行われたので、質疑は次の講演の後でまとめて行われた。	

分類番号： Ⅱ－A－4	題 目：Surface Acid-Base Properties of Pt/C Catalysts for Phosphoric Acid Fuel Cells
分科会： P A F C	発表者：V. Antonucci University of Reggio Calabria/Italy
発表内容： (1) 各種カーボンブラックとPt/C触媒の酸－塩基性を電位差滴定法によって調べ、またH^+とOH^-イオンの吸着量を広範囲のpH域で測定しZPC(zero point of charge)を求めた。 (2) 大気中の酸素と湿度の効果を時間の関数として調べた。 (3) カーボンブラックの性質 脂肪族の炭素に結びついたヒドロキシル基は強い塩基として、また、OH基はフェノール基との関係で共鳴効果によって弱い塩基として働くと考えられる。 (4) 触媒の性質 カーボンブラックとH_2PtCl_6との相互作用により表面酸性基が増加する。しかし、熱処理温度を上げることで触媒はもとの塩基性を取戻し、さらにはもとのカーボンブラックよりも強い塩基性を示すようになった。 (5) 大気中の酸素の効果 大気中の酸素に曝すと、除々にZPCが強塩基から弱塩基へ変化した。 (6) 湿度の効果 $RH=100\%$から$RH=0\%$にすると、$RH=0\%$に放置する日数が長くなれば長くなるほど塩基性基の数が増加した。 (7) ZPCが大きくなるほど触媒のスペシフィックアクティビティが増大し、一方、白金粒子径も増大した。従って、触媒調整時や熱処理時の表面吸着基とH_2との反応が、Pt粒子径に影響しているように思われる。担持カーボンの表面吸着基とPtとの相互作用は、Pt粒子の酸素還元反応にも影響するよう思われる。	
質疑： Q1：硫黄の影響をなくすような特別な触媒の調整方法をしているのか？ A1：触媒の調整方法は、通常の方法とは異なる。 Q2：カーボン表面のケミストリーの影響は、実際にPAFCとして動作させている間になくなってしまわないのか？ A2：その通り。表面吸着基の影響は触媒調整時や熱処理時にのみ表れる。	

分類番号： Ⅱ－Ｂ－１	題 目：Phosphoric Acid Fuel Cells -Material Problems, Process Techniques and Limits of the Technology
分科会： P A F C	発表者：B. Rohlond, ZSW (Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff- Forschung) Germany
発表内容： (1) リン酸燃料電池はカーボン材が主体で構成される。これらカーボン材はカソードポテンシャルが増大すると、腐食が進む。このため腐食しにくい代替材料の有無について調査した。 (2) カーボンに代る材料選定のため20種以上の材料、例えば oxides, borides, nitrides, carbides等を温度 2 0 0℃、濃度 1 0 3 %のリン酸中にひたし、重量低減量を求め、腐食に強い材料選定した。 (3) (2)で選定した材料について、温度 180℃、リン酸濃度 103%、カソード電位を1.0 Vにして、ハーフセルでの腐食実験を行った。結果は、WCが一番早く腐食する。TaC は安定した特性を示した。 (4) 一番良いTaC をセルにして、特性試験を行った。しかし従来のカーボンを主体としたセルと比べ、特性は良くなく、電圧の低下も著しかった。 (5) 金が腐食の面で一番安定した金属である。しかしコストが高いため、SiC のような不活性材料に薄く膜状にコーティングし、担持体として適用可能と思われる。しかし更なる検討を要す。	
質疑： Q 1：タンタル・カーバイトは化学的に安定している。リン酸型電池の運転条件でも安定しているか。 A 1：安定している。 Q 2：金のデポジットの方法を教えて欲しい。 A 2：メッキしてから焼結する。 Q 3：タンタル・カーバイトを使った場合、パフォーマンスが落ちるがこれは表面積が小さいためか。 A 3：まだ最適化がなされていないため。	

分類番号： Ⅱ－B－2	題 目：Factors Affecting Platinum Loading in PT/C Catalyst Useful in Phosphoric Acid Fuel Cell
分科会： P A F C	発表者：H. Kim Department of Chemistry, Seoul National University/korea
発表内容： (1) りん酸型電池の触媒に用いている白金の効果的利用方法について実験的検討を行った。 (2) 実験は次の通りである。ハーフセルによる実験で、テフロンは30%、担持体に1.0 %の白金を塗布、触媒の担持体はバルカンXC72あるいはアセチレンブラック、触媒層厚さ0.35～0.15mm、15mm、電極厚さ 0.3～0.4mm である。 (3) 実験の結果は次の通りであった。 (イ)カーボンの担持体に白金を塗布する時、5 倍の還元剤を入れると白金が塗布され、それ以上では飽和した。 (ロ)白金をカーボンに付着させる時pHを1.2 以下に設定すると、pHの影響はなくなる。 (ハ)白金を合金化すると、高電流密度領域で特性が向上する。(PtとPt-Cr合金の比較) (ニ)電極板の厚さを薄くすると、厚い電極板と比べ高電流密度領域で特性が向上する。 (ホ)白金裏面の増加とともに、特性が直線的に増大する。 (4) 触媒層の撥水性はテフロン量とも関係し、白金の利用率にも影響するため、更なる検討を要する。	
質疑： Q：触媒の利用率について、電気化学、ティラー・モデルに基づいて分析したか。 A：やっていない。	

分類番号： Ⅱ－Ｂ－３	題 目：PAFC Heat Transfer Model and Validation for a 1kW Stack
分科会： P A F C	発表者：V. Recupero Institute for Transformation and Storage of Energy of the CNR/Italy
発表内容： 自主技術によるヨーロッパ最初の原型P A F Cがイタリア メッシナのInstitute for Transformation & Storage of Energy of the National Research Councilにより設計製作された。そのテストランの目的はシステムの最適動作条件の決定、セル構成要素の影響分析、安定性及び寿命解析、システム全体の最適化を行うことである。また、とりわけスタック冷却系の能率を定めることが重要である。このために種々のデザインパラメータ（セルサイズ、冷却系入口温度、電極の特性）が1kW P A F Cスタックの電流密度や温度分布に及ぼす影響を解析した。また感度解析により冷却板のサイズ、形状、溝数がスタック性能に及ぼす影響を調査した。具体的にはP A F Cスタックの3次元熱伝達解析を行い、スタック内の温度勾配特性が得られ、原型1kW P A F Cの冷却系の設計が可能になった。また実験的に得られたセル内の温度プロファイルは理論値を確認し得るに足りるものであり、セル板内での実験値と理論値の乖離は8～24℃、セルスタック方向でのそれは7℃以下であった。	
質疑： Q：故障原因のうちF C本体の故障というのはどういった内容か。 A：D C端子電圧が高くなったのを検出して停止するものであり、スタックのダメージは見られない。	

分類番号： II - B - 4	題 目：Modeling of Molten Carbonate Fuel Cells
分科会： P A F C	発表者：H. Wendt Institut for chemische Tehnologie/Germany
発表内容： (1) 小型セルの実測 I - V データをもとに大型セルの温度及び電流密度の分布を簡単なモデルにより計算した。 (2) 基になる I - V 特性は、3 cm²の小型セルにおいて 600℃～750 ℃の間の 4 つの異なる温度及び 4 種のガス組成で測定し、これらから温度、ガス組成とセルの局所的な実効抵抗とを関連づける一次式を作成した。 (3) セルの発熱 q は、水素の低位発熱量から求めた電圧 V_{th} とセル電圧 V 及び電流密度 i から次式により求めた。 $q = i (V_{th} - V)$ (4) 温度分布は、発熱 q と、セルの横方向熱伝導及びアノードガス、カソードガスへの熱伝達のバランスにより計算した。 (5) 並流、対向流、直交流の三つの流れに関して計算した結果、並流が有効であることが分かった。	
質疑： Q：内部改質についての計算は？ A：まだしてない。	

分類番号： Ⅱ－B－6	題 目：Separator and Porous Carbon Plates for PAFC
分科会：	発表者： T.Hasumoto Showa Denko K.K./Japan
発表内容： ① 人造黒鉛電極の製造法を応用したリン酸型燃料電池のセパレータ用と電極基板用ポーラスカーボン剤の製造方法及びその諸物性について報告された。 ② セパレータ、ポーラス電極基板とも紙などのシート材をベースに樹脂と黒鉛微粉を一定量含浸担持させ、目的の大きさに切断した後、所望の厚さになるよう重ね合わせる。このシートに 150～300℃の温度と数kg/cm²の圧力をかけて成型し、ステンレス容器に入れてリングファーンレスという焼成炉中で約1000℃で焼成する。 ポーラス電極基板の場合は、この後さらに圧損法によって約3000℃まで昇温し、グラファイト化を行う。現在の設備では最大1.1m×1.1m板の製造が可能となっている。 ③ セパレータ板は、厚さ0.2mm から1.5mm 位のものが製造可能となっている。 ガス透過性は10^{-8}cm³・cm/cm²/sec/atm、曲げ強度1,400kgf/cm² ヤング率2,500kgf/mm²、電気抵抗 2,500μΩcm、熱伝導度15Kcal/m/h/℃という優れた特性のものが製造できる。 リン酸に対する耐食性も高く、100%リン酸中で 220℃、3000時間の試験でも殆ど重量減少がなく、また曲げ強度も変わらない。 ④ ポーラス電極基板は、ポア径30～40μm で70%という大きな気孔率を持つものが製造できる。また3～5μという小さいポア径のポーラス電極基板も要望によって提供可能である。これらはかさ密度0.6 から 1.0g/cm³、電気抵抗5000～2500μΩcm、熱伝導度3～4 kcal/m/h/℃、曲げ強度 120～300 kgf/cm²という優れた特性を有している。 ⑤ 今後はさらに性能の向上を図ると共に、低コストで大量製造・供給できる技術を開発していく。	
質疑： Q 1：スターティングマテリアルは何か？ A 1：セルロース径のファイバーからなるシートを使っている。 Q 2：圧損法はコスト的にメリットがでるのか？ A 2：大きな炉があるのでかなりのコストダウンにつながられる。	

<u>分類番号</u> ： II - C - 1	<u>題 目</u> ：The Carbon Materials for the Phosphoric Acid Fuel Cell
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：K. Haino Tokai Carbon Co., Ltd. / Japan
<u>発表内容</u>： 東海カーボンは、従来のカーボン材を製造する技術を応用し、P A F C用の数種類のカーボン材を量産するための基本技術を確立した。 1) セパレータ ・ガラス状カーボンと黒鉛の複合材を用いたセパレータ材の開発に成功した。 ・最大サイズ1 m×1 m、最小厚さ0.3mm まで製造可能である。 ・従来のセパレータ材に比べ、電気伝導性と熱伝導性は2倍以上高く、ガラス状カーボンと同等の機械的強度、耐食性、ガス不透過性を有している。 2) 電極基材 ・多孔質ガラス状カーボンを用いた電極基材を開発した。 ・気孔率60%以上、曲げ強度は180kgf/cm²であり、最大サイズ1 m×1 mまで製造可能である。 ・ガラス状カーボンと同等の耐食性を有している。 ・さらに、熱伝導性、電気伝導性のより高い電極基材の開発を進めている。 3) 複合基材 ・セパレータと電極基材を一体化した複合基材の製造に成功している。 ・高耐熱サイクル性、高機械的強度、高熱伝導性といった特性を有している。 ・また、冷却板用のカーボン材料を開発し、国内において1 MW級のP A F Cシステムで数千時間運転した実績がある。	
<u>質 疑</u>： Q 1：電極基材に含まれる灰分の種類は何か。 A 1：カルシウム、けい素など通常のカーボン材に一般に含まれている元素が殆どである。 Q 2：材料の物性値を変える場合の、製造条件における変更点はどこか。 A 2：樹脂の種類と量、プレス条件、焼成条件などである。	

分類番号： Ⅱ－Ｃ－２	題 目：Fuel Substitution in a Phosphoric Acid Fuel Cell System for Telecommunications Use
分科会： P A F C	発表者：T. Take NTT Interdisciplinary Research Laboratories/Japan
発表内容： (1) N T Tではリン酸型燃料電池エネルギーシステムを電気通信機器の電力供給のために開発しているが、非常時の燃料電池用燃料について報告された。 (2) 都市ガスの供給がストップした時の非常用燃料としてはメタノールもしくは液化プロパンが最適な燃料である。 (3) 非常時に都市ガスから非常時用燃料への切替えを行うための条件はコスト、サイズの双方から同一の改質器を使用することが好ましく、ニッケル・アルミナ触媒の特性を検討した。 ・都市ガス、メタノール、液化プロパンガスは同じ改質器を持ち、同じ触媒ですべて水蒸気改質が可能である。 ・燃料の切り換え時には、燃料電池の出力を一定とするため水蒸気供給量、燃料供給量を燃料により増減させる必要があり、バルブコントロールで行う。 (4) 燃料電池出力26kWで都市ガスから液化プロパンガスへの切り換え及び逆の切り換えテストを行った。 ・電流、電圧は燃料切り換えの直前に一時変化があるが、ほぼ一定である。 ・改質器、気水分離器、冷却水等の温度についても問題なく、改質ガスの組成もほぼ一定である。 (5) 結論として、テストに使用したニッケル・アルミナ触媒では、燃料切り換えは熱供給量、燃料供給、水蒸気改質器に対する水蒸気供給量をコントロールすることによって可能である。	
質 疑： Q：メタノール改質で温度が高い理由は？ A：通常都市ガスで700℃以上で運転しているところへ非常時の切り換えにメタノールとなったと仮定したテストのためである。	

<u>分類番号</u> : II - C - 3	<u>題 目</u> : Liquid-Cooled Phosphoric Acid Fuel Cell Subsystem for Bus
<u>分科会</u> : P A F C	<u>発表者</u> : S. Ohga Fuji Electric Co., Ltd.
発表内容 : (1) 富士電機は1988年より、アメリカ・エネルギー省(DOE)の燃料電池バス開発プロジェクトに参加し、プロジェクトの中で燃料電池システムを担当した。 (2) 25kWプラスボード燃料電池システム 開発プロジェクトはPhase 1からPhase 4まで計画されている。Phase 1では実際のバスに搭載する2分の1の容量の25kWプラスボード試験機を開発した。試験結果は以下の通り。 効率(LHV) : 38% 起動時間 : 40min 排ガスのNO_x : 0.5ppm 排ガス中のCO : 30ppm (3) 50kW燃料電池システム 25kWプラスボード試験の経験を生かし、20人乗りのバスに搭載する50kWクラスの燃料電池の基本設計を行った。仕様は以下の通り。 定格出力 : 48kW 効率(LHV) : 38% 起動時間 : 25min システム重量: 約1,300kg (4) 以上のことから液冷式リン酸型燃料電池システムがバス用の電源として十分に使用可能であるという判断ができた。今後はコストの低減及びさらなる信頼性向上策に取り組んで実用化の可能性を高めていく。	
質疑 : Q 1 : スタックの中でリン酸の洩れはないか? A 1 : 空気の出口側にリン酸が飛散するという現象があるが、簡単な構造の捕集器を付ける計画である。 Q 2 : 電流密度は現状どの程度か? 商用化時は? A 2 : 現在は240mA/cm²で計画しているが、将来は300mA/cm²とする。 Q 3 : 搭載する機器の耐振性は検証済か? A 3 : ホンプ、ブロー等については、JISの規格に従って検証したが、燃料電池スタックについては、まだ検証していない。搭載試験において検証予定である。	

<u>分類番号</u> ： Ⅱ－C－4	<u>題 目</u> ：Development of PAFC Portable Power Unit with Metal Hydride
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：H. Nishizawa Sanyo Electric Co., Ltd. / Japan
<u>発表内容</u>： (1) 最近の電気機器のコードレス化、ポータブル化に対応し、リン酸燃料電池のクリーンさ、音が静かというメリットを生かし開発した小型ポータブル電源の概要について報告があった。 (2) 電源としての要求項目としては、小型軽量、起動性、取扱が容易、長寿命で高信頼性があるが、水素吸着合金を用い、純水素を供給することでシステムの小型軽量化、長寿命化が期待される。 (3) 従って、ここでは燃料電池の低温運転について主に検討を行った。 ・190℃の運転温度では120mW以上の出力密度であるが、100℃程度の運転温度でも60mWから80mWと実用レベルでは十分な出力が得られる。 ・低温運転ではリン酸濃度の低下が発生するが、反応空気を増加させることによりリン酸濃度の低下を制御することが可能である。 ・長期運転試験では80, 100, 120℃を行ったが、いずれも電池の劣化速度は小さく安定した特性である。 ・起動、停止のサイクル運転は260回、延べ8000時間行ったが、安定している。 (4) 試作したポータブル電源は出力250W、電池の運転温度は100℃の空冷式で、水素吸着合金タンクの400ℓの水素で250Wで100分の運転が可能である。 (5) 今後はさらに小型軽量化、信頼性の向上、高密度化を図っている。	
<u>質 疑</u>： Q 1：水素の吸着はどのようにするのか？ A 1：冷却をしながら10気圧以下で吸着し、短時間で行えるシステムを構築している。 Q 2：起動開始後の60℃以下での運転時の問題点は？ A 2：出来るだけ速く所定温度に上げることであるが、それまではシステムの運転モードのところで実質的には対応している。	

分類番号： Ⅱ－D－1	題 目：Development of Phosphoric Acid Fuel Cell Using Petroleum Products
分科会： P A F C	発表者：T. Shioiri Nippon Oil Co., Ltd. / Japan
発表内容： (1) 勘石油産業活性化センターの技術開発に参加し、1986年度からナフサ及び灯油の脱流技術、改質技術の基礎研究、200kW 級の灯油の脱流・改質装置による研究、あるいはナフサ用 200 kW級燃料電池による実証試験を実施した。 (2) 燃料のナフサには製油所で水素化脱流したものを用いるが、硫黄分が0.3wtppm程度含まれているため、これを燃料電池の燃料処理で0.1wtppm以下にする必要がある。吸着脱流触媒（ニッケル系及び非ニッケル系）の加速寿命試験（未脱流のナフサを添加した高硫黄濃度の燃料を使用）を実施した結果、いずれの吸着触媒も長寿命であることがわかり、ナフサの脱流は比較的簡単に出来ることを確認した。 (3) 灯油については、低硫黄灯油及びJ I Sの1号灯油について検討した。 低硫黄灯油は硫黄分が1wtppm 以下（例えば0.5 とか0.25wtppm）であり、ナフサと同様に吸着脱流で十分いけることを確認した。J I Sの1号灯油とは一般の家庭で使用されている灯油であり、硫黄分が数10wtppm 程度含まれている。水素化脱流は圧力の効果が大きいですが、高圧ガス取締法で規制されない10kg/cm²G 以下での脱流を目指した。実験の結果、水素化脱流後さらに吸着脱流する2段階のプロセスにより比較的経済的に脱流できるということが分った。 (4) 改質技術については、貴金属系の改質触媒を開発した。特に灯油の改質についてはトプソ社の改質器で低スチーム／カーボン比で10000 時間以上の運転（平均の負荷77％）を行い、その優れた性能を確認した。 (5) ナフサ用200kW 級燃料電池は、IFC 社のプリプロト機である。燃料は脱流されたナフサで、累積発電時間は約4800時間であった。（平均負荷 106kW）	
質 疑： Q：ナフサ用200kW 級燃料電池の試験は、トプソ社の改質器で行ったのか？ A：改質器もI F C製である。	

<u>分類番号：</u> II-D-2	<u>題 目：</u> Development of Phosphoric Acid Fuel Using Naphtha
<u>分科会：</u> P A F C	<u>発表者：</u> T. Yamagino Idemitsu Kosan Co., Ltd./Japan
<u>発表内容：</u> (1) ナフサを燃料とするリン酸型燃料電池に関し、以下の研究開発を実施している。 ① 燃料電池用のナフサ水蒸気改質触媒の開発 ② ナフサを燃料とする50kWリン酸型燃料電池の実証 (2) 水蒸気改質触媒を1986年から開発している。改質器の低圧、低スチームカーボン比を目指して、ルテニウムを活性種とし担体にジルコニアを用いた触媒を開発した。脱流された軽質ナフサを燃料としてマイクロリアクターで触媒の性能を評価した結果、ルテニウム系触媒はニッケル系触媒と比較して高性能であり、スチーム／カーボン比が2でも運転できた。 1988年からこの触媒の改質特性を実使用規模（50kW燃料電池）の改質装置で行った。触媒出口で約 700℃、入口圧力が2300mm水柱、スチーム／カーボン比で 2.5～3 の条件で運転を行い、低圧の低スチーム／カーボン比で運転できることを確認した。 (3) 50kW燃料電池プラントを1990年に設置して運転研究を開始した。脱流触媒にコバルト・モリブデン系触媒を、吸着触媒には酸化亜鉛を用いた。改質器は二重円筒型であり、触媒にはルテニウム系触媒を用いた。COコンバーターには銅亜鉛系の触媒を用いた。ナフサの使用量は15ℓ／時、スチーム／カーボン比は2.5～3、改質器の出口温度は 650～720℃、出口の圧力は1000mm水柱である。 1991年の12月現在の運転結果は、起動回数 102回、総運転時間は1348時間、総発電量 25,271kWh である。また発電効率35%、総合熱効率72%、NO_x 3ppmである。	
<u>質 疑：</u> Q 1：改質器の入口温度は？ A 1：ナフサの場合にはかなり低く設定しており、450～500℃程度である。 Q 2：スチームカーボン比の理論値は？ A 2：当日は解答なし（後日、2であると確認した。）	

<u>分類番号</u> ： II-D-3	<u>題 目</u> ：Development of a New Reforming Process for Fuel Cells
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：N. Iwata Osaka Gas Co., Ltd. / Japan
<u>発表内容</u>： (1) 大阪ガスで開発された改質プロセス及び触媒を応用した燃料電池改質システムの開発状況について報告があった。 (2) 新改質システムの開発目標 ・排熱の有効利用のために高温排熱（水蒸気で回収）の回収量の増加 ・小型、軽量化 ・起動時間の短縮 (3) 新改質プロセスの特徴 ・脱流プロセス……残硫黄が ppbレベルの脱流が可能（超高次脱流剤と呼ぶ） ・改質プロセス……非ニッケル系の高活性な大阪ガスの開発触媒の採用 ・CO変成プロセス…耐熱性のある使用温度範囲の広い大阪ガス開発の触媒採用 上記3プロセスを用いた新改質プロセスでは低S/C運転が可能であり、また、触媒量を少なくし（従来の3/1）、コンパクト化が図れる。 (4) 高温排熱回収（水蒸気で回収）の比較 S/Cが3.5 の場合、回収した水蒸気の50%しか排熱利用できないが、S/C を2.5 で運転すれば、70%の蒸気が排熱利用可能である。 (5) 開発過程と現状 1989年度後半から、1次試作機、2次試作機を経て、1991年度後半からデモンストレーション機の運転を開始している。メタンスリップ、CO濃度とも、目標通りの分析データが得られている。また起動時間は冷起動後1時間以内で改質可能である。 デモンストレーション機のパッケージサイズ2.5m×1.6m×2.1m（高さ）50kw 相当 (6) 新改質プロセスの実用化への展開 ・東京ガス、大阪ガス、東邦ガスと富士電機との50kW, 100kW商品化計画で、このプロセスを採用、50kW用は既に8台運転中、長いものは7,000 時間を超えている。 ・富士電機と大阪ガスで共同開発中の 500kW級 P A F C 機で本プロセス採用。	
<u>質 疑</u> ：	特になし

<u>分類番号</u> ： II - E - 1	<u>題 目</u> ：Load Operation Characteristics of TEPCO 11MW PAFC Power Plant
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：K. Yokota Tokyo Electric Power Company, Tokyo/Japan
<u>発表内容</u>： (1) 東京電力が五井火力発電所で試験中の11MW P A F Cの運転状況が報告された。 (2) このプラントは1981-1985 年に実施された4.5MW 実証試験の成果を基に、東芝—I F Cが共同で開発した米国市場向け汎用プラント（P C 2 3）を国内立地用に一部仕様変更したのである。 (3) 1989年1月土木工事着工後、短期間で建設、P A Cテストも実質4か月で終了し、1991年3月に初発電に成功し、4月には定格出力を達成した。7月から8月にかけては連続 875時間の連続運転を実施した。 (4) 11MW出力時の発電効率（発電端、HHV）は43.6%と設計値の42.9%を上回っており、NO_x 排出濃度も3 ppm 以下と極めて低い値であった。 (5) 18本の電池電圧はほぼ一定で安定しており、875時間連続運転中の電圧低下もほとんど認められなかった。 (6) 10月に数本の電池の起動時電圧挙動の異常が顕著になったため、開放点検したところ電極積層コーナー部の炭素材料が一部欠損し、そこからパージガスが電池内部にリークしていることが分かった。 (7) 原因は電池容器のパージに用いたリフォーマ排ガス中の水蒸気と酸素と電極炭素との電気化学的反応であり、運転条件（温度、圧力、電圧等）、セル構造、炭素材の特性等の諸条件が重畳し反応を加速したと推定している。	
<u>質 疑</u>： Q 1：今後の運転予定は？ A 1：当面パージガスを窒素に変え2ストリング（6S X 2P）で運転再開を検討中。 Q 2：負荷変化速度などトランジェントな特性はどうか？ A 2：今のところ慎重な運転を実施しており、動特性データはまだ測定していない。	

<u>分類番号：</u> II - E - 2	<u>題 目：</u> Field Test of a 200kW On-site Fuel Cell at a Hotel
<u>分科会：</u> P A F C	<u>発表者：</u> H. Yamamoto Osaka Gas Co., Ltd. / Japan
<u>発表内容：</u> (1) 通産省工業技術院のムーンライト計画の一環として研究開発が進められてきたオンサイト用燃料電池のホテルにおけるフィールドテストの状況について報告された。 (2) 燃料電池の開発仕様 定格出力（送電端）200kW、発電効率36%、総合効率80% 排熱回収仕様 高温排熱 170℃水蒸気、低温排熱70℃温水 低圧の都市ガス(LNG)を燃料とする常圧タイプ パッケージ 大きさ 3.1m(W)×10m(L)×3.2m(H) (3) コージェネレーションシステムの概要 ・電気出力は通常は商用と連系運転。適当な負荷を選択して単独運転も可能 ・高温排熱は二重効用吸収式冷温水機の熱源として使用し、ホテル客室の冷暖房に利用（P A F Cでは世界初の試み）。 ・低温排熱はホテルの給湯に利用（給湯温度60℃） (4) 運転結果 開発目標を達成し、1991年3月末にムーンライト計画としては成功裏に終了したが、さらに長期にわたる信頼性、耐久性等の検証のために10月末まで運転が民間資金で継続された。 ・累積運転時間 13,038時間、最長連続発電時間2656時間 ・送電電力量 1,790,667kWh, 起動停止回数60回 ・発電効率 36%, 総合効率80.2%（水蒸気回収効率18.1%, 温水回収効率26.1%） ・電池特性 安定した性能で、4万時間10%電圧ダウンの目標ラインより上位で推移, ・環境性 NO_x 4ppm (O₂ 7%換算値) ・メンテナンス 全運転期間中の故障停止回数23回 運転開始当初（約3ヶ月間）、初期トラブルで苦労した。 通常のメンテナンスとしては約2ヶ月に1回水処理装置のイオン交換樹脂とフィルターの交換が必要。定期点検は年1回、回転機類や計装機器の点検調整等を行う程度である。	
<u>質 疑：</u> な し	

<u>分類番号：</u> II - E - 3	<u>題 目：</u> Demonstration Test of 200kW Fuel Cell
<u>分科会：</u> P A F C	<u>発表者：</u> S. Onodera Tokyo Electric Power Co.,/Japan
<u>発表内容：</u> (1) 東京電力の 200kW燃料電池実証試験について、プラントの概要、設置環境、試験の内容と結果、今後の課題等が報告された。 (2) プラントの概要及び設置環境 ・ 米国 I F C 社製の水冷式200kW パッケージタイプの試作機（P C X） ・ 芝浦 4 丁目地区熱供給センターの地下プラント内に設置 ・ 発電電力は同プラントの設備で全て消費し、発生熱は、温水、冷水として同プラントの蓄熱槽へ供給されている。 (3) 試験状況 ・ 運転実績は、累積発電時間11,885時間（12月末）、連続運転時間3,246 時間（世界最長）である。 ・ 電池電圧は、経時的に低下し、起動停止による影響が大きい。 10,000時間で電圧約30%低下し、予備と交換した。 ・ 定格出力において、送電効率30.2%、熱回収を含めた総合効率78.0%が得られた。 (4) 結論 ・ 小型燃料電池の運転性能及び室内地下装置での信頼性、安全性が確かめられた。 ・ 課題としては、電池本体の寿命、高温排熱の回収利用、遠方集中制御の確立などがあげられる。	
<u>質 疑：</u> Q：I F Cの次機についてどうお考えか？ A：電池の電流密度を下げたことなどから、かなり改善されると期待している。 C（補足）：P C XはP C 2 5の前段機として、日本だけに計4台（日石、大阪ガス）導入され、それぞれの実証試験での不具合をI F Cに報告しているので、P C 2 5は、それらを反映し、信頼性が向上していると考えられる。	

<u>分類番号：</u> II - E - 4	<u>題 目：</u> Demonstration Tests of Grid Interconnection of Phosphoric Acid Fuel Cell(PAFC) at Rokko Island(Japan)
<u>分科会：</u> P A F C	<u>発表者：</u> A. Kitamura The Kansai Electric Power Company, Inc./Japan
<u>発表内容：</u> 関西電力及び電力中央研究所はN E D Oの委託により六甲実験センターで太陽光発電500kW、風力発電 300kW、燃料電池 900kWき系統連系試験を行うことにしている。F C及び風力は 6.6 kV配電系統に、太陽光発電は100, 200 V配電系統に連系される。1992年1月現在50kW F C 6台が運転試験中である。これについて今回、運転及び連系試験の中間報告を行ったものでF Cの利用率、出力率、累計発電時間、運転停止回数等の実績が報告されているほか連系時の配電線の電圧変動や高調波の状況が報告されている。 これまでのF C 6台の運転状況をみる限り極めて良好な状態で推移しているが、運転開始後3, 4ヶ月毎に設備利用率が低下をくり返す傾向がある他、燃料電池の故障発生率が電気系統のそれよりも大きくまだF C改良の余地が残されている。 またユーザーに備えつけられる力率改善用のコンデンサが、電圧変動や高調波の減少にかなりの効果があることが、系統連系試験の結果から判明している。 今後設備の増設と運転、試験を継続することにより系統連系に関連する技術的諸問題の解析、実証が期待される。	
<u>質 疑：</u> Q 1：COのセルや水素の消費に与える影響はどうか？ A 1：1 kWスタックでのそのような影響は分っていない。触媒の寿命差というのはカーボン、プラチナによって左右されるものと思う。 Q 2：プラチナ合金も使用するのか？ A 2：その予定である。ただ1 kWスタックには使用していない。	

<u>分類番号</u> ： II - E - 5	<u>題 目</u> ：Development of New Concept of Moter Driven Control Valve and Its Verification
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：Y. Fujita Toyo Engineering Corporation/Japan
<u>発表内容</u>： (1) 特徴と開発の背景 ①省スペース：燃料電池の発電ユニットを小型にするためクローズ型とした。 ②ノンリーク：可燃性ガスの洩れ防止により安全性を高めた。 ③モータ駆動：空気供給システムの削減をはかった。 ④パルス駆動：精密な制御を可能にした。 ② 構造と機能 ①インラインタイプ：キャンドタイプポンプに似た構造で、ロータは水壁の内部にあり壁の外にあるステータコイルにより駆動する。 ②外 部 駆 動 型：ダーティー、高温、腐食性のある場合に用いられるタイプでロータ、ステータコイルは水壁の外にある。 (3) スペック ①サイズ ：1/2 インチ～6 インチ ②圧力規格：JIS10K(ANSI 150#) ③温 度 ：～200 ℃ ④最大差圧：14kg/cm² (4) 検証テスト 従来型、インラインタイプ、外部駆動型のフィールドテストを日本鉱業／知多製油所の燃料電池検証テストプラントで3ヶ月間実施。検証運転の結果、大きなダメージや損傷はなかった。 (5) アプリケーション 本調整弁の特性を生かして燃料電池以外にも化学プラント等の産業用に広く用いることができる。	
<u>質 疑</u>： Q 1：電源がダウンした場合の対応は？ A 1：フェールロックの設計をしているが、バックアップ用電源が必要。 Q 2：コスト面はどうか？ A 2：現状はプロトタイプなので高価であるが、大量生産ができれば安くなる。	

<u>分類番号：</u> Ⅱ－E－6	<u>題 目：</u> Development of High-Efficiency Turbo Compressor for Fuel Cell Power Plant
<u>分科会：</u> P A F C	<u>発表者：</u> Y. Fukao Kobe Steel, Ltd./Japan
<u>発表内容：</u> (1) ターボコンプレッサ効率のプラント効率に及ぼす影響が大きいため、高効率ターボコンプレッサの開発を通産省工業技術院ムーンライト計画の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託研究として行った。 (2) ターボコンプレッサの構造と仕様 ① 1軸2段圧縮1段膨張式の堅型構造 1軸のロータにエネルギー回収用のラジアルタービンと空気圧縮用のコンプレッサインペラ（低圧段、高圧段）を配している。ロータは気体軸受で支持され、堅型構造のためコンパクトである。 ②仕様 ・5,000kW 級燃料電池用 ・吸込圧力 大気圧 ・吐出圧力 7kgf/cm² abs ・回転数 25,000 rpm (3) 空力性能 ①詳細理論計算と空気要素試験により高比速度三次元インペラを開発 ②コンプレッサディフューザとして高負荷二重翼列ディフューザを開発 ③エキスパンダノズルとして超音速エキスパンダノズルを開発 (4) 軸受性能 ①詳細理論計算と軸受要素試験により大型気体軸受を開発 ②ティルティングパッドの動圧高価と外部給気による静圧高価をもたせたハイブリット構造 (5) 総合性能試験 ①実機規模の5,000kW 級ターボコンプレッサを製作し、性能試験を実施した。 ②高圧燃焼器により、改質器排ガスを模擬した高温ガスにより運転し、総合効率74%という高効率を達成した。又、機械的に安定な運転ができることを確認した。	
<u>質 疑：</u> Q 1：500kW 燃料電池の場合のターボコンプレッサの効率は？ A 1：1/10のスケールダウンなので、今回の技術成果を直接アプライできない。しかし、空力軸受においてスペックにあわせた同様の技術開発を行うことにより、従来型よりも高効率にすることは可能。 Q 2：ターボコンプレッサの効率とは？ A 2：1軸上に配置されているコンプレッサとエキスパンダの効率をかけあわせたもの。	

分類番号： Ⅱ－F－1	題 目：Prode Project A First PAFC Power Plant Demonstration in Europe
分科会： P A F C	発表者：D. Sardone ANSALDO/Italy
発表内容： (1) イタリアのミラノ近郊で、1 MWのプロードというプラントが建設中である。燃料は天然ガスで、独立運転、系統接続運転の両方が可能である。すでに詳細設計、コンポーネントなどの調達は完了しており、現在据え付け作業に入っている。このP A F C発電プラントはイタリア、ヨーロッパで最初の発電プラントとして1992年に完成される予定で、1993年の初めから2年間の実証試験を行う予定である。 このプロードプログラムはE N E A（研究開発機関）がこのプラントコストの80%を出資して、プログラム全体の管理、監督を行い、AME（ミラノ市のエネルギー事業）とANSALDO（電気機械関係のメーカー）の共同プログラムとして計画、発足、実施されている。 (2) プログラムの目的 ・燃料電池プラントの技術開発において業界として経験を積むこと。 ・需要家の燃料電池に対する関心を高めるための燃料電池の特性などの実証。 (3) システム概要 ・燃料電池系 動作圧力 8.3bar、動作温度 207℃、スタック出力 670kW×2, (IFC製) ・改質器 運用範囲は定格負荷の30～100%, (ハルター・トプソー製) ・PCH システム G T O変換機 2 台、(ANSALDO製) - 出力電圧 23kV、周波数 50Hz、高調波歪 3 % 以下 ・IPプロセスシステム 2 段式ターボコンプレッサ、(ABB製) - 容量 定格の 2 倍（プラントの最終効率にマイナスの影響） (4) 支援活動 ・リアルタイムのダイナミックシミュレーション ・G T Oインバーターのコントロールテスト ・ターボコンプレッサの性能テスト	
質 疑： Q 1：ターボコンプレッサの効率はこの程度か（1 MW及び2 MWの場合）？ A 1：名目68%、実績60%である。 Q 2：60%というのは1 MWレベルであるか？ A 2：60%というのはターボコンプレッサの効率である。 Q 3：それは1 MWの負荷でということか？ A 3：そうである。 Q 4：では2 MWのプラントではどうか？ A 4：熱効率が1 % くらい向上すると思われる。	

<u>分類番号</u> ： Ⅱ－F－2	<u>題 目</u> ：The Analysis of the Interconnection to Electric Power System on Fuel Cell
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：D. Rho Korea Electrotechnology Research Inst./Korea
<u>発表内容</u>： (1) 燃料電池発電システムを電気系統に連系した場合の電気的特性について、シミュレーション解析した結果が報告された。 (2) シミュレーション条件 ・系統構成は、6.6kV の配電線系統からの変圧器(2kVA)を介しての受電と、変圧器 2 次側母線に連系する 2 kWの燃料電池発電システム及び 4 kWの負荷から成っている。 ・使用するシミュレーションソフトウェアは E M T P (Electro-Magnetic Transient Program)及び T A C S (Transient Analysis Control System) (3) シミュレーション結果 ・燃料電池発電システムの起動／停止、出力変化、負荷の急激な変化などについて解析した結果、燃料電池の運転及び系統側に問題となるような現象は現れなかった。 ・地絡事故について解析した結果、母線の 3 相地絡事故に対し、燃料電池発電システムから定格電流の 5 倍の電流が流れることが観測され、何らかの対策が必要であることが分った。 (4) 今後の検討 ・系統連系技術の研究を進めるためには、コンピュータシミュレーションとともに、小規模系統試験設備による試験が必要であるとの提案があり、この設備に関する概念設計の紹介があった。	
<u>質 疑</u>： な し	

<u>分類番号</u> ： II - F - 3	<u>題 目</u> ：Development of 50kW-100kW On-site PAFC by Japanese Gas Companies
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：M. Ikeda Tokyo Gas Co., Ltd. /Japan
<u>発表内容</u>： ① 日本のガス事業者は1980年代からNEDOプロジェクトとして、また日本の燃料電池メーカーと共同で50kW, 100kW, 200kWのリン酸型オンサイト燃料電池の開発を積極的に進めてきた。これらの開発を通して実用化の見通しを得ることができた。 ② この結果をうけて、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスは1989年から富士電機と共同で50-100 kWクラスのオンサイト燃料電池の商品化開発プロジェクトを開始した。このプロジェクトは要素機器の開発、システム設計開発、性能評価試験、フィールドでの実証試験の4つのタスクからなっている。 ③ これまでに要素機器の開発、システム設計開発がほぼ完了した。セルについては、初期のオンサイト型プロジェクト機の120mA/cm²から240mA/cm²まで高められ、コスト低減に貢献した。高性能な改質触媒の採用と進んだ熱交換概念を取り入れて、従来型の改質器に比較して容積で1.2, 設置面積で60%、重量で40%に低減でき、触媒使用量では1/3、改質に使う蒸気量も20%以上低減できた。システムの簡素化ではバルブや制御機器の削減、熱交換器の複合化によるコンパクト化、低コスト化、起動ボイラー設置による起動時間の低減を図った。50kWのシステムとしては、パッケージ寸法で長さ2.9m, 幅1.75m, 高さ2.2mとなった。現在、工場にて組立中の100kW 試作機は長さ3.8m, 幅2.6m, 高さ3.1mである。 ④ 1990年から商品化のための試作機を製作し、現在50kWの1次試作機4台、2次試作機2台の運転試験をガス3社のサイトで進めており、1,200～5,500時間の運転を経験している。発電効率40% (LHV)、熱回収効率30～40%、NO_x 排出3ppm、総合高調波は3%を達成している。	
<u>質 疑</u>： Q：高性能の改質触媒とはなにか？ A：天然ガスの改質を水蒸気炭素比2.5 で運転できる触媒である。	

<u>分類番号</u> : II - F - 4	<u>題 目</u> : Development of a 500kW Class PAFC for Cogeneration
<u>分科会</u> : P A F C	<u>発表者</u> : N. Hashimoto Osaka Gas Co., Ltd./Japan
<u>発表内容</u> : (1) 大阪ガスと富士電機が共同開発中の500kW 級オンサイト用リン酸型燃料電池の開発状況について報告があった。 (2) コージェネレーションシステム（回転機式）において、単機容量として、500kW クラスの需要が多いのが容量選定の背景となっている。 (3) 目標仕様 改質系、電池系は常圧運転のシンプルなシステム 発電効率40%以上(LHV)、熱回収 160℃以上の蒸気回収25%以上、設置面積 0.07 m ² /kw (4) 脱流－改質－CO変成プロセスは、大阪ガスの開発した新改質システムを採用し、低S/C 運転による蒸気回収量の増加と小型化を図った。 (5) 開発スケジュール ・1989年度後半からフィージビリティスタディを開始 ・1990年～1991年度 要素技術開発及び試作機の製作 ・1992年度 インバータ、セルスタックの組込み、工場試験、テストサイトでの運転開始 (6) 現時点の状況 ・試作機はセルスタック、インバータを除いて組立を完了 ・富士電機の工場において、改質系の試験に入っており、低S/C(S/C=2.5)運転で目標性能がでている。 (7) コストの見通し 試作機（数台）の運転から数年後に40～50台／年の生産規模という条件で20万円／kWを実現できると予想している。	
<u>質 疑</u> : なし	

分類番号： Ⅱ－G－1	題目：Fuel Cell Commercialization by Fuji Electric Co., Ltd.
分科会： P A F C	発表者：K. Okano Fuji Electric Co., Ltd./Japan
発表内容： (1) 富士電機はリン酸型燃料電池の商品化に取り組んでいるが、その開発状況と今後の商品化計画が報告された。 (2) 富士電機の実績 4 kWから1 MWまでの実験研究用発電プラントを32台納入した。 (3) セルと改質器の開発 商品機に適用するための出力密度$0.2\text{W}/\text{cm}^2$（電流密度$300\text{mA}/\text{cm}^2$）のセルを開発した他、大容量機用として1 m角の大面积セルを開発した。またオンサイト用として小型で高性能の改質器を開発した。 (4) 発電プラントの開発 ガス3社と50kW, 100kWの商品機開発を行っており、試作機を運転している。また、大阪ガスと500kW機を開発中である。50kW, 100kWは今年から来年にかけて多数のフィールドテストを実施するが、その後市場導入を行う。 電力事業用ではNEDO/PAFC 研究組合の5 MW機を設計中である。 (5) 商品化への条件整備 ・コスト低減と信頼性向上 ・メーカーと各業界、ユーザーとの密接な連係 ・国や関係機関の援助 これらの条件を整備して、円滑な市場導入をはかりたい。 (6) 燃料電池と環境問題 低NO_xで環境を損なわない燃料電池の市場導入に対して環境政策面からの支援が望まれる。	
質疑： Q：燃料電池のコストは使っている材料費より下がらないが、コスト低減について困っていること、努力していること、またその見通しは？ A：外部からの購入品はコストの60％を占めているがこれらの材料、部品は各メーカーではさらに原材料と加工費に分けられる。現在は発注量が少ないので材料、部品メーカーも手作りで生産しているためコストが高い。発注量がふえれば各メーカーでも量産体制がとれるのでコストが下げられる余地は多く残されている。	

<u>分類番号</u> : II - G - 2	<u>題 目</u> : PAFC Commercialization and Recent Progress of Technology in Mitsubishi Electric Corporation
<u>分科会</u> : P A F C	<u>発表者</u> : M. Matsumoto Mitsubishi Electric Corporation/Japan
<u>発表内容</u> : (1) 三菱電機におけるリン酸型燃料電池 (P A F C) の事業化計画とその計画に沿った開発が着実に進められていることが報告された。 (2) P A F C の事業化 1979年より本格的な開発に取り組んで来ている。将来のエネルギーの事業の一つとして位置づけ、事業化に取り組む方針である。事業化には、フィールドにおける長期実証運転による検証が不可欠であり、その結果を将来の商用機に反映する考えである。 - 想定する市場は、コジェネを中心とした業務用の① 200kW級を標準とする小容量機②500~1000kW級の中容量機、電気事業用の③ 5 MWをユニットとしそれを組合わせた大容量機である。 200kW 級機は、リン酸補給なしで13,000時間を越える運転実績を記録したホテルプラザ機の技術と経験を生かし、更に改善と性能向上を加え、1996年頃から商用機を生産予定である。1991年末には、電流密度を200mA/cm² に上げ電池本体を1台化した六甲機を出荷し、現在順調に調整運転されている。 - 量産工場、技術の進展と社会の動向を見ながら1990年代中頃を目指し、年産50~100MW 規模のものを建設予定である。 - コスト低減は最重要課題であり、工場建設までに、量産に習熟すれば目標の25~30万円/kWのコスト見通しを得る技術開発をする。 (3) 最近の技術進歩 - セル技術：特性は、小型セルでは300mA/cm² で初期特性650mv 程度を達成し、ショートスタックでの検証試験準備中である。寿命は、ショートスタックで250mA/cm² の運転で特性低下率20mV/10,000hを達成している。また、40,000時間のリン酸補給なしでもつ見通しも得ている。これらの技術は、次期プラントに適用できる。500kW 級スタックに向けた1m角の大面积セルの試験を順調に開始した。 - 改質技術：1MWの改質器開発に向けて1/6 バーナモデルと単管反応器モデルの試験を進めている。バーナモデルテストは種々の条件下で満足な結果を得た。 - その他：プラント機器の開発のため、100kW 相当のプラント試験設備を備えた。	
<u>質疑応答</u> : な し	

<u>分類番号</u> ： II - G - 3	<u>題 目</u> ：Commercialization Plan of Toshiba's PAFC
<u>分科会</u> ： P A F C	<u>発表者</u> ：T. Matsushita Toshiba Corporation/Japan
<u>発表内容</u>： 1. 東芝の燃料電池開発のスタートからムーンライト計画の1MWプラント、さらには最近の東京電力(株)五井火力発電所における11MWプラントの実証運転に至るまでの一連の経過を紹介。 2. 燃料電池プラントの技術レベルの指標となる電池本体の開発と性能向上の経緯、さらには高電流密度化によるプラントの小型化とコスト低減の諸施策について述べられた。 3. 電力用大型燃料電池については、1990年に製造設備が完成し、現在670kW の電池の製作にかかっている。さらに、この電池フルスタックの試験装置（1MWフルスタックの試験も可能な設計）が昨年度に完成し、1MWから11MW級までの製造体制が整った。また11MW級プラントの商用普及化に向けてのコンパクト化、経済性も並行して検討を行っておりほぼ見通しが得られてきた。 4. オンサイト型燃料電池の分野ではONS I社のPC25型200kW プロダクション機用に改質器、電気システムを製作・供給している。 一方、200kW 機を主力製品とした商用化を進めており、本年度から製品の出荷を始める。1991年には200kW セル製作工場も完成し1994～1995年頃からの量産化計画を推し進めている。並行して商用化に向けてのコンパクト化、コストダウンにも不断の努力を続けている。	
<u>質 疑</u>： 特になし	

SESSION III :

熔融炭酸塩型燃料電池 (MCFC)

**Session III - A: Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)
- R & D Program and Commercialization -**

Chairpersons: T. Kodama(Government Ind. Res. Inst., Osaka/Japan)
K. Nakazawa(IHI/Japan)

- III -A-1 MOLTEN CARBONATE FUEL CELL TECHNOLOGY-
 STATUS AND FUTURE PROSPECTS
 A.J. Appleby
 (Texas A & M University/U.S.A.) 76
- III -A-2 DIRECT FUEL CELL STACK TECHNOLOGY STATUS
 H.C. Maru, M. Farooque, L. Paetsch, C.Y.
 Yuh, P. Patel, J. Doyon, R. Bernard and
 A. Skok
 (Energy Research Corporation/U.S.A.)... .. 77
- III -A-3 IMHEX COMMERCIALIZATION PROGRAM STATUS
 R.R. Woods, E.H. Camara, W.C. Racine and
 J.A. Scropo
 (M-C Power Corporation/U.S.A.)... .. 78
- III -A-4 THE TEST PROGRAM OF MCFC POWER
 GENERATION SYSTEM AT AKAGI STACK AND
 SYSTEM SQUARE
 T. Segawa, Y. Uchiyama and N. Horiuchi
 (Technology Research Association for
 MCFC Power Generation System/Japan)... .. 79

Session III -B: Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)
- Materials and Basic Studies -

Chairpersons: A. Kusunoki(Kansai Electric Power/Japan)
H.C. Maru(Energy Research/U.S.A.)

III -B-1	STATUS OF MCFC MATERIALS DEVELOPMENT AT ECN L. Plomp , J.B.J. eldhuis, E.F. Sitters, F.P.F. van Berkel and S.B. van der Molen (Netherlands Energy Research Foundation ECN/The Netherlands) 80
III -B-2	COMPONENT DEVELOPMENT AND DURABILITY TEST OF MCFC Y. Yamamasu , T. Kakihara, E. Kasai and T. Morita (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd./Japan) 81
III -B-3	STABILITIES OF MATERIALS FOR MOLTEN CARBONATE FUEL CELL - SOLUBILITIES OF METAL OXIDES AND CORROSION OF METALS - K. Ota , B. Kim, S. Asano, H. Yoshitake and N. Kamiya (Yokohama National University/Japan) 82
III -B-4	DEVELOPMENT OF COPPER BASE ANODES FOR MOLTEN CARBONATE FUEL CELLS K. Hoshino and T. Kohno (Mitsubishi Materials Co.,Ltd./Japan) 83
III -B-5	DEVELOPMENT OF A NEW ELECTROLYTE MATRIX FOR MCFC C. Nagai , K. Morimoto, I. Nagashima, S. Terada and H. Itoh (Kawasaki Heavy Industries, Ltd./Japan) 84
III -B-6	LITHIUM CERAMICS FOR APPLICATION IN MOLTEN CARBONATE FUEL CELLS P.M. Brown (Cyprus Foote Mineral Company/U.S.A.) 85

Session III -C&D: Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)
- Materials and Basic Studies -

Chairpersons: E.T. Ong(Inst. of Gas Technology/U.S.A.)
K. Ota(Yokohama National University/Japan)

III -C-1	DEVELOPMENT OF SEPARATOR MATERIALS FOR MOLTEN CARBONATE FUEL CELL M. Yamamoto and S. Takahashi (Nisshin Steel Co.,Ltd/Japan) 86
III -C-2	CELL PERFORMANCE OF MOLTEN CARBONATE FUEL CELL WITH ALKALI AND ALKALINE EARTH CARBONATE MIXTURES K. Tanimoto , Y. Miyazaki, M. Yanagida, S. Tanase, T. Kojima, N. Ohtori, H. Okuyama and T. Kodama (Government Industrial Research Institute, Osaka/Japan) 87
III -C-3	ELECTRODE KINETICS AND MODELING OF OXYGEN REDUCTION IN MOLTEN CARBONATE MEDIA T. Nishina , G. Lindbergh , T. Kudo* and I. Uchida (Tohoku University & *Tohoku Electric Power Co.,Inc./Japan) 88

Chairpersons: R.R. Woods(M-C Power/U.S.A.)
I. Uchida(Tohoku University/Japan)

III -D-1	ANALYSIS OF MATRIX DEGRADATION FOR MOLTEN CARBONATE FUEL CELLS H. Ozu , Y. Akasaka, K. Nakagawa, H. Tateishi and K. Tada (Toshiba Corporation/Japan) ... 89
III -D-2	MODELING OF MOLTEN CARBONATE FUEL CELL ANODE K. Yamashita and K. Murata (Toshiba R & D Center/Japan) ... 90
III -D-3	IN SITU EVALUATION OF ELECTROLYTE MIGRATION BY A MULTI-ELECTRODE TYPE CELL-DEVELOPMENT OF MOLTEN CARBONATE FUEL CELLS S. Kuroe , M. Takeuchi, S. Nishimura and K. Ohtsuka (Hitachi, Ltd./Japan) ... 91
III -D-4	MCFC COMPONENT EVALUATION ON LABORATORY SCALE CELLS L. Bigoni , R. Fezzi, M. Leonini*, B. Passalacqua*, G. Rocchini**, M. Scagliotti, A. Torazza* and M. Zappaterra* (CISE SpA, *Ansaldo Ricerche & **ENEL CRTN/Italy) ... 92
III -D-5	EVALUATION OF MCFC PERFORMANCE AT ELEVATED PRESSURE Y. Mugikura , Y. Izaki, T. Watanabe, H. Kinoshita, E. Kouda, T. Abe, H. Urushibata*, S. Yoshioka*, H. Maeda* and T. Murahashi* (Central Research Institute of Electric Power Industry & *Mitsubishi Electric Corp./Japan) ... 93

Session III -E: Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)
- Basic Studies, BOP, Operation -

Chairpersons: T. Abe(CRIEPI/Japan)
Y. Esaki(Chubu Electric Power/Japan)

III -E-1	MOLTEN CARBONATE FUEL CELL(MCFC) ENDURANCE ISSUES E.T. Ong (Institute of Gas Technology/U.S.A.)... .. 94
III -E-2	LIFE ISSUES OF MOLTEN CARBONATE FUEL CELL H. Urushibata and T. Murahashi (Mitsubishi Electric Corporation/Japan) 95
III -E-3	HYBRID COMBUSTOR AND HEAT EXCHANGE REFORMER FOR MCFC POWER GENERATION SYSTEM Y. Morita and N. Moriya (Chiyoda Corporation/Japan) 96
III -E-4	BALANCE-OF-PLANT FOR HIGH TEMPERATURE FUEL CELLS WITH EMPHASIS ON MCFC L.J. Christiansen and K. Aasberg-Petersen (Haldor Topsoe A/S / Denmark) 97
III -E-5	DEMONSTRATION OF 10KW MCFC USING PERTOLEUM NAPHTHA Y. Aoyagi, T. Hashimoto, T. Nishimoto, A. Saiai , Y. Miyake*, T. Nakajima*, K. Harima*, T. Saitoh*, H. Yanaru** and H. Fukuyama** (Tonen Corporation, *Sanyo Electric Co., Ltd. & **Toyo Engineering corporation/ Japan) 98

**Session III -F&G: Molten Carbonate Fuel Cell(MCFC)
- Cells and Stacks -**

Chairpersons: H.C. Healy(International Fuel Cells/U.S.A.)
K. Ohtsuka(Hitachi/Japan)

- III -F-1 FEASIBILITY STUDY ON MCFC ON-SITE
 COGENERATION SYSTEM
S. Washio, T. Hikita*, S. Nakagawa**
and S. Hatori**
(Osaka Gas Co.,Ltd., *Tokyo Gas Co.,
Ltd., **Toho Gas Co.,Ltd. and
***Ishikawajima-Harima Heavy Industries
Co., Ltd./Japan) 99
- III -F-2 LARGE SCALE MCFC PERFORMANCE AND
 OPERATION TECHNOLOGY
Y. Izaki, T. Watanabe, Y. Mugikura,
H. Kinoshita, E. Kouda, T. Abe,
T. Matsuyama*, T. Shimizu* and S. Sato*
(Central Research Institute of Electric
Power Industry & *Ishikawajima-Harima
Heavy Industry Co., Ltd./Japan) 100
- III -F-3 DEVELOPMENT OF INTERNAL REFORMING STACK
M. Matsumura, Y. Gonjyo, C. Hirai and
T. Tanaka
(Mitsubishi Electric Corporation/Japan) 101
- III -F-4 DEVELOPMENT OF INDIRECT REFORMING MOLTEN
 CARBONATE FUEL CELL
J. Ohtsuki, A. Kusunoki, T. Murahashi*,
T. Tanaka* and E. Nishiyama*
(The Kansai Electric Power Company and
*Mitsubishi Electric Corporation/Japan) 102
- Chairpersons: K. Joon(Netherlands Energy Res. Foundation ECN/The
 Netherlands)
N. Kajimoto(MCFC Research Association/Japan)
- III -G-2 IFC MCFC STACK RESEARCH STATUS
H.C. Healy, W.H. Johnson and C.A. Reiser
(International Fuel Cells Corporation/
U.S.A.) 103
- III -G-3 MCFC STACK TECHNOLOGY AT HITACHI
S. Takashima, K. Ohtsuka, T. Kahara,
M. Takeuchi, Y. Fukui and H. Fujimura
(Hitachi, Ltd/Japan) 104
- III -G-4 ER-MCFC STACK TECHNOLOGY DEVELOPMENT AT
 ECN
L.A.H. Machielse, R.J. Boersma, C.
Croon, W.M.A. Klerks and G. Rietveld
(Netherlands Energy Research Foundation
ECN/The Netherlands) 105

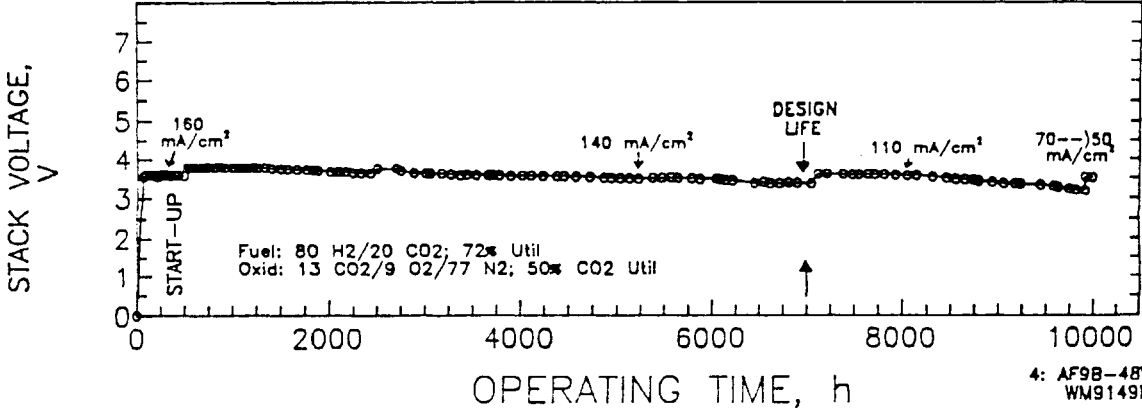
III -G-5

RECENT DEVELOPMENT OF LARGE SIZE MCFC
STACKS AT IHI

A. Suzuki, M. Tooi, M. Hosaka,
T. matsuyama, Y. Masuda, T. Nakane and
T. Osato

(Ishikawajima-Harima Heavy Industries
Co., Ltd/Japan) 106

分類番号： Ⅲ－A－1	題 目：Molten Carbonate Fuel Cell Technology - Status and Future Prospects
分科会： M C F C	発表者：A. J. Appleby Texas A&M University/U. S. A.
発表内容： (1) 要旨 MCFCの進歩をレビューした。80年代の材料問題の多くは解決され、あるいは解決が期待できる。システムは性能面で2倍に、同時にコストを低減する必要がある。スタックとBOPの簡素化の検討も必要。より競走力のある技術とするために、NiO カソードの溶出など残された問題の解決が必要。 (2) 緒言 MCFCは50年代にオランダによって小規模な研究が進められたが、他のエネルギー源に比べてリスクなためヨーロッパでは一時中止された。石炭、天然ガス資源の発掘により米国ではIGT、TARGET計画により研究が推進され、MCFCの利点に着目した日本、オランダ、イタリアが開発に参画。 (3) 1978－1987年の状況 Niアノードシンタリング、ヒートサイクル、ガスクロス、腐食が解決すべき課題であった。高性能・長寿命化のためにポアサイズのコントロールによる電解質の保持技術、電極安定化のためのCr添加アノード、ガスクロス防止のためのLiAlO_2、セラミックス粒子の混入技術が進歩した。ウェットシールの腐食は依然問題であった。 (4) 1988－1992年の状況 日本では3年間でスタック面積が10倍の1.0 m^2が開発され、米国では0.4 m^2の1.8 MW システムが建設中である。実用パワー密度は1 kW/m^2でありコスト低減のためにNi以外の安価な材料の利用とパワー密度の2倍化が必要。スタックとしては特にアノードクリープ、電解質の消失が問題。カソードガスと金属の接触によりウェットシール腐食が生じるが、Alコーティングにより電解質の移動を防止できる。 (5) 今後の課題 内部抵抗の低減のためにカソード構造、運転モード、新しいカソード触媒の開発により、内部短絡のない0.25 mm厚のマトリックスが必要。更に、セル簡素化、重量低減、燃料改質系の合理化、簡素化が重要。	
質疑：なし	

分類番号： Ⅲ - A - 2	題 目：Direct Fuel Cell Stack Technology Status
分科会： M C F C	発表者：H. C. Maru Energy Research Corporation/U. S. A.
発表内容： E R Cは過去2年間、直接内部改質方式熔融炭酸塩型燃料電池の長寿命化とスケールアップ技術開発に重点を置いて、研究開発を進めて来た。 (1) 寿命試験 電極面積4,000 cm²を5セル積層した2 kWスタックを用いて、寿命試験を行った。このスタックの設計寿命は、7,000 時間である。電流密度140mA/cm²で7,000 時間、さらに電流密度を110mA/cm²及び70mA/cm²、50mA/cm²と低下させて、合計10,000時間の寿命試験を行うことができた。  (2) スケールアップ E R Cでは電極面積6,000 cm²セルを246 セル積層する計画である。その第1段階として、4,000 cm²セルを54セル積層した出力18kWのスタックを製作した。このスタックはE R Cで約400 時間運転した後、カリフォルニア州のP G & Eに陸上輸送して約600 時間の試験を行った。陸上輸送は問題なく行うことができた。この結果を踏まえ、現在電極面積4,000 cm²にセルを234 セル積層した70kWスタックを製作中である。E T Cで予備試験した後、P G & E運んで試験する予定である。 今後、さらに電極面積を6,000 cm²に拡大して20kW級及び120 kW級スタックの製作を1992年に行う予定である。	
質疑： Q：トラックでスタックを移動させたが、将来的には最大何キロワット位まで移動可能だと考えるか？ A：移動に関しては、スタックがまとめられて一つのモジュールにされる。1 MWのモジュールの単位スタックは160kW である。	

分類番号： III - A - 3	題 目：IMHEX Commercialization Program Status
分科会： M C F C	発表者：R. R. Woods M-C Power Corporation/U. S. A.
発表内容： (1) IMHEXの利点は、 ・内部マニホールド ・ガスマニホールドとセルセパレータを組み込んでいる。 (2) MC-Powerの設備 ・52インチのテープキャスティング装置 ・電極用連続焼結炉 ・現状生産能力 3 MW (テープキャスティング装置をもう1台追加すれば最大12MW/年) (3) 商用化R&Dプログラム ・商用化のために必要な費用175 Mドル ・内訳(設計、開発：50%、実証試験：30%、生産工程、技術：10-15 %など) 50%までが資金調達済 ・協力機関：EPR I、GRI、サウスコーストエアクオリティ、サンディエゴガス、南カリフォルニアガス、ユニカルなど、その他4社の電力会社と交渉中 (4) 技術開発状況：以下のスタックテストを行った。 ・MCP1：1ft ² ×20セルテスト(I GTの生産技術をMC-Powerに移行) ・MCP2：1ft ² ×70セルテスト、1,500h運転、8.7kW 発電、 Uf=75% @ 150mA/cm ² ・MCP3：10ft ² ×20セルテスト、公称出力20kW、2月上旬から運転開始予定 (5) 商用化プログラム ・2種の大型テストを実施予定(1993年～1994年)	
質疑： Q1：開発プロジェクトへのユーザ参加の主旨は、どんなところか？ A1：ターゲットをマーケットニーズに合ったものとしたため。 Q2：商品化のためにセル面積は1 m ² 級で十分か？ A2：現在のところ750kW から2 MWクラスプラントがイメージでき、それらに対しては十分であろう。20MWから50MWプラントには、より大面積のものが有効かも知れない。	

分類番号： Ⅲ－A－4	題 目：The Test Program of MCFC Power Generation System at Akagi Stack and System Square
分科会： M C F C	発表者：T. Segawa Technology Research Association for Molten Carbonate Fuel Cell Power Generation System/Japan
発表内容： M C F C 研究組合は N E D O の委託機関として1988年に設立された。現在赤城総合試験所（赤城3S）で1,000kW 級パイロットプラント開発のための基礎データを採取すべく準備を進めている。赤城3Sについて報告する。 (1) システム訓練 1,000 kWプラントに必要な基礎データを100 kW級システムで検討中である。研究開発の狙いは、相互に整合する制御システムの安定性と負荷応答性の確立、起動及び停止方法の確立、起動停止、負荷変動及びシャットダウンによるサブシステムの保護方法の確立である。 (2) 100 kW級スタックの運転試験 複合大容量及び変形大容量型100 kW級スタックの試験を行う予定である。すでに100 kW級スタック運転の基礎データを修得するため、10kW級スタックの運転研究を終了している。100 kW級スタックは現在製作中である。 (3) 1,000 kW級燃料系試験 2種類の改質器（2段触媒燃焼方式と熱交換方式）の試験を行う予定である。低カロリーアノード排ガスを用いて、触媒燃焼の安定性、最適制御方法及びスタートアップ等の性能評価を行う。 (4) 1,000 kW級スタック周辺系試験 ガスリサイクル系高温プロアー等の試験を行う。 (5) 1,000 kW級排熱回収系試験 カソード排ガスからの効果的な熱回収法について試験する。	
質疑： Q 1：M C F C の実用化に関して、技術上の主な問題点としてどのようなものが考えられるか？ A 1：システムに関しては、高温であるということである。発電システムには様々なガスリサイクル系があるので、これらの最適な制御方法が問題となる。 Q 2：開発に関して、加圧した場合何が一番重要か？ A 2：セルの差圧コントロールについて最適なものを見つける必要がある。	

分類番号： Ⅲ - B - 1	題 目：Status of MCFC Material Development at ECN/The Netherlands
分科会：	発表者：L.Plomp Netherlands Energy Research Foundation ECN/ The Netherlands
発表内容： ECNでは、カソード材料の溶解、リチウム化及びクリープによるアノードの微細構造変化及び金属構成部材の腐食などの問題点を解決するために、以下の材料開発を実施した。 (1) <u>カソード材料</u> 現行カソード材料であるリチウム化酸化ニッケルの溶解は、主な寿命制限因子の一つである。大気圧での酸化ニッケルカソードの重量及び厚みの経時変化率は共に約3%であり、この結果から予測される寿命は25,000時間である。また、7気圧ではセル寿命は3,500時間と推定される。カソード寿命問題の対策として、電解質の塩基性を増すことによりNiOの溶解度を低減させる方法がある。アルカリ土類の酸化物や炭酸塩を少量添加する、または電解質の組成を変えることにより、NiOの溶解度を40%まで低減できた。別の解決策はNiOの代替材を開発することである。熱力学的に安定したLiFeO₂及びLiCoO₂について検討したところ、LiFeO₂は溶解度はほぼ0であるものの、セル(電極面積：3cm²)性能はかなり低いものであった。一方、大気圧でのLiCoO₂の溶解度はNiOと比較して1/10前後であり、又(細孔の)微細構造の最適化したLiCoO₂カソード使用セルの性能は、NiOに匹敵する良い値が得られた。LiCoO₂の溶解度より推算される寿命は、1気圧で150,000時間、7気圧で90,000時間である。 (2) <u>アノード材料</u> 現行のNi-Cr材に対し、酸化物分散強化型のアノードを開発した。このNi-LiCrO₂アノードはNi-Cr合金材のリチウム化により得られ、最終的な微細構造は出発材料のモホロジー及びCr成分のリチウム化の過程で決定される。精製LiCrO₂により、アノードとしての濡れ性及びセル性能を支配する1μmより小さい径の細孔容量が決まる。つまり、1μmより小さい径の細孔容量はCr濃度と運転時間に依存することが明らかになった。アノードとして最適なものNi-6wt%Crであり、1μmより小さい径の細孔容量は20%である。しかし、アノードとして寿命は十分とは考えられず、ECNでは50,000時間以上の寿命の期待できるNi-Alアノードの開発を進めている。 (3) <u>セパレータ板腐食</u> ステンレス材の腐食もセル寿命に及ぼす影響は大きい。カソード雰囲気では生成するLiFeO₂が腐食進行を抑制する働きをしている。一方、アノード雰囲気ではLiFeO₂とCr₂O₃の有孔層が形成されるが、その細孔には電解質が浸透し、さらにガス(溶存イオン)の拡散により腐食は進行してしまう。これを防止するためにはNiシートメタルで被覆することが必要である。また、ウェットシール部表面はアルミ化処理が必要である。運転中にAlはLiAlO₂に変化してシール性を向上し、かつ腐食を抑制する働きを持つ。	
質疑： Q 1：LiCrO₂カソードを用いたセルの性能が通常より低いのはなぜか？ A 1：原因は色々考えられるが、特に導電率が通常のNiOより低いことが問題である。 Q 2：LiCrO₂カソードの細孔構造は従来のカソードと同一か？ A 2：LiCrO₂、LiFeO₂どちらの細孔構造も従来のものと大差はない。	

分類番号： Ⅲ－B－2	題 目：Component Development and Durability Test of MCFC
分科会：	発表者：Y.Yamamasu Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co.,Ltd./Japan
発表内容： kW級の電池を用いて1,000～10,000時間にわたる電解質無補給の寿命試験を数例行い、試験後の電極細孔構造の変化状況、電解質量及びセパレータの腐食状況について検討した。 (1) 10,100時間の寿命試験を行ったスタックを解体分析した結果、以下のことが分った。 (a)Ni-8%Crアノードのクリープ変形率は最大で5%であった。 (b)NiOの溶出量は運転時間の平方根に比例した。 (c)電解質基板材料LiAlO₂の比表面積は運転時間の経過と共に低下した。(d)試験後の電解質量は当初の74%であった。また、電池性能の低下要因としては、スタック内に含まれる電解質の損失量の影響が大きいことが分った。 (2) セル構成材の開発状況 アノード 当初はNi-10%Crを用いていたが、CrのLi化により電解質が消費されることから、Crの含有量を減じてNi-8%Crとした。現在はNi-(Al-Cr)系電極の検討を行っている。Ni-(Al-Cr)合金は、NiにAl-Cr金属間化合物を形成させ添加して得た。次に、Ni-Cr及びNi-(Al-Cr)系電極のクリープ強度(15.4kg/cm²加重、1,000時間)を測定した結果、Ni-(Al-Cr)アノードはわずか2%の変形率であり、Ni-Crアノードの1/3であった。また、Al含有量に関しては、Ni-2%(Al-Cr)及びNi-4%(Al-Cr)で差がなかったことから、100cm²級の小型セル試験ではNi-2%(Al-Cr)を用いた。このセルの性能はNi-Crアノードとほぼ同等であった。 カソード 通常の試験ではNi多孔質電極を昇温時に内部酸化し、NiOとして用いている。ただし、この酸化の過程でクリープ変形が生じる問題があるため、酸化物分散強化型の改良型カソードを開発中である。従来型と比較して、改良型カソードはクリープ強度が向上している。また、改良カソードを用いると電極の溶出量が半減することが分った。これは、分散強化のために加えた酸化物が電解質の塩基性に影響を及ぼすためと考えている。 電解質基板 電解質基板には細孔構造の安定性及びクリープ強度が要求される。現在、ZrO₂、TiO₂またはAl₂O₃ロッドを添加して強度を向上させる方法や、原料に含まれる不純物の効果等について検討している。	
質疑： Q：Ni-2%(Al-Cr)アノードを用いたセルの特性は従来のもものと比較してどうか？ A：細孔構造の改良を施した結果、最終的には従来のものより向上した。	

分類番号： Ⅲ - B - 3	題 目：Stabilities of Materials for Molten Carbonate Fuel Cell - Solubilities of Metal Oxides and Corrosion of Metals -
分科会：	発表者：K. Ota Yokohama National University/Japan
発表内容： MCF Cの長寿命化にはカソードの溶解や金属材料の腐食が問題となっており、構成材料の安定性が最も重要である。MCF Cの材料を評価する上で金属酸化物の溶解度が重要な因子となる。 MCF C用のカソードの安定性を向上させる方法として、一般的電解質組成 $(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ をよりNiO が安定な組成にする方法と他の酸化物を用いる方法がある。本研究ではLi-K系、Li-Na 系炭酸塩及びLi_2CO_3中におけるNiO の溶解度を測定して電解質組成について検討した。また、LiFeO_2、LiMnO_2及び$\text{Ni}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$の溶解度を測定してNiO の溶解度と比較した。 (1) 熔融塩薄膜存在時に金属の異常腐食 (hot corrosion)がおこる。本研究ではCO_2-O_2雰囲気中で $(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ 及びLi_2CO_3 薄膜存在時のNiの腐食挙動をNiO 溶解度と比較検討した。NiO の溶解度の測定は約1 mmのNiO 焼結体を用いてCO_2 分圧を$10^{-5} \sim 1 \text{ atm}$ のCO_2-Ar雰囲気、873 ~1,023 Kとした。定量は原子吸光法 (Hitachi, Ltd.180-80)により行った。腐食挙動の測定はNi板 (1 mm, 99.7%) を用い0 ~60mg/cm²の $(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ またはLi_2CO_3 を塗布し、熱重量測定 (Shimadzu TG-40)により行った。雰囲気は67% CO_2-33% O_2 を基準としてCO_2 分圧を$10^{-5} \sim 0.85 \text{ atm}$ の範囲で変化させた。温度範囲は873 ~1173 Kとした。Li-K系炭酸塩中1,023 Kにおいて、NiO の溶解度は低CO_2 分圧領域ではCO_2 分圧の上昇とともに小さくなる塩基性溶解で、高CO_2 分圧領域では大きくなる酸性溶解であった。溶解度の最小値は炭酸塩組成にかかわらずモル分率 2×10^{-5} であったが、CO_2 分圧は炭酸塩組成とともに変化した。これは溶解度が熔融塩の塩基度 (pO^{2-}) により決定され、適当な塩基度になれば溶解度を小さくできることを示す。CO_2 分圧が1 atm のとき、Li含有量が大きくなると溶解度は小さくなった。Li-Na 系炭酸塩中でも同様であった。また、Li-K系炭酸塩中よりもLi-Na 系炭酸塩中の方が溶解度は小さかった。以上のNiO の溶解度測定結果より、アルカリ金属炭酸塩の塩基性は次のようになる。 (塩基性) $\text{Li}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{K}_2\text{CO}_3$ (酸性) また、溶解度よりそれぞれの炭酸塩中のO^{2-} の活量の比は次の関係になる。 $[\text{O}^{2-}]_{\text{Li}} : [\text{O}^{2-}]_{\text{Na}} : [\text{O}^{2-}]_{\text{K}} = 60 : 30 : 1$ (2) LiFeO_2、LiMnO_2及び$\text{Ni}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$の溶解度は923 KにおいてNiO の溶解度よりも小さかった。しかしMCF C用カソードとして用いるためには電導率の改善が必要である。炭酸塩薄膜存在時のNiの腐食は多くは放物線則に従った。1,073 Kでの腐食速度は $(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ では3 ~4 mg/cm²で、Li_2CO_3 では6 ~7 mg/cm²で最大であり、25mg/cm²以上では変化しなかった。67% CO_2-33% O_2 中での放物線則速度定数は $(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ では温度上昇とともに大きくなり、Li_2CO_3 では小さくなった。腐食層であるNiO の溶解度が大きくなると腐食速度が大きくなる。1,073 K、$(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$ 存在時 (35~41mg/cm²) において、高CO_2 分圧ではNiの腐食は放物線則に従うが、低CO_2 分圧 ($< 1.0 \times 10^{-5}$) では異常腐食が起った。低CO_2 分圧では金属/腐食層界面の方が熔融塩/ガス界面より溶解度が大きい。ため溶解/再析出機構により異常腐食が起ったと考えられる。	
質疑： Q 1：酸素雰囲気下における酸化ニッケルの溶解度の測定結果は？ A 1：酸素雰囲気下における溶解度は酸素分圧には依存しないことが明らかになった。 Q 2：酸化ニッケルの溶解挙動は水蒸気の添加によって変化するか？ A 2：3 %の加湿量で実験した結果、影響がなかった。	

分類番号： Ⅲ－B－4	題 目：Development of Copper Base Anodes for Molten Carbonate Fuel Cells
分科会：	発表者：K. Hoshino Mitsubishi Materials Co., Ltd. / Japan
発表内容： MCFC用Al_2O_3分散CuおよびCu-Ni合金アノードの製造プロセスについて検討し、新しい焼結法を開発するとともに、Cu系材料のクリープ耐性の改善に対するAl_2O_3の分散効果を調べた。 (1) 高圧水アトマイズ法によって製造したCu-Al及びCu-Ni-Al合金粉末を出発原料として用い、テープキャスティング法でグリーンシートにし、焼結して多孔質薄板にした。この原料粉末のグリーンシートは通常の還元雰囲気または真空下では焼結しにくく、新規な酸化・還元焼結法を開発してグリーンシートを焼結した。 酸化・還元焼結法によるCu合金焼結体の内部にAl_2O_3層が形成された。これが多孔質Cu合金焼結体の高温における緻密化を抑制する。 クリープ試験は純CO_2またはH_2-CO_2-H_2O(79-19-2%)混合ガス流中、5 kg/cm^2、$650\text{ }^\circ\text{C}$の条件で100～1,000時間行った。 (2) Al_2O_3分散CO_2合金アノード、特にCu-5%Al合金アノードは短期的に優れたクリープ耐性を示すことが分ったが、Cu-5%Al合金アノードの長時間クリープ試験では約500時間から緻密化(クリープ変形)が始まった。 長期的なクリープ耐性の改善のために、アノード材料の金属マトリックスをCuから高温で純Cuよりも硬いCu-Ni合金に変えた。 Cu-50%Ni-5%Al合金アノードの長時間クリープ試験を実施した結果、Al_2O_3分散Cu-Ni合金アノードは長期的に優れたクリープ耐性を示すことがわかった。	
質疑： Q：クリープ試験後の電極は細孔構造が変化していたか？ A：銅－アルミ系においてはかなり変化したが銅－ニッケル系においてはほとんど変化しなかった。また、酸化後に還元する2段階の焼結法を用いているため、細孔分布に2つのピークを持つことが分っている。	

分類番号： Ⅲ－B－5	題 目：Development of a New Electrolyte Matrix for MCFC
分科会： M C F C	発表者：C. Nagai Kawasaki Heavy Industries, Ltd./Japan
発表内容： (1) アノードの活性を高め、セルの寿命を伸ばすため電解質板の開発を行った結果の報告がなされた。 (2) 実験 ・タングステンカリウムを添加したマトリックスと添加していないマトリックスを用いて発電試験を行い両者を比較した。 - 部材：Niアノード、NiO カソード、$(\text{Li}_{0.62}\text{K}_{0.38})_2\text{CO}_3$炭酸塩 - 負荷：150 mA/cm² ・ウェットシール部にアルミあるいはアルミナコーティングを行い、タングステンカリウム添加と組み合わせて発電試験を行った。 (3) 結果および考察 ・比較発電試験の結果、最適タングステンカリウムの添加量は1.4w%となった。 - タングステンイオンがアノード表面に金属タングステンとして析出し、アノードの活性を高めていると考えられる。逆にタングステンの量が多すぎると還元反応により電池反応を逆方向に進める。またO^{2-}が生成されることにより炭酸塩の腐食反応を抑えることが期待できる。 - タングステンがアノード表面にタングステンカーバイドとして膜をつくり腐食を抑えていることが分かった。 - この結果、最適量のタングステンカリウムを添加することにより寿命を伸ばすことができる。 ・アルミ／アルミナコーティング試験の結果、コーティングよりさらに寿命が伸びることが分かった。(5,000 時間以上) (4) 今後の課題：スケールアップ	
質疑： Q 1：溶着したタングステンカーバイドはリチウムアルミネイトやリチウムクロマイトと同じか？ A 1：基本的には同じである。 Q 2：1.4w%のタングステンはアノードに対して0.5w%くらいか？ A 2：もっと少ない量にしか相当しない。 Q 3：タングステンカリウムをどのような形で添加するのか？ A 3：粉体で炭酸塩に添加する。	

分類番号： Ⅲ－B－6	題 目：Lithium Ceramics for Application in Molten Carbonate Fuel Cells
分科会： MCFC	発表者：P. M. Brown Cyprus Foote Mineral Company/U. S. A.
発表内容： (1) Cyprus Foote Mineral社はリチウムアルミネイト粉の製造を行っているが、同社の粉を用いた電解質板の研究結果の報告がなされた。さらに、テープキャストに代わるテープ成形方法、新型のカソード電極の開発についても報告がなされた。 (2) 新型マトリックスの性質 ・LiAlO₂ファイバー 先が少し曲がった形状をしたLiAlO₂ファイバーを開発し、それを用いた製造試験を行った。 10w% 繊維／20w% LSA-50(低比表面積)／70w% HSA-10(高比表面積)： 平均空孔径が0.1-0.2 μとなり炭酸塩保持性に優れている。 ピーク空孔径：0.11 μ 比表面積：14.5 m²/g ・ポリエチレン 56wt% HSA-10／24wt% LSA-50／20wt% ポリエチレン： このスラリを引くことにより高速度(100feet/min)での成形が可能になる。このテープは450℃で脱脂が可能。 ピーク空孔径：0.3 μ 比表面積：5.75 m²/g MPS は少し大きい、ポア分布がシャープになっている (3) 新型カソード(LiFeO₂カソード) カソードからのNiの溶出を防ぐ方法としてNiの代替材の開発を行っている。コバルトをドーピングすることにより抵抗を下げることを考えている。 LiFeO₂：50%ポア径：33.2 μ 比表面積：4.5 m²/g LiFeO₂ + 8 wt%Co：50%ポア径26.57 μ 比表面積：5.0 m²/g	
質疑： Q：なぜポリエチレンを20%添加するのか、また脱脂後はどうなるのか？ A：コストの面からポリエチレンを選び、できるだけ量を少なくした。脱脂後多少空隙率が上昇している。	

分類番号： Ⅲ－C－1	題 目：Development of Separator Materials for Molten Carbonate Fuel Cell
分科会： MCF C	発表者：M. Yamamoto Nisshin Steel Co., Ltd./Japan
発表内容： (1) 日新製鋼(株)はウェットシール部の腐食防止の研究を行ってきたので、その結果の報告がなされた。 (2) 実験 材質：ステンレス (AISI 310S, 316L, 304, 430) コーティング：①アルミコーティング (Al-plated) ②ニッケルコーティング後にアルミコーティング (Al/Ni-plated) コーティング方法：塩化アルミ溶融塩中での電解析出後、700 °Cで焼成 腐食試験：CO₂ 1 気圧、650 °Cで炭酸塩に浸析 分極特性の測定：アノード、カソード両雰囲気 (3) 結果 ・ニッケルとアルミニウムでメッキされた材料は耐腐食性が良かった。 ・熱処理によってAl₃Ni₂相が形成される（キープoint）、これが耐腐食性を向上させている。 ・ステンレスとしてはAISI 310S がもっとも耐腐食性が高かった。 ・アルミ・ニッケルメッキはアノード、カソード両雰囲気で耐腐食性が高い。	
質疑： Q 1：なぜ分極カーブがネガティブになっているのか？ A 1：はっきりとした原因は分からないが、310Sにアルミ・ニッケルコーティングをすると電位が正常に動く。 Q 2：腐食を防いでいるのは拡散層か、ニッケル層か？ A 2：拡散層と考えている。	

分類番号： Ⅲ－C－2	題 目：Cell Performance of Molten Carbonate Fuel Cell with Alkaline Earth Carbonate Mixtures												
分科会： M C F C	発表者：K. Tanimoto Govenment Industrial Research Institute, Osaka/Japan												
発表内容： (1) 大阪工業技術試験所では腐食防止を目的とし、Li/K炭酸塩またはLi/Na 炭酸塩に替わる電解質の研究を行っており、さまざまなアルカリ土類を添加して研究を行った。 (2) 実験 各炭酸塩の電気伝導性から炭酸塩の候補を選んだ。またアルカリ土類の添加を考えた。単セル発電試験を行い各炭酸塩組成での発電性能の比較を行った。 アノード：Ni-10%Cr 35mmφ×0.8 mm t カソード：NiO 35mmφ×0.4 mm t マトリックス： 35mmφ×0.6 mm t (3) 結果 添加物の種類と濃度による出力電圧とセル抵抗の比較を行い、以下の結果が得られた。 電圧：添加物の濃度が低ければ電圧は変わらない。 添加物の濃度が高すぎると電圧は下がる 抵抗：添加物の種類、濃度によらずほぼ一定 また最適な添加量は以下ようになる。 <table><tr><td></td><td>62mol%Li₂CO₃-K₂CO₃</td><td>52mol%Li₂CO₃-Na₂CO₃</td></tr><tr><td>CaCO₃</td><td>0－15</td><td>0－5</td></tr><tr><td>SrCO₃</td><td>0－5</td><td>0－5</td></tr><tr><td>BaCO₃</td><td>0－10</td><td>0－5</td></tr></table>			62mol%Li ₂ CO ₃ -K ₂ CO ₃	52mol%Li ₂ CO ₃ -Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	0－15	0－5	SrCO ₃	0－5	0－5	BaCO ₃	0－10	0－5
	62mol%Li ₂ CO ₃ -K ₂ CO ₃	52mol%Li ₂ CO ₃ -Na ₂ CO ₃											
CaCO ₃	0－15	0－5											
SrCO ₃	0－5	0－5											
BaCO ₃	0－10	0－5											
質疑： Q 1：アルカリ土類の添加が酸化ニッケルの溶出を抑える効果がないか？ A 1：そこまではっきりとした測定はまだ行っていない。 Q 2：アルカリ土類の添加が有効と結論づけることができないか？ A 2：そこまで結論づけることはできない。													

分類番号： Ⅲ－C－3	題 目：Electrode Kinetics and Modelling of Oxygen Reduction in Molten Carbonate Media
分科会： M C F C	発表者：T.Nishina, G.Lindbergh Tohoku Univ./Japan
発表内容： (1) 東北大学では発電特性を決定づけるO_2^- やCO_2 の溶解度及び拡散係数を説明するWarburg 係数を研究してきた。また薄膜モデル (Thin Film Model)により電極の発電性能を研究してきた。これらの研究の発表が行われた。 (2) 酸素還元における電極反応機構 前回までの報告では、交換電流密度は$10\text{mA}/\text{cm}^2$のオーダーになりAppleby やNicholsonらの報告値よりもかなり大きくなっている。また酸素還元反応はO_2^- やCO_2 との混合拡散支配であり、電極性能を向上させる最適ガス組成は$\text{Air} = 85\sim 90\%$、$CO_2 = 15\sim 10\%$であることが分かった。 さらにO_2^- やCO_2 の溶解、拡散機構をWarburg 係数などから調べた。機構は二つに分かれ、CO_2 移動メカニズムは例えばO^{2-} イオンとCO_3^{2-} イオンの相互作用によることが分かった。 (3) 多孔質酸素電極の電極モデル Thin Film Model を用いて電極反応性を調べた。電極の各データを用いて行った計算結果は、ACインピーダンス法により求められた電極特性と近い値を示した。しかし、各パラメータは仮定から算出したものが多いところに問題がある。複雑な形状の実際の電極を数学的・物理的に単純にモデル化しているためと考えられる。	
質疑： A：モデル計算に使った値はどのようにして求めたか？ Q：測定値もあるが、文献値や仮定から計算した値も多い。	

分類番号： Ⅲ-D-1	題 目：Analysis of Matrix Degradation for Molten Carbonate Fuel Cells
分科会： M C F C	発表者：H. Ozu Toshiba Corporation/Japan
発表内容： (1) 東芝では、セル運転中のリチウムアルミネイト粉の粒成長に研究結果について発表した。 (2) 実験 ドクターブレード法によって成形したリチウムアルミネイト板を用いて発電試験を行った後、水銀ポロシメータ、SEMなどによって、電解質板の微細構造の変化を調べた。 (3) 結果および考察 SEM像からは、3,500 時間で粒径が2 μまで、5,000 時間までは4 μまで成長することが分かった。 水銀ポロシメータの結果から大きな空孔が増加することが分かった。 また炭酸塩の含浸率は初期から5000時間までは100 %だったが、10,000時間後には80%まで低下した。 このリチウムアルミネイト粒子の成長はリチウムアルミネイトの溶解析出反応と粒子の移動により、いくつかの粒子が結合することによって起こると考えられる。またこの時、大きな孔が残るため炭酸塩の保持能力を下げていると考えられる。	
質疑： Q 1：サーマルサイクルをかけたか？ A 1：常に650 $^{\circ}$Cだった。 A 2：リチウムアルミネイトの結晶構造はどうなっているか？ Q 2：初期には100 %がγ型だが、1000時間後には30%がα型に変化していた。	

分類番号： Ⅲ－D－2	題 目：Modeling of Molten Carbonate Fuel Cell Anode
分科会： M C F C	発表者：K. Yamashita Toshiba Reserch and Development Center/Japan
発表内容： (1) 東芝では、電極構造も考慮した電極モデルの開発を行ってきた。従来の方法に変わる新しいモデル評価方法の発表を行った。 (2) モデル化 従来のアグロメレートモデルでは電極／炭酸塩凝集体（アグロメレート相）が円柱状であるとしているが、ここでは新たにアグロメレート相の中に空孔が開いていると仮定している。 アグロメレート相／空孔の分布状態は含浸後の電極断面図の画像解析から求めた。 (3) 計算結果 電極の厚さ及び含浸率の影響を計算した結果、厚くするほど高含浸率側での過電圧上昇が小さく抑えられる。また過電圧の分布を調べた結果、タイル側で多く発生していることも分かった。 さらに窒素を添加して計算した結果、窒素添加が過電圧の上昇を抑えていることが分かった。	
質疑： A：ドライアグロメレートモデルということか？ Q：酸化クロム等の影響をなくすため、純ニッケルのアノード電極を用いているためである。	

分類番号： Ⅲ－D－3	題 目：In-Situ Evaluation of Electrolyte Migration by a Multi-Electrode Type Cell -Development of Molten Carbonate Fuel Cells-
分科会： M C F C	発表者：S. Kuroe Hitachi, Ltd./Japan
発表内容： (1) 日立製作所では多極タイプの試験用セル及び評価手法を開発しているが、それによりリアルタイムでセル面内の各小部分の抵抗・電流量の測定が可能である。多極タイプのセル構造・測定方法、同セルを用いて行われたマトリクス中での電解質の移動速度の評価結果について報告があった。 (2) 多極セル ・多極セルは9個の単位電池を3×3のマトリクス状に配置したものである。 ・電解質マトリクスは9個の単位電池全体で1枚の連続したものであるが、電極は各単位電池で各々1枚ずつ分割したものである。 ・セルホルダーは高純度なアルミナ製で、各単位電池はお互い電氣的に絶縁されている。 ・各単位電池はそれぞれ電流及び抵抗ターミナルを有している。セル全体の全電流を一定に保ちながら、それぞれの単位電池の内部抵抗・電圧を測定することができる。 ・電解質補給孔は多極セルの片側に位置して設けられている。セルの立ち上げ時及び電解質の補給時には電解質は電解質補給孔に保持されている。セルの昇温に伴い電解質が溶け、マトリクスに浸透する。 (3) 電解質補給試験結果 ・セル立ち上げ時では、立ち上げ後15時間では単位電池間の内部抵抗に大きなばらつきが見られたが、200 時間後には均一になった。 (平均値の10%以内) ・立ち上げ後217 時間に行った電解質の補給では、数時間以内に内部抵抗が低下し、一定値になった。 ・補給した電解質は、電解質補給孔のある# 1、4、7セルから、反対側にある# 3、6、9セル側へ移動した。 ・マトリクスへの電解質の浸透時間は、多極セルを使った測定データでは10～15時間であった。一方、別途行った浸透試験結果からの予測値は10.9時間である。	
質疑： Q 1：1回目と2回目の電解質の補給量は？ A 1：1回目はセル全体の90%、2回目は10%である。 Q 2：各々のマトリクスへの量の90%、10%ということか？ A 2：マトリクス及び電極。セル全体ということである。	

分類番号： Ⅲ-D-4	題 目：MCFC Component Evaluation on Laboratory Scale Cells
分科会： M C F C	発表者：L. Bigoni CISE SpA/Italy
発表内容： (1) この研究は、Ansaldo、CISE、ENELとの間で行われているMCFCの共同研究の中で行われたものである。 Ansaldo：製造メーカー CISE：応用研究を行なう会社、ENELの子会社 ENEL：イタリア国立電力局（Italian National Electric Power Authority） (2) Ansaldoが製造したセルコンポーネントを用いたラボスケールの単電池（10cm角）につき、3,500 時間運転後のセル部材の分析結果が報告された。分析対象は電極、マトリクス、集電板等のセルハウジングで、分析手法は走査型電顕-X線分析、X線回折、細孔分布、ラマン分光測定等である。 (3) ラボスケール単セルの特性 今回分析した電池は運転中2度の熱サイクルを経験したが、運転時間は計3,500 時間である。2度の熱サイクルは析出したカーボンを除去するために行った。セル特性は初期に0.75 V-190 mA/cm²であり、3,500 時間後ではセル特性は18%低下していた。（燃料ガス：メタン100 %を改質した相当ガス、酸化ガス：Air/CO₂ 70/30混合ガス） その新しい電池では、0.75 V-230 mA/cm²である。 (4) コンポーネント ・アノード：NiとNiを塗布したセラミックパウダーより作る。テープキャストにより形成され、900 °Cで焼成される。厚さは0.5 mm、ポロシティは70%である。 ・カソード：NiとLi₂CO₃を含む粘液をテープキャストにより成形して作る。焼成はセル動作温度で行う。酸化とリシエーションはセル立ち上げ時に行なう。厚みは0.4 mmである。 ・マトリクス：3層構造よりなり、全厚みは0.9 mmである。中央の層はリチウムアルミネートを950 °Cで焼成して作ったセラミック構造のものである（空孔度57%）。外側の2つの層は、溶剤、有機添加剤、リチウムアルミネート、電解質粉の混合物をロールすることにより作る。 (5) 分析結果 ・Niの析出：マトリクス中のNiの析出分布を求めた。比較的中央部分に析出が見られた。 ・ハウジング部材：集電板等のハウジング部材の腐食物の分析を行った。	
質疑： Q 1：燃料利用率の測定はどうしているか？ A 1：入口のガス流量で求めている。 Q 2：セルのV-I図で開放電圧が1,150mV あるが、なぜか？ A 2：測定結果であり、理由は分からない。	

分類番号： III - D - 5	題 目：Evaluation of MCFC Performance at Elevated Pressure
分科会： M C F C	発表者：Y. Mugikura Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)/Japan
発表内容： (1) セル高圧化による電池性能の向上 ・ 1～7 ata の範囲で電池運転を行ったところ、圧力上昇に伴う電圧の上昇率は 3 ata 以上では小さくなった。 ・ アノード出口ガスの分析によると、圧力上昇に伴いメタン濃度が増加したため水素が消費され、実際の燃料利用率が高くなる。これが電圧上昇率の低下の原因である。 ・ 燃料ガスへの窒素添加を行ったところ、メタン生成は見られず、高圧領域でも圧力上昇に伴う電圧上昇率は低下しなかった。ただし、窒素添加は水素分圧を下げるので、過剰な添加は電圧低下をもたらすため、適量を添加する必要がある。 ・ 水蒸気の添加も窒素と同様の効果があることが確認された。 (2) NiO の溶出 ・ カソードのNiO の電解質中への溶出と、それに伴うマトリクスの短絡について、3 ata で、カソードガス中CO₂ 分圧及びマトリクスの厚さの影響を調べた。 ・ 短絡による発電が起こると、アノード側でCO₂ が発生するので、アノード出口ガスCO₂ 濃度を短絡の指標とした。電池運転初期からの一定値に対し、CO₂ が 2 % 増加した時間をセルの寿命とした。 ・ 0.55mm のマトリクスを用い、CO₂ 分圧の影響を調べる試験を行ったところ、CO₂ 分圧を下げると寿命が長くなる傾向にあった。 ・ マトリクスが厚くなると寿命が長くなる傾向にあった。しかし、厚いマトリクスは抵抗が高いため、マトリクスの厚さについては寿命と性能の両方から決定する必要がある。	
質疑： Q 1：カソード材料はピュアなNiか？ A 1：その通り。寿命はマトリクスの構造やカソード材料によっても影響される。 Q 2：高電流密度でも厚いマトリクスの使用が短絡に対する問題解決になるか？ A 2：寿命上は有効ですが、電圧は下がるので 1～1.4 mm 程度が限界と考えられる。 Q 3：使用マトリクスに電解質で充填されていない空隙があるか？ A 3：マトリクスのポロシティに対して、計算上 100 % 電解質を入れている。	

分類番号： Ⅲ－E－1	題 目：Molten Carbonate Fuel Cell(MCFC) Endurance Issues
分科会： MCFC	発表者：T. Ong Institute of Gas Technology/U. S. A.
発表内容： (1) NiO カソードの溶解により、マトリクス中にNi金属の析出が発生し、溶解によるカソードの減少と析出物の蓄積によりセル特性の低下が発生する。 (2) カソード溶解は酸性溶解であり、炭酸ガス分圧が高いほど溶解度は増加する。 (3) マトリクス中のNi析出量は時間の1/2 乗に比例し、マトリクスの厚さには依存しない。 (4) Ni析出量は負荷電流密度にも影響される。炭酸ガス分圧が高い時、析出量は電流密度の増加と共に増加し、約200 mA/cm²でピークを示す。 炭酸ガス分圧が低くなると、電流密度に対する依存性は小さくなり、逆に電流密度の増加に伴って減少するようになる。 (5) 10,000時間でカソード重量の35%が消失するが、セル特性の低下率に対する影響は0.5 mV/1,000h 程度である。 (6) NiOの溶解度は電解質の塩基度によって変化する。2,000 時間に於ける析出量は62Li/38KCO₃が15mg/cm²、70Li/30Kが4 mg/cm²、52Li/48Na が4.6 mg/cm²である。 (7) Ni析出量が時間の1/2 乗に比例することを考えると、電解質の酸塩基度を調整することにより、現状のカソード材料でも、6 ata の圧力で40,000時間の運転が可能であると考えられる。	
質疑： Q 1：カソードの厚さはどのくらいまで減らせるか？ A 1：酸化剤の組成によって違う。 Q 2：マトリクス中にNiO の析出を観察したことがあるか？ A 2：Niメタルの析出がある。 Q 3：NiO 析出の可能性はあるか？ A 3：ないと思う。 Q 4：今回のデータは加圧、常圧共通に使えるか？ A 4：炭酸ガス分圧0.6atm位まで。 Q 5：マトリクスの性状はNi析出に対してどのように影響するか？ A 5：厚さの影響が大きいと考えられる。 Q 6：マトリクスの作り方は？ A 6：現在のテープマトリクスの方が微細構造が改良されており、Ni析出に対しても有利。 Q 7：カソードが40%ロスした時の状態はどうか？ A 7：厚さが10%程度減り、ボア径も大きくなる。	

分類番号： Ⅲ－E－2	題 目：Life Issues of Molten Carbonate Fuel Cell
分科会： M C F C	発表者：H. Urushibata Mitsubishi Electric Corporation/Japan
発表内容： (1) M C F C の寿命制限因子として電極のクリープ、カソード溶解、電解質ロスについて検討した。 (2) アノードのクリープの問題はNi-Al 合金の開発により解決した。 カソードについてはIn-Situ 酸化型カソードの場合、昇温時Niの状態でのクリープが今後の開発課題となる。 (3) カソード溶解による短絡発生はマトリクスの厚さと炭酸ガス分圧によって大きく影響される。約1 mmの厚さのマトリクスを使えば、0.1 atm の炭酸ガス分圧で約20,000時間の運転は可能である。電解質組成の検討により、現状のNiO カソードでも40,000時間に近い運転は可能と考えられる。 (4) 電解質ロスはハードウェアの腐食によって引き起こされる。ステンレス材の腐食による厚さ減少は時間の1/2 乗に比例し、電解質ロスもやはり時間の1/2 乗に比例する。スタックを構成する全ての構成部材について、電解質ロス速度を測定し、電解質ロス量を推定できるようになった。 現状の金属材料であっても20,000時間電解質ロスの影響無しに運転可能である。電解質ロス速度を半減することにより、40,000時間の運転も可能であると考えられる。 (5) 単セルの運転を約20,000時間行い、特性低下率は5 mv/1,000h を達成した。	
質疑： Q 1：スタックへの電解質添加は可能と考えられるか？ A 1：添加構造を検討すれば可能と思われる。 Q 2：最も重要な寿命因子は何か？ A 2：NiO の溶解である。 Q 3：カソードの新材料についてはどう思うか？ A 3：NiO と同等のセル特性を出せる材料は難しいのではないかとと思う。 Q 4：加圧下でのNiO の溶解について重要なことは何であると考えるか？ A 4：短絡に至らない析出形態をとらせることだと思う。	

分類番号： Ⅲ－E－3	題 目：Hybrid Combustor and Heat Exchange Reformer for MCFC Power Generation System
分科会： M C F C	発表者：Y. Morita Chiyoda Corporation/Japan
発表内容： (1) ハイブリッド燃焼器は燃焼触媒と熱生成キャリアーから構成され、M C F Cの燃料排ガスを1,200℃までの温度で安定に燃焼させることができ、また長寿命も期待できる。 (2) TOGARI(1)の5,300時間の運転試験を通して、燃焼触媒と熱生成キャリアーを最終的に決定した。 (3) ハイブリッド燃焼器システムとしてPd(FINE)/CORDIERITE、Pd(SINTERED)/Al₂O₃・ZrO₂とリアクションボンデッドSiCが最適である。 (4) リホルマーには熱衝撃に対する強度、短いスタートアップ時間、カーボン析出の防止、負荷変動に対する即応性、熱移動が良好に行なわれる等の要求がある。 (5) BAYONETタイプ熱交換型改質器の内部及び外部触媒チューブに於いて、デミスターとワイヤーネットシステムは熱移動を増大し、制御する方法として有効である。 (6) 現在M C F C組合赤城試験所において1MWハイブリッド燃焼器を建設中である。	
質疑： Q 1：改質器のスチームカーボン比はどの程度か？ A 1：3.0。 Q 2：炭化水素はどのようなものが入っているか？ A 2：メタン及び燃料の排ガス。 Q 3：イオウの処理は？ A 3：常温の運転では脱硫器を使っている。 Q 4：触媒燃焼器が3段あるがガス予熱はどうしているか？ A 4：アノード排ガスを使って650℃に予熱する。 Q 5：なぜ熱交換型改質器にSiCを使ったのか？ A 5：シリコンの酸化に対する抵抗を高めるため。 Q 6：1MW改質器の冷起動時間は？ A 6：3.5～4時間。	

分類番号： Ⅲ－E－4	題 目：Balance-of-Plant for High Temperature Fuel Cell with Emphasis on MCFC
分科会： M C F C	発表者：L. J. Christiansen Haldor Topsøe A/S/Denmark
発表内容： (1) 通常の炭化水素の水蒸気改質は高温低圧条件下で反応が進行し易い。 改質に必要な熱の50％はバーナー燃焼により供給され、残りの50％は熱回収によって賄われる。高温型燃料電池システムでは、この改質方式として通常の外部改質の他に、より有効に排熱を利用できる内部改質方式が考えられている。 (2) 改質する炭化水素は通常メタンが考えられているが、炭素数の多い炭化水素の場合カーボン発生が起き易く、燃料電池システムには適応しにくい。 (3) 外部改質方式では排熱の有効利用のため熱交換型改質器が使われる。 この方式では燃料電池での燃料利用率は75～85％であり、残りの燃料は外部改質器のバーナー燃料に利用される。 (4) 燃料電池システムの効率を最大にするには、電池での燃料利用率をできる限り高め、冷却負荷を最小限にする必要がある。このためにスタック内で改質を行い、電池の発熱を改質反応に直接利用する内部改質型燃料電池が考えられている。 (5) 通常内部改質型燃料電池の場合、ペレット状の改質触媒をアノード流路に設置しているが、さらに進んだタイプでは、アノード流路自体に改質触媒を付着させたキャタライズドハードウェアが開発されつつある。 (6) 内部改質型M C F Cシステムは、外部に改質器を必要としないため、非常に簡単なシステム構成になる。しかし、アノード排出ガス中の未反応水素を分離し、再利用するためのアノードリサイクルユニットが必要である。水素分離後の残留ガスは主に炭酸ガスでありカソード側にリサイクルされる。 (7) M C F Cのシステム効率は、アノード流路内に触媒を設置するタイプの内部改質型で、水素リサイクルユニットを持つシステムが最も高くその効率は65％になる。	
質疑： Q 1：高級炭化水素のプリリフォームはどの程度まで行ったのか？ A 1：400℃以下でメタン生成まで。メタンは電池内で改質する。 Q 2：内部改質と外部改質の寿命の違いは？ A 2：内部改質の場合、触媒の電解質による劣下が問題となる。 Q 3：外部改質の効率は加圧下の運転でのものか？ A 3：違う。 Q 4：リホーマの前の脱硫について硫黄濃度の低下を観察したか？ A 4：10ppb 以下に下げている。	

分類番号： Ⅲ－E－5	題 目：Demonstration of 10kW MCFC Using Petroleum Naphtha
分科会： MCFC	発表者：A. Saiai, Tonen Corporation/Japan
発表内容： (1) 石油軽質ナフサを使ったシステム効率45%の10kWMCFCシステムを設計した。このシステムは炭酸ガスリサイクルとカソードガスリサイクルの二つのリサイクルループをもつ。 (2) 軽質ナフサの改質にはルテニウム／ジルコニア触媒が使用された。 改質条件は改質器出口温度655 ～810 ℃、圧力2 kg/cm²G、スチーム／カーボン比2～5である。 (3) ナフサ改質の場合スチームカーボン比が高く、燃料ガス中の水蒸気分圧は30～50%に達する。この高い水蒸気分圧が、マトリクスの電解質保持力とウェットシール部の腐食に影響することが分った。このため、今回の10kWスタックではLiAlO₂の比表面積を改良し、ウェットシール部のAlまたはAl₂O₃ コーティング改良を行った。 (4) 10kWスタックの平均特性は燃料利用率40%で831 mVであった。ナフサ運転における特性は標準ガスの特性とほぼ同じであった。 (5) 効率は燃料利用率80%で47.2%を達成した。 (6) 2,000 時間の運転を行い、改質触媒は良好な状態で運転された。	
質疑： Q 1：セル面内温度差100 ℃は大きいのではないか？ A 1：ナフサ改質ガスを使った場合流量が増えるので、温度差30℃に抑えられている。 電池温度差は冷却負荷を考慮したシステム全体として考える必要がある。 Q 2：サーマルサイクルの影響はどうか？ A 2：セル特性にはほとんど影響はなかった。	

分類番号： Ⅲ－F－1	題 目：Feasibility Study on MCFC On-site Cogeneration System
分科会： MCFC	発表者：S. Washio Osaka Gas Co., Ltd. /Japan
発表内容： 500 ～1,000kW 級オンサイト型MCFCコージェネシステムについて、以下の条件にてフィージビリティスタディを行った。 ① 燃料：都市ガス（13A） ② 排熱回収：8 K 蒸気及び65℃温水 (1) システムの比較 高発電効率が得られ、蒸気回収の多いコージェネを目標として、ベース方式、電池直列方式、2 段改質方式、アノードリサイクル方式の定圧及び加圧システムの比較を行った。その結果、システム加圧はオンサイト型であることを考慮し、蒸気回収量が多く、運転、メンテナンスが容易である定圧システムとし、方式は発電効率と運転信頼性が高い電池直列方式とした。 (2) システム選定した電池直列方式の特徴 ① アノード及びカソード排ガスのもつ顕熱を改質に利用しているので、アノード排ガス残熱量による燃焼熱を少なくすることができ、90％程度の高熱利用率を達成できる。 ② 電池 2 台を直列に配置し、1 台あたりの燃料利用率が80％以下であっても、2 台トータルとして90％の高燃料利用率が得られるシステムとした。 (3) 概念設計結果 陸上輸送に限界があるため、プラントは6 ブロックに分けて輸送し、据え付けることとした。またコンパクト化に努めた結果、設置面積は目標の0.1m²/kW以下とすることができた。	
質疑： Q 1：発電規模1,000kW に対して所内動力を20kWとしているが少なくないか？ A 1：ブロウ動力は別途計算しており、全所内動力は120 ～140 kWになる。 Q 2：都市ガス供給ラインにNGブロウを入れているか？ A 2：加圧システムでは入れている。	

分類番号： Ⅲ－F－2	題 目：Large Scale MCFC Performance and Operation Technology
分科会： MCFC	発表者：Y. Izaki Central Research Institute of Electric Power Industry/ Japan
発表内容： (財)電力中央研究所と石川島播磨重工業(株)との共同研究で実施した1 m²級10kWスタックの運転実験について、基本運転特性ならびに長期発電特性結果が報告された。概要は、以下の通りである。 試験された10kW級スタックは、ほぼ実用面積の1 m²級単セルを10セル積層したものである。また、試験は、(財)電力中央研究所横須賀研究所内の10kW級実験設備を用いて実施された。 試験データとしては、基本特性である燃料利用率特性及び圧力特性が示され、運転圧力5 ata で、平均セル電圧0.8 Vを達成している。また、アノードガスリサイクル運転の効果について説明がなされた。さらに、運転圧力5 ata 、燃料利用率80%での4,000 時間に及ぶ連続発電特性についてのデータが示され、2,500 時間までは劣化も少なく安定に動作したが、その後低下傾向を示している。 しかし、昨年度ムーンライト計画で実施した同規模スタックの結果と比較すると、約2 倍の寿命延伸がなされたとの報告がなされた。 また、末期の性能低下原因については、今後スタックの解体・分析で明らかにする予定である。	
質疑： Q：スタック運転後のカソード電極の分析結果は？ A：まだ解体試験は実施していない。	

分類番号： Ⅲ - F - 3	題 目：Development of Internal Reforming Stack
分科会： M C F C	発表者：M. Matsumura Mitsubishi Electric Corporation/Japan
発表内容： (1) 3 kWスタック、2つの5 kWスタックの試験結果をもとにガス分配、熱バランスに関する検討結果が報告された。また触媒の劣化に関連して、電解質の蒸発量の測定結果が報告された。 (2) スタックの特性 ・ 3 kWスタック： 5,000 cm² - 5セル、0.8 V (Uf=60%、150 mA/cm²) ・ 5 kWスタック： 1,000 cm² - 50セル、0.75 V (Uf=40%、150 mA/cm²) ・ 5 kWスタック： 5,000 cm² - 10セル、0.81 V (Uf=60%、150 mA/cm²) (3) ガス分配 3 kWスタックではガス分配が良好であったが、5 kWスタック (1,000 cm² - 50セル) では特に4個のセルのガス分配が不良であった。#26セルでは所定量の40%程度のガスしか流れていなかった。次に運転された5 kWスタックでは大きく改善された。#26セルのガス分配の不良の原因は部材の寸法精度の不良であった。 (4) 熱バランス ・ 3 kWスタックで改質率分布をみると、反応速度律速ではなく、伝熱律速になっている。 ・ 5 kWスタック (1,000 cm² - 50セル) では、燃料ガス入口部分で改質反応を抑制し、温度分布の均一化を試みた。 ・ 5 kWスタック (5,000 cm² - 10セル) では、燃料ガスのリターンフローを採用している。 (5) 電解質の蒸発量 気相に含まれる電解質蒸気を電解質スクラバーで捕獲し、電解質蒸発量の測定をしている。蒸発量は 4.3×10^{-9} g/std-cc程度である。蒸発機構は、ハイドロオキサイド機構がデータと合致する。	
質疑： Q 1：改質触媒はどういうものか？ Niローディング、粒径はどうか？ A 1：約20-30%。粒径は100 Å程度。 Q 2：MgO をサポートに使うことを考えているか？ A 2：いくつかの触媒を評価し、そのなかの良いものを標準的に使っている。 Q 3：スタックの寿命は？ A 3：来年ぐらいまでに10,000時間を目標にしている。	

分類番号： Ⅲ－F－4	題 目：Development of Indirect Internal Reforming Molten Carbonate Fuel Cell
分科会： M C F C	発表者：J. Ohtsuki The Kansai Electric Power Company/Japan
発表内容： (1) M C F Cは改質方式により外部改質と内部改質に分類される。 さらに、内部改質型は触媒の設置場所により直接型と間接型に分けられる。間接内部改質型の特徴は、外部改質型より高い効率が得られることと、直接内部改質型より長い触媒寿命が期待できる点である。 (2) 30kW間接内部改質型スタックは、電極面積4,864 cm²の62セルで、間接改質器が10枚設置されている。 (3) スタック出力は200 mA/cm²で35.1kWを達成し、150 mA/cm²での平均セル電圧は燃料利用率60%で752 mVであった。 (4) スタックは2,131 時間運転され、特性低下率は10mV/1000hであった。 (5) 温度分布を改善するため、30kWスタックでは触媒量の最適化、触媒濃度の最適化と触媒設置位置の最適化を行い、面内温度分布を80℃に抑えることができた。 (6) 30kWシステムはカソードリサイクルとP S Aによる炭酸ガス分離ユニットを有している。燃料排ガスより分離された炭酸ガスの純度は99%以上であり、回収率は85%であった。 (7) スタックにおいて、都市ガスの直接供給による運転を117 時間行い、純メタンガス運転と特性の差はほとんど見られなかった。 (8) 今後の計画として100 kWスタック運転を1992年5月に行う。	
質疑： Q：直接型と間接型で特性に差があるのはどのように考えるか？ A：メタン改質率が間接型では低いことが原因と考えられる。	

分類番号： Ⅲ－G－2	題 目：IFC MCFC Stack Research Status
分科会： M C F C	発表者：H. C. Healy, International Fuel Cells Corporation/U. S. A.
発表内容： IFCでは、MCFCスタックの課題の抽出と対策のため研究計画を進めている。この計画では、スタックを組立て、運転するに必要な各種コンポーネントや付帯機器の工学、製造、組立、コスト及び寿命等の向上・改善を図ることを目的としている。これらの目的を達成するため、IFCでは、単セル試験、スタック組立試験、天然ガスや石炭ガスを燃料とした実面積スタックによる試験を実施している。 最近の結果としては、25kW級スタックの組立および実証試験があり、8 ft²-20セルで厚みを薄くした新規の設計セル（Thin cell design）にて2,200 時間以上の試験を終えている。この試験では、当初の目的の一つであるスタックの原材料の削減及び有効面積当たりの重量を減少させており、また、より低コストの材料も使用している。 またマニホールドのシール技術についても20セルスタックと平行して改良を進めており、セルからセルへの電解質の移動を減少させている。 さらに、製造分野では、電極の連続製造技術等の確立を図った。	
質疑： Q：Thin cell designで40,000時間の寿命を期待しているのか？ A：その通り。	

分類番号： Ⅲ－G－3	題 目：MCFC Stack Technology at Hitachi
分科会： MCFC	発表者：S. Takashima Hitachi, Ltd/Japan
発表内容： 1989年度、1990年度に製作、試験した25kW級スタックの常圧、加圧発電試験結果の発表 (1) 日立のスタック開発の経緯 ・ガスの均一分散などを狙って、複合大容量型を選択した。 (2) 25kW級スタック仕様の紹介 ・第1回目の常圧25kW級スタックを大面積要素の確認のため試験し、1,612時間運転した。 ・第2回目の25kW級スタックでは、セパレータ材に耐食性の高い30Ni-25-Cr-Al-Y材を使用し、加圧運転を行った。 ・特に、30Ni-25-Cr-Al-Y材は、電位負荷の条件で耐食性に優れている。 (3) 加圧25kW級スタック試験結果の紹介 ・加圧運転のため、差圧制御に注力し、100 mmH₂O から20mmH₂O 程度の差圧に抑えた。 ・設備内にバブコック日立製2段触媒燃焼方式の改質器を導入し、試験を行った。 ・6 ata の加圧条件で発電試験に成功し、30kWの出力を得た。 ・加圧条件で燃料利用率80～90%の試験を実施し、良好に発電できた。 ・加圧25kWスタックを5,450 時間運転している。 (4) 100 kW級スタック計画の紹介 ・50kWモジュールを2モジュールにて、100 kW級スタック試験を実施予定である。 ・アノードには、耐クリープ性能の良好なNi-Al アノードを使用する予定。	
質疑： なし。	

分類番号： Ⅲ - G - 4	題 目：ER-MCFC Stack Technology Development at ECN
分科会： M C F C	発表者：L. A. H. Machielse Netherlands Energy Research Foundation ECN/The Netherlands
発表内容： ECNでは、NOVEMの支援を得て、外部改質型MCFCの開発を続けている。1992年末までに、公称出力10kW加圧スタックの実証を目指している。このスタックの有効セル面積は3,352 cm²であり、容量250 kWユニットに組み込む1 m²サイズセルの設計と製造技術の開発に役立つものである。 ・ <u>スタック設計</u> スタック内部の酸化材と燃料の流れは対向流である。運転中の多孔質部材の寸法変化を吸収し、製造時の交差を補償するためにFLEXSEP バイポーラ板が開発されている。バイポーラ板は、薄い板でできている。セパレータ板は、X2-Ni-Cr-Mo-Cu25-20-5合金が使われている。 腐食防止策として、アノード雰囲気さらされる表面には、ニッケルメッキ及びウェットシール部には、CVD法によってアルミナジグしている。 マトリックスは、アルミナ繊維で補強されたγ-LiAlO₂よりできっており、予め焼結したNiカソードは、酸化し、リシエイティドされている。 電解質には、Li₂CO₃とK₂CO₃の共晶塩が使用されている。マトリックスとカーボネイトは、グリーンステージで組立てる。 ・ <u>耐食に対する研究</u> ECNでは耐食の研究は、主要な研究として扱ってきた。多孔質材料である耐食性試験片は、14、28、56、112、224 日間、炭酸塩溶液中に漬けている。 A I S I 310S、Fe-28Cr-4Ni-2Mo とインコネル601 が最高の耐食性を示した。この結果から、高Cr (>21%) オーステナイトステンレスが最低20,000～30,000時間の腐食に耐えられるようである。 ・ <u>スケールアップ</u> 1000m²のFLEXSEP の経験をベースにして、3,352 m²のセルのスケールアップされた250 kWM C F C発電プラントに使うフルサイズセルをオランダの会社と共同で作る予定である。 基本的には、成形の道具や製造方法は同じ方法である。この開発には、フルサイズセルのショートスタックの品質テストとサブテストが組み込まれている。	
質疑：なし	

分類番号： Ⅲ－G－5	題 目：Recent Development of Large Size Stacks at IHI
分科会： M C F C	発表者：A. Suzuki Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd
発表内容： (1) I H I は大容量スタックの開発を進めており、最近のスタックの開発状況について報告した。 (2) 0.3 m²×50セル、15kWのスタック運転 1) スタートアップ工程（昇温、脱脂、炭酸塩熔融及びカソード酸化）の中でカソード酸化工程について報告した。カソード酸化工程は発熱反応で酸化を制御しないとスタックに熱ダメージを与える恐れがある。カソードガスリサイクリングがカソード酸化反応の発熱を制御できることを実証した。 2) 50セルの高積層にもかかわらず特に性能の悪いセルはなく、最高21kWの発電出力を得た。 3) スタック内のガス流配をシュミレートする計算結果と実際の流配を比較し、良い一致が見られ、100 kWへ向けて構造設計のデータが得られた。 (3) 1 m²×5セル、5 kWスタックの熱サイクル実験 1 m²×5セルスタックで熱サイクル試験を6回実施し、スタックの信頼性の調査を行った。一番下のセルに若干の劣化傾向が認められたが、ガスリークの増大はなく大面積セルが熱サイクルに耐えうることが実証できた。 (4) 平成5年度100 kWスタックでの発電に向けて、2つの重要な開発問題（高積層、熱サイクル）に体して目処をつけることができた。	
質疑： なし	

SESSION IV :

固体電解質型燃料電池 (SOFC)

Session IV -A: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- Materials and Basic Studies -

Chairpersons: M. Dokiya(Nat'l Chemical Lab. for Industry/Japan)
E. Erdle(Dornier GmbH/Germany)

- IV -A-1 SOLID ELECTROLYTES FOR INTERMEDIATE
 TEMPERATURE FUEL CELLS
 A.F. Sammells
 (Eltron Research, Inc./U.S.A.)... .. 114
- IV -A-2 ETL MULTI-LAYER LASER SPRAY COATING FOR
 SOFC COMPONENT
 F. Uchiyama, K. Tsukamoto, Y. Kaga,
 T. Okuo, A. Monma, Y. Ohno*, S. Yamaoka** ,
 Y. Takahagi*** and T. Kamoshida***
 (Electrotechnical Laboratory, * Kanagawa
 University, ** Tsukuba University &
 ***Ibaraki Prefectural Industrial Technology
 Center/Japan)... .. 115
- IV -A-3 THE POTENTIAL OF PLASMA SPRAYING FOR THE
 DEPOSITION OF COATINGS ON SOFC
 COMPONENTS
 A.R. Nicoll, **G. Barbezat** and
 A. Salito (Plasma Technik AG/Switzerland) ... 116

Session IV -B: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- Cells and Stacks -

Chairpersons: T. Hirai(Electric Power Development/Japan)
A.J. McEvoy(Ecole Polytechnique Fed. de
Lausanne/Switzerland)

- IV -B-1 DEVELOPMENT OF A PLANAR TYPE SOFC WITH A
CERAMIC SEPARATOR AND ITS MODULE CONCEPT
T. Iwata and H. Shundo
(Fuji Electric Corporate Research and
Development Ltd./Japan) 117
- IV -B-2 DEVELOPMENT OF SOLID OXIDE FUEL CELL WITH
METALLIC SEPARATOR
H. Tsuneizumi, E. Matsuda, T. Kadowaki,
T. Shiomitsu, H. Nakagawa, Y. Watanabe
and T.Yokosuka
(NKK Corporation/Japan) 118
- IV -B-3 DEVELOPMENT OF COFIRED TYPE PLANAR SOFC
A. Shiratori, S. Kobayashi, K. Taira,
Y. Sugimoto, S. Sakamoto, H. Takagi and
Y. Sakabe
(Murata Mfg. Co., Ltd/Japan) 119
- IV -B-4 DEVELOPMENT OF A PLANAR SOLID OXIDE FUEL
CELL AT SANYO
S. Murakami, **Y. Akiyama**, N. Ishida,
T. Yasuo, S. Taniguchi, T. Saito and
N. Furukawa
(Sanyo Electric Co., Ltd./Japan) 120
- IV -B-5 STUDY ON TUBULAR TYPE OF SOLID OXIDE FUEL
CELL
M. Nagata, I. Kaji, S. Yoshida,
N. Kobayashi, Y. Seino, and T. Nakajima
(Fujikura Ltd./Japan) 121
- IV -B-6 TRAIN CELL STACK BY WET FABRICATION PROCESSES
M. DOKIYA, N. Sakai, T. Kawada and
H. Yokokawa
(National Chemical Laboratory for Industry/
Japan) 122

Session IV -C&D: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- Cells and Stacks, R & D Program, Application -

Chairpersons: T.Hikita(Tokyo Gas/Japan)
 J.J.P. Huijsmans(Netherlands Energy Res.
 Foundation ECN/Netherlands)

IV -C-1 THE WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION
 SOLID OXIDE FUEL CELL PROGRAM - A 1992
 PROGRESS REPORT -
W.J. Dollard
 (Westinghouse Electric Corporation/U.S.A.)... 123

IV -C-2 DEVELOPMENT OF A 25KW CLASS SOFC
 COGENERATION SYSTEM UNIT
K. Shinozaki and T. Satomi*
 (Osaka Gas Co., Ltd. & *Tokyo Gas Co.,
 Ltd./Japan)..... 124

IV -C-3 OPERATION TEST OF SOFC 1KW MODULE
 A. Iwanaga, Y. Yamauchi, N. Hisatome,
 F. Umemura*, Y. Ochiai*, **T. Saishoji**** ,
 T. Muramatsu**, and K. Utsumi**
 (Mitsubishi Heavy Industry Co., Ltd.,
 *Tokyo Electric Power Co. & **Electric
 Power Development Co., Ltd./Japan) 125

IV -C-4 CURRENT STATUS OF MOLB TYPE SOLID OXIDE
 FUEL CELL
M. Hattori, A. Kato, Y. Esaki, H. Miyamoto*,
 M. Irino*, S. Naito*
 F. Nanjo* and K. Takenobu *
 (Chubu Electric Power Company, Inc. &
 *Mitsubishi Heaby Industries, Ltd./Japan).... 126

Chairpersons: K. Onda (Electrotechnical Lab./Japan)
 P. Zegers (CEC/Belgium)

IV -D-1 THE SULZER HEXIS TM SOFC SYSTEM
R. Diethelm, K. Honegger and B. Barp
 (Sulzer Brothers Limited/Switzerland) ;... 127

IV -D-2 SOLID OXIDE COGENERATION SYSTEMS FOR
 RESIDENTIAL AND COMMERCIAL APPLICATIONS
W.R. Dunbar, R.A. Gaggioli and
 A. Khandkar *
 (Marquette University & *Cerametec,
 Inc./U.S.A.) 128

IV -D-3 LIGHTWEIGHT ZIRCONIA POWER PACKAGE FOR
 SPACE APPLICATIONS
W.J. Ong
 (Ztek Corporation/U.S.A.) 129

Session IV-E: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- Materials and Basic Studies -

Chairpersons: K. Eguchi(Kyushu University/Japan)
A.F. Sammells(Eltron Research/U.S.A.)

IV -E-1	TEMPERATURE AND THERMAL STRESS DISTRIBUTION IN THE TUBULAR SOLID OXIDE FUEL CELL Z. Takahara and K. Kanamura (Kyoto University/Japan)····· 130
IV -E-2	ANALYSIS OF GAS DIFFUSION EFFECT ON CURRENT DISTRIBUTION IN TUBULAR SOFC S. Nagata and Y. Kasuga (Electrotechnical Laboratory/Japan) ····· 131
IV -E-3	CURRENT STATUS OF SOFC DEVELOPMENT AT OSAKA GAS M. Ipponmatsu , H. Sasaki, A. Hirano, S. Otoshi, M. Suzuki and A. Kajimura (Osaka Gas Co., Ltd./Japan) ····· 132
IV -E-4	FABRICATION AND TESTING OF PLANAR SOFC AT ECN J.P.P. Huijsmans , F.H. van Heuveln, J.P. de Jong and D. Bos (Netherlands Energy Reserch Foundation ECN/The Netherlands) ····· 133
IV -E-5	RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PLANAR SOLID OXIDE FUEL CELLS AT TOKYO GAS I. Yasuda , T. Kawashima, T. Koyama, Y. Matsuzaki and T. Hikita (Tokyo Gas Co., Ltd/Japan)····· 134

Session IV -F&G: Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- Materials and Basic Studies -

Chairpersons: A.C. Khandkar (Ceramatec/U.S.A.)
O. Yamamoto (Mie University/Japan)

- IV -F-1 SOME ASPECTS OF PLANAR SOFC DEVELOPMENT
E. Erdle, W. Dönitz, H.G. Müller and
R. Schmidberger
(Dornier GmbH/Germany)····· 135
- IV -F-2 AIR SINTERABLE (La, Ca) CrO₃ FOR SOFC
INTERCONNECTORS: SOME PROBLEMS IN POWDER
PREPARATION
N. Sakai, T. Kawada, H. Yokokawa and
M. Dokiya
(National Chemical Laboratory for
Industry/Japan)····· 136
- IV -F-3 OUTPUT CHARACTERISTICS AND DURABILITY OF
PLANAR TYPE SOFC
F. Umemura, K. Amano, H. Michibata,
S. Kaneko*, Y. Inoue*, and T. Kabata*
(Tokyo Electric Power Company &
*Mitsubishi Heavy Industries, Ltd./Japan)·· 137
- IV -F-4 CATALYTIC AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF
ANODE FOR SOFC
K. Eguchi, T. Setoguchi, K. Okamoto and
H. Arai
(Kyushu University/Japan) ····· 138
- Chairpersons: Y. Yamazaki (Tokyo Inst. of Technology/Japan)
M. Whelan (Gas Research Inst./U.S.A.)
- IV -G-1 ELECTRODE CHARACTERISTICS OF LANTHANUM
MANGANITE ON YTTRIA-STABILIZED ZIRCONIA
H. Taimatsu, K. Wada and H. Kaneko
(Akita University/Japan)····· 139
- IV -G-2 BEHAVIOR OF NON-POROUS PEROVSKITE OXIDE
ELECTRODE AS SOFC CATHODE
A. Momma, Y. Kaga, F. Uchiyama,
K. Tsukamoto and T. Okuo
(Electrotechnical Laboratory/Japan) ····· 140
- IV -G-3 ZIRCONIA BASED SOLID ION CONDUCTORS
O. Yamamoto, Y. Takeda, N. Imanishi,
K. Kohno and T. Kawahara
(Mie University/Japan)····· 141
- IV -G-4 HIGH TEMPERATURE ELECTRONIC CONDUCTIVITY,
SEEBECK COEFFICIENT AND NONSTOICHIOMETRY
OF AN SOFC CATHODE MATERIAL,
La_{1-x}Sr_xMnO_{3-δ}
H. Kamata, J. Mizusaki and H. Tagawa
(Yokohama National University/Japan)····· 142

分類番号： IV-A-1	題 目：Solid Electrolytes for Intermediate Temperature Fuel Cells
分科会： S O F C	発表者：A. F. Sammelles Eltron Research, Inc/U. S. A
発表内容： (1) S O F Cの新素材として温度が高なくて作動する電解質の研究内容が報告された。 (2) S O F Cの電解質は、ジルコニアが用いられているが、作動温度が1,000℃と高いのが600～700℃の作動温度まで下がれば、温度による様々な制限を受けずにすむというメリットがある。 (3) 低温作動型電解質としてペロブスカイト型酸化物をとりあげ研究を行った。 (4) 活性化エネルギーを低く押さえる結晶学的なパラメーターを押さえる必要がある。具体的には、ペロブスカイト酸化物のパラメーターとして重要なものは生成熱、ラティスフリーボリューム、ラティスディメンジョン、イオンの分極性である。 (5) イオン伝導性を最大にするには、活性化エネルギーを最低にすれば良い。すなわち、フリーボリュームを最大にすれば良い。 (6) BaCeO₃系が比較的イオン伝導性が高い (5×10^{-2} S/cm)。これを用いたS O F Cは10時間ぐらい使用が可能であった。	
質疑： Q 1：電子伝導性とイオン伝導性の関係は？ A 1：イオン伝導性は99%以上ある。 Q 2：電気的な分極は考えているか？ A 2：考えていない。 Q 3：電極材は？ 電流性能目標は？ A 3：アノードでNi、Pt、カソードでLa(Sr)CoO₃。平板型セルの最高性能を目標としている。 Q 4：燃料としてメタノールなどの炭化水素を考えているか？ 電解質との反応は？ A 4：長期的な研究はしていないが重要なことと考えられる。 Q 5：LaEr_{0.9}、Ca_{0.1}O₃のイオン伝導率は？ A 5：測定していない。 Q 6：セルサイズは？ 電解質の厚さは？ A 6：0.75cm²。厚さはわからない。	

分類番号： IV-A-2	題 目：ETL Multi-Layer Laser Spray Coating for SOFC Component
分科会： S O F C	発表者：F. Uchiyama Electrotechnical Laboratory/Japan
発表内容： (1) レーザー溶射法で固体電解質を緻密にする研究を行っています。 (2) レーザー溶射法は、毎秒数10mgから数μg までの粉をレーザービームを2mmぐらい絞って、そこをパスするときに溶かし付着させる方法である。 (3) レーザーの最大出力は10kWで、電解質を溶射するときは、7～8kW出力が必要となる。 LaCoO₃は5kW、Niはコントロールがむずかしい。 (4) 毎秒数10mg～数μgを落とすマイクロフィーダーを開発した。 (5) レーザー溶射法を用いると、酸化物超電導体も変質なく溶射可能である。 (6) レーザー溶射法は、基板側にダメージを与えない、真空中でも溶射可能、プラズマ溶射に比べ、電極の不純物が混入しないという特徴がある。 (7) S O F C材料を実際に溶射したが、溶射前後で材料の変質は見られなかった。 (8) レーザー溶射を利用して表面処理を行うことが可能である。具体的にはY S Zの表面処理を行い緻密にすることができる。	
質疑： Q 1：平板で用いると部分的に曲がりが生じないか？ A 1：熱ストレスの緩和のため基板を熱している。また、除冷も行っている。 Q 2：粒子径のベストサイズは20μmなのか？ A 2：市販品ではこのレベル。0.5μmまでハンドリング可能。 Q 3：粉末の送り方はキャリアガスか？ A 3：そのとおり。 Q 4：流速は？ A 4：ガス流速は30mぐらい。パウダースピードはその10分の1以下（測定はしていないが）	

分類番号： IV-A-3	題 目：The Potential of Plasma Spraying for the Deposition Coatings on SOFC Components
分科会： S O F C	発表者：G. Barbezat Plasma Technik AG/Switzerland
発表内容： (1) プラズマ溶射の応用例について説明がなされた。 (2) 最初にプラズマ溶射の原理が示された。 (3) プラズマ溶射において重要なのは表面活性である。 (4) プラズマ溶射は産業界でもいろいろな用途に使われ、経済性もあり、またセラミックにとってたいへん適切な方法である。重要な要素として表面活性、コーティングのデポジション（基板の動きと粒子の移動）があげられる。温度も材料も重要である。 (5) MgO、YBCO（超電導体）、フェライトの溶射例が示された。 (6) VPS（減圧プラズマ溶射）、システムの説明がなされた。 (7) プラズマ溶射による膜の管理には処理パラメータとエネルギーと溶射効率、溶射時間が重要である。 (8) 膜質のコントロールは粒子の大きさと分布が重要である。 (9) 最後にYSZの気孔率2%の溶射膜が得られる。	
質疑： Q：プラズマ溶射で材料間の界面制御などのコントロールはどこまで可能か？ 接着力の強さの制御は可能か？ A：材料の熱特性、熱伝導性、熱膨張率が重要なパラメータとなる。また、粒子分布も重要なパラメータである。	

分類番号： IV - B - 1	題 目：Development of a Planar Type SOFC with a Ceramic Separator and its Module Concept
分科会： S O F C	発表者：T. Iwata Fuji Electric Corporate Research and Development, Ltd. / Japan
発表内容： (1) (株)富士電機総合研究所は、N E D O からセラミックセパレータの開発を委託されて平板型支持膜方式のセル開発を行っており、その開発状況が報告された。 (2) セルデザイン 高出力密度とセルの大面积化が可能な平板型支持膜方式において、特に円板型中央マニホールド構造が熱歪みとガスシールに優れる構造であることが報告された。 (3) セル材料 • 電解質／電極結合体は多孔質のNiO-YSZ サーマット基板にY S Zを溶射した支持膜方式で構成、Y S Z 溶射層のガス透過率は$10^{-7} \text{ cm}^4 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$である。 • セラミックセパレータは多孔質のLa(Sr)MnO₃基板にLa(Ca)CrO₃を溶射した支持膜方式で構成、La(Ca)CrO₃溶射層のガス浸透率は$< 1 \times 10^{-8} \text{ cm}^4 \text{ g}^{-1} \text{ s}^{-1}$である。 (4) 単セル性能 • 直径100 mm、電極面積50cm²の単セルでは、0.5A/cm²の電流密度で0.7 Vのセル電圧を出力、連続運転時間は2,800 時間である。 • 直径200 mm、電極面積200 cm²の単セルでは、0.3A/cm²の電流密度0.7 Vのセル電圧を出力、500 時間の連続運転が行われた。 (5) 250 Wセルスタック性能 直径200 mm、電極面積200 cm²のセルを8セル積層したスタックで、電流密度0.3A/cm²、平均セル電圧0.53V、出力253 Wの特性を出力、電流密度0.2A/cm²で500 時間の連続運転に成功している。 (6) 200 kWモジュールコンセプト 直径400 mm、電極面積1,000 cm²のセルを100 セル積層して25kWスタックを構成し、8 個のスタックを対称に配置して200 kWモジュールを構成する。モジュール中央には熱交換器とスタートアップバーナが配置され、モジュール全体で直径2.3 m高さ2 mの大きさとなっている。	
質疑： Q 1：基板は機械加工しているか？ NiO-YSZ、サーメット基板は水素還元でクラックが入らないか？ A 1：機械加工している。将来はコストダウンのため溝つきの成形を予定。水素還元以前の基板の反りによるクラックが当面の課題。還元によるクラック云々は将来の課題。 Q 2：ガス透過率とガスリークの測定法？ スタックの締めつけ法？ A 2：1,000℃での水素測定は無理。ガス透過率は室温で窒素にて測定。ガスリークは構造的に測定不能。M C F Cの技術を転用して圧力1～2 kg/cm²で締めつけている。	

分類番号： IV-B-2	題 目：Development of Solid Oxide Fuel Cell with Metallic Separator
分科会： S O F C	発表者：T. Shiomitsu NKK Corporation/Japan
発表内容： (1) セパレータへの合金材料の利用可能性の評価及び合金セパレータを用いた S O F C の発電特性について報告された。 (2) 高温酸化雰囲気中での合金材料の特性 Ni系合金へのLaCoO_3コーティングは酸化抑制に効果を示した。酸化保護被膜としてCr_2O_3を生成するNi系合金に、LaCoO_3をコーティングすると$5\text{ m}\Omega\text{ cm}^2$の抵抗値を8,000 時間維持し、通電性があることを確認した。 (3) セルコンポーネント ・セパレータ：Cr_2O_3 生成系合金 (NiCrAlFe合金) ・セル：$(\text{LaSr})\text{MnO}_3$/3YSZ/Ni-YSZサーマット (有効電極面積：144 cm^2) (4) 単セル 合金セパレータを用いた144 cm^2のセルにおいて、$0.74\text{ V} - 300\text{ mA/cm}^2$を達成 ($950^\circ\text{C}$)、同様のセルで80%の燃料利用率で$300\text{ mA/cm}^2 - 0.59\text{ V}$ ($1,000^\circ\text{C}$) を記録。 (5) スタックセル 合金セパレータを用いた144 cm^2の8セルスタックで300 mA/cm^2負荷時に出力：220 W 出力密度：0.32 kW/l、燃料利用率：31%を記録。	
質疑： Q 1：合金セパレータへのLaCoO_3コーティングは燃料極側、空気極側のどちらに行っているのか？ A 1：空気極側に行っている。 Q 2：コーティング層／合金界面にCr_2O_3 が析出する可能性は注意しなくて良いのか？ A 2：コーティング材とCr_2O_3 が反応し、何らかの導電性酸化物を形成していることも考えられるが、現在解析中である。 Q 3：燃料極側の腐食についてはどう考えているか？ A 3：腐食が起こることは十分予測でき、またコーティングにより予防可能であると考えられる。しかしまだ対策はとっていない。 Q 4：燃料リークのパーセンテージはどのくらいか？ A 4：具体的な数字はわからない。	

分類番号： IV-B-3	題 目：Development of Cofired Type Planar SOFC
分科会： SOFC	発表者：A. Shiratori Murata Mfg. Co., Ltd. /Japan
発表内容： (1) (株)村田製作所では、平板型固体電解質燃料電池の開発を行っているが、その最近の開発状況が報告された。 (2) セルの作製 固体電解質／電極 3 層共焼結膜、インターコネクタ、ディストリビュータ、スペーサをそれぞれ単独で焼成し、これらを接合・焼成して（2 段共焼結法）、セル及びスタック（有効電極面積100 cm²級）を作製した。この方法で10段積層したスタックが作製できた。また、上記セラミック製インターコネクタ、ディストリビュータ及びスペーサの代わりに、金属バイポーラ板を用いてセル及びスタックを作製した。 (3) 単セル性能 2 段共焼結法により作製したセルでは、各構成材料間の熱膨張係数等のミスマッチのため、セルに微小亀裂が発生し、良い特性は得られなかった。 金属バイポーラ板を用いたセルで、端子電圧0.7 Vで電流密度0.35A/cm²が得られた。 (4) スタック性能 金属バイポーラ板を用いた 6 セルスタックで、120 Wの出力が得られた。 (5) 固体電解質／電極 3 層共焼結膜の微細構造 3 層共焼結膜の固体電解質膜は緻密で、電極は多孔質であった。また、顕著な相互拡散は見られなかった。これを、1,000 °Cで1,000 h処理しても、微細構造及び組成に大きな変化はなかった。	
質疑： なし	

分類番号： IV-B-4	題 目：Development of a Planar Solid Oxide Fuel Cell at Sanyo
分科会： S O F C	発表者：Y. Akiyama Sanyo Electric Co., Ltd. / Japan
発表内容： (1) 平板内部マニホール型S O F C開発に関して、コンポジット電極技術及びメルトシール技術を駆使したスタック性能の現状報告がなされた。 (2) コンポジット電極及びメルトシール技術 種々のY S Z粒径及びY S Z混合比におけるアノード性能を検討した結果、Y S Z粒径$0.5\ \mu\text{m}$程度、Y S Z混合比50wt%、気孔率40%程度で必要であるとの結果を得た。 メルトシールについて、300 mmH₂O の差圧までシール効率は、ほぼ100 %であり、その信頼性が確認できた。 (3) 単セル性能 125 cm² (電解質板150 mm$\square$) 単セルにて、0.7 V-300 mA/cm²の性能を得た。O C Vは理論値を示し、シール効率は99%以上であった。 (4) スタック性能 125 cm²×10セルスタックにて245 Wの最大出力を得た(燃料利用率50%)。 燃料利用率特性は、Uf=80%でも急激な低下はなく、シール性能及びコンポジット電極の高性能化を実証できた。 (5) 今後の予定 他のスタックにおいて255 Wを得、再現性の確認ができたため、来月に500 W級スタックの作製を予定している。	
質疑： Q 1：部分安定化ジルコニアの長期的安定性は？ A 1：1,000 時間程度では、それほど問題ない。 Q 2：シール材の長期的安定性は？ A 2：1,000 時間程度まで、シール効率の低下は全くない。 Q 3：シール材と電池構成材の反応は？ A 3：確認されている。Siの含有量、熱膨張面で現在種々検討中。	

分類番号： IV-B-5	題 目：Study on Tubular Type of Solid Oxide Fuel Cell
分科会： S O F C	発表者：N. Nagata Fujikura Ltd./Japan
発表内容： (1) 藤倉電線では、円筒形のセルの開発、特に製造プロセスと特性に関する研究を行っている。円筒形S O F Cの製造フローと構成要素の特性、ディスクセル性能、円筒形S O F C性能が報告された。 (2) 製造法及び特性 支持管は押し出し焼成法、空気極と燃焼極はA P S（大気プラズマ溶射）、F C（アセチレン溶射）、電解質はV P S（減圧プラズマ溶射）、インターコネクタはA P Sで作製している。又、各構成材の特性が示された。 (3) 空気極分極特性 材料と製造法を組合わせ比較したところ、La(Sr)CoO₃をF Sで作製したものが良い特性を持つことが示された。 (4) ディスクセル ディスクセル実験で電解質作製にはV P Sが有効であること、溶射電極の特性の良い組合わせが示された。 (5) 実規模セル 有効面積100 cm²級で、出力が約9 Wであることが示された。 (6) スタックシステム 数100 W級スタックシステムの概要説明があった。	
質疑： Q 1：プラズマ溶射法の均一性、気孔性に問題はないか？ A 1：O C Vがディスクセルでは1.0 V、実規模セルでは0.8 ～0.9 Vというように、電解質からのリークが問題と考えられる。 Q 2：ディスクセルでO C Vが1.4 Vと高いのはなぜか？ A 2：電解質が焼結品であり、かつガス圧の高い条件で行ったためである。	

分類番号： IV-B-6	題 目：Train Cell Stack by Wet Fabrication Processes
分科会： S O F C	発表者：M. Dokiya National Chemical Laboratory for Industry/Japan
発表内容： (1) トレイン・セルのコンセプト ウェット・プロセスは大量生産に向いているが大きな物を作るのが難しく、小さな製品ほど信頼性がよい。大きな物を作る努力は必要だが、次善の策として小さなセルから大きなモジュールを作る方法を提案する。これがトレイン・セルである。 (2) トレイン・セルの構造 数段のスタックをバス・バーで電氣的に連結する。燃料ガスに対しては直列になるようにする。それぞれのブロックの燃料利用率を低くすると、全体の利用率が高くてもブロック内の温度勾配を小さくすることができる。 (3) 共焼結法 共焼結法の欠点として、ランタンクロマイトからCaが抜けて焼結し難くなることがある。これを防ぐためにダブル・レイヤー・ディフュージョン・パリア法を提案する。YSZ膜とランタンクロマイト膜の間にそれぞれの発泡体を挟むとCaの拡散が抑制され共焼結できる。電極は後からインプレグネートする。この方法で5cmくらいのものはできるが、大きくなると曲がってしまう。これは低温焼結ランタンクロマイトの焼結収縮特性がYSZと合っていないからである。 (4) コンポジット・プレート法 ランタンクロマイトの収縮特性をYSZに合わせるのは困難なので、別々に焼成する。セル部分との間に発泡体を挟んで再焼成する。この方法だと10cmくらいのものもできる。 (5) シール ランタンクロマイトは伝導性があるのでマニホールド部には使えない。カルシウムアルミネート・ガラスは熱膨張係数が合わないのでYSZを混ぜて用いる。	
質疑： Q：カルシウムアルミネート・ガラスの他に何か良いシール材はあるか。 A：マンガン酸化物等を使ってみたがさらに検討する必要がある。シリカはどこまで耐性があるかわからず使うことはできない。	

分類番号： IV-C-1	題 目：The Westinghouse Electric Corporation Solid Oxide Fuel Cell Program-1992 Progress Report
分科会： S O F C	発表者：W. J. Dollard Westinghouse Electric Corporation/U. S. A.
発表内容： (1) Westinghouse社 (WH) は、円筒縦縞型のセル開発を行っているが、その最近数年の開発状況が報告された。 (2) 単セル性能 ・1988年の試料は、20,000時間以上連続試験され、電圧低下は1,000 時間当たり1.4 %であった。 ・1989年の試料は、250 mA/cm²の電流密度で、1991年11月時点で20,000時間以上連続試験が行われた。 (3) バンドル セル製造の量的拡大を図るため、また、長セルの開発を行うため、Pre-Pilot Manufacturing Facility (PPMF) を建設し、PPMFで製作されたバンドル (2～18セルから構成) の試験を1989年11月から約1年間行った。 (4) 20kWユニット DOEとの契約に基づく20kWユニット (セル長さ50cm) を製作し、Pittsburgh の天然ガスを用いて、1,700 時間運転した。この後、日本の(財)石油産業活性化センターと日本石油(株)との計画に基づき、ナフサによる運転も実施した。 (5) 25kWユニット 関西電力(株)、東京ガス(株)及び大阪ガス(株)向けの25kWユニットの1号機が、関西電力(株)六甲アイランドにおいて試験が開始される。また、電気に加えて蒸気を供給するコジェネレーション用の25kWユニット2号機が、東京ガス(株)及び大阪ガス(株)向けに現在製作中である。	
質疑： Q：ナフサの運転試験において、炭素析出の防止措置を行ったか？ A：外部から蒸気を入れた。	

分類番号： IV-C-2	題 目：Development of a 25kW Class SOFC Cogeneration System Unit
分科会： S O F C	発表者：K. Sinozaki Osaka Gas Co., Ltd. / Japan
発表内容： (1) 大阪ガス(株)では、東京ガス(株)と共同でS O F Cを利用したコージェネレーションシステムの開発を行っており、今回はシステムの設計結果及び性能予測について報告された。また、それに先立ってWH社製の25kWジェネレータの現状についても報告された。 (2) 25kWジェネレーティングシステムの現状 WHにて試運転が行われ、燃料はパイプラインの天然ガスを利用して、出力18.7kW ($U_f = 82\%$、$U_a = 17\%$) が得られた。出力はS O F Cでは初めて交流への変換を行っており、ネットAC出力はサーマルバランスポイントで25kWを目標としている。熱的バランスを無視すれば、40kW以上の出力が得られる。 (3) コージェネレーションシステムの性能予測 25kWジェネレーティングシステムをベースにしたコージェネレーションシステムの性能を予測すると、DC最大出力44kW、これからインバータ損失+補記の動力を差し引くと、ネットのAC最大出力は33kWとなる。また、廃熱回収量は最大27kWと見込んでいる。この場合、システム効率は35%であるが、これは出力規模が25kWと小さいため出力規模を大きくすれば、出力に対する補記動力や放熱損失の割合が減少するため、システム効率の向上が望める。ちなみに200 kWを想定した場合のネットAC効率は50%となる。	
質疑： Q 1：異常事態（地震等）を想定したテストはしているか？ A 1：現在はない。 Q 2：WH者とガス会社の共同開発はどのような意味をもつのか？ A 2：コージェネレーションシステムは、ガス会社にとっては販売市場の拡大、省エネルギー対応という意味がある。S O F Cは本システムの構築に非常に有望であり、WH社との共同開発を進めている。	

分類番号： IV-C-3	題 目：Operation Test of SOFC 1kW Module
分科会： S O F C	発表者：T. Saishoji Electric Power Development Co., Ltd/Japan
発表内容： (1) 電源開発では東京電力・三菱重工と共同で、円筒形S O F Cによる1 KWモジュールを開発した。今回は本モジュールの1,000 時間連続運転試験の状況について報告された。 (2) 1 KWモジュールの構造 モジュールは15セル直列接続の円筒横縞型セル48本から成る。高さ1.63m、直径70cmの円筒形をしており、重量は約1トンである。 燃料はモジュール上部から熱交換器を兼ねる2重管から供給され、ディストリビュータを経て、各セルに挿入した注入管に入る。また空気は熱交換器+ヒーターでおよそ900℃まで加熱されて反応室に入る。 (3) 1,000 時間連続運転 セルチューブ1本あたりの性能は、OCV1V、0.7V-200mA/cm²で出力25Wで、これを4本並列接続して1バンドルとし、これを12バンドル直列に接続してある。 燃料は水素と窒素の混合ガス（水素60％）を供給し、10A×120 V=1,200 Wの出力が得られている。1,000 時間経過後の電圧降下率は約3％であった。 さらに本モジュールでは、アノードリサイクルが可能な構造となっており、リサイクルにより燃料利用率は40.9％から58％に改善できた。 (4) 今後は3,000 時間の連続運転を実施する。	
質疑： Q 1：燃料利用率向上のための対処は？ A 1：電解質とインタコネクタの緻密度の向上及びモジュールのガスシール性の向上である。 Q 2：セルチューブ間の接続はどのように行っているのか？ A 2：カソード側はセル表面が導電体となっているので、セル周囲に配した集電体とNiフェルトで接続する。アノード側は、燃料ガス注入管内にローソク状に立てた集電材で集電してセル上部で接続している。	

分類番号： IV-C-4	題 目：Current Status of MOLB Type Solid Oxide Fuel Cell
分科会： S O F C	発表者：M. Hattori Chubu Electric Power Company/Japan
発表内容： (1) 中部電力と三菱重工の共同研究によるMOLBタイプS O F Cの現状が報告された。 (2) 構造 葉状のディストリビュータを用い、密閉には固定タイプとスライドタイプの2方式を採用している。 (3) 電極 カソードのパウダーの作製法をウェット加工に変えることにより性能を改善している。また、材料、焼結条件の改善により、アノードのNiのシンタリングを防いでいる。 (4) スタックテスト 75×75mm² のスタックで I_{max} はセル当たり810 mA/cm²を達成した。また2133時間の耐久試験を行った。O C Vの変化は見られなかったが、I_{max} は3%/100hr の劣化を示した。 (5) 1 kW級モジュール 150 ×150 mm² 、2段スタックで I_{max} は380 mA/cm²を達成。10段で118 W、40段で406 Wを達成している。また10段のもので200 時間の連続発電試験を行った。O C Vは変化がなかったが I_{max} は40%/100hの劣化を示した。	
質疑： Q 1：スタック（150 ×150 mm² 、10段）の燃料の有効利用率はどのくらいか？ A 1：62%。 Q 2：40%/100hの劣化の原因は？ A 2：接触状態等が考えられる。	

分類番号： IV-D-1	題 目：The Sulzer HEXIS (TM) SOFC System
分科会： SOFC	発表者：R. Diethelm Sulzer Brothers Limited/Switzerland
発表内容： (1) ヘキシス・プロジェクトについて スルザ社は機械、繊維、工場、設備、医療工学を製品としているヨーロッパを市場とする企業である。ヘキシス・プロジェクトはスルザ社の開発プロジェクトのひとつである。1993年までに1kWシステムを目標としている。 (2) ヘキシス・セル セルは円板型で電解質／電極膜は内周部だけで保持・シールされており、半径方向の伸縮に対して応力がかからない。燃料は中央の円筒部から供給されて外側に向かって流れる。空気は外周部に接続されたマニホールドから供給され、熱交換板に沿って内側に流れる。その際にセルから反応熱を奪い、自身の温度は上がる。その後空気は向きを変えて燃料と平行して外側に向かう。外周部で残った燃料と空気はアフターバーナー・ゾーンへ導かれ燃焼する。供給される空気はアフターバーナーを通して暖められてからスタックに入る。単セル間を電氣的に接続する電流コレクタはフレキシブルで、しっかりとセルに結合している。 (3) ヘキシス構造の利点 反応熱を効果的に奪うので最高温度が低い。温度勾配が小さくセラミックに応力がかかりにくい。ストイキオメトリック・レシオが低くても運転できる。入ってくる空気の温度が低くて良い。シール部が少ない。単セルごとに製造できるので生産性がよい。 (4) 運転試験 セラミック部品はセラマテック社から供給されている。ミニスタックでテストしたところ大変良い性能で、寿命特性も有望である。70mmサイズのテストがうまくいけば120 mmにし、将来は200 mmにする。システムのデザインも平行して行う。	
質疑： Q：市場について？ A：スイスで市場調査したところ、100kW クラスに強い興味をもたれているようだ。kW当たり1,000 ドルでできるかどうかという製造コストが問題になるが、我々は自身を持っている。	

分類番号： IV-D-2	題 目：Solid Oxide Cogeneration Systems for Residential and Commercial Applications
分科会： S O F C	発表者：W. R. Dunbar Marquette University/U. S. A.
発表内容： (1) 熱力学計算 理想的には燃料電池の出力は燃料利用率に比例するが、実際にはストイキオメトリック・レシオ（SR）の影響を受ける。SRが大きいほどいわゆる理想に近づく。SRが低くて1,000℃、燃料利用率90%という条件ではアウトプットは理想の78%しか得られない。 ウエスティングハウス社の燃料流量の異なる3つの燃料電池（多い方からA、B、Cとする）のデータがある。電圧から考えるとAが良いが、燃料利用率を考えるとCが良い。計算した理想に最も近いのはCで、実際のシステムに入れてもCが良い結果を出すと考えられる。 (2) 燃料電池の効果 石炭を使っている発電所の効率は約40%である。残り60%のうち47%は熱交換とボイラーで失われる。これにウエスティングハウス社の燃料電池Cを繋ぐと効率は60%以上になる。これは熱交換とボイラーでの損失が10%以下になるからである。 商業用、家庭用への応用では、まず常圧の空気、燃料を予熱して燃料電池に入れる。ここで燃料の一部が酸化され、入ってきたときより高温で出ていく。それからアフターバーナーで完全に燃焼する。排熱は冷暖房に使える。発電と冷暖房を同時にすると効率が上がる。	
質疑： Q：空気の流量が増えると理想の効率に近づくのは酸素分圧が上がるからか？ A：それぞれのカーブはそれぞれのSRでの理想を表しているので、流量が増えると理想の効率に近づくという表現は正しくない。酸素分圧が上がると電気化学的ポテンシャルが上がってカーブは上にいく。	

分類番号： IV-D-3	題 目：Lightweight Zirconia Power Package for Space Applications
分科会： S O F C	発表者：W. J. Ong Ztek Corporation/U. S. A.
発表内容： (1) ジーテックコーポレーションから、スペースユーティリティ用アプリケーションにおける軽量のジルコニアのパワーパッケージのデモンストレーションについての報告がされた。 (2) MW級システムのデザイン 1 × 1 × 1 m³のコンパクトな大きさ。10cm直径のセルからなり0.7V-300mA/cm²の性能となっている。 (3) 宇宙発電のシステム（ジーテックコンバータ） エレクトロライザーと低温の燃料電池を統合している。単位発電量当たりの密度は0.1 kg/kW である。 (4) 原子力発電とのコンビネーション 再生と熱からの両方で発電可能、高効率である。	
質疑： Q：1 m³で1 MWは非常に高出力で軽量であるが、このシステムのインターフェースにおける燃料変換について計算を行ったか？ A：計算ではS O F Cの出力密度の100 ～500 倍ぐらいになっている。	

分類番号： IV-E-1	題 目：Temperature and Thermal Stress Distribution in the Tubular Solid Oxide Fuel Cell
分科会： S O F C	発表者：K. Kanamura Kyoto University/Japan
発表内容： (1) 有限要素法により円筒型セルの熱分布と熱応力分布をシュミレーション解析した。 (2) 温度分布 ・計算にあたってのセルサイズに関する境界条件は次の通り。 基体管長さ40mm、基体管内径10.4mm、基体管肉厚1.25mm、カソード厚さ0.7 mm アノード厚さ0.1 mm、電解質厚さ0.1 mmと0.5 mm ・電解質が0.1 mmの場合、半径方向でもセルの軸方向でも約1℃の温度分布がつく。 またアノードからカソードまでの電解質での温度分布はほとんどない。 ・電解質が0.5 mmの場合、半径方向やセルの軸方向での温度分布は0.1 mmの場合と変わらないが、アノードからカソードまでの電解質での温度分布は約0.3℃となる。 ・電解質が0.1 mmの場合も0.5 mmの場合も、温度分布は半径方向では7mm付近で、軸方向ではガス入口部が最も高くなる。 (3) 熱応力分布 ・計算にあたっての境界条件は次の通り。 セルサイズに関しては(2)の場合と同じだが、セルのガス入口部と出口部の両端は固定としている。 ・電解質が0.1 mmの場合、セルの軸方向で基体管とアノードと電解質にかかる主応力は約0.05kgmm^{-2}のばらつきの範囲内で同一値となるが、カソードにかかる主応力はこれらの値より0.3kgmm^{-2}小さくなる。また、これらの部材にかかるせん断応力は入口部とセル中央部で約0.08kgmm^{-2}と0.02kgmm^{-2}のばらつきの範囲内で同一値となる。 ・電解質が0.5 mmの場合、セルの軸方向で各部材にかかるそれぞれの主応力が、入口部では約0.1kgmm^{-2}のばらつきの範囲内で同一値となり、中央部では完全に一致する。せん断応力は入す口部で約0.004kgmm^{-2}のばらつきの範囲内で同一値となり、セル中央部では完全に一致する。 ・電解質を0.5 mmに厚くすることにより、0.1 mmの場合よりも熱応力が2桁小さくなる。	
質疑： Q 1：ガスフローはどうなっているか？ A 1：コフローである。 Q 2：何故セル温度が1,000℃以上になるのか？ エントロピー変化はどうか？ A 2：カソードでエントロピーから発熱する。アノードでは発熱しない。	

分類番号： IV-E-2	題 目：Analysis of Gas Diffusion Effect on Current Distribution in Tubular SOFC
分科会： S O F C	発表者：S. Nagata Electrotechnical Laboratory/Japan
発表内容： (1) 円筒型セルにおけるガス拡散の電流分布への影響と、セルを細かく分割した場合の電流分布への影響に関するシミュレーションが報告された。 (2) 横縞方式円筒型セルでの解 電総研や三菱重工の横縞方式において、ガス拡散が低ガス拡散である2次元的なガス拡散になれば、電流分布はかなり均一化されるが、ガス濃度分極がその分だけ増加して、効率は約2%低下する。しかしセルの分割数を増加すると電流分布はさらに均一化し、効率はむしろ4～5%増加する。 (3) 縦縞方式円筒型セルでの解 Westinghouse社の縦縞式において、同様に2次元的なガス拡散を考慮すると、電流分布はやはりかなり均一化されるが、効率もやはり低下する。分割の結果は横縞方式ほどではないがほんのわずかな増える。	
質疑： Q：オーミックロスと分極ロスの比率は計算しているか？ A：それぞれの値は計算していないが、差は2%ぐらいである。	

分類番号： IV-E-3	題 目：Current Status of SOFC Development of Osaka Gas
分科会： S O F C	発表者：M. Ippommatsu Osaka Gas Co., Ltd. / Japan
発表内容： (1) 大阪ガスにおける高出力密度が期待できる円筒型セルの開発が報告された。 (2) 燃料リサイクルシステム Westinghouse社の燃料利用率（80～85％）に代わって低燃料利用率（10～20％）で燃料をリサイクルさせ、空気の代わりに酸素リッチ空気を使うことにより、出力密度をWestinghouse社の5倍にできることをシミュレートしている。 (3) セル性能 ・基体管はLa(Sr)MnO₃を用いている。これは集電抵抗の低下がねらいである。 ・アノードにはRu-YSZサーメットを用いている。これはNi-YSZサーメットに比較してシンタリングしにくいためセルの劣化防止がねらいである。 ・電解質はEVDで製膜していて、Westinghouse社よりも薄く10～30μmである。 ・性能は電極面積1cm²で試験していて、1.5 W/cm²（0.5 V、3.0 A/cm²）の出力を得ている。運転は6回のヒートサイクルを含む1週間で行っている。 (4) 今後の計画 ・1993年3月に200 W級の単セル試験を予定。 ・1994年3月に5 kW級のモジュール試験を予定。	
質疑： Q1：リサイクルシステムでのエネルギーロスやコスト高が懸念されるが？ A1：リサイクルシステムは既存技術で十分対応できる。FC本体でコストが1/5 になるのでリサイクルシステムのコスト高は十分ペイできる。 Q2：性能は電極面積1cm²で試験しているが、円筒全体でのシミュレーションではどうなるか？ A2：電極面積1cm²での性能を考慮しなくても、リサイクルシミュレーションだけで5倍の出力密度となる。	

分類番号： IV-E-4	題 目：Fabrication and Testing of Planar SOFC at ECN
分科会： SOFC	発表者：J. P. P. Huijsmans Netherlands Energy Research Foundation ECN/The Netherlands
発表内容： (1) ECNとシーメンスにおける自立膜方式を主とする平板型セルの開発状況が報告された。 (2) シーメンスでの開発状況 ・金属セパレータを用い、$n \times n$方式のアレイとスタッキングにより1993年には1 kWを開発する予定となっている。 ・2×2並列アレイの性能 単セルあたり$0.3 \text{ A/cm}^2 - 0.7 \text{ V}$を出力している。 ・2セルスタックの性能 単セルあたり$0.2 \text{ A/cm}^2 - 0.7 \text{ V}$を出力している。 (3) ECNでの開発状況 ・セラミックセパレータを用いたスタックの開発を目指している。セラミックセパレータはテープキャスト技術で開発している。テープキャストにより電解質膜は$5 \times 5 \text{ cm}$角、$10 \times 10 \text{ cm}$角のサイズのものができている。 ・単セル性能 $5 \times 5 \text{ cm}$角の単セル性能は$0.5 \text{ A/cm}^2 - 0.6 \text{ V}$、$0.3 \text{ W/cm}^2$である。運転時間は350 時間である。燃料利用率を80%に上げると出力は0.3 W/cm^2から0.2 W/cm^2に低下する。 ・2セルスタック試験予定 セルサイズ$5 \times 5 \text{ cm}$角で内部マニホールド、シールにはメタルホイルまたはガラス使用を検討している。	
質疑： Q1：アレイあるいはスタッキングで集電抵抗はどうなるか？ A1：メタルセパレータでは問題になるかもしれない。 Q2：メタルホイルとガラスではどちらがシールは良いか？ A2：だいたい同じ。	

分類番号： IV-E-5	題 目：Research and Development of Planar Solid Oxide Fuel Cells at Tokyo Gas
分科会： S O F C	発表者：I. Yasuda Tokyo Gas Co., Ltd. / Japan
発表内容： (1) 東京ガスにおける自立膜方式を主とする平板型セルに関する開発状況が報告された。 (2) アノードの微細構造の最適化 アノードの過電圧とNiO 及びY S Zの粒径比との相関関係を検討して、特定の粒径比で最小の過電圧となり、その粒径比よりも小さくても大きくてもニッケルは凝集し、過電圧は大きくなることを報告している。最小過電圧は電流密度0.2 A/cm²で0.06 Vである。 (3) 単セル性能 5 × 5 cm角（有効電極面積21cm²）の単セルで電流密度－セル電圧特性及び最大出力密度特性は0.76A/cm²－0.7 Vの0.67W/cm²である。運転時間は50時間である。 (4) 3セルスタック性能 5 × 5 cm角（有効電極面積21cm²）の3セルスタックで、電流密度－平均セル電圧特性及び最大出力密度特性は0.39A/cm²－0.7 V、0.36W/cm²である。 (5) CVD、EVDによるY S Z製膜 ポーラスなNi-YSZ基板上に、還元雰囲気、1,000 ～1,100 °CでAr、H₂をキャリアーガス、H₂、H₂O、CO₂ を酸化剤として、ZrCl₄、YCl₃よりY S Zを製膜している。膜厚は15 μmで膜の成長速度は4 μmである。 (6) La(Ca)CrO₃セパレータ カルシウムを30%ドーブしたランタンクロマイトの焼結体を検討していて、5 μmの均一な粒子の95%焼結度の焼結体を得ている。	
質疑： Q 1：Niシンタリングの観点で、セル運転温度は何度までが限界か？ A 1：検討していないので分からない。今後検討する予定。 Q 2：50時間運転で劣化した要因にNiとY S Zの重量比率は関連するか？ A 2：比率はNi-60wt%で重量比率を変化させていないので不明。	

分類番号： IV - F - 1	題 目：Some Aspects of Planar SOFC Development
分科会： S O F C	発表者：E. Erdle Dornier GmbH/Germany
発表内容： (1) Dornier 社は、円筒形、平板型の S O F C 開発を高温水蒸気分解への利用も含めて行っているが、今回は平板型セルのデザイン、モデリングの計算結果及び実際のセルの開発状況が報告された。 (2) デザインとモデリング セルコンポーネントの形状とセル性能との関連を理論的に考察している。インターコネクタのリブ形状、電極厚さがどのような電流密度、温度の分布を引き起こすかをモデルを構築し計算している。 (3) セル セルはテープキャスト及びスクリーン印刷により、インターコネクタはグリーンテープのラミネーションにより作製している。セルサイズは $5 \times 5 \text{ cm}^2$、$10 \times 10 \text{ cm}^2$ である。 (4) セル性能 • $5 \times 5 \text{ cm}^2$ のセルにおいて比面積抵抗 $1 \Omega \text{ cm}^2$ 以下 ($1,000^\circ \text{C}$) を達成。 • $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の単セルにおいて $300 \text{ mA/cm}^2 - 0.6 \text{ V}$ を達成。 • $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の 5 セルスタックにおいても単セルと同等の性能を確認。	
質疑： Q 1：ガスの入口及び出口における出力密度の変化を防ぐにはどのような因子が考えられるか？ A 1：燃料のリサイクルを行うことで流量を上げられれば、出口、入口での差を小さくできる。またスタック数を少なくし、セグメント化することでガスの流れを均一にすることも考えられる。 Q 2：なぜインターコネクタ作製を 8 層のラミネートにより行ったのか？ A 2：両サイドにリブのある形状を得るためには最適な方法である。 Q 3：インターコネクタのカソード側のリブにランタンマンガンナイトを、アノード側に Ni-YSZ を用いると導電性があがるのでは？ A 3：可能性は有るかもしれないが、異なる素材で作るのは難しいであろう。また我々のインターコネクタでは $1 \Omega \text{ cm}^2$ 以下の比面積抵抗が得られており、十分に良い値であると考えている。 Q 4：$1 \Omega \text{ cm}^2$ 以下という値を半分に下げるとは可能か？ A 4：可能と考えられるが、現在はまだ安定性が不十分である。 Q 5：高温水蒸気分解を平板型で行うことは考えているか？ A 5：究極的には平板型を行うことが望ましいと考えている。円筒型でなければならないことはないと思う。	

分類番号： IV - F - 2	題 目：Air Sinterable (LaCa)CrO ₃ for SOFC Interconnectors:Some Problems in Powder Preparation
分科会： S O F C	発表者：N. Sakai National Chemical Laboratory for Industry/Japan
発表内容： (1) 化技研は、S O F Cのインターコネクター材料として有望視されている(LaCa)CrO₃の開発を行っているが、今回は材料の化学的安定性、特に調整法の問題点について報告された。 (2) 試験環境 (LaCa)CrO₃の化学的安定性を1,000℃(還元雰囲気, S O F C作動雰囲気)で調べた。 (3) 調整法 粉混ぜ法と液相混合法の2方法を採用した。 (4) 還元雰囲気における化学的安定性 - 粉混ぜ法により調整したサンプルは、その表面にCaO、α-CaCr₃O₄、α'-Ca₂SiO₄を析出させたが、液相混合法で調整したものには第2相は現れず、(LaCa)CrO₃粒に少量のCaとSiが認められただけであった。 - 粉混ぜ法により調整した(LaCa)CrO₃では、Ca含有量が不均一であることが観察された。 (LaCa)CrO₃の化学的安定性に対して、Siは重要な役割を担う。 (5) S O F C作動雰囲気における化学的安定性 - 空気極側においては粒界からCa_m(CrO₄)_nが、燃料極側はCaOとCr₂O₃が析出することを観察した。 - サンプルの劣化は観察されたが、電気伝導性の低下は生じなかった。 - S O F C作動雰囲気では還元雰囲気に比べ、表面の反応速度は大きく、低温焼結した(LaCa)CrO₃はS O F Cインターコネクターとしての長時間の動作に用いるには問題を含んでいる。	
質疑： Q 1：液相混合法で調整した(LaCa)CrO₃とアノードが反応し劣化は生じないのか？ A 1：詳細は調べていないが、今回の発表のような低温度焼結ではなく高温度焼結の場合では問題として現れるかも知れない。 Q 2：サンプルの粒界に第2相が析出するというが、これは焼結時にペロプスカイトの中に固溶したものが第2相としてできると考えるべきではないのか？ A 2：S E Mから明らかなように第2相が析出している場所が粒界に限られていることより、粒界経由の物質輸送であると考ええる。 Q 3：Ca_m(CrO₄)_nの駆動力はどのくらいか？ A 3：計算していない。	

分類番号： IV - F - 3	題 目：Output Characteristics and Durability of Planar Type SOFC
分科会： S O F C	発表者：F. Umemura Tokyo Electric Power Co. / Japan
発表内容： (1) 東京電力と三菱重工業は将来的にコストダウンが可能なオールウェットプロセスで作製する平板型セルの研究開発を行っており、その進捗状況が報告された。 (2) 単セル ・ 4.9 cm²セルで200 mA/cm² - 0.93 V、最大出力0.6 W/cm²を達成。 ・ 12cm²セルで200 mA/cm² - 0.85 Vを達成。またこのセルにおいては燃料利用効率90%まで性能の劣化は見られなかった。 (3) スタックセル ・ 12cm²の3セルスタックにおいて、OCV 3 V、最大出力8.2 Wを達成。 ・ 100 cm²の3セルスタックにおいて最大出力43.2Wを達成。 (4) 電極および電解質の劣化 交流インピーダンス測定により、酸素極は2,000h、燃料極は1,800h劣化しないことが確認された。 (5) セル内部抵抗 カレントインターラプター法によりセル内部抵抗の測定を行い、約2.2 Ω cm²の値を得ている。接触抵抗に問題があることを指摘。	
質疑： Q 1：電極分極の劣化がないのはなぜか？ A 1：燃料極側に関しては、よく言われているようなNiの凝集なども見られていない。空気極でもランタンジルコニアオキサイドなどの生成も見られず、シンタリングも起こっていない。 Q 2：電極の結晶構造に変化はなかったか？ A 2：X線回折でとらえられるレベルの変化は認められない。劣化の原因は、酸素空孔のオーダーリングなどの原子レベルの結晶学的な問題と考えている。 Q 3：接触抵抗の経時的な増加は、Niフェルトのクリープなどによるものなのか？ A 3：単セルでの試験なのでNiフェルトは用いていない。しかしスタックの場合に、電極、コネクタ、インターコネクタ間の接触抵抗が劣化に影響することは十分に考えられる。 Q 4：セパレータはどういうものを使用したのか？ A 4：耐熱性合金をそのまま用いている。	

分類番号： IV - F - 4	題 目：Catalytic and Electrochemical Properties of Anode for SOFC
分科会： S O F C	発表者：K. Eguchi Kyusyu University/Japan
発表内容： (1) アノードの触媒及び電気化学的な特性をいくつかの金属酸化物とNiのサーメットについて評価した。 (2) 内部抵抗 I - V特性から電池内部抵抗はサーメットの中の金属酸化物の種類に強く依存していることが明らかになった。電池内部抵抗の序列は、 $Ni-YSZ > Ni-CeO_x > Ni-SDC > Ni-PrO_x$ (3) 燃料極分極導電率 交流インピーダンス測定から、アノード／電解質間のσ_aを測定。 $\sigma_a : Ni-YSZ < Ni-CeO_x < Ni-SDC < Ni-PrO_x$ σ_aは燃料の種類によっては変化せず、酸素分圧に強く依存する。またσ_aは酸素イオン伝導率とは直接関係しない。 (4) メタンの水蒸気改善 Ni-サーメット上でのメタンの水蒸気改質反応は400 ~ 800 °Cにおいて、十分速く進行し、平衡速度に達する。	
質疑： Q 1：それぞれのサーメットと電解質の熱膨張率の相違は？ A 1：セリアについては12×10^{-6}という値が得られているが、他の酸化物についてはテストしていない。 Q 2：各サーメットの微細構造の違いはどのように影響していると考えるか？ A 2：微細構造の影響は無視した。 Q 3：サーメットの種類によって、燃料極の分極が変化するのは、イオン伝導性が変化するためであるのか？ A 3：イオン伝導性とは関係ない考える。むしろ酸素の非化学量論性によるものではないかと考えている。 Q 4：電子伝導性が電極活性に効いているのでは？ A 4：プラセオジムオキシサイドはホール伝導性が低いにも関わらず、優れた活性を示しており、必ずしもそうとはいえない。 Q 5：プラセオジムオキシサイドはたくさんの酸素空孔を持ち、酸素はそこから供給されるのか？ A 5：そうであると考えられる。	

分類番号： IV-G-1	題 目：Electrode Characteristics of Lanthanum Manganite on Yttria-Stabilized Zirconia
分科会： S O F C	発表者：H. Taimatsu Akita University/Japan
発表内容： (1) カソードと固体電解質との固溶反応及びカソード焼結が電極性能に及ぼす影響を、Ca-dope 及びnon-dopeランタンマンガンナイトの反応中の特性変化から検討した結果が報告された。 (2) 試験電極組成：$\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0, 0.1, 0.2$) (3) 電極の伝導性及びその活性化エネルギー 活性化エネルギーは、すべての電極において、130 ~ 180kJ/molの範囲であり、反応による影響はなし。 伝導性は、初期 $x = 0$ が最も高いが、反応後は $x = 0.2$ が最も高く、$x = 0$ の劣化は大きい。 (4) カソード／固体電解質間の反応性 Ca置換量が大きくなるに従って反応性は低下する。（界面抵抗変化及びE PMAにより確認）。 (5) 複素インピーダンス測定による詳細解析 全電極において、基本的に円弧は2つである。その高周波数側円弧は電荷移動に、低周波数側円弧は拡散移動に各々関与する。$X = 0$ の場合、低周波側の円弧増大が顕著であり、これは、反応によるシンタリングの影響である。Caでの置換基を増すと、耐シンタリング性能が向上し、円弧の増大、すなわち反応抵抗の増加が抑制できる。	
質疑： Q：今後基礎研究をしていくにあたっての注意点は？ A：原料粉末の作製方法、ドーピングの仕方などの基準を研究者間で統一した上で実験を行っていくことが最も重要である。	

分類番号： IV-G-2	題 目：Behavior of Non-Porous Perovskite Oxide Electrode as SOFC Cathode
分科会： SOFC	発表者：A. Momma Electrotechnical Laboratory/Japan
発表内容： (1) 濃度分極がなく、高イオン電子混合伝導性であり、かつ電解質の基板として良好なノンポーラスカソードに関する研究開発状況が報告された。 (2) ノンポーラスカソード活性化 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.2}\text{CoO}_3$の活性化は、$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$に比べ2けた良好。（交流インピーダンス法より判断） ただし、酸素解離吸着反応に対する触媒活性はマンガネート系が大きい。 （各温度、酸素分圧性能より判断） (3) 表面改質 緻密電極の上に多孔質層を形成する方法及びマンガネート緻密電極の上にコバルタイト系触媒を点在させる方法を試みた。 どちらの手法も性能が向上することが確認された。（平衡時、直流分極時とも） (4) イオン導電性 本実験に用いたマンガネート系電極のイオン導電性はYSZのそれとほぼ同等である。 （等価回路及び実測より算出）	
質疑： Q1：緻密膜の厚さは？ A1：100 ～150 ミクロン。 Q2：直接ポーラス電極を付けた方がよいのでは？ A2：実験はしていないが良いと思う。 Q3：第2層を作製する場合、緻密膜にマイクロクラックが入って性能が上がったのでは？ 時間とともにもとにもどるのでは？ A3：たしかに経時変化でもとにもどる。ただし、同一プロセスで第2層を作製しているので、クラックが入っているとは考えられない。	

分類番号： IV-G-3	題 目：Zirconia Based Solid Ion Conductors
分科会： S O F C	発表者：O. Yamamoto Mie University/Japan
発表内容： (1) S O F C用の特にジルコニアをベースとした電解質についての基礎研究状況が報告された。 (2) 部分安定性ジルコニア 一般に用いられているZrO_2-Y_2O_3 系では、機械的強度は高い（3 Y：1,200MPa、8 Y：300MPa）が、イオン導電性が低い（3 Y：4×10^{-2} S/cm、1,000℃にて）という問題がある。 そこで、ZrO_2-M_2O_3 系にてM=Sc、Y、Ybの3種についてイオン導電性を検討した。 2.9Sc-TZP 系が最も導電性は高く、1,000℃にて10^{-1}オーダーであった。経時変化は、初期わずかに劣化するが、その後一定。モノクリニク相の出現はない。 (3) 安定化ジルコニア及びAl_2O_3 添加効果 8YSZにAl_2O_3 を添加した場合の機械的強度によって検討を行った。その結果、20wt%までの添加は強度を向上させるが、それ以上の添加は意味がないことを確認。イオン導電率及び機械的強度の両方の観点から見ると、8ScSZ-20wt%Al_2O_3 が良好。スカンジウム混合量を8 mol%より少し多くすることにより、長期安定性にも可能性がある。	
質疑： Q 1：部分安定化ジルコニアの熱サイクルに対する安定性は？ A 1：50回の熱サイクルでも顕著な導電性の減少は認められない。200～300℃でH_2O が存在すると、モノクリニク相に変化する。 Q 2：アルミナの代わりにPSZを入れたら？ A 2：興味深いはまだ手がけていない。時間とともに均一相になってしまう可能性はある。	

分類番号： IV-G-4	題 目：High Temperature Electronic Conductivity, Seebeck Coefficient and Nonstoichiometry of an SOFC Cathode Material, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$
分科会： SOFC	発表者：H. Kamata Yokohama National University/Japan
発表内容： (1) カソード材料設計の指針を得ることを目的とした、$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ の導電機構解明について報告がなされた。 (2) 導電率の温度依存性 ストロンチウム固溶量 (x) 増大にともない導電率は増加し、$x = 0 \sim 0.2$ の範囲で半導体的挙動、$x = 0.3 \sim 0.4$ で金属的挙動の温度依存を示した。 (3) ゼーベック係数の温度依存性 ゼーベック係数の測定からは、金属／半導体の境界が現れない。 ↓ この現象をマルチレベルホッピングコンダクションモデルを用いて解析 (4) マルチレベルホッピングコンダクションモデルによる解析 e_g アップスピンレベルをEレベル、t_{2g} のダウンスピンレベルをWレベルとし、それぞれのレベルの電子ホッピングで導電が起こるものとする。解析の結果、置換量 x が増大すると、共有結合性が強まるとともに、エネルギーギャップ ($W-E$) も小さくなることが判明。 (5) 酸素ノンストイキオメトリ欠の生成に伴い、導電率は減少し、ゼーベック係数は逆に増加する。 (6) カソード材料設計の指針 共有結合性の強い酸化物（結晶構造をキュービック、格子定数を小さく）が良い。	
質疑： Q 1：エネルギーギャップが温度依存性を示すというのはどういうイメージか？ A 1：温度を上げていくことで結晶が歪むようなことをイメージしている。 Q 2：他の温度領域での測定においても、従来モデルと今回のモデルとでは、十分な差が得られるのか？ A 2：得られる可能性が非常に高いと考える。	

SESSION V:

その他の燃料電池

Session V : Other Fuel Cells

Chairpersons: K. Ledjeff (Fraunhofer Inst. for Solar Energy
Systems/Germany)
H. Takenaka (Government Ind. Res. Inst., Osaka/Japan)

- V -A-1 THE COMMERCIALIZATION OF SOLID POLYMER FUEL
CELLS
R.B. Fleming, K.W. Dircks, K.B. Prater,
E.G. Pow and B.N. Gorbell
(Ballard Power Systems Inc./Canada) ... 146
- V -A-2 THE FUEL CELL-POWERED "MONO" SUBMARINE-
AN ANGLO-CANADIAN VIEW
C.M. Seymour and **R.G. Weaver***
(Vickers Shipbuilding & Engineering
Ltd./U.K. & *Dept. of National
Defence Canada/Canada) ... 147
- V -A-3 THE DEVELOPMENT OF A METHANOL REFORMER
FOR USE WITH A PROTON EXCHANGE MEMBRANE
FUEL CELL
R.A.J. Dams, S.C. Moore, O.A. Belsey*
and C.M. Seymour*
(CJB Developments Ltd. & *Vickers
Shipbuilding & Engineering Ltd./U.K.)... 148
- Chairpersons: Z.Ogumi (Kyoto University/Japan)
D.S.Watkins (Ballard Power Systems/Canada)
- V -B-2 THE GREEN CAR TM: A FUEL CELL POWERED
AUTOMOBILE
J.M. Ewan & Chung-Kit Yu*
(Energy Partners/U.S.A. & Energy
Partners Japan/Japan)... 149
- V -B-3 SOLID POLYMER FUEL CELL FOR SOLAR ENERGY
SYSTEMS
K. Ledjeff, F. Mahlendorf, A. Heinzl and
V.Peinecke
(Fraunhofer Institute for Solar Energy
Systems/Germany) ... 150
- V -B-4 POLYMER ELECTROLYTE FUEL CELL RESEARCH
H. Takenaka, Y. Oka* and M. Katsuta*
(Government Industrial Research
Institute, Osaka & *Sumitomo Electric
Industries, Ltd./Japan)... 151
- V -B-5 STUDIES ON CERTAIN METAL PHTHALOCYANINS
AS CATHODE MATERIALS FOR FUEL CELLS
R. Sathumadhavan and V. Murugupandian
(Bishop-Heber College/India)... 152

分類番号： V-A-1	題 目：The Commercialization of Solid Polymer Fuel Cells
分科会： Other Fuel Cells	発表者：R. B. Fleming Ballard Power System Inc./Canada
発表内容： (1) Ballard 社で、軍用、自動車用、定置型分散発電用に開発しているベースライン製品は、3～5 kW容量のスタックであり、諸元は以下の通り。 定格直流出力 5 kW（水素／空気運転時） セル数 35 （直流出力電圧 25 V：バスに関する記述から推定値、0.71V/cell） 寸法・重量 1.5ft³（予稿集では1 ft³）、85lb 寿命試験実績 3,000h（Dow 膜、Nafion膜とも） スタックは、発電セクションと加湿セクションからなり、燃料と酸化剤は加湿セクションで、水と熱交換して発電セクションに導かれる。片側のエンドプレートには、空気ピストンが取り付けられ、均一に締め付けられるよう制御される。 (2) S P F C の膜も独自に開発しており、Dow のレベルに適している。 (3) MIL-STD-810E仕様の加振試験も行った。運転、ガス移動、ガス漏れなどについて異常はなかった。 (4) 水素／空気発電システムを製品化している。スタックの他に、システム制御、ガス制御、熱管理、水管理等の装置を含め、ユニット化した。ON/OFFスイッチで起動停止ができ、5秒で負荷併入できる。 (5) メタノール／空気システムも開発している。非常にコンパクトなメタノール改質器を開発しており、選択的酸化プロセスなどを採用して、開発目標は改質器燃料でも十分な性能を出すことである。 (6) ブリティッシュコロンビア州の公共路線バス開発計画に参加している。32ft試験車両に、5 kWスタックを8直列3並列で、200 V、120 kWを載せて試運転中である。燃料は水素ガスで、150 kmの走行が可能である。 質疑： Q：エネルギー密度、特にバス用のガス貯蔵システムについて、どのように評価しているか？ A：今の所は十分とは言えない。次の段階にはいつからの評価となろう。BC州の交通局は、貯蔵デバイスとして水素に期待しているが、米国ではメタノールを支持している。	

分類番号： V-A-2	題 目：The Fuel Cell-Powered “MONO” Submarine - an Anglo-Canadian View
分科会： Other Fell Cells	発表者：R. G. Weaver Department of National Defence Canada/Canada
発表内容： (1) 潜水艦の推進には、AIPすなわち空気不用パワーが望まれ、原子力が受け入れられない国では、燃料電池に関心が集まっている。 (2) AIPには、貯蔵酸化剤が必要で、液体酸素LOXが使われる。 (3) 2,500 トンの潜水艦の高速走行には、5 MWの動力を必要とする。この全てを燃料電池と言うのは、これまでは現実的ではなく、ディーゼルと蓄電池とのハイブリッドが考えられていた。この場合、燃料電池スペースを余分に必要とする。 (4) Ballard 社の燃料電池をつかうことを考えると、2～3 MWのSPFCプラントが潜水艦の長さを変えることなく載せられる。2,000～2,500 トン級で、3400～5200amp、575 Vのプラントを連続運転し、蓄電池充電も行えばハイパワーの要求にも備えられる。ディーゼルと組み合わせないこれらを“MONO”と呼ぶ。浮上走行可能なときは、外の空気で運転する。 (5) 燃料については、液体水素が考えられるが、最終的には改質可能な液体燃料とするのが良い。このため、コンパクトなメタノール改質器を開発中である。潜水圧力と同じ圧力で運転すれば、CO₂ をそのまま海水中に破棄できる。	
質疑： Q1：通常の船舶への応用も考えているか？ A1：考えてみた。しかし海上を走る船舶では、必要な動力が大きくなり、燃料電池だけでカバーするのは難しいだろうと考える。 Q2：加圧型の燃料電池のコンセプトは面白い。しかし潜水の深さに大きく影響されるのでは？ A2：確かにその通りだ。深いところでも、同じ圧力で運転するかどうか問題となる。CO₂の排出は必要だ。	

分類番号： V-A-3	題 目：The Development of a Methanol Reformer for use with a Proton Exchange Membrane Fuel Cell
分科会： Other Fuel Cells	発表者：R. A. J. Dams CJB Developements Limited/U.K.
発表内容： バラードの20KWのPEMFCを用いてシステム開発を行っている。 ビッカーズ・ショップビルディング・エンジニアリングとCJBディベロップメントは35セルスタックの性能評価、単セルでの燃料中不純物評価、リフォーミング触媒評価を行った。 2 bar、70℃で水素-酸素を用いた時が最高性能を示した。温度、圧力が上昇すれば性能は向上する。 COが30ppmでも性能は低下した。0～5ppmが限界と思われる。他の被毒性物質としてメタノール、ホルムアルデヒド、ギ酸、メチルフォーメイトを検討した。ギ酸が不可逆的なダメージを与えた。改質器におけるCOの生成条件を検討した結果、COの酸化触媒を入れる必要があることを思いついた。また、酸化剤の混入位置を検討することによりCOのレベルを10ppm以下まで減少することができた。 20KWのメタノール改質ガスPEMECを作ろうとしている。1993年完成予定。用途は、軍隊での電力供給とコジェネである。	
質疑： Q1：なぜバラードのリフォーマを使わないのか？ A1：政治的問題である。 Q2：輸送用途はスタートアップが問題と思うか？ A2：用途によって異なると思う。現在検討中である（12～18月後に評価が出る。）。 Q3：なぜバラードの電池を選んだのか？ A3：連用化に近いと思うから。	

分類番号： V - B - 2	題 目：The Green Car TM : A Fuel Cell Powered Automobile
分科会： Other Fuel Cells	発表者：Chung-kit Yu, Ed.D. Energy Partners Japan/Japan

発表内容：

P E M F C - バッテリーのハイブリッド電気自動車のプロトタイプ "GREEN CAR" を開発している。表 1 に車のコンセプトを示す。

TABLE I: Green Car™ Operational Characteristics

Fuel & Storage	Gaseous Hydrogen @3000 psi
Acceleration	0-30 6 seconds, 0-60 15 seconds
Range	200 miles @ 40 mph continuous
Power	41.2 kW total & 36.7 kW net
Battery	Sealed Gell Cell , 9 kWh, 560 pounds
GVW (Target)	2,000 pounds

燃料として、3,000psiの圧縮水素を使用するところに特長がある。また、エアーコンプレッサーを用い、低圧の20kWのエアーブリーディング型 P E M F C を燃料電池として搭載する。その仕様を表 2 に示す。酸素を用いれば出力は100 kW以上である。

TABLE II: Green Car™ Fuel Cell Characteristics

Design Power Level	20 kW
Number of Stacks	2 (10kW each)
Cell Voltage	0.7 volts
Operating Voltage	120 volts
Membrane	DOW
Active Area	0.84 sq ft
Plate Material	Molded Graphite
Total Cells	172
Stack Weight	179/81.4 pounds/kg
Stack Dimensions	14"x14"x20"

モーターブラシレスの D C モーターで4,500rpmで50馬力である。車体を軽量化し、時速30マイルの衝突テストをパスした。1992年には新しいデータがでて、技術開発が進展すると思う。

質疑：

Q 1：最も重いものは？

A 1：燃料電池スタックが1番で、2番目がコントロールシステムである。エアーコンプレッサーは20kg以下でさらに良いものを探索中。

Q 2：電極触媒は？

A 2：Dow 製造した膜状Pt触媒を使用している。コストは低減可能。

Q 3：燃料電池の運転時間は？

A 3：10,000時間連続で実験している。

分類番号： V - B - 3	題 目：Solid Polymer Fuel Cell for Solar Energy Systems
分科会：	発表者：K.Ledjeff Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems/Germany

発表内容：

太陽エネルギーシステムは、エネルギー貯蔵との組合せが必要である。500kwhの貯蔵を行うとすると、約20tのバッテリーが必要となり、得策と思えない。そこで、水素／酸素貯蔵システムを考えた。そのため可逆燃料電池及びその電極の開発を進めている。

親水性の薄膜状のアノード、カソードを作成し図2のような特性が得られている。

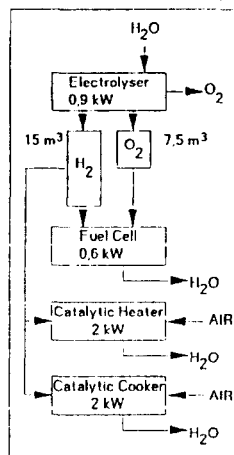


表1 電気分解－発電燃料電池

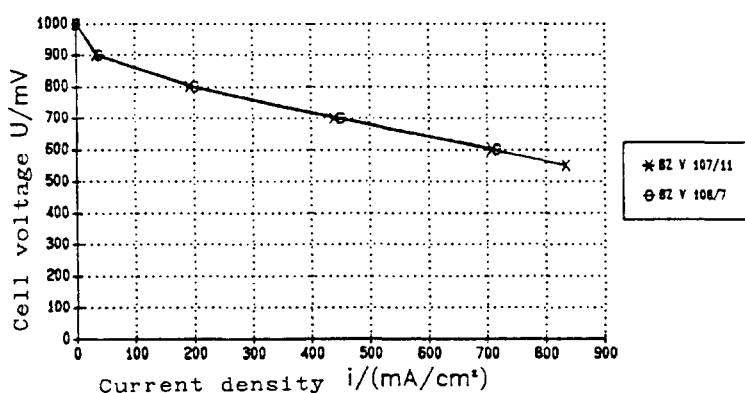


図2 12cm²PEFC特性

電極触媒としては、Ptがよいが、Ru、Irも良い性能を示す。まだ、電圧が高いが電極形状を適正化することにより、性能改善は可能と考える。30回の発電及び電気分解のサイクルを繰り返したが、順調な性能を示している。

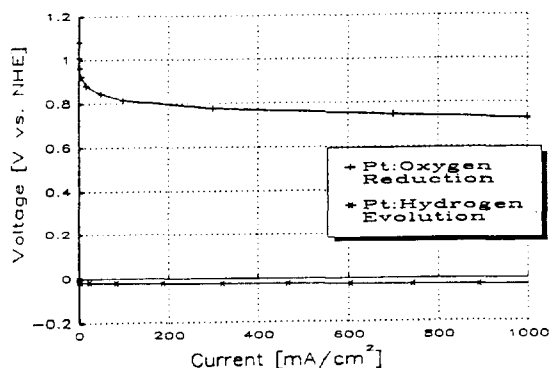


Fig. 5: Reversible reduction electrode, 80°C

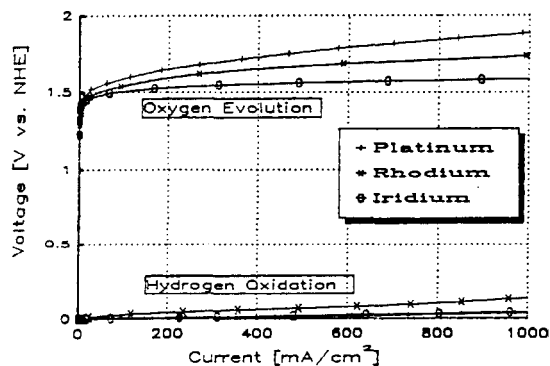


Fig. 6: Reversible oxidation electrode, 80°C

セルフ・エフィシエント・ソーラハウス（すべてのエネルギーを太陽によって得る）を研究しており、本年夏に建設される。

質疑：

Q 1：冷房は？

A 1：涼しいため必要ないが、トランスペアレント・アイソレーションがうまく行けば、冷房は不要と思う。

Q 2：水素タンクの15m³は加圧か？

A 2：30バルまで加圧できる。5,000kwh貯蔵可能である。

分類番号： V-B-4	題 目：Polymer Electrolyte Fuel Cell Research
分科会： Other Fuel Cells	発表者：H. Takenaka Government Industrial Research Institute, Osaka/Japan
発表内容： (1) 大阪工業技術試験所で、住友電工と行われている固体高分子電解質膜の電池特性と内部抵抗への影響について報告された。 (2) 測定に使用した膜は旭化成から提供されたEWが1080、厚みが2から12milsの膜で、白金担持量4 mg/cm²とし、電極をホットプレスで接合した。 (3) 電池特性 ・大気圧下55℃での測定では、2及び5milsの膜で膜厚が薄くなると限界電流密度が高くなる。 ・カソードの荷電圧が分極成分の中では最も大きな成分を占めている。 ・2milsの膜では圧力が高くなると電池性能が向上し、限界電流密度も高くなる傾向が見られる。 (4) 内部抵抗 ・ホットプレスの条件からEW1080の膜の比抵抗は、電池動作中は約15Ω・cm程度であるが、接触抵抗はホットプレスの条件によって変わり、140℃～200℃ではかなり小さくなる。 ・膜厚により最適な加湿温度が存在し、また膜厚が薄い程高電流密度まで抵抗が増加しない。これはカソード側からアノード側への膜中の水の逆拡散速度が速いためである。	
質疑： Q1：2milsの厚みの膜の機械的安定性はどうか？ A1：それは重要な問題である。薄い膜の支持に電極を使うという工夫もある。 Q2：日本でのPEMの研究とムーンライト計画との関係は？ A2：いままではメーカーでの小規模な研究が行われてきているが、体系だった組織的な研究開発は行われていなかった。今年から通産省で研究開発活動を開始する。	

分類番号： V-B-5	題 目：Studies on Certain Metal Phthalocyanins as Cathode Materials for Fuel Cells
分科会： Other Fuel Cells	発表者：R. Sethumadhavan Bishop-Heber College/India
発表内容： (1) 燃料電池のカソード用酸素還元触媒として鉄、コバルト、マグネシウム金属フタロシアニンの活性について報告された。 (2) 金属フタロシアニンを椰子殻から作ったカーボンブラックに担持したものを触媒として使った。 (3) 種々のバインダー量にて電極化を行ったが、バインダー量が10%、触媒量が20%の電極が最もよいことがわかった。 (4) 本電極の電気化学的特性を、室温での定電流分極法、電位低下過渡特性、定電圧分極法、寿命試験を行った。 (5) その結果、3種類の触媒の中で、鉄フタロシアニン触媒が最も優れていることが分った。	
質疑： Q：寿命テストは高温についても行ったか？ A：室温におけるテストだけである。	

CLOSING SESSION

クロージングセッション

Chairperson: A. Fukutome (NEDO/Japan)

CS- 1	TECHNOLOGICAL INNOVATION FOR FUEL CELL COMMERCIALIZATION A.J. Appleby (Texas A & M University/U.S.A.) 156
CS- 2	INTERNATIONAL ACTIVITIES FOR FUEL CELL COMMERCIALIZATION BY FCA P.M. Brown (Fuel Cell Association/U.S.A.)... .. 157
CS- 3	INTERNATIONAL ACTIVITIES FOR FUEL CELL COMMERCIALIZATION BY EFCG G.J.K. Acres (European Fuel Cell Group)... .. 158
	Closing Remarks - Conclusions T. Sugimoto (NEDO/Japan)... .. 159

分類番号： C S - 1	題 目：Technology Innovation for Fuel Cell Commercialization
全体会議	発表者：A. J. Appleby Texas A&M University/U. S. A.
発表内容： 日本及び米国における燃料電池の進歩には著しいものがある。この燃料電池の商用化を加速するためには、コストダウンが大きな課題となる。このコスト目標は、\$ 1,000/KW以下にする必要があるが、これを実現するために以下のことに取り組む必要がある。 ① 燃料電池の構造の革新－構造及びシステムの単純化（eg. 熱交換器のないもの） ② 出力密度の向上－コンパクト化、軽量化 ③ 素材の探究－P A F C及びS P E ：触媒（低価格のもの） M C F C ：電解質（薄膜のもの） S O F C ：金属セパレータ（低熱膨張率、耐食性） ④ 複合システム－石炭ガス化プラント、化学プラント（メタノール製造等）	

分類番号： CS-2	題 目：International Activities for Fuel Cell Commercialization by FCA
全体会議	発表者：P.M. Brown Fuel Cell Association/U. S. A.
発表内容： 米国の燃料電池協会（FCA）は1984年に設立され、将来のエネルギー供給において重要な役割を果たす燃料電池について、メーカー、研究者とユーザーとの間の情報交換、相互交流などの広報活動の媒体として、燃料電池の普及促進に大きな役割を果たしてきた。 <u>会員構成</u> ・ユーザー：電力、ガス、建築会社等 ・メーカー：セル、材料 ・研究機関：大学、研究所 ・エンジニアリング会社 <u>活動内容</u> ・関係者への情報提供—News Letter の発行 ・関係者間の相互交流の促進 ・他の関係団体（FCDIC、EFCG等）との情報交換等の交流 ・議会への政策提言	

分類番号： C S - 3	題 目：International Activities for Fuel Cell Commercialization by EFCG
全体会議	発表者：G. J. K. Acres European Fuel Cell Group
発表内容： ヨーロッパでは、最も早くから燃料電池の研究開発が行われていたが、開発が中断され、1980年代半ばにおいても、燃料電池は、“Unproven”、“Unavailable”、“Uneconomic”、“Unnecessary”な技術として評判はあまり芳しくなかった。 1980年代後半から、EC委員会による燃料電池研究開発計画が開始され、欧州各国間の交流と産学の協力体制が確立され、燃料電池の開発が再び活発に行われるようになった。 ヨーロッパ燃料電池グループ（EFCG）は、グローブ卿が燃料電池を発明した150周年に当たる1989年に、ヨーロッパにおける燃料電池の研究開発、普及の推進及び国際的な協力関係の促進を図るため設立された。 活動内容 ・機関誌の発行 ・ユーザー、メーカー等の関心の高揚 ・地域的、国際的な情報交換 ・FCDIC、FCAとの情報交換、交流	

分類番号： —	題 目：Closing Remarks - Conclusions
全体会議	発表者：T. Sugimoto NEDO/Japan
発表内容： 全体会議での講演、分科会における発表及びその成果について要約を行った後、本会議全体のまとめと提言を以下の通り行った。 (1) 高効率、クリーンな燃料電池をできるだけ早く実用化し、幅広く利用できるようにすることが、我々の使命である。 (2) このためには、各国において、技術開発と実証を一層加速するとともに、情報交換など国際協力と連帯を強めていく必要がある。 (3) 今後米国で開催予定のFuel Cell Seminar 及び英国で開催予定のグローブ卿シンポジウムについても、協力関係を維持していく必要がある。 (4) 次回の日本における国際シンポジウムの開催について、前向きに検討する必要がある。 最後に、後援をいただいた通商産業省、協賛をいただいた機関及び団体、準備に協力をいただいた組織委員会等の委員に感謝の意が述べられると共に、国内外からの参加者にお礼が述べられた。	