

「次世代高効率石炭ガス化
技術開発」
(事後評価) 分科会
資料 6

(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】

5. プロジェクトの詳細説明資料 (公開)

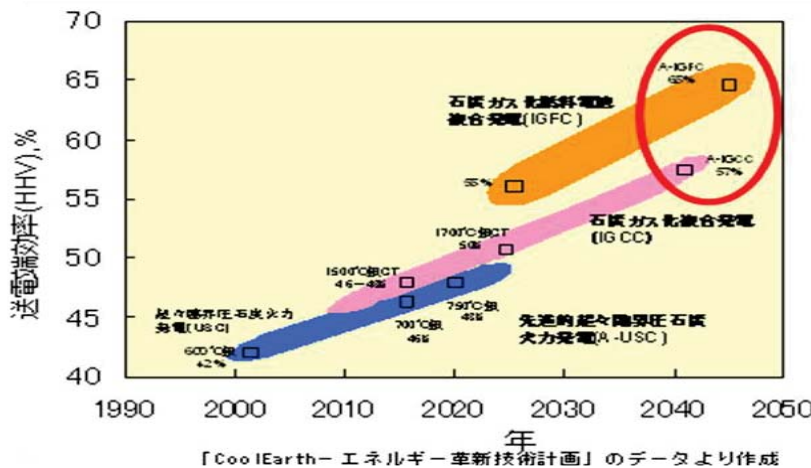
2012年11月16日(金)

独立行政法人 産業技術総合研究所
一般財団法人 石炭エネルギーセンター
三菱重工業株式会社
国立大学法人 東京大学
国立大学法人 大阪大学
国立大学法人 九州大学

0

石炭ガス化発電システムの熱効率向上

公開



ガスタービン入り口温度の高温化により、現行のIGCCの熱効率は向上するが、いずれ限界となる。



新しいアイデアによる熱効率向上が必要!

石炭を燃料とする発電システムの熱効率の向上が不可欠

- ・ 現行のIGCCを見直し、高い熱効率を実現する新しい発電システムの基本コンセプト (A-IGCC)を提示する。
- ・ さらに、FCと組み合わせた超高効率発電(A-IGFC, S-IGFC)システムも指向する。
- ・ 将来の実用化研究のための、基礎データの収集と技術課題の抽出を開始する必要がある。

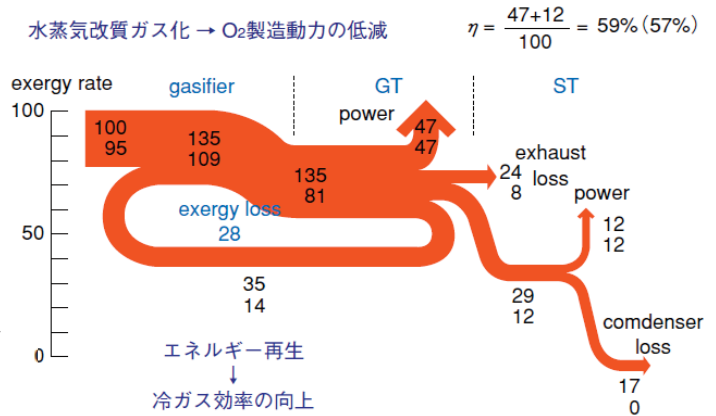
石炭ガス化発電における熱効率向上のための基本的アイデア

公開

一旦、ガスタービン等で仕事をして、低質のエネルギーとなった、熱エネルギーの質的な再生を図る。



エクセルギー率の下がった、熱エネルギーをガス化炉での吸熱反応(水蒸気ガス化反応)を利用して、エクセルギー率の高い、化学エネルギーに変換する。



熱のエクセルギー率

$$\eta = 1 - T_2/T_1$$

$$T_2=25^\circ\text{C}, T_1=800^\circ\text{C} \text{で} \eta=0.72$$



水素のエクセルギー率

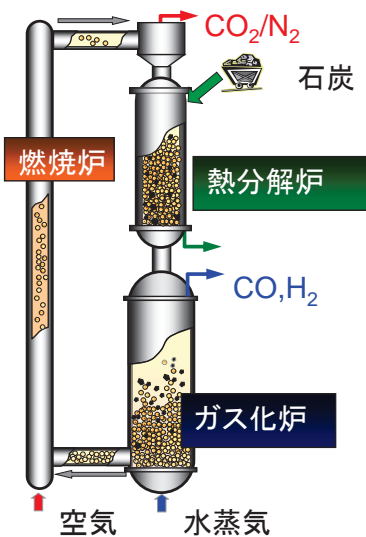
$$\eta = 0.83$$

エクセルギー(率)の再生
エネルギー量は保存

エクセルギー再生を行うためのガス化システム

公開

廃熱のエクセルギー再生が可能な温度レベル(900°C以下)での水蒸気ガス化炉実現



- 廃熱を受け入れられる反応温度
- 吸熱反応の持続が可能な温度を維持するための熱の供給

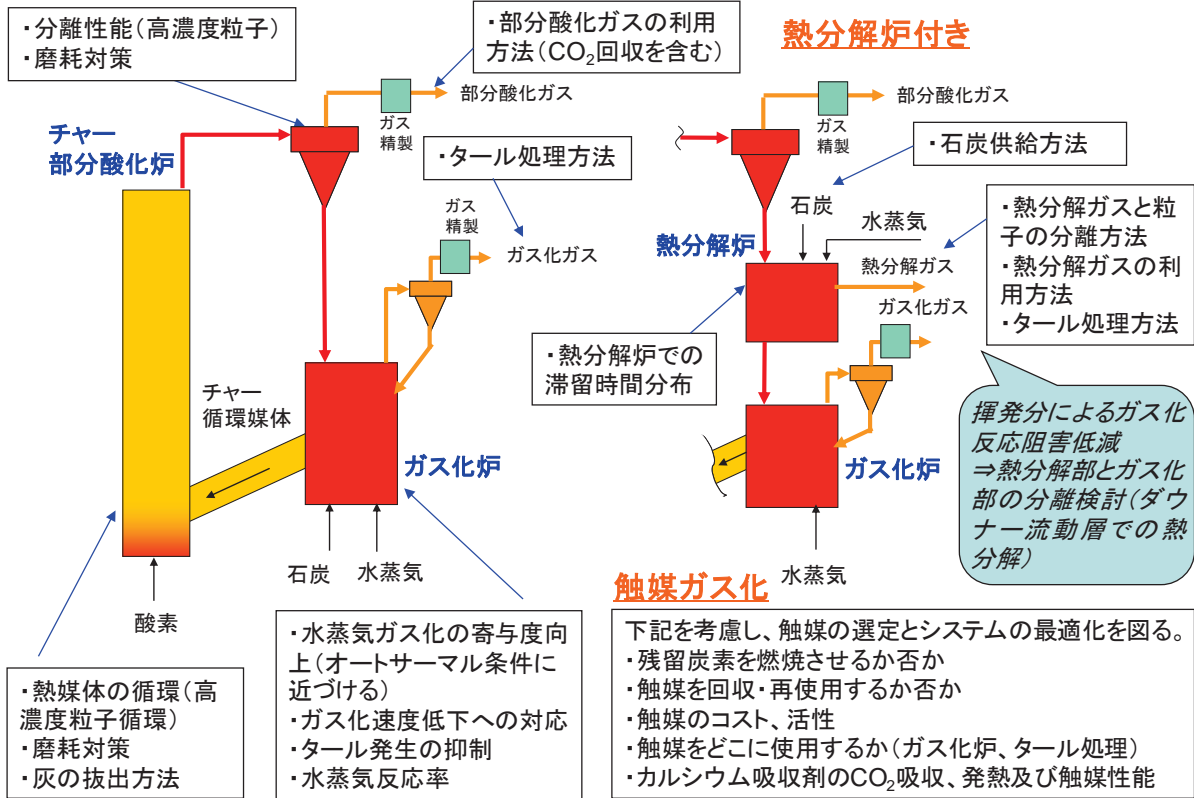


低温(900°C以下)で、大循環量を有する循環流動層形式のガス化炉

本プロジェクトで最終的に提案したガス化炉形式

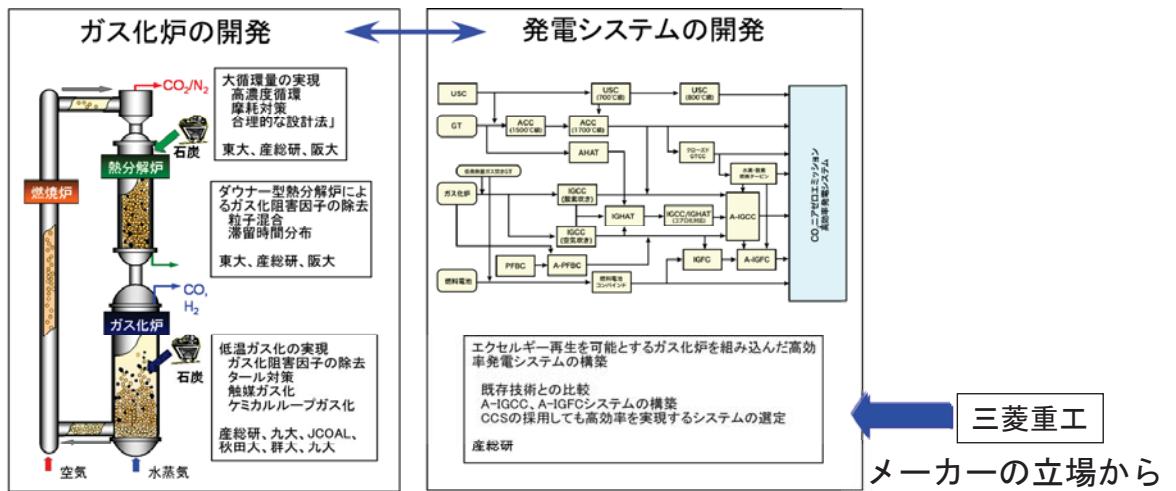
公開

次世代ガス化炉の検討課題



公開

サブテーマの分担



次世代高効率ガス化発電システムのコンセプトの明確化と開発技術課題の抽出

ガス化システム (2塔循環型流動層ガス化)

- 低温ガス化 (AIST, JCOAL, 大学)
 - チャーガス化阻害因子の除去
 - 触媒ガス化の可能性の検討
- 吸熱反応熱を補償する、大粒子循環量の実現 (東大、AIST、阪大)

発電システムとしての課題抽出

- コンセプト生かす、高効率発電システムの探求 (AIST)
- 現実的な発電システムとしての評価と実用化のための技術課題の抽出 (MHI)

各テーマの目標と設定根拠

公開

項目		最終目標 (H23)	中間目標 (H20)	目標設定の根拠
低温ガス化	当初	ガス化温度900℃以下のガス化プロセス用の低温ガス化炉の開発	ガス化温度900℃以下のガス化プロセスの開発に向けた低温ガス化炉の選定	発電効率A-IGCC 57%、A-IGFC 65% (送電端)を成立させるための石炭ガス化条件
	中間評価以降	ガス化温度900℃以下のガス化プロセス用の低温ガス化炉の原理検証		発電効率65%以上(送電端/燃料電池との組合せ)を成立させるための石炭ガス化条件
炉内流動解析		循環流動層ライザーの粒子フラックスを350 kg/m ² /s以上で調整できる装置を構築する。	コールドモデルで循環流動層ライザーの粒子フラックス200 kg/m ² /sを実現する。またシミュレーション技術等を併用しガス化システム内各プロセスの最適化を図る。	ガス化温度を900℃よりさらに低い温度にした場合、同じ発電効率(65%以上、送電端/燃料電池との組合せ)を維持するためにはより大量に粒子媒体を循環させる必要があるため
触媒ガス化		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	ガス化温度850℃における触媒水蒸気ガス化プロセスの構築	発電効率70%以上を実現する低温触媒ガス化プロセス
システム検討	当初	ガス化温度900℃以下のガス化プロセス用のシステムの開発	ガス化温度900℃以下のガス化プロセスの開発に向けたシステムの選定	発電効率A-IGCC 57%、A-IGFC 65% (送電端)を成立させるための石炭ガス化条件
	中間評価以降	ガス化温度900℃以下のガス化プロセス用のシステムの構築		発電効率65%以上(送電端/燃料電池との組合せ)を成立させるための石炭ガス化条件

プロジェクトの体制とスケジュール

公開

開発項目	H19	H20	H21	H22	H23	
1. 低温ガス化						プロジェクトリーダー 林 潤一郎 九州大学教授
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	→					実施者側代表 藤森 俊郎 IHI 基盤技術研究所 (平成19～21年度)
2. 触媒ガス化						
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	→					
3. 炉内流動解析						鈴木 善三 産業技術総合研究所 (平成22～23年年度)
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	→					
4. システム解析						
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				→		

低温ガス化

8

低温ガス化グループ(産総研、九大) 目標

公開

○熱分解分離形式の2塔循環流動層ガス化炉

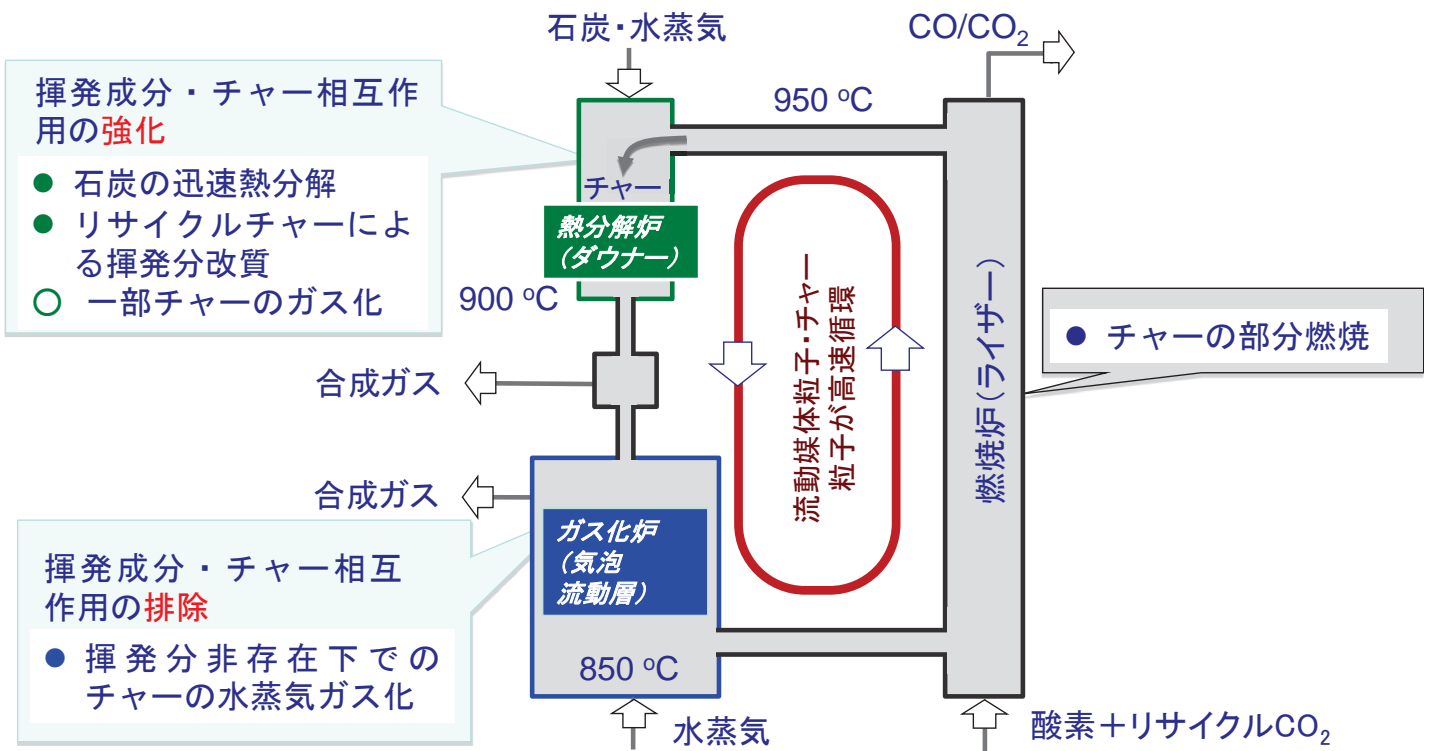
- ・連続運転による、基本コンセプトの有効性の確認
- ・チャーリサイクルによるガス化促進
S/C=1.5におけるガス化率：52%以上

○チャーによるタール低減

- ・系内を循環するチャーによるダウンナー熱分解器でのタール分解効果の確認
- ・900°C、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

低温ガス化グループの研究概要

公開



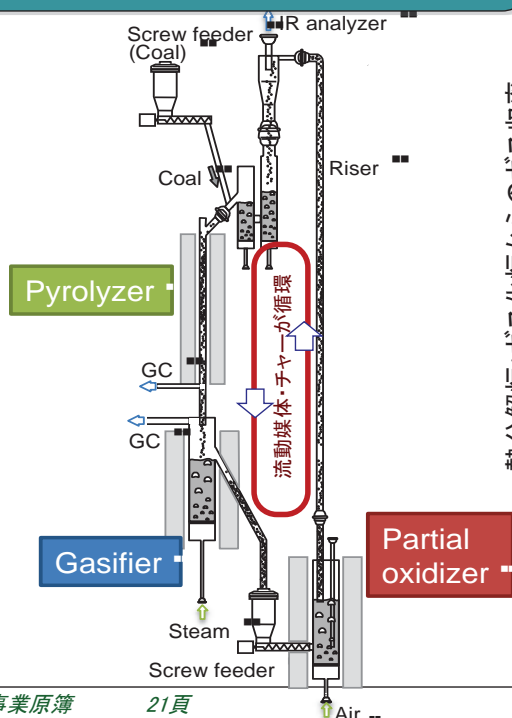
反応炉形式・操作条件の最適化によるガス収率の向上

公開

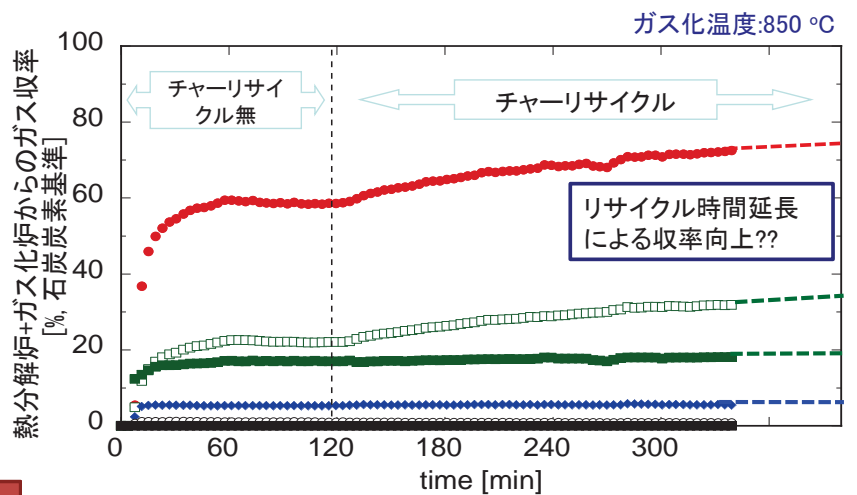
本ガス化炉方式によるガス化率の向上

- 熱分解—ガス化炉分離(チャーと揮発分の相互作用回避)とチャーリサイクル(チャーと揮発分の相互作用強化)を装置内で巧みに実現することで、ガス収率は大幅に向上。

循環流動層ガス化装置概略



循環流動層ガス化炉+熱分解炉からの生成ガス収率の例



- ・チャーリサイクルはガス収率向上に著しい効果
- ・チャーリサイクル時間延長により、更なるガス収率向上期待。

熱分解分離型ガス化炉方式によるガス化性能

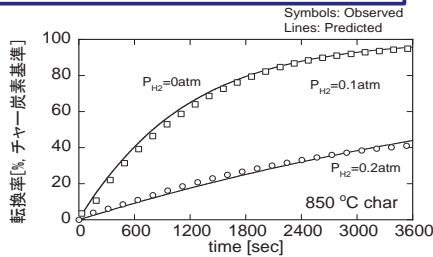
公開

ガス化率の目標値と達成可能性

- チャーガス化速度パラメータを実験的に決定し、チャーリサイクルによるガス化率の限界を推定
- 長時間のリサイクルによりガス化率は向上し、目標値まで到達

回分式装置を用いたガス化速度解析

Langmuir-Hinshelwood機構に基づくチャー速度パラメータ推定

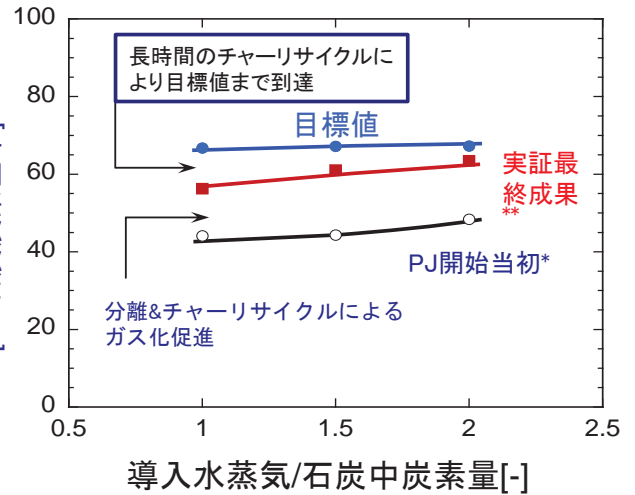


循環流動層のガス化炉内の分圧推定

連続式装置へ適用
本ガス化炉方式によるガス生成率の限界推定

ガスへの転換率の目標値と実測結果の比較

熱分解+ガス化によるガス収率 [%-石炭炭素基準]



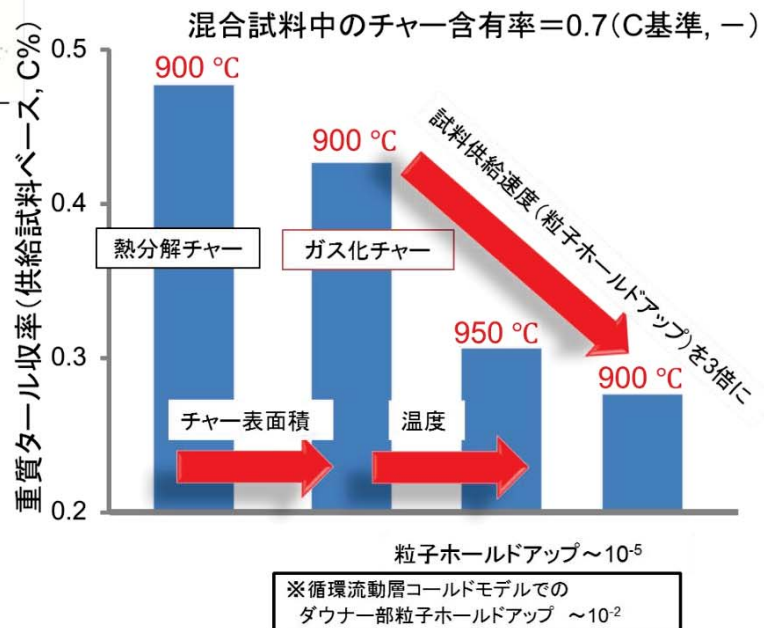
* 熱分解-ガス化反応場分離無, チャーリサイクル無
** 熱分解-ガス化反応場分離有, チャーリサイクル有 (4h)

ダウンナー形式熱分解炉模擬条件におけるタール分解

公開

ダウンナー形式の熱分解炉を模擬した試作装置を用いてチャーによるタールの分解を検証

- 表面積、温度、ホールドアップの増加によりタール分解が促進
- 粒子濃度が極めて小さい希薄な条件下でも共存チャーのタール改質効果を確認



※循環流動層コールドモデルでの
ダウンナー部粒子ホールドアップ ~ 10⁻²

低温ガス化グループ成果まとめ

検討課題	最終目標	結果と達成度
・900℃以下での石炭のガス化を実現するための、熱分解分離形式の2塔循環流動層ガス化炉の有効性の確認	・実験室規模の2塔循環流動層ガス化装置の連続運転によるコンセプトの確認	・連続運転(6時間以上)を達成し、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。
・チャーリサイクルによるガス化促進	・2塔循環流動層ガス化装置においてチャーリサイクルによるガス化促進 S/C=1.5におけるガス化率: 52%(中間評価)	・S/C=1.5におけるガス化率: 63%を達成
・チャーによるタール分解によるタールの低減	・ダウン条件、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	・ダウン形式の装置で、900℃、チャー:石炭=0.7:0.3において重質タール収率0.3%まで低減を達成

流動解析

流動解析グループ (東大、産総研、弘前大、阪大) 目標

公開

○流動媒体の高速高密度循環システム

- ・実反応系で想定される固気比における高速粒子循環(目標値 $G_s = 350 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上) の構造の検討
- ・気泡流動層とライザーの非機械式バルブの構造最適化

○ダウンナー熱分解炉

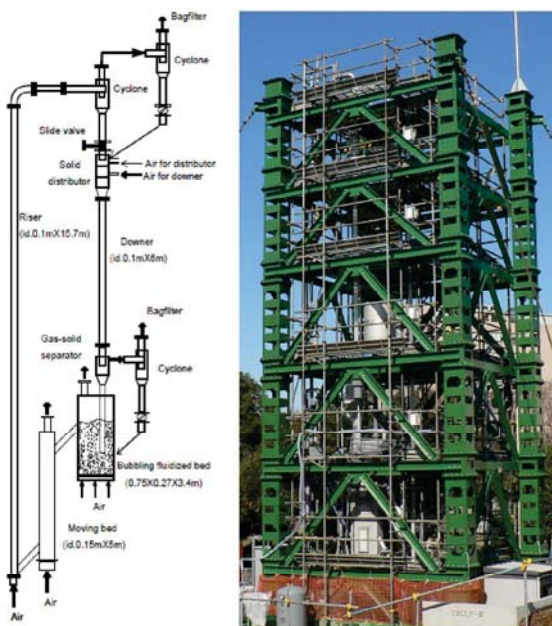
- ・石炭粒子供給方法の検討と構造の最適化
- ・固気分離部構造の最適化

○数値シミュレーションによる流動の検討

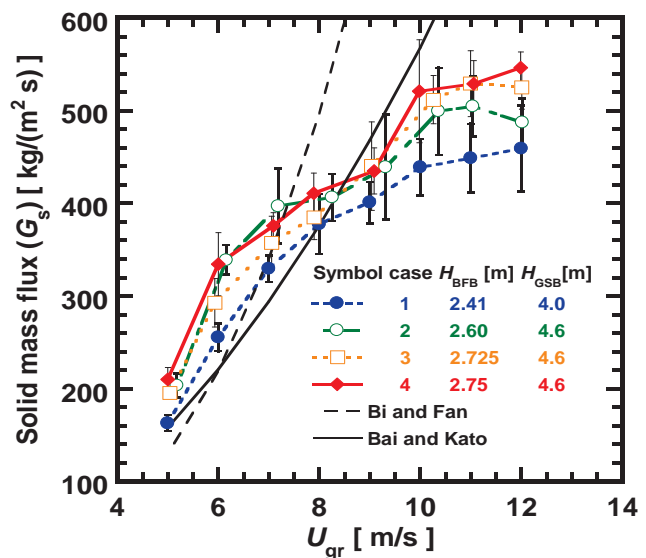
- ・ガス化炉・粒子再循環部付近の高濃度流れの検討
- ・数値解析手法(大規模計算, 付着力モデル, 相似則モデル, 2成分系流動モデルなど)の検討

高速高密度循環の達成

公開



大型コールドモデル

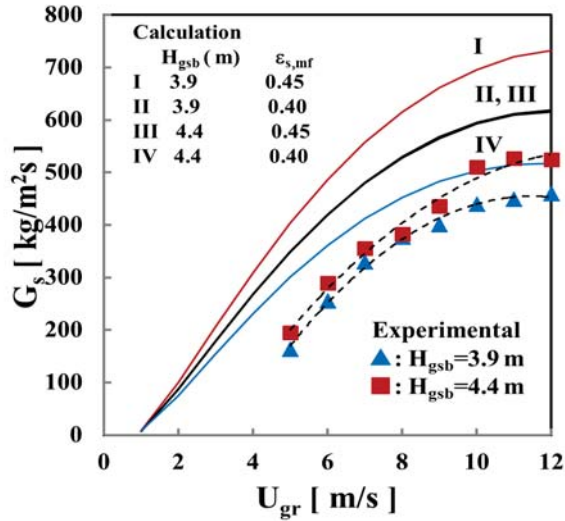
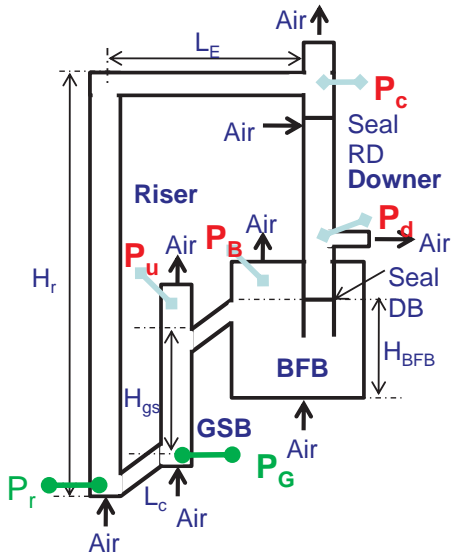


最大 $G_s = 546 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 達成(加圧時の $2000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ に相当)

$G_s =$ 約 $200\text{--}500 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の範囲で調節可能
固気比: $35\text{--}40$ 達成

循環流動層の圧カバランモデル

公開



(1) $P_c = P_s = P_B = P_u =$ 大気圧

(2) ライザー底の圧力

$$P_r = \Delta P_{r,static} + \Delta P_c + \Delta P_{r,ac} + \Delta P_{r,fg} + \Delta P_{r,fs}$$

(3) ガスシール底の圧力

$$P_G = [\rho_p \varepsilon_{s,mf} + \rho_g (1 - \varepsilon_{s,mf})] g H_{GS} -$$

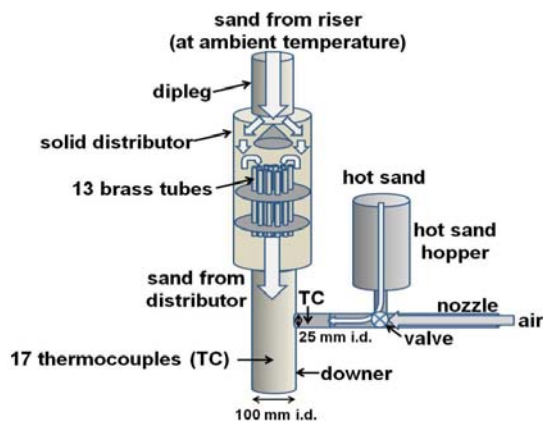
$$[\Delta P_{r,static} + \Delta P_{E,static} + \Delta P_{cy-d,static}] \left(\frac{D_r}{D_{GS}} \right)^2 +$$

$$\Delta P_{GS,ac} - \Delta P_{GS,f}$$

(4) 圧カバラン $P_G = P_r$

ダウンナー内粒子一粒子混合の最適化

公開

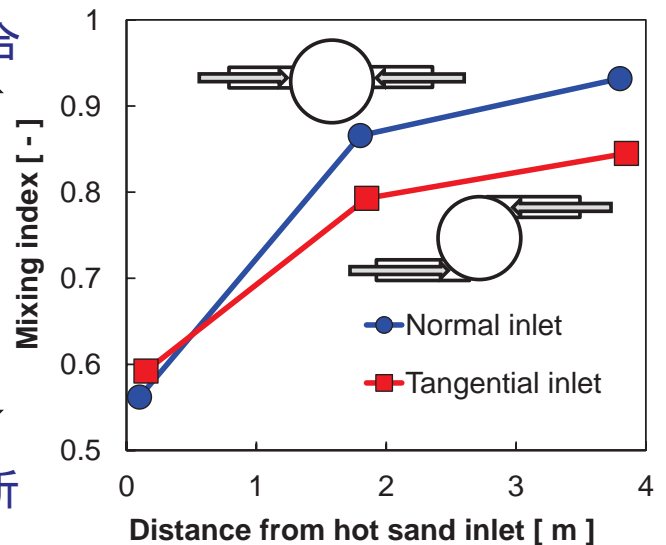


2つの異なる温度の砂をダウンナー入口で混合。混合物の温度測定から2つの粒子流れの混合を評価

混合

偏析

ノズル1本

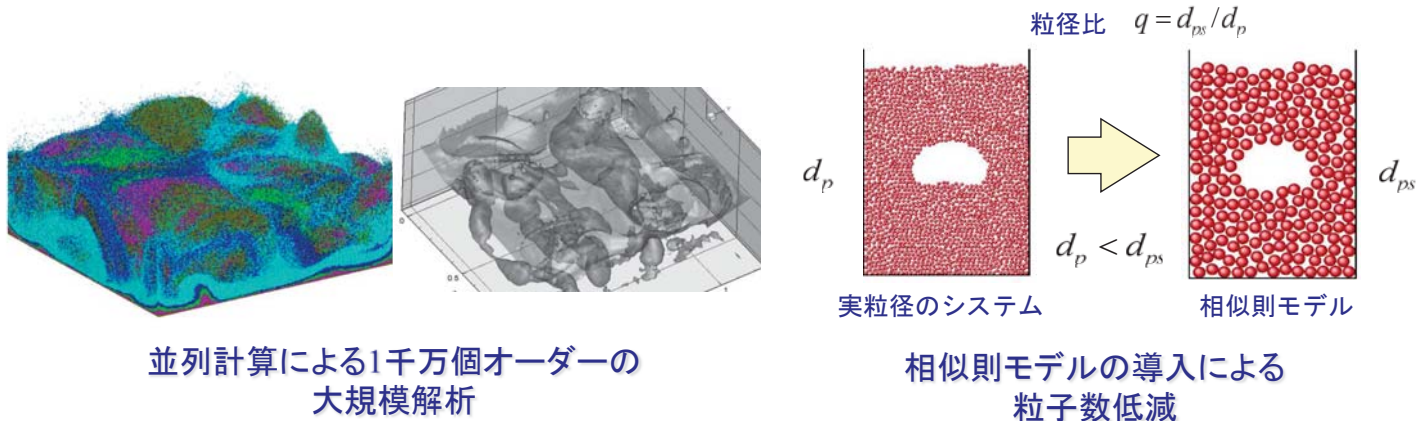


法線型の方が接線型よりも熱媒体粒子との混合に優れる

石炭供給部の構造は、法線型の方が、熱分解時の反応がより進行する可能性が高い。

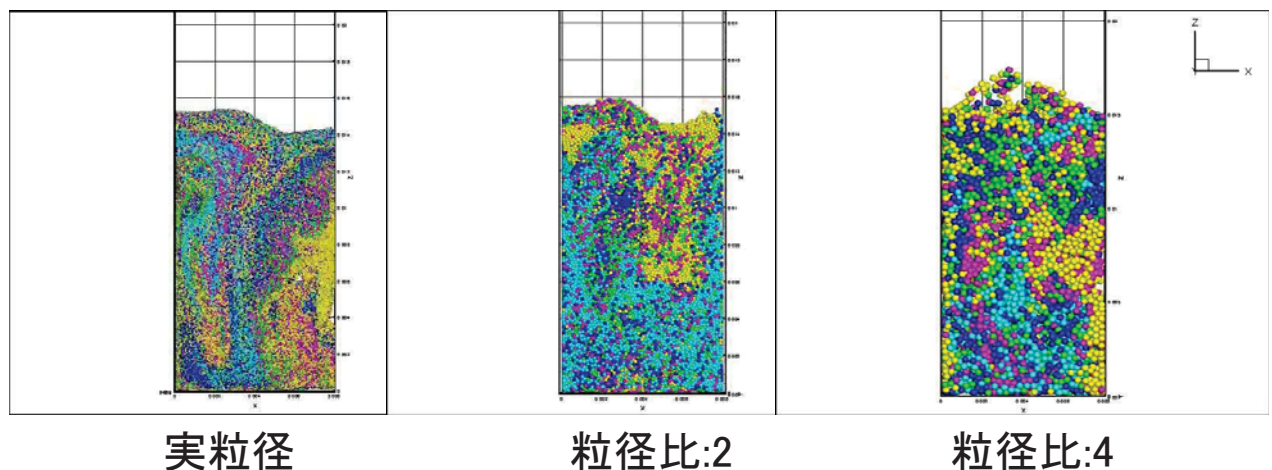
実粒径を対象とする解析(並列大規模解析、相似則モデル)

- 実粒径を対象とするDEM-CFDカップリングシミュレーションのためには、大粒子数の取扱が可能な大規模計算を可能とするとともに、粒子数を低減するモデルの検討が必要。
- 並列計算の導入により1千万個オーダーの粒子の流動化挙動の計算を可能にするとともに、相似則モデルによる粒子数低減を検討した。



相似則モデルの粒径比が流動に及ぼす影響

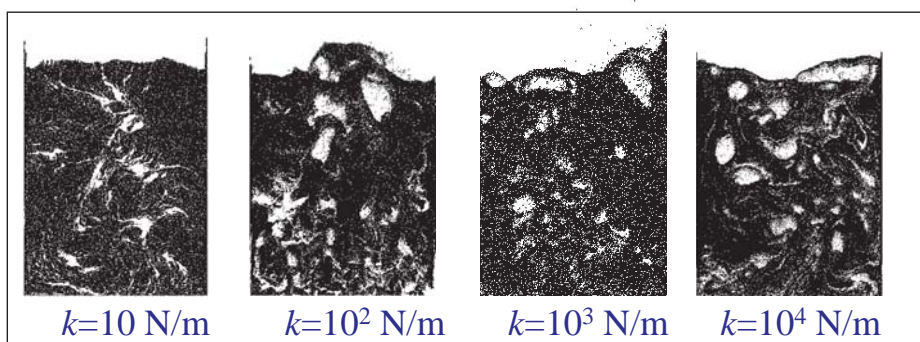
気泡の形成と挙動は相似則モデルにより良好に表現されたが、粒径比が大きくなると粒子の混合が抑制される傾向が見られた。



粒子シミュレーション(その他の結果)

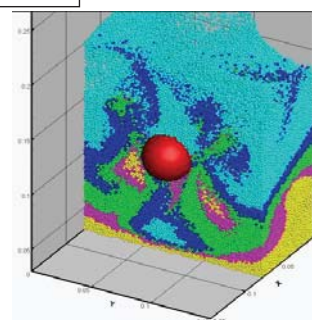
粒子間付着力の影響の検討

- ・付着力の影響の検討、および流動化挙動に対するDEMモデル中のバネ定数の影響の検討。動的付着力モデルの導入。



砂粒子-チャー2成分系への展開

- ・多分散系に対する流体力モデルの検討。
- ・大粒径比2成分系に対する流動解析モデルの開発。



流動グループ成果まとめ

検討課題	最終目標	結果と達成度
<ul style="list-style-type: none"> ・実反応系で想定される固気比における高速粒子循環の達成 ・気泡流動層とライザーの非機械式バルブの構造最適化 	最終目標値 $G_s=350 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上	<ul style="list-style-type: none"> ・最大$G_s=546 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$を達成 ・$G_s=$約200-500 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$の範囲で調節可能 ・固気比:35-40達成
<ul style="list-style-type: none"> ・ダウンナー石炭粒子供給方法の検討と構造の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・固気混合部の粒子-粒子混合・伝熱を最適化するノズル構造の決定 ・2成分粒子間の伝熱係数と操作条件の関係の解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・二粒子間の混合による温度変化を測定 ・法線型構造が接線型構造より粒子混合に優れることを解明(達成) ・1.9%の範囲では、ダウンナー内の伝熱係数は130-145 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$(達成)
<ul style="list-style-type: none"> ・数値シミュレーションによる流動の検討 	相似則モデルの粒径比が計算結果に与える影響の検討とケイ砂・チャー2成分系への拡張	相似則モデルの粒径比が粒子混合と粒子運動のエネルギーを与える影響を評価、2成分系モデル開発

触媒ガス化

24

公開

触媒ガス化グループ(JCOAL、群馬大、九大、秋田大) 目標

- 低コスト触媒、及び触媒ガス化方法の探索
 - ・ 金属精錬廃水、天然鉱物等を利用する低コスト触媒、
 - ・ 及び高性能、回収可能な担体型触媒の探索

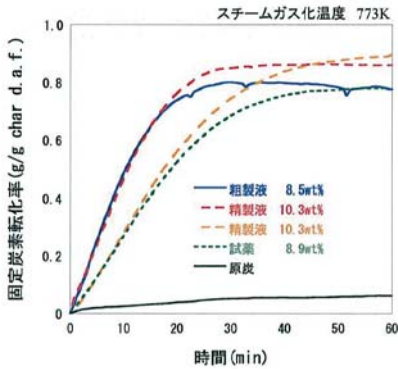
- ケミカルルーピング石炭ガス化法の開発
 - ・ ケミカルループを利用するCa系ガス化促進剤の開発
 - ・ 二塔循環式ケミカルルーピングガス化法の検討

成果その1 低コスト触媒及び触媒ガス化法の探索

公開

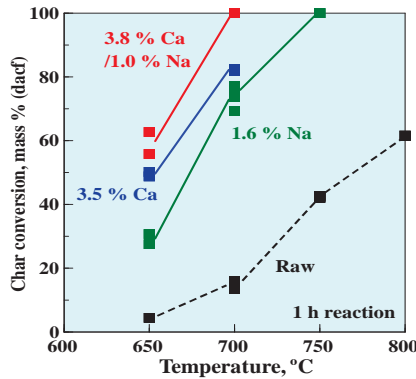
- ・ 触媒の使用によって、700°C以下の低い温度でも十分なガス化速度が得られる。
- ・ 二塔循環流動層ガス化装置では、低コスト石灰石Ca触媒が使用可能。
- ・ ガス化活性が落ちる反応後期のチャーは高温燃焼炉中で媒体加熱用熱源として利用。
- ・ 褐炭利用の前処理(乾燥、熱水改質スラリー)過程で触媒担持作業を行う。

低コスト金属精錬廃水利用触媒 (Ni系)



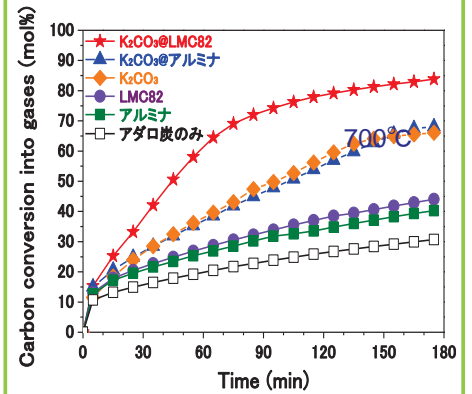
・ 500°Cでも十分なガス化速度 (金属精錬工場近辺に立地)

低コスト石灰石等鉱物利用触媒 (Ca, Na系)



・ 700°Cでも十分なガス化速度 (水溶液により石炭に担持必要)

高性能分離可能な担体型触媒 (K系)



・ 700°Cでも十分なガス化速度 (分離回収必要)

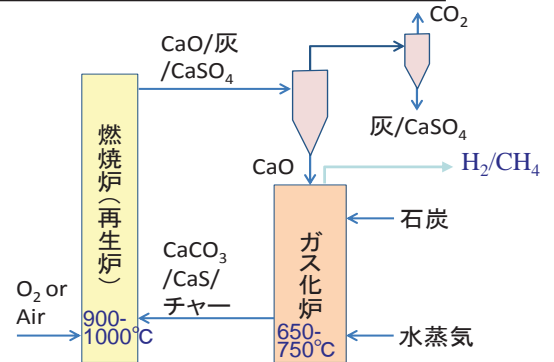
成果その2 ケミカルルーピング石炭ガス化法の開発

公開

今までの主な成果

- ① 温度650-750°Cでの生成ガスは主にH₂とCH₄、FC 廃熱でCH₄を改質した場合、エクセルギー再生になる。
- ② CaOはリサイクル利用に対し十分な強度をもつ。
- ③ 灰、脱硫後の硫黄化合物はサイクロンで分離可能。
- ④ CaOによるタール分解(触媒作用)が期待できる。
- ⑤ 2塔加圧循環の場合、10atm, 1000°Cで力焼できる。

ケミカルルーピングガス化の概念図



ケミカルルーピングガス化概念

ガス化炉:

- ① 石炭ガス化反応: $C(\text{石炭}) + H_2O(\text{水蒸気}) + \text{熱} \leftrightarrow H_2 + CO_2 + \text{チャー}$
- ② CaOのCO₂吸収反応: $CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + \text{熱}$
- ③ CaOのH₂S吸収反応: $CaO + H_2S \rightarrow CaS$

燃焼炉(再生炉):

- ① CaCO₃の再生反応: $CaCO_3 + \text{熱} \leftrightarrow CaO + CO_2$
- ② チャーの燃焼反応: $C(\text{チャー}) + 2O_2 \rightarrow CO_2 + \text{熱}$
- ③ CaSの酸化反応: $CaS + 2O_2 \rightarrow CaSO_4(\text{石膏})$

<特長>

- ・ 媒体熱容量が大きい(砂の十数倍)
- ・ 炉内脱硫可能
- ・ 低質炭の利用可能
- ・ 安価な媒体が利用可能

触媒グループ成果まとめ

検討課題	最終目標	結果と達成度
低コスト触媒および触媒ガス化方法の探索	ガス化温度 750°C以下における触媒ガス化、プロセスの構築	
・廃棄物を利用する触媒		<ul style="list-style-type: none"> ・Ni等金属精錬工場の廃液を用いてNiを担持し、500°Cでガス化 ・循環流動層での担持法の確立 ・高価なNiを回収可能
・天然鉱物を利用する触媒		<ul style="list-style-type: none"> ・石灰石やソーダ灰等を担持 ・700°Cでのガス化可能 ・触媒回収必要なし
・回収可能な触媒		<ul style="list-style-type: none"> ・ペロブスカイト系担体を用いた金属触媒を開発 ・700°Cでガス化可能 ・サイズ分離や磁性分離で約90%の触媒回収率 ・触媒の回収によって活性が回復
・CaCO ₃ を利用するケミカルルーピング水蒸気ガス化		<ul style="list-style-type: none"> ・20回以上の熱分解・再炭酸塩化で粒子の強度変化のないことを確認 ・CaOの力焼エネルギーの80%以上をガス化ガスのエネルギーに転換 ・CaOケミカルルーピングガス化プロセスの提案

システム検討

システム解析 (産総研、三菱重工) 目標

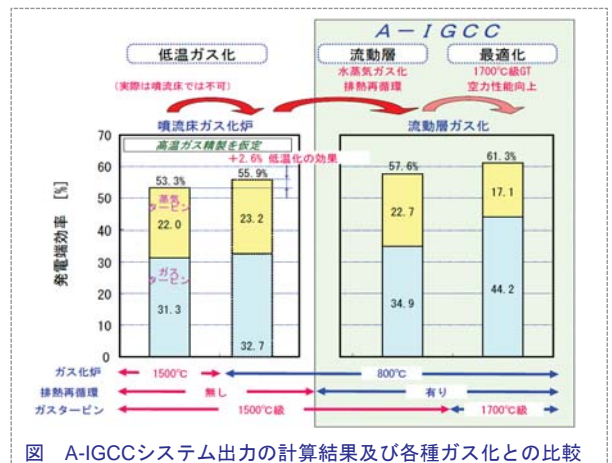
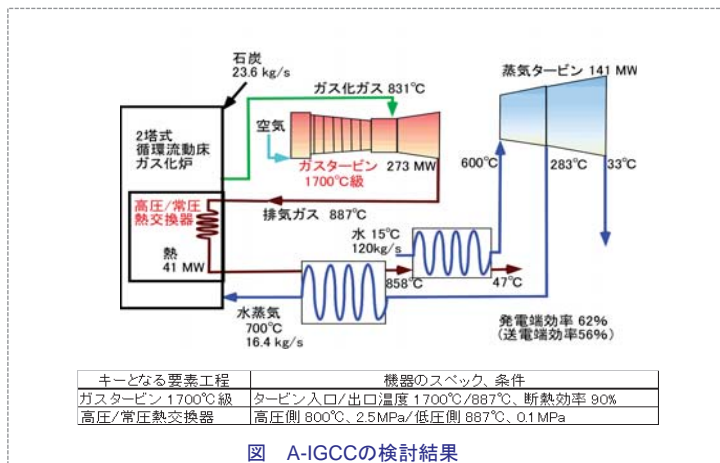
◎全体システムに関するプロセス解析

- ・ガス化温度900°C以下のガス化炉を採用したA-IGCCおよびA-IGFCのコンセプトを具現化し、システムを設計する。
- ・低温ガス化, 触媒ガス化と炉内流動解析による研究成果を踏まえ, ガス化炉の構造と入熱量などを基に, システムを設計する。

◎次世代石炭ガス化システムの開発のための技術課題

- ・送電端効率65%を達成する高効率発電を実現するためにキーとなる技術を示し, 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する。
- ・現状技術、将来技術を加味し、システム実現のための技術課題を明らかにする。

A-IGCCの設計 (1)



- ◎ 1700°C級ガスタービンの採用によって送電端効率56%(発電端効率62%)が得られる。高効率化はガス化炉にリサイクルするガスタービン排熱のエクセルギーが化学エネルギーに再生されるためである。
- ◎ 今後開発が必要である機器は、1700°C級ガスタービンおよび高圧/常圧熱交換器(ガスタービン排熱再生)である。

公開

A-IGCCの設計 (2) メーカーの立場からの技術課題

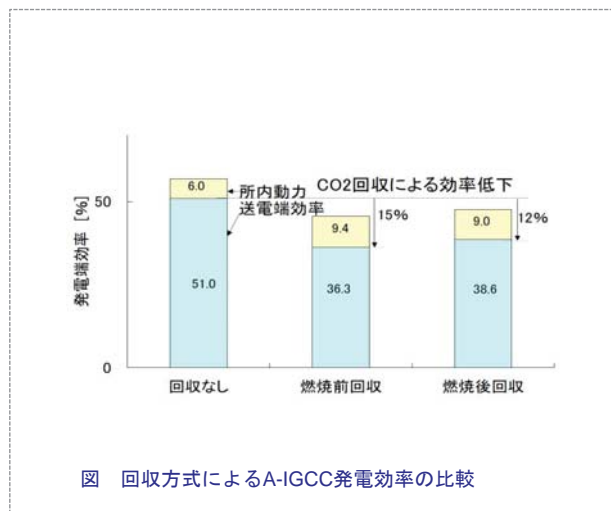
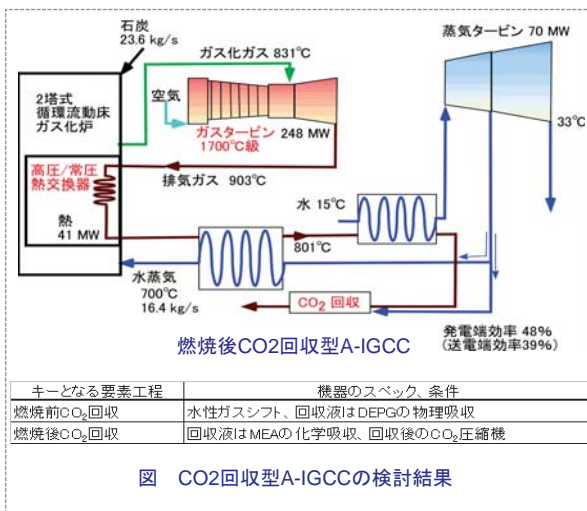
項目	課題	検討項目
1. GT排ガス温度の制約 タービン高温段から排ガス取出	・ GT設計変更 (構造/材料等)	・ 設計変更したGT検証 設計変更の費用回収
2. 高圧/常圧熱交換器 高圧：ガス化炉(流動媒体) 常圧：GT高温排ガス	・ 高圧/常圧熱交 ・ 熱交換器内ガス化炉流動 媒体の挙動及び熱交特性 ・ 熱交換器摩擦	・ 構造(差圧/熱伸び吸収) ・ 熱交特性 ・ コールドモデルによる検討 ・ 耐摩耗材の高温強度
3. GT高温排ガス配管計画 10×10mダクト	・ 配置/配管	・ 材料/構造/コスト/信頼性
4. 部分負荷時の運用	・ GT排ガス温度低下	・ 部分負荷時のガス化炉制御



A-IGCC GT排熱利用有で
GT設計変更対象

公開

CO₂回収型A-IGCCの設計

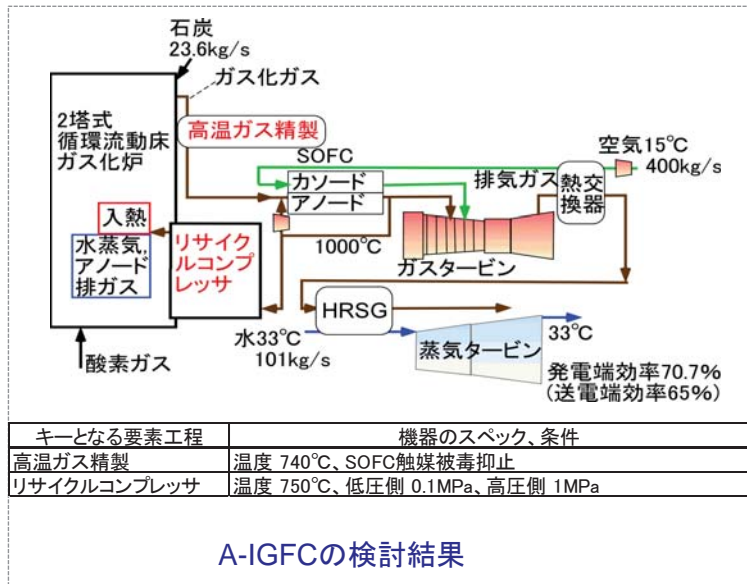


- ◎燃焼前および燃焼後のCO₂回収による熱効率の低下は12~15%。
- ◎従来のIGCCとは異なり、A-IGCCでは、燃焼後回収のほうが効率低下が小さい。
- ◎回収液の性能向上によって燃焼前/燃焼後の優劣が逆転する可能性がある。

公開

A-IGFCの設計

送電端効率：65%
発電端効率：71%



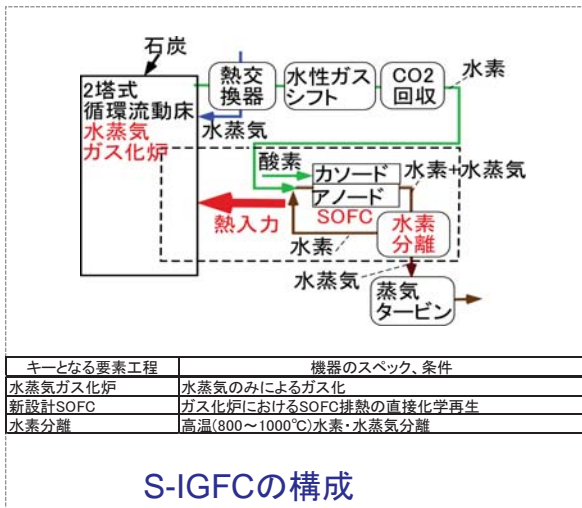
A-IGFCの検討結果

◎アノード排ガスのガス化炉への直接リサイクルによって、吸熱的ガス化によるエクセルギー再生の効果が顕著になる。

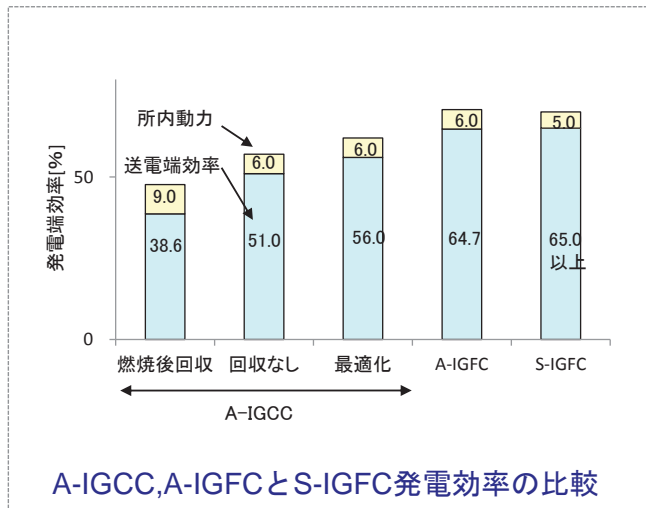
◎送電端効率65%、HHV（発電端効率71%）の達成には、アノード排ガスリサイクルのためのリサイクルコンプレッサおよび高温ガス精製が必要である。

公開

S-IGFCの設計 (1)



S-IGFCの構成



A-IGCC,A-IGFCとS-IGFC発電効率の比較

◎A-IGFCの送電端効率(65%)を凌駕する、究極のエクセルギー再生型IGFCとして、スーパーIGFC (S-IGFC) を提案するに至った。

◎ガス化炉におけるSOFC排熱の直接化学再生、水蒸気のみによるガス化、ガスタービン不使用の発電等によって、CO₂を回収しても65%以上の送電端効率が見込める。

◎S-IGFCの実現には、水蒸気のみを酸化剤とする迅速な石炭ガス化（触媒ガス化）、新設計SOFC、高温水素・水蒸気分離などの新技術が必要となる。

S-IGFCの設計 (2) メーカーの立場からの技術課題

公開

- ・発電効率向上の為にはエクセルギ再生が有効
- ・S-IGFC全体システムとして、SOFC排熱の回収・構成含めた成立性検討が必要
 - ①システムの検討条件の整理・明確化
 - ②SOFCを包含するガス化炉の成立性
 - ③送電端効率の検討

場所	システム構成上の問題点	問題点の解決案
1.全体システム構成	構成システムの成立性。 適用石炭性状範囲の明確化	構成設備・性能を明確化した上でエクセルギの回収システムの検討
2.ガス化炉	SOFCを包含するガス化炉の成立性 ①酸素供給ゼロでの部分酸化炉 ・投入炭素の60%をガス化 ②SOFCよりの直接熱交換 ・必要伝熱面積の検討など ③ガス化炉構造 ・SOFC配置, 流動床構成など ④構成材料の耐久性 ・摩耗・腐食・層内応力など	システム仕様決定後検討 ①ガス化炉成立性の検討 ②熱交特性・配置検討 ③構造検討・コールドモデルによる流動状態検討 ④構造材料の高温強度検討

システム解析グループ成果まとめ

公開

検討課題	最終目標	結果と達成度
・全体システムに関するプロセス解析	・送電端効率56%が可能なA-IGCCシステムの構成 ・送電端効率65%が可能なA-IGFCシステム ・CO ₂ 回収時、65%以上の送電端効率が得られるシステム構成	・送電端効率56%のA-IGCCの構成を示した。実現のためには1700℃級ガスタービンおよび高圧/常圧熱交換器(ガスタービン排熱再生器)が必要であることを示した。 ・A-IGCCでは、燃焼後CO ₂ 回収のほうが効率低下が小さい。 ・送電端効率65%のA-IGFCの構成を示した。実現のためには、アノード排ガスリサイクルのためのリサイクルコンプレッサおよび高温ガス精製が必要である。 ・FCとガス化炉で直接熱交換するS-IGFCを提案。S-IGFCでは、CO ₂ 回収を行っても送電端効率65%以上が期待できる。
・次世代石炭ガス化システムの開発のための技術課題	・ガス化炉以外の周辺技術について、システム実現のための技術障壁を明らかにする	・エクセルギー再生による熱効率向上を確認。 ・S-IGFCシステム実現のための、技術課題を抽出 ガス化炉: 純水蒸気ガス化の困難性 SOFC: バンドル法、新規開発のSOFC 熱交換器: 方式、高温材料 ・将来技術を含めてレビュー

全体の総括

38

プロジェクト成果のまとめ

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"> ・チャーリサイクルによるガス化促進 S/C=1.5におけるガス化率: 52%(中間評価) 63%(現在) ・900°C、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 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・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。
流動解析	<ul style="list-style-type: none"> ・Gs=350 kg/(m²・s)・固気比30以上 ・粒子混合・伝熱を最適化するノズル構造決定 ・固気分離効率98%以上 ・2成分系によるガス化炉内滞留時間の評価 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・高Gsおよび高濃度循環を達成 Gs=546 kg/(m²・s)・固気比30~40 ・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 ・計算による粒子の流動化挙動の予測手法の解明
触媒ガス化	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化温度750°Cにおける触媒水蒸気ガス化、プロセスの構築 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・触媒性能としてはほぼ達成 ・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
システム解析	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・システム構成における課題を明確化

本プロジェクトでの発表 (2012年9月現在)

	論文 (査読つき)	著書・総論	国際会議 口頭発表	国内口頭発 表	受賞	特許 (国際出願)
2007年			1	2		1
2008年	6	2	10	10		
2009年	10	2	24	25	1	2(2)
2010年	13	2	22	33	2	
2011年	8		20	38	2	
2012年	16	1	6	9	1	
合計	53	7	83	117	6	3(2)

件数合計 269件

今後の展開

本プロジェクトの成果としての具体的イメージ

公開

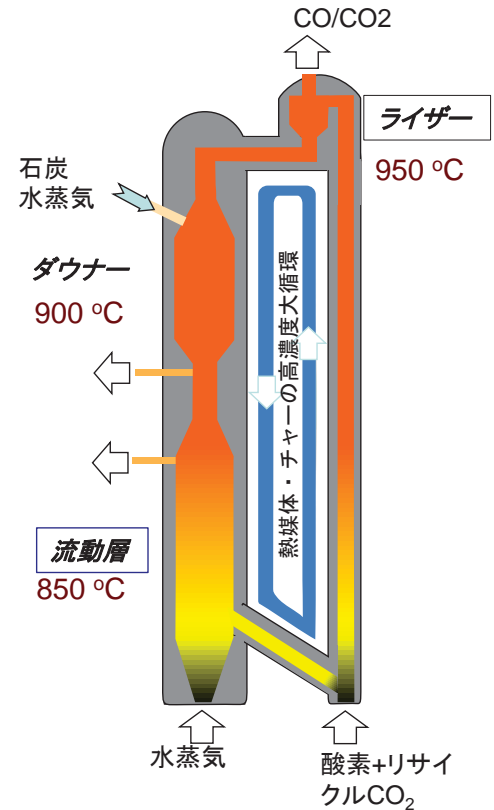
■ A-IGCC、A-IGFCの熱効率予測とその最適構成の提示

■ A-IGCC実現のための、具体的なプロセス構成とその中心となるガス化炉の構造の提案

熱分解炉分離方式の2塔循環流動層による低温ガス化

- ・ガス化温度低下とタール除去の方法(構造、運転方法、触媒の利用法....)
- ・大循環量の実現方法

■ A-IGCCの実現のための、技術開発要素の明確化



公開

エクセルギー再生型石炭ガス化発電システム実現のための
解決すべき技術課題

A-IGCCの課題	S-IGFCの課題
<ul style="list-style-type: none"> ・GT設計変更(構造/材料等) ・高圧/常圧熱交換器 	<ul style="list-style-type: none"> ・システムの検討条件の整理・明確化 ・SOFCを包含するガス化炉の成立性

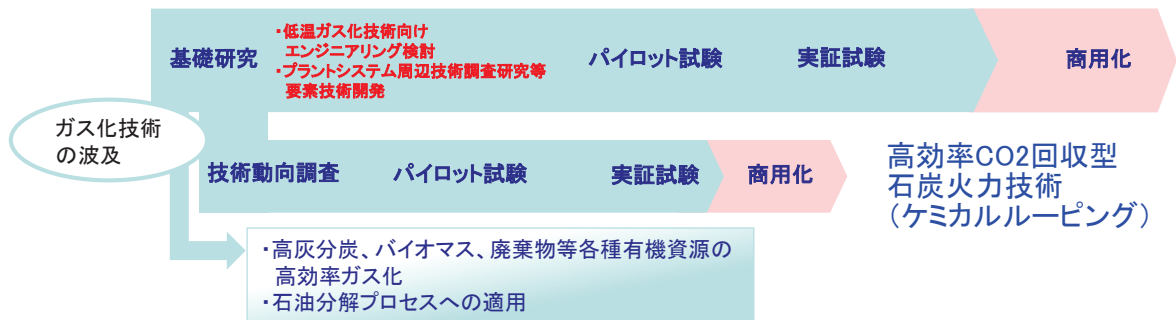
■ システム実現のためには、ガス化炉周辺の技術に大きな課題がある。



■ 周辺技術の成熟、技術開発動向の見極めが必要

実用化の見通し

次世代高効率石炭ガス化技術の今後の展開



システム構成上でガス化炉周辺技術でいくつかの技術障壁



周辺技術の成熟、技術動向の見極めの過程を設ける

- エクセルギー再生による熱効率の大幅な向上は理論的に確認
- システムの中核である、低温ガス化炉の開発に目処
 - ・ 低温でのガス化
 - ・ 高濃度・大循環量

リプレース対象火力発電所試算および効果 (2040年に導入された場合を想定)

- 2040年までに運開35年以上を経過する石油・石炭火力の設備容量は約50GW
 - 石油火力; 38.6GW
 - 石炭火力; 30.1GW 計68.7GW→70GW
 - のうち、
 - 10GWが2030年代にリプレース
 - 10GWが廃止と想定し、残り約50GW
- 本システムへのリプレース率: 20%と仮定
 - 2040年度断面での本システムへのリプレース需要
 - = 50GW × (20/100) = **10GW** (60万kWプラント約17基分)

【効果】

- 石炭消費削減量 500万トン～700万トン
- CO2削減量 0.13～0.18億トン

