

酸素溶解式地下水追跡調査の実施例

奥山ボーリング(株) ○藤原 直哉
 秋田県仙北地域振興局建設部 松井 亜矢子
 秋田県平鹿地域振興局建設部 加賀谷 竹敏
 奥山ボーリング(株) 藤井 登

1. はじめに

本調査地では河川改修が計画され、近傍に位置する調査井戸は生活用水として利用されていることから、地下水流動経路の変移・水質への影響が懸念されている。トレーサーを利用した地下水追跡はこれまで幾つか報告されているが、本調査では調査井戸への影響を考慮し、利水に対する影響が少なく環境に配慮された酸素溶解式地下水追跡手法を用いて地下水追跡調査を実施した。地下水流動機構を解明する上で有益な結果が得られた事例を報告する。

2. 調査概要

(1) 調査地

調査地周辺は新第三紀中新世の泥岩を基盤とし、それを覆って沖積層及び段丘構成層からなる礫、砂及び粘土が分布する。ボーリング調査結果より、未固結層の層厚は6m程度であり、透水性の良い礫質土層が確認された。また、調査井戸は河川の合流部付近(写真-1)に位置し、水質試験結果から調査井戸の水位・水質は河川水の影響を受けていることが明らかとなっている。



写真-1 調査位置

(2) 調査経緯

同時期のボーリング孔内水位及び河川水位から作成した地下水等高線より、北西から南東へと流れる河川から

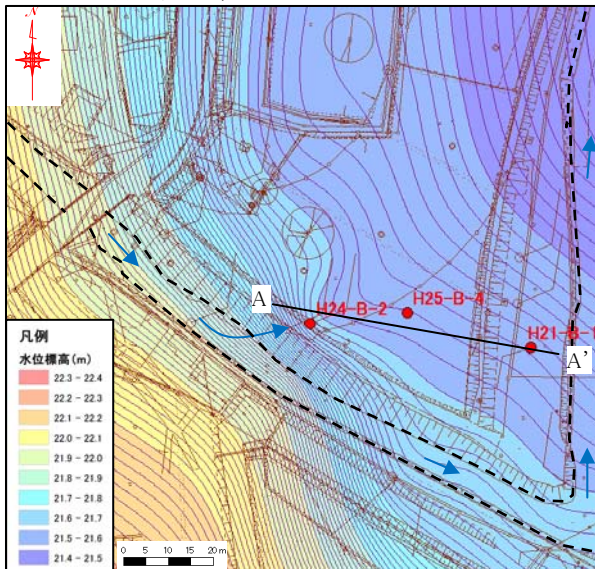


図-1 地下水等高線図

調査井戸周辺へ地下水が供給されていることが想定された(図-1)。次に、地下水供給範囲の把握を目的とし、1m深地温探査・河川流量測定を実施した。その結果、河川水温と地温が近似する箇所が確認され、その地点を挟んだ上流と下流で河川流量が減少していることが確認された。以上より、調査地周辺の地下水は当該箇所から河川水が伏流し供給されているものと想定された(図-2)。

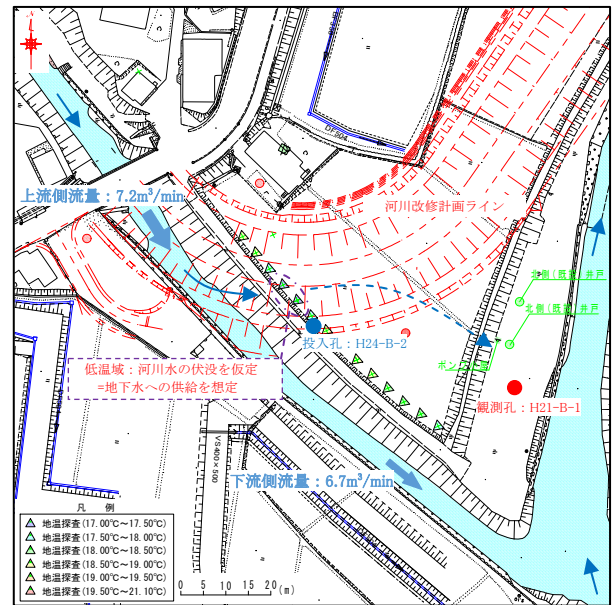


図-2 想定地下水流動経路図

地下水検層結果より、粘性土層の下位に位置する礫質土層を水みちとして地下水が流動していることが想定され、その透水係数kは現場透水試験結果より、 $k=1.36E-03(m/s)$ が得られている。河川水が伏流していると想定した箇所と調査井戸周辺が水みちとして繋がっているか確認するため、H24-B-2をトレーサー投入孔、調査井戸近傍に位置するH21-B-1を観測孔として地下水追跡を行った。トレーサー投入孔と観測孔の距離は約50mである(図-3)。

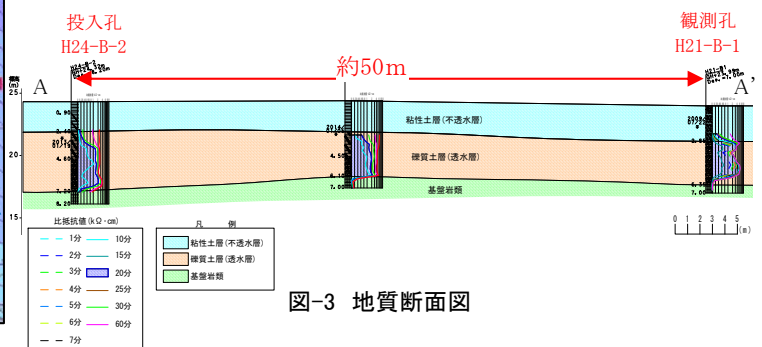


図-3 地質断面図

3. 地下水追跡調査

地下水追跡調査はトレーサーとして高濃度酸素水を用いた。この酸素溶解式地下水追跡は独立行政法人土木研究所、雪崩・地すべり研究センターで考案された利水に対して影響が少なく環境に配慮された手法で、調査井戸への影響を最小限に留めることを目的とし採用した。地下水の流動経路の判定は、観測孔で溶存酸素濃度(DO)がバックグラウンド(BG)値より高い地下水を検出したか否かを計測することで判断できる。

高濃度酸素水は、酸素ポンプから直接ボーリング孔内へ酸素を供給し、地下水に溶解させる手法で投入した。投入時間は用いた酸素ポンプ1本の容量をもとに、投入孔内の溶存酸素量がBG値と比べ明らかに高濃度(本調査では45~50mg/Lと設定した)を示してから7時間とした。

また、調査結果から得られた透水係数($k=1.36E-03m/s$)とトレーサー投入日の孔内水位を用い、ダルシーの法則により平均流速を

表-1 到達日数推定結果

項目	記号	単位	値
透水係数	: k	[m/s]	1.36E-03
投入孔からの距離	: L	[m]	50.00
投入孔との水位差	: Δh	[m]	0.47
平均動水勾配	: $\Delta h/L$		0.00940
想定透水係数	: k	[m/s]	1.36E-03
ダルシー流速(流束)	: $q = k \cdot \Delta h/L$	[m/s]	1.28E-05
想定空隙率	: n		0.1
実流速	: $v = q/n$	[m/s]	1.28E-04
到達日数	: $t = L/v$	[日]	5

求め到達日数の推定を行った(表-1)。試算した到達日数は5日、溶存酸素量は7日~10日程度で元の平衡状態に戻ることが既往試験により確認されている¹⁾ため、本調査での観測は7日間とし、その観測間隔は2時間とした。酸素濃度はUC-12H(セントラル科学製)を用い計測した。

4. 調査結果

(1) トレーサー検出の判定基準

BG 値の測定は9月20日より行い、降雨時、渇水時等のデータを収集した。DO の BG 値において、最大値は2.9mg/L、平均値Dは1.0mg/Lであった。トレーサー検出の判定は統計処理²⁾を用いた。計測したBG値の変動から求められる標準偏差を λ とすると、 $D \pm 3\lambda$ の範囲内に99%以上のBG値が入るため、 $D+3\lambda$ を超えるDOが確認されれば統計上トレーサー検出と判断できる。本調査の観測データより得られたBG値存在範囲上限値 $D+3\lambda$ は3.7mg/Lである(図-4)。

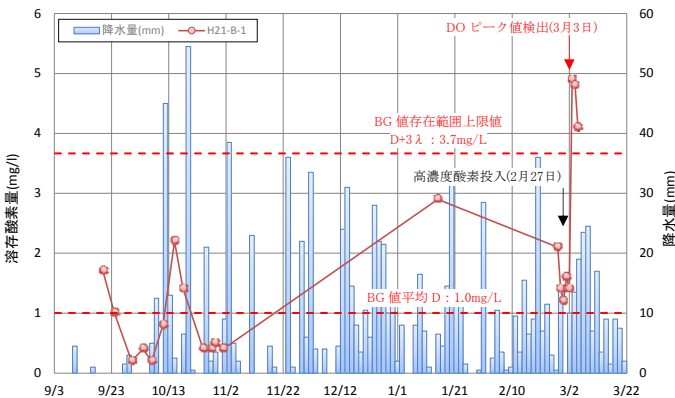


図-4 溶存酸素量観測結果

(2) 酸素溶解式地下水追跡結果

高濃度酸素水の投入は2月27日に行った。投入孔(H24-B-2)のBG値で測定されたDOは0.5~2.5mg/L程度の範囲内で変動しているに対し、高濃度酸素水投入中のDOは45~50mg/L程度の値を確認できたことから、トレーサーとして十分な高濃度酸素水を投入できたといえる。

観測孔(H21-B-1)のDOはトレーサー投入5日後の3月3日に4.9mg/Lを検出し、その後DOは徐々に減少しピーク値を確認できた(図-5)。得られたピーク値はBG存在範囲上限値 $D+3\lambda$ の3.7mg/Lを超えているためトレーサー検出と判断した。また、推定したトレーサー到達日数と地下水追跡により実際に投入から検出されるまでの日数は同じ5日であった。

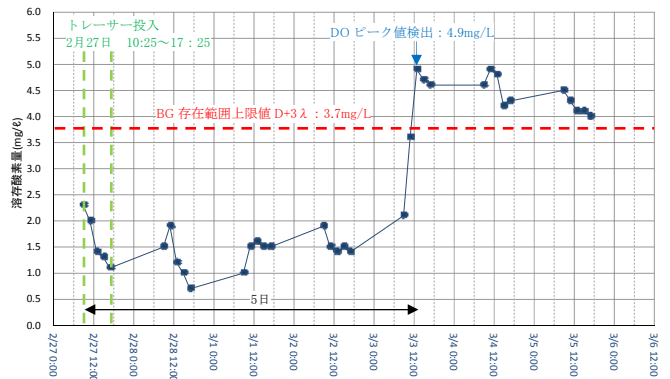


図-5 酸素トレーサー投入後の溶存酸素量変動図

5. まとめ

本調査では地下水追跡に高濃度酸素トレーサーを用いることで、民家井戸への影響を最小限に抑え、地下水流動機構を把握することができた。また、調査結果から得られた透水係数を用いて導いた到達日数と、地下水追跡調査で実際に確認された到達日数は整合性がとれていることが確認された。酸素溶解式地下水追跡は、地すべり地を対象として確立された手法であるが、平坦地形を成す砂礫段丘地においても有用であることが検証できた。

最後に、本報告に当たり、ご協力いただきました秋田県を初めとする関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) 独立行政法人土木研究所、雪崩・地すべり研究センター：地すべり地における地下水調査技術の高度化に関する研究
- 2) 山田剛二・渡正亮・小橋澄治：地すべり斜面崩壊の実体と対策，pp. 131~132, 1971. 9.