

(エネルギーイノベーションプログラム)  
「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」  
「ゼロエミッション石炭火力基盤技術」  
「次世代高効率石炭ガス化技術開発」  
(事後評価)

【H19年度～H23年度 5年間】

## 4. プロジェクトの概要説明資料 (公開)

### 4.1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

2012年11月16日(金)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構  
環境部

#### 1. 事業の位置付け・必要性

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

公開

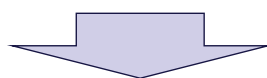


#### 【背景】

エネルギーイノベーションプログラムの一項目として位置づけられている「化石燃料の安定供給確保及び有効かつクリーンな利用」に関連し、石炭を環境に配慮しつつ効率的に利用する技術であるClean Coal Technology (CCT)は重要項目の一つ。

#### 【事業の目的】

世界をリードしている石炭利用技術の優位性を保つとともに次世代の高効率利用技術の基盤となる技術シーズの発掘や、今後の世界的なエネルギー需要の増加、特に新興国で見られる急速な経済成長に伴う良質石炭資源の入手難への対応、地球環境問題を考慮しながら、石炭適用範囲を拡大する技術は我が国のエネルギー・セキュリティの観点からも重要技術である。



石炭火力の更なる高効率化

現在、開発中のIGCC(石炭ガス化複合発電)、IGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)を効率で凌ぐ、更なる高効率を目指す。

<技術戦略マップ2009／エネルギー分野>

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」  
に寄与する技術の技術ロードマップ(7/13)

【抜粋】

No	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5613H	61 石炭火力発電	送電効率率 41%HHV(250 MW実証機)	46%HHV(1500℃級GT・湿式ガス精製)	48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス精製)	50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス精製)	57%HHV(A-IGCC)
	石炭ガス化複合発電 (IGCC)		空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術	乾式ガスクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 高温ガスタービン技術(1700℃級)	IGHAT
5614H	61 石炭火力発電					65%HHV(A-IGFC)
	石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)		プラント規模・送電効率率 実証機(1000 t/d級)		商用機(600 MW級・送電効率率55%HHV)	

NEDOの中期目標(抜粋)

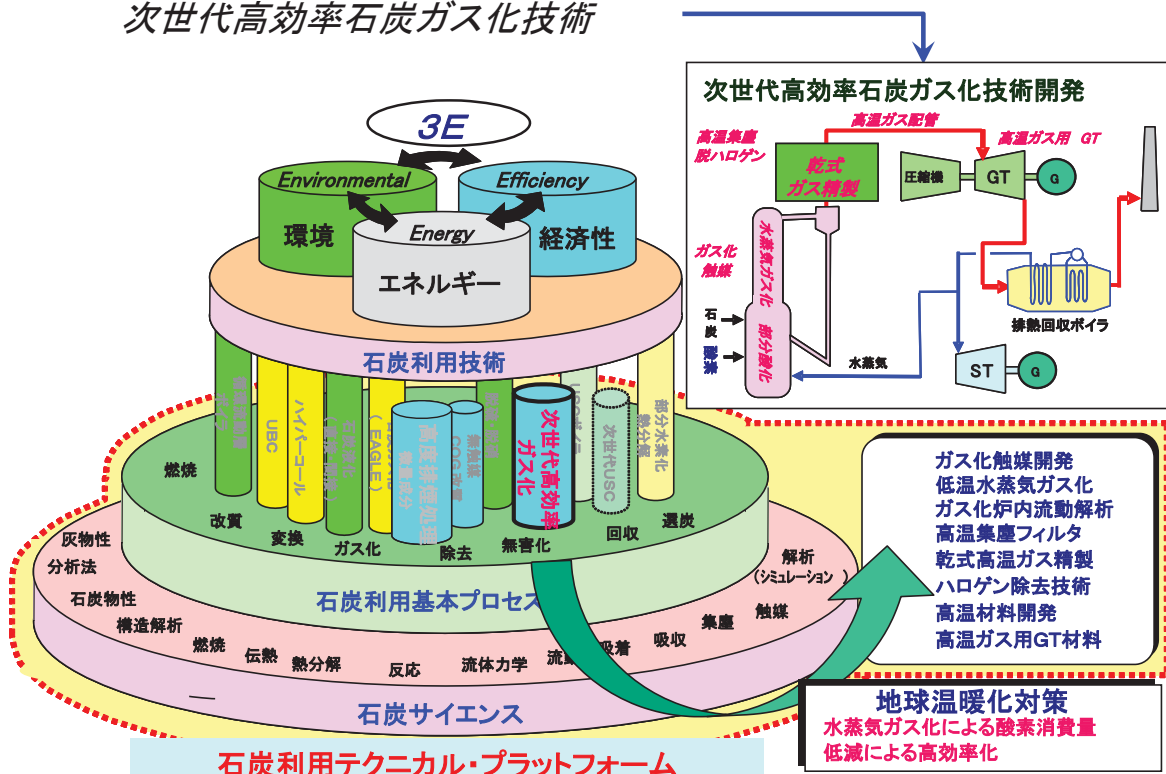
<4> 環境調和型エネルギー技術分野 ①技術開発／実証

第2期中期目標期間においては、地域の環境問題への更なる対応、CO2問題等地球規模の環境問題への対応…(略)

本事業は、エネルギーイノベーションプログラムに位置づけられる石炭ガス化技術分野において、革新的な効率向上が期待される技術で、世界トップレベルの石炭利用技術の維持を目的にしたものであり、**NEDOの中期目標に適合している。**

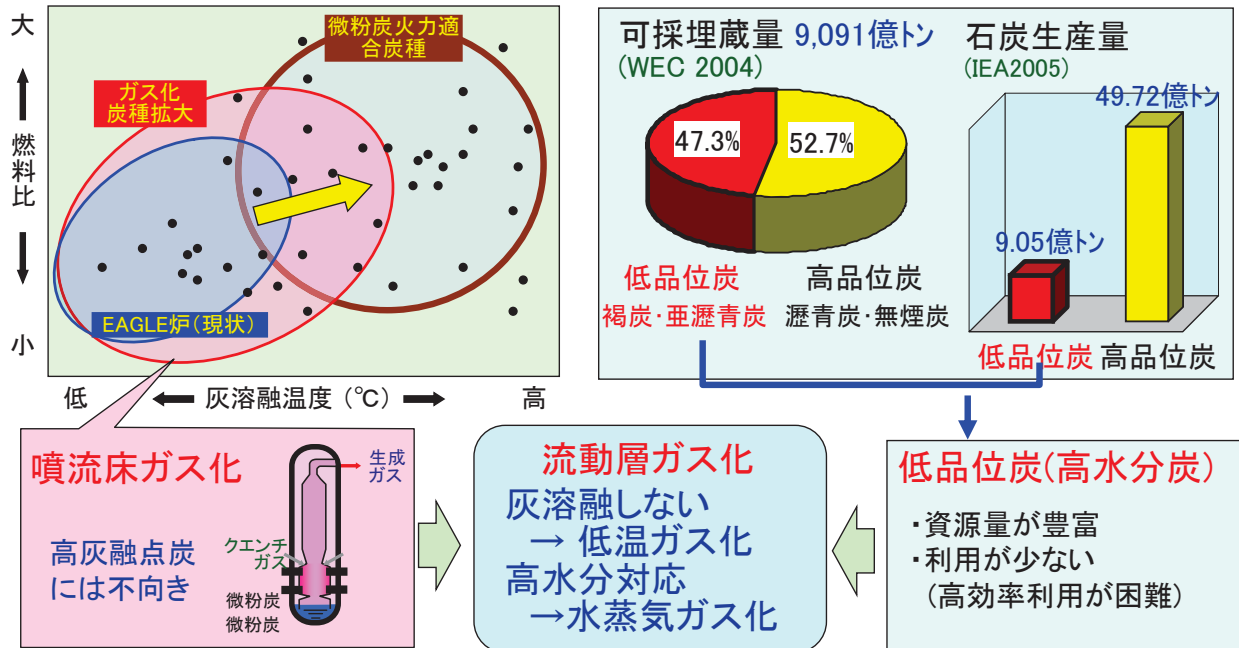
一般的にこのような、中長期的視点に立ったエネルギー戦略は、**公益性が高く、社会的な必要性は大きい**が、実用化に向けては**多大な技術開発資金と開発期間を要するため、費用回収の面から民間企業で実施することは困難**であり、NEDOが実施する必要性や位置づけは**明確**である。

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
次世代高効率石炭ガス化技術



【事前調査】

平成16～18年度：次世代高効率石炭ガス化発電プロセスの開発に関する調査



欧米・中国においてIGCC技術開発を積極的に推進  
 (高効率石炭火力に対する各国の台頭)

↓

現状の石炭ガス化技術から、さらに高効率なガス化の実現を目指す  
 石炭高効率利用技術の世界トップの地位を維持

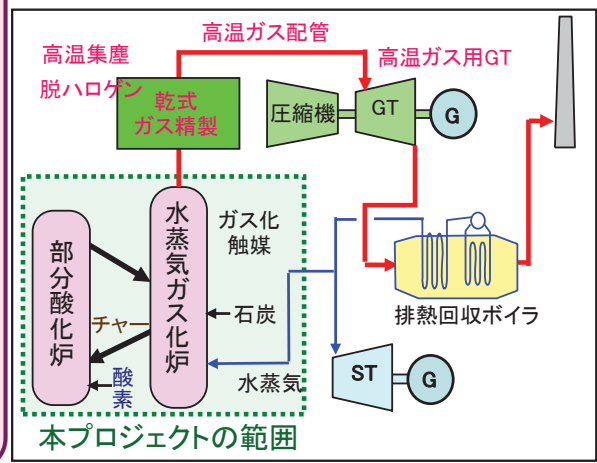
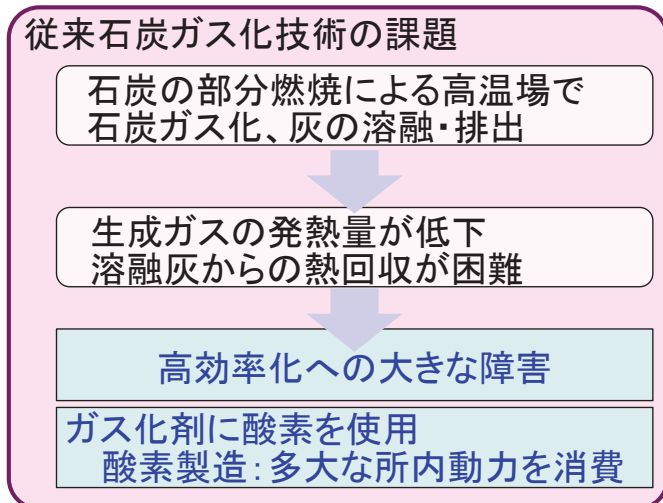
研究開発項目② 次世代高効率石炭ガス化技術開発  
 [中間目標(平成20年度)]

ガス化温度900°C以下のガス化プロセスの開発に向けたプロセス選定

[最終目標(平成23年度)]

目標値: ガス化温度900°C以下のガス化プロセスの原理検証  
 上記プロセスを適用した発電プラント概略仕様の策定

設定根拠: 発電効率65%以上(送電端)を成立させるための石炭ガス化条件であり、また発電プラントとしての実用化イメージを明確にする。

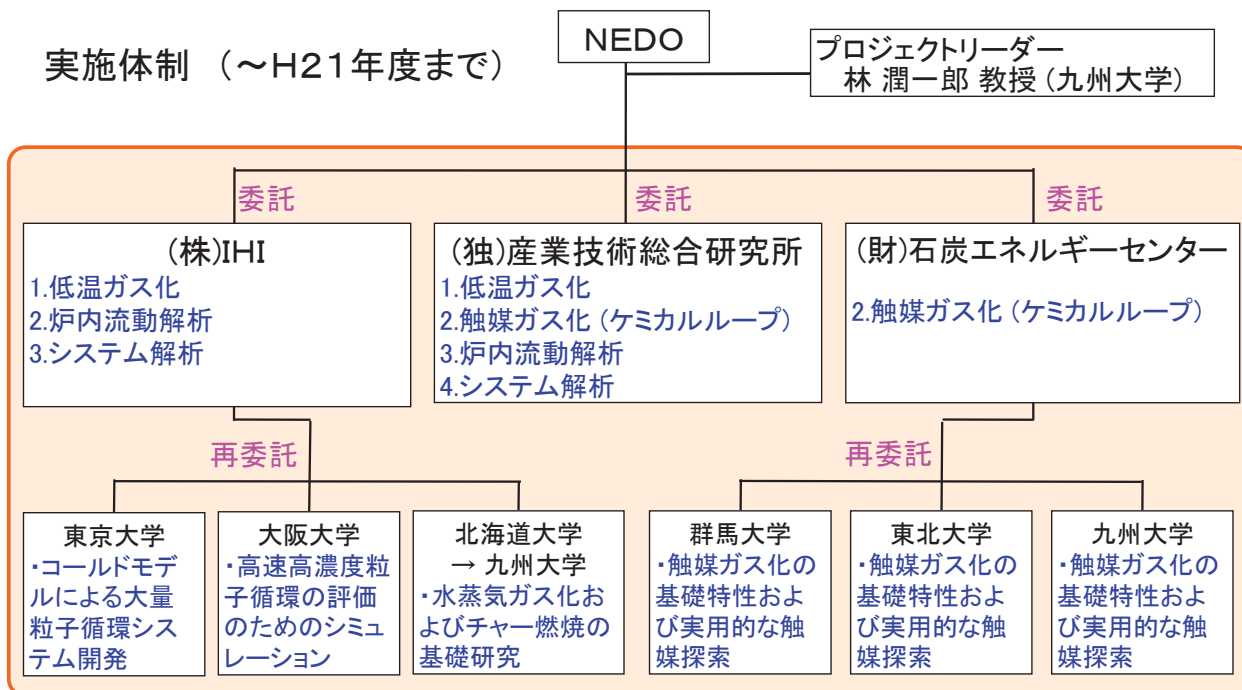


低温水蒸気ガス化や触媒ガス化などの新たなガス化プロセスに向けて、次の研究開発を行った。

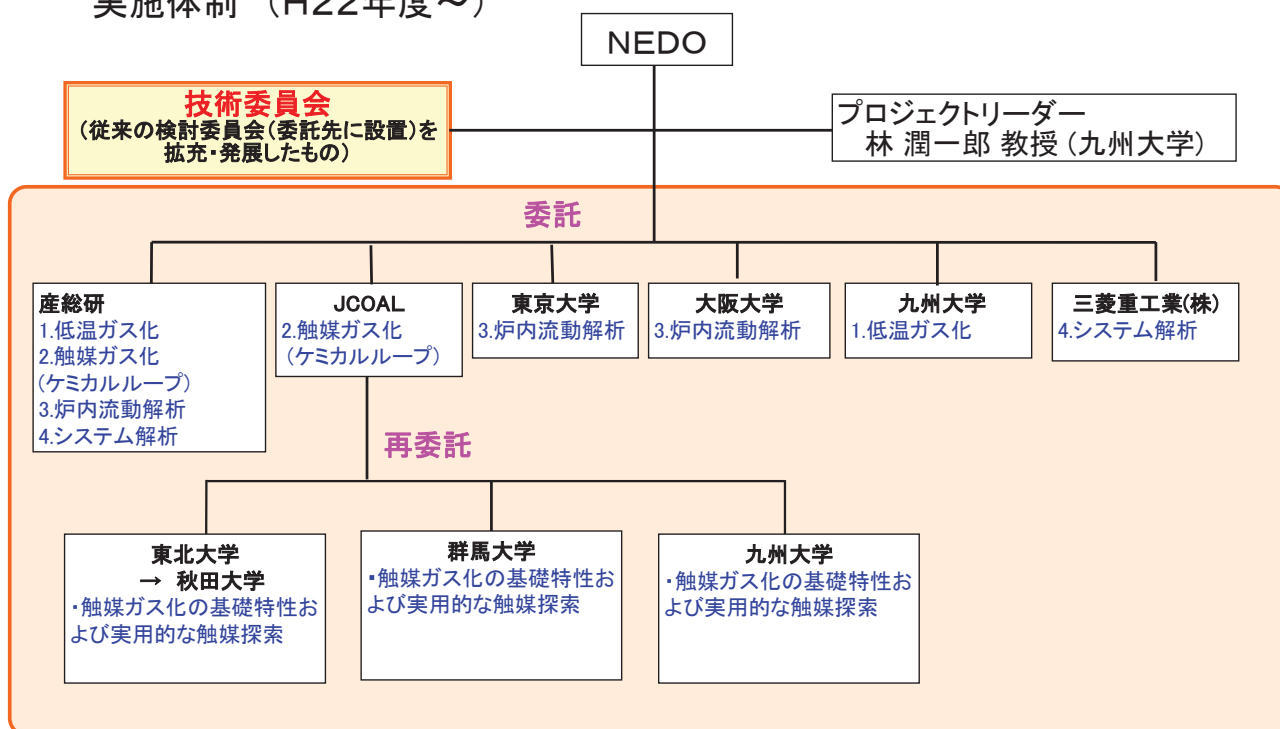
- (1) 低温ガス化 : 流動層ガス化、水蒸気ガス化の基礎プロセスの開発
- (2) 炉内流動解析 : 高速に移動する流動媒体の伝熱・流動などの解析
- (3) 触媒ガス化 : 低温ガス化に必要な低コストの触媒の探索および開発
- (4) システム検討 : 高効率化を達成可能なシステムの最適化と効率の検討

開発項目	H19	H20	H21	H22	H23
<b>1. 低温ガス化</b>					
1-1 水蒸気ガス化及びチャーの燃焼の基礎研究	→				
1-2 常圧ホットモデルによる熱分解炉の検討	→				
<b>2. 触媒ガス化</b>					
2-1 触媒ガス化の基礎特性及び実用的触媒探索	→				
2-2 ケミカルループを用いたCaの触媒的利用ガス化技術	→				
<b>3. 炉内流動解析</b>					
3-1 コールドモデルによる高濃度粒子循環システムの開発	→				
3-2 高速高濃度粒子循環の評価のためのシミュレーション	→				
<b>4. システム解析</b>					
4-1 効率化を達成可能なシステムの最適化と効率の検討	→				
4-2 発電プラントに係る概略仕様の検討				→	
開発予算(百万円)	37	218 補正予算 180含む	201	127	127

実施体制（～H21年度まで）



実施体制（H22年度～）



### 【技術委員会】(2回/年)

第三者で構成され、NEDOとともに研究の方向、計画、成果を審議することで、現状の課題に対する解決の道筋を立て、より実用化見通しを明らかにする。

委員長: 持田 勲 特命教授(九州大)  
 委員: 三浦 孝一 教授(京都大)  
       岡崎 健 教授(東工大)  
       守富 寛 教授(岐阜大)  
       梅景 俊彦 教授(九州工大)  
       金子 祥三 特任教授(東京大)  
       後藤 秀樹 所長(Jパワー)  
       犬丸 淳 領域リーダー(電中研)

※平成21年度までは委託先設置の検討委員会を開催していたが、中間評価を反映し、平成22年度からNEDOの委員会として設置



研究の方向、計画、成果

### 【ワーキンググループ会議】(3~5回程度/年)

実施者及びNEDOによる研究開発成果、進捗状況の討議、確認  
 (委託先内にプロジェクトマネージャを設置:産総研)

## (1) 「Cool Earth —エネルギー革新技術計画」策定

(平成20年3月5日)

平成19年5月、総理のイニシアティブ「美しい星50(クールアース50)」が発表され、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標を提案。

- ◆ 目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術開発が不可欠。
- ◆ エネルギー分野において、世界をリードできる技術分野に研究開発資源を重点化し、技術開発を加速・推進。

対応

### 研究加速費用配賦(平成20年度補正予算)

- ・低温ガス化  
   小型循環流動層ガス化試験装置の改造
- ・流動解析  
   コールドモデル循環流動試験設備の設置



【中間評価の指摘事項】

- ◆ ガス化システム実現のためにブレークスルーしなければならない具体的な技術課題と解決の道筋が明らかにされていない。
- ◆ 実用化イメージが明確でない。

【中間評価結果反映 概要】

・実施体制の見直し

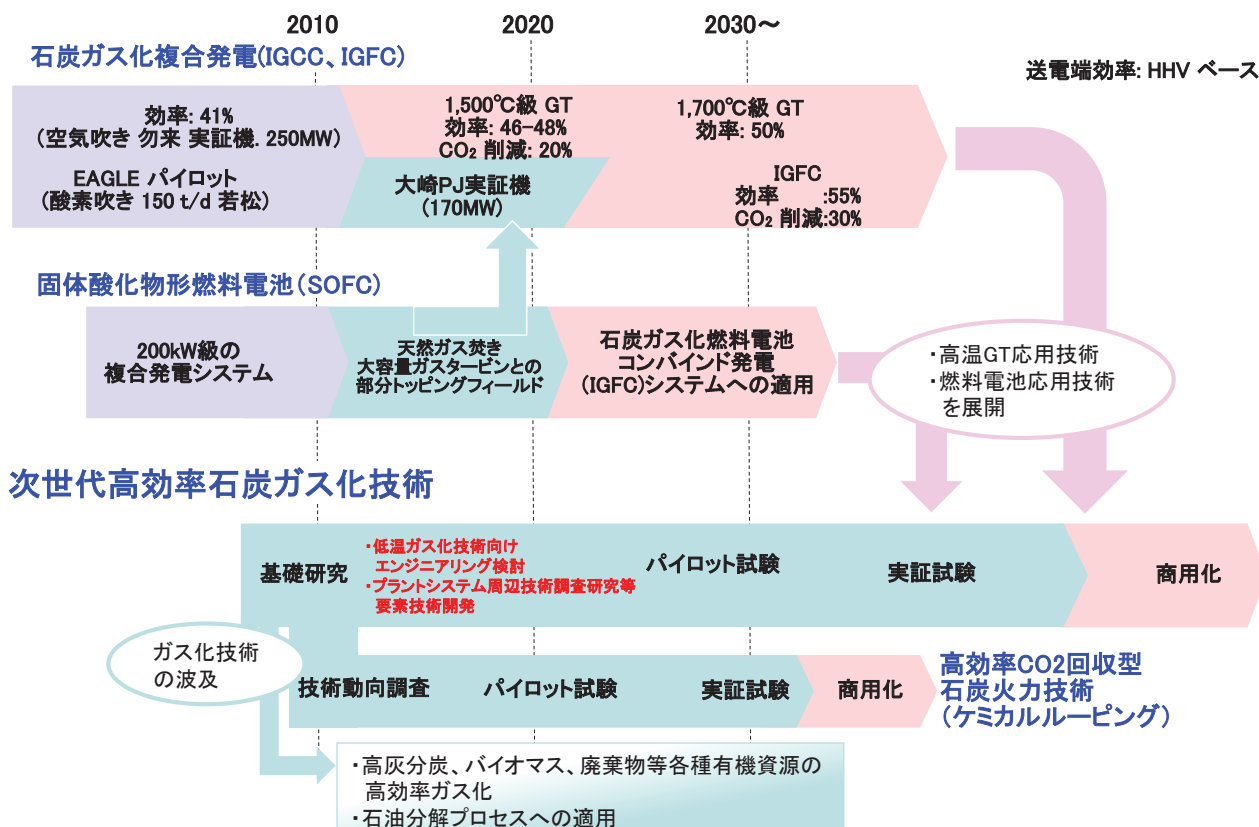


本プロジェクトは低温ガス化プロセスの開発であり、当初は低温ガス化に知見のあるIHIを体制に組み込んでいたが、低温ガス化プロセスに目途が立ったこと、また中間評価を受け、三菱重工を体制に組み込んだ。体制を見直すことで、発電プラントを構成するための課題整理を行い、実用化イメージを明確化することとした。

・委員会体制の見直し



従来委託先設置を改め、NEDOの委員会とし、プロジェクト全体を包括的に成果と実用化見通しの両面から討議・確認するとともに、第三者有識者からの指摘、助言を受ける場として、『技術委員会』を設置。  
(毎年度2回開催)



(エネルギーイノベーションプログラム)  
「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」  
「ゼロエミッション石炭火力基盤技術」  
「次世代高効率石炭ガス化技術開発」

(事後評価)

【H19年度～H23年度 5年間】

## 4. プロジェクト概要説明資料 (公開)

4.2 「研究成果」および「実用化の見通し」

2012年11月16日(金)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構  
環境部

4. プロジェクト概要説明: 研究成果および実用化の見通し

### 説明内容

公開

#### 序論

- (1) エクセルギー再生型ガス化複合発電
- (2) 高効率ガス化複合発電の必要性
- (3) 提案するシステムの概要と研究グループ
- (4) 目標

#### 主要研究成果

- (1) 低温ガス化
- (2) 流動解析
- (3) 触媒ガス化
- (4) システム解析
- (5) まとめ

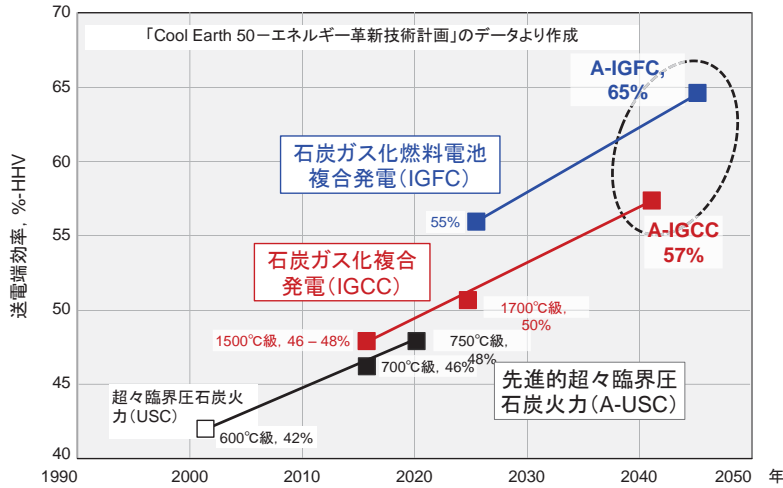
#### 実用化の見通し

#### 成果の波及効果



# 序論(1) エクセルギー再生型ガス化複合発電

公開

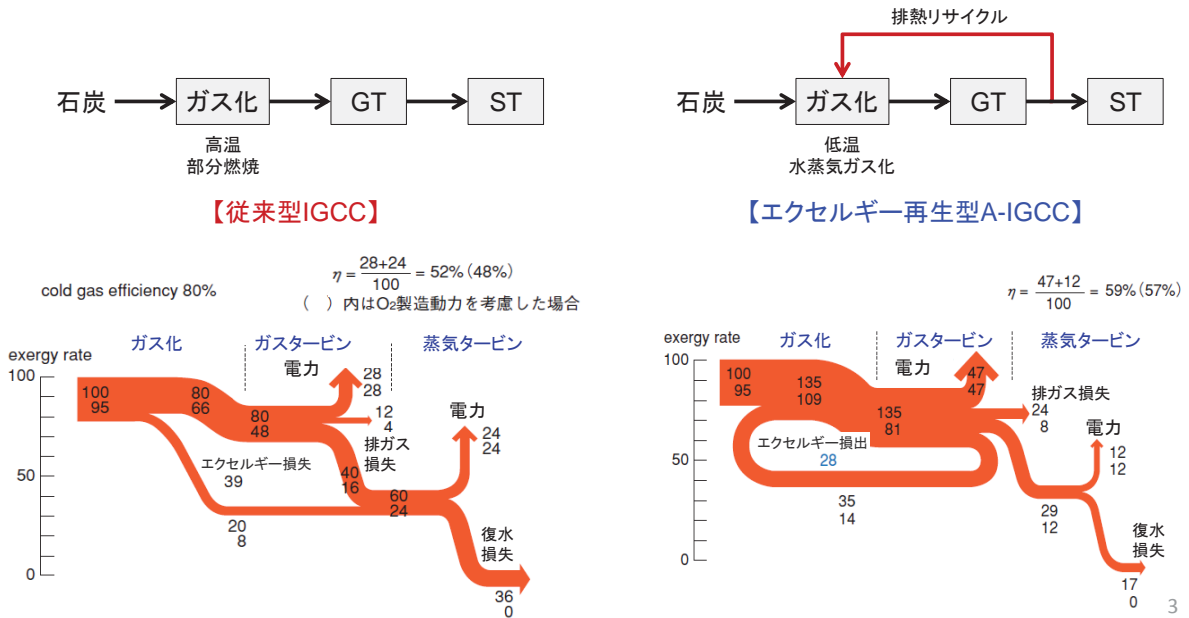


- 主としてガスタービン入口ガスの高温化に依存して向上してきたガス化複合発電 (IGCC) の発電効率は、いずれ限界に達する。
- 新原理の導入による発電効率の飛躍的な向上が必要
- 新概念 (エクセルギー再生) に基づく **A-IGCC** および **A-IGFC** に着目

# 序論(2) 高効率ガス化複合発電の必要性

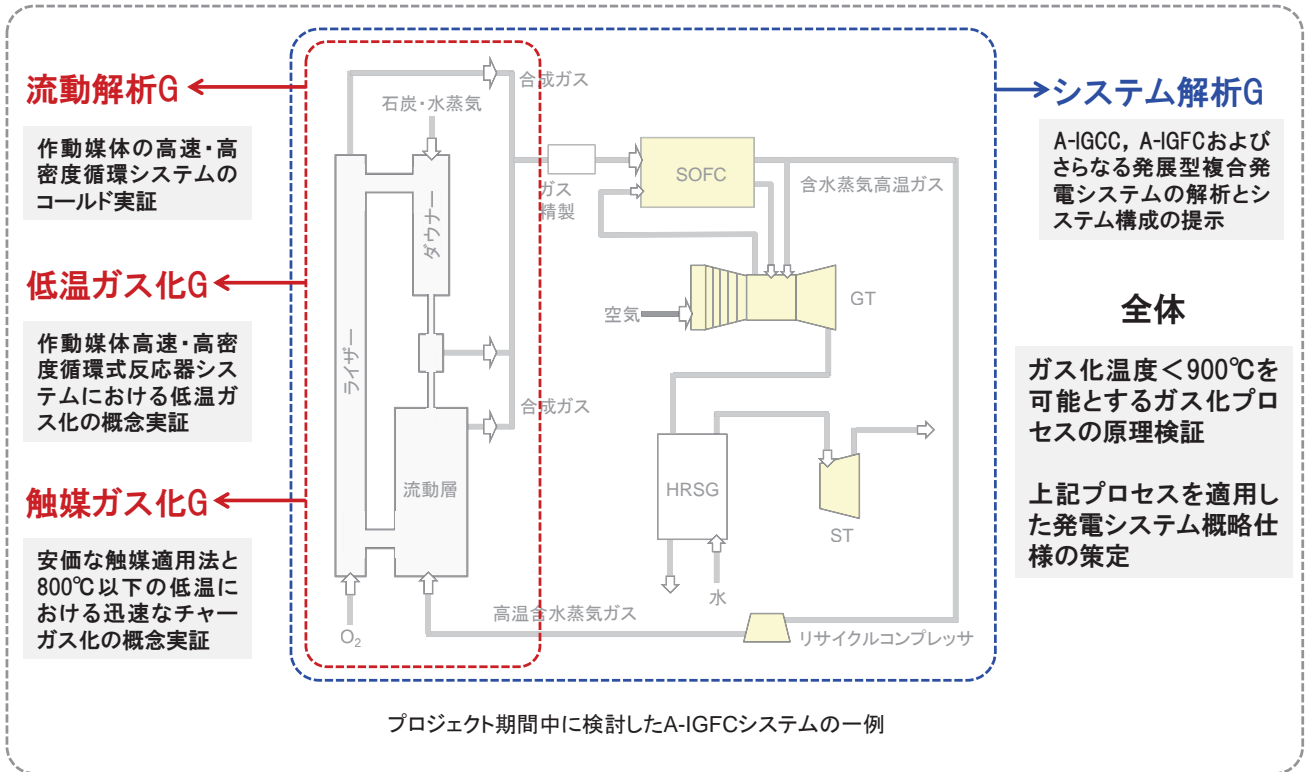
公開

- 従来型 IGCC における「エクセルギー損失」は、主として部分燃焼ガス化および燃料ガスの燃焼工程にある。
- エクセルギー損失低減の手段は、① 発熱的な部分燃焼ガス化から吸熱的な水蒸気ガス化へのモードシフト、② タービン・燃料電池排熱のガス化炉へのリサイクル・化学再生



# 序論(3) 提案するシステムの概要と研究グループ

公開



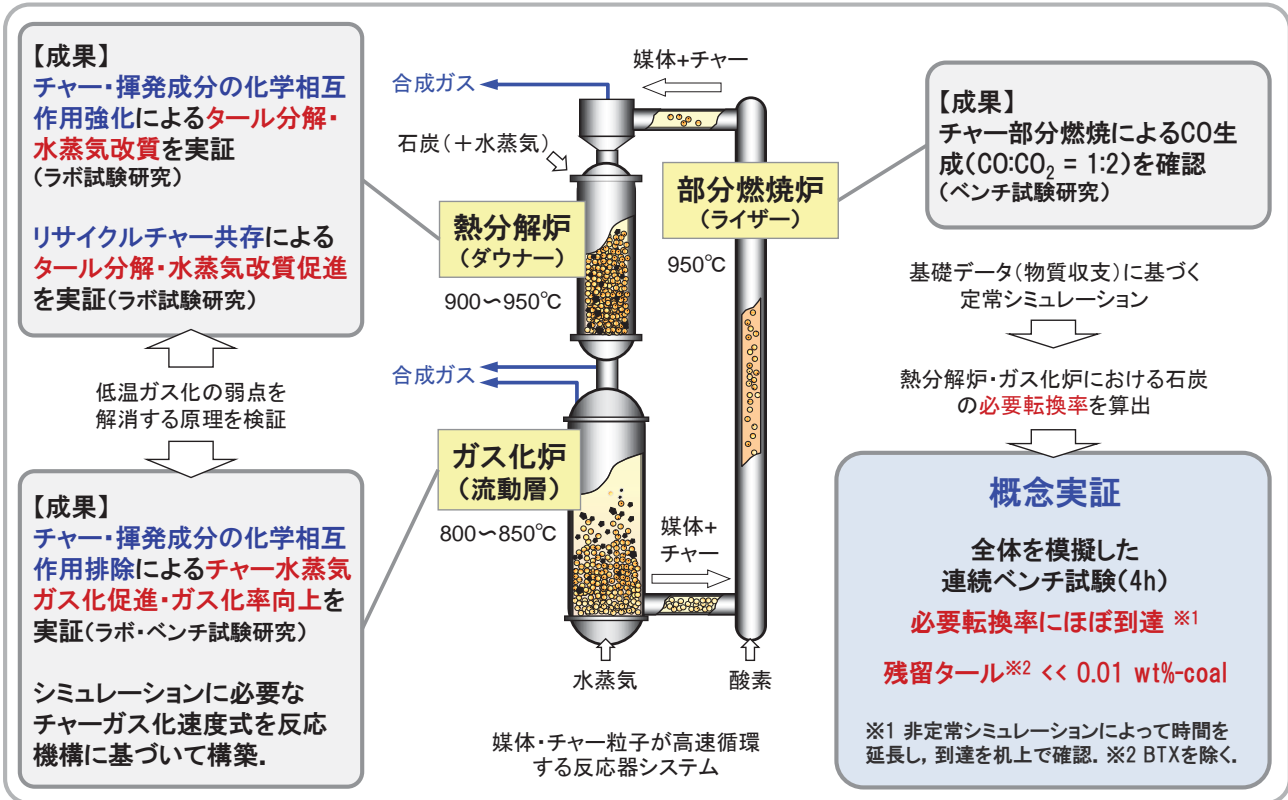
# 序論(4) 目標

公開

	中間評価(H21)以前	中間評価(H21)以後
中間目標	<p><b>【目標】</b> ガス化温度&lt;900℃のガス化プロセスの選定</p> <p><b>【設定根拠】</b> 同上ガス化プロセスの開発に向けたプロセス選定の必要性</p>	/
最終目標	<p><b>【目標】</b> ガス化温度&lt;900℃のガス化プロセスの開発</p> <p><b>【設定根拠】</b> 発電効率65%以上(送電端)を成立させるための石炭ガス化条件</p>	

公開

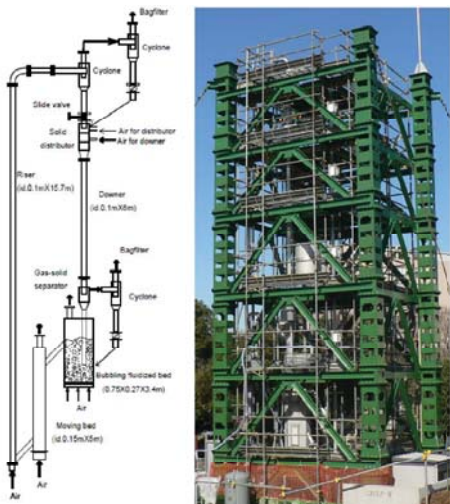
# 主要研究成果 (1) 低温ガス化



公開

# 主要研究成果 (2) 流動解析

大型コールドモデルを用いて高速・高濃度粒子循環システムを実証するとともに、ライザー、ダウナー、流動層および各インターフェースに必要な構造と性能を明らかにする。



実規模比(塔径比)1/10の大型コールドモデル

## ■流動媒体の高速高密度循環システム

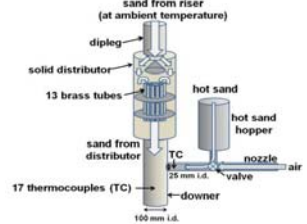
■低温ガス化実現に必要なとされる**高固気比の高速高密度粒子循環を達成**

- 粒子循環速度  $G_s$  最大**546**  $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (目標値:  $350 \text{ kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- 固気比 **35~40**( $G_s = 200\sim500 \text{ kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )

■ダウナー(熱分解炉)の構造最適化

- 石炭粒子-媒体粒子迅速混合のための**法線型インレット**を設計
- 高伝熱係数**( $130\sim140 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ )を達成

■流動層~ライザーインターフェース(非機械式バルブ)の構造最適化



## ■数値シミュレーションによる流動の検討

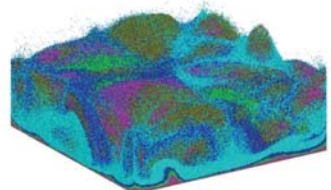
■流動層ガス化炉内の流動解析を行うための計算コードを開発

- 層内の粒子対流時間分布を分析

■流動層~ライザー粒子輸送のシミュレーションコードを開発

■粒子間付着力モデルの導入により、流動層内の珪砂・チャー二成分系流動特性の表現に成功

■計算負荷低減のための相似則モデル導入に成功



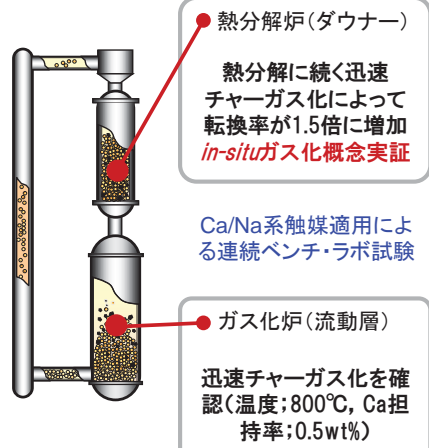
並列計算による1千万個オーダーの大規模流動解析

公開

# 主要研究成果 (3) 触媒ガス化

低温ガス化(無触媒)のさらなる低温化と迅速化に向けた低コスト・高活性触媒の探索・担持法の開発

- **Ca, Ca/Na系触媒の新規開発**
- 触媒源は石灰石, 消石灰, ソーダ灰
- 石炭・水混合物に添加するのみ
- イオン交換による担持
- ガス化温度を100~150°C低下



事業原簿 29頁

## ■ 粒子間移動触媒(カリウム)の適用

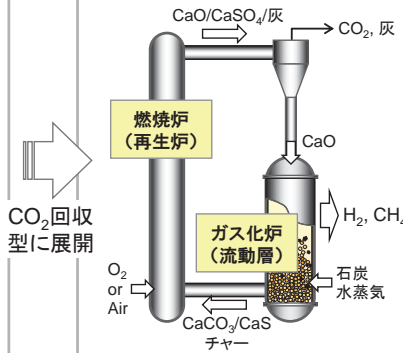
- 触媒源は炭酸カリ等
- 石炭・水混合物に添加するのみ
- イオン交換による担持
- **チャー粒子間移動を証明**

## ■ 機能性流動媒体の開発

- カリウムの新触媒担体・流動媒体を開発
- ペロブスカイト担体の開発
- 磁性ペロブスカイト担体
- **灰と媒体粒子の分離(90%回収)に成功**

珪砂等の媒体を適用が困難である可能性

## ■ Caを触媒・CO<sub>2</sub>吸収剤とするケミカルルーピングガス化



ベンチ試験研究・システム解析による概念実証

- ガス化温度 ≤ 750°C
- 冷ガス効率 ≥ 85%
- **CH<sub>4</sub>改質・燃料電池との組み合わせによるCO<sub>2</sub>回収型システム**
- Ca粒子の繰り返し再生・利用
- S回収と系外への抜き出し

公開

# 主要研究成果 (4) システム解析

■ ガス化温度900°C以下のガス化炉を採用する**A-IGCC, A-IGFCのコンセプトを具現化したシステム**を設計。

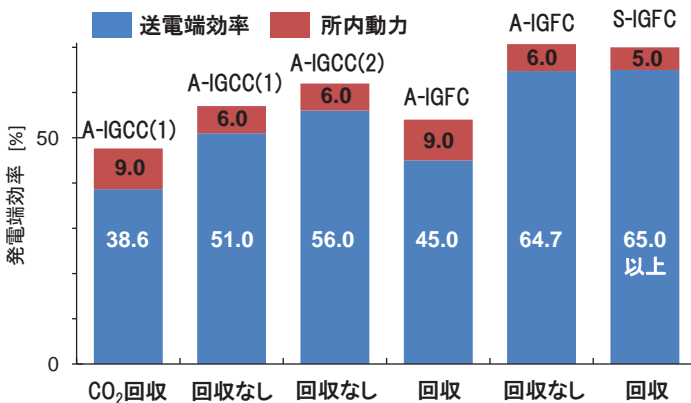
■ **送電端効率65%**を達成する高効率発電を実現するために鍵となる技術を示し, 今後開発が必要な要素プロセスや機器等のスペックを抽出。

■ **エクセルギー再生の効果を具現化する, 送電端効率56%のA-IGCC, 65%のA-IGFCのシステム**を設計

- 今後開発が必要となる要素工程と機器スペックを抽出
- 現状の技術レベルに照らして**開発課題を整理**
- 現状レベルのCO<sub>2</sub>回収技術を適用した場合の効率低下が比較的大きい。

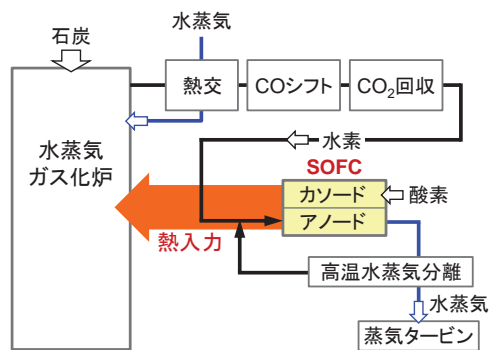
■ **新概念に基づくIGFC(S-IGFC)を発案, 発電端効率>65%のCO<sub>2</sub>回収型複合発電のシステム構成を提示。**

- ガス化炉におけるSOFC排熱の直接再生
- 水蒸気のみをガス化剤とする流動層ガス化
- ガスタービン不使用
- SOFCの新設計, 高温水蒸気・水素分離工程開発が必要。



各種検討システムの発電効率

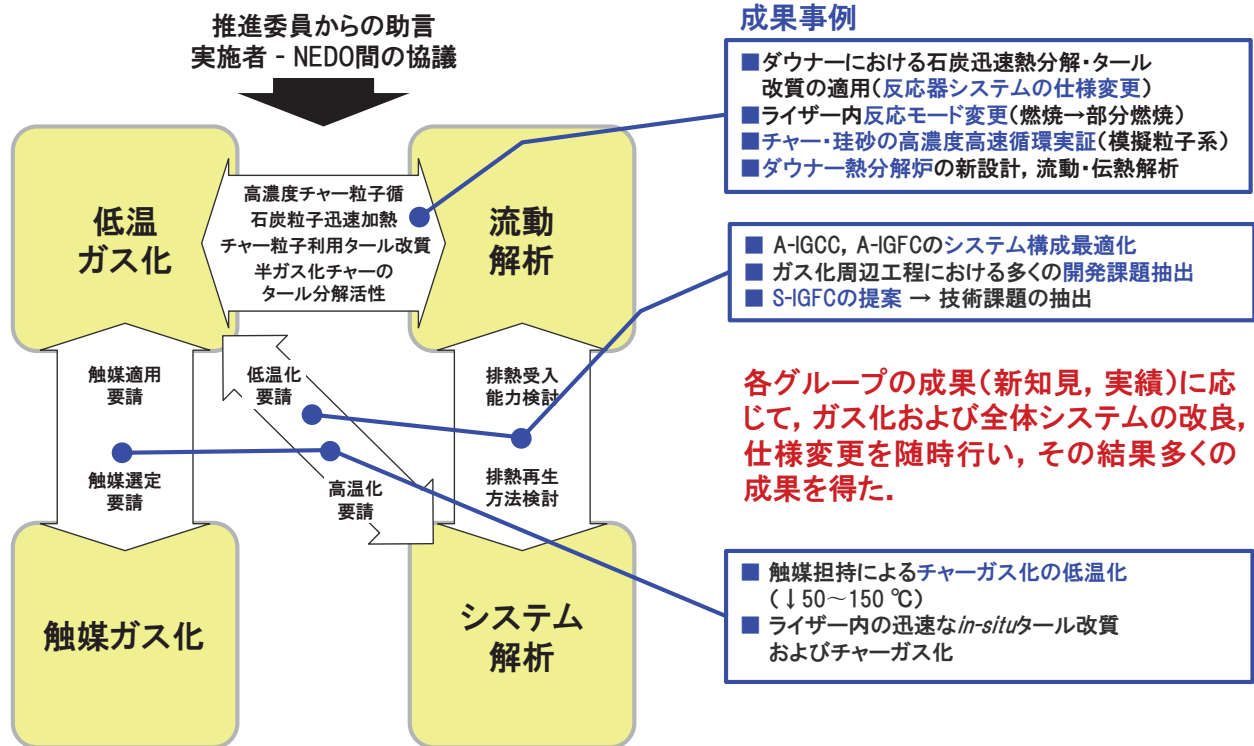
事業原簿 39頁



S-IGFCシステムの概略

# サブグループ間の連携による成果事例

公開



# 成果のまとめ

公開

サブテーマ	達成目標	達成度	成果等
低温ガス化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・チャーリサイクルによるガス化促進</li> <li>S/C=1.5におけるガス化率: 52%(中間評価) 63%(現在)</li> <li>・900℃、チャー:石炭=0.85:0.15において重質タール収率0.5%以下までの低減</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス化性能向上に努め、低温ガス化炉開発、運転のための指針を解明</li> <li>・熱分解炉におけるタールフリークリーンガスと炭化物併産のためのproof-of-conceptを得た。</li> </ul>
流動解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gs=350 kg/(m<sup>2</sup>・s)・固気比30以上</li> <li>・粒子混合・伝熱を最適化するノズル構造決定</li> <li>・固気分離効率98%以上</li> <li>・2成分系によるガス化炉内滞留時間の評価</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高Gsおよび高濃度循環を達成 Gs=546 kg/(m<sup>2</sup>・s)・固気比30~40</li> <li>・法線式・接線式の供給器の構造および固気分離器構造の最適化</li> <li>・計算による粒子の流動挙動の予測手法の解明</li> </ul>
触媒ガス化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス化温度750℃における触媒水蒸気ガス化、プロセスの構築</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・触媒性能としてはほぼ達成</li> <li>・触媒ガス化方法を想定ガス化プロセスに組み込み方法の解明</li> </ul>
システム解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体システムについて、プロセス解析を実施し、最適な操作条件を抽出する。</li> <li>・プロセスの効率を定量的に計算し、効率に及ぼす各構成要素の条件を定量的に明らかにし、最適化する</li> </ul>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A-IGCCおよび燃料電池利用システムの最適化システムの構築</li> <li>・システム構成における課題を明確化</li> </ul>

## 知的財産権等の取扱いおよび成果の普及等

公開

(1) 特許出願状況  
 特許出願件数: 3 件 (うち国際出願2件)

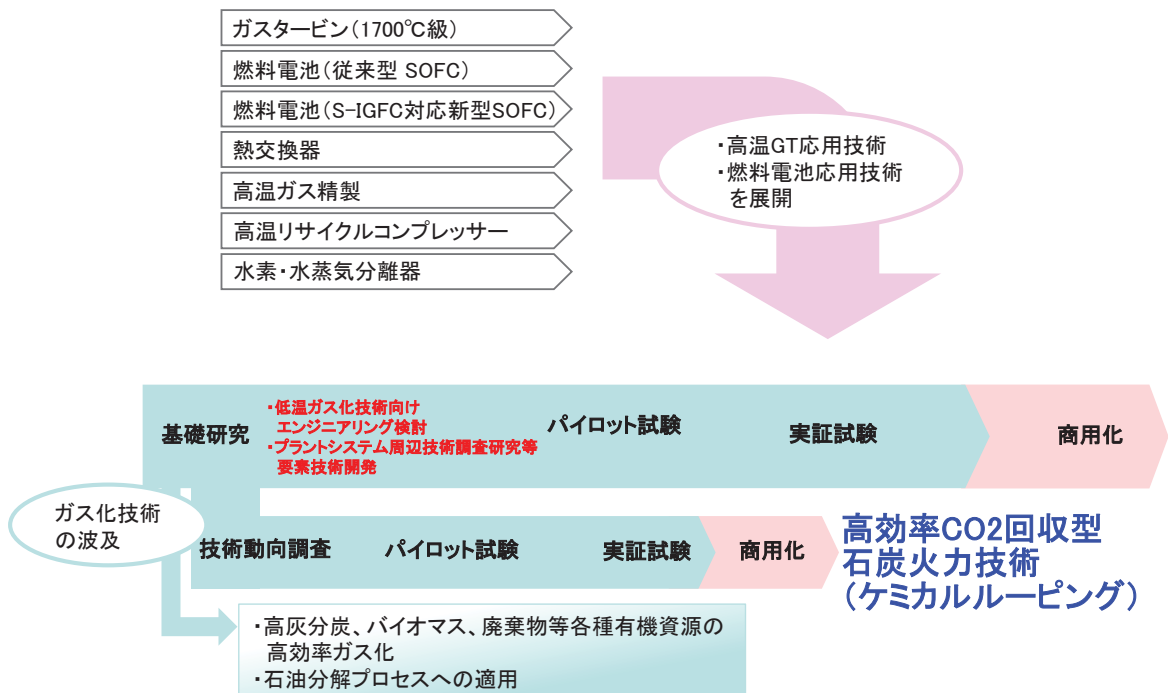
(2) 外部発表 260 件  
 学術論文 (査読有り): 53件  
 総説, 著書: 7 件  
 国際学会発表: 83件  
 国内学会発表: 117 件

(3) 受賞 6 件

## 実用化の見通し

公開

### 次世代高効率石炭ガス化技術の今後の展開



## 研究の波及効果

### 高濃度・高速粒子循環反応器システムの適用による低温ガス化技術

高温ガス化には本質的に適さない、高灰分(高灰融点)石炭、バイオマス、廃棄物等の炭素資源のガス化に適用可能。木質バイオマスのガス化に対しては直ちに応用可能と考えられる。

- 木質バイオマスの高効率ガス化装置
- 石炭チャーによるタール改質器(石炭とバイオマスとの共ガス化)
- 流動層形式の急速熱分解装置への応用

### 触媒ガス化

低温ガス化に適した褐炭、亜瀝青炭のガス化への高濃度・高速粒子循環反応器システムの適用は、十分に合理性があり、さらに、触媒ガス化導入によって、従来にない高冷ガス効率の達成が期待できる。ケミカルルーピングガス化による合成ガス製造等の製造は、CO<sub>2</sub>回収が必須となった場合に採用される強力なオプション。