



講演内容

主なトピック (研究開発から実用化へ一歩踏み出す動き)

- 水素インフラと自動車の導入を早める米国の現状
- 水素の大量利用/CO₂固定化の夢を短期に実現する大容量水素タービン発電所建設計画

1. NHAとNHA大会の概要
2. 米国の水素・燃料電池技術開発政策
3. CO₂固定水素タービン発電所建設計画
4. 実用的水素ステーションの開発と実証
5. 水素エンジン車、燃料電池バス及び固体高分子形燃料電池の開発状況
6. 自動車用水素インフラ網構築の動向
7. まとめ：水素社会構築の参考にすべき米国の対応

1

NHA (全米水素協会) の概要

NHA: The National Hydrogen Association

- 設立：1989年。事務局所在地：ワシントンDC
- 会員数：103。産業界会員が中心で産・官・学の会員から成る。
- 年会費：理事会員\$15,000、産業界会員\$6,000~\$7,750、非営利団体と中小企業\$2,000、大学・教育関係\$1,000

■活動状況：

- ・水素関係では世界で最も活発な協会。米国の水素技術標準化事務局を担当。
- ・毎年NHA年次総会とシンポジウム及びEXPOを開催。水素安全と技術標準化のワークショップを継続開催。
- ・世界の各水素協会との連携を強めて国際協力関係を拡大しようとしている。



2

2006年NHA大会の概要 (1)

- 期日：2006年3月12日-17日 (論文発表は13日-15日)

- 場所：CA州ロングビーチ

- コンベンションセンター

- 参加者：25カ国、1,100人

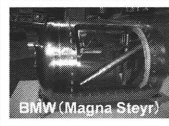
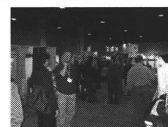
- 内容：DOEや州政府プロジェクトの関連ほか米国の発表が中心

- ・講演・発表：82件
- ・ポスター発表：100件
- ・水素EXPO展示：92ブース
- ・燃料電池車試乗会 (8社の燃料電池車と水素エンジントラック)
- ・見学ツアー：水素ステーション2ヶ所、研究所ほか



3

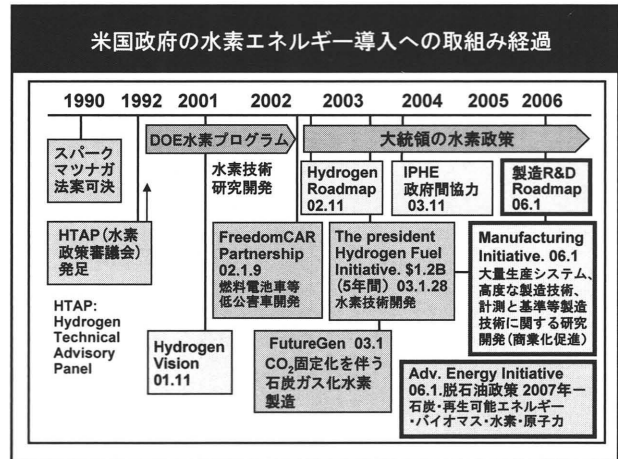
2006年NHA大会の概要 (2)：展示会とFCV試乗会



米国政府の取り組み

米国政府の取り組み

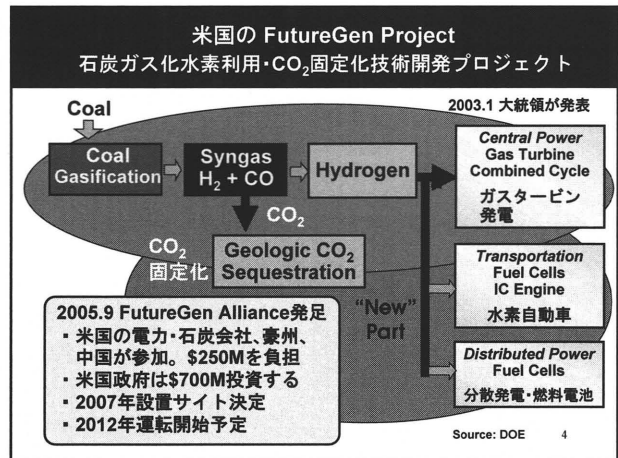
- ・ 米国政府の水素技術開発の経過
- ・ 新エネルギー政策 (Adv. Energy Initiative)
- ・ FutureGen石炭ガス化計画 (Alliance発足)
- ・ 製造技術開発 (Manufacturing Initiative)
- ・ DOEの研究開発予算と内容



米国の石油代替エネルギー開発政策と予算

大統領は2006年1月に一般教書演説の中で石油代替エネルギーの開発を柱にしたThe Advanced Energy Initiativeを発表した。

- 石炭利用の推進 Coal Research Initiative
 - Clean Coal Tech.開発：07 要求予算 \$281M.
 - (FutureGen石炭ガス化水素製造：07 要求予算 \$54M.)
- 再生可能エネルギー利用の推進
 - ・ Solar America Initiative：07 要求予算 \$148M.
 - ・ 風力発電：07 要求予算 \$44M.
- The Biorefinery Initiative
 - バイオマス利用：07 要求予算 \$150M. (エタノール含む)
- The Hydrogen Fuel Initiative
 - 水素エネルギー：07 要求予算 \$289M.
- 原子力エネルギー利用
 - ・ Global Nuclear Energy Partnership：07 要求 \$250M.



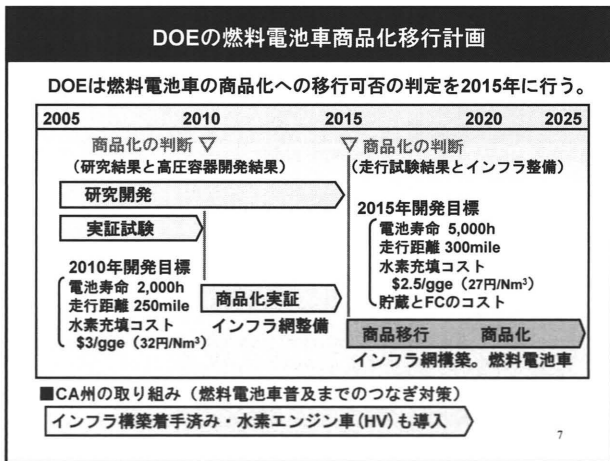
DOEの水素・燃料電池技術開発予算

	FY2006	FY2007(要求)
水素製造・配送	\$8,512k (10.2億円)	\$36,844k (44.2億円)
水素貯蔵のR&D	\$26,600k (31.9億円)	\$34,620k (41.5億円)
FCスタック構成部材	\$31,595k (37.9億円)	\$38,082k (45.7億円)
技術実証試験	\$33,594k (40.3億円)	\$39,566k (47.5億円)
自動車用FCシステム	\$1,080k (1.3 億円)	\$7,518k (9.0 億円)
FC分散電源システム	\$962k (1.2 億円)	\$7,419k (8.9 億円)
燃料処理装置R&D	\$617k (0.7 億円)	\$4,056k (4.9 億円)
安全、規格基準	\$4,727k (5.6 億円)	\$13,848k (16.6億円)
教育	\$495k (0.6 億円)	\$1,978k (2.4 億円)
システム解析	\$4,925k (5.9 億円)	\$9,892k (11.9億円)
製造技術R&D	\$0 (0 億円)	\$1,978k (2.4 億円)
Congressionally Directed Act	\$42,520k (51.0億円)	\$0 (0 億円)
合計	\$155,627k (187億円)	\$195,801k (235億円)

Hydrogen Fuel Initiative (水素に関する原子力、運輸関連ほか含む) FY2007要求予算：\$289M

DOEの水素・燃料電池技術主要開発項目

- 1.水素製造・配送 (低コスト・高効率技術)
 - ・ 各種燃料改質技術 (天然ガス、エタノール、ディーゼル油ほか)
 - ・ 水電解技術、風力-水電解システム
 - ・ バイオマスガス化 ・ 光触媒技術、太陽熱分解
 - ・ 水素配送 (パイプライン、圧縮、貯蔵、輸送、液化技術)
- 2.水素貯蔵 (車載用は300 mile、480km走行を可能とする技術)
 - ・ 水素吸蔵合金 ・ 有機ハイドライド ・ 炭素系材料
 - ・ 車載用新吸蔵材料/新プロセス貯蔵技術
 - ・ 圧縮水素・液体水素ハイブリッド貯蔵技術
 - ・ 定置用水素貯蔵システム
- 3.燃料電池 (コスト低減と耐久性の改良)
 - ・ スタック構成材料 (電解質膜、MEA、触媒、セパレータ)
 - ・ 移動用システム (ターボ圧縮機、補機電源、移動電源ほか)
 - ・ 燃料処理技術 (定置用システム、APUディーゼル油、LPG用)



BPの水素タービン発電所建設計画 (海底油田へCO₂注入固定)

CO₂フリーの大規模水素利用を最初に実現する先端的
実用プロジェクト。BPは今後10カ所程度建設すると
している。

- 米国カリフォルニア州CarsonのBP製油所に
50万kWの水素タービン発電所を建設
- 英国スコットランドのPeterhead発電所に
35万kWの水素タービン発電所を建設

米国の500MW水素タービン発電所

事業者： BP, Edison Mission Gr.
設置場所： カリフォルニア州ロス近郊 Carson
発電設備： 500MW水素タービン (250MW×2)
水素製造： ペトロコーク5,000t/dayをガス化
CO₂処理： CO₂削減年間400万t (車100万台の
排出量相当。Occidentalの油田注入)
運転開始： 2011年 投資額： 10億ドル

設置場所のBP製油所

英国の350MW水素タービン発電所

事業者： BP, Scottish & Southern Energy, Shell, ConocoPhillips
設置場所： Scotland Aberdeenshire, S.S.E Peterhead 発電所
発電設備： 350MW水素タービン (17.5MW×2、メーカー未定)
水素製造： 天然ガス200万m³/day 改質、水素純度99.9%
CO₂処理： CO₂削減年間120万t (車30万台の排出量に相当)
(北海油田に注入し老朽油田の再生を図る)
運転開始： 2010年 投資額： 6億ドル

実用的水素ステーションの開発と実証

■水素ステーションは実証段階を過ぎて導入初期の対応とその後の商業用を意識した型式の開発・実証が行われている。水素供給方式とステーションのコンセプトを徹底した低コスト型にするCHIPプロジェクトが充足。

- ・標準化した極小規模で安価なステーションを建設。
- ・ガソリンスタンド併設型やセルフ充填の無人ステーションを建設。

CA州南岸大気保全局の FIVE CITIES PROJECT

- Ontario, Santa Ana, River Side, Burbank, Santa Monicaの5都市に水素ステーション設置、水素プリウス(プリウス改造)を各都市とSCAQMDへ各5台配車、合計30台を5年間使用。
- 水素ステーション設置予算 (対APCI)
\$3.9M (4.7億円、1カ所0.94億円)、各市は12百万円負担
- 水素プリウス予算 (対QUANTUM)
\$2.16M (2.6億円)、各市は300万円×5台分負担。
- APCIの低コスト型水素ステーション


Ontario	移動用 (APCI, HF-150)
Santa Ana	移動用 (APCI, HF-150)
River Side	PEM水電解 (HOGEN-6M)
Burbank	PEM水電解 (HOGEN-6M)
Santa Monica	PEM水電解 (HOGEN-6M)

(HF-150型 35MPa, 150kg)


Santa Monica 以外は06.1完成。水素は\$4.5/kgで販売予定

CA州 FIVE CITIES PROJECTの水素ステーション


FIVE CITIES 標準の低コスト型水素ステーション



Burbank市の水素ステーション (APCI 製)
(水素製造能力: 12kg/day、蓄圧貯蔵能力: 52kg)
正式オープン: 2006.3.17。将来の増容量を配慮。



6Nm³/h PEM水電解装置
Proton Energy製



35MPa圧縮機

CA州の水素インフラ実用技術実証プロジェクト

米国DOE、CA州SCAQMDが低コストの実用的インフラ技術を実証する新しいHydrogen Infrastructure Project in CAを2005年6月より推進中。APCIほかの企業が協力。


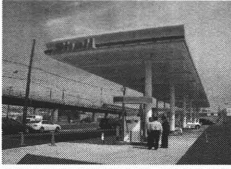

- 目的: 各種水素供給システムの実証 (課題抽出とデータ収集)
- 予算: DOE \$5M (6億円)、企業協力者負担\$5M (6億円)
- 協力: Air Products & Chemicalsが中心。
Shell Hydrogen, UC Irvine, Fuel Cell Energy, BMW, GM, Daimler-Chrysler, Toyota, Nissan, Honda, ConocoPhillips
- 内容:
 - ・新コンセプト液体水配送型2カ所新設
 - ・移動式5カ所とパイプライン式新設
 - ・新コンセプトの高圧水素配送設備
 - ・70MPa水素供給、液体水素配送設備
 - ・遠隔モニタリングシステム




標準パッケージ型ステーション設備

アメリカの商業用水素ステーション


- ロサンゼルス空港ステーション
SCAQMD/DOE, BP/DC/Praxair
水電解式無人ステーション
- ワシントンDCのステーション
DOE, Shell Hydrogen/GM/APCI
液体水素貯蔵式GS併設

12Nm³/h
アルカリ水電解装置



クレジット
カード読取機



液体水素地下タンク(6,370L)

水素エンジン車、燃料電池バス 及び固体高分子形燃料電池の開発

- 燃料電池車の普及が2020年頃と予想してその間のつなぎに水素エンジン車を導入する動きが大きくなりつつある。DOEは静観しているが米国の各州政府はその取り組みを強化し始めた。ベンチャー企業がガソリンエンジンを水素エンジン(HV)に改造。ベンチャー企業は多数あり。
- 各種用途の固体高分子形燃料電池の開発がBallard社で進展しているが、耐久性やコストはまだ目標に達していない。

CA州 FIVE CITIES PROJECTの水素プリウス


- 水素プリウス (35MPa圧縮水素車とOvonics MH搭載車)
プリウスを水素エンジンハイブリッド車に改造。トヨタは無関係。
- QUANTUM社が燃料系、制御系、ターボチャージャー等を改造。
- 水素プリウス運転試験結果

走行性能


	水素搭載	走行距離	燃費
MHタンク車	3.6kg	320km	91km/kg
圧縮水素車	1.6kg	128km	

排気ガス (g/km) CA州のSULEV基準適合

	HC	NOx	CO	CO ₂
水素プリウス	0.0006	0.0088	0.0013	1.000
ガソリンプリウス	0.0025	0.0025	0.241	110.3



Burbank市の水素プリウス



水素プリウス試乗

HYDROGEN PATROL CAR

Hydrogen Labs社はガソリンエンジン車を水素エンジン車に改造。

- 車種: Ford 「Crown Victoria」
- エンジン: 4.6L
ガソリン/水素切替式
- 改造カ所: Injection, Regulator, Computer, 水素タンク
- 走行距離: 水素で100~200km
- 水素搭載量: 350bar
1kg容器6本搭載可能
- オクホマ州警察に30台
2006年秋に納入予定
- CA州と400台の商談中





米国の水素エンジンバスと燃料電池バスの現状


■水素エンジンハイブリッドバス

- ・米国北東部のツアー実施後に Palm Springs SunLine Transit 交通局市バス路線で運行中。
- ・40ftバス、Ford V10-6.8Lエンジン
- ・燃費：6-9km/kgH₂
- ・メーカー：ISE/New Flyer



■燃料電池ハイブリッドバス


- ・AC Transit The HyRoad計画 2005年10月から12月までに3台導入。
- ・40ftバス、UTC 120kW-FC
- ・燃費：11-16km/kgH₂
- ・ISE/Van Hool製



米国の業務用水素エンジン車の現状


■水素エンジンシャトルバス

- ・Florida's H2 Highwayプロ
- ・Ford12人乗り小型バス
- ・Ford V10-6.8Lエンジン
- ・走行距離：240km
- ・オーランド空港へ8台導入
- ・今後CA州で2台ほか各地で使用。(100台製作を計画中)



■水素エンジントラック

- ・米国 ETEC社がガソリンエンジンピックアップトラックを水素エンジン車に改造
- ・原型車：GM 1500HDトラック 6.0L, V8エンジン
- ・走行距離：250km
- ・搭載水素：35MPa、10.5kg




HyFleet : CUTEバスプロジェクト

ヨーロッパ9都市で燃料電池バス27台が走行しているCUTEプロジェクトは後継プロジェクトとしてHyFleet:CUTEを発足。


- 2006年1月からバス走行を1年間延長。
- 水素エンジンバス14台をベルリンの交通局BVGが市バスで運行。

- ・実施期間：2006年1月～2009年9月
- ・2006年6月：200HPバス4台
- ・2007年3月：270HPターボチャージャー/直噴エンジンバス9台
- ・2007年3月：270HPターボチャージャー/直噴エンジンバス1台

燃料電池-APU搭載
MAN製リニアエンジンを使用。
効率44%ピーク、1125NM



MAN 水素エンジンバス



CEPプロと兼用するベルリンBVGの新設ステーション²¹

Ballard社の燃料電池開発状況

- 家庭用燃料電池 (Mark 1030)
 - ・出力：1.32kW DC
 - ・燃料：燃料改質ガス対応 >72% H₂, <10ppm CO
 - ・寸法：430mmL×171mmW×231mmH
 - ・容積：17L、重量：20.5kg
- 自動車用燃料電池 (Mark902)
 - ・出力：85kW DC (284V、300mA)
 - ・燃料：市販水素、圧力1-2bar
 - ・寸法：805mmL×375mmW×250mmH
 - ・容積：75L、重量：96kg
- 移動・定置用小型燃料電池 (Mark9 SSL)
 - ・出力：4、9、14、21kW (Max 300A)
 - ・燃料：圧縮水素、純度99.99%
 - ・寸法、重量：9kWで13.5kg、182mmL×760mmW×70mmH



Mark 1030



Mark 902



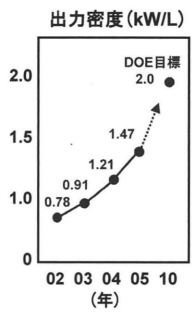
Mark 9 SSL

Source: Ballard資料 2006.3 ²²

Ballard社の自動車用燃料電池開発状況

Ballard社が2006年3月に発表したデータでは自動車用燃料電池スタックの改良は進んでいるがDOEの目標にはまだ達していない。

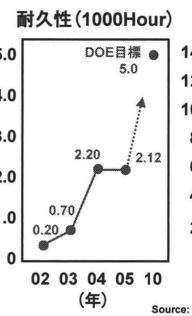
出力密度 (kW/L)



年	02	03	04	05	10
出力密度 (kW/L)	0.78	0.91	1.21	1.47	2.0

DOE目標 2.0

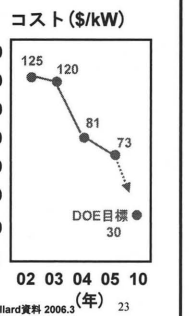
耐久性 (1000Hour)



年	02	03	04	05	10
耐久性 (1000Hour)	0.20	0.70	2.20	2.12	5.0

DOE目標 5.0

コスト (\$/kW)



年	02	03	04	05	10
コスト (\$/kW)	125	120	81	73	30

DOE目標 30

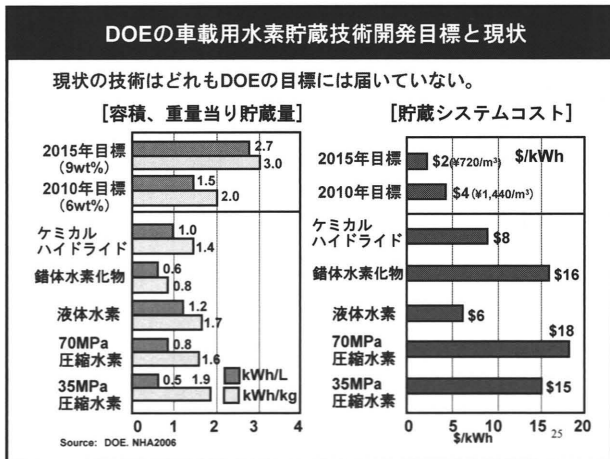
Source: Ballard資料 2006.3 ²³

UTCの燃料電池開発状況

NHA大会でUTCの社長が発表したUTCの燃料電池開発状況

- アルカリ型燃料電池
 - ・スペースシャトルに供給しているが無事故。信頼性は高い。
- 熔融炭酸塩形燃料電池
 - ・商品にするのは難しい。開発は行わない。
- 固体高分子形燃料電池
 - ・通信関係のバックアップ電源が最も有望。全メーカーが注目している。
 - ・自動車用はHyundaiの燃料電池車、AC Transit向けの燃料電池バスやBMWの補助電源用などの実績がある。
- りん酸形燃料電池
 - ・200kW機を250台販売した。6万～7万時間運転している。
 - ・開発を中止。コストが下がらずエンジンに対抗できない。
 - 燃料電池：\$4,000～\$5,200/kW
 - エンジン：\$1,500～\$1,700/kW

24



自動車用水素インフラ構築の動向

燃料電池車の普及に先行してアメリカの各州で水素ハイウエーの構築を始めている。同様の動きはヨーロッパでも起きている。
(水素ステーションの建設には補助金を支給)

カリフォルニア州の水素ステーション

■南岸大気保全局 (SCAQMD) Project			■その他のプロジェクト		
Irvine (UCI)	CH ₂ 輸送	04. 3	Palm Spr.	電解、改質	00.4
Diamond Bar	AL水電解	04. 4	Sacramento	液水輸送	00.11
LAX airport	AL水電解	04. 11	Richmond	AL水電解	02.10
Ontario	Mobil	06. 1	UC-Davis	液水輸送	04.4
Santa Ana	Mobil	06. 1	Chino	天然ガス改質	05.2
River Side	PEM水電解	06. 1	Oakland	天然ガス改質	05.8
Burbank	PEM水電解	06. 1			
Santa Monica	PEM水電解	06. 3			
Huntington B	Mobil	06.			
Torrance	H ₂ pipeline	06.			
CSULA	PEM水電解	計画			
UCLA	天然ガス改質	計画			

青字は Five City Project。自動車会社の自家用ステーションは除く。

カリフォルニア州水素ハイウエーネットワーク

Schwarzenegger 知事がCA州のHydrogen Highway Network (CaH2Net) 構想を2004.4に発表し2005.3月に最終計画完成。

■水素ステーションと車両導入目標

Phase	水素ステーション数	普通車	大型車
Ph.1 (2010年)	50~100 (大都市中心)	2,000	10
Ph.2, Ph.3	250	20,000	300

■環境目標と導入支援

- 温室効果ガス削減：2010年、30%
- 各ステーションでは水素の20%は再生可能エネルギーで製造する。
- ステーション補助金：\$1.25M
- 燃料電池車1台の補助金：\$10,000

推進担当：Cal/EPA (州環境局)

カリフォルニア水素ハイウエー計画の進捗状況

2005年3月に作成した計画を推進中。2007年1月までの予算は\$6.5M (約7.5億円)。

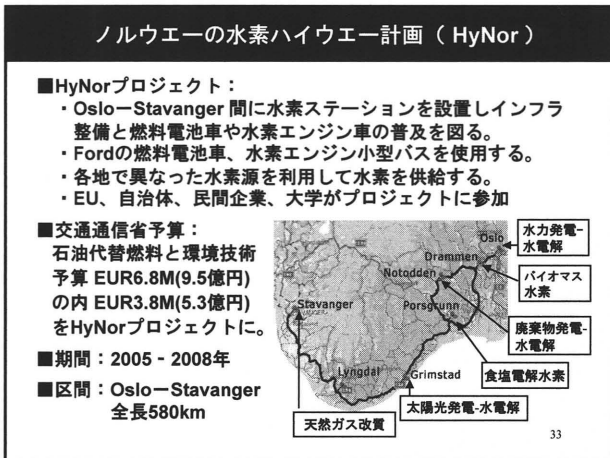
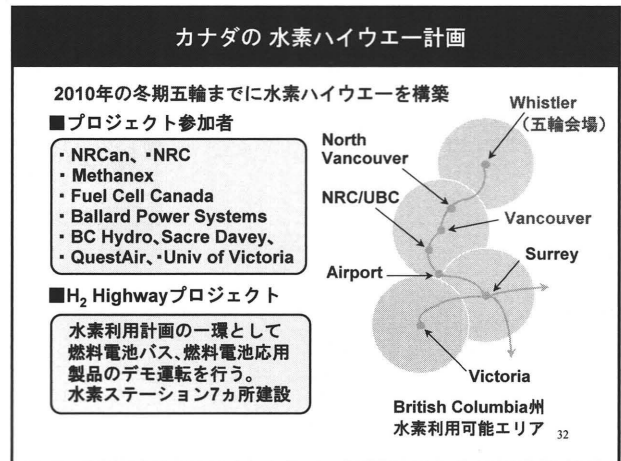
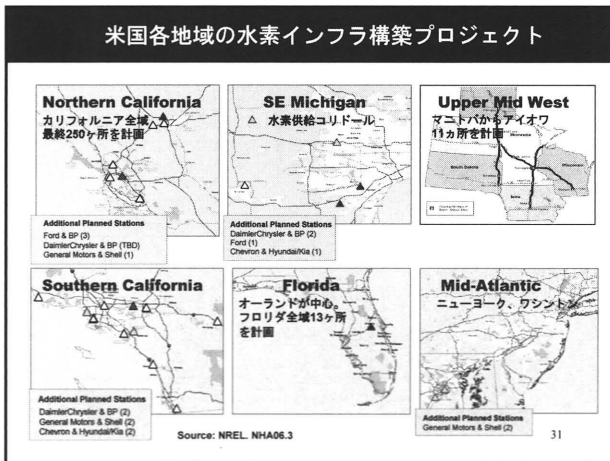
- 第1号ステーションをUC-DAVIS (04.4完成) と認定。
- 新水素ステーションを3カ所設置する。
補助金：1ヶ所\$1.25M (約1.5億円)
- 州政府が水素自動車12台をリースするほか2台の水素エンジンシャトルバスを購入する。
- 環境目標の達成に努力する。
- 水素燃料仕様決定：水素エンジン車用と燃料電池車用
- 一般市民への公告、公聴会の実施
- 総責任者のCA州環境庁長官Dr. Alan Lloydが2月末引退

海外の水素インフラ網構築の動向

海外では自動車用水素インフラ網構築の動きが活発である。州政府など公的機関と産業界が建設費を負担する。

カナダ	H ₂ Highway。バンクーバー、ウイスラー間
カナダ	H ₂ Highway 2。モントリオール、ウインザー間 900km
アメリカ	SCAQMD。カリフォルニアに14ヶ所建設
アメリカ	H ₂ Highway Network。カリフォルニア州全域 250ヶ所
アメリカ	Northern H ₂ Network。マニトバ、アイオワ間 200km
アメリカ	Illinois H ₂ Highway。イリノイ州
アメリカ	Hi Way Initiative。ニューヨーク
アメリカ	Florida H2 Initiative 13ヶ所。フロリダ州/DOE/BP/Ford
アメリカ	Michigan H ₂ Highway。ミシガン州/DOE/GM/Ford/DC
ノルウェー	HyNor。オスロからスタバンガー間 580km

この他にも欧米では水素ハイウエー構想が検討されている。



海外石油会社の水素ステーション建設への協力

BP	Shell Hydrogen	Chevron Texaco
[水素プロジェクト] CA-FC-P, CUTE, DOE Singapore, Munich, Berlin, Perth, Beijing	[水素プロジェクト] ECTOS, CUTE, JHFC, Washington DC/GM New York DOE/GM	[水素プロジェクト] CA-FC-P, UC-Davis, DOE, Houston A.RC, DOE/Hyundai/UTC
[水素ステーション] • Munich AP.(Aral) • Barcelona (Linde) • London (BOC) • Port (Linde) • Stuttgart (Mahler) • Hamburg (Norsk H) • Singapore (APCI) • Perth (Linde) • LAX AP. (Praxair) • Berlin (Aral) • Ontario(APCI) その他	[水素ステーション] • Amsterdam (Hoek) • Luxembourg (Air L.) • Ariake (Iwatani) • Iceland (Norsk Hyd) • Washington DC • New York その他	[水素ステーション] • UC-Davis • Chino CA (Hyundai) • AC Transit • S.C.A. Edison (計画) • Houston (計画) その他
石油会社やステーションの製作会社は建設費の50%以上を負担して、州政府やDOE、EC委員会とインフラ作りに協力している。		

まとめ: 水素社会構築で参考にすべき米国の対応

■米国で実施されている短期課題への現実的対応と長期課題への対応のバランスの取れた研究開発の進め方が参考になる。
(短期には技術の理想を追わず現有技術を活用して商用技術を育成し水素の実用化を早める現実的対応と、長期的視野に立つ研究開発を推進。)

■米国で実施されている水素利用への現実的対応

- インフラは州政府が主導し産業界の資金協力により構築。
- 投資の削減と水素コスト低減をする導入初期対応策を推進。
(新水素供給/充填コンセプト、機器設計の簡素化・標準化)
- 燃料電池車導入までのつなぎとして水素エンジン車及び水素HV車を導入し水素の導入を促進、水素導入量を増大。
- 既存技術で水素タービン発電を短期に実用化。水素の大量利用とCO₂削減を先導。