

表層土壤調査結果の報告

平成 23 年 7 月 25 日

パシフィックコンサルタンツ株式会社

1. 調査方針

表層土壤調査の調査方針は、以下のとおりである。

- 既往調査では事業対象地の一部（D-1 及び D-2）の区画において、ヒ素及び鉛の土壤溶出量基準値を超過することが確認されたため、今回調査は、土壤汚染対策法（以下、「土対法」という）に基づいて、広範囲で実施した。
- 調査対象とする範囲は、土対法にもとづき、掘削部および切土部とした。
- 調査対象地の「おそれの区分」では、地歴上「山林」となり、「土壤汚染が存在するおそれのないと認められる土地」に区分されるが、既往調査位置の近傍に該当するとみなし、「土壤汚染が存在するおそれが少ないと認められる土地」として区分した。
- 「おそれの区分」にもとづき調査対象範囲において 900 m²（30m 区画）に 1 箇所の割合で土壤試料を採取した。なお、土壤試料採取では土対法に示される 5 地点均等混合法を採用した。
- 既往調査結果における基準値超過の原因や事業区域の地質的分布の特性を評価するため、土壤試料において元素分析を実施した。なお、既往の元素分析結果では、鉛、ヒ素の含有量が一般的な土砂と同等の結果であることから、土対法の「おそれの区分」のうち「土壤汚染の存在するおそれが少ないと認められる土地」とする根拠のひとつとした。
- 土壤汚染状況調査の対象区画は、「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暫定版」（以下、「ガイドライン」という）に基づき、掘削または切土の一連範囲ごとに区分し、一連範囲の面積が概ね 900 m²以上となる I ~ IV の 4 つの範囲（図 1-1 参照）を分析対象区画とした。当初は掘削及び切土部の面積の大きな II の部分を対象としていたが、事業敷地内の広範囲の詳細調査とするため、I、III、IV の範囲を追加した。
- 一連範囲に属さない 900 m²未満の面積となる掘削または切土範囲（図 1-1 の緑色囲い部参照）については、近隣の調査結果を適用させる方針とした。
- 調査対象物質は既往調査により基準値を超過したヒ素および鉛とし、公定分析は土壤溶出量分析を実施した。なお、土壤含有量については、元素分析結果により判断した。
- なお、施工時には掘削土壤の酸性化が予想され、適切にリスク管理することが重要となるため、別途ボーリングコア試料の分析を実施して、pH 低下の可能性と、pH 変化に伴う重金属類の溶出特性について調査を実施した（参考資料参照）。



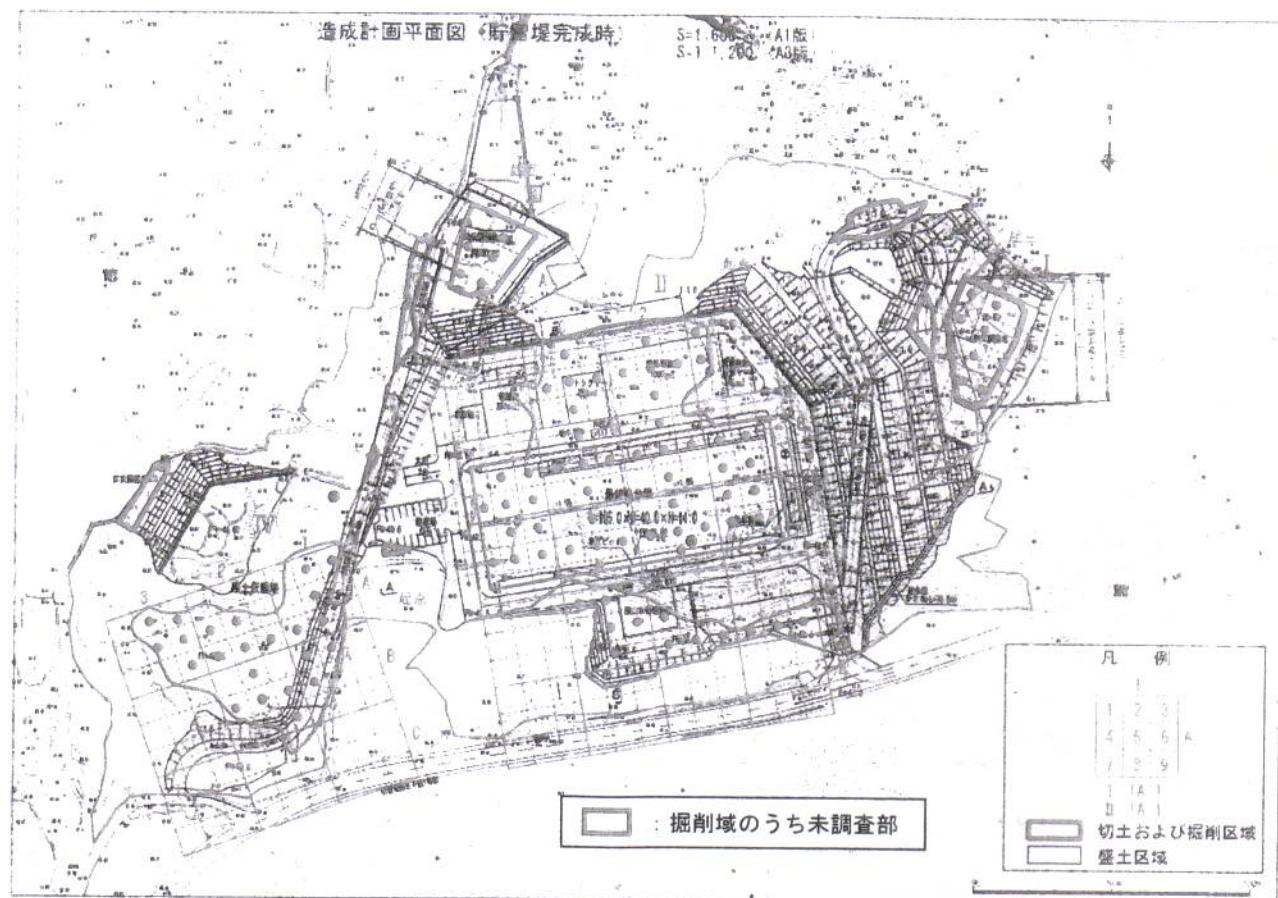


図 1-1 土壤試料採取位置図

2. 調査結果

土壤分析結果は、表 2-1 に示すとおりである。表層土壤調査結果では、土対法の基準値未満の結果を得た。

表 2-1 表層土壤分析結果一覧表

分析区画	土壤試料採取		公定分析結果(mg/L)		元素分析結果(ppm)	
	地点番号	地点数	鉛	ヒ素	鉛	ヒ素
I - 1A	2, 3, 4, 5, 6	5	0.002	0.001	25.6	17.5
I - 2A	6, 9	2	0.001	0.001	30.6	15.4
II - 1A	1, 4	2	0.004	0.003	20.5	14.3
II - 2A	2, 4, 5, 6, 8	5	0.003	0.002	21.8	16.8
II - 3A	2, 4, 5, 6, 8	5	0.001	0.002	20.6	15.9
II - 1B	4, 5, 7, 8	4	0.005	0.002	31.3	21.7
II - 2B	2, 4, 5, 6, 8	5	0.002	0.002	21.8	16.2
II - 3B	2, 4, 5, 6, 8	5	0.003	0.001	22	14.2
II - 4B	5, 6, 7, 8, 9	5	0.001	0.001	21.5	16.5
II - 1C	1, 2, 4, 5	4	0.002	0.001	62.7	28.8
II - 2C	2, 4, 5, 6, 8	5	0.003	0.002	24.5	17.4
II - 3C	2, 4, 5, 6, 8	5	0.001	0.001	26.3	16
II - 4C	2, 3, 4, 5, 6	5	0.002	0.001	21.7	12.9
II - 1D	7, 8, 9	3	0.001	0.003	23.4	13
II - 2D	4, 7, 8, 9	4	0.001未満	0.006	22.5	15.3
II - 3D	1, 2, 5, 6, 8	5	0.002	0.001	21.4	14.7
III - 1A	2, 4, 5, 7, 8	5	0.002	0.001	23.4	15.7
IV - 1A	2, 3, 5, 7, 8	5	0.001	0.001	25	17.3
IV - 2A	4, 5, 7, 8, 9	5	0.002	0.001	28.7	18.7
IV - 3A	2, 3, 5, 6, 9	5	0.002	0.001	27.9	20
IV - 1B	1, 2, 4	3	0.001	0.001	25.7	17.7
IV - 2B	2, 4, 5, 6, 9	5	0.002	0.001	32.4	20.8

3. 考察

(1) 土対法にもとづく区域指定について

土対法に基づく調査方針により実施した結果、表層部では基準値を超過した区画はないため、区域指定する範囲は存在しない。ただし、別途実施したコア分析の結果から、施工時には掘削土壤の酸性化が予想され、適切にリスク管理することが重要となるため、施工時の酸性土壤対策、

供用後のモニタリング計画を提示することで事業を進める方針とする。

なお、平成 23 年 7 月 8 日の土対法改正（環水大土発第 110706001 号）で示された自然由来特例区域では、土壤の場外搬出を行わない限り、特段の制約を受けずに施工することが可能と示されている。本地域は自然由来の重金属類が分布する地域であり、施工上土壤の場外搬出を行わないことから、土対法の自然由来特例区域の考え方によらしても、問題ないものと考えられる。

（2）施工時の留意事項

施工時の留意事項を以下に示す。

- 既往調査結果およびボーリングコア試料の基準値超過の原因は、海成堆積層の硫黄成分に伴う硫酸酸性化が誘引となる自然的原因である。したがって、土壤対策としては、不溶化効果とともに酸性を中和する効果の期待できるセメント固化改良（中性固化）を基本的な対策工法とする。
- ボーリングコア試料の元素分析の結果、硫黄の含有量が多い地層は、DM1 および DM2 層が該当するため、掘削対象となる DM 層については、セメント固化改良し、盛土材料として利用する。
- 既往調査 D-1 地点については、掘削範囲に該当するため、セメント固化改良を実施する。D-2 地点については、掘削部対象外であるが、セメント吹付けによる飛散防止対策を実施する。

（3）モニタリング計画

施工中は上述した方法により酸性土壤対策を行い、供用開始後は、廃棄物処理法に基づくモニタリングによって、鉛、ヒ素の水質分析を実施する。本モニタリング結果により、酸性土壤対策として実施した固化改良の効果を確認する。なお、採水時、分析、対応方針は以下のとおりとする。

- 採水地点は、事業敷地の上流側と下流側に設けた地下水観測井戸、地表水を集めて敷地外に放流する出口付近の排水溝とする。
- 採水時は、pH を確認し、分析対象とする水が中性であることを確認する。
- 分析頻度は、1 回/年とする。

以上

参考資料：「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暫定版、環境省」、p 98、99
抜粋

2) 土壤汚染が存在するおそれがあると認められる土地（通知記の第3の1(6)③イ(ロ)）

直接に特定有害物質又は特定有害物質を含む固体若しくは液体の埋設等、使用等又は貯蔵等を行っていた施設の敷地ではないが、当該敷地から、その用途が全く独立しているとはいえない土地を指す。

土地の用途としては、事業目的の達成のために利用している土地であって、特定有害物質又は特定有害物質を含む固体若しくは液体の埋設等、使用等又は貯蔵等を行う施設の敷地以外の土地である。具体的には、当該施設の設置時から、専ら次のような用途のみに利用されていた土地で、直接に特定有害物質の埋設等、使用等又は貯蔵等をしていない土地が該当すると考えられる。

- ・ 事務所（就業中の従業員が出入りできるものに限る。）、作業場、資材置き場、倉庫、従業員用・作業車用通路、事業用の駐車場、中庭等の空き地（就業中の従業員が出入りできるものに限る。）、複数の工場棟を有する場合において有害物質使用特定施設と一連の生産プロセスを構成していない工場棟の敷地等

なお、人為的原因を確認することができないが、地質的に同質な状態で広く存在する土壤汚染地（第二種特定有害物質に係るものに限る。）については、専らいわゆる自然的原因による土壤汚染であると考えられるところ、実際に測定を行うことによりその汚染状態が土壤溶出量基準又は土壤含有量基準に適合しないことが判明した土地の区域の近傍の土地であること等の理由により法第4条第2項の汚染のおそれ基準のうち3)に示す⑤の土地（規則第26条第5号）に該当する土地として土壤汚染状況調査の実施を義務付けられた場合における当該近傍の土地等は、「土壤汚染が存在するおそれがないと認められる土地」に該当することになる。

自然由来汚染の法律上の取扱について②

自然的原因による土壤汚染の扱い

- 自然的原因のみによる土壤汚染については、地質的に同質な状態で汚染が広がっていることから、一定の区画のみについて浄化等の対策を行ったとしてもその効果を期待できない。
- このような汚染地で土壤溶出量基準を超え、周辺に飲用井戸が存在する場合は、上水道の敷設や利水地点における対策等攝取経路の遮断のための措置を講ずるなどして形質変更時要届出区域に指定するよう都道府県知事等に要請している。

土壤汚染の浄化・除去等の対策まで求められない。

自然由来特例区域等（今回の施行規則改正）

- 人為的汚染の可能性がなく、自然的原因のみにより汚染されていることが認められた形質変更時要届出区域は、自然由来特例区域とする。
- この区域内においては、土地の形質変更において基準不適合土壤が帶水層に接しても差し支えないこととする（通常の区域では、帶水層に接しないようにしなければならない）。

搬出を伴わない土地の形質の変更については、特段の制約をなくすこととする。

法改正で創設された人為的な搬出以降の運搬、処理の規制がかかる。

参考資料 1：施工時の土壤酸性化に伴うリスク管理を目的としたボーリングコア試料分析

1. ボーリングコア試料調査の方針

ボーリングコア試料の調査は、以下のとおりである。

- ・ ボーリングコア試料の調査は、施工時のリスク管理として、酸性土壌対策、酸性化に伴う重金属類溶出の可能性の把握を目的として実施した。
- ・ 分析対象とする試料は、ヒ素および鉛の溶出しやすい地層である海成泥岩やその風化岩を選定して実施した。分析試料としたコアの位置を図 1-2～1-7 に示す。
- ・ 調査対象物質は、表層土壌調査と同様に、鉛およびヒ素とした。
- ・ 分析方法は、公定法である土壤溶出量試験に加え、pH 試験、元素分析を実施して地質学的特性について評価した。



図 1-1 土壤試料採取位置図

●	: 表層土壌調査位置
●	: ボーリングコア試料調査位置
●	: 既往調査位置

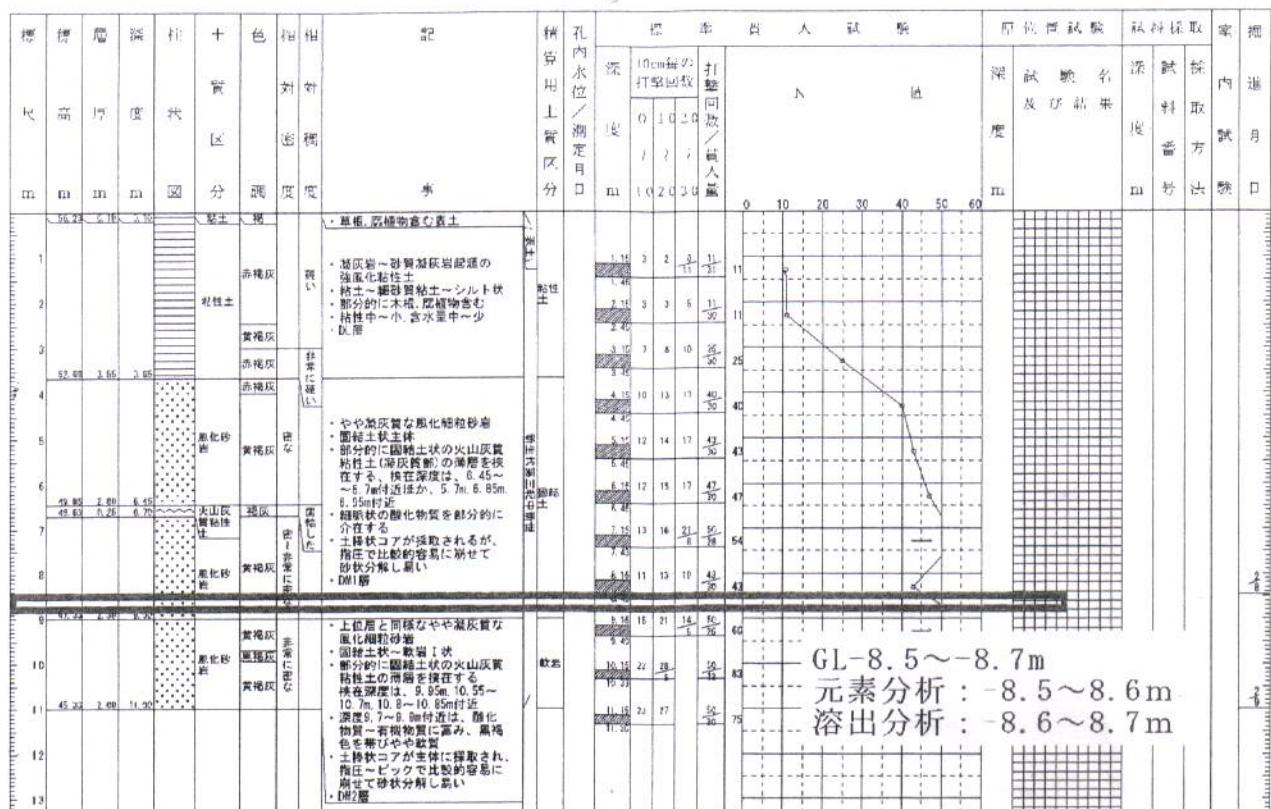


図 1-2 H22-No1 のコア採取位置

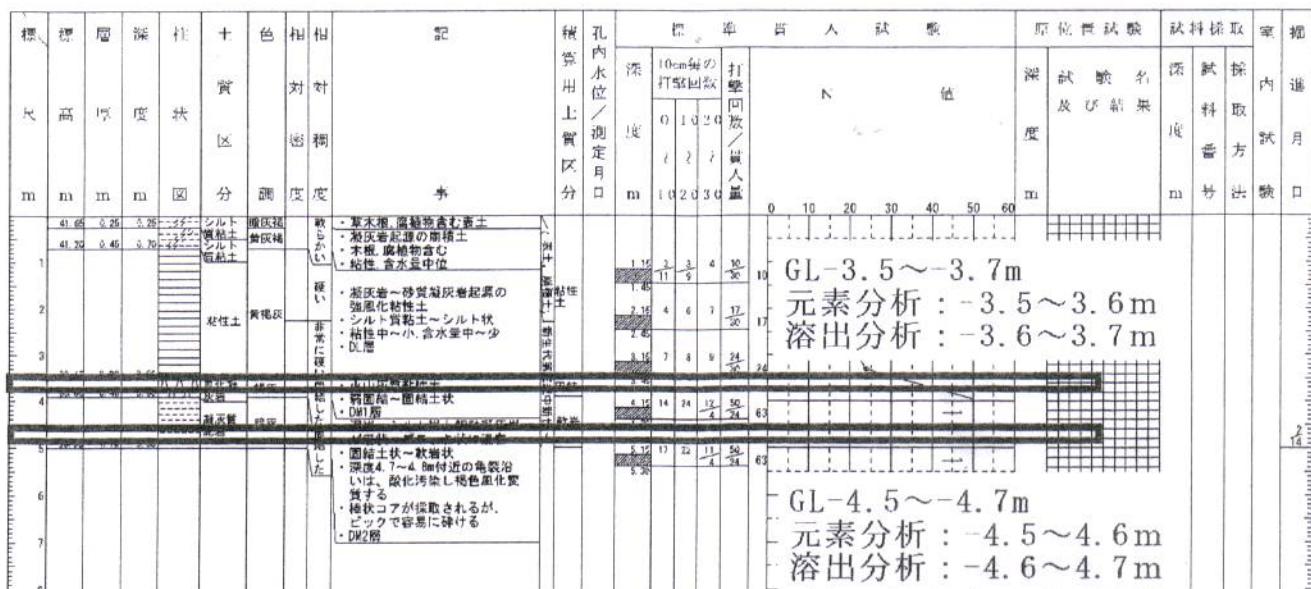


図 1-3 H22-No2 のコア採取位置

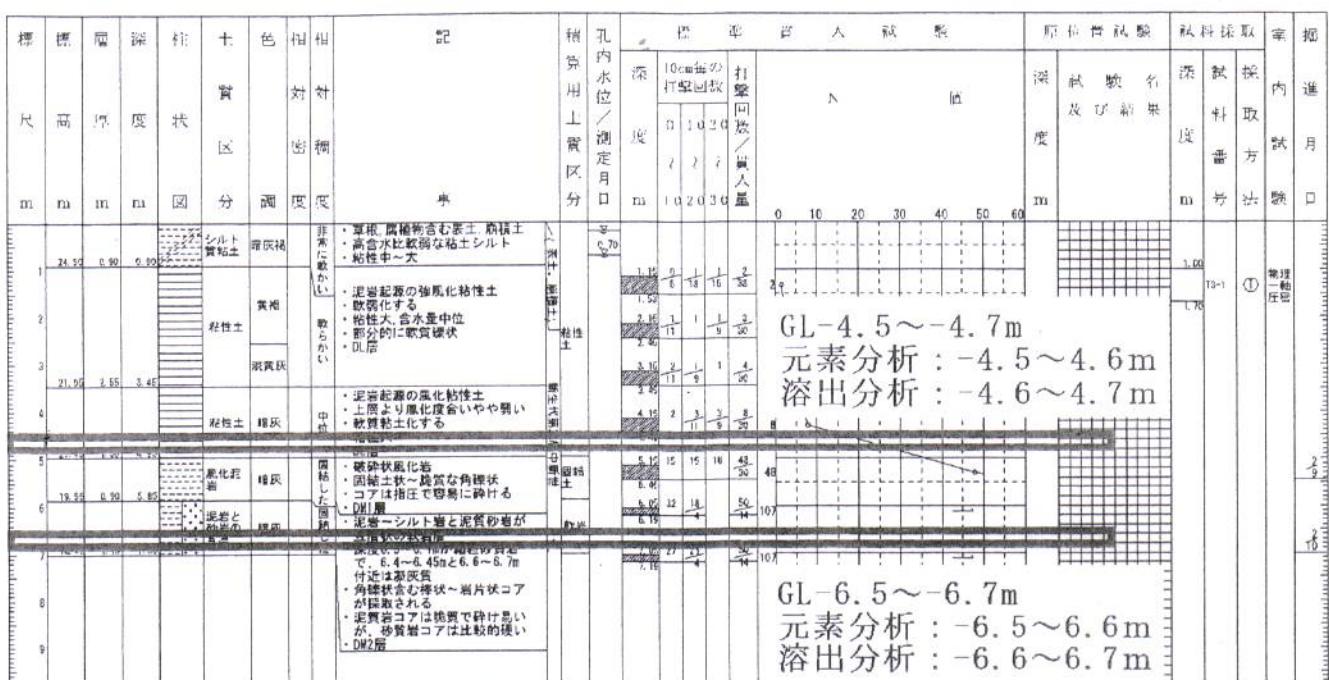


図 1-4 H22-No3 のコア採取位置

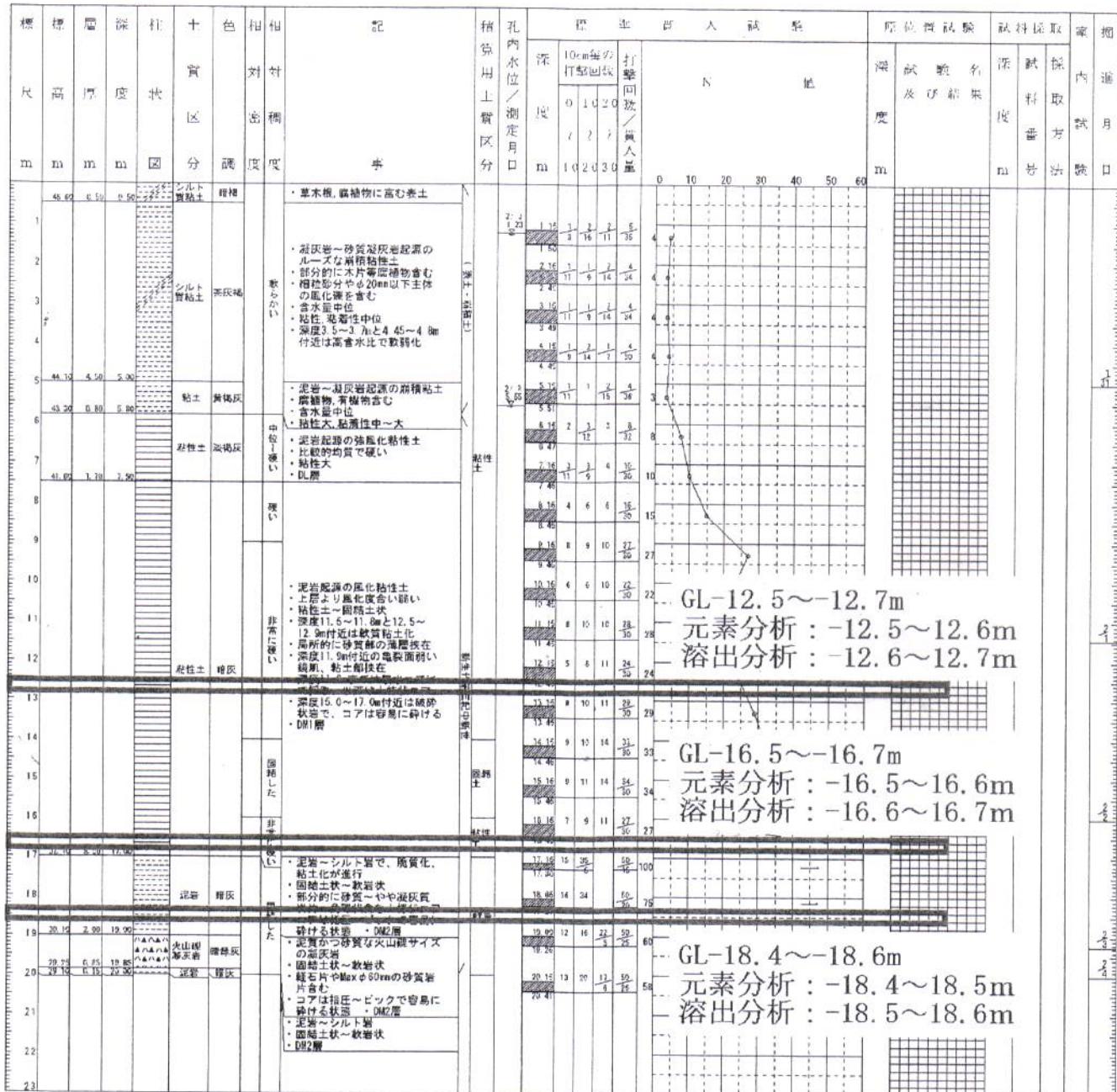


図 1-5 H22-No4 のコア採取位置

図 1-6 H22-No5 のコア採取位置

図 1-7 H22-No6 のコア採取位置

2. ポーリングコア分析結果

ポーリングコア分析の結果は、表 2-1 に示すとおりである。比較的新鮮な状態のコア試料において基準値超過が見られた。

表 2-1 ポーリングコア試料の分析結果一覧表

試料名	pH	土壤溶出量値(mg/L)		元素分析結果(ppm)	
		鉛	ヒ素	鉛	ヒ素
H22-No.1 GL 8.6-8.7m	5.7	0.001	0.001未満	14	9
H22-No.2 GL 3.6-3.7m	4.9	0.001	0.001未満	23	16
H22-No.2 GL 4.6-4.7m	3.7	0.015	0.003	27	13
H22-No.3 GL 4.6-4.7m	5.1	0.001	0.001未満	24	14
H22-No.3 GL 6.6-6.7m	2.9	0.001	0.003	16	16
H22-No.4 GL 12.6-12.7m	6.6	0.001未満	0.001未満	24	13
H22-No.4 GL 16.6-16.7m	6.3	0.001未満	0.001未満	24	12
H22-No.4 GL 18.5-18.6m	3.3	0.010	0.003	18	14
H22-No.5 GL 4.7-4.8m	5.9	0.001	0.001	19	8
H22-No.5 GL 8.6-8.7m	3.4	0.006	0.002	17	11
H22-No.6 GL 3.6-3.7m	4.5	0.002	0.001未満	14	7
H22-No.6 GL 4.6-4.7m	7.2	0.002	0.029	23	13

3. 考察

(1) 基準値超過の要因

既往資料及びポーリングコア試料において土壤溶出量基準を超過する結果を得た。基準値超過の要因は、元素分析、土壤の pH 分析の結果、自然的原因であると判断する。

- 元素分析結果のうち鉛及びヒ素の含有量と溶出量値の関係に相関が見られない（図 3-1 参照）。これは、土地を構成する鉱物元素において鉛およびヒ素の含有量がほとんど無く、溶出量値に依存していないことを示す。
- pH と土壤溶出量値の関係に相関が見られる（図 3-2 参照）。これは、土壤の pH が硫酸酸性となる場合に溶出しやすい状況にあることを示している。なお、文献「山陰地域の第三期海成層のスレーキングに伴う硫酸酸性度の形成と Pb の溶出、村上、石賀、島根大学地球資源環境額研究報告第 26 号別刷、2007 年 12 月」（図 3-3 参照）でも pH が酸性となる場合に鉛の溶出量が増加する傾向が示されている。
- 硫黄含有量と土壤の pH の関係では、硫黄含有量が 6000ppm 以上となる場合に土壤の pH が酸性を示す傾向にある（図 3-4 参照）。

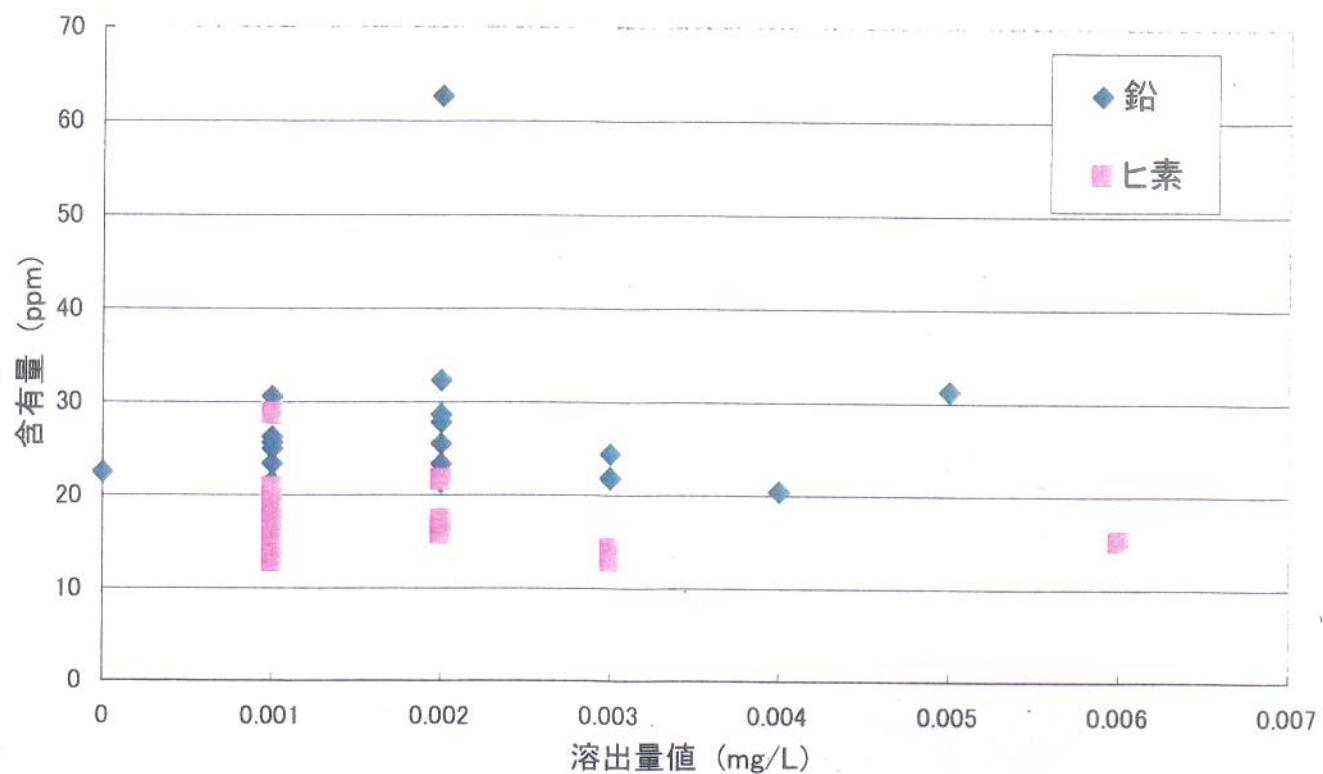


図 3-1 溶出量と含有量の関係

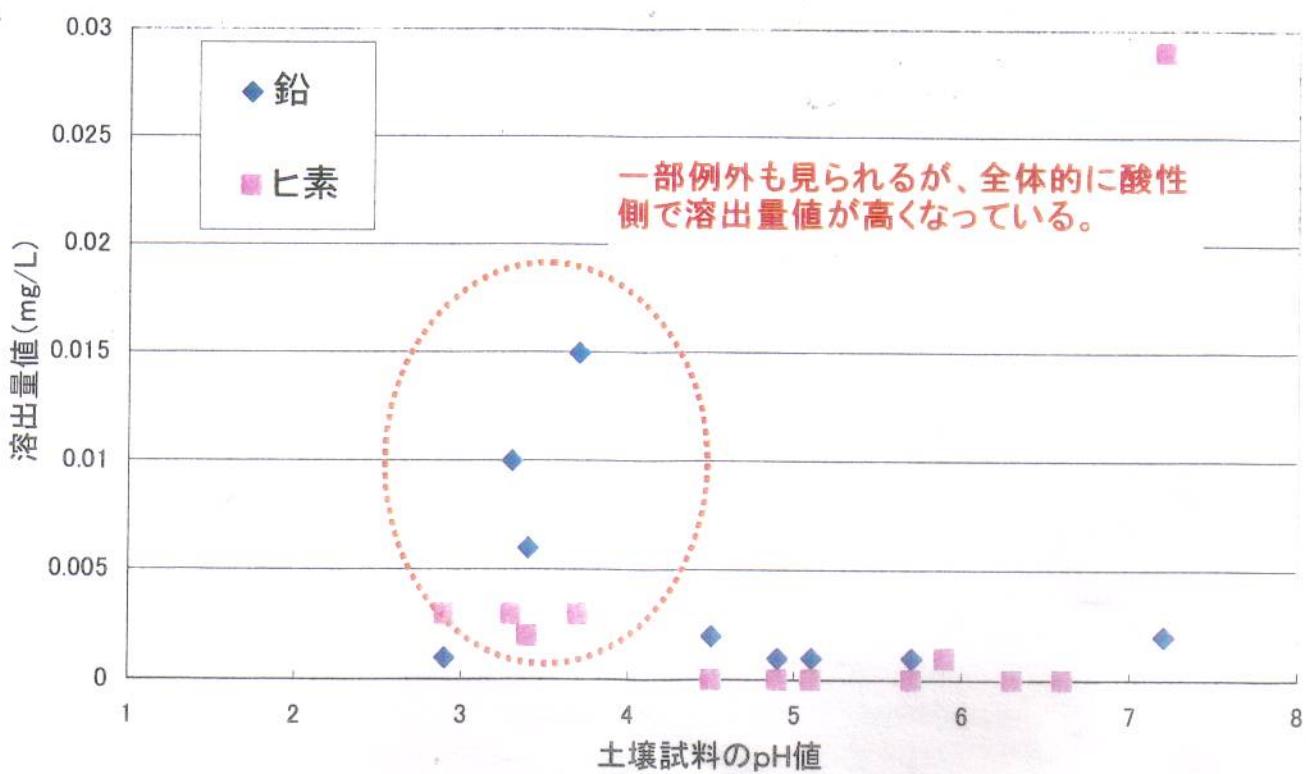
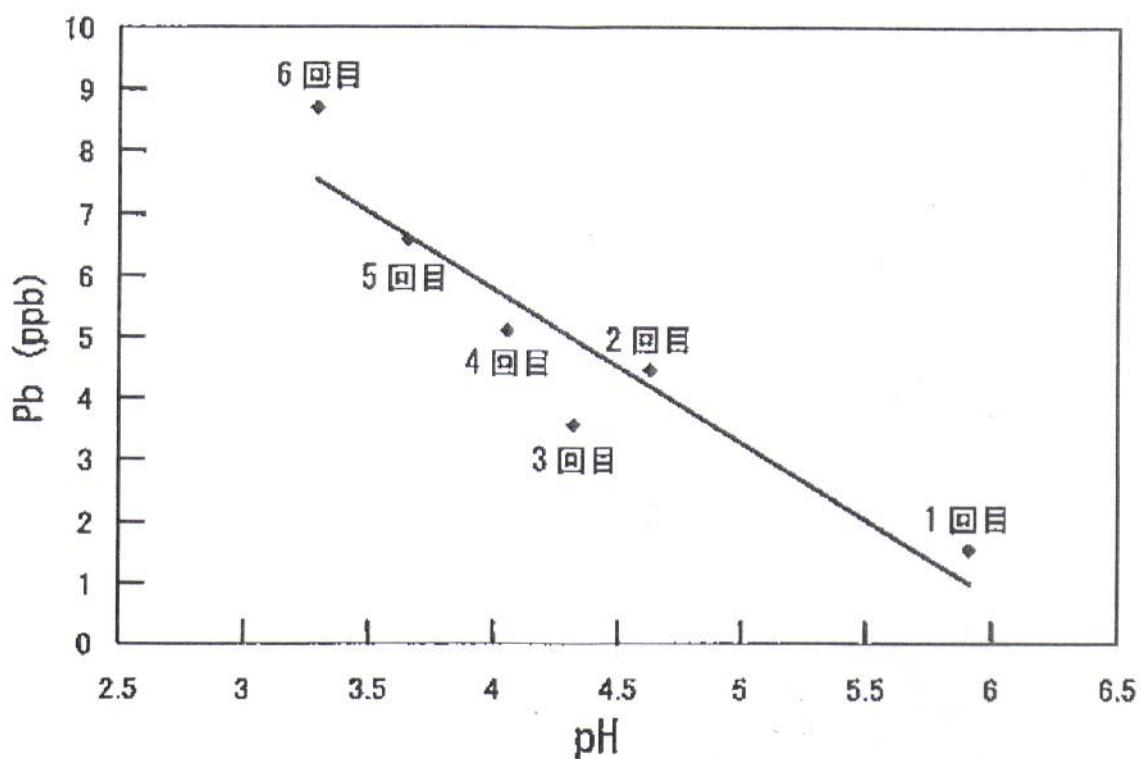


図 3-2 pH と溶出量試験結果の関係



第5図 布志名層泥岩試料(Fj-2)のスレーキング試験におけるpHの変化と溶出したPb量.

図3-3 文献「山陰地域の第三期海成層のスレーキングに伴う硫酸酸性度の形成とPbの溶出」

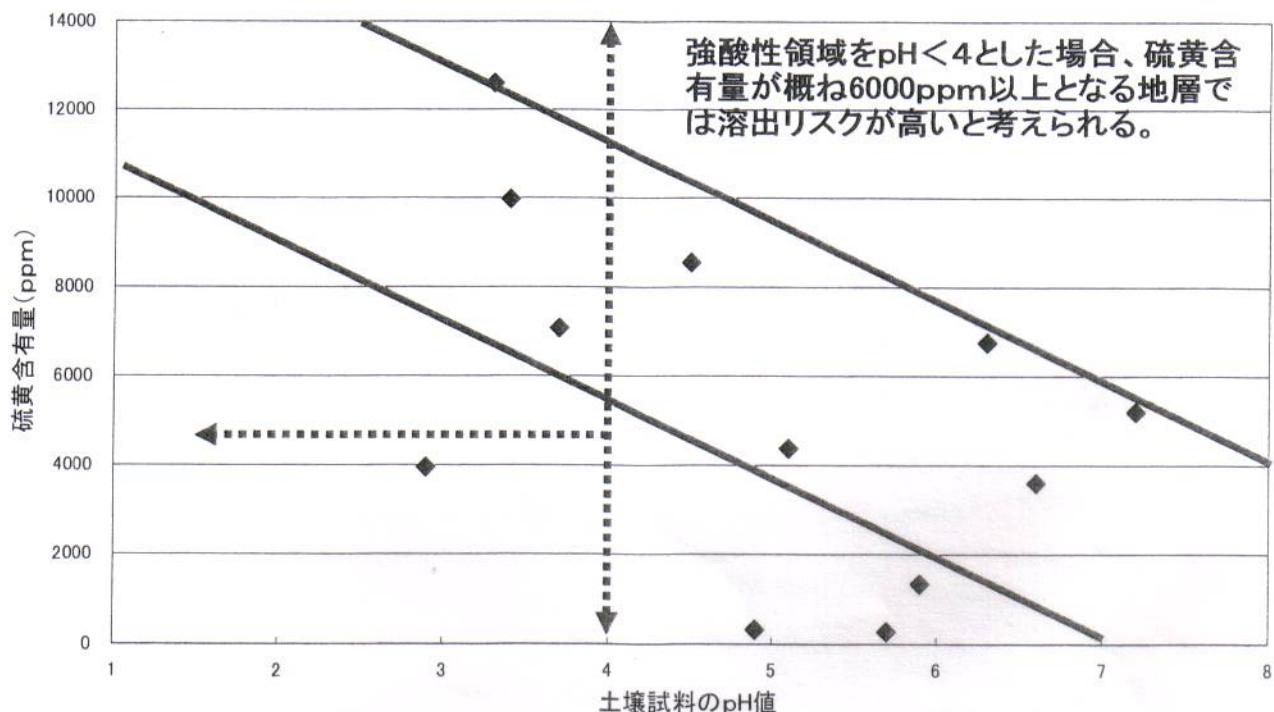


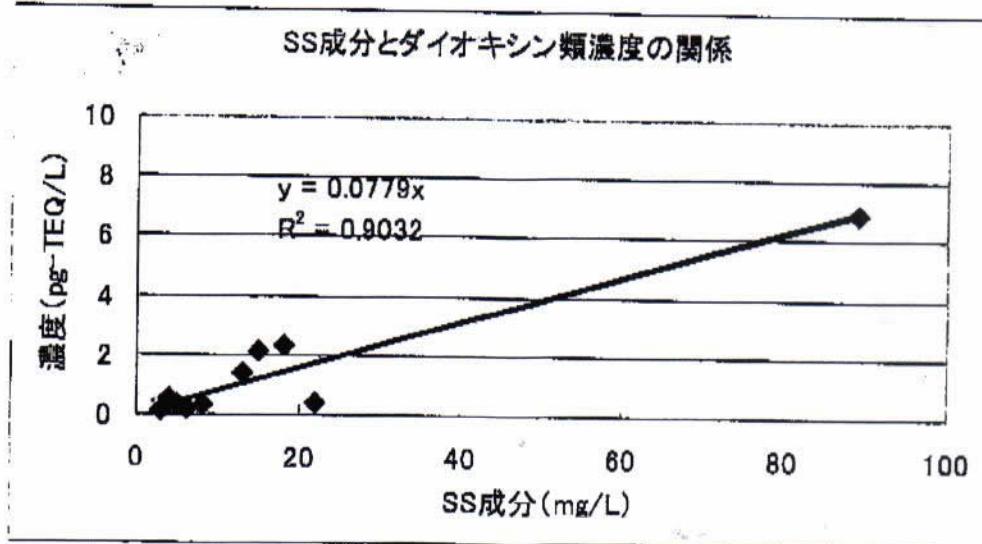
図3-4 硫黄成分含有量とpHの関係

ダイオキシン類調査結果に基づく対応方針

【調査概要】

- 既往調査結果において水質基準値を超過した3箇所において再度採水し、分析を実施。
- 基準値超過の原因は、分析時に混入した濁水成分（土粒子成分）に付着したダイオキシン類を測定したため、水質基準値である1 pg-TEQ/Lを超過したと推察。
- 原因を検証するため、再度採水した水のろ過前後の分析を実施して比較した結果、ろ過前では水質基準値を超過したが、ろ過後では水質基準値未満の結果を得た。

【結果の考察】



既往調査結果と再調査結果の相関図

地点番号	濁り成分 室内SS(mg/L)	ダイオキシン類(pg-TEQ/L)	
		ろ過前	ろ過後
SR-1	15	2.1	0.24
SR-2	18	2.3	0.038
SR-5	4	0.5	0.022

- ろ過前の分析結果のうち SR-1、2 は、水質基準値 (1.0 pg-TEQ/L) を超過している。
- ろ過前の分析結果は、すべて排水基準値 (10 pg-TEQ/L) 未満の値である。
- ろ過後の分析結果は、すべて水質基準値未満となっている。
- 濁水成分の最大値は、18 mg/L であり、その際の分析値が 2.3 pg-TEQ/L であることから、2.3 は 18 mg に含まれるダイオキシン類と見なすことが出来る。
- 濁水成分を土壤とした場合、 $2.3 \text{ pg} \div 0.018 \text{ g} = 127.8 \text{ pg-TEQ/g}$ と計算できる。
- 水中における底質の基準値である 150 pg-TEQ/L に比べ濁水成分を土壤としたときのダイ

オキシン類の含有量は小さい値である。なお、SR-2、SR-5についても同様な計算を実施した結果、SR-2 (140 pg-TEQ/g)、SR-5 (125 pg-TEQ/g) とも底質基準値未満の結果を得ている。

【施工時の対応】

- ・ SS 成分とダイオキシン類濃度の関係における回帰式から想定して、排水基準値以下となる SS 成分は、 $10 \div 0.0779 = 128\text{mg/L}$ である。
- ・ 施工で発生する余剰水は、SS 又は濁度を指標として管理することが望ましい。この場合、128mg/L 以上であれば、排水基準値を超過する可能性があるため、その約 8 割である 100mg/L を管理基準値として設定する。
- ・ 事業対象区域の既往調査結果ではダイオキシン類は 7.3~8.7pg-TEQ/g であり、基準値 (1,000 pg-TEQ/g) 未満であることが確認されており、ダイオキシン類除去を目的とした大規模な濁水処理プラントを設置するのではなく、調整池における自然沈降方式による濁水処理とする。
- ・ 濁水処理の状況を監視するため、調整池から放流前の段階で濁度の常時監視およびダイオキシン類の定期監視を実施する。なお、調整池からの放流は、上澄み水を対象とする。
- ・ 定期監視は、 $\text{SS} \leq 100\text{mg/L}$ 以下の放流水に対して 4 ヶ月に 1 回程度の頻度で、公定法による水質分析を実施する。

【河川水の水質分析事例：佐賀県環境センター所報 第 18 号 (2006)】

- ・ 干潮河川の水質分析と採水時期の検討事例であり、大潮時の分析結果で 2.3~330 pg-TEQ/L が確認されている。
- ・ 略過した後の分析結果では、水質基準値未満の値を確認している。
- ・ 水質基準値を超過した原因は、底質の巻上げ混入によるものと推察し、採水時に十分注意することが今後の対応として記載されている。
- ・ 以上から、本件においても基本的に土粒子成分が基準値超過の要因であることは明白であり、濁水を適切に処理することで施工時の対応とすることが有効である。
- ・ 本件の水質分析結果について、仮に底質としての評価をした場合、SS から計算されるダイオキシン類含有量は底質の基準値 (150pg-TEQ/g) 未満の値であり、周辺環境への負荷は問題ないと推察される。
- ・ 建設工事で発生する濁水は、工場排水と同様な位置付けとし、排水基準値で管理する方針とする。

以上