

# 平成27年度第4回コージェネレーション導入セミナー 第2回水素エネルギー社会実現フォーラム



*Innovating  
Energy Technology*

講演

「富士電機の業務用燃料電池の実績・  
新規開発状況及び水素社会へ向けた取  
り組み」

2016年2月1日

富士電機株式会社  
技術開発本部 先端技術研究所  
応用技術研究センター  
熱応用システム研究部

清田 透

## 1. 燃料電池とは

- a. 燃料電池の原理と構造
- b. 各種燃料電池の比較と開発状況

## 2. 富士電機の燃料電池

- a. 富士電機燃料電池の開発経緯
- b. りん酸形燃料電池の仕様と特長
- c. りん酸形燃料電池商品機の納入実績

## 3. りん酸形燃料電池の用途

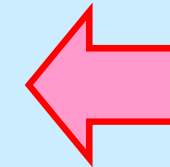
- a. 電源セキュリティ(災害対応)
- b. 消化ガス燃料
- c. 火災予防(低酸素空気供給)
- d. 燃料電池と蒸気発生ヒートポンプ複合システム

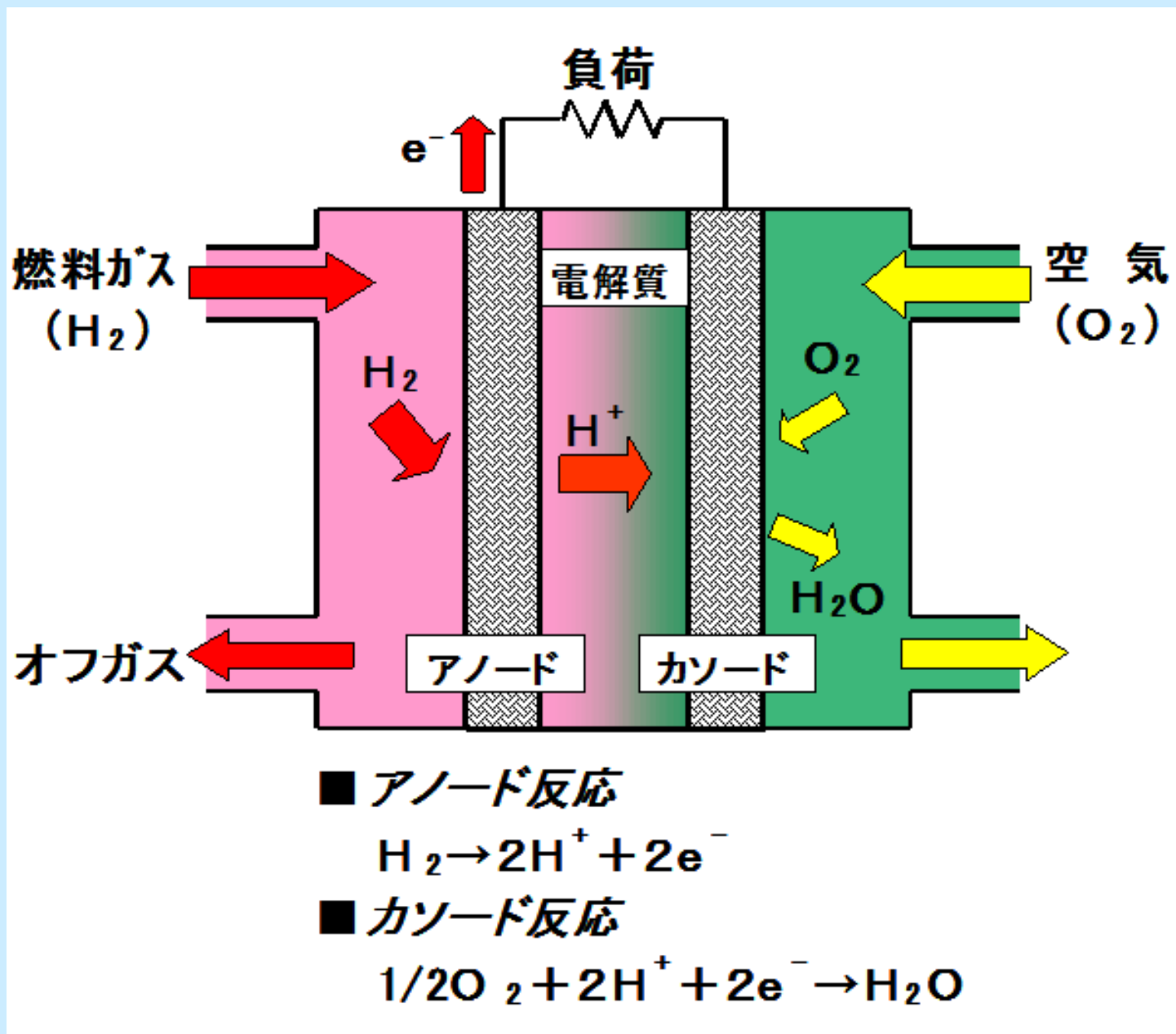
## 4. 水素社会の実現に向けて

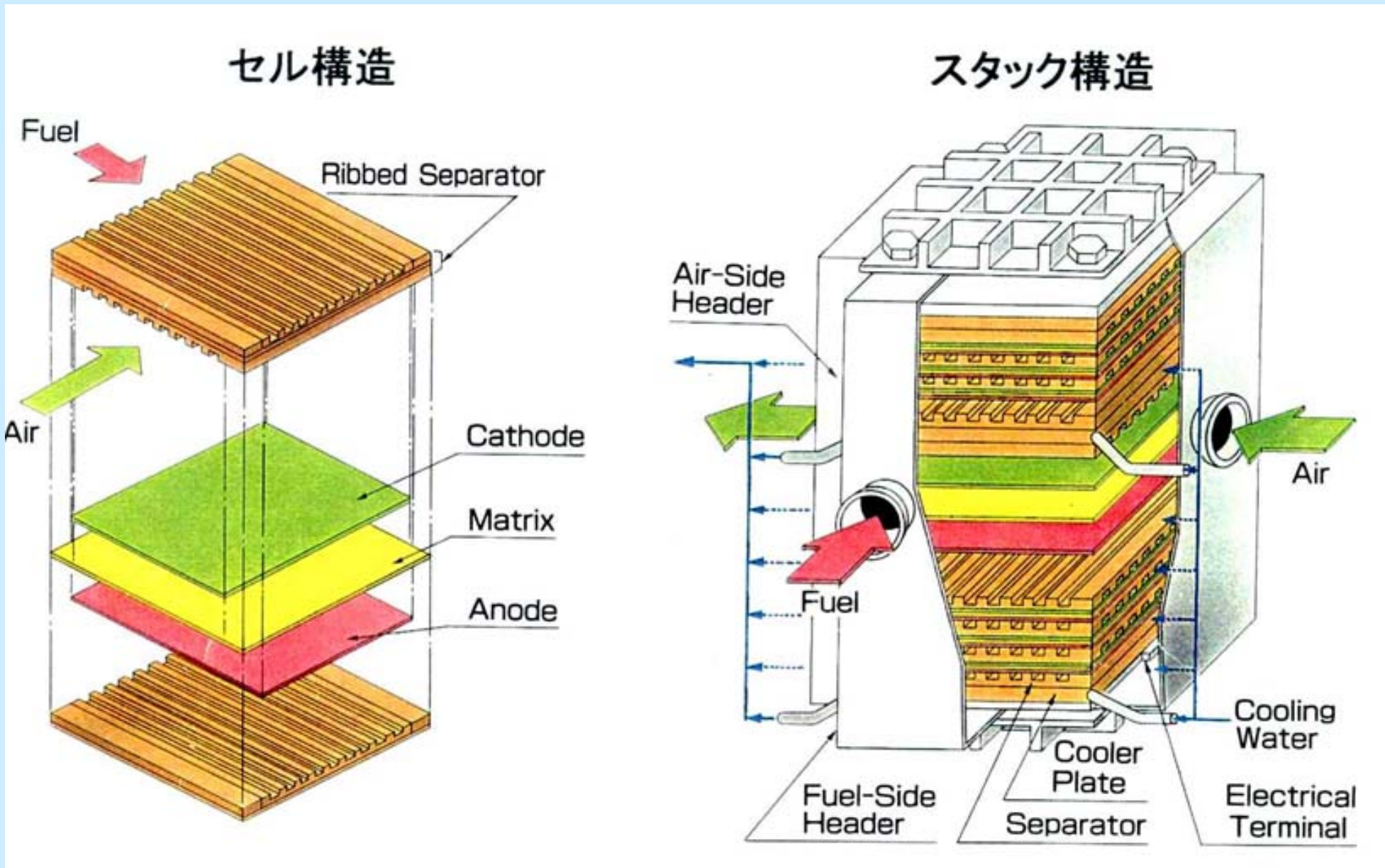
- a. 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ
- b. 純水素燃料電池
- c. 水素供給機能付き燃料電池
- d. 富士電機のガスエンジン

## 5. 固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムの開発

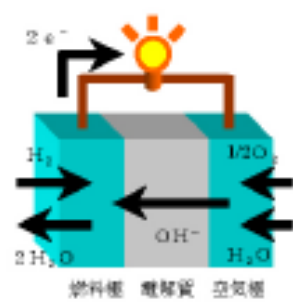
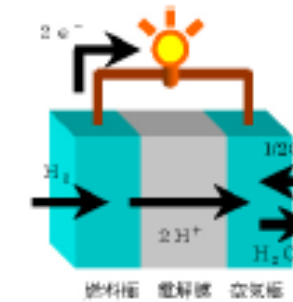
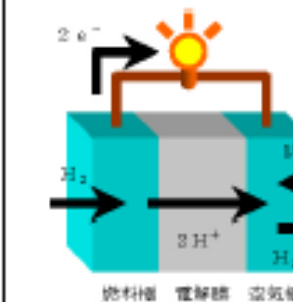
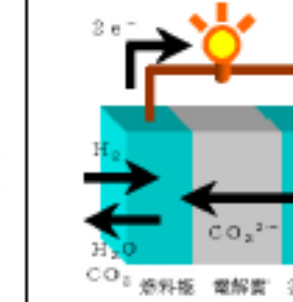
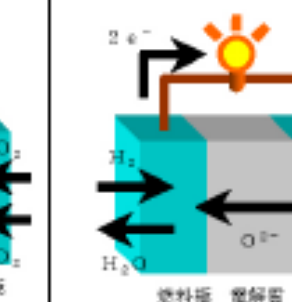
- a. 仕様と想定市場
- b. システム構成
- c. 発電性能





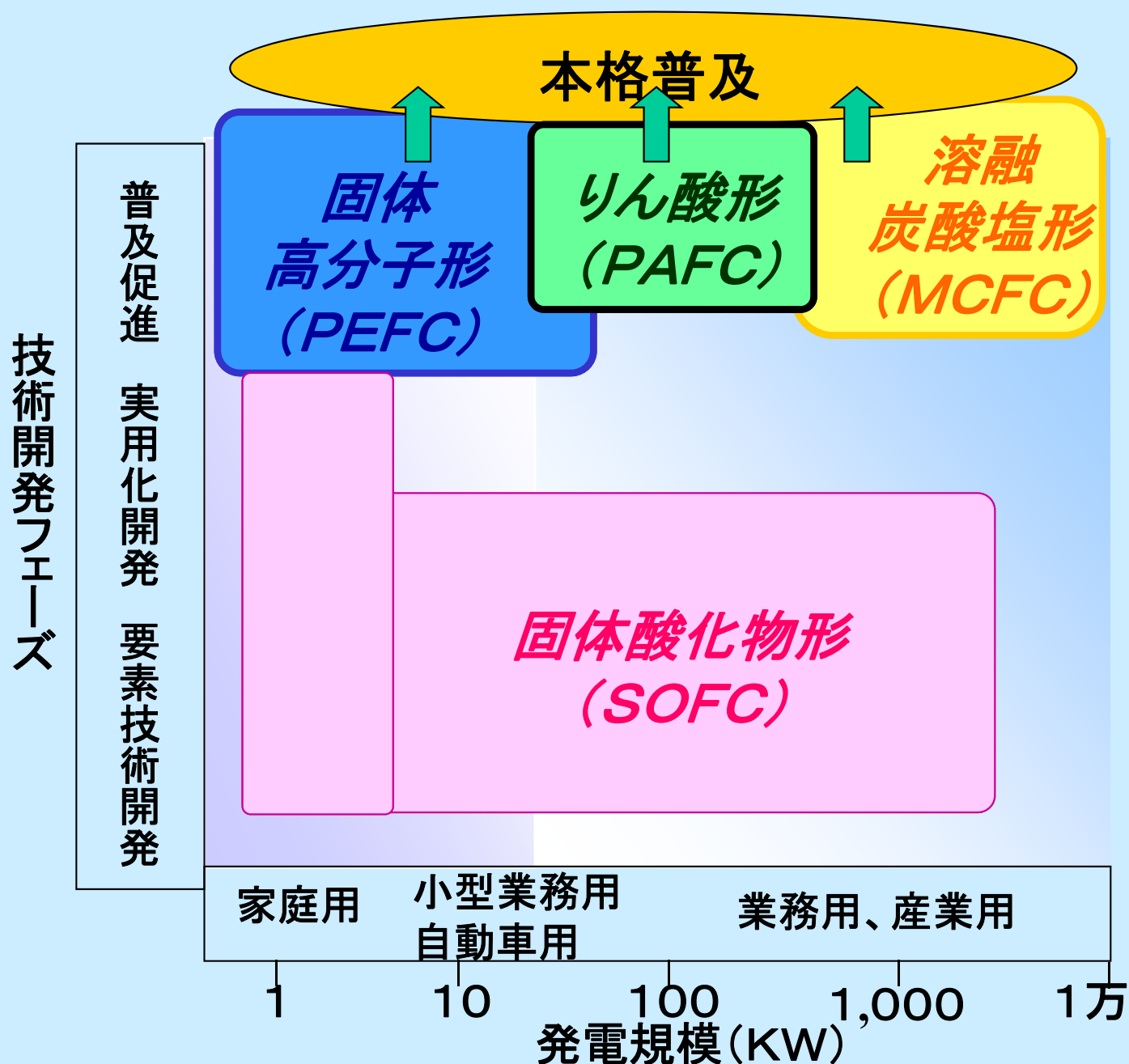


# 各種燃料電池の比較

種類	アルカリ形 (AFC)	固体高分子形 (PEFC)	りん酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)	
電解質	水酸化カリウム水溶液	陽イオン交換膜 (フッ素樹脂系)	りん酸	リチウム・カリウム炭酸塩 リチウム・ナトリウム炭酸塩	セラミック	
媒体イオン	$\text{OH}^-$	$\text{H}^+$	$\text{H}^+$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{O}^{2-}$	
作動温度	50~150℃	80~120℃	190~200℃	600~700℃	600~1000℃	
使用可能燃料	純水素	都市ガス、LPガス、石油、メタノール、石炭ガス、純水素、等				
動作原理						
反応式	燃料極	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$	$\text{O}_2^- + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
	空気極	$1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$	$1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$	$1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^-$
	全体	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
主な用途	・宇宙開発等特殊用途	・家庭用(小規模発電) ・携帯・可搬用 ・車載用	・産業・業務用 ・事業用(大規模発電) ・非常電源用	・産業・業務用 ・事業用(大規模発電) ・非常電源用	・家庭用(小規模発電) ・産業・業務用 ・可搬用 ・事業用(大規模発電)	
発電効率	HHV	60%(純水素の場合)	30~40%	35~42%	40~60%	40~65%
	LHV	70%(純水素の場合)	33~44%	39~46%	44~66%	44~72%

日本電機工業会(JEMA)HP資料

# 各種燃料電池の開発状況



## りん酸形



富士電機  
100kW

- ・耐久性…4~5万時間確認済 (現状4~6万時間設計)
- ・信頼性…稼働率97%以上
- ・全国規模のメンテナンス体制
- ・各種法整備済み

## 固体酸化物形(イメージ)



富士電機  
50kW級

## 1. 燃料電池とは

- a. 燃料電池の原理と構造
- b. 各種燃料電池の比較と開発状況

## 2. 富士電機の燃料電池

- a. 富士電機燃料電池の開発経緯
- b. りん酸形燃料電池の仕様と特長
- c. りん酸形燃料電池商品機の納入実績

## 3. りん酸形燃料電池の用途

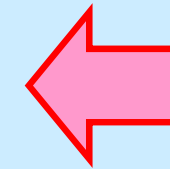
- a. 電源セキュリティ(災害対応)
- b. 消化ガス燃料
- c. 火災予防(低酸素空気供給)
- d. 燃料電池と蒸気発生ヒートポンプ複合システム

## 4. 水素社会の実現に向けて

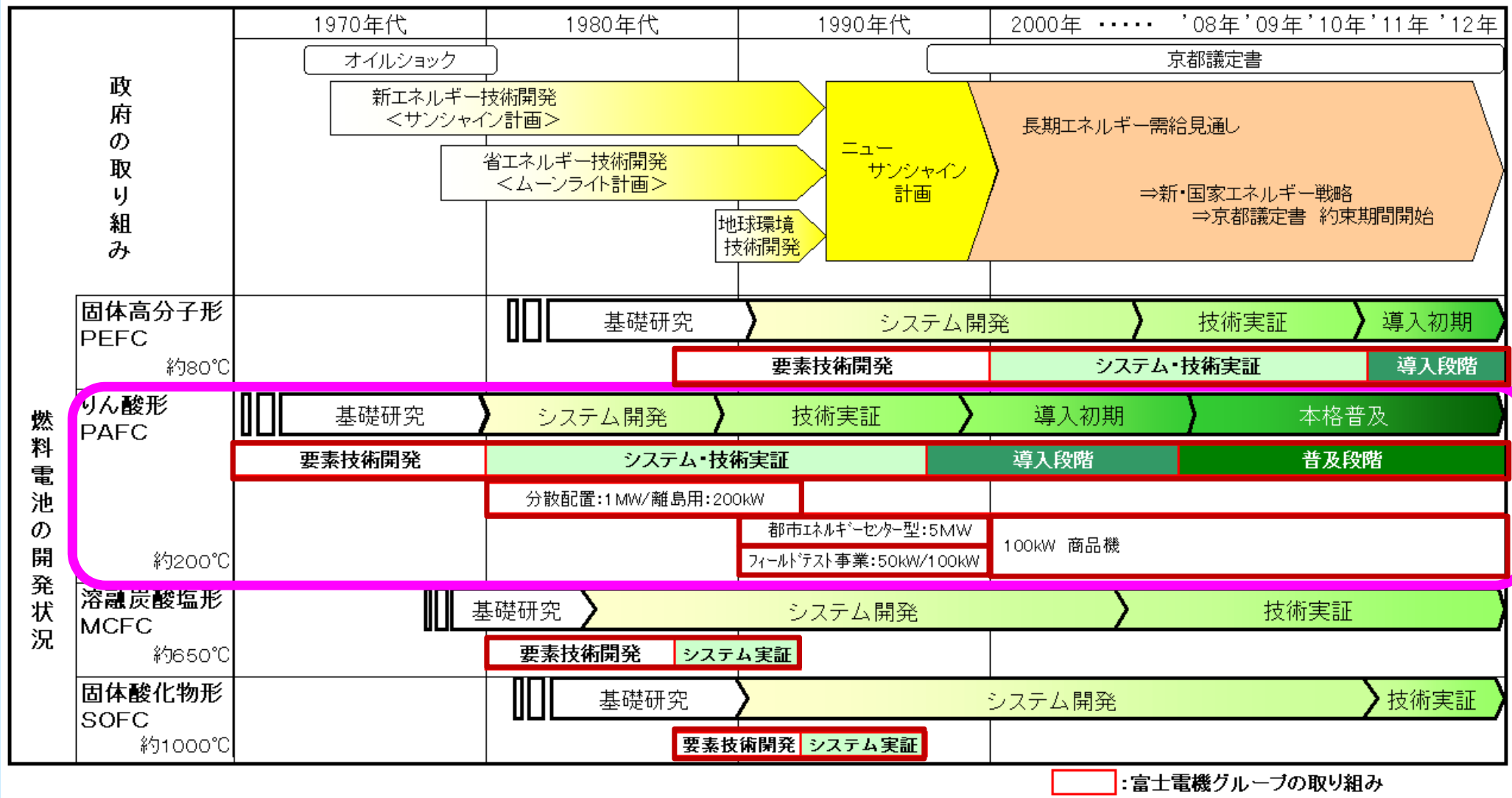
- a. 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ
- b. 純水素燃料電池
- c. 水素供給機能付き燃料電池
- d. 富士電機のガスエンジン

## 5. 固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムの開発

- a. 仕様と想定市場
- b. システム構成
- c. 発電性能



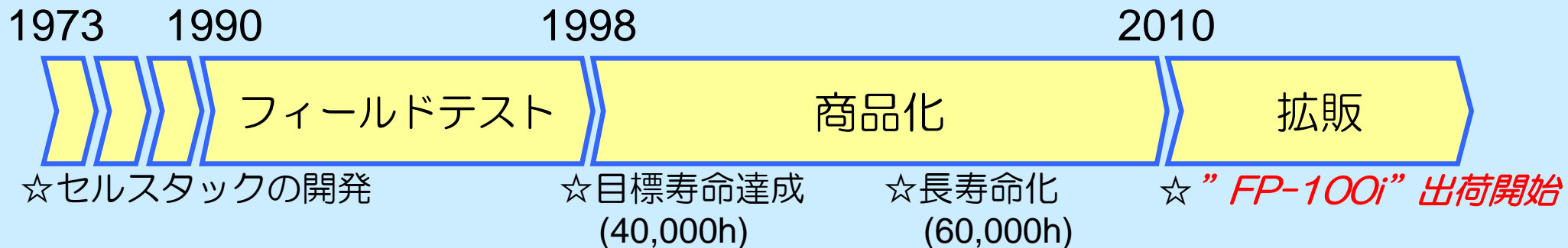
# 国家プロジェクトにおける位置付け



富士電機は、各種燃料電池を開発した知見から、材料面での課題が少なく、早期商品化による市場拡大が期待できる、中温作動のPAFCに注力している。



# 富士電機における燃料電池の開発経緯



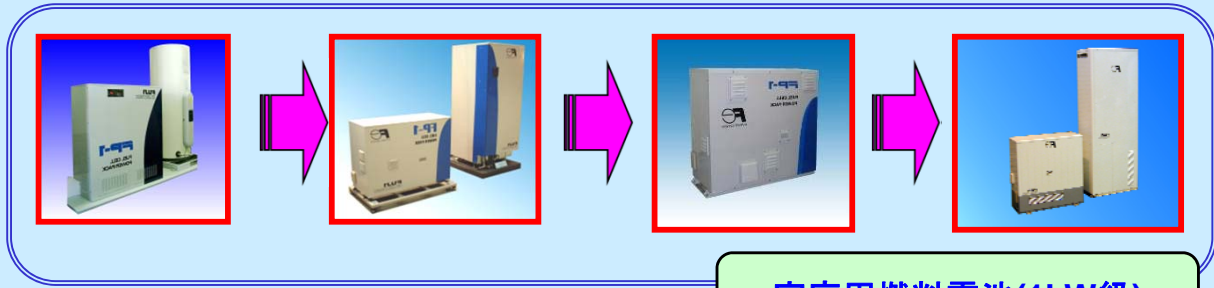
フィールドテスト  
**90台以上**



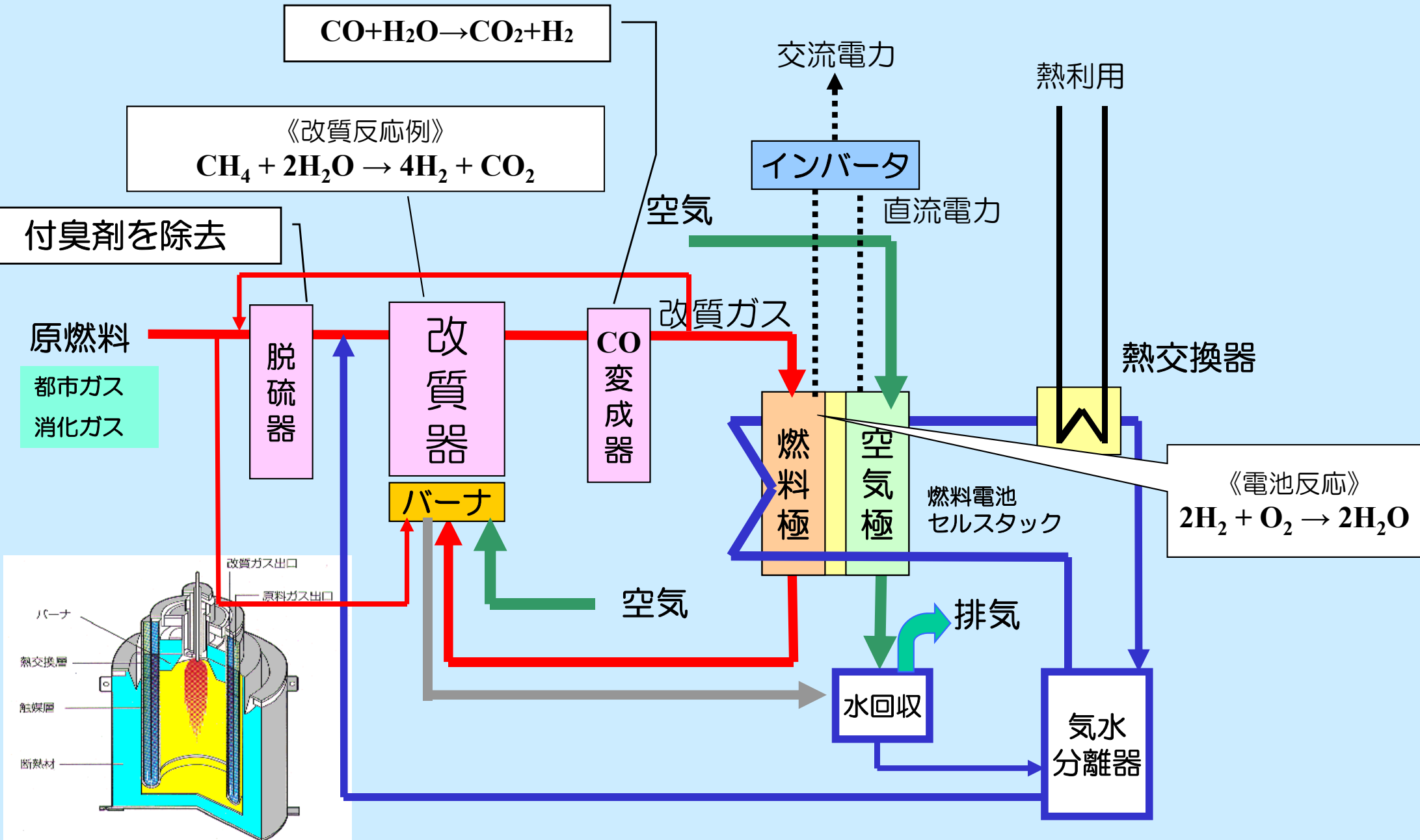
オールインワンパッケージ化  
寒冷地対応  
[ -20 to +40 °C ]



業務用途～産業用途を含めた潜在的な  
マーケット規模が大きい100kW機に注力.



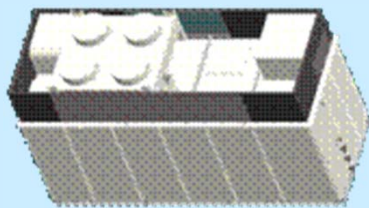
# りん酸形燃料電池のシステムフロー概略図



# りん酸形燃料電池 (FP-100i) の仕様



FP-100 i 外観

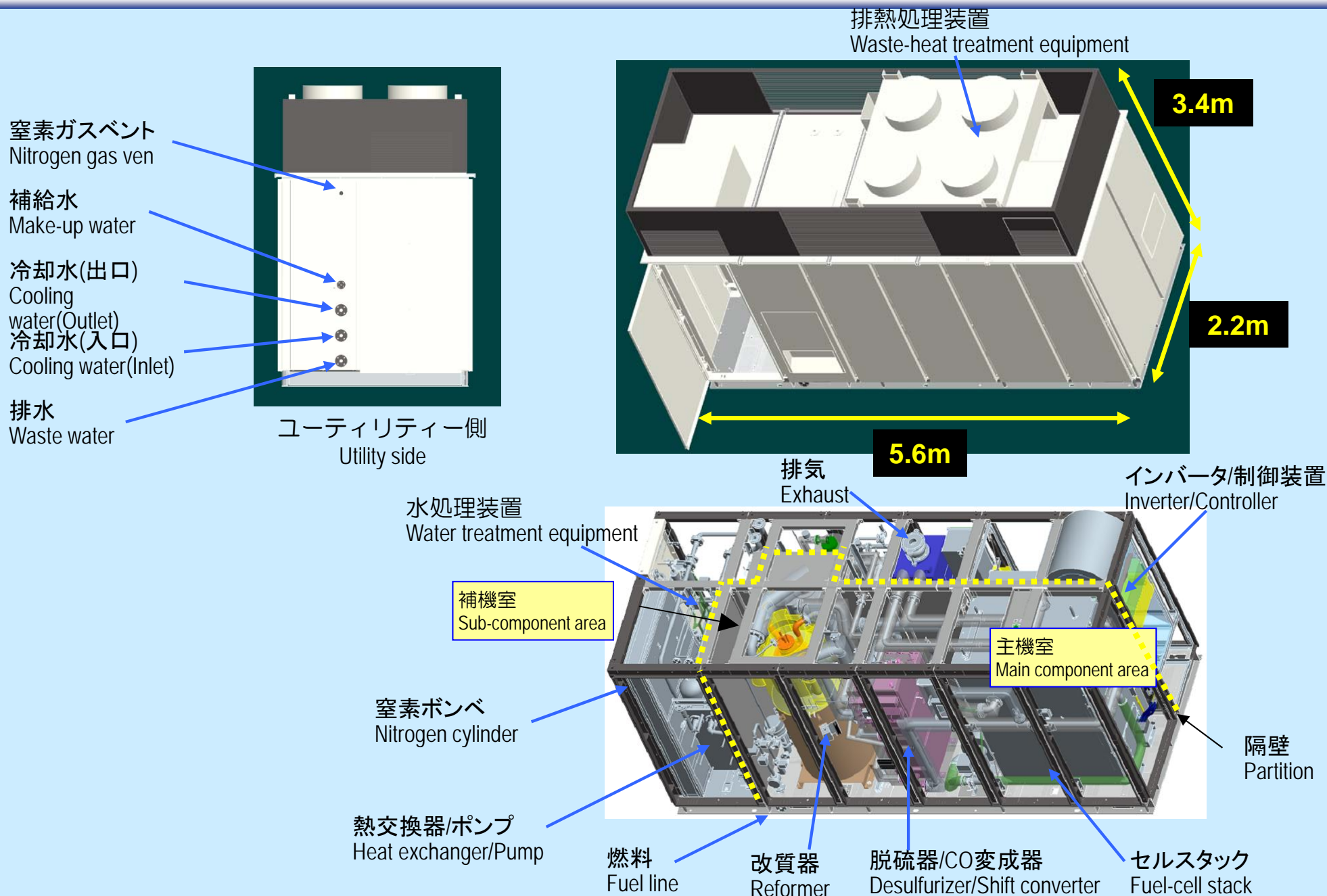


上部に排熱処理設備を設置

## 主な仕様(都市ガス用途)

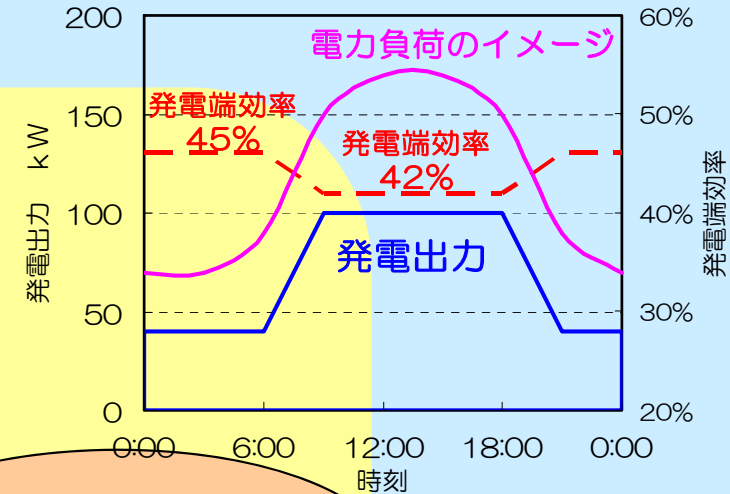
定格出力	AC 105kW(発電端)	
出力電圧	3Φ3W, 210V / 220V	
周波数	50Hz / 60Hz	
発電効率	42% [LHV] 発電端	
熱出力	1) 高温排熱回収タイプ 50kW (90 °C) 総合効率: 62% [LHV]	3) 高温+中温回収タイプ 50kW (90 °C) 73kW (50 °C) 総合効率: 91% [LHV]
	2) 中温排熱回収タイプ 123kW (60 °C) 総合効率: 91% [LHV]	
排気ガス	Nox : 5ppm以下 [O <sub>2</sub> 0%] SOx,dust: 検出下限界	
燃料消費量	都市ガス : 22m <sup>3</sup> /h (Normal)	
運転方法	全自動運転, 系統連系, 自立運転※ <sup>1</sup>	
寸法	2.2m (W) x 5.6m (L) x 3.4m (H)	
重量	15ton	

# りん酸形燃料電池 (FP-100i) の構造



# りん酸形燃料電池 (FP-100i) の特長

低負荷でも高効率



高効率  
(CO2削減効果大)

都市ガス: 42%  
純水素: 48%

低騒音・低振動  
クリーンな排気ガス

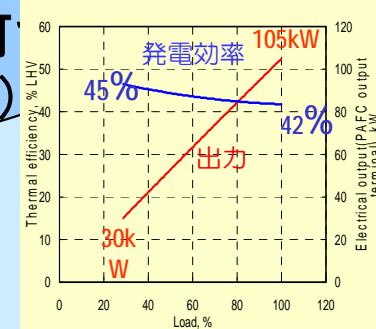
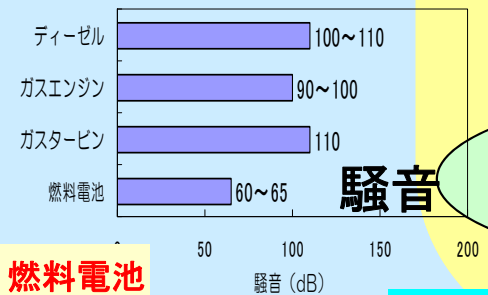
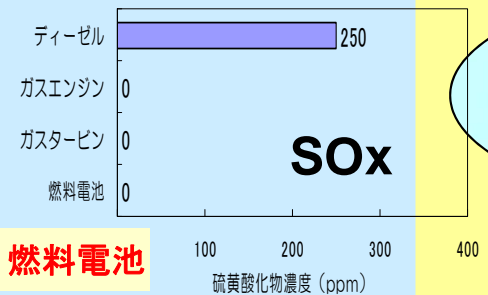
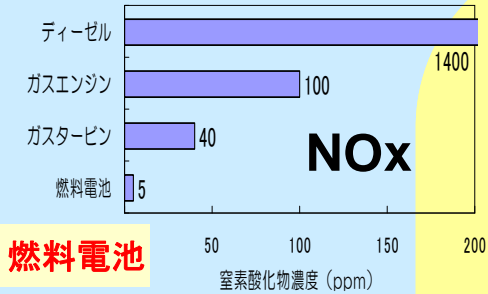
エネルギー供給源の  
多様化

- 未利用ガスの活用
- ・消化ガス用途
  - ・バイオガス用途
  - ・純水素用途
  - ・副生水素用途

オールインワンパッケージ

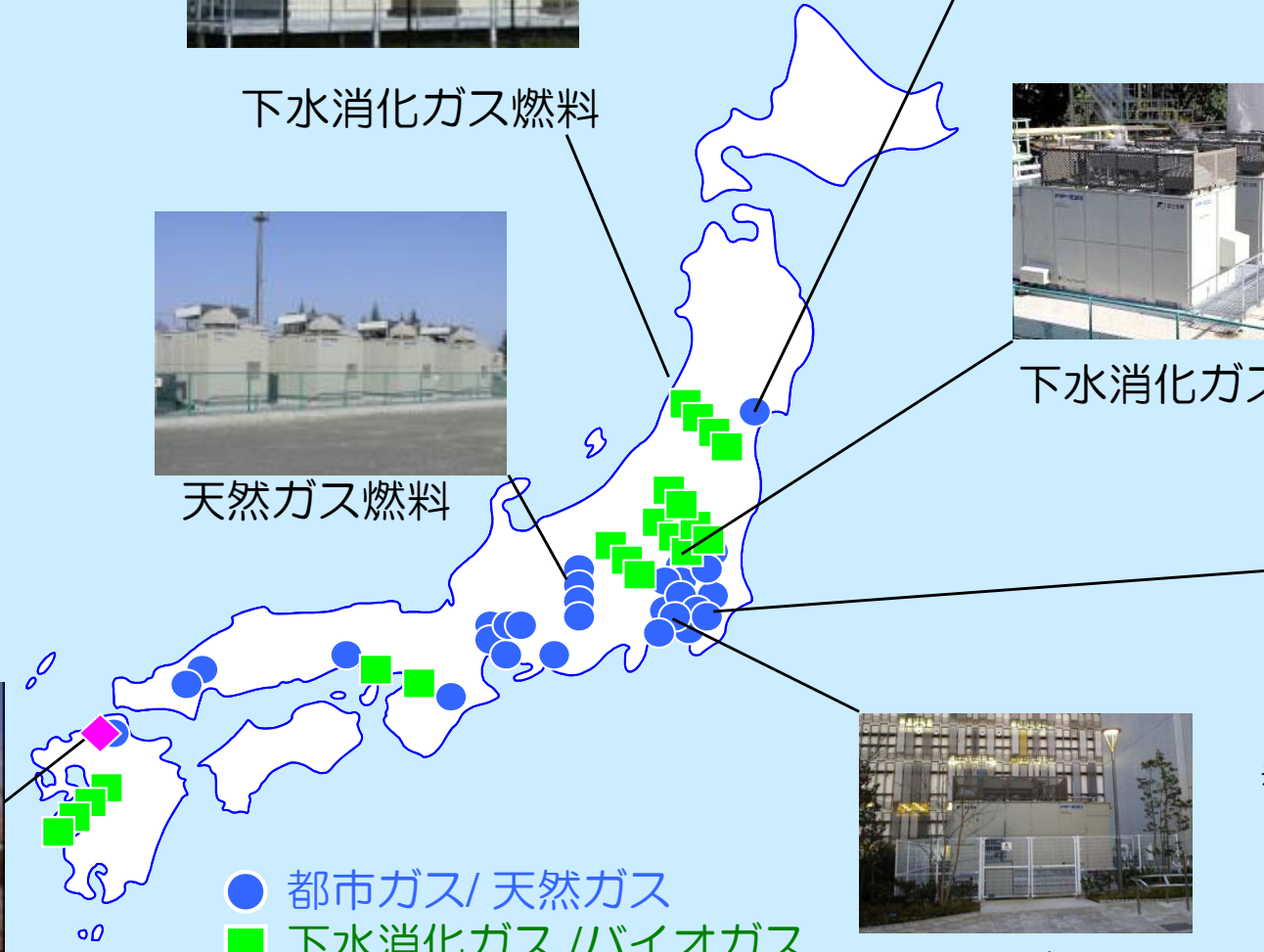
高い耐久性  
(年間8600時間の連続運転可  
(7.5年に1回のオーバーホール))

設置面積削減・工事の簡素化



# りん酸形燃料電池商品機の納入実績(国内/アジア)

## 世界で64台の納入実績 (52台運転中)

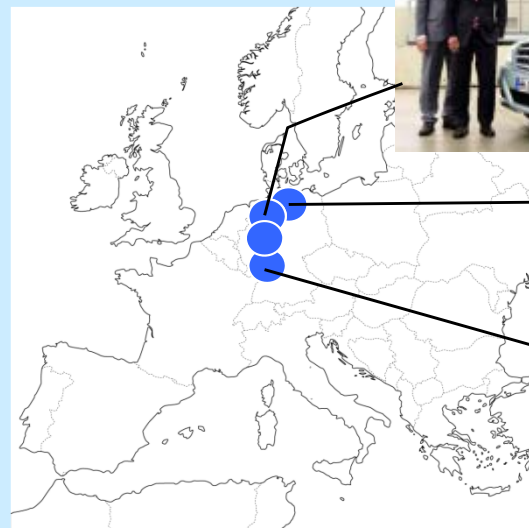


# りん酸形燃料電池商品機の納入実績(欧米他)

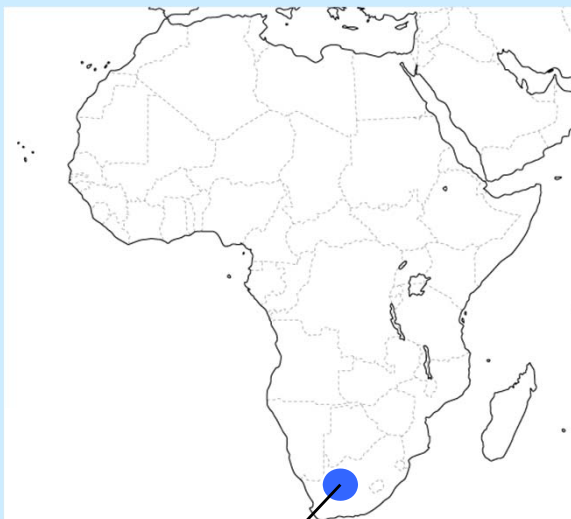
天然ガス燃料  
(ドイツ)



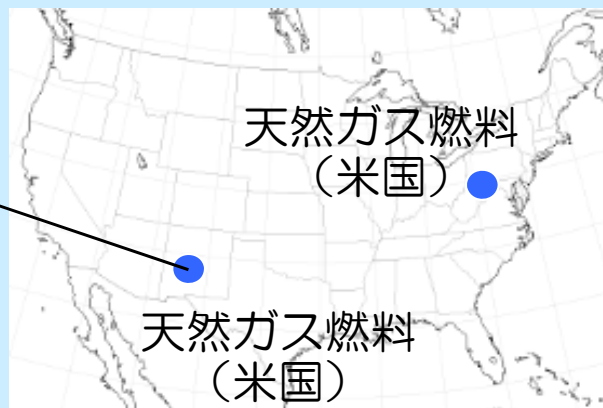
火災予防用コージェネ  
(ドイツ)



火災予防用コージェネ  
(ドイツ)



天然ガス燃料  
(南ア)



天然ガス燃料  
(米国)

天然ガス燃料  
(米国)

- 都市ガス/天然ガス
- 下水消化ガス/バイオガス
- ◆ 純水素

## 1. 燃料電池とは

- a. 燃料電池の原理と構造
- b. 各種燃料電池の比較と開発状況

## 2. 富士電機の燃料電池

- a. 富士電機燃料電池の開発経緯
- b. りん酸形燃料電池の仕様と特長
- c. りん酸形燃料電池商品機の納入実績

## 3. りん酸形燃料電池の用途

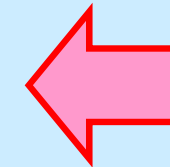
- a. 電源セキュリティ(災害対応)
- b. 消化ガス燃料
- c. 火災予防(低酸素空気供給)
- d. 燃料電池と蒸気発生ヒートポンプ複合システム

## 4. 水素社会の実現に向けて

- a. 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ
- b. 純水素燃料電池
- c. 水素供給機能付き燃料電池
- d. 富士電機のガスエンジン

## 5. 固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムの開発

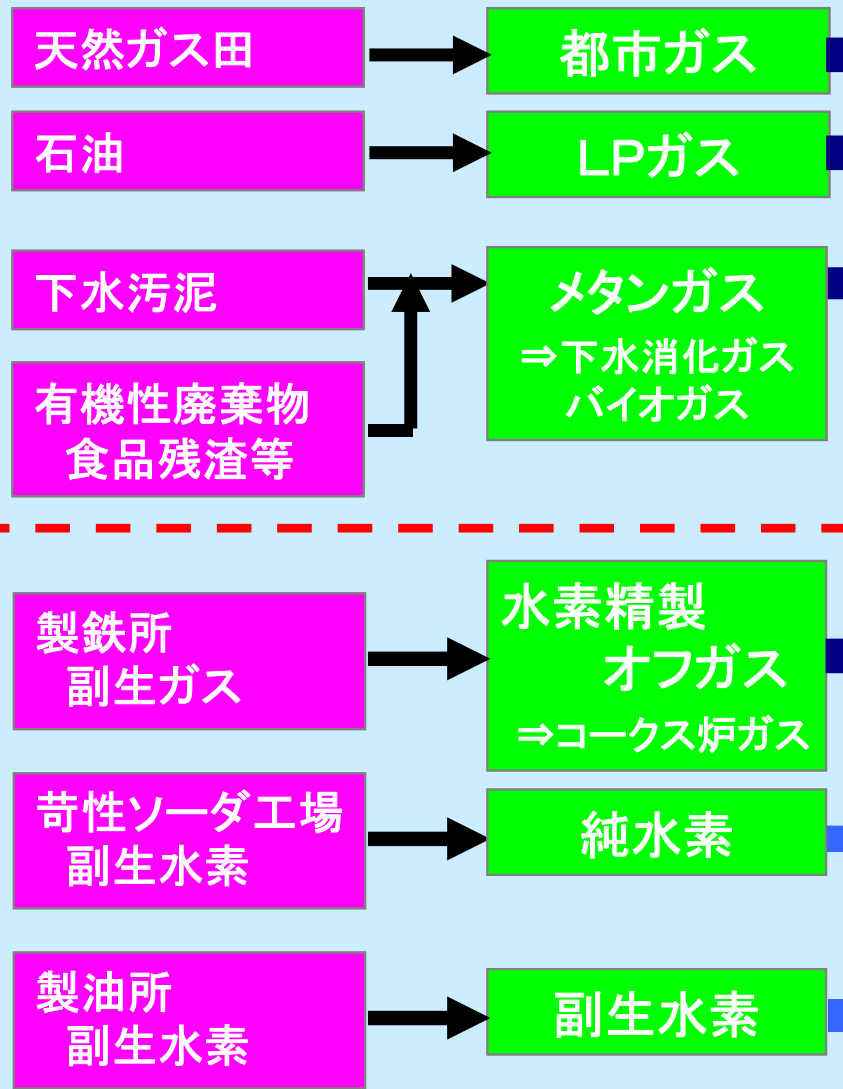
- a. 仕様と想定市場
- b. システム構成
- c. 発電性能





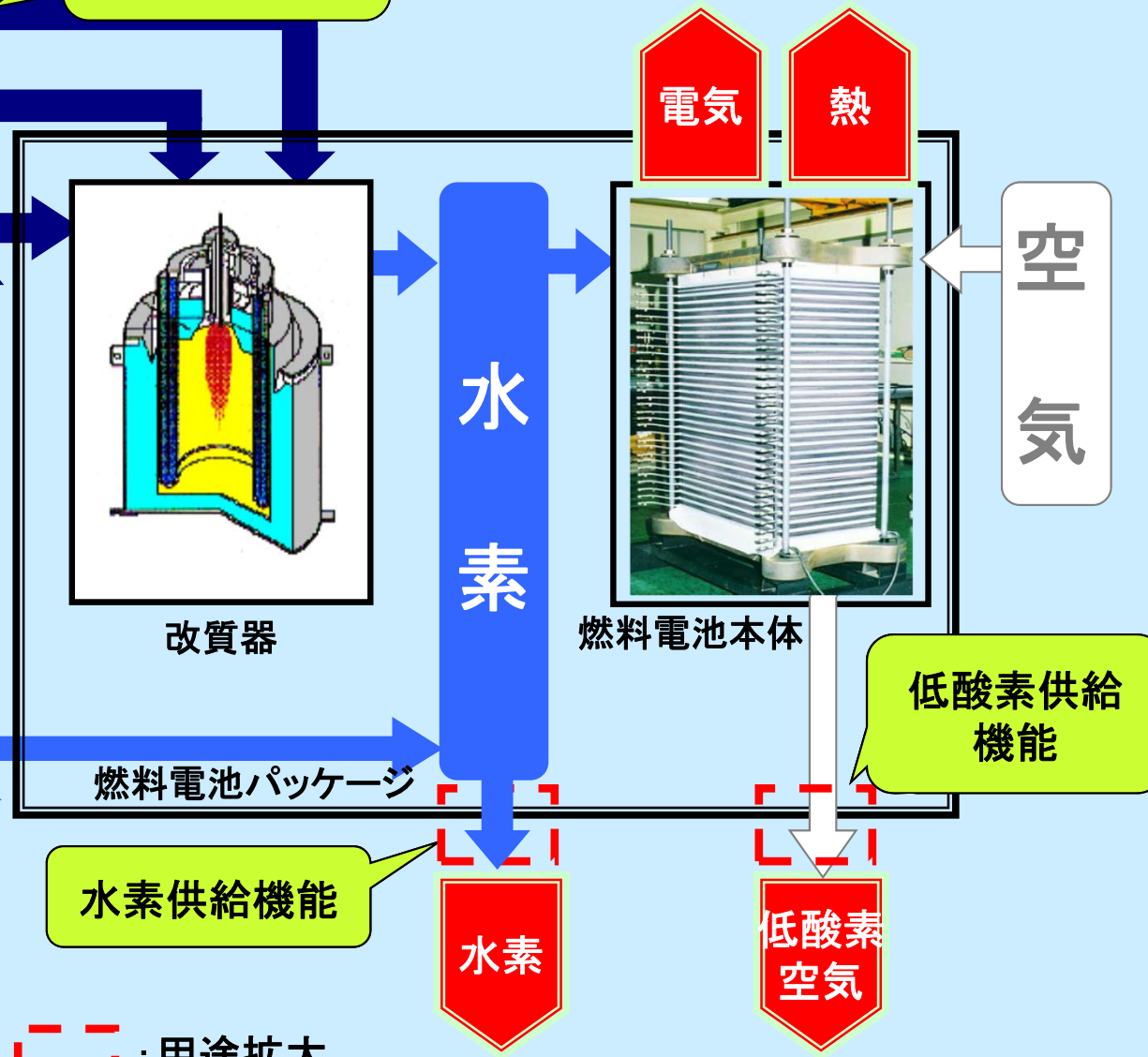
# りん酸形燃料電池の用途

《原燃料の供給元》《原燃料の種類》



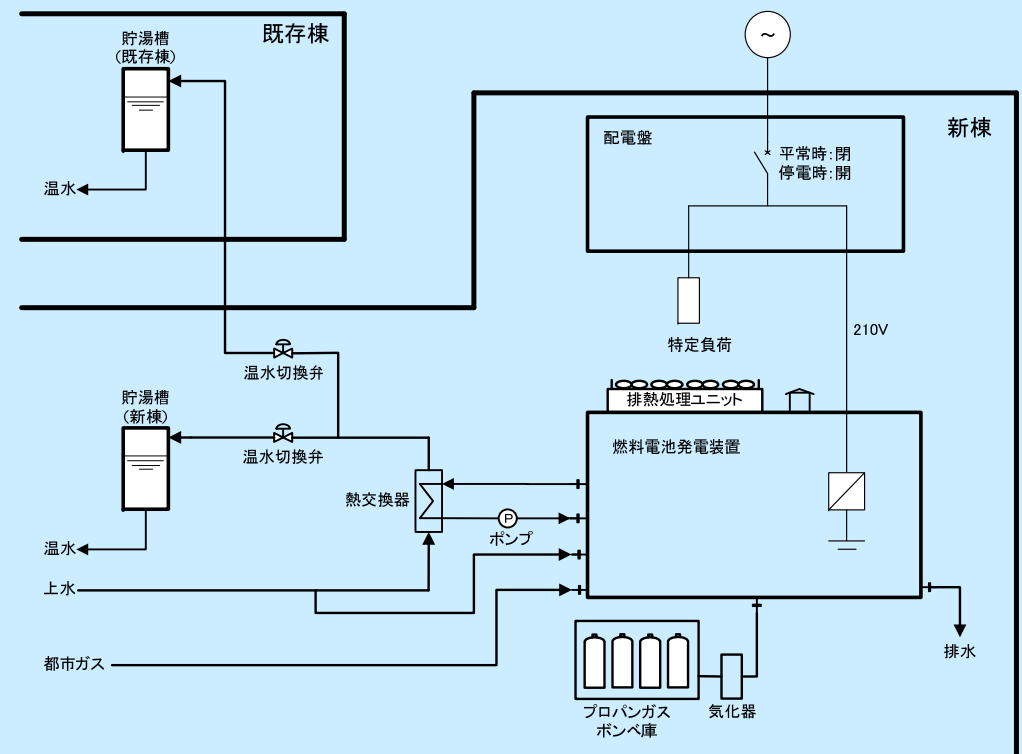
燃料切替機能  
(災害対応)

《燃料電池システム》



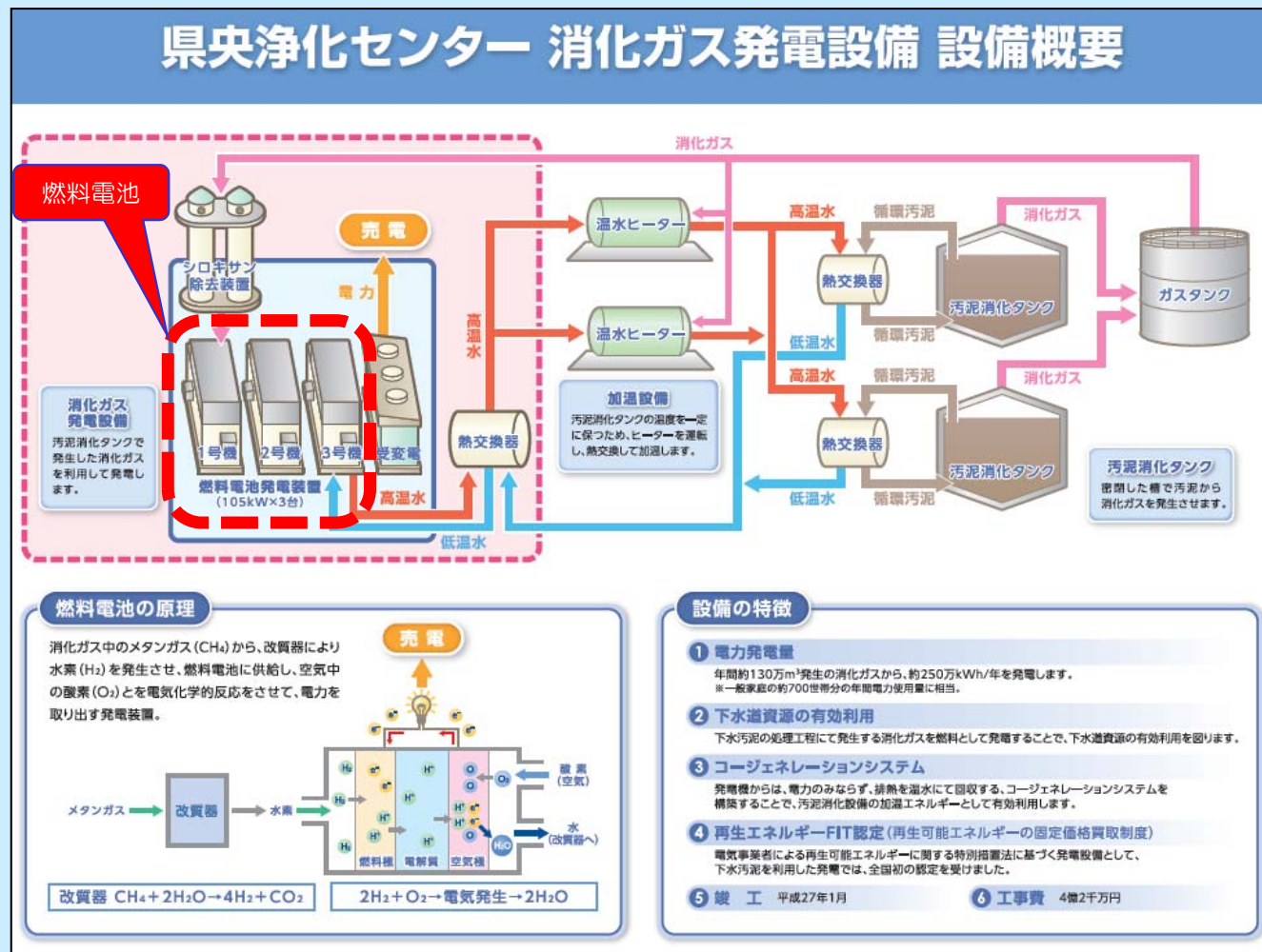
用途拡大

- 系統停電時に重要負荷に電源供給可能な電源セキュリティシステム
- 都市ガス供給断時でも、プロパンガスに切り替えて発電継続が可能
- 2014年6月より運転開始
- 電力供給の他、温水(60°C)は昼間は新棟、夜間は既存棟に供給



## 栃木県鬼怒川上流流域下水道 県央浄化センター FITスキーム 消化ガス発電（燃料電池）

- 下水汚泥活用 新設発電設備として 全国で初のFIT認定
- 年間計画発電 約250万kWh
  - 一般家庭約700世帯分に相当
- サミットエナジー社へ全量売電
- 富士電機製 燃料電池（PAFC）  
105kW×3基
- 施工：メタウォーター株式会社



2015年1月23日 メタウォーター社ホームページより引用

## 導入目的

余剰消化ガスの有効利用  
CO<sub>2</sub>削減



燃料電池棟



- ◆ 2002年2月より100kW × 2台で運用開始
- ◆ 2013年3月より新規100kW × 2台(計4台)で運用開始



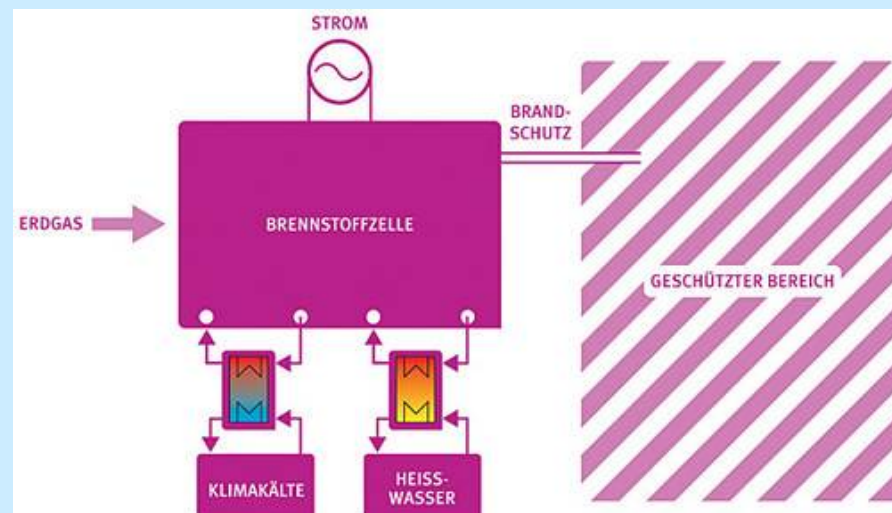
山形市浄化センターの概要	
流入下水量(計画)	52,000m <sup>3</sup> /日
処理人口	56,000人
消化ガス発生量	約139万m <sup>3</sup> /年
全電力量	約500万kWh/年

特長：燃料電池の新たな可能性。電気と熱だけでなく、燃料電池の排ガス（低酸素空気）を火災予防用に活用。

- データセンターや倉庫内を低酸素化し、火災の発生を防止
- 従来の窒素生成装置の設置が不要 電気と熱を利用して一石四鳥
- ドイツへ2010年に実証初号機、2013年にIDCに納入。



2013年納入 Equinix 殿



開発担当

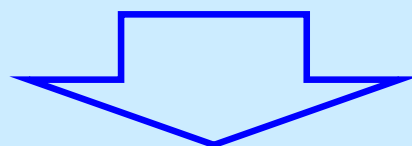
システム全体：現地会社

100kW燃料電池：富士電機

## 蒸気発生ヒートポンプ

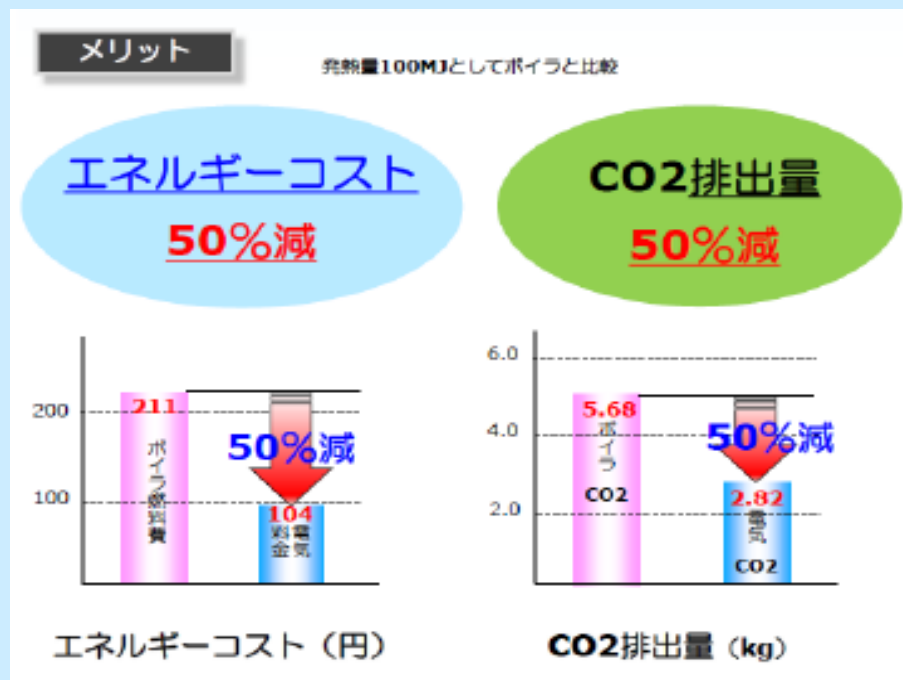


60~80℃  
500~2,000 kg/h の  
排温水から  
熱交換器で熱回収



120℃ 飽和蒸気を出力

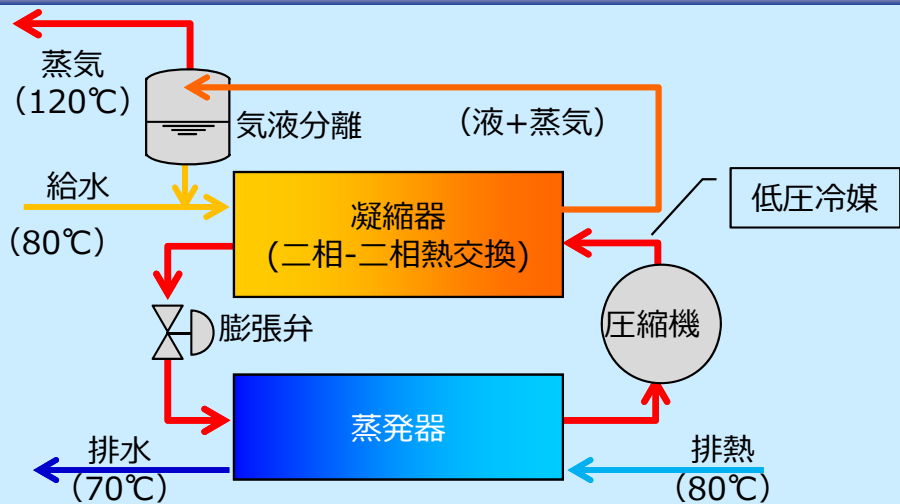
加熱能力 30 kW



### 標準仕様

吐出蒸気仕様	100~120℃(0.1MPaG) 飽和蒸気
最大加熱能力	30kW
最大蒸気発生量	45kg/h
最大接続台数	10台/システム
最高COP	3.5
排温水(熱源)温度	60~80℃
排温水(熱源)流量	500~2,000kg/h
蒸気用給水水质	ボイラ水水质規準に準じる
外形寸法(W×H×D) [mm]	1,000×1,830×1,000

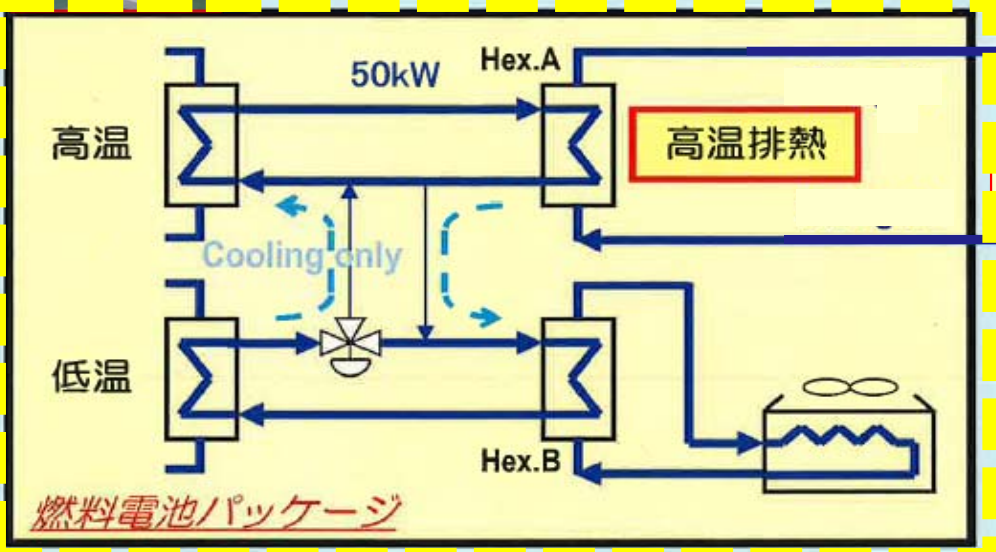
## ヒートポンプ



## 燃料電池



流量: 4.3m<sup>3</sup>/h



蒸気発生ヒートポンプ  
2台

### コストダウンメリット計算条件

年間稼働時間：8000時間  
ボイラ燃料：都市ガス13A  
ガス料金：85円/Nm<sup>3</sup>

ヒートポンプCOP：3.2  
電力料金：15円/kWh

**年間エネルギーコストダウンメリット246万円/年**  
\* 蒸気発生ヒートポンプの発生蒸気量分だけボイラ燃料を削減できる

## 1. 燃料電池とは

- a. 燃料電池の原理と構造
- b. 各種燃料電池の比較と開発状況

## 2. 富士電機の燃料電池

- a. 富士電機燃料電池の開発経緯
- b. りん酸形燃料電池の仕様と特長
- c. りん酸形燃料電池商品機の納入実績

## 3. りん酸形燃料電池の用途

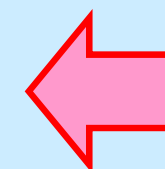
- a. 電源セキュリティ(災害対応)
- b. 消化ガス燃料
- c. 火災予防(低酸素空気供給)
- d. 燃料電池と蒸気発生ヒートポンプ複合システム

## 4. 水素社会の実現に向けて

- a. 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ
- b. 純水素燃料電池
- c. 水素供給機能付き燃料電池
- d. 富士電機のガスエンジン

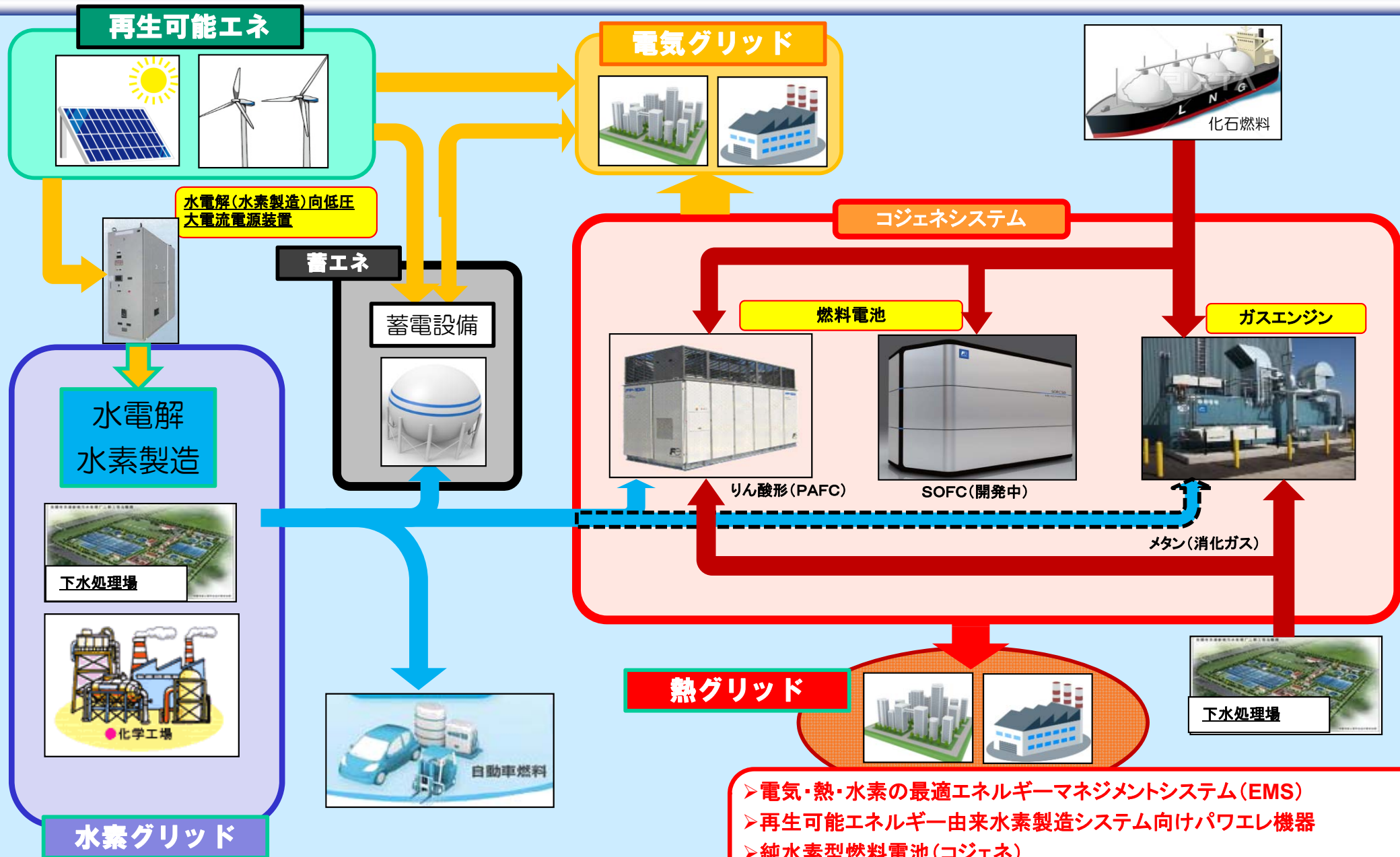
## 5. 固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムの開発

- a. 仕様と想定市場
- b. システム構成
- c. 発電性能





# 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ



- 電気・熱・水素の最適エネルギーマネジメントシステム (EMS)
- 再生可能エネルギー由来水素製造システム向けパワエレ機器
- 純水素型燃料電池 (コジェネ)
- 水素ステーション向け EMS

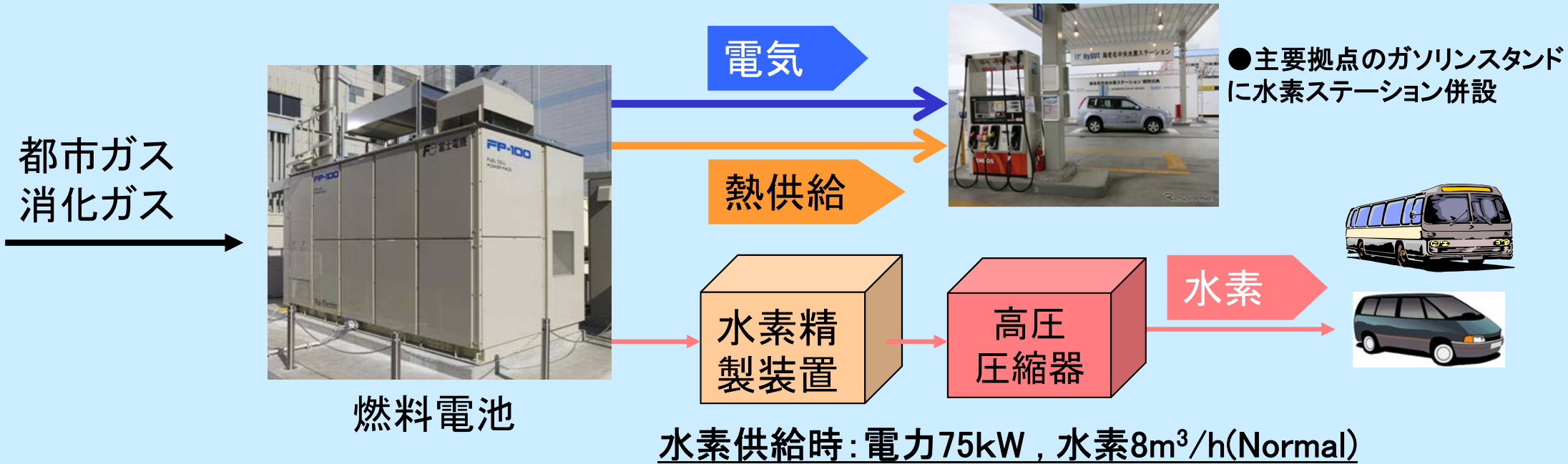
特長：製鉄所の副生ガスを精製した純水素をパイプラインで市街地に布設し、燃料電池で高効率発電。

- 純水素を燃料とした高効率発電。（発電効率：48%）
- 博物館に電力を供給。排熱は冷暖房に利用。
- 2010年12月に設置。1月より運転実証開始。

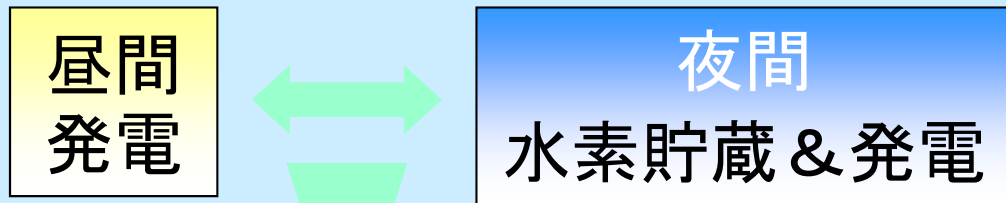


本装置は、水素供給・利用技術研究組合(HySUT)が経済産業省の補助事業である「水素利用社会システム構築実証事業」の一環として設置したものです。

## 特長: 電気と熱にさらに水素も供給する多機能発電機



### システムのねらい



設備稼働率UP

⇒燃料電池自動車の約5台/日

⇒燃料電池バスの約1台/日

\* 小容量の水素需要のある事業所へも有効

## ・信頼性の高いエンジン

ドイツ・2G社による高い信頼性を持ったカスエンジン  
コージェネレーションシステム

2G社は、1995年に設立し、世界35カ国・4,000台以上の稼働実績をもつ、コージェネレーションシステムのパッケージメーカーです。

## ・発電効率40%以上

世界トップクラスを誇る効率の高さ  
発電出力550kW以上のものは、全ての容量で発電端効率は40%以上。

総合効率も85%以上と世界最高クラスの高効率です。

## ・内蔵バッテリーによるブラックアウトスタート

バッテリー起動のため、停電時でも起動が可能です。

## ・空冷ファンの採用

## ・カス圧縮機不要

**★純水素機開発中★**

## ・コンテナパッケージによる据付工数の大幅削減

発電装置・コンテナ一体輸送の実現

コンテナには補機も組み込み、コンパクト化を実現しています。

コンテナに機器を据え付けた状態での輸送となるため、現地据付工数を大幅に減らすことができ、コストを削減できます。



## 1. 燃料電池とは

- a. 燃料電池の原理と構造
- b. 各種燃料電池の比較と開発状況

## 2. 富士電機の燃料電池

- a. 富士電機燃料電池の開発経緯
- b. りん酸形燃料電池の仕様と特長
- c. りん酸形燃料電池商品機の納入実績

## 3. りん酸形燃料電池の用途

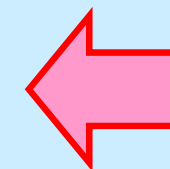
- a. 電源セキュリティ(災害対応)
- b. 消化ガス燃料
- c. 火災予防(低酸素空気供給)
- d. 燃料電池と蒸気発生ヒートポンプ複合システム

## 4. 水素社会の実現に向けて

- a. 富士電機の水素社会実現へ向けてのアプローチ
- b. 純水素燃料電池
- c. 水素供給機能付き燃料電池
- d. 富士電機のガスエンジン

## 5. 固体酸化物形燃料電池(SOFC)システムの開発

- a. 仕様と想定市場
- b. システム構成
- c. 発電性能



## 固体酸化物形燃料電池(イメージ) 2018年度上市予定

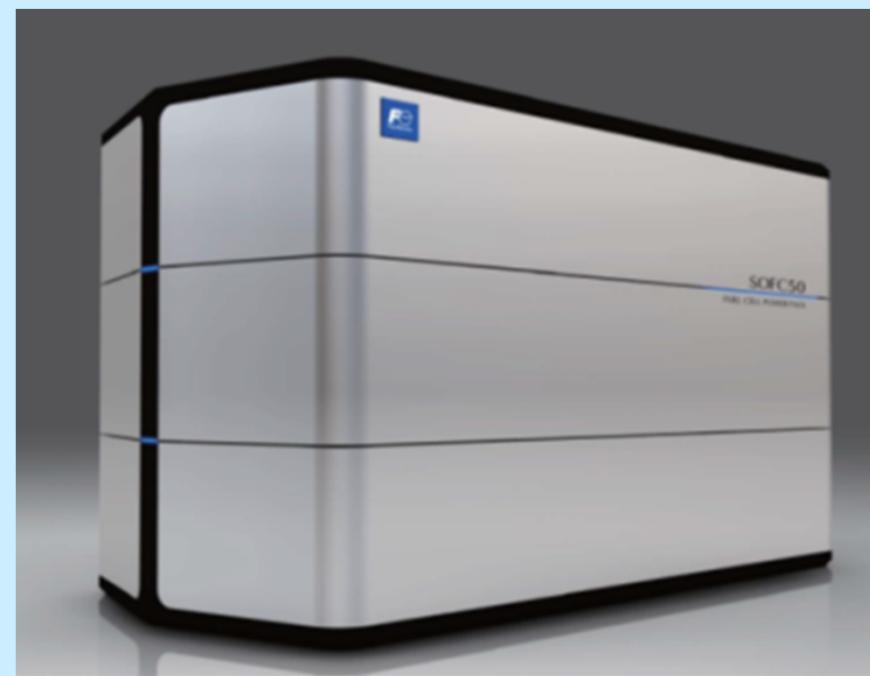
### NEDO

「固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を用いた  
業務用システムの実用化技術実証」にて開発中

●事業期間: 平成26(2014)年度～平成29(2017)年度

### 製品仕様(目標)

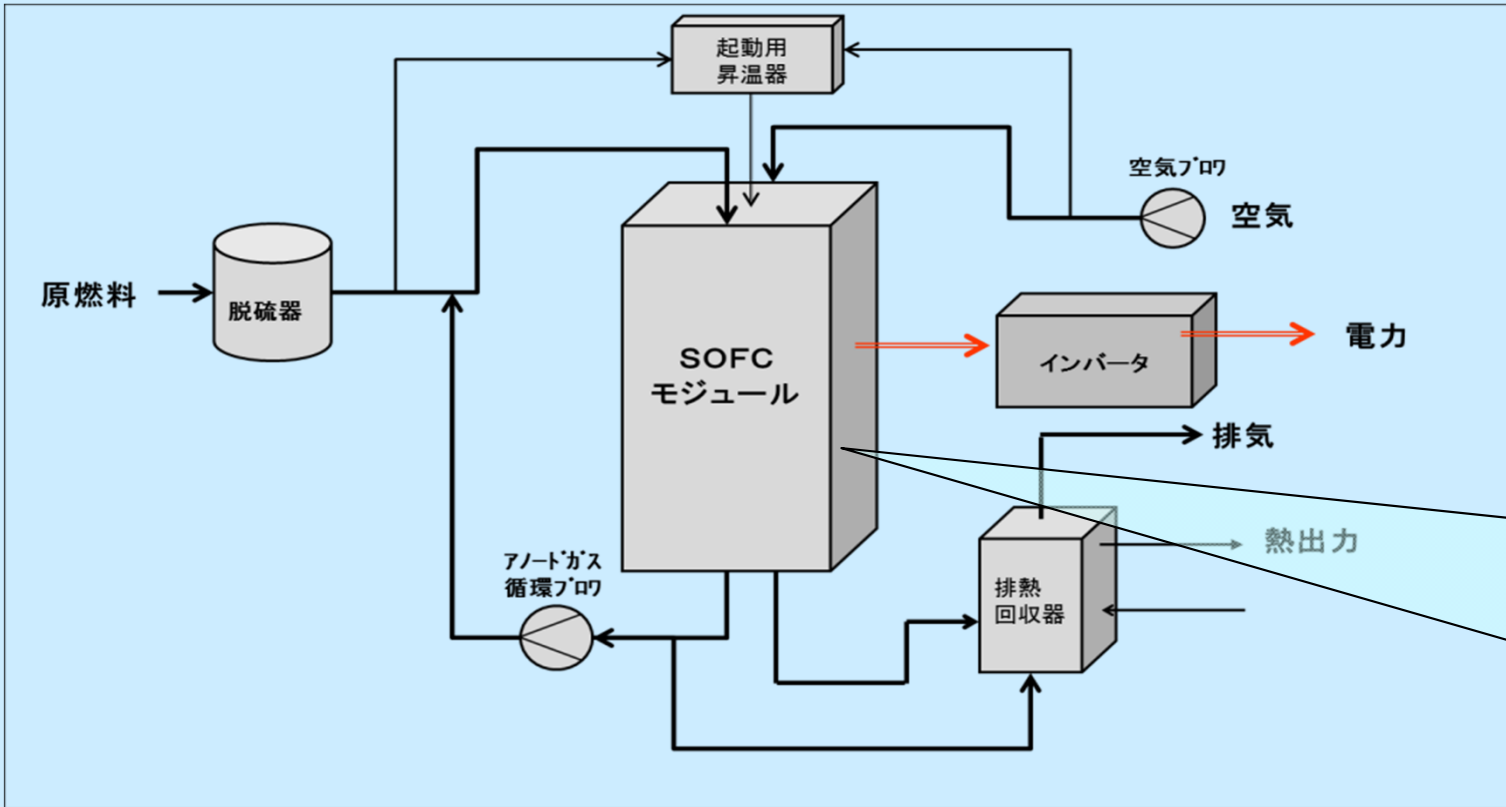
項目	仕様 (目標)
発電出力	50kW級
発電効率-LHV (AC)	55%
排熱回収効率-LHV	30% (温水出力)
総合効率	85%
装置寸法	0.2m <sup>2</sup> /kW



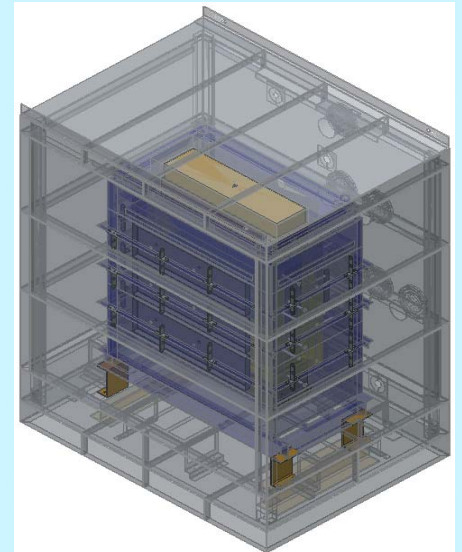
### 想定市場

- 導入初期  
比較的熱需要が多いサイト  
Ex. ホテル、病院など
- 普及期  
熱需要が少ないサイトも取込む  
Ex. 食品スーパー、研究施設など

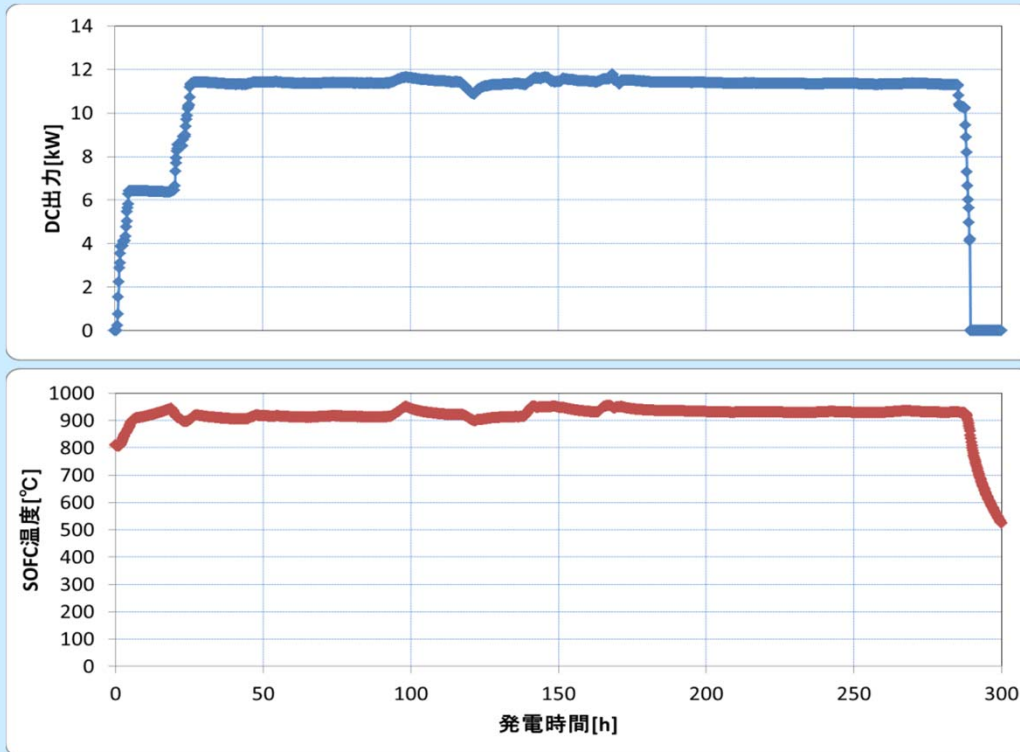
## システム構成(概要)



## 常圧型モジュール構造



## 発電実験データ



## 発電性能(定格)

項目	実験結果
定格発電量 (DC)	11.5 k W
都市ガス量	1.85Nm <sup>3</sup> /h
空気流量	64.5Nm <sup>3</sup> /h
システム燃料利用率	84.2%
SOFC温度	951°C
発電効率 (DC)	55.2%



ご清聴ありがとうございました