

(エネルギーイノベーションプログラム)  
「戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)」  
<Strategic TEchnical Platform for Clean Coal Technology>

(中間評価)  
(2007年度～2011年度 5年間)

6. プロジェクト詳細説明資料 (公開) ③

(2) 次世代高効率石炭ガス化技術開発

2009年8月6日(木)

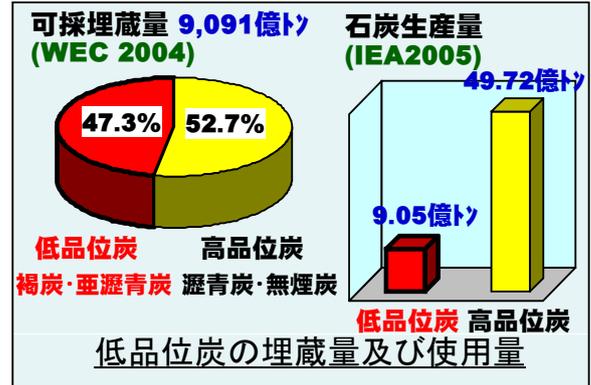
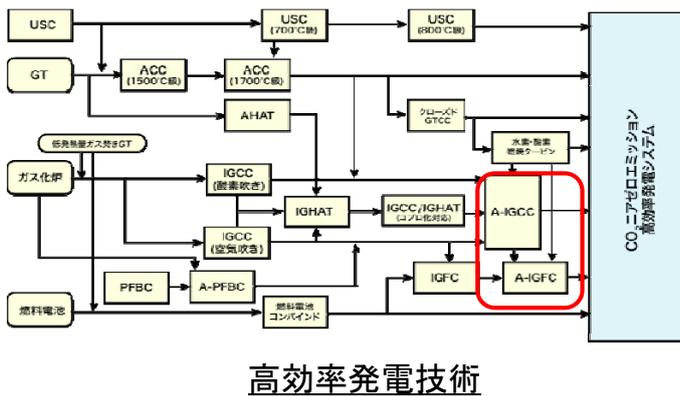
(株) I H I  
(独)産業技術総合研究所  
(財)石炭エネルギーセンター

目次

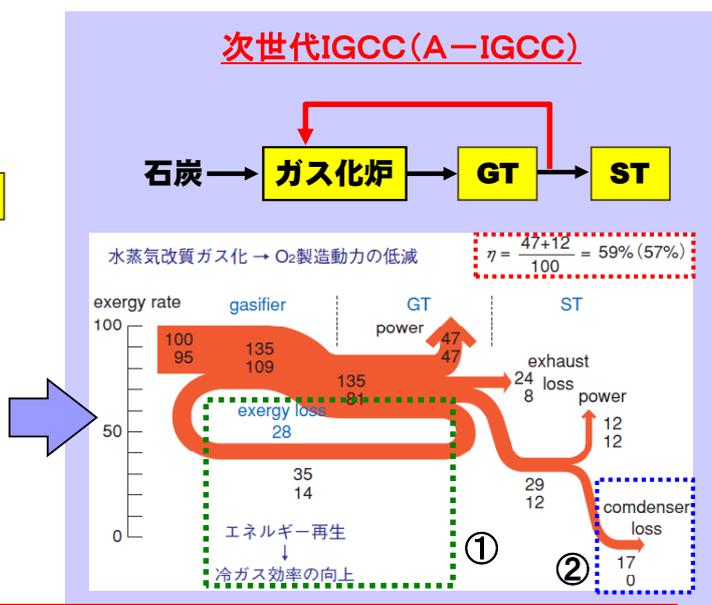
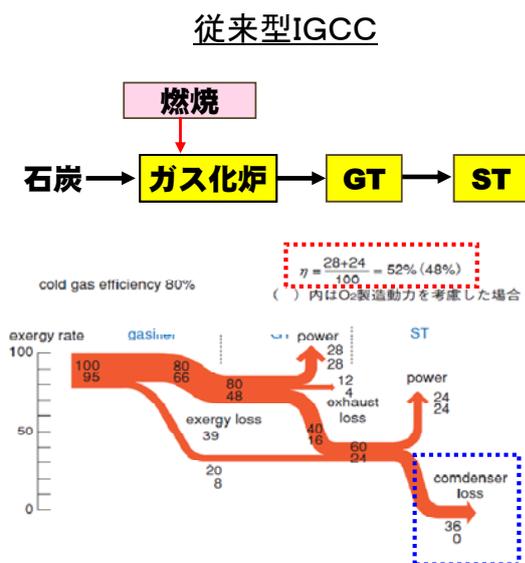
- (1) 研究開発の背景
- (2) 次世代ガス化システムコンセプト、概要
- (3) 研究開発課題と目標
- (4) 個別研究開発目標(中間目標)の達成度
- (5) 成果概要
  - ① システム
  - ② 低温ガス化
  - ③ 流動
  - ④ 触媒
- (6) 特許、論文発表
- (7) 成果の実用化について

## (1) 研究開発の背景

- 既存IGCC技術のさらなる高効率化によるCO<sub>2</sub>排出量削減
  - 未利用石炭(低品位炭)の利用促進
- 低品位炭の利用が可能な次世代型IGCC/IGFC(アドバンスド-IGCC/IGFC)の基盤技術構築が必要。

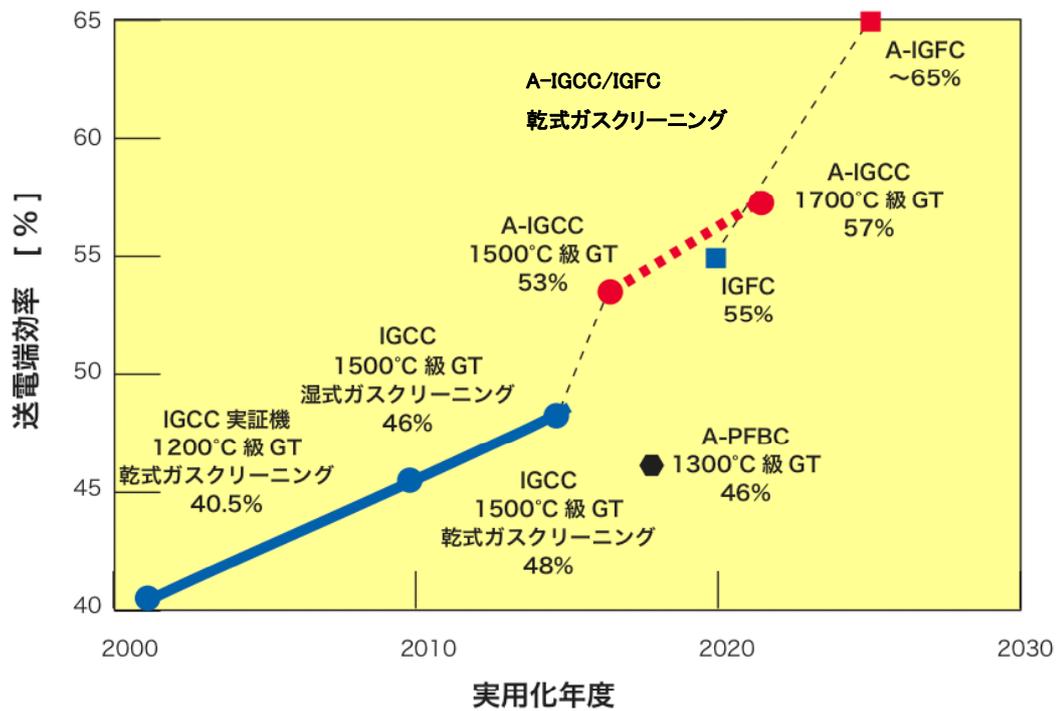


## (2) 次世代ガス化炉(A-IGCC)コンセプト

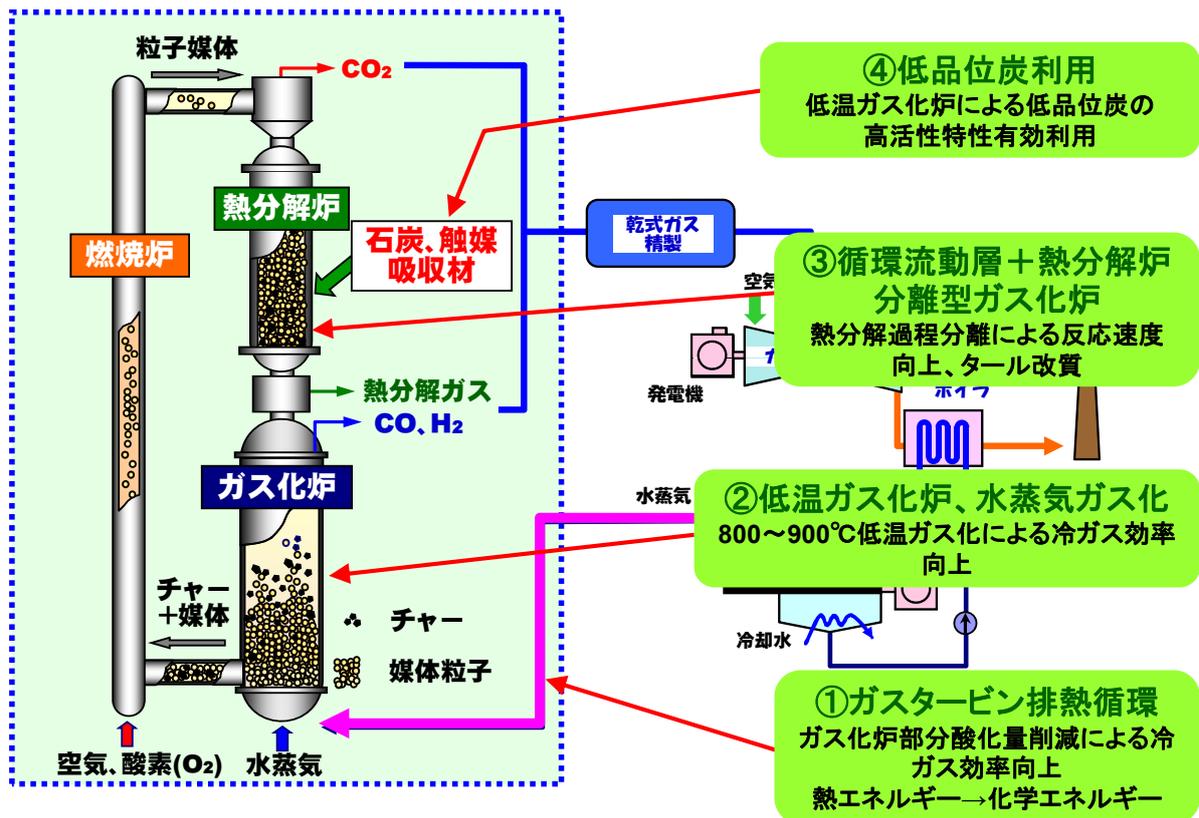


- ①ガスタービン排熱の再生利用によるガス化効率(冷ガス効率)向上
  - ②蒸気タービン比率の低減による復水器排熱ロスの低減
- 総合効率で従来よりも最大9%の効率向上が可能

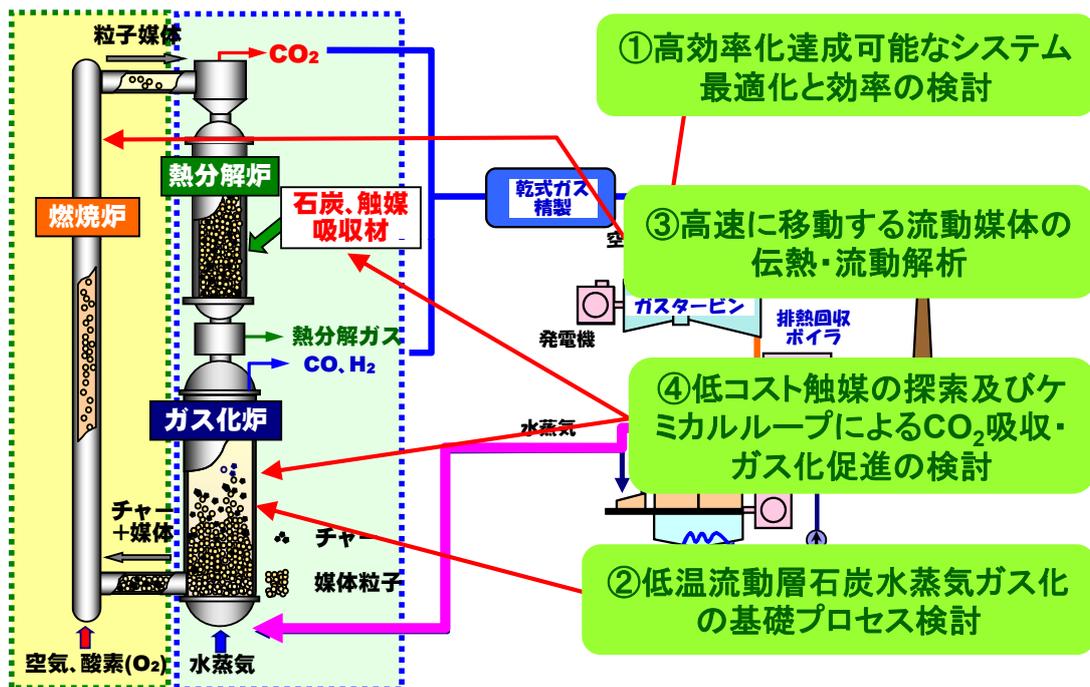
## (2) 次世代ガス化炉(A-IGCC) 効率ロードマップ



## (2) 次世代高効率ガス化システムの選定



### (3) 開発課題と目標



- 最終目標(H24): ガス化温度900°C以下のガス化プロセスの開発
- 中間目標(H20): ガス化温度900°C以下のガス化プロセスの選定

### (4) 個別研究開発目標の達成度

開発目標項目	最終目標	中間目標(H20)	現状成果
システム検討	ガス化温度900°C以下のガス化システム開発	ガス化温度900°C以下のガス化システムの選定	最適なガス化炉、GT,STの組合せを選定し効率を試算した
低温ガス化	ガス化温度900°C以下の低温ガス化炉開発	ガス化温度900°C以下の低温ガス化炉の選定	循環流動層+熱分解分離型ガス化炉を選定し、ラボスケール試験によりガス化率の向上効果を確認した
炉内流動解析	循環流動層粒子フラックス350kg/(m <sup>2</sup> ・s)達成装置の構築	循環流動層粒子フラックス200kg/(m <sup>2</sup> ・s)条件の達成、シミュレーション技術検討	コールドモデル試験によりフラックス211kg/(m <sup>2</sup> ・s)を達成した
触媒ガス化	750°C触媒水蒸気ガス化プロセスの構築	850°Cにおける触媒水蒸気ガス化プロセスの構築	4種の触媒において850°C以下で高活性特性を示すことを確認した

プロセス : ガス化反応や蒸気発生、発電など一連の処理過程  
 システム : プロセスを実現するための機器構成

## (5) 成果概要

- ① システム検討 : 産総研、IHI
- ② 低温ガス化 : 産総研、九大、IHI
- ③ 炉内流動解析 : 東大、産総研、阪大
- ④ 触媒ガス化 : 東北大、群大、九大、  
JCOAL、産総研

9

### ① システム検討 (産総研、IHI)

- ガス化装置とGT(ガスタービン)、ST(蒸気タービン)、燃料電池を組み合わせた全体システムについて解析を実施し、最適な組合せ・操作条件を抽出する。
- システム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て、次世代高効率石炭ガス化技術の設計指針を明らかにする。

#### 【中間目標】

ガス化温度900°C以下のガス化システムの選定

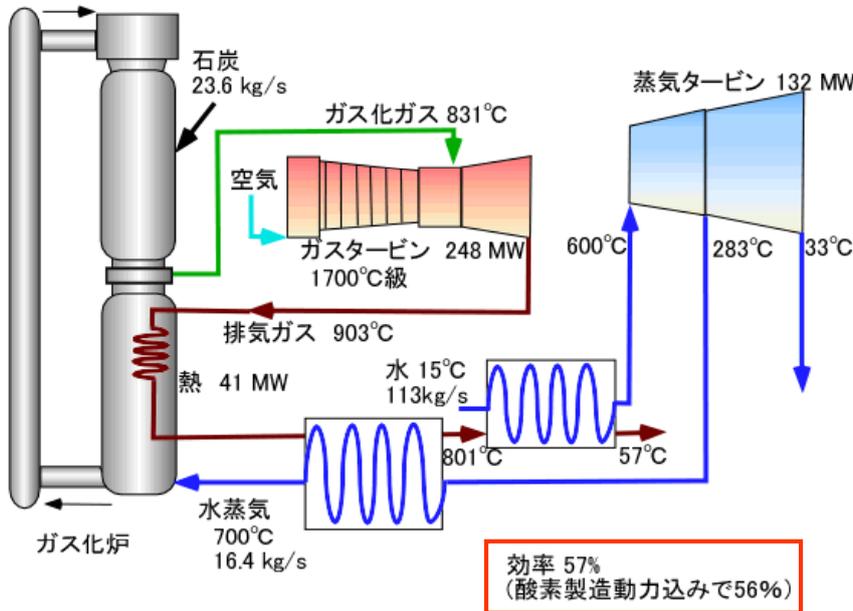
#### 【検討手法】

解析ソフトウェア : ガス化炉(ASPEN PLUS)  
+ 全体システム(HYSYS)

10

## ①システム検討:A-IGCCシステム計算

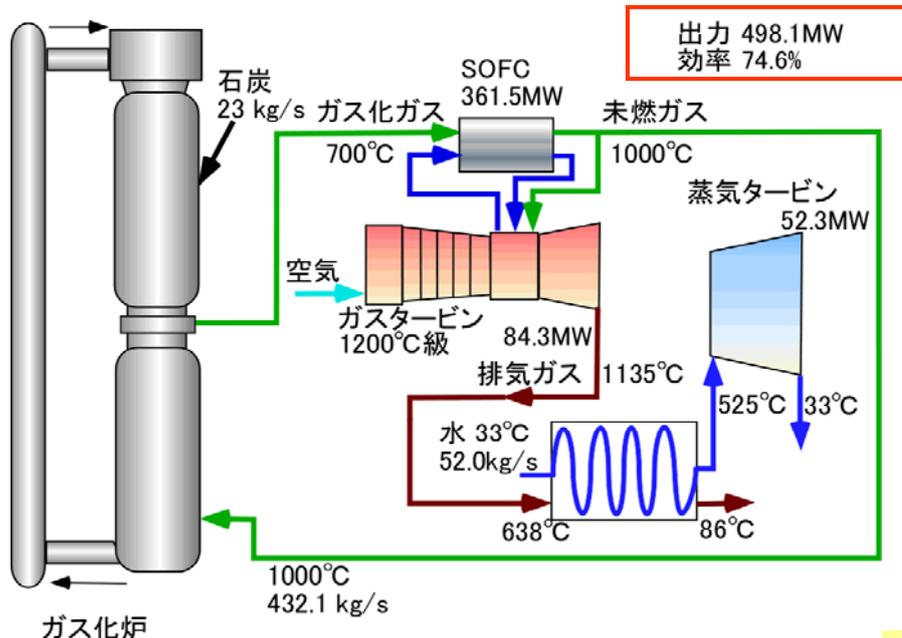
- 1700°C級A-IGCCにおいて、オートサーマル条件に必要なとされる熱の供給方法を検討し、自立の可能性を示した。



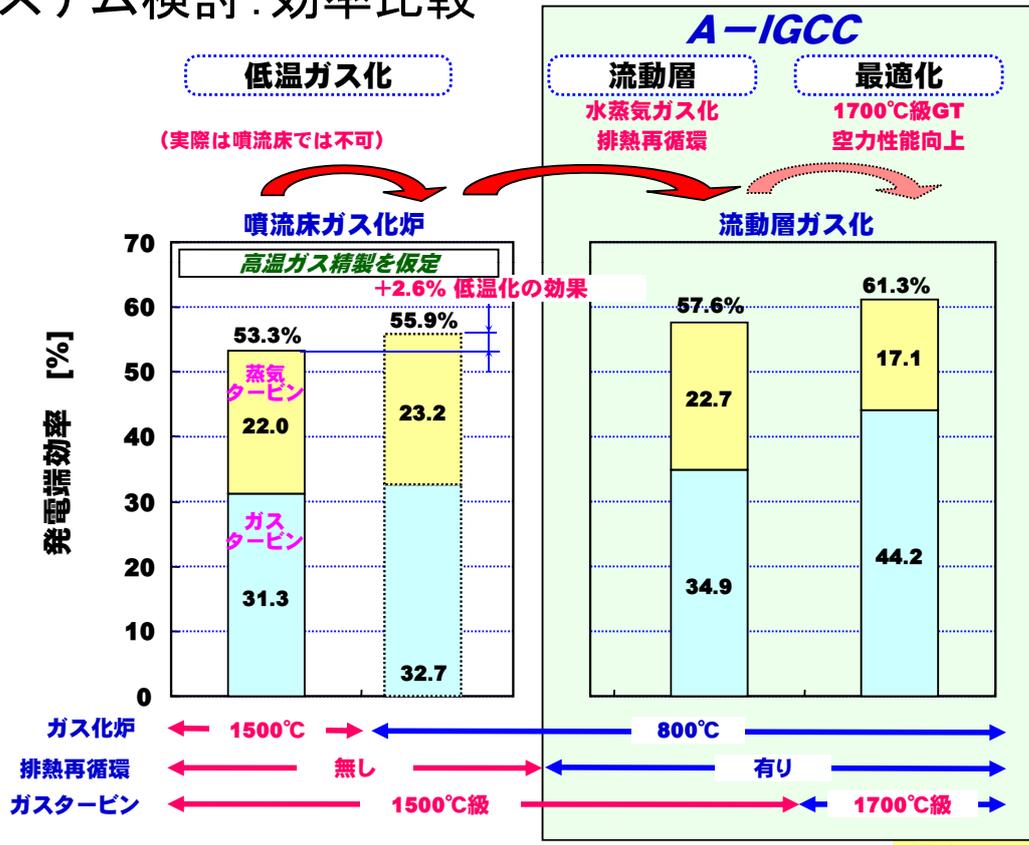
ガス化炉をオートサーマル条件とするためのガス化炉への入熱41MWは、GT出口ガスにより供給可能。1500°C級A-IGCCに対して、タービン入り口温度上昇に対応して圧力比を増大した。最終的に、酸素製造動力込みの効率で56.0%となる。

## ①システム検討:A-IGFCシステム計算

- ガス化ガス成分に合わせたSOFCモデルを構築中
- 試算では、アノード排ガスをガス化に用いることにより効率向上が可能であることを確認した。



# ①システム検討:効率比較



事業原簿 77頁

担当:産総研、IHI 13

# ①システム検討:H21以降の予定

- A-IGCCおよびA-IGFCについて、最適化の検討を進める。ガス化以外の構成要素について開発動向を調査するとともに、その結果を踏まえてガス化温度900°C以下の最適なシステムを選定する。
- 具体的にはクリーンアップ技術、ガスタービン、燃料電池、石炭の脱水・乾燥、酸素製造装置、材料等の開発動向を踏まえて、燃料電池の解析モデル等の改良を進めるとともに、CCSシステムを組み込んだ検討を行う。

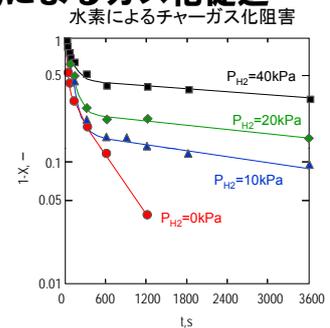
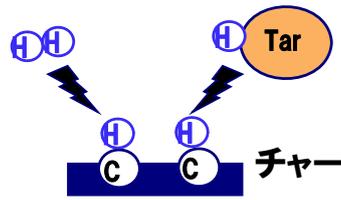
## 【最終目標】

- ・目標値 :ガス化温度900°C以下のガス化システムの開発
- ・設定根拠:発電効率65%(送電端)を成立させるための石炭ガス化条件

## ②低温ガス化(産総研、九大、IHI)

低温 (<900°C) における石炭水蒸気ガス化促進

→揮発成分とチャー粒子の共存による水蒸気ガス化阻害低減によるガス化促進

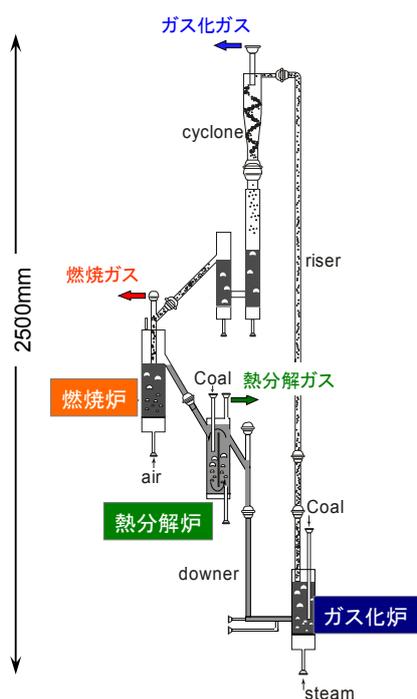


- ✓ 熱分解工程の分離、揮発成分非存在下でのチャーガス化
- ✓ 熱分解炉でのタール改質(揮発成分のタールフリー化)

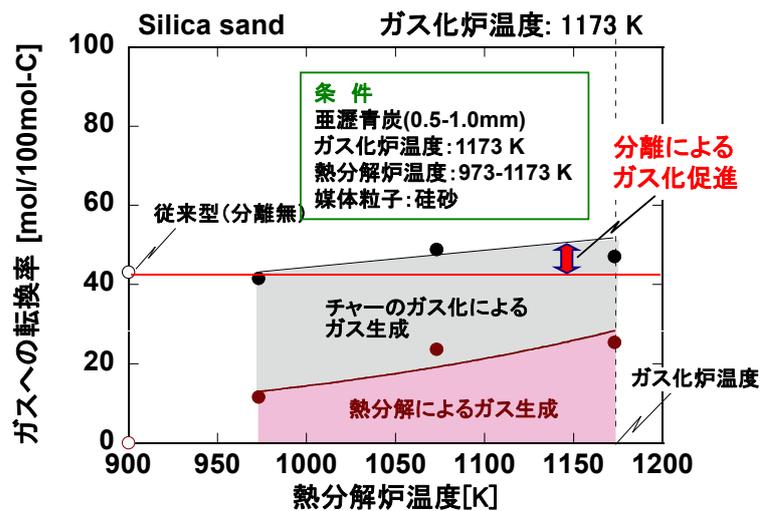
	目標	H19	H20-現在	今後
試作した装置の形式	高濃度・高速粒子循環システム	循環流動層(分離無)	熱分解炉分離型循環流動層	DTF併設循環流動層
熱分解炉での滞留時間	数秒	熱分解とガス化は同時	数分	数秒
石炭中のアルカリ・アルカリ土類金属	ガス化触媒として機能	ガス化触媒として機能	触媒活性低下	ガス化触媒として機能
チャーガス化に及ぼすガス化阻害	阻害無	揮発分による阻害	阻害無	阻害無

15

## ②低温ガス化: 熱分解炉とガス化炉の分離によるガス化促進の一例



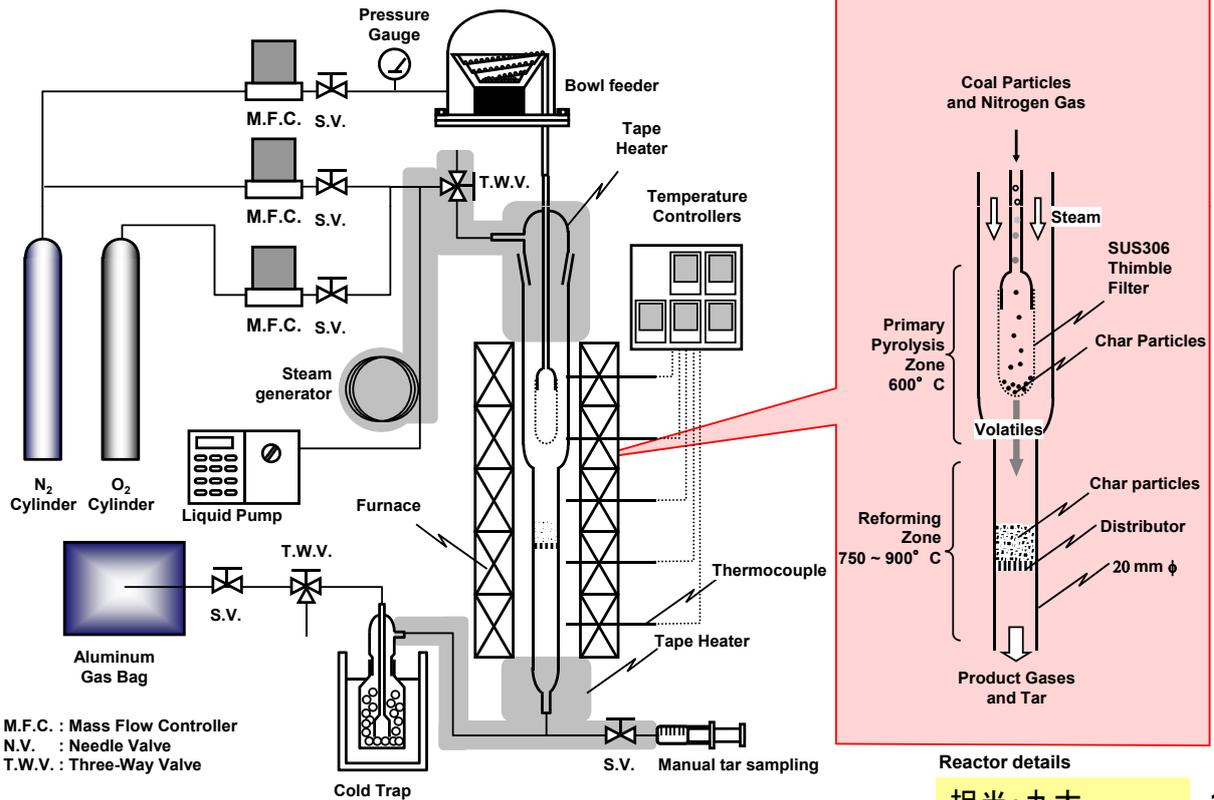
石英製熱分解炉分離型循環流動層装置



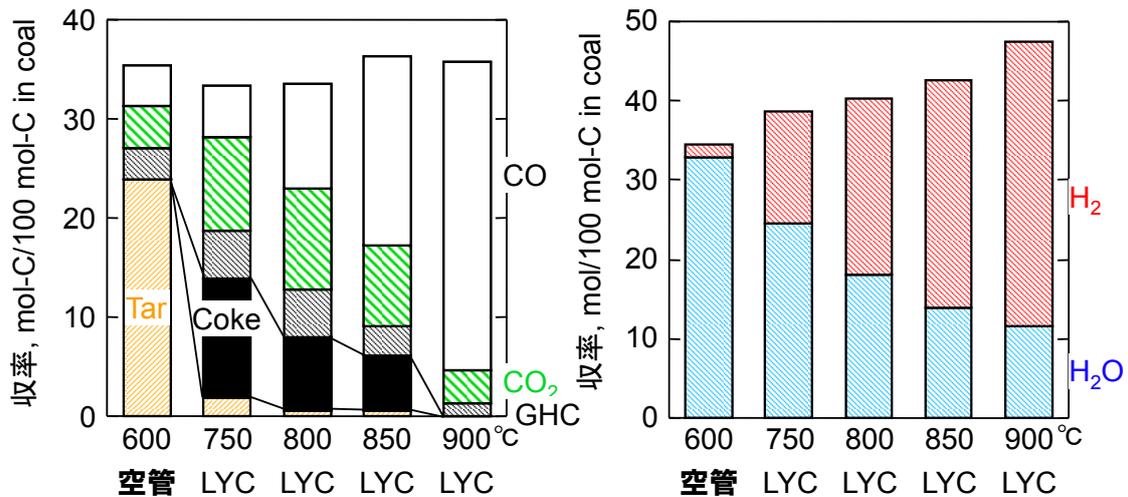
### 課題

- 1) 現在の装置では、熱分解炉とガス化炉を分離できてはいるが、ダウナーの機能を模擬出来ていないので、装置の改良が必要。

## ②低温ガス化：チャーによるタール改質



## ②低温ガス化：タール改質結果



- 750-850°C タールは主にコークに転換
- 900°C チャー・コークの水蒸気ガス化. ベンゼン以外の芳香族を消去

### ③炉内流動解析(東大、産総研、阪大) 流動媒体の高速高密度循環システム

- $G_s = 200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  (平成20年度目標値)を達成するような二塔式システムの構造の検討

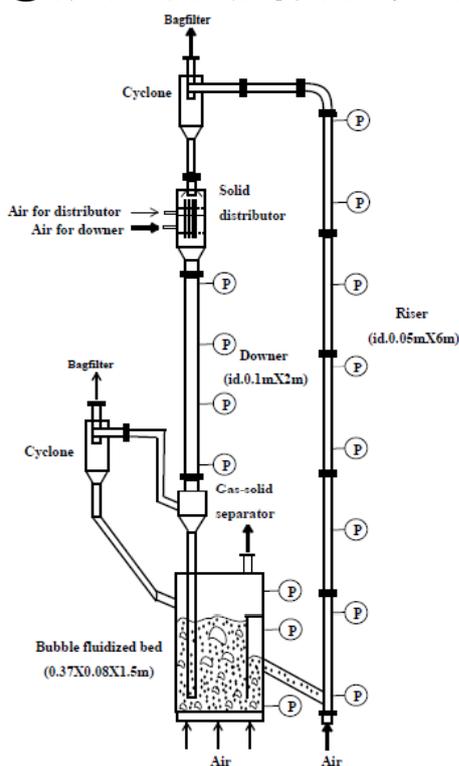
#### ダウン熱分解炉

- 熱分解炉構造(滞留時間分布・粒子密度・伝熱)
- 石炭粒子供給方法の検討と構造の最適化

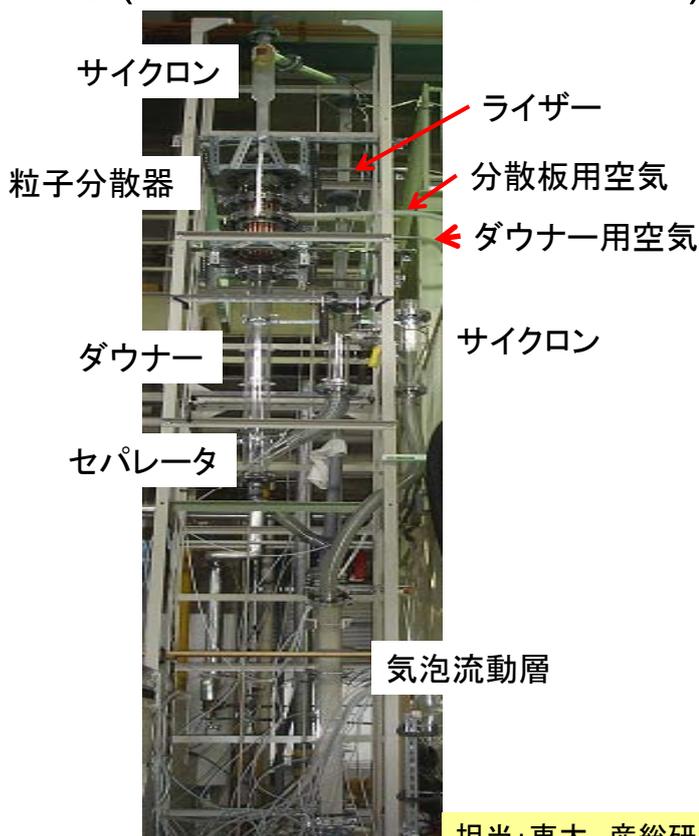
#### 数値シミュレーションによる流動の検討

- ガス化炉・粒子再循環部付近の高濃度流れの検討
- ライザー・ダウンにおける流動の検討
- 数値解析手法(大規模計算, 熱流動モデルなど)の検討

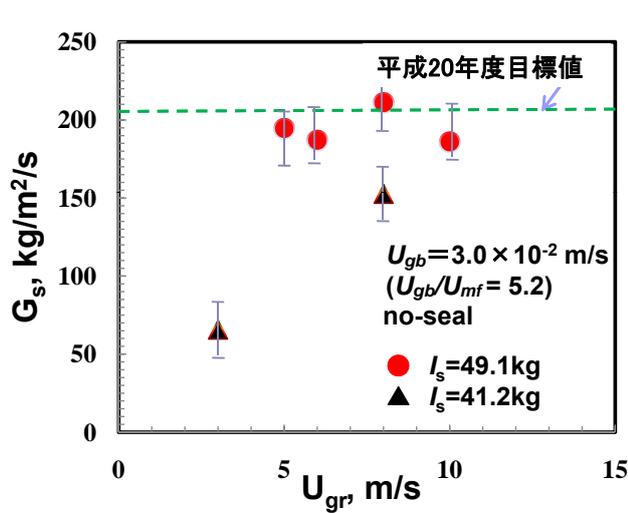
### ③炉内流動解析: 実験結果(流動媒体の循環システム)



ダウンコールドモデル

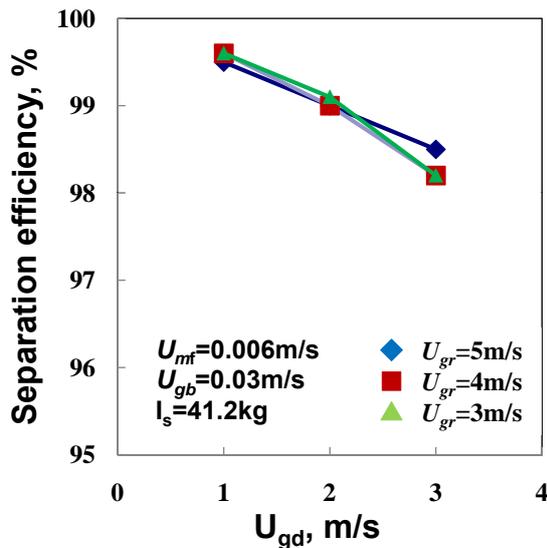


### ③炉内流動解析：実験結果2(粒子循環と気固分離)



ライザー空塔速度とG<sub>s</sub>の関係

$I_s=49.1 \text{ kg}$ ,  $U_{gr}=8 \text{ m/s}$ で  
 $G_s=211 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ を達成

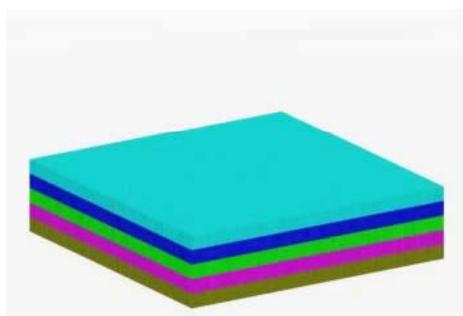


ダウン空塔速度と気固分離効率の関係

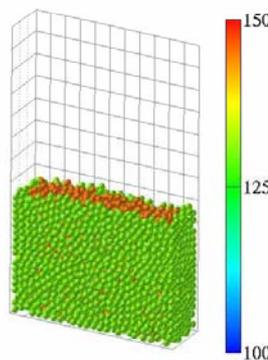
$I_s=41.2 \text{ kg}$ ,  $U_{gd}=1-3 \text{ m/s}$ で分  
 離効率98.2-99.6%を達成

### ③炉内流動解析：数値シミュレーション

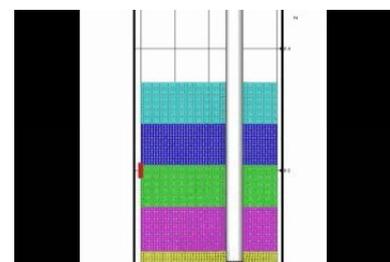
結果の一例(動画)



3次元大規模流動層  
 (粒子数 900万個)



熱流動解析



ガス化炉内流動解析

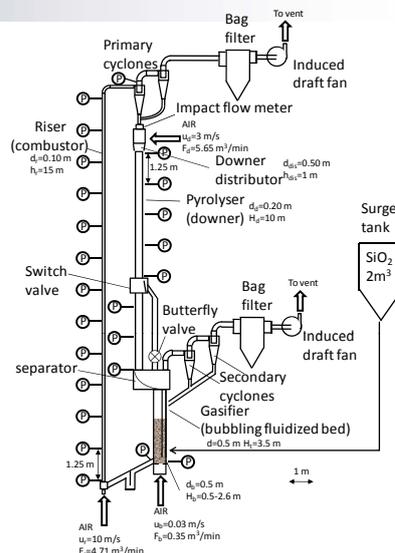
### ③炉内流動解析：今後の予定

#### 実験

- $G_s = 200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、高密度輸送を安定して達成可能な、運転条件と装置構造の検討
- ダウナー出口の気固分離度の測定と最適構造の検討
- 粒子滞留時間・伝熱速度の測定
- 石炭の供給方法の検討
- 大型コールドモデルの建設(千葉)

#### 数値シミュレーション

- ガス化炉における粒子滞留時間, 高粒子循環量達成に関する検討
- ライザー、ダウナーにおける流動の検討
- 数値解析手法(大規模計算, 熱流動モデルなど)の検討



大型循環流動層コールドモデル  
(建設予定)

### ④触媒ガス化による低温ガス化の検討

#### 目的：

- ①ガスタービン排熱のガス化炉への熱交換を可能とするため、極力低温でガス化できる手法を検討する。
- ②低温ガス化により冷ガス効率を向上させ、さらなる発電効率向上を目指す。

#### (1)天然鉱物の触媒開発(東北大学)

低コストの天然石灰石やソーダ灰の石炭への担持法および接触ガス化法を開発する。触媒担持および接触ガス化法の最適条件を探索する。

#### (2)金属精錬廃液等の触媒開発(群馬大学)

Ni精錬で発生する廃液中Niの石炭への担持法および低温接触ガス化法を開発する。Ni担持および接触ガス化の最適条件を探索するとともに、ガス化灰からNiの回収法も検討する。

#### (3)往還型の触媒開発(九州大学)

アルカリ金属触媒が担体とチャーの間を往還しながら、チャーガス化とタール改を同時に促進する方法を開発する。触媒損失の最小化、担体種最適化、最適担持率を検討する。

#### (4)ケミカルループガス化法の検討(JCOAL)

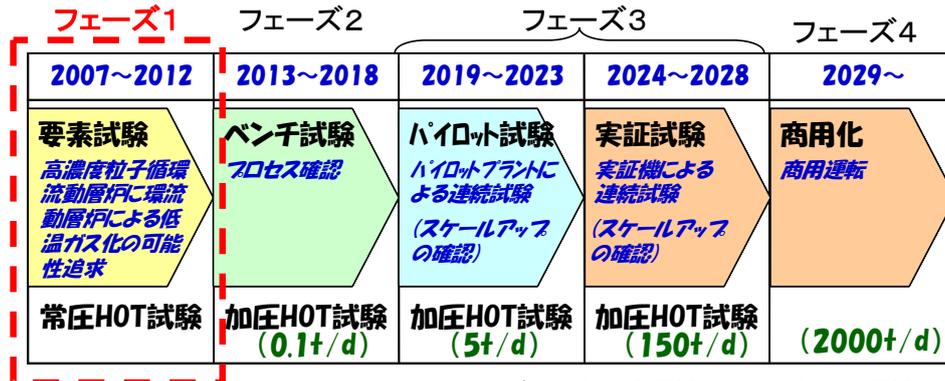
ケミカルループにおける酸化カルシウムガス化促進剤の熱輸送、石炭低温ガス化反応性の促進、繰り返し反応・物性変化を検討するとともに、促進剤再生の最適条件を検討する。



## (7) 成果の実用化について

A-IGCCの開発にあたっては、研究開発段階毎にフェーズを分割し、それぞれの目標達成度により次期フェーズへの進捗を判断する。

- フェーズ1 : 原理実証(常圧)
- フェーズ2 : ベンチスケール試験(加圧)
- フェーズ3 : スケールアップ(パイロット試験、実証試験)
- フェーズ4 : 商用化



スケールアップ: 10倍(大型炉)~50倍(小型炉)  
各フェーズ毎に5年間の研究期間が必要