

九州大学における スマート燃料電池社会実証

～燃料電池を核にした水素エネルギー社会実現
に向けた福岡・九大の挑戦～

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/~hup/index.html>
(水素センターHP) <http://h2.kyushu-u.ac.jp/>
(燃料電池センターHP) <http://fc.kyushu-u.ac.jp/>

九州大学

次世代燃料電池産学連携研究センター(センター長)
水素エネルギー国際研究センター(センター長)
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
大学院工学研究院

「グリーンアジア国際戦略総合特区」グリーンイノベーション研究開発拠点部会長

2014年8月18日

1

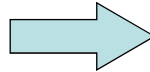
内容

- (1) 燃料電池・水素エネルギーの意義
- (2) 九州大学の取り組み
- (3) 燃料電池の世界最速普及に向けて

燃料を燃やせずに高効率に使う社会へ

産業革命以来の“エネルギー革命”・エネルギーの“産地直送”！

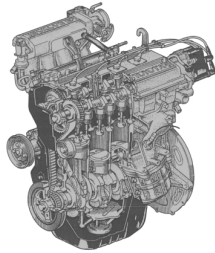
熱エネルギー変換(燃焼)



電気化学エネルギー変換
(燃料電池)



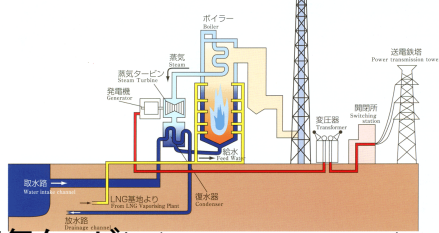
ニューコメンの熱機関
(Newcomen, 1712)
【当時の効率約1%】



ガソリンエンジン
(Otto cycle, 1876)
【実運転で十数%】

燃料電池

水を介して燃やせずに発電！



蒸気タービン(Rankin cycle, 1854)
(日本機械学会編「熱力学」より引用)



燃料電池自動車
(トヨタ自動車HPより引用)
【車両効率65%】



定置用高効率発電
(JX日鉱日石エネルギーHPより引用)
【家庭で40%超の発電効率、90%超の総合効率実現】

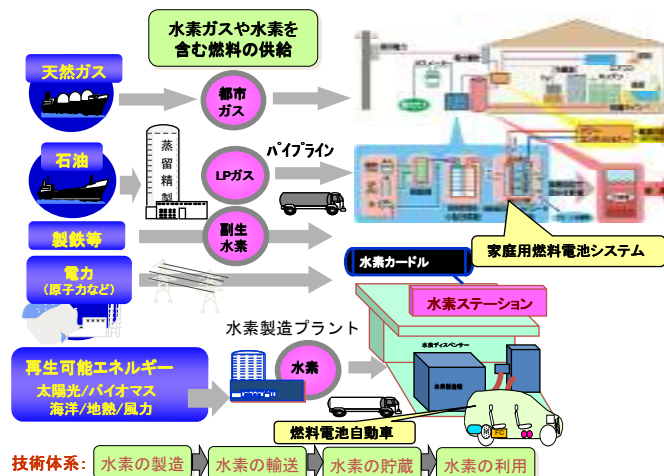


大規模発電用
(三菱重工業より写真提供)
【天然ガスで発電効率70%超】

水素社会構想：水素を使う、環境にやさしいエネルギー社会へ

なぜ、水素？なぜ、燃料電池？

- 燃料電池は、燃料を燃やせずに効率良く電気を作る！
(水を介した電気化学反応)
- 水素ガスを燃料にすると、出てくるものは水だけ！
(ただ、水素ガスを作る時にはCO₂排出)
- 水素で車が動けば、車産業・車社会がガソリンに依存せず、持続可能に！
(日本の基幹産業・我々の日々の移動が、特定の資源に依存しなくなる)
- 変動が激しい自然エネルギーからの電気は、水素の形で貯蔵可能！



グリーンイノベーションを実現する燃料電池

燃料電池：日本政府が掲げる成長戦略「グリーンイノベーション」に大きく貢献



多様な燃料

内部改質または外部改質



燃やさずに、高効率に
電気に変換

PEFC

SOFC

PEFC/SOFC

SOFC

DMFC/SOFC



移動体用電源
(トヨタHPより引用)



定置用高効率発電
(JX日鉱日石エネルギー
HPより引用)



家庭用コジェネレーション
(総理官邸HPより引用)



大規模発電用
(トリプルコンバインド)
(三菱重工業より写真提供)



携帯機器用
電源
(東芝HPより引用)

固体高分子形燃料電池：PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell) = "プラスチックタイプ"
固体酸化物形燃料電池：SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) = "セラミックタイプ" (次世代型)

5

戦略：「FC水素」の市場・用途の拡大に向けて

- PEFC: 家庭用コジェネ+自動車(主動力)
- SOFC: 家庭用高効率コジェネ+発電事業用 + 業務・産業用+ 集合住宅用
+ 自動車用(補助電源)+ 携帯機器用など多様用途への展開可能



燃料電池の世界市場規模: 富士経済

需要分野別燃料電池システム・主要スタック部品の世界市場を調査

—燃料電池システム市場 25年度予測 5兆1,843億円 (11年度比74.2倍)—

総合マーケティングビジネスの株式会社富士経済(東京都中央区日本橋 阿部界 代表取締役)は、2012年10月から2013年1月にかけて、日本、アジア、北米、欧州のエリアにおける燃料電池システムと主要スタック部品の市場を需要分野別(産業・業務用、家庭用、燃料電池車、フォークリフト等の駆動用、ポータブル/バックアップ用、携帯機器用)に調査した。その結果を報告書「2013年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望」にまとめた。

燃料電池の将来市場

	2011年度	2025年度予測	11年度比
世界市場	699億円	5兆1,843億円	74.2

需要分野別燃料電池システム市場

	2011年度	2025年度予測	燃料電池のタイプ
産業・業務用	359億円	7,341億円	SOFC
家庭用	159億円	1兆1,190億円	PEFC/SOFC
燃料電池車	3億円	2兆9,106億円	PEFC
駆動用	59億円	2,199億円	PEFC
ポータブル/バックアップ	119億円	1,696億円	PEFC
携帯機器用	0億円	311億円	PEFC/SOFC

(富士経済HPより引用
「2013年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望」
<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/13020.html>)
に加筆

次世代型燃料電池(SOFC):九州が世界をリード

(主なSOFCシステム開発企業)

エネルギー政策上の価値
+ **(地域)産業政策上の価値**



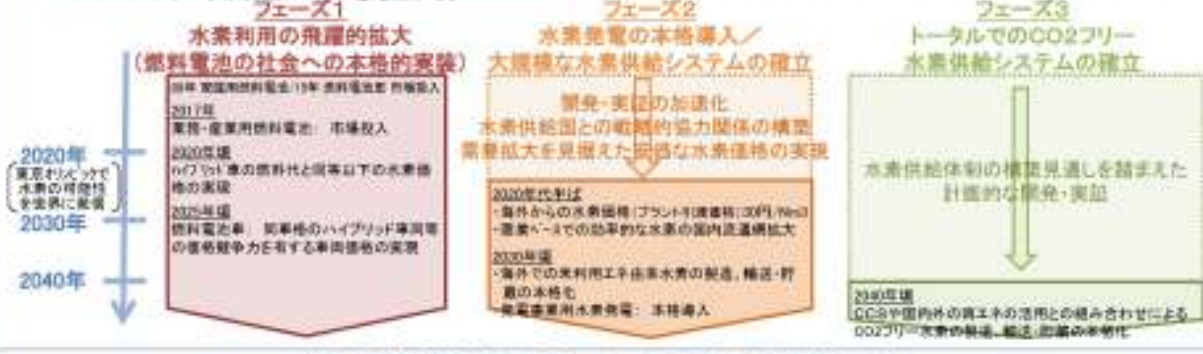
水素・燃料電池戦略ロードマップ概要(1)
～総論～

水素社会実現の要素

1. 省エネルギー	燃料電池の活用によって高いエネルギー効率を実現することで、大規模な省エネルギーにつなげる。
2. エネルギーセキュリティ	水素は、(1)製造原料の代替性が高く、再生水素、原料調達方式、地域といった未利用エネルギーや、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能であること、(2)今後、こうしたエネルギーを地政学的リスクの低い地域等から安価に調達できる可能性がある(国内では、将来的に再生可能エネルギーから製造された水素を利活用することでエネルギーの自給率向上につながる可能性がある)ことから、こうした利点を活かして利便を拡大することで、エネルギーセキュリティの向上につながる。
3. 環境負荷低減	水素は利用段階でCO2を排出しないことから、水素の製造時にCCS(二酸化炭素回収・貯留技術)を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用することで、環境負荷低減、更にはCO2フリーにつながる。
4. 産業振興・地域活性化	日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一役で、二位以下と比べて6倍以上、海外展開を加速しているなど、日本が強い競争力を持つ分野。また、水素製造等については、再生可能エネルギー等の地域資源を活用可能。

水素社会実現に向けた3つのフェーズ

- 水素社会の実現に向けて、社会構造の変化を伴うような大規模な体制整備と長期的な継続的な取組を実施。また、様々な局面で、水素の需要創と供給側の双方の事業者の立場の違いを乗り越えつつ、水素の活用に向けて産学官で協力して積極的に取り組んでいく。
- このため、下記のとおりステップ・バイ・ステップで、水素社会の実現を目指す。
 - フェーズ1(水素利用の飛躍的拡大)： 足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得する。
 - フェーズ2(水素発電の本格導入/大規模な水素供給システムの確立)： 水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構築を確立する。
 - フェーズ3(トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立)： 水素製造にCCSを組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。



水素・燃料電池関連の機器・インフラ産業の市場規模(日本)
2030年 約1兆円 → 2050年 約8兆円

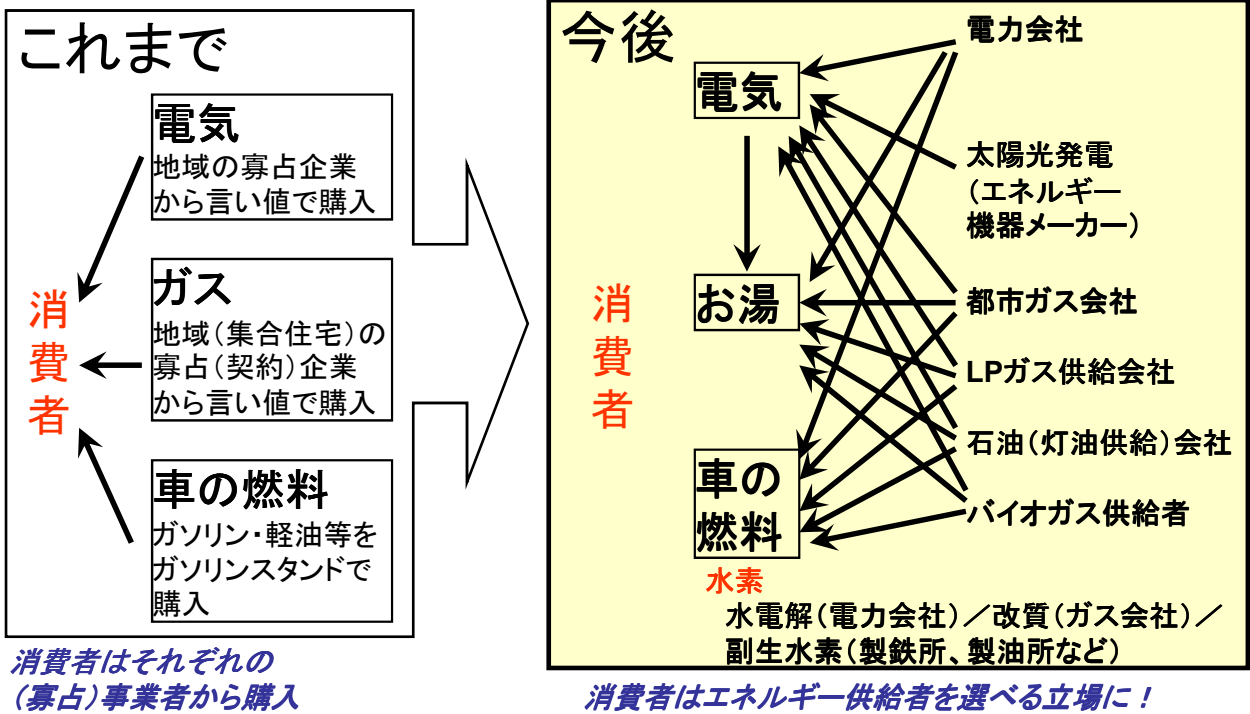
九州・沖縄地方成長産業戦略 ～九州・沖縄 Earth 戦略～

- ◆日本再興戦略及びそれを踏まえた全国戦略等の緊急課題を契機に位置。
 - ◆九州地方知事会、政令市、民間企業経営者を中心に、国の地方交付金等が一体となって協議会を構成。
 - ◆九州経済を牽引していく成長産業を特定し、九州・山口・沖縄地域が協働に連携・協働して戦略の実現を図っていく。
- オール九州、産学官合一体で進める取組



- 九州～沖縄連携
- ◆おきなわクリニカルコミュニケーションセンターの活用
 - ◆稼働空室増加地域ハブ機能を活用したセントラルキッチン
 - ◆国際グループスポーツのPR戦略
 - ◆アジアグローバル人材育成
- 国際化
- ◆グローバル人材の活用
 - ◆中小企業等の国際展開促進
 - ◆対人関係強化の促進
- ものづくり基盤
- ◆蓄積されたものづくり技術の活用
- 産業人材
- ◆女性の活躍促進
- ICT
- ◆海外への情報発信の促進
 - ◆ビッグデータ利活用の促進
- インフラ整備
- ◆九州高速道路網の空襲対策
 - ◆福岡空港滑走路延長などの早期整備
 - ◆空港の機能強化
- 創業・ベンチャー
- ◆世界で活躍できるベンチャー企業

消費者がエネルギーを選べる時代へ



「燃料電池を核にした水素エネルギー」の本質:

電気と並ぶ二次エネルギー(多様なエネルギー燃料を変換して作れる)である水素を介して、エネルギー源の多様化と分散化の革命を可能にする技術!

内容

- (1) 燃料電池・水素エネルギーの意義
- (2) 九州大学の取り組み
- (3) 燃料電池の世界最速普及に向けて

燃料電池を核にした水素エネルギー社会実現へ (九大)



福岡水素FC拠点: 基礎研究から産学連携、本格普及へ



基盤研究の重要性について

経済産業省資源エネルギー庁

資料: HYDROGENIUS

燃料電池実用化戦略研究会

水素・燃料電池研究は基礎に立ち戻るべし

固体高分子形燃料電池の抜本的な
低コスト化と耐久性・信頼性の向上

「水素脆化」の基本メカニズム解明と
使用材料の実用的な安全指針確立

水素貯蔵材料の革新的な性能向上

固体高分子形燃料電池
先端基盤研究センター
FC-Cubic

水素材料先端科学研究センター
HYDROGENIUS

水素貯蔵材料先端基盤
研究事業
※バーチャルな国際連携組織

2005年4月1日

2006年7月1日

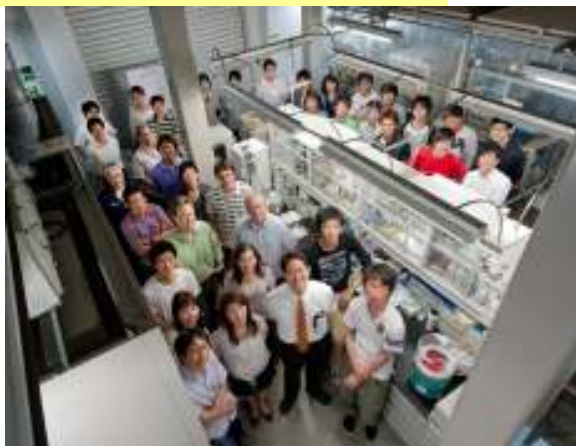
2007年4月1日

研究資源を集中し、科学的・技術的限界を打破する「ブレークスルー」を実現。

九大燃料電池研究施設群：材料開発から評価解析までトータルサポート

一貫した「材料・セル作製⇒性能・耐久性測定⇒観察・解析」が可能！

(1) 電気化学実験室



燃料電池性能評価
装置(55台設置済)



(2) 顕微観察室

(STEM, FIB, FESEM etc.)



(3) 耐久性測定評価室



(4) 燃料電池試作工房



(5) 次世代燃料電池産学連携研究センター棟 (先端分析機器、企業スペース、3400m²)



カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所建屋

産学連携集中研にできること(例)

- 燃料電池企業が困ったときに、いつでも相談できる場
(燃料電池“駆け込み寺”)
- ここに持ち込めば、燃料電池の中がすべて解析できる場
(燃料電池“見える化”、“先進総合病院”での燃料電池“ドック”)
- 多岐にわたる技術分野について、ワンストップで相談できる場
(ワンストップサービス提供)
- 「技術は人」であり、若い技術者・研究者を短期間で勉強させる場
(燃料電池“道場”)
- オールジャパンで連携して世界へ展開する場
(燃料電池分野の“名護屋城”)
- 会社や業界の壁を越えて、燃料電池の将来について議論できる場
(燃料電池分野の“スイスダボス”)

NEXT-FC: 燃料電池分野で世界と戦うイノベーションハブ

(九州大学・次世代燃料電池産学連携研究センター、センター長: 佐々木一成主幹教授)

- 世界初の次世代燃料電池分野の産学連携集中研
- 最先端研究設備を備え、主要約15社が入居。
- 機密を守る企業ラボで、基盤研究から実用化、実証研究までを一貫実施可能
- オールジャパンの産学連携研究開発で、各企業の製品化をワンストップ支援
- 共通技術基盤となる最先端観察解析手法を確立し、企業が製品化加速に活用
- 劣化メカニズムに関するデータベースをもとに、長寿命化技術開発を先導
- 更なる高効率化・高耐久化などの技術シーズ創出

(経済産業省・イノベーション拠点立地支援事業(H22年度補正)補助)



多様な企業ニーズに対応

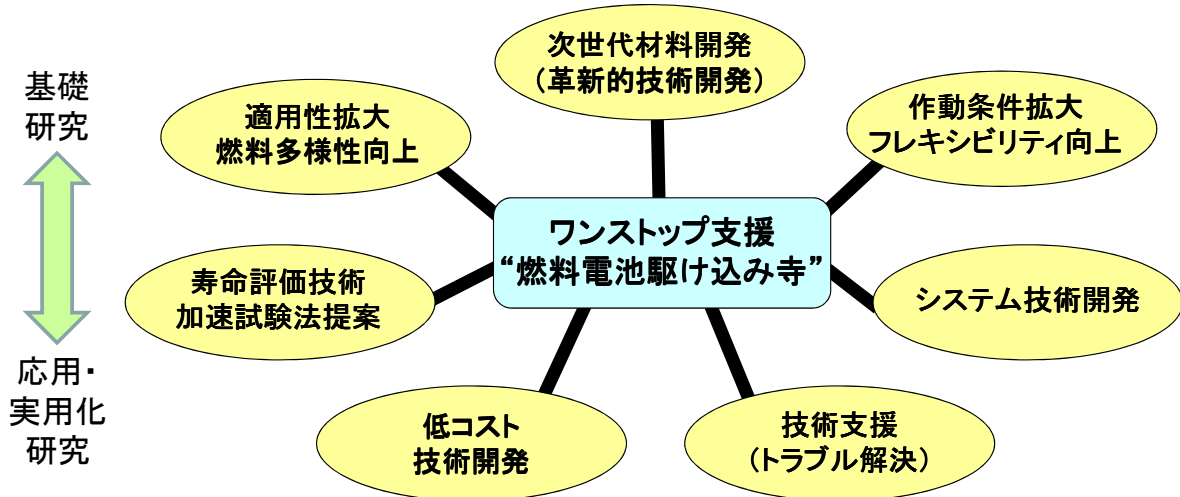
●ワンストップサービスを提供

(企業ごとや開発フェーズごとに異なる多様な技術課題に、フレキシブルに対応)

⇒次世代燃料電池で、日本が世界をリード

次世代燃料電池産学連携研究センター

Next-Generation Fuel Cell Research Center: "NEXT-FC"



水素・燃料電池試験研究機関

出典:水素燃料電池戦略協議会WG(2014年4月23日)参考資料

- 産学連携拠点や研究支援機関において、水素・燃料電池の低コスト化のための研究開発、規制見直しや国際標準化に資するデータ取得が進められている。

水素材料先端科学研究センター (HYDROGENIUS)

高圧での水素物性の研究などの基礎的研究や高圧水素環境下での材料物性研究を実施



水素エネルギー製品研究試験センター(HyTReC)

水素関連製品(素材、部品等)の研究試験を行い、産業界の製品開発を支援



山梨大学

燃料電池ナノ材料研究センター(HiPer-FC)

高性能・高耐久・低コストの固体高分子形燃料電池を目指し、電極触媒、電解質、MEA等の新規材料の研究開発を推進



技術研究組合(FC-Cubic)

国内有数の大学の叡智と産業界の先端技術を融合し、産業界が必要とする固体高分子形燃料電池技術を創出



Spring-8 燃料電池用XAFS計測装置

実触媒の反応条件下でのIn-situ構造解析を実現し、燃料電池触媒開発の設計指針を提供



次世代燃料電池産学連携研究センター(NEXT-FC)

固体酸化物形燃料電池の開発・早期実用化を可能とする産学連携研究拠点

- (1) 燃料電池・水素エネルギーの意義
- (2) 九州大学の取り組み
- (3) 燃料電池の世界最速普及に向けて

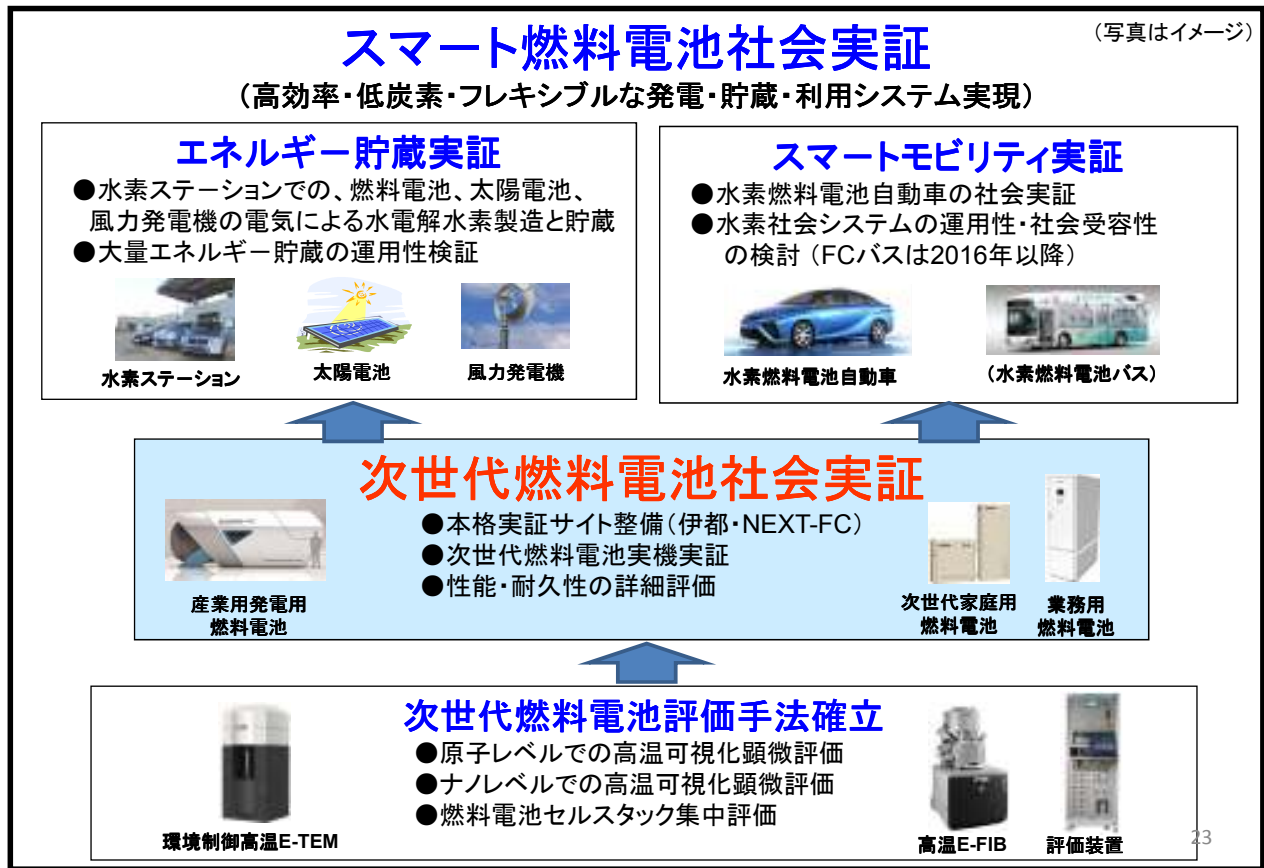
大学が核になって社会・地域にどう貢献できるか？

地域・地方にとって「水素・燃料電池」とは？

- ⇒エネルギーの産地直送・地産地消が可能に！
- ⇒地域・個人に合わせたエネルギー・ベストミックスが可能に！
- ⇒地域・地方の自立！

- 【産業育成】Made in Kyushuの燃料電池の製品化・普及
(九州が強い業務・産業用燃料電池(SOFC)の開発・実証・製品化拠点へ、実証サイト・技術研究組合・企業研究所などの設置@NEXT-FC)
- 【本格普及】水素社会実現・世界最速普及に向けて社会を先導
(伊都キャンパスを、世界最大の「水素・燃料電池常設ショールーム」に！東京オリンピックで示す都市モデルを、いち早く伊都で具現化！)
- 【研究開発】世界最先端の研究開発、福岡を世界の研究ネットワークの中心へ
(世界トップ大学と連携した学術基盤確立、世界標準教科書の執筆、世界最先端の研究開発環境整備(原子レベル、その場観察、3D可視化等))
- 【人材育成】10年、20年後の水素・燃料電池を牽引できる指導者・リーダー育成
(九州大学「水素エネルギーシステム専攻」、特に博士課程の充実：基礎教育＋最先端研究＋海外留学＋企業インターンシップ経験)

燃料電池・水素エネルギーの本格普及に向けて



伊都キャンパスを「燃料電池の街」に！ (イメージ)

＜次世代型の燃料電池の実機を使った社会実証@九州大学伊都キャンパス＞

用途: 発電容量

実証機候補 (イメージ)

連携協力企業等 (イメージ)

産業用発電用
: 250kW程度

⇒ 重工業メーカー

ガス会社、電力会社、ほか

業務用: 5kW程度

⇒ コージェネ機器メーカー

スタックメーカー、ガス会社

家庭用: 1kW程度

⇒ セラミックメーカー＋システムメーカー

エネルギー供給事業者

(写真は実証機イメージ)



次世代家庭用
(新エネルギー財団HPのTOTO機(左)および日本特殊陶業機(右))

業務用
(三浦工業HPより引用)

産業用・発電用
(三菱日立パワーシステムズHPより引用)

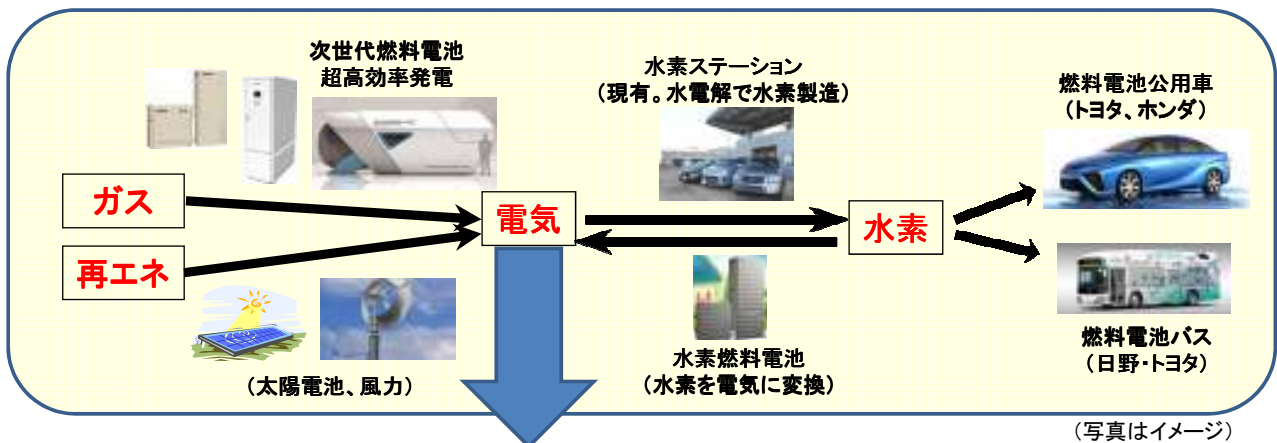
「水素社会」の具現化・見える化@伊都キャンパス



- <社会実証用システム>**
- エネルギーシステム作動状況可視化システム
 - 燃料電池および再生可能エネルギーで作った電気利用の水電解装置
 - 水素貯蔵システム追加設置
 - メガソーラー模擬用の太陽光パネル
 - 風力発電機の改修と水素ステーションへの連結
 - ゼロエミッションモビリティ実証用の水素燃料電池自動車導入

「水素キャンパス構想」の具現化・実証

燃料電池・水素エネルギーを使いこなす世界初の“水素社会”を具現化！



伊都キャンパス
(実験実証キャンパス＝
タイムカプセルのような
未来の街で大学生が勉強
して社会へ羽ばたく場！)

電力系統
(学内)

(年間使用電力: 日本全体で約1兆kWh、
伊都キャンパスはその約3万分の1)

<実証>「水素社会」を世界に先駆けて具現化

- 大学キャンパスを再エネも含めたスマート未来社会へ！
- キャンパス公用車のゼロエミッション化！
- 燃料電池常時発電による非常用電源確保(安心)！
- 電力・ガス自由化後のエネルギー未来社会を実現！

国際戦略総合特区における研究拠点形成の位置づけ



本格普及に向けた地域との連携

福岡水素エネルギー戦略会議

総会(10周年記念)(事務局@福岡県庁)
平成26年7月23日(水) 福岡市内で開催



福岡市スマートコミュニティ創造協議会

第1回水素燃料電池分科会
平成26年7月14日(月) 九大NEXT-FCで開催

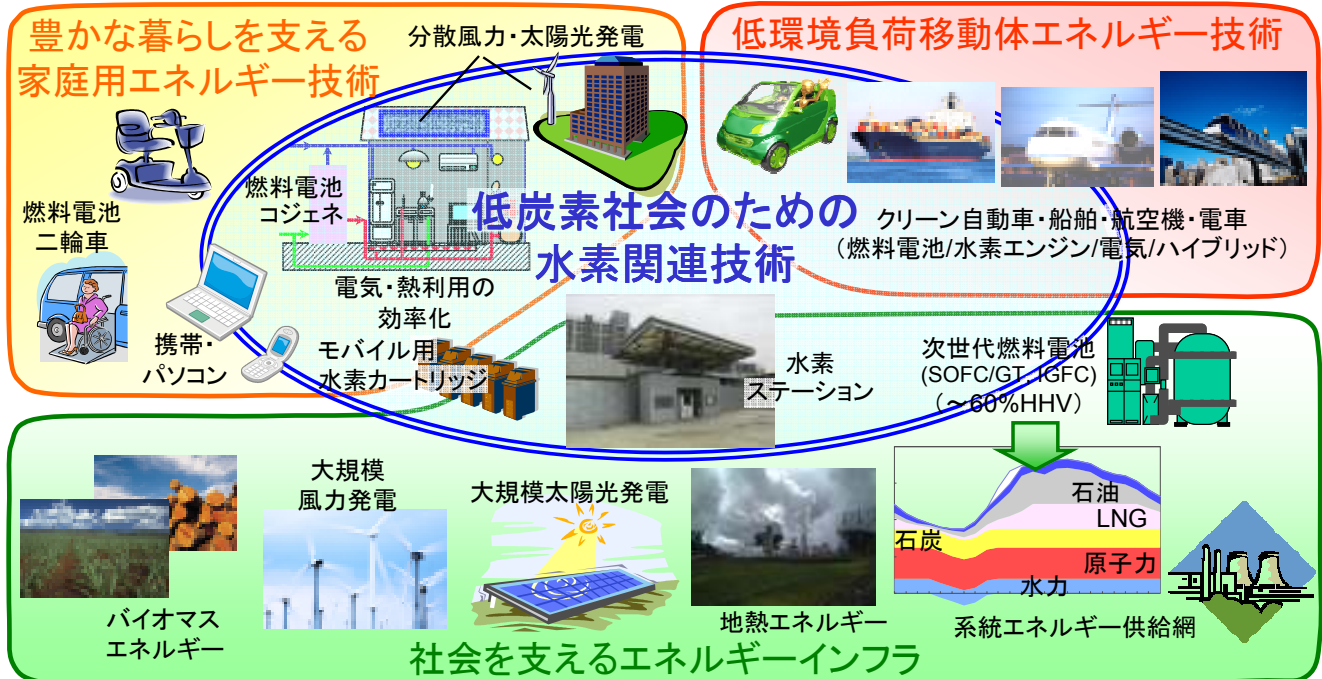


- 民間企業550社超の世界最大規模の水素エネルギー分野の産官学連携組織
- 九大から副会長
- 水素プロジェクト専任担当者1名がNEXT-FC/佐々木研究室に常駐

- 福岡市が今年度から水素プロジェクト専任担当者1名配置。
- 福岡市の水素プロジェクトスタート(水処理施設からのバイオガスを活用した水素FCVモビリティ、高効率燃料電池発電)

低炭素社会と燃料電池・水素エネルギー技術

燃料を燃やさずに高効率に使う、持続可能な環境共生型社会へ



29

謝辞：“チーム福岡”

経済産業省イノベーション拠点立地支援事業の補助を受けて「次世代燃料電池産学連携研究センター」が設置されました。関係各位に感謝します。

