

NEDO水素・燃料電池成果報告会2023

発表No.A2-8

(大項目) 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

(中項目) 燃料電池の多用途活用実現技術開発

(小項目) 低コスト高効率化技術を用いた燃料電池システムによる多用途活用技術開発

発表者名	山田 兼二
団体名	株式会社 デンソー
発表日	2022年7月14日

連絡先：
株式会社 デンソー
<https://www.denso.com/jp/ja/>

1. 期間

開始 : 2020年9月
終了（予定） : 2025年3月

2. 事業内容と最終目標

燃料電池システムのコストダウンと更なる高効率化技術開発を実施。
その上で、多用途展開を図るためのシステムやインターフェース等の開発、およびエネマネ等を含めた実証検討を行う。

【最終目標(24年度末)】

- ・コストダウン：ユーザ取得価格50万円/kW以下（水素・燃料電池戦略ロードマップ H31年3月12日、台数前提あり）
- ・AC発電効率：65%以上（同上）
- ・多用途活用の為の実現技術開発：実証研究により、適用可能性、CO2低減効果等を実証(24年度)

3. 成果・進捗概要

コストダウン：前年度素材費半減の目途付けを完了した燃料電池モジュールの製造工法開発推進。
溶接箇所の手構造、板厚との組合せを整理し、テストピースにて溶接スピードと溶け込み長さ、出力を振って、適正条件を明確化できることを確認。

高効率化：CS内部抵抗低減、オフガスバーナ放熱抑制の高効率化対策を織り込み、燃料濃度センサレスでも63%を確認。

多用途展開：バイオ燃料活用についてサーベイ調査し課題抽出。その他の展開構想継続検討中。

1. 事業の位置付け・必要性

■本事業を実施する背景や目的

SOFCは高効率な発電システムであることから国策にも掲げられており、**一次エネルギー削減やCO2低減**機器として期待されている。更に、PV(太陽光発電)等の**再エネの不安定さをカバーする調整力**としても活用できることから、再エネ普及を後押しするポテンシャルも秘めていると考えられる。

しかしながら、まだ思うように業務用市場への拡大が図られていないのが現状であり、これは**価格が高く十分な経済性が確保されていない**ことが、要因の一つであると考えている。

そこで、SOFCの更なる普及拡大を目的とし、**コストダウン&高効率化技術開発を実施**することで、更なるCO2削減ができ、且つ経済性も確保した自立普及可能なSOFCシステムを開発する事を目標とする。

< 研究開発の概要 >

①コストダウン技術開発

< レイアウト最適化による低コスト化 >

- ・モジュールを大幅に小型化し、材料コストの低減を図る
→コンポレイアウトと内部熱マネジメント最適化技術開発

< 工法革新による低コスト化 >

- ・溶接速度向上： 欠陥を出さない溶接状態の定量化
- ・検査レス化： リアルタイムでの溶接健全性把握
→溶接中の視覚検査他によるリークレス保証技術開発

②高効率化技術開発

< 熱マネ最適化、センサ活用 >

- ・放熱ロス低減、燃料利用率の高精度化で発電効率向上
→熱マネレイアウト最適化、センサ適合技術/制御技術開発

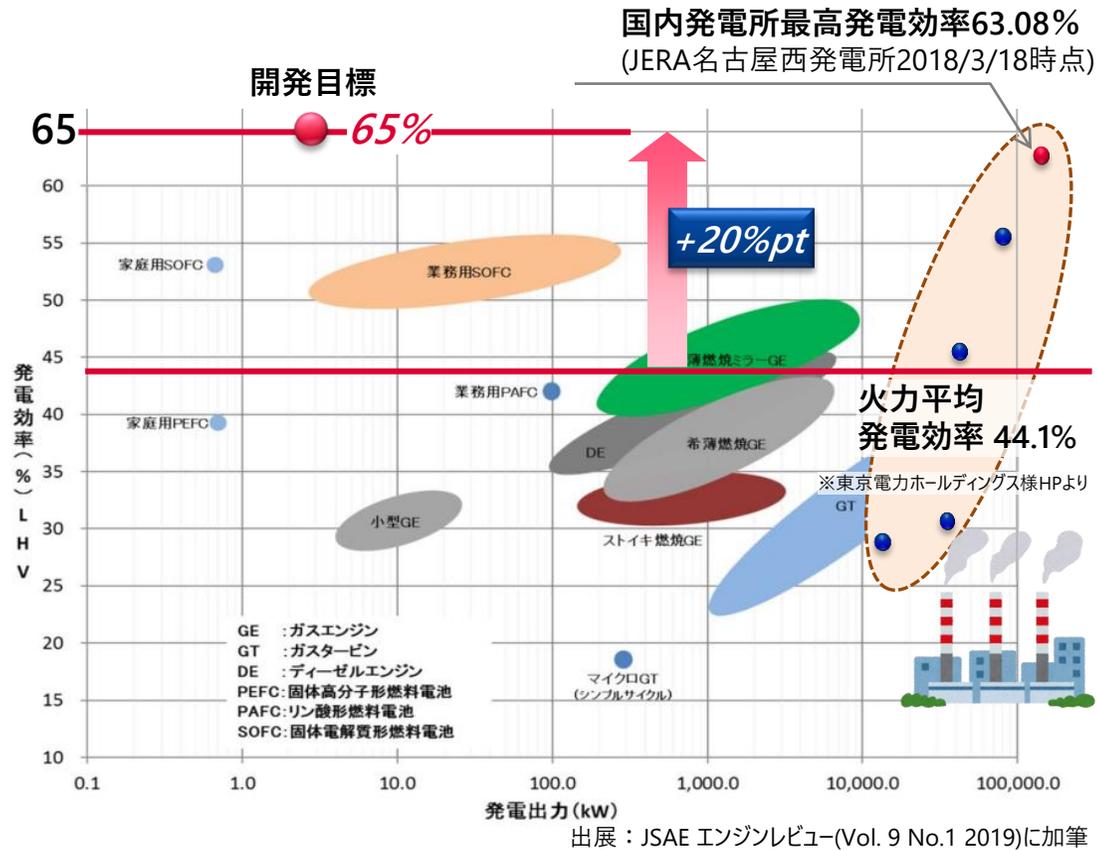
③多用途活用実証

< 高効率価値提供できる市場の検討 >

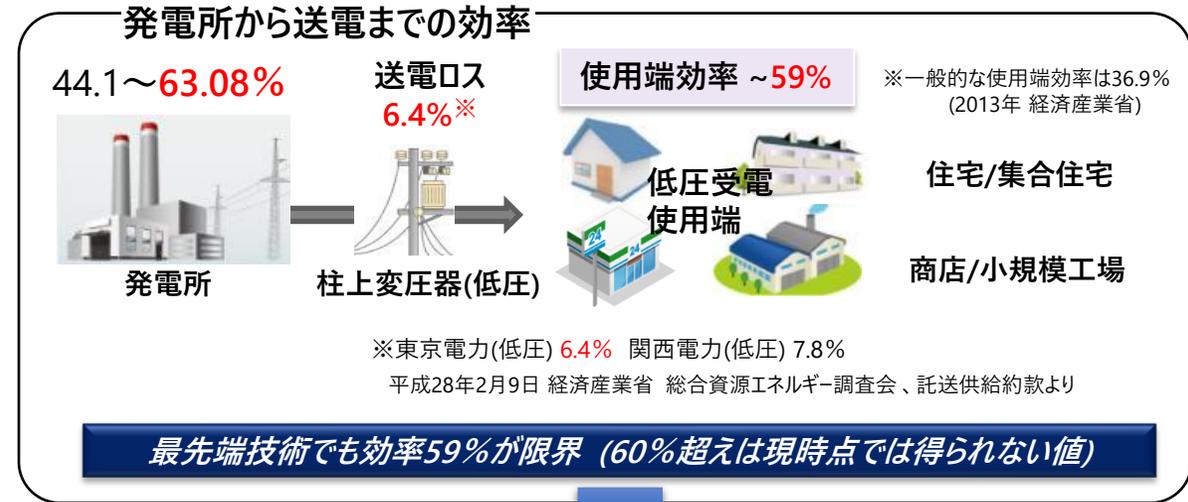
- ・調整力電源としての活用やバイオ燃料適用等、課題と対応施策を明確化した上で、実現に対する可能性を明確化する

2. 研究開発マネジメントについて

■本事業を実施する背景や目的 < 発電効率65%の位置づけ >



家庭用 業務用 産業用



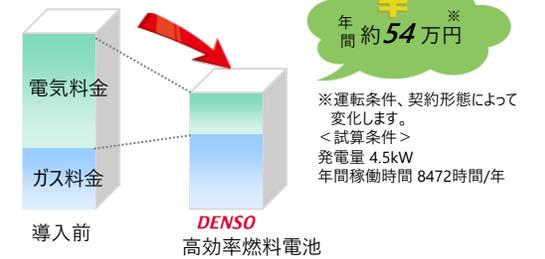
環境性/経済性

> CO2削減



※杉の木のCO₂吸収量原単位=14kg-CO₂/年 (「地球温暖化防止のための緑の吸収源対策」環境省/林野庁)

> 光熱費削減/省エネ



※発電所電力1次エネルギー換算値 9.76MJ/kWh (省エネ法) 4
原油換算 (経済産業省) 電気: 0.252kl/1000kWh ガス: 1.161kl/1000m³

2. 研究開発マネジメントについて

■研究開発のスケジュール

2020年度：コストダウンを目指した基礎技術開発

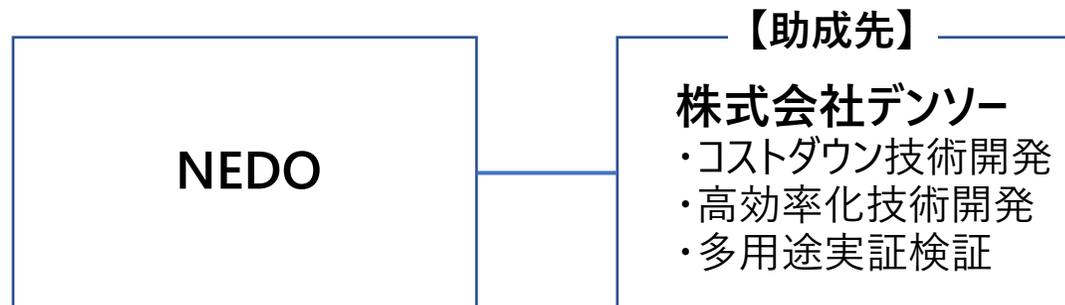
2021年度：コストダウン実用化開発と発電効率向上目途付け

2022年度：62%超を狙った高効率化基礎技術開発、及び多用途展開構想検討

2023年度：高効率化技術の実用化検証、多用途実証課題明確化

(2024年度：発電効率65%システム量産化課題抽出と対応、及び多用途実証研究による適用可能性明確化)

■研究開発の実施体制



3. 研究開発成果について

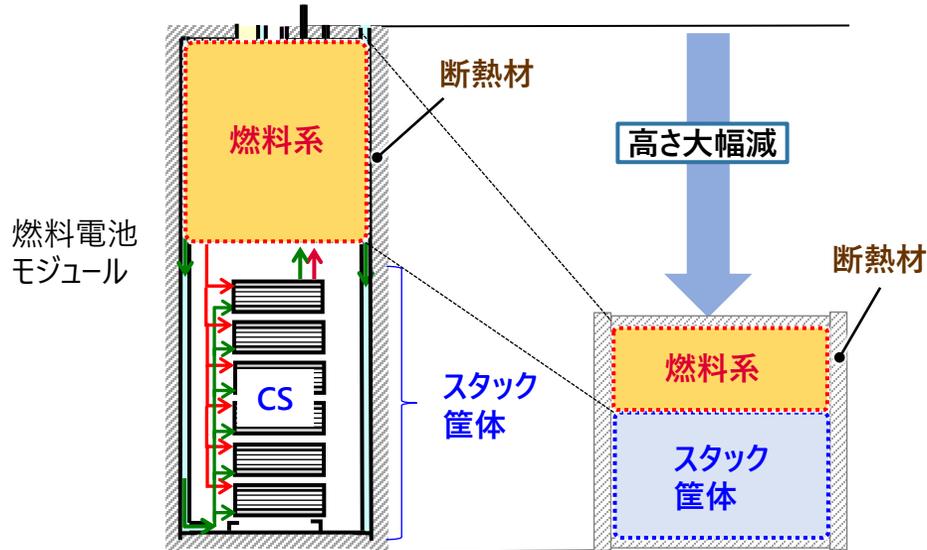
■低コスト化技術開発 <工法革新による低コスト化>

(前年度)

・セルスタックレイアウト最適化による低コスト化

- ・スペース効率を最大限に生かすCS配置
- ・CS全面から輻射放熱経路を確保しCSを均温化
- ・構成部品の一体化を進め、溶接長や溶接部位を削減

従来：CS縦積み配置 新CSレイアウト（平面配置）

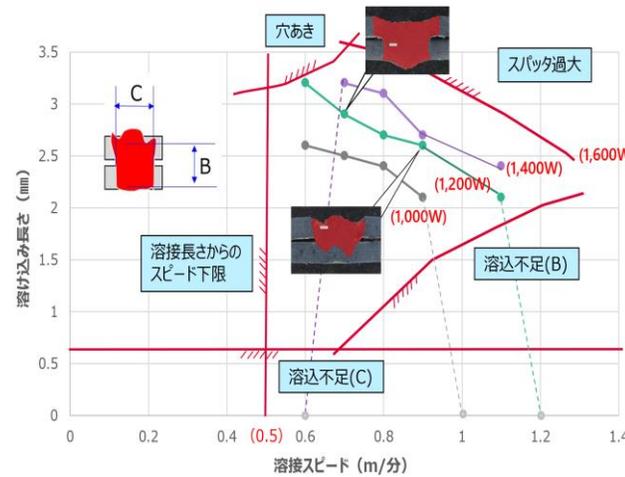


セルスタック配置の最適化等により素材費半減の目途付けを完了

➤組立工数の大半を占める溶接工程改善、リーク検査レス化

溶接による熱変形対策として、TIGから入熱を狭く高密度化できるレーザーに変更

テストピースを用い、主に溶接速度、レーザー出力の条件を振って、穴あき、スパッタ量、溶け込み深さとの関係を定量化することで良品条件の探索実施。



	溶接OK	溶接NG
輝度モニタリング画像 輝度：256階調 視野：4*4mm 分解能：20μm サブリング：200μs		
	白い点が連続して発生するのが良品	
温度モニタリング画像 カラー温度： 白1600°C、黒900°C 視野：15mm		
	オレンジ色範囲が帯状に伸びていくのが良品	

レーザー出力毎の溶接スピードと溶け込み深さの関係はほぼ線形で、供給されるエネルギー量により、溶け込み方が予測可能。

溶接の良品条件を絞り込むことができると推測。

輝度、温度モニタリング併用で、溶け別れ、穴空き等の不具合は十分捕捉できることを確認。

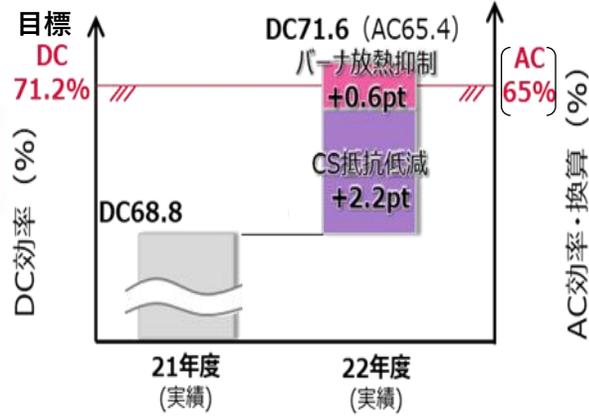
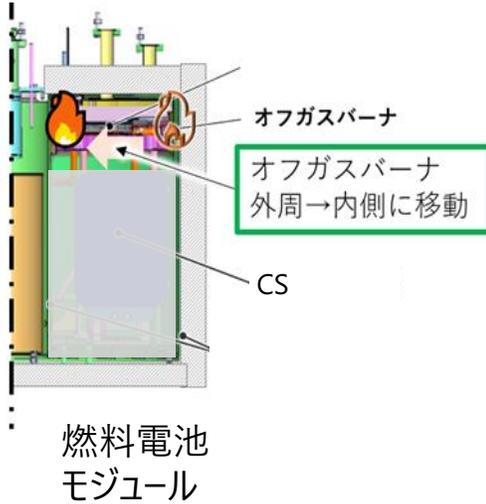
リーク検査レスの可能性を見出すことができた。
今後は、細部条件を振りながら、これまでの仮設検証を実施。

3. 研究開発成果について

■高効率化技術開発

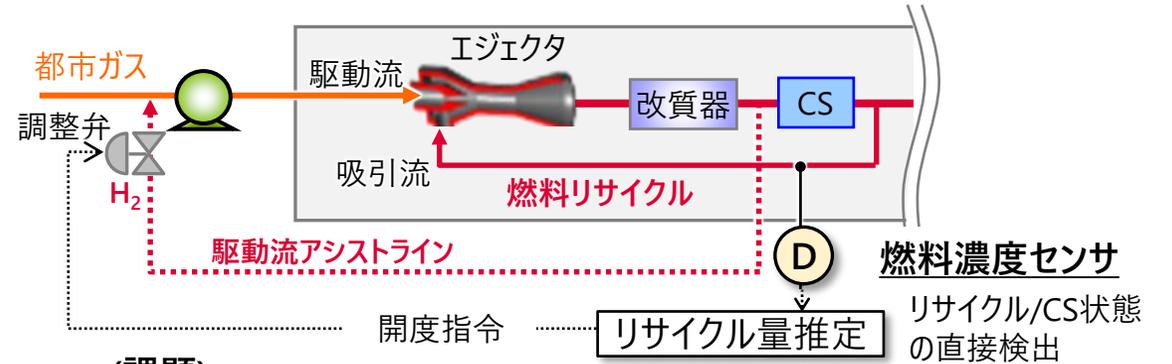
➤熱マネ最適化

CS単体での内部抵抗低減などの改善で効率向上させた上で、燃料電池モジュール上部の燃料系コンポーネントでの放熱抑制を狙い、高温部であるオフガスバーナをモジュール内側へレイアウト変更。



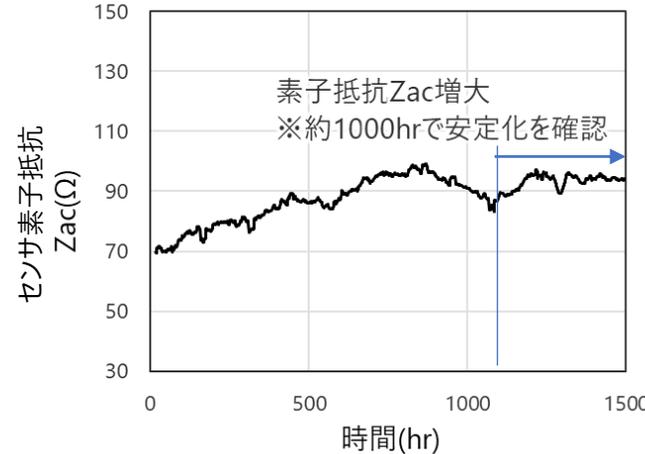
CS向上効果と合わせてDC発電効率71.6%を確認し、燃料電池モジュール単体目標DC71.2% (換算AC効率65%相当) を達成
 今後は、システムでのAC発電効率65%を検証

➤燃料濃度センサ活用による燃料利用率向上



(課題)

- ・燃料濃度センサ(自動車用センサ)の経時劣化
- ・劣化考慮での出力補正手法の検討



SOFCでの使用環境は自動車環境温度場とほぼ同じ。
 SOFCでのセンサ搭載位置で耐久評価。
 熱劣化が見られたが、約1000hrでサチレート→既存センサと同様に劣化安定化の見込み
 ※継続した長期耐久、個体バラツキ検証予定

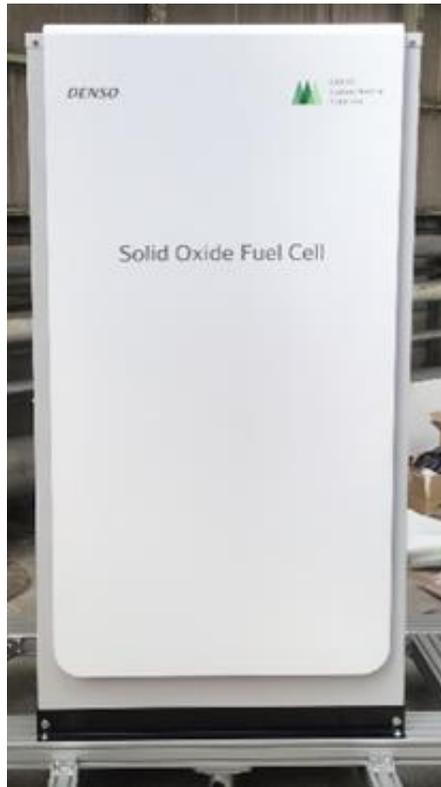
センサ初期劣化の安定化を確認
 今後、センサばらつきを考慮した出力補正を織り込んだリサイクルF/B制御手法を具体化し、システム実機での高効率化検証を実施

3. 研究開発成果について

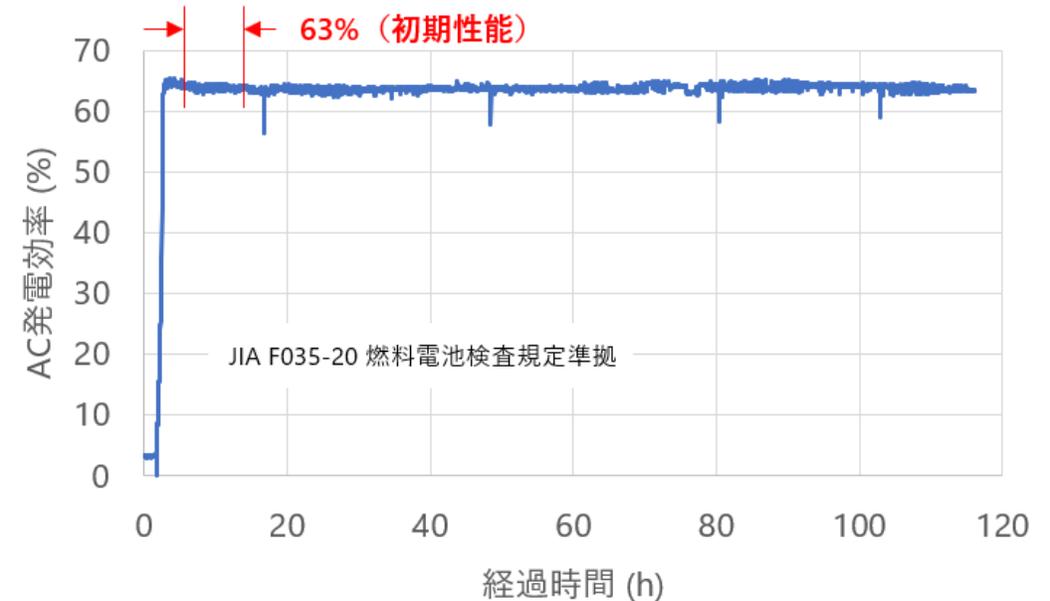
■システム化技術開発

➤燃料電池モジュールの小型化を反映した22年度システム機(21年度燃料電池モジュール搭載)の設計試作を実施し、課題検証を開始

<22年度システム外観>



<システム発電性能評価結果>



燃料電池モジュール、各部温度を適正な範囲に収めるよう空気、純水流量調整。発電効率を向上させるための燃料リサイクル量をコントロールするアシスト流量制御についてもモジュール入口の燃料圧力をフィードバックする形で構築し、22年度目標AC発電効率63%を確認。

今後は、システム制御の改良及び22年度の改良燃料電池モジュールをシステム搭載し、目標AC発電効率65%を達成と、23年度量産化改良機において屋内屋外での長時間評価を実施

3. 研究開発成果について

■多用途実用技術開発(事例)

▶バイオ発電において、一般的なガスエンジン発電機を高効率SOFCに置き換えることでバイオ燃料の有効活用

出展：2020年9月28日 令和2年度畜産環境シンポジウム

家畜排せつ物のメタン発酵によるバイオガスエネルギー利用

メタン発酵とバイオガス生産システム



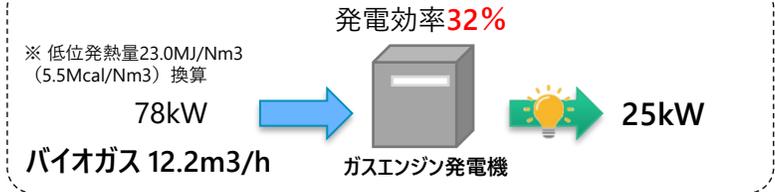
出典：バイオガス事業推進協議会「バイオガス事業の葉 2019」



発電出力 4.5kW~
発電効率 60%以上※

※バイオガスは組成変化により効率やや低下を想定

比較例



同一バイオガス消費



<効果> ※ 100kW発電所置き換え時(8,760時間稼働/年)
年間発電量 +767MWh
(ガスエンジン発電量 876MWh/年 SOFC発電量 1,643MWh/年)
☞ CO2削減効果 ▲338t-CO2/年
※系統電力 0.441kg-CO2/kWh 令和5年 環境省報告代替値

高効率発電でバイオ燃料を有効活用、化石由来燃料使用削減でCO2削減量の増大を狙う

3. 研究開発成果について

■多用途実用技術開発

▶燃料ガス由来の対応課題

<SOFC被毒成分対応>

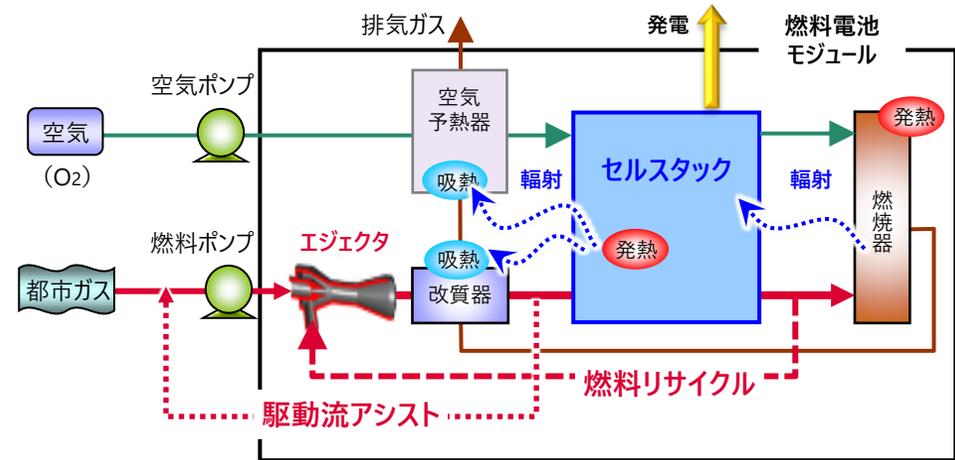
- ①SOFCの化学的耐久性に関する研究:現状と将来展望 (九州大学 佐々木氏)
- ②NEDO 報告書 20140000000777

物質		①	②	その他 (WEB)	許容値 (ppb)
S	H2S	×			<30
	COS	×		×	
	CH3SH	×	×	×	
	SO2	×			
Cl	Cl2	×		×	<200
	HCl	×	×	×	
Si		×	×	×	<1000
P		×	×	×	<2
Cr				×	<1950
NH3				×	
その他					

家畜糞尿、消化ガス、生ごみ由来等、
バイオガス中の被毒物質含有量の把握と前処理技術開発

<システム熱バランス対応>

バイオガスは一般的には燃料となるメタン50-65%、その他はCO2が主。
CO2が多い等、システムの熱バランス設計等の開発が必要となる。



- 弊社燃料リサイクル導入システムで、
- ・CO2多含有条件でのリサイクル量の最適化に資するエジェクタ開発と駆動流アシスト量の最適化開発
 - ・その他、セルスタック、改質器、燃焼器間の熱バランス設計最適化開発

熱バランス & 燃料リサイクルの最適化を考慮したシステム検討

4. 今後の見通しについて

■実用化イメージ

<アピールポイント>

- **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**
(系統電力と独立した電源により、レジリエンス性向上(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)
- **多様なCN燃料の活用によるグリーン電力創出**
(水素/バイオ燃料等の有効活用によるCO2削減)

※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	モノジェネ/(コジェネ)
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>



4. 今後の見通しについて

■今後の取り組み

低コスト化技術：溶接熱歪みによる変形も考慮した中で**実機での良品条件明確化**に取り組む。
検査レスに繋がるモニタリングでは、冷却時のピンホール発生等、**視認困難な現象への対策課題も見えた為、今後、さらに条件を振って課題抽出と対応策を並行で検討していく。**

高効率化技術開発：システム実機に小型・高効率化の成立性を確認した燃料電池モジュールを搭載し、**AC65%の実現**、および顧客の使い方での**品質、長期耐久性**も含めた製品としての理成立性の検証を目指す。
燃料濃度センサ出力補正を織り込んだリサイクルF/B制御手法を具体化し、システム実機での更なる高効率化検証を行っていく。

多用途展開技術開発：バイオガス発電深堀とその他の用途展開構想を検討し、技術課題、制度課題、コラボ体制の明確化を行い、24年度より実証検証に移行できる体制を整える。