

第3章 現地調査・水文観測とその結果

3.1 調査のようす

ボーリング調査

掘削機を使って地下にある土や岩を採取して、地下水が流れる帯水層を調査します



地下水の水位調査

地面や井戸縁から地下水面までの距離（深さ）を測定します



地下水の水質調査

地下水の水質を現地で簡易に測定します



河川の流量調査

川を流れている水の量（河川流量）を測定します



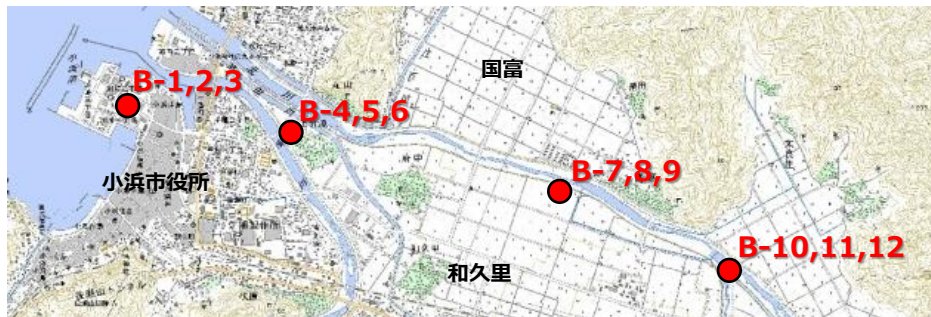
3.2 ボーリング調査

小浜平野の沿岸域から北川沿いにかけての4カ所で合計12本のボーリング調査を行いました。

→地下にどのような地層が分布(堆積)しているかを調査し、水理地質構造を把握しました。

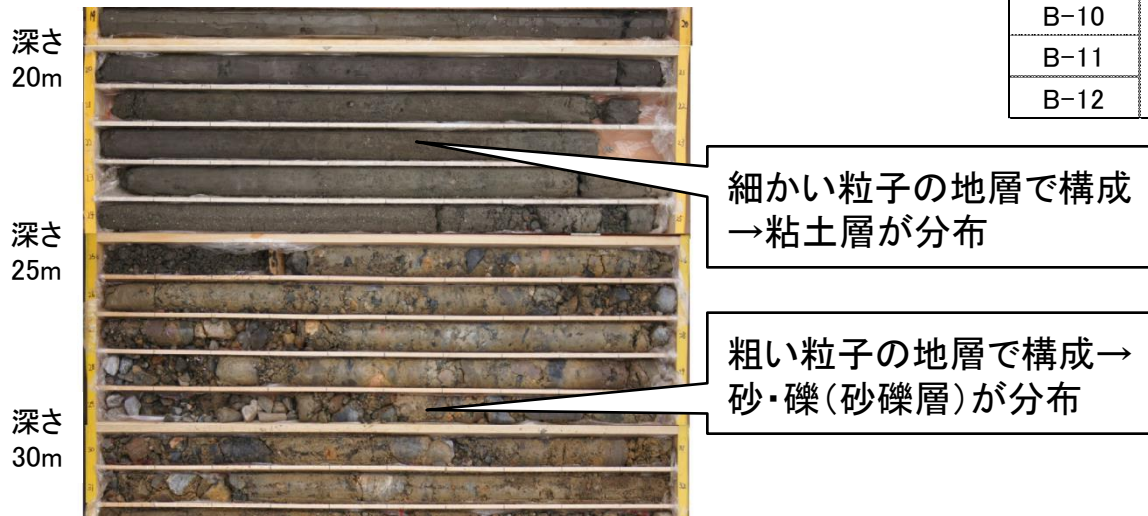
→掘ったボーリング孔は水位測定等が可能な状態に仕上げ、「3.4 地下水の水位調査(地下水位の連続観測)」に利用しました。

ボーリング調査の実施箇所



番号	場所	孔の深さ	作業方法
B-1	台場浜公園 (川崎地区)	5m (浅い)	掘削だけ
B-2		30m (中位)	掘削だけ
B-3		50m (深い)	コアを採取
B-4	上竹原地区内	5m (浅い)	掘削だけ
B-5		29m (中位)	掘削だけ
B-6		45m (深い)	コアを採取
B-7	鴨ヶ淵排水機場 の近く	5m (浅い)	掘削だけ
B-8		20m (中位)	掘削だけ
B-9		45m (深い)	コアを採取
B-10	小浜東部揚水機場 の近く	5m (浅い)	掘削だけ
B-11		20m (中位)	掘削だけ
B-12		45m (深い)	コアを採取

採取した地層(B-3のボーリングコア)



粒 径 (mm)											
0.075		2				75					
0.005		0.25		0.85		4.25		19		300	
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石	巨礫		
		砂			礫			石			
細粒分		粗粒分							石分		

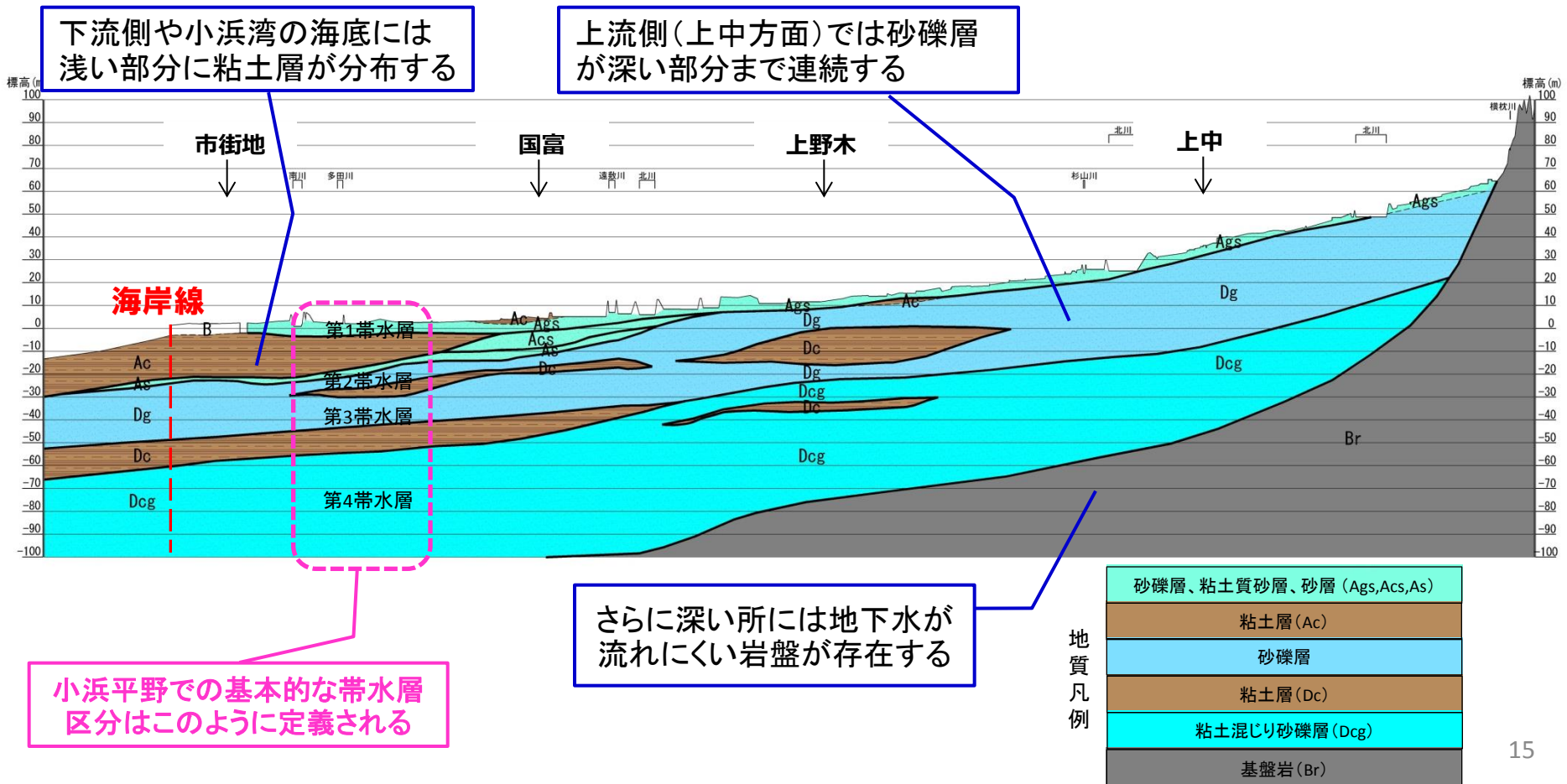
図-1 地盤材料の粒径区分とその呼び名

地盤材料の工学的分類方法(地盤工学会基準:JGS 0051)

3.3 ボーリング調査結果の考察

ボーリング調査の結果と既存資料を用いて、小浜平野の水理地質構造を考察しました。

- 未固結の砂礫や粘土からなる地層が数10～100m規模で厚く分布(堆積)しています。
- 国富付近から東の上流側では、地下水を通しやすい砂礫層が地表面の直下から厚く分布しています。
- 国富付近～市街地までの下流側では、浅い部分に地下水を通しにくい粘土層が分布しています。
- その浅い部分の粘土層が“抑え蓋”となって、下流側の深い地下水の圧力を高めています。

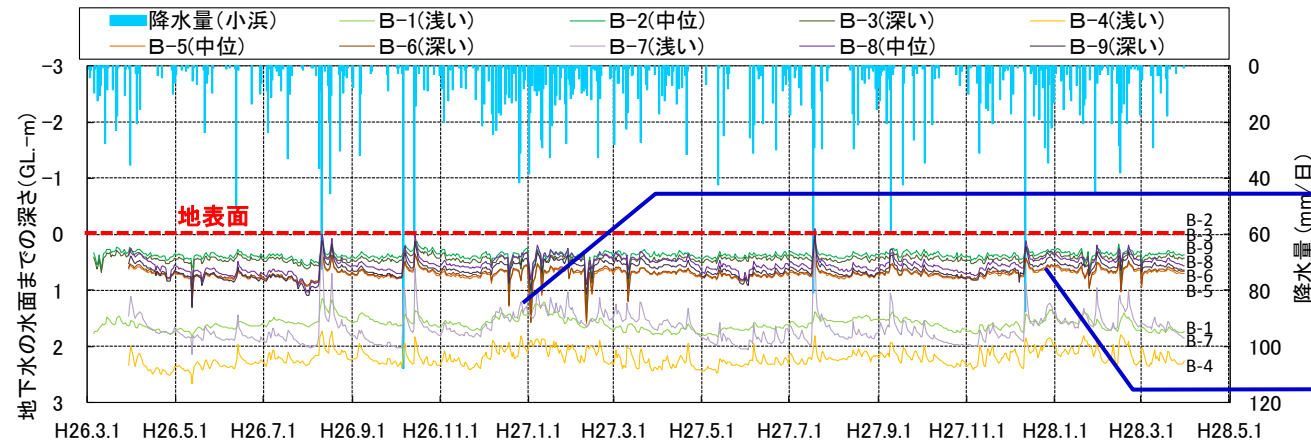
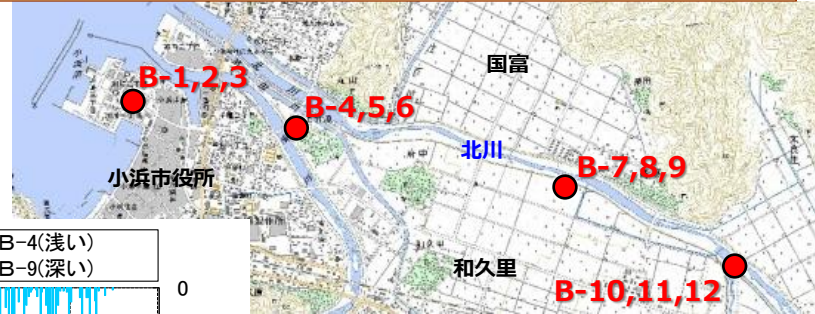


3.4 地下水の水位調査 [地表面から地下水の水面までの深さで整理]

12本のボーリング孔(3.2参照)で、地下水位の連続観測を行いました。

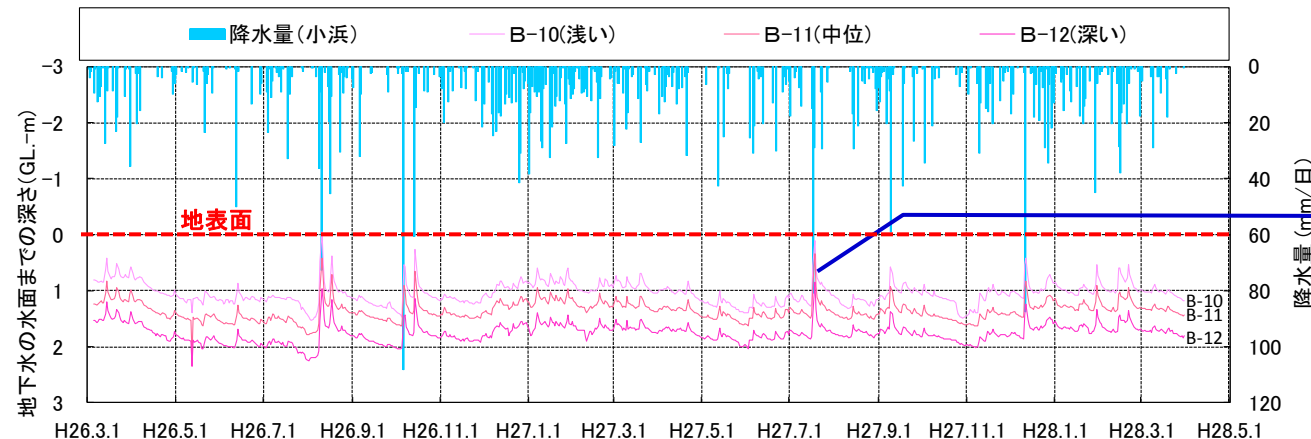
→雨が降ると水位が上昇したり、冬には一時的な水位低下が生じている状況がわかりました。

	下流 ← → 上流				
浅い ↑ ↓ 深い	B-1	B-4	B-7	B-10	第1帯水層
	B-2	B-5	B-8	B-11	第2帯水層
	B-3	B-6	B-9	B-12	第3帯水層



冬の消雪装置稼動時に水位が最大1m程度急低下する

国富付近から下流側の同じ場所にある観測孔、例えばB-1,2,3の水位を比較すると、浅い観測孔の水位よりも深い観測孔の水位の方が浅い、すなわち「B-2,3 > B-1」という高さ関係になっている
▶ 3.9(22p)を参照



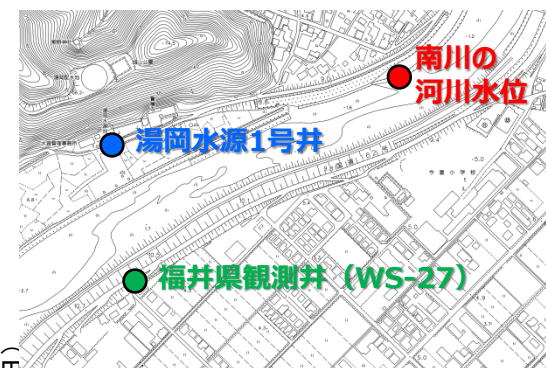
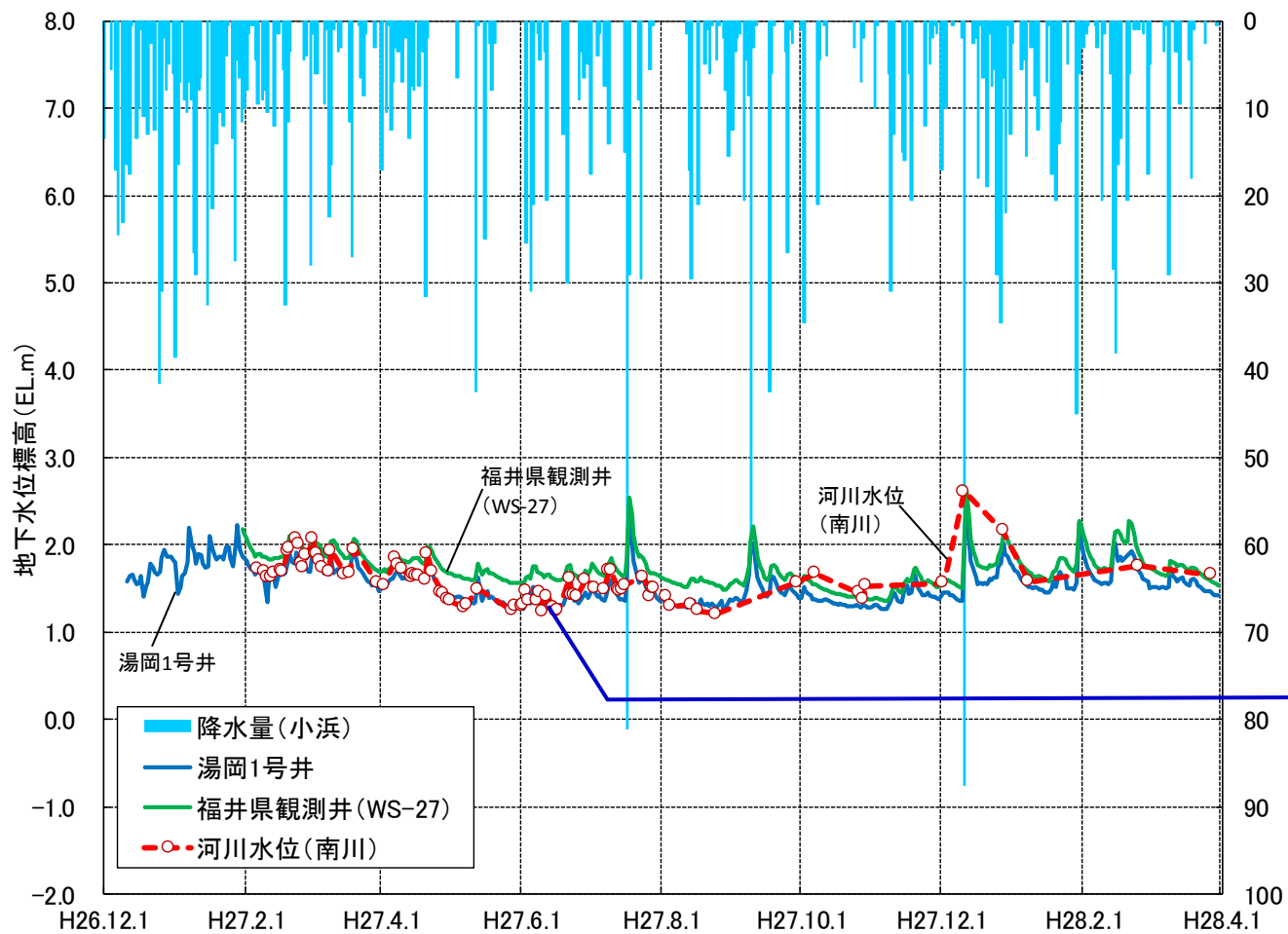
まとまった雨の直後は水位が大きく上がる

※地表面(GL)から下に向かっての深さを正の値で表しています

3.5 河川の水位調査

小浜平野の地下水は、北川や南川など河川とある程度の関わりがあると想定されたことから、その状況や程度を明らかにするために河川水位と地下水位の測定および比較を行いました。

→湯岡橋上流付近の南川では、湯岡水源の地下水位と河川水位の高さがほぼ同じで、動き方も類似しており、南川と近傍の地下水が結びついて連動している様子が見られます。

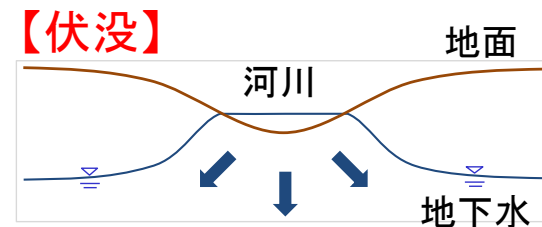
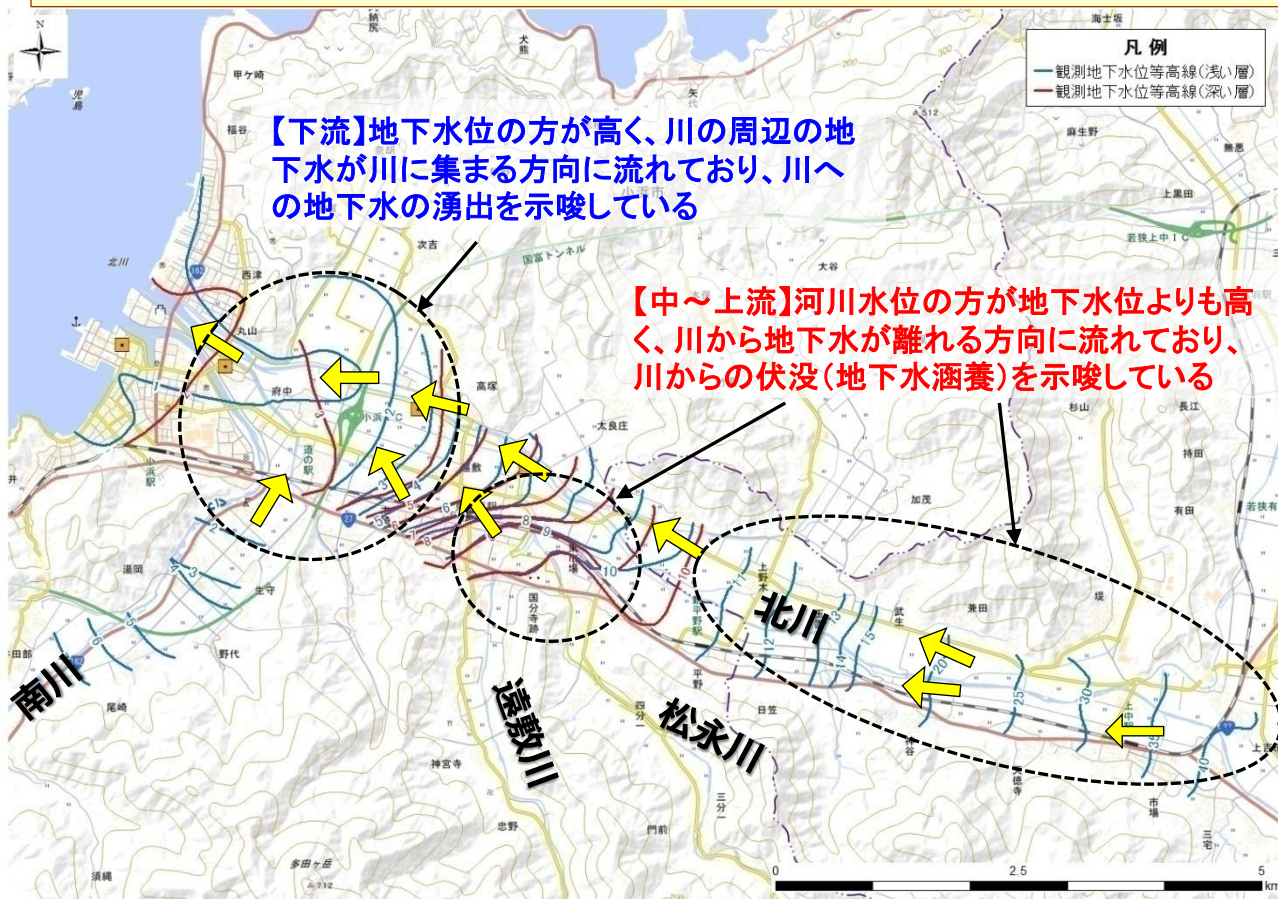


河川水位と井戸の水位がよく似た動き方をしており、河川水と地下水が結びついていることが見込まれる

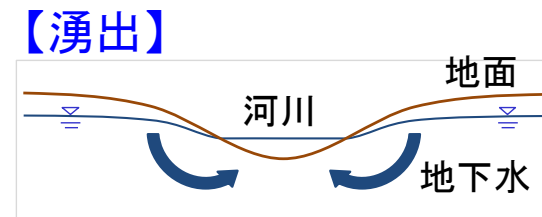
3.6 地下水位・河川水位調査結果の考察

井戸や河川での一斉水位調査の結果を用いて地下水位等高線図を作成し、小浜平野を地下水がどのような向きで流れているか、地下水と河川水の関連性を含めて考察しました。

- 北川の中～上流側では、川と交差する等高線が下流に凸の形状をしており、河川水位が地下水位よりも高いことで川の水が地下に潜りやすい(伏没が卓越する)状態にあると言えます。
- 下流側では逆に、川と交差する等高線が上流に凸の形状をしており、地下水位が河川水位よりも高いことで地下水が川底に湧き出しやすい(湧出が卓越する)状態にあると言えます。



河川水が地下に
潜り込む



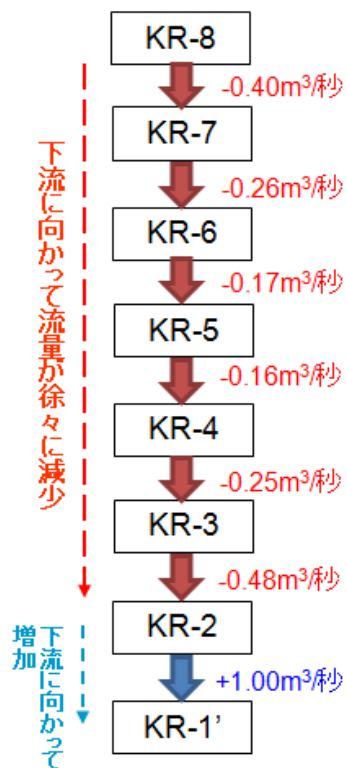
地下水が川底に
湧出する

3.7 河川の流量調査

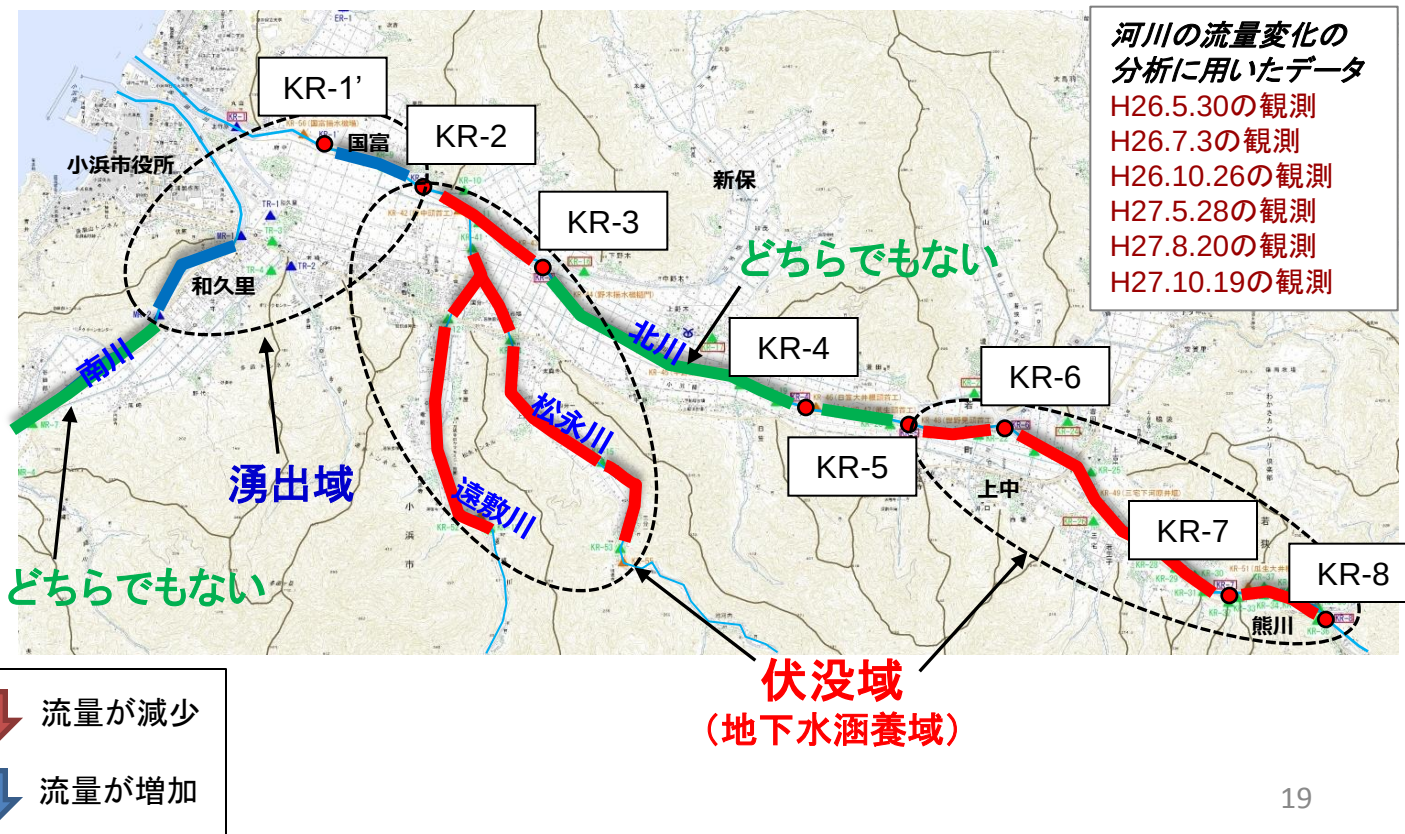
小浜平野の主な河川で、上流から下流に向かっての流量の変化を調べるために、同じ日に複数の箇所で流量を測定する調査を行いました。

- 北川の上流や松永川・遠敷川では川底で水が伏没し流量が(下流ほど)少なくなる傾向が、北川と南川の下流では地下水が川底に湧出し流量が(下流ほど)多くなる傾向があります。
- 小浜平野では、川の水と地下水の交流(伏没や湧出)の量が多い状況が推察されます。
- 市街地付近の地下水は、上流側での河川伏没によっても供給(涵養)されていると考えられます。

北川上下流での流量の比較
(H27年10月19日観測)



主な河川での伏没卓越区間と湧出卓越区間の分布状況



3.8 地下水の水質調査(塩水化状況調査)

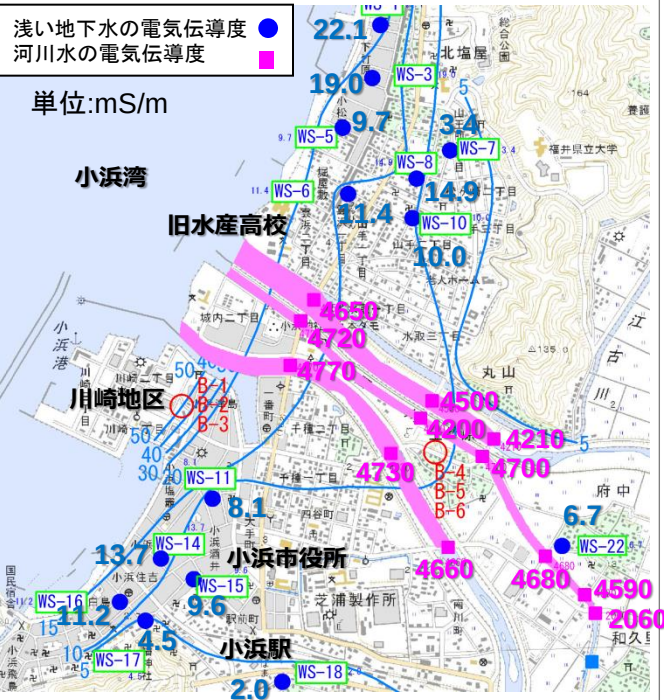
沿岸域にある浅井戸と深井戸の水質がどのような状態にあるか、とりわけ地下水塩水化の徴候が見られるかを把握するために、水質調査(電気伝導度*の測定)を実施しました。

→【浅井戸】海岸や海水が遡上する川の傍に位置する井戸においても淡水の水質を維持しており、塩水化の明瞭な徴候は認められませんでした。

→【深井戸】全期間で淡水の水質を示し塩水化は認められません。ただし、消雪稼働で水位が下がると僅かに電気伝導度が上昇しており、大量の消雪揚水が塩水化の発生・拡大を招く可能性が示唆されます。

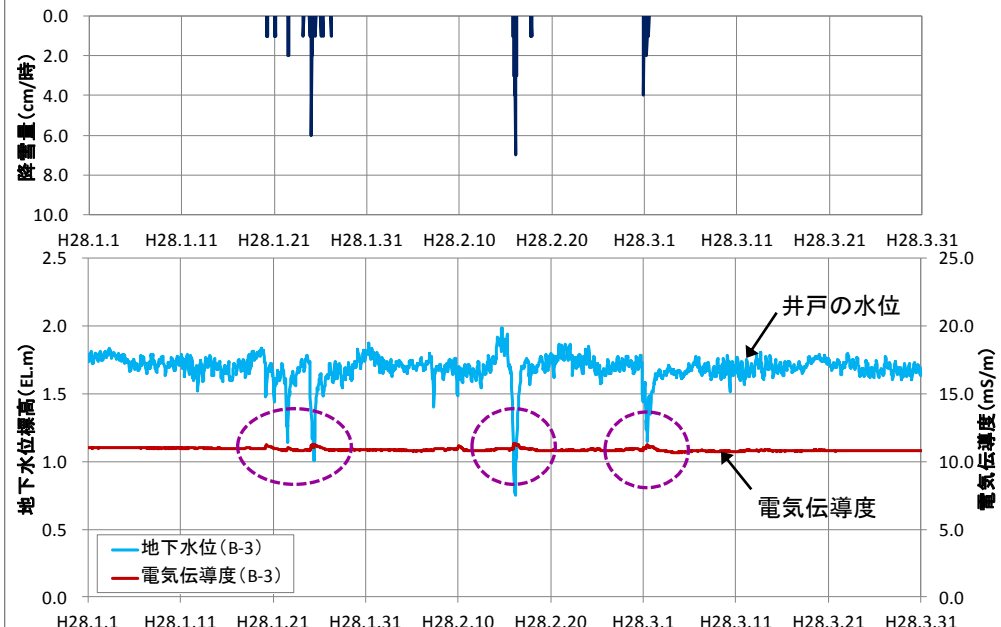
浅井戸の地下水(地表面から約2~5m)

海水が遡上する区間の河川水の水質に比べ、海岸や川の近くの浅井戸の地下水は電気伝導度が明らかに小さい



深井戸の地下水(地表面から約40~50m)

浅井戸の地下水と同じように電気伝導度は小さい。ただし、雪が降って水位が下がった時だけ電気伝導度のわずかな上昇が見られた



*電気伝導度は塩分の含まれる程度を表す指標で、小浜平野の地下水は概ね**60mS/m以下**なのに対し(河川を遡上している)海水は**4000mS/m以上**であり、明瞭に異なる。

3.9 小浜平野の地質・地下水の特徴

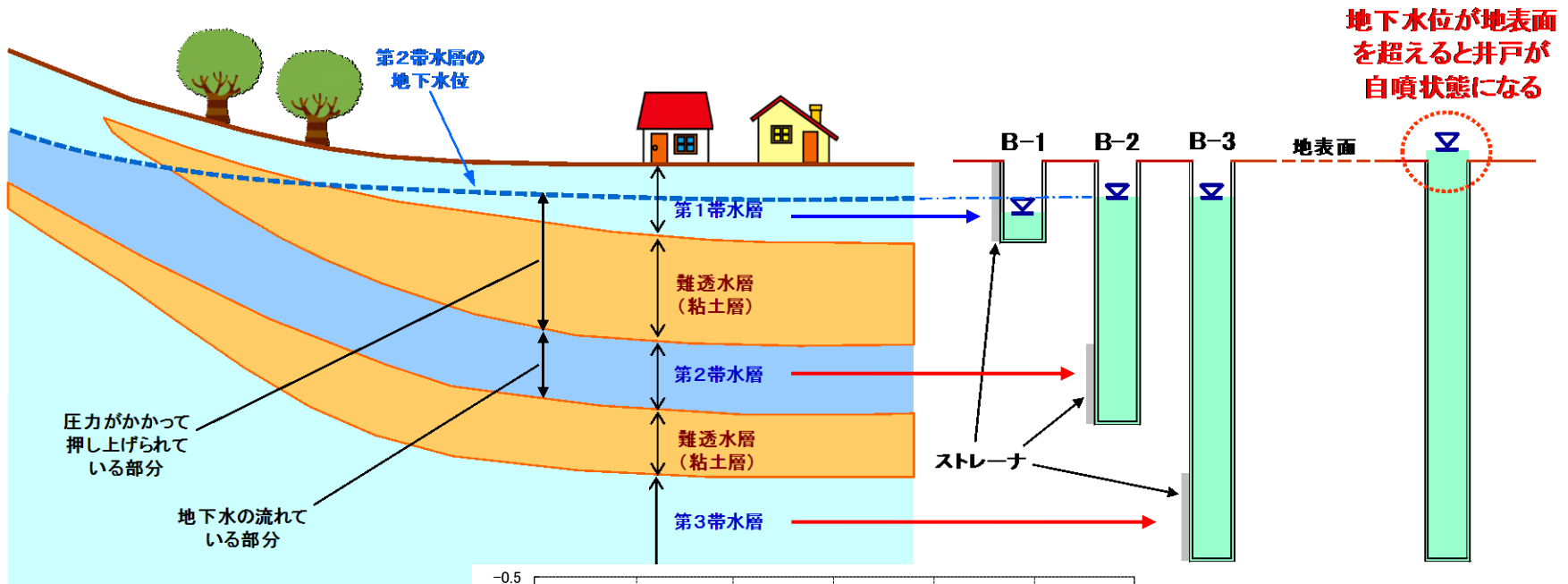
本業務で実施してきた調査の結果から、小浜平野の地質構造やその中を流れる地下水に関して次のような特徴が見出されました。

調査項目	主な特徴
地質構造	地表面の直下から地下水を通しやすい砂礫層が厚く分布し、地下水の主な流動層（帯水層）になっている。市街地を含む下流側には浅い部分に粘土層が分布していて、さらに下に分布する砂礫層の地下水を封じ込める役割を担っている。
地下水の水位	深い部分の砂礫層（帯水層）の地下水は、浅い部分の粘土層が”抑え蓋”の状態を作っていることから水圧が高くなって（被圧して）おり、砂礫層の深さよりも高い地表面近くに水位が分布している。ただし、冬（消雪稼動時）は一時的ながら深い砂礫層の地下水位が明瞭に低下している。
地下水の水質（塩水化）	沿岸域や感潮河川近傍を含めて淡水に相当する水質が維持されており、地下水が塩水化している場所は認められない。しかし、冬（消雪稼動時）の一時的な水位低下の際にごく僅かな電気伝導度上昇が生じていることから、大量の消雪揚水が塩水化の発生を招く恐れがある。
河川の流量	北川（支流を含む）の上流側は、河川流量が下流ほど少なくなる「伏没区間」に当たる。一方、下流側は逆に流量が多くなる「湧出区間」に当たる。川から伏没した水は、小浜平野の地下水供給源の1つになっている。
気象（降雨、降雪量）	全体に降水量が多く、冬季に積雪が生じるという日本海型の気候になっている。積雪量は年毎に大きく変わり、3年間の調査期間の中でも4倍近い差があった。
井戸の揚水	消雪装置以外の年中動いている井戸で集計すると、水道水源での揚水量がもっとも多く6割以上を占める。ただし、降雪時における消雪装置の揚水量も大規模であり、降雪ピーク時には水道水源等での揚水量に匹敵するほどの揚水が行われている可能性がある。
地下水の流れ 川との交流	国富付近よりも上流の北川、あるいは松永川・遠敷川で川底からの伏没（河川水の潜り込み）が定常的に生じていて、河川水が地下水の供給源になっていることが見込まれる。このことを含め、河川水と地下水の結びつきが強い（＝伏没や湧出の量が多い）状況にある。 上流側での河川伏没で供給された地下水が、下流側の市街地や沿岸域に向かって流動している。

◆今回判明したこれらの特徴がいつも認められるものなのか、ある程度の幅で変わるものなのかを、継続調査で明らかにしていく必要があります。

3.9 小浜平野の地質・地下水の特徴[被圧地下水の説明]

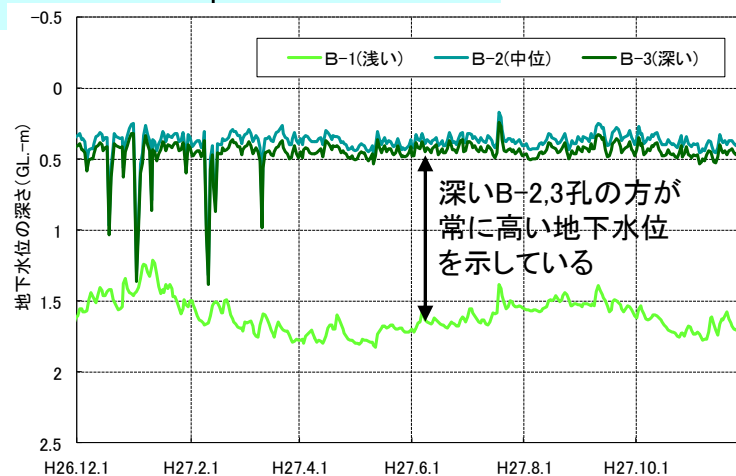
小浜平野での地下水の特徴の1つが深い地下水の自噴ですが、その自噴を引き起こす地下水の被圧現象は下図に示すような地質構造を要因として形成していると考えられます。



小浜平野の模式的な地質構造

※ストレナ:井戸の中に地下水が流入できるように付けられた切り込みのこと

※粘土層からなる難透水層が抑え蓋となって下の帯水層中の地下水に圧力をかけている



自噴井戸の例(雲城水)