

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発
／⑩石炭利用環境対策事業」
(中間) 事業評価報告書

2022年10月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
第1章 評価	
1. 総合評価／今後への提言	1-1
2. 各論	
2. 1 必要性について	1-3
2. 2 効率性について	1-5
2. 3 有効性について	1-7
3. 評点結果	1-9
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構において、事業評価は、被評価案件ごとに当該技術等の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会の下に設置し、研究評価委員会とは独立して評価を行うことが第 47 回研究評価委員会において承認されている。

本書は、「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」の中間評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」（中間評価）事業評価分科会において確定した評価結果を評価報告書としてとりまとめたものである。

2022 年 10 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発
／⑩石炭利用環境対策事業」（中間評価）事業評価分科会

審議経過

● 分科会（2022年9月2日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明

非公開セッション

6. 全体を通しての質疑

公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発
 ／⑩石炭利用環境対策事業」(中間評価)
 事業評価分科会委員名簿

(2022年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かんぼら しんじ 神原 信志	岐阜大学 副学長 工学部化学・生命工学科 物質化学コース 教授
分科会長 代理	よしおか としあき 吉岡 敏明	東北大学 大学院 環境科学研究科 教授
委員	かぎもと ひろゆき 鍵本 広之	電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 所長
	さかなくら ひろふみ 肴倉 宏史	国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環領域 試験評価・適正管理研究室 室長
	たかはし ふみたけ 高橋 史武	東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系 地球環境共創コース 准教授

敬称略、五十音順

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. 総合評価／今後への提言

本事業における、石炭を燃料とした際の残渣処理や有効活用の必要性に関しては、継続的に検討、実施すべきテーマとして意義あるものと評価できる。効率性については、各研究開発項目が概ね計画通りの成果を上げており、実施体制も的確で遅延無く進んでおり評価できる。有効性については、取組み始めたばかりで最終目標到達が見通せないテーマもあるが、中間評価としては妥当と言える。

今後は、最終目標に向けて事業の費用対効果が大きく問われることとなるため、各研究開発項目において市場創成にも取組むことが必要になると思われる。また、石炭灰の発生量が低減するという予測の中で、テーマや見込まれる成果等の規模の大小によって、研究期間や予算配分を柔軟に対応していくことも望まれる。

<総合評価>

- ・ 事業の必要性と効率性については、政策と市場ニーズに沿った事業であること、実施体制が的確で遅延無く進んでいることから高く評価できる。有効性については、まだ研究テーマに取組み始めたばかりで最終目標到達が見通せないものもあったため、高い評価までには至らないものの、良い評価と言える。
- ・ 石炭の有用利用について、エネルギーの側面や廃棄物の利用を他産業に展開するための事業として評価できる。
- ・ 脱炭素政策が進むとは言え、エネルギーバランスを考えれば石炭の利用は一定程度維持されるものと考えられる。故に、石炭の燃料利用や残渣処理・有効利用は継続的に検討・実施していくべきであり、その意味で本事業は意義あるものと評価できる。
- ・ 着実な研究開発が行われていると理解しました。
- ・ 第1次の中間評価から今回の中間評価まで、事業は適切に運営されている。各プロジェクトは概ね計画通りの成果を上げており、大幅な計画変更や遅延などが発生していないことは、NEDOのプロジェクト選定および事業運営が適切であったことの証左である。事業終了および最終評価に向けて、今後も適切に運営いただきたい。

<今後への提言>

- ・ 今後は事業の効果（費用対効果）が大きく問われることとなるため、各研究テーマにおいて市場創成に取組むことも必要になるのではないかと。
- ・ （本事業だけではないが）管理・運営を重要視するあまり、事業者への目標設定や事務負担が過度になっていないかを懸念する。化石資源を熱利用することが前提となった事業指向であるが、炭素循環を念頭に入れ、燃料という視点から製品・材料を製造するための炭素資源利用という目標を新たに設定する必要があるか、検討いただきたい。基礎研究に相当する部分が事業の中に組み込まれている場合、その成果を評価する仕組みを検討する必要があるのではないかと。
- ・ （石炭灰）有効利用は「技術」のみならず「制度（規制）」とのバランスで有効（採用）・無効（実施不可）が決まる（当然マーケットニーズとのバランスもある）。この意味で日本は諸外国と比較し異なるところが大きいと感じる部分があるが、国内の特殊性を

前提とした事業設定、目標設定、利用検討ではなく、他国の事例も大いに参考にして事業設定、目標設定をしていただくのもよいかと思えます。

- 今後の石炭灰発生量低下予測下で、本事業ならびに各課題は、社会情勢を踏まえて常に見直しを行い、戦略的に取り組むことが必要です。戦略展開について、具体的な説明ができるようにしておいていただきたいと思えます。たとえば、見込まれる事業規模の大小によって、研究期間や予算を柔軟に対応させるべきであると思えます。
- 現在進行しているプロジェクトは、プロジェクト間での研究成果の共有や有効活用が可能なものがある。事業の効率性や有効性の観点で、プロジェクト間の成果共有や有効活用がどのように行っていくか、またその際の問題点など検討していただきたい。プロジェクト選定および事業運営など、ファウンダーとしての **NEDO** の役割は高いレベルで行われている。一方でプロジェクト間のコラボレーションを媒介するなどプラットフォームとして役割を担うことができるファウンダーは世界的に例がない。**NEDO** はその世界的な先駆けとなれる人的資源、運営ノウハウを有していると思われるので、今後の検討課題としていただきたい。

2. 各論

2. 1 必要性について

本事業は、第6次エネルギー基本計画、グリーン成長戦略、3R政策に資する研究開発として位置づけおよび目的は明確であり、NEDOによる実施は妥当と言える。また、エネルギー供給のバランスにおいて石炭火力発電は一定量存続し、その残渣である石炭灰の処理や有効利用するための技術開発が不可欠であることから、本事業の必要性や目的は評価できる。

一方、カーボンニュートラルへ向けた、社会情勢、環境、市場は急激に変化しているため、日本国内外の状況や実績のみならず世界の動向等をさらに注視し、事業の位置づけ、目的、目標を的確に見直していくことも必要と考える。

<肯定的意見>

- ・ 本事業は、第6次エネルギー基本計画、グリーン成長戦略、3R政策に基づく研究開発事業であり、NEDOが関与すべき事業として明確な位置づけがある。石炭をとりまく環境と市場動向の変化を考慮した目標、目的の事業である。
- ・ 石炭火力発電における政策的な方向性と事業の必要性は明確になっている。特に、助成事業については石炭利用に伴って発生する残渣物（スラグや石炭灰）を有効に利用するための技術開発として、明確な位置付けがされている。
- ・ 脱炭素政策が進むといえども、エネルギーバランスを考えると将来的にも石炭の利用は一定程度残っていく。エネルギー源である石炭の利用技術に加え、残渣である石炭灰の処理・有効利用についても時代の変化とともに技術レベルやニーズも変化していくので、継続した事業の実施が必要。したがって、本事業の必要性や目的などについては妥当であると評価できる。
- ・ NEDOが本事業を実施する必要性は、妥当であると思います。事業の目的および目標も適切に設定されています。
- ・ 石炭利活用という国策に対し、各プロジェクトが様々なアプローチ（石炭種の利用柔軟化、石炭灰低減、石炭灰の高付加価値化、石炭灰の新規な大規模リサイクル）で貢献できるよう事業がデザインされている。事業の位置づけおよび目的は明確であり、NEDOが本事業を実施する妥当性についても明瞭に説明されている。よって事業の必要性は高く評価される。

<改善すべき点>

- ・ 石炭利用環境対策推進事業（委託事業）と石炭利用技術開発（助成事業）の2つの事業の各々の研究テーマの必要性に関し、研究レベル（基礎研究、応用研究、実用化研究、実証試験など）を明示すると良い。
- ・ 委託事業について、基礎的な反応機構解明などをNEDOの委託として行う事業としてふさわしいかどうか、検討が必要である。また、委託事業と助成事業の棲み分けについての整理が曖昧である。

- 石炭の燃料利用や残渣の処理・有効利用は古くから行われているが、その置かれている環境や市場（ニーズ）は都度変化しているので、「事業目標」については日本国内状況・実績のみならず世界の実績や動向などをより注視し目標設定していくのが良い。
- 各課題採択時から、カーボンニュートラル要請などの社会情勢は急激に変化しているため、事業の位置づけ、目的、目標等のいずれにおいても、適切な見直しが必要であると思います。
- 各プロジェクトが国策に対してどのように貢献できるか、資料上での説明が不十分である。本事業の評価分科会がオンライン配信されていることから分かる通り、評価に透明性および市民周知（ないし納税者への積極的な情報公開）を意図していることを考慮すると、この点は最終評価に向けて改善が望まれる。また過去のプロジェクトを含めて時系列的にも各プロジェクトの開始時期や順番が戦略的にデザインされていることは窺い知れるが、資料上での説明は省略されている。最終評価においてはこの点においても説明を付記しておくことが望ましい。

2. 2 効率性について

目標達成に向け、適切な事業実施の計画と体制が生まれ、情勢変化に応じた計画の見直しを図るといったマネジメントも妥当と判断できる。また、事業の予算とその成果から予測される経済的効果を比較検討することで、効率性を定量的に判断する試みは高く評価できる。

今後、石炭火力発電の減少が予測されるものの石炭灰処理は喫緊の課題であることから、実施計画のスピードアップが必要であり、効率的な進捗管理ができているか、わかりやすく示す工夫も望まれる。また、石炭灰の利用についてセメント・コンクリートの使用者だけでなく製造メーカーの参画といった展開も検討いただきたい。

<肯定的意見>

- ・ 情勢変化に応じた実施計画の変更がなされている。研究進捗管理も妥当である。
- ・ 目標達成に向け、しっかりとした計画と実施体制が組み立てられている。また、各研究開発項目の目標が達成された場合の効果（金額）がしっかりと見積もられている。
- ・ 中間評価の現時点での仕上がり状況の評価としては、設定した中間時点の目標が達成（もしくは、達成予定）とのことから、結果して計画、体制、方法は妥当であると評価できる。
- ・ 適切な体制のもとで実施されていると思います。
- ・ 事業の実施計画および実施体制に顕著な不備は見出されず、評価分科会での質疑においても丁寧に回答されている。事業成果から予測される経済的効果と予算を比較検討することで、事業の効率性を定量的に評価しようと試みている点は、高く評価される。また、事業成果から予測される経済的効果は多くの仮定ないし想定に基づかねばならず、推定はある程度の不確実性を含まざるを得ない。推定方法や仮定についての質問が事前および分科会中では出されたが、適切に回答されていた。

<改善すべき点>

- ・ NEDO の管理外ではあるが、各研究テーマにおいて外部有識者で構成する専門委員会の開催を積極的に進めていただきたい。
- ・ まだ中間評価の段階とはいえ、一部の事業に対してまだ見込みのものもあり、今後、目標達成を期待したい。事業を進める上で、周辺環境の制度的対応が必要な内容についても、事業者に委ねることが NEDO の運営・管理方針になっており、事業を進める上で、国としての NEDO からのサポートが必要と思われる。石炭灰の利用について、セメント・コンクリートの使用企業だけでなく製造企業の参画の必要性について検討いただきたい。
- ・ 結果に至る途中段階における進捗管理がどのように行われていたかについて評価会でも説明があったものの、資料の中では読み取れない部分がある。効率的進捗管理ができているかどうかを表現する工夫が必要。

- 事業によってもたらされる効果については予測が難しい面もありますが、事業原簿別紙の説明では不十分な課題も見られます。石炭灰発生量が減少するとの予測は、本事業の必要性を下げる要因であると捉えられます。したがって、実施期間を5年間としている3課題については、スピードアップを検討する必要があると思います。
- ブルーカーボン関連のプロジェクトは、プロジェクトの円滑な遂行においてプロジェクト担当事業者と地元関係者の信頼関係維持、密接な情報交換などが必要不可欠である。NEDOとして、プロジェクト実施に向けた現地環境が順調に整っていることをプロジェクト担当事業者からのヒアリングなどを通じて積極的にモニタリングし、必要であればどのようなサポートをNEDOが提供できるか検討していただきたい。

2. 3 有効性について

いずれの研究開発項目ともに、今回の中間目標を達成もしくは達成予定、かつ最終目標もクリアできる見込みが高いと思われ、さらに波及効果も大きいとの見通しが示されている。また、各研究開発項目において特許の取得も概ね順調に進んでおり、将来の実用化に向けた大きな問題点も見出されておらず、成果が期待できる。

一方、環境への配慮から化石資源に対する社会的な通念が大きく変化する中で、目標の設定やこれまでの成果に対する評価等については、必要に応じて柔軟な見直しも検討いただきたい。最終目標年次における達成見込みを注視し、特に残りの事業期間においては、必要なテーマを加速させ、見込みの甘さがみられる場合は適切なる対応も期待したい。

<肯定的意見>

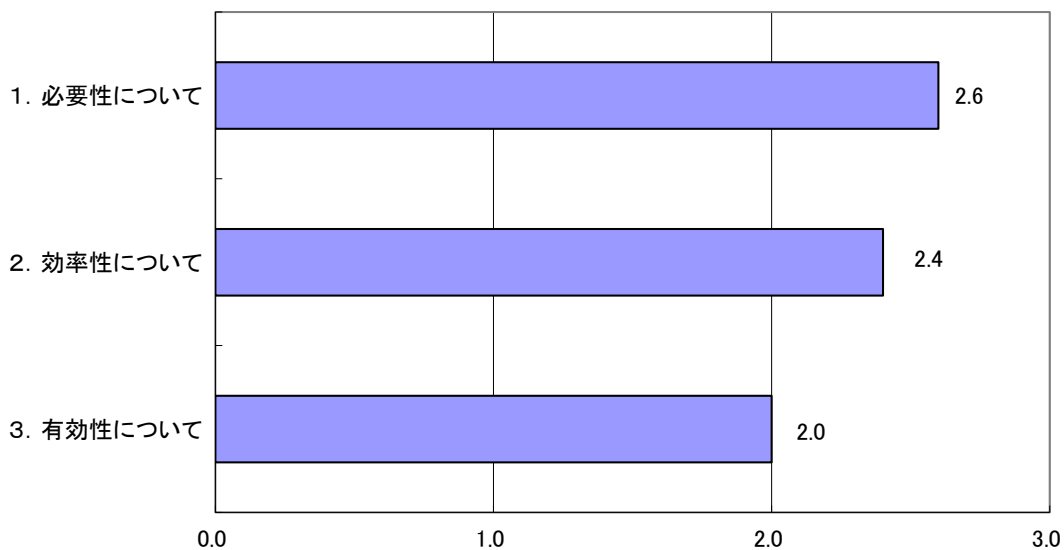
- ・ 中間目標と達成状況がわかりやすくまとめられており、技術開発の進展を良く理解できる。
- ・ 最終的な目標達成ができる実施計画であり、その見込みは高いと思われる。化石資源の利用に関して否定的な意見が多い中、利用に関する有効性や環境配慮・貢献を目指した目標を設定している。
- ・ いずれの事業も中間目標は達成（もしくは、達成予定）であり、波及効果についても大との見通しが示されている。今後の進捗・成果にもよるが、中間評価段階では妥当と評価できる。
- ・ 自ら設定した中間目標や最終目標に対して、達成している、あるいは達成見込みであると理解しました。
- ・ 中間目標に対しては、概ね達成していると評価できる。現状では、最終目標が不可避免的に未達に終わる要因は見出されず、各プロジェクトの円滑な進行を進めていただきたい。各プロジェクトにおいて特許取得も概ね順調に進んでおり、知的財産の蓄積および将来の事業化に向けて特段の問題点は見出されない。

<改善すべき点>

- ・ 研究テーマによっては中間評価のタイミングが早すぎて最終目標への見通しが必ずしも明確ではない。テーマによって事業開始時期が異なるので難しいが、適切な時期に中間評価を行なえるよう計画いただくと良い。
- ・ 環境配慮の観点から、化石資源に対する社会的な理解性が大きく変わってきている中での、目標の再検討、あるいはこれまでの成果の評価の見直しについて検討が必要である。
- ・ 最終目標年次の達成程度・見込みを注視し、必要な検討は加速させるよう管理・指導し、また見込みの甘さや波及効果の過大評価がある場合には適切な対処をする必要がある（経済的波及効果、展開の可能性についての目論見や見込み予測の精度・程度にばらつき・甘さがあるように感じるところがある）。

- 評価分科会でコメントされたとおり、プロジェクト成果の実用化におけるコスト面での分析は、より精査されることが望ましい。社会・経済への波及効果については、高付加価値化による市場創造（ないし成長）や、石炭灰リサイクルの量的な促進、環境改善に伴う付随的便益など多岐に渡る。最終評価を適切に行うためにも、これらの効果についてはその評価軸ないし評価点を明確化して行うことが望まれる。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
		A	A	A	A	C
1. 必要性について	2.6	A	A	A	A	C
2. 効率性について	2.4	A	A	B	B	B
3. 有効性について	2.0	B	B	B	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

1. 必要性について

- ・非常に重要 →A
- ・重要 →B
- ・概ね妥当 →C
- ・妥当性がない、又は失われた →D

3. 有効性について

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね妥当 →C
- ・妥当とはいえない →D

2. 効率性について

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね適切 →C
- ・適切とはいえない →D

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

事業原簿

作成：2022年9月

上位施策等の名称	なし	
事業名称	カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 /⑩ 石炭利用環境対策事業	PJコード：P16002 P10016 P92003
推進部	環境部	
事業概要	<p>本事業は石炭の環境対策等を目的として、石炭利用に伴い発生するCO₂、SO_x、NO_x、ばいじん等への対策や、石炭需要の拡大により増大する石炭灰やスラグの有効利用のための技術的課題を明らかにした上で、その課題の解決を目指し、必要に応じ技術開発や技術実証を行う。</p> <p>実施に当たっては、各研究開発の性質に合わせ、委託事業又は助成事業（2/3助成）により実施する。</p> <p>(1) 石炭利用環境対策推進事業【委託事業】</p> <p>石炭利用時に必要な環境対策に関わる調査を実施する。また、今後のCCT開発を効率的に支援するコールバンクの拡充及び石炭の発熱性に係る調査・技術開発を行う。</p> <p>石炭灰の発生量や有効利用に関する実態調査等を行う。具体的には、国内石炭灰排出量・利用量を把握するとともに、海外の石炭灰利用技術及び利用状況等を調査する。また、石炭灰利用及び削減に係る技術開発を行う。</p> <p>さらに、石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品として規格化することにより、スラグ製品としての新しい販路を開拓し、石炭灰有効利用の用途を広げる。</p> <p>(2) 石炭利用技術開発【助成事業（2/3）】</p> <p>石炭灰の利用用途拡大に関する技術開発を行う。</p> <p>セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術の開発を実施する。加えて、低品位フライアッシュの硬化体原材料としての適用範囲を把握し、有望視される用途（土木分野、建築分野、環境分野等）に適した硬化体製造技術を確立する。</p> <p>石炭ガス化溶融スラグを利用したコンクリート構造物を製造し、強度、組成、耐久性などに関する評価試験を実施し、信頼性・性能の確認を行う。また、コンクリートを使用する際のガイドラインとなる設計・施行指針を作成する。</p>	
事業期間・予算	<p>(1) 石炭利用環境対策推進事業</p> <p>事業期間：2016年度～2025年度</p> <p>契約等種別：委託</p> <p>勘定区分：一般勘定、電源勘定、エネルギー需給勘定</p> <p style="text-align: right;">[単位：百万円]</p>	

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計
予算額	80	60	75	115	75	130	383	918
執行額	93	173	52	101	121	431	(415)	1386
(2) 石炭利用技術開発								
事業期間：2016年度～2025年度								
契約等種別：助成								
勘定区分：一般勘定、電源勘定、エネルギー需給勘定								
[単位：百万円]								
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計
予算額	20	20	0	15	35	91	69	250
執行額	20	20	0	1	45	95	(89)	270
事業の 位置付 け・必要 性	(1) 政策的な重要性							
	石炭は、現時点において安定供給性や経済性に優れた重要なエネルギー源。今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる（「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月閣議決定）より抜粋）。ということで、将来的に石炭の利用は減少が見込まれるが、当面の間は石炭利用が見込まれる中であって、その利用に伴いCO ₂ 、SO _x 、NO _x 、ばいじんや石炭灰やスラグは継続的に発生する。石炭利用の環境負荷低減のためには、環境対策や石炭灰・スラグの削減・有効利用方策は、依然としてその確立が必要である。							
	(2) 世界の取組状況							
	火力発電は世界的にもアジアを中心に必要最小限使わざるを得ず、石炭利用に伴い発生するCO ₂ 、SO _x 、NO _x 、ばいじん、石炭灰やスラグといった物質の環境への影響を低減する方策や石炭利用時に必要な環境対策の確立が重要。							
(3) 我が国の状況								
日本は、2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言し、CO ₂ を直接削減するため、石炭の利用は低減されてきているものの、石炭事業全般については、バイオマス混焼やCCUSによってCO ₂ 削減に資する利用も計画されている。また、CO ₂ を積極的に有効活用していくカーボンサイクルの新技术開発も計画されており、石炭の利用は今後も継続して行われることから、石炭利用の規模感を見据えて技術開発事業を進めるとともに、開発した技術の早期の実用化を図る必要がある。一方、石炭利用に伴い排出する石炭灰については、主にセメントの原料として、これまでは有効利用されてきたが、近年セメント生産量は減少傾向にあり、セメント原料に代わる石炭灰の利用方法の確立が喫緊の課題である。								

	<p>(4) NEDO が関与することの意義</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ NEDO は、これまでも石炭利活用の環境対策にかかる技術開発を実施してきた経験と知識を有する。 ➤ NEDO は、産学官の技術力・研究力を最適に組み合わせ研究を推進できる。 ➤ NEDO は、難易度が高く、投資規模が大きく、実用化までのリードタイムが長い、いわゆる開発リスクが高い研究開発を支援できる。 <p>以上より、NEDO が本技術開発事業に関与することにより、効果的・効率的に成果を得られると考えられる。</p>
<p>事業の目的・目標</p>	<p>事業の目的</p> <p>石炭利用に伴って発生する CO₂, SO_x, NO_x, ばいじん等への対応や石炭灰、スラグの有効利用方策を確立することが大きな課題である。そこで石炭灰の有効利用率の向上など、石炭の有効利用技術の確立の見通しを得る。</p> <p>事業の目標</p> <p>研究開発項目ごとの目標を以下の通り設定した。</p> <p>(1) 石炭利用環境対策推進事業</p> <p>石炭等の発熱性を把握すると共に、石炭管理の指針に資する知見を得る。石炭等の燃焼灰の有効利用、削減及び用途拡大に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。</p> <p>(2) 石炭利用技術開発</p> <p>石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないコンクリート製造技術を確立、製品性能の見通しを得る。また、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、また設計・施工指針を作成するための知見を得る。</p>
<p>事業の成果</p>	<p>別紙参照</p>
<p>情勢変化への対応</p>	<p>石炭火力の新技术開発として、アンモニア混焼石炭火力など計画されており、石炭の利用並びに石炭灰の量は減少する見込み。一方、この転換は徐々に進むことが想定され、引き続き一定量の石炭の利用、石炭灰の排出が続くことから、石炭利用の規模感を見据えながら、技術開発事業を進めるとともに、開発した技術の早期の実用化を図る。</p>
<p>評価の実績・予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毎年度評価：内部評価 ・ 中間評価：2019 年度、外部評価 ・ 中間評価：2022 年度、外部評価 ・ 事後評価：2026 年度、外部評価

グリーンコール技術開発／石炭利用環境対策事業
事業の成果

1. 石炭利用環境対策事業 研究開発項目一覧

研究開発項目	件名	実施期間	実施者
石炭利用環境対策推進事業 [技術開発：委託]	石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発	2021 ～2022年度	電中研、日本製鉄
	石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発	2019 ～2021年度	群馬大、電中研、日鉄エンジ、産総研
	浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発	2021 ～2022年度	JCOAL、電中研、東洋建設、東京パワーテクノロジー
	石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究	2021 ～2022年度	東京大、新日本繊維、電中研
石炭利用技術開発 [技術開発：助成]	石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認	2019 ～2022年度	JCOAL、清水建設、勿来IGCCパワー
	石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発	2021 ～2022年度	大林組、フジミコーポレートテッド、日本シーカ

2. 石炭利用環境対策事業 研究開発成果

2.1 石炭利用環境対策推進事業

(1) 石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

2050年のカーボンニュートラルを目指す中、CO₂回収型のIGCCでは低品位炭が使用され、アンモニア混焼や再生可能エネルギーの利用の増加に伴い、石炭の消費速度が低下することで、石炭の保管期間が長期化し、より一層石炭の自然発熱抑制技術が求められる。また、鉄鋼業界においても低品位炭の使用比率が上昇していることから、発熱機構に裏付けされた貯炭技術と発熱リスクの評価手法が必要となる。

①-2 実施の効果

自然発熱から発火に至った場合、現場での運転・操業が停止する等甚大なる被害が生じる可能性があり、これによってエネルギーや鋼材供給等にも支障をきたし、産業活動や国民生活に大きな損失が生じることが予想される。自然発熱課題が解決できることで、上記の被害を回避できるだけでなく、低品位炭の活用が進み、電力業界および鉄鋼業界において大幅なコスト低減が可能となることが見込まれる。それに対して、本PJ予算は約10億円であり、費用対効果は高いと考える。

②研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

当事業の目的は、石炭ユーザが活用可能な、発熱のメカニズムに裏付けされた自然発熱抑制技術および発熱リスク評価法の開発である。従って、自然発熱を引き起こす低温酸化機構解明と、それに基づいた自然発熱抑制技術を実証すると共に、自然発熱リスク分析・評価法を確立することを目標としている。

②-2 研究開発の概要

ラボスケールにて昇温挙動解析および化学構造解析（官能基、ラジカル）などのアプローチにより自然発熱機構の解明を進めると共に、発熱機構から導き出された発熱抑制指針を大型試験装置により検証することで発熱抑制技術の確立を目指す。更に、現場管理に資する石炭の自然発熱リスクの分析・評価法の確立を目指す。

②-3 研究開発の運営管理

研究開発全体の進捗と自然発熱抑制指針の妥当性の確認のため、石炭の自然発熱の第一人者である京都大学三浦名誉教授を主査に、石炭ユーザ、石炭に対する知見が深い外部有識者、総計 5 名による委員会を組織し、定期的に委員会を開催して助言・指導を受けている。

③情勢変化への対応について

特筆すべき点はなし。

④研究成果について

1. 石炭等の自然発熱時の昇温およびガス発生特性と水分挙動解明：2021 年度は目標通り達成、2022 年度は目標通り達成見込み。

1.1 石炭等の自然発熱時の昇温特性とガス発生特性の把握

瀝青炭の中で比較的自然発熱性が高い石炭（Y 炭）を用いて、加水等による石炭中水分濃度変化、ならびに供給する湿潤ガスの水分濃度変化による昇温特性への影響を、自然発熱性評価試験（R70 試験）で把握した。その結果、高水分炭の昇温特性は貯炭場でみられるような等温工程を経てから昇温工程となる状況を R70 試験で再現できることを確認し、それらの試験結果から Y 炭における等温工程から昇温工程へ移行する際の条件等を明らかにした。

1.2 石炭に対する水分の吸脱着現象および石炭と水との反応現象解明

石炭の自然発熱には、水分の吸脱着による熱や石炭と酸素との反応熱等が関与しているため、水分吸脱着現象および水との反応現象の解明に向けて、以下の項目を実施した。

・湿潤ガス下における発熱量測定の前段階として、乾燥雰囲気下における発熱量を精密 TG-DSC（熱重量-示差走査熱量同時測定装置）を用いて測定した。その結果、極微少な酸化発熱量及び酸素吸着熱量を測定することができ、湿潤ガス下における発熱量も測定できる見通しを得たことから、乾燥、湿潤雰囲気下の違いから水分による発熱量を把握することが可能となる。

・石炭を大気雰囲気下で加熱した際に生じる微量ガスを GC-MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）を用いて測定し、発生ガス濃度の温度依存性及び石炭中水分の依存性を定性的に把握した。今後、湿潤雰囲気下において水分の存在により生じる微量ガスの把握が可能になる。

・前述の TG-DSC を用いて、常温下での水分形態を分析し、自由水、結合水、不凍水量を定量した。今後、石炭中水分の蒸発挙動を把握するために、石炭が有する形態毎の水分量に関する情報を活用する。

2023 年度は、湿潤状態の石炭に湿ガスを供給した際の自然発熱性評価試験を、炭種を増やして実施し、その昇温特性とガス発生特性を把握するとともに、TG-DSC を用いた熱分析により、水との反応、水の吸着、酸化反応時に生じる発生熱量を把握する。

2. 化学構造解析による低温酸化機構解明と、それに基づく自然発熱抑制指針提示およびその実証：2021 年度は目標通り達成、2022 年度は目標通り達成見込み。

2.1 ラジカル生成挙動解析

ESR(電子スピン共鳴)装置を導入し、ラジカル(活性種)を定性・定量するための ESR スペクトルの解析方法等、基礎検討を実施した。更に、Y 炭を用いて、酸素導入前後の ESR スペクトルを測定した結果、酸素導入によりラジカルの変化が示唆され、低温酸化反応に関与するラジカルを特定できる見通しを得た。

2.2 酸素官能基解析および発生ガス解析

天然存在度の低い同位体酸素 (^{17}O , ^{18}O) を濃縮したガスや同位体水を用いて、Y 炭を低温酸化させ、生成した酸化炭を ^{17}O NMR(核磁気共鳴)法で解析した。その結果、複数の酸素官能基を観測・定量することに世界で初めて成功し、更に、試験時に発生するガスの総量やその同位体組成も把握することで、低温酸化反応機構の解明に向けて重要な知見を得ることが出来た。

2.3 酸素消費速度解析

Y 炭を対象とする小型流通式試験により、水分が酸素消費量、発生ガス量に与える影響を調査した。その結果、酸素消費速度に対する水分の影響は、明瞭では無かった。一方で、ガス発生量は、水分の有無により差異が観測され、これは同位体酸素を用いた試験の発生ガス量(2.2)と定性的に一致する結果であった

2.4 自然発熱リスク分析・評価法の開発

自然発熱リスク分析・評価法には、NMR を用いた化学構造分析が必要である。2021 年度は、NMR 分析のための望ましい石炭の前処理方法に関し、標準化案を纏めた。

2022 年度は、更に 1 炭種の解析を進め、目標通り低温酸化機構解明の見通しを得ると共に、発熱リスク分析・評価法については、NMR 分析法の標準化案を纏める予定である。更に、2023 年度は、低温酸化機構解明し抑制指針を提案すると共に、自然発熱リスク分析・評価法に関わる全ての標準化案を完成させる予定である。

3. 自然発熱時の熱流体・反応数値解析(自然発熱時に生じる水分挙動および反応を考慮した数値解析)

本研究では、総括反応モデルをベースとする固気混相流数値解析ツールを用い、R70 試験に用いる小型反応器内の乾燥炭充填層を対象に解析を行い、第一段階として、総括反応モデルによって、自然発熱を捉えられること、また、モデルパラメータの調整により、解析精度の向上が見込まれることを確認した。

2023年度は、小型装置内の乾燥炭充填層を対象に、総括反応モデルをベースとする固気混相流数値解析ツールを用いた熱流体・反応数値解析を実施し、ラジカル反応モデルを組み込みに向けて、総括反応モデルの妥当性を把握する。

4. 委員会等の開催

研究開発全体の進捗と石炭の自然発熱抑制指針の妥当性を確認するため、石炭ユーザを含めた外部有識者で構成される委員会を設置した。2021年度には委員会を開催し、各研究開発項目で目標とする成果を踏まえて作成した石炭の自然発熱抑制指針(案)の内容について協議した。

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

本事業では、基礎研究に基づいた抑制指針について、スケールアップ効果の把握も含めてより実機に近い大型試験装置で実証する等、実用化に向けた取り組みを2025年度までに実施予定である。また、石炭ユーザが利用可能な、発熱リスク事前評価のための自然発熱リスク分析・評価法の確立にも取り組んでいる。

本事業が終了した2026年度以降に自然発熱リスク分析・評価の実用化、および貯炭場管理技術の実用化と普及を目指す。

(2) 石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

2030年までは国内電力需要の上昇が見込まれており、安価な電力の確保に石炭火力発電の活躍が想定される。一方、発電用途として使用される灰分の少ない高品位な瀝青炭の価格が増大している。よって、低廉な高灰分炭の安定的な入手ならびにその高品位化技術の開発が強く望まれている。

①-2 実施の効果

本事業に投じられた全体予算（1.75億円）に対し、本事業により開発した石炭高品位化システムの導入により33.1億円/年/設備の石炭灰処理コストの削減が見込まれており、費用対効果は十分である。

② 研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

国内での利用を想定した高灰分炭を調査・選定し、高灰分炭に対する粉碎・分級処理技術、すなわち石炭高品位化技術の研究開発、ならびに最も合理的な石炭一貫利用システムの提案を行うことを目標とする。

②-2 研究開発の概要

高灰分炭から灰分を選択的に除去可能な石炭高品位化技術を開発した。さらに、産炭地で適用可能な粉碎・分級プロセスを選定し、経済的に成り立つ高灰分石炭利用システムを提案した。

③ 情勢変化への対応について

新型コロナウイルスの流行により、計画していた産炭地の現地調査は中止とし、オンライン学会参加等の別手段での情報収集を行った。

④ 研究成果について

我が国で発生する石炭灰発生量を効率的に低減するために、我が国での利用可能性が高い高灰分炭として選定されたロシア産の Nekkoy 炭（NKV 炭）、ならびに一般炭であるオーストラリア産の Moolarben 炭（MLB 炭）を対象として、産炭地において高灰分炭から灰分を選択的に除去し高品位化する乾式脱灰技術に適用可能な要素技術の開発と性能評価を行い、経済的に成立しうる脱灰技術の選定を行うと同時に、脱灰炭の燃焼性評価も併せて実施した。

図 1 に本事業で実施した石炭高品位化技術開発項目を示す。高灰分炭の粉碎処理として、従来型の機械的粉碎処理方法の比較検討に加えて、新規粉碎方法として電気パルス粉碎および超音波粉碎処理の可能性を検討した。灰分の選択的除去の前処理粉碎プロセスとして、従来型の機械的粉碎処理は適用可能であると判断され、また、灰分の存在状態により適切な粉碎方法があることを明らかにした。超音波粉碎においては、高灰分含有粒子を 100 μm 以下の微粒子として選択的に粉碎できることができた。いずれの新規粉碎方法も、従来型の機械式粉碎に比べて高い分離効率を持つことが示された。現時点では、実用化のためにはまだ数段階のスケールアップが必要ではあるが、乾式脱灰プロセスの性能向上に寄与できるポテンシャルがあることが確認できた。

NKV 脱灰炭の燃焼特性は、脱灰前の NKV 原炭ならびに一般炭である MLB 炭と比較して大きな性状低下は認められず、問題なく利用可能と判断された。脱灰炭の灰分の付着・溶融挙動についても、灰分の性状は原炭の組成によってほぼ決まっており、脱灰操作そのものによって問題が引き起こされる可能性は少ないものと考えられた。

分級処理については、100 μm 以上の粒子に流動層偏析分級が適用可能であることを確認した。特に、機械粉碎した粉碎炭について灰分を 70 %まで濃縮できる条件を見出した。総合分離効率も、目標値である 20 %に近い性能が得られることを確認した。100 μm 以下の微粒子への適用を目指して、流動層気流分級プロセスを検討した。粉碎物の流動化操作のみでは高灰分粉碎炭の分離は困難だったが、流動層内に電極を設置し、高電圧を印可することで 55%まで灰分が濃縮された粒子を選択的に分離することに成功した。一方で、分離した粒子の回収方法やシステム全体の分離効率を高めるための運転条件の最適化、実規模へのスケールアップが今後の課題として明確化された。

以上の成果を踏まえて、産炭地で適用可能な脱灰プロセスを選定し、高灰分石炭利用システムを提案した。

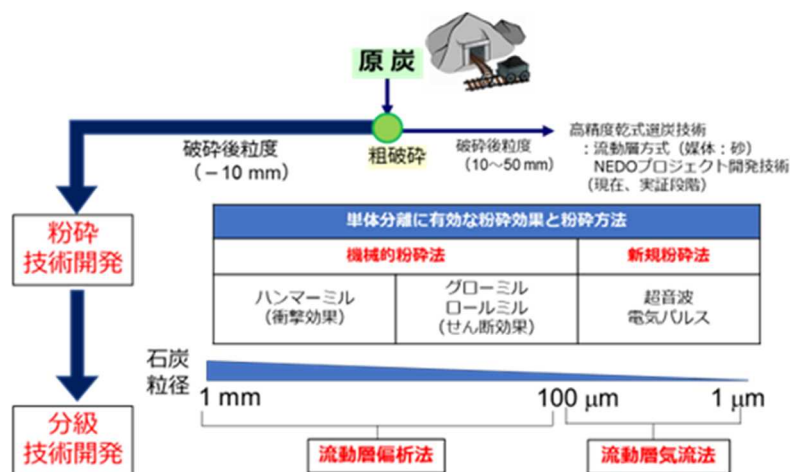


図 1 石炭高品位技術開発の概要

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

パイロット規模での技術検証・事業性評価により、スケールアップ時のデータ収集・課題抽出を行い、実規模プロセスの確立に向けた取り組みを行う。実用化により安価・安定的な電源の確保に加え、産炭国に技術的・経済的な貢献が可能である。

(3) 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

わが国は、領海（日本の海）及び排他的経済水域（水産資源や鉱物資源等日本の支配下に置くことができる海域）の面積が約 447 万 km² であり、国土の約 12 倍の広さの海域かつ世界第 6 位の海域を保有する海洋国家である。この点を踏まえ、陸地で創出される再生資源である石炭灰を活用して、海域の生産力を向上させることで水産資源の回復と海域環境の改善を図り、かつ天然資源の消費抑制と環境影響の低減を目指した環境配慮型技術を開発することは、低炭素社会と持続発展可能な循環型社会を実現する。

①-2 実施の効果

本事業の成果から、年間の石炭灰の発生量が現状と同程度の 12,000 千 t であると仮定すると、2030 年度時点では、全体の発生量の約 3%を浅海域で利用することができ、2050 年度時点では、全体の発生量の約 20%を浅海域で利用することが可能となる。また、これら石炭灰利用により、衰退した藻場や干潟等の約 10%を石炭灰混合材で置き換えることが期待できる。

② 研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

本事業では、石炭灰の有効利用率の向上の石炭の有効利用技術の確立の見通しを得るため、石炭利用に伴い発生する環境影響の低減に貢献する技術として、今後のニーズ拡大が見込まれる浅海域を対象に、石炭灰の有効活用策の拡大と環境影響の低減を実現できる石炭灰混合材の研究開発を行う。

②-2 研究開発の概要

1. 藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック開発

秋田県能代・山本地域及び北海道渡島地域で、基本材料の石炭灰と他の地元産業副産物である貝殻、バイオマス灰及びスラグ等を活用し、環境安全性と生物親和性及び耐久性に優れた藻場再生・造成用石炭灰混合ブロックの開発を行う。

2. アサリ漁場改善用石炭灰混合基質開発

熊本県緑川河口域で、基本材料の石炭灰と他の地元産業副産物であるバイオマス灰及び各種スラグ等を活用し、環境安全性と生物親和性に優れたアサリ漁場改善用石炭灰混合基質の開発を行う。

3. 洗掘防止用石炭灰混合人工石材開発

洋上風力発電設備等の洗掘防止工への適用を想定し、秋田県沖、千葉県銚子市沖を対象海域とし、基本材料の石炭灰と他の地元産業副産物である石炭ガス化スラグ、熔融スラグ等を活用し、副産

物の有効利用率が高く、かつ環境安全性や耐久性に優れた洗掘防止用石炭灰混合人工石材の開発を行う。

②-3 研究開発の運営管理

知財運営委員会を設置し、知財マネジメント基本方針およびデータマネジメント基本方針に従い、知財および研究開発データに関わるマネジメントを適切に実施している。

③ 情勢変化への対応について

特筆すべき点はなし。

④ 研究成果について

1. 藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック開発

秋田県と北海道の2海域において適地を選定し、決定した資材の要求仕様に適した配合設計や基本構造設計を行うとともに、地産地消が可能な原料配合及び目的藻類の繁茂に効果的な資材配置法を検討した。更に、試験板等による室内試験や海域試験を通じ、環境安全性と機能性についての評価を行った。

2023年度には、2海域において設置した大型藻礁ブロックに対するモニタリングを通じて、環境安全性と機能性に関する評価を行い、必要に応じて、配合設計、構造設計及び製造方法の改良案を作成する。

2. アサリ漁場改善用石炭灰混合基質開発

熊本県緑川河口域における候補地を選定し、基礎データ取得のため、材料配合、粒径、形状、硬さ・強度等の異なる試験基質を3～4種類試作し、室内試験や水槽内・試験海域試験を通じ、環境安全性及び機能性評価を行った。また、浸食・埋没を防ぐことができる基質の收容方法、設置方法案を決定した。

2023年度には、干潟で沈下・埋没しない基質を製造、海域に設置し、モニタリングを通じて、環境安全性と機能性に関する評価を行い、必要に応じて、配合設計及び製造方法の改良案を作成する。

3. 洗掘防止用石炭灰混合人工石材開発

文献調査、聞き取り調査及び基礎環境調査により、適地選定や要求仕様選定に必要な情報を把握するとともに、地域性に配慮した材料仕様を選定した。

2023年度には、高比重、高耐久な推奨配合を選定し、候補海域において、実海域への設置に関する関係機関の合意と必要な許可申請等承諾を得る。

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

本研究開発終了後、本研究開発成果を生かした実証試験を進めるとともに、研究開発成果を体系化すべく、全国の普及拡大に必要となるマニュアル化を推し進める。また、NETIS、都道府県が保有するリサイクル製品認定制度等技術認定に係る準備・登録も行き、その後、啓発活動、企業誘致等事業拡大に向けた準備を進める。

(4) 石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

グリーン成長戦略において、電源の相当数を占める石炭火力は、その利用の際に発生する CO₂、ばいじん、石炭灰といった物質の環境への影響を低減する環境対策は急務である。この課題解決に寄与するコンクリート部材適用技術の確立に向けた知見を得る。

①-2 実施の効果

補強コンクリート市場は 2026 年には 5,000 億円に到達すると予測(グローバルマーケットリサーチ調べ)されており、石炭灰コンクリート強化部材が計画通り 3.6%のシェアを獲得できれば 180 億円の新たな市場を生み出す事ができ、優れた費用対効果が予想される。

② 研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

本事業は、石炭灰の有効利用・用途拡大を目標とし、コンクリート構造物の長寿命化への寄与を念頭に、石炭灰連続長繊維を短繊維(CS)やロッドとしてコンクリート部材へ適用する技術を確立することを目的とする。

②-2 研究開発の概要

本研究では、石炭灰連続長繊維を開発し、その有効利用として、CS やロッドを用いたコンクリート部材のひび割れ抵抗性や耐荷性の実験的検証し、一般市販品の繊維材を用いたコンクリート部材と比較し、高付加価値工業製品の実現を目指す。

②-3 研究開発の運営管理

毎週、金曜日午後に定例の連絡会議を行い、目的達成のため新着状況等の情報共有および意見交換を行っている。外部有識者による委員会等は設置していない。

③ 情勢変化への対応について

近年、社会インフラや建築物に用いられるコンクリート構造物の長寿命化や、特に 2050 年カーボンニュートラルを目指した CO₂ 大量固定コンクリートの開発・普及が社会的要請として強まり、鉄筋の代替となる非腐食性のコンクリート補強材への期待が高まっている。本事業は、この課題解決に貢献できる可能性があり、周辺状況を注視しつつ研究開発を引き続き進めていきたい。

④ 研究成果について

1. 石炭灰連続長繊維の生成、加工及び物性研究

1.1 コンクリート用 CS、ロッドの製作

石炭灰連続長繊維 (CALCLF) について、石炭灰、およびその他成分の組成比率を確認しつつ予備試験用の試作を行い、図 2 に示すような連続長繊維が得られた。また、アルカリ耐性のある CALCLF-CS およびロッドの製作に向け、最適な収束剤の情報収集を行うと共にさらに試作を行い、東京大学物性研究所(ISSP)、電力中央研究所(CRIEPI)に提供した。



図 2 CALCLF 予備試験用試作品

コンクリート補強用 CS については、その仕様を 0.8mmφ前後 x 30mm 程度と確定した。比較対象市販品、ポリプロピレン CS、アラミド CS、カーボン CS およびガラス CS を購入し、ISSP、CRIEPI に提供した。

コンクリート補強用ロッドについては、その仕様を径 8mmφ前後 x 長さ 3m 程度と確定した。比較対象市販品、アラミドロッド、ガラスロッドを購入し、ISSP、CRIEPI に提供した。

コンクリート補強用 CACLF-CS、ロッドを製作するにあたりこれらの情報を参考に評価・分析し、製作する方針である。

1.2 石炭灰連続長繊維の物性研究

CACLF および各種 CLF-CS およびロッドの物性（物理特性・形状表面観察・成分評価・耐アルカリ性評価など）を実施するための各種装置を整備・設置した。手試作された CACLF-CS（図 3）に対する耐アルカリ性のテストを行い、実施計画通りの良好な結果が得られた。また、引張強度評価ではガラス CS と同程度の値が得られている。



図 3 CACLF 試作品

コンクリート補強用 CACLF-CS、ロッドを製作するにあたりこれらの情報をフィードバックし、CACLF の改良に役立てる。

2. 加工製品の利用研究

2.1 CACLF-CS 補強コンクリートのひび割れ抵抗性

（靱性）の検証

提供された、各種 CS のコンクリート試験体の作製と材齢 28 日の物性試験を目的とした、配合選定試験を繰り返し行い（図 4 参照）、コンクリート試験体の仕様を決定した。ポリプロピレン CS については、コンクリート試験体の作製と材齢 28 日の物性試験を実施した。



図 4 コンクリート配合選定試験の様子

2.2 CACLF-ロッド補強コンクリート部材の耐荷性(剛性)の検証

各種ロッド補強コンクリート部材の耐荷性を評価するための数値解析を行い図 5 に示される様な結果を基に梁断面の設計を行った。また、各種ロッドとコンクリートの付着性能を評価するため、実験の仕様を決定した。

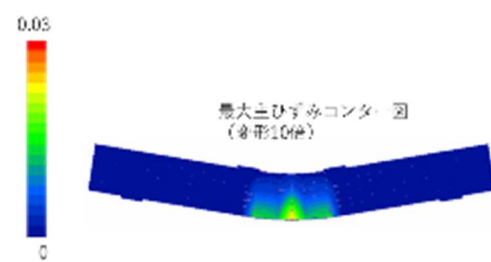


図 5 数値解析によるはりの計算例

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

新日本繊維は、CACLF の発注メーカー以外の紡糸メーカーとも量産化紡糸検証を実施している。また、石炭灰供給についても、CACLF 用石炭灰提供企業以外の電力会社とも将来事業提携を予定しており、各メーカーでの事業化が可能となる予定である。

2.2 石炭利用技術開発

(1) 石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

石炭ガス化複合発電（IGCC）の普及に伴い、石炭ガス化スラグ発生量の増大が見込まれる。そのため、石炭ガス化スラグの有効利用方策の確立は、IGCC の環境適用性の観点から重要なプロセスであり、その主たる方策として、他業種のスラグと同様に規格や指針など利用環境を整備することは必要不可欠である。

石炭フロンティア機構では、実運用磨砕特性を把握すると共に、石炭性状、ガス化炉及びコンクリート配合等による磨砕特性、骨材性状等への影響を把握し、スラグ品質に影響を及ぼす因子を整理することで規格適合材製造プロセスを構築する。

清水建設では、石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの実機製造過程の実証、ポンプ圧送試験による実施工特性の確認、実構造物等供試体を実供用環境暴露試験による長期安定性・耐久性の評価を行う。

勿来 IGCC パワーでは、石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの実環境における利用技術確立に資する長さ変化・拘束収縮試験及び材齢経過による耐久性、コンクリート実構造物の耐荷性能及び鉄筋の付着特性、及び曲げ・せん断等構造特性を評価する。

本事業により、石炭ガス化スラグのコンクリート細骨材としての資源化を実現し、官民工事全般への利用拡大・定着が図られれば、天然骨材資源の削減による環境破壊の抑制や高効率 IGCC 発電技術の海外技術移転にも貢献できる。

①-2 実施の効果

本事業での取り組みにより、これまで廃棄物として処分していた石炭ガス化スラグをコンクリート細骨材（JIS 規格品）として再資源化できる。また、天然骨材資源の枯渇に伴う価格高騰に対する代替骨材として安定供給を可能とし、土木建築工事やコンクリート二次製品等の費用を削減できる。

② 研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

石炭ガス化複合発電（IGCC）から排出される石炭ガス化スラグについて、有効利用の拡大・定着に不可欠な土木学会及び日本建築学会の設計・施工指針の策定、並びに JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）の使用材料への採用に向けて、石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの実規模性能をはじめ、組成、強度、耐久性などの試験を行い、コンクリート骨材として信頼に足る評価を得ることを目的とする。

②-2 研究開発の概要

実規模における石炭ガス化スラグ細骨材の品質・製造技術の信頼性確保、石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針の確立に向けた試験・評価を実施する。

②-3 研究開発の運営管理

本事業で得られた結果について、学識経験者、使用者、生産者で構成する技術評価委員会によって、材料品質・製造技術の信頼性並びに社会一般への健全な普及に寄与する設計、施工指針の確立に資するデータとして技術評価を行う。

③情勢変化への対応について

当初 2 カ年の事業検討の結果より、石炭ガス化スラグが他業種スラグと異なる特徴を有することが判明したため施工指針策定における適用範囲の拡大を目的に、事業期間の延伸により追加試験を実施して、基礎情報の取得に努める。

④研究成果について

目標：

石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの実規模・実環境での性能・信頼性を評価し、初期の目標を達成すると共に、評価結果に基づき、設計・施工指針を制定した（2023 年予定）

1. スラグ細骨材の実規模製造技術の確立

国内全ての IGCC の石炭ガス化スラグ（CGS）を対象に大量・連続磨砕試験により JIS 規格適合品製造技術を実証した(図 6)。

CGS の組成、骨材性状は、石炭種及びガス化条件により影響を受けるものの、JIS 規格に適合できることを確認した。また、従来の天然骨材使用コンクリートと比較して、凝結遅延、初期強度低下が観察されたことから、2022 年度まで事業延長し、要因を明らかにして、CGS として十分な適用範囲を確保する予定。

CGS 規格適合品を製造する品質・製造管理プロセスを構築した。

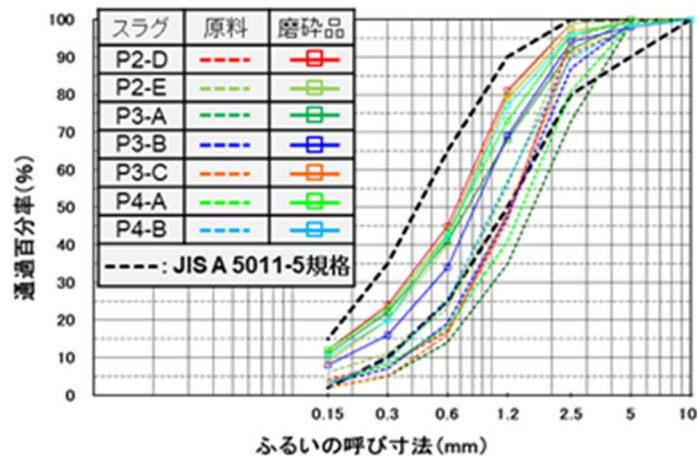


図 6 粒径加積曲線（磨砕前後）

2. 実規模施工・暴露試験による信頼性確保

石炭ガス化スラグ細骨材を使ったコンクリートの製造性・施工性・諸性能の確認を行った。

製造性については、従来のコンクリートと同様に、練混ぜができることを確認した。

施工性については、従来のコンクリートと同様に、ポンプ圧送での打込み・締固めができることを確認した（図 7）。

諸性能（フレッシュ性状・力学性状※・耐久性能※）は、従来のコンクリートと同様の傾向を示した。
 （※材齢 1 年までの結果による評価）



図 7 石炭ガス化スラグ細骨材を使ったコンクリートの壁を模擬した試験体の施工状況

3. 実環境における優位性評価試験

CGS は、乾燥収縮、湿潤膨張の低減、拘束収縮ひび割れの抑制（図 8）に対して、有効に作用することを確認した。一方で、乾燥による収縮量は小さいものの、小さいひずみ量でひび割れが発生しやすいことも確認した。

CGS の利用による物質浸透抵抗性の向上に伴い、中性化抵抗性、塩分浸透抵抗性の向上が期待できることを確認した。

CGS の利用により、やや凍結融解抵抗性を低下させる 傾向にあることが確認されたが、その影響は限定的であり、適切な空気量の連行によって十分な凍結融解性を確保できることを確認した。

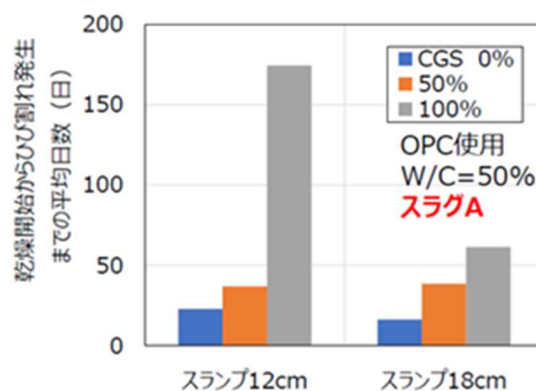


図 8 拘束収縮試験結果

4. 構造試験による鉄筋コンクリート構造性能把握

鉄筋コンクリート部材による載荷試験では、いずれも一般のコンクリートと同等の破壊形態（図 9）で耐荷性能、変形性能にも有意な差はなく、構造部材を構成する材料として有用であることを確認した。

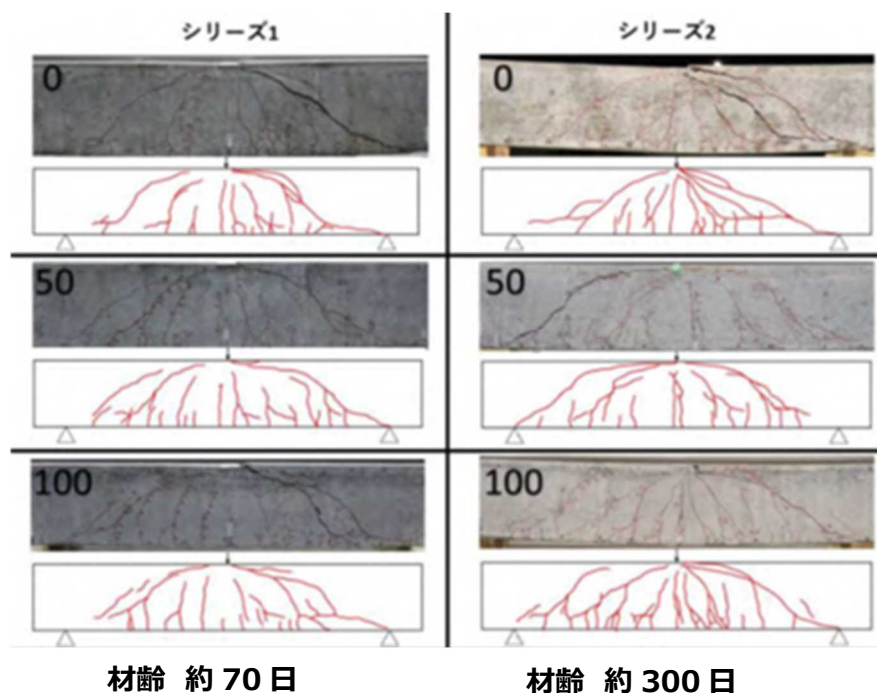


図 9 曲げ試験結果

一軸部材の両引張試験においても、ひび割れ発生荷重や鉄筋降伏荷重の低下などは認められないことから、フリーディングによる影響はほとんどなく、コンクリートとの十分な付着が得られていることを確認した。

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

石炭フロンティア機構は、石炭ガス化スラグ骨材の JIS 化、土木学会及び日本建築学会での設計施工指針の作成を主導的に進めるとともに保有データよりスラグ性状の推定、評価を行い、品質の安定性を確保する。

清水建設は、石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリート性質や配合特性を明らかにし、同スラグ細骨材の有用性を示すとともに、環境に配慮した積極的利用に努める。

勿来 IGCC パワーは、製造技術の構築・実証、製造・販売計画及び市場について推進し、発電事業の収益改善に努める。また石炭調達及びガス化条件、スラグ回収等プラント運転の最適化に努める。

(2) 石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発

① 事業の位置づけ・必要性について

①-1 事業の背景・位置づけ

石炭火力発電では運転に伴い石炭灰が発生するが、品質変動が大きく再利用の用途は限られていた。石炭火力発電は、重要なベースロード電源である。石炭灰の資源としての有効活用法の開発は喫緊の課題であり、使用量の大きいコンクリート用代替え材としての開発を目的とする。

①-2 実施の効果

本事業は、石炭火力発電所より発生する年間 900 万トン(2015 年)にも及ぶ石炭灰を原状で用いられている普通ポルトランドセメントの代替え材とする技術である。このため市場規模も大きいと考えられる。ただし、建設業界は非常に保守的な面があり、現状の普通ポルトランドセメントの市場に、本技術

のような新技術の実用化を図ることは容易ではない。そこで、普通ポルトランドセメントベースのコンクリートが適用困難であった、化学的作用の大きい例えば、下水道・温泉などの市場への適用を、まずは進める。このため、実施効果としては、石炭灰によるセメントレスコンクリートの単価を 2030 年度 4 万円/m³として、石炭灰の 0.1%を利活用すると想定で約 12 億円/年の市場創成を目指す。

②研究開発マネジメントについて

②-1 事業の目標と目的

大林組は、石炭火力発電所から発生する石炭灰を結合材化してセメントの代替材とする新たなセメント不使用コンクリート（セメントレスコンクリート）について 10m³/日規模のコンクリート施工能力を最終目標とする。

フジインコーポレーテッドは、上記の規模に対応すべく、日産量 1500kg の助材の製造技術を確立する。

日本シーカは、従来のコンクリート並みの練上がり後、3 時間程度の自由成形時間を確保できる混和剤および特級コンクリート並み(収縮量 300μm/m)の収縮抑制剤を開発する。

②-2 研究開発の概要

本事業では、石炭火力発電所から発生する石炭灰を結合材化してセメントの代替材とする新たなセメント不使用コンクリート（セメントレスコンクリート）について 10m³/日規模のコンクリート施工能力を最終目標として、石炭灰処理装置や混練用助材や初期成形性確保用の混和剤の開発、これらを纏めたコンクリート技術を開発する。

②-3 研究開発の運営管理

外部有識者による委員会について、今後、設置を計画中。

③情勢変化への対応について

特筆すべき点はなし。

④研究成果について

施工技術は、後述する個別課題の成果を構成要素として、これらを集約したものとなる。その具体的な成果として、コンクリート供試体を製作した（図 10）。

石炭灰の加工装置については装置の探索と評価を実施した。石炭灰が結合材として機能する特性の獲得には、独自の処理を加えることが必要である。再委託先である A 社の機種である A1 による処理後に別の装置である A2 による処理を加える方法が適すると判断した。この条件による処理石炭灰を用い、砂と粗骨材を含まないペーストによる供試体を作製し、40 N/mm²の圧縮強度となった。

処理装置 A2 の適用性に関し、A 社との協議の上で処理条件の最適化を検討した。処理条件と石炭灰の表面状態の変化度合いや硬化体中イオンの化学結合状態についての検討により、処理条件と助材の反応性や硬化時間には相関性のあることが確認された。ただし供試体作製時の低粘性と混練



図 10 コンクリート供試体

後から硬化までの時間は 10 分程度に留まり、減水剤と遅延剤の併用が望ましいと判断された。処理装置は大型のものもあり、目標である日産量も十分達成可能であることが確認された。

助材の製造は、これまで 1 バッチ 2～3kg の小スケールで製造していた。2021 年度は、1 バッチを 25kg にスケールアップし、助材中の構成材の成分評価や製造した助材を用いた硬化体の製作および図 11 に示すような硬化体の圧縮強度の関係などの検討より、小スケールの結果と同等であることが確認され、2021 年度目標である助剤製造量 25kg/日を達成できた。当初の計画通り、2022 年度に 50kg/日、2023 年度に 250kg/日の製造量を達成させる。

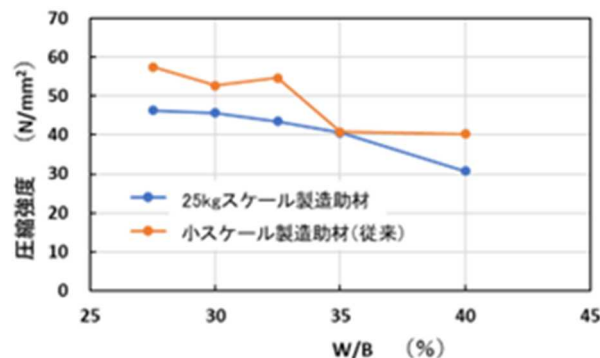


図 11 助材の変更に伴う硬化体の圧縮強度の関係

助材の原材料について 2021 年度は安価原料候補の探索を行った。セメントレスコンクリート製造のコストに占める割合の大きい原材料安価品を見出し、品質やコンクリートに与える影響も従来と同等であることが確認された。当初の計画通り、2022 年度、2023 年度は他の原材料候補の探索と分析、原料を変える事による硬化等への影響把握を進め、その後の用途毎の適用原料検討や最適な助材の設計につなげる。

コンクリートとして使用するためには、材料を混練後に型枠に打込むなど自由成形が可能である状態（フレッシュ状態）の確保が欠かせない。減水剤について探索の結果、減水剤 D1 を用いた場合、処理灰を良好に分散させることができた。このメカニズムとして、減水剤 D1 の親水基と処理を加えた石炭灰の電気的反発力が起因していると考えられた。遅延剤に関しては既存材料を中心に探索を実施し、D2 が良好な結果を示した。特に減水剤 D1 の併用で効果を発揮することがわかった。

セメントレスコンクリートの課題である硬化に伴う体積収縮の抑制剤として、減水剤 D1 と収縮低減剤 D2 と併用して効果のある D3 を選定した。これにより、供試体作製後、ひび割れの発生を抑制が可能になった。収縮低減剤の作用機構については検討中である。

コンクリート構成材の周辺環境への微量有害元素の溶出の抑制のため、対象となる重金属等を不溶化するための薬剤を試験で調べ、E1 と E2 の 2 種類の混和材が、重金属等の溶出抑制の効果が認められた。使用法の検討により E1 と E2 を複合添加の検討を行い、4 種の重金属等に有効なそれぞれの添加量を見出した（表 1 参照）。

対象物質	不溶化材	
	E1	E2
ヒ素	○	◎
セレン	◎	×
六価クロム	—	—
ふっ素	○	○
ほう素	×	◎

【不溶化効果】◎高い、○あり、×なし

表 1 不溶化材の評価結果

⑤ 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

パイロット規模での技術検証・事業性評価により、スケールアップ時のデータ収集・課題抽出を行い、実規模プロセスの確立に向けた取り組みを行う。実用化により安価・安定的な電源の確保に加え、産炭国に技術的・経済的な貢献が可能である。

以 上

2. 分科会公開資料

次ページより、事業の推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 /⑩石炭利用環境対策事業」(中間評価)

(2016年度～2025年度 10年間)

事業概要 (公開)

NEDO 環境部

2022年9月2日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

1 / 48

目次

1. 事業の必要性

- ◆ 事業実施の背景と事業の目的
- ◆ 政策的位置付け
- ◆ NEDOが関与する意義
- ◆ 事業の目標

2. 事業の効率性

- ◆ 中間評価への対応
- ◆ 情勢変化への対応、見直し
- ◆ 研究開発の進捗管理
- ◆ 枠組み・実施計画
- ◆ 実施体制
- ◆ 事業費用
- ◆ 実施の効果 (費用対効果)

3. 事業の有効性

- ◆ 全体目標と達成状況
- ◆ 項目毎の目標と達成状況
- ◆ 各個別テーマの成果と意義
- ◆ 成果の普及
- ◆ 波及効果

1. 事業の必要性

◆事業実施の背景と事業の目的

【背景】

石炭は、現時点において安定供給性や経済性に優れた重要なエネルギー源。今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる。(2021年エネルギー基本計画(第6次)より抜粋)



将来的に減少が見込まれるが、当面の間石炭利用が見込まれる中であって、その利用に伴いCO₂、SO_x、NO_x、ばいじんや石炭灰やスラグは継続的に発生



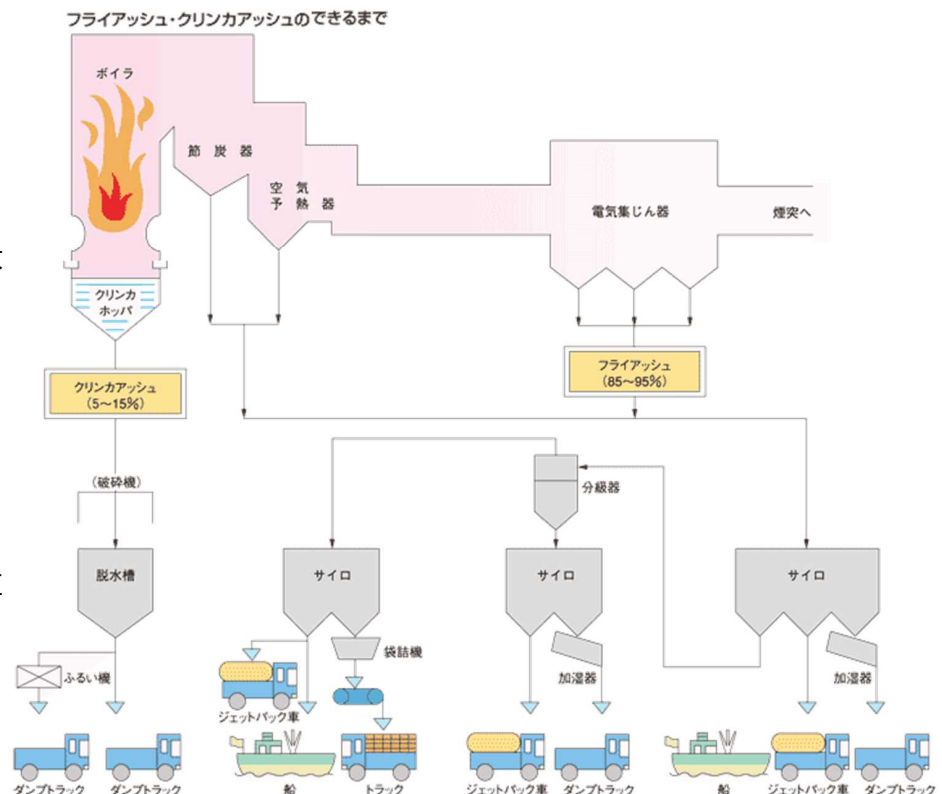
石炭利用の環境負荷低減のため、**環境対策や石炭灰・スラグの削減・有効利用方策は、依然としてその確立が必要。**

【目的】

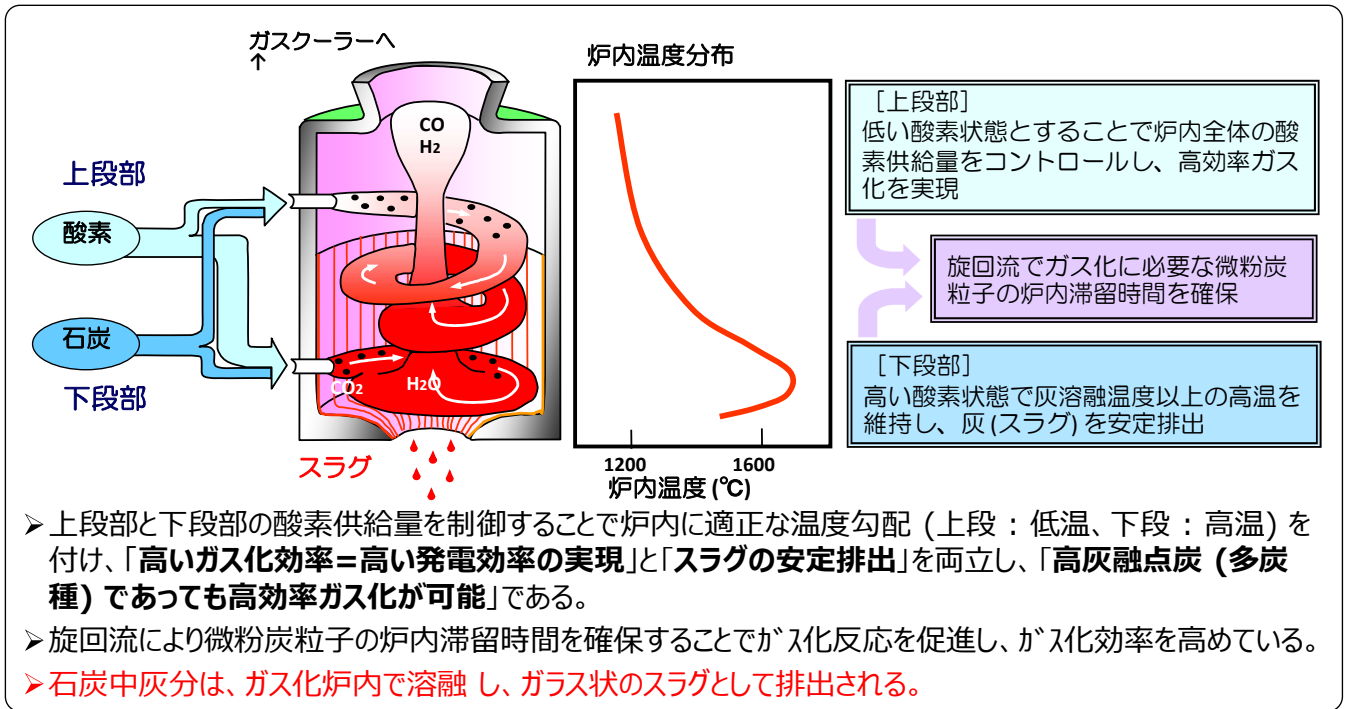
石炭利用に伴って発生する石炭灰の有効利用を一層進めることが可能な技術の開発に取り組む。

【参考】石炭灰とは

- 石炭火力発電所では、微粉碎した石炭をボイラで燃焼させ、そのエネルギーを電気に変える。
- 燃焼で発生した石炭灰は、採取される設備で大きく2種類に分かれる。
- ボイラにおいて石炭中の灰粒子が溶融固化し、ボイラ底部に落下した塊状の灰を**クリンカアッシュ**といい、燃焼ガスとともに浮遊する灰を電気式集じん器で集めた細かな粒子を**フライアッシュ**という。



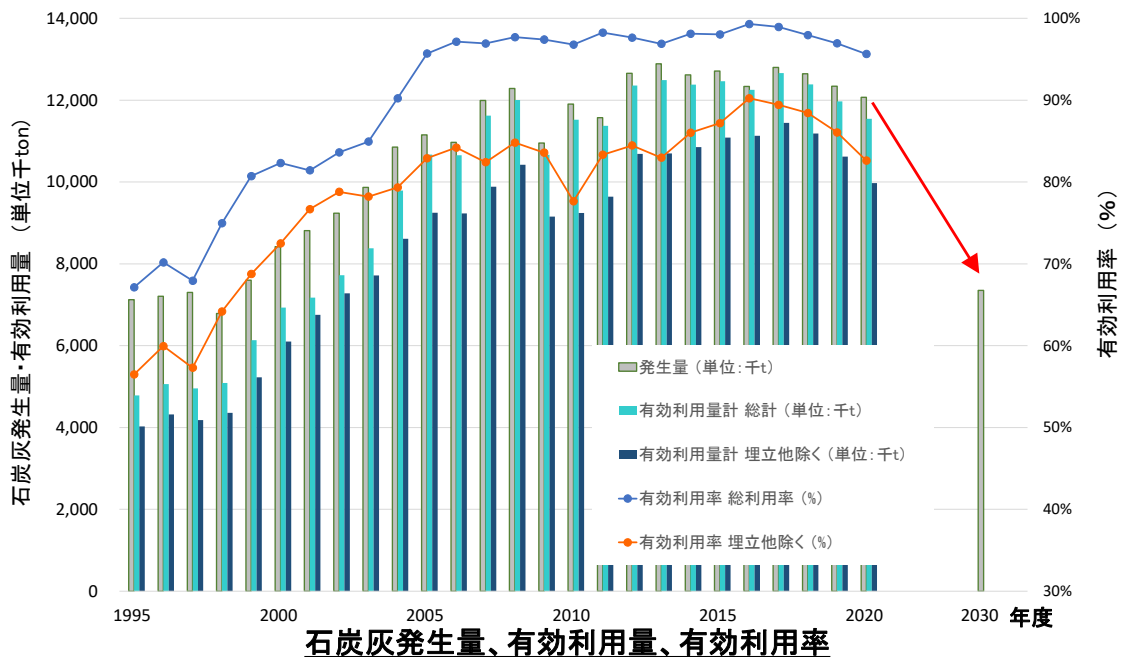
【参考】石炭溶融スラグとは



出典: JPOWER

【参考】石炭灰発生量、有効利用率

➢ 2020年度の石炭灰発生量1,200万トンのうち、埋立処理・他を除いた有効利用量は1,000万トンであり、有効利用率は82.5%である。2030年の石炭灰は750万トンに低減する予測もある*。



出典: 石炭灰全国実態調査報告書(令和2年度実績)をもとに、NEDOにて作成

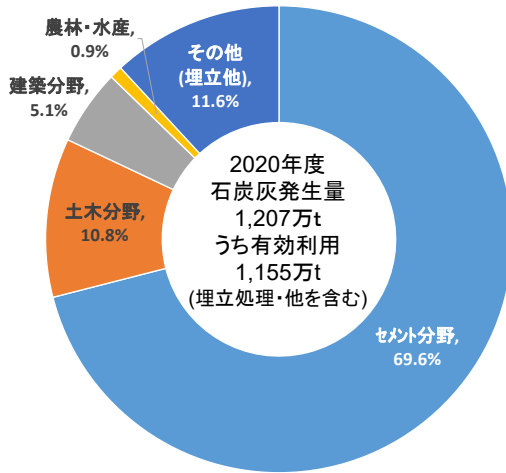
*: 「石炭灰有効利用シンポジウム2021」(JCOAL) 2021年12月9日講演資料より

【参考】石炭灰の有効利用化内訳



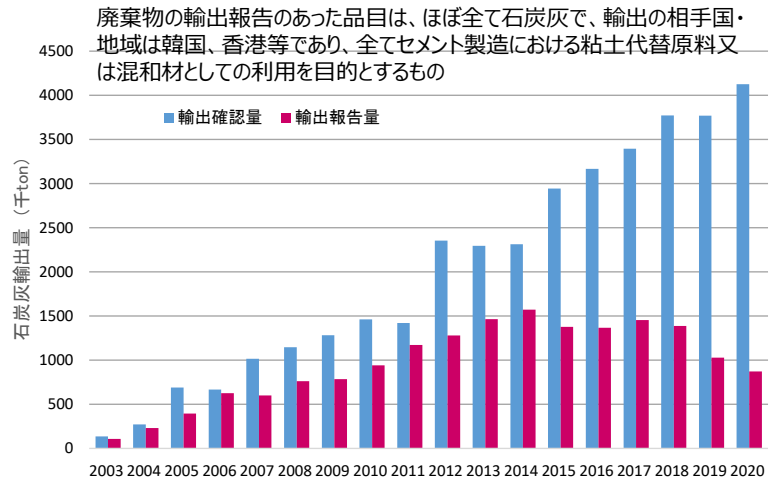
New Energy and Industrial Technology Development Organization

- 2020年度の石炭灰の有効利用化内訳は、セメント分野が約70%で最大であり、埋立他が約12%を占める。セメント分野は、海外輸出分も含む。石炭灰の輸出量は右肩上がり増加傾向だが、セメント混和材に限る



石炭灰の有効利用化内訳

出典: 石炭灰全国実態調査報告書(令和2年度実績)をもとに、NEDOにて作成



石炭灰輸出量の推移(暦歴 千t)

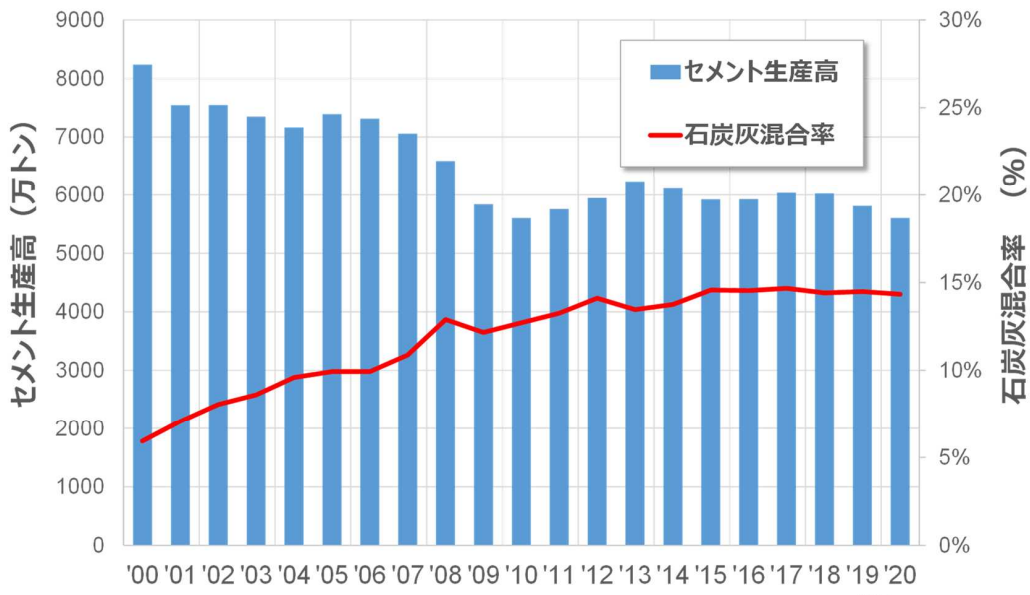
出典: METI 平成26年度石油産業体制等調査研究(石炭安定供給のための石炭灰環境負荷低減・利用可能性調査)調査報告書に環境省「廃棄物処理法に基づく廃棄物の輸出確認及び輸入許可」公表数値をもとに、NEDOにて作成

【参考】セメント・コンクリート市場における石炭灰利用状況



New Energy and Industrial Technology Development Organization

- セメント生産は近年減少傾向にある。セメントの生産量が減少する中、製造技術や品質改善の工夫により、石炭灰混合率は近年14%程度まで向上している。しかし現有技術では更なる利用は望めない。石炭灰の活用を拡大するには、セメント・コンクリート市場における新たな石炭灰活用法開発が必要。



セメント生産高と石炭灰混合率の推移*

*2 JCA統計データおよびJCOAL石炭灰全国実態調査報告書によりNEDOにて作成

【参考】石炭灰の有効利用化 埋立

- 電気事業に由来する石炭灰は、公有水面埋立が土地造成として認められているが、管理型海面最終処分場の形態で行われるため、廃掃法と公有水面埋立法等に従う必要がある。建設コストが高く、長期にわたる排水処理等の維持管理を行う必要があるため、石炭灰の廃棄場所には制約がある。

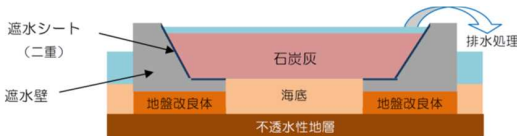


現処分場
埋め立て進捗率は約86%
(2014年3月末)

次期処分場
工事着手時期: 2017年度(予定)
使用開始時期: 2021年度(予定):

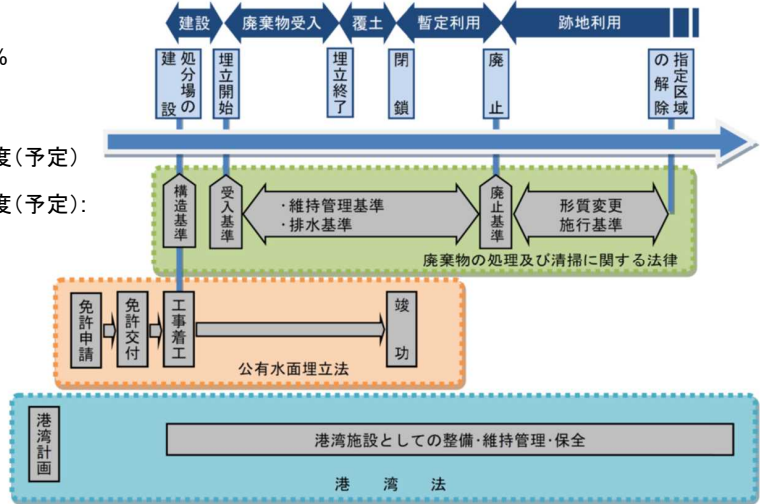
中部電力 次期石炭灰処分場の計画

出典: 中部電力プレスリリース (2014年4月)
https://www.chuden.co.jp/corporate/publicity/pub_rel_ease/press/3239666_19386.html



管理型海面最終処分場の構造模式図

出典: METI 平成26年度石油産業界等調査研究(石炭安定供給のための石炭灰環境負荷低減・利用可能性調査)調査報告書
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2015fy/000918.pdf



管理型海面最終処分場に関する法令

出典: 国土交通省 港湾における管理型海面最終処分場の早期安定化に関する技術情報集
<http://www.mlit.go.jp/common/001193397.pdf>

1. 事業の必要性

◆政策的位置付け

- 第6次エネルギー基本計画 (2021年10月閣議決定)

現時点の技術・制度を前提とすれば、化石燃料の中で最もCO2排出量が多いが、調達に係る地政学リスクが最も低く、熱量当たりの単価も低廉であることに加え、保管が容易であることから、現状において安定供給性や経済性に優れた重要なエネルギー源である。

今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる。

- グリーン成長戦略 (2020年12月)

火力発電は世界的にもアジアを中心に必要最小限使わざるを得ない。

- 資源の有効な利用の促進に関する法律 (3R政策: 資源有効利用促進法)

石炭灰は「再生資源としての有効利用を促進しなければならない指定副産物」に位置付けられ、副生成物の発生抑制及びリサイクルの推進として、建築資材等 有効利用用途の拡大が求められる。

1. 事業の必要性



New Energy and Industrial Technology Development Organization

◆NEDOが関与する意義

- NEDOは、これまでも石炭利活用の環境対策にかかる技術開発を実施してきた経験と知識を有する。
- NEDOは、産学官の技術力・研究力を最適に組み合わせ研究を推進できる。
- NEDOは、難易度が高く、投資規模が大きく、実用化までのリードタイムが長い、いわゆる開発リスクが高い研究開発を支援できる。

以上より、NEDOが本技術開発事業に関与することにより、効果的・効率的に成果を得られると考えられる。

11

1. 事業の必要性



New Energy and Industrial Technology Development Organization

◆事業の目標

- 石炭利用に伴って発生するCO₂、SO_x、NO_x、ばいじん等への対応や石炭灰、スラグの有効利用方策を確立することが大きな課題である。そこで石炭灰の有効利用率の向上など、石炭の有効利用技術の確立の見通しを得る。

[中間目標(2022年度)]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭等の自然発熱性を把握すると共に、石炭管理の指針に資する知見を得る。石炭等の燃焼灰の有効利用、削減及び用途拡大に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないコンクリート製造技術確立、製品性能の見通しを得る。また、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、また設計・施工指針を作成するための知見を得る。

12

◆事業の目標

[最終目標（2025年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭の自然発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術確立の見通しを得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減及び用途拡大に寄与する技術確立の見通しを得る。

新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データを取りまとめる。

2) 石炭利用技術開発

石炭灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確立し、製品化に向けた用途を提案する。加えて、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、設計・施行指針を作成する見通しを得る。

[参考] 本事業の期間延長について

- 最終目標のうち、新たに解決すべき課題が顕在化し、また石炭灰の新たな可能性の追求による用途拡大の必要性も生じたため、事業年度を2022年から2025年に延長し、新たな事業公募を行った。

[最終目標（2025年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭の自然発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術確立の見通しを得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減及び用途拡大に寄与する技術確立の見通しを得る。

新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データを取りまとめる。

2) 石炭利用技術開発

石炭灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確立し、製品化に向けた用途を提案する。加えて、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、設計・施行指針を作成する見通しを得る。

2. 事業の効率性

◆中間評価への対応

#	指摘	対応
1	石炭からのCO ₂ 排出量のさらなる削減が求められる中、将来のわが国の石炭エネルギーの位置づけを推定しながら、NEDO 事業が企業の石炭関連事業を継続するに資する技術開発であることを示すことが重要である。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 火力電源の脱炭素化が求められる中、本事業と並行して、CCS*¹技術やカーボンリサイクル技術の確立とコスト低減にかかる事業にも取り組んでいる。 ➤ また、化石エネルギーを巡る国内外の動向を注視しながら、開発した技術の早期の実用化を図る。
2	テーマ選定の理由を明確にするために、事業実施に先立って、事業の方針や戦略性を明らかにしておくことが望まれる。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 個別の実施テーマ選定において、提案者から、事業方針や戦略性を説明させるよう、公募時に事業目的、目標及び事業による効果について提案するよう求めた。
3	石炭灰からの新規の工業製品製造の創出など、我が国における石炭火力発電が果たす前向きな役割をPR することが重要である。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ NEDOとして、各PJで成果の講演・論文発表など成果PRを奨励している（P47参照）。

*1 CCS : Carbon dioxide Capture and Storage

【参考】石炭利用環境対策事業の位置付け

NEDO環境部の取り組み

NEDO環境部は、次世代火力分野、CCUS、カーボンリサイクル分野、製鉄関連事業、海外展開推進事業、そしてグリーンイノベーション事業とともに、石炭利用環境対策事業も実施している。

次世代火力分野		グリーンイノベーション基金事業
発電効率の向上	IGCC・IGFC、A-USC	
系統安定化	ボイラ、ガスタービン	
アンモニア燃焼	ボイラ・ガスタービン	燃料アンモニアサプライチェーンの構築
CO ₂ 分離・回収	物理吸収法、固体吸収材、分離膜、ポリアミドイオン交換樹脂	CO ₂ の分離・回収等技術開発
CCUS、カーボンリサイクル分野		
CO ₂ 有効利用	共通基盤技術開発、化学品	
	液体・気体燃料	CO ₂ 等を用いた燃料製造技術開発
	炭酸塩、コンクリート、鉱物化	CO ₂ を用いたコンクリート等製造技術開発
CO ₂ 有効利用拠点化・技術開発		
CCUS研究開発・実証		
産業間連携・集約利用技術		
石炭利用環境対策技術		
海外展開推進事業		
製鉄関連事業		製鉄プロセスにおける水素活用

2. 事業の効率性

◆情勢変化への対応、見直し

情勢の変化	対応・見直し
日本は、2020年10月に2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 2021年度に実施した公募で、浅海域の藻場（ブルーカーボン）の活性化につながる石炭灰の利用を支援するPJを採択した。 ➢ また、カーボンリサイクル技術のうち、炭酸塩化に関するものについても、別事業でプロジェクトを立ち上げたが、本事業で纏めた石炭成分データも活用するなど、事業の成果をカーボンニュートラルに向けた技術開発で利用している。
（再掲）今後、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる。（第6次エネルギー基本計画（2021年）より抜粋）	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 石炭火力の新技術開発として、アンモニア混焼石炭火力など計画されており、石炭の利用並びに石炭灰の量は減少する見込みである。一方、この転換は徐々に進むことが想定され、引き続き一定量の石炭の利用、石炭灰の排出が続くことから、石炭利用の規模感を見据えながら、技術開発事業を進めるとともに、開発した技術の早期の実用化を図る。

2. 事業の効率性

◆研究開発の進捗管理

研究開発責任者による進捗管理

- 各研究開発項目の進捗状況、成果、課題など月間工程表により把握。
- 毎年約3回以上、事業者の研究場所に赴き、試験設備とともに研究内容の確認や管理を調査。

事業者主催による進捗・開発方針管理

- **外部有識者で構成する委員会を奨励**。事業の進捗や計画を外部有識者に紹介し、実施内容について**指導・助言**を受けることで、より効果的に事業を推進。（NEDOはオブザーバー参加）

◆浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

2022/03/16 WG進捗報告会（METI、NEDO参加）

◆石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

2022/03/09 外部有識者委員会（外部有識者5名出席）

◆石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認

2020/07/30,10/19,2021/02/04,07/12,2022/02/03 計5回実施
（外部有識者10名、オブザーバ18名出席）

NEDOによる進捗・開発方針管理

- 外部有識者で構成する**技術検討委員会**を実施。NEDO事業としての目標達成の見直しなどを把握し、外部有識者から**指導・助言**を受けることで、**実施期間や予算計画の見直し必要性を再考し、今後の事業計画に反映・推進**する。

2. 事業の効率性

◆ 枠組み・実施計画

前回中間評価2019年以降、今回中間評価で関係する事業は下記の通り。

事業テーマ枠組み

➤ 石炭利用環境対策推進事業（委託事業）

- ①石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発
- ②石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発
- ③浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発
- ④石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究

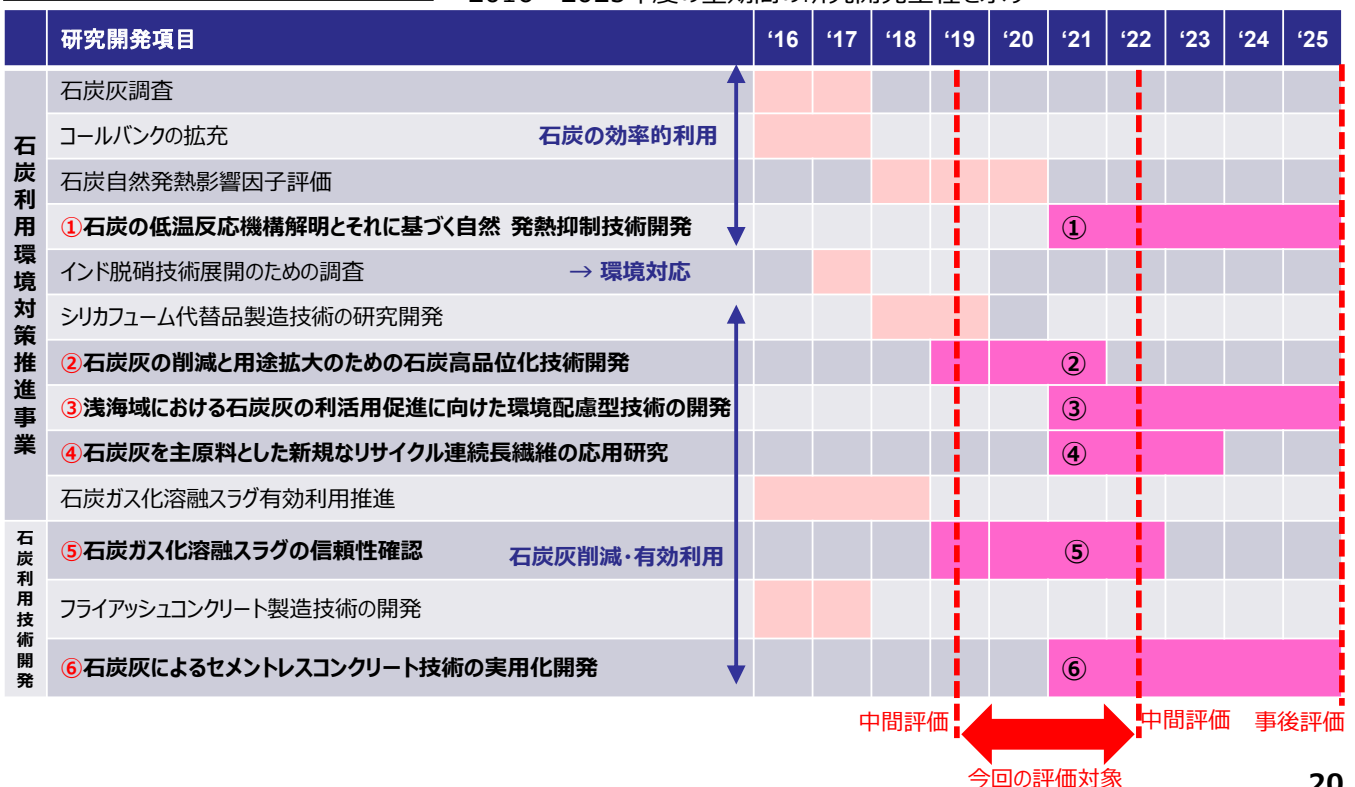
➤ 石炭利用技術開発（2/3助成事業）

- ⑤石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認
- ⑥石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発

2. 事業の効率性

◆ 枠組み・実施計画

2016～2025年度の全期間の研究開発工程を示す

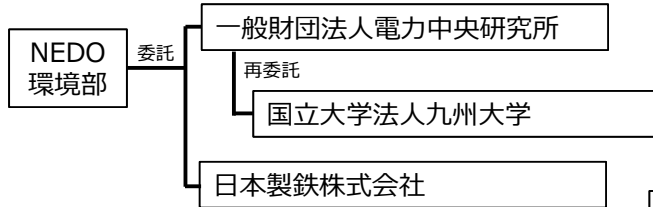


2. 事業の効率性

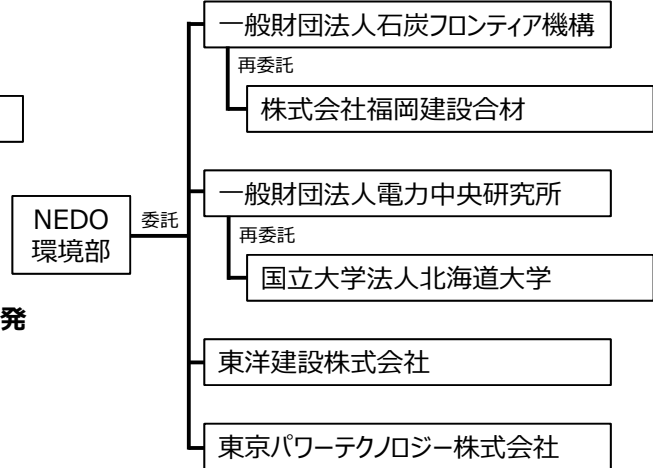
◆実施体制

前回中間評価2019年以降、今回中間評価で関係する事業は下記の通り。

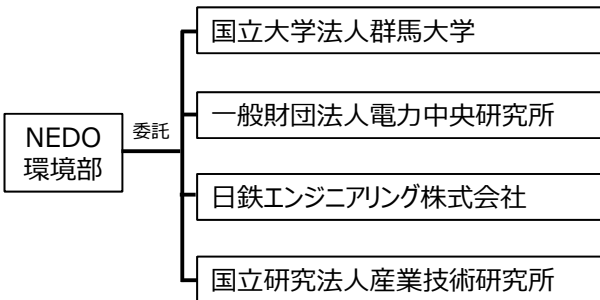
① 石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発



③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発



② 石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発

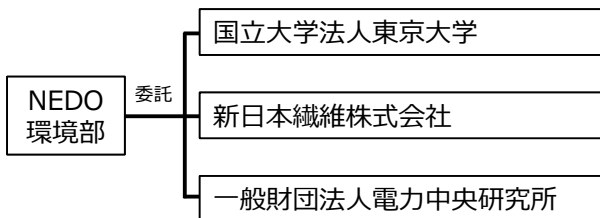


2. 事業の効率性

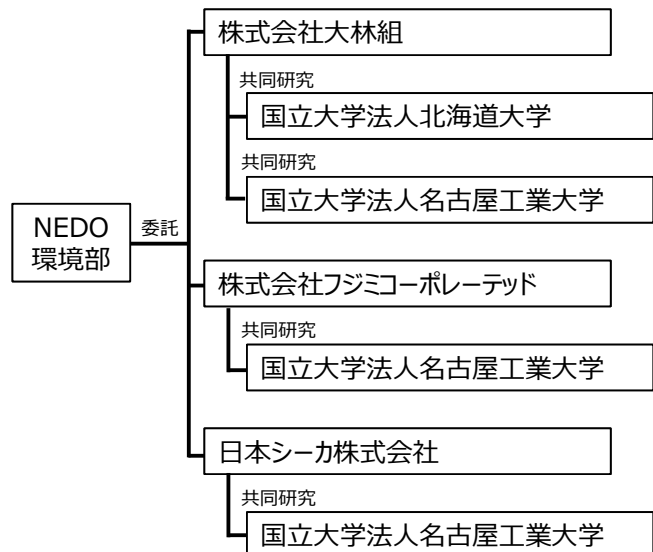
◆実施体制

前回中間評価2019年以降、今回中間評価で関係する事業は下記の通り。

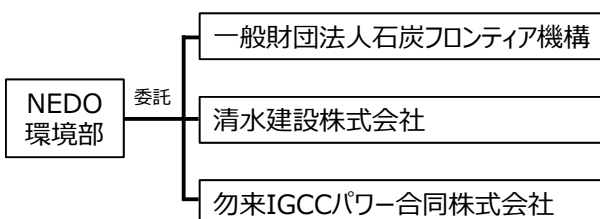
④ 石炭灰を主原料とした新規なリサイクル連続長繊維の応用研究



⑥ 石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発



⑤ 石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認



2. 事業の効率性

◆事業費用

➤ 総事業費：2020～2022年度（評価対象年度）については12億円

2020年	2021年	2022年	総額
1.8億円	5.2億円	5.0億円	12.0億円

◆実施の効果（費用対効果）

#	研究開発項目	条件	効果
①	石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発	自然発熱現象が解明され、亜瀝青炭（低品位炭）の利用が、高価な瀝青炭のうち10%程度置換可能で、かつ散水のみで自然発熱が抑制可能と想定	約110億円/年の石炭購入量削減（1\$=135円換算）
②	石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発	提案した「脱灰方法の選定と最適石炭利用システム」が実用化された場合	約33億円/年石炭灰処理コストが削減
③	浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発	藻場・漁場改善・洗堀防止の新たな石炭灰利活用で2030年に40万ton/年消費を想定	8億円/年の市場を創成
④	石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究	将来の補強コンクリート市場5000億円中、開発した連続長繊維が計画通り3.6%のシェア獲得を想定	約180億円/年の市場を創成
⑤	石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認	石炭ガス化スラグ利用におけるJIS生コン改定が整い、スラグ排出業者とスラグ中間処理業者の売上を想定	約2.4億円/年の市場を創成
⑥	石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発	石炭灰によるセメントレスコンクリートの単価を2030年度4万円/m ³ として、石炭灰の0.1%を利活用すると想定	約12億円/年の市場を創成

3. 事業の有効性

◆中間目標と達成状況

1) 石炭利用環境対策事業

中間目標	達成状況	評価
石炭等の自然発熱性を把握すると共に、石炭管理の指針に資する知見を得る。石炭等の燃焼灰の有効利用、削減及び用途拡大に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。	<ul style="list-style-type: none"> ① 瀝青炭種で自然発熱が抑制できる石炭中水分条件、雰囲気ガス中湿度条件について把握。 ② 高灰分炭から灰分を選択的に除去可能な石炭高品位化技術を開発。 ③ 浅海域での藻場、アザリ場、洗堀防止への新規な石炭灰利用を検討し、地元業者に提案中。実海域での試験実施の見通し。 ④ 石炭灰連続長繊維の試作を行い、コンクリート補強材としての要求仕様の実現の見通し。 	△ (2022年度末に目標達成予定)

2) 石炭利用技術開発

中間目標	達成状況	評価
石炭灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確認し、製品化に向けた用途を提案する。加えて、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、設計・施行指針を作成する見通しを得る。	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ 石炭ガス化スラグ細骨材の設計・施工指針の策定、JIS A 5308への採用目途がついた。 ⑥ セメントレスコンクリート技術を用いた試作を行い、通常型のコンクリートの配合を確立する見通し。 	△ (2022年度末に目標達成予定)

3. 事業の有効性

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

研究開発項目		目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
石炭利用環境対策推進事業	① 石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発	石炭の低温反応機構解明の見通しを得ると共に、それに基づく自然発熱抑制技術の知見を得て、自然発熱抑制のための指針案を提示する。	自然発熱性の異なる2炭種の石炭を用いて試験・評価・分析を実施。 ・自然発熱が抑制できる石炭中水分条件、雰囲気ガス中湿度条件について自然発熱評価試験（R70法）で把握した。 ・精密TG-DSCを用いて、酸化発熱量や石炭中水分形態を把握した。 ・酸素官能基の直接観測と発生ガスの同位体分析により、水分が低温酸化反応に与える影響について知見を得ることに成功した。	△ (2022年度末に目標達成予定)	自然発熱抑制技術の確立に向けて、水分等の影響を考慮した低温反応機構を解明し、さらに、社会実装を見据えた自然発熱リスク分析・評価法の開発を進める。
	② 石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発（終了事業）	国内での利用を想定した高灰分炭を調査・選定し、これに対する高品位化技術の研究開発、ならびに最も合理的な石炭一貫利用システムの提案を行うことを目標とする。	高灰分炭から灰分を選択的に除去可能な石炭高品位化技術を開発した。さらに、産炭地に適用可能な脱灰プロセスを選定し、経済的に成り立つ高灰分石炭利用システムを提案した。	○	より高度な脱灰を実現する、新規石炭粉砕、分級プロセスについては、スケールアップ、経済面においてさらなる検討が必要。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達 25

3. 事業の有効性

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

事業項目		目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
石炭利用環境対策推進事業	③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発	【藻場】 藻場用ブロックの環境安全性と機能性を確認し、実海域試験に関し適地の合意を得て大型藻礁ブロックを設置する。 【アサリ】 石炭灰混合基質の要求仕様を決定し、環境安全性、機能性及び基質収容・設置法を確認し、適地海域の設置合意を得る。 【洗掘防止】 洋上風力発電導入候補地の条件を考慮した適地選定及び資材の要求仕様を決定する。	【藻場】 適地北海道向け環境安全性、機能性確認完了。大型藻礁ブロック設置に係る合意取得完了。 【アサリ】 アサリ用基質試作により、環境安全性、機能性評価完了。適地熊本県との協力体制構築。 【洗掘防止】 施行候補地を秋田県に選定完了。地産地消材料、スラグ等候補材料の選定、耐久性、環境安全性について検証中。	△ (2022年度末に目標達成予定)	実海域設置後は継続モニタリングにより環境安全性及び機能性を評価し、資材開発法の改良等を行い、技術の普及拡大に向けた事業成立性評価を実施する。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達 26

3. 事業の有効性

◆個別テーマ毎の目標と達成状況

研究開発項目		目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
石炭利用環境 策推進事業	④	石炭灰を主原料とした新規なリサイクル連続長繊維の応用研究	①石炭灰連続長繊維の生成、加工及び物性研究 ②加工製品の利用研究	△ (2022年度末に目標達成予定)	コンクリート補強材としての要求仕様の実現のため、CSとロッドによるハイブリッド補強等を検討
	⑤	石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認(2/3助成)	石炭ガス化溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの実規模・実環境での性能・信頼性を評価すると共に、設計・施工指針を制定する。	△ (2022年9月末に目標達成予定)	固有の特徴を有する石炭ガス化溶融スラグの利用範囲拡大のためのデータ取得を目的に2022年9月まで事業延長中
石炭利用技術開発	⑥	石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発(2/3助成)	各項目の成果を集約して、125L規模の製造・施工を行う。通常型のコンクリートの配合を確立する。	△ (2022年度末に目標達成予定)	・装置運転条件の最適化および省エネルギー化の検討(コストメリットの明確化) ・助材生産規模拡大 ・減水剤の性能向上 ・製造体制の確立

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達 27

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～ (継続中事業)

①石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

<概要>

本事業では、実際の貯炭場を想定し、石炭中水分と雰囲気ガス中の水分に因子分解して影響評価し、石炭等の自然発熱性に係る抑制指針を確立することにより、石炭等の自然発熱抑制技術確立の見通しを得る。また、石炭管理のため、自然発熱リスク分析・評価法の確立に取り組む。

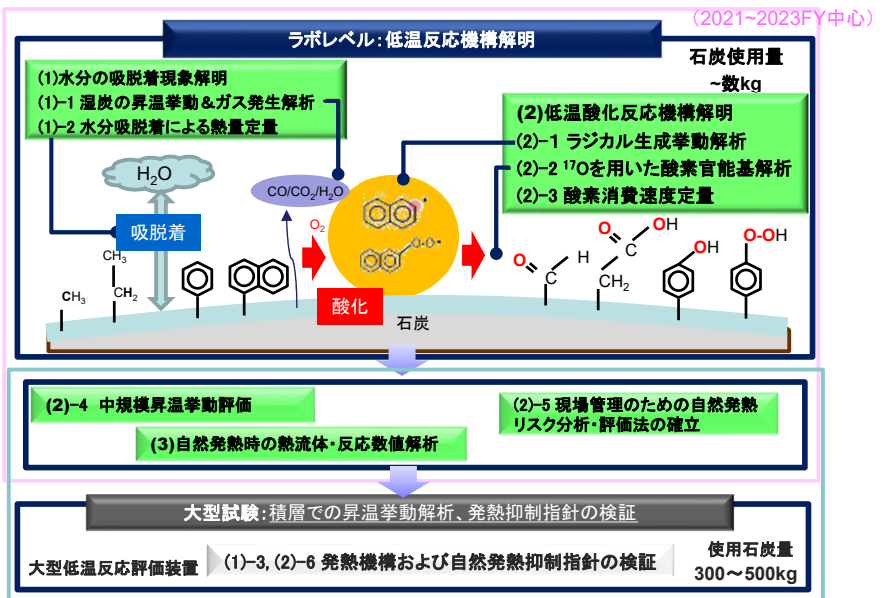
<期間>

2021年4月～2026年3月(予定)

<委託先>

一般財団法人電力中央研究所、日本製鉄株式会社

石炭の自然発熱機構の解明は、低品位炭の改質炭や混合燃料等に関し、従来の自然発熱特性とは異なる挙動であったため、官能基まで含めた、発熱現象の解明が必要になり、要素研究および判定方法を解明する事業を開始。この成果を用いることで、低品位炭はもとより炭化バイオマスの利用拡大が可能になる



①石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

<成果>

1. 水分の吸脱着現象解明

1-1 湿炭の昇温挙動(関連項目(1)-1)

- 実際の貯炭条件に近い状態を模擬するため、湿炭および湿ガスを用いた自然発熱性評価試験(R70試験:図1)を実施し、石炭中水分やガス中水分の昇温特性に及ぼす影響を明らかにした。これらの結果から、水分調整による自然発熱抑制手法の可能性について見通しを得た。

→ 今後、より多くの炭種を用いて、水分調整による発熱抑制技術を確立

1-2 水分吸脱着による熱量の定量(関連項目(1)-2)

- 湿潤ガス下における発熱量測定の前段階として、乾燥雰囲気下における発熱量を精密TG-DSC(熱量-示差走査熱量同時測定装置:図2)を用いて測定した。その結果、極微少な酸化発熱量及び酸素吸着熱を測定することができ、湿潤ガス下における発熱量も測定できる見通しを得た。

→ 今後、湿潤雰囲気下における水の吸着熱、水との反応熱を把握

2. 自然発熱時の熱流体・反応数値解析(関連項目(3))

- 総括反応モデルをベースとする固気混相流数値解析ツールを用い、R70試験に用いる小型反応器内の乾燥炭充填層を対象に解析を行った結果、第一段階として総括反応モデルによって、自然発熱を捉えられることが分かった。

→ 今後、湿炭充填層を対象に、総括反応モデルを用いた熱流体・反応数値解析



図1 自然発熱性評価試験装置 (R70試験装置)



図2 精密TG-DSC装置 (熱の捕捉率が従来のDSCと比較して、大幅に優れた装置)

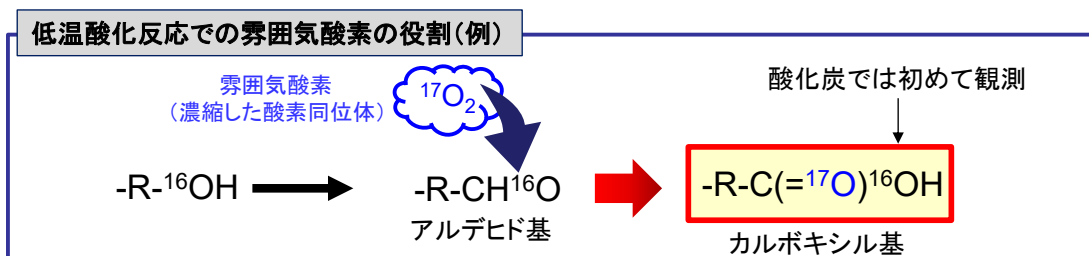
①石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発

<成果>

3. 低温酸化反応機構解析(関連項目(2)-1～(2)-3)

$^{17}\text{O}_2$ 同位体酸素および核磁気共鳴法を用いた反応解析の結果、低温(<80°C)では、雰囲気酸素による酸化で、石炭中に元々存在するアルデヒド基からカルボキシル基が生じることを明らかにした。(この反応は発熱量も大きく、発熱への寄与度も高いと考えられる)更に、水(H_2O)は、カルボキシル基生成反応とその分解反応の双方に関与する可能性を見出した。

→ 今後、水の影響、生成ラジカルを定量的に把握し、低温酸化機構の全貌を解明する。また、得られた知見を以下のリスク評価にも活用。



自然発熱リスク分析・評価法の開発(関連項目(2)-5)

社会実装を見据えた準備として、分析のための望ましい石炭の前処理方法について標準化案を作成した。

→ 今後、石炭の分析法および解析法についても標準化案を作成する。

4. 外部有識者委員会等の開催(関連項目(4))

- 研究開発全体の進捗と石炭の自然発熱抑制指針の妥当性を確認するため、石炭ユーザを含めた外部有識者で構成される委員会を設置・開催し、各研究開発項目で目標とする成果を踏まえて作成した石炭の自然発熱抑制指針(案)の内容について協議した。

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(終了事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

②石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発

<概要>

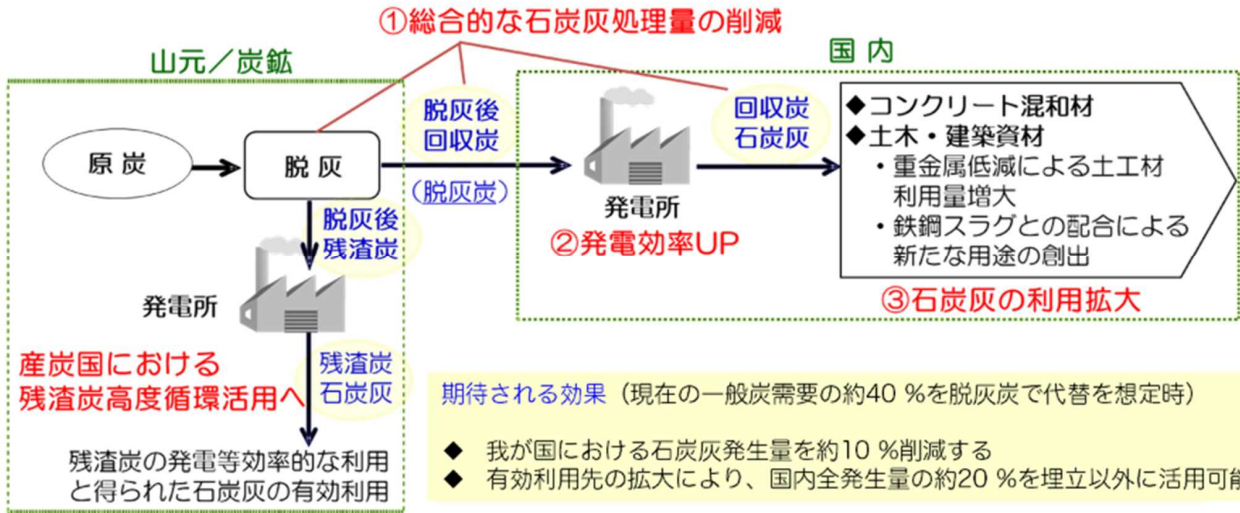
多様な石炭を利用可能とし、石炭灰発生量削減ならびに石炭灰の性状改善により用途拡大を容易にする技術の確立のため、石炭中の灰分を精度良く分離・除去するとともに、石炭灰の組成・物性を制御し、有効利用しやすくする石炭高品位化技術の研究開発を行う。

<期間>

2020年2月～2022年3月

<委託先>

国立大学法人群馬大学、日鉄エンジニアリング株式会社、一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所



3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(終了事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

②石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発

<開発項目>



<実施項目1>

- 効果的な単体分離に適した粉碎技術の開発
- さらなる高効率単体分離に向けた粉碎技術の検討
 - ✓ 電気パルス粉碎による単体分離技術
 - ✓ 超音波粉碎による単体分離技術

□ 流動層偏析法を用いた分級回収技術の開発

- さらなる高効率分級回収に向けた技術の検討
 - ✓ 流動層内の気流を利用した分級回収技術

<実施項目2>

- 脱灰炭使用時の特性評価
 - ✓ 脱灰炭の燃焼性と石炭灰性状の評価
 - ✓ 残渣炭の燃焼性の把握
 - ✓ 原炭及び脱灰炭の炉内灰付着特性評価
- 石炭灰性状に応じた有効利用技術調査

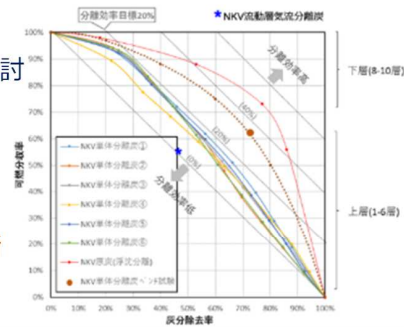


図 分級処理により得られた脱灰回収炭の灰分除去率・可燃分回収率

- 脱灰技術の総合評価
 - ✓ 脱灰方法の選定と最適石炭利用システムの提案

海外炭鉱調査

<実施項目3>

- 脱灰技術の海外炭鉱適用可能性調査
- 将来を見据えた脱灰技術の適用地点選定

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(終了事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

② 石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発

<成果>

□ 石炭中灰分の特性評価と単体分離方法並びに効率的な分級技術の開発

粉砕技術開発

機械的粉砕法：灰分の存在状態に依存して適切な粉砕方法が存在することを明らかにし、**粉砕方法の選択により高い単体分離度を実現**

新規粉砕法：**機械的粉砕方法と比較して、高い単体分離度**を示し脱灰プロセス性能向上に寄与する高いポテンシャルを確認

分級技術開発

流動層偏析分級、気流分級ともに、条件の最適化により**灰分を高濃度に濃縮**できることを見出した。

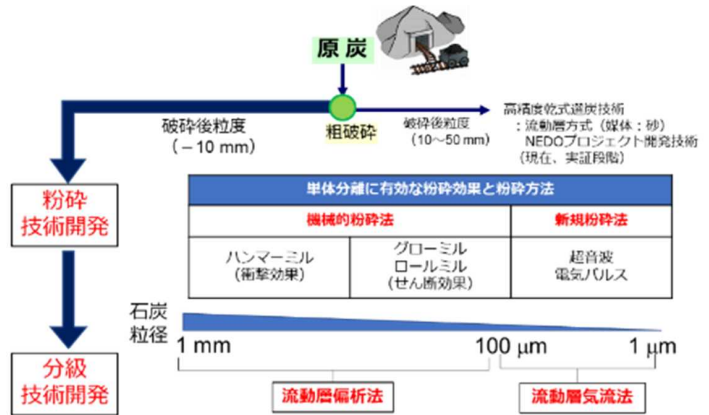


Fig. 本事業で実施した石炭高品位化技術開発

□ 石炭一貫利用システムの提案

機械的粉砕処理であるロールミルによる粉砕、流動層偏析法による分級を組み合わせた石炭利用システムを提案し、これが**分離効率・経済両面で十分成り立つ石炭高品位化システム**であることを明らかにした。

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

<概要>

陸地で創出される再生資源である石炭灰を活用する環境配慮型技術の開発を行い、海域の生産力を向上させて水産資源の回復と海域環境の改善を図る。また、本技術開発により、石炭灰の有効活用策の拡大、天然資源の消費抑制、及び環境影響の低減を図り、低炭素社会と持続発展可能な循環型社会を実現する。

<期間>

2021年4月～2026年3月(予定)

<委託先>

一般財団法人石炭フロンティア機構、一般財団法人電力中央研究所、東京パワーテクノロジー株式会社、東洋建設株式会社



全国各地域の市場サーベイを行い、先ずは下記地域に特定し、実海域での検証とともに石炭灰利活用促進及び環境評価技術を確立将来的には全国主要海域へ開発技術の展開を図る

検討項目	検討対象地域
藻場再生	北海道渡島地域 秋田県能代・山本地域
アサリ漁場改善	熊本県緑川河口域
洗掘防止	秋田県沖、千葉県銚子沖

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～ (継続中事業)



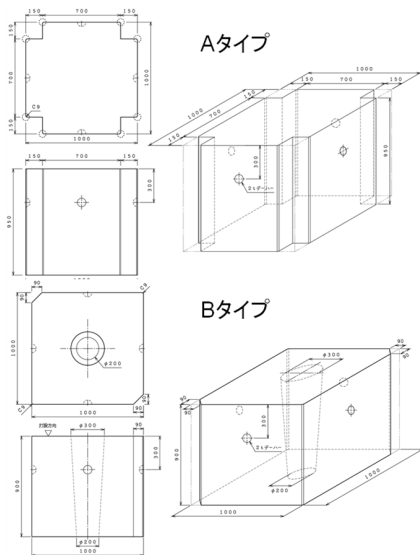
New Energy and Industrial Technology Development Organization

③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

＜成果＞ 藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック開発

北海道鹿部町海域：大型藻礁ブロック設置に係る合意取得完了

開発ブロックの形状



開発資材の配合

	FA	ホタテ砕粉	BFS	CH	CS
① FSB	70	15	0	11	4
② FSB-S	70	15	6	5	4

配合 (重量%)

FA：フライアッシュ原粉、ホタテ砕粉：未焼成/平均粒径 約 0.2 mm、
BFS：高炉スラグ微粉末、CH：消石灰 CS：二水石膏

環境安全性の確認

	カドミウム	鉛	クロム ¹⁾	ヒ素	水銀	セレン	フッ素	ホウ素
FSB	0.001	0.009	0.07	0.076	1 × 10 ⁻⁵	0.039	36	1.3
FSB-S	0.001	0.003	0.23	0.209	4.3 × 10 ⁻⁴	0.052	42	3.7
基準A	3	10	50	10	0.5	10	800	1000
基準B	9	30	150	30	1.5	30	15000	20000

単位 (μg/L)

基準A：一般用途溶出量基準*
基準B：港湾用途溶出量基準*
1) クロムは全量として分析

*：一般財団法人石炭エネルギーセンター編
「石炭灰混合材料有効利用ガイドライン
(統合改訂版)」より

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～ (継続中事業)



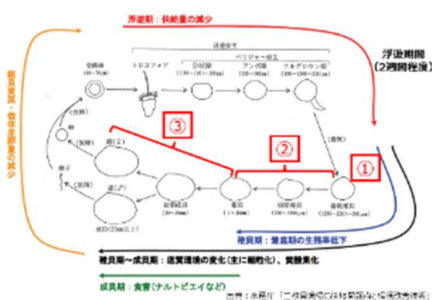
New Energy and Industrial Technology Development Organization

③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

＜成果＞ アサリ漁場改善用石炭灰混合基質開発



● 候補地選定を完了し、地元関係者との協力体制構築完了



新規開発基質で、
①着底させる。
②着底後生残させる。
③成長させる。



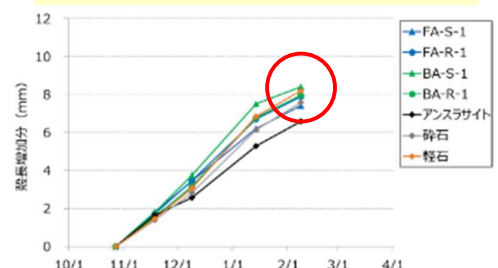
● 従来基質と遜色ない殻長成長で、成長機能があることを確認済

● 初期稚貝が着底し、着底機能があることを確認済



● 生存率が高く、着底後生残機能があることを確認済

基質	月日	10/12	10/27	11/18	12/9	1/14	2/8
FA-S-1	100%	100%	100%	100%	95%	95%	95%
FA-R-1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
BA-S-1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
BA-R-1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
アサリサイト	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
砕石	100%	100%	100%	100%	95%	95%	95%
軽石	100%	100%	100%	95%	85%	85%	85%



3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～ (継続中事業)

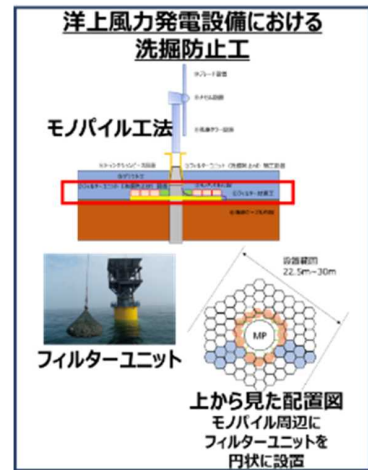
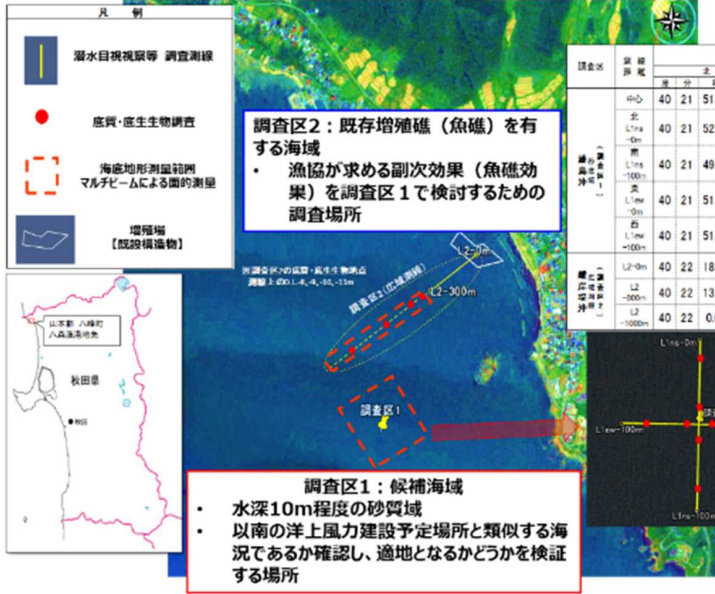


New Energy and Industrial Technology Development Organization

③ 浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

<成果> 洗掘防止用石炭灰混合人工石材開発

● 洗掘防止用石材施工候補地の選定を完了



【選定理由】

- ・洋上風力発電設備（上図参照）建設予定地の海域条件（水深、波浪、土質（砂質））と類似 → 調査区1
- ・副次効果（漁礁効果）を評価するためのモデル海域を有する → 調査区2
- ・地元関係者（漁組等）と良好な関係性が構築できている

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～ (継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

④ 石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究

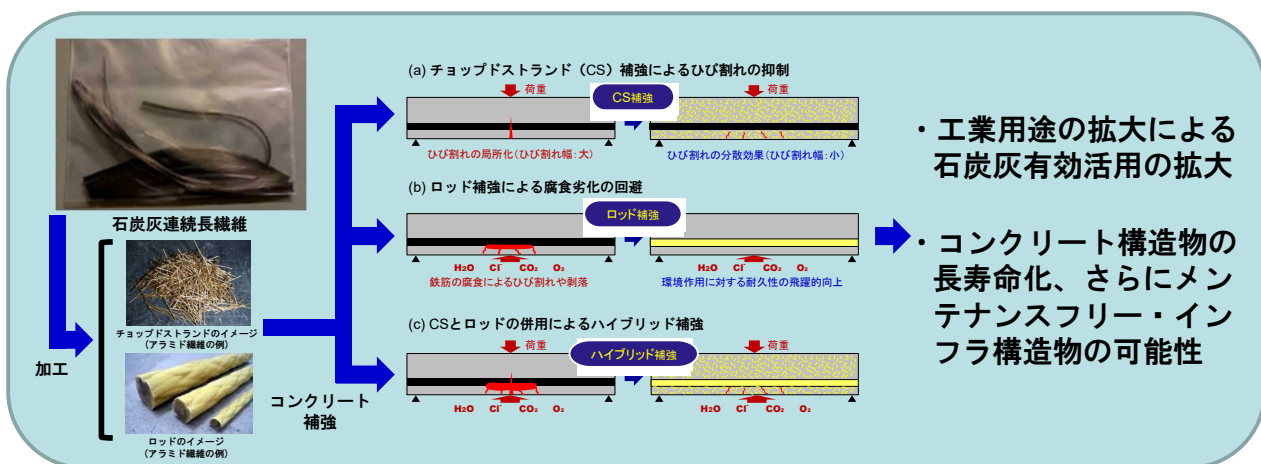
<概要>

石炭灰の有効利用・用途拡大を目標とし、コンクリート構造物の長寿命化への寄与を念頭に、石炭灰から製造した連続長繊維を数十mm以下の長さとした短繊維（CS）、もしくはロッドとしてコンクリート部材へ適用する技術を確認することを目的とする。この目標達成のため、石炭灰連続長繊維の生成、加工及び物性研究ならびに加工製品の利用研究を行う。

<期間>

2021年6月～2024年3月(予定)

<委託先> 国立大学法人東京大学、新日本繊維株式会社、一般財団法人電力中央研究所



④石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究

<成果> 1. 石炭灰連続長繊維の生成、加工及び物性研究

コンクリート用CS、ロッドの製作

石炭灰連続長繊維（CACLF）について、石炭灰、およびその他成分の組成比率を確認しつつ予備試験用の試作を行い、図4.1.1-1に示すような連続長繊維が得られた。また、アルカリ耐性のあるCACLF-CSおよびロッドの製作に向け、最適な収束剤の情報収集を行うと共にさらに試作を行い、東京大学物性研究所(ISSP)、電力中央研究所(CRIEPI)に提供した。



図4.1.1-1 : CACLF試作品

石炭灰連続長繊維の物性研究

CACLFおよび各種CLF-CSおよびロッドの物性（物理特性・形状表面観察・成分評価・耐アルカリ性評価など）を実施するための各種装置を整備・設置した。試作されたCACLF-CS（図4.1.1-2）に対する耐アルカリ性のテストを行い、実施計画通りの良好な結果が得られた。また、引張強度評価ではガラスCSと同程度の値が得られている。



図4.1.1-2 : CACLF-CS試作品

コンクリート補強用CACLF-CS、ロッドを製作するにあたりこれらの情報をフィードバックし、CFCLFの改良に役立てる。

④石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究

<成果> 2. 加工製品の利用研究

CACLF-CS補強コンクリートのひび割れ抵抗性（靱性）の検証

提供された、各種CSのコンクリート試験体の作製と材齢28日の物性試験を目的とした、配合選定試験を繰り返し行い（図4.2.1-1参照）、コンクリート試験体の仕様を決定した。ポリプロピレンCSについては、コンクリート試験体の作製と材齢28日の物性試験を実施した。



図4.2.1-1 : コンクリート配合選定試験の様子

CACLF-ロッド補強コンクリート部材の耐荷性（剛性）の検証

各種ロッド補強コンクリート部材の耐荷性を評価するための数値解析を行い図4.2.1-2に示される様な結果を基に梁断面の設計を行った。また、各種ロッドとコンクリートの付着性能を評価するため、の実験の仕様を決定した。

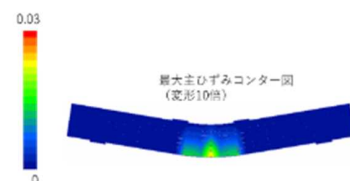


図4.2.1-2 : 数値解析による梁の計算例

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑤ 石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認

<概要>

石炭ガス化スラグ（CGS）の有価利用拡大のための実規模施工による信頼性の確認として、スラグ細骨材の実規模製造技術の確立、実規模施工・暴露試験による信頼性確保、実環境における優位性評価試験、構造試験による鉄筋コンクリート構造性能把握を行う。これまでの検討の結果、石炭ガス化スラグは他事業のスラグと異なる特徴を有することが判明したため、設計・施工指針策定において適用範囲が拡大されるよう、データ取得する目的で2022年9月まで事業延長。

<期間>

2020年2月～2022年9月

<委託先>

一般財団法人石炭フロンティア機構
勿来IGCCパワー合同会社
清水建設株式会社



41

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑤ 石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認

<成果>

1. スラグ細骨材の実規模製造技術の確立

国内全てのIGCCのガス化スラグ（CGS）を対象に以下を達成した。

- ・大量・連続磨砕試験によりJIS規格適合品製造技術を実証した(図1)。
- ・CGSの組成、骨材性状は石炭種及びガス化条件により影響を受けるものの、JIS規格に適合できることを確認した。一方で、コンクリート性状として凝結遅延、初期強度低下が観察されたことから、2022年度まで事業延長し、要因究明等の検討を実施している。
- ・CGS規格適合品を製造する品質・製造管理プロセスを構築した。

2. 実規模施工・暴露試験による信頼性確保

石炭ガス化スラグ細骨材を使ったコンクリートの製造性・施工性・諸性能の確認を行った。

- ・製造性については、従来のコンクリートと同様に、練混ぜができることを確認した。
 - ・施工性については、従来のコンクリートと同様に、ポンプ圧送での打込み・締固めができることを確認した(図2)。
 - ・諸性能（フレッシュ性状・力学性状※・耐久性能※）は、従来のコンクリートと同様の傾向を示した。
- ※材齢1年までの結果による評価

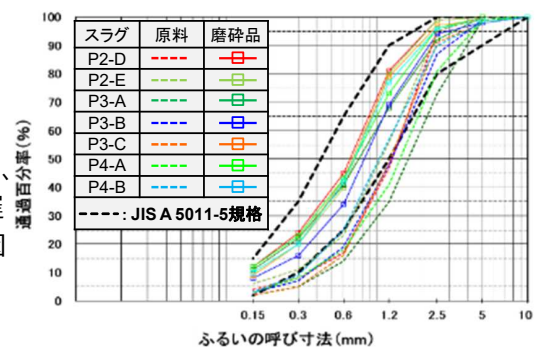


図1 粒径加積曲線（磨砕前後）



図2 石炭ガス化スラグ細骨材を使ったコンクリートの壁を模擬した試験体の施工状況

42

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑤ 石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認

<成果>

3. 実環境における優位性評価試験

- ・CGSは、乾燥収縮、湿潤膨張の低減、拘束収縮ひび割れの抑制（図3）に対して、有効に作用することを確認した。一方で、乾燥による収縮量は小さいものの、小さいひずみ量でひび割れが発生しやすいことも確認した。
- ・CGSの利用による物質浸透抵抗性の向上に伴い、中性化抵抗性、塩分浸透抵抗性の向上が期待できることを確認した。
- ・CGSの利用により、やや凍結融解抵抗性を低下させる傾向にあることが確認されたが、その影響は限定的であり、適切な空気量の連行によって十分な凍結融解性を確保できることを確認した。

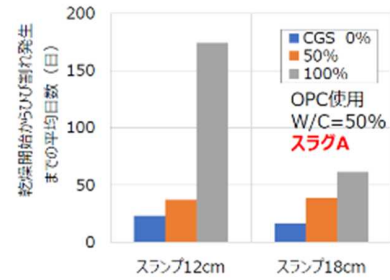


図3 拘束収縮試験結果

4. 構造試験による鉄筋コンクリート構造性能把握

- ・鉄筋コンクリート部材による載荷試験では、いずれも一般のコンクリートと同等の破壊形態で（図4）、耐荷性能、変形性能にも有意な差はなく、構造部材を構成する材料として有用であることを確認した。
- ・一軸部材の両引張試験においても、ひび割れ発生荷重や鉄筋降伏荷重の低下などは認められないことから、ブリーディングによる影響はほとんどなく、コンクリートとの十分な付着が得られていることを確認した。

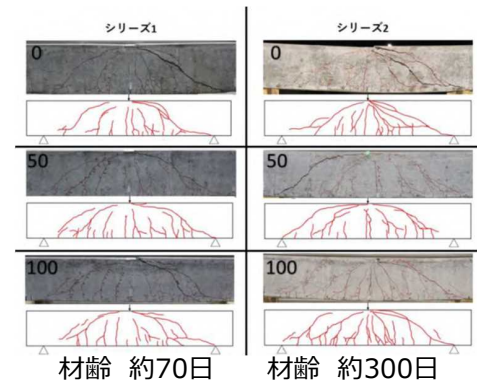


図4 曲げ試験結果

43

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑥ 石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発

<概要>

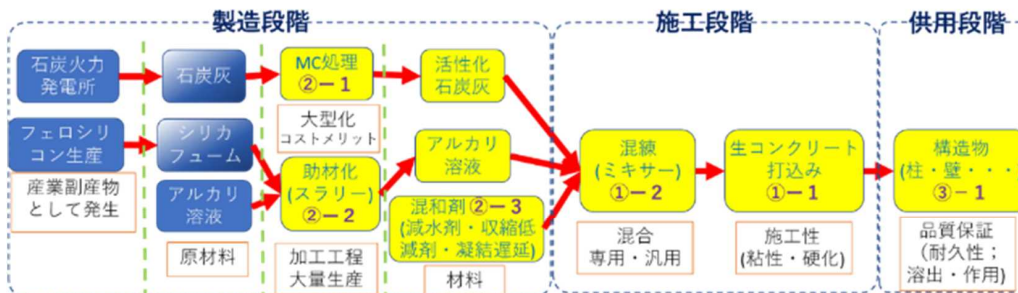
石炭灰をメカノケミカルにより結合材化してセメントの代替材とするセメントレスコンクリートの実用化開発を行うことを目的として、配合設計法を含めた施工技術の確立、石炭灰結合化や混和材（剤）からなる結合材技術の確立、長期の供用を想定したコンクリート品質保証技術の開発、製造・施工体制の構築検討を行う。

<期間>

2021年5月～2026年3月(予定)

<委託先>

株式会社大林組、日本シーカ株式会社、株式会社フジインコーポレーテッド



コンクリートの配合 (kg/m ³)				
結合材	混練水	骨材		混和剤
加工石炭灰	スラリー	細骨材	粗骨材	減水剤等
300	150	870	870	10(程度)

図1 セメントレスコンクリートの製造・施工フローと配合



図2 本技術のセメントレスコンクリート

44

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑥石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発

<成果>

1. 個別課題の成果を集約しコンクリート供試体を製作 (21年度目標)

2-1 石炭灰の加工装置 : 装置の探索と評価を実施

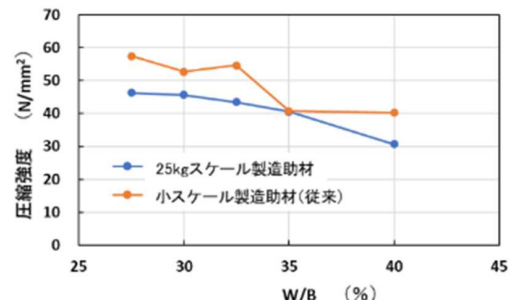
- ・A社(再委託先)の機種であるA1とA2による連続処理法を開発
→ペースト供試体を作製、40 N/mm²の圧縮強度

2-2. 助材製造、省コスト化

- ・1バッチ2~3kg → 1バッチを25kgにスケールアップ(21年度目標)
→品質は変わらないことを確認(図参照)
- ・原材料の探索を行い、安価な候補を見出した。
→コストダウンが可能に



コンクリート供試体



助材の変更と供試体の圧縮強度

3. 事業の有効性

～各個別テーマの成果と意義～

(継続中事業)



New Energy and Industrial Technology Development Organization

⑥石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発

<成果>

2-3 減水剤と凝結遅延剤を探索 : 混練後の自由成形性確保

- ・減水剤 → D1、凝結遅延剤 → D2 これらの併用で効果が増大
- ・収縮低減剤 : 硬化に伴う体積収縮の抑制(ひび割れの発生の抑制)
収縮低減剤 → D3 を見出した。 減水剤D1と凝結遅延剤D2と併用して効果有り

3-1 ひび割れ発生の確認と対策 : 乾燥硬化後の再度水浸漬時

一部の供試体でひび割れを生じる現象の発生を確認

- ①石炭灰の加工度低、②助材の濃度低
→対策法策定に着手

3-2 微量有害元素の溶出抑制

対象重金属等を不溶化のための薬剤を探索
→ E1とE2の2種類の混和材が有効

4. 生産関係者に対する技術の共有

対象物質	不溶化材	
	E1	E2
ヒ素	○	◎
セレン	◎	×
六価クロム	—	—
ふっ素	○	○
ほう素	×	◎

【不溶化効果】◎高い、○あり、×なし

3. 事業の有効性

◆成果の普及

➤ 講演・論文、新聞雑誌記事掲載など成果PRを奨励

#	研究開発項目	講演 (セミナー、シン ポジウム等)			論文・規格化*			新聞・雑誌・HP			特許			
		'20	'21	'22	'20	'21	'22	'20	'21	'22	事前	'20	'21	'22
①	石炭の低温反応機構解明とそれに基づく自然発熱抑制技術開発	—	2	5	—	0	2	—	0	0	0	—	1	0
②	石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発	0	4	—	0	0	—	0	0	—	3	0	0	—
③	浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発	—	0	0	—	0	0	—	0	1	2	—	0	1
④	石炭灰を主原料とした新規なりサイクル連続長繊維の応用研究	—	0	0	—	0	0	—	0	0	1	—	0	0
⑤	石炭ガス化溶融スラグの信頼性確認	2	9	2	(3)*	2	1	4	7	1	0	0	0	0
⑥	石炭灰によるセメントレスコンクリート技術の実用化開発	—	0	0	0	0	1	0	0	1	4	1	1	2
総計		2	15	7	(3)*	2	4	4	7	3	10	1	2	3

*：規格化件数は()で掲載

3. 事業の有効性

◆波及効果

●石炭灰によるCO₂削減

→石炭灰は炭酸塩化のためのCa源としての活用もあり、利用技術を開発することでCO₂削減に適用。

●データ蓄積に基づく規格化

石炭自然発熱性評価手法(R70)の規格化(含む官能基評価)

→再生可能エネルギーの利用増大による石炭の貯蔵期間の長期化に対応

石炭ガス化溶融スラグJIS A 5308 レディーミクストコンクリート 認定

→安価なコンクリート細骨材としての普及により天然骨材の採掘量を削減。環境破壊を抑制。

●漸減してきたセメントへの石炭灰有効活用

石炭灰長繊維化の成功によるコンクリート構造物の長寿命化

→石炭灰繊維の補強効果がガラス繊維・アラミドと同等以上ならば安価な高強度材として普及拡大。

セメントレスコンクリートの実用化

→普通ポルランドセメントが削減され、セメント製造によるCO₂削減にも寄与。

●日本近海漁場の活性化とブルーカーボンによるCO₂削減

藻礁ブロック、アサリ用基質、洗掘防止用石材への石炭灰活用

→水産資源の回復、海域環境の改善が図られ、マリンバイオマスによるCO₂固定化促進に寄与。

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」(中間評価)
事業評価分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時：2022年9月2日(金) 13:30～16:40

場 所：NEDO 川崎本部 2301/2302 会議室(オンライン接続あり)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 神原 信志 岐阜大学 工学部 化学・生命工学科 物質化学コース 副学長/教授
分科会長代理 吉岡 敏明 東北大学 大学院 環境科学研究科 教授
委員 鍵本 広之 電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 所長
委員 肴倉 宏史 国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環領域 試験評価・適正管理研究室 室長
委員 高橋 史武 東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系 地球環境共創コース 准教授

<推進部署>

上原 英司 NEDO 環境部 部長
在間 信之 NEDO 環境部 統括調査員
阿部 正道 NEDO 環境部 主任研究員
齊藤 英治 NEDO 環境部 専門調査員
広森 紳太郎 NEDO 環境部 主査
渡邊 史宜 NEDO 環境部 主査
野原 正寛 NEDO 環境部 主任
伊藤 允 NEDO 環境部 職員
西里 友志 NEDO 環境部 主任(リモート参加)
木下 茂 NEDO 環境部 主査(リモート参加)
天野 五輪磨 NEDO 環境部 主査(リモート参加)
下村 誠 NEDO 環境部 主査(リモート参加)
森 匠磨 NEDO 環境部 主査(リモート参加)
皆川 江理科 NEDO 環境部 主任(リモート参加)
山田 希美花 NEDO 環境部 職員(リモート参加)

<オブザーバー>

桑原 崇浩 経済産業省 資源エネルギー庁 長官官房 カーボンリサイクル室/資源・燃料部石炭課 係長
(リモート参加)

<評価事務局>

森嶋 誠治 NEDO 評価部 部長
佐倉 浩平 NEDO 評価部 専門調査員
伊藤 正昭 NEDO 評価部 主査

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明
 - 5.1 事業の必要性、効率性について
 - 5.2 質疑応答
 - 5.3 事業の有効性について
 - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
 - ・開会宣言（評価事務局）
 - ・配布資料確認（評価事務局）
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
 - ・出席者の紹介（評価事務局、推進部署）
3. 分科会の公開について

評価事務局より行われた事前説明及び質問票のとおりとし、議事録に関する公開・非公開部分について説明を行った。
4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より行われた事前説明のとおりとした。
5. 事業の概要説明
 - 5.1 事業の必要性、効率性について

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。
 - 5.2 質疑応答

【神原分科会長】 ご説明ありがとうございました。これから質疑応答に入りますが、ここでは事業の必要性と効率性について議論をしてみたいと思いますので、よろしくお願ひいたします。

それでは、何かご意見、ご質問等はございますか。吉岡分科会長代理お願ひいたします。

【吉岡分科会長代理】 東北大の吉岡です。よろしくお願ひいたします。ご説明ありがとうございました。事前質問として伺った内容とも重なりますが、セメント利用のところと、そこに焼却灰を入れ込んでいったところの比率という関係性の部分で伺います。例えば、これは灰のほうの品質といったあたりが、有効利用としてエネルギーを取り出していったときの効率であるとか、そういったところの技術開発力に応じて組成や中身は変化するのでしょうか。また、その上で、どういった利用形態があるのかどうかまでを見込んでおられるのでしょうか。私の理解としては、これは、あくまでも灰が出てくるところの前段階での技術であり、そこは一切変わらない。その前提に基づいたセメントとの利用の部分を考えているものと受け取れるのですが、その点についても教えていただきたいです。

【NEDO 環境部_齊藤】 ご質問ありがとうございます。ある意味、石炭灰の分級技術といいますが、そういったところは、例えばこの6つの事業のうちの2番目、石炭灰の削減と用途拡大のための石炭高品位化技術開発で、いわゆる石炭灰の性状といったところを分級するというところで捉えてございます。また、直接的な回答には当たらないかもしれませんが、例えばこの事業の4番目に新規なりサイクル連続長繊維の応用研究がございます。こちらは石炭灰で繊維をつくるものですが、石炭灰の質によって出来てくる繊維の質も当然変わっていきますので、どちらかと言うと、石炭灰の傾向、ばらつきが少ないものを採用しているなどといったこともあります。

【吉岡分科会長代理】 それと併せまして、利用用途のところと今後いろいろと展開をされていくときに対象とするところというのは、セメントの部分だけで良いのでしょうか。ほかのところに対してどれだけ使えるようになるのかという見込みや、そのあたりのロードマップ的なところも含めて、ここの技術開発に対してどういうウエートの置き方をされているのか現段階でのご理解を伺えたらと思います。

【NEDO 環境部_齊藤】 先生のご質問の趣旨としましては、今対象としているものとして、先ほど説明した長繊維やセメントレスコンクリートといった部分があるものの、これで全てを網羅しているわけではないだろう。そういったもののほかに対しては、どのように考えているかといった理解で合っているのでしょうか。

【吉岡分科会長代理】 合っております。

【NEDO 環境部_齊藤】 今対応している事業としましては、こちらに上げている事業に限られているといったところがございます。この後、ほかに広がりを持つかどうかということ、今現在においては、そこまでは計画をしていない状況です。そのため、網羅的に全てをやれているかということ、申し訳ございませんが、ちょっとご回答は難しいところがございます。ですが、国の政策などで、もっとやるべきではないかというような話であれば、例えば今、コンクリートの技術開発で、先ほど説明いたしましたGI基金等での支援もございます。ですので、そういったところで計画していただくなどの受け口はまだあると考えます。ただ、繰り返しになりますが、本日こちらで紹介している事業に限りましては、採択させていただいている事業が現状この6つに限られており、今後どうしようかといったところはまだございません。むしろ「もっとやるべきではないか」というようなご提言をいただくことが、またその先につながっていくための重要な要素となると思っております。

【吉岡分科会長代理】 逆に言いますと、ここに注力して進めているところのいわゆるポイントがどこなのだろうかという質問ともイコールになるかと思ひます。ですので、様々なところに展開することが必要な分野は恐らくあるだろうという中において、まずはこの分野に注力をしてやっていると、そのポイントがどこにあるという部分をもう少し明確にされるとよいのではないのでしょうか。そういう意味も込めて質問をさせていただいた次第です。

【NEDO 環境部_齊藤】 ありがとうございます。

【神原分科会長】 それでは、ほかにございますか。鍵本委員お願ひいたします。

【鍵本委員】 鍵本です。質問1点と、今のご質疑に関連するところで少しコメントをさせていただきます。まずコメントとしての部分です。先ほどのやり取りの中で、NEDOがやられている事業は現状ここに上げられてい

るものだけであるため、現時点としてはほかの部分についての見解は難しいといったところがございますが、石炭灰の有効利用のような分野というのは、NEDOあるいは日本だけでなく海外でもたくさんやられています。その標準と比べて日本でやっていること、それとNEDOで取り上げていることがどうなのかという突き合わせを一度してみると、どこが足りない、どこに注力すべきであるといったところがよく分かってくるのではないのでしょうか。そういう観点でいきますと、日本と海外を比べると、日本は非常に特殊な状況になっており、粘土代替への利用の比重が非常に高く、混和材料というところの比重が非常に少ないのですね。対して、海外は混合材料というところが多いので、なぜそこが広がらないのか。それが技術的な要因で広がらないのか、それとも政策的な要因で広がらないのかといったような、そういうところをもう少し突っ込んで解明をするような取組みをするよよいのではないかと感じた次第です。

次に、質問としては、事前の質問票でも伺った点になります。事業の進捗管理のところ、「マイルストーンは設定されているのだろうか」という質問をさせていただきました。それというのは、進捗管理をするときには必要で、非常に重要になるポイントだと思っておるからです。そして、そこに対するご回答としては、「資料5の25ページから27ページに個別テーマごとの目標と達成状況についての記載があるとおり、これらの目標が2022年度までの研究マイルストーンに相当する」といった内容でありました。これというのは、結局、数年間で実施する事業の中の最終目標、これがマイルストーンですというようなアンサーに見えまして、私が疑問に思っていたマイルストーンの有無に対する視点とは少し違うのではないかと感じております。これは中間目標の最終ゴールであって、そこに行き着くまでの間には幾つかの通過点、達成ポイント、目標というのが恐らくあって、それが進捗できているか、予定どおりできているのか遅れているのか、その達成状況がどうかというのを、恐らく事業者もそうですが、管理をする側もそういう見方をして進捗チェックをされていかれると思うのです。そういう意味で言いますと、資料5の18ページに「月間工程表により把握」といった内容が書かれておりますが、恐らくこの月間工程表の中に、これは単なる工程表ではなく、事業を進める上での大きな通過点として大きな課題が幾つか細分化されている。いつまでにこの課題をクリアするといったものがあるのではないかと想像しているのですが、この月間工程表の中には、私が今コメントをしたようなマイルストーンはきっちり設定をされており、それをポイントとしてチェックされているものと理解してよろしいのでしょうか。少し長くなってしまいましたが、お伺いします。

【NEDO 環境部_齊藤】 今の質問に対してですが、まず私どもは、採択をした後に事業者と実施計画書という計画書を結びます。そのときには、各年度の目標を記載していただき、その内容をNEDOでも吟味いたします。ですので、例えば2021年度に採択をして2025年度まで行うといったものについては、まずは予算をつけるのがこの中間目標の2022年までですので、2021年、2022年それぞれでどういったマイルストーンを、目標を持って行くかといったところを実施計画書に記載いただき、その目標についてどこまでできたかどうかを年度ごとに判断いたします。各事業者は、年度で中間年報というものをつくり、それをNEDOのホームページで公開し、皆様が拝見できるようになっております。ですので、いわゆる目標について到達しているか未達であるかといった内容も公開されているという状況です。今回の6つの事業のうち、3事業ほど2025年のものがあり、もう既に終了したものなどの提示もごございますが、この年度年度で全て表示するというのは少し雑駁になってくるといったところもありまして、その提示はしておりません。しかし、この2022年といったところは中間評価になりますから、2022年の中間評価での目標はどういうものかといったところが、先ほどご指摘いただいた25ページ、こちらで個別テーマごとの目標と達成状況の提示をしております。これは、例えば①につきましては2025年まで行うものなのですが、この目標は2025年の目標をここに記載しているわけではなく、2022年までの目標を記載しているものです。そのため、2022年の目標に対してのマイルストーンで達成度はどうかと。そして、これは後ほど説明するものになりますが、2022年度末に目標達成予定ですといったところで、例えば「△」といったような印をつけている次第です。この中間評価が終わりまして、この事業をまだ進めてもよい、推進すべきといったご判断をいただきましたら、この後、この事業につきま

しては2025年までの2023年、2024年、2025年の目標をそれぞれ提示いただいて、それぞれについて毎年どこまで達成したか、あるいは未達か、加速すべきかどうかといったところの判断をし、毎年中間年報という形で皆様に公開するといった手順を踏んでおります。

【NEDO 環境部_上原部長】 NEDO 環境部の上原から少し補足いたします。今、鍵本先生からご質問いただいたものは、もう少し短い期間での進捗管理というのはどうなっているのかという趣旨かと思えます。毎月というところまで細かくはNEDOでは確認をしておりますが、例えば、予算の執行状況の確認として、年に3回ほど事業者様の研究場所などを訪問し、予算の支出の管理をしております。その機会に、事業者様に具体的に進捗はどうか、といった話しも伺っており、例えば進捗に課題があって改善をすべきであるということであれば、追加のアクションを取ることもやっております。以上です。

【鍵本委員】 ありがとうございます。私どもというのは、評価委員に選定された者として、そこではNEDO様がどのような進捗管理をされているかというところを評価する立場にあるのだらうと思っております。そのように考えると、この資料の中では、月間工程表でと。それと、先ほどのご説明の中で幾つかポイントごとに事業計画をつくっていただいているということでの口頭で説明がありましたが、そのあたりの情報がこの資料の中にはございません。そういう意味で、ポイントとなるマイルストーンというのが何で、それをどのようにチェックをされているのか、そういったところが分からないと評価ができないのではないかとといった観点から質問をした次第です。そのため、25ページからのところで中間地点での最終目標が書かれていて、これがマイルストーンですというのは、私の質問の意図と比べますと少しアンサーが違っているように感じておりました。今の説明の中にありましたように、ホームページにも公表をされていて、それを見ると誰でも見られるようになっていくということですから、それを見れば私の疑問点や評価できる情報はその中にあるのかもしれませんが、そういう意味で発言をさせていただきました。

【神原分科会長】 ありがとうございます。今の件に対しまして、NEDOのほうから何かコメントはございますか。

【NEDO 環境部_上原部長】 資料の作り方については、今後分かりやすいように作成するように努力してまいります。

【鍵本委員】 繰り返しになりますが、評価がしづらいいいいますか、できないのではないかと感じておりましたので、よろしく願いいたします。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは、ほかにもございますか。高橋委員お願いいたします。

【高橋委員】 東京工業大学の高橋です。まず効率性の観点からコメントをいたします。今の石炭灰の利用というのは、多くがフライアッシュセメントへの利用になっており、当然JIS規格があって、それから外れる石炭灰というものもなかなか大量に出てくると思われれます。ですので、このプロジェクトを応募されるにあたっては、石炭灰そのものでもいいのですが、「JIS規格から外れる石炭灰を対象に」としておいたほうが、既存の石炭灰のリサイクル技術とけんかをしない、競合しない技術開発になるのではないかと考えた次第です。また、これは事前の質問でも伺いましたが、事業間でのシナジー効果の部分について伺います。例えば事業6のセメントレスコンクリートが、事業3のほうのブルーカーボンのほうに有効活用できるのであれば、事業間でかなりシナジー効果が出てくるのではないかと思います。これはファウンダーがプライオリティを持っていて、そういう手配といたしますか、情報交換といったところの仕組みを用意しないといけないと思うのですが、そこに対し、「秘密保持契約等もあるので難しい点もある」というコメントをいただいております。確かに事業者様とNEDO様とのほうで秘密保持契約があって、どこを公開、非公開にするかというのはあると思いますが、例えばNEDO環境部の中ではどのような情報交換の仕組みが取られておるのでしょうか。要は、結局NEDOのそれぞれ事業を担当されている方々の間でディスカッションをするなり情報交換をするなりという、しなくてはいけない部分があると思います。そういう何か仕組みというのがあるのかどうかを教えてください。

【NEDO 環境部_在間】 NEDO 環境部の在間です。基本的には、まず公開できるようなものについては成果報告会と

いったところがありますが、さらに言えば、例えば材料をつくっているところで、それがコンクリート用の材料であれば、それを使う立場の人間に対してアピールをすることで、「こういう成果が出ています」ということは都度行っているところです。ただ、すぐに研究内容を開示するというわけにはいきませんので、「こういうこともあります」という紹介の仕方から、あとは秘密保持契約をきちんと結んで、その事業者間でどこがどう使えるのかというところを検討していただく。そこの紹介というのが一番大きいところかと思えます。

【高橋委員】 私の質問の意図としては、そのときに、NEDO の環境部の中でそういうことを意図した例えばミーティングなりをされているのか。もしくは、そのような仕組みがあるのか。ないのであれば、今後検討をされていかれるのかという、NEDO の中で取組について何かあればご見解を伺えたらと思い質問をいたしました。

【NEDO 環境部_在間】 基本的には、私どもの中で、今どういう状況になっていて、これが例えば物になるためにはどうすればいいかというのは、そのグループ内での検討もしております。また、ほかの部に対して使える場合には、そこのところに対してアピールをすることで、そういうことは通常の業務として行っております。

【高橋委員】 この秘密保持契約はNEDO と事業者間ということですから、例えば環境部の中では情報共有をしても法的には問題はないといったものになるのでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 問題ございません。

【高橋委員】 それは問題がないわけですね。

【NEDO 環境部_在間】 おっしゃるとおりです。

【高橋委員】 分かりました。ありがとうございます。

【NEDO 環境部_上原部長】 環境部の上原から補足をいたします。NEDO では、契約情報等を管理しているシステムがございますが、これについては環境部の職員であれば環境部分のものは見られるようになっております。しかるべき保秘を保ちながら、環境部の職員であればアクセスができることになっております。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは、肴倉委員お願いいたします。

【肴倉委員】 肴倉です。少しコメントをさせていただきます。私の周りでは、カーボンニュートラルに対して取り組んでいる方々がここ最近になって物すごく急に増えてきております。3 年前を振り返るとこんな状況ではなかったというぐらい、どんどん世の中が変わってきている状況だと受け止めている次第です。その中で、5 年間なり、あるいはプラスアルファの年数をかけて研究に取り組まれているということは、もう軌道修正はやむを得ないという意味も含まれているのだと思います。例えば 6 ページで、今後の石炭灰の発生量が 2030 年に 750 万 t という予測もあるということで、これは今 1,200 万 t、1,250 万 t あるのが 500 万 t 減る。また、この 750 という数字は、8 ページで見ると、石炭のセメントへの混合率とちょうど同じ数字になるぐらいだと。そこについては、前のページで輸出が 400 万 t ほどあるとのことですから、そちらがまず減っていくのだと思うから、それが賄えてしまうようなことにはまさかならないとは考えるところですが、そういったバランス、そのあたりをもっと丁寧に評価してみると、自ずと今取り組まれている石炭灰に対する研究というのは、もう加速するしかないのではないかと捉えるところではあります。そういった世の中の変化に応じた評価、もしくは、きちんと進捗どおりに進んでいるということであるにしろ、世の中のほうが先に変わってきていますので、そのことを十分踏まえて、今後の研究の進め方といったところを行っていかねばいけないのではないかと感じておりますので、よろしくお願いたします。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは、神原からも少し質問をいたします。効率性ということで、最近 PMS というシステムが導入されましたが、このあたりは、この事業で既に導入して管理をされているのでしょうか。

【NEDO 環境部_齊藤】 PMS で管理をしております。

【神原分科会長】 それに対しまして、NEDO のほうでは、効率性に非常に役立っているといった印象をお持ちでしょうか。

【NEDO 環境部_齊藤】 先ほど高橋先生から質問がございましたが、私ども、PMS の中で各事業の実施内容というの

を全て環境部の部員で閲覧できる状態にしております。昔はファイルで閉じており、それを見に行かなくてはいけないといったところもありましたが、この事業はどこまで進んでいるのかといったことを全てパソコンの中で、PMS で一元管理をしています。そういった進捗状況も把握できる状況からも、効率性といった意味では有効ではないかと考えています。

【神原分科会長】 ありがとうございます。よく分かりました。それでは、時間がまいりましたので、議題5-1に関する質疑応答につきましては、以上で終了といたします。

5.3 事業の有効性について

引き続き推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.4 質疑応答

【神原分科会長】 ご説明ありがとうございます。ここからまた質疑応答に入りますが、ここでは事業の有効性について議論をしてみたいと思いますので、よろしく願いいたします。

それでは、何かご意見、ご質問等がございますか。吉岡分科会長代理お願いいたします。

【吉岡分科会長代理】 吉岡です。ご説明ありがとうございました。有効性の観点について、今後どのように有効になっていくのかということも含めて質問いたします。事業の中には、要素技術の開発的な部分と、それをベースにした普及性、展開性といった部分をかなり意識された内容があるように理解いたしました。そのときに、環境関連の話になりますと、どういうところでそれを実施するのかということに対して周辺との調整事項が多くなるように思います。特に今回、藻場の話や漁場の話とかになりますと、事業者だけではなくなかなか難しいところが当然出てくるはずですが、こういうのを進める際には、そのあたりの環境整備といえますか、実証するための周辺整備について、ここは委託になっているようですが、あくまでも事業者様にお任せしてやられるのか。あるいは、その整備や整理についてはNEDO側のほうが何らかの関与をされて、「ここでそういうことを展開してください」というような形を取られているのか。逆に言えば、もしここで良い成果が生まれた際、さらにいろいろな展開をしていこうとなった場合には、やはりそういうところでの環境整備はどうしても必要になってくると。そして、そこを誰がやるのかといった話になった際に、そのあたりについて今回の事業ではどのようにしているのか。そして今後この事業成果を有効にするためには、NEDOのほうでどのようにここに関与をされていくのか。そのあたりについて教えてください。

【NEDO 環境部_齊藤】 なかなか難しいご質問でもございます。先ほどのプロジェクトの管理の中では、技術評価検討委員会をNEDOで主催しているという話をいたしました。そこでいただいたコメントとして、大体皆様と言われるものが、例えば「石炭の利用というのは、早くやらないとまずいのではないか」といったところを強調されます。また、「スケジュールを前倒しにしよう」という話や、例えばセメントレスコンクリート技術の実用化開発で言われたものとしては、「現時点でできそうなところと、将来見込みとしてどういったところまでいくのかをしっかりと出すべきだ」といったものがございました。その理由としては、結局ユーザーとして使う側でセメントレスコンクリートを選定しやすくなると。例えば、この委員の発言というのは、いわゆる太陽光ですとか風力といったところはCO₂削減に使われるようになったが、実は経済性としてはそんなによくはない。だが、CO₂削減というメリットがあるから使おうといったところがあつたために発達してきている実情があります。例えば、こういった石炭灰の有効利用といったところも、経済性というのはどれだけのものがあるのか。でもCO₂削減にはこれだけ寄与するといった部分があれば使われるといった趣旨の発言だと捉えております。

【NEDO 環境部_在間】 環境部の在間から補足をいたします。先生のご質問は、浅海域の話というところでの環境への影響に関する趣旨かと思いますが、どういう場所でやるかというのは、基本的にはこれを提案される方は、もう既に地元の漁協、あるいは自治体等々と十分に協議をされた上で提案をされております。ですので、まずはそこで行っていくというのが基本です。その上で、きちんと周辺でその事業を行うためには、本人た

ちが全部をやるわけではありませんので、特に採択のとき、技術検討委員会の中では、誰がつくる、誰が設置をする、誰がお金を出すといったところもきちんと整備した上で実施をしております。そういった意味では、NEDOが「ここでやってください」というような仕組みとはなってございません。実施者の方々は、こどうまくいけば、海域とかは少し違うところもあるけれども、例えば藻場で言うと、枯れたようなところはたくさんあるので、そういうところにも並行展開していきたいということで、自分の実施事業の中でどういうところに可能性があるかという部分を調べているといったところになります。

【吉岡分科会長代理】 そうすると、ある程度こういうことをやってほしいという思いはありつつも、やはり実質的にそこで行うことに対しては、事業者のほうで提案してきたところに対して合致したということで進めていくという形になる。そういう理解で合っているでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 そうなります。全くの無のところからこういうことができるわけではなく、長年、その実施者の方々が培ってきた中で、ようやくその実証ができるようになったということで提案をされてきております。ですので、我々のほうでそこまで踏み込んで働きかけるといった形にはなってございません。

【吉岡分科会長代理】 例えばそれを横展開するなどといったときに、せっかくここでこういった良い事例が出たのに、もう少し広げてもらいたいといったところに対しても、何かそこを後押しするようなものというのは、この管理、あるいは関与の仕方といったところではなかなか難しいのでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 そうですね。私どもからですと、例えばどういうところでやりたいといったような要望があれば、その自治体とお話しをさせていただいて、こういう実証ができないかとかといったところをお話しするということはできていると思っております。

【吉岡分科会長代理】 そういうことがもしあれば、本当にやろうとしているところとか、個別要素の技術を持っているのだけれども展開先がなかなか厳しいといったところに対しては、非常に有効な動きになるのではないかと思います。発言させていただいた次第です。

【NEDO 環境部_在間】 頑張らせていただきます。

【神原分科会長】 それでは、高橋委員お願いいたします。

【高橋委員】 東京工業大学の高橋です。藻場再生のところで伺います。藻場再生というのは相当複雑なメカニズムで、海水温の影響であるとか、あと、ウニとか海藻を食べる魚の捕食圧等も関わってくるので、相当水産系に対する専門家の方がいなければ、なかなか藻場再生にどれくらい寄与しているのかというところは難しいように感じます。ですが、今回の委託先を見ると、そういった水産系を専門にされている方が入っていないように思います。NEDOがこの委託先を採択された際には、そういう水産系の方々にチームに入っていたかどうかといったところでの検討はされたのでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 実際にNEDOから研究費として出させていただくのが事業体制になるのですが、実際にその研究に関しては、水産庁の独立行政法人である水産研究機構も入っておりまして、一緒に研究をさせていただいております。NEDOからの委託という直接的な関係ではないため、ここには載せておりませんが、どういふ条件でうまく着底するとか、あるいはアサリがどう成長をしていくかといったような、どういうものをベースにしてやればいいのかという研究は水産研のほうですとされており、その知見の下、共同でやらせていただいております。

【高橋委員】 分かりました。ありがとうございます。

【神原分科会長】 それでは、肴倉委員お願いいたします。

【肴倉委員】 肴倉です。セメントレスコンクリートのところで、事前質問の際にこの事業研究の意義についてお尋ねいたしました。その回答書によれば、「硫酸雰囲気のある下水道、温泉など化学的作用が大きく、これまでの普通ポルトランドセメントでは対応できなかったところに展開していける」とのことでした。それに対してはなるほどと思い、そういう需要があるということであれば、ぜひ実施を進めていただきたいと思つたのですが、まさにそういうところで需要があつて行つていくのであれば、そちらのほうにも少し力点を

しっかりと置いて進めていただけたらよいのではないかと感じた次第です。

あと、細かいところでは、資料33ページの石炭高品位化技術開発の中での分級技術において、流動層偏析分級というのがあったでしょうか。これは、普通の流動層の中に恐らく石炭を粉砕したものを入れて、それで下のほうにたまると思うのですが、バッチ式でやられる普通の流動層と一体何が違うのかというところがまだ理解し切れておりません。ですので、後ほどでも構いませんので、その部分について簡単に伺えると助かります。以上です。

【NEDO 環境部_齊藤】 ご質問の流動層偏析分級の詳細といったところにつきましては、申し訳ございませんが、私ども今、資料を持ち合わせていないため、こちらの実施をした事業者のところに詳しく問合せを行った上で別途ご回答させていただくという形でもよろしいでしょうか。

【肴倉委員】 よろしくお願ひいたします。

【NEDO 環境部_齊藤】 では、そのような形を取らせていただくということで、よろしくお願ひいたします。

【神原分科会長】 それでは、鍵本委員お願ひいたします。

【鍵本委員】 鍵本です。事前に幾つかの質問をさせていただきましたが、まず連続長繊維のところでも少しコメントをいたします。先ほど、他事業とのシナジーといった話題も出てきましたが、それこそセメントレスコンクリート、今回も部分的にあります、それとCO₂を吸収するコンクリートというのも世の中の的に幾つか検討されており、その中の課題の一つとして中性化、鉄筋がさびるという問題が上げられておりますが、それと合わせると、すごく良いシナジーがでるのではないかと感じた次第です。

そしてもう一つ、最後のセメントレスコンクリートの話で、これ高炉スラグの硬化とどう違うのか、それとも同じなのだろうかという質問をさせていただいたのですが、アンサーとしては「今回のセメントレスコンクリート、石炭灰を粉砕してやっていく中では、カルシウムが存在していないため、基本的にその強度発現にカルシウムがないので、高炉スラグの硬化機構とは違う」といった内容でありました。ちなみに、これにカルシウムを加えると、高炉スラグの潜在水硬性と同一ような硬化のメカニズムと申しますか、そういう機構になるのではないかと少し思っていますが、そのあたりのことについて、今日でなくとも、どこかで教えていただけるとありがたいです。もし仮にそういうことになれば、現在フライアッシュセメントというのがあまり普及はしていないものの、混合率を上げて硬化に寄与するような、要するにセメントを削減してCO₂を削減できるといった道筋も見えてくるのではないかと想像をした次第です。

【NEDO 環境部_在間】 環境部の在間です。1番目のコメントに対してですが、おっしゃるとおり、CO₂吸収型コンクリートの場合ですと、鉄筋の腐食というのが非常に大きな問題になっています。そのため、GI基金、あるいは今の交付金の中でもその代替をどうするのかというのは、非常に重要な問題として取り組んでおります。ですので、この繊維をうまく使えるかどうかというのも併せまして、我々としては候補材の一つとして考えていきたいと思っております。2番目のコメントに関しては、事業者コメントを伝えまして、今後どう考えるのかといったところを別途回答させていただきたく思います。以上です。

【鍵本委員】 ありがとうございます。

【神原分科会長】 それでは、吉岡分科会長代理お願ひいたします。

【吉岡分科会長代理】 有効性と効率性のところでのあんばい加減と申しますか、そのあたりで少しお聞きいたします。効率性となってくると、先ほど来、ほかの委員の方々からも幾つかご意見が上がっており、少し連携させてはどうかであるとか、あるいはシナジーを発揮するために幾つかのプロジェクトをうまく連動させるようにということも当然必要であって、そこはある程度効率的なところとなると申します。その一方で、有効性の観点から見ると、むしろ別々にやっていたほうが有効にそれぞれ機能するというのもあるのではないかと思います。一緒になることによって、やりたいことがなかなかできにくくなるという、それは効率性や予算といった観点も出てくると思うのですが、そのあたりをこの事業の中では何か行った例、もしくは少し検討したような例というのはあるのでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 環境部の在間です。効率性という面では、浅海域というところは、その地域によって提案されるところがございます。そういった意味で、実は並列的に提案があったのですが、例えば溶出性だとか、あるいはどう評価するかとかといったところもありまして一緒に提案にさせていただいたとか、そういうことでうまく相乗効果が出るような工夫というのは私どもでさせていただきました。あとは、有効性に関しては、どちらかと言うと石炭灰を使うというのが当初から考えていたところなのですが、やはり石炭灰を使うということで、特に石炭灰という中のカルシウム源とかを考えると、CO₂の吸収能というのはありますので、そういった意味で、今後は、最後の波及効果にもあったように CO₂の削減効果にも寄与できるような方向に持っていくのが、この石炭灰を有効利用し、かつ CO₂の削減というところにつながっていくのではないかと考えておるところです。

【吉岡分科会長代理】 ありがとうございます。

【神原分科会長】 それでは、高橋委員お願いいたします。

【高橋委員】 東京工業大学の高橋です。石炭ガス化溶融スラグの信頼性事業のところ、多分これはスラグを水砕してつくっているのだと思いますが、そうすると、ひょっとしたら針状結晶が結構出来ているのかもしれない。廃棄物溶融スラグの場合ですと、水砕式でやると針状結晶が出来て、摩砕しないと使う方のハンドリング性がすごく悪く、性能以前にもう使う気にならないということがあります。ですので、この石炭ガス化溶融スラグの場合でも、信頼性のその一歩前に、そういうハンドリング性といいますか、使う方が使う気になるかどうかということも多分評価としては非常に重要になってくるのではないのでしょうか。そのため、もし可能であれば、そういう評価もちょっと事業者様のほうに要求をしていただけたらと思ひまして、コメントをいたします。

【NEDO 環境部_齊藤】 ありがとうございます。こちらは、事業者の中に勿来 IGCC パワー合同会社と広野 IGCC パワー合同会社が入っており、福島県でやられている IGCC の石炭ガス化溶融スラグについてです。JIS 化といったところで規格化をメインに説明しましたが、実際に使うといったところでは、福島県の事業者様と一緒に、実はこの石炭ガス化溶融スラグをどうやって施工に使うかといったことを地場の方ともいろいろと話をされており、そちらのほうも使ってみたいというニーズもあって、お互いが協調しあって、どうやって落とし込むかといったこともやっていると伺っております。本日の紹介では、そちらの説明はできなかったのですが、今、高橋先生からご説明ありましたように、使う気にならないようなスラグではないかといったところに対しては、多分そういったところを最初に事業者様もご懸念を持っており、それに対してどのようにアプローチするかといったところは提供会社のほう、あと、こちら清水建設も入っておりますから、いわゆる土建屋としての見方といったところも入っていて、実用化についてはいろいろ検討されていると伺っております。こちらはちょうど9月に終了事業になりますので、そういった内容をまた別途紹介できればと思っております。

【高橋委員】 ありがとうございます。

【神原分科会長】 ほかにございますか。それでは、神原から1つ質問をいたします。技術的成果ということで事業の有効性は非常に重要ではあるのですが、我々大学にいる人間としては、人材育成という面もいつも重要視しております。当然 NEDO 様におかれましても、この石炭に関わる人材を維持、あるいは強化しなくてはいけないことに今後なるかもしれませんので、そういった人材育成といった面で、何か事業を捉えているかといったところで伺えたらと思ひます。例えばエンジニアの数を管理しているとか、多くするようにといった指導しているとか、若手が何人いるのか、女性は何人いたのかとか、そのあたりのところはどうでしょうか。

【NEDO 環境部_在間】 環境部の在間です。基本的には若手育成といいますか、若手人材がどのぐらいの割合になっているのかとか、そういうところを調べて裾野を広げるようなデータをきちんと取って行うようにはしております。特に企業に限らず、大学等もこの研究に参画していただき、学生さんも研究に従事されるといったことをさせていただいているものと考えています。

【神原分科会長】 ありがとうございます。ほかにごありますか。吉岡分科会長代理お願いいたします。

【吉岡分科会長代理】 何度も申し訳ございませんが、今、分科会長がお話しをされたところと関連しまして、前々から言おうかどうかと少しためらっていた部分のところを発言させていただきます。こういった事業を開発するときに、やはりどうしても研究機関、大学などが入ることが多いと思います。そのときに、大学側ですると、研究実績としての成果というのは非常に重要なものです。そうしたときに、その成果の見せ方に対して、あるいはその成果に対しての評価というものを、こういった事業の中ではどのように見ていかれるのかと。大学側の人間からすると、そこを見ていただけると非常にやりがいも出てくるといったところもございます。それはもう NEDO の事業の内容ではないでしょうかということだと、ちょっと一緒に研究をしている側からすると寂しいところもあります。例えば資料の 30 ページにあるように、この事業を進める中で初めて観測された事例というのを今後標準化に持っていこうというようなときには、やはりそれに対する学術性みたいなものがちゃんと担保されていないとその評価項目に入っていけない場合がございます。そういうことも、その事業の中から出てくるとすれば、そこもある程度評価の中にきちんと盛り込む必要があると思うのですが、そのあたりについてはどういう状況になっているのでしょうか。

【NEDO 環境部 在間】 環境部の在間です。自然発熱性のところというのは、もう 100 年ぐらい前からやっているというような学術分野で、ようやくここに来て、NMR だとかの性能が上がってきて、ようやく微視的に見られるようになってきたものと思っております。今やっている事業というのは、これを規格化するというところで、その前は、本当に測られるのだろうかといったところからこの事業が始まっており、そういった意味では、ようやく測れたというところはやはり技術的に非常に高いので、そこはアピールをしていただくこととなります。では、我々はどういうところでそれをアピールするかというと、まず事業者様との関係で言えば、技術検討委員会などで、きちんとやっているところをしっかりとめていただくということ、そして必要に応じて学会などでもご発表いただくことをお願いするといったところになります。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは、時間がまいりましたので、議題 5-3 に関する質疑応答につきましては、以上で終了といたします。

【伊藤主査】 事務局です。肴倉委員におかれましては、所用によりここでご退席をされるため、議題 5 のみとはなりますが、簡単に本日のご講評及びコメントを賜りたく存じます。よろしくお願いいたします。

【肴倉委員】 肴倉です。途中退席をさせていただくということで誠に申し訳ございません。本日も説明をいただきまして、やはり資料で拝見していた段階よりも内容について、そして各事業の意義といったところにおいても非常によく理解いたしました。また、先ほど冒頭で申し上げましたとおり、どんどん時代が変わっていくというところでは軌道修正というものも含めながら、しっかりと事業を見定めていく必要があるかと思いますので、これからの評価、そして残りの研究事業の期間についてしっかりと見ていただきたいと思います。以上になります。

【伊藤主査】 どうもありがとうございました。それでは、公開セッションにつきましては以上とさせていただきます。

(非公開セッション)

6. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

7. まとめ・講評

【神原分科会長】 それでは、議題 7 に移ります。ご講評いただく発言順序につきましては、最初に高橋委員から

始まりまして、最後に私、神原という形で進めてまいりますので、よろしくお願いいたします。

それでは、高橋委員お願いいたします。

【高橋委員】 東京工業大学の高橋です。本日は、ご説明ありがとうございました。私からは、有効性の観点での講評をさせていただきます。国策に対しての事業パッケージということで、いろいろなアプローチをなされておりました。例えば、本日で言うところの事業 1、石炭・自然発熱影響因子評価というのは、どちらかというところエネルギー安全保障の点で貢献していくもので、次の石炭灰の削減というのは、まさに灰を削減するためのコールアップグレーディングの技術開発となります。また、3 から 6 に関しては、出てきた石炭灰をどのようにリサイクルをするのかということで、そのリサイクルのやり方も、高品位化、より付加価値をつけて新たな市場をつくり出していくという貢献の仕方もあるれば、どちらかというところ経済効果はそこまで大きくないものの、灰のリサイクル量という観点では非常に貢献ができるといったような貢献の仕方もあります。このように、いろいろなアプローチの事業をパッケージされているのは事業の有効性という点では非常に良いですし、よくデザインされていると感じた次第です。なおかつ、これは資料 5 の 20 ページにあるところですが、過去 2016 年からの調査を見ていくと、事業としてまずこの事業から始めていき、中間年度ではこの事業を始める、そして最終地点ではこの事業をというように、うまく戦略立てて事業をデザインされていることが理解でき、非常にすばらしいと思いました。ただ、ひとつ資料のまとめ方のところで、この事業それぞれ貢献の仕方が違うので、そこをもう少し分かりやすくまとめていただくと審査する側としてはありがたいと思います。これから中間評価を経て、最後の事後評価に向かっては、特に石炭灰のリサイクルをどのように進めていくのか、技術開発を進めていくのかといった点で、NEDO 様がファウンダーとして事業を管理、モニタリングをしていくのみならず、いかにしてこのシナジー効果を発揮できるようなプラットフォームとしての役割を果たされていくのかということでも、ぜひ今後ご検討していただけたらと思っております。そうすると、ますますこのパッケージとしての事業の有効性、効率性が非常に高まるものと思っておりますので、よろしくお願いいたします。以上です。

【神原分科会長】 ありがとうございました。それでは、鍵本委員お願いいたします。

【鍵本委員】 電源開発の鍵本です。私は、冒頭にもお話ししましたとおり、石炭灰や材料の分野に携わっている身ですから、その観点で石炭灰の有効利用、利用技術のところでの講評をさせていただきます。石炭灰というのは現状でも相当出ており、脱炭素が進んでいっても、削減、減少するといっても相当数が出てきます。ですので、石炭灰の環境対策、それと有効利用といったところを考えるとときには数量、ボリュームのことも考えないといけません。そして、それプラス、コストということで経済性の部分もございますが、その両方が成立するようなことを基本的には目指していかないといけないと思っております。今回それぞれ石炭灰に関する有効利用の技術というのが幾つか出てきていますけれども、他の事業とすごくシナジーを持っていて有効に働いていく可能性のあるもの、それともうひとつは、石炭灰の有効利用において既存技術の組合せでやるようなもの、そういう形で組み合わせられて取り組まれているものもあります。中間評価を受けて、次のステップから最終目標のゴールのところまで進んでいかれると思っておりますが、各事業者様、NEDO 様におかれましては、量的にどのような可能性があり、どういう経済効果があるか、標準品と比べて安価にどういった手段があるのかといったところを重点的に見ていかれるとよいのではないのでしょうか。「水は下から上へは流れない。上から流れる。重力に逆らっても、逆らおうとするととんでもないことになる」と、私はよくそんなことを口にするのですが、やはり有効利用には経済性というところをきちんと押さえていかないとはいけませんから、重点的にそういう観点を持って進めていただくことをお願いいたします。以上です。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは、吉岡分科会長代理お願いいたします。

【吉岡分科会長代理】 東北大学の吉岡です。本日はどうもありがとうございました。今回の事業の内容をお聞かせいただきまして、NEDO 様におかれましては、進行している事業に対してよくサポートをされているものと感じております。ただ、石炭というものに対する世の中のアゲンストな面が非常に強いというのは、どうしても否めません。そうすると、石炭の利用そのものの形が、カーボンサイクルという方向に移行したときに、出てくる灰の組成なり質なりが今後変わってくるということもあり得ると思います。そのときに、こういった今進めている成果が、そういうところに上手に展開するための施策、あるいはそのための一手というのを、ぜひこの事業を通じながらご検討いただきたいと思います。そこをうまくマネジメントする必要性を本日強く感じましたので、そういった観点から事業の推進に対するサポートをよろしくお願いいたします。以上です。

【神原分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に、岐阜大学の神原から講評をいたします。本事業については、今まで皆様がおっしゃられましたように必要性も十分ありますし、効率よく、そして有効な成果も上げていただいているということで、特にその点で申し上げることはございません。ただ、私としては、やはり石炭に長らく携わってきている身でして、そのことも影響するかもしれませんが、いろいろなエネルギー情勢も見ますと、絶対に石炭がゼロにはならないと確信を持ってございます。しかし、今はそういった雰囲気ではなく、そういう研究者やエンジニアがどんどん減っていくことを肌で感じております。特に学会においても、石炭化学会議ですと、昔は300人ぐらい集まっていたところが、今は100人も集まらないという状況でしょうか。ですので、特にNEDOでこの事業をやられた事業者の方には、年に一回はそういった学会で発表をしていただくことをぜひNEDOから推奨していただけたらありがたいなと思っております。そうしますと、携わっている学生たちも元気が出ますし、我々も非常に元気が出ます。必ずやれとは言いませんが、少し推進をしていただければと願っている次第です。本日は、いろいろな技術レベル、技術の種類ということでしたが、非常に我々にとってよい機会であったと受け止めております。以上です。

【伊藤主査】 評価委員の皆様、誠にありがとうございました。それでは、ただいまのご講評を受けまして、NEDO 推進部 部長より一言いただきたいと思います。上原部長、よろしくお願いいたします。

【NEDO 環境部_上原部長】 NEDO 環境部の上原です。本日は、弊部で実施している事業の中間事業評価の機会に、様々な観点でのご指摘、アドバイスを賜りまして誠にありがとうございました。今、神原先生からのお話しにもありましたが、エネルギーを取り巻く環境というのは、カーボンニュートラルや、国内ではエネルギー基本計画が改定され、海外ではウクライナ、ロシアの情勢などもありまして、とにかく目まぐるしく変化しております。NEDOでやっている事業は、比較的中期の技術開発というのが多いものですから、必ずしも速やかにそういったものを捉えてどんどん変わっていくというものなかなか難しいなど、こういった事業に携わりながら感じております。本事業は、石炭の利用や石炭灰の利用といったところに着目して取り組んできているものでございますが、ご指摘いただいたように、利用は将来減少していく中で、その量的な整合性や利用先市場の動向、経済性・市場性といったところをもう少し丁寧に考察をしていながら、プロジェクトマネジメントをしっかりとやらせていただきたく思います。発信やPRといったところもしっかり行うようにといったご指摘に対しましても、できることを取り組んでまいり所存です。そして最後に、資料の構成が分かりづらいというご指摘も幾つかいただいた点に対しましては、大変申し訳ございませんでした。実は環境部、こういった類似の事業評価といったものを今年たくさんやってございますので、今後の機会にそういった部分の修正を反映させていただきたく思っております。そういった点でも、本日いただきましたコメントを有効に使ってまいります。改めまして、本日はどうもありがとうございました。以上です。

【神原分科会長】 それでは、以上で議題7を終了いたします。

8. 今後の予定

9. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDO における制度評価・事業評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5 事業の概要説明資料（公開）
- 資料 6 事業の詳細説明資料（非公開）
- 資料 7 事業原簿（公開）
- 資料 8 評価スケジュール

以上

以下、分科会の質疑応答において、後日回答とした宿題事項について、記載する。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」
(中間評価)事業評価分科会における質問に対する宿題事項回答

資料番号 ご質問箇所	ご質問の内容	回答(NEDO 推進部より)		委員 ご氏名
		公開可/ 非公開	説明	
質問票 P7 事業⑥	セメントレスコンクリートの話で、これ高炉スラグの硬化とどう違うのか、それとも同じなのだろうかという質問をさせていただいたのですが、アンサーとしては「今回のセメントレスコンクリート、石炭灰を粉砕してやっていく中では、カルシウムが存在していないため、基本的にその強度発現にカルシウムがないので、高炉スラグの硬化機構とは違う」といった内容でありました。ちなみに、これにカルシウムを加えると、高炉スラグの潜在水硬性と同じような硬化のメカニズムといいですか、そういう機構になるのではないかと少し思っていますが、そのあたりのことについて、今日でなくとも、どこかで教えていただけるとありがたいです。もし仮にそういうことになれば、現在フライアッシュセメントというのがあまり普及はしていないものの、混合率を上げて硬化に寄与するような、要するにセメントを削減してCO2を削減できるといった道筋も見えてくるのではないかと想像をした次第です。	公開	助成先:株式会社大林組、日本シーカ株式会社、株式会社フジミインコーポレーテッドからの回答 まだ可能性の段階ですが、我々の製造するメカノケミカル加工後の石炭灰(加工石炭灰)はご指摘の通りカルシウムとの反応性を有すると考えます。 ご指摘の通りカルシウムによる水硬性も発揮し、フライアッシュセメントの品質安定性の実現、さらにフライアッシュ量の増加など改良に資するポテンシャルを有し、さらにはCO ₂ 排出量削減に繋がると考えます。 検討内容の詳細は割愛させていただきますが、加工石炭灰製造時のCO ₂ 排出量に関しましても、普通ポルトランドセメントでの排出量を下回るべく、全体でのCO ₂ 排出量が削減できるよう開発を進めます。	鍵本委員
事業⑤ 資料5 42 ページ	石炭ガス化溶融スラグの信頼性事業のところ、多分これはスラグを水砕してつくっているのだと思いますが、そうすると、ひょっとしたら針状結晶が結構出来ているのかもしれない。廃棄物溶融スラグの場合ですと、水砕式でやると針状結晶が出来て、摩砕しないと使う方のハンドリング性がすごく悪く、性能以前にもう使う気にならないというこ	公開	助成先:一般財団法人石炭フロンティア機構、清水建設株式会社勿来IGCC パワー合同会社からの回答 ご指摘のとおり、ガス化炉より排出された石炭ガス化スラグ(CGS)は、針状結晶になっているものもあり、コンクリート利用に適した粒度・粒形(かたちの方)とは言えません。 これまでの実施事業において、摩砕	高橋委員

	<p>とがあります。</p> <p>ですので、この石炭ガス化溶融スラグの場合でも、信頼性のその一歩前に、そういうハンドリング性といえますか、使う方が使う気になるかどうかということも多分評価としては非常に重要になってくるのではないのでしょうか。</p> <p>そのため、もし可能であれば、そういう評価もちよっと事業者様のほうに要求をしていただけたらと思ひまして、コメントをいたします。</p>		<p>処理の有用性や、実機において粒形や粒度などの調整の検証を実施してきております。</p> <p>これらの成果を基に、本信頼性事業において、コンクリート利用に適した骨材材料とするための事業・実装化(実規模製造)を念頭にした連続・大量磨砕試験を実施し、連続稼働による品質変動がないことを検討した結果、資料5 P42 図1に示す通り、CGS の各原料(破線)が、JIS A 5011-5 規格(黒太破線)に適合した粒度分布範囲内に安定して製造できることを実証しております。</p>	
<p>事業② 質問票 P10 資料5 33 ページ</p>	<p>石炭高品位化技術開発の中での分級技術において、流動層偏析分級というのがあったのでしょうか。</p> <p>これは、普通の流動層の中に恐らく石炭を粉碎したものをに入れて、それで下のほうにたまると思うのですが、バッチ式でやられる普通の流動層と一体何が違うのかというところがまだ理解し切れておりません。</p> <p>ですので、後ほどでも構いませんので、そこの部分について簡単に伺えると助かります。</p>	<p>公開</p>	<p>委託先: 国立大学法人群馬大学、日鉄エンジニアリング株式会社、一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所からの回答</p> <p>石炭分級技術としては、空気動ジグや重液サイクロンのように粒子の比重差や沈降速度差で分級する湿式選炭技術が実用化されています。乾式選炭技術としては、エアテーブルや AirJig 等ありますが、選別精度は高くなく、特に粒子同士が凝集しやすい 10mm 以下粒子の分級技術は研究開発段階です。(図1参照)</p> <p>本技術開発では、乾式の 10mm 以下の石炭粒子を対象として、連続的に流動媒体を用いない流動層にて可燃分粒子と灰粒子(鉱物成分)を比重差で分級することを目的に開発を進めたものです(図2参照、流動層偏析法)。流動層では、空気による鉛直方向の流動と、鉛直方向の振動を与え、密度偏析を進めることで可燃分主の層と灰分(鉱物)主の層</p>	<p>肴倉委員</p>

		<p>が成層化され、各々回収することで可燃分リッチな石炭粒子と灰分リッチな石炭粒子に分けることができます。</p> <p>流動層内では、図3、図4に示すような流動モデルとなります。ここで、同じ粒子径であれば、鉛直上向きの空気の流れで粒子に発生する浮力は同じで、重い粒子(灰分)は軽い粒子(可燃分)に対して沈降速度が大きいことから(図3)、前述のように流動層内で徐々に成層化され、可燃分は上層側に灰分(鉱物)は上層側に分かれていきます。但し、粒子径がある程度の分布をもっている場合は、粒子径が大きい粒子が粒子径が小さい粒子に対して重量あたりの浮力が大きくなり(図4)、密度偏析を阻害することとなります。従いまして、分布をもつ粒子を分級する為には、粒子同士を動かすために必要な流動を最小化させ、鉛直方向の振動を加えることで粒子の成層化と粒子の凝集防止を促進させることが可能となることを今回試験評価しました。併せて分級には粒子が成層化するのに移動時間も必要ですので、流動層内に石炭粒子を滞留させながら流動・振動を与えることで、連続して分級が可能なことを試験で確認致しました(図5参照)。</p>	
--	--	--	--

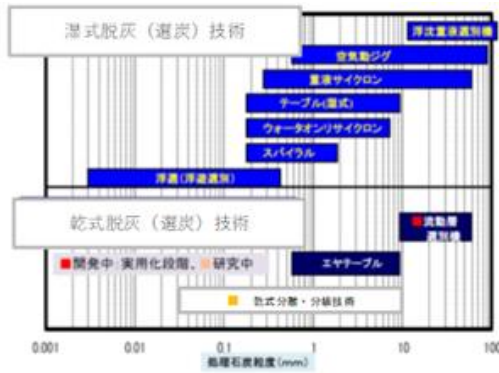


図1 代表的な粒度別石炭分級（選炭）技術

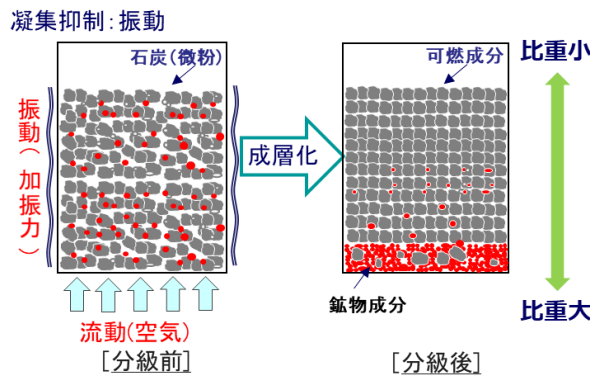


図2 流動層偏析法分級イメージ

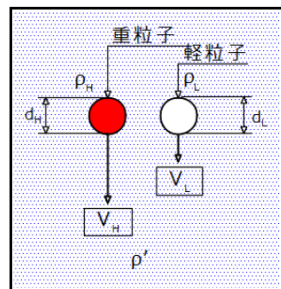


図3 粒子流動モデル1

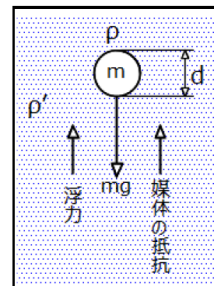


図4 粒子流動モデル2

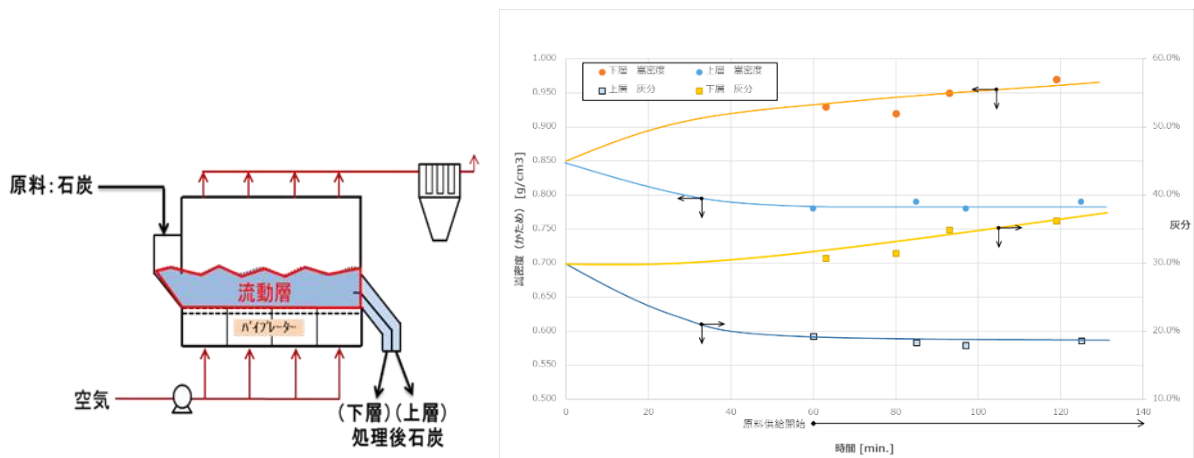


図5 連続試験フローと処理後の上層／下層の嵩密度・灰分の経時変化

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」
(中間評価)事業評価分科会

質問票

資料番号 ご質問箇所	ご質問の内容	回答(NEDO 推進部より)		委員 ご氏名
		公開可/ 非公開	説明	
p.18 の事業者主催による進捗・開発方針管理 (p.19 の事業テーマとあわせて)	(効率性について) 個別テーマにおいては、事業者主催による進捗管理が事業効率化の原動力であり重要である。P.18 によればテーマ①, ③, ⑤は委員会を実施した記録があるが、その他のテーマ②④⑥については、実施しなかったのでしょうか。	公開	事業者主催で外部委員を招聘して行う委員会設置につきましては、委託事業を遂行する上で必須事項ではございません。 ②は海外の炭鉱に精通している秋田大と最新の炭鉱環境や研究成果の適用性について意見交換を実施。また、石炭科学会議や日本エネルギー学会にて学会発表を通じ、研究成果について深堀しました。 ④は委員会の実施予定は無いものの、実用化に関して、無機組成繊維メーカー、無機組成繊維ロッド製作メーカー、及び有機組成繊維ロッド製作メーカーと個別協議を計画しています。 ⑥は電力会社に技術の説明などを実施し協力関係の醸成に努めておりました。今後は、特許申請による知財の確保を第一に進め、確保したものを論文化し、これをもとに学会委員会の設置に進みます。	神原 分科会長
p.24-p.27	(有効性について) PJ 期間 5 年の①③⑥のテーマは、個別に中間目標を設定すべきと考えますが、現状、中間目標は設定されているのでしょうか。	公開	資料#5 P25～P27 において、個別テーマの 2022 年までの中間目標、成果、達成度、今後の課題と解決方針を記載しております。	神原 分科会長

p.47	(有効性について) 成果については特許出願数も示して欲しい。	公開	公開資料の P47 成果に特許取得件数も追記いたしました。	神原 分科会長
3	「環境対策」を具体的に絞り込む必要はないか。	公開	これまで環境負荷を低減する技術開発を推進してきた結果、日本では大気汚染の 90%以上を除去できる技術開発に成功しています。 本事業は、石炭利用負荷低減への貢献を行うものですが、本事業期間におきましては、大気汚染に関する技術開発ではなく、新たな問題として顕在化してきた石炭の自然発熱性や石炭灰の有効利用などに注力しています。	吉岡分科 会長代理
11	事業を進めるための NEDO の関与の仕方に対する工夫・検討事項はないか。	公開	研究業務の遂行は毎月確認しており、研究進捗状況に応じて、一度締結した業務委託契約の内容を変更する必要がある場合は、その理由に応じて臨機応変に変更手続を行います。	吉岡分科 会長代理
13	「2) 石炭利用技術開発」について、今後、石炭灰の発生量とセメント生産量がともに減少する状況において、混合比率の見込み(15%前後からどのように変わるか)との関係を示していただきたい。	公開	現状の研究開発のうち、④や⑥の事業が 2030 年に実用化され、セメント生産量は現在と同じ 6000 万トン程度で推移されたとして石炭灰混合率の比率は現在の 14%から 15%の1%程度向上に寄与する見込みです。	吉岡分科 会長代理
15	CCS だけでなく、CCU についてはどうか。 DAC 技術へ、あるいは DAC 技術からの展開として、考慮すべきことはないか。	公開	資料#5 P16「NEDO 環境部の取り組み」に記載しましたように、本事業とは別になりますが、CCU としては、カーボンリサイクル技術の確立に取り組んでいます。 また、DAC に関しまして、NEDO では、「ムーンショット型研究開発事業」にてサポートしています。DAC に関しましての技術公開情報は、「ムーンショット型研究開発事業」で	吉岡分科 会長代理

			<p>の情報をご参考ください。</p> <p>https://www.nedo.go.jp/activities/ZJP_100161.html</p>	
<p>①</p> <p>資料5p20と別紙 p1</p> <p>研究工程について</p>	<p>P20 は全期間の研究工程の記載が、別紙 p1 には「実施期間」の記載があります。例えば、事業①については、別紙が 2021～2022 年度、p20 には 2021～2025 と記載されていますが、これは当初から phase1, phase2 と 2 フェーズに分かれており、現在は phase1 ということなのでしょう(それとも、延長という扱い;③、④、⑥も同様)？</p> <p>今回の評価対象は 2019～2021 ですが、現時点評価する場合、● phase2 に進むか否かの評価なのか、○延長を検討するための評価なのか？ どの観点で見るとかにより考え方が異なってくると思います。●の場合は phase2 に進むに値するか？ ○の場合は延長となった理由・事情が何なのか？ それをどう評価したか？ が重要となります。</p> <p>「個別の事業の評価」においても、「それを進捗管理する立場」においても、上記位置付けは工程管理、進捗管理を行う上で重要になるかと思しますので、この点お示しく下さい。</p>	公開	<p>資料#5 P20 は本事業の全期間の研究開発工程を示し、別紙 P5 は、各 PJ がこれまで研究してきた実施期間を示しています。</p> <p>①、③、④、⑥の PJ は、2021 年の公募時に事業期間は事業期間として 2025 年度以内の提案を頂くものの、契約は中間評価を行う 2022 年度までとさせていただいております。これは本中間評価によります、改善見直し(継続、拡大・縮小、中止)の結果にてその後の契約更新内容を判断させて頂くからです。</p> <p>事前説明でご説明させて頂きましたとおり、評価項目・基準のうち、「3.有効性」につきまして、・中間目標を達成している場合、中間目標を達成しているか、・最終目標を達成する見込みはあるかなどを評価いただきます。</p> <p>本評価を行って頂くにあたり、資料 #5 P24 には、本事業全体の◆中間目標と達成状況、P25～27 に◆個別テーマ毎の目標と達成状況を示しています。</p>	鍵本委員
<p>②</p> <p>資料5 P18-20</p> <p>「進捗管理」について</p>	<p>研究着手当初、研究のマイルストーンが設定されていると思いますのでそれを示してください？ マイルストーンは研究管理(進捗管理)に重要です(質問①にも関連)。</p> <p>それに照らし、クリアできているの</p>	公開	<p>資料#5 P25～P27 に、◆個別テーマ毎の目標と達成状況につきまして、目標、成果、達成度、今後の課題と解決方針を記載しております。これら目標が 2022 年までの研究マイルストーンに相当します。</p> <p>NEDO 委託及び助成事業におきま</p>	鍵本委員

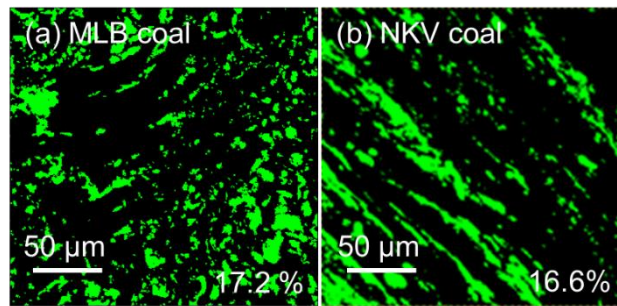
	<p>か(できないのか)、その理由が何で、どのような事情変更があって、(例えば)工程延長されているのか?(予定通り進捗しているのか?)、それをどう評価しているのか? が明らかでないと、適切な研究進捗管理がなされているのかを評価することができないと思います。</p> <p>上記に関連してどのような進捗管理をしているのかを教えてください。</p>		<p>しては、契約締結時に、実施計画書(事業目的、事業内容、研究工程、体制、予算など記載)を作成頂き、これに基づき、研究管理を実施致します。</p> <p>具体的な進捗管理方法につきましては、資料#5 P18 の◆研究開発の進捗管理をご参考ください。</p> <p>なお、本進捗状況管理において、契約違反や虚偽の報告が認められた時、年度目標や成果の見通しが不可能 or 著しく困難になったときなど、NEDO で判断した場合は、外部委員からの意見も参考に、事業中止とする場合がございます。</p> <p>また、事業者からは、毎年の研究実施内容報告に相当する中間年報、事業終了時には、全期間の実施内容をまとめた成果報告書を提出して頂き、NEDO にて内容を精査した上、NEDO HP にて公開します。</p>	
事業②	<p>粉碎、分級で灰分の多い(少ない)炭の選別回収をしようと思いますが、灰分はどのような偏在形態を持っているのでしょうか?</p>	公開	<p>石炭中灰分の含有量と存在形態(筋状、粒状など)や構成成分等は石炭によって異なり、その関係性は見出されていません。そのため、単体分離に適した機械的粉碎方式の選定には、対象炭毎に、灰分含有量、灰分の分布状態(存在形態※参考図 4)、および構成成分(鉱物種等)を把握する必要があります。対象炭中灰分の存在形態等がわかれば、今回の成果を用いることで、単体分離に適した機械的粉碎方式の選定が可能となります。粉碎による単体分離ができれば、分級操作によって効果的に灰分を除去できます※参考図 6。</p> <p>本研究では、石炭中灰分の存在形態等の分析結果より、MLB 炭中灰</p>	鍵本委員

			<p>分は Si を含む鉱物が主体であり、粒子径が数 μm 程度の微細な灰分が可燃分内に広く分布していることが判りました。一方、NKV 炭中灰分は、Si と Al を含む鉱物が主体であり、石炭中に筋状で存在しており、MLB 炭に比べて粒子径が大きい傾向でした。</p> <p>これまでの検討にて、単体分離に適した機械的粉砕方式として、灰分と可燃分の硬度差が大きい石炭には界面を分離する方式であるせん断が有効であり、低い硬度の鉱物の割合が高い灰分(灰分と可燃分の硬度差が小さい)を含む石炭には衝撃や圧縮形式による粉砕が有効であることを把握しています。これらのことから、本研究において、MLB 炭ではせん断方式のグローミル、NKV 炭では圧縮・せん断方式のロールミルの総合分離効率(単体分離性)が最も高くなる粉砕方式であることが明らかとなりました。</p>	
事業③	<p>BL、基質、人工石材いずれも、「高機能化」、又は「低コスト化」の視点が重要。資料中データを見る限り「高機能化」を示すデータはあまりなく、従来品・競合品と同等との評価かと。一方の「低コスト化(製造・供給コスト)」についての見通しはどうでしょうか？</p>	公開	<p>本事業では、従来の資材との比較において、資材の環境安全性、安定性、および藻礁ブロックとアサリ用基質については資材の特性(pH 抑制、ポーラス性、比重 等)から期待される目的生物への好適性の検証を持って、機能的な優位点を明示化できると考えており、それぞれ実海域に資材を沈設・設置して、環境安全性、安定性、生物付着性に関するモニタリングを定期的かつ時間的に密に実施し、取得した検証データの分析により、機能性に関する評価を行う計画です。</p> <p>また、本事業以前にアカモク、アマモおよび岩礁性藻場等を対象とした</p>	鍵本委員

			<p>基材やシート開発の実績があります。過去開発では、大量急速施工により施工の確実性を増すことや、貝殻等の副産物を利用して機能性の高い表面形状にするなど、コスト削減や機能性向上に寄与できる技術を開発しています。これら実績を活用しつつ、本事業においては、地元調達による材料コストの低減や今後実施する製造・施工方法を工すし、更なる低コスト化、機能性向上を図っていく計画です。開発技術の有効性や低コスト化につきましては、いずれにしても、今後の実海域での実験結果も踏まえ、総合的に判断していく予定です。</p>	
事業⑤	<p>「石炭ガス化スラグは他事業のスラグと異なる特徴を有するとありますが、具体的にはどのような特徴なのでしょう？」</p>	公開	<p>石炭ガス化スラグはガラス化率が極めて高く、コンクリート中において反応性を有する材料であることが分かりました。そのため、強度発現などはスラグの化学成分による影響を受けることが想定されます。</p> <p>一方、石炭ガス化スラグを用いたコンクリートは、その他のスラグと比較して、長期材齢において同等以上の強度発現を有するものの、凝結が遅延する影響で、初期強度はやや低下する傾向となることが分かりました。</p> <p>材齢初期の強度低下が、適用範囲の制限等、利用の妨げにならないように、強度低下の要因を解明しておく必要があると考え、本事業を延長し、これらの追加試験を実施しました。</p>	鍵本委員

事業⑥	2030年単価目標を4万円/m ³ とされています(資料5p23)。2030年時点での生コン単価をどの程度と想定されているのでしょうか？4万円/m ³ で利用は進むのでしょうか？	公開	まずは化学的作用の大きい、例えば下水道・温泉などの市場への適用を中心に展開をはかり、その実績を徐々に一般構造物に展開する計画です。このような硫酸腐食下等のコンクリートは特殊コンクリートであり、初期費用が高い場合もLCCを考慮すると、十分に安価なコンクリートとなると考えます。これらの環境で実績を積み重ね、生産規模を大きくしていく過程で、2030年以降には、現状2万円/m ³ の生コン単価に拮抗する額に持っていく計画です。	鍵本委員
事業⑥	「メカノケミカル処理＋アルカリ刺激で硬化」は高炉スラグのアルカリ刺激による硬化と類似現象かと思いますが、メカニズム的な違いがあれば教えてください。 もしもそうであれば、今回のセメントレスコンクリートは「高炉スラグ水和固化体」の石炭灰版と理解すればよいのでしょうか？	公開	高炉スラグのアルカリ刺激による硬化は、最終的にカルシウム水和鉱物の生成によるもので、普通ポルトランドセメントの反応に類似しています。こちらのセメントレスコンクリートの硬化メカニズムは、ケイ素の重合反応による硬化です。一方、本技術は硬化物にカルシウムが含まれていない(主要な役割を果たしていない)ことで、硫酸イオンが接した場合に、膨張性鉱物である石こうを生成しないために、下水道や温泉などの劣悪化学環境でも硬化物が安定に存在することになります。(浸漬試験による安定性は確認済)従いまして、硬化メカニズムは全く異なるものです。	鍵本委員

● 参考資料

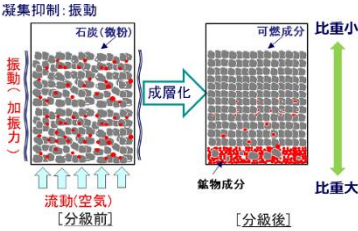


参考図1 石炭中の灰分の分布状態(存在形態)



参考図2 機械的粉碎と分級

資料番号 ご質問箇所	ご質問の内容	回答(NEDO 推進部より)		委員 ご氏名
		公開可/ 非公開	説明	
資料#5 8 ページ	「石炭灰利用率」と「石炭灰混合率」は同じ意味でしょうか？ 石炭灰利用率、混合率の定義も示して下さい。	公開	「石炭灰利用率」は「石炭灰混合率」は同じ意味で、石炭灰混合率」として記載すべきでした。公開資料を訂正させて頂きました。 なお、「石炭灰混合率」=「電気事業及び一般産業のセメント分野の石炭灰有効利用量*1」/「セメント生産高*2」です。 *1:JCOAL 石炭灰全国実態調査報告書 *2:JCA 統計データ	肴倉 委員
資料#5 16 ページ	カーボンリサイクル分野には、石炭火力から生じたCO2も含まれますか？	公開	主に石炭火力から生じたCO2を利用します。	肴倉 委員
資料#5 28 ページ、30 ページ	28 ページ「低品位炭の改質炭や混合燃料等に関し、従来の自然発熱特性とは異なる挙動であった」とありますが、30 ページの成果は低品位炭のものでしょうか？ また、従来の自然発熱の機構とどのように異なるのでしょうか。	公開	30 ページの記載は瀝青炭のものです。 従来、工業分析値や経験則を基に自然発熱特性を予測していましたが、低品位の改質炭(改質褐炭)は、工業分析値が瀝青炭と同等でありながら自然発熱性が高いことを経験しました。また、この原因としては、以前より官能基による影響が懸念されていました。昨今、NMR(核磁気共鳴)分析技術の分解能向上および感度向上が進みましたので、それを生かし、酸化前後の官能基の定量から、反応過程を評価することで自然発熱の機構を解明に取り組んでいます。 具体的に従来の機構とは異なる点として、雰囲気酸素(外部の酸素)がアルデヒド基、カルボキシル基、ヒドロキシル基などの酸素官能基の酸素として固定化されることが明確になったこと、また、水の関与について、アルデヒド基からカルボキシル基への生成に反応物として関与していることと、カルボキシル基の分解を促進する触媒のような効果を持っていることが判明したことにあります。 水の関与については、これまでも諸説ありましたが、本事業により初めて詳細な知見を得ることが出来たと考えています。	肴倉 委員

資料#5 31 ページ	「重金属低減による土工材 利用量増大」とありますが、 灰分を分離・除去できると、 石炭灰中の重金属濃度が 下がるのでしょうか？(総量 は減ると思いますが)	公開	高灰分炭と知られる Nekkovy 炭の脱灰操作によ って、選択的に除去されるヒ素については、原炭 に比べて、燃焼灰中濃度が減少することが判りま した。その他の成分について、石炭中可燃分に存 在するホウ素を除き、主に石炭中灰分に存在する セレンやクロムは、ご指摘の通り、脱灰によって 総量は減少しますが、燃焼灰中濃度は殆ど変化し ませんでした。 なお、脱灰によってカルシウムも選択的に除去さ れることが判明し、脱灰回収炭燃焼灰の溶出試験 時の pH が低下すると考えられました。	肴倉 委員
資料#5 33 ページ	「流動層偏析分級」につい て、説明をお願いします。 Web 検索では見つけられ ませんでした。	公開	流動層偏析分級とは、下記図に示すように流動化 媒体による流動化と凝集抑制効果を示す振動を 組合せて微粉成分の密度偏析を起し、比重差 により可燃分と鉱物成分(灰分)の分離を狙ったも のです。  図 流動層偏析分級イメージ	肴倉 委員
資料#5 34 ページ	スラグ等の他の環境資材と 比較して石炭灰を活用する 優位性を教えてください。	公開	石炭灰を用いるメリットとして、球状または中空粒 子を含む石炭灰ならではの物性の影響で、ポーラ ス性が高いこと(参考資料 a)や、スラグ系の資材 に比較してもアルカリ度を低く抑えることができるこ と(参考資料 b)などから、海藻種の着生を促進で けるとともに周辺海域への生物親和性が高いとい ったメリットがあります。また、アサリ用基質におい てはスラグ系の資材に比較して、総じてアサリの生 育に適した比重域の資材を作成しやすく、高いポー ラス性(参考資料 a)が水質改善や餌環境の好 適化に帰するといった強みを持ちます。 参考資料 a: 矢野ら, 海砂代替材として検討され る産業副産物の海水中における挙動, 廃棄物資 源循環学会研究発表会講演集, 第 22 回発表会, 2011. 参考資料 b: 小菊ら, 鉄鋼スラグを用いた固化体	肴倉 委員

			の基礎的性状および港湾構造物への適用性に関する研究, 港湾技研資料, No.990, 2001.	
資料 # 5 35 ページ	「環境安全性の確認」について、これらの基準を引用する妥当性を説明して下さい。実際に海水に浸漬しても有害物質の溶出は増加しないのでしょうか。アサリ漁場、洗掘防止も同様の評価を行うのでしょうか。		「環境安全性の確認」は、藻礁ブロック、アサリ用基質及び洗掘防止用石材についても JCOAL 編：石炭灰混合材料有効利用ガイドライン(統合改訂版)の第四章環境安全品質および検査方法に基づき実施しています。本環境安全品質基準は「港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル(案)」(一般財団法人沿岸技術研究センター、2012 年)に基づき策定されたものであり、環境安全の確認の指標として妥当と考えます。一方、P35 に掲載した表は、事前に分析検討した結果のうちの海水を対象とした参考情報として、港湾用途溶出量基準以外の項目についても測定していたため併記しましたが、誤解を避けるため、公開資料は石炭灰混合材料有効利用ガイドラインに基づく結果の表に差替えます。なお、実際の海水に浸漬しても有害物質の溶出は無いことを確認済みです。	肴倉委員
資料 # 5 37 ページ	「洗掘防止用石材」=「フィルターユニット」かどうか、教えてください。	公開	「フィルターユニット」とは、ネット状の袋材に現地で石材やコンクリート塊などを袋詰めし、洋上風力発電設備や橋脚などの洗掘防止工、河川や海岸の根固め工などに使用する袋型根固め材の一つです。本事業で開発する「洗掘防止用石材」は、フィルターユニット等の袋型根固め材に、石材等の代替として内包する資材であり、石炭灰を混合した人工石材を想定しております。	肴倉委員
資料 # 5 39 ページ	リサイクル連続長繊維は、石炭灰を主原料としなければ製造できないのか、他の材料でも製造できるのか、教えてください。	公開	現状開発したものは、石炭灰を主原料とした連続長繊維で世界初の技術です。 過去には、玄武岩を主原料とするバサルトファイバーの研究も行っていましたが、産地により玄武岩の組成が不均一で製品化のハードルが非常に高い状態でした。 今回、石炭灰を主原料とする連続長繊維の技術開発に至りました。現在は、組成の安定した石炭灰を主原料とすることが最良と考えています。	肴倉委員

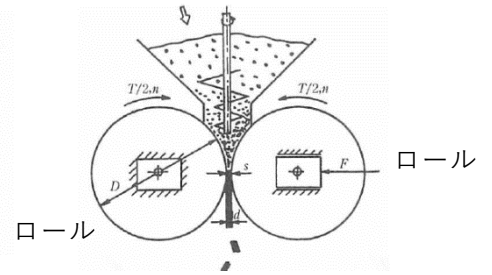
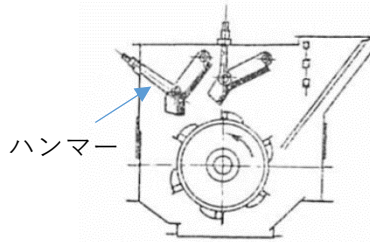
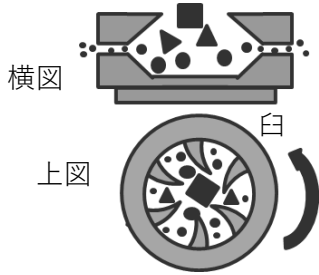
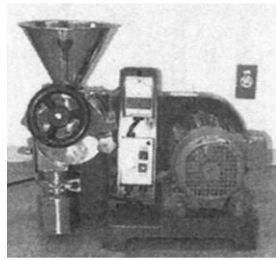
資料#5 41 ページ	「他事業のスラグと異なる特徴を有する」について、ネガティブな特徴でしょうか。具体的に教えてください。	公開	<p>石炭ガス化スラグはガラス化率が極めて高く、コンクリート中において反応性を有する材料であることが分かりました。そのため、強度発現などはスラグの化学成分による影響を受けることが想定されます。</p> <p>一方、石炭ガス化スラグを用いたコンクリートは、その他のスラグと比較して、長期材齢において同等以上の強度発現を有するものの、凝結が遅延する影響で、初期強度はやや低下する傾向となることが分かりました。</p> <p>材齢初期の強度低下が、適用範囲の制限等、利用の妨げにならないように、強度低下の要因を解明しておく必要があると考え、本事業を延長し、これらの追加試験を実施しました。</p> <p>なお、石炭ガス化スラグのもう一つの特徴として、スラグ中にアルカリ成分を多く含むことがあり、コンクリート中にアルカリシリカ反応性に対して無害でない普通骨材が含まれた場合、その膨張を促進する恐れがあることが分かりました。本件は、評価指標と対策の検討を、土木学会にて実施中です。</p>	肴倉委員
資料#5 43 ページ	「CGS の利用による物質浸透抵抗性の向上」について、骨材である CGS がペースト中の物質浸透抵抗性を向上させるという理解でよいでしょうか？ そのようなことは考えがたいと思いますが。	公開	<p>コンクリートの物質浸透抵抗性については、一般に遷移帯の緻密さが大きく影響すると言われていきます。コンクリート中の石炭ガス化スラグ周縁では、反応相の形成が認められており、フライアッシュのポゾラン外部反応相のように遷移帯を緻密化しているため浸透抵抗性が高まると推察します。（外部反応相の可視確認については別途実施予定）</p> <p>石炭ガス化スラグは、ガラス化率が極めて高いことから反応性を有することが明らかで、実績として塩化物イオンの拡散係数や水分浸透速度係数の低減、すなわち抵抗性の向上が図られていることから、骨材でありながら高炉スラグやフライアッシュのように組織の緻密化に寄与する材料であると考えています。</p>	肴倉委員

資料#5 44 ページ	セメント需要が漸減すると予想される中で、セメントレスコンクリートを開発する必要性を説明してください。	公開	セメント需要は漸減するとのことですが、市場がすぐに半分になるなどの状況に至るとは判断しておりません。コンクリート関連技術においては、まだ膨大ともいえる市場性を有すると判断しております。また、本セメントレスコンクリートは、これまで適用が困難であった硫酸雰囲気である下水道・温泉など、化学的作用の大きい普通ポルトランドセメントが対応できなかった新たな市場にも適用可能と考えております。 従いまして、これらの状況から、セメントレスコンクリート技術は、今後においても重要な技術となると考えます。	肴倉委員
資料#5 47 ページ	研究開発項目によってはゼロのものも見られます。対応方針を教えてください。	公開	研究開発の進捗に応じて、技術流出を防ぐ上で秘匿に留めておきたい時期もございます。NEDOでは毎月研究進捗状況を管理していますので、成果が出る頃合いを見計らって成果PRを奨励しております。また事業後におきましても追跡調査を行うことで成果を確認させて頂いております。	肴倉委員
資料#5 48 ページ	「CO2削減に適用」は、どの研究開発項目が該当しますか？	公開	資料#5 P17に「本事業で纏めた石炭成分データも活用するなど、事業の成果をカーボンニュートラルに向けた技術開発で利用している。」と記載しました。本内容は、2016～2017年に実施しました”石炭灰調査”の結果を基に、カーボンリサイクル事業の内、炭酸塩化の応用に使われています。石炭灰活用によるCO2削減につきましては、セメントレスコンクリートの実用化、藻礁ブロック、アサリ用基質、洗掘防止用石材へ活用が相当します。	肴倉委員
資料#6 1～2 ページ	予算額と執行額が年度によっては大きく異なる理由を教えてください。	公開	2021年度につきましては、資料#5 P14に記載しました通り、新たな事業公募を行ったためです。	肴倉委員
資料#6 2 ページ	「CO2、SOx、NOx」は今回の説明資料では見受けられませんでした。過去に実施されたのでしょうか？ 「ばいじんや石炭灰やスラグ」のうち、ばいじんには石炭灰のうちのフライアッシュ	公開	これまで環境負荷を低減する技術開発を推進してきた結果、日本では大気汚染の90%以上を除去できる技術開発に成功しています。 本事業は、石炭利用負荷低減への貢献を行うものですが、本事業期間におきましては、大気汚染に関する技術開発ではなく、新たな問題として顕在化してきた石炭の自然発熱性や石炭灰の有効利	肴倉委員

	が含まれないでしょうか？		<p>用などに注力しています。</p> <p>本記載の“ばいじん”は大気汚染への影響因子のひとつとし“CO₂、SO_x、NO_x”と並べて記載しております。資料#5 の P4 に示しました通り、石炭灰は、クリンカアッシュと共に、ばいじん(=浮遊する灰)を電気式集じん器で集めた細かな粒子であるフライアッシュも含んでいます。</p>	
資料 # 6 9 ページ 6 行目	<p>「高灰分炭の粉砕処理」の具体的な様子(例えば、粉砕前後の拡大写真)を示していただけると良いと思います。</p> <p>なお、本研究開発項目では、分級技術について説明がありません。</p>	公開	<p>具体的な様子として、機械的粉砕、偏析流動層分級、気流流動層分級に使用した装置の写真(または概要図)を参考図 1 から 3 に示します。</p> <p>また、分級技術について説明が不足しており失礼しました。分級技術の説明を以下に記載します。(資料#6 にも追記しました)</p> <p>分級処理については、100 μ m 以上の粒子に流動層偏析分級が適用可能であることを確認しました。特に、機械粉砕した粉砕炭について灰分を 70 %まで濃縮できる条件を見出しました。総合分離効率も、目標値である 20 %に近い性能が得られることを確認しました。100 μ m 以下の微粒子への適用を目指して、流動層気流分級プロセスを検討しました。粉砕物の流動化操作のみでは高灰分粉砕炭の分離は困難でしたが、流動層内に電極を設置し、高電圧を印可することで 55%まで灰分が濃縮された粒子を選択的に分離することに成功しました。一方で、分離した粒子の回収方法やシステム全体の分離効率を高めるための運転条件の最適化、実規模へのスケールアップが今後の課題として明確化されました。</p> <p>なお、本事業は終了事業ですので、詳細は下記 NEDO HP に掲載した成果報告書をご参考ください。</p> <p>https://seika.nedo.go.jp/pmg/PMG01B/PMG01BG02</p> <p>成果報告書の閲覧に関しましては、下記より事前にユーザ登録を頂きたく、願います。</p> <p>https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html</p>	肴倉委員

資料#6 10 ページ 12 行目	「2050 年度時点では、全体の発生量の約 20%を浅海域で利用」の計算の過程とその妥当性を教えてください。	公開	2050 年時点の石炭灰発生量は 500 万トン/年程度になると想定し、本事業による開発資材の石炭灰利用目標を、95 万トン/年を見込んでいるため、全体の発生量の約 20%を浅海域で利用と提示しました。 石炭灰利用目標 95 万トンの算出は、本事業で開発します各種資材の施工による占有面積を基にしています。藻礁ブロックは、消失藻場面積約 8 万 ha の約 10%に適用し 52 万トン。アサリ用基質は、適用対象干潟 5 万 ha の 5%に適用し 34 万トン。洗掘防止用石材は、着床式洋上風力(0.5 万 kW/基)910 基の 50%に設置し、9 万トンを見込んでいます。	肴倉委員
資料#6 12 ページ 1 行目	「2026 年には 5,000 億円」は、補強コンクリートの市場かと思います。補強繊維としてはどの程度の金額でしょうか。	公開	「2026 年には 5,000 億円」は、補強繊維としての市場価格になります。補強コンクリートそのものの市場価格は現状把握していません。	肴倉委員
資料#6 17 ページ	「実施の効果」について、非常に曖昧であると思います。何年度までに、何%といった目標はないのでしょうか。コンクリート、石炭灰ともにマイナス成長の中での本研究開発項目の意義をお尋ねするものですので、よろしくお願いいたします。	公開	建設業界は非常に保守的な面があり、現状の普通ポルトランドセメントの市場に、本技術のような新技術の実用化を図ることは容易ではありません。そこで、普通ポルトランドセメントベースのコンクリートが適用困難であった、化学的作用の大きい例えば、下水道・温泉などの市場への適用を、まずは進める方策を考えています。このため、実施の効果につきましては、資料#5 の P23◆実施の効果の表中、「石炭灰によるセメントレスコンクリートの単価を 2030 年度 4 万円/m ³ として、石炭灰の 0.1%を利活用すると想定」で「約 12 億円/年の市場を創成」と示しております。本内容は、資料#6 の公開版に追記しました。	肴倉委員

●参考資料



(粉碎機構) 剪断効果

衝撃効果

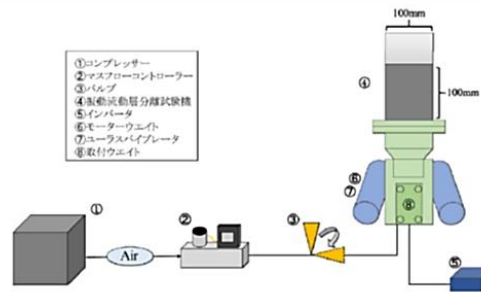
圧縮・剪断効果

グローミル
(石臼型ミル)

ハンマーミル

ロールミル

参考図1 機械的粉碎処理に用いた装置



参考図2 偏析流動層装置 概要図



参考図3 電圧印加一流動層気流装置 概要図と外観

資料番号 ご質問箇所	ご質問の内容	回答(NEDO 推進部より)		委員 ご氏名
		公開可/ 非公開	説明	
資料 5 Slide 23 #①	研究成果がより安全な石炭貯留に貢献することは理解できるが、安全な石炭貯留がなぜ高品位炭(瀝青炭)の置換に貢献できるか、そのロジックが不明である。よって、10%の置換率目標の妥当性が評価できない。	公開	<p>高品位な瀝青炭の代替として、亜瀝青炭などの低品位炭を導入する場合の主な問題点としては、以下の2点があげられます。</p> <p>①亜瀝青炭は自然発熱性が高く安全な石炭貯留に問題がある事。</p> <p>②瀝青炭と比較して亜瀝青炭の発熱量が低く水分量が多いため、ボイラでの燃焼量に限界がある事。</p> <p>問題点①に関して、低品位炭の自然発熱性の抑制が可能であれば、低品位炭を安全に貯留でき、瀝青炭と同様に利用できるようになります。</p> <p>問題点②に関して、国内の石炭ボイラは瀝青炭の利用を前提に設計されていますが、ボイラによって混焼率が異なるものの一般的には20~30%程度の亜瀝青炭を混焼することが可能となっています(なお、国内某電力の石炭火力プラントは50%までの亜瀝青炭の混焼が可能となっているように、ボイラによって混焼可能量に差異があります)。</p> <p>したがって、自然発熱性を抑制し安全に石炭貯留ができさえすれば、瀝青炭から亜瀝青炭への置換えに大きく貢献できると考えています。</p> <p>目標値を10%としているのは、当面はボイラでの低品位炭の最大混焼可能量で常時運転するとは考え難いので、石炭ボイラの最大混焼可能量(20~30%)の1/3~1/2程度の導入を考えたものです。</p>	高橋委員

<p>資料 5 Slide 28 と Slide 33</p>	<p>②石炭高品位化技術で新規粉砕の開発に一定の成功を収めているようであるが、新規粉砕技術が低温発熱機構に与える影響について評価されているのか？ つまり、終了事業②の成果が継続事業①(低温発熱機構の解明)に有効活用され、事業間でのシナジー効果が得られているか？</p>	<p>公開</p>	<p>①の低温発熱機構の解明につきましては、石炭に係る自然発熱特性の一般的なメカニズムを化学的に分析解明するものですので、②の石炭高品位化技術で分級された石炭につきましても適用できる技術開発と捉えています。</p>	<p>高橋委員</p>
<p>資料 5 Slide 23 #③</p>	<p>浅海域での 40 万トンの石炭灰利用は、継続事業③における 3 つの利用形態(混合ブロック、アサリ漁場用基質、洗掘防止人工石材)のすべてを含めたものか？それぞれの利用形態において、どのくらいの石炭灰利用を想定して、計 40 万トンの消費が可能と推定したのか？</p>	<p>公開</p>	<p>浅海域での 40 万トンの石炭灰利用は、継続事業③における 3 つの利用形態の総量で 2026～2030 年度の 5 年間平均値です。藻礁ブロックは、磯焼け主要漁場の代替に適用し 7.3 万トン/年。アサリ用基質は、実施地域の近隣に拡大し 14.7 万トン/年。洗掘防止用石材は、着床式洋上風力に(千トン/基)で使います。その内半分は開発材を適用し、対象風力発電量が 1920 基なので、19.2 万トン/年を見込んでいます。総量は、41.2 万トン/年となるので、数値を丸めて 40 万トンの石炭灰利用と提示しました。</p>	<p>高橋委員</p>
<p>資料 5 Slide 23 #④と Slide38-40</p>	<p>石炭灰の高付加価値化(に伴う市場創出)という視点で継続事業④の意義は理解できるが、石炭灰の利用量増加(リサイクル促進)という点では貢献が小さいのではないか？Slide23(費用対効果の視点)は重要であるが、石炭灰の利用量増加の視点では継続事業③や継続事業⑥が強く期待されるものである。費用対効果で各事業間を並列評価することは必要であるが、期待される利用量でも同様にまとめたものを付記する方が公平な事業評価に資すると考えられる。</p>	<p>公開</p>	<p>④の技術開発は、ご指摘の通り、石炭灰の消費量という観点では、他事業に比べては少量です。 資料#5 P23 では各事業の価値の尺度として、市場創成の予測値を示しましたが、本件は、評価項目・基準における 2.効率性において、「事業によりもたらされる効果は、投じた予算との比較において十分である」ことを説明したものであって、各 PJ において、貢献する市場が異なりますので、横並び比較は意図しておりません。また、本事業評価におきまして、個別事業ごとの横並び比較は行い</p>	<p>高橋委員</p>

			ません。	
資料 5 Slide23 #④	副産物(廃棄物)の利用促進による IGCC 本格稼働へのサポートという点で、継続事業④の意義は良く理解できる。一方、一般廃棄物溶融スラグが有効活用し切れていない現状において、石炭ガス化溶融スラグの利用(販売)が現実的か疑問に残る(2.4 億円の売り上げ可能性は小さいのではないか?)	公開	<p>一般廃棄物溶融スラグは、原料が一般廃棄物であるため、原料組成の変動が大きく、スラグ品質の変動範囲も大きくなり、安定した品質の骨材製造が困難なのではないかと推測されます。</p> <p>CGS においては、原料である石炭の種類により CGS の性状に違いはあるものの、石炭の変更がなければ、骨材としての品質は安定しています。また、製造事業者は CGS に用いられた石炭の品質を予め確認することによって、CGS の品質を製造前に推定することができます。このような管理によって、ユーザが安心して使用できるよう配慮(JIS 規格に適合)しています。</p> <p>副産物の利用は地産・地消であり、IGCC が立地する福島県浜通り/相双地区に限っても、細骨材の使用量は 30 万トン程度に及びます。地元生コンクリート工場も CGS に大きな関心を寄せ、また協力的であることから、CGS の市場は十分にあると考えています。合わせて立地行政への働きかけを続けて、CGS 利用の定着を図っていきます。</p>	高橋委員
資料 5 Slide23 #⑤	非セメント系の無機バインダーと比べて、単価 4 万円/m ³ は高価過ぎるのではないか? また、石炭灰の 0.1% がセメントレスコンクリートへの活用が可能とした根拠は何か?	公開	<p>単価 4 万円/m³ の根拠及び実用化の展開は、まずは化学的作用の大きい、例えば下水道・温泉などの市場への適用を中心に展開をはかり、その実績を徐々に一般構造物に展開する計画です。このような硫酸腐食下等のコンクリートは特殊コンクリートであり、初期費用が高い場合も LCC を考慮すると、十分に安価なコンクリートとなると考えます。これらの</p>	高橋委員

			<p>環境で実績を積み重ね、生産規模を大きくしていく過程で、2030年以降には、現状2万円/m³の生コン単価に拮抗する額に持っていく計画です。</p> <p>石炭灰の0.1%がセメントレスコンクリートへの活用が可能とした根拠は、委託事業者の施工適用先のシェアなどから、適用は水接構造物を中心に開始と考え、コンクリート使用量は約2.6万m³(委託事業者は1,54万m³)と算出しました。これに必要となる石炭灰量として、0.1%となりました。(本回答には事業者のシェア等の記載があるので非公開とさせていただきます)</p>	
資料5 Slide35-37 Slide44-46	今回の事業評価の範囲外であるが、継続事業⑥の成果(セメントレスコンクリート)が、並行して実施される継続事業③で検討されると、事業間でのシナジー効果が得られるため望ましい。NEDOにおいて、事業間でのシナジー効果が得られそうな場合、事業間での情報交換についてどのような仕組みを用意しているのか?(用意する予定なのか?)	公開	<p>NEDOと委託事業者間では守秘義務契約を結んでおりますので、相乗効果が生まれそうな事業者間には、公開できる範囲で紹介する場合がございます。</p> <p>また、新規テーマの公募を実施する前に、提案内容の事前相談を受けた際、相乗効果が期待できそうな複数の提案につきましては、体制をひとつにして、一緒にご提案いただけないか検討を促す場合があります。大学や研究機関による技術開発が主体であり、研究フェーズが基礎研究から実用化に向けた検討に移行する場合などにつきましては、実用化に向けてメーカー等を体制に加えることを進めることがあります。</p>	高橋委員
資料5 Slide20	すでに終了した事業を含め、すべての事業はその貢献の仕方が異なる。貢献の方法は概ね市場創出(ないしコスト削減)と利用量の促進だと思われるので、例えばこの2	公開	各PJの事業貢献につきましては、ご指摘通り様々な尺度がございます。事業貢献につきましては、個々のPJで適用します市場の大きさや価値が異なることから、個別PJの比	高橋委員

	<p>軸で各事業をプロット(ないし評価)すれば、事業全体の有効性や効率性の評価に資するのではないか？</p>	<p>較は行いません。</p> <p>終了した事業につきましては、終了翌年度、2、4、6年後に追跡評価を行い下記の貢献に対して調査致します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市場の中で具現化されるべき価値で、研究⇒技術開発⇒製品化⇒上市の流れによってもたらされる成果や経済的・社会的効果 ・市場の外で具現化されるべき価値で、例えば、市場には直接寄与しないデータベースの構築、標準化、ガイドラインの策定等といった公共財的なもの <p>これら追跡調査の結果は、企画立案⇒運営・管理⇒評価⇒企画立案といった NEDO のマネジメントサイクルへのフィードバックを試みて、より一層社会に貢献する事業サポートの運営に活かしていきます。</p>	
--	--	---	--

以上

参考資料 2 評価の実施方法

NEDOにおける制度評価・事業評価について

1. NEDOにおける制度評価・事業評価の位置付けについて

NEDO は全ての事業について評価を実施することを定め、不断の業務改善に資するべく評価を実施しています。

評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、事後評価及び追跡評価が行われます。

NEDO では研究開発マネジメントサイクル（図1）の一翼を担うものとして制度評価・事業評価を位置付け、評価結果を被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。



図1 研究開発マネジメントサイクル概念図

2. 評価の目的

NEDO では、次の3つの目的のために評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 評価の共通原則

評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。

- (4) 評価の中立性を確保するため、外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. 制度評価・事業評価の実施体制

制度評価・事業評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- ① 研究評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- ② 評価対象事業毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を評価委員とした研究評価分科会を研究評価委員会の下に設置。
- ③ 同分科会にて評価対象事業の評価を行い、評価報告書が確定。
- ④ 研究評価委員会を経て理事長に報告。

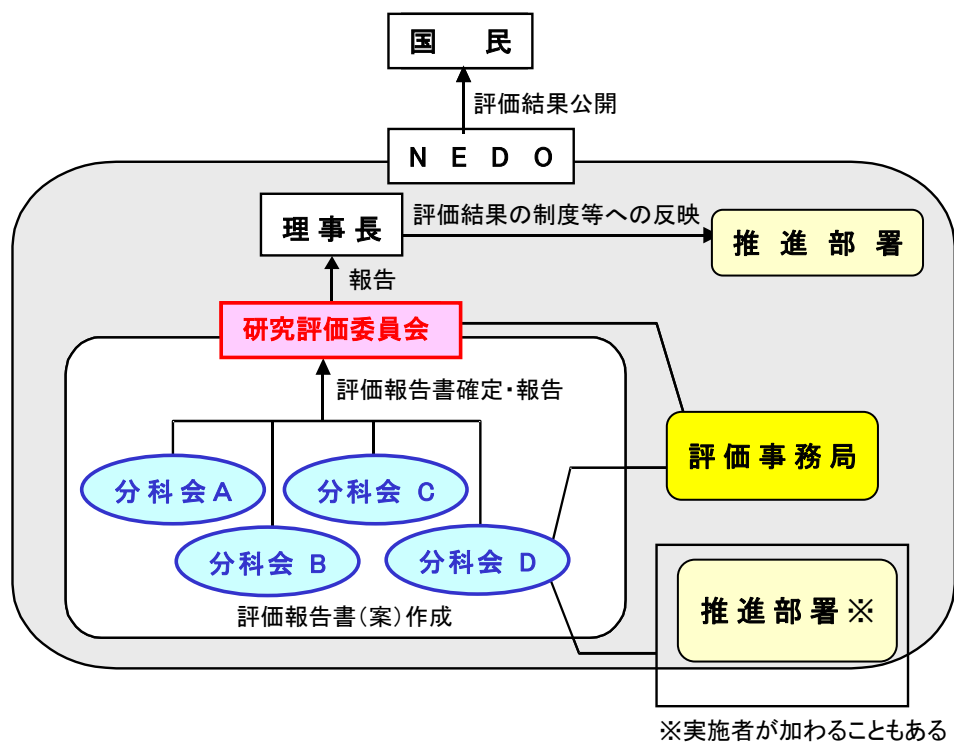


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、対象技術の専門家、その他の有識者から構成する。

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑩石炭利用環境対策事業」
(中間評価) 事業評価分科会に係る評価項目・基準

1. 必要性について (位置付け、目的、目標等の妥当性)

- ・ 政策における「事業」の位置付けは明らかか。
- ・ 政策、市場動向等の観点から、「事業」の必要性は明らかか。
- ・ NEDOが「事業」を実施する必要性は明らかか。
- ・ 「事業」の目的は妥当か。
- ・ 「事業」の目標は妥当か。

2. 効率性について (実施計画、実施体制、実施方法、費用対効果等の妥当性)

- ・ 「事業」の実実施計画は妥当か。
- ・ 「事業」の実実施体制は妥当か。
- ・ 「事業」の実実施方法は妥当かつ効率的か。
※案件ごとのNEDOの運営・管理は妥当であるかの視点を含む。
- ・ 「事業」によりもたらされる効果 (将来の予測を含む) は、投じた予算との比較において十分と期待できるか。
- ・ 情勢変化に対応して「事業」の実実施計画、実施体制等を見直している場合、見直しによって改善したか。

3. 有効性について (目標達成度、社会・経済への貢献度)

- ・ 中間目標を設定している場合、中間目標を達成しているか。
- ・ 最終目標を達成する見込みはあるか。
- ・ 社会・経済への波及効果が期待できる場合、積極的に評価する。

本評価報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

2022年10月

部長 森嶋 誠治
担当 伊藤 正昭

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミューザ川崎セントラルタワー20F
TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162