

処分場周辺地下水の鉛基準超過等に関する調査結果

地下水水質調査結果において、処分場下流側に位置する観測井戸(H26-1a, H26-2)で地下水環境基準(鉛 0.01mg/l)を超過する鉛が検出されている。

そのため、検出された鉛が処分場の影響によるものかどうか判断するために、既往調査結果及び今年度を実施した追加調査結果を基に考察を行った。

1. 既往調査結果

H26-1a と H26-2 について、平成 26, 27 年度の地下水の分析結果を表 1.1 に示した。井戸設置直後に 1 回ずつ鉛が地下水環境基準を超過している。

1.1 鉛の性状（懸濁性，溶解性）及び浮遊物質との関係

① 鉛の性状（懸濁性，溶解性）

水試料中に含まれる鉛の性状は、移動しにくい懸濁性と移動しやすい溶解性がある。H26-1a と H26-2 について、溶解性鉛の結果を表 1.1 に示した。いずれも、溶解性鉛は不検出(0.002 mg/l 未満)だった。

表 1.1 各観測井戸の平成 26～27 年度測定結果

		H27. 2	H27. 6	H27. 9	H27. 11	H28. 2
H26-1a	浮遊物質量	6600	76	33	72	140
	鉛	0.026	<0.002	<0.002	<0.002	0.003
	溶解性鉛	<0.002	—	—	—	—
H26-2	浮遊物質量	360	1100	360	460	450
	鉛	0.005	0.015	0.004	0.004	0.006
	溶解性鉛	—	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
環境基準	鉛	0.01				

単位：mg/l 赤字は、地下水環境基準超過を示す。

溶解性鉛：採取した地下水を 1 μ m ろ紙でろ過した試料に含まれる鉛を示す。

② 鉛と浮遊物質量との関係

H26-1a と H26-2 について、浮遊物質量の測定結果を表 1.1 に示した。鉛が地下水環境基準を超過したときは浮遊物質量が高い傾向にある（図 1.1）。

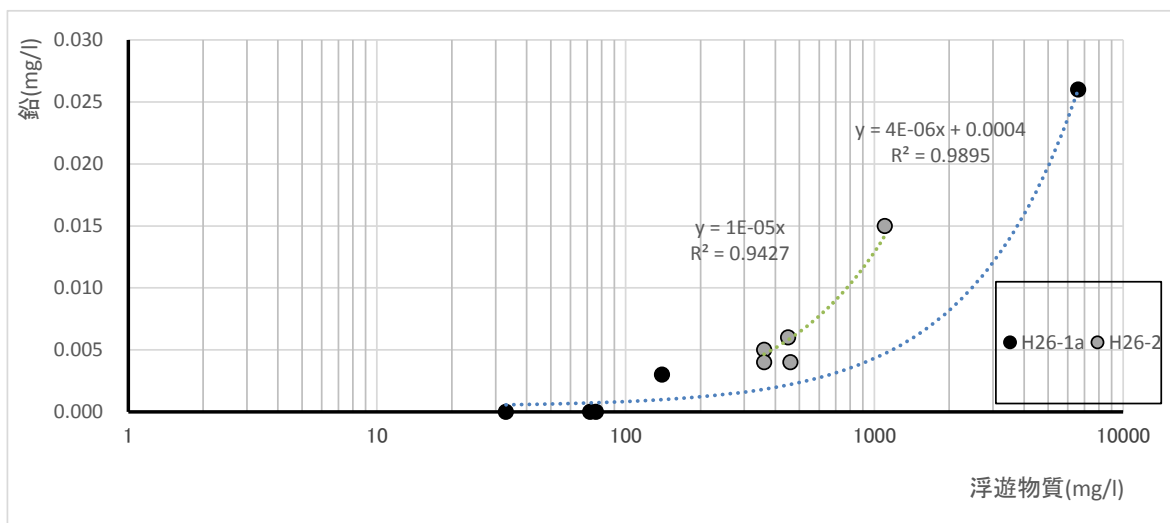


図 1.1 H26-1a, H26-2 における地下水中の浮遊物質に対する鉛の関係

③ 浮遊物質に含まれる鉛含有量

浮遊物質中の鉛含有量について分析したところ、H26-1a で 13~19mg/kg、H26-2 で 13~17mg/kg の鉛が含有していた (表 1.2)。

H26-1a で浮遊物質中の鉛含有量を 16mg/kg と仮定すると、浮遊物質量 33~6600mg/L の地下水からは 0.0005~0.106mg/l の鉛が検出されることとなり、これまでの測定結果(<0.002~0.026 mg/l)はこの濃度範囲に収まっている。

H26-2 で浮遊物質中の鉛含有量を 15mg/kg と仮定すると、浮遊物質量 360~1100mg/L の地下水から 0.005~0.017mg/l の鉛が検出されることとなり、これまでの測定結果 (0.004~0.015 mg/l)はこの濃度範囲に収まっている。

表 1.2 浮遊物質中の鉛含有量分析結果 (平成 26,27 年度)

			H26-1a					平均
			H27.2	H27.6	H27.9	H27.11	H28.2	
モニタリング結果	浮遊物質量	mg/L	6600	76	33	72	140	
	鉛	mg/L	0.026	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	
浮遊物質中重金属分析結果	鉛	mg/kg	—	—	13	19	15	16

			H26-2					平均
			H27.2	H27.6	H27.9	H27.11	H28.2	
モニタリング結果	浮遊物質量	mg/L	360	1100	360	460	450	
	鉛	mg/L	0.005	0.015	0.004	0.004	0.006	
浮遊物質中重金属分析結果	鉛	mg/kg	—	—	13	17	14	15

以上の結果より、H26-1a 及び H26-2 で検出される鉛は、地下水中の浮遊物質に含まれる「移動しにくい懸濁性の鉛」であると考えられる。

1.2 地下水中の鉛及び浮遊物質の由来

H26-1a 及び H26-2 で採取した地下水に含まれる浮遊物質は、各観測井戸ストレーナ周辺の土粒子に由来すると推測されることから、井戸掘削時に採取したボーリングコアの分析結果について検討を加えた。

① ボーリングコアに含まれる鉛含有量

平成 27 年度に分析した H26-1a 及び H26-2 で採取したボーリングコアの鉛含有量は、盛土層で 5~10mg/kg, ピート層で 12mg/kg, シルト層 11mg/kg であった (表 1.3)。

この鉛含有量は、浮遊物質に含まれる鉛含有量 (1.1 ③) に近似した値である。

このことから、H26-1a と H26-2 で採取した地下水に含まれる鉛及び浮遊物質は、各観測井戸ストレーナ周辺の土粒子に由来すると推定できる。

表 1.3 H26-1, H26-2 既往ボーリングコア試料による鉛含有量分析結果

検体No	対象地点	対象層	サンプリング深度		鉛分析結果 (mg/kg)	
				層厚(m)		
1	H26-1a	盛土層	H26-1b	GL -1~-3m	2.00	5
2		ピート		GL -6.15~-10.75m	4.60	10
3		シルト層		GL -10.75~-18m	7.25	6
4		凝灰質砂岩		GL -21~-25m	4.00	3
1	H26-2	盛土層	H26-2	GL -2~-3.6m	1.60	10
2		ピート		GL -3.6~-11m	7.40	12
3		シルト層		GL -11~-12m	1.00	11
4		凝灰質砂岩		GL -12~-14m	2.00	8

青色着色範囲が、ストレーナ位置を示す。

1.3 土粒子に含まれる鉛の由来について

各観測井戸ストレーナ周辺の土粒子に含まれる鉛の由来について、処分場由来するか否かについて、次のとおり整理した。

① 土対法ガイドラインとの比較

土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン (平成 24 年 8 月環境省水・大気環境局) に自然由来の汚染と判断する際の基準として鉛含有量 140mg/kg 以下がある。表 1.3 で示したボーリングコアの鉛含有量は、いずれもこの基準を満足する。

② 処分場内で基準超過した鉛の性状について

浸透水水質調査において、溶解性鉛を測定した結果を表 1.4 に示す。鉛が基準を超過した場合を含めて、移動性のある溶解性鉛はほとんど検出されていない。そのため、処分場内浸透水中の鉛の処分場下流側への移動の可能性は低く、H26-1a, H26-2 で確認された鉛は処分場由来するとは考えにくい。

表 1.4 浸透水中の溶解性鉛分析結果一覧

		H22.6	H22.9	H23.2	H25.9	H26.2	H26.6	H26.9	H26.12
No. 5	浮遊物質量	14		14					
	鉛	0.003		0.013					
	溶解性鉛	<0.001		<0.001					
H16-3	浮遊物質量	41	26	27					
	鉛	0.004	0.002	0.018					
	溶解性鉛	<0.001	<0.001	<0.001					
H16-5	浮遊物質量	46	68	74	15	34	9	15	42
	鉛	0.005	0.009	0.012	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	溶解性鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
H16-6	浮遊物質量				50				
	鉛				0.06				
	溶解性鉛				<0.002				
H16-13	浮遊物質量	83	36						
	鉛	0.014	0.002						
	溶解性鉛	0.002	<0.001						
基準	鉛	0.01							

単位 : mg/l 赤字は、地下水基準値超過を示す。

溶解性鉛：採取した地下水を 1 μ m ろ紙でろ過した試料に含まれる鉛を示す。

以上から、H26-1a、H26-2 周辺にある地層の土粒子には、処分場に由来しない鉛が含まれており、地下水採取時にストレーナを通して観測井戸内に土粒子が流入し、土粒子が混入した状態で採取され、地下水試料中の鉛が地下水環境基準を超過したものと考えられる。

2. 今年度の追加調査

既往調査において、H26-1a, H26-2 周辺の土粒子には、処分場に由来しない鉛が含まれていると整理したが、処分場周辺の土壌の鉛含有量を把握するため、処分場の影響を受けないと考えられる地点で土壌を採取して鉛含有状況を調査した。

2.1 目的

- 1) 処分場の影響を受けない周辺土壌の鉛含有量を把握する
- 2) 下流側地下水で検出される鉛が処分場に由来するか否かを確認する

2.2 試料採取

試料採取は、平成 28 年 6 月 22 日に実施した。旗立層凝灰質砂岩 (HSs) は露頭からの採取、盛土層 (B1) は簡易ボーリングマシンによる試料採取を行った。また、対照として廃棄物層 (W) は、既存ボーリングコア (No.3, No.5) からの採取を行った (図 2.1)。

2.3 試験方法

含有量試験 対象項目：鉛

採取した試料について、底質調査方法 (平成 24 年 8 月 環境省水・大気環境局) に従い、全含有量試験を実施した。

① 人為由来・自然由来判定試験

細見委員の助言を受けて、土壌に含有する鉛の人為由来・自然由来判定試験を実施した。採取試料を、前処理操作 (粉碎処理, ふっ酸処理, アルカリ溶融処理) を実施した後、ICP 質量分析計 (ICP-M/S) を用い、半定量による元素分析を行った。

アルミニウム等 51 物質の元素を対象として実施した。鉛については、全含有量試験結果を用いた。検出下限値は、1~10wtppm を基本とした。得られたデータを下記に示す判定式にて算出し、自然的原因の有無、人為由来、自然由来の判定を行った。

人為由来、自然由来の判定式

$$\text{濃縮係数(EF)} = [\text{Pb (測定値)} / \text{M (測定値)}] / [\text{Pb (文献値)} / \text{M (文献値)}]$$

濃縮係数(EF) < 1 : 自然由来

濃縮係数(EF) > 10 : 人為由来

1 < 濃縮係数(EF) < 10 : 総合的に判断

M : Al, Fe, Ti, Zr 等のそれぞれの含有量

文献値 : 地球化学図 (国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)

測定値のうち、荒川流域でのデータを用いた。

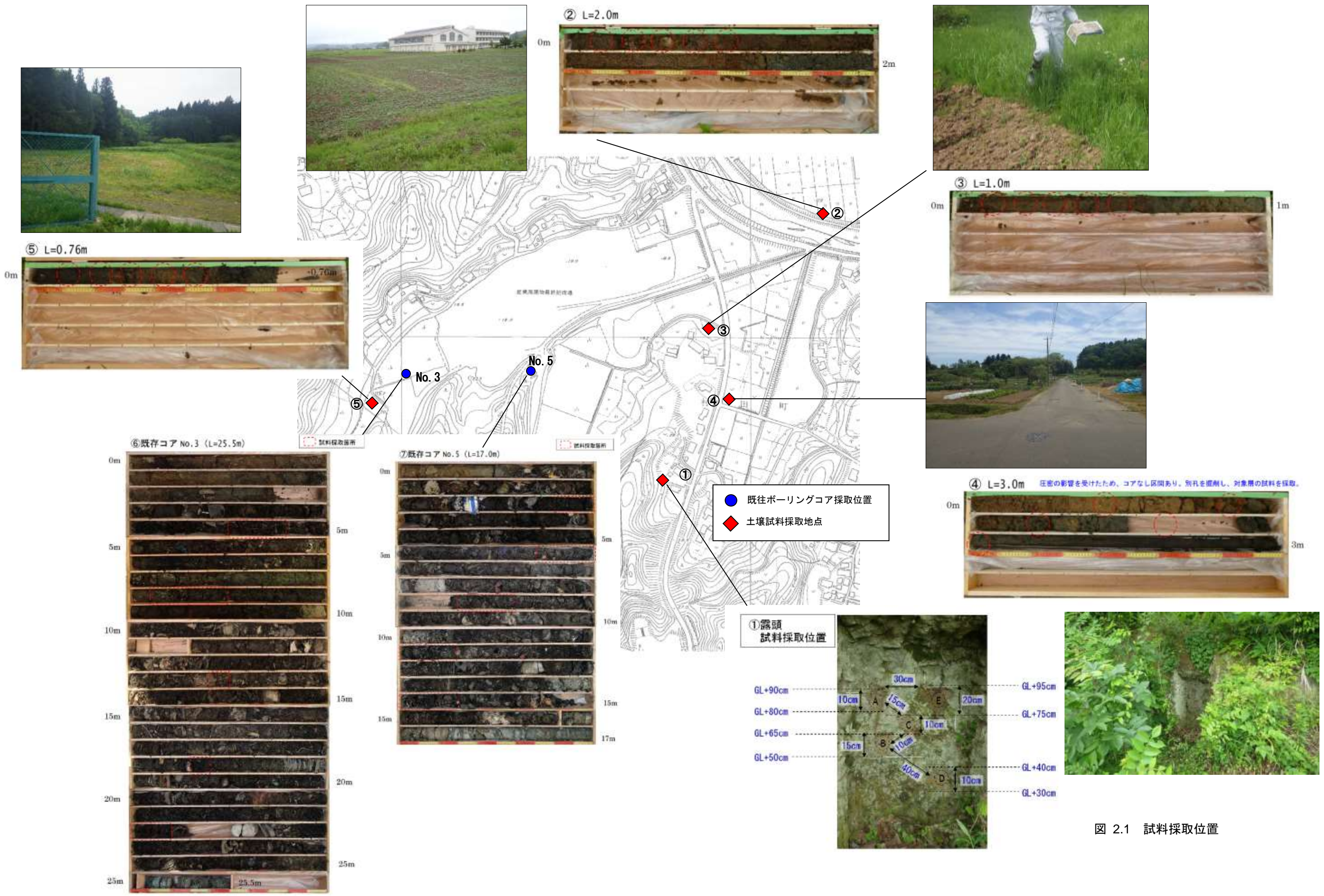


图 2.1 試料採取位置

2.4 結果

2.4.1 周辺土壌の鉛含有量

試験結果を表 2.1 に示す。本試験の結果、周辺土壌には、2.7～8.7mg/kg の鉛が含まれており、周辺に広く分布していることが確認された。

表 2.1 周辺土壌の鉛に関する全含有量試験結果一覧

地点	土質		全含有量試験
			鉛含有量(mg/kg)
①	凝灰質砂岩	Hss	2.7
②	盛土(農地)	B1	7.4
③	盛土(農地)	B1	8.7
④	盛土(農地)	B1	5.0
⑤	盛土(農地)	B1	7.4
No. 3	廃棄物層	Wa2	880
No. 5	廃棄物層	Wa2	850

2.4.2 周辺土壌に含まれる鉛の由来

①土対法ガイドラインとの比較

土壌汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン（平成 24 年 8 月環境省水・大気環境局）の自然由来の汚染と判断する際の基準である鉛含有量 140mg/kg と比較すると、いずれもこの基準を満足する。

②処分場内の試料との比較

処分場内の廃棄物層（No.3, No.5）の鉛含有量を表 2.1 に示す。廃棄物層では、850～880mg/kg と非常に高い値を示しており、周辺土壌における鉛含有量の 100 倍程度となっている。

③人為由来・自然由来判定式による判定結果

判定式をもとに、人為由来か自然由来かを判定した（2.2）。濃縮係数が 1 以下であれば自然由来、10 超過であれば人為由来の可能性が高いことを示す。

判定試験の結果、人為由来汚染のある廃棄物層（No.3, No.5）は、10 を超過する元素が多く、処分場の影響を受けない周辺土壌 4 地点については、1 以下を示す元素が多いことが確認された。

既往調査において鉛の含有を確認している H26-1a 及び H26-2 のボーリングコア(土壌)について、同様に判定式を用いて由来を調べたところ、いずれも濃縮係数が 1 以下を示す元素が多く、ボーリングコアに含有している鉛は自然由来と判定された。

2.2 各土壌の判定式算出結果一覧

No.	元素	周辺土壌															廃棄物層						H26-1a			H26-2								
		①凝灰質砂岩			②盛土(農地)			③盛土(農地)			④盛土(農地)			⑤盛土(農地)			ボーリングNo.3			ボーリングNo.5			盛土層			盛土層			ピート層			シルト層		
		測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数	測定値	文献値	濃縮係数
ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm		ppm	ppm			
	Pb	2.7	14.399		7.4	14.399		8.7	14.399		5.0	14.399		7.4	14.399		880	14.399		850	14.399		5	14.399		10	14.399		12	14.399		11	14.399	
1	Al	130000	102970	0.1	60000	102970	0.9	130000	102970	0.5	130000	102970	0.3	130000	102970	0.4	60000	102970	104.9	60000	102970	101.3	130000	102970	0.3	130000	102970	0.6	130000	102970	0.7	130000	102970	0.6
2	As	5.5	6	0.2	5.5	6	0.6	5.5	6	0.7	5.5	6	0.4	28	6	0.1	28	6	13.1	28	6	12.6	2.8	6	0.7	5.5	6	0.8	28	6	0.2	28	6	0.2
3	Ba	55	341	1.2	280	341	0.6	280	341	0.7	280	341	0.4	280	341	0.6	280	341	74.4	550	341	36.6	280	341	0.4	280	341	0.8	280	341	1.0	280	341	0.9
4	Be	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	0	0.846	-	2.8	0.846	0.2
5	Bi	0	0.106	-	0	0.106	-	0	0.106	-	0	0.106	-	0	0.106	-	2.8	0.106	2.3	5.5	0.106	1.1	0	0.106	-	0	0.106	-	0	0.106	-	0	0.106	-
6	Ca	30000	40250	0.3	18000	40250	1.1	18000	40250	1.4	30000	40250	0.5	30000	40250	0.7	60000	40250	41.0	130000	40250	18.3	30000	40250	0.5	30000	40250	0.9	30000	40250	1.1	30000	40250	1.0
7	Cd	0	0.114	-	0	0.114	-	0	0.114	-	0	0.114	-	0	0.114	-	5.5	0.114	1.3	2.8	0.114	2.4	0	0.114	-	0	0.114	-	0	0.114	-	0	0.114	-
8	Ce	28	19.249	0.1	28	19.249	0.4	28	19.249	0.4	28	19.249	0.2	28	19.249	0.4	28	19.249	42.0	550	19.249	2.1	28	19.249	0.2	28	19.249	0.5	28	19.249	0.6	28	19.249	0.5
9	Co	5.5	20.708	0.7	5.5	20.708	1.9	28	20.708	0.4	5.5	20.708	1.3	5.5	20.708	1.9	28	20.708	45.2	28	20.708	43.7	28	20.708	0.3	28	20.708	0.5	5.5	20.708	3.1	28	20.708	0.6
10	Cr	28	49.139	0.3	5.5	49.139	4.6	28	49.139	1.1	28	49.139	0.6	28	49.139	0.9	280	49.139	10.7	280	49.139	10.4	28	49.139	0.6	28	49.139	1.2	28	49.139	1.5	28	49.139	1.3
11	Cs	2.8	1.412	0.1	2.8	1.412	0.3	2.8	1.412	0.3	2.8	1.412	0.2	2.8	1.412	0.3	2.8	1.412	30.8	2.8	1.412	29.8	2.8	1.412	0.2	2.8	1.412	0.4	2.8	1.412	0.4	5.5	1.412	0.2
12	Cu	5.5	35.721	1.2	28	35.721	0.7	28	35.721	0.8	5.5	35.721	2.3	28	35.721	0.7	550	35.721	4.0	2800	35.721	0.8	28	35.721	0.4	28	35.721	0.9	28	35.721	1.1	28	35.721	1.0
13	Dy	2.8	3.129	0.2	2.8	3.129	0.6	2.8	3.129	0.7	2.8	3.129	0.4	2.8	3.129	0.6	2.8	3.129	68.3	2.8	3.129	66.0	2.8	3.129	0.4	2.8	3.129	0.8	2.8	3.129	0.9	5.5	3.129	0.4
14	Er	2.8	1.934	0.1	2.8	1.934	0.4	2.8	1.934	0.4	2.8	1.934	0.2	2.8	1.934	0.4	2.8	1.934	42.2	2.8	1.934	40.8	2.8	1.934	0.2	2.8	1.934	0.5	2.8	1.934	0.6	2.8	1.934	0.5
15	Eu	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-	0	0.874	-
16	Fe	30000	71840	0.4	30000	71840	1.2	60000	71840	0.7	30000	71840	0.8	60000	71840	0.6	130000	71840	33.8	60000	71840	70.7	60000	71840	0.4	60000	71840	0.8	30000	71840	2.0	60000	71840	0.9
17	Ga	5.5	16.321	0.6	5.5	16.321	1.5	28	16.321	0.4	5.5	16.321	1.0	28	16.321	0.3	5.5	16.321	181.4	28	16.321	34.4	28	16.321	0.2	28	16.321	0.4	28	16.321	0.5	28	16.321	0.4
18	Gd	2.8	3.066	0.2	2.8	3.066	0.6	2.8	3.066	0.7	2.8	3.066	0.4	5.5	3.066	0.3	2.8	3.066	66.9	28	3.066	6.5	5.5	3.066	0.2	2.8	3.066	0.8	5.5	3.066	0.5	2.8	3.066	0.8
19	Hf	0	1.774	-	0	1.774	-	0	1.774	-	2.8	1.774	0.2	2.8	1.774	0.3	2.8	1.774	38.7	2.8	1.774	37.4	0	1.774	-	2.8	1.774	0.4	2.8	1.774	0.5	2.8	1.774	0.5
20	Hg	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-	0	0.03	-
21	Ho	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-	0	0.646	-
22	K	5500	9590	0.3	2800	9590	1.8	2800	9590	2.1	2800	9590	1.2	2800	9590	1.8	2800	9590	209.3	2800	9590	202.2	5500	9590	0.6	5500	9590	1.2	5500	9590	1.5	5500	9590	1.3
23	La	5.5	10.806	0.4	5.5	10.806	1.0	28	10.806	0.2	28	10.806	0.1	28	10.806	0.2	28	10.806	23.6	550	10.806	1.2	28	10.806	0.1	28	10.806	0.3	28	10.806	0.3	28	10.806	0.3
24	Li	5.5	13.565	0.5	5.5	13.565	1.3	5.5	13.565	1.5	5.5	13.565	0.9	28	13.565	0.2	5.5	13.565	150.7	5.5	13.565	145.6	28	13.565	0.2	28	13.565	0.3	28	13.565	0.4	28	13.565	0.4
25	Mg	5500	35160	1.2	2800	35160	6.5	5500	35160	3.9	5500	35160	2.2	5500	35160	3.3	5500	35160	390.7	5500	35160	377.4	28000	35160	0.4	28000	35160	0.9	2800	35160	10.5	5500	35160	4.9
26	Mn	550	1230	0.4	550	1230	1.1	2800	1230	0.3	550	1230	0.8	550	1230	1.1	2800	1230	26.8	550	1230	132.0	550	1230	0.8	550	1230	1.6	280	1230	3.7	280	1230	3.4
27	Mo	0	1.316	-	0	1.316	-	2.8	1.316	0.3	0	1.316	-	2.8	1.316	0.2	5.5	1.316	14.6	28	1.316	2.8	0	1.316	-	0	1.316	-	2.8	1.316	0.4	0	1.316	-
28	Na	550	22870	7.8	2800	22870	4.2	550	22870	25.1	550	22870	14.4	2800	22870	4.2	2800	22870	499.2	2800	22870	482.2	5500	22870	1.4	2800	22870	5.7	5500	22870	3.5	550	22870	31.8
29	Nb	2.8	5.957	0.4	2.8	5.957	1.1	2.8	5.957	1.3	2.8	5.957	0.7	2.8	5.957	1.1	5.5	5.957	66.2	5.5	5.957	63.9	2.8	5.957	0.7	2.8	5.957	1.5	2.8	5.957	1.8	0	5.957	-
30	Nd	5.5	11.966	0.4	5.5	11.966	1.1	28	11.966	0.3	28	11.966	0.1	28	11.966	0.2	5.5	11.966	133.0	55	11.966	12.8	28	11.966	0.1	28	11.966	0.3	28	11.966	0.4	28	11.966	0.3
31	Ni	5.5	20.672	0.7	5.5	20.672	1.9	28	20.672	0.4	5.5	20.672	1.3	28	20.672	0.4	55	20.672	23.0	280	20.672	4.4	28	20.672	0.3	28	20.672	0.5	28	20.672	0.6	28	20.672	0.6
32	P	280	1210	0.8	550	1210	1.1	2800	1210	0.3	280	1210	1.5	280	1210	2.2	550	1210	134.5	550	1210	129.9	550	1210	0.8	550	1210	1.5	550	1210	1.8	280	1210	3.3
33	Pr	2.8	2.826	0.2	2.8	2.826	0.5	2.8	2.826	0.6	2.8	2.826	0.4	2.8	2.826	0.5	2.8	2.826	61.7	55	2.826	3.0	2.8	2.826	0.4	2.8	2.826	0.7	2.8	2.826	0.8	5.5	2.826	0.4
34	Rb	28	29.552	0.2	28	29.552	0.5	55	29.552	0.3	28	29.552	0.4	28	29.552	0.5	28	29.552	64.5	28	29.552	62.3	2											

以上から、処分場の影響を受けない周辺土壌には数 mg/kg の鉛が含有していることが確認された。

また、処分場下流側に位置する H26-1a, H26-2 周辺にある土壌に含まれる鉛が自然由来であることが確認された。土粒子は自然由来の鉛を含有しており、地下水採取時にストレーナを通して観測井戸内に土粒子が流入し、土粒子が混入した状態で採取され、地下水試料中の鉛が地下水環境基準を超過したものと考えられる。

3. まとめ

処分場下流側に位置する H26-1a 及び H26-2 で鉛が地下水環境基準を超過した原因は、当該井戸周辺の土壌には自然由来の鉛が含まれており、地下水採取時にストレーナを通して観測井戸内に鉛を含む土粒子が流入し、土粒子が混入した状態で採取されたことによるものと判断される。

4. 周辺土壌の砒素含有量

処分場上流側に位置する観測井戸(H17-19)では、地下水環境基準(砒素 0.01mg/l)を超過する砒素が検出されているが、H17-19 が地下水流向の上流側に位置するため、検出される砒素が処分場の影響によるものとは考えられない。

参考までに、周辺土壌の砒素含有量調査結果を表 4.1 に示す。

表 4.1 周辺土壌の砒素に関する全含有量試験結果一覧

地点	土質		全含有量試験
			砒素含有量(mg/kg)
①	凝灰質砂岩	Hss	2.2
②	盛土(農地)	B1	2.8
③	盛土(農地)	B1	4.6
④	盛土(農地)	B1	2.2
⑤	盛土(農地)	B1	6.1