

5. 総水銀の調査結果について

〔第12回対策委員会〕

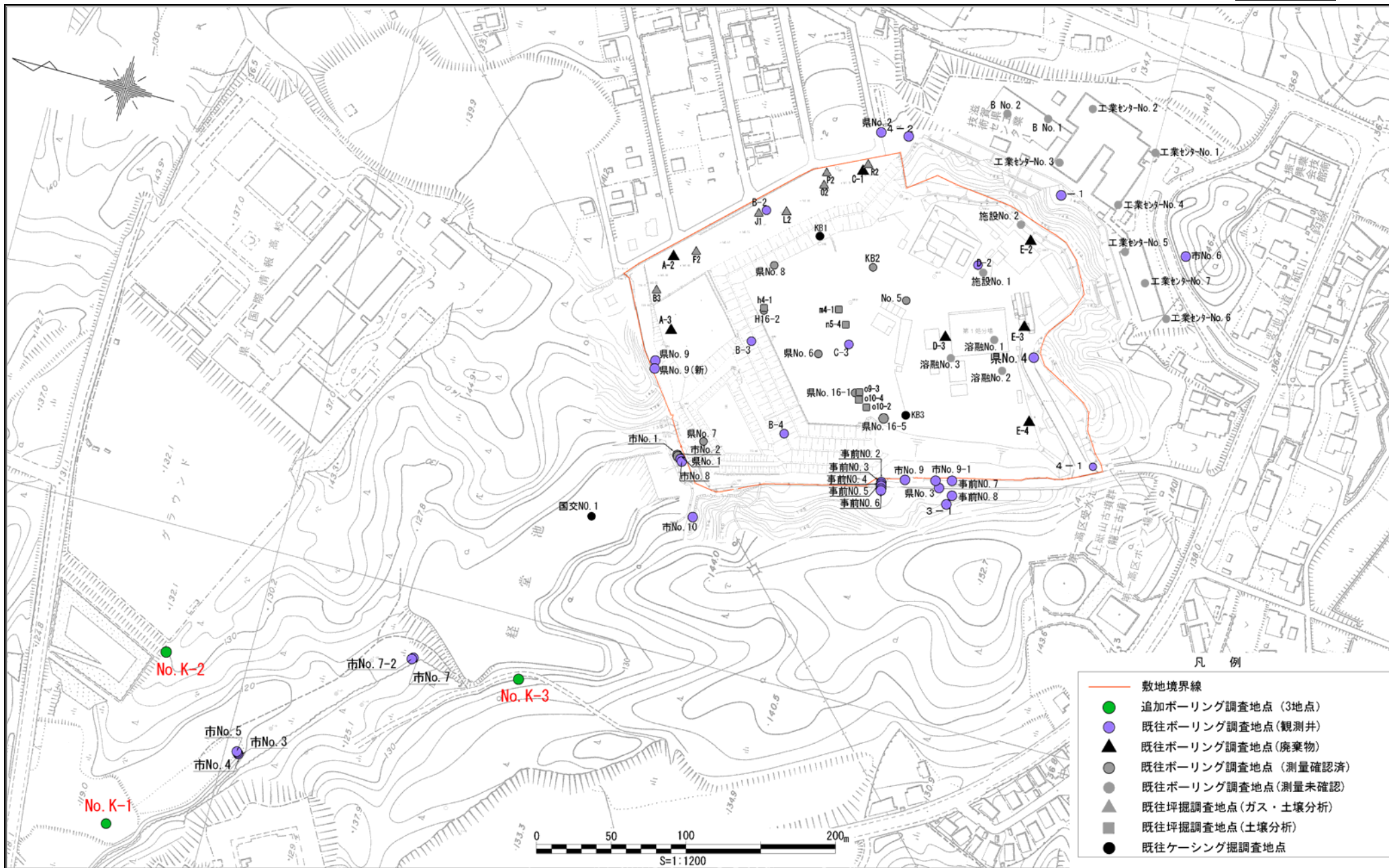
平成20年 2月

滋賀県琵琶湖環境部最終処分場特別対策室

< 目 次 >

資料5 . 総水銀の調査結果について

1 . 水銀に係る追加調査結果について	- 2 -
2 . 検 討.....	- 9 -



RD 最終処分場問題 ボーリング等調査地点位置図

1. 水銀に係る追加調査結果

1.1 調査内容

(1) 地下水位測定

K-1、K-2、K-3の観測井を設置した後、2回のKs2帯水層を対象とした観測井を用いて地下水位の一斉測水を実施し、地下水位等高線図により地下水流動方向を把握した。

なお、市3、市7およびK-1、K-2、K-3等の地下水位は一斉測水の外にも2回以上(市7は7回)確認した。

(3) 地下水質の分析

ア) 分析項目について

K-1、K-2、K-3の地下水質分析は、市3や市7で検出した有害物質(7物質)とpH、SS、電気伝導率、ヘキサ7項目の18項目について全量で実施した。この18項目のうちヒ素と総水銀はろ過後分析も実施した(表1.1.1参照)。

表1.1.1 地下水質の分析項目一覧表

全量分析	総水銀、ヒ素、鉛、ホウ素、フッ素、シス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ベンゼン、pH、SS、電気伝導率、ヘキサ7項目(Na ⁺ 等)
ろ過後分析	総水銀、ヒ素

K-1~K-3の3箇所。

イ) 水銀の形態別分析

調査地点は、K-1、K-2、K-3および、市3や市7と、浸透水から総水銀を検出したA-2、A-3、C-1、D-3、E-2と処分場内のKs2帯水層から検出したD-2とした。

なお、第10回対策委員会での指摘を受けて、K-1、K-2、K-3の総水銀については再度分析を実施した。その際に水銀形態別分析でKs2帯水層から検出した市3、市7やD-2のほか、県1、市10、市事前2についても総水銀の分析を実施した。

公定法による全水銀の分析

試料全量・ろ過後のろ液について公定法により全水銀の分析を行った。

水銀を検出した場合は、ろ液は、の操作・分析、ろ紙上のSSは、の操作・分析へ進み、不検出の場合はここで終了した。

ろ紙上のSS中の形態別水銀分析

孔径1μmのGFにより、試料をろ過した(ろ過した試料体積(mL)は記録)。

SSについて、有機水銀、酸化水銀(HgO(SS))、硫化水銀(HgS(SS))、残留水銀の分析を行った(図1.1.2参照)。

水銀の形態別分析

溶解性の水銀化合物の分析 : Hg²⁺およびHg²⁺を除いた有機酸または無機陰イオンとの錯体(GFC 1μmによるろ過。Hg²⁺は固相抽出により分離)

粒子吸着、不溶解性分の分析 : 有機水銀(クロロホルム抽出による)
塩化水銀(希硫酸抽出による)
硫化水銀(塩化銅添加、塩酸抽出による)
残留水銀(上記の3つの形態を除く水銀)

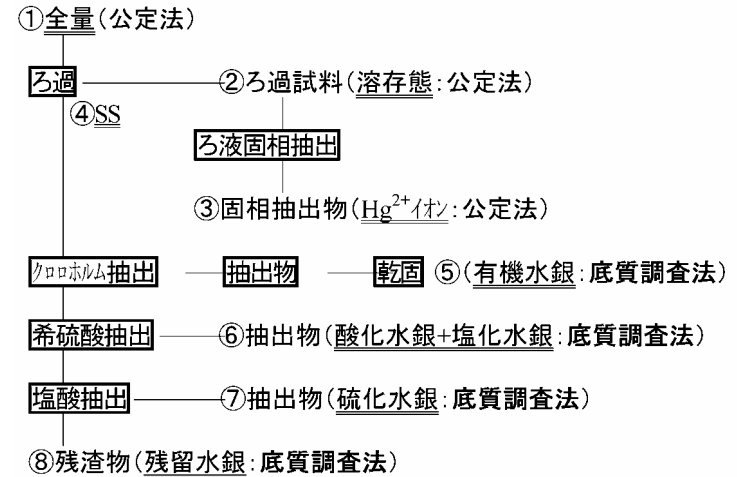


図1.1.1 水銀の分析フロー

固相抽出キットを用いたHg²⁺の分析

今回の分析では、孔径1μmのGFにより試料をろ過したる液で全水銀が不検出であったため、固相抽出物に係る分析は実施しなかった。参考までに予定していた操作手順は、以下に示すとおりである。

- ろ液を予めコンディショニングを済ませた固相抽出キット(市販品:GLサイエンス)に通水し、Hg²⁺を吸着させる。
- 溶離液(0.1M Thiourea in 0.1M HNO₃)2mLを固相抽出キットに通液し、固相抽出キットからHg²⁺を回収する。この操作をさらに3回繰り返して回収した液は一定量にメスアップし全水銀の分析(環告59号)を行う(T-Hg(Hg²⁺))。

以上の操作は、参考資料の図1に示した。

1.2 調査結果

(1) 地下水の流動方向

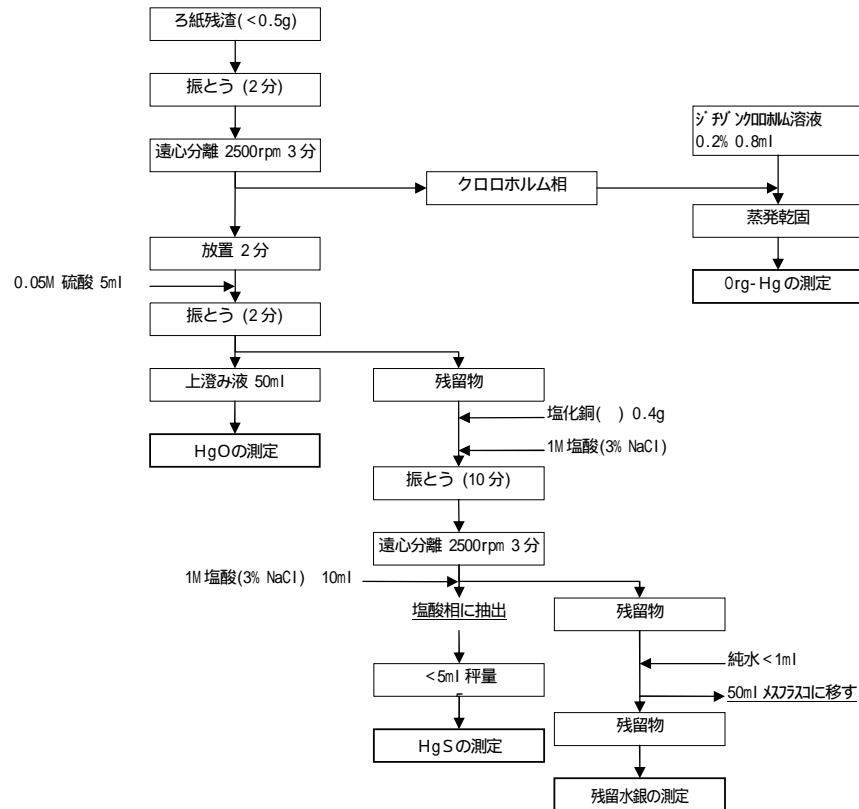
Ks2 帯水層の地下水流動方向

今回新たに設置した K-1、K-2 および K-3 の観測井と既設の観測井を用いて、平成 19 年 12 月 19 日と平成 20 年 1 月 16 日に一斉測水を実施した。この結果をもとに、Ks2 帯水層の地下水流動方向について図 1.2.1 に地下水位等高線図として示した。

Ks2 帯水層の地下水位は、平成 19 年の 4 月 26 日～10 月 26 日まで 8 回の一斉測水を実施してきたが、7 月 31 日の観測を除き市 7 の地下水位は市 3 の地下水位よりも低かった。このため経堂池下流側の地下水は、北西から南東への流動の可能性について検討されてきたが、追加調査の 2 回の測定結果では南東から北西の流動方向となっており、帯水層（地層）の傾斜とほぼ合致する結果となっている。

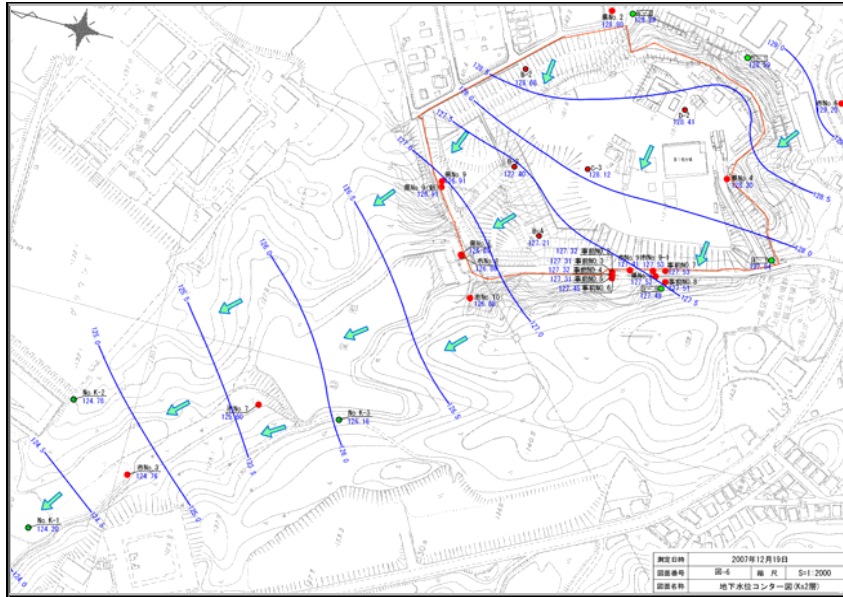
なお、市 7 は平成 19 年 11 月 29 日に栗東市がモニタリング調査を実施した際、自噴が認められなかったため、翌日の 30 日に詳細に調べた結果、井戸壁からの漏水が確認された。栗東市はこの漏水対策（薬注による止水工事）を 12 月 10 日～12 月 18 日にかけて実施しており、図 1.2.1 に示した測定はその翌日に実施したものである。

また、市 7 の漏水対策が取られたあと、Ks2 帯水層の一斉測水の外に経堂池下流に位置する観測井戸 K-1、K-2、K-3 および市 3、市 7 等について地下水位を 2 回以上（市 7 は 7 回）測定しているが、市 7 の水位は市 3 より高いことが確認された。

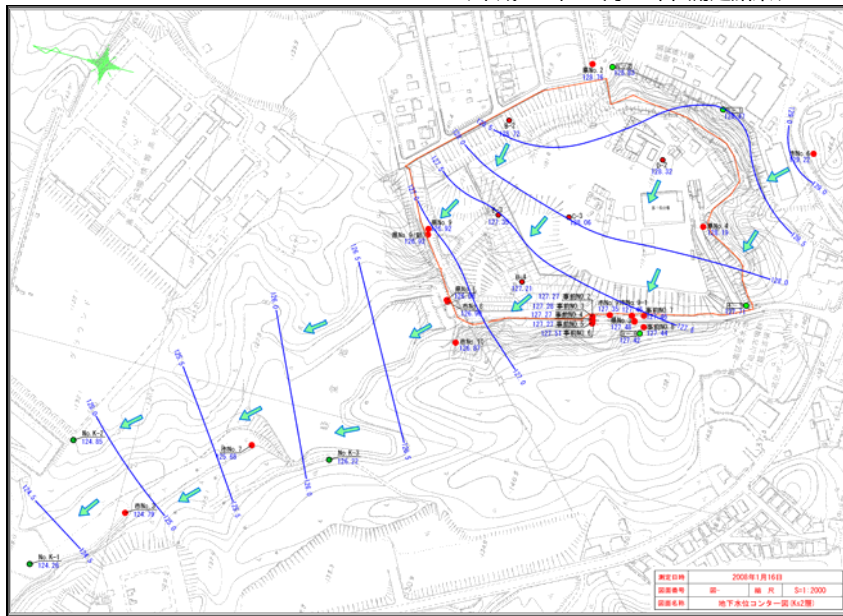


(文献：分析化学、vol.51、pp859 (2002) 江口 (鹿児島大)ら、操作 B (2) による)

図 1.1.2 SS 中の水銀の形態別分析の操作・分析の手順



〔平成19年12月19日 測定結果〕



〔平成20年1月16日 測定結果〕

図 1.2.1 Ks2 帯水層地下水水位等高線図

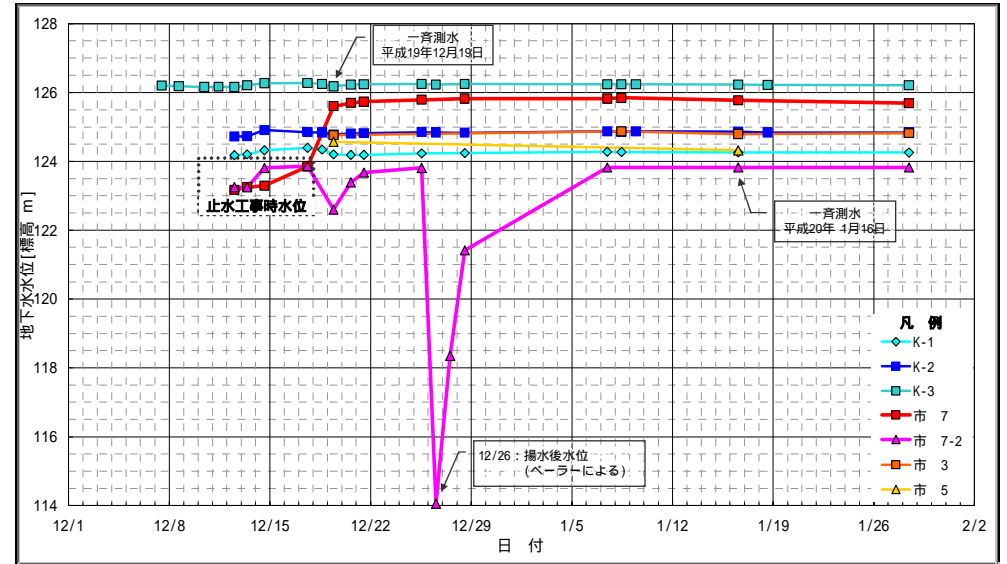


図 1.2.2 経堂池下流における地下水水位経時変化図

(2) 水銀の測定結果

ア) 浸透水・地下水における総水銀の検出状況

浸透水

RD 最終処分場内での浸透水の総水銀の検出状況を次頁の図 1.2.3 に示す。

10 地点の浸透水から総水銀が検出されたことがあり、ND～最大 0.016mg/L の濃度である。総水銀が検出された際の SS 濃度は 660～30,000mg/L であった。

なお、ろ過後の測定結果は、全て不検出であった。

Ks2 帯水層

Ks2 帯水層の地下水でこれまで検出が確認された観測井、および処分場内の観測井における水銀の検出状況を図 1.2.4 に示す。

処分場内の地下水では、平成 19 年 8 月より測定を始めた県 D-2 のみで総水銀が検出された。

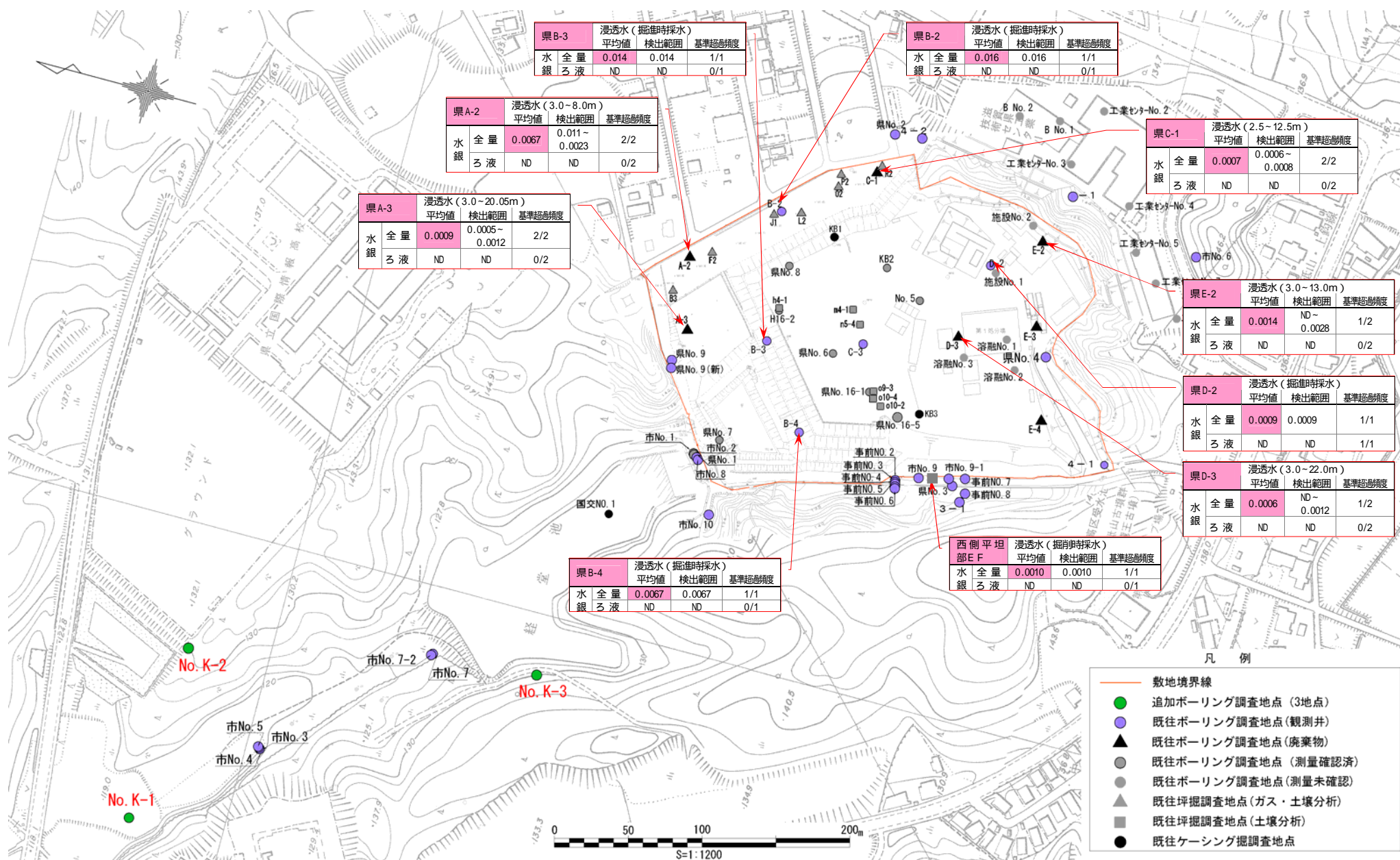
当該地点は今回調査を含め 3 回測定を実施したが 3 回とも水銀が検出され、その濃度は 0.0026～0.010mg/L であった。

処分場外では、市事前 2 と事前 7 で平成 17 年 9 月に 1 回だけ検出され、その濃度はそれぞれ 0.0015mg/L、0.031mg/L であった。そのほか県 3 は平成 14 年～平成 19 年にかけて 53 回測定を実施し、うち 8 回検出され、その濃度範囲は ND～0.0019mg/L であった。

経堂池下流には追加調査の K-1、K-2、K-3、市 7 および市 3 の 5 井戸があるが、K-1、K-2、K-3 の水銀は不検出であった。

市 3 は平成 13 年 6 月の測定当初から検出が認められ、その濃度範囲は 0.0005～0.028mg/L である。

市 7 は平成 16 年度に 3 回総水銀が検出されたあと、しばらく検出されなかったが、平成 19 年 3 月からは継続して総水銀が検出されるようになり、平成 19 年 5 月に最大 0.14mg/L が検出された。



県B-3		浸透水 (掘削時採水)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.014	0.014	1/1
銀	ろ液	ND	ND	0/1

県B-2		浸透水 (掘削時採水)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.016	0.016	1/1
銀	ろ液	ND	ND	0/1

県A-2		浸透水 (3.0~8.0m)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0067	0.011~0.0023	2/2
銀	ろ液	ND	ND	0/2

県C-1		浸透水 (2.5~12.5m)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0007	0.0006~0.0008	2/2
銀	ろ液	ND	ND	0/2

県A-3		浸透水 (3.0~20.05m)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0009	0.0005~0.0012	2/2
銀	ろ液	ND	ND	0/2

県E-2		浸透水 (3.0~13.0m)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0014	ND~0.0028	1/2
銀	ろ液	ND	ND	0/2

県D-2		浸透水 (掘削時採水)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0009	0.0009	1/1
銀	ろ液	ND	ND	1/1

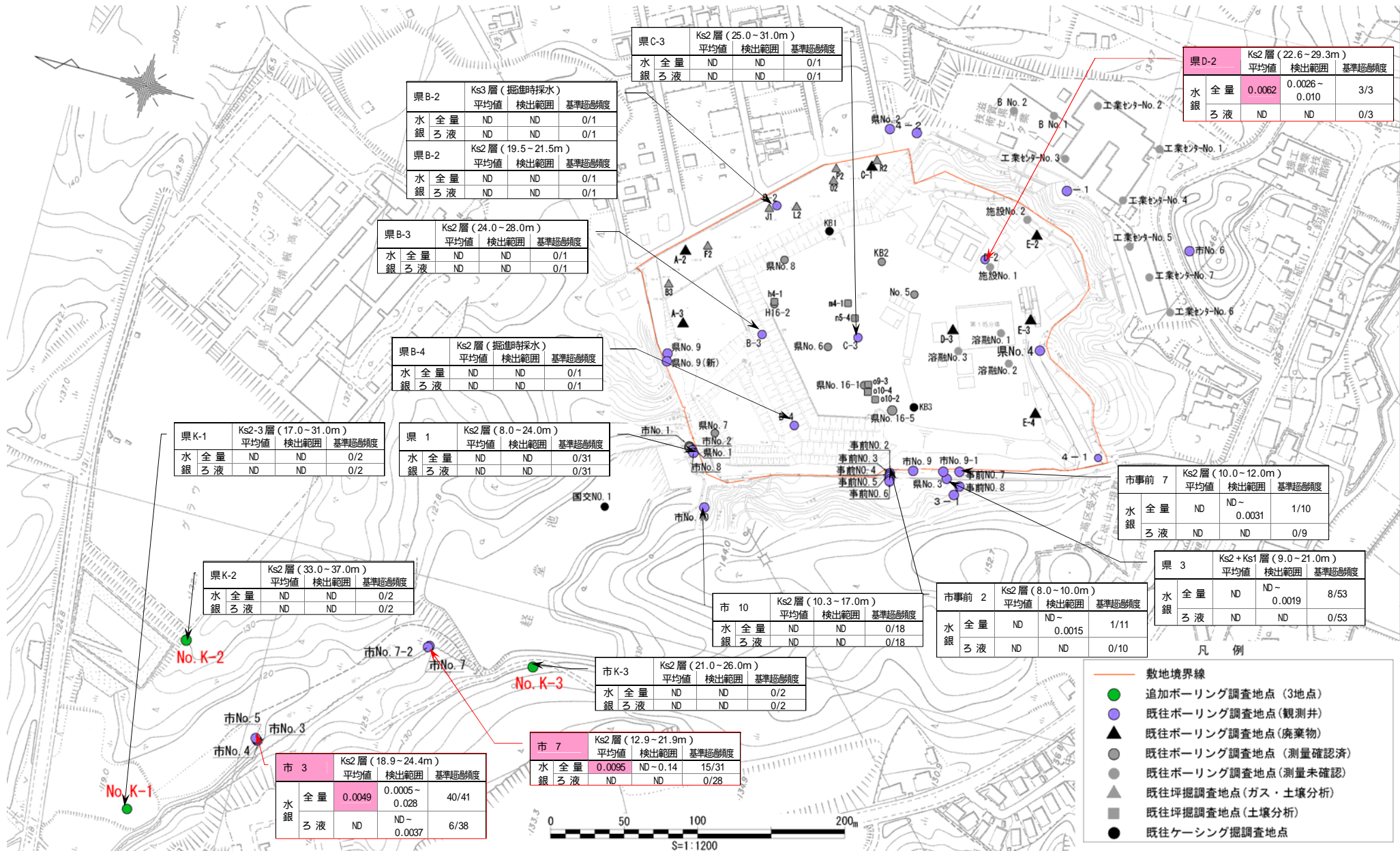
県D-3		浸透水 (3.0~22.0m)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0006	ND~0.0012	1/2
銀	ろ液	ND	ND	0/2

県B-4		浸透水 (掘削時採水)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0067	0.0067	1/1
銀	ろ液	ND	ND	0/1

西側平坦部E F		浸透水 (掘削時採水)		
		平均値	検出範囲	基準超過頻度
水	全量	0.0010	0.0010	1/1
銀	ろ液	ND	ND	0/1

全量の平均値で基準を超過するものを示した。

図 1.2.3 浸透水における総水銀の検出状況



県C-3		Ks2層 (25.0~31.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/1
銀 る液	ND	ND	ND	0/1

県D-2		Ks2層 (22.6~29.3m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	0.0062	0.0026~0.010	ND	3/3
銀 る液	ND	ND	ND	0/3

県B-2		Ks3層 (掘進時採水)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/1
銀 る液	ND	ND	ND	0/1

県B-2		Ks2層 (19.5~21.5m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/1
銀 る液	ND	ND	ND	0/1

県B-3		Ks2層 (24.0~28.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/1
銀 る液	ND	ND	ND	0/1

県B-4		Ks2層 (掘進時採水)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/1
銀 る液	ND	ND	ND	0/1

県K-1		Ks2-3層 (17.0~31.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/2
銀 る液	ND	ND	ND	0/2

県 1		Ks2層 (8.0~24.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/31
銀 る液	ND	ND	ND	0/31

県K-2		Ks2層 (33.0~37.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/2
銀 る液	ND	ND	ND	0/2

市 10		Ks2層 (10.3~17.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/18
銀 る液	ND	ND	ND	0/18

市事前 2		Ks2層 (8.0~10.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND~0.0015	ND	1/11
銀 る液	ND	ND	ND	0/10

県 3		Ks2+Ks1層 (9.0~21.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND~0.0019	ND	8/53
銀 る液	ND	ND	ND	0/53

市 3		Ks2層 (18.9~24.4m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	0.0049	0.0005~0.028	ND	40/41
銀 る液	ND	ND~0.0037	ND	6/38

市 K-3		Ks2層 (21.0~26.0m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	ND	ND	ND	0/2
銀 る液	ND	ND	ND	0/2

市 7		Ks2層 (12.9~21.9m)		
	平均値	検出範囲	基準超過頻度	
水 全量	0.0095	ND~0.14	ND	15/31
銀 る液	ND	ND	ND	0/28

イ) 水銀の形態別分析の結果

表 1.2.1 に水銀の形態別分析等の結果を示す。

表1.2.1 水銀の形態別分析の結果

地点(観測井)	県A-2	県A-3	県C-1	県D-3	県E-2	県D-2	県K-3	市 7	県K-2	市 3	県K-1	
帯水層区分	浸透水	浸透水	浸透水	浸透水	浸透水	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2-3帯水層	
第1回採水日	07/12/17	07/12/17	07/12/17	07/12/17	07/12/17	07/12/17	07/12/17	08/01/08	07/12/17	08/01/08	07/12/17	
水銀濃度	全量 [mg/L]	0.0023	0.0005	0.0006	ND	ND	0.0059	ND	0.0048	ND	0.0025	
	溶存態 [mg/L]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	ろ紙上のSS	有機水銀 [mg/L]	ND	ND	ND	(ND)	(ND)	ND	(ND)	ND	(ND)	(ND)
		酸化水銀 [mg/L]	ND	ND	ND	(ND)	(ND)	ND	(ND)	ND	(ND)	(ND)
		硫化水銀 [mg/L]	ND	ND	ND	(ND)	(ND)	0.0037	(ND)	0.0016	(ND)	0.0006
		残留水銀 [mg/L]	0.0013	ND	ND	(ND)	(ND)	ND	(ND)	0.0018	(ND)	0.0018
		SS中の総水銀 [mg/kg]	0.41	0.67	0.45	(ND)	(ND)	1.2	(ND)	7.7	(ND)	55
SS [mg/L]	4000	760	910	660	750	3300	25	460	42	48	90	
水素イオン濃度指数 []	8.1	8.6	8.0	7.6	6.9	5.8	6.8	7.8	7.0	8.3	6.0	
電気伝導率 [mS/m]	63.8	197	67.8	130	106	17.9	164	132	25.4	117	78.1	

地点(観測井)	県 1	市 2	市 10			県D-2	県K-3	市 7	県K-2	市 3	県K-1
帯水層区分	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層			Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2帯水層	Ks2-3帯水層
第2回採水日	08/01/28	08/01/28	08/01/28			08/01/28	08/01/28	08/01/28	08/01/28	08/01/28	08/01/28
水銀濃度	全量 [mg/L]	ND	ND	ND		0.010	ND	0.0009	ND	0.0007	ND
	溶存態 [mg/L]	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND
SS [mg/L]	27	240	28			3500	18	20	29	47	< 1
水素イオン濃度指数 []	6.5	7.3	8.3			6.3	7.1	6.9	6.4	6.5	9.1
電気伝導率 [mS/m]	130	201	55.3			15.6	122	107	62.1	120	15.6

(ND)の標記: 県D-3、県E-2、県K-3、県K-2および県K-1の5井戸は、全量と溶存態のいずれも水銀が不検出であったため、ろ紙上のSSにおける形態別分析は実施していないため、便宜上NDと表記した。
 SS中の総水銀: 「水銀濃度 [mg/g(乾泥)]」の合計値を参考に示す。

経堂池下流部(追加調査地点)

追加調査を実施したK-1、K-2、K-3の3井戸で水銀は、全量ならびに溶存態のいずれも不検出であった。

また、再度実施した総水銀の分析でも検出されなかった。

処分場内の浸透水

県A-2、県A-3および県C-1の3井戸で水銀は、全量で検出が認められたが、溶存態としては不検出であった。これら3井戸ではろ紙上のSSについて形態別水銀の分析を実施したが、県A-3と県C-1は4つの形態のいずれも不検出であった。県A-2は残留水銀のみが0.0013mg/L検出された。

県D-2、市7および市3

県D-2、市7および市3の3井戸は、全量でそれぞれ0.0059、0.0048、0.0025mg/Lの検出が認められたが、溶存態としては不検出であった。

ろ紙上のSSについて形態別分析を実施したところ、県D-2は硫化水銀のみ0.0037mg/L検出された。市7は硫化水銀と残留水銀がそれぞれ0.0016、0.0018mg/L検出され、市3は硫化水銀と残留水銀がそれぞれ0.0006、0.0018mg/L検出された。

SS中の総水銀について

表1.2.1には、参考値としてSS中の水銀の含有量を示した。

(表1.2.1においてを付す。)

表1.2.2にこれまでの調査で把握された地下水中のSSおよび滋賀県内の河床砂などに含まれる総水銀の濃度(mg/kg)を示す。

表 1.2.2 地下水中のSSおよび底質等に含まれる総水銀 (単位: mg/kg)

クラーク数 ¹⁾	滋賀県内河床砂	RD最終処分場内	市 7	市 3	経堂池底質表層
0.2	0.01~0.83	0.41~1.2	7.7	55	0.11~0.19

¹⁾ クラーク数: 地表下10マイル(約16km)までの地球表層(気圏、水圏を含む)の元素存在度を重量%で表した値。
 本表は「第8回対策委員会 資料3」pp9, 表3.3.1を今回調査結果により更新した。

表1.2.2は、処分場内で検出されたSS中の水銀が0.41~1.2(mg/kg)の範囲にあるのに対して、経堂池下流側にある市7と市3のSS中の水銀は7.7、55(mg/kg)と高い傾向にあることを示している。

水銀の形態別分析の結果から溶存態の水銀は不検出であり、水銀イオンや比較的動きやすい錯体(フミン質と錯体結合した水銀、塩素イオン錯体)は確認されなかった。また、SS中の有機水銀や酸化水銀は不検出であり、有機物と結合または付着したもの、塩化水銀、酸化水銀など希酸溶解性水銀は確認されなかった。

検出される水銀は、硫化水銀か若しくは残留水銀であることが確認された。