

# 中性子を用いる石炭灰中ホウ素の簡易・迅速定量法の開発（その1）

—中性子ホウ素計の試作と石炭灰への適用性—

キーワード：ホウ素，簡易・迅速定量，石炭灰，石炭火力発電所，  
中性子ホウ素計

報告書番号：V14003

## 背景

電気事業における石炭灰発生量は増加傾向にあり、灰の有効利用拡大は喫緊の課題である。土工材（例えば人工地盤材料）は最も有望な用途の一つであるが、土工材に石炭灰を利用する場合には環境安全性<sup>1)</sup>の確認が必要である。JCOALガイドライン<sup>2)</sup>では、土工材の環境安全品質確保のため、製品受渡時において5項目（ホウ素、セレン、ヒ素、クロム、フッ素）の検査を必須とした。石炭灰の利用を促進するためには、5項目について溶出リスクの少ない低含有灰を迅速に選別できる技術の開発が必要である。当所では、5項目のうちセレン、ヒ素、クロムについて蛍光X線分析法を用いる簡易定量法を開発し<sup>1)</sup>、フッ素においても溶出試験の迅速化を検討している<sup>2)</sup>。ホウ素については蛍光X線分析法では定量が難しいため、新たに簡易・迅速定量技術を開発する必要がある。

## 目的

ホウ素が熱中性子を捕獲する性質を利用した含有量測定装置（中性子ホウ素計）を試作し、石炭灰への適用性を評価する。

## 主な成果

### 1. 中性子ホウ素計の試作と実験条件の最適化

石炭灰中ホウ素の簡易・迅速定量を目的とする中性子ホウ素計を試作した（図1）。石炭灰にホウ素を標準添加した試料を用いて本装置の感度が最大となるように実験条件を最適化した。その結果（表1）、ホウ素の検出下限値を44.4 mg-B/kgとする直線性の高い検量線が得られた（図2、決定係数 $r^2 = 0.995$ ）。本法におけるホウ素の測定時間は5分であり、試料をホルダに充填するだけで簡易・迅速な定量が可能となった。

### 2. 実機灰の適用性評価

性状の異なる実機灰21種を用いて中性子ホウ素計による定量値を湿式分解-ICP 発光分析法（従来法）と比較した結果、両者の値には乖離が認められた（図3a）。乖離の要因を重回帰分析により検討したところ、石炭灰の嵩密度<sup>3)</sup>を用いて補正を行うことで、中性子ホウ素計測定値の精度を改善できることがわかった（図3b）。

以上の結果より、当所開発の装置は石炭灰中ホウ素の簡易・迅速な定量が可能であり、灰の選別工程において、例えば国内の石炭灰のホウ素平均濃度（291 mg-B/kg）<sup>4)</sup>を判定濃度と設定した場合、誤判定の確率1%以下で選別可能であることがわかった。

## 今後の展開

本技術の実用化に向けて実機灰への適用性評価のためのデータを蓄積するとともに測定性能の向上を図り、中性子ホウ素計の商用モデルの設計を行う。

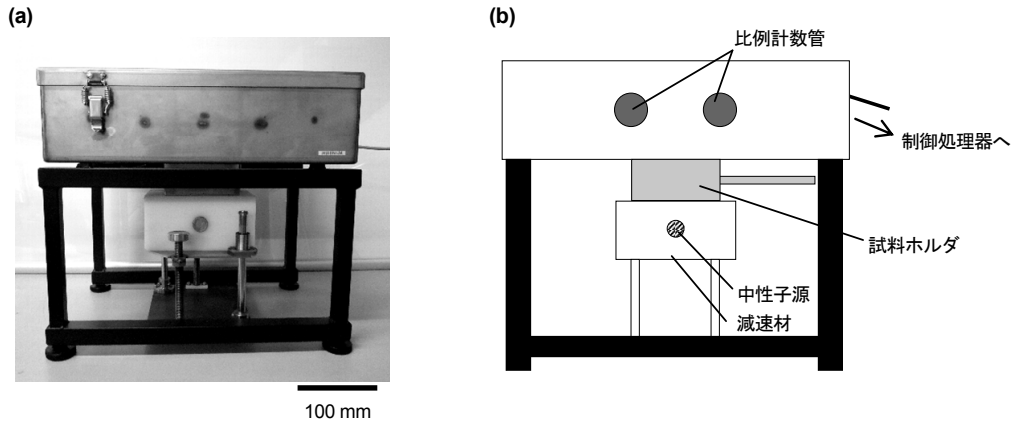


図1 中性子ホウ素計の正面写真 (a) と概略図 (b)

本装置は中性子線源、減速材、試料ホルダ、検出器、制御処理器から構成され、線源から発生する速中性子を減速材で熱中性子に変換し、試料を透過する熱中性子量の減少比率からホウ素を定量する。

表1 中性子ホウ素計の装置条件の最適化

項目	検討条件	選定条件
試料の厚さ [mm]	35~55	40
減速材種 *	PE、PP、PMMA	PE
減速材の厚さ [mm]	20~55	40
測定時間 [min]	1.0~10	5.0

※PE：ポリエチレン、PP：ポリプロピレン、PMMA：アクリル

ホウ素を標準添加した石炭灰6試料を用いて検量線を作成し、検出下限値の最も低い条件を選定した。

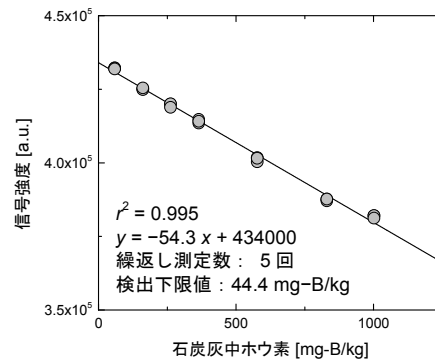


図2 石炭灰標準添加試料による検量線  
性状が規定された石炭灰 (ホウ素 58.7 mg/kg) にホウ素を添加した試料を用いて検量線を作成した。

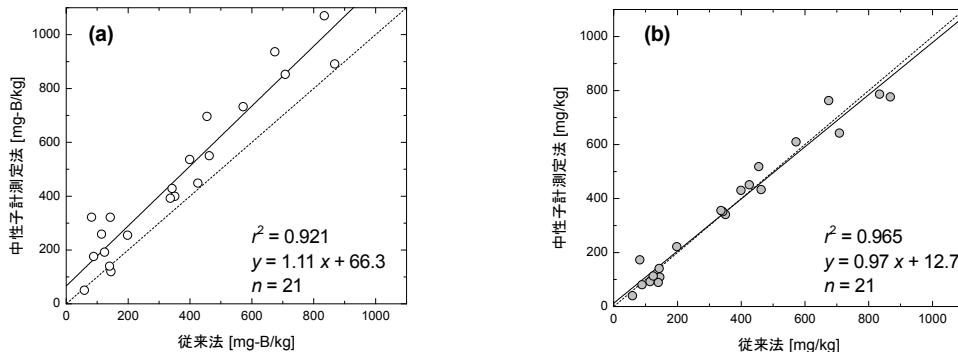


図3 実機灰における従来法定量値と中性子ホウ素計定量値の相関

(a) 補正なし、(b) 高密度による補正後  
(点線は  $y=x$  の直線、実線は測定値の回帰直線を示す。)

- 1) 資材・製品を使用している周囲の環境や人の健康に対する安全性。
- 2) 一般財団法人 石炭エネルギーセンター：「港湾工事における石炭灰混合材料の有効利用ガイドライン」による。
- 3) 粉体試料の単位体積 (粒子間の空隙容積を含む) あたりの重さ。高密度の測定は JIS K 1201-1 に準じ、一定重量の粉体試料を最も密になるよう容器に充填し、粉体の質量と体積の比から求めた。
- 4) 既往文献と本報告における石炭灰中ホウ素を合わせた値 ( $n = 206$ ) より算出した。

関連研究報告書	[1] V13023 「エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置を用いた石炭灰中セレン、ヒ素、クロムの簡易・迅速定量」 (2014) [2] V14004 「石炭灰中規制対象物質溶出量の簡易迅速測定法開発 -湿式ボールミルを用いたフッ素・ホウ素溶出試験-」 (2015)
研究担当者	正木 浩幸 (環境科学研究所 環境化学領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 環境科学研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 04-7182-1181(代) E-mail: esrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊 (PDF 版) は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

【非売品・無断転載を禁じる】 ©2015 CRIEPI 平成27年4月発行