

14. 地下水流動状況の把握 ～水位変動・水質の観点から～

Grasp of underground stream situation -Viewpoint of water level change and water quality-

○渡邊聡 (復建調査設計)
小笠原洋 (復建調査設計)
佐竹伸二 (復建調査設計)

1. はじめに

道路施工に伴う井戸(地下水)への影響をモニターするために、施工前の水文データを集整理した業務において、水位変動・水質の観点から地下水流動に対する考察を行ったところ、よい相関を示すデータが得られたのでここに報告する。

2. 当地域の特徴と考察までの流れ

表-1 地下水流向・流速測定結果 (Bor. No. 3)

2.1 地質・水文地質

隣接工区の既往調査と本調査より、当地域の地質は上位より「礫混じり砂質土層：層厚約 1m」「有機質粘土層：層厚 1～2m」「玉石・転石混じり砂礫層：層厚 3～4m」「基盤岩」の4層に区分されると推定される(図-3参照)。

測定深度 (GL-m)	対象地盤	流向	流速 (cm/sec)
3.70	転石・玉石	N30° E	2.5×10 ⁻⁵
6.20	混じり砂礫	S30° E	1.0×10 ⁻⁵

また、既往の地下水検層 (Bor. No. 1, 2) 及び地下水流向・流速測定 (Bor. No. 3) では、主な地下水流動層は「砂礫層」であることや、流向は山側から河川方向であり流速は 10⁻⁵ オーダーであると推測されているが(表-1)、当調査地域は既往調査地点に隣接しており、かつ地形条件も類似していることから同様の地下水環境にあると考えられる。

2.2 水位コンター

観測期間 2 日で水位観測を行い、水位コンターを作成した。以下に観測結果を示す。当地域の井戸は深度が 3～7m 程度であり、既往地質調査より下位の砂礫層を主な供給源にしていると推測される。

表-2 水位観測結果一覧表 (単位は GL-m) No. 1, 2, 3 は埋設済み

地点No	井戸深度	水位	地点No	井戸深度	水位	地点No	井戸深度	水位
1	4.45	2.37	11	5.44	3.02	21	5.67	2.85
2	1.40	0.91	12	6.75	3.50	22	5.63	4.30
3	6.61	2.05	13	5.26	3.33	23	2.78	1.51
4	7.05	2.14	14	4.40	2.96	24	5.12	1.15
5	5.50	2.76	15	6.20	1.06	25	3.67	0.26
6	5.66	2.91	16	3.98	0.92	26	6.83	3.55
7	6.08	1.59	17	5.59	1.93	27	2.06	1.27
8	4.36	1.20	18	3.81	1.99	28	4.11	2.96
9	6.26	1.30	19	7.23	2.40	No.4	9.00	2.02
10	5.82	0.97	20	6.06	3.04	No.5	3.10	1.05

2.3 実効雨量を用いた再現水位の検討

自記水位観測は9地点で行った。観測記録は実効雨量による水位の再現を行った。

本方法では昭和59年建設省河川局通達「土石流災害に関する警報の発令と避難指示のための降雨量設定指針(案)」に示されている式を参考にし、短期と長期の2つの実効雨量を設定した。

$H = R_w / a + r_w / b + C$	
ここで、	
R_w : 短期実効雨量	$R_w = x + R_{w-1} \times 0.5^{\frac{1}{T_a}}$
r_w : 長期実効雨量	$r_w = x + r_{w-1} \times 0.5^{\frac{1}{T_b}}$
a : 低減係数	
b : 低減係数	
C : 定数	
x	: 当日の降水量
$R_{w-1} \cdot r_{w-1}$: 1日前の実効雨量(mm)
T_a	: 短期実効雨量の半減期(日)
T_b	: 長期実効雨量の半減期(日)

結果図の例を以下に示す。実線が自記水位計による実測水位で、点線が実効雨量を用いた計算水位を表している。当地区においては、概ね良いフィッティングを示している。

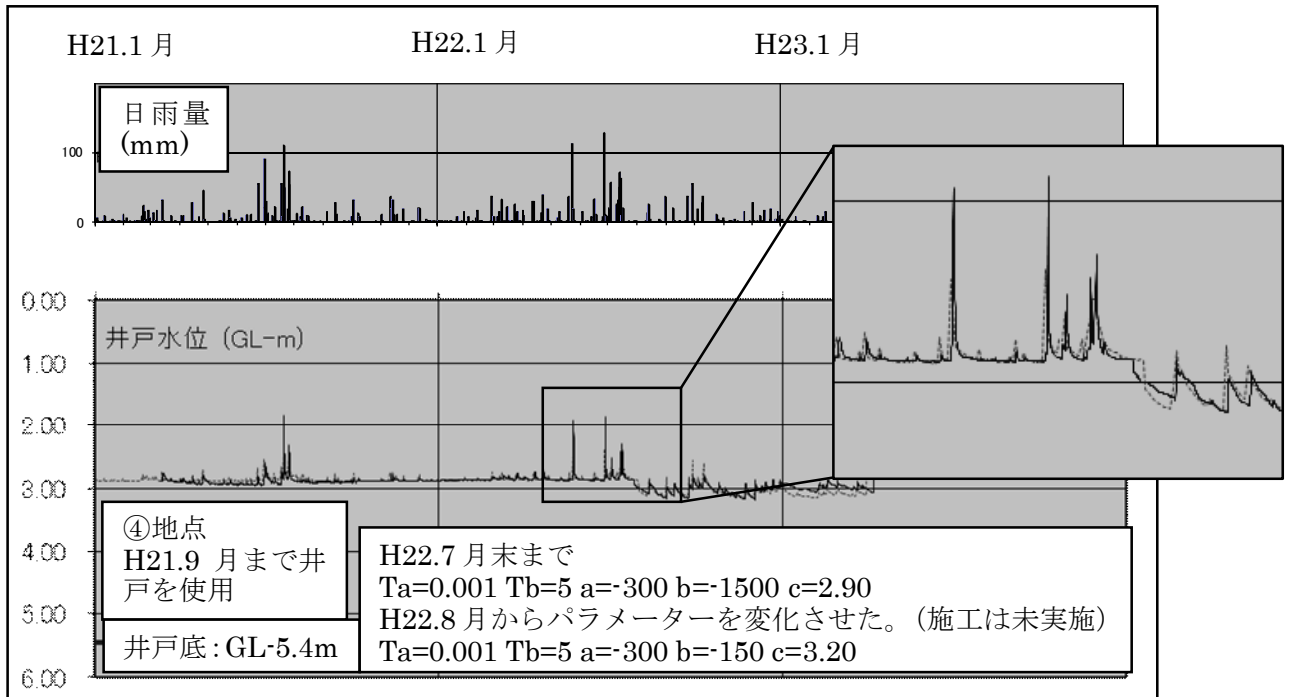


図-1 実効雨量による計算水位結果例

設定したパラメーター一覧を以下に示す（表-3）。

表-3 実効雨量による計算水位のパラメーター一覧

	3	4	10	11	11' ※
短期実効雨量の半減期 Ta	0.1	0.5	1	0.001	0.001
長期実効雨量の半減期 Tb	5	13	10	5	5
低減係数 a	-200	-500	-200	-300	-300
低減係数 b	-100	-250	-150	-1500	-150
低減係数 c	2.15	2.05	1.10	2.90	3.20
影響度***	15.0	6.0	11.7	4.0	10.0
	14	15	18	19	No. 4
短期実効雨量の半減期 Ta	0.01	1	0.1	0.1	2
長期実効雨量の半減期 Tb	5	5	3	3	15
低減係数 a	-200	-400	-400	-15	-500
低減係数 b	-1500	-100	-100	-100	-100
低減係数 c	2.90	1.00	1.80	2.60	2.00
影響度***	5.7	12.5	12.5	73.3	12.0

※観測途中でパラメーターが変化した地点

***実行雨量に対する水位の上昇度

このパラメーターが意味するところを、11、18 地点を例として以下に示す。

[11] (2010.7月末まで)

半減期 0.001 日と 5 日の雨が **5 : 1**※ (1/300 : 1/1500) の割合で井戸に流入している。
実効雨量の影響度は **4.0**{(1/300+1/1500)*1000} である。

[11'] (2010.8月以降：この工区で施工は始まっていない)

半減期 0.001 日と 5 日の雨が **1 : 2*****の割合で井戸に流入している。
水位面は低下したが、実効雨量の影響度は **10.0**{(1/300+1/150)*1000} と増加した。

[18]

半減期 0.1 日と 3 日の雨が **1 : 4*****の割合で流入している。
実効雨量の影響度は、**12.5**{(1/400+1/100)*1000} である。

※：半減期 1 日未満の実効雨量の流入割合が多い
 ※※：半減期 1 日未満と数日の流入割合が同程度
 ※※※：半減期数日の実効雨量の流入割合が多い

2.4 水質

当地区の水質分析項目として一般 10 項目、鉄、マンガン、硬度、EC の分析を行っており、これら水質分析データの間に関係がないか検討を行った。

検討の結果、水質分析項目により相関を示す項目は認められなかったが、隣接した観測孔（No.4 と No.5: サンプリング孔）における水質分析採水時に、No.4 は茶褐色を示し、隣接孔は黒褐色を示すなど鉄バクテリアの発生状況に違いがあった。

{「鉄およびその化合物」の検出量は両地点とも基準値(0.3mg/L)を超過していた}

このため、当地域は酸化還元状態に特徴が出るのではないかと予測し、観測箇所全地点について測定を行った。観測結果の一覧を以下に示す。

表-4 酸化還元電位観測結果一覧表（水温による補正済）

地点No	酸化還元電位 (mV)	地点No	酸化還元電位 (mV)	地点No	酸化還元電位 (mV)
1	475	14	528	30	392
3	419	15	462	31	344
4	527	16	410	32	325
5	519	18	476	33	478
6	479	19	597	34	323
8	455	22	411	No.4	293
10	497	24	482	No.5	260
11	500	29	166		

酸化還元電位は、電気伝導度と有機物に対してゆるい負の相関（-0.4~-0.5程度）が認められた（図-2）。

電気伝導度は、浅い地下水と深い地下水の流入割合を反映していると考えられるため、溶存量の少ない浅い地下水が相対的に多い地点では、電気伝導度が低く酸化還元電位が高くなる傾向を示すと推測される。

有機物はその分解のために酸素を消費するため、負の相関を示すと考えられる。

- ①地下水流動が一樣の場合、有機物量が多いと酸化還元電位は低くなり有機物量が少ないと酸化還元電位は高くなる。
- ②有機物量が一樣の場合、地下水流動が大きいと酸化還元電位は高くなり地下水流動が小さいと酸化還元電位は低くなる。

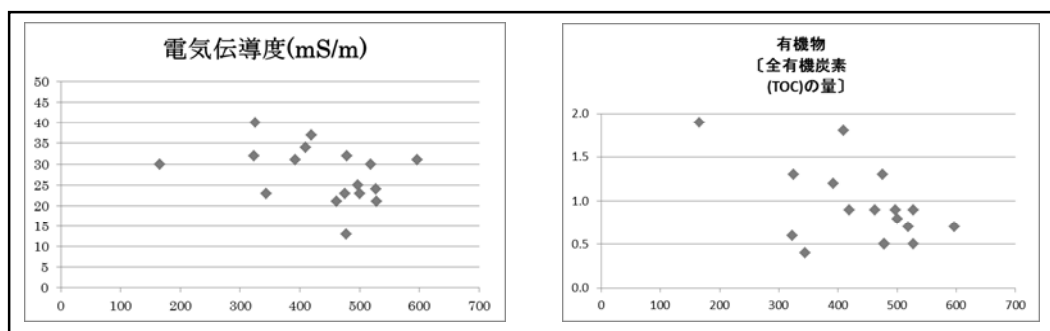


図-2 酸化還元電位との相関{横軸：酸化還元電位 (mV)}

5. 地下水流動状況の評価

検討項目をまとめると、以下ようになる。

(1) 水位コンター

水位コンターより、当地区の地下水の流向方向は西⇒東（西北西⇒東南東）方向が卓越していると想定される（図-3）。これは既往地下水検層結果とも一致する。また、水位面には尾根状部と谷状部が存在する。

(2) 短期実効雨量と長期実効雨量の流入比

実効雨量による計算水位結果より、観測地点ごとの短期実効雨量と長期実効雨量の流入比や、水位上昇に対する実効雨量の影響度が異なることが明らかとなった。

(3) 酸化還元電位

当地域の酸化還元電位は、最低値 166mV から最高値 597mV まで、値の分布が幅広い。また、酸化還元電位値の高低によって地図上でグルーピングすることができた。

これらの結果をまとめた図を次ページに示す。これによると、(1)～(3)の間には以下の相関が見て取れた。

・水位コンター（谷部①）は、半減期 1 日未満（短期実効雨量）の流入割合が多く、酸化還元電位が高い傾向にある。

・水位コンター（谷部②）は、半減期 15 日程度（長期実効雨量）の流入割合が多く、酸化還元電位が低い傾向にある。

6. まとめ

- ・当地域の地下水には実効雨量の係数と酸化還元電位に相関が認められる地点があること、また特徴の異なる水ミチが帯状に分布することが明らかとなった。
- ・道路工事は表層付近を主な施工対象とするため、喫緊の雨量の流入割合が多くかつ施工地点から東南東方向の地点が施工の影響を受けやすいと推測した。
- ・調査範囲南側（図-3 参照）には酸化還元電位が高く、降水に対する水位変動が大きいなど、北側と性質が異なる地点が存在する。当該地点は西側から流れる河川にも近く、堆積場の違いがこれらの値に影響を与えたものと推定される。
- ・本検討のように、地形・地質の条件次第では、実効雨量を用いた計算水位や酸化還元電位を用いて地下水流動状況を推測することも可能であると考ええる。

以上

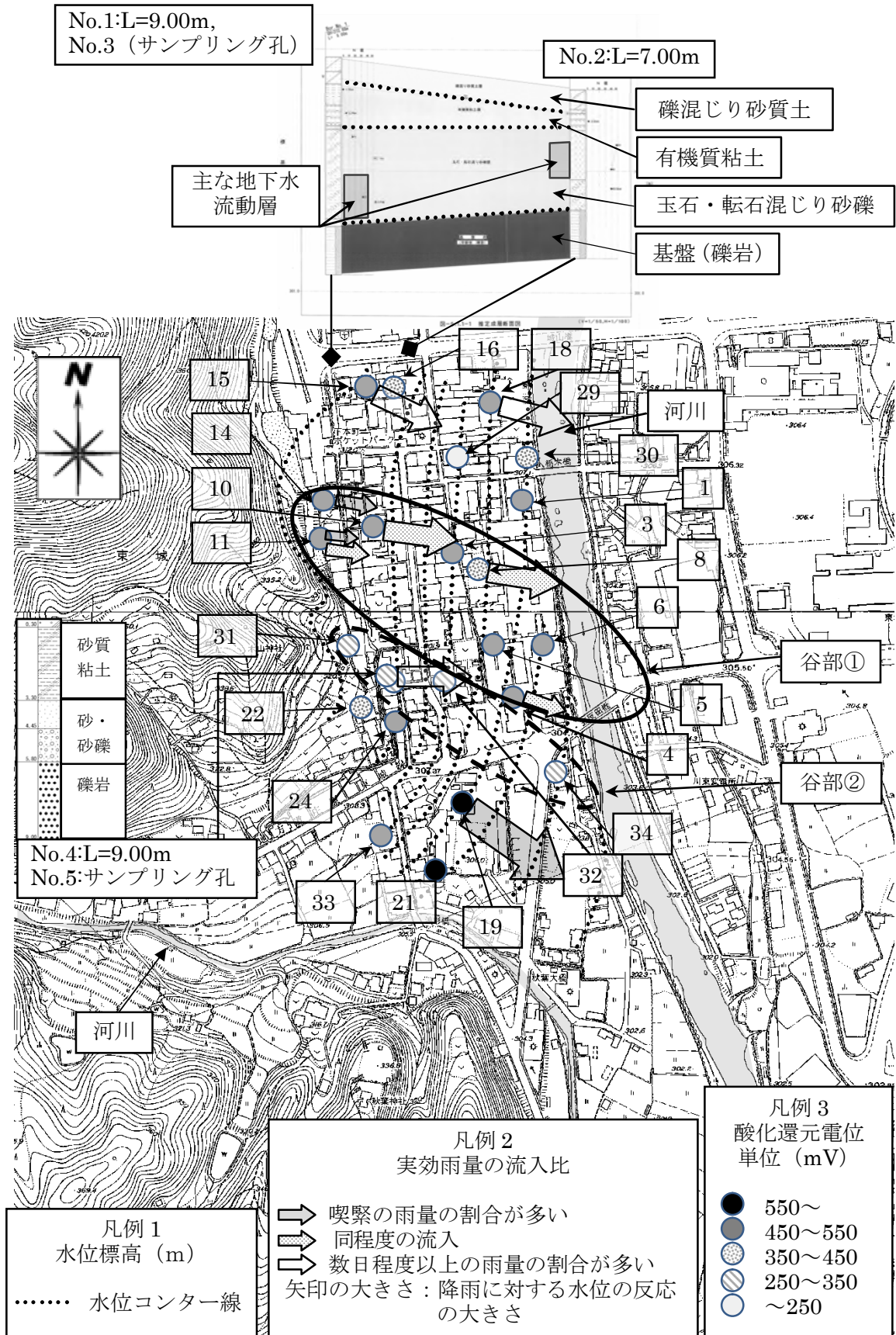


図-3 検討結果図 (S=1:4,000)
 ※No. 1~No. 3 は既往調査孔 (埋設済)