

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術／石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発／微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

事後評価報告書

表紙

平成27年2月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成27年2月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 古川 一夫 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術／石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発／微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

事後評価報告書

平成27年2月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 評点結果	1-17
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 分科会議事録	参考資料 2-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術／石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発／微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」の事後評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき、研究評価委員会において設置された「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術／石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発／微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」(事後評価)研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第41回研究評価委員会(平成27年2月20日)に諮り、確定されたものである。

平成27年2月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭
 火力基盤技術／石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法
 の開発／微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロ
 セスにおけるプラント内挙動の解明」

事後評価分科会委員名簿

(平成26年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	かみや ひでひろ 神谷 秀博	東京農工大学 大学院工学研究院 生物システム応 用科学府 教授
分科会長 代理	にのみや よしひこ 二宮 善彦	中部大学 工学部 応用化学科 教授
委員	いたや よしのり 板谷 義紀	岐阜大学 工学部 機械システム工学科 教授
	くわばら たかし 桑原 隆	東京電力株式会社 技術開発センター 機械システ ム技術グループ 主管研究員
	むらかみ きよあき 村上 清明	株式会社 三菱総合研究所 研究理事
	よしいえ りょう 義家 亮	名古屋大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻 准教授

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成26年9月29日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
6. プロジェクトの詳細説明

非公開セッション

7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

● 第41回研究評価委員会（平成27年2月20日）

評価概要

1. 総論

1. 1 総合評価

一企業で実施することが困難であるコールバンク及び関連するデータベースの拡充、充実や計測方法の標準化、ISO、JIS化は、国として産官学が連携し一体となって実施すべき事業であり、NEDOが積極的に関与したことが高く評価される。

燃料中やプロセス中の微量成分分析に関する規格化（JIS化・ISO化）といった明確な目標を共有し、それらを達成しており十分な成果が得られたものとする。国際規格化のプロセス、交渉ノウハウ、人的ネットワーク情報も含めて文書化されたことも評価できる。

ただし、分析方法の開発過程においてその方法に対する信頼性の付与が不足している。方法の適用できる石炭の範囲、測定に使用する機器等の性能や機能が明確にされていない部分があり、分析法の実用化に向けて明確に規定すべきである。また、微量元素データや石炭素性に関する情報を開示できるようにして頂きたい。

コールバンクについては、一層の充実・運用を継続して行くことが望まれる。そのためには石炭ユーザーや研究開発者への利便性をどのように担保するかも含めて、運用および社会的役割をさらに明確にしていく必要がある。また、成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、積極的な論文投稿および各種雑誌への解説記事等の寄稿を通じて、成果を発信して頂きたい。

1. 2 今後に対する提言

ここで開発された分析手法に基づいて、次のステップとして新たな分析技術の開発または分析対象の抽出、さらにはこれまで開発された種々の微量成分分析手法を環境保全技術開発に反映させて、新たな排出規制の設定に繋げるためのロードマップの策定が望まれる。

コールバンク内のデータベースおよび試料が高い質を保ったまま維持管理される必要がある。今後、その体制が整備されることを期待したい。なお、データベース事業は、インフラとして公的資金を投入する部分と、受益者が負担する部分を明確にして安定的な事業継続の仕組みを確立されたい。

ISOでのわが国の発言力増加に引き続き取り組むとともに、データベースのようなインフラを世界に公開すること、日本が提案して国際的な共同研究を行うことなどを通じて、CCTで世界のリーダー的なポジションを確保することも検討に値する。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

石炭の利用は今後も拡大することが見込まれ、国策としてその基盤技術を整備することは重要であり、また公共性が高いためNEDOの関与が必要である。微量成分放出の管理と制御の要請は今後益々増加すると予測され、本事業の意義と価値もまた高まるものと考えられる。

コールバンク、データベース、測定法の ISO 化は、NEDO、国の事業として実施しないと民間企業が単独で実施できるものでない。我が国の CCT の先端的技術の優位性を維持するためには、世界各国の石炭のコレクションとデータベース化、さらには微量成分の分析手法の確立は共通性の高い技術として不可欠となる。ただし、気相中の微量成分としてホウ素とセレンの 2 元素に絞り込んだ必然性のさらに詳しい説明が必要である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

コールバンクの拡充と整備、微量成分分析手法の JIS 化、ISO 化という明確な目標を設定していた。なお、本事業のような基盤技術の研究開発事業の中では次のステップへの展開に直接繋がる研究内容や実施課題を追加するなど、一部計画変更等のフレキシビリティが望まれる。

産官学の連携体制が有機的に構築されている。ただし、データベース拡充と分析技術開発に必要な、統計的な解析の実施体制が不十分だったと思われる。研究基盤整備（データベース）、国際規格化がメインであったので、リーダーは大学教員よりも事業サイドの人材が担う、あるいは強力に支える体制を作る、また、分析手法の規格化を目標としていることもあり、分析機器メーカーとも連携も検討すべきだったのではないかなど、より理想的な体制構築の可能性はあったかと思われる。

上記の考慮すべき点はあったが、成果の実用化につなげる標準化戦略の下で、妥当なマネジメントが実施されたことが成果につながったと評価できる。また、中間評価での指摘に基づいて、適切な体制、実施計画の変更も速やかに行われていたと思われる。

2. 3 研究開発成果について

全体的に、研究計画の目標は達成されており、良好な成果を収めている。コールバンクについては計画通り 18 種類が拡充され、データベース化も行われている。ホウ素、セレンの計測法は新規性、正確性の高い手法となっており、排ガス中のホウ素、セレンの灰への固定化挙動等も解明され排ガス処理および環境保全に貢献する知見が得られている。

石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定のための活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化を実施しており、規格化に向けた活動はほぼ目標を達成したと評価される。

ただし、分析データの結果及び解析手法の記述が不足しているものが多く、既存方式に対する優位性を体系的に説明できていない。また、第三者機関が分析仕様書（マニュアル）により分析を実施して所定の精度が得られるまでの結果には達していない。

規格化を推進する上で、分析手法の優位性、革新性、信頼性を国際的に広く周知する手段のひとつである学術論文への投稿や対外発表が、7 年間の事業にしては少なかった点が惜しまれる。

2. 4 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

コールバンクについては収集石炭数が 118 炭種に達成し、研究機関などからの要請に応

じて配布や情報公開活動を実施している。成果である分析データも、信頼区間の信頼度と測定回数も付記して、データベースに反映すべきである。

データベース利用の有償化などの形で長期的な維持戦略も検討されているが、今後の運営や情報発信の見通しが曖昧である。コールバンクの拡充、管理、データベース化、情報提供等の持続可能な継続が強く望まれる。その際、日本が CCT の研究分野でリーダーシップを発揮するために、オープンな環境を提示することが重要である。

ホウ素分析の ISO 化は実現できていないが、我が国の世界に先駆けた環境技術の高さを示すものであり、規格化へ向けたアピールの継続が望まれる。

研究評価委員会におけるコメント

第41回研究評価委員会（平成27年2月20日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- プロジェクト全体の成果であるクリーンな石炭火力発電を、国際的に広めて、環境問題の解決に貢献していくことが求められる。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	技術ジャーナリスト
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	独立行政法人産業技術総合研究所 つくばイノベーション アーリーナ推進本部 共用施設調整室 招聘研究員
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院 招聘研究員 公立大学法人大阪府立大学 名誉教授
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 副所長／教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 附属医療 福祉工学開発評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	国立大学法人大阪大学 産学連携本部 名誉教授／特任 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
	吉川 典彦	国立大学法人名古屋大学 大学院工学研究科 マイク ロ・ナノシステム工学専攻 教授

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. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1. 1. 1 総合評価

一企業で実施することが困難であるコールバンク及び関連するデータベースの拡充、充実や計測方法の標準化、ISO、JIS 化は、国として産官学が連携し一体となって実施すべき事業であり、NEDO が積極的に関与したことが高く評価される。

燃料中やプロセス中の微量成分分析に関する規格化（JIS 化・ISO 化）といった明確な目標を共有し、それらを達成しており十分な成果が得られたものとする。国際規格化のプロセス、交渉ノウハウ、人的ネットワーク情報も含めて文書化されたことも評価できる。

ただし、分析方法の開発過程においてその方法に対する信頼性の付与が不足している。方法の適用できる石炭の範囲、測定に使用する機器等の性能や機能が明確にされていない部分があり、分析法の実用化に向けて明確に規定すべきである。また、微量元素データや石炭素性に関する情報を開示できるようにして頂きたい。

コールバンクについては、一層の充実・運用を継続して行くことが望まれる。そのためには石炭ユーザーや研究開発者への利便性をどのように担保するかも含めて、運用および社会的役割をさらに明確にしていく必要がある。また、成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、積極的な論文投稿および各種雑誌への解説記事等の寄稿を通じて、成果を発信して頂きたい。

〈肯定的意見〉

- ・ 一企業で実施することが困難である、コールバンクや関連するデータベースの拡充、充実や計測方法の標準化、ISO、JIS 化は、国として産官学が連携し一体となって実施すべき事業であり、ISO 化、JIS 化の目途をつけ実際の計測データを蓄積したことは高く評価しうる。こうした事業こそ、国として行うのにふさわしい事業であり、当初掲げた成果を十分達成していると考えられる。
- ・ コールバンクの維持、管理、拡充や分析手法の開発は地道な努力が要求され、NEDO が関与する事業として意義は十分あると判断される。
- ・ 海外炭に依存する我が国においては、海外炭のコールバンクおよびデータベース、および石炭の基礎物性や燃焼・ガス化・熱分解などの物性データベースを整備することは重要であり、NEDO が積極的に関与したことが高く評価される。
- ・ 環境汚染物質としての微量成分は、法規制ひとつで石炭火力プラント排ガス処理設備の設計指針を大きく変える影響力を持つ。したがって、その分析、モニタリング、管理のための技術開発は、長期的視野にもとづく国家的な戦略に沿って行われるべきである。これに対して、本事業は産官学の協力体制のもと、燃料中やプロセス中の微量成分分析に関する規格化（JIS 化・ISO 化）といった明確な目標を共有し、それらを達成しており、十分な成果が得られたものとする。
- ・ 石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定・活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化など、標準

化戦略が明確に実施されたことは高く評価される。

- ・ 気相中での挙動が複雑なホウ素、セレンの分析手法を確立し、石炭燃焼プラントからの排ガスに対して適用してその挙動を把握することにより対策技術の開発に貢献している成果を得ている。さらに、主要なターゲットであるそれら分析手法の ISO 化および JIS 化についても、一部国際情勢の都合で ISO 化に至らなかったものの、規格化への見込みを付けることができたのは大きな成果である。ホウ素の分析手法の ISO 化に対して国際的な認識が低いということは、逆に日本の環境に対する先進性を示すものとも言える。以上のことから、全体としては概ね研究開発目標を達成していると判断できる。
- ・ 国内の石炭研究、利用技術開発を支えるための基盤となる基礎データの提供を持続的に支える事業として重要である。また、分析手法の開発についても規格化あるいはそれに近い形になっており、全体としては目標を達成していると評価される。
- ・ 国際規格化は、本件に限らずいろいろな分野で必要となる。本件の経験を以後に活かせるようにすべき。そうした観点から、プロセス、交渉ノウハウ、人的ネットワーク情報も含めて文書化された。
- ・ コールバンクの充実およびハンドリングが容易かつ信頼性の高い分析手法の確立は重要な課題であり、両者を複合させた研究開発計画は妥当である。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 分析方法の開発過程においてその方法に対する信頼性の付与が不足している。広く社会に普及させることを目的とする分析方法や試験方法の開発には、方法の妥当性を示すための統計的解析が同時並行で実施されるべきである。また、その方法の適用できる石炭の範囲、測定に使用する機器等の性能や機能が明確にされていない部分があり、実用化に向けて明確に規定すべきである。
- ・ プロジェクト終了時点で微量元素データが公開されておらず、公共財として知的基盤を供給が実施されていない。早急な公開を強く望む。
- ・ データベースを使用する際に様々な目的が考えられ、その目的によって選定する炭種が決まってくるが、炭種については産炭国のみでその素性に関する情報が少なく利用方法が限定されてしまう。石炭性状と燃焼やガス化に係わる特性値との関係や特性値そのものに注目している場合は炭種に関する情報は不要であるが、炭種と性状・特性値との関係を求めたい場合は産炭国のみでは役に立たない。何らかの形で素性に関する情報をある程度開示できるようにして頂きたい。
- ・ 本事業では分析対象をホウ素とセレンに絞って確実かつ精度の高い分析手法を確立することを目的として十分な成果を挙げている点で評価できるが、ホウ素、セレンの必然性に関して専門外でもわかりやすい説明がやや希薄である。
- ・ 7年間の事業にしては研究開発内容がかなり限定的であり、本成果を踏まえて分析技術またはその応用に関するロードマップが示されると、次ステップへの展開に繋がったのではないかと考えられる。

- ・ 知的財産権等の獲得を意図していない本プロジェクトにおいては、成果の普及活動が重視されるべきである。現時点では査読学术论文が2報しかなく、成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を発信しているとは言いがたい。今後、学术论文を通じて、成果の発信を強く望む。
- ・ 全般に成果の幅広い公開という観点から、今後もこれらの成果の積極的な論文投稿および各種雑誌への解説記事等の寄稿に務めて頂きたい。

〈その他の意見〉

- ・ コールバンクについては、その拡充が今後も高いニーズを有していると思われ、本事業終了後も一層の充実・運用を継続して行くことが強く望まれる。そのためには石炭ユーザーや研究開発者への利便性をどのように担保するかも含めて、運用および社会的役割をさらに明確にして、納得ができる提案が必要不可欠となる。しかし、本事業の成果および展望の中でそのような提案がやや希薄であり、積極的な次ステップへの展望または継続的な予算化を目指した検討が期待される。
- ・ 7年間の成果の中に分析方法開発とそれを使ったデータベース蓄積と燃焼における挙動解明の実施内容があり、どちらに主眼をおいているのか曖昧な印象を受ける。分析方法やデータベースについては、規格化や既存データベースへの追加で実用化が考えられるが、挙動解明の結果については、今後どのように実用化に結びつけるかがはっきりしていない。
- ・ コールバンクおよびAIST法に関して、それらが本事業の中で一通り確立した後においてユーザーの視点に立ったそれらの継続と普及のための作業が若干不足しているように思う。
- ・ 各機関の連携関係を具体的にはっきり示す方が、相互協力関係に関し理解を得る上で重要と思われる。

1. 1. 2 今後に対する提言

ここで開発された分析手法に基づいて、次のステップとして新たな分析技術の開発または分析対象の抽出、さらにはこれまで開発された種々の微量成分分析手法を環境保全技術開発に反映させて、新たな排出規制の設定に繋げるためのロードマップの策定が望まれる。

コールバンク内のデータベースおよび試料が高い質を保ったまま維持管理される必要があり、今後、その体制が整備されることを期待したい。なお、データベース事業は、インフラとして公的資金を投入する部分と、受益者が負担する部分を明確にして安定的な事業継続の仕組みを確立されたい。

ISO でのわが国の発言力増加に引き続き取り組むとともに、データベースのようなインフラを世界に公開すること、日本が提案して国際的な共同研究を行うことなどを通じて、CCT で世界のリーダー的なポジションを確保することも検討に値する。

〈今後に対する提言〉

- ・ 本事業の主要な研究開発は規格化という明確な開発目標のため、各研究開発項目でそれに特化した研究が実施されている。しかし、次ステップへ繋がる提案があまり明確にされていない。規格化の完遂までフローアップは不可欠であるが、ここで開発された分析手法に基づき、次ステップとして新たな分析技術の開発または分析対象の抽出、さらにはこれまで開発された種々の微量成分分析手法を環境技術開発に反映させて、新たな排出規制に繋げるためのロードマップの策定が望まれる。また、日本初の ISO として、我が国のメーカーから自動化された分析器の市販を支援する体制も必要である。一方、コールバンクについては、持続可能な枠組みの整備および利便性を高めた運用が期待される。
- ・ 海外炭のコールバンクおよびデータベースを整備、維持および拡充は重要と考えるが、現時点では引き続き維持する道筋が明確になっておらず、NEDO を中心に是非、恒久的な制度化をお願いしたい。なお、コールバンクでは認証された分析値を有する石炭を学術機関や研究機関に提供することが重要である。そのためには整備、維持拡充費とともに分析費なども確保し、認証値を有する石炭の拡充に努めてほしい。
- ・ コールバンクについては、国内の石炭研究者が率先して、今後その価値を高めていくべきものである。しかし、その前提としてコールバンク内のデータベースおよび試料が高い質を保ったまま維持管理される必要があり、今後その体制が整備されることを期待したい。
- ・ コールバンクや関連するデータベースは、物的な支援とともに、人的資源の継続的なサポートが不可欠である。産総研などの国の機関に、継続性のある人的なサポート、科学的素養のある人材の継続的なケア体制の確立が必要と思われる。継続が力、と思われる。
- ・ データベース事業は、今後どうするのかを提示する必要がある。インフラとして公的資金を投入する部分と受益者が負担する部分を明確にして事業継続の仕組みを確立

されたい。

- データベースの蓄積に関しては、活用を促進するようなPR活動をしていくことが望ましい。ユーザーによって必要とする情報の種類や質が異なると思われるのでどのような情報を必要としているかを把握し、できうる限り対応すべきである。また、情報の質、ユーザーの要望によっては、有料かつ格差をもって提供することも考えるべきである。
- 我が国のエネルギー安全保障の観点から CCT の位置付けは近年益々高まっており、一層の新たなエネルギー技術戦略マップを描くことが要求される。しかし、CCT に関して実施されている現行事業は限定されており、本事業の後継となる次世代型 CCT シーズ発掘ならびに基盤研究がほぼ皆無となる。このような現状から、早急な CCT 基盤研究の計画立案および実施が望まれる。
- 石炭利用の方向が低品位化に更に進んだ場合は、現在の排出規制されているホウ素やセレンの含有量は、多くなる傾向にあると考えられるのでこれらの除去・低減技術についても開発の視野に入れて頂きたい。
- AIST 法については規格化完了を最終目標と見なさず、今後広範囲の炭種の分析需要に対応できるような継続的なアップデートを期待したい。それらの結果が内外の学会等に対して公開されることによって、その普及と認知度の向上につながると考える。
- ISO などの国際的な標準化事業は、産官学が一体となった取組が必要で、ドイツはこの点で、三者の連携が明確であり、わが国に比べ、組織的に対応が取れており、人材も継続的に育成している。NEDO などが中心になって、ドイツの仕組みを学び、体制を作り、ISO など国際的な合意形成に取り組める国際的なコーディネーターの育成が必要と思われる。また、ISO では、米国、カナダ、日本は各 1 票であり、欧州が連携されると、どうしても数の力で負けるケースが多い。アジア地域は近年 ISO に関心を持っているが、現状では中国、韓国以外は ISO に参加する力量がないのが現状である。特に東南アジア諸国との連携によりアジア票をまとめ、欧州に対抗するような戦略も必要と思われる。この点、欧州はドイツを中心に相談ができる連携があり、アジア域でわが国がドイツのような役割を果たすことが求められているように思われる。ホウ素が NWI に採択されなかったのも欧州各国が興味を持たなかったためで、必要票数が不足した。アジア諸国の連携が得られれば、ISO でのわが国の発言力増加は可能と思われる。
- 日本が CCT で世界のリーダー的なポジションを取ることを意図するのであれば、ISO だけでなくデータベースのようなインフラを世界に公開すること、他国と競争するだけでなく日本が提案して共同研究（共創）をするようなことも重要である。
- 石炭中微量成分の分析方法については JIS 規格化を早いうちに確実に進めてほしい。

1. 2 各論

1. 2. 1 事業の位置付け・必要性について

石炭の利用は今後も拡大することが見込まれ、国策としてその基盤技術を整備することは重要であり、また公共性が高いため NEDO の関与が必要である。微量成分放出の管理と制御の要請は今後益々増加すると予測され、本事業の意義と価値もまた高まるものと考えられる。

コールバンク、データベース、測定法の ISO 化は、NEDO、国の事業として実施しないと民間企業が単独で実施できるものでない。我が国の CCT の先端的技術の優位性を維持するためには、世界各国の石炭のコレクションとデータベース化、さらには微量成分の分析手法の確立は共通性の高い技術として不可欠となる。ただし、気相中の微量成分としてホウ素とセレンの 2 元素に絞り込んだ必然性のさらに詳しい説明が必要である。

〈肯定的意見〉

- ・ 海外炭に依存する我が国においては、海外炭のコールバンクおよびデータベース、石炭の基礎物性や燃焼・ガス化・熱分解などの物性データベースを整備することは、今後の石炭利用技術開発において重要であり、公共性が高いことにより NEDO の関与が必要である。
- ・ 石炭の利用は今後も拡大することが見込まれることから国策として基盤技術を整備することは重要であり、国内の研究機関や企業への普及と促進を推進する上で NEDO が関与する事業として妥当であると評価する。
- ・ 原子力などエネルギー政策、長期ビジョンの上で石炭の果たす戦略的意味は大きく、事業の目的として妥当であると思われる。
- ・ 発電プラントにおける燃料費削減のため低品位炭の利用が注目されており、微量成分放出の管理と制御の要請は今後ますます増していくと予想され、本事業の意義と価値もまた高まるものと考えられる。
- ・ 原発停止後の温暖化対策の後退について内外の批判はあるが、エネルギーの安定供給に関する世界情勢は不透明度を増しており、エネルギー安全保障上の石炭意義は失われていない。本研究は、基盤研究事業で地味ではあるが重要性は高い。また、継続性や収益性面で、民間企業の事業としては馴染まず、公的資金の投入の必要性が認められる。
- ・ 石炭の燃焼やガス化プロセスにおける微量成分の挙動を明らかにすることは、大気環境や生態系に重要であり、その基礎技術である分析手法の規格化や分析手法の開発は、公共性が高いことにより NEDO の関与が必要である。
- ・ 今回のコールバンク、データベース、測定法の ISO 化は、NEDO、国の事業として実施しないと民間企業が単独で実施できるものでないため極めて公共性が高く、またわが国の利益にも合致した適切なテーマと思われる。
- ・ コールバンクの維持、管理、拡充および分析困難な微量元素の分析手法の開発は地道な努力が要求され、経済性等の観点から民間での開発はほとんど期待できない。しか

し、我が国の CCT の先端的技術の優位性を維持するためには、世界各国の石炭のコレクションとデータベース化さらには微量成分の分析手法の確立は共通性の高い技術として不可欠となる。このような観点から、NEDO が関与する事業として意義は十分であると判断される。

- ・ 微量成分対策の技術開発に一研究者や一企業の持つ知見を持って単独で対応するには限界があり、NEDO によって企画運営される産官学の協力事業はきわめて重要である。
- ・ 主な事業目的である分析手法の規格化は、確立されていない微量成分分析技術の研究開発として、ひとつの明確な目標およびアウトカムであり、国際的優位性を図る上でも妥当な事業である。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 微量成分の挙動解明については、実用化の目標がどのレベルにあるのかがはっきり見えない。この結果を今後どのように利用していくか展開を考えるべきである。
- ・ 気相中の微量成分として挙動が十分明らかにされていないホウ素とセレンの2元素に絞り込み、日本独自の革新的分析手法の開発と国際的な規格化に対して十分な成果を挙げるべく専念する実施計画は妥当であるが、この2元素を選定した必然性を専門外にもよくわかるように、環境保全および医学的観点からさらに詳しい説明が必要である。
- ・ ホウ素の測定法は新規性もあり、わが国の独自性、先見性もあると思われるが、各国の理解を得られなかったことの要因として、ISO 化すべき測定方法の必要性について事前に詰めるための国際的なロビー活動や国際会議等での根回しなども必要であったかと思われる。
- ・ 国内の排水規制からの要請があることを前提にしても、事業の後半がホウ素とセレンの分析や挙動評価に偏った理由がやや曖昧である。多種多様な有害微量元素におけるホウ素およびセレンの位置づけや、それらの分析の技術的・戦略的意義、あるいは本事業の成果が与える他の元素の分析に対する影響や応用展開等について、後継の研究開発の足掛りとなるメッセージを残して欲しい。

1. 2. 2 研究開発マネジメントについて

コールバンクの拡充と整備、微量成分分析手法の JIS 化、ISO 化という明確な目標を設定していた。なお、本事業のような基盤技術の研究開発事業の中では次のステップへの展開に直接繋がる研究内容や実施課題を追加するなど、一部計画変更等のフレキシビリティが望まれる。

産官学の連携体制が有機的に構築されている。ただし、データベース拡充と分析技術開発に必要な、統計的な解析の実施体制が不十分だったと思われる。研究基盤整備（データベース）、国際規格化がメインであったので、リーダーは大学教員よりも事業サイドの人材が担う、あるいは強力に支える体制を作る、また、分析手法の規格化を目標としていることもあり、分析機器メーカーとも連携も検討すべきだったのではないかと等、より理想的な体制構築の可能性はあったかと思われる。

上記の考慮すべき点はあったが、成果の実用化につなげる標準化戦略の下で、妥当なマネジメントが実施されたことが成果につながったと評価できる。また、中間評価での指摘に基づいて、適切な体制、実施計画の変更も速やかに行われていたと思われる。

(1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ コールバンクの拡大目標の設定、低品位炭への対応、ISO 化、JIS 化の戦略など、具体的な戦略目標は立てられていたと思われる。
- ・ 分析手法の開発では明確な目標設定が困難であることが多いが、本事業では ISO と JIS の規格化という明確な目標を設定して、そのための研究開発体制が構成されている。
- ・ 微量成分の分析方法については規格化が目標になっており、妥当な目標設定といえる。また、データベースの拡充についても測定項目、炭種数を決めて実施しており、妥当な目標設定になっている。
- ・ 目標設定は適切であり、スケジュール管理も良好である。
- ・ コールバンクの拡充と整備、微量成分分析手法の JIS 化、ISO 化という明確な目標を設定し、それをほぼ達成（見直しを含む）している。

(2) 研究開発計画の妥当性

〈その他の意見〉

- ・ 本事業開始以降、我が国のエネルギー技術戦略の大幅な見直しが要求され、情勢の変化にも対応していく上では、本事業のような基盤技術の研究開発事業の中で次ステップへの展開に直接繋がる内容へ一部計画変更または実施課題の追加等のフレキシビリティが望まれる。すなわち、本事業の当初計画は分析手法の開発が中心であることから、エネルギー情勢の変化に対して敢えて計画見直しの必要性はないと思われるが、中長期的視野に立った CCT の基盤技術開発の方向性を検討して、次ステップに速やかに移行できる体制作りを目指した調査研究を加えるなど、計画の融通性を可能

にする規制緩和が必要であろう。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 事業体制としても、産官学の連携体制が有機的に構築されている。
- ・ 石炭燃焼プラントでの挙動調査ではプラントの事業者が参画して、系統的な研究開発が実施されており、マネジメントは概ね良好と判断される。
- ・ 研究は4つのパートより構成されるが、パート間で連携をとって実施されている。
- ・ 事業の分担は、産官学におけるそれぞれの実施者間で適切に行われている。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 本研究のメインは、研究基盤整備（データベース）、国際規格化であり、アカデミックな研究ではない。研究リーダーは、大学よりも事業サイドの人材が適しているようにも思われる。もし、そうした人材がいないのであれば、育成の努力が必要ではないか。
- ・ 大学教授によるプロジェクトリーダーの指揮の下で、分析手法の開発を目的とした基礎研究にもかかわらず、事業実施者に大学が H23 まで参画していない当初実施体制にはやや疑問がある。
- ・ 研究開発体制の中で、産業界から参加している2者間の実施内容が全く同一の記載で役割分担が明確でなく、各位置付けを明示するべきである。
- ・ データベース拡充と分析技術開発には、統計的な解析が必要であり、一部実施されている部分もあるが規格化といった信頼性が重視される部分ではこの解析が不十分である。依頼者が実施内容に明確に記載し、それが可能な体制あるいは実施者が能力を有しているかを確認して開発を進めるべきである。
- ・ 基礎的観点から分析手法の開発を推進するためには本事業体制で十分なのかもしれないが、分析手法の規格化を目標としていることもあり分析機器メーカーとも連携することができるならば、ある程度自動化された日本製の標準機器として事業化するための技術移転を速やかに行うことのできたのではないかと思われる。ただし、知的財産の取り扱いには慎重を要するであろう。
- ・

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 成果の実用化につなげる標準化戦略が明確になっている。
- ・ ISO 化についても、適切な外部機関への外注、連携も行われている。
- ・ 石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定・活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化を実施できたことは高く評価される。

(5) 情勢変化への対応

〈肯定的意見〉

- ・ 中間評価での指摘に基づいて、適切な体制、実施計画の変更も速やかに行われていたと思われる。

1. 2. 3 研究開発成果について

全体的に、研究計画の目標は達成されており、良好な成果を収めている。コールバンクについては計画通り 18 種類が拡充され、データベース化も行われている。ホウ素、セレンの計測法は新規性、正確性の高い手法となっており、排ガス中のホウ素、セレンの灰への固定化挙動等も解明され排ガス処理および環境保全に貢献する知見が得られている。

石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定のための活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化を実施しており、規格化に向けた活動はほぼ目標を達成したと評価される。

ただし、分析データの結果及び解析手法の記述が不足しているものが多く、既存方式に対する優位性を体系的に説明できていない。また、第三者機関が分析仕様書（マニュアル）により分析を実施して所定の精度が得られるまでの結果には達していない。

規格化を推進する上で、分析手法の優位性、革新性、信頼性を国際的に広く周知する手段のひとつである学術論文への投稿や对外発表が、7 年間の事業には少なかった点が惜しまれる。

(1) 目標の達成度と成果の意義

〈肯定的意見〉

- 全体的に、研究計画の目標は達成されており、良好な成果を収めている。データベースは世界でもユニークなものであり、研究基盤として価値が高い。
- コールバンクの 118 炭種全炭種について微量元素分析を実施したことは、大きな成果として評価できる。一部データには、信頼性が付与されているようであり、分析精度の検証にも使えるデータとなっていて分析値としての価値が高いと評価できる。
- コールバンクについては計画通り 18 種類が拡充され、データベース化も行われている。
- 標準試料を供給するシステムの処理手順、保管方法が詳細に報告書に記載されており、品質維持に対する信頼性が確保されている。
- AIST 法の確立、微量成分分析に関する規格化（JIS 化、ISO 化）は、本事業において「実用化」の定義に含まれており、これらを十分に達成している。
- ホウ素、セレンの計測法は新規の方法であり、測定にあたり課題を明確に抽出し技術的にその課題の解決ができたことから、正確な計測法を提案できたと思われる。
- 石炭燃焼試験炉を使用して排ガス中のホウ素、セレンを測定し、プラント内の挙動に及ぼす影響因子を明らかにした点が評価できる。
- フッ酸を使用しない酸処理はハンドリングが飛躍的に簡便となり、その分析の信頼性も実証された点で評価できる。気相中のホウ素、セレンの分析については、ガスサンプリング配管中への残留挙動が明らかにされ、ほぼ 100%の回収率に成功している。石炭燃焼プラント排ガス中のホウ素、セレン挙動については、灰への固定化挙動が解明され、排ガス処理および環境保全に貢献する知見が得られている。以上の成果は、研究開発目標を達成している。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ コールバンクの拡充のために比較的要望の高い 18 種の石炭が追加されているが、選定根拠が曖昧であり今後さらなる拡充のためにはある程度の方向性を検討して明示しておくことが望まれる。
- ・ データベース、微量成分の分析方法開発、燃焼時の挙動解明のそれぞれの項目にどれくらいの予算が振り分けられているのか分からないが、7 年間という期間とかけた費用に対しての成果としては報告書の内容が希薄な印象を受ける。
- ・ 従来から利用されていたマイクロ波加熱でもフッ酸による酸処理が必須であったにもかかわらず、本事業で開発された AIST 法ではフッ酸が不要となる理由について説得性のある説明が示されていない。標準化だけであれば処理操作手順だけを明記することで十分かもしれないが、基礎的観点からは少なくともマイクロ波支援効果の有無について明確にしておくことも重要と思われる。
- ・ 分析データを解析した結果が分析方法の開発にどのように適用されたかその過程が記述されておらず、方法の決定が曖昧な印象を受ける。例えば Hg の測定値にバラツキがあるから Hg が偏在することを指摘している。これはサンプリング誤差を指摘していることになるが、本来であれば、測定値には測定誤差も含まれていることになるのでこれとの検定を行ってサンプリング誤差の有意差を確認すべきである。その上でサンプリング誤差を小さくするような前処理を入れた場合とそうでない場合の測定値の有意差を確認するといった手順を踏むべきである。追加処理前後の測定値と相対標準偏差を求めているが、求めた結果をどう解釈するかが重要で統計量を求めるだけでは意味がない。追加前処理でバラツキが明らかに小さくなったということであれば、それを前処理方法として取り入れるべきであるが、どう反映されたのかその記載がない。結果・解析をもとに検討したことから次のアクションに繋がっていない部分が報告書に多々ある。
- ・ 認証値と開発した分析方法での測定値の比較をしているが、認証値の区間表示と測定値の精度表示が統一されていないものが見受けられる。
- ・ 分析手法は、既存の方式に対する優位性を体系的に説明する必要がある。評価基準(例えば、精度、バラつき、コスト、適用範囲、安全性、簡便性・・・)を明確にし、それぞれについてできるだけ定量的に比較を行い、それを踏まえて、全体として比較するというプロセスが必要。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

〈肯定的意見〉

- ・ 計測法の確立に基づいて、手法の ISO、JIS 化へも研究成果が明確に反映されている。
- ・ 石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定のための活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化を実施しており、規格化に向けた活動はほぼ目標を達成したと評価される。
- ・ 石炭中微量成分の分析およびホウ素とセレンの分析手法も確立され、計画通り規格化

への活動が実施されて、一部については ISO 化と JIS 化がほぼ完了する見込みに至っている。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 複数の分析機関や分析方法によるクロスチェックが必要との指摘が自主中間評価であったが、内輪の実施機関のみで実施され、第三者機関による分析のクロスチェックが実施されなかった。第三者機関が分析仕様書（マニュアル）により分析を実施して所定の精度が得られることが標準化／規格化であり、実際に活用できる分析手法である。この意味で目標を達成できたとは言いがたい。

(3) 成果の普及

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 論文等の対外的発表について、特にホウ素についてはもっと精力的に行い海外各国の認知を深めてから NWI 投票を実施するなど、ISO 化に向けた戦略、戦術を立てる必要があったかと思われる。論文執筆などの成果公表については、関連する分野の大学等との連携が必要であったかとも思われる。
- ・ 知的財産権等の獲得を意図していない本プロジェクトにおいては、成果の普及活動が重視されるべきである。現時点では査読学術論文が 2 報しかなく、成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を発信しているとは言いがたい。今後、学術論文を通じて、成果の発信が強く望まれる。
- ・ 公開された論文数はやや少ない。仮に AIST 法の JIS 化が完了した後であっても、分析手法の検証や広範囲な炭種への適応性評価などは、本事業の内でも学術的にも十分価値のあるテーマになりうる。AIST 法の普及や認知度向上のためにも、その「アフターケア」が継続的に行われることを期待する。
- ・ 規格化を推進する上で、分析手法の優位性、革新性、信頼性を国際的に広く周知する手段のひとつである学術論文への投稿や対外発表が、7 年間の事業にしては少ない。
- ・ 論文などの公表については、戦略的に取り組むべきであったかと思われる。特に計測法については、プロジェクト開始前に論文文化はされていたが、継続的に新規方法について公表や国際会議等での発表を行うべきと思われる。
- ・ 対外的な成果発表については、ISO 化および JIS 化に向けた規格化活動で多忙を極めたと思われるが、7 年間の事業にしては学術論文数が少なく、国際的な認知を得るうえで積極的な投稿が必要である。

〈その他の意見〉

- ・ 分析手法の国際標準化が主目的の本事業では知的財産の取得はそぐわないが、成果に基づき国内メーカーによる標準的な分析機器の開発および事業化を優先的に担保する配慮が必要であろう。

1. 2. 4 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

コールバンクについては収集石炭数が 118 炭種に達成し、研究機関などからの要請に応じて配布や情報公開活動を実施している。成果である分析データも、信頼区間の信頼度と測定回数も付記して、データベースに反映すべきである。

データベース利用の有償化などの形で長期的な維持戦略も検討されているが、今後の運営や情報発信の見通しが曖昧である。コールバンクの拡充、管理、データベース化、情報提供等の持続可能な継続が強く望まれる。その際、日本が CCT の研究分野でリーダーシップを発揮するために、オープンな環境を提示することが重要である。

ホウ素分析の ISO 化は実現できていないが、我が国の世界に先駆けた環境技術の高さを示すものであり、規格化へ向けたアピールの継続が望まれる。

〈肯定的意見〉

- ・ コールバンクやそれに関連したデータベースなど目的とした知的基盤構築は達成されている。また、有償化などの形で長期的な維持戦略も検討されている。
- ・ コールバンクについては収集石炭数が 118 炭種に達成し、研究機関などからの要請に応じて配布や情報公開活動を実施している。
- ・ 目標数の炭種を採取・分析しており、コールデータバンクでの公開を行うことになっていることから実用化の目処は立っていると評価できる。
- ・ セレンについて ISO 化の見通しが立っており、ホウ素の JIS 化と、標準化については当初の目的を超過達成していると思われる。
- ・ 石炭中微量成分の分析手法に関しては ISO および JIS 化の策定のための活動、ガス状セレンの分析手法の ISO および JIS 化の完了見込み、ガス状ホウ素の JIS 化を実施できている。
- ・ 国際的な認識が低い現状ではガス状ホウ素の ISO 化は当面困難であるものの、JIS 化は完了している。それ以外の各分析手法でも、ISO 化および JIS 化に向けた活動が開始されており、石炭中微量成分の分析手法は ISO ガイダンスに制定、JIS 規格案作成準備段階にあり、ともに順調に進んでいる。ガス状セレンについては、今年度末から来年度には ISO 化と JIS 化が完了する見込みである。以上のことから、全般に概ね規格化の見込みはほぼ付いたと評価される。
- ・ 石炭中微量成分と気相中のホウ素、セレンの分析手法は日本発の標準方式として採用されることになり、本事業の成果の大きなアウトカムである。また、このような分析手法は、将来の環境規制の立案およびそれに対応する保全技術の開発に不可欠であり、民間企業等の成果は若手技術者が主担当として貢献していることから若手人材育成の面でも、その波及効果は高いといえる。
- ・ 石炭中の微量元素の分析方法の規格化については、ISO ガイダンスとして規定され、また、JIS 化の起案作成を行っていることからほぼ実用化の目処がたっていると評価できる。
- ・ 排ガス中の微量元素の分析方法については、元素によって若干時期が異なるものの JIS 化がほぼ完了あるいは見込みであり、実用化は充分達成していると評価できる。

- ・ 規格化に関しては道半ばではあるが、取得までの道筋が示されており規格化達成が期待できる。
- ・ JIS 化はもとより、ISO 化を目標とした対外的働きかけ（ISO/TC27 への提案等）も継続的に行われており、本事業の成果の実用化にむけた見通しはおおよそ明確である。

〈問題点・改善すべき点〉

- ・ 本事業の重要な成果の一つであるコールバンクに関して、その今後の運営や情報発信の見通しが曖昧であることは残念である。
- ・ 分析データがコールバンクデータベースに反映されていないので成果として早く、公開すべきである。また、公開に際しては、データに付与されている信頼区間の信頼度と測定回数を明記した方がよい。
- ・ プロジェクト終了時点で微量元素データが公開されておらず、公共財として知的基盤を供給できていない。早急な公開が強く望まれる。
- ・ 本成果の一般向け広報は、事後評価委員会が公開で実施されたことである程度は実施されていると見なすことができるが、事業グループによる積極的な活動は見受けられない。また、事業後の規格化についても引き続き活動が必要であり、規格化完了後も分析手法のブラッシュアップや技術伝承が必要であると想定されるが、その取り組み体制が明確にされていない。具体的なポストプロジェクトについて、検討して頂きたい。
- ・ ホウ素の ISO 化は国際的な認識に至っていないことから実現できていないが、我が国の世界に先駆けた環境技術の高さを示すものであり、規格化へ向けたアピールの継続が望まれる。

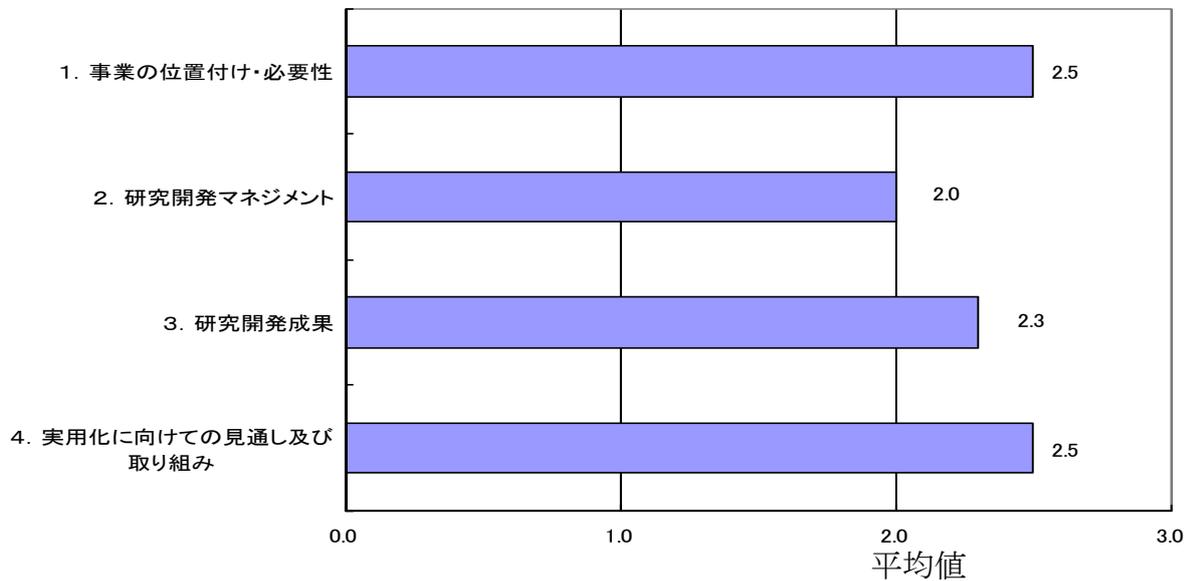
〈その他の意見〉

- ・ コールバンクは石炭を収集保存するのみではなく、その精度の高い認証分析値が必要である。今後も第三者機関を含めたラウンドロビテストなどにより、典型的な石炭の分析値（微量元素を含めて）の信頼性向上を望む。
- ・ 今後のコールバンクの維持管理については、本事業の実施者よりはむしろ NEDO のリーダーシップによって運営されるべきものとする。貴重な試料およびデータベースの蓄積を発展的に継続していただけるようお願い申し上げたい。
- ・ 海外炭のコールバンクおよびデータベースを整備、維持および拡充は重要と考えるが、現時点では引き続き研究開発を取り組むのか明確になっておらず、NEDO を中心に恒久的な制度化への道筋をつけてほしい。
- ・ 日本の CCT 発展のためには、コールバンクの拡充、管理、データベース化、情報提供等の持続可能な継続が強く望まれる。そのためにも公的機関化または AIST や石炭エネルギーセンター内での部門化等の設立に向けた検討も進めて頂きたい。
- ・ データバンク運営に係わる仕組みの効率化や費用の試算を行い、今後の継続的な運営が可能になるように検討して頂きたい。
- ・ コールバンク、及び関連するデータベースの持続的な維持と拡充ができる体制の構築、及び ISO、JIS 化した手法の測定装置として市販化する企業等との協力関係の構築も検討の余地があるように思われる。

- データベースは世界でユニークなものであるが、日本語でしか利用できないのは残念。日本が CCT の研究分野でリーダーシップを発揮するには、オープンな環境を提示することが重要。
- データベースの認知度が低い。認知度を上げ、利用を促進する努力が必要である。世界に公開し、CCT 研究のプラットフォームとすることも日本にとって重要である。研究基盤については、競争ではなく共創が大事であり、分析手法についても同じである。
- データベースの存在や分析方法の規格化に関する情報公開を Web 上で行うだけでなく、関連する学会やセミナー等の人を通じて積極的に発信していくことが望ましい。
- ISO について産環協のサポートによりかなり進んだと思われるが、ISO にはネゴシエーションが重要であり、それが可能な人材育成の戦略が本事業だけでなく必要と思われる。
- 本事業に直接関係しないが、人材育成や長期的な持続性が、こうした知的基盤整備、標準化事業には必要であり、米国の NIST のような機関の整備が重要と思われる。
- AIST 法は本事業の序盤においてほぼ確立しており、JIS 化の目処も立っているとはいえ、その分析適用範囲の明確化や今後のアップデートのための課題抽出など、AIST 法ユーザーの視点に立った検証作業はまだ残されているように思う。例えば、低品位炭の利用拡大といった背景に対応して、灰分含有量が数十%に達する高灰分炭等への分析適用可能性を精査することは今後不可欠と考える。

2. 評点結果

2. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	B	B	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.5	A	A	B	B	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.0	B	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.3	A	C	A	A	B	B
4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	2.5	A	B	B	B	A	A

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／
ゼロエミッション石炭火力基盤技術／
石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響
低減手法の開発／
微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ
蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部
-----	--------------------------------

—目次—

概要	2
プロジェクト用語集	7
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	8
1.1 NEDOが関与することの意義	8
1.2 実施の効果(費用対効果)	9
2. 事業の背景・目的・位置づけ	9
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標と内容	11
2. 研究開発の実施体制	13
3. 研究開発の運営管理	14
4. 情勢変化への対応	15
5. 中間評価結果への対応	16
6. 評価に関する事項	17
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の概要	18
2. 研究開発項目毎の成果	19
IV. 実用化、事業化の見通し	47
添付資料	
添付1 エネルギーイノベーションプログラム(抜粋)	
添付2 ゼロエミッション石炭火力 基本計画	

概要

	作成日	平成 26 年 9 月 9 日	
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト ゼロエミッション石炭火力基盤技術 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積	プロジェクト番号	P07021
担当推進部/担当者	環境部 担当者氏名 谷山 教幸 (26 年 9 月現在) 環境部 担当者氏名 岡島 重伸 (24 年 4 月～26 年 3 月) ※歴代の担当者を記入する 環境部 担当者氏名 坂中 哲 (23 年 4 月～24 年 3 月) 環境部 担当者氏名 平田 学 (21 年 7 月～23 年 3 月) 環境部 担当者氏名 只隈 祐輔 (19 年 4 月～21 年 6 月)		
0. 事業の概要	<p>我が国のクリーンコール技術の国際競争力強化を目指し、ゼロエミッション石炭火力の実現に向けた技術開発・調査研究を積極的に推進する必要がある。</p> <p>石炭を利用する際、NOx、SOx、煤塵、石炭灰、有害微量元素、地球温暖化ガスの排出抑制への対応が必要であり、これらの対策技術の開発は今後とも継続的に実施していかなければならない。本事業は、微量元素に着目し、以下の内容を実施する。</p> <p>①不活性雰囲気中で保管された 100 炭種のサンプルバンクとそれらの石炭のデータベースは、日本の CCT 研究開発に寄与してきたが、微量元素のデータがないため、これを加えコールバンクの拡充を図る。</p> <p>②石炭中微量元素分析に関わる規格がないため、マイルドな前処理を念頭に置いた分析方法を開発しその規格化を目指す。</p> <p>③ホウ素およびセレンは揮発性が高く系外への排出が懸念されるが、これらの排ガス中分析方法は規格がないかあっても精度が劣るため、まず分析方法を確立し、その規格化を目指す。</p> <p>④開発された排ガス中ホウ素およびセレンの分析方法を用い、石炭燃焼プラントで実測し、これらのガスの挙動モデルを検討する。</p> <p>⑤世界の石炭燃焼プラントから大気中に大量に排出されている水銀について、その対策方法や国連の規制動向に関する情報を収集する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>温室効果ガスの大幅削減等、エネルギーに関わる環境問題へ積極的に取り組む必要があるという認識のもと、NEDO エネルギー分野戦略マップ 2009 に沿った技術開発の推進と総合資源エネルギー調査会鉱業分科会クリーンコール部会で示された Cool Gen 計画（世界的に需要が拡大する石炭クリーン利用に関する技術開発の強力な推進）の着実な進展を図ることが必要となっている。</p> <p>エネルギーイノベーションプログラムは、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、その有効かつクリーンな利用を図ることを目的としている。また、石炭を環境に配慮して効率的に利用する技術である Clean Coal Technology (CCT)は、2006 年 5 月の「新・国家エネルギー戦略」において重要と位置付けられている。現在、世界をリードしている我が国の環境対策技術の優位性を保つとともに次世代の高効率利用技術の基盤となる技術シーズの発掘や、今後、世界的なエネルギー需要の増加に伴い良質の石炭資源の入手が徐々に難しくなることへの対応から、地球環境問題を考慮しながら石炭適用範囲を拡大する技術は我が国のエネルギー・セキュリティの観点からも重要となる技術である。</p> <p>本事業は、エネルギーイノベーションプログラムに位置づけられる石炭燃焼技術分野において、微量元素排出抑制に関し、海外との競争力強化を念頭に基礎的な技術開発を加速・推進することを目的として実施する。</p>		

旧枠組み

「戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発(STEP CCT)」

研究開発項目① 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発

(1) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積

(2) 高度除去技術

研究開発項目② 次世代高効率石炭ガス化技術開発

計画変更(2010年3月)

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

① ゼロエミッション石炭火力ターナルシステム調査研究

② ゼロエミッション石炭火力基盤技術

研究開発項目(1) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

研究開発項目(2) 次世代高効率石炭ガス化技術開発

研究開発項目(3) 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発

ア) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積

イ) 高度除去技術

③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業

④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究

⑤ 革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発

ア) CO₂回収型次世代IGCC技術開発
イ) 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NO_x技術開発

従来、「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積」は「戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発(STEP CCT)」の中(上図枠組み参照)で行っていたが、2010年3月基本計画を変更し、新しい枠組みの中で行っている。

II. 研究開発マネジメントについて

	項目		目標	目標設定の根拠	
	事業の目標	a) コールバンクの拡充	収集石炭数 石炭データ 微量データ (AIST法) (+ホウ素)	118炭種 118炭種 118炭種 40炭種	H18年度末でコールバンク100炭種収集済。H20～H25Iに3炭種/年ずつ収集。石炭データ、微量元素分析データ(AIST法)とも収集炭種に対し分析。AIST法で分析しないホウ素も加えた40炭種について微量元素含有量データを整える。
b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積		ISO JIS	本格案策定 JIS化活動	H22年度までは分析法開発とISOへの提案とし、以降継続して規格化を目指すこととした。また、並行してJIS化を行う。規格化にかかる時間を考慮し、目標は規格化完了ではないが、可能であれば前倒する。	
c) ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発		Se	ISO	WD作成	H22年度までは、BのISO化を除き、測定法開発と規格化提案準備に当てる。以降、規格化活動を本格化させる。ISO化及びJIS化にかかる時間を考慮した最終目標とした。H20年度のNWI提案でホウ素のISO化への認識が低かったため、ホウ素ISO化は目標を設定しない。
			JIS	JISC付議	
		B	ISO JIS	- JIS化	
d) 石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動解明	実機またはベンチプラントにおけるガス状および粒子状のホウ素及びセレンを測定し、プラント内の挙動を解明する。		
事業の計画内容					

		H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26～	(年度)
<p>石炭コールバンク100炭種 コールバンクの拡充</p> <p>石炭中微量成分の 分析手法の規格化 に資するデータ蓄積</p> <p>ガス状ホウ素・ セレンの高精度 分析手法の開発、 規格化および 挙動調査</p>		<p>石炭試料収集 118炭種 石炭データ分析 118炭種 (3) (6) (3) (3) (3)</p> <p>微量成分データベース 118炭種 (10) (30) (23) (34) (15) (3) (3) +B (20) (20)</p> <p>微量元素について公開検討</p>								
		<p>提案見直し → ガイダンスISO23380発行</p> <p>本規格化活動 → ラウンドロビンテストによるデータ検証 → JIS化 ISO化</p> <p>JIS化活動 ISO化活動</p>								
		<p>分析手法の開発</p> <p>ISO { NWI提案 → ISO化検討に進まず → JISC付議 → JIS化活動 → 規格化完了 → 規格化 (H26-27完了予定)</p> <p>JIS {</p> <p>ISO { NWI提案 → JIS改正活動 → 規格化 (H26-27完了予定)</p> <p>JIS { 原案作成団体へ改定要請</p> <p>挙動説明 → 対策技術開発</p>								
<p>開発予算 (会計・勘定別に 事業費の実績額を記載) (単位：百万円)</p> <p>契約種類： ○をつける (委託(○) 助成() 共同研究(負担率()))</p>	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	総額	
	一般会計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	特別会計 (電源・需給の別)	16.6	24.4	50.8	54.7	56.6	58.4	58.4	58.4	319.9
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	総予算額	16.6	24.4	50.8	54.7	56.6	58.4	58.4	58.4	319.9
	(委託)	16.6	24.4	50.8	54.7	56.6	58.4	58.4	58.4	319.9
	(助成) : 助成率△/□ (共同研究) : 負担率△/□									
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 資源・燃料部 石炭課								
	プロジェクトリーダー	鹿児島大学 大木 章 教授								
	委託先	出光興産(株) (一財)電力中央研究所 (一財)石炭エネルギーセンター 再委託 : (独)産業技術総合研究所、国立大学法人 鹿児島大学								
情勢変化への対応	<p>① 平成 21 年度中間評価および平成 22 年度自主中間評価 中間評価および自主中間評価における指摘事項について、対応を行った。</p> <p>② 平成 23 年度～平成 25 年度 (3 年間) の延長 排ガス中セレン・ホウ素の測定方法を活用し、石炭燃焼プラントで実測およびプラント内挙動調査を目的に、本事業を 3 年間延長した。</p>									

Ⅲ. 研究開発成果について	<p>① コールバンクの拡充 目標の炭種数を収集し、その分析を行った。産総研法による微量元素測定についても、データの検証・精査が完了し、118炭種（ホウ素40炭種）の分析を実施した。</p> <p>② 石炭中微量元素の分析方法の規格化に資するデータ蓄積 フッ酸を使用しないマイルドな前処理による石炭中微量元素分析方法を開発した。この方法はISOガイドランス（ISO23280）として制定された。また、JISCの委託を受けた石炭・コークス規格委員会（財）石炭エネルギーセンター内に設置）において規格化の方針が定められ、その指導のもとにラウンドロビンテストの実施とJIS規格化を進めた。併せてISOの本規格化の検討を行った。</p> <p>③ ガス状ホウ素・セレン測定方法の開発と規格化および挙動解明 石炭燃焼排ガス中のガス状ホウ素およびセレンの測定方法について、排ガス採取配管温度、吸収液の種類、配管洗浄液などの測定条件を決定した。ホウ素のISO化について、TC/SC1にNWIとして提案したが新規作業項目案として登録は見送られたが、JIS化については、当初目標通り達成した。Seについては、JIS化、ISO化ともに当初目標は達成し、早ければ今年度規格化完了見込である。また、石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動に及ぼす影響因子をそれぞれ解明した。</p>																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">項目</th> <th>目標</th> <th colspan="2">成果/達成状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">コールバンクの拡充</td> <td>収集石炭数</td> <td>118炭種</td> <td colspan="2" rowspan="2">・収集した炭種数及びその石炭の分析については目標を達成。 ・微量元素データ取得(AIST法)も目標を達成。</td> </tr> <tr> <td>石炭データ 微量元素 (AIST法) (+ホウ素)</td> <td>118炭種</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">石炭中微量成分の 分析手法の規格化 に資するデータ 蓄積</td> <td>ISO</td> <td>本提案策定</td> <td colspan="2">・AIST法がISOガイドランス(ISO23380)として制定された。 ・ISO/TC27において本規格化に向けて活動を実施。</td> </tr> <tr> <td>JIS</td> <td>JIS化活動</td> <td colspan="2">・JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、 JIS規格案作成のためラウンドロビンテストを実施。</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">ガス状ホウ素・ セレンの 高精度分析手法の 開発と規格化</td> <td rowspan="2">測定法</td> <td>開発完了</td> <td>開発完了</td> <td>・ガス状Se、Bとも測定方法を確立した。</td> </tr> <tr> <td>ISO</td> <td>-</td> <td>・BのISO化に向け提案を実施した。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">B</td> <td>JIS</td> <td>JIS化完了</td> <td>JIS化完了</td> <td>・BのJIS化が完了(2012.8 JISK0081)。</td> </tr> <tr> <td>ISO</td> <td>WD作成</td> <td>DIS案可決</td> <td>・ISO化についてDIS案が可決された (今年度末～来年度中に完了見込)。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Se</td> <td>JIS</td> <td>JISC付議</td> <td>JISC付議</td> <td>・JIS化について、現行JISの改定が 今年度中に完了見込み(JISK0083)</td> </tr> <tr> <td>石炭燃焼プラント内 ホウ素及び セレンの挙動調査</td> <td>挙動解明</td> <td colspan="2">・ベンチプラントにおける測定で、ホウ素及びセレンの 挙動に影響する因子をそれぞれ解明した。</td> </tr> </tbody> </table>			項目		目標	成果/達成状況		コールバンクの拡充	収集石炭数	118炭種	・収集した炭種数及びその石炭の分析については目標を達成。 ・微量元素データ取得(AIST法)も目標を達成。		石炭データ 微量元素 (AIST法) (+ホウ素)	118炭種	石炭中微量成分の 分析手法の規格化 に資するデータ 蓄積	ISO	本提案策定	・AIST法がISOガイドランス(ISO23380)として制定された。 ・ISO/TC27において本規格化に向けて活動を実施。		JIS	JIS化活動	・JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、 JIS規格案作成のためラウンドロビンテストを実施。		ガス状ホウ素・ セレンの 高精度分析手法の 開発と規格化	測定法	開発完了	開発完了	・ガス状Se、Bとも測定方法を確立した。	ISO	-	・BのISO化に向け提案を実施した。	B	JIS	JIS化完了	JIS化完了	・BのJIS化が完了(2012.8 JISK0081)。	ISO	WD作成	DIS案可決	・ISO化についてDIS案が可決された (今年度末～来年度中に完了見込)。	Se	JIS	JISC付議	JISC付議	・JIS化について、現行JISの改定が 今年度中に完了見込み(JISK0083)	石炭燃焼プラント内 ホウ素及び セレンの挙動調査	挙動解明	・ベンチプラントにおける測定で、ホウ素及びセレンの 挙動に影響する因子をそれぞれ解明した。	
	項目		目標	成果/達成状況																																														
	コールバンクの拡充	収集石炭数	118炭種	・収集した炭種数及びその石炭の分析については目標を達成。 ・微量元素データ取得(AIST法)も目標を達成。																																														
		石炭データ 微量元素 (AIST法) (+ホウ素)	118炭種																																															
	石炭中微量成分の 分析手法の規格化 に資するデータ 蓄積	ISO	本提案策定	・AIST法がISOガイドランス(ISO23380)として制定された。 ・ISO/TC27において本規格化に向けて活動を実施。																																														
		JIS	JIS化活動	・JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、 JIS規格案作成のためラウンドロビンテストを実施。																																														
	ガス状ホウ素・ セレンの 高精度分析手法の 開発と規格化	測定法	開発完了	開発完了	・ガス状Se、Bとも測定方法を確立した。																																													
			ISO	-	・BのISO化に向け提案を実施した。																																													
		B	JIS	JIS化完了	JIS化完了	・BのJIS化が完了(2012.8 JISK0081)。																																												
ISO			WD作成	DIS案可決	・ISO化についてDIS案が可決された (今年度末～来年度中に完了見込)。																																													
Se	JIS	JISC付議	JISC付議	・JIS化について、現行JISの改定が 今年度中に完了見込み(JISK0083)																																														
	石炭燃焼プラント内 ホウ素及び セレンの挙動調査	挙動解明	・ベンチプラントにおける測定で、ホウ素及びセレンの 挙動に影響する因子をそれぞれ解明した。																																															
コールバンク提供試料検体（平成19年度～平成25年12月）		2,969検体																																																
発表等	査読付き論文2件、口頭発表38件																																																	
特許	出願済0件																																																	
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>① コールバンクの拡充 目標とする炭種数の収集と分析を行ったので、関係機関と公開方法を協議の上、データを公開する。公開は基盤研究の推進に役立てられる。</p> <p>② 石炭中微量元素の分析方法の規格化に資するデータ蓄積 データの検証を進めながらJIS化およびISO化を行っていく。規格化によって分析方法の普及が図られる。</p> <p>③ ガス状ホウ素・セレン測定方法の開発と規格化 規格化の活動を進めていく。規格化（JIS化およびISO化）によって分析方法の普及が図られる。</p> <p>④ 石炭燃焼プラントにおけるホウ素およびセレンの挙動調査 確立した排ガス中ホウ素およびセレンの測定方法を用い、プラント内のホウ素およびセレンの挙動への影響因子を基に、プラント内挙動のモデル化を進める。実測データおよび挙動に関する知見は、環境対策に活用される。</p>																																																	
	事前評価	平成19年度実施 担当部 環境技術開発部																																																
	中間評価以降	平成21年度	中間評価実施																																															
		平成22年度	「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積」に関する中間評価（NEDO自己評価）実施																																															
平成26年度	「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積」事業終了後事後評価実施予定																																																	
Ⅴ. 評価に関する事項																																																		

VI. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 19 年 3 月 作成
	変更履歴	<p>平成20年3月：別紙研究開発項目①及び②の達成目標の時期に誤記があったため改訂</p> <p>平成20年7月：イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂</p> <p>平成21年7月：別紙研究開発項目①の研究開発の具体的内容に(3)を追加。 合わせて、達成目標を設定。</p> <p>平成22年3月：3年間延長に伴う基本計画を変更。</p>

プロジェクト用語集

(1) 規格化関連

CD	Commitee Draft、委員会原案
DIS	Draft International Standard、国際規格案
FDIS	Final Draft International Standards 最終国際規格案
ISO	International Organization for Standardization 国際標準化機構
ISO/TC	ISO Technical Committees ISO 専門委員会
ISO/SC	ISO Sub Committees ISO 分科委員会
JIS	Japanese Industrial Standards 日本工業規格
JISC	Japanese Industrial Standards Committee 日本工業標準調査会
NP, NWIP	New Work Item Proposal 新規作業項目提案
WD	Working Draft 作業原案

(2) その他

AIST	(独) 産業技術総合研究所
BCR	Community Bureau of Reference ヨーロッパ標準局製の認証標準物質
EP	Electrostatic Precipitator 電気集塵器
FI	Flow Injection フローインジェクション
HVAAS	Heat Vaporization Atomic Absorption Spectrometry 加熱気化原子吸光分析
ICP-AES (OES)	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spetrometry (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spetrometry) 誘導結合プラズマ発光分析
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry 誘導結合プラズマ質量分析
JCOAL	(一財) 石炭エネルギーセンター
MATS	Mercury and Air Toxic Stansdards 水銀、他有害物質基準 (米国)
MW-AD	Microwave-Acid Digestion マイクロ波照射-酸分解
NIST	National Institute of Standards and Technology 米国標準技術研究所製の認証標準物質
SARM	Standard Analytical Reference Materials 南アフリカ標準局製の認証標準物質
RSD	Relative Standard Deviation 相対標準偏差
XAFS	X-ray Absorption Fine Structure X線吸収微細構造
XANES	X-ray Absorption Near Edge Structure X線吸収端近傍構造

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

エネルギーイノベーションプログラムは、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、その有効かつクリーンな利用を図ることを目的としている。石炭を環境に配慮して効率的に利用する技術である Clean Coal Technology (CCT)は、2006年5月の「新・国家エネルギー戦略」において重要と位置付けられた。

そのような状況下、現在、世界をリードしている我が国の環境対策技術の優位性維持や、次世代の高効率利用技術の基盤となる技術シーズの発掘は、国際競争力強化のためには重要である。また、将来的には世界的なエネルギー需要の増加に伴い、低品位な石炭資源の活用が求められ、それに起因する環境問題への対応を図ることは、低品位な石炭資源の利用促進に繋がり、ひいては我が国のエネルギー・セキュリティの確保に繋がる。

一方、将来的には石炭に含まれる有害な微量成分に対する規制が強化されるものと予想され、これまでのCO₂、SO_x等を対象とした環境対策技術に加え、石炭に含まれる有害な微量成分の除去・発生抑制技術が必要となるものと考えられる(図I-1-1)。

本事業は、現状では存在していない、有害な微量成分の除去・排出抑制技術確立に向けた高精度の分析方法の確立、分析方法の規格化のためのデータベース拡充を図るものである。

上記のような事業は、中長期的視点から実施される事業であって、国の政策としての必要性は大きい。しかしながら、多大な技術開発資金と開発期間を要する上に、民間企業の収益に直接貢献する事業では無いため、民間企業が実施することは費用回収面等でリスクが大きく、NEDOが関与することが望ましい(図I-1-2)。

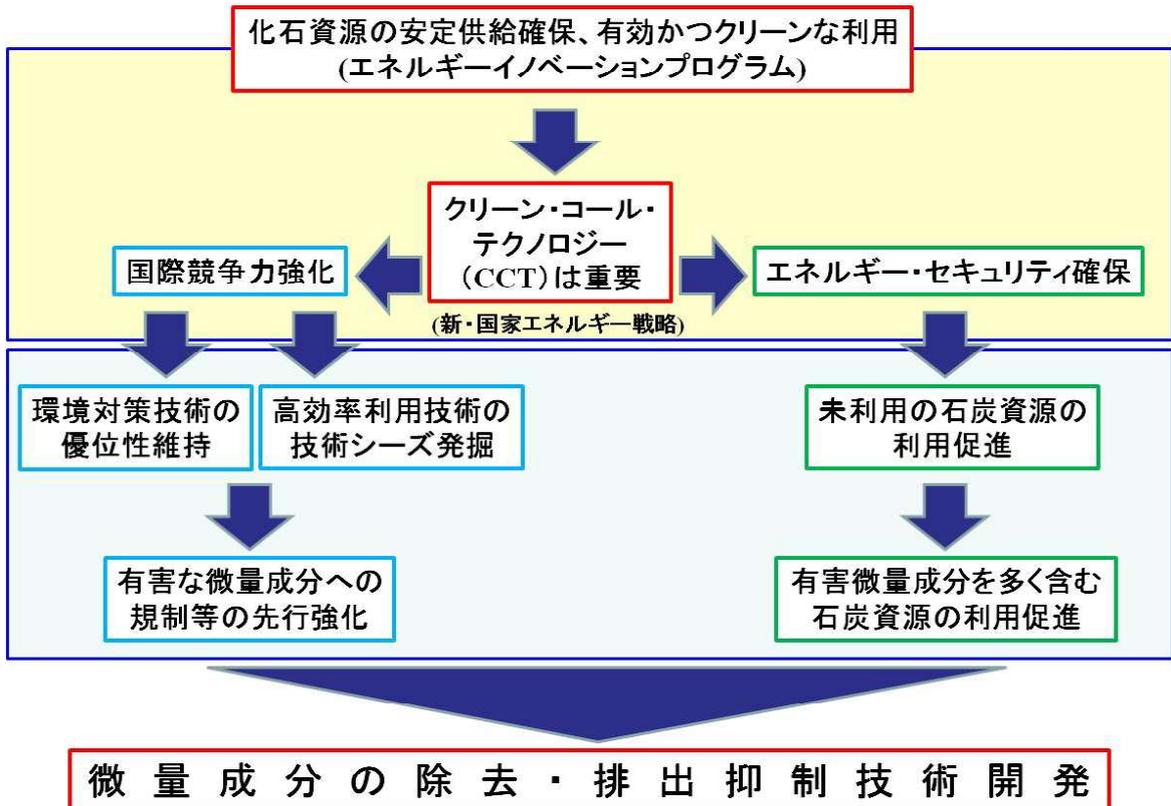


図 I-1-1 事業の背景

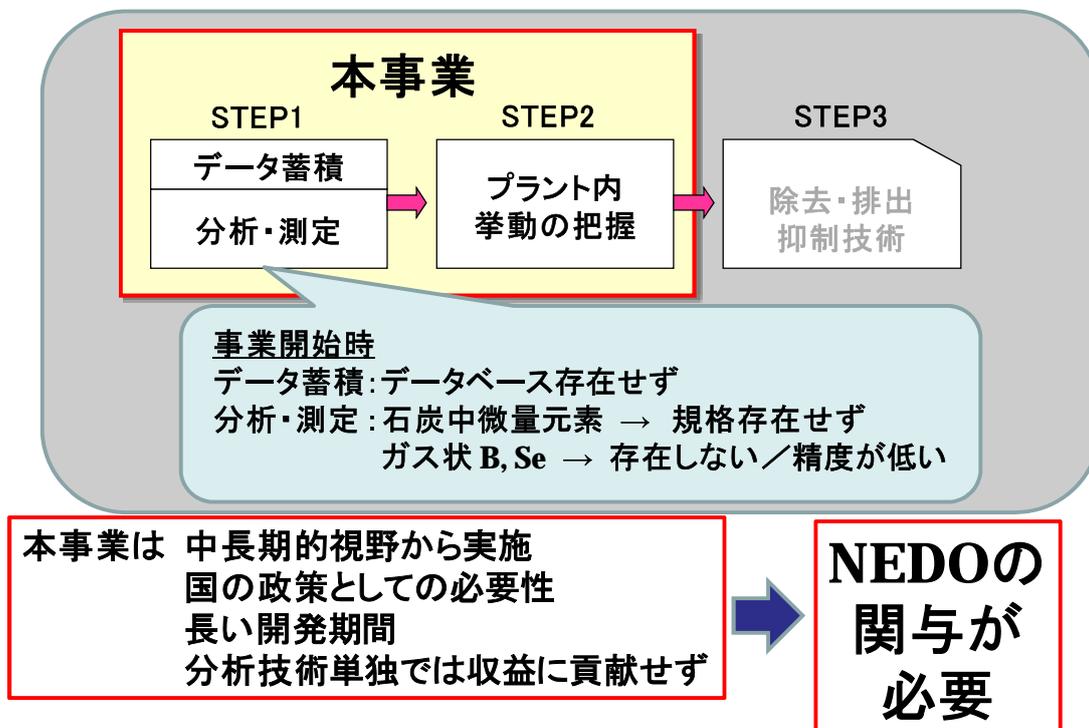


図 I -1-2 事業の概略と NEDO が関与する必要性

1.2 実施の効果（費用対効果）

本事業の遂行によって、我が国が微量成分の除去・排出抑制技術開発の主導権を握ることが期待され、また、環境対策技術の優位性を維持することが出来れば、実施の効果は大きいと考ええる。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

化石資源に乏しい我が国にとって、国際競争力の強化やエネルギー・セキュリティの確保は、非常に重要である。石炭利用技術分野において、世界をリードしている我が国の環境対策技術の優位性維持や次世代の高効率利用技術の基盤となる技術シーズの発掘は、国際競争力強化に繋がり、また、将来の世界的なエネルギー需要の増加に伴い、低品位な石炭資源を積極的に活用可能とすることは、我が国のエネルギー・セキュリティの確保に繋がる。

本事業の目的は、石炭利用技術分野において、将来的に必要なと予想される新たな環境対策技術の研究開発を通じ、国際競争力の維持とエネルギー・セキュリティ確保を図るため、CCTの開発加速・推進に資することである（図 I -1-3）。

新たな環境対策技術としては、これまでのCO₂、SO_xに加え、石炭に含まれる有害な微量元素、特に揮発性が比較的高い水銀、ホウ素、セレンに対応する技術が必要となるものと予想され、その除去・発生抑制技術が将来、求められるものと考えられる。

本事業において、微量元素を含め石炭関連基盤研究に寄与するコールバンクの拡充、微量元素の分析方法の確立と規格化、プラント内ホウ素およびセレンの挙動検討といった微量元素排出抑制を目指した研究開発を行う。本事業により、高精度の分析技術を開発し、その技術が規格化されることで、我が国において他国に先んじた研究開発が可能となるとともに、今後の研究開発における主導権を握ることも可能となる。

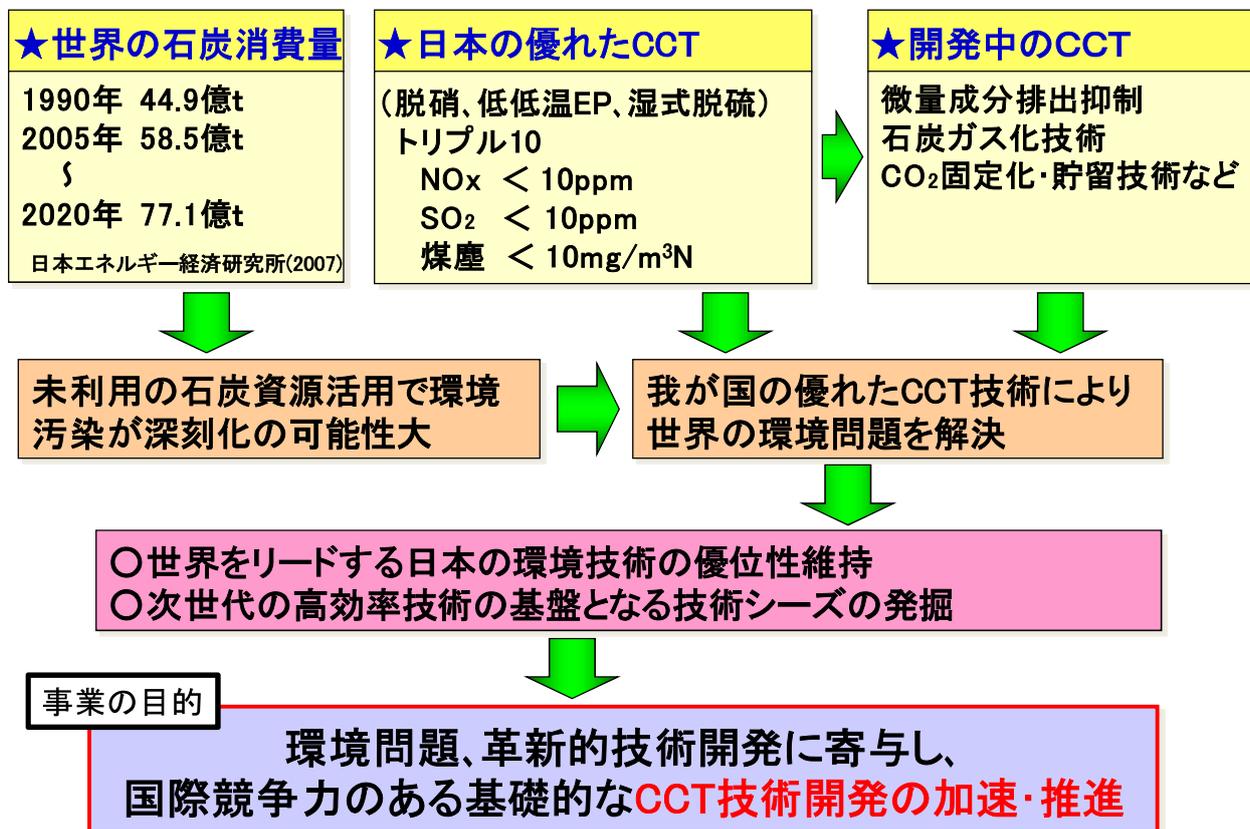


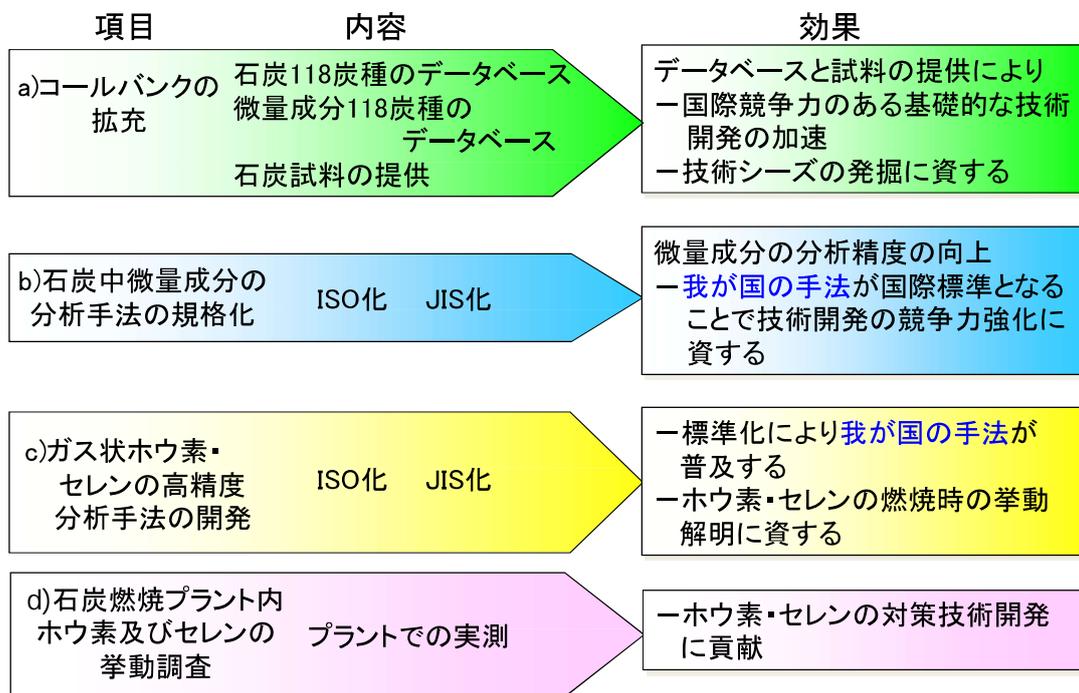
図 I -1-3 事業の目的

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標と内容

本事業では以下の項目を実施する（図II-2-1）。

- ①コールバンクの拡充
不活性雰囲気中で粉碎・保管された 100 炭種のサンプルバンクとデータベースは、日本の CCT 研究開発に寄与してきた。このデータベースの中に微量成分のデータがないため、これを加える。また、炭種数自体も増やし、コールバンクの拡充を図る。
- ②石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積
石炭中微量成分分析に関わる規格がないため、マイルドな前処理を念頭に置いた分析方法（産総研法）を開発し規格化（ISO 化および JIS 化）を目指す。ここで開発した分析方法を用い、上記データベースの増強を図る。産総研法によって分析が困難なホウ素については、他の方法で測定し、データベースとしての充実度を高める。
- ③ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発
ホウ素およびセレンは揮発性が高く系外への排出が懸念されるが、これらの排ガス中分析方法は規格がないかあっても精度が劣るため、まず分析方法を確立し、規格化（ISO 化および JIS 化）を目指す。分析方法の確立では、ガス採取配管温度、吸収液の種類、配管材質、配管洗浄方法などに対する基礎的検討に加え、実ガスでの測定を行い、分析方法の妥当性を検討する。また、JIS で必要な、不確かさのデータも採取し、原案作成に資する。
- ④石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査
開発された排ガス中ホウ素およびセレンの分析方法を用い、石炭燃焼プラントで実測し、これらのガスの挙動モデルを検討する。脱硝装置、集塵装置、脱硫装置などの環境装置の前後でのホウ素およびセレンの濃度を測定し、挙動解明に役立てる。
- ⑤情報収集
世界の石炭燃焼プラントから大気中に大量に排出されている水銀について、その対策方法や国連の規制動向に関する情報を収集する。



図II-2-1 本事業の内容と実施に伴う効果

表II-2-1 に実施項目、開発目標と目標設定根拠を示す。コールバンクの収集炭種数は平成25年度末時点で118炭種を目標とする。本事業で石炭中の微量成分および燃焼排ガス中のホウ素・セレンの測定方法を確定させ、その規格化を目指す。ただし、規格発効にかかる時間を勘案し、目標は必ずしも「ISO化完了」あるいは「JIS化完了」とはなっていないが、規格化

に向け関係機関との調整を積極的に図っていく。

また、平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 年間、開発された分析手法の規格化（ISO 化および JIS 化）を推進するとともに、排ガスからの除去技術の開発に資するプラント内挙動調査を同期間に行う。

表 II-2-1 開発目標と目標設定根拠

項 目		目標	目標設定の根拠	
コールバンクの拡充	収集石炭数 石炭データ 微量データ (AIST法) (+ホウ素)	118炭種 118炭種 118炭種 40炭種	H18年度末でコールバンク100炭種収集済。H20～H25に3炭種/年ずつ収集。石炭データ、微量元素分析データ(AIST法)とも収集炭種に対し分析。AIST法で分析しないホウ素も加えた40炭種について微量元素含有量データを整える。	
石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	ISO JIS	本格案策定 JIS化活動	H22年度までは分析法開発とISOへの提案とし、以降継続して規格化を目指すこととした。また、並行してJIS化を行う。規格化にかかる時間を考慮し、目標は規格化完了ではないが、可能であれば前倒する。	
ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発	Se B	ISO JIS ISO JIS	WD作成 JISC付議 - JIS化	H22年度までは、BのISO化を除き、測定法開発と規格化提案準備に当てる。以降、規格化活動を本格化させる。ISO化及びJIS化にかかる時間を考慮した最終目標とした。H20年度のNWI提案でホウ素のISO化への認識が低かったため、ホウ素ISO化は目標を設定しない。
石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動解明	実機またはベンチプラントにおけるガス状および粒子状のホウ素及びセレンを測定し、プラント内の挙動を解明する。	

事業全体の概略スケジュールと予算推移は、表 II-2-2の通りである。

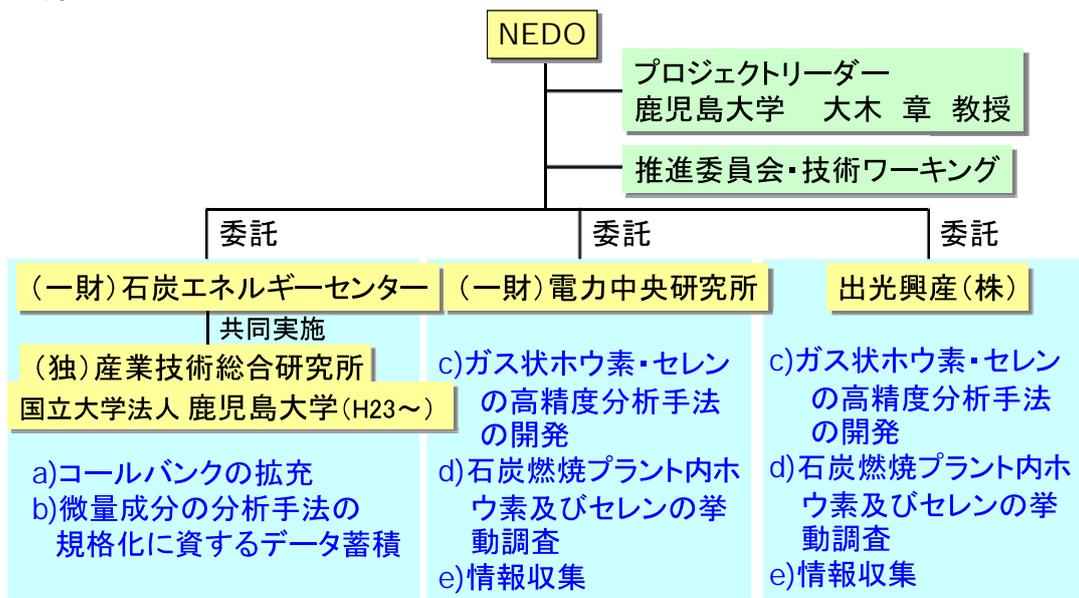
表Ⅱ-2-2 事業全体の概略スケジュールと予算推移

主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy
a) コールバンクの拡充	→						
b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	→						
c) ガス状微量成分の高精度分析手法の開発、規格化	→		ガス状セレンの吸収剤の選定			最適サンプリング手法の構築	
						分析手法の実ガスへの適用性評価	
	ガス状ホウ素及びガス状セレンの分析手法の規格化にむけた試験および提案						
d) ガス状微量成分の実装置での測定および挙動検討	発電所等実装置におけるガス状ホウ素およびセレンの分析手法の適用性評価、挙動データ取得および挙動検討						
e) 情報収集	国連環境計画の水銀・石炭パートナーシップへの対応						
予算額 (百万円)	16.6	24.4	50.8	54.7	56.6	58.4	58.4

予算は総額 319.9 百万円である。

2. 研究開発の実施体制

本事業では、プロジェクトリーダーを鹿児島大学大木教授、委託先を石炭エネルギーセンター、産業技術総合研究所、鹿児島大学、電力中央研究所、出光興産として実施した（図Ⅱ-2-2）。



・推進委員会・技術ワーキングでは事業推進者の他、外部識者も参加し、事業の運営管理に反映させている。

図Ⅱ-2-2 研究開発の実施体制と実施内容

3. 研究開発の運営管理

研究開発推進のため、推進委員会実施した。推進会議のメンバーを表Ⅲ-2-3 に示す。推進委員会では、外部推進委員と研究進捗、研究成果および研究の NEDO への報告等に関し議論した。

また、外注内容である「規格化検討」は、外注委託先で規格化に関する委員会を実施し、各委託先は、この委員会にオブザーバーとして参加した（表Ⅱ-2-4）。この委員会では、委託先での研究成果をもとに、国際委員会への提案内容や規格化推進方法などについて審議した。

表Ⅱ-2-3 推進委員会メンバー（平成 25 年度）

役 割	会社・大学・団体	氏 名 (敬称略)	所 属	役 職
委員長	名古屋大学	成瀬 一郎	エコトピア科学研究所 エネルギー科学研究部門	教授
委員	秋田大学	菅原 勝康	工学資源学部 環境応用化学科	教授
委員	京都大学大学院	高岡 昌輝	工学研究科 都市環境工学 環境デザイン工学講座	教授
委員	パブコック日立 株式会社	吉川 博文	呉研究所	副所長 兼 企画センター長
委員	(独)産業技術総合研究所	成川 知弘	計測標準研究部門 無機分析科 環境標準研究室	主任研究員
プロジェクトリーダー (JCOAL共同研究先)	鹿児島大学	大木 章	大学院理工学研究科 化学生命・化学工学専攻	教授
(NEDO委託先)	一般財団法人電力中央研究所	伊藤 茂男	エネルギー技術研究所	副所長・副研究参事
		野田 直希	エネルギー技術研究所 燃料高度利用領域	主任研究員
研究開発責任者 (NEDO委託先)	出光興産株式会社	寺前 剛	販売部 石炭・環境研究所	主任研究員
		古園 拓也		研究員
(JCOAL共同研究先)	(独)産業技術総合研究所	山田 理	エネルギー技術研究部門	主任研究員
		中里 哲也	環境管理技術研究部門 計測技術研究グループ	主任研究員
事務局 (NEDO委託先)	(一財)石炭エネルギーセンター	柴田 邦彦	技術開発部	部長
		村上 一幸		部長代理
(委託元)	N E D O	岡島 重伸	環境部 クリーンコールグループ	主査

表Ⅱ-2-4 規格化に関する委員会（外注先）

	氏名	役職
委員長	田尾 博明	(独)産業技術総合研究所環境管理技術研究部門部門長
委員	伊藤 茂男	(財)電力中央研究所エネルギー技術研究所領域リーダー
委員	指宿 堯嗣	(社)産業環境管理協会 常務理事
委員	成瀬 一郎	名古屋大学大学院工学研究科 教授 機械理工学専攻
委員	中里 哲也	(独)産業技術総合研究所環境管理技術研究部門 計測技術研究グループ主任研究員
オブザーバー	只隈 祐輔*1 (途中交代)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境技術開発部 主査
オブザーバー	平田 学*1 (途中交代)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部 主査
オブザーバー	坂中 哲*1 (途中交代)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境技術開発部 主査
オブザーバー	岡島 重伸*2 (途中着任)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部 主査
オブザーバー	野田 直希	(財)電力中央研究所エネルギー技術研究所 燃料改質工学領域 主任研究員
オブザーバー	藤原 尚樹*1	出光興産株式会社 販売部石炭事業室 石炭・環境研究所長
オブザーバー	牧原 達之*2	出光興産株式会社 販売部石炭事業室 石炭・環境研究所 分析主任
オブザーバー	田丸 和博*1	(財)石炭エネルギーセンター 技術開発部 部長代理
オブザーバー	高村 哲司*2	(財)石炭エネルギーセンター 技術開発部 主任技師
事務局	小野 憲仁	(社)産業環境管理協会環境管理部門 環境技術センター副所長
事務局	大野 香代	(社)産業環境管理協会環境管理部門 環境技術センター技術室室長

*1：途中交代 *2：途中着任

4. 情勢変化への対応

(1) 「Cool Earth - エネルギー革新技术計画」の策定（平成20年3月5日）

「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標が提案された。

この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠。

エネルギー分野において、世界トップ水準の技術を有する我が国は、世界をリードできる技術分野に研究開発資源を重点化し、技術開発を加速・推進することにより、我が国の競争力を強化・維持しつつ、技術は我が国の貴重な資源であるとの認識に立って、国際的な連携を強力に推進し、世界全体での2050年までの大幅削減に積極的に貢献していくことが必要。このため、以下の検討を進めてきた

- ・2050年の大幅削減に向け我が国として重点的に取り組むべき技術の特定
- ・長期にわたる技術開発のマイルストーンとして、各技術のロードマップの作成
- ・長期的視点から技術開発を着実に進めるためロードマップを軸とした国際連携のあり方

(2) 基本計画の変更（2010年3月）

成果を初めとする「横」の連携強化によるゼロエミッション石炭火力の早期実現を目的として、石炭火力に係る5事業の研究開発プロジェクトを統合する、基本計画の変更を行った。

(3) プロジェクト期間の延長

コールバンクの微量成分データの信頼性の検証を含むコールバンクの充実、分析方法の規格の推進、微量成分除去技術開発を向けた「プラント内で分配挙動の解明」の必要性に鑑み、「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積」の事業期間を平成 25 年度まで延長する。

5. 中間評価結果への対応

中間評価を 2009 年 8 月 6 日に実施した。なお、この時点では、高度除去技術、次世代高効率石炭ガス化技術開発と共に、戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発 (STEP CCT) の枠組みに本事業も含まれており、3 事業同時に中間評価を行った。また、自主中間評価を 2011 年 1 月 23 日に行った。中間評価および自主中間評価への対応について、それぞれ図 II-4-1 および図 II-4-2 に示す。

【総合評価】

本プロジェクトにおける微量物質の排出削減技術ならびに分析技術は、環境問題とエネルギー安全保障等の観点からエネルギーイノベーションプログラムに合致しており、**NEDO事業として高く評価**できる。中間目標に対しては、**概ね達成している**。また、ニーズに対応した研究であり、**実用化や出口のイメージは明確**になっている。

評価指摘事項	対応内容
独立したプロジェクトとして評価	高度除去等と分離し、 独立して評価 を実施した
研究テーマ間の相互展開と共に、ユーザの意見等の吸い上げも必要	有識者やユーザーを加えた 技術ワーキング委員会 や 推進委員会 を有効に活用した
石炭中の微量成分分析では、HFが不要な理由を明確に	硝酸で ケイ酸塩鉱物マトリクス の AIを溶解 させることで微量成分が抽出されることを確認
AIST法の改良についても検討すべき	他機種への適用のための 条件最適化 などを行った
中間目標達成後の具体的な目標と研究計画を設定すること	AIST法はまず JIS化をめざす こととし、また、ガス状セレンの JIS化、ISO化 、ガス状ホウ素の JIS化 に関する目標、計画を設定した

図 II-4-1 中間評価への対応

【総合評価】

本プロジェクトは、大きく3つの研究テーマから成るが、どれも研究インフラ整備事業として日本の産業競争力強化に資するものであり、**NEDOの事業として相応しい**。これまでの成果に基づき、コールバンクは低品位炭への展開、分析法はJIS、ISO等の規格化を目指す点も、**3年間の延長理由として妥当である**。

評価指摘事項	対応内容
ISO化は難易度が高いので、期間中に行うことを明確にすべき	AIST法はまず JIS化をめざす こととし、ガス状セレン分析の ISO化はWD作成 を最終目標に設定
各テーマ間の連携が必要	コールバンク石炭を AIST法により分析 。ガス状ホウ素セレン分析に使用する石炭の AIST法分析
複数の分析機関や分析法によるクロスチェックが必要	ラウンドロビンテスト を行った。水銀データについては別法により クロスチェック した。
コールバンク石炭の拡充(炭種選択の意義の明確化)	ユーザーからの要望の高い 低位品位炭 を中心に、拡充を行った
データベースの管理と公開について	一般分析についてはHP上で公開しているが、微量元素データは、 公開方法を検討中

図 II-4-2 自主中間評価への対応

6. 評価に関する事項

6.1 事前評価

本プロジェクトを開始するに当たって、事前評価書、基本計画(案)を作成し、NEDO のホームページからパブリックコメントを求めた。

<NEDO POST2 について>

NEDO の新規/拡充研究開発プロジェクトに関して、主にプロジェクトの実施内容についてご意見を求めた。(平成 19 年 1 月 19 日～2 月 5 日)

<NEDO POST3 について>

NEDO の新規/拡充研究開発プロジェクトの基本計画 (案) を提示してパブリック・コメントを求め、かつ公募に先立って計画の概要のお知らせを行った。
(平成 19 年 2 月 21 日～3 月 1 日)

6.2 中間評価

2009 年 8 月 6 日に実施した中間評価および 2011 年 1 月 23 日に実施した自主中間評価については、それぞれ図 II-4-1 および図 II-4-2 を参照。

6.3 2010 年 3 月の基本計画変更

基本計画変更に当たり、変更案を事前に NEDO ホームページに掲載し、パブリック・コメントを求めた。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の概要

石炭中の微量成分の測定法に関する規格は、国内、国外とも存在せず、測定されたデータの比較は容易でない。本事業では、高精度かつ前処理の容易さを考慮した分析手法の開発とその規格化をめざす。分析手法の開発では、国内はもとより国際的に認定されるよう課題を整理するとともに、国内外認証機関での規格化の活動を進めている。現在、管理された石炭サンプルを分析データと共に供給できる体制を持っているが、本事業開始前は、微量成分に関するデータは含まれていなかった。この事業で開発した分析手法を活用し、微量成分の項目を加えるかたちで、このコールバンク/データベースの拡充を検討中である。

石炭中微量元素量の把握を出発点として、プラント内の挙動解明や高精度除去装置を開発するには、高精度分析手法が必要である。本事業では、ホウ素およびセレンに着目し、これらの物質の石炭燃焼プラント内の挙動解明を念頭に、ガス中濃度の分析手法を開発する。排ガス中ホウ素およびセレンは、公定法となる分析手法が存在しないか、あっても信頼性が乏しい。ガス状セレンの測定法としては、吸収液を用いた方法が JIS 等に規定されているが、これらの方法では十分な精度が得られないことが明らかになっている。一方、ガス状ホウ素の測定法には、国の内外いずれにおいても公定法が存在しない。本事業では、開発した分析手法の規格化の活動を含むとともに、分析手法を活用した石炭燃焼プラントでのデータ採取や挙動解明を目指す。表 III-1-1 に本事業の目標、成果及び達成状況をまとめた。

表 III-1-1 目標及び成果/達成状況

項目		目標	成果/達成状況		
コールバンクの拡充	収集石炭数	118炭種	<ul style="list-style-type: none"> 収集した炭種数及びその石炭の分析については目標を達成。 微量元素データ取得(AIST法)も目標を達成。 		
	石炭データ	118炭種			
石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	ISO	本格案策定	<ul style="list-style-type: none"> AIST法がISOガイダンス(ISO23380)として制定された。 ISO/TC27において本規格化に向けて活動を実施。 		
		JIS	JIS化活動	<ul style="list-style-type: none"> JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、JIS規格案作成のためラウンドロビンを実施。 	
ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発と規格化	測定法	開発完了	開発完了	<ul style="list-style-type: none"> ガス状Se、Bとも測定方法を確立した。 	
		ISO	-	-	<ul style="list-style-type: none"> BのISO化に向け提案を実施した。
	B	JIS	JIS化完了	JIS化完了	<ul style="list-style-type: none"> BのJIS化が完了(2012.8 JISK0081)。
		ISO	WD作成	DIS案可決	<ul style="list-style-type: none"> ISO化についてDIS案が可決された(今年度末～来年度中に完了見込)。
Se	JIS	JISC付議	JISC付議	<ul style="list-style-type: none"> JIS化について、現行JISの改定が今年度中に完了見込み(JISK0083) 	
石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動解明	<ul style="list-style-type: none"> ベンチプラントにおける測定で、ホウ素及びセレンの挙動に影響する因子をそれぞれ解明した。 		

本事業開始前まで、コールバンクに収められている石炭数は 100 炭種であった。本事業にて、新たな石炭の収集と分析によるデータベース化を進め、平成 25 年度末時点で 118 炭種を登録し、目標を達成した。

石炭中の微量元素分析値の項目をこのコールバンクデータベースに加えるために、分析方法（産総研法：非フッ酸法）を開発および改良し、全炭種を対象に微量元素含有量測定を実施した。また、ホウ素についても産総研法で測定できることを明らかにしたうえで 40 炭種の測定を行った。現在は、

関係機関と公開方法の協議を行っている。また、石炭中微量元素成分分析方法（産総研法）の規格化については、表Ⅲ-1-1に示したとおり、以下のような成果を上げている。

- ・石炭中微量成分分析方法（産総研法）はISOガイドランスとして制定された。
- ・本規格化に向けた活動を実施した。
- ・産総研法はJIS規格として制定の方向で検討されることとなった。
- ・JISC 石炭・コークス規格委員会の指導のもと、JIS規格案作成のためラウンドロビンテストを実施した。

また、ガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法の開発、規格化および挙動調査では、測定条件の最適化や既存の分析手法の課題抽出、解決策検討によりガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法を開発し、目標を達成した。

また、開発した分析手法について、それぞれJIS化、ISO化に向けた活動を行った。ホウ素分析手法のJIS化は2012年8月に完了しており（JIS K0081）、セレン分析手法のJIS化、ISO化は今年度末～来年度完了見込である。

開発した分析手法を用いて、石炭燃焼プラント内のホウ素及びセレンの挙動調査を行い、ベンチプラントにおける測定で、ホウ素及びセレンの挙動に影響する因子をそれぞれ解明した。

以上のような成果を上げている。

2. 研究開発項目毎の成果

2.1 コールバンクの拡充

2.1.1 背景、目的

1995年（平成7年）度に通商産業省資源エネルギー庁および新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援のもとに（財）石炭利用総合センター（CCUJ、現石炭エネルギーセンター：JCOAL）を中心とした「石炭利用基盤技術開発」、通称BRAIN-C（Basic Research Associate for Innovated Coal Utilization Program）プログラムが設立された。このプログラムは、石炭の基礎物性・反応データの取得から、構造解析・反応機構の解明を経て、各種反応モデルを基にしたシミュレーション技術の開発にいたるまで石炭利用技術の基盤となる広範な研究開発からなり、二学会（日本エネルギー学会と化学工学会）、国立研究所、大学、民間企業など多数の機関によって2004年（平成16年）度まで10年間にわたり実施された。当時、日本で石炭に関わる研究を行っていたほぼ全ての研究機関が参加した産官学一体となったプロジェクトであった。

（独）産業技術総合研究所（産総研）では、標準石炭試料作成業務を2001年（平成13年）にCCUJより引き継ぎ、10年間にわたるBRAIN-Cプログラムで構築された石炭標準サンプルバンクを、当該プログラムの終了後も「コールバンク」としてJCOALとともに継続して運営を行ってきた。

コールバンクの設置の目的、機能およびシステムは以下のとおりである。

目 的

- ・標準試料炭による体系的研究の推進。
- ・各研究機関が共通の標準試料炭で実験・研究することにより、データの整合性、解析の精度向上とともに、研究者相互の共通の場での議論に役立てる。
- ・石炭構造、基礎物性データの共有化。

機 能

- ・標準試料炭の酸素遮断試料調整・保存（150kg/100炭種、10年間保存）。
- ・標準試料炭の分析の実施及び分析値の公開。
- ・大学、国立研究所、民間企業の基盤技術開発のニーズに応じた標準試料炭の配布。

試料調整・保管システム

- ・酸素遮断・試料調整保管システム（図Ⅲ-2.1-1参照）

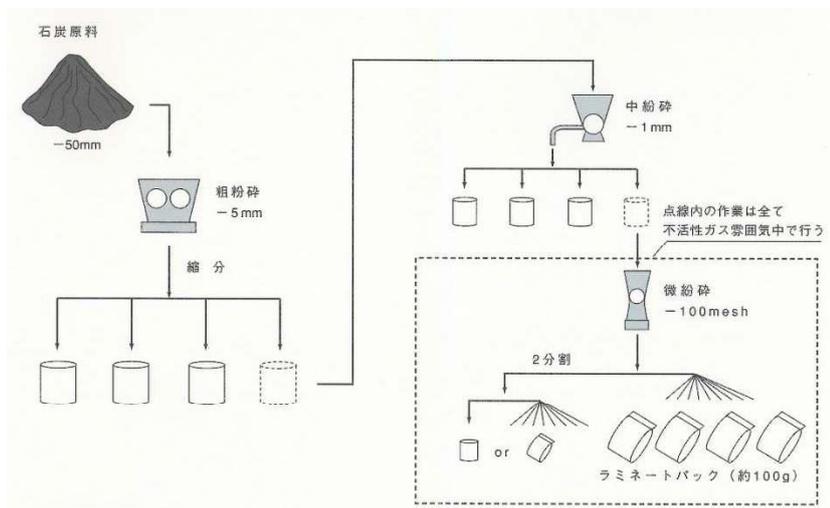


図 III-2.1-1 標準試料の粉砕・縮分手順

図 III-2.1-2 に産総研における実際の保管状況を示した。現時点（平成 22 年度末）で、米国炭 10 炭種、中国炭 20 炭種、豪州炭 36 炭種、インドネシア炭 25 炭種、ロシア炭 7 炭種、南アフリカ炭 7 炭種、ベトナム炭 1 炭種、カナダ炭 3 炭種、コロンビア炭 2 炭種、EU 炭 1 炭種、インド炭 1 炭種、日本炭 5 炭種の合計 118 種の実試料を保管し、表 III-2.1-1 に示す方法に従って元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等を実施し、分析値のデータベースを構築、(財)石炭エネルギーセンター（JCOAL）によりデータの公開を実施している。また、Brain-C プログラムのフォローアップおよび「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」の研究用途に、関係試験研究機関のニーズに応じて試料の配布を行っている。対外的には、銘柄ではなく SS ナンバーで管理し対応している。供給形態は、-5mm、-1mm、-100メッシュの粒度について、窒素封入下に約 100g の試料を詰めたラミネートパックにより行っている

今後も、石炭の基礎研究、転換利用技術開発のデータベースとしての高い資産価値の継承発展を目指し、当面、石炭中微量元素の分析方法の確立と分析データベースの拡充を中心に検討を加え、世界においても貴重な石炭データベースとして拡充、活用、公開を図る枠組みの構築を行っていく予定である。



図 III-2.1-2 標準試料の保管形態（左：気密容器、右：ラミネート包装）

表 III-2.1-1 基本性状分析項目および分析・試験の方法

① 全水分	JIS M8811-(石炭類及びコークス類のサンプリング方法並びに全水分・湿分測定方法)	
②工業分析(a. d)	JISM8812(石炭類及びコークス類の工業分析方法)	
水分	107℃、1時間乾燥	気乾試料
灰分	815℃、恒量灰化	気乾試料
揮発分	900℃、7分間急速乾留	気乾試料
固定炭素	計算値、100-(水分+灰分+揮発分)	
③発熱量(a. d)	JIS M8814(石炭類及びコークス類の発熱量測定方法)	
	燃研式B型熱量計	気乾試料
④るつぼ膨張試験	JIS M8801(石炭類の試験方法) ボタン法	気乾試料
⑤粉碎性試験	JIS M8801(石炭類の試験方法)	
	ハードグローブ法	気乾試料(粒度1, 190~590 μm)
⑥元素分析(d. b)	JIS M8813(石炭類及びコークス類の元素分析方法)	
灰分	無水ベースの工業分析値	
炭素・水素	リ-ビッチ法	気乾試料
全硫黄	燃焼容量法	気乾試料
灰中の硫黄	燃焼容量法	灰化試料
燃焼性硫黄	全硫黄-不燃焼硫黄	
窒素	セミケルダール法	気乾試料
酸素	計算値、100-(灰分+炭素+水素+窒素+燃焼性硫黄)	
⑦形態別硫黄(a. b)	JIS M8817(石炭類の形態別硫黄の定量方法)	
全硫黄	燃焼容量法	気乾試料
硫酸塩硫黄	重量法	気乾試料
黄鉄鉱硫黄	酸化法	気乾試料
有機硫黄	全硫黄-(硫酸塩硫黄+黄鉄鉱硫黄)	
無機硫黄	硫酸塩硫黄+黄鉄鉱硫黄	
⑧塩素(d. b)	ASTM D2361-91(ボンブ燃焼法)-比色法	気乾試料
⑨灰の成分分析	JIS M8815(石炭灰及びコークス灰の分析方法)	
	SiO ₂ ;重量法	灰化試料
	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO ;容量法	灰化試料
	P ₂ O ₅ , TiO ₂ , MnO, V ₂ O ₅ ;比色法	灰化試料
	Na ₂ O, K ₂ O ;炎光光度法	灰化試料
	SO ₃ ;燃焼容量法	灰化試料
⑩灰の熔融性	JIS M8801(石炭類の試験方法) 酸化雰囲気灰化試料	
⑪組織分析	還元雰囲気(60%CO+40%CO ₂)灰化試料	
	JISM8816(石炭類の微細組織成分及び反射率測定方法)	
	ビトリナイト反射率;油浸法、光電管式、測定数50点以上	
	マセラルタイプ分析;油浸法、ポイントカマ、測定数400点以上	

2.1.2 コールバンクの拡充に関する研究開発成果

次節に記載する石炭中微量元素の定量分析方法(マイクロ波利用石炭前処理法と誘導結合プラズマ(ICP)法を組み合わせた独自の石炭中微量成分の分析方法)を利用してコールバンク試料118炭種について微量成分分析を実施した。微量成分の分析項目(17元素)は次の通りである。

微量元素の分析項目

Na, Mg, Al, K, Ca, Fe, Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Cd, Sr, Ba, Pb, Hg の 23 種類。

JCOALではコールデータバンクのデータベースの管理、公開、改定などを行っているが、既存のデータベースに微量元素のデータを加えるに際してのデータ構造、公開に際しての条件やセキュリティーの検討を進めるほか、よりユーザー要望の高い低品位炭のデータベースを拡充する予定である。

なお、コールデータベースについては、ISO23380法およびその他の方法により必要なデータ取得を行うことにより微量元素の分析値が蓄積され、技術的にも問題ないと判断される時期に内容や方法を関係機関と協議して公開する予定である。

コールバンクの標準試料については、Brain-CのフォローアップとSTEP-CCTの研究用に限り出荷しているのが現状である。そのため、試料数は限定された数字になっている。プロジェクト終了後、上記のデータベース公開と併せて、その取り扱いを検討する。

2.2 石炭中微量元素の分析手法の規格化に資するデータ蓄積

2.2.1 背景、目的

石炭の利用に際して環境に排出される微量元素が問題視され、各国において排出規制が厳格化される傾向にある。石炭中の灰（無機成分）については、JIS8815 のもとに分析法が規定されているが、微量元素については、近年の関心の高まりと分析技術の発達を背景に、高感度、高分離能の測定機器を用いた研究例が多数報告されているものの、水銀とカドミウム等一部の元素以外、精度、再現性、分析手順等の標準化に向けた検討は系統的には行われておらず、分析定量化の標準化については課題が多く残されている。石炭中微量元素の分析および定量法は、今後の石炭利用に不可欠であり、石炭のみならず石炭とともに利用される種々の固体燃料にも適用可能であり、標準化の意義は極めて大きい。今後、需要の全量を海外炭に依存せざるを得ない我国は、輸入炭に対する品質基準を明確にする必要があり、本研究では、微量元素の分析および定量法の標準を早期に確立し、我が国の石炭輸入および利用に不利を生じない工業標準規格を提案することを目的とする。

2.2.2 AIST 法概要

石炭中微量元素の分析法として誘導結合プラズマ法（ICP）と発光分析（AES）または質量分析（MS）を組み合わせた方法が試料中の微量、極微量元素を同時定量できる特長を有することから有望とされている。しかしながら、灰化および溶液化による石炭前処理過程が後段の分析に大きく影響するため、超強酸を用いるなど、試薬や手順に様々な工夫がなされており、いくつかの国では国内規格に方法が示されている。多成分同時分析法としては、例えば米国や豪州の規格に見られる①Eschka法と水素化物発生原子吸光法（HGAAS）により、As, Se, Sbの最大3種、②灰のHCl+HNO₃+HFによる分解と原子吸光法（AAS）を組み合わせ、Ba, Be, Cr, Co, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, V, Znの最大11種、③灰のHCl+HNO₃+HF分解等とICP-AES/MS法により、As, Be, Bi, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Th, U, V, Znの最大16種が代表的な例として挙げられる。同時多成分分析の前処理としての石炭の分解工程には回収率の高い手法の確立が望まれ、種々の手法の検討が行われているが、国際規格はまだ存在しない。

産総研（AIST）では、本プロジェクト開始時点までにICP法に組み合わせるマイクロ波利用の石炭前処理法を検討し、比較的穏和な条件で高い回収率と分析精度を得ることができると明らかにした。図 III-2.2-1 に分析前処理の石炭分解について、従来の処理法の問題点とAIST法に至る背景を示した。ICP法を用いる場合、本プロジェクトの検討対象元素であるBが検出不能であることも、フッ酸を用いる従来法の難点である。AIST法の検討段階において用いた前処理とICP分析の手法を図 III-2.2-2 に要約した。石炭試料は硝酸（HNO₃）および過酸化水素水（H₂O₂）、必要に応じてフッ酸（HF）を加えた混合溶液に入れ、マイクロ波照射により温度 245℃以下で溶解させた。通常 220℃までの加温により石炭は完全に溶解した。

● 従来の石炭処理法の問題点

乾式酸化分解法
 (燃焼により石炭を灰化、アルカリにより灰を熔融し、硝酸で溶解) 感度→低
 効率→低

湿式酸化分解法
 ($\text{HClO}_4, \text{HCl}, \text{HF}, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_3\text{BO}_3$ 等複数の酸を用い石炭を完全に分解)

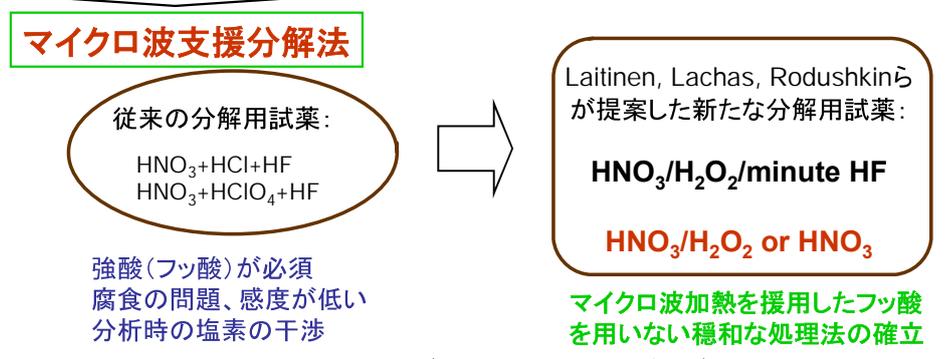
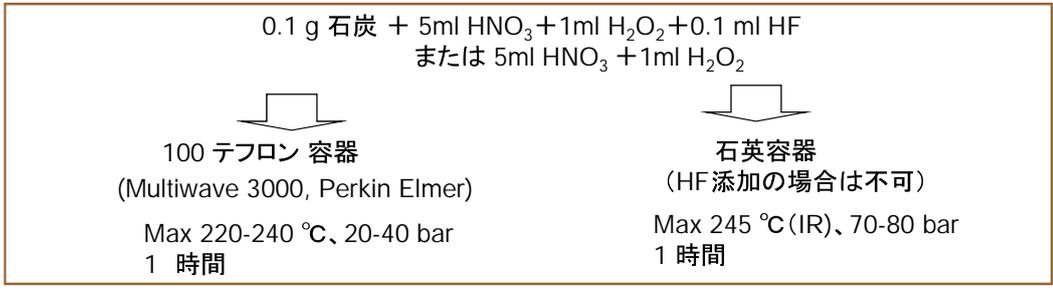


図 III-2. 2-1 分析前処理としての石炭分解法

● マイクロ波支援石炭分解



● 分析用溶液

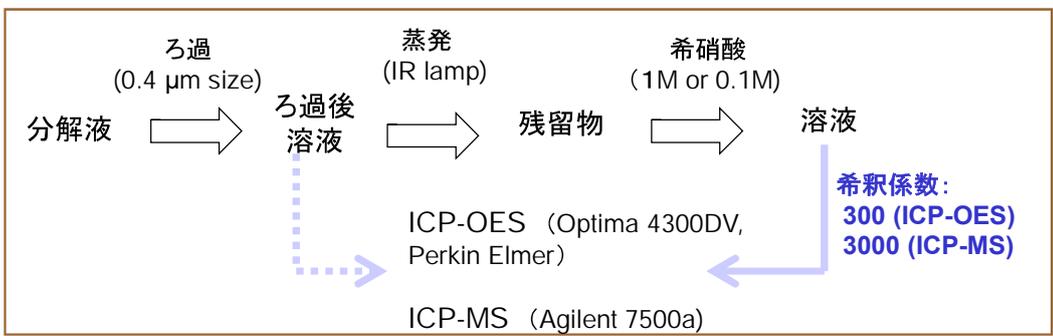


図 III-2. 2-2 マイクロ波支援石炭分解と ICP 分析

表 III-2. 2-1 および表 III-2. 2-2 に、米国 NIST で微量元素の分析値が保証された瀝青炭 NIST-1632c について、分解温度 220°C で行った分析例を 18 種類の元素について示した。第 2 列は標準試料供給元により公表された保証値を含む参照値である。HF の添加の有無を比較すると、分析値にほとんど差はなく、取り扱いが困難な強酸である HF を用いなくても満足な結果が得られることを明らかにした。ICP-MS 法による Se、Cd、Hg の分析において感度が不足する傾向が認められたため、フローインジェクション(FI)法を併用することにより高感度分析 (FI-ICP-MS) 法を確立した。

AIST 法は、マイクロ波加熱を応用したマイルドな処理が特徴で、国際的に使用が制限されつつあるフッ酸を用いない低環境負荷型の分析法であり、従来法に劣らない高感度分析が可能であることが示された。コールバンクの異なる炭種についても、保有全種類について、完全に分解、溶液化でき、微量元素の分析が可能であることを確認している。また、従来法では測定できなかった B についても AIST 法により分析が可能であることを明らかにした。FI-ICP-MS 法によりコールバンク SS 炭について

て測定した例を、図 III-2.2-3 に示した。

表 III-2.2-1 標準石炭試料中の微量元素の分析値(1)

元素	参照値 [$\mu\text{g/g-coal}$]	HNO ₃ +H ₂ O ₂ +HF		HNO ₃ +H ₂ O ₂	
		分析値[$\mu\text{g/g-coal}$]		分析値[$\mu\text{g/g-coal}$]	
		ICP-AES	ICP-MS	ICP-AES	ICP-MS
Li	8	na	7.69±0.03	na	8.6±0.2
Be	1	0.88±0.02	1.01±0.03	0.92±0.06	1.04±0.04
V	23.7±0.5	23.0±2.1	23.1±0.2	21.7±0.7	24.9±0.2
Cr	13.7±0.1	13.1±0.9	13.7±0.4	12.3±0.2	15.0±0.3
Mn	13.0±0.5	12.0±1.3	13.3±0.1	11.8±0.1	14.1±0.1
Co	3.5±0.2	4.1±0.3	3.30±0.03	3.7±0.2	3.56±0.03
Ni	9.3±0.5	10.4±1.0	10.6±0.2	10.0±0.5	11.7±0.3
Cu	6.0±0.2	4.7±0.9	5.9±0.2	4.6±0.4	6.3±0.2
Zn	12.1±1.3	12.3±4.0	15.2±0.5	14.7±3.7	15.7±0.3
Ga	3	4.03±0.08	3.69±0.04	3.8±0.1	4.11±0.06

分解温度：220℃ na：分析値なし

表 III-2.2-2 標準石炭試料中の微量元素の分析値(2)

元素	参照値 [$\mu\text{g/g-coal}$]	HNO ₃ +H ₂ O ₂ +HF		HNO ₃ +H ₂ O ₂	
		分析値[$\mu\text{g/g-coal}$]		分析値[$\mu\text{g/g-coal}$]	
		ICP-AES	ICP-MS	ICP-AES	ICP-MS
As	6.2±0.2	5.8±0.5	6.0±0.1	5.4±0.2	6.4±0.1
Se	1.33±0.03	—	1.6±0.4	—	1.4±0.6
Rb	7.5±0.3	na	6.90±0.05	na	7.31±0.02
Sr	63.8±1.3	59.6±1.2	na	50.3±0.5	na
Cd	0.072±0.007	0.22±0.01	0.09±0.01	0.25±0.01	0.13±0.02
Cs	0.594	na	0.65±0.02	na	0.68±0.01
Ba	41.1±1.6	37.8±1.4	na	34.3±2.0	na
Pb	3.79±0.08	2.9±0.2	4.0±0.1	2.77±0.01	4.3±0.1

分解温度：220℃ na：分析値なし —：検出限界以下

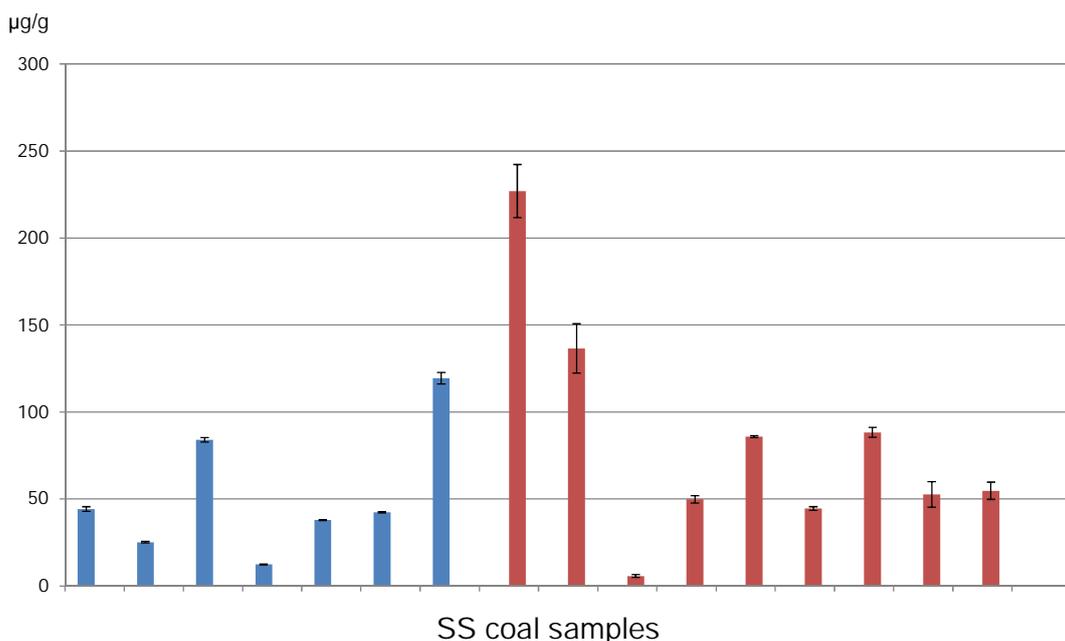


図 III-2.2-3 AIST 法によるコールバンク SS 炭の B (ホウ素) の分析例

2.2.3 AIST 法の機種影響評価など汎用化

石炭中に含まれる微量元素の ICP 法による分析のためには、石炭を酸分解等の前処理により溶体化す必要がある。AIST 法はマイクロ波照射-酸分解を用いる前処理法であり、酸混合物中に有害なフッ酸 (HF) を使用しないという特徴がある。産総研において使用されているマイクロ波処理装置は、Anton-Paar 社製のものである。AIST 法の汎用性を確立するためには、この製品と世界的にシェアを二分している Milestone 社製の装置においても AIST 法が適用可能であることを確認する必要がある。AIST 法は、酸分解において HF を用いないため、比較的過酷なマイクロ波照射条件を使用する必要があり、機種によって分解容器の耐圧限度などが異なるため、最適条件を探さなければならない。石炭の認証標準物質 (NIST-1632c) を用いて最適条件の探索を行い、微量元素の効果的な回収が行える条件を確立し、Milestone 社製の装置に AIST 法を適用することを検討した。表 III-2.2-3 のプログラムにおいて、6 ステップ目の条件を変化させて、分解処理を行い、分解溶液について ICP-MS (Agilent 7500cx、He モード) により 17 種の微量元素濃度を測定した。

表 III-2.2-3 マイクロ波照射装置のプログラム

ステップ	時間 [分]	出力 [W]
1	2	250
2	1	0
3	5	250
4	5	400
5	5	500
6	22-42	250-330

図 III-2.2-4 に、上記 6 ステップ目の時間を 22, 32, 42 分と変化させて AIST 法を実施した後の各元素の回収率を示す。3 種の時間において、回収率に大きな差は見られなかったが、一部の元素 (Zn など) は 22 分よりも 32, 42 分の場合の回収率がよかった。また 6 ステップ目の出力を変化させることで、分解処理終了時の容器外部温度を 110-130°C に調整して (Anton-Paar 社製装置の 220-230°C に匹敵)、AIST 法を実施した。いくつかの元素において温度上昇とともに回収率が上昇する傾向が見られたが、130°C の場合に異常値を示す元素もあった。以上の結果より、AIST 法の Milestone 社製マイクロ波処理装置への適用においては、6 ステップ目の時間を 32 分、終了時の外部温度を約 120°C に設定する場合が最も良好な回収率が得られることがわかった。これらの最適条件を使用して、認証標準物質 (NIST 1632c と SARM 20) を測定した場合の結果を、それぞれ表 III-2.2-4 および表 III-2.2.5 に示す。ほとんどの元素について、良好な回収率 (90-110%) が得られており、AIST 法が Milestone 社製装置にも適用できることが証明された。

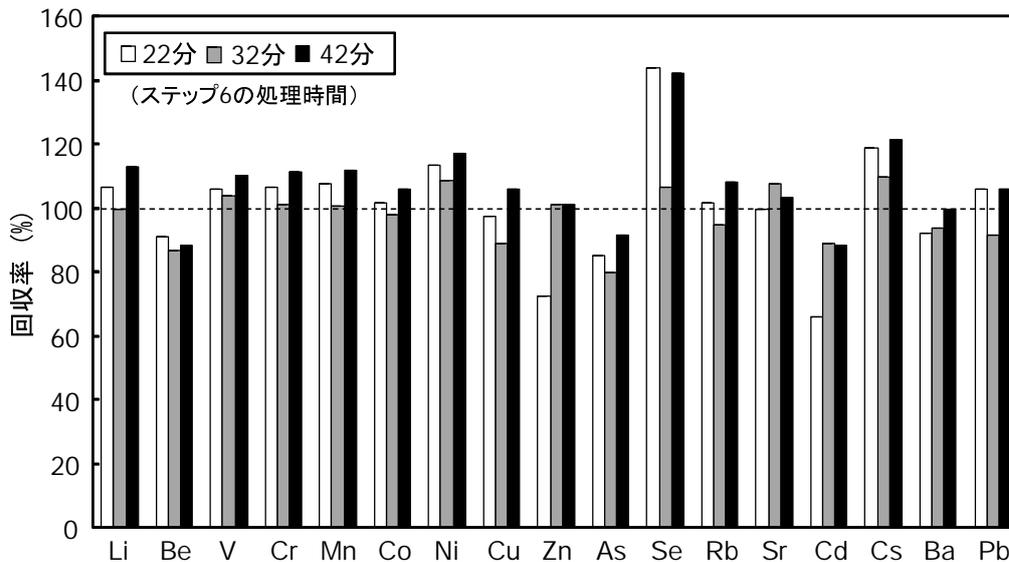


図 III-2.2-4 AIST 法における分解時間の影響 (外部温度: 120°C)

表 III-2.2-4 認証標準物質 (NIST-1632c) の測定

測定元素	認証値 ($\mu\text{g/g}$)	測定値 ($\mu\text{g/g}$)	RSD ^{b)} (%)	回収率 (%)
Li	(8.0) ^{a)}	8.0	2.5	100
Be	(1.0) ^{a)}	0.9	1.1	87
V	23.72 \pm 0.51	24.6	2.4	104
Cr	13.73 \pm 0.20	13.9	3.4	101
Mn	13.04 \pm 0.53	13.1	4.5	101
Co	3.48 \pm 0.20	3.4	2.1	98
Ni	9.32 \pm 0.51	10.1	3.5	109
Cu	6.01 \pm 0.25	5.3	2.9	89
Zn	12.1 \pm 1.3	9.8	5.9	81
As	6.18 \pm 0.27	4.9	7.3	80
Se	1.326 \pm 0.071	1.4	2.7	106
Rb	7.52 \pm 0.33	7.1	1.2	95
Sr	63.8 \pm 1.4	68.7	1.4	108
Cd	0.072 \pm 0.007	0.06	27.4	89
Cs	0.594 \pm 0.010	0.6	2.1	110
Ba	41.1 \pm 1.6	38.6	0.7	94
Pb	3.79 \pm 0.07	3.5	7.5	92

a) カッコ内は参考値、b) 相対標準偏差

表 III-2.2-5 認証標準物質 (SARM20) の測定

測定元素	認証値 ^{a)} ($\mu\text{g/g}$)	測定値 ($\mu\text{g/g}$)	RSD ^{c)} (%)	回収率 (%)
Li	(90) ^{b)}	93.7	8.2	104
Be	2.5 +0.5, -0.4	2.2	2.9	86
V	47 +3, -2	41.7	7.8	89
Cr	(67) ^{b)}	63.9	7.2	95
Mn	80 +2, -3	83.9	10.2	105
Co	8.3 \pm 0.7	8.1	5.2	98
Ni	25 +1, -2	23.0	6.7	92
Cu	18 +1, -3	18.3	1.0	102
Zn	17 +1, -3	15.5	10.1	91
As	4.7 +1.3, -0.1	4.4	1.7	94
Rb	10 +4, -1	8.9	9.7	89
Sr	330 +8, -12	335.8	8.1	102
Cd	-	0.12	21.1	-
Cs	(2) ^{b)}	2.2	6.5	112
Ba	372 +12, -9	388.4	7.1	104
Pb	26 +3, -6	25.5	11.4	98

a) +および-は95%信頼限界を示す、b) カッコ内は参考値、c) 相対標準偏差

AIST 法による Se、Cd、Hg などの分析においては、ICP-MS 装置への試料溶液導入のためにフローインジェクション (FI) 法を使用する。Agilent 社製の ICP-MS には特に市販の FI 用アタッチメントがないので、6 ポートバルブに PEEK ループを取り付けた FI 装置を自作した。認証標準物質 (NIST 1632c と SARM 20) について、AIST 法によるマイクロ波処理-酸分解と FI-ICP-MS を利用して、各元素濃度を測定した結果を表 III-2.2-6 に示す。Se はよい結果であったが、Cd と Hg は、ある程度の値のばら

つきが見られた。

上述した AIST 法の Milestone 社製マイクロ波処理装置への適用条件をふまえて、ラウンドロビンテストの一環として、5 種の石炭中の微量元素濃度を測定した。マイクロ波処理プログラムの 6 ステップ目は 32 分以上、終了時の外部温度は 120°C 以上になるように設定した。

表 III-2.2-6 AIST 法 (FI-ICP-MS) による認証標準物質の測定

元素	元素濃度					
	BCR 181			NIST 1632d		
	認証値	測定値	RSD ^{a)}	認証値	測定値	RSD ^{a)}
	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	(%)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	(%)
Se	1.15 ± 0.05	1.16	3	1.29 ± 0.03	1.32	9
Cd	0.051 ± 0.003	0.035	11	0.08 ± 0.01	0.08	20
Hg	0.138 ± 0.011	0.124	23	0.0928 ± 0.0033	0.0799	22

a) 相対標準偏差

2.2.4 水銀データのクロスチェック

石炭中の微量元素分析において、Hg については JIS 法 (JIS M 8821-2002) がある。この JIS 法の附属書 3 に記載されている金アマルガム捕集操作を伴う加熱気化型原子吸光法 (HVAAS) を用いて、石炭中の水銀濃度測定を行い、AIST 法 (FI-ICP-MS) によるデータとの比較を行った。118 炭種の SS 炭について、HVAAS 法により Hg 濃度の測定を行った。結果の一部を測定回数および RSD 値とともに表 III-2.2-7 に示す (成果報告書には全データを記している)。これらの石炭 (118 炭種) 中の Hg 濃度は 6.8-322 ng/g であったが、2 割程度の炭種において大きな RSD 値 (> 20%) を示した。得られた RSD 値と Hg 濃度の間には相関性はなく、Hg 濃度が低いために測定値がばらつくのではないことがわかった。

表 III-2.2-7 HVAAS による SS 炭中の Hg 濃度測定

Coal	n ^{a)}	Hg 濃度		Coal	n ^{a)}	Hg 濃度	
		測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{b)}			測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{b)}
SS001	3	173	3.7	SS016	8	23.6	25
SS002	5	22.8	7.8	SS017	8	109	13
SS003	3	65.6	6.0	SS018	8	98.4	5.1
SS004	3	121	1.1	SS019	5	102	15
SS005	3	41.7	2.9	SS020	3	176	4.5
SS006	3	56.5	9.2	SS021	3	63.3	1.8
SS007	3	11.6	9.0	SS022	6	98.4	19
SS008	3	13.8	5.8	SS023	3	17.9	3.8
SS009	3	25.5	2.9	SS024	6	25.0	30
SS010	8	27.7	11	SS025	6	44.1	26
SS011	8	12.7	5.4	SS026	4	31.2	12
SS012	6	38.0	8.6	SS027	3	69.9	1.4
SS013	8	23.4	36	SS028	6	28.0	28
SS014	8	17.9	20	SS029	3	26.6	1.9
SS015	8	24.8	15	SS030	12	94.8	7.2

a) 測定回数

b) 相対標準偏差

石炭中の Hg 濃度測定において、データのばらつきが大きい場合があることが報告されており、石炭中において Hg が偏在している可能性がある。HVAAS 測定の 1 回の試料量は 50 mg であり、この量では石炭中の Hg 偏在による影響が回避できないと考えられる。このため、大きな RSD 値 (RSD > 20%) が得られる石炭について、石炭粒子の均一化处理として、試料 3 g 程度をめのう乳鉢にとり、5 分ほど粉碎処理をしたものを調製した。表 III-2.2-8 に、均一化处理を行った SS 炭の Hg 濃度測定結果を示すが、RSD 値が大きく減少しており、石炭中における Hg の偏在が緩和され、測定値のばらつきが小さくなったと考えられる。

表 III-2.2-8 均一化处理後の SS 炭の Hg 濃度測定

石炭	Hg 濃度		石炭	Hg 濃度	
	測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{a)}		測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{a)}
SS013	22.3	8.5	SS067	102	5.9
SS016	27.5	12	SS071	35.3	12
SS022	94.4	2.1	SS072	76.1	19
SS024	26.6	2.7	SS075	115	8.5
SS025	45.3	3.1	SS081	25.0	13
SS028	29.1	4.6	SS082	5.8	8.9
SS032	15.3	7.1	SS084	21.1	16
SS035	97.7	12	SS085	15.0	15
SS036	113	13	SS087	13.1	7.0
SS039	29.5	2.2	SS095	13.5	10
SS048	142	9.4	SS114	76.4	5.2
SS049	63.9	4.7	SS117	14.6	18
SS054	12.9	8.0			

a) 相対標準偏差

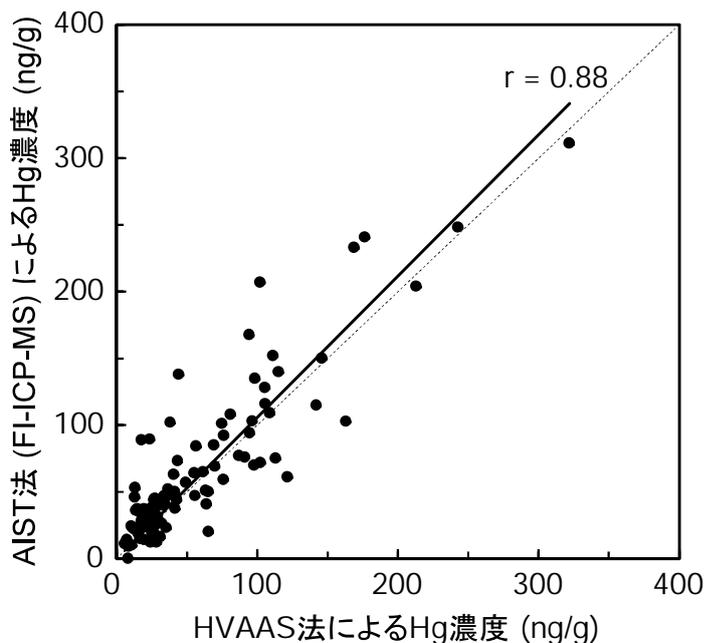


図 III-2.2-5 SS 炭中の Hg 濃度について AIST 法 (FI-ICP-MS) と HVAAS 法との比較

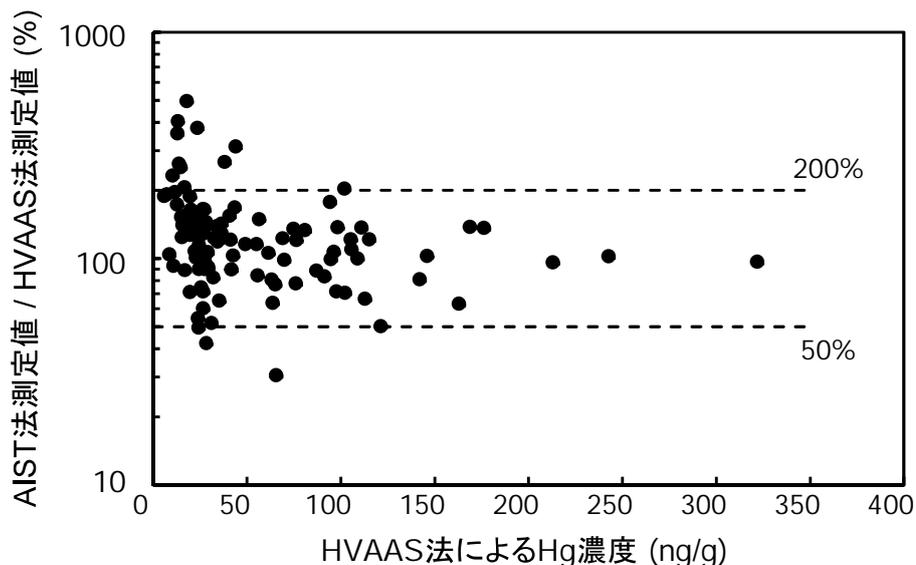


図 III-2.2-6 AIST 法測定値と HVAAS 測定値の比の Hg 濃度に対するプロット

図 III-2.2-5 に、SS 炭 (105 炭種) 中の Hg 濃度測定について、AIST 法 (FI-ICP-MS) 測定値と HVAAS 法測定値を比較したプロットを示す。図 III-2.2-6 に、AIST 法測定値と HVAAS 法測定値の比を Hg 濃度 (HVAAS 法) に対してプロットした図を示す。AIST 法測定値において、87%の石炭が HVAAS 測定値の 1/2~2 倍値の範囲に入った。ブランク試験の標準偏差から求めた定量下限値は、HVAAS 法について 4.0 ng/g、AIST 法について 20 ng/g であった。

2.2.5 AIST 法における溶解機構の解明

AIST 法による石炭からの微量元素の溶解機構を解明するためには、まず石炭中に含まれる微量元素の存在形態を知る必要がある。石炭中の微量元素は、種々の鉱物 (ケイ酸塩、炭酸塩、硫化物など) の中に含まれると考えられている。このような微量元素の存在形態を解明する方法として、逐次抽出法がある。これは、種々の抽出溶媒を用いて石炭から微量元素を抽出する方法で、抽出溶媒の種類によって溶解する鉱物種が異なることから、目的とする元素がどの鉱物種に含まれているかを解析するものである。本研究では、マイクロ波処理-酸分解 (MW-AD) を併用する方法である Spears らの方法 (Report CCC/36, IEA Coal Research) を一部改変した表 III-2.2-9 のような方法を用いた。図 III-2.2-7 に結果を示すが、ほとんどの元素について、Spears らの結果と同様の結果を示した。オリジナルの Spears らの方法における Step 5 は、AIST 法よりマイルドな条件での MW-AD/HNO₃ 処理であり、さらに Step 6 として MW-AD/HNO₃+HF 処理を行っている。すなわち、AIST 法を用いると、Step 6 で回収される元素 (ケイ酸塩鉱物中の元素) まで抽出できたと考えられる。他の数種の石炭 (NIST 1632c やラウンドロビン石炭など) についても逐次抽出を行ったが、石炭中に含まれる微量元素は、炭酸塩鉱物、硫化物鉱物、ケイ酸塩鉱物中含まれ、それぞれの割合は石炭の種類によって大きく異なることがわかった。

表 III-2.2-9 石炭中に含まれる微量元素の逐次抽出

抽出段階	抽出溶媒・方法	溶出鉱物
Step 1	純水	可溶性分
Step 2	3% HCl	炭酸塩鉱物 (カルサイト)
Step 3	5% HNO ₃	炭酸塩鉱物 (ドロマイト・アンケライト)
Step 4	60% HNO ₃	黄鉄鉱等
Step 5	MW-AD/HNO ₃ (AIST 法)	ケイ酸塩鉱物からも抽出

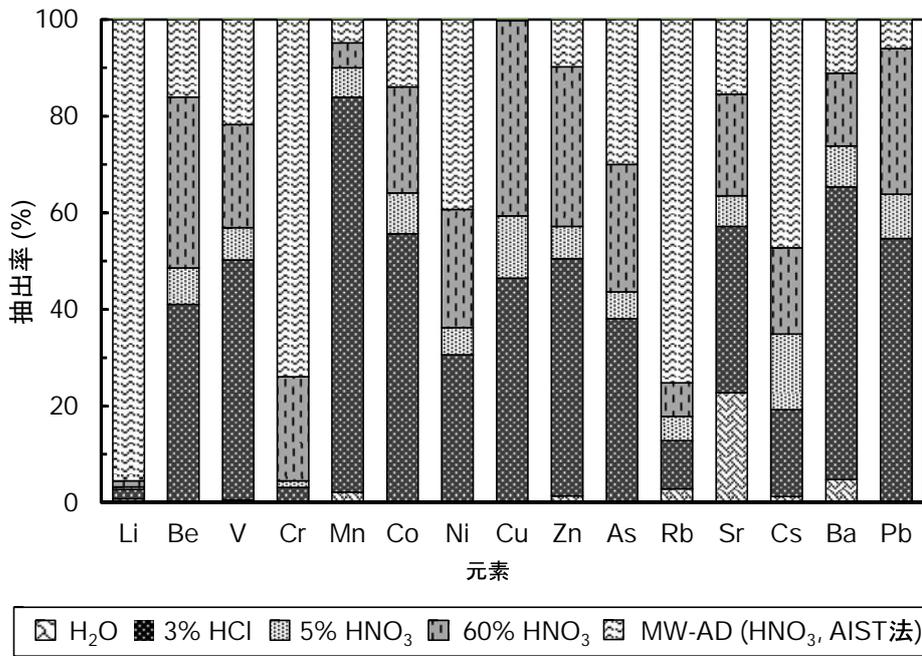


図 III-2.2-7 逐次抽出による微量元素溶出 (SARM 20)

SS 炭には JIS 法 (JIS M 8815) による灰の成分分析データがあり、石炭を灰化したものについて、容量法により Al、Ca、Fe、Mg 等の主要無機元素の含有量が酸化物基準で測定されている。これらの値と灰分含有量の値より、石炭中に含まれる Al、Ca、Fe、Mg 等のおおよその値を換算で求めることができる。SS 炭に含まれるこれらの主要無機元素について、AIST 法測定値と容量法換算値の比較を行った結果を図 III-2.2-8 に示す。4 種の元素において、傾き 0.87-1.00、相関係数 $r = 0.92-0.98$ の直線が得られ、特に Al の相関性はよかった。また、すべての場合切片は 0 に近かった。これらの結果は、主要無機元素についての AIST 法測定値の定量性を保証するものではないが、AIST 法により Al、Ca、Fe、Mg 等の主要無機元素がほとんど溶解していることは明かである。

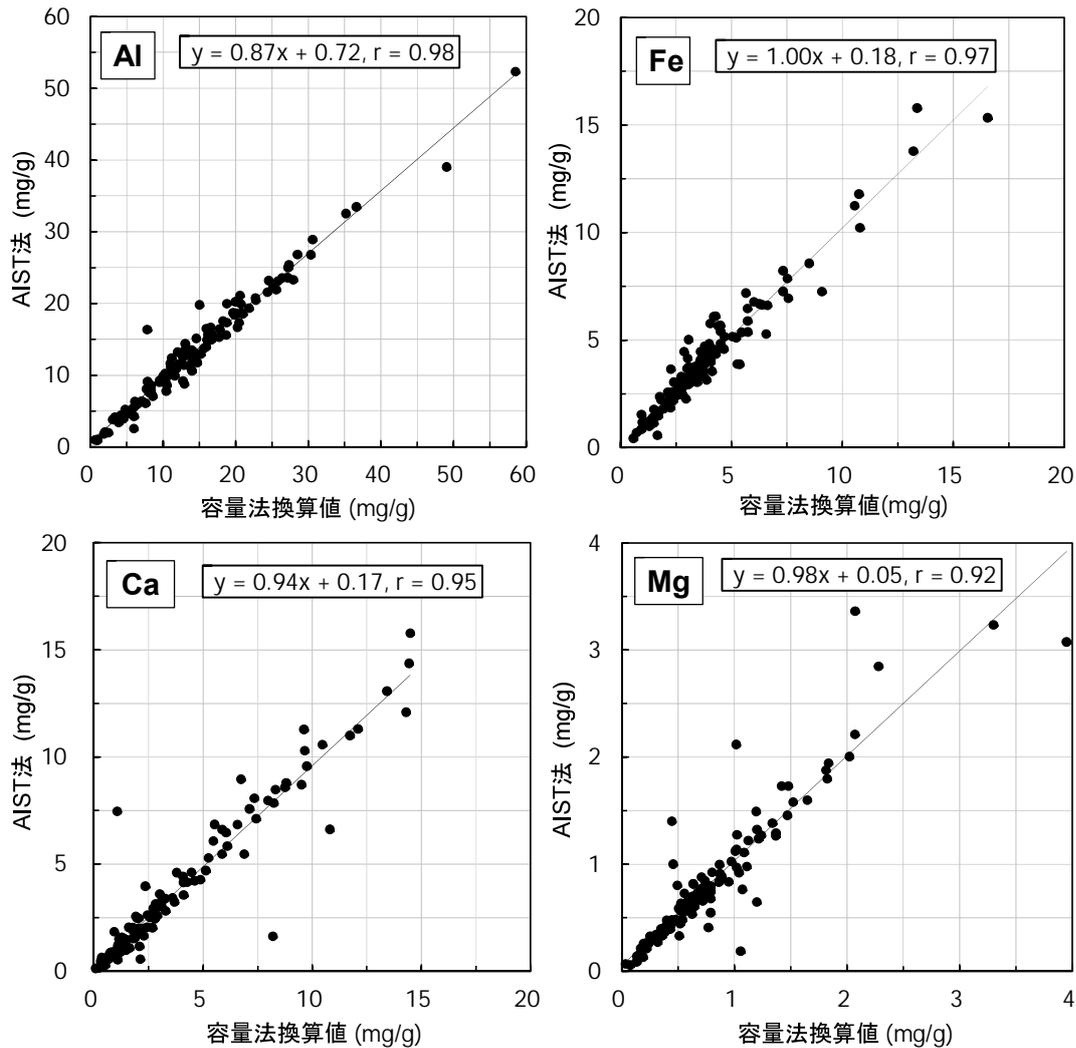


図 III-2.2-8 主要無機元素濃度についての AIST 法測定値と容量法換算値との比較

石炭中において、Ca や Mg は炭酸塩鉱物であるカルサイトやドロマイトの構成元素であり、Fe は黄鉄鉱などの硫化物鉱物の主要構成元素である。AIST 法によりこれらの元素がほとんど溶解しているということは、炭酸塩鉱物や硫化物鉱物が分解されていることを示す。また、Al はケイ酸塩鉱物である長石や粘土鉱物の構成元素である。すなわち、ケイ酸塩鉱物において Al は Si と並ぶ主要構成元素であるので、これがほとんど溶解しているということは、HF を用いてケイ酸塩マトリクスを分解しなくても、 HNO_3 のみによりこの中に存在するほとんどの元素が抽出されることを意味する。以上の結果より、AIST 法により炭酸塩鉱物や硫化物鉱物はほとんど分解することにより、これらに含まれる微量元素は溶解し、またケイ酸塩鉱物中に含まれる微量元素も、 HNO_3 に抽出されることにより溶解すると考えられる。前述したように、石炭中に含まれる微量元素は種々の鉱物中に様々な割合で含まれているが、AIST 法によりこれらの微量元素は効果的に溶解すると推察される。

2.2.6 ラウンドロビンテスト

本プロジェクトで実施した規格化活動についての経緯は以下のとおりである。

産総研より 2005ISO/TC27 東京会議において提案された「AIST 法」は、SC5/WG8 で審議され、総会を経て、CD 段階にあった分析ガイダンス ISO23380 Guide to the trace elements in coal(プロジェクトリーダー 豪州 CSIRO K. Riley 氏)の Annex B に採用されることとなった。ところが、FDIS 投票時に AIST 法を解説した Annex B について、2007 年ロッテルダム会議の席上、特定の方法のみを記載するのは、ガイドの性格にそぐわないとの意見が多数を占め、Annex B は削除することが決議された。日本代表団は、FDIS 段階では、editorial 修正に限られるはずであることを強く主張したものの、FDIS 段階で内容が変更されるという極めて異例の事態となった。

他案件の紛糾から、中央事務局(CS)の裁定により決議が約1か月凍結されている間に、プロジェクトリーダーによりメールベースの討議が提起され、本プロジェクトはガイドであることから広く手法を記載するべきとの合意が形成され、産総研法が Annex B に引用記載された形で改訂され、再度 FDIS 投票が行われることとなった。その後、ガイダンス ISO23380:2008 は、2008年10月2日付で最終のタイトルは Selection of methods for the determination of trace elements in coal と発行となった。

これを受けて、JISC 石炭・コークス規格委員会では、将来的には、ICP 法による石炭中微量元素の分析方法の ISO 化を目指すものの、平成 21 年度の委員会で、ISO23380:2008 をもとに JIS 規格制定の方針を確認するとともに、JIS 規格化においては、ISO/TC27 ロッテルダム会議の議論を受け、国内規格の後ろ盾の必要性から JIS 規格を先行させるとの結論となった。平成 22 年度に、第 1 回石炭・コークス規格委員会にて作業開始が決定され、下部委員会を置かず、本委員会直轄で指導を受けつつラウンドロビンをテストに向けた国内機関の共同実験体制を組むこととなった。ところが、前処理の加熱条件がマイクロ波装置ごとに異なり、その条件出しにかなりの作業が必要となることが明らかとなり、平成 23 年度は、マイクロ波装置の異機種間照射条件等と実験手順の調整に費やされた。測定元素の適用範囲の拡大を目指したホウ素の定量法の検討、微量元素の定量精確性の確認等を行い、ホウ素の定量法については定量可能な分析条件を見出し、さらに標準物質を用いた微量元素を定量精確性の確認も行った。これらの結果を基に、平成 24 年度中にラウンドロビンをテストを 3 機関(大学、企業、公的機関)の体制により、標準炭 5 種 (SRM+SS) を使用して行われた。各機関の使用機器の組み合わせを表 III-2.2-10 に示す。

表 III-2.2-10 各機関の使用機器の組み合わせ

	マイクロ波装置	ICP 装置
鹿児島大学	Milestone	Agilent Technologies
出光興産	Anton-Paar	PerkinElmer
産総研	Anton-Paar	Agilent Technologies

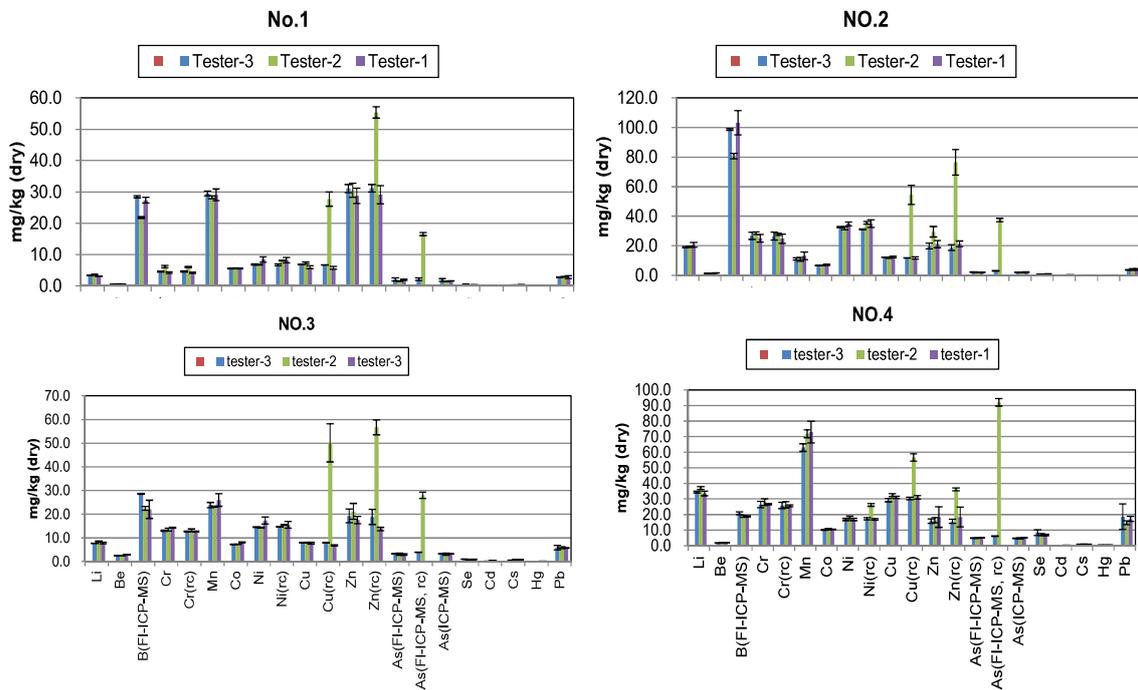


図 III-2.2-9 コールバンク SS 炭 4 種についてのラウンドロビンをテスト結果

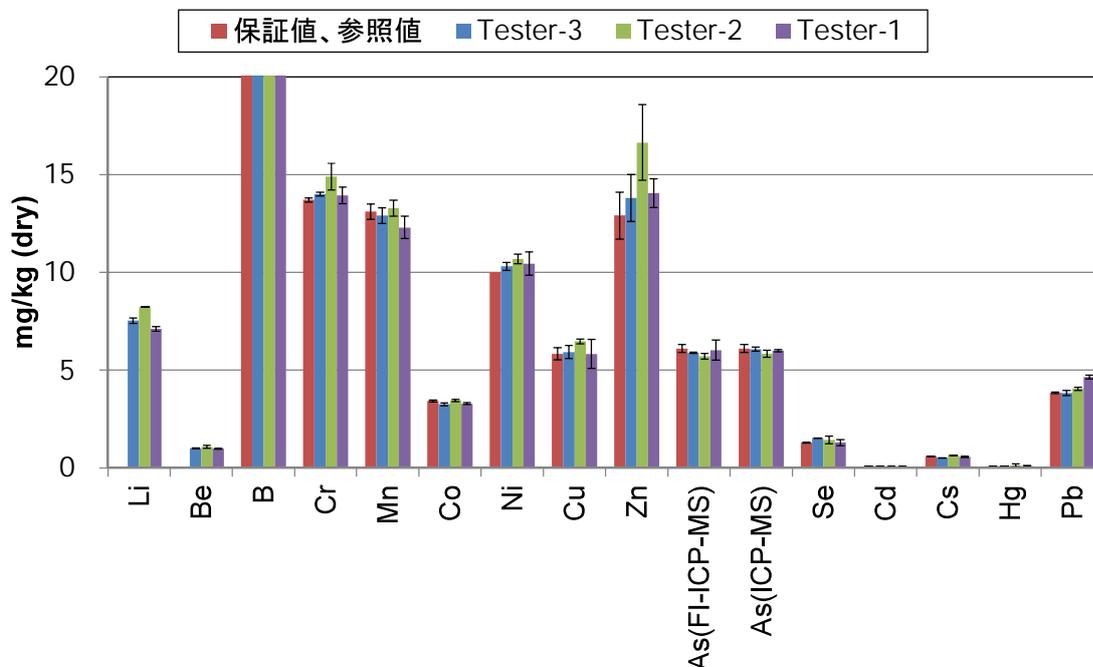


図 III-2.2-10 標準炭についてのラウンドロビントテスト結果

国内3機関によるラウンドロビントテストの結果を、コールバンクSS炭4種について図 III-2.2-9に、標準炭試料について図 III-2.2-10に示した。対象とした元素は、ホウ素を含む15元素(Li, Be, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Cs, Hg, Pb および B)である。反応セルを用いた測定において乖離が認められる例があるものの、3機関の結果は比較的良好な分布の範囲を示している。特に標準炭についての3機関による分析結果では、機関間のばらつきはそれほど大きくなく、かつ認証値と比較的良好な一致を示している。

ラウンドロビントテストの分析データは、JISC 石炭・コークス規格委員会のデータ検証に関する専門家が不在となったため、現在、他の規格委員会に属する TC69(統計的方法の適用)の専門家に依頼し、規格案としての最終作業を行っているところである。

2.2.7 まとめ、今後の課題

石炭の利用に際して環境に排出される微量元素が問題視され、各国において排出規制が厳格化される傾向にあるが、微量元素については、近年の関心の高まりと分析技術の発達を背景に、高感度、高分離能の測定機器を用いた研究例が多数報告されているものの、分析定量化の標準化については課題が多く残されている。石炭中微量元素の分析および定量法は今後、需要の全量を海外炭に依存せざるを得ない我国にとって、輸入炭に対する品質基準を明確にするために大変重要である。本研究では、微量元素の分析および定量法の標準を早期に確立し、我が国の石炭輸入および利用に不利を生じない工業標準規格を提案することを目的とした。

石炭中微量元素の分析法として ICP 法と発光分析(AES)または質量分析(MS)を組み合わせた方法が試料中の微量、極微量元素を同時定量できる特長を有することから有望とされているが、本研究では ICP 法に組み合わせるマイクロ波利用の石炭前処理法を検討し、硝酸(HNO₃)および過酸化水素水(H₂O₂)を加えた混合溶液に入れ、マイクロ波照射により、温度 240℃以下で溶解させるという新規手法により、高い回収率と分析精度を得ることができることを明らかにした。

コールバンクの異なる炭種についても、保有全種類について、完全に分解、溶液化できることを確認した。本手法を主要灰分元素及び微量灰分元素に適用し、容量法との比較から灰分元素が完全に溶解されることを解明した。

国内3機関によるラウンドロビントテストの結果、従来法(ISO23380 Annex A 等のフッ酸を使用する方法)では不可能であったホウ素の測定を、コールバンク試料炭について AIST 法により実施、良好な結果が得られたため、分析データは、TC69(統計的方法の適用)の専門家に依頼し、規格案としての最終作業を行っているところである。今後ラウンドロビントテストのデータ処理を可及的速やかに完了し、石炭・コークス規格委員会の審議を経て JIS 化を実現する予定である。その後、JIS を背景に、AIST 法を記載した ISO 規格案を ISO/TC27 (固体化石燃料)に提案する予定である。

最後に、今回試験法の規格化を進めるに際し課題として明らかになったことは、企業大学も含め石炭分析関係の人材固定化、減少、高齢化が年々進んでいることである。

試験規格制定作業のみならず ISO など国際会議においても日本の影響力は年々減少しており、使用石炭のほぼ全量を輸入に頼らざるを得ない我が国にとって、石炭品質面での発言力確保は必須と考えられる。その意味でも今後続く人材育成を産学官通じて検討する必要がある、コールバンクの維持拡充を行っていた本事業の後に続く事業の中で石炭分析分野の若手人材育成が必要であろう。

2.3 ガス状微量成分の高精度分析手法の開発、規格化、実装置での測定及び挙動検討

2.3.1 概要

石炭に含まれるセレンやホウ素は揮発性が高く、燃焼に伴い揮発し、煙道内で一部ダストへ付着する。ダストへ付着した粒子状のセレンとホウ素の大半は集じん装置でダストと共に捕集され、ガス状のセレンとホウ素は集じん装置を通過し、湿式の脱硫装置でほぼ全量捕集される。日本の多くの石炭火力発電所には、集じん装置および湿式の脱硫装置が設置されているため、煙突からの排出の影響は小さい。しかし、海外では、湿式脱硫装置の普及率が低く、脱硫装置が設置されていない場合、集じん装置を通過するガス状物質は煙突から大気へ排出されると考えられる。石炭燃焼プロセスにおける排ガス中のセレンとホウ素は、プロセス内でガス状として存在する割合の影響が大きいと考えられるが、プロセス内の挙動は十分な解明に至っていない。

セレンとホウ素の石炭燃焼プロセスにおける挙動の解明や排出実態の把握には、高精度な分析法が必要である。固液中の分析法は、国内外で高精度な分析法が規定されているが、ガス中ガス状セレン測定法は、JIS K0083 や EPA method 29 に規定されているものの、燃焼排ガスへの適用性は明確でなく、また、ガス中ガス状ホウ素の測定法については JIS や ISO 等に規定されていない。そのため、燃焼排ガス中のガス状のセレンとホウ素の高精度な測定法が必要である。そこで本章では、排ガス中のガス状のセレンとホウ素の高精度な測定法の開発、規格への提案、ならびにホウ素、セレンのプラントにおける挙動データの取得、検討を実施した。

2.3.2 ガス状セレン測定法

(1) 吸収剤の吸収性能の調査

平成 18 年度 NEDO 調査研究「石炭利用プロセスにおける環境への影響低減手法の調査／計測・分析手法に係る調査」にて、我が国や米国にて排ガス中ガス状金属類の吸収液として規定されている 4 種類の吸収液（硝酸、臭素飽和臭化水素酸、硝酸酸性過酸化水素水、過マンガン酸カリウム溶液）を用いて燃焼排ガス中セレンを測定した。その結果、いずれの吸収液でも十分な測定精度が得られず、各吸収液のガス状セレンに対する吸収性能が低いことが一因と考えられた。そのため、本プロジェクトでは、新たなガス状セレンの吸収剤として、ガス状成分除去に使用される活性炭（関東化学社製 活性炭素）と固体中セレン分析時にセレンの揮発防止剤として使用される硝酸マグネシウム溶液を用い、これら吸収剤の吸収性能を調査した。後段の吸収剤からセレンはほとんど検出されず、また、吸収剤出口フィルターからセレンが検出されなかったことから、排ガス中ガス状セレンの測定値が低い原因は、吸収剤のガス状セレンに対する吸収性能ではなく、ガス状セレンが吸収剤まで到達しておらず、吸収剤上流部へ付着し、回収できていない可能性が考えられた。

(2) ガス状セレンの配管付着の検証

ガス状セレンがガス採取時に配管等へ付着する可能性を検討するため、ガス採取後の配管等に残留するセレンを定量した。

検出された全セレン量に対する、吸収液、配管の洗浄液および洗浄後配管からそれぞれ検出されたセレン量の割合（検出割合）を図 III-2.3-1 に示す。本図より、JIS 等の公定法でセレンを定量する吸収液と吸収液による配管の洗浄液に加え、吸収液で洗浄した後の配管からもセレンが全検出量の約 24%検出された。この結果より、排ガス採取時にセレンが、吸収液での配管洗浄では回収できないほど強固に配管へ付着していることが明らかとなった。

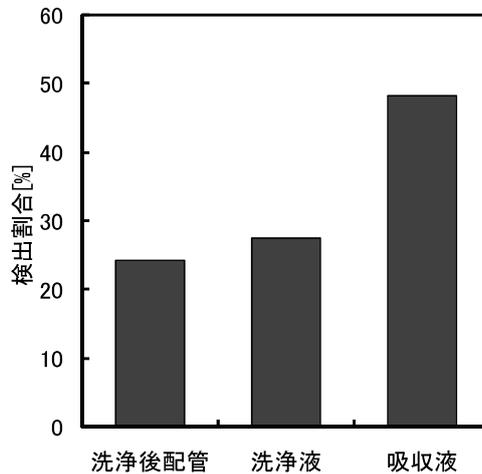


図 III-2.3-1 配管残留、洗浄液および吸収液からのセレン検出割合

(3) 配管へのセレン付着機構の解明

排ガス採取時に配管内に強固に付着するセレンの化学形態を把握するため、ガス状セレンを含む模擬燃焼排ガスと石炭燃焼特性実証試験装置の燃焼排ガスを採取し、吸収液での洗浄後に配管へ残留しているセレンの化学形態を、Spring-8 の BL16 B2 における蛍光 XAFS (X 線吸収微細構造: X-ray absorption fine structure) 測定により評価した。

セレンの吸収端は、セレンの酸化数が高いほど高エネルギー側にシフトすることが知られており、標準物質の測定結果との比較により、配管へ付着したセレンの酸化数を分析した。セレンの標準物質として、0 価のセレン (Se)、4 価の二酸化セレン (SeO_2)、及び 6 価のセレン酸ナトリウム (Na_2SeO_4) を採用した。洗浄後配管中セレンとセレンの標準物質の吸収端近傍の XANES スペクトルを図 III-2.3-2 に示す。洗浄後配管中セレンの吸収スペクトルは、模擬燃焼排ガス及び石炭燃焼排ガスでの試験によらず、0 価のセレンのスペクトルと良く一致しており、配管内に残留するセレンは 0 価のセレンであることが明らかとなった。燃焼排ガス中セレンの化学形態は 4 価の二酸化セレン (SeO_2) と推定され、排ガス採取時にセレンの一部は配管内で、0 価のセレンに還元し、付着していることになる。

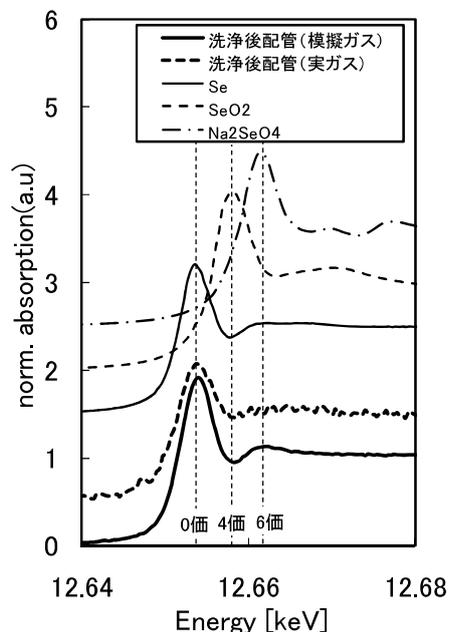


図 III-2.3-2 洗浄後配管中セレンの XAFS スペクトル

(4) 配管への付着セレン回収法の検討

実際に微粉炭火力発電所等で測定する際、付着セレンの回収が必要な配管の長さが 10 m 程度となる場合がある。そのため、配管へ付着した 0 価のセレンの定量に、配管を細かく切断してふっ化水素酸等を用いてセレンを抽出する固体中セレンの分析方法を使用することは困難である。また、温硝酸

は 0 価のセレンを溶解するが、採取後配管に残留する 0 価のセレンを全量回収するためには、配管を適当な長さに切断し、沸騰した硝酸に 1 時間程度漬け込む必要があり、配管に付着した 0 価のセレンの洗浄液としては適さない。そのため、本検討では、配管へ付着した非水溶性の 0 価のセレンを水溶性の 4 価や 6 価に酸化し、洗浄液へ溶解させる方法を検討した。0 価のセレンを酸化、回収する溶液として、強い酸化剤である硫酸酸性過マンガン酸カリウム溶液 ($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$) を選定した。

$\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ による付着セレン回収法を検証するため、石炭燃焼排ガスを 2 台の排ガスサンプリング装置にて同時に採取し、一方のガス採取後の配管を、水にて洗浄した後、さらに吸収液（硝酸酸性過酸化水素水）で洗浄した（回収法①）。他方の配管は、過マンガン酸カリウム濃度が 3 g/L の $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ にて洗浄した（回収法②）。各回収法で洗浄した後の配管は、温硝酸を用い、配管へ残留するセレンを抽出し、ICP-MS にて定量した。その結果、ガス採取後配管の洗浄によって回収されるセレン量は、回収法①に比べて回収法②の方が多くっており、 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ による洗浄で、水や吸収液では回収できないセレンが回収できることが判明した。しかし、 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ で洗浄した後の配管からも若干のセレンが検出された。 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ 中の過マンガン酸カリウム濃度が高いほど、0 価のセレンの溶解度が高くなることから、過マンガン酸カリウム濃度を 10 g/L とし、燃焼排ガスと模擬燃焼排ガスを採取した後の配管を洗浄したところ、洗浄後の配管からセレンは検出されなかった。このことから、過マンガン酸カリウム濃度が 10 g/L の $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ での洗浄により、排ガス採取時に配管へ付着するセレンが全量回収できることが判明した。

本プロジェクトの検討結果に基づき明確にした、排ガス中ガス状セレンの測定に必要な諸条件を表 III-2.3-1 に示す。

表 III-2.3-1 排ガス中ガス状セレン測定法の諸条件

①ダスト除去部温度	排ガス温度
②ガスとの接触面の材質	石英ガラス又は四ふっ化エチレン樹脂
③吸収液	硝酸酸性過酸化水素水 (HNO_3 (5%) / H_2O_2 (10%))
④配管の加熱保温温度	130℃ 以上
⑤吸収液の冷却	氷水にて冷却
⑥採取後配管の洗浄液	硫酸酸性過マンガン酸カリウム溶液 KMnO_4 (10g/L) / H_2SO_4 (1+15)

The diagram illustrates the experimental setup for gas sampling. It starts with a probe inserted into a duct, leading to a dust removal section. The gas then passes through a cooling tank, three absorption bottles, an empty bottle for mist removal, a desiccator, an aspirator pump, and a gas meter. A flow meter is also shown at the end of the line.

試料ガスと接触するプローブ、ダスト除去部、ダスト捕集部から吸収瓶までの配管等の材質は石英ガラスと四ふっ化エチレン樹脂とする。プローブの先端近くにダスト除去部を設置し、排ガス温度に加熱保温する。ダスト除去部出口から吸収瓶入口までの配管は 130℃ 以上に保温する。吸収液には硝酸酸性過酸化水素水を用い、ガス採取時には氷水等により、0～10℃ に冷却する。排ガスを吸引ポンプにより、1～1.5 L/min で、吸引ガス量が 120 L となるまで吸引する。排ガス採取後の配管は、 $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ によって洗浄し、吸収液と洗浄液中のセレンを、それぞれ ICP-MS にて定量する。各液中セレン量と吸引ガス量より、排ガス中ガス状セレン濃度を算出する。本測定で求められる排ガス中セレン濃度は、燃焼排ガス中の単体セレンの濃度で表される。

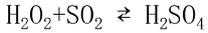
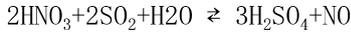
2.3.3 排ガス中ホウ素測定法

ガス状ホウ素はプローブ、配管、ダスト捕集用フィルター等に吸収される可能性があり、高精度な

測定のため、本検討では、プローブや配管の材質等の条件を最適化すると共に、測定精度に及ぼす排ガス温度の影響を検討した。

(1) 硝酸酸性過酸化水素水のガス状ホウ素吸収性能に与える SO₂ の影響

平成 18 年度の NEDO 調査研究「石炭利用プロセスにおける環境への影響低減手法の調査／計測・分析手法に係る調査」にて、ガス状ホウ素は、硝酸酸性過酸化水素水でほぼ全量捕集できることが明らかとなっている。しかし、硝酸酸性過酸化水素水は、次式に示すように、排ガス中の SO₂ により、吸収液中の HNO₃ と H₂O₂ の濃度が低下し、ガス状ホウ素の吸収性能が低下する可能性が考えられる。



そこで、本検討では、硝酸酸性過酸化水素水のガス状ホウ素吸収性能に与える SO₂ 濃度の影響を検討した。実験では、ガス状ホウ素発生装置を用いて、ガス状のホウ酸 (H₃BO₃) をホウ素として 1 mg/m³ 含む模擬燃焼排ガスを発生させ、SO₂ 濃度のみを 500、1000、2000 ppm の 3 条件で、硝酸酸性過酸化水素水を用いてガス状ホウ素を回収した。その結果、いずれの試験でも供給ホウ素濃度と硝酸酸性過酸化水素水にて測定した濃度は一致しており、硝酸酸性過酸化水素水のガス状ホウ素吸収性能には SO₂ の影響がないことが明らかとなった。以上の検討より、硝酸酸性の過酸化水素水は、ガス組成の影響なくガス状ホウ素を全量吸収できることが判明した。

(2) 測定に及ぼす配管の材質の影響

排ガス温度が高い場合、サンプリングプローブには、ステンレスや石英ガラス製のものが使用される。そこで、精度に与えるサンプリングプローブ材質の影響を検討するため、ステンレス及び石英ガラス製のサンプリングプローブを用いた 2 台の測定装置を用いた 2 系列の測定装置により、石炭燃焼特性実証試験装置の脱硝装置入口にて 350℃ の排ガス中ガス状ホウ素を同時に測定した。結果として、石英ガラス製のサンプリングプローブを用いた場合、2 回の測定値はほぼ一致しており、洗浄液からホウ素は検出されていない。しかし、ステンレス製のサンプリングプローブを用いた場合、洗浄液からホウ素が検出され、この値を加えても、排ガス中ホウ素の測定値は、石英ガラス製プローブを用いた場合に比べ低くなった。これは、ガス状ホウ素が、吸収液による洗浄では回収できないほど強固にステンレス製のサンプリングプローブに付着していることを示唆しており、ガス状ホウ素の測定には石英ガラスまたは四ふっ化樹脂を用いる必要があるといえる。

(3) 測定に及ぼすフィルターの材質の影響

排ガスを吸引する際、通常、ダスト除去のためにはシリカ製フィルターとアルミナバインダを含むシリカ製フィルターが使用される。そこで、本検討では、両フィルターへのガス状ホウ素の吸着あるいは吸収について検討した。その結果、アルミナバインダを含むシリカ製フィルターがガス状ホウ素を吸着あるいは吸収するため、ガス状ホウ素を測定する際のダスト除去用のフィルターに適さないことが明らかとなった。

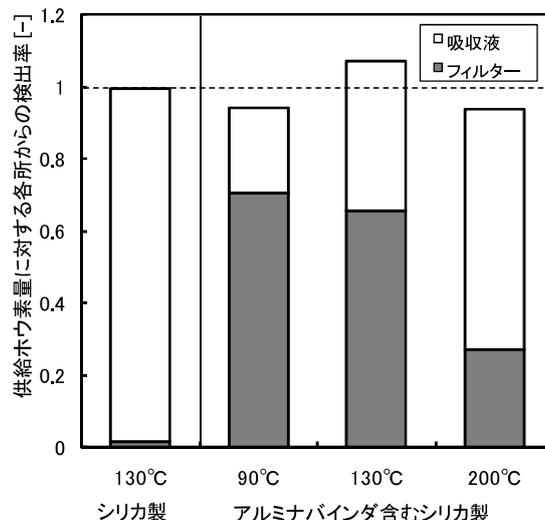


図 III-2.3-3 フィルターのガス状ホウ素吸収性

(4) 測定に及ぼす排ガス温度の影響

微粉炭ボイラー内の挙動を把握する際、燃焼排ガスの温度は測定箇所により異なり、一様ではない。そこで、模擬燃焼排ガスを用いて、ダスト除去部の温度を変化させた場合のフィルターと石炭灰のガス状ホウ素吸収性を実験した。その結果、フィルターホルダーの温度や石炭灰の有無に係わらず全ての条件において、供給濃度と測定濃度はほぼ一致しており、排ガス温度が 130℃以上であれば、ガス状ホウ素は、石炭灰やフィルターへ吸着あるいは吸収されず、300℃でも堆積した石炭灰からホウ素は揮発しないことがわかった。

本プロジェクトでの検討結果を基に、排ガス中ガス状ホウ素の高精度な測定に必要な諸条件を表 III-2.3-2 に示す。試料ガスと接触するプローブ、ダスト除去部、ダスト除去部から吸収瓶までの配管等の材質は石英ガラスまたは四ふっ化エチレン樹脂製とし、アルミナバイндаを含むシリカ製フィルターはガス状ホウ素を吸収しダスト除去には使用できないため、シリカ製のフィルターを使用する。ダスト除去部は、排ガス温度に加熱保温し、ダスト除去部出口から吸収瓶入口までの配管は 130℃以上に保温する。吸収液には硝酸酸性過酸化水素水を用いて、ガス採取時には氷水等により 0～10℃に冷却し、吸引ポンプにより排ガスを 1～1.5 L/min の速度で、吸引ガス量が 120 L となるまで吸収液に通ガスする。排ガス採取後の配管は、吸収液によって洗浄し、吸収液と洗浄液中ホウ素を ICP にて定量し、溶液中のホウ素量と吸引ガス量から排ガス中ガス状ホウ素濃度を算出する。また、ICP では、ホウ素単体の濃度が測定されるため、本測定で求められる排ガス中ホウ素濃度は、燃焼排ガス中の単体ホウ素の濃度で表される。

表 III-2.3-2 排ガス中ガス状ホウ素測定法の諸条件

①ダスト除去部温度	試料排ガス温度
②ガスとの接触面の材質	石英ガラス又は四ふっ化エチレン樹脂 (アルミナバイндаを含む紙は使用不可)
③吸収液	硝酸酸性過酸化水素水 (HNO ₃ (5%) / H ₂ O ₂ (10%))
④配管の加熱保温温度	130℃以上
⑤吸収液の冷却	氷水にて冷却
⑥採取後配管の洗浄液	吸収液 (硝酸酸性過酸化水素水)

The diagram illustrates the experimental setup for gas sampling. It starts with a probe (プローブ) connected to a dust removal section (ダスト除去部). The gas then passes through a cooling tank (冷却槽), followed by absorption bottles (吸収瓶), an empty bottle for mist removal (空瓶(ミスト除去)), a desiccator (除湿瓶), a pump (ポンプ), a gas meter (ガスメータ), and a flow meter (フローメーター). A cleaning bottle (洗浄瓶) is also connected to the system for cleaning the pipes after sampling.

2.3.4 分析手法の実ガスへの適用性評価

開発した分析手法の実ガスへの適用性を評価するため、乱流燃焼試験炉において温度の異なる 2 点 (280℃、150℃) で排ガス中のガス状のセレンとホウ素、および石炭灰等の粒子に付着したセレンとホウ素 (粒子状のセレンとホウ素) を測定した。

排ガス中のガス状のセレンとホウ素、および石炭灰等の粒子に付着したセレンとホウ素 (粒子状のセレンとホウ素) の量を測定し採取試料中に含まれるセレン及びホウ素量を算出した。結果を図 III-2.3-4 及び図 III-2.3-5 に示す。2 種の石炭及び温度の異なる 2 点において、セレンの物質収率は 89%～99%、ホウ素の物質収率は 83%～108%と 2 元素ともに良好であった。以上の検討により、開発した分析手法は実ガスに対して適用可能であることを明らかにした。

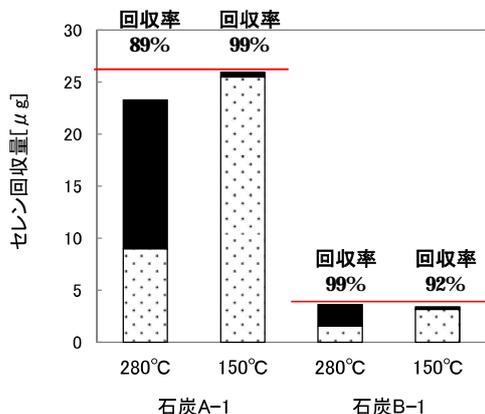


図 III-2.3-4 セレン回収量[μg]と物質収支[%]

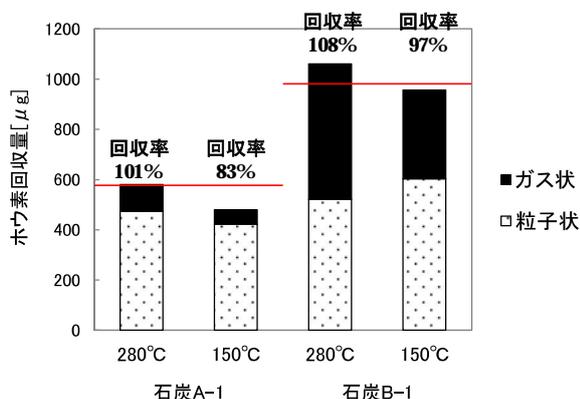


図 III-2.3-5 ホウ素回収量[μg]と物質収支[%]

2.3.5 ガス状ホウ素及びガス状セレンの分析手法の規格化に向けた試験及び提案

(1) 分析手法の規格化に向けた試験

測定法の JIS 及び ISO 規格への提案には、標準ガスを用いた併行精度及び再現精度を明らかにすると共に、燃焼排ガス試験における不確かさ評価を行う必要がある。そのため、ガス状セレンおよびホウ素発生装置の模擬燃焼排ガスと石炭燃焼特性実証試験装置の燃焼排ガスを採取し、排ガス中のガス状セレンおよびホウ素測定法の規格への提案に必要なデータを取得した。

(2) 分析手法の規格化に向けた提案

ガス状ホウ素の分析手法については 2012 年に JIS K0081 として規格化が完了し、ガス状セレンの分析手法については現在 JIS 化、ISO 化を推進中であり、規格化完了の目途が立った。達成状況及び今後の見込みを表 III2.3-3 に示す。

表 III2.3-3 規格化の達成状況

		目標	達成状況
ホウ素	JIS	JIS 化	JIS 化完了 (2012.8 JISK0081)
	ISO	-	-
セレン	JIS	JISC 付議	JISC へ提出し、今年度中に JIS 化の見込み。
	ISO	ISO へ提案	FDIS 案段階で、来年度中に ISO 化の見込み。

2.3.6 発電所等におけるガス状ホウ素及びセレンの分析手法の適用性評価、挙動データ取得及び挙動検討

(1) 発電所等におけるガス状ホウ素及びセレンの分析手法の適用性評価

乱流試験炉や石炭燃焼特性実証試験装置による検討により、排ガス中ガス状セレン及びホウ素の分析手法を確立した。しかし、発電所等実機プラントは燃焼試験炉と比較しサンプリング配管が長いなどの相違点がある。そこで、実機発電所において測定手法の再現性や分析業者間の誤差、排ガス組成が分析精度に与える影響を検討し、分析手法の発電所等実機プラントにおける適用性を評価した。その結果、ホウ素、セレンともに再現性は良好であり、分析業者間の誤差も少なく、排ガス組成が大きく異なる 2 か所で精度よく測定することができた。なお、これらの測定結果は規格化における付属資料として掲載した。

(2) ホウ素及びセレンのプラント内挙動データの取得及び挙動検討

乱流燃焼試験炉および石炭燃焼特性実証試験装置を用いて挙動データを取得し、ホウ素及びセレンのプラント内挙動を検討した。

(a) プラント内セレンとホウ素の挙動に関する検討

プラント内の微量物質の挙動を検討するためには、集じん装置や脱硫装置などの排煙処理設備における微量物質の除去特性、燃焼に伴う石炭からの揮発特性、ならびに煙道におけるガス状物質の石炭灰への移行特性を把握し、各特性に及ぼす影響因子を明確にする必要がある。そこで、本項では、セ

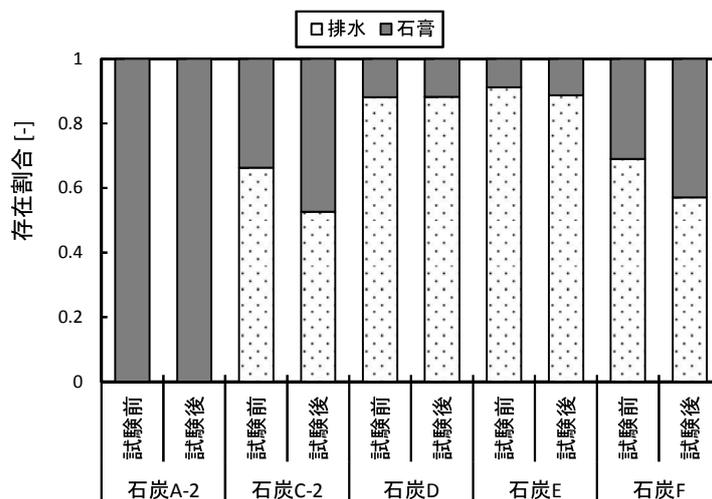
レンとホウ素について、前項で取得した石炭燃焼試験炉及び乱流燃焼試験炉の挙動データ、ガス状セレン及びホウ素発生装置を用いた基礎試験から、これらの特性を検討した。

なお、石炭燃焼実証試験炉は実機を模擬したプラント構成であることから、排煙処理設備前後の挙動観察や、排煙処理設備による除去特性の検討を実施した。一方で乱流燃焼試験炉は、排ガスや粒子の採取箇所が幅広い温度域にわたり多数設置されており、温度変化に伴う挙動を詳細に検討できることから、煙道におけるガス状ホウ素及びセレンの石炭灰への移行特性の検討を実施した。また前述したように、石炭燃焼特性実証試験装置ではセレンの物質収支が不良であったため、セレンの挙動検討については、物質収支が良好である乱流燃焼試験炉を主に用いることとした。

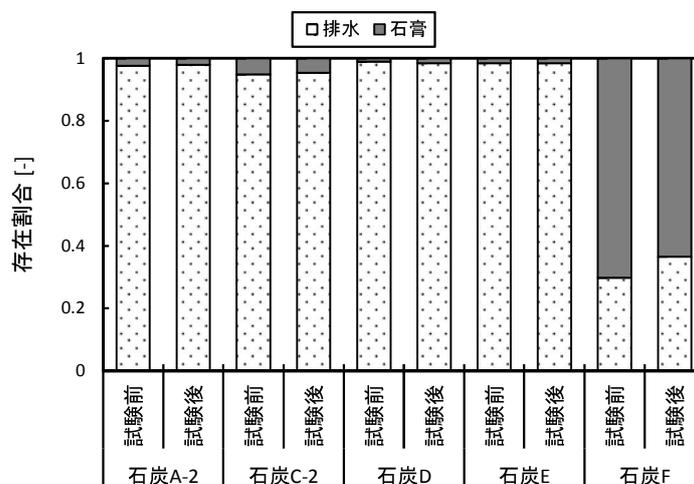
(b) 排煙処理装置における微量物質の除去特性

排煙処理装置における微量物質の除去特性について、前項にて取得した石炭燃焼試験炉の結果より検討した。その結果、セレンとホウ素ともに、集じん装置入口の粒子状の物質質量と、集じん装置から石炭灰に含有して排出する物質質量がほぼ等しく、集じん装置出口では粒子状物質がほとんど検出されていなかった。この結果より、セレンとホウ素ともに集じん装置で石炭灰に含有している粒子物質はほぼ全量集じん装置で捕集されることが判明した。また、集じん装置出口（脱硫装置入口）にて、ガス状で存在するセレンとホウ素の物質質量と脱硫スラリーへの移行量がほぼ等しく、脱硫装置出口では、ガス状のセレンとホウ素がほとんど検出されなかったことから、集じん装置を通過したガス状のセレンとホウ素は共に、湿式脱硫装置にてほぼ全量捕集され、煙突からはほとんど排出されないことが明らかとなった。

次に、脱硫装置にて捕集されたセレンとホウ素の移行先（排水または石膏）を検討するため、各試験にて採取した脱硫スラリーをろ過し、排水と石膏の含有量を定量した。セレンとホウ素の排水と石膏に存在する割合を、図 III-2.3-6 (a) (b)に示す。脱硫スラリー内において、試験によってセレンの排水と石膏の存在割合が変化しており、脱硫装置にて捕集されたセレンは脱硫スラリー内で排水と石膏に移行し、その割合は石炭性状等により大きく変化すると考えられた。一方、ホウ素は石炭Fを除き、脱硫スラリー内では、排水中に含有しており、脱硫装置で捕集されたホウ素はほぼ全量排水へ移行すると考えられた。



(a) セレン



(b) ホウ素

図 III-2.3-6 脱硫スラリー内のセレンおよびホウ素の排水と石膏中の存在割合

(c) 燃焼に伴う石炭からの揮発特性

石炭燃焼特性実証試験装置におけるセレンとホウ素の挙動試験結果より、いずれの試験でもセレンは火炉下部から排出されるクリンカ灰から検出されておらず、燃焼に伴い全量石炭から揮発すると考えられた。一方、ホウ素は、全ての試験において、クリンカ灰に含まれ、石炭燃焼場においても一部石炭灰中に残存することが判明した。

石炭燃焼に伴うホウ素の揮発に関するこれまでの検討により、ホウ素はチャー燃焼時に溶融した石炭灰に溶け込み残留し、石炭からの揮発率は石炭灰の溶融性の指標の一つである B/A 比 (Base/Aid 比、Base : $Fe_2O_3+CaO+MgO+Na_2O+K_2O$, Acid : $SiO_2+Al_2O_3+TiO_2$) と石炭灰含有率の積と相関が見られることを明らかにしている。そこで、石炭燃焼特性実証試験装置の試験結果を用いて、B/A 比×石炭灰含有率と石炭燃焼に伴うホウ素揮発率の関係を調査した。

その結果、図 III-2.3-7 に示すように、石炭 D を除き、B/A 比×石炭中灰分含有率の増加に伴い石炭からのホウ素揮発率が低下する傾向が見られた。石炭 D については、B/A 比と灰溶融温度に相関が見られず、B/A 比が大きいにも関わらず溶融温度が高い石炭であったことが原因と考えられた。これらの結果から、本検討においても、石炭燃焼に伴うホウ素の揮発特性には主に石炭灰の溶融性が影響すると考えられた。また、石炭 D のような石炭についても使用するためには、B/A 比ではない、灰の溶融性を示す方法や指標の確立が必要である。

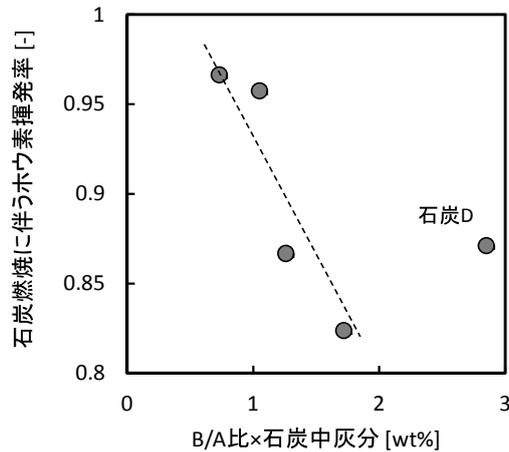


図 III-2.3-7 石炭燃焼に伴うホウ素揮発率と石炭性状の関係

(d) 煙道におけるガス状セレンとホウ素の石炭灰への移行特性

石炭燃焼特性実証試験装置にて温度の異なる箇所から排出された石炭灰中のセレンとホウ素の濃度を用いて、火炉から排出されたガス状のセレンとホウ素が煙道において石炭灰に移行する特性を検討した。

セレンについて、ガス状セレンの一部は 550°C以上の高温域にて、石炭灰中の Ca や Fe に吸収され石炭灰へ移行すると考えられている。ガス状セレンが高温域にて Ca や Fe に吸収されると仮定した場合、石炭灰のセレン吸収量は、石炭灰中の Ca や Fe の含有量が多く、排ガス中セレン濃度が高いほど、石炭灰中セレン濃度が高くなる。そこで、石炭燃焼特性実証試験装置で処理ガス温度が 350~650°Cであるエアヒータから捕集された石炭灰中セレン濃度と、石炭灰中の Fe_2O_3 と CaO の含有率と石炭中セレン濃度の積との関係を調査した。本検討では、排ガス中セレン濃度について、燃焼に伴いセレンはほぼ全量揮発すると考えられることから、高温域での排ガス中セレン濃度の指標として、石炭中セレン濃度を用いた。その結果、図 III-2.3-8 に示すように、石炭灰中の Fe や Ca の含有量、および石炭中セレン濃度の増加に伴い高温域から採取した石炭灰（エアヒータ灰）中セレン濃度が高くなることがわかった。ガス状セレン発生装置を用いた検討では、350°C以上の温度域では、活性炭へは吸着しないことから、ガス状セレンは、高温域にて、石炭灰中の Ca と Fe に吸収され石炭灰に移行したと判断できる。ただし、石炭中セレンを基準とした 350°C以上の温度域で石炭灰に移行するセレンの割合は 1%未満であり、ガス状セレンの石炭灰への移行は主に 350°C未満の温度域で生じていると考えられる。

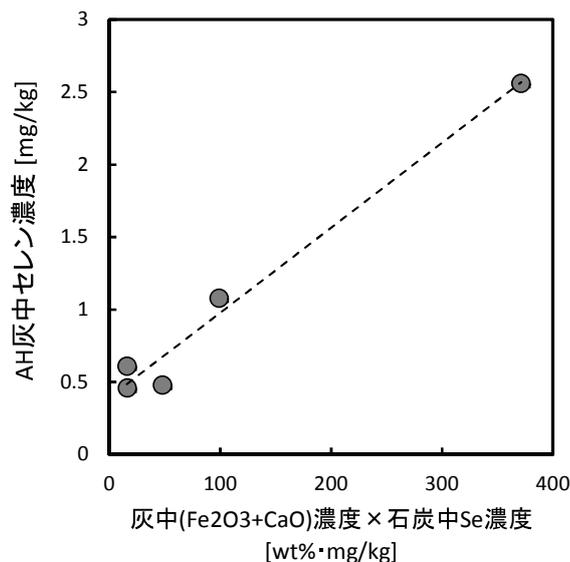


図 III-2.3-8 煙道の高温域におけるガス状セレンの石炭灰への移行特性

そこで、350°C未満の温度域で生じていると考えられるガス状セレンの石炭灰への移行を確認する

ため、乱流燃焼試験炉の温度の異なる4点（1000℃、500℃、310℃、120℃）で石炭灰を採取し、石炭灰中のセレン濃度を分析した。その結果、500℃未満の温度域においてガス状セレンの石炭灰への移行が生じており、かつ温度低下に伴いガス状セレンの石炭灰への移行速度は上昇することが確認された。（図 III-2.3-9）

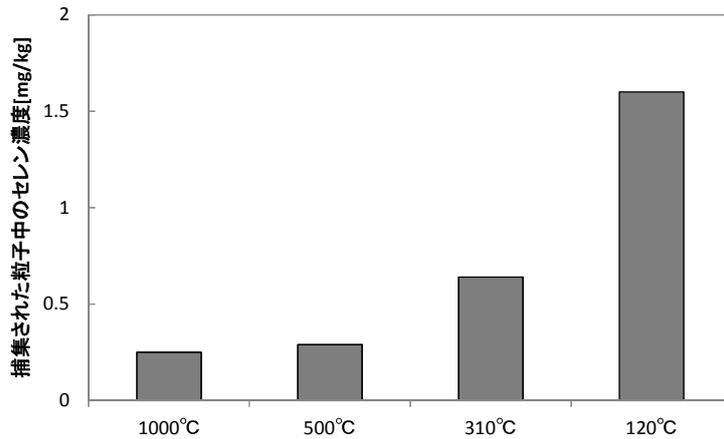


図 III-2.3-9 捕集石炭灰中のセレン濃度 [mg/kg] (温度別)

さらに、ガス状セレンの石炭灰への移行の影響因子検討のため、灰中未燃分に着目し、同一炭種で燃焼条件を変えたときのデータを採取した。その結果、灰中未燃分が多い燃焼条件のとき、捕集石炭灰中のセレン濃度が増加した。すなわちガス状セレンの石炭灰への移行量が増加したと考えられる（図 III-2.3-10）。このことから、灰中未燃分は 500℃未満の温度域におけるガス状セレンの石炭灰への移行の影響因子であると考えられた。

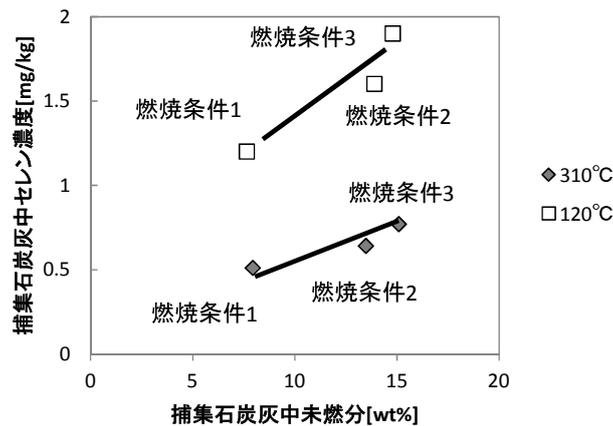


図 III-2.3-10 捕集石炭灰中のセレン濃度と未燃分の関係

次に、ホウ素について、ガス状ホウ素が石炭灰へ移行する温度域を調査するため、石炭燃焼特性実証試験装置の処理ガス温度が異なる装置から捕集した石炭灰中ホウ素濃度を比較した。その結果を、図 III-2.3-11 に示す。本図より、いずれの試験においても、クリンカ中の濃度に比べて AH 沈降灰中の濃度が高く、AH 以降で採取された石炭灰中濃度は AH 沈降灰中のホウ素濃度とほぼ同じ濃度であった。これらの結果から、ガス状ホウ素の石炭灰への移行は主に 350℃以上の温度域までに生じ、低温域では排ガスに含まれるガス状ホウ素と粒子状ホウ素の割合の変化は非常に小さいことがわかった。

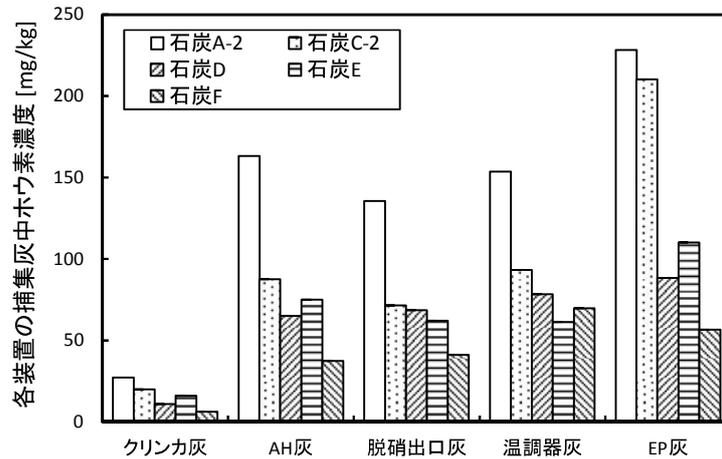


図 III-2.3-11 各石炭燃焼時の捕集石炭灰中ホウ素濃度

ガス状ホウ素は 350°C以上の温度域で石炭灰へ移行し、この温度域では、灰中の未燃分への吸着は生じないことから、石炭灰中成分と化合物を生成していると考えられる。そこで、350°C以上の温度域にてガス状ホウ素と化合物を生成できる成分を熱力学平衡計算にて推定した。計算結果として、ガス状ホウ素は、石炭灰中成分のアルミニウム、マグネシウム、ナトリウム、カルシウムと化合物を生成することがわかり、ガス状ホウ素は高温域にて、Al、Mg、Ca、Na との反応により石炭灰へ移行していると推定できる。

そこで、ガス状ホウ素を吸収する石炭灰中の成分として、高温域にてホウ素と化合物を生成する可能性がある Al、Mg、Ca を選定し、ホウ素を含む模擬燃焼排ガスをを用いて各試料へのホウ素吸収性を検討した。その結果、ガス状ホウ素は高温域で石炭灰中のカルシウム、マグネシウム、ナトリウムに吸収されている可能性が示唆された。

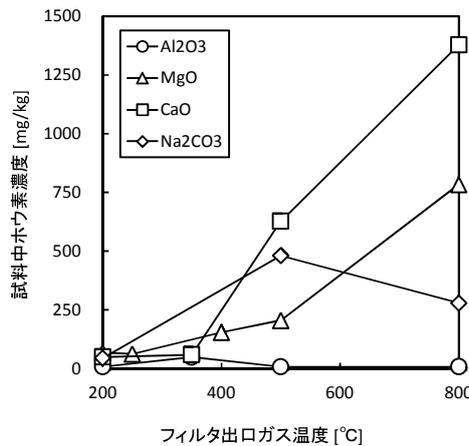


図 III-2.3-12 ガス状ホウ素吸収試験後の試料中ホウ素濃度

ガス状ホウ素が 350°C以上の高温域にて、石炭灰中のカルシウム、マグネシウム、ナトリウムに吸収されると仮定した場合、火炉出口から脱硝入口までに石炭灰がガス状ホウ素を吸収する量は、石炭灰中の Mg、Ca、Na の含有量が多く、排ガス中ホウ素濃度が高いほど、石炭灰への移行量が多くなると考えられる。そこで、石炭燃焼特性実証試験装置のクリンカ灰から脱硝入口までの灰中濃度の増加濃度と、石炭灰中の MgO、CaO、Na₂O の含有率と排ガス中ガス状ホウ素濃度の積との関係を調査した。本検討では、排ガス中ガス状ホウ素濃度として、石炭中ホウ素濃度と前節にて検討した石炭からの揮発率との積を用いた。その結果を図 III-2.3-13 に示す。本図より、石炭灰中の MgO、CaO、Na₂O の含有率と排ガス中ガス状ホウ素濃度が高いほど、火炉出口から脱硝装置までに石炭灰に移行するガス状ホウ素量が多くなり、良好な相関が得られた。これまでの結果から、石炭燃焼排ガス中において、ガス状ホウ素は、主に 350°C以上の高温域において、石炭灰中のカルシウム、マグネシウム、ナトリウムに吸収され、石炭灰へ移行していると判断できる。

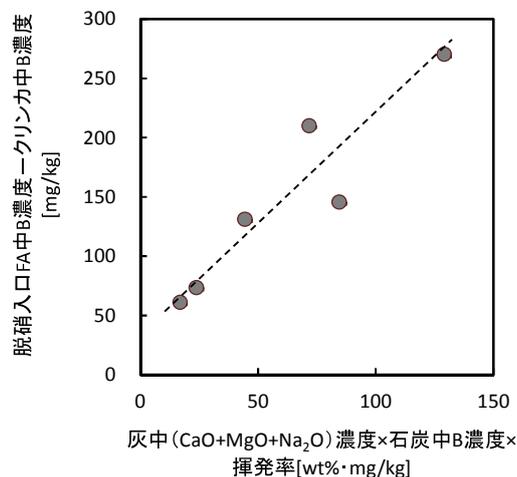


図 III-2.3-13 ガス状ホウ素の移行特性と石炭性状の関係

2.3.7 国連環境計画の水銀・石炭パートナーシップへの対応

環境への水銀排出に国際的な関心が高まる中、国連環境計画（UNEP）は最大の人為排出源とされる石炭燃焼に関して、石炭パートナーシップと呼ばれる協力機構を設置している。石炭パートナーシップは、IEA Clean Coal CentreのDr. L. Slossを指導者として、排出量の多い中国、インド、ロシア、南アフリカを対象に、排出実態把握、排出削減等に関わる取り組みをサポートしている。実施にあたっては、石炭燃焼プロセスの水銀排出に関する専門家会議であるMEC（Mercury Emission from Coal）にて水銀のプラント内挙動、除去技術、排出実態等に関する最新情報の交換を行っており、本会議にて最新情報の収集を行った。また、石炭火力に対する微量物質の規制は、米国が先行しており、EUEC（Energy, Utility & Environment Conference）等の国際会議に参加し、米国の石炭火力からの微量物質の排出に関する規制動向等を調査した。水銀を中心に、最新の規制動向、および検討されている水銀の抑制技術を取りまとめた。（詳細は報告書本文を参照。）

2.3.8 まとめ

本章では、ガス状微量成分の高精度分析手法の開発、規格化、実装置での測定及び挙動検討を実施した。

ガス状セレンの高精度分析手法の開発にあたり、吸収液の性能を検討するとともに、配管へのセレン付着機構を明らかにし付着セレンの回収法を見出した。ガス状ホウ素の高精度分析手法の開発にあたり、吸収液の選定、サンプリング配管やフィルター材質の最適化を実施した。これらの検討結果をもとに、高精度分析に必要な手法を開発した。また、開発した手法を燃焼排ガスや、発電所等実装置に適用できることも確認した。

併せて、開発した分析手法の規格化を試みた。規格化に向けて必要なデータを試験装置や実装置で取得するとともに、JIS 化及び ISO 化を検討した。ガス状ホウ素の分析手法については 2012 年に JIS K0081 として規格化が完了し、ガス状セレンの分析手法については現在 JIS 化、ISO 化を推進中であり、規格化完了の目途が立った。

また、開発した分析手法を用いて挙動データを取得し、プラント内のセレン及びホウ素挙動を検討した。排煙処理設備におけるセレン及びホウ素の除去特性を検討した結果、石炭燃焼に伴い発生するセレン及びホウ素はほぼ全量が集じん設備及び湿式脱硫装置で捕集されることが明らかになった。また、脱硫装置で捕集されたセレンのうち排水と石膏に分配する割合は石炭性状によって大きく異なること、脱硫装置で捕集されたホウ素はほぼ全量が排水へ移行することがわかった。燃焼に伴う揮発を検討した結果、セレンは燃焼に伴いほぼ全量揮発するのに対し、ホウ素は石炭燃焼場でも溶融灰に取り込まれ、一部が揮発せずに残存することがわかった。煙道におけるガス状セレンとホウ素の石炭灰への移行特性を検討した結果、ガス状セレンは主に 350°C未満の温度域で石炭灰への移行が進行すること、移行特性には灰中未燃分が影響することを明らかにした。一方、ガス状ホウ素は、主に 350°C以上の温度域で石炭灰中のカルシウム、マグネシウム、ナトリウムへ移行することを明らかにした。

また、国際的な関心が高まっている水銀排出について、専門家会議や国際会議に参加し、規制動向や、検討されている水銀の抑制技術についてとりまとめた。

IV. 実用化，事業化の見通し

1. 今後の展開と成果の実用化可能性

本事業の目標と達成可能性、今後の取組み及び開発スケジュールを表 IV-1-1 及び図 IV-1-1 にまとめた。

表 IV-1-1 本事業の目標と達成可能性など

項目		本事業の目標	達成可能性など
コールバンクの拡充	収集石炭数 石炭データ 微量データ (AIST法) (+ホウ素)	118炭種 118炭種 118炭種 40炭種	低品位炭(亜瀝青炭)を中心に目標炭種数を収集し、分析を実施。収集炭種数およびそれらの分析に関する目標は達成。今後ユーザー要望の高い低品位炭を中心に拡充を図りたい。
石炭中微量元素の分析手法の開発と規格化	ISO JIS	本規格案策定 JIS化活動	・ラウンドロビンを通じ、精度、再現性、操作性の検証を行い、JIS化活動を進める。 ・JIS化活動における検証はISO化に活用する。 ・規格化は達成(する見込み)。
ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発	B Se	- JIS化 WD作成 JISC付議	・BのJIS化についてはすでに完了しており、規格化を達成済。 ・SeのISO化、JIS化については、完了までの目途が付き規格化を達成予定。
石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動説明	・実機またはベンチプラントにおけるガス状および粒子状のホウ素およびセレンを測定し、プラント内の挙動影響因子を説明できた。本事業の目標は達成済。今後、挙動モデル化、対策技術に取り組みたい。

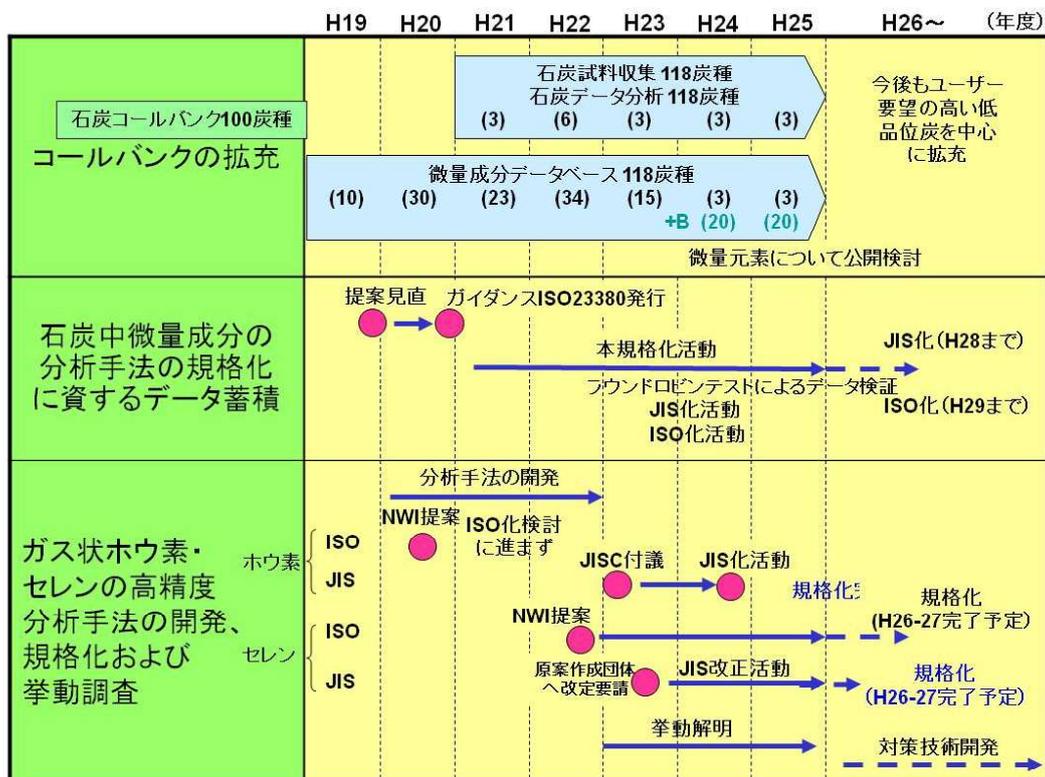


図 IV-1-1 今後の開発スケジュール

2. コールバンクの拡充

コールバンクのデータベースのさらなる拡充を目指し、コールバンクの既存一般分析に加えて、産総研法による微量成分分析を行いデータベースの更なる拡充を進めた。石炭としては CCT の国際展開を考慮して低品位な炭種や微量元素含有量の多い炭種を新たに選定してデータの蓄積を行なった。

一般分析値のデータベースについては、JCOAL に所定の申込をしたうえでパスワード発給を受け、

ウェブサイトからアクセス可能である。現在、コールバンクデータベースへの登録ユーザー数は 669 ユーザー（平成 26 年 3 月）であり、払い出し検体数は、平成 17 年以降、3370 検体（平成 26 年 3 月現在）に上っている。

JCOALでは、コールバンクのデータベースの管理、公開、改定などを行っているが、既存のデータベースに微量成分のデータを加えるに際してのデータ構造、公開に際しての条件やセキュリティーの検討を進めるほか、よりユーザー要望の高い低品位炭のデータベースを拡充する予定である。なお、コールバンクについては、ISO23380法およびその他の方法により必要なデータ取得を行うことにより微量成分の分析値が蓄積され、技術的にも問題ないと判断される時期に内容や方法を関係機関と協議して公開する予定である。

コールバンクの標準試料については、Brain-CのフォローアップとSTEP-CCTの研究用に限り出荷しているのが現状である。そのため、試料数は限定された数字になっている。プロジェクト終了後、上記のデータベース公開と併せて、その取り扱いを検討する。

3. 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積

(独)産業技術総合研究所で開発された石炭前処理法と誘導結合プラズマ(ICP)法を組み合わせた独自の石炭中微量成分分析手法は、ISO/TC27(Solid mineral fuels)技術委員会において、石炭中微量元素の分析ガイダンスとして、2008 年 10 月に発行された。(ISO23380:2008 “Selection of methods for the determination of trace elements in coal, October 2, 2008.) これにより石炭中微量元素の分析手法の公定法制定への道筋が開け、今後の JIS 規格および ISO の本規格の制定に向けた標準化活動の基盤が与えられた。

JISC 石炭・コークス規格委員会の指導のもとに、規格案は ISO23380 の翻訳とし、AnnexB に記載されている AIST 法については、国内規格制定のためのラウンドロビンをテストを行うこととなり、本プロジェクトの最終年度までに、3 機関によるラウンドロビンテストを実施することができた。

ラウンドロビンテストのデータ処理を可及的速やかに完了し、石炭・コークス規格委員会の審議を経て JIS 化を実現する予定である。その後、JIS を背景に、AIST 法を記載した ISO 規格案を ISO/TC27 (固体化石燃料) に提案する予定である。ISO23380 は、ISO/TC27 による 5 年後の見直しを経て 2013 年に継続が決定された。2013 年 ISO/TC27 会議 (南アフリカ) では、ドイツ代表が石炭中微量元素の分析手法の提案に積極的姿勢を示しており、連携の可能性など一定の見通しが開けている。フッ酸を利用する方法が記載された Annex A については、欧米豪などの既存の国内規格が存在するので、調整をプロジェクトリーダーに任せ、Annex B に AIST 法を記載することを想定して、ICP 法に関する記載等につき TC27 関係者とすり合わせながら ISO 規格案を作成中であり、ラウンドロビンテストの結果等により最終調整を図ることになっている。

4. ガス状微量成分の高精度分析手法の開発と規格化

測定条件の最適化や既存の分析手法の課題抽出、解決策検討によりガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法を開発し、その測定法の規格化を進め、目標を達成した。

ガス状ホウ素の測定法に関し、ISO 化については NWI が採択されなかったため、各国の動向、考え方を探り検討したうえで、再提出の機会をうかがう。JIS 化については、2012 年 8 月に完了し (JIS K0081)、開発した測定技術が国内外に普及すると考えられる。

ガス状セレンの測定法に関し、ISO 化、JIS 化ともに今年度～来年度はじめに完了する見込みである。開発した測定技術が ISO 化、JIS 化されることにより日本で開発した技術が国内はもちろん世界中に普及すると考えられる。

5. 排ガス内のホウ素、セレンの挙動の調査

本事業で確立したガス状中ホウ素及びセレンの測定方法を活用し、挙動への影響因子を明らかとした。今後、挙動の詳細把握を引き続き検討するとともに、挙動のモデル化に取り組みたいと考えている。なお、本事業で得られた知見は挙動モデル化の基礎データとして活用されるとともに、ホウ素及びセレンの対策技術開発に役立てられる。

6. 国際動向に関する情報収集

国際エネルギー機関 (IEA) は、水銀についての国際的な規制手法とその評価方法、普及方法などについて議論・検討しており、今後は水銀以外の微量元素についての検討も行う。本事業では、国際

的な水銀専門家の研究会である水銀専門家会議（MEC）やその他微量元素に係わる国際会議に出席し情報収集や成果発表を行った。事業終了後も、国際動向に関する情報収集を引き続き実施する。

V. 特許出願、論文投稿、研究発表などの成果普及

1. コールバンクからの試料提供数

No.	内 容	件数
1	コールバンク登録ユーザー数	407 ユーザー
2	試料提供件数	平成 17 年度 220 検体
		平成 18 年度 181 検体
		平成 19 年度 458 検体
		平成 20 年度 202 検体
		平成 21 年度 1453 検体
		平成 22 年度 304 検体
		平成 23 年度 196 検体
		平成 24 年度 250 検体
		平成 25 年度 106 検体 (～12 月末)

・普及方法 JCOAL のホームページ上で関連研究者向けに公開中。

2. 論文発投稿

査読論文：2 件

- ・野田直希、伊藤茂男、植木保昭、義家亮、成瀬一郎、「石炭燃焼排ガス中ホウ素の測定法開発」化学工学論文集、Vol. 38 (3), pp. 183-188 (2012).
- ・A. Ohki, M. Taira, S. Hirakawa, K. Haraguchi, F. Kanechika, T. Nakajima, H. Takanashi, “Determination of mercury in various coals from different countries by heat-vaporization atomic absorption spectrometry: Influence of particle size distribution of coal”, Microchemical Journal, Vol. 114, pp. 119-124 (2013).

3. 研究発表

口頭発表：38 件

発表 年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2009年 7月	電中研 研究年報 2009年度版	排ガス中ガス状ホウ素・セレンの 測定法の開発	電力中央研究所 野田 直希
2009年 9月	化学工学会 第41回秋季大会	排ガス中ガス状ホウ素とセレンの 測定法の開発	電力中央研究所 野田 直希
2009年 9月	日本分析化学会	フッ酸フリーマイクロ波分解/誘導結 合プラズマ質量分析法による石炭中の 微量重金属成分の分析	産業技術総合研究所 後反 克典
2009年 10月	電中研フォーラム	排ガス中ガス状ホウ素とセレンの 測定法の開発	電力中央研究所 野田 直希
2010年 6月	産総研E&Eフォーラム	フッ酸フリーマイクロ波分解/誘導結 合プラズマ質量分析法による石炭中の 微量重金属成分の分析	産業技術総合研究所 後反 克典
2010年 6月	Mercury Emission from Coal 7th International Experts' Workshop (M EC7)	Volatile trace elements of concern in coal combustion power plant – mercury, boron and selenium	CRIEPI S. Ito
2010年	Mercury Emission from	Analysis and cleaning technologies	Kagoshima Univ. A. Ohki

6月	Coal 7th International Experts' Workshop (MEC7)	for mercury and other hazardous trace element in coal (introduction of NEDO project 2007-2010)	
2011年 1月	第9回横浜微量成分ワークショップ	フッ酸フリーマイクロ波分解/誘導結合プラズマ質量分析法による石炭中の微量重金属成分の分析	産業技術総合研究所 後反克典 中里哲也 山田理
2011年 1月	第9回横浜微量成分ワークショップ	燃焼排ガス中ガス状ホウ素、セレンの測定法	電力中央研究所 伊藤茂男 野田直希
2011年 8月	11th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry	Determination of the mass concentration of gaseous boron and selenium in combustion flue gases	CRIEPI N. Noda S. Ito
2011年 9月	日本分析化学会第60年会	マイクロ波照射-酸分解とICP-MSを用いる固体環境試料中の微量元素分析	原口幸征、古園拓也、 中島常憲、高梨啓和、 大木 章
2011年 10月	第48回石炭科学会議	石炭の微生物脱硫による微量元素除去と存在形態	上山由貴、中島常憲、 高梨啓和、大木 章
2011年 12月	日本学術振興会 石炭・炭素資源利用技術第148委員会 第131回研究会	燃焼排ガス中ガス状ホウ素、セレン測定法の開発	電力中央研究所 野田 直希
2011年 8月	11th China-Japan Symposium on Coal and C1 Chemistry	Determination of the mass concentration of gaseous boron and selenium in combustion flue gases	CRIEPI N. Noda S. Ito
2012年 5月	プラズマ分光分析研究会 第85回講演会 (東京工業大学)	石炭中の重金属及び炭素ナノ材料の分析	中里哲也
2012年 5月	第72回分析化学討論会 (鹿児島大学)	フッ酸フリーマイクロ波分解/誘導結合プラズマ質量分析法による石炭中のホウ素の分析	後反克典、中里哲也、 山田 理、安田 肇 田尾博明
2012年 5月	第72回分析化学討論会 (鹿児島大学)	石炭試料中に含まれる水銀など微量元素の分析	原口幸征、金近文彰、 中島常憲、高梨啓和、 大木 章
2012年 6月	E&Eフォーラム (産総研)	フッ酸フリーマイクロ波高温抽出/誘導結合プラズマ質量分析法による石炭中のホウ素の分析	後反克典、中里哲也、 山田 理、安田 肇、 田尾博明
2012年 7月	The 10th Yokohama Trace Element Workshop (Huangshan, China)	Determination of Trace Elements in Coal by Use of Atomic Spectrometry	Tsunenori NAKAJIMA
2012年 7月	The 10th Yokohama Trace Element Workshop	Development of Measurement Methods of Gaseous Boron and Selenium in Flue Gas from	Takuya FURUZONO Tsuyoshi TERAMAE、 Naoki NODA、

	(Huangshan, China)	Coal combustion	Shigeo ITO
2012年 7月	第48回 粉体工学会夏期 シンポジウム (京都)	石炭燃焼排ガス中ホウ素, セレンの 高精度分析手法の開発	古園拓也、寺前 剛、 野田直希、伊藤茂男
2012年 8月	第21回日本エネルギー学 会大会 (東京)	石炭中の微量有害元素分析法の開発	中島常憲、原口幸征、 南 有紀、金近文彬、 高梨啓和、大木 章
2012年 9月	第61回日本分析化学会年 会 (金沢)	石炭や石炭灰等に含まれる 微量元素の分析	原口幸征、平 美冴、 中島常憲、高梨啓和、大 木 章
2012年 9月	第61回日本分析化学会年 会 (金沢)	フローインジェクションICPMS法に よる環境試料中の微量元素の分析	南 有紀、西村 彩、 中島常憲、高梨啓和、 大木 章
2012年 9月	サンビーム研究年報・成果 集 (Part2 サンビーム成 果集)	燃焼排ガス中ガス状セレンの 測定法の開発	(電力中央研究所) 野田 直希、秋保広幸、栃原義 久、山本 融 (電力テクノシステムズ) 野口真一
2012年 10月	第49回日本エネルギー学 会石炭科学会議	原子スペクトル法による石炭中の微量 元素分析	中島常憲、原口幸征、南 有紀、高梨啓和、大木 章
2013年 8月	第22回日本エネルギー学 会大会	石炭中の水銀等有害微量元素の分析	中島常憲、原口幸征、南 有紀、高梨啓和、大木 章
2013年 9月	日本分析化学会第62年会	加熱気化原子吸光法を用いる固体環境 試料中の水銀分析	中島常憲、原口幸征、平 美冴、高梨啓和、大木 章
2013年 10月	2013 International Conf erence on Coal Science & Technology	Influence of particle size of coal on the determination of mercury a nd other trace elements in coal	A. Ohki, K. Haraguchi, M. Taira, T. Nakajim a, H. Takanashi,
2013年 10月	第50回日本エネルギー学 会石炭科学会議	石炭燃焼排ガス中ホウ素、セレンの高 精度分析手法の開発とプラント内挙動 の検討	古園拓也、寺前 剛、 野田直希、伊藤茂男
2013年 10月	第50回日本エネルギー学 会石炭科学会議	石炭中に含まれる水銀等微量元素の存 在形態解析	平 美冴、平川翔太、 原口幸征、中島常憲、 高梨啓和、大木 章
2013年 12月	International Symposiu m on EcoTopia Science	Transfer characteristics of gaseous boron to fly ash in coal combusti on flue gas	N. Noda, S. Ito, I. Naruse
2013年 12月	International Symposiu m on EcoTopia Science	The development of methods for m easuring gaseous boron and seleni um in flue gas produced from coal combustion	T. Furuzono, T. Teramae, N. Noda, S. Ito
2013年 12月	International Symposiu m on EcoTopia Science	Determination of mercury and oth er trace elements in coal by use o	T. Nakajima, M. Taira, K. Haraguchi, H. Tak

		f atomic spectrometries	anashi, A. Ohki
2013年 12月	先端計測技術の応用展開 に関するシンポジウム	石炭火力プロセス中の微量成分計測技 術の開発	野田直希、山本融
2014年 1月	エネルギー総合工学研究 所 第330回月例研究会	石炭燃焼排ガス中の微量元素に関わる 最近の動向	伊藤茂男
2014年 1月	廃棄物資源循環学会平成2 5年度第3回講演会	石炭火力発電所からの水銀排出状況と 国際動向	伊藤茂男
2014年 2月	Energy, Utility & Envir onment Conference (EU EC)	Investigation of boron behavior in coal-fired power plant	N. Noda, S. Ito

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「微量成分の高精度分析手法の 標準化に資するデータ蓄積と 燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」 (事後評価)

(2007年度～2013年度 7年間)
プロジェクトの概要 (公開)

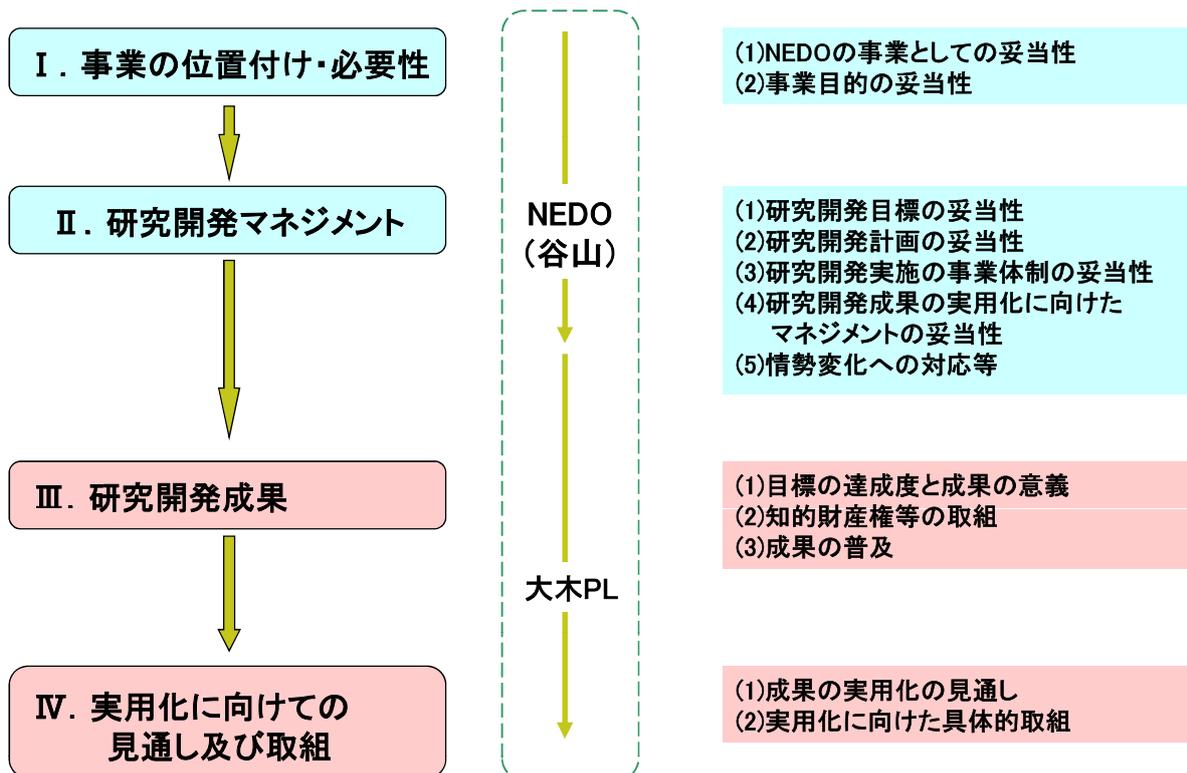
NEDO 環境部
鹿児島大学

2014年 9月 29日

1/28

発表内容

公開



2/28

◆旧枠組みと現行の枠組みの整理

旧枠組み

「戦略的炭化・燃焼技術開発 (STEP CCT)」

研究開発項目① 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発

(1) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積

(2) 高度除去技術

研究開発項目② 次世代高効率石炭ガス化技術開発

計画変更(2010年3月)

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト」

① ゼロエミッション石炭火力タータルシステム調査研究

② ゼロエミッション石炭火力基盤技術

研究開発項目(1) 革新的ガス化技術に関する基盤研究事業

研究開発項目(2) 次世代高効率石炭ガス化技術開発

研究開発項目(3) 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発

ア) 微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積

イ) 高度除去技術

③ クリーン・コール・テクノロジー推進事業

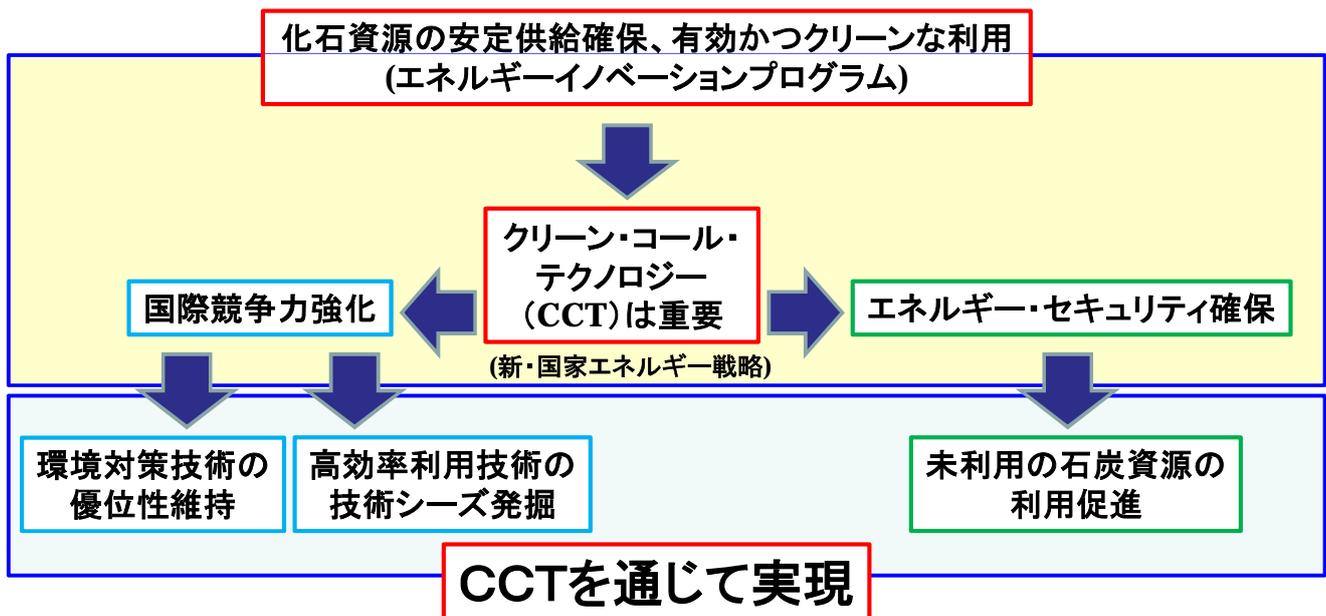
④ 燃料電池対応型石炭ガス化複合発電最適化調査研究

⑤ 革新的CO2回収型石炭ガス化技術開発

ア) CO2回収型次世代IGCC技術開発
イ) 石炭ガス化発電用高水素濃度対応低NOx技術開発

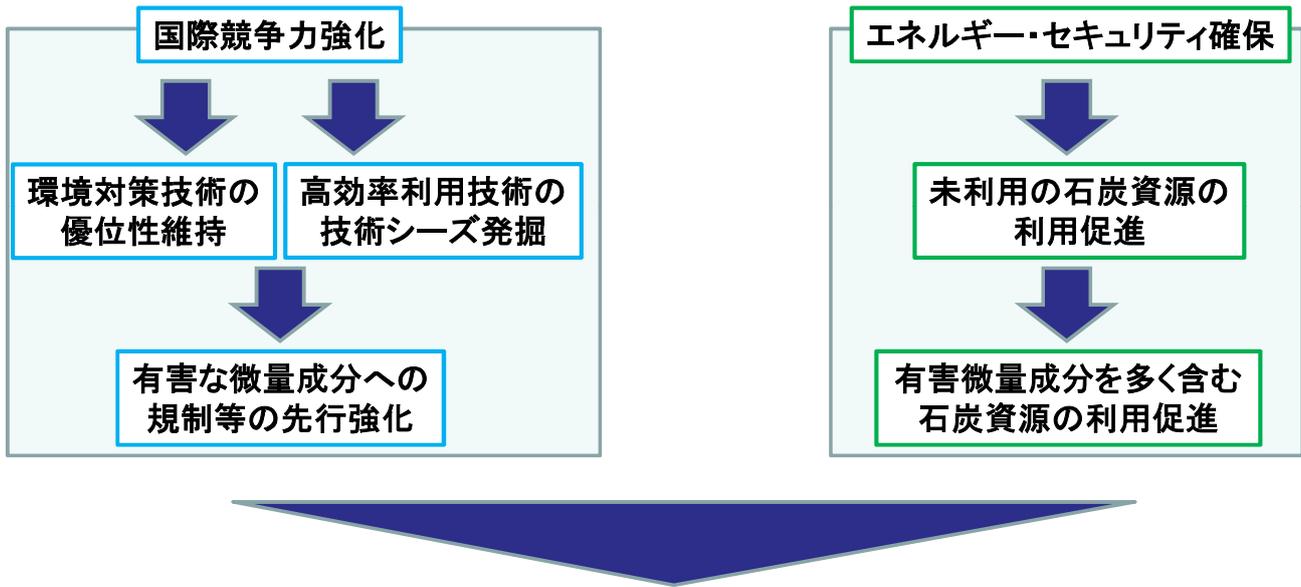
今回は、「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積」が評価対象

◆社会的・政策的背景



1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

◆事業の概要



微量成分の除去・排出抑制技術開発

1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性

◆技術戦略マップ(エネルギー分野)上の位置付け

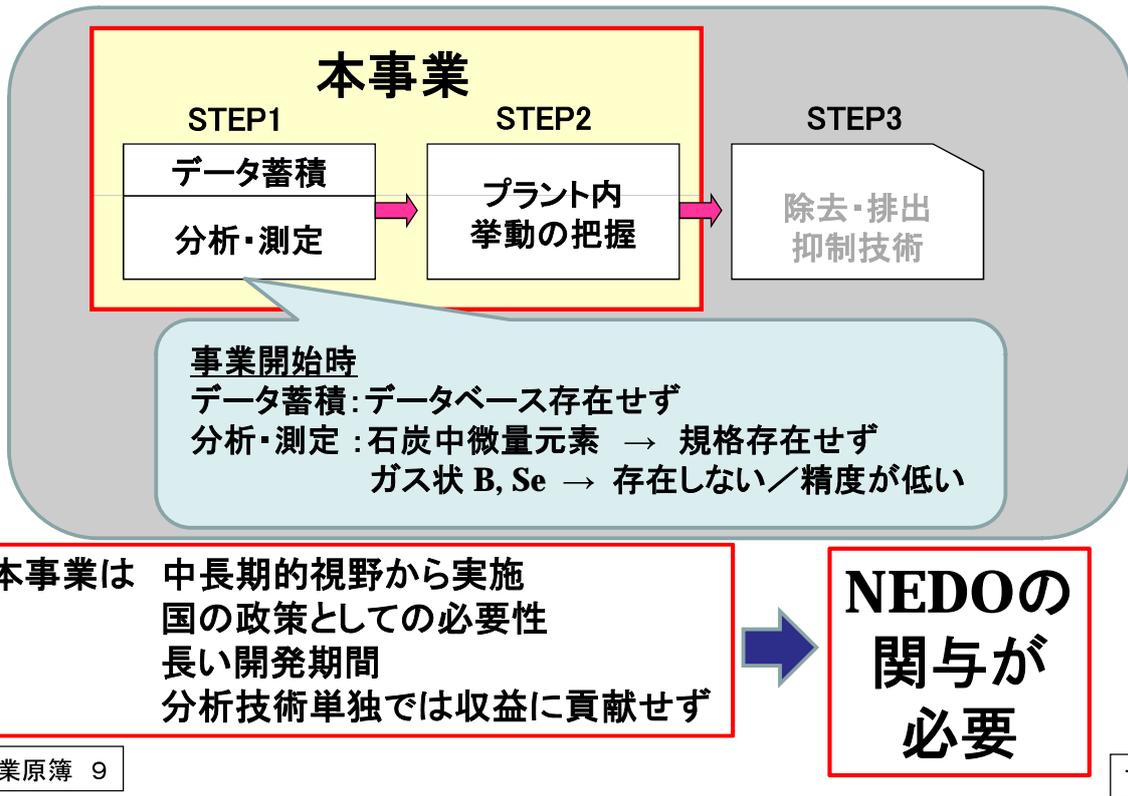
<技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術の技術ロードマップ(7/13)

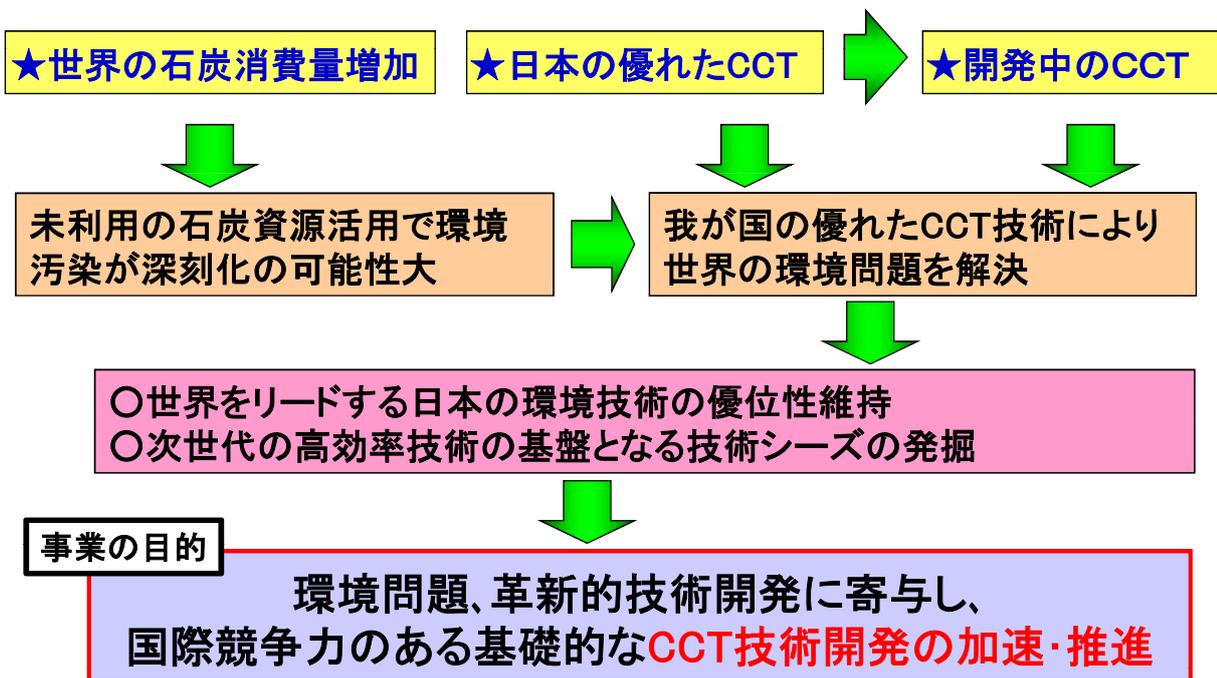
【抜粋】

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5612H	61.石炭火力発電 先進超々臨界圧火力 発電(A-USC)	送電効率率 42%HHV(600℃級)	45%HHV(700℃級)	48%HHV(750℃級)		
			ボイラー・タービン新合金開発 高温弁開発 高温耐熱銅冷卻技術			
5613H	61.石炭火力発電 石炭ガス化複合発電 (IGCC)	送電効率率 41%HHV(250 MW実証機) 46%HHV(1500℃級GT・湿式ガス機)	48%HHV(1500℃級GT・乾式ガス機)	50%HHV(1700℃級GT・乾式ガス機)	57%HHV(A-IGCC)	
			空気吹き石炭ガス化技術 多炭種対応技術 高効率酸素製造技術	乾式ガススクリーニング技術	低温高効率石炭ガス化技術 IGHAT 高温ガスタービン技術(1700℃級)	
5614H	61.石炭火力発電 石炭ガス化燃料電池 複合発電(IGFC)		プラント規模/送電効率率 実証機(1000 t/d級)	商用機(600 MW級/送電効率率55%HHV)	65%HHV(A-IGFC)	
			多炭種対応技術 乾式ガススクリーニング技術 精密ガススクリーニング技術	酸素吹き石炭ガス化技術 大容量高温形燃料電池		
① 石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発						
5616D	61.石炭火力発電 微量物質排出削減技術					
			微量物質挙動把握 微量物質計測技術	微量物質捕集技術		

◆NEDOが関与する意義

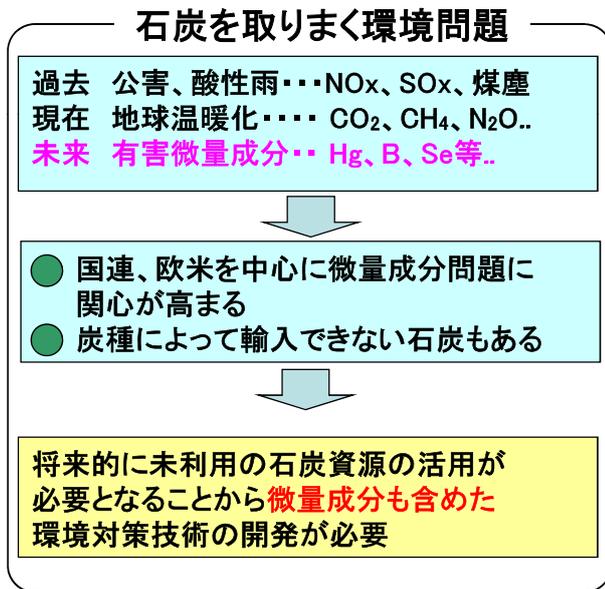


◆事業の目的



1. 事業の位置付け・必要性について (2) 事業目的の妥当性

◆ 技術分野の選定

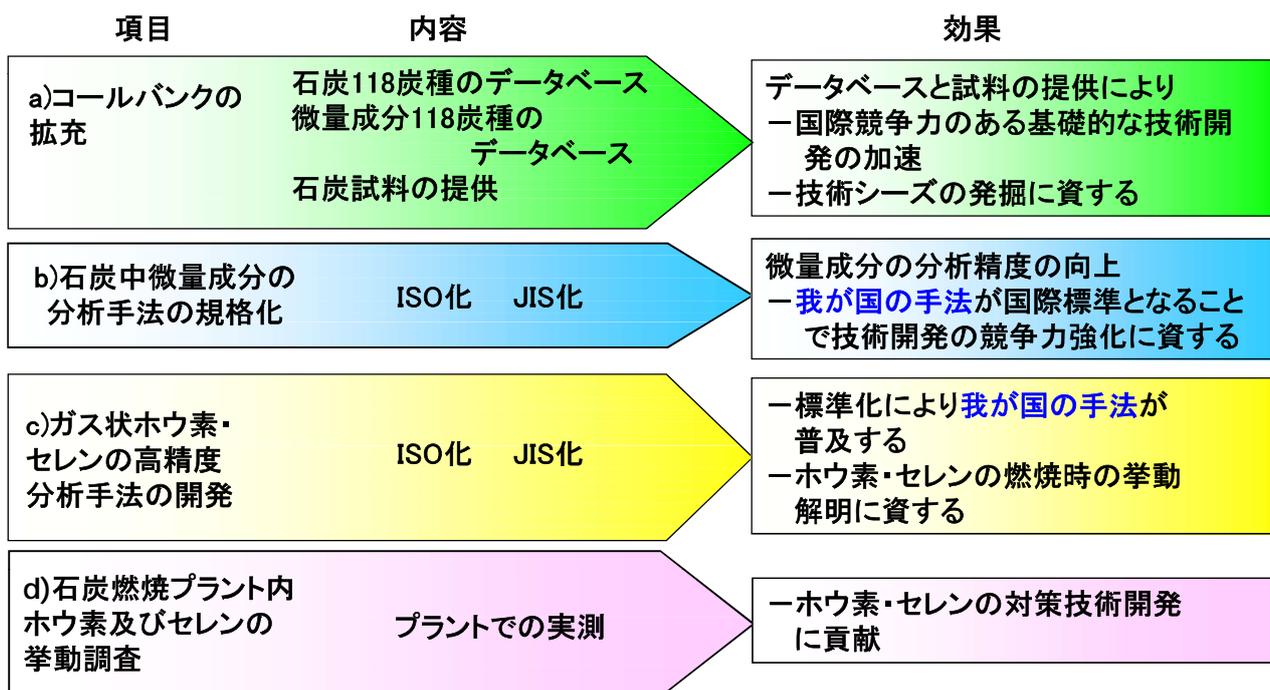


★我が国の環境基準、排出基準

規制項目	排水（排煙脱硫装置より）			石炭灰	
	環境基準	排出基準（有害物質）	排出基準（その他）	埋立基準（遮断型）	埋立地の地下水基準
カドミウム(Cd)	0.01	0.1		0.3	0.01
鉛(Pb)	0.01	0.1		0.3	0.01
六価クロム(Cr ⁶⁺)	0.05	0.5		1.5	0.05
砒素(As)	0.01	0.1		0.3	0.01
総水銀(Hg)	0.0005	0.005		0.005	0.0005
アルキル水銀	不検出	不検出		不検出	不検出
セレン(Se)	0.01	0.1		0.3	0.01
フッ素(F)	0.8	15(海域) 8(海域以外)			0.8
ホウ素(B)	1	230(海域) 10(海域以外)			1
亜鉛(Zn)			2	溶出による基準値	
溶解性鉄(Fe)			10		
溶解性マンガン			10		
クロム(Cr)			2		
銅(Cu)			3		

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発内容と効果



2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

項目		目標	目標設定の根拠	
a) コールバンクの拡充	収集石炭数 石炭データ 微量データ (AIST法) (+ホウ素)	118炭種 118炭種 118炭種 40炭種	H18年度末でコールバンク100炭種収集済。H20～H25に3炭種/年ずつ収集。石炭データ、微量元素分析データ(AIST法)とも収集炭種に対し分析。AIST法で分析しないホウ素も加えた40炭種について微量元素含有量データを整える。	
b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	ISO JIS	本格案策定 JIS化活動	H22年度までは分析法開発とISOへの提案とし、以降継続して規格化を目指すこととした。また、並行してJIS化を行う。規格化にかかる時間を考慮し、目標は規格化完了ではないが、可能であれば前倒する。	
c) ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発	Se	ISO	H22年度までは、BのISO化を除き、測定法開発と規格化提案準備に当てる。以降、規格化活動を本格化させる。ISO化及びJIS化にかかる時間を考慮した最終目標とした。H20年度のNWI提案でホウ素のISO化への認識が低かったため、ホウ素ISO化は目標を設定しない。	
		JIS		JISC付議
	B	ISO		-
		JIS		JIS化
d) 石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動解明	実機またはベンチプラントにおけるガス状および粒子状のホウ素及びセレンを測定し、プラント内の挙動を解明する。	

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy
a) コールバンクの拡充	→						
b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	→						
c) ガス状微量成分の高精度分析手法の開発、規格化	→		ガス状セレンの吸収剤の選定			最適サンプリング手法の構築	
	→						
d) ガス状微量成分の実装置での測定および挙動検討	→						
	発電所等実装置におけるガス状ホウ素およびセレンの分析手法の適用性評価、挙動データ取得および挙動検討						
e) 情報収集	→						
	→						
	国連環境計画の水銀・石炭パートナーシップへの対応						

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 開発予算

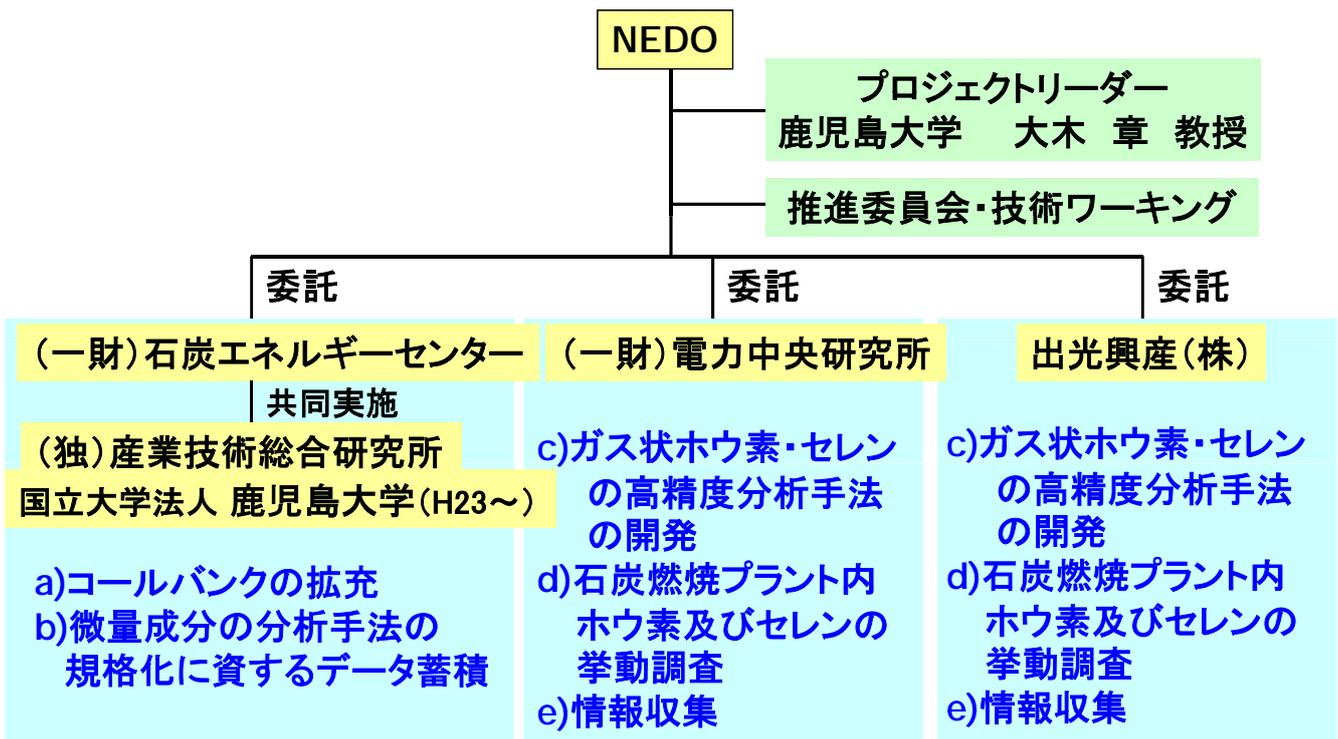
(単位: 百万円)

主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	合計
a) コールバンクの拡充	2.6	2.9	4.4	19.2	13.2	14.2	15.9	72.3
b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	5.0	8.4	22.9	12.7	11.8	12.8	12.8	86.6
c) ガス状微量成分の高精度分析手法の開発、規格化								
d) ガス状微量成分の実装置での測定および挙動検討情報収集	9.0	13.1	23.5	22.8	31.6	31.4	29.6	161.0
e) 情報収集								
研究開発費	16.6	24.4	50.8	54.7	56.6	58.4	58.3	319.9

d)はH23fyより実施

2. 研究開発マネジメントについて (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制



・推進委員会・技術ワーキングでは事業推進者の他、外部識者も参加し、事業の運営管理に反映させている。

◆ 実用化に向けたマネジメント

全体計画(適宜)
 PJ全体の計画策定及び進捗状況の確認
 (プロジェクトリーダー:大木 教授 (鹿児島大学)
 実施者側リーダー :寺前 主任研究員(出光興産)
 NEDO)



技術ワーキング(4回程度/年)
 事業の計画、進捗、関連情報の交換
 (メンバー:出光興産、電中研、JCOAL、産総研
 オブザーバー:NEDO、IHI、岡山大学)



規格化の可能性調査(委員会、3回/年)
 ホウ素、セレンのISO化、JIS化の原案作成、審議提案等
 外注先:(社)産業環境管理協会

◆ 実用化に向けたマネジメント(H23年度~)

全体計画(適宜)
 PJ全体の計画策定及び進捗状況の確認
 (プロジェクトリーダー:大木 教授 (鹿児島大学)
 NEDO)



推進委員会(2回程度/年)
 ・事業の計画、進捗報告、関連情報の交換
 ・外部推進委員を設置し、プロジェクトの方向性、
 技術普及に向けた取り組み等を議論
 (委員長:成瀬教授(名古屋大学)
 委員:菅原教授(秋田大学)
 高岡教授(京都大学)
 吉川副所長兼企画センター長(パブ日立)
 成川主任研究員(産総研))

中間評価指摘を踏まえ、
 ユーザーや有識者を加えた
 推進委員会に改編



規格化の可能性調査(委員会、3回程度/年)
 ホウ素、セレンのISO化、JIS化の原案作成、審議提案等
 外注先:(一社)産業環境管理協会

◆中間評価結果への対応(平成21年8月6日実施)

【総合評価】

本プロジェクトにおける微量物質の排出削減技術ならびに分析技術は、環境問題とエネルギー安全保障等の観点からエネルギーイノベーションプログラムに合致しており、**NEDO事業として高く評価**できる。中間目標に対しては、概ね達成している。また、ニーズに対応した研究であり、**実用化や出口のイメージは明確**になっている。

評価指摘事項	対応内容
独立したプロジェクトとして評価	高度除去等と分離し、 独立して評価 を実施した
研究テーマ間の相互展開と共に、ユーザの意見等の吸い上げも必要	有識者やユーザーを加えた 技術ワーキング委員会や推進委員会 を有効に活用した
石炭中の微量成分分析では、HFが不要な理由を明確に	硝酸で ケイ酸塩鉱物マトリクスのAIを溶解 させることで微量成分が抽出されることを確認
AIST法の改良についても検討すべき	他機種への適用のための 条件最適化 などを行った
中間目標達成後の具体的な目標と研究計画を設定すること	AIST法はまず JIS化をめざす こととし、ガス状セレンの JIS化、ISO化 、ガス状ホウ素の JIS化 に関する目標、計画を設定した

◆自主中間評価結果への対応(平成23年1月23日実施)

【総合評価】

本プロジェクトは、大きく3つの研究テーマから成るが、どれも研究インフラ整備事業として日本の産業競争力強化に資するものであり、**NEDOの事業として相応しい**。これまでの成果に基づき、コールバンクは低品位炭への展開、分析法はJIS、ISO等の規格化を目指す点も、**3年間の延長理由として妥当**である。

評価指摘事項	対応内容
ISO化は難易度が高いので、期間中に行うことを明確にすべき	AIST法はまず JIS化をめざす こととし、ガス状セレン分析の ISO化はWD作成 を最終目標に設定
各テーマ間の連携が必要	コールバンク石炭を AIST法により分析 。ガス状ホウ素セレン分析に使用する石炭の AIST法分析
複数の分析機関や分析法によるクロスチェックが必要	ラウンドロビンテスト を行った。水銀データについては別法により クロスチェック した。
コールバンク石炭の拡充(炭種選択の意義の明確化)	ユーザーからの要望の高い 低位品炭 を中心に、拡充を行った
データベースの管理と公開について	一般分析についてはHP上で公開しているが、微量元素データは、 公開方法を検討中

3. 研究開発成果 事業の背景、実施項目と目的

公開

背景

1. 100炭種の石炭を保管し一般分析値とともに試料を提供するコールバンクが存在し、その活用は日本のCCT技術の発展、石炭研究者間の交流に寄与してきたが、微量元素のデータはない。
2. 石炭中微量元素の分析方法の国内・海外規格はない。
3. 石炭燃焼排ガス中の微量成分測定方法は規格として存在しないかあっても精度が低い。

実施項目 と 目的

1. コールバンクの拡充
コールバンクの維持・管理を推進するとともに、今後とも日本では多種の石炭を使用することが予想されるなか、さらに炭種数を拡充し微量元素のデータも加える。
2. 石炭中微量元素の分析方法の確立・規格化
規格化をめざすとともに、コールバンクデータベースの拡充する。
3. 石炭燃焼排ガス中の微量元素測定方法の開発と規格化
揮発性の高いホウ素及びセレンに注目しこれらのガス中測定方法を確立・規格化し、日本発の技術として世界へ発信する。
4. 石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査【H23年度～】
上記で開発した手法を活用し、プラントでの実測等により微量元素挙動を解明する。
5. 情報収集
水銀を中心に排出抑制技術や規制動向等の調査を行う。

3. 研究開発成果 (a) コールバンクの拡充

公開

コールバンク

・ 試料

- 平成26年1月現在、米国炭10炭種、中国炭20炭種、豪州炭36炭種、インドネシア炭25炭種、ロシア炭7炭種、南アフリカ炭7炭種、ベトナム炭1炭種、カナダ炭3炭種、コロンビア炭2炭種、EU炭1炭種、インド炭1炭種、日本炭5炭種の合計118種を保管。標準灰試料6種(石炭灰有効利用委員会他との連携)。
- 元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等のデータベースを構築。
- Brain-CプログラムのフォローアップおよびSTEP-CCT関係試験研究機関のニーズに応じて配布。
- 銘柄ではなくSSナンバーで管理。

・ 供給形態

- 粒度：-5mm、-1mm、-100メッシュ
- 重量：約100g
- 容器：ラミネートパック

3. 研究開発成果 (a) コールバンクの拡充

公開

目標達成度

項目	目標	達成状況	評価	
コールバンクの拡充	収集石炭数	118炭種	計画通り18種を拡充し、計118炭種とした	○
	石炭一般データ	118炭種	118炭種について、一般データを取得した	○
	微量元素データ	118炭種	ホウ素以外の微量元素について、118炭種のデータを取得した	○
	ホウ素データ	40炭種	ホウ素について、40炭種のデータを取得した	○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

21/28

3. 研究開発成果 (b) 石炭中微量元素成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積

公開

石炭中微量元素の分析方法の標準化

- ・マイクロ波照射酸処理法+ICP-AES/MS
フッ酸を使わないマイルドな前処理法(低環境負荷)
フッ酸を用いる従来法より回収率の点で有利な分析が可能
- ・国際標準法としてISO提案
→ 分析ガイダンスISO23380:2008に採択(2008年10月発行)

● 従来の石炭処理法の問題点

乾式酸化分解法
(燃焼により石炭を灰化、アルカリにより灰を溶融し、硝酸で溶解) 感度→低
効率→低

湿式酸化分解法
(HClO_4 , HCl , HF , H_2SO_4 , H_3BO_3 等複数の酸を用い石炭を完全に分解)

従来の分解用試薬:

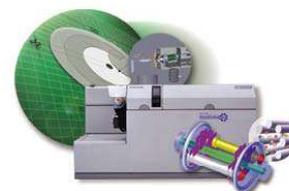
$\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{HF}$
 $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$

フッ酸が必須
腐食の問題、感度が低い
分析時の塩素の干渉

マイクロ波支援分解法

$\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ or HNO_3
フッ酸不要

マイクロ波加熱を援用したフッ酸
を用いない穏和な処理法の確立



ICP-AES/MS

ICP-AES(OES): 誘導結合プラズマ発光分光分析

ICP-MS: 誘導結合プラズマ質量分析

3. 研究開発成果

公開

(b) 石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積

目標達成度

項目		目標	達成状況	評価
石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積	ISO	本格案策定	・AIST法がISOガイダンス (ISO23380)として制定された。 ・ISO/TC27において本規格化に向けて活動を実施。	○
	JIS	JIS化活動	JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、JIS規格案作成のためラウンドロビンを実施。	○

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

23/28

3. 研究開発成果

公開

(c) ガス状B・Seの高精度分析手法の開発、規格化及び挙動調査

背景

ホウ素とセレンは、排ガス中で一部がガスとして存在する。両元素には排水基準が設定され、プラント内挙動の解明が望まれるが、排ガス中の両元素を十分な精度で測定できる方法が規定されていない。

目的

排ガス中のガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法を開発し、規格化に向けた活動を行う。
開発した分析手法を用いてプラント内挙動を検討し、挙動に及ぼす影響因子を抽出する。

実施内容

- ガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法の開発
- 開発した分析手法の規格化
- ホウ素、セレンのプラント内挙動の解明
- 国連環境計画の水銀・石炭パートナーシップへの対応

24/28

3. 研究開発成果

(c) ガス状B・Seの高精度分析手法の開発、規格化及び挙動調査

公開

目標達成度

項目		目標	達成状況	評価	
ガス状B・Seの高精度分析方法の開発	B Se	開発完了	従来法の課題抽出、解決策の検討により簡便且つ高精度なガス状B・Seの測定方法を開発した。	○	
分析手法の規格化	B	ISO	—	—	—
		JIS	JIS化	JIS化完了(2012年8月)	○
	Se	ISO	WD作成	DIS案段階、今年度末～来年度にISO化完了見込。	◎
		JIS	JISC付議	今年度末～来年度にJIS化完了見込。	○
石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査	挙動解明	プラント内のB, Seの挙動に影響を与える因子をそれぞれ解明した。	○		

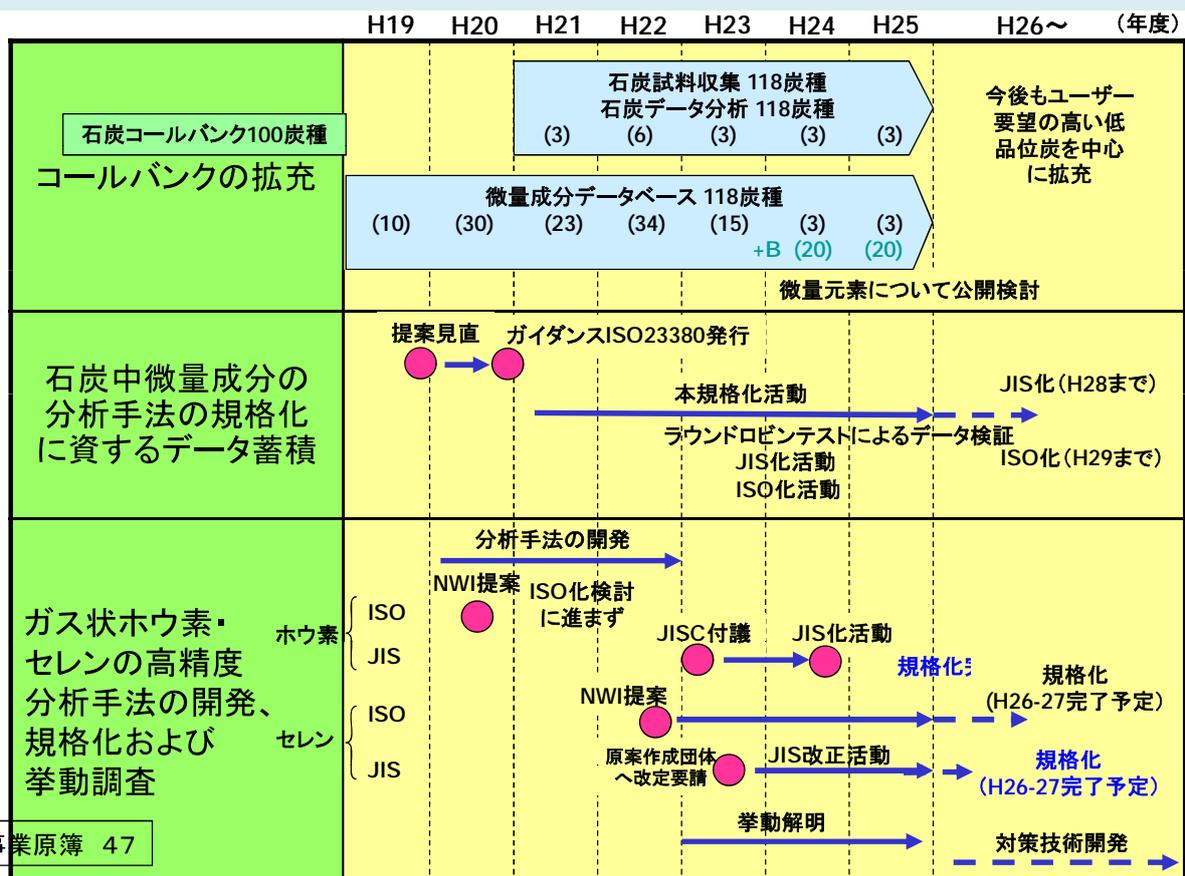
◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

25/28

4. 実用化に向けての見通し及び取り組み

規格化の見通しなど

公開



事業原簿 47

28

5. 成果の波及 コールバンクの実績および外部発表

公開

(1) コールバンクの実績

登録ユーザー数: 約660ユーザー

資料提供件数(H19年度~H25年12月): 2,969件

(2) 外部発表

研究発表

学会発表(国内): 27件

学会発表(海外): 11件

査読論文: 2件

(3) 特許出願

本事業は、分析手法を開発し、規格・標準化を目的とするものである。
そのため、権利化が目的ではないことから、特許出願は行わなかった。

27/28

4. 実用化に向けての見通し及び取り組み 波及効果

公開

- ・ コールバンクの活用によるCCT技術開発の促進
- ・ 微量元素分析技術の利用による環境汚染防止対策の向上
- ・ ホウ素、セレンの挙動解明、除去技術の開発

コールバンク

石炭中微量元素成分の
分析手法の規格化

B、Seの高精度分析手法の
開発、規格化と挙動解明

種々の石炭利用技術への適用

環境対策や資源有効利用への貢献

28/28

コールバンクの拡充

独立行政法人産業技術総合研究所 一般財団法人石炭エネルギーセンター

内容

1. コールバンクの状況
2. コールバンクデータベースの状況
3. コールデータベースの利用状況
4. コールバンクのユーザー評価

1

1. コールバンクの状況(1) サンプルの状況

試料

平成26年1月現在、米国炭10炭種、中国炭20炭種、豪州炭36炭種、インドネシア炭25炭種、ロシア炭7炭種、南アフリカ炭7炭種、ベトナム炭1炭種、カナダ炭3炭種、コロンビア炭2炭種、EU炭1炭種、インド炭1炭種、日本炭5炭種の合計118種を保管。標準灰試料6種(石炭灰有効利用委員会他との連携)。

元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等のデータベースを構築。

Brain-CプログラムのフォローアップおよびSTEP-CCT関係試験研究機関のニーズに応じて配布。銘柄ではなくSSナンバーで管理。

供給形態

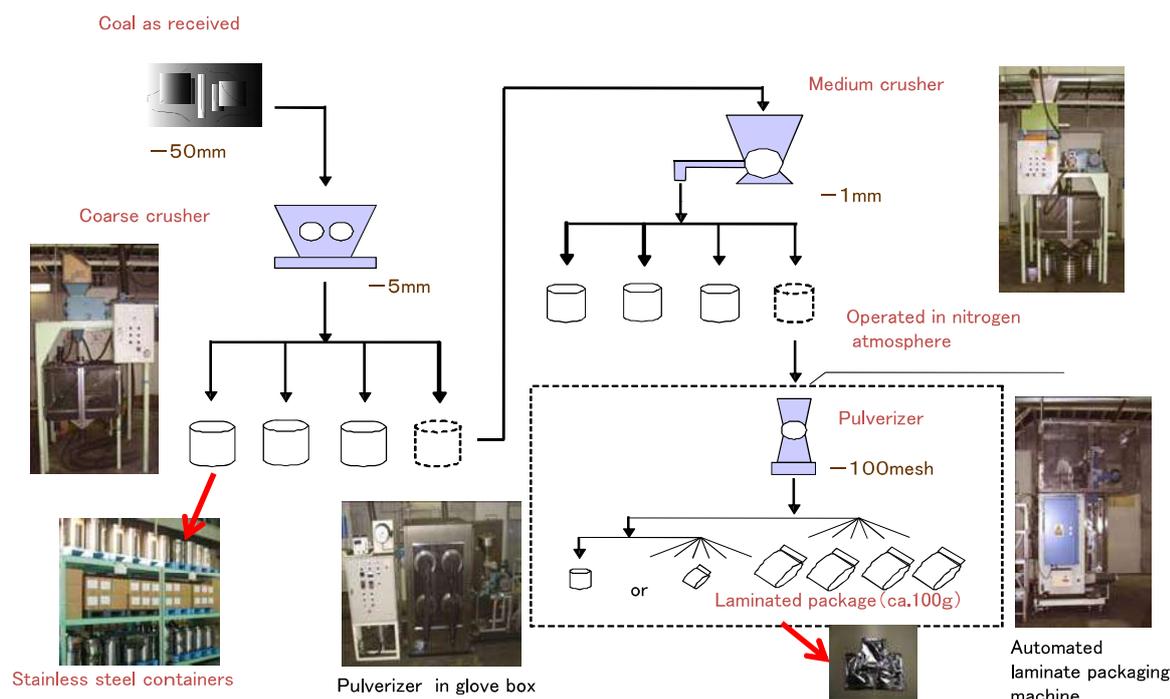
粒度：－5mm、－1mm、
－100メッシュ

重量：約100g

容器：ラミネートパック

2

1. コールバンクの状況(2) 試料調整のフロー



事業原簿 20

3

1. コールバンクの状況(3) 提供履歴

- ・ 分析値の提供(JCOAL)
 - コールバンクデータベースへの登録ユーザー数: 約660ユーザー
- ・ 試料提供件数(AIST)
 - 平成17年度: 220検体
 - 平成18年度: 181検体
 - 平成19年度: 458検体
 - 平成20年度: 202検体
 - 平成21年度: 1453検体(+灰6.0kg)
 - 平成22年度: 304検体(+灰9.5kg)
 - 平成23年度: 196検体(+灰10.0kg)
 - 平成24年度: 250検体(+灰11kg)
 - 平成25年度*: 106検体(+灰4kg) 全 3370検体
- ・ データベースの利用方法
 - 一般分析値のデータベースについては、JCOALに所定の申込をしたうえでパスワード発給を受け、ウェブサイトからアクセス可能。コールバンクの拡充
 - H25FY3炭種(STEP-CCT試験炭、電力向け亜瀝青炭2種)*受入

→別途

4

2. コールバンクデータベース(1) 概要

・現在の利用状況

JCOALホームページ上から登録し閲覧可能。

<http://www.jcoal.or.jp/coaldb/coaldata/>

<新規登録者数>

～2009年度末 407ユーザー

2010年度～ 262 ユーザー

<利用者の目的>

- 石炭の特性把握、情報収集
- 石炭品質調査
- ボイラーメーカ、電力会社の参考データ
- 新事業開発の情報収集

5

2. コールバンクデータベース(2) 閲覧画面

The screenshot shows the homepage of the Coal Data Bank. At the top, there is a navigation bar with the JCOAL logo and an 'ENGLISH' button. Below this is the header for '一般財団法人 石炭エネルギーセンター Japan Coal Energy Center' with a search bar. The main content area features a large banner for 'コールデータバンク' (Coal Data Bank) with a background image of a coal mine. To the left is a sidebar with navigation links: 'お問い合わせ inquiry', 'JCOALについて about', 'JCOALの事業 work', '入札・公募 tender', '石炭について学ぶ study', 'コールデータバンク data', and '書籍・刊行物 book'. The central content area is titled '石炭利用基盤技術データベース' (Coal Utilization Base Technology Database) and contains a paragraph of text explaining the system's purpose, a '利用する' (Use) button, and a 'ユーザー登録申請フォーム' (User Registration Application Form) button. To the right of the main content is a sidebar with '石炭関連ニュース' (Coal Related News) and a list of links: '各国の石炭事情', '石炭技術情報', '石炭関連資料', and '石炭利用基盤技術データベース'.

6

2. コールバンクデータベース(3) 閲覧画面の展開

お問い合わせ Inquiry

JCOALについて about

JCOALの事業 work

入札・公募 tender

石炭について学ぶ study

コールバンク data

書籍・刊行物 book

一般財団法人 石炭エネルギーセンター
Japan Coal Energy Center

石炭利用基盤技術データベース

炭種基本情報
炭種の基本的な情報を取得出来ます

研究機関別検索
測定結果を研究機関別に分類しています

測定項目別検索
測定結果を測定項目別に分類しています

炭種別検索
測定結果を炭種別に分類しています

分野別検索
測定項目の分野別に分類しています

キーワード検索
以下にキーワードを入力して、キーワード検索を行います。

各種メニューから閲覧可能

7

2. コールバンクデータベース(4) 閲覧可能データの例

標準炭一般分析		単位	基準	SS001	SS002	SS003	SS004	SS005	SS006	SS007	SS008	SS009	SS010	SS011	SS012	SS013	SS014	SS015
				AUS	AUS	AUS	CHN	JPN	AUS	AUS	AUS	IDN	IDN	IDN	IDN	AUS	AUS	COL
工業分析	W	wt%	a.d.	2.52	2.24	3.00	3.16	3.76	2.03	2.30	2.99	10.62	4.36	12.58	15.38	3.00	4.10	2.90
	A	wt%	a.d.	14.97	14.52	8.56	9.68	12.08	11.92	15.00	11.90	4.38	5.14	1.58	3.38	13.70	13.60	8.30
	VM	wt%	a.d.	26.30	38.04	28.44	28.76	43.98	35.56	31.60	31.22	40.68	39.64	40.65	38.88	29.40	31.00	35.30
	FC	wt%	a.d.	56.21	45.20	60.00	58.40	40.18	50.49	51.10	53.89	44.32	50.86	45.19	42.36	53.90	51.30	53.50
発熱量		cal/g	a.d.	6,820	6,800	7,000	6,930	6,680	7,030	6,630	6,760	5,960	7,140	6,050	5,780	6,750	6,550	7,120
	Ash	wt%	d.b.	15.36	14.85	8.82	10.00	12.55	12.17	15.35	12.27	4.90	5.37	1.81	3.99	14.12	14.18	8.55
元素分析	C	wt%	d.b.	72.71	69.14	75.60	74.40	68.84	72.24	70.90	72.58	69.90	72.22	71.73	70.34	71.90	70.10	73.76
	H	wt%	d.b.	4.12	5.16	4.30	4.21	5.44	4.90	4.52	4.74	5.00	5.22	5.02	4.88	4.24	4.31	5.40
	N	wt%	d.b.	1.44	1.34	1.67	0.95	1.02	1.57	1.14	1.56	1.04	1.36	1.06	1.42	1.39	1.64	1.46
	S	wt%	d.b.	0.41	0.49	0.28	0.66	0.10	0.48	0.56	0.39	0.19	0.60	0.00	0.60	0.30	0.24	0.58
	O	wt%	d.b.	5.96	9.02	9.33	9.78	12.05	8.64	7.53	8.46	18.17	15.23	20.38	18.77	8.05	9.53	10.25
全硫黄		wt%	d.b.	0.50	0.52	0.30	0.75	0.28	0.61	0.56	0.40	0.23	0.64	0.16	0.90	0.33	0.34	0.63
	HGI	-	-	52	40	69	55	37	39	44	53	44	47	37	54	48	55	46
灰組成	SiO ₂	wt%		46.26	59.76	61.28	52.86	50.29	58.42	67.40	65.51	57.15	53.30	21.34	28.90	58.30	51.00	65.39
	Al ₂ O ₃	wt%		32.61	28.46	30.87	20.39	23.54	21.26	26.31	26.01	26.47	25.98	9.18	18.98	28.97	28.12	17.84
	Fe ₂ O ₃	wt%		5.14	2.23	2.18	15.95	6.24	5.60	0.90	3.07	5.77	9.90	10.53	11.87	4.24	5.48	7.76
	CaO	wt%		7.66	2.01	0.86	2.68	9.55	5.73	0.33	0.87	3.54	1.95	20.63	11.89	1.99	7.65	1.80
	MgO	wt%		1.33	0.74	0.37	0.89	1.95	1.45	0.26	0.50	0.96	1.74	6.84	4.28	0.92	1.67	0.89
	Na ₂ O	wt%		0.89	1.02	0.34	0.46	1.26	0.49	0.06	0.15	0.50	0.98	5.84	0.90	0.54	0.84	0.57
	K ₂ O	wt%		0.69	0.58	0.35	1.05	1.08	0.74	2.36	1.06	0.82	1.92	0.76	0.70	1.62	0.60	1.98
	SO ₃	wt%		1.63	0.80	0.62	2.57	3.96	3.19	0.07	0.26	2.05	1.56	23.08	15.63	0.56	1.69	1.50
	P ₂ O ₅	wt%		1.23	0.56	0.43	0.61	0.56	0.47	0.24	0.54	0.59	0.42	0.07	2.40	0.05	0.82	0.67
	TiO ₂	wt%		1.42	1.61	1.61	0.77	1.22	1.27	1.28	1.28	1.56	1.16	0.48	1.04	1.29	1.27	0.75
	V ₂ O ₅	wt%		0.05	0.08	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.05
	MnO	wt%		0.05	0.02	0.04	0.13	0.10	0.05	0.02	0.02	0.01	0.26	1.09	0.26	0.06	0.10	0.04
灰の溶解性(酸化)	軟化点	℃		1,400	>1,500	>1,500	1,310	1,270	1,270	>1,500	>1,500	1,490	1,400	1,270	1,275	1,570	1,300	1,360
	融点	℃		1,490	>1,500	>1,500	1,380	1,320	1,380	>1,500	>1,500	1,480	1,480	1,280	1,305	1,595	1,370	1,415
灰の溶解性(還元)	軟化点	℃		>1,500	>1,500	>1,500	1,415	1,470	1,480	>1,500	>1,500	>1,500	>1,500	1,310	1,405	>1,600	1,405	1,445
	融点	℃		1,315	1,410	>1,500	1,120	1,230	1,230	>1,500	1,435	1,240	1,195	1,235	1,190	1,540	1,260	1,355
組織分析	軟化点	℃		1,370	>1,500	>1,500	1,260	1,300	1,305	>1,500	>1,500	1,480	1,345	1,255	1,285	1,580	1,300	1,405
	融点	℃		1,485	>1,500	>1,500	>1,500	1,470	>1,500	>1,500	>1,500	>1,500	1,265	1,375	>1,600	1,330	1,460	
組織分析	エクシナイト	%		9.3	7.7	5.8	2.7	8.3	8.7	4.5	4.9	5.4	3.6	1.8	4.6	2.4	3.4	0.4
	ヒリナイト	%		46.0	91.7	37.1	47.8	89.6	69.4	53.0	67.8	86.6	89.8	94.8	92.8	47.2	67.4	90.6
	イナッシュ	%		44.7	0.6	57.1	49.5	2.1	21.6	42.5	27.3	8.0	6.6	3.4	2.6	50.4	29.2	9.0
平均灰融率	%		0.826	0.537	0.592	0.670	0.472	0.693	0.682	0.688	0.538	0.596	0.502	0.431	0.673	0.700	0.662	

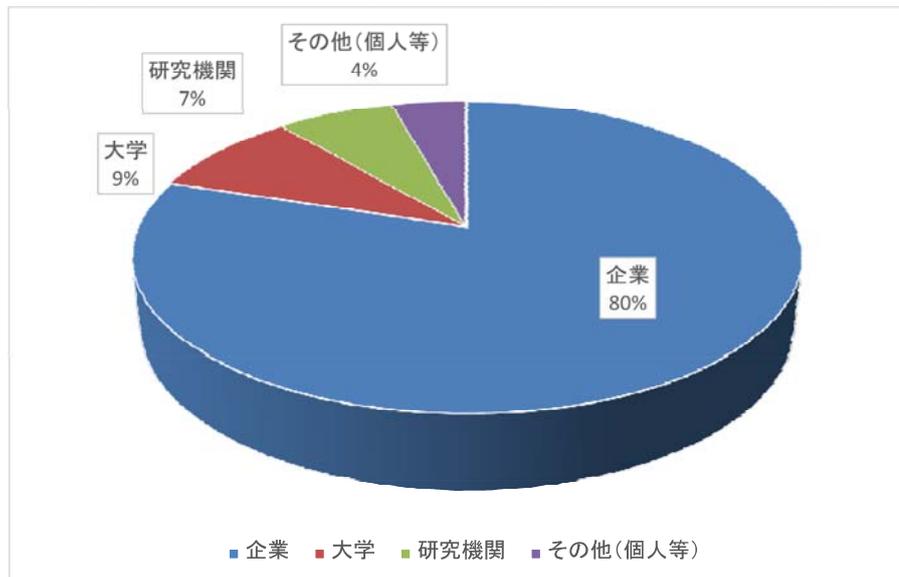
118炭種をSSで表示。エクセルデータで提供。

8

2. コールデータベースの利用状況(1)

・利用者(ユーザー登録)別内訳

登録ログの残っている2010年以降の239ユーザーの分析を行った。

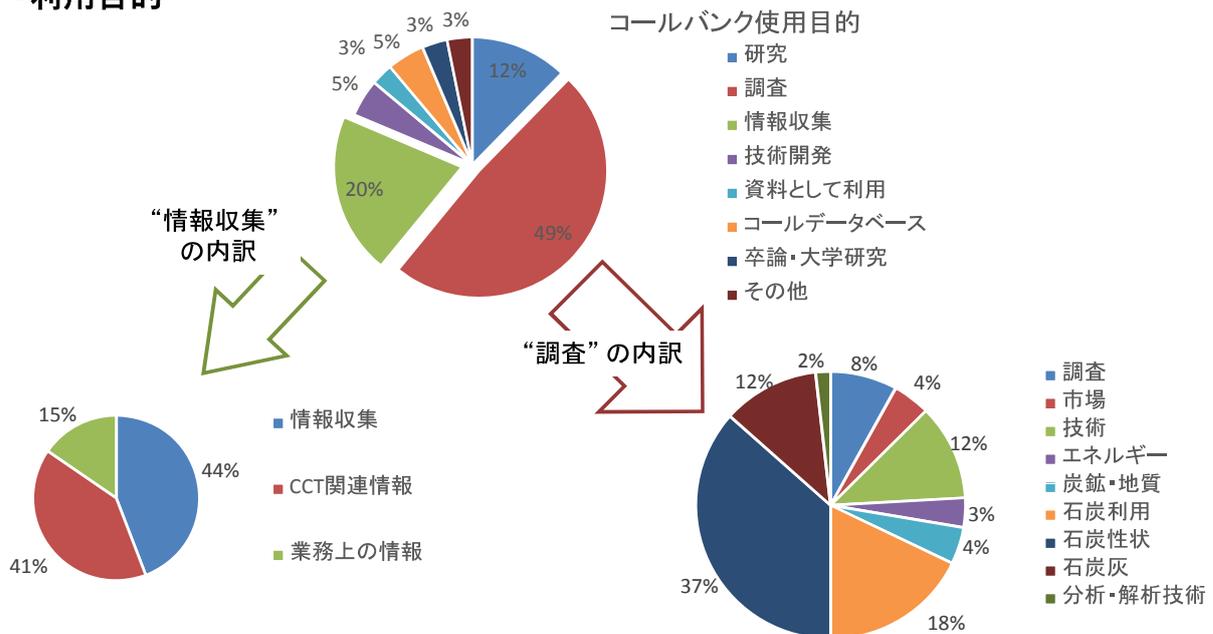


企業ユーザーが8割、大学、研究機関を合わせると96%と、殆どのユーザーが実務目的のためアクセスしていると考えられる。

9

2. コールデータベースの利用状況(2)

・利用目的



ユーザー登録時の利用目的(自由記載)から分類を行った。利用者別分類の8割が企業であったことから裏付けられるように、コールデータベースは利用者の実務上の情報提供として機能していることがわかる。

10

3. コールバンクのユーザー評価(1) ユーザー意見等

- 石炭を世界各国から輸入している日本だからこそ可能であったデータベースであり、サンプル供給システムと相まって世界的にも大変貴重であり、政府主導で維持をお願いしたい。海外有償サンプルは高価なので、データ付サンプルが貰えるのは大変貴重。
- コールバンクは、産炭国のサンプルではなく、石炭利用サイドの観点から構築された試料バンクであり、産地、炭種のバラエティに富んだユニークなもの。
- Brain-Cとその後のNEDOプロジェクトによりメンテされ蓄積された宝のような存在。
- 10年以上にわたり110種類以上集積され、同条件で粉碎処理されたSS試料は、実験による試験研究にたいへん価値あり。
- 炭種が豊富なため、分析値を使って炭種(産炭国) 相関などが容易に取れ、様々な考察や展開が可能。
- 日本にもこのような石炭サンプルバンクがあることを大いに宣伝すべき。
- 折角のコールバンクのデータなので、うまく使ってもらえるように工夫してほしい。
- コールバンク拡充で亜瀝から褐炭の種類を増やしてほしい。
- 外部からの問合せがあり、ニーズがあると思われるので、微量元素に加えて放射性物質の分析も行ってはどうか。

⇒ さらにHP上の閲覧再開を機に、JCOAL会員向けにアンケート実施

11

3. コールバンクのユーザー評価(2) 会員アンケート

・JCOAL会員アンケート

配布:125社、回答25社 (回収率20%)

- コールバンク利用は各社特定の部門に限られるため、会社代表窓口の場合には回収率が悪くなる傾向あり。他の類似アンケートでも同傾向。
- 本アンケートで初めて存在を知ったと回答してきた会社もあり、更なるPRが必要。一方で利用している会社は頻度も高く、コールバンクの評価も高い。

利用状況

利用している

11社/25社 = 44%

利用していると回答した中で役に立っている

9社/11社 = 82%

<要望>

- 拡大炭種: 亜瀝青炭、褐炭、原料炭
- 産炭国別: モンゴル、モザンビーク、インド、ベトナム、インドネシア、アフリカ
- 銘柄明記してほしい
- もっとコールバンクのPRをして欲しい
- 大変貴重なデータなので、維持拡大を望む

12

石炭中微量成分の分析手法の規格化に 資するデータ蓄積

一般財団法人 石炭エネルギーセンター
国立大学法人 鹿児島大学
独立行政法人 産業技術総合研究所

1 / 23

石炭中微量元素の分析方法(AIST法)

マイクロ波照射酸処理法+ICP-AES/MS
—フッ酸を使わなくても多くの微量金属の定量分析を
可能とした(AIST法)—

ICP-AES(OES): 誘導結合プラズマ発光分光分析
Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry
(optical emission spectrometry)
ICP-MS: 誘導結合プラズマ質量分析
Inductively coupled plasma mass spectrometry



2 / 23

ICP法による石炭中微量元素の分析

石炭中微量元素の分析方法の標準化

- ・マイクロ波照射酸処理法+ICP-AES/MS
 - フッ酸を使わないマイルドな前処理法(低環境負荷)
 - フッ酸を用いる従来法より優位な高感度分析が可能
- ・国際標準法としてISO提案
 - 分析ガイダンスISO23380:2008に採択(2008年10月発行、継続中)

● 従来の石炭処理法の問題点

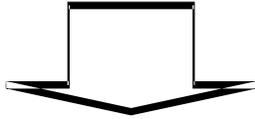
乾式酸化分解法

(燃焼により石炭を灰化、アルカリにより灰を熔融し、硝酸で溶解)

感度→低
効率→低

湿式酸化分解法

($\text{HClO}_4, \text{HCl}, \text{HF}, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_3\text{BO}_3$ 等複数の酸を用い石炭を完全に分解)



従来の分解用試薬:
 $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{HF}$
 $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$

フッ酸が必須
腐食の問題、感度が低い
分析時の塩素の干渉

AIST マイクロ波支援分解法

$\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ or HNO_3
フッ酸不要

マイクロ波加熱を援用したフッ酸
を用いない穏和な処理法の確立



ICP-AES/MS

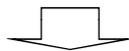
ICP-AES(OES): 誘導結合プラズマ発光分光分析

ICP-MS: 誘導結合プラズマ質量分析

前処理の手法

● マイクロ波支援石炭分解

0.1 g 石炭 + 5ml HNO_3 + 1ml H_2O_2 + 0.1 ml HF
または 5ml HNO_3 + 1ml H_2O_2



100 テフロン 容器
(Multiwave 3000, Perkin Elmer)

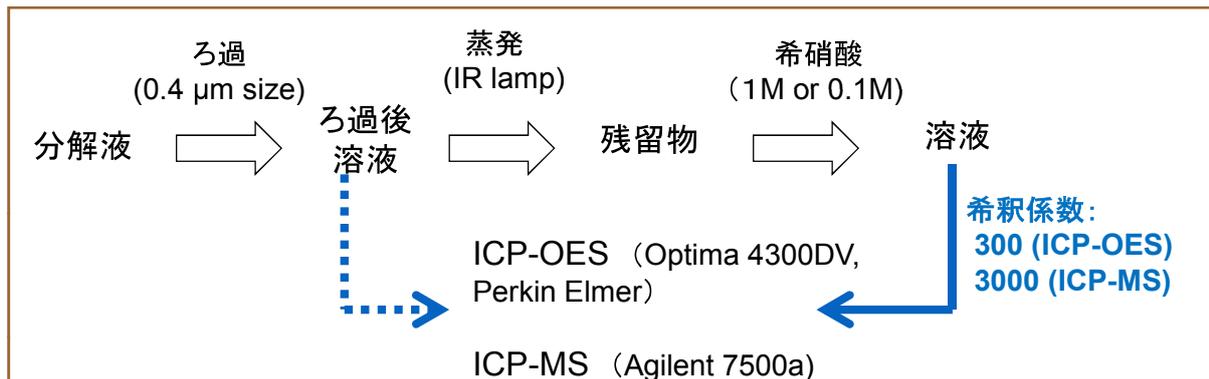
Max 220-240 °C、20-40 bar
1 時間



石英容器
(HF添加の場合は不可)

Max 245 °C (IR)、70-80 bar
1 時間

● 分析用溶液



標準試料による分析結果

標準試料SRM1632c中の微量金属の分析結果^a

Element	Ref. value ($\mu\text{g/g-coal}$)	HNO ₃ +H ₂ O ₂ +HF		HNO ₃ +H ₂ O ₂	
		Found ($\mu\text{g/g-coal}$)		Found ($\mu\text{g/g-coal}$)	
		ICP-OES	ICP-MS	ICP-OES	ICP-MS
Li	8	na	7.69±0.03	na	8.6±0.2
Be	1	0.88±0.02	1.01±0.03	0.92±0.06	1.04±0.04
V	23.7±0.5	23.0±2.1	23.1±0.2	21.7±0.7	24.9±0.2
Cr	13.7 ±0.1	13.1±0.9	13.7±0.4	12.3±0.2	15.0±0.3
Mn	13.0 ±0.5	12.0±1.3	13.3±0.1	11.8±0.1	14.1±0.1
Co	3.5 ±0.2	4.1±0.3	3.30±0.03	3.7±0.2	3.56±0.03
Ni	9.3 ±0.5	10.4±1.0	10.6±0.2	10.0±0.5	11.7±0.3
Cu	6.0 ±0.2	4.7±0.9	5.9±0.2	4.6±0.4	6.3±0.2
Zn	12.1 ±1.3	12.3±4.0	15.2±0.5	14.7±3.7	15.7±0.3
Ga	3	4.03±0.08	3.69±0.04	3.8±0.1	4.11±0.06

Green: certified value

^a 分解温度~220 °C

標準試料による分析結果

つづき (SRM1632c)

Element	Ref. value ($\mu\text{g/g-coal}$)	HNO ₃ +H ₂ O ₂ +HF		HNO ₃ +H ₂ O ₂	
		Found ($\mu\text{g/g-coal}$)		Found ($\mu\text{g/g-coal}$)	
		ICP-OES	ICP-MS	ICP-OES	ICP-MS
As	6.2 ±0.2	5.8±0.5	6.0±0.1	5.4±0.2	6.4±0.1
Se	1.33 ±0.03	<LOQ	1.6±0.4	<LOQ	1.4±0.6
Rb	7.5 ±0.3	na	6.90±0.05	na	7.31±0.02
Sr	63.8 ±1.3	59.6±1.2	na	50.3±0.5	na
Cd	0.072 ±0.007	0.22±0.01	0.09±0.01	0.25±0.01	0.13±0.02
Cs	0.594	na	0.65±0.02	na	0.68±0.01
Ba	41.1 ±1.6	37.8±1.4	na	34.3±2.0	na
Pb	3.79 ±0.08	2.9±0.2	4.0±0.1	2.77±0.01	4.3±0.1

フッ酸の添加が不要

マイクロ波照射酸処理法+ICP-AES/MS(AIST法)

フッ酸を使わなくても多くの微量元素の定量分析を可能とした

- 第1周期： なし 赤字は本法で着目した微量元素
第2周期： **Be, B*, F**
第3周期： **C I**
第4周期： **Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br**
第5周期： **Rb, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, I**
第6周期： **Cs, Ba, Hf, Ta, W, Hg, Tl, Pb, Bi**

海外において国内標準とされる代表的な多成分同時分析法

Eschka法+水素化物発生原子吸光法(HGAAS)

→ **As, Se, Sb**(米、豪など、最大3種)

灰のHCl+HNO₃+HF 分解と原子吸光法(AAS)

→ **Ba, Be, Cr, Co, Li, Mn Ni, Pb, Sr, V, Zn**(米、豪など、最大11種)

灰のHCl+HNO₃+HF分解等とICP-AES/MS法

→ **As, Be, Bi, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Th, U, V, Zn**(米、豪など最大16種)

*ICP法を用いる海外での標準法は、多成分の同時分析が可能であるが、ホウ素については単元素の従来型の分析法を併用してデータ取得する必要あり。

7/23

ISOガイダンス規格化の活動

AIST法をめぐるISO/TC27における推移

ISO23380 : Guide to the trace elements in coal

(プロジェクトリーダー 豪州CSIRO K. Riley)

- SC5(分析方法)/WG8(微量元素)で審議。2005年東京会議で日本提案の分析方法(産総研法)をCD段階のガイド中Annex Bへ採択。
- 2007年ロッテルダム会議で、特定の方法のみをAnnex Bに記載することに反対の意見があり、FDIS段階では異例の削除決議。別件の紛糾事態のため、決議が1か月凍結されている間にPLの説得によりAnnex Bは産総研を引用する形でFDIS投票に。
- ISO23380:2008、2008年10月2日付で発行
発行時のタイトル: Selection of methods for the determination of trace elements in coal
- 2009年8月のISO/TC27バンクーバー会議において、ISO23380発行を確認。

8/23

微量元素の分析データ収集

- ISO23380:2008 Annex B非フッ酸法による分析
 - ICP法で測定可能な元素を対象
 - 最終年度末:118炭種取得DB化
 - H21～:Hg分析値のクロスチェック(ICP法、AAS法)
 - Bの分析(最終年度末:40炭種)

- JIS/ISO化に向けた国内外機関との連携
 - ISO/TC27メンバー主要国(豪、米、蘭、独等)
 - 国内大学・研究機関

9/23

SS炭の分析結果例

Concentrations($\mu\text{g/g}$) of 25 elements in SS coals (1/2)

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D	Sample E
Na	114 \pm 0.2	1056 \pm 0.5	322 \pm 9.9	143 \pm 1.5	183 \pm 1.2
Mg	1455 \pm 21	844 \pm 14	342 \pm 13	481 \pm 12	793 \pm 19
Al	22171 \pm 41	13698 \pm 197	25002 \pm 1621	23295 \pm 1176	12510 \pm 158
K	555 \pm 8.0	831 \pm 1.8	1454 \pm 41	1907 \pm 20	351 \pm 9.9
Ca	8795 \pm 207	3599 \pm 53	1083 \pm 11	952 \pm 25	6463 \pm 5.0
Fe	2269 \pm 131	6085 \pm 624	2529 \pm 117	7859 \pm 173	3053 \pm 64

- 1) Na, Mg, Al, K, Ca, Fe, Li, Sr, and Ba were determined by ICP-AES;
- 2) Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, and Ga were determined by ICP-MS;
- 3) As, Se, Cd, and Hg were determined by FI-ICP-MS

10/23

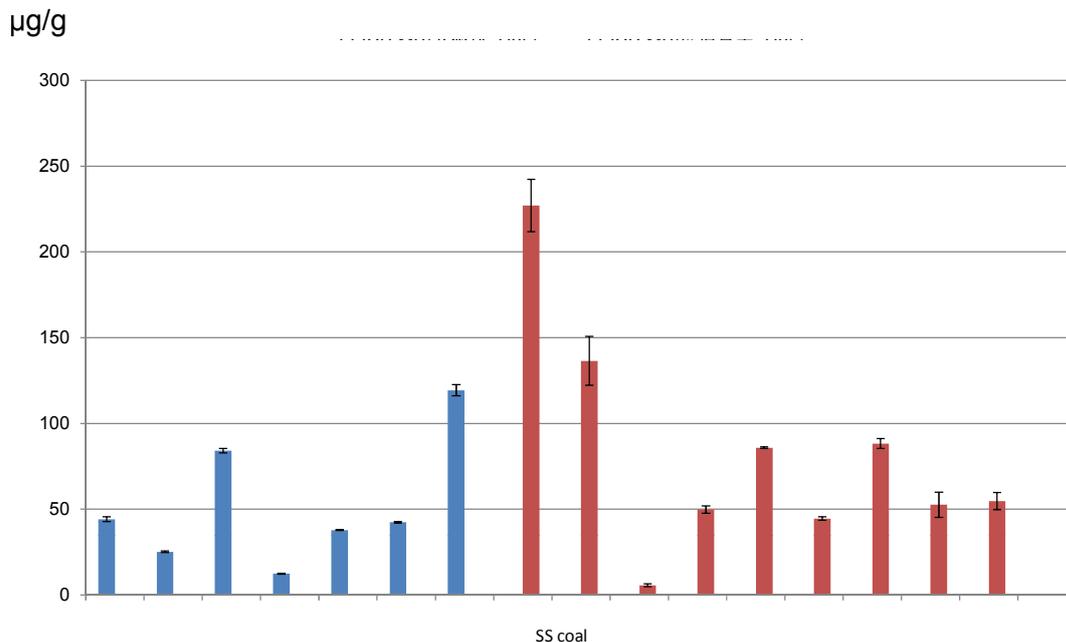
SS炭の分析結果例

Concentrations($\mu\text{g/g}$) of 25 elements in SS coals (2/2)

	Sample	A	Sample	B	Sample	C	Sample	D	Sample	E
Li	38.0	\pm 0.1	4.8	\pm 0.1	48.3	\pm 1.5	29.9	\pm 0.7	6.5	\pm 0.0
Be	1.72	\pm 0.10	1.22	\pm 0.07	1.21	\pm 0.07	1.65	\pm 0.08	0.75	\pm 0.12
V	22.2	\pm 0.5	25.3	\pm 0.5	18.5	\pm 0.2	16.4	\pm 0.2	12.2	\pm 0.6
Cr	29.9	\pm 1.7	16.4	\pm 0.7	12.5	\pm 0.7	13.5	\pm 0.1	10.3	\pm 0.7
Mn	75.5	\pm 1.2	115	\pm 37	22.3	\pm 0.1	233	\pm 0.3	52.6	\pm 5.8
Co	6.84	\pm 0.15	3.39	\pm 0.09	5.83	\pm 0.08	5.56	\pm 0.07	1.81	\pm 0.06
Ni	19.0	\pm 0.2	10.6	\pm 0.4	20.4	\pm 0.1	16.3	\pm 0.03	5.55	\pm 0.26
Cu	12.0	\pm 0.1	15.7	\pm 1.7	14.3	\pm 1.1	14.8	\pm 1.2	7.68	\pm 2.88
Zn	8.60	\pm 0.13	12.3	\pm 0.5	26.0	\pm 2.2	26.5	\pm 1.9	8.84	\pm 0.23
Ga	9.52	\pm 0.26	5.17	\pm 0.002	6.15	\pm 0.001	6.74	\pm 0.26	3.78	\pm 0.20
As	1.09	\pm 0.06	1.69	\pm 0.01	1.54	\pm 0.04	0.61	\pm 0.01	3.90	\pm 0.04
Se	1.60	\pm 0.06	2.61	\pm 0.09	1.91	\pm 0.12	1.54	\pm 0.07	1.14	\pm 0.12
Rb	4.62	\pm 0.10	8.84	\pm 0.23	9.52	\pm 0.02	13.2	\pm 0.004	3.50	\pm 0.16
Sr	337	\pm 4.4	89.1	\pm 0.1	160	\pm 5.1	59.9	\pm 1.1	157	\pm 5.6
Cd	0.081	\pm 0.004	0.085	\pm 0.001	0.081	\pm 0.002	0.154	\pm 0.002	0.097	\pm 0.001
Cs	0.94	\pm 0.02	1.40	\pm 0.04	1.18	\pm 0.02	1.14	\pm 0.00	0.70	\pm 0.04
Ba	312	\pm 8.9	195	\pm 8.6	471	\pm 16	179	\pm 12.7	591	\pm 22
Pb	12.4	\pm 0.1	7.33	\pm 0.21	8.87	\pm 0.15	16.0	\pm 2.3	4.78	\pm 0.26
Hg	0.051	\pm 0.004	0.016	\pm 0.000	0.070	\pm 0.001	0.075	\pm 0.001	0.027	\pm 0.001

SS炭の分析結果例

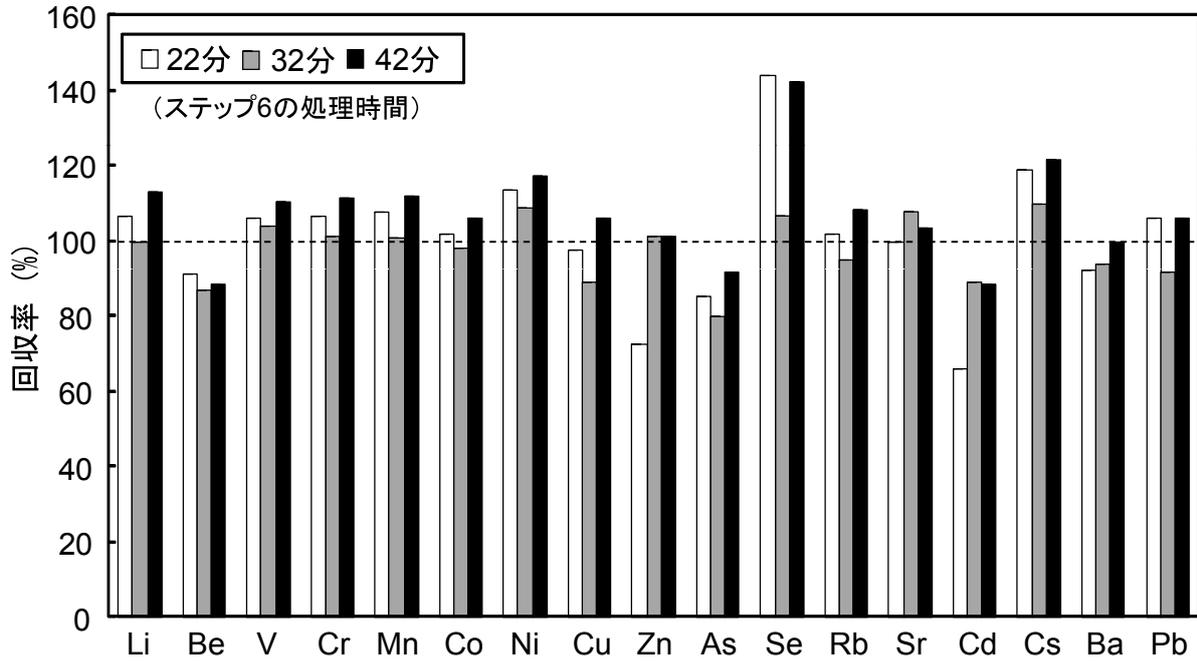
コールバンクのデータ拡充: ホウ素データの追加 (FI-ICP-MS)



AIST法の汎用化の検討

AIST法のお機種への適用

マイクロ波処理装置の分解時間の検討



分解時間や温度等の最適条件を確立した

AIST法のお機種への適用: 認証標準物質(NIST-1632c)の測定

測定元素	認証値 ($\mu\text{g/g}$)	測定値 ($\mu\text{g/g}$)	RSD ^{b)} (%)	回収率 (%)
Li	(8.0) ^{a)}	8.0	2.5	100
Be	(1.0) ^{a)}	0.9	1.1	87
V	23.72 \pm 0.51	24.6	2.4	104
Cr	13.73 \pm 0.20	13.9	3.4	101
Mn	13.04 \pm 0.53	13.1	4.5	101
Co	3.48 \pm 0.20	3.4	2.1	98
Ni	9.32 \pm 0.51	10.1	3.5	109
Cu	6.01 \pm 0.25	5.3	2.9	89
Zn	12.1 \pm 1.3	9.8	5.9	81
As	6.18 \pm 0.27	4.9	7.3	80
Se	1.326 \pm 0.071	1.4	2.7	106
Rb	7.52 \pm 0.33	7.1	1.2	95
Sr	63.8 \pm 1.4	68.7	1.4	108
Cd	0.072 \pm 0.007	0.06	27.4	89
Cs	0.594 \pm 0.010	0.6	2.1	110
Ba	41.1 \pm 1.6	38.6	0.7	94
Pb	3.79 \pm 0.07	3.5	7.5	92

a) カッコ内は参考値、b) 相対標準偏差

水銀データのクロスチェック: JIS法 (HVAAS) によるSS炭中のHg濃度測定

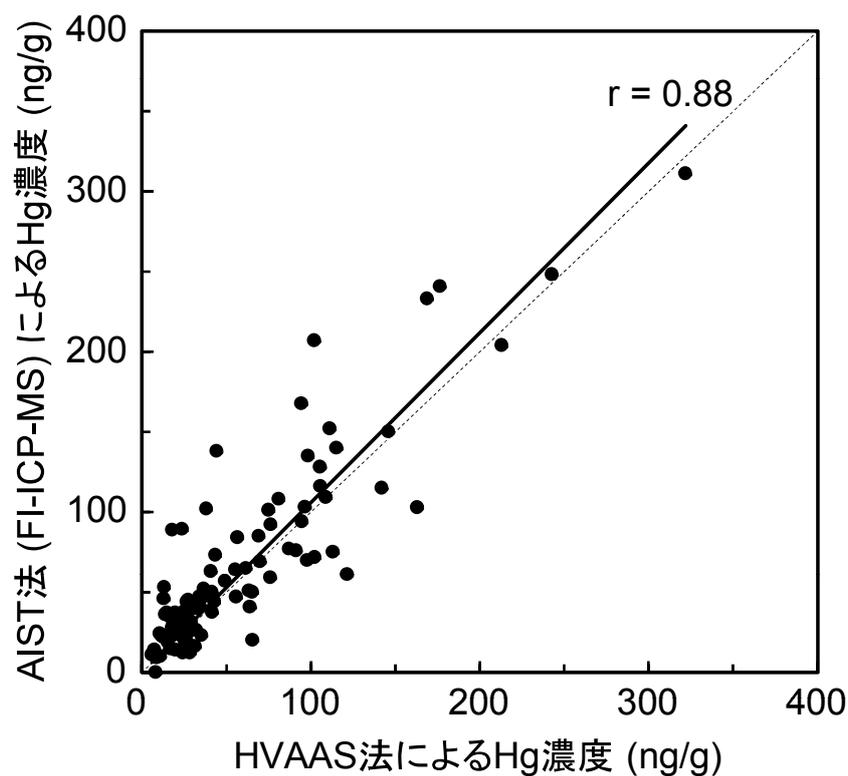
Coal	n ^{a)}	Hg 濃度		Coal	n ^{a)}	Hg 濃度	
		測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{b)}			測定値 (ng/g)	RSD (%) ^{b)}
SS001	3	173	3.7	SS016	8	23.6	25
SS002	5	22.8	7.8	SS017	8	109	13
SS003	3	65.6	6.0	SS018	8	98.4	5.1
SS004	3	121	1.1	SS019	5	102	15
SS005	3	41.7	2.9	SS020	3	176	4.5
SS006	3	56.5	9.2	SS021	3	63.3	1.8
SS007	3	11.6	9.0	SS022	6	98.4	19
SS008	3	13.8	5.8	SS023	3	17.9	3.8
SS009	3	25.5	2.9	SS024	6	25.0	30
SS010	8	27.7	11	SS025	6	44.1	26
SS011	8	12.7	5.4	SS026	4	31.2	12
SS012	6	38.0	8.6	SS027	3	69.9	1.4
SS013	8	23.4	36	SS028	6	28.0	28
SS014	8	17.9	20	SS029	3	26.6	1.9
SS015	8	24.8	15	SS030	12	94.8	7.2

a) 測定回数、b) 相対標準偏差

118炭種中の一部を記載

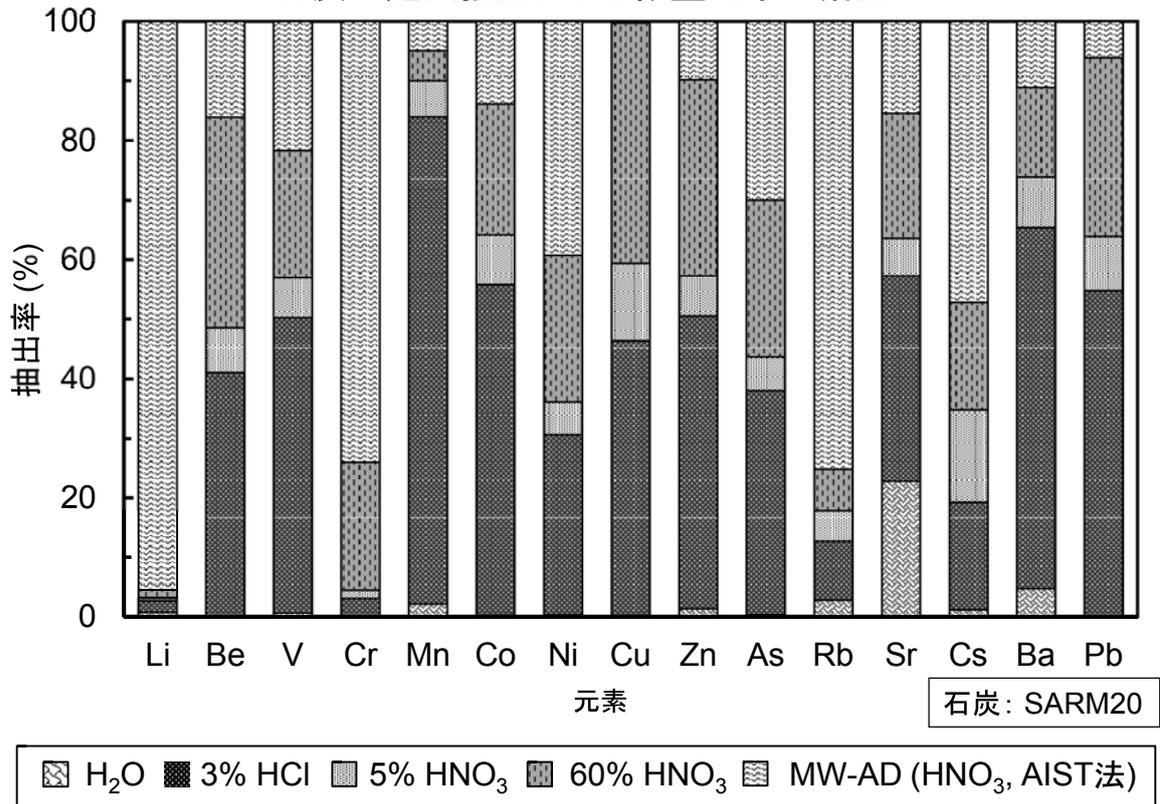
水銀データのクロスチェック

SS炭中のHg濃度についてのAIST法とHVAAS法との比較

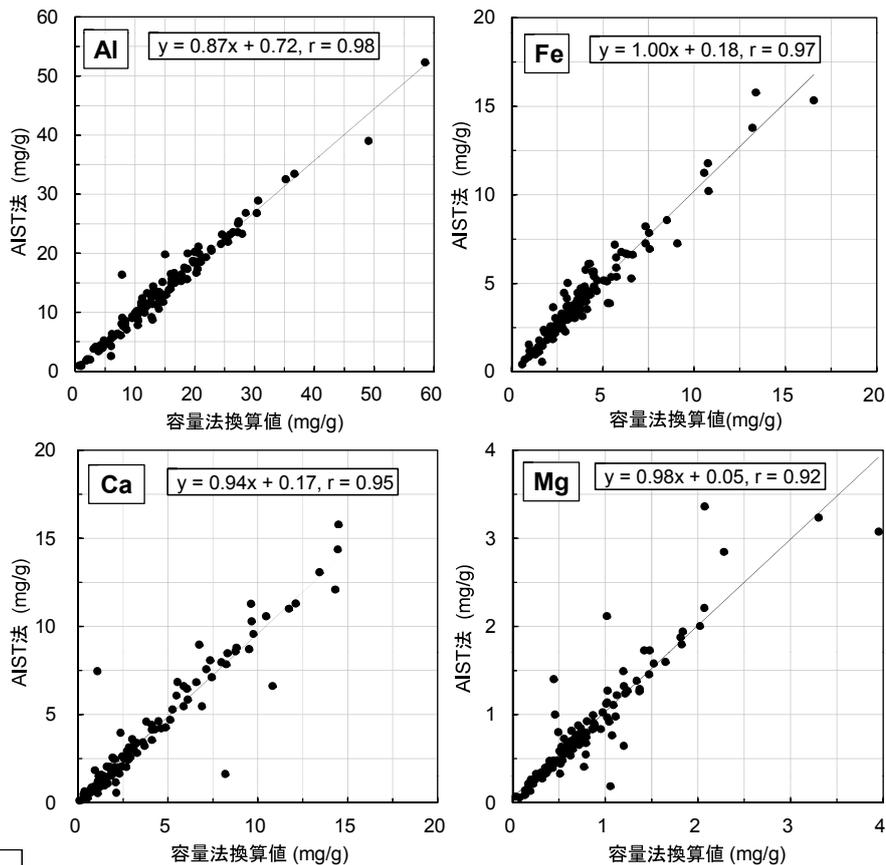


AIST法における溶解機構の解明

石炭の逐次抽出による微量元素の溶出



主要無機元素濃度についてのAIST法と容量法の比較



ラウンドロビンテスト

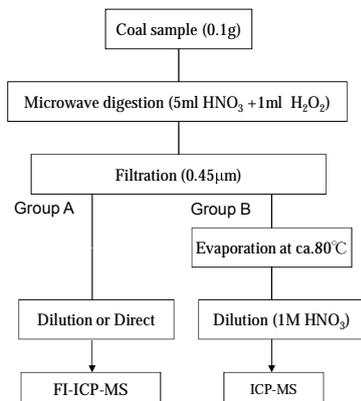
- JISC石炭・コークス規格委員会の指導のもと、ISO23380をベースに仕様を定めラウンドロビンテスト実施
 - 国内3機関、標準炭5種(SRM+SS)によるラウンドロビンテスト
 - 鹿児島大学 MW: Milestone, ICP: Agilent Technologies
 - 出光興産 MW: Anton-Paar, ICP: PerkinElmer
 - 産総研 MW: Anton-Paar, ICP: Agilent Technologies
 - 温度(220~240°C、25分)規定、SRMによる検定
 - ICP-MSにより、ホウ素を含む15元素(As, Se, Hg, Cd, B, Li, Be, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cs, Pb)を分析(H24FY)
- ISO/TC69(統計的方法の適用)専門家の検証
- ISO23380の翻訳と検証結果をもとにJIS規格案作成
- JISC提案予定

19 / 23

ラウンドロビンテスト

フッ酸フリーマイクロ波分解/ICP-MSによる石炭中微量元素の定量法

操作手順



○マイクロ波分解

5ml 60% HNO_3 +1ml 30% H_2O_2
 Ramp: RT→220°C, 40min
 Hold: 220~240°C, 25min
 Cooling: to Room Temperature

○測定元素 15元素

グループA FI-ICP-MS (フローインジェクションICPMS)
 5元素 (As, Se, Hg, Cd, B) Asは反応セル法(RC)も測定

グループB 蒸発処理 + ICP-MS
 11元素 (Li, Be, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cs, Pb。AsはグループAと重複) Cr, Ni, Cu, Znは反応セル法も測定

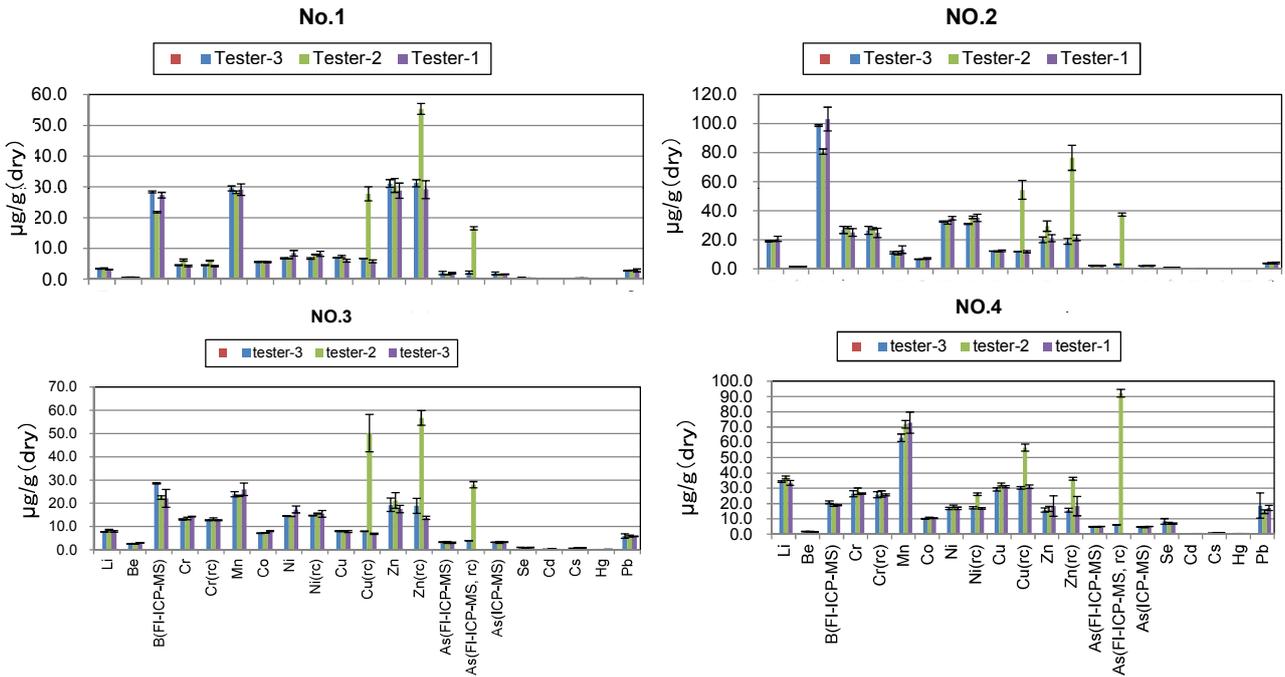
ラウンドロビンテスト

○炭種 5炭種: 瀝青炭、亜瀝青炭、標準試料1炭種。灰分: 約4~25%、水分: 約1~11%。均一化処理 (< 100 mesh + 縮分 (n=8))
 ○テスター 3組織 企業1、大学1、公的機関1、○テスト時期 2013年1月~2月

20 / 23

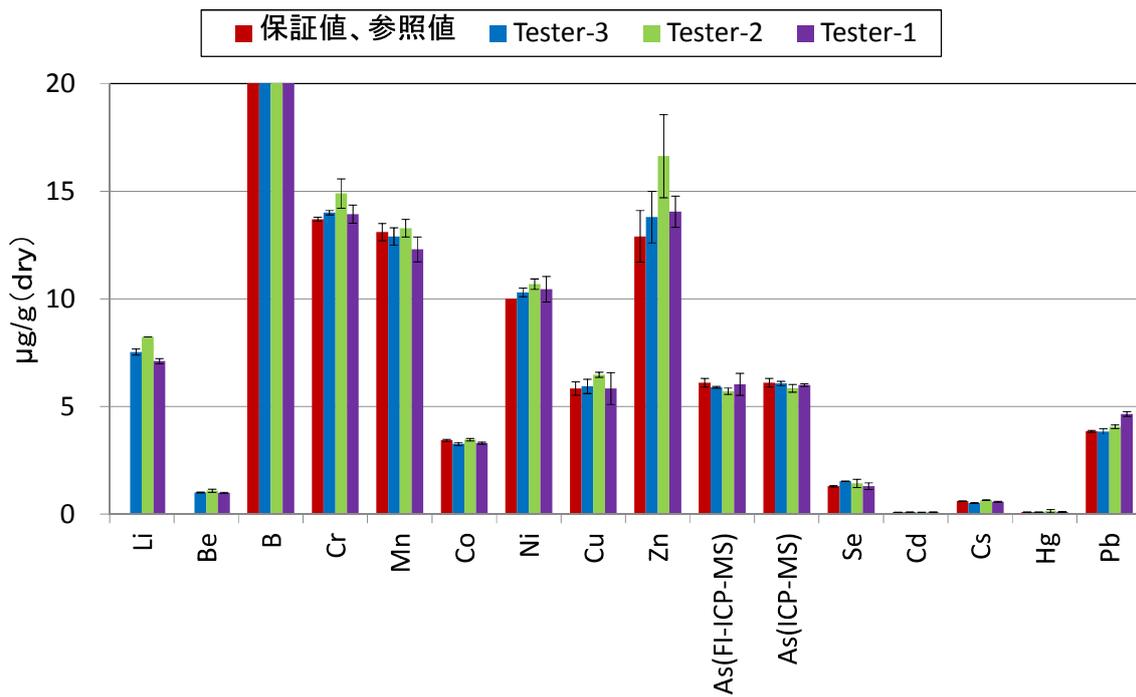
ラウンドロビンテスト

ラウンドロビンテスト (コールバンク 4炭種)



ラウンドロビンテスト

ラウンドロビンテスト (標準試料)



規格化に向けた活動

• JIS規格化

- ISO/TC27(特にロツテルダム会議)の議論を受けJIS規格を先行
 - 鹿児島大学を中核とした標準化研究連携
- JISC石炭・コークス規格委員会の指導・監修のもと
 - H21年度:ISO23380:2008をもとにJIS規格制定の方向確認
 - H22年度:第1回石炭・コークス規格委員会の決定により作業開始
 - H23年度:マイクロ波装置の異機種間照射条件等と実験手順の調整
 - H24年度:ラウンドロビンテストの実施
 - H25年度:データのとりのまとめと規格案*の作成

• ISO23380:2008の本規格化

- JIS規格化の動向を見定めながら規格案*を並行的に検討
 - 2007年時点のISO/TC27/SC5/WG8におけるRileyプロジェクトリーダー案をベース
- ISO/TC27 Solid Mineral Fuels
 - ISO/TC27会議 に出席し、ガイダンスを本規格化するための各国の情報収集と協議。
2013年8月プレトリア会議においては、ドイツから微量元素の分析方法の標準化の打診あり、SC5事務局を交えて協議を行った。

*報告書参考資料3および4を参照

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト
ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
石炭利用プロセスにおける微量成分の環境低減手法の開発
「微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と
燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」

事後評価分科会

6.3「石炭燃焼排ガス中ホウ素、セレンの高精度
分析手法の開発とプラント内挙動の検討」
プロジェクトの詳細説明

出光興産(株)
(一財)電力中央研究所

1/21

1. 背景、目的、実施内容

公開

背景 ホウ素とセレンは、排ガス中で一部がガスとして存在する。ガス状のホウ素、セレンのほとんどは脱硫排水で捕捉されるが、両元素には排水基準が設定されているため、プラント内挙動の解明が望まれるが、排ガス中の両元素を十分な精度で測定できる方法が規定されていない。

目的 排ガス中のガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法を開発し、規格化に向けた活動を行う。

開発した分析手法を用いてプラント内挙動を検討し、挙動に及ぼす影響因子を抽出する。

実施内容

- ガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法の開発
- 開発した分析手法の規格化
- ホウ素、セレンのプラント内挙動の解明
- 国連環境計画の水銀・石炭パートナーシップへの対応

2/21

2. 目標達成度

公開

項目		目標	達成状況	評価	
ガス状B・Seの高精度分析方法の開発	B Se	開発完了	従来法の課題抽出、解決策の検討により簡便且つ高精度なガス状B・Seの測定方法を開発した。	○	
分析手法の規格化	B	ISO	—	—	—
		JIS	JIS化	JIS化完了(2012年8月、JIS K0081)	○
	Se	ISO	WD作成	DIS案段階、今年度末～来年度にISO化完了見込。	◎
		JIS	JISC付議	今年度末～来年度にJIS化完了見込。(JISK0083を改訂)	○
石炭燃焼プラント内ホウ素及びセレンの挙動調査		挙動解明	プラント内のB, Seの挙動に影響を与える因子をそれぞれ解明した。	○	

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

3/21

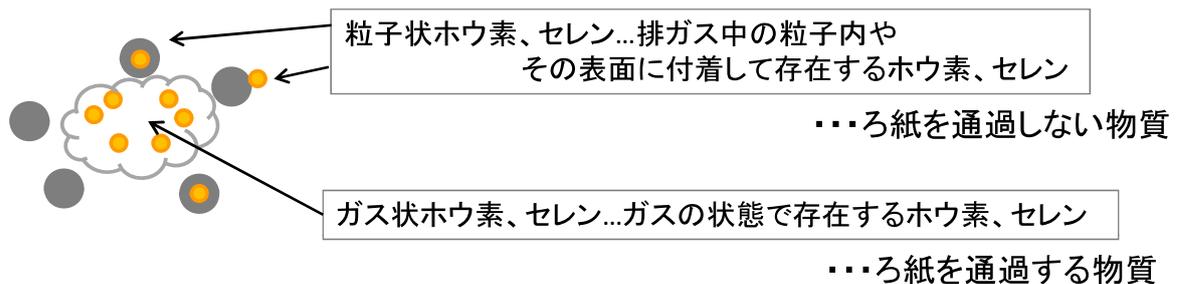
3. ガス状B・Seの高精度分析方法の開発

公開

◆ 分析手法の現状

排ガス中のホウ素、セレン分析手法の現状

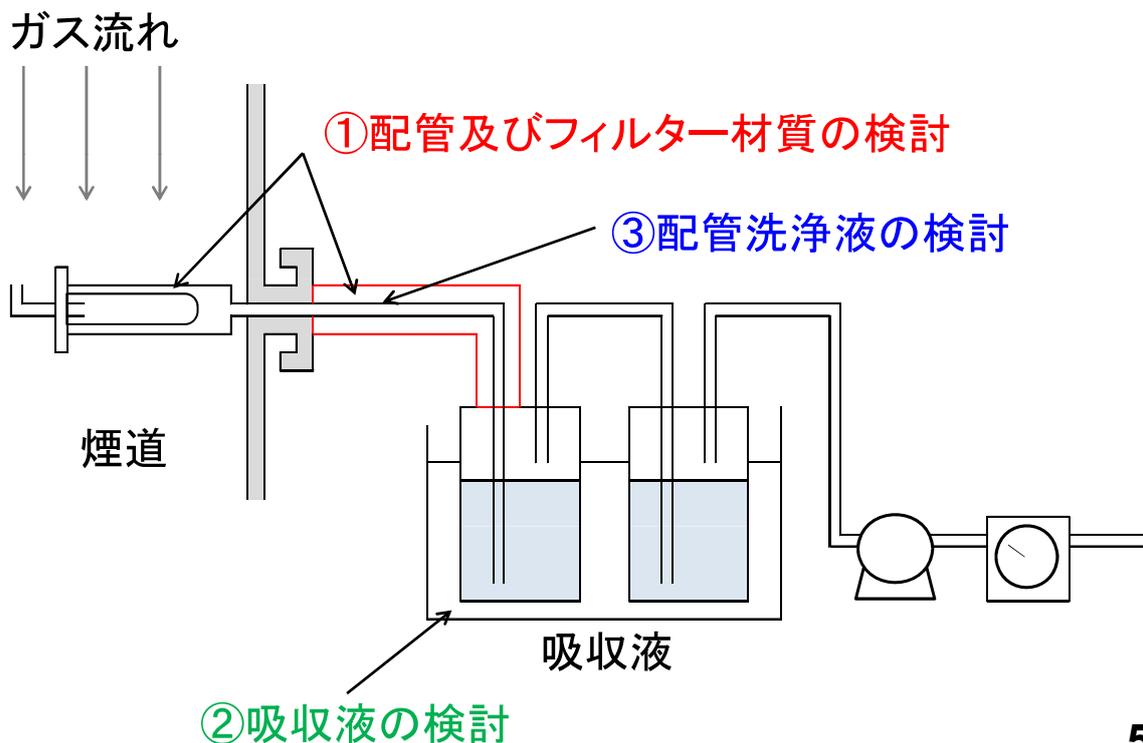
	粒子状	ガス状
ホウ素	○(JIS Z8808)	公定法なし。
セレン	○(JIS Z8808)	公定法(JIS K0083)は、燃焼排ガスに対して十分な精度が得られない。



ガス状ホウ素、セレンの分析手法の開発が必要。

4/21

◆分析手法開発に向けた検討項目



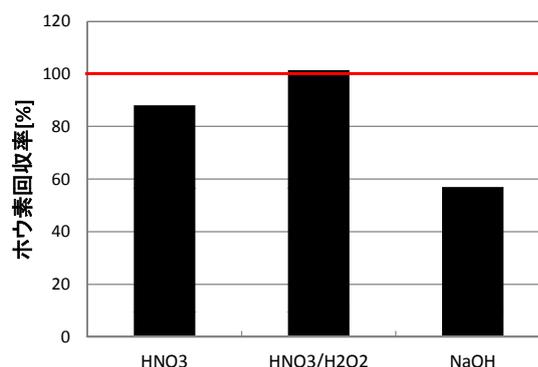
◆ホウ素分析手法開発に関する検討

(1) 配管及びフィルター材質の検討

	検討した材質	結果
フィルター	アルミナバインダーを含むシリカ	× (付着する)
	シリカ	○ (付着しない)
配管 (130℃に加熱)	ステンレス	× (付着する)
	テフロン	○ (付着しない)

(2) 吸収液の検討

HNO₃/H₂O₂でガス状ホウ素を全量回収できる。

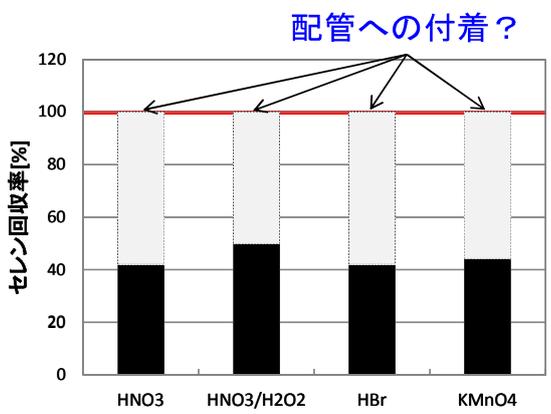


◆セレン分析手法開発に関する検討

(1) 配管及びフィルター材質の検討

- ・フィルターにはほとんど付着しない。
- ・テフロンが最も付着しにくい。

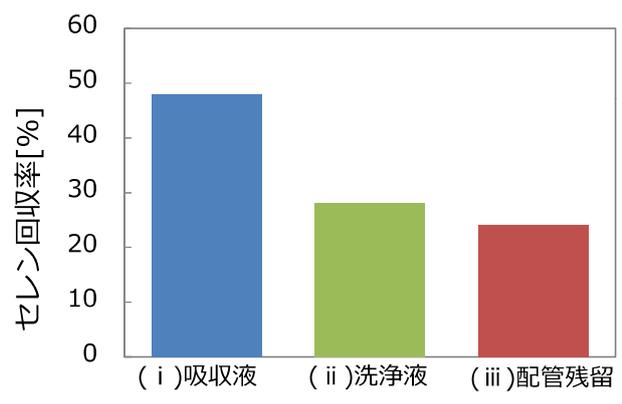
(2) 吸収液の検討



- ・吸収性能にほとんど差はなく、回収率は40～50%。
- ・吸収瓶2段目からセレンは検出されなかった。

⇒ 回収率不足は配管付着が原因？

(3) 既存公定法の課題抽出



※配管は130°Cに加熱

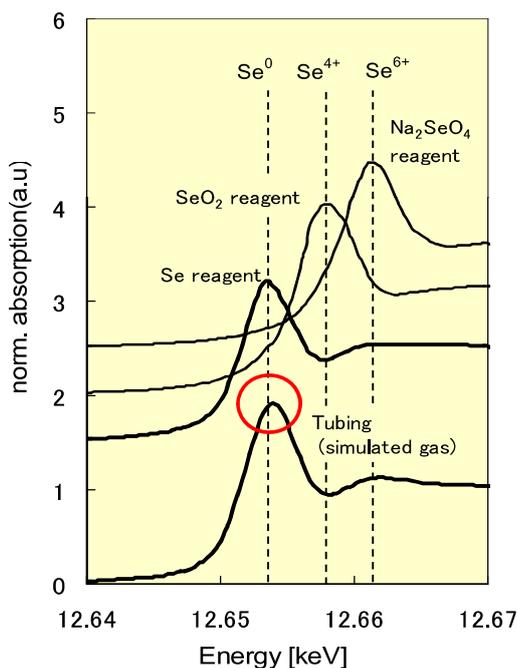
- (i) 吸収液... 吸収液(HNO₃/H₂O₂)でガス状セレンを回収。
- (ii) 洗浄液... 公定法の洗浄液(HNO₃/H₂O₂)でサンプリング配管を洗浄。
- (iii) 配管残留... 洗浄後配管を湿式酸分解で処理し、配管残留セレンを測定。

公定法の洗浄液では、セレンが配管に残留する。
また、残留する割合は排ガス性状によって大きく異なる。

3. ガス状B・Seの高精度分析方法の開発

公開

(4) 課題解決策の検討(付着セレンの形態観察)



X線吸収微細構造分析(XAFS)で配管に付着したセレンの形態を観察。

⇒ 0価セレンとして配管に付着。

(採取管内でセレンが0価セレンに還元され、配管に付着)

0価セレンは水に不溶であり、既存の洗浄液では配管に付着したセレンを回収することができない。

事業原簿 35

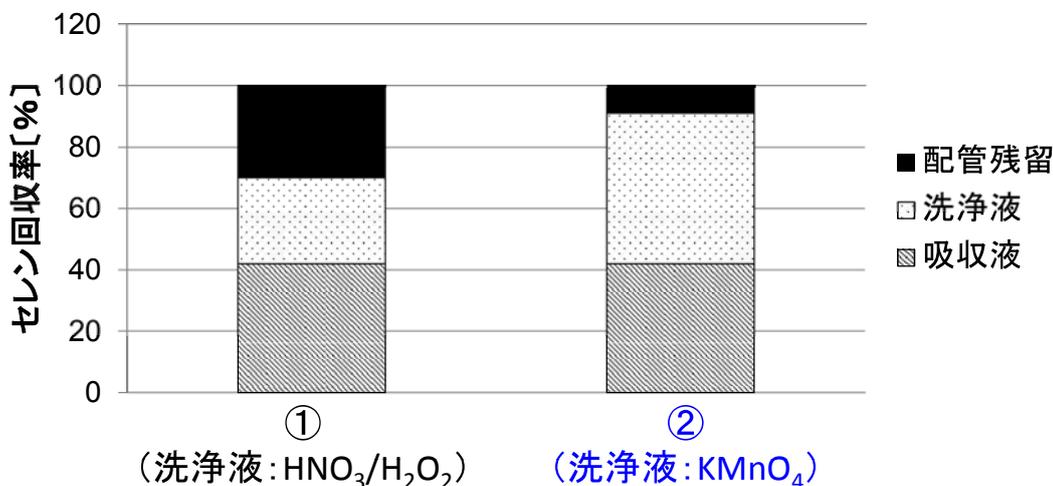
9/21

3. ガス状B・Seの高精度分析方法の開発

公開

(5) 課題解決策の検討(配管の洗浄法検討)

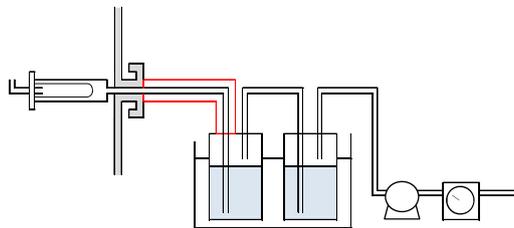
強酸化剤(KMnO₄)を使用した配管の洗浄を検討した。



KMnO₄による洗浄で、配管残留セレンが大幅に減少

10/21

◆ 排ガス中ガス状ホウ素、セレン測定の前条件

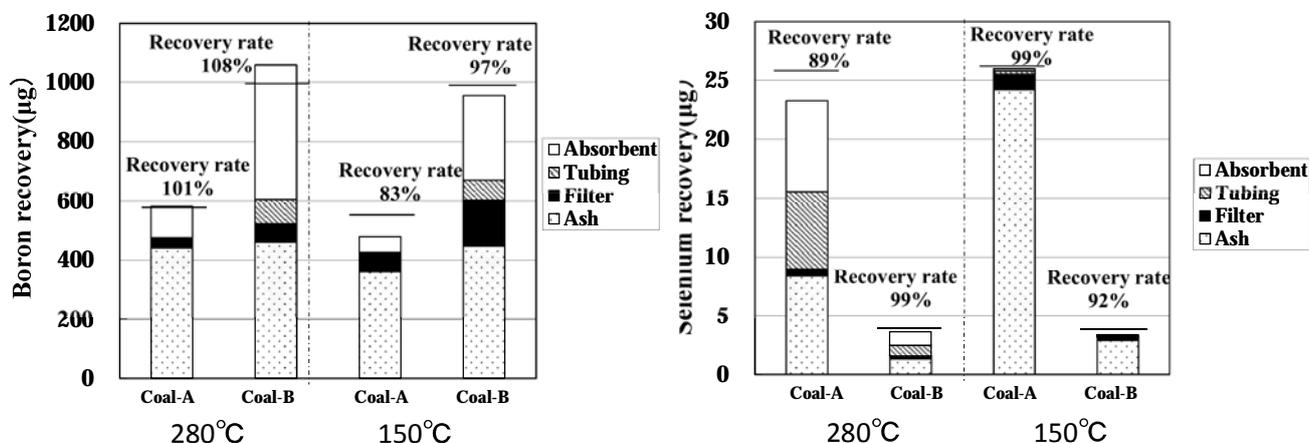


	ホウ素	セレン
ガス吸引量	120L (1.2L/minで100min)	
ダスト除去温度	採取地点の排ガス温度	
配管材質	テフロン	
フィルター材質	アルミナバインダーを含まないシリカフィルター	
配管加熱温度	130℃	
配管洗浄液	H ₂ O ₂ /HNO ₃ (33%+5%)	KMnO ₄ /H ₂ SO ₄ (10g/L+10%)
吸収液	H ₂ O ₂ /HNO ₃ (33%+5%)	
吸収液の冷却	氷水	
測定対象	吸収液	吸収液、洗浄液
測定機器	HG-AASなど	ICP-MSなど

11/21

◆ 石炭燃焼排ガスへの適用性評価

燃焼試験炉(石炭供給量:5kg/h)を用いて、燃焼排ガスへの適用性を評価。



本手法を用いることで、石炭燃焼排ガス中のホウ素、セレンを高精度に測定できる。

4. 分析手法の規格化に向けた提案

公開

		目標	達成状況
ホウ素	ISO	—	—
	JIS	JIS化完了	完了(平成24年8月20日 JIS公告(JIS K0081))
セレン	ISO	WD提出	<ul style="list-style-type: none"> ▪Draft International Standard (DIS)案が可決された。 ▪コメントに対する修正を行いFDIS案を作成し、今年度のISO国際会議で議論する。 ▪今年度末～来年度初めにISO化完了予定。
	JIS	JISC付議	<ul style="list-style-type: none"> ▪原案の作成は終了。 ▪JIS K0083の改定に伴い、新様式への変更を実施。 ▪今年度末～来年度初めにJIS化完了予定。

全ての項目について、規格化完了の見込みが立った。

13/21

4. 分析手法の規格化に向けた提案

公開

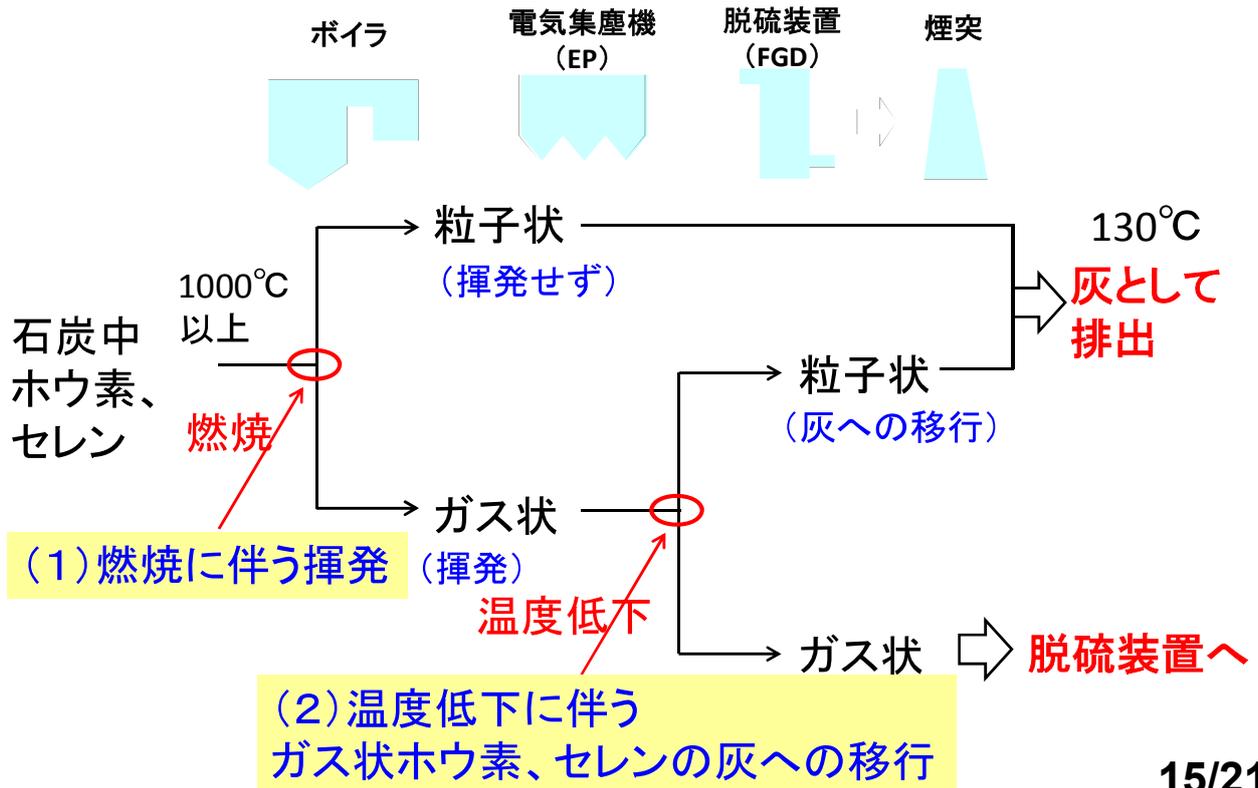
専門委員会(TC)	委員会数	187
分科会(SC)	委員会数	552
作業グループ(WG)	グループ数	2100

【規格化の流れ】

予備段階	WGで標準化する項目を検討。 Preliminary Work Item (PWI).
提案段階	WGで標準化の内容を検討。 New Work Item Proposal (NP)投票。 投票したTC/SCのP(積極的参加)メンバーの過半数の賛成、5か国以上のPメンバーが審議に積極参加することで、次のステップへ。
作成段階	WGでWorking Draft (WD)を作成、検討。 NP提案承認後6か月以内にTC/SCにWDを提出
委員会段階	Committee Draft (CD)として登録。 TC/SCメンバーに回付。 TC/SC幹事が検討・修正。 PメンバーによるCD投票(3～6か月)。
照会段階	Draft International Standard (DIS). すべてのメンバー国にDIS回付。 投票(5か月)
承認段階	Final DIS (FDIS). すべてのメンバー国に回付。 投票(2か月)
発行段階	校正、印刷

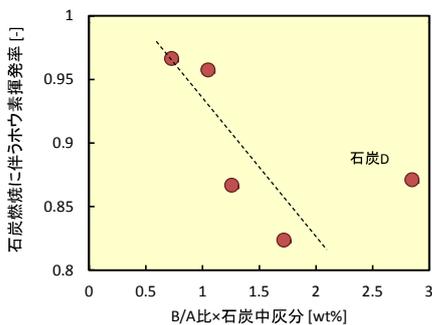
14/21

◆プラント内のホウ素、セレン挙動



◆ホウ素挙動に関する検討

(1) 燃焼に伴う揮発

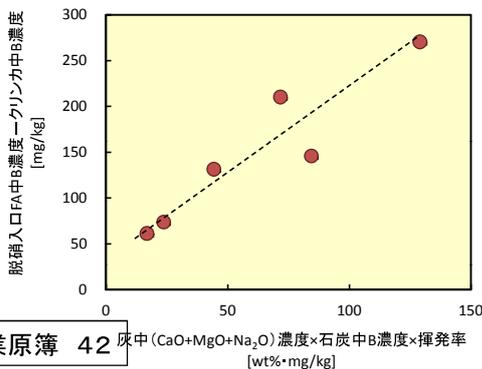


$$\text{※} B/A (\text{Base/Acid}) = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2}$$

注) B/A比が大きいかほど溶融性が高い

灰の溶融性が高いほど、揮発する割合が低下する。

(2) 温度低下に伴うガス状ホウ素の灰への移行



灰中アルカリ分濃度が高いほど、灰へ移行するホウ素量が増える。

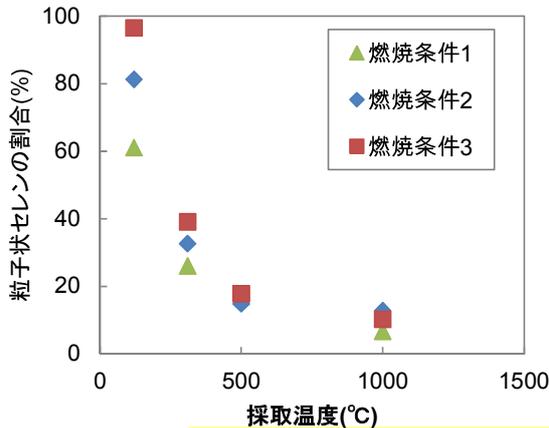
◆セレン挙動に関する検討

(1) 燃焼に伴う揮発

燃焼に伴い、ほぼ全量揮発する。

(2) 温度低下に伴うガス状セレンの灰への移行

同一炭種で燃焼条件(灰中未燃分)を変化させたときの挙動を検討。



	灰中未燃分	灰中未燃分(%)	
		310°C	145°C
燃焼条件1	低	7.8	7.6
燃焼条件2	中	13.4	13.7
燃焼条件3	高	14.9	14.8

灰中未燃分が高いほど、温度低下に伴い灰へ移行するセレンの量が増える。

◆挙動検討結果のまとめ

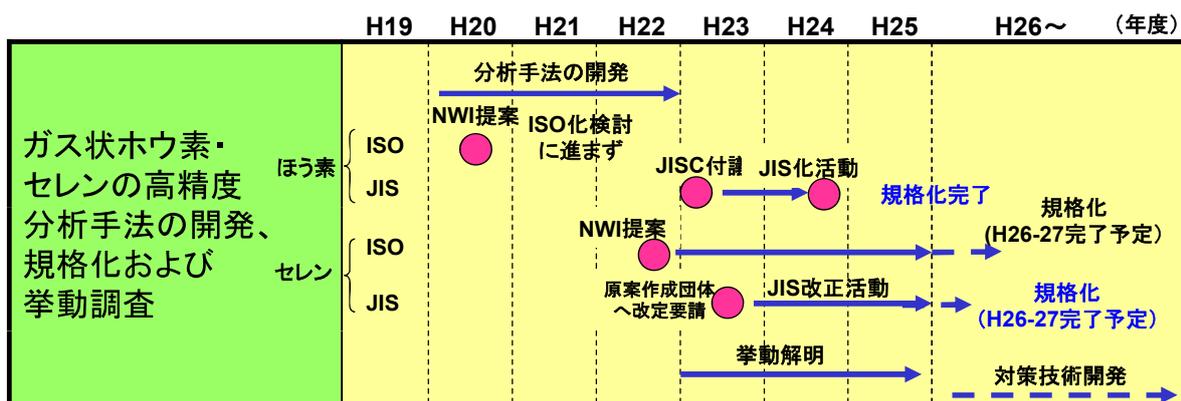
元素	達成状況	
	①燃焼に伴う揮発挙動	②温度低下による灰との相互作用
ホウ素	灰の溶融性に依存し、燃焼に伴う揮発率が変化する。	温度低下に伴いガス状ホウ素が灰に吸着する。 温度: 500度以上 影響因子: 特定の灰中アルカリ分
セレン	燃焼に伴い、ほぼ全量が揮発する。	温度低下に伴いガス状セレンが灰に吸着する。 温度: 300度以下 影響因子: 灰中未燃分

石炭燃焼プラント内のホウ素、セレン挙動を検討し、影響因子や存在形態が変化する温度域を明らかにした。

- ◆ MEC※(Mercury Emission from Coal)における、各国の水銀に関する最新の規制・研究動向調査と成果発表
- ◆ EUEC(Energy, Utility & Environment Conference)等の国際会議にて、石炭火力の微量成分排出規制が先行している米国の規制・研究動向調査と成果発表

※石炭パートナーシップにおける石炭燃焼プロセスの水銀排出に関する専門家会議

7. 実用化の見通し



- ホウ素、セレンの分析手法
規格化により国内外に普及
- プラント内の挙動解明
解明した挙動は、対策技術開発に資するデータとして活用される。

燃焼排ガス中の公定法が存在しないホウ素とセレンの測定法の開発、規格化を実施した。さらに、その測定法を使用して、石炭燃焼試験炉等にて挙動に及ぼす影響を検討し、以下の成果を得た。

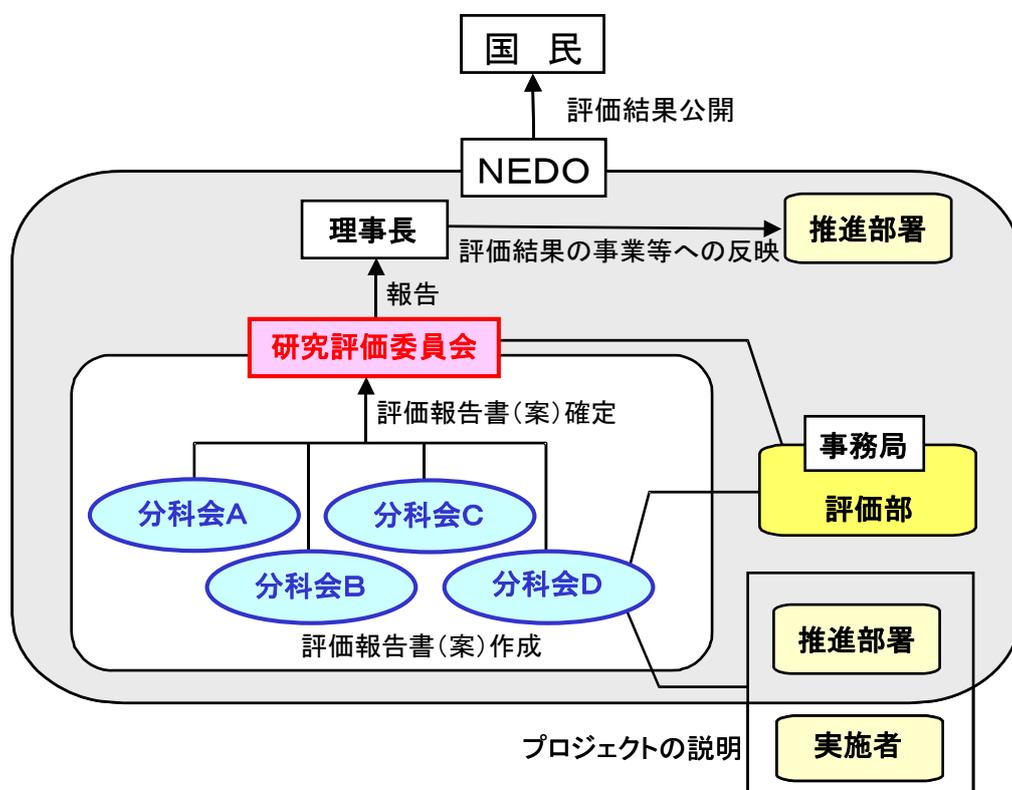
- ✓ 挙動把握や排出抑制策の検討に対して、十分な精度で測定できる、燃焼排ガス中のホウ素とセレンの測定法を開発した。
- ✓ 開発測定法の規格化に必要なデータを拡充するとともに、規格（B:JIS、Se:JISおよびISO）に提案し、規格化の見通しを得た。
- ✓ 石炭燃焼試験炉等を用いて排ガス中のホウ素、セレンを測定し、プラント内の挙動に及ぼす影響因子を明らかにした。

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 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
- 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としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある6名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

平成19年度に開始された「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト/ゼロエミッション石炭火力基盤技術/石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発/微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

プロジェクト全体に関わる評価について、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての見通しや取り組み等を評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ エネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱(特許や著作権、営業機密の管理等)は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。

- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化」の考え方

本事業で開発された微量成分の高精度分析手法が、将来課題となると想定される微量成分除去技術の効率的な開発に活用されるよう、規格化（JIS化、あるいはISO化）されることを言う。

(1) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発に取り組むのか明確になっているか。

はじめに

本「標準的評価項目・評価基準」は、「技術評価実施規程」に定める技術評価の目的^{*}を踏まえ、NEDOとして評価を行う上での標準的な評価項目及び評価基準として用いる。

本文中の「実用化・事業化」に係る考え方及び評価の視点に関しては、対象となるプロジェクトの特性を踏まえ必要に応じ評価事務局がカスタマイズする。

※「技術評価実施規程」第5条(技術評価の目的) ①業務の高度化等自己改革の促進、②社会への説明責任、経済・社会ニーズの取り込み、③評価結果の資源配分反映による、資源の重点化及び業務の効率化促進

なお「評価項目」、「評価基準」、「評価の視点」は、以下のとおり。

- ◆評価項目：「1. . . .」
- ◆評価基準：上記、各項目中の「(1) . . .」
- ◆評価の視点：上記、各基準中の「・」

評価項目・基準・視点

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 研究管理法を經由する場合、研究管理法が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

(4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

（基礎的・基盤的研究開発及び知的基盤・標準整備等研究開発の場合は、「事業化」を除く）

- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化・事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(4) 成果の最終目標の達成可能性(中間評価のみ設定)

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

なお、評価の対象となるプロジェクトは、その意図する効果の範囲や時間軸に多様性を有することから、上記「実用化・事業化」の考え方はこうした各プロジェクトの性格を踏まえ必要に応じカスタマイズして用いる。

(1)成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2)実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確になっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。

◆プロジェクトの性格が「基礎的・基盤的研究開発」である場合は以下を適用

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

(1)成果の実用化の見通し

- ・ 実用化イメージに基づき、課題及びマイルストーンが明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発を取り組むのか明確になっているか。

◆プロジェクトの性格が「知的基盤・標準整備等の研究開発」である場合は以下を適用

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

(1) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発を取り組むのか明確になっているか。

参考資料 2 分科会議事録

研究評価委員会

「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発/石炭利用プロセスにおける微量成分の環境への影響低減手法の開発/微量成分の高精度分析手法の標準化に資するデータ蓄積と燃焼プロセスにおけるプラント内挙動の解明」(事後評価)分科会

議事録

日 時 : 平成 26 年 9 月 29 日 (月) 13:00~17:05

場 所 : WTC コンファレンスセンター Room B

(世界貿易センタービル 3階)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 神谷 秀博 東京農工大学 大学院工学研究院 生物システム応用科学府 教授
分科会長代理 二宮 善彦 中部大学 工学部 応用化学科 教授
委員 板谷 義紀 岐阜大学 工学部 機械システム工学科 教授
委員 桑原 隆 東京電力株式会社 技術開発センター 機械システム技術グループ
主管研究員
委員 村上 清明 株式会社三菱総合研究所 研究参与
委員 義家 亮 名古屋大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻 准教授

<推進者>

安居 徹 NEDO 環境部 部長
在間 信之 NEDO 環境部 主幹
谷山 教幸 NEDO 環境部 主査
細田 兼次 NEDO 環境部 職員

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

大木 章 鹿児島大学 教授
村上 一幸 (財)石炭エネルギーセンター 部長代理
中里 哲也 (独)産業技術総合研究所 環境管理技術研究部門 主任研究員
山田 理 (独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主任研究員
野田 直希 (財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 主任研究員
古園 拓也 出光興産(株) 研究員

<評価事務局等>

保坂 尚子 NEDO 評価部 主幹
内田 裕 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. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
 - 5.2 研究開発成果、実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 コールバンクの拡充
 - 6.2 石炭中微量成分の分析手法の開発と規格化
 - 6.3 ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発・規格化および挙動調査

(非公開セッション)

7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

配布資料確認 (事務局)

神谷分科会長挨拶

出席者の紹介 (事務局、推進者)

2. 分科会の設置

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された。

3. 分科会の公開について

事務局より資料2及び資料3に基づき説明が行われ、「7. 全体を通しての質疑」を非公開とすることが了承された。

4. 評価の実施方法及び評価報告書の構成

評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-4に基づき説明し、了承された。

また、評価報告書の構成を事務局より資料4-5に基づき説明し、事務局案通り了承された。

5. プロジェクトの概要説明（説明、質疑応答）

5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

5.2 研究開発成果、実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み

推進者・実施者より資料 6 中「プロジェクトの概要」に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【神谷分科会長】 ただいまのご説明に対しまして、ご意見、ご質問等ございましたらお願いいたします。今回、技術の詳細につきましては、後ほど議題 6 で議論いたしますので、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、それから、マネジメントについてご意見をお願いいたします。

【板谷委員】 少々細かいことですが、目標のところ、場所によってはガス状ホウ素、セレンの高精度分析手法の開発とある一方で、場所によっては、ガス状微量成分の高度分析手法の開発となっており表現が違っていいです。そのあたりの統一性について、あえてこのように分けられているのか、あるいは、たまたま統一されていないだけなのか、いかがでしょうか。

【大木 PL】 後者でございます。ちょっといろいろと表が多くて、私も随分気をつけて見たのですが、まだ完全に統一されていないところがあって申しわけございません。ガス状ホウ素、セレンというのが正式な言い方です。

【板谷委員】 そちらが正式になっているということですね。

【大木 PL】 はい。

【村上委員】 質問よろしいでしょうか。幾つか確認したい点を質問させていただきたいと思います。まず 1 点目は、今回規格化の国際標準化の話をしていただきましたけれども、これは、将来的には規制とセットになって規格化の話が進んでいるのか、規制はなくて、微粒子の計測のところだけを標準化しようとしているのかというのが 1 点目であります。

それから、もう 1 点が、ISO の議論が、時間がかかるということはわかりました。今、どんな段階まで進んでいるのかということで、国際的には、これを将来有害だということ認めて規制しようという認識の上で段階を踏んでいるのか、それとも、まだ国際社会の中では微量成分に関しては、そういう認識もなくて、日本から提案しているけれども、そこまで至っていないで時間がかかっているのか、その辺のところの説明をしていただけますか。

【大木 PL】 はい、わかりました。まず 1 点目の方でございますけれども、規制ということでございますが、規制に関しましては、日本と世界を分けて考えた場合、日本に関しましては、このような微量元素の規制というのは、大気中への規制というのは現在まだございません。もちろん、水質の規制、それから、排水基準、そういうのは、全てこのような有害元素に関しましては存在いたしますが、大気中に放出するという規制は日本にはございません。

ただ、ご承知だと思いますけれども、水銀に関しましては、現在、世界的に注目されておりまして、特に水銀条約とかが結ばれたということで、これもまだ日本にはないんですけれども、例えばアメリカでは非常に厳しい石炭火力に対する水銀規制が始まっております。ですから、今、石炭火力に関する水銀規制がある国というのは、アメリカ、カナダ、ドイツもたしか将来的には始めるという話を聞きました。という感じで、欧米ではそのような動きがあります。

ですから、まず、石炭中の微量元素の場合、最初に出るのが水銀ですが、今回、水銀があまりないというのは、実は水銀のプロジェクトは、先ほどちらっと説明がありましたけれども、

最初の4年間はセットで走った高度除去技術というのが水銀のプロジェクトでございました。多分評価委員の先生方、ダブっている先生方、やっていただいたような気もしますが、そちらの方で水銀をやりましたので、今回は水銀の次の世代の元素ということで、水銀の次に問題になってくるのは、多分セレンであり、ホウ素であり、セレンの方が優先順位があると思いますけれども、それを先取りして行っているということでございます。

実際に世界的にも、日本においても、大気中へのセレンとかホウ素の規制は現在まだで、規制がかかるとか、かかる予定であるということはないのでございますけれども、水銀がもう、かなり世界的にはそういう規制がかかっているのです、だんだんこういうふうな有害元素の大気への放出も問題になるということで、まずそのためには一番大事なことは、石炭中に存在する微量元素の測定方法をきちっと確立すること。石炭火力の場合は、ガス中にも存在しますので。水銀の方は、ガス中に存在する水銀の分析というのは、JISにもあります。ただ、ホウ素とセレンはまだないということで、それをやろうという、そういうプロジェクトでございます。

これ、2つとも、説明になっていますか。

【村上委員】 もう一つの質問の方は。

【大木PL】 ISOの方の話は、ISOの現在の進捗状況ということでございますか。

【村上委員】 そうです。

【大木PL】 ちょっとISOの方の進捗状況は、私よりも、実際にそちらで担当されている、詳細の発表のときに、産総研の山田様の方でもっと詳しく説明あると思います。

【村上委員】 はい。ではそちらでお聞きします。

【大木PL】 プロジェクトが今年の3月で終わりました、それ以降に結構ISOとか、その辺の動きが入っていますので、ちょっと私がまだ把握していないところもありますので、そちらの方で説明あると思いますので、よろしく願いいたします。

【神谷分科会長】 よろしいでしょうか。

【古園研究員】 簡単ですけども、ISO化の進捗について説明させていただきます。ホウ素とセレンと2元素あったと思うのですけれども、そもそもホウ素のISO化を今回目標と設定しなかった理由といたしましては、世界的な興味がまだ薄かったということで、ホウ素はISO化が始まっていないからです。セレンについては、既に国外の規格も一部存在しているものもありますし、ある一定国以上のアグリーがあって初めてISO化が進んでいくということですので、各国の興味自体はあるので、今着々と進んでいる段階だというのが簡単な概要となっています。

また細かい点については、詳細説明のときに説明させていただきます。以上です。

【神谷分科会長】 どうもありがとうございました。他によろしいでしょうか。

【二宮分科会長代理】 研究開発の実施体制のところ、ちょっと確認させていただきたいのですが、委託の中の電力中央研究所と出光興産の項目が全く同じですが、それは何かそれぞれの、具体的には共同でやられたのか、それとも、この中でさらに何か分けられたのか、如何でしょうかというのが1点目。また、推進委員会を今回設置して、年2回行ったということですが、具体的なアドバイスやメリットコメントがあったかということが2点目です。

【古園研究員】 1番目の質問につきましては、電力中央研究所と出光興産では、この中で共同実施しているものも一部ありますし、この中でさらに項目を分けて実施している項目があります。一番大きな違いとしては、開発までのところを主に電力中央研究所、共同でなんですけども、メイ

ンとして電力中央研究所さん。どうしてもプラントによってうまく測定ができないですとか、それぞれ単独では実施できないというような項目もあって、そういうところは共同で。あと、規格に関しては、主に弊社が主導で行ってきたというような住み分けになっております。基本的には、お互い連携をとりながら、その中でもどちらかが主導をとってという形でやっておりました。

以上です。

【神谷分科会長】 あまり一緒にしない方がよかったかもしれないですね。

【大木 PL】 2 番目の方に行きます。推進委員会の方は、これは実は後半の 3 年間お願いして、成瀬先生に委員長をお願いしまして、そこに書いているような先生方とか、あと、ユーザー代表としての方、吉川さんとか、化学工学的な見地から、また、高岡先生は廃棄物の専門家ですし、成川さんは分析のエキスパートですから、そういう多角的にいろいろと我々の至らない点をご指摘していただいて、プッシュしていただいて、非常にアクセラートし、研究は非常に進みました。感謝しております。

それから、吉川さんには、ユーザーサイドからいろんなご指摘いただきまして、非常に役立ったということがございます。以上です。

【二宮分科会長代理】 これについて議事録等はあるのでしょうか。

【古園研究員】 全て残っております。

【二宮分科会長代理】 これは何かリストはいただけるのでしょうか。それとも、どういうふうに関与したかということがわかるような資料というのは後で出していただけるのでしょうか。

【古園研究員】 必要に応じてというか。一応議事録自体は残っておりますので、必要があれば開示することもできるかと思えます。

【二宮分科会長代理】 あともう一つ、今回、後で出るかと思うのですけれども、学術論文が 2 件ということで、本来、今回分析技術等を、やはり学術的に見て、今回のいろんな分析方法が学会等で認知されているかどうかという観点に立つと、海外の論文を含めてかなり学術論文を出すことが非常に大事かと思うのですけれども、これはまだ査読中とか何かがあって、まだ結果としては 2 報でしかないのか、実際なかなか分析方法のいわゆる海外のいろいろ雑誌での認知がされていないかと思いますが、どういう状況なのでしょうか。

【大木 PL】 これは先ほどもちょっと弁解がましく申し上げたところがございますけれども、大学が 1 校しか入っていないということと、それも私どもが後半の 3 年しかかかわっていないのでございますが、それは言い訳にならないと言えばそれまでですけれども。もう一つは、このプロジェクトの一番のテーマは、規格化というところがございますので、まず規格をいかにつくるかというところに集中いたしました。そういう面で、なかなか研究機関に論文の作成がうまくいかなかったとういところは反省点でございます。

以上です。

【神谷分科会長】 なかなか規格化を進めていますと、論文の方までは大変というのはよくわかります。しかし、論文を書いていかないとなかなか認知度が上がらないので、両立はなかなか厳しいとは思えます。他にいかがでしょうか。

【義家委員】 石炭を中心とした燃焼ガスに含まれる微量成分で有害微量成分といったときに、一番に水銀が来て、セカンドグループの中にセレン、ホウ素があるというのはよくわかっており、私自身も理解しているわけですがけれども、そのセカンドグループの中でも、ホウ素、セレンにかなり

注力して、特に後半は、かなり規格化の面で力を入れていらっしゃるんですよね。プロジェクトの変遷とか、いろいろ経緯があると思うのですが、ちょっと今日の説明の中ではあまりよくわからなかったもので、そのあたりを解説お願いいたします。

【大木 PL】 詳細説明の方でその辺のところは説明があると思いますが、まず水銀が一番気化しやすい。ですから、石炭を燃やしたときに、煙突から出てくる第1番の候補は水銀でございます。これは義家先生もよくご存じ、というか、専門でございますが、次に出るのはセレンだと思います。ですから、セレンというものにターゲットを絞るのはそれでございますし、3番目に来るのはホウ素ぐらいが一番出やすいのではないかと思いますので、セレン、ホウ素とを選びました。

あと、特に、例えば水質基準の厳しい元素としては、カドミウム、ヒ素、鉛とか、そういうのがありますが、これはほとんど灰に入ってしまったら、煙突から大気に出るということはありませんので、今回の対象からは外しているところでございます。

【義家委員】 純粋に揮発性の高さ、大気への放出のリスクの順番で上から選んだということですか。

【大木 PL】 セレンに関しては間違いなくそうです。ホウ素は、ホウ素が確実に煙突から出るかということ、ちょっと私もよくわかりませんが、大体その順番に並んでいると考えていただいて結構でございます。

【神谷分科会長】 よろしいでしょうか。ほかにいかがでしょうか。私の方からも、体制で、規格化を重点化したときに、産環協さんは、結構私も規格化では大分助けてもらいましたが、これはやっぱり外注という形で、中に入らずに進められたというのは何か理由がありますでしょうか。

【古園研究員】 産環協の方に委託しました理由としては、やはり今まで規格化の経験がなかったということで、いろんな知見ですとか、関係を持っていらっしゃる産環協の方に委託することでよりスムーズに進むのではないかとということで委託をさせていただきましたけれども、基本的に原案の作成ですとかいうところは実施者側で全て行っており、主に ISO や JIS の委員会とのやりとりをメインで産環協の方にはやっていただいたということです。

【神谷分科会長】 主に事務局的な立場で、ということですね。

【古園研究員】 そうです。

【神谷分科会長】 了解しました。

【村上委員】 データベースの方ですけども、これ、海外からの利用というのはどの程度あるのでしょうか。今回微量元素の結果が出ていると思うのですが、海外の人が大分使うようになれば、こういう標準化もしやすいのではないかと思います、どういう状況でしょうか。

【村上部長代理】 今のところ海外からの利用はございません。というのは、今のところ、私どもに最初に申請をいただきまして、それでデータベースへのアクセスをこちらから発送しまして、使っていただくという形をとってございます。ですから、今後の課題としてはそれもあるのかなというのは、議論の方向としては考えられると思います。

【村上委員】 むしろ進められた方が ISO をとるということでしたら、有用性を説明するのは必要かなと思います。

【村上部長代理】 はい。ありがとうございます。

【神谷分科会長】 何か追加でございますか。

【山田主任研究員】 海外から具体的なデータの引き合いというのはないと思いますが、第一次安倍政権のときに、東アジア展開ということで、東アジア経済研究センター、ERIA と言っておりますが、

その事業の中で CCT の関連の部会が、エネ庁石炭課の主宰で平成 22 年度から年 2 回、2 カ年にわたり開かれました。そのときに、アジア各国から来られた委員に、JCOAL あるいは当方からコールバンクのデータベースの件を紹介しました際には、委員の皆様が非常に強い関心をお持ちになったという経緯があります。ですから、基本的には、アジアからの要求はあり、その時点では感じた次第でございます。

【神谷分科会長】 よろしいでしょうか。ほかにいかがでしょうか。

【桑原委員】 118 炭種のデータがあるということですが、ホウ素の分析で 40 炭種と記載されております。これは、118 炭種の中に含まれているということでしょうか。

【村上部長代理】 はい。118 炭種の中から幾つかを選んで測定したのが 40 炭種です。

【桑原委員】 データバンクの需要についてお尋ね致します。標準試料はこれまでどれくらいの需要があったでしょうか。

【村上部長代理】 約 600 件です。

【桑原委員】 標準試料とデータの供給能力は、どうなっておりますでしょうか。

【山田主任研究員】 最初の受け入れは 160 キログラムを基準、少ないのは 100 キロから多いのは 200 キロぐらい入りますが、それを処方に従い、粉碎、均一化して標準試料にします。途中の歩留り考えても、最初の時点では、最少でもおよそ 100 キロあるとお考えいただければよろしいかと思えます。ただ、非常によく使われる石炭につきましては、すでに払い出しを停止し、当方の分析用に数袋しか残っていないものもあります。つまり、表向きは在庫ゼロになっているものもございます。

【桑原委員】 在庫が無くなった場合は、補充されるのでしょうか。118 炭種あるということですが、中にはもう補充しないという炭種もあるということでしょうか。

【山田主任研究員】 試料として出していくと本当にゼロになってしまうので、出荷停止のものが 118 炭種の中には一部あります。ただ、そういう石炭につきましては、JCOAL から手配してもらいまして、採取時期は違いますが、可能なものは第 2 ロットを入手し、まだ数十キロ以上残っています。それから、採れるものにつきましては、第 3 ロットまでである炭種が幾つかございます。

【桑原委員】 仮に在庫が無くなっても、今後も供給できる能力が十分あるということでしょうか。

【山田主任研究員】 現時点ではさようでございますが、そのあたりの将来計画につきましては、また別の機会に。

【神谷分科会長】 どうもありがとうございました。まだまだご意見等あるかもしれませんが、本プロジェクトの詳細内容についてまたこの後詳しく説明していただきますので、またその際にご質問等お願いいただくことといたします。

6. プロジェクトの詳細説明

6.1 コールバンクの拡充

実施者より資料 6 中の「コールバンクの拡充」に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【神谷分科会長】 どうもありがとうございました。ただいまのご説明に対しまして、ご意見、ご質問等ございましたらよろしく申し上げます。いかがでしょうか。

【二宮分科会長代理】 今回のコールバンク、非常にこれは貴重なものだと思いますが、今回の公開事業原簿を見ても、具体的な実績等が全然挙げられていませんが、これは何か秘密なのでしょう。というのは、これはこういうふうにアンケートをとれば非常にいいというのはわかるのですけれども、では、実際どのぐらいが出ていて、例えばさっき在庫量の話もあったと思うのですけれども、一体具体的に今どういうふうにシフトしているかということです。ある意味で、公開原簿というのは、PRの場になるかと思うのですけれども、そのようなデータがなくて、一般的な議論だとなかなか次のステップに進みにくいのかなと思うのですけれども、このあたり、公開はされていないのでしょうか。あるいはできないのでしょうか。

【村上部長代理】 実は、特に大きいのが、公開するときに炭種を明記してほしいということです。

【二宮分科会長代理】 いや、そういうことではなくて、在庫量なり、質問は、そういう炭種ではなくて、実際に毎年どのぐらいの件が出されて、データの方もそうですし、石炭の方もそうだと思うのですけれども、もうちょっと具体性のある情報が出ていないものですから、事業原簿を見ても、このあたりは、そういう意味で表には出しづらい情報なのでしょうかと質問です。この数字のもっと具体的なものはこの原簿に載っていません。となると、どのぐらいの件数が実際に使われているかということがもう少し、今後次のステップを考える上で、ほんとうにこれが必要なのですかというときに、やはりこういう情報が非常に大事かと思いますが、それが出てない。やっぱり公開はしづらいという、そういうことがあるのでしょうかという質問です。

【村上部長代理】 いや、公開しづらいということは特にはないのかなということで、私どもの公開の仕方が、確かにトータルの数字だけですので、そこは足りなかったかなというか、今後の課題かと思われま。

【神谷分科会長】 実際にどの炭種が何サンプル出ているなんていうのは、出せないですか？

【山田主任研究員】 共同研究者としてお答えします。出荷の統計は、Brain-Cの後半と終了後のJCOAL自主事業としての平成17年度からは、詳細も含めて把握しておりますが、Brain-Cの10年間につきましては、前半は別組織が運営していたということもあって、全ての情報が残っているわけではありません。現在残っている試料石炭量を公開することによって、どの炭種に引き合いが多かったかというようなデータとすることはでき、特に問題ないと思っております。

【二宮分科会長代理】 意図としては、先ほどのアンケートも非常に大事だという、皆さん認識は持っているのですけれども、持っているがゆえに、では実際どのぐらいの今引き合いがあって、炭種も、例えば亜瀝青とか、ある程度の分類でいいかと思うのですけれども、やはりそういうもう少し実データベースの実際の引き合いのデータをもっと情報公開していただけると、よりこのデータベースの必要性がもっと強く出るかと思えます。

ただ、今回の公開原簿を見ても、何もそういうことが出ていないものですから、そうすると、今回のこの報告書が終わると、このプロジェクトが終わり、これ以上の情報は出てこないと思いますので、ぜひもう少し公開原簿なり、そこで必要な情報を開示するような、また、将来のPRできるような形をとっていただくといいのかなということで、そういうことは本当にやられていなかったもので、それはもしかするとできないのではないかと思ったものですからお聞きしたという次第です。

【村上部長代理】 今後の参考にさせていただきたいと思います。ありがとうございました。

【神谷分科会長】 ほかにいかがでしょうか。

【桑原委員】 維持費は、どれぐらい必要でしょうか。例えば3,370 検体の提供があって、これを提供した期間に。かかった費用を計算すれば、1 検体幾らで提供したかというのがわかると思いますが、将来例えば、これを有料にした場合に、これを継続していくのにどれぐらいの維持費が必要になるでしょうか。継続していくというのが、コールバンクやデータベースの重要なところではないかと思います。事業終了で終わってしまうと、今までの蓄積が無駄になってしまいます。どのようにして長く続けていくかということを考える上で、有料にするということも視野にいたれた方がよいと思います。

【村上部長代理】 ちょっとざっくりでございますが、1 検体当たり3万円ぐらいかかっているという費用の計算でございます。実は、その中には前提がございまして、今のところ、ドラム単位でこれだけの量の試料を集めてございますので、ほぼ1つの建屋を専有して、しかもこの重さでございますので、正直申し上げて、年間の維持費がかなりかかっています。

ですから、これは考え方でございますけれども、一応試験ベースのサンプル提供ではございませんので、あくまでも分析ベースであると。100グラム単位のラミネートパックということも考えますと、そのサンプルの提供の仕方とか、ほかの仕方というのをもう少し考えていくと、もう少し効率的に維持できるのかなということも今考えてございます。

【神谷分科会長】 物的な面もありますけれども、人的な継続性といいますか、誰がというのがかなり重要だと思いますけれども、その辺のサステナビリティは如何でしょうか。

【村上部長代理】 それについては、共同研究者でございます山田様がずっと初期からかかわってございますので、核になっていらっしゃるというか、実際倉庫も産総研さんにお借りして、日々の払い出し等も全部お願いしてございますので、そういう観点ではそれはあると。

あと、石炭の調達とか、そういうことに関しましては、私どもJCOALは、各国にチャンネルを多く持っていますし、今までですと、電力会社さんのご協力という形ですが、今後はやっぱり自力で集めた方がいいのではないかと考えてみますと、私どものような、特にアジア中心でございましてけれども、産炭国にいろんなチャンネルを持っているところが中心になって皆様のお声を聞いて、サンプルを集めているといった団体がやるのがいいのかなというふうには、手前味噌な言い方でございますが、考えてございます。

【神谷分科会長】 ほかにいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

【板谷委員】 今の質問と少し関連するのですが、今のお話では、独自でということですが、例えばこれまでのように国のプロジェクトの一環の中でこういったコールバンクを充実させていく、あるいは維持していくとするならば、最近では、ただ、ニーズがあるからこれを継続するというのはなかなか通りにくい世の中になっているかと思っておりますので、コールバンクの位置づけといたしますか、今後例えばそれぞれの石炭の現状の埋蔵量がどうであるのかとか、何らかのリーチを含めた将来的な位置づけのようなものも必要じゃないかなという気がしますが、いかがでしょうか。

【村上部長代理】 ご指摘のとおりでございますが、今、産総研様とNEDO様とご議論させていただいているのは、まさにそういった視点で、情報も含めてセットで集めていこうということでございます。今までは量が多かったものですから、基本的には電力会社さんと大口ユーザーさんのご協力というベースの上に立って集めていたものですから、確かに年間3つというのでもかなりそういう面では厳しかったのですが、もう少し視点を変えて集めると、そういったものもセットでこれ

からはできるようになるかと考えてございます。以上でございます。

6.2 石炭中微量成分の分析手法の開発と規格化

実施者より資料 6 中の「石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積」に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【神谷分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、ご質問等、お願いいたします。いかがでしょうか。

【義家委員】 産総研法というものを、実際にそれを信じて使うユーザーの側から考えた場合に、その手法がどのような石炭にまで使えるかという範囲みたいなものというのも興味があると思います。具体的に言えば、例えば灰分が 40%も入っているようなインド炭なんかにもほんとうに使えるのですかと。フッ素、HF なしで全部灰分ばかりの石炭も測れるのですかというようなところが、何となく不安になるかと思うんですけども、その辺に対する回答というのはどんな感じでしょうか。

【山田主任研究員】 灰分が非常に多いという場合につきましては、ISO のロッテルダム会議でのディスカッションで、オランダから、日本の規格案への反対の立場からマイクロウェーブ法で灰そのものを溶かすことができるのかという質問があり、可能という答えができなかった経緯があります。インド炭のような高灰分の石炭の場合は、要は適用限界を示した上でということになるかと思いますが、あり得るのは、少なくとも認証値があるような石炭で検証が可能な範囲というような、そういうこと付した方法として規格化したいと考えております。あと、鹿児島大の大木先生、お助けいただけますか。

【大木 PL】 どのくらいの灰分の石炭まで使えるかというのは、ちょっとまだ確実な検証は行っていないのですけれども、今おっしゃられたように、世の中には 40%、50%の石炭というのも存在しまして、そういうところを使っているところもありますけれども、例えば SARM、南アフリカの認証炭というのは、灰分がたしか 30%ぐらいの石炭ですけれども、これでもきちんと認証値とれます。ですから、40%、50%の認証炭はないので、そこまでとれるかと言われるとよくわかりませんが、少なくとも 30%ぐらいの灰分持っているものでも認証値を出しますので、これがメカニズム的にいって、先ほども山田さんの方から紹介ありましたけれども、ほとんどアルミニウムが部出てくるのですよね。だから、シリカは残るのですけれども、アルミニウム全部かき出しているので、多分そういうアルミノケイ酸のアルミニウム分だけ全部かき出してしまうので、微量元素も全部出てきてしまうという、そういうふうと考えております。だから、結構灰分の高いところまでできると思います。

【義家委員】 多分 Si の骨格が、骸骨みたいに残って、それ以外は全部溶けるような格好になっているのですよね、きっと。おっしゃるとおり、SARM20 の数字までは忘れていたんですけども、やっぱりそういう灰分のデータなんかも目につく形で残しといたらいかがでしょうか。公開されている情報をかき集めれば、確かに灰分の高い石炭も測れているというのも間接的に分かるというのも、それは方法論としてはありですけども、やっぱりこの方法が確実だということをアピールするためには、こんな石炭も測れるという範囲を示した方がいいような気がします。少なくとも今測れているものに関して。例えば 30%のものも測れましたというのは、アピールしてもいい

ような気がします。

【山田主任研究員】 その範囲を含められるように、SARMに関しては、市販の標準試料ですので、そのようにさせていただきたいと思います。

【神谷分科会長】 桑原先生。

【桑原委員】 この前処理の方法を考えるというのは、大変難しいことと思います。以前、私も石炭を初めて分析したときに、マイクロ波を使う方法があつて、いろいろ検討したことがあります。前処理の方法に着目した時に、マイクロ波を使う方法とそうでない方法を比較してマイクロ波の方が優れている。あるいは、マイクロ波を使用しても同じ結果が出るということを証明する場合に、単純に測定値を並べてみるだけではなく、統計的な解析、分散分析等をしっかり行って、その結果として、有意差の有無を確認するべきだと思います。

もう一つ、ある規格の装置や前処理・分析の手順を踏めば必ず同じ答えが出るということをしつかり証明しなければならないと思います。異なる3つの研究機関で測定を実施しておりますが、同じ結果であったという証拠が資料中には記載されておられません。重要な証拠というのは、有意差の有無を確認すること、分析機器が異なっても有意差が無いというようなことです。統計的な手法で解析を実施されていると理解してよろしいでしょうか。

【山田主任研究員】 今行っているところです。

【桑原委員】 確実に載せた方が良くと思います。そして、ある規格の装置を使用すれば、誰が分析しても同じ測定値を出せるという証明の方が良くと思います。本当に正しい測定値がでるのかどうかといった不安があるのでしっかりと統計的な解析をして証明することが必要だと思います。

【山田主任研究員】 まさに先生がおっしゃるとおりだと思います。私ども、JIS化に際しましては、石炭・コークス規格委員会の直轄で4年前から指導を受けながら、ラウンドロビンテストを必須として、時間はかかっていますが、規格化を進めてきました。TC69と申しましたのは、先生のご指摘のとおり、素人の私どもで測定データの統計的処理はできませんし、またJISCを通りませんので、その専門家ということでもあります。石炭・コークス規格委員会の統計の専門家が、ISOでも統計的手法のプロジェクトリーダーになっておられた方なのですが、その方が90歳の高齢でリタイアということになりまして、それで急遽、TC69というISOの統計的方法の適用という部会の専門家に統計処理をお願いし、遅れを取り戻すべく、JISCの委員会の監修を得ながら規格化のプロセスを進めております。統計処理の結果は、JISへの提案のときに解説書として必ずつける方向で進めさせていただきます。

【村上委員】 規格の話、いろいろ詳しく説明していただきありがとうございました。どうも話を聞くと、技術的なことだけでなく、各国のいろいろなお国の事情もあるように思いますけれども、例えば車の燃費にしても、日本もEUもアメリカもみんな違う燃費基準でやってはいるわけですよ、方式は。ということは、こういうものもどこか1つの国にまとめなきゃいけないものなのか、それとも、いろいろな方式があつて、それぞれの測ったときの差がある程度わかれば、複数案でいいのか、それとも、日本とドイツ式を合わせてコンバインして新しいものをつくっていくのか、どういう形で合意に持っていこうという考えなのでしょうか。

【山田主任研究員】 先生のご質問の1つ、燃費、それぞれの各国であつてよいのではないかということに関しましては、それが多分国内法なのだと思います。例えばICP法に関しましては、フッ酸を使う方法であれば、オーストラリアのAS、アメリカですとASTMなど国内法で決まっております。

す。日本としては独自に JIS を作るか、あるいは例えば ASTM 法を使うかということになるかと思いますが。国際規格がなかなかまとまらない理由ですが、ISO の加盟国は、釈迦に説法で恐縮ですが、ISO の規格が発行した時点で、それが国内法よりも優位になりますから、自動的にそれを使わなくてはいけない、そうすると、国内法が既にある、それが円滑に動いている国では、ISO に合わせて国内の様々な変更が必要になりますので、ISO の枠組みを作らない、あるいは、自国の規格を通すために政治的にやるなど、その部分が ISO のロッテルダム会議などで見える話かと思っております。それにもかかわらず、微量分析に国際標準が必要というのが私どもの基本的な考え方です。石炭の場合には、日本は買い手側、例えばオーストラリアは売り手側であり、それぞれの規格を持って品質のよい石炭、悪い石炭というのは好ましくない、やはりサイエンティフィックな議論で、どちらにも納得のできるような基準を設けるべきだという立場から、本プロジェクトに参加しております。今回ドイツが提案の動きというとき、ドイツは日本と同様に買い手側と思いますが、オーストラリアなどの売り手側の主導に対し、流れを変える意味でもヨーロッパのメンバーなどをうまく納得させながら日本提案を通せたらと思っております。そのため、我が国の国内法としての JIS 規格が、必ずその後ろ楯になるというのが ISO ロッテルダム会議の貴重な経験でありました。

【村上委員】 やっぱり統一基準を目指すということですね。

【山田主任研究員】 はい、我が国としてはそうあるべきと思っております。

【村上委員】 ドイツとの連携というのは、今、ドイツは、日本と何か共通してやるという芽はあるのですか。

【山田主任研究員】 内部事情になりますが、TC27 は ISO の中でも古い技術部会ですので、一種の顔役的なメンバーが決まっております。議長国は南アフリカ、例えば分析分科会の SC5 を国際事務局として握っているのはオーストラリアです。いつも出ているメンバーの中で、発言力と見たときに、最長老のデンマーク代表が 5,6 年前に引退したあとはドイツ代表が最長老級です。分析の専門家ではありませんが、ギーゼラー流動度測定法など、国内の意見を踏まえて石炭の懸案規格を通すという、石炭の規格に関しての専門家の立場からの提案の動きと思われます。国の規格代表であり、石炭の専門家でありなど、いろいろな背景が渾然一体になったような世界です。ですから、今回の分析法の提案の動きは、国内の不利益や業界の反対がなく、石炭の規格の専門家として国際標準をつくるべきという、ギーゼラーのときと同様な進み方ではないかというふうに見ております。

【村上委員】 丁寧な説明ありがとうございました。

【二宮分科会長代理】 先ほどの質問とも重なるかと思うのですが、今回のこのデータというのは、事業原簿が全てなのか、それともここに事業原簿には成果報告書というのがあると書いてあるのですけれども、今回出されたいろんな分析なりこのデータの全体像というのは、どこを見れば私たちはわかるのでしょうか。というのは、これを見ますと、今のところ、先ほども質問しましたけれども、論文投稿が 2 報しかなく、今回の今までのことについては、学術論文としては発表されていないと。そうしますと、この事業原簿が全てなのか、プラスそれに成果報告書があって、その成果報告書はオープンになっているのかどうか、そのあたりを教えてください。

【山田主任研究員】 それは NEDO の方からお願いしてよろしいでしょうか。

【谷山主査】 成果報告書というのは、別途全体を包括するような形でいただいています、そちらの

方は今、公開の手段中です。ですので、将来的には公開になるということでご理解いただければと思います。

【二宮分科会長代理】 今回の内容を理解する上において今の質問のほとんどが、この全体像がわからずに、この事業原簿のこのデータだけを見ると、何かよく分かりません。先ほどの義家先生の質問などもそれにかなり関わっているかと思えます。この事業原簿だけのデータでは不十分で、成果報告書は、今のいろんな質問に対してはほぼ満足するようなことが全部載っているという理解でよろしいでしょうか。

【大木 PL】 私もこの辺のシステムがやっとわかってきたところですけども、成果報告書というのは5月に出しまして、事業原簿のおそらく倍から3倍ぐらいの量があります。ですから、事業原簿というのは、成果報告書の抜粋という言い方が正しいと思えます。ですから、今回の、二宮先生おっしゃるとおり、もっと詳しいことが書いてあることは事実です。ただ、今の質問が全て書いてあるかどうかというのは、ちょっとそこは私も保証の限りにあらずというところですけど。これのもっと詳しいものが成果報告書として存在して、それはこれよりもっと前に我々つくりまして、5月にNEDOに提出しました。私の理解では、この日までに公開されるというふうにおっしゃったと思えます。ですから、評価委員の先生は、それを見るところでは、まだ公開されていないということですね。

【谷山主査】 そうです。

【大木 PL】 こちらの間違いでございます。

【二宮分科会長代理】 今の特に非常に大事な分析の技術、国費使ってきたちゃんとやった研究なので、それなりの情報がきちんと載っているかどうかというのは非常に大事かであると思ったときに、今回の公開原簿を見た範囲においては非常に不十分だという印象を受けました。ですが、それが今言いました成果報告書にきちんと載っているということであれば何も問題ないかと思えます。その中の抜粋という理解ならいいのですが、成果報告書を見ていないものですから、結局今のその判断がつかないというところですね。それは今後公開されるという理解でよろしいのでしょうか。

【谷山主査】 成果報告書に関しては公開になります。

【神谷分科会長】 特許性があるなど、そういうものは問題ないですか。知的所有権の問題があるわけではないですね。

【谷山主査】 そうです。

【神谷分科会長】 それなら、公開をしていただきたいと思います。

【板谷委員】 今回目標が規格化ということもあってあまりおっしゃられなかったのだらうと思えますが、例えばHF、すなわちフッ酸を使わずに溶出させるという分析手法を提案されています。これはやはりマイクロ波を使っているがゆえにそれでいけるのか、あるいは、たまたまマイクロ波を使えばハンドリングが便利だから加熱方法は関係ないのでしょうか。というのは、先ほども、その分析手法のいわゆる信頼性の問題とかの話がありましたけれども、それはやはりマイクロ波を使うがゆえの特徴なのか、あるいは、逆に言うと、そういう温度条件さえそろえれば、必ずしもマイクロ波じゃなくてもいいのでしょうか。また、先ほどの話ですと、フッ酸入れていないので、シリカは溶出していないということですけども、マイクロ波じゃなくて、通常の加熱方法だと溶出してこないのか、そのあたりはいかがでしょうか。

【山田主任研究員】 機構につきましては、大木先生にお願いしてよろしいでしょうか。

【大木 PL】 まずマイクロ波を使う必要があるかどうかというご質問でございますが、これはもちろんマイクロ波というものが一般的になる以前は、当然酸分解という方法がありまして、加熱して分解するというようなやり方がありました。しかし、これはおそらく通常でも 1 日とか 2 日とか、加熱時間かかりますので、それを非常に短縮するというのがマイクロ波の特徴でございます。マイクロ波を使いますと、大体 20 分とか、そのぐらいの時間でできてしまうので、そういう面で非常に効率的になるということです。今まではとにかく石炭では鉱物というか、有機層と鉱物層が存在していますので、当然絶対そこにシリカ分が入っていますから、フッ酸というのが絶対必要だという先入観がありました。ですから、今までの、先ほど山田様がいろいろ説明しましたが、ASTM とか、それから、オーストラリアの AS とか、そういう方法は全てフッ酸を使うという方法だったのですが、これが産総研の方で、10 年ぐらい前に、フッ酸を使わなくてもちゃんとほとんど回収できるというのを論文で発表されました。これが都合二、三報出まして、それを要するに規格化しようというのが今回のプロジェクトです。ですから、先ほど論文ということをおっしゃいましたが、最初に論文があってそれを規格化という、そういう流れなので、なかなか論文をもう 1 回新しくつくるとするのが難しかったというところがございます。

【板谷委員】 それで、そのメカニズムという観点からは、既に報告されているということですが、やはりこの加熱手法として、当然マイクロ波使うオートクレーブ方式、これは非常に手軽というのは、私もよく存じていますけれども、要は、特にマイクロ波であるがゆえの効果というわけでは必ずしもないという理解でいいのでしょうか。

【大木 PL】 こういう酸分解というのは、マイクロ波を使うというのが、別に石炭に限らず、例えば土にしろ、例えば生物にしろ、固体中の微量元素を扱うときにはマイクロ波を使って酸分解するというのもう定番になっておりますので、現状ではほとんどマイクロ波を使うのが常識的なことだと思います。

【板谷委員】 そうしますと、それならそれでも結構ですが、ご説明の中で、使う種類というか機種によって比較もされて、結果的にはどれでも同じ結果にはなっていたかと思いますが、マイクロ波の場合ですと、要するに電子レンジの中の庫内の電磁波の状況とはそれぞれの機種ごとに違いが出てくると思いますので、ただ単に照射時間というか、加熱時間だけで決まるもののかなという疑問があります。結構定在波ができてしまいますので、場所によって電界分布がマイクロ波の場合、結構できてしまうというのは宿命になります。そういった意味で、温度も測れるので、温度が何分とかの規定の方がいいのではないかという気もします。

【大木 PL】 おっしゃるとおりでございますが、ただ、今、マイクロ波の方は、市販品がちゃんと、完成した市販品が、先ほど山田様がおっしゃられたように、大体こういう石炭とか鉱物を分解するような強烈なマイクロ波としては、アントンパールとマイルストーンというのが大体世界のシェアを二分していますが、そこでちょっと話が戻ってしまいますけれども、要するに、AIST 法の特徴というのは、フッ酸使わないのですが、フッ酸使わない上に、マイクロ波のぎりぎりのかなり過酷な条件を使わなければならないわけですね。過酷な条件で一番マイクロ波照射装置の問題という、オーバープレッシャーです。だから、オーバープレッシャーをいかに起こさずにその条件で持っていかうということ、それで機種の依存性ができてしまう。ですから、例えばアントンパールでは大丈夫でも、マイルストーンだとオーバープレッシャーのため途中で噴いてしまうというようなことがよく起こりまして、その辺のところの条件出しがちょっと厄介だったけれども、

大体それは確立したということですね。

ですから、おっしゃられたように、マイクロ波の装置自体も、コンピューターでコントロールされるような装置で、例えば何本でも、6本とか8本とかかけますけれども、均一に当たるようにメーカーはつくっておりますので、その辺はメーカーのノウハウの問題になってくると思います。

6.3 ガス状ホウ素・セレンの高精度分析手法の開発・規格化および挙動調査

実施者より資料6中の「石炭燃焼排ガス中ホウ素、セレンの高精度分析手法の開発とプラント内挙動の検討」に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【神谷分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、ただいまの質問に対しまして、ご意見、ご質問等ございましたら、お願いいたします。

私から質問します。セレンの方は配管に付着して、洗浄法を提案されたということですが、まだ残っている部分、洗浄し切れない部分が若干あるようなデータがありました。

【古園研究員】 申しわけございません。ちょっとこのデータが悪くて、当初、ある一定の濃度でやったときの結果というのがこちらに示す結果で多少残っているということですが、ここからちょっと改善を重ねて、この過マンガン酸カリウムの濃度を少し上げることでここがゼロになるというデータもございまして、ちょっとデータの出し方が悪かったなと思っています。

【神谷分科会長】 控えめに載せたとのことですね。ほかにいかがでしょうか。

【二宮分科会長代理】 先ほど最初の説明あったかと思うのですが、ホウ素について、日本国内では今問題になっているけれども、イネ科ということで、海外ではほとんどホウ素は認識されていないというのは、どういう理由でしょうか。

【古園研究員】 やはり米なりイネ科の植物を日本国内では盛んに生産していますが、そういうのを生産しない国にとっては、特に問題ないのではないかとということで規制自体が設けられていない国というのもあって、そこはやはり生活環境というか、そういう農作物の関係でということはあると思う。日本が特に稲作というのが盛んなので、ホウ素についても規制が設けられているという現状があるかと思えます。

【二宮分科会長代理】 そうしますと、ホウ素については、特に先ほど海外展開、海外についてISOという話もありましたけれども、もともと米国とかヨーロッパでは、ほとんど興味というか、環境なり生態に影響がないということでしょうか。

【古園研究員】 そういう理解で多分興味を示していないのではないのかなと思います。

【二宮分科会長代理】 実際そうでしょうか。そのあたり、調査の中でホウ素を取り上げた理由の中に、もう少し具体的に例えば今のISOという話まで行けば、当然そういうことがあらかじめわかっているのではないかなという気もするのですが、そうしたときに、本当はホウ素は、実際イネ科のものだけがあって、その他の例えば小麦など分かりませんが、生態なり人体に対してほとんど無害な元素でという理解でいいのでしょうか。

【古園研究員】 もちろん大量の摂取については毒性を発現すると考えられると思います。

【大木 PL】 ちょっと補足しましょうか。

【古園研究員】 お願いします。

【大木 PL】 ホウ素は、人体にはある程度濃度が高いと害あります。飲料水の基準でも、水環境基準と

か飲料水基準でも 1ppm という基準がありますので、ですから、ホウ素って必須元素ですけども、セレンも必須元素ですが、多ければ有毒になるということです。

それともう一つ先生がご指摘のとおりですけども、では、ホウ素が何で問題になるかという、特に日本で問題になるかという、ホウ素が一番問題になるのは、要するに、湿式脱硫やると、結局ホウ素もセレンもそうですけれども、全部脱硫機の中に溶けて、そこから排水で出るわけです。もう一つ問題は、ホウ素とかセレン、セレンも 6 価のセレンですけども、非常に凝集沈殿性が悪い。ですから、凝集沈殿でなかなか除去できないので、それをすり抜けて排水について出ていってしまう。それが、特に日本の場合は、イネ科の植物に害を与えると非常に問題になるという、そういうところで日本の場合が非常に問題になるけれども、湿式脱硫やっていないようなところだと、それほどそういう害は出てこないのではないかと思います。特に日本では問題になるけれども、諸外国ではあまり問題にされないというのはその辺があるのではないかと思います。

【二宮分科会長代理】 ただ、内陸部、日本の発電所等は海辺が多いと思いますが、海外だと結構内陸部にありますね、発電所というのは。そうしますと、内陸部にある場合、今の河川の水質汚染となれば、結構海外の方が重要なのかなと思いましたが、そういうのはまだ認識がないという理解でよろしいでしょうか。

【古園研究員】 そうですね。やはり認識が薄いということもあるかと思います。ただ、日本以外の全ての国が興味なしという結果ではなかったのも、もちろん一部、諸外国で興味を持っていらっしゃる国というのがありますが、やはり認識がまだ薄いということもあるのではないかなと考えております。

【神谷分科会長】 確かに ISO でニューワークアイテムを扱うには、何カ国以上でしたか、ある国の数以上ないと、新規の扱いにならないですね、私もこの案件は会議で隣で見えていたが。

ほかにはいかがでしょうか。

【義家委員】 後ろのプラント内の挙動の方で、灰中未燃分とセレンの挙動の相関を出していらっしゃるんですけども、まず灰中未燃分が異なるという燃焼条件 1、2、3 のエッセンシャル、要するに、コントローラブルな条件の違いは何ですかという質問です。

【古園研究員】 燃焼条件、二次空気の量を変えて、同じ炭を供給する中で未燃分を変えました。

【義家委員】 空気比が変わることですか。

【古園研究員】 そうです。

【義家委員】 そうすると、やっぱりガス雰囲気も変わってくるので、セレンそのものの化学形態とかにだって影響する可能性はあるわけですね。

【古園研究員】 そうです。

【義家委員】 そういう意味で、確かに相関をとれば何かあるけれど、ほんとうに未燃分ですかという、そういう根拠はあるのですか。もともとガス雰囲気その他、要するに、1、2、3 というのは、未燃分以外にもいろいろ変わっているはずなので、その中でほんとうに未燃分が関係しているのですかというのが質問です。

【古園研究員】 これ以外にもいろいろ検討は行う中で、ここでは灰中未燃分という書き方をさせていただいたんですけども、支配的なのが、表面積、灰の表面積というのが一番効いてくるだろうなというのを今考えていて、それについては、実際に試験機を用いて、表面積の違う灰を置いて、流すガスの雰囲気を同じにしたときに、どうもやっぱり未燃分が多くて表面積が広い方がセレン

をよく吸着するだろうというような確認はしているので、未燃分というか、表面積が1つの因子だということは私の中では間違いないのではないかなと考えてはおります。

【義家委員】 結構絵で見ると非常にはっきり見えているし、その未燃分、カーボンが高いと吸着性が高いというのが本当だとすれば、それなりに影響力のあるデータなので、はっきりした、もうちょっと直接的な根拠が要るような気がします。ほんとうに結論づけるとすると。

【古園研究員】 そうですね。あくまでも今回は相関をとったというような形ですので、もう少し詳しい解析は必要かなということで、今、ちょっと独自で検討を進めている最中ですので、もうちょっと細かくやっていきたいなと思っています。

【村上委員】 古園さんはお答え辛いかもしれませんが、今回こういう研究結果が出ると、例えば世界はだめにしても、日本の企業などは、規制がなくてもこういうホウ素やセレンの除去をしようという、こういう活動をするきっかけになるのでしょうか。

【古園研究員】 企業がどう思うかというのはよく分かりませんが、やはり現状として、石炭を使っていらっしゃるユーザーの方というのが、ある一定以上の微量元素濃度の石炭は使わないというような規制を設けているのですね。その中で、対策技術の導入というのはやはりコストがかかるので、弊社としては、先ほど申しましたように、灰として出たり、脱硫装置に出たりで、いろんなところに分配しますので、ここをうまくコントロールできるような運転条件なりとか、ちょっとした添加でできるようなコントロールする技術というのを普及させたいな、と一方で思っているところですよ。

【村上委員】 それが非常に重要だと思います。ISO も重要ですけども、やっぱり環境をよくするところにつながるという意味がありません。それが ISO で規格にならなければやらないというのではなくて、今のような活動も非常に重要かと思っています。

【大木 PL】 ちょっと補足させていただきますと、最初の義家先生の質問への私の答えがちょっとまずかったかもしれませんので、今ちょっと反省しているのですが、ホウ素、セレンは、大気中への放出よりも大事なものは、脱硫排水の排水への放出です。これは排水基準というのがきちっとありまして、ホウ素の場合は、先ほど申しましたように、水質が 1ppm、排水が確か、海水が 230ppm とか、そういうのがありまして、それをクリアしないので、今一番日本の石炭火力で困っているのが、ホウ素とセレンの排水で引っかかってしまう、その点です。だから、大気の規制はありませんが、排水の規制がありますので、石炭火力業界はホウ素とセレンに神経質になっているということでもあります。以上です。

【神谷分科会長】 ほかに。

【桑原委員】 答え難いかも知れませんが、実際のプラントの微量成分の分配というのは、どうなっているか、煙突からどれくらいの割合で排出されるかについてお話できますでしょうか。

【古園研究員】 それに関しても検討を行っておりまして、燃焼試験のベースではあるますが、電中研さんの MARINE 炉を使って各所への分配というのを検討しています。もちろん燃焼条件とかにもよりますが、脱硫排水に入ったものについては、セレンは9割方とれて、1割ぐらいが出ていく。それに対してホウ素は、7割ぐらいが脱硫に入って、3割ぐらい出ていく、そういうイメージで考えています。

灰にどれぐらい移行するかについては、もちろん条件にもよりますが、おおよそのイメージとしては、半分程度というのが平均的だと思います。それが灰に2割しか行かない場合もあれば、

8割も行く場合もあるというような、そういうイメージで考えています。

【桑原委員】 どうもありがとうございます。排ガス中の微量成分が吸収液に分配されていく過程を細かく検討されていて、手法を決めていった流れが良く理解できました。排ガス中の微量成分の濃度はどのようにして決めますでしょうか。

【古園研究員】 こちらに関しては、まず模擬ガスベースのときにはもちろん規定の濃度というのがあるので、それをもとに算出しています。試験のベースに関しましては、小型のもので、石炭の性状ですとか排ガスの流量から計算をして理論値がこれぐらいだろうということをやっております。

実機に関しても検討はしてみたのですが、実機については、Cの値というのがどうもやはりわからない。理論的に計算したものに対して100%行くというのがなかなか難しいだろうということで、精度の検証に関しましては、パラレルで違う分析業者が2系統で採取して再現性をとることでこの分析手法の確実さというのを確認しています。

【桑原委員】 微量成分濃度が既知の模擬ガスは、どのように調製されておりますでしょうか。

【古園研究員】 標準液を水溶液の形である一定濃度にした上で、加熱をして、一定流量をマイクロシリンジのようなもので流しながら、加熱した配管で気化をさせて、セレンなりホウ素を含むガスというのをつくっているという形ですね。もともと燃焼模擬ガスの組成のものを通ガスさせといて、間にサンプリングライン、導入するラインを設けて、気化させて発生させているというようなイメージです。

【神谷分科会長】 よろしいでしょうか。ほかによろしいですか。

【板谷委員】 セレンの配管への付着の件ですけれども、この場合の配管は、ステンレスですか、テフロンですか。

【古園研究員】 テフロンを使用しております。

【板谷委員】 テフロンですか。

【古園研究員】 はい。

【板谷委員】 それと、0価のものということですが、実際に飛散してくるのは、0価のベーパー状態で来ると考えればいいのですか。それとも、壁にくっつくとか何らかの理由で0価になるということでしょうか。

【古園研究員】 まずガス状として存在しているものは、基本的には SeO_2 の形だと思っております。配管に付着して0価に還元する理由としては、排ガス中の水分とあと SO_2 の影響というのが大きいかなと考えております。排ガス中の水分がどうしても配管に凝縮してしまうと思いますが、そこに SO_2 が溶け込んで亜硫酸のような形になる。そこに、セレン、 SeO_2 が入ってきて、亜硫酸が硫酸に酸化される際に、 SeO_2 がSeの単体に還元されるというふうなメカニズムで考えています。

【板谷委員】 はい、わかりました。

【神谷分科会長】 それでは予定しておりました時間が参りましたので、どうもありがとうございました。

【非公開セッション】

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【神谷分科会長】 それでは、審議も終了しましたので、各委員の皆様から講評をいただきたいと思います。それでは、まず義家委員から始めて、最後に私と、分科会長ということで講評したいと思いますので、まず義家委員からお願いいたします。

【義家委員】 各先生方のおっしゃることを聞いていて、もっともだと聞いていましたので、それ以上なかなか言うことを探すのは難しいのですが、低品位炭の利用拡大とか、あるいは、褐炭を少し混ぜて燃やすとかというのは、ますますこの数年でもどんどん拡大してしまっていて、そういう相談を受けることも多くあります。だから、おそらくこのデータベースを作ろうと言っていたときよりも、いろんなデータベースの重要性というのはますます増えてくるだろうと思います。だから、途中でもありましたけれども、このデータベースというのはほんとうに大事にしてほしいなと強く思います。

銘柄がなかなかオープンにできないというのはよくわかりますが、今、全くの不開示のままだと、分析のスタンダードとして使う、NISTの石炭みたいな使い方が主になってしまう。もう少し突っ込んだ実験試料としてというふうなことを考えるとすれば、やっぱりある程度素性の知れた石炭としての試料が、データベースとともに現物を見ることができるといいかなと思うので、オープンにできない、非常に難しいところはあると思いますが、できる限り素性が何となくでもわかるというか、可能な限りオープンにする方法を考えていただければなと思いました。

あと、後半の分析の方に関しては、途中でも申し上げたとおり、やっぱり使う側としては、この分析法をどこまで信用していいのか、どこまで使っていていいのかというのは非常に重要なので、典型的な石炭の標準試料の分析結果だけじゃなくて、極端な、ダーティー、質の悪い石炭や極端に硫黄の多い石炭とか、塩素の多い石炭とか、そういうものも含めて測れるかどうかどうところをもう少しははっきりしていただけると、僕らもどんどん使っていけるなと思いました。

とりあえず今思いついたのはそれぐらいです。

【神谷分科会長】 では、続いて、村上先生、お願いします。

【村上委員】 私のように石炭の専門家じゃない人間にとっては、非常にコンパクトで大変読みやすかったのですが、目標の達成状況をきちんとかういうふうにとまとめているので、そこは非常に読みやすかったと思います。ほとんどがきちんと成果を出していただいているという点もよかったです。

ただ、幾つかちょっと気になった点を言うと、一般の国民の目線からいうと、やっぱりこの後の成果がどういうふうに使われていくのかという説明はもうちょっと丁寧にされる必要があるのかなと思います。確かに今回は国際標準をとるとか規格化するというのがメインですけども、それがどういうことを日本の企業なり環境なりに貢献するのかというのがちょっと見えにくいところもあったような気がします。

それから、データバンクは、将来的に、この後幾つまで炭種を増やすのか、それから、どうや

って維持するのだというのは、何かずるずるやるのかというのは、皆さん感じていると思います。ただし、これはインフラですよ、一種の。ですから、インフラだから全部コストを利用者コストにしろというのは、それは経済学的にいうと正しくなくて、ああいうものの利用を最大化しつつ、やっぱり負担の公平性にするためには、少なくともアディショナルなコストですよ、限界コストというアディショナルなコストだけはやっぱり利用者に負担してもらおう。そうでないものは、限界費用がゼロのものは、ある程度パブリックでもいいということからいったら、データは、ある程度皆さん無料で使えるような基金化にしていきたいと思いますけれども、例えばサンプルなどは実際にお金がかかるわけです、一件、一件。そういったものはきちんと費用負担するというの、何らかの原則をつくって持続可能な仕組みにしていただければどうかと思いました。

それからあと、ちょっと長くなって申しわけありません。やっぱりここにいる方とか、石炭にいろいろ詳しい方は、石炭が重要だということからスタートしていますけれども、どうもやっぱりマスコミとか、いろんなメディアを見ると、ここに来てまた石炭を増やそうとして、CO₂の排出量が増えてどうするのだ、のような論調もたくさんあると思います。だから、クリーン・コールがあるというのものもあるかもしれませんが、石炭はどちらかという、安全保障的なものもあると思います。だから、全部実用化して使わなければ無駄だということではなくて、例えばもし中東からの化石燃料の輸入ができなくなったときの安全保障的なものもあるので、何でもかんでも実用化、国際競争力だけじゃなくて、別の意味の意義というのも伝えておく必要があるだろうなと思います。すいません、ちょっと長くなりました。

【神谷分科会長】 ありがとうございます。桑原先生、お願いします。

【桑原委員】 データバンクのような事業は、国が係わって実施すべきと感じております。1企業で石炭の試料付きのデータベースを構築しようと思っても、不測の事態が発生したり、会社の経営状況が変化したりすると、中止の対象にされ易く、安定的に持続することが難しいと思います。これを持続していくために今後、何を行っていかなければいか考える必要があると思います。データバンクのユーザーとなる方々からの意見・要望を取り入れて、維持するための費用の負担についても考えて頂きたいと思います。

現状、電力会社を初めとする石炭ユーザーは、発電所のある自治体や関係団体と様々な協定を結んでいて、例えば、新規炭種が入ってきた時には、この事業で取り上げている微量成分を含むかなり多くの分析値を提出するようになっております。従って、現業部門では、微量成分の分析が実務として行われています。このような状況を考えると分析方法のJIS化や規格化は、ニーズが高いと思われます。早急に規格化して、ユーザーの方々が信頼して使えるようにして頂きたいと思います。

【板谷委員】 今回の目標が規格化ということで、ISO化、それからJIS化ということで順調に進んでいるという意味では、おおむね評価できるかとは思いますが。ただ、最初の、特にガス状の場合、ホウ素、セレンに関して、今回の質問の中ではいろいろご説明がありましたけれども、じゃあ、なぜ、ホウ素、セレンかというか、それをあえて選ばれた理由についてももう少し説明があってもよかったのかなという気がしました。

それとあわせて、石炭というものは、いろいろばらつきがあったりとか、結構わけのわからないようなものが多い中で、その規格化を進められた訳ですから、分析方法そのものについての論文はもう既に出されているということですが、やはりそれを規格化できるような、ある程度の再現性あるデータに関して、それなりの論文の価値はあろうかと思しますので、今後幾つか論文、特にインターナショナルなジャーナルに出していただいて、広報化に努めていただければという気がいたしました。

それから、コールバンクに関しましても、個人的には非常に価値のあるもの、これまでのいろんな蓄積として価値あるものだと思いますので、今後コールバンクの必然性、あるいはさらにそれがどういった形で展開できるのかということも含めて今後継続できるような方法とを検討していただければと感じました。

以上です。

【二宮分科会長代理】 今回、このプロジェクト、非常に大事なプロジェクトであると思います。特に1つ目のコールバンクの拡充及び維持というのは非常に重要で、ただ、その広報活動がちょっとまだ不十分なのかなと思います。海外でなくても、今どのぐらい需要があって、今どうなっているのかと言うことです。そういうことがないと、今後これをどういう形で維持していくかというときに、やはり聞かれるのは、おそらく今まで一体どのぐらいの需要があって、皆さんどのぐらいこれについて恩恵をこうむっているかということをきちんとまず評価することが難しい。それで、今回の事業原簿があるかなと思ったときに、この事業原簿がちょっと不十分かなという感じがあって、もう少しきちんとした実績なり、そういう数字としてあらわしていただけると、今後、NEDOなり、皆さんが次のPRするにおいてもやはり大事なのかなと思います。

その中で、石炭の数については、確かに多ければ多い方がいいのか、逆にある程度整理して、ある程度数は当然必要だと思いますけれども、やはりその中の種類なり、今後の日本の石炭の利用なりも含んだ上で考えていって、ぜひ維持する方向を考えていただければありがたいと思います。

また、次の石炭中の微量成分の分析及びそういうガス状のということで、特に JIS 及び ISO という国際的、特に ISO で国際的に日本のそういう分析技術をやっていくのは非常に大変な努力があったかと思います。

ただ、一方、ちょっと何回も論文という話をさせていただきましたけれども、やはり PR 活動とか、実際それを使おうとしたときに、今日の質問でもあったかと思いますが、どの範囲で使えるのかといったことになる。やはり新しい分析法というのは、それだけ怖いというところがあって、本当にこれが使えるというところを、確かに関係者の皆様方、非常に努力はされているんですけども、その努力の部分が、私ども実際に使うというときに、なかなか情報が見えてきていない。口頭発表はかなりされているのですが、最後、じっくり読もうとすると、論文という形で見ないとなかなかわからないものです。やはりそういう国際的なジャーナルなりに書いていく、出していくというのを今後ぜひやっていただきたいという気がします。それを見れば、私ども、例えば研究室の学生に、こういうふうに書いてあるからこのあたりを見てきちんとやっていきなさいということと言えるものですから、そういうようなまとめということをぜひお願いしたいと思います。以上です。

【神谷分科会長】 それでは、私から最後に。やはりデータベースとかコールバンク、こういったもの、それから、ISO、これらは、我が国が実は非常に弱い部分であると認識しております。規格をつくる、とにかく ISO は、私も 1 個つくりましたけれども、あまり国の応援がない中、孤軍奮闘でやっているというのが正直なところでございます。そういう中で、特に規格化の活動をしていますと、結構論文を書く意欲をそがれるようなことが多々ありまして、事情は非常によくわかりますけれども、やはりそういう厳しい中でも論文等の成果は出していきたいと思っております。

今後もしこのセレンに続いて、ニューワークアイテムとして認められようと思っておりますと、技術的な優位性、我が国の技術の優位性を示さないと、なかなかほかの国が乗ってこないということもございまして、二宮先生がしつこく言われていますけれども、やはり論文というのを重視していただきたいと思っております。

あと、これは、実施者の皆様に言うだけではなくて、NEDO の皆様に、ぜひともこういう基盤技術というのは、一企業ではできないことだと思いますので、国益ですね、エネルギー安全保障、中東がどうなっていくかわからない、石油資源がそのうちなくなるというのが明らかな中で、石炭をどう総合的なエネルギー政策の中で位置づけていくかということを考える中で、やはりこういった基盤的な技術は、非常に重要だと思いますので、重視していただきたいと思っております。

確かに ISO 化のところ、石炭関係の TC がオーストラリアに握られているのはちょっとつらいといえますが、向こうは売る方ですが、買う方がちょっと弱いというのはまずいので、やはりここはドイツとうまく連携して、ぜひとも日独同盟をつくっていただきたいです。技術で勝負している国という意味でいうと、日本とドイツというのは非常に共通性がありますので、いろいろコンペティターとしてぶつかる場所もあると思っておりますけれども、国際的な折衝力というものも非常に重要になってくると思っております。ぜひその辺も含めまして、今回の経験を生かして、今後の日本の規格化、それから、国際競争力確保のために頑張りたいと思っております。

これにて委員からの講評は終わりますが、推進部長、あるいは PL から何か最後に一言、お願いいたします。

【在間主幹】 その前にコールバンクの話させていただいてもよろしいでしょうか。今回のプロジェクトとしてコールバンクの位置づけというのは終わっていますが、中間評価でも、国の関与というのはコールバンクについては必要だというご意見を多々いただいておりますので、今微量成分の中でやるのではなくて、コールバンクはコールバンクとして 1 つプロジェクトとしてしっかり運営していきたいなと私ども思っております。今年度から実は始めたいと思っていたのですが、先ほどからいろいろとご指摘がありましたように、きちんとどうやって PR するのかとか、あるいは、炭種をきちんと出さないと、なかなかデータとしてわかりにくいところがあるので、そういうところを含めて、今、少し検討させていただいた上で、コールバンクとしての事業を今後とも継続したいなと思っております。今いろいろとご意見をいただいたり、どういうふうになれば一番最適かというところを調整させていただいているところでございます。ですので、コールバンクについては、今後とも私どもで何とか運営していきたいと思っております。

【大木 PL】 それでは、ほんとうにいろいろと評価委員の先生方、貴重なご意見、そして、サジェスチ

ョンいただきましてありがとうございました。いただいたご意見を参考にして最終的にまとめていきたいと思えます。

とにかこのプロジェクト、7年間やらせていただいて、ご承知だと思いますけれども、特にコールバンクは日本でしかできないことだと思います。要するに、日本は世界最大の石炭輸入国でありますので、世界中の石炭がこれだけ集まっているところというのは日本しかないの、コールバンクというのはまさに日本しかできない。そして、また石炭というのは、今原発が全部止とまっている日本の状況を考えると、これから非常に大事な資源だと思いますので、こういうのを役立てて将来的にいきたいと思えます。

また、分析の方は、ISOとかJISの途中段階というか、最終的に目標が大体ついておりますけれども、今後最終段階に向けて頑張っていきたいと思えますので、ご支援のほどよろしくお願いたします。どうもいろいろありがとうございました。

【神谷分科会長】 安居環境部長お願いします。

【安居部長】 すいません、お時間いただきまして。本日は長い間、特に神谷分科会長をはじめ、委員の皆様方には長時間どうもありがとうございました。

ただいまPLの方からお話ありましたように、石炭は世界の4割程度のエネルギーを占めておりまして、日本の新しいエネルギー基本計画でもしっかり使っていくぞということが示されております。

そうした中で、一方で石炭は環境によくないとか、CO₂だけではなくて、石炭で健康被害を受けている人が多い、とおっしゃる方も欧米には多数いらっしゃる、日本に来て、石炭を減らすべきだと、支援すべきじゃないというグループも多々政府、JBICをはじめ来ている中で、日本としてはしっかり使っていくということを対外的に言っているわけでございます。CO₂問題のみならず、本日ご議論いただいたような微量物質、環境関係の物質についても、しっかり先進国として早め早めに対応をとって、我々が最終的に目指しているのは、企業の産業競争力の強化につながるということです。環境にいい形で、世の中に貢献する形で競争力を強化していくということにぜひつながっていきたく思っておりますので、規格化の問題についても、今後どういうふうに企業の競争力強化につながるのかというご質問がございましたけれども、そのところ、しっかりつながっていきたく思っております。

また、標準化の話、規格化の話についても、やはり我々としてもきちっとこういった問題意識を経済産業省の標準部の方にも伝えて、事の重大性、重要性を認識していただいて、しっかりサポートが得られるようにその気にさせていくというのも我々のミッションだと思っておりますので、きょう分科会長からいただいたお言葉をしっかり受けとめて対応していきたいと思っております。

また、データベースの話については、いろいろやり方あると思えます。公が負担する部分、費用としてある程度ユーザーさんにご負担いただく部分、あろうかと思えますので、その辺を含めて今後、今日いただいた議論含めてしっかり対応していきたいと思えます。

長時間でございましたけれども、どうもありがとうございました。

10. 今後の予定

今後の予定について、資料7に基づき事務局より説明された。

11. 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における研究評価について
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	事業原簿
資料 6	プロジェクトの概要説明資料
資料 7	今後の予定
参考資料 1	NEDO技術委員・技術委員会等規程
参考資料 2	技術評価実施規程

以上

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・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。

平成27年2月

NEDO 評価部

部長 佐藤 嘉晃

主幹 保坂 尚子

担当 内田 裕

* 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。

(http://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 044-520-5161 FAX 044-520-5162