

Ⅲ - A 287

超高感度トレーサを用いた岩盤の透水性状の評価（その1：調査・試験）

ハザマ 正会員 ○ 今井 久、金澤真一、塩崎 功
東北電力（株） 正会員 内田幸志、原 昭男、嶋田祥一

1. はじめに

ダム周辺岩盤の透水性状（遮水性能）を評価する主な方法として、原位置透水試験法、ダムの初期湛水時における貯水池水の下流部への浸透に伴う水質変化を調査する方法、トレーサ試験法が挙げられる。原位置透水試験は試験箇所近傍数メートル範囲の透水性を評価するにとどまりダム周辺岩盤の全体的な遮水性能を評価することは難しい。水質変化による方法は初期湛水時に限られることが多く、また顕著な水質変化が認められない場合もある。トレーサ試験法は、直接水の動きを見る試験法で有効な手法である。通常、トレーサとして食塩やフローレッシェン等の染料が用いられるが、検出限界以下の濃度にまで希釈され検出されないことも多く、投入量を誤ると河川水への影響が懸念される。

著者らはダム周辺岩盤の透水性状を把握する目的で、投入量が少なくかつ $0.1 \sim 0.01 \mu\text{g/L}$ まで希釈されても検出可能な超高感度トレーサの適用を試み、このトレーサ試験を中心にダム周辺岩盤の透水性状の調査・試験を実施し、当トレーサの有効性を確認したのでここに報告する。

2. 試験概要・超高感度トレーサ

調査・試験は図-1に示す既存ダムの左岸リム部岩盤を対象に実施した。図中に示すように、ダム下流左岸には河川沿いに約16mにわたり数カ所の湧水が見られる。湧水量は1～15L/min程度である。この湧水の起源を同定することも今回の調査の目的である。ダムは重力式コンクリートダムで高さ：33.0m、堤頂長：121.0mである。ダム周辺の地質はほぼダム軸方向に平行で鉛直に近い傾斜を持つ亀裂の卓越する古生代から中生代の粘板岩、砂岩およびチャートより構成されている。

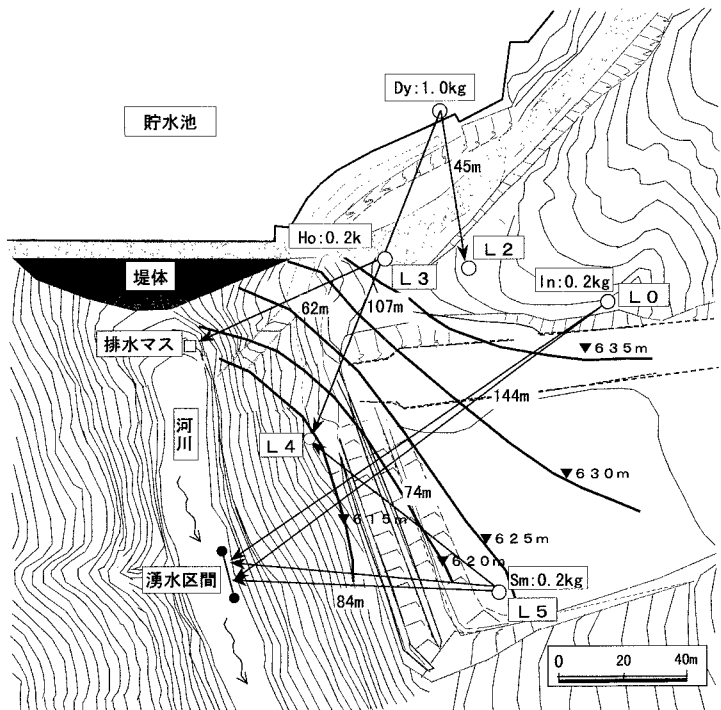


図-1 試験調査対象域のレイアウト
(矢印はトレーサが検出されたパスを示す。)

超高感度トレーサとは、従来アク

チバプルトレーサ¹⁾ (activable tracer) として用いられたキレート処理された元素（天然に賦存する量がきわめて少ない）を、放射化せずに ICP-MS 分析法（誘導結合プラズマ質量分析法）により含有濃度を測定するものである。この方法では、前処理操作と原子炉施設の利用が不要となり、分析に要する時間が短縮される。さらに検出感度が10倍以上向上する利点がある。このトレーサ手法は財団法人九州環境管理協会より「水文トレーサ及び水

キーワード：ダム、岩盤、透水係数、水質調査、トレーサ試験

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荏間西向 515-1 TEL0298-58-8813 E_mail: imai@hazama.co.jp

文調査法」として特許出願中（特許出願第 84774 号）である。現在使用可能なトレーサ元素は 6 種類である。

今回の試験では表 - 2 に示す 4 種類のトレーサ元素を貯水池、L0, L3, L5 に投入した。トレーサ元素の選択はコスト、検出精度を考慮して決めた。トレーサ検出のための地下水サンプリングは、L2, L4、河川、湧水区間 2 カ所、堤体下流部の排水マスで実施した。サンプリング間隔は 1 ～ 3 週間間隔で行い、約 200 日継続した。

3. 試験結果

トレーサの投入点と検出点の関係を図 - 1 に示す。矢印はトレーサの投入点と検出点の関係を示している。投入したトレーサはすべて調査期間内に検出された。図 - 2 にはボーリング孔 L2, L4、左岸湧水部、堤体下流部の排水マスでのトレーサ検出濃度の経時変化（破過曲線）である。グラフ中の凡例は元素とその投入点を示している。

図 - 2 (a)(b)で初期に Sm が検出されているが、これはトレーサ投入時に誤って作業者に付着した Sm 元素が、ボーリング孔 L2, L4 孔口付近に付着した影響である。(c)(d)では Sm, Ho の濃度のピークは一つであるが(a)の Dy の濃度のピークは二つみられる。これは異なった二つの経路が存在することを示唆する結果ではないかと考えられる。表 - 2 にはトレーサ投入点と検出点の距離・水位差からダルシー則に基づき間隙率を 0.05 と仮定して推定された透水係数を示す。透水係数は初検出までの時間と濃度ピークまでの時間について算定している。この結果から調査範囲の岩盤は 10^{-4} cm/s オーダーの透水係数を有すると考えられる。左岸下流の湧水の起源は本調査から主に L5 方向の堤体下流岩盤からの地下水であることが示された。

4. まとめ

超高感度トレーサを用いた試験結果より、 $0.01 \mu\text{g/L}$ オーダーに希釈されてもこれらのトレーサで分析・検出可能で、地下水浸透経路を把握できることが示された。また、同時に数種類のトレーサ物質を投入し、同一試験で数種類の地下水経路が把握可能であることが示され当トレーサ手法の有効性が確認された。

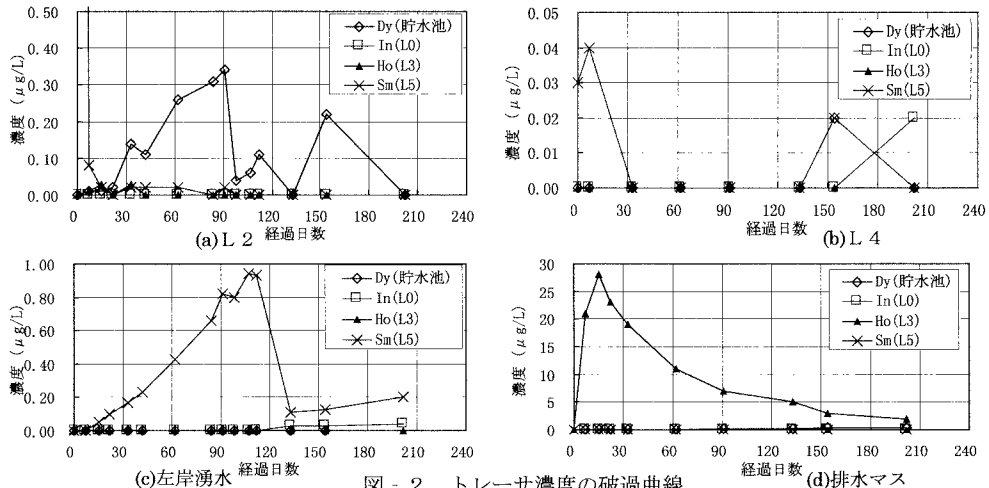


図 - 2 トレーサ濃度の破過曲線

表 - 2 トレーサの検出状況のまとめ

記号	トレーサ元素		投入量 Kg	投入箇所	検出箇所	距離 L (m)	水位差 Δh (m)	到達日数		透水係数 K (cm/s)	
	読み	原子量						初検出	ピーク	初検出	ピーク
Dy	ディスプロシウム	162.5	1.0	貯水池	L 2	45	1.82	33	91	$2.0\text{E-}03$	$7.1\text{E-}04$
					L 4	107	26.37	154	—	$1.7\text{E-}04$	—
In	インジウム	114.8	0.2	L 0	L 4	92	23.97	202	—	$1.1\text{E-}04$	—
					左岸湧水	146	23.97	133	202	$4.0\text{E-}04$	$2.6\text{E-}04$
Ho	ホルミウム	164.9	0.2	L 3	排水マス	63	19.59	7	15	$1.8\text{E-}03$	$8.6\text{E-}04$
Sm	サマリウム	150.4	0.2	L 5	L 4	74	10.81	154	—	$1.9\text{E-}04$	—
					左岸湧水	84	10.84	15	107	$2.6\text{E-}03$	$3.6\text{E-}04$

【参考文献】 1) 繁田道男; アクチバプル・トレーサ, RADIOISOTOPES, Vol.22, No.6, pp.49-57, 1973