

水素社会へ向けたMHPSにおける SOFCーマイクロガスタービンハイブリッドシステム の開発状況と今後の展開

富田 和男

燃料電池事業室

2016年2月1日

福岡水素エネルギー戦略会議
第2回水素エネルギー社会実現フォーラム
於 レソラNTT夢天神ホール

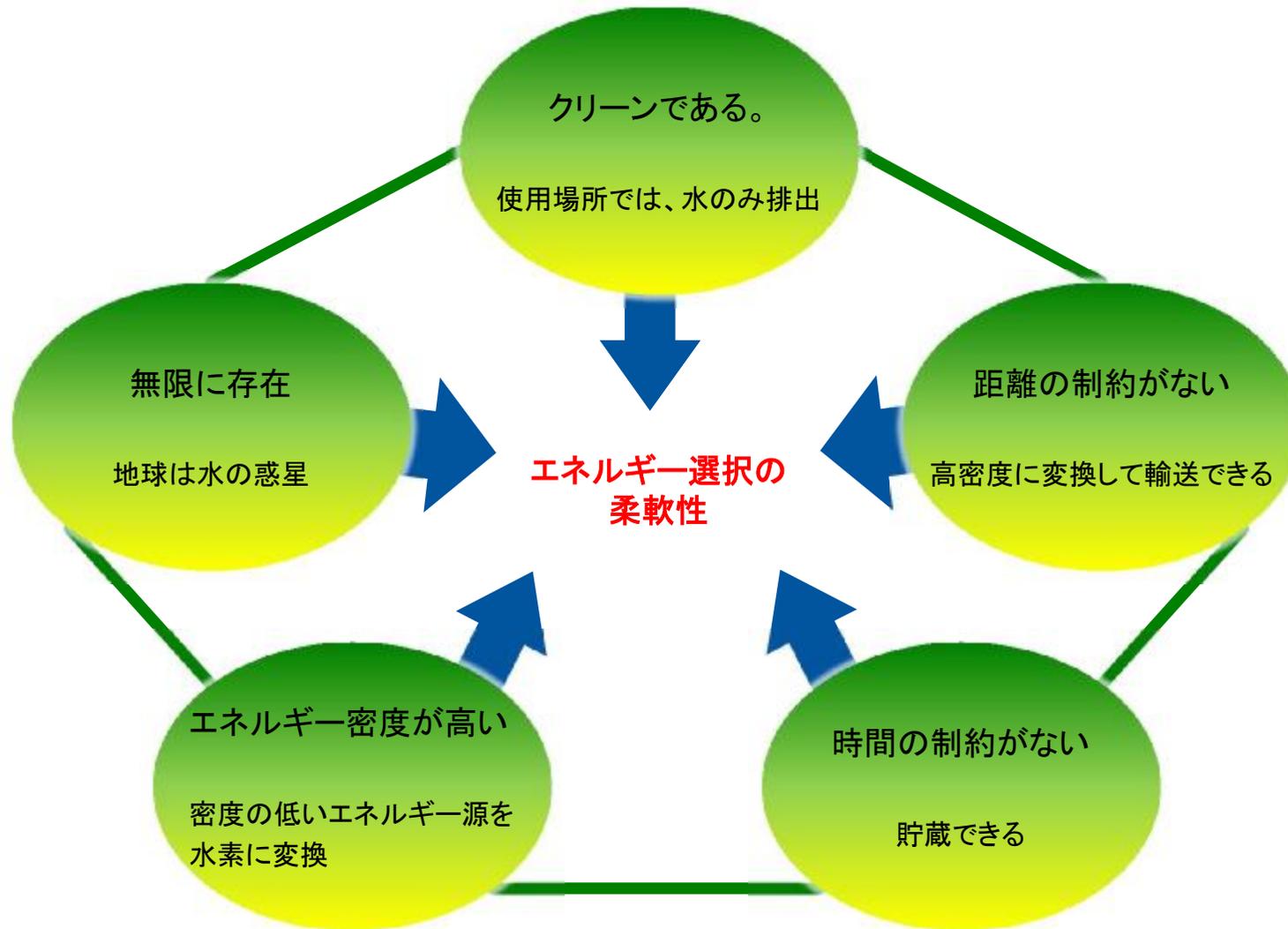


三菱日立パワーシステムズ株式会社



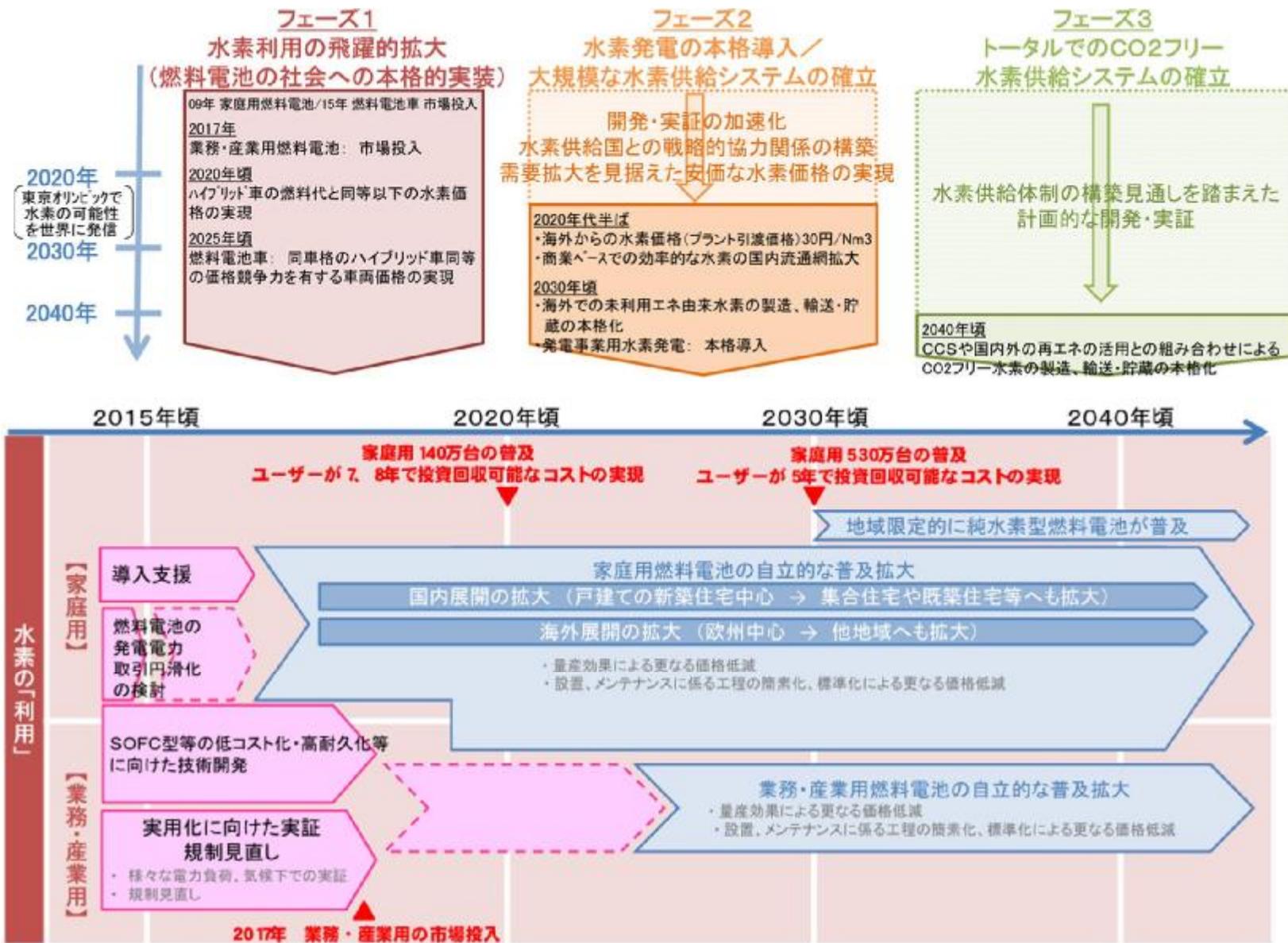
1. 水素社会の実現に向けた取り組み
2. 燃料電池SOFCの特徴
3. ハイブリッドシステムの開発状況
4. 九州大学殿での開発、検証
5. 更なる展開
6. 量産化に向けての取り組み
7. まとめ

1. 水素社会の実現に向けた取り組み（なぜ、水素なの？）



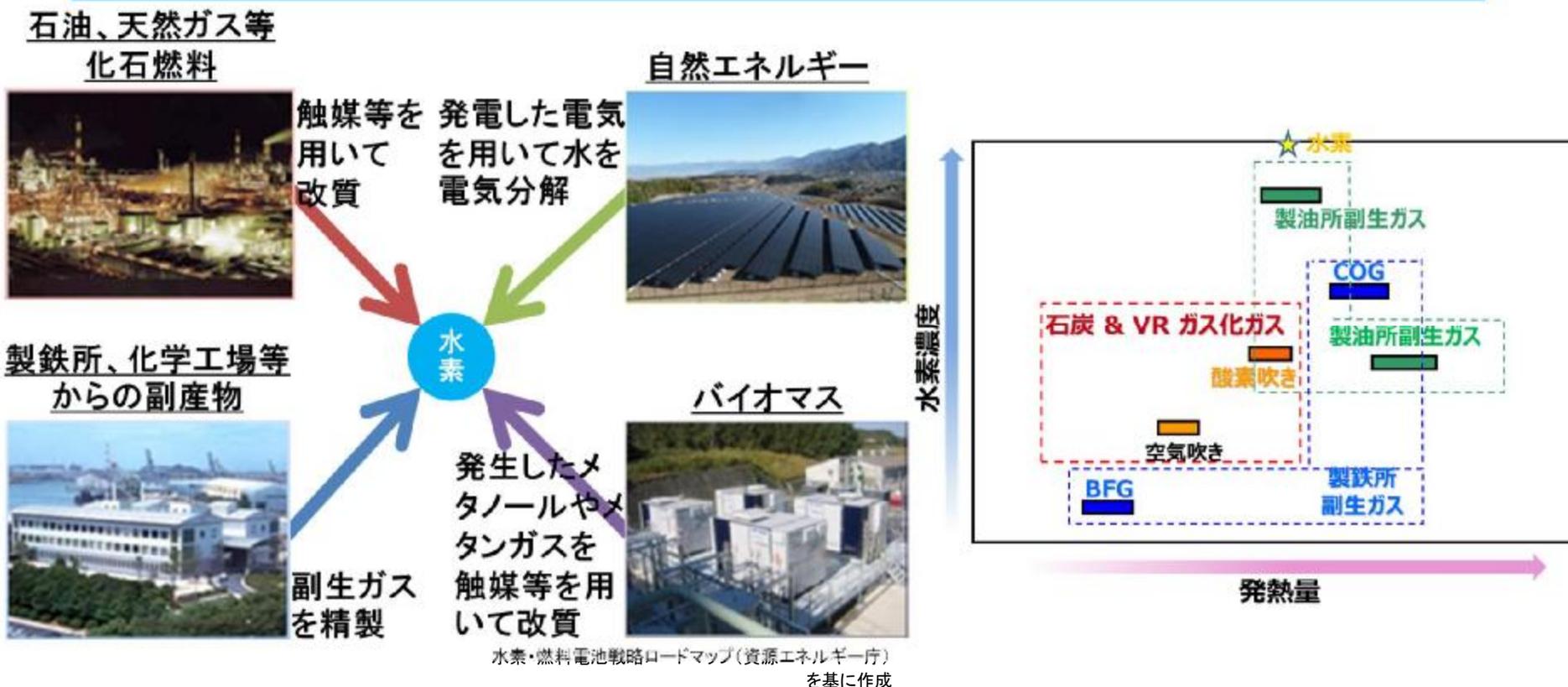
1. 水素社会の実現へ向けた取り組み

国や自治体の政策動向（METI/燃料電池分野戦略ロードマップ）



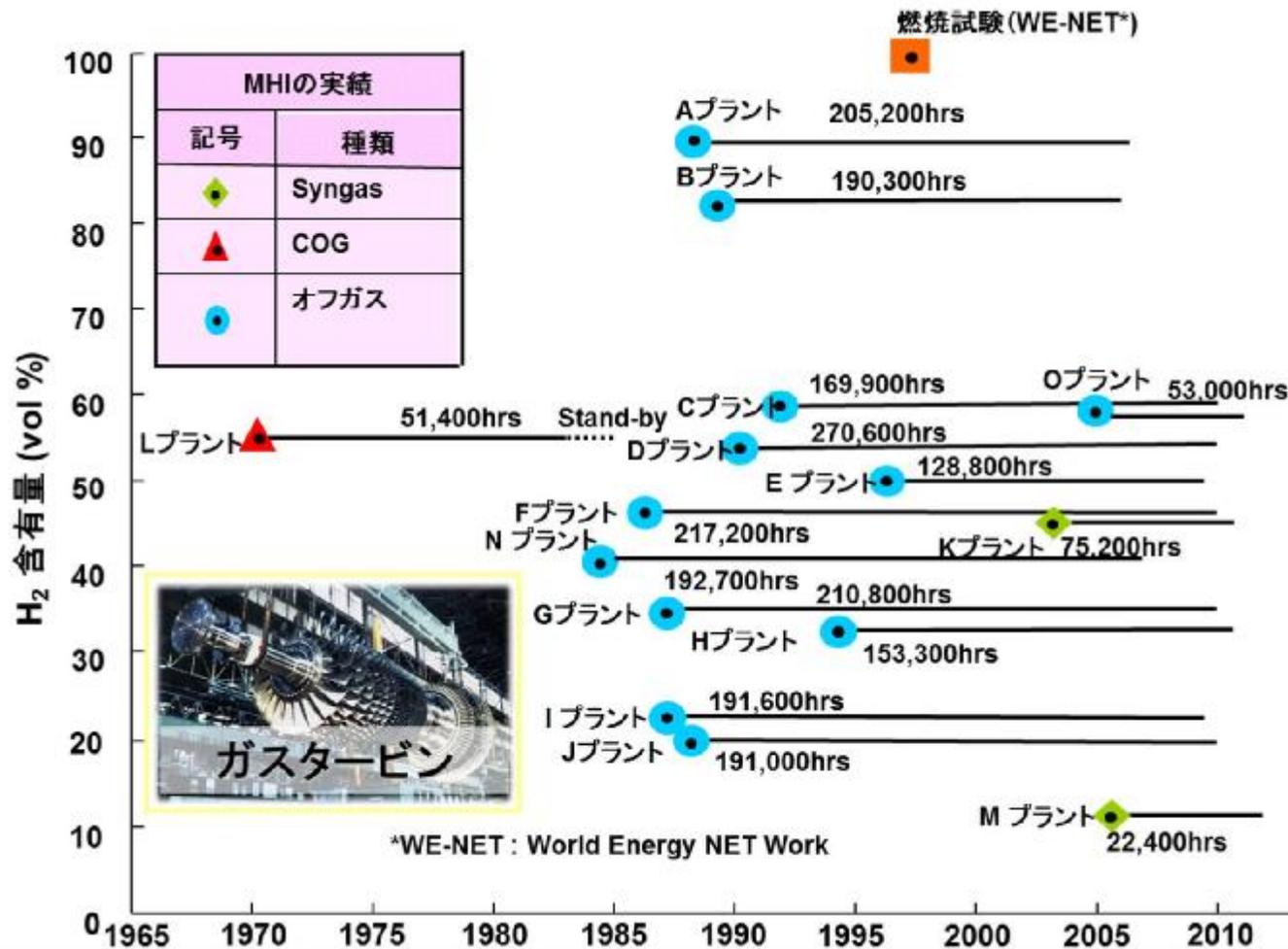
1. 水素社会の実現に向けた取り組み (以前から水素は作られている?)

- 現在、国内での産業ガスとしての水素出荷量は約2億Nm³/年程度しかなく、用途は半導体生産および金属熱処理等に限定されている。
- しかしながら現在、国内の製鉄所・製油所においては、水素を含むガスが副生されており、その量は150億Nm³/年と推定され、現状は工場におけるボイラー等の燃料として自家消費されている。



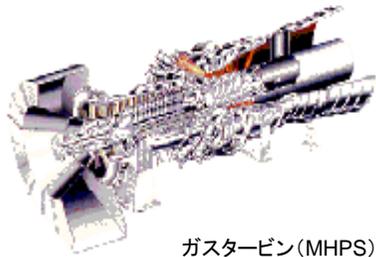
1. 水素社会の実現に向けた取り組み (以前から水素は使われている？ 水素混焼発電の実績)

- 製鉄所副生ガスを利用したガスタービン発電はすでに稼働中(最大H₂含有量:90%)。
- ボイラについても100近いプラントにおいて、製鉄所副生ガスを中心に稼働中。
(最大H₂含有量: 60%)



1. 水素社会の実現に向けた取り組み (SOFCの果たすべき役割)

化石燃料社会



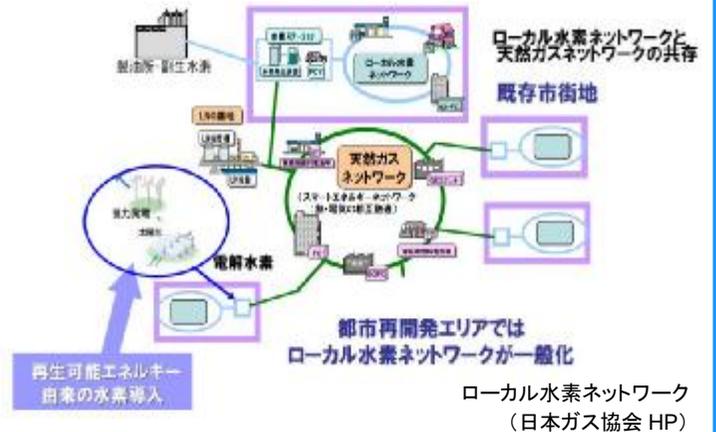
低炭素社会

- 水素利用の飛躍的拡大
(燃料電池の社会への本格的実装)
- 家庭用燃料電池の自律的普及
- **業務・産業用燃料電池の市場導入**
- FCV普及と水素ステーション整備



水素社会

- 地域と連携した水素サプライチェーンの構築



- 水素発電の本格導入
- 大規模な水素供給システムの確立



2. 燃料電池：種類と特徴

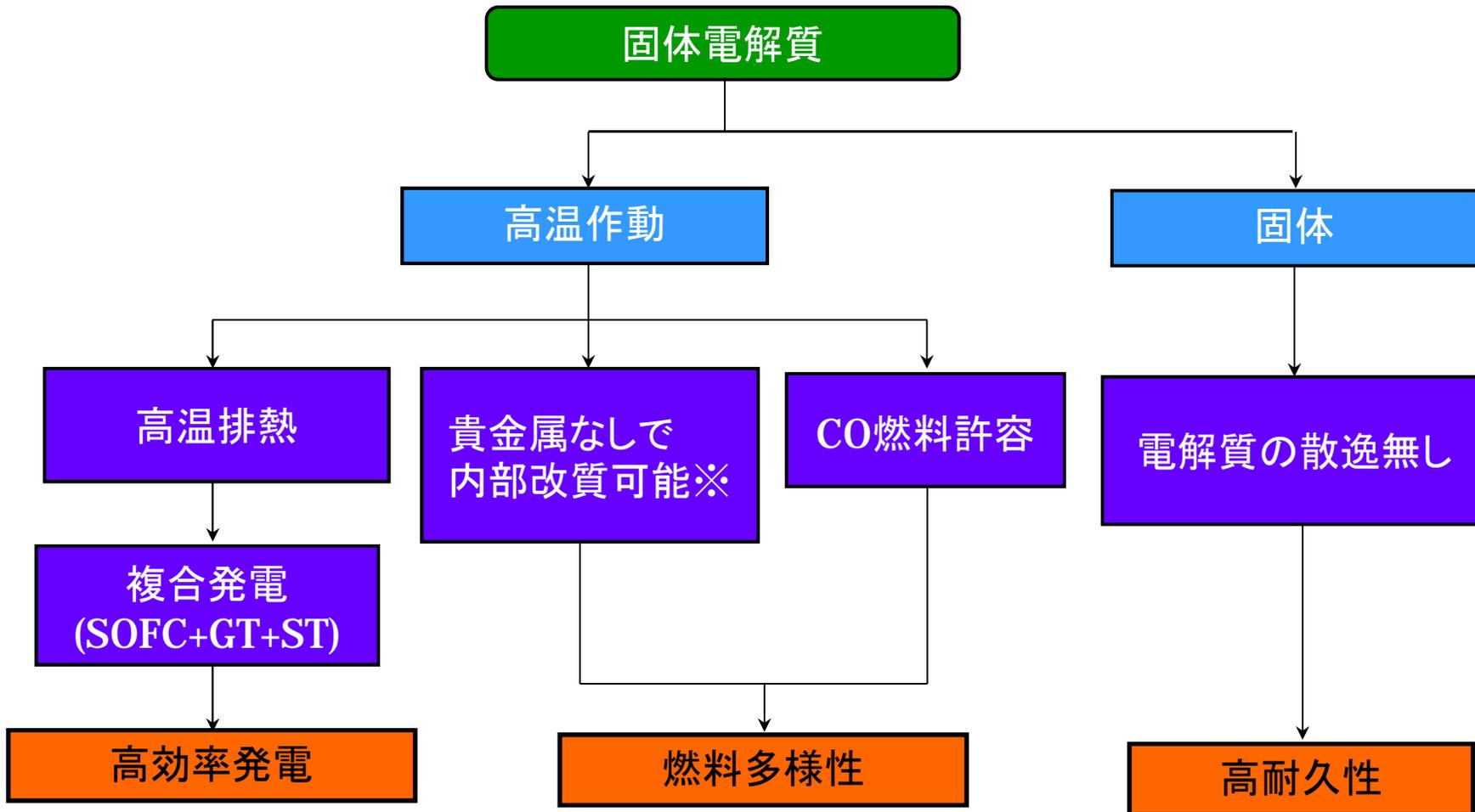
燃料電池は、燃料と酸素を供給して電気へ変換する発電システム。
(水の電気分解と逆反応)

		固体高分子形 (PEFC)	リン酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
電解質		固体 (イオン交換膜)	液体 (リン酸)	液体 (溶融炭酸塩)	固体 (安定化ジルコニア: セラミックス)
移動イオン		H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
運転温度(°C)		600~100	150~200	600~650	750~1000
発電 効率 (LHV%)	電池単体	約35~40	約38~42	約45	約50
	複合発電	—	—	50~60	55~70
用途		自動車用 家庭用	分散電源用 (業務用)	事業用(火力代替) 分散電源用 (業務用・産業用)	事業用(火力代替) 分散電源用 (業務用・産業用)
改質		外部改質方式	外部改質方式	内部改質方式	内部改質方式

PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell
PAFC: Phosphoric Acid Fuel Cell

MCFC: Molten Carbonate Fuel Cell
SOFC: Solid Oxide Fuel Cell

2. 燃料電池SOFCの特徴

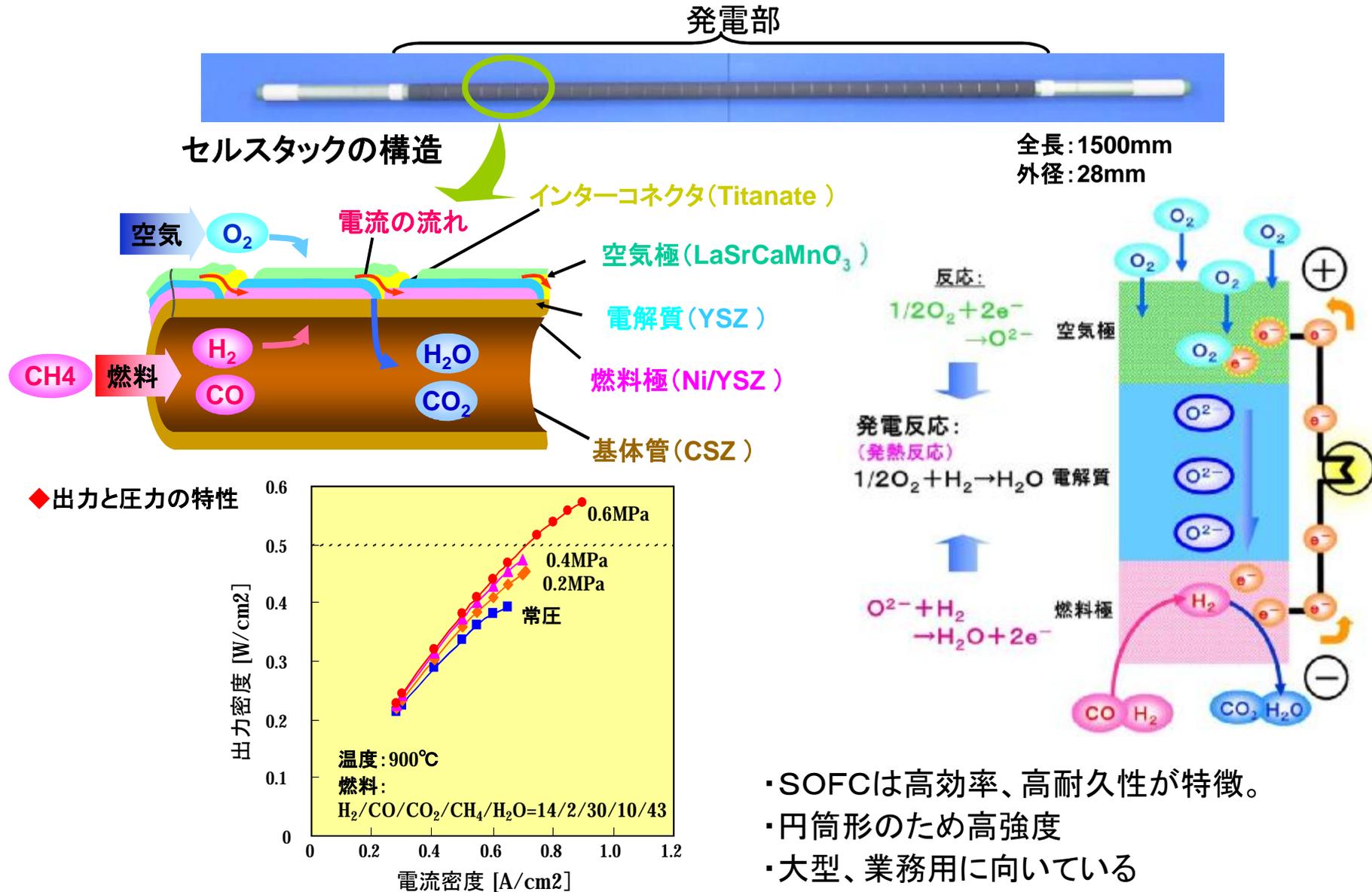


- ・天然ガス 70%-LHV
- ・石炭ガス 60%-LHV

- ・LNG
- ・石炭ガス化ガス

※メタンの改質反応
 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}$
触媒: 燃料極中のNi

2. 燃料電池SOFCの特徴 (円筒形SOFCの構造) (メリット① 発電原理: 加圧=高出力)



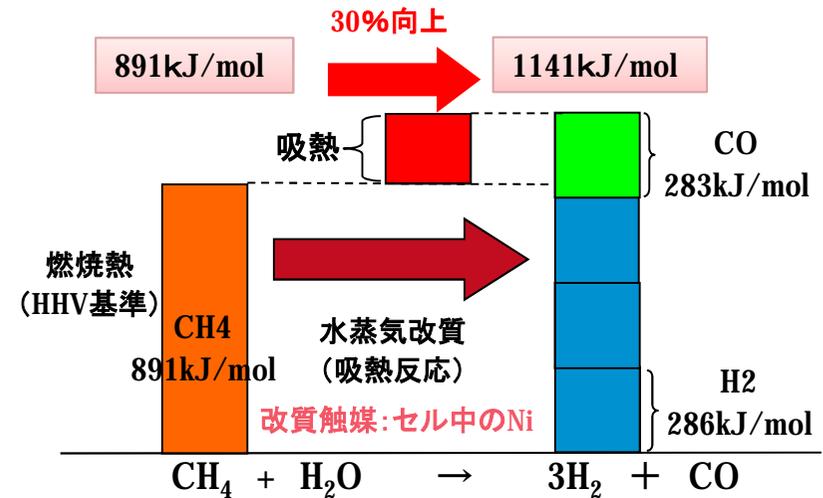
2. 燃料電池SOFCの特徴

メリット② SOFCの内部改質

天然ガスを直接供給し電気を発生することが可能

改質に必要なエネルギー“熱”と“水蒸気”を
自前で供給できる。

エクセルギー再生の究極の実用例である。

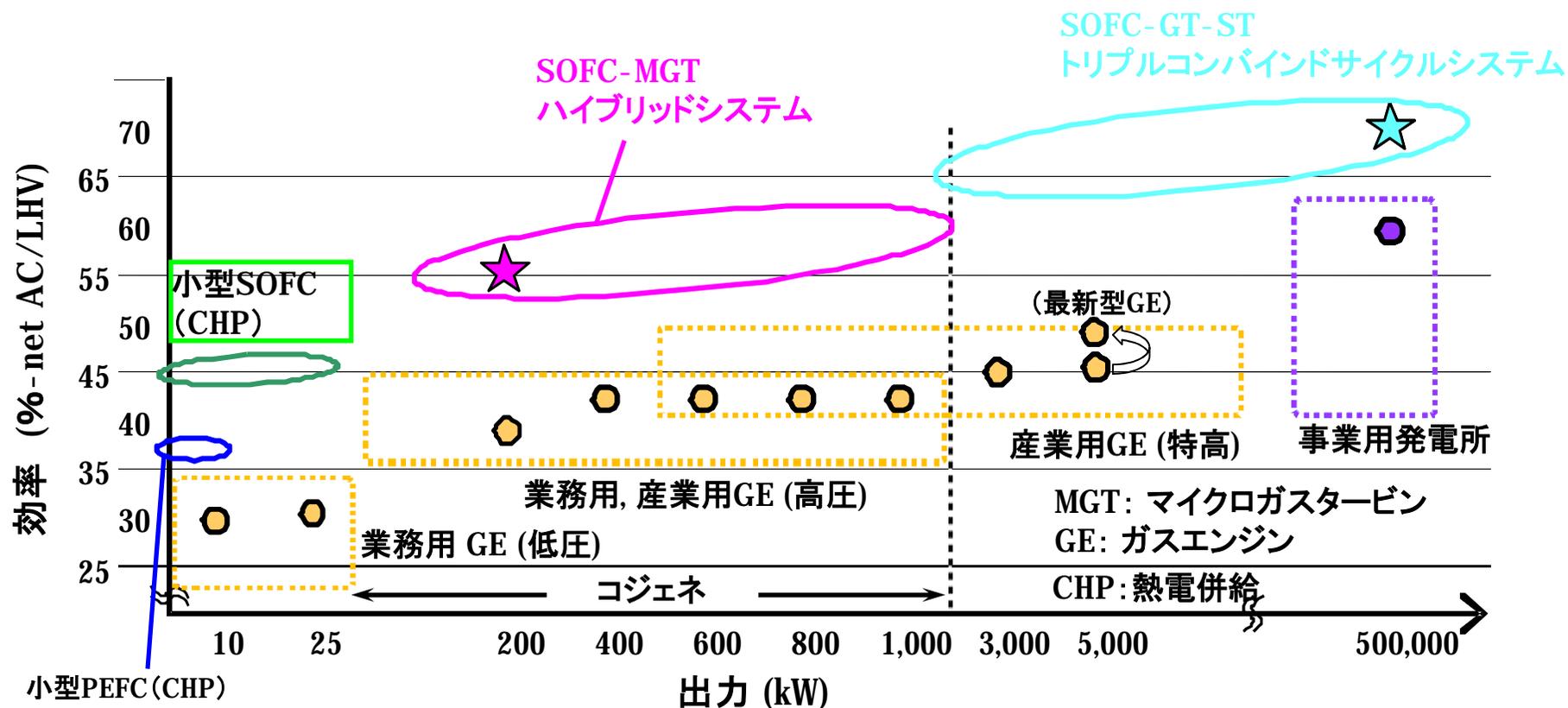


方式	外部改質	内部改質
構成		
改質器	必要 (別置き改質システム一式)	不要 コンパクト化・低コスト化
改質用熱源	別途、燃料を供給し、改質のための熱源を確保する。 燃料電池から発生する熱は、そのまま排熱となる。	燃料電池から発生する熱を、直接燃料の改質の熱源として利用できる 高効率

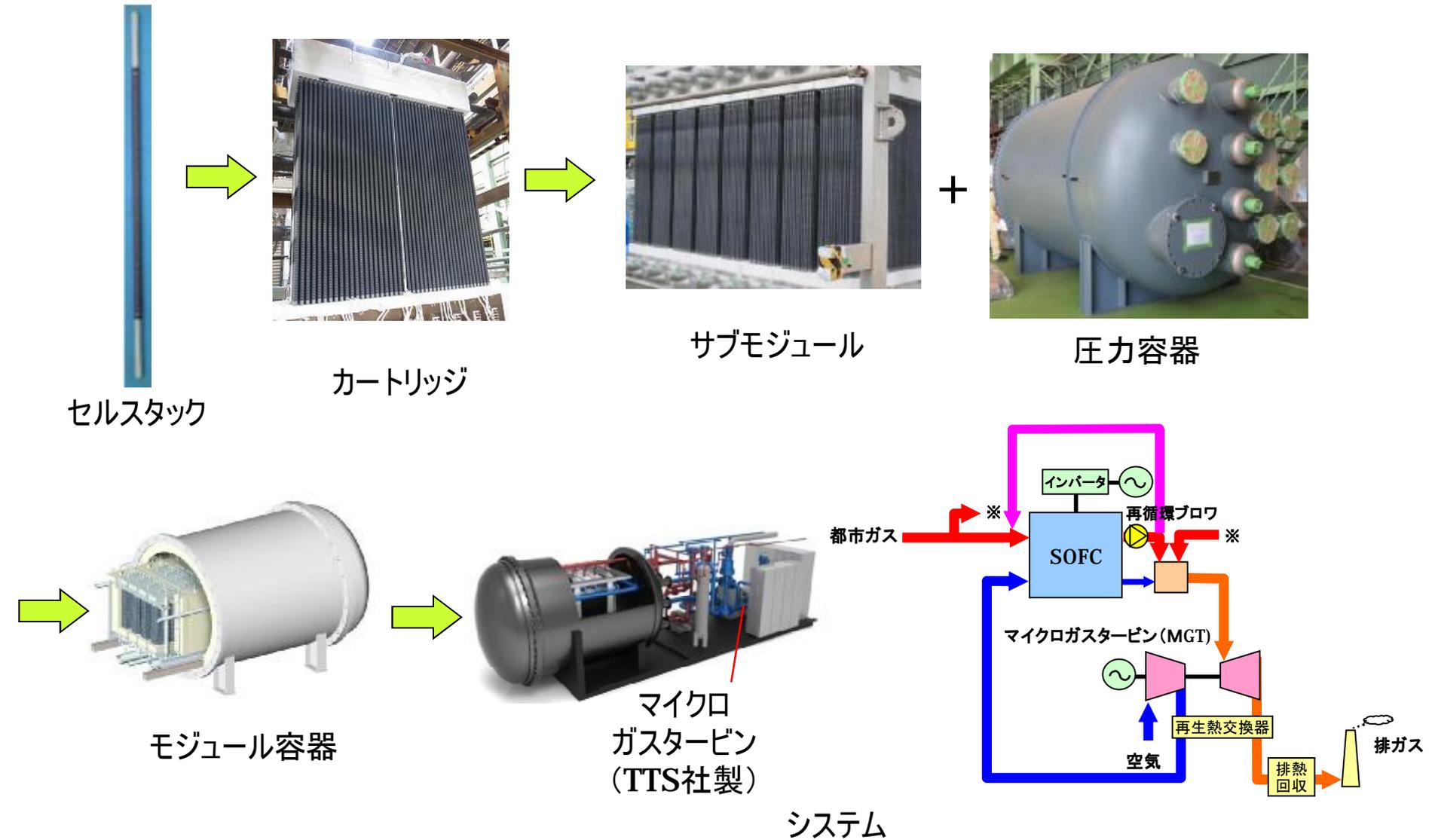
2. 燃料電池SOFCの特徴

メリット③ コンバインドシステムで高効率化

SOFC-ガスタービン(GT)コンバインドシステムは、あらゆる出力レンジと用途に於いて、その発電効率の高さが最大の魅力であり、低炭素化社会実現へ向けてのキー技術と位置付けることができる。



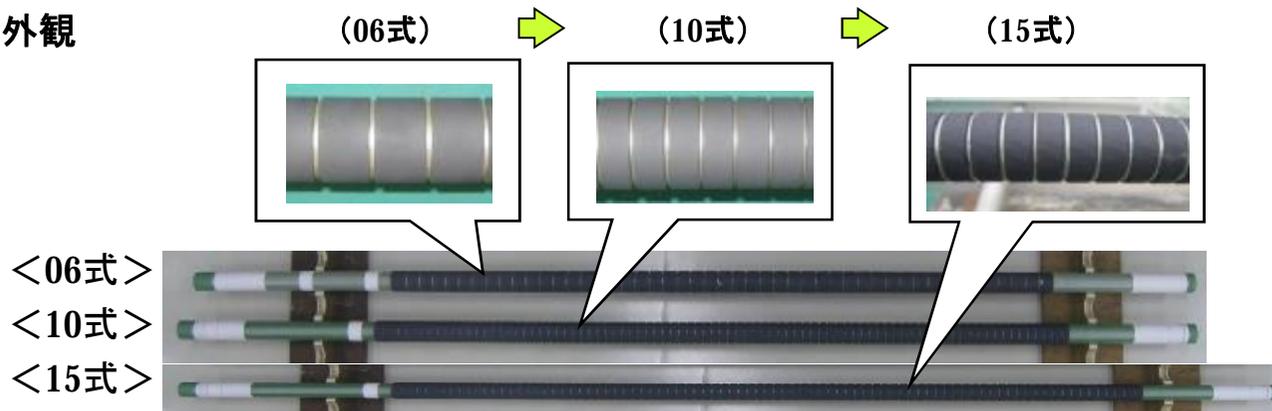
3. ハイブリッドシステムの開発状況 システム構成



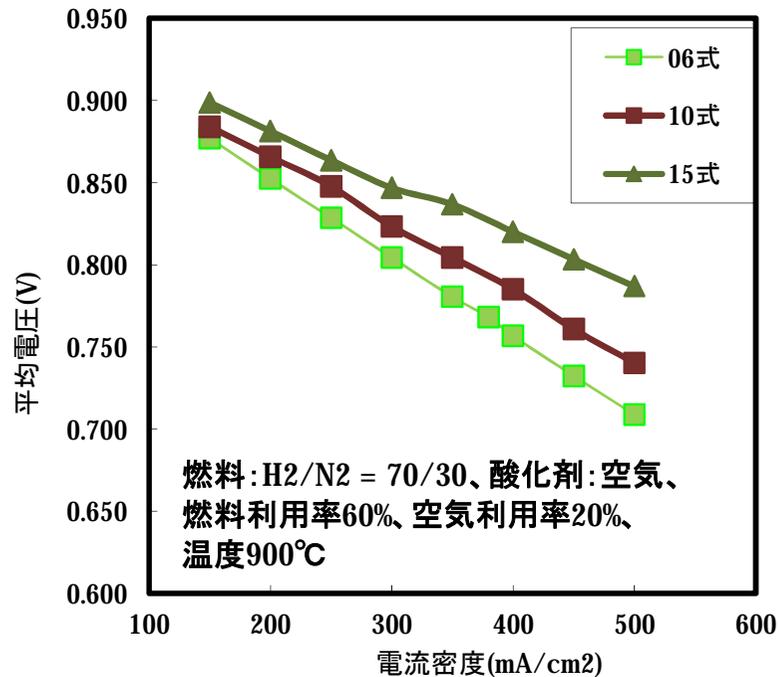
3. ハイブリッドシステムの開発状況 セルスタックの開発経緯



◆セルスタック外観



◆発電性能



◆カートリッジの容積出力密度を高めるため、セルスタックの「細径化・長尺化」を実現

◆電極／電解質界面の改良等により抵抗を低減しセルスタックの性能を向上

ASR (Area Specific Resistance)の比較

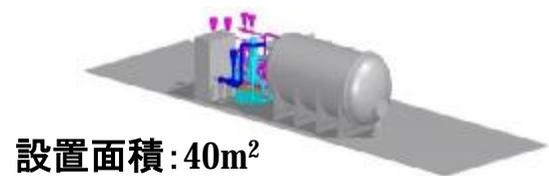
型式	06式	10式	15式
ASR (Ω/cm ²)	0.48	0.41 [06式に対し] [約14%低下]	0.33 [10式に対し] [約20%低下]

3. ハイブリッドシステムの開発状況 カートリッジの開発経緯



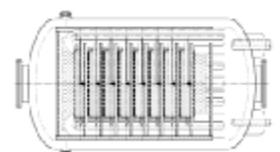
- ◆ セルスタックの「細径化・長尺化」と「充填密度の向上」により更なるモジュールのコンパクト化を実現
- ◆ 15式カートリッジの適用により設置面積は40%減少

15式(九州大学)



設置面積: 40m²

【モジュール】



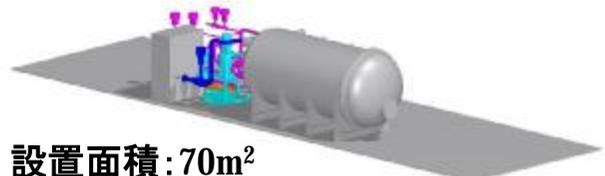
Φ2.9m × L 5.0m

【カートリッジ】



15式
1,800本/m²

10式(東京ガス千住)



設置面積: 70m²

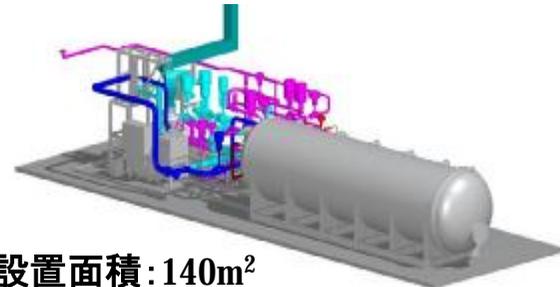


Φ2.9m × L 8.0m

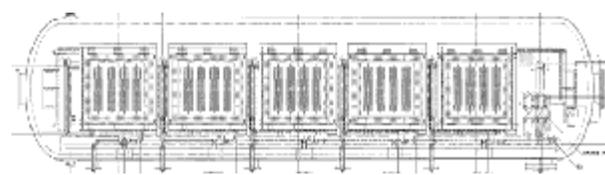


10式
800本/m²

06式(長崎工場)



設置面積: 140m²



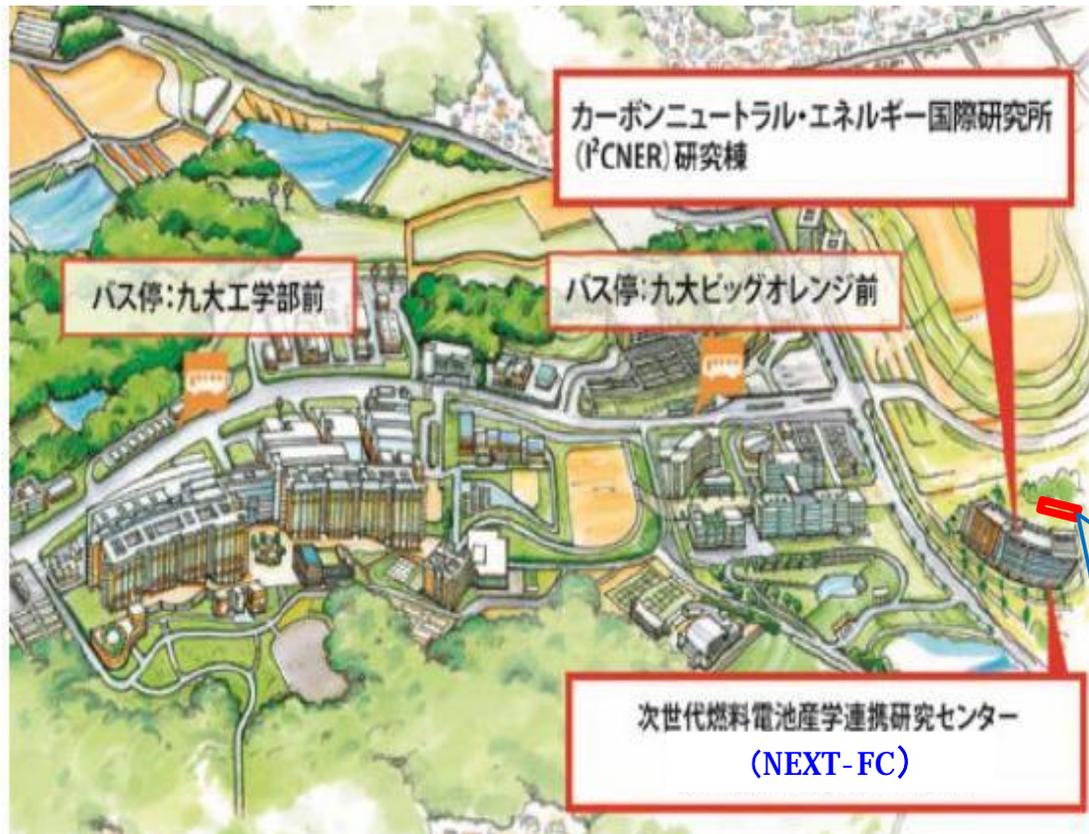
Φ2.9m × L 12.0m



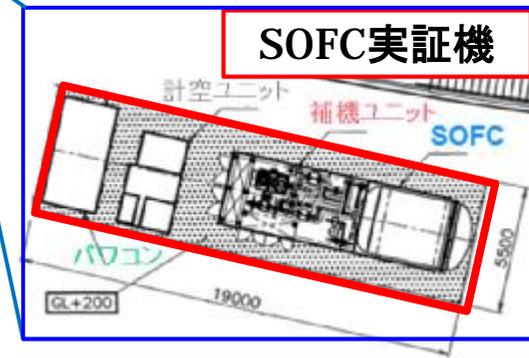
06式
400本/m²

4. 九州大学殿での開発、検証

コンパクト化した最新式15式システムで実証検証
2014.12発表



現地据付状況



4. 九州大学殿での開発、検証



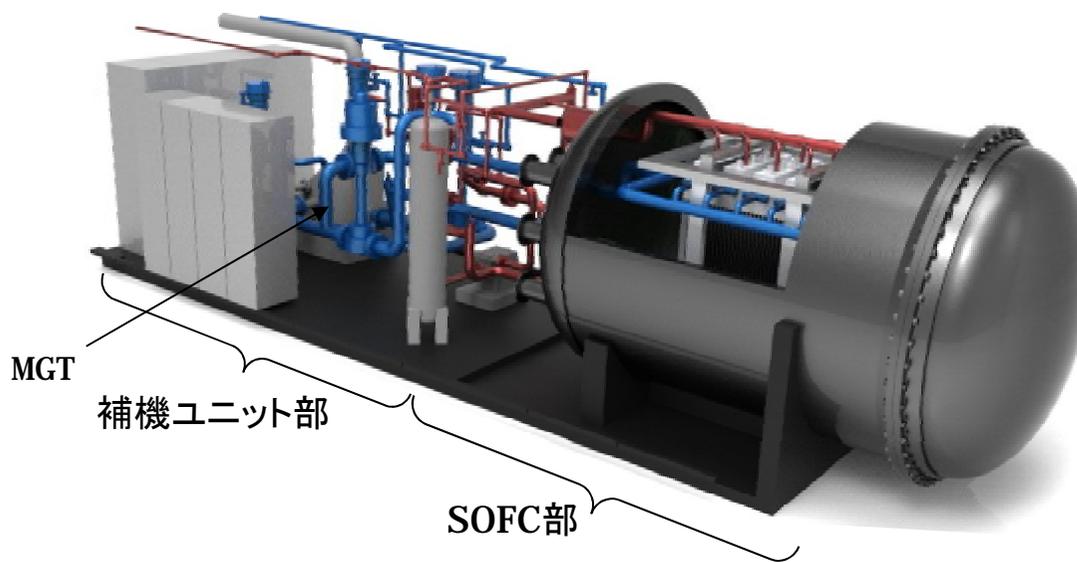
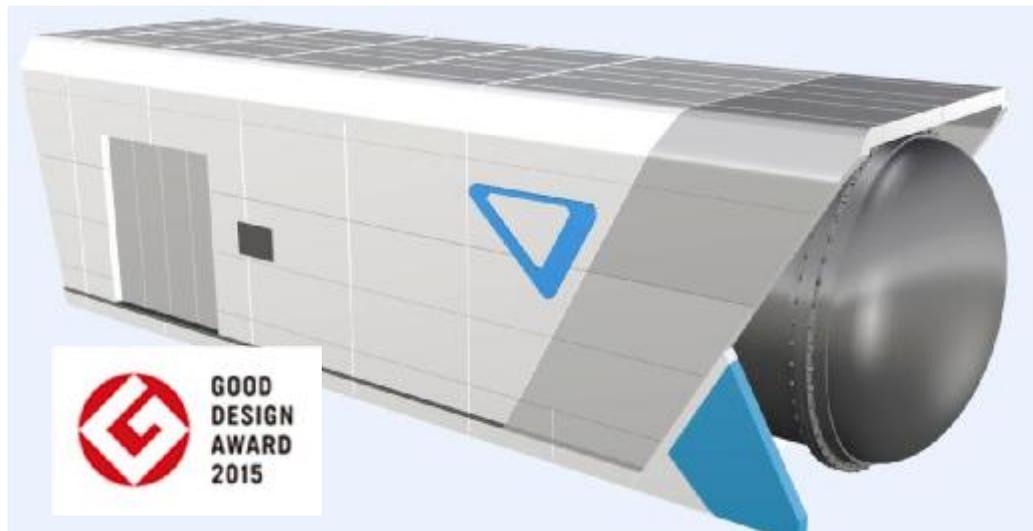
2015年度
グッドデザイン賞受賞

燃料電池の優れた環境性能を一般にアピールすることで、人々の環境への関心を高めたいと考え、先進性を視覚的に表現

「INNOVATIVE」「FLUID」「SLEEK」をテーマに、SOFCの圧力タンクとマイクロガスタービンの両ユニットを一つのカバーで包むことで一体に見せ、本製品の特徴であるハイブリッド発電システムの先進性を視覚的に表現した。



ナムチャイシリ・サリサ



4. 15式ハイブリッドシステムの計画仕様



名称		250kW級	
構成			
性能	定格出力	kW	250
	SOFC/MGT	kW	227/23
	送電端効率	%- LHV	55
	総合効率	%- LHV	73(温水回収) 65(蒸気回収)
外形寸法		m	11×4
燃料		-	都市ガス 13A
運転圧力		MPa	0.23
NOx		ppm	15以下
騒音		dB	70以下

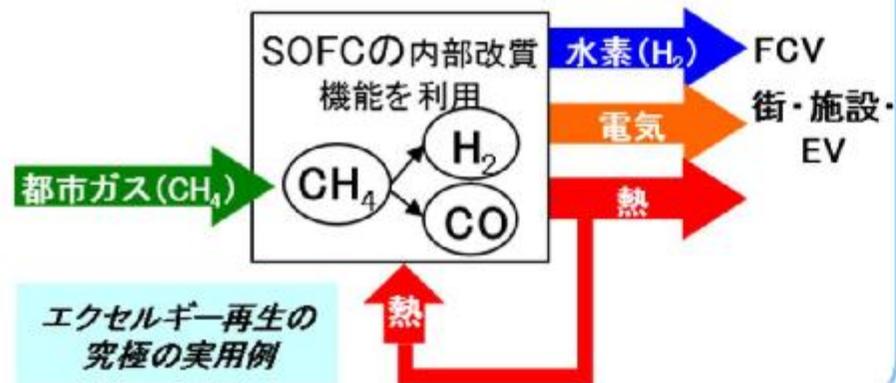
5. 更なる展開 (クアトロジェネレーション)

- FCV普及初期に様々な低炭素燃料自動車にエネルギーを供給できるマルチステーションは、稼働率向上が期待できる。

- 水素ステーションとSOFCマルチステーションの比較
(水素ステーション)



(SOFCマルチステーション)



マルチエネルギーステーション 「クアトロジェン」



5. 更なる展開 (消化ガスバイオマス発電)

- SOFCにて消化ガスを利用した高効率発電が可能
- 更にクアトロジェン化することで、消化ガスからの水素供給も可能。

再生可能エネルギーの利用:

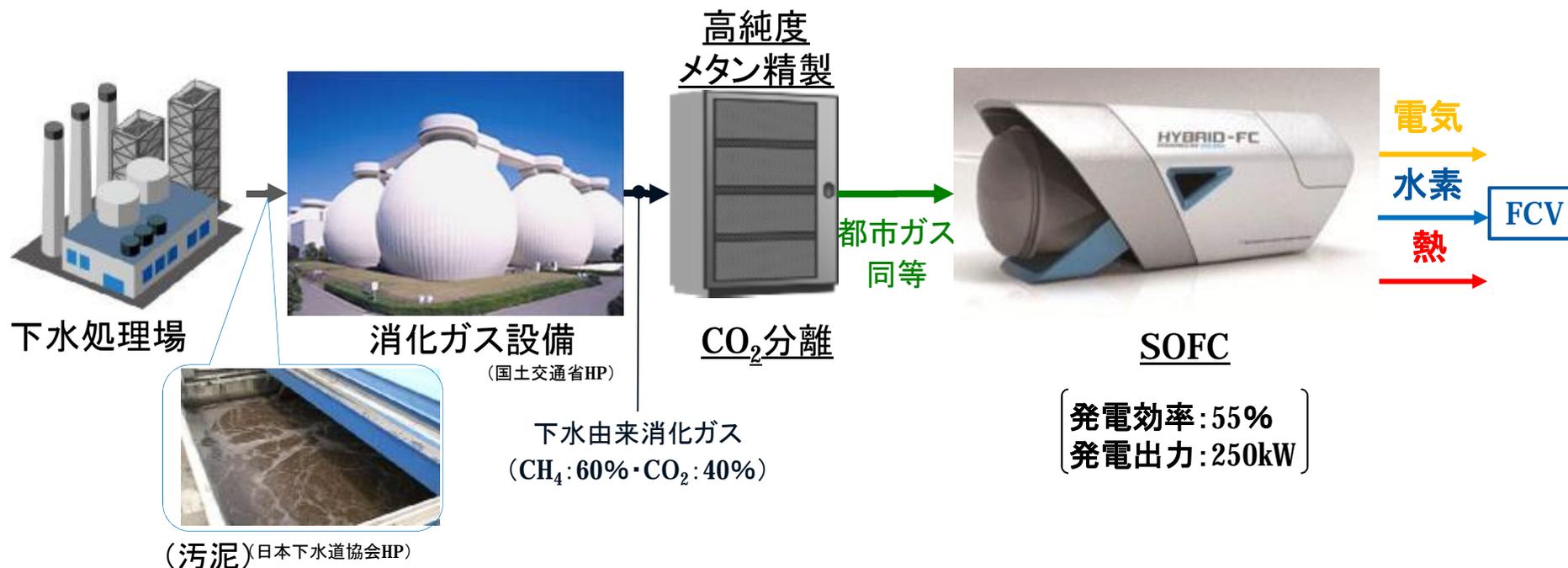
例えば、
都市部の下水処理場にて発生する消化ガス
から高純度メタンを取り出して利用

どれだけ発電できるか？

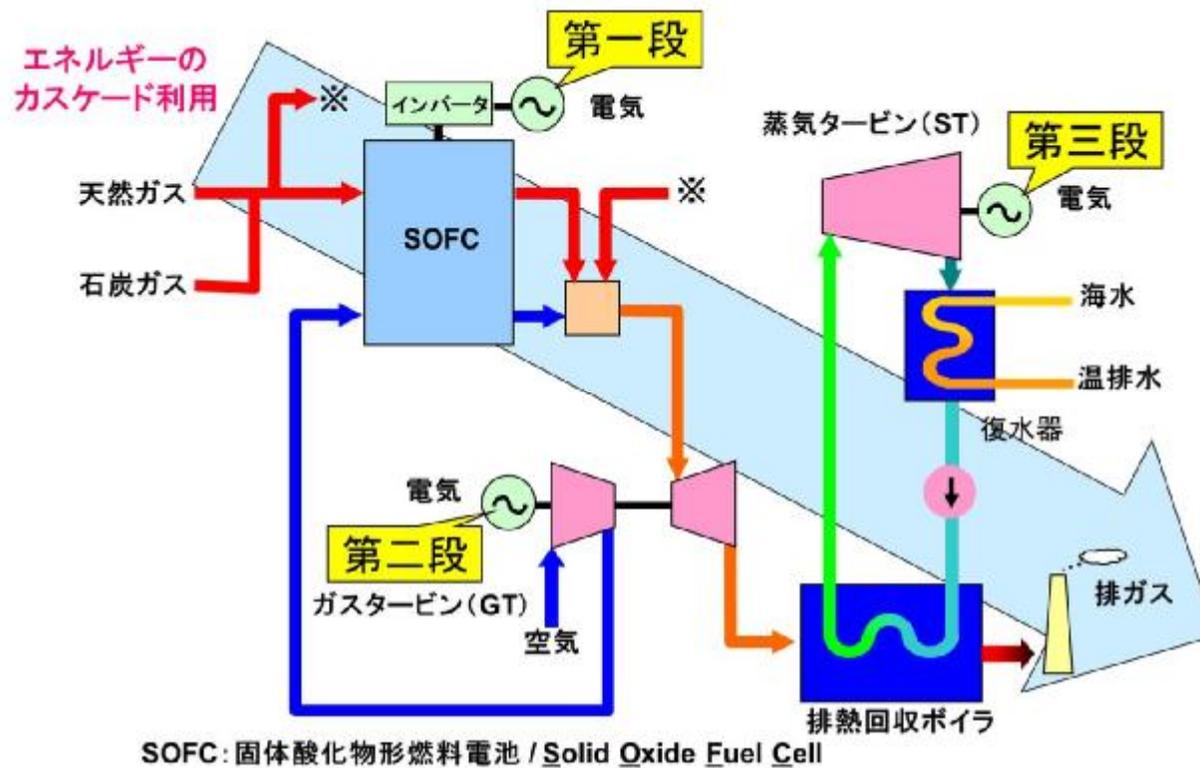
国内の下水処理場(1,900箇所)からの消化ガス発生量:
184,300万m³/年⇒

発電規模: 30億kWh/年(83万世帯分)と推定される。*

※一世帯当たりの電力消費量=3,600kWh/年(電力事業連合会公表値)として試算



5. 更なる展開 (大規模発電トリプルコンバインドサイクル®の概要)

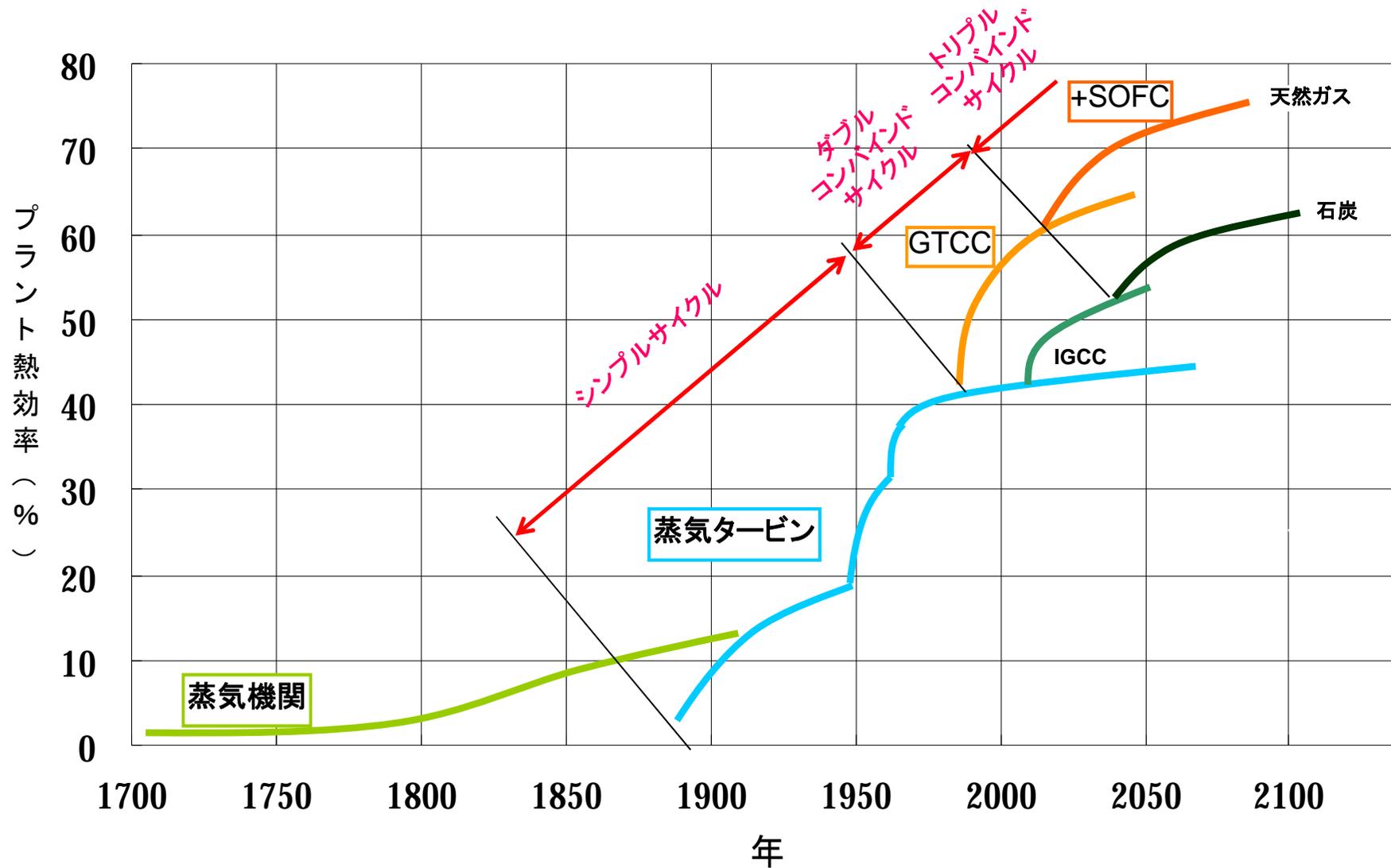


800MW級トリプルコンバインドシステム (GTFC)
発電効率70%-LHV



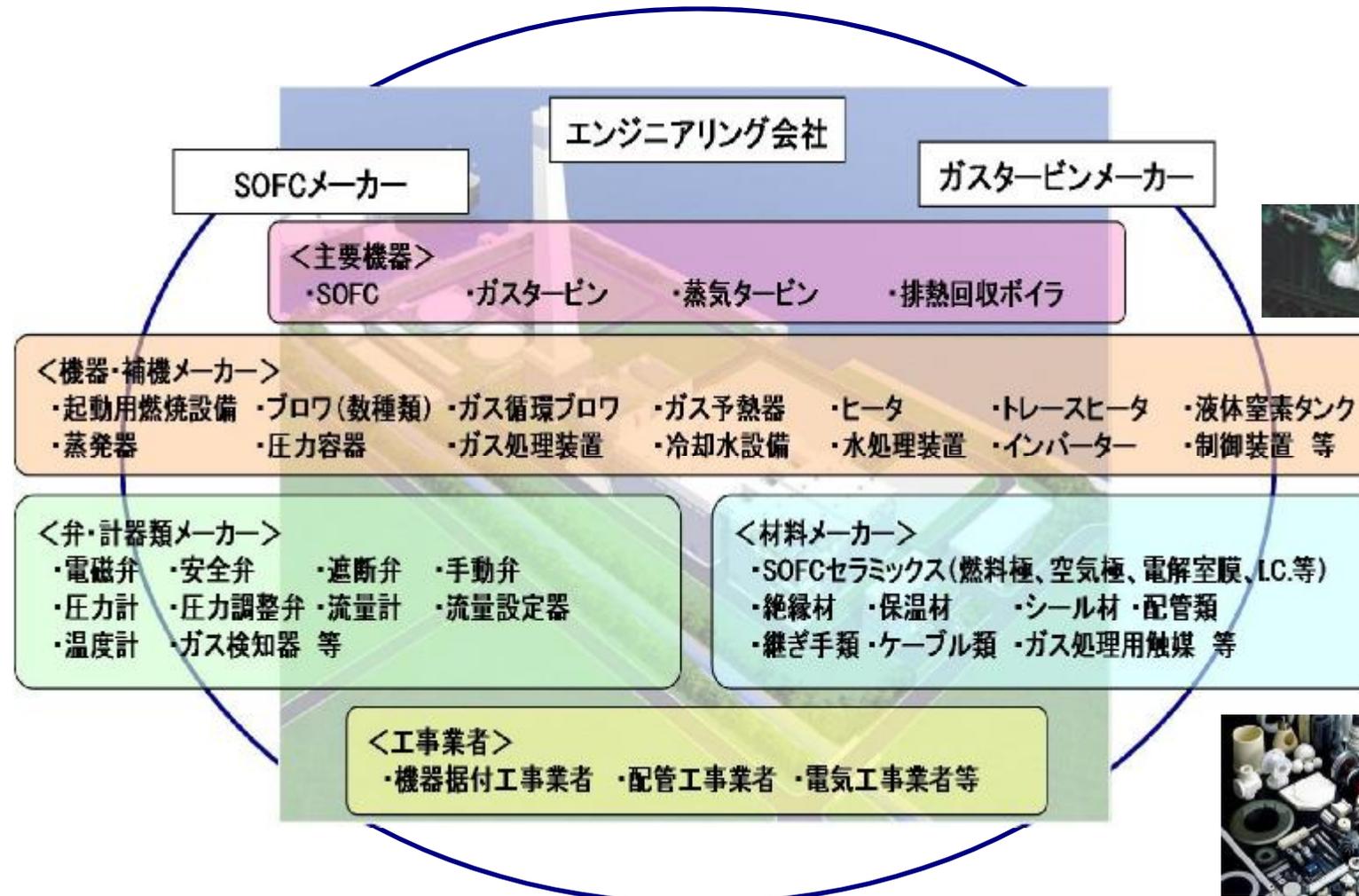
700MW級石炭ガス化複合発電システム (IGFC)
発電効率60%-LHV

5. 更なる展開 (熱機関の歴史)



5. 更なる展開 (トリプルコンバインドの効果:市場創生/産業振興)

多様な産業が関与するため、市場創生並びに国内産業振興への期待大



6. 量産化に向けての取り組み (セルスタック量産化の為の業務提携概要)



固体酸化物形燃料電池(SOFC)の円筒セルスタックで業務提携
価格競争力のある量産体制の構築を目指す



2014年6月20日発行

三菱日立パワーシステムズ株式会社
日本特殊陶業株式会社

三菱日立パワーシステムズ株式会社(MHPS)と日本特殊陶業株式会社(NTK)は、固体酸化物形燃料電池(SOFC)の発電要素である円筒セルスタックの量産に向けて業務提携することで基本合意しました。両社がそれぞれ得意とする技術・ノウハウや経営資源を融合することで、価格競争力のある円筒セルスタックの量産体制の構築を目指します。

具体的には、両社の技術・ノウハウを持ち寄って円筒セルスタックの少量生産体制を構築、これをベースに本格的な量産のための生産技術を共同で確立して、2018年4月までに年度数十万本規模の円筒セルスタック量産ラインの構築を目指します。

両社は、MHPSが長年の研究開発により培った円筒セルスタックの開発・設計・製造技術と、NTKが保有するセラミックスの量産技術を融合させることで、この計画を実現する方針です。

今回対象となるSOFCは、900℃レベルの高温で作動するセラミック製の燃料電池です。都市ガスを改質して取り出す水素および一酸化炭素と、酸素を反応させることで高効率の発電が可能です。また、その際、SOFCから排出される未反応燃料をマイクロガスタービン(MGT)による発電に使うことで省エネ・高効率を実現します。さらに、MGTからの高温排気を、温水・蒸気といった熱供給に利用することで、コージェネレーション(熱電併給)も可能です。

MHPSの円筒セルスタックは、セラミックスをベースとした基体管の外表面に、発電反応を行う素子(燃料極/電解質/空気極の積層体)を複数形成し、インターコネクタで素子間を直列に接続した構造(円筒積層形セルスタック)です。燃料電池の更なる普及に向けては、この量産化と低コスト化が大きな課題となっています。今回の両社の提携は、このような課題克服を目指すものです。



円筒セルスタック

MHPSは、三菱重工業と日立製作所の両社が持つ総合力と製品事業を継承し、火力発電システム分野全般にわたってトータルソリューションを提供できることが強みで、グローバル市場において、ガスタービン、蒸気タービン、ボイラー、石炭ガス化発電設備などの火力発電システム事業を中心に、地熱発電、環境装置、燃料電池などの事業を手掛けています。

このうち、SOFCの円筒セルスタックは、MHPS(当時は三菱重工)にて1985年より研究に着手し、2004年度から独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共同研究としてMHPS長崎工場(長崎造船所)で開発・設計を進めてきました。

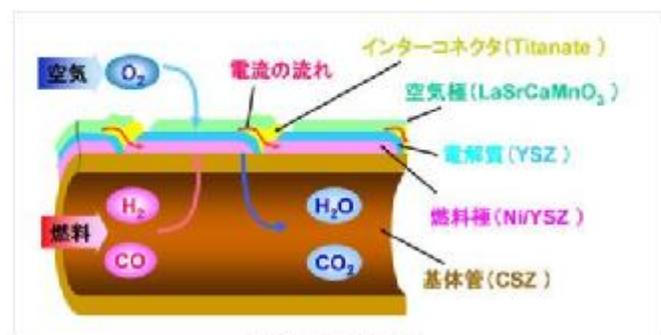
NTKは、スパークプラグをはじめとする内燃機関関連製品やICパッケージ、切削工具、人工骨、産業用セラミックといったセラミックスをコアとする多様な製品を手掛けるメーカーです。なかでも、スパークプラグ、車載用酸素センサーは世界シェアトップを誇っています。

新規事業創出の取り組みにおいては、環境・エネルギー分野で家庭用電源として期待されるコージェネレーションシステム用の平板形SOFCや水素センサーなどの研究・開発に鋭意取り組んでいます。(平板形SOFCは今回の業務提携の対象ではありません。)

両社は今回の業務提携を機に、一層良好な関係を維持・発展させながら、エネルギー環境問題解決の切り札の一つである燃料電池の普及に貢献していきます。



円筒セルスタック

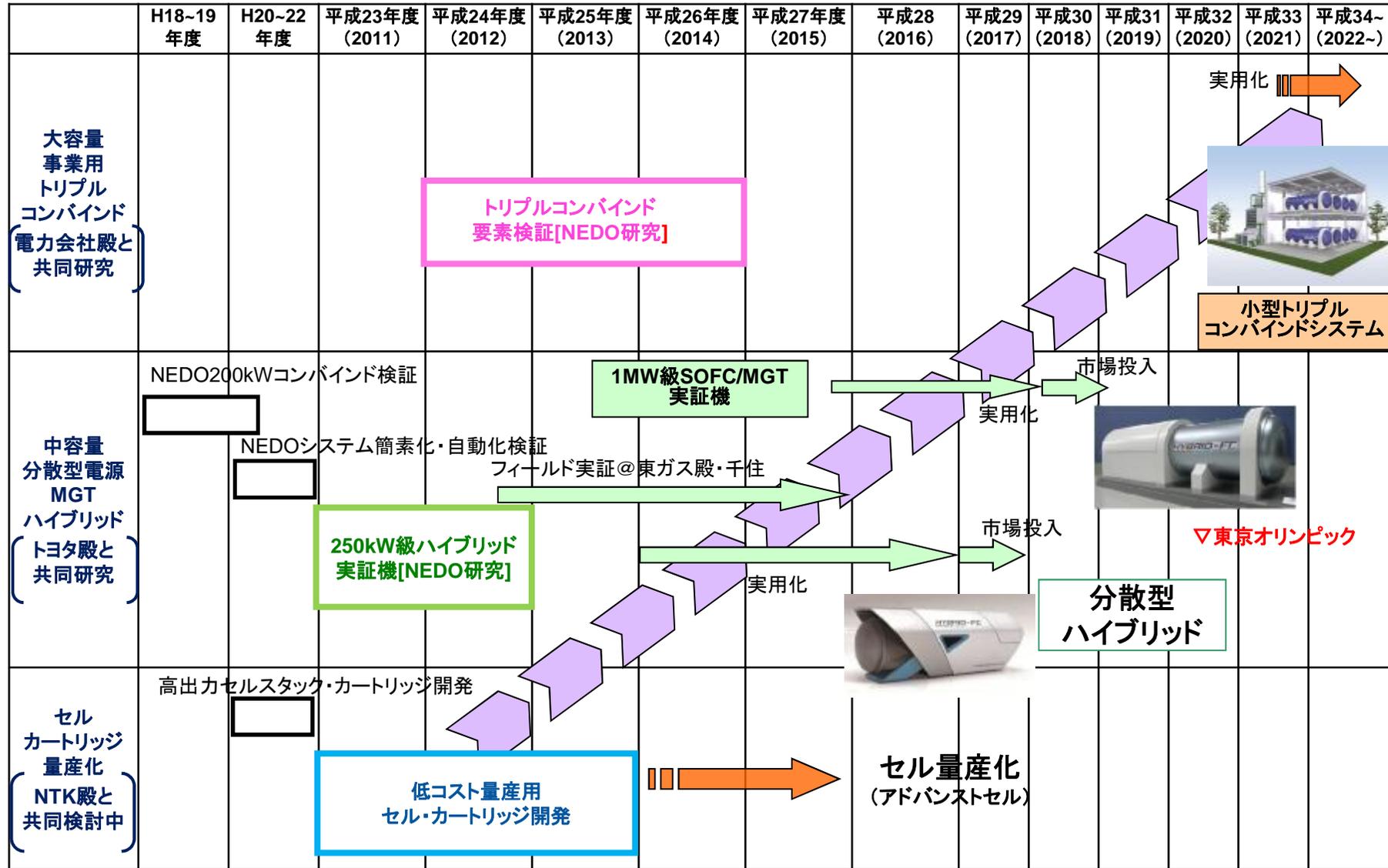


円筒セルスタックの構造

MHPSニュース: 2014年6月20日

以上

7. まとめ(開発計画)





問合せ先 URL: <http://www.mhps.com>



三菱日立パワーシステムズ