

「クリーン・コール・テクノロジー推進事業」及び
「クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査」
事業評価

2016年11月28日

(国)新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境部 クリーンコールグループ

1.事業の位置付け

クリーン・コール・テクノロジー推進事業



- 石炭は埋蔵量が豊富で広範な地域に賦存し経済性に優れていることから、我が国においては、石油ショック以来石油代替エネルギーの重要な柱のひとつとして石炭が位置付けられ、その導入が図られてきた。また、我が国の1次エネルギーに占める石炭比率は20%であり、石炭は今後とも重要なエネルギー源とされている。
- しかし、石炭は単位発熱量当たりの二酸化炭素排出量が他のエネルギー資源より多い等、環境負荷が高く、近年の地球環境問題への高まりから、石炭の有する課題(地球温暖化、酸性雨、取扱いの困難さ、石炭灰処理)の克服が必要不可欠となっている。
- この様な状況の下、環境負荷の一層の低減を図るため、高効率燃焼技術、転換技術等、クリーン・コール・テクノロジー(CCT)の開発の推進を図ることは必要な措置である。また、CCTに関連する開発可能性調査の実施及び基礎的情報を収集し、民間企業等へ提供することにより技術開発のリスクを低減させ、CCTの実用化につなげていく必要があることから当該事業の実施は必要である。

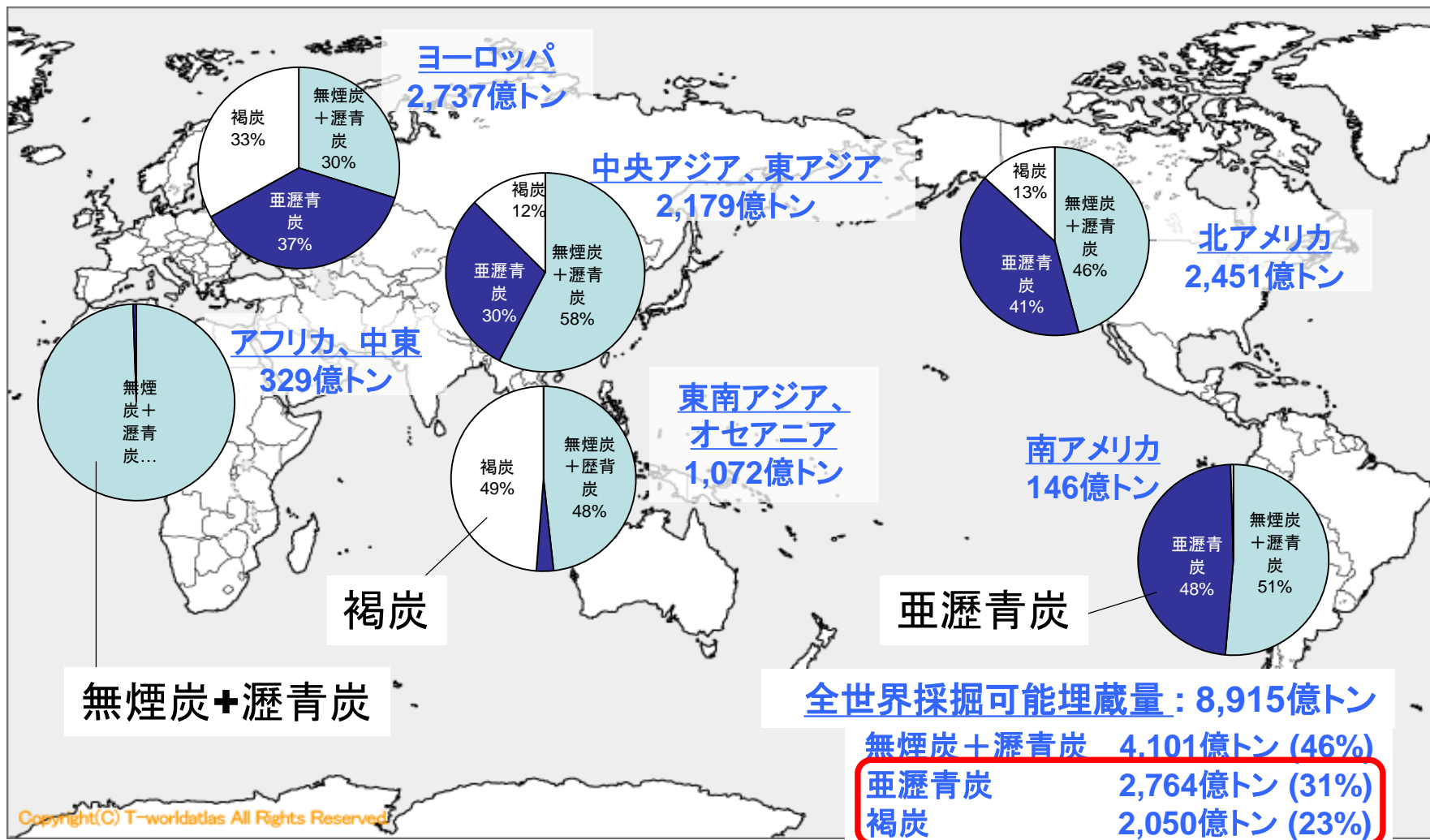
1.事業の位置付け

クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査



- 石炭は、石炭火力発電を中心に、今後とも世界的に需要が拡大し、世界の一次エネルギーに占める割合が高くなると見込まれているが、一方、石炭利用に伴い発生するCO₂やSO_x、NO_xの削減等、地球環境への対応が課題であり、今後のエネルギー需給の安定化のためにも、より高度なクリーン・コール・テクノロジー(CCT)の開発が求められている。
- CO₂対策としては、石炭火力発電技術の高効率化及びCO₂回収・貯留技術(CCS)の導入が有効な手段として期待されており、その組み合わせによる大規模実証プロジェクトも、欧州、米国、豪州、中国などで既に計画されているなか、我が国においても今後CCSを含むCCT技術の実用化に向けた取組が求められている。高効率石炭火力発電技術とCCSの導入にともなう市場規模については、2020年にCCS付のIGCCが7,000億円程度、このうちCCS設備費の占める割合は15%前後の約1,000億円と試算される。その後、燃料電池の開発の進展に伴い、IGCCがIGFCに置き換わるものと仮定すると、2050年には5兆円程度、また燃料電池の占める割合はこのうちの10%前後の約6,000億円と試算される。
- これらの技術開発の推進には、事前の実用化や適用可能性調査により、経済性や社会受容性の妥当性を評価し、技術開発項目及び開発計画等の検討を行うことが求められている。
- 本事業は、より高度のCCT技術の開発に先立ち、開発する技術について具体的な試設計の実施、想定価格の設定、市場性、社会受容性、技術開発項目、開発計画等の検討を行うものである。

世界の石炭採掘可能埋蔵量

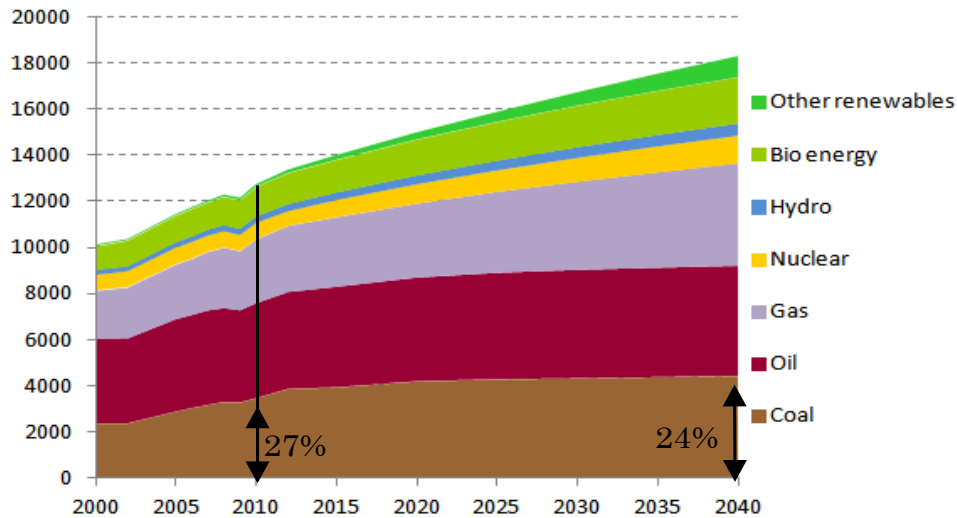


出典：WEC 2013 Survey of Energy Resources

2040年までの世界の石炭需要見通し

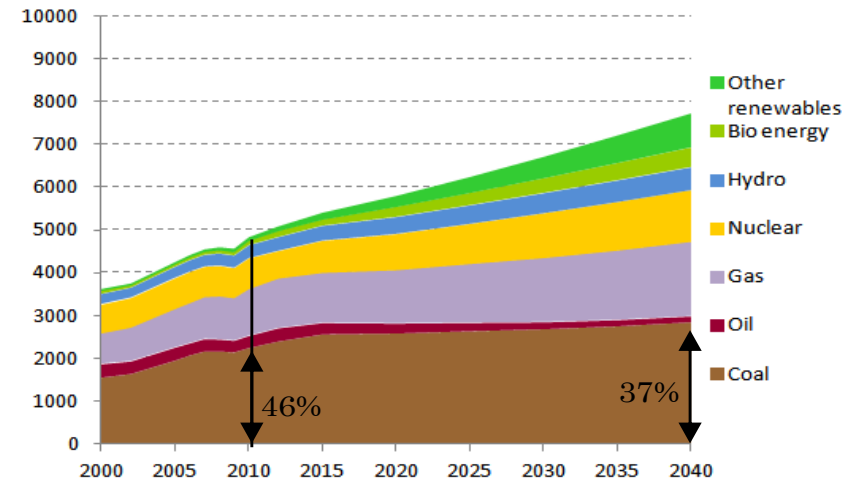
- 石炭は、石油や天然ガスなど他のエネルギー源に比べて、地域偏在性が低く、かつ、安価で比較的価格も安定。
- エネルギー需要全体の伸びに併せて拡大の見通しであり、今後とも重要なエネルギー源として期待されている。

Mtoe



World primary energy demand by source

Mtoe

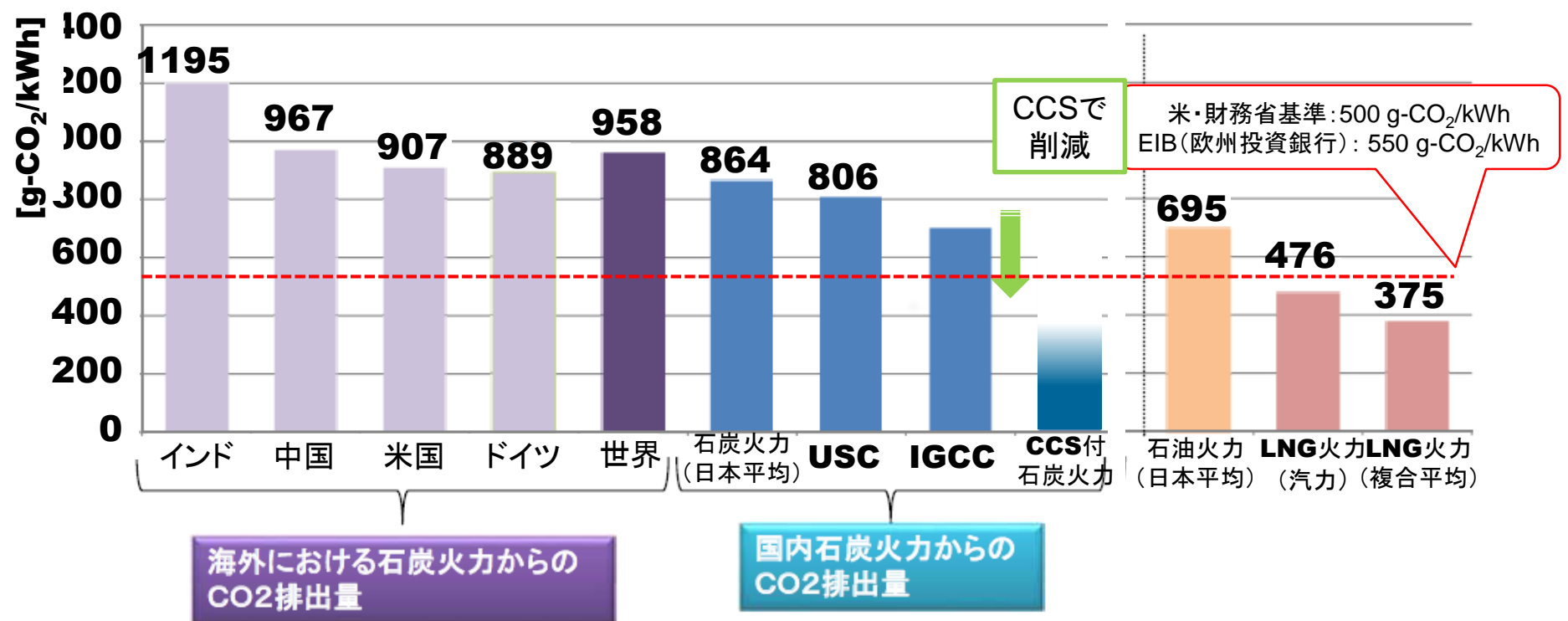


World power generation by source

発電時におけるCO₂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CO₂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CO₂の貯留・利用が必要。

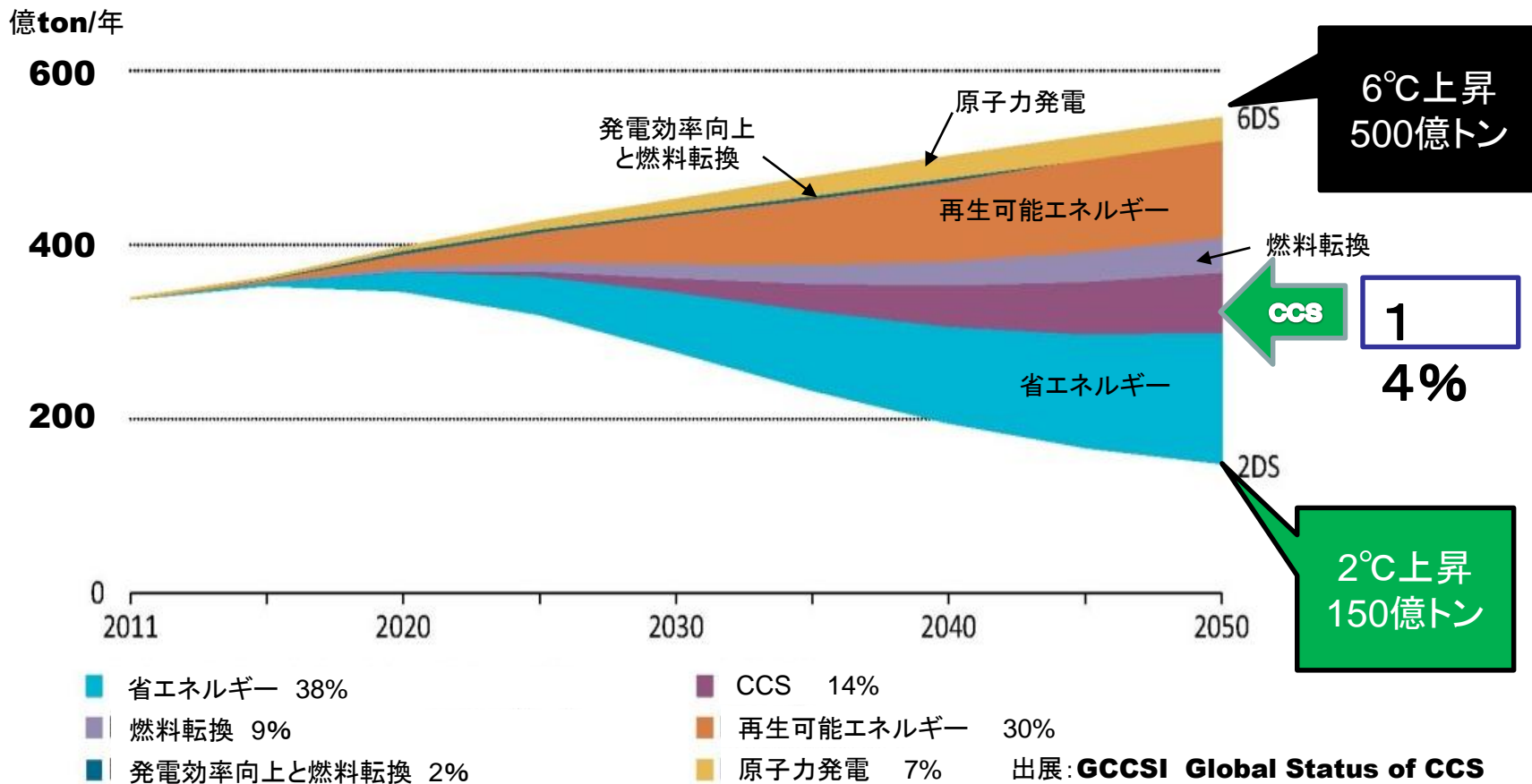
発電燃料別 kWh 当たりのCO₂発生量



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、CO₂ 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**CO₂**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**CO₂**発生量を約**150億トン**に削減する必要があり、**CCS**はこの**CO₂**削減量の**14%**を担うとされている。

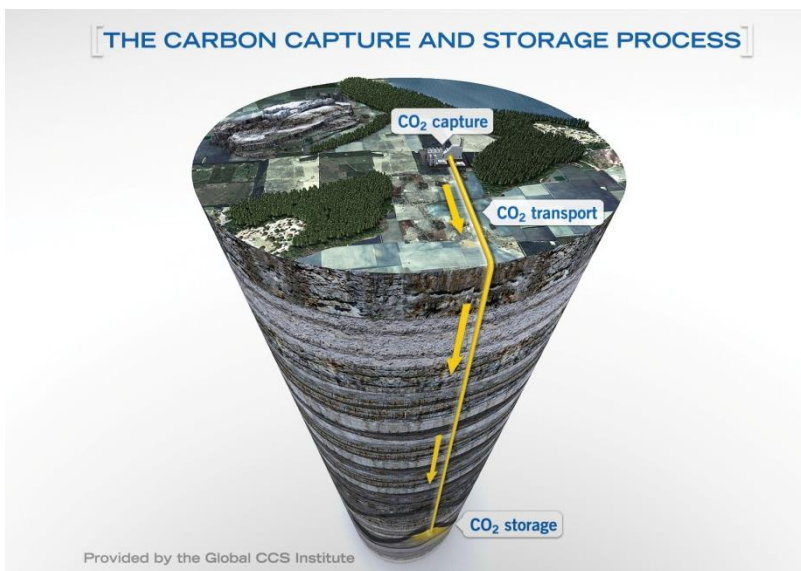


政策課題

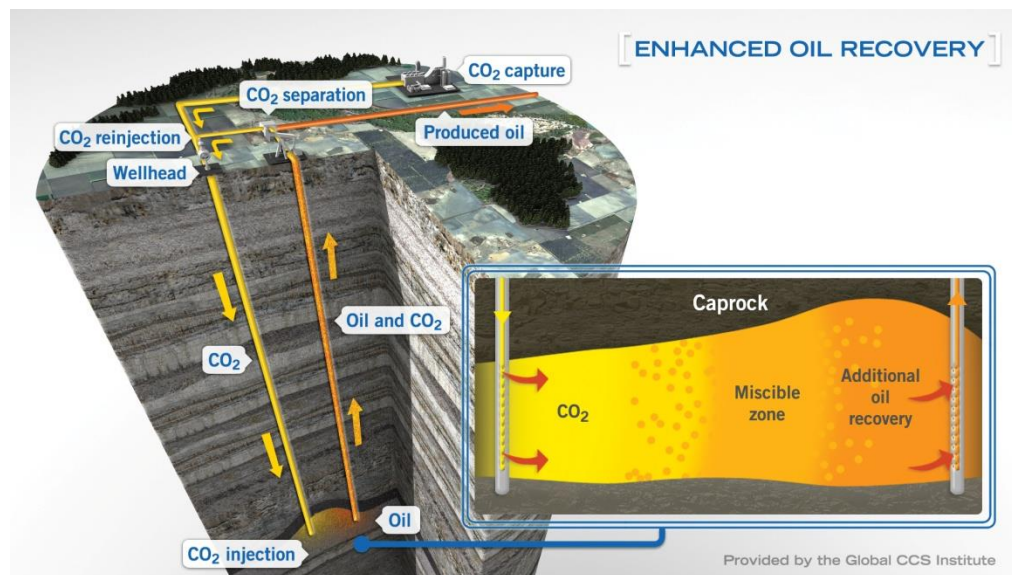
- 現状はCO₂が売れるCO₂/EORが主に実施されている
- CCSは帯水層貯留の場合コスト増加のみで事業の経済性が無く、政策的措置がとられた場合にのみ実現される。
- CO₂/EOR以外の帯水層貯留は、長期間のCO₂貯留のため、PA(社会的受容性)に十分留意して、地域住民のコンセンサスを得て進める必要がある。

技術課題

- 分離・回収は既存技術の組合せで現状でも実現可能な技術であるが、コスト負担低減が課題
- 貯留技術は数百万トン/年の大規模貯留時の貯留CO₂貯留範囲予測の高精度化とサイト閉鎖後の低コスト、継続的CO₂挙動監視技術の開発が必要



CCSの概要(帯水層貯留)



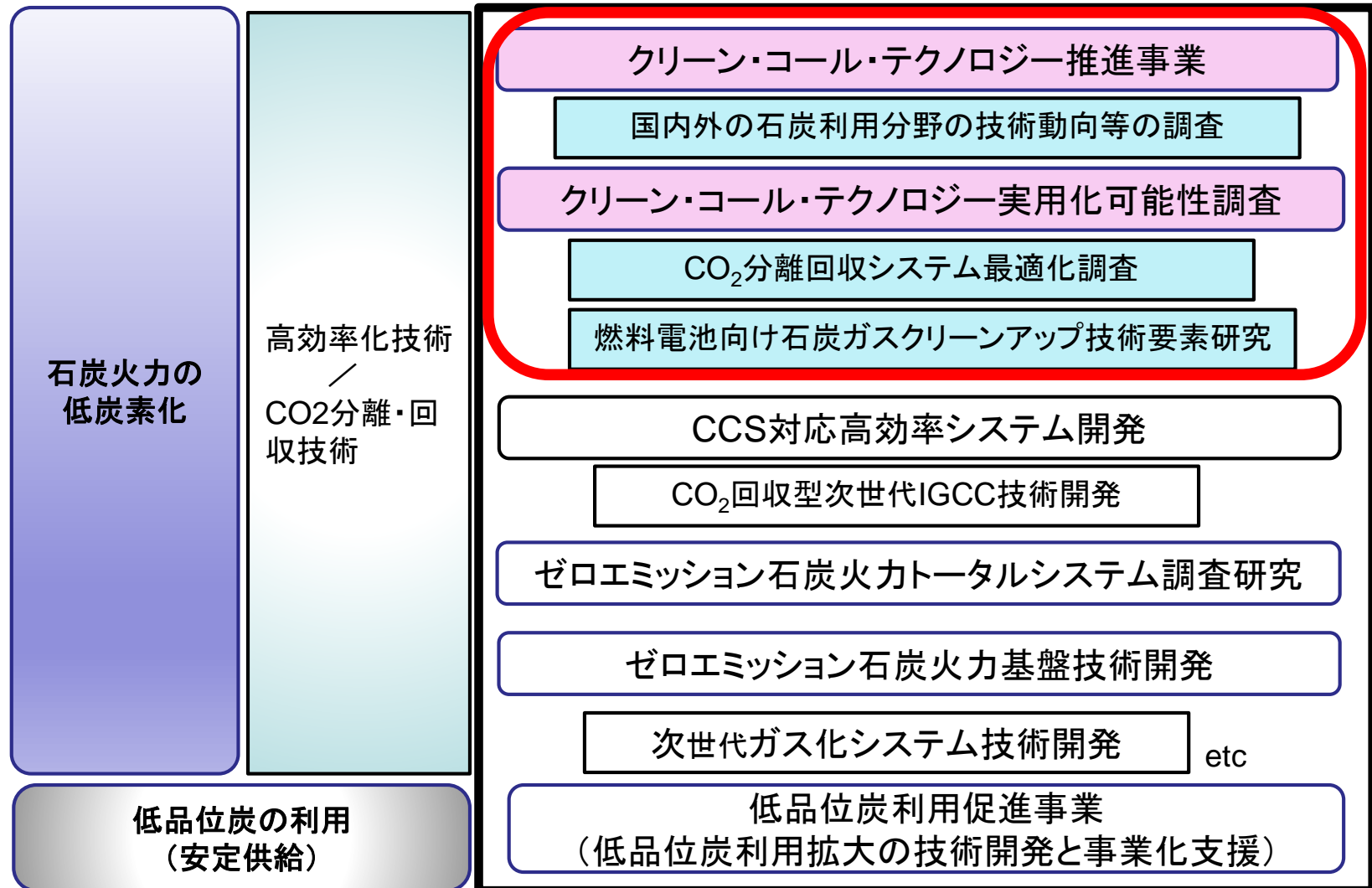
CO₂/EORの概要(枯渇油田の再生)

1.事業の位置付け

NEDOにおけるCCTの取組み



ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト



1.事業の位置付け

事業の目標



■ クリーン・コール・テクノロジー推進事業の目標

石炭利用技術分野において、CO₂排出低減、環境負荷低減、国際競争力の強化を図るために必要となる基礎的情報や最新情報の収集・解析、及び将来におけるCCTの導入可能性について関連技術の適応性、課題等の調査を行う。

また、海外(特に、中国や東南アジア諸国)との技術協力を通して、我が国の優れたCCTの導入に向けた取組を行う。

事業 \ 年度	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27 2015
(1)海外CO2対策技術、CCSプロジェクトに係る情報収集・意見交換				
(2)CCT開発等先導調査及びその他のCCT推進事業				
(3)IAE各種協定に基づく技術情報交換				
(4)GCCSI協定に基づく技術情報交換				

1.事業の位置付け

事業の目標



■ クリーン・コール・テクノロジー実用化可能性調査の目標

(1) CO₂分離回収システム最適化調査研究

CO₂分離回収システムのケーススタディ結果を踏まえて、最適なCO₂分離回収となるIGCCシステムの概念設計・試設計を行い、エネルギー効率及びCO₂分離回収コストを把握する。

(2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性調査

燃料電池の長期安定稼働実現に向け、石炭ガス化ガス中の微量成分(被毒成分)を高度に除去する技術と燃料電池側の要件を調査し、燃料電池用クリーンナップ装置の概略仕様を決定する。

事業 \ 年度	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27～ 2015～
CO ₂ 分離回収システム最適化調査研究		←————→		OCG第2段階反映
燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性調査	⋄	—————		⋄
	IGFC向け石炭ガス化ガスクリーンナップ			
		←————→		

燃料電池向け石炭ガス化ガスクリーンナップ

2. 事業概要

対象事業一覧

(1)クリーン・コール・テクノロジー推進事業

(a)クリーン・コール・テクノロジー調査事業

- ①モンゴルにおける乾留ブリケット製造事業に係る合理化検討
- ②IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンアップ要素研究
- ③低品位炭利用促進事業に関する検討
- ④未利用炭調査とビジネスモデルに関する検討
- ⑤エネルギー需給における石炭の役割と今後のCCT技術開発のあり方に関する検討
- ⑥CO₂分離回収技術の検討
- ⑦石炭火力発電所での低品位炭及びバイオマス燃焼混焼の経済性検討
- ⑧日本の石炭火力発電技術の競争力強化の検討

(b)国際会議調査事業

- ①IAE Clean Coal Center
- ②Global CCS Institute調査事業

(2)クリーン・コール・テクノロジー事業化可能性調査

- ①石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討
- ②燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性調査

(1) クリーン・コール・テクノロジー推進事業

(a) クリーン・コール・テクノロジー調査事業

(1)-(a)①モンゴルにおける乾留ブリケット製造事業に係る合理化検討



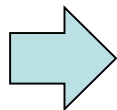
背景

モンゴルでは都市部への人口集中により、ゲル地域の低品位炭の直接燃焼に起因する大気汚染、それに伴う呼吸器疾患など健康被害の拡大が深刻な問題となっている。

講じられている対策

- モンゴル政府は、かかる大気汚染の発生を抑制させる為、各種支援策・関連法規を整備し、様々な解決策を模索している。
- 数ある解決策の中でも乾留ブリケットの製造・普及は環境改善への即効性が見込まれ、モンゴル政府も補助金を出して促進している。
- 日本政府は様々な施策を通じ、モンゴル政府の取組を支援している。
- 本FS事業は日本政府の施策に則り、多くの機関や企業と協力しながら乾留ブリケットの製造・普及を促進するものである。

(1)-(a)①モンゴルにおける乾留ブリケット製造事業 概要



KURIMOTO

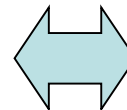
株式会社 栗本鐵工所

- ・概念設計・建設費試算
- ・製造工程の最適化検討

sojitz

双日株式会社

- ・統括業務・経済性検討



MAK

MONGOLYN ALT (MAK) CORPORATION

- ・現地情報・製品評価

モンゴル産褐炭



褐炭乾燥試験



乾留試験



乾留炭混練試験



↑
バインダー
(モンゴル産粘土他)

製品評価



乾留炭成型試験



(1)-(a)①モンゴルにおける乾留ブリケット製造事業概要(成果)



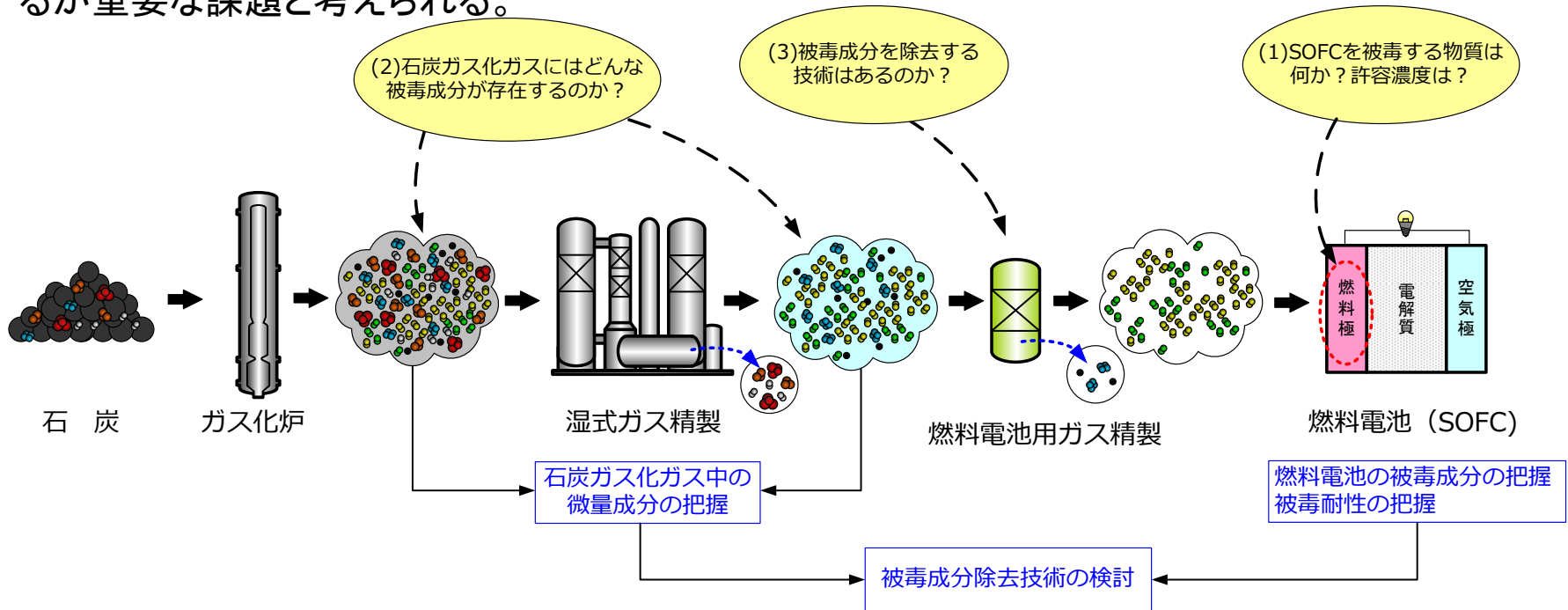
- バガヌール炭を用いて乾燥、乾留、成形の試験を実施することにより、最適な乾留ブリケット製造プロセスを作成した。
- 試験結果を基にしたスケールアップ設計をすることにより、商業規模プラントの機器リスト、レイアウト図、イニシャルコスト、ランニングコストを作成した。
- 現地調査を実施しプラント最適地の検証をした結果、バガヌール炭鉱近郊をプラント建設候補地として設定した。
- 算出した商業プラントのイニシャルコストとランニングコストを基に経済性検討を実施した。
⇒現状収益性は必ずしも高くないことが判明したが、一方で経済性向上のための方策もつかむことが出来た。

※本件、海外実証事業に移行。

(1)-(a)②IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンアップ要素 研究事業概要

(課題)

- IGFC実現に向けては、石炭ガス化ガスに含まれる燃料電池の被毒成分を如何に低減・除去するが重要な課題と考えられる。



(1) 燃料電池 (SOFC) の被毒成分の把握

(2) 石炭ガス化ガスに含まれる被毒成分の把握

(3) 被毒成分除去技術 (燃料電池用ガス精製) の検討

← 本研究の目的

(1)-(a)②IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンアップ要素 研究事業概要 (SOFC被毒成分)

	アルカリ金属	アルカリ土類	希土類	チタン族	土酸金属	クロム族	マンガン族	鉄族(上3元素) 白金族(下3元素)			銅族	亜鉛族	アルミニウム族	炭素族	窒素族	酸素族	ハロゲン	希ガス
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8			1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 水素																	2 He ヘリウム
2	3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ほう素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
3	11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
4	19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
5	37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニア	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルテニウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
6	55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	L ランタノイド	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスミウム	77 Ir イリジウム	78 Pt 白金	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン
7	87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	A アクチノイド	104 Rf ラザフォジウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボルギウム	107 Bh ボーリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイタネリウム	110 Ds タムスタチウム	111 Rg レントゲニウム	112 Cn コベルニウム	113	114	115	116	117	118
	L ランタノイド	57 La ランタン	58 Ce セリウム	59 Pr プラセオジウム	60 Nd ネオジウム	61 Pm プロメチウム	62 Sm サマリウム	63 Eu ユーロピウム	64 Gd ガドリニウム	65 Tb テルビウム	66 Dy ジスフロジウム	67 Ho ホルミウム	68 Er エルビウム	69 Tm ツリウム	70 Yb イテリビウム	71 Lu ルテチウム		
	A アクチノイド	89 Ac アクチニウム	90 Th トリウム	91 Pa プロトアクチニウム	92 U ウラン	93 Nb ネプツニウム	94 Pu プルトニウム	95 Am アメリシウム	96 Cm キュリウム	97 Bk バークリウム	98 Cf カルフニウム	99 Es アインシュタイン	100 Fm フェルミウム	101 Md メンデレヴィウム	102 No ノーベリウム	104 Lr ローレンツウム		

典型元素
遷移元素
金属
非金属

○ SOFCの被毒元素として報告のあるもの

- SOFC被毒物質を元素で整理すると、S, B, P, Cl, As, Se, Cd, Sb, Si(9元素)が被毒成分として報告されている。
⇒ **本調査の測定対象**
- また、発電性能を長期間に渡って維持するための許容濃度は数ppb～数ppmレベルになると推定されている。

(1)-(a)②IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンアップ要素 研究事業概要(ガス分析、配管内調査)

- 吸収液、減圧方法の検討を行い、EAGLEの5ヶ所(図中▼①～⑤)においてガスを採取し、被毒成分の定量分析を行った。
- 下記14か所(図中▲①～⑭)の配管を抜管し内面の付着物について調査を行った。

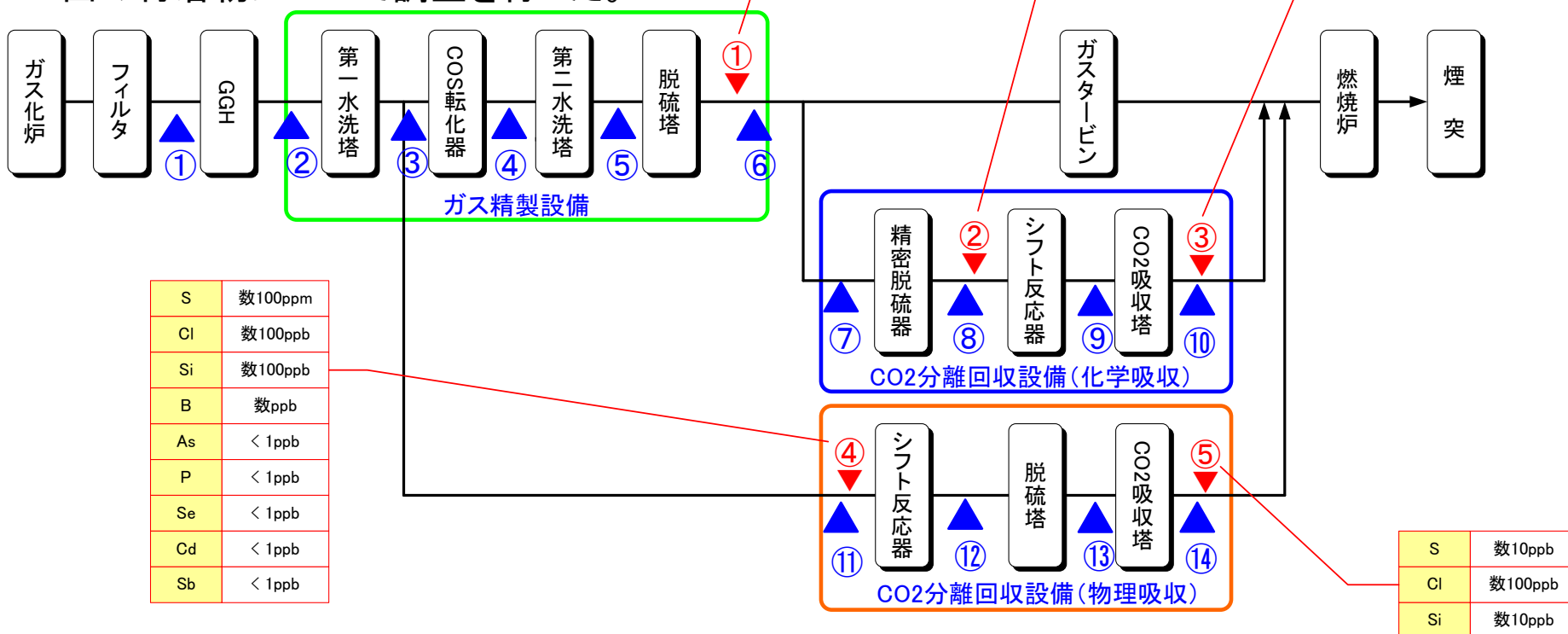
S	数10ppm
Cl	数100ppb
Si	数10ppb
B	< 1ppb
As	< 1ppb

S	数100ppb
Cl	数100ppb
Si	数10ppb
B	数ppb

S	数10ppb
Cl	数100ppb
Si	数10ppb
B	数ppb

S	数100ppm
Cl	数100ppb
Si	数100ppb
B	数ppb
As	< 1ppb
P	< 1ppb
Se	< 1ppb
Cd	< 1ppb
Sb	< 1ppb

S	数10ppb
Cl	数100ppb
Si	数10ppb



- ガス分析の結果、燃料電池の燃料としてガスを供給する可能性のある精製ガス(②、③、⑤)にも、硫黄、塩素、ケイ素、ホウ素が微量に含有していることを確認した。
- EAGLE配管内面の付着物を調査したところ、硫黄やケイ素などの被毒成分が含まれていることを確認した。

(1)-(a)②IGFC向け石炭ガス化ガスのクリーンアップ要素 研究事業概要(成果)

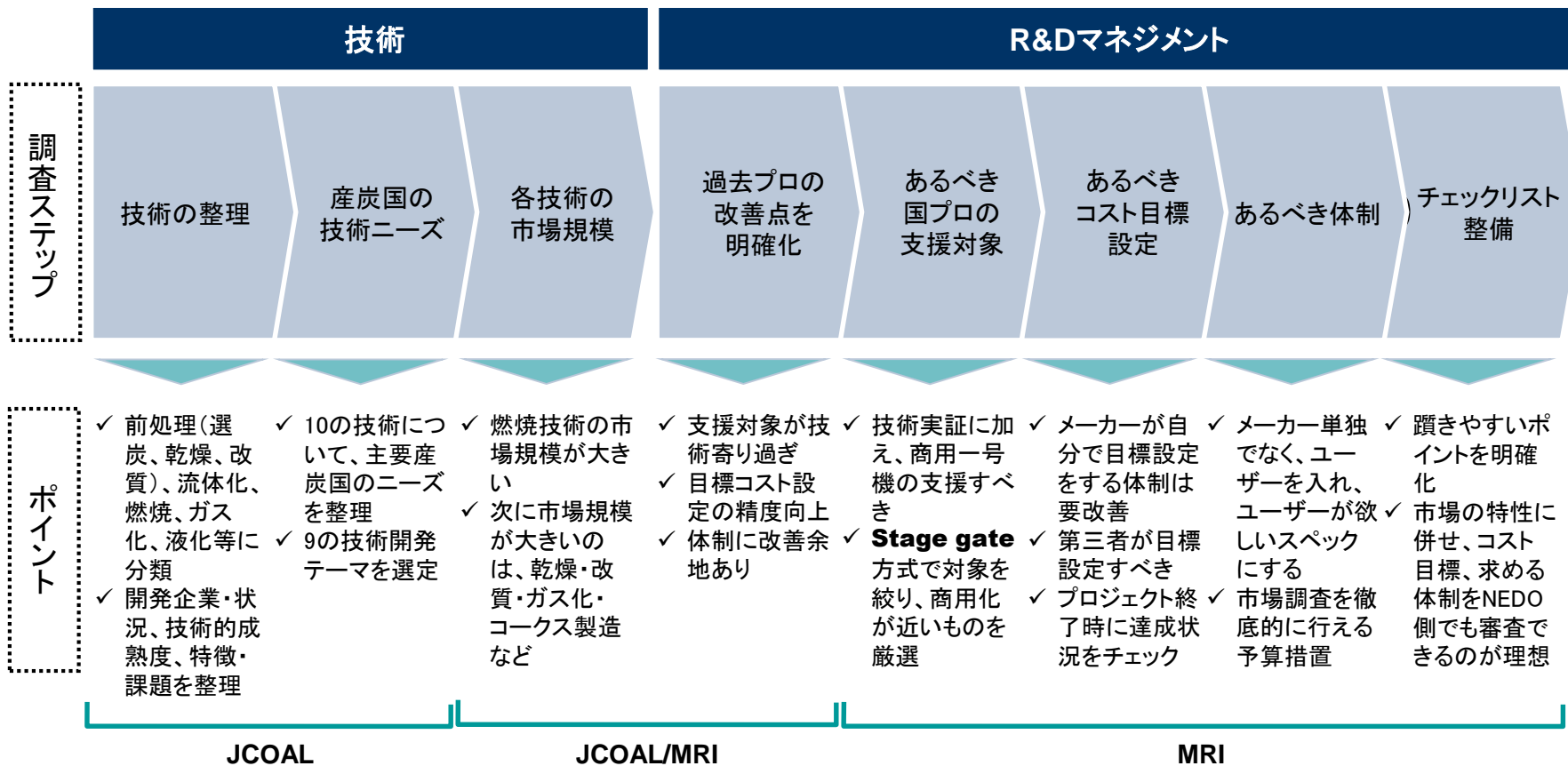
- ガス分析方法評価検討を行い得られた成果を用い、多目的石炭ガス製造技術開発(EAGLE)パイロット試験設備で生成される実際の石炭ガス化設備後段のガス精製設備下流の精製ガスやCO₂分離回収後の水素リッチガス中の微量成分の測定、配管内面の付着物について調査した結果、SOFC被毒成分が複数あることが分かった。



- 本研究成果は、燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術適用性に反映し、現在燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術要素研究に活用されている。

(1)-(a)③低品位炭利用促進事業に関する検討事業概要

- 調査アプローチとキー・ファインディングス
 - CCTを体系整理し、技術の市場規模をまとめた。過去の国プロを振り返り、改善点を把握。次世代の国プロを成功させるためのポイントを提言。
 - 支援対象の再定義、客観的なコスト目標の設定、ユーザーを含む体制がポイント。



(1)-(a)③低品位炭利用促進事業に関する検討事業概要 (成果)



■ 過去のプロジェクトの経験を踏まえた提言

1 事業評価にリソースを割く

本来は、メーカーのシーズ起点ではなく、市場ポテンシャル、技術の低コスト化の見通しなどを客観的に踏まえて、実証すべき技術を選ぶべき。事前に市場調査を徹底し、事業の評価を深める機会を設けるべき。

2 勝てるビジネスモデルを事前に考え抜く(バリューチェーンを事前に構築することが重要)

これまでは、技術実証試験の後から、売り先を見つけたり、ビジネスモデルを構築しはじめたケースが多々あった。実現性の高いビジネスモデルがあることは、商業化の成功には不可欠であり、実証試験の前に、「勝てる」ビジネスモデルを考え抜く機会を設けるべき。

3 コストマネジメントツールの開発

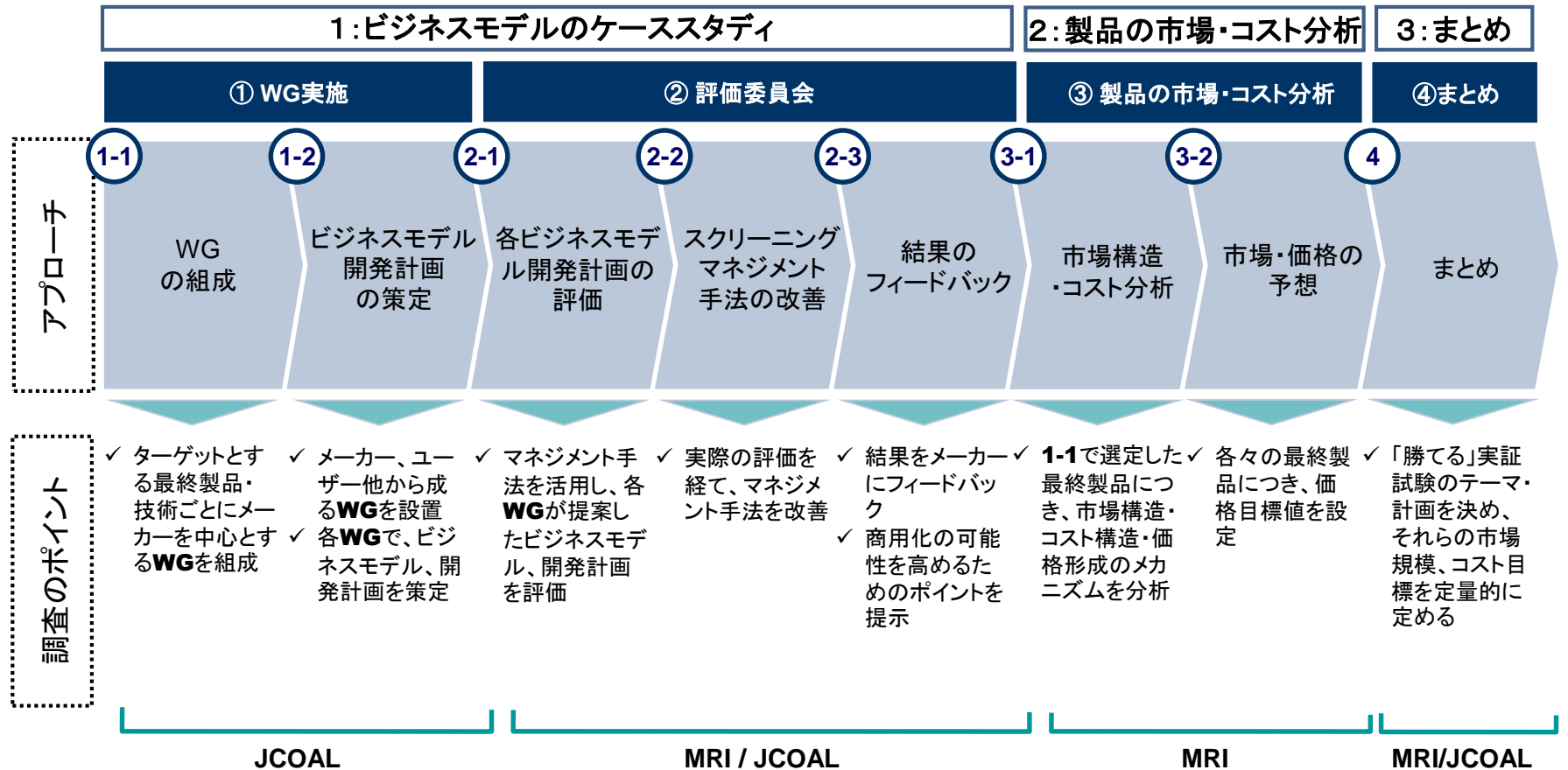
コスト目標の設定が、商業化を阻んだ最大要因。従って、原炭価格、最終製品価格の動向や、インフラコストなど周辺コストも含めた、コストマネジメントができるツールを開発し、NEDO側からもコストのマネジメントを強化すべき。

(1)-(a)④未利用炭調査とビジネスモデルに関する検討 事業概要



■ 調査フローと主なアプローチ

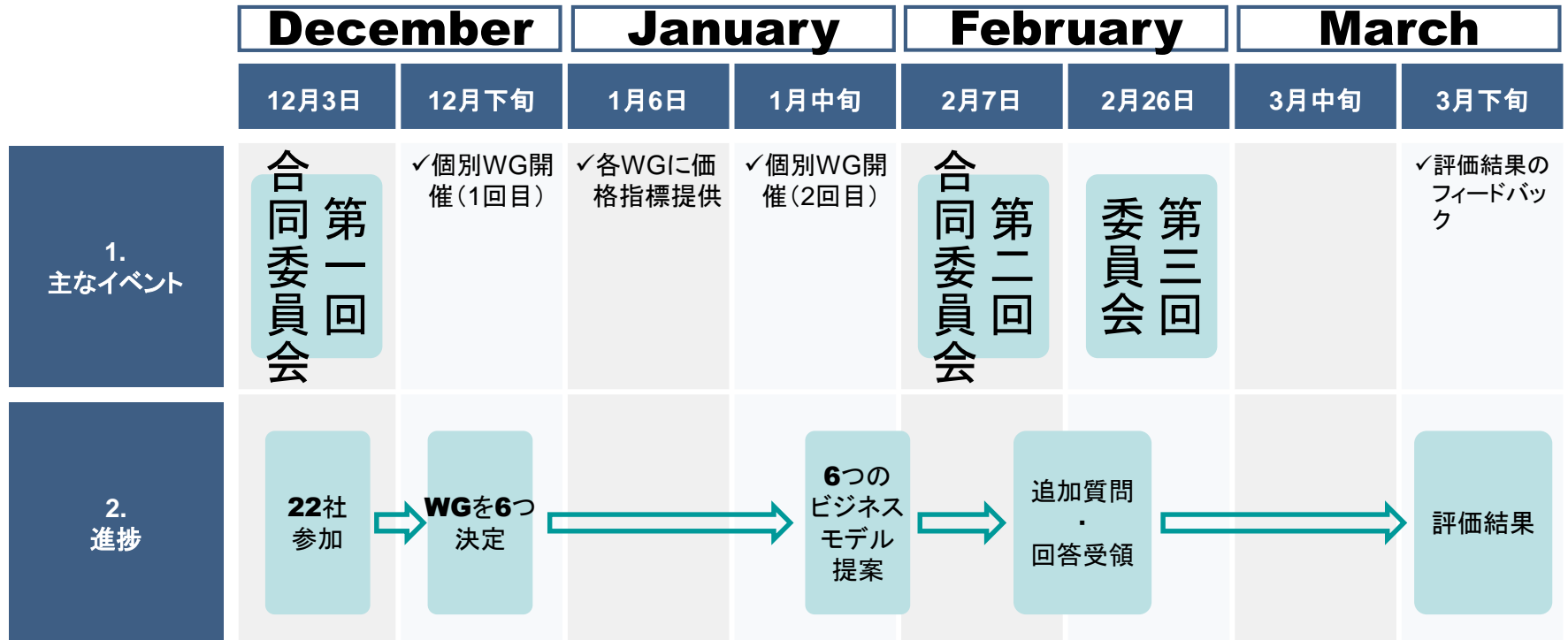
- 本調査のフローと主なアプローチは以下のとおり。
- 平成24年度調査にて提言したスクリーニング手法が機能するか検証するため、平成25年度調査では実際に事業を検討している案件に対し本スクリーニング手法を適用し、有効性の検証と改善点の検討を行った。



(1)-(a)④未利用炭調査とビジネスモデルに関する検討 事業概要

■ WG組成から評価委員会による案件評価までの流れ

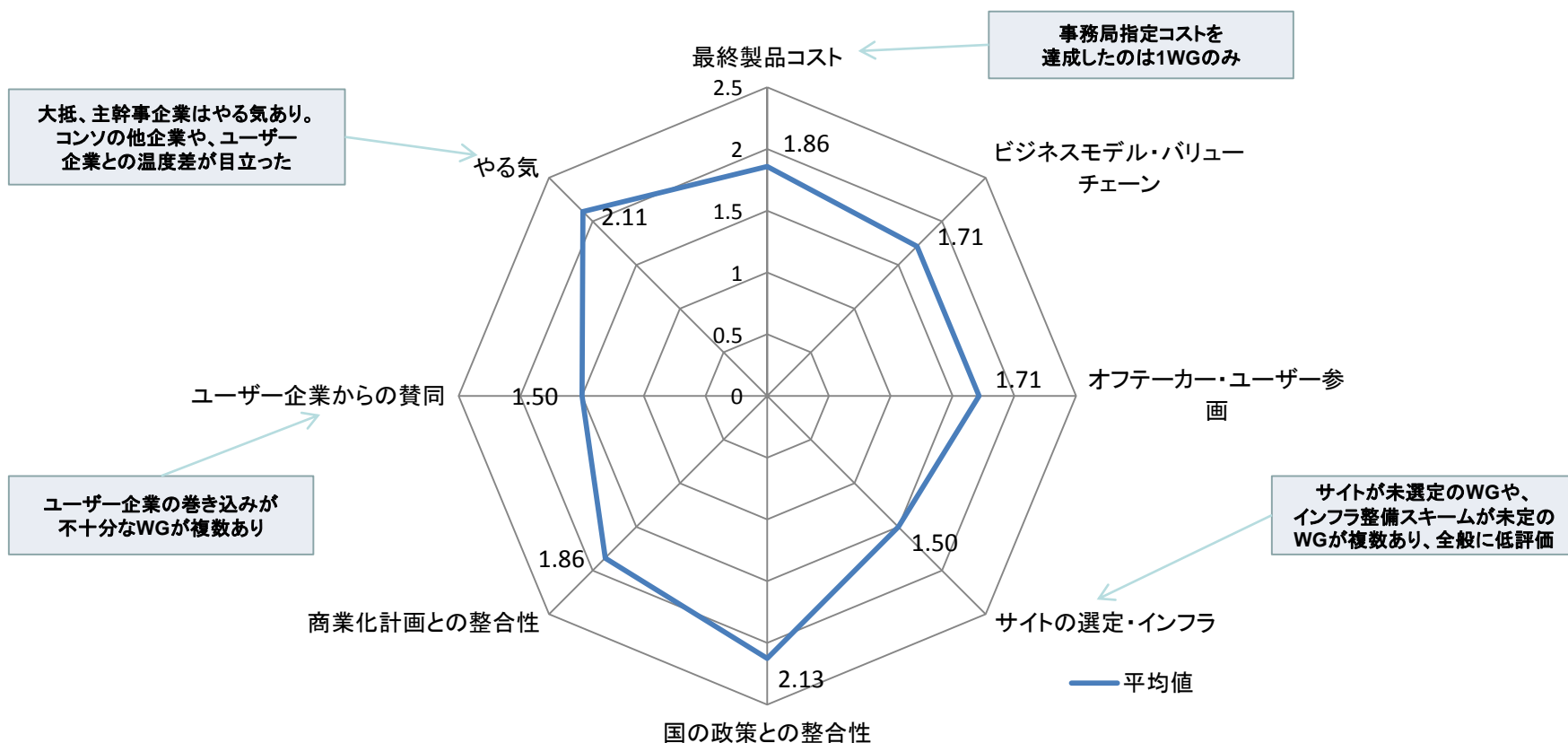
- 低品位炭を活用した研究開発に興味がある企業を、調査団が関係企業に直接声掛けした他、ウェブサイトを通じ募り、20社以上が興味を示した。最終的に、メーカー、ユーザー、商社などから成る6つのWGが組成された。
- 各WGにて低品位炭を活用した実証試験・ビジネスモデルの提案を取りまとめ、2014年2月以降、2回の評価委員会で評価した。



(1)-(a)④未利用炭調査とビジネスモデルに関する検討 事業概要(成果)

■ WGの評価サマリー

- 各WGの評価結果の平均値は以下のとおり。
- 全般的に、最終製品コストの事務局提示コスト目標への未達、最終製品のユーザー企業を巻き込んでいないケース、サイトのインフラ整備の具体的なスキームを構築していないケースがあり、これら項目で点数差が開いた。



(1)-(a)④未利用炭調査とビジネスモデルに関する検討事業概要(成果)

■ 本評価手法そのものの評価、改善点は以下の通り

1 ビジネスモデルの評価手法としては適切

事務局が共通の原炭コスト、インフラコスト、最終製品価格目標を提示したことで、横並び比較が可能となったのは大きな成果。技術的に実現可能なコストで目標が達成でき、バリューチェーンが組め、金融機関もOKならば事業化の前提は揃うと考えて良い。

2 改善点1: 目標コスト・技術的な性能等の技術的な実現可能性の検証の必要性

事務局が目標コストを提示した結果、技術的な実現可能性の根拠が不十分でも「目標コストが達成される」と提案したWGがあった。提案されたコストや性能が、技術的に実現可能なのか検証する評価項目の追加が必要。

3 改善点2: ユーザー視点での競合技術との比較、EPC売り用の評価指標の必要性

本評価手法は、炭鉱からEPC運営までの垂直統合が前提。EPC売りには追加の評価指標が必要。特に、技術の買い手の立場から見ると、バンクブルかだけでなく、競合技術よりも安く、優れているかもポイントに。

4 改善点3: 商用化までの時間軸の違いは考慮すべき

WGの中には10年以上先の商用化を提案しているものもあった。そうした提案は具体的なバリューチェーン構築が間に合っておらず、本評価手法では低評価になる傾向が強い。本評価手法を適用するプロジェクトは、実証試験後に速やかに商用化できるものに限定すべき。

(1)-(a)⑤エネルギー需給における石炭の役割と今後のCCT 技術開発のあり方に関する検討

背景

1. 我が国における石炭の位置付け

石炭は我が国において重要な基幹エネルギーの地位を占めており、その輸入量も増加傾向にあることから、その重要性はますます高まっている。

- 我が国の一次エネルギー総供給量に占める石炭の割合 21.0%(2009年度)^(*1)
- 発電量に占める石炭火力の割合 25%(2011年度)^(*1)

2. 海外における石炭利用技術ロードマップの例

- IEAもCO2削減への取組の中で、石炭の高効率利用の重要性を認識しており、2012年12月にHigh Efficiency, Low Emissions Coal Technology Roadmapが作成された。^(*2)
- 豪州も褐炭の有効利用を目的としたロードマップの作成を計画し着手^(*3)

3. 本調査の目的

NEDOでは、平成18年に、「日本のクリーン・コール・テクノロジー」を作成したが、種々環境変化や技術開発の進捗を考慮に入れ見直しを行う必要が生じている。そこで、石炭利用技術分野の技術を把握し取りまとめることを目的として本調査を実施する。

- (*1) 2012年版 エネルギー白書2012
- (*2) 2012年12月 IEA Technology Roadmap: High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation
- (*3) 2011年6月21,22日にVictorian Brown Coal Roadmap Stakeholder Workshopを開催(於: Melbourne)

(1)-(a)⑤エネルギー需給における石炭の役割と今後のCCT技術開発のあり方に関する検討事業概要

■ 一次エネルギー供給における石炭の役割

①-1. 石炭火力発電所等の現状調査

- ・電気事業用石炭火力発電所新・増設計画
- ・既設発電所の運開時期
- ・CCS実証試験の動向

高効率石炭火力の見通し

①-2. 一次エネルギー供給と電源構成の推移の検討

- ・原子力発電
 - 一次エネルギー供給と電源構成の推移
- ・再生可能エネルギー

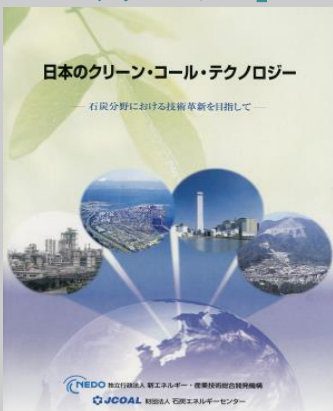
①-3. 石炭火力導入シナリオの検討

- ・原子力発電と新エネルギーをパラメータとしたケーススタディ
 - 現実的な石炭導入シナリオ
- ・LNGと石炭火力の比率によるCO₂排出量を試算

■ 石炭利用技術分野の技術ロードマップ

②-1. 石炭利用技術開発の状況調査

「日本のクリーンコールテクノロジー」



H23年度「エネルギーを取り巻く環境変化と今後のCCT技術開発のあり方に関する検討」の技術情報の取込

新規技術の取込

②-3. 有識者による委員会の開催及び改訂結果の確認と見直し
有識者による検討委員会の開催と、ヒアリング結果の確認及び見直し
(1月、3月の2回開催予定)

②-2. 石炭利用開発技術の最新情報への改訂
対象企業等への直接ヒアリングによる技術の現状及び今後の展開の把握と整理
(全79技術、そのうち進行中41技術)

②-4. 公開用資料原稿の作成

(1)-(a)⑤エネルギー需給における石炭の役割と今後のCCT技術開発のあり方に関する検討事業概要(成果)

■ 一次エネルギーにおける石炭の役割

- 原発の復帰時期とその電力量をパラメータに、長期ビジョンに立った電力構成を推測・解析した。その上で一次エネルギー供給における石炭火力の役割、高効率石炭火力発電の導入シナリオを検討した。
- 2020年に2005年比でCO₂を3.8%削減することは(COP19、ワルシャワ、2013.11)、原子力発電の再稼働が100%のケース1でのみ達成可能である。ただし、産業別のCO₂削減目標を見直すことで違った結果も得られるため、この考察には注意が必要である。
- 2025年までは、本解析で想定した原子力発電の再稼働ケースによらず、石炭火力の新設計画が少ないため、石油火力とLNG火力に頼らざるを得ない。言い換えれば、2025年までは貿易赤字解消の手立ては見当たらない。
- 2025年以降は、石炭火力発電の新たな導入シナリオとCCSの導入(ケース2'(CCS))を図ることで、約0.5兆円の燃料費削減が可能である。

(1)-(a)⑤エネルギー需給における石炭の役割と今後のCC1 技術開発のあり方に関する検討事業概要(成果)

■ 石炭利用技術分野の技術ロードマップ

- 平成18年3月刊行「日本のクリーン・コール・テクノロジー」記述の技術は時間が経過し取り巻く環境も大きく変化していることから、分類の見直しを行った。

利用分野

A_多目的石炭利用技術、B_高効率利用技術、C_CO₂対策技術、D_排煙処理・ガスクリーニング技術、E_石炭灰有効利用技術、F_エネルギーチェーン・システム

要素技術

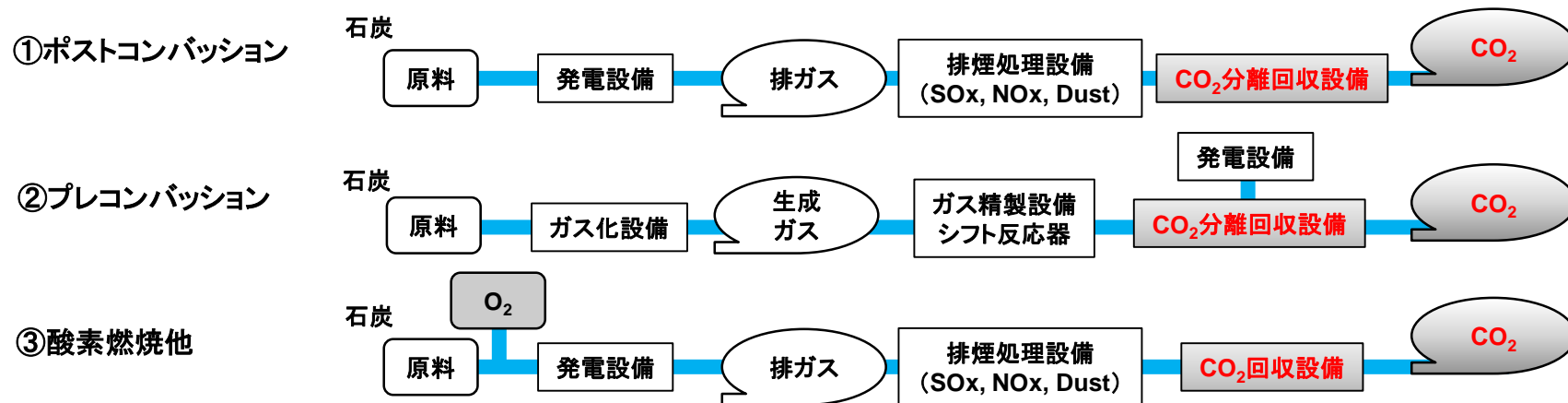
01_石炭ガス化・水素化技術、02_石炭液化技術、03_熱分解技術、04_粉体化・流体化・共利用技術、05_脱灰・改質技術、06_燃焼技術、07_製鉄技術、08_排煙処理・ガスクリーニング技術、09_石炭灰有効利用技術、10_その他

■ 主な変化点

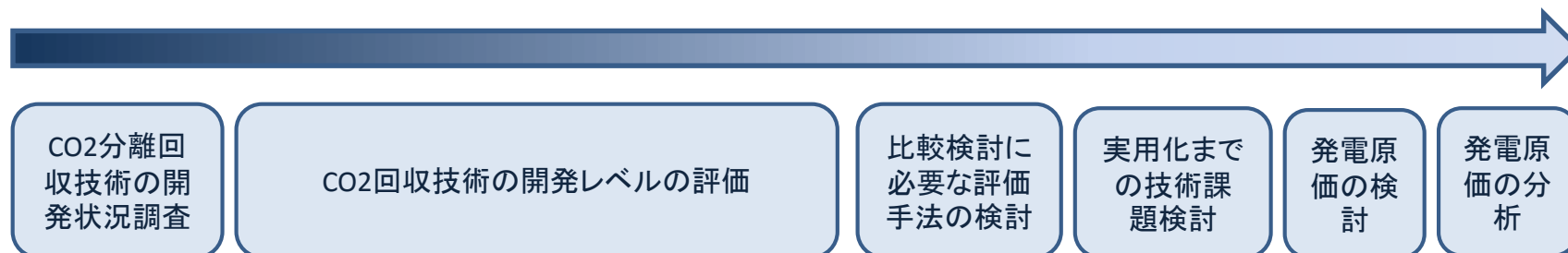
- 石炭直接液化技術、改質技術、燃焼関連では流動床関連の技術に完了技術が多い。
- 多目的利用の一部ガス化技術は、例えばHYCOL→EAGLE→大崎クールジェンのようにプロジェクトが発展して高効率発電技術へと受け継がれている。
- 石炭液化BCLの灰化技術はフェロコクスに受け継がれており、要素技術の開発が生かされている例である。
- 低品位炭を利用した石炭改質技術については現在インドネシア等でUBC,TIGAR,JCF、各種褐炭乾燥などステージは異なるが、プロジェクトが進展している。
- CO₂対策技術は燃焼関連を中心に研究開発が継続されており、今後のCO₂分離回収の政策の進展とともに実用化に向けて進展するものと考えられる。
- CO₂以外の環境関連では既にNO_x、SO_x除去は実用化されているが、近年水俣条約の水銀が注目されており、既に我が国技術は実用化段階である。

(1)-(a)⑥CO2分離回収技術の検討事業概要

■ 以下の3方式に大別される、石炭火力発電方式に適用されるCO2分離回収技術を調査する。



■ 調査した個別技術について下記フローにより、開発レベルの評価、課題・発電原価を検討し、CO2排出量と発電原価を分析する。



(1)-(a)⑥CO₂分離回収技術の検討事業概要(成果)

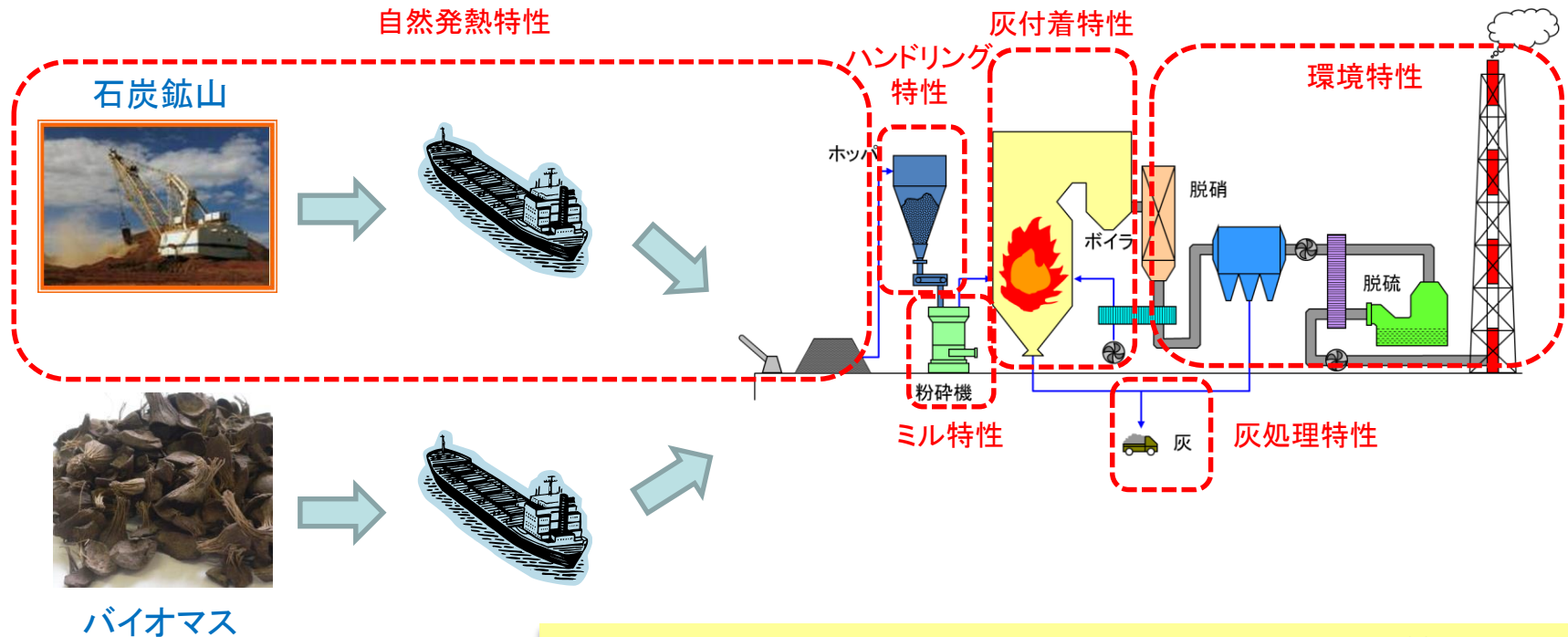
本調査は、化学吸収法や物理吸収法、膜法などのCO₂分離回収技術の整理、各技術の特徴とCO₂回収エネルギーの比較、及び進捗状況や実現可能性を調査した。また、NGCC、IGCC、微粉炭火力で1,000MW級発電所に適用した場合のCO₂回収後のkWh当たりのCO₂発生量と発電コストの関係を求め、比較検討した。本結果はCCS技術開発の方向性検討に反映した。



- ・石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討事業
- ・クリーン・コール・テクノロジーロードマップの検討
- ・革新的CO₂分離回収技術に関する調査

(1)-(a)⑦石炭火力発電所での低品位炭及びバイオマス 燃焼混焼の経済性検討事業概要

- 石炭火力発電所において、低品位炭およびバイオマス燃料の混焼率を向上するには、技術的および経済的な課題をクリアする必要がある。
- 本検討では、低品位炭及びバイオマス燃料の品質や需給環境を踏まえ、技術課題の抽出と対策検討を実施し、低品位炭及びバイオマス混焼の追加対策コストを含めた経済性を試算する。



(出典：バイオマスボイラー普及促進会HP)

- 混焼率向上のための技術課題の抽出と対策
- 経済性試算

(1)-(a)⑦石炭火力発電所での低品位炭及びバイオマス 燃焼混焼の経済性検討事業概要(成果)

本調査は、国内の石炭火力発電所において低品位炭導入に伴う、技術課題や経済性を調査した。また、国内外のバイオマス調達に係る経済性を調査し、バイオマス燃料の安定供給と石炭火力での混焼による経済性メリットを明らかにした。低品位炭利用については、自然発熱性、ミル制御、効率低下等の技術的課題はあるが、石炭市況レベルの上昇と共に、発電コストメリットを享受できる。市況動向を見据えた低品位炭利用の拡大が重要である。国内の木質バイオマスを大量にかつ安定的に調達することは困難、現状北米西海岸からの供給が有望視される。バイオマス燃料の混焼には、技術的にはミル性能限界の考慮が必要があり、バイオマス燃料は高価で発電コストが上昇するが、FIT制度により、一定の経済性は担保される。

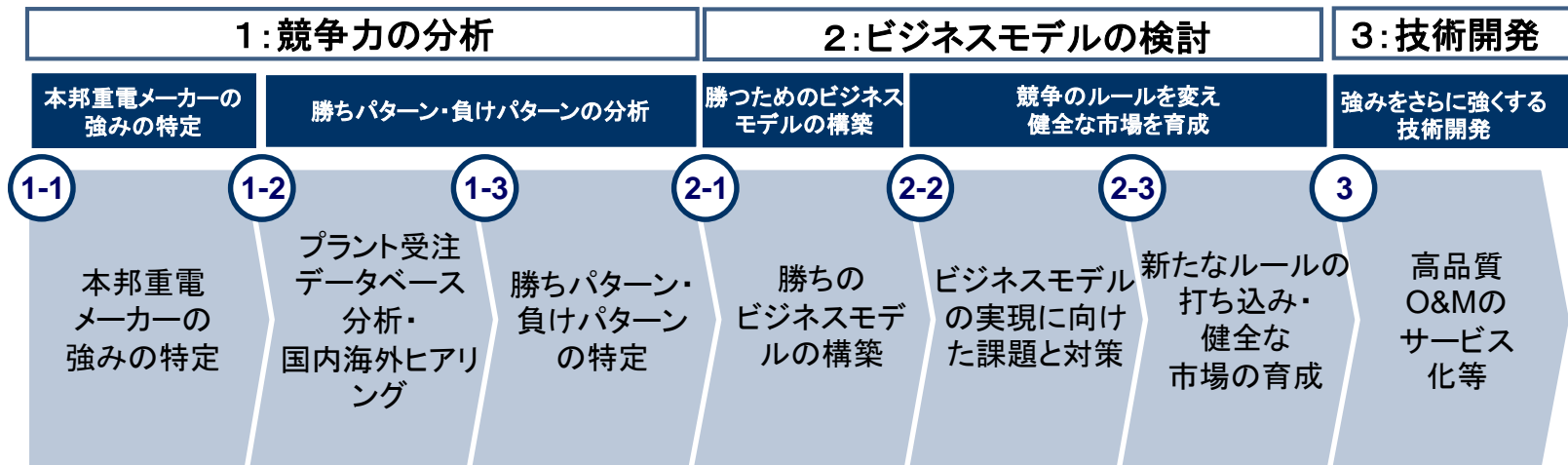
本調査は、現状の国内の石炭火力発電の利用推進、普及に資する情報として整理し、今後の研究開発の方向性の検討に活用した。



・微粉炭火力発電の速やかな低炭素化実現に向けた調査

(1)-(a)⑧日本の石炭火力発電技術の競争力強化の検討 事業概要

- 我が国の石炭火力発電所は、高い発電効率を誇るなど技術的に優れているが、海外製プラントと比較しコストが高く、国際的な競争力には改善の余地がある。そこで本調査では、本邦メーカーの勝敗パターンを分析し、競争力強化のためにはあるべきビジネスモデルを提案する。
- 併せて、あるべきビジネスモデルを実現するにあたり、必要な技術開発要素を特定し、技術的側面からも我が国の競争力強化を図る。

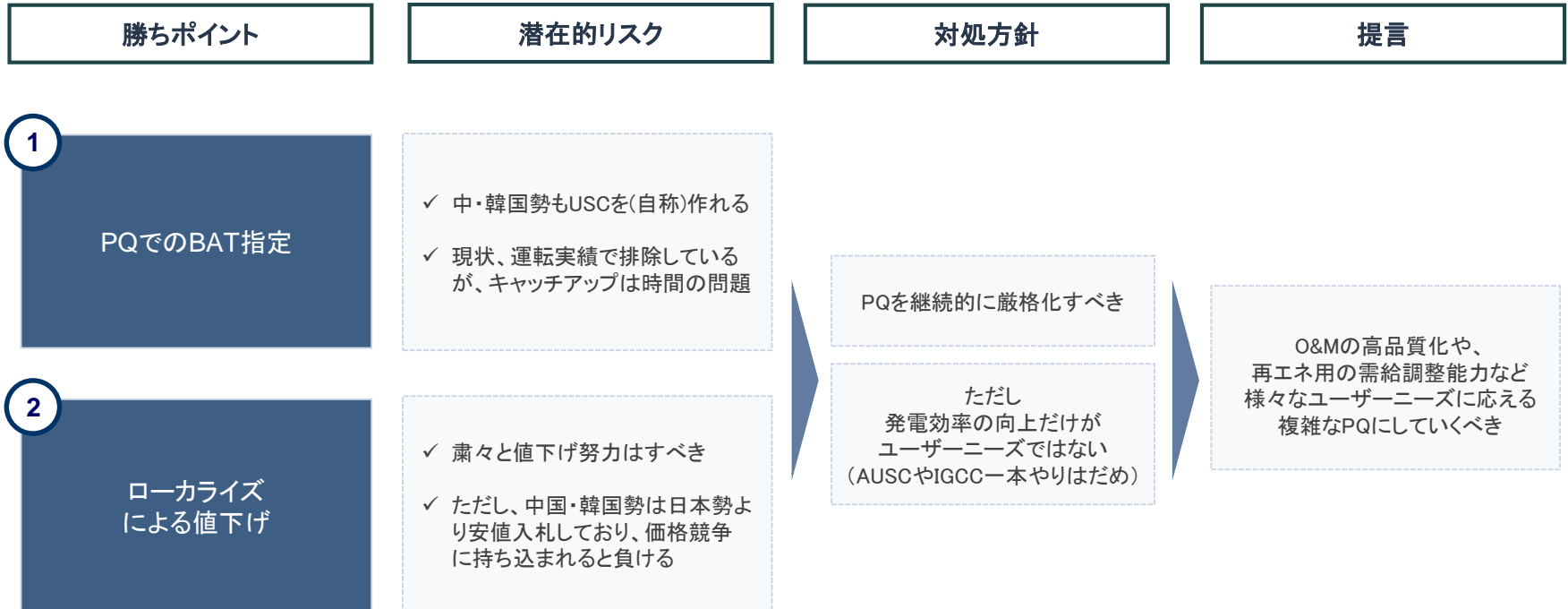


(1)-(a)⑧日本の石炭火力発電技術の競争力強化の検討 事業概要(成果)



提言

- PQ(Pre-Qualification: 事前資格審査)を継続的に厳格化しなければいずれ負ける。
 - PQの要求基準を変えなければ、いずれは中・韓勢が追いつく。日本勢が勝った案件でも、日本勢は最安値入札ではなかった案件が多く、中・韓勢がPQを満たした場合、価格競争に持ち込まれ負ける。
 - 従って、今後も勝ち続けるためには、PQを継続的に厳格化する必要がある。PQ厳格化にあたっては、発電効率のみならず、O&M品質や、需給調整能力など、様々なユーザーに応えるべく、PQを複雑化することで、容易に追いつけないようにすべき。



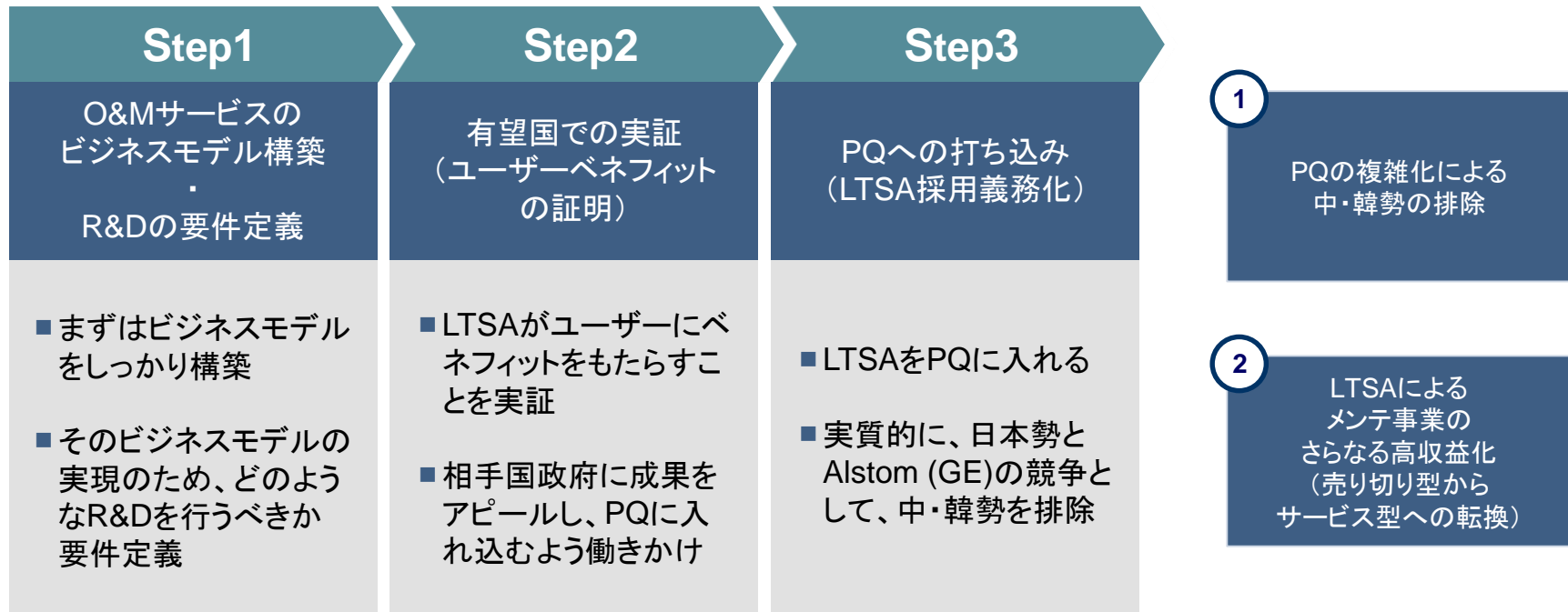
(1)-(a)⑧日本の石炭火力発電技術の競争力強化の検討 事業概要(成果)

提言

- 石炭版LTSA(Long Term Service Agreement:長期保守契約)をPQに入れ込み 新たな勝ちポイントにする
 - 最終的には、LTSAをPQに入れ込み、中・韓勢の排除に使うことを目標とすべき。
 - また、メンテナンス事業をパーツ売りからサービスに転換することで、高収益化も期待できる。

LTSA事業化に向けたステップ

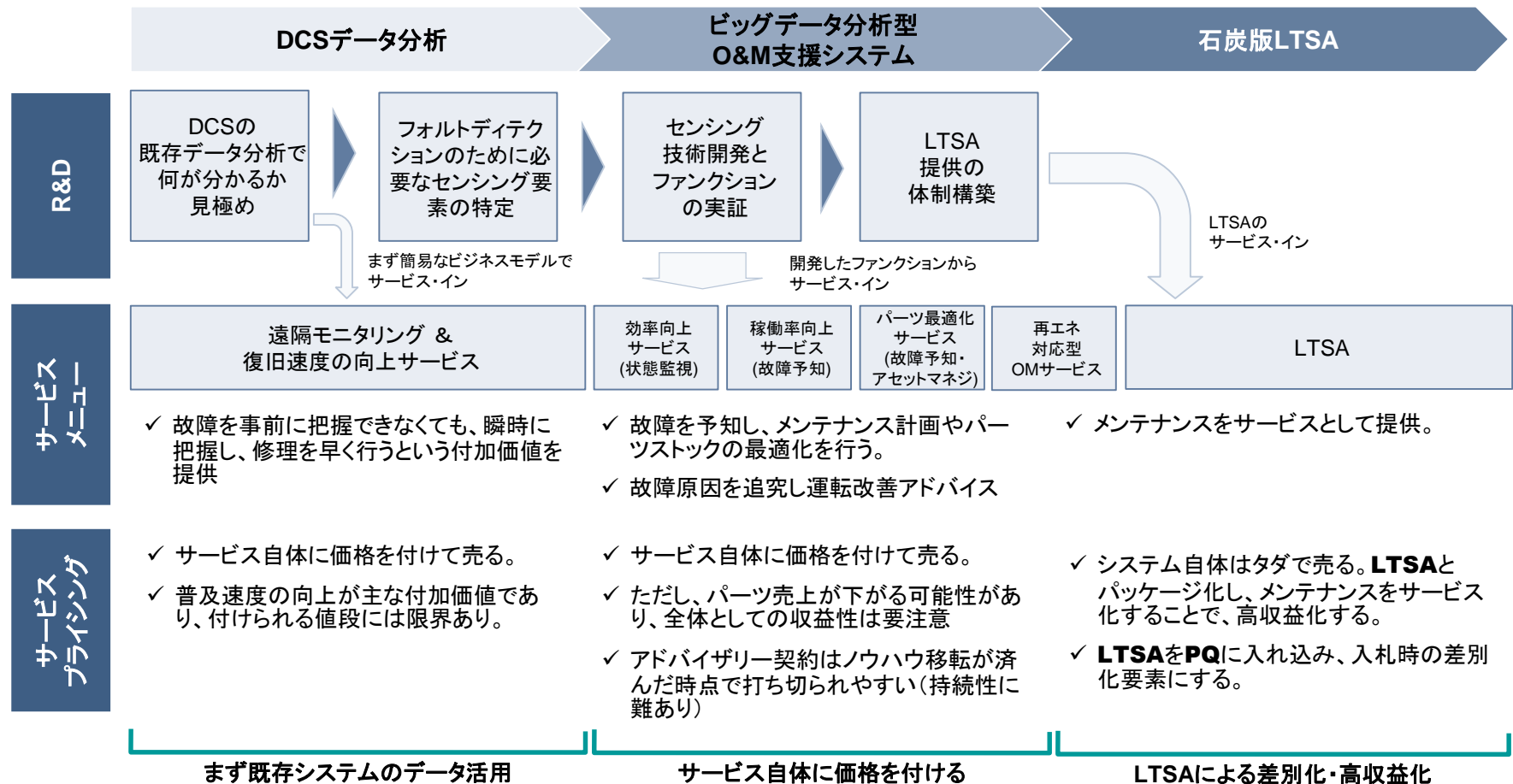
アウトカム



(1)-(a)⑧日本の石炭火力発電技術の競争力強化の検討 事業概要(成果)

参考

- LTSAの実現に向け順を追って技術開発を行いサービス・インする
 - 当初はDCS(Digital Control System)データを遠隔で監視するサービスから開始し、「O&M支援システム」、「石炭版LTSA」まで順序だって技術開発とサービスイン。最終的には石炭LTSAを実現する。



(1)クリーン・コール・テクノロジー推進事業

(b)国際会議調査事業

(1)-(b)①IAE Clean Coal Center調査事業



IAE Clean Coal Center調査事業（**H24年度～H27年度**）

IAE Clean Coal Center (IAE/CCC) では参加各国との **Implementing Agreement** に基づき、CCTに関する技術情報調査等を実施し、参加各国に情報提供している。現在の参加各国は、オーストラリア、オーストリア、ドイツ、イタリア、日本、南アフリカ、イギリス、アメリカの8ヶ国と民間企業8社が会員として参加している。

NEDOは、我が国の代表者としてMETIの代行で幹事会合 (**Executive Committee**) に参加し、CCT関連の調査事業（会員から提案を募り、会員相互の投票で調査項目を決定）に積極的に多数の案件を提案し採用され、またIAE/CCCが主催する学会等に積極的に参画して、NEDOの活動を広報すると共に情報収集に努めた。

得られたCCTに関する報告書等はNEDO内、政府機関等に情報共有すると共に、NEDOの研究開発計画の参考とした。



Global CCS Institute調査事業(**H27**年度)

Global CCS Institute(GCCSI)ではCCS技術の世界的な利用促進を図ることを目的に種々の調査及び広報事業を展開している。参加機関は約**100**機関で、内、政府関係は約**10**%、産業界が約**60**%、その他研究機関、業界団体等で構成されている。

NEDOは、我が国の代表者としてMETIと共に特にGCCSI日本事務所に調査項目の提案をして年間計画に盛込み、打合、勉強会及びGCCSI主催の学会を通して情報収集に努めた。得られたCCSに関する報告書等はNEDO内、政府機関等に情報共有すると共に、NEDOの研究開発計画の参考とした。

(2) クリーン・コール・テクノロジー事業化可能性調査

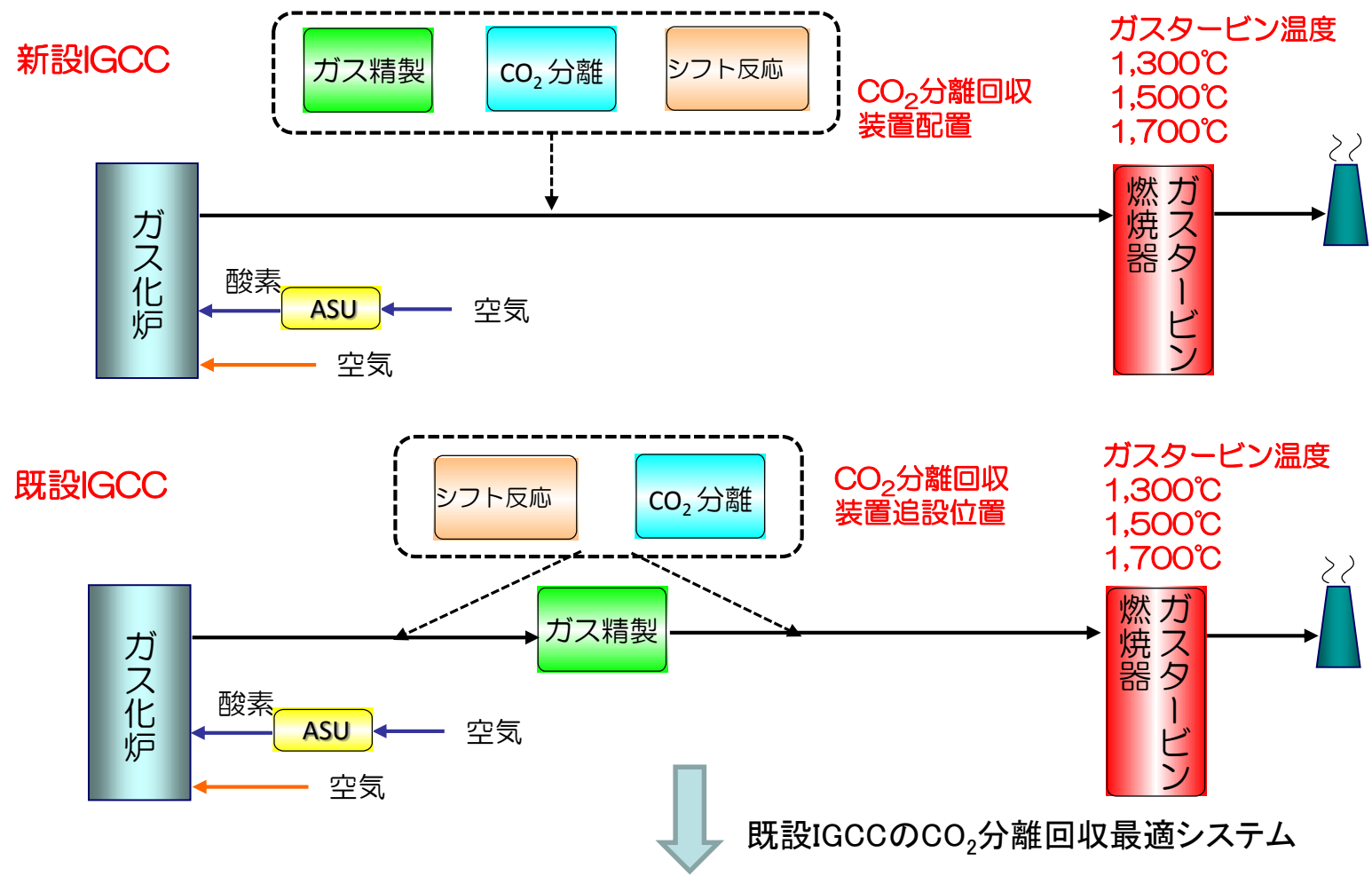
- ① 石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討
- ② 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性調査

(2)-①石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討事業概要

方式	概念図
燃焼前回収 (Pre-Combustion) 加圧工程(2.5MPa)	<p>CO/H₂ 蒸気 H₂/CO₂(約40%)</p> <p>ASU 酸素 空気 石炭</p> <p>ガス精製 シフト反応 CO₂分離 H₂リッチ</p> <p>燃焼器 ガスタービン</p> <p>圧縮・冷却 CO₂貯留</p> <p>N₂/H₂O/O₂</p>
燃焼後回収 (Post-Combustion) 常圧工程(0.1MPa)	<div data-bbox="415 621 1091 878" style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px;"> 燃焼前回収は、加圧下で処理するため処理ガス量が少なく、ガス中のCO₂が高濃度で分圧が高いことから、最も効率的にCO₂を分離回収可能な手段である </div> <p>CO₂(12-15%)</p> <p>ボイラ</p> <p>排煙処理 CO₂分離</p> <p>圧縮・冷却 CO₂貯留</p> <p>空気 石炭</p> <p>N₂/H₂O/O₂</p>
酸素燃焼 (Oxyfuel) 常圧工程(0.1MPa)	<p>CO₂(70-80%)</p> <p>ボイラ</p> <p>排煙処理 圧縮・冷却</p> <p>ASU 酸素 空気 石炭</p> <p>循環ガス</p> <p>CO₂貯留</p>

(2)-①石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討事業概要

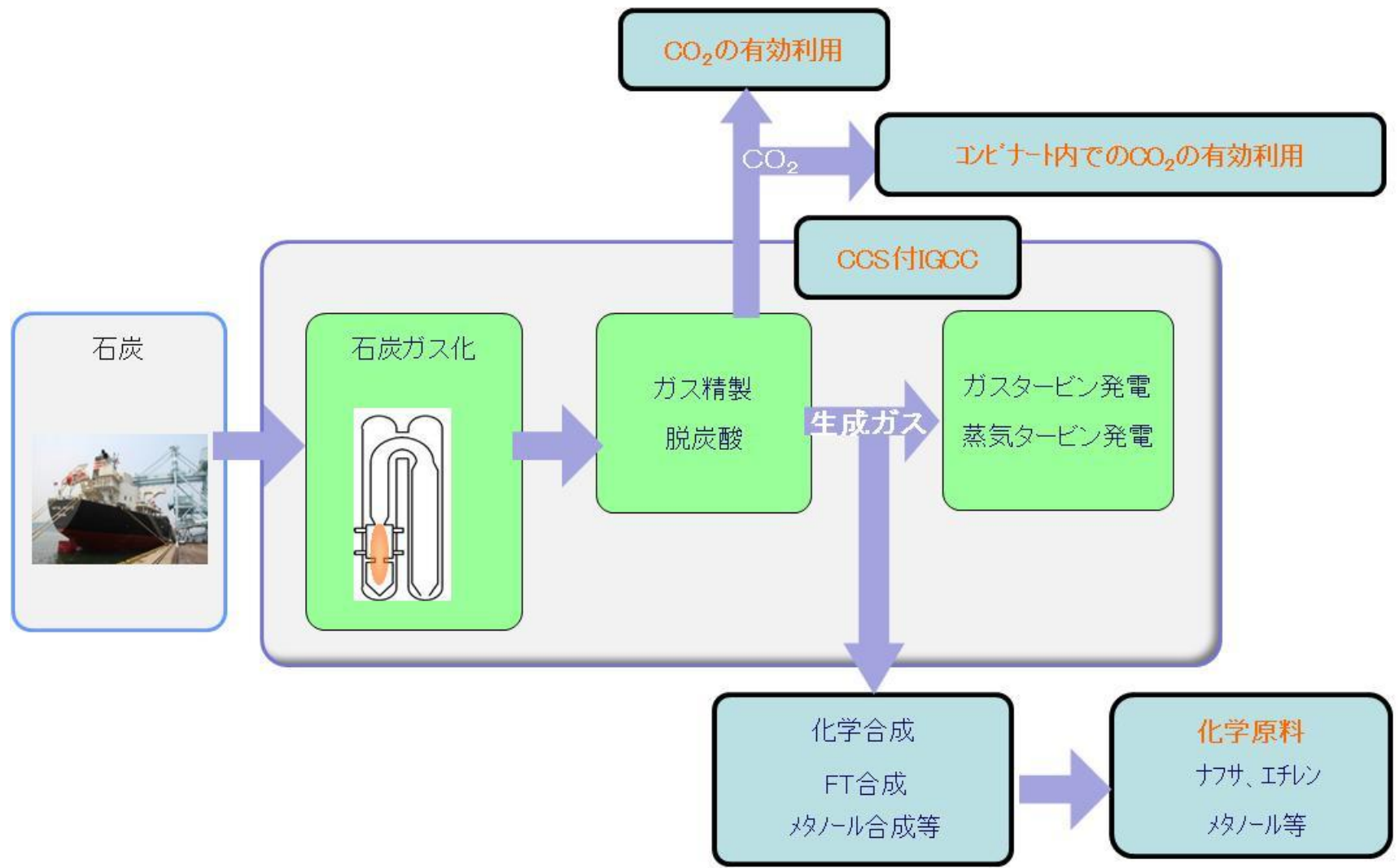
■ 送電端効率とコストから最適システムを検討する。



■ 大崎クールジェン(既設)向けのCO₂分離回収最適システムの試設計を行う。

(2)-①石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討事業概要

■ 酸素吹きIGCC用途の市場調査



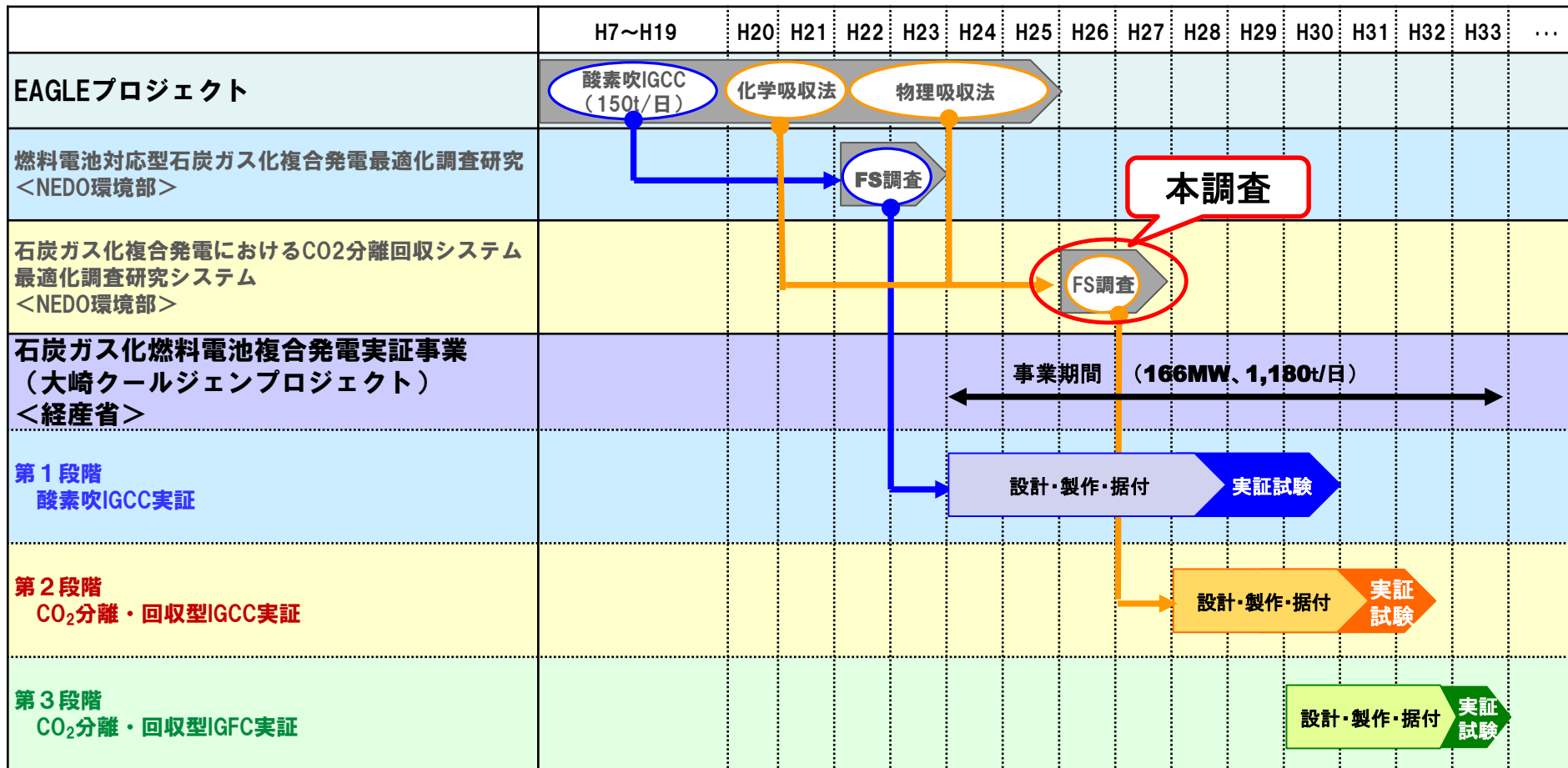
(2)-①石炭ガス化複合発電におけるCO₂分離回収システム最適化に関する検討事業概要(成果)

- IGCCに設置するCO₂分離・回収装置の最適システム及びコストの検討、試設計検討ケース及び検討条件を選定し、各ケースでの機器系統構成を定め、発電効率等を算出し、併せて追設及び新設の代表ケースでの発電コストの比較を行った。SourシフトのシステムはSweetシフトのシステムと比較して、効率面で有利であるものの、発電コストでは新設の場合は有利であるが、追設の場合は不利となった。また、商用システムを想定した場合、系統の高圧化及びシフト蒸気の高減への対応が可能である物理吸収が、化学吸収に比べて有利であることが判った。更に、1,300°C級IGCC実証試験設備にてCO₂分離回収設備を追設する場合、回収率30%以下で対応不可能な制約は無いことを確認した。また、CO₂分離回収設備を発電プラントに適用した場合の課題に、負荷追従性への適応があることを確認した。
- 上述検討結果から、新設で熱効率追求を目的とする場合はSourシフト＋物理吸収が適し、追設での最適化を目的とする場合はSweetシフト＋物理吸収が適すると判断した。CO₂回収率は、プロセス評価に必要な規模やサイト敷地の効率的な活用等を勘案し、回収率15%程度が適切と判断した。この選定に基づき、1,300°C級IGCC実証試験設備へのCO₂分離回収設備の追設を想定した、Sweetシフト＋物理吸収システム、CO₂回収率15%程度のCO₂分離回収設備、および必要な既存IGCC設備の改造に関し、主要設備仕様、プラント性能関連各データ、土木・建築緒元について試設計を行った。



- CO₂分離・回収型酸素吹IGCC実証(OCG第2段階)の設備設計に反映

(2)-①日本でのCO₂分離回収型IGCC実証計画



- ・石炭使用量： 1,180 t/日
(EAGLEパイロットプラントの約8倍の規模)
- ・電気出力： 166 MW
- ・場所： 中国電力(株)大崎発電所
(広島県豊田郡大崎上島町)

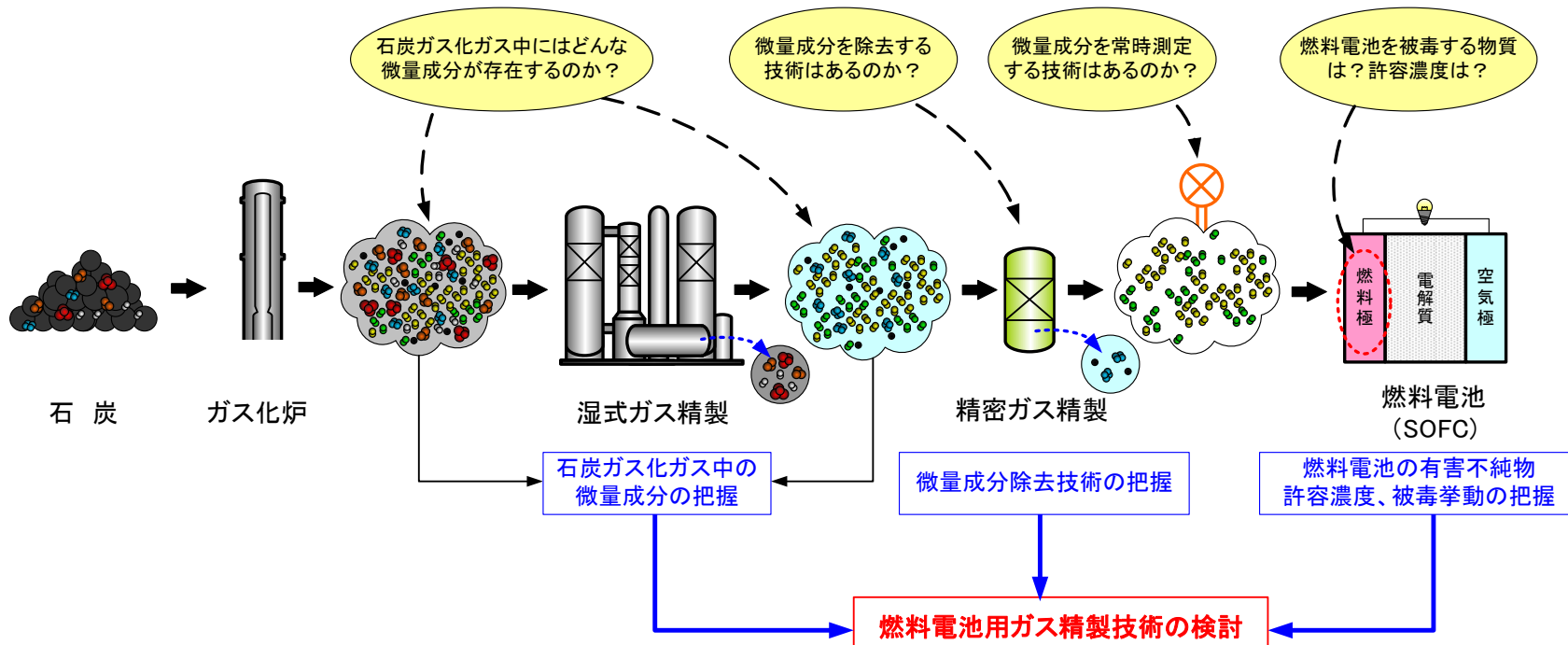
(2)-②燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性 調査事業概要

事業の必要性

- Cool Earthエネルギー革新技術開発ロードマップにおいて、2025年頃の究極の高効率石炭火力発電技術として、石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)が位置付けられている。
- 石炭ガス中には、燃料電池の被毒成分が含まれており、石炭ガスを燃料電池に適用するためには、多種類の微量成分を精密除去する必要がある。

事業内容

- 燃料電池の長期安定稼働の実現に向け、石炭ガス化ガス中の微量成分(被毒成分)を高度に除去する技術を調査し、石炭ガスを模擬した燃料を用いた試験の検討を行う。



(2)-②燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術適用性 調査事業概要(成果)



- ガス分析方法評価試験、多目的石炭ガス製造技術開発 (EAGLE)パイロット試験設備で生成される実際の石炭ガス化設備後段のガス精製設備下流の精製ガスやCO₂分離回収後の水素リッチガス中の微量成分の測定、配管内面の付着物について調査した結果、SOFC被毒成分が複数あることが分かった。
- 本研究成果は、燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術適用性に反映されている。



- 燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術要素研究

(2)-②燃料電池向け石炭ガスクリーンアップ技術適用性調査事業概要(成果)

■ NEDOの取り組みは大崎クールジェンプロジェクトの実証試験にて活用され、IGFCの実現に繋がるものとなる。

		H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	H31 (2019)	H32 (2020)	H33 (2021)		
METI	大崎クールジェンプロジェクト 第1段階 酸素吹IGCC実証	設計・製作・据付						実証					
	第2段階 CO2分離・回収型IGCC実証							設計・製作・据付				実証	
	第3段階 CO2分離・回収型IGFC実証							設計・製作・据付				実証	
NEDO 環境	IGFC向けガスクリーンアップ技術開発	要素研究		FS		模擬ガス試験							
	SOFC燃料適用性試験						実ガス試験						
NEDO 新エネ	天然ガス用SOFC技術開発	燃料電池開発											

3.事業規模と実施体制



クリーン・コール・テクノロジー(CCT)推進事業

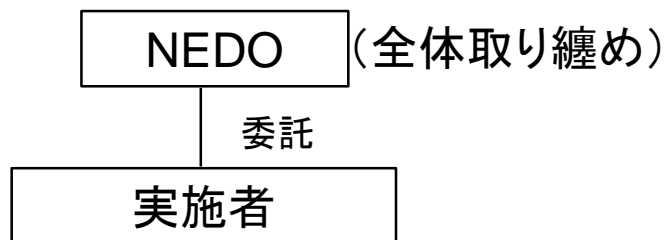
(1) 事業規模

(百万円)

項目 \ 年度	~H23	H24	H25	H26	H27	合計
CCT推進事業	2,289	88	177	91	134	2,719

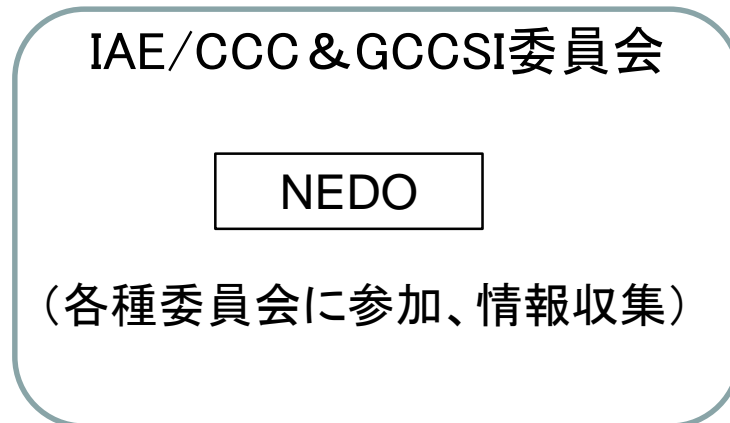
(2) 実施体制

①CCT調査事業



(個別調査: メーカー、電力会社、シンクタンクetc.)

②国際会議調査事業



3.事業規模と実施体制



クリーン・コール・テクノロジー(CCT)実用化可能性調査

(1) 事業規模

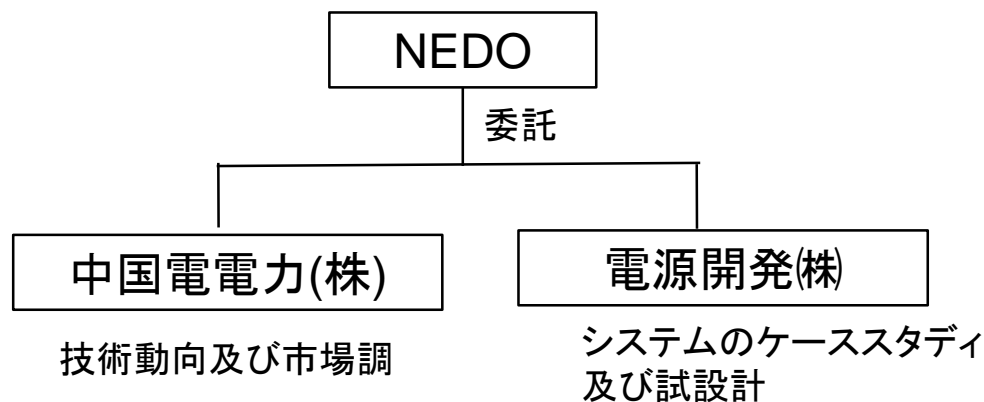
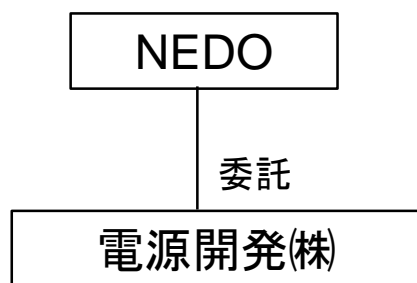
(百万円)

項目	年度	H26	H27	合計
	CCT実用化可能性調査		202	75

(2) 実施体制

①石炭ガス化複合発電におけるCO2分離回収システム最適化に関する検討

②燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術適用性調査





ご清聴ありがとうございました。