

分散型電源としての燃料電池の可能性

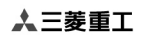
(大型次世代燃料電池SOFCの開発状況と今後の展開)

三菱重工業株式会社

© 2013 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.



地球温暖化問題＝エネルギー問題＝経済問題 <安全・安心



エネルギー供給の低炭素化とエネルギー利用の高効率化が唯一の解



使用可能なエネルギー資源

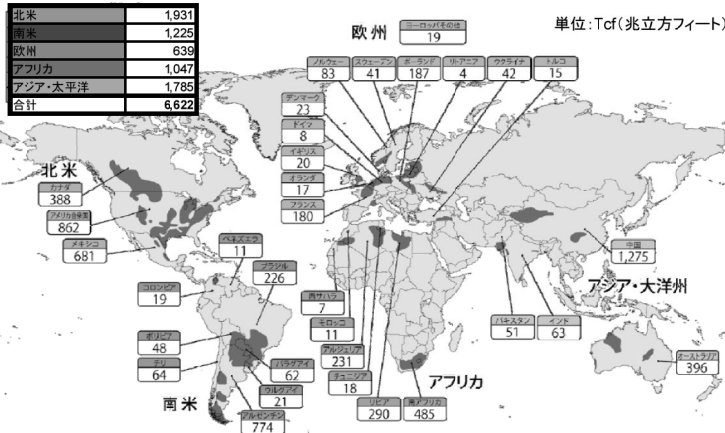
	石炭	ウラン	天然ガス	石油	再生可能 エネルギー
可採年数	119年※1	85年～	≈ 300年	46年※1	∞
CO2排出量	100	≒0	45	80	≒0
発電コスト※2	9.5円/kWh	8.9円/kWh～	10.7円/kWh	22.1円/kWh	風力: 8.6~23.1円/kWh 太陽光: 30.1~45.8円/kWh

※1 経済産業省 エネルギー白書 2011 より

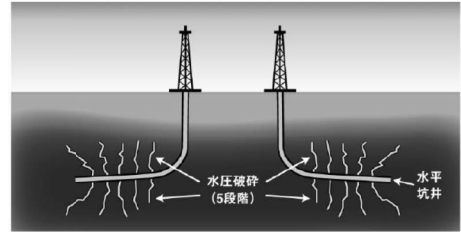
※2 内閣府 国家戦略室HP コスト等検証委員会報告書(平成23年12月19日)各電源の発電コスト比較図(2004年試算/2010年・2030年モデルプラント)より

地下100~2000mの頁岩(シェール)の微細な割れ目に閉じ込められた、そのままでは取り出せない天然ガス。近年、技術の進歩により産出価格が低下し注目を集めている。「米国発のシェールガス革命」と呼ばれ、現在米国における産出ガス量の約20%を占め、2030年には50%に迫るとの予想も。

シェールガス確認可採埋蔵量と埋蔵分布

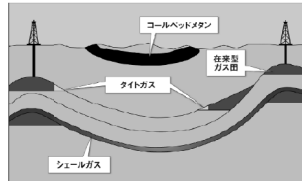


採掘方法



ガスが含まれる岩石の層に沿って掘削される水平坑井を通して、水・酸・合成化合物の流体に強い圧力(500~1,000気圧)をかけて岩石に割れ目を作成する(水圧破碎)。この流体に混ぜた砂の粒子を圧入・保持させることで、割れ目が閉じないようにすることで、ガス流路を確保し、ガスを取り出す。

天然ガス資源の賦存環境



シェールガス開発の懸案事項

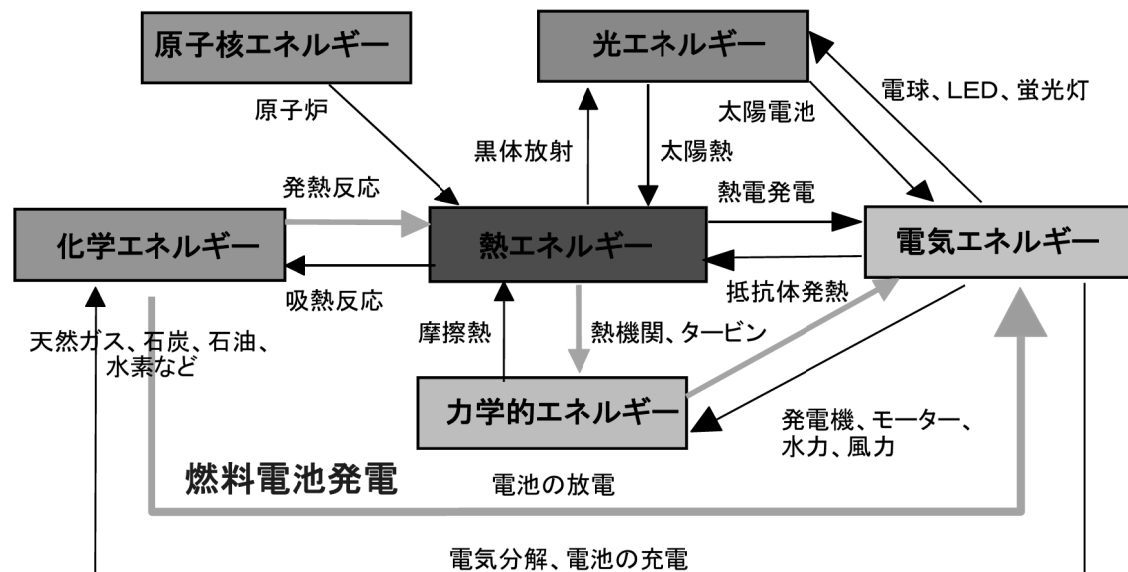
- ・大量の淡水使用(3,000~10,000m³/坑井)
- ・水圧破碎による地下水汚染、およびガス漏洩

主要なエネルギー変換形態

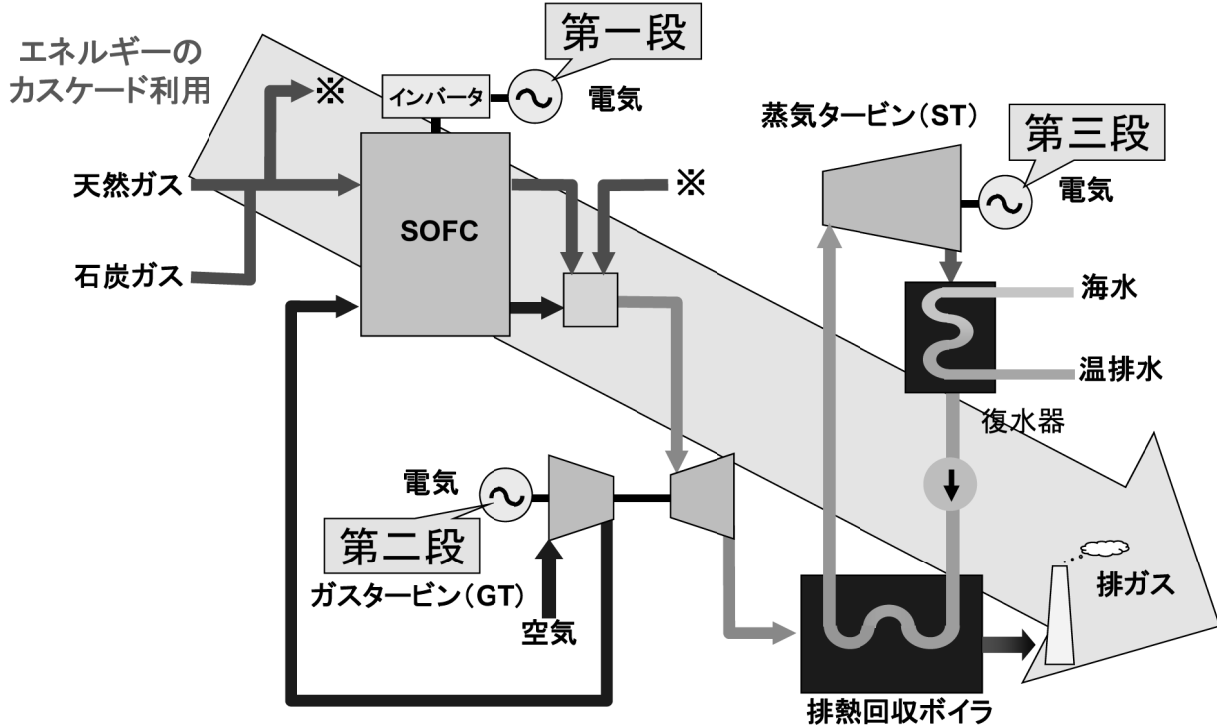
燃料電池とは天然ガス等の化学燃料と空気中の酸素を電気化学的に反応させる直接発電方式(水の電気分解の逆)
変換ロスが少ない → 高効率

燃料電池の発電効率阻害要因

- ・燃料を使い切れない(燃料利用率~80%)
- ・酸素を使い切れない(空気利用率~30%)
- ・排(廃)熱の発生(コージェネ利用)



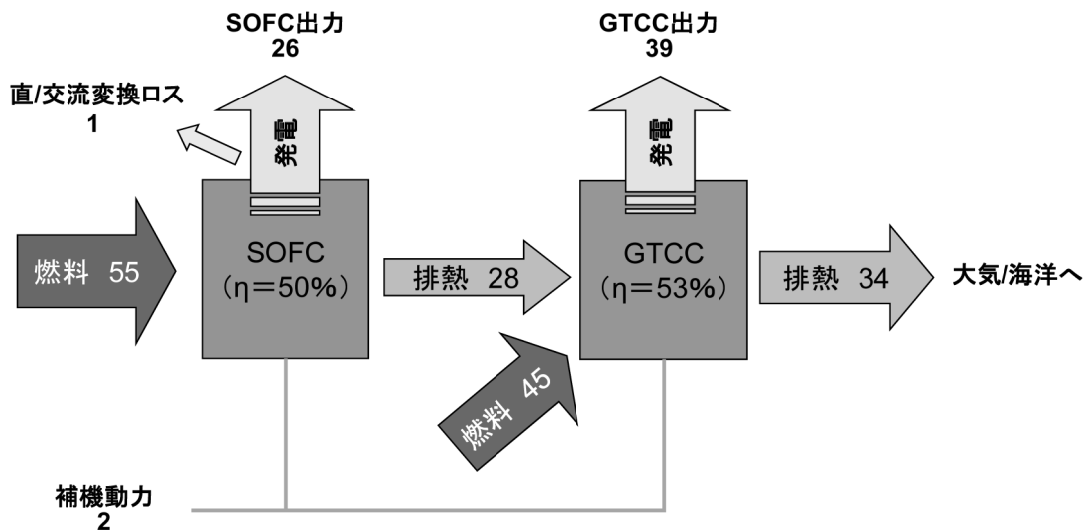
トリプルコンバインドサイクル発電システム



SOFC: 固体酸化物形燃料電池 / Solid Oxide Fuel Cell

トリプルコンバインドのエネルギーバランス

400MW(1200°C)級SOFC複合発電システム エネルギー資源の高効率カスケード利用

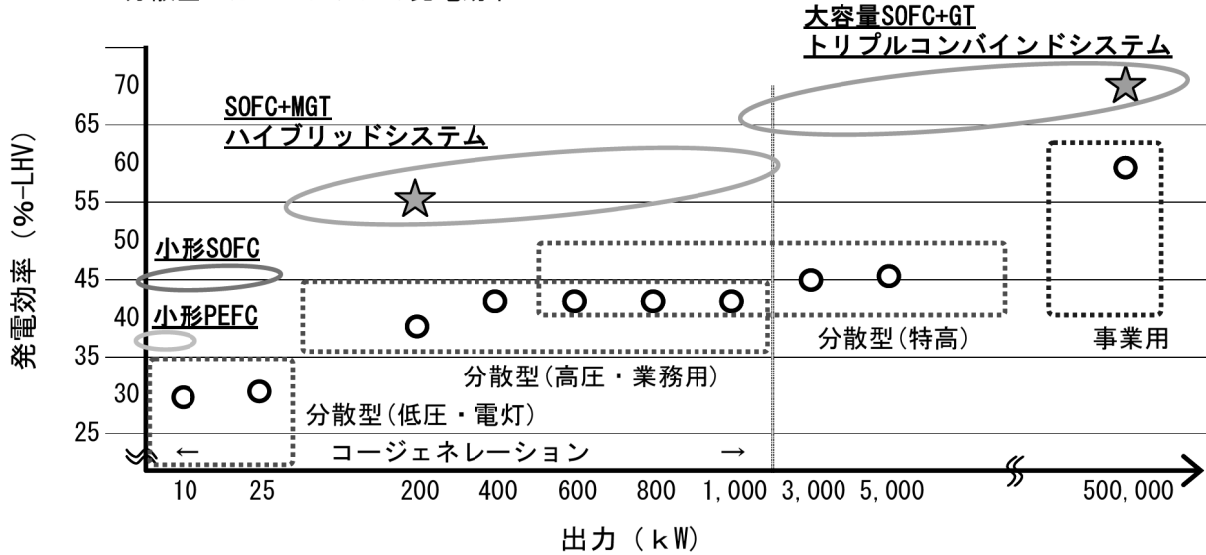


$$\text{発電効率 (送電端・LHV)} = \frac{\text{SOFC出力 } 26 + \text{GTCC出力 } 39 - \text{補機動力 } 2}{\text{SOFC燃料 } 55 + \text{GTCC燃料 } 45} \times 100 = 63\%$$

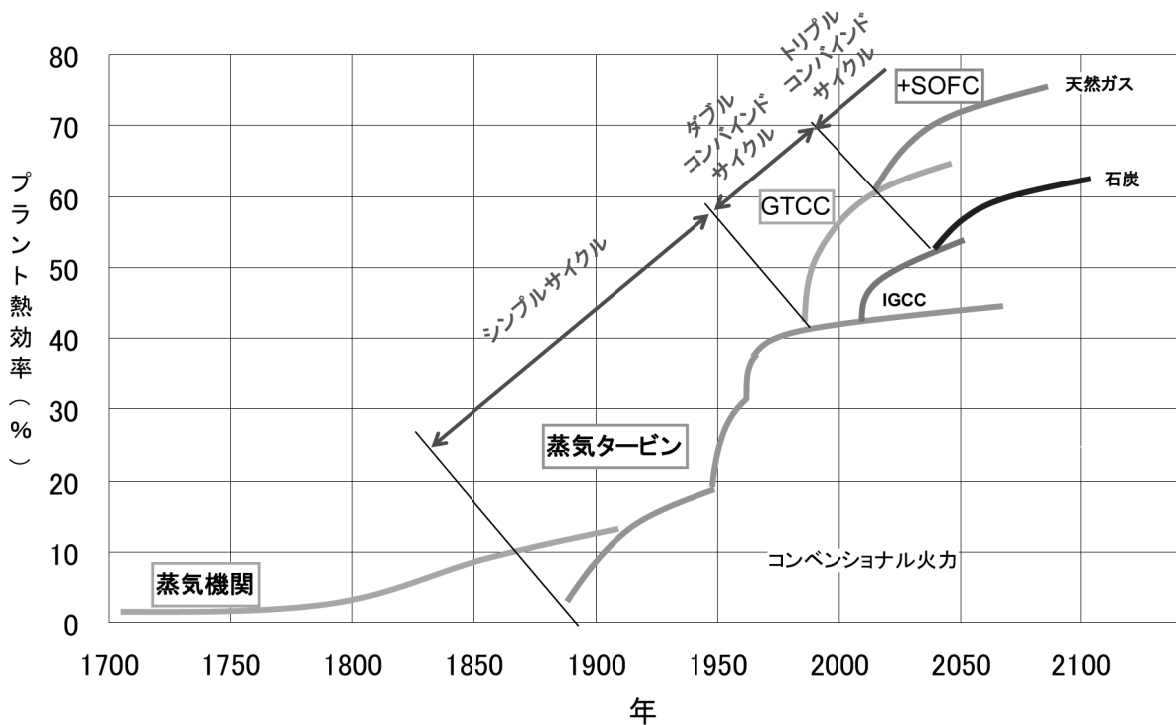
SOFC-GTコンバインドシステムの発電効率

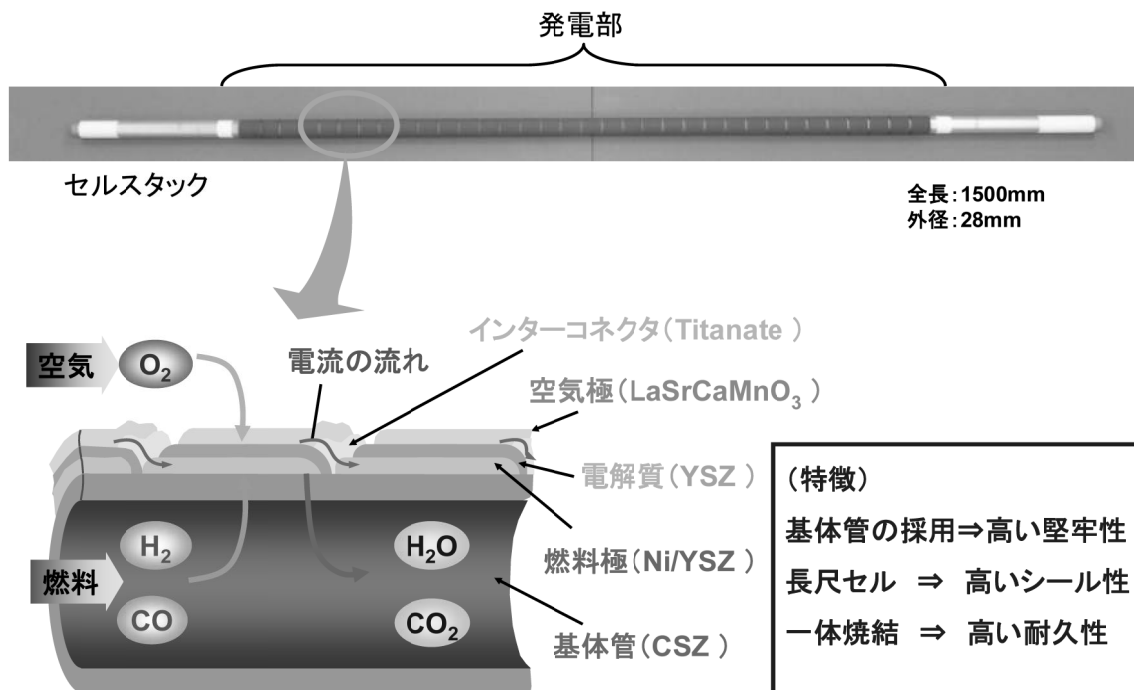
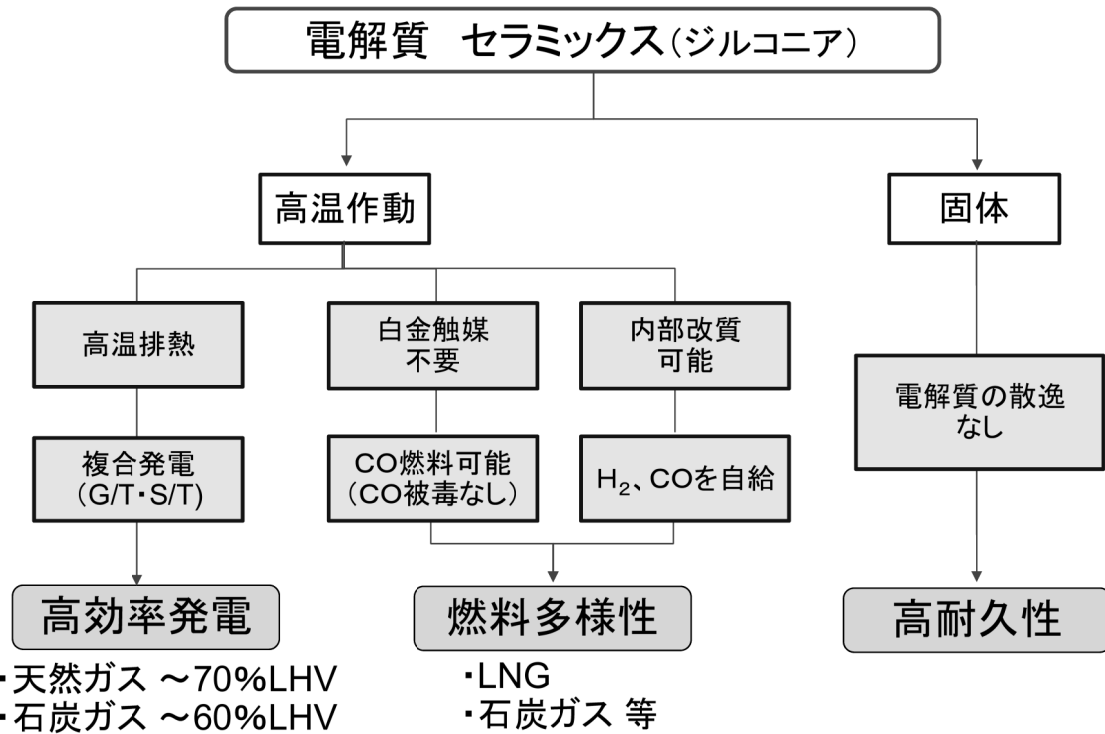
SOFC-GTコンバインドシステムは、あらゆる出力レンジと用途に於いて、その発電効率の高さが最大の魅力であり、低炭素化社会実現へ向けてのキー技術と位置付けられる。

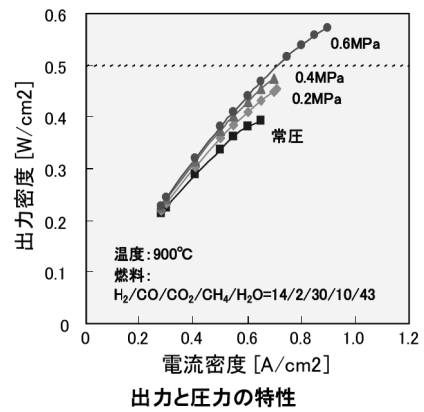
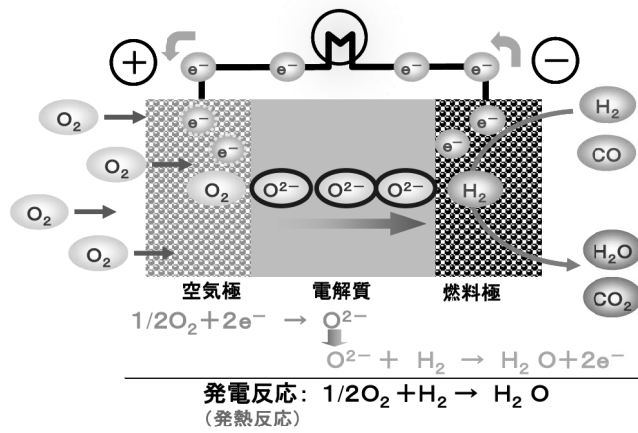
〈分散型=ガスエンジンの発電効率〉



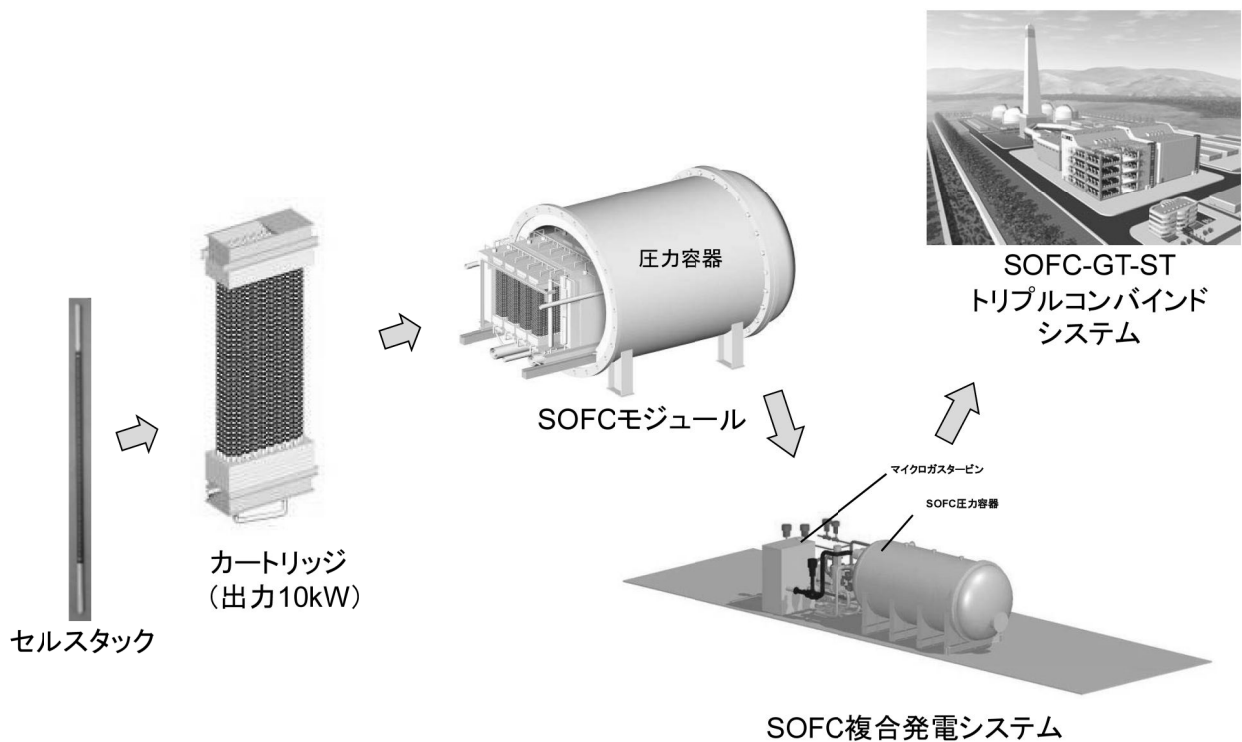
熱機関の効率の歴史



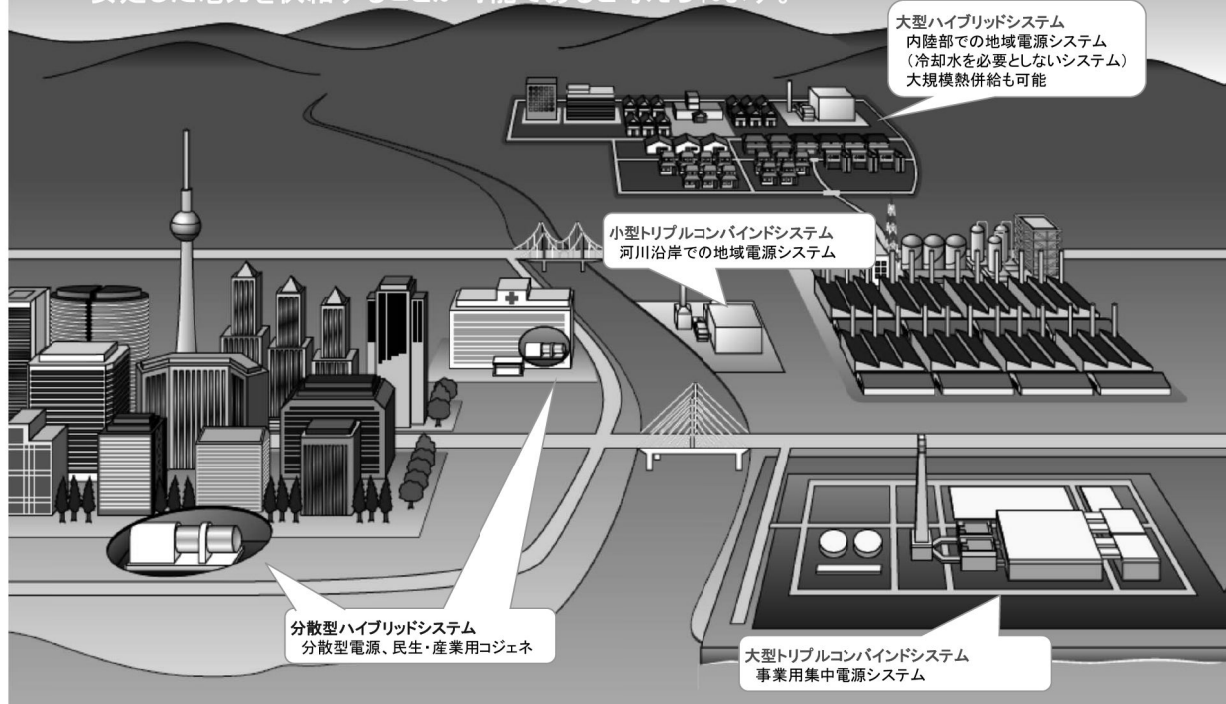




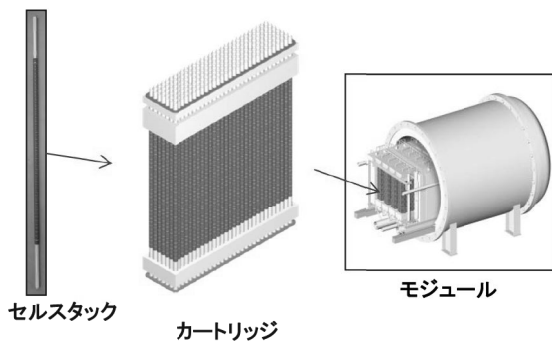
燃料電池は加圧することにより、セル性能が向上し、出力が増加する



SOFCコンバインドシステムでは、大規模発電設備から小規模分散電源までの幅広い設備容量において、高効率発電が可能であり、これらのベストミックスにより、安定した電力を供給することが可能であると考えられます。

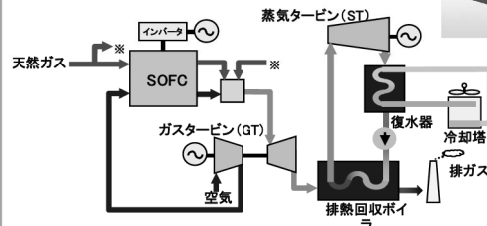
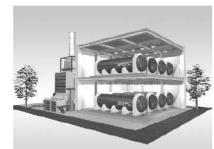


製品概要



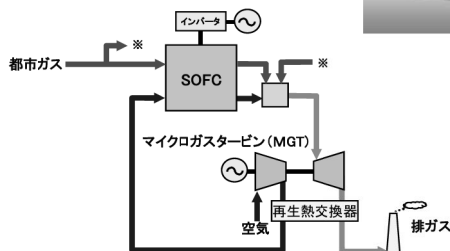
小型トリプルコンバインドシステム【中期】

(内陸型中容量集中電源)
 発電容量 40~100MW級 (送電端)
 発電効率 60% (LHV送電端)



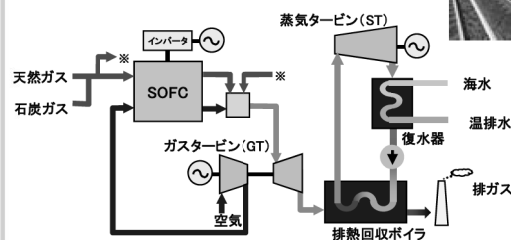
SOFC-MGTハイブリッドシステム【短期】

(都市型小容量分散電源)
 発電容量 250kW級~数MW (送電端)
 発電効率 55% (LHV送電端)

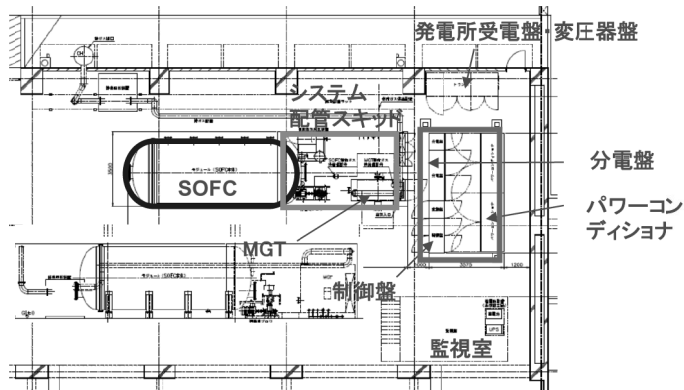


大型トリプルコンバインドシステム【将来】

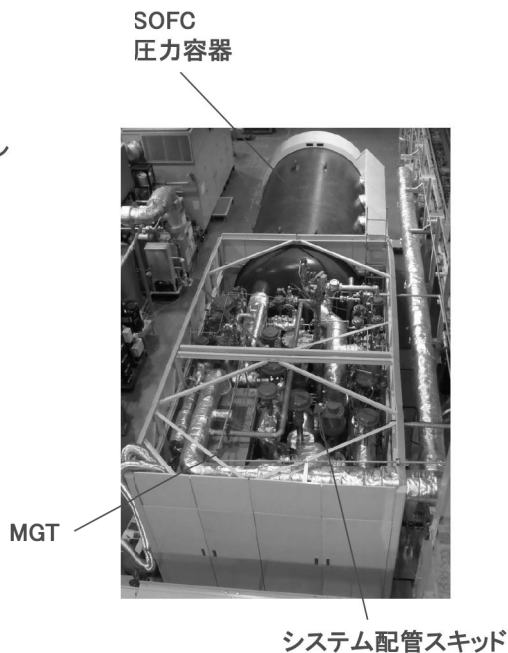
(海岸型大容量集中電源)
 発電容量 1200MW級 (送電端)
 発電効率 70%以上 (LHV送電端)



◆東京ガス(株)殿 千住テクノステーション内配置



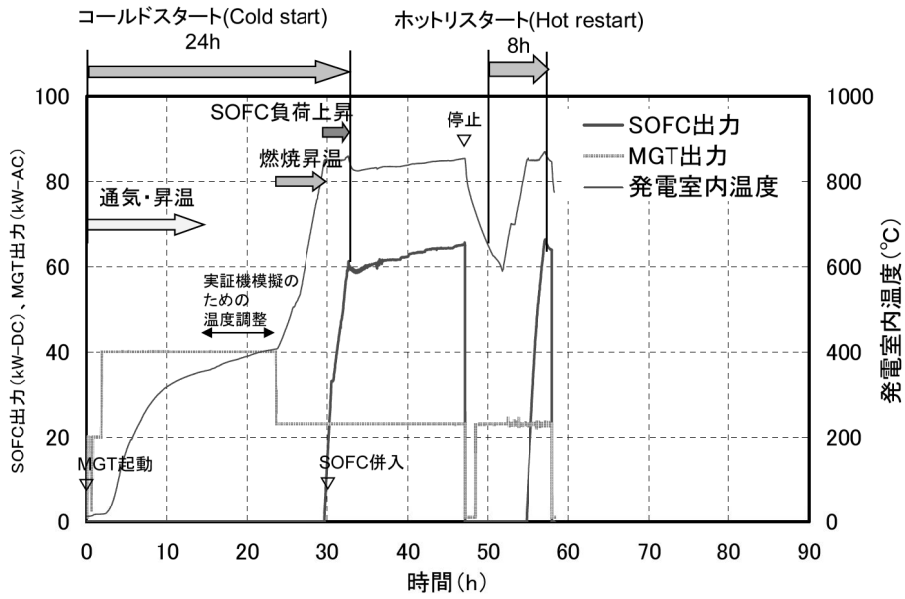
◆据付状況



◆システム仕様

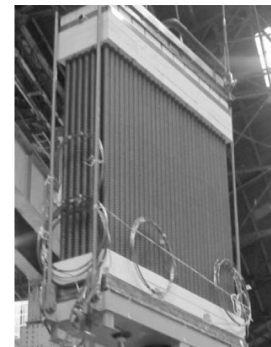
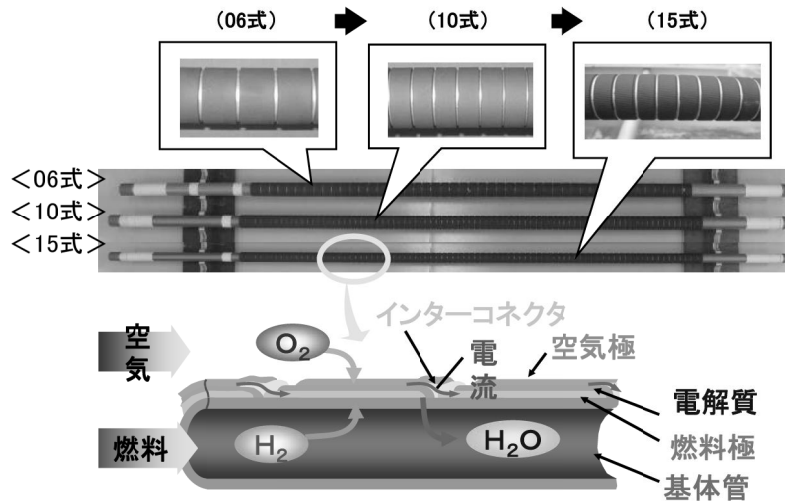
発電容量 250kW級
 発電効率 55%以上
 総合熱効率 73%以上 (温水:85°C)
 作動圧力 0.3MPa
 燃料 都市ガス
 NOx 15ppm以下、騒音 70dB以下
 完全自動運転対応、1年間ノーメンテ

- 3/15起動後、定格負荷にて連続運転を継続し、9/7に計画停止
 連続発電時間4,100h、累積運転時間4,384hを達成
- 定格負荷でのユニット運転状態
 出力(AC発電端ベース): 206kW(SOFC:183kW/MGT:23kW)
 発電効率(AC発電端LHVベース): 50.2%、総合効率: 75%
- 定格負荷一定条件において経時劣化は見られず、電圧低下率0%/1000hで安定していることを確認
- 起動及び負荷上昇において良好に自動制御できていることを確認
- 今後、16カートリッジで起動・停止・負荷変化・緊急時対応等の運転データを順次取得し、常時監視等の規制緩和に繋げて行く予定



- 昇温方法の改善、運転制御自動化により (目標) ⇒ 10時間
冷態起動24時間以下の見通し
- ホットリスタートを検証し温態起動8時間以下の見通し ⇒ 2時間

円筒形SOFCセルスタック・カートリッジの製作及び検証

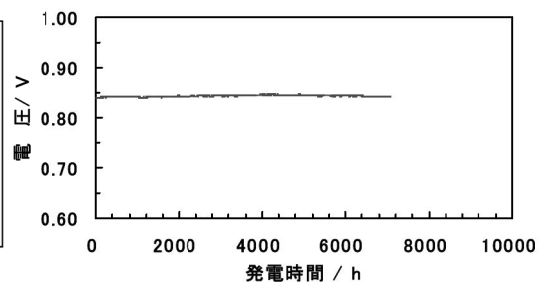


現状カートリッジ(10式)
セルスタック充填密度
現状: 800本/m² → 開発: 1800本/m²

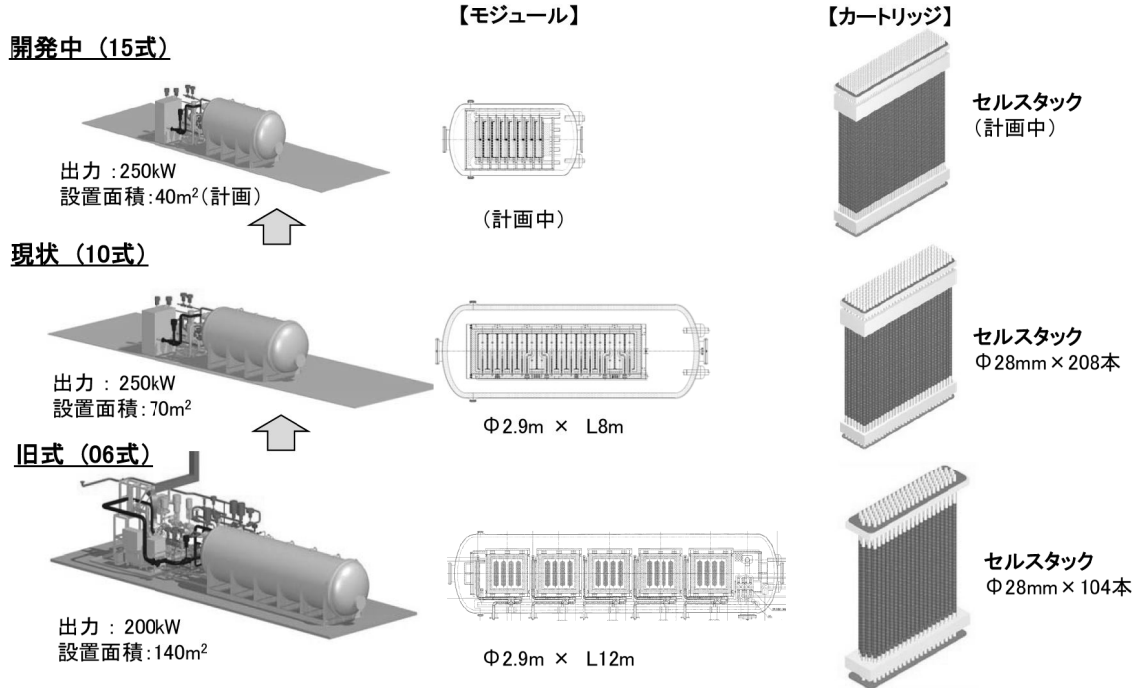
(10式の耐久性)

◆プロジェクト参加研究機関にて、分析・考察した結果を反映し、空気極中間層部での陽イオン移動の抑制を図ったセルを試作し、耐久性試験を実施。

◆約7,000時間の耐久性試験の結果、電圧低下率は-0.04%/1,000時間となり、目標を達成。

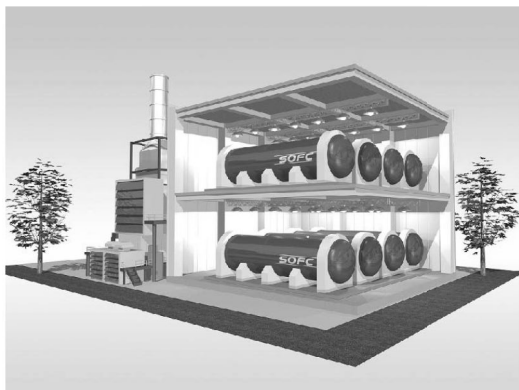


セルスタックの「細径化・長尺化」と「充填密度の向上」により、更なるモジュールのコンパクト化を狙う。



小型トリプルコンバインドサイクルシステム 産業用トリプルコンバインドサイクルシステム発電プラント

- 小型ながら高効率
- 設置場所の自由度拡大
- 建設リードタイム短縮



発電容量: 40~110MW級(送電端)
 発電効率: 60% (LHV送電端)
 作動圧力: 1.5MPaG
 トリプルCC出力比:
 SOFC/GT/ST=50/35/15

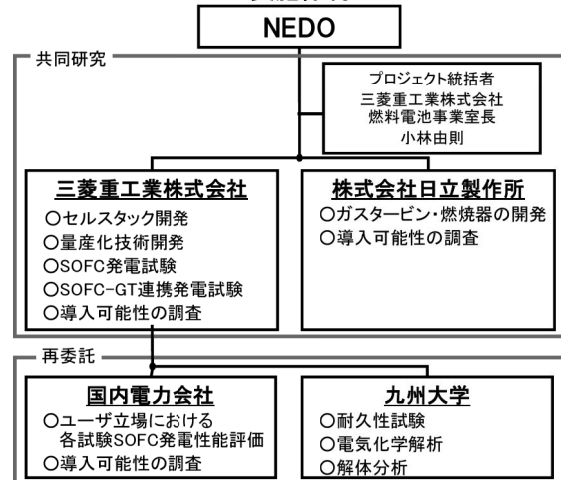
SOFC開発課題(～2014)

- 高圧下での発電特性評価 (～2.1MPaG)
- 長期信頼性検証
- 大容量モジュール開発
- 低コスト化
- 量産化

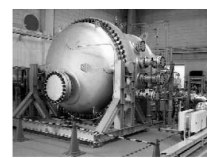
実施期間

平成24年5月24日～平成27年2月28日(3年間)

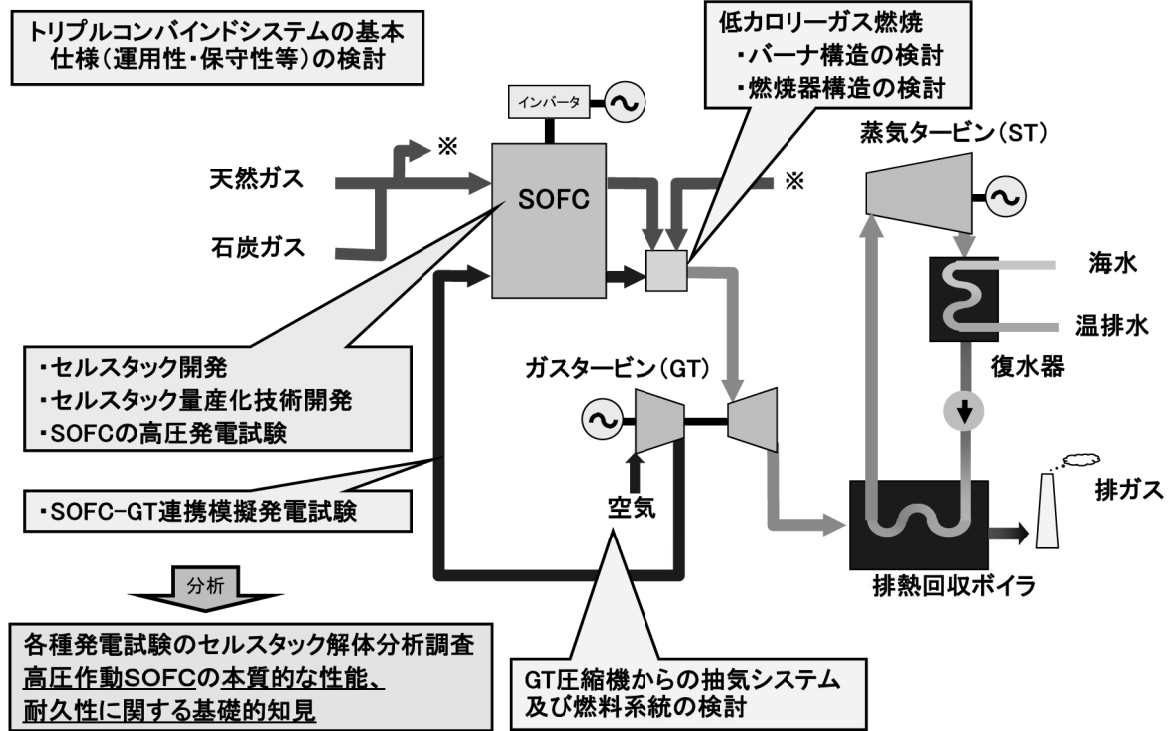
実施体制



カートリッジ

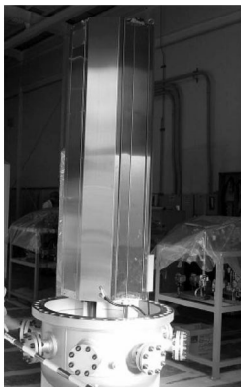


高圧カートリッジ試験装置



実施項目

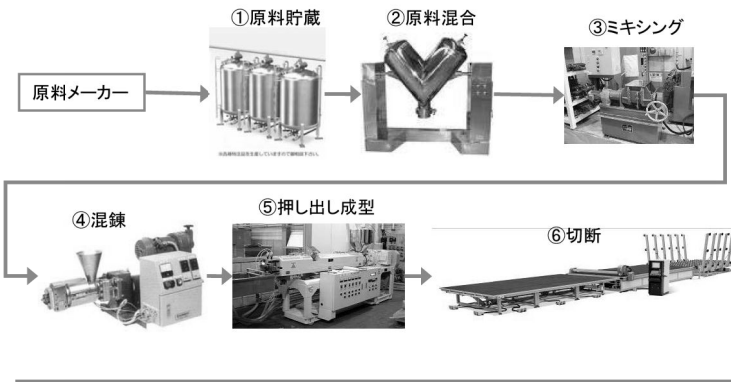
- ・セルスタックの電流-電圧特性、圧力依存性等を確認。
- ・数千~1万時間のセルスタックの耐久性試験を実施し、加圧環境が発電挙動やセル耐久性に及ぼす影響を評価。



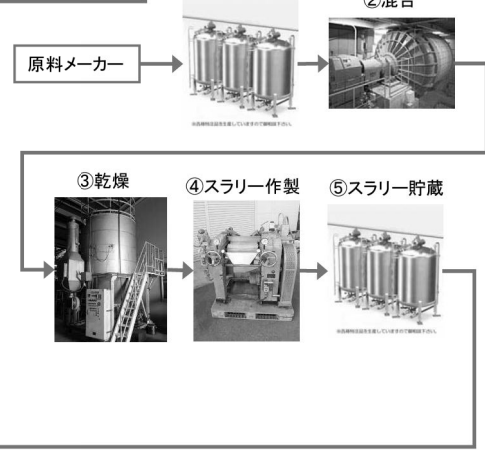
- ・高圧セルスタック試験装置を6台設置して耐久性試験を開始。

セル製造プロセス

基体管製造



スラリー製造



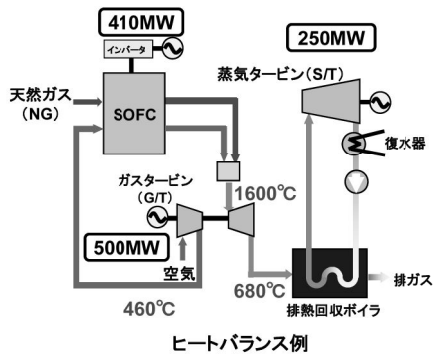
印刷・焼成



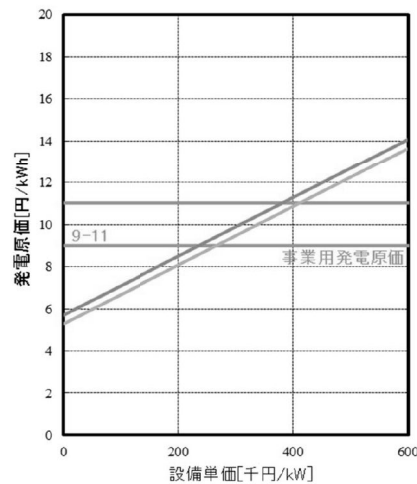
事業用トリプルコンバインドシステム・経済性試算例

1200MW級トリプルコンバインドシステム

経済性試算



(開発目標)
 発電効率: 70%以上 (LHV送電端)
 耐久性: 90,000時間(10年)以上



ユーザメリットが得られる設備単価は、**23~41万円/kW**と想定される。

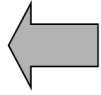
【発電原価(円/kWh)】 =

$$\frac{【設備単価(千円/kW)】 \times 【年経費率(0.11)】 \times 10^3}{【設備利用率(0.9)】 \times 365日 \times 24時間} + \frac{【燃料単価(4円/10^3kcal)】 \times 860kcal/kWh/10^3}{【発電効率(0.6 or 0.7)】}$$

効果① LNG削減量とCO₂排出削減量

現状のLNG火力発電設備は事業部門6000万kW+産業・民生部門1000万kW、
合計7000万kWであり、この全てが超高効率システムに置き換わった場合の
LNG削減量とCO₂排出削減量は

LNG価格で
1.2兆円/年の削減



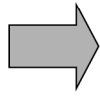
LNG削減量
23百万トン/年
29%削減

=



324往復分に相当

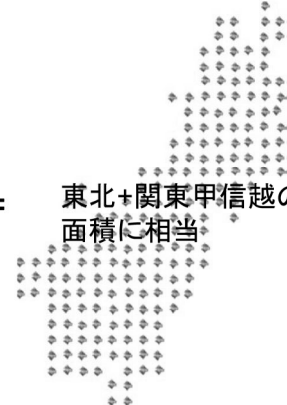
CO₂排出削減量
62百万トン-CO₂/年
29%削減



これは、11,600,000haの森が
1年間に吸収するCO₂に匹敵

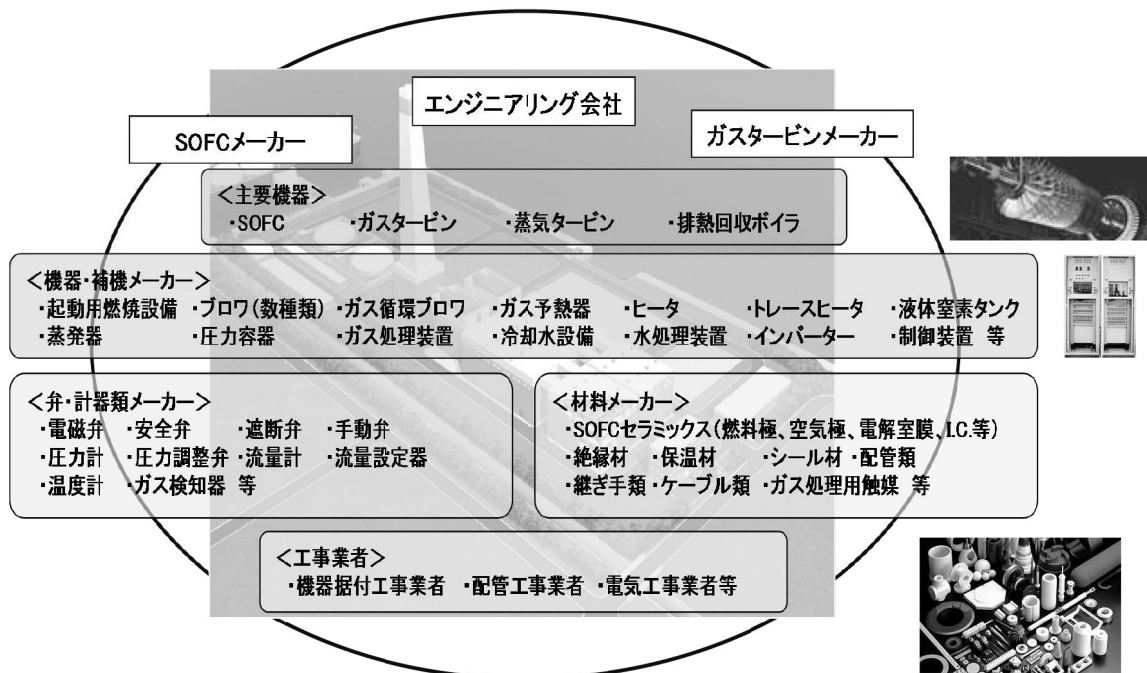
=

東北+関東甲信越の
面積に相当



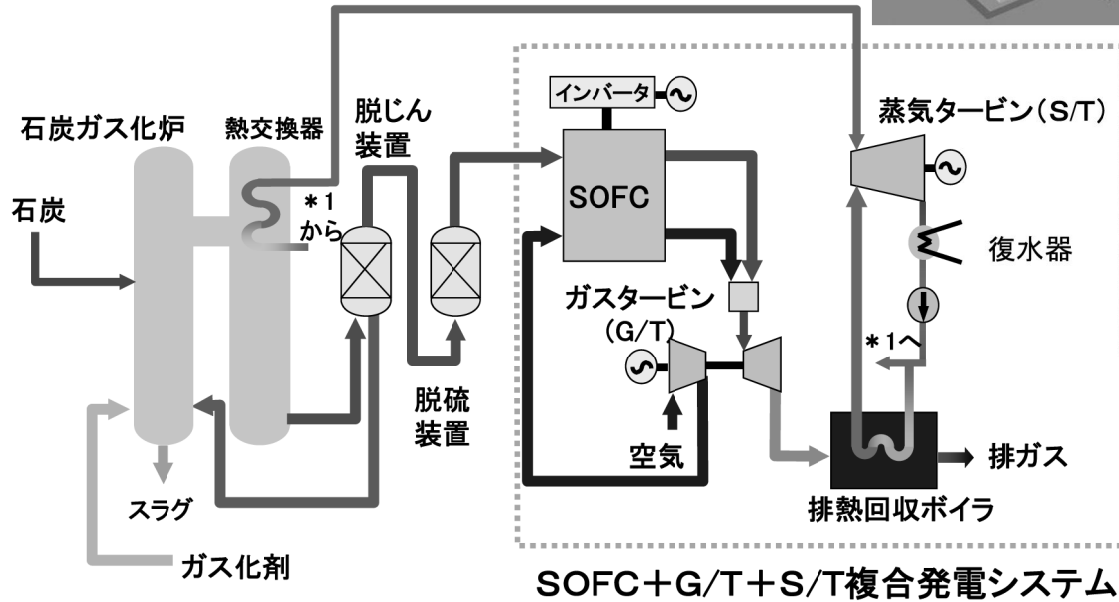
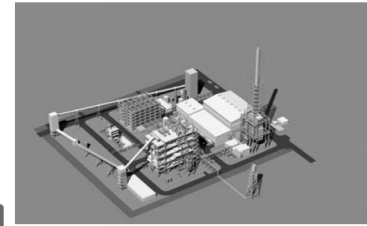
効果② 市場創成

この時の市場創成効果は、年間約20兆円規模とも推定され、国内の産業振興への期待大



効果③ 石炭ガス化ガス燃SOFC複合発電システム

システム出力: 700MW
 発電効率(送電端): 60%-LHV



ご清聴有難う御座いました。
 問合せ先 URL: <http://www.mhi.co.jp>



この星に、たしかな未来を