

21. 島嶼部における小規模砂防ダム建設に伴う地下水汚濁検討方法

Method of examining groundwater pollution according to Sediment Control Dam construction in islands

- 露口耕治 (株)四電技術コンサルタント
寺本光伸 テラ・アクアリサーチ
栢木智明 (株)K-HGS

1. はじめに

瀬戸内海に分布する島嶼部は、本土に比べて小さな流域で構成される傾向にあり、通常このような流域では地下水賦存量は少ない。このため、島嶼部では限られた量の地下水しか利用できない場合が多いのが現状である。

小規模であれ、このような地域に砂防ダム等の地下水の流れに影響を与えるような構造物が建設される場合、井戸水源の枯渇といった地下水に対する問題が生じることが懸念され、事業を行なう際には十分な注意が必要である。

本件対象地域においても、砂防ダムの建設やその下流部における水路工事によって、下流域の地下水涵養を阻害し、工事箇所下流に分布する井戸の水位低下（井戸水の水量減少）の可能性が懸念された。そのため、事業計画段階において、砂防ダム下流部の水路を地下水涵養が可能な構造である2面張り水路とした（図-1 参照）。この結果、地下水位の低下や井戸水枯渇といった影響は生じなかったものの、一部の井戸において汚濁（濁り）の発生が確認された。

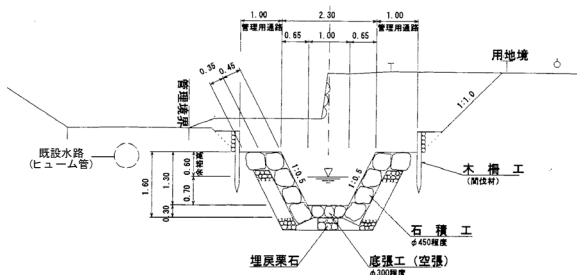


図-1 水路施工図

このような場合、事業においては、補償を行なうか否かの検討が必要となるが、そのためには、砂防ダム工事と地下水汚濁の因果関係について明確にする必要がある。

一般的には、地下水汚濁のメカニズム解明や影響予測を行なうためには、調査ボーリング等を含む総合的な地下水調査や、シミュレーション解析を行なう。しかしながら、小規模な砂防

ダム工事においては、工期や予算の都合から、地下水位観測・水質調査といった最小限の調査しか行なえない場合が多い。

本稿では、最小限の現地調査結果から工事と地下水汚濁との因果関係についての検討した事例について報告する。

2. 砂防ダム周辺の状況

2.1 砂防ダム周辺の概要

今回対象とする建設工事は、標高 200m 付近の尾根に源を発し、海までの流下延長が約 800m の短い緩勾配の河川下流部に建設された砂防ダム工とダム下流部で行なった水路工である。

工事箇所の下流部には、小起伏山地の山麓部に広がる小規模扇状地の扇端部から海岸部にかけて多くの民家が分布し、局所的に極めて高い人口密度を形成している（図-2）。

これらのほとんどの民家では、生活用水や農業用水として利用する井戸を所有している。特に、工事箇所に近い扇端部付近では、井戸水を飲料水として利用する民家が多く存在している。

調査地付近の地質は、中生代頷家貫入岩類に区分される黒雲母花崗岩を基盤岩とし、低地を形成している未固結の海浜堆積物が基盤岩を被覆するように分布している。また、山麓部や開析された谷には砂・礫等を主体とする未固結の崖錐堆積物が分布し、当地区の民家で使用する井戸水のほとんどは、この砂礫層中の地下水を取水している（図-3）。

2.2 地下水流動状況

現地の水文状況を把握するために実施した空中写真判読結果によると、工事箇所下流部で現河道から分岐して左岸側の低地部に分岐する水みち（旧河道）が想定された（図-2 に点線で示す）。また、井戸の水位測定結果から記した地下水等高線によると、現河道の左岸側に想定される水みち付近に地下水の谷が形成されている事がみとれ、

当流域で供給される地下水は、この地下水谷(水みち)を主な流動経路として流出していることが考えられる。

また、これらの水みち部周辺に位置する井戸で

行なった簡易揚水試験結果では、地下水の透水係数は $k=1.0 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ という結果が得られている。

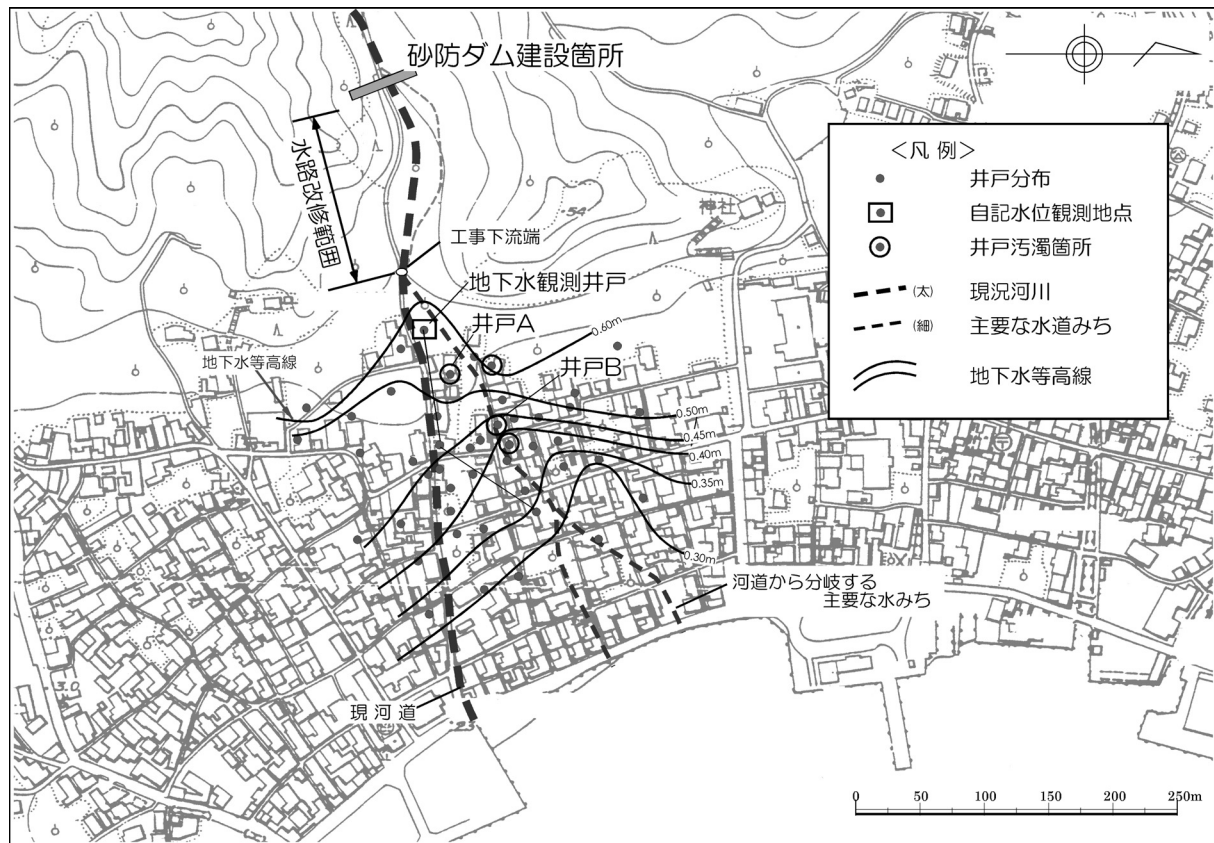


図-2 現地位置図

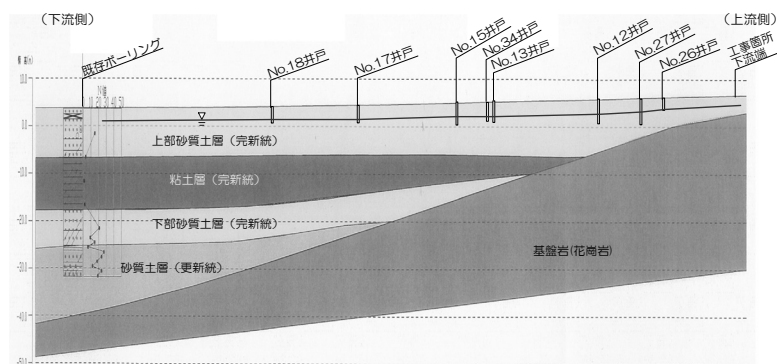


図-3 想定地質断面図 (現河道縦断方向)

3. 民家井戸の汚濁発生状況

3.1 濁度観測結果

図-4は、水路工の工事中から工事後にかけて実施した井戸の濁度観測結果を示した。

濁度観測結果によると、施工中から施工直後の平成18年4月～9月に、井戸-A・井戸-Bの井戸水とも濁度の値が上昇し、飲料水の水質基

準値である「2度」を上回ることが確認された。これらの井戸では、工事終了から約1年が経過した平成19年7月にも同様に濁度の値が上昇した。

これらの井戸で濁度の上昇は、工事箇所直下の水位観測井戸の水位が概ねEL=1m付近まで達した時にみられる傾向である。

3.2 井戸水の汚濁発生要因

図-5は、工事箇所周辺の地下水位断面図を示す。

なお、図中には、基底水位時および降雨後の3時期の水位を抽出して地下水位線を示すとともに、以下のダルシーの法則により試算した地下水流速を併記した。

$$v = k \times i \quad \dots \text{ダルシーの法則}$$

ここで、

$$k = 1.0 \times 10^{-3} \text{m/sec}$$

i : 地下水勾配 (= 水位差 / 水平距離)

この結果、基底時には工事箇所下流部の地下水位は概ね $EL=0.2\text{m}$ であり、実流速は概ね $1.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ と試算される。

同様に、井戸の濁りが発生する水位レベルである観測井戸水位 $EL=1\text{m}$ の時の実流速は

$5.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ 、観測中最高水位となる $EL=1.85\text{m}$ の時の実流速は $2.1 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ となり、基底時に比べ5~20倍となる。

地下水の流速が早くなる降雨時には、2面張り水路上を濁水が流れるため、地下水に涵養される水は濁水となる。浸透した濁水は、降雨時に上昇した流動速度の速い地下水として通常の5倍以上の流速で下流部に流下していると想定される。

下流井戸での汚濁発生要因は次の2点と考えられる。

- ① 降雨時に発生した濁水が二面張り水路から地下水へ浸透する
- ② 降雨時の地下水位上昇に伴い、地下水の流動速度が速くなり、水路から浸透した汚濁水が井戸に到達しやすくなる

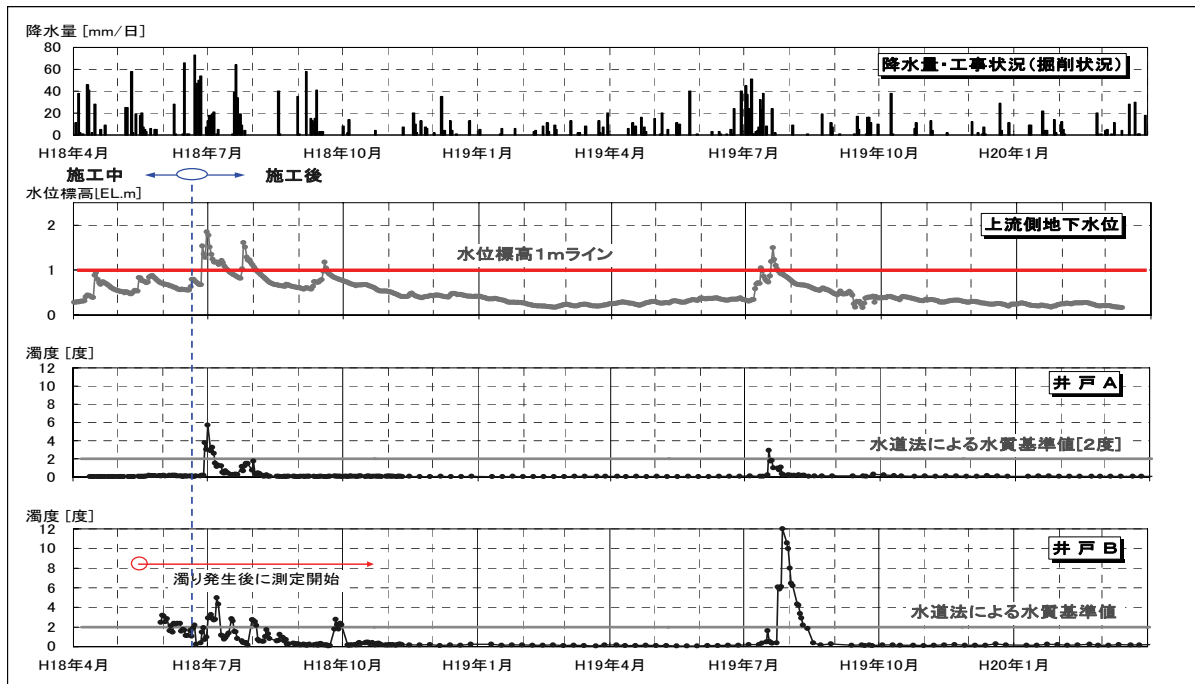
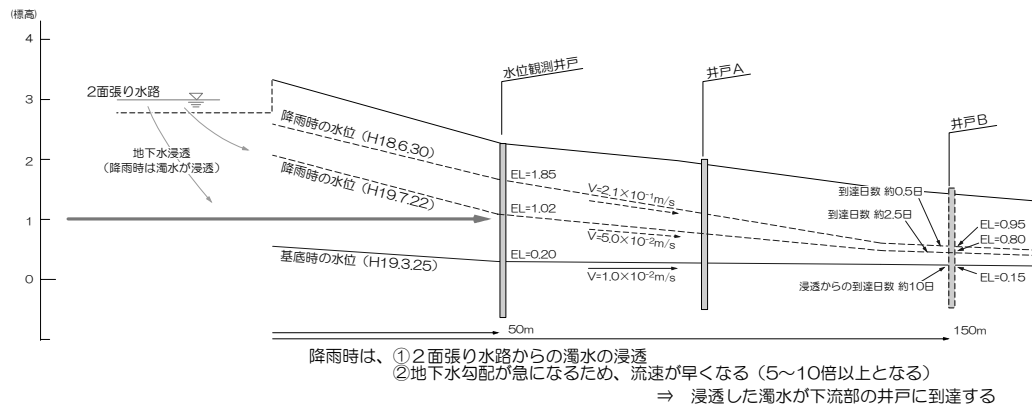


図-4 濁度時系列変化図



降雨時は、①2面張り水路からの濁水の浸透
 ②地下水勾配が急になるため、流速が早くなる(5~10倍以上となる)
 ⇒ 浸透した濁水が下流部の井戸に到達する

図-5 工事箇所下流部の井戸水位

4. 将来的な井戸汚濁の可能性について

井戸の濁度観測結果では、水路工事終了から約1年後の段階においても、降雨後に井戸の濁りが生じる状況を確認した。

通常、工事による井戸の汚濁は、工事の際の地下水水面以下の掘削によって発生し、工事終了後には汚濁が解消されることが多い。

しかしながら、本件の場合の汚濁発生原因は、3.2 項に示すように砂防ダム下流の水路工形状を2面張りにしたことによると推測される。

そのため、当地域では、将来的にも地下水の汚濁が頻繁に発生する可能性が想定される。

そのため、実際に、今後汚濁が発生する可能性の有無について、水位観測井戸の水位上昇と井戸水の汚濁に関係があることに着目して、検討を行った。

ここでの評価方法は、降水状況と井戸水位変動状況の相関性を用いて、今後の観測井戸水位を想定した上で、観測井戸でEL=1m以上となる時期を井戸の汚濁発生時期として予測する手法を用いた。

水位再現計算については、以下に示す降雨多重相関を用いた手法により行った。

- ① 観測水位と、観測日前n日間の降水量累計相関性を比較し、最も相関性の高い日数を検討する（本検討では、n=60日 が最も相関性が高かった）。
- ② 累積降水量と観測水位の相関性が最も大きい、60日間の降水量を基に、下記式により重み付けを行い、最も観測水位と相関性の大きい係数を検討する。（図-6）

$$P_{60} = \sum_{n=1}^{60} (P_n) \times a^{n-1}$$

ここで、

P_{60} : 重み付けを行なった降水量総和

P_n : n 日目の降水量

a : 係数（当件では $a=0.94$ とした）

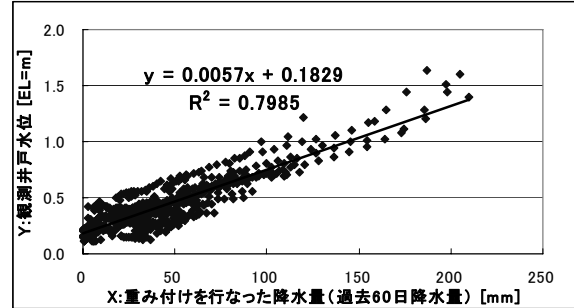


図-6 降水量—水位相関図

- ③ ②で求めた相関式（本件では図-6内の相関式を適用）を用いて、再現水位を求める。

ここで使用する降水量（ $X=P_{60}$ ）の値については、同定作業には実測降水量を用い、将来の予測計算には、同地点の過去の降水量をあてはめた。

水位再現検討結果は図-7に示した。

当検討図によると、下流側での井戸水の濁りが顕著化する『井戸水位標高 EL=1m 以上』となる時期は、今後も毎年発生する予測結果が得られた。

このことから、本件では、汚濁発生頻度に違いはあれ、今後も、毎年井戸水の汚濁が発生することが想定され、毎日の生活に必要な生活用水（飲料水）を安定的に供給する井戸としては今後機能しないものと判断した。

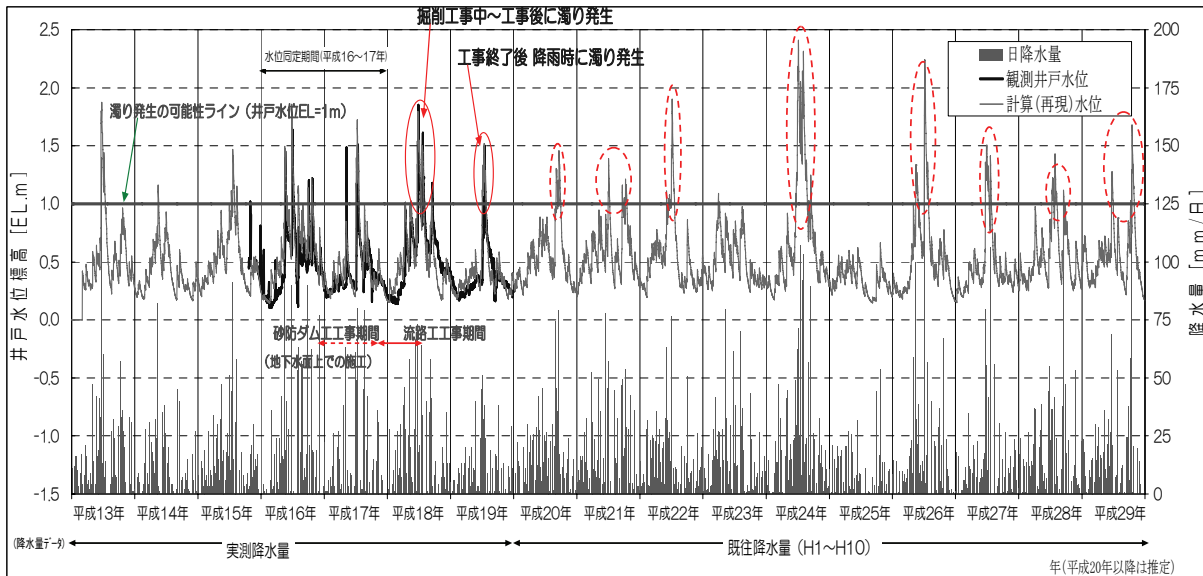


図-7 工事箇所下流部の井戸水位