

図 4.2③-1.2.3 作業場所(エリア選定時)写真



図 4.2③-1.2.4 作業場所(準備完了時)写真

4.2③-1.3 分析結果

4.2③-1.3.1 受領サンプル外観

サンプル採取場所と受領したサンプルの外観写真を図 4.2③-1.3.1 に示した。各サンプルの観察結果を以下に示す。ここでは、残水エリアのサンプルであるスラッジ C, D についても合わせて記載する。

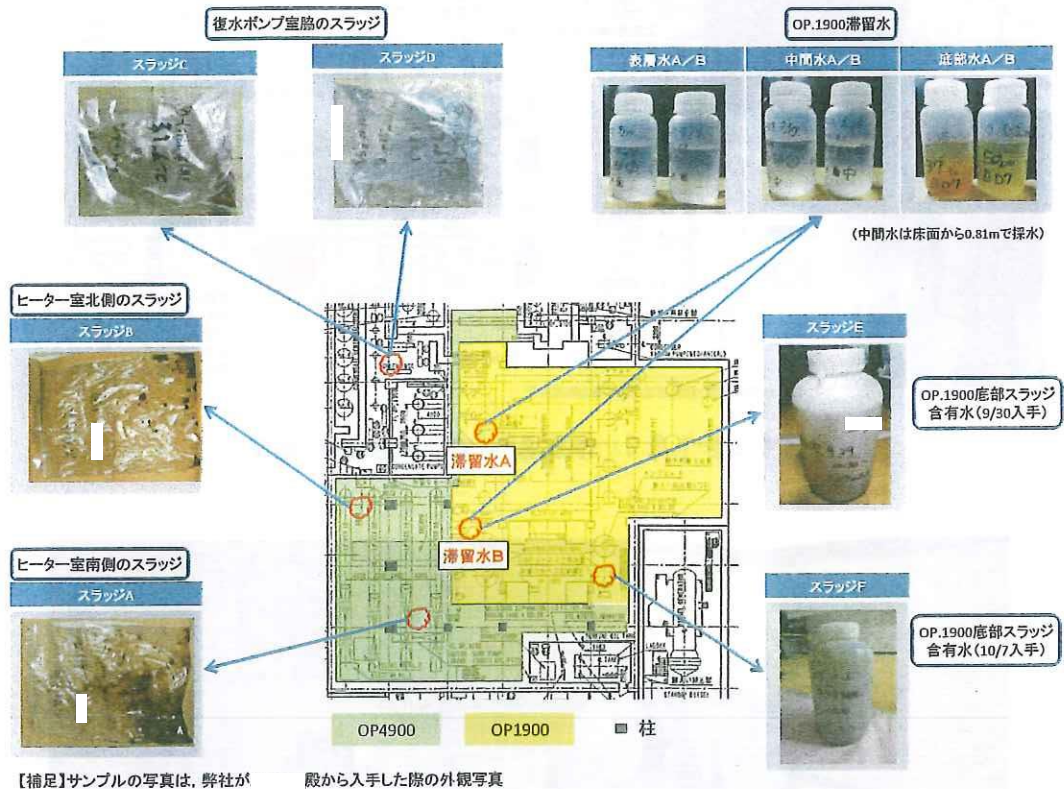


図 4.2③-1.3.1 サンプル採取場所と受領サンプルの外観写真

(1) OP.4900 スラッジ (スラッジ A, スラッジ B)

H27/9/8 に採取, 同 9/10 に受領した。入手した状態の写真を図 4.2③-1.3.2 に, スラッジを採取して乾燥機で乾燥させたものを図 4.2③-1.3.3 に示した。各サンプルの観察結果を以下に示した。また, 採取量等のデータを表 4.2③-1.3.1 に示した。

【スラッジ A】

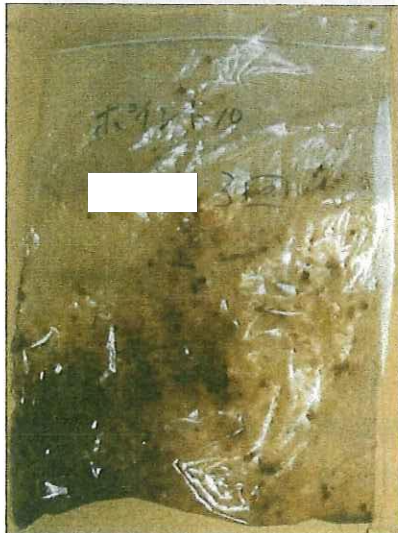
- ・水分が多い試料（水の中にスラッジが混ざっているという感じ）であった。
- ・共存する水の表面に油膜のようなものが見られた。
- ・スラッジは小さな粒子が固着して塊状になっているように見えた。
- ・薬さじでスラッジのみを採取し含水率を測定した。結果は 30.0～40.6%であり, 平

均値は 34.3% (標準偏差 3.9%) となった。

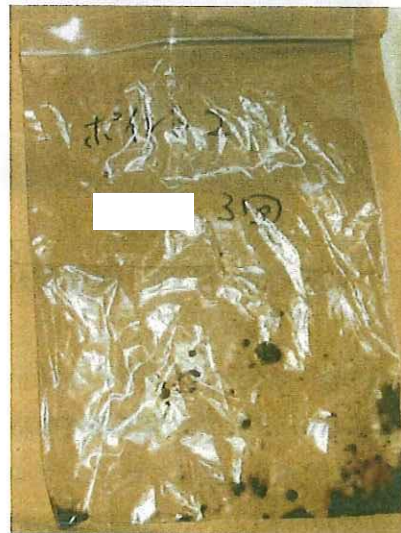
- ・ 乾燥後のスラッジは黒っぽい塊状になった。
- ・ 乾燥後も粘性が高く、スプーンで突いても崩れなかった。
- ・ 乾燥後のスラッジを水中に懸濁しても粒子は壊れなかった。
- ・ 水になじみにくい (分散しない) スラッジであった (図 4.2③-1.3.4)。
- ・ サンプル採取量は 8.65 g で、表面線量率 (γ) は 0.80 mSv/h であった。

【スラッジ B】

- ・ スラッジ A よりは水分が少ない状態で採取されていた。
- ・ スラッジそのものは粘土のように固まった状態であった。
- ・ 葉さじでスラッジのみを採取し含水率を測定した。結果は 52.3~53.6%であり、平均値は 53.2% (標準偏差 0.5%) となった。
- ・ 乾燥後のスラッジは白っぽい塊状になった。
- ・ 乾燥後の試料は崩れやすく、水中で容易に分散した (図 4.2③-1.3.4)。
- ・ サンプル採取量は 3.05 g で、表面線量率 (γ) は 1.70mSv/h であり、スラッジ A よりも高い値を示した。
- ・ 表面線量率 (β) はスラッジ A が 12.2mSv/h, スラッジ B が 13.3mSv/h とほぼ同等の値を示した (ただし、単位スラッジ重量当たりの値は異なる)。



【スラッジ A】



【スラッジ B】

図 4.2③-1.3.2 OP.4900 スラッジの入手状態写真



【スラッジA】



【スラッジB】

図 4.2③-1.3.3 OP.4900 スラッジの乾燥後の写真

表 4.2③-1.3.1 OP.4900 スラッジ（受領時）の測定結果

サンプル名	スA					スB				
採取量(g)	8.65					3.05				
採取面積(cm ²)	300					300				
回収率(%)	100					100				
表面線量率(β)	12.2 mSv/h					13.3 mSv/h				
表面線量率(γ)	0.80 mSv/h					1.70 mSv/h				
含水率(%)	30.0	35.1	40.6	30.4	35.3	53.1	52.3	53.6	53.6	53.6
含水率(平均%)	34.3					53.2				



【スラッジA】



【スラッジB】

図 4.2③-1.3.4 乾燥スラッジを水中に懸濁後、ろ過した状況

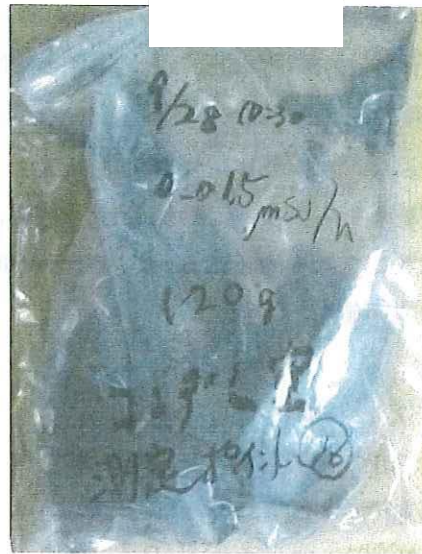
(2) OP.4900 スラッジ（スラッジC, スラッジD）

OP.4900 フロアの現場調査の結果、色合いの異なるスラッジが見つかったことから、H27/9/28に採取したサンプルを9/30に受領した。本サンプルは残水エリアのスラッジとして採取されたものである。

入手した状態の写真を図 4.2③-1.3.5 に、スラッジを採取して乾燥機で乾燥させたものを図 4.2③-1.3.6 に示した。各サンプルの観察結果を以下に示した。また、採取量等のデータを表 4.2③-1.3.2 に示した。

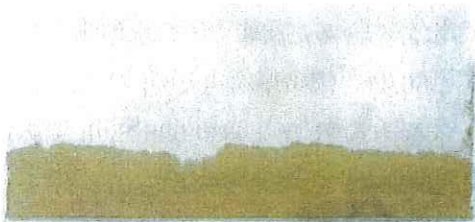


【スラッジ C】



【スラッジ D】

図 4.2③-1.3.5 OP.4900 スラッジの入手状態写真



【スラッジ C】



【スラッジ D】

図 4.2③-1.3.6 OP.4900 スラッジの乾燥後の写真

表 4.2③-1.3.2 OP4900 スラッジ（受領時）の測定結果

サンプル名	スC					スD				
採取量(g)	5					120				
採取面積(cm ²)	300					300				
回収率(%)	100					100				
表面線量率(β)	34.8 mSv/h					0.12 mSv/h				
表面線量率(γ)	0.18 mSv/h					0.02 mSv/h				
含水率(%)	22.9	22.6	21.9	22.3	21.0	61.3	60.9	60.5	58.9	58.7
含水率(平均%)	22.2					60.1				

【スラッジ C】

- ・ 赤～赤褐色をしており，一見すると鉄さびのように見える。

- ・乾燥しており、サラサラであった（塊でもなく、べちゃべちゃ感もなし）。
- ・秤量瓶に採取した印象は体積の割に軽いイメージ。
- ・水への分散性は良好で、水中に懸濁すると速やかに沈降した。
- ・葉さじでスラッジを採取し含水率を測定した。結果は 21.0～22.9%であり、平均値は 22.2%（標準偏差 0.7%）となった。
- ・乾燥後のスラッジは採取時と外観上の大きな違いは見られなかった。
- ・サンプル採取量は 5 g で、表面線量率（ γ ）は 0.18 mSv/h とスラッジ A, B より低い値を示した。

【スラッジ D】

- ・粘土を水で薄めたような外観であった。
- ・濡れている時は黒っぽい外観であったが、乾燥後は灰色でセメント粉末のような外観であった。
- ・小さな粒子が固着した状態で乾燥するが、その塊はスプーンで容易に破碎できた。
- ・ただし不定形に割れるため、粒径分布測定用には入手時の試料を使用した。
- ・水への分散性は良好であった。
- ・スラッジのみの採取は困難であり、周辺の水分を含んだ状態での含水率測定となった。結果は 58.7～61.3%であり、平均値は 60.1%（標準偏差 1.1%）となった。
- ・サンプル採取量は 120 g（水分含む）で、表面線量率（ γ ）は 0.02mSv/h であり、非常に低い値を示した（放射性物質の混入は少ないと考えられる）。
- ・表面線量率（ β ）はスラッジ C が 34.8mSv/h と非常に高く、スラッジ D は 0.12mSv/h と非常に低い、両極端な性状であった（スラッジ C はスラッジ A, B の 2 倍の値、スラッジ D は同 1/10 の値）。

(3) OP.1900 スラッジ（スラッジ E, スラッジ F）

H27/9/29 に採取、同 9/30 にスラッジ E を、H27/10/6 に採取、同 10/7 にスラッジ F のサンプルを受領した。どちらのサンプルも、5 L ポリビンで受け取った。入手した状態の写真を図 4.2③-1.3.7 に、分析のための前処理として実施した濃縮後の写真を図 4.2③-1.3.8 に示した。各サンプルの観察結果を以下に示した。また、採取量等のデータを表 4.2③-1.3.3 に示した。

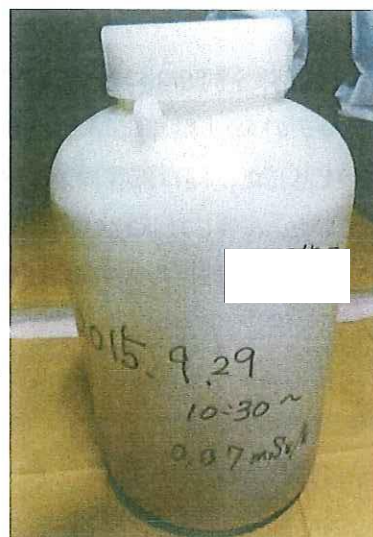
【スラッジ E】

- ・5 L 容器の底にスラッジが少量回収されていた。
- ・そのままでは取り扱い困難なため、デカンタにより 250ml に濃縮した。
- ・スラッジの大部分はすぐに底に沈んでおり、重い粒子であると推測された。

- ・スラッジ中には、砂粒、鉄さびのような赤い粒子、その他の粒子、が混在しているように見えた。
- ・乾燥後は泥水が干上がったようなひび割れ状態になった。
- ・5L 容器側面の表面線量率 (γ) は 0.03mSv/h, 底部は 0.05 mSv/h であった。
- ・濃縮後の固形物濃度 (SS) は 3200mg/L で、回収スラッジ量は 0.79g となったが、重い粒子が多く、SS 測定用のサンプル (固形物) を均一に採取するのが困難であったため、測定結果はかなり小さい値を示した。そこで、スラッジ E の固形物量 (SS) は、粒径分布測定結果を用いて評価した。

【スラッジ F】

- ・5L 容器の底にスラッジが少量回収されていた。
- ・そのままでは取り扱い困難なため、デカンタにより 295ml に濃縮した。
- ・スラッジ E と比較して粒子の沈降性が悪く、濃縮率が低くなった。
- ・スラッジは、ほぼ均一な粒子で構成されているように見えた。
- ・乾燥後のスラッジは採取時と外観上の大きな違いは見られなかった。
- ・5L 容器側面の表面線量率 (γ) は 0.056mSv/h, 底部は 0.14 mSv/h で、スラッジ E よりも高い値であった。
- ・濃縮後の固形物濃度 (SS) は 6800mg/L で、回収スラッジ量は 2.00g であった。



【スラッジ E】



【スラッジ F】

図 4.2③-1.3.7 OP.1900 スラッジの入手状態写真



【スラッジ E】



【スラッジ F】

図 4.2③-1.3.8 OP.1900 スラッジ濃縮後の写真

表 4.2③-1.3.3 OP1900 スラッジ（受領時）の測定結果

サンプル名	スE	スF
採取量(L)	5.0	5.0
採取面積(cm ²)	59.28	59.28
回収率(%)	51.43	51.43
表面線量率(β)	0.030 mSv/h (底部: 0.20)	0.18 mSv/h (底部: 0.46)
表面線量率(γ)	0.030 mSv/h (底部: 0.05)	0.056 mSv/h (底部: 0.14)
濃縮量(ml)	250	295
濃縮液SS(mg/L)	3172	6770
スラッジ量(g)	0.79	2.00

(4) OP.1900 滞留水

H27/9/16～9/17 に採取したサンプル 6 検体を同 9/30 にまとめて受領した。サンプルは 250ml 容量のポリビンに 175ml 入っていた。開口部③より採取したサンプルを A、開口部④より採取したサンプルを B とした。開口部③のサンプルは 9/17 に、開口部④のサンプルは 9/16 に採取されていた。入手した状態の写真を図 4.2③-1.3.9 に、採取量等のデータを表 4.2③-1.3.4 に示した。各サンプルの観察結果を以下に示した。

【表層水 A/B】

- ・ 無色透明で表面での油膜の存在も確認できなかった。
- ・ 表層水 A と表層水 B に外観上の違いは見られなかった。

【中間水 A/B】

- ・ 無色透明で表面での油膜の存在も確認できなかった。
- ・ 中間水 A と中間水 B に外観上の違いは見られなかった。

【底部水 A/B】

- ・外観上は褐色に着色しており、底部にスラッジが確認された。
- ・ろ過によりスラッジを取り除いた水は無色透明であった。
- ・底部水 A と底部水 B に外観上の違いは見られなかった。

全サンプルにおいて、表面線量率 (γ) は 0.016~0.02mSv/h であったが、この値はバックグラウンド相当の線量であった。



【表層水 A/B】

【中間水 A/B】

【底部水 A/B】

図 4.2③-1.3.9 入手サンプルの外観写真 (OP.1900 滞留水)

表 4.2③-1.3.4 OP.1900 滞留水 (受領時) の測定結果

サンプル名	単位	OP1900表層水		OP1900中間水		OP1900底層水	
サンプルNo.		③ 表A	④ 表B	⑤ 中A	⑥ 中B	① 底A	② 底B
採取日		9月17日	9月16日	9月17日	9月16日	9月17日	9月16日
受領日		9月30日	9月30日	9月30日	9月30日	9月30日	9月30日
表面線量率 (β)	mSv/h	0.10	0.13	0.10	0.064	0.034	0.055
表面線量率 (γ)	mSv/h	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

4.2③-1.3.2 OP.4900 スラッジ分析結果

(1) 含水率測定結果

OP.4900 スラッジ 2 検体の含水率測定結果は表 4.2③-1.3.1 (スラッジ A, スラッジ B) の通りであるが, 性状比較のため 4.2③-2 章に記載した残水エリアのスラッジ (スラッジ C, スラッジ D) の結果も含め表 4.2③-1.3.5 にまとめた。

その結果, OP.4900 スラッジの含水率について以下のことがわかった。

- ・スラッジ C 以外はウェットな状態のサンプルで受領した。
- ・含水率の測定は, 可能な限りスラッジのみを回収して乾燥させたが, スラッジ B, スラッジ D の含水率が高く, 水分の影響があったものと考えられる。
- ・含水率は最大でも 60% であることから生物由来の固形物ではないと考えられる (生物由来であれば含水率は 80% 以上となる)。
- ・含水率だけでは判断できないが, サンプル毎に固形物の性状は異なっており, いろんな物質が混在あるいは偏在していると考えられる。

表 4. 2③-1. 3. 5 OP. 4900 スラッジの含水率測定結果

サンプル名	平均含水率(%)	標準偏差(%)
ス A	34.3	3.9
ス B	53.2	0.5
ス C	22.2	0.7
ス D	60.1	1.1

(2) 粒径分布測定結果 (重量および放射能)

OP.4900 スラッジ 2 検体 (スラッジ A, スラッジ B) の粒径分布測定結果を表 4.2 ③-1.3.6, 図 4.2③-1.3.10~図 4.2③-1.3.12 に, ろ紙上に捕捉された各粒子の外観写真を図 4.2③-1.3.13 に示した。

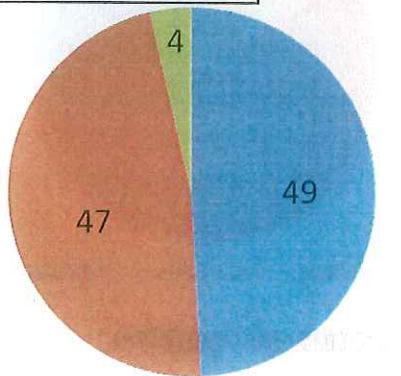
放射能分析用試料は, 粒径分布測定用の各試料から 0.1ml を分取, 純水 100ml に希釈混合した後, 0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過し, ろ紙上に均一に粒子を分散させたものを調製して提供した。

表 4.2③-1.3.6 OP. 4900 スラッジの粒径分布測定結果

		スラッジA			スラッジB		
粒径(フィルタ径)		300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm
重量 (mg)		64.1	61.6	4.8	36.8	120.3	13.0
重量比率 (%)		49	47	4	22	70	8
表面線量率 (mSv/h)	β	3.47	8.25	1.48	8.44	29.8	5.97
	γ	0.03	0.05	0.02	0.07	0.16	0.04
全α (Bq/cm ³) (※1)		< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01
全β (Bq/cm ³) (※1)		1.953E+03	2.041E+03	1.194E+03	4.682E+03	9.469E+03	3.819E+03
全γ (Bq/cm ³) (※1)		2.218E+03	2.826E+03	1.079E+03	5.621E+03	1.225E+04	3.296E+03
Cs-134 (Bq/cm ³) (※1)		4.073E+02	5.222E+02	1.819E+02	1.077E+03	2.326E+03	6.273E+02
Cs-137 (Bq/cm ³) (※1)		1.811E+03	2.304E+03	8.967E+02	4.544E+03	9.924E+03	2.669E+03
Co-60γ (Bq/cm ³) (※1)		<1.642E+01	<1.642E+01	<1.461E+01	<1.928E+01	<1.642E+01	<1.461E+01

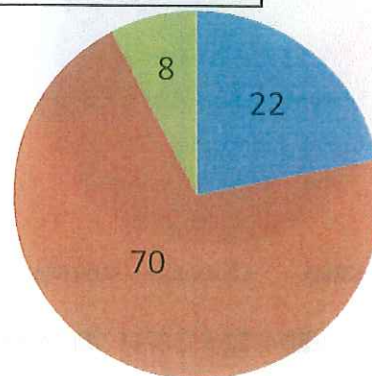
(※1) 130.5mg (スラッジ A), 170.1mg (スラッジ B) を水 (110ml) に懸濁した液の 0.1ml 分をろ過したフィルター上の放射能を測定し, 1ml 当たりの値に換算したもの。

スラッジA 重量分布



■ >300μm ■ 20-300μm ■ 0.45-20μm

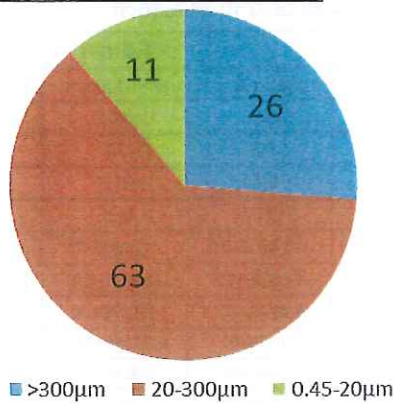
スラッジB 重量分布



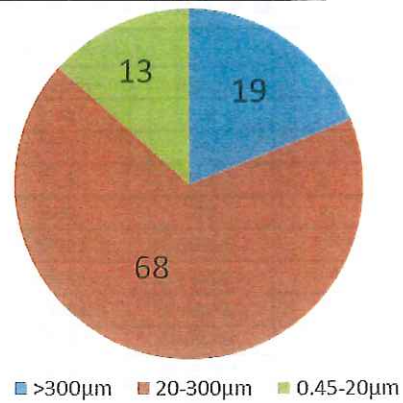
■ >300μm ■ 20-300μm ■ 0.45-20μm

図 4.2③-1.3.10 OP. 4900 スラッジの粒径分布 (重量%)

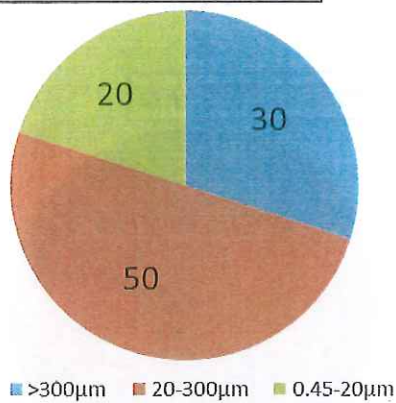
スラッジA 線量率分布(β)



スラッジB 線量率分布(β)



スラッジA 線量率分布(γ)



スラッジB 線量率分布(γ)

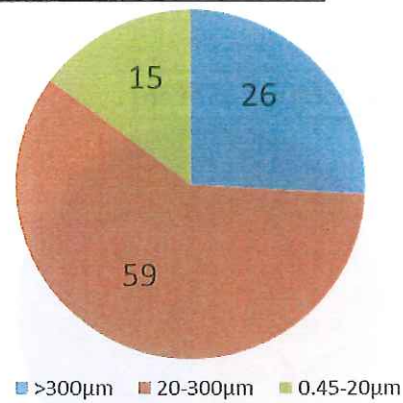
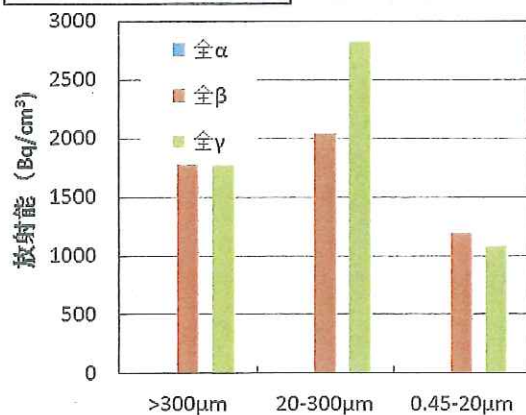


図 4. 2③-1. 3. 11 OP. 4900 スラッジの粒径分布 (線量率%)

スラッジA 放射能分布



スラッジB 放射能分布

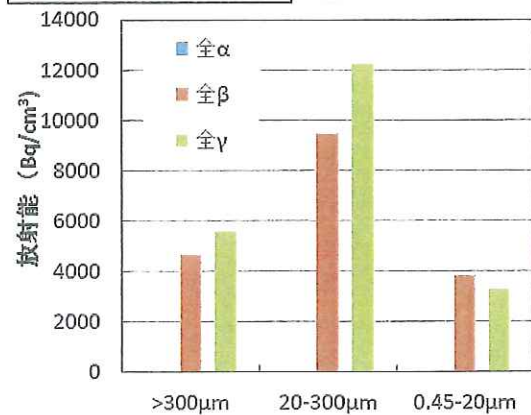


図 4. 2③-1. 3. 12 OP. 4900 スラッジの粒径分布 (放射能)

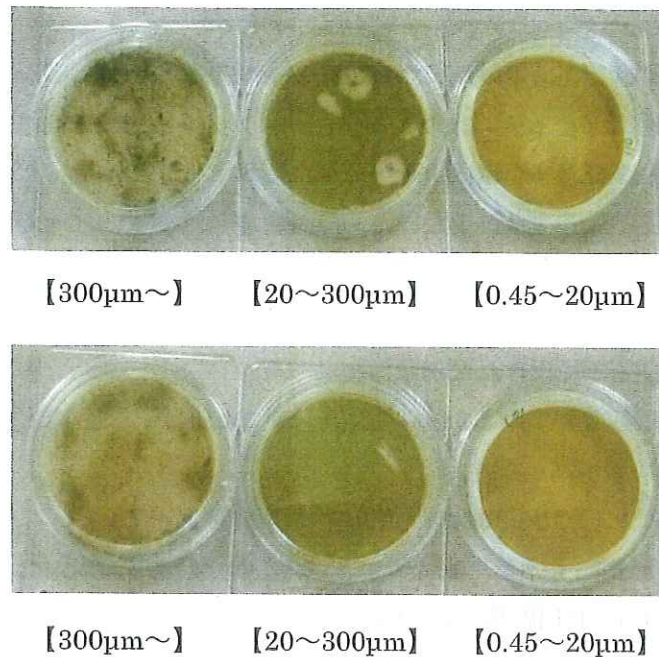


図 4.2③-1.3.13 OP. 4900 スラッジの外観（上：スラッジ A, 下：スラッジ B）

粒径分布測定結果から以下のことがわかった。

【重量】

- ・スラッジ A は $300\mu\text{m}$ 以上, $20\sim300\mu\text{m}$ の粒子がどちらも約 50% ずつ存在していた。
- ・スラッジ B は $20\sim300\mu\text{m}$ の粒子が 70% 以上存在していた。
- ・ $20\mu\text{m}$ 以下の粒子の存在比率（重量比）は両者とも 10% 未満と少量ではあるが、存在していることを確認した。
- ・スラッジ A は粒径分布用に 278.2mg の乾燥スラッジ（含水率測定後のもの）を分取して使用したが、粒径分布測定時の合計重量は 130.5mg（表 4.2③-1.3.6 の各粒径重量の合算値）であり、回収率は 47% と低い値であった。これは、スラッジ A が塊状となっていたため、含水率測定時において塊内部の水分が完全に除去できていなかったことが考えられる。
- ・ $300\mu\text{m}$ フィルターで回収された粒子はフィルター上からこぼれ落ちやすい（粒子相互の付着が見られない）状態であった。
- ・分散後のスラッジ A の外観（図 4.2③-1.3.12 上）は、他のスラッジと類似しているように見えた。

【線量率】

- ・表面線量率は存在比率の高い 20～300 μm 粒子の値が最も高かった。
- ・線量率の比率 (β , γ) はスラッジ A, スラッジ B ではほぼ同じであった。
- ・各粒径の表面線量率を単位重量ベースに換算すると, 20 μm 以下の線量率が非常に高くなるが, 存在量が少ないため線量寄与率は小さいと考えられる。

【放射能】

- ・全試料で全 α は検出されなかった。
- ・スラッジの回収量が異なるため, 数値を単純に比較することはできないが, スラッジ B の放射能が高かった。
- ・また, 全体として 20～300 μm 粒子の放射能が高かった。
- ・0.45～20 μm 粒子は存在重量が小さいにもかかわらず (図 4.2③-1.3.10), 放射能は全体の 1/5～1/4 程度存在していた。
- ・ γ 核種は Cs134 と Cs137 で, Co60 は検出下限以下であった。

(3) 元素分析結果

OP.4900 スラッジについて鉄の有無を確認するため, 蛍光 X 線装置を用いて元素分析を行った。その結果を表 4.2③-1.3.7 に示した。スラッジ B には有意な量の鉄が含まれていることがわかった。また, 鉄以外の元素として, 銅, コバルト, マグネシウム, ニッケルが検出された。このうちマグネシウムは海水由来の成分であると考えられる。

表 4.2③-1.3.7 OP.4900 スラッジの元素分析結果

	スラッジA	スラッジB
採取場所	OP4900	OP4900
Fe (%) (※1)	1	10
その他元素 (※2)	Cu, Co, Mg	Cu, Co, Mg, Ni

(※1) 定性分析用にサンプルを調製したため正確なスラッジ採取量が不明。分析に供したスラッジ量を 10mg として計算。

(※2) 蛍光 X 線分析結果の出力シートに記載されていた元素の内, 分析結果が正の値となっているものを記載した。

4.2③-1.3.3 OP.1900 スラッジ分析結果

(1) 粒径分布測定結果（重量および放射能）

OP.1900 スラッジ 2 検体（スラッジ E, スラッジ F）の粒径分布測定結果を表 4.2③-1.3.8, 図 4.2③-1.3.14～図 4.2③-1.3.16 に、ろ紙上に捕捉された各粒子の外観写真を図 4.2③-1.3.17 に示した。

放射能分析用試料は、粒径分布測定用の各試料から 0.1ml を分取、純水 100ml に希釈混合した後、0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過し、ろ紙上に均一に粒子を分散させたものを調製して提供した。

表 4.2③-1.3.8 OP.1900 スラッジの粒径分布測定結果

		スラッジE (OP1900スラッジ含有水)			スラッジF (OP1900スラッジ含有水追加分)		
粒径(フィルタ径)		300 μ m以上	20～300 μ m	0.45～20 μ m	300 μ m以上	20～300 μ m	0.45～20 μ m
重量 (mg)		2980	156	1.5	7.4	362	6.6
重量比率 (%)		95	5	0	2	96	2
表面線量率 (mSv/h)	β	0.44	4.75	0.12	0.40	8.35	0.39
	γ (※1)	0.020	0.050	0.012	0.018	0.150	0.015
全 α (Bq/cm ³) (※2)		<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<4.063E-01	<4.063E-01	<4.063E-1
全 β (Bq/cm ³) (※2)		1.687E+03	6.060E+03	1.774E+02	6.676E+03	1.420E+04	3.019E+03
全 γ (Bq/cm ³) (※2)		1.857E+03	6.300E+03	1.112E+02	7.749E+03	1.744E+04	2.555E+03
Cs-134(Bq/cm ³) (※2)		3.565E+02	1.159E+03	2.294E+01	1.426E+03	3.163E+03	4.791E+02
Cs-137(Bq/cm ³) (※2)		1.500E+03	5.141E+03	8.828E+01	6.324E+03	1.427E+04	2.076E+03
Co-60(Bq/cm ³) (※2)		<1.232E+01	<1.033E+01	<1.200E+01	<1.111E+01	<1.188E+01	<1.259E+01

(※1) 作業場所の環境線量は 0.012mSv/h

(※2) 殿から入手したスラッジ水（5 L）を 250ml（スラッジ E）、295ml（スラッジ F）に減容した試料の 1ml 当たりの濃度。

(注) スラッジ E の 0.45～20 μ m の重量比率は 0.05%（参考値）であった。

粒径分布測定結果から以下のことがわかった。

【重量】

- ・スラッジ E は 95%が 300 μ m 以上の粒子で、他のスラッジとは大きく性状が異なっていた。
- ・スラッジ E 採取場所の近傍に循環水用の水中ポンプが設置されているとのことであり、小粒径の粒子はポンプで吸引されて存在量が減少していた可能性がある。
- ・スラッジ F は他のスラッジと分布傾向は類似しているが、20～300 μ m の粒子が 96%と極端に高い値を示した。
- ・20 μ m 以下の粒子の存在比率（重量比）は、スラッジ E は 1%未満、スラッジ F は 1.8%と非常に低い値であった。

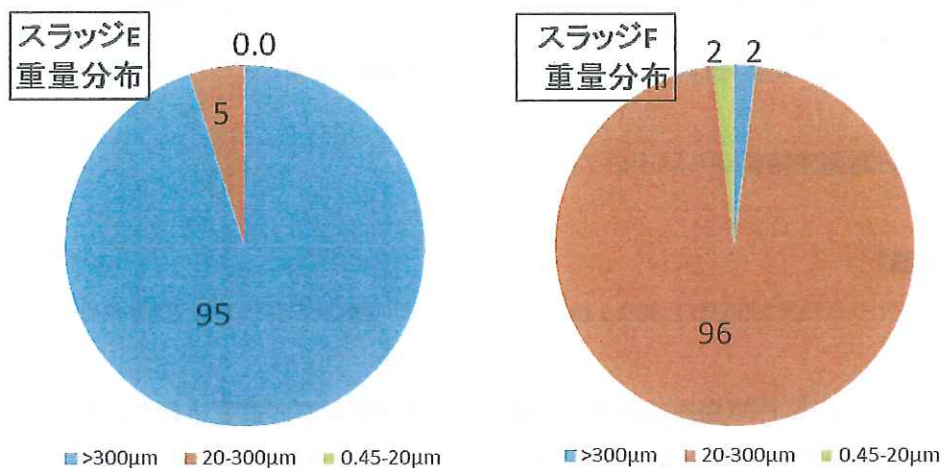
- ・スラッジ E の 300 μm フィルターで回収された粒子は他のスラッジで回収された粒子よりも大きく、砂粒のように見えた。

【線量率】

- ・表面線量率は重量ベースの存在比率に関係なく、20～300 μm 粒子が 90%を占めた。
- ・他のスラッジと同様に 20～300 μm の粒子が高い放射能を有しており、線量寄与も高いと考えられる。
- ・線量率の比率 (β , γ) は 300 μm 以上および 0.45～20 μm で β 線に比べ、 γ 線の比率が高い傾向を示した。
- ・スラッジ E の 300 μm 以上の粒子は単位重量当たりの線量率は低いことがわかった。

【放射能】

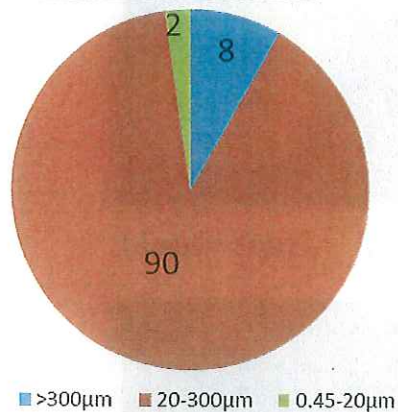
- ・OP.4900 スラッジと同様、全 α は検出されなかった。
- ・スラッジ E に比べ、スラッジ F の放射能が非常に高かった。
- ・また、どちらのスラッジも 20～300 μm 粒子の放射能が高かった。
- ・スラッジ E の 0.45～20 μm 粒子は重量ベースでは 1%未満であったが、放射能が検出されており、少量ながら存在していることを確認した。
- ・ γ 核種は Cs134 と Cs137 で、Co60 は検出下限以下であった。



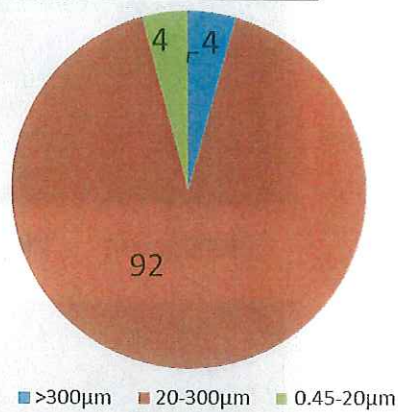
注) スラッジ E の 0.45-20 μm の比率は 0.05% (参考値) であった。

図 4.2③-1.3.14 OP.1900 スラッジの粒径分布 (重量%)

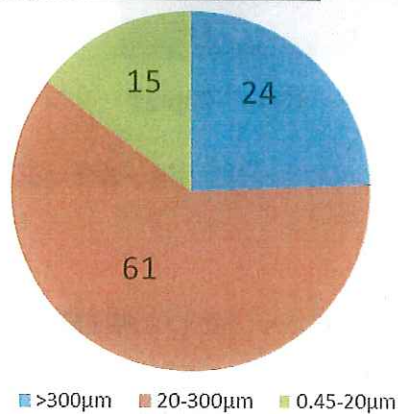
スラッジE 線量率分布(β)



スラッジF 線量率分布(β)



スラッジE 線量率分布(γ)



スラッジF 線量率分布(γ)

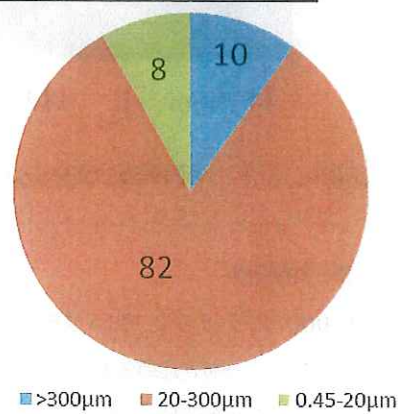
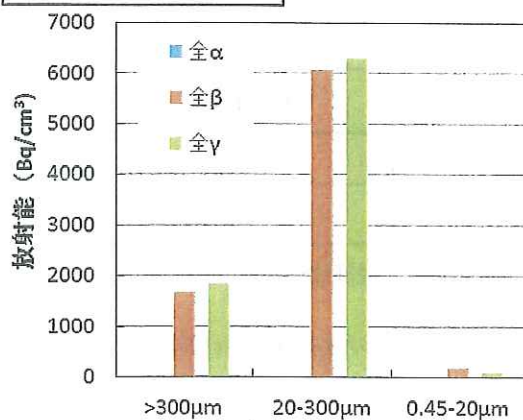


図 4. 2③-1. 3. 15 OP. 1900 スラッジの粒径分布 (線量率%)

スラッジE 放射能分布



スラッジF 放射能分布

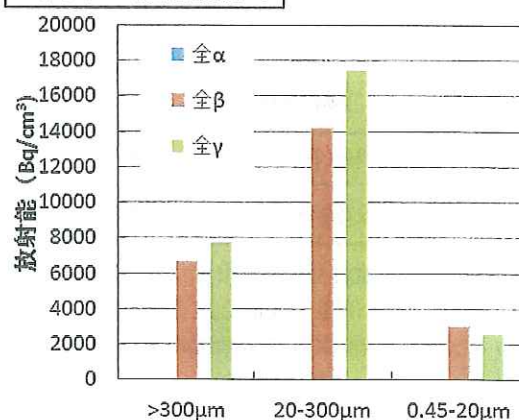


図 4. 2③-1. 3. 16 OP. 1900 スラッジの粒径分布 (放射能)

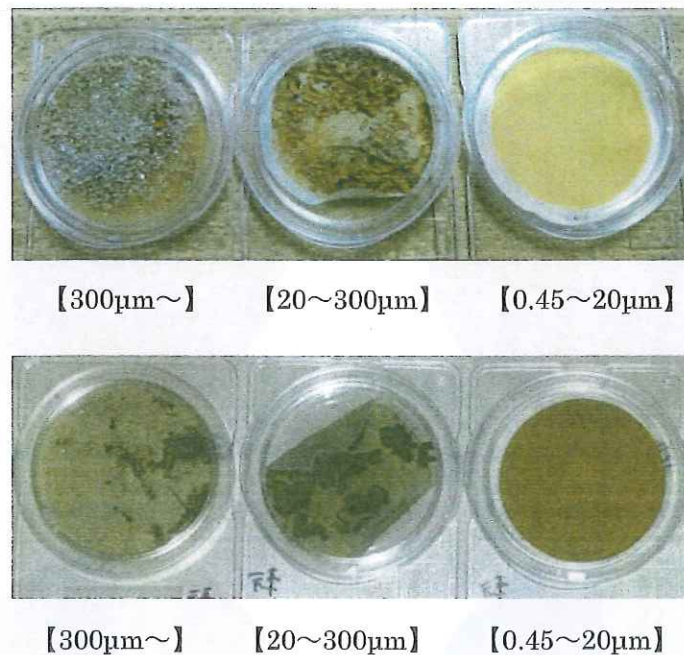


図 4.2③-1.3.17 OP1900 スラッジの外観（上：スラッジE, 下：スラッジF）

(2) 元素分析結果

OP.1900 スラッジについて鉄の有無を確認するため、蛍光 X 線装置を用いて元素分析を行った。その結果を表 4.2③-1.3.9 に示した。

スラッジ E の鉄濃度が最も高く、35%を占めた。また、鉄以外の元素として、銅、コバルト、マグネシウム、ニッケル、クロムが検出された。このうちマグネシウムは海水由来の成分であると考えられる。

表 4.2③-1.3.9 OP. 1900 スラッジの元素分析結果

	スラッジE	スラッジF
採取場所	OP1900	OP1900
Fe (%) (※1)	35	12
その他元素 (※2)	Cu、Co、Mg、Ni、Cr	Cu、Co、Mg

(※1) 定性分析用にサンプルを調製したため正確なスラッジ採取量が不明。分析に供したスラッジ量を 10mg として計算。

(※2) 蛍光 X 線分析結果の出力シートに記載されていた元素の内、分析結果が正の値となっているものを記載した。

4.2③-1.3.4 水試料の分析結果 (OP.1900 滞留水)

(1) 密度・粘度・電気伝導度

OP.1900 滞留水の密度、動粘度、電気伝導度の測定結果を表 4.2③-1.3.10 に示した。結果をまとめると次の通りである。

- ・表層、中層、底層の全ての試料において、密度および動粘度は清水と同等であることを確認した。
- ・底部水は着色しているように見えたが、メンブレンフィルターのろ液は無色透明であり、底部に堆積したスラッジの色の影響であった。
- ・電気伝導度は約 8mS/cm であった。海水（塩濃度 3%）の電気伝導度が約 45mS/cm であることから、本滞留水は海水の 1/6 程度の塩（約 0.5%）が含まれていると推測される。これは塩化物イオン(Cl-)濃度として 3000mg/L 相当となる。

4. 2③-1. 3. 10 OP. 1900 滞留水 水質分析結果

測定項目		表A	表B	中A	中B	底A	底B
電気伝導度(EC)	mS/cm	7.83	7.93	8.02	7.98	8.12	8.03
密度	g/cm ³	0.998	0.998	0.997	0.997	0.998	0.998
動粘度	mPa・s	1.00	1.01	1.03	1.00	1.02	1.00

(2) pH, 油分, カルシウム, SS

表 4.2③-1.3.11 に pH 等の測定結果を示した。結果をまとめると次の通りである。

4. 2③-1. 3. 11 OP1900 滞留水 水質分析結果

測定項目		表A	表B	中A	中B	底A	底B
pH	—	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	6.9
ORP	mV	264	256	250	241	234	240
油分	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ca	mg/L	220	240	260	300	300	325
SS	mg/L	<2	<2	<2	<2	249	138

- ・全ての試料において、SS 以外の測定値に大きな差は見られなかった。底部水は堆積しているスラッジと一緒に採取したため、SS 濃度が大きな値を示した。
- ・ORP（酸化還元電位）は+200mV 以上であり、問題ないレベルであると考ええる。
- ・滞留水の油分濃度は 1mg/L 未満であり、汚染水処理設備へ移送可能な濃度レベルであると考ええる。

- ・カルシウム濃度は 220～325mg/L であった。ALPS の受入れ基準値は 100mg/L なので、本滞留水を処理する場合は、他の汚染水と混合するなどのコンディショニングを行うなど、運用面での工夫が必要と考える。
- ・密度および動粘度は清水と同等であることを確認した。

(3) 放射能

滞留水の放射能分析結果を表 4.2③-1.3.12（フィルター捕捉物）～表 4.2③-1.3.13（フィルターろ液）に示した。

結果は次の通りである。

【フィルター捕捉物】

- ・表層水、中間水の放射能はほぼ同じであるが、スラッジを含む底部水はスラッジが補足されたため高い値を示した。
- ・滞留水捕捉物中の放射性物質（ガンマ核種）は Cs-137 がメインであり、Cs-134 は検出下限付近、Co-60 は検出下限以下であった。
- ・全 α は検出下限以下であった。

【フィルターろ液】

- ・ろ液の放射能濃度は各層で同等の値を示した。
- ・滞留水中の放射性物質（ガンマ核種）は Cs-137 がメインであり、Cs-134 は 1/5 程度、Co-60 は検出下限以下であった。
- ・全 α は検出下限以下であった。

4.2③-1.3.12 OP1900 滞留水 放射能分析結果（フィルター捕捉物）

	表A	表B	中A	中B	底A	底B
全 α (Bq/cm ³)	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01
全 β (Bq/cm ³)	1.146E+02	1.457E+02	1.274E+02	1.110E+02	3.885E+02	8.067E+02
全 γ (Bq/cm ³)	3.933E+01	4.214E+01	9.584E+01	4.148E+01	2.239E+02	6.549E+02
Cs-134 (Bq/cm ³)	<1.448E+01	<1.621E+01	2.299E+01	<1.702E+01	4.830E+01	1.250E+02
Cs-137 (Bq/cm ³)	3.933E+01	4.214E+01	7.285E+01	4.148E+01	1.756E+02	5.300E+02
Co-60 (Bq/cm ³)	<9.065E+00	<1.329E+01	<1.140E+01	<1.201E+01	<1.034E+01	<1.329E+01

4. 2③-1. 3. 13 OP1900 滞留水 放射能分析結果（フィルターろ液）

0.45μmフィルターろ液	表A	表B	中A	中B	底A	底B
全α (Bq/cm ³)	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02
全β (Bq/cm ³)	3.705E+03	3.968E+03	3.868E+03	3.299E+03	3.360E+03	3.707E+03
全γ (Bq/cm ³)	3.140E+03	3.354E+03	3.216E+03	2.986E+03	2.971E+03	3.274E+03
Cs-134 (Bq/cm ³)	5.641E+02	5.983E+02	5.706E+02	5.454E+02	5.257E+02	5.877E+02
Cs-137 (Bq/cm ³)	2.576E+03	2.756E+03	2.645E+03	2.440E+03	2.445E+03	2.687E+03
Co-60 (Bq/cm ³)	<1.211E+00	<1.484E+00	<1.211E+00	<1.375E+00	<1.115E+00	<1.006E+00

(※) 0.45 μ m フィルターろ液を測定した。

4.2③-1.4 試験結果の考察・評価

4.2③-1.4.1 スラッジ試料

本項ではこれまでに報告した OP.4900, OP.1900 各スラッジの分析結果に加えて、次章に記載した残水エリアのスラッジの結果も含めた比較評価を行った。

(1) 粒径（重量）分布

重量ベースの採取場所のスラッジ面密度、および粒径分布を計算した結果を表 4.2 ③-1.4.1, 図 4.2③-1.4.1 に示した。スラッジ A～スラッジ D は床面が露出しているため、300cm² の区画からスラッジを回収した。スラッジ E とスラッジ F は水没した状態であったため、専用の治具で採取している。採取面積は 59.28cm² で、回収率は 51.43%であった。

スラッジ回収量を採取面積で割るとスラッジ面密度 (g/m²) を求めることができる。計算結果より以下のことがわかった。

- ・重量ベースのスラッジ面密度はスラッジ D が 1596g/m², スラッジ E が 4084g/m² と高い値を示した。両採取場所には床面積当たりのスラッジ量が多いと考えられる。
- ・滞留水下にあるスラッジ E, スラッジ F のスラッジ面密度が高いことから、スラッジが水中に堆積していると考えられる。
- ・スラッジ E は 300 μm 以上の粒子がほとんど、スラッジ A は 300 μm 以上と 20 ~300 μm の粒子が同じ比率で存在する。
- ・スラッジ A, スラッジ E 以外は、20~300 μm の粒子の比率が 70%以上である。
- ・スラッジ E の 300 μm 以上の粒子は砂粒のような外観のものである。
- ・定性分析の結果ではスラッジ C とスラッジ E の鉄濃度が高い（ただし、Fe 分析に提供したスラッジ E 試料は粒子の大部分を占める砂のような粒子が少なかったため、均一サンプルとなっていない）。
- ・Co, Mg は全試料で検出された。スラッジ B では Ni が、スラッジ E では Ni, Cr が検出されている。Mg は海水由来と考えられる。

表 4.2③-1.4.1 採取スラッジの粒径分布測定結果

	スラッジA	スラッジB	スラッジC	スラッジD	スラッジE	スラッジF
採取場所	OP4900	OP4900	OP4900	OP4900	OP1900	OP1900
採取面積(cm ²)	300	300	300	300	59.28	59.28
スラッジ回収率(%)	100	100	100	100	51.43	51.43
スラッジ回収量(g)	3.14	1.43	3.89	47.88	12.45	2.22
スラッジ面密度(g-dry/m ²)	104.7	47.6	101.0	1596	4084	727
重量比 (300μm~)(%)	49	22	31	14	95	2
重量比 (20~300μm)(%)	47	70	69	78	5	96
重量比 (0.45~20μm)(%)	4	8	0	8	0	2
Fe (%) ^(※1)	1	10	24	5	35	12
その他元素 ^(※2)	Cu, Co, Mg	Cu, Co, Mg, Ni	Co, Mg	Cu, Co, Mg	Cu, Co, Mg, Ni, Cr,	Cu, Co, Mg

(※1) 定性分析用にサンプルを調製したため正確なスラッジ採取量が不明。分析に供したスラッジ量を10mgとして計算。

(※2) 蛍光 X 線分析結果の出力シートに記載されていた元素の内、分析結果が正の値となっているもの (Gd もリストに記載されているが検出されず)。

(注) スラッジ C の 0.45~20 μ m の重量比率は 0.1% (参考値)、同じくスラッジ E は 0.05% (参考値)であった。

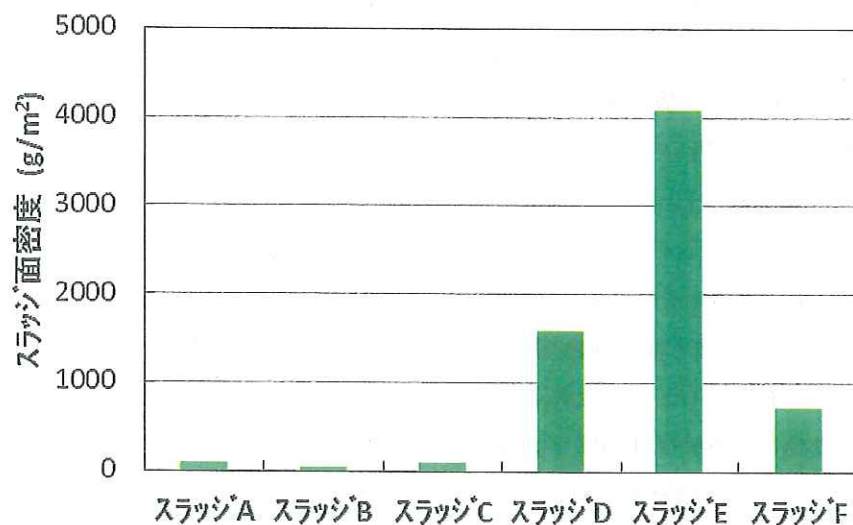


図 4.2③-1.4.1 スラッジ面密度

(2) 放射能分布

採取場所毎の放射能面密度、および粒径毎の放射能分布 (比率) を計算した結果を表 4.2③-1.4.2 に示した。計算方法は前項と同様で、重量の代わりに放射能濃度 (全 β 、全 γ) を用いた。

なお、スラッジ E については、粒径分布ろ過時の SS 回収のために純水洗浄を実施した関係で、途中から分析液量が増加したため補正を行った。スラッジ E とスラッジ F を対象とした具体的な作業手順 (容量込み) を表 4.2③-1.4.3~表 4.2③-1.4.4、

作業手順フローを図 4.2③-1.4.4～図 4.2③-1.4.5 に示した。

放射能面密度の計算結果より以下のことがわかった。

- ・スラッジ A は重量分布と放射能分布はほぼ同じ傾向を示し、 $300\mu\text{m}$ 以上、及び $20\sim 300\mu\text{m}$ の範囲でそれぞれ 40%程度の比率を示した。
- ・ $0.45\sim 20\mu\text{m}$ の範囲の放射能比率（約 20%）が重量比率（4%）に比べて高い値となっているが、小粒子は単位重量当たりの表面積が大きいので、放射性物質の付着が促進されている等の理由が考えられる。他のスラッジについても同様の傾向を示していた。
- ・スラッジ B も重量分布と放射能分布は類似の傾向を示した。 $20\sim 300\mu\text{m}$ の範囲で 50%以上の放射能比率となった。
- ・スラッジ A、スラッジ B では、 $0.45\mu\text{m}$ ろ液での放射能は検出されなかった。これは、放射性物質（Cs, Sr とと思われる）が比較的強固にスラッジに吸着されており、水へ懸濁するだけでは溶出されないことを示唆している。本事象はスラッジ回収時に水を使用した際に、水側への汚染拡大は生じにくいと考えることができる。
- ・スラッジ C は重量比率の小さい $0.45\sim 20\mu\text{m}$ の範囲の放射能比率が高く、さらに、 $0.45\mu\text{m}$ ろ液の放射能比率も 45%（ β ）、33%（ γ ）と高い値を示した。これは、粒径分布測定用にスラッジを純水に懸濁した際に水中に溶解したものと考えられ、スラッジ A、B とは異なる挙動を示した。
- ・滞留水中（スラッジ含む）に含まれる放射性物質は Cs および Sr と想定され、両者は水に溶解しやすい成分である。
- ・スラッジ C はイオン交換樹脂のような外観であり、本サンプルのみ乾燥状態で受領した（他のスラッジは水に浸かった状態であった）。スラッジ表面に析出した Cs 等の水溶性の放射性物質が純水懸濁時に溶解したものと考えられる。
- ・スラッジの成分分析は実施していないが、震災によって土砂が持ち込まれていると考えられる。Cs, Sr の吸着材としてゼオライトが一般的に知られているが、ゼオライトは砂、粘土と成分が類似しており、Cs 等がこれらの粒子に吸着されることが報告されている。
- ・また、Cs や Sr は水溶性であるが、ゼオライト等へ吸着した Cs の脱着方法として、硝酸が用いられている。これは水では Cs が脱着しにくいことを示しており、スラッジ A、B を純水懸濁したにもかかわらず、放射性物質が溶出しなかったことと矛盾しない結果となっている。
- ・スラッジ E、スラッジ F についても $0.45\mu\text{m}$ ろ液に若干の放射能が存在しているが、これらは、滞留水込みの状態で回収されているため、滞留水由来の溶解した Cs 等が検出されたものとする。

- ・スラッジのみの放射能面密度（全 β 、全 γ 共）はスラッジ D, F を除き、ほぼ同レベル（ $0.5 \sim 1.0 \times 10^5$ Bq/cm²）であった。
- ・スラッジ D の面密度は 1 桁低く、スラッジ F の面密度は 2 倍以上の値となった。
- ・スラッジ当たりの放射能濃度はスラッジ B が 2 倍以上に高く、スラッジ D, スラッジ E が 1 桁以上低い値であった。他は 5.0×10^6 Bq/g レベルであった。

以上、1 号 T/B のスラッジに関する分析結果について考察を行ったが、これらの結果は、1 号機のスラッジに対する結果であり、後続号機のスラッジが同じ挙動を示すかどうかは不明である。

従って、後続号機の滞留水処理を実施する際においても、今回と同様の調査を行い、スラッジの性状を明確にすることで、具体的な作業ステップ、スラッジ対策の必要性を評価することが望ましいと考える。

さらには、スラッジの成分分析を実施し、吸着特性等も把握できれば、水側への再移行の有無について、より正確な評価につながるものと考ええる。

表 4. 2③-1. 4. 2 採取スラッジの放射能分布測定結果

	スラッジA	スラッジB	スラッジC	スラッジD	スラッジE	スラッジF
採取場所	OP4900	OP4900	OP4900	OP4900	OP1900	OP1900
放射能面密度（スラッジのみ）						
全 β (Bq/cm ²)	4.6E+04	5.5E+04	6.4E+04	4.7E+03	8.5E+04	2.3E+05
全 γ (Bq/cm ²)	5.4E+04	6.5E+04	6.7E+04	3.3E+03	8.9E+04	2.7E+05
放射能濃度（スラッジ当り）						
全 β (Bq/g-dry)	4.4E+06	1.2E+07	6.3E+06	3.1E+04	2.1E+05	3.2E+06
全 γ (Bq/g-dry)	5.2E+06	1.4E+07	6.6E+06	2.1E+04	2.2E+05	3.8E+06
粒径別放射線比率 全 β						
300 μ m ~ (%)	38	26	23	26	16	27
20~300 μ m (%)	39	53	22	31	76	59
0.45~20 μ m (%)	23	21	10	40	2	12
~0.45 μ m(ろ液) (%)	0	0	45 ^(※1)	3	6	2
粒径別放射線比率 全 γ						
300 μ m ~ (%)	36	27	16	57	17	28
20~300 μ m (%)	46	57	17	43	76	61
0.45~20 μ m (%)	18	16	34	ND	1	9
~0.45 μ m(ろ液) (%)	0	0	33 ^(※1)	ND	6	2

(※1) スラッジを懸濁した際に水中に溶解したもの。

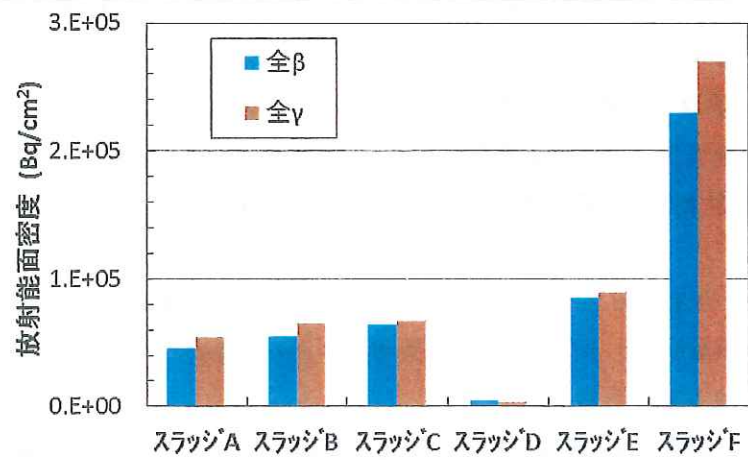


図 4.2③-1.4.2 放射能面密度

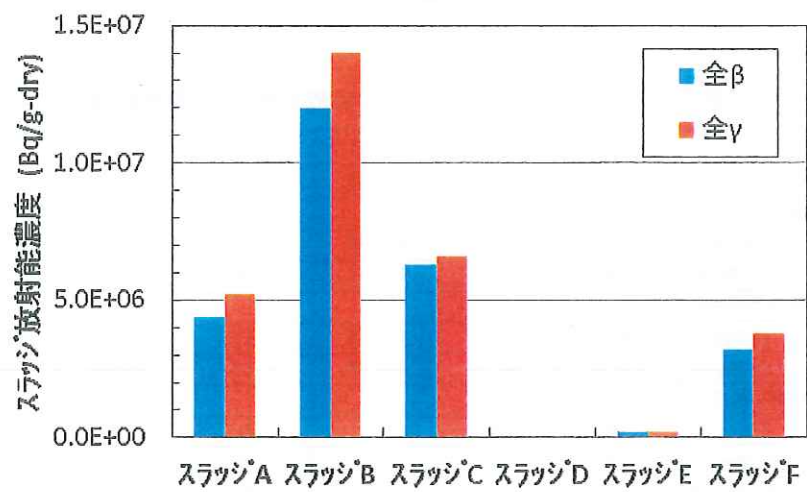


図 4.2③-1.4.3 スラッジ当たりの放射能濃度

表 4.2③-1.4.3 スラッジEの放射能面密度算出手順

【スラッジE】		全β			全γ			備考
		300～	20～300	0.45～20	300～	20～300	0.45～20	
放射能濃度	Bq/cm ³	1.687E+03	6.060E+03	1.774E+02	1.857E+03	6.300E+03	1.112E+02	表4.2③-1.3.8に記載の濃度
放射能量(粒径別)	Bq	4.22E+05	1.97E+06	5.77E+04	4.64E+05	2.05E+06	3.62E+04	スラッジ水250mLに対する補正 ただし、300μmのろ過時に純水洗浄を行ったため、20～300及 び0.45～20のサンプルは液量が増えたことから、その分を補正 (分取量63mLに対して、測定に供した液量は82mL)
放射能量(合計)	Bq	2.45E+06			2.55E+06			粒径別の放射能量の合計
ろ液分の補正	Bq	2.60E+06			2.70E+06			表4.2③-1.4.2に記載のとおり、0.45μm以下のろ液から放射 能が検出されたため、その分を補正(6%)
採取面積当たり	Bq/cm ²	4.38E+04			4.56E+04			表4.2③-1.3.3に記載の採取面積(59.28cm ²)で除算
回収率による補正	Bq/cm ²	8.52E+04			8.87E+04			表4.2③-1.3.3に記載の回収率(51.43%)で除算

【スラッジE】

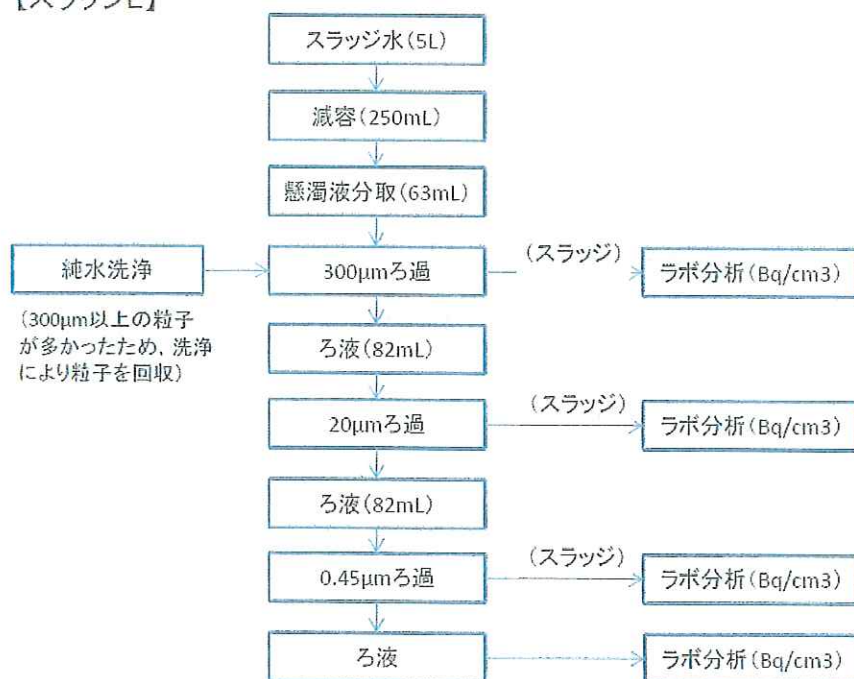


図 4.2③-1.4.4 スラッジEの放射能面密度算出フロー

表 4. 2③-1. 4. 4 スラッジFの放射能面密度算出手順

【スラッジ】		全β			全γ			備考
		300～	20～300	0.45～20	300～	20～300	0.45～20	
放射能濃度	Bq/cm ³	6.676E+03	1.420E+04	3.019E+03	7.749E+03	1.744E+04	2.555E+03	表4.2③-1.3.8に記載の濃度
放射能量(粒径別)	Bq	1.97E+06	4.19E+06	8.91E+05	2.29E+06	5.14E+06	7.54E+05	スラッジ水295mLに対する補正
放射能量(合計)	Bq	7.05E+06			8.18E+06			粒径別の放射能量の合計
ろ液分の補正	Bq	7.19E+06			8.35E+06			表4.2③-1.4.2に記載のとおり, 0.45μ m以下のろ液から放射能が検出されたため, その分を補正(6%分)
採取面積当たり	Bq/cm ²	1.21E+05			1.41E+05			表4.2③-1.3.3に記載の採取面積(59.28cm ²)で除算
回収率による補正	Bq/cm ²	2.36E+05			2.74E+05			表4.2③-1.3.3に記載の回収率(51.43%)で除算

【スラッジF】

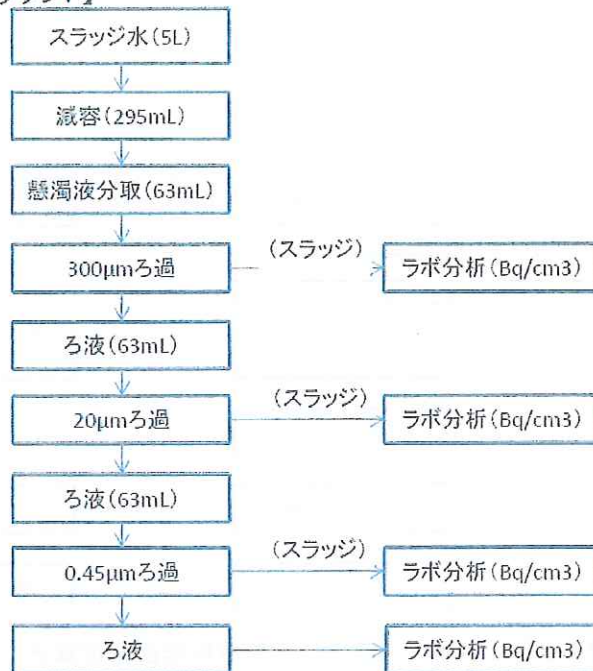


図 4. 2③-1. 4. 5 スラッジFの放射能面密度算出フロー

(3) OP.1900 スラッジ (スラッジ E, F) の粒径分布の相違について

両者の粒径分布測定結果を表 4.2③-1.4.5 に示した。スラッジ E は $300\mu\text{m}$ 以上の粒子が大部分であり、スラッジ F は $20\sim 300\mu\text{m}$ の粒子が大部分を占めた。スラッジ E の粒径分布は OP.4900 を含む他のスラッジと特徴が異なる。

スラッジ E の $300\mu\text{m}$ 以上の粒子は、外観も全く異なっていた。粒子径は概ね、 $1\sim 1.5\text{mm}$ であり、他のスラッジよりも大型の粒子であった (図 4.2③-1.4.6 参照)。外観上は砂のように見えるが成分分析は実施していないので特定できなかった。

他のスラッジの $300\mu\text{m}$ 以上の画分の粒子は、小粒径の粒子が凝集して大型化しているように見える (乾燥後の粒子は $20\sim 300\mu\text{m}$ のそれと同じように見えるものもある)。

このように、スラッジ E は他のスラッジと異なった特性を有しているが、この理由の一つとして、採取場所付近に循環ポンプの吸引口があり、小粒子はポンプの吸引流れによって流出してしまったことが考えられる。

表 4.2③-1.4.5 OP1900 スラッジ粒径分布測定結果 (再掲)

スラッジ名	$300\mu\text{m}\sim$	$20\sim 300\mu\text{m}$	$0.45\sim 20\mu\text{m}$	$\sim 0.45\mu\text{m}$
スラッジ E	95%	5%	0%	—
スラッジ F	2%	96%	2%	—

(注) スラッジ E の $0.45\sim 20\mu\text{m}$ の比率は 0.05% (参考値) であった。



図 4.2③-1.4.6 スラッジ E の $300\mu\text{m}$ フィルターで回収された粒子

4.2③-1.4.2 水試料の性状

OP.1900 滞留水の分析結果をグラフにしたものを図 4.2③-1.4.7 に示した。表層水 2 検体, 中間水 2 検体, 底部水 2 検体, それぞれの水質も相互の水質もほぼ同等であり, 均質な水であると考ええる。表層水, 中間水中には懸濁物 (SS) は検出されなかった。底部水は SS が検出されているが, これは採水時に底部に堆積したスラッジを巻き込んだものと考えられる。

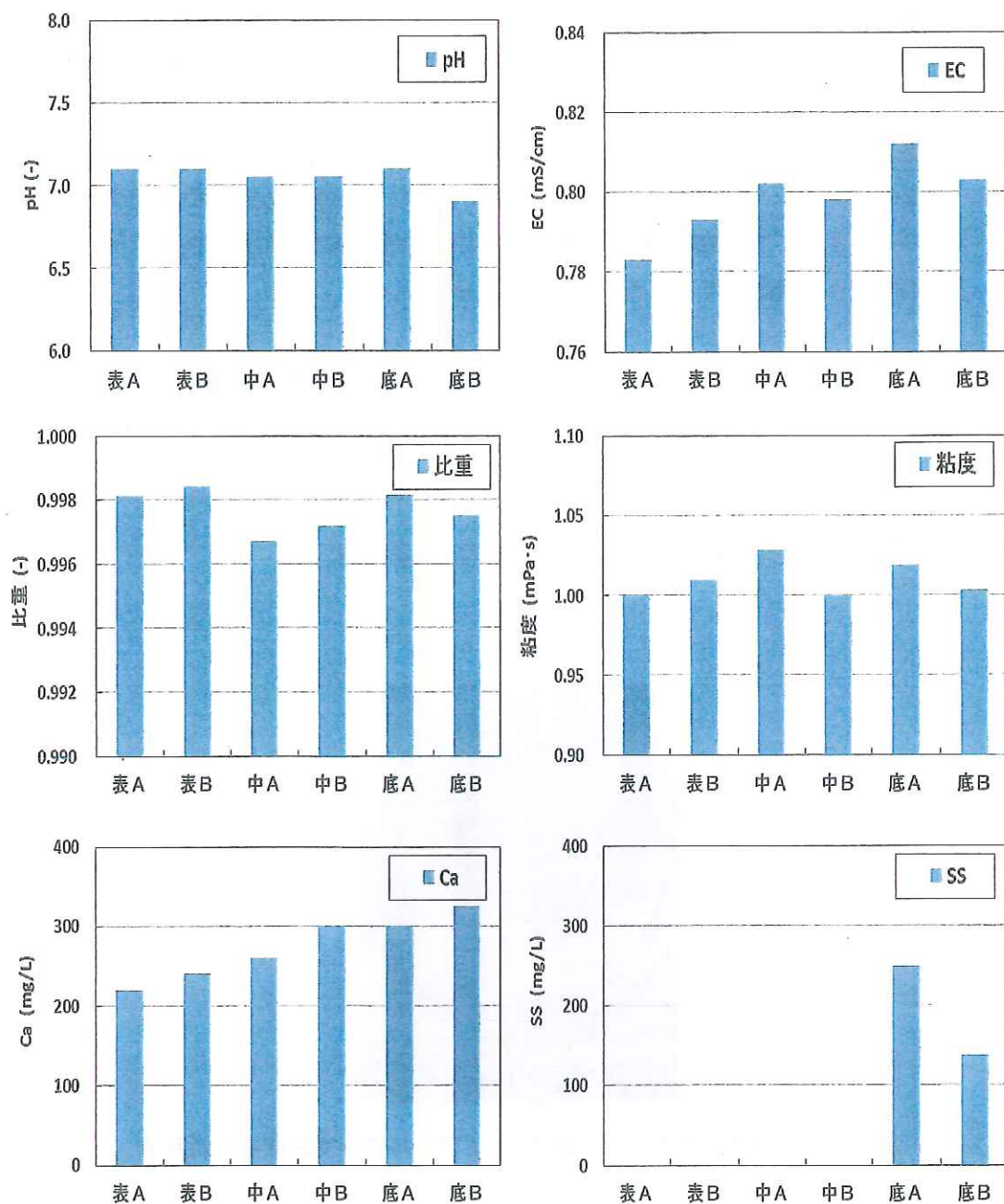


図 4.2③-1.4.7 OP.1900 滞留水 水質分析結果

4.2③-2 スラッジの分析〔残水エリア〕

残水エリアのスラッジと同等と思われる復水ポンプ室脇の OP.4900 スラッジ（スラッジ C、スラッジ D）を採取して分析を実施した。具体的な採取場所は図 4.2③-1.3.1 に示した通りである。

以下に分析結果を記載するが、他のスラッジとの比較検討が重要であることから、結果の考察・評価は、4.2③-1 章にまとめて記載した。

4.2③-2.1 受領サンプル外観

受領サンプルの外観写真および観察結果は、他のサンプルと比較しやすいように 4.2③-1.3.1 項に記載した。

4.2③-2.2 スラッジ分析結果

(1) 含水率測定結果

スラッジ〔残水エリア〕（2 検体）の含水率測定結果は表 4.2③-1.3.2（スラッジ C、スラッジ D）の通りであり、平均含水率を表 4.2③-2.2.1 に再掲した。

本結果より以下のことがわかった。

表 4.2③-2.2.1 残水エリアスラッジの含水率

サンプル名	平均含水率(%)	標準偏差(%)
ス C	22.2	0.7
ス D	60.1	1.1

- ・スラッジ C の含水率は 22%と低い値であった。採取された状態もドライであり妥当な結果と考える。
- ・一方、スラッジ D の含水率は 60%と OP.4900 スラッジの中で最も高かった。含水率測定時は、可能な限りスラッジのみを回収して乾燥させたが、水分の影響を受けた可能性がある。
- ・外観上および含水率測定結果から、これらのスラッジは生物由来の固形物ではないと考えられる（生物であれば含水率は 80%以上となるため）。

他の OP.4900 スラッジとの性状比較のため、含水率の分析結果を表 4.2③-1.3.5 にまとめ、比較結果を同項に記載した。

(2) 粒径分布測定結果（重量および放射能）

残水エリアスラッジ2検体（スラッジC，スラッジD）の粒径分布測定結果を表4.2③-2.2.2，図4.2③-2.2.1～図4.2③-2.2.3に，ろ紙上に捕捉された各粒子の外観写真を図4.2③-2.2.4に示した。放射能分析用試料は，OP.4900スラッジと同様，粒径分布測定用の各試料から0.1mlを分取，純水100mlに希釈混合した後， $0.45\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過し，ろ紙上に均一に粒子を分散させたものを調製して提供した。

表4.2③-2.2.2 残水エリアスラッジ分析結果

		スラッジC(赤褐色)			スラッジD(灰黒色)		
粒径(フィルタ径)		300 μm 以上	20～300 μm	0.45～20 μm	300 μm 以上	20～300 μm	0.45～20 μm
重量 (mg)		80.9	176.4	0.2	40.4	220.6	23.4
重量比率 (%)		31	69	0.1	14	78	8
表面線量率 (mSv/h)	β	4.57	9.96	0.49	0.009	0.044	0.014
	$\gamma^{(*)1)}$	0.028	0.045	0.012	0.012	0.011	0.011
全 α (Bq/cm ³) ^(※2)		<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01
全 β (Bq/cm ³) ^(※2)		3.772E+03	3.541E+03	1.662E+03	2.302E+01	2.663E+01	3.495E+01
全 γ (Bq/cm ³) ^(※2, ※3)		2.664E+03	2.932E+03	5.835E+02	3.423E+01	2.544E+01	<2.560E+01
Cs-134(Bq/cm ³) ^(※2)		5.399E+02	5.647E+02	1.086E+02	<1.676E+01	<1.290E+01	<1.514E+01
Cs-137(Bq/cm ³) ^(※2)		2.125E+03	2.367E+03	4.750E+02	3.423E+01	2.544E+01	<2.560E+01
Co-60(Bq/cm ³) ^(※2)		<9.059E+00	<1.033E+01	<9.059E+00	<1.328E+01	<9.261E+00	<1.200E+01

(※1) 作業場所の環境線量は0.012mSv/h

(※2) 331.0mg(スラッジC)，284.4mg(スラッジD)を水(100ml)に懸濁した液の0.1ml分をろ過したフィルター上の放射能を測定し，1ml当たりの値に換算したもの。

(※3) スラッジC(26mg)を直接放射能分析した結果，Co-60(9.39×10^2 Bq/g-dry)，Sb-125(1.82×10^4 Bq/g-dry)が検出された。

粒径分布測定結果から以下のことがわかった。

【重量】

- ・スラッジC，スラッジD共に，20～300 μm の粒子が主成分であった。
- ・スラッジC中には20 μm 未満の粒子はほとんど存在していなかった。
- ・スラッジCは粒っぽい，スラッジDは粉っぽい，外観であった。

【線量率】

- ・表面線量率は存在比率の高い20～300 μm 粒子の値が最も高く， β 線の2/3を占めた。
- ・スラッジDの γ 線量率は非常に低く，試験場所の環境線量（バックグラウンド）

と同レベルであった。スラッジ C の $0.45\sim 20\mu\text{m}$ の粒子についても γ 線の表面線量率はバックグラウンドレベルであった。

【放射能】

- ・他のスラッジと同様に、全試料で全 α は検出されなかった。
- ・回収スラッジ量が異なるため、単純な数字の比較は困難であるが、スラッジ C は $300\mu\text{m}$ 以上、 $20\sim 300\mu\text{m}$ 粒子の放射能が高い値であった。
- ・他のスラッジと比べて、スラッジ D はスラッジ回収量に対する放射エネルギーが非常に低かった。
- ・スラッジ C の γ 核種は Cs134 と Cs137、スラッジ D の γ 核種は Cs137 のみであった。
- ・残水エリアスラッジも他のスラッジと同様、Co60 は検出下限以下であった。

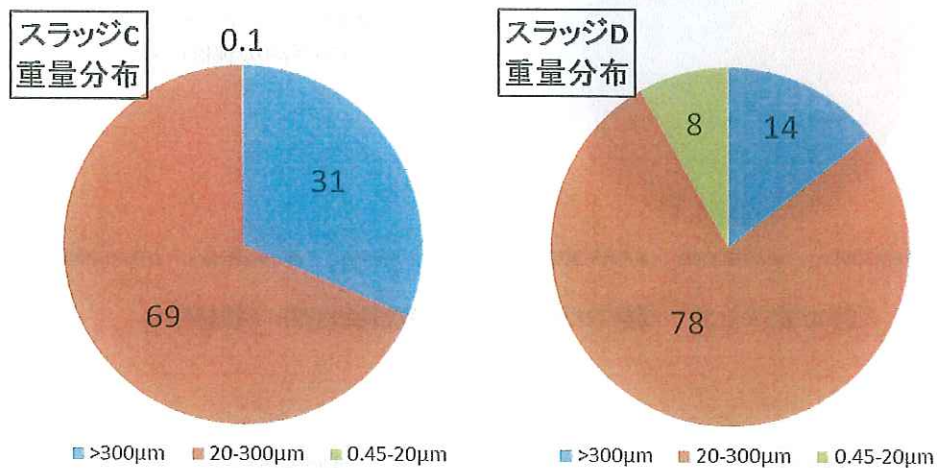
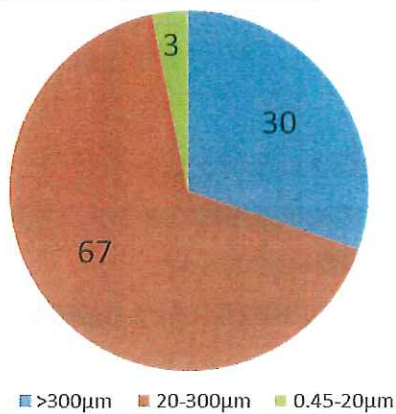
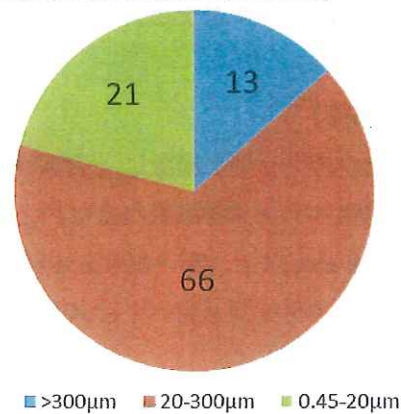


図 4. 2③-2. 2. 1 残水エリアスラッジの粒径分布 (重量%)

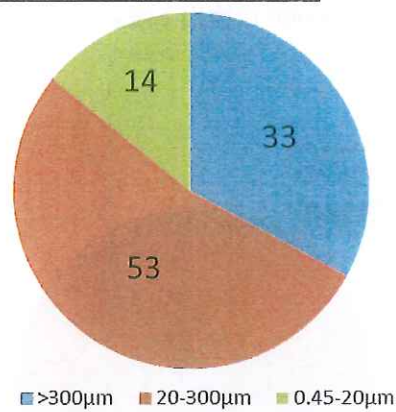
スラッジC 線量率分布(β)



スラッジD 線量率分布(β)



スラッジC 線量率分布(γ)



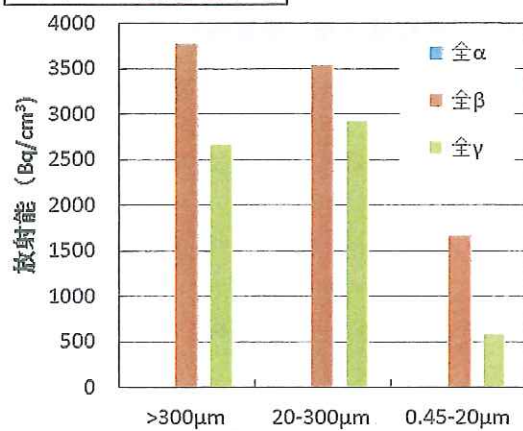
スラッジD 線量率分布(γ)

全粒径の線量率が測定場所の環境線量レベルであったため、粒径分布(比率)の評価はできなかった。

>300μm 20-300μm 0.45-20μm

図 4.2③-2.2.2 残水エリラスラッジの粒径分布 (線量率%)

スラッジC 放射能分布



スラッジD 放射能分布

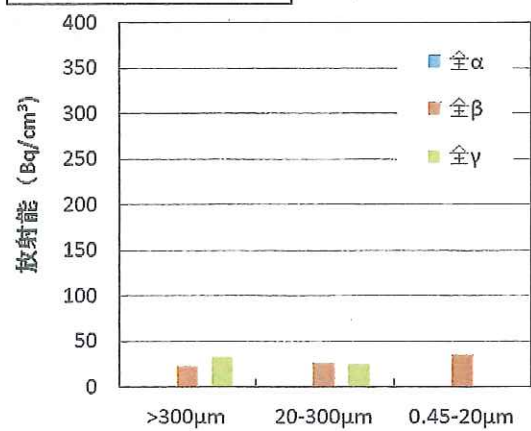


図 4.2③-2.2.3 残水エリラスラッジの粒径分布 (放射能)

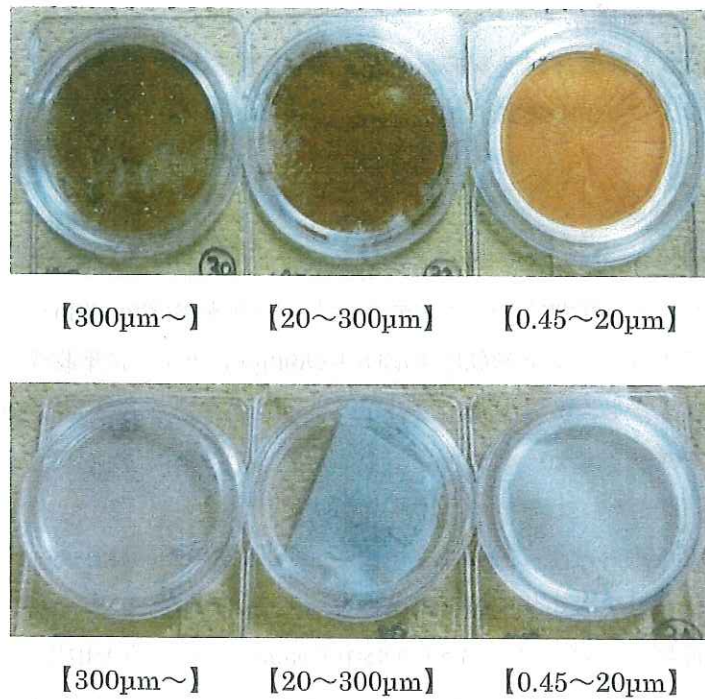


図 4.2③-2.2.4 残水エリアスラッジの外観（上：スラッジ C, 下：スラッジ D）

残水エリアスラッジの分析結果の考察・評価については、他のスラッジとの比較が重要となることから、前節 4.2③-1.4 項にまとめて記載した。

4.2③-3 スラッジ分析結果のまとめ

1号 T/B 滞留水および底部スラッジの分析を実施、以下の結果を得た。これらの結果は今後具体化していくスラッジ回収方法の検討等に反映する。

(1) OP.4900 スラッジ

- 計4検体のサンプルについて分析を実施した。外観はそれぞれ異なっており、スラッジとして一様ではないことがわかった。含水率は22～60%であった。
- 採取場所でのスラッジ面密度は47.6～1596g/m²であり、採取場所によるばらつきが大きいことがわかった (OP.1900 スラッジを含めると最大は4084g/m²)。
- スラッジの粒径は20～300μmが主体 (47～78%) であり、20μm以下の粒子は高々8%以下であった。
- スラッジC以外は全γの分布も粒径分布と同様に20～300μmが主体であるが、スラッジCはより小粒径側 (0.45～20μm 及び ろ液) にピークがあった。
- 放射能面密度 (γ線) は、5.4～6.7×10⁴ Bq/cm²であり、VISIPLANでの汚染密度の設定値 (1.2～2.7×10⁵ Bq/cm²) より、やや低い値であった (VISIPLANの評価では、床上5cmの実測線量率から設定しているが、実測値はスラッジ以外の線量影響が存在することを示唆している)。

(2) OP.1900 スラッジ

- 2検体のサンプルを分析したが、スラッジ面密度、粒径分布とも大きく異なった。スラッジEは300μm以上の粒子が90%以上であったが、追加採取したスラッジFの粒径は20～300μmが95%以上を占めた。
- スラッジEの単位重量当たりの放射能濃度は低く、300μm以上の粒子の放射能濃度は低いことがわかった。
- スラッジEの300μm以上の粒子は砂粒のような外観であった。
- スラッジE採取場所近傍には水中ポンプが設置されており、小粒子が吸引除去されている可能性がある (特殊環境条件になっていた可能性を示唆)。
- 放射能面密度 (γ線) は、8.9×10⁴～2.7×10⁵ Bq/cm²であり、VISIPLANでの汚染密度の設置値と同等であった (VISIPLANの設定値はOP.4900床面と同じ汚染密度)。

(3) OP.1900 滞留水

- 水質、物性値共に、清水として扱うことができる水であった。
- 電気伝導度は約8mS/cmであり、溶解している塩が全てNaClと仮定した場合、塩濃度は約0.5% (Cl濃度は3000mg/L) 相当となる。

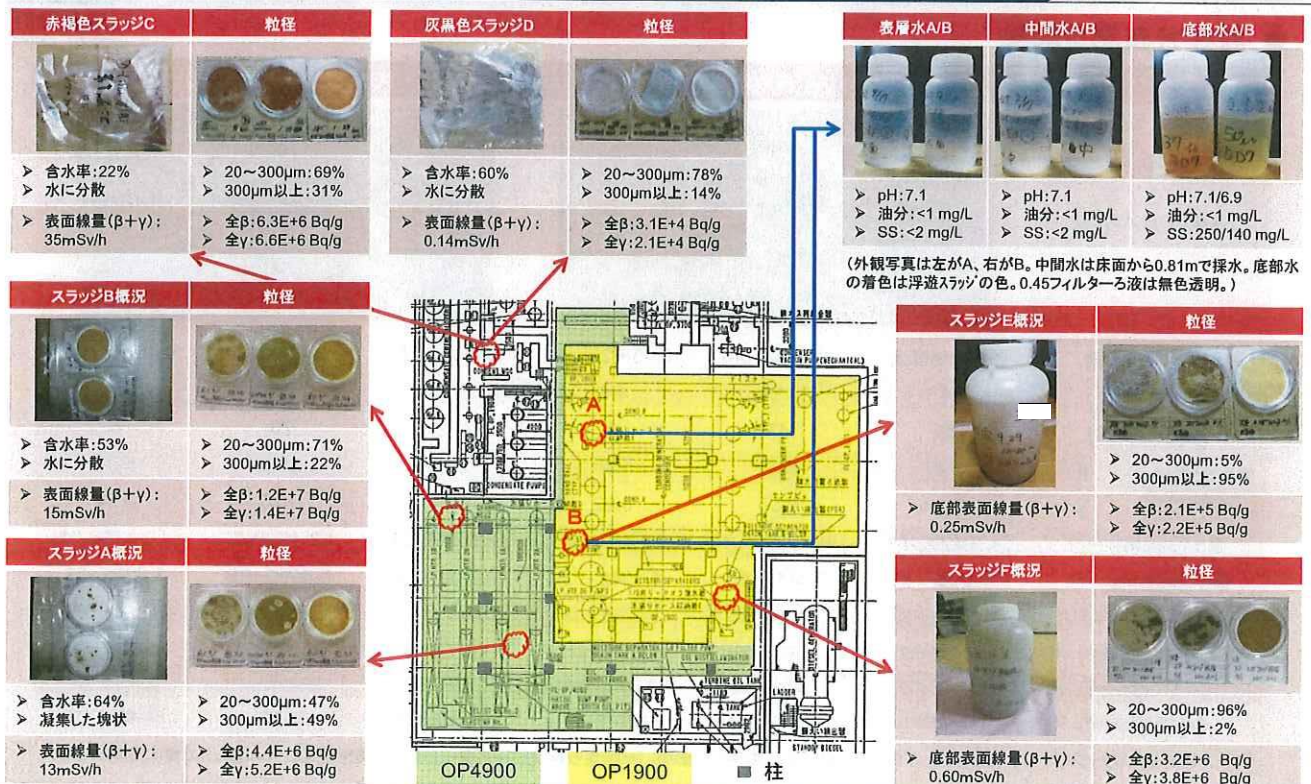
- ▶ カルシウム濃度は約 300mg/L であった。滞留水処理時に回収した滞留水を直接、ALPS 等に移送することが可能なレベルの水であると考ええる。

なお、スラッジは含水率 10%以上、かつ粒径が $20\mu\text{m}$ 以上の粒子が大部分であり、滞留水を処理した際にダストとして飛散しにくいものであると考える。

1F建屋滞留水処理検討委託 スラッジ分析結果

平成28年6月28日(R4)
平成28年6月24日(R3)
平成28年1月15日(R2)
平成27年11月20日(R1)
平成27年11月6日

【サンプル採取場所と試料外観・分析結果サマリ】



1. OP.4900サンプル分析結果

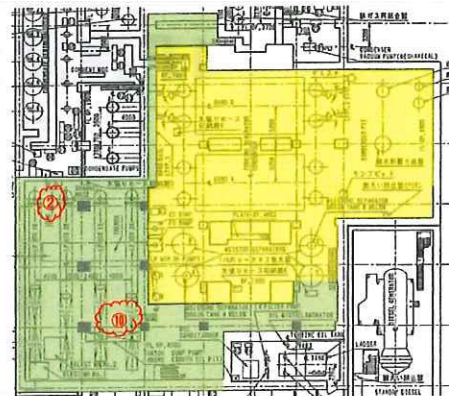
● 受領したサンプルと含水率測定結果

	スラッジA(採取場所:⑩)	スラッジB(採取場所:②)
サンプル外観		
重量	8.65 g	3.05g
表面線量率(β)	12.2 mSv/h	13.3 mSv/h
表面線量率(γ)	0.80 mSv/h	1.70 mSv/h
含水率(%)	34.3 (欄外補足)	53.2
粒子のろ過状況(*)		

(*) 乾燥後のスラッジを水に懸濁して0.45 μmのフィルタでろ過

● サンプル採取場所

本頁改訂



(スラッジA試料の含水率)
粒径分布測定で回収されたスラッジ量から含水率を計算すると63.7%となり、外観イメージに合致する。

2

1. OP.4900サンプル分析結果

● 粒径分布測定結果

本頁改訂

	スラッジA(採取箇所:⑩)			スラッジB(採取箇所:②)		
ろ過後のサンプル状況						
粒径(フィルタ径)	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm
重量 (mg)	64.1	61.6	4.8	36.8	120.3	13.0
重量比率 (%)	49	47	4	22	70	8
表面線量率 (mSv/h)						
β	3.47	8.25	1.48	8.44	29.8	5.97
γ	0.03	0.05	0.02	0.07	0.16	0.04
全α (Bq/cm³) (※1)	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01	< 3.429E-01
全β (Bq/cm³) (※1)	1.953E+03	2.041E+03	1.194E+03	4.682E+03	9.469E+03	3.819E+03
全γ (Bq/cm³) (※1)	2.218E+03	2.826E+03	1.079E+03	5.621E+03	1.225E+04	3.296E+03
Cs-134 (Bq/cm³) (※1)	4.073E+02	5.222E+02	1.819E+02	1.077E+03	2.326E+03	6.273E+02
Cs-137 (Bq/cm³) (※1)	1.811E+03	2.304E+03	8.967E+02	4.544E+03	9.924E+03	2.669E+03
Co-60γ(Bq/cm³) (※1)	<1.642E+01	<1.642E+01	<1.461E+01	<1.928E+01	<1.642E+01	<1.461E+01

(※1) 130.5mg(スラッジA)、170.1mg(スラッジB)を水(110ml)に懸濁した液の0.1ml分をろ過したフィルター上の放射能を測定し、1ml当たりの値に換算したもの。

3

2. OP.4900追加サンプル(CP室脇のエリア)

● 受領したサンプルの状況と含水率

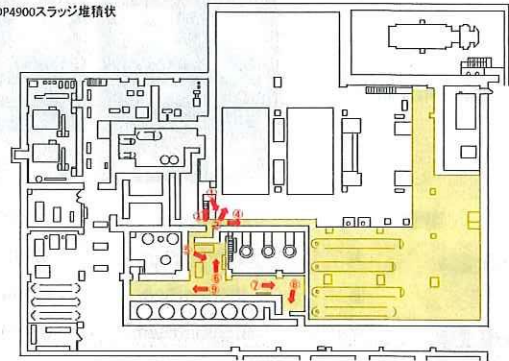
	スラッジC(赤褐色)	スラッジD(灰黒色)
サンプル外観		
重量	5g	120g
表面線量率(β)	34.8 mSv/h	0.12 mSv/h
表面線量率(γ)	0.18 mSv/h	0.022 mSv/h
含水率(%)	22.2	60.1
乾燥後のスラッジ		

● スラッジの堆積状況(参考)

本頁改訂

➤ 殿資料より抜粋

OP4900スラッジ堆積状



4

2. OP.4900追加サンプル(CP室脇のエリア)

● 粒径分布測定結果

本頁改訂

	スラッジC(赤褐色)			スラッジD(灰黒色)		
ろ過後のサンプル状況						
粒径(フィルタ径)	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm
重量 (mg)	80.9	176.4	0.2	40.4	220.6	23.4
重量比率 (%)	31	69	0.1	14	78	8
表面線量率						
β	4.57	9.96	0.49	0.009	0.044	0.014
γ(※1)	0.028	0.045	0.012	0.012	0.011	0.011
全α (Bq/cm ³) (※2)	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01
全β (Bq/cm ³) (※2)	3.772E+03	3.541E+03	1.662E+03	2.302E+01	2.663E+01	3.495E+01
全γ (Bq/cm ³) (※2、※3)	2.664E+03	2.932E+03	5.835E+02	3.423E+01	2.544E+01	<2.560E+01
Cs-134(Bq/cm ³) (※2)	5.399E+02	5.647E+02	1.086E+02	<1.676E+01	<1.290E+01	<1.514E+01
Cs-137(Bq/cm ³) (※2)	2.125E+03	2.367E+03	4.750E+02	3.423E+01	2.544E+01	<2.560E+01
Co-60(Bq/cm ³) (※2)	<9.059E+00	<1.033E+01	<9.059E+00	<1.328E+01	<9.261E+00	<1.200E+01

(※1) 作業場所の環境線量は0.012mSv/h

(※2) 331.0mg(スラッジC)、284.4mg(スラッジD)を水(100ml)に懸濁した液の0.1ml分をろ過したフィルター上の放射能を測定し、1ml当たりの値に換算したもの。

(※3) スラッジC(26mg)を直接放射能分析した結果、Co-60(9.39 × 10²Bq/g-dry)、Sb-125(1.82 × 10⁴Bq/g-dry)が検出された。

3. OP.1900サンプル

本頁改訂

● 受領したサンプルの状況

		表層水A/B (2サンプル)	中間水A/B (2サンプル)	底部水A/B (2サンプル)	スラッジE含有水 (1サンプル)	スラッジF含有水 (追加サンプル)
サンプル外観(※1)						
容量		各175ml	各175ml	各175ml	5L	5L
表面線量率 (β)	A	0.10 mSv/h	0.10 mSv/h	0.034 mSv/h	0.030 mSv/h	—
	B	0.13 mSv/h	0.064 mSv/h	0.055 mSv/h	—	0.18 mSv/h
表面線量率 (γ)	A	0.020 mSv/h	0.016 mSv/h	0.016 mSv/h	0.030 mSv/h	—
	B	0.016 mSv/h	0.016 mSv/h	0.016 mSv/h	—	0.056 mSv/h
底部表面線量(β)		—	—	(β+γ) 0.40 mSv/h(※2)	0.20 mSv/h	0.46 mSv/h
底部表面線量(γ)		—	—	—	0.05 mSv/h	0.14 mSv/h

(※1) 外観写真は左が試料A、右が試料B。
(※2) 参考情報としてβ+γのみ測定(γは未測定)。

底部スラッジの
拡大写真



6

3. OP.1900サンプル

本頁改訂

● 粒径分布測定結果

		スラッジE(OP1900スラッジ含有水)			スラッジF(OP1900スラッジ含有水追加分)		
ろ過後のサンプル状況							
粒径(フィルタ径)		300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm	300 μm以上	20~300 μm	0.45~20 μm
重量 (mg)		2980	156	1.5	7.4	362	6.6
重量比率 (%)		95	5	0	2	96	2
表面線量率 (mSv/h)	β	0.44	4.75	0.12	0.40	8.35	0.39
	γ(※1)	0.020	0.050	0.012	0.018	0.150	0.015
全α (Bq/cm ³) (※2)		<3.429E-01	<3.429E-01	<3.429E-01	<4.063E-01	<4.063E-01	<4.063E-01
全β (Bq/cm ³) (※2)		1.687E+03	6.060E+03	1.774E+02	6.676E+03	1.420E+04	3.019E+03
全γ (Bq/cm ³) (※2)		1.857E+03	6.300E+03	1.112E+02	7.749E+03	1.744E+04	2.555E+03
Cs-134(Bq/cm ³) (※2)		3.565E+02	1.159E+03	2.294E+01	1.426E+03	3.163E+03	4.791E+02
Cs-137(Bq/cm ³) (※2)		1.500E+03	5.141E+03	8.828E+01	6.324E+03	1.427E+04	2.076E+03
Co-60(Bq/cm ³) (※2)		<1.232E+01	<1.033E+01	<1.200E+01	<1.111E+01	<1.188E+01	<1.259E+01

(※1) 作業場所の環境線量は0.012mSv/h

(※2) ANADEC殿から入手したスラッジ水(5L)を250ml(スラッジE)、295ml(スラッジF)に減容した試料の1ml当たりの濃度。

7

3. OP.1900サンプル

● 滞留水の分析結果

		表層水(2サンプル)		中間水(2サンプル)		底部水(2サンプル)	
サンプル外観 (外観写真は左が試料A、右が試料B。)							
		表A	表B	中A	中B	底A	底B
pH	—	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	6.9
ORP	mV	264	256	250	241	234	240
EC	mS/cm	7.83	7.93	8.02	7.98	8.12	8.03
油分	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ca	mg/L	220	240	260	300	300	325
比重	—	0.998	0.998	0.997	0.997	0.998	0.998
動粘度	mPa・s	1.00	1.01	1.03	1.00	1.02	1.00
SS	mg/L	<2	<2	<2	<2	249	138

- ・底部水の写真では液が着色しているように見えるが、0.45μmフィルターろ液は無色透明である。
- ・EC(電気伝導度)以外の液性は、ほぼ清水レベルであり、水として取り扱うことが可能と考える。
- ・油分、CaはALPSで実際に処理している濃度レベルである。
- ・溶解している塩が全てNaClと仮定した場合、EC値から推定される塩濃度は、約0.5%(Cl濃度として3000mg/L)となる。

8

3. OP.1900サンプル

● 滞留水の分析結果(放射能分析)

本頁追記

0.45μmフィルター捕捉物	表A	表B	中A	中B	底A	底B
全α (Bq/cm ³)	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01	<4.190E-01
全β (Bq/cm ³)	1.146E+02	1.457E+02	1.274E+02	1.110E+02	3.885E+02	8.067E+02
全γ (Bq/cm ³)	3.933E+01	4.214E+01	9.584E+01	4.148E+01	2.239E+02	6.549E+02
Cs-134 (Bq/cm ³)	<1.448E+01	<1.621E+01	2.299E+01	<1.702E+01	4.830E+01	1.250E+02
Cs-137 (Bq/cm ³)	3.933E+01	4.214E+01	7.285E+01	4.148E+01	1.756E+02	5.300E+02
Co-60 (Bq/cm ³)	<9.065E+00	<1.329E+01	<1.140E+01	<1.201E+01	<1.034E+01	<1.329E+01

0.45μmフィルター上に捕捉されたものを測定した。

- ・0.45μmフィルターに捕捉された表層水、中間水の放射線濃度はほぼ同じであるが、底部水はスラッジ分だけ高い値を示した。
- ・滞留水捕捉物中の放射性物質(ガンマ核種)はCs-137がメインであり、Cs-134は検出下限付近、Co-60は検出下限以下であった。
- ・全αは検出下限以下であった。

0.45μmフィルターろ液	表A	表B	中A	中B	底A	底B
全α (Bq/cm ³)	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02	<8.571E-02
全β (Bq/cm ³)	3.705E+03	3.968E+03	3.868E+03	3.299E+03	3.360E+03	3.707E+03
全γ (Bq/cm ³)	3.140E+03	3.354E+03	3.216E+03	2.986E+03	2.971E+03	3.274E+03
Cs-134 (Bq/cm ³)	5.641E+02	5.983E+02	5.706E+02	5.454E+02	5.257E+02	5.877E+02
Cs-137 (Bq/cm ³)	2.576E+03	2.756E+03	2.645E+03	2.440E+03	2.445E+03	2.687E+03
Co-60 (Bq/cm ³)	<1.211E+00	<1.484E+00	<1.211E+00	<1.375E+00	<1.115E+00	<1.006E+00

0.45μmフィルターろ液を測定した。

- ・ろ液の放射能濃度は各層で同等の値を示した。
- ・滞留水中の放射性物質(ガンマ核種)はCs-137がメインであり、Cs-134は1/5程度、Co-60は検出下限以下であった。
- ・全αは検出下限以下であった。

9

4. スラッジ分析結果のまとめ(1/2)

● 粒径分布測定結果

	スラッジA	スラッジB	スラッジC	スラッジD	スラッジE	スラッジF
採取場所	OP4900	OP4900	OP4900	OP4900	OP1900	OP1900
採取面積(cm ²)	300	300	300	300	59.28	59.28
スラッジ回収率(%)	100	100	100	100	51.43	51.43
スラッジ回収量(g)	3.14	1.43	3.89	47.88	12.45	2.22
スラッジ面密度(g-dry/m ²)	104.7	47.6	101.0	1596	4084	727
重量比(300μm~)(%)	49	22	31	14	95	2
重量比(20~300μm)(%)	47	70	69	78	5	96
重量比(0.45~20μm)(%)	4	8	0	8	0	2
Fe(%) ^(※1)	1	10	24	5	35	12
その他元素 ^(※2)	Cu, Co, Mg	Cu, Co, Mg, Ni	Co, Mg	Cu, Co, Mg	Cu, Co, Mg, Ni, Cr,	Cu, Co, Mg

(※1) 定性分析用にサンプルを調製したため正確なスラッジ採取量が不明。分析に供したスラッジ量を10mgとして計算。

(※2) 蛍光X線分析結果の出力シートに記載されていた元素の内、分析結果が正の値となっているもの(Gdもリストに記載されているが検出されず)。

- ・スラッジD、スラッジEの採取場所は床面積当たりのスラッジ量が多いと考えられる。
- ・スラッジ重量比ではスラッジA、スラッジE以外は、20~300μmの粒子の比率が高い。
スラッジEは300μm以上の粒子がほとんど、スラッジAは300μm以上と20~300μmの粒子が同じ比率で存在する。
スラッジEの300μm以上の粒子は砂粒のような外観のものである。
- ・定性的であるが、スラッジCとスラッジEの鉄濃度が高い。
ただし、Fe分析に提供したスラッジE試料は砂のような粒子が少なかった(すぐに沈降してしまうため均一な採取が困難であったため)。
- ・スラッジBではNiが、スラッジEではNi、Crが検出されている。
- ・Co、Mgは全試料で検出。Mgは海水由来と考えられる。

10

4. スラッジ分析結果のまとめ(2/2)

● 粒径分布測定結果

	スラッジA	スラッジB	スラッジC	スラッジD	スラッジE	スラッジF
採取場所	OP4900	OP4900	OP4900	OP4900	OP1900	OP1900
放射能面密度(スラッジのみ)						
全β(Bq/cm ²)	4.6E+04	5.5E+04	6.4E+04	4.7E+03	8.5E+04	2.3E+05
全γ(Bq/cm ²)	5.4E+04	6.5E+04	6.7E+04	3.3E+03	8.9E+04	2.7E+05
放射能濃度(スラッジ当り)						
全β(Bq/g-dry)	4.4E+06	1.2E+07	6.3E+06	3.1E+04	2.1E+05	3.2E+06
全γ(Bq/g-dry)	5.2E+06	1.4E+07	6.6E+06	2.1E+04	2.2E+05	3.8E+06
粒径別放射線比率 全β						
300μm~(%)	38	26	23	26	16	27
20~300μm(%)	39	53	22	31	76	59
0.45~20μm(%)	23	21	10	40	2	12
~0.45μm(ろ液)(%)	0	0	45 ^(※1)	3	6	2
粒径別放射線比率 全γ						
300μm~(%)	36	27	16	57	17	28
20~300μm(%)	46	57	17	43	76	61
0.45~20μm(%)	18	16	34	ND	1	9
~0.45μm(ろ液)(%)	0	0	33 ^(※1)	ND	6	2

・スラッジのみの放射能面密度(全β、全γ共)はスラッジD、Fを除き、ほぼ同レベルである。スラッジDは1ケタ低く、スラッジFは約2倍の値となっている。

・スラッジ当たりの放射能濃度はスラッジD、スラッジEを除き、ほぼ同レベルである。他に比べて、スラッジDは2ケタ、スラッジEは1ケタ低い値となっている。

・(※1) スラッジを懸濁した際に溶解したものであり、スラッジCの放射性物質は水に溶けやすい形で存在していると考えられる。

11