

B-47 岩石の暴露にともなう岩相の変化 —火山岩における検討事例—

○岡崎 健治^{1*}・伊東 佳彦¹

¹ (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602札幌市豊平区平岸一条三丁目1-34)

* E-mail: 90185@ceri.go.jp

1. はじめに

土壤汚染対策法の一部を改正する法律が施行され、自然的原因による重金属類が土壤中に含まれる場合についても健康被害防止の観点から同法の対象となった。

土木事業において、道路切土やトンネル建設工事などから発生する岩石や掘削ズリは、土壌とその扱いが異なることから同法の対象外である。しかし、環境基準値以上に重金属類の含有または溶出が明らかな場合、事業では、より適切な試験と評価が求められる¹⁾。一方、掘削にともなう岩石ズリは、その後、応力解放や雨水などの接触、酸化などにともなう風化や劣化によって、その化学的または物理的な性質が変化する。そのため、長期的な重金属類の溶出傾向または土木構造物への影響に着目した評価や検討が不可欠といえる。

本調査では、火山岩を地山とするトンネル地質調査で実施したボーリングの岩石コアを屋外に暴露した事例において、その岩石からの重金属類の溶出量ならびに含有する鉱物種の違いを把握することで長期的な岩石性状の変化について検討した事例を報告する。

2. 調査概要

これまで北海道で建設された21の国道トンネルにおける掘削ズリの溶出試験結果では、土壌溶出量基準値を超える割合がヒ素で高いことが示されている²⁾。また、岩石に応じた特徴として、堆積岩では葉理状の泥質部が存在する場合、ヒ素の含有と溶出が高い傾向にあることを整理し、岩石の特徴を捉えることで、その傾向の大局的な検討が可能であることが示されている³⁾。

今回調査では、掘削直後の新鮮な状態での火山岩が、コア箱に収納された状態で屋外に4年6ヶ月放置後（以下、暴露後）において、その岩相が変化する様子を観察して整理した。岩石試料は、熱水変質を受けた新第三紀の火山岩類（安山岩、デイサイト、ハイアロクラスタイト、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩）である。

本調査では、掘削直後と暴露後のコアを、X線回折試験ならびに溶出試験を実施することで経年的な変化を整理した（掘削直後の各試験はトンネル事業者が実施）。

ここで、溶出試験では、とくに事業で問題となるヒ素を対象として、環境省告示第18号による試験方法で実施した。ただし、本試験方法は本来、自然由来の岩石を対象としていないが、自然由来の重金属等の溶出現象を短時間で適切に評価できる試験方法などがないことから、この方法に準じた。また、事業において、ヒ素が環境基準値以上に溶出する掘削ズリは、法令に従い適切に処理されている。

3. 調査結果

(1) 岩石の経年変化

写真-1にコアの掘削直後ならびに暴露後の様子を掘削延長150～166mの範囲について示す。なお、コアの一部は、トンネル施工時の試験試料として採取されている。

コアは、掘削直後に硬質であるが、暴露後に、割れ、破碎および膨れ上がりなど、その状態が変化している様子が伺える。また、暴露後の試料で岩石の強度は測定できないが、劣化していることは明らかであり、仮にこのような状態が地山内で生じる場合、土木構造物に土圧が作用するなどの影響が想定される。そのため、トンネル施工時に、長期的な劣化を考慮した評価や試験方法に関する検討が必要である。

(2) X線回折試験・溶出試験の結果

表-1にX線回折試験ならびにヒ素などの溶出試験（5試料）の結果を示す（試料①～③は写真-1に図示する）。

X線回折試験の結果、掘削直後に確認されていたクリストバライト、石英、黄鉄鉱および沸石類は、暴露後に減少または消失している。また、ジャロサイトと石膏が二次的に生成している傾向が全ての試料に認められる。

溶出試験の結果、掘削直後の試料ではヒ素溶出量は、

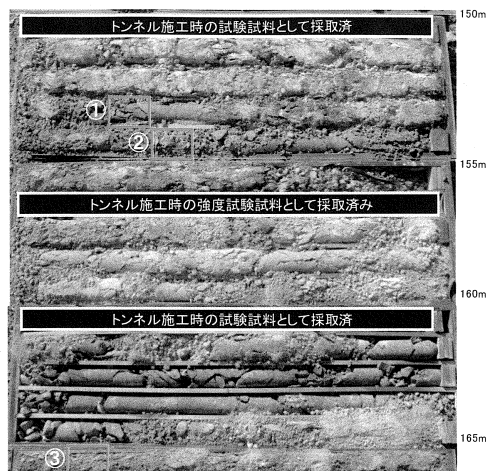
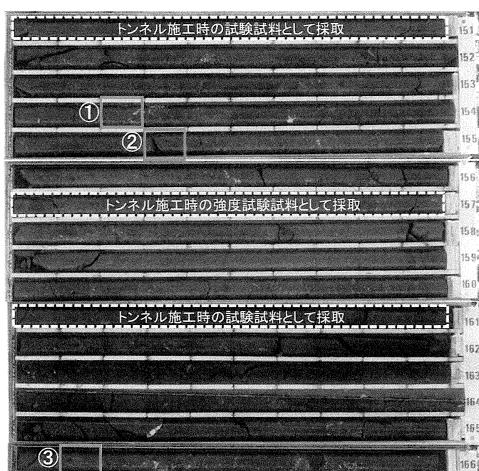


写真-1 岩石コアの変化の様子（左：掘削直後 右：4年6ヶ月経過後）

表-1 X線回折試験ならびに溶出試験の結果

採取年次と試料番号		①		②		③		④		⑤	
深度(m)		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
X線回折試験	クリストバライト	○		◎	△	◎		◎	○	◎	○
	石英	◎		○		△		△	△	△	
	黄鉄鉱	△	+	△		○	+	△		△	
	スメクタイト	◎	○	◎	△	◎	○	◎	+	◎	△
	方解石	◎	○	○		○	△	◎	+	○	
	濁沸石	△		+		+		△		+	
	斜方チロル沸石	+		+		+		+	-	+	+
	ジャロサイト				△				+		△
	石膏		○		○		+		△		○
	砒素	0.026	<0.005	0.034	<0.005	0.044	-	0.017	<0.005	0.024	0.007
溶出試験	硫酸イオン	16	1610	9	2750	18	-	22	2430	13	3660
	水素イオン濃度	8.4	6.8	8.7	2.6	7.9	-	7.4	3.6	8.2	2.4

採取年次 A：掘削直後、B：4年6ヶ月経過後

X線回折試験結果 ◎極多量 ○多量 △中量 +少量 -微量

0.017～0.044であるが、暴露後には0.007以下に減少している。一方、硫酸イオンが100～300倍に増加しており、水素イオン濃度（pH）は、アルカリ性（7.4～8.7）から酸性（2.4～6.8）に変化している。ここで、暴露後の試料①のpHは6.8で中性であるが、ジャロサイトが確認される試料ではpHがとくに低く、硫酸イオンの値も高い傾向となる。このことは、掘削直後では、黄鉄鉱の風化は進んでいないが、暴露環境において、酸化や雨水との接触にともない、黄鉄鉱の分解が進んだ結果、硫酸塩鉱物であるジャロサイトや石膏の二次鉱物が生成したことにより、pHの低下が生じたと考えられる。また、ヒ素溶出量が減少する原因は、暴露にともなうイオン交換態として存在するヒ素の損失、または、二次鉱物との反応により、難溶性の形態に変化したことが想定される。

4. おわりに

本調査では、火山岩の掘削直後と屋外に数年間、暴露後の試料について、その鉱物とヒ素の溶出量の違いを整

理した。土木事業では、自然由来の重金属類を含有するトンネル掘削ズリが一時的に仮置・保管される場合があり、その後の利用時には、少なくとも初期状態とは異なる状態にある。マニュアル¹⁾では、このような状態を考慮した取り扱いを示していることから、今後は、仮置・保管後の岩石の状態を考慮した利用方法やより経済的な処理方法に関する検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル，建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会，2010.
- 2) 五十嵐敏文：道内における自然由来重金属汚染問題の現状とその解決へ向けて，日本応用地質学会，平成20年度シンポジウム予稿集，pp20-27，2008.
- 3) 岡崎健治・田本修一・阿南修司・伊東佳彦：岩石の目視判定によるヒ素の含有と溶出に関する検討，寒地土木研究所月報，No. 694，pp27-33，2011.