

水素エネルギー社会の実現に向けた九州大学の取り組み

佐々木一成

(電子メール: sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp)
(研究室HP: http://www.mech.kyushu-u.ac.jp/lab/ki06/)

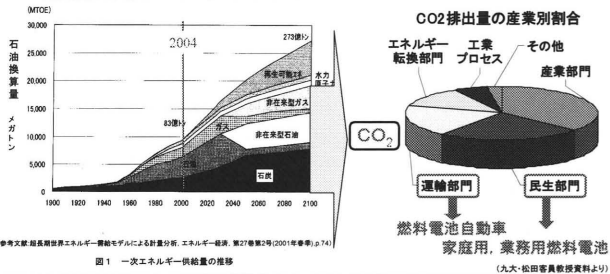
九州大学・大学院工学研究院
九州大学・水素利用技術研究センター(センター長・教授)
産業技術総合研究所・水素材料先端科学研究センター(副センター長)

水素エネルギー協会・第119回定例研究会
九州大学伊都キャンパス
2006年10月20日

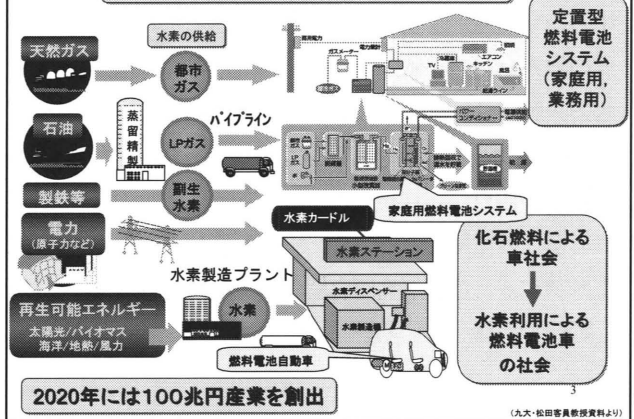
1

なぜ、今、「水素社会」の実現が求められているのか

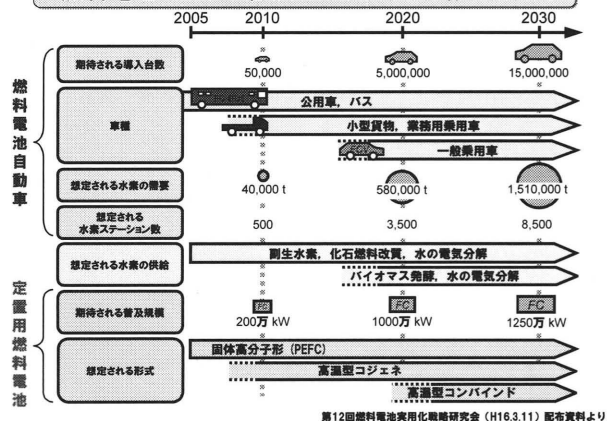
- 地球環境問題、CO₂による地球温暖化、京都議定書に基づきCO₂排出量を1990年レベルから6%の削減、CO₂排出のものは「石油・石炭を中心とする化石燃料」
- 代替燃料としての「水素」、2H₂+O₂→2H₂O+電気、環境に優しい
- 化石燃料の枯渇、多様なエネルギーの活用、再生可能エネルギー源(太陽光・風力など)、化石燃料に支えられた文明社会から「水素利用による燃料電池自動車」や「定置型燃料電池システム」の水素利用社会へ



近未来を支える水素利用社会とは



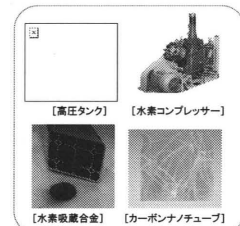
燃料電池システム普及のシナリオ(政府の計画)



水素エネルギー社会の実現に向けた水素技術の課題

1. 水素関連技術の開発

- 水素の製造・流通技術
 - 安全性・経済性の向上を図る技術開発(水素安全対策技術、水素関連機器等の開発)
 - 基準・標準の整備、規制の再点検
- 水素の貯蔵技術
 - 安全かつ経済的な水素貯蔵技術の開発(高圧タンク、水素吸蔵合金、カーボンナノチューブ、ケミカルハイドライド、液体水素)
 - 基準・標準の整備、規制の再点検



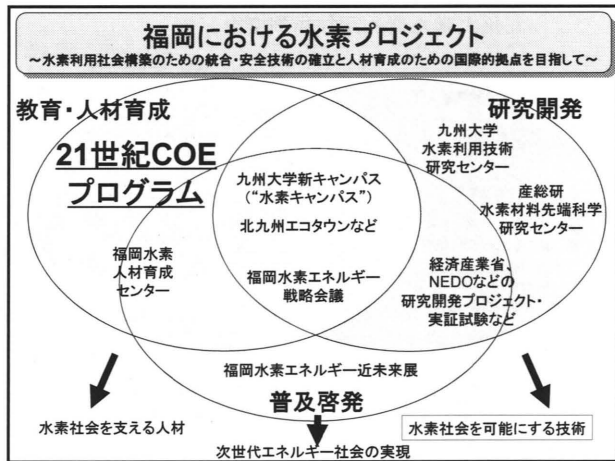
2. エネルギーインフラの整備

- 燃料電池自動車の開発状況、水素関連技術開発の進展状況、既存の産業・エネルギー施設の活用などを総合的に評価しつつ、必要なインフラを段階的、計画的に整備

3. 社会的課題

- 水素の安全性に対する理解の促進(社会的受容性の拡大)
- 水素に係る専門技術者等の育成(人材不足への対応)

5



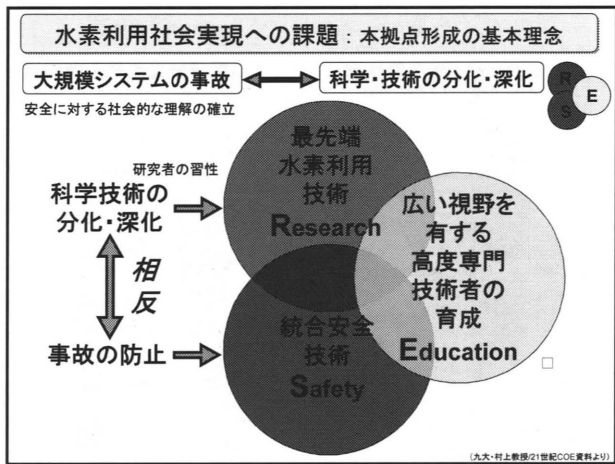
21世紀COEプログラム

水素利用機械システムの統合技術

Integration Technology of Mechanical Systems for Hydrogen Utilization

九州大学工学府機械科学専攻
拠点リーダー 村上敬宜 教授 (現副学長)
サブリーダー 城戸裕之 教授
(平成18年度より高田保之教授)

7



統合技術博士コースとは

- 博士論文の研究テーマに加えて、水素利用機械システムまたは統合安全技術に関わる研究を実施 (若手研究者プロジェクト)
- 統合技術プログラム (インターンシップ、統合技術会議、特別講義...)

→ 統合技術を身につけた広い視野を有する博士の育成

必修・選択	科目	単位
必修	統合技術研究報告	2
必修	産学連携インターンシップ	2
選択	統合技術セミナー	2
選択	国際連携インターンシップ	2
選択	統合技術特別講義	2

(九大・村上敬宜(21世紀COE資料より))

事業推進担当者(平成18年度)

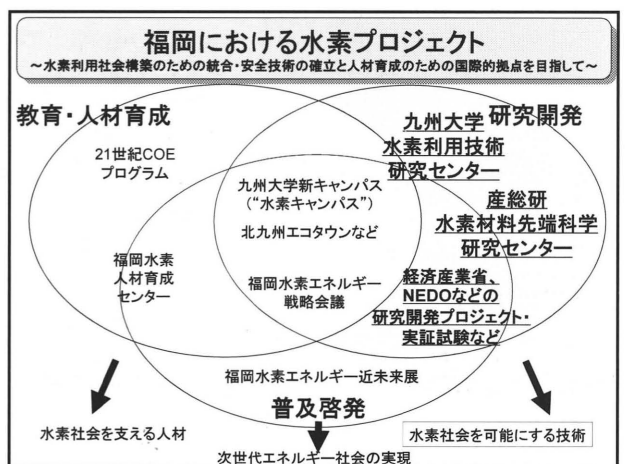
拠点リーダー		
氏名	所属部局・職名	現在の専門
村上 敬宜	副学長	材料強度学

水素利用技術コロボ		
氏名	所属部局・職名	現在の専門
許斐 啓明	工学研究院・教授	燃料電池システム
森 英夫	工学研究院・教授	熱工学
北川 敬明	工学研究院・教授	反応性ガス力学
佐々木 一成	工学研究院・教授	燃料電池材料
伊藤 衡平	工学研究院・助教授	熱工学

安全評価技術コロボ		
氏名	所属部局・職名	現在の専門
山本 雄二	工学研究院・教授	設計工学
末岡 博男	工学研究院・教授	機械力学
古川 明徳	工学研究院・教授	流体力学
高木 龍雄	工学研究院・教授	構造材料工学
近藤 良之	工学研究院・教授	材料力学
井上 雅弘	工学研究院・助教授	安全工学
野口 博司	工学研究院・教授	固体力学
杉村 丈一	工学研究院・教授	トライボロジー
堀本 信哉	工学研究院・助教授	機械力学

水素供給技術コロボ		
氏名	所属部局・職名	現在の専門
松宮 輝	工学研究院・教授	流体力学
鬼塚 宏毅	工学研究院・教授	機械加工
清水 正賢	工学研究院・教授	物質プロセス制御
大屋 裕二	応用力学研究所・教授	風工学
高田 保之	工学研究院・教授	熱工学
古川 雅人	工学研究院・教授	流体力学
北川 宏	理学研究院・教授	無機化学

10
(九大・村上敬宜(21世紀COE資料より))



水素利用技術に関する九州大学の主な取組

文部科学省21世紀COEプログラム ●水素利用機械システムの統合技術 水素利用機械(燃料電池、水素ステーション等)システムにおける繋ぎ部での安全システムの研究と教育
福岡水素エネルギー戦略会議 ●水素利用社会実現に向けた産官学の連携研究
九州経済局「地域新生コンソーシアム研究開発事業」 ●炭素繊維強化超高压水素タンクおよび同製造方法の開発(平成15年度～平成16年度) ●コンプレッサーレスの高圧水電解水素ステーションの開発(平成16年度～平成18年度)
経済産業省(NEDO事業) ●水素安全技術開発 水素用材料の基礎物性の研究開発 ●革新的水素利用技術開発 超音波を利用した水素検出手法の研究 ●固体酸化物燃料電池システム技術開発 高温型燃料電池の長寿命化
福岡県水素利用技術研究開発特区 ●超高压ガスの実験を実施できる研究開発拠点
水素キャンパス構想 ●水素利用技術研究センターを中核とした研究、実証活動
大型プロジェクトの獲得 ●文部科学省、科学技術推進機構、NEDO、地域新生コンソーシアム 等

(九州大学水素利用技術研究センター資料より)

九州大学水素利用技術研究センター

県、市、企業の応援

将来エネルギー需給見通し

エネルギー需給の逼迫
環境問題、CO₂増加

↓

水素エネルギー社会

水素に関する九大の取り組み

21世紀COE研究拠点
「水素利用機械システムの統合技術」

↓

世界に誇る九大の研究成果

- ①水素雰囲気下の金属疲労
- ② 摩擦・摩耗特性
- ③水素選択拡散効果
- ④ダクト状空間のガス拡散
- ⑤風シブ方式風力発電
- ⑥燃料電池性能向上

九州大学水素利用技術研究センター

水素キャンパス

学術研究成果

日本における水素利用技術と統合・安全技術の継続的学術研究拠点

- ①安全な水素社会のための学術寄与
- ①金属疲労強度の明確化と強度向上
- ②閉空間漏洩水素の安全対処措置
- ③統合技術シミュレーションによる安全評価

②燃料電池性能向上

③. 技術者の育成・教育

(九州大学水素利用技術研究センター資料より)

研究インフラ(例)

超高分解能走査電子顕微鏡 (FESEM-STEM-EDX)

燃料電池実験室

燃料電池研究装置類(佐々木研究室)

- 燃料電池材料調製用機器類 (粉体調製用機器類、高温電気炉、雰囲気制御炉等)
- 燃料電池セル作製用装置類 (自動製膜装置類、全自動ホットプレス、真空装置など)
- 燃料電池性能評価システム (PEFC/DMFC/SOFC用、計18台)
- 電気化学測定装置類 (インピーダンス測定システム、CV、自動電極測定装置など)
- 各種顕微鏡 (高分解能FESEM-STEM-EDX、AFM-STMなど)
- 材料分析装置類 (高性能XRD、DTA-TG-MS、BET・細孔分布測定装置など)
- ガス分析装置類 (GC、GC-MS、自動GCなど)
- 燃料電池実用ガス供給・管理システム
- 材料・動力学関係データベース、各種シミュレーションソフトウェア

燃料電池性能評価システム(計18台専用)

研究インフラ(例)

1300kV Ωフィルタ電子顕微鏡

最高加速電圧：1300 kV(常用1200kV)
分解能：0.12 nm(粒子像)

- ・高分解能像観察
- ・ナノ領域分析
- ・厚い試料の観察

⇒サブナノ領域の超高分解能観察

超高压電子顕微鏡

最高加速電圧：200kV
分解能：0.23 nm(粒子像)

- ・元素マッピング、元素分析、状態分析
- ・厚い試料の観察
- ・明確な回折図形の観察

⇒経元素分析(例えば燃料電池触媒種の同定など)

15

水素供給コラボ 燃料電池車用超高压水素タンク製造装置の開発

九州大学 大学院工学研究院 知能機械システム部門

教授 鬼塚 宏 092-642-3451 onikura@mech.kyushu-u.ac.jp

講師 大西 修 092-642-3452 ohnishi@mech.kyushu-u.ac.jp

助手 佐島 隆生 092-642-3453 sajima@mech.kyushu-u.ac.jp

次世代のエネルギーインフラとして期待されている水素の貯蔵を目的とした、炭素繊維強化超高压水素タンクを開発している。燃料電池車の航続距離増加に寄与するため、高圧においても安全で信頼性の高いタンクの製造方法を目指している。そのため、本研究では、繊維張力の制御および繊維の巻き付けと同時に樹脂を硬化させる等のタンク製造法を提案しており、タンクCFRP層の応力分布を均一化することで強度向上を図っている。

バースト試験

従来タンクと比較して139%の強度を達成(141MPa)

H15年度に製造装置の設計・開発を行い、H16年度に様々な層構成を実現する繊維巻き付けプログラムの開発、タンクの試作と強度試験を行った。結果、強度の向上、層間ボイドの減少など、信頼性の向上につながるデータが得られている。

層と層が密着

層間に樹脂のみの層が存在

(上:九大タンク 下:従来型タンク)

平成16年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 コンプレッサーレスの高圧水電解水素ステーションの開発

九州大学 九州電力㈱ 三菱商事㈱ 関キユーキ

IST 福岡県産業・科学技術振興財団(管理法人)

コンプレッサーを使わずに40MPa、30Nm³/hの水素を発生する水素ステーションの実証運転と評価解析を行なって実用技術とする
風力等の自然エネルギーの利用可能性も検討する

COE研究拠点 水素エネルギー社会 へ向けての実証試験

九州初 九州大学水素利用技術研究センター

地域の技術・人材育成

スケジュール

- H16.7 地域新生コンソーシアム採択
- H17.1 元岡新キャンパスで建設工事開始
- H17.10 試運転開始予定

世界最速の酸素イオン伝導体で拓く新しい水素可逆社会

工学研究院応用化学部門(機能) 教授 石原 達己

最新の研究成果

来るべき水素社会を実現するには少ないエネルギーで水素を製造できるプロセスの開発およびその利用体系の構築が必要。本研究では現在、知られている材料で、世界最速の酸素イオン伝導を示すLaGaO₃系電解質を用いる、低温作動型SOFCの開発(水素から電力)とともに中温水電解による水素製造(電力から水素)を検討し、LaGaO₃が優れた性能を示すことを明らかにしている。

図1 LaGaO₃系酸化物質を用いるSOFCの発電特性

図2 LSM&YSZを電解質に用いた高温水電気分解特性の比較

今後の展開

電解質薄膜の大型化を検討し、低温での作動を実現することで、新しい燃料電池および水電解セルの開発が期待

自然エネルギーを1次エネルギーとする水素可逆社会の実現

SOFCと九州

(主なSOFCシステム開発企業)

新日鐵
アキュメントリックス
TOTO
九州電力
三井重工業(長崎)
三井重工業(神戸)
住友精密工業
京セラ(研究所)
中部電力
東邦ガス
東京ガス
日立製作所
三菱マテリアル

「SOFCの耐被毒長寿命化技術の開発」(委託先:九州大学)

<研究概要>本事業では、SOFC長寿命化に向けた被毒耐久性に関する共通技術基盤を確立する。多様な燃料不純物種や不純物成分を含む実燃料に対するSOFC性能劣化要因を系統的に測定評価し、被毒・耐被毒メカニズムを解明し、SOFC長寿命化技術を開発する。長時間耐久性を評価し、その加速試験方法を検討する。(研究代表者:佐々木一成)

SOFC耐被毒長寿命化技術の開発

→SOFCの信頼性・耐久性向上を目指して→

- 不純物種依存性: 炭化水素(H₂S, 付長刺など), H₂O₂(CS₂, HCNなど), その他(NH₃, Si化合物など)
- 燃料種依存性: 都市ガス, LPGガス, GTL燃料, バイオガス, 可処分液化ガスなど
- 電気特性の系統的測定評価と材料解明:
 - 不純物種・不純物濃度依存性
 - 燃料種・燃料組成依存性
 - 作動条件依存性
 - 電極材料・電解質材料依存性

初期性能(平成17~19年度) → 長時間耐久性(平成18~19年度)

被毒・耐被毒メカニズム解明 | 高耐久性材料・手法の開発 | 被毒耐久性の知見の体系化

耐被毒長寿命化技術の開発

- 被毒劣化・耐被毒メカニズム解明(18年度)
- 被毒劣化の燃料不純物種依存性解明(18年度)
- 被毒劣化の燃料種依存性解明(18年度)
- 長時間被毒耐久性の向上(19年度)
- 被毒耐久性のデータベース化(19年度)
- 加速試験法の提案(19年度)

⇒劣化プロセスを把握

<研究加速>:実用化間近の実用セルで多く採用されている電極支持型セルでも被毒データを重点的に取得し、そのメカニズムをマイクロレベルで詳細に解明

大学の長を生かしたSOFC共通基盤技術を開発:

- 被毒劣化・耐被毒メカニズム解明(18年度) ⇒劣化を抑える方法が明らかに!
- 被毒劣化の燃料不純物種依存性解明(18年度) ⇒燃料をどこまで精製すべきか、許容濃度が明らかに!
- 被毒劣化の燃料種依存性解明(18年度) ⇒多様な燃料が使用可能になり、SOFCの適用性とマーケットが拡大可能に!
- 長時間被毒耐久性の向上(19年度) ⇒長持ちする電池セルの作製方法と運転方法が明らかに!
- 被毒耐久性のデータベース化(19年度) ⇒劣化挙動を前もって予測可能に!
- 加速試験法の提案(19年度) ⇒開発研究と最適化を効率よく実施可能に!(⇒将来は実用セルシステムレベルへも研究展開し、高信頼性SOFCセル開発の「駆け込み寺」へ)

「固体酸化物形燃料電池の耐被毒長寿命化技術の開発」:平成17年度成果

図: アノード材料と電解質材料の違いによるセル電圧降下(被毒)挙動の違い(800°C, H₂S=5ppm, 200mA/cm²)

図: メタン燃料でのセル電圧降下の水蒸気/炭素(S/C)比率の依存性(1000°C, H₂S=5ppm, 200mA/cm²)

⇒電解質材料を換えることによって耐被毒性が向上することを発見!(燃料不純物による性能劣化に強い燃料電池セルを開発可能)

⇒メタン(都市ガスの主成分)燃料供給時に水蒸気量を増やすと被毒による性能低下が抑制できることを発見!

「固体酸化物形燃料電池の耐被毒長寿命化技術の開発」:今後の展開

電流密度依存性 | 燃料種・組成依存性 | 燃料不純物種依存性

電極電解質材料依存性 | SOFCの被毒耐久性 | 燃料不純物濃度依存性

作動温度依存性 | 長時間耐久性 | 水蒸気濃度依存性

系統的な測定評価で、多様な依存性を解きほぐして解明 ⇒劣化プロセスを把握

<研究加速>:実用化間近の実用セルで多く採用されている電極支持型セルでも被毒データを重点的に取得し、そのメカニズムをマイクロレベルで詳細に解明

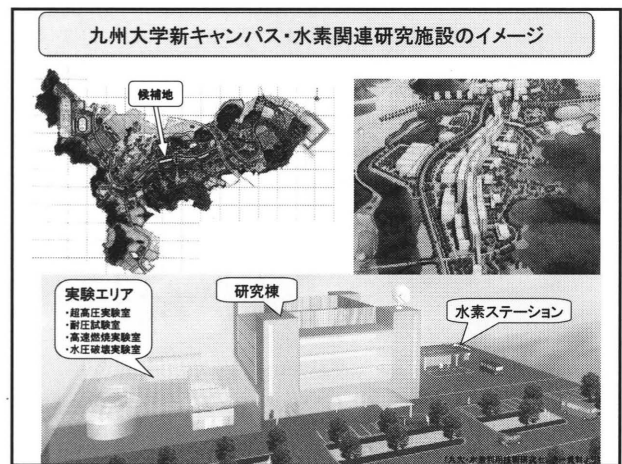
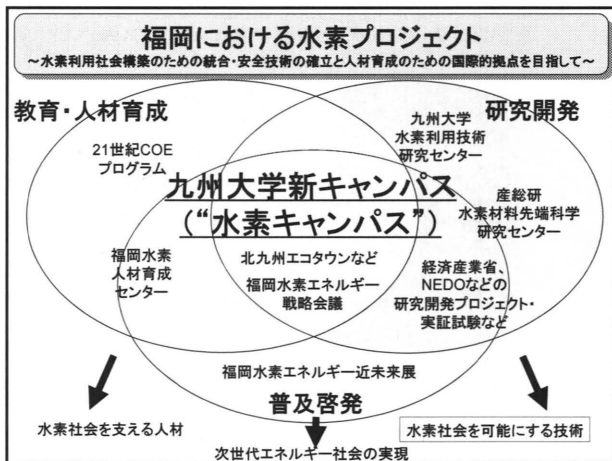
大学の長を生かしたSOFC共通基盤技術を開発:

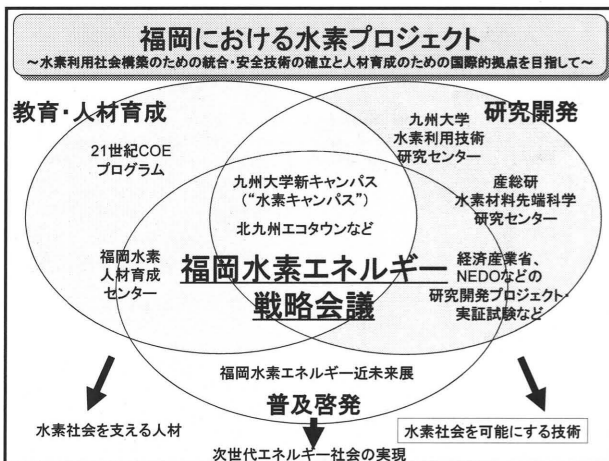
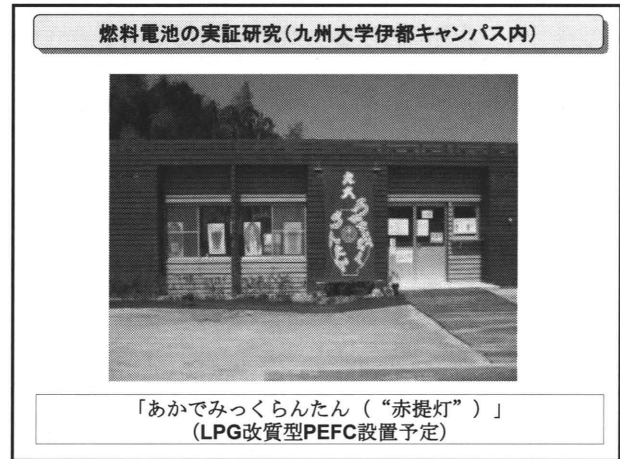
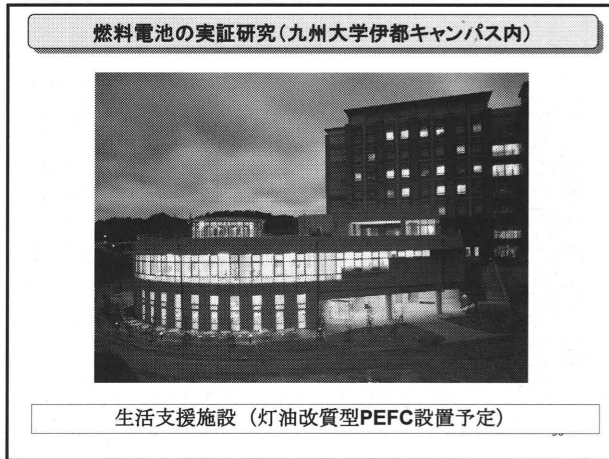
- 被毒劣化・耐被毒メカニズム解明(18年度) ⇒劣化を抑える方法が明らかに!
- 被毒劣化の燃料不純物種依存性解明(18年度) ⇒燃料をどこまで精製すべきか、許容濃度が明らかに!
- 被毒劣化の燃料種依存性解明(18年度) ⇒多様な燃料が使用可能になり、SOFCの適用性とマーケットが拡大可能に!
- 長時間被毒耐久性の向上(19年度) ⇒長持ちする電池セルの作製方法と運転方法が明らかに!
- 被毒耐久性のデータベース化(19年度) ⇒劣化挙動を前もって予測可能に!
- 加速試験法の提案(19年度) ⇒開発研究と最適化を効率よく実施可能に!(⇒将来は実用セルシステムレベルへも研究展開し、高信頼性SOFCセル開発の「駆け込み寺」へ)

Influence of Hydrogen on Stainless Steels

Candidate Materials for FC system: Pipe, Valve, Spring, Sensor, Liner, etc.

TOYOTA company journal "Creation", February, 2003





福岡水素エネルギー戦略会議：産学官連携の中核として

「福岡水素エネルギー戦略会議」設立される(2004年8月3日)

産業界、大学、行政が連携して、環境にやさしい水素エネルギー社会の構築を推進することを目的とする「福岡水素エネルギー戦略会議」(会長：八木重二郎新日本製鐵(株)代表取締役副社長、副会長：渡邊浩之トヨタ自動車(株)専務取締役、有川節夫九州大学副学長、会員：144企業・機関)設立日現在一)が、8月3日(火)設立されました。

設立の背景には、エネルギーの8割以上を輸入している日本の現状や、地球環境保全の面から地球温暖化ガスの削減が急務であることなどがあり、また、究極のクリーンエネルギーと言われる水素利用技術の研究開発で日本唯一「21世紀COEプログラム」に採択された九州大学があること、新日本製鐵など副生水素を発生する企業をはじめとする多様な産業の集積があるなどの福岡の強みがあります。戦略会議では、今後、人材育成を含めた水素利用技術開発や、活用促進など実証活動支援、関連産業の集積や普及啓発などを行っていくとしています。

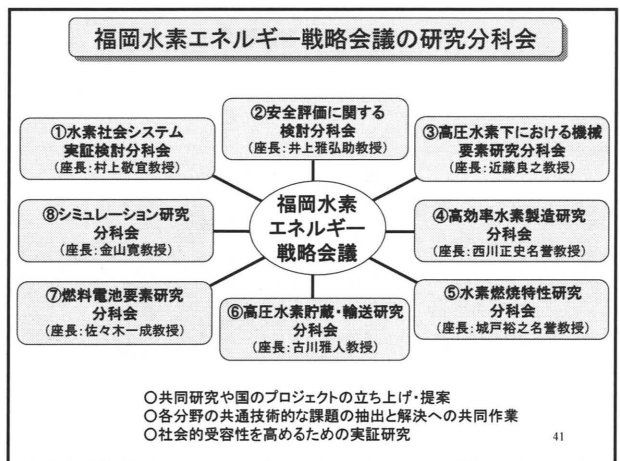
九州大学は、このプロジェクトで大きな役割を担っています。戦略会議の技術開発支援では、九州大学の「水素利用技術研究センター」が中核的拠点施設と位置づけられており、実証活動支援では、九州大学新キャンパスを水素利用のミニモデルとする「水素キャンパス」プロジェクトを積極的に支援することが謳われています。総会では、戦略会議の方向性確認のために、工学研究院の村上敬宜教授から、「水素利用社会の実現に向けて」のプレゼンテーションが行われました。(九州大学1Pより)

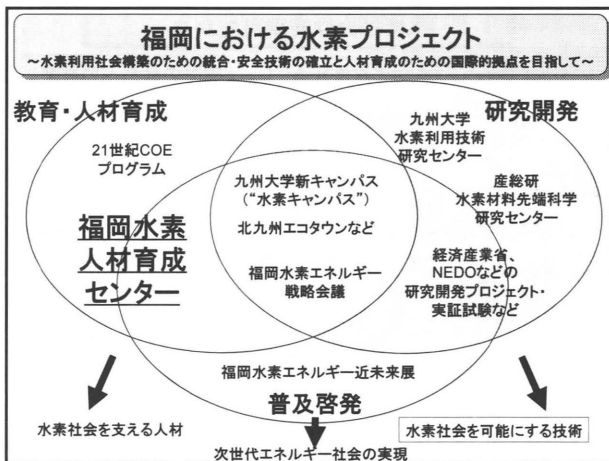
39

福岡水素エネルギー戦略会議の概略

設立	平成16年8月3日
会長	新日鉄エンジニアリング 代表取締役社長 羽矢 伸
副会長	トヨタ自動車 技監 渡邊 浩之 九州大学 副学長 有川 節夫
顧問	経済産業省九州経済産業局 局長 川口 修 福岡県 知事 麻生 進 北九州市 市長 末吉 興一 福岡市 市長 山崎 広太郎 九州大学 総長 梶山 千里
幹事長	新日鉄エンジニアリング 取締役常務執行役員 東 義
副幹事長	トヨタ自動車 FC技術部長 河合 大洋
副幹事長	九州大学 副学長 村上 敬宜
幹事	新日鉄エンジニアリング株式会社、トヨタ自動車株式会社、九州大学、九州電力株式会社、西部ガス株式会社、清水建設株式会社、新日本石油株式会社、電源開発株式会社、東陶機器株式会社、株式会社日立製作所、三菱重工株式会社、株式会社安川電機、九州経済産業局、福岡県、北九州市、福岡市 (16組織18名)
会員	356企業・機関 (うち民間企業227社)

(2006年10月1日現在)





課題: 人材の逼迫 → 人材育成が急務

燃料電池技術者・研究者(現在)
.....物理, 化学, 材料, 電気, 機械の出身

総合的視野を持った人材の育成が必要

- 燃料電池および周辺要素技術
- 安全に関する技術
- インフラに関する技術
- エネルギー, 経済, 国際標準に関する知識

→ 一企業では対処困難

提案

- カリキュラムの作成
- 講師陣(大学, 企業)の構成
- 短期間集中専門教育システムの構築

福岡水素エネルギー人材育成センター

- **技術者養成コース**
 - ・ 対象者: 水素エネルギー関連産業、新参入する企業の技術者
 - ・ 講師: 九大教授陣に加え水素関連企業の技術責任者 (講義+実習)
- **経営者コース**
 - ・ 対象者: 大企業の管理職及び中小企業の経営トップ
 - ・ 講師: 水素ビジネスを展開する企業の責任者 (講義)

開講: 年間数回
場所: 九州大学伊都キャンパス他

44
(福岡水素エネルギー戦略会議資料より)

福岡水素エネルギー人材育成センター (技術者養成コース: 1週間、経営者コース: 半日)

講義

実習

45

普及啓発活動(2006年11月)

福岡水素エネルギー社会近未来展 2006

燃料電池・水素技術展長セミナー

11月20日(月) 10:00-17:00 11月23日(木) 10:00-17:00 西日本総合展示場 新館

- 会期 2006年11月20日(月)～23日(木・祝) / 4日間
- 会場 西日本総合展示場 新館(北九州市小倉北区浅野3丁目8-1)
※JR小倉駅北口より徒歩5分
- 主催 福岡水素エネルギー戦略会議、経済産業省 九州経済産業局、福岡県、北九州市、福岡市、国立大学法人九州大学、財団法人西日本産業貿易コンベンション協会
- 展示規模 150小間 / 2,700平米 ※基礎小間(3m×3m, h=2.7m)
- 入場料 無料
- 入場予定 40,000人(2005年度実績 / 36,527人)

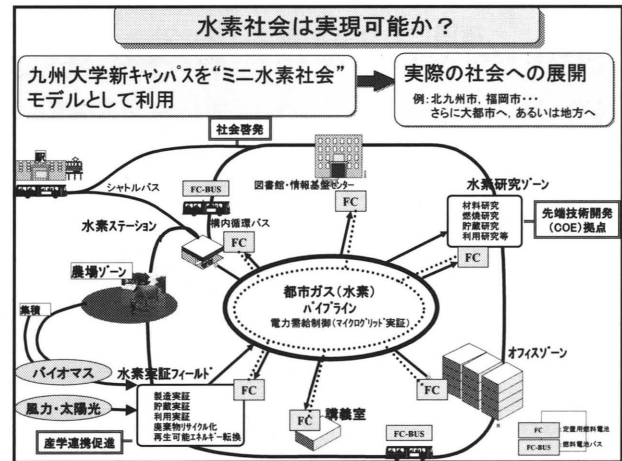
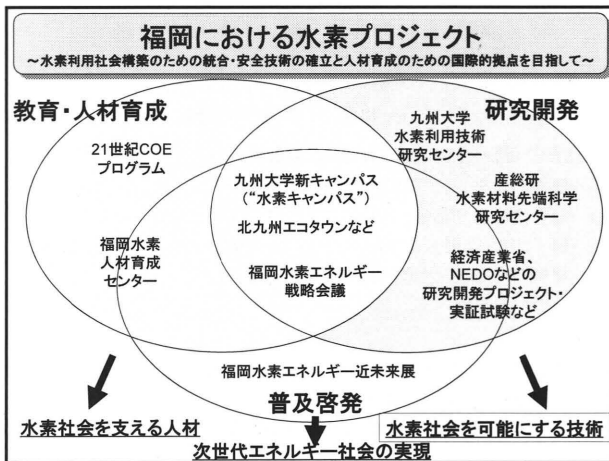
ホームページアドレス: <http://www.he-t.jp/>

46

福岡水素エネルギー近未来展 (北九州小倉で毎年開催、今年は11月20～23日)

Homepage: <http://www.he-t.jp/>

47



謝辞

九州大学における水素研究活動は、多くの方々のご支援に支えられています。ここに感謝の意を表します。

- 経済産業省・資源エネルギー庁(燃料電池推進室)
- 文部科学省(21世紀COEプログラム、連携融合事業)
- NEDO技術開発機構

- 九州経済産業局
- 福岡県
- 福岡市

- 産業技術総合研究所
- 九州大学学術研究都市推進機構

- 九州大学副学長・村上敬宜教授、ならびに工学研究院機械系の先生方(21世紀COE「水素利用機械システム」の統合技術)
- 福岡水素エネルギー戦略会議事務局の方々(福岡県商工部新産業・技術振興課内)
- 九州大学松田一也客員教授(現九州経済産業局総務企画部調査課長)
- 九州大学・水素研メンバー

50