

12. 海岸平野における地下水特性と工事の影響評価について

Characteristics of the Groundwater in Coastal Plain and Impact Evaluation of River Improvement Works

宮地修一・須内寿男・中村早希・土居範昭
(構営技術コンサルタント株式会社)

1. はじめに

高知県土佐市宇佐地区の海岸平野では、台風等の集中豪雨や高潮の影響によって、河川の流下能力が低下し、浸水被害が発生していた。このため、平成 18 年度より、河川の流下能力向上を目的とした河川改修工事（河積拡大：幅幅や掘り込み）が下流側から実施されている。この河川改修に伴って、河川からの地下水涵養状況が変化し、地下水環境への影響（主に塩水化）が懸念された。そのため平成 16 年度より、河川改修工事に伴う地下水環境の変化を把握するための地下水調査を実施している（図 - 1）。

本稿では、同地区の地下水特性、工事による地下水への影響、工事完了後の地下水環境への影響評価について報告する。

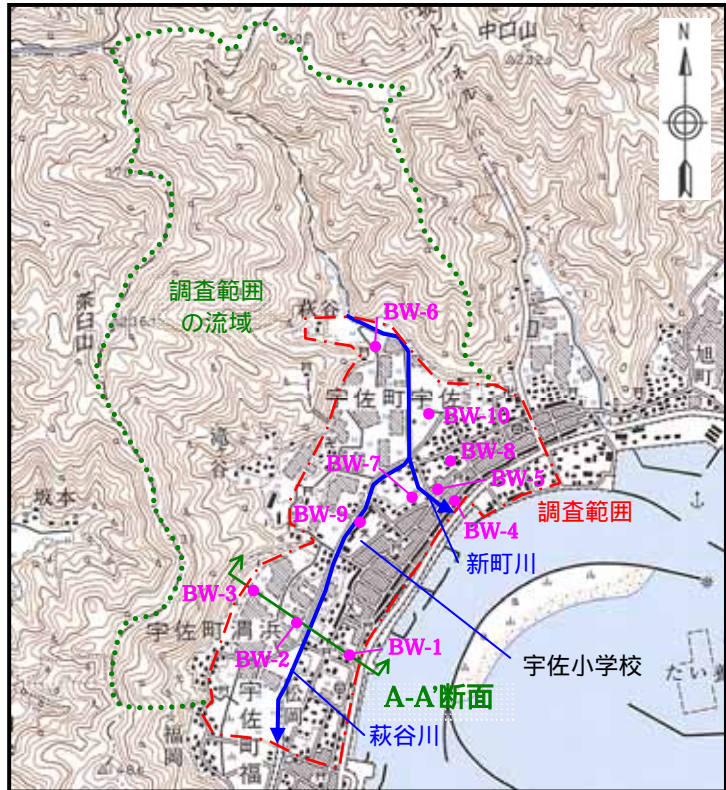


図 - 1 調査範囲と観測孔位置図(縮尺：1/25,000)
出典)国土地理院「土佐高岡」に加筆

2. 地下水特性

2.1 水理地質構造

調査地の基本的な地質構造は、下位より砂質～砂混じりの粘性土層（Ac）、細砂～中砂を主体とする砂質土層（As-3）、中砂～細砂を主体とする砂質土層（As-2）、中砂～粗砂を主体とする砂質土層（As-1）の順に堆積している（図 - 2）。

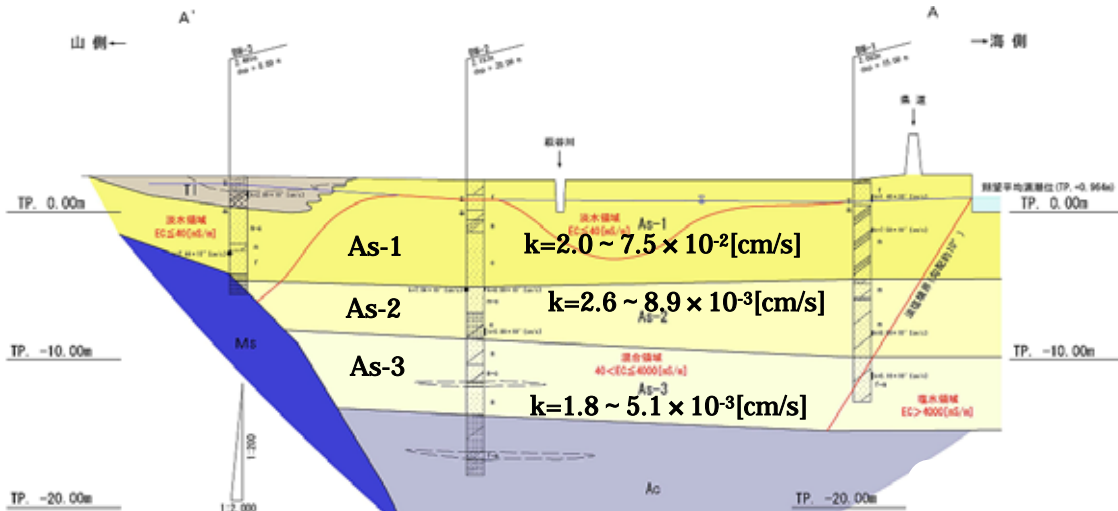


図 - 2 A-A 断面の水理地質断面 (SH=1/5,000, SV=1/500)

上位3層の砂質土層は、それぞれ厚さ5m前後でほぼ水平に堆積し、調査地の帯水層となっている。同層の透水係数は、概ね $10^{-3} \sim 10^{-1} \text{cm/s}$ のオーダーで、上位ほど透水性が良い傾向にある。上位ほど細粒分の割合が小さく粒度が粗くなることから、海退時における堆積を示していると考えられる。

2.2 地下水位

地下水位は、海岸線付近でTP.-0.2~0.7m程度、山際でTP.3.5~4.0m程度である。地下水位勾配は、一般的には陸から海へ向かって傾斜しているが、宇佐小学校より南側では、降水量が減少すると逆に海から陸へ向かう勾配が形成される(図-3)。これは、養鰻場による過剰揚水も一因として考えられるが、背後の集水面積が、宇佐小学校より北側で1.3km²であるのに対し、南側では約1/4の0.3km²であることも影響していると思われる(地下水供給ポテンシャルの差、図-1)。

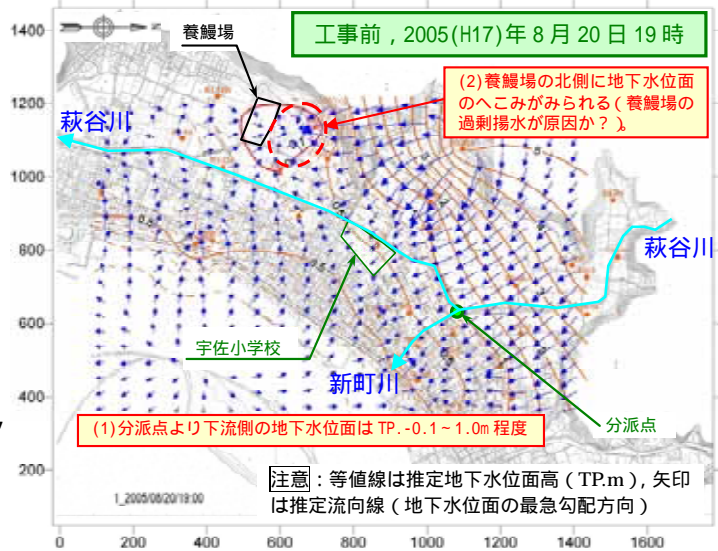


図-3 工事前の地下水位等値線図と流向ベクトル

2.3 塩水化

塩水化状況は、BW-1にのみ海水と同程度の電気伝導度($EC=4000 \text{[mS/m]}$)を示す地下水が、GL-12m以深に存在する(図-4)。一方、同孔とほぼ同じ沿岸部に位置するBW-4では同様の深度でも EC 値は1/100以下である。これも、BW-4付近の地下水量が多いことにより、淡塩境界を押し下げているものと推察される。

また、表層付近(概ねGL-5m以浅)の地下水の塩水化状況は、宇佐小学校付近を境にして、南側で $EC=30 \sim 230 \text{[mS/m]}$ 程度、北側で同30[mS/m]以下となっており、表層地下水の状況も、深部の塩水化状況の違いと整合する(図-5)。

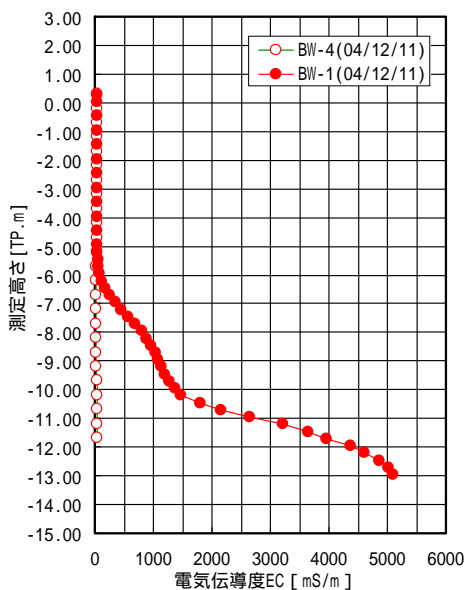


図-4 工事前のBW-1とBW-4のEC値の鉛直分布

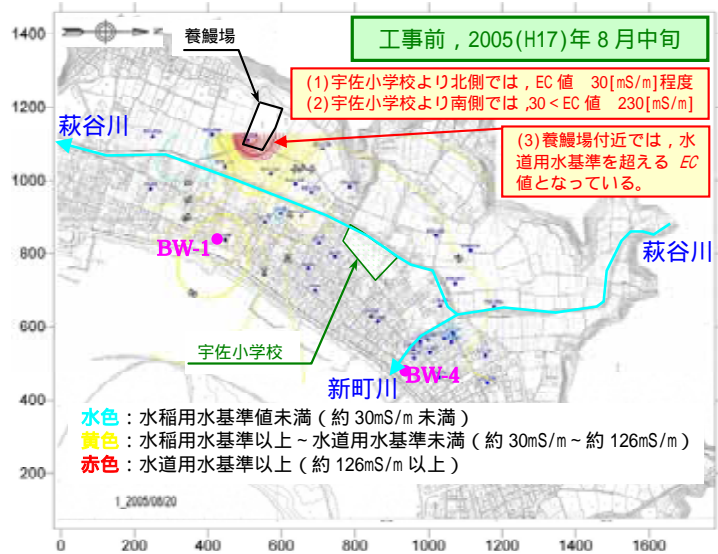


図-5 工事前のEC値等値線図

3. 工事による地下水への影響

3.1 地下水水位低下

工事が最盛期を迎えると、施工ヤードの地下水を排除するための釜場排水が継続され、工事区間を中心に地下水水位低下がみられた(図-6)。特に湧水期には、地下水面の高さがTP.0m以下となる範囲が広がり、満潮時と重なると、海面が内陸の地下水水位面を超える状態が頻繁に起こり、地下水水位低下に伴う井戸の揚水障害、水質悪化(濁りの発生)がみられた。

3.2 塩水化

地下水水位低下と連動して、沿岸部や宇佐小学校より南側の地域では、地下水のEC値が上昇し、沿岸部ではEC=800[mS/m](海水の約1/4程度の塩分濃度)を記録した(図-7)。BW-1では淡塩境界が3m上昇し、BW-4においても、TP.-1m付近までEC=3000[mS/m]を記録した。また、表層地下水においても、水道用水基準を超過するEC値126[mS/m](Cl⁻ 200mg/L)以上の範囲が広がり、地下水が利用できなくなる状況となった。

4. 工事の影響評価

4.1 地下水水位

地下水水位は、主に降水の影響を受けて変動することから、降水量と地下水水位の関係から、工事の影響を評価することとした。評価手法としては、水産・営農活動による短期的な水位変動の影響を除去する目的で、月平均水位と降水量の関係と比較することとした。その際、降水量は、各時期によるデータの相関やバラツキ等を考慮し、月平均水位を算出した月とその前月の2ヶ月間の累積雨量を採用した。

BW-2地点では、工事前()と工事中()を比較すると、近似式ベースで0.1~0.3m程度の水位低下が起こっている。

その後、工事後()になると、データの散布状況、近似式係数ともほぼ同程度に回復しており、工事の影響は解消されていると評価した(図-8(a))。

一方、BW-7地点では、工事前()と工事中()を比較すると、近似式ベースで0.2~0.3m程度の水位低下が起こっている。その後、工事後()になると、データの散布状況、

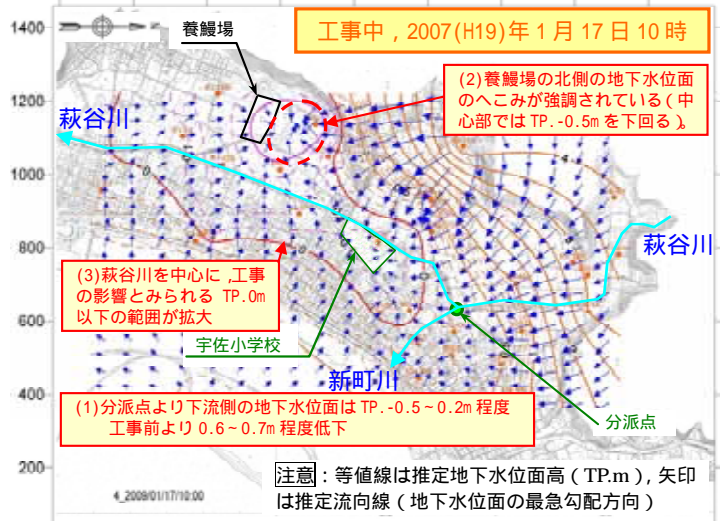


図-6 工事中の地下水水位等値線図と流向ベクトル

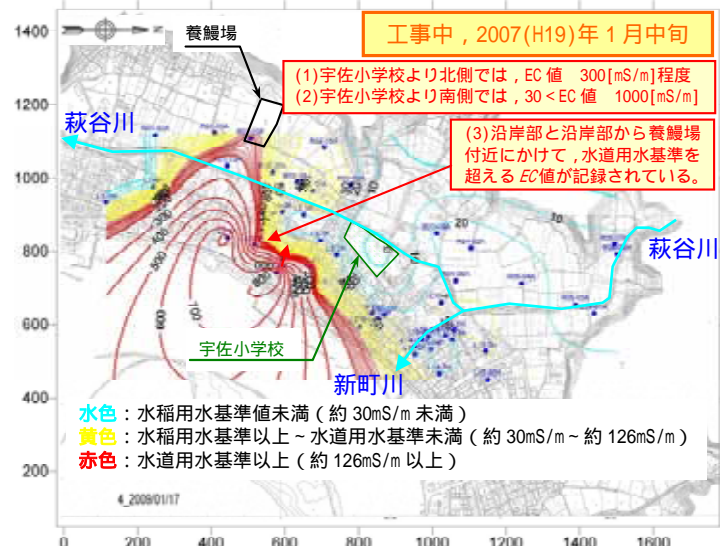


図-7 工事中のEC値等値線図

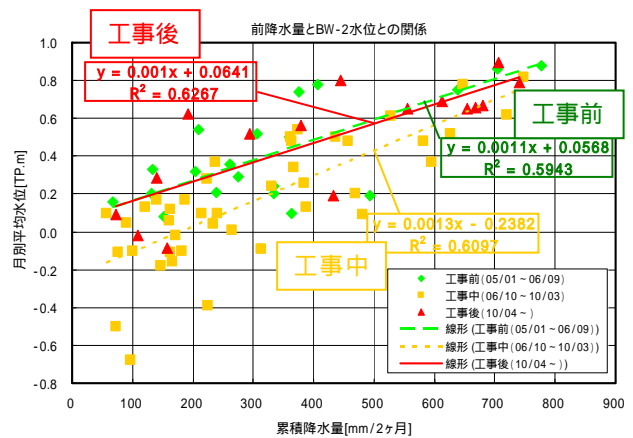


図-8(a) BW-2の降水量と観測水位の関係

近似式係数ともあまり回復しておらず、降水量が多いほど工事の影響が残っている可能性がある(図-8(b))。

4.2 塩水化

塩水化に関しては、微小変化も可能な限り把握することによって、塩水化を早期に発見することができる。そこで、鉛直方向の塩水化状況を定量的に把握するEC積分評価法(測定EC値を深度方向に積分した値)で評価した¹⁾。なお、積分ECを鉛直方向の地下水位幅で除したものが平均ECである。

BW-1 地点では、工事前の積分EC=15000[mS/m*m]であったが、工事中には最大約2倍まで上昇している。工事後には、同21000[mS/m*m]まで低下し、ほぼ工事前まで回復している(図-9上図)。

BW-4 地点では、工事中に急激な塩水化がみられ、ピーク値はBW-1を超える積分EC=40000[mS/m*m]を記録している。その後はほぼ工事前まで回復している(図-9下図)。なお、塩水化ピーク時には、平均ECでも3200mS/mを記録しており、一時的にBW-1を上回る塩水化状況となっていたことになる。

5.まとめ

地下水位は、地盤の透水性が良いこともあり、工事の影響が応答よく現れ、その回復も早い傾向であった。ただし、河川改修規模が大きくなる場合、掘削による帯水層の除去や水みちの遮断などが起こる可能性が高くなり、完全な水位回復とならないこともある。

塩水化に関しては、表層地下水(GL-5m以浅)の工事の影響は比較的早く解消されるが、それ以深の地下水では、その影響が完全に解消されるには、数年以上の年月が必要と思われる。

6.おわりに

海岸平野での河川改修工事では、地下水位低下や水質汚濁に加えて、塩水化の問題も発生する。本検討では、地下水位・塩水化をある程度定量的に評価が行えたと考えている。ただし、工事後のデータが十分揃っていないことによる評価精度の問題、地下水障害を予測する体制・基準の確立など課題も多く、注意深い地下水モニタリングやデータの蓄積が必要と考えている。

最後に、現地調査・解析に対してご協力、ご助言をいただいた高知大学農学部の大年邦雄教授、この様な有意義な経験の場を与えていただいた高知県土木部中央西土木事務所の方々に、感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 高橋賢司, 大年邦雄(2008): 萩谷川流域における塩水侵入現象の数値解析による検証, 平成20年度 土木学会四国支部 第14回技術研究発表会 講演概要集, pp.91~92

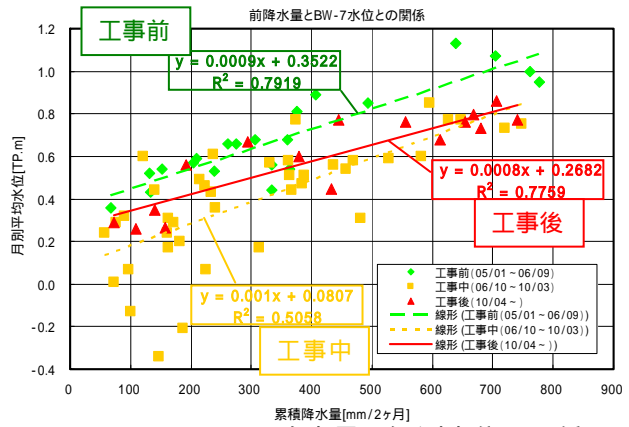


図-8(b) BW-7の降水量と観測水位の関係

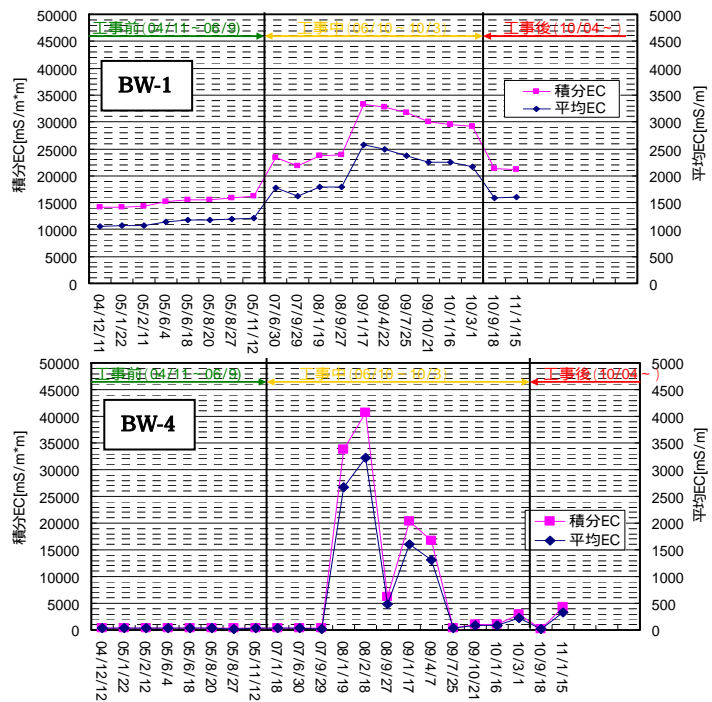


図-9 BW-1とBW-4の積分EC値の時間的变化