

6. タスク6 純水素供給固体高分子型燃料電池の開発

6.1 研究開発目標

6.1.1 WE-NET 第 期 (H11～15 年度) 開発目標

送電端効率 45% 程度 (HHV 基準、LHV 基準で 50% 程度) を達成し得る純水素燃料に適合した燃料電池発電システムの要素技術を確立し、定置用 30～50kW 級発電システムの実証を行う。

6.1.2 平成 13 年度の目標

ショートスタックにより電池の信頼性を検証するとともに、30kW 級純水素発電プラントを設計・製作する。さらに、プラント設置現場周辺機器の工事設計を行う。

6.2 平成 13 年度の研究開発成果

6.2.1 水素高利用率運転方式の開発

平成 12 年度には、カソード内部加湿方式のセル及び主と従スタックから構成される分割スタック方式(シリアルフロー方式)を開発し、ショートスタックで水素高利用率運転条件下(96%以上)で運転が可能であることを確認した。ここで、今年度製作する 30kW 級プラントのスタックにおいては、水素高利用率運転条件下での長時間運転や起動・停止に対する安定性が重要になる。

6.2.1.1 長時間特性の検証

長時間の信頼性を確認するため、3セルショートスタックによる長時間試験を実施した。この試験は、平成 12 年度仕様の MEA、カソード内部加湿、アノード外部加湿(常温:25～30)、水素利用率 85%、空気利用率 40%、電流密度 $0.2A/cm^2$ の条件で、同年度より継続している。図 6.2.1-1 には電圧の経時変化を示す。7,000 時間以上経過しているが安定した特性を示している。さらに、30kW 級プラント用スタックの製作に先駆け、平成 13 年度仕様の 20 セルショートスタックによる長時間試験を新たに開始した。図 6.2.1-2 には電圧の経時変化を示す。現在の運転時間は 1,500 時間を超えているが昨年度仕様とほぼ同等な経時特性が得られている。両ショートスタック試験は来年度も引き続き継続する。

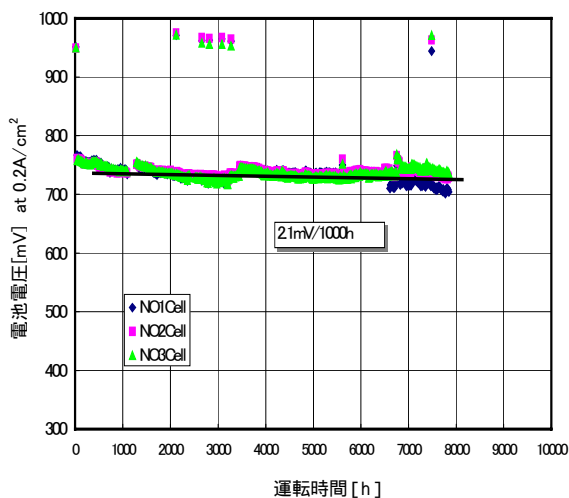


図 6.2.1-1 セルショートスタック長時間試験

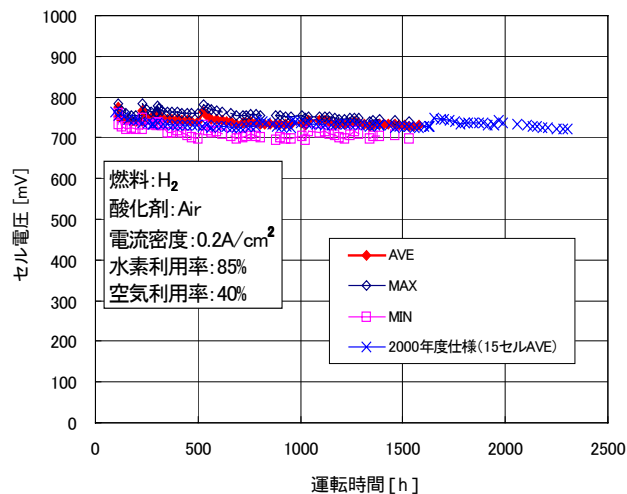


図 6.2.1-2 20セルショートスタック長時間試験

図 6.2.1-3 には 85 セルショートスタックによる起動停止試験の結果を示す。実サイズのセルを用い、起動停止の手順は実プラントを模擬して常温から起動し、停止時には窒素パージを実施した。起動停止操作は合計で 28 回行い、各操作で起動後定格負荷で 2 時間運転した時点のデータを取得し、起動停止回数に対する電池電圧の変化を測定した。セル平均電圧の変化は起動停止回数に対して平均で 0.39mV/回と起動停止の影響が小さいことを確認した。

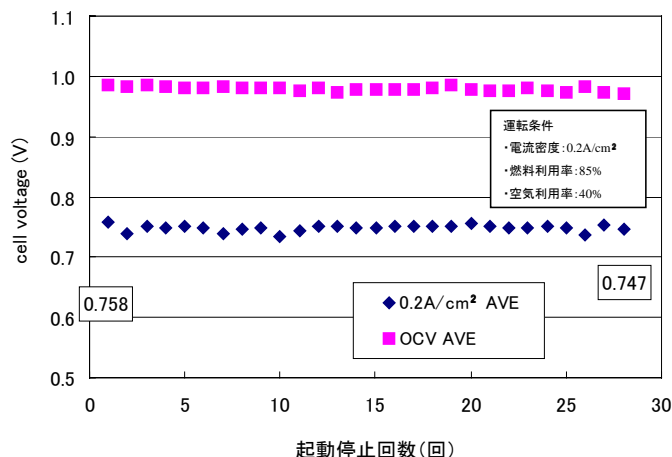


図 6.2.1-3 85セルスタックによる起動停止試験

6.2.1.2 積層スタックの検証

30kW 級プラントに組み込むため、主スタックとして 170 セルスタック 4 基、従スタックとして 120 セルスタック 1 基を製作した。積層に際しては、第一工程として 20 セルのサブスタックユニットを積層し、ユニット毎にリーク試験を実施して、外部リークおよびクロスリークが基準を満足していることを確認した。さらに、第二工程として複数のサブスタックユニットを 1 つのスタックとして積層した。図 6.2.1-4 には 170 セルスタックの外観を示す。また、図 6.2.1-5 には 170 セルスタック単体での発電試験結果を示す。

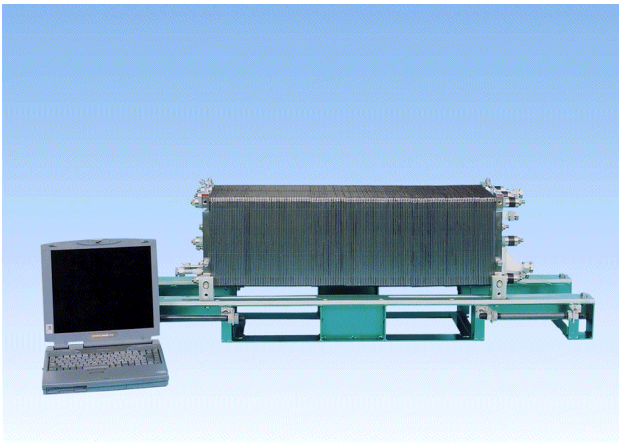


図 6.2.1-4 170 セルスタックの外観

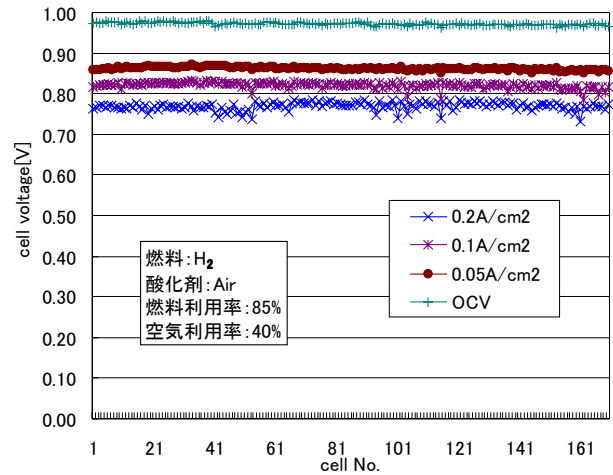


図 6.2.1-5 170 セルスタックの発電試験結果

6.2.2 30kW 級プラントの設計製作

6.2.2.1 システムおよび機器設計

発電効率向上、コスト低減、運転信頼性などシステムに要求される基本機能を満足させるため常圧型システムとし、物質熱収支解析を実施した。解析結果を図 6.2.2-1 に示すが、電池本体効率 60%、電力変換効率 93%、補機効率 91%、水素利用率 98%において発電効率 50%(LHV)を得た。また、パッケージ換気機能、排燃料希釈機能、可燃ガス検知機能、可燃ガス置換機能を具備することによりプラントの安全性を確保した。図 6.2.2-2 には水素による火災等に対する安全対策の検討結果を示す。

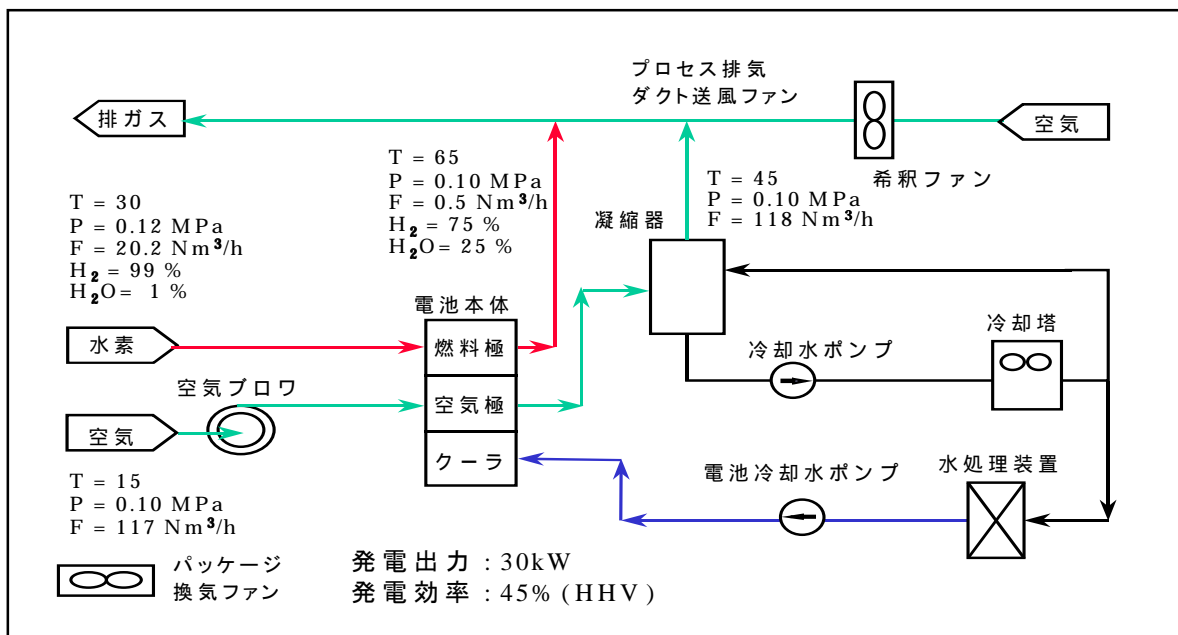


図 6.2.2-1 物質熱収支解析

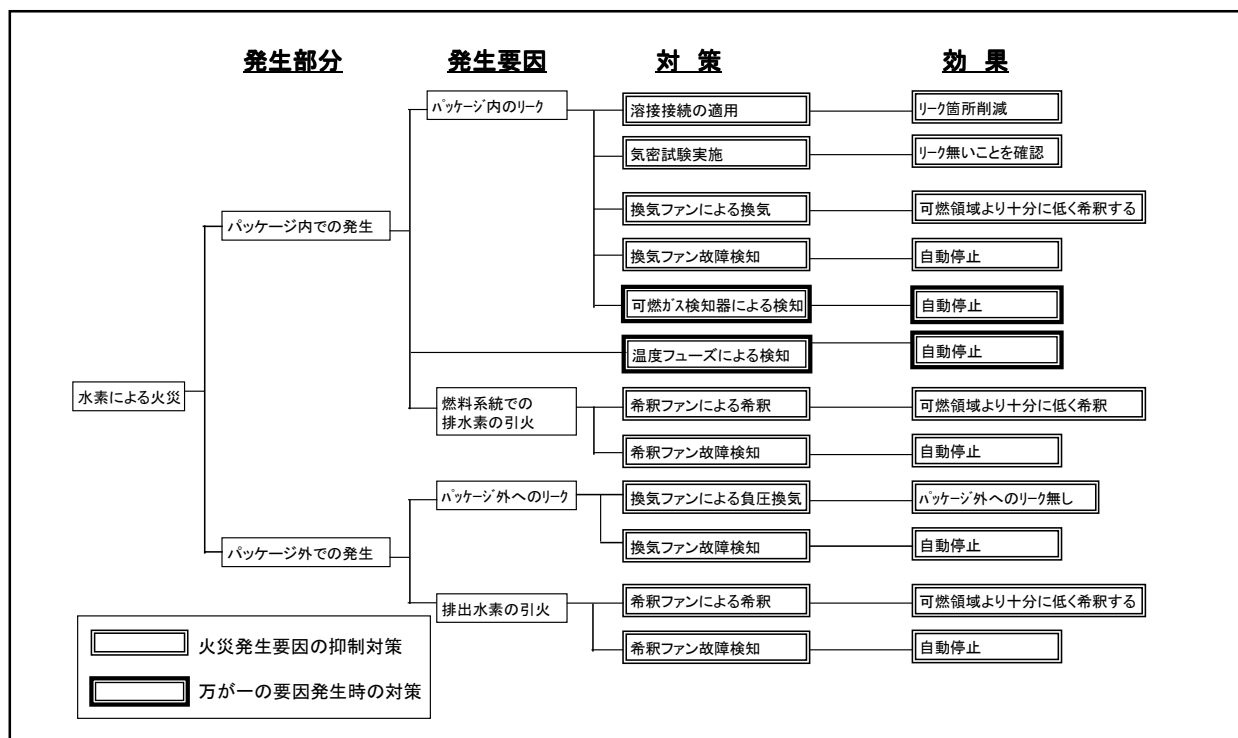


図 6.2.2-2 水素による火災等に対する安全対策

6.2.2.2 30kW 級プラントの製作

パッケージのコンパクト性とメンテナンス性を考慮して機器配置の最適化を行った。図 6.2.2-3 にパッケージの内部鳥瞰図、図 6.2.2-4 にパッケージ外観の写真を示す。4本の主スタックは最も高い位置に設置し、加湿水および排水に関する水管理をし易くした。また、回転機類は外部からのアクセス性と冷却効果を高めるため、換気吸気口付近に設置した。さらに、可燃ガスを扱う機器が設置される部分(燃料室)と電気品が設置される部分(電気室)をカソード排ガス凝縮器で区分するとともに、吸排気口部への可燃ガス検知器の設置により安全性の向上を図った。

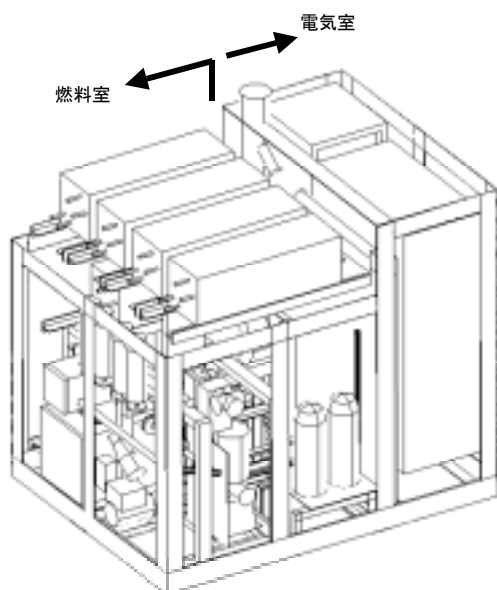


図 6.2.2-3 パッケージ内部鳥瞰



図 6.2.2-4 パッケージ外観

6.2.3 供給水素ガス調湿システム

6.2.3.1 中空糸膜式除湿方法

粒状吸湿剤法よりも経済的でコンパクトな除湿方法として、中空糸膜(高分子膜)を用いる除湿技術の実システムへの適用性について検討した。中空糸膜を用いる除湿方法は、化学的な選択力によって水蒸気を選択的に透過・分離する技術であり、水蒸気に対する高い選択性やコンパクト性などを勘案して、今回はフッ素系分離膜を検討した。図 6.2.3-1 に中空糸膜による除湿の原理を示す。この方法では、中空糸膜の内側と外側にそれぞれ加圧した湿潤ガスと乾燥ガスを供給することにより、膜内外の水蒸気分圧差によって湿潤ガス中の水蒸気が膜を透過する。従って、機械的な稼働部がなくメンテナンスフリーであること、簡単な機構のためシステム構成がシンプルであること、および除湿度の調整が容易などの特徴を有する。

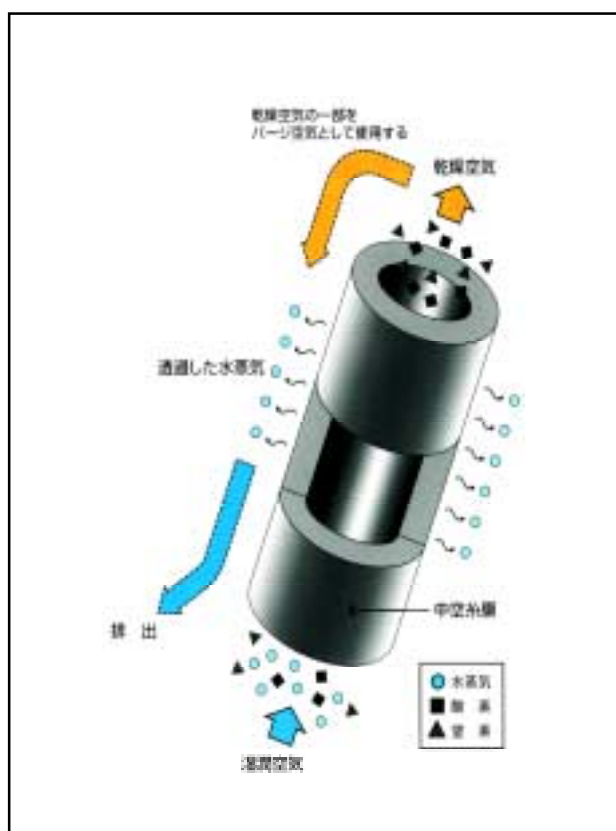


図 6.2.3-1 中空糸膜による除湿の原理

6.2.3.2 中空糸膜除湿装置に係る模擬実験

実プラントへの適用を検討した除湿装置は、元来が湿潤空気の除湿を目的とした空気ドライヤーであるため、水素ガスが水蒸気と共に中空糸膜を透過することが危惧される。そこで、現有設備を模擬した小規模なシステムを用いて簡単な実験を実施し、水素ガスの膜透過量や中空糸膜の基本特性などを定量的に把握した。その結果、中空糸膜を用いて湿潤水素ガスを除湿すれば、水蒸気と共に水素ガスも膜を透過するがその透過量は少ないことや、水素ガスの供給圧力が高いほど、またパージガス流量が多いほど除湿効果は大きい(水蒸気透過量が多い)が、水素ガス透過量は少ないということが明らかとなった。

6.2.3.3 水素ガス調湿システムの検討・設計

模擬実験結果を踏まえ、燃料電池の要求仕様を維持するためのシステムとして、工場から供給される副生水素ガスを安全水封槽に通した後、この湿潤水素ガスを中空糸膜除湿装置を用いて除湿する“水素ガス調湿システム”を設計した。図 6.2.3-2 に調湿システムの概略フロー図を示す。

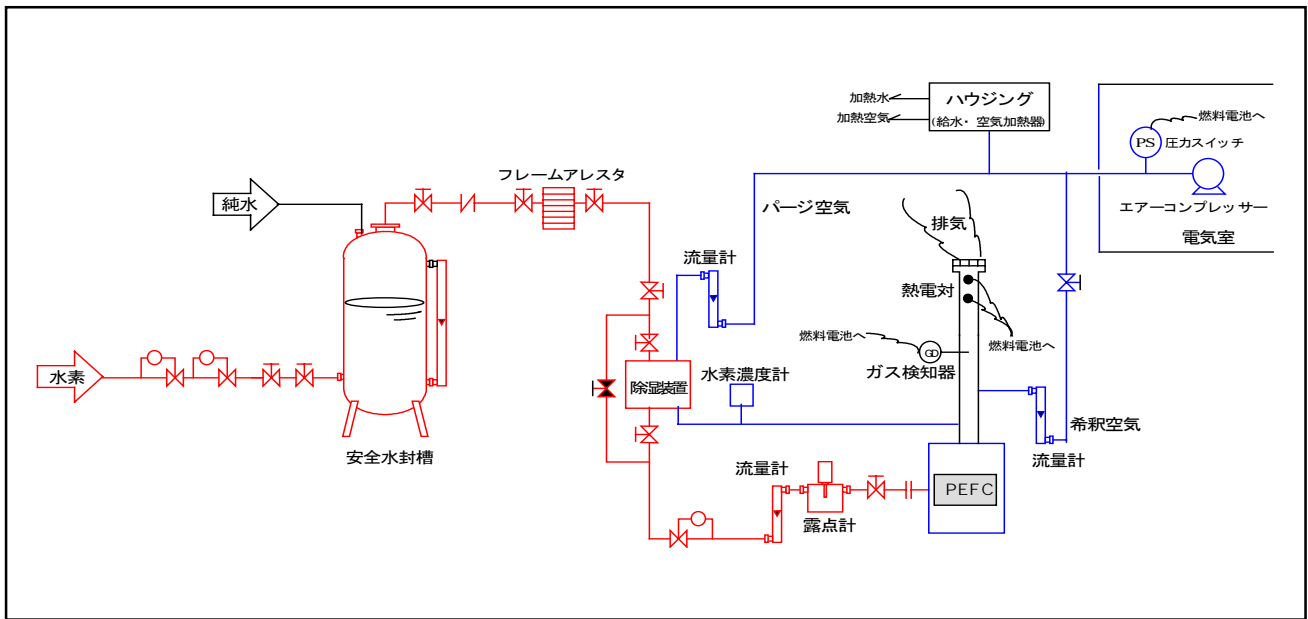


図 6.2.3-2 水素ガス調湿システムの概略フロー

6.2.3.4 周辺システムの設計

現有システムで収集するデータと、今回の実証システムによって新たに収集するデータをリンクさせた遠方監視システムを検討した。更に、設備の保安確保のための措置内容を検討し、プラントを設置する工場の防災専門会議においてその内容が了承された。工場でも了承された措置内容を踏まえて、現有設備の一部撤去や改造に係る工事設計を実施した。

6.2.4 まとめ

今年度の研究で下記の成果を得た。

- (1) プラントの効率向上に寄与する低圧損タイプのセパレータを開発、検証した。さらに、水素高利用率に対する特性向上を図った平成 13 年度仕様の MEA と組合せた 20 セルショートスタックで、良好な初期特性と寿命特性を確認した。
- (2) 20 セルショートスタック検証に基づき、30kW 級スタックを製作し、プラントに組み込む前のスタック発電試験を実施し、電池電圧のばらつきが小さいことを確認した。
- (3) コンパクト性とメンテナンス性を考慮した機器配置の最適化と安全性確保に必要な機能を持ったパッケージ設計を完了した。
- (4) フルスタック電池、機器を組み込んだ 30kW 級プラントのパッケージ組立てをほぼ完了した。

- (5) 中空糸膜（高分子膜）を用いる除湿技術の実システムへの適用性について検討し、実用化の目処を得た。本技術を用いた「水素ガス調湿システム」を設計し、構成機器の仕様を決定した。
- (6) 実証プラント保安確保のための措置内容を検討した。また、既設電気盤への入出力信号の調査や収集データ項目の検討などを行い、遠方監視システムの仕様を決定した。

6.3 今後の研究開発課題

- (1) 3 セルショートスタックおよび 20 セルショートスタックの長時間試験を継続し、長時間安定性を確認する。
- (2) 30kW 級プラントの工場内試験を実施し、性能および運転性を確認する。
- (3) 30kW 級プラントを副生水素製造工場に設置し、フィールドでの性能、信頼性の検証を行う。