

## 35. 北海道における地質別の重金属類の含有量と溶出量の関係について ～トンネル地質調査におけるボーリングコアの分析事例～

Case study of heavy metals corresponding to geological features along with tunnel in Hokkaido

○岡崎健治, 伊東佳彦, 田本修一 (独) 土木研究所寒地土木研究所)  
Kenji Okazaki, Yoshihiko Ito, Syuichi Tamoto

### 1. はじめに

トンネル建設では、掘削ズリや坑内排水に自然由来の重金属類を含む場合があり、その評価と対策を必要とするケースが増えている。一方、地山深部における重金属類の精度の高い把握は難しく、施工時に評価が行われることから、当初想定よりも対策の必要な掘削ズリ量の増加、工事費の増大、新たな処分地の確保に苦慮するなど、トンネル施工上の課題となっている。

本文では、北海道における溶結凝灰岩のトンネル地質調査のボーリングコアを試料として、溶出量および含有量試験を環告第18および19号(公定法)に従い行うとともに、X線回折試験による鉱物の量比と重金属類の溶出量と含有量との関係について、トンネル掘削で判明した岩相に応じて検討したので報告する。

### 2. 調査概要

調査は、北海道東部の山岳地帯において高規格幹線自動車道路網の新たな整備にともない計画されたトンネルで実施した。トンネル周辺の主な地質<sup>1)</sup>は、鮮新世の溶結凝灰岩とその上位の石英安山岩質の溶結凝灰岩である。トンネル掘削では、これらの岩種を確認するとともに、その境界で淡水性の砂岩・泥岩・凝灰岩の互層を確認した。

本調査では、先進ボーリングのコア(以下、コア)観察で岩種を区分するとともに、①公定法によるコアの溶出量と含有量試験(北海道開発局が実施)の結果を溶出量試験におけるpH(H<sub>2</sub>O)に応じて再整理した。ここでコア試料は、掘削ズリ900m<sup>3</sup>(30m×30m×1m)を目安<sup>2)</sup>として、概ね10m毎に採取されている。また、②コアのX線回折試験で同定した鉱物の違いと溶出量と含有量との関係について検討した。なお、本調査では溶出量試験で確認した重金属類のうち、土壌溶出量基準を超過したヒ素を調査検討の対象とした。

### 3. 調査結果

#### 3.1 トンネルの地質

図-1(a)にトンネルの地質断面図と岩相区分を示す。本トンネルの地質は、起点側のTf層(Tf2層とTf1層)と上部の終点側のVtf層(Vtf2層とVtf1層)およびLtf層に大別され、トンネル中央部にはVtf層の基底部分にAlt層が分布する。また地層は、起点側から終点側に向かって緩く傾斜する。以下に岩種別の特徴を示す。

Tf2層: 灰白色の凝灰岩で軽石片を多く含む

Tf1層: 淡緑～灰白色の火山礫凝灰岩で礫は少量

Alt層: 砂岩・泥岩・凝灰岩の互層(湖成層)

Vtf2層: 暗灰色の火山礫凝灰岩で溶結度が高く

Vtf1層よりガラス質

Vtf1層: 暗灰色の火山礫凝灰岩で溶結度が高い

Ltf層: 凝灰角礫岩と湖成層を挟み溶結度は低い

#### 3.2 重金属類の含有量と溶出量

図-1(d), 図-2にコアの溶出量と含有量試験の結果(試料数125)を示す。溶出量と含有量試験の結果、土壌含有量基準値を超えないが土壌溶出量基準値を超えるヒ素を確認した。なお、本トンネル工事では、コアの溶出量試験結果をもとに、ヒ素を含む地質を判定し、その掘削ズリを遮水シートに封入した上で、盛土部の材料として流用している。

岩種別には、いずれも溶出量と含有量に一定の相関が認められるが、Ltf層以外は、図中のグループAに属し、Ltf層はグループBに属する。これは、両者でヒ素の賦存状況が異なるためと考えられるが、溶出量と含有量に一定の相関が認められる。

図-1(b)にpHを示す。pHは全体として起点側で高く、終点側で低い傾向が認められる。

岩種別では、Vtf層のpHは中性で、溶出量と含有量は他の岩種に比較して高い。Tf層のpHはアルカリ性寄りであり、溶出量と含有量は低い傾向がみられる。Alt層はその中間的な値を示す。また溶出量は概ねpHが9を境界として、Tf層で土壌溶出量基準を超えない場合のあることが確認でき、岩種に応じてpH、溶出量および含有量が異なることが確認できる。

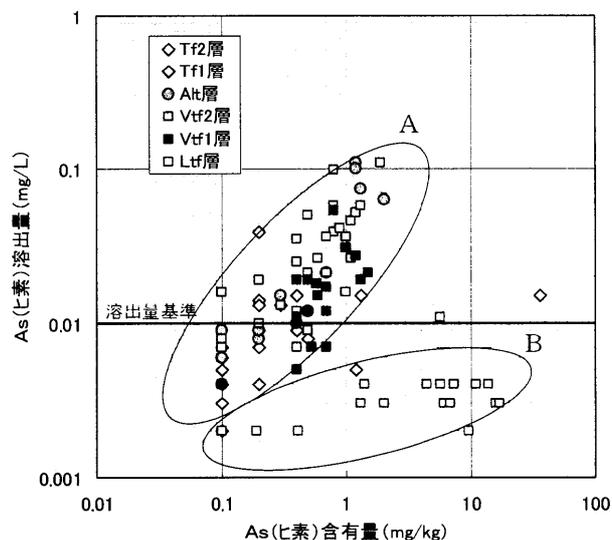


図-2 岩相別の含有量と溶出量の関係

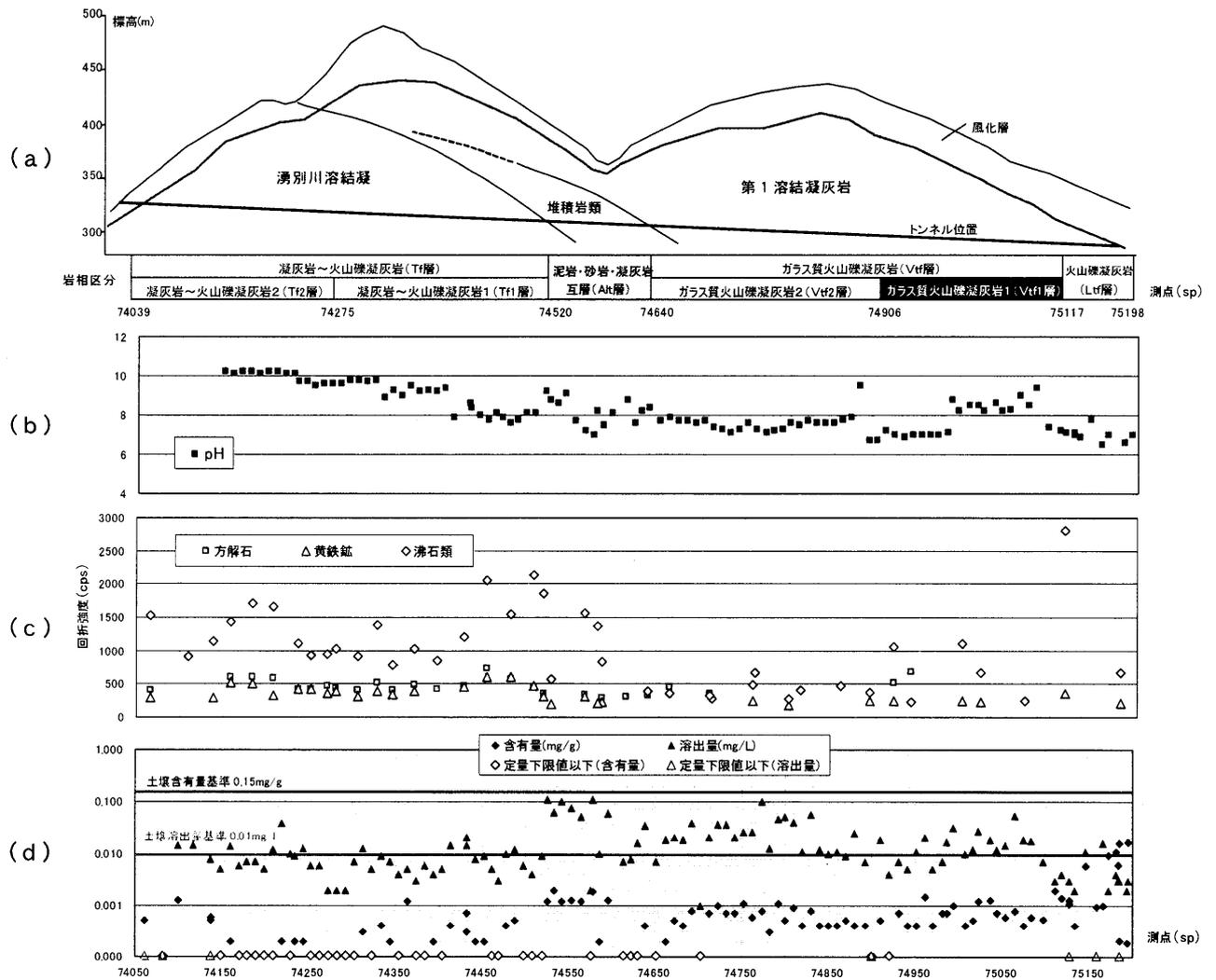


図-2 トンネル地山の各種調査結果

(a)地質断面図, (b)溶出量試験時のpH, (c)X線回折試験結果, (d)ヒ素の含有量と溶出量試験結果

表-1 岩相別の試験結果 (平均値)

岩相	含有量 (mg/kg)	溶出量 (mg/L)	pH (H2O)	X線回折強度 (cps)		
				方解石	黄鉄鉱	沸石類
Tf2層	2.0	0.010	10.0	503	395	1262
Tf1層	0.3	0.006	9.3	478	427	1343
Alt層	0.6	0.030	8.3	316	238	945
Vtf2層	0.6	0.028	7.6	407	221	403
Vtf1層	0.7	0.015	7.6	601	257	968
Ltf層	5.6	0.005	-	-	-	-

図-1 (c) にX線回折試験で同定したコアの鉱物を示す。主な鉱物は、石英、斜長石、雲母、方解石、黄鉄鉱、沸石類およびスメクタイトである。また沸石類は全コア試料で認められた。ここで沸石類は、斜プロチロル沸石、輝沸石およびモルデン沸石である。

表-1 に岩相別の試験結果 (平均値) を示す。なお、溶出量と含有量試験で検出限界以下となる場合、検出限界値を入力として計算した。平均値を比較すると、岩相別の溶出量では、Tf1層とLtf層で土壤溶出量基準値を下回ることが確認できる。このことは、トンネ

ルに出現する岩相区分毎にヒ素を含む岩石ズリを評価する場合、処分対象としては該当しないことになる。次にpHならびに沸石類のX線回折強度は、Alt層を中間値として、Tf1~Tf2層はVtf2~Vtf1層よりも大きな値を示す。また、Tf1~Tf2層の溶出量は、Vtf2~Vtf1層と比較して小さいことが確認できる。以上のとおり本調査では、岩相に応じたpHならびに含有鉱物の違いと溶出量および含有量が異なることを確認した。

今後は、岩相別の溶出形態や機構の解明について検討を進めるとともに、試料の採取方法の違いによる評価 (例えば本調査の場合、各コアと岩相全体での違い) に関してその分析事例を蓄積していきたい。

本調査にあたり、調査資料の提供、現地調査への御協力をいただいた国土交通省北海道開発局ならびにトンネルJVの関係者に記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 北海道開発庁：5万分の1地質図幅説明書「丸瀬布」, 網走-第34号, 1967.
- 2) 独立行政法人土木研究所編：建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル (暫定版), 2004.