

水素エネルギー社会の実現 に向けた地域の役割

九州大学 副学長(産学官連携担当) 佐々木一成

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

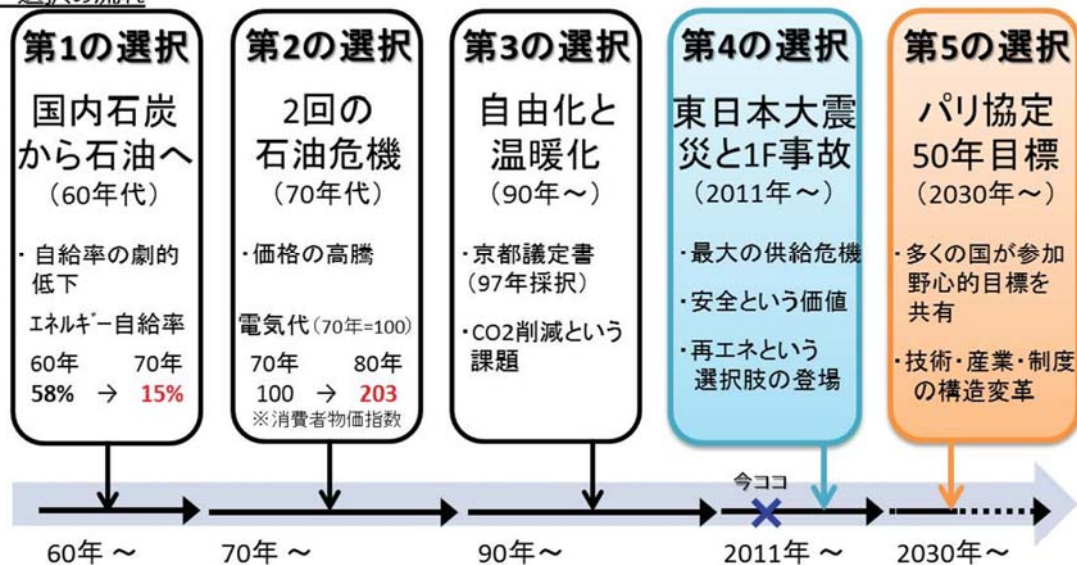
北海道水素地域づくりプラットフォーム

平成30年9月20日



エネルギーのメガトレンド(流れ)

エネルギー選択の流れ



エネルギー政策のメガトレンド



※ここでの脱〇〇は、依存度を低減していくという意味。

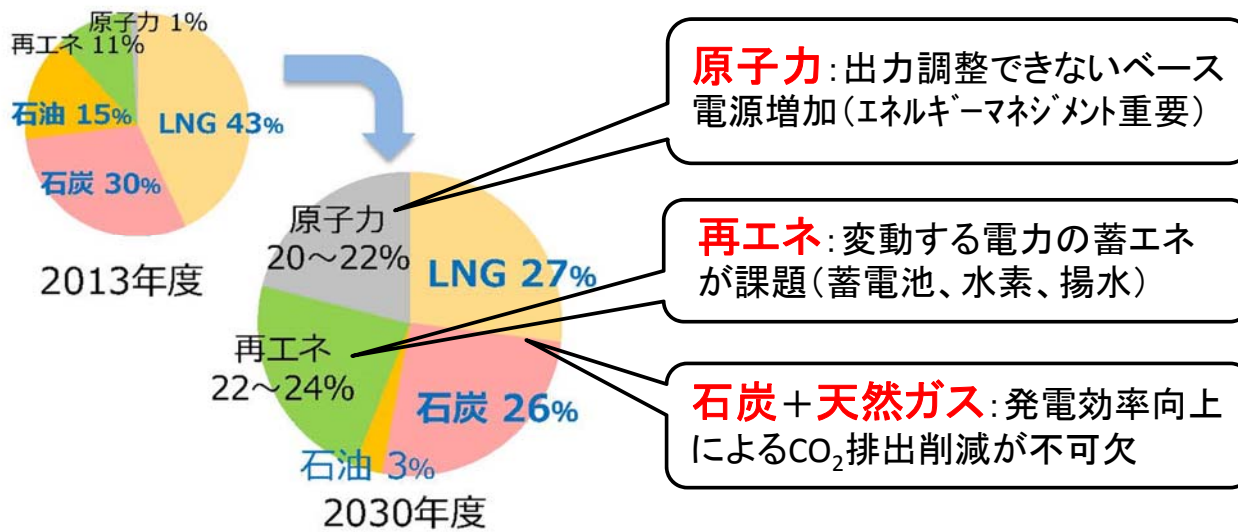
出典：経済産業省HP http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006_03_00.pdf

電気を今後、どのように作るか？

3

- エネルギーミックスの基本方針は3E+S(安全性、安定供給、経済効率性、環境適合)を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現するというもの。

2030年の電源構成



(出典: 次世代火力発電協議会、2015年6月16日)

http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/jisedai_karyoku/pdf/001_01_00.pdf

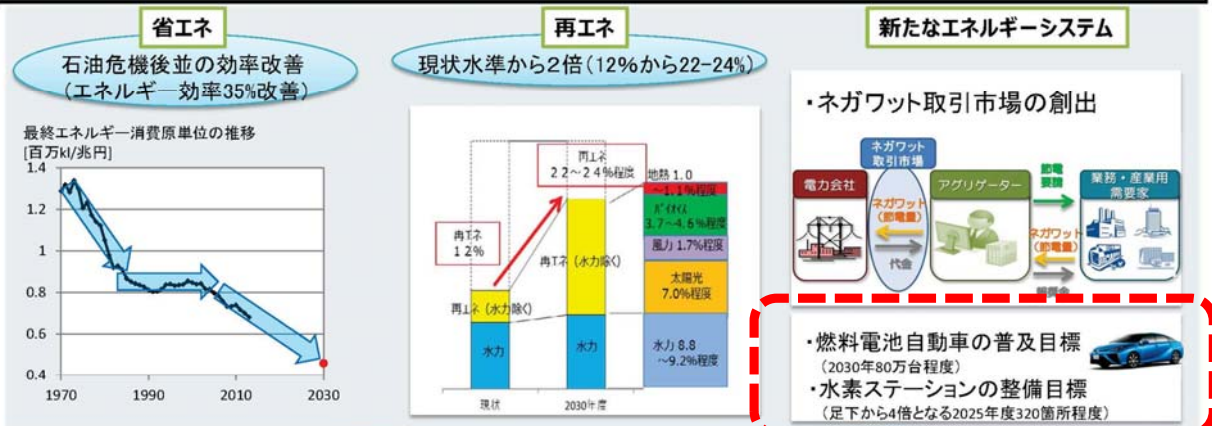
パリ協定: 『今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成』= **CO₂排出が実質ゼロの社会へ**

国: エネルギー革新戦略(エネルギー白書2016年版)

4

環境制約と成長の両立を実現する「エネルギー革新戦略」

- 気候変動問題を真に解決するためには、「持続的に」取り組む必要があり、経済成長との両立が不可欠。
- 両立の鍵は、①徹底した省エネ、②再エネの拡大、③新たなエネルギーシステム構築に向けたエネルギー投資の拡大とそれによる効率改善。このため、「エネルギー革新戦略」を策定・実行。



省エネや再エネをはじめとする分野の関連制度を一体的に整備する「エネルギー革新戦略」を策定

徹底した省エネ			再エネの拡大		新たなエネルギーシステムの構築	
(産業) トップランナー	(運輸) 次世代車	(家庭) 住宅や家電	FIT制度の見直し		IoTを活用した 再エネ・省エネ融合	ポスト2030年に向けた 水素社会戦略の構築

出典: 経済産業省HP <http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016pdf/>

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議(第1回)

5

(安倍総理、2017年4月11日)

平成29年4月11日、安倍総理は、総理大臣官邸で第1回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議に出席しました。

会議では、再生可能エネルギーの導入加速及び水素社会の実現に向けた取組について議論が行われました。

総理は、本日の議論を踏まえ、次のように述べました。



「日本は、世界に先駆けて水素社会を実現させていきます。関係大臣は、政府一体となって取り組むための基本戦略を年内に策定してください。」

特に、2020年に4万台規模で燃料電池自動車普及させるため、水素ステーションの整備を加速させる仕組みを作るとともに、水素ステーションに関する規制を合理化するため、海外の規制や国内のガソリンスタンドとの比較も念頭に置いて、総点検をしてください。

生産から輸送、消費に至る国際的な水素サプライチェーンの構築を牽引するのは、大量かつ安定的な水素需要を生む水素発電です。サプライチェーンの構築と水素発電の本格導入に向けて、多様な関係者の連携の基礎となる共通シナリオを策定してください。

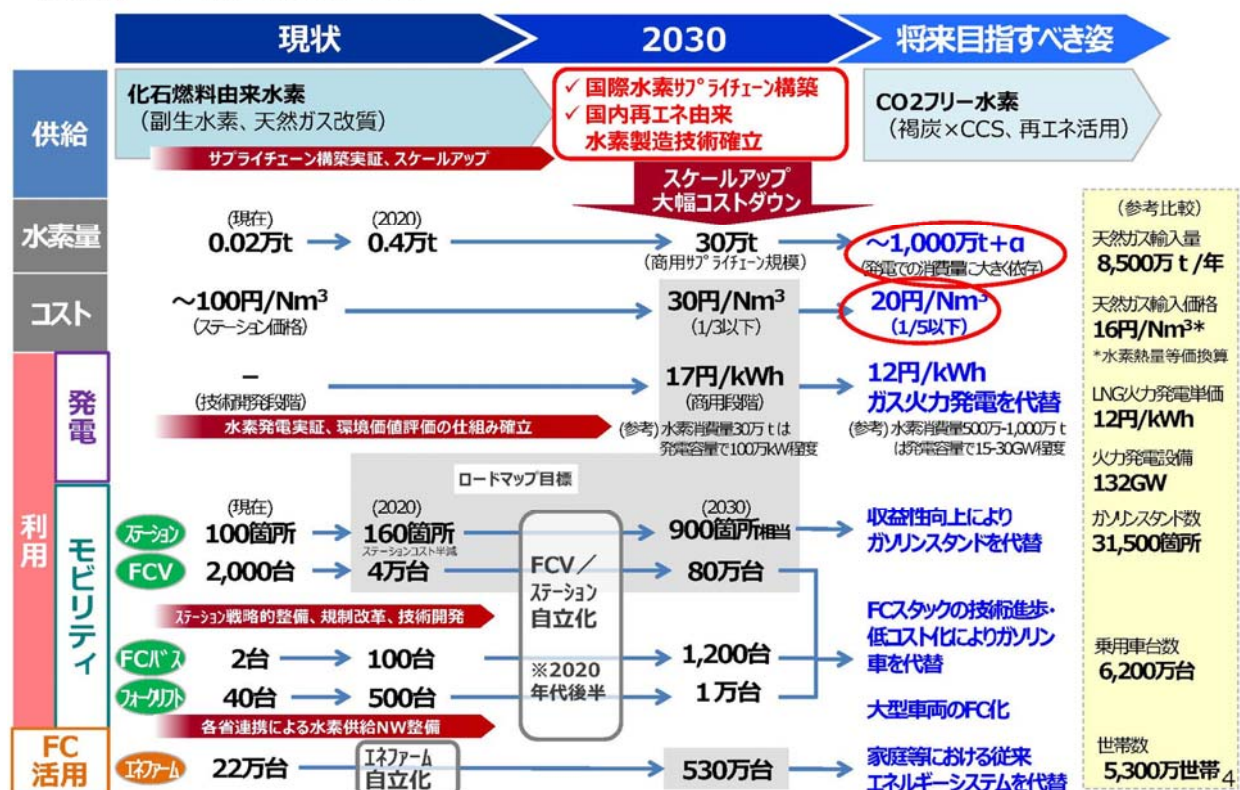
再生可能エネルギーについては、その導入を一層強力に推進していきます。関係大臣は連携して、本日決定したアクション・プランを着実に実行してください。」

(総理官邸ホームページ: http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/actions/201704/11energy.html)

水素基本戦略(2017年12月26日)

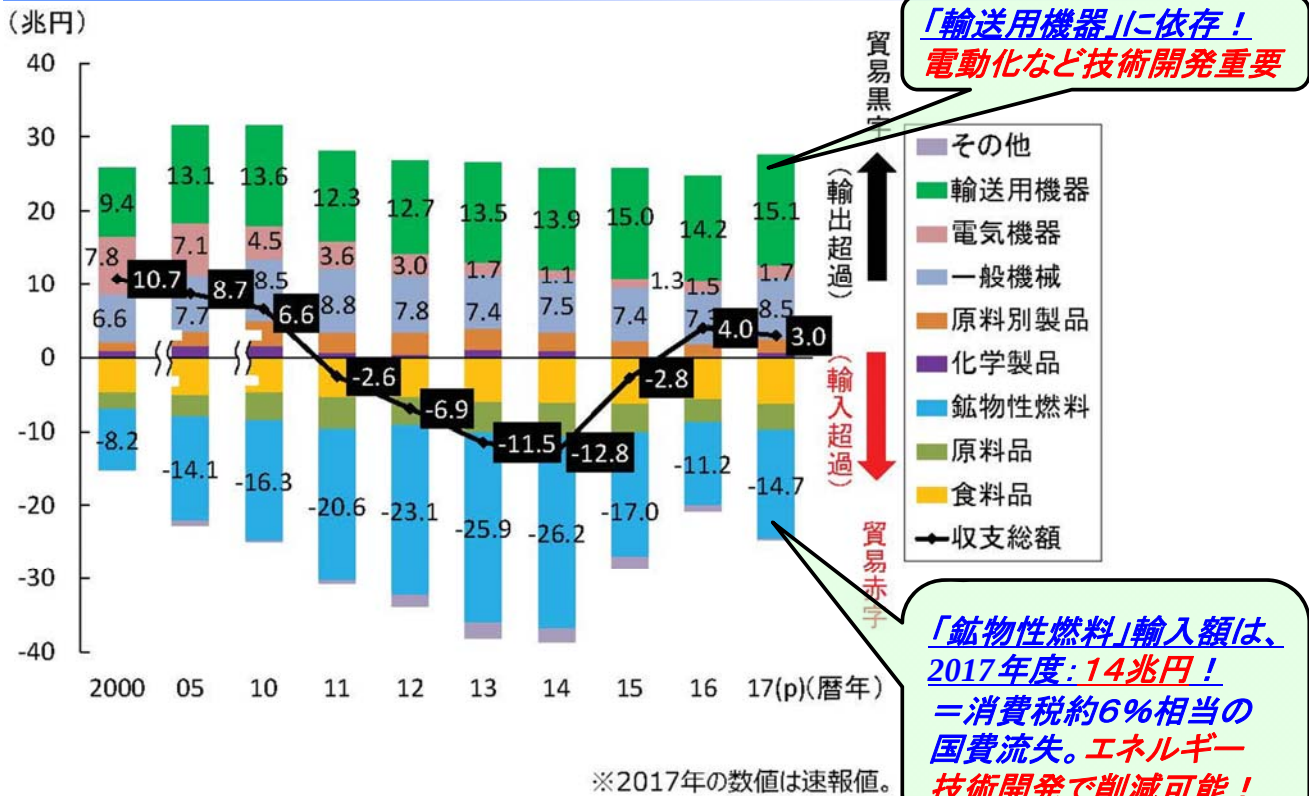
6

水素基本戦略のシナリオ



(経済産業省ホームページ <http://www.meti.go.jp/press/2017/12/20171226002/20171226002.html>)

貿易収支: 我が国は何で稼ぎ、何に払っているか？



出典: 経済産業省HP http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006_03_00.pdf

水素協議会: 水素が世界の脱炭素化の切り札へ

水素協議会メンバー: Air Liquide (エア・リキード)、Alstom (アルストーム)、Anglo American (アングロ・アメリカン)、BMW Group (BMWグループ)、Daimler (ダイムラー)、Engie (エンジー)、本田技研工業、Hyundai Motor (ヒュンダイ)、川崎重工業、Royal Dutch Shell (ロイヤル・ダッチ・シェル)、Linde Group (リンデグループ)、Total (トタル)、トヨタ自動車ほか

CO₂排出量削減目標への水素の貢献、2050年までに20%分に達する可能性

ドイツ・ボン・グローバルリーダーがCOP23のためボンで会合を行う中、Hydrogen Council (水素協議会) の名の下に様々な業界の18名のリーダーが集結し、世界初となる水素利用の具体的なビジョン(調査報告)を公表。

(2017年11月13日)

- 水素がエネルギー移行の主軸の一つ
- 2.5兆ドルに相当するビジネス
- 3,000万人以上の雇用を生み出せる可能性
- 2050年までに水素利用はエネルギー消費量全体の約1/5を担うことが可能、CO₂の削減量の約20%を担う
- 2030年までに1,000万台から1,500万台の燃料電池乗用車、50万台の燃料電池トラック
- 他の産業分野、例えば産業上の工程で、原材料、熱源、動力源、発電用、あるいは貯蔵して等々、様々な利用が想定

● 水素技術は持続可能な経済成長を生み出す能力 (Hydrogen Council Homepage: <http://hydrogencouncil.com/>)
(トヨタ自動車ホームページ: <https://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/19712845/>)



燃料を燃やせずに高効率に使う社会へ

9

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)

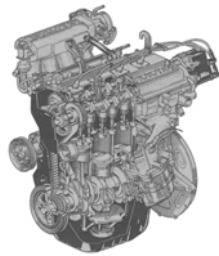
(化学エネルギー⇒熱⇒運動⇒電気)

電気化学エネルギー変換

(化学エネルギー⇒電気)



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

水素
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)



エネファーム
(九大伊都に7台設置)
【家庭で発電効率50%
総合効率約95%】



燃料電池車
(トヨタ製、九大所有、
世界初の大学公用車)
【車両効率65%】



業務産業用・発電用燃料電池
(三菱日立パワーシステムズ製、九大伊都設置)
【将来、天然ガスで発電効率約70%】

燃料電池自動車(東京モーターショー2015&2017)

10

2015



ホンダ(Clarity)



トヨタ(Lexus)

2017

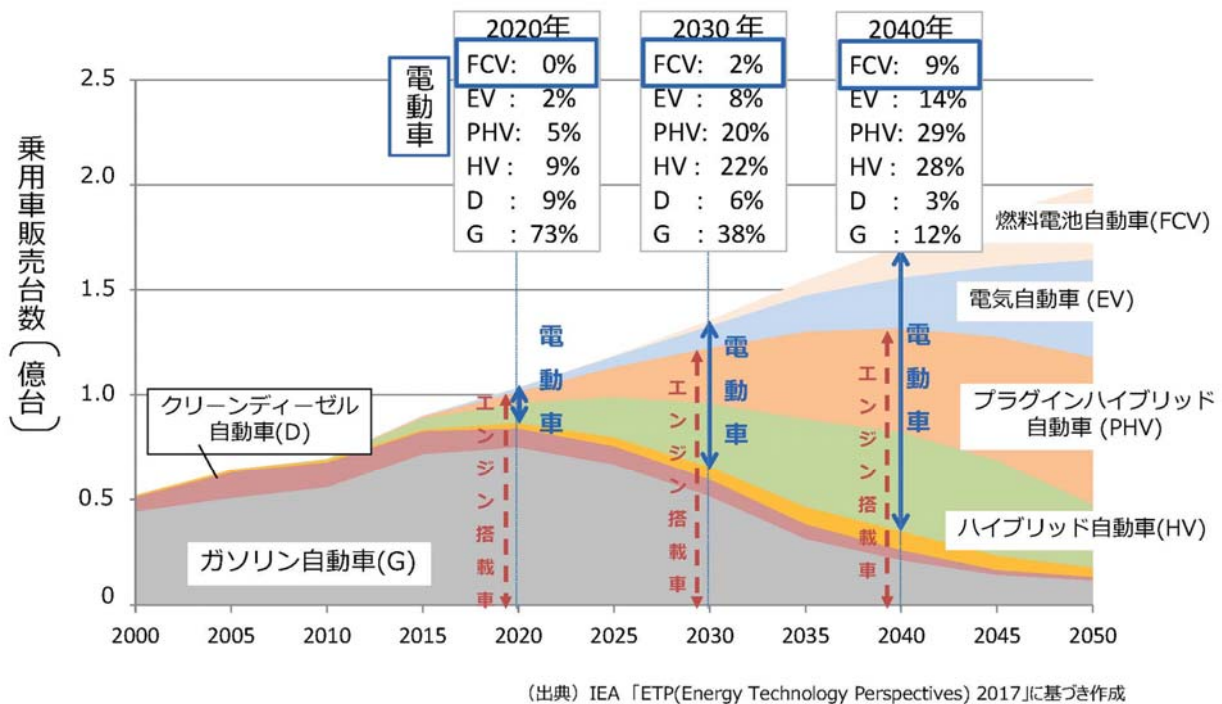


トヨタ



メルセデス・ベンツ

クルマの電動化の流れ



出典: 経済産業省HP http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006_03_00.pdf

九大水素プロジェクト: 九大の看板プロジェクトに発展



NEXT-FC：燃料電池分野で世界と戦うイノベーションハブ

13

(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 副学長・主幹教授)

- 次世代燃料電池分野の世界初の産学連携集中研「大学内に自社ラボ！」
- 機密を守る企業ラボ。約15社が入居。産学共創が日々可能に。
- ワンストップ支援：基礎研究から実証までを一貫実施「困ったら九大へ！」
- 大学の多様な最先端技術シーズを活用可能「ドラえもののポケット！」



燃料電池・水素エネルギーの研究開発

14

社会実装



【将来のあるべき姿へ】

超高効率エネルギーシステム
ゼロエミッションモビリティ
「脱炭素・水素社会」実現

実証研究

- 定置用高効率燃料電池システム
- 移動体用燃料電池システム
- 再エネ水素エネルギーシステム

中核技術

- 燃料電池高効率化・高出力化・高耐久化
- 可逆燃料電池(発電+水電解)

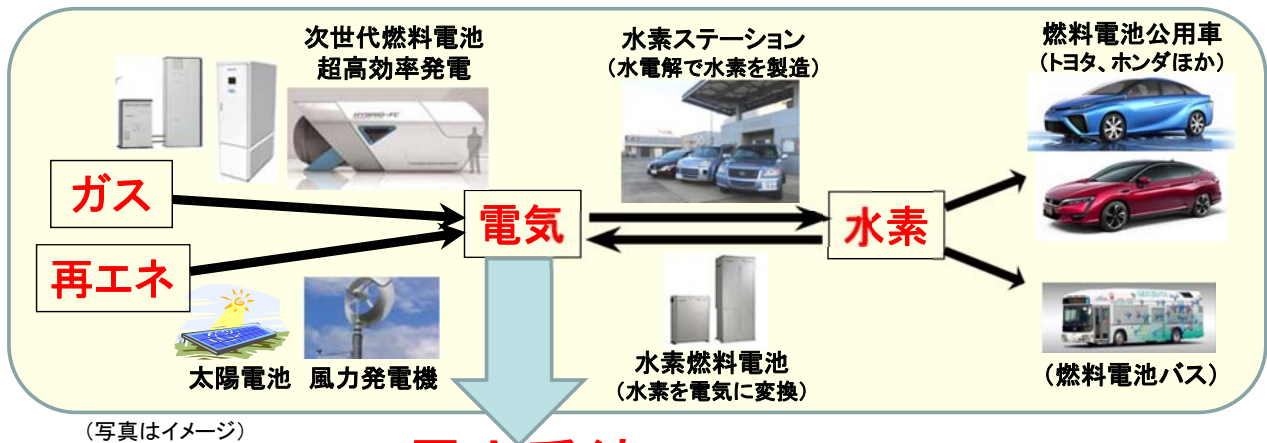
要素技術

- 電極触媒・電解質材料・周辺材料
- 革新的コンセプト・社会モデル

評価手法

- 原子～デバイス～システムレベルの可視化

燃料電池・水素を使いこなす2030年頃の「水素社会」を九州大学伊都キャンパスで具現化！



電力系統 (学内)

(年間使用電力量: 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)

伊都キャンパス

(実証実験キャンパス＝**タイムマシン**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！)

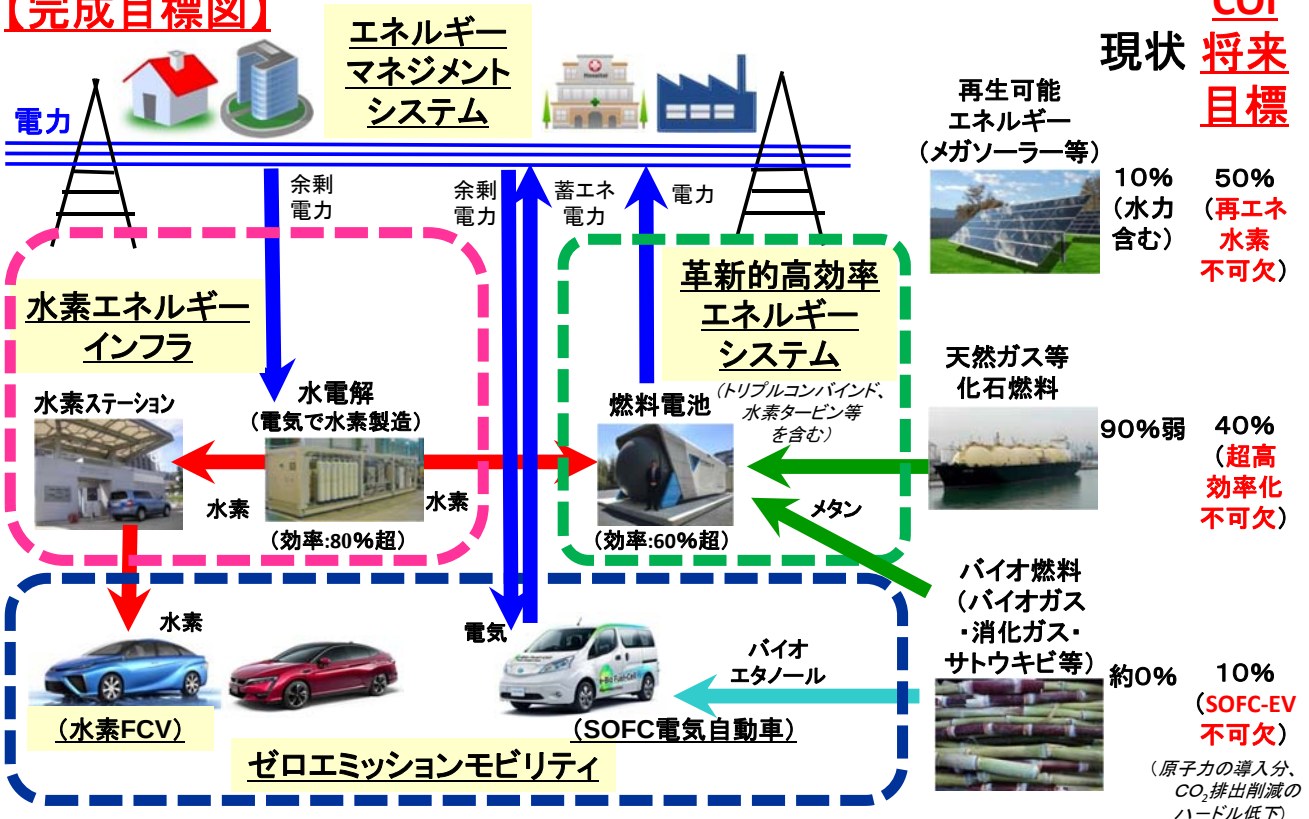
<実証> 2030年ごろの「水素社会」を伊都で具現化

- 大学キャンパスを、**再エネも含めたスマート未来社会**へ！
- 公用車の**ゼロエミッション**化！
- 燃料電池による非常用電源確保 (**安心キャンパス**)！
- **電力・ガス自由化**後のエネルギー未来社会を実現！
- **東京五輪・パリンピック**で発信するモデル社会の原型に！

脱炭素・水素社会実現加速！

これまでどおり快適にエネルギーを使いながら、**CO₂排出8割減**を実現！

【完成目標図】



“ベンチマーク” (既存の水素インフラ)

【水素ステーション(ST)】

- インフラ設置場所が偏在
(企業・自治体が個別に配置場所を検討・決定)

2017年7月

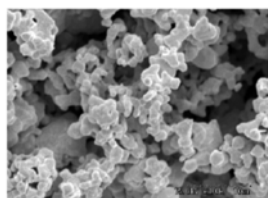
92基(設置済)
(今年度末までに100基)

商用水素ステーションの
設置場所を赤丸で明示



【水電解電極触媒(Irミクロン粒子)】(市販)

- 数ミクロン径で低比表面積＝高価



“カタログ” (未来の水素インフラ)

【水素ST最適配置シミュレータ】(実装済)

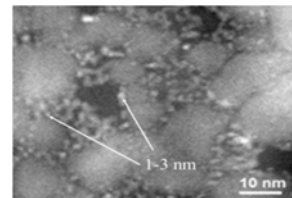
- 人口分布や交通量等のビックデータ活用で、高価な水素STを最適配置
⇒インフラ投資の効率化
- アドバンスド版を水素ST
合同会社が利活用
- 再エネ分布に沿った
再エネ水素
ST配置検討
(開発中)

政府の水素ST整備目標
(20年160基、25年320基、
30年900基)



【水電解電極触媒(Irナノ粒子)】(開発中)

- 数ナノ径で表面積1000倍＝価格1/1000



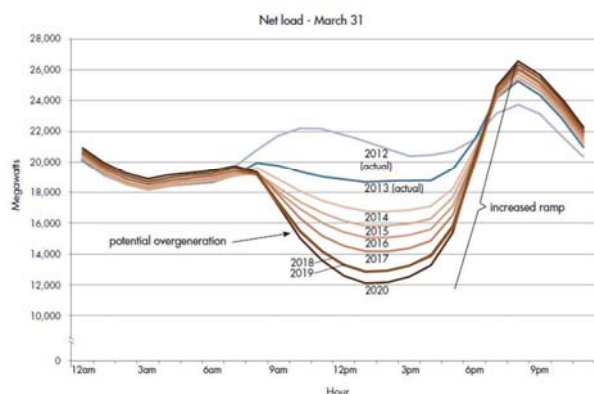
(Anaiほか, ECS
Trans., 2016)

「水素社会」実現に向けて: 再エネ水素

P2G活用シーン①: 系統負荷軽減 (ディマンドリスポンス)

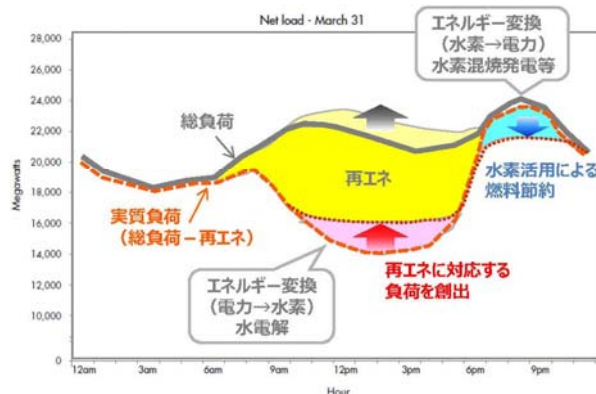
- 米カリフォルニア州における“Duck Curve”に代表されるように、再生可能エネルギーの拡大に伴い、火力発電等調整電源への負荷が増大。
- ディマンドリスポンスの一種として水素製造・利用を調整力として活用することで、調整電源への負荷を軽減することが可能。さらに、例えば製造した水素を混焼発電等に利用することで、系統電源の燃料節減につなげることが可能と考えられる。

Duck Curve (カリフォルニア)



[出典] “DEMAND RESPONSE AND ENERGY EFFICIENCY ROADMAP” (CAISO, 2013)

水素による負荷変動吸収 (イメージ)



経済産業省資源エネルギー庁「水素・燃料電池戦略協議会」
第1回CO2フリー水素WG 事務局提出資料(平成28年5月13日)

“ベンチマーク” (既存のエコカー)

【ハイブリッド車(HV)】

- 本格普及中(最も売れる車種の一つ)
- 海外では「ゼロエミッション車」から除外



【燃料電池自動車(FCV)】

- 日本主導で市販開始
- 航続距離650~700km
- 量産技術改良中
- 水素STを要増設



【電気自動車(EV)】

- 世界的な投資ブーム
- 航続距離400km(日産)
- 系統電力は化石燃料由来
- 高速充電器を要増設

(トヨタ・日産・ホンダHPなどより引用)



“カタログ” (未来のゼロエミッション車)

【次世代FCV】(要素技術開発中)

- 航続距離1000km(触媒高活性化)
- 起動停止や負荷変動への耐久性向上(電位変動に強い担体・触媒・セル開発)
- 量産しやすいセルで量産性向上(薄型化も可能な一体型セル)



(東京モーターショー2017(トヨタ))

【燃料電池電気自動車(SOFC-EV)】 (実証車試験中、要素技術開発中)

- バイオエタノールで車上SOFC発電(EVのカーボンニュートラル化)
- 高効率発電でEV航続距離を>600kmへ
- 変動対応・耐酸化性の金属集電材使用(開発中)

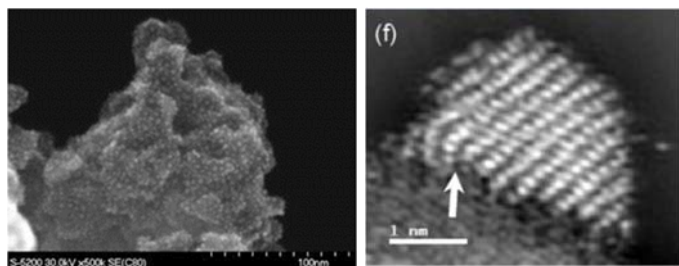


(日産HP)

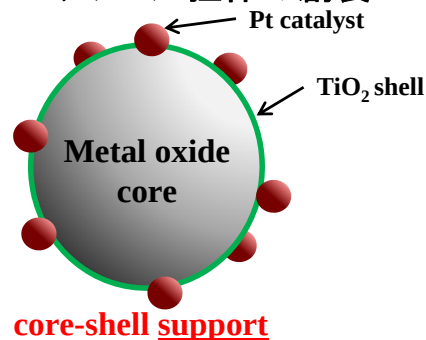
(<https://newsroom.nissan-global.com/releases/160614-01-j?lang=ja-JP>)

研究例: 次世代の革新的PEFC電極触媒の開発

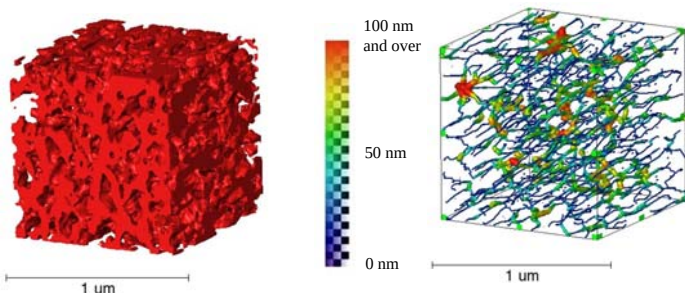
高耐久性Pt/Nb-SnO₂電極触媒の創製 (九大佐々木のオリジナル発明で物質特許も取得済み)



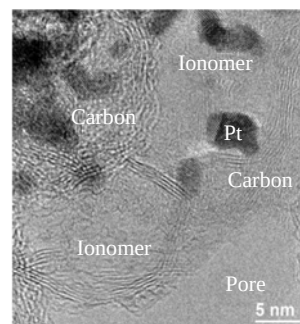
コアシェル担体の創製



電極触媒層の3次元定量化



電極触媒層の高分解能観察



目標: 高性能・高耐久・高出力の次世代燃料電池の開発!

“ベンチマーク” (既存のエネファーム)

【家庭用燃料電池「エネファーム」SOFC型】

- 世界最高の発電効率
- 世界最小の機器本体サイズ
- 設置が可能な対象住戸拡大
- コストダウンを実現
- IoT対応サービス
- 日本初の余剰電力買取
- 高い環境性、経済性実現
- 10年間メンテナンス不要
(= 燃料電池の耐久性の課題は固体電解質の利用で解決!)



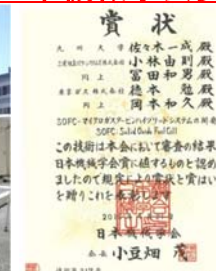
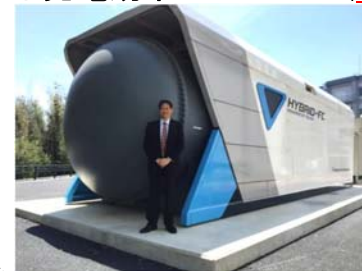
	エネファームtypeS	エネファーム
作動温度	約700℃～750℃ 高温で作動するから発電効率が低い	約60℃～80℃
電池の種類	固体酸化物形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)
電解質	セラミックス	高分子膜
発電効率※1	52%	39%※2

(アイシン精機HP: <http://www.aisin.co.jp/cogene/enefarm.html>)

“カタログ” (未来の高効率定置用電源)

【業務産業用燃料電池】(実証済、発売済)

- 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 型
- セルレベルで劣化率0.1%/1000h以下
- 20000hの運転実績 (2018年8/2に達成、更新中)
- 発電効率54.4%LHV (日本機械学会賞)



【革新的な高効率システム】(開発中)

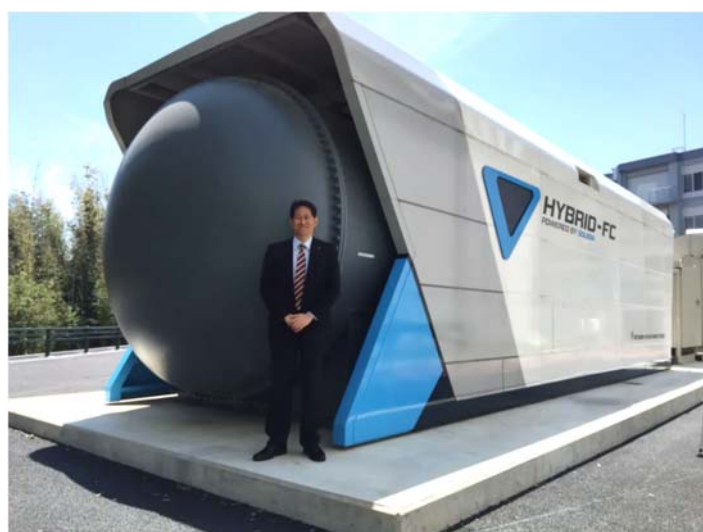
- 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 型
- 多段化で効率70%超 (目標)
- 水素イオン電解質利用で80%超 (目標)
- 新材料システムで10年耐久 (将来目標)

九大伊都に燃料電池発電所設置・発電中！

三菱日立パワーシステムズ(株)製 (長崎)

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) とマイクロガスタービン (トヨタ製MGT) の
複合発電システム (250キロワット級産業用実証機、発電効率55% (LHV))

都市ガス (天然ガス) ⇒ 水素を含むガス ⇒ 電気 (+ 熱、水素)



日本機械学会賞 (技術) 受賞！

業務・産業用燃料電池

【市販開始】

- 三菱日立パワーシステムズ
 - 京セラ
 - 三浦工業
- ### 【開発・実証中】
- 富士電機
 - 日立造船
 - デンソー

- 2015年12月に「常時監視」⇒「遠隔監視」の規制緩和実現！
- 20,000時間の運転実証に成功！ (2018年8月2日達成)
- 大学キャンパスが製品開発と実証の場⇒昨年度市販開始！

超高効率化への挑戦

23

SCIENTIFIC REPORTS

Yoshio Matsuzaki^{1,2}, Yuya Tachikawa³, Takaaki Somekawa^{1,4}, Toru Hatae¹, Hiroshige Matsumoto³, Shunsuke Taniguchi⁵ & Kazunari Sasaki^{2,3,4,5}



KYUSHU UNIVERSITY



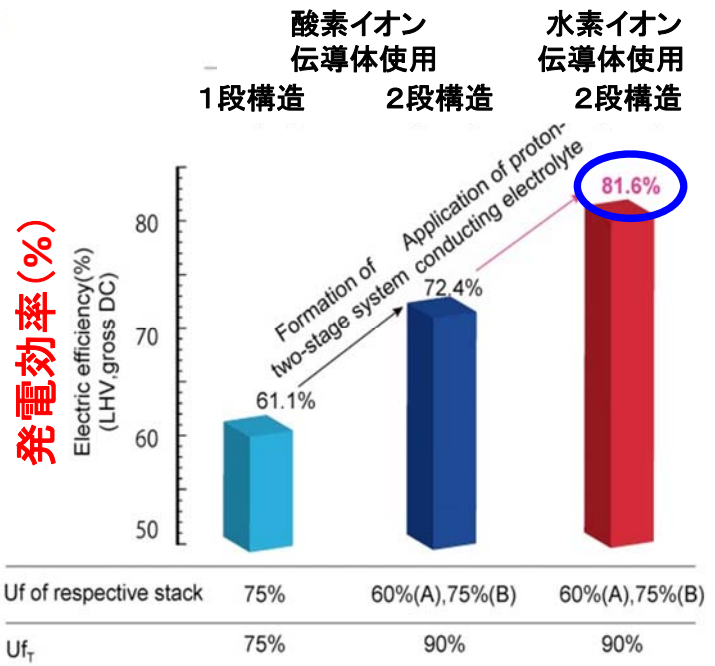
TOKYO GAS



立川(九大)



松崎(東京ガス)

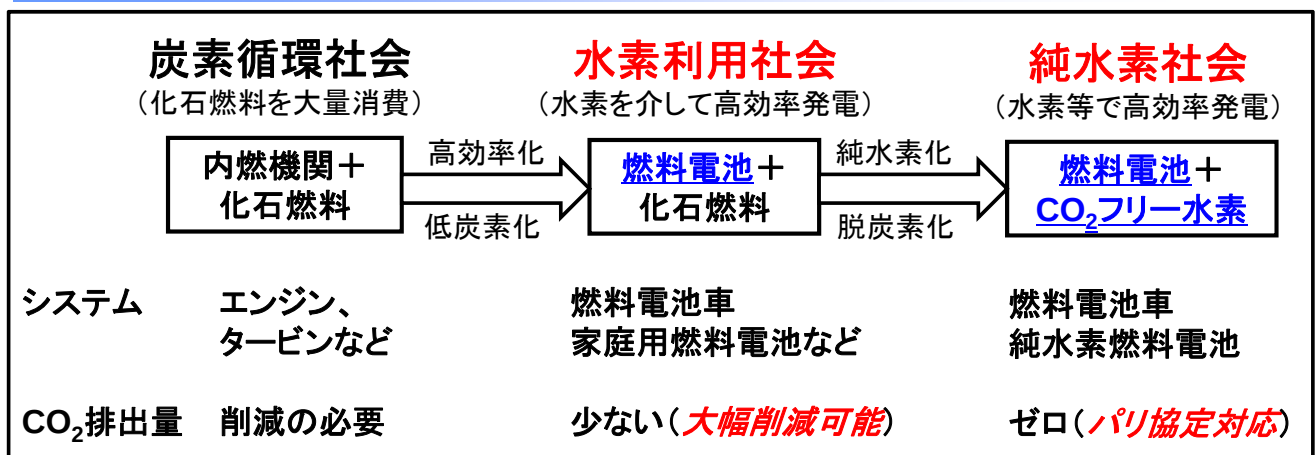


● 燃料電池の多段化と水素イオンが動く固体電解質材料の利用で **発電効率として80%LHVを超える“超高効率”**が可能であることを、理論的に明示。(2015年7月28日、**Nature**姉妹紙『**Scientific Reports**』で公開)

目標: 世界最高効率の発電システムを創製! 世界を圧倒するエネルギーシステムへ!

水素社会への移行イメージ

24



スマートシティの“キラーコンテンツ”!

蒸気・ガスタービン



ガソリンエンジン



エネファーム



水素ステーション



業務用FC



産業用FC



水素FCV



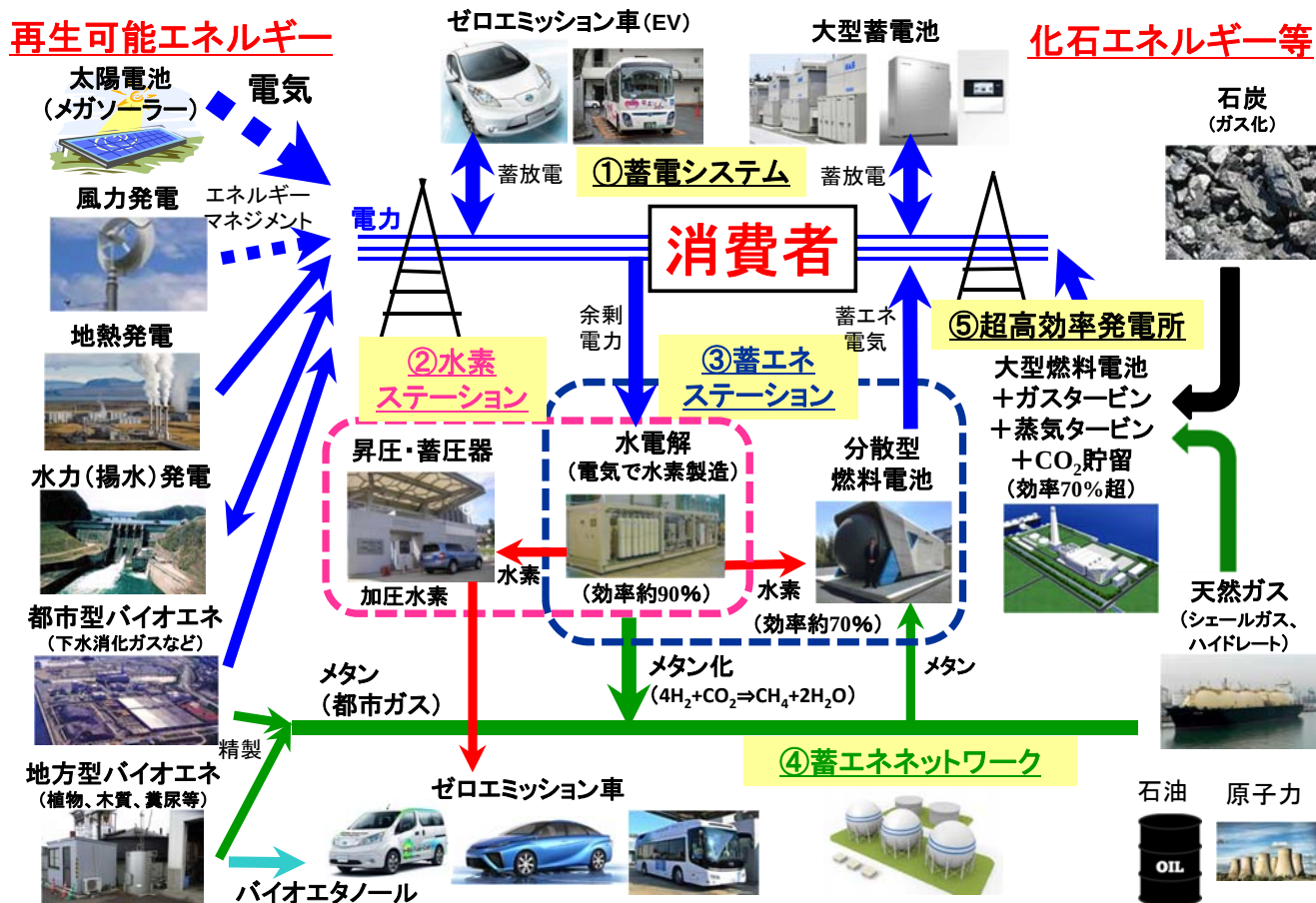
超高効率FC



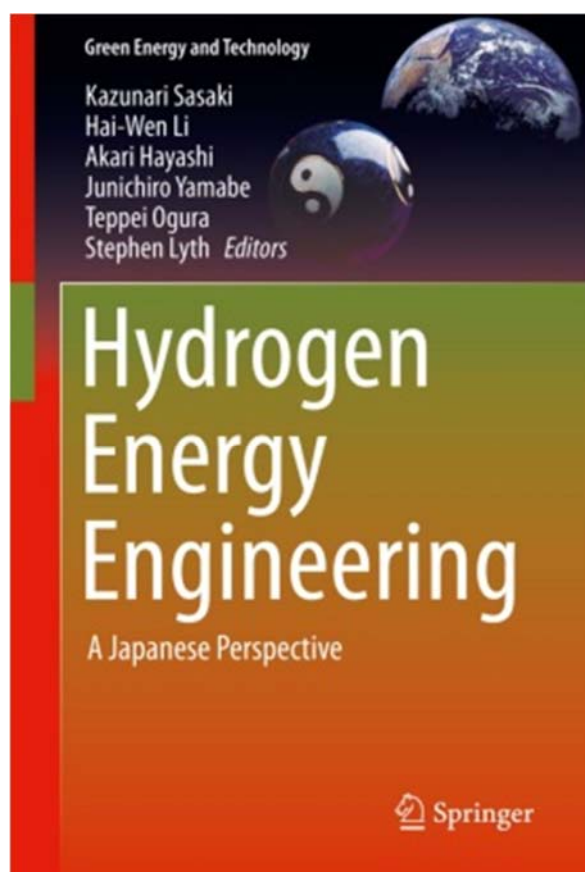
SOFC-EV



展望：未来エネルギー社会（イメージ）



未来のエネルギーシステムは？



K. Sasaki ほか (編著),
*Hydrogen Energy Engineering:
 A Japanese perspective,*
 Springer (2016).

(2016年10月6日発売
 計593ページ)
 (ダウンロード件数:
 世界で5万回以上)

<http://www.springer.com/us/book/9784431560401>



**エネルギー研究教育機構：総長が機構長、オール九大・文理融合での
未来エネルギーへの取り組み**（平成28年10月設置）

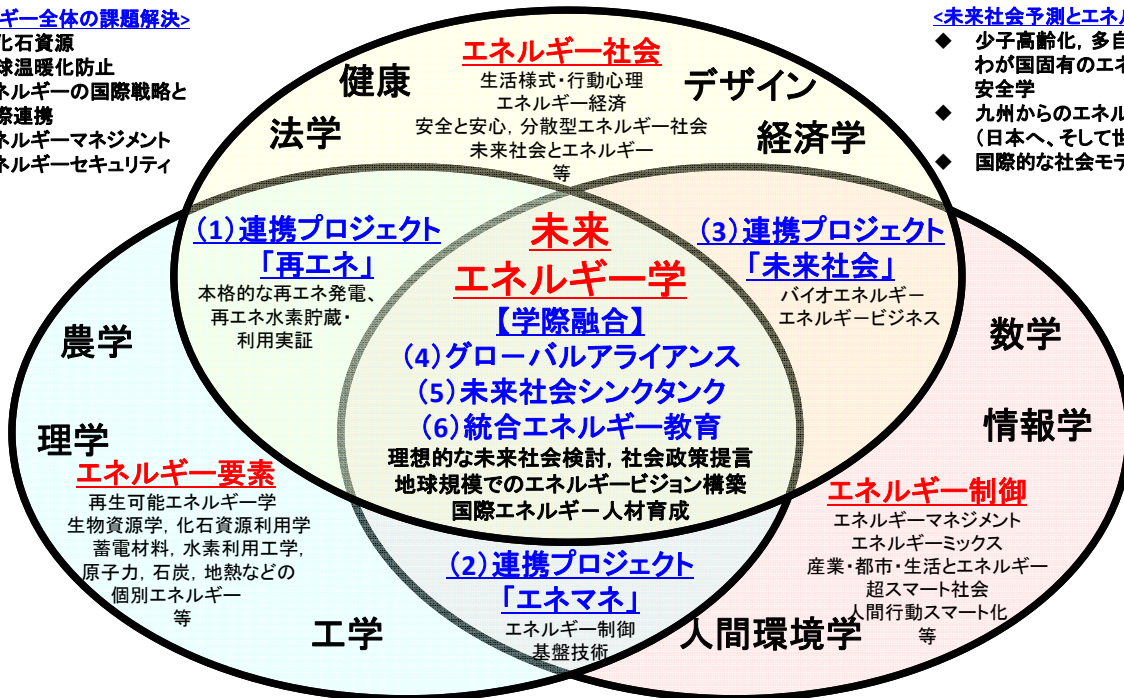
部局の壁を取り去ったオール九大のプラットフォーム組織「機構」
「あるべき未来社会」⇒個別要素研究⇔連携プロジェクト⇔学際融合

<エネルギー全体の課題解決>

- ◆ 脱化石資源
- ◆ 地球温暖化防止
- ◆ エネルギーの国際戦略と国際連携
- ◆ エネルギーマネジメント
- ◆ エネルギーセキュリティ

<未来社会予測とエネルギー学>

- ◆ 少子高齢化，多自然災害のわが国固有のエネルギー安全学
- ◆ 九州からのエネルギー転換（日本へ，そして世界へ）
- ◆ 国際的な社会モデルの発信



福岡水素エネルギー戦略会議 (H16.8月設立)

福岡県資料 28

全国に先駆けて設立した産学官連携組織

顧問

福岡県	知事	小川 洋
九州経済産業局	局長	塩田 康一
北九州市	市長	北橋 健治
福岡市	市長	高島 宗一郎
九州大学	総長	久保 千春



役員

会長 新日鐵住金(株)	代表取締役副社長	谷本 進司
副会長 トヨタ自動車(株)	常務理事 先進技術開発カンパニー	深澤 和広
	先進技術統括部部長	
岩谷産業(株)	常務執行役員 産業ガス・機器事業本部	津吉 学
	水素本部 水素ガス部長	
JXTGエネルギー(株)	取締役常務執行役員	桑原 豊
	新エネルギーカンパニー・プレジデント	
九州大学水素エネルギー国際研究センター	センター長	佐々木 一成

幹事会

- 会員中核企業などで組織
- 事業計画の立案及び推進

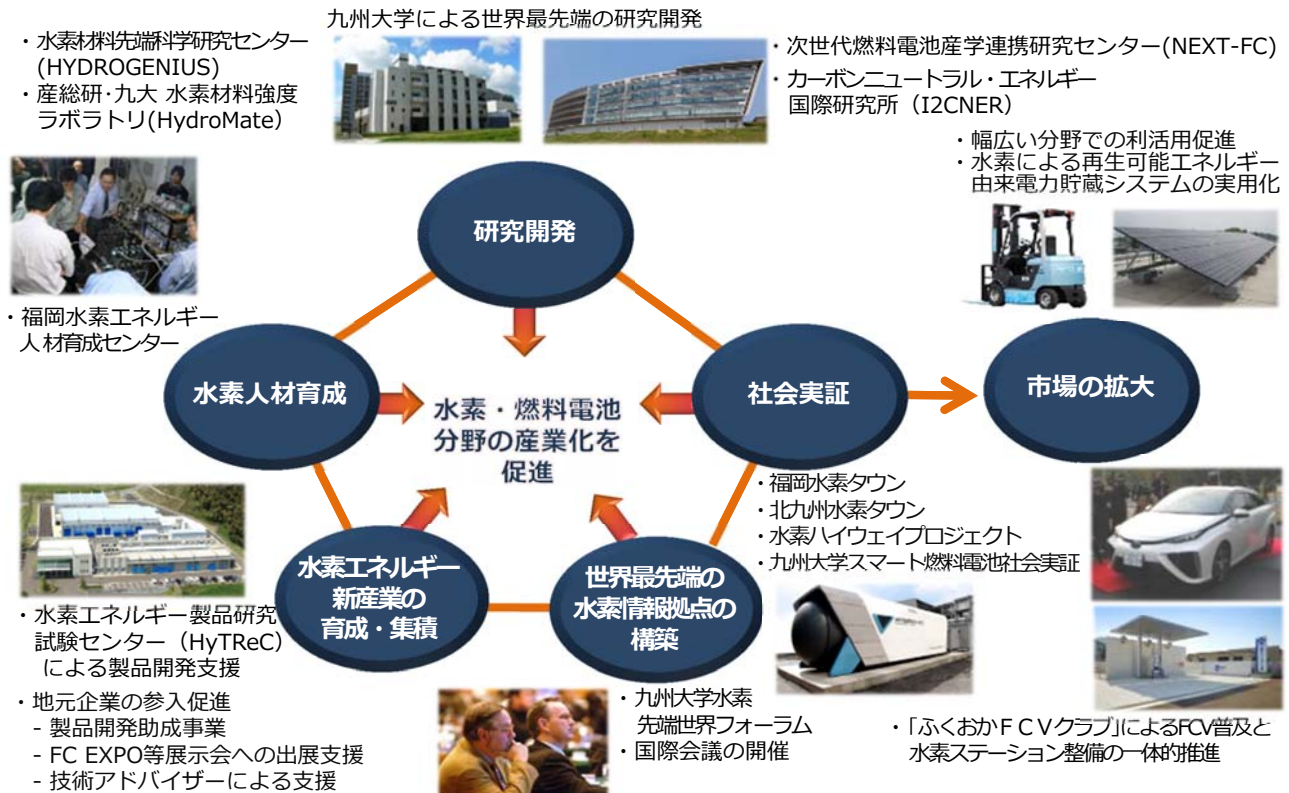
会員数

815企業・機関（平成30年9月1日現在）
（企業 659, 大学 118, 行政・研究・支援機関 38）

事務局

福岡県（商工部 新産業振興課）

「福岡水素エネルギー戦略会議」を中核に、市場の拡大と産業化に向けた総合的な取組みを展開



九州地域の各自治体における水素エネルギー関連の主な取組

九州内の自治体でも、水素ステーションの整備や水素関連の実証事業などが推進されている。

