

小田川合流点付替え事業における 掘削土等・課題の検討方針案他

平成30年3月22日

中国地方整備局 岡山河川事務所

目次

1.	小田川合流点付替え事業における掘削土等について	…	1
1.1	貯水池湖岸掘削土の現状整理	…	2
1.2	貯水池底質の現状整理	…	10
1.3	南山掘削岩石の現状整理	…	12
2.	課題と検討方針案	…	21
2.1	現計画における課題	…	22
2.2	課題の検討方針案	…	25
3.	概要	…	28

1. 小田川合流点付替え事業における掘削土等について

■『小田川合流点付替え事業』に伴う自然由来の重金属等における課題としては、以下の3点が挙げられる。

①貯水池湖岸掘削等から発生する土壌

- 一部の土砂において、砒素 (As)、ふっ素 (F)、鉛 (Pb) 及び水銀 (Hg) が土壌溶出量基準に不適合となった。
⇒ 現在計画している土工配分計画では、貯水池湖岸掘削に伴う発生土を覆土や盛土材料に流用する計画としている。

②貯水池に存在する底質

- 底質の嫌気環境において、砒素 (As) の溶出が確認された。
⇒ 現在計画している土工配分計画では、貯水池に覆土を行い河道を整形する計画としている。

③南山掘削部から発生する掘削岩（泥質・砂質ホルンフェルスの未・弱風化岩）

- 掘削岩より砒素 (As) が確認され、土壌汚染対策法による土壌溶出量基準に照らすと不適合となった。（2 mm以下に粗砕した試料による試験結果）
⇒現在計画している土工配分計画では、南山掘削に伴う発生土の内、未風化の掘削岩を貯水池の河道整形に利用する計画としている。
- 酸性化可能性試験から、酸性水が発生する懸念がある。
⇒ 現在の計画では、南山の掘削に伴い生じる法面は緑化による対策を計画している。

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (1/8)【地歴調査】

撮影年月日	出所	調査対象地の用途		
		上流域	貯水池	下流域
1947年10月11日	国土 地理院	草地	耕作地	草地・耕作地
1947年10月13日		草地	耕作地	—
1948年03月19日		草地	耕作地	草地・耕作地
1961年06月07日		草地	耕作地	—
1961年07月18日		—	耕作地	耕作地
1963年05月03日		草地	耕作地	耕作地
1964年05月16日		草地	耕作地	耕作地
1966年10月06日		草地	耕作地	耕作地
1967年03月02日		草地	耕作地	—
1967年05月08日		—	耕作地	耕作地
1969年04月20日		草地	耕作地	耕作地
1974年05月06日		草地	耕作地	草地・耕作地
1975年02月23日		—	耕作地	草地・耕作地
1975年02月24日		草地	耕作地	—
1980年09月28日		—	耕作地	草地・耕作地
1980年10月02日		草地	耕作地	—
1985年04月17日		草地	耕作地	草地・耕作地
1988年04月17日		草地	耕作地	草地・耕作地
1990年03月21日		草地	耕作地	草地・耕作地
1992年12月03日		草地	耕作地	草地・耕作地
1995年05月09日	草地	耕作地	草地・耕作地	
1998年04月30日	草地	耕作地	草地・耕作地	
2002年05月24日	草地	耕作地	草地・耕作地	
2007年09月26日	—	耕作地	草地(耕作地)	
2007年10月06日	草地	耕作地	—	
2009年09月08日	Google earth pro	草地	耕作地	草地
2010年01月04日		草地	耕作地	草地
2014年05月29日		草地	耕作地	草地
2016年03月22日		草地	耕作地	草地



国土地理院(1947年10月11日撮影:USA-M547-78)



Google earth pro(2016年03月22日撮影)

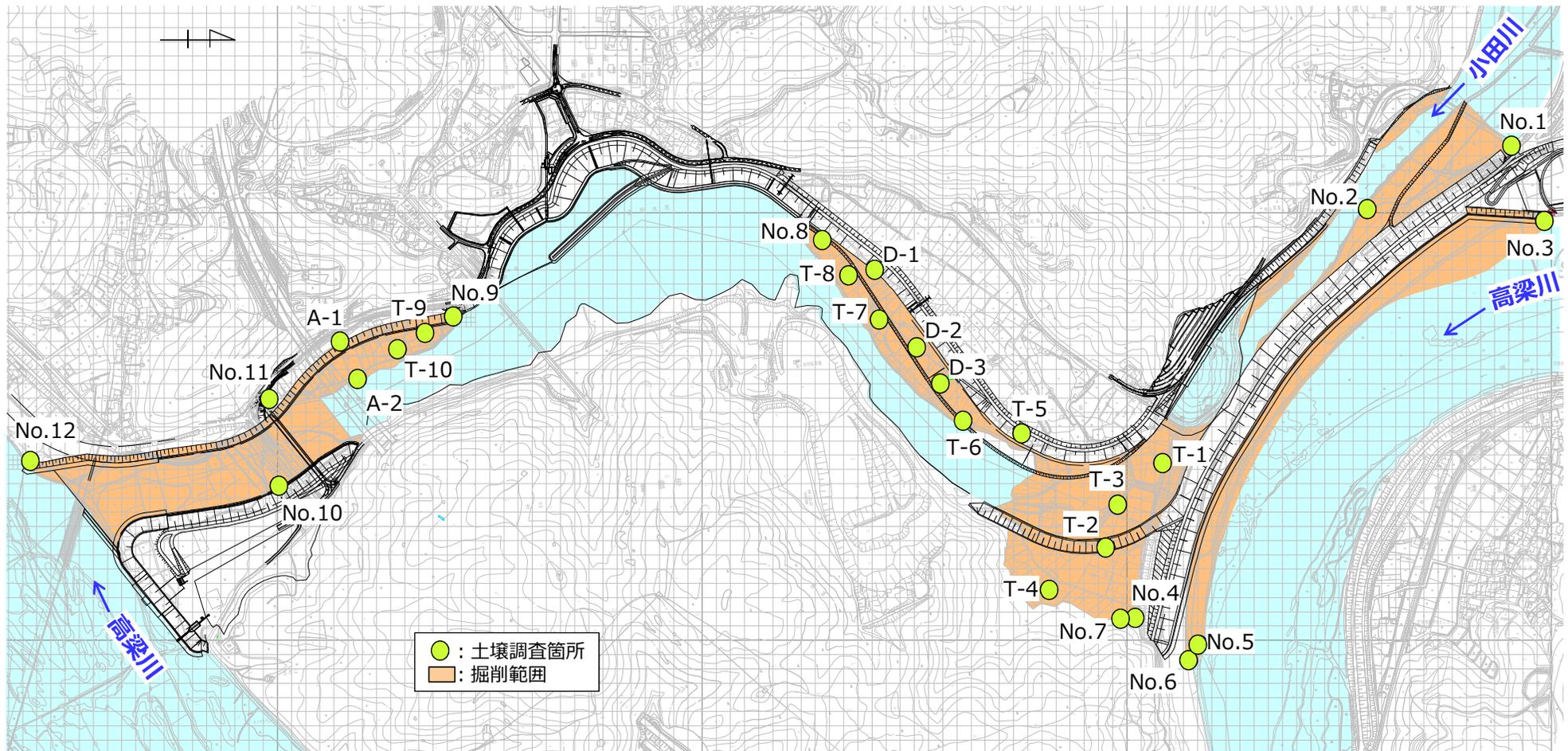
【まとめ・考察】

- ・調査対象地の土地利用状況及びその変遷は、収集された空中写真及び地形図から判読した結果、過去から継続的に農耕地として利用されていることが確認された。
- ・工場等の建物・設備等の立地は、聞き取り調査においても確認されなかった。
- ・以上の点から、当該地区で確認された重金属等については、自然由来によるものと判断される。

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (2/8)【土壌調査結果①】

- 河道掘削として貯水池湖岸の掘削より発生する土砂は、堤防材料及び河道整形等に利用する計画としている。
- 土壌調査を実施した結果、一部の土壌溶出量試験において、鉛、砒素、ふっ素及び水銀が土壌溶出量基準に不適合となった。
- いずれも地歴調査結果等より「自然由来」と判断している。

土 壌 等 調 査 位 置 図



※計画平面図に調査位置を記載

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (3/8)【土壤調査結果②】

土壤溶出量試験結果 (鉛)

			表層	1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m	7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	溶出量基準
A-1	鉛	(mg/L)	ND	-	0.01以下									
A-2	鉛	(mg/L)	ND	0.008	ND	0.01以下								
D-1	鉛	(mg/L)	ND	-	-	-	0.01以下							
D-2	鉛	(mg/L)	ND	-	0.01以下									
D-3	鉛	(mg/L)	ND	-	-	0.01以下								
No.1	鉛	(mg/L)	0.014	-	0.009	ND	0.007	0.007	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
No.2	鉛	(mg/L)	0.010	0.010	ND	0.005	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
No.3	鉛	(mg/L)	0.009	0.009	ND	0.01以下								
No.4	鉛	(mg/L)	0.011	0.005	0.012	0.018	ND	ND	0.009	0.009	ND	-	-	0.01以下
No.5	鉛	(mg/L)	0.008	0.008	ND	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
No.6	鉛	(mg/L)	0.011	0.011	ND	0.01以下								
No.7	鉛	(mg/L)	0.012	0.006	0.011	0.011	-	-	-	-	-	-	-	0.01以下
No.8	鉛	(mg/L)	0.009	ND	ND	0.015	ND	0.01以下						
No.9	鉛	(mg/L)	0.010	0.014	ND	0.006	0.01以下							
No.10	鉛	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	0.009	ND	0.007	ND	ND	ND	ND	0.01以下
No.11	鉛	(mg/L)	0.009	0.007	ND	0.008	ND	ND	ND	ND	0.013	ND	0.009	0.01以下
No.12	鉛	(mg/L)	0.008	ND	0.007	0.008	0.011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
T-1	鉛	(mg/L)	0.007	0.006	0.015	0.007	ND	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
T-2	鉛	(mg/L)	0.006	ND	0.01以下									
T-3	鉛	(mg/L)	0.008	0.013	0.005	ND	0.01以下							
T-4	鉛	(mg/L)	0.015	0.008	0.007	ND	0.01以下							
T-5	鉛	(mg/L)	0.005	0.008	ND	0.01以下								
T-6	鉛	(mg/L)	0.009	0.006	ND	0.01以下								
T-7	鉛	(mg/L)	0.009	0.008	ND	ND	0.009	ND	ND	ND	ND	0.017	0.007	0.01以下
T-8	鉛	(mg/L)	0.011	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	ND	ND	0.007	ND	0.01以下
T-9	鉛	(mg/L)	0.009	0.016	0.010	ND	ND	ND	0.020	ND	ND	ND	0.052	0.01以下
T-10	鉛	(mg/L)	0.009	0.007	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.046	0.024	0.027	0.01以下

最大値

※ND：定量下限値未満 (< 0.005 mg/L)

試験	適合	不適合
280	256	24

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (4/8)【土壌調査結果③】

土壌溶出量試験結果 (砒素)

			表層	1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m	7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	溶出量基準
A-1	砒素	(mg/L)	0.001	0.002	0.004	0.003	0.002	ND	0.008	0.006	0.004	0.002	-	0.01以下
A-2	砒素	(mg/L)	0.01	0.005	ND	ND	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.01以下
D-1	砒素	(mg/L)	0.003	0.015	0.004	0.003	0.002	ND	ND	ND	-	-	-	0.01以下
D-2	砒素	(mg/L)	0.012	0.019	0.004	0.001	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.01以下
D-3	砒素	(mg/L)	0.007	0.009	0.006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	0.01以下
No.1	砒素	(mg/L)	ND	-	0.006	0.005	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
No.2	砒素	(mg/L)	0.006	0.005	ND	0.006	ND	0.01以下						
No.3	砒素	(mg/L)	0.006	ND	0.005	ND	ND	0.01以下						
No.4	砒素	(mg/L)	0.014	ND	0.011	0.013	ND	ND	0.005	ND	ND	-	-	0.01以下
No.5	砒素	(mg/L)	0.008	0.009	0.006	ND	0.01以下							
No.6	砒素	(mg/L)	0.009	0.01	ND	0.01以下								
No.7	砒素	(mg/L)	0.014	0.009	0.006	ND	-	-	-	-	-	-	-	0.01以下
No.8	砒素	(mg/L)	0.009	ND	ND	0.007	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	0.01以下
No.9	砒素	(mg/L)	0.014	0.008	ND	0.01以下								
No.10	砒素	(mg/L)	ND	0.01以下										
No.11	砒素	(mg/L)	0.01	ND	ND	0.015	ND	0.01	ND	0.006	0.008	0.007	0.005	0.01以下
No.12	砒素	(mg/L)	0.006	ND	0.005	ND	0.008	ND	ND	ND	ND	0.005	0.006	0.01以下
T-1	砒素	(mg/L)	0.005	ND	0.012	ND	0.01以下							
T-2	砒素	(mg/L)	0.006	ND	ND	0.009	0.006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01以下
T-3	砒素	(mg/L)	0.015	0.026	0.014	ND	0.01以下							
T-4	砒素	(mg/L)	0.019	0.007	ND	0.01以下								
T-5	砒素	(mg/L)	0.006	ND	0.01以下									
T-6	砒素	(mg/L)	0.01	0.01	ND	0.008	0.01以下							
T-7	砒素	(mg/L)	0.019	0.015	ND	0.013	ND	0.01以下						
T-8	砒素	(mg/L)	0.023	ND	0.01以下									
T-9	砒素	(mg/L)	0.014	0.013	0.006	ND	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	0.017	0.01以下
T-10	砒素	(mg/L)	0.009	ND	ND	ND	ND	0.007	0.006	0.007	0.019	0.005	0.013	0.01以下

試験	適合	不適合
280	257	23

最大値

※ND：定量下限値未満 (< 0.005 mg/L)

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (5/8)【土壌調査結果④】

土壌溶出量試験結果 (ふっ素)

			表層	1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m	7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	溶出量基準
A-1	ふっ素	(mg/L)	0.29	0.65	0.39	0.90	0.71	0.89	1.10	1.10	0.94	0.82	-	0.8以下
A-2	ふっ素	(mg/L)	0.30	0.21	ND	ND	0.12	0.16	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09	0.8以下
D-1	ふっ素	(mg/L)	0.16	0.53	0.41	0.25	0.12	0.10	0.09	ND	-	-	-	0.8以下
D-2	ふっ素	(mg/L)	0.44	0.57	ND	0.12	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	-	0.8以下
D-3	ふっ素	(mg/L)	0.37	0.18	0.75	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	0.8以下
No.1	ふっ素	(mg/L)	0.16	-	0.39	0.22	0.35	0.24	0.10	ND	ND	0.09	0.08	0.8以下
No.2	ふっ素	(mg/L)	0.12	0.10	0.09	ND	ND	0.13	0.10	ND	0.09	ND	0.11	0.8以下
No.3	ふっ素	(mg/L)	0.18	0.13	0.12	ND	0.12	0.11	0.15	0.12	0.27	0.27	0.26	0.8以下
No.4	ふっ素	(mg/L)	0.16	0.20	0.12	0.26	ND	ND	0.27	0.27	0.23	-	-	0.8以下
No.5	ふっ素	(mg/L)	0.10	0.21	0.23	0.19	0.08	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	0.8以下
No.6	ふっ素	(mg/L)	0.19	0.30	0.14	ND	0.8以下							
No.7	ふっ素	(mg/L)	0.54	0.72	1.00	2.30	-	-	-	-	-	-	-	0.8以下
No.8	ふっ素	(mg/L)	0.55	0.18	0.08	ND	0.08	ND	ND	ND	0.10	0.15	0.28	0.8以下
No.9	ふっ素	(mg/L)	0.71	0.69	0.11	0.13	ND	ND	0.09	ND	ND	0.14	0.11	0.8以下
No.10	ふっ素	(mg/L)	ND	ND	0.10	0.13	0.08	0.08	0.12	0.31	0.17	0.18	0.36	0.8以下
No.11	ふっ素	(mg/L)	0.41	0.12	ND	0.20	0.16	ND	0.25	0.58	0.66	0.09	0.16	0.8以下
No.12	ふっ素	(mg/L)	0.15	0.08	0.15	0.14	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.8以下
T-1	ふっ素	(mg/L)	0.13	0.24	0.33	0.08	0.10	0.11	0.13	0.13	ND	ND	ND	0.8以下
T-2	ふっ素	(mg/L)	0.71	0.15	0.12	0.13	0.09	0.14	ND	ND	0.10	0.09	0.10	0.8以下
T-3	ふっ素	(mg/L)	0.12	0.36	0.46	0.35	0.28	ND	0.09	0.08	ND	ND	0.09	0.8以下
T-4	ふっ素	(mg/L)	0.86	0.54	ND	ND	ND	ND	0.08	ND	ND	0.09	ND	0.8以下
T-5	ふっ素	(mg/L)	0.26	0.48	0.08	ND	0.08	ND	0.11	0.09	0.09	0.08	0.11	0.8以下
T-6	ふっ素	(mg/L)	0.41	0.35	ND	0.10	0.8以下							
T-7	ふっ素	(mg/L)	0.41	0.56	0.11	0.08	0.14	0.08	ND	ND	0.08	0.14	ND	0.8以下
T-8	ふっ素	(mg/L)	0.84	0.35	ND	0.8以下								
T-9	ふっ素	(mg/L)	0.55	0.54	0.13	ND	ND	ND	0.17	0.11	0.11	0.09	0.70	0.8以下
T-10	ふっ素	(mg/L)	0.53	0.19	0.25	ND	0.08	0.08	0.15	0.11	0.83	0.84	0.89	0.8以下

試験	適合	不適合
280	267	13

最大値

※ND：定量下限値未満 (< 0.08 mg/L)

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (6/8)【土壤調査結果⑤】

土壤溶出量試験結果 (水銀)

			表層	1.0m	2.0m	3.0m	4.0m	5.0m	6.0m	7.0m	8.0m	9.0m	10.0m	溶出量基準
A-1	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0005以下
A-2	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
D-1	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	0.0005以下
D-2	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0.0005以下
D-3	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	0.0020	0.0022	0.0031	0.0007	ND	ND	-	-	0.0005以下
No.1	水銀	(mg/L)	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.2	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.3	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.4	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	0.0005以下
No.5	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.6	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.7	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	0.0005以下
No.8	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.9	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.10	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.11	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
No.12	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-1	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-2	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-3	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-4	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-5	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-6	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-7	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-8	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-9	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下
T-10	水銀	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0005以下

最大値 ※ND : 定量下限値未満 (< 0.0005 mg/L)

試験	適合	不適合
280	276	4

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (7/8)【土壌調査結果⑥】

土壌溶出量試験結果 (まとめ)

	土壌溶出量試験							
	鉛及び その化合物		砒素及び その化合物		ふっ素及び その化合物		水銀及び その化合物	
	基準値 0.01mg/L		基準値 0.01mg/L		基準値 0.8mg/L		基準値 0.0005mg/L	
	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/L)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/L)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/L)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/L)
A-1	0/10	ND	0/10	0.008	6/10	1.10	0/10	ND
A-2	0/11	0.008	0/11	0.010	0/11	0.30	0/11	ND
D-1	0/8	ND	1/8	0.015	0/8	0.53	0/8	ND
D-2	0/10	ND	2/10	0.019	0/10	0.57	0/10	ND
D-3	0/9	ND	0/9	0.009	0/9	0.75	4/9	0.003
No.1	1/10	0.014	0/10	0.006	0/10	0.39	0/10	ND
No.2	0/11	0.010	0/11	0.006	0/11	0.13	0/11	ND
No.3	0/11	0.009	0/11	0.006	0/11	0.27	0/11	ND
No.4	3/9	0.018	3/9	0.014	0/9	0.27	0/9	ND
No.5	0/11	0.008	0/11	0.009	0/11	0.23	0/11	ND
No.6	2/11	0.011	0/11	0.010	0/11	0.30	0/11	ND
No.7	3/4	0.012	1/4	0.014	2/4	2.30	0/4	ND
No.8	1/11	0.015	0/11	0.009	0/11	0.55	0/11	ND
No.9	1/11	0.014	1/11	0.014	0/11	0.71	0/11	ND
No.10	0/11	0.009	0/11	ND	0/11	0.36	0/11	ND
No.11	1/11	0.013	1/11	0.015	0/11	0.66	0/11	ND
No.12	1/11	0.011	0/11	0.008	0/11	0.15	0/11	ND
T-1	1/11	0.015	1/11	0.012	0/11	0.33	0/11	ND
T-2	0/11	0.006	0/11	0.009	0/11	0.71	0/11	ND
T-3	1/11	0.013	3/11	0.026	0/11	0.46	0/11	ND
T-4	1/11	0.015	1/11	0.019	1/11	0.86	0/11	ND
T-5	0/11	0.008	0/11	0.006	0/11	0.48	0/11	ND
T-6	0/11	0.009	0/11	0.010	0/11	0.41	0/11	ND
T-7	1/11	0.017	3/11	0.019	0/11	0.56	0/11	ND
T-8	1/11	0.011	1/11	0.023	1/11	0.84	0/11	ND
T-9	3/11	0.052	3/11	0.017	0/11	0.70	0/11	ND
T-10	3/11	0.046	2/11	0.019	3/11	0.89	0/11	ND
計/最大値	24/280	0.052	23/280	0.026	13/280	2.30	4/280	0.003

【土壌溶出量試験結果まとめ】

- > 鉛、砒素及びふっ素については、土壌溶出量基準に適合または不適合に関わらず広く分布している。
- > 水銀については、人為的な汚染原因となる行為は確認されていないが、局所的な分布であった。

※ND：定量下限値未満（鉛：< 0.005mg/L、砒素：< 0.005mg/L、水銀：< 0.0005mg/L）

1.1 貯水池湖岸掘削土の現状整理 (8/8)【土壤調査結果⑦】

全含有量試験結果 (集計)

	全含有量試験							
	鉛及び その化合物		砒素及び その化合物		ふっ素及び その化合物		水銀及び その化合物	
	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)
A-1	0/10	8	0/10	12	0/10	750	0/10	0.04
A-2	0/11	13	0/11	17	0/11	230	0/11	0.04
D-1	0/8	44	0/8	21	0/8	210	0/8	0.03
D-2	0/10	27	0/10	23	0/10	200	0/10	0.03
D-3	0/9	32	0/9	17	0/9	180	0/9	1.2
計/最大値	0/48	44	0/48	23	0/48	750	0/48	1.2

注) 全含有量試験結果に対する基準値はないため、参考に土壤含有量基準値への適合状況を評価した。

土壤含有量試験結果 (集計)

	土壤含有量試験							
	鉛及び その化合物		砒素及び その化合物		ふっ素及び その化合物		水銀及び その化合物	
	基準値 150 mg/kg		基準値 150 mg/kg		基準値 4000 mg/kg		基準値 15 mg/kg	
	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)	基準 不適合 /試料数	最大値 (mg/kg)
No.1	0/10	68	0/10	ND	0/10	24	0/10	ND
No.2	0/11	30	0/11	ND	0/11	31	0/11	ND
No.3	0/11	24	0/11	5	0/11	65	0/11	ND
No.4	0/9	28	0/9	9	0/9	22	0/9	ND
No.5	0/11	75	0/11	6	0/11	72	0/11	ND
No.6	0/11	40	0/11	9	0/11	30	0/11	ND
No.7	0/4	44	0/4	9	0/4	220	0/4	ND
No.8	0/11	47	0/11	6	0/11	45	0/11	ND
No.9	0/11	16	0/11	ND	0/11	37	0/11	ND
No.10	0/11	27	0/11	5	0/11	60	0/11	ND
No.11	0/11	32	0/11	6	0/11	36	0/11	ND
No.12	0/11	12	0/11	ND	0/11	44	0/11	ND
T-1	0/11	11	0/11	ND	0/11	20	0/11	ND
T-2	0/11	12	0/11	ND	0/11	75	0/11	ND
T-3	0/11	15	0/11	ND	0/11	96	0/11	ND
T-4	0/11	30	0/11	5	0/11	67	0/11	ND
T-5	0/11	15	0/11	ND	0/11	33	0/11	ND
T-6	0/11	12	0/11	ND	0/11	27	0/11	ND
T-7	0/11	13	0/11	ND	0/11	40	0/11	ND
T-8	0/11	45	0/11	9	0/11	68	0/11	ND
T-9	0/11	18	0/11	ND	0/11	39	0/11	ND
T-10	0/11	10	0/11	ND	0/11	35	0/11	ND
計/最大値	0/232	75	0/232	9	0/232	220	0/232	ND

※ND：定量下限値未満（鉛：< 5mg/kg、砒素：< 5mg/kg、ふっ素：< 10mg/kg、水銀：< 0.1mg/kg）

【全含有量試験・土壤含有量試験結果】

➤ 土壤溶出量基準に不適合となった4項目についても、全含有量及び土壤含有量試験においては、基準に適合している。

【土壤調査結果のまとめ】

- ① 貯水池湖岸域において、人為的な汚染の原因となるような行為は判明しなかった。
- ② 当該地域は、礫・砂・シルトから構成される段丘性の堆積物が広く分布している。
- ③ 基準不適合となった物質は、砒素、鉛、ふっ素、水銀の4項目であり、全て自然由来の重金属等として存在するものである。
- ④ 基準不適合が認められた4項目の土壤溶出量は、第二溶出量基準を超えるものは認められなかった。
- ⑤ 砒素、鉛、ふっ素、水銀共に土壤含有量試験において、「自然由来の汚染と判断する際の含有量の上限値の目安」を超えるものは認められなかった。
- ⑥ 調査範囲内において、土壤含有量の局在性は認められなかった（ただし、水銀を除く。水銀については、別途、追加調査により対応する。）。

⇒ 以上より、貯水池湖岸の掘削範囲の一部で認められる砒素、鉛、ふっ素の基準不適合は、自然由来と判断する。

注1：各分析方法は下記公定法による。

土壤溶出量試験：環境省告示第18号

土壤含有量試験：環境省告示第19号

全含有量試験：環水大発第120725002号

注2：自然由来の判定は、「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(改訂第2版)」のAppendix-3.土地の土壤の特定有害物質による汚染状態が専ら自然に由来するかどうかの判定方法及びその解説に準拠した項目について検討した。

1.2 貯水池底質の現状整理 (1/2) 【底質の性状】

■ 貯水池は、掘削土等で河道整形を行い河道化する計画である。

【底質】

■ 貯水池の底質深度別の溶出量試験（土壤環境基準）を実施。（平成8年）

- 基準に不適合となる砒素・鉛が検出
- 砒素：0.018 mg/L（中層）、0.012 mg/L（下層）
- 鉛：0.015 mg/L（中層）
- ※ 土壤環境基準：砒素・鉛共に0.01 mg/L
- ※ 表層0.2 m、中層1.0 m、下層2.0 mとした

■ 貯水池内の32地点（@100m）において層別に底質の含有量試験*および溶出量試験（土壤環境基準および産業廃棄物基準）を実施。（平成9年6月）

- 砒素含有量：10～36 mg/kg（平均23 mg/kg）
- 鉛含有量：19～50 mg/kg（平均35 mg/kg）
- 砒素溶出量：最大で0.014 mg/L（環境基準0.01 mg/L）
- 鉛溶出量：最大で0.005 mg/L（環境基準0.01 mg/L）

* 「含有量」：「底質調査方法」（S63環水管127号）による全含有量

【水質】

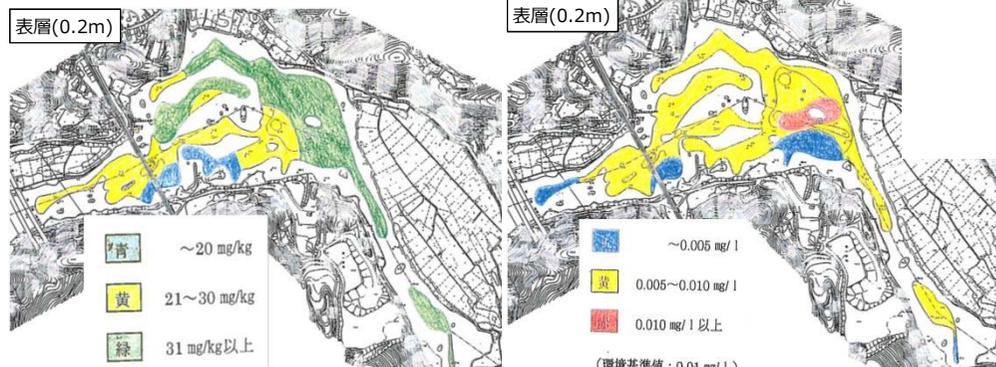
【現状】 4～9月に水温成層が形成され、10月頃に循環期になる。この成層形成に伴い貯水池の下層はDO（溶存酸素）が低下し、嫌気状態となっている。DO≒0となり、ORP（酸化還元電位）が低下する水深8 m以深から砒素濃度が上昇していることから、**底質の還元状態が進行することによって砒素が溶出して**くるものと考えられる。

■ 貯水池最深部地点下層部における水質環境基準結果

- 砒素：N.D.～0.007 mg/L（年間平均値、平成12年～22年）
- 鉛：0.001mg/L（年間平均値、平成20年）
- ※ 1:データは国土交通省水文水質データベースより
- ※ 2:環境基準0.01 mg/L
- なお、表層部は、平成12年～平成22年の調査結果では、砒素・鉛共に環境基準を満たしている。

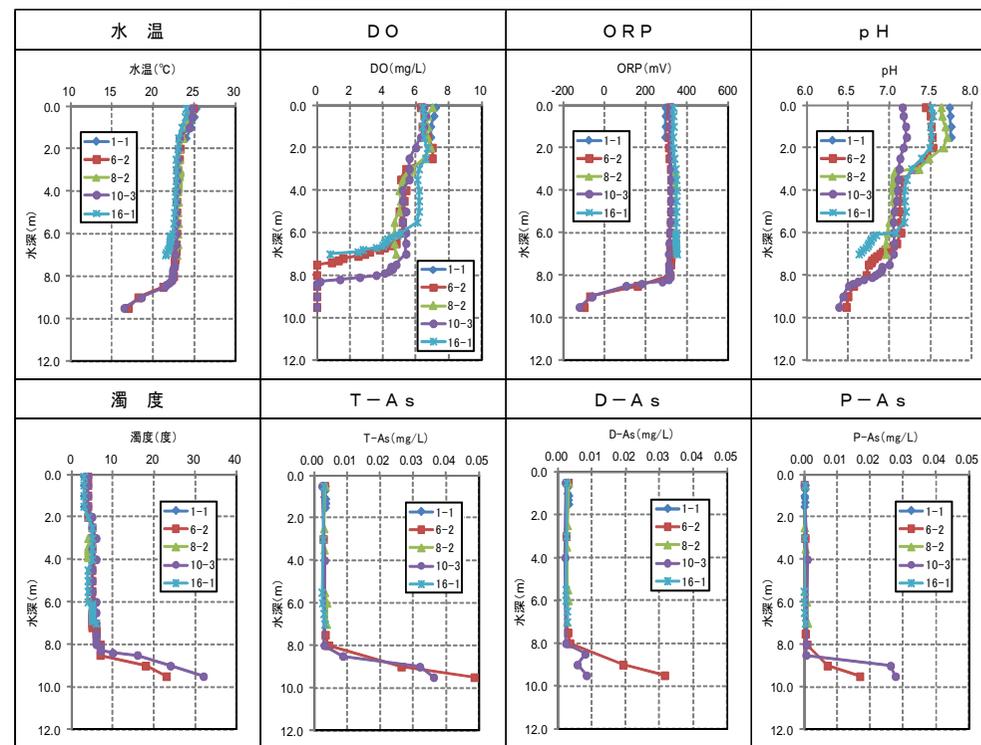
【底質の性状まとめ】

- 貯水池の底質から砒素及び鉛が確認されており、表層の砒素溶出量が環境基準に不適合となった。
- 水質については、環境基準を満たしている。



貯水池底質の砒素（含有量※）の分布状況（平成9年6月）
貯水池底質の砒素（溶出量）の分布状況（平成9年6月）
※含有量は、底質調査法による全含有量試験結果
（環境基準値：0.01 mg/L）

「小田川水質保全対策検討業務(底質編)報告書」（平成10年3月）



DO：溶存酸素量、ORP：酸化還元電位、pH：水素イオン濃度指数、
T-As：総砒素量、D-As：溶存態砒素量、P-As：非溶存態砒素量

「平成12年度高梁川水質試験業務報告書（平成13年3月）」より作成

貯水池における水質の鉛直分布（成層期：平成12年10月10日）

1.2 貯水池底質の現状整理 (2/2) 【溶出特性】

■ 覆土に伴う底質からの重金属等溶出特性を把握するため砒素溶出実験を実施した (平成25年度)。

- ① 酸化環境 (好気条件)・還元環境 (嫌気条件) における底質からの砒素溶出特性把握
- ② 覆土を伴った場合の溶出特性把握
- ③ 長期 (60日以上) の溶出量把握

【実験条件】

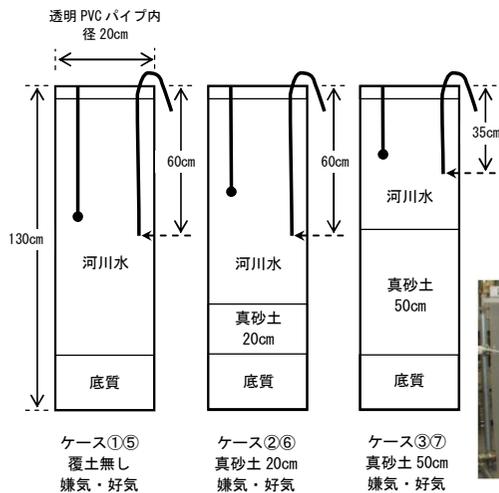
- 底質：貯水池底質表層
- 覆土材：真砂土 (購入材)
- 覆土厚：覆土無し、20 cm、50 cm (3状態)
- 試料水：河川水 (小田川 福松橋)
- DO条件：嫌気条件および好気条件
- 実験期間：28週 = 196日 (約6.5ヶ月)



貯水池底質



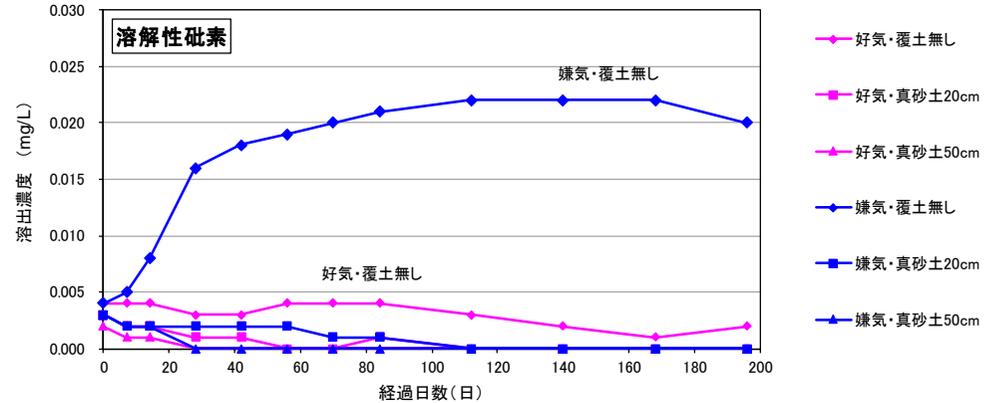
覆土材 (真砂土)



溶出実験概要

【砒素溶出実験結果】

- ① 覆土無し：嫌気条件における底質からの砒素溶出が最大。概ね84日程度で一定濃度となる。
- ② 真砂土 (有害物質の溶出が無い砂質土) 覆土：いずれの条件でも砒素の溶出は抑制される。



【検討結果のまとめ】

- ① 酸化環境 (好気)・還元環境 (嫌気) における底質からの砒素溶出特性
⇒ 底質からの砒素溶出は、覆土無し・嫌気条件で高い濃度が認められ、概ね84日程度で一定濃度。
- ② 覆土材料として真砂土を用いた場合の溶出特性
⇒ 好気・嫌気条件に関わらず、厚さ20cm以上で底質からの砒素の溶出は抑制される。

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (1/9) 【岩石の性状①】

- 南山掘削により発生する岩は、河道整形で有効活用を図る計画としている。
- 既往の実験等で、南山掘削で発生する未風化岩より重金属等の溶出が想定されたため、その溶出特性を把握するための試験及び実験を行った。(平成26年度)
 - ① 南山には泥質ホルンフェルス、砂質ホルンフェルス及びその互層が分布していることから、**岩相の相違による溶出特性把握。**
 - ② 実際の掘削では風化程度が異なるものも発生することから、**風化程度による溶出特性把握。**

<参考> 貯水池周辺の地質(岩相)

貯水池周辺を構成する基盤地質は、主に古生代ペルム紀の海成層である堆積岩類(砂岩・泥岩およびその互層)と中生代白亜紀後期に貫入した新期嶺家花崗岩が分布している。また、堆積岩類は、花崗岩の貫入による熱変成作用を被っており、全体にホルンフェルス化している。

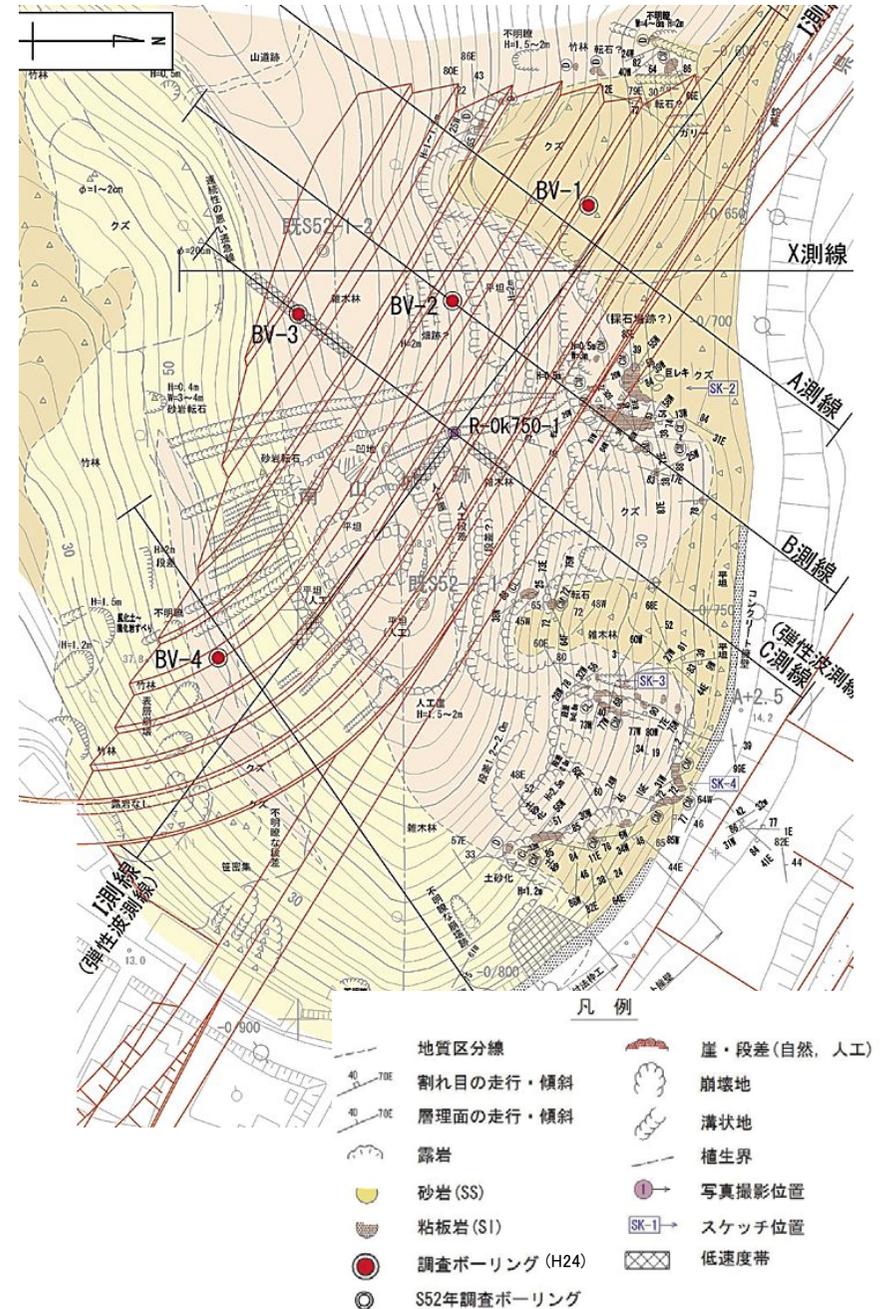
これらの内、南山掘削部では、ホルンフェルス化した堆積岩類が分布している。

- ① 泥質ホルンフェルス：やや紫色を帯びた黒色の葉理が発達した極細粒砂岩から塊状泥岩起源の熱変成岩
- ② 砂質ホルンフェルス：灰色の塊状中粒砂岩
- ③ ホルンフェルス互層部：泥質ホルンフェルスと砂質ホルンフェルスの互層

また、ごく一部において、破碎帯(方解石脈が発達する角礫状部)が認められる。なお、粘土化を伴わず、主に淡緑色化を呈する熱水変質が認められる。熱水変質は、特に砂質ホルンフェルス部に於いてネットワーク状の潜在亀裂沿いに認められる。



南山カット部に出現すると予想される岩相(山体南側の露頭)および砂岩亀裂面



1.3 南山掘削岩石の現状整理 (2/9) 【岩石の性状②】

■溶出量試験および全含有量試験

【試験内容】

- ・既往ボーリングコアL=30 cm (約1 kg程度) を使用
- ・全量2 mm以下に粗砕した試料を用いて溶出量試験
- ・縮分した試料を粉砕した粉末試料を用いて全含有量試験

【溶出量試験結果】

- ・全33 試料の内7試料で砒素が**土壤溶出量基準 (0.01 mg/L以下)** に照らし**不適合**
- ・岩相別に比較すると、泥質岩に比較して**砂質岩で溶出量が高い傾向**
- ・風化区分で比較すると、**未風化部で溶出量が高い傾向**

【全含有量試験結果】

- ・日本の地殻の平均的な砒素含有量 (6.5~7.1 mg/kg) と比較して、全体に高い濃度
- ・最大溶出量が認められたBV-2-6 (0.12 mg/L) で150 mg/kg
- ・全33 試料について砒素 (As) の土壤含有量基準 (150 mg/kg以下) に照らし**適合**

溶出量試験結果 (砒素mg/L: 全量2mm以下粗砕試料)

	泥質ホルンフェルス		砂質ホルンフェルス		ホルンフェルス (砂質・泥質互層)	
強～中風化	BV-2-3	< 0.001	BV-1-3	< 0.001	BV-1-2	< 0.001
	BV-2-4	0.004	BV-3-3	< 0.001	BV-2-1	0.006
	0k750-1-2	0.005	BV-3-4	< 0.001		
弱風化	BV-1-1	0.001	BV-3-5	0.007	BV-1-4	0.006
	BV-4-2	0.005	BV-4-1	0.004	BV-3-6	0.009
	0k750-1-6	0.004	0k750-1-3	0.009	BV-4-3	0.003
未風化	BV-1-5	0.032	BV-2-6	0.12	BV-2-7	0.021
	BV-2-5	0.004	BV-3-9	0.004	BV-2-8	0.013
	BV-3-8	0.005	0k750-1-7	0.047	0k750-1-5	0.007
変質部	BV-3-7	0.003	BV-2-2	0.008		
	BV-4-4	0.004	BV-3-1	0.024		
	0k750-1-4	< 0.001	BV-3-2	0.018		
			0k750-1-1	0.009		

標準不適合

土壤溶出量基準値 (砒素) : 0.01 mg/L

全含有量試験結果 (砒素mg/kg: 全量2mm以下粉砕試料)

	泥質ホルンフェルス		砂質ホルンフェルス		ホルンフェルス	
強～中風化	BV-2-3	47	BV-1-3	49	BV-1-2	20
	BV-2-4	23	BV-3-3	23	BV-2-1	30
	0k750-1-2	17	BV-3-4	49		
弱風化	BV-1-1	14	BV-3-5	24	BV-1-4	15
	BV-4-2	5.8	BV-4-1	7.7	BV-3-6	20
	0k750-1-6	24	0k750-1-3	9.5	BV-4-3	3.9
未風化	BV-1-5	94	BV-2-6	150	BV-2-7	13
	BV-2-5	24	BV-3-9	3.9	BV-2-8	7.6
	BV-3-8	7.1	0k750-1-7	22	0k750-1-5	5.1
変質部	BV-3-7	17	BV-2-2	7.2		
	BV-4-4	3.1	BV-3-1	46		
	0k750-1-4	9.8	BV-3-2	64		
			0k750-1-1	3.5		

(参考) 日本の地殻の平均的な砒素含有量 (6.5~7.1 mg/kg)、土壤含有量基準値 (砒素) : 150 mg/kg

風化区分毎の試験結果の平均値

	砒素溶出量	pH	EC	砒素含有量
強～中風化	0.004 mg/L	5.8	8.2 mS/m	35.8 mg/kg
弱風化	0.005 mg/L	6.5	4.4 mS/m	13.8 mg/kg
未風化	0.028 mg/L	7.3	4.8 mS/m	36.3 mg/kg
変質・破砕部	0.008 mg/L	6.7	3.9 mS/m	14.4 mg/kg

注：定量下限値未満のデータは「定量下限値の1/2」として数値化し、平均値を算定。

■混合溶出量試験

【試験内容】

- ・溶出量試験において、最大濃度が認められた試料 (砂質ホルンフェルス: 30 cm) について、実際の掘削状態により近い広い範囲かつ互層状態としての溶出量を把握する目的で、近傍の試料 (泥質ホルンフェルス) との混合試料 (60, 90 cm) を想定した溶出量試験を行った。

【混合溶出量試験結果】

- ・砂質ホルンフェルスと泥質ホルンフェルスとの混合比1:1および1:2ともに溶出量は、土壤溶出量基準 (0.01 mg/L) に照らし**適合**
- ⇒ 30 cm程度の単位では、土壤溶出量基準に**不適合**であっても数m単位では、土壤溶出量基準に**適合**する可能性がある。

■大粒径溶出量試験

【試験内容】

- ・隣接地から採取した岩石を使用
- ・10~40 mmに破碎した試料を用いて大粒径溶出試験 (JIS K 0058-1 : スラグ類の化学物質試験方法 - 第1部) に準拠
- ・岩石試料 (3 kg) に対して30 Lの溶媒 (イオン交換水をpH5.8~6.3に調整したもの) を加え、毎分約200回転で6時間攪拌して溶出させた。

【大粒径溶出量試験結果】

- ・**全て土壤溶出量基準に照らし適合**
- ・参考：全量2 mm以下粗砕試料では、未風化岩 (泥質、砂質、1:1混合) については、全て土壤溶出量基準 (0.01 mg/L) に**不適合**



大粒径溶出量試験

試験結果 (砒素 mg/L)

	大粒径溶出量試験 (φ10-40mm)	溶出量試験 (φ2mm以下)
泥質ホルンフェルス (未風化)	< 0.001	0.022
砂質ホルンフェルス (未風化)	0.002	0.042
ホルンフェルス (泥質・砂質互層) (未風化) (泥質ホルンフェルス: 砂質ホルンフェルス = 1:1)	0.001	0.033
ホルンフェルス (泥質・砂質互層) (中風化)	< 0.001	0.001

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (3/9) 【岩石の性状③】

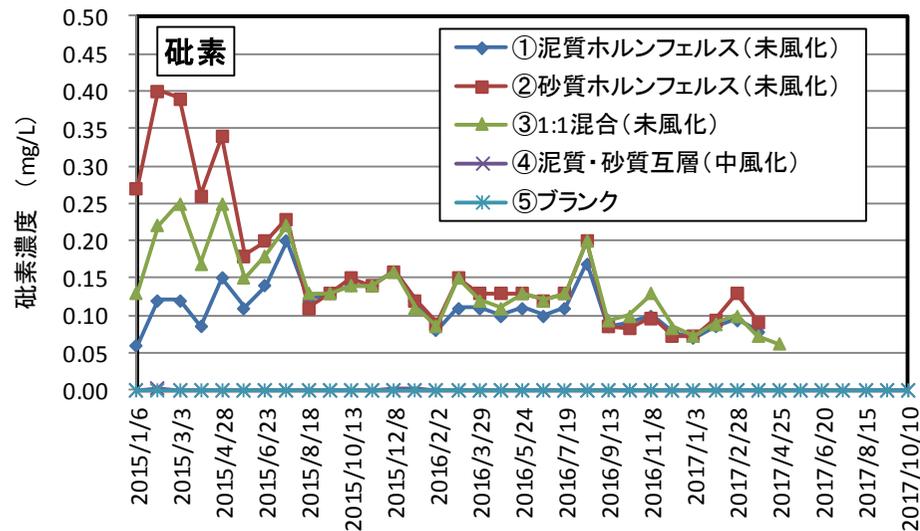
■ 雨水暴露試験

【試験内容】

- ・近傍の同様な岩石を破碎し、10~40 mm試料についてワグネルポットを用いた雨水暴露試験（土研式実現象把握試験）を実施した。

【雨水暴露試験結果】

- ・未風化岩（泥質、砂質、1:1混合）の砒素濃度は、初期においてそれぞれ大きな差が生じていたが、8ヶ月後にはほぼ同じ濃度となり、その後は概ね0.05~0.15 mg/L程度が継続することが確認された。

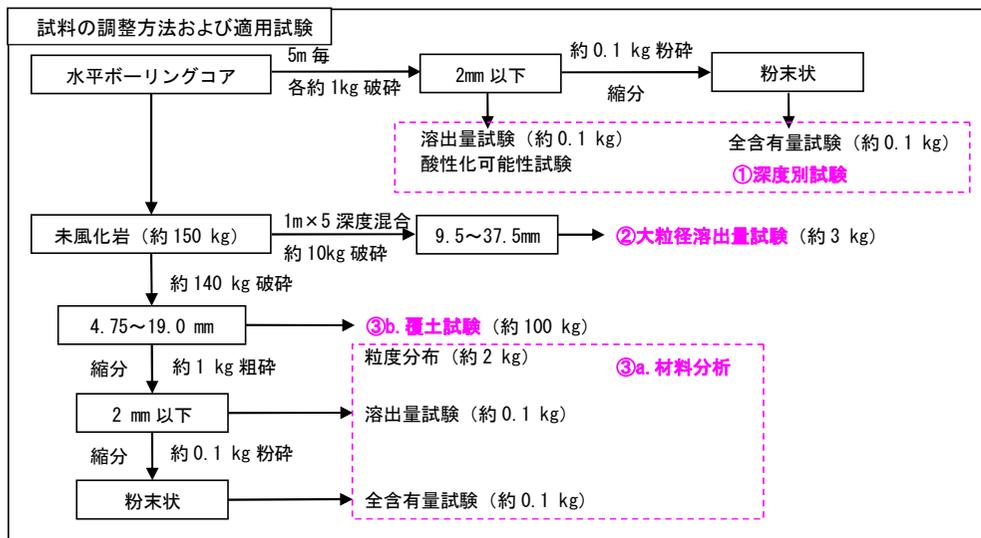


雨水暴露試験の経時変化

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (4/9) 【溶出特性①】

■未風化岩による河道整形の溶出特性確認

- 実際の掘削発生土（岩砕）を用いて溶出特性を確認する。
 - ⇒ 当該箇所から採取される大粒径の溶出特性を把握する。
 - ⇒ 実施工を想定した河道整形 + 覆土の効果把握するため溶出実験を行う。
- ※ 試験試料は、水平ボーリング（L=95 m）により採取した。



深度別試験試料採取位置

試料番号	上端深度	下端深度	岩相	記事
H28BH-1-1	6.7	7.0	泥質ホルンフェルス	弱(中)風化部
H28BH-1-2	9.95	10.25	泥質ホルンフェルス	弱(中)風化部
H28BH-1-3	12.0	12.3	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-4	18.0	18.3	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-5	22.05	22.35	泥質ホルンフェルス	中(強)風化部
H28BH-1-6	29.45	29.75	泥質ホルンフェルス	中風化部
H28BH-1-7	30.2	30.5	泥質ホルンフェルス	弱風化部(褐色亀裂多)
H28BH-1-8	37.6	37.9	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-9	44.0	44.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質部(弱風化)
H28BH-1-10	49.4	49.7	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質部(未風化)
H28BH-1-11	52.0	52.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-12	58.0	58.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-13	62.0	62.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-14	66.0	66.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-15	72.7	73.0	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-16	78.0	78.3	泥質ホルンフェルス	未風化部
H28BH-1-17	81.5	81.8	泥質ホルンフェルス	弱(未)風化部
H28BH-1-18	87.4	87.7	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-19	92.4	92.7	泥質ホルンフェルス	弱(未)風化部



ボーリングコア写真 (H28BH-1, L=95m 水平)

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (6/9) 【溶出特性③】

深度別分析結果

試料番号	上端深度	下端深度	溶出量試験			全含有量試験	酸性化可能性試験		岩相	記事
			pH	電気伝導率 (mS/m)	砒素 (mg/L)	砒素 (mg/kg)	pH	電気伝導率 (mS/m)		
H28BH-1-1	6.7	7.0	6.8	3.8	0.002	15	3.2	91.9	泥質ホルンフェルス	弱(中)風化部
H28BH-1-2	9.95	10.25	7.3	3.2	0.007	21	4.7	43.9	泥質ホルンフェルス	弱(中)風化部
H28BH-1-3	12.0	12.3	7.1	3.5	0.009	130	2.8	139	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-4	18.0	18.3	7.0	3.2	0.003	13	2.8	145	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-5	22.05	22.35	6.8	2.1	0.022	53	5.1	44.3	泥質ホルンフェルス	中(強)風化部
H28BH-1-6	29.45	29.75	6.7	1.3	0.011	79	9.7	9.9	泥質ホルンフェルス	中風化部
H28BH-1-7	30.2	30.5	7.1	1.8	0.043	89	8.1	22.1	泥質ホルンフェルス	弱風化部(褐色亀裂多)
H28BH-1-8	37.6	37.9	7.1	2.9	0.029	31	4.2	58.4	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-9	44.0	44.3	8.2	3.4	0.093	26	10.0	22.0	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質部(弱風化)
H28BH-1-10	49.4	49.7	8.8	3.4	0.12	160	7.5	28.7	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質部(未風化)
H28BH-1-11	52.0	52.3	7.3	2.6	0.072	150	8.6	25.0	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-12	58.0	58.3	7.7	2.9	0.12	340	7.0	31.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-13	62.0	62.3	8.7	3.6	0.087	470	6.5	31.5	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-14	66.0	66.3	8.8	3.5	0.040	39	3.5	64.4	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-15	72.7	73.0	7.3	2.4	0.006	5.3	3.0	95.3	泥質・砂質ホルンフェルス(互層)	砂質・泥質互層(未風化)
H28BH-1-16	78.0	78.3	8.2	2.9	0.008	13	4.3	48.9	泥質ホルンフェルス	未風化部
H28BH-1-17	81.5	81.8	7.9	2.1	0.014	19	7.2	31.8	泥質ホルンフェルス	弱(未)風化部
H28BH-1-18	87.4	87.7	7.8	1.7	0.015	12	7.3	27.7	泥質ホルンフェルス	弱風化部
H28BH-1-19	92.4	92.7	7.5	1.7	0.012	15	6.9	27.6	泥質ホルンフェルス	弱(未)風化部
最小値			6.7	1.3	0.002	5.3	2.8	9.9		
最大値			8.8	3.8	0.12	470	—	145		注1: コア試料全体が未風化部分が主体であったため、風化区分は局所的なものになっており、ゾーンとして区分したものではない。
平均値			7.6	2.7	0.038	88	—	52.0		注2: 全含有量試験値の評価は、土壌含有量試験(環告第19号試験)を準用している。全含有量試験で基準不適合であっても、土壌含有量試験では基準不適合になるとは限らない。
基準値等			排水基準(参考) 5.8以上 8.6以下	—	土壌溶出量基準(参考) 0.01以下	土壌含有量基準(参考) 150以下	排水基準(参考) 5.8以上 8.6以下	—		

溶出量試験 砒素: 検出(基準には適合) 酸性化可能性試験 pH: 排水基準に不適合(pH5.8未満) 最大値(pHは最小値)

 基準不適合 pH3.5以下(長期的な酸性化の可能性*)

風化の程度の区分基準 (IAEG^①) を翻訳し、加筆)

記号	程度	内	容
未風化	w1 I	新鮮な	岩石の風化は見られない。主な不連続面が僅かに変色していることがある。
弱風化	w2 II	やや風化した	岩石と不連続面に風化を示す変色がある。
中風化	w3 III	中程度に風化した	岩石の35%以下が分解し、及び(あるいは)土になっている。新鮮あるいは変色した岩石は連続した骨格あるいは芯として存在する。
強風化	w4 IV	非常に風化した	岩石の35%以上が分解し、及び(あるいは)土になっている。新鮮あるいは変色した岩石は連続した骨格あるいは芯として存在する。
	w5 V	極めて風化した	すべての岩石が分解し、及び(あるいは)土になっている。もともとの岩盤の構造はほとんどが損なわれている。
	w6 VI	残留土	すべての岩石は土に変化している。岩盤の構造と岩石の組織は破壊されている。大きな体積変化が起きているが、土ははっきりと移動しているわけではない。

(JGS3811-2011岩盤の工学的分類方法)

※岩石については、土壌汚染対策法の適用外であり、土壌溶出量基準及び土壌含有量基準に該当しないが、参考として岩石を2mm以下に粉砕し作成した試料を基に試験を行い、各基準に照らしている。

注: 風化区分は、国土交通省「地質・土質調査成果電子納品要領」で示されている「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)」にしたがって、5~10cm程度の単位で風化区分を行ったものであり、地山全体をゾーニングしたものではない。

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (7/9) 【溶出特性④】

大粒径溶出量結果

	大粒径溶出量試験	土壌溶出量基準
	H28BH-1-L	
砒素 (mg/L)	0.003	0.01

【深度別溶出量試験結果】

- 溶出液のpH：6.7～8.8、平均7.6とほぼ中性であった。
- 電気伝導率 (EC)：1.3～3.8 mS/mと低い値を示した。
- 砒素の溶出量：0.02～0.12 mg/L、平均0.038 mg/Lであり、**19試料中13試料で土壌溶出量基準に照らし不適合**であった。
- 中(強)風化部の試料についても土壌溶出量基準を超過**。
⇒ただし、弱風化部の局所的な中(強)風化部であったため、風化区分はゾーンとして行なう必要がある。

【深度別全含有量試験結果】

- 砒素の全含有量：5.3～470 mg/kg、平均88 mg/kg
⇒日本の地殻の平均的な砒素含有量とされている6.7～7.1 mg/kgより高い。
⇒砒素の土壌含有量基準 (150 mg/kg) を越える試料が見られたが、全含有量であり参考である。

【深度別酸性化可能性試験結果】

- 排水基準の5.8を下回るpHを示した試料は、19試料中9試料であり、そのうち**5試料は、pH3.5以下の強酸性**を示した。
- pHが低い試料では、電気伝導率も相対的に高く、溶出しているイオン濃度が高いことがわかれる。
- 施工時の掘削・盛土・仮置き等にあたっては、酸性水の発生への対応 (法面对策など) を検討する必要がある。

【大粒径溶出量試験結果】

- 砒素の溶出量は0.003 mg/Lであり、**土壌溶出量基準 (0.01 mg/L) に照らし適合**していた。
- ※JIS K 0058-1 (スラグ類の化学物質試験方法 - 第1部：溶出試験方法) に準拠した大粒径溶出量試験 (1試料：φ9.5-37.5 mm)

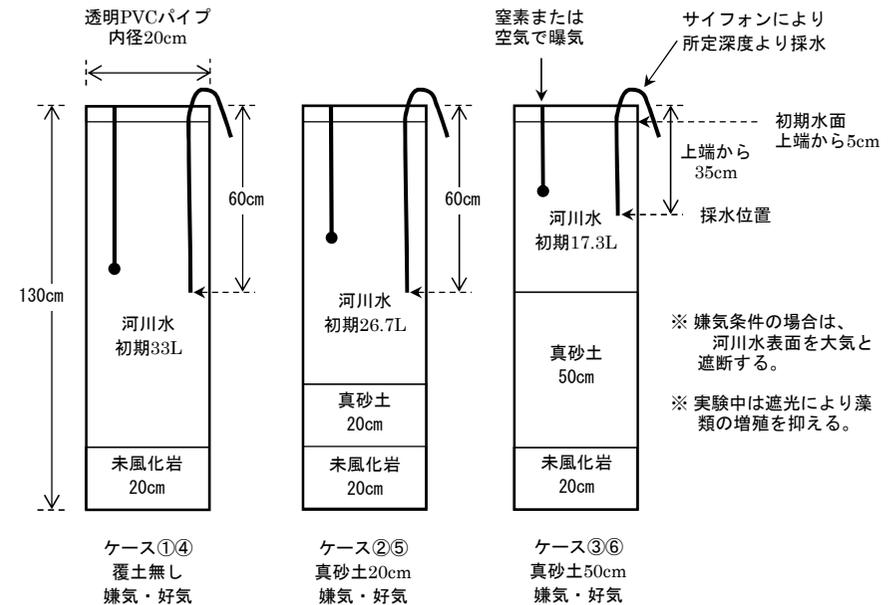
■河道整形+覆土実験

【実験内容】

- 南山掘削土 (未風化岩)
⇒水平ボーリング (H28BH-1) から未風化部 (砂質・泥質ホルンフェルス) を破碎して粒度調整を行ったもの (4.75-19 mm) を使用。
- 覆土材料
⇒有害物質 (As) が溶出しないことを確認した「真砂土」(購入材) を使用。
➢南山未風化岩の砒素溶出特性を把握するため購入土を利用。
- 試験水
⇒河川水 (小田川 福松橋)
- 実験ケース
⇒下表のとおり

覆土実験ケース

	DO条件	未風化岩 (cm)	覆土厚 (cm)	初期水量(L)
ケース①	嫌気条件	20cm	0	33.0
ケース②			20	26.7
ケース③			50	17.3
ケース④	好気条件	20cm	0	33.0
ケース⑤			20	26.7
ケース⑥			50	17.3



実験概要

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (8/9) 【溶出特性⑤】

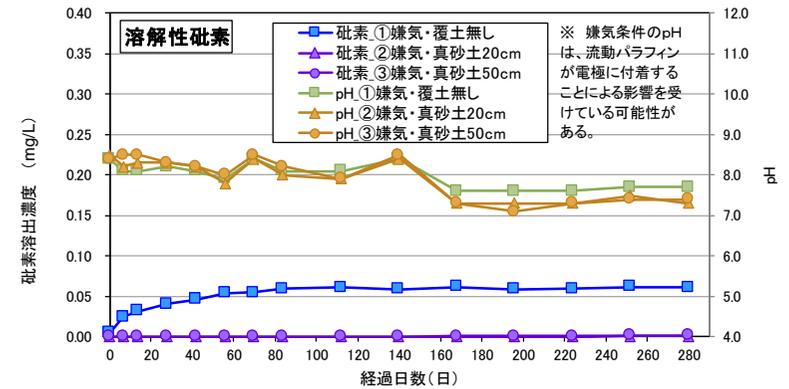
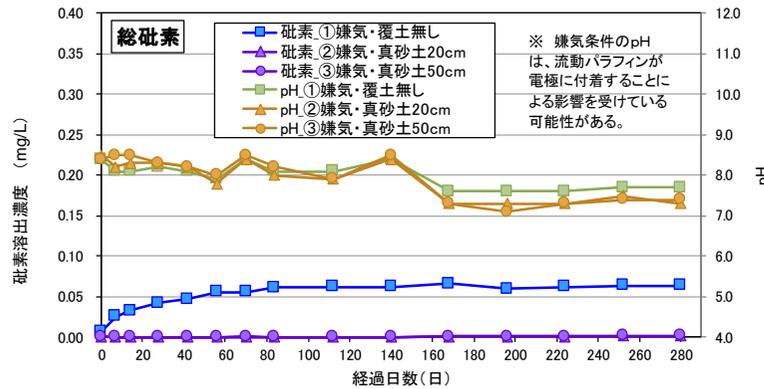
【覆土実験】

- ・ 嫌気条件については、84日目以降、砒素の濃度が概ね一定となったことを確認した。
- ・ 好気条件については、224日目以降、砒素の濃度が概ね一定となったことを確認した。

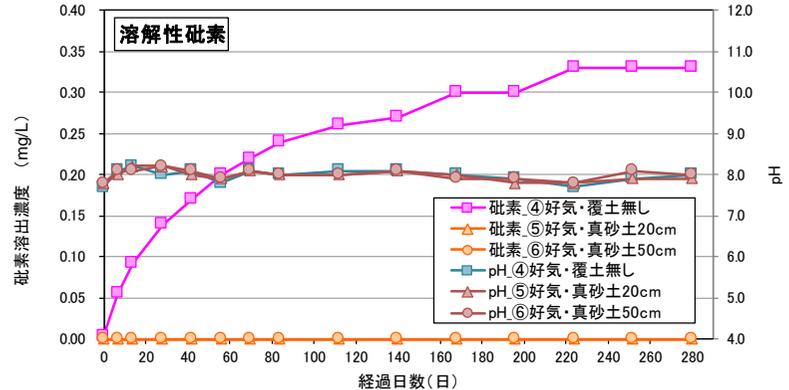
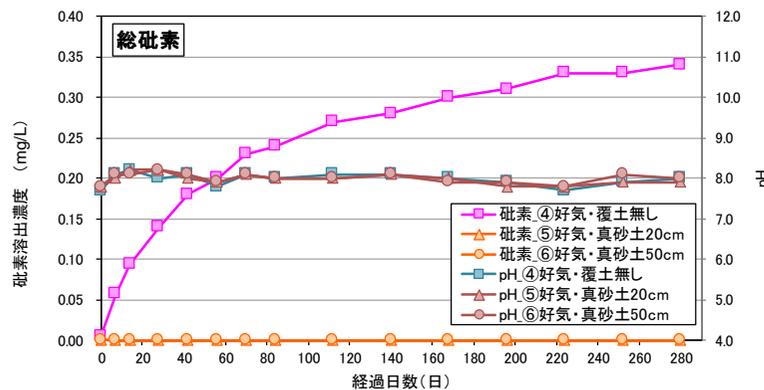
砒素溶出濃度

実験条件			測定項目	0日目	7日目	14日目	28日目	42日目	56日目	70日目	84日目	112日目	140日目	168日目	196日目	224日目	252日目	280日目	
ケース①	嫌気条件	覆土無し	総砒素 (mg/L)	0.007	0.026	0.033	0.042	0.047	0.056	0.056	0.061	0.062	0.062	0.066	0.060	0.062	0.064	0.064	
			溶解性砒素 (mg/L)	0.005	0.025	0.032	0.041	0.046	0.054	0.055	0.060	0.061	0.059	0.062	0.059	0.060	0.060	0.062	0.061
ケース②	嫌気条件	真砂土20cm	総砒素 (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
			溶解性砒素 (mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ケース③	嫌気条件	真砂土50cm	総砒素 (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
			溶解性砒素 (mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ケース④	好気条件	覆土無し	総砒素 (mg/L)	0.005	0.057	0.094	0.14	0.18	0.20	0.23	0.24	0.27	0.28	0.30	0.31	0.33	0.33	0.33	0.34
			溶解性砒素 (mg/L)	0.004	0.056	0.093	0.14	0.17	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.30	0.30	0.33	0.33	0.33	0.33
ケース⑤	好気条件	真砂土20cm	総砒素 (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
			溶解性砒素 (mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ケース⑥	好気条件	真砂土50cm	総砒素 (mg/L)	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
			溶解性砒素 (mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

嫌気条件



好気条件



砒素溶出濃度およびpHの経時変化

1.3 南山掘削岩石の現状整理 (9/9) 【溶出特性⑥】

【試験・実験及び検討結果のまとめ】

■ 岩石の性状

- ① 岩相区分（泥質ホルンフェルスと砂質ホルンフェルス）における砒素溶出量の比較
⇒ 砂質ホルンフェルスは平均的に高く、**両岩相ともに土壤溶出量基準値を超過**する。
- ② 風化区分における砒素溶出量の比較
⇒ 強～弱風化部は、未風化部に対し低い溶出量であり、相互の相関性が認められる。
⇒ **未風化部は、土壤溶出量基準値を超過**する可能性がある。
- ③ 大粒径（φ40-10 mm程度）の評価
⇒ 大粒径の状態であれば、溶出量が少なくなる可能性が高い。
⇒ **長時間停滞水に浸漬している場合、徐々に溶出**する可能性がある。
- ④ 雨水暴露試験による乾湿繰り返し環境の評価
⇒ **新鮮な掘削土（未風化）は、砒素溶出量が土壤溶出量基準値を超過**する可能性がある。
⇒ **風化岩は、土壤溶出量基準値を超過しない**ものと判断される。

■ 岩石の溶出特性

- ① 酸化環境（好気）・還元環境（嫌気）における未風化岩の水中における砒素溶出特性
⇒ 砒素溶出は、**覆土無し・好気条件で高い溶出が確認**され、概ね224日程度で一定濃度。
⇒ 湿潤状態であれば、酸化作用に伴い**酸性水の発生**が懸念される。
- ② 覆土材料として真砂土を用いた場合の溶出特性
⇒ **好気・嫌気条件に関わらず、厚さ20cm以上で未風化岩からの砒素の溶出を抑制**できる可能性がある。

【南山掘削による発生土の流用における留意点】

- ① 盛土材料（陸上）での利用
⇒未風化岩については、乾湿繰り返しにより溶出量基準値を超過する可能性があるため適さない。
⇒強風化～中風化岩の利用については、問題無い。
⇒風化区分は、ゾーンとして判断する必要がある。
- ② 河道整形材料（水中）での利用
⇒未風化岩は、好気状態において重金属等の溶出が確認されているため、覆土等による確実な嫌気環境確保が必要。

※岩石については、土壤汚染対策法の適用外であり、土壤溶出量基準等に該当しないが、参考として基準値に照らしている。

2. 課題と検討方針案【検討フロー】

検討フロー

現状の整理



検討方針の決定



検討結果・対策案の抽出



対策工法等の決定



モニタリング計画

第1回検討会

- 既往調査結果、試験結果の整理
- 現計画（現土工計画）における課題把握
・ 検討方針の決定

次回以降検討会

- 検討結果整理
- 対策案の抽出
- 対策効果の検討
- 対策工法等の決定
- モニタリング計画の決定

2.1 現計画における課題 (1/3) 【堤防盛土】

貯水池湖岸掘削土砂を用いた堤防盛土

【背景】

- 掘削発生土の有効活用を図るため、貯水池湖岸掘削により発生する土砂は堤防の盛土等に利用する計画である。
- 貯水池湖岸掘削土より確認された重金属等の一部が土壌溶出量基準に不適合となった。なお、土壌含有量基準は全て適合している。
- 現在の土工計画に対する課題を確認し、必要に応じて対策または土工配分計画の見直しを講じる必要がある。

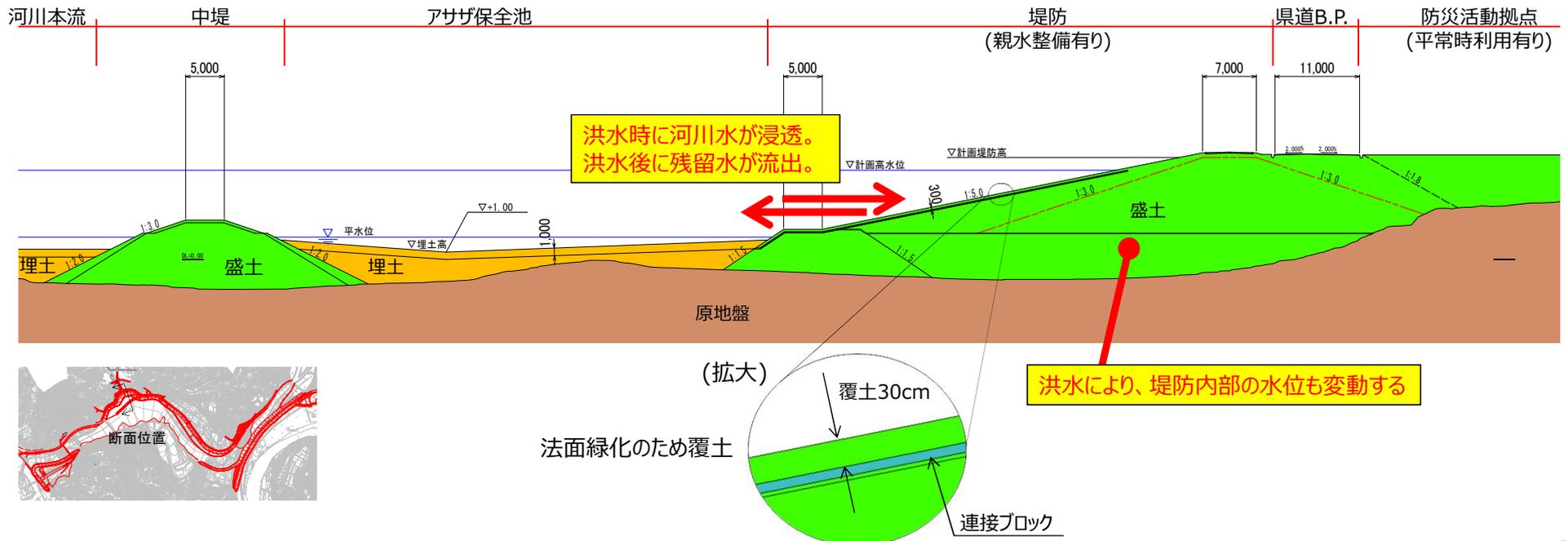
【盛土材料の性状】

- ⇒堤防盛土材料は、原地盤と同質であり、土壌溶出特性に現況と大きな差異（変化）は無いと考えられる。
- ⇒一方で、現在水位変動が少ない外水位が、河道化により変動することとなり、堤防盛土材料が乾湿繰り返されることとなる。

○技術的課題

- 堤防盛土材料に含まれる重金属等の、河川水位の変化に伴う溶出特性を把握し、問題が無いことを確認した上で利用する必要がある。
 - ⇒河川水の浸透量、浸透速度をどのように再現するか。
 - ⇒検討に必要な、盛土材料の重金属等溶出量（含有量）をどのように決定するか。
- 河川空間の利用促進の視点から安心を提供する方法を検討する必要がある。

【現計画横断図】



2.1 現計画における課題(2/3)【河道整形】

掘削発生土を用いた河道整形

【背景】

- ・貯水池は、河道整形を実施する計画である。
- ・河道整形の材料は、堤防等の盛土材料として不適である南山掘削で発生する岩の一部（未風化岩）等を利用する計画である。
- ・現在の土工計画に対する課題を確認し、必要に応じて対策または土工配分計画の見直しを講じる必要がある。

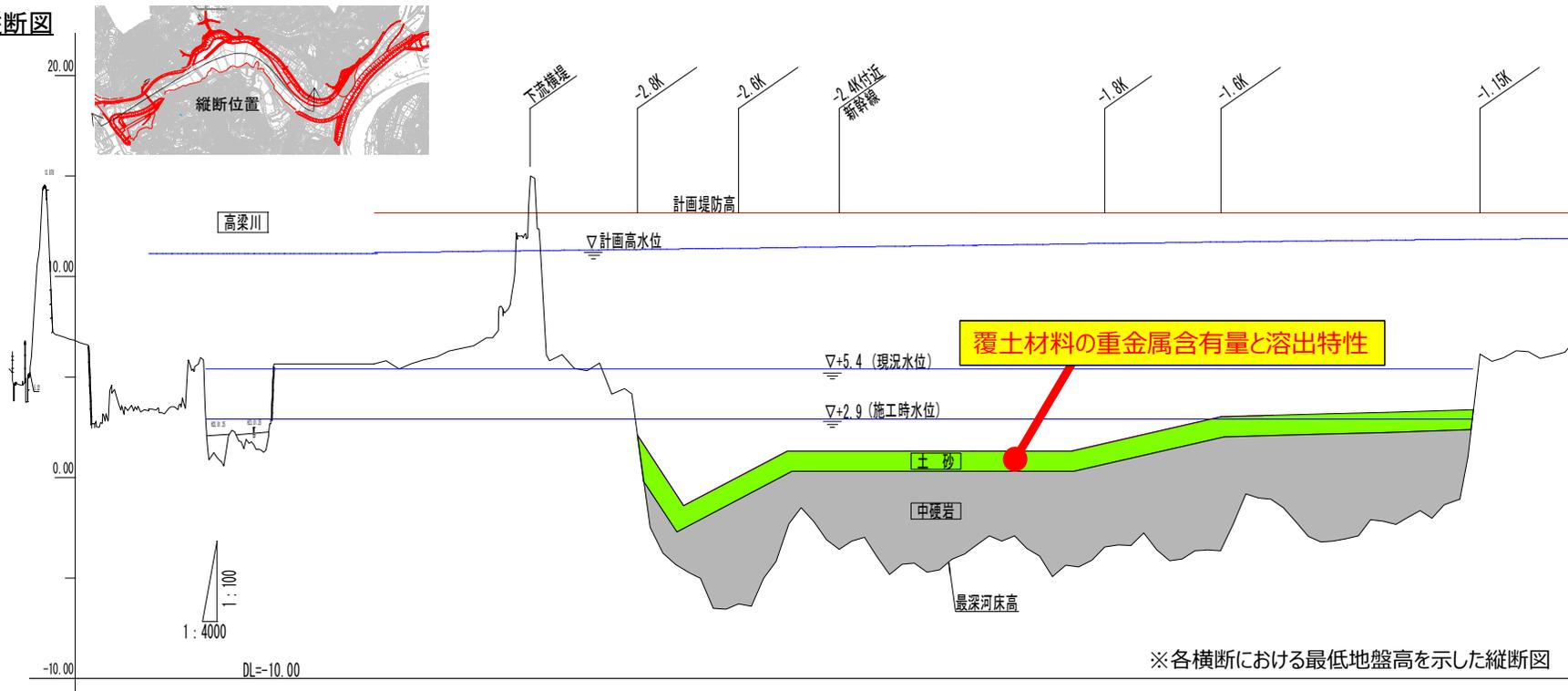
【覆土及び掘削岩、底質の性状】

- ⇒底質は、嫌気環境で重金属等の溶出が確認されているが、下層部については現況と大きな差異（変化）は無いと考えられる。
- ⇒未風化の掘削岩は、嫌気環境に比べ好気環境における砒素溶出が高い濃度となった。
- ⇒未風化岩の覆土実験で真砂土を覆土に用いた場合、20cm以上の覆土で砒素溶出の抑制が確認された。
- ⇒一方で、掘削土の有効活用を図るため真砂土の代替として貯水池湖岸掘削土の利用を検討するが、その一部で重金属等が確認されている。

○技術的課題

- ・覆土に用いる土砂の溶出特性を踏まえ、適切な材料を選定する必要がある。

貯水池縦断面図



※各横断における最低地盤高を示した縦断面図

2.1 現計画における課題 (3/3) 【南山掘削法面】

未風化岩が露出する掘削法面

【背景】

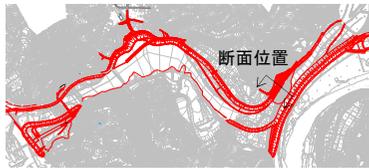
- ・南山の掘削法面对策は、植生による緑化を計画している。

【掘削法面の性状】

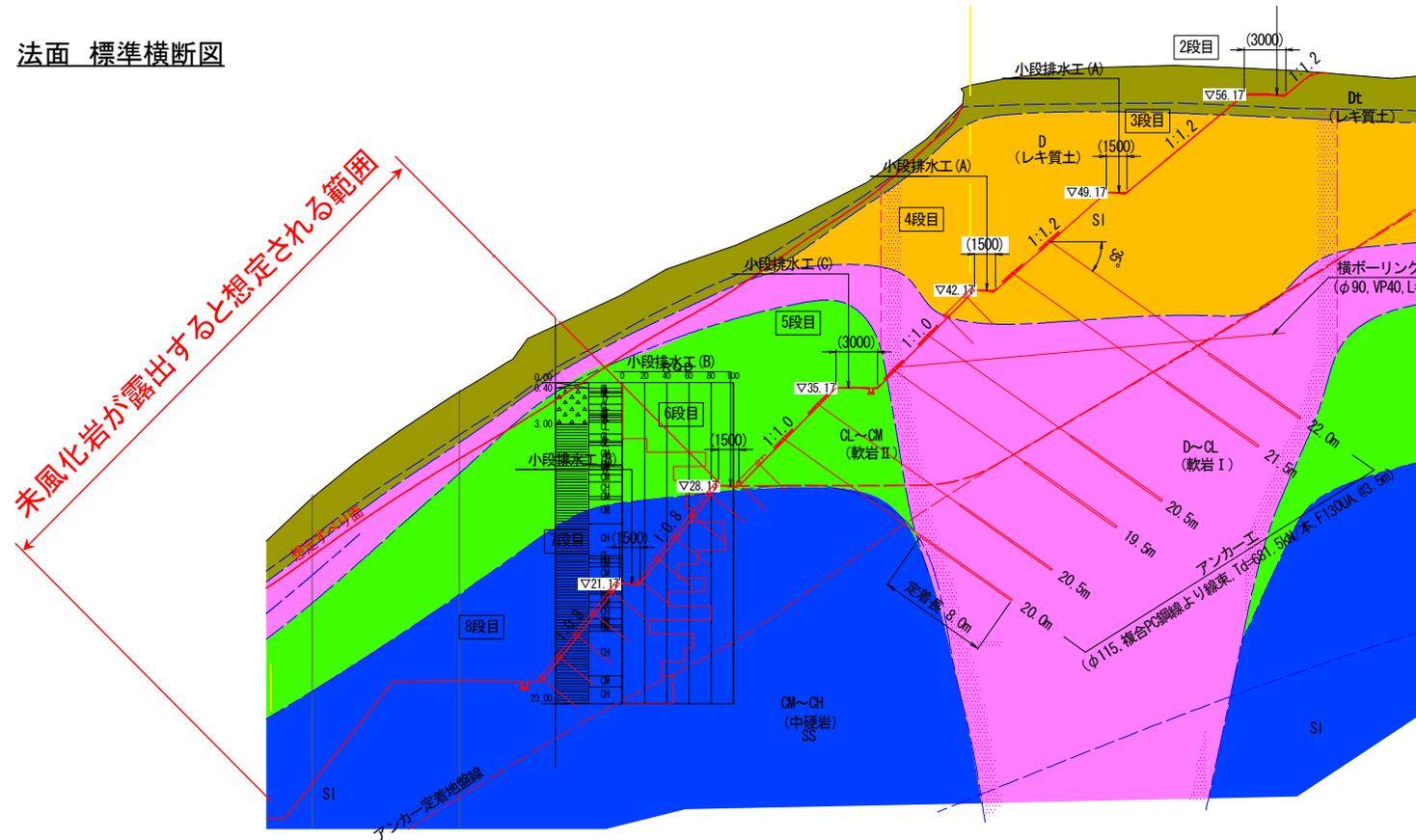
⇒掘削法面の一部に未風化岩が露出する。未風化岩が露出する法面から酸性水が発生するおそれがある。

○技術的課題

- ・酸性土壌の緑化対策方法



法面 標準横断面図



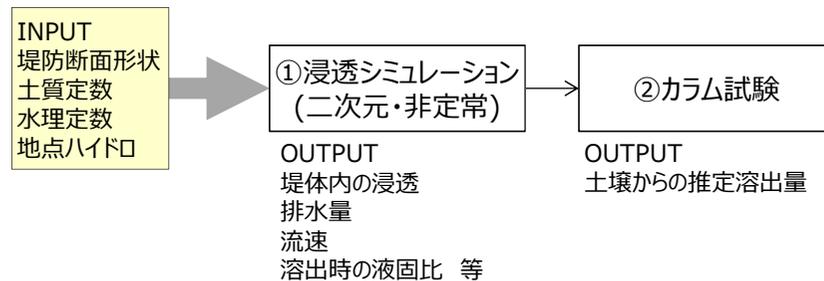
2.2 課題の検討方針案(1/3)【堤防盛土①】

【貯水池湖岸掘削土砂を用いた堤防盛土】

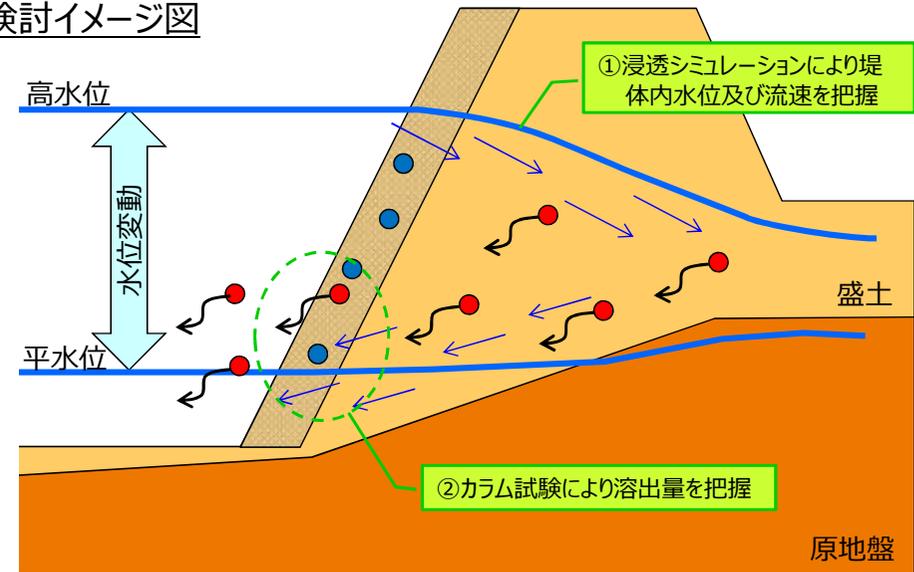
○技術的課題と対応案

- ・盛土材料に含まれる重金属等の、河川水の変化に伴う溶出特性を把握する必要がある。
 - ⇒堤体部への河川水の浸透量、浸透範囲をどのように再現するか。
【対応案】①浸透シミュレーションの実施
 - ⇒盛土材料の重金属等溶出量（含有量）をどのように検討するか。
【対応案】②カラム試験の実施
- ・河川空間の利用促進の視点から安心を提供する方法を検討する必要がある。
【対応案】③自然由来基準不適合土壌の移動の管理

検討の流れ(案)



検討イメージ図



2.2 課題の検討方針案(2/3)【堤防盛土②】

【貯水池湖岸掘削土砂を用いた堤防盛土】

① 浸透シミュレーション

【目的】洪水に伴う堤体内の水位等を把握するため、地下水浸透シミュレーション（二次元、非定常）を実施する。

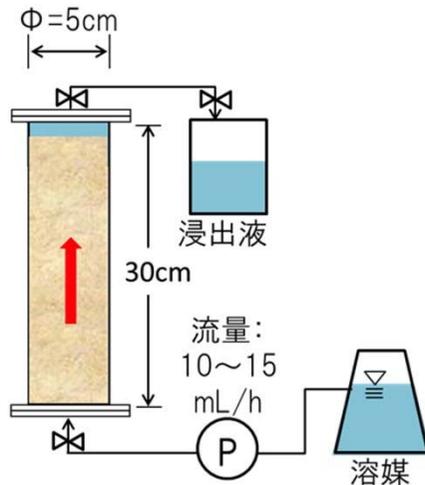
条件の課題：堤防盛土材料の飽和・不飽和透水係数の把握(一般値で問題無いかどうか)、接続ブロックの評価
⇒ 安全側の評価となるよう一般値の飽和透水係数、接続ブロック考慮無しで実施

② カラム試験

【目的】河川水位の変化に伴う盛土材料からの重金属等溶出量を把握するために、カラム試験を実施する。

ISO/TS 21268-3「上向流カラム通水試験」を基本とするが、現在、地盤工学会がISO規格化を進めている試験方法に準拠して実施する。

ただし、砒素(As)、鉛(Pb)、ふっ素(F)の浸透路長に伴う溶出量変化の有無を確認する目的で、供試体長は、30 cmに加えて20、10 cmの各3ケースを実施する。



【試験条件】

- カラム直径：5 cm
- カラム高：30 cm, 20 cm, 10 cm
- 通水速度：10~15mL/h(浸透シミュレーション結果を参考に最終決定する)
- 溶媒：福松橋河川水
- 採取頻度：L/S（液固比）0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10
- 土砂：既往調査の高濃度地点より採取(各物質毎25 kg)
- 濃度：土壌溶出量試験(環境省告示第18号)で溶出量を確認

図 上向流カラム試験の模式図(保高ほか※、2017から引用)

※保高ほか「上向流カラム通水試験の国際標準化への取組み状況(3)」,
第23回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2017

③ 自然由来基準不適合土壌の移動の管理

土壌汚染対策法に基づき土壌の移動先については、形質変更の届出と共に記録を保管し、土壌のトレーサビリティを確保する必要があり、施工後の「安心」材料の一つとする。

2.2 課題の検討方針案(3/3)【河道整形・南山掘削法面】

【掘削発生土(岩)を用いた河道整形】

○技術的課題と対応案

- ・ 覆土に用いる土砂の溶出特性を踏まえ、適切な材料を選定する必要がある。

【対応案】①酸化・還元状態別の溶出実験を実施

① 酸化・還元状態別の溶出実験

【目的】覆土材料に使用する土砂の酸化及び還元状態における溶出特性を把握する。

貯水池湖岸掘削予定箇所の土砂で確認された砒素、鉛、ふっ素は、現在の環境下においては酸化（好気）環境で安定状態にあると想定される。

覆土に用いる土砂は、溶出量が定量下限値未満であるものを使用することが望ましい。

一方で、現時点で覆土材料の必要量を確保できるか不明であり、少なくとも土壌溶出量基準適合（定量下限値以上）の土砂についても利用の可能性を検討する必要がある。

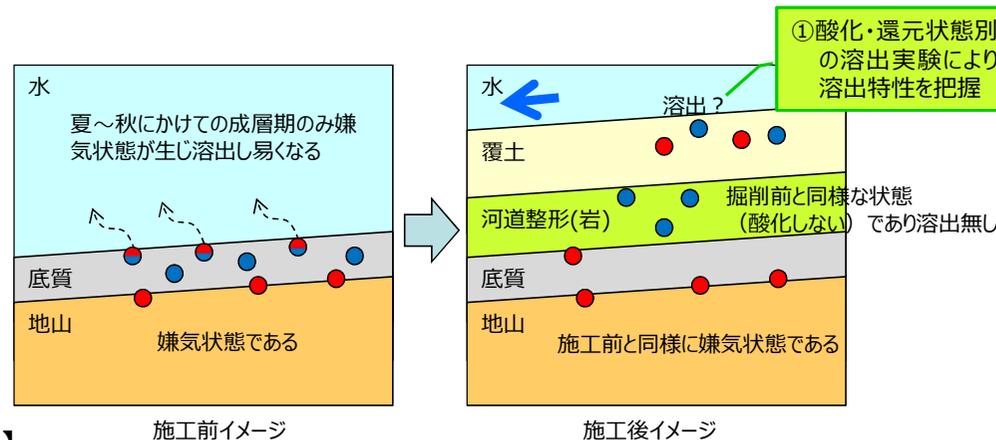
【実験条件】

還元状態(Do≒0 mg/L)、酸化状態(Do≒9 mg/L)

【使用する試料等】

土砂：掘削予定範囲内で実施された既往調査（ボーリング）結果を参考に、定量下限値以上の基準適合土壌を50 kg程度採取する。

⇒試験試料は採取後土壌溶出量試験（環境省告示第18号）により基準適合を確認する。



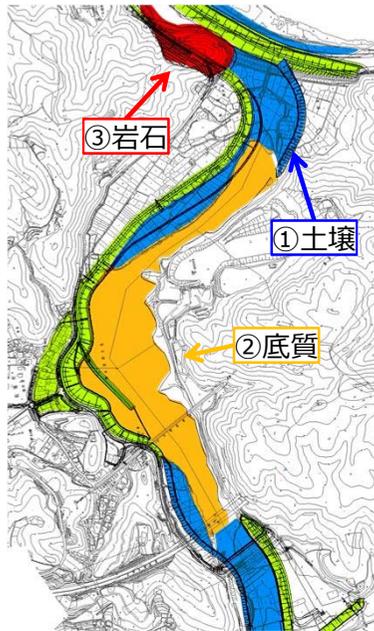
【未風化岩が露出する南山掘削法面】

○技術的課題と対応案

- ・ 酸性土壌の緑化対策

【対応案】事例収集（緑化工法、施工時の酸性水排水対策、法面酸化対策等）

【概要①】小田川合流点付替え事業に伴う掘削土等の性状・特性



■小田川合流点付替え事業に伴い発生する掘削土等（土壌、底質、岩石）について、これまでに実施した調査、試験及び実験の結果より、現在計画している土工配分計画を踏まえた性状及び特性について整理する。

①貯水池湖岸掘削等から発生する土壌

- ・土壌汚染対策法に基づく土壌溶出量試験を実施した結果、一部の土壌において鉛、砒素、ふっ素及び水銀が土壌溶出量基準に不適合となった。
- ・土壌から確認された重金属等は、人為的な汚染原因となるような行為は確認されず、溶出濃度、含有量等から**自然由来**と判断される。（ただし、水銀については、局在的であり、別途追加調査により対応）

②貯水池に存在する底質

- ・嫌気環境（水中の酸素濃度が少ない環境）では、好気環境に比べ底質から**砒素が溶出し易く**なる。
- ・底質に覆土を実施する場合は、好気及び嫌気環境に関わらず、**真砂土20cm以上の厚さで砒素の溶出を抑制される可能性がある**（ただし、200日程度までの実験結果）。

③南山掘削部から発生する掘削岩

- ・砂質ホルンフェルス及び泥質ホルンフェルスともに**砒素の溶出が確認**された（2mm以下に粗砕し、土壌溶出量試験に準じた結果）。
- ・砒素の溶出量は風化区分に相関性が認められ、**未風化部の一部では土壌溶出量基準に照らすと基準値を超過**する可能性がある（同上の試験結果）。
- ・未風化岩は、2mm以下に粉碎した試料に対し**大粒径**(φ10～40mm程度)の状態であれば、**砒素の溶出量は少ない**。また、降雨等により**乾湿が繰り返されると砒素が溶出する**が、**時間経過と共に溶出量は徐々に低減**する傾向が確認された。
- ・水中においては、**好気環境（水中の酸素濃度が多い環境）**の場合、嫌気環境に比べ**高い濃度の砒素溶出**が確認された。
- ・好気及び嫌気環境に関わらず、**厚さ20cm以上の真砂土を用いた覆土により砒素の溶出は抑制される可能性がある**（ただし、280日程度までの実験結果）。
- ・一部の未風化岩においては、湿潤状態において**酸性水発生の可能性**が確認された。

【施工における留意点】

- ① 土壌については、堤防等乾湿が変化する箇所を利用する場合、重金属等の溶出特性を確認する必要がある。
- ② 底質については、嫌気環境の場合、砒素が溶出しやすくなるため、20cm以上の適切な材料による覆土等により安全性を確保する必要がある。
- ③ 掘削岩については、強風化～中風化岩の陸上部における利用は問題無い。ただし、風化区分はゾーンとして判断する必要がある。河道整形の材料に利用を計画している未風化岩は、好気環境で砒素が溶出しやすくなるため、適切な材料による覆土等により安全性を確保する必要がある。

【概要②】現計画における課題と検討方針案

■小田川合流点付替え事業に伴い発生する掘削土等（土壌、底質、岩石）の性状及び特性を踏まえた、現計画における課題と、それに対する検討方針案について整理する。

貯水池湖岸掘削土砂を用いた堤防盛土

・盛土材料は、原地盤と同質であり、その性状や特性に現況と大きな差異（変化）は無いと考えられる。一方で、現在水位変動が少ない外水位が、河道化により変動することとなり、堤防盛土材料が乾湿繰り返されることとなる。

○技術的課題

・盛土材料に含まれる重金属等の、河川水の変化に伴う溶出特性を把握し、問題が無いことを確認した上で利用する必要がある。

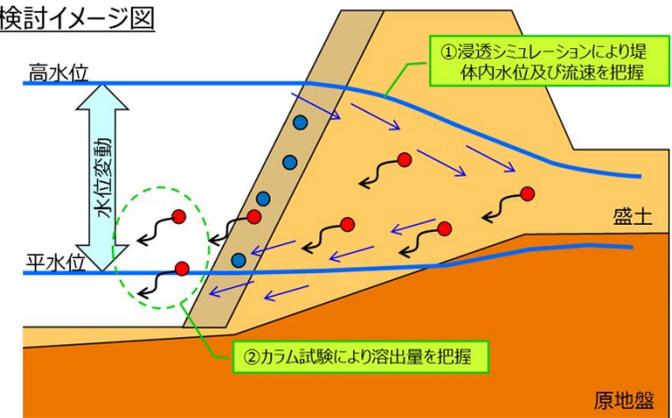
⇒浸透シミュレーションにより河川水の浸透量、浸透速度等を把握する。

⇒より現実に近い環境を想定したカラム試験を行い、盛土材料からの重金属等溶出特性を把握する。

・河川空間の利用促進の視点から安心を提供する方法を検討する必要がある。

⇒土壌の移動先の記録を保管し、土壌のトレーサビリティを確保する。

検討イメージ図



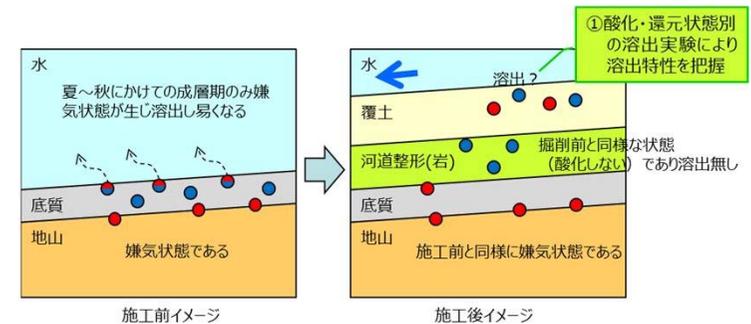
掘削発生土（岩）を用いた河道整形

・底質は、現況と大きな差異（変化）は無いと考えられる。また、掘削岩は、好気環境に比べ嫌気環境で砒素の溶出濃度が低く、真砂土による覆土であれば20cm以上で溶出を抑制できる可能性があると考えられ、安全性を確保するために覆土を実施する。一方で、掘削土の有効活用を図るため真砂土の代替として貯水池湖岸掘削土砂の利用を検討するが、その一部で重金属等の溶出が確認されている。

○技術的課題

・覆土に用いる土砂の溶出特性を踏まえ、適切な材料を選定する必要がある。

⇒酸化・還元状態別の溶出実験を実施し、覆土に用いる土砂の溶出特性を把握する。



未風化岩が露出する掘削法面

・南山の掘削に伴う法面は、植生による緑化を計画しているが、その一部に露出する未風化岩から酸性水が発生するおそれがある。

○技術的課題

・酸性土壌の緑化対策の計画

⇒事例収集（緑化工法、施工時の酸性水排水対策、法面酸化対策等）し、対策を計画する。