

# 我が国のクリーンコール技術開発の今後の展開

第9回日中エネルギー・環境総合フォーラム

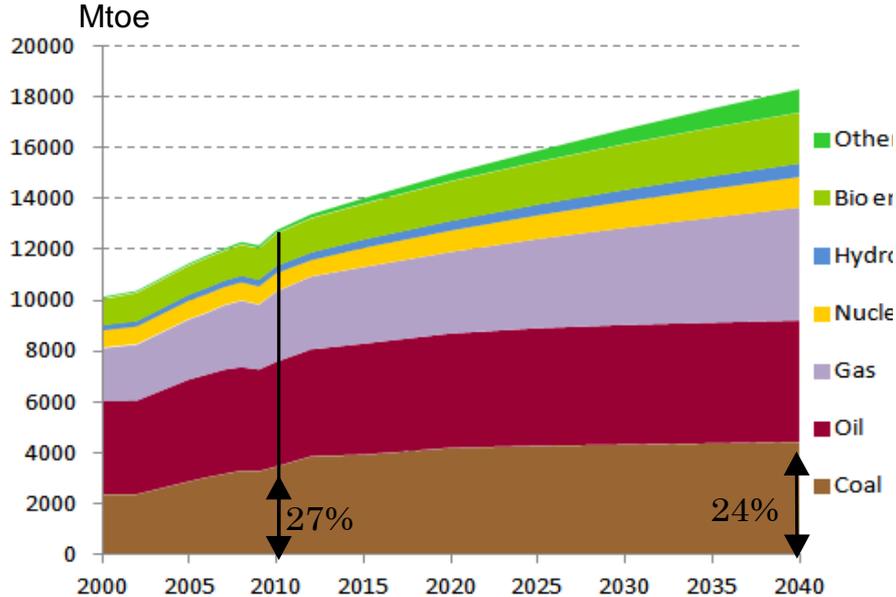
2015年11月29日

ザ・プリンスパークタワー東京 コンベンションホール

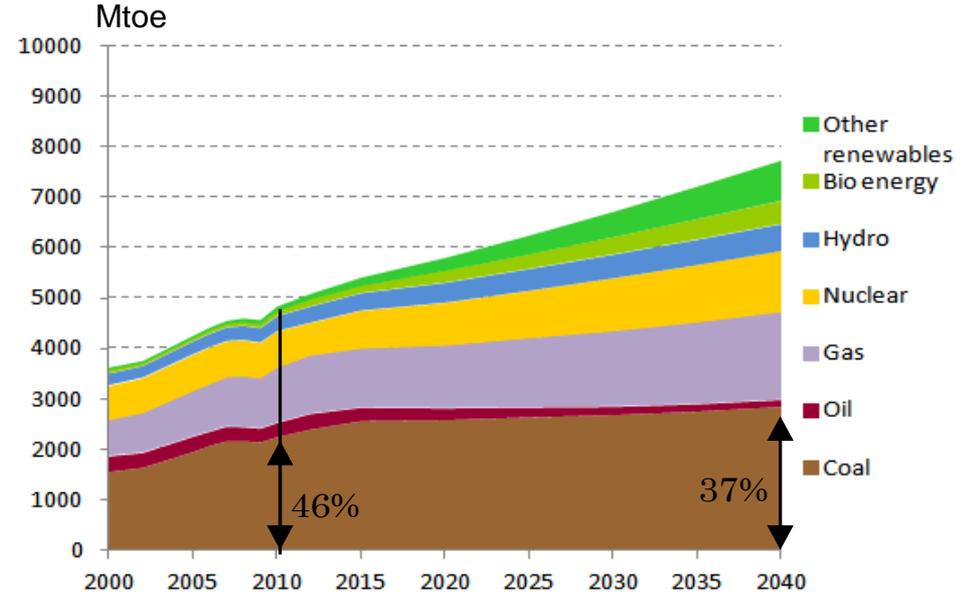
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
環境部 統括研究員 在間 信之

# 2040年までの世界の石炭需要見通し

- 石炭は、石油や天然ガスなど他のエネルギー源に比べて、地域偏在性が低く、かつ、安価で比較的価格も安定。
- エネルギー需要全体の伸びに併せて拡大の見通しであり、今後とも重要なエネルギー源として期待されている。



World primary energy demand by source

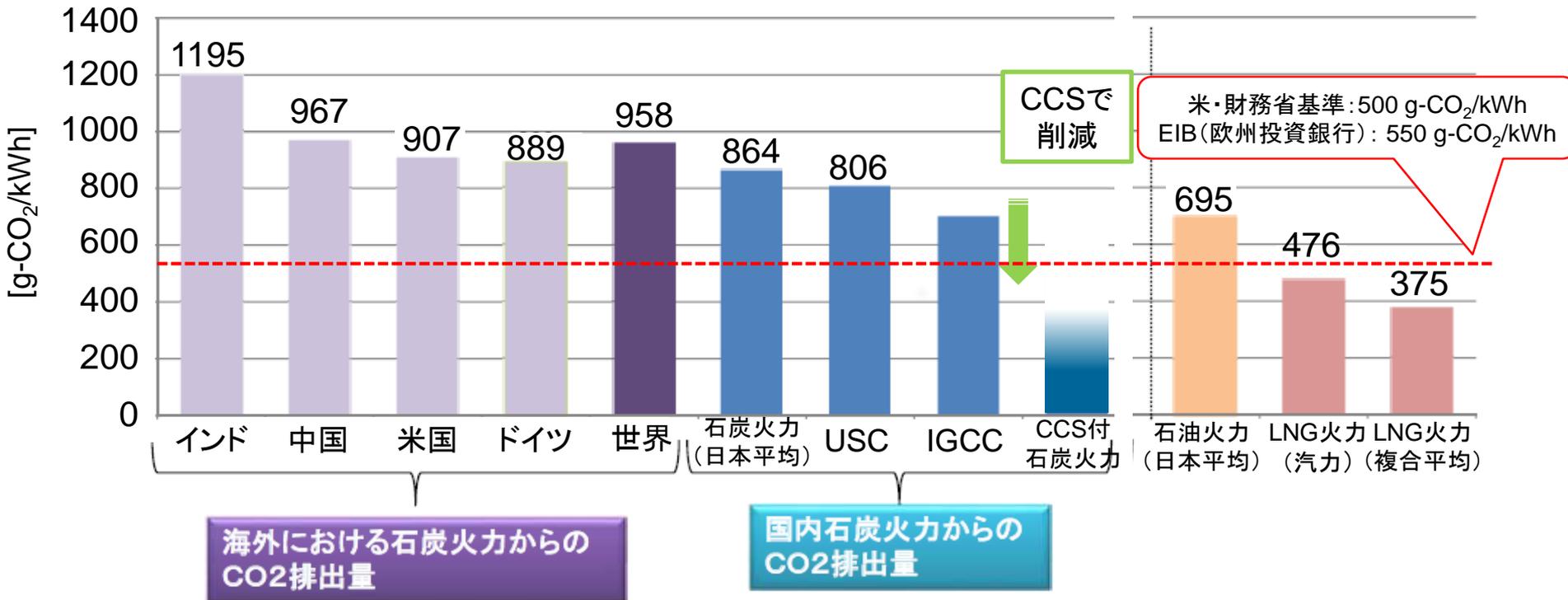


World power generation by source

# 発電における燃料毎のCO<sub>2</sub>発生量の比較

- 効率のよい超超臨界石炭火力発電においても、LNG火力発電に比べおよそ2倍のCO<sub>2</sub>を排出。
- 石炭火力最も発電の利用にあたっては、更なる効率の向上とCO<sub>2</sub>の貯留・利用が必要。

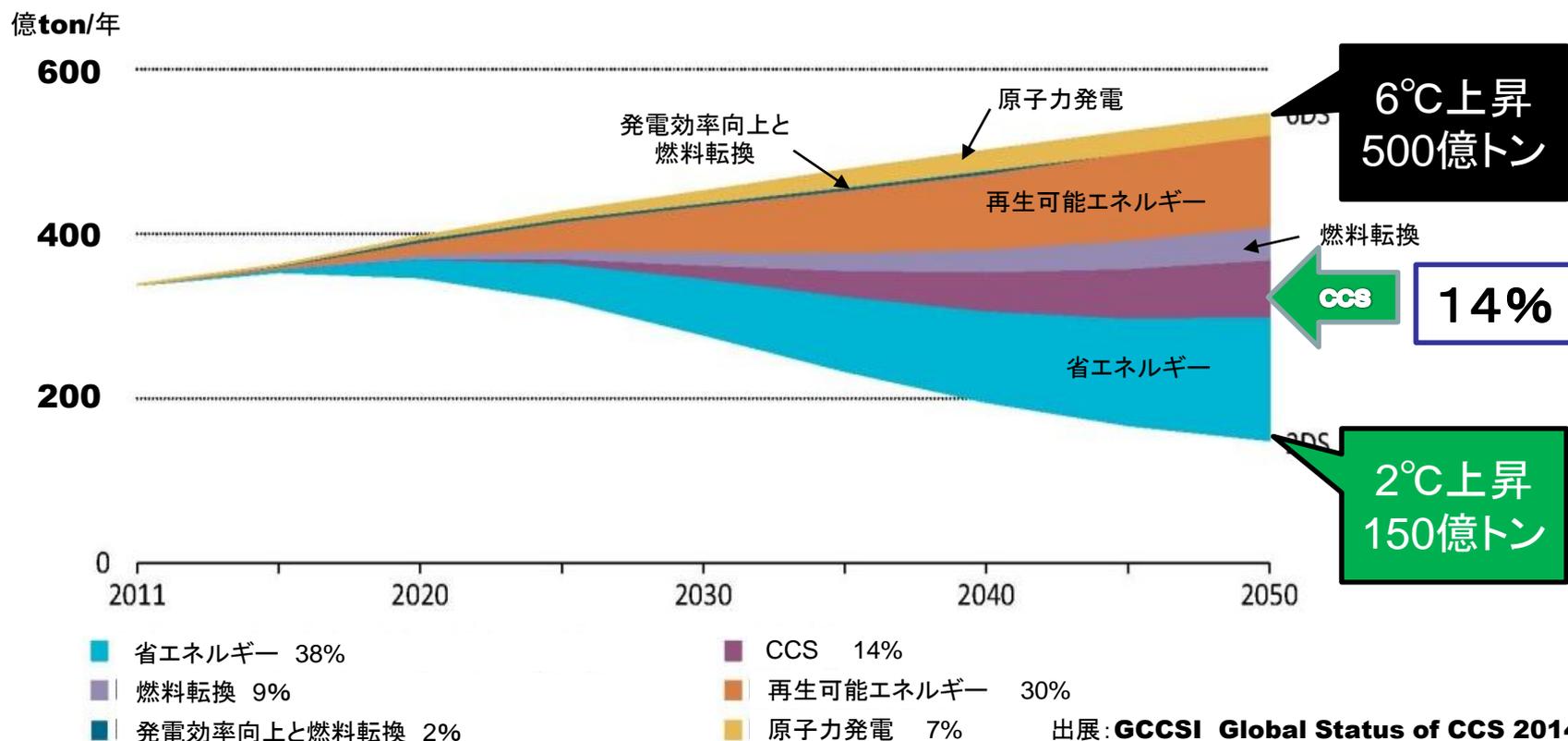
発電燃料別 kWh 当たりのCO<sub>2</sub>発生量



出典: 電力中央研究所 (2009)、各研究事業の開発目標をもとに推計。海外については、CO<sub>2</sub> Emissions Fuel Combustion 2012

# CCSの導入見通し

- 炭酸ガス発生抑制を行わない場合には**2050年に500億トン**に年間CO<sub>2</sub>発生量は増加し世界の平均気温は約**6°C**増加する。
- IEAのモデルでは平均気温の上昇を**2°C**に抑えるために年間CO<sub>2</sub>発生量を約**150億トン**に削減する必要があり、**CCSはこのCO<sub>2</sub>削減量の14%**を担うとされている。



## CO2回収コスト削減技術

石炭火力発電における低炭素化

発電効率の改善

CO<sub>2</sub>分離・回収技術の開発

製鉄業における低炭素化

CO<sub>2</sub>分離・回収及び排出抑制

低品位炭の利用

乾燥及び改質

インフラ輸出の促進

## NEDOプロジェクト

技術確立時期

IGCC (EAGLE STEP-1)

2006年

燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術開発

2017年

次世代高効率石炭ガス化技術開発

2030年

【燃焼前回収法】

EAGLEでの化学吸収法、物理吸収法の適用性評価 (STEP-2 & 3)

2014年

【その他の回収法】

CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発

2035年

CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

2030年

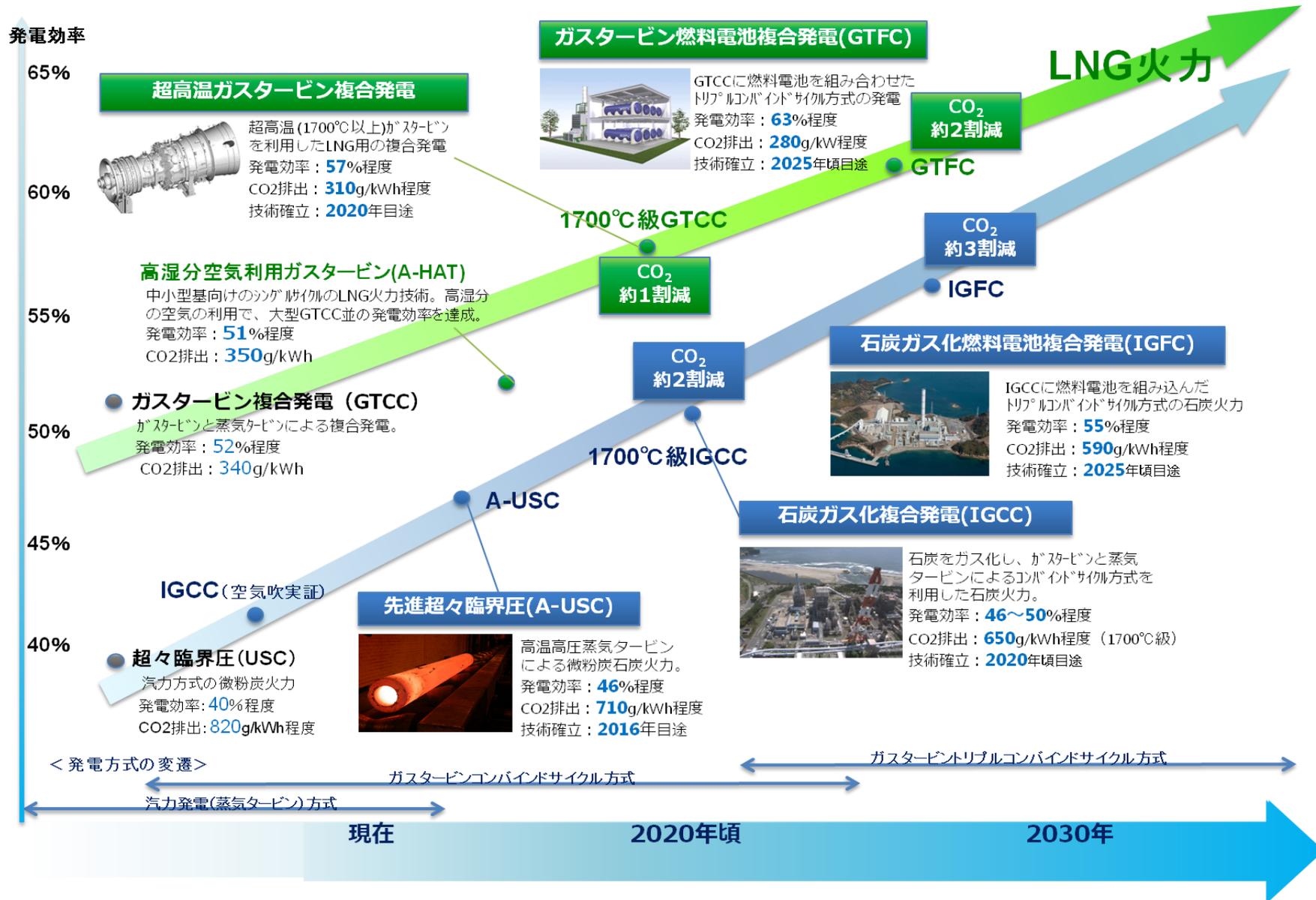
高炉製鉄所からのCO<sub>2</sub>削減 (COURSE50)

2030年 - 2050年

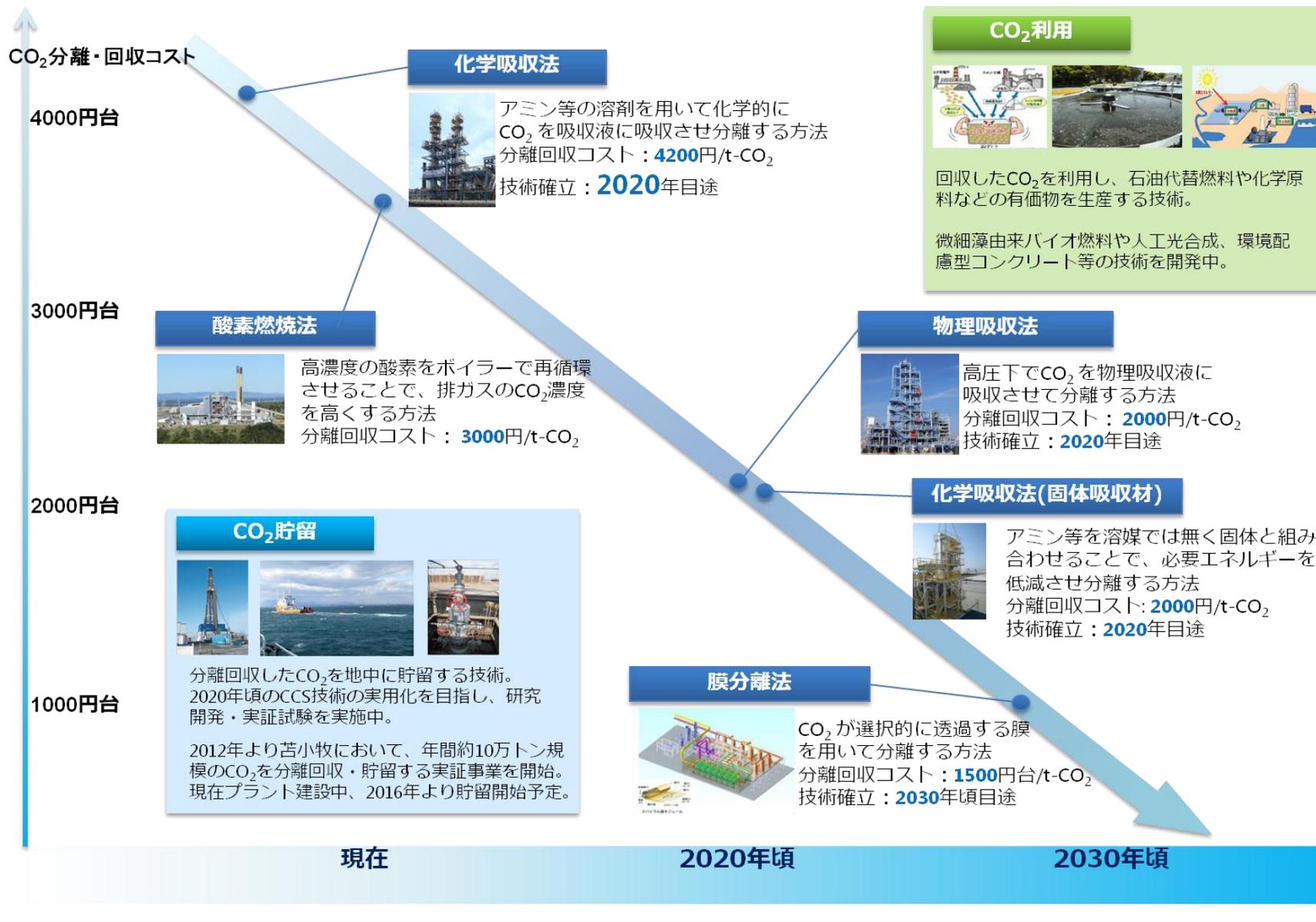
低品位炭利用促進事業

石炭FS、実証事業支援

# 発電効率の改善



# CO<sub>2</sub>分離・回収技術の開発



# A-USC(先進超々臨界圧火力発電)



高温、大径配管材料  
(提供；新日鐵住金株式会社)

## ■ 技術概要

USCの更なる高温化技術として、蒸気タービンの蒸気温度を700℃以上に高めた高効率発電技術。

## ■ 特徴

従来の微粉炭火力発電システムの構成を殆ど変えることなく、発電効率46%（送電端効率、HHV）が期待できる。

## ■ 技術確立時期

2016年度頃

## ■ CO<sub>2</sub>排出原単位

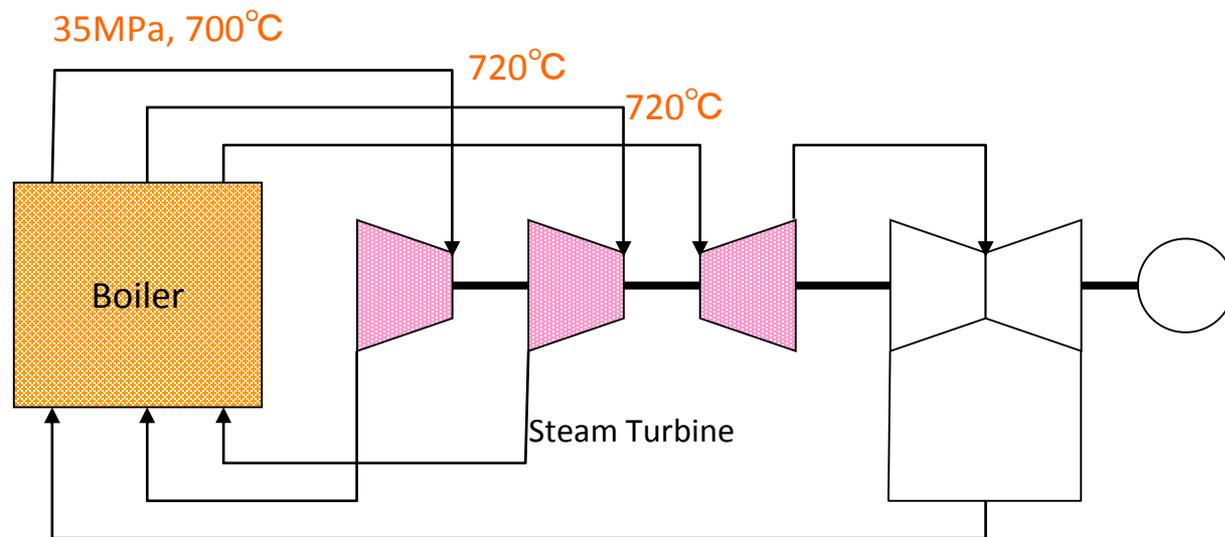
710 g-CO<sub>2</sub>/kWh程度

## ■ 送電端効率( HHV)

46%程度

## ■ コスト目標

従来機並みの発電単価



(出典；第1回次世代火力発電協議会資料(A-USC開発推進委員会)(2015.6))

# 水蒸気噴流床ガス化技術(革新的ガス化技術)

## ■ 技術概要

ガスタービンの排熱で作る水蒸気を、噴流床ガス化炉に添加するIGCCシステムの応用技術。

## ■ 特徴

噴流床ガス化炉に水蒸気をガス化剤として添加することで、酸素比が低減され、冷ガス効率が向上する。

## ■ 技術確立見込み

2030年度頃

## ■ CO<sub>2</sub>排出原単位見込み

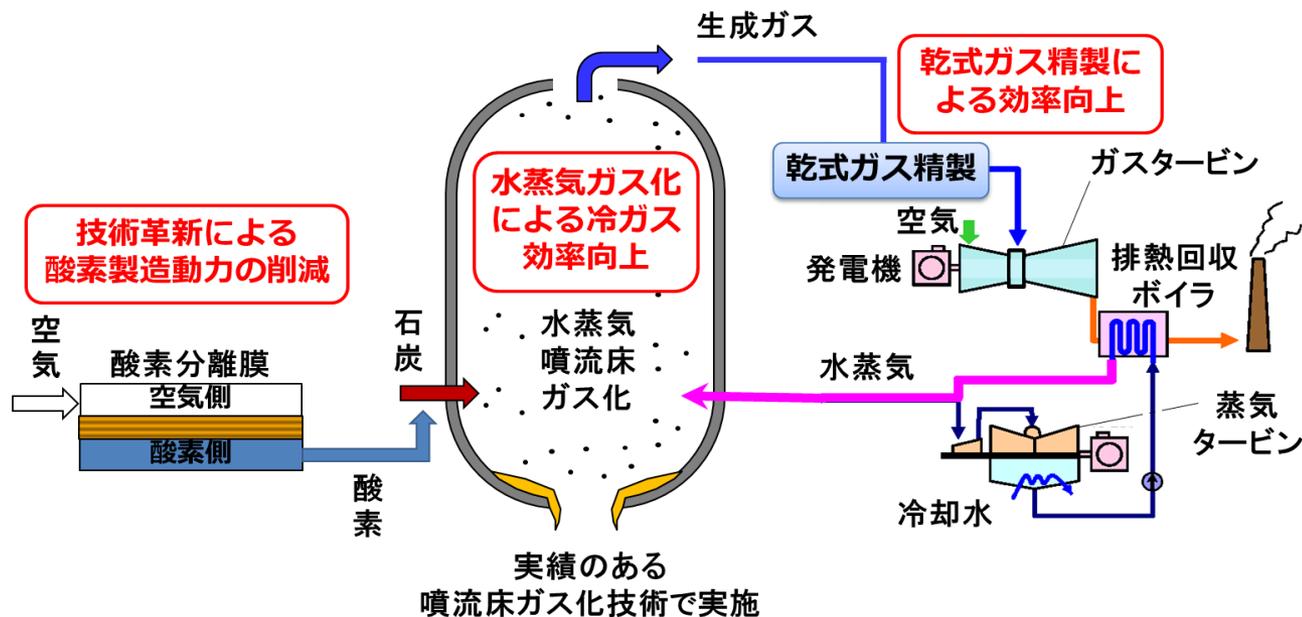
570 g-CO<sub>2</sub>/kWh程度

## ■ 送電端効率( HHV)見込み

57%程度

## ■ コストの見込み

商用機の発電原価が  
USCと同等以下



(出典 ; 第1回次世代火力発電協議会資料(NEDO)(2015.6))

石炭焚ボイラー

ポストコンバッション  
CO<sub>2</sub>回収技術

民間企業開発

酸素燃焼  
CO<sub>2</sub>回収技術

METI補助事業

ケミカルルーピング

CO<sub>2</sub>回収型  
次世代ガス化技術

発

石炭ガス化

プレコンバッション  
CO<sub>2</sub>回収技術  
(化学・物理)

CO<sub>2</sub>膜分離回収技術

METI 直轄事業

分離回収装置が必要

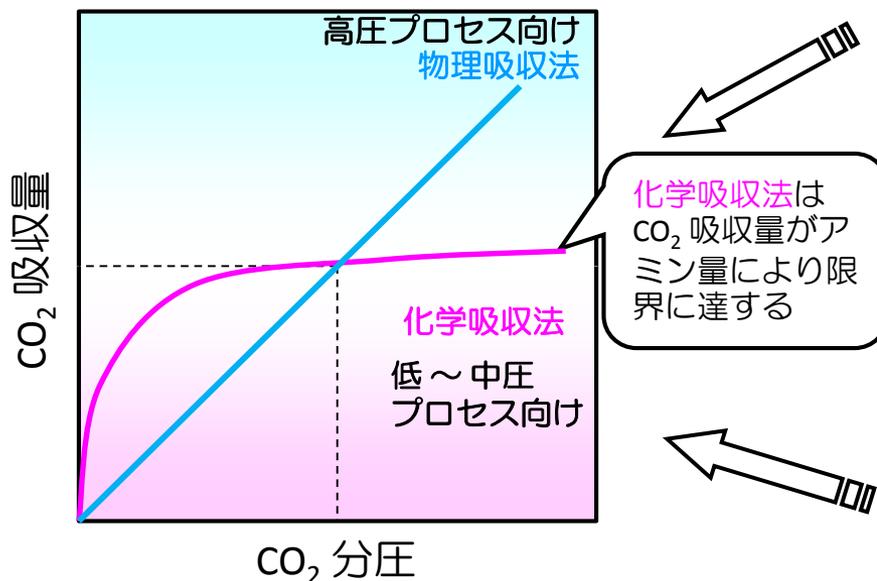
分離回収装置なし

## 物理吸収法：

CO<sub>2</sub> が物理的に吸収液に溶解するため、CO<sub>2</sub> 吸収量は CO<sub>2</sub> 分圧に依存する

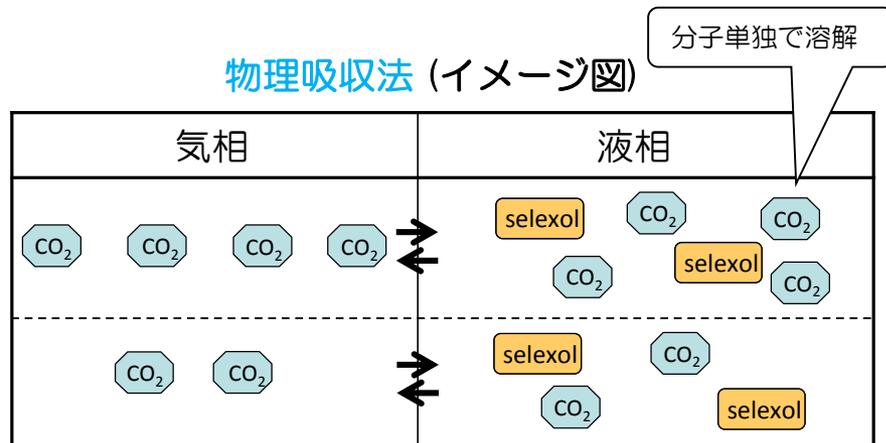
## 化学吸収法：

CO<sub>2</sub> とアミンが化学的に結合するため、CO<sub>2</sub> 吸収量は吸収液成分 (アミン) の制約を受ける



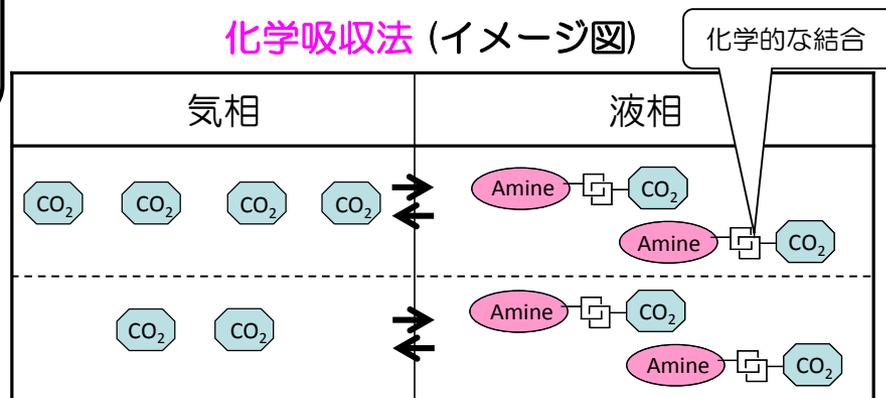
ガスタービンの高温高効率化に伴う高圧プロセスでは物理吸収法の優位性が期待される

## 物理吸収法 (イメージ図)

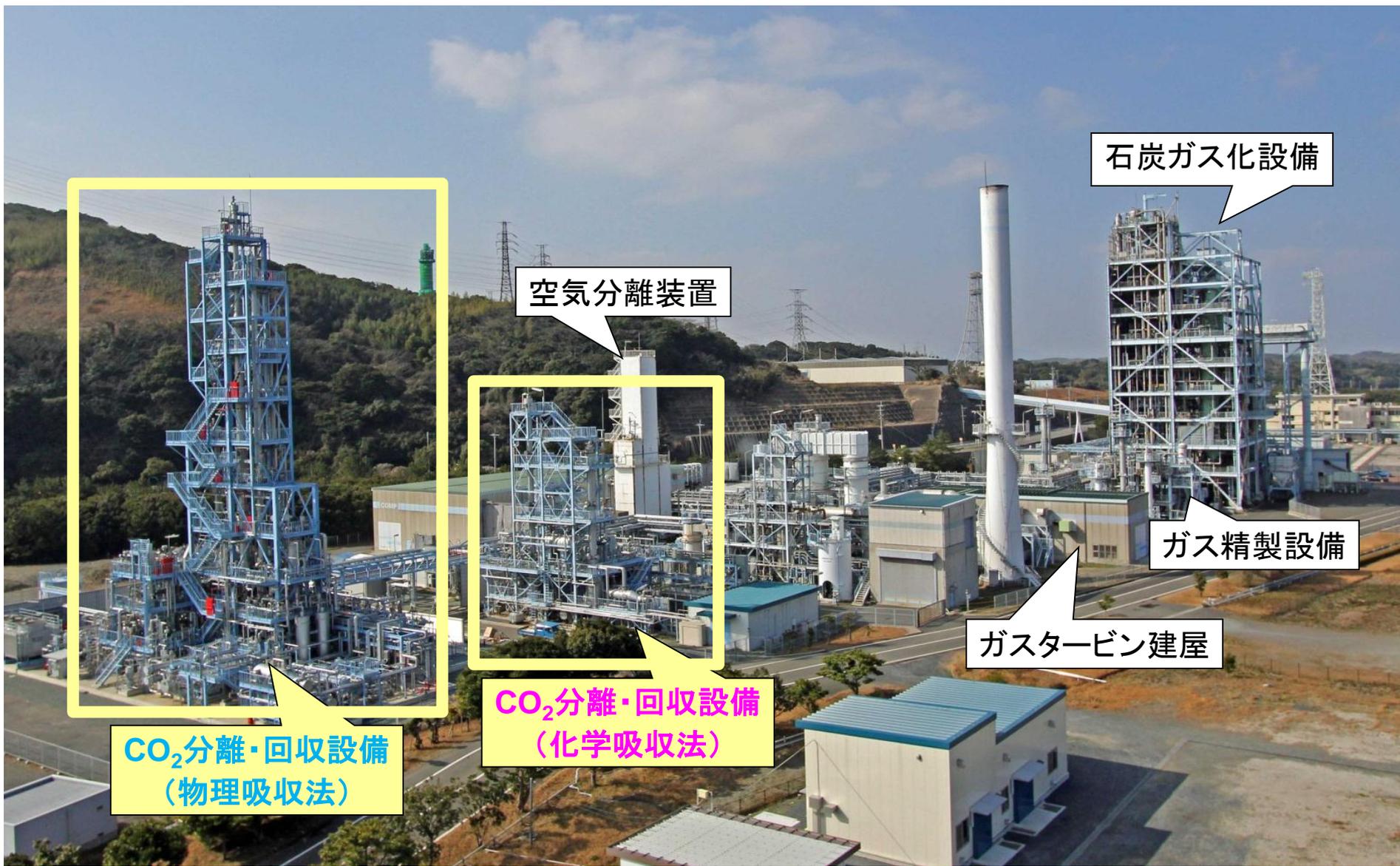


CO<sub>2</sub> は物理的に溶け込んでいて、吸収量は CO<sub>2</sub> の分圧に比例

## 化学吸収法 (イメージ図)



CO<sub>2</sub> とアミンが弱いイオン結合をするため、CO<sub>2</sub> 吸収量はアミン量に依存



150 t/day EAGLEパイロットプラント, J-POWER(北九州市)

## 化学吸収法と物理吸収法の開発 (EAGLE STEP-2 & 3)

CO <sub>2</sub> 分離・回収法		送電端効率	効率損失
CO <sub>2</sub> 分離・回収なし		45.6%	
CO <sub>2</sub> 分離・回収あり (回収率: 90%)	化学吸収法	再生塔再生 (従来法)	34.8%
		加熱フラッシュ再生 (新開発)	38.2%
	物理吸収法	39.2%	

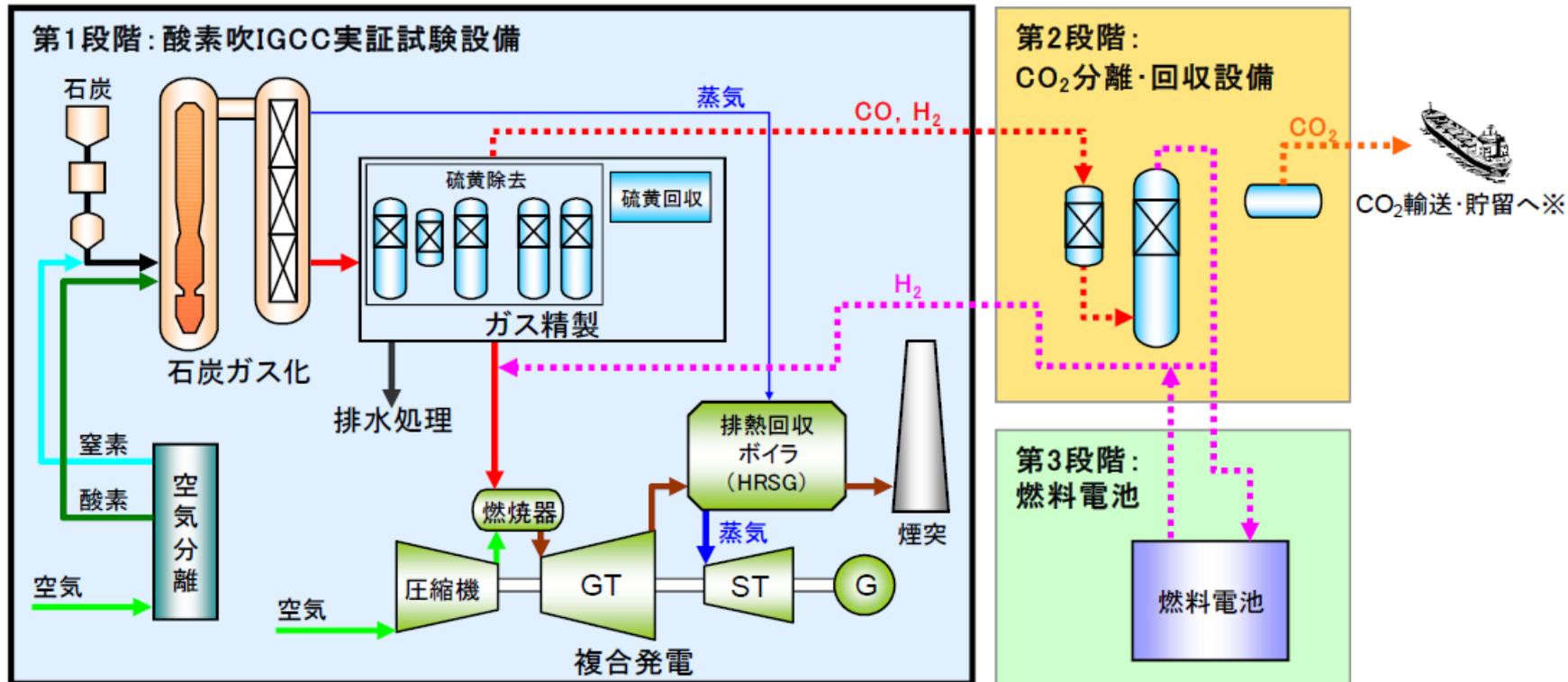
3.4ポイント改善

さらに  
1.0ポイント改善

(1,500°C級ガスタービン導入想定) (高位発熱量ベース)

- CO<sub>2</sub>分離・回収による効率損失の大幅な削減を達成。
- CO<sub>2</sub>分離・回収コストが3円/kWhから2円/kWhに低減可能かどうか今後精査。

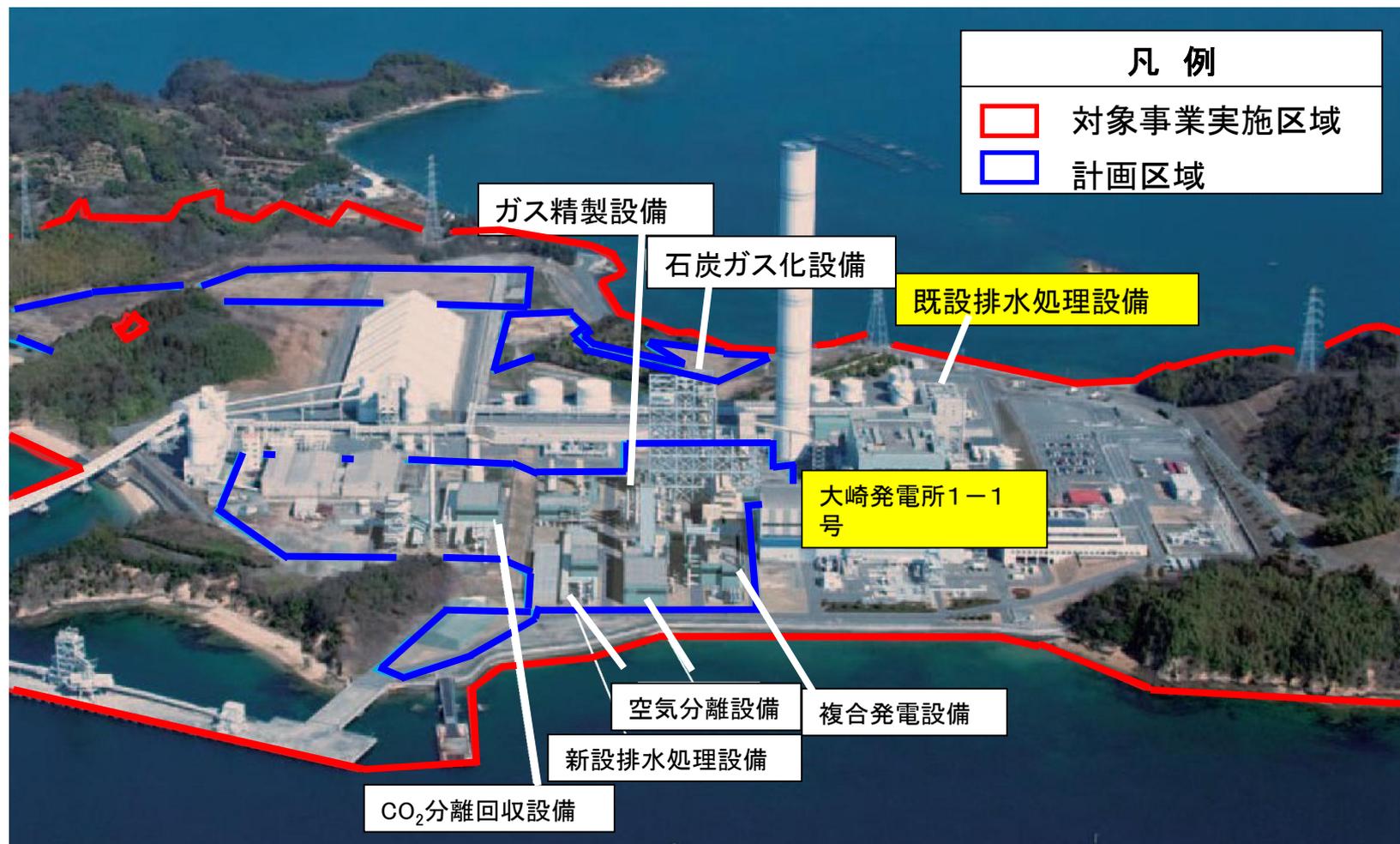
# 大崎クールジェン 実証試験設備のシステム構成



※大崎クールジェンプロジェクトにはCO<sub>2</sub>輸送および貯留試験は含まれていない。

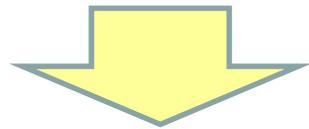
第1段階 (2016~18年度) 酸素吹IGCC実証	第2段階 (2019~20年度) CO <sub>2</sub> 分離回収型IGCC実証	第3段階 (2020~21年度) CO <sub>2</sub> 分離回収型IGFC実証
-------------------------------	---	---

# 大崎クールジェンプロジェクト

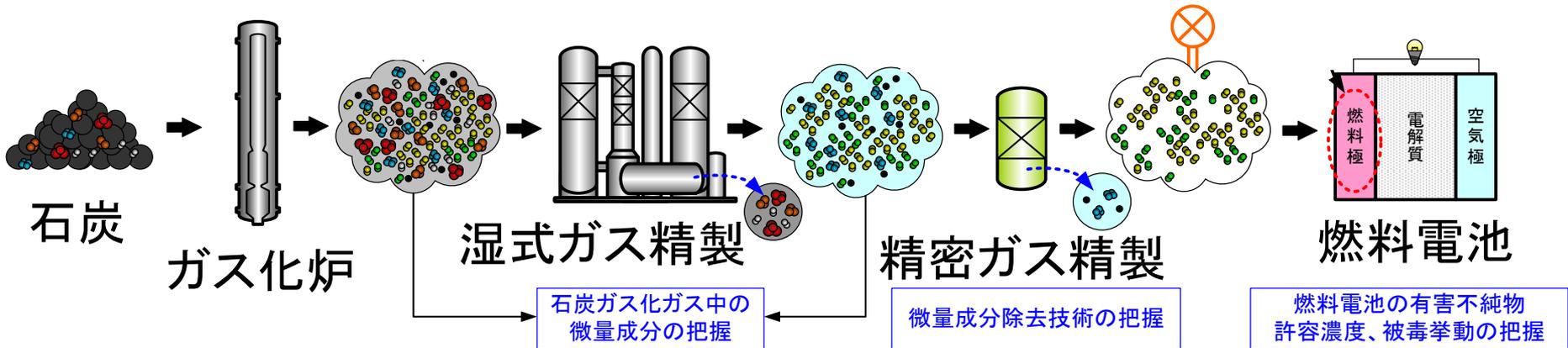


# IGFC向け石炭ガスクリーンナップ技術開発

- 石炭ガス化ガス中の微量成分の把握
- 微量成分除去技術の把握
- 燃料電池の有害不純物許容濃度、被毒挙動の把握



燃料電池用ガス精製技術の検討  
2015年9月開始

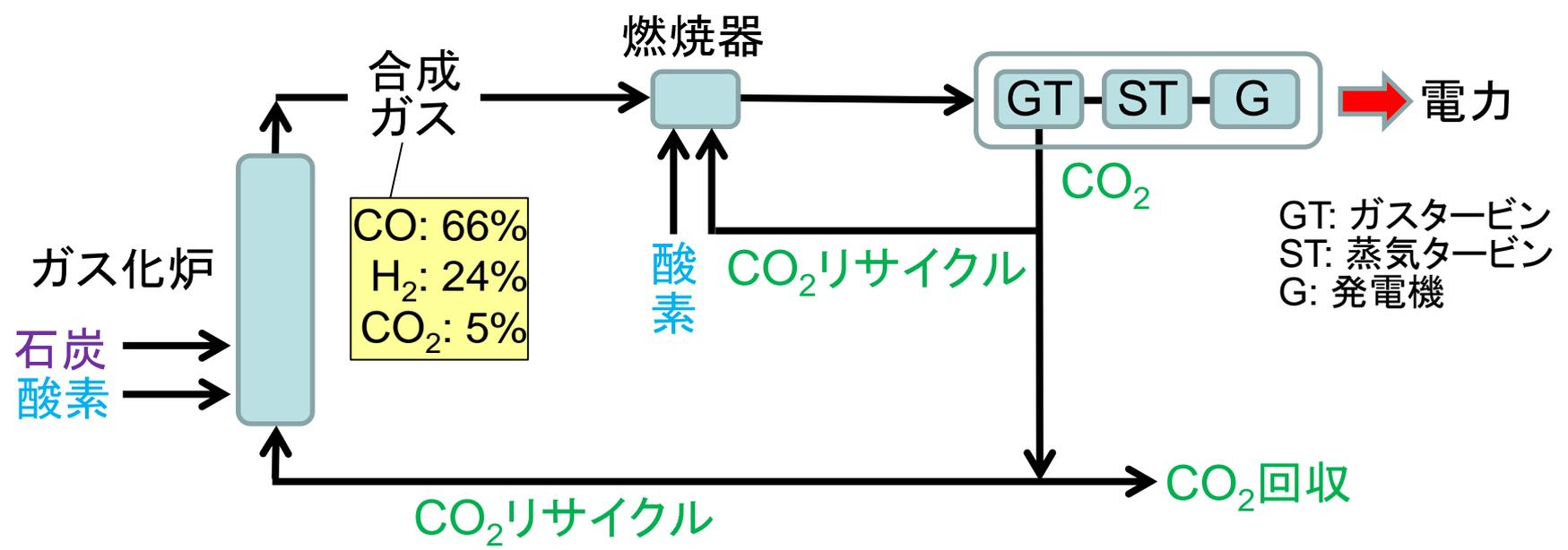


2017年度終了 ⇨ 大崎クールジェンプロジェクトに反映

# CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発

- CO<sub>2</sub>分離・回収設備やシフト反応器の不要なCO<sub>2</sub>回収型IGCC技術
- CO<sub>2</sub>回収後も42%の送電端効率が期待できる革新的なIGCC基盤技術の開発 (CO<sub>2</sub>分離・回収に相当する効率損失は2ポイント)
- CO<sub>2</sub>分離・回収に相当するコスト: 3円/kWhから2円/kWhへの低減が期待できる技術

2015年8月～ 要素技術開発実施

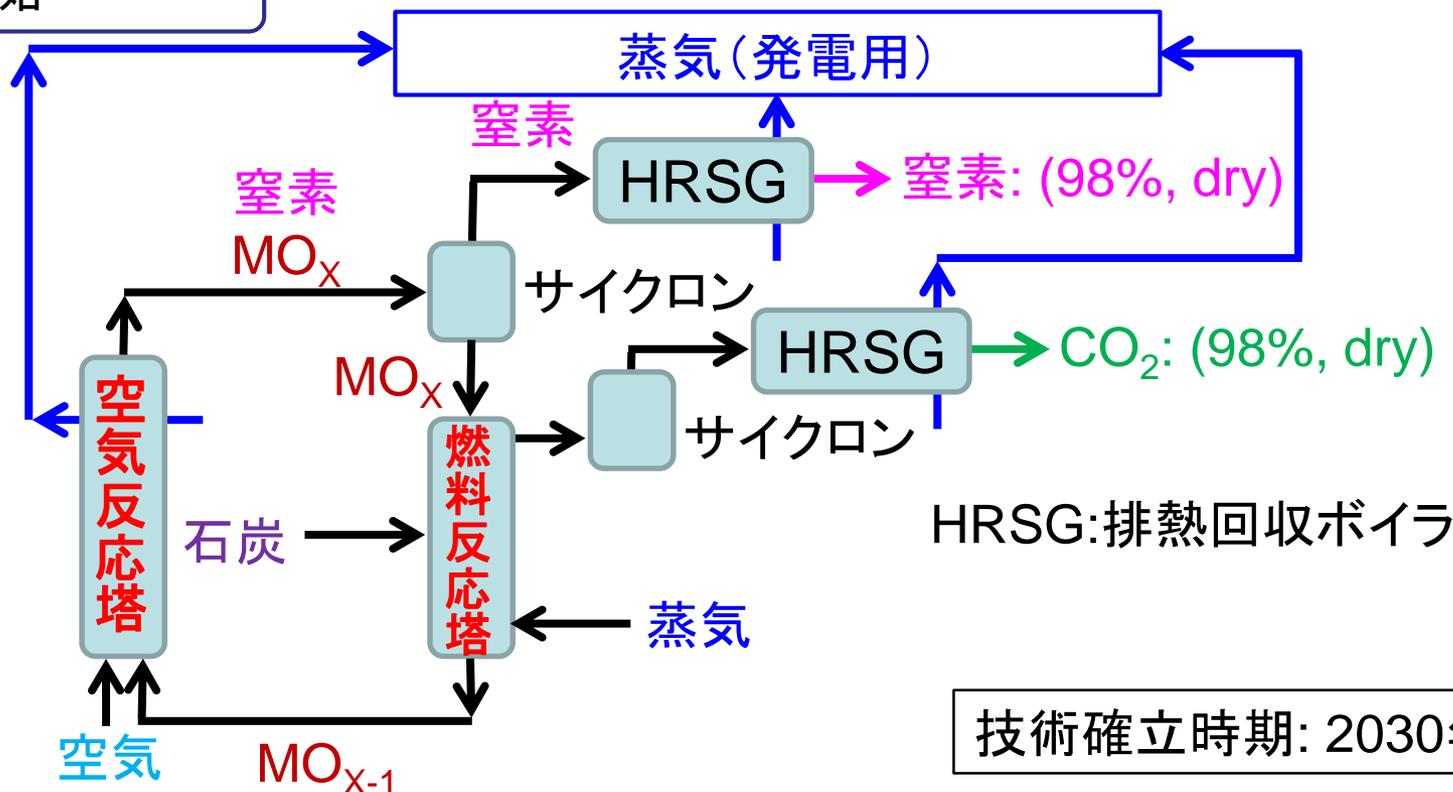


技術確立時期: 2035年

# ケミカルルーピング燃焼技術開発

- 中小型石炭火力発電所向け(100 MW ~ 500 MW)
- 空気分離装置不要。排ガスがほとんどCO<sub>2</sub> …… CO<sub>2</sub>分離・回収設備不要。
- CO<sub>2</sub>回収後も送電端効率46%を目指す技術開発
- CO<sub>2</sub>分離・回収に相当するコスト: 4円/kWhから2円/kWhへの低減が期待できる技術

2015年10月開始



技術確立時期: 2030年

# 世界のIGCCプロジェクトの動向



世界各国で複数のIGCCプロジェクトが進捗。運転開始されているものも存在。また、計画段階でプロジェクトが進捗していないものや安定運転できていないものも見られる。

## 【海外プロジェクトの例】

### Kemper

- ・米国 Southern 社
- ・発電端出力582MW
- ・2015試運転開始
- ・貯留量3.0Mtpa



### Green Gen

- ・中国 GreenGen社
- ・発電容量 250MW～400MW
- ・2013運転開始



・First 250MW IGCC in China  
 ・First 2000t/d Dry Coal Powder Gasifier in China  
 ・Design, Construction, Commission and Operation by CHNG

**IGFC** 大崎CG ○  
 (日,2021~, 166MW, 0.3Mtpa)  
 ※酸素吹IGCC:2017~。CO2分離回収型IGCC:2019~

**IGCC+CCS** Teeside △  
 (英,2018, 850MW, 4.2Mtpa)  
**Don Valley Hatfield △**  
 (英,2018, 650MW, 4.75Mtpa)  
**Cash Creek New Gas △**  
 (米,2018, 770MW, 5Mtpa)  
**Summit △**  
 (米,2018, 400MW, 2Mtpa)  
**HECA △**  
 (米,2018, 400MW, 3Mtpa)  
 Green Gen ●  
 (中,2013, 250-400MW, 2Mtpa)  
 Kemper ○  
 (米,2015, 582MW, 3.5Mtpa)

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

**IGCC** Taeon ○  
 (韓,400MW,2015)  
 勿来 ● **Iwardsport ●**  
 (日,250MW,2007~) (米,618MW,2013~)  
広野、勿来△  
 (日,各500MW,2020~)

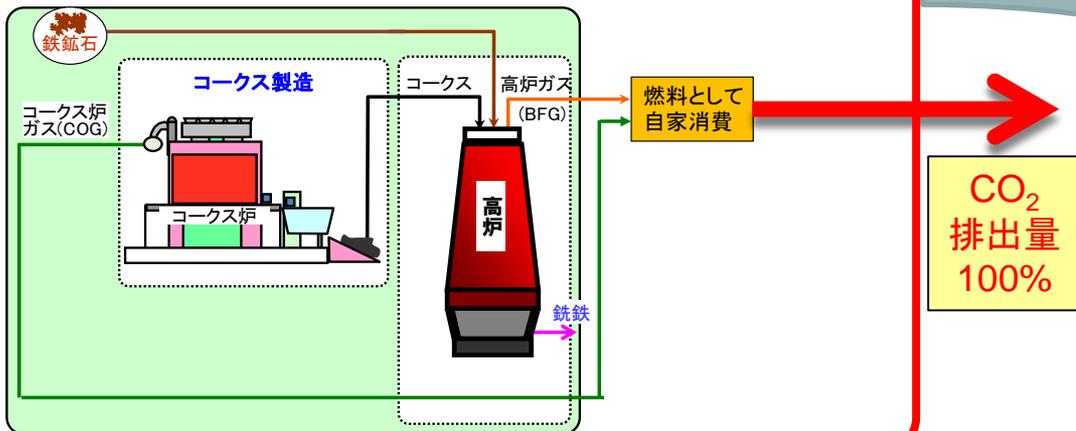
- 運転中
- 建設中
- △ 計画中
- 年数は運開予定時期
- : 日本プロジェクト



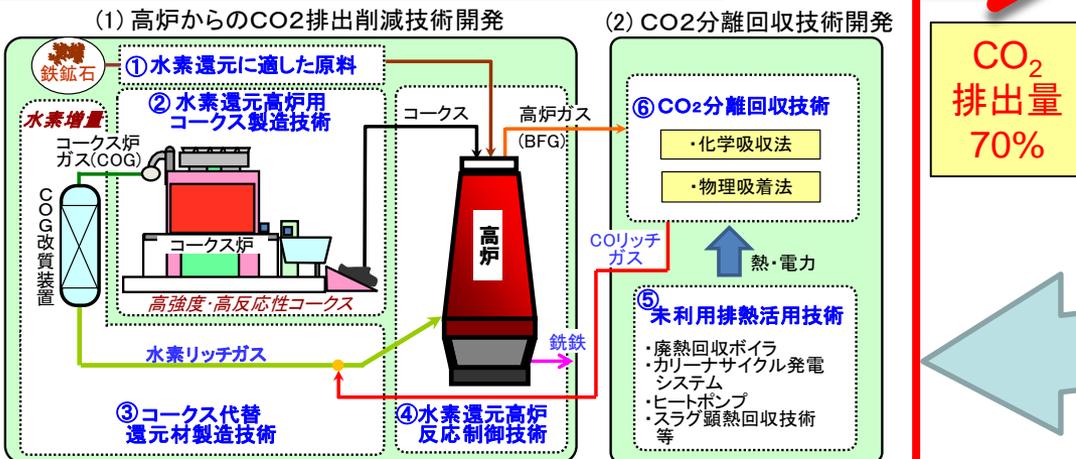
(出典 ; Japan CCSフォーラム2015 NEDO資料(2015.6)にIAEが加筆)

# COURSE50プロジェクトの特徴

## 従来の高炉製鉄法



## COURSE50開発による高炉製鉄法



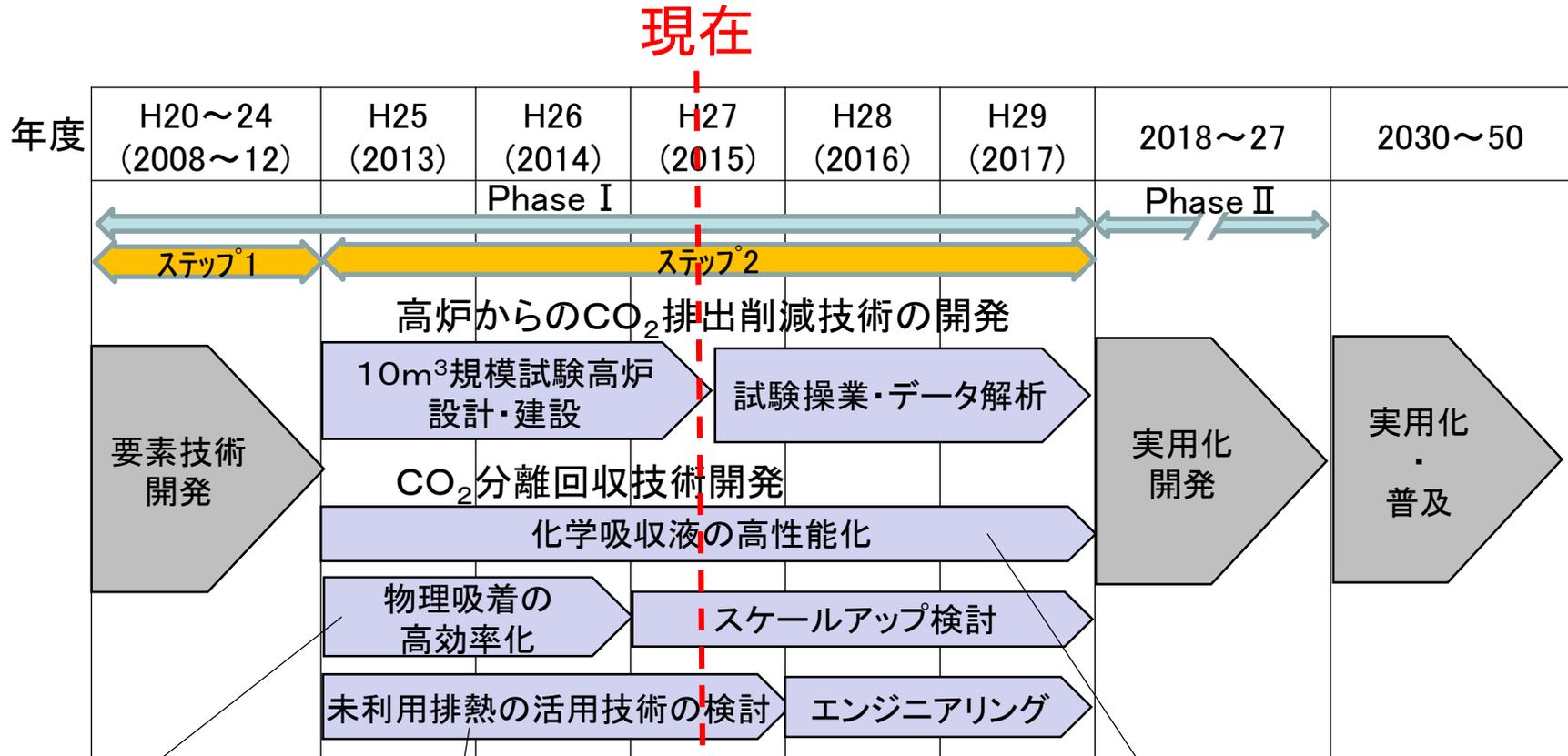
## 技術開発項目

- (1) コークス炉ガスを改質して水素を増量し、コークスの一部代替として用いて、鉄鉱石を還元する技術を開発する (CO<sub>2</sub>を10%削減)。
- (2) 製鉄所内の未利用排熱を利用して、高炉ガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術を開発する (CO<sub>2</sub>を20%削減)。

製鉄所からのCO<sub>2</sub>排出量  
30%削減

実用化・普及: 2030~2050年

# COURSE50 STEP-2の今後のスケジュール



吸着剤の構造改良

温度レベルの低い排熱を効率よく回収  
することが可能な熱交換器の開発

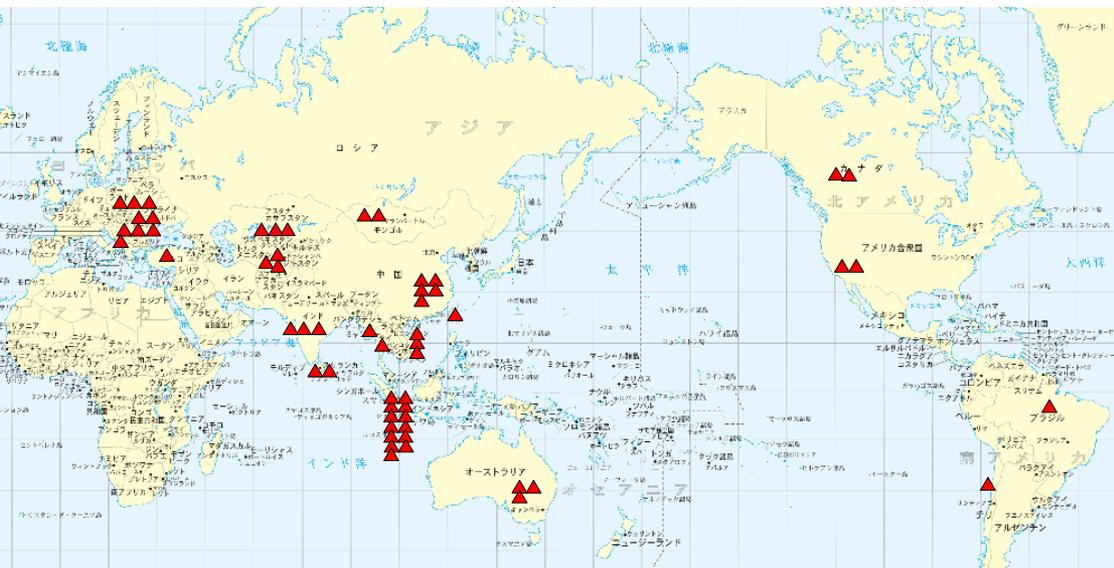
CO<sub>2</sub>回収エネルギーの低減

# NEDOのFS事業のこれまでの実績



2011年度から2015年度まで、  
25ヶ国で56件のFS事業を実施  
高効率石炭火力発電案件：26件、  
低品位炭利用案件（ガス化、改質、乾燥）：16件

国別項目別件数		高効率石炭火力 発電	低品位炭利用	その他	計
アジア太平洋地域	モンゴル		2		2
	中国		1	4	5
	台湾			1	1
	ベトナム	2		1	3
	タイ	1			1
	インドネシア	5	7	1	13
	ミャンマー	1			1
	インド	2	1		3
	スリランカ	2			2
	カザフスタン			3	3
	ウズベキスタン、タジキスタン、キルギス			1	1
	ウズベキスタン、タジキスタン キルギス			1	1
オーストラリア	1	2		3	
欧米	米国	1	1		2
	カナダ	2			2
	ポーランド	3			3
	ブルガリア	2			2
	トルコ	1			1
	ハンガリー、ルーマニア、セルビア			1	1
	ハンガリー		2		2
ボスニア・ヘルツェゴビナ	1			1	
米南	ブラジル	1			1
	チリ	1			1
計		26	16	14	56





**ご清聴ありがとうございました**