

<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グラム
／ゼロエミッション石炭火力基盤技開発
／革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」
(中間評価)

(2008年度～2012年度 5年間)

プロジェクトの概要(公開)

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境部

2010年 8月19日

発表内容

I. 事業の位置づけ・必要性



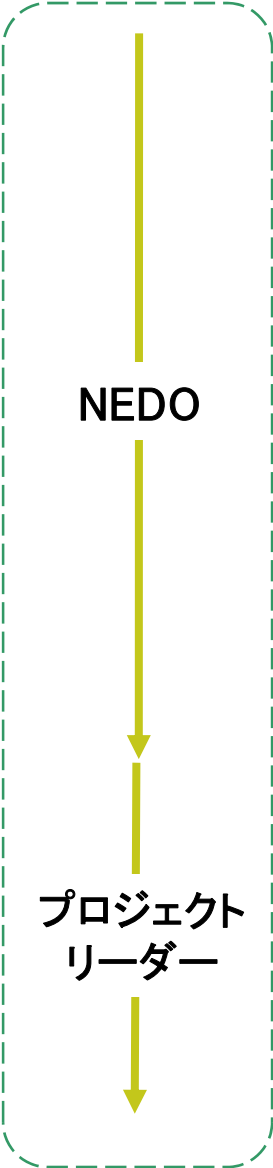
II. 研究開発マネジメント



III. 研究開発成果



IV. 実用化の見通し



- (1)社会的背景
- (2)事業の目的
- (3)ゼロエミッション石炭火力技術開発プログラムの位置付け、実施の効果
- (4)NEDOが関与することの意義
- (5)国内外の研究開発の動向

- (1)事業の目標
- (2)事業の計画内容
- (3)研究開発の実施体制
- (4)研究開発の実用化に向けたマネジメント
- (5)情勢変化への対応等

- (1)開発目標と達成度
- (2)検討内容

- (1)実用化までのシナリオ
- (2)波及効果

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

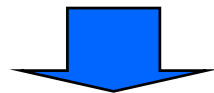
<社会的背景>

地球温暖化問題による2050年までのCO2大幅削減

エネルギー分野では石炭火力発電を中心にした石炭の3E(供給安定性、経済性、環境適合性)の達成が可能となる革新的な技術開発の必要性

<事業の目的>

石炭火力から発生するCO2を分離回収貯留(CCS)する
CCSを含めたゼロエミッション型石炭ガス化発電



多量の付加的なエネルギーの問題

石炭ガス化システムやCO2回収・分離技術の更なる
高効率化

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

<技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

「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」のロードマップ

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	送電端効率 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	乾式ガススクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 IGHAT 高温ガスタービン技術(1700℃級)		
5614H	61.石炭火力発電		プラント規模/送電端効率 実証機(1000 t/d級)		商用機/600 MW級/送電端効率55%HHV/	65%HHV(A-IGFC)
	石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)	多炭種対応技術	酸素吹き石炭ガス化技術 乾式ガススクリーニング技術 精密ガススクリーニング技術 高効率酸素製造技術	大容量高温形燃料電池		
5801D	80.CO2回収貯留	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂		2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂	
	CO2分離回収技術		IGCCでの実証試験 (さらに分離膜の実用化で1,500円台に)			
		ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法	高効率酸素製造技術			排熱有効利用

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

<実施の効果>

- ・ IGCCの送電端効率を2015年までに48%、
2025年までに50%、
- ・ IGFCの送電端効率を2025年頃に55%、
長期的には65%

の達成を目指し、これに**必要な技術開発**、実証試験等を進めるとともに、

- ・ CO₂分離回収コストを2015年までに2,000円台/t-CO₂、
2020年には1,000円台/t-CO₂

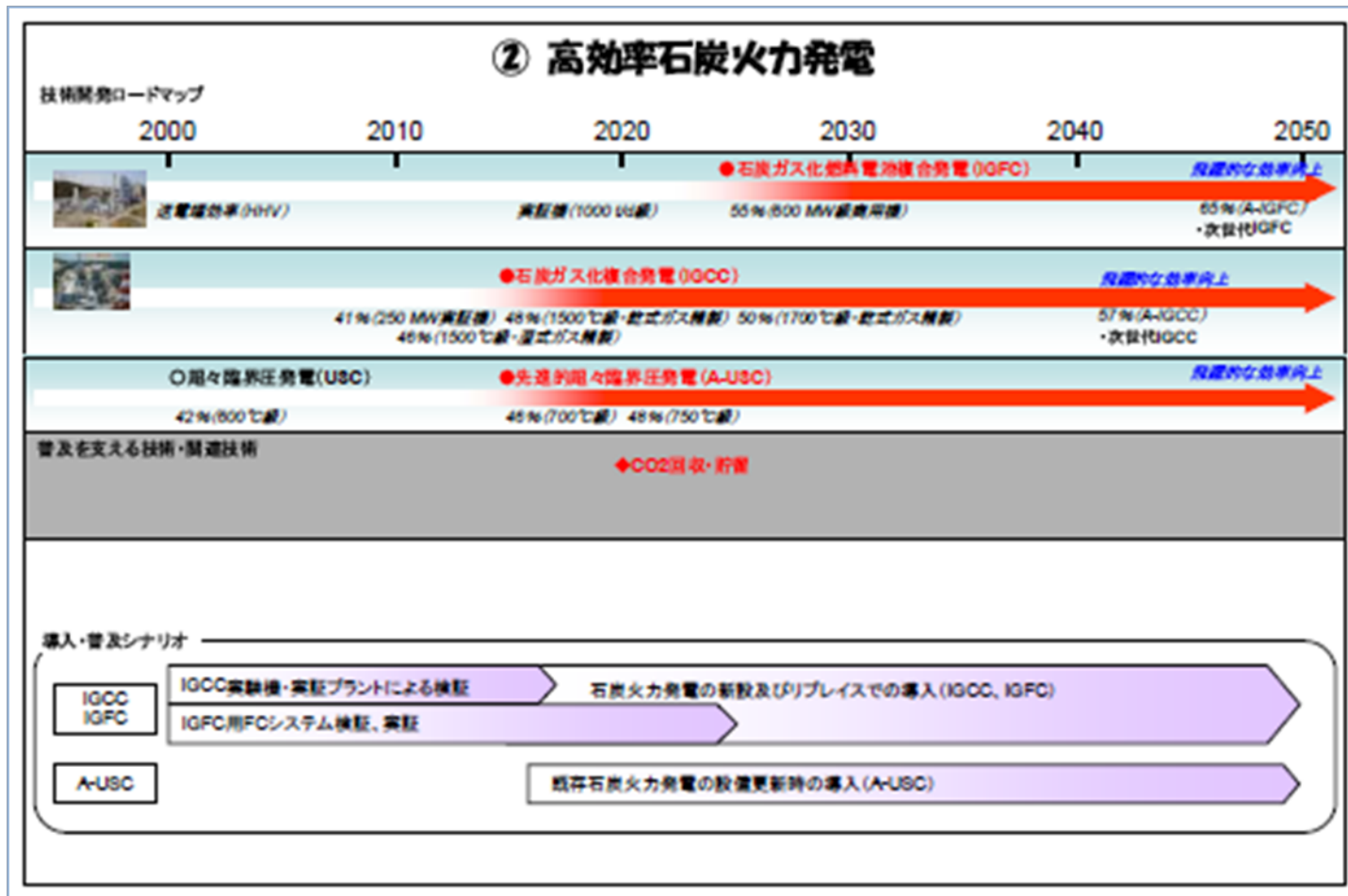
として実用化の目途を付けることを目指して、将来的に寄与させることを狙いとした技術開発を行うことで、**ゼロエミッション石炭火力を実現させ、CO₂削減による地球温暖化防止に貢献**

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

＜Cool Earthエネルギー革新技術開発(2009年3月)＞

「高効率石炭火力発電」に関する技術開発ロードマップ



1. 事業の位置付け・必要性について

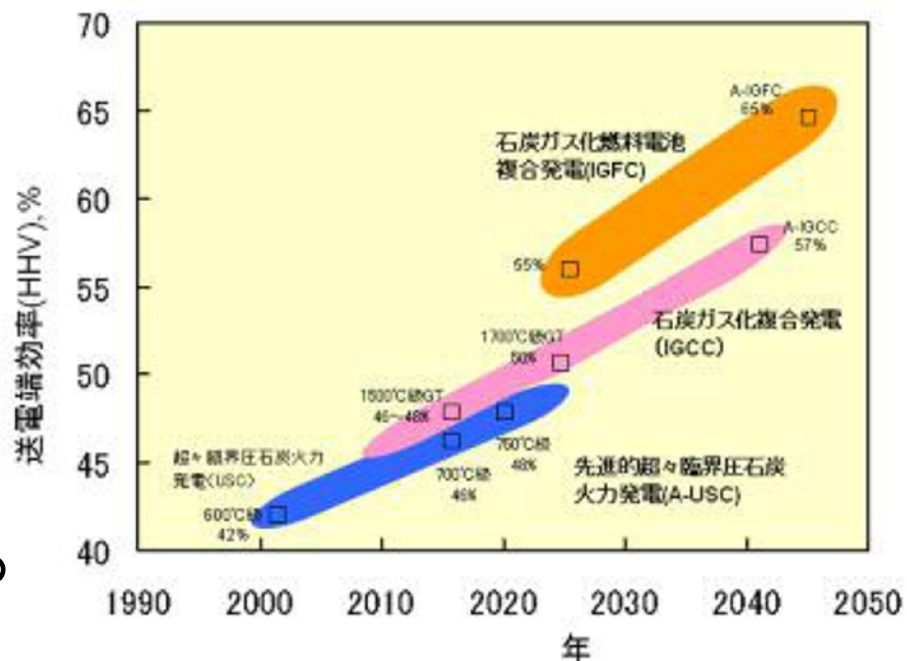
(1) NEDOの事業としての妥当性

<総合資源エネルギー調査会(2009年6月)>

4-1 Cool Gen 計画の推進 ~IGCCとCCSによるゼロエミッション石炭火力発電の実現~

- 国内の石炭火力の基盤を維持しつつ、当面はバイオマス混焼等を推進しつつ、将来のリプレイス時により高効率な石炭火力を逐次実用化し、石炭火力の低炭素化を実現。
- さらに、将来に向け、IGCC、究極の発電効率を目指すIGFCとCCSを組み合わせた「ゼロエミッション石炭火力発電」の実現を目指した実証研究(Cool Gen 計画)を官民協力で推進。
- 米国では再構築 Future Gen、豪州では Zero Gen、中国では Green Gen などの IGCC と CCS を組み合わせた実証プロジェクトが進捗中。
- 2050年CO2半減目標達成のためにも継続的な効率向上の取り組みが必要。

石炭火力発電の効率向上



「CoolEarth50-エネルギー革新技术計画」から作成

クリーンコール部会
我が国クリーンコール政策の
新たな展開2009

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

<新成長戦略(基本方針:2009年12月)>

強みを活かす成長分野

(1) グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略

【2020年までの目標】

『50兆円超の環境関連新規市場』、『140万人の環境分野の新規雇用』、『日本の民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガス削減量を13億トン以上とすること(日本全体の総排出量に相当)を目標とする』

【主な施策】

- 電力の固定価格買取制度の拡充等による再生可能エネルギーの普及
- エコ住宅、ヒートポンプ等の普及による住宅・オフィス等のゼロエミッション化
- 蓄電池や次世代自動車、**火力発電所の効率化など、革新的技術開発の前倒し**
- 規制改革、税制のグリーン化を含めた総合的な政策パッケージを活用した低炭素社会実現に向けての集中投資事業の実施

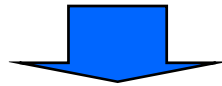
1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

＜NEDOが関与することの意義＞

環境負荷低減のための化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入は、

- ・技術ロードマップやCool Earthエネルギー革新技術開発ロードマップの推進に貢献
- ・総合資源エネルギー調査会Cool Gen計画の着実な進展
- ・新成長戦略における火力発電の効率化の開発に貢献



NEDOはゼロエミッション石炭火力実現に向けて、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」として革新的な研究開発事業を実施すべき。

ゼロエミッション石炭火力実現に向けたNEDOでのクリーンコール技術開発

[現状技術・成果]

(1) 石炭ガス化

- ・高効率石炭ガス化技術確立
- ・ガス精製技術の確立 (EAGLE)
- ⇒1,300℃級IGCC技術確立
- 大崎実証試験に反映

(2) CO₂分離回収

- ・化学吸収法によるCO₂分離回収技術の確立 (EAGLE)
- ・1,300℃級IGCC + CCSシステム検討
- ⇒大崎実証試験に反映

(3) CO₂貯留

- ・日本でのガス化～貯留
- トータルシステムF/S
- ⇒勿来地区でのガス化～貯留のF/S
- ⇒その他候補地のガス化～貯留のF/S
- (ゼロミッション石炭火力トータルシステム調査研究)

[課題]

高効率化
経済性
社会受容性
海外展開

エネルギー安定供給確保
CO₂排出量低減
技術の普及
市場の拡大

国際連携クリーンコール
技術開発PJ
によるCCS適用技術の
高度化

[NEDO事業での技術開発]

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

- 項目① ゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究
- 項目② ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
- 項目③ クリーンコールテクノロジー推進事業
- 項目④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究
- 項目⑤ 革新的CO₂回収型石炭ガス化技術開発

(1) 石炭ガス化

- ・循環流動床による低温ガス化(水蒸気ガス化)技術の開発 項目②-(2)

- ・燃料電池対応型のガス化技術最適化、IGCC実証試験最適化等検討 項目④

(2) CO₂分離回収

- ・新型CO₂回収IGCC技術開発 項目②-(1)
(CO₂回収型IGCC、高水素濃度対応低NO_x技術開発)

- ・次世代IGCC (1500℃超級) 対応の最適 CO₂分離回収技術の開発 項目⑤
(物理吸収法、分離膜、新型化学吸収液等調査)

(3) CO₂貯留

- ・国内でのF/S及び海外展開の検討 項目①

(4) CCT(環境負荷低減対策他)

- ・微量成分環境低減手法 項目②-3

- ・CCT推進事業(国内外動向把握等) 項目③

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

<海外の石炭ガス化技術開発>

1900 1950 1970 1990 2000 (年度)

固定床

塊炭を空気又は酸素でガス化
ガス化温度: 600℃~1,000℃
ガス化効率: 低、適用炭種: 小灰及びタールの処理必需

Lurgi炉

実用化実績多数有, Sasol(南ア)他 (新設の計画は無)

石油危機

流動床

粉炭、粒炭を空気又は酸素で流動させガス化
ガス化温度: 800℃~1,200℃
ガス化効率: 中、適用炭種: 中灰及びタールの処理必要

Winkler炉

HTW炉

WH炉

U-gas炉

実証規模で終了

2段流動層炉 (40t/d 夕張): 終了

噴流床

微粉炭を空気又は酸素で吹込みガス化
ガス化温度: 1,300℃~1,600℃
ガス化効率: 高、適用炭種: 広スラグ処理容易、タールの処理不要

Koppers-Totzec炉

Shell-Koppers炉

Shell炉

PRENFLO炉

TEXACO炉

CoolWater

Dow炉

Buggenum(オランダ) 2,000t/d, 280MW

Puertollano(スペイン) 2,600t/d, 310MW

Tampa(米) 2,300t/d, 265MW

Wabash River(米) 2,500t/d, 310MW

実証試験後商用運転に移行

- ・ガス化炉は化学工業分野で実績有(Lurgi, Texaco)
- ・石油危機を契機に多くのプロジェクトが立上った
- ・固定床、流動床タイプはガス化効率が低いため、現状では噴流床タイプに移行している
- ・HYCOL: 石炭利用水素製造技術開発(1983-94)

[国内]

IGCC PP 勿来(200t/d)

IGCC DP(日) 勿来(1,700t/d)

HYCOL炉 (50t/d)

EAGLE(日) 150t/d

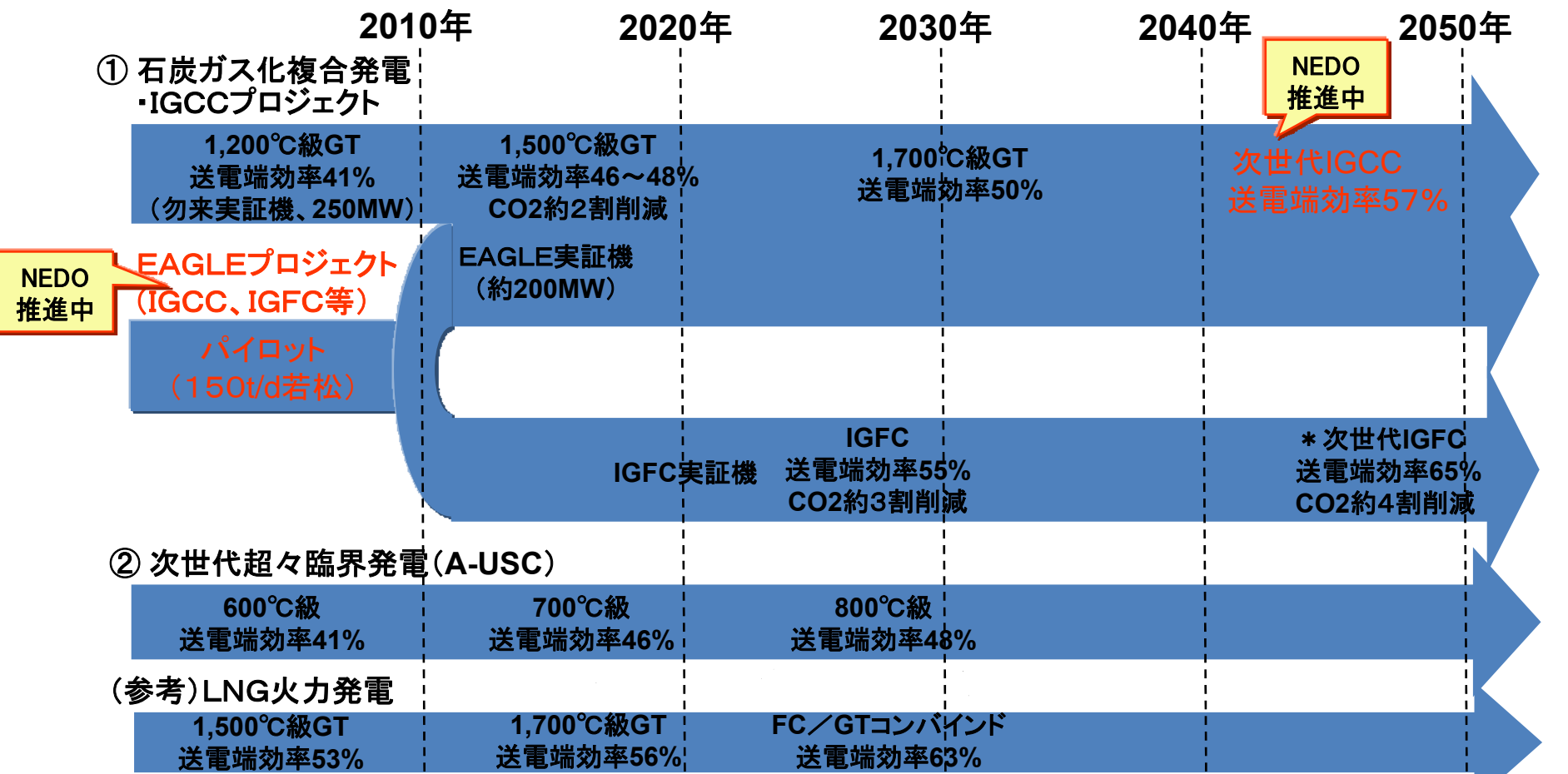
1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

<国内の研究開発の動向>

【現状】 微粉炭火力発電技術(USC:超々臨界発電)は世界のトップレベル
(送電端効率(HHV):約40.6%、電源開発磯子)

【発電に関する技術開発の動向】



1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

大規模なCO₂発生源である石炭火力発電所においては、「革新的なゼロエミッション石炭火力発電」への対応が期待されている。

(1) 高効率発電の実現:


- ・石炭をガス化した石炭ガス化複合発電(IGCC)
- ・さらに燃料電池等によるエネルギー活用

(2) CCSによるゼロエミッション化:

- ・効率的な分離・回収・貯留技術(CCS)
- ・革新的なCO₂分離膜技術の実用化



「IGCC」と「CCS」を組み合わせた技術の開発が、世界各地(豪州:ZeroGen社、中国:Green Gen社等)にて進められつつある。



「高効率発電」、かつ、中長期的には「CCSの活用」を視野に入れた対応が必要。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

本事業では、

発電技術と組み合わせると発電効率を大きく低下させる性質をもつCCS技術について、可能な限り発電効率を高く維持するため、次の効率向上に資する基盤研究事業を実施する。

ア) 「CO2回収型次世代IGCC技術開発」(課題設定)

CO2を酸化剤の一部として用いることにより、CO2回収型石炭ガス化システムの効率を大幅に向上することのできる次世代IGCCシステムの基盤技術の開発を行う。また、このシステムについて、環太平洋地域に賦存する多様な石炭に対する適応性の検討を実施する。

イ) 「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」(提案公募)

IGCCの発電効率を大幅に改善させる、革新的なガス化技術や要素技術の発掘を目的として、2015～2030年頃の実用化を目指した先導的な研究開発及び将来の革新的なブレークスルーにつながる基盤研究としてテーマを公募した結果、本テーマを選定した。高水素濃度燃料に対応する低NOx濃度の燃焼技術を確立する基盤研究を実施する。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

研究開発項目(1)「革新的ガス化技術に関する基盤研究事業」(平成20年度～24年度:5年間)

ア)「CO2回収型次世代IGCC技術開発」(課題設定)

[中間目標(平成22年度)]

- ・目標値 :送電端効率(42%:HHV基準、CO2回収後)のための主要構成技術の目処を得る。

[最終目標(平成24年度)]

- ・目標値 :性状の異なる環太平洋地域の3種類以上の石炭を用い、CO2回収後において送電端効率42%(HHV基準)を実現させる基盤技術の確立。
- ・設定根拠:既存技術では1300℃級ガスタービンを用いたIGCCで、CO2回収前の送電端効率が43%程度であり、CO2回収ロスを高効率化技術で補完するため。

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」(提案公募)

[中間目標(平成22年度)]

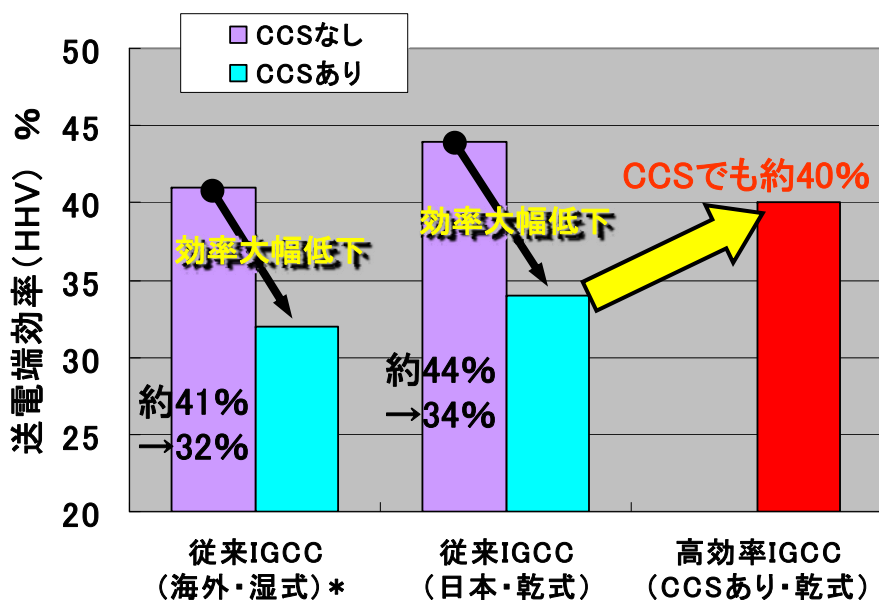
- ・目標値 :高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目処を得る。
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、中圧条件等にて実証。

[最終目標(平成24年度)]

- ・目標値 :高水素濃度燃料に対応する燃焼技術として、NO_x濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の確立。
(前提条件)燃焼器出口ガス温度1300℃、実圧条件等にて実証。
- ・設定根拠:燃焼器性能の代表的評価指針であるNO_x濃度を世界最高レベル値とした

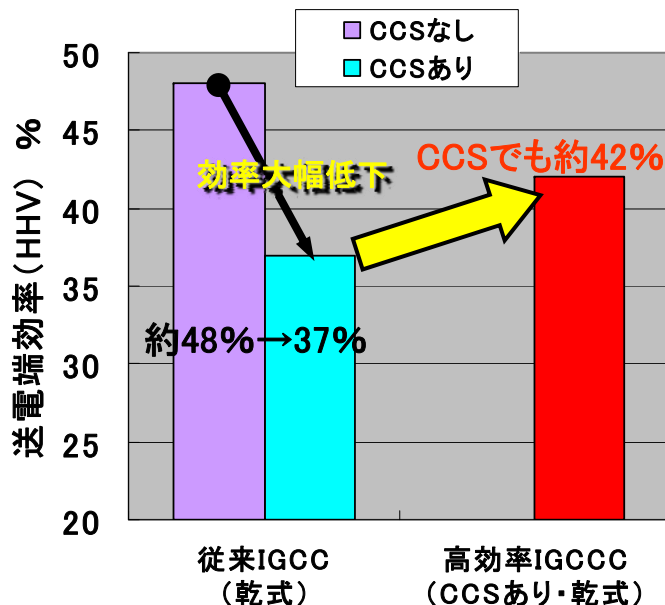
CO₂回収型高効率IGCC技術開発の意義

- 既存の発電システムはCO₂回収により発電効率が2割以上低下し、世界最高効率を目指す我が国のIGCC(1500°C級GT)でも約48%→約37%(送電端HHV)となり、CCSは我が国が高効率化技術開発を進める上で大きな課題となっている。
- 我が国は「高効率化技術の開発」と「CO₂分離回収動力低減技術の開発」を進めているが、本技術開発は「**CCSを行っても高効率を維持できる革新的システムの開発**」という新たな方向性を有することから他の技術開発と差別化でき、当該分野で世界をリードできる将来技術オプションの提供を目指す意義は大きい。
- 本システムは、「O₂-CO₂吹きガス化」と「O₂-CO₂ガス燃焼クローズドGT」を採用した**世界でも例のない独自のCCSシステム**であり、「1500°C級IGCC+CCS」を5ポイント上回る約42%(送電端HHV)を達成できる可能性がある。



a) 1300°C級ガスタービン採用ケース

* Source: "Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants", DOE/NETL-2007/1281



b) 1500°C級ガスタービン採用ケース

(注) 湿式: 湿式ガス精製、乾式: 乾式ガス精製

2. 研究開発マネジメントについて

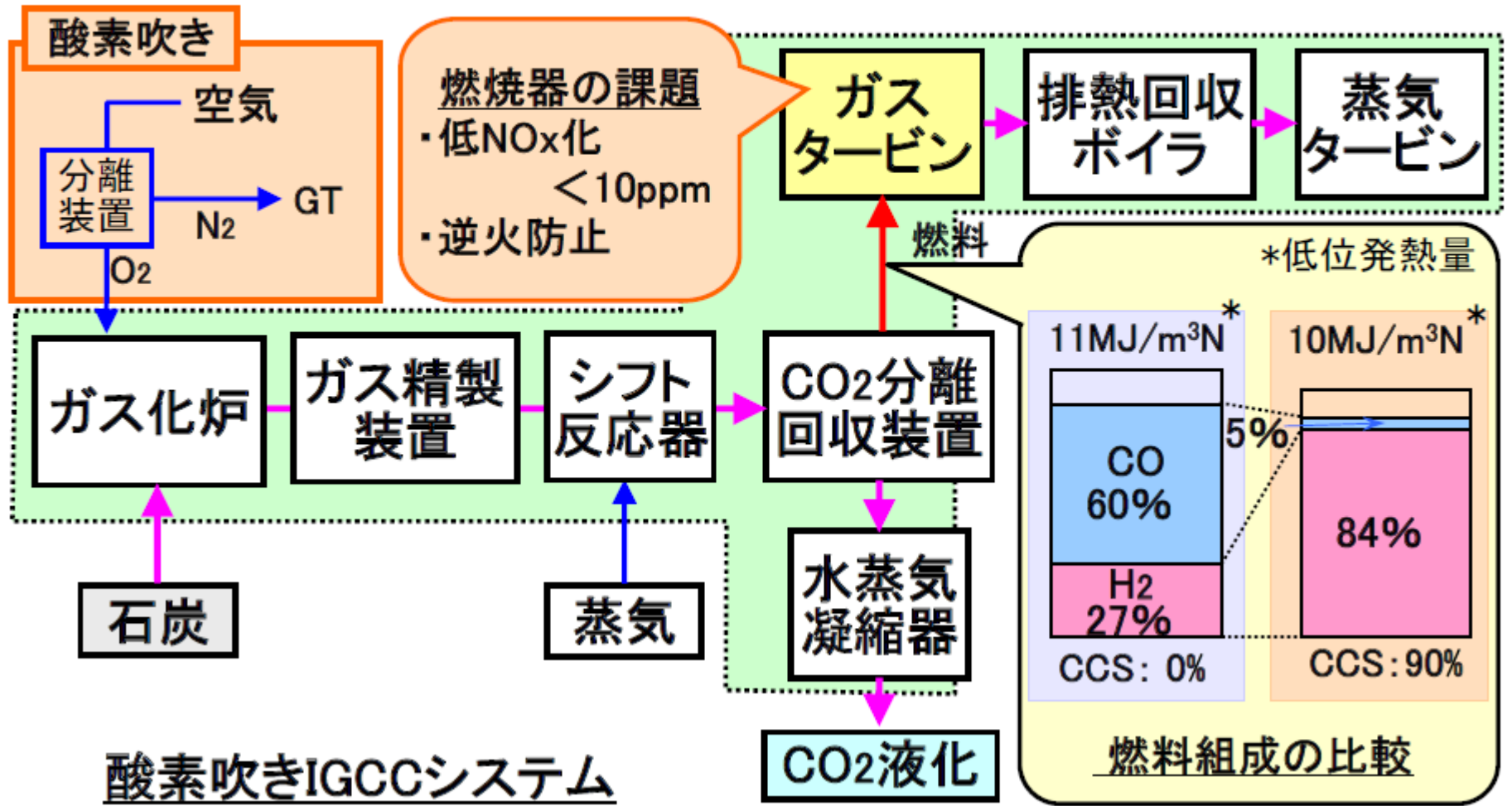
(2) 研究開発計画の妥当性

ア)「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

	2008	2009	2010	2011～ 2012
1. 酸素- CO ₂ ガス化技術の開発 ・基本ガス化反応の解析・評価 ・数値解析によるガス化炉最適化検討 ・小型ガス化炉による基本性能実証			▼中間評価	
2. 高CO条件での乾式ガス精製の最適化	[Yellow bar spanning 2008-2012]			
3. 実機フィージビリティ・スタディ(FS)	[Blue bar spanning 2008-2012]			
4. アジア地域の多様な石炭への適用基盤技術開発	[Light green bar spanning 2008-2012]			
5. ベンチプラント基本設計				[Purple bar in 2011-2012]

石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発の意義

- 小型装置でCO2回収効率が高い酸素吹きIGCC用ガスタービン
- 燃焼前回収方式による高水素濃度対応低NOx燃焼技術の開発



酸素吹きIGCCシステム

2. 研究開発マネジメントについて

(2) 研究開発計画の妥当性

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発」

	FY2008 (H20)	FY2009 (H21)	FY2010 (H22)	FY2010 (H22)	FY2012 (H24)
クラスタバーナー構造の最適化 (大気圧燃焼試験)	予備検討 バーナー基本構造の検討	バーナー基本構造の最適化	中間評価 火炎内部詳細計測	バーナー基本構造の最適化②	
マルチクラスタバーナーの検討 (中圧燃焼試験)	マルチクラスタバーナー形式低NO _x 燃焼器の設計・製作・試験準備	燃焼試験 燃焼試験装置改修・試運転	縮小サイズ燃焼器の設計・製作 縮小サイズ燃焼器中圧燃焼試験	実寸サイズ燃焼器中圧燃焼試験 実寸サイズ燃焼器高圧燃焼試験(定格負荷特性の検討)	実寸サイズ燃焼器高圧燃焼試験(部分負荷運用性の検討)
乱流燃焼解析	基礎的の火炎によるモデル検証・予備検討	クラスタバーナーの乱流燃焼解析	マルチクラスタバーナーの乱流燃焼解析①		
数値目標	大気圧燃焼試験 NO _x < 10ppm (@16%O ₂)		中圧燃焼試験 NO _x < 10ppm (@16%O ₂)		実圧・実寸 NO _x < 10ppm (@定格負荷) 燃焼効率η _a > 99% (@運用負荷) η _b > 99.9% (@定格負荷)

2. 研究開発マネジメントについて

(2) 研究開発計画の妥当性

<研究開発予算>

(単位:百万円)

		H20年度	H21年度	H22年度	総額
CO2回収型次世代IGCC 技術開発	電力中央研究所	101 +350(補正)	200	166	817
	九州大学	39 +490(補正)	100	66	695
	合計	140 +840(補正)	300	232	1,512
石炭ガス化発電用高水素 濃度対応低NOx技術開発	日立製作所	93	138	87	318

「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

補正予算は、酸素-CO2ガス化試験を可能とするために、

- ・電力中央研究所所有の既設ガス化研究炉への**CO2供給設備の追設と改造**(電中研)
- ・高分圧のCO条件下での**乾式ガス精製システムの最適化を目指した脱硫剤等の除去特性・炭素析出及び共存物質の影響の評価装置等**(電中研)

また、酸素-CO2石炭ガス化反応機構の解明とアジア地域の多様な石炭への適応を検討するための、

- ・石炭の有機分・無機分、石炭から誘導されるチャー等を解析する**NMR装置**
- ・石炭灰を製造し、結晶性・凝集性、溶融性等を測定できる**石炭灰化装置**

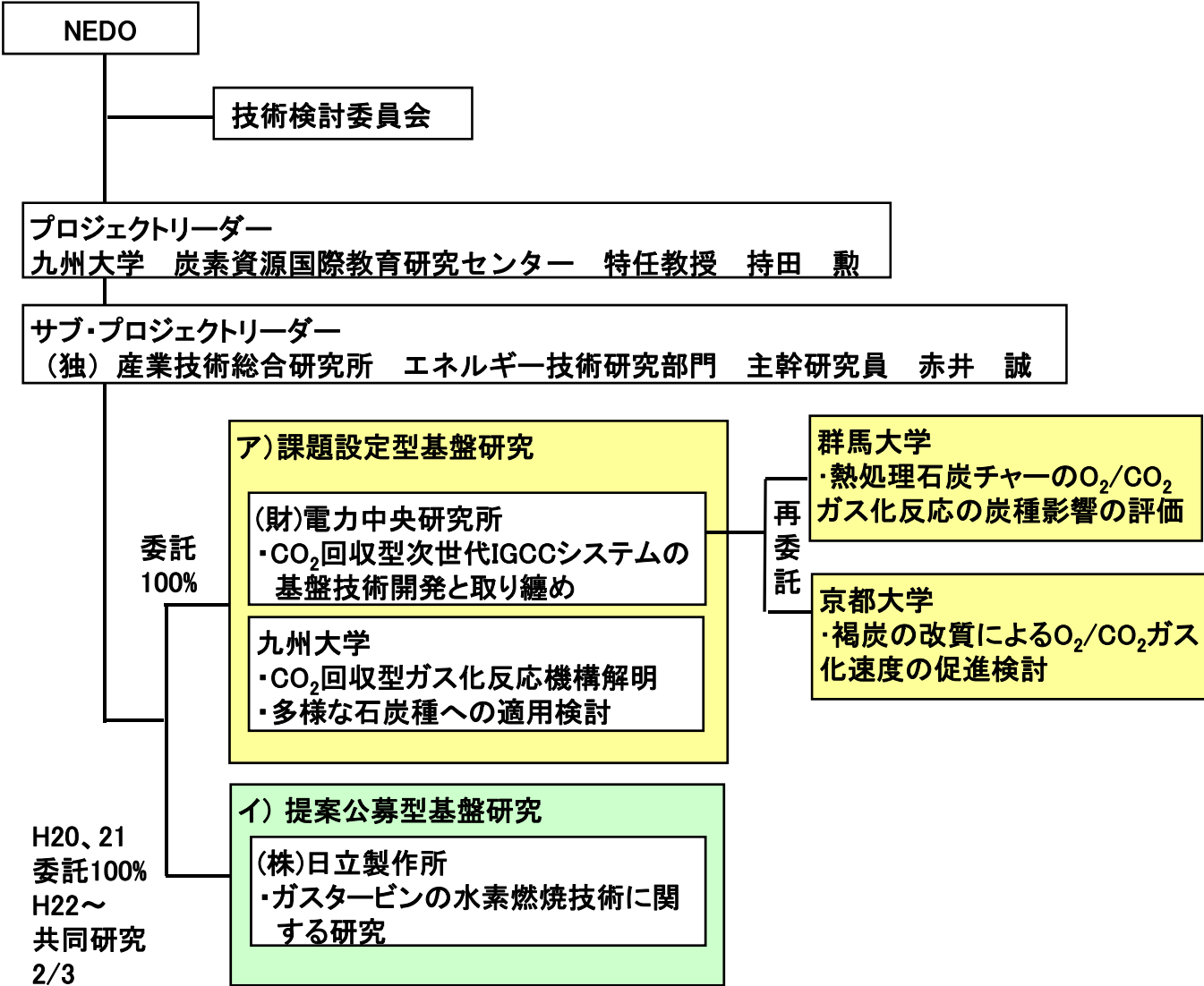
「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」

中間目標である「NOx濃度10ppm(16%酸素濃度換算)以下とする燃焼技術の目途を得られたことから、**平成22年度からは一部得られる知見の効果を自主的に実証試験等でも検証し、実用化へ向けて前倒しで取り組んでいくために、事業3年目である平成22年度から共同研究(NEDO費用負担2/3)へ移行**

2. 研究開発マネジメントについて

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

<実施体制>

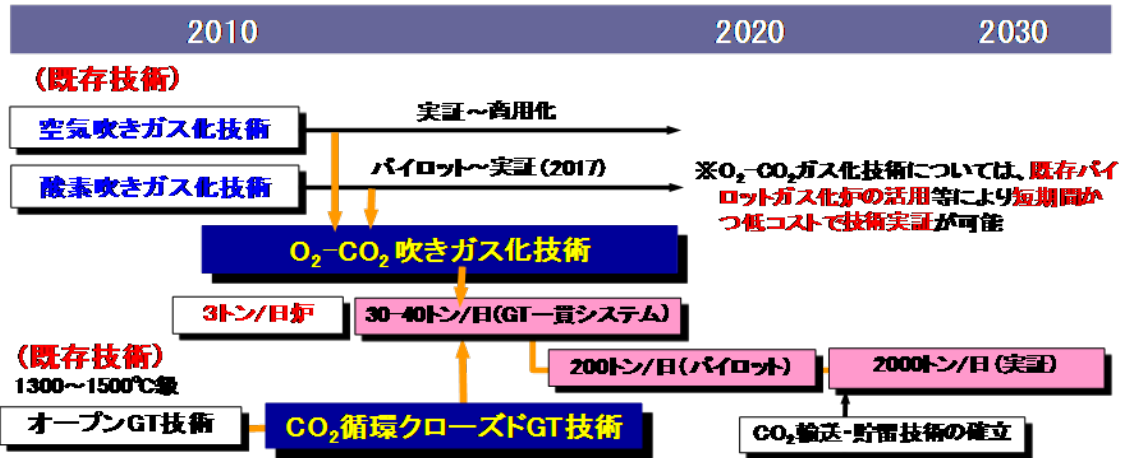


2. 研究開発マネジメントについて

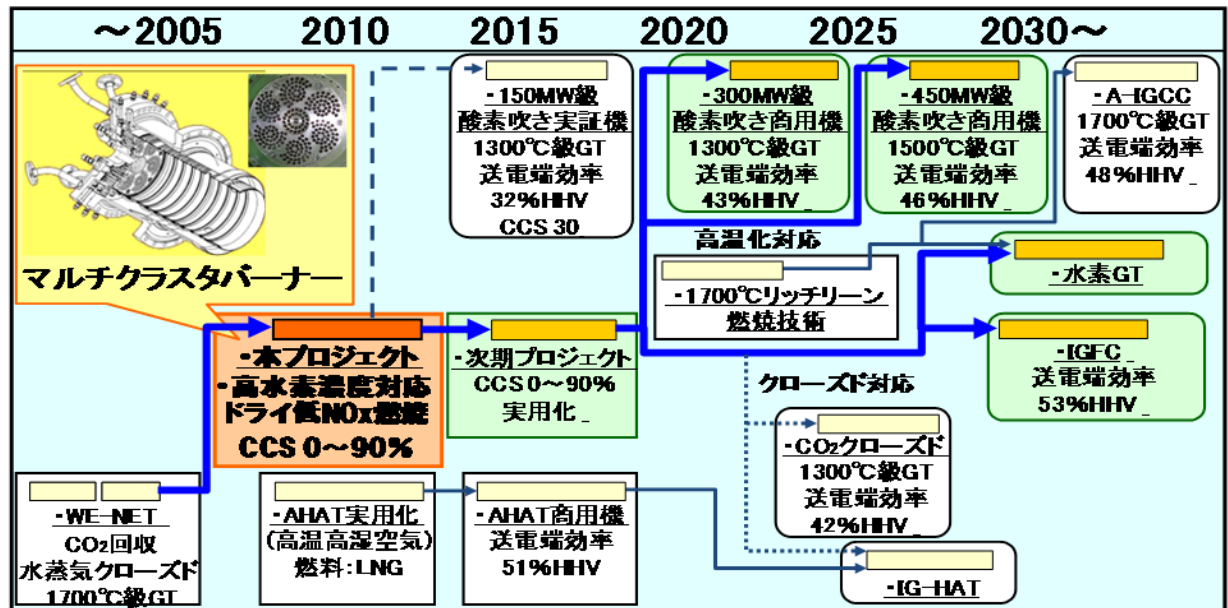
(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

①実用化につなげる戦略

「CO2回収型
次世代IGCC技術開発」



「石炭ガス化発電用
高水素濃度対応
低NOx技術開発」



2. 研究開発マネジメントについて

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

②知財マネジメント

ア)「CO2回収型次世代IGCC技術開発」

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	-	1件	-	1件
研究発表	0件	35件	4件	39件
論文投稿	0件	21件	0件	21件
研究報告書等	0件	2件	0件	2件

→ 大学からの研究発表・論文投稿による情報発信、学会等で有識者の認知

イ)「石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発」

	H20年度	H21年度	H22年度	合計
特許	3件	4件	0件	7件
研究発表	0件	0件	0件	0件
論文投稿	0件	2件	1件	3件
研究報告書等	0件	0件	0件	0件

→ 知財権の確実な確保

2. 研究開発マネジメントについて

(5) 情勢変化等への対応等

<基本計画の変更>

ゼロエミッション石炭火力に関する技術開発テーマを効率的かつ効果的に推進することを目的として、平成21年度まで基本計画及び実施計画を定めていた以下のテーマを統合し、平成22年度から「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」のテーマとして実施した。

- ・ 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト
(発電からCO2貯留までのトータルシステムのフェージビリティ・スタディ、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業)
- ・ 戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT)
- ・ クリーン・コール・テクノロジー推進事業

さらに、その中で、平成21年度まで実施していた、革新的ガス化技術に関する基盤研究事業及び戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) のテーマを、「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発」のテーマとして統合した。

2. 研究開発マネジメントについて

(5) 情勢変化等への対応等

・NEDO主催による「**技術検討委員会(年2回)**」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映→例: 電中研と九州大の役割明確化等

	氏名	役職	所属	
委員長	小島紀徳	教授	成蹊大学	理工学部物質生命理工学科
委員長代理	堤敦司	教授	東京大学	エネルギー工学連携研究センター
委員	佐藤光三	教授	東京大学	大学院工学系研究科
委員	平井秀一郎	教授	東京工業大学	炭素循環エネルギー研究センター
委員	田中雅	研究主幹	中部電力株式会社	電力技術研究所
委員	実原幾雄	部長	新日本製鐵株式会社	技術開発本部 技術開発企画部
委員	遠藤元治	室長付	出光興産株式会社	新規事業推進室
委員	佐川篤男	研究主幹	日本エネルギー経済研究所	新エネルギー技術・石炭グループ
委員	巽 孝夫	部長	株式会社KRI	環境・エネルギー技術コンサルティング部

・その他、以下の連絡会を開催

「**CO2回収型次世代IGCC技術開発連絡会**」

定期的に研究進捗状況確認と今後の進め方を協議