

7.7 水象

7.7.1 調査概要

(1) 地下水位

事業計画地周辺の地下水の水位変動を把握するため、観測井戸（No.1, No.4, No.5）の1時間毎の水位を自記水位計により1年間測定した。

調査概要及び調査位置は、表7-7-1及び図7-7-1に示すとおりである。

表7-7-1 水象調査概要

調査日	平成17年11月14日～平成18年11月13日（1年間）
調査地点	観測井戸No.1, No.4, No.5の計3地点（図7-7-1参照）
調査頻度	1時間毎の1年間連続（自記水位計を用いて）

(2) 地下水等の特性及び流れ

事業計画地内の地下水等の特性及び流れを把握するため、表7-7-2に示す水質調査を実施した。

表7-7-2 水質調査概要

調査日	平成20年4月21日, 5月15日, 6月2日
調査地点	事業計画地内の沢（15箇所）、岩盤の割目湧水（S15・S06、2箇所）、観測井戸（8箇所）、調整池（S02、1箇所）、放流槽（S01、1箇所）、計27箇所（図7-7-2参照）
調査頻度	年1回（S01は3回、No.1は2回、No.6は3回）

調査項目	単位	分析方法	調査項目	単位	分析方法
電気伝導度	μS/cm	現地測定	炭酸水素イオン	mg/l	JIS 0101-25.2
温度			硫酸イオン		JIS 0101-41.3
pH	-		硝酸イオン		JIS 0102-43.2.5
鉛		JIS K0102-54.2	溶存ナトリウム		上水試験方法 3-5.4
砒素	mg/l	JIS K0102-61.3	溶存カルシウム		上水試験方法 3-8.3
全鉄		JIS K0102-57.4	溶存マグネシウム		JIS 0102-50.3
塩化物イオン		JIS K0102-35.3			JIS 0102-51.3

注）S01の2,3回目, No.1の2回目, No.6の2,3回目は、電気伝導度, 温度, pH, 砒素のみ、S02, S07, S08, S13, S15, S16の2回目, S17は、電気伝導度, 温度, pHのみを分析した。

新規観測井戸No.7及びNo.8については、図7-7-3に示すとおり、帯水層毎の地下水を区別して採取・比較するため、岩盤中のみ地下水を採取する深部観測井戸（No.7-1、No.8-1）と、河川堆積物・崖錐堆積物・風化部中の伏流水を採取する浅部観測井戸（No.7-2、No.8-2）を同所に設置した。

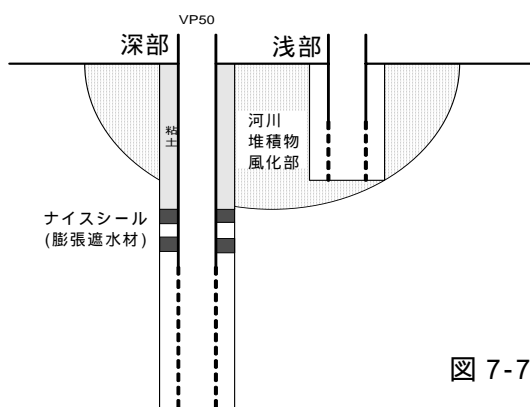
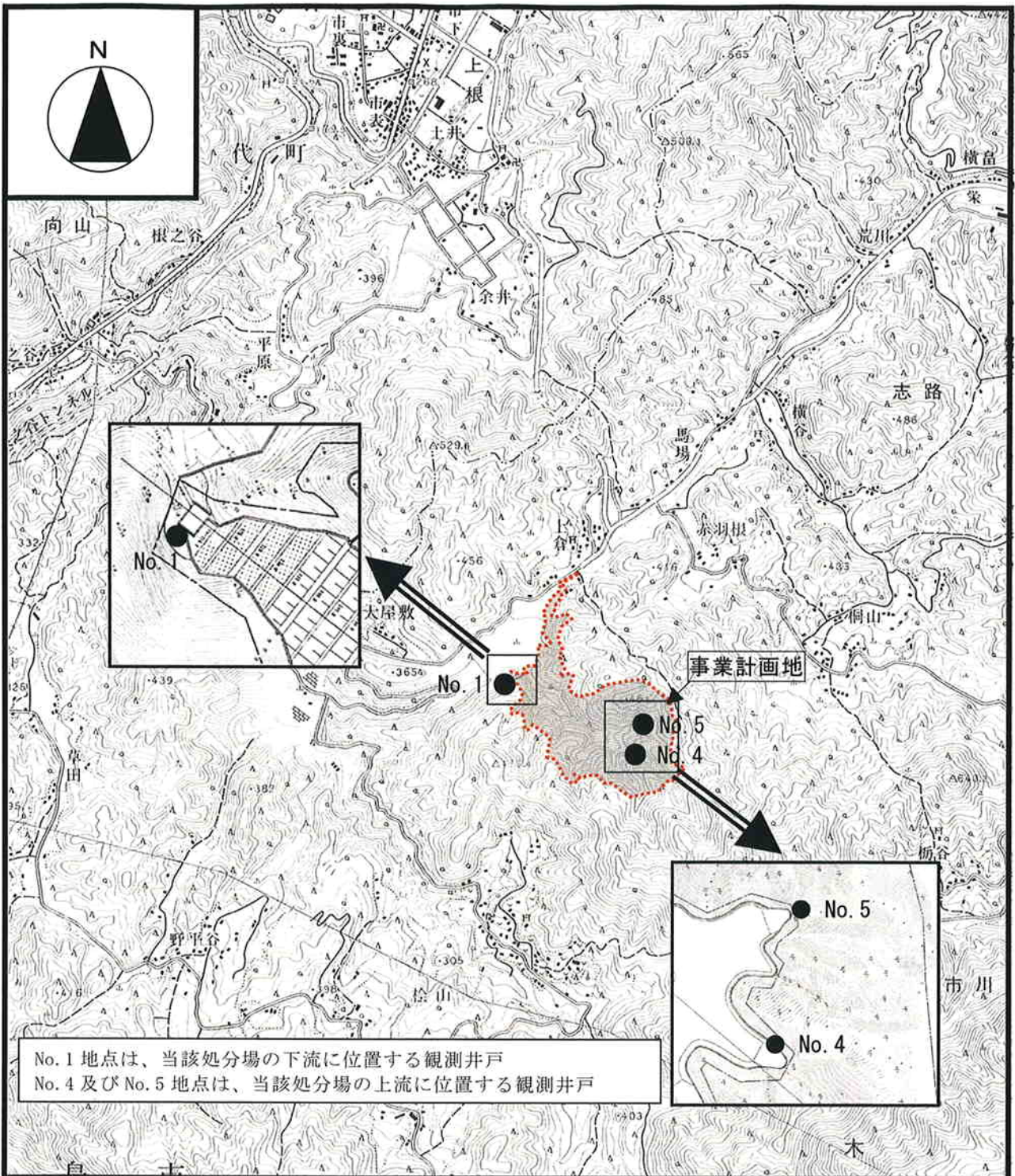


図7-7-3 新規観測井戸概念図



No. 1 地点は、当該処分場の下流に位置する観測井戸
 No. 4 及び No. 5 地点は、当該処分場の上流に位置する観測井戸

凡 例	
●	観測井戸調査位置



図 7-7-1 水象調査位置図

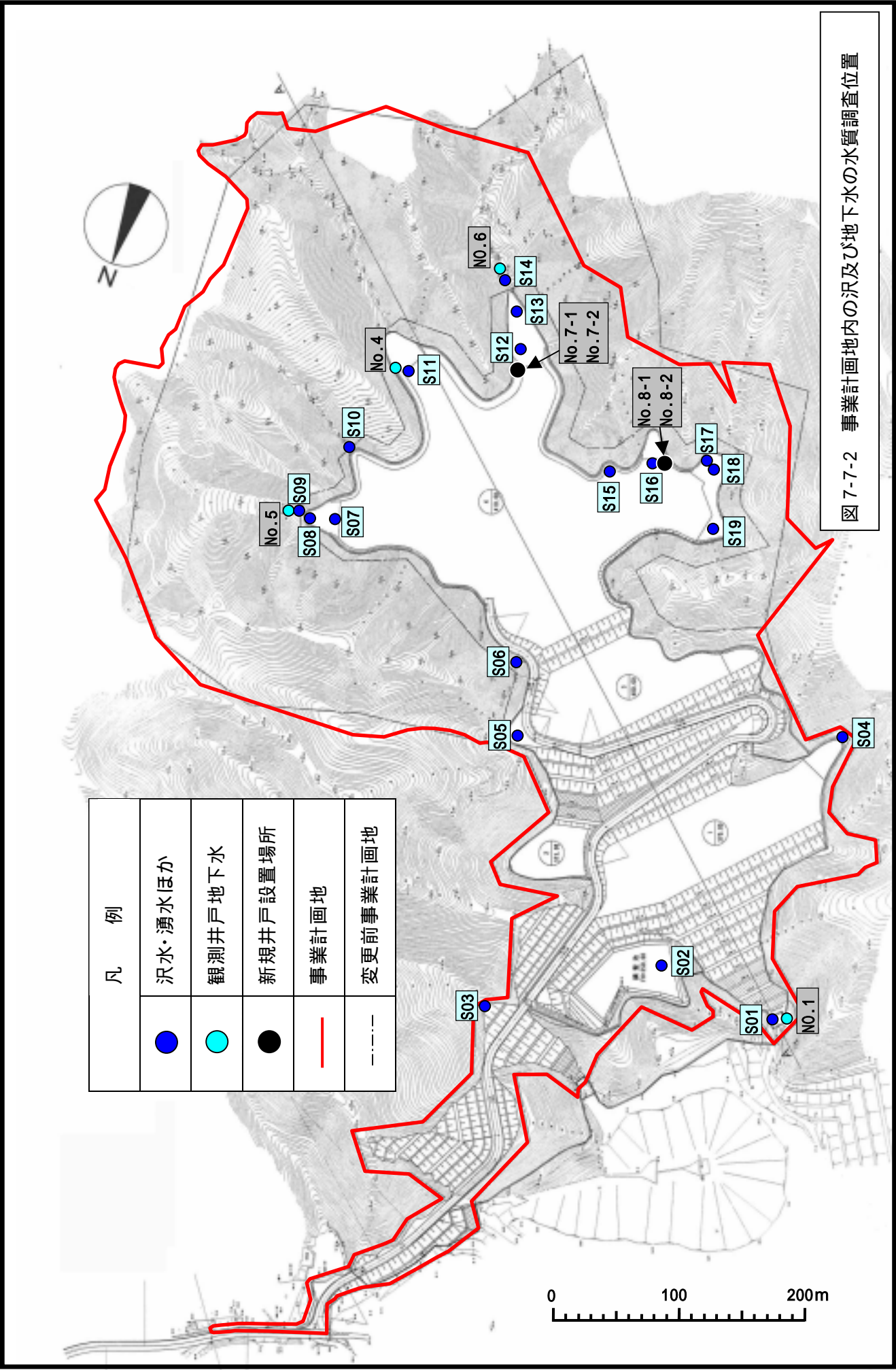


図 7-7-2 事業計画地内の沢及び地下水の水質調査位置

7.7.2 調査結果

(1) 地下水

調査結果は、図7-7-4に示すとおりである。当該処分場の下流の観測井戸 No.1 地点では、降雨量に比例して水位の変動が認められるが、上流の観測井戸 No.4、No.5 地点では降雨に関係なく、水位は年間ほぼ一定水位となっている。

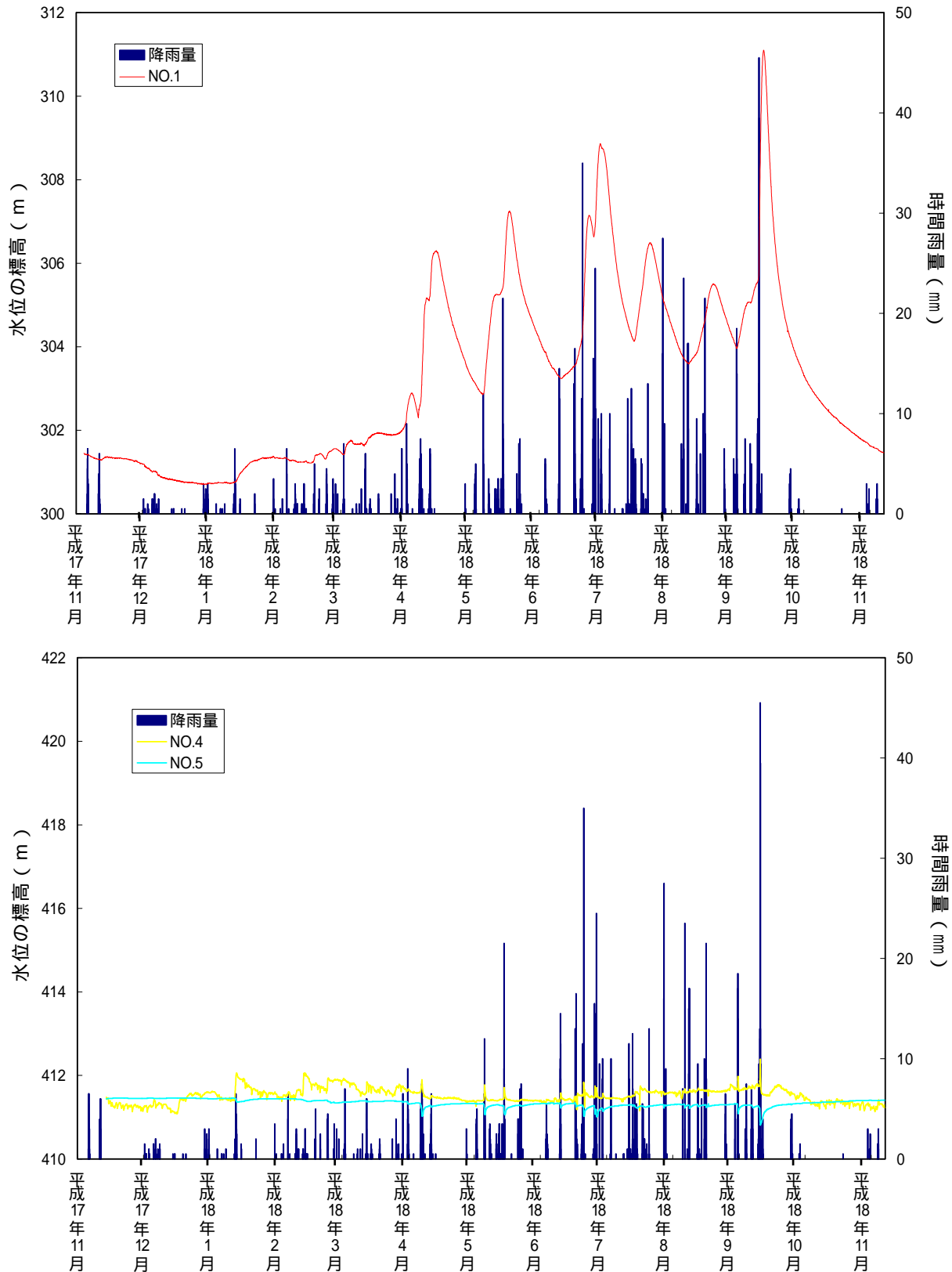


図 7-7-4 地下水の水位調査結果

(2) 地下水等の特性及び流れ

沢水及び地下水調査結果

事業計画地内の沢水及び地下水調査結果は、表 7-7-3 に示すとおりである。

ア 重金属分析

砒素の地下水環境基準を超過した観測井戸 No.6 については調査中に 3 回、要監視点と考えられる観測井戸 No.1 及び放流槽 (S01 (沈砂池)) についても 3 回砒素の分析を行った。

これまでの調査で基準超過の砒素が検出された観測井戸 No.6 では、分析した 3 回共に砒素濃度が 0.022~0.038mg/L と地下水環境基準を超過した。また、頁岩 (泥岩) と高田流紋岩類を境する断層を横断する小沢 (S16) の砒素濃度が 0.030mg/L と高く、事業計画地内での基準を超過した表流水となっている。

表 7-7-3 沢水及び地下水の調査結果

測点	採取日	電導度 μS/cm	温度	pH	公定法分析値 (mg/L)										備考	
					鉛	砒素	全鉄	塩化物イオン	炭酸水素イオン	硫酸イオン	硝酸イオン	溶存チリウム	溶存カリウム	溶存ナトリウム		溶存マグネシウム
S01	4月21日	309	15.7	6.43	<0.005	0.006	0.037	41	119	18	14	26	4.6	34	8.8	沈砂池 放流槽
	5月15日	365	15.7	7.12	-	<0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6月2日	319	16.6	6.77	-	0.008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S02	4月21日	74	25.7	10.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	調整池
S03	5月15日	54	12.1	7.16	<0.005	<0.005	<0.005	4.1	29	2.6	1.8	4.8	1.2	3.9	1.1	沢水
S04	5月15日	41	11.9	7.11	<0.005	<0.005	<0.005	4.3	10	3.2	5.3	3.9	0.75	2.2	0.50	沢水
S05	4月22日	39	16.5	7.26	<0.005	<0.005	0.005	4.2	18	2.2	0.3	3.9	1.2	1.9	0.48	沢水
S06	5月16日	48	16.8	7.14	<0.005	<0.005	<0.005	3.4	24	1.2	0.5	3.9	0.69	2.6	0.60	割目湧水
S07	4月21日	46	15.2	7.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	沢水
S08	4月21日	48	12.2	6.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	沢水
S09	4月21日	49	12.5	6.01	<0.005	0.008	0.007	3.8	31	2.0	0.6	4.1	1.0	4.0	1.1	沢水
S10	4月21日	39	12.1	6.20	<0.005	<0.005	0.008	4.1	20	1.6	0.3	3.3	0.98	3.0	0.89	沢水
S11	4月21日	31	11.7	6.30	<0.005	<0.005	0.020	4.2	12	2.4	2.6	2.7	1.0	2.1	0.53	沢水
S12	4月21日	19	19.1	7.07	<0.005	<0.005	0.049	3.7	5.6	3.0	0.3	2.7	1.1	0.43	0.13	沢水
S13	4月21日	19	12.4	6.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	沢水
S14	4月21日	19	11.7	6.23	<0.005	<0.005	0.005	3.5	11	2.5	0.6	2.6	0.94	1.4	0.18	沢水
S15	4月22日	26	15.4	6.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	割目湧水
S16	4月22日	65	13.3	7.12	<0.005	0.030	0.005	4.1	28	3.9	4.2	4.5	0.79	5.6	0.83	沢水
	5月15日	81	21.9	7.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S17	4月22日	35	11.4	6.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	沢水
S18	4月22日	38	11.1	6.57	<0.005	<0.005	<0.005	4.2	14	4.4	4.3	3.6	0.55	2.6	0.56	沢水
S19	4月22日	40	12.9	6.44	<0.005	0.007	0.009	4.0	16	1.7	2.2	4.6	0.85	1.7	0.52	沢水
No.1	4月21日	231	15.9	6.53	<0.005	<0.005	0.015	16	78	19	16	9.4	1.6	31	3.7	観測井戸
	6月2日	241	16.8	7.15	-	<0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
No.4	4月21日	36	14.0	6.23	<0.005	<0.005	0.012	4.0	15	2.6	3.1	2.5	0.87	2.5	0.42	観測井戸
No.5	4月21日	64	15.8	6.20	<0.005	0.005	<0.005	4.1	53	2.0	0.3	4.9	0.95	12	1.6	観測井戸
No.6	4月21日	99	13.1	6.87	<0.005	0.022	0.008	4.3	58	5.1	1.8	4.7	2.9	14	0.40	観測井戸
	5月15日	99	12.6	7.59	-	0.029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6月2日	70	13.8	7.64	-	0.038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
No.7-1	6月2日	78	14.6	6.97	<0.005	0.006	0.011	3.3	33	7.4	1.3	8.7	1.1	4.7	0.54	観測井戸 (深部)
No.7-2	6月2日	24	15.8	7.01	<0.005	<0.005	0.015	3.0	9.3	3.4	1.5	0.88	1.3	0.41	0.068	観測井戸 (浅部)
No.8-1	6月2日	148	14.9	7.07	<0.005	0.022	0.066	3.9	70	11	0.7	18	1.4	13	1.0	観測井戸 (深部)
No.8-2	6月2日	51	15.6	6.87	<0.005	0.011	0.009	3.9	11	3.9	4.0	4.3	0.69	3.3	0.54	観測井戸 (浅部)

注) 赤字は基準値を上回っている。

■: 観測井戸

イ 電気電導率と成分相関

(ア) 炭酸イオン、硫酸イオン及び溶存ナトリウムとの相関

水の電気伝導率はその水の電気の通し易さを示すもので、水中に電解質のイオン量が多ければ多いほど電流が多く流れ電導度は高くなる。河川水及び湧水はすべて若干の鉱物質を溶解しており、水の電気伝導率(電導度)は水中の溶存成分総量を知る目安になる。

沢水・地下水・放流槽(沈砂池)の電気電導度と炭酸イオン・硫酸イオンの相関は、図7-7-5及び図7-7-6に示すとおりである。

これらの成分は電導度が高くなるにつれて、沢水 地下水 放流槽(沈砂池)と炭酸イオン・硫酸イオン濃度が高くなり良好な正相関を示している。しかも、高田流紋岩類中の地下水 頁岩との境界断層部の地下水(No.8-1) 頁岩中の地下水(No.1) 放流槽(S01(沈砂池))と下流側に向かっておおむね円滑な連続性が認められる。

電導度と溶存ナトリウムも図7-7-7に示すとおり、電気電導度と炭酸イオン、硫酸イオンとの関係と同様の相関傾向を示す。

このことは、炭酸イオン・硫酸イオン・溶存ナトリウムの濃度は地下水と岩石の接触時間と相関していることを示し、これらは周辺の自然地層中から供給されたものと推定できる。

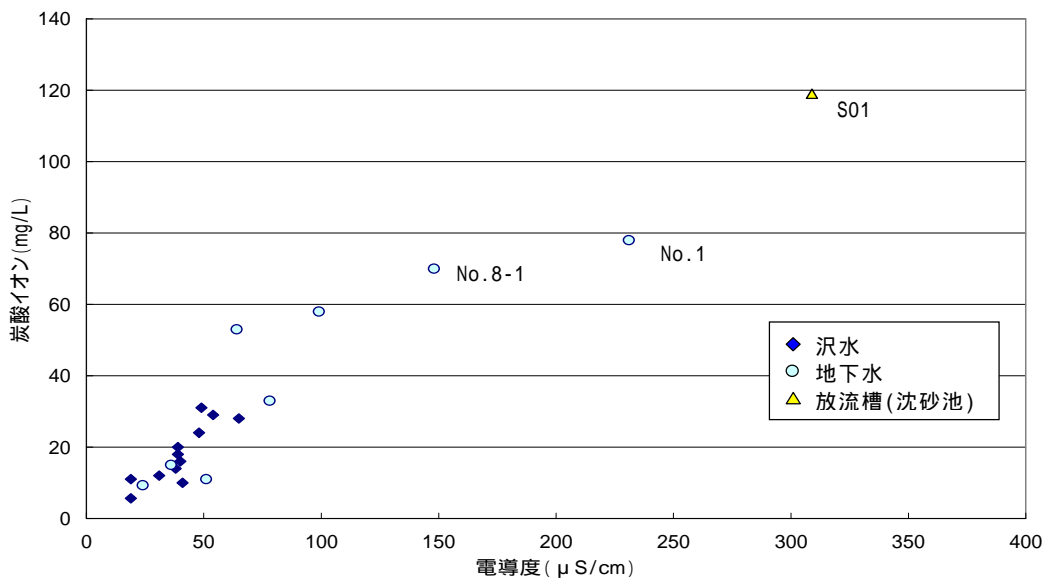


図 7-7-5 電気伝導度と炭酸イオンの相関

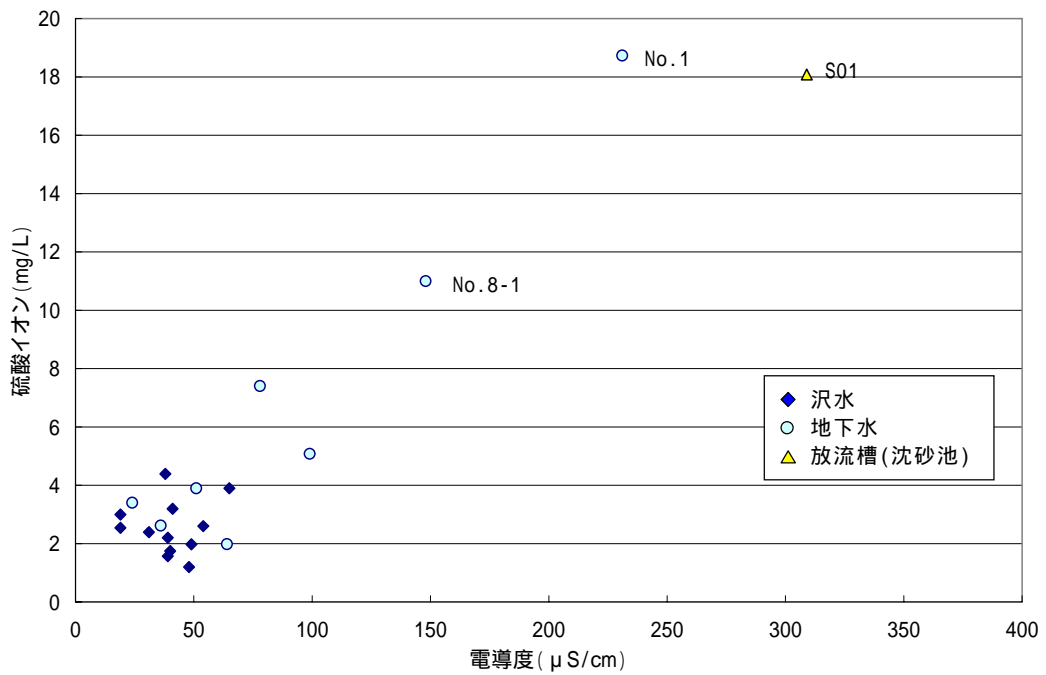


図 7-7-6 電気伝導度と硫酸イオンの相関

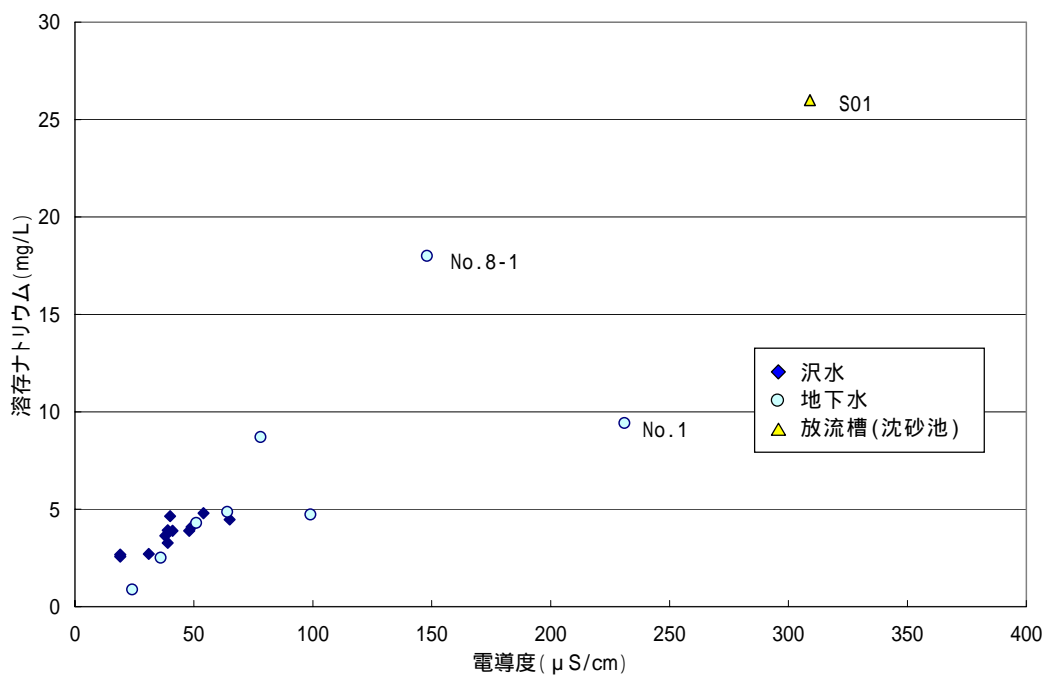


図 7-7-7 電気伝導度とナトリウムイオンの相関

(1) 硝酸イオン、塩化物イオンとの相関

沢水・地下水・放流槽（沈砂池）の電気電導度と硝酸イオン・塩化物イオンの相関は、図 7-7-8 及び図 7-7-9 に示すとおりである。

硝酸イオンは、沢水では電導度と濃度に良好な相関が認められず、地下水でも観測井戸 No.1 の地下水を除き相関性が認められない。放流槽（S01（沈砂池））と直近に位置する観測井戸 No.1 の電導度が飛躍的に高く、硝酸イオンは沢水・他の地下水に比較すると数倍高くなっている。

塩化物イオンは、観測井戸 No.1 以外はすべて電導度の高低にかかわらず 5mg/L 未満でほぼ一定しているが、観測井戸 No.1 の地下水と放流槽（S01（沈砂池））の電導度及び塩化物イオン濃度は不連続的に急に高くなっている。

炭酸イオン・硫酸イオン・溶存ナトリウムでは放流槽（S01（沈砂池））との中間に位置していた境界断層部の地下水（No.8-1）は、硝酸イオンと塩化物イオンでは他の地下水と同程度の濃度となっている。

これらの硝酸イオンと塩化物イオンにおける電導度と濃度の不連続性は、放流槽（S01（沈砂池））における硝酸イオン・塩化物イオンのほとんどが放流槽（S01 沈砂池）直上の廃棄物から供給されていることによるものと考えられる。

なお、図 7-7-10 に示すとおり、塩化物イオンと硝酸イオンの相関性をみると放流槽（S01（沈砂池））と直近に位置する観測井戸 No.1 が、他の沢水・地下水に比べ大きくずれており、観測井戸 No.1 と放流槽（S01（沈砂池））は、水質的に相互に影響を受けていると推定できる。

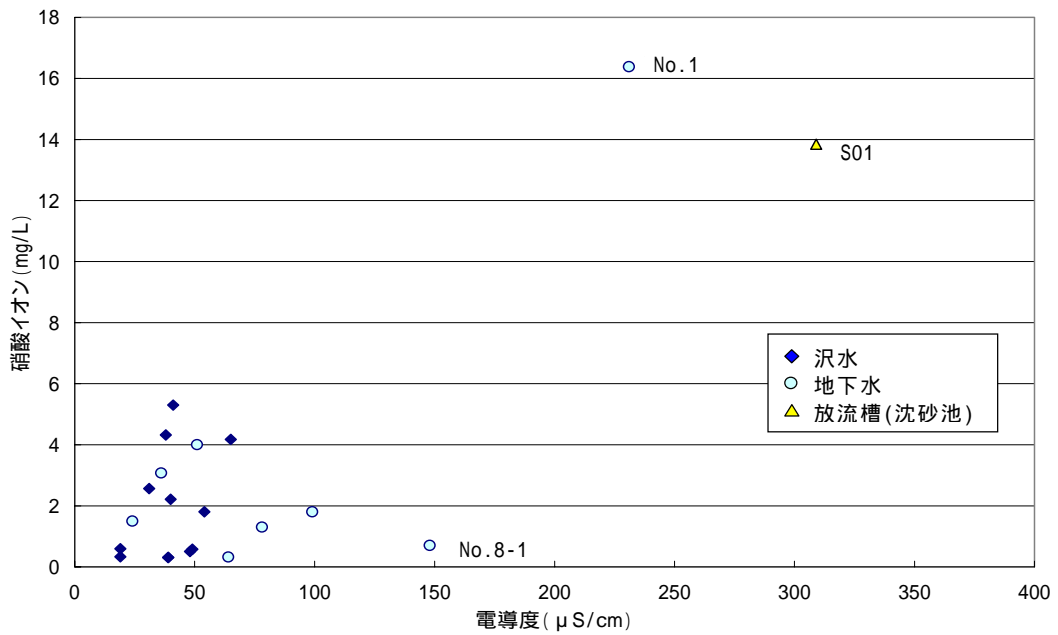


図 7-7-8 電導度と硝酸イオンの相関

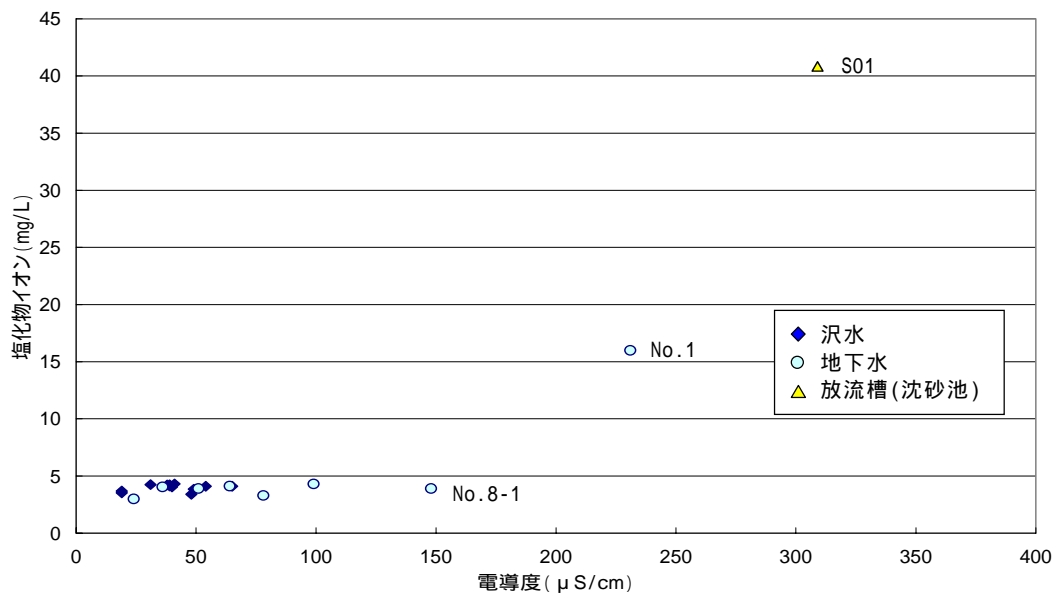


図 7-7-9 電導度と塩化物イオンの相関

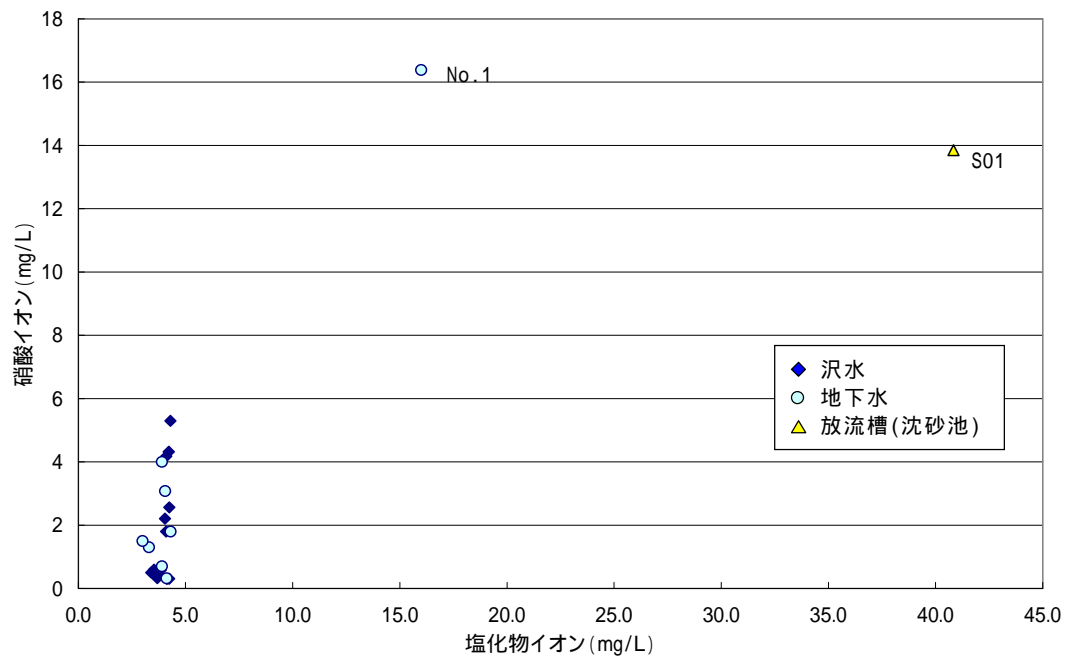


図 7-7-10 塩化物イオンと硝酸イオンの相関

(ウ) 砒素との相関

電気電導度と砒素との関係は、図 7-7-11 に示すとおりである。

砒素は、放流槽（S01（沈砂池））及び直近の観測井戸 No.1 以外は、沢水・地下水ともに、電導度が高くなるにつれて概ね砒素濃度が高くなる傾向が認められる。

また、砒素は以下に示すことから、放流槽（S01（沈砂池））直上の廃棄物からは供給されていないと推定される。

放流槽（S01（沈砂池））の電導度は 300～350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高いものの、砒素濃度は採水した 3 回ともに地下水環境基準（0.01mg/L 以下）よりも低くなっていること。

万一、廃棄物中に砒素等が含まれ、それらが溶出しているとする、放流槽（S01（沈砂池））の水質中の砒素等濃度は定常的に高い値を示すと考えられること。硝酸イオン・塩化物イオンのほとんどが放流槽（S01（沈砂池））直上の廃棄物から供給されていると考えられ、放流槽（S01（沈砂池））の水は廃棄物を通過した表流水の寄与があると認められること。（P7-85 参照）

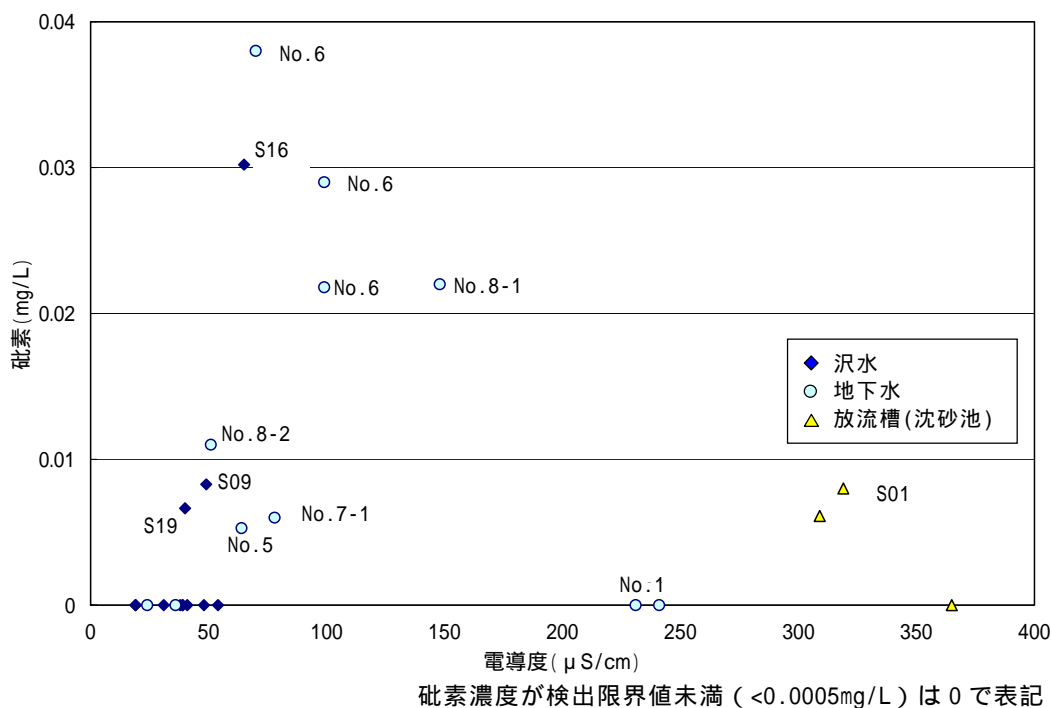


図 7-7-11 電導度と砒素の相関

ウ ヘキサダイヤグラム

ヘキサダイヤグラムは、図 7-7-12 に示すとおり、採取した地下水・表流水中のイオン溶存量を図示するものである。水平軸に各イオンのイオン当量（epm または meq/l）をプロットし、各点を結んでできた六角形の形状に視覚化することにより地下水の分類を行うものである。イオン溶存量が多いとダイヤグラムは大きくなり、ダイヤグラムの形状が類似のものであれば、同じ水質のグループに属する。

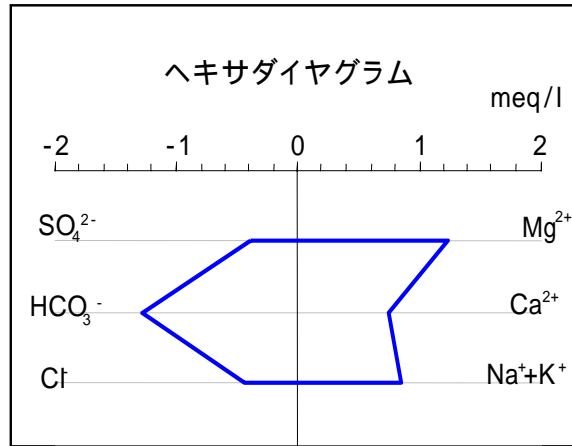


図 7-7-12 ヘキサダイヤグラム模式図

事業計画地内の沢水及び地下水の 21 試料のヘキサダイヤグラムは図 7-7-13 に示すとおりであり、当該地の水質グループは大きく三つの水質グループに区分される。

第 1 グループは、全体にイオン溶存量が多く中でも重炭酸 (HCO_3^-) とカルシウム (Ca) イオンが多いためそろばん玉のような形状で、岩盤内のミネラルを溶かし込んでいることを示す。放流槽 (S01 (沈砂池)) 以外は観測井戸の地下水であり、この類似性から放流槽 (沈砂池) の水の大方は、観測井戸と同じ岩盤からの裂か水と推定される。

第 2 グループは、第 1 グループに比較して全体のイオン溶存量が少なく、 Ca イオンが少ないため、片そろばん玉のような形状を示し、高田流紋岩類中の沢水 (S03、S06、S09、S10)、頁岩 (泥岩) 中の沢水 (S16、S18)、観測井戸 (No.8-2) の河川堆積物・崖錐堆積物・風化部中の伏流水及び観測井戸 No.7-1 の岩盤中のみの地下水が属している。S16 は本調査で見いだされた砒素の地下水環境基準不適合の唯一の表流水 (沢水) である。

第 3 グループは、第 2 グループより Ca イオン濃度がさらに小さく、全体の溶存イオン量はもっとも少ないタイプであるが、第 2 グループとの差異は小さい。このグループは、観測井戸 (No.7-2) の河川堆積物・崖錐堆積物・風化部中の伏流水以外、高田流紋岩類中でも頁岩 (泥岩) との境界に近い沢 (S05、S11、S12、S14) 及び頁岩中を流れる沢 (S04、S19) の水が属している。

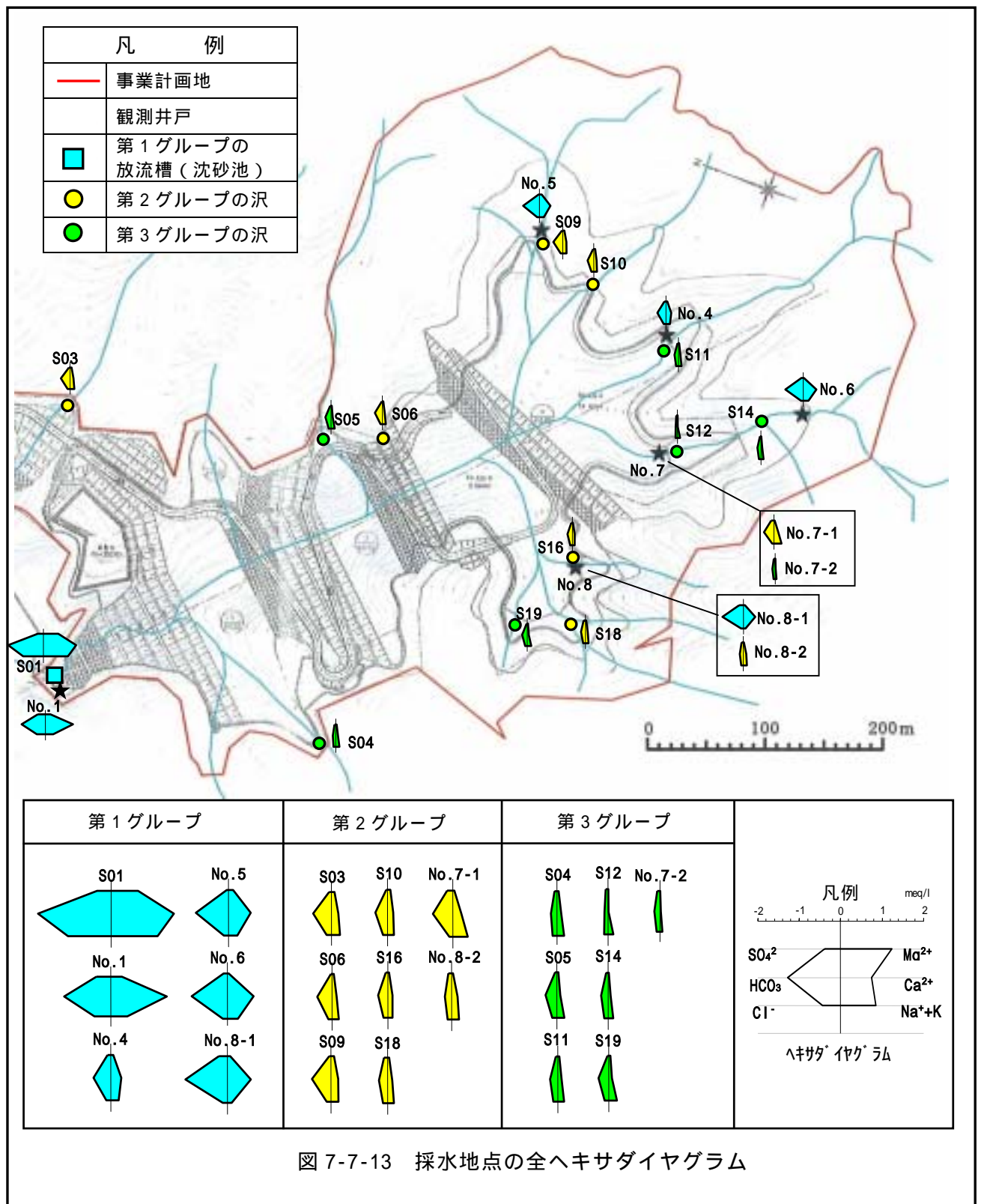


図 7-7-13 採水地点の全ヘキサダイアグラム

エ トリリニアダイアグラム

トリリニアダイアグラムは、表流水や地下水に含まれる主要溶存イオンを陽イオン及び陰イオンの当量濃度比を菱形図上にプロットしたもので、陽イオンは($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) : ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)の比とし、陰イオンは($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) : (HCO_3^-)の比である。陽イオン・陰イオンそれぞれのミリグラム当量の総和が100%となるように、中央の菱形グラフ(キーダイアグラム)上にプロットし、これに、陽イオンを($\text{Na}^+ + \text{K}^+$)、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、陰イオンを Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- の二つの三角ダイアグラムで表示したものである。

キーダイアグラムは、表 7-7-4 に示すとおり、以下の五つのグループに区分され、異なる領域にプロットされた地下水は異なる水脈、水系が起源であると考えられている。

表 7-7-4 トリリニアダイアグラムによる水の分類

領域	組成による分類	水の種類
	非重炭酸カルシウム型 CaSO_4 または CaCl_2 型	CaSO_4 または CaCl_2 型の水質組成で温泉水・鉱泉水及び化石塩水等がこの型に属し、一般の河川水・地下水では特殊なものであり、温泉水や工業排水等の混入が考えられる。
	重炭酸カルシウム型 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 型の水質組成で、わが国の循環性地下水の大半がこの型に属する。石灰岩地域の地下水は典型的にこの型を示す。
	重炭酸ナトリウム型 NaHCO_3 型	NaHCO_3 型の水質組成で、停滞的な環境にある地下水がこの型に属する。したがって、地表から比較的深い地下水の型といえる。
	非重炭酸ナトリウム型 Na_2SO_4 または NaCl 型	Na_2SO_4 または NaCl 型の水質組成で、海水及び海水が混入した地下水・温泉水等がこの型に属する。
	中間型	1～ の中間的な型で、河川水・伏流水及び循環性地下水の多くがこの型に属する。

事業計画地周辺の沢水・地下水のトリリニアダイアグラムは、図 7-7-14 に示すとおりである。

高田流紋岩類中の沢水(S12)と頁岩(泥岩)中の沢水(S04)の2地点をのぞいてこのグループに区分され、概ね下記のような傾向が認められる。

観測井戸の地下水は大半がグループの $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型の水質組成で、循環性地下水がこの型に属する。

観測井戸のNo.7-1とNo.7-2は中間型のグループに属し、岩盤中の地下水でも浅部の伏流水が循環性地下水にあたる。

高田流紋岩類中の沢水はほとんどグループとグループの境界線上に集中しており、循環性地下水が地表に流出して表流水と混合して中間型を示していると考えられる。

頁岩(泥岩)中の沢水は同じくグループとグループの境界線上に位置し、概ね高田流紋岩類中の沢水と大きな差異は見られない。

放流槽(S01(沈砂池))の水(グループの $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型)は、図 7-7-15 に示すとおり、観測井戸No.8付近の断層が遮水壁となり、これに添って地下水が流出して付加されているものと考えられる。

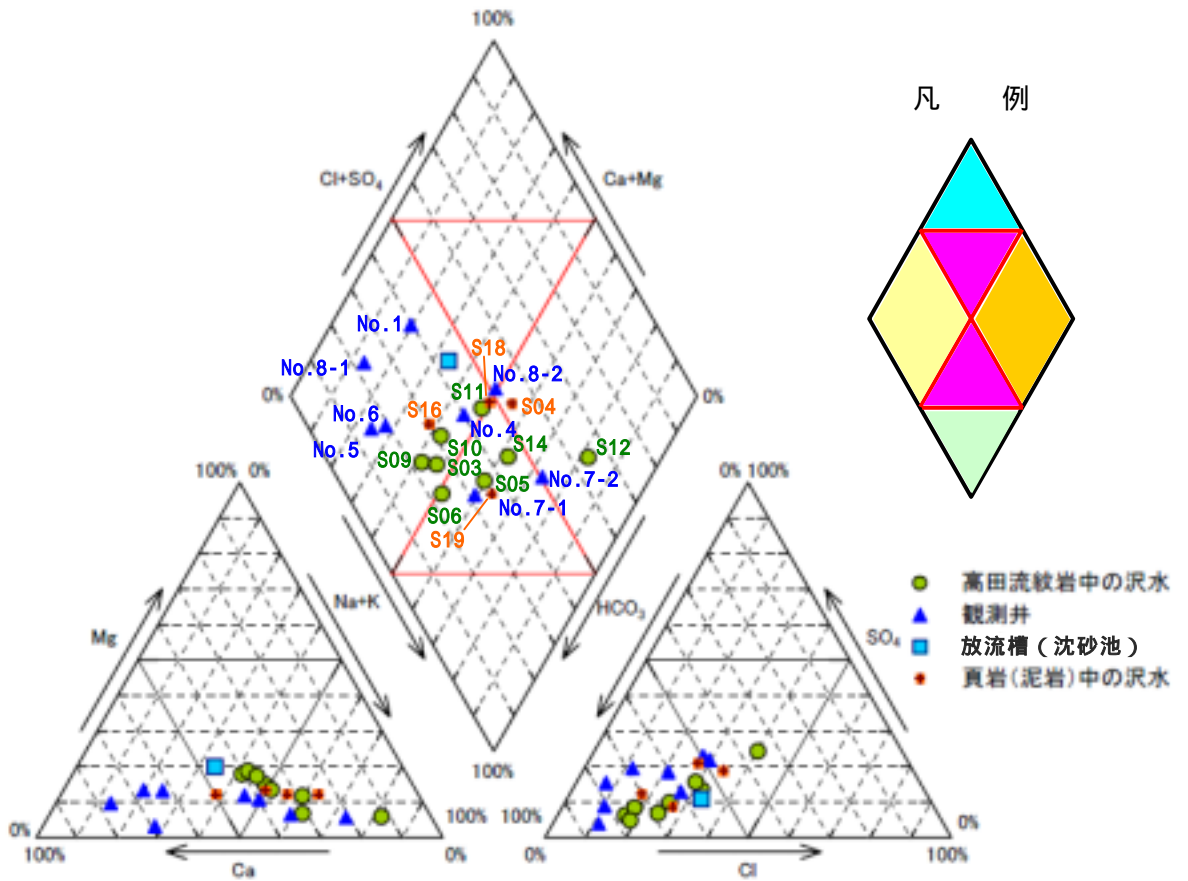


図 7-7-14 トリリニアダイヤグラム

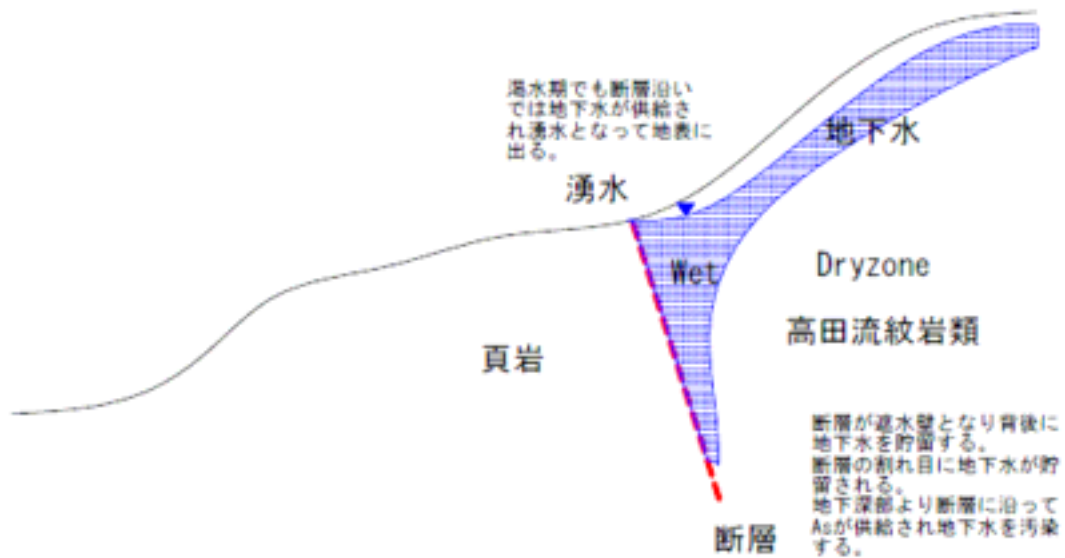


図 7-7-15 観測井戸 No. 8 付近の模式断面図

地下水の流れ

事業計画地内の地下水の流れについては、以下に示す放流槽（S01（沈砂池））及び地下水の水質分析結果（ヘキサダイヤグラム及びトリリニアダイヤグラム）等から、図 7-7-16 に示す地下水の流れの推定図を作成した。

ヘキサダイヤグラムの形状が、下流の観測井戸（No.1）と上流の観測井戸（No.4、No.5、No.6 及び No.8-1）が類似していること。

ヘキサダイヤグラムの結果から、放流槽（S01（沈砂池））の水の大方は、観測井戸と同じ岩盤からの裂か水と推定されること。

トリリニアダイヤグラムの結果から、下流の観測井戸（No.1）と上流の観測井戸（No.4、No.5、No.6 及び No.8-1）が同じグループの水質組成であること。

トリリニアダイヤグラムの結果から、放流槽（S01（沈砂池））の水（グループの水質組成）は、観測井戸 No.8 付近の断層が遮水壁となり、これに添って地下水が流出して付加されているものと考えられること。

一般的に、不圧地下水は、ほぼ地形なりに谷筋に沿って流れていると考えられること。

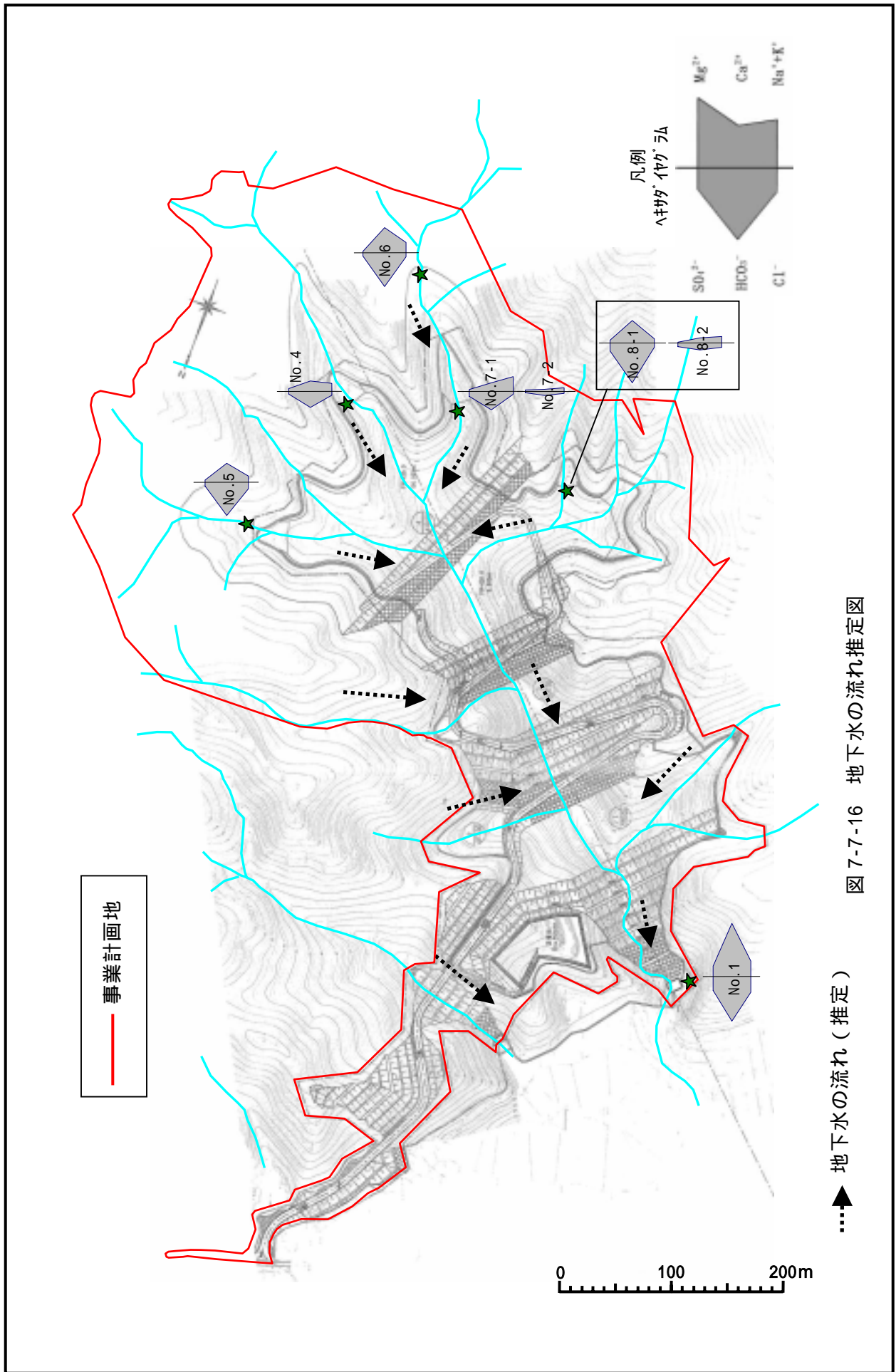


図 7-7-16 地下水の流れ推定図

7.7.3 予測及び評価

水象の予測手法の概要は、表 7-7-5 に示すとおりである。

表 7-7-5 水象の予測手法の概要

	内容	予測事項	予測地域	予測時期	予測方法
工事の実施	造成等の施工による一時的な影響	地下水位	事業計画地周辺	工事期間中	現地調査結果等による定性的予測
存在・供用	廃棄物の埋立て	地下水の流れ		埋立期間中	

(1) 工事の実施

予測対象

造成等の施工による地下水位への影響について予測した。

予測方法

当該処分場は、廃棄物の埋立ての進捗状況に合わせて、造成工事を行っているため、地下水の水位の現況調査結果を基に、地下水の水位変動に伴う影響について、定性的に予測を行った。

予測結果

当該処分場は現在稼動中であり、下流観測井戸の水位変動は、降雨によるもので、埋立て、造成等の施工による異常水位変動及び水位低下は認められないこと及び地下水脈を遮断するような構造物の設置はないことから、周辺の地下水位に及ぼす影響は小さいと予測される。

評価

造成等の施工による地下水位については、造成等の施工による異常水位変動及び水位低下は認められないこと及び地下水脈を遮断するような構造物の設置はないことから、周辺環境に及ぼす影響は小さいと判断される。

(1) 存在・供用

予測対象

廃棄物の埋立てによる地下水の流れへの影響について予測した。

予測方法

事業計画地周辺の沢及び地下水の調査結果を基に水系図を作成し、地下水の流れへの影響について、定性的に予測を行った。

予測結果

事業計画地周辺の沢及び地下水は、ほぼ地形に沿って流れているものと推測される。一方、事業計画によれば、現地盤に土えん堤（盛土）を施工するだけであり、帯水層を遮断するような構造物の設置もないことから地下水の流れに及ぼす影響はほとんどないものと考えられる。

評価

廃棄物の埋立てによる地下水の流れについては、ほぼ地形に沿って流れ、帯水層を遮断するような構造物の設置もないことから、周辺環境に及ぼす影響は小さいと判断される。