

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト  
革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発  
石炭ガス化発電高水素濃度対応低NO<sub>x</sub>技術開発  
概要 (公開)

2010年8月19日

(財)電力中央研究所  
エネルギー技術研究所



九州大学  
先導物質化学研究所



KYUSHU UNIVERSITY

(株)日立製作所

HITACHI  
Inspire the Next

# 日本の石炭ガス化技術の開発状況

## 空気吹きガス化技術

200t/d  
パイロット

- ・システム成立性検証
- ・発電端効率 43%\* (\*:1,300°C級GT使用時)
- ・連続 789時間運転
- ・累積 4,700時間運転



1700t/d  
勿来実証機

商用化待機

- ・発電端効率 42%(LHV)
- ・連続 2,000時間運転
- ・5000時間運転



## 酸素吹きガス化技術

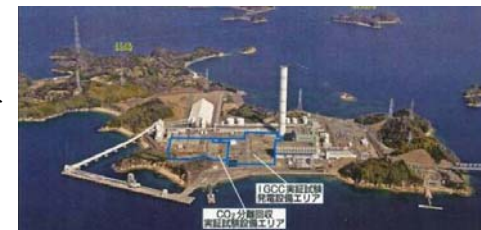
50t/d  
Hycol炉



150t/d EAGLE

- ・炭素転換率99%以上
- ・連続運転 1,015 時間
- ・多炭種対応(8炭種)など

1500t/d  
大崎実証機



1990

1995

2000

2005

2010

2015

2020

# 世界のIGCC-CCS開発状況

## ●ガス化技術の進化

## ●一層の高効率化とCCSの実現、低コスト化

【プロジェクトの一例】

### Zero Gen

- ・豪州ZeroGen社
- ・発電端出力530MW
- ・2015/9月運開予定
- ・貯留量2.0Mtpa



図2 IGCC+CCSの構成

【プロジェクトの一例】

### Green Gen

- ・中国 GreenGen社
- ・Phase I (2006-2011) 2,000tpd IGCC Tianjin
- ・Phase II (2010-2013) 3,500-2,000tpd IGCC+水素製造+CCS
- ・Phase III (2014-2017) 400MW IGCC+水素製造+FC+CCS



●IGCC : 運開、発電端出力  
○IGCC-CCS: CCS開始予定、  
年間貯留量

**IGCC+CCS**  
Pre-Combustion方式  
によるCCSの実施

Southern California Edison ○  
(米,2017,3.0Mtpa)

Teeside ○  
(英,2015,4.2Mtpa)

Hatfield ○  
(英,2015,4.75Mtpa)

Magnum ○  
(オランダ,2015,2.0Mtpa)

**ZeroGen ○**  
(豪,2015,2.0Mtpa)

Future Gen○  
(米,2015,貯留量未定)

Taylorville ○  
(米,2015,3.0Mtpa)

**GreenGen○**  
(中,2010-2013,貯留量未定)

Goldenbergwerk ○  
(独RWE,2014,2.6Mtpa)

**IGCC**

- Puertollano  
(スペイン,318MW,1997)
- Polk Power  
(米,315MW,1996)
- Wabash River  
(米,296MW,1995)
- Buggenum  
(オランダ,284MW,1994)

**IGCC**

- Cash Ceek  
(米,630MW,2014)
- Taan  
(韓,300MW,2012)
- Edwardsport  
(米,630MW,2012)



# IGCC-CCS開発に向けた新たなガスタービンおよびガス化技術

## Pre-Combustion技術 水素リッチガス燃焼タービンの開発

- ・安定した燃焼

- ・低NO<sub>x</sub>燃焼

→タービン設計、製作、実証

酸素吹きEagle炉を設計、建設、運転している日立製作所

## O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術

- O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化とO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>クローズドガスタービンを組み合わせ、CO<sub>2</sub>回収と高効率発電を実現するシステムは世界に例がない

- 効率的な開発：

- ①わが国の既存ガス化技術を活用、開発経験の最大利用

- ②シミュレーション技術の活用

- ③基盤解析、基盤技術の強化

- ④企業の支援を得て、電力中央研究所一九大との密接な連携

# 新しいCO<sub>2</sub>回収型高効率IGCCシステムの概念

## 新システムの特徴

1. 「酸素-CO<sub>2</sub>吹きガス化」と「酸素-CO<sub>2</sub>ガス燃焼クローズド・ガスタービン」の採用により、発電端効率の大幅な向上
2. CO<sub>2</sub>排ガスの循環によりCO<sub>2</sub>分離回収装置が不要となり、効率向上とシステムの簡素化が可能

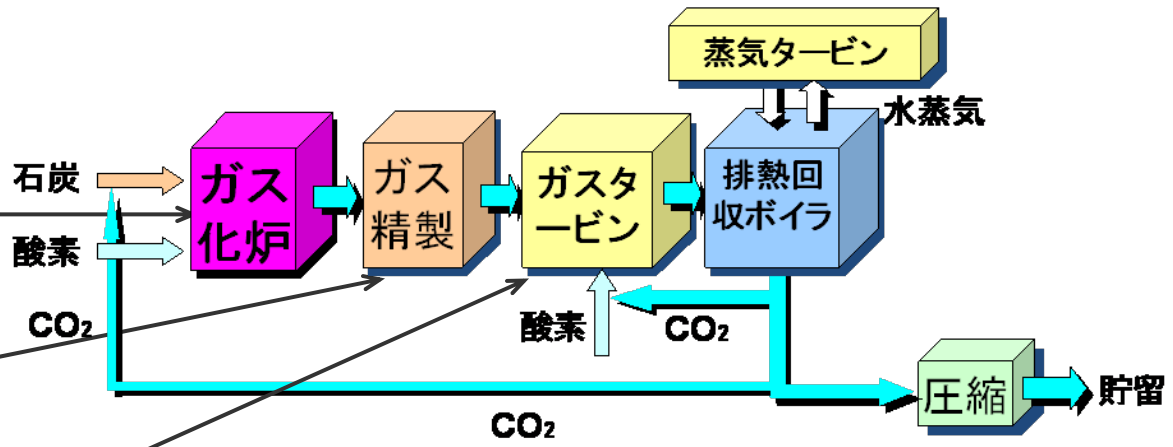
## 【研究開発のポイント】

酸素-CO<sub>2</sub>ガス化技術の開発

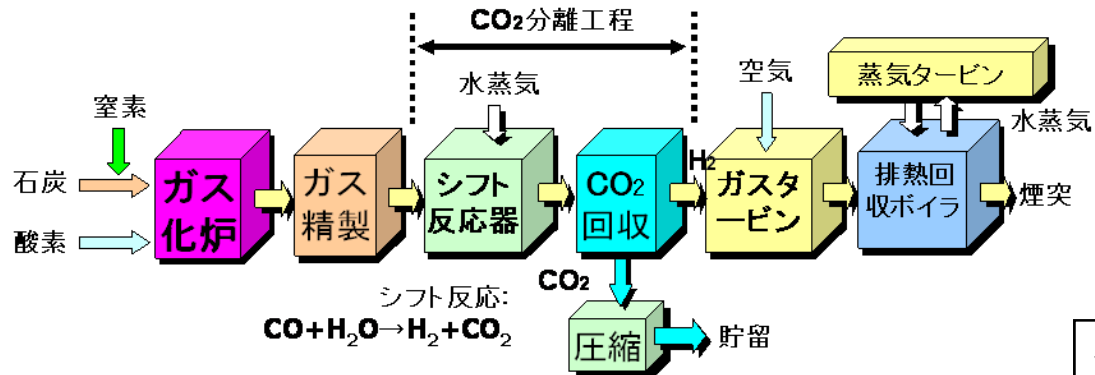
高CO条件での乾式ガス精製の最適化

酸素-CO<sub>2</sub>ガス燃焼GTの課題抽出

全体システムの実現可能性評価(実機FS)



従来検討されているCO<sub>2</sub>回収型IGCC



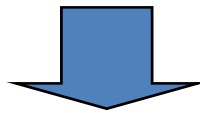
# アジアの石炭を広く利用できるIGCC-CCS

## エネルギーセキュリティ

- ・ 中国・インドの発展→エネルギー争奪戦
- ・ 良質な石炭の入手難

## 革新的技術のアジアへの展開

- ・ 地球規模でのCO<sub>2</sub>削減への貢献



- 亜瀝青炭、褐炭など低品位炭の活用
- 高水分炭、高灰分炭、高灰融点炭などへの適合技術の開発

# 研究開発目標達成に向けた役割分担

電力中央研究所

共同

九州大学等

● 小型ガス化炉の改造と運転

● プロセス開発に貢献する基盤研究

## 1. 酸素- CO<sub>2</sub>ガス化技術の開発

## 1. 石炭およびチャーの構造とガス化反応性

基本ガス化反応の解析・評価

2. 石炭中の鉱物の分析と挙動、ガス化への効果

・CO<sub>2</sub>ガス化反応速度の取得  
・ガス化反応モデルの開発

3. ガス化において生成する灰の物性・構造・挙動の解析

数値解析によるガス化炉最適化検討  
※1700トン/日級シミュレーターの開発

4. ガス化炉内流動解析  
200トン/日ベースシミュレーターの採用

小型ガス化炉による基本性能実証

## 2. 高CO条件における乾式ガス精製の最適化

5. COリッチ生成ガスの操作性 (GT燃焼性)

## 3. 実機フィージビリティ・スタディ (FS)

6. 石炭の前処理  
適合炭の選択、適用性向上の実現

## 4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発

# 開発目標と達成状況

開発項目	中間目標	達成状況
事業全体	送電端効率向上(42%:HHV基準、CO <sub>2</sub> 回収後)のための主要構成技術の目途を得る	送電端効率42%を達成するための技術課題を明らかにする等、概ね目標を達成
1. 酸素-CO <sub>2</sub> ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価	高温加圧下での高濃度CO <sub>2</sub> に対するガス化反応速度の解明と基準炭(中国炭等)の反応速度取得、灰分の溶融性把握	中国炭、インドネシア炭の2炭種の反応速度データを取得。酸素とCO <sub>2</sub> が共存する雰囲気下でのチャーガス化特性、熱分解、気相反応挙動、炭種の影響および灰分の溶融流動性を解明
・数値解析によるガス化炉最適化検討	試験炉成果を用いて高精度実機ガス化炉シミュレータの開発、実機ガス化性能の予測・評価	3トン小型炉から200トン/日、1700トン/日の実機へ適用可能なシミュレータの開発を完了。最適CO <sub>2</sub> 濃度等の実機性能予測を年度内に完成見込み
・小型ガス化炉による基本性能実証	小型ガス化炉による基本性能実証と課題抽出	小型ガス化炉を用いたCO <sub>2</sub> 投入ガス化試験を行い、操作性および運転条件等の最適化実験が可能になった。基本性能に及ぼすCO <sub>2</sub> 濃度の影響などを解明すると共に、技術課題を抽出
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化	実機適用に向けた乾式脱硫等の性能評価とシステム最適化、課題の抽出、実ガスによる基本性能実証	温度と水蒸気濃度に着目し、脱硫性能と炭素析出抑制を両立させる運転条件を解明。実ガス試験で脱硫性能を実証、長期寿命を目指す
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	実機メーカーFSによるプラント性能、諸効率、概略コストの評価および技術課題の抽出	主要機器の実機適用性を考慮し、システム効率、プラントレイアウト評価等を行い、42%達成への技術課題を抽出
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	アジア地域の低品位炭に対する利用技術の開発と課題抽出	溶剤による褐炭の前処理技術、高灰分高融点炭の脱灰の効果を確認。経済性の評価を行う



# 成果実用化の見通し

2010

2020

2030

(既存技術)

空気吹きガス化技術

酸素吹きガス化技術

実証～商用化

パイロット～実証 (2017)

※O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>ガス化技術については、既存パイロットガス化炉の活用等により短期間かつ低コストで技術実証が可能

O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> 吹きガス化技術

3トン/日炉

30-40トン/日(GT一貫システム)

(既存技術)

1300～1500℃級

オープンGT技術

CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術

200トン/日(パイロット)

2000トン/日(実証)

CO<sub>2</sub>輸送・貯留技術の確立

- 既存ガス化技術の知見、3トン/日炉、ベンチプラント(GT一貫システム)による成立性の確認、さらにシミュレーション技術の活用により、2020-30年頃の実用化に向けたスムーズな展開が可能
- CO<sub>2</sub>循環クローズドGT技術や再生熱交換器の開発は、WENETやAHAT、1700℃級GT開発での知見を有効活用することにより、効率的な開発が可能

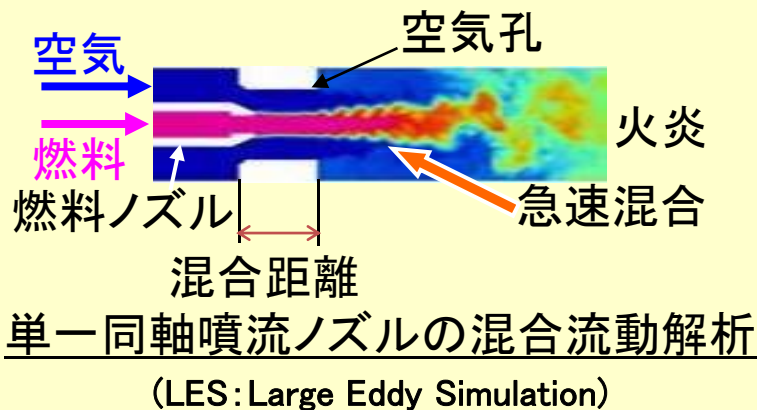
# 高水素濃度対応低ガスタービンの開発

## 目的 ■IGCCのキー構成要素であるガスタービンの高効率稼動

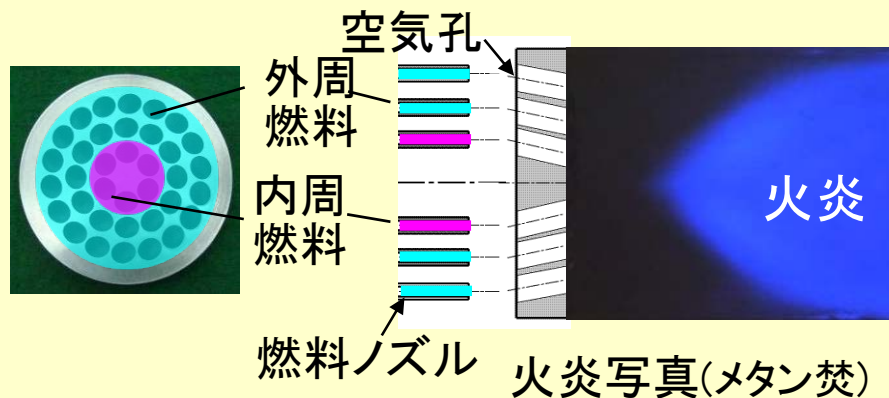
- ・CCS-IGCCではCO<sub>2</sub>回収率の変化に伴い幅広く水素濃度が変化
- ・既存低NO<sub>x</sub>燃焼(予混合燃焼)技術では高水素濃度に伴う信頼性に問題あり
- ・現状(拡散燃焼)技術はNO<sub>x</sub>低減に不活性媒体を噴射しプラント効率低下

⇒ **世界初の 高水素濃度対応ドライ低NO<sub>x</sub>燃焼技術の開発**

・短い混合距離で急速混合⇒耐逆火性

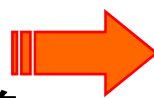


・内外周燃料比率制御で組成変化に対応



・高水素濃度燃料の課題

発火しやすく、燃焼速度が速い  
⇒バーナーへの火炎付着



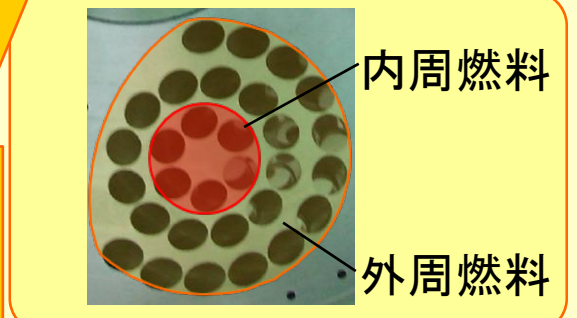
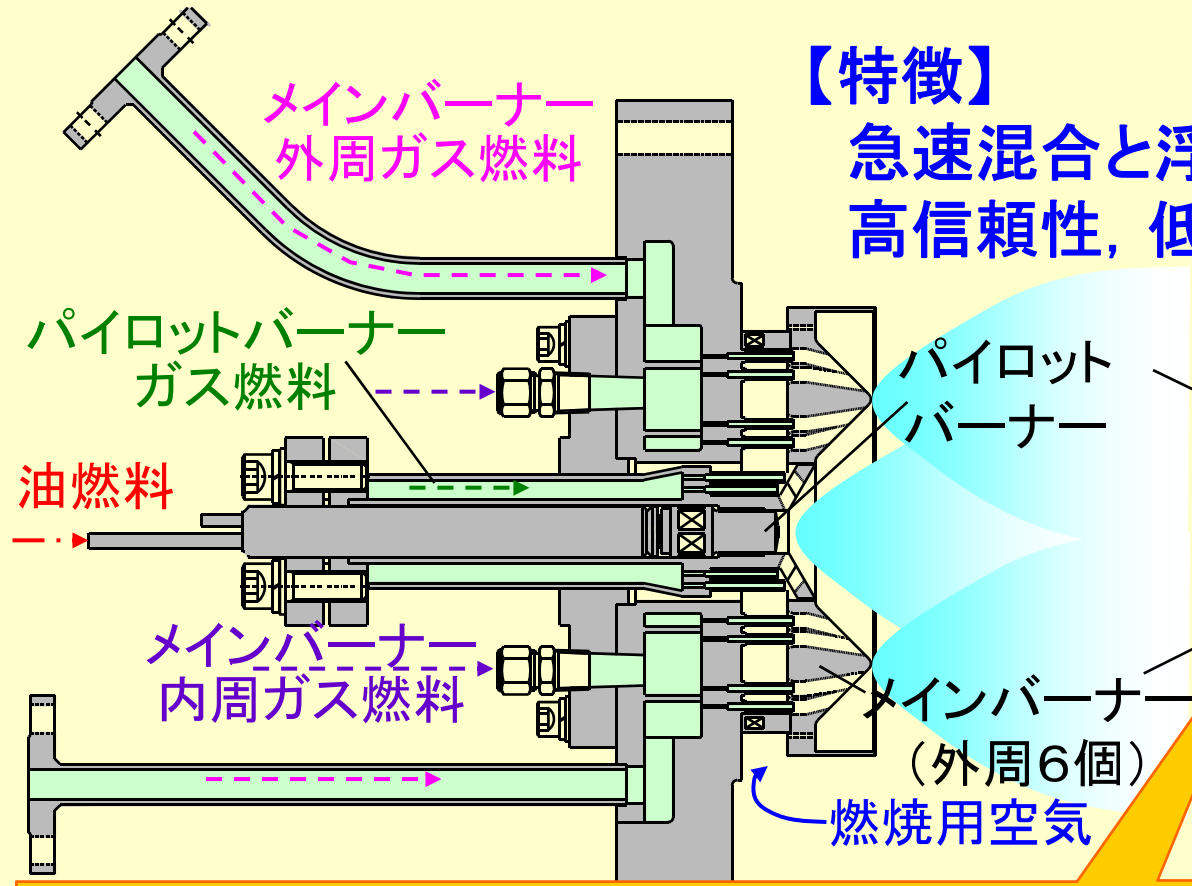
**浮上火炎を形成し、バーナーへの火炎付着を防止**

# マルチクラスターバーナー形式ドライ低NOx燃焼器

## ■ 世界初の高水素濃度対応ドライ低NOx燃焼器

### 【特徴】

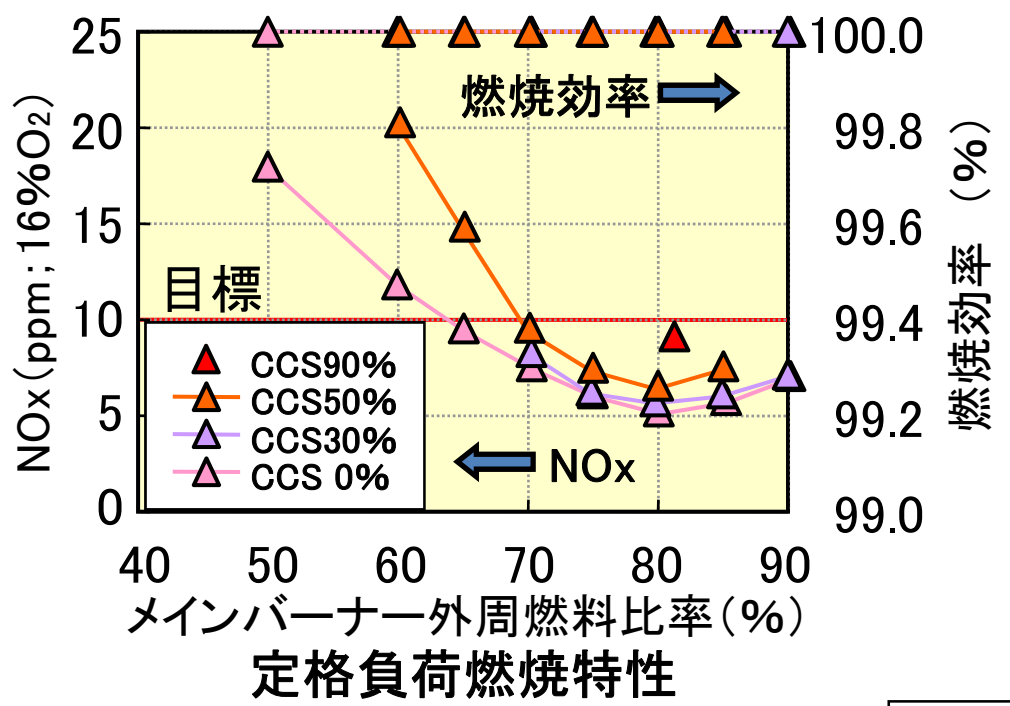
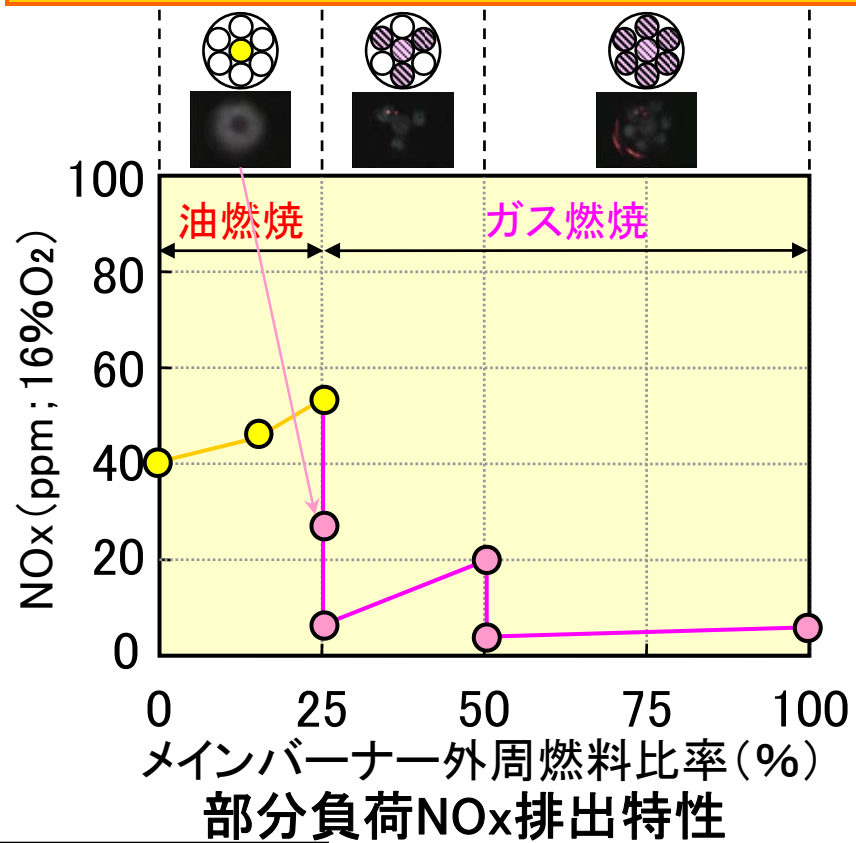
急速混合と浮上火炎を実現した  
高信頼性, 低NOx燃焼器



$$\text{メインバーナー外周燃料比率} = \frac{\text{メインバーナー外周燃料流量}}{\text{メインバーナー全燃料流量}}$$

# マルチクラスターバーナー燃焼特性

- 高水素濃度燃料に対し、同一バーナー構造で逆火なく安定燃焼できることを確認
- CCS 0%~90%の広範囲な燃料で目標値10ppm以下の低NOx化を達成
- 燃焼効率は99.99%以上であり、安定燃焼を確認



# 実用化の見通し

■ クラスタバーナーは将来システムのCO2クローズドGT, IG-HATとの親和性が良く、広く展開可能な燃焼基盤技術

