

第 132 回定例研究会 資料 I

水素エネルギー協会第132回研究会

「WHEC概要と水素利用技術の動向」

第18回 WHEC (世界水素エネルギー会議) 報告

(2010.5.16~21.ドイツNRW州エッセン)

2010.9.10



エッセンの
炭鉱遺跡



会場

HESS顧問、九州大学工学府大学院 岡野一清

ESSEN の会場とWHEC 2010の概要

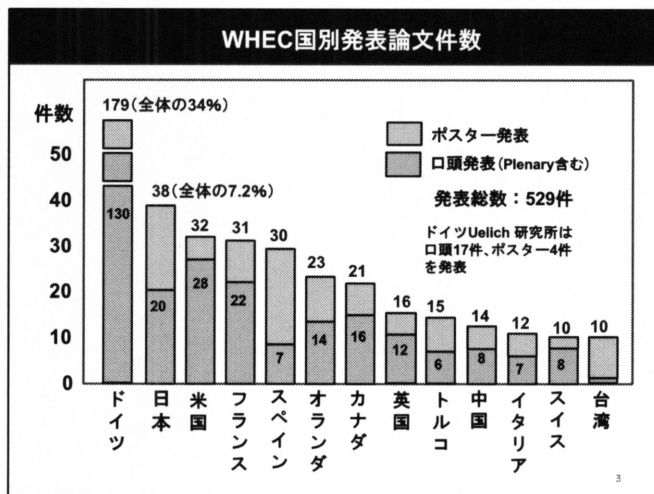


会場の建物 (Messe Essen西館)



受付カウンター

- 会場：ドイツNRW州エッセン市見本市会場 (Messe Essen)
- 参加者：49カ国 1,200人
- 発表論文総数：529件
- 展示会出展者：146
- 燃料電池車試乗会
- ・口頭発表：339件 (プレナリー講演含む)
- ・燃料電池車16台 (9社)
- ・燃料電池バス6台 (5社)
- ・ポスター発表：190件
- 移動用水素ステーション2台 (試乗車への水素充填用)



全体会議場とポスター会場



IAHE会長 Dr.Veziroglu



プレナリー講演



NEDOとNOWの協力協定調印式



ポスター発表会場

IPHE AWARDとIAHE AWARDの表彰

2010 IPHE AWARD受賞者

日本	産総研) 秋葉悦男 -水素貯蔵材料の研究
日本	福岡水素エネルギー戦略会議 -地域における水素普及活動
中国	FCバス開発のリーダー
ロシア	Kurchatov) Y.I.Shtrombakh
ドイツ	H2 Mobility (水素インフラ構築)

2010 IAHE AWARD受賞者

Jules Verne Award	Dr. C.E (Sandy Thomas)
Rudolf A Elen Award	Dr. Andreas Ziolk
Sir William Grove Award	Mazda Motor Corporation
Fellow Award	Bockrisなど 功労者合計12名



福岡代表九大佐々木教授と産総研秋葉氏



マツダ代表森本賢治氏

世界の現状と将来に向けての動き

1.世界の現状 (DOEの発表)

- 本格普及を始めた燃料電池
 - ・バックアップ電源、フォークリフト、移動電源、APU
 - ・現在までの出荷台数75,000台、2009年24,000台
- 燃料電池車両と水素ステーション数
 - ・燃料電池車230台、バス120台、水素ステーション200カ所

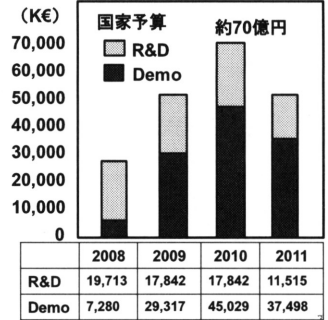
2.世界の動き

- 各国は水素・燃料電池の研究開発から市場導入に軸足を移す。
- デモプロジェクトが技術実証から市場導入準備へと変化し始め、FCV、FCバス導入とインフラ構築を進めている。
- EC委員会はデモ予算を全体の41-46% (R&D予算31-35%)
ドイツはデモ予算を全体の72% (R&D予算28%) に増大。
- 水素ステーションは再生可能エネルギー利用の志向が強い。
- 米国は市場創出、商品化支援策を経済再生法の中で実施。

ドイツのNIP PROGRAM

ドイツの水素・燃料電池開発は国のNIP Programの中で実施。

- NIP (National Innovation Program, H2 and FC Technology)
- 国の推進組織: NOW (Nationale Organization Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie)
- 期間: 2007年~2016年
- 予算: 1.4B€ (約1600億円)
50%は産業界負担
- 目的: 水素・燃料電池の市場導入促進と関連R&D推進
- 主要プロジェクト
 - ・CEP: FCVデモプロジェクト
 - ・水素インフラ: H2 Mobility
 - ・Callux家庭用燃料電池実証
 - ・バイオガス利用MCFC
 - ・船舶への燃料電池利用
 - ・バックアップ電源、移動用



アメリカの水素・燃料電池導入支援政策

■オバマ政権による政策

The American Recovery & Reinvestment Act (経済再生法、09.2.17承認)の中に水素・燃料電池の普及支援策が折り込まれている。

- ・Tax credit 適用拡大
- ・各省庁関係の省エネ予算配分大
- ・燃料電池製造企業支援プロジェクト (ベンチャー12社に\$40Mを配分)
- ・政府で燃料電池を購入し市場を創出
- ・2011年度要求予算: \$137M



■新政策によるTax Credits の適用拡大の例

水素燃料供給設備のTax Credit	従来設備価格の30%か、\$30,000の少ない方であったものを30%か、\$200,000に増額
製造設備のTax Credit	設備投資に対する30%のTax Creditを新設

従来からの燃料電池に対するTax Creditは2016年まで継続で、事業目的の場合、価格の30%か\$3,000/kWの金額が少ない方。フォークリフト等にも適用される。

出典: DOE

欧州の水素・燃料電池市場導入推進政策

EC委員会が水素・燃料電池の市場導入を目標として研究開発、デモを推進する官民共同の組織、FCH JU (FCH Joint Undertaking) を設立。



- ECの2008-2013年の予算総額: 450M€ (約517億円/6年間)
- FCH JUの支援Project

1) デモンストレーション 2) 燃料電池応用製品導入

- ・HyFleet CUTE: (FCバス)
- ・Zero Regio: (FCVと水素ST)
- ・Hychain: (FC小型移動体)
- ・Zemship: (FC遊覧船)
- ・CEP: (FCV, ICEと水素ST)
- ・HyNor: (水素車両とハイウエー)
- ・H2 Moves Scandinavia (オスロ)
- ・Clean Hydrogen in European Cities (CHIC): (FCバスと水素ST)

- ・フォークリフト >40
- ・FC郵便車 >10
- ・バックアップ電源 >19
- 予算: €26.8M



出典: WHEC2010 EC発表資料より

中国のグリーンエネルギーと水素・燃料電池開発政策

■グリーンエネルギー開発

- ・太陽光発電: 310MW 世界1位
- ・風力発電: 2.5GW 世界2位
- ・水力発電: 1970GW
- ・バイオガス利用: 世界1位



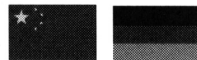
■水素・燃料電池技術開発

中期科学技術振興計画のエネルギー分野重要7技術の中に水素・燃料電池技術を指定

- ・期間: 2006年~2020年
- ・対象技術: 燃料電池、FCV、FCバス、水素製造、貯蔵

■ドイツ政府 (BMVBS) と中国政府 (MOST) の技術交流協定

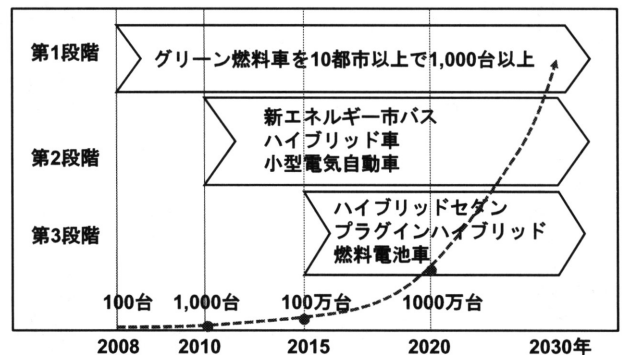
- German-Chinese Sustainable Fuel Partnership (GCSFP)
- ・最初の協定は2003年に調印され、現在活動が活発化している。
- ・技術分野ごとにワークショップ会議を開催中。
- 水素製造、輸送・貯蔵、ステーション、PEFC、バッテリー、FCVの製造、水素供給、リサイクル、FCVの利用、水素関連の法規制、国際標準など



出典: WHEC2010 中国政府発表より
WHEC2010 GCSFPの発表より

10

中国の次世代自動車導入ロードマップ



出典: WHEC2010 中国科学技術省 Dr. G. Wan発表資料より

11

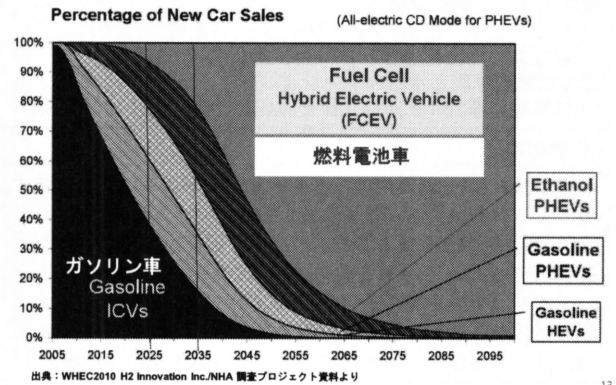
燃料電池車の最新動向

- 現状：世界で燃料電池車が230台走行中。2015年までには1000台レベルに増加する。
- 世界の自動車会社が2015年からの市場導入を共同発表。2009年の市場導入の共同発表を受けて、水素インフラ構築や燃料電池車導入の動きが活発化した。
- トヨタが2015年に5万ドルの燃料電池車を発売すると5月に米国で報道され、世界に大きい期待と衝撃を与えた。
- 燃料電池車導入計画の動き
 - ・カリフォルニア州CAFCPは、2015年に4,200台、2018年に54,300台を導入する計画を発表
 - ・欧州の各デモプロジェクトが導入車両数を大幅に増大
ドイツCEP:17台から99台。北欧3国:26台から500台に
 - ・Hyundai/KIAは2014年1,000台、2015年10,000台の生産を発表。

12

燃料電池車の長期新車販売予測

全米水素協会(NHA)の調査プロジェクトによる新車販売シェア



13

燃料電池バスの最新動向

燃料電池バスを導入する都市や、燃料電池バス製造会社が急速に増加する傾向にある。

- 現在の燃料電池バスの状況：世界で130台が運行中。欧州12都市で36台、カナダで20台のほか各国で運行中
- バス製造会社が増加：米国、カナダ、ドイツ、オランダ、ベルギー、日本、韓国、中国、ブラジルの12社で製造可能に。
- バス価格の低下：3億円から1億円台に低下。燃料電池容量を1/3以下にしてコスト低減を図る動きが出てきた。
- 燃料電池バス導入計画が進む
 - ・ハンブルグ交通局が20台発注
 - ・米国は3都市から10都市へ
 - ・米国AC Transitは2010年12台導入
 - ・CA州で2017年150台を計画
 - ・北欧3国は2015年にバス100台導入
 - ・韓国、中国、ブラジルで導入を計画中



14

燃料電池の最新動向

1. 固体高分子形燃料電池の世界の出荷台数：75,000台
2009年出荷台数：24,000台（対2008年40%増し）
用途：通信施設用バックアップ電源、燃料電池フォークリフト
移動用電源（レジャー用、軍用）
2. 急速に普及するバッテリー代替純水素燃料電池
 - 通信施設用バックアップ電源（1kW～50kW）
水素ボンベ使用、長時間停電対応が可能
 - 燃料電池フォークリフト（2.5～10kW級FC）
屋内物流センターで24時間稼働
屋内ステーションでの水素の充填は5分
3. 移動用電源（DMFC）（数W～7kW級）
欧州、米国でレジャーや軍用の市場で急速に普及
メタノール燃料の小容量移動用電源
DMFCの総販売量は18,000台。



15

バックアップ電源用燃料電池の現状

- バックアップ電源の用途と仕様
通信施設、携帯電話施設、データセンター用無停電電源

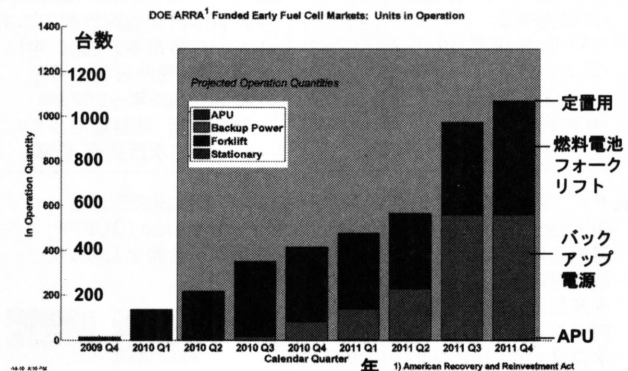
通信施設	0.3～15kW	純水素、メタノール
データセンター	10～50kW	純水素



- バックアップ電源用燃料電池が売れる理由
 - ・FCは長寿命
 - ・水素の補給で長時間停電に対応可
 - ・設備、保守、運転の総経費がバッテリーと同等以下
- 主要メーカー
米国：Relion, IdaTech/Ballard, UTC power, Altery
カナダ：Hydrogenics オランダ：Bredenoord
ドイツ：Proton Motor
- 市場規模
 - ・米国：\$4.2B(4,200億円)
 - ・欧州：2015年まで20,000台/年。200M€(240億円)/年
 - ・印度：大規模市場、IdaTechは3万台受注、600台納入済

16

米国で運転中の燃料電池台数



17

ドイツの家庭用燃料電池Calluxプロジェクト

ドイツ政府はNIP (German National Hydrogen and Fuel Cell Technology Innovation programme) 中のCalluxプロジェクトで家庭用燃料電池の実証試験を2008年から実施している。

- 燃料電池：1kW PEFC, 1kW SOFC
- 期間：Ph.1 2008-2011, Ph.2：2010-2013, Ph.3：2012-2015
- 予算：国が€41M (約45億円), 民間が€45M
- 参加者：
 - ・エネルギー会社：EnBW, E.ON Ruhrgas, MVV Energy, VNG
 - ・燃料電池メーカー：SOFC Hexis, Vaillant
PEFC Baxi Innotech

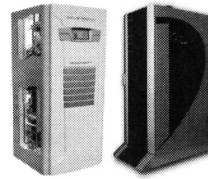
Baxi InnotechはBallardと3年契約で燃料電池スタックの供給を受ける。Ballardは荏原向けに開発して日本で実績のある1kWスタック (Fcgen(TM)-1030) を供給する。

出典：WHEC2010 Callux Projectの発表より

18

ドイツの家庭用燃料電池

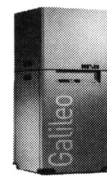
1kW PEFC



燃料電池本体 給湯機

BAXI INNOTECH
別置給湯機RBZ製1.7kW
電気出力：1kW
発電効率 (NCV)：32%
外形寸法：600x600x1,600
重量：230kg
1kWFCスタックはBallard製

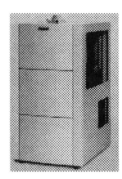
1kW SOFC



燃料電池本体

HEXIS, Gaileo
給湯機は別置き
発電効率：30%
電気出力：1kW
熱出力：2kW
重量：170kg

1kW SOFC



燃料電池本体

Vaillant
給湯機は別置き
発電効率：>30%
電気出力：1kW
熱出力：2kW
重量：150kg

出典：WHEC2010各社資料から作成

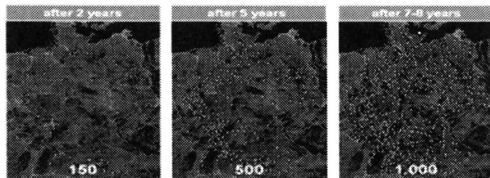
19

ドイツの水素インフラ整備推進計画

- 2009年、推進組織H2-Mobilityを設立
- 参加者：NOW (政府組織)
Daimler, Linde, EnBW, OMV, VATTENFALL, TOTAL, SHELL
- 水素ステーション建設計画
Ph.1：事業計画立案 Ph.2：建設
・2年後150カ所、5年後500カ所
・7~8年後1,000カ所



出典：WHEC2010 Daimlerの発表より



出典：WHEC2010 Air Liquidの発表より

20

スカンジナビヤ水素ハイウェイPARTNERSHIP (SHHP)

北欧3国の水素ハイウェイ計画は順調に進みSTが8カ所完成。



- SHHPの2015年目標**
- ・水素ステーション：15
 - ・サテライト水素ST：30
 - ・FCバス導入：100台
 - ・FCV導入：500台
 - ・FC特殊車導入：500台

出典：WHEC2010での情報より作成

21

ドイツのCEPプロジェクトの進展

- 2004年から燃料電池車、エンジン車17台をベルリンで走行
- 2010年99台に増車
Daimler 60台, OPEL10台, BMW13台, トヨタ5台ほか
- 水素ステーションの増設計画
現在2カ所+9カ所+α
- Berlinの水素ステーション
 - ・Spandau (2006.3)
 - ・Holzmarkt Str. (2010.5)
 - ・Southern Berlin (2011)
 - ・Heide Str. (2012)
 - ・Airport Berlin (2012)
- Berlin-Hamburgの間
 - ・Stolpe (2012)
- Hamburgの水素ステーション
 - ・Hafen City (2012)
 - ・4カ所(2011-2013)
- H2 Mobilityでさらに増設
- 2016年までに再生可能エネルギー水素を50%とする。



Holzmarkt Str. TOTAL 新Station

- ・太陽・風力・水電解 (Stadtoll製高圧アルカリ水電解)
- ・液体水素貯蔵

22

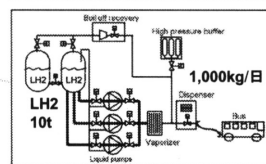
バス用大型ステーションの建設

バス運行用大型水素ステーションが建設され始めた。

カナダ Whistler (2009)



ドイツ Hamburg (2011)



出典：WHEC2010 Air Liquidの発表より

- ・水電解装置 60Nm³/h × 3台 (14.8kg/h)
- ・副生水素輸送、供給能力：710kg/日
- ・Ionic圧縮機2台使用
- ・運行車両：
 - Ph.1(2011年)：FCバス10台, FCV20台
 - Ph.2(2013年)：FCバス20台, FCV40台
- ・プロジェクト予算：7.5M€

出典：WHEC2010 Vattenfallの発表より

23

ドイツの水素製造の戦略

風力発電 2030年に2倍の52GW。最重要再生可能エネルギー

- 課題1. Key技術はMW級水電解装置。効率向上とコスト低減が必要。
- 課題2. 電力を水素に変換して出力の変動を平準化する
- 課題3. 地下の岩塩層への大量貯蔵



石炭ガス化 埋蔵量の多い石炭を利用

課題：石炭ガス化、IGCC/CCS技術の開発と効率向上及びコスト低減



バイオマス 国内の木材資源を利用

課題：ガス化、改質装置の大容量化とデモプラントによる実証運転



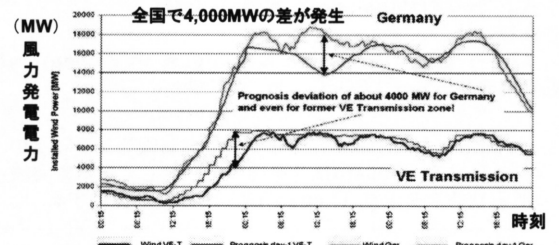
出典：WHEC2010 NOWの発表資料より

24

風力発電量の変動と余剰電力

欧州北部の電力会社である Vattenfall社の水素に対する見解

風力発電の課題(古い思想)：周波数と電圧の安定化
 新しい課題：エネルギー貯蔵と適時利用、電力と熱の利用。
 新ビジネス：その課題は電力の水素への変換で解決可能。
 水素の製造・貯蔵は電力会社の新ビジネスになる。



出典：WHEC2010 Vattenfallの発表より

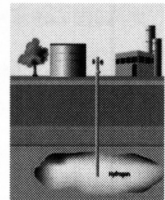
25

風力・水素の大量地下貯蔵

ドイツは風力/水素の大量貯蔵方法として、地下の岩塩層に液体掘削法で作るドーム(Cavern)に圧縮水素を貯蔵することを計画。岩塩層はドイツ北部に広範に分布する。

■水素の貯蔵

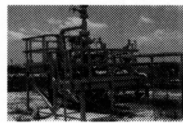
- ・1ヶ所の貯蔵量:50万~80万^{m³}
- ・圧力: 210~70 bar
- ・深さ: 300-2000m
- ・岩塩層は掘削容易でシール性が高い



岩塩層の水素貯蔵概念図
 出典：WHEC2010 Air Liquid

■高圧ガスの岩塩層貯蔵実績

- ・英国ICIは工業用水素を3カ所貯蔵 Teesside, Yorkshire, Manchester
- ・米国PraxairはTEXASで岩塩層に天然ガスを貯蔵



貯蔵ドームのヘッド

出典：WHEC2008 LBST発表資料より

26

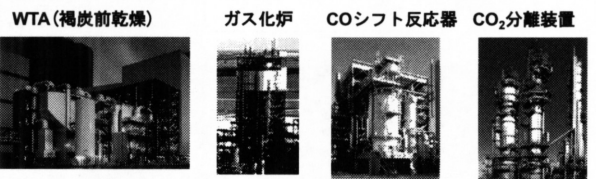
石炭ガス化とCCS技術の開発と課題

ドイツ第2位の電力・ガス会社RWEは、埋蔵量350年分(350億トン)の褐炭の炭鉱を所有し、褐炭を利用するガス化/CCS技術を研究中。

■1トンの褐炭/CCSで生産できるエネルギー

発電量：0.86MWh 水素：580Nm³ メタン：270kg
 メタノール：140L

■石炭ガス化の効率向上のためWTA(褐炭の前乾燥技術)を開発し、最終的には450MW IGCC/CCSプラントを開発する。



■CCS技術の課題：効率、コスト

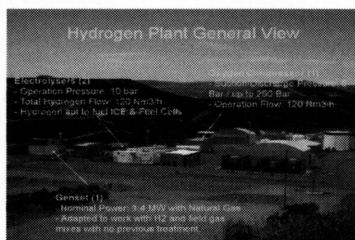
27

パタゴニア風力・水素実証プロジェクト

Large Scale Clean Hydrogen Production in Patagonia Argentina Pilot Project

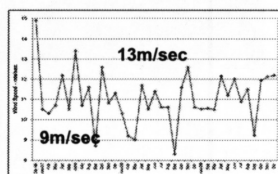
石油と発電会社Capex Argentine Group, CAPSA の子会社の Hychico がChubut 州で風力・水素実証プラントを2009年1月から運転中。

実証プラント設置場所



出典：WHEC2010 Hychico発表資料より

平均風速



2006.12-2009.12の3年間
 月別平均風速：11m/sec
 最大風速：14.9m/sec

28

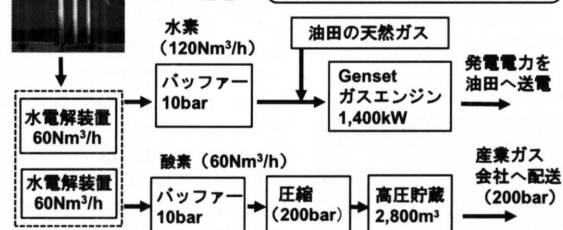
パタゴニアの風力・水素実証システム



Wind Park 6,300kWのうち水電解装置へ800kW送電

■風力・水素利用システム

水電解水素と天然ガスを混合して、ガスエンジンへ供給し発電する。酸素は外販する。



出典：WHEC2010 Hychico発表資料より

29

■第19回 WHEC 2012

2012年6月3日~7日 カナダ・トロント

■第20回 WHEC 2014. 韓国・光州