

全米水素協会 (NHA) の概要と アメリカにおける最近の水素事情

岡野一清

水素エネルギー協会理事
290-0006 市原市若宮6-8-5

Present Status of Hydrogen Activities in the USA - National Hydrogen Association Meeting and Hydrogen EXPO -

Kazukiyo OKANO

Hydrogen Energy Systems Society of Japan
6-8-5 Wakamiya, Ichihara-City 290-0006

1. 緒言

全米水素協会 (National Hydrogen Association: NHA) はアメリカの産・官・学の支持を得て活発な活動を続けている民間団体であるが、産業界とアメリカエネルギー省 (DOE) や研究機関との連携を取り持ち相互の活動を活発化する触媒のような役割を演じている有力な団体である。毎年3月か4月に年次総会と大会 (国際会議) を開催している。今年も3月にカリフォルニア州ロングビーチで第17回目の大会を開催した。

アメリカは2006年1月に大統領の一般教書の中で脱石油政策として「Advanced Energy Initiative」を発表したが、2003年に発表された水素エネルギー導入を促進する政策「Hydrogen Fuel Initiative」もその中に含まれており水素エネルギーの技術開発や実用化を促進する動きを強化している。過去10年間毎年この大会に参加してアメリカの動向を見守っているが、長期間にわたって続いていた研究開発段階から、当面一部分でも水素が利用できるものから早期に実用化することを強く意識した動きが見られるようになってきた。

以下にNHAの活動状況と、今回の大会及び同時に開催された水素EXPOで発表されたアメリカの最近の水素エネルギー導入に対する取り組みの概要を紹介する。

2. NHAの組織と活動状況 [1]

2.1 NHAの事務局と会員組織

アメリカにおける国家レベルでの水素技術の開発は

1990年にスパークマツナガ法案が議会で可決された時から始まるが、NHAはその1年前の1989年に産業界を中心とした産・官・学から成る民間団体として事務局をワシントンDCに置き発足した。発足当時は企業、大学、研究所などわずか10の企業・研究機関が会員であった。その後水素エネルギーへの期待と関心が高まる中で大きく発展し、現在は産業界を中心として103の産・官・学の会員で構成されている。現在の会員は自動車、燃料電池、航空宇宙、電力、ガス、石油、産業ガスなどの有力な大企業とベンチャー企業、業界団体、大学、国立研究所、米国DOE、州政府などである。

外国の会員もいるが 我が国の会員は少ない。

現在の事務局はJeff Serfass 会長の下に3名の副会長を置き、企画、技術開発、会議・イベント、会員サービス、総務など8名のスタッフで構成されている。

NHAの役員は議長、副議長、Executive Committeeの委員6名、理事25名である。

2.2 NHAの使命と活動内容

NHAは下記の3項目を使命として活動している。

- ・水素の技術開発を促進する。
- ・産業、商業、消費者による水素利用を促進する。
- ・エネルギー分野での水素の役割を助長する。

そして①産業界と政府の研究プログラム間の情報連絡支援、②企業、州政府、国家政府の開発活動の支援、③水素のエネルギーキャリアーとしての可能性や水素技術についての教育プログラムの開発、④特定プロジェクトに対するアプローチ方法の開発などを行なうこと

を目的として、DOEやNREL国立研究所との密接な連携を保ち産業界からの政策の立法に対する支援、技術開発の促進への貢献、水素技術の国際標準化、市民の教育などについて幅広い活動を行っている。

2.3 NHAの活動組織

NHAの活動を組織的に行うため次のような委員会とワーキンググループが組織され会員が参加して活発な活動を行っている。

1) 教育・普及活動委員会

水素エネルギーの普及のために重要とされている一般市民教育を行う活動を展開している。即ち、①教材の作成、ワークショップや教育講座の開催、②プレスのインタビュー、③水素の出版物作成、④学生の実験コンテスト（例えば2005年の水素ステーションの実験コンテスト）などである。

2) 企画・標準化委員会

技術以外に安全を含めた標準化活動を展開している。

国内及び国際標準化のアメリカの事務局として12以上のワーキンググループを組織して標準化活動を行っており、水素・燃料電池に関係するの多くの国内外の規格・標準化関連機関、即ち、ISO/TC197、IEC/TC105、SAE、ICC、ANSI、NFPA、CSA、ASME、IEEEとの連携のほか、アメリカ国内ではDOE/NREL/NHAの協力組織を作っている。

3) 政策委員会

NHAの政策委員会は国の立法関係に関連する活動を行っている。最優先課題は大統領のHydrogen Initiative政策の予算確保のために政府の立法処置を支援することである。他の機関と連携してNational Energy ACT 2005の議会での可決に協力したほかNHAのスタッフがホワイトハウスのEnergy Briefings やIPHEのBriefingsにも参加している。

4) ワーキンググループ

三つのワーキンググループを設置して活動を行っている。

- ・ Renewable Hydrogen Working Group
- ・ University Working Group
- ・ Small Business Working Group

2.4 他の水素関連団体との提携

下記の水素エネルギー関連団体とのネットワークを

確立して情報交換、行事参加などについて相互のメリットが得られるような提携関係を樹立している。

- 1) American Council on Renewable Energy (ACORE)
- 2) Association Francaise de l'Hydrogene (AFH2)
- 3) California Hydrogen Business Council
- 4) Canadian Hydrogen Association (CHA)
- 5) Center for Energy and Economic Development
- 6) Clean Energy Group
- 7) Electric Drive Transition Association (DETA)
- 8) HyTep: Hydrogen Technology Partnership
- 9) International Ass. for Hydrogen Energy (IAHE)
- 10) New Mexico Hydrogen Business Council
- 11) Nuclear Energy Institute (NEI)
- 12) Society of Indian Automotive Manufacturers
- 13) Upper Midwest Hydrogen Initiative
- 14) Weststart

2.5 出版物

下記の出版物を発行している。

1) ニュースレター

水素関連の最新動向を記載した「The NHA News」を年4回発行している。

2) 一般出版物

- ・ Hydrogen Implementation Plan
- ・ Hydrogen Commercialization Plan
- ・ Policy Plan

3) Annual Conference Proceedings

毎年開催されるNHA大会の論文集。

3. NHA大会 (NHA Annual Hydrogen Conference)

3.1 NHA大会の経過

NHAは最大のイベントとして毎年3月または4月にアメリカのワシントンDCや西海岸でNHA大会を開催してきた。今回、2006年3月に第17回の大会をカリフォルニア州ロングビーチで開催した。

10年前は250人程度の参加者であったのが海外からの参加者も増え、最近では1000人以上が参加する大会議になっている。会議に合わせて開催していた展示会も以前は20ブース程度の小規模であったのが2006年には水素・燃料電池技術の進展を象徴しているかのように92ブースに拡大された。

プレナリー講演や論文発表はカナダ、ヨーロッパほか外国のものも含まれるが大半はアメリカのものである。DOEや州政府の政策及び実証プロジェクト、それらを実施している産業界の発表が多いのでアメリカ全体の水素の実用化に向かったの具体的な取り組みが把握できるのが他の国際会議とは違った特徴である。学術的研究論文の発表も一部あるが数は少ない。我が国は過去1995年からWE-NETプロジェクトを中心とした我が国の研究開発動向の講演を3回行った。

3.2 2006年のNHA大会概要

2006年3月12日から17日まで第17回大会がロングビーチで開催され25カ国から1,100人参加した。論文発表は招待講演と口頭発表で82件、ポスター発表100件で、日本の発表は(財)エネルギー総合工学研究所の発表1件のみであった。水素EXPOも同時に開催され水素・燃料電池関係企業や関係団体による92の展示があった。また、参加者が市内の決められたコースを運転する燃料電池



図1. NHA大会会場のコンベンションセンター



図2. 燃料電池車の試乗会

自動車と水素エンジントラックの試乗会が行われ、日本のトヨタ、日産、ホンダ、アメリカのGE、フォード、ドイツのダイムラークライスラー、VW、アウディの燃料電池車と、アメリカETEC社によるGM製ピックアップトラックの水素への改造車が提供された。会場のロングビーチコンベンションセンターの外観を図1に、燃料電池車試乗会の様子を図2に示す。

4. アメリカの水素に関する最新動向

最近のアメリカにおけるDOE、カリフォルニア州のSCAQMD、産業界の活動状況などNHA大会で発表された内容を中心に主な動きを以下に紹介する。

4.1 アメリカ政府の動向

最近の原油の高騰を受けて大統領は2006年1月に新エネルギー政策「Advanced Energy Initiative」を発表した。この政策は石油代替エネルギーの開発を行い脱石油の促進を狙いとしたものである。即ち①再生可能エネルギー、②石炭ガス化、③バイオマス、④水素エネルギー、⑤原子力関連の技術開発を行い市場導入を促進する。水素エネルギー関係の「Hydrogen Fuel Initiative」がその中に織り込まれており2007年度予算も対前年19%増しの2億8,900万ドルが要求されている。

そのほか2006年1月に水素・燃料電池のコストを低減し商品化を促進するために製造技術の開発を対象にした「Manufacturing Initiative」を発表しロードマップが作成されている。このようにアメリカ政府は水素・燃料電池の開発・導入を一段と強める政策を打ち出している。表1にDOEの水素・燃料電池関係の2007年度要求予算を示す。総額は2006年度1億5,600万ドル(約187億円)に対し25%増しの1億9,600万ドル(約235億円)となっている。これからも水素・燃料電池の開発促進に注力している政府の姿勢が伺える。

DOEの研究開発計画の内容は現在商品化のネックになっている課題の解決に重点を置いている。即ち水素製造技術の開発については燃料改質装置、水電解装置、バイオマスガス化設備の低コスト化と高効率化、またエタノールの改質技術開発、太陽光利用技術など、水素配送技術ではパイプライン、圧縮、貯蔵、輸送、液化などの技術の改良開発が対象とされている。

水素貯蔵技術の開発では燃料電池車の300マイル走行

表1. DOEの水素・燃料電池研究開発予算

研究開発項目	FY2007 要求予算
水素製造・配送	\$36.844M (44.2)
水素貯蔵	\$34.620M (41.5)
FCスタック構成部材	\$38.082M (45.7)
技術実証試験	\$39.566M (47.5)
自動車用FCシステム	\$ 7.518M (9.0)
FC分散電源システム	\$ 7.419M (8.9)
燃料処理装置	\$ 4.056M (4.9)
安全、規格基準	\$13.848M (16.6)
教育	\$ 1.978M (2.4)
システム解析	\$ 9.892M (11.9)
製造技術開発	\$ 1.978M (2.4)
合計	\$195.801M (235)

() 内は億円、1\$ = 120円で換算

を可能にする各種水素吸蔵材料や貯蔵容器の開発を行う計画である。また、燃料電池ではコスト低減と耐久性の改良に重点を置き、電池スタック構成材料 (MEA、電解質膜ほか) の改良開発に取り組んでいる。

4.2 BPの500MW水素タービン発電所の建設計画

BPがカリフォルニア州カーソンに500MW大容量水素タービン発電所を2011年に完成させる建設計画を発表した。表1参照。大容量水素タービン発電は燃料電池発電、燃料電池車と並んで将来の水素時代の主役となるべき水素利用技術であるが、大規模な水素インフラを必要とするほか技術開発に長期間を要し多額の開発資金が必要となるなどの問題で、我が国では以前にWE-NETプロジェクトで行っていた技術開発を中止した経過がある。

今回のBPの計画は特別な技術開発が必要となる1700°Cの高温、高効率の水素タービンでなく既存技術の延長ですぐに実用できる水素タービンとし、多量の水素は設置場所のBPの製油所で得られる石油残渣(ペトロコーク)をガス化し精製して生産する。水素の生産時に発生するCO₂は製油所前の海底油田に注入して固定化するなど早期の実用化に重点を置いた計画になっている。表2に発電所の概要を示す。

このタービン発電所によるCO₂削減効果は自動車100万台相当としており、水素タービンによる大容量発電への水素利用がいかにかCO₂削減に効果的かを示唆している。水素の大量生産、CO₂の固定化、大容量水素タービンの実用化と短期には実現が困難と思われる計画を実現す

表2. 水素タービン発電所計画の概要

項目	内容
事業主	BPとEdison Mission Group
発電設備	総容量500MW、コンバインドサイクル水素タービン発電設備 (水素/空気燃焼)
設置場所	CA州Carson BP製油所内 ロサンゼルス以南約40km
水素製造	5,000t/dayのペトロコークのガス化、 精製 (水素純度99.9%)。 CO ₂ を分離
CO ₂ 処理	製油所沖合いの海底油田に圧入
投資額	10億ドル
発電単価	風力発電並み
運転開始	2011年

るために、最適立地を選定し、かつ未来的な技術でなく現状の技術により世界最高の効率でなくても早期に実用化することに重点を置いて大きなCO₂削減を行う計画は今後の世界の水素利用計画にも大きな影響を与えるであろう。

この発電所はBPと電力会社のEdison Mission Groupが建設するが発電単価は風力発電並みとされている。BPはこのほかにも350MWの水素タービン発電所をスコットランドの北海油田で2009年に建設を完了する計画を発表している。

4.3 カリフォルニア州水素ハイウエーネットワーク

2004年4月にシュワルツネッカーカリフォルニア州知事が構想を発表し、2005年3月に全米の水素関係者200名の協力を得て実行計画書を作成した。そして実施段階に入った自動車用水素インフラ構築プロジェクトの進捗状況が注目されるが、2007年度は既に完成しているロサンゼルスUC-DAVIS水素ステーションを第1号と認定し、予算650万ドルで新水素ステーション3カ所の建設 (補助金は1ヶ所当り125万ドル) と燃料電池自動車12台のリース購入、水素エンジンシャトルバス2台を購入する。そのほか市民に対する公聴会の実施など円滑な水素導入の準備を行うことで大規模な水素インフラ網構築作業に着手した。

このプロジェクトに先行してカリフォルニアに16カ所の水素ステーションが南岸大気保全局 (SCAQMD) のプロジェクトなどで作られているが、さらに数カ所増設される。最終的にはこれらのステーションもこのプロジェ

クトに吸収されると思われる。世界の先頭を切って大々的に自動車用水素インフラを構築し最終的に州内に250ヵ所の水素ステーション網を整備するプロジェクトは世界に大きな影響を与えるであろう。特に燃料電池車の普及が先かインフラ構築が先かとの議論をするだけでインフラ構築が進まない問題の解決にチャレンジするものとして注目される。

4.4 実用的低コスト水素ステーションの開発と実証

SCAQMDはカリフォルニア州内の5都市（Ontario, Santa Ana, River Side, Burbank, Santa Monica）に低コストの実用的水素ステーションを設置し、水素プリウス（プリウスを水素エンジンに改造したハイブリッド車）を開発して30台をSCAQMDと各市に配置するFive City Projectを実施した。このプロジェクトは水素の初期導入を円滑に行なうために必要最小限の設備能力、低コスト機器など水素ステーションの設計コンセプトを実用型に変えて実証すると同時にインフラ網の一部にすることを目的としている。NHA大会終了直後に訪問したBurbank市の低コスト型水素ステーションの仕様を表3に、全景を図3に示す。

このステーションは設備能力を最小限（但し将来の設備能力増強は考慮に入れている）にしたほか、キャノピーを省略し建物を建てないで済むよう機器を屋外パッケージ型にして建築工事や現場の据付工事費の削減を図っている。またディスペンサーも簡素な構造としてコ



図3. Burbank市の水素ステーション

ストの大幅な低減を図っている。

またDOEとSCAQMDがスポンサーとなりAir Products & Chemicalsが協力して、水素の配送と水素ステーションを組み合わせた低コスト水素供給システムの開発と実証を行うHydrogen Infrastructure Project in Californiaを実施している。このプロジェクトはオンサイト水素製造を行わず、液体水素を車上で気化して40MPaの水素を配送したり、軽量の40MPa水素カードルを移送する移動用ステーションとして水素製造装置や圧縮機を持たない水素ステーションを作り設備費を低減することを実証するものである。技術そのものは既存の技術の応用であるがこのような取り組みは実用技術を育成し短期に水素インフラの普及を促進する上で非常に大きい効果があると思われる。

導入初期10年位の期間は燃料電池車の数が少なく水素の販売量が少ないことが予想される。その場合水素のコストに対する設備投資の償却費負担分は非常に大きくなる。仮に3億円の投資で水素ステーション設備を作り年間28万5,000Nm³（50Nm³/hの水素製造装置を稼働率80%、年間297日運転に相当）の水素を販売した場合、水素のコストは設備投資負担分のみで190円/Nm³となり他の経費を加えるとガソリンエンジン車の燃料費の数倍となる。従って導入初期は設備コストを徹底して安価にするための工夫と補助金による救済措置が不可欠となるが、カリフォルニアでは既にその問題を意識して対策を講じているように思われる。

4.5 過渡期における水素エンジン車の利用

燃料電池車は既にリース販売を開始するまでに技術が進展しているが、その普及には500km走行を可能にす

表3 Burbank市の水素ステーション仕様

項目	内容
水素製造方式	PEM水電解（Proton Energy社）
水素製造能力	12kg/day, 6Nm ³ /h
蓄圧器	容量52kg、圧力40MPa
車両充填能力	1日10台
充填システム	セルフ充填方式
運転管理	無人ステーション
運転状況	現在は水素プリウス5台に充填。 将来は水素を一般売りするため公道に面して設置。
設置場所	The City of Burbank 124S. Lake St. Burbank, CA 91502 Burbank市役所施設構内。 ロサンゼルス市の北約30km。
製作者	Air Product & Chemicals
運転開始日	2006年3月17日

る水素貯蔵技術の開発や燃料電池の耐久性の改良などの技術的課題とコスト低減の課題解決が必要であるため、DOEは2015年に商品化の可能性を評価し2020年頃からの本格普及を目標としている。一方、カリフォルニアでは水素インフラ網の構築に着手しているので、燃料電池車が普及するまでの過渡期に水素エンジン車を利用する動きが出てきたことが注目される。その動きはまだ大きくないし、DOEも現在はエンジン車の導入については冷静で特に奨励はしていない。

しかしSCAQMDは燃費と環境性の良いハイブリッド車に注目しプリウスを水素エンジンに改造した改造車を各都市に合計30台を配車して実用に供している。

35MPaの圧縮水素搭載車の走行距離は128kmであるが、燃料に水素を使用することにより環境性は著しく改善されSULEVの規格に適合することと、ベンチャー企業が購入品のプリウスを改造できることから燃料電池車の普及が遅ればこの種の改造車がある程度普及することも考えられる。図4に水素エンジンに改造したBurbank市のプリウスを示す。

プリウスの水素エンジン車への改造はQUANTUM社が行ったが、アメリカにはガソリンエンジンを水素エンジンに改造するベンチャー企業が何社もあり、改造キットを販売している会社もある。今年の秋にはオクラホマ警察のハイウエーパトロールカー30台が水素エンジン/ガソリンエンジン両用車に改造されて水素でハイウエーを走行する。パトロールカー用のフォードの大型エンジン乗用車の改造を請け負っているHydrogen Lab社によれば改造は容易で、水素燃料のインジェクター、レギュレーター、水素貯蔵タンク、制御用コンピューターの4点の改造でよいとしている。



図4. Burbank市の水素エンジン改造プリウス

車体が大きいので水素1kgの35MPa容器6本の搭載が可能である。水素エンジン車はBMWが先駆者であるが、フォードも4.6L級の水素エンジンを開発してシャトルバスを製作しフロリダ州で8台の利用を開始した。カリフォルニア州でも2台使用する計画である。アメリカではこの種のシャトルバスの需要が非常に多いので今後さらに多くの水素エンジンシャトルバスが各地に導入されると思われる。

また、フォードの水素エンジンを使用した水素エンジンハイブリッドバスがベンチャー企業のISE社で開発されパームスプリングスの市バス路線で運行されている。このように短期に利用できるものを最大限利用して水素の導入を促進しようとする動きが急速に顕著になってきたことが注目される。

ヨーロッパでも9都市で27台の燃料電池バスを運行しているCUTEプロジェクトが終わり、継続プロジェクトとしてHyfleet CUTEが発足したが、燃料電池バスの継続運行に加えてベルリンではMANの水素エンジンバス14台が2006年6月から2007年にかけて順次導入され市バス路線で運行される予定である。バスの基地には水素ステーションが既に完成している。

5. おわりに

以上NHAの概要とアメリカの最近の動向を述べてきたがNHAは産・官・学の連携を円滑にする重要な役割を果たしアメリカの水素エネルギー社会構築活動に大きく貢献している。

最近のアメリカの動向については将来技術の研究開発と並行して、短期に利用できる現有技術を使用して水素の早期利用を加速する方向に動きだしたように思われる。水素の導入初期は燃料電池車の数が少なく水素の販売量が少ないことに起因する水素のコスト高や経費負担増によるステーションの経営難などが問題となる。それに対して純技術的新規性はないが徹底した低コスト型の無人ステーションや移動式ステーションの開発と実証による実用技術の育成、燃料電池車の普及に先行する水素インフラの構築、さらに燃料電池車の普及に時間がかかると見るやっなぎとして水素エンジン車の導入を考えるなど状況に応じたカリフォルニア州政府の柔軟な取り組みは大いに参考になる。

また、数10年先と思われていた大容量水素タービンの

利用を、時間のかかる新技術を追いかけずに既存のガスタービン技術の応用で実現し、しかもCO₂固定化を伴うクリーンな発電所を5年後に完成させる計画は衝撃的である。今まで水素の大量利用については主として燃料電池自動車期待されていたが、500MWの発電所1カ所で燃料電池車百万台分のCO₂が削減できることを考えると水素タービン発電によるCO₂削減効果は格段に大きいものである。BPはスコットランドとロサンゼルス発電所に次いで今後世界に10カ所程度水素タービン発電所を建設することを検討しているが、CO₂フリーの水素を大量に利用する本格的な水素社会を構築する先導的動きとして注目される。

参考文献

1. NHA homepage www.hydrogenassociation.org/