

トンネルの排水による河川白濁事象一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 笹川 貴生
 ○井上 将
 JR 東日本コンサルタンツ(株) 正会員 村上 勇太

1. はじめに

トンネルからの湧水については下水又は河川放流にて排出を行っている箇所がある。今回、河川放流を行っている一部箇所において河川水が白濁していることが確認された。本事象を受け、当該箇所にて調査を行った河川の白濁とトンネル排水の関係性について報告を行う。

2. 構造物概要

トンネルは、全長 10.3km、経年 41 年の鉄道トンネルである。湧水の排水は、3 箇所ポンプ室にある貯水槽で一旦集水され、一定の量になると排水ポンプにより河川へ排出される。(図-1)

白濁事象が発生したトンネル排水を行っているポンプ室は、トンネル中間区間で発生した湧水を地上へ汲み上げ川へ放流する設備である。

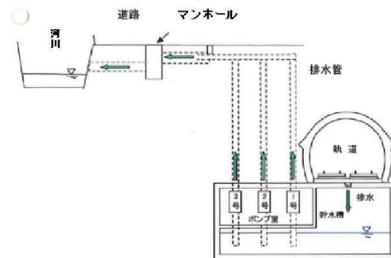


図-1 生田ポンプ室断面図

3. 水質調査

昨年 8 月下旬、放流される排水の環境影響と濁りの原因について、4 箇所（ポンプ槽、放流口、放流口の河川上・下流側）の採水を行い環境基準及び白濁要因として推定される物質の調査を行った。

3-1. 調査結果

調査項目とその分析及び結果の抜粋について以下に示す。(表-1)

表-1 調査項目及び結果(抜粋)

調査項目	調査結果
水質基準	pHを除き、環境基準値、または水質汚濁防止法及び川崎市条例による排水基準値を超える物質はなし。
結果 抜粋	水素イオン濃度(pH) 河川の上流(9.5)・下流側(8.8)では水素イオン濃度が環境基準値を超えてアルカリ性を呈していることが確認された。なお、放流口(7.7)で水素イオン濃度は環境基準値内であった。
鉄バクテリア	立坑、放流口ともに検出下限値をわずかに上回る値であった。下流側では検出されなかった。
カルシウム	河川上流で26mg/L、立坑、放流口ともに31mg/Lで検出された。これは我が国の一般的な環境水(淡水)のカルシウム濃度が5~20mg/L ¹⁾ 、淡水の元素組成の中央値15mg/L ²⁾ と比較しても高めの値であった。
浮遊物質	<1~11mg/Lと環境基準より低い値であったが、上流側と比較して立坑・放流口で高い値が確認された。

3-2. 原因の推定

(1) 炭酸カルシウムの生成

カルシウムが一般的な環境水より高い値であったことと、「上流側」が pH9.5 とアルカリ性を呈していることより、放流口から排水が河川水と混ざり、下記の反応が起こり、炭酸カルシウムが生成し白濁の原因になった可能性がある。



(2) 放流排水に含まれる浮遊物質による影響

立坑及び放流口の排水は、上流の水質と比べて浮遊物質の値が高いため、排水に含まれる浮遊物質が影響して河川が白濁している可能性が考えられる。浮遊物質は、トンネル湧水に含まれる鉄バクテリアによって増殖した汚泥(鉄やケイ素付着)の可能性が考えられるが、水質分析では生息している鉄バクテリアの濃度は低かった。これは排出される汚泥中の鉄バクテリアは、汚泥増殖に伴い死滅していたため低濃度で検出されたと推察される。

4. 白濁確認試験

前調査で推定された原因について検証するため、同年 11 月上旬に水質試料を採取し、1mの透視度計を用いて以下の白濁確認試験を行った。

キーワード 鉄バクテリア, トンネル排水, 河川白濁

連絡先 〒220-0023 横浜市西区平沼 1-40-26 東日本旅客鉄道(株) 横浜支社 TEL 045-320-2706

4-1. 試験項目及び結果

試験項目及びその結果について以下に示す。(表-2)

表-2 試験項目及び結果

試験項目	試験結果
①河川水と蒸留水を用いて比較した白濁生成実験(pHの影響による炭酸カルシウム生成の確認)	放流排水に同量の河川水(アルカリ性)または、蒸留水(中性)を混合したが、両者ともに白濁物質が生成される状況は確認されなかった。あわせて、両者の透視度に大きな差は確認されず経時変化も特になかった。また、上流側河川水の水素イオン濃度は8月下旬調査時より低い値(8.4)であったが、放流後の河川下流側は8月下旬測定時と同様に白濁した状態が確認された。
②透視度計測	放流口の排水の透視度は、36cmであり100cmまで滞水すると下流側と同じ色調(白濁状態)が確認された。また排水をろ過することで100cmを超える透視度となった。
③河川水と排水の混合水透視度計測	排水の割合が多いほど透視度が低くなる傾向が確認できた(1:1の割合で75cm)。また、河川水+ろ過水(放流排水)を1:1の割合で混合したが、白濁物質が生成される状況は確認されず、100cmを超える透視度となった。

4-2. 推定した原因の検証結果

(1) 炭酸カルシウムの生成

試験項目①白濁生成実験の結果より、白濁物質が生成される状況が確認できなかったことから、炭酸カルシウムの生成が、濁りの原因ではないと考えられる。

(2) 放流排水に含まれる浮遊物質による影響

試験項目②透視度計測結果より、水深が深くなると放流排水が白濁して見えることが確認された。あわせて、試験項目③により、排水をろ過(ろ紙口径:1.0μm)することにより、混合水は高い透視度になった。このことから、排水に含まれる浮遊物質が影響して河川が白濁して見えている可能性が高い。

5. 浮遊物質の元素分析及び微生物確認試験

浮遊物質の発生源を確認するため、放流排水をろ過して得られた捕集物(浮遊物質)とトンネル排水側溝に堆積した汚泥を採取し、X線分光器を用いた元素分析及び光学顕微鏡を用いた微生物の形態観察を行った。

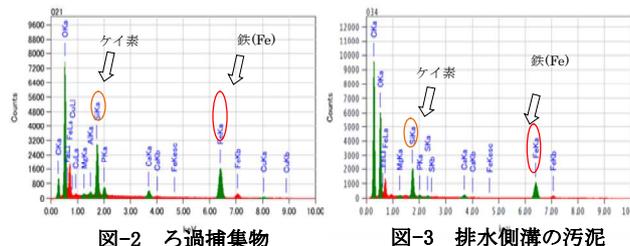


図-2 ろ過捕集物

図-3 排水側溝の汚泥

5-1. 元素分析結果

放流排水をろ過して得られた捕集物(浮遊物質)とトンネル排水側溝に堆積していた汚泥ともにケイ素(Si)と鉄(Fe)の質量パーセント濃度が高く、ピーク特性が一致していた。(図-2, 図-3)



写真-1 ろ過捕集物

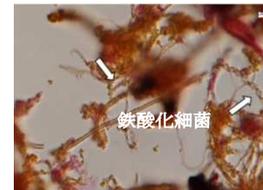


写真-2 排水側溝の汚泥

5-2. 微生物確認試験結果

両者を顕微鏡で観察したところ両者ともに糸状(鞘状等)の物質が多く存在し、その形態から鉄細菌であることを確認した。よって、トンネル排水側溝の汚泥及びろ過捕集物の成分は同じであり、鉄細菌が関係していることが分かった。(写真-1, 写真-2)

6. おわりに

河川の白濁については、原因としてトンネル内で発生した鉄細菌の汚泥が排水され、滞留することで白く見えている可能性が高い。水質基準項目の有害物質の各項目においても基準値を超過してないが、白濁事象において景観上の問題がある。今後、他のポンプ室との鉄細菌量の比較と与える影響の関係などの調査を進めつつ、効率的かつ経済的な浮遊物質の除去対策方法を検討していく。

参考文献

- 1) 小倉紀雄 半谷高久. 水質調査法. 第3版, 丸善株式会社, 1995.
- 2) H. J. M BOWEN(1979). Environmental Chemistry of the Elements. (ボーエン 浅見輝夫・茅野充男(訳)(1983). 環境無機化学-元素の循環と生化学-. 博友社.)