

SOFC/SOEC課題共有フォーラム
燃料多様化(水素混合燃料SOFC)の
取り組みと課題

山田 兼二 / 長田 康弘

報告内容

1. 業務用SOFC開発と再エネアシストの取り組み
2. 水素混合燃料SOFCの取り組みと課題

業務用SOFC開発 <概要>

■開発の狙い

- ・高効率発電による省エネルギー、CO2削減
(系統電力使用時に対しCO2約▲30%)
- ・エネルギー供給強靱化、分散電源推進への貢献
(停電時運転継続機能でのBCP)
- ・再エネ大量導入社会に於ける調整力の提供
(出力調整による負荷変動対応)
- ・投資回収5年以下で導入できる経済性



※イメージ図

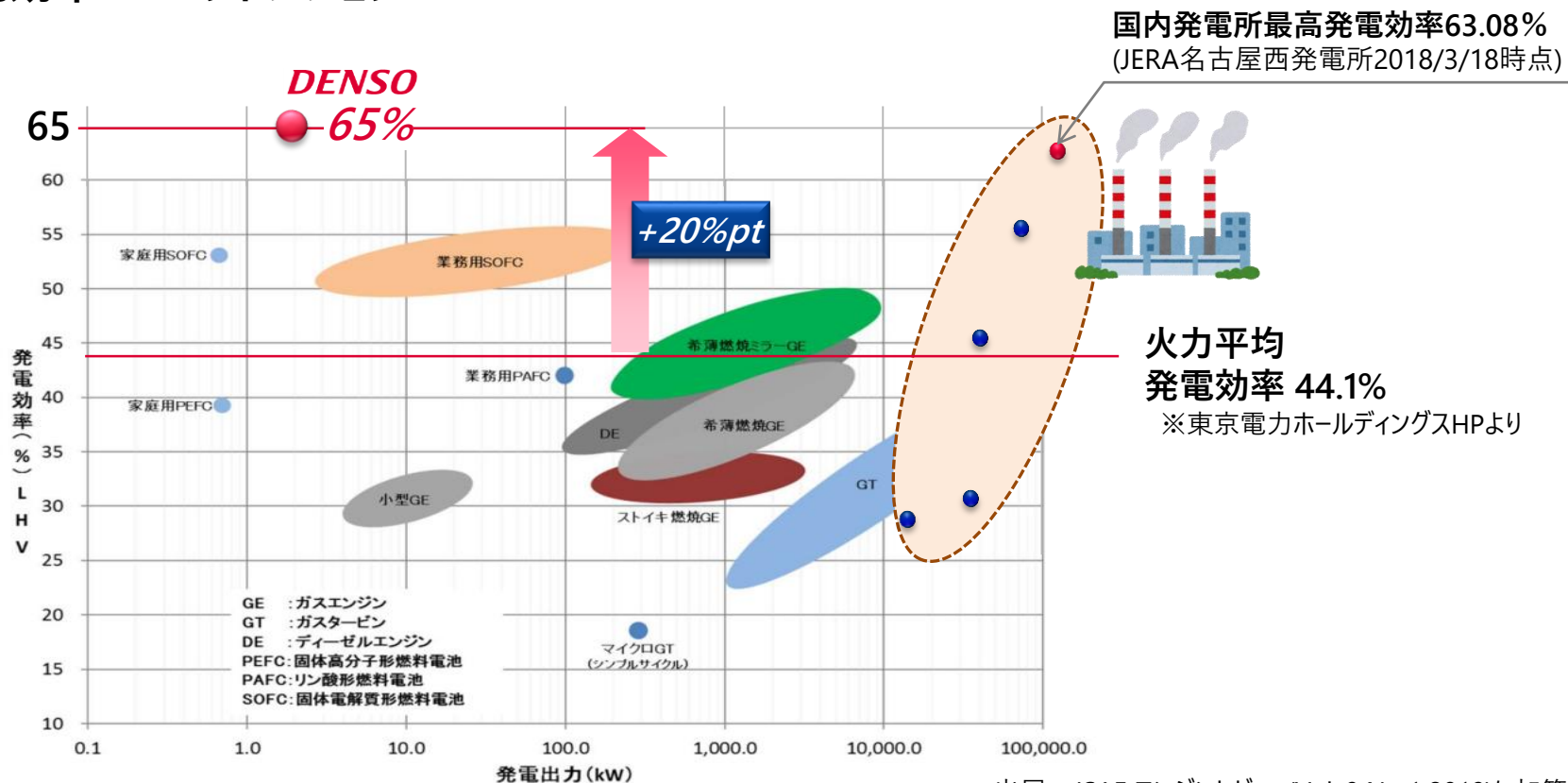
項目	開発目標
発電出力	4.5kWクラス
発電効率	65%以上(LHV)
熱出力	コジェネ/(モノジェネ)
電源出力	単相三線式 100/200V
ユニット体格 H/W/D	2,000/1,100/800 mm
ガス種	都市ガス/LPG
耐久信頼性	10年(9万時間)

<多数台連結時のイメージ>



業務用SOFC開発 < 高効率の位置付け >

■発電効率65%のポジション



出展：JSAE エンジンレビュー(Vol. 9 No.1 2019)に加筆

家庭用 業務用 産業用



業務用SOFC開発 < 高効率の位置付け >

■発電効率65%の意義

発電効率 44.1~**63.08%**

送電ロス **7.1%**

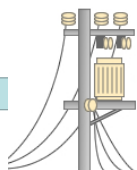
使用端効率 ~**59%**

※一般的な使用端効率は36.9%
(2013年 経済産業省)



発電端

発電所



柱上変圧器(低圧)

低圧受電
使用端



住宅/集合住宅

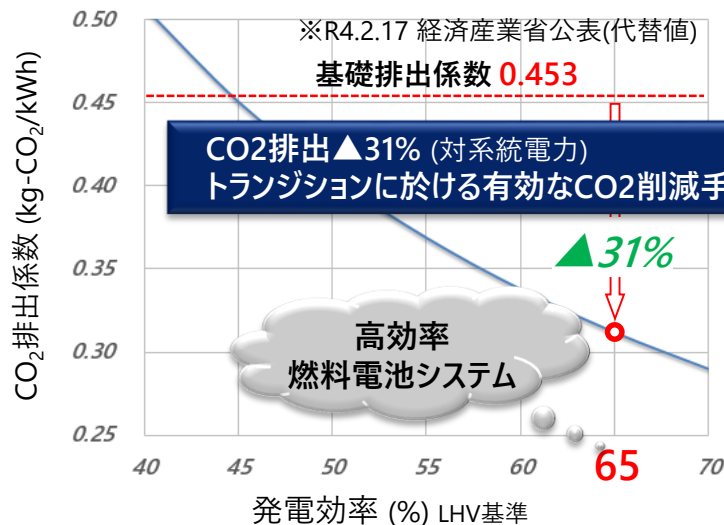
商店/小規模工場

火力発電所 平均発電効率 44.1%
国内最高発電所 (JERA名古屋西) 63.08%

送電ロス 東京電力(低圧) **7.1%** 関西電力(低圧) 7.9%

平成28年2月9日 経済産業省 総合資源エネルギー調査会
平成28年9月2日 経済産業省 電力・ガス取引監視等委員会

➤ 低炭素化社会への貢献



➤ 再エネ調整力の提供



制御性 ×
設置性 ×

×

×
△

◎
○

集中発電所以上の発電効率であれば、
制御性の良い(負荷調整が出来る)燃料電池による
調整力(再エネアシスト)価値がさらに向上

再エネアシストに向けた取り組み <デンソー-福島での取り組み事例>

(株)デンソー福島工場 ⇒ ソーラパネル導入等デンソー工場の中では先行してCNを推進



主な生産製品：カーエアコンをはじめ、エンジンクーリングモジュール、ウォッシュタンク、リザーブタンクを生産し、東日本地区の自動車メーカーに納入

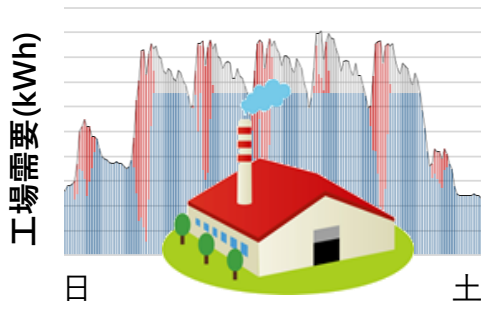
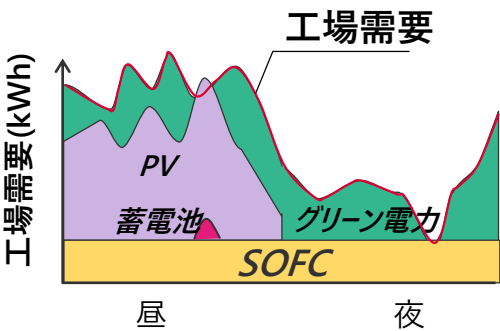


福島県田村市船引町光陽台26番地
設立 2008年4月1日
従業員数 468名 (2022年3月時点)
売上規模 236億円 (2019年度実績)
敷地面積 237,000m²

再エネアシストに向けた取り組み < 再エネ機器の最適導入量の目途付け >

■ 電力システムの最適導入シミュレーション検討 (PVとSOFCの設備容量のベストミックスによるコストMin化)

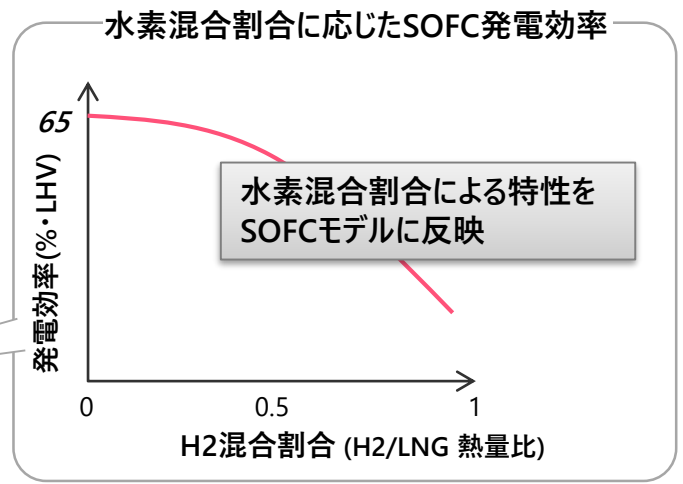
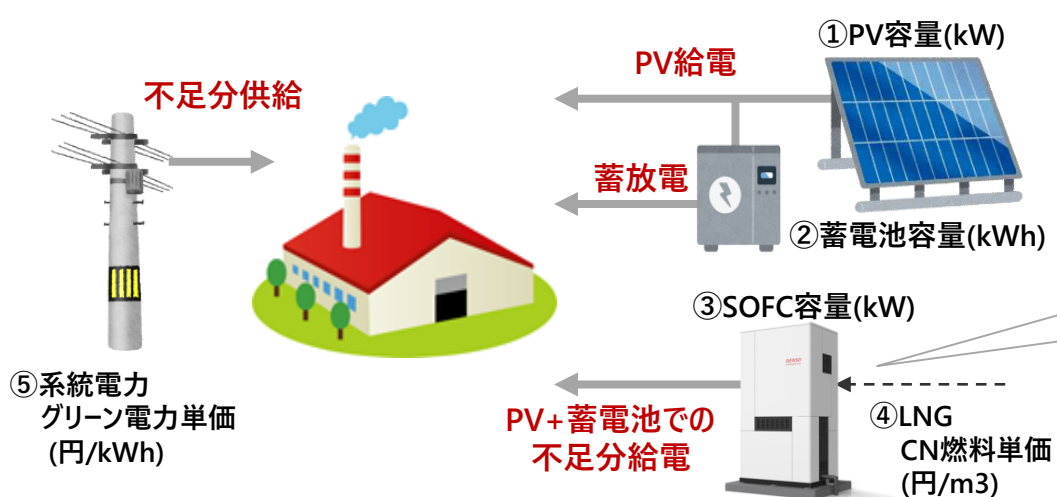
< 負荷変動：短期～長期間(年間)変動 >



< 設備費/エネルギー費 他 >

- 設備費：PV(円/kW)、蓄電池(円/kWh)
SOFC(円/kW)
- エネルギー費：系統グリーン電力(円/kWh)
各種CN燃料(SOFC) (円/*)
- オンサイト/オフサイト(燃料輸送費、電力託送料)
製品寿命、メンテ維持費 等

< 設備容量、グリーン電力 & CN燃料単価をパラメータとした検討 >



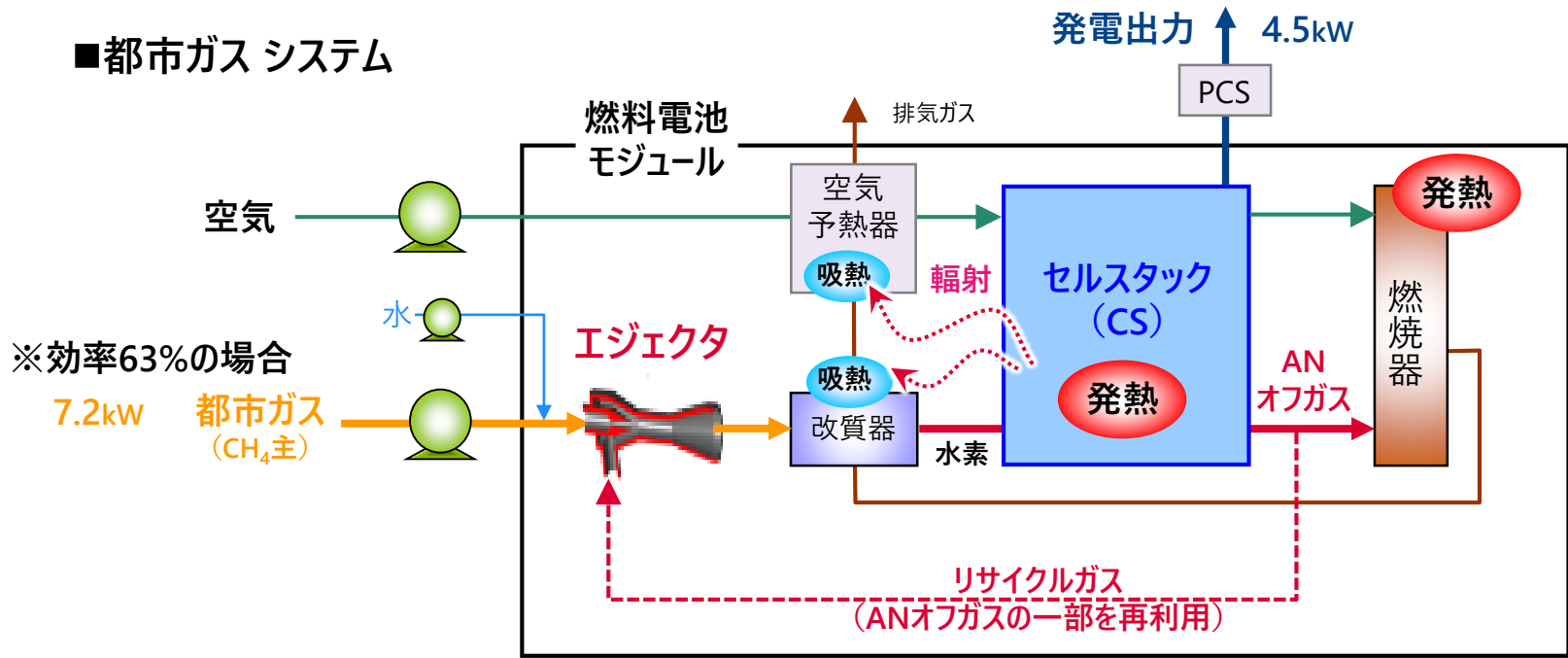
将来のエネルギー動向、各機器の特性を勘案し、『経済合理性』のあるCN推進工場のシナリオを策定

報告内容

1. 業務用SOFC開発と再エネアシストの取り組み
2. 水素混合燃料SOFCの取り組みと課題

業務用SOFC <ベース技術(都市ガス機)の高効率化技術>

■都市ガス システム



■高効率化技術 ※現状：AC63%・LHVでのシステム実証を完了し、65%を目指し開発中

『輻射温調』による熱マネージメント

セルスタック、コンポーネント間の輻射伝熱を用いて、セルスタック温度を管理
→ 高い空気利用率 (高Ua) で運転

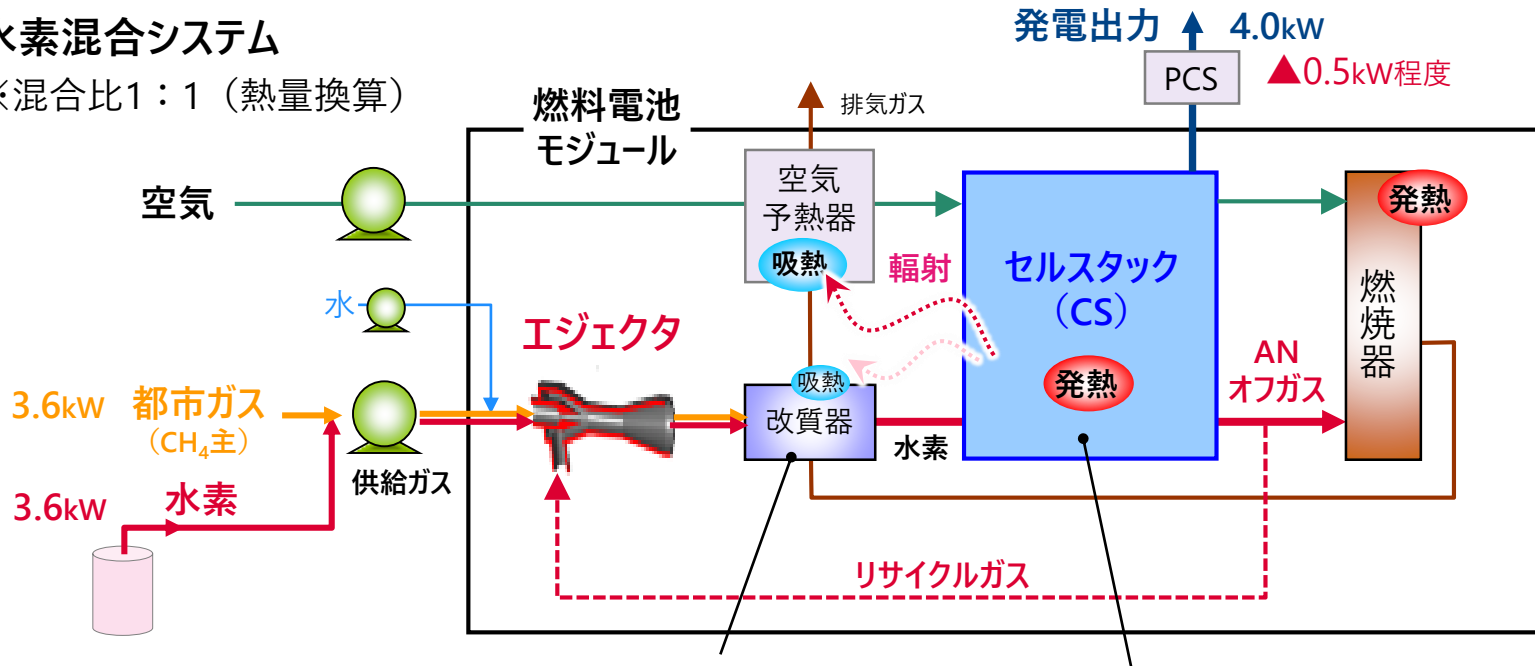
『エジェクタ』による燃料リサイクル

高温でも作動する簡素な流体ポンプ(エジェクタ)を用いて、未利用ANオフガスを再利用 (リサイクル)
→ 高い燃料利用率 (高Uf) で運転

水素混合SOFC <エネルギーフロー(都市ガス機との比較)>

■水素混合システム

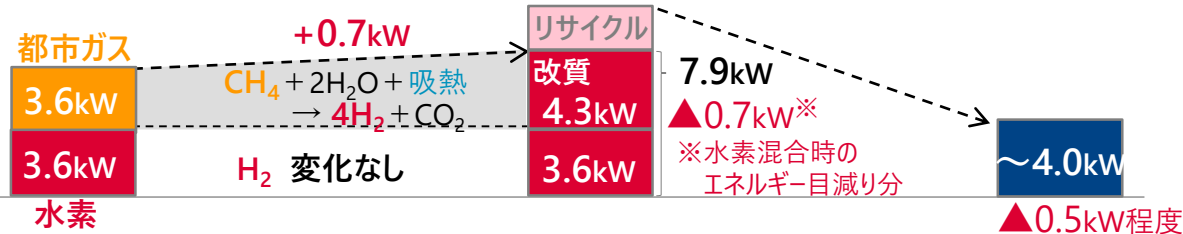
※混合比1:1 (熱量換算)



供給ガス → 《改質器》 → 水素 → 《CS+補機》 → 発電出力

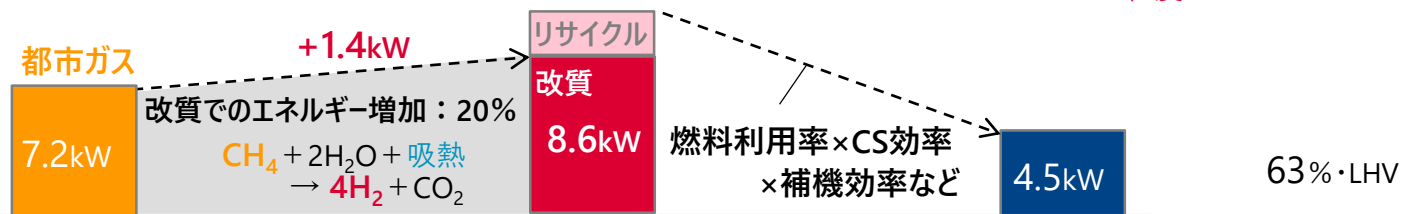
水素混合システム

7.2kW



供給ガスの熱量1/2を水素に置換え

参考) ※前頁の例
都市ガスシステム



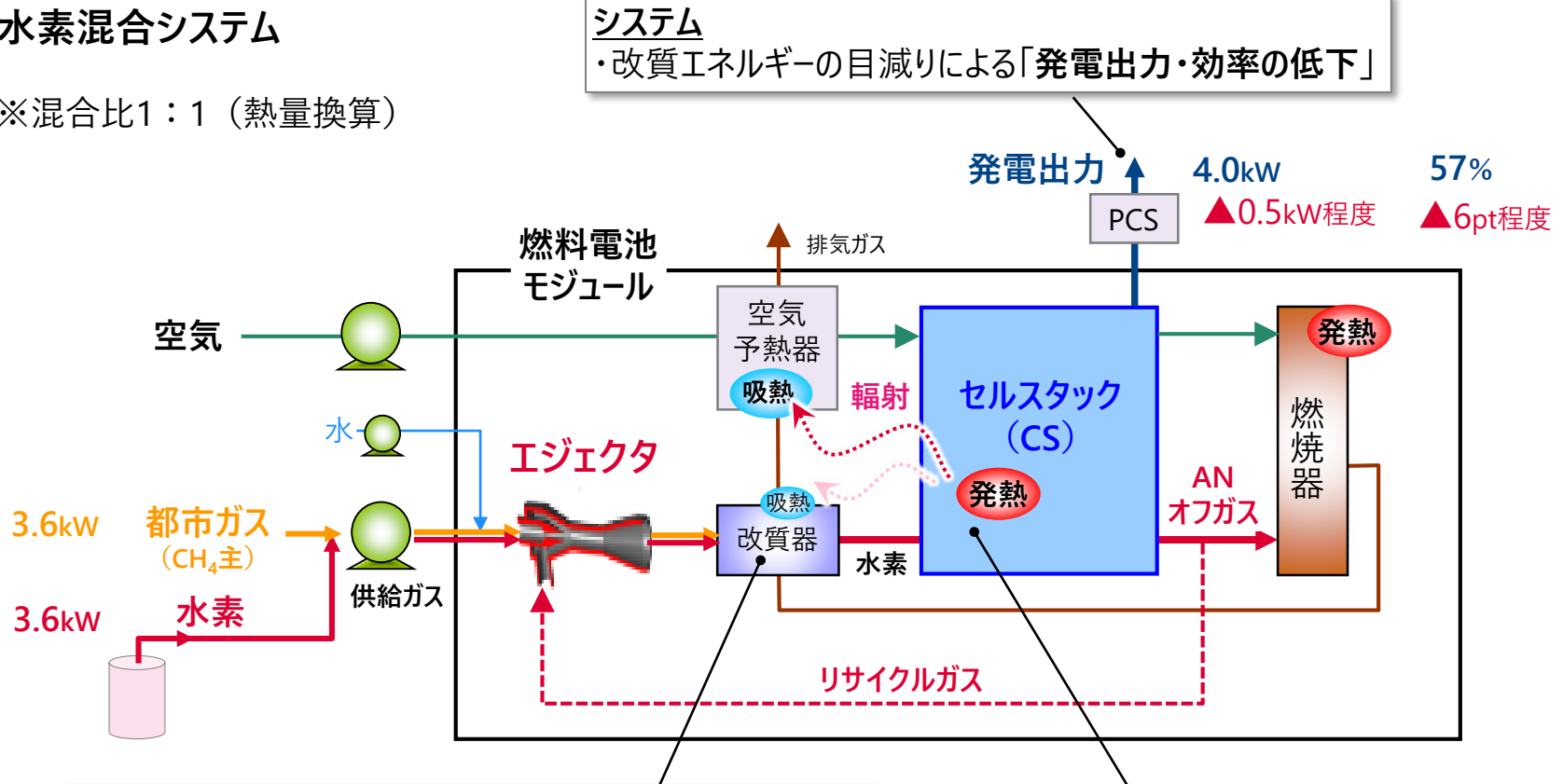
水素混合システムでは、改質器でのエネルギー増加が目減りして、発電出力・効率の低下

※水素混合: +0.7kW ⇒ ▲0.7kW減
都市ガス: +1.4kW

水素混合SOFCの課題

■水素混合システム

※混合比1：1（熱量換算）



改質器

・改質反応の吸熱減少による「改質器の温度上昇」

セルスタック

・改質器への放熱減少による「セルスタック温度上昇」

燃料が水素リッチガスになることで、

改質に伴うエネルギーバランスが変化し、発電効率の低下、各部の温度上昇が生じる

⇒ システム状態に適した「燃料制御・温度制御」がポイント

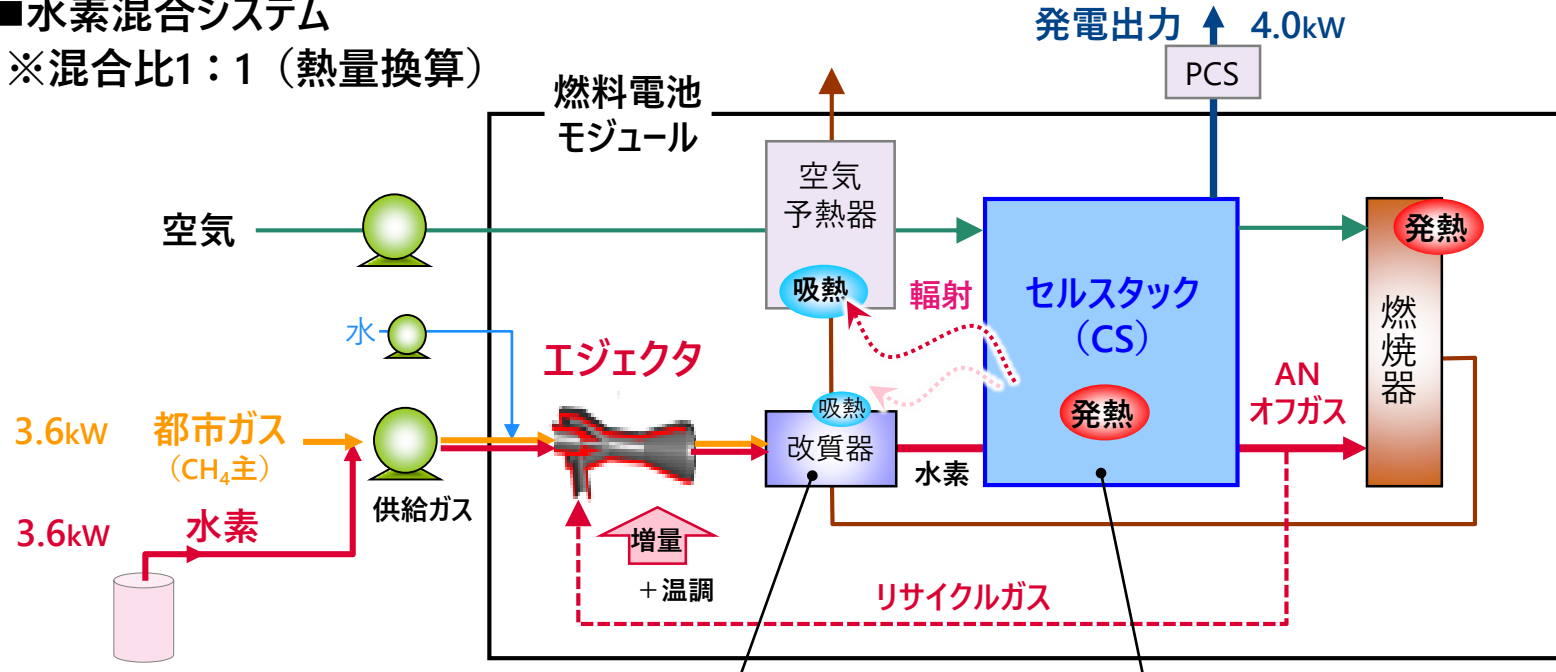
※水素リッチガスとなる石炭ガス、アンモニア分解ガスでも同様の課題

水素混合SOFCのエネルギーバランス改善

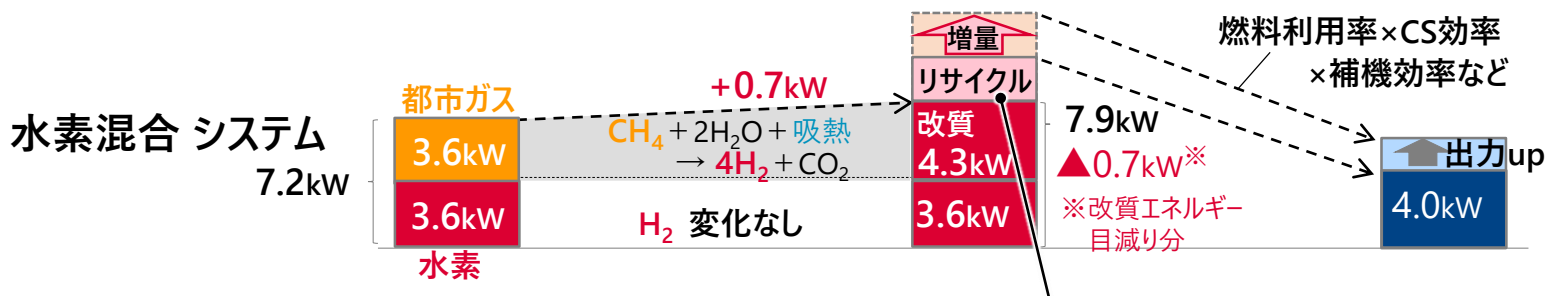
対策方針：ANリサイクルを活用した流量・温度制御で、発電効率の向上、改質・CSの温度調整を行う

■水素混合システム

※混合比1：1（熱量換算）



供給ガス → 《改質器》 → 水素 → 《CS+補機》 → 発電出力



目標：
60%超・LHV

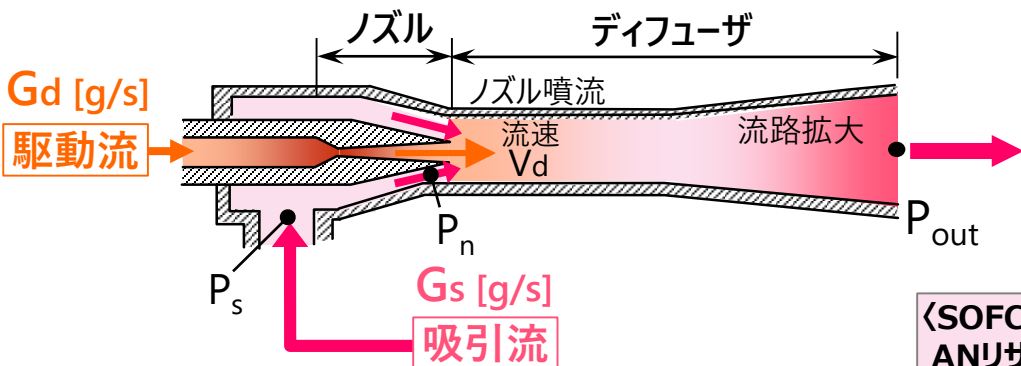
効率up ↑
～57%・LHV

改質エネルギーの目減り分をリサイクルガスの増量で補うことで、発電出力・効率の向上を図る

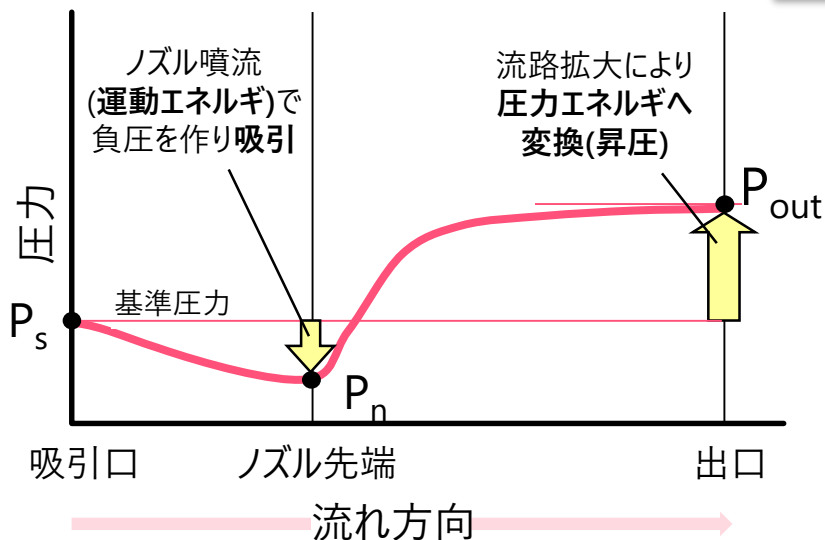
リサイクル制御技術 <エジェクタの原理>

エジェクタ：駆動流の運動エネルギーで、圧力エネルギーに変換する「簡素な流体ポンプ」

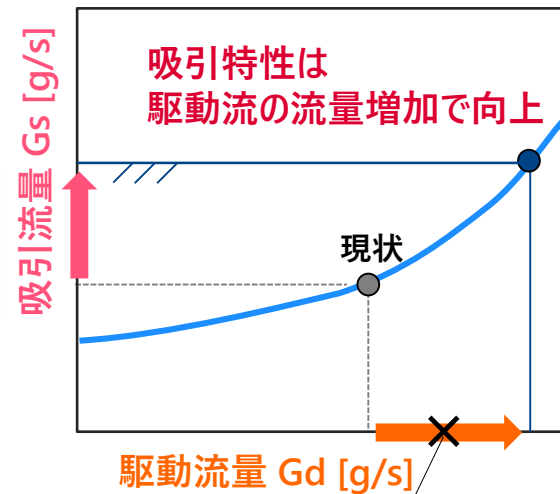
※当社では、カーエアコン、CO2給湯機において、可動部のない安価な省エネ技術として、多く実用化



<SOFC適用時の吸引流>
ANリサイクルガス
: $H_2 + CO + H_2O + CO_2$
質量大で吸引し難い



<エジェクタ吸引特性>



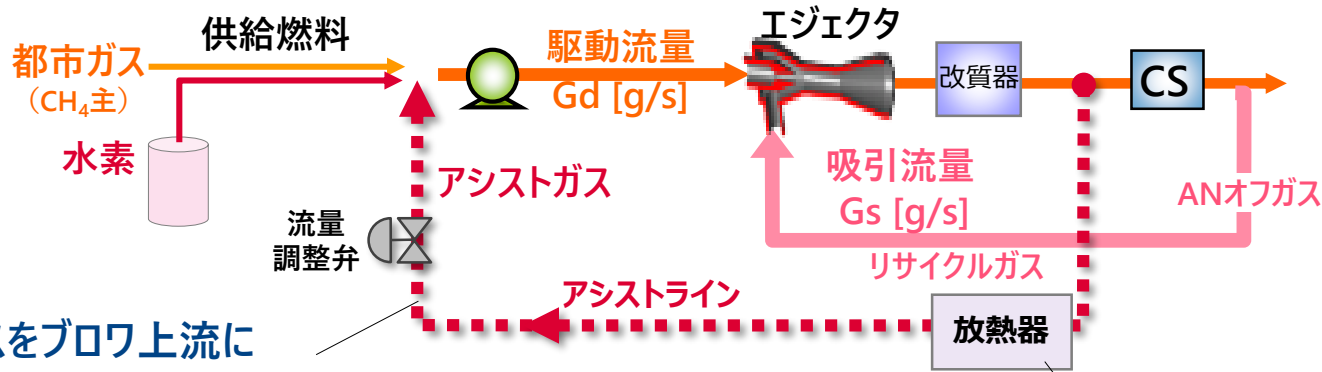
<SOFC適用時の駆動流>
供給燃料： $CH_4 (+H_2)$
効率悪化になるため、増量NG

SOFC適用時の課題

エジェクタは成行き動作点で作動し、
水素混合時のリサイクルガスの制御性に難あり

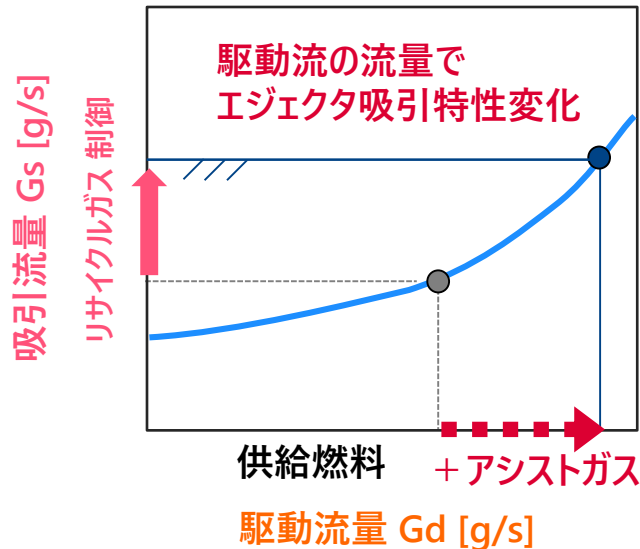
リサイクル制御技術 < 駆動流アシスト・エジェクタ >

改質ガスで駆動流アシスト ⇒ 供給燃料を増加させず、制御性を確保できる新たなエジェクタ方式



改質ガスをブロウ上流に循環するアシストラインを設置

< エジェクタ吸引特性 >



改質器、CSの温調を狙って、リサイクルガス・アシストガスの放熱器を設置

エジェクタを用いたリサイクルガス流量・温度制御手法を構築

DENSO

Crafting the Core