

上委第 12 号

大規模スポーツ施設建設設計画に伴う三宅浄水場系水源影響調査業務委託

報 告 書 概 要 版

平成 25 年 10 月

株式会社 キンキ地質センター

## 1 業務概要

業務目的	: 大規模スポーツ施設建設設計画に伴い、建設用地に近接する亀岡市上水道事業三宅浄水場系水源（取水井）への影響が懸念される。本業務は、水源への影響を評価するための基礎資料を得る目的で行った。具体的には、基礎工法の検討に際し、水理地質状況および地下水の現状を把握し、極力水源井戸への影響が回避可能な対策工、工法選定の基礎資料を入手する事にある。	
業務名	: 上委第12号 大規模スポーツ施設建設設計画に伴う三宅浄水場系水源影響調査業務委託	
履行期間	: 自) 平成25年3月22日	至) 平成25年10月31日
業務内容	: ボーリング（Φ86mm、鉛直下方） 標準貫入試験 現場透水試験 電気検層 地下水流向流速測定 地下水観測孔設置（VP50） 水質試験 イオン分析（14項目） イオン分析（3項目） 自記水位計設置・撤去 地下水観測（10孔） 解析等調査（既存資料の収集・現地調査、資料整理取りまとめ・断面図等の作成、総合解析とりまとめ、測定データ解析） 打合せ協議 成果品（報告書製本3部、電子成果品）	
	10箇所	計 197.5m
	10箇所	計 198回
	10箇所	計 10回
	10孔	
	10孔	
	10孔	
	19検体	
	17検体	
	9検体	
	10孔	
	1ヶ月	
	1式	
	3回	
	1式	

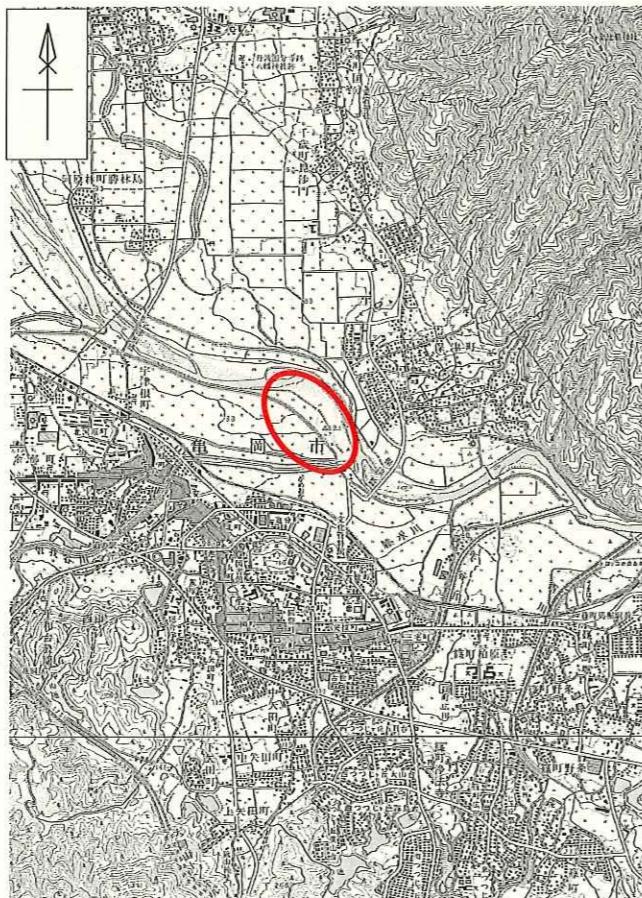


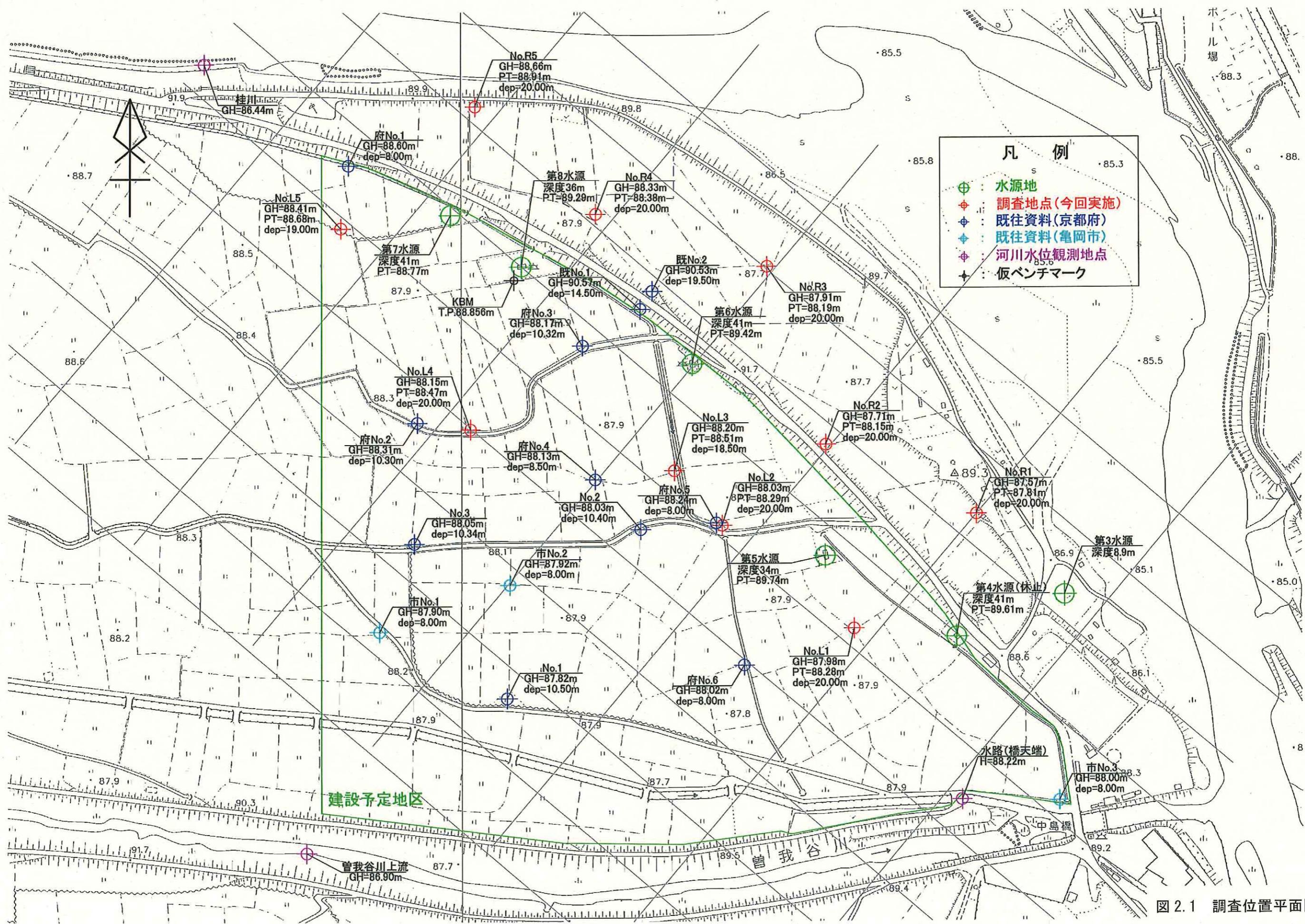
図 1.1 調査地案内図

## 2 業務実施基本方針

業務においては、帶水層の土層構成や分布状況、地下水の流動状況や水質の状況を把握する事に主眼をおいた調査を行った。  
 調査は、取水帶水層となる第2帶水層上部層を主な対象とした調査で、調査の掘止め深度は18.5～20.0mとした。  
 各作業の実施方針を表2.1に示す。

表 2.1 各作業に対する実施方針

試験項目	実施方針
機械ボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>以下に示す標準貫入試験、現場透水試験、電気検層、地下水流向流速測定、地下水観測孔設置、水質試験、自記水位計観測等の原位置試験や観測孔の設置ならびに地質状態の把握を目的とする。</li> <li>地下水状況を把握することを目的とした。</li> <li>第2帶水層下部層まで掘削しないことに留意し、掘削深度を18.5～20.0mとした。</li> <li>掘削孔は、最終的に観測孔に仕上げた。</li> </ul>
標準貫入試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2帶水層上部層までの試料採取とN値の測定のために実施した。</li> <li>採取試料から土質の判定、地層分類を行った。</li> <li>N値から土の締まり具合の判定を行い、各ボーリングデータとの比較から、地層の分布状況を把握するための資料とした。</li> </ul>
電気検層	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2帶水層上部層までの比抵抗値の測定のために実施した。</li> <li>測定結果から地層分類を行った。</li> <li>各ボーリングデータとの比較から、地層の分布状況を把握するための資料とした。</li> </ul>
地下水流向流速測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>取水層と評価する第2帶水層上部層の流向と流速の把握のために実施した。</li> </ul>
現場透水試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2帶水層上部層の地下水頭、透水係数の把握のために実施した。</li> </ul>
地下水観測孔設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場透水試験、地下水流向流速測定、水質試験、自記水位計観測のために設置。</li> <li>VP50を使用し、第2帶水層上部層にストレーナー管（スリット加工：開口率20.2%）を設置した。</li> <li>第1帶水層の地下水が下層の第2帶水層への流入を遮水するような構造とした。</li> <li>工事に対するモニタリング孔としての使用も可能である。</li> </ul>
水質試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2帶水層上部層の水質の把握を目的とし、イオン分析と水質試験を行った。</li> <li>イオン分析からヘキサダイヤグラムを作成し、地下水の分類を行った。</li> <li>水質試験は飲料用としての適合性の把握のために実施した。試験項目は、既往データで不適合項目として挙げられていたヒ素、鉄、マンガンを対象とした。</li> </ul>
自記水位計観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2帶水層上部層の水位変動を把握するために実施した。</li> <li>測定間隔10分の連続観測を行った。</li> <li>第2帶水層の地下水等高線図の資料を得るために実施した。</li> <li>水源井戸揚水時の水頭変化を把握する資料を得るために実施した。</li> </ul>



### 3 過年度業務の整理

亀岡市発注の過年度業務報告書から、調査地周辺の水理地質状況の特徴を表3.1にまとめ、「過年度業務抜粋資料」を添付する。

#### 過年度業務抜粋資料

- 図3.1 水質分布図
- 図3.2 水理地質断面図（A-A'断面）
- 図3.3 水理地質断面図（D-D'断面）

調査地周辺の水理地質状況としては、上位より、第1帶水層、第2帶水層、第3帶水層が分布している。この内、三宅浄水場系水源井戸が取水対象としているのは第2帶水層である。

第2帶水層は、深度10~30mに分布している。第2帶水層は、深度20m前後に不連続な遮水層を薄く挟在しており、この層を境界として上部と下部に分けられる。

桂川右岸側の第2帶水層の水質は、桂川に沿った第5水源～第7水源までが良く、それ以外の上流側、下流側や西方の亀岡市街地付近は悪い。また、水源井戸の東方の保津町集落付近の水質は比較的良い傾向である。のことから、三宅浄水場系水源井戸で取水している地下水は、調査地東方～北方から流下してくる愛宕谷川水系や七谷川水系の影響を強く受けていると考えられている。

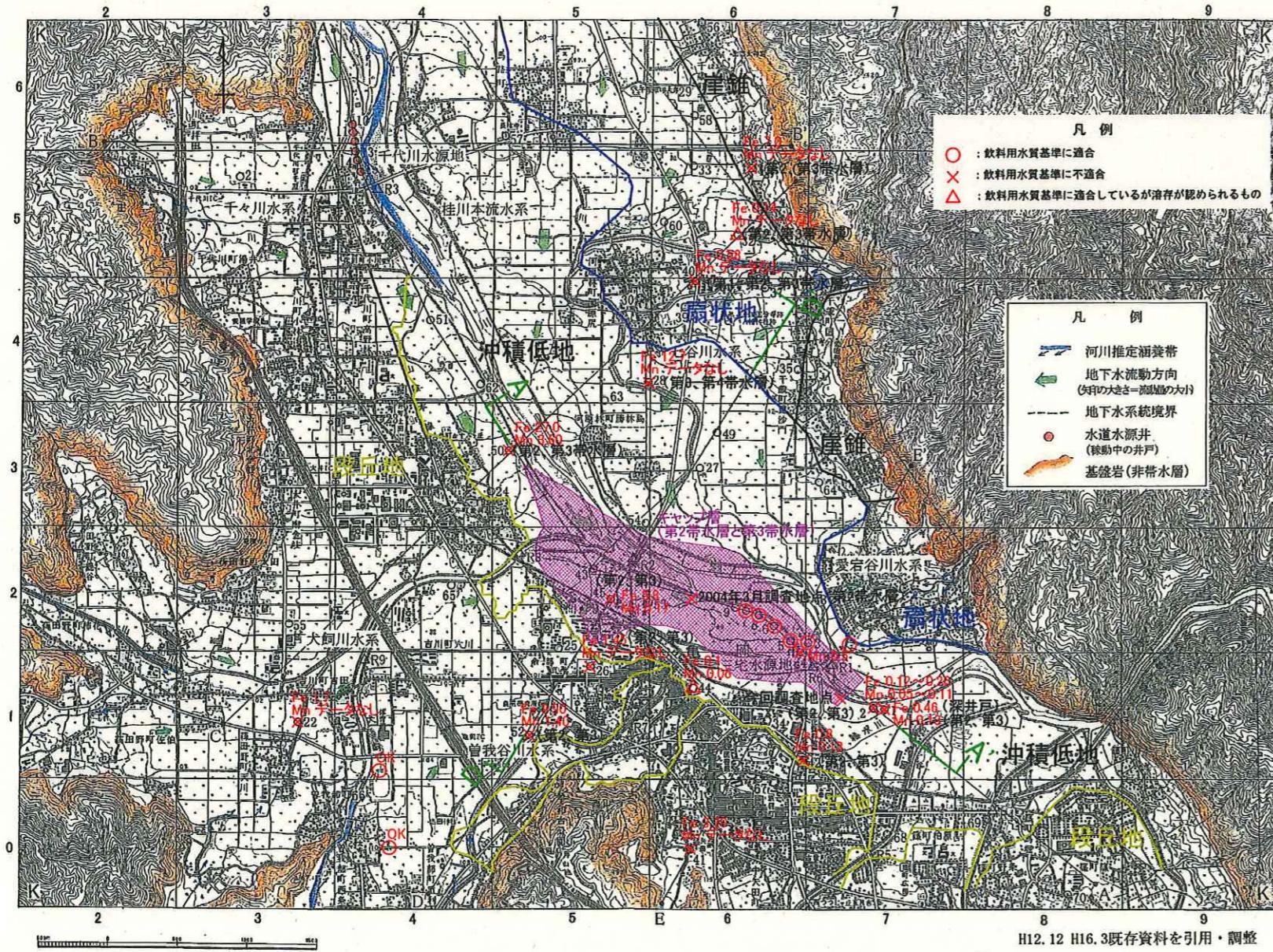


表3.1 各帶水層の特徴

地質年代	地層名	断面図上の地層区分	帯水層区分	特徴
完新世	沖積層	沖積礫質土層 (Ag)	第1帶水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚10m前後を有する。</li> <li>礫質土層が主体に分布する。</li> <li>第7水源の上流側190mに位置する観測孔-4では、マンガンの含有量が0.386mg/Lであり、飲料用水質基準に不適合である。</li> <li>第7水源上流側約300mに位置する試掘さく井孔周辺では、桂川河川水位と当帶水層の地下水位がほぼ一致している。</li> <li>第4水源下流側約430mに位置する水質調査孔周辺では、当帶水層の地下水位が桂川河川水位に比べ50cm程度高い。</li> </ul>
新生代 第四紀	段丘堆積物相当層 (扇状地・低位段丘堆積物、中位段丘堆積物、高位段丘堆積物を含む)	洪積礫質土層 (Dg1)	第2帶水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚10~26mを有する。</li> <li>河川縦断方向の分布状況は、桂川下流方向に向かい層厚が厚くなる。</li> <li>河川横断方向の分布状況は、両岸から現河川へ向かって傾斜して分布しており、現河川付近で層厚が厚い。</li> <li>礫質土層が主体に分布する。</li> <li>第1帶水層との間には、遮水層は認められない。</li> <li>帶水層のほぼ中央にあたるGL-20m付近には、不連続な遮水層が分布しており、この遮水層を境界として、上部層と下部層に分けられる。</li> <li>上部層の地下水位は、第1帶水層の水位と同じである。</li> <li>下部層の地下水位は、上部層の水位に比べ60cm程度高い(保津橋付近)。</li> <li>水質は、桂川に沿って第5水源～第7水源までが良く、それ以外の上流側、下流側は悪い。</li> <li>水源井戸の西方の亀岡市街地付近の水質は悪い傾向である。</li> <li>水源井戸の東方の保津町集落付近の水質は良い傾向である。</li> <li>三宅浄水場系水源井戸の取水対象層である。</li> </ul>
		洪積粘性土優位層	難透水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚は10m以下。</li> <li>桂川に沿った上流側の45井戸から下流側の水源調査孔間は、比較的連続して分布しているが、河川横断方向への連続性は悪い。</li> <li>砂質土層と粘性土層が互層状に分布している。</li> </ul>
		洪積礫質土層 (Dg2)	第3帶水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚は40m以上。</li> <li>桂川横断方向の分布状況は、東方へ向かって落ち込み、層厚も厚くなる。</li> <li>礫質土が主体に分布する。</li> <li>地下水位は、第1帶水層に比べ90cm程度高い(保津橋付近)。</li> <li>水源井戸付近を含む西方、南方、東南方は水質が悪く、北方～東方にかけては水質が良い。</li> </ul>

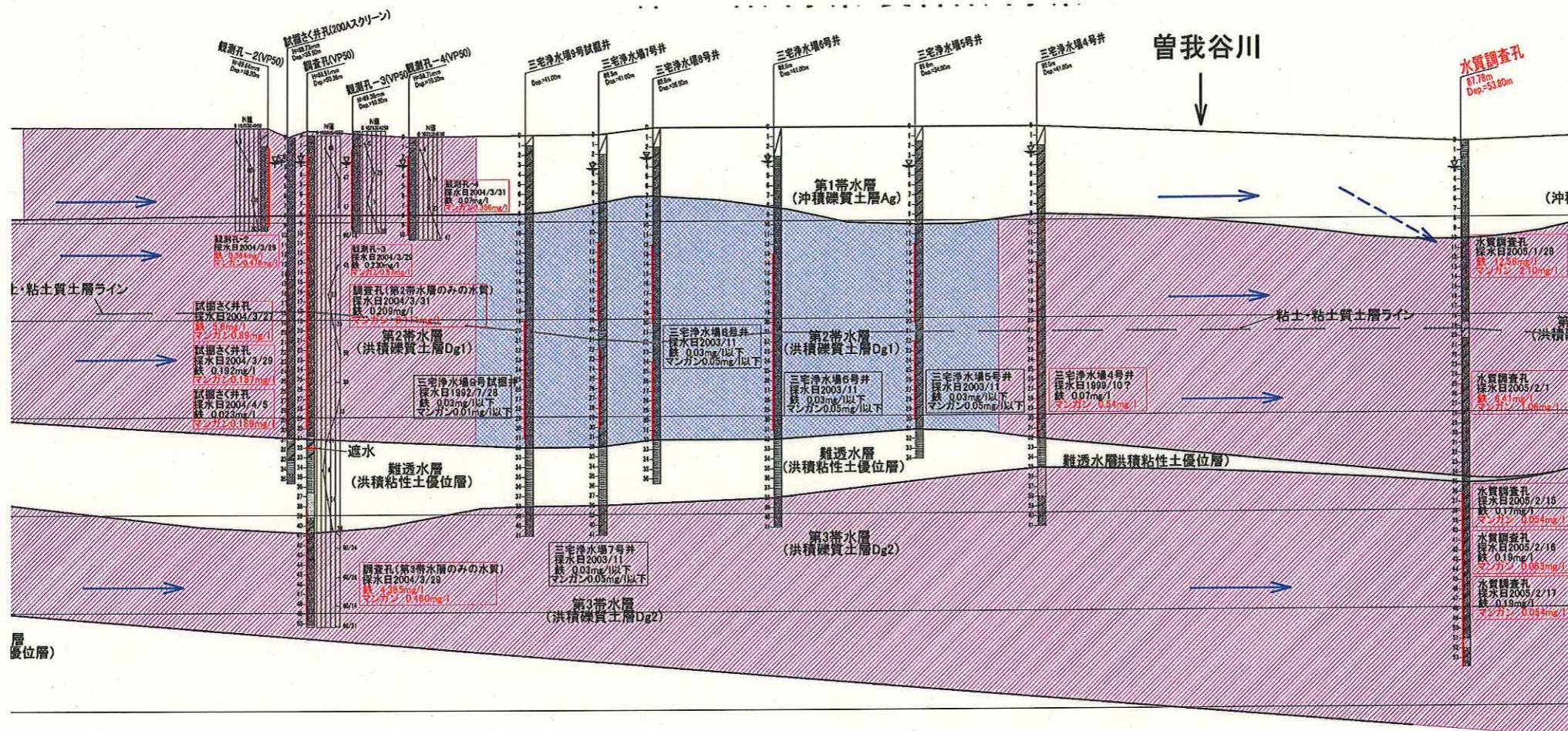


図 3.2 水理地質断面図 (A-A' 断面)

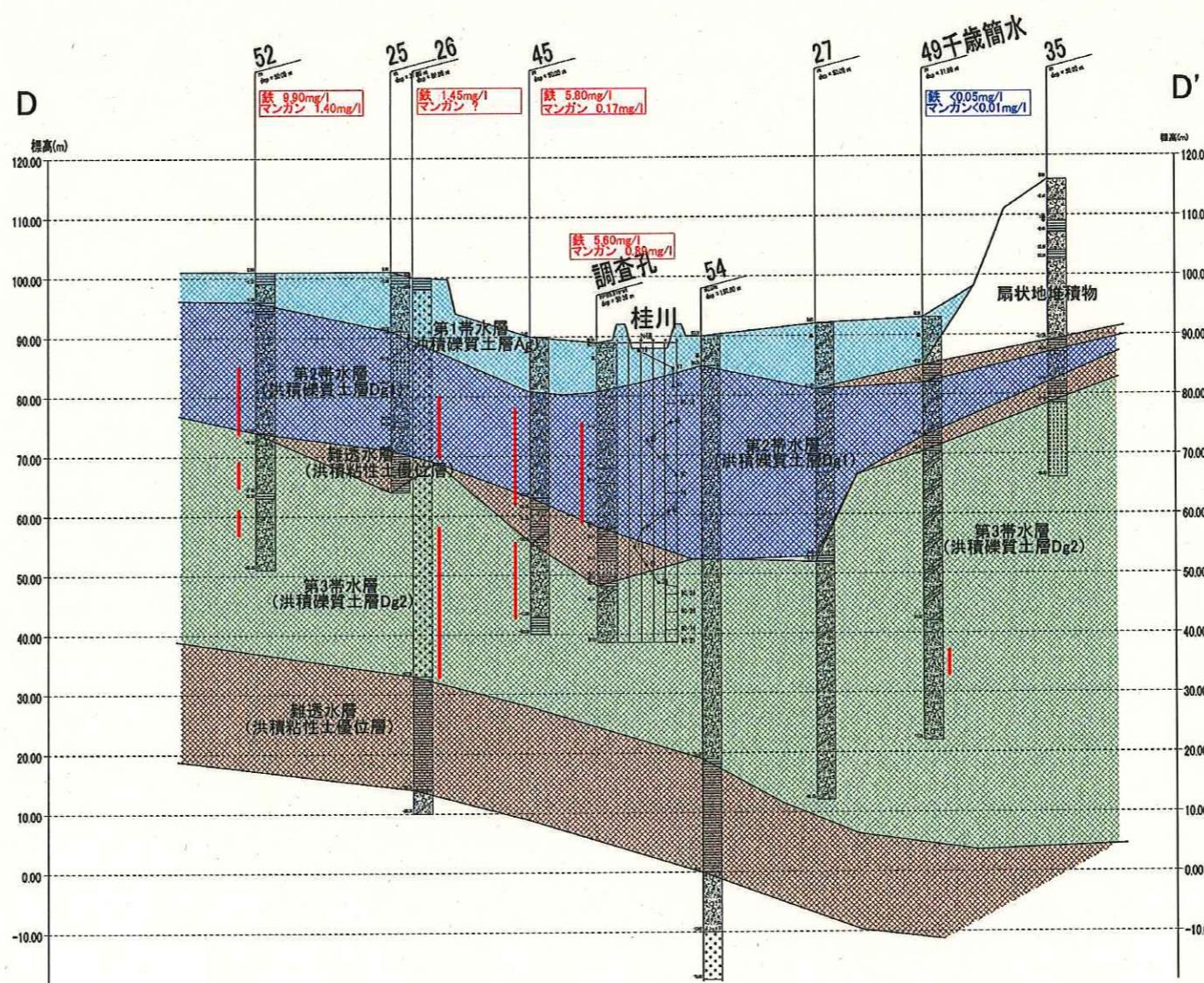


図 3.3 水理地質断面図 (D-D' 断面)

#### 4 調査地の地盤構成

#### 4 調査地の地盤構成

ボーリング調査は、10箇所であり、水源井戸を囲む配置とした。

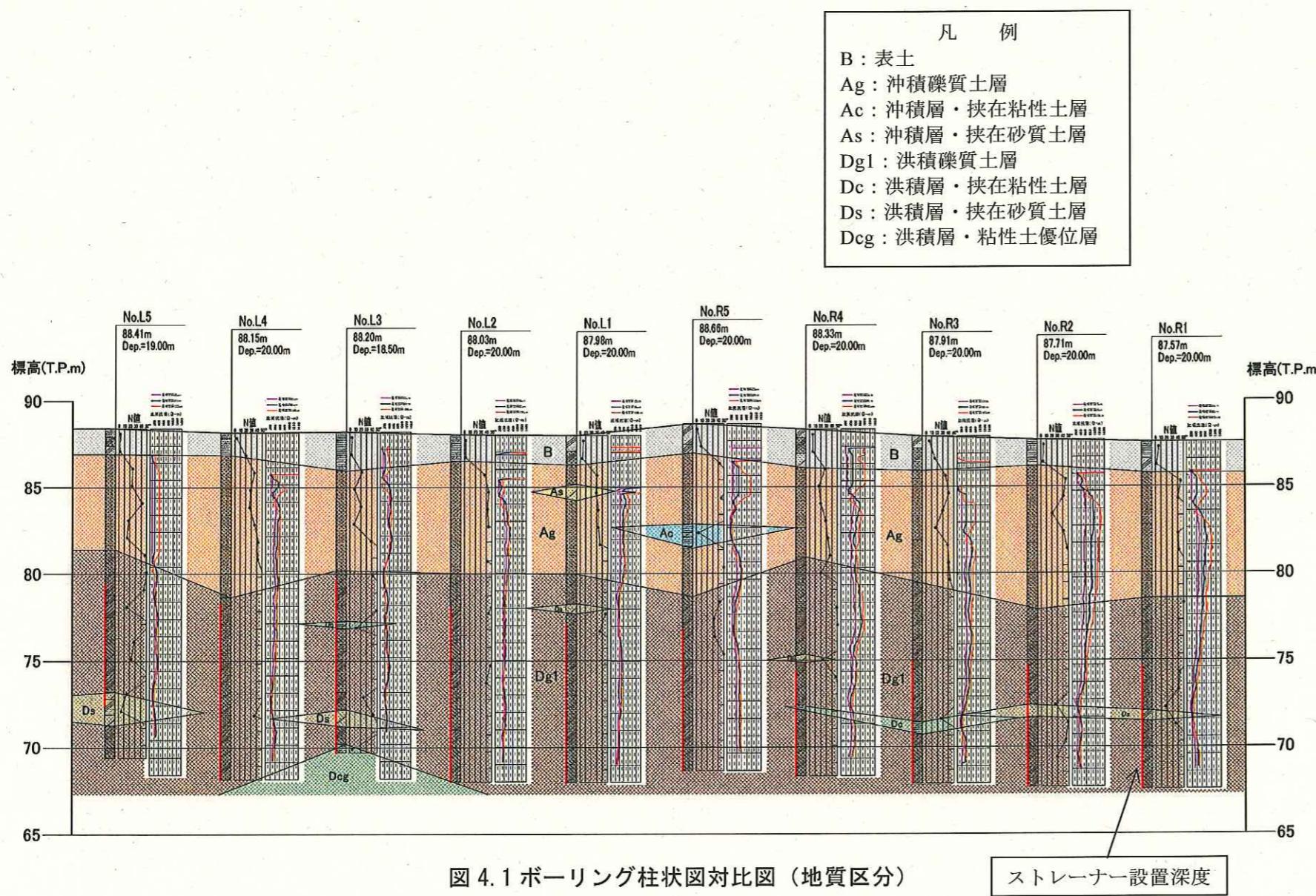
地層の分布状況を把握するために、「図4.1 ボーリング柱状図対比図（地質区分）」を作成した。各土層の特長は、各種試験結果も含めて「表4.1 調査地における地盤構成」に整理した。

調査地の地層は、調査深度の GL-20m（標高 68m 付近）までは、礫質土が優位に分布している。表層の GL-2m までは、後背湿地性の粘性土が優位に分布しており、耕作土、堤体盛土を含めて「表土」に区分している。

沖積礫質土層（Ag1）、洪積礫質土層（Dg1）とも、礫質土層が優位に分布しており、所々に薄層の粘性土層、砂質土層を不規則に挟在している。

表 4.1 調査地における地盤構成

地質年代	地層区分	断面図上の地層区分	帯水層区分	特徴
新生代 第四紀	表土 (B)	沖積礫質土層 (Ag)	第1 帯水層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚1.5~2.2m。</li> <li>耕作土、耕作土直下の粘性土、粘土を多く含む砂質土や礫質土、堤体盛土を含む。</li> <li>耕作土直下の粘性土、粘土を多く含む砂質土や礫質土は、桂川や曾我谷川の後背湿地性の堆積物と考えられる。</li> <li>粘性土のN値は3~9とばらつきが大きく、平均値は5、代表N値は3となる。</li> <li>砂質土、礫質土のN値は2~24とばらつきが大きく、平均値は7、代表N値は4となる。</li> <li>地下水より上位にあることから、帯水層区分としては、対象外となる。</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚5.1~8.3m。</li> <li>φ 2~30mmの亜円~亜角礫が主体をなす砂礫で構成され、褐色(酸化色)を呈する。</li> <li>所々、φ 40~120mmの粗礫~玉石を含む。</li> <li>礫間は、中~粗砂で充填されている。</li> <li>N値は8~79とばらつきが大きく、平均値は40、代表N値は32となる。</li> <li>地下水位はGL-3.00~4.10mで、当層に観測されている。</li> <li>電気検層の結果は300~1000 Ω·mの値が得られ、各電極間隔の比抵抗値の差も大きく、良好な帯水層の値を示している。</li> <li>地下水位以深は、挟在する粘性土層、砂質土層も含めて、第1帯水層と評価する。</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚1.4m。No.R5地点のみで確認された。</li> <li>所々 φ 30mmの礫を混入した疊混り粘土で構成され、灰色を呈する。</li> <li>N値は4~12とばらつきが大きく、平均値は8、代表N値は5となる。</li> <li>電気検層の結果は100~250 Ω·mと低く、土質を反映した値を示している。</li> <li>単体で評価した場合は、難透水層と評価されるが、層厚が薄く、局所的な分布である。</li> </ul>
更新世	沖積層	挟在粘性土層 (Ac)	第2 帯水層 上部層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚1.0m。No.L1地点のみで確認された。</li> <li>φ 20mmの礫を混入した疊混り砂で構成され、褐色(酸化色)を呈する。</li> <li>N値は29が得られた。</li> <li>第1帯水層に含まれる。</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚10.1~12.5m以上。</li> <li>φ 2~20mmの亜円~亜角礫が主体をなす粘土混り砂礫が主体で構成され、概ね褐色(酸化色)を呈する。</li> <li>ただし、曾我谷川に近い既往No.1地点のGL-8.7m以深は緑色系(還元色)を呈し、水質が悪いことが予想される。</li> <li>所々、φ 30~50mmの粗礫を含む。</li> <li>礫間は、粘土、砂で充填されている。</li> <li>N値は15~150とばらつきが大きく、平均値は61、代表N値は50となる。</li> <li>電気検層の結果は、全体として150~500 Ω·mの値が得られ、良好な帯水層の値を示している。特に桂川に近いNo.R1~R4地点のGL-16m以浅については比抵抗値が高く、透水性が高いと考えられる。</li> <li>透水係数は<math>1 \times 10^{-4} \sim 7 \times 10^{-4} \text{ m/s}</math>が得られており、透水性は「中位」に評価される。</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚0.3~0.6m。所々に分布する。</li> <li>砂や礫を混入した砂質粘土や疊混り粘土で構成され、褐色(酸化色)を呈する。</li> <li>N値は3~18とばらつきが大きく、平均値は12、代表N値は8となる。</li> <li>電気検層の結果は100~250 Ω·mと低く、土質を反映した値を示している。</li> <li>単体で評価した場合は、難透水層と評価されるが、層厚が薄く、局所的な分布である。</li> </ul>
	段丘堆積物 相当層	挟在粘性土層 (Dc)	第2 帯水層 下部層	<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚0.6~2.0m。所々に分布する。</li> <li>砂、粘土質砂、疊混り砂で構成され、概ね褐色系(酸化色)を呈する。</li> <li>N値は5~43とばらつきが大きく、平均値は20、代表N値は14となる。</li> <li>第2帯水層に含まれる。</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>層厚不明。</li> <li>No.L3地点に分布し、第6水源に連続する。</li> <li>砂質粘土で構成され、灰色を呈する。</li> <li>N値は5が得られた。</li> <li>難透水層に評価される。</li> </ul>



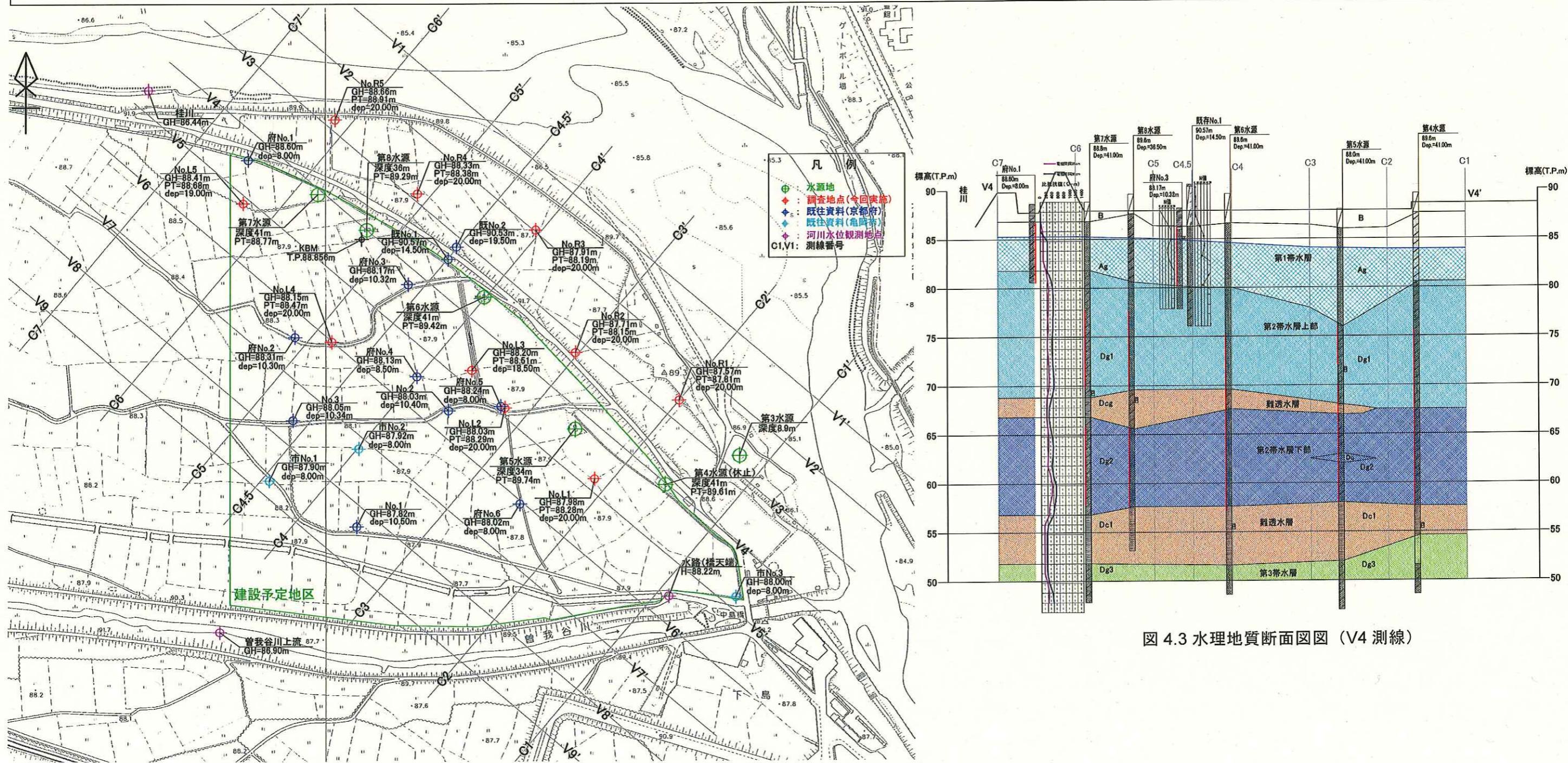
地下水の流動状況や水質の特性は、地層を帶水層単位でモデル化したうえで整理する。地層と帶水層の関係は、表 4.1 に整理したとおりである。

帶水層の分布状況を整理するため、「図 4.2 測線配置図」に示した V2～V8 測線、C2～C6 測線の合計 13 測線について、水理地質断面図を作成した。ここでは、V4 測線、C4 測線の断面図を示す。また、第 1 帯水層と第 2 帯水層上部層との層界深度を平面的に把握するため、「図 4.5 第 2 帯水層出現深度等高線図」を作成した。

断面図の検討では、今回実施した 10箇所のボーリング結果の他、京都府提供の No.1～No.3、既 No.1～既 No.1 を参考にした。府 No.1～府 No.6、市 No.1～市 No.3 のデータは、最寄りの測線に投影している。

帶水層の分布状況の特徴は、以下のとおりまとめられる。

- ・第 1 帯水層と第 2 帯水層の境界深度は場所によって凹凸があり、建設予定地区南半分が最も高く（標高 82.9m）、北方へ伸びる尾根地形と考えられる。
- ・第 1 帯水層と第 2 帯水層上部層の境界には、地下水の流動を阻害するような難透水層は存在しない。
- ・第 2 帯水層上部層と第 2 帯水層下部層の境界には、一部で難透水層の分布が認められたが、不連続である。既往資料を参考にすると、難透水層の連続性は悪いと考えられる。
- ・第 2 帯水層上部層の中で、桂川に近い No.R1～No.R4 地点は、他の地点に比べ透水性が高い傾向にある。



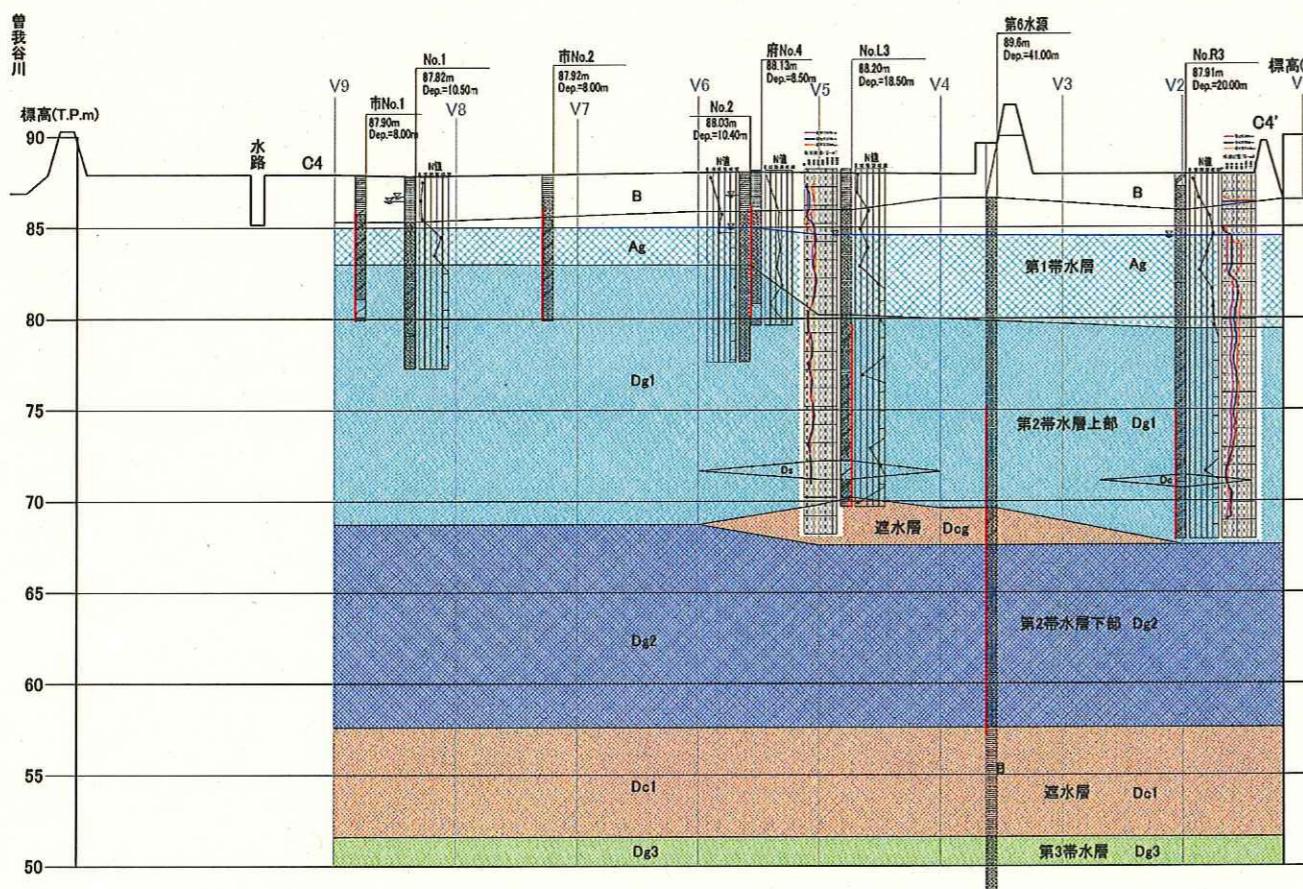


図 4.4 水理地質断面図図 (C4 測線)

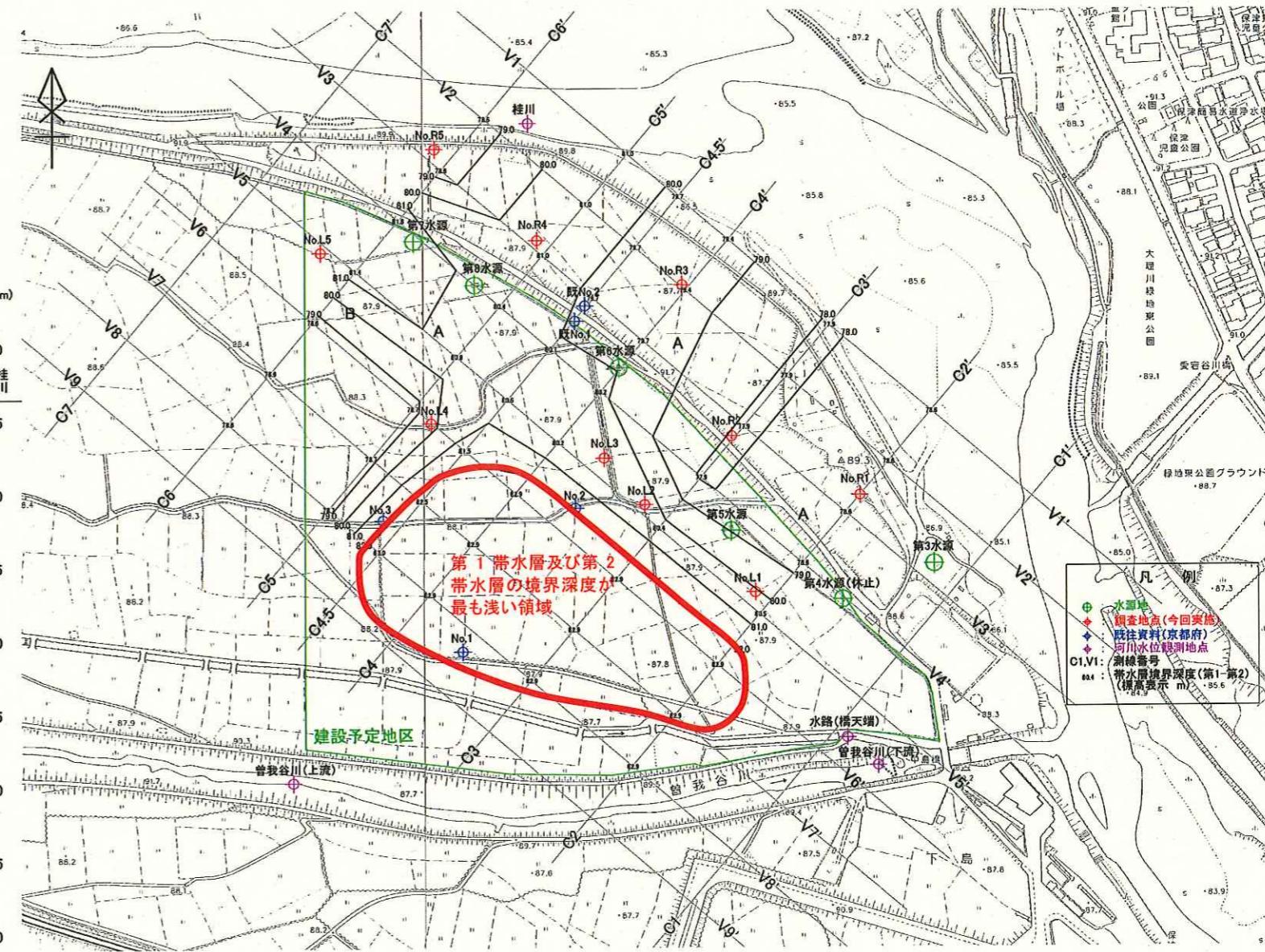


図 4.5 第2帶水層出現深度等高線図

## 5 水質試験結果を利用した地下水流動状況の検討

水質試験の結果から作成されるヘキサダイヤグラムの形状から、地下水の流動状況を推定する。河川、第1帶水層、第2帶水層上部層、第2帶水層ごとに区分した水質分布平面図を図5.1に、流動状況の結果を図5.2に示す。

「図5.2 地下水流動状況図」から、水質区分は大きく、「活動の活発な地下水」「停滞性の地下水」に分けられる。

「活動の活発な地下水」は、「桂川起源の地下水」が調査地周辺では主体であり、「曾我谷川・犬飼川水系の地下水」や「愛宕谷川・七谷川水系の地下水」が流入し混在していると考えられる。水源井戸が取水している地下水の流動経路は、以下の3系統が考えられる。

- ・「愛宕谷川・七谷川水系の地下水」→第2帶水層上部層 →水源井戸 ①
- ・桂川→第1帶水層（桂川沿岸）→第2帶水層（桂川沿岸）→水源井戸 ②
- ・第1帶水層（建設予定地域）→第2帶水層（建設予定地域）→水源井戸 ③

水源井戸のヘキサダイヤグラムの形状は、桂川沿岸の第2帶水層上部層と似ていることから、水源井戸での取水は桂川沿岸の第2帶水層上部層からの地下水が主体であると考えられる。桂川沿岸の第2帶水層上部層の地下水は、北～東方山地からの浸透水（愛宕谷川・七谷川水系の地下水）と桂川沿岸地域の浸透地下水が混合したものと考えられる。

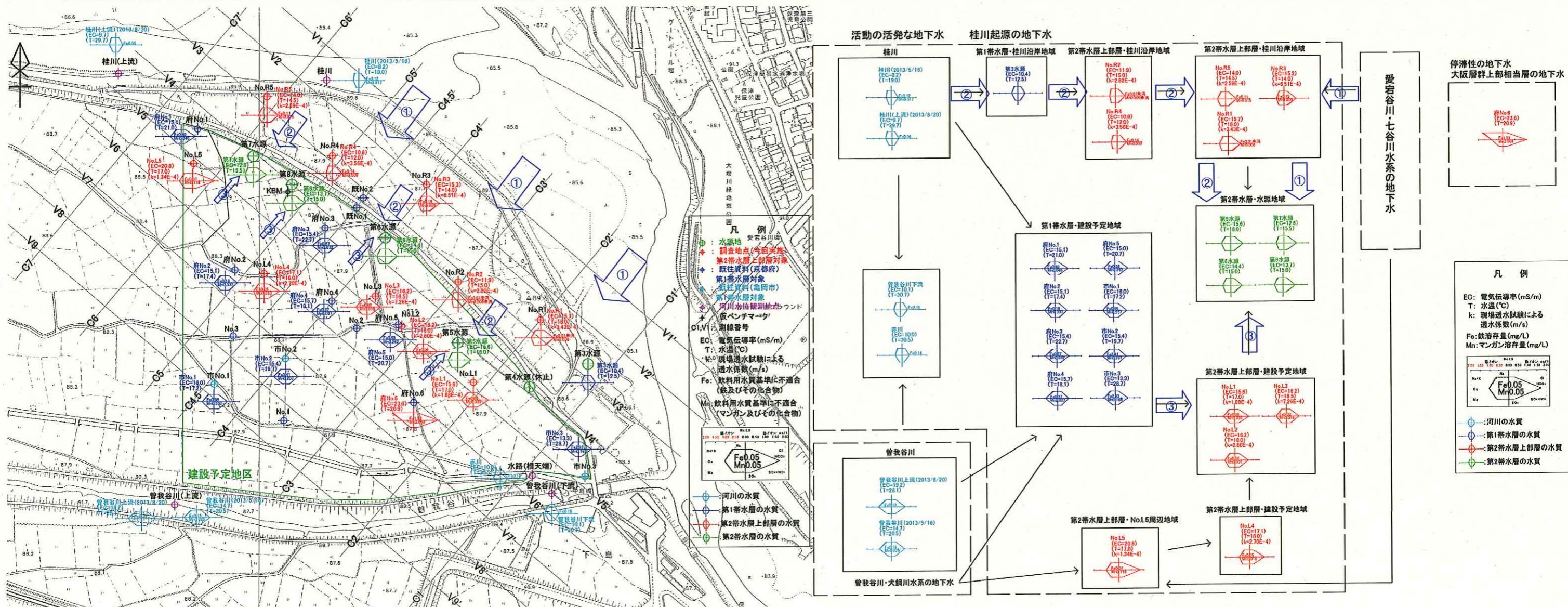


図 5.1 水質分布平面図

図 5.2 地下水流動状況図

## 6 水位観測結果を利用した第2帶水層上部層の地下水水流動状況の検討

4箇所ある水源井戸は、浄水場の水位状況によって運転する箇所数が制御されているが、運転パターンはランダムである。運転の傾向としては、6時～12時、18時～24時は、3箇所の井戸が長時間運転される傾向にある。他の時間帯は、1～2箇所の井戸が頻繁に交互運転している。全ての井戸が停止している時間帯は、4時～6時が多く、停止時間は1時間程度である。

各水源井戸の運転パターンに応じた地下水等高線図を作成した。運転パターンは16種類あり、報告書にはこれら全ての等高線図を作成し添付している。ここでは、全ての井戸が運転していない状態（自然状態）と全ての井戸が運転している状態を図6.1、図6.2に示す。

水質の分布状況から、第2帶水層上部層は、3地域に分ける事が可能であり、各区分の特徴は以下のとおりである。

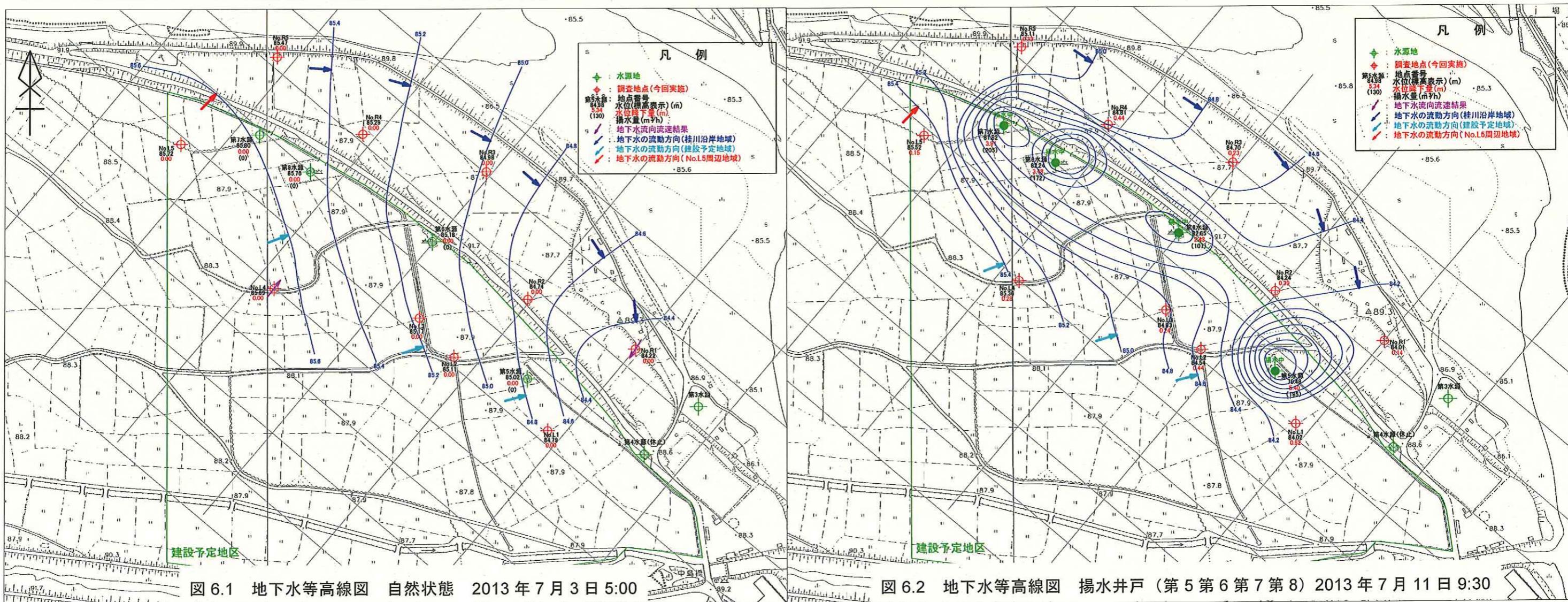
- 1.桂川沿岸地域：水源井戸と桂川の間に位置するNo.R1～R5を対象とする。飲料用としての水質は問題ない。溶存物質は少ない。桂川の影響を強く受けた地域。
- 2.No.L5地点周辺地域：マンガンが飲料用水質基準に不適合である。溶存物質が多い。桂川起源の地下水の他、曾我谷川・犬飼川水系の地下水や、愛宕谷川・七谷川水系の地下水の影響を受けた地域。
- 3.建設予定地域：建設予定地域のNo.L1～No.L4を対象とする。飲料用としての水質は問題ない。溶存物質は、桂川沿岸地域とNo.L5地域の中間的な領域を示す。桂川沿岸地域と曾我谷川、犬飼川水系の地下水が混合した中間的な地域。

これら3地域は、影響を受けている水系などが違うことから、地下水水流動も異なると考えられる。地下水等高線図作成においては、これらの区分を考慮した。

全ての水源井戸が停止している自然状態での地下水の流動状況の結果（図6.1参照）をまとめると以下のとおりとなる。

- ・桂川沿岸地域は、桂川の影響を強く受けていることから、水位も桂川の河川水位と関係が深いと考えられる。概略の地下水の流動方向としては、桂川に沿った方向と考えられる。
- ・No.L5地域は、桂川の他、西方～南西方向に位置する曾我谷川や犬飼川の地下水の影響を受けていると考えられる。概略の地下水の流動方向としては、桂川へ向かう北東方向と考えられる。
- ・建設予定地域内で水源井戸に近接した地域は、桂川沿岸地域とNo.L5周辺地域の影響を受けていると考えられる。概略の地下水の流動方向としては、東北東方向と考えられる。

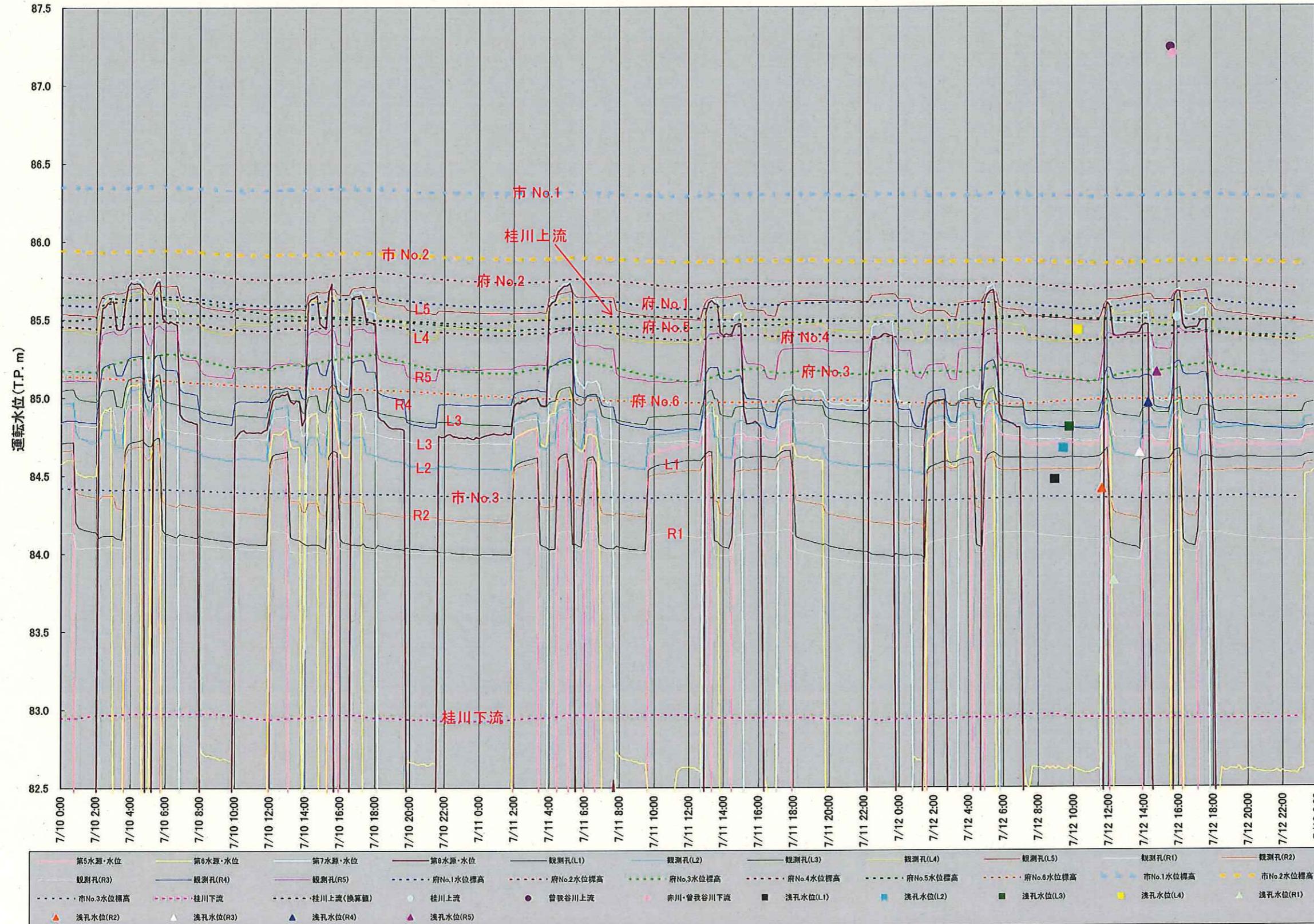
各水源井戸の運転状況に応じて地下水等高線図は変化している。地下水の流動方向は、一般的に等高線に直行する方向であると考えられている。スタジアム建設予定地点は、地下水の流動方向において、水源井戸の上流側に位置している。したがって、各井戸の運転状況によって上流域の地下水は、その影響が広範囲におよぶことが予想される。



## 7 水位変動の関係について

各帶水層における水位の関係を把握するため、第1帶水層を対象とした水位観測データ（京都府実施）、桂川河川水位、第2帶水層上部層を対象とした水位観測データ、第2帶水層を対象とした水源井戸の水位観測データを利用して水位対比図を作成した。データを整理した期間は、2013年7月1日～2013年8月7日である。ここでは7月10日～12日のグラフを図7.1に示す。水位対比図から、調査地の帶水層の水位は、以下の特徴が認められた。

- ・第1帶水層、第2帶水層上部層共、程度の差はあるが、桂川の河川水位の変動に応じて水位が変動している。
- ・第2帶水層上部層に設置された観測孔の水位は、水源井戸の運転に応じて鋭敏に反応しているのに対し、第1帶水層に設置されている観測孔の水位は、反応が鈍い。
- ・第1帶水層の内、府No.6地点、市No.3地点は、水源井戸の影響を全く受けていない。市No.1、市No.2地点への影響は僅かである。



## 8 水位観測結果を利用した第1帶水層の地下水流动状況の検討

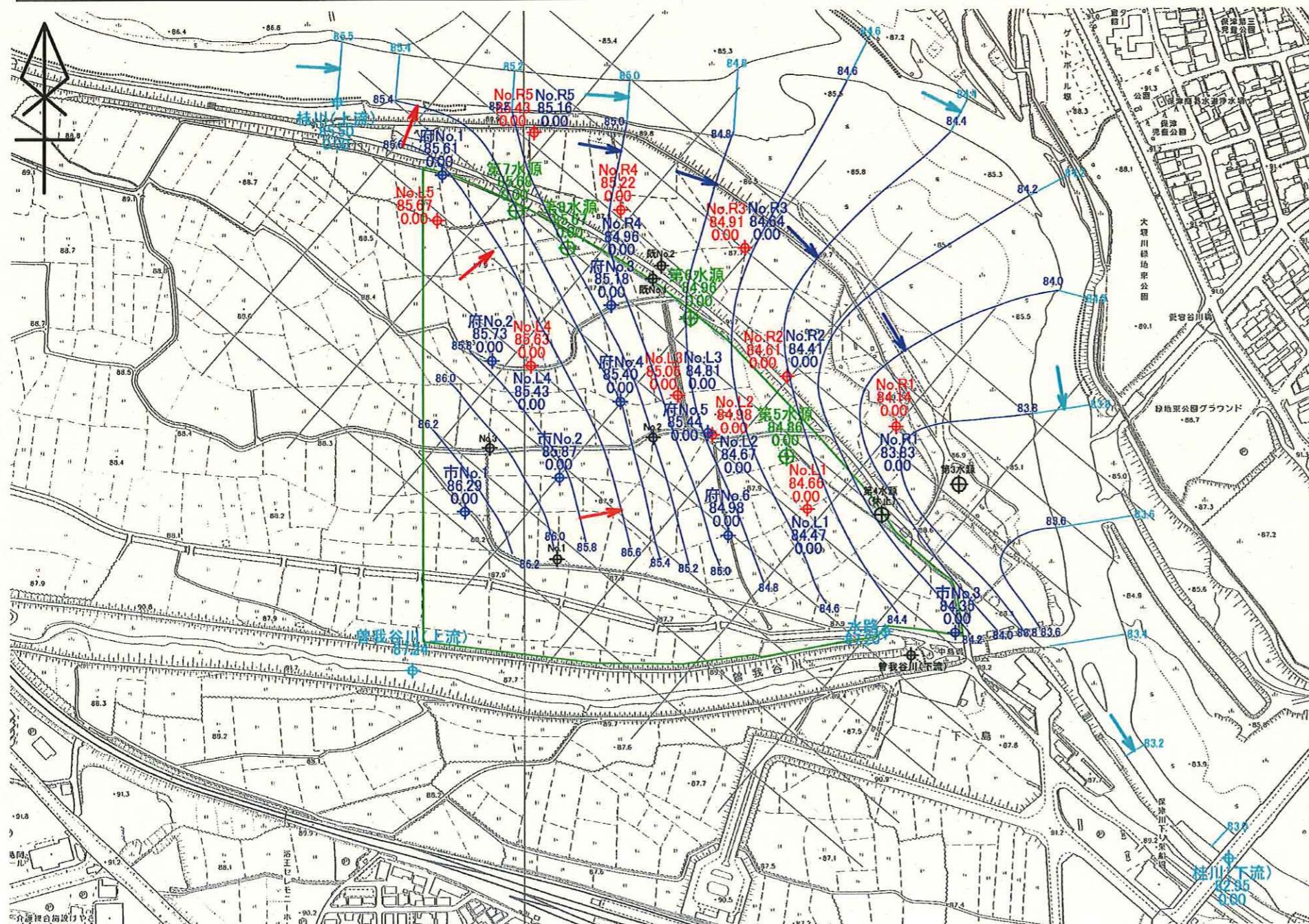
第1帶水層の地下水の流动状況を把握するため、水位データ（府貸与データ）を利用して地下水等高線図を作成した。ここでは、全ての井戸が揚水していない自然状態の結果を図8.1に示す。水質の分布状況から、第1帶水層は、2地域に分ける事が可能であり、各区分の特徴は以下のとおりである。

- 1.建設予定地域：建設予定地域の府No.1～No.6、市No.1～No.3を対象とする。曾我谷川・犬飼川水系の影響を受けた地下水と考えられる。
- 2.桂川沿岸地域：水源井戸と桂川の間に位置する地域。桂川の影響を強く受け、建設予定地域の地下水と桂川の河川水が混合した地下水と考えられる。

これら2地域は、影響を受けている水系などが違うことから、地下水流动も異なると考えられる。地下水等高線図作成においては、これらの区分を考慮した。第1帶水層の地下水の流动状況の特徴をまとめると以下のとおりとなる。

- ・建設予定地域の概略の地下水の流动方向としては、東北東方向と考えられる。府No.1地点付近では北北東方向の流动方向で、桂川に直接流入していると考えられる。
- ・桂川沿岸地域の概略の地下水流动方向としては、南東方向と考えられる。建設予定地域から流入してきた地下水と、桂川からの伏流水が混合し、桂川に沿って流下していると考えられる。

地下水の流动方向は、一般的に等高線に直行する方向であると考えられている。スタジアム建設予定地点は、地下水の流动方向において、水源井戸の上流側に位置している。したがって、建設工事に対しては、地下水流动下方向となる水源井戸付近には、何らかの影響がでることになる。ただし、水源井戸は、第1帶水層を取水源としていることから、井戸からの取水に対して直接の影響は少ないと考えられる。



凡 例	
⊕	観測地点 水源地対象
◆	観測地点 第2帶水層上部層対象
◆	観測地点 第1帶水層対象
◆	観測地点 河川対象
第5水源	地点番号 水位(標高表示)(m) 水位降下量(m)
水色	河川対象 青色:第1帶水層対象 赤色:第2帶水層上部層対象 緑色:第2帶水層(上部層+下部層)対象
←	河川水の流动方向
↖	地下水の流动方向(建設予定地域) 曾我谷川・犬飼川水系の影響を受けた地下水
↙	地下水の流动方向(桂川沿岸地域) 建設予定地域の地下水と河川水が混合した地下水

図8.1 地下水等高線図 自然状態 (2013年7月12日 16:00)

## 9 第1帶水層と第2帶水層との水位の関係について

第1帶水層と第2帶水層上部層の水位との関係を把握するため、2013年7月12日16:00（自然状態）での第1帶水層の地下水等高線図に、第2帶水層上部層の等高線図も記載し、「図9.1 地下水等高線対比図」に示す。

図9.1から、以下に示す特徴が認められた。

- ・桂川沿岸のNo.R1～No.R5の地域においては、概ね、第2帶水層上部層の地下水の方が、第1帶水層よりも20cm程度高い結果が得られた。
- ・建設予定地においては、No.2（京都府既往データ）地点付近より東側（下流側）では、第2帶水層上部層の方が第1帶水層よりも高いが、西側（上流側）では、第1帶水層の方が第2帶水層上部層よりも高い結果が得られた。

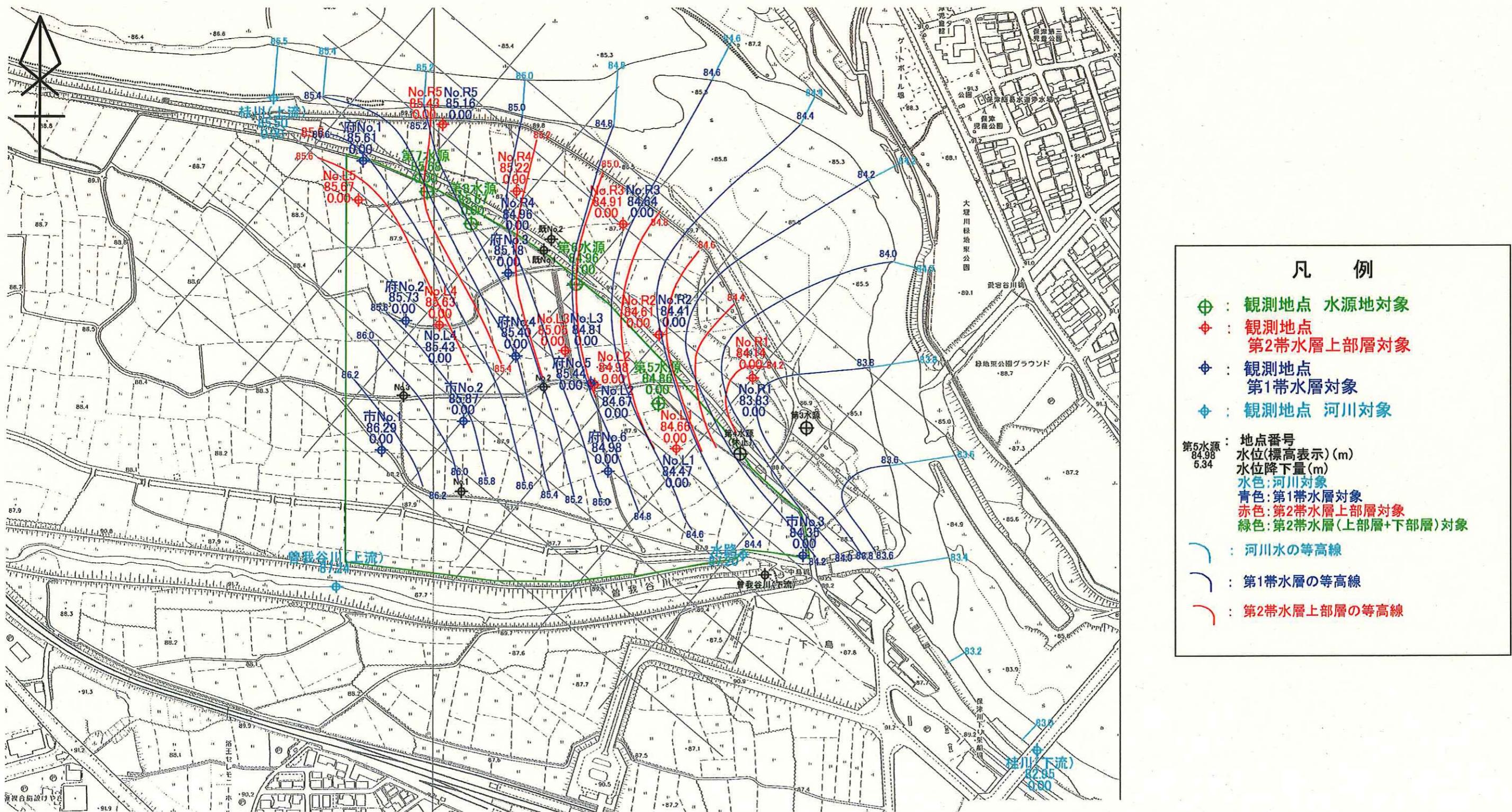


図9.1 地下水等高線対比図 自然状態 (2013年7月12日 16:00)

## 10 第2帶水層上部層の流速の検討

作成した地下水等高線図や地下水流向流速結果から、概略の地下水の流速について検討する。

地下水の流速はダルシーの法則を利用して求められる。

地下水の流向（流線）は、一般的に地下水等高線に対して直角方向である。流速の検討にあたっては、水位観測地点から、下流側の等高線に対して直角方向の流向（流線）を設定し地点間の水位差を求めた。

ここでは、水源井戸が揚水していない自然状態と全ての水源井戸が運転している状態の結果を図 10.1、図 10.2 に示す。

結果の特徴を以下にまとめると。

- ・自然状態の流速について、No.L1～L4、R1～R4 地点は、 $0.084\sim0.25\text{m/d}$  の結果が得られた。No.L5、No.R5 地点は  $0.026\sim0.031\text{m/d}$  が得られ、他の地点に比べ遅くなっている。
- ・第5水源、第8水源が揚水している場合の流速について、No. L1、L2、L4、R1～R3、R5 地点は、 $0.087\sim0.24\text{m/d}$  の結果が得られた。No.L5 地点は  $0.043\text{m/d}$  が得られ、他の地点に比べ遅くなっている。No.R4 地点は、第8水源の運転に応じて、地下水流向流速測定値が  $11\text{m/d}$  と大きな結果が得られており、局所的な水みち（高透水部）の存在や、桂川方向からの地下水の流入が多いことが考えられる。

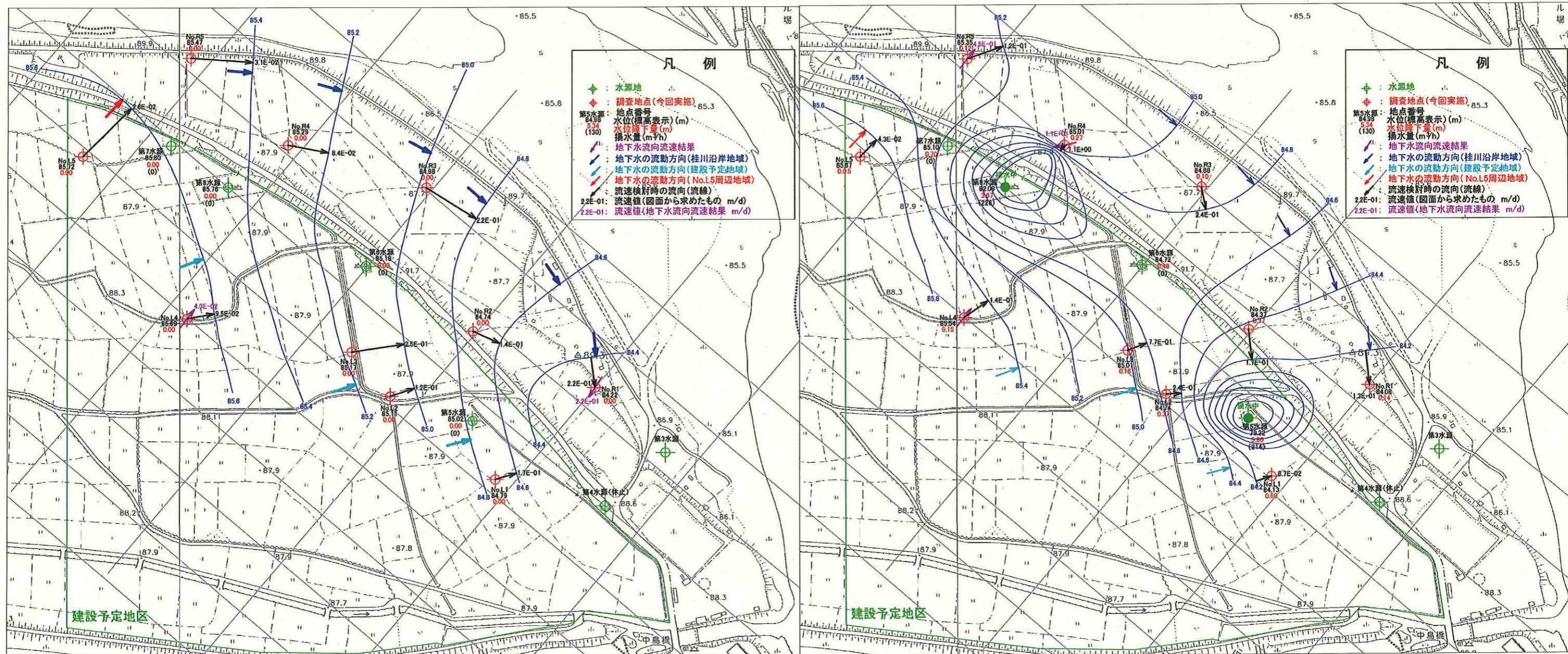


図 10.1 地下水流速解析図（自然状態 水源井戸停止） 2013年7月3日 5:00

図 10.2 地下水流速解析図 揚水井戸（第5、第8） 2013年7月3日 11:50

## 11 調査結果のまとめ

地下水の特徴を踏まえ、スタジアム建設（基礎工事）が水源井戸に与える影響についてのまとめを以下に示す。これらの結果から、建設に伴う水源井戸への影響は、皆無とは言い切れない状況である。したがって、建設に関しては、基礎工法、モニタリング、揚水井戸の運転パターン等について、水源井戸に影響を与える原因を極力抑える対策や、問題が発生した時の危機対応策等の検討が望まれる。

### 各地下水の特徴と工事への影響についてのまとめ

- ・建設予定地付近の地下水の流向は、第1帶水層、第2帶水層上部層共、東方向を示している。このため、水源井戸は建設予定地の下流側に位置し、工事の影響を受けやすい環境である。
- ・第1帶水層と第2帶水層上部層との境界には、不透水層が存在しないため、水源井戸の運転に伴い、第1帶水層の下限層界部付近では、第2帶水層上部層と共有する流れが発生することも考えられる。このため、第1帶水層に対する工事であっても、水源井戸へ影響を与える可能性が考えられる。
- ・水源井戸は、桂川側からの取水が主体であるため、工事における水源井戸への影響は少ないとも考えられる。ただし、地下水コンタ図に示したように同心円状の地下水位低下が考えられるため、地下水位低下量によっては少なからず工事範囲からの地下水への影響も考えられる。現時点では、杭基礎による基礎工が計画されており、施工範囲や深度、多大な数量となる場合、その影響の予測は困難である。

## 12 設計・施工上の留意点

スタジアム建設の基礎工法や規模（深度、本数、範囲）によっては、水源井戸に影響を与える可能性があることから、何らかの対策検討が必要と考えられる。水源井戸に与える影響としては、最悪の場合に水質の悪化による飲用不可能も考えられる。

対策は、基礎工事の工法、問題が発生した時の危機対応に分けて考える必要があり、考えられる問題点を以下に示す。

### 1. 基礎工事（工法）等で問題発生を抑える対策

- ・飲用に適さない材料の使用による水質の悪化に注意する。水道法では、50項目について水道水質基準が定められている（表3.7.1 水道水質基準項目と試験方法 P22参照）。基礎工法や補助工法の選定においては、50項目の基準値が水源井戸で超えてしまうような工法選定は避ける必要がある。なお、水質悪化は長期間におよぶ可能性があり危険であるため、十分な注意が必要である。
- ・基礎施工時に発生する濁りによる水質悪化に注意する。地下水の濁りの原因としては、掘削に伴うものと掘削泥水の使用が考えられる。濁りは、地盤のフィルター効果によって、流下する過程で濾過される特徴がある。しかし、近接施工となる場合には、濾過の経路が不足し、問題が無いとはいきれないため、できる限りこれらを抑える工法の選択が望まれる。

### 2. 問題が発生した時の危機対応への対策

- ・建設地点と、水源井戸の間にモニタリング用の観測孔を設置し、建設期間中の水質を常時監視する対策が望まれる。加えて、ドレーン排水用のウェル井戸等の設置検討が望まれる。
- ・水質を監視する項目としては、基礎工法によって検討する必要があるが、常時観測でき、測定値が短時間に入手できる項目としては、pH、電気伝導率、濁度等が考えられる。なお、影響があった場合に、測定値がどのような値を示すか予め把握しておくことが望まれる。
- ・基礎工事現場に最も近い水源井戸が最も影響を受ける可能性が高いことから、「工事期間中は、休止する」もしくは、「モニタリング孔で影響が確認された場合は、揚水を中止する」など危機対策を検討しておくと共に、影響が少ない井戸の揚水パターンを検討しておく必要がある。
- ・基礎工事は10月の予定であることから、毎年10月の取水量を事前に把握し、4箇所ある水源井戸のうち、最小の運転箇所数を予め把握しておくことが望まれる。