

III-52 砂の移動・混合・拡散の測定方法の開発（ほう素・中性子ラジオグラフィー）

鹿島建設技術研究所 正員 有泉 昌
 “ “ 正員 〇山 本 毅 史
 “ “ 正員 土 弘 道 夫

I. はじめに

盛土の締め管理、地下水の追跡調査および砂の移動調査などは、原位置で非破壊的にかつ確実に測定できる方法が望ましく、この意味においてRI（ラジオアイソトープ）が有効な測定手段となり多く使用されている。

一方我々が数年前に開発した「ほう素・中性子水分計」、つまり中性子水分計をほう素濃度計として作動させる方法は、公害要因とならない安定元素であるほう素をトレーサーとして用い、しかもRIの利点を活かした方法でありすでに実用化している。この方法の現場応用例については、第25回年次学術講演会講演集¹⁾に報告した。

今回は「ほう素・中性子水分計」をさらに発展させた方法「ほう素・中性子ラジオグラフィー」の測定原理と基本特性実験結果などを報告するものである。

この新しい方法は、ほう素等の熱中性子吸収断面積の大きい核種を含有した粒状体をトレーサーとして用い、これを被測定粒状体に混入して適当な時期にサンプリングし、中性子ラジオグラフィーにかけると、あるいはトレーサーを多量に使用すれば中性子水分計により原位置で非破壊的に測定でき、安全にかつ確実に粒状体の移動・混合・拡散の度合を測定できるなど、この種のトレーサーとして有効である。

II. 測定原理

ほう素・中性子水分計の測定原理は報告済みであるので、ここでは省略する。ほう素・中性子ラジオグラフィーの測定原理図を図-1に示した。

熱中性子を試料に照射して写真をとるわけであるが、中性子は直接写真乳剤の黒化作用を持たないため転写箔（ジスプロシウム）を必要とする。転写箔に熱中性子を照射すると、これを吸収して放射性物質に変換する。つまり転写箔を放射性物質にしてこれから放射されるβ線、γ線を利用してX線フィルムに写真をとるものである。このため試料中に熱中性子吸収断面積

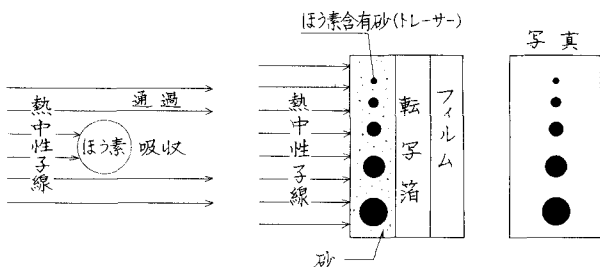


図-1 ほう素・中性子ラジオグラフィーの測定原理図

の大きい物質があれば、中性子ラジオグラフィーによって写真にとることができる。

III. 特性実験

1. 中性子ラジオグラフィーによる検出

1-1. 砂の中性子に対する影響

試料を中性子ラジオグラフィーにかけた場合、砂の熱中性子吸収が問題となる。このためアルミニウム製の試験皿に標準砂を0%, 6%, 12%厚の3種類詰めて試験した。

表-1 砂の厚さと黒化度との関係

砂の厚みに対する黒化度の測定結果を表-1に示した。

砂の厚さ (mm)	0	6	12
黒化度	2.40~2.52	2.36	2.15

これからわかるように砂の厚みが増加するにしたがって黒化度が低下していることから砂の影響はあるといえるが、黒化度の変化量が少ないことからあまり問題になるとは考えられない。

標準砂の化学組成を表-2に、また標準砂を構成する元素の熱中性子吸収断面積を表-3に示した。

表-2 標準砂の化学組成

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	ig loss
百分率 (%)	92.5	3.6	0.7	0.5	0.1	0.5

表-3 各元素の熱中性子吸収断面積

元 素	H	O	Na	Mg	Al	Si	Fe	Ca	B
熱中性子吸収断面積(バーン)	0.33	0.2mb	0.5	63mb	0.23	0.13	2.62	0.44	755

これらの表からわかるように鉄の熱中性子吸収断面積がやゝ大きいといえるが、その他は小さい。つまり砂の熱中性子吸収はかなり小さいことがわかる。一方ほう素の熱中性子吸収断面積は750バーンと砂の構成物質に比べて桁違いに大きいことから、砂の吸収はほう素に比べて無視することができる。

2-2 検出最小粒径

表-4に示したようなほう素化合物を準備し、0.3mm厚のアルミニウムの板との間に7mm厚になるよう標準砂を詰め、この標準砂の中央に各トレーサーを挟んで中性子ラジオグラフィーにかけた。中性子ラジオグラフィーの撮影結果を写真-1, 2に示した。

表-4 ほう素化合物の諸性質

項目	無水ほう砂 (Na ₂ B ₄ O ₇)	窒化ほう素 (BN)	炭化ほう素 (B ₄ C)
比 重	2.37	2.34	2.51
ほう素含有率	21.5 %	43.6 %	78.3 %
水に対する性質	不 溶 性	不 溶 性	不 溶 性



写真-1 ほう砂球

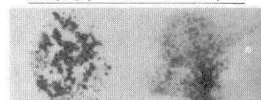


写真-2 BN, B₄C

この結果、ほう砂球、窒化ほう素、炭化ほう素とも砂の影響がなくはつきり識別でき、ほう素の含有率にもよるがほぼ100μ程度までトレーサーとして十分使用できることがわかった。

2. 中性子水分計による試験

中性子ラジオグラフィーで細粒径のほう素化合物を正確に測定できても、サンプリングしなければならないという大きな難点を伴う。一方ほう素化合物をある程度以上使用すれば中性子水分計で原位置測定ができると考えられるので、その検出限界を調べてみることにした。

試験は図-2に示したように、容器に標準砂を詰めて飽和させた後上部に1cm厚になるよう炭化ほう素を混合した標準砂をしきならし、中性子水分計で炭化ほう素の濃度とカウント数との関係を求めた。炭化ほう素の含有率は、2.5%～100%まで変化させた。測定結果は図-2に併記したとおりである。この結果、炭化ほう素の含有率が5%まで急激にカウント数が低下し、5%以上ではカウント数の低下率が少なくなり、両者の間には指数関数的な関係があることがわかる。また中性子水分計の炭化ほう素に対する検出限界は炭化ほう素含有率で1%以内である。

IV. あとがき

基本的な特性試験の結果、漂砂、砂防工事計画における土砂生産とその流速その他スラリー輸送に関する調査のような粒状体の移動、混合、拡散などの調査にほう素化合物はトレーサーとして十分使用できることが明らかとなった。また検出方法としても原位置測定、サンプリングの両面からでき有効な方法であることがわかる。たゞ今回の結果は室内実験の範囲のみであるため、今後現場実験を実施し、その有効性を確かめる所存である。最後に、本実験に関しご協力頂きました(株)東京原子力産業研究所の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1). 有泉昌・山本毅史: 調査・施工管理へのRIの新しい利用法について 第25回年次学術講演会講演集Ⅲ-88

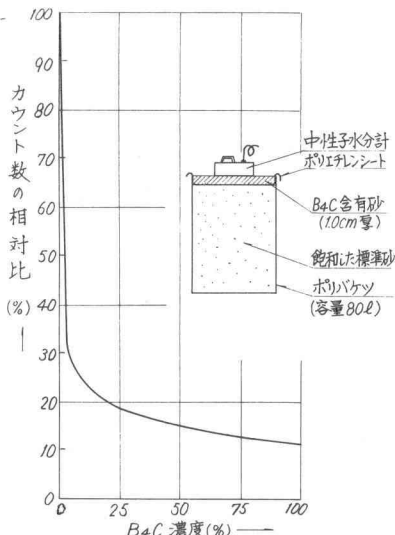


図-2 カウント数の相対比とB₄C濃度との関係