

P26. 濁水解析による伏流水取水施設の原水濁度の現況再現

Reproduction of raw water turbidity at subsoil water intake facilities by turbidity analysis

○西山 浩平, 松浦 祐樹, 山本 晃(八千代エンジニアリング), 渡邊 修(水文企画),
鷲見 浩司, 吉川 修一, 原昌成(八千代エンジニアリング)

Kohei Nishiyama, Yuki Matsuura, Akira Yamamoto, Watanabe Osamu,
Washimi Koji, Shuichi Yoshikawa, Masanari Hara

1. はじめに

A 川では、整備計画に基づく治水対策のため、流下能力不足箇所を対象とした河道（河床・高水敷）掘削が計画されている。対象地の河床下～高水敷には、地域の重要水源である伏流水取水施設が埋設されており、本対策が施設に及ぼす影響予測並びに取水機能確保が課題であった。上記の背景を踏まえ、調査・試験・解析を実施し、取水施設の原水濁度を現況再現することで、取水施設への影響有無・移設計画立案に資する知見を得た。

2. 調査対象地の概要

対象地の伏流水取水施設近傍で実施したボーリング調査より、砂混じり礫を主体とする Ag 層とシルト混じり砂礫を主体とする Dg 層が確認された。伏流水取水施設の集水管は、Ag 層が分布する深度 (T.P. -6.0m 付近) に設置されており、現河床までの土被り厚は約 8.0m であると想定された (図-1)。

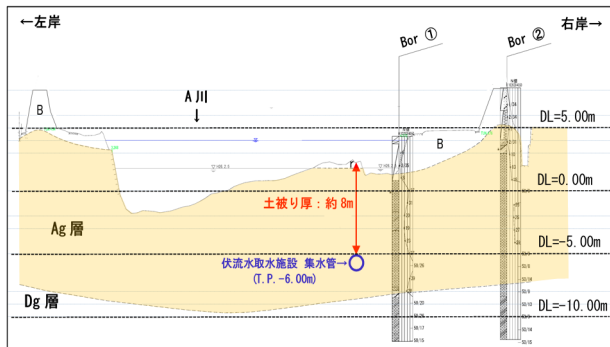


図-1 伏流水取水施設近傍の地質横断図

3. 伏流水取水施設の取水源(伏流水)の濁り特性

伏流水取水施設では、取水源となる伏流水の他、A 川の河川水の濁度を観測しており、西日本豪雨 (2018 年.7 月) において以下の濁り特性が認められた。

- ①西日本豪雨 (2018 年.7 月) に伴い A 川河川水の水位の上昇と濁水化が発生した。
- ②伏流水取水施設にも河川水の濁度変化に呼応した伏流水の濁度の上昇,低下が発生した。
- ③その濁度は最大 10 度であり、河川水の最大濁度約 300 度に比べ低かった。

4. 検討の手順

4.1 室内カラム試験による濁り特性の把握

Ag 層について、濁度を低減させる効果が想定されたため、室内カラム試験を実施した。試験は、ISO/TS 21268-3(2007)¹⁾に準拠し、上向流カラム通水試験とした(表-1)。本試験は、濁水源となり得る A 川の河床砂礫を純水に投入し攪拌・放置した懸濁液(約 300 度)をカラム試料に注水することで、濁度の低減効果を確認する「濁水試験」と、塩水を注入することで、カラム試料中に含まれる吸着イオンによる Na⁺あるいは Cl⁻への吸着効果を把握する「塩水試験」を実施した(表-2, 写真-1)。

表-1 カラム試料の仕様

試料の最大粒径	4mm 以下
試料径	φ 50mm
試料長	10cm, 20cm, 30cm
充填方法	<ul style="list-style-type: none"> ・1 層 2cm に分割して充填 ・125g のおもりを用いて、20cm の高さから 3 回落下させて締め固める ・試料の両端にはガラスビーズを充填することで密実性を高める

表-2 塩水試験および濁水試験の概要

塩水試験	<ul style="list-style-type: none"> ①純水の注水・飽和 ②塩水の注水 ※塩水は溶質：NaCl / 溶媒：純水、濃度は 1,000mS/m
濁水試験	<ul style="list-style-type: none"> ①純水の注水・飽和 ②濁水の注水 ※A 川の河床砂礫を純水に投入して攪拌させた懸濁液(約 300 度)を注入
試料長	10cm, 20cm, 30cm
注水量	5ml/min (300ml/hr)
試験時間	液固比 (L/S) : 1/10 まで (または通過水の水质安定まで)
採水頻度	L/S (液固比) : 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.5, 2, 5, 10
分析項目	<ul style="list-style-type: none"> ・電気伝導度 (塩水注水時) ・濁度 (濁水注水時) ・SS (濁水注水時)

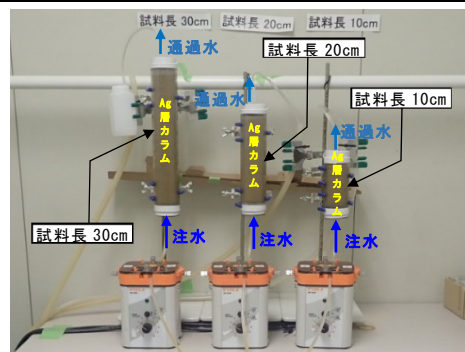


写真-1 室内カラム試験の実施状況

4.2 三次元解析モデルの構築

ボーリング調査結果から、盛土層(B層)の下面と沖積砂礫層(Ag層)の下面の標高を読み取り、それぞれの層の下面等高線図を作成した。これらの図から、伏流水取水施設の取水帯水層であるAg層の分布域を想定し、三次元解析モデルに反映した(図-2)。

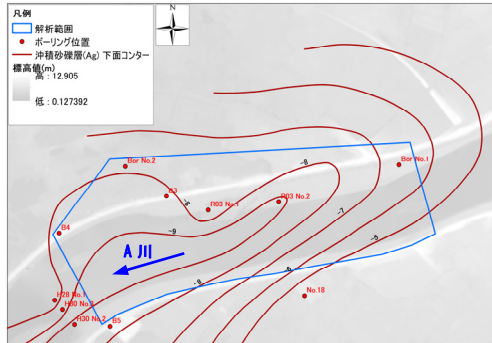


図-2 沖積砂礫層(Ag層)の下面等高線図の例

4.3 解析で用いる条件の設定

解析では、地形、地質、透水係数、地下水位、河川水位等の条件と共に、伏流水施設の構造や取水量、原水濁度を加味した(表-3)。なお、本解析では西日本豪雨時の原水濁度を再現するために、当時の表流水の最大濁度(約300度)を河川水濁度として設定した。

表-3 濁水解析で用いた設定条件

条件設定項目	設定値等	備考	
① 地形	現地地形	堤外(水面下含む)は実測測量結果 堤内は5mDEM	
② 地質	3層(盛土・沖積層・洪積層) (洪積層を3m厚までモデル化)	周辺のボーリング調査結果に基づき作 図した地層下面等高線	
③ 透水係数	盛土: 2.0×10^{-4} m/s 沖積層: 2.0×10^{-4} m/s 洪積層: 2.0×10^{-4} m/s	既往資料、原位置試験より設定	
④ 地下水位	施工前の地下水位(豊水期)	解析対象期間と同じ豊水期の地下水位のため	
⑤ 河川水位	定点の水位変化から 補間した水位	近傍に位置する堰の放流量から換算	
⑥ 河川水濁度	4.0~299.6度	表流水の濁度	
伏流水取水施設	集水管	T.P. -6.00m (直径1m)	伏流水施設の縦断面図の記載値
	水位	T.P. 0.66~5.97m	伏流水施設の資料
	取水量	0または18,370~19,402m ³ /d (0または89~94m ³ /d/m)	伏流水施設の資料
⑩ 原水濁度	0.60~10.0度	伏流水施設の資料	
⑪ 堤内地下水位	周辺井戸の 実観水位で固定	周辺井戸の水位変化データ	

5. 室内カラム試験の結果

(1) 塩水試験

カラムを通過した水(通過水)について、設定した時間(液固比)毎に採水し、電気伝導率(mS/m)を測定した。さらに、各通過水の電気伝導率 C(mS/m)と注水した塩水の電気伝導率 1,000mS/m(C0)を用いて C/C0 を算出し、塩水試験による C/C0 変化グラフを作成した(図-3 左図)。いずれのカラム長も C/C0=1.0 まで電気伝導率が上昇し、その後、値が安定した。また、カラム長が長いほど電気伝導率の濃度変化が遅延した。

(2) 濁水試験

カラムを通過した水(通過水)について、設定した時間(液固比)毎に採水し、濁度を測定した。さらに、各通過水の濁度 C(度)と注水した濁水の濁度 300度(C0)を用いて C/C0 を算出し、C/C0 変化グラフを作成した(図-3 右図)。いずれのカラム長においても濁度の低減

効果が認められ、その効果はカラム長が長いほど大きくなる結果となった。

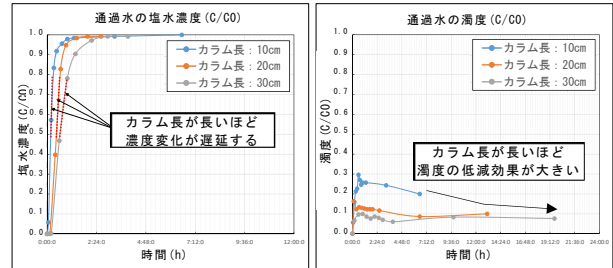


図-3 C/C0 グラフ(左図:塩水試験, 右図:濁水試験)

6. 豪雨時の原水濁度の再現

西日本豪雨が発生した期間(2018年7月3日~2018年7月16日)について移流分散解析を実施した。また、解析に用いた解析定数は、西日本豪雨時の現地観測結果や室内カラム試験の結果を用いて設定した(表-4)。

表-4 解析定数の設定値

定数	記号	単位	設定値	備考
スケール長	L	cm	1,000	河床~集水管までの距離
ペクレ数	Pe	-	7.5	塩水試験の平均値(供試体:3本) (スケール長と分散長の比率)
分散長(縦)	α_L	cm	132.5	塩水試験より算出($=L/Pe$)
分散長(横)	α_r	cm	13.25	分散長(縦)の1/10
有効空隙率	ne	-	0.31	塩水試験の平均値(供試体:3本)
半減期	$T_{1/2}$	h	5.0	Ag層を通過することで濁度が半分となる時間
減衰定数	λ	1/day	3.327	$\lambda=1n2/T_{1/2}$

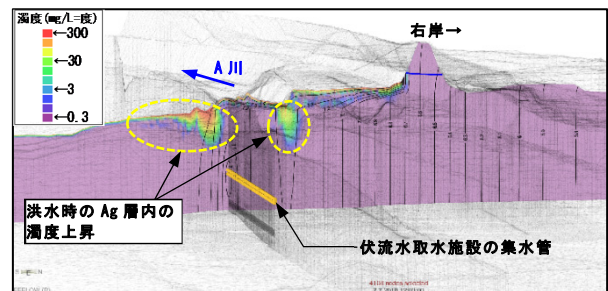


図-4 移流分散解析による濁度分布変化(豪雨時)

7. まとめ

西日本豪雨時の伏流水取水施設周辺の濁度変化を移流分散解析により可視化することができた。これにより、将来想定される河道掘削に伴う取水施設への影響の有無・移設計画立案に資する知見を得た。

8. 今後の展開

本法は、様々な建設工事で伴う掘削作業にも適用できるため、保全対象への濁水影響予測や、施工方法・工程や事前対策を検討する上で有用と考える。今後は、様々な取水帯水層について事例²⁾を蓄積し、本法の有効性を確認していきたい。

文献

- ISO/TS 21268-3(2007):Soil quality-Leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and soil materials -Part 3: Up-flow percolation test
- 西山浩平(2021):水源井戸の濁水影響予測・評価と地下水質モニタリング計画, 一般社団法人建設コンサルタント協会 近畿支部,第54回研究発表会