

### 3. 平成13年度の成果概要

平成13年度の主な成果概要を以下に示す。

#### 3.1 タスク1 システム評価に関する調査・開発

燃料電池を端緒とした将来に向けた水素エネルギー社会に向けて、燃料電池導入シナリオの策定を行なうとともにシナリオ作成に資するため学習曲線を用いたコスト分析を行なった。さらに、燃料電池電池導入シナリオを含めた水素エネルギー普及シナリオの検討を行なった。

燃料電池の導入シナリオ作成では、燃料電池自動車の地域別、車種別の普及台数の進展と普及に応じた水素ステーションの整備計画を検討するとともに車両、水素ステーションの将来コストを学習曲線により解析し、経済性を検討した。定置用燃料電池では、シナリオ策定に向け家庭を対象に燃料電池導入による経済性、CO<sub>2</sub>削減効果などを評価した。また、水素エネルギー普及シナリオとして、超長期エネルギー需給モデルにより再生可能エネルギー起源の水素エネルギーについて経済性および需給の可能性を検討した。

#### 3.2 タスク2 安全対策に関する調査・研究

水素には火災、爆発等の危険性があり、燃料電池自動車、水素供給ステーション等、水素を小規模分散して取り扱うことに十分な実績があるとはいえない。都市部で分散して水素を製造、貯蔵、充てんするための施設を将来安全に運用するためには、新たに安全対策を講じるとともに従来の技術基準を見直す必要がある。そこで、漏えい、拡散、着火、火災、爆発における水素の挙動と影響の大きさを実験により把握し、災害リスク評価を行うことにより、水素設備の安全設計基準を構築するとともに、法規制の見直し案作成のための基礎資料をまとめることを目的とする。障害物のない開放系での爆発実験において、量論空気混合比の条件で水素は都市ガスより1桁大きな爆風圧を発生したが約10mの離隔地点では安全限界値以下であった。また、ピンホールからの高圧水素噴出では自己着火はせず、火災の長さとは幅はピンホールの径に比例した。

#### 3.3 タスク3 国際協力に関する調査・研究

WE-NET プロジェクトは、国際協力を前提としたものであることから、その全体構想が海外の水素エネルギーに関する政府機関やその他諸機関の関係者に正しく理解され、その協力が得られることが重要である。

平成13年度は、9月11日に発生したニューヨーク同時多発テロの影響で、国際会議や国際的なセミナーがキャンセルされたり、日本からの参加ができないといった状況も発生した中で、WE-NET 活動状況報告を行った（第11回カナダ水素協会総会、Hypothesis、日韓シンポジウム等）。また、International Energy Agencyにおける研究協力、水素の安

全性に関する不安を払拭するための水素の安全啓蒙ビデオ製作を推進した。

水素技術の標準化についてはテロ事件の影響で ISO/TC197 の国際会議への参加は 2 回のみであったが、カナダ事務局からの関連文書に対して日本のコメント提出などの対応を行なった。又、平成 13 年度は新たに WG-8 として「Hydrogen generators using water electrolysis process(水電解装置)」が登録され我が国も参加した。

### 3.4 タスク 4 動力発生技術の開発

100kW 級オープンサイクル水素ディーゼルエンジンの単筒実験機を試作した。また、水素エンジンの実験室建家を建設し、さらに実験設備を製作・設置して単筒実験機の試験準備を完了した。

一方、高圧縮比化した水素エンジンでの自着火の可能性及び熱効率向上策・NO<sub>x</sub> 低減策を検討した。さらに、昨年度試作した単筒実験機用水素噴射装置の特性データを取得した。その結果を今後、水素噴射装置の設計に反映させる。

数値解析では、オープンサイクルにおける自着火条件を調査した。また、水素ガス噴射における燃焼過程の解析結果を検証するため、燃焼解析モデルを作成し解析結果と実験結果を比較してモデルの妥当性について検討した。その結果、実機における水素燃焼解析の見通しを得た。

### 3.5 タスク 5 水素燃料タンクシステムの開発

平成 12 年度に実施したミニサイズ MH タンクの急速充填試験の結果を踏まえて、AB<sub>5</sub> 合金を用いた分割方式とプレートフィン方式の実体タンクを各 1 個ずつ設計・試作した。

天然ガス改質型水素供給ステーションにおいて分割方式実体タンクの、水電解型水素供給ステーションにおいてプレートフィン方式実体タンクの急速充填試験を行った結果、水素 25Nm<sup>3</sup>を充填するのに要した時間は 9.3 分と 9.1 分であり、目標とする 10 分以内で充填することが確認された。

加熱によるタンク破損を防止する方策として、ばね式リリーフ弁に加え、温度の上昇により溶けて完全に圧力が開放される溶栓を水素吸蔵合金タンクに設置し耐火性試験を実施した結果、溶栓が作動し、大気圧まで残圧が下がれば、容器の変形や破裂を防げることが確認できた。

また、ミニスケールタンクを使用して、フィルタ構造、ハニカム及び仕切り板などの内部構造が変形に及ぼす影響度の評価を行った結果、仕切り板、ハニカムを組み合わせた場合ひずみは小さくなること、チューブフィルタでは、吸蔵放出を繰り返しても亀裂の発生は無いことが分った。

### 3.6 タスク6 純水素供給固体高分子型燃料電池の開発

電池の信頼性検証のため、昨年度製作したショートスタックによる寿命試験を継続実施し、7,000 時間以上運転して良好な特性を得た。さらに、新しい設計のショートスタックでは、1,500 時間運転し良好な特性を得た。一方、起動停止試験も良好な結果を得た。

30kW 級燃料電池発電プラントのために、170 セルスタック 4 基の主スタック、120 セルスタック 1 基の従スタックを製作した。さらに、発電プラントの物質熱収支解析、並びに安全性・コンパクト性及びメンテナンス性の検討を行い、機器配置の最適化を行った。それに基づき、発電プラントのパッケージ製作をほぼ完了させた。

供給水素ガス調湿システムに関しては、中空糸膜（高分子膜）を用いる除湿技術について検討した。その結果、本除湿技術を用いた「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。さらに、プラント周辺機器についても検討を行い、仕様を決定した。

### 3.7 タスク7 水素供給ステーションの開発

天然ガス改質型水素供給ステーションについては、昨年度未製作であった構成機器、PSA 設備、水素吸蔵合金式貯蔵設備、蓄圧器ユニット及び高圧ディスペンサーユニットなどを製作するとともに、各構成機器の据付・試運転調整を実施し、水素供給ステーションの建設を行った。各構成機器の単体運転、連動運転を行い、当初設計値を満足する性能を確認した。MH 模擬タンク（分割方式）を使用した急速充填試験では目標である 10 分以内で水素を充填するという基本性能を満足していることを確認した。高圧充填システムの運転試験では高圧模擬タンクを使用して、圧力 25MPa までを約 4 分にて充填し、その際の高圧模擬タンク側の温度上昇は安全性に問題があるレベルには至らないことを確認した。

固体高分子電解質水電解型水素供給ステーションについては、未製作であった水電解装置、圧縮設備を製作、ヤード内の集中制御盤から無線 LAN で運転データを伝送する遠方監視システムの構築を行うとともに、各構成機器の据付・試運転調整を実施し、水素供給ステーションの建設を行った。水素供給ステーションと試験用模擬タンクと組み合わせた運転試験を実施した。高圧充填型システムでは、高圧模擬タンクを使用して、30Nm<sup>3</sup>の水素を 25MPaG 及び 35MPaG まで 5 分以内で安全に充填できることを確認した。また、吸蔵合金型システムでは、MH 模擬タンクを使用して、30Nm<sup>3</sup>の水素を 9 分以内に充填できることを確認した。

水素供給ステーション技術指針検討については、本年度に完成した 2 方式の水素供給ステーションの安全に関する問題点の洗い出しを行った。具体的には、水素供給ステーションを建設するに当たり、考慮した安全対策について、その考え方、安全機器の取付け位置などについて調査した。また、水素供給ステーションの設計段階および完成後の安全レビューをタスク 2 が行ったが、特に問題なく終了した。

### 3.7AB タスク7 A B 水素供給ステーションの開発

本研究開発では、外部から水素を運び入れる方式（オフサイト方式）の水素供給ステーションの開発を行うことを目的とした。オフサイト方式水素供給ステーションの水素供給源である日本国内の電解ソーダ工場は27社35工場あり全国に分散している。2001年度の年間水素生産量は約12億Nm<sup>3</sup>/年程度であり、現時点で相当量の水素の水素供給ステーションへの供給が期待出来る。

平成13年度は、水素トレーラーを水素源とする水素供給ステーションの全体システム設計、構成機器の仕様検討、設計を完了し、一部構成機器の製作に着手するとともに、設置場所のレイアウト、ユーティリティー等設置に関する検討を行った。また、ディスペンサーの開発および充填制御技術を検討した。

### 3.8 タスク8 水素製造技術の開発

大面積電解セルの積層化技術の開発（電極面積 2,500cm<sup>2</sup>、10セル）及び製造技術の実証化に向けた連続運転に取り組むと共にタスク7（水素供給ステーションの開発）において進められている水電解型水素供給ステーション用電解セルを製作し（電極面積：

1,000cm<sup>2</sup>、25セル）初期性能試験を実施しデータを取得した。

又、高温で使用可能な耐高温固体高分子電解質膜を数種製作しその特性を評価した。

### 3.9 タスク9 水素輸送・貯蔵技術の開発概要

#### 第 編 液体水素輸送・貯蔵技術の開発

大型貯蔵用断熱構造の設計データベース化を行うため、昨年度に引き続き断熱性能試験と低温強度試験を実施した。

水素ステーションへの水素供給を目的として、小容量液体水素輸送・貯蔵設備システムを検討し、その中で容量30m<sup>3</sup>と15m<sup>3</sup>タンクの概念設計を実施した。また、液体水素の中間規模程度の輸送について、東京湾の沿岸地域をモデルケースとした海上輸送システムを検討した。

#### 第 編 共通機器類

水素ステーションで使用する小型液体水素ポンプへの適用を考慮した軸受機構として、磁気軸受同様に非接触式軸受である静圧軸受の回転試験による軸受評価試験を実施し、設計諸元に関する知見を得た。また、小型液体水素ポンプの要求仕様を検討し、ポンプ仕様、電動機仕様、軸受仕様等を策定した。

水素ステーションでの液体水素貯蔵時に発生するボイルオフ水素ガスの回収/有効活用

の検討を行った結果、再液化については非常に非効率であること、ボイルオフ水素ガスを燃料電池の燃料として使用することによりステーション全体の消費電力を賄えること、昇圧して高圧水素ガスとして供給を行う利用方法も有効であることが分かった。

## 第 編 水素液化設備の高効率設計

小容量水素液化設備において、水素圧縮機の動力低減を目的として、水素膨張タービンによる動力回収およびLNG冷熱利用による水素液化動力低減について検討した。

水素膨張タービンは遠心ターボ型とし、高効率化を図るため3次元動翼を使った検討を行った。その結果、液化容量5 ton/day以下では、動翼外径が、一般に使われている遠心ターボ型膨張タービン外径40 mmを下まわり、このとき、漏れ流れの影響が増加するため、性能が低下する可能性が考えられることが判明した。

LNG冷熱利用による水素液化機動力低減については、検討結果、動力の低減に関して、非常に有効であることが分かった。

### 3.10 タスク10 低温材料の開発

液体水素の輸送・貯蔵容器に用いる低温材料の評価のため、液体水素雰囲気下を含む室温から低温の温度域で、材料特性評価試験を実施した。特に、低温靱性向上に効果的な新規溶接・接合法について、適用金属種を拡大して評価した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) ステンレス鋼での減圧電子ビーム溶接は、高強度 SUS316LN でも他鋼種と同様の高い低温靱性を示した。また、水素チャージの影響も認められなかった。
- (2) ステンレス鋼での完全溶接金属・TIG溶接も、高靱性を有するとともに、水素感受性への影響は認められなかった。
- (3) 低 Mg 含有量・A5454 アルミニウム合金への摩擦攪拌接合法の適用は、飛躍的な低温靱性の向上が図れることを見出した。
- (4) また、アルミニウム合金における、Mg 含有量による強度・靱性バランスに関する知見を得た。

### 3.11 タスク11 水素貯蔵材料の開発

移動体および定置式設備への適用を目的として、有効水素量 3 質量%以上、放出温度 100 以下、5,000 サイクル時の吸蔵放出能力が初期の 90%以上を目標として水素吸蔵材料の開発を行う。

合金系材料では昨年度末まで本タスクにおいて開発された水素吸蔵合金のうち有望なものの実用化特性改善を進めた。また、5 質量%の貯蔵能力を持つ新合金の探索に着手し、次世代水素吸蔵合金開発の方向を見定めた。

化学系材料では、5~8 質量%の貯蔵量が期待できかつ継続して可逆的に水素吸放出の可能なものとして、水素錯体型化合物、およびシクロヘキサンの2種類を研究開発してきた。

昨年度本タスクで確立された炭素材料の水素貯蔵量測定評価技術によって、カーボンナノチューブを含む内外の炭素材料の特性を統一的に評価解析をすすめた。

### 3.12 タスク12 革新的・先導的技術に関する調査・研究

#### (1) 概念検討結果の評価

以下の6件について概念検討を実施した。酸化鉄を媒体とした水素貯蔵と発生法の調査検討 バイオマス・廃棄物を原料とした部分酸化による水素ガス製造システムの調査研究 無機有機複合系新規水素貯蔵材料の探索 非平衡メタン改質型ガスタービンシステムの調査研究 過熱液膜方式によるデカリン/ナフタレン系の新規水素化・脱水素化を用いた水素貯蔵システム技術研究 天然ガスを原料とした二酸化炭素を発生させない水素製造法、副産物の評価

#### (2) 基礎研究結果の評価

平成12年度より着手している「磁気冷凍法による水素液化技術の基礎研究」を継続実施した。具体的には、第1段蓄冷器の試作が終了した。来年度は、10kg/日のプロトタイプ磁気冷凍法水素液化機を試作する予定である。

## 4. 今後の展開

引き続き研究調査を行い、全体システムの最適設計等の検討を行うとともに、基礎的研究、要素技術研究及び実証試験・評価等を進め、WE-NET基本計画の開発目標の達成を図る。