

[9]

地下水調査で出現した黒色粒子の発生要因と工事との関係性

国際航業株式会社 ○長谷川 友祐, 美村 泰裕, 増山 孝行, 栗原 健

1. はじめに

道路事業において、建設工事に伴う地下水への影響予測に必要な基礎資料を得る目的として、水文観測（モニタリング）が実施される。観測において確認された事象（地下水位低下、濁りの発生等）が建設工事の影響によるものか、または、他の要因によるものか判断することが重要である。

本報告において確認された事象は、トンネルの施工中から施工後のモニタリングにおいて、周辺井戸の排水口から井戸水と共に黒色粒子の流出を確認した（写真-1）。

これより、黒色粒子の成分を分析し、井戸周辺の情報を踏まえて、その発生機構とトンネル工事との因果関係について、考察した事例を紹介する。

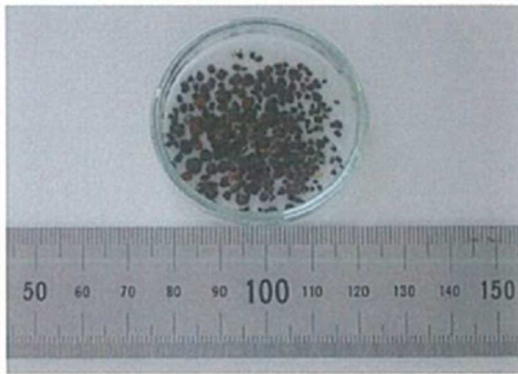


写真-1 井戸水から検出された黒色粒子

2. 調査地の概要

(1) 地形・地質

当該地域は、標高200m程度の丘陵地が主体であり、周辺には小規模な谷が発達し、沖積低地が広がっている。

丘陵地は、主に花崗岩類から成る。なお、トンネルは花崗岩内に計画され、貫通した状況にある（図-1）。

(2) 井戸の仕様

当該井戸は丘陵地内に位置している。井戸水は一旦ポンプで揚水した後、タンクに貯水して利用している。

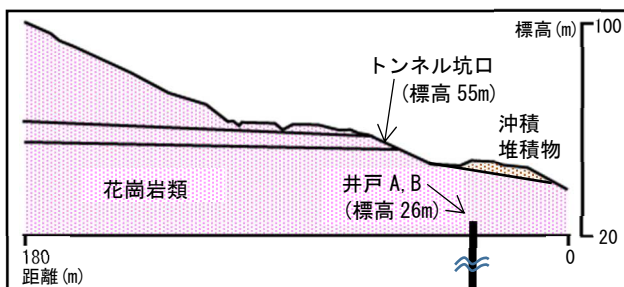


図-1 トンネル付近の模式縦断面図

水源管理者へのヒアリングから、当該井戸は古い井戸（以下、井戸A）と新しい井戸（以下、井戸B）の2基が存在する。各井戸の配管は独立しており、タンクに貯水する前に、汲み上げた地下水が合流することはない。

3. 黒色粒子の排出状況

黒色粒子が排出された井戸Aのみである。その長径は1mm程度であり、概して硬質で角張った形状である。

4. 調査方法

(1) 調査方針

今回確認した黒色粒子の発生機構とトンネル工事との因果関係を検討するため、以下の点より考察を行った。

- 1) 工事前後の観測データの比較
- 2) 井戸水の水質及び流出した粒子の成分分析
- 3) 周辺状況（地形、地質、取水深度）との総合解析による工事影響の有無

(2) 調査内容

調査内容を以下に示す。2)水質分析試験の項目に関し、黒色粒子の外観から推定して、鉄とマンガンを追加した。

- 1) 簡易水質測定（水温、pH、電気伝導度、濁度）
- 2) 水質分析試験（主要イオン分析と鉄、マンガン）
- 3) 黒色粒子の成分分析（EDS分析）

5. 調査結果

(1) 簡易水質測定結果

井戸A、井戸Bから採取した試料で実施した簡易水質測定結果を表-1に示す。測定結果を比較した処、両井戸に顕著な差は認められなかった。また、周辺井戸の観測結果からも、トンネル工事の前後期間中で、簡易水質の測定値に顕著な変化は認められなかった。

表-1 簡易水質測定結果

測定項目	井戸A（古い）	井戸B（新しい）
水温（℃）	18.9	18.2
pH	7.27	7.17
EC（電気伝導度）（mS/m）	18.35	21.70
濁度（NTU）	0.0	0.0

(2) 水質分析試験結果

黒色粒子が排出した井戸Aを対象に、主要イオン8項目に加えて、鉄とマンガンの水質分析を行った。

水質分析結果より、カルシウムイオン、炭酸水素イオンに富んだCa-HCO₃（炭酸カルシウム）型の地下水であることが分かった（図-2）。

また、鉄、マンガンの濃度はそれぞれ0.07mg/L、

0.02mg/Lであり、微量ながら井戸水中に溶存していることを確認した。

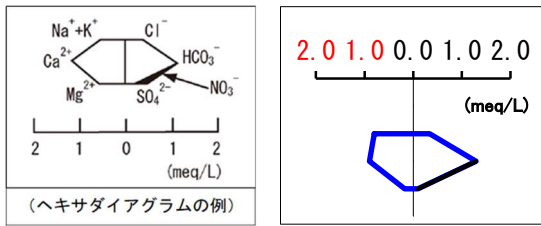


図-2 ヘキサダイアグラム(左:例、右:水質分析結果)

(3) 成分分析(EDSによる元素分析)結果

EDSによる元素分析結果を図-3に示す。

黒色粒子の主な成分は鉄と酸素であり、全体の約9割を占めていた。その他、炭素やケイ素、カルシウム、マグネシウム等が検出された。なお、一般的に花崗岩に含まれる鉱物の主要元素(図-4)であるケイ素やアルミニウムの混入率は低かった。

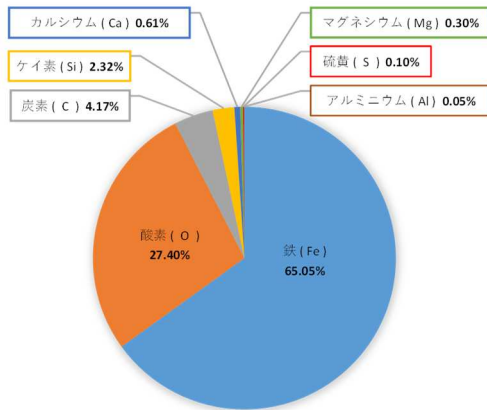
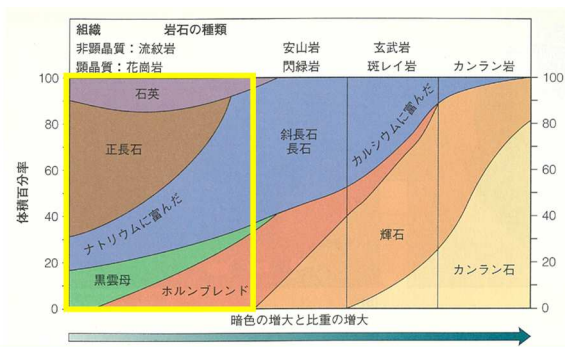


図-3 EDS 分析結果



鉱物	主な化学式
石英	SiO ₂
正長石	KAlSi ₃ O ₈
斜長石	NaAlSi ₃ O ₈ , CaAl ₂ Si ₂ O ₈
ホルンブレンド(角閃石)	Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₄ Al[(OH) ₂ AlSi ₇ O ₂₂]*1
黒雲母	K(Mg,Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH,F,Cl) ₂ *2
(参考) 磁鉄鉱	FeFe ³⁺ ₂ O ₄ *2

図-4 岩石の種類と主な鉱物¹⁾

6. 黒色粒子の発生要因及び影響評価

当該井戸で確認した黒色粒子の発生機構を井戸周辺の情報(井戸仕様や周辺環境、地形・地質等)や水文観測結果から推定し、トンネル工事に伴う影響を評価した。

(1) 地形、地質

当該井戸は丘陵地内に位置している。周辺の地質構成から、この井戸の取水帯水層は花崗岩中の裂か水であると推定されることから、黒色粒子が花崗岩由来の物質である可能性も考えた。しかし、花崗岩を構成する鉱物の主な元素は、ケイ素やアルミニウム、酸素である一方、黒色粒子の主要構成元素は、鉄、酸素が主体である。

このことから、岩盤中の裂か水から鉄が析出する可能性は低いと考えた。

(2) 取水深度

当該井戸周辺の主な建設工事はトンネル工事であり、標高55m付近(トンネル坑口)に位置している。

一方、当該井戸は標高26m付近に位置しており、取水標高は約-225m(井戸深さ250m)付近となる。

これより、トンネル工事で生じる湧水と当該井戸での取水深度は明らかに異なると考えた。

(3) 井戸の水質

両井戸の諸元(井戸深さなど)がほぼ同じであること、簡易水質測定でも水質の差が認められないことから、仮にトンネル工事に伴い黒色粒子が排出するのであれば、井戸の新旧を問わず、両井戸から黒色粒子が排出されるものと考えた。しかし、黒色粒子は設置時期が古い井戸Aのみ確認された。

(4) 黒色粒子の発生機構及び影響評価

上記の要素(地形地質、取水深度、井戸の水質)等を踏まえて、黒色粒子の発生機構を以下に推察する。

- ①地下水に溶存した鉄が空気中の酸素と反応し、井戸配管の内壁に酸化鉄として付着する。
- ②長年の井戸利用により、酸化鉄の付着量が徐々に増加し、時間経過とともにその一部が剥離することで、井戸水と共に蛇口から流出する。

以上の考察結果から、地下水と共に流出した黒色粒子については、周辺でのトンネル工事に伴う影響ではないと判断した。

7. まとめ

今回の事例では、井戸水の水質調査に加え、地形地質の他、地下水に関する情報と排出された黒色粒子の成分分析を直接に実施することで、黒色粒子の発生機構を明らかにして、トンネル工事による建設影響について評価することができた。今後は、今回の評価プロセスを参考に、地下水に関する観測結果(地下水位や水質等)だけでなく、対象物質の直接的な分析を行うことで、発生機構のより正確な把握が可能になり、工事影響の評価においても有効である。

以上

《引用・参考文献》

- 1) B.W.ピプキン, D.D.トレント(2003). シリーズ 環境と地質 I 環境と地質