

大井川地下水等の成分分析

本資料は令和2年10月27日現在の内容をまとめたものです。
今後、有識者会議委員のご意見を踏まえ、内容やデータを加除訂正してまいります。

東海旅客鉄道株式会社

目 次

1. 大井川地下水等の成分分析の目的.....	1
2. 成分分析の概要	2
(1) 測定項目	2
(2) 測定地点及び調査期間.....	2
3. 成分分析の結果概要及び考察.....	5

1. 大井川地下水等の成分分析の目的

- ・大井川中下流域の地下水は、約 26 万 m³/日（平成 27 年）も利用されるなど、大井川流域市町の方々の水資源の一部として広く利用されております。
- ・大井川扇状地の地下水位と降水量や河川流量との関係を実測データに基づいて調査した結果、扇状地内の上流域では降水量や河川流量による影響が見受けられますが、扇頂部に至るまでの河川流量は上流域のダムにより管理されており、扇状地全体としては、安定した状態が続いていることを確認いたしました。
- ・第 5 回会議での座長コメントを踏まえ、トンネル掘削による中下流域の地下水への影響について、更に確認するために、大井川上流域から中下流域にかけて、複数の地点で地下水や河川水を採水し、化学的な成分分析を実施しました。
- ・以下に、2. 成分分析の概要、3. 成分分析の結果概要及び考察を記します。

2. 成分分析の概要

(1) 測定項目

- ・水の成分分析は、対象とする降水（雨水）、河川水、地下水などを現地から採水し、室内で分析を行うことで、地下水の流動状況の把握や供給源、滞留時間の推定などを行うものです。これまで、様々な事例をもとに調査・研究が進められ、分析の手法が構築されてきています。
- ・今回の成分分析については、表 2. 1 のとおり 3 項目を実施しました。なお、各分析項目の詳細な計画については、巻末資料に記載しています。

表 2. 1 成分分析の測定項目

分析項目	概要
a) 溶存イオン	地下水は流動する箇所の地質状況などに影響を受け、さまざまな化学物質が溶け込んでおり、水循環の過程において、その組成を変化させていきます。溶存イオン分析では、主要溶存イオン（ナトリウム、カリウム、カルシウム等）の組成を、各イオン同士の濃度割合や全体的な濃度の高さ等により整理し、水の起源（浅層地下水・深層地下水、温泉水等）の可能性を推定するものです。
b) 酸素・水素安定同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD ）	元素には中性子数が異なる同位体が存在し、放射壊変 ¹ することなく安定しているものを安定同位体といいます。その同位体の存在比率は、蒸発、凝結等の相変化に伴い変化します。雨水の酸素・水素安定同位体比（ $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD ）は標高が高いほど低くなること、地中ではあまり変化しないこと、を利用して水の平均的な涵養標高（雨水が地下に涵養した標高）を推定するものです。
c) 不活性ガス等	不活性ガス（ SF_6 （六フッ化硫黄）、 CFCs （フロン類）等）や放射性同位体（トリチウム等）は、大気中、または降水中の濃度が年代とともに変動していること、地中では安定的であること、を利用して水の滞留時間を推定するものです。

(2) 測定地点及び調査期間

- ・測定地点は、表 2. 2 及び図 2. 2 のとおり、大井川各流域における河川、井戸において、実施しました。また、現地調査期間は、表 2. 3 のとおりです。

¹ 放射壊変：原子核が放射線を出すことにより他の安定な原子核に変化する現象

表 2.2 成分分析の測定地点

項目	地点		地点数
地下水	上流域（樫島以北）	計画路線近傍の観測井 ¹⁾	2
	中下流域	静岡県等所有の観測井 14箇所	14
河川水	上流域（樫島以北）	田代取水堰堤上流	1
	上流域（樫島以南）	下泉橋（川根本町） ※静岡県観測地点	1
	中下流域	神座（島田市）、富士見橋（吉田町） ※国土交通省観測地点	2

1) 計画路線近傍の観測井は、図 2.1 に示すとおり、上流域（樫島以北）を主に構成する白根層群に位置しております。

表 2.3 現地調査期間

調査区域	調査期間
上流域（樫島以南）～中下流域	令和2年7月27日～8月1日
上流域（樫島以北）	令和2年8月9日、10日

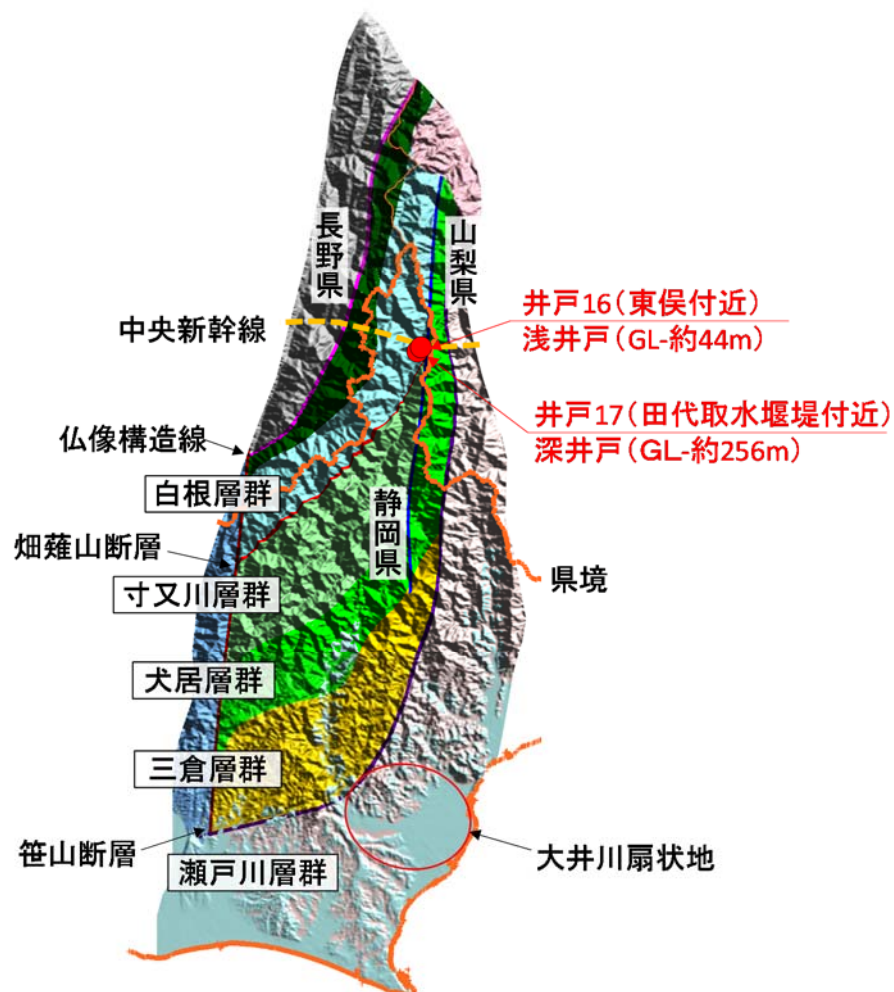


図 2.1 大井川流域の地層分布と上流域（樫島以北）の観測井の位置図

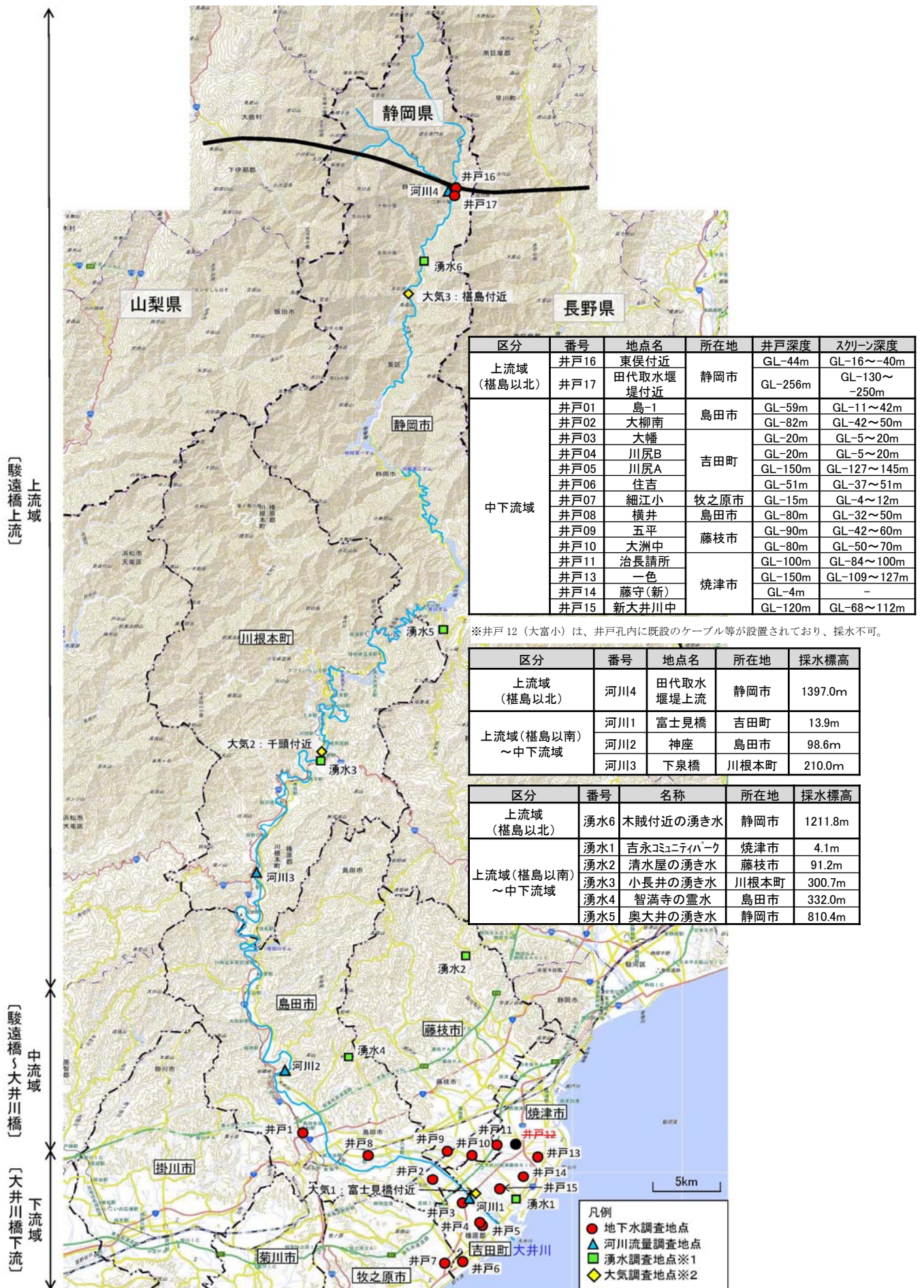


図 2.2 成分分析の測定地点

注：大井川各流域の範囲の定義は、「平成31年度 公共用水域及び地下水の水質測定計画」（静岡県くらし・環境部環境局生活環境課）によるもの。

※1 湧水調査地点は、一定の標高ごとに設定（地点は静岡県HPで紹介されている箇所を選定）。

※2 大気調査地点は、大気中の不活性ガス（SF₆）濃度曲線を補正するために、上流域（榎島以北）、上流域（榎島以南）、中下流域それぞれ1地点ずつ設定。

3. 成分分析の結果概要及び考察

- ・地下水、河川水の各成分分析結果をとりまとめたものを図 3. 1 に示します。各分析項目の結果の概要は以下のとおりです。なお、各分析項目の詳細な結果については、巻末資料に記載しています。

①溶存イオンの分析

- ・上流域（樫島以北）の地下深くで計測した井戸 17 の地下水は、滞留時間の比較的長い地下水に見られるような水質組成を示し、溶存成分の総濃度も相当高くなっており、中下流域における地下水、河川水と比較して顕著に異なる水質特性を示しました。

②酸素・水素安定同位体比の分析

- ・中下流域における各地下水の平均的な涵養標高は、約 200m～約 900m と推定され、上流域（樫島以北）の地下深くで計測した井戸 17 の地下水の平均的な涵養標高（約 1,700m）と比較して、全体的に相当低いものと推定されました。

③不活性ガス等の分析

- ・上流域（樫島以北）の地下深くで計測した井戸 17 の地下水の滞留時間は約 60 年以上と推定され、中下流域の地下水と比較して長い傾向が認められました。

- ・以上の化学的な成分分析の結果を総合的にまとめると、

中下流域の地下水の主要な涵養源は、上流域（樫島以北）の地下水ではないと考えられます。

- ・工事中及び工事完了後も、中下流域の地下水の成分に変化がないかを確認するために、継続的に調査を実施していきます。

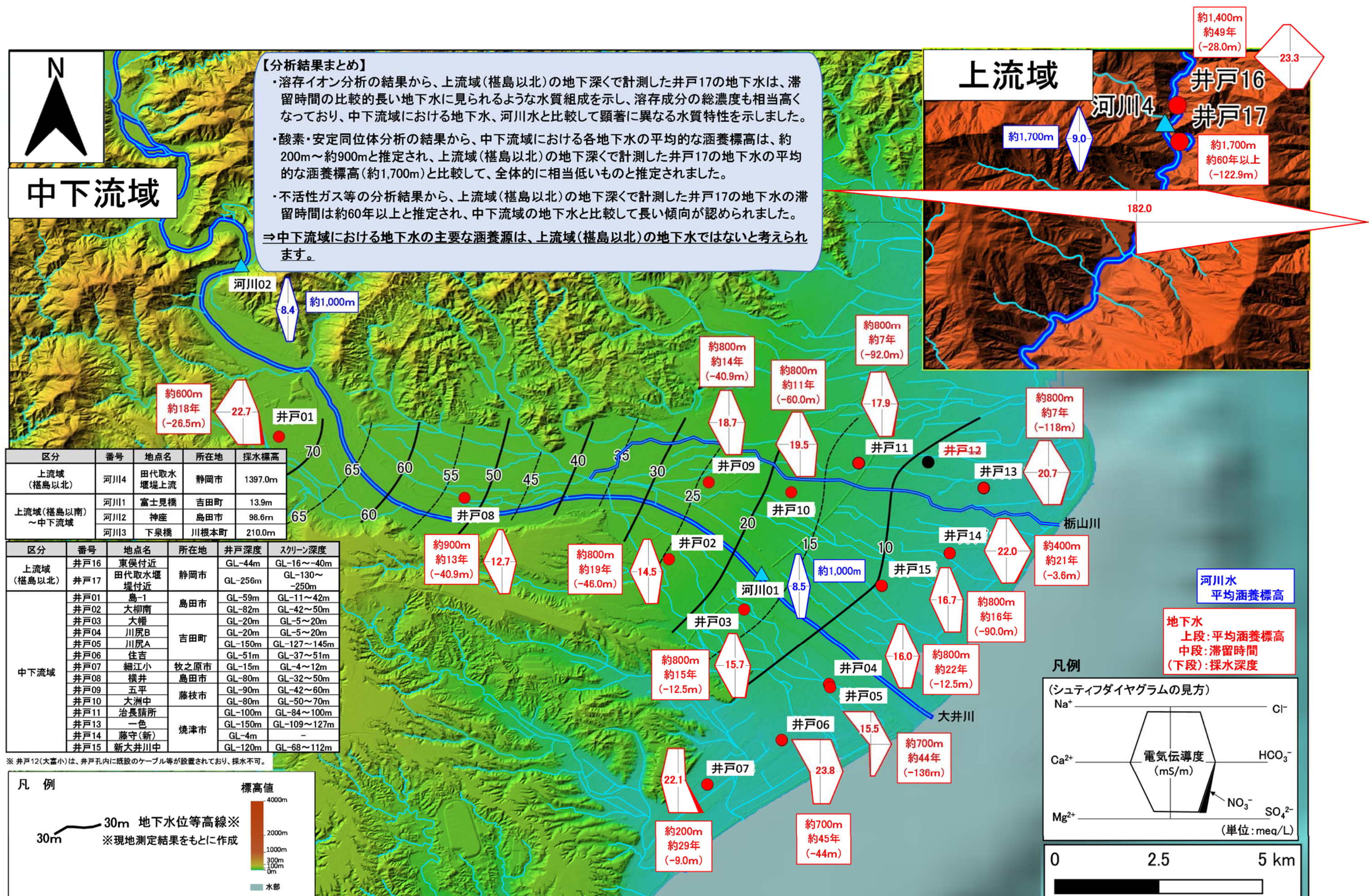


図 3.1 成分分析結果まとめ

出典：背景図は国土地理院の色別標高図を、河道網は国土数値情報の SHP データを使用し作成

卷 末 資 料

目 次

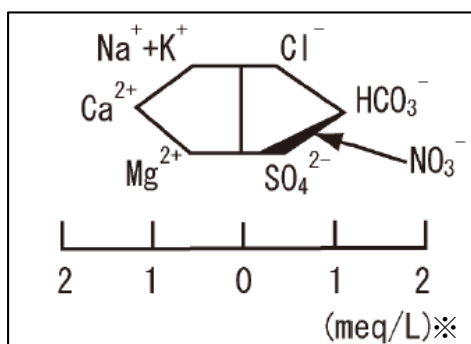
4. 各成分分析手法の詳細	1
(1) 溶存イオン.....	1
(2) 酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD)	2
(3) 不活性ガス等.....	4
5. 成分分析調査実施時の気象状況	7
6. 各成分分析の結果 (詳細)	9
(1) 溶存イオンの分析結果.....	9
(2) 酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD) の分析結果	18
1) 湧水の集水域の平均標高-安定同位体比関係式の算出結果.....	18
2) 涵養標高の算出結果.....	20
(3) 不活性ガス等の分析結果.....	25
1) 大気中の SF_6 濃度の補正結果.....	25
2) 滞留時間の算出結果.....	27

4. 各成分分析手法の詳細

(1) 溶存イオン

(溶存イオンの分析について)

- ・水中に含まれる主要な溶存イオン計8項目（ナトリウムイオン (Na^+)、カリウムイオン (K^+)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、塩化物イオン (Cl^-)、重炭酸イオン (HCO_3^-)、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)) を計測し、それを水質組成図（シュティフダイアグラム、トリリニアダイアグラム）で整理することで、水の起源の可能性を推定する方法です。
- ・一般的に、降水は溶存成分が極めて少なく、河川水は Ca^{2+} 、 HCO_3^- などが主体となっていることが特徴とされています。一方、地下水は帯水層中を流動する過程で、帯水層及びその周辺の粘土鉱物と吸着・交換反応を行い、水中の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} が粘土鉱物中の Na^+ と置換することが多いとされており、地下水が帯水層中を長い時間流動すると、相対的に Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 濃度が低くなり、 Na^+ 、 HCO_3^- が主要成分になる傾向があります。また、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} などの濃度は、農業生産や産業排水等の人為的な影響によって上昇することがあるとされています。

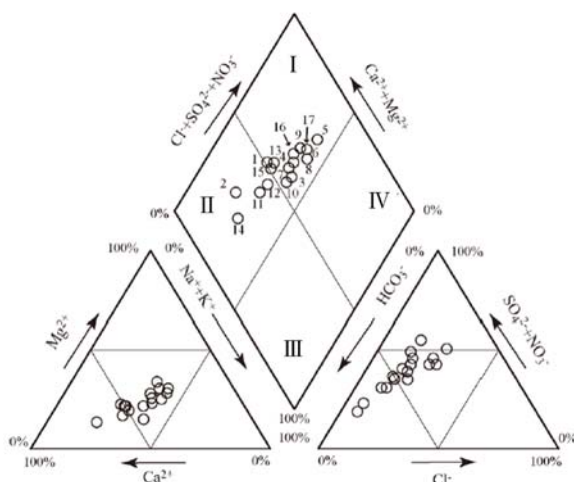


- ・各イオンの濃度を六角形で表すことで、形として水質組成を把握できる。
- ・調査地点図上に、各調査地点の水質組成を、シュティフダイアグラムとして示すことにより、平面的な地下水等の水質組成の分布を把握できる。

※meq/L (ミリ当量値) = 物質質量 (mol/L) × イオン価数

図 4.1 シュティフダイアグラム

出典：日本地下水学会HP資料に一部加筆



- ・各イオンの濃度の割合を、菱形座標図（キードダイアグラム）、三角座標図にプロットし、化学成分濃度の相対的な割合から、水の大きな種類を推定できる。

区分	分類	水の種類
I	アルカリ土類非炭酸塩	熱水、化石水
II	アルカリ土類炭酸塩	地下水
III	アルカリ炭酸塩	停滞地下水
IV	アルカリ非炭酸	海水、温泉水

図 4.2 トリリニアダイアグラム

出典：日本地下水学会HP資料、「地下水資源・環境論」（西垣誠、1993年）をもとに作成

(2) 酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD)

(安定同位体比について)

- ・原子は、正の電荷を帯びた陽子と電荷を持たない中性子からなる原子核と負の電荷を帯びた電子で構成されています。
- ・各元素において、中性子数が異なるものを同位体といいます。
- ・同位体のうち、放射壊変を生ずるものを放射性同位体、安定なものを安定同位体といいます。

表 4.1 水素、酸素の同位体について

項目		①陽子数(原子番号)	②中性子数	③質量数(①+②)	自然界での存在度
水素	^1H	1	0	1	99.985%
	$^2\text{H}(\text{D})$		1	2	0.015%
	$^3\text{H}(\text{Tr})$		2	3	$10^{-18}\sim 10^{-12}\%$
酸素	^{16}O	8	8	16	99.76%
	^{17}O		9	17	0.04%
	^{18}O		10	18	0.20%

出典：「地下水調査および観測指針（案）」（建設省河川局、1996 年）をもとに作成

(酸素・水素安定同位体比の測定について)

- ・水循環プロセスの評価を目的とした酸素・水素安定同位体の測定に際しては、一般的に $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、 $^2\text{H}(\text{D})/^1\text{H}$ が測定されます。
- ・同位体比は、世界共通の標準海水（Standard Mean Ocean Water：SMOW）の同位体比からの千分偏差値（‰）で表します。

$$\delta \text{ (‰)} = \left(\frac{R \text{ (試料)}}{R \text{ (SMOW)}} - 1 \right) \times 1,000$$

ここに、R： $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ または $^2\text{H}(\text{D})/^1\text{H}$

(酸素・水素安定同位体比の特徴について)

- ・水の酸素・水素安定同位体比は、蒸発、凝結等の相変化に伴い、その値が変化します。降水の起源となる水蒸気の $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD は、その生成過程では海面からの蒸発時、また水蒸気を含む気団としての移動過程では凝結時等における、温度や湿度などの物理条件によって決まります。
- ・一般的に、降水の酸素・水素安定同位体比は、低標高域から高標高域に向かって低くなる傾向があり（高度効果）、また海岸部から内陸部に向かっても低くなる傾向があります（内陸効果）。
- ・降水の同位体比は高度効果等により変化しますが、地下水として涵養された水の同位体比は、地中では安定的である、とされています。

(分析の手順について)

- ・大井川流域の地形的に集水域が限定され、涵養標高を特定することが可能な湧水地点（静岡県HPに掲載されている箇所から選定）を一定の標高ごとに設定し、湧水の同位体比を計測します。
- ・これら湧水が示す同位体比は、各標高において、地下水涵養に寄与する降水の平均的な値を示していると考えられます。そのため、湧水における安定同位体比と標高の関係から作成される回帰直線を、標高毎の地下水涵養水における安定同位体比として考えることが可能です。このようにして得られる回帰直線を、安定同位体比の地下水涵養線とよびます。
- ・以上により得られた地下水涵養線を用い、地下水、河川水等の安定同位体比から各水の平均的な涵養標高を推定します。

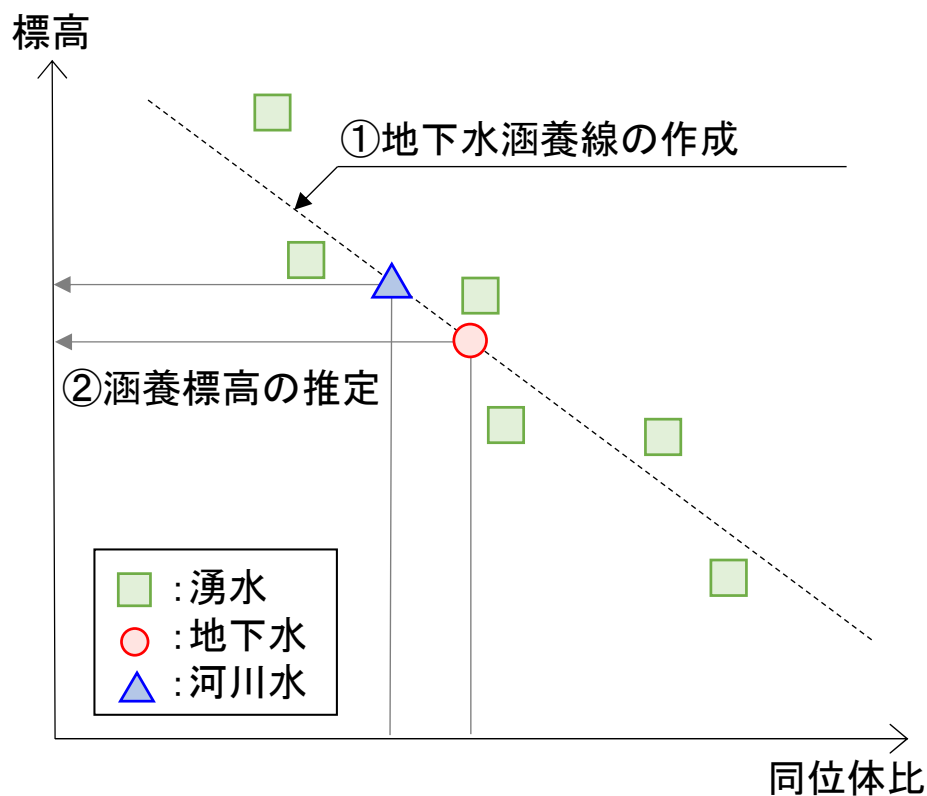


図 4.3 涵養標高の求め方 (イメージ)

(3) 不活性ガス等

(不活性ガス等の分析について)

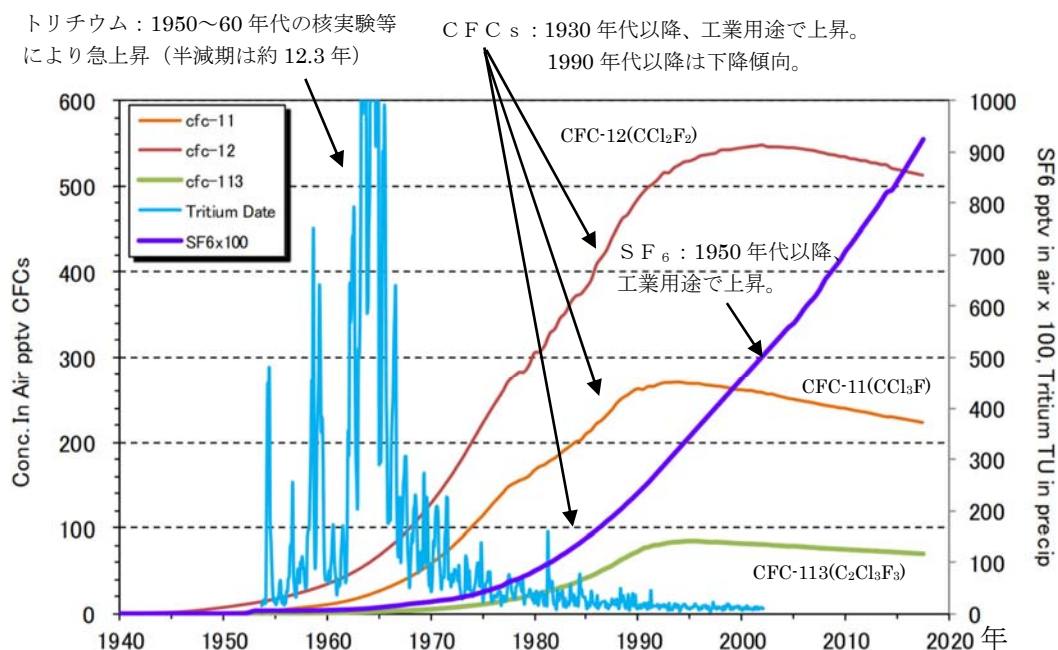
- ・地下水の年代推定を行うにあたって使用される主なトレーサーは、表 4. 2 のとおりです。
- ・地下水等の年代推定に用いられるトレーサーである不活性ガスや放射性同位元素は、図 4. 4に示すとおり大気中あるいは降水中における濃度が、時間的に変化している一方で、地下水涵養が生じた後、その濃度が概ね保存されるという特性を有しています。このため、地下水等のこれらトレーサー濃度が、いつの時点における大気、または降水中のそれと等しいかを検討することにより、涵養年、あるいは滞留時間を推定することが可能です。
- ・今回の調査において使用するトレーサーとしては、専門家からのご助言等を踏まえ、上流域（樺島以南）～中下流域の観測井や河川水は SF_6 を使用する計画としており、上流域（樺島以北）の観測井は、 SF_6 のほか CFCS やトリチウムも併用する計画としています。なお、推定結果等を踏まえ、必要により、トレーサーを見直すことも考えています。

表 4. 2 年代推定の主なトレーサーについて

トレーサー	種別	最適年代	時間分解能 ¹⁾ (理論値)
SF_6 (六フッ化硫黄)	不活性ガス	0～40 年前	1 年
CFCS (フロン類)		20～60 年前	1 年
^3H (トリチウム)	放射性同位体	※	
^{14}C (炭素)		約 100～4 万年前	約 100 年
^{36}Cl (塩素)		約 5 万年～100 万年前	約 1 万年

※トリチウムは 1950～60 年代の核実験等により降水中濃度が急上昇しており、主にその時期より古いものかどうかを特定するために用いられる。

1) 時間分解能：時間変化を識別できる分析精度。



**図 4.4 不活性ガスの大気中濃度及び降水中のトリチウム濃度の変動
(北半球の平均値)**

出典：米国海洋大気庁（NOAA）の研究機関における公開データ をもとに作成

（分析の手順について）

- ・地下水、河川水に含まれる不活性ガス（SF₆、CFCs）や放射性同位体（トリチウム）濃度を計測し、公表されている濃度-年代の関係曲線（図 4.4）をもとに、年代を推定します。
- ・なお、大気中の SF₆濃度は、図 4.5に示すように、地域（工場からの排出ガスの状況等）によってばらつきがあるとされています。年代測定を行うにあたっては、調査地域の大気中の SF₆濃度を測定することで、公表されている北半球平均値に対する超過率を求め、北半球平均の濃度曲線に超過率を乗じて、補正する必要があるとされていることから、上流域（樺島以北）、上流域（樺島以南）、中下流域それぞれ1地点ずつで大気中の SF₆濃度の調査を実施します。

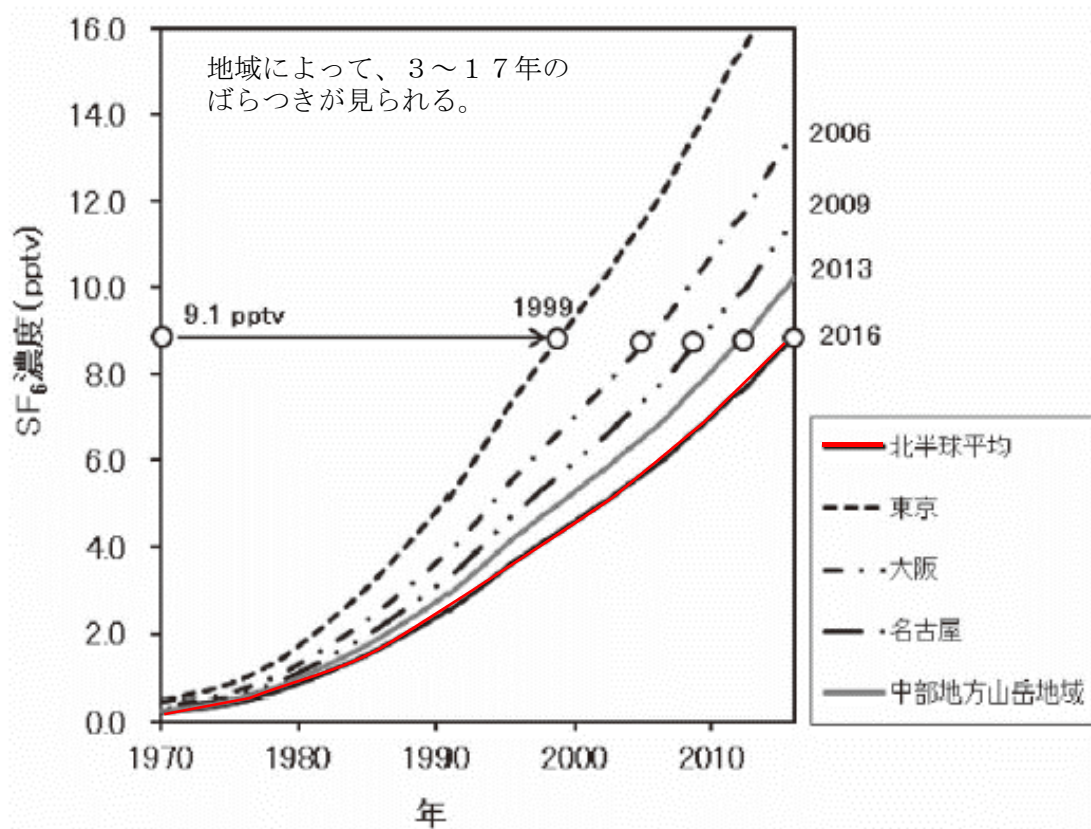


図 4.5 大気中SF₆濃度（北半球平均値）と日本国内の補正濃度曲線

出典：「日本の都市周辺における大気SF₆濃度の分布」（浅井ほか、2017年）に加筆

5. 成分分析調査実施時の気象状況

- ・現地調査実施時の気象状況に関して、直近のデータまで公表されている川根本町観測所における降水量データを図 5.1 及び表 5.1 にお示しします。
 なお、調査前の 2020 年 7 月は 1980 年以降で過去最大となる月間降水量を記録しています。

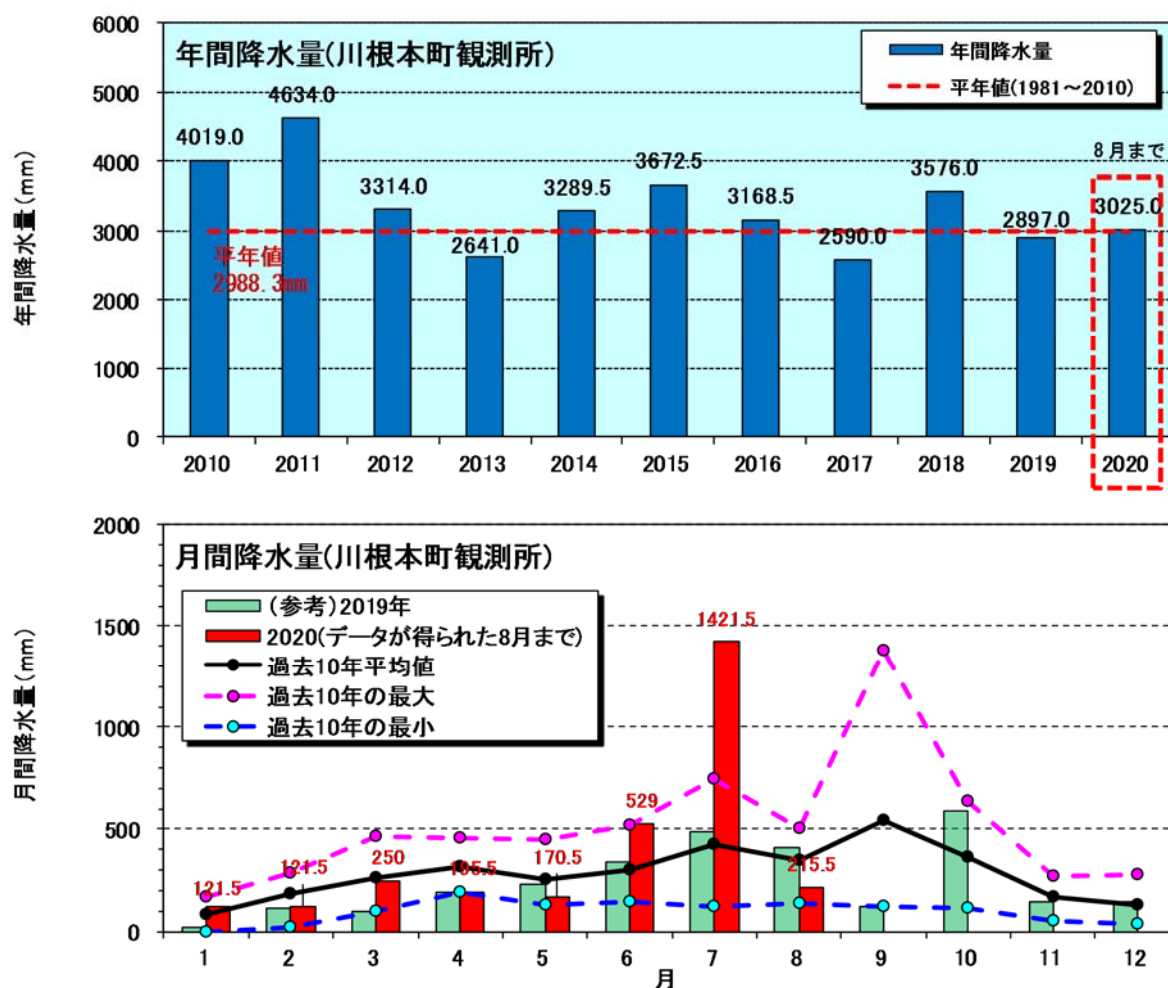


図 5.1 川根本町観測所における年間降水量、月間降水量

表 5.1 川根本町観測所における月間降水量一覧

月降水量一覧表：観測地点 川根本町(気象庁)

単位：mm

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年合計
1980	122	24	231	411	339	354	395	245	358	279	144	33	2,935
1981	36	82	225	274	317	223	402	369	197	428	210	15	2,778
1982	45	104	255	193	169	319	467	1,246	582	116	351	51	3,898
1983	93	62	324	484	438	366	408	696	513	222	37	19	3,662
1984	41	109	111	166	149	351	112	387	131	37	135	69	1,798
1985	23	199	416	324	346	689	211	371	346	201	172	18	3,316
1986	26	44	257	206	366	335	373	320	178	125	40	185	2,455
1987	162	76	300	116	453	240	348	262	247	207	84	41	2,536
1988	33	52	243	264	133	541	210	386	660	95	63	2	2,682
1989	259	431	271	245	241	389	358	387	705	163	184	31	3,664
1990	115	358	245	225	377	283	207	326	710	153	250	35	3,284
1991	69	149	292	276	123	438	315	476	530	285	205	108	3,266
1992	51	104	262	286	371	220	111	315	271	263	197	138	2,589
1993	134	99	114	102	182	337	492	314	471	244	159	135	2,783
1994	92	107	167	224	278	226	123	236	617	134	57	54	2,315
1995	120	35	214	408	353	199	421	42	145	153	116	7	2,213
1996	79	47	428	75	127	273	429	244	129	175	168	185	2,359
1997	33	69	182	230	226	478	499	215	248	27	530	77	2,814
1998	200	155	239	600	546	486	431	511	947	545	15	59	4,734
1999	29	101	260	240	363	567	408	117	519	93	241	2	2,940
2000	134	29	226	220	151	567	247	327	949	221	408	42	3,521
2001	232	109	133	53	173	259	96	587	500	447	135	66	2,790
2002	143	51	278	118	224	274	588	88	171	229	44	127	2,335
2003	178	76	269	370	249	202	492	791	292	165	440	44	3,568
2004	30	165	148	265	504	557	260	624	388	894	152	237	4,224
2005	56	100	251	89	145	136	482	326	351	288	41	5	2,270
2006	97	227	203	267	348	289	409	265	332	173	106	116	2,832
2007	60	143	350	136	273	259	577	129	394	130	11	101	2,563
2008	54	87	183	289	371	372	292	360	192	152	72	100	2,523
2009	172	254	353	179	324	387	572	200	92	303	272	92	3,196
2010	80	286	466	421	290	516	661	179	497	307	130	189	4,019
2011	0	224	98	267	450	344	700	504	1,380	351	272	48	4,634
2012	49	267	352	264	196	492	451	262	395	205	226	158	3,314
2013	97	180	243	274	176	219	159	134	530	435	156	42	2,641
2014	68	271	451	213	174	144	292	452	321	564	198	143	3,290
2015	165	87	221	384	180	248	742	460	639	154	229	167	3,673
2016	162	224	188	349	361	244	120	251	535	274	184	280	3,169
2017	49	143	106	371	128	238	173	425	218	640	70	33	2,590
2018	161	22	389	456	339	264	484	391	794	117	53	108	3,576
2019	17	114	99	190	235	338	487	413	123	591	148	146	2,897
2020	122	122	250	196	171	529	1,422	216	—	—	—	—	—
平均	95	136	251	261	277	346	401	362	440	265	168	88	3,066
最大	259	431	466	600	546	689	1,422	1,246	1,380	894	530	280	4,734
最小	0	22	98	53	123	136	96	42	92	27	11	2	1,798

6. 各成分分析の結果（詳細）

（１）溶存イオンの分析結果

- ・地下水、河川水の溶存イオン、pH、電気伝導度、水温の測定結果を表 6. 1 に示します。また、溶存イオンについて、電解質の濃度を表す単位である当量値（＝物質質量×イオン価数）に換算したものを表 6. 2 に示します。
- ・また、シュティフダイアグラム、トリリニアダイアグラムをそれぞれ図 6. 1 及び図 6. 2 に示します。

表 6. 1 (1) 溶存イオン、pH、電気伝導度の測定結果（地下水）

区分	番号	地点名	所在地	孔口標高	井戸深度	スクリーン深度	採水箇所		溶存イオン(mg/L)								pH	電気伝導度 (mS/m)	水温 (℃)
							深度※	標高	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻			
上流域 (樫島以北)	16	東俣付近	静岡市	1,417m	GL-44m	GL-16～-40m	-28.0m	1389.4m	7.8	0.5	39.0	1.5	0.5	110.0	33.0	0.4	8.1	23.3	12.8
	17	田代取水堰堤付近		1,402m	GL-256m	GL-130～-250m	-122.9m	1272.1m	380.0	5.2	1.2	0.1	130.0	760.0	0.3	0.4	9.1	182.0	10.8
中下流域	01	島-1	島田市	77.74m	GL-59m	GL-11～42m	-26.5m	51.2m	7.1	1.8	31.0	3.5	4.7	51.0	47.0	11.0	6.6	22.7	17.4
	02	大柳南		31.5m	GL-82m	GL-42～50m	-46.0m	-14.5m	5.7	1.0	20.0	1.8	2.9	45.0	23.0	1.9	7.1	14.5	17.8
	03	大幡	吉田町	19.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	6.6m	7.2	1.2	22.0	1.9	3.2	50.0	26.0	2.7	6.9	15.7	18.1
	04	川尻 B		8.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	-4.4m	5.9	1.1	19.0	2.5	2.6	54.0	22.0	1.5	7.3	16.0	18.1
	05	川尻 A		7.87m	GL-150m	GL-127～145m	-136.0m	-128.1m	34.0	0.3	1.7	0.3	5.4	68.0	10.0	0.4	7.4	15.5	17.4
	06	住吉		5.43m	GL-51m	GL-37～51m	-44.0m	-38.6m	35.0	0.8	11.0	4.5	20.0	75.0	25.0	0.4	7.1	23.8	19.4
	07	細江小	牧之原市	4.44m	GL-15m	GL-4～12m	-9.0m	-4.6m	10.0	5.6	19.0	6.3	11.0	23.0	55.0	13.0	5.7	22.1	19.0
	08	横井	島田市	56.4m	GL-80m	GL-32～50m	-40.9m	15.5m	4.2	0.9	20.0	1.6	2.0	47.0	18.0	1.3	7.4	12.7	16.4
	09	五平	藤枝市	31.52m	GL-90m	GL-42～60m	-50.8m	-19.2m	10.0	1.4	22.0	1.9	4.9	53.0	31.0	3.0	6.8	18.7	17.9
	10	大洲中		22.11m	GL-80m	GL-50～70m	-60.0m	-37.9m	9.2	1.3	26.0	2.5	3.9	56.0	36.0	4.0	6.5	19.5	18.3
	11	治長請所	焼津市	16.55m	GL-100m	GL-84～100m	-92.0m	-75.5m	14.0	1.2	22.0	2.1	6.9	53.0	27.0	3.9	6.7	17.9	18.2
	13	一色		7.89m	GL-150m	GL-109～127m	-117.9m	-110.0m	11.0	1.2	27.0	3.4	4.1	71.0	31.0	3.2	7.0	20.7	19.9
	14	藤守(新)		8.2m	GL-4m	-	-3.6m	4.6m	9.0	2.7	24.0	3.1	5.1	81.0	21.0	5.6	6.4	22.0	23.0
	15	新大井川中		10.3m	GL-120m	GL-68～112m	-90.0m	-79.7m	9.1	1.1	20.0	2.2	3.5	49.0	31.0	1.9	7.2	16.7	17.4

※採水深度は、井戸孔口からの深度を示す。また、スクリーン設置区間の中間地点付近を基本とした。

※地点 12（大富小）は井戸孔内に既設のケーブル等が設置されており、採水不可。

表 6. 1 (2) 溶存イオン、pH、電気伝導度の測定結果（河川水）

区分	番号	地点名	所在地	採水標高	溶存イオン(mg/L)								pH	電気伝導度 (mS/m)	水温 (℃)
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻			
上流域 (樫島以北)	河川 4	田代取水堰堤上流	静岡市	1397.0m	1.3	0.3	15.0	0.7	0.3	45.0	6.9	0.4	8.2	9.0	13.7
上流域(樫島以南)～ 中下流域	河川 1	富士見橋	吉田町	13.9m	3.7	1.4	13.0	1.3	1.7	36.0	14.0	1.8	7.8	8.5	21.7
	河川 2	神座	島田市	98.6m	3.0	1.0	13.0	1.1	1.2	34.0	12.0	1.4	7.8	8.4	18.0
	河川 3	下泉橋	川根本町	210.0m	2.4	1.0	13.0	1.0	0.6	34.0	11.0	1.1	7.7	8.6	18.2

表 6. 2 (1) 溶存イオンの当量値 (地下水)

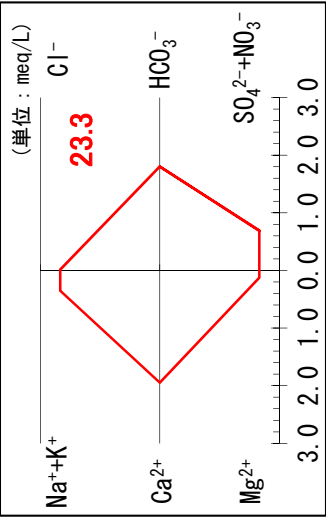
区分	番号	地点名	所在地	孔口標高	井戸深度	スクリーン深度	採水箇所		溶存イオン当量値(meq/L) = 物質量(mol/L) × イオン価数							
							深度	標高	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
上流域 (樫島以北)	16	東俣付近	静岡市	1,417m	GL-44m	GL-16～-40m	-28.0m	1390.0m	0.339	0.013	1.946	0.123	0.014	1.803	0.687	0.006
	17	田代取水堰堤付近		1,402m	GL-256m	GL-130～-250m	-122.9m	1272.1m	16.529	0.133	0.060	0.008	3.667	12.456	0.006	0.006
中下流域	01	島-1	島田市	77.74m	GL-59m	GL-11～42m	-26.5m	51.2m	0.309	0.046	1.547	0.288	0.133	0.836	0.979	0.177
	02	大柳南		31.5m	GL-82m	GL-42～50m	-46.0m	-14.5m	0.248	0.026	0.998	0.148	0.082	0.738	0.479	0.031
	03	大幡	吉田町	19.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	6.6m	0.313	0.031	1.098	0.156	0.090	0.819	0.541	0.044
	04	川尻 B		8.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	-4.4m	0.257	0.028	0.948	0.206	0.073	0.885	0.458	0.024
	05	川尻 A		7.87m	GL-150m	GL-127～145m	-136.0m	-128.1m	1.479	0.008	0.085	0.025	0.152	1.114	0.208	0.006
	06	住吉		5.43m	GL-51m	GL-37～51m	-44.0m	-38.6m	1.522	0.020	0.549	0.370	0.564	1.229	0.521	0.006
	07	細江小	牧之原市	4.44m	GL-15m	GL-4～12m	-9.0m	-4.6m	0.435	0.143	0.948	0.518	0.310	0.377	1.145	0.210
	08	横井	島田市	56.4m	GL-80m	GL-32～50m	-40.9m	15.5m	0.183	0.023	0.998	0.132	0.056	0.770	0.375	0.021
	09	五平	藤枝市	31.52m	GL-90m	GL-42～60m	-50.8m	-19.2m	0.435	0.036	1.098	0.156	0.138	0.869	0.645	0.048
	10	大洲中		22.11m	GL-80m	GL-50～70m	-60.0m	-37.9m	0.400	0.033	1.297	0.206	0.110	0.918	0.750	0.065
	11	治長請所	焼津市	16.55m	GL-100m	GL-84～100m	-92.0m	-75.5m	0.609	0.031	1.098	0.173	0.195	0.869	0.562	0.063
	13	一色		7.89m	GL-150m	GL-109～127m	-117.9m	-110.0m	0.478	0.031	1.347	0.280	0.116	1.164	0.645	0.052
	14	藤守(新)		8.2m	GL-4m	-	-3.6m	4.6m	0.391	0.069	1.198	0.255	0.144	1.328	0.437	0.090
	15	新大井川中		10.3m	GL-120m	GL-68～112m	-90.0m	-79.7m	0.396	0.028	0.998	0.181	0.099	0.803	0.645	0.031

※採水深度は、井戸孔口からの深度を示す。また、スクリーン設置区間の中間地点付近を基本とした。

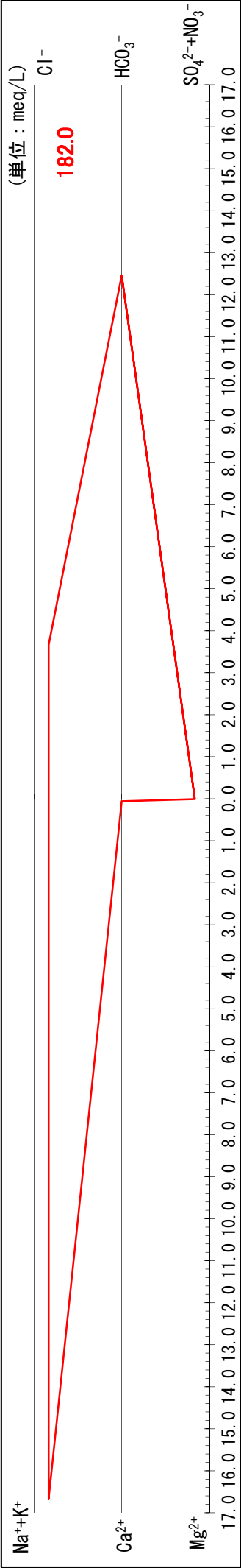
※地点 12（大富小）は井戸孔内に既設のケーブル等が設置されており、採水不可。

表 6. 2 (2) 溶存イオンの当量値 (河川水)

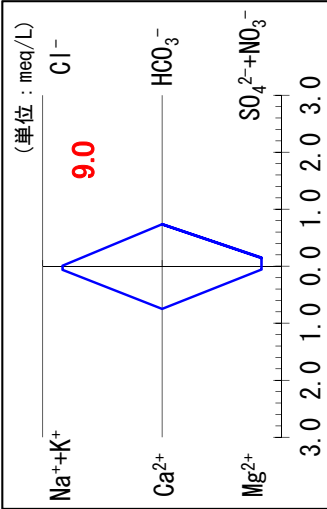
区分	番号	地点名	所在地	採水標高	溶存イオン当量値(meq/L) = 物質量(mol/L) × イオン価数							
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
上流域 (樫島以北)	河川 4	田代取水堰堤 上流	静岡市	1397.0m	0.057	0.008	0.749	0.058	0.008	0.738	0.144	0.006
上流域(樫島以南)～ 中下流域	河川 1	富士見橋	吉田町	13.9m	0.161	0.036	0.649	0.107	0.048	0.590	0.291	0.029
	河川 2	神座	島田市	98.6m	0.130	0.026	0.649	0.091	0.034	0.557	0.250	0.023
	河川 3	下泉橋	川根本町	210.0m	0.104	0.026	0.649	0.082	0.017	0.557	0.229	0.018



地下水 (16 東俣付近) 井戸深度 : GL-44m (スクリーン深度 : GL-16~-40m)



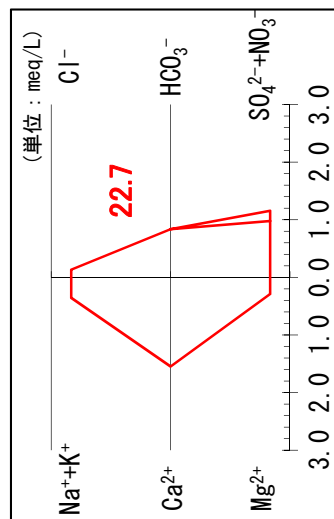
地下水 (17 田代取水堰堤付近) 井戸深度 : GL-256m (スクリーン深度 : GL-130~-250m)



河川水 (04 田代取水堰堤上流) 採水標高 : 1, 397m

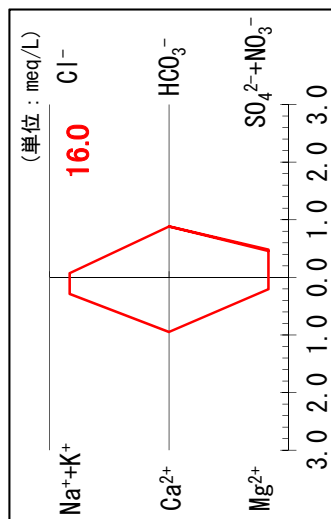
図 6.1 (1) シュティフダイグラム (上流域 (樫島以北))

※図中の赤字で記載している数値は、電気伝導度 (単位 : mS/m) の計測結果を示す。



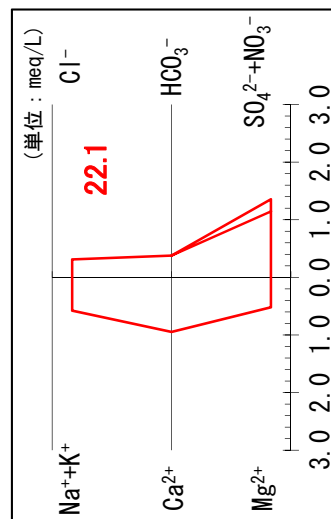
地下水 (01 島田市))

井戸深度 : GL-59m (スクリーン深度 : GL-11～-42m)



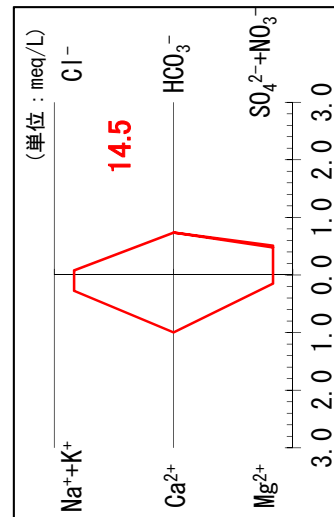
地下水 (04 川尻B (吉田町))

井戸深度 : GL-20m (スクリーン深度 : GL-5～-20m)



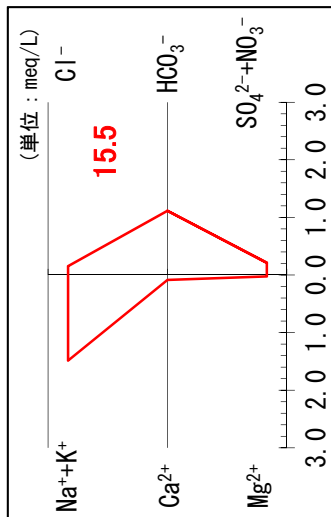
地下水 (07 細江小 (牧之原市))

井戸深度 : GL-15m (スクリーン深度 : GL-4～-12m)



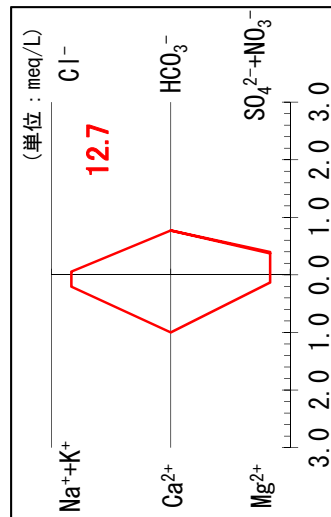
地下水 (02 大柳南 (島田市))

井戸深度 : GL-82m (スクリーン深度 : GL-42～-50m)



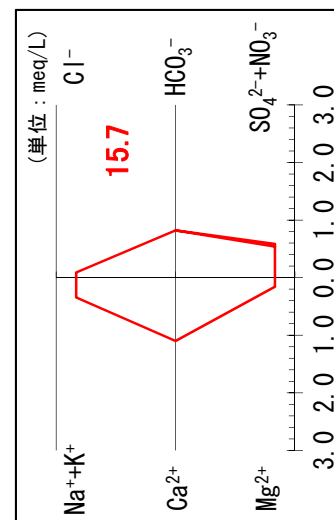
地下水 (05 川尻A (吉田町))

井戸深度 : GL-150m (スクリーン深度 : GL-127～-145m)



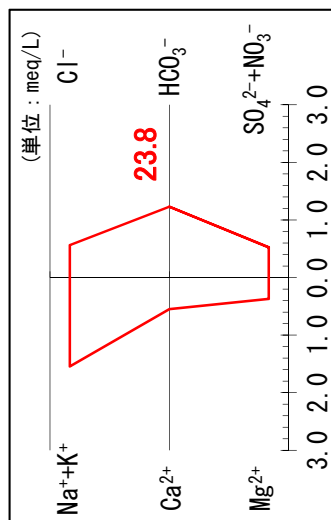
地下水 (08 横井 (島田市))

井戸深度 : GL-80m (スクリーン深度 : GL-32～-50m)



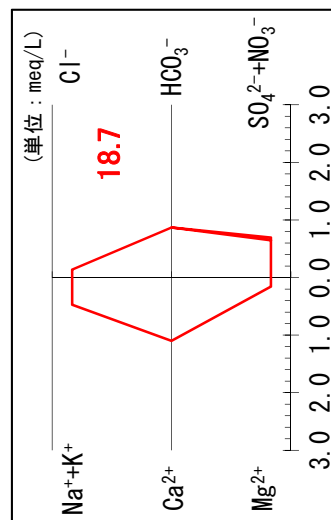
地下水 (03 大幡 (吉田町))

井戸深度 : GL-20m (スクリーン深度 : GL-5～-20m)



地下水 (06 住吉 (吉田町))

井戸深度 : GL-51m (スクリーン深度 : GL-37～-51m)

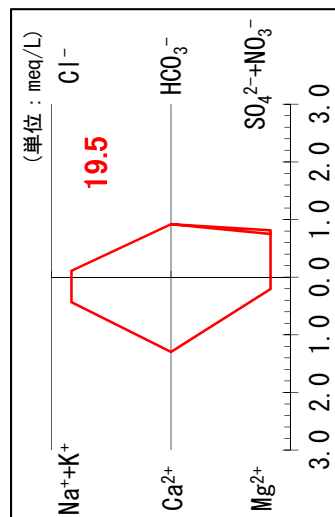


地下水 (09 五平 (藤枝市))

井戸深度 : GL-90m (スクリーン深度 : GL-42～-60m)

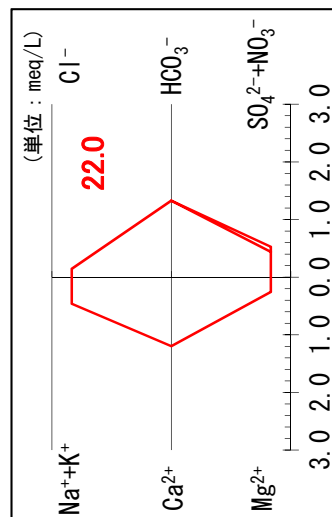
図 6.1 (2) シュティフダイアグラム (上流域 (檜島以南) ～中下流域)

※図中の赤字で記載している数値は、電気伝導度 (単位 : mS/m) の計測結果を示す。



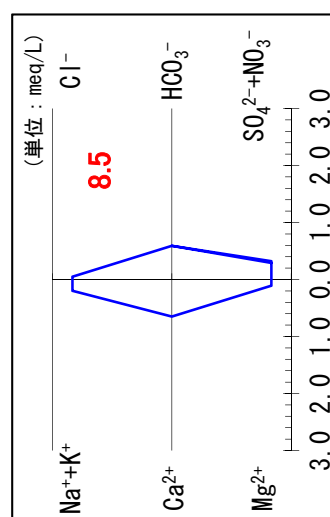
地下水 (10 大洲中 (藤枝市))

井戸深度: GL-80m (スクリーン深度: GL-50～-70m)



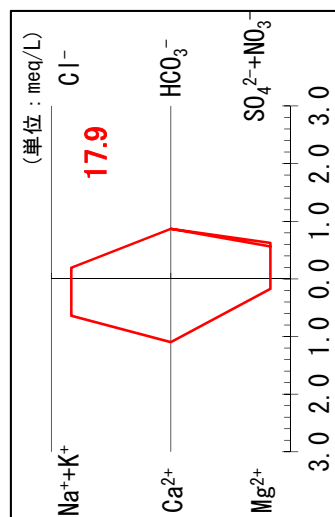
地下水 (14 藤守 (新) (焼津市))

井戸深度: GL-4m (スクリーンなし)



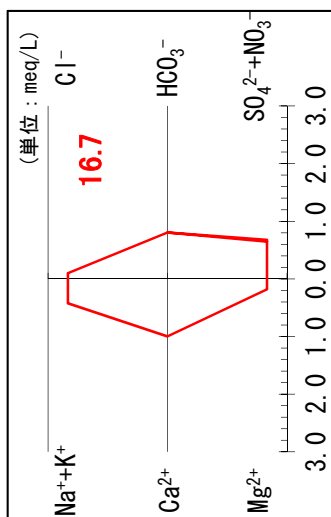
河川水 (01 富士見橋 (吉田町))

採水標高: 13.9m



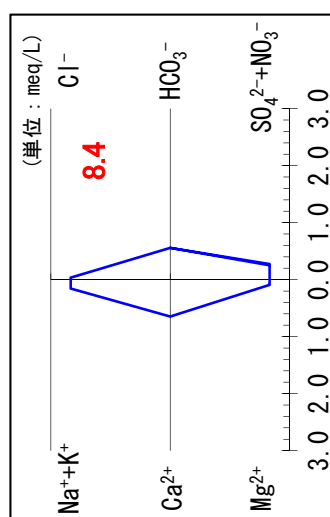
地下水 (11 治長請所 (焼津市))

井戸深度: GL-100m (スクリーン深度: GL-84～-100m)



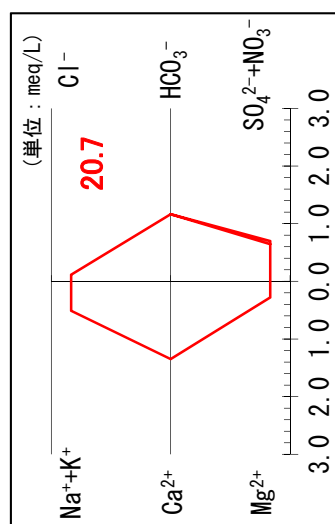
地下水 (15 新大井川中 (焼津市))

井戸深度: GL-120m (スクリーン深度: GL-68～-112m)



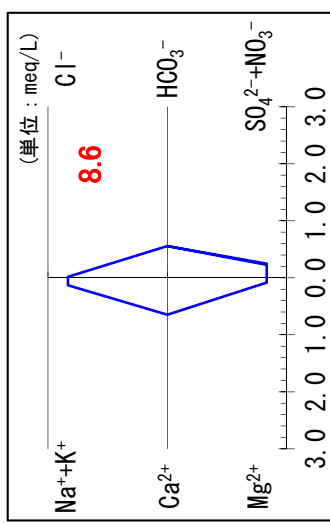
河川水 (02 神座 (島田市))

採水標高: 98.6m



地下水 (13 一色 (焼津市))

井戸深度: GL-150m (スクリーン深度: GL-109～-127m)



河川水 (03 下泉橋 (川根本町))

採水標高: 210.0m

図 6.1 (3) シュティフダイヤグラム (上流域 (檜島以南) ～中下流域)

※地点 12 (大富小) は井戸孔内に既設のケーブル等が設置されており、採水不可。

※図中の赤字で記載している数値は、電気伝導度 (単位: mS/m) の計測結果を示す。

区分	分類	概要
I	アルカリ土類非炭酸塩	熱水や化石水が含まれている水に多くみられる組成
II	アルカリ土類炭酸塩	浅層地下水に多くみられる水質組成で日本では最も一般的な水質組成
III	アルカリ炭酸塩	滞留時間の長い深層地下水でよくみられる水質組成
IV	アルカリ非炭酸	海水や温泉などで多くみられる水質組成

区分	番号	地点名	所在地	井戸深度	スクリーン深度
上流域 (榎島以北)	井戸16	東侵付近	静岡市	GL-44m	GL-16～40m
	井戸17	田代取水堰 堤付近		GL-256m	GL-130～ -250m
中下流域	井戸01	島-1	島田市	GL-59m	GL-11～42m
	井戸02	大柳南		GL-82m	GL-42～50m
	井戸03	大幡		GL-5～20m	GL-5～20m
	井戸04	川原B	吉田町	GL-20m	GL-5～20m
	井戸05	川原A		GL-150m	GL-127～145m
	井戸06	住吉		GL-51m	GL-37～51m
	井戸07	細江小	牧之原市	GL-15m	GL-4～12m
	井戸08	横井	島田市	GL-80m	GL-32～50m
	井戸09	五平	藤枝市	GL-90m	GL-42～60m
	井戸10	大洲中		GL-80m	GL-50～70m
	井戸11	治長請所 一色	焼津市	GL-100m	GL-84～100m
	井戸13	藤守(新)		GL-150m	GL-109～127m
	井戸14	新大井川中		GL-4m	-
	井戸15			GL-120m	GL-68～112m

区分	番号	地点名	所在地	採水標高
上流域 (榎島以北)	河川4	田代取水 堰堤上流	静岡市	1397.0m
	河川1	富士見橋	吉田町	13.9m
上流域(榎島以南) ～中下流域	河川2	神座	島田市	98.6m
	河川3	下泉橋	川根本町	210.0m

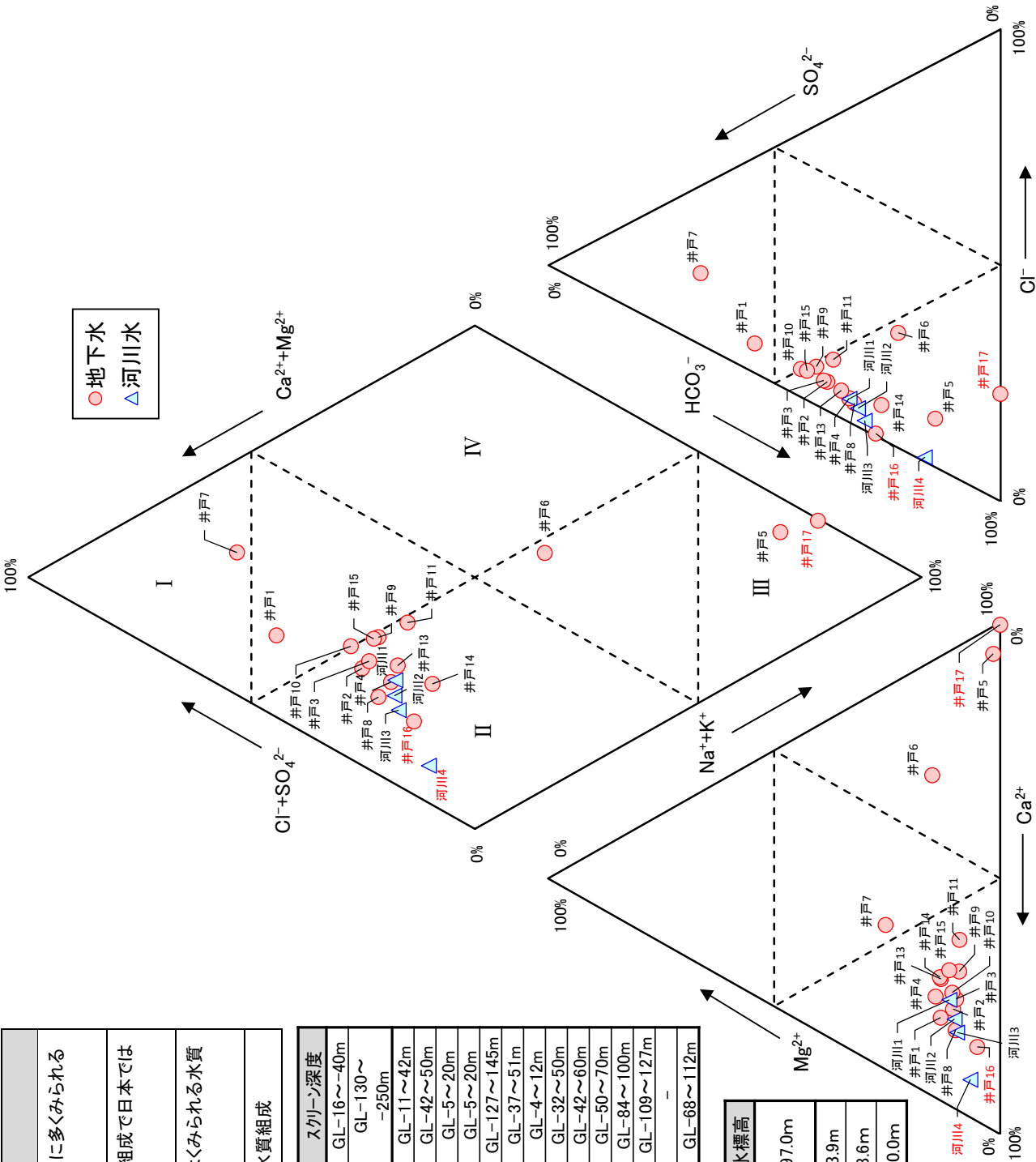


図 6.2 トリリニアダイアグラム

※図中の赤字は上流域（榎島以北）の地点、その他は上流域（榎島以南）～中下流域の地点である。

(溶存イオンの分析結果まとめ)

上流域（樺島以北）の地下深くで計測した井戸 17 の地下水は、滞留時間の比較的長い地下水に見られるような水質組成を示し、溶存成分の総濃度も相当高くなっており、中下流域における地下水、河川水と比較して顕著に異なる水質特性を示しました。

(上流域（樺島以北）)：井戸 16、井戸 17、河川 4

- ・シュティフダイアグラムによると、深井戸である井戸 17 は、 Ca^{2+} と Mg^{2+} の濃度が非常に低く、一方で Na^{+} と HCO_3^{-} の濃度の高さが顕著であり、滞留時間の比較的長い地下水にみられるように、 Na^{+} と HCO_3^{-} 濃度が相対的に高い特徴がみられます。また、浅井戸である井戸 16 は、河川水（河川 4）と同様に、浅層地下水において一般的な、 Ca^{2+} と HCO_3^{-} 濃度が卓越した水質特性を示しています。各井戸の地下水における溶存成分の総濃度は、河川におけるそれに比べ高くなっており、特に井戸 17 におけるそれは顕著です。
- ・トリリニアダイアグラムによると、井戸 17 は滞留時間の長い深層地下水でみられるⅢ型（アルカリ炭酸塩）に分類されています。また、井戸 16 は浅層地下水に比較的多くみられるⅡ型（アルカリ土類炭酸塩）に分類され、河川水（河川 4）についても同様にⅡ型に分類されています。
- ・pH について、地下水は井戸 16 で 8.1、井戸 17 で 9.1 となっており、中性から弱アルカリ性の値を示しています。また、河川水（河川 4）は 8.2 であり、中性の値を示しています。
- ・水中に含まれる溶存イオンの総量を示す指標である電気伝導度（EC：水中における電気の通りやすさ）について、地下水は井戸 16 で 23.3mS/m、井戸 17 で 182.0mS/m となっており、河川水（河川 4）は 9.0mS/m となっています。一般的に、地下水流動過程において、地下水と帯水層中の岩石等との接触時間が長くなるほど、EC は高くなる傾向があります。特に深井戸である井戸 17 における EC は、他の地点におけるそれと比較し、顕著に高い値を示しています。このことは、シュティフダイアグラムにおいて示された井戸 17 の特徴とも整合的です。

(上流域（樺島以南）～中下流域）：井戸 1～井戸 15、河川 1～3

- ・シュティフダイアグラムによると、地下水は概ね、浅層地下水に多くみられる、 Ca^{2+} と HCO_3^- の濃度が卓越した水質特性を示しており、河川水についても、同様の特徴がみられます。また、地下水における溶存イオン濃度は、総じて河川水のそれに比べ高い傾向がみられます。
- ・トリリニアダイアグラムにおいても、地下水はおおむね浅層地下水によくみられるⅡ型（アルカリ土類炭酸塩）に分類され、河川水についても同様にⅡ型（アルカリ土類炭酸塩）に分類されています。
- ・ただし、一部の観測井ではこれとは別の水質組成も確認されました。具体的には、大井川右岸側の河口付近に位置する井戸 5（川尻 A）、井戸 6（住吉）では、滞留時間の長い深層地下水において多くみられる Na^+ と HCO_3^- の濃度が卓越した水質特性を示し、トリリニアダイアグラムにおいてもⅢ型（アルカリ炭酸塩）に分類されています。井戸 5（川尻 A）については、深度が GL-150m（スクリーン区間：GL-127～145m）と、中下流域の観測井のなかで最も深い井戸となっています。なお、同じ箇所に設置されている井戸 4（川尻 B）は、深度が GL-20m（スクリーン区間：GL-5～20m）となっており、浅層地下水に多くみられる、 Ca^{2+} と HCO_3^- の濃度が卓越した水質特性を示し、トリリニアダイアグラムにおいてもⅡ型（アルカリ土類炭酸塩）に分類されています。また、井戸 6（住吉）については、深度が GL-51m（スクリーン区間：GL-37～51m）と特に深い井戸ではありませんが、位置は大井川から約 3 km の距離にあり、大井川の地形的流域界の外側に位置しています。なお、各井戸の溶存イオンの総濃度は、上流域（樺島以北）の井戸 17 と比較して、非常に小さくなっています。
- ・さらに、井戸 1（島-1）、井戸 7（細江小）においては、 SO_4^{2-} と NO_3^- が相対的に高い特徴を示しました。当該地点周辺には、水田、畑地が多く分布することから、農業活動に伴う施肥等の影響を受けた可能性が考えられます。
- ・pH について、地下水（井戸 1～井戸 15）は 5.7～7.4、河川水（河川 1～河川 3）は 7.7～7.8 の範囲にあり、地下水は弱酸から中性の値、河川水は中性の値を示しています。
- ・電気伝導度 (EC) について、地下水は 12.7～23.8mS/m、河川水が 8.4～8.6mS/m の範囲にあり、その平均値は河川水 (8.5mS/m)、地下水 (18.5mS/m) となっています。

(2) 酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD) の分析結果

1) 湧水の集水域の平均標高-安定同位体比関係式の算出結果

- ・P.3 の分析の手順で示したように、地形的に集水域が限定され、涵養標高を特定することが可能な湧水において、同位体比を分析し、それらの同位体比－涵養標高関係における回帰直線から、地下水涵養線を作成しました。
- ・各湧水地点における安定同位体比の値を表 6.3 に、また地下水涵養線の算出結果を図 6.3 に示します。標高に伴う酸素安定同位体比の低減率は-0.44 ‰/100m、水素安定同位体比のそれは-3.6 ‰/100m と算出されました。

表 6.3 安定同位体比の測定結果（湧水）

No.	名称	所在地	採水標高	涵養標高※	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
湧水 1	吉永コミュニティパーク	焼津市	4.1m	4.3m	-60.09	-9.14
湧水 2	清水屋の湧き水	藤枝市	91.2m	155.3m	-42.20	-6.77
湧水 3	小長井の湧き水	川根本町	300.7m	428.0m	-49.78	-7.66
湧水 4	智満寺の霊水	島田市	332.0m	402.2m	-40.13	-6.72
湧水 5	奥大井の湧き水	静岡市	810.4m	882.1m	-57.12	-8.68
湧水 6	木賊付近の湧き水	静岡市	1211.8m	1299.2m	-78.85	-11.33

※涵養標高は、各湧水地点の集水域を地形図から求め、その平均標高とした。ただし、湧水 1（吉永コミュニティパーク）については、集水域を地形図から明確に求めることができなかったため、参考値として取り扱った。

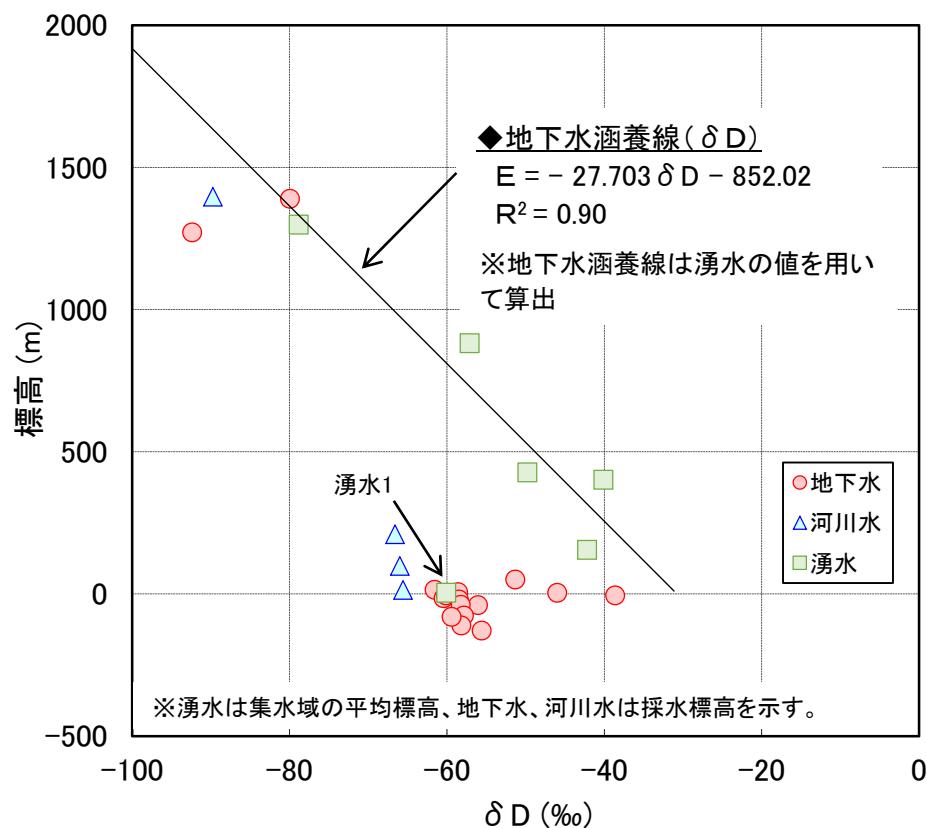


図 6.3 (1) 地下水涵養線 (δD) の算出結果

※湧水1 (吉永コミュニティパーク) については、集水域を地形図から明確に求めることができず、計測結果からも地形的に集水域が限定される湧水ではないと考えられることから、地下水涵養線の作成にあたっては除外した。

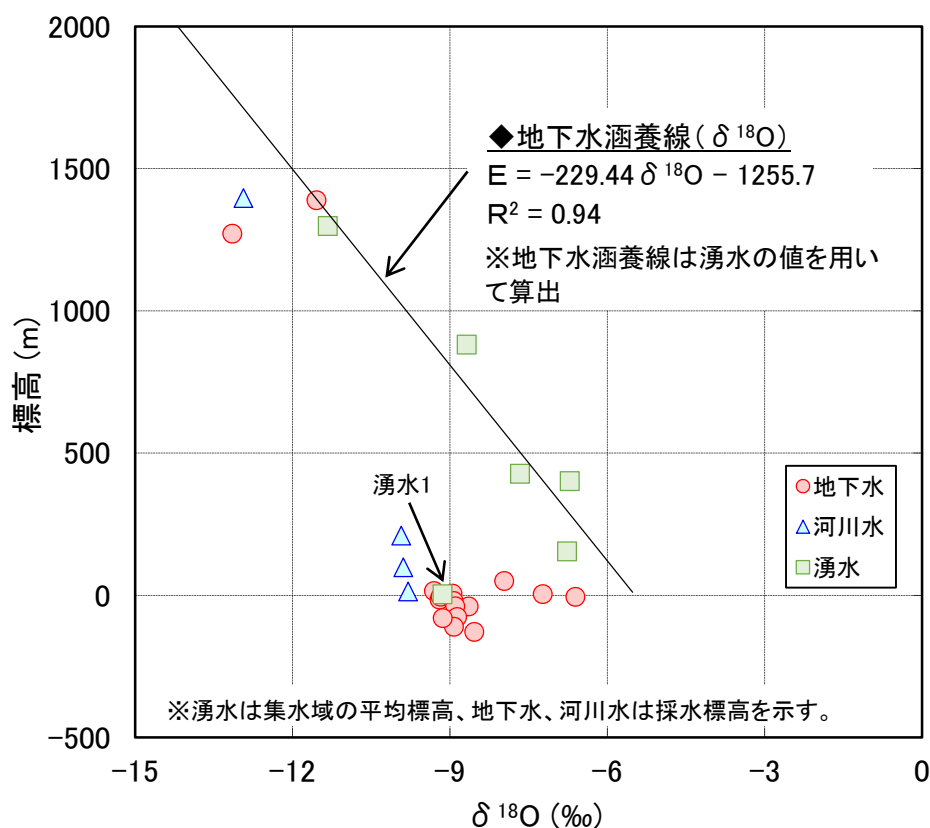


図 6.3 (2) 地下水涵養線 ($\delta^{18}O$) の算出結果

※湧水1 (吉永コミュニティパーク) については、集水域を地形図から明確に求めることができず、計測結果からも地形的に集水域が限定される湧水ではないと考えられることから、地下水涵養線の作成にあたっては除外した。

2) 涵養標高の算出結果

- ・地下水、河川水の安定同位体比の測定結果及びこの測定結果と前述の地下水涵養線から推定した平均的な涵養標高の値を表 6.4 に示します。また、 $\delta^{18}\text{O}$ の平面的な分布を示したものを図 6.4 に示します。
- ・酸素・水素安定同位体比の関係性を示す δ ダイアグラムを図 6.5 に示します。一般的に、世界各地の降水の酸素・水素安定同位体比は、天水線 ($\delta\text{D}=8 \times \delta^{18}\text{O}+10$) 上にプロットされるとされていますが、今回もそのような分布となっており、本地域における地下水、河川水等においても同様の傾向がみられます。また、その同位体比は全体的に上流域（樫島以北）と比較し、上流域（樫島以南）～中下流域の方が大きい傾向となっています。

表 6.4（1） 安定同位体比の測定結果等（地下水）

区分	番号	地点名	所在地	孔口標高	井戸深度	スクリーン深度	採水箇所		δ D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	測定結果と地下水涵養線から推定した 平均涵養標高 (m)		
							深度※	標高			δ D	δ ¹⁸ O	平均
上流域 (樫島以北)	16	東俣付近	静岡市	1,417m	GL-44m	GL-16～-40m	-28.0m	1389.4m	-79.97	-11.55	約 1,400	約 1,400	約 1,400
	17	田代取水堰堤付近		1,402m	GL-256m	GL-130～-250m	-122.9m	1272.1m	-92.38	-13.15	約 1,700	約 1,800	約 1,700
中下流域	01	島-1	島田市	77.74m	GL-59m	GL-11～42m	-26.5m	51.2m	-51.33	-7.97	約 600	約 600	約 600
	02	大柳南		31.5m	GL-82m	GL-42～50m	-46.0m	-14.5m	-60.43	-9.20	約 800	約 900	約 800
	03	大幡	吉田町	19.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	6.6m	-58.60	-8.95	約 800	約 800	約 800
	04	川尻 B		8.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	-4.4m	-60.14	-9.18	約 800	約 900	約 800
	05	川尻 A		7.87m	GL-150m	GL-127～145m	-136.0m	-128.1m	-55.59	-8.54	約 700	約 700	約 700
	06	住吉		5.43m	GL-51m	GL-37～51m	-44.0m	-38.6m	-56.07	-8.64	約 700	約 700	約 700
	07	細江小	牧之原市	4.44m	GL-15m	GL-4～12m	-9.0m	-4.6m	-38.64	-6.61	約 200	約 300	約 200
	08	横井	島田市	56.4m	GL-80m	GL-32～50m	-40.9m	15.5m	-61.58	-9.31	約 900	約 900	約 900
	09	五平	藤枝市	31.52m	GL-90m	GL-42～60m	-50.8m	-19.2m	-58.48	-8.93	約 800	約 800	約 800
	10	大洲中		22.11m	GL-80m	GL-50～70m	-60.0m	-37.9m	-58.27	-8.90	約 800	約 800	約 800
	11	治長請所	焼津市	16.55m	GL-100m	GL-84～100m	-92.0m	-75.5m	-57.87	-8.86	約 800	約 800	約 800
	13	一色		7.89m	GL-150m	GL-109～127m	-117.9m	-110.0m	-58.19	-8.93	約 800	約 800	約 800
	14	藤守(新)		8.2m	GL-4m	-	-3.6m	4.6m	-46.00	-7.23	約 400	約 400	約 400
	15	新大井川中		10.3m	GL-120m	GL-68～112m	-90.0m	-79.7m	-59.43	-9.14	約 800	約 800	約 800

※採水深度は、井戸孔口からの深度を示す。また、スクリーン設置区間の中間地点付近を基本とした。

※地点 12（大富小）は井戸孔内に既設のケーブル等が設置されており、採水不可。

表 6.4（2） 安定同位体比の測定結果等（河川水）

区分	番号	地点名	所在地	採水標高	δ D (‰)	δ ¹⁸ O (‰)	測定結果と地下水涵養線から推定した 平均涵養標高 (m)		
							δ D	δ ¹⁸ O	平均
上流域(樫島以北)	河川 4	田代取水堰堤上流	静岡市	1397.0m	-89.74	-12.94	約 1,600	約 1,700	約 1,700
上流域(樫島以南)～ 中下流域	河川 1	富士見橋	吉田町	13.9m	-65.60	-9.80	約 1,000	約 1,000	約 1,000
	河川 2	神座	島田市	98.6m	-65.99	-9.89	約 1,000	約 1,000	約 1,000
	河川 3	下泉橋	川根本町	210.0m	-66.61	-9.93	約 1,000	約 1,000	約 1,000

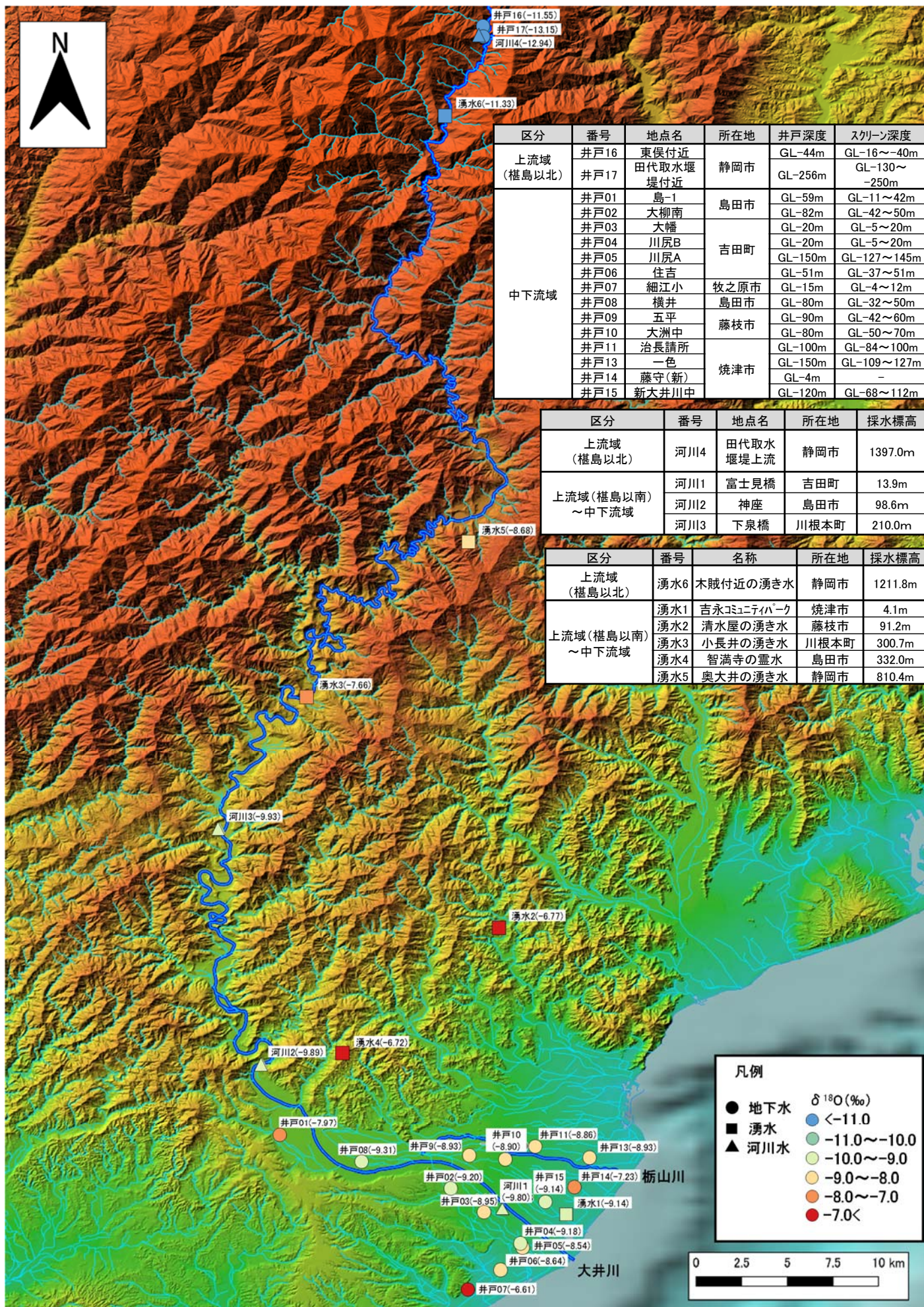


図 6.4 $\delta^{18}\text{O}$ の測定結果の平面分布

出典：背景図は国土地理院の色別標高図を、河道網は国土数値情報の SHP データをもとに作成

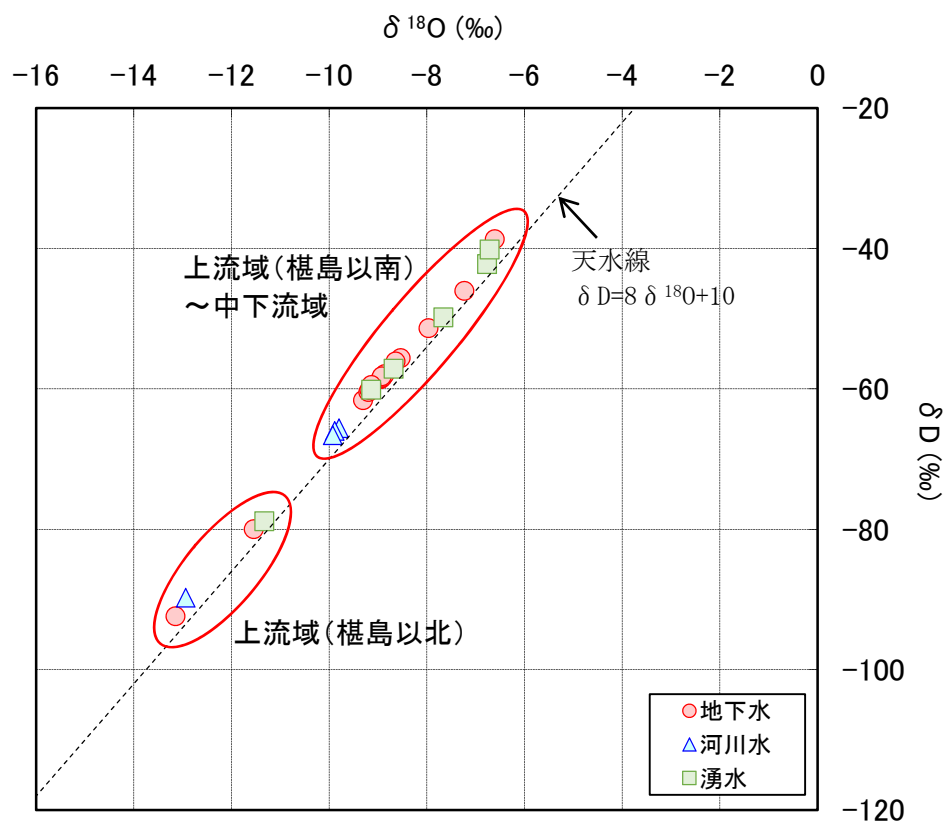


図 6.5 δ ダイアグラムと天水線

(酸素・水素安定同位体比の分析結果まとめ)

- ・中下流域における各地下水の平均的な涵養標高は約 200m～約 900m と推定され、上流域（榎島以北）の地下深くで計測した井戸 17 の地下水の平均的な涵養標高（約 1,700m）と比較して、全体的に相当低いものと考察されます。

(上流域（榎島以北）)：井戸 16、井戸 17、河川 4

- ・前述した地下水涵養線による平均的な涵養標高の推定結果について、地下水は井戸 16 で約 1,400m、井戸 17 で約 1,700m となっており、河川水（河川 4）は約 1,700m という推定結果になっています。

(上流域（榎島以南）～中下流域）：井戸 1～井戸 15、河川 1～3

- ・前述した地下水涵養線による平均的な涵養標高の推定結果について、地下水（井戸 1～井戸 15）は、約 200m～約 900m という推定結果になっており、上流域（榎島以北）の地下水の平均的な涵養標高よりも相当小さい値となっています。
- ・河川水（河川 1～河川 3）は約 1,000m となっており、上流域（榎島以北）の河川水（河川 4）よりも小さい値となっています。

(3) 不活性ガス等の分析結果

1) 大気中のSF₆濃度の補正結果

- ・大気中のSF₆濃度の経年変化曲線を補正するために実施した、現地調査結果を表 6.5 に示します。
- ・各計測結果について、公開されている北半球の平均値 (10.21pptv) よりも大きい値となっており、また、中下流域の地点 (大気1 (富士見橋付近)) が最も大きい値となっています。
- ・公開されている大気中のSF₆濃度の経年変化曲線 (北半球平均値) の補正については、大気1 (富士見橋付近) の各調査結果の平均値を用いて、図 6.6 のとおり、超過率 15% を乗じて実施しました。

表 6.5 (1) 大気中のSF₆濃度の計測結果 (春季)

No.	調査地点	調査日	時刻	天気	気温 (°C)	SF ₆ 濃度 (pptv)
大気1	富士見橋付近 (中下流域)	2020/5/30	0:00	晴れ	18.1	11.9
			8:00	晴れ	24.8	11.7
			16:00	曇り	26.1	11.3
大気2	千頭付近 (上流域(樫島以南))	2020/5/29	0:00	晴れ	18.0	11.5
			8:00	晴れ	22.3	10.8
			16:00	雨	18.4	11.2
大気3	樫島付近 (上流域(樫島以北))	2020/5/2	0:00	曇り	12.1	11.3
			8:00	晴れ	17.2	11.3
			16:00	晴れ	23.3	11.2

表 6.5 (2) 大気中のSF₆濃度の計測結果 (夏季)

No.	調査地点	調査日	時刻	天気	気温 (°C)	SF ₆ 濃度 (pptv)
大気1	富士見橋付近 (中下流域)	2020/8/1	0:00	曇り	28.4	11.4
			8:00	晴れ	29.6	12.1
			16:00	晴れ	33.7	11.8
大気2	千頭付近 (上流域(樫島以南))	2020/8/1	0:00	晴れ	24.3	11.2
			8:00	晴れ	25.9	11.2
			16:00	晴れ	27.9	11.6
大気3	樫島付近 (上流域(樫島以北))	2020/8/9	21:00	晴れ	24.7	10.3
		2020/8/10	5:00	晴れ	21.5	11.0
			13:00	晴れ	25.1	10.3

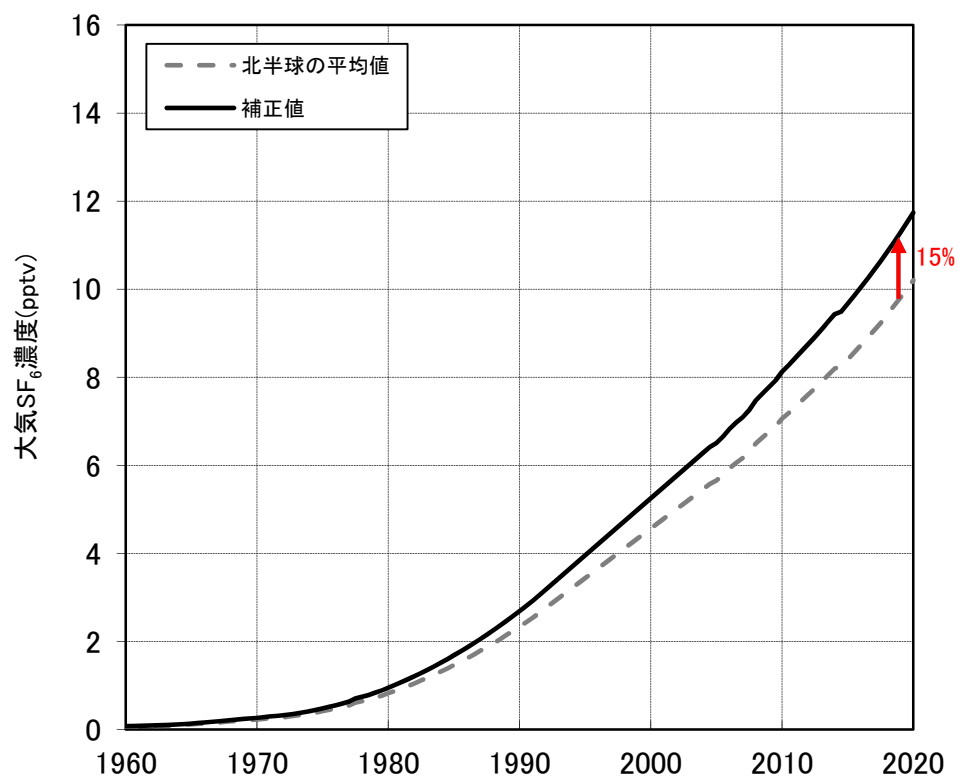


図 6.6 大気中の SF_6 濃度の経年変化曲線(北半球平均値)の補正結果

2) 滞留時間の算出結果

- 地下水の SF_6 の測定結果と、大気中の SF_6 濃度の経年変化曲線(図 6. 6)をもとに算出した地下水の滞留時間の推定結果を表 6. 6 に示します。また、参考として、河川水の SF_6 の測定結果と滞留時間の推定結果も合わせてお示しします。
- また、上流域(樺島以北)の地下水は滞留時間が長いことが想定され、また断層等の近傍であることから自然由来の SF_6 が付加されている可能性も考えられたことから、トリチウムによる年代推定も、追加して実施しました。トリチウムの測定結果と、公表されている降水中のトリチウム濃度をもとに算出した地下水の滞留時間の推定結果を表 6. 7 及び図 6. 7 に示します。
- 以上のことを踏まえ、推定した滞留時間の平面的な分布を図 6. 8 に示します。

表 6.6（1） SF₆濃度の測定結果及び滞留時間の推定結果（地下水）

区分	番号	地点名	所在地	孔口標高	井戸深度	スクリーン深度	採水箇所		SF6 濃度(大気換算) (pptv)	滞留時間
							深度※	標高		
上流域 (樫島以北)	16	東俣付近	静岡市	1,417m	GL-44m	GL-16～-40m	-28.0m	1389.4m	0.3	約 49 年
	17	田代取水堰堤付近		1,402m	GL-256m	GL-130～-250m	-122.9m	1272.1m	0.4	約 47 年
中下流域	01	島-1	島田市	77.74m	GL-59m	GL-11～42m	-26.5m	51.2m	5.9	約 18 年
	02	大柳南		31.5m	GL-82m	GL-42～50m	-46.0m	-14.5m	5.7	約 19 年
	03	大幡	吉田町	19.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	6.6m	6.8	約 15 年
	04	川尻 B		8.06m	GL-20m	GL-5～20m	-12.5m	-4.4m	4.9	約 22 年
	05	川尻 A		7.87m	GL-150m	GL-127～145m	-136.0m	-128.1m	0.5	約 44 年
	06	住吉		5.43m	GL-51m	GL-37～51m	-44.0m	-38.6m	0.5	約 45 年
	07	細江小	牧之原市	4.44m	GL-15m	GL-4～12m	-9.0m	-4.6m	3.0	約 29 年
	08	横井	島田市	56.4m	GL-80m	GL-32～50m	-40.9m	15.5m	7.4	約 13 年
	09	五平	藤枝市	31.52m	GL-90m	GL-42～60m	-50.8m	-19.2m	7.0	約 14 年
	10	大洲中		22.11m	GL-80m	GL-50～70m	-60.0m	-37.9m	7.8	約 11 年
	11	治長請所	焼津市	16.55m	GL-100m	GL-84～100m	-92.0m	-75.5m	9.4	約 7 年
	13	一色		7.89m	GL-150m	GL-109～127m	-117.9m	-110.0m	9.4	約 7 年
	14	藤守(新)		8.2m	GL-4m	-	-3.6m	4.6m	5.2	約 21 年
	15	新大井川中		10.3m	GL-120m	GL-68～112m	-90.0m	-79.7m	6.5	約 16 年

※採水深度は、井戸孔口からの深度を示す。また、スクリーン設置区間の中間地点付近を基本とした。

※地点 12（大富小）は井戸孔内に既設のケーブル等が設置されており、採水不可。

※SF₆濃度（大気換算）は、水中の SF6 濃度をヘンリーの溶解平衡式を用いて地下水涵養時の大気濃度に変換。

表 6.6（2） 安定同位体比の測定結果及び涵養標高の推定結果（河川水）

区分	番号	地点名	所在地	採水標高	SF6 濃度(大気換算) (pptv)	滞留時間
上流域 (樫島以北)	河川 4	田代取水堰堤上流	静岡市	1397.0m	6.4	約 16 年
上流域(樫島以南)～ 中下流域	河川 1	富士見橋	吉田町	13.9m	5.9	約 18 年
	河川 2	神座	島田市	98.6m	6.2	約 17 年
	河川 3	下泉橋	川根本町	210.0m	7.6	約 12 年

※SF₆濃度（大気換算）は、水中の SF6 濃度をヘンリーの溶解平衡式を用いて地下水涵養時の大気濃度に変換。

表 6.7 トリチウム濃度の測定結果及び滞留時間の推定結果（地下水）

区分	番号	名称	採水箇所		トリチウム濃度 (TU)	滞留時間
			深度	標高		
上流域 (樺島以北)	16	東俣付近	-60.4m	1357.6m	1.8	約 50 年以下
	17	田代取水堰堤付近	-122.9m	1272.1m	0.3 未満	約 60 年以上

※採水深度は、井戸孔口からの深度を示す。また、スクリーン設置区間の中間地点付近を基本とした。

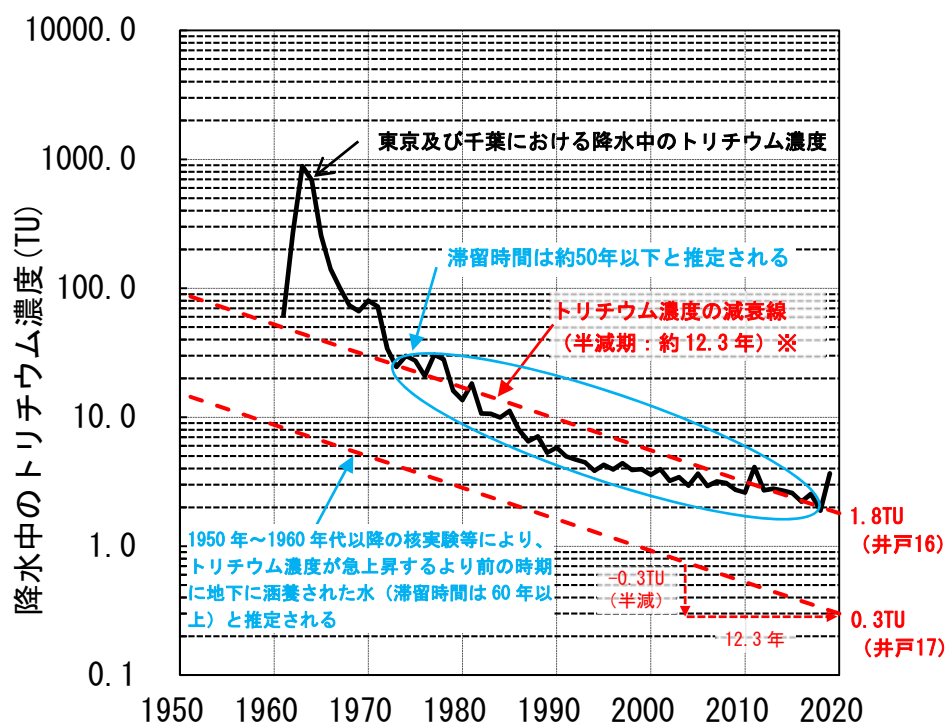


図 6.7 降水中のトリチウム濃度の経年変化曲線及び滞留時間の推定結果

出典：原子力規制庁.” 環境放射線データベース”. (<https://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>)
(参照 2020-9-14) をもとに作成

※トリチウムは (^3H) は水素の放射性同位体であり、放射性同位体は放射壊変によって一定率で濃度が低下するとされており、トリチウムの場合は半減期が約 12.3 年とされている。現時点におけるトリチウム濃度の計測結果から減衰線を作成し、公表されている降水中のトリチウム濃度との交点を求めることにより、涵養年を推定することができる。

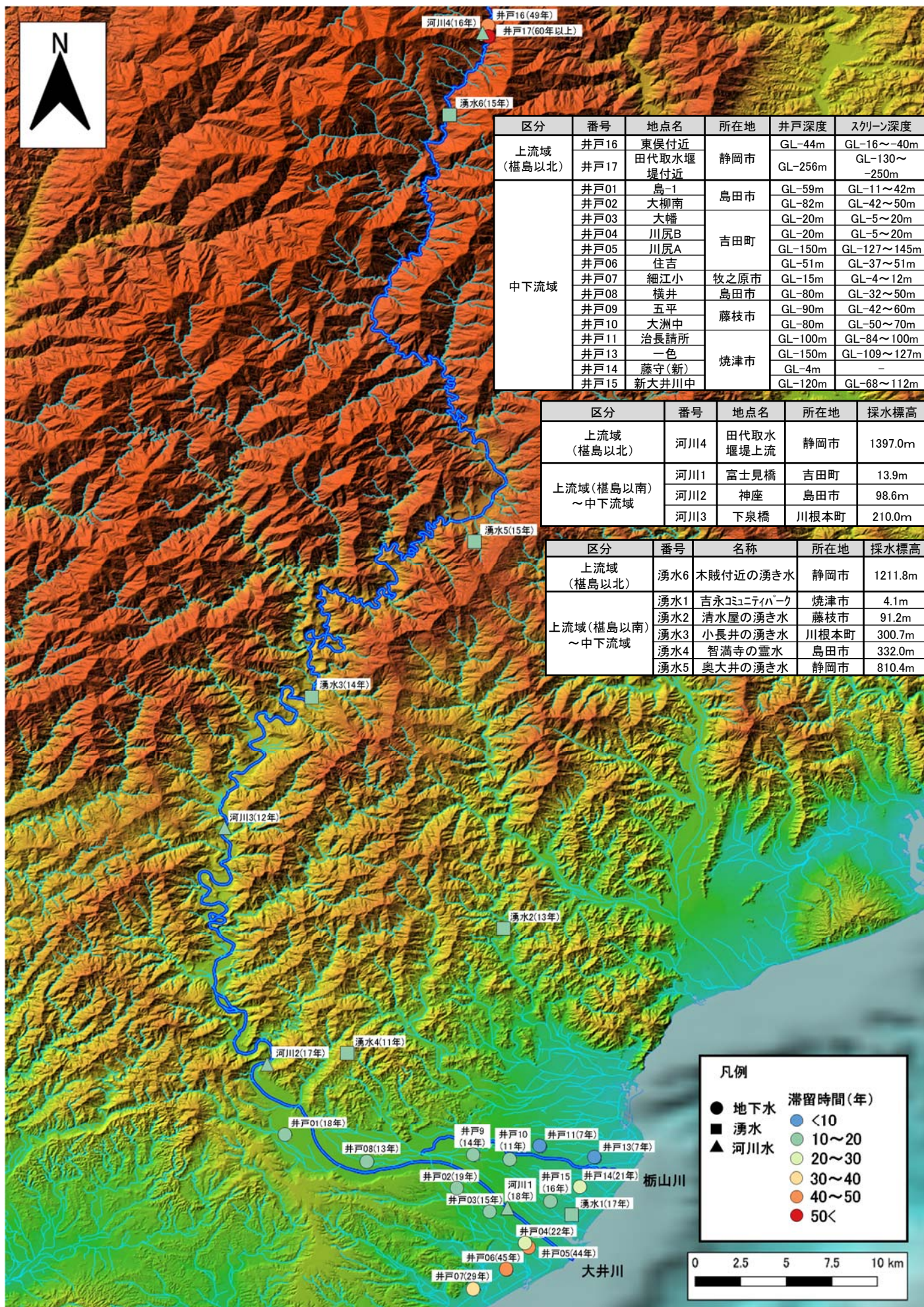


図 6.8 滞在時間推定結果の平面分布

出典：背景図は国土地理院の色別標高図を、河道網は国土数値情報の SHP データをもとに作成

(不活性ガス等の分析結果まとめ)

上流域(樺島以北)の地下深くで計測した井戸 17 の地下水の滞留時間は約 60 年以上と推定され、中下流域の地下水と比較して長い傾向が認められました。

(上流域(樺島以北)): 井戸 16、井戸 17、河川 4

- ・滞留時間の推定結果について、 SF_6 の分析結果から、地下水は井戸 16 で約 49 年と推定されました。また、井戸 17 (田代取水堰堤付近) はトリチウムが検出されず、1950 年代～1960 年代以降に核実験等によりトリチウム濃度が急上昇するより時期より前に地下に涵養された地下水(滞留時間としては 60 年以上)と推定されました。なお、河川水(河川 4) は約 16 年と推定されました。

(上流域(樺島以南)～中下流域): 井戸 1～井戸 15、河川 1～3

- ・滞留時間の推定結果について、地下水(井戸 1～井戸 15) の滞留時間は、約 7～45 年(平均約 20 年)と推定されました。なお、河川水(河川 1～河川 3) は約 12～18 年(平均約 16 年)と推定されました。大井川から比較的近い場所にある観測井(井戸 1～井戸 4、井戸 8～井戸 10、井戸 14、井戸 15) は、近傍の大井川の河川水(河川 1、河川 2) と同程度の滞留時間となっています。