

底質のダイオキシン類対策技術

資料集

平成 19 年 3 月

国土交通省河川局河川環境課

はじめに

平成12年1月にダイオキシン類対策特別措置法が施行され、ダイオキシン類による底質の汚染に係る環境基準が新たに平成14年9月から施行された。これによって、河川、湖沼等のダイオキシン類の常時監視において、底質の環境基準値を超える汚染が確認された場合、その対策を講ずることとなった。また、平成11年から全国的に公共用水域の底質ダイオキシン類に係る調査が実施され、その結果、いくつかの河川において、環境基準値を超える底質が発見され、その対策も喫緊の課題となっている。

国土交通省河川局河川環境課では、河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策を安全かつ的確に実施するため、学識経験者等からなる流域水環境研究会において、総合的な観点から技術的対応方策について検討、審議を行い、平成15年6月に「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）」（平成17年3月改定）を策定した。

標記マニュアルにおいて掘削除去、無害化、原位置固化等の対策をとることを示唆しているが、底質ダイオキシン類を対象とした無害化・拡散抑制の対策工法については、様々な技術が開発されているものの安全かつ経済的に処理できる技術は十分には確立されておらず、施工実績もほとんどない。底質ダイオキシン類の対策工事を適正かつ円滑に実施していくためには、無害化・拡散抑制工法について、処理の効果、処理に伴う周辺環境への影響の有無、経済性、施工性等を客観的かつ詳細に技術評価を行い、実用化を図ることが重要である。

このため、「底質ダイオキシン類対策技術検討委員会」を設立し、底質ダイオキシン類に関して専門的な知識を有する学識経験者の助言を得ながら、底質ダイオキシン類の処理技術の実用化及び施工マニュアルについて検討を行ってきた。

この技術資料集は、その結果を取りまとめたものである。

本資料集は、現時点における最新の知見及び技術に基づいて取りまとめたものであるが、底質ダイオキシン類対策については、現在、各方面で研究・開発が続けられている。このため、対策技術に関する今後の研究実績の積み重ねや新技術の開発動向及びダイオキシン類に関する今後の社会動向等を踏まえ、本資料集は、引き続き改訂を行うこととしている。

平成19年3月
国土交通省河川局河川環境課

底質ダイオキシン類対策技術検討委員会の構成

【委員】

楠田 哲也 委員長 (北九州市立大学大学院国際環境工学研究科教授)
鈴木 穰 委員 (独立行政法人土木研究所水環境研究グループ 上席研究員)
細見 正明 委員 (東京農工大学工学部化学システム工学科教授)
益永 茂樹 委員 (横浜国立大学大学院環境情報研究院教授)
村岡 浩爾 委員 (大阪産業大学人間環境学部教授)
(五十音順)

【オブザーバー】

東京都建設局
大阪府都市整備部

【事務局】

国土交通省河川局河川環境課
財団法人河川環境管理財団

検討委員会は、下記の日程で実施した。

第1回 平成16年 6月 21日
第2回 平成16年 10月 1日
第3回 平成17年 3月 15日
第4回 平成17年 6月 20日
第5回 平成18年 1月 18日
第6回 平成19年 3月 8日

目 次

第 1 章 総則	1
1.1 目的	1
1.2 本資料集の内容及び構成	1
1.3 関連する法令及び基準	2
1.4 国土交通省河川局のこれまでの主な対策の経緯	5
第 2 章 対策の基本的考え方	7
2.1 汚染底質の特徴	7
2.2 対策の基本的考え方	8
第 3 章 対策技術の概要	11
3.1 分解無害化処理技術の概要	11
3.1.1 分解無害化処理技術の分類	11
3.1.2 分解無害化処理技術の概要と特性	11
3.2 原位置固化処理技術の概要	15
3.2.1 原位置固化処理技術の概要	15
3.2.2 原位置固化処理技術の分類	15
3.3 覆砂処理技術の概要	16
3.3.1 覆砂処理技術の概要	16
3.3.2 覆砂処理技術の分類	16
第 4 章 分解無害化処理技術の検証	17
4.1 分解無害化処理実証試験及び実用化試験の概要	17
4.2 実証試験実施機関の選定	20
4.2.1 公募条件	20
4.2.2 選定基準	22
4.2.3 実証試験実施機関の選定	22

4.3 実証試験方法	31
4.3.1 実証試験試料について	31
4.3.2 実証試験条件・方法	31
4.4 実証試験結果	34
4.4.1 実証試験結果	34
4.4.2 物質収支	38
4.4.3 結果のまとめ	40
4.5 分解無害化処理技術に対する評価	41
4.5.1 前処理技術の評価（表 4.4.1 参照）	41
4.5.2 分解無害化処理技術の評価（表 4.4.2 参照）	42
4.6 実用化試験	50
4.6.1 実用化試験の目的	50
4.6.2 実用化試験の概要	50
4.6.3 実用化試験の方法	51
4.6.4 実用化試験結果	53
4.7 分解無害化処理に向けて	71
第5章 原位置固化処理技術の検証	72
5.1 原位置固化処理実証試験の概要	72
5.2 目標値の設定	73
5.3 原位置固化試験方法の検討	73
5.3.1 対象箇所の条件把握	73
5.3.2 室内試験における検討	76
5.3.3 処理工法の検討	78
5.4 現地施工	83
5.4.1 施工方法	83
5.4.2 モニタリング	85
5.4.3 周辺環境対策	87
5.5 原位置固化試験結果	88
5.5.1 固化強度、ダイオキシン類溶出量	88
5.5.2 工事による影響	90

5.6	原位置固化処理技術に対する評価	99
5.7	原位置固化処理の実用に向けて	102
第6章 覆砂処理技術の検証		103
6.1	神崎川における覆砂処理実証試験	103
6.1.1	概要	103
6.1.2	試験施工の内容	103
6.1.3	試験施工に係る対策効果確認調査結果（中間報告）	105
6.2	綾瀬川における覆砂処理実証試験	112
6.2.1	概要	112
6.2.2	覆砂処理実証試験方法と結果	112
6.3	覆砂処理のまとめ	117
6.3.1	神崎川における覆砂処理実証試験	117
6.3.2	綾瀬川における覆砂処理実証試験	117
6.4	覆砂処理の実用に向けて	117

巻末資料

第1章 総則

1.1 目的

本資料集は、底質のダイオキシン類を対象として様々な開発されている無害化・拡散抑制の対策技術について、処理の効果、処理に伴う周辺環境への影響の有無、施工性及び経済性等を客観的かつ詳細に行った評価を整理し、もって対策工事の適正かつ円滑な実施に資することを目的とする。

【解説】

底質のダイオキシン類を対象とした無害化・拡散抑制の対策工法については、様々な技術が開発されているが、安全かつ経済的に処理できる技術は十分には確立されておらず、施工実績も少ない。対策工事を適正かつ円滑に実施していくためには、無害化・拡散抑制工法について、処理の効果、処理に伴う周辺環境への影響の有無、施工性、経済性等を客観的かつ詳細に技術評価を行い、実用化を図ることが重要である。本資料集では、実用化段階の無害化・拡散抑制の対策技術について実証試験を行った結果・評価を整理したものであり、対策工事の適正かつ円滑な実施に資することを目的としている。

1.2 本資料集の内容及び構成

本資料集は、底質のダイオキシン類の対策技術について、その概要を示すとともに、実施した実証試験の評価を示すものであり、その構成は、第1章「総則」、第2章「対策の基本的考え方」、第3章「対策技術の概要」、第4章「分解無害化処理技術の検証」、第5章「原位置固化処理技術の検証」及び第6章「覆砂処理技術の検証」よりなる。

【解説】

本資料集は、底質のダイオキシン類の対策技術について、その概要を示すとともに、実施した実証試験の評価を示すものである。その構成は以下のとおりである。

第1章「総則」：本資料集の目的、これまでの対策の経緯、関連する法令等について

第2章「対策の基本的考え方」：汚染底質の特徴と対策の基本的考え方について

第3章「対策技術の概要」：分解無害化処理技術、原位置固化処理技術等の概要について

第4章「分解無害化処理技術の検証」：実施した試験の概要及び評価について

第5章「原位置固化処理技術の検証」：実施した実証試験の概要及び評価について

第6章「覆砂処理技術の検証」：実施した試験の概要及び評価について

巻末資料：各実証試験の方法、結果等についての詳細な資料集の掲載

1.3 関連する法令及び基準

ダイオキシン類対策特別措置法に基づく告示等により環境基準等が定められている。

【解説】

(1) ダイオキシン類対策に関する法的規制、基準等

1) ダイオキシン類関係の法律関係

ダイオキシン類に関しては、ダイオキシン類対策特別措置法（以下、「ダイオキシン法」という）に基づく告示等により環境基準等が定められている。ダイオキシン類汚染底質対策に関する法律関係（法律、政令、省令、告示、通知）の一覧を表 1.3.1 に示した。

表 1.3.1 ダイオキシン類関係の法律関係一覧

区分	法律・政令・省令・通知名	
法律	ダイオキシン法	平成 11 年 法律第 105 号
	廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、廃掃法）	昭和 45 年 法律第 137 号
	特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律（PRTR 法）	平成 11 年 法律第 86 号
	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律（以下、海防法）	昭和 45 年 法律第 136 号
	大気汚染防止法	昭和 43 年 法律第 97 号
政令	ダイオキシン法施行令	平成 11 年 政令第 433 号
	廃掃法施行令	昭和 46 年 政令第 300 号
	海防法施行令	昭和 46 年 政令第 201 号
	大気汚染防止法施行令	昭和 43 年 政令第 329 号
省令	ダイオキシン法施行規則	平成 11 年 総理府令第 67 号
	ダイオキシン法に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理の基準を定める省令	平成 12 年 総理府・厚生省令第 2 号
	廃棄物焼却炉に係るばいじん等に含まれるダイオキシン類の量の基準及び測定の方法に関する省令	平成 12 年 厚生省令第 1 号
	廃掃法施行規則	昭和 46 年 厚生省令第 35 号
	大気汚染防止法施行規則	昭和 46 年 厚生省令第 1 号
	海防法施行規則	昭和 46 年 運輸省令第 38 号
	余水吐きから流出する海水の水質についての基準を定める省令	昭和 52 年 総理府令第 38 号
	海防法施行令第 5 条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令	昭和 48 年 総理府令第 6 号
告示	ダイオキシン類の濃度の算出方法	平成 12 年 厚生省告示第 7 号
	最終処分場に係るダイオキシン類の水質検査の方法を定める件	平成 12 年 環境庁・厚生省告示第 1 号
通知	底質の処理・処分等に関する指針について	平成 14 年 環境省水環境管理課通知第 211 号

2) ダイオキシン法等による基準値

平成 11 年 12 月に制定されたダイオキシン法施行令に基づき、ダイオキシン類に係る環境基準、排出基準等が省令、告示等により定められている。特に、平成 14 年 7 月 22 日にダイオキシン類による水底の底質の汚染に係る環境基準が告示され、底質の環境基準が 150pg-TEQ/g 以下と定められた。

表 1.3.2 にダイオキシン法等による各種基準を示した。この基準は、対策の必要性を判断する際の基準、または対策の達成目標となるものである。

表 1.3.2 ダイオキシン法等による基準

規制項目		規制値等	条 項
耐容一日摂取量 (TDI)		4pg-TEQ/kg/日以下	ダイオキシン法第 6 条第 1 項 (政令第 2 条)
環境基準	大気	0.6pg-TEQ/ m ³ 以下	ダイオキシン法第 7 条 (環境庁告示 68 号)
	土壌	1,000pg-TEQ/g 以下	
	水質	1pg-TEQ/L 以下	
	底質	150pg-TEQ/g 以下 (含有濃度)	
排出ガス及び 排出水に関する 規制	排出ガス (廃棄物焼却炉)	0.1ng-TEQ/m ³ N 以下 (4t/h 以上) 1ng-TEQ/m ³ N 以下 (2~4t/h) 5ng-TEQ/m ³ N 以下 (2t/h 未満)	ダイオキシン法第 8 条第 2 項 1 号 (総理府令第 67 号第 1 条 2、別表第 1)
	排出水	10pg-TEQ/L 以下	ダイオキシン法第 8 条第 2 項 2 号 (総理府令第 67 号第 1 条 2、別表第 2)
大気総量規制基準		各自自治体の基準による。	ダイオキシン法第 10 条第 1 項
ばいじん及び焼却灰に係る処分基準		3ng-TEQ/g 以下	廃掃法施行令第 6 条 (総理府令第 5 号第 1 条)
余水吐きからの流出水の水質基準		10pg-TEQ/L 以下	海防法施行令第 5 条第 1 項 (総理府令第 38 号第 1 条 2)
廃棄物最終処分場の維持管理基準		・放流水の基準 (10pg-TEQ/L 以下) ・ばいじん等の飛散・流出防止 ・地下水の測定等	ダイオキシン法第 25 条第 1 項 (総理府・厚生省令第 2 号)
水底土砂に係る判定基準		10pg-TEQ/L 以下 (溶出濃度)	海防法施行令第 5 条第 2 項第 4 号 (総理府令第 6 号第 1 条 2)

政令：ダイオキシン法施行令 (H11.12.27 政令第 433 号)

環境庁告示：ダイオキシン類による大気汚染、水質の汚濁 (水底の底質の汚染を含む) 及び土壌の汚染に係る環境基準について (H11.12.27 号外環境庁告示 68 号)

総理府令第 67 号：ダイオキシン法施行規則 (H11.12.27 総理府令第 67 号)

総理府令第 6 号：海防法施行令第 5 条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令 (S48.2.17 総理府令第 6 号)

総理府令第 38 号：余水吐きから流出する海水の水質についての基準を定める省令 (S52.8.26 年総理府令第 38 号)

総理府令第 5 号：金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める法令 (S48.2.17 総理府令第 5 号)

総理府・厚生省令第 2 号：ダイオキシン法に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理の基準を定める省令 (H12.1.14 総理府・厚生省令第 2 号)

3) 廃棄物の最終処分場への受け入れ基準・最終処分場からの放流水基準

廃棄物の最終処分場への受け入れ基準及び最終処分場からの放流水基準を表 1.3.3に示した。

表 1.3.3 廃棄物の最終処分場への受け入れ基準・最終処分場からの放流水基準

基準名	基準値	内容	法律・政令・省令
ばいじん及び焼却灰に係る処分基準	3ng-TEQ/g 以下	管理型処分地投入に対する受け入れ基準	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令第3条第11項
廃棄物最終処分場の維持管理基準	・放流水の基準 (10pg-TEQ/L 以下) ・ばいじん等の飛散・流出防止 ・地下水の測定等	総理府令、厚生省令で定める基準値以下(総理府・厚生省令第2号)	ダイオキシン法第25条第1項に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理を定める省令第1条3項イ
安定型処分地の維持管理基準	人の健康の保護に関する水質環境基準と同等 (硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ふっ素、ほう素を除く)	浸出水が基準に適合していること	一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令第2条第2項第2号へ(1)、別表第2
余水吐きからの流出水の水質基準	10pg-TEQ/L 以下	余水吐きからの流出水の水質についての基準を定める総理府令に規定された基準値以下	海防法施行令第5条第1項(総理府令第38号1条2)

(2) ダイオキシン類の測定法

ダイオキシン類については、表 1.3.4に示す測定法(公定法)が定められている。

表 1.3.4 ダイオキシン類の測定法

測定対象	測定法	主管
環境大気	ダイオキシン類に係る大気環境調査マニュアル	環境省水・大気環境局総務課ダイオキシン対策室(平成18年2月改訂)
排出ガス	排ガス中のダイオキシン類の測定方法(JISK0311:2005)	ダイオキシン類対策特別措置法施行規則平成11年総理府令第67号
焼却灰等	特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法	平成4年 厚生省告示第192号
環境水	JIS K0312	平成11年 環境庁告示第68号
地下水	JIS K0312	平成11年 環境庁告示第68号
排出水	工業用水・工場排水中のダイオキシン類の測定方法(JISK0312:2005)	ダイオキシン類対策特別措置法施行規則平成11年総理府令第67号
底質	ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル	環境庁水質保全局水質管理課(平成12年3月)
土壌	ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル	環境庁水質保全局土壌農業課(平成12年1月)

1.4 国土交通省河川局のこれまでの主な対策の経緯

関連する取組みとともに、国土交通省河川局によるこれまでの主な対策の経緯を表 1.4.1 に示した。また、国関係分の底質ダイオキシン類に係るマニュアル類を表 1.4.2 に、各マニュアル類の体系を図 1.4.1 に示した。

表 1.4.1 主な取組み

時 期	対策内容
平成 11 年～	全国一級河川におけるダイオキシン類に関する実態調査を開始
平成 11 年 12 月	水質、土壌、大気の汚染に係る環境基準が告示
平成 12 年～	政府のミレニアムプロジェクトにおいてダイオキシン類対策についての調査検討が採択
平成 12 年 1 月	「ダイオキシン類対策特別措置法」が施行され、排出源対策を実施
平成 14 年 7 月	底質の汚染に係る環境基準が告示
平成 15 年 3 月	「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針」策定
平成 15 年 6 月	「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）」策定 「河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案）」策定
平成 15 年 12 月	「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改訂版）」策定
平成 16 年 7 月	「河川、湖沼底質中のダイオキシン類簡易測定マニュアル（案）」策定
平成 16 年 12 月	ダイオキシン類分解無害化处理実証試験の実施
平成 17 年 1 月～3 月	ダイオキシン類原位置固化試験施工の実施
平成 17 年 3 月	「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）」改訂 「河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案）」改訂
平成 17 年 3 月	「ダイオキシン類調査における品質管理マニュアル（案）」策定
平成 18 年 1 月～12 月	ダイオキシン類無害化実用化試験の実施
平成 19 年 3 月	「底質のダイオキシン類対策技術資料集」公表

表 1.4.2 底質ダイオキシン類に係るマニュアル類（国関係分）

名 称	策定・改訂年	作成者
河川、湖沼底質中のダイオキシン類簡易測定マニュアル（案）	平成 16 年 7 月	河川局河川環境課
河川、湖沼等におけるダイオキシン類常時監視マニュアル（案）	平成 15 年 6 月 平成 17 年 3 月改訂	河川局河川環境課
河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）	平成 15 年 6 月 平成 17 年 3 月改訂	河川局河川環境課
港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針（改訂版）	平成 15 年 12 月	港湾局
港湾における底質ダイオキシン類分解無害化处理技術データブック	平成 17 年 3 月	北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所
ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル	平成 12 年 3 月	環境庁水質保全局水質管理課

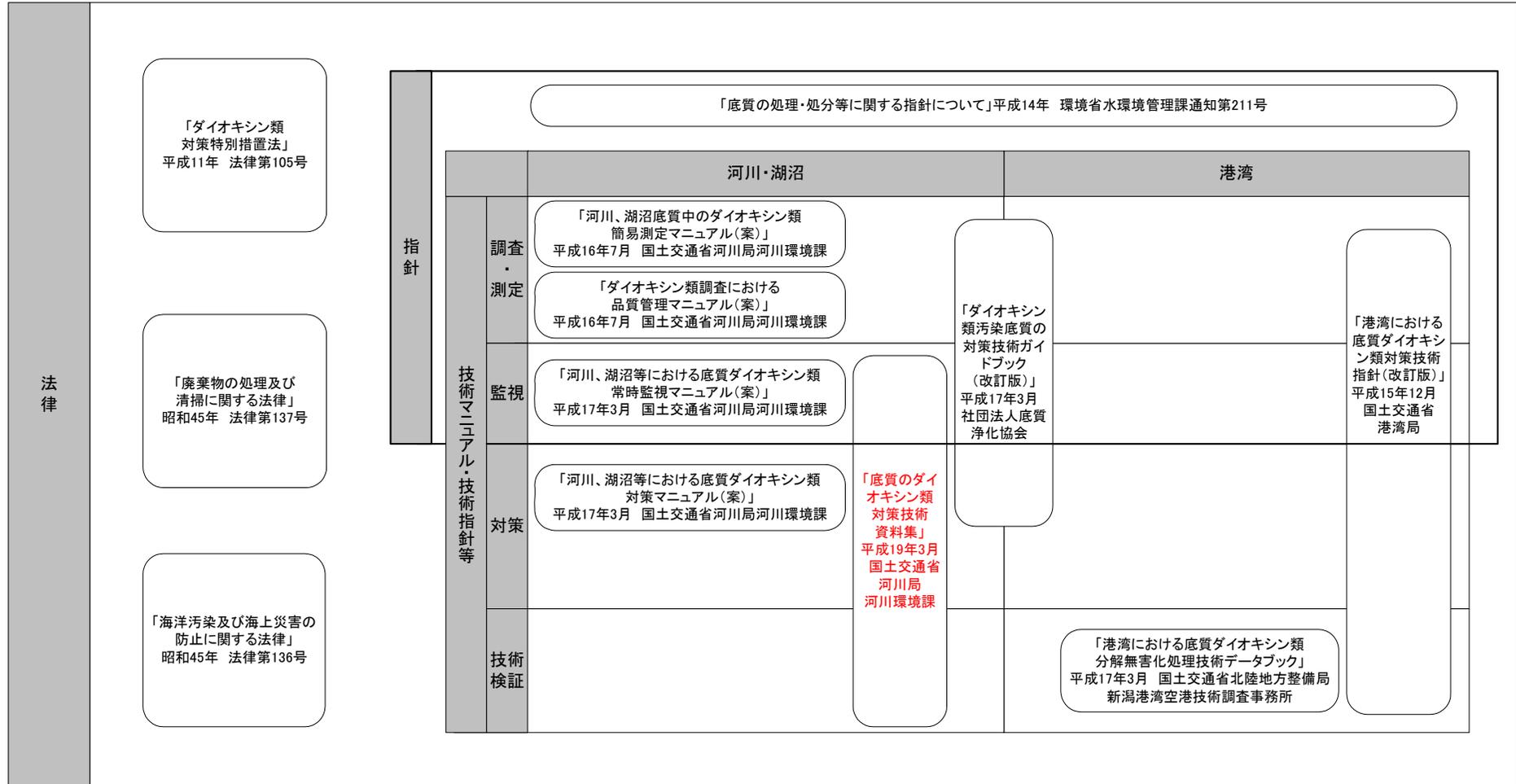


図 1.4.1 底質ダイオキシン類に関する法律・指針・技術マニュアル等の概略体系

第2章 対策の基本的考え方

2.1 汚染底質の特徴

底質とは、河川、湖沼、海洋等水環境の水底の表層土や岩盤の上に流域から流入した土砂や側溝からの不溶物が堆積したものである（国立環境研究所EIC ネット環境用語集）。

河川（湖沼）の底質は、土壤に比べ含水率が高く、汚染底質が認められる場所ではシルト・粘土分の割合が高く、また有機物含有量が高い性状であることが多い。

河川におけるダイオキシン類対策の特徴としては次のことが挙げられる。

(1) 人の健康・生態系への影響

底質については、人の健康の保護という観点から見た場合、間接的に飲料水及び魚介類を経由した食物の摂取による影響を考慮する必要がある。ダイオキシン類の耐容一日摂取量（TDI）の多くを占める食品のうち、最も割合が高いのが魚介類由来である。これらの危険性に鑑み、底質の環境基準は 150pg-TEQ/g 以下に設定されている。

(2) 汚染底質の分布

汚染底質の場合、上下流方向に加えて、深度方向にも深く分布していることが多い。

(3) 水分・粒度

汚染が認められるところは、河口域や運河等の止水域が多く、このような所では有機物を多く含むシルト・粘土の性状が多く、対策にあたっては、脱水処理等が必要となる場合がある。

(4) 有機物、有害物

汚染が認められるところは、有機汚濁の進行により有機物の含有が高い場合が多い。また、ダイオキシン類以外の化学物質（油類、重金属等）が存在することが多い。したがって、排ガスや排水の処理には注意が必要となる。

(5) 治水との関係

河川では、治水との関係が重要であり、浚渫や原位置処理等の対策においては、既存の構造物の安全性や河道断面の確保等について考慮する必要がある。

(6) 利水との関係

汚染箇所より下流における上水、農業用水等の取水状況や漁業等の状況を考慮し、対策を検討する必要がある。

2.2 対策の基本的考え方

河川、湖沼などの水域における対策の基本的な考え方は、まず排出源対策を行い、汚染範囲の拡大を抑制することである。同時に、既に過去にダイオキシン類に汚染されてしまっている底質については、底生生物を経由した間接的な、あるいは水の直接的な人への摂取を防がなければならない。対策としては、底質に含まれるダイオキシン類そのものを減少させる恒久的な対策を図ることが基本である。しかしながら、河川構造物の安定性、経済性などの種々の要因により恒久的な対策をすぐには実施できない場合もある。そのような場合には、当面の処置として暫定的な対策を行う場合も考えられる。

対策の基本的な流れを図 2.2.1 に示した。

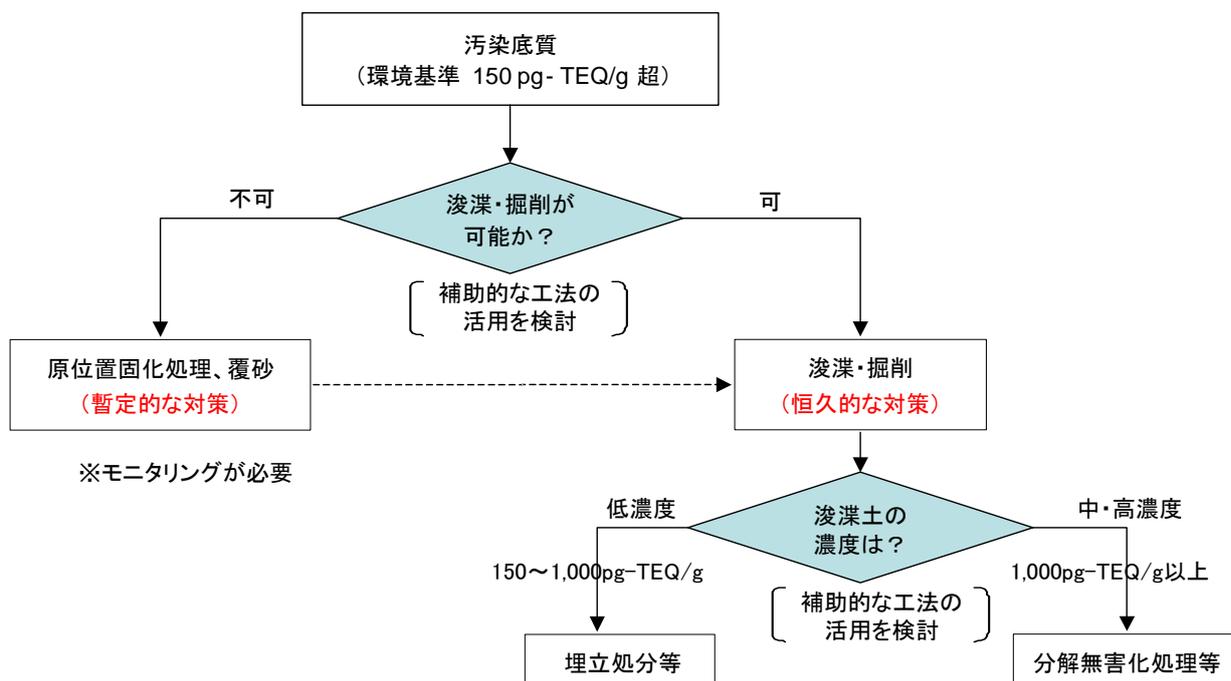


図 2.2.1 汚染底質の対策工法の基本的な流れ

各対策工法の内容と適合条件を表 2.2.1 に示した。水域において、底質からの暴露を防ぐには、恒久的な対策として浚渫・掘削除去処理が、暫定的な対策として原位置処理（固化処理または覆砂処理）がある。

- ・ 浚渫・掘削除去処理：汚染底質を浚渫・掘削除去し暴露経路を恒久的に遮断する方法
- ・ 原位置処理：原位置にて固化または覆砂処理を実施し、暴露経路を暫定的に遮断する方法

対策手法は、第一に浚渫・掘削除去処理を選定することを検討し、構造物等の安定を損なう場合、全量除去するのに膨大な費用がかかる場合等、浚渫・掘削除去等の実施が難しい場合には、原位置処理を選定することを検討する。原位置処理を選定する場合には、将来の恒久的な対策の実施を考慮したものとする。また、モニタリングを継続することで原位置処理の効果を把握するとともに、必要に応じて追加対策を実施する。

表 2.2.1 各対策工法の内容と適合条件

手法	対策工法の種別		工法の内容	適合条件
浚渫・掘削除去処理	浚渫・掘削除去		締切なしで底質を除去する浚渫・掘削除去工法	①水深が深い、または面積が広いため締切構造が大規模となる場合 ②水深が深い、または面積が広いため締切内排水が困難な場合 (留意事項) ・モニタリング、管理履歴の保存
	締切+浚渫・掘削除去		・汚染区域を鋼矢板等で締切った上で底質を除去する締切浚渫・掘削工法 ・締切工法には締切り後に固化材を投入して浚渫・掘削除去を容易にする方法もある。	①水深が浅く、締切構造が簡易となる場合 ②面積が狭く、排水処理が容易な場合 ③ダイオキシン類が高濃度でより確実な施工が要求される場合 (留意事項) ・モニタリング、管理履歴の保存
原位置処理	固化処理	固化処理	底質に固化材を添加して固化処理する方法	①構造物等の安定を損なう恐れがあり浚渫・掘削除去ができない場合など、 <u>暫定的な措置として固化封じ込めをする場合</u> ②底質環境基準を超えているが比較的 <u>低濃度の底質</u> ③ダイオキシン類の排出源対策が講じられており、 <u>固化処理工上にダイオキシン類が堆積する恐れが少ないこと</u> ④河積に十分余裕がある。 (留意事項) ・長期にわたる定期的なモニタリングが必要
		締切+固化処理+コンクリート被覆	側面をコンクリート鋼矢板等で底部の不透水層まで締切り遮断した後、固化処理により汚染底質からのダイオキシン類の溶出を防止し、上部をコンクリート等で被覆する封じ込め工法	
	覆砂処理		底質の上に汚染していない良質の砂を覆砂する方法	① <u>構造物等の安定を損なう恐れがあり浚渫・掘削除去ができない場合など、暫定的な措置として覆砂をする場合</u> ②洪水、強風や台風等の荒天時に覆砂材が流出しない水域環境 ③底質環境基準を超えているが比較的 <u>低濃度の底質</u> ④ダイオキシン類の排出源対策が講じられており、 <u>覆砂工上にダイオキシン類が堆積する恐れが少ないこと</u> ⑤河積に余裕があり、 <u>覆砂した後も、洪水の流下に必要な河道断面や舟運に必要な航路水深などが確保されること</u> (留意事項) ・ <u>洪水や暴風などによる流速、波浪などに対して流出することなく、必要な覆砂厚が維持されること</u> ・長期にわたる定期的なモニタリングが必要

注 各工法を採用するにあたっては、堆積の層厚、範囲、場所や対象地の水深、流速、波高、船舶の往来、セメント・砂等の材料、燃料搬入路の無と条件についても十分に留意する。「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」からの変更点を下線部に示した。

また、底質ダイオキシン類の対策の進め方は、図 2.2.2に示すとおりである。

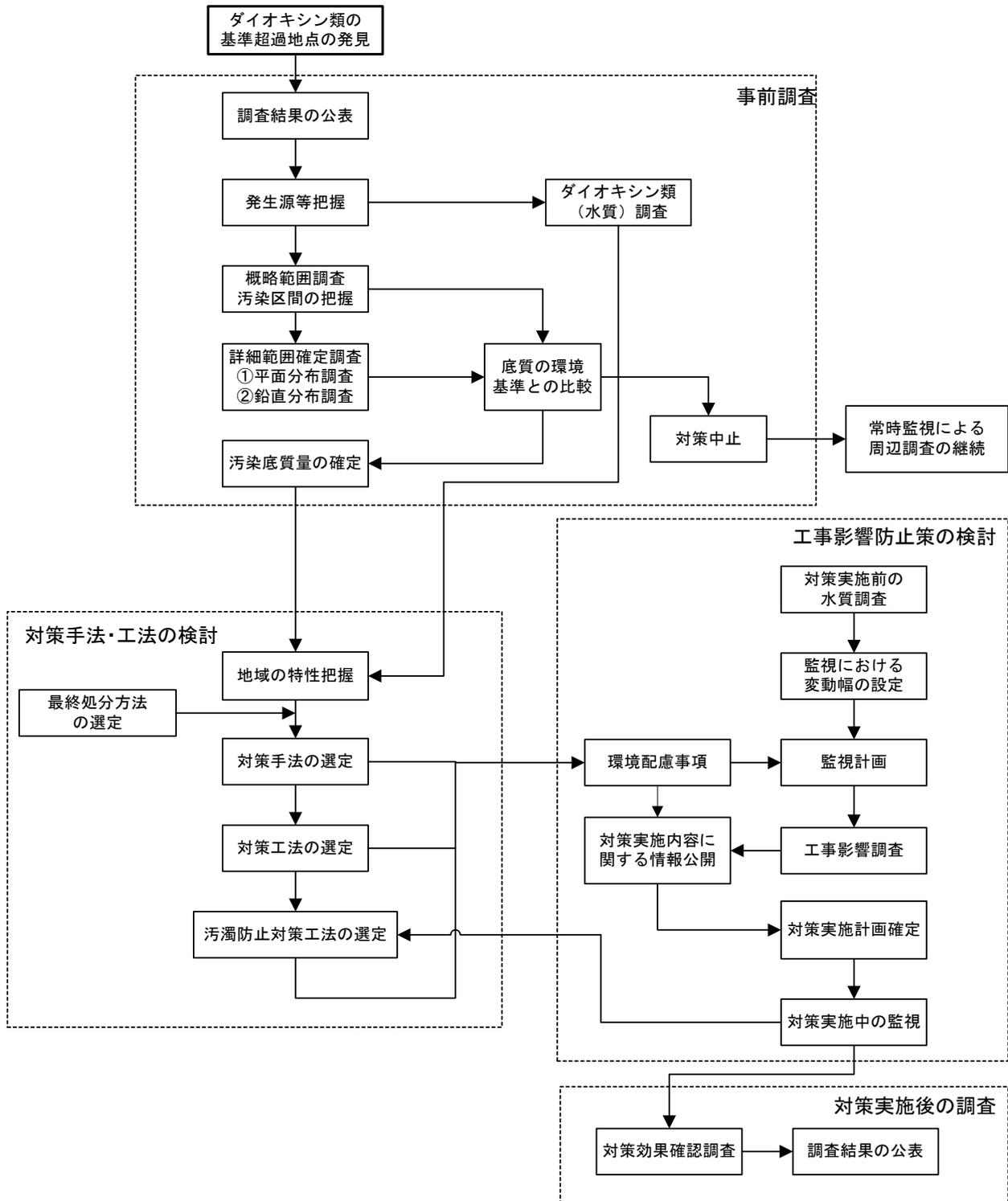


図 2.2.2 底質ダイオキシン類対策の進め方

出典：「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）」

第3章 対策技術の概要

3.1 分解無害化処理技術の概要

分解無害化処理技術は、ダイオキシン類そのものを分解・無害化することができる恒久的な処理であるが、現在様々な開発が行われているところであり、大量の汚染底質を処理できるような技術は未だ確立されていない。また、処理に際しては事前に浚渫・掘削除去が必要であることから、周辺環境への拡散防止に留意する必要がある。

3.1.1 分解無害化処理技術の分類

現在開発検討されているダイオキシン類の分解無害化処理技術には、大きく分離技術と分解技術に分けられる。このうち、分離技術には物理化学的抽出や分級がある。分解技術については、さらに熱分解、光分解、生物学的分解、化学的脱塩素分解等に分類できる（図 3.1.1）。

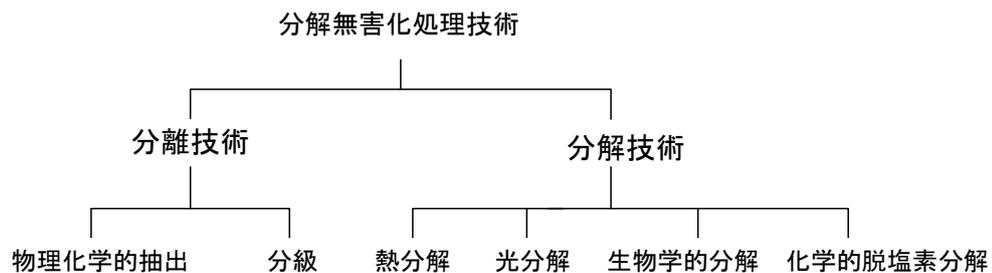


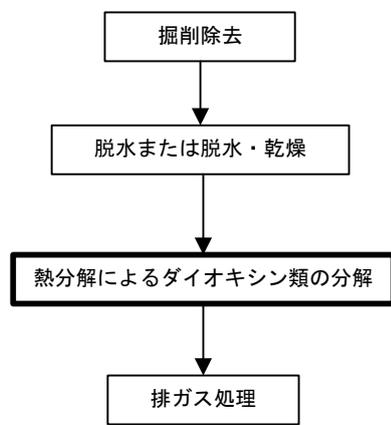
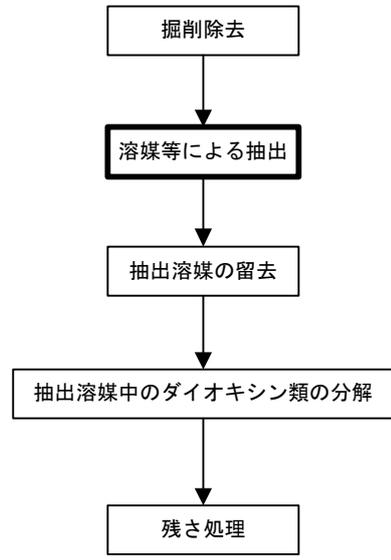
図 3.1.1 分解無害化処理技術の体系

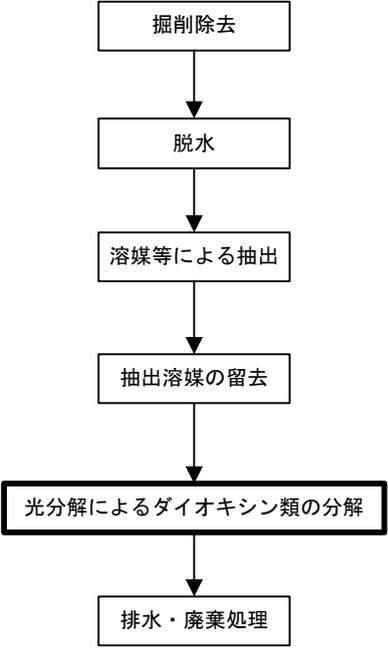
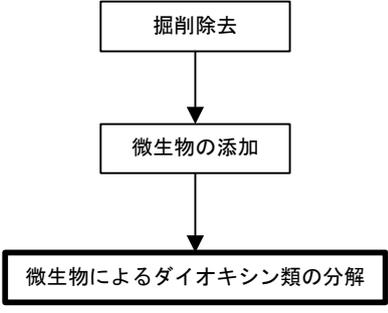
3.1.2 分解無害化処理技術の概要と特性

分解無害化処理技術の概要と特性を表 3.1.1に示した。

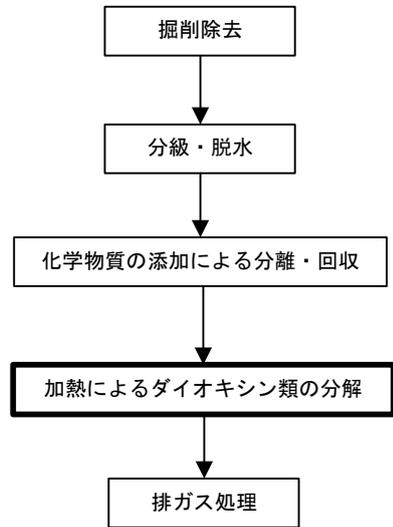
表 3.1.1 分解無害化処理技術の概要と特性

大分類	中分類	内容
分離技術	物理化学的抽出・分離	<p>【方法・原理】 ・汚染底質を溶媒等で化学的に抽出分離して、底質とダイオキシン類を含む溶液に分離する技術。溶液中のダイオキシン類は分解浄化して処分する。^{1) 4) 19)}</p> <p>【利点】 ・エネルギー的に合理的である。¹⁾</p> <p>【問題点】 ・溶媒の分離には高度な加熱装置が必要である。²⁾ ・洗浄液の分解処理では、未反応の脱塩素化剤や反応生成物の分離、及び処理が必要になる。²⁾</p> <p>【底質への適用性】 ・底質の水分の影響や一般環境で適用できる溶媒等に関する知見が不足している。¹⁾ ・他の分解技術との組み合わせで、効果が期待できるので、適用可能性は大きい。</p>
分解技術	熱分解	<p>【方法・原理】 ・汚染底質を脱水後、ロータリーキルンなどの焼却施設で熱分解処理する。主な反応生成物は排ガスとなる。(直接加熱)^{1) 3) 13) 14) 16)} ・汚染底質を脱水後、反応器を加温することで熱分解処理する。(間接加熱) ・オンサイトで処理対象物に電極を挿入し、直接加熱、熔融してダイオキシン類を熱分解する。¹⁵⁾</p> <p>【利点】 ・PCB 汚染底質による事例があり、ダイオキシン類汚染についても、土壌では実証レベルにある。¹⁾</p> <p>【問題点】 ・装置が大規模になり、移動性が低い。 ・排ガスの処理及びモニタリングが必要になる。²⁾</p> <p>【底質への適用性】 ・適用には、脱水または脱水・乾燥処理が必要になる。</p>



大分類	中分類	内容
分解技術	光分解	<p>【方法・原理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 汚染底質からダイオキシン類を抽出分離した後、抽出溶液に紫外線や太陽光を照射することにより、ダイオキシン類を分解する（ダイオキシン類は 209～320nm 付近の紫外線領域に吸収帯をもつ）。^{1) 6) 9)10) 14)} <p>【利点】</p> <ul style="list-style-type: none"> 装置を小型化することが可能である。¹⁾ <p>【問題点】</p> <ul style="list-style-type: none"> 完全に無害化することは困難であり、低塩素のダイオキシン類が残存しやすい。¹⁾ <p>【底質への適用性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 完全な無害化を想定しない場合には、適用可能である。 
	生物学的分解	<p>【方法・原理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 微生物の持つ分解能力を利用してダイオキシン類を分解する。^{1) 11) 12) 16)} 汚染土壌については、原位置処理で分解処理する方法と掘削除去後に分解処理する方法が提案されている。¹⁾ <p>【利点】</p> <ul style="list-style-type: none"> 低濃度、広範囲の汚染に適している。¹⁾ <p>【問題点】</p> <ul style="list-style-type: none"> 分解率は90%程度と予測される。¹⁾ 処理に時間を要する。¹⁾ <p>【底質への適用性】</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削除去後の底質に適用する場合を想定すると、処理時間が必要なことから、処理期間中の管理が必要になる。 

大分類	中分類	内容
分解技術	化学的脱塩素分解	<p>【方法・原理】</p> <p>・脱水した汚染底質に水素供与体、触媒、アルカリ等を加え、300～350℃で加熱することにより、水素ラジカルと塩素原子を置換して分解する方法である。^{1) 2) 5) 6) 14)16)}</p> <p>【利点】</p> <p>・低温・大気圧で反応が進行するため、装置の小型化が可能であり、移動性がある。³⁾</p> <p>・液-液相系の反応であり、排ガスが生成されないため、モニタリングが容易である。³⁾</p> <p>【問題点】</p> <p>・基本的に脱塩素化させる反応であり、無害化には至らない。⁶⁾</p> <p>【底質への適用性】</p> <p>・適用には、底質からの効率的な脱水処理が必要になる。¹⁾</p>
	その他	<p>・メカノケミカル法：高速で回転するボールミルを用いて物質を粉砕する際に、化合物の結合状態が化学的に活性化されることを利用して、非加熱・常圧条件で汚染土壌をアルカリ性の資材とともに脱塩素処理して無害化する。¹⁶⁾</p> <p>・超臨界水酸化分解：高温高压（400℃、25Mpa）で超臨界状態にある水が持つ、溶解特性と分解特性を利用して、汚染土壌中のダイオキシン類を溶出し、酸化的に分解する。¹⁶⁾</p>



注1 大分類・中分類は、出典1) 細見正明：底質のダイオキシン類分析と浄化技術の課題. ヘドロ, No.86, (2003) の分類によった。

2 出典は巻末資料 pp. 2-1～2-2 に示した。

3.2 原位置固化処理技術の概要

3.2.1 原位置固化処理技術の概要

ダイオキシン類は水に溶解しにくく、土粒子に付着して移動や拡散をされると考えられており、固化処理することで土粒子の発生を抑制することが出来る。

原位置固化処理は、汚染底質に固化材を添加し固化することにより、底質に含まれるダイオキシン類を底質中に封じ込め、周辺地盤や水中への溶出、飛散の抑制や、水生生物への影響を防止するものである。

原位置固化処理工法は、底質を直接移動、改変することなく処理できるものであるが、ダイオキシン類の現存量を低減させるものではないため、暫定的な対策として取り扱う。また、固化材の添加量や、その後のモニタリングによる安全性の確認など検討課題も多い。

3.2.2 原位置固化処理技術の分類

現在、我が国で用いられている固化工法は、深度 3m 程度迄の比較的浅い土層を固化する表層混合処理工法、深度 3m 以深の比較的深い土層まで固化が可能な深層混合処理工法及び気中固化の 3 つに大別される。気中固化は、一旦水中から取り出す必要があるため、飛散防止対策を講じる必要がある。

原位置固化技術の分類を図 3.2.1 に示した。

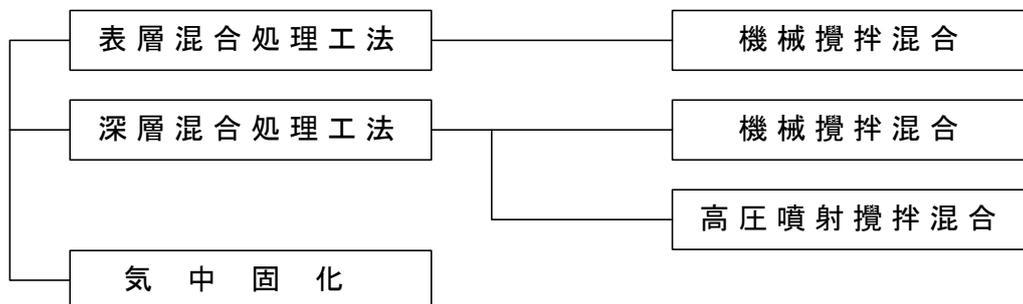


図 3.2.1 原位置固化処理技術の分類

3.3 覆砂処理技術の概要

3.3.1 覆砂処理技術の概要

覆砂処理工法は、汚染底質を砂等を用いて被覆し、ダイオキシン類の飛散、溶出、水生生物への影響を防止するものである。覆砂処理工法は底質を直接移動、改変することなく処理できる工法であるが、処理後も覆砂の下に汚染底質が存在するため、恒久的な対策とはなり得ない。河川域への適用においては、洪水等における覆砂材の流出、河積の確保、船舶航行における水深の確保等、技術的な検討課題も多い。

3.3.2 覆砂処理技術の分類

覆砂処理技術には、大きく以下の二種類がある。

(1) ドライ工法（乾式散布工法）

ドライ工法は、海砂、山砂等をベルトコンベアーバージ、土運船、ガット船等で搬送し、グラブ、バックホウ、スプレッダー船、トレミー管方式により敷き砂散布を行う。

(2) ウェット工法（湿式散布工法）

ウェット工法は、土運船の砂に水を混合しスラリー化させ、サンドポンプで吸い上げパイプ輸送し、散布装置から散布する。水中の底面近くで散布するため、濁りの発生を抑制できる。

第4章 分解無害化処理技術の検証

4.1 分解無害化処理実証試験及び実用化試験の概要

河川における底質のダイオキシン類対策を実施するに当たり、「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル（案）」においては、1,000pg-TEQ/gを超える底質は、原則として分解無害化処理を行うこととしている。底質を対象とした分解無害化工法については、様々な技術が開発されているが、安全かつ経済的に処理できる技術は十分には確立されておらず、施工実績もほとんどない。

河川局では、それらの開発途上の技術を広く募集し、実施可能な分解無害化工法を整理すること、及びそれらの手法の効果、費用、課題等を検証することを目的として、平成16年度に前処理工程（分級や脱水）を含めた原泥からの分解無害化処理実証試験（以下、「実証試験」という）を実施した。さらに平成17年度と平成18年度には連続試験を行った場合の変動や装置のスケールアップに伴う留意点を把握するために分解無害化処理実用化試験（以下、「実用化試験」という）を実施した。

平成16年8月に公募によって協力機関を募った結果、15機関の応募があった。学識経験者の助言を得ながら試験実施機関を選定し、8技術について実証試験を実施した。さらに平成17年度と平成18年度には、実証試験にて目標を達成した7機関から公募を行い、応募のあった3機関について実用化試験を実施した。

なお、実証試験及び実用化試験は、図4.1.1に示すフローに基づいて実施した。

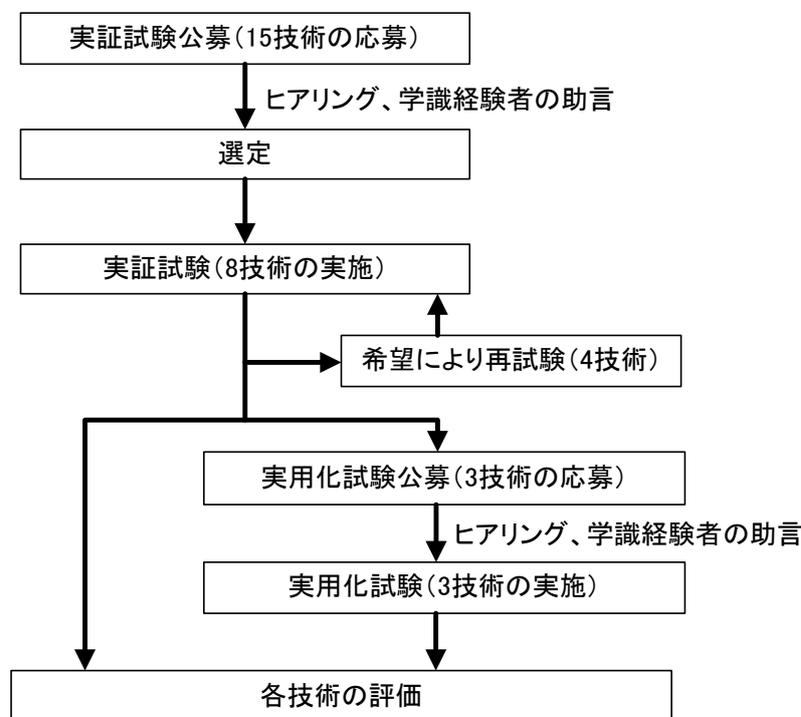


図 4.1.1 実証試験及び実用化試験の実施フロー

実証試験及び実用化試験における前処理及び分解無害化処理の各工程で得られる底質や水質等について、本資料集における定義を以下に示した。試験前の状態を「原泥」、分級や脱水等の前処理後の状態を「前処理底質」、分解無害化処理後の状態を「分解無害化底質」とする。その関係を図 4.1.2に示した。

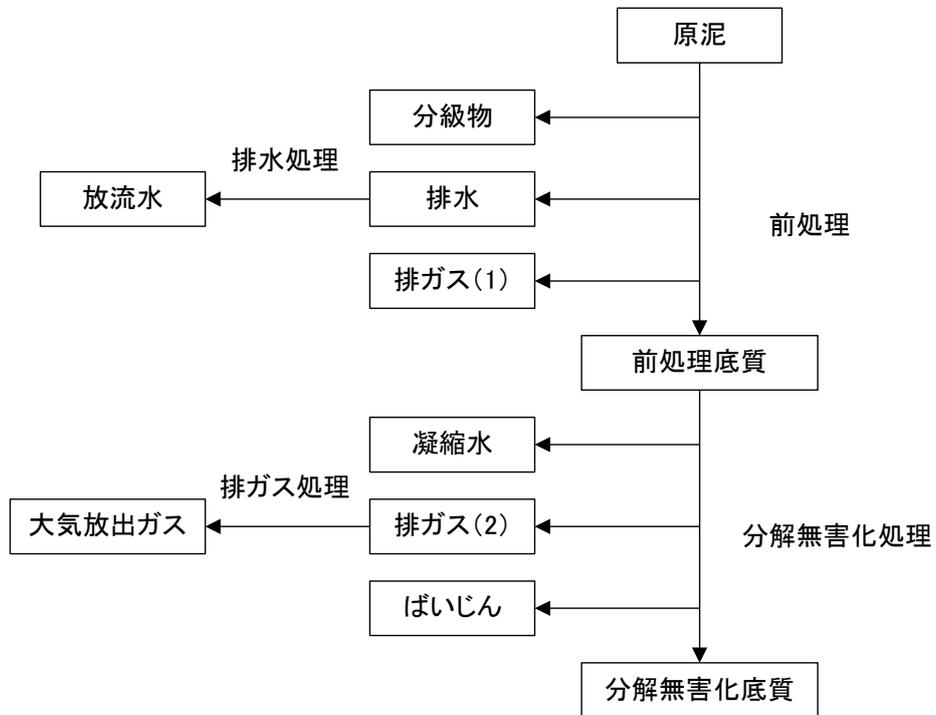


図 4.1.2 本資料集における用語の定義

(1) 処理目標値の設定

「第1章 総則」に示した各種の基準等を考慮し、分級物、分解無害化底質、大気放出ガス及び放流水については、試験の処理目標を表4.1.1に示すとおり設定した。また、底質の減量化、物質収支及びダイオキシン類収支については、表4.1.2に示すとおり処理の目安を設定した。

なお、各技術の評価にあたっては、底質への適用性、実用性及び効率等についても考慮して行った。

表 4.1.1 実証試験における処理目標（前処理、分解無害化処理）

評価項目		目 標	備 考
確実性		分級物：150pg-TEQ/g 以下	【前処理】 環境基準（底質）
		分解無害化底質：150pg-TEQ/g 以下	【分解無害化処理】 環境基準（底質）
周辺環境 への影響	大気汚染	大気放出ガス：0.1ng-TEQ/m ³ 以下	【前処理・分解無害化処理】 排出基準（4t/h 以上の処理施設）
	水質汚濁	放流水：1pg-TEQ/L 以下	【前処理・分解無害化処理】 環境基準（水質）

表 4.1.2 実証試験における処理の目安（前処理、分解無害化処理）

評価項目	目 安	備 考
確実性	前処理において 40%以上減量化されていること。	【前処理】 ・処理前後の底質の湿重量
物質収支	物質収支が処理の前後でとれていること。	【前処理】 ・原泥と前処理底質＋分級物 ・乾燥重量 【分解無害化処理】 ・前処理底質と分解無害化底質 ・強熱減量を除いた乾燥重量
ダイオキシン類収支	ダイオキシン類収支が処理の前後でとれていること。	【前処理】 ・原泥と前処理底質＋分級物 ・ダイオキシン類総量

4.2 実証試験実施機関の選定

実証試験では、分解無害化処理技術の確実性を評価するため、以下の手順で選定を行った。

4.2.1 公募条件

以下の条件で公募を実施した。

(1) 無害化対象物質

ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF)、ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン (PCDD) 及びコプラナーPCB を対象とする（「コプラナーPCB」は JIS K0312(2005)によると「ダイオキシン様 PCB」とも呼称されるが、本資料集ではダイオキシン法の定義による呼称である「コプラナーPCB」を採用した）。

(2) 対象

河川、湖沼における底質を対象とする。

(3) 対象技術

原理的にダイオキシン類を確実に無害化できる技術として実用化されている技術のうち、河川、湖沼における底質に対して適用可能な技術であり、各処理工程において物質収支が明らかな分解無害化処理技術を対象とする。

(4) 処理後の目標濃度

処理後の目標濃度は、150pg-TEQ/g 以下とする。

(5) 工事实績

河川、湖沼における底質中のダイオキシン類の分解無害化処理技術を保有、または工事实績がある者とする。

(6) プラント所有・規模

プラント所有については、次のいずれかの条件を満たし、実証試験を行える者とする。

- 1) 実証試験（小規模試験）プラントを所有している者
- 2) 平成 16 年 11 月迄に実証試験（小規模試験）プラントが使用可能となる者

実証試験プラント設置のための用地または施設は、任意の場所に応募者が確保する。

なお、実証試験を行うにあたり、許認可・届出が必要な場合には、これらの手続きを応募者が行うものとする。

(7) 実証試験の実施

周辺環境への二次影響防止策が考慮されており、実証試験の際には自治体や地域住民の理解・協力が得られる技術であること。

(8) 放流水・大気放出ガス濃度

実証試験プラントから排出される放流水・大気放出ガス濃度について測定可能であり、測定値は次に示す基準以下とする。なお、その他の有害物質についても環境基準を満足し、必要に応じて測定が可能であること。

- 1) 放流水：1pg-TEQ/L 以下
- 2) 大気放出ガス：0.1ng-TEQ/m³N 以下
- 3) その他（有害物質）

(9) 実証試験実施時期

平成 16 年 11 月末に試料を配布し 12 月末までに処理を実施する。処理期間は、原則として 1 ヶ月間とする。

(10) 実証試験による処理量

1～10 トンの底質を処理することが可能な実証試験を基本とする。10 トン以上の底質の処理が必要な場合には、応募時に申請するものとする。

(11) 試料の配布

実証試験に用いる試料は、試料採取後の無処理底質を応募者に配布する。

試料：大阪市内河川底質

土質：シルト質

ダイオキシン類濃度：数百 pg-TEQ/g

含水率：約 40～70%

4.2.2 選定基準

選定にあたっては、公募条件を満たすことのほか、以下の点を考慮した。

- ・ダイオキシン類を確実に無害化（処理実績を有する等）できること。
- ・各処理段階において、副産物を含めた物質収支を把握することが可能であり、安全な技術であること。
- ・実用化されている技術を活用し、大量の汚染底質をより効果的（時間、エネルギー、コスト※）に無害化することが可能な技術であること。

※コストについては技術を評価する上で重要であるが、今回の選定に当っては参考とした。

また、以下の事項についても選定にあたり考慮した。

(1) 環境への配慮

処理地周辺への環境を配慮し、大気放出ガス、放流水のダイオキシン類濃度が目標値を満足すること。処理装置の終日運転を考慮し、騒音、振動及び悪臭の管理ができること。

(2) 安全性

底質の分解無害化処理で発生する大気放出ガスや放流水、その他の排出物が、目標値を満足すること。

作業の安全衛生管理の面からの適正な対策が十分配慮されていること。

4.2.3 実証試験実施機関の選定

「4.2.1公募条件」に示した条件にて公募を行った結果、15 機関からの応募があった。選定基準に基づき、学識経験者の助言を得ながら、以下に示す 8 機関が実証試験を実施した。

- A 技術 ソイルクリーンシステム（回転焼成式分解法）
- B 技術 還元加熱法と金属 Na 分散体法との組合せ処理法（還元加熱・金属 Na 法）
- C 技術 真空加熱法
- D 技術 還元加熱無害化プロセス（還元加熱法）
- E 技術 間接加熱酸化分解法
- F 技術 高圧脱水還元化学分解工法
- G 技術 金属ナトリウムによる脱ハロゲン化技術（金属 Na 脱ハロゲン化技術）
- H 技術 バイオクリーンコンポによるダイオキシン類分解工法
（バイオクリーンコンポ）

A～H の各技術の概要を次頁以降に示した。

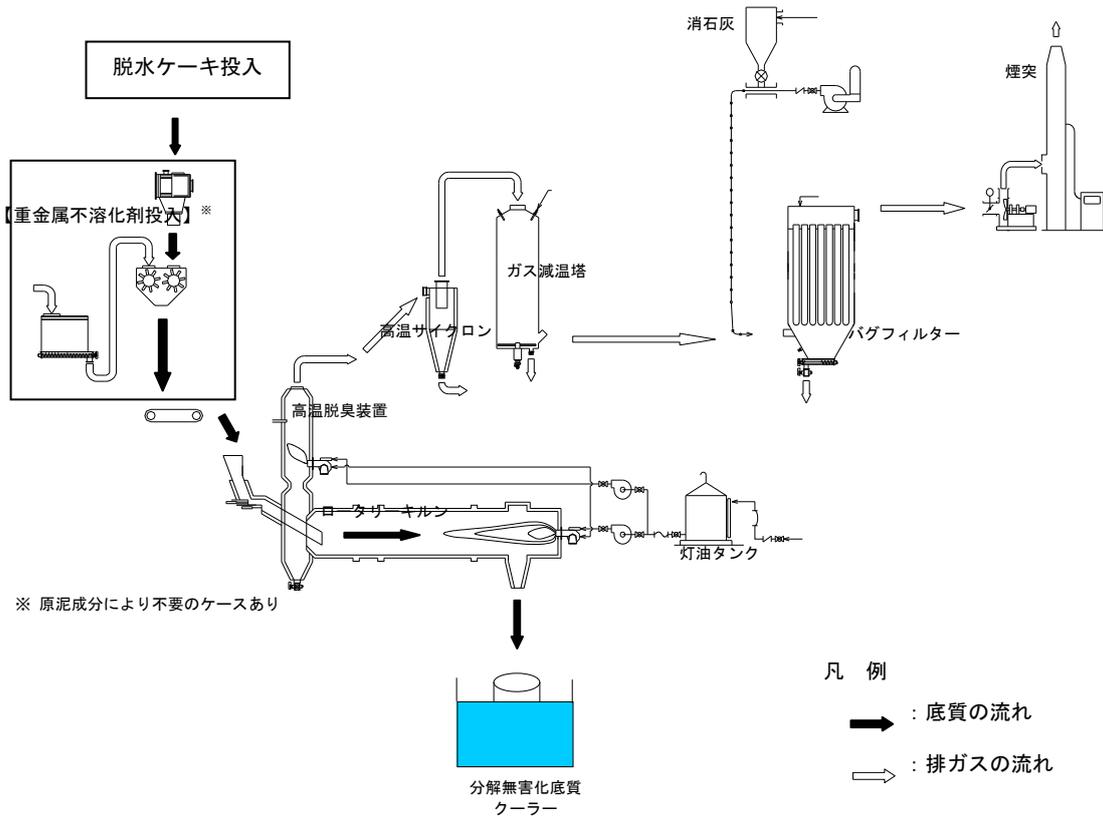
技術工法名：ソイルクリーンシステム（回転焼成式分解法）

技術名：A 技術

無害化処理技術の前処理として分級・減容化処理を行う。分級は、20mm 以上の雑物及び礫分をトロンメルにより除去し、74 μ m 以上の砂分は、分級性能が高い重力沈降式の砂分回収装置により分離し、ダイオキシン類を含む細粒分の回収を行う。土量が少ないケースでは振動篩とサイクロンで分級を行う。また、必要に応じて加水調泥を行う。

減容化処理は、高圧フィルタープレス（高圧打込みポンプ（4MPa：今回の実証試験においては小規模のため 0.6MPa））により浚渫土中の間隙水を強制的に加圧ろ過脱水するものであり、現存する機械脱水工法の中で、含水比低下率と減容化率が最も高い機械脱水工法である。

本システムにおける無害化処理技術は、焼成処理により底質のダイオキシン類の無害化を図るものである。ロータリーキルンにおいて、底質温度を 850~1,050℃の雰囲気中で 10 分以上焼成し、ダイオキシン類を分解する。このとき、気相側へ移行するダイオキシン類も二次燃焼により分解する。また、併せて底質内の重金属等も不溶化剤を添加することにより封じ込めが可能であり、これらの処理技術によりダイオキシン類の回転焼成式高温燃焼分解を図るものである。



技術工法名：還元加熱法と金属 Na 分散体法との組合せ処理法（還元加熱・金属 Na 法）

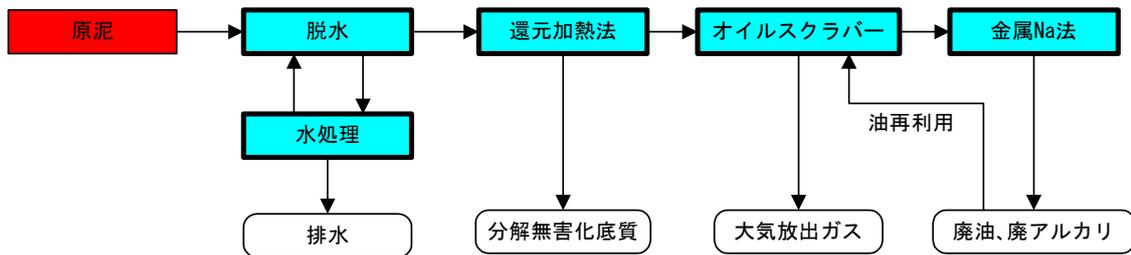
技術名：B 技術

無害化処理技術の前処理として、必要に応じて脱水処理（ベルトプレス、ロールプレス、フィルタプレスなど）を行ったのち、脱水ケーキを還元加熱装置に供給する。原泥の含水率が低い場合は脱水を行わずに還元加熱装置に供給することも可能である。

還元加熱装置では、前処理底質（脱水ケーキ）を窒素雰囲気下において熱源により約 500～600℃に間接加熱することにより、底質中のダイオキシン類を分解・脱離させる。還元加熱によって発生したプロセスガスは、オイルスクラバーで洗浄し、清浄ガスとして排出する。

プロセスガス洗浄油に捕捉されたダイオキシン類は、金属 Na 分散体法（SP 法）により分解無害化する。プロセスガス洗浄油は、凝縮水を除去した後、金属 Na 分散体を添加し 100℃以下で脱塩素化反応を行い、ダイオキシン類を無害化分解する。浄化済みの処理油はオイルスクラバーに再利用する。

底質中の水分は、凝縮水として回収される。汚染物質はプロセスガス洗浄油に捕捉されるため、凝縮水中には汚染物質はほとんど移行しないが、念のため活性炭処理後に排出する。



技術工法名：真空加熱法

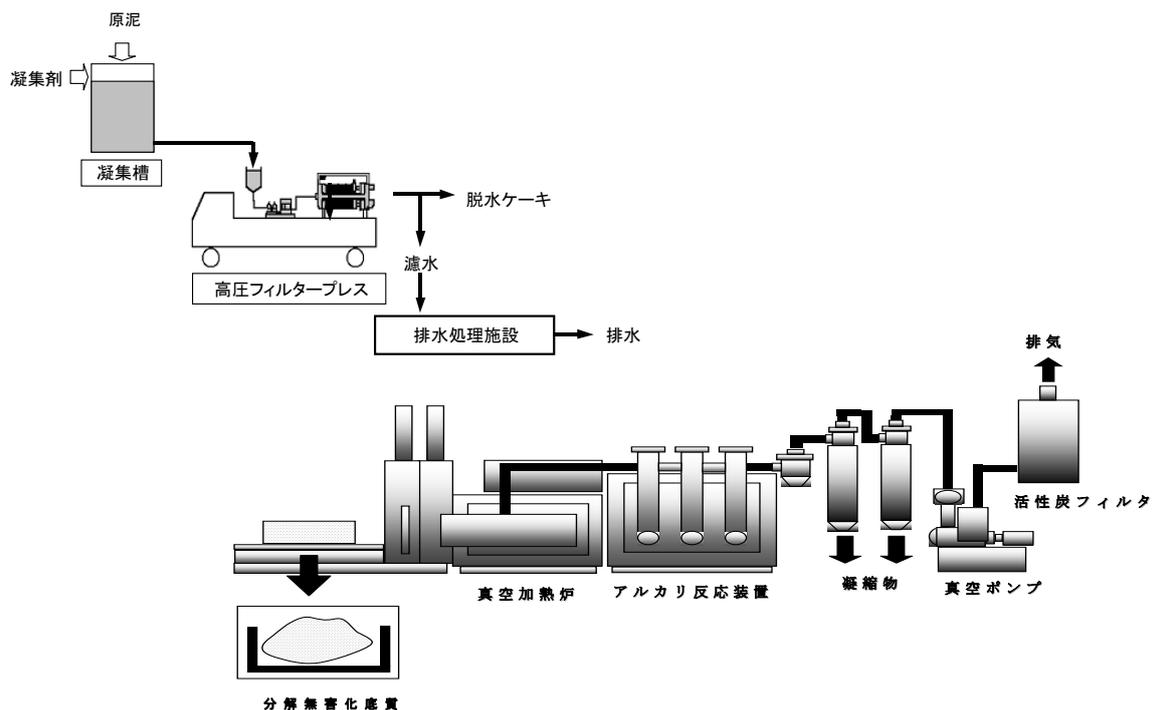
技術名：C 技術

高圧フィルタープレスによる底質の脱水と、真空加熱法によるダイオキシン類汚染土壌の分解無害化処理技術を組み合わせた技術である。

高圧フィルタープレスは 4MPa という高い圧力で脱水し、含水比 50～60%の脱水ケーキの作成が可能であり、これにより従来機よりも 10%以上の減容化が可能となる。

なお、今回使用した高圧フィルタープレスは、車載型となっており、もともと試験用に作られたもので試料の投入、採取、含水比、粒度調整、及び薬剤添加に関しては手動で行い、脱水ケーキ・ろ水の作成のみが自動となっている。

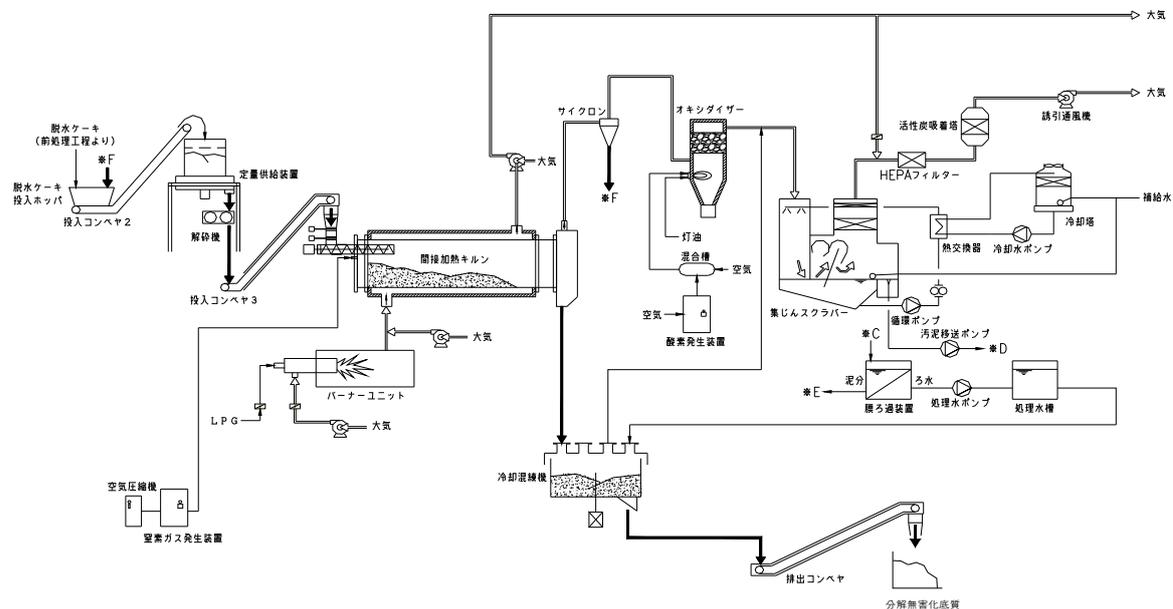
真空加熱法は、前処理底質を真空乾燥して水分を更に 10～20%まで減じた後、真空中（減圧状態）で加熱することにより 600℃程度の低い温度で処理でき、ダイオキシン類の再合成を伴わずに主として脱塩素反応により分解し、無害化することができる処理方法である。また、底質の加熱により生じたガスは真空の排ガス処理系で処理する。残さの冷却は、真空中または有機ハロゲン化物及び有機ハロゲン化物生成能を有する物質の濃度の低い雰囲気中で行う。



技術工法名：還元加熱無害化プロセス（還元加熱法）

技術名：D 技術

本プロセスは大別して3つの工程から構成され、底質中の異物を除去して脱水する前処理工程と脱水ケーキを還元雰囲気中で加熱無害化する加熱無害化工程及び付随する排水処理工程からなる。前処理工程ではφ2mm以上の石やごみなどを水洗しながら固水分離機で除去する。固水分離機のスラリーは高分子凝集剤等が添加された後にフィルタープレスに送られ脱水ケーキとなる。脱水ケーキは加熱無害化工程へ送られ処理される。余水は水洗用として循環利用し、排水処理工程で処理を行う。加熱無害化工程では窒素置換された間接加熱キルン内に脱水ケーキを投入し、550℃-600℃に加熱してダイオキシン類を脱塩素化させて無害化する。キルンから排出される分解無害化底質は冷却混練機へ落下すると同時に水が添加されて急速冷却が行われる。この冷却によってダイオキシン類の再生成は防止できる。キルンから出る排ガスは、オキシダイザーで900℃以上に加熱することにより分解される。オキシダイザーを出た排ガスは冷却集じん機で除じん冷却された後にHEPAフィルター、活性炭フィルターを経て大気へ放出される。集じんスクラバーの排水は前処理工程のスラリー槽へ送る。前処理で発生したフィルタープレスの余水は膜ろ過装置へ送り処理を行う。処理水の一部は前処理の洗浄水系に戻し、他は冷却混練機の添加水として利用する。



技術工法名：間接加熱酸化分解法

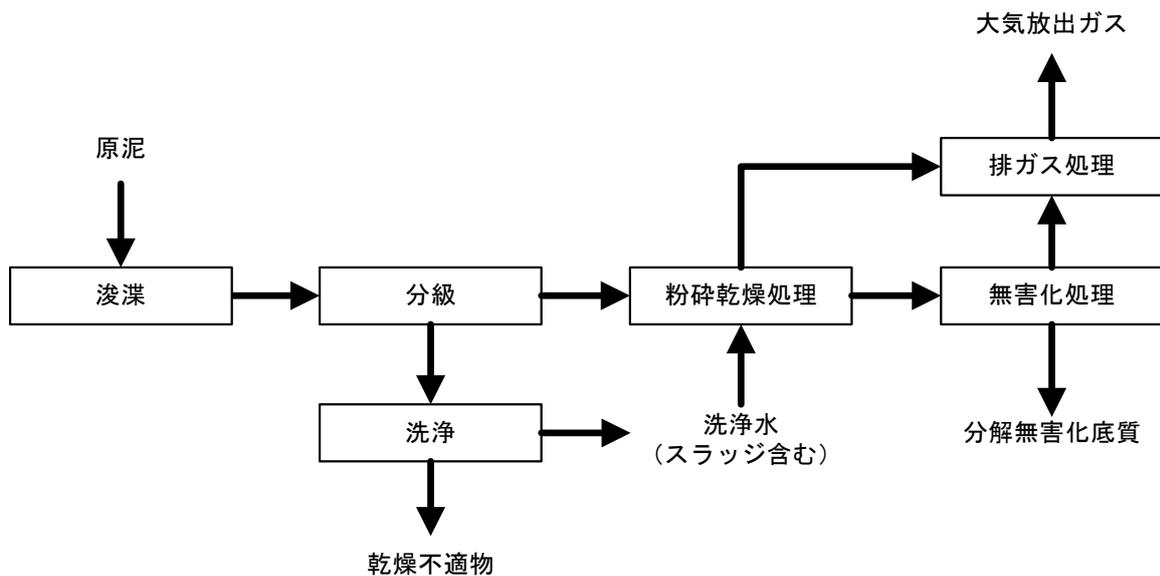
技術名：E 技術

浚渫した底質から 70mm 以上の乾燥不適物を除去した原泥を、粉碎乾燥機にて含水率 5%以下まで乾燥する。粉碎乾燥機はチェーン式粉碎乾燥機 (1,500rpm) であり、被処理物が 70mm 以下で含水率 80%まで粉碎乾燥処理が可能である (含水率の最大処理実績:87%)。また、70mm 以上の乾燥不適物は高圧水で洗浄後、無害化处理された底質といっしょに搬出する。洗浄水 (洗浄スラッジ含む) は粉碎乾燥機に投入する。これによって底質の乾燥工程からの排水は発生しない。

乾燥した底質をキルン型加熱機により、加熱温度 450~600℃、滞留時間 20~40 分で間接加熱し、底質中のダイオキシン類の脱塩素化、酸化による芳香族環の開環、酸素架橋の切断により無害化する。

通常ダイオキシン類単体では 700℃以上で分解が始まるが、底質中の金属酸化物、金属塩化物等の触媒作用により 450~600℃の比較的低温度域で、脱塩素化や分解が始まる。キルン型加熱機はこの原理を応用している。

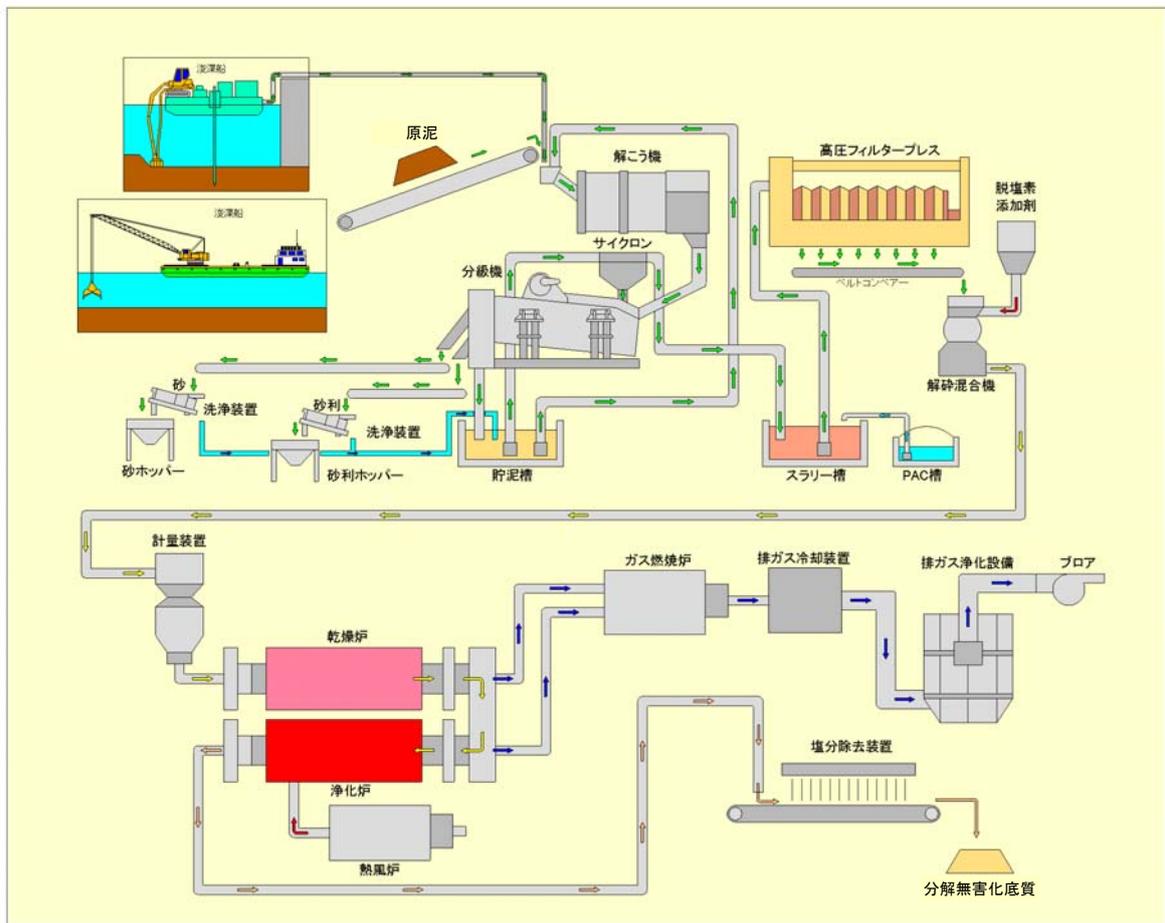
排ガスは湿式洗煙、活性炭吸着処理等の排ガス処理を行った後大気に放出する。



技術工法名：高圧脱水還元化学分解工法

技術名：F技術

高圧脱水還元化学分解工法は、底質の減容化からダイオキシン類浄化までを一環処理する工法である。このシステムの手順は、まず原泥を高圧フィルタープレス(4MPa)により脱水して、含水比の小さい脱水ケーキを得る。この時点でダイオキシン類は脱水ケーキ内に残存される。さらに、脱水ケーキを浄化に適した大きさに解砕するとともに脱塩素剤を添加混合する。この混合物を密閉したロータリーキルン内に投入し、外部からの間接加熱(400~550℃程度)による還元雰囲気中でダイオキシン類の構成元素である塩素と化学反応させることで、無害で安定した塩化物に置換生成される。



技術工法名：金属ナトリウムによる脱ハロゲン化技術

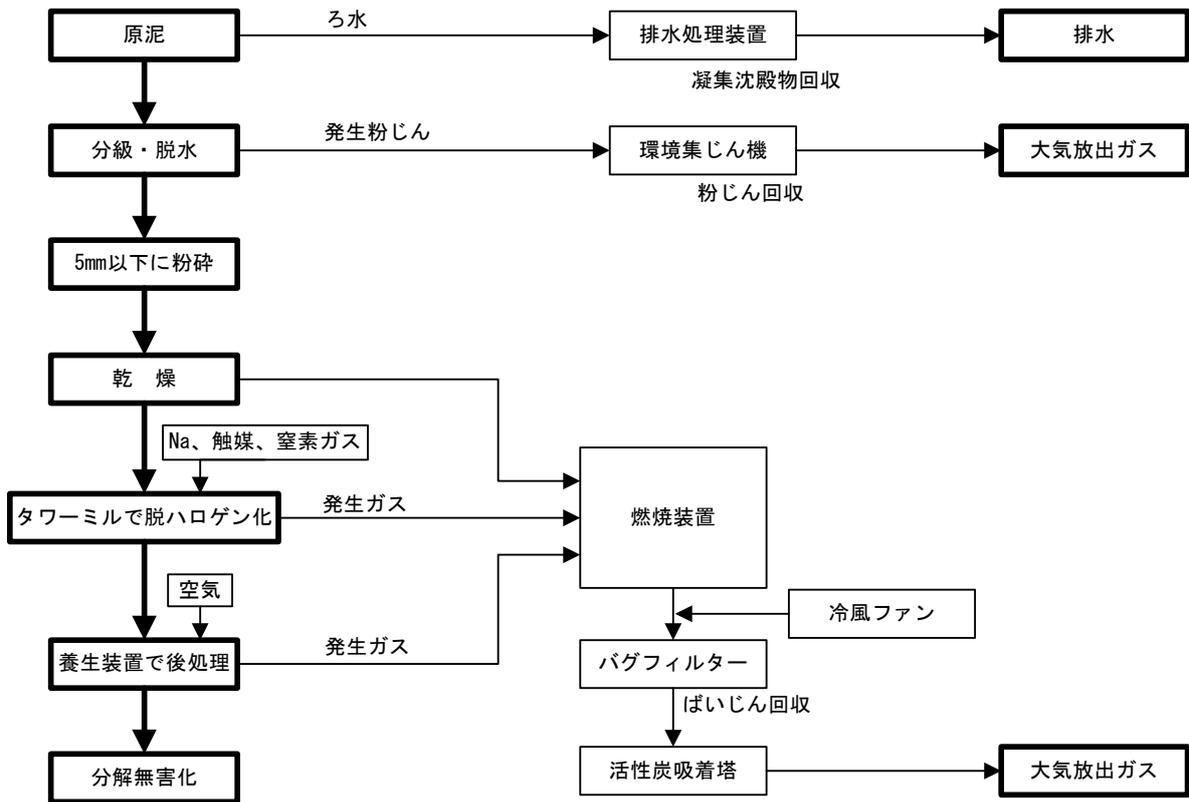
技術名：G 技術

本工法は、ダイオキシン類に汚染された底質を脱ハロゲン化反応装置として用いる縦型粉碎機であるタワーミル内で、金属 Na 及び触媒とともに粉碎、混合し、試料中のダイオキシン類を無害化する工法である。

浄化処理は、前処理工程、脱ハロゲン化工程及び後処理工程からなる。前処理工程では夾雑物の除去、分級・脱水、粒度調整を行う。脱ハロゲン化工程は試料の乾燥及びタワーミルでの粉碎、混合処理に対応し、後処理工程では残存薬剤の分解を行う。

前処理工程で発生する粉じんについては、集じん機で捕集する。乾燥、脱ハロゲン化、後処理の各工程で発生する排ガスは、環境対策装置で無害化し大気に放出する。

集じん機で捕集した粉じんについては、再度脱ハロゲン化作業を行い無害化する。

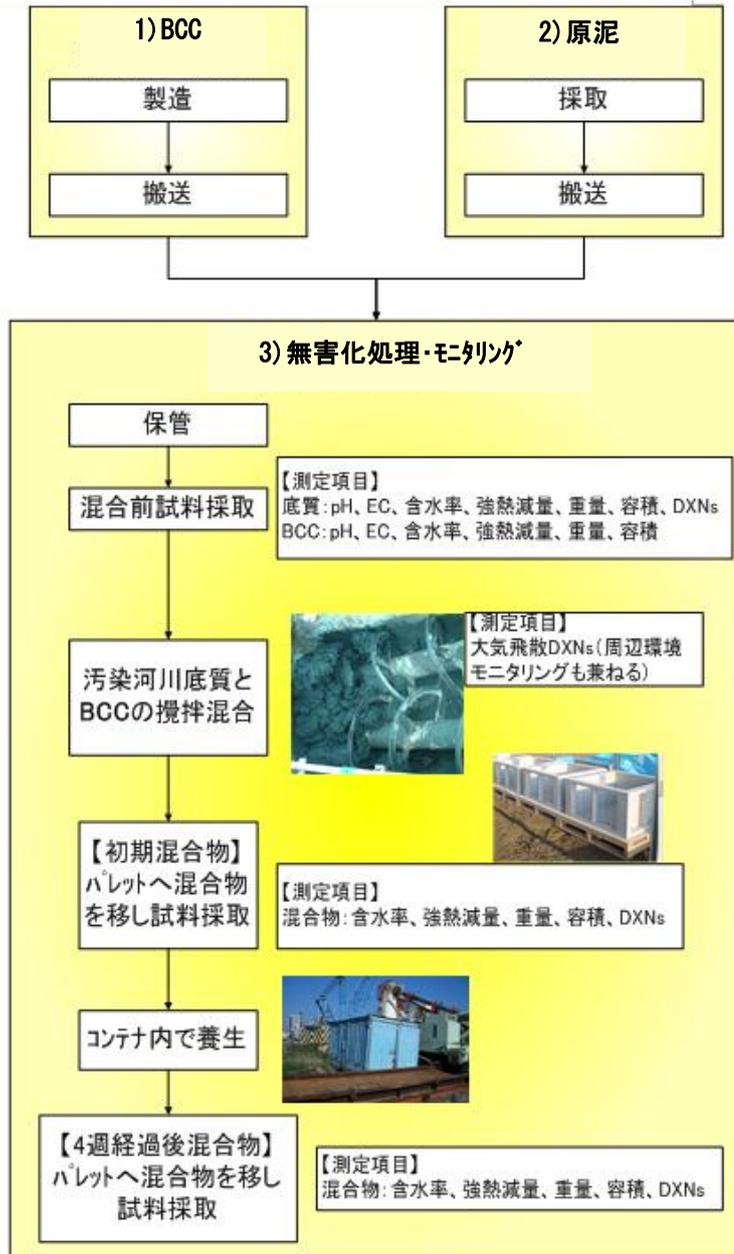


技術工法名：バイオクリーンコンポによるダイオキシン類分解工法

技術名：H 技術

本工法は、底質と BCC（バイオクリーンコンポ）を攪拌混合機で均一に攪拌混合し、混合物に存在する BCC 内の酵素により、ダイオキシン類を分解する。

河川堤防の除草刈草等の植物廃材（緑のリサイクル材）を原料とした発酵堆肥である BCC を用いることも可能である。



4.3 実証試験方法

4.3.1 実証試験試料について

試料には、大阪市内河川の底質を使用した。試料の性状を表 4.3.1に示した。

表 4.3.1 試験試料の性状

測定項目	測定結果
含水率	49.4% (含水比：98%)
強熱減量	6.7%
粒度組成	礫分：5.4% 砂分：32.4% シルト分：41.3% 粘土分：20.9%
ダイオキシン類	870 pg-TEQ/g* PCDD：659 pg-TEQ/g PCDF：50.0 pg-TEQ/g コプラナーPCB：160 pg-TEQ/g

* 代表試料の測定値である。実際にはサンプルの不均一性等により、各技術における測定値が異なることがある。

4.3.2 実証試験条件・方法

(1) 実証試験技術に関する運転条件

前処理の運転条件を表 4.3.2に、分解無害化処理の運転条件を表 4.3.3に示した。

表 4.3.2 前処理の運転条件

		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術	
		回転焼成式分解法		還元加熱・金属Na法		真空加熱法		還元加熱法		間接加熱酸化分解法		高圧脱水還元化学分解法		金属Na脱ハロゲン化技術		バイオクリーンコンボ	
分級	分級工程で除外する粒径	20mm以上 74 μm以上		第1段15mm以上 第2段2mm以上		0.5mm以上		2mm以上		70mm以上		3mm以上		5mm以上		—	
	脱水装置の種類	フィルタープレス		フィルタープレス		フィルタープレス		フィルタープレス		粉砕乾燥機		フィルタープレス		フィルタープレス		—	
脱水	圧力 (MPa)	0.6		0.5		4.0		0.4		0.50～ 0.40×10 ⁻³		4.0		0.5		—	
	処理量 (kg/h)	121		2,520		15		129		30または40		100～120		180		—	
	スラリーの含水率 (%)	84.6		80.1		69.2		80.7		46.1		88.1		66.1		—	
	脱水助剤の種類、1kg (乾燥) 当たり添加量 (kg/kg)	PAC 0.05 消石灰 0.01		PAC 1 消石灰 2		PAC 0.03 消石灰 0.005		高分子凝集剤 0.01		—		PAC 0.031		PAC 0.015		—	
排水処理	排水処理の方法 1段階目 2段階目	活性炭 (排水を活性炭処理)	脱水前スラリーに活性炭添加	凝集沈殿	活性炭	凝集沈殿	繊維ろ過	膜ろ過	—	—	凝集沈殿	凝集沈殿	活性炭ろ過	—	—	—	—
	凝集剤の種類、量 (kg/m ³) 1段階目 2段階目	PAC:0.2 ポリマー: 0.005 活性炭:5	活性炭: 24	PAC:0.1 高分子凝集剤 0.005	1.0	TRP*1:0.2 PAC:0.5 ポリマー: 0.005～ 0.010	—	—	—	—	—	—	TRP*1:0.25 PAC:0.63 高分子凝集剤: 0.006	—	—	—	—
	排ガス処理の方法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	実機: 湿式洗煙塔、活性炭吸着塔 実験機: 活性炭吸着塔のみ。 S/V=830	—	—	—	—	—	—

注 表中の数値は試験実施者からの報告値

*1 TRP: 鈹物系凝集補助剤

表 4.3.3 分解無害化処理の運転条件

		A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
		回転焼成式分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水 還元化学分解法	金属Na 脱ハロゲン化技術	バイオクリーン コンボ
分解無 害化 処理	加熱方法	直接加熱-酸化	間接加熱-還元(同)	間接加熱-還元	間接加熱-還元	間接加熱-酸化(同)	間接加熱-還元	—	—
	反応装置内温度 (°C)	850~1,050	500~600(同)	497	550~600	450~600 (450~620)	540	120~400	—
	入口温度 (°C)	750	400~500(同)	—	100~150	10~20(同)	450	タワーミル: 120	—
	中間温度 (°C)	測定点なし	550~600(同)	—	500~550	測定せず(同)	540	養生装置: 400	—
	出口温度 (°C)	1,050	500~550(同)	—	550~600	539 (620)	450	—	—
	運転方法	連続運転	連続運転(同)	バッチ運転	連続運転	連続運転(同)	連続運転	バッチ運転	—
	1時間あたり処理能力 (kg/h)	50	200(同)	—	10	20(同)	40	タワーミル: 48 養生装置: 25	時間処理量として記載できない
	1時間あたり処理量 (kg/h)	30	200 (100)	35	10	10(同)	39	タワーミル: 33 養生装置: 25	—
	1バッチ処理量(kg/バッチ)	—	—	450 kg/バッチ	—	—	—	25kg/バッチ	—
	1回もしくは1バッチに要する 処理時間 (分)	—	—	乾燥時間: 690 加熱時間: 780 冷却時間: 480	—	—	620	乾燥: 120 脱ハロゲン化: 45 後処理: 60	1ヶ月
昇温温度及び 昇温に要する時間 (分)	昇温後1,050°Cで 15分	120~180分(同)	加熱室温度: 700°C 465分	約15分	昇温温度:ヒーター温度 600°C (700°C) 昇温時間: 120分(同)	540°C 120分	—	—	
加熱時間 (分)	60	60(同)	780	40	20(同)	90	予備粉砕:15 本粉砕:30 養生時間: 60	—	
1時間あたり排ガス量 (m ³ N/h)	キルン出口: 140	25 (26)	1.5	79.4	高温集じん機後: 14.1 (5.7) 活性炭吸着塔後: 147 (同)	5,200	乾燥装置: 8.33 タワーミル: 1.376 養生装置: 11.19	—	
排ガ ス 処 理	排ガス処理の方法	バグフィルタ	SP法(同)	活性炭フィル タ	オキシダイザ、 HEPAフィルタ、活 性炭フィルタ	高温集じん機、脱臭装 置、活性炭吸着塔 (同)	燃焼処理、バグ フィルタ	燃焼装置、バグフィル タ、活性炭吸着塔	—
	時間あたり処理量 (m ³ N/h)	140	250 (104)	10	205	147(同)	75.6	タワーミル: 1.4 養生装置: 11	—
	添加薬品の種類 無害化処理前底質あたり添 加量(kg/kg)	—	—	1.0	—	—	0.13	金属Na: 0.0094 触媒: 0.00051 粉砕補助剤: 0.01 CaO: 0.020	—

注 括弧内に再試験の結果を示した

4.4 実証試験結果

4.4.1 実証試験結果

(1) 分解無害化底質中のダイオキシン類濃度

A～H技術の前処理底質の濃度と分解無害化底質の濃度の一覧を図 4.4.1に示した。

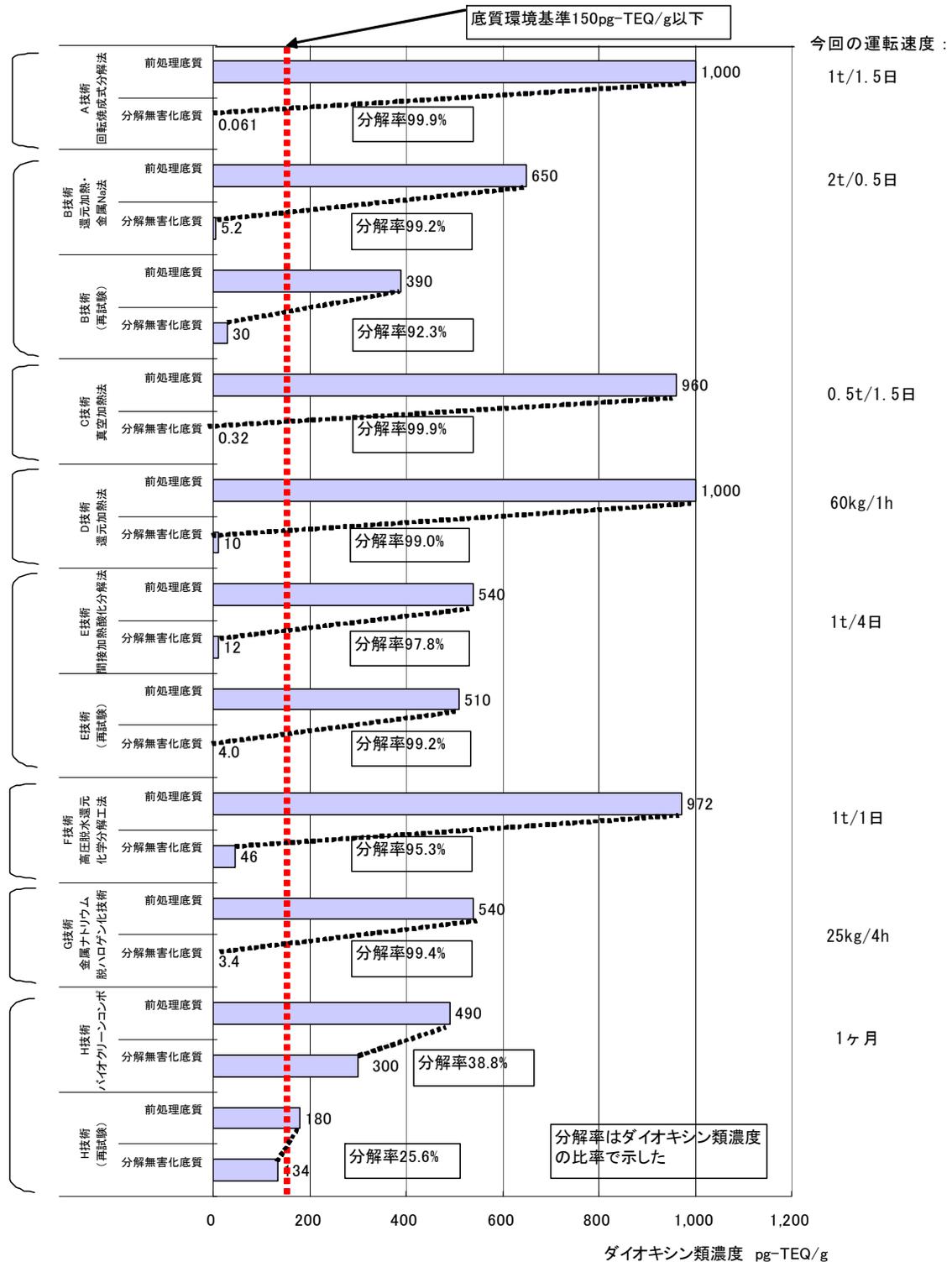


図 4.4.1 分解無害化処理前後のダイオキシン類濃度の比較

(2) 放流水中のダイオキシン類濃度

前処理の放流水測定結果を図 4.4.2に、分解無害化処理の凝縮水測定結果を図 4.4.3に示した。

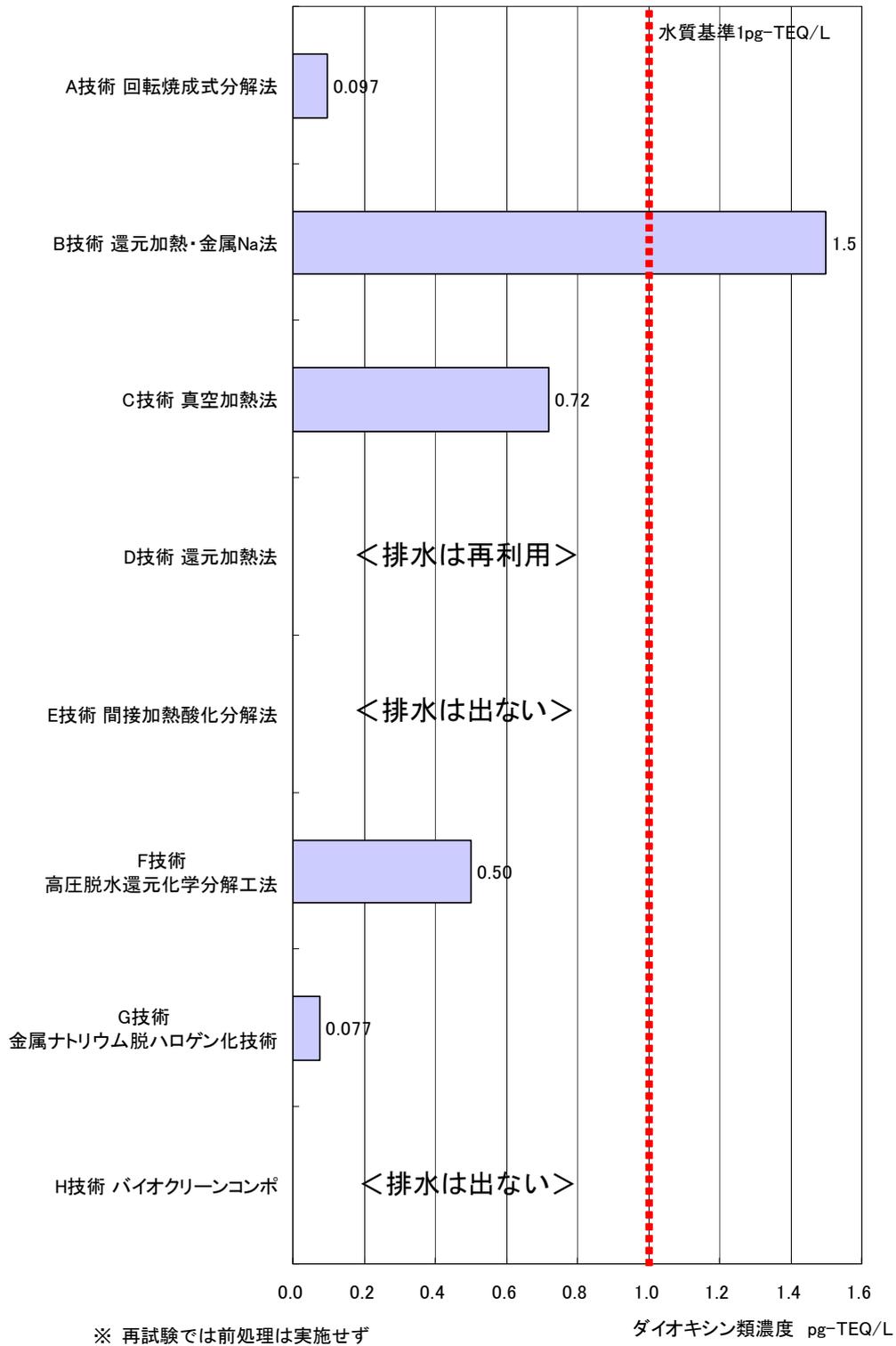


図 4.4.2 前処理の放流水測定結果

注 放流水の採取位置を巻末資料 pp. 3-8～42 に示した。

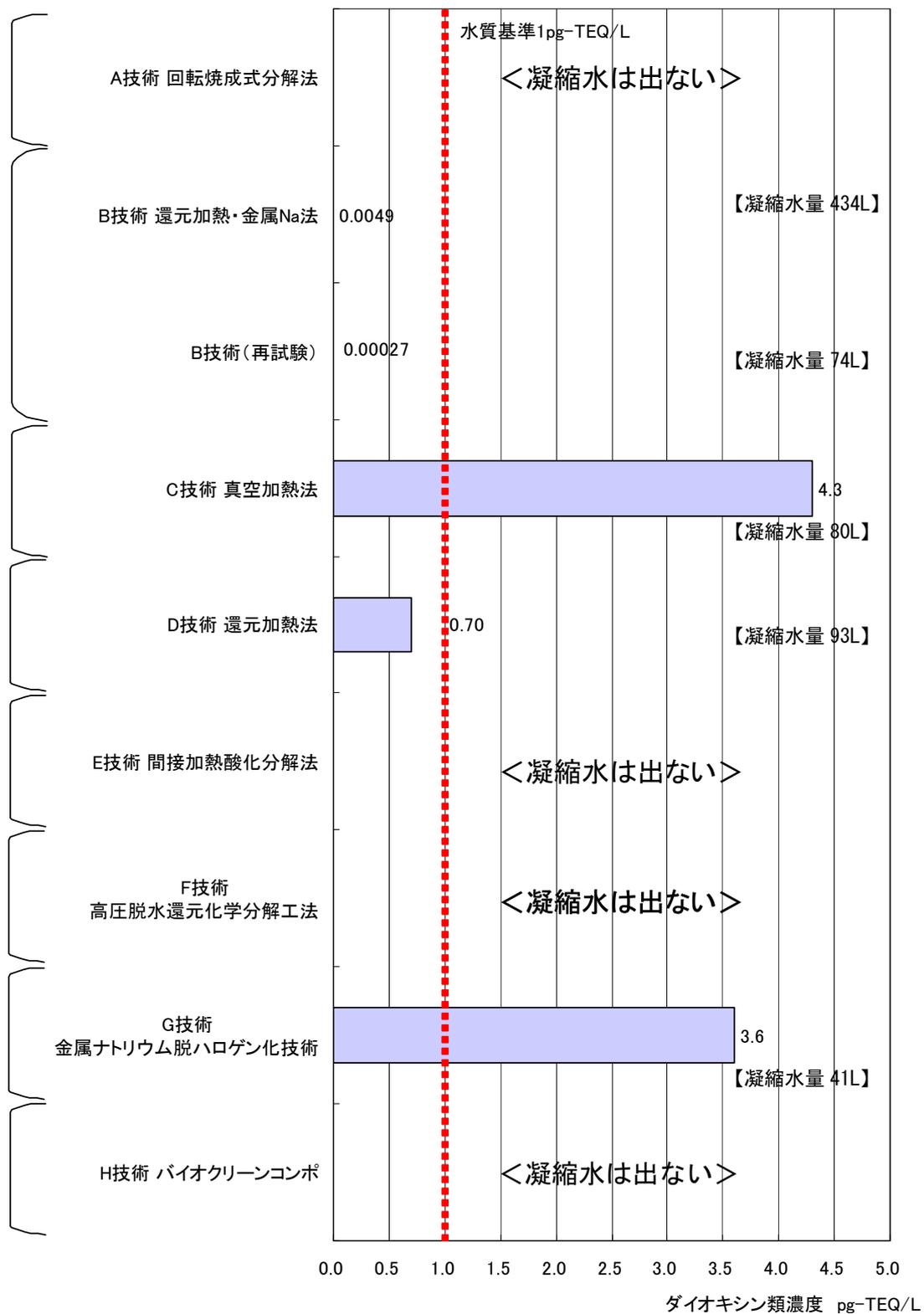


図 4.4.3 分解無害化処理の凝縮水測定結果

注 凝縮水の採取位置を巻末資料 pp. 3-8~42 に示した。

(3) 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度

分解無害化処理の大気放出ガス測定結果を図 4.4.4に示した。

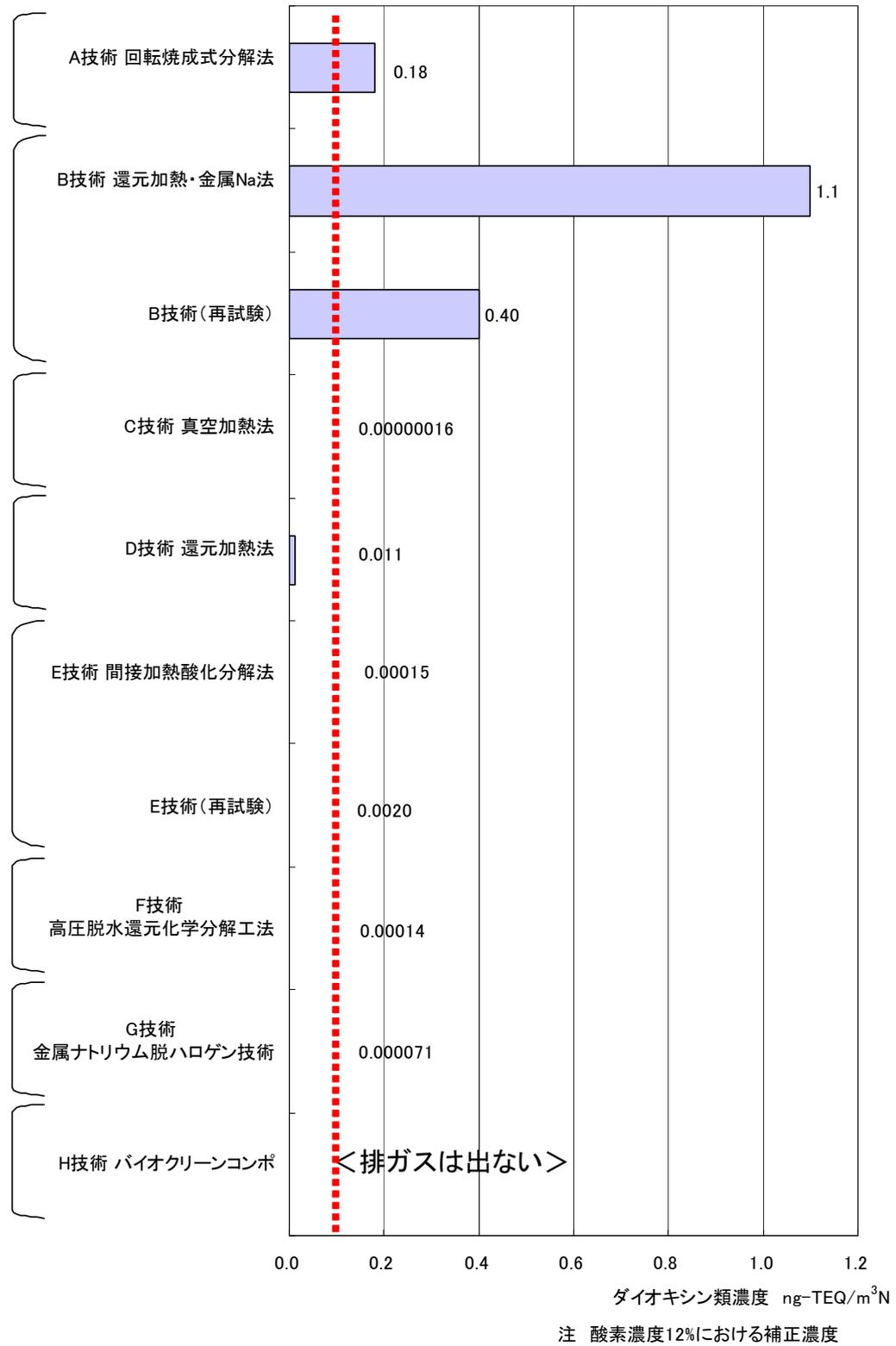


図 4.4.4 大気放出ガス測定結果

4.4.2 物質収支

ダイオキシン類の系外への逸失の有無について確認した。

(1) 前処理の物質収支

A～H技術の物質収支及びダイオキシン類収支の一覧を表 4.4.1に示した。

(2) 分解無害化処理の物質収支

A～H技術の物質収支及びダイオキシン類収支の一覧を表 4.4.2に示した。

表 4.4.1 前処理の結果

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術																	
		回転焼成式分解法		還元加熱・金属Na法		真空加熱法		還元加熱法		間接加熱酸化分解法		高圧脱水還元化学分解法		金属Na脱ハロゲン化技術		バイオクリーンコンボ																	
原泥の量 (kg-wet)		2,759		1,208		3,756		2,007		1,030		425		121		60		1,520		801		1,954		1,233		1,640		592		-		-	
前処理底質の量 (kg-wet)				44		53		41		50		52		63		36																	
減量化率 (前処理底質の量/原泥の量) (%)				44		53		41		50		52		63		36																	
原泥	原泥の量 (kg-dry)	1,407		510		1,844		580		531		570		75		520		819		650		998		520		853		510		-		-	
	ダイオキシン類総量 a (μg-TEQ)	718				1,070				303				39				532				519				435				-		-	
分級物	分級物の量 (kg-dry)	641		19		580		150		238		150		31		未測定		分級行わず		-		241		未測定		261		未測定		-		-	
	ダイオキシン類総量 b (μg-TEQ)	12		1.7		87		8.1		36		12		不明		不明		-		-		不明		不明		不明		不明		-		-	
前処理底質	前処理底質の量 (kg-dry)	734		1,000		1,277		650		300		880		35		1,000		795		540		756		1,100		592		540		-		-	
	ダイオキシン類総量 c (μg-TEQ)	734		102		830		78		264		87		35		90		429		81		831		160*		320		73		-		-	

放流水

* サンプルの不均一性等による可能性あり

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術															
放流水の量 (L)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	7,463		0.097 ~0.32		4,662		1.5		899.6		0.72		-		-		-		-		5,691		0.5		1,383		0.077 ~3.6		-	
ダイオキシン類総量 d (μg-TEQ)	割合 (%) (d÷a) (%)	0.001		0.000		0.007		0.001		0.001		0.000		-		-		-		-		0.003		0.001		0.000		0.000		-	

排ガス(1)

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術	
排ガスの量 (m ³ N)	ダイオキシン類濃度* (pg-TEQ/m ³ N)	-		-		-		-		25,100		0.21		-		-	
ダイオキシン類総量 e (μg-TEQ)	割合 (%) (e÷a) (%)	-		-		-		-		0.001		0.000		-		-	

ダイオキシン類総量の変化

技術名	A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
原泥のダイオキシン類総量 (μg-TEQ) f	718	1,070	303	39	532	519	435	-
前処理底質+放流水のダイオキシン類総量 (μg-TEQ) g	734	829	264	35	429	832	320	-
ダイオキシン類総量の変化率 g÷f (%)	102	78	87	90	81	160	73	-

表 4.4.2 分解無害化処理の結果

底質

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術																	
		回転焼成式分解法		還元加熱・金属Na法		真空加熱法		還元加熱法		間接加熱酸化分解法		高圧脱水還元化学分解法		金属Na脱ハロゲン化技術		バイオクリーンコンボ																	
前処理底質の量 (kg-dry)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	712		1,000		1,277 (287)		650 (390)		300		960		35		1,000		795 (100)		540 (510)		865		972		592		540		340		490 (180, 95)	
ダイオキシン類総量 h (μg-TEQ)		712				830 (112)				288				35				429 (51)				841				320				167			
分解無害化底質の量 (kg-dry)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	569		0.061		1,240 (280)		5.2 (30)		290		0.32		22		10		736 (92)		12 (4.0)		764		46		527		3.4		387 (134, 95)			
ダイオキシン類総量 i (μg-TEQ)	割合 (%) (i÷h) (%)	0.0		0.0		6.4 (8.4)		0.8 (7.5)		0.1		0.0		0.2		0.4		8.8 (0.4)		2.1 (0.7)		35.1		4.2		1.8		0.6		116		69.7	

凝縮水

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術															
凝縮水等の量 (kg)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	-		434 (74)		0.0049 (0.00027)		80		4.3		93		0.7		-		-		-		-		41		3.6		-		-	
ダイオキシン類総量 j (μg-TEQ)	割合 (%) (j÷h) (%)	-		-		2.1E-6 (2.0E-8)		0.000 (0.000)		3.4E-4		0.000		6.5E-5		0.000		-		-		-		-		1.5E-4		0.000		-	

大気放出ガス

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術															
大気放出ガスの量 (m ³ N)	ダイオキシン類濃度* (pg-TEQ/m ³ N)	27,083		180		250 (104)		1,100 (400)		10.05		0.00016		471		11		11,700 (1470)		0.15 (2.0)		201240		0.14		36,416		0.071		-	
ダイオキシン類総量 k (μg-TEQ)	割合 (%) (k÷h) (%)	2.3		0.32		0.625 (0.042)		0.075 (0.000)		3.2E-9		0.000		0.003		0.005		3.4E-4 (5.9E-4)		0.000 (0.000)		0.004		0.000		4.0E-4		0.000		-	

ばいじん

技術名		A技術		B技術		C技術		D技術		E技術		F技術		G技術		H技術																	
ばいじんの量 (kg-dry)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	77.8		7.8		0.0 (0.0)		-		0.0		-		1E-06		7		0.0 (0.0)		-		1.79		0.25		9.0		910		-			
ダイオキシン類総量 l (μg-TEQ)	割合 (%) (l÷h) (%)	0.61		0.085		-		-		-		-		-		-		-		-		-		4.5E-7		0.000		8.19		2.56		-	

ダイオキシン類総量の変化

技術名	A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
前処理底質のダイオキシン類総量 (μg-TEQ) h	712	830 (112)	288	60	429 (51)	841	320	-
分解無害化底質+大気放出ガス等+凝縮水等+ばいじんのダイオキシン類総量 (μg-TEQ) m	2.9	7.1 (8.4)	0.1	0.2	8.8 (0.4)	35.1	1.8	-
ダイオキシン類総量の変化率 (m÷h) (%)	0.4	0.9 (7.5)	0.0	0.4	2.1 (0.7)	4.2	0.6	-

注 括弧内の値：再試験値、-：発生しないまたは未測定、下線：目標値または目安を未達成

* 酸素濃度 12%における補正濃度

4.4.3 結果のまとめ

分解無害化処理試験の結果を図 4.4.5に示した。

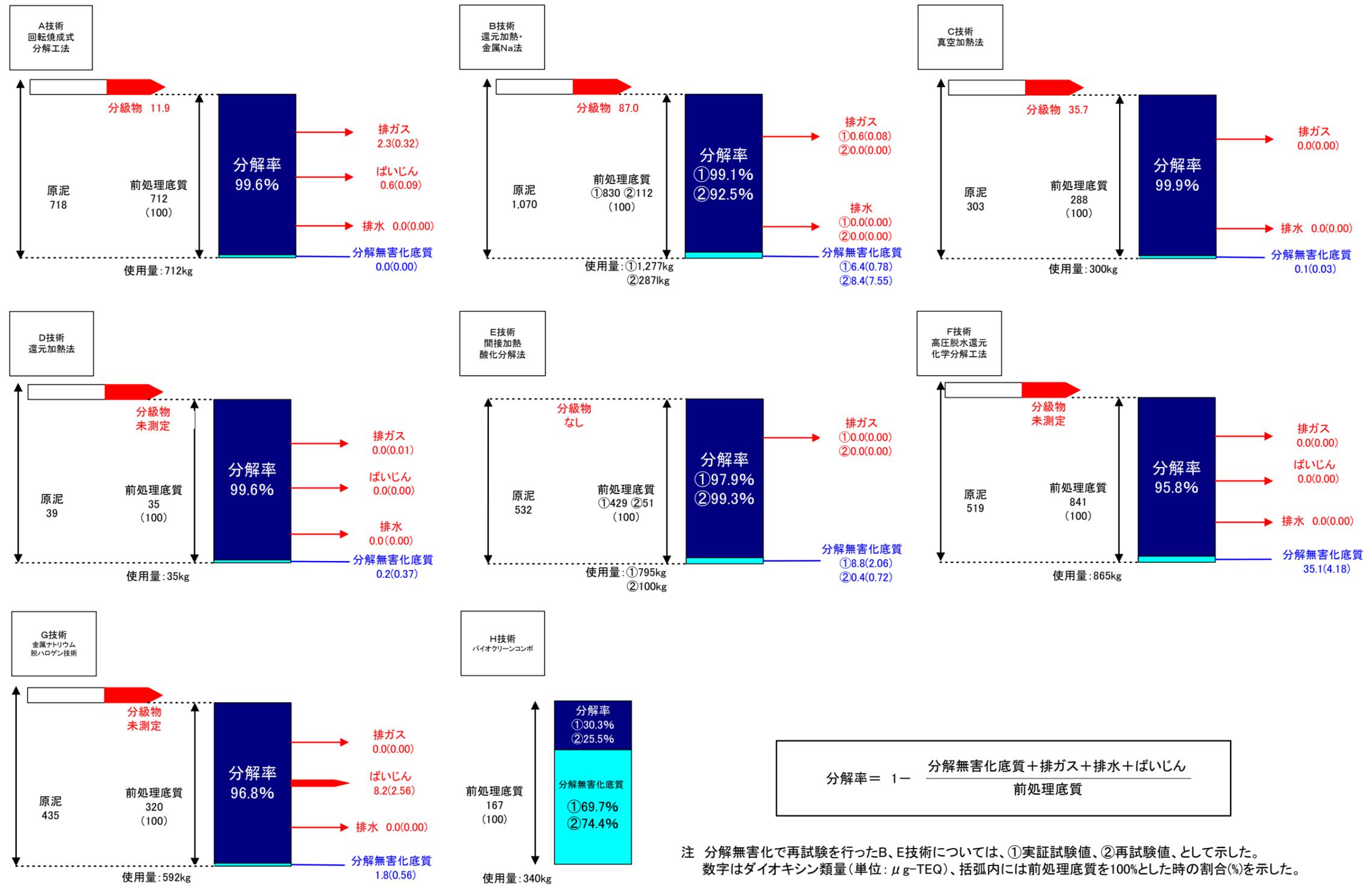


図 4.4.5 無害化処理前後の物質・ダイオキシン類収支

4.5 分解無害化処理技術に対する評価

4.5.1 前処理技術の評価（表 4.4.1参照）

(1) 処理の確実性

1) 分級・脱水等

A、B、C、D、F、G 技術：

分級・脱水工程により湿重量換算では 4～6 割の減量化が行われ、目安の 40% 以上の減量化を達成していた。

E 技術：

分級工程はなく、水分を除去する乾燥工程により湿重量換算で約 5 割の減量化が行われ、目安の 40%以上の減量化を達成していた。

H 技術：

分級・脱水工程はない。

2) 分級物のダイオキシン類濃度

A、B、C 技術：

150pg-TEQ/g 以下であり、分級は適切に行われた。

D、F、G 技術：

測定していない。

E、H 技術：

分級工程はない。

(2) 物質収支

1) 重量

A、B、C、D、E、F、G 技術：

前処理底質の乾重量は原泥の 85%以上であり、前処理工程の物質収支を概ね把握できた。

H 技術：

前処理工程はない。

2) ダイオキシン類

A、B、C、E 技術：

前処理底質中のダイオキシン類量は原泥中のダイオキシン類量の約 8 割以上であり、概ね次工程へ移行した。

D、F、G 技術：

分級物の濃度を未測定のため、正確な収支は不明であった。

H 技術：

前処理工程はない。

(3) 周辺環境への負荷

1) 放流水中のダイオキシン類濃度

A、C、D、F、G技術：

目標値（1pg-TEQ/L以下）を達成しており、処理は適切に行われたと考えられる。

B技術：

目標値（1pg-TEQ/L以下）を超過（1.5pg-TEQ/L）しており、能力を増強して再試験を実施した（表 4.4.1参照）。再試験では目標値を達成していたことから、適切な条件設定を行うことで排水処理が確実に行えたと考えられる。

E、H技術：

放流水は発生しない。

2) 排ガス中のダイオキシン類濃度

A、B、C、D、F、G、H技術：

排ガスは発生しない。

E技術：

目標値（0.1ng-TEQ/m³N以下）を達成しており、排ガス処理が確実に行えたと考えられる。

(4) 実用性（実用化に向けた今後の見通し）

A、B、C、D、E、F、G技術：

装置のスケールアップに伴う留意点を把握するために、実規模での検証が必要である。

B、C技術：

小規模の実験であったため、分級方法の再検討が必要である。

D、F、G技術：

原泥から前処理底質に移行する際のダイオキシン類収支が未確定（分級物のダイオキシン類濃度を未測定）のため把握が必要である。

H技術：

前処理は行わない。

4.5.2 分解無害化処理技術の評価（表 4.4.2参照）

(1) 処理の確実性

A、B、C、D、E、F、G技術：

底質の無害化は、目標値（150 pg-TEQ/g以下）を達成しており、分解率はいずれも95%以上であったことから、分解無害化処理が確実に行えたと考えられる。

H技術：

目標値（150 pg-TEQ/g以下）を超過（300pg-TEQ/g）しており、この試験の期

間（1ヶ月）内では分解無害化処理が不十分であった。

(2) 物質収支

A、B、C、E、F、G 技術：

分解無害化底質の重量は、前処理底質の9割以上であり、物質収支の把握ができた。

D技術：

分解無害化底質の重量は、前処理底質の70%であり、物質収支の把握が不十分であった。ただし、装置内に残存した底質を考慮すると物質収支はとれていると考えられる。

(3) 周辺環境への負荷

1) 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度

A技術：

目標値（0.1ng-TEQ/m³N以下）を超過（0.18ng-TEQ/m³N）した。排ガス処理装置の強化が必要と考えられる。なお、後に行った実用化試験においては、排ガス処理装置の強化により目標値を達成していた。

B技術：

目標値（0.1ng-TEQ/m³N以下）を超過（1.1ng-TEQ/m³N）したため、能力を増強して再試験を実施したが、目標値を超過（0.4ng-TEQ/m³N）していた。排ガス処理装置の強化が必要と考えられる。なお、後に行った実用化試験においては、排ガス処理装置の強化により目標値を達成していた。

C、D、E、F、G 技術：

目標値（0.1ng-TEQ/m³N以下）を達成しており、処理は適切に行われたと考えられる。

H 技術：

大気放出ガスは発生しない。

2) 凝縮水中のダイオキシン類濃度

A、E、F、H 技術：

凝縮水は発生しない。

B、D 技術：

目標値（1pg-TEQ/L以下）を達成しており、処理は適切に行われたと考えられる。

C、G技術：

いずれも量は少ないものの目標値（1pg-TEQ/L以下）を超過する凝縮水が発生した。凝縮水の処理工程が必要と考えられる。

(4) 実用性（実用化に向けた今後の見通し）

A、B、C、D、E、F、G技術：

長時間連続試験を行った場合の変動や、装置のスケールアップに伴う留意点を把握するために、実規模での検証が必要である。

A、B技術：

大気放出ガス中のダイオキシン類濃度が高いことから、排ガス処理装置の強化が必要である。

C、G技術：

目標値（1pg-TEQ/L以下）を超過する凝縮水について別途処理が必要である。

H技術：

今回の試験条件では他の技術と比較して分解率が低い結果となった。さらなる研究が必要であるが、補助的な工法としても検討する必要がある。

(5) エネルギー消費量

前処理工程と分解無害化処理工程は、合わせて一つの技術を構成することになるため、エネルギーの評価においては、前処理工程におけるエネルギーと分解無害化処理工程におけるエネルギーを合わせて評価する必要がある。

各技術のエネルギー消費量は、試験装置の規模や燃料の種類、実施期間等によって大きく変わるため一概には比較できるものではない。今回の実証試験からは、処理に要するエネルギー消費量を二酸化炭素排出量に換算した結果、次のことが分かった。

- ・前処理と分解無害化処理を合わせた全工程におけるエネルギー消費量（二酸化炭素排出量）は、多い順に並べると $G > F > C > E > A > D > B > H$ の順であった。
- ・G、C、Fの各技術は分解無害化処理におけるエネルギー消費量（二酸化炭素排出量）が多かった。
- ・E技術については、加熱乾燥を行うため前処理におけるエネルギー消費量（二酸化炭素排出量）がもっとも多かったが、全工程でのエネルギー消費量は大きくなかった。

なお、巻末資料 pp. 3-54 に算定結果の詳細を示した。

(6) その他

1) 重金属

① 溶出試験

原泥及び分解無害化底質中の溶出量は、「海防法の水底土砂に係る判定基準」（昭和48年総理府令第6条）を全て満足していた。結果の詳細を巻末資料 pp. 3-55 に示した。

② 含有量試験

A、B、C、D、E、F、G技術：

- ・ひ素及びふっ素については、分解無害化底質の方が原泥よりも高い値を示し

ており、分級処理等による濃縮が懸念される。結果の詳細を巻末資料 pp. 3-56 に示した。

- ・水銀については、加熱工程があるため、原泥よりも分解無害化底質中の含有量が低くなっており、大気中への揮散が懸念される。

底質が重金属を含有している場合には、ダイオキシン類分解無害化処理とは別に処理方法、処分方法及び周辺環境への配慮に対する注意が必要である。

2) 異性体分布の検討

無害化反応を検討するために、前処理底質、排ガス及び大気放出ガスの異性体分布比較を行い、表 4.5.1 に示した。前処理底質と排ガスの異性体分布の比較の例として、B技術及びF技術の異性体分布を図 4.5.1 及び図 4.5.2 に示した。B技術においては各異性体が一様に減少しており、四～八塩化物が全て分解していることを示している。F技術においては四塩化物より八塩化物の減少率が大きいことを示している。その他の各技術の異性体分布は巻末資料pp. 3-47～4-53 に示した。各技術の比較からは、加熱の状況（酸化状態か還元状態か）と異性体分布（高塩化物が主に減少か全異性体が一様に減少か）の相関の有無は、明確には判明しなかった。

表 4.5.1 異性体分布の検討

技術名	A 技術	B 技術	C 技術	D 技術	E 技術	F 技術	G 技術
	回転焼成式分解法	還元加熱・金属 Na 法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱酸化分解法	高圧脱水還元化学分解法	金属 Na 脱ハロゲン化技術
加熱方式	酸化	還元	還元	還元	酸化	還元	—
<比較対象>	<前処理底質>	<前処理底質>	<前処理底質>	<前処理底質>	<前処理底質>	<前処理底質>	<前処理底質>
減少の傾向	一様に減少	一様に減少	一様に減少	高塩化物が減少	高塩化物が減少	高塩化物が減少	一様に減少
<比較対象>	<排ガス>	<排ガス>		<排ガス>	<排ガス>	<排ガス>	
減少の傾向	一様に減少	一様に減少		一様に減少	一様に減少	一様に減少	
<比較対象>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>	<大気放出ガス>

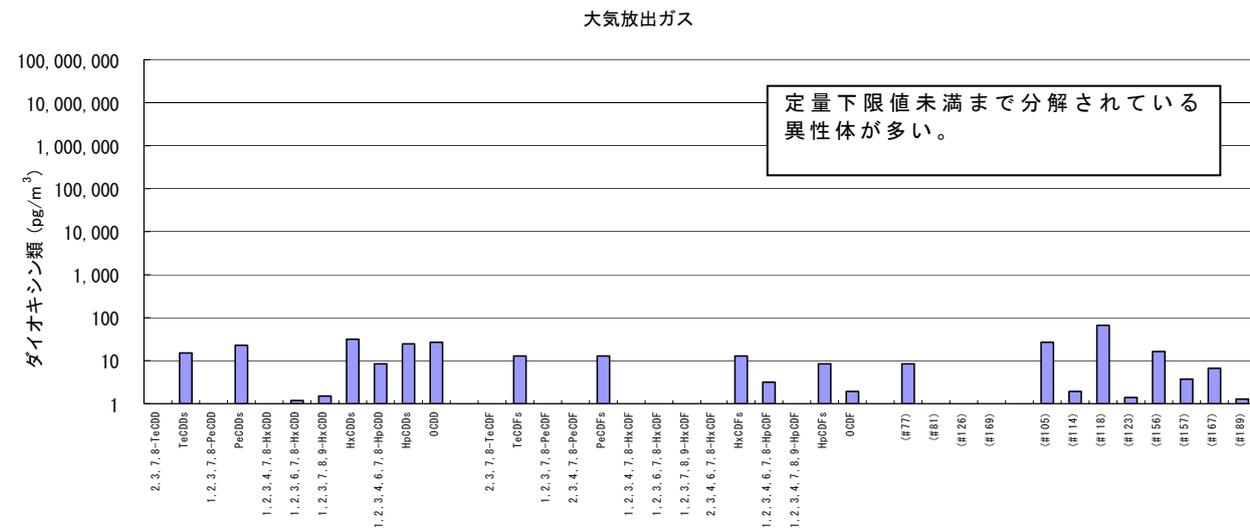
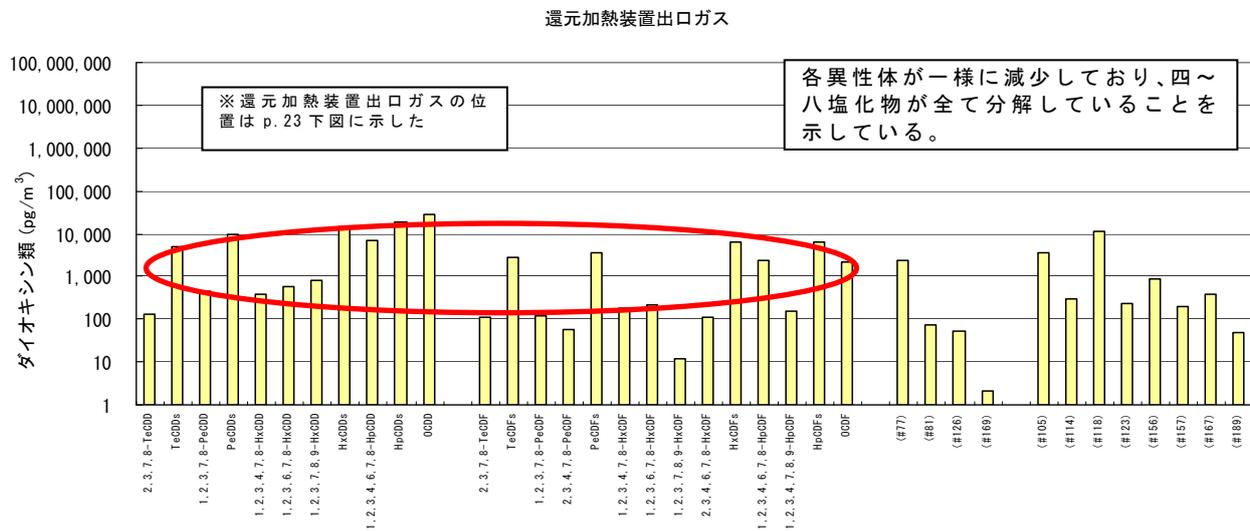
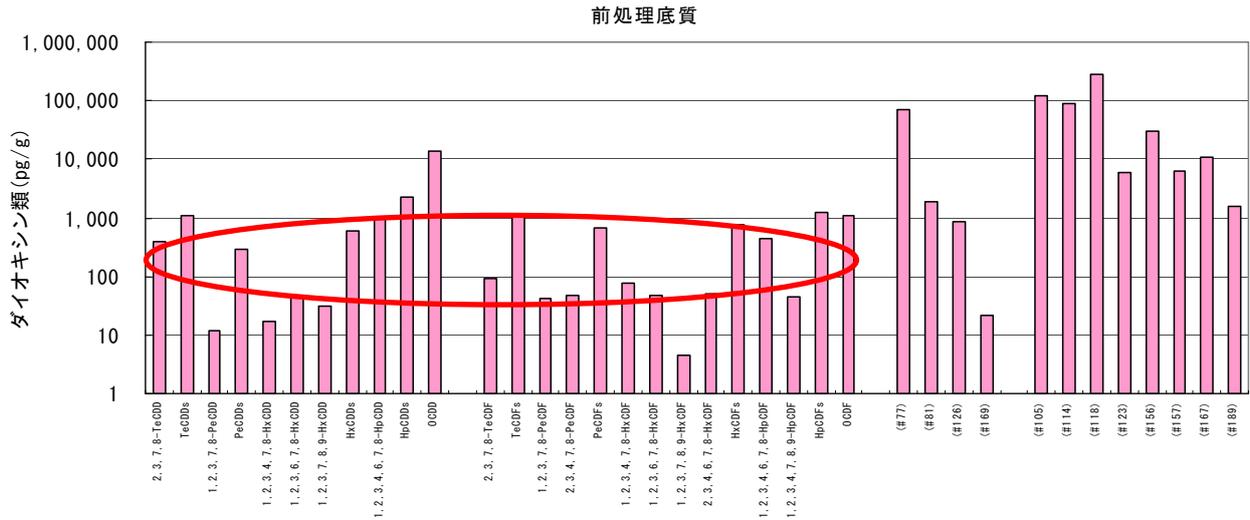


図 4.5.1 B 技術（還元加熱・金属 Na 法）における異性体分布

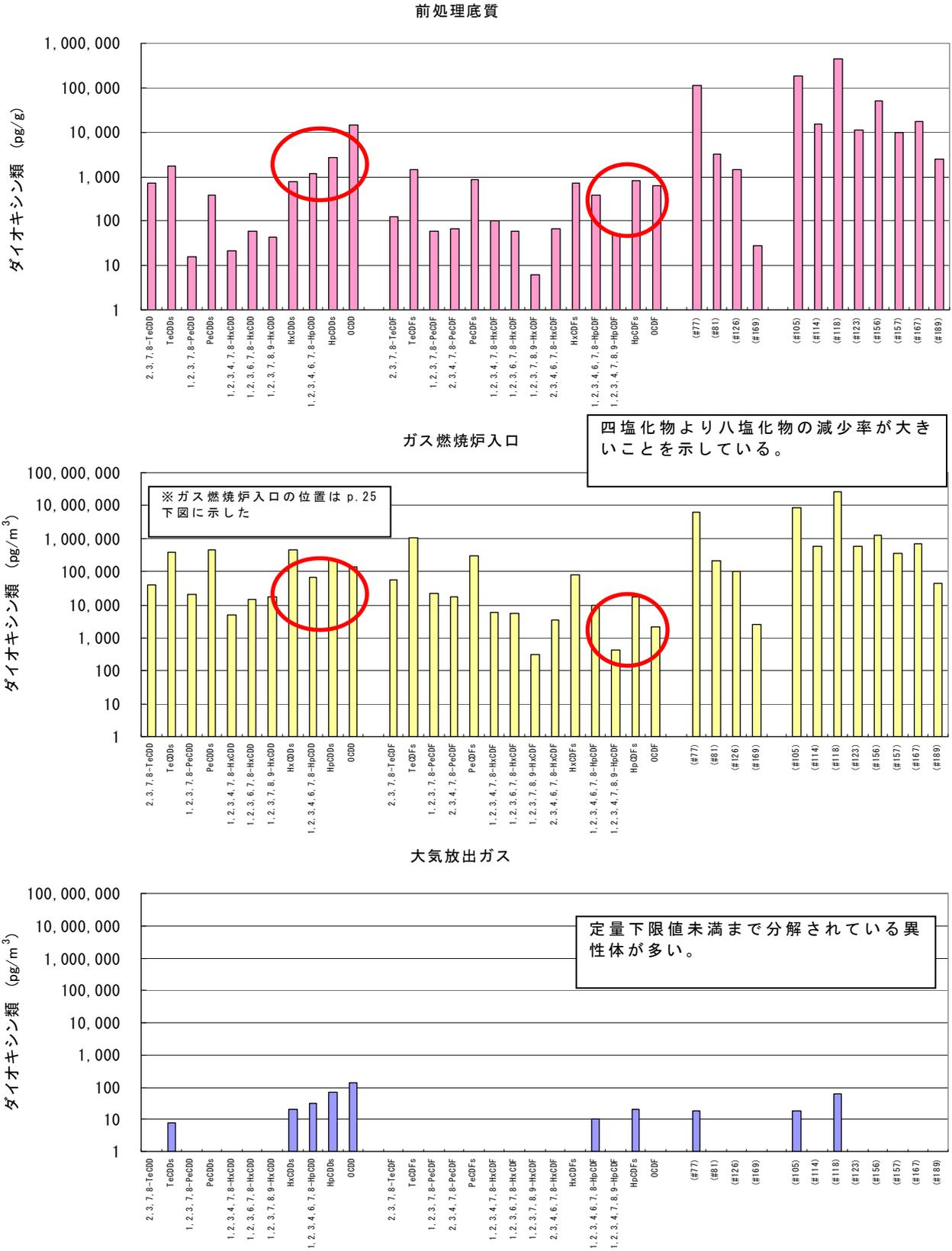


図 4.5.2 F 技術（高圧脱水還元化学分解工法）における異性体分布

表 4.5.2 評価・検討結果（前処理）

評価・検討項目		A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
		回転焼成式 分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水還元 化学分解工法	金属Na脱ハロゲ ン化技術	バイオクリーン コンポ
(1) 処理の 確実性	分級物中のダイオキシン類濃度が 目標値(150pg-TEQ/g)以下か ○:目標値以下 ×:目標値超過	○	○	○	未測定	乾燥のみ	未測定	未測定	—
	原泥から前処理底質への方に減量化が 行われたか ○:湿重量比30%以上減 ×:湿重量比30%未満	○	○	○	○	○	○	○	—
(2) 物質収支 原泥→ 前処理底質	物質収支（固形物・乾重量） ○:物質残存率が80%以上 ×:物質残存率が80%未満	○	○	○	○	○	○	○	—
	ダイオキシン類収支 ○: 80%~120%が次工程に移行 ×: 80%未満が次工程に移行	○	未確定	○	○	○	未確定	○	—
(3) 周辺環境へ の負荷	大気汚染防止（排ガス）への配慮 ○:0.1ng-TEQ/m ³ 以下 ×:0.1ng-TEQ/m ³ 超過	排ガス 発生しない	排ガス 発生しない	排ガス 発生しない	排ガス 発生しない	○	排ガス 発生しない	排ガス 発生しない	排ガス 発生しない
	水質汚濁防止（放流水）への配慮 ○:1pg-TEQ/L以下 ×:1pg-TEQ/L超過	○	当初 : × 再試験 : ○	○	○	放流水 発生しない	○	○	放流水 発生しない
(4) 実用性	再試験の結果を踏まえた上での 実用化に向けての今後の見通し	・実規模での検 証が必要であ る（実用化試 験で検証済）	・ダイオキシン 収支の把握が 必要である ・実規模での検 証が必要であ る（実用化試 験で検証済）	・実規模での検 証が必要であ る	・分級機の設置 が必要である ・実規模での検 証が必要であ る	・実規模での検 証が必要であ る	・分級機の設置 が必要である ・ダイオキシン 収支の把握が 必要である ・実規模での検 証が必要であ る（実用化試 験で検証済）	・分級機の設置 が必要である ・実規模での検 証が必要である	

注 太字：目標値、細字：目安

「×」は、目標値を達成しなかったため再試験を実施した項目（下段の判定結果は再試験の結果）

表 4.5.3 評価・検討結果（分解無害化処理）

評価・検討項目		A技術 回転焼成式 分解法	B技術 還元加熱・ 金属Na法	C技術 真空加熱法	D技術 還元加熱法	E技術 間接加熱 酸化分解法	F技術 高圧脱水還元 化学分解工法	G技術 金属Na 脱ハロゲン化技術	H技術 バイオクリーン コンポ
		(1) 処理の確実性	分解無害化底質ダイオキシン類 濃度 ○：目標値150pg-TEQ/g以下 ×：目標値150pg-TEQ/g超過	○	○	○	○	○	○
(2) 物質収支	物質収支（固形物・乾重量。強 熱減量を考慮） ○：物質残存率が80%以上 ×：物質残存率が80%未満	○	○	○	△（70%。装置 内への残留に よる）	○	○	○	—
(3) 周辺環境への 負荷	1) 大気汚染防止への配慮 ○：0.1ng-TEQ/m ³ 以下 ×：0.1ng-TEQ/m ³ 超過	× (実用化試験に おいては○)	当初：× 再試験：× (実用化試験に おいては○)	○	○	○	○	○	大気放出ガス 発生しない
	2) 水質汚濁防止への配慮 ○：1pg-TEQ/L以下 ×：1pg-TEQ/L超過	凝縮水 発生しない	○	△（発生量は少 ないが目標値を 超過している）	○	凝縮水 発生しない	凝縮水 発生しない	△（発生量は少 ないが目標値を 超過している）	凝縮水 発生しない
(4) 実用性	再試験の結果を踏まえた上での 実用化に向けての今後の見通し	・排ガス処理装 置の強化で対 応が可能と考 えられる ・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある（実用化 試験で検証済）	・排ガス処理装 置の強化で対 応が可能と考 えられる ・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある（実用化 試験で検証済）	・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある ・凝縮水の別途 処理が必要で ある	・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある	・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある ・当初排ガス濃 度が高かった が、再試験の結 果改善された	・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある（実用化 試験で検証済）	・スケールアッ プ、連続運転に 伴う装置性能 把握が必要で ある ・凝縮水の別途 処理が必要で ある	・さらなる研究 が必要である ・目標値は満足 できなかった が補助的な工 法としての検 討が必要であ る
(5) エネルギー 消費量*1	前処理CO ₂ 排出量換算値 (kgCO ₂ /t-前処理底質)	510	50	250	6	590	28	49	—
	無害化時CO ₂ 排出量換算値 (kgCO ₂ /t-前処理底質)	290	380	1,600	970	500	2,500	2,700	10

注 太字：目標値、細字：目安

「△」は、目安を達成しなかった項目

- *1
- ・エネルギー消費量の算定方法は、巻末資料 pp. 3-54 に示した。
 - ・LCA ではなく燃料、電力使用量のみの消費量（薬剤等を含まず）。
 - ・今回の実証試験での値であり、実規模においては値が異なる。

4.6 実用化試験

4.6.1 実用化試験の目的

平成 16 年度に実施された実証試験において、各種の技術における無害化処理に関する情報が得られたが、長時間連続運転を行った場合の変動や、装置のスケールアップに伴う留意点の把握がなされていない。各技術の実用化を行う際には、これらの情報に関する基礎資料を得る必要がある。

そこで、実用化規模の実験に関する情報を得ることを目的とし、実用化試験を行った。

4.6.2 実用化試験の概要

実用化を目指した実用化試験は、無害化処理実証試験の結果を踏まえて実施した。実用化試験実施機関の公募要件を表 4.6.1 に示した。

表 4.6.1 実用化試験実施機関の公募要件

公募要件	① 3 日間程度以上連続して試験を実施することが可能なこと。 ② 100kg(原泥換算)/h 以上の処理能力を有する設備であること。 ただし①と②の要件は、単独の設備で満たさなくても良いものとする。
------	---

実用化試験は、平成 17 年度に F 技術（高圧脱水還元化学分解工法）、平成 18 年度に A 技術（回転焼成式分解法）及び B 技術（還元加熱・金属 Na 法）の計 3 技術について、実験炉を用いた 2～5 日間の連続試験及び大型炉を用いた大規模試験を実施した。

その結果、底質のダイオキシン類濃度を減少させて目標値以下にする無害化が可能であることがわかった。実用化試験の条件を表 4.6.2 に示した。

表 4.6.2 実用化試験の条件

技術名	A 技術	B 技術	F 技術	
	回転焼成式分解法	還元加熱・金属 Na 法	高圧脱水還元化学分解工法	
	大規模連続試験	大規模連続試験	小規模連続試験	大規模試験
目的	スケールアップした装置での連続運転時に底質ダイオキシン類の変化、大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の把握、物質収支等について検討		連続運転時の底質ダイオキシン類の変化、大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の把握、物質収支等について検討	スケールアップ時の底質ダイオキシン類の変化、大気放出ガス中のダイオキシン類の把握、物質収支等について検討
試験条件	処理速度* (試験時間) 100kg/h (41h) 180kg/h (17h)	150kg/h (12h) 300kg/h (19h)	50kg/h (121h)	180kg/h (10h)

* 原泥換算

4.6.3 実用化試験の方法

(1) 前処理

前処理の運転条件を表 4.6.3に示した。

1) A 技術

前処理工程としてフィルタープレスを実施した。原泥からごみ等の分級不適物を除去した後に洗浄・分級した。表面積の大きな細粒分（シルト・粘土分）に付着したダイオキシン類を前処理底質に濃縮する前処理工程を当該試験により検証した。

前処理前後の底質の比較及び発生する排水・放流水におけるダイオキシン類の把握を行った。

2) B 技術

前処理工程としてフィルタープレスを実施した。原泥からごみ等の分級不適物を除去した後に、表面積の大きな細粒分（シルト・粘土分）に付着したダイオキシン類を前処理底質に濃縮する前処理工程を当該試験により検証した。

前処理前後の底質の比較及び発生する排水・放流水におけるダイオキシン類の把握を行った。

3) F 技術

前処理工程としてフィルタープレスを実施した。原泥を洗浄・分級し、洗浄砂・洗浄礫・ごみ等に分別・除去し、表面積の大きな細粒分（シルト・粘土分）に付着したダイオキシン類を前処理底質に濃縮する前処理工程を当該試験により検証した。

前処理前後の底質の比較及び発生する排水・放流水におけるダイオキシン類の把握を行った。

(2) 分解無害化処理

分解無害化処理の運転条件を表 4.6.4に示した。

1) 大型炉を用いた連続試験（A、B 技術）

大型炉による連続試験における分解無害化処理の前後で底質試料（前処理底質、分解無害化底質）を採取し、無害化処理による比較を行った。また、大気放出ガス試料を採取し、排ガス処理の効果を確認した。

2) 小型炉を用いた連続試験（F 技術）

小型炉による連続試験における分解無害化処理の前後で底質試料を採取し、無害化処理前後の底質の比較を行った。また、排ガス・大気放出ガス試料を採取し、排ガス処理の効果を確認した。

3) 大型炉を用いた大規模試験（F 技術）

1日の運転における分解無害化処理の前後で底質試料（前処理底質、分解無害化底質）を採取し、無害化処理による比較を行った。また、大気放出ガス試料を採取し、排ガス処理の効果を確認した。

表 4.6.3 前処理工程の処理条件

技術名		A 技術		B 技術		F 技術	
		回転焼成式分解法		還元加熱・金属 Na 法		高压脱水 還元化学分解工法	
回数		計		計		計	
処理量 (t-dry)		1.246		1.339		496.4	
処理回数		9		16		3	
分級	処理時間 (h)	2.7		—		24.0	
	処理速度 (t-dry/h)	0.461		—		20.7(平均)	
脱水	処理時間 (h)	26.5		48		58.0	
	処理速度 (t-dry/h)	0.047(平均)		0.028(平均)		8.56(平均)	

表 4.6.4 分解無害化処理の運転条件

技術名		A 技術		B 技術		F 技術		備考
		回転焼成式 分解法		還元加熱 ・金属 Na 法		高压脱水 還元化学分解工法		
		大規模 連続試験*		大規模 連続試験*		連続試験	大規模 試験	
前処理底質 (kg-dry)		726	529	1,336		2,457	507	
同一試料滞留時間 (h)		1.95	1.95	1		1	0.75	
処理時間 (h)		41.5	16	31		121	6.75	
分解無害化 底質 (kg- dry)	連続排出分	480	341	1,087		1,908	435	
	装置内残量	---	41	33		20	10	
	総量	480	382	1,120		1,928	445	
処理速度 (kg-原泥/h)		100.2	181.2	149	300	49.6	183.6	原泥 ÷ 処理時間
処理温度 (°C)		1,010 ±40	1,010 ±40	550±20	550±20	550±20	550±20	

* 連続試験途中にて処理速度を変更した。

4.6.4 実用化試験結果

(1) 分解無害化処理結果

1) 分解無害化底質中のダイオキシン類濃度

底質中の初期濃度と最終濃度の一覧を図 4.6.1に示した。

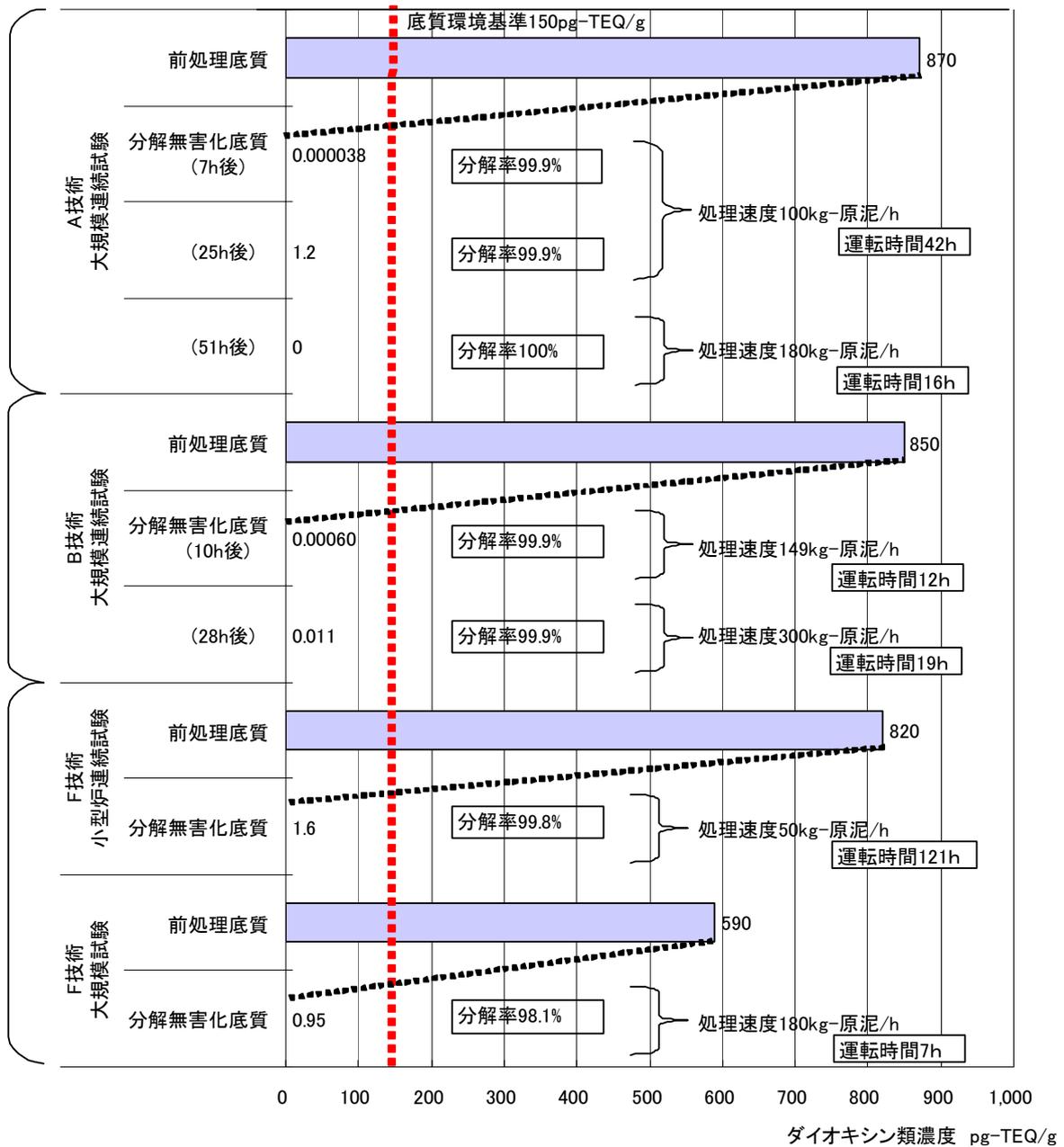


図 4.6.1 分解無害化処理前後のダイオキシン類濃度の比較

2) 排水処理結果

前処理の排水及び放流水測定結果を図 4.6.2に示した。

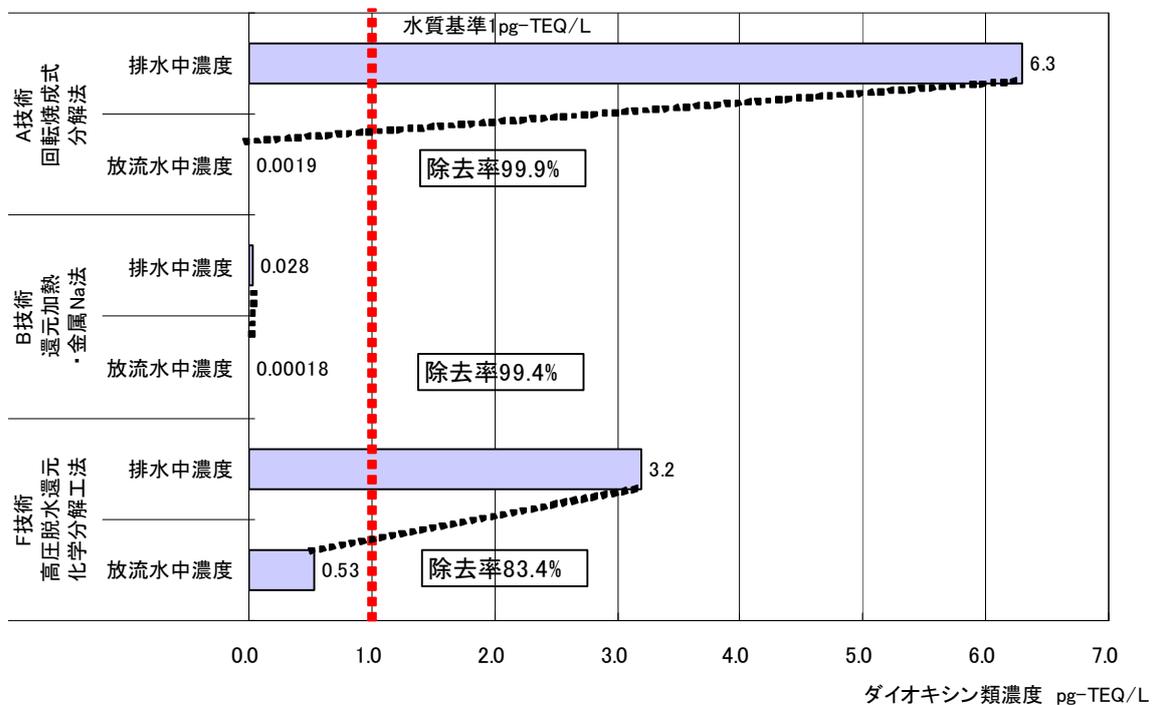


図 4.6.2 前処理の排水処理結果

3) 排ガス処理結果

A技術、B技術については大規模連続試験における分解無害化处理の大気放出ガス測定結果を、F技術については小型炉連続試験及び大規模試験における分解無害化处理の大気放出ガス測定結果を、図 4.6.3から図 4.6.6にそれぞれ示した。

A 技術、B 技術の大規模連続試験の大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は $0.012\text{ng-TEQ/m}^3\text{N}$ であり、目標値以下であった。F 技術の大規模連続試験の大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は $0.16\text{ng-TEQ/m}^3\text{N}$ であり、目標値を超過していた。

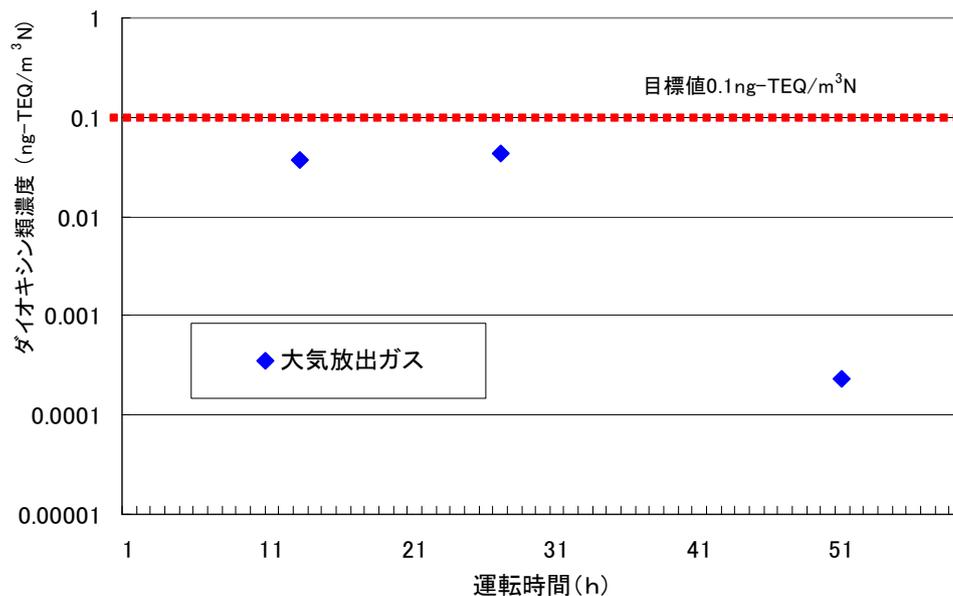


図 4.6.3 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の変動 (A 技術、大規模連続試験)

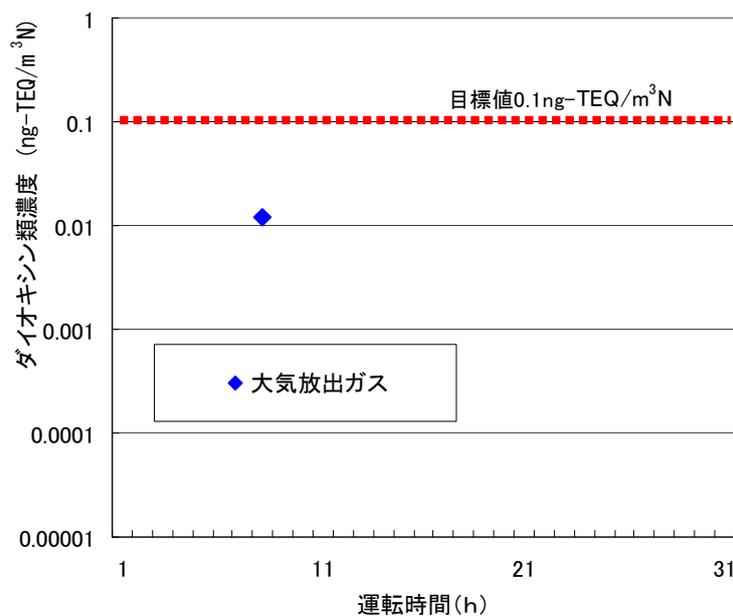


図 4.6.4 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の変動 (B 技術、大規模連続試験)

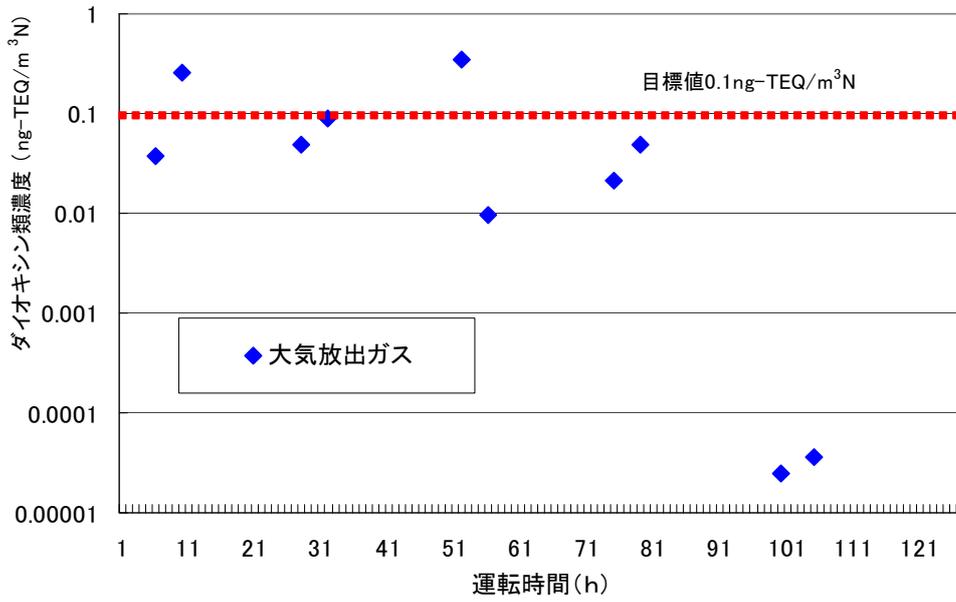


図 4.6.5 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の変動 (F 技術、小型炉連続試験)

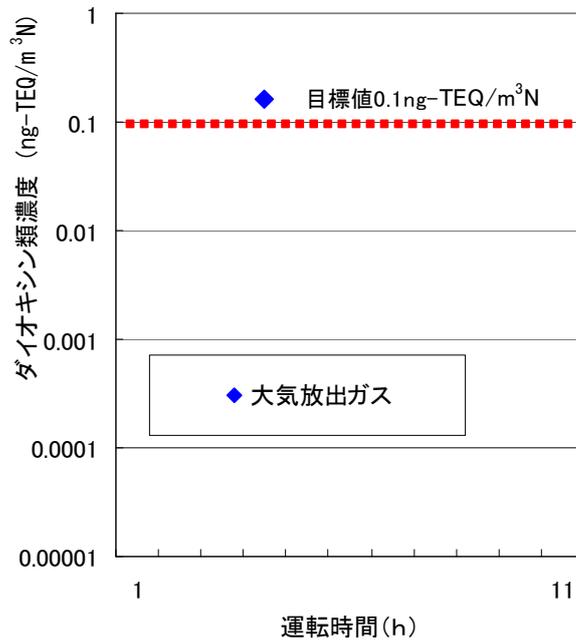


図 4.6.6 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度の変動 (F 技術、大規模試験)

(2) 物質収支

1) 前処理の物質収支

物質収支及びダイオキシン類収支を表 4.6.5に示した。

2) 分解無害化処理の物質収支

物質収支、ダイオキシン類収支を表 4.6.6に示した。

表 4.6.5 前処理の結果

技術名		A技術*1		B技術		F技術*2	
		回転焼成式 分解法		還元加熱・金属Na法		高圧脱水還元 化学分解工法	
原泥の量 (kg-wet)	前処理底質の量 (kg-wet)	7,170	2,740	7,509	2,475	607,000	296,000
減量化率(前処理底質の量/原泥の量)(%)		38		33		49	
原泥	原泥の量 (kg-dry)	1,598	720	1,562	750	300,000	160
	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)						
a	ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	1,151	100	1,171	100	48,000	100.0
	割合 (%)						
分級物	分級物の量 (kg-dry)	270	130	分級せず	—	120,314	1.3
	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)						
b	ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	35	3.1	—	—	161	0.33
	割合 ($b \div a$)(%)						
前処理底質	前処理底質 の量(kg-dry)	1,255	870	1,339	850	179,000	260
	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)						
c	ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	1,092	95	1,138	97	46,540	97
	割合 ($c \div a$)(%)						

放流水

技術名		A技術		B技術		F技術	
放流水の量 (L)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	15,700	0.0019	4,842	0.00018	602,000	0.53
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	0.00003	0.000	0.00000087	0.000000074	0.32	0.00066

排ガス(1)

技術名		A技術		B技術		F技術	
排ガスの量 (m^3 N)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/ m^3 N)	—	—	—	—	—	—
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	—	—	—	—	—	—

ダイオキシン類総量の変化

技術名	A技術	B技術	F技術
原泥のダイオキシン類総量 (μ g-TEQ) d	1,151	1,171	48,000
前処理底質+放流水のダイオキシン類総量 (μ g-TEQ) e	1,092	1,138	46,859
ダイオキシン類総量の変化率 $e \div d$ (%)	95	97	98

*1 全処理底質についての収支を整理したもの。

*2 ダイオキシン類濃度測定をしたバッチの底質についての収支を整理したもの。

表 4.6.6 分解無害化処理の結果

技術名		A技術		B技術		F技術			
		回転焼成式 分解法		還元加熱・金属Na法		高圧脱水還元化学分解工法			
						小型炉 連続試験		大規模試験	
前処理底質の量 (kg-dry)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	1,255	870	1,336	850	2,457	820	507	590
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	1,092	100	1,135	100	2,015	100	299	100
分解無害化底質の量 (kg-dry) *1	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g) *1	862	0.40	1,087	0.0058	1,908	1.6	435	0.95
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ) *1	割合(%)	0.345	0.03	0.0063	0.00056	3.1	0.2	0.4	0.1

凝縮水

技術名		A技術		B技術		F技術			
						小型炉 連続試験		大規模試験	
凝縮水等の量 (kg)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	—	—	1,115		—	—	—	—
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	—	—	放流水と 合わせて処理		—	—	—	—

大気放出ガス

技術名		A技術		B技術		F技術			
						小型炉 連続試験		大規模試験	
大気放出ガスの量 (m^3N)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/ m^3N)	77,475	27 *2	884	12	325,036	95 *2	90,934	160
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	2.1	0.18	0.011	0.00093	31	1.5	15	4.9

ばいじん

技術名		A技術		B技術		F技術			
						小型炉 連続試験		大規模試験	
ばいじんの量 (kg-dry)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	71	—	—	—	10.8	96	2.5	1,000
ダイオキシン類総量 (μ g-TEQ)	割合(%)	—	—	—	—	1.0	0.051	2.5	0.84

ダイオキシン類総量の変化

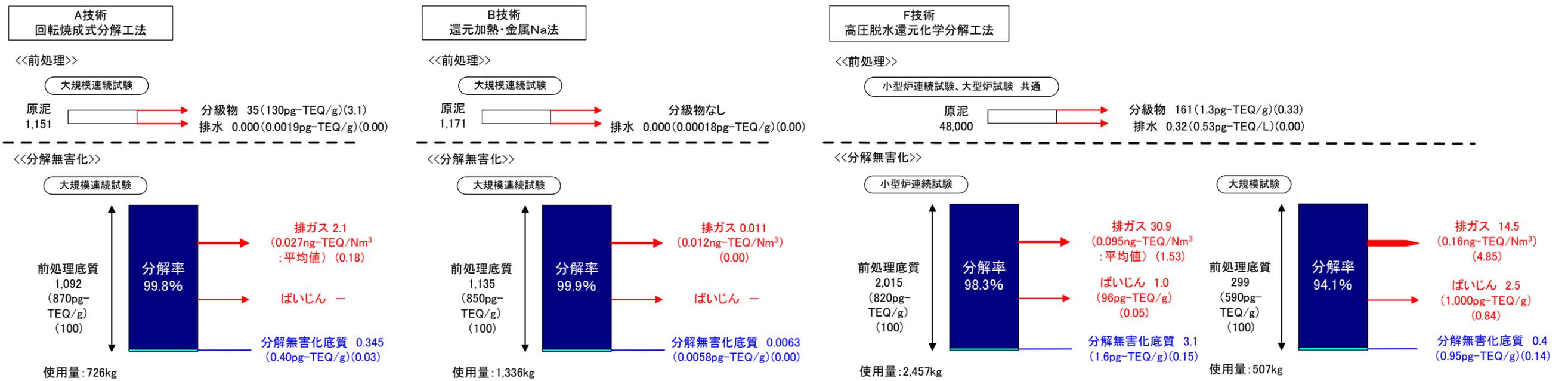
技術名		A技術		B技術		F技術			
						小型炉 連続試験		大規模試験	
前処理底質のダイオキシン類総量 a (μ g-TEQ)		1,092		1,136		2,015		299	
分解無害化底質+大気放出ガス+ばいじん のダイオキシン類総量b (μ g-TEQ)		2.4		0.02		35.0		17.5	
ダイオキシン類総量の変化率 b÷a(%)		0.22		0.002		1.7		5.8	

*1 連続試験における合計値(物質質量)または平均値(濃度)

*2 平均値

(3) 結果のまとめ

分解無害化実用化試験の結果を図 4.6.7にまとめた。



$$\text{分解率(\%)} = 1 - \frac{\text{分解無害化底質} + \text{排ガス} + \text{排水} + \text{ばいじん}}{\text{前処理底質}}$$

注 数字はダイオキシン類量(単位: $\mu\text{g-TEQ}$)、括弧内には前処理底質を100%とした時の割合(%)を示した。



A技術 分解無害化実施状況



B技術 分解無害化実施状況



F技術 分解無害化実施状況(小型炉連続試験)



F技術 分解無害化実施状況(大規模試験)

図 4.6.7 分解無害化処理前後の物質・ダイオキシン類収支

(4) 実用化試験の評価

実用化試験の結果について検討を行い、評価した。評価結果を表 4.6.7及び表 4.6.8に示した。

表 4.6.7 実用化試験の評価結果（前処理）

評価・検討項目		A技術	B技術	F技術
		回転焼成式 分解法	還元加熱 ・金属Na法	高圧脱水還元 化学分解工法
(1) 処理の確実性	分級物中のダイオキシン類濃度が目標値 (150pg-TEQ/g)以下か ○:目標値以下 ×:目標値超過	○	分級せず	○
	原泥から前処理底質への間に減量化が行われたか ○:湿重量比40%以上減 ×:湿重量比40%未満減	○	○	○
(2) 物質収支 原泥→ 前処理底質	物質収支（固形物・乾重量） ○:物質残存率が80%以上 ×:物質残存率が80%未満	○	○	○
	ダイオキシン類収支 ○:80%~120%が次工程に移行 ×:80%未満が次工程に移行	○	○	○
(3) 周辺環境への 負荷	大気汚染防止（大気放出ガス）への配慮 ○:0.1ng-TEQ/m ³ 以下 ×:0.1ng-TEQ/m ³ 超過	○（大気放出ガス 発生しない）	○（大気放出ガス 発生しない）	○（大気放出ガス 発生しない）
	水質汚濁防止（放流水）への配慮 ○:1pg-TEQ/L以下 ×:1pg-TEQ/L超過	○	○	○

表 4.6.8 実用化試験の評価結果（分解無害化処理）

評価・検討項目		A技術	B技術	F技術	
		回転焼成式 分解法	還元加熱 ・金属Na法	高圧脱水還元化学分解工法	
		大規模連続試験		小型炉連続試験	大規模試験
(1) 処理の 確実性	分解無害化底質ダイオキシン 類濃度 ○:目標値150pg-TEQ/g以下 ×:目標値150pg-TEQ/g超過	○	○	○	○
(2) 物質収支	物質収支（固形物・乾重量。 強熱減量を考慮） ○:物質残存率が80%以上 ×:物質残存率が80%未満	○	○	○	○
(3) 周辺環境 への負荷	1) 大気汚染防止への配慮 ○:0.1ng-TEQ/m ³ 以下 ×:0.1ng-TEQ/m ³ 超過	○	○	△（平均値では目標 達成、10回測定中2 回超過）	×（0.16ng-TEQ/m ³ 目標 を達成せず）
	2) 水質汚濁防止への配慮 ○:1pg-TEQ/L以下 ×:1pg-TEQ/L超過	凝縮水 発生しない	○	凝縮水 発生しない	凝縮水 発生しない
(4) 実用性	実用化に向けた今後の見通し			・排ガス処理装置の 設置・強化が必要	・排ガス処理装置の設 置・強化が必要。処理温 度の管理、排ガス処理装 置の改良により目標の 達成が可能と考えられ る。

(5) 前処理技術の評価（表 4.6.7参照）

1) 処理の確実性

① 分級・脱水等

A 技術：

脱水工程により湿重量換算では約 6 割の減量化が行われ、目安の 40%以上の減量化を達成していた。

B 技術：

脱水工程により湿重量換算では約 7 割の減量化が行われ、目安の 40%以上の減量化を達成していた。

F 技術：

脱水工程により湿重量換算では約 5 割の減量化が行われ、目安の 40%以上の減量化を達成していた。

② 分級物のダイオキシン類濃度

A、F 技術：

150pg-TEQ/g 以下であり、分級物へのダイオキシン類の残留は少なかった。

B 技術：

底質の性状より、本試験においては分級を実施しなかった。

2) 物質収支

① 重量

A、B、F 技術：

分解無害化底質の重量は、前処理底質の 8 割以上であり、前処理工程の物質収支を把握できた。

② ダイオキシン類

A、B、F 技術：

前処理後のダイオキシン類量は前処理前の約 8 割以上の量であり、概ね次工程へ移行した。

3) 周辺環境への負荷

① 放流水中のダイオキシン類濃度

A、B、F 技術：

目標値以下であり、排水処理は適切に行われていたと考えられる。

② 排ガス中のダイオキシン類濃度

A、B、F 技術：

排ガスは発生しない。

(6) 分解無害化処理技術の評価（表 4.6.8参照）

1) 処理の確実性

A 技術：

目標値 150pg-TEQ/g に対して、分解無害化底質のダイオキシン類は 0～1.2pg-TEQ/g であり、確実に処理が行われていた。

B 技術：

目標値 150pg-TEQ/g に対して、分解無害化底質のダイオキシン類は 0.00060～0.011pg-TEQ/g であり、確実に処理が行われていた。

F 技術：

・連続試験

目標値 150pg-TEQ/g に対して、分解無害化底質のダイオキシン類は 0.23～3.8pg-TEQ/g であり、確実に処理が行われていた。

・大規模試験

目標値 150pg-TEQ/g に対して、分解無害化底質のダイオキシン類は 1.1pg-TEQ/g であり、確実に処理が行われていた。

2) 物質収支

A 技術：

分解無害化処理前後での物質収支を比較すると、前処理底質の重量の 92%が処理後に残存していることから、系外への漏出はほとんどないと考えられる。

B 技術：

分解無害化処理前後での物質収支を比較すると、前処理底質の重量の 97%が処理後に残存していることから、系外への漏出はほとんどないと考えられる。

F 技術：

・連続試験

分解無害化処理前後での物質収支を比較すると、前処理底質の重量の 94%が処理後に残存していることから、系外への漏出はほとんどないと考えられる。

・大規模試験

分解無害化処理前後での物質収支を比較すると、前処理底質の重量の 91%が処理後に残存していることから、系外への漏出はほとんどないと考えられる。

3) 周辺環境への負荷

① 大気放出ガス中のダイオキシン類濃度

A 技術：

目標値 (0.1ng-TEQ/m³N 以下) を達成しており、処理は適切に行われたと考えられる。

B 技術：

1 回 (4 時間) の測定においては目標値 (0.1ng-TEQ/m³N 以下) を達成しており、

処理は適切に行われたと考えられる。

F 技術：

・連続試験

ダイオキシン類濃度は、11 回測定を行った中で 2 回が目標値 0.1 ng-TEQ/m³N を上回っていた (0.26 ng-TEQ/m³N, 0.35ng-TEQ/m³N)。連続試験中のダイオキシン類濃度に変動が見られることから、変動をもたらす要因を特定し、ガス処理装置の改良を行うことで、全ての時間範囲においてダイオキシン類濃度が一定値に収まるように排ガス処理装置を改良して排ガス処理を強化する必要があると考えられる。

・大規模試験

ダイオキシン類濃度は、0.16ng-TEQ/m³Nであり試験目標値 0.1 ng-TEQ/m³Nを上回っていた。装置スケールアップに伴いガス燃焼炉もスケールアップされているが、この性能がスケールアップに十分に対応していない可能性がある。排ガス処理装置を改良して排ガス処理を強化する必要があると思われる。

② 凝縮水中のダイオキシン類濃度

A、F 技術：

凝縮水は発生しない。

B 技術：

目標値 (1pg-TEQ/L 以下) を達成しており、処理は適切に行われたと考えられる。

4) 実用性 (実用化に向けた今後の見通し)

A 技術：

分解無害化処理については、有効性が明らかになった。

B 技術：

分解無害化処理については、有効性が明らかになった。

F 技術：

分解無害化処理については、連続試験、大規模試験でも有効性が明らかになった。しかしながら、大気放出ガス中のダイオキシン類濃度が目標値を超過していたことから、排ガス処理装置の設置・強化が必要である。

5) その他

① 重金属

底質が重金属を含有している場合には、ダイオキシン類分解無害化処理とは別に処理方法、処分方法及び大気中への揮散等の周辺環境への配慮に対する注意が必要である。

分解無害化底質中の重金属の濃度は、使用した底質中の重金属の濃度や分析方法

により異なることから、各技術の値を比較することは一概には出来ないことに留意する必要がある。

溶出試験

A 技術、B 技術：

分解無害化底質の溶出試験の結果、全ての項目で「海防法の水底土砂に係る判定基準」（昭和 48 年総理府令第 6 条）を満足していた。

F 技術：

分解無害化底質の溶出試験の結果、「海防法の水底土砂に係る判定基準」（昭和 48 年総理府令第 6 条）を満足していなかった項目は、ひ素及び六価クロムであった。

含有量試験

A、B、F 技術：

水銀について、「底質の暫定除去基準（通達）」（昭和 50 年環水環 119 号）を満足していた。

② 異性体分布の検討

A 技術、B 技術及び F 技術の実用化試験における前処理底質、排ガス及び大気放出ガスの異性体分布を図 4.6.8 から図 4.6.11 に、それぞれ示した。特に八塩化物の異性体の減少が見られたことから、加熱段階において脱塩素化が進行していると考えられる。

大規模試験における前処理底質及び大気放出ガスの異性体分布を図 4.6.11 に示した。大気放出ガスでは検出下限値未満の異性体が多く見られた。

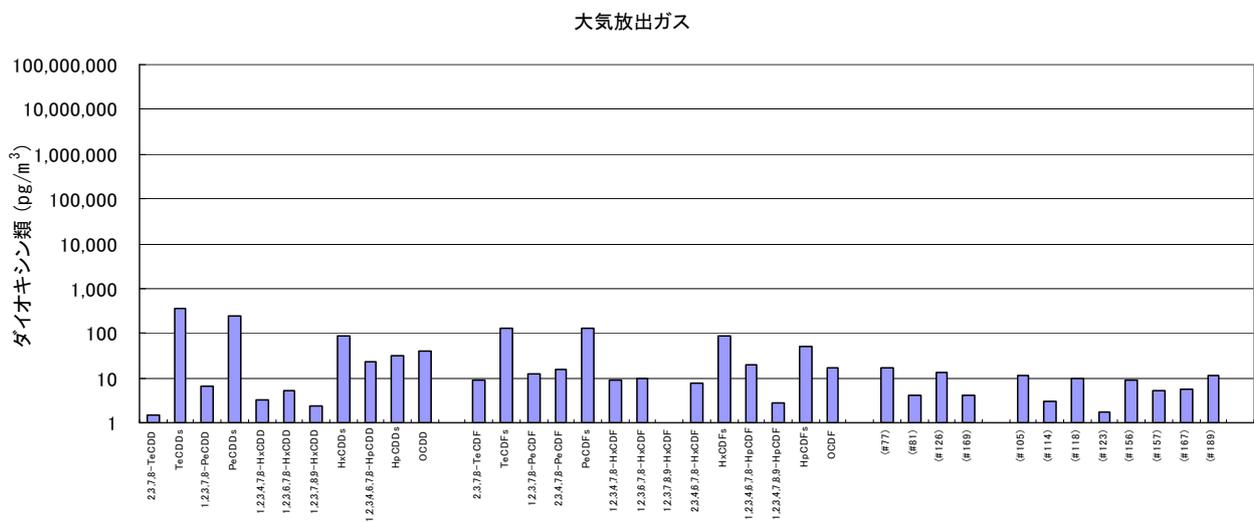
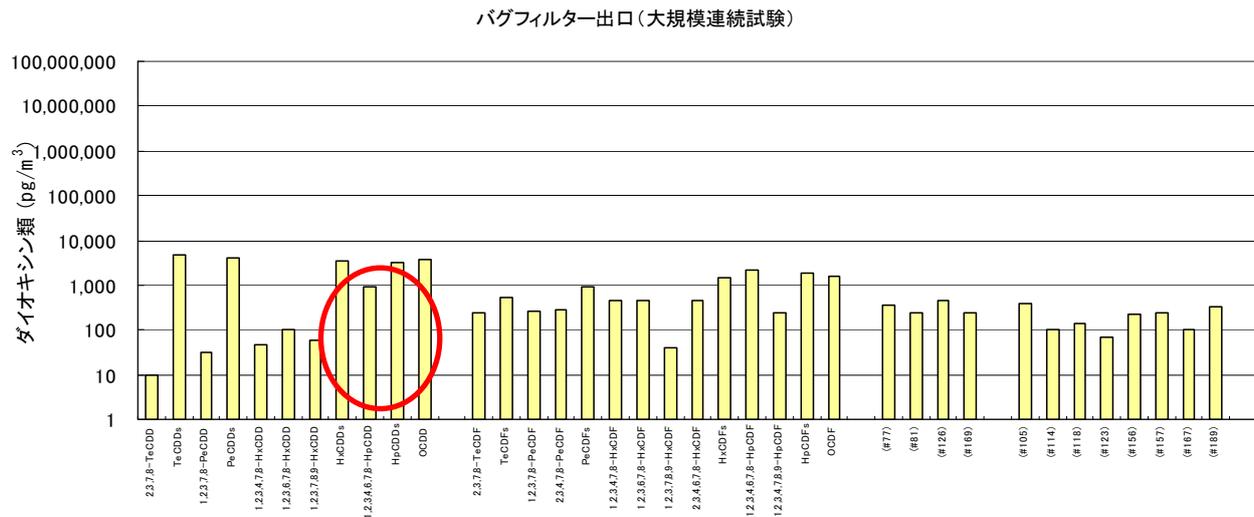
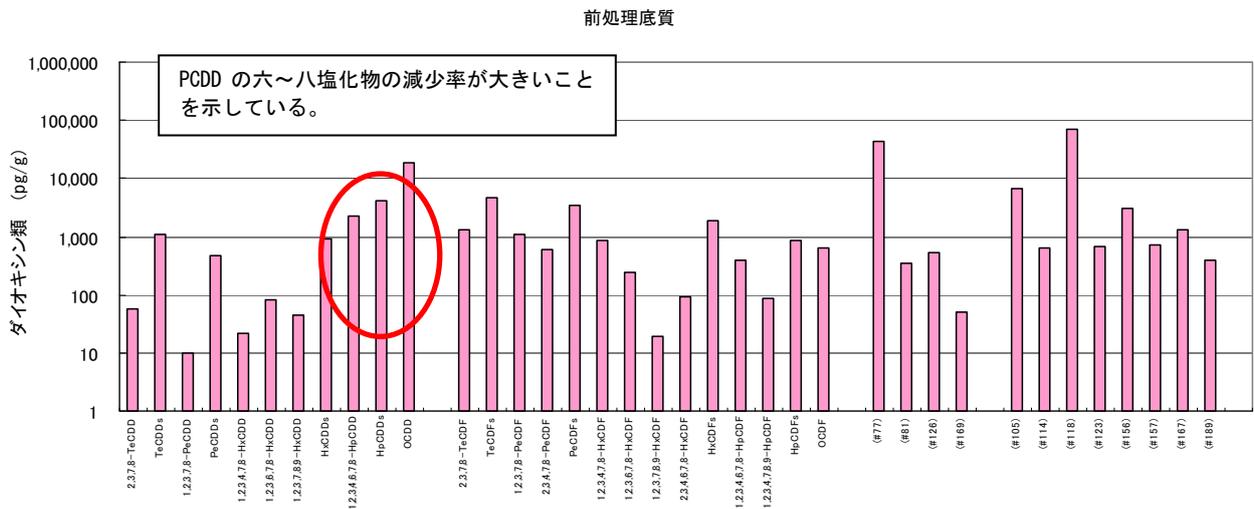
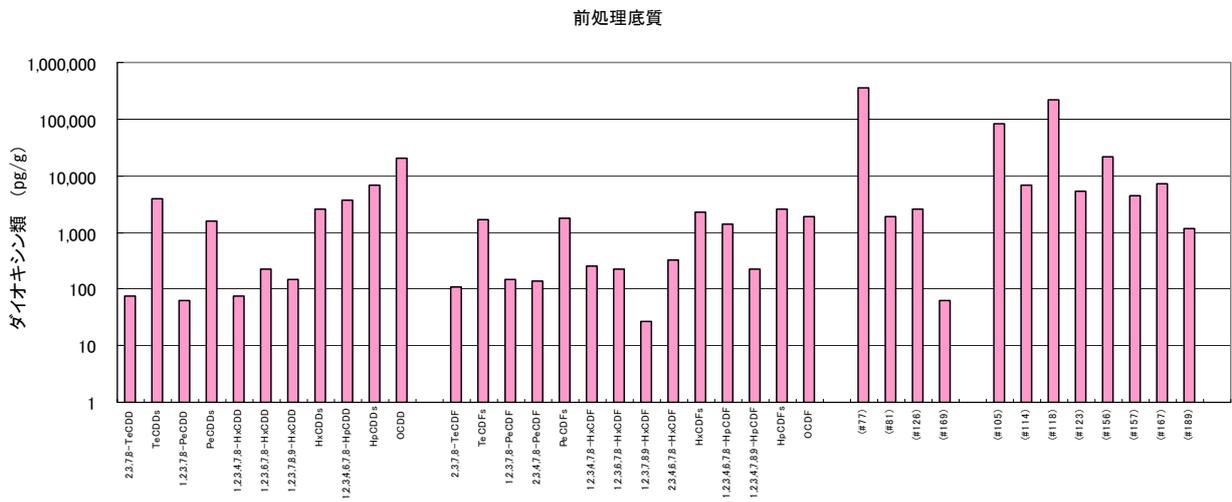


図 4.6.8 分解無害化処理工程 (A 技術、大規模連続試験) における異性体分布



(装置の構造上排ガスは採取せず)

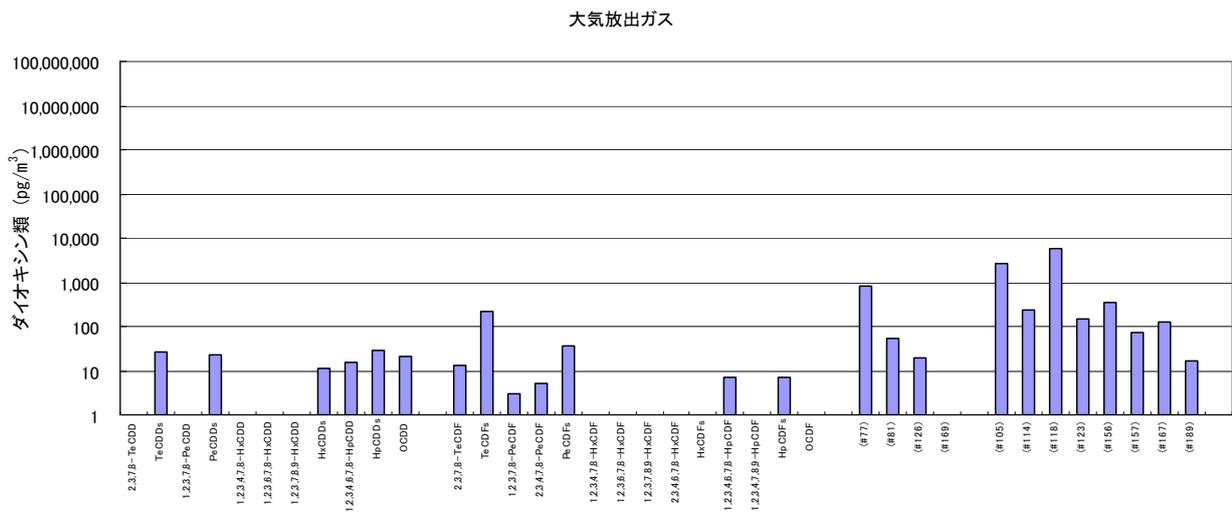


図 4.6.9 分解無害化処理工程 (B 技術、大規模連続試験) における異性体分布

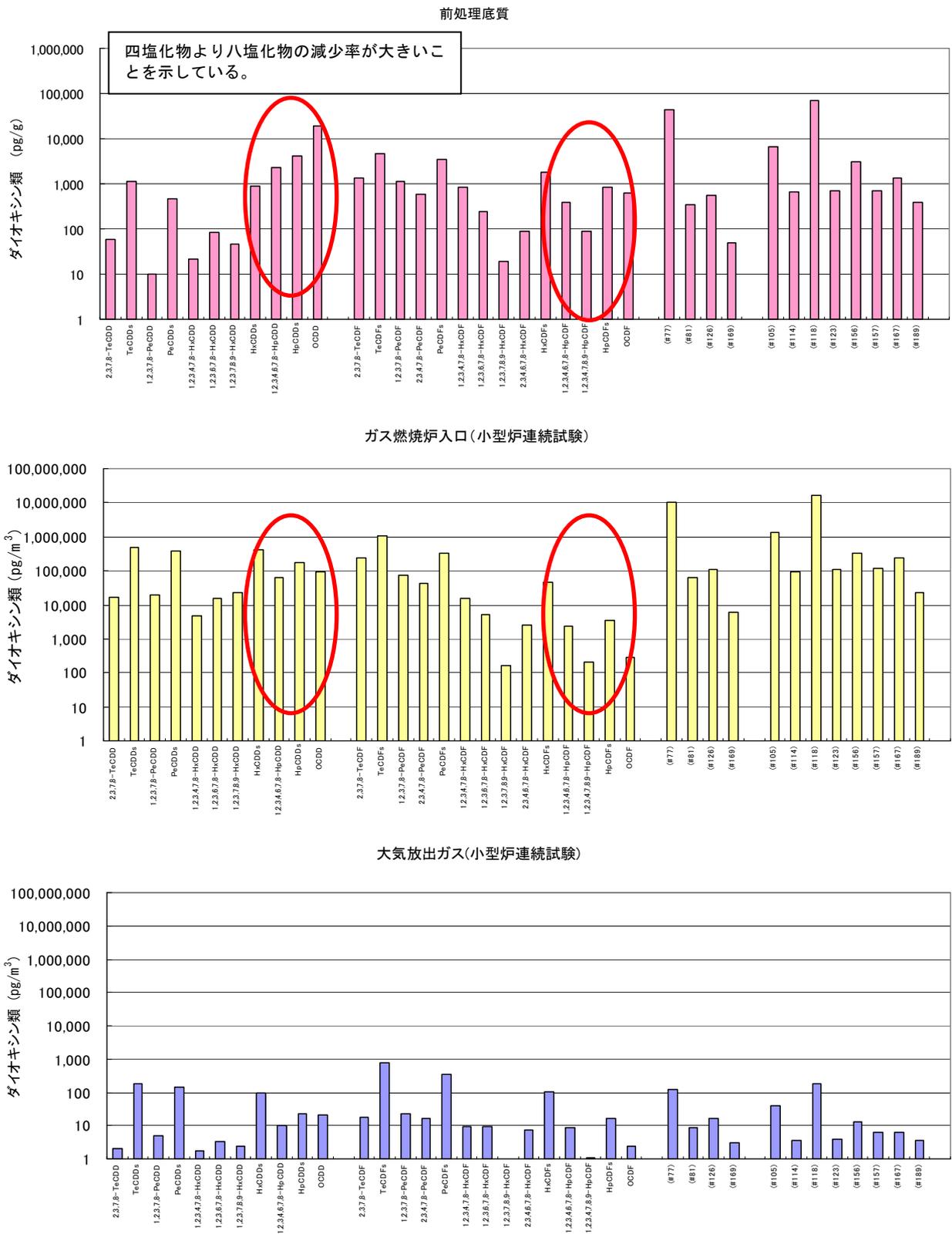
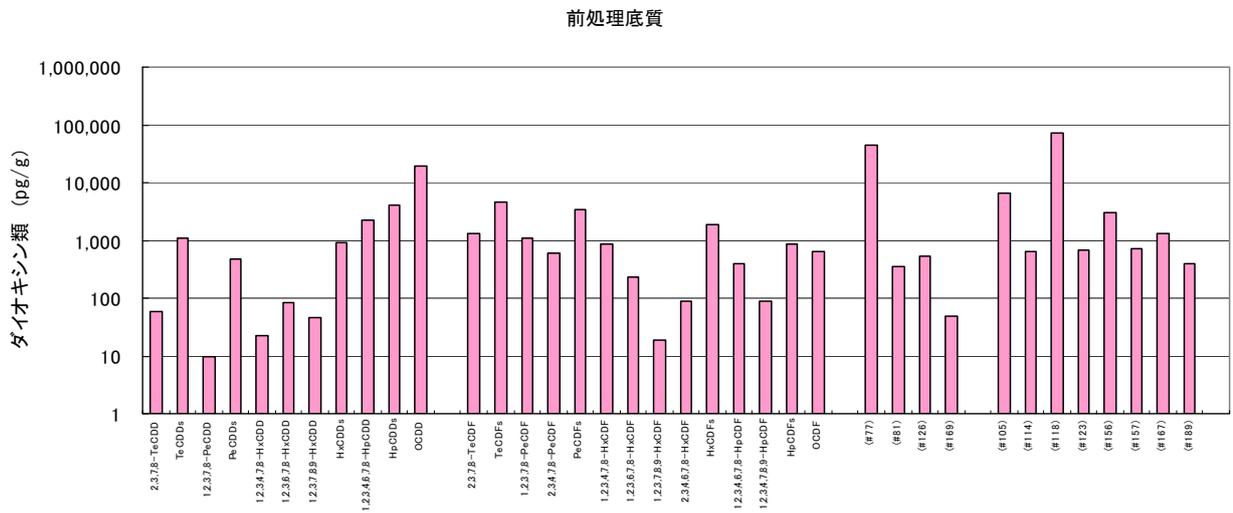


図 4.6.10 分解無害化処理工程 (F 技術、小型炉連続試験) における異性体分布



(装置の構造上排ガスは採取せず)

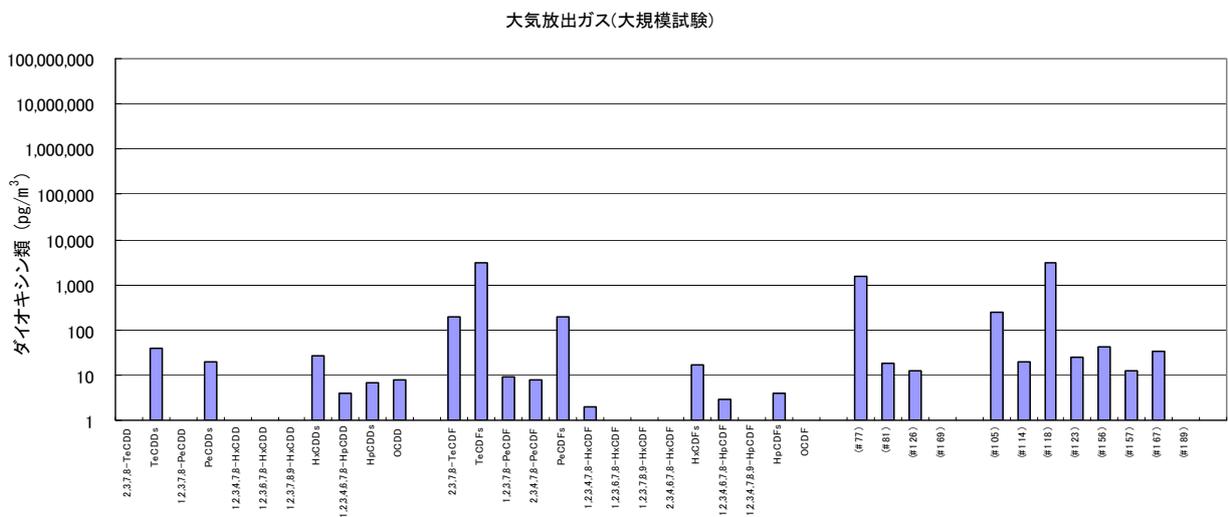


図 4.6.11 分解無害化処理工程 (F 技術、大規模試験) における異性体分布の比較

(7) 試験実施者によるコメント

以下に実用化試験実施者の見解を記載した。

1) A 技術

今回の実用化試験においても底質中のダイオキシン類を 1 pg-TEQ/g 程度（目標処理濃度 150pg-TEQ/g）に無害化処理することが可能であった。今回の試験対象とはなっていないが、本システムは、最終的には無害化処理（焼成物）した汚染底質を必要に応じて造粒処理し、建設資材としてリサイクルすることを目的としている。無害化処理物のリサイクルを考える際、利用箇所における現環境と同等以上の無害化を図ることは、利用地域の住民感情等を考えた場合、重要であると考えられ、今回の実用化試験においてもダイオキシン類の無害化処理に関し、十分な結果を得られたと考える。

排水処理においても 1pg-TEQ/L をクリアーし、独自の処理方法を確立したと考える。また、焼成時の排ガス処理についても目標値(0.1ng-TEQ/m³N)をクリアーしており、所定の基準値を確保することが可能であった。

なお、処理の効率化に関し、実施時における脱水ケーキの解砕については、解砕機を用いて処理の効率化を図る所存である。

2) B 技術

今回の実用化試験では、脱水ケーキの 31 時間の連続無害化処理を実施し、ダイオキシン類濃度は処理前 850pg-TEQ/g に対し処理後は 0.00060~0.011pg-TEQ/g と非常に安定した処理性能を確認できた。排ガス処理については、オイルスクラバー能力を向上させるとともにデミスター能力を強化した結果、大気放出ガス中のダイオキシン類は 0.012 ng-TEQ/m³N となり、目標基準 0.1ng-TEQ/m³N 以下を十分に下回ることを確認できた。排水処理については、作業手順の見直しを行いコンタミ対策に注力した結果、0.00018 pg-TEQ/L と目標基準 1 pg-TEQ/L 以下をはるかに下回り、安全管理手法の確かさを実証することが出来た。

本実験を通して、実処理計画に資するデータが取得でき、連続処理時の安定性・安全性を実証し、本技術の実効性を確認できたと評価できる。

3) F 技術

① 概要

今回の実用化試験において、大気放出ガス濃度の一部で試験目標値 0.1ng-TEQ/m³N を上回った以外は、すべてにおいて目標を達し、問題点や今後の課題について特筆すべき事項はない。

② 小型炉連続試験における大気放出ガス

11 回の測定中 2 回が目標値の 0.1 ng-TEQ/m³N を上回っていた (0.26 ng-TEQ/m³N、0.35ng-TEQ/m³N)。

この原因としては、試料中の有機物量やダイオキシン類濃度が不均一である、ガス燃焼炉の温度が低い、脱水ケーキの解砕が不十分、等の要因が複合的に作用している可能性が高い。実機の運転においては、個々の要因による変動を把握した上で常に安定した分解無害化処理を行えるように留意する必要がある。

③ 大規模試験における大気放出ガス

大気放出ガスのダイオキシン類濃度は、 $0.16\text{ng-TEQ/m}^3\text{N}$ であり、目標値 $0.1\text{ng-TEQ/m}^3\text{N}$ を上回っていた。

その一般的要因については、前記小型炉連続試験と同様 6 項目が考えられる。この内、大規模試験については、「⑤ガス燃焼炉の温度が低い」ことが、原因として考えられる。

ガス燃焼炉の温度は、小型炉連続試験 ($710\sim 850^{\circ}\text{C}$) より低く ($590\sim 640^{\circ}\text{C}$)、ダイオキシン類を十分に燃焼または熱分解できなかった可能性がある。

今後は温度管理を徹底していくことにより、確実に分解無害化処理が可能であると考える。

4.7 分解無害化処理に向けて

今回、小規模の実証試験（8 技術）及び中・大規模の実用化試験（3 技術）を実施し、河川底質に対する適用性の評価を行い、本技術資料集に取りまとめた。参考として大いに利用されたいが、これらの評価は特定の河川底質を用いた結果であるため、実際の河川底質に適用する際には、個々の河川底質の性質に応じた検討を行う必要がある。

よって、実際に分解無害化処理技術を選定する場合には、図 4.7.1 に示すように学識経験者の意見を踏まえながら選定基準を設定して実用化試験を行い、処理する底質の性状に応じた評価等から対策技術を選定しなければならない。

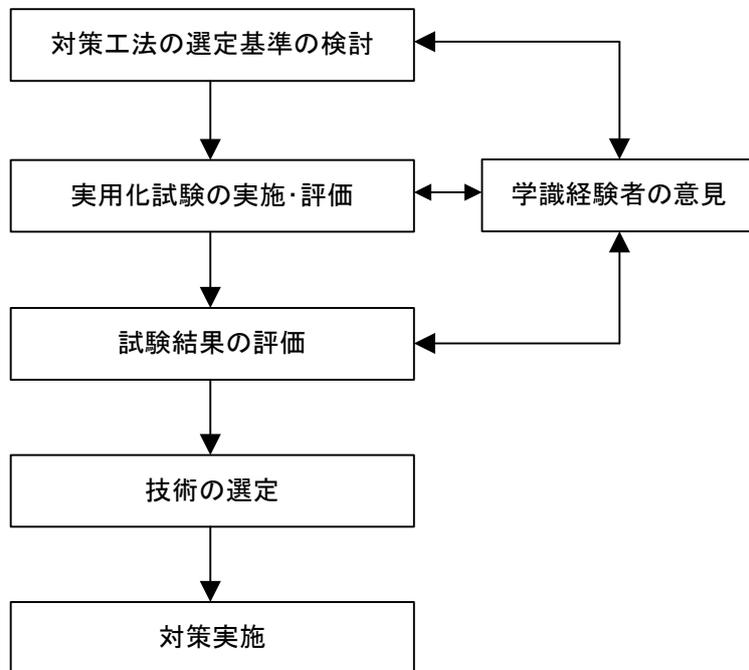


図 4.7.1 分解無害化処理技術の検討の流れ

第5章 原位置固化処理技術の検証

5.1 原位置固化処理実証試験の概要

原位置で固化処理してダイオキシン類の溶出防止を行う対策工法は、底質の性状（含水比、有機物含有量、土粒子の性状等）、汚染濃度レベルにより処理工法及び固化処理剤の添加量を変えるなどの対応が必要である。

そのため、図 5.1.1に示す流れで、ドライ工法による原位置固化処理実証試験（以下、原位置固化試験）を横十間川において行った。なお、ウェット工法による原位置固化処理の適用例は現在のところ無い。

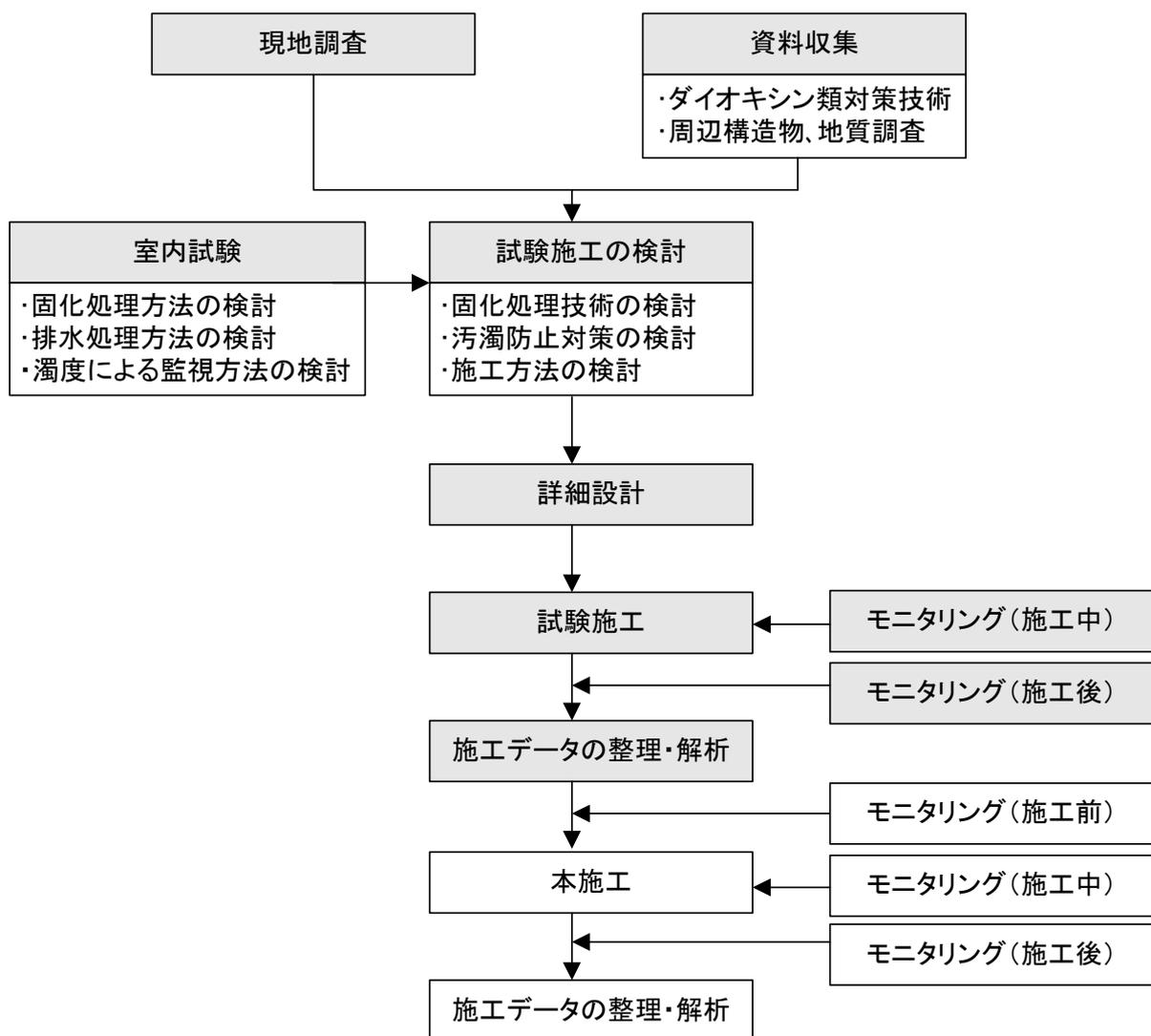


図 5.1.1 検討の流れ

5.2 目標値の設定

本原位置固化試験においては、固化溶出や余水、排水に対する水質管理目標として、表 5.2.1 に示すとおり水質環境基準を準用するという厳しい目標値を設定した。実際の施工においては、対策地域の状況等を勘案しつつ学識経験者の意見を踏まえて適宜目標値を設定することが望ましい。

表 5.2.1 原位置固化試験における水質管理目標

目 標	備 考
固化溶出：1pg-TEQ/L 以下	環境基準（水質）
余水、排水：1pg-TEQ/L 以下	環境基準（水質）

5.3 原位置固化試験方法の検討

5.3.1 対象箇所の条件把握

(1) 経緯

横十間川では、天神橋の公共用水域調査地点において底質の環境基準 150pg-TEQ/g を超えるダイオキシン類が検出されており、その汚染範囲の調査が実施された。

その結果、北十間川との合流点から、錦糸橋の区間においてほぼ全域で汚染が確認された。汚染濃度は概ね 1,000pg-TEQ/g 以下であるが、天神橋南側西岸において 1,000pg-TEQ/g を超える高濃度汚染が見られた。そのため、ダイオキシン法に基づき対策を行うこととした。

(2) 対策の基本的考え方

東京都においては、有識者を委員とした「横十間川底質関連対策検討会」を設けて対策の検討を行い、以下の基本方針が策定された。

<基本方針>

- ・「高濃度区域」と「低濃度区域」に分けて対策手法を検討する。

高濃度区域：ダイオキシン類濃度 1,000pg-TEQ/g を超える底質が存在する区域

低濃度区域：ダイオキシン類濃度 150pg-TEQ/g 超過、1,000pg-TEQ/g 以下の底質が存在する区域

- ・対策工事は、「応急対策」と「恒久対策」に分けて実施する。

- ・応急対策は、現時点で可能な手法により行う。

（より経済的な処理技術が開発されるまで、原位置での応急対策を行う）

⇒高濃度区域：原位置固化処理の実施

高濃度の底質がこれ以上拡散しないようにする

低濃度区域：現状のままを維持し、河川の水質監視等の強化を図る。

- ・恒久対策は、河川整備と整合を図り掘削・掘削除去を実施する。

高濃度区域：1,000pg-TEQ/g 以下に無害化处理を行った上で、処分場への搬出や土木資材としての利用を図る。

低濃度区域：土木資材（高水敷への埋め戻しなどに利用）としての利用を図る。

横十間川においては河川整備計画があり、その時期に合わせ恒久対策を実施する。

(3) 対策区域

横十間川の周辺状況を図 5.3.1に、対策区域の状況を図 5.3.2に、施工位置の断面図を図 5.3.3に示した。

試験施工における試験用のテストピースは、図 5.3.2に示す施工位置のうちNo. 3, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 15 の 8 点で作成した。本施工におけるテストピースは、赤で囲んだNo.13, 13, 13, 15 の 4 点で作成した。混合確認用柱状試料の採取は、本施工区中央付近の流心、岸よりの 2 地点で採取した。

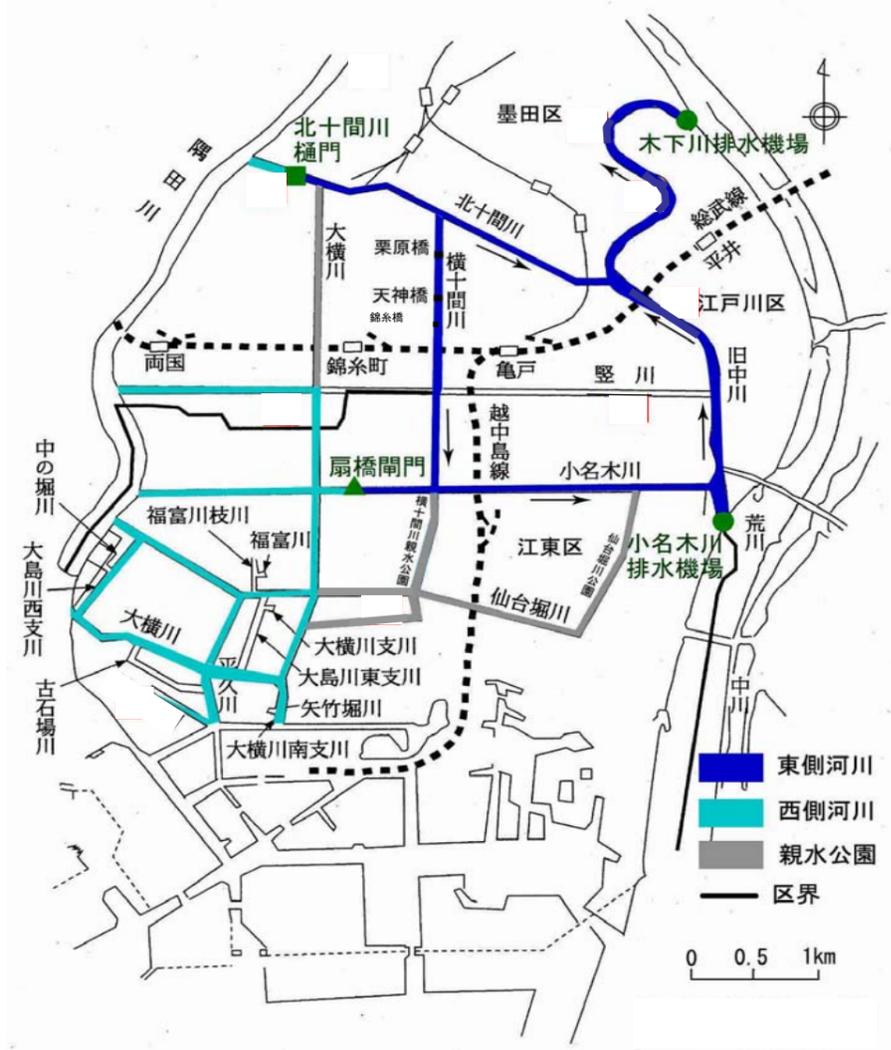
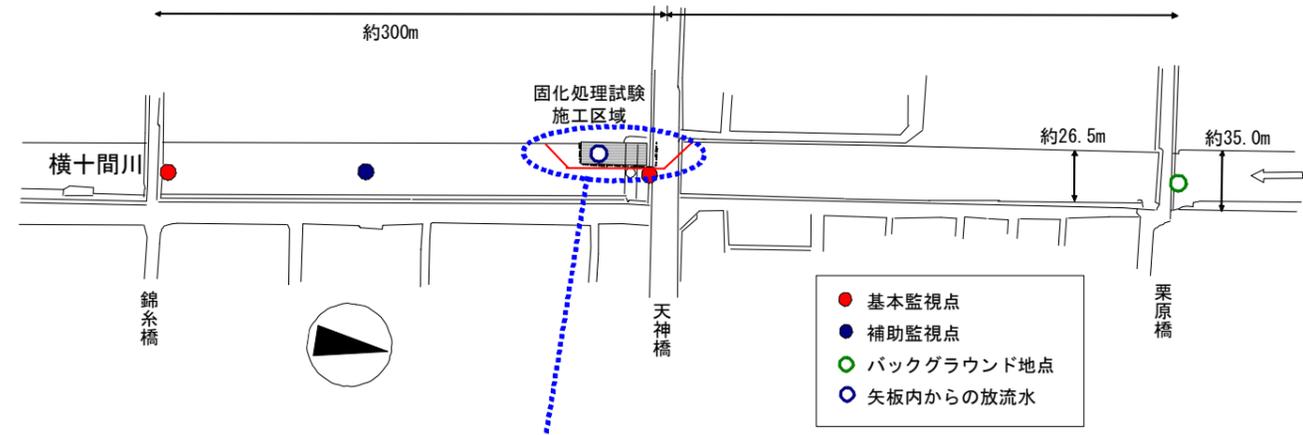
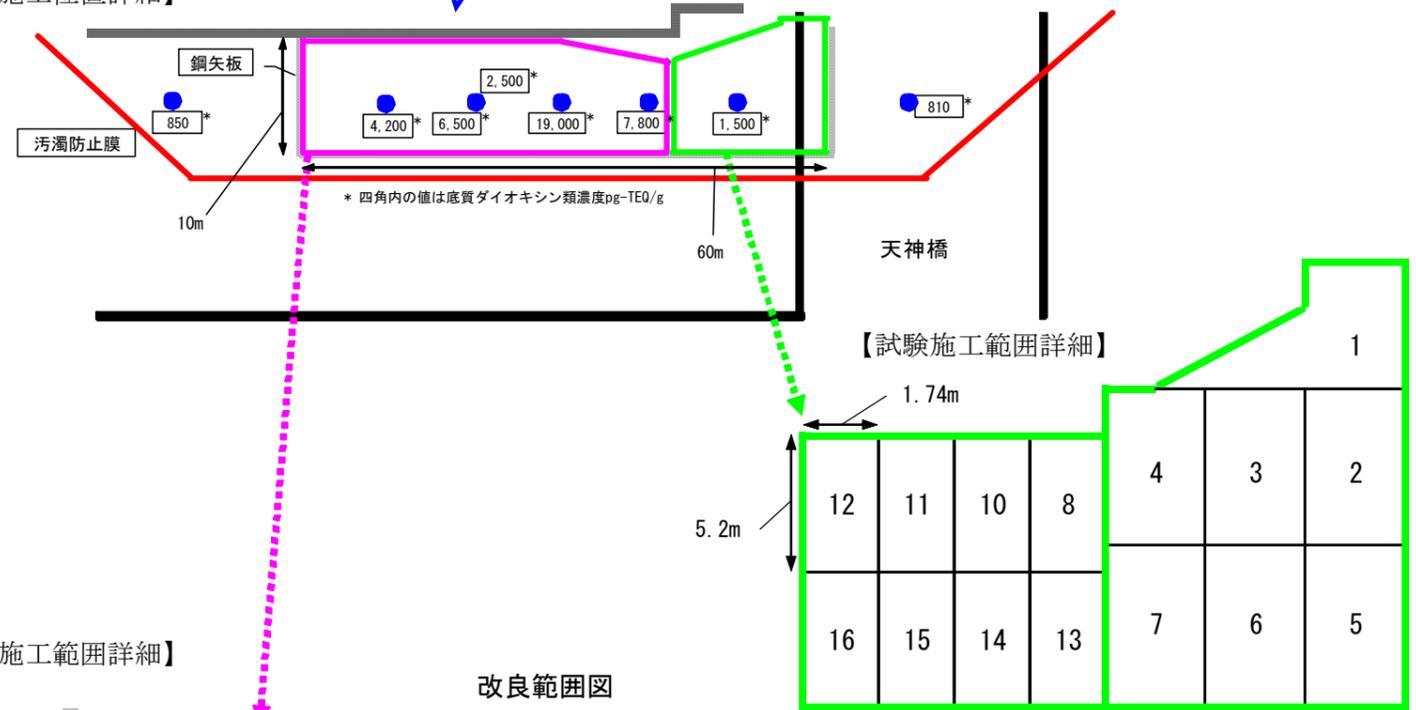


図 5.3.1 横十間川の周辺状況



【施工位置詳細】



【本施工範囲詳細】



注 13 で囲んだ箇所が固化完了時の底質採取地点 (4箇所)

図 5.3.2 対策区域図

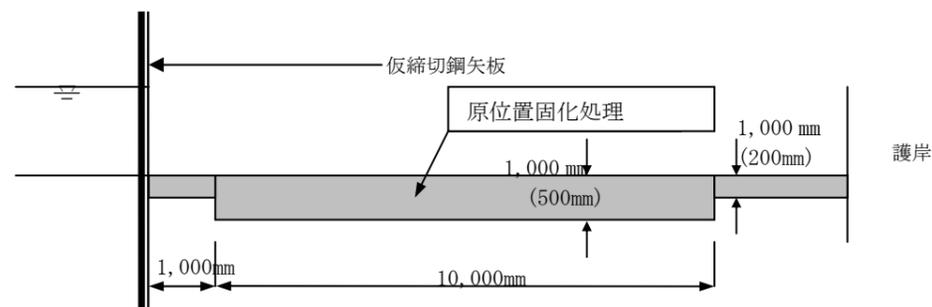


図 5.3.3 施工位置の断面図 (括弧内は試験施工時の値)

5.3.2 室内試験における検討

現地での施工前に、室内試験において固化処理方法の検討を行い、溶出量 1pg-TEQ/L 以下とするために固化材の添加量を検討した。

次に、現地の底質を用いた室内予備実験にて排水処理方法の検討を行った。今回の工事区域の周辺には住居等があることから、水質の環境基準である 1pg-TEQ/L 以下を監視基準とした対策工事を実施した。

さらに、工事区域には、10,000pg-TEQ/g を超える底質も存在しており、底質の巻き上げ等により水質の管理目標値を超過する可能性がある。そこで、工事区域のモニタリングには、分析に時間を要するダイオキシン類ではなく、現場での判定が可能な濁度等の指標による監視基準の設定を行った。

(1) 室内試験の流れ

室内試験の流れを図 5.3.4 に示した。

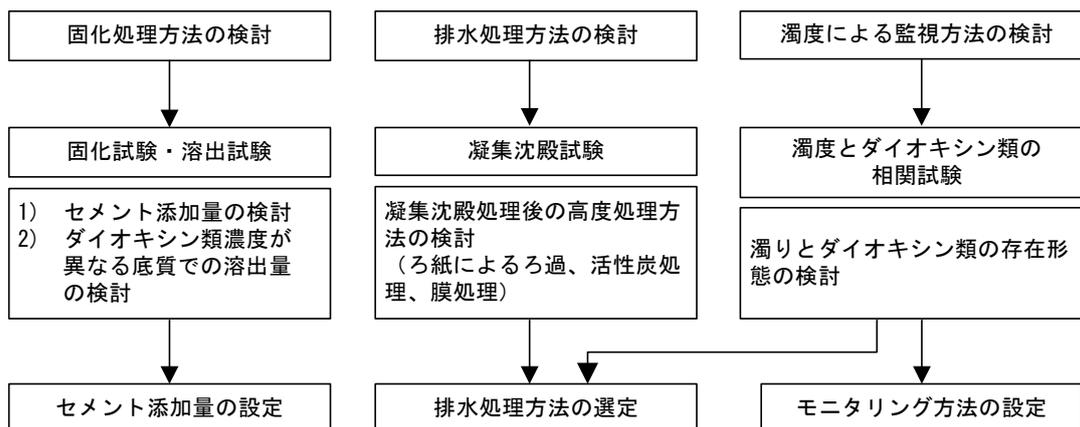


図 5.3.4 室内試験の流れ

(2) 室内試験の概要

室内試験の概要を表 5.3.1 に示した。

表 5.3.1 室内試験の概要

試験項目	試験目的	試験概要
固化・溶出試験*	試験施工において底質に添加するセメント量を設定するため、次の2点について確認することを目的として、試験を行った。	現地底質を用い、セメント添加量を4ケース設定し、固化試験を及びダイオキシン類の溶出試験を実施した（巻末資料 pp. 3-64 参照）。 →セメント添加率 5%（セメント添加量 60kg/m ³ ）以上の場合に溶出量は 1pg-TEQ/L 以下となった。また、一軸圧縮強さにばらつきが見られた。 現地底質（4種類—350、890、970、2,700pg-TEQ/L）でのダイオキシン類溶出量を測定した。試験は静置の場合の他、試料を5mm以下とした振とう溶出試験（6時間）を実施した。 →試験対象とした底質で最も高濃度（2,700pg-TEQ/L）の場合においても溶出量は、1pg-TEQ/L 以下であった。
	○セメント添加量の違いによる固化強度の変化とダイオキシン類の封じ込め効果の変化を確認する。	
	○ダイオキシン類濃度が異なる底質での固化処理後の溶出量の違いを確認する。	
凝集沈殿試験	試験施工時の排水処理方法を検討するため、適用可能性が考えられる凝集沈殿処理、膜処理、活性炭処理、ろ過処理の効果を確認するため、試験を行った。	現地底質を用いた濁水を試験水として、凝集剤（PAC）を用いた凝集沈殿試験を行い、凝集沈殿処理後のダイオキシン類濃度を測定した。 →濃度は 0.41pg-TEQ/L に低下し、処理効果が明らかとなった。 処理後のダイオキシン類濃度を測定した。 ①膜処理（限外ろ過膜を用いた膜モジュールシステム処理） ②活性炭処理 ③ろ過処理（砂ろ過装置を想定したろ過）—ろ紙（No. 5A：ろ紙孔径 7μm）を用いた試験 →膜処理、活性炭処理及びろ過処理のいずれにおいても、濃度は 0.11～0.13pg-TEQ/L に低下した。
	○凝集沈殿	
	○高度処理 （凝集沈殿処理だけでは目標値 1pg-TEQ/L を満足できない場合を想定して、高度処理による試験を実施した。）	
濁度とダイオキシン類の相関試験	排水処理の監視や施工中の底質の拡散の有無に濁度が利用できるかどうかを事前に検証する。	既存測定データ及び現地底質を用い、濁水中のダイオキシン類濃度と濁度を測定した。 →排水の監視目標（1pg-TEQ/L）を満足するには、濁度の監視目標を2とする必要がある。
	○濁りとダイオキシン類濃度の関係の把握（監視濃度の設定）	

* 当時の環境庁の試験方法に合わせて固液比 10%にて溶出試験を行った。なお、室内試験以降は海防法に合わせて固液比 3%にて溶出試験を行った。

5.3.3 処理工法の検討

(1) 原位置固化技術の分類

現在、わが国で用いられている固化工法は、比較的浅い土層（深度 3m程度まで）を固化する表層混合（浅層混合）処理工法と、比較的深い土層まで固化が可能な深層混合処理工法に分類される。深層混合処理工法は、原地盤と固化材を攪拌翼により攪拌混合する機械攪拌混合と、高圧ジェットの衝撃力で地盤を破砕し、切削部分にセメント系固化材を充填、もしくは切削土と固化材の一部を混合する高圧噴射攪拌混合及び汚染土を気中にてセメント系固化材を攪拌混合した後に原位置に戻す工法に大別される。原位置固化技術の分類を図 5.3.5に示した。

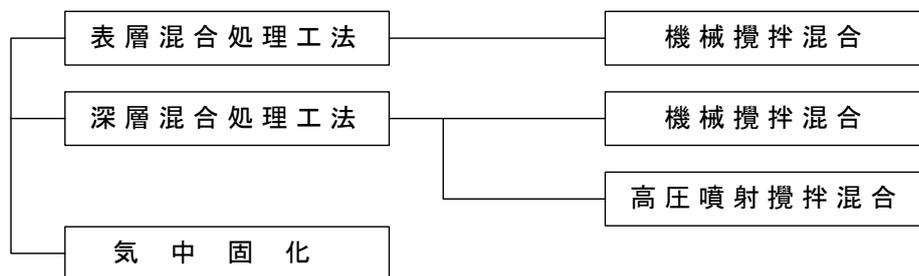


図 5.3.5 原位置固化技術の分類

また、陸上で施工する方法（地表面や栈橋などの架台上の施工をいう）と水上で施工する方法があり、前者はクローラー・クレーンなどに施工設備を搭載した専用機が、後者では専用船や台船に陸上用の施工機械を搭載した設備が用いられる。

底質の原位置固化を行う場合に、水を締切りなどにより排除して施工する場合にはドライ施工と称し、底質が水底に存在する状態のまま施工する場合をウェット施工と称する。ドライ施工の場合は陸上用の施工機械が、ウェット施工の場合は水上用の施工機械が適用される。

1) 表層混合処理工法

表層混合処理工法は、地表面から深度 3m 程度までの安定処理工法であり、固化材として粉体やスラリーが用いられる。施工方式としてはスタビライザー式、トレンチャー式、ロータリー式などの方法がある。小規模工事や混合精度をあまり期待しない場合はバックホウなどを用いて混合することもある。

2) 深層混合処理工法

深層混合処理工法は機械攪拌混合工法と高圧噴射攪拌混合工法に大別されるが、ここでは機械攪拌混合工法について解説し、高圧噴射攪拌混合工法は後述する。

機械攪拌混合工法は原地盤中に固化材を供給し、攪拌翼を用いて原地盤土と強制的に攪拌混合するもので、スラリーを用いる方法と粉体を用いる方法に分類される。ウェット施工の場合は、粉体を用いる方法はエアを用いるので噴発などの影響があり、

スラリーを用いる方法が適当である。

3) 高圧噴射攪拌混合工法

高圧噴射攪拌混合工法は、超高圧噴射によるエネルギーを利用して地盤を切削し、その空隙に固化材を注入し、地盤内の土と固化材を攪拌混合する方法である。該当する工法には、単管、二重管、三重管式がある。二重管、三重管式についてはエアを用いるため噴発などの影響がありウェット施工への適用は適当ではない。一方、単管式は、エアを用いないので、ある程度の土かぶりがあれば適用の可能性があり、施工性に配慮して適用することが望ましい。

4) 気中固化工法

気中固化工法は、底質を一時浚渫し、気中でセメント系固化材などを攪拌混合した後、原位置に戻す処理である。固化処理した底質は、トレミー管などを用いて元の場所に埋め戻す工法である。

固化処理の品質管理を確実に行うことができるが、施工ヤードや改良プラント等の設置場所を必要とし、攪拌混合時に浚渫土砂から臭気が発生することがある。今回施工では対象外とした。

(2) 処理工法の選定要件

原位置固化工法にはさまざまな方法があり、またダイオキシン類に汚染された底質を処理する条件もさまざまである。したがって、ダイオキシン類に汚染された底質の固化にあたり、どのように適切な方法を選定するかが課題となる。工法を選定するにあたって考慮すべき点について示す。

1) 固化処理対象深度

地表から 3m 程度までが対象となる場合には、表層混合処理工法、それより深い地層まで処理が必要な場合には、深層混合処理工法となる。

2) 喫水、施工水深

ウェット施工の場合は専用船や台船に陸上用施工機を搭載した装置が用いられるので、喫水や施工水深が重要となる。施工水深が大きいと適用が困難な工法がある一方、施工水深が小さいと喫水が確保できないために施工に支障をきたす場合がある。喫水は、台船式で水深 1.0m 以上、専用船で 1.2m 以上確保されている必要がある。また、施工時の打設方向により盛り上がり等の問題が発生し、専用船や台船の支障になることがあるので、打設順序にも配慮が必要である。

水深がなく喫水が確保できない場合は、専用船や台船ではなく、覆砂などで仮設の足場を設けて陸上用施工機械を用いる方法と、締切工でドライ施工を行う方法がある。

3) 適用土質

表層付近の固化処理であることから、礫及びびがら等を除けば、概ね攪拌混合は可能である。

4) 施工形態

ドライ施工とウェット施工は以下のような条件の場合に適用性が高く、以下に示すような施工方法を選択している。

ドライ施工：水深が浅く、施工面積が比較的小さく、締切堤内の排水が容易な場合に適用性が高い。この場合は、泥上車、フロート式あるいはクローラ式を用いる。締切りを行って施工する場合は、締切との離隔を考慮せねばならない。

ウェット施工：水深が深く、施工面積が大きく、締切堤内の排水が不可能な場合に適用性が高い。この場合は、専用船を用いるか、陸上用施工機を搭載した台船を用いるかあるいは栈橋式とする。

(3) 処理工法の選定

1) 施工条件

- ・ダイオキシン類に汚染された底質の流出・拡散を確実に防止できる。
- ・ダイオキシン類の溶出量が基準以下となる。
- ・改修工事まで上記の機能が保持される。
- ・将来の河川改修時に掘削が容易である。
- ・汎用性があり、また施工実績が多い工法が望ましい。
- ・運搬経路、現地状況の制約からコンパクトな施工機械が望ましい。
- ・小規模工事に適する。
- ・河床面地盤が軟弱である。
- ・橋梁等の上空制限がある。

2) 今回の施工条件に適合した工法

- ・固化対象地層が表層の1m未満であること⇒表層混合処理工法
 - ・水深が1m未満であり船上からの施工が不可能⇒ドライ施工
- よって、仮締切によるドライ施工の表層混合処理工法となる。

各固化処理工法の比較を巻末資料 pp. 3-78 に示した。

このなかで施工実績等から、固化の確実性と均一性が確保できるものとしては、以下の工法が挙げられる。

- ①プラント混合処理（気中固化）
- ②泥上車によるロータリー式施工法
- ③バックホウによるロータリー式施工法
- ④バックホウによる垂直式施工法

⑤バックホウによるトレンチャー式混合施工法

①の場合は、泥上車により掘削、運搬する必要があり、固化プラントと泥上車の併用となり、経済性に欠ける。また、③～⑤の各工法は、施工機械が陸上機械であり、軟弱な河床面での施工に当たってはトラフィカビリティ確保のために別途足場が必要となり、経済性に欠ける。したがって、今回の施工においては、②の泥上車によるロータリー式施工法が適切であると評価される。また、使用する固化材形態は、スラリー式の場合、専用プラントが必要となるため施設規模が大規模となり、経済性にも欠けることから、当該工区における固化材形態は粉体形式とした。

3) 施工方法

① 固化材の選定

固化処理においては、セメント系の固化材が一般的に使用されており、今回の施工においては施工区の底質が有機物を多く含む性状であることから、高有機質土の改良用として実績があった高有機質土用セメントを使用した。

② 固化材添加量の設定

室内試験の検討結果 60kg/m³の添加量で 1pg-TEQ/L 以下となったこと、試験施工実施前に行った現地底質による固化試験の結果等を考慮し、より安全な施工とするために、試験施工の固化材添加量を 120kg/m³と 200kg/m³に設定した。

試験施工と本施工における施工方法を表 5.3.2に比較した。

表 5.3.2 施工方法の比較

	試験施工	本施工
原位置固化処理工法	泥上車によるロータリー式攪拌工法	泥上車によるロータリー式攪拌工法
固化厚	500mm	1,000mm
使用固化材	高有機質土用セメント	高有機質土用セメント
使用固化材形態	粉体	粉体
固化材添加量	2 ケース：①120kg/m ³ －底質 ②200kg/m ³ －底質	200kg/m ³ －底質
施工状況	 <p>試験施工の状況</p>	 <p>本施工の状況</p>

4) 施工手順

原位置固化処理方法の施工手順を図 5.3.6に示した。

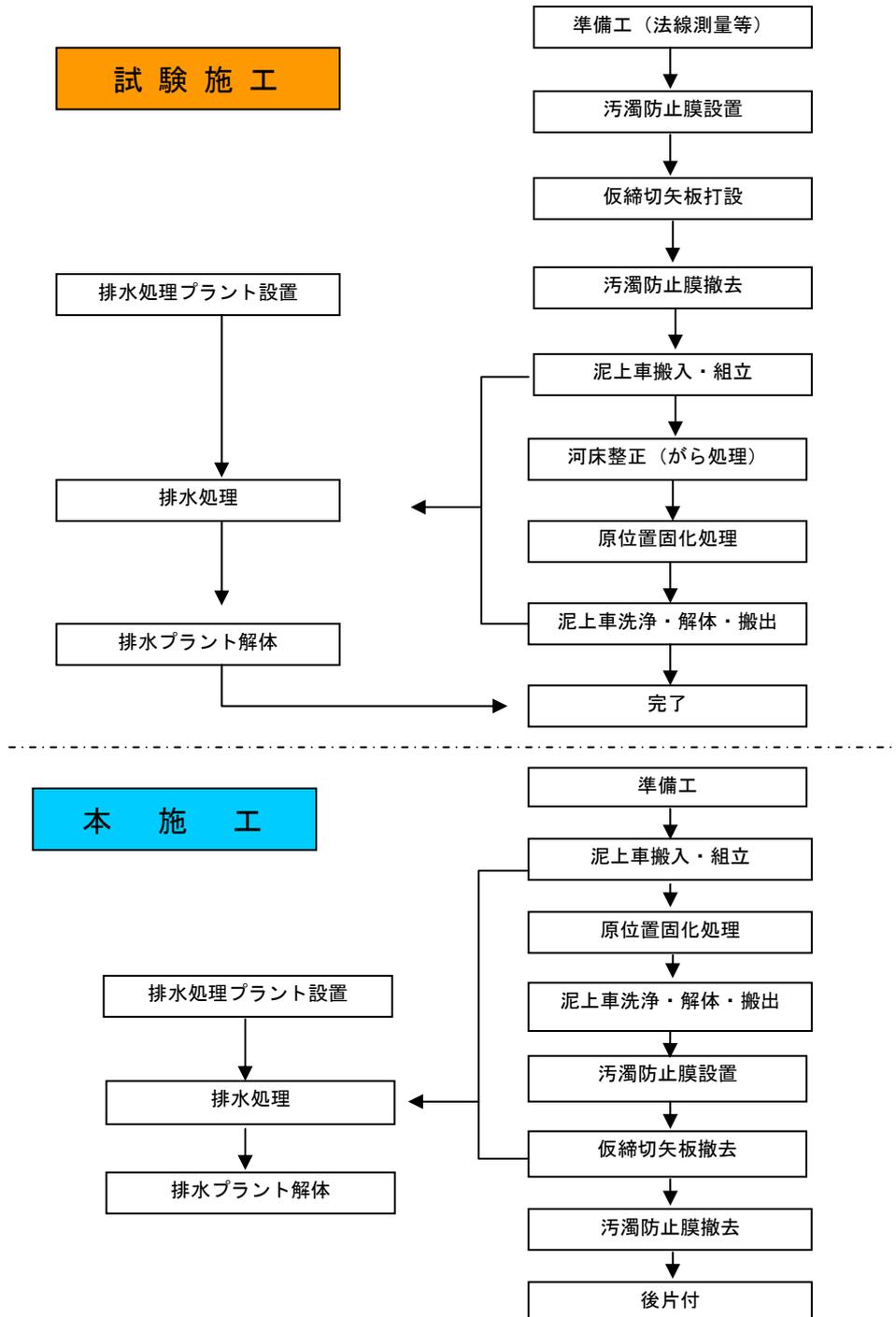


図 5.3.6 施工手順

5.4 現地施工

5.4.1 施工方法

(1) 試験施工

1) 固化材添加量

予め施工割付図を作成し、改良範囲と添加量の関係を把握し、固化材の散布は、フレキシブルコンテナバック（1t）により行った。固化材は、高有機質土用セメント系の粉体を使用した。固化材の添加量は、 120kg/m^3 と 200kg/m^3 の2ケースで実施した。

2) 攪拌

改良深さは、表層より500mmの深さまでとした。

予め改良機の攪拌機に改良深さでマーキングを行い、施工時に改良深さを確認できるようにした。攪拌方式としては、泥上車によるロータリー式攪拌工法を用いた。

3) 施工状態

施工は、矢板を打設し矢板内の水を抜いた後、ドライの状態での固化処理を実施した。固化処理の状況を確認後、矢板を打設したまま工事を終了した。

(2) 本施工

1) 固化材添加量

一軸圧縮強さは、試験施工において材齢 7 日で 120kg/m³、200kg/m³ ともに変動が大きく、材齢 28 日との比較においても、強度が出ていない、または、低い値を示すなど、現地施工での均一性の確保が難しいことが示唆された。このため、本施工における固化材の添加量は、200kg/m³とした。

2) 攪拌

試験施工における改良厚さは 500mmとしたが、一軸圧縮強さのばらつきが大きく、攪拌、混合が十分に行われなかった可能性が考えられた。このため本施工においては、施工機械を大型のものとし、施工の改良厚さは、攪拌径 1,000mm のロータリー式スタビライザーを使用し、表層から 1,000mm の範囲とした。施工後、2 地点で底質を柱状採泥し、その上、中、下層についてダイオキシン類を測定した結果、結果に多少の変動は見られたものの、ほぼ均一に混合されたと考えられた（表 5.4.1）。より安全な施工とするために攪拌時間も試験施工よりも多くとり、標準的な攪拌時間の約 3 倍とした。

表 5.4.1 現地固化施工区混合確認試験（含有量試験）

採取位置	深さ (mm)	一軸圧縮強さ (kN/m ²)	ダイオキシン類 (pg-TEQ/g)
固化地点流心側	0~100	294	1,600
	400~500	382	1,500
	680~780	—	1,000
固化地点岸側	0~100	343	610
	400~500	422	460
	700~800	—	670

3) 施工状態

施工は、平成 16 年度の試験施工時に設置した矢板内の水を抜き、ドライの状態での固化処理を実施した。

固化の状況を確認後、矢板の引抜きを実施し工事を終了した。

5.4.2 モニタリング

対策工の実施に合わせ、周辺水質等の調査を実施した。なお、監視基準に関しては「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」に従って 2σ を設定した。

(1) 試験施工

1) 矢板打設工

矢板打設中に連続測定用の濁度計（YPC）を設置し連続測定（5分間隔）を実施した。各濁度計設置場所及び工事区の汚濁防止膜の内外において採水を行い、濁度及びSSの測定を実施した。

設置場所：バックグラウンド地点（栗原橋）、補助監視地点（工事区域と基本監視地点の間）及び基本監視地点（錦糸橋）

また、施工周辺濁度及びSSを施工期間中、汚濁防止膜の内外で毎日測定し、濁度としてバックグラウンド ± 5.26 （ 2σ 相当）以下で監視し、それを超えるときは作業を一時中止し原因を究明し対処することとした。

2) 固化処理

固化処理工事実施時に濁度計を設置し、連続測定（5分間隔）を実施した。

各濁度計設置場所において採水を行い、濁度及びSSの測定を実施した。

また、バックグラウンド地点及び基本監視地点において採水を行い、ダイオキシン類の測定を実施した（図 5.3.2参照）。

設置場所：バックグラウンド地点（栗原橋）
補助監視地点（工事区域と基本監視地点の間）
基本監視地点（錦糸橋）

3) 排水処理

仮締切内の排水処理は、試験施工及び施工ヤードにおいて使用する範囲（延長25m）内の汚濁水とし、下流側の未使用区間との間は鋼矢板を設置し締切を行って、流入がないようにした。締切後、内部に残された河川の上澄み水は、濁度2以下を確認した後、直接河川に放流した。それ以外の排水は、凝集沈殿処理後に濁度を計測し、濁度2以下を確認した後、河川に放流した。

凝集沈殿処理能力は、降雨時及び不確定な漏水対策として、 $10\text{m}^3/\text{h}$ とした。

また、放流水が悪化した場合に備え、カートリッジ式ろ過膜モジュールシステムを準備し、試験運転を合わせて行った。

処理時に発生した泥土については、バキューム車により運搬し、焼却・熔融処理とした。

(2) 本施工

1) 固化処理

本施工実施中に、基本監視点においてダイオキシン類、濁度、SS の測定を行った。

2) 排水処理

平成 16 年度に凝集沈殿処理、膜処理、活性炭処理、ろ過処理等を検討した結果、いずれの処理方法においてもダイオキシン類濃度が 0.41pg-TEQ/L 以下に低減されたことから、本試験においては凝集沈殿処理で対応することとした。

本施工実施中に、濁水処理設備の排水についてダイオキシン類の測定を行った。

3) 矢板引抜き工

本施工のうち濁りの発生が予想される矢板引抜き工において濁り監視調査を行った。矢板引抜き工を行うに際して、周囲に汚濁防止膜を設置し濁りの拡散を防ぐとともに、補助監視点、基本監視点で濁りの監視を行った。

表 5.4.2 試験施工と本施工におけるモニタリング状況の比較

		監視地点区分	試験施工	本施工	
対策前	ダイオキシン類	基本監視点	○	○	
	一般項目	pH、BOD、DO、N、P	○	○	
	濁り	濁度、SS	基本監視点	○	○
		濁度	バックグラウンド地点	○	○
対策実施中	ダイオキシン類	基本監視点	○	○	
		矢板内からの放流水	○	○	
	一般項目	pH、BOD、DO、N、P	基本監視点	○	○
		Cd、Pb、六価 Cr、砒素、総水銀、PCB、n-ヘキサン抽出物質	基本監視点	○	○
	濁り	濁度	基本監視点	○	○
			矢板内からの放流水	○	○
		SS	基本監視点	○	○
		濁度、SS	補助監視点	○	○
	濁度	バックグラウンド地点	○	○	
	異常な濁り、油膜等の有無	工事地点周辺	○	○	
	ダイオキシン類（振とう溶出量試験）	施工区	×	○	
性状の確認（圧縮強度）	施工区	×	○		
対策実施後	ダイオキシン類	常時監視	○	○	
	濁度、SS	—	×	○	
	pH、BOD、DO、N、P	常時監視	×	○	
	Cd、Pb、六価 Cr、砒素、総水銀、PCB、n-ヘキサン抽出物質	常時監視	×	○	
	ダイオキシン類（底質）	施工区境界外縁	○	×	
		常時監視	○	○	
	ダイオキシン類（振とう溶出量試験）	施工区	○	○	
性状の確認（圧縮強度）	施工区	○	○		

注 試験施工から本施工までの期間が短いことから、重複を避けるため実施していない監視項目がある。

5.4.3 周辺環境対策

(1) 汚濁防止対策

鋼矢板打設時の拡散防止対策として、汚濁防止膜を工事範囲に沿って設置した。汚濁防止膜は水面から現況河床まで設置した。

(2) 鋼矢板の打設工法と漏水対策

鋼矢板の打設工法は、周辺への影響を考慮しクレーン付台船を用いた油圧圧入機械で施工した。矢板の施工は継ぎ矢板施工とし、仮締切鋼矢板のジョイント部からの漏水対策として止水材を塗布した。

(3) 仮締切

工事区間の上流部及び下流部は、水深も浅くなることから経済性及び施工性から土のう積みによる仮締切とし、その両側に土留鋼板を設置した。また、土のうの止水性向上を図るために、土のう外周を土木シートで覆った。

<測定値のばらつきについて>

ダイオキシン類等の測定においては、同じ試料を用いて二重測定を行った場合でも、個々の測定値が平均値の±30%以内であれば信頼性が確保されている、と判断される。この他、試料採取に伴うばらつきや試料の均一性等も考慮すると、ばらつきはさらに大きくなることになる。ダイオキシン類の分析値については、自ずからこのようなばらつきを内包していることを念頭においておく必要がある。

5.5 原位置固化試験結果

5.5.1 固化強度、ダイオキシン類溶出量

(1) 試験施工

施工区において採取した供試体を保管し、一軸圧縮強さの測定及びダイオキシン類振とう溶出試験を実施した。測定結果を表 5.5.1 に示した。

固化材添加量は、120kg/m³ 及び 200kg/m³ の 2 ケースで施工した。材齢 7 日での一軸圧縮強さは、材齢 7 日で 120kg/m³ が 105～395kN/m²、200kg/m³ が 190～507kN/m² と変動が大きく、材齢 28 日との比較においても、強度が出ていない、または、低い値を示すなど、現地施工での均一性の確保の難しさを示している。120kg/m³、No.4 についてはダイオキシン類溶出試験の結果、目的とした 1pg-TEQ/L を超過した。この検体の材齢 28 日試料については、目標値 (1pg-TEQ/L) を満足していた。その他の検体については、ダイオキシン類溶出試験結果は目標の 1pg-TEQ/L を満足していた。材齢 270 日における固化強度は、材齢 28 日に比べ高くなっており、固化強度の低下は見られなかった。ただし、120kg/m³、No.7 のように倍以上高くなっているものについては、固化時の不均一が要因と考えられる。

表 5.5.1 一軸圧縮強さ及びダイオキシン類溶出試験結果 (試験施工)

材齢日	添加量kg/m ³	ブロック番号	一軸圧縮強さ kN/m ²	ダイオキシン類溶出量 pg-TEQ/L	
7	120	4	105	平均 232	1.4
		6	195		0.70
		7	395		0.75
	200	11	507	平均 325	0.72
		14	190		0.68
		15	277		0.72
28	120	3*	335	平均 280	0.44
		4	134		
		6	264		
		7	385		
	200	10*	307	平均 395	
		11	374		
14		384			
		15	516		
270	120	4	235	平均 601	0.53
		6	284		
		7	1,285		
	200	11	736	平均 749	
		14	481		
		15	1,030		

* 材齢 7 日の一軸圧縮強さの値にばらつきが見られたことから、材齢 28 日においては、より平均的な値を得るためにブロック数を増やした。

(2) 本施工

試験施工の結果を踏まえて固化材添加量を 200kg/m³ に設定した結果、固化完了時の施工区内の固化底質の振とう溶出量試験結果は、1pg-TEQ/L以下であった（表 5.5.2参照）。

材齢 7 日では、目標とした 100kN/m² の強度を満足していた。材齢 28 日では、すべて 200kN/m² 以上の値を示していたが、試料間に強度のばらつきが大きくあり、現場での混合の難しさを示している。

以上より、固化材添加量を適切に設定し十分に攪拌を行えば、ダイオキシン類溶出濃度を 1pg-TEQ/L 以下に設定出来ると考えられる。

表 5.5.2 一軸圧縮強さ及びダイオキシン類溶出試験結果（本施工）

材齢日	添加量kg/m ³	ブロック 番号	一軸圧縮強さ kN/m ²	ダイオキシン類(pg-TEQ/L)
7	200	1	200	—
		2	182	0.13
		3	304	—
		4	351	0.033
28	200	1	286	—*
		2	400	—*
		3	716	—*
		4	866	—*

注 実測濃度が定量下限未満または検出下限未満のものは、0（ゼロ）として毒性等量を算出した。

* 28 日ダイオキシン類は測定せず。

5.5.2 工事による影響

ダイオキシン類対策工事の実施にあわせ周辺水質等の調査を実施した。

(1) 監視地点

1) 試験施工

試験施工における対策前・中・後の底質の拡散等を防止するため、図 5.3.2に示す地点で監視モニタリングを行った。

2) 本施工

本施工における対策前・中・後の底質の拡散等を防止するため、図 5.3.2に示す地点で監視モニタリングを行った。

(2) 試験施工時及び本施工時の濁り、ダイオキシン類等の監視結果

1) 矢板打設工事（試験施工時）

矢板打設工事実施時に濁度計を設置し連続測定（5分間隔）を実施した結果、バックグラウンド地点（栗原橋）と比較して補助監視地点（工事区錦糸橋中間）、基本監視地点（錦糸橋）において、矢板打設工事による影響は見られなかった。

監視基準値の設定方法
 対策前の事前の水質調査による濁度の標準偏差は、 $\sigma=1.5$ であった。
 監視基準は 2σ であるため、監視基準は濁度としてバックグラウンド地点（栗原橋）の濁度に3度（カオリン）を加えた値が監視基準値となる。

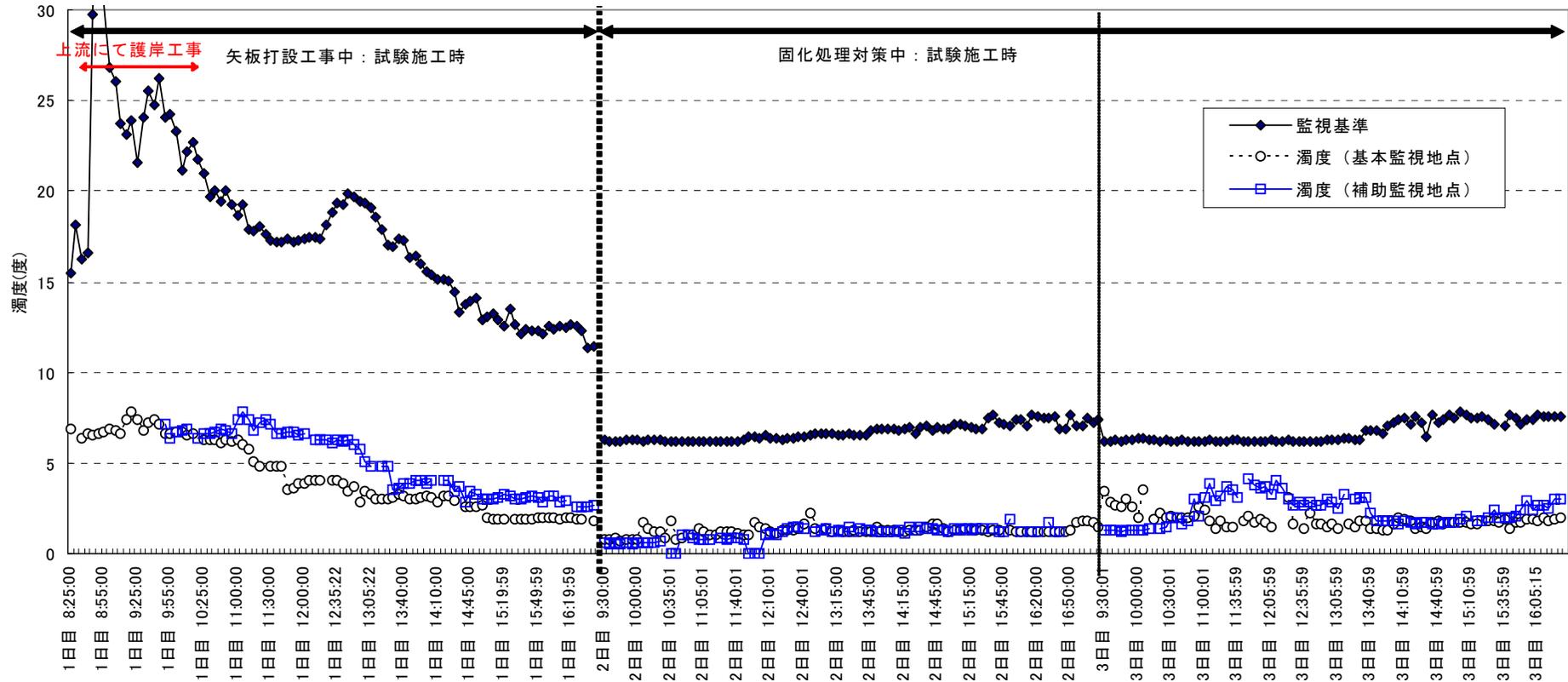


図 5.5.1 試験施工時の監視結果

施工箇所における汚濁防止膜内外の濁度を測定した結果を、図 5.5.2に示した。潮位により河川が逆流したときを除けば、膜外の濁度は 1.1~3.7 平均 2.6 であり、バックグラウンド地点の平均値濁度 $4.1 \pm 2\sigma$ (5.26) 未満であることから、工事による周辺水域への影響は無かった。一方膜内は 2.0~7.1、平均 4.7 であり、施工日によりばらつきのある結果となったが、今回の施工方法では高い濁度の発生はなかった。

膜外の濁度より膜内の濁度が高く、SS についても同様の傾向が認められることから、施工による膜外（周辺）への汚濁を防止する効果が、汚濁防止膜にあったと考えられる。

なお、今回の施工方法では、高い濁度の発生は無く鋼矢板だけで保全されたが、汚濁防止膜の設置については個別に検討する必要がある。

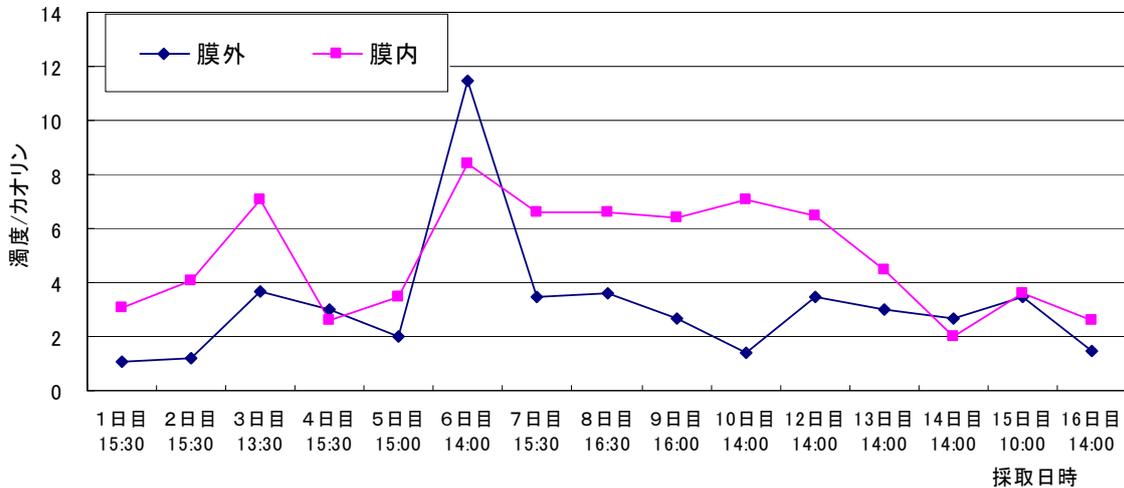


図 5.5.2 汚濁防止膜内外の濁度モニタリング結果

2) 矢板引抜き工事（本施工時）

濁りの発生が予想される、矢板引抜き工において濁り監視調査を行った。矢板引抜き工を行うに際して、周囲に汚濁防止膜を設置し濁りの拡散を防ぐとともに、補助監視点、基本監視点で濁りの監視を行った。

施工中の濁度は概ね監視基準を下回る値であったが、工事船舶の通過・航行時等において監視基準を上回る値であったことから、施工時には船舶の航行は避けるのが望ましいと考えられる。

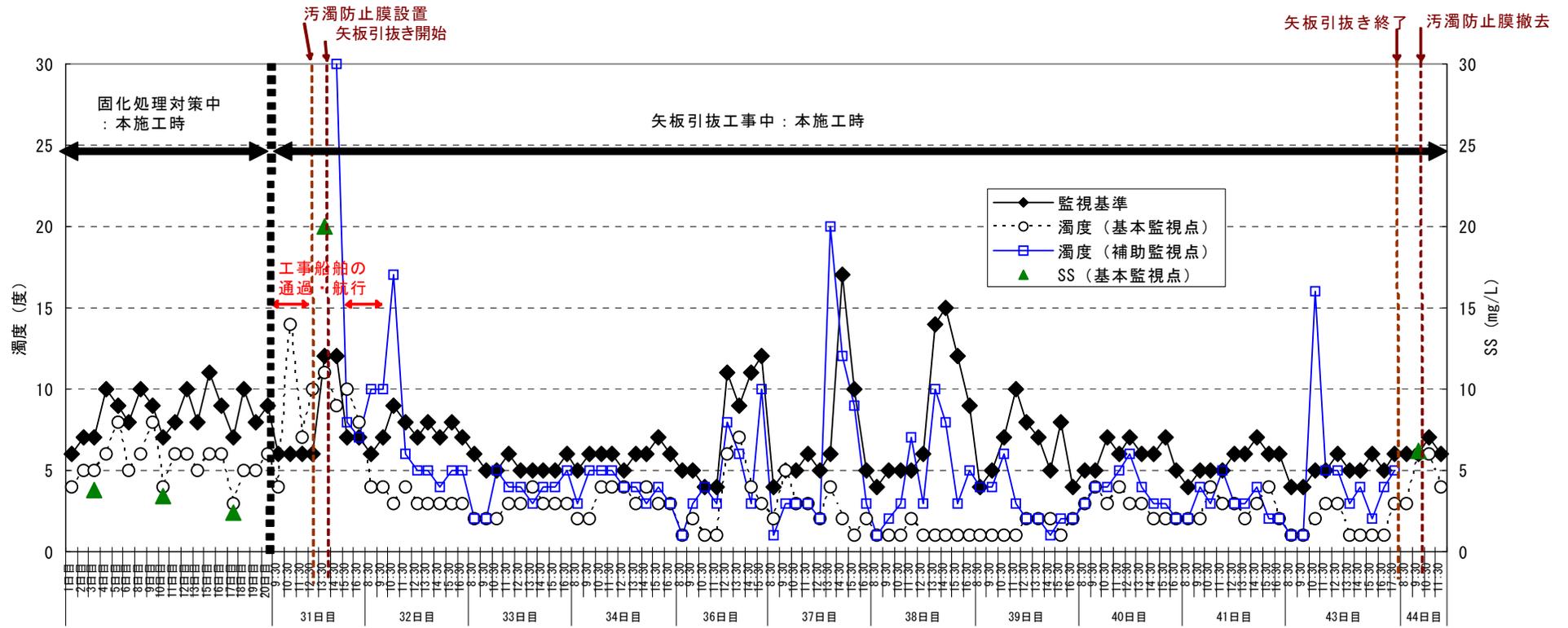


図 5.5.3 本施工時の監視結果

(3) 固化処理中の環境監視

1) 試験施工

① 濁り

試験施工における固化処理工事実施時に濁度計を設置し連続測定（5分間隔）を実施した。各濁度計設置場所において採水を行い、濁度の測定を実施した。

また、バックグラウンド地点及び基本監視地点においてダイオキシン類の採水を行った。

設置場所：バックグラウンド地点（栗原橋）

補助監視地点（工事区域と基本監視地点の間）

基本監視地点（錦糸橋）

設置期間：2日間

濁度の測定結果は、**図 5.5.4**に示すように、1日目は、バックグラウンド地点（栗原橋）で0.9～2.1度(カオリン)、補助監視地点（工事区と基本監視地点の間）で0.6～1.4度(カオリン)、基本監視地点（錦糸橋）で0.8～1.4度(カオリン)の結果であった。2日目はバックグラウンド地点（栗原橋）で0.9～2.3度(カオリン)、補助監視地点（工事区と基本監視地点の間）で1.3～3.6度(カオリン)、基本監視地点（錦糸橋）で1.5～2.3度(カオリン)の結果であった。いずれも監視基準のバックグラウンド値 $\pm 2\sigma$ （5.26）を超える値は無く、本工事による濁りの影響は見られなかった。また、目視においても工事区域からの濁りの流出は見られなかった。

また、各監視地点及び工事区域直近（固化工事区域矢板直近、工事台船下流矢板直近）において採水を実施し、濁りを測定したが、工事による濁りは見られなかった。

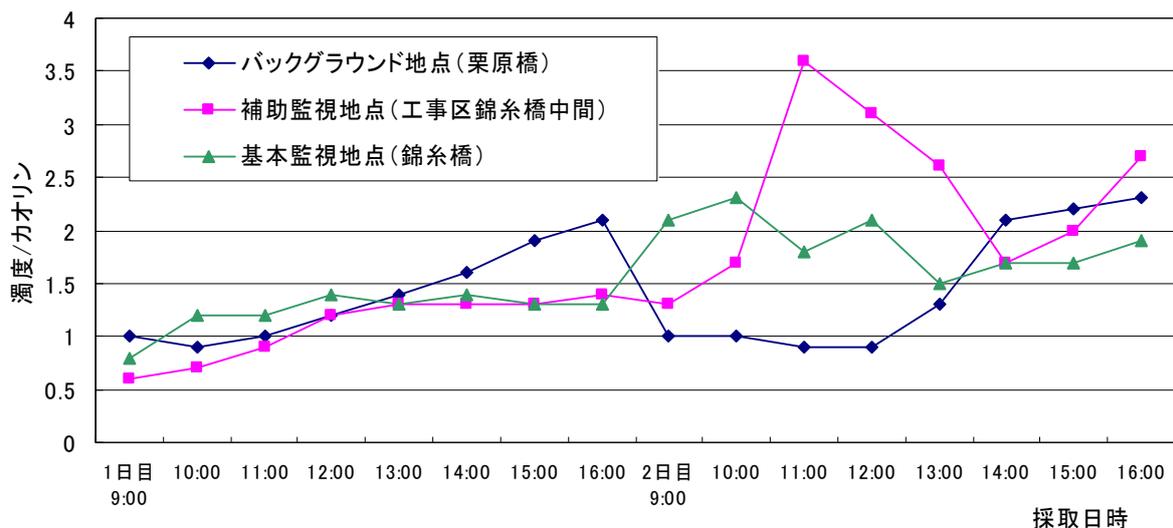


図 5.5.4 濁度モニタリング結果（試験施工）

② ダイオキシン類

試験施工実施中のダイオキシン類濃度を、基本監視地点（錦糸橋）及びバックグラウンド地点（栗原橋）において測定した結果を表 5.5.3に示した。ともに目標値以下であり、また値に差が無く工事による影響は見られなかった。

表 5.5.3 ダイオキシン類測定結果（試験施工）

試料名	ダイオキシン類(pg-TEQ/L)
基本監視地点（調査日：2日目）	0.30
バックグラウンド地点（調査日：2日目）	0.31

2) 本施工

① 濁り

本施工における固化処理工事実施中に濁度とSSの測定を行った。結果を図 5.5.5に示した。基本監視点においては濁度は監視基準よりも低い値であった。

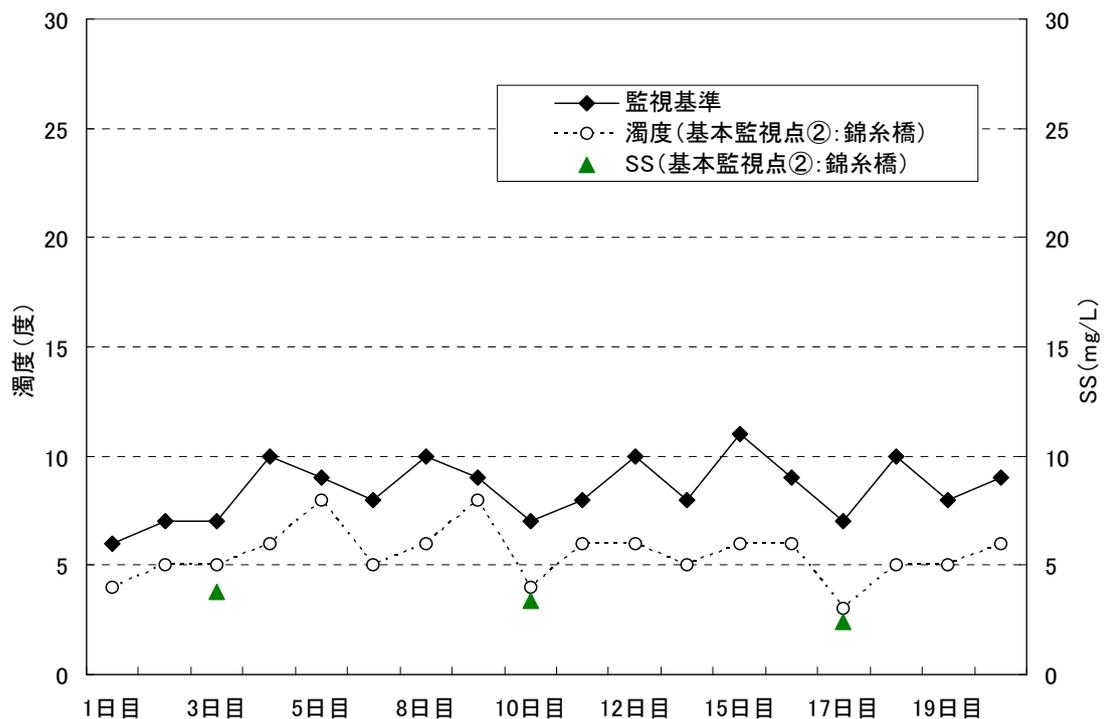


図 5.5.5 濁度モニタリング結果（本施工）

② ダイオキシン類

本施工実施中に、基本監視点についてダイオキシン類の測定を行った。結果を表 5.5.4に示した。目標とする 1pg-TEQ/Lを満足する結果であり、施工管理が十分行われていたと評価される。

表 5.5.4 ダイオキシン類測定結果（本施工）

調査地点	ダイオキシン類濃度 pg-TEQ/L
基本監視点（錦糸橋）（調査日：9日目）	0.58

注 バックグラウンド測定せず

(4) 排水

対策工事に伴い発生する排水の調査を実施した。

1) 試験施工

試験施工における排水調査は、施工区上部排水、凝集沈殿処理、及び膜処理について実施した。図 5.5.6に排水処理工程の概要と排水採取位置を示した。

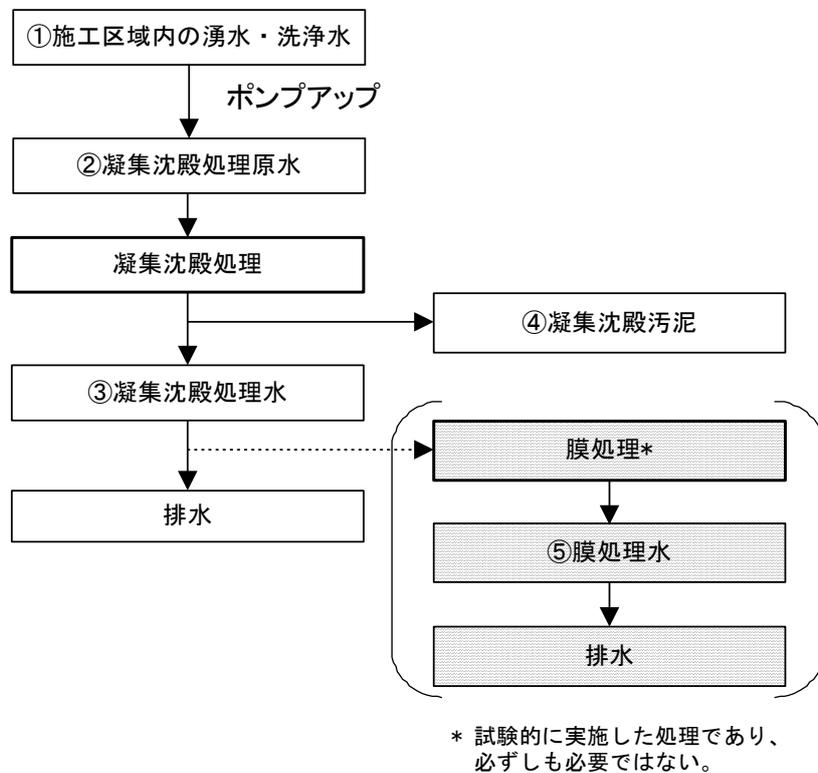
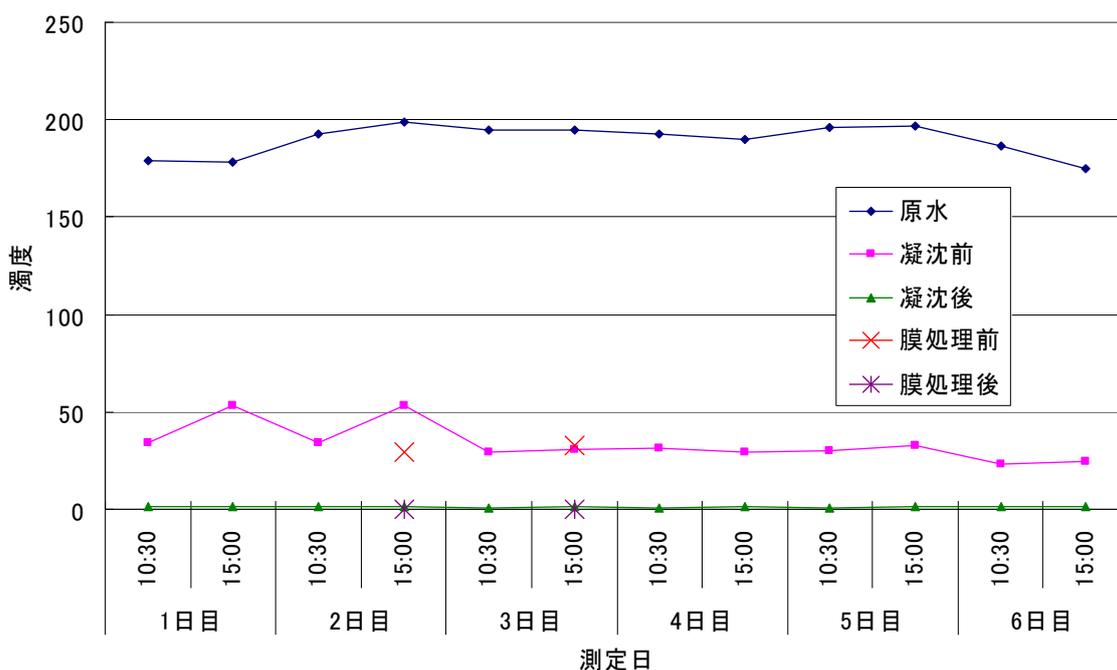


図 5.5.6 排水処理工程の概要（①～⑤は表 5.5.5に対応）

① 濁り

試験施工における処理水の排水量は、施工区域内の上部排水に 32.4m³/時間、固化処理時は概ね 3m³/時間であった。排水の濁度は、目標値とした 2 度（カオリン）を満足していた。結果として排水の処理は、凝集沈殿処理で目標値への対応が可能であった。



注 原水はポンプビットにおいて採取。

図 5.5.7 排水処理の濁度モニタリング結果 (試験施工)

② ダイオキシン類測定結果

試験施工における各排水中のダイオキシン類濃度を表 5.5.5に示した。工区上部排水は濁度 2.6 度(カオリン)、ダイオキシン類は 0.53pg-TEQ/Lであり、目標値 (1pg-TEQ/L) を満足していた。

工事区から発生する濁水は高濃度の底質を含んでおり、高いダイオキシン類濃度を示したが、凝集沈殿処理により濁度は、監視基準の濁度 2 度(カオリン)を満足する結果であり、ダイオキシン類濃度も 0.18pg-TEQ/L と目標の 1pg-TEQ/L 以下を満足していた。さらに、膜処理を行った結果は、ダイオキシン類濃度 0.054pg-TEQ/L と低減された。

なお、処理時の発生した凝集沈殿汚泥のダイオキシン類濃度は、430pg-TEQ/g と高かったため、別途処理を行った。

表 5.5.5 各排水における濁り及びダイオキシン類 (試験施工)

試料名	濁度	SS mg/L	ダイオキシン類	
	度(カオリン)		pg-TEQ/L	pg-TEQ/g
①上部排水	2.6	1	0.53	—
②凝集沈殿処理原水*	14,000	9,900	6,400	—
③凝集沈殿処理水	<1	<1	0.18	—
④凝集沈殿汚泥	—	—	—	430
⑤膜処理水(参考)	1	<1	0.054	—

* 凝集沈殿処理原水については、水槽内を十分に攪拌した状態で採水を行った。

③ 排水量

試験施工における排水量を表 5.5.6に示した。排水量は 890m³（施工面積当たり 4.4m³）であった。

表 5.5.6 排水量（試験施工）

	時間あたり処理水量 (m ³ /h)	備考
1 日目	32.4	上澄み排水：3”水中ポンプ×2 台
2 日目	32.4	上澄み排水：3”水中ポンプ×2 台
3 日目	32.4	上澄み排水：3”水中ポンプ×2 台
4 日目	2.9	泥上車搬入
5 日目	2.8	固化処理施工準備
6 日目	3.2	固化処理
7 日目	3.1	固化処理
8 日目	2.9	固化処理
9 日目	1.6	片づけ
排水量計	890m ³	—

2) 本施工

本施工における排水処理設備の排水処理方法では、pH 調整剤として消石灰、凝集剤として PAC 及び高分子凝集剤を使用した。凝集沈殿処理を行った上澄水は、砂ろ過を行った後、カートリッジフィルターを通して排出した。試験施工で目標値以下であったことから、本施工では膜処理は実施しなかった。排水は濁度 1 度未満、ダイオキシン類は 0.72pg-TEQ/L であり、目標値（1pg-TEQ/L）を満足していた。

試験結果は目標の 1pg-TEQ/L を満足する結果であり、排水処理が十分行われていた。濁りを十分管理すれば、ダイオキシン類の排出は規制できると考えられる。

また、本施工における排水量は 3,120m³（施工面積当たり 5.4m³）、汚泥沈殿量は 21.4t（施工面積当たり 0.037t）であった。

5.6 原位置固化処理技術に対する評価

(1) 原位置固化処理による溶出抑制効果

十分な固化強度（100kN/m²以上）が得られた試料の溶出量は、1pg-TEQ/L以下であった。よって、固化材添加量や攪拌方法を適切に制御することで固化処理技術によるダイオキシン類の封じ込めは有効であると考えられた。したがって、以下に試験施工によって得られた「周辺環境への負荷」、「底質への適用性」における課題等を整理した。

なお、本施工においては、施工箇所、施工方法等が同じであるため同様の検討は行っていない。

試験施工及び本施工では、一軸圧縮強さが105kN/m²であった試料（試験施工）以外は目標とした1pg-TEQ/Lの溶出濃度を満足していた。しかし、ダイオキシン類対策工法として実施する原位置固化処理は確実な施工が要求され、攪拌・混合程度の相違、養生条件あるいは土質のばらつき等を考え、攪拌時間を長くする必要がある。

また、固化材の割増率については、施工実績等から見た標準的な数値では10%を標準としているが、現地状況や施工状況により割増率を決定する必要がある。

なお、溶出試験方法については、試験施工及び本施工においては海防法の規定を準用したが、これに加えて固化物の環境中での状態により近い溶出試験方法（例えばJIS K 0058-1(2005)スラグ類の化学物質試験方法第1部：溶出試験方法）を併用することも考えられる。

(2) 周辺環境への負荷

1) 水質

矢板打設工事実施時：基本監視地点及び補助監視地点における濁度連続監視の結果からは、試験施工の工事における濁りの影響は見られなかった。目視においても工事区域からの濁りの流出は見られなかった。また、汚濁防止膜内外の濁度測定結果からは、膜外の濃度はバックグラウンド地点の平均値より低く、高い濁度の発生は無かった。

矢板引抜き工事実施時：本施工において実施したモニタリングによると、基本監視点では監視基準のバックグラウンド値±2σを超える値の濁度は見られなかった。補助監視点（汚濁防止膜外側）の濁度は、1～30度であった。補足的に行った基本監視点（錦糸橋）の汚濁防止膜設置時のSSは20mg/Lであり、補助監視点（汚濁防止膜外側）のSSは2.8～14mg/Lであった。

以上より、工事による水質へのダイオキシン類による影響は小さかったと考えられる。

固化処理工事実施時：試験施工及び本施工ともに監視基準のバックグラウンド値±2σを超える値の濁度は見られず、本工事における濁りの影響は見られなかった。また、目視においても工事区間からの濁りの流出は見られなかった。

排水処理：試験施工及び本施工ともに仮締切内の排水処理は、凝集沈殿処理等の

処理を行い濁度 2 以下を確認した後に河川に放流した。試験施工における排水中のダイオキシン類濃度は、最も高い値でも目標値 (1pg-TEQ/L) より低い 0.53pg-TEQ/L であった。

2) その他

構造物の改変を伴う場合等には、施工時に騒音・振動が発生する場合があります、その際にはこれらの値を測定し、規制値を超えない配慮が必要である。

なお、試験施工及び本施工においては、施工法の特徴として騒音・振動の発生は少なくこれらの測定は実施しなかったが、重機の取り扱い時においては、騒音・振動への配慮を行った。

夏季には浚渫除去工法等、工法によっては施工時に悪臭が発生する可能性があり、その際には悪臭への配慮を行う必要がある。

なお、試験施工及び本施工において、冬季における施工であったこと等から悪臭の発生はなく、悪臭物質の測定は実施しなかった。

(3) 底質への適用性

1) 高含水底質への適用性

高含水底質については、固化時に固化強度が十分に得られるかどうか問題であるが、試験施工及び本施工において採用したロータリー式施工法は、施工機が進入可能であれば超軟弱地盤に対しても適用可能であり、十分な固化強度を得ることが可能であった。

2) 礫・がら等の影響

試験施工及び本施工において、施工時にロータリー式の攪拌を行うことから、支障になる礫・がら等については、現地にて洗浄した後に搬出した。その後、安全を確認し攪拌を続行した。

3) 重金属等の影響

施工区直近の天神橋において行われた公共用水域調査結果によると、施工前、施工中ともに環境基準項目の重金属等については環境基準を満足しており、また値の変化もなく、工事による影響は見られなかった。

4) 施工における課題

試験施工前に実施した室内配合試験によると、固化材添加量 60 kg/m³ でダイオキシン類の振とう溶出量が 1pg-TEQ/L 以下となることが確認されたため、現場配合量を 2 倍の 120 kg/m³ 以上とした。しかし、試験施工及び本施工において採取した試料の一軸圧縮強さには、2~3 倍の開きがあり、ばらつきが見られた。

また、材齢 7 日から材齢 28 日の一軸圧縮強さの増加率が少なかった試料を見ると、

小さな貝殻片やごみの小片が認められた。

試験施工前に実施した室内配合試験及び試験施工における一軸圧縮強さとダイオキシン類の溶出量の関係を図 5.6.1 に示した。一軸圧縮強さ 100kN/m² でダイオキシン類の溶出濃度が概ね 1pg-TEQ/L となると考えられるが、ばらつきも多く、確実な施工を考慮すると 200kN/m² 以上の固化強度が望ましい。

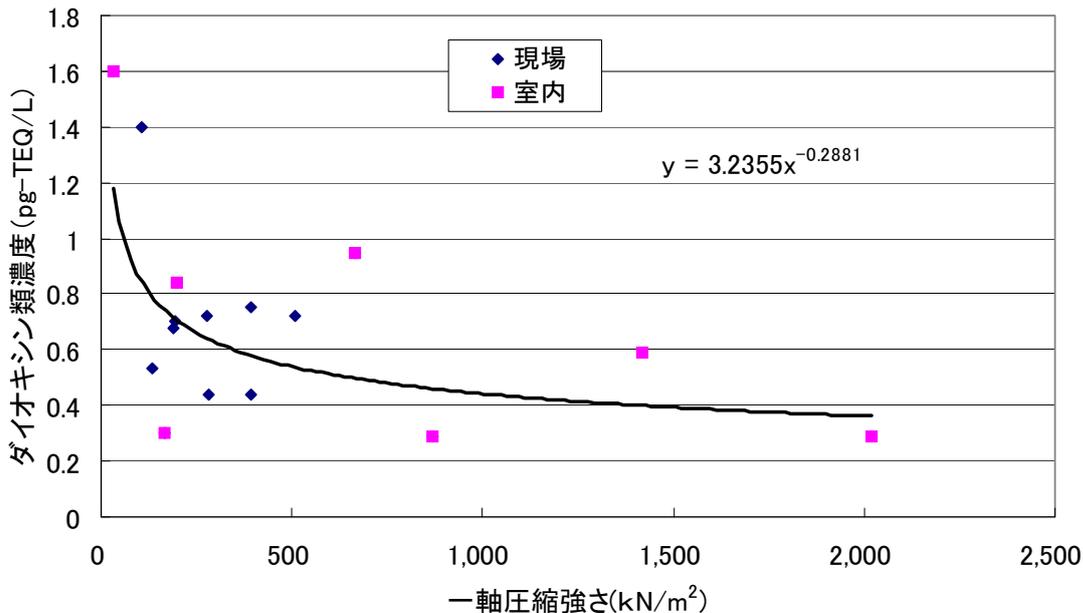


図 5.6.1 一軸圧縮強さとダイオキシン類濃度（室内配合試験及び試験施工）

① 攪拌

試験施工では、固化処理工法研究会の標準的な攪拌時間より 5 割程度多くの時間をかけて施工したが、混合が十分ではなかった。また改良厚さを 500mm としたため、攪拌深さが浅く不均一になり、一軸圧縮強さのばらつきが見られた。このため、本施工では、攪拌時間を標準的な攪拌時間の約 3 倍とし、また改良厚さを 1,000mm として十分に混合を行った。その結果、目標とした強さが得られたが、強さにばらつきが見られ、現場での混合の難しさを示していた。

施工を行う際には、現地条件に適した攪拌工法や攪拌翼の形状の選定を行い、試験施工を行って十分な強さが得られる攪拌時間や改良厚さ等を適宜設定する必要がある。

なお、可能な限り汚染範囲の拡大を防ぐため、必要最小限の改良厚さとするための施工法の確立が必要である。

② 排水処理設備から発生する泥土の処分

排水処理プラントから発生する泥土については、含まれるダイオキシン類濃度の

測定に時間がかかるため、廃棄時にダイオキシン類濃度がどの程度であるかを判断することが難しい。

ダイオキシン類濃度が 3ng-TEQ/g を超える場合には、特定管理産業廃棄物となるため、分析値が明らかになるまで泥土を保管しておく必要がある。

5.7 原位置固化処理の実用に向けて

今回、横十間川における河川底質に対する原位置固化処理適用事例を本技術資料集に取りまとめた。参考として大いに利用されたいが、本事例は特定の河川底質に適用した結果であるため、実際の河川底質に適用する際には、個々の河川底質等の性質に応じた検討を行う必要がある。

よって、実際に原位置固化処理技術を選定する場合には、学識経験者の意見を踏まえながら試験等を行い、処理する河川底質等に応じた施工方法等を設定しなければならない。

第6章 覆砂処理技術の検証

原位置で覆砂処理を行うことによりダイオキシン類の溶出防止を行う対策工法は、覆砂前の掘削、浚渫や覆砂時におけるモニタリングとともに、事後の覆砂効果の検討が必要となる。

覆砂処理技術の検証を行うために、神崎川及び綾瀬川における覆砂処理工法の例を、以下に示した。

6.1 神崎川における覆砂処理実証試験

6.1.1 概要

神崎川上流エリアにおいては、ダイオキシン類による汚染が想定されるシルト・粘土層が2～3m以上堆積しており、現段階では構造物安定性や事業費から、対策としてすべてのシルト・粘土層を浚渫・掘削除去することは現実的でない。

このため、神崎川での治水計画との整合を図り、神崎川全体計画 1/40 計画河床（以下、「計画河床」という。）を踏まえ、対策の検討を行う。

原位置処理工法としては、固化処理工法と覆砂処理工法があるが、神崎川においては、

- 1) 将来的には治水上さらに河床を下げる必要があること。
- 2) 感潮河川であり、河床勾配も緩く、通常流速は比較的遅いため、覆砂処理の適応の可能性があること。

といった理由により、覆砂処理の有効性の検討を行っている。

試験施工は、平成 18 年 3 月から 7 月にかけて行い、平成 19 年 3 月現在、覆砂の状態についてモニタリングを行っているところである。

6.1.2 試験施工の内容

(1) 試験施工の状況

1) 実施箇所

神崎川上流エリアにおける底質浄化対策としては、表層底質が環境基準を超過している範囲(汚染している範囲:No. 72～111.5 の区間)のうち、図 6.1.1に示すNo. 107 から下流の 160mの区間を対象に、試験施工として浄化対策を実施した。

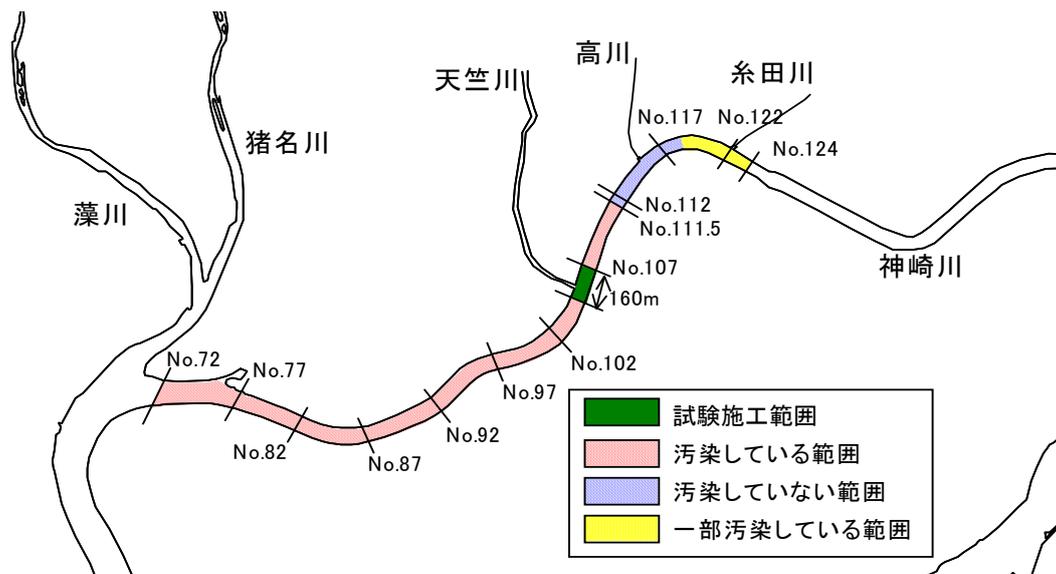


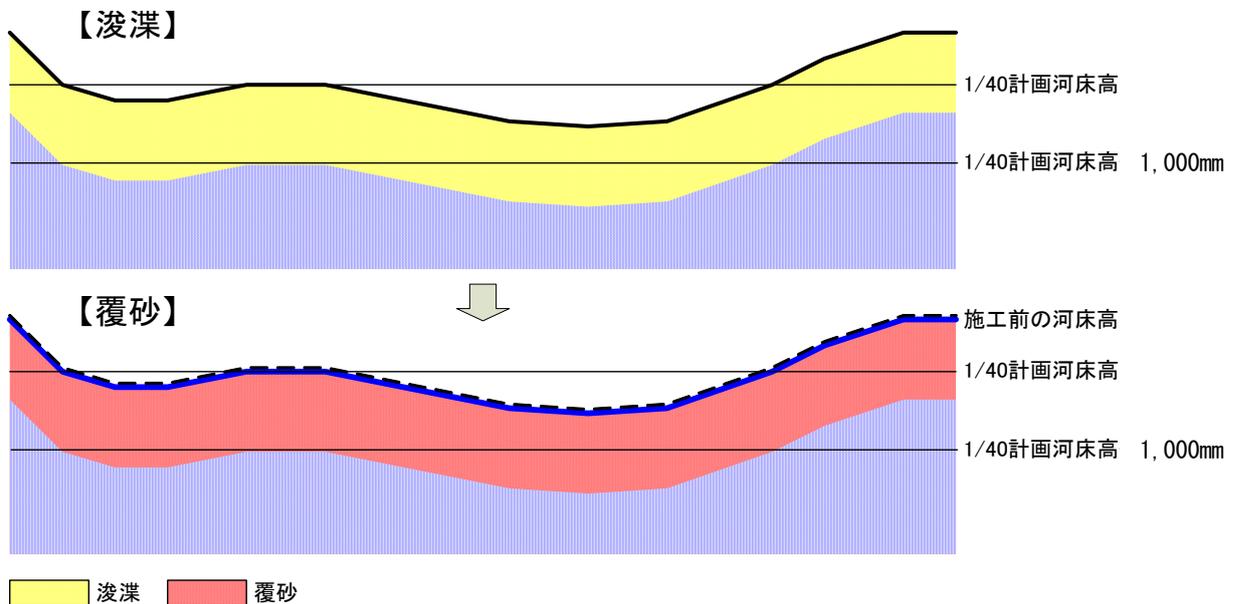
図 6.1.1 試験施工実施箇所

(2) 試験施工の内容

1) 試験施工の概要

図 6.1.2に示すように、現況河床から 1,000mmの浚渫を行い、浚渫後 1,000mm厚の覆砂を行った。

【現況河床－1,000mm まで浚渫→1,000mm 覆砂】



※) 今回の試験施工実施箇所における現況河床高は、平均的には1/40 計画河床高を満足している。

図 6.1.2 浄化対策工事（試験施工）のイメージ

2) 試験施工時の汚濁防止対策

浚渫工事、覆砂工事ともに、工事に伴う底泥の巻き上げ・拡散等の影響を最小限にするため、汚濁防止柵を使用して工事を行った。また、護岸際の施工箇所においては、汚濁防止柵の使用が工事の支障となるため、汚濁防止膜を周囲に設置した。

(3) 実施時期、期間

試験施工の実施時期は、以下に示すとおりである。

- ・浚渫工事：平成 18 年 3 月 23 日～5 月 18 日
- ・覆砂工事：平成 18 年 4 月 24 日～7 月 4 日

(4) 浚渫した底質の処分方法

浚渫工事で発生した汚染底質は、ダイオキシン類濃度が 1,000pg-TEQ/g 以下、ダイオキシン類溶出量が 10pg-TEQ/L 以下であるため、大阪湾臨海環境整備センターの処分場において処分を行った。

(5) 覆砂材の材質

覆砂工事に使用した覆砂材は、除塩した海砂を用いた。なお、覆砂材の粒径は概ね 0.15～10mm の範囲（中央粒径 0.6mm）にあり、2mm 以上の粒径の割合は約 12%である。

6.1.3 試験施工に係る対策効果確認調査結果（中間報告）

(1) 調査の内容

1) 調査項目及び位置

対策効果確認調査においては、表 6.1.1に示す項目及び位置を対象とし、調査位置は図 6.1.3に示した。

表 6.1.1 対策効果確認調査の内容

項目		位置	頻度
流況	流向・流速（連続観測）	流心の1点	試験施工終了後から1年間 （10分間隔で連続観測）
	流向・流速（断面分布）	試験施工箇所周辺の1断面	出水時等の3回程度
地形	河床高	20m間隔（横断面） ※10mピッチで測定	試験施工実施直後、1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、1年後の計5回
底質（表層）	一般項目（粒度組成、含水率、強熱減量、TOC）	右岸、左岸、流心の3点 （表層のみ）	試験施工実施直後、3ヶ月後、6ヶ月後、1年後の計4回
	ダイオキシン類		6ヶ月後、1年後の2回
底質（鉛直）	一般項目（粒度組成、含水率、強熱減量、TOC）	右岸、左岸、流心の3点 （20cm間隔で5層）	試験施工実施直後、6ヶ月後、1年後の3回
水質	ダイオキシン類、SS	施工範囲下流流心の1点 （表層及び底層）	6ヶ月後、1年後の2回

注 1 地形の調査は、定期的な調査のほか、異常出水が生じるなど覆砂層の変化が想定される場合にも、適宜実施することとする。

2 各調査の結果、底質改善効果の低下が懸念される場合には、速やかに所定の対応を行う。

3 1年後以降の調査内容等については、1年間の調査結果を踏まえ、改めて検討を行う。

4 竣工1年後以降の調査内容については、上記の1年間の調査結果を踏まえ、改めて検討を行う。

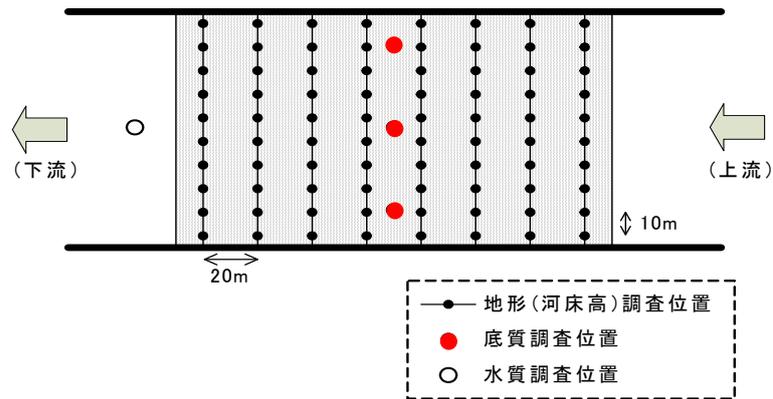


図 6.1.3 調査位置のイメージ

2) 調査方法

地形（河床高）については、深浅測量や音波探査等により実施する。底質（ダイオキシン類及び一般項目）については、事前底質調査のうち、表層泥または鉛直方向の採取に係る方法（測定は公定法）により実施する。水質（ダイオキシン類及びSS）については、事前水質調査と同様に実施する。

(2) 調査結果

1) 流況調査

試験施工箇所における流況は、水位変化に応じて流下、遡上を繰り返し、その流速は、順流時で 70cm/s 程度、逆流時で 50cm/s 程度の範囲で変化していた。

平水時の流速は、大潮期にやや大きく、小潮期にやや小さくなる傾向がみられた。また、鉛直方向では、水面付近で大きく、水底面付近で小さくなる傾向がみられ、水位があまり低下しない小潮期には顕著であった。

出水時については、まとまった降雨が連続した 7 月 17～23 日の期間において最大で 100cm/s 程度の流下方向の流れがみられている。なお、降雨に伴う速い流れは、水面付近だけではなく、水底面付近にも及んでいた。

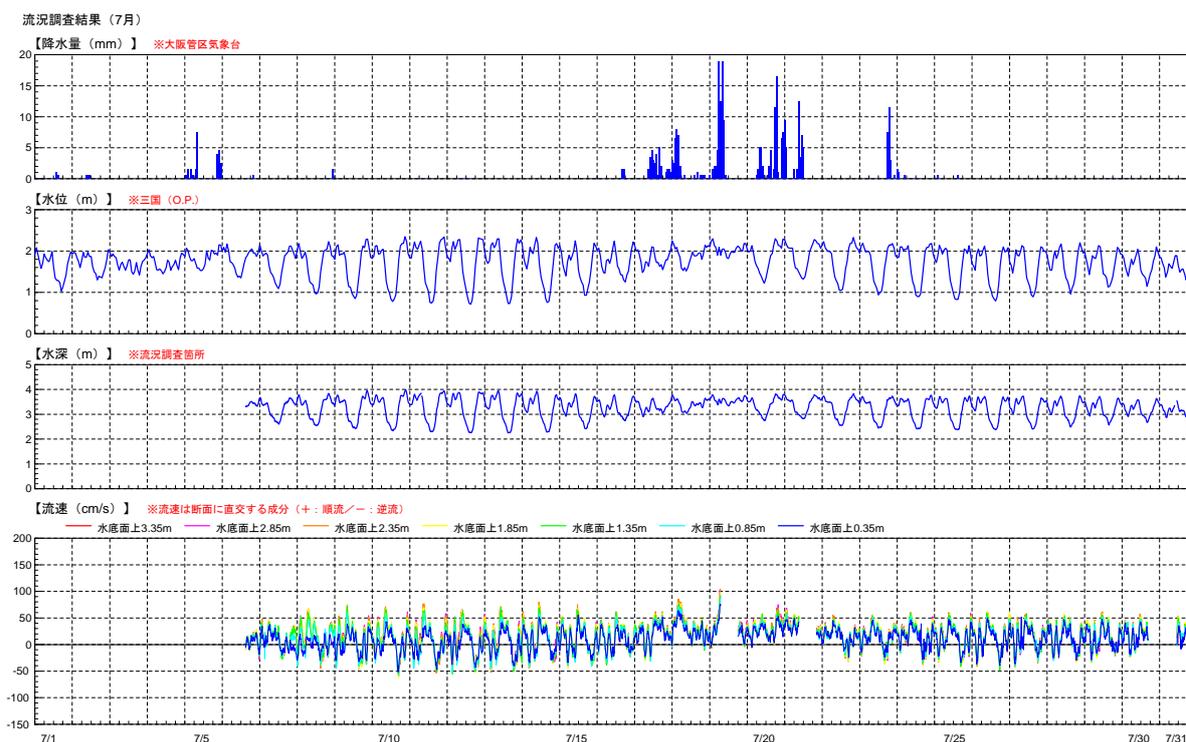


図 6.1.4 流況調査結果（平成 18 年 7 月）

2) 流況調査

試験施工箇所地形は、施工 1 ヶ月後までの期間には全体的に浅くなる傾向を示しており、変化の大きい箇所では 10～20cm 程度の堆積傾向がみられていた。

施工 3 ヶ月後までの期間にも同様の傾向がみられており、特に天竺川合流点付近においては 1m 程度の堆積が確認された。

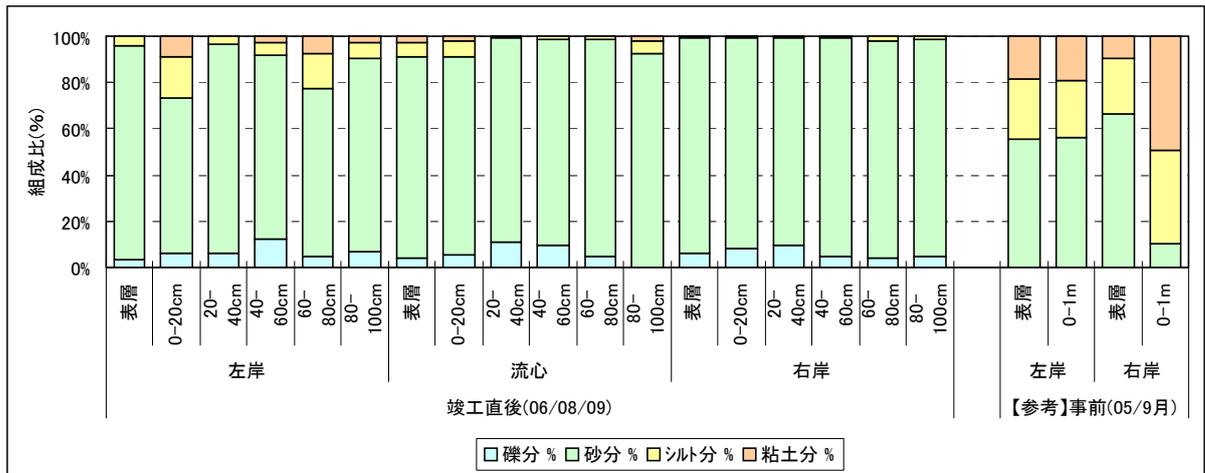
一方、施工 3 ヶ月後から 6 ヶ月後までの期間においては、全体的に浸食の傾向がみられており、施工 6 ヶ月後の河床形状は、竣工直後に近い形状となっていた。

3) 底質調査

試験施工箇所の表層部分の粒径は、地形の変化（堆積、浸食）に応じて、変動しており、施工 3 ヶ月後にはシルト・粘土分が増加しているものの、施工 6 ヶ月後の流心及び右岸ではシルト・粘土分が減少し、竣工直後に比較的近い状況となっていた。

また、20～100cm 層（左岸部では 20～80cm 層）の粒径は、竣工直後からいくぶん変化しているものの、ほとんどが砂・礫分であり、これらの層では覆砂材が維持されているものと判断された。

【施工直後 (06/08/09)】



【施工6ヶ月後 (07/01/12)】

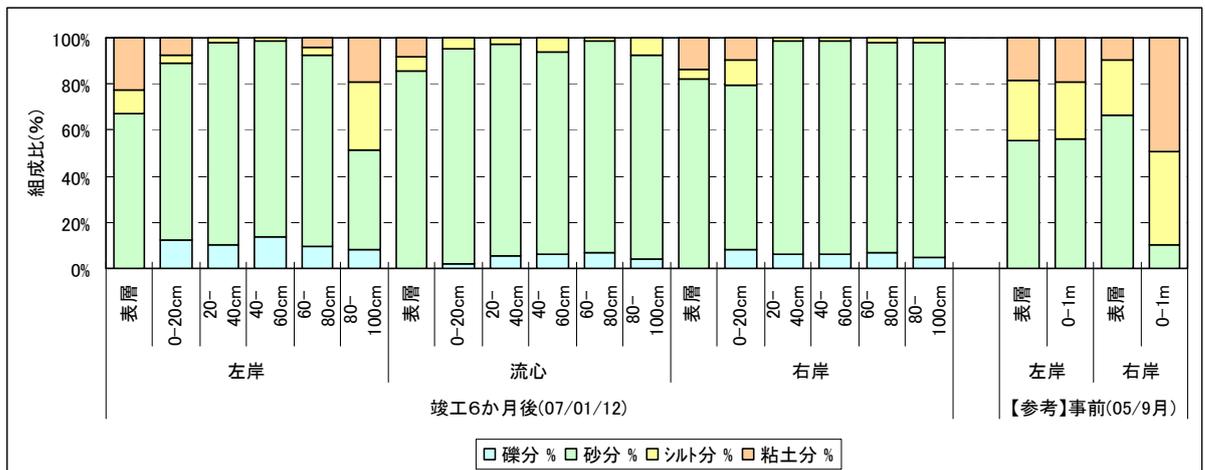
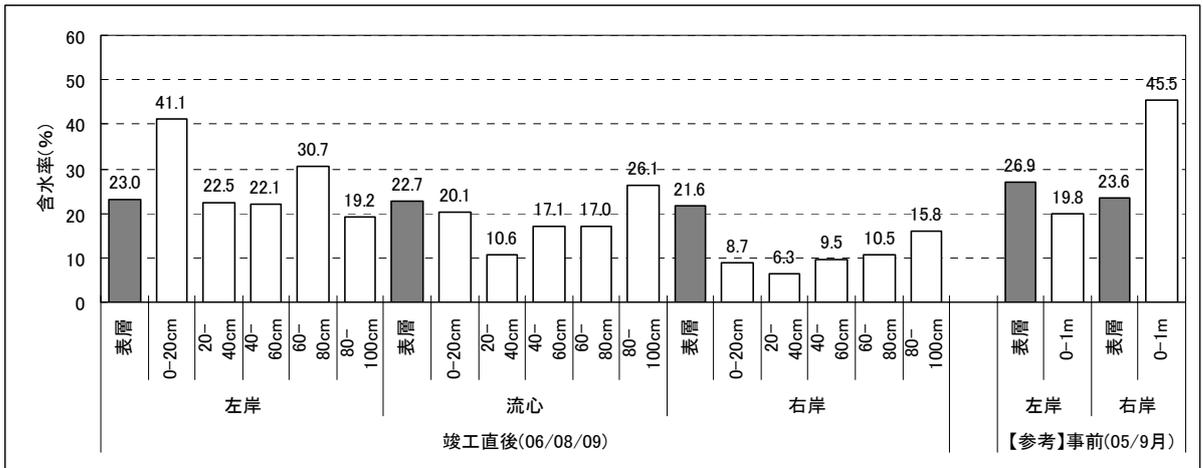


図 6.1.5 竣工後の底質（粒度組成）

底質の一般項目については、粒径と良く対応しており、シルト・粘土分が含まれる底質は含水率、強熱減量、TOC とともにやや高い値を示す傾向となっていた。

施工3ヶ月後、6ヶ月後の調査結果では、表層泥の強熱減量などが竣工直後に比べて増加しており、特に施工6ヶ月後においては、0~20cm層及び20cm以深の層においても増加する傾向がみられていた。

【施工直後 (06/08/09)】



【施工6ヶ月後 (07/01/12)】

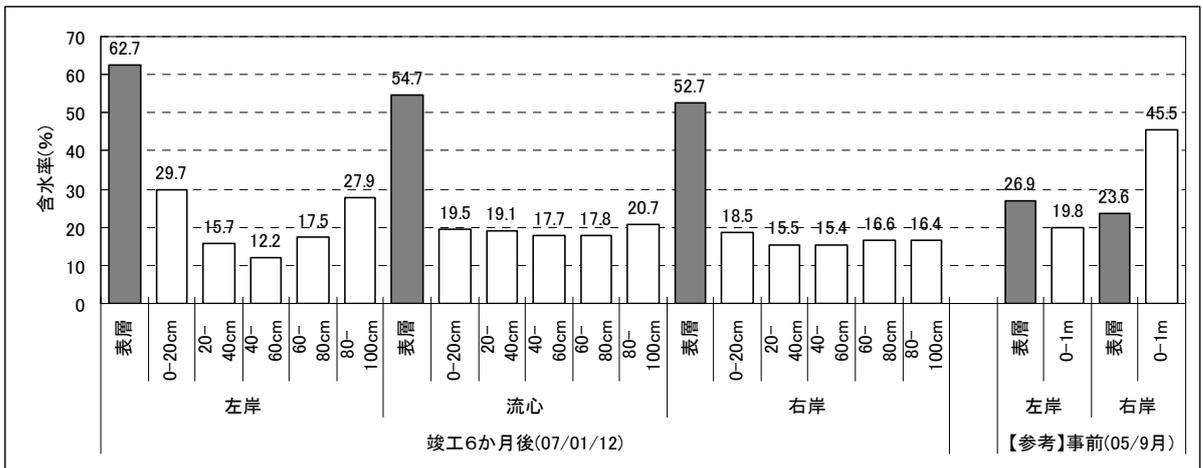
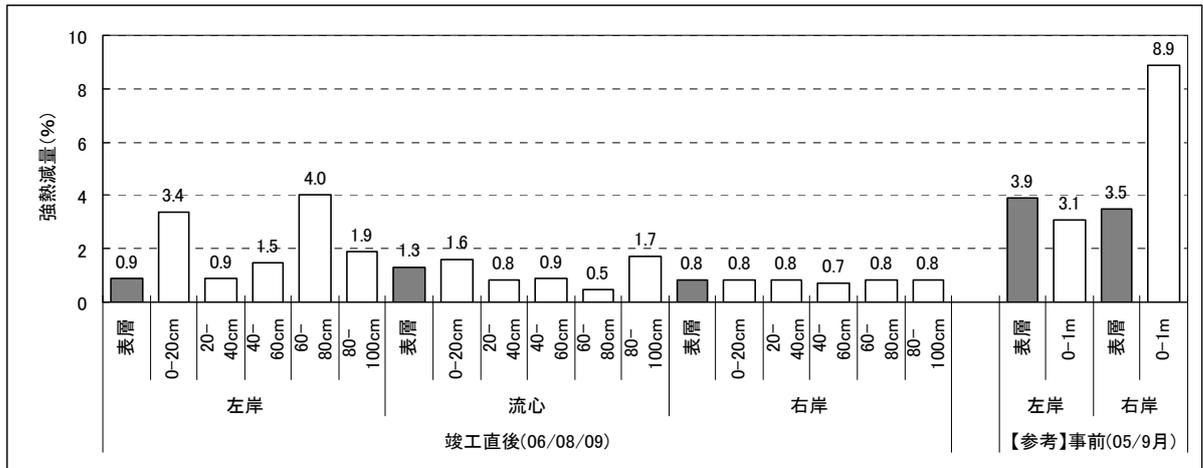


図 6.1.6 竣工直後の底質 (一般項目 : 含水率)

【施工直後 (06/08/09)】



【施工 6 ヶ月後 (07/01/12)】

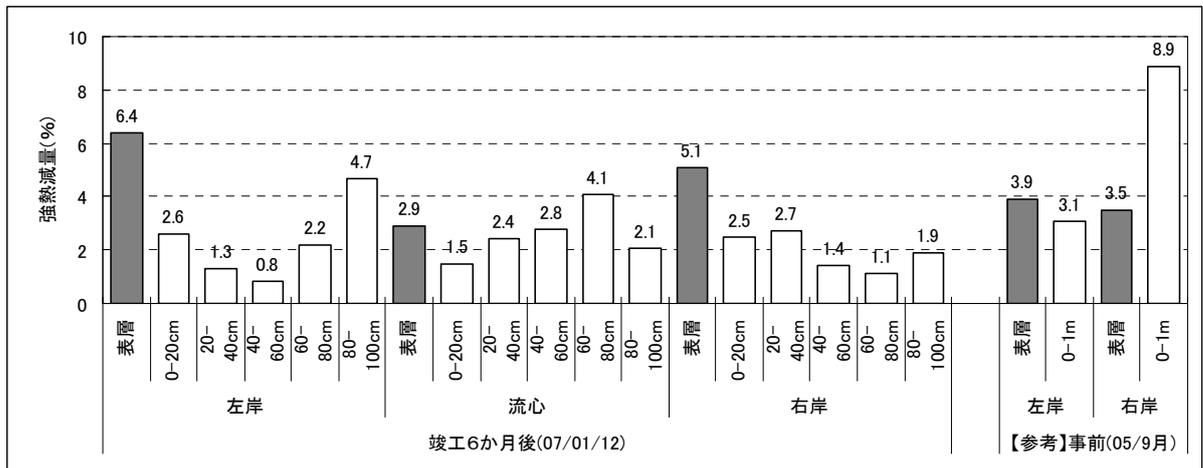


図 6.1.7 竣工直後の底質（一般項目：強熱減量）

4) 底質のダイオキシン類濃度

施工 3 ヶ月後及び 6 ヶ月後に、表層底質のダイオキシン類を測定した。結果を表 6.1.2 に示した。各調査時期・調査位置を通じて 21~58pg-TEQ/g の範囲にあった。これらの値は、表層底質のシルト・粘土分や一般項目の値の増加など、新たな堆積に伴うものと考えられるが、ダイオキシン類濃度は環境基準（150 pg-TEQ/g 以下）を満たしており、現時点では新たな汚染は生じていないものと考えられた。

表 6.1.2 表層底質のダイオキシン類

調査項目		調査地点		
		左岸（表層）	流心（表層）	右岸（表層）
ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	3ヶ月後	51	31	25
	6ヶ月後	58	21	39

5) 水質調査

施工3ヶ月後及び6ヶ月後に、表層底質のダイオキシン類を測定した。結果を表6.1.3に示した。各調査時期・調査位置を通じて21～58pg-TEQ/gの範囲にあった。これらの値は、表層底質のシルト・粘土分や一般項目の値の増加など、新たな堆積に伴うものと考えられたが、ダイオキシン類濃度は環境基準(150 pg-TEQ/g)未満であり、現時点では新たな汚染は生じていないものと考えられた。

表 6.1.3 水質調査結果

【施工6ヶ月後(07/01/12)】

	水温(°C)	pH(—)	SS(mg/L)	ダイオキシン類 (pg-TEQ/L)
表層(水面下0.6m)	11.0	7.2	4.9	1.7
底層(水面下2.1m)	11.4	7.3	7.6	2.2

注：調査箇所の水深は、3.1m

6.2 綾瀬川における覆砂処理実証試験

6.2.1 概要

綾瀬川八条大橋上流の古綾瀬川合流箇所にて、覆砂処理工法を実施し、モニタリングを行った。覆砂処理試験のフローを図 6.2.1 に示した。

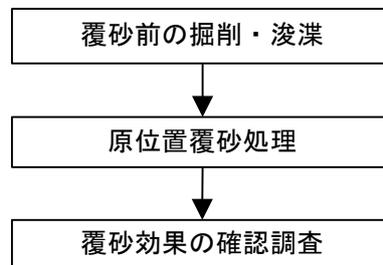


図 6.2.1 覆砂処理試験のフロー

6.2.2 覆砂処理実証試験方法と結果

(1) 調査地概要

調査地の位置及び施工範囲を図 6.2.2 及び図 6.2.3 に示した。

本調査は、環境基準（150pg-TEQ/g 以下）を超えるダイオキシン類を含む底質が分布している綾瀬川八条大橋上流の古綾瀬川合流箇所で行った。

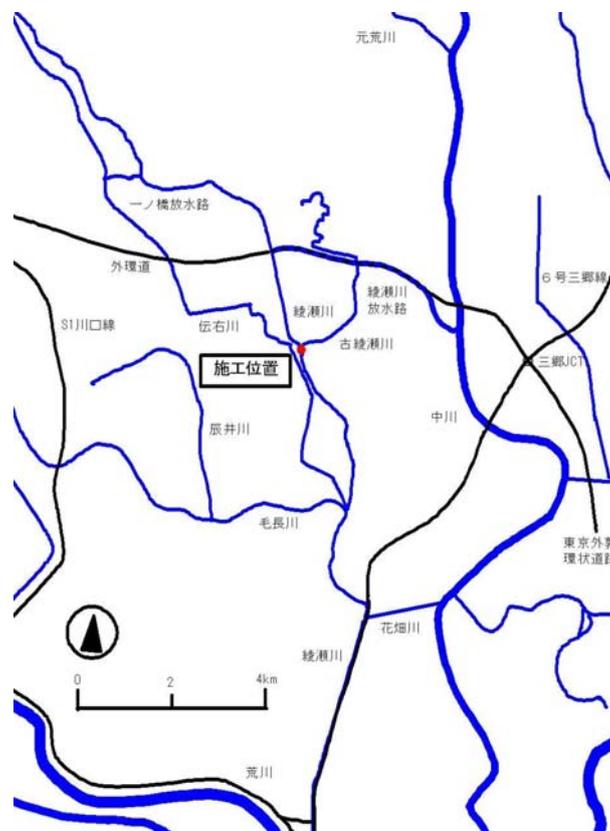


図 6.2.2 調査地の位置

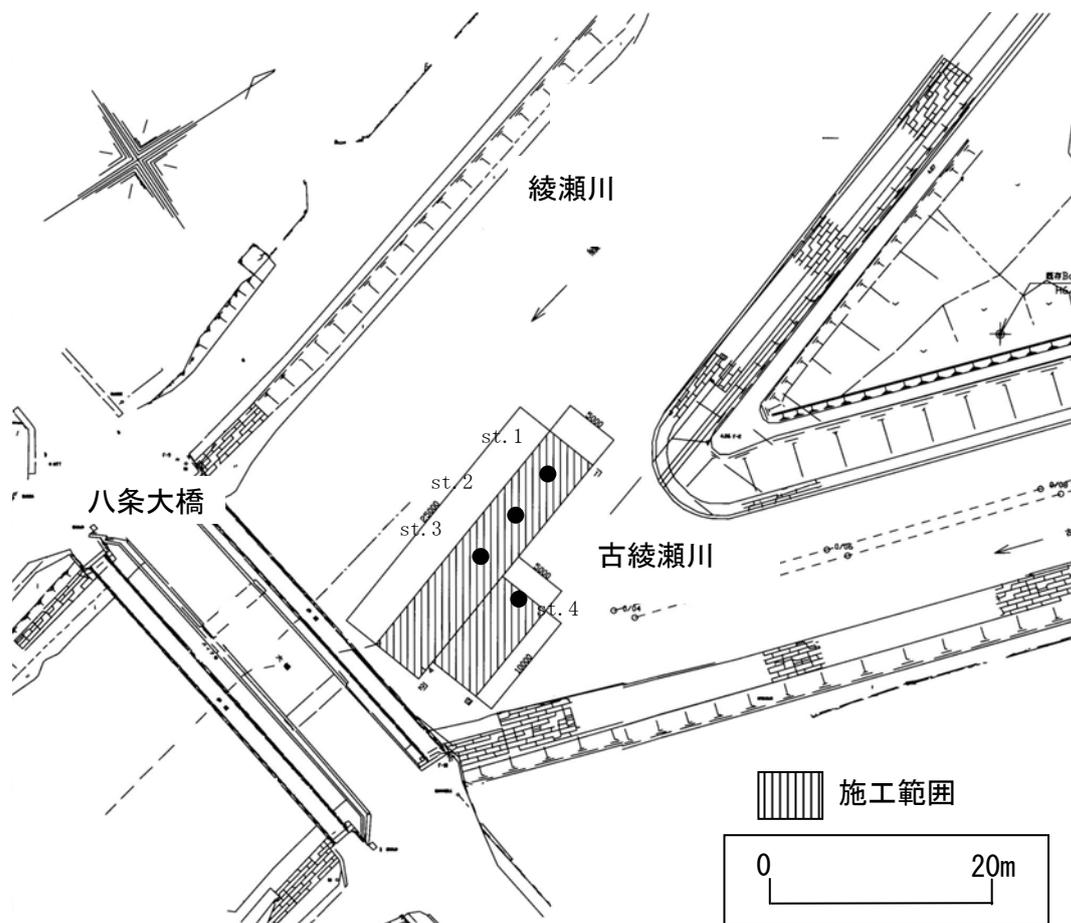


図 6.2.3 施工範囲

(2) 施工方法

既往調査結果より、浚渫区域における底質のダイオキシン類濃度は、表層よりも下層で高いため、バックホウによって、深さ 1,000mm まで掘削を行い、その掘削箇所を埋める形で、山砂を敷砂した。

施工の状況（敷砂）を図 6.2.4 に示した。施工は、掘削、敷砂とも汚濁防止柵を設置しその中で行うこととした。また、作業台船及び汚濁防止柵の周囲に汚濁防止膜を設置し濁りの拡散を防止した。



図 6.2.4 覆砂施工状況

(3) 調査方法

掘削除去後かつ原位置処理(覆砂処理)実施前に、覆砂予定地において水深を測定した後、分析用試料を採取した。

覆砂後は、覆砂効果の確認のため、コアサンプラーを用いた採泥を行った。調査日を以下に示した。

浚渫	平成 15 年 12 月 4 日
覆砂	平成 15 年 12 月 5 日 (開始日)
1 ヶ月後調査	平成 16 年 1 月 6 日 (開始 30 日)
3 ヶ月後調査	平成 16 年 3 月 5 日 (開始 90 日)
18 ヶ月後調査	平成 17 年 4 月 14 日 (開始 495 日)
36 ヶ月後調査	平成 19 年 1 月 18 日 (開始 1,140 日)

分析用の試料は、覆砂の上層、下層の 2 層とし、在来層まで採取された場合には、上層、下層、在来層の 3 層とした。

覆砂に用いた砂の性状を表 6.2.1 に示した。

表 6.2.1 覆砂に用いた砂の性状

性状	色相	臭気	シルト・粘土分
礫混り砂	暗オリーブ	無	11%

(4) 調査結果

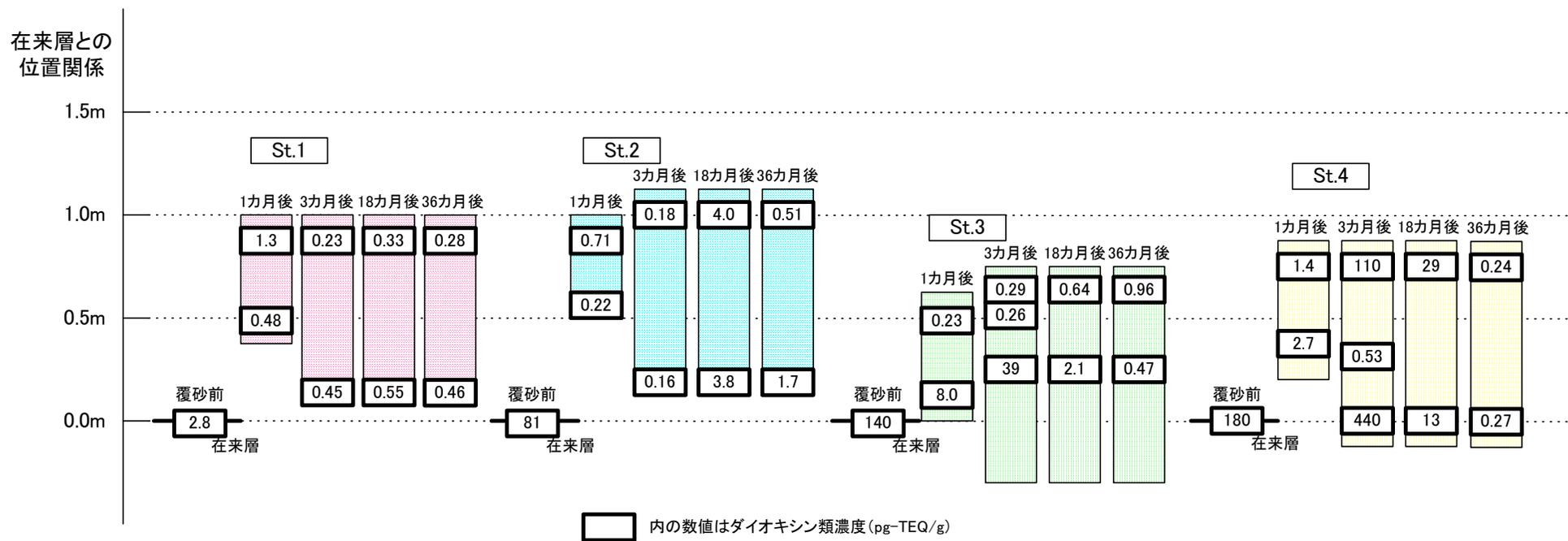
掘削除去処理後、原位置処理（覆砂）前の底質（在来層）のダイオキシン類濃度を比較すると、在来層のダイオキシン類濃度は St. 4 で 180pg-TEQ/g と最も高く、環境基準を超えていた。St. 4 は他の地点と比べると PCB 濃度が 6.7mg/kg、n-ヘキサン抽出物質が 4.1mg/g と高濃度であり、強熱減量も大きい結果であった。その他の地点は、St. 3 で 140pg-TEQ/g、St. 2 で 81pg-TEQ/g、St. 1 で 2.8pg-TEQ/g であり、浚渫区域北側でダイオキシン類濃度が低く、浚渫区域南側の八条大橋付近で高かった。

この底質に覆砂を実施し、1ヶ月後～36ヶ月後に効果を確認した結果を表 6.2.2及び図 6.2.5に示した。覆砂のダイオキシン類濃度は、在来層のダイオキシン類より低い濃度であった。

下層において若干濃度の上昇が見られる地点があるが、覆砂時の底泥の混入も考えられ、下層からの溶出とは言い切れない。

表 6.2.2 覆砂地点ダイオキシン類測定結果

		上層 (pg-TEQ/g)	下層 (pg-TEQ/g)	在来層 (pg-TEQ/g)
浚渫時	St. 1	—	—	2.8
	St. 2	—	—	81
	St. 3	—	—	140
	St. 4	—	—	180
1ヶ月後	St. 1	1.3	0.48	—
	St. 2	0.71	0.22	—
	St. 3	0.23	8.0	—
	St. 4	1.4	2.7	—
3ヶ月後	St. 1	0.23	0.45	—
	St. 2	0.18	0.16	—
	St. 3	0.29	0.26	39
	St. 4	110	0.53	440
18ヶ月後	St. 1	0.33	0.53	—
	St. 2	4.0	3.8	—
	St. 3	0.64	2.1	—
	St. 4	29	13	—
36ヶ月後	St. 1	0.28	0.46	—
	St. 2	0.51	1.7	—
	St. 3	0.96	0.47	—
	St. 4	0.24	0.27	—



※ 地点毎に、覆砂前底質、覆砂1ヶ月後、覆砂3ヶ月後、覆砂36ヶ月後の順に示した。

※ 地盤高は、各地点毎に谷古宇における水位データと現地の水深データから算出した。

図 6.2.5 層ごとのダイオキシン類濃度の変化

6.3 覆砂処理のまとめ

6.3.1 神崎川における覆砂処理実証試験

表層底質が環境基準を超過している範囲のうち、160m の区間を対象に、試験施工として浄化対策を実施した。

施工後のモニタリング調査を実施中である。

6.3.2 綾瀬川における覆砂処理実証試験

表 6.2.2より、st.1、st.2 及びst.3 では、覆砂後 18 ヶ月の覆砂上層のダイオキシン類濃度が在来層に比べて低く、覆砂による遮断が有効に機能していると考えられる。下層において若干濃度の上昇が見られる地点があるが、明確な原因は不明である。

施工は、掘削、敷砂とも汚濁防止柵を設置しその中で行った。また、作業台船及び汚濁防止柵の周囲に汚濁防止膜を設置し濁りの拡散を防止した。濁りの流出は見られなかった。

6.4 覆砂処理の実用に向けて

覆砂を実施する場合には、その区域においてダイオキシン類の新たな流入がないことをあらかじめ確認しておく必要がある。

今回、神崎川及び綾瀬川における河川底質に対する覆砂処理適用事例を本技術資料集に取りまとめた。参考として大いに利用されたいが、本事例は特定の河川底質に適用した結果であるため、実際の河川底質に適用する際には、個々の河川底質等の性質に応じた検討を行う必要がある。

よって、実際に覆砂処理技術を選定する場合には、学識経験者の意見を踏まえながら試験等を行い、処理する河川底質等に応じた施工方法等を設定しなければならない。

卷末資料

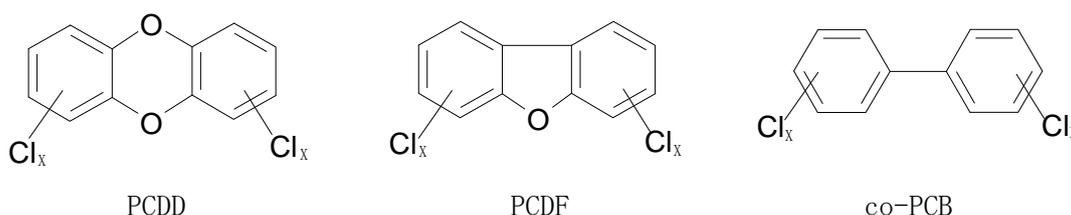
S1	用語・略語の定義・説明	1-1
1.1	化学的知見に関する主な用語	1-1
1.2	分解無害化に関する主な用語	1-2
S2	引用・参考文献	2-1
2.1	技術例一覧	2-1
S3	詳細資料集	3-1
3.1	分解無害化処理技術	3-1
3.1.1	前処理	3-1
3.1.2	分解無害化処理	3-8
3.1.3	実証試験（分解無害化）実施機関一覧	3-8
3.2	原位置固化処理技術	3-59
3.2.1	対象箇所の条件把握	3-59
3.2.2	室内試験における検討	3-63
3.2.3	現地施工	3-77
3.2.4	固化処理中の環境監視	3-84

S1 用語・略語の定義・説明

1.1 化学的知見に関する主な用語

ダイオキシン類

ダイオキシン類とは、有機塩素系化合物の、ポリクロロジベンゾパラジオキシン (PCDD)、ポリクロロジベンゾフラン (PCDF)、コプラナーPCB (co-PCB) の総称をいう。「コプラナーPCB」は JIS K0312(2005)によると「ダイオキシン様 PCB」とも呼称される。



コプラナーPCB (co-PCB)

PCBの中で、2つのベンゼン環が同一平面上にある構造を有する化合物をいう。なお、同一平面上にない構造を有するものでもダイオキシン類と似た毒性を有する化合物もあり、我が国においては、これらの化合物もコプラナーPCB (co-PCB) として整理している。

異性体

分子式は同じであるが、性質が異なる化合物をいう。ダイオキシン類では、塩素の置換数が同じで置換位置だけを異にする個々の化合物をいう。

同族体

塩素の置換数が同じで置換位置だけを異にする化合物の一群をいう。

ダイオキシン類の毒性

ダイオキシン類は、物の燃焼や化学物質の合成等の過程で副産物として生成される物質であり、環境中では極めて安定で、生物に対する毒性の強いものが多い。ダイオキシン類の毒性は、発がん性、肝毒性、免疫毒性、生殖毒性などが指摘されており、その毒性は異性体及び同族体ごとに異なる。

毒性等価係数 (TEF : Toxicity Equivalency Factor)

毒性等価係数 (TEF : Toxicity Equivalency Factor) とは、最も毒性が強いとされる 2,3,7,8-TeCDDs を 1 とし、その他のダイオキシン類の毒性を、相対的な毒性の強さを表す係数によって表わしたものをいう。

毒性等量 (TEQ : Toxic Equivalent)

環境中に検出されたダイオキシン類は、毒性が異なる異性体及び同族体の混合物である。よって毒性評価を行う際には、ダイオキシン類の異性体ごとの実測濃度に毒性等価係数 (TEF) を乗じた値を加算して算出した、毒性等量 (TEQ : Toxic Equivalent) を用いて評価を行う。

耐容一日摂取量 (TDI : Tolerable Daily Intake)

健康影響の観点から、一生涯摂取しても、一日当たりこの量までの摂取が耐容されると判断される量。

ng

ナノグラム (10 億分の 1g ; 10^{-9} g)

pg

ピコグラム (1 兆分の 1g ; 10^{-12} g)

1.2 分解無害化に関する主な用語

分解無害化

ダイオキシン類を化学的、熱的、生物的に分解して、毒性のない無害物質や、人の健康上問題のない濃度まで低減することを分解無害化という。

原泥

前処理を行う前の試験前の底質をいう。

前処理

減量化、減容化及び試料の均一化を図るために行う、分級、加水、脱水等の処理をいう。

前処理底質

分級や脱水等の前処理を行った後の試料の状態をいう。

分解無害化処理

ダイオキシン類を分解して、無害な物質に変える処理のことをいう。

分解無害化底質

分解無害化処理を行った後の試料の状態をいう。

分級・分級物

減量化・減容化をはかるために原泥を礫分とシルト・粘土分に分けること。分けられた礫分を分級物という。

高圧脱水

底質に高圧をかけることにより含まれる水分を除去すること。

物質収支

ダイオキシン類が分解し、凝縮水、ガス、残存物等に変化し、その収支をとらえること。

一軸圧縮強さ

供試体を圧縮した際に得られる最大圧縮応力のこと。

S2 引用・参考文献

2.1 技術例一覧

既存資料による技術例一覧を資表 2.1.1に示し、参考とした文献を以下に示した。

- 1) 細見正明：底質のダイオキシン類分析と浄化技術の課題。ヘドロ, No.86, (2003)
- 2) 宮田秀明：ダイオキシン類の処理対策と測定技術の現状と課題。産業と環境, (2003.3)
- 3) 細見正明：PCBの処理技術—化学処理を中心として—, 廃棄物学会誌, Vol. 11, No. 3, 197-209(2000)
- 4) 川尻聡ら：超臨界二酸化炭素によるダイオキシン類分析技術の研究, 平成14年度廃棄物処理等化学研究推進事業、第二回 廃棄物処理化学研究発表会, <http://www.jesc.or.jp/report/sympo01/126.html>
- 5) 細見正明：POPsの化学的分解処理技術, 廃棄物学会誌, 9巻, 3号, 235-246(1998)
- 6) 季炳大、細見正明：ダイオキシン類の光分解および化学的分解, 用水と廃水, Vol. 41, No. 8, 52-56(1999)
- 7) 季炳大、小林晶子、細見正明：残留性有機汚染物質 (POPs) の分解性—その3光による分解(1)—Vol. 41, No. 8, 5-13(1999)
- 8) Oku, A., Tomari, K., Kamada, T., Yamada, E., Miyata, H., Aozasa, O. : Destoruction of PCDDs and PCDFs, A convenient method using alkali-metal hydroxide in 1,3-dimethyl-2-imidazolidinone(DMI), Chemosphere, 31(8)3873~3878(1995)
- 9) 穴田健一：流下液膜式紫外線照射装置を用いたオゾン/紫外線法によるダイオキシン類の分解, 環境技術, Vol. 31, No. 2, 31-33(2002)
- 10) 宮田秀明：よくわかるダイオキシン類汚染, 合同出版, 東京(1998)
- 11) 橋燦郎：ダイオキシン類汚染土壌の木材腐朽菌による生物処理, 用水と廃水, Vol. 41, No. 8, 44-51(1999)
- 12) 飛田誠、大川浩樹、伊東和貴、橋燦郎：天然からスクリーニングした菌によるダイオキシン類のバイオレメディエーション, 第48回日本木材学会大会研究発表要旨, 408(1998)
- 13) 角田省吾：底質ダイオキシン類対策技術の課題と対応, ヘドロ, No. 81, 30-38(2001)
- 14) 旧厚生省：高濃度ダイオキシン類汚染物分解処理技術, 報道発表資料, http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1112/h1217-3_14.html (1999.12.17)
- 15) 田村和広：ダイオキシン類汚染物の浄化技術と適用事例, 産業と環境, 31-36(2003.3)
- 16) 旧環境庁：ダイオキシン類汚染土壌浄化技術の選定結果について, 報道発表資料, <http://www.env.go.jp/press/press.php3?serial=2417> (1999.11.25)
- 17) 高松純一、吉田幸司：ダイオキシン類汚染物の浄化事例, 環境管理, Vol. 39, No. 8, 18-23(2003)
- 18) 戸田久之、谷口紳：BCD法によるダイオキシン類の化学的脱塩素処理, 用水と廃水, Vol. 41, No. 8(1999)
- 19) 榮藤徹ら：国内初, PCB汚染土壌をオンサイト浄化, 三菱重工技報, Vol. 41, No. 1, 34-35(2004)
- 20) 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所：港湾における底質ダイオキシン類分解無害化処理技術 データブック, 平成17年3月
- 21) 田村和広：ダイオキシン類汚染底質および汚染土壌の無害化処理システム—TPS+ジオメルト—, ヘドロ, No. 94, 38-44(2005)
- 22) 中西康雄：豊能群美化センターのダイオキシン類対策, 環境技術, Vol. 35 No. 5, 362-366(2006)
- 23) 釜土則幸：アーク放電を利用した底質ダイオキシン類の無害化処理～超高温アーク熱分解工法の実用化～, ヘドロ, No. 95, 48-54(2006)
- 24) 佐藤昌宏：残留性有機汚染物質を含んだ底質の造粒加熱処理に関する基礎検討, ヘドロ, No. 96, 29-34(2006)

- 25) 川浦栄太郎, 原輝夫 : ダイオキシン類汚染底質および汚染土壌の焼成無害化処理システムソイルクリーンシステム (ソックス工法) について, ヘドロ, No. 95, 42-47 (2006)
- 26) 奥田信康, 菱川絢子, 早川淳, 井上裕嗣 : 減圧還元加熱法による底質ダイオキシン類無害化処理技術 (TATT 工法), ヘドロ, No. 96, 35-41 (2006)
- 27) 佐藤岳史, 轟木朋浩, 馬目栄二 : 間接熱脱着+水蒸気分解法によるダイオキシン類汚染底質の浄化に関する検討, ヘドロ, No. 95, 66-73 (2006)
- 28) 小倉正裕, 川井隆夫, 峰松麻成, 川西龍一 : 総合還元加熱法による底質中ダイオキシン類の無害化処理, ヘドロ, No. 96, 58-62 (2006)
- 29) 藤田理人, 杉浦公昭, 杉本富男, 板谷真積, 奥村泰一 : 間接加熱酸化分解法 (ダイオブレーカー) によるダイオキシン類汚染底質・土壌の無害化技術の開発, ヘドロ, No. 94, 45-51 (2005)
- 30) 平山敦, 岩崎敏彦, 明石哲夫, 青木丈彦 : ハイクリーン DX による底質ダイオキシン類の無害化～揮発脱離分解プロセスを適用した底質処理技術～, ヘドロ, No. 95, 55-59 (2006)
- 31) Suhara. H, Daikoku. C, Takata. H, Suzuki. S. : Monitoring of white-rot fungus during bioremediation of polychlorinated dioxin-contaminated fly ash, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 62(5-6) 601-60 (2003)
- 32) Habe. H, Ide. K, Yotsumoto. M, Tsuji. H, Hirono. H, Widada. J, Yoshida. T, Nojiri. H, Omori. T : Preliminary examinations for applying a carbazole-degrader, *Pseudomonas* sp. strain CA10, to dioxin-contaminated soil remediation, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 56(5-6), 788-795 (2001)
- 33) Habe. H, Ide. K, Yotsumoto. M, Tsuji. H, Yoshida. T, Nojiri. H, Omori. T : Degradation characteristics of a dibenzofuran-degrader *Terrabacter* sp. strain DBF63 toward chlorinated dioxins in soil, *Chemosphere*, 48(2), 201-207 (2002)
- 34) 鈴鹿卓雄, 岡田俊也 : 「金属ナトリウム還元工法」によるダイオキシン類汚染底質・土壌の無害化処理技術, ヘドロ, No. 95, 36-41 (2006)
- 35) 小林悦郎 : 乾式無害化システム, ヘドロ, No. 96, 49-57 (2006)
- 36) 徳倉勝浩, 大下和徹, 柳瀬哲也, 平岡正勝 : ダイオキシン類の触媒分解性能に及ぼす触媒調整条件に関する研究, 廃棄物学会論文誌, Vol. 16, No. 1, 28-44 (2005)

資表 2.1.1 既存資料による技術例一覧

技 術 例				
技術名	技術概要	実験・実用化事例		
		内容	媒体	状況
溶剤による汚染物質の抽出分離	溶剤によって汚染底質中のダイオキシン類を抽出分離し、抽出後の溶剤を汚染物質と溶剤に分離する。汚染物質は別途分解処理し、溶剤は精製して循環利用する。 ¹⁹⁾	・室内実験において、830pg-TEQ/g のダイオキシン類が 3pg-TEQ/g に低下した。		
		・ロール脱水洗浄無害化工法 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 1.2pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 3.5pg-TEQ/g となった ²⁰⁾ 。	底質	実験
		・平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 150pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 98pg-TEQ/g となった。 ²⁰⁾	底質	実験
超臨界二酸化炭素による汚染物質の抽出分離	超臨界に達した二酸化炭素は、気体と液体の中間的な性質をもち、気体の様な拡散性と液体の様な溶解力を持つことを利用して、汚染底質中のダイオキシン類を抽出分離する。 ⁴⁾	・平成 14 年度*に焼却飛灰について、技術開発が行われている。 ⁴⁾	焼却灰	実験
溶融法	汚染底質を脱水乾燥後、溶融温度（1,300℃前後）に直接加熱しダイオキシン類を分解する。 ¹⁴⁾ また、オンサイトで処理対象物に電極を挿入し、直接加熱、溶融してダイオキシン類を熱分解する方法もある。 ¹⁵⁾	・平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定された。 ¹⁴⁾		実験
		・平成 13 年から平成 15 年にかけて和歌山県橋本で実証された（オンサイト処理）。 ¹⁵⁾		
		・平成 11 年度「ダイオキシン類汚染土壌浄化技術の選定」現地実証調査が可能なダイオキシン類汚染土壌浄化技術として選定（オンサイト処理）。 ¹⁶⁾		実験
		・TPS+ジオメルト 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 9,600pg-TEQ/g は 75pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 16pg-TEQ/g となった。 ^{20), 21)}	底質	実験
		・TPS+ジオメルト 平成 15 年度「ダイオキシン類汚染土壌浄化技術等確立調査」において、土壌試料の分解無害化実証試験実施。RUN1 1,800pg-TEQ/g が 210pg-TEQ/g、RUN2 4,900pg-TEQ/g が 78pg-TEQ/g、RUN3 1,700pg-TEQ/g、5,200pg-TEQ/g、1,600pg-TEQ/g、200pg-TEQ/g、6,400pg-TEQ/g が 27pg-TEQ/g、3.9pg-TEQ/g、2.6pg-TEQ/g、0.28pg-TEQ/g、4.0pg-TEQ/g となった。 ²¹⁾	底質	実験
・TPS+ジオメルト 平成 17 年度より大阪府豊能群美化センター周辺のダイオキシン類汚染土壌を用いて分解無害化を実施している。 ²²⁾	土壌	実用		

技 術 例				
技術名	技術概要	実験・実用化事例		
		内容	媒体	状況
熔融法	汚染底質を脱水乾燥後、熔融温度（1,300℃前後）に直接加熱しダイオキシン類を分解する。 ¹⁴⁾ また、オンサイトで処理対象物に電極を挿入し、直接加熱、熔融してダイオキシン類を熱分解する方法もある。 ¹⁵⁾	・超高温アーク熱分解工法 平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 9,600pg-TEQ/g は 45pg-TEQ/g、13,000pg-TEQ/g は 98pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 32pg-TEQ/g、3,000pg-TEQ/g は 80pg-TEQ/g となった。 ^{20) 23)}	底質	実験
		・テルミット式ダイオキシン類無害化処理システム 平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 1.2pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 3.5pg-TEQ/g となった。 ²⁰⁾	底質	実験
高温焼却	汚染底質を脱水乾燥後、直接加熱し 1,100℃前後の高温において酸化雰囲気中で熱分解する。 ¹⁴⁾	・平成15年度*にタイムズビーチ事件（米国）で汚染土壌の一部が熱分解処理された。 ¹⁾	土壌	実用
		・平成15年度*にドイツで除草剤工場の汚染土壌に対して熱分解・脱着法が採用された。 ¹⁾	土壌	実用
		・平成12年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」処理技術として選定。 ¹⁴⁾		実験
		・造粒加熱処理工法 平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 9,600pg-TEQ/g は 0.00044pg-TEQ/g、11,000pg-TEQ/g は 0.033pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 0.00017pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 0.0029pg-TEQ/g となった。 ^{20) 24)}	底質	実験
		・加熱焙焼法 平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 9,600pg-TEQ/g は 5.9pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 1.0pg-TEQ/g となった。 ²⁰⁾	底質	実験
		・ソイルクリーンシステム（ソックス工法） 平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 9,600pg-TEQ/g は 0pg-TEQ/g、2,900pg-TEQ/g は 0.00036pg-TEQ/g となった。 ^{20) 25)}	底質	実験
		・ソイルクリーンシステム（ソックス工法） 平成18年度*に一般廃棄物焼却灰を含む土壌の分解無害化実証試験を実施。処理前ダイオキシン類濃度 300pg-TEQ/g が処理後 0.13~0.34pg-TEQ/g となった。 ²⁵⁾	土壌	実験
・ソイルクリーンシステム（ソックス工法） 平成18年度*に一般焼却灰の分解無害化実証試験を実施。処理前ダイオキシン類濃度 950pg-TEQ/g が処理後 0.005pg-TEQ/g となった。 ²⁵⁾	焼却灰	実験		

技 術 例				
技術名	技 術 概 要	実 験 ・ 実 用 化 事 例		
		内 容	媒体	状 況
セメント原料化	土壌を他のセメント原料と混ぜ、焼成炉で最高温度 1450℃に加熱し、セメント製品とする。	・高知市八反町で実証された。		
気相水素還元方式 (真空加熱分解法)	汚染底質を脱水乾燥後、反応器内において無酸素水素雰囲気 ¹⁴⁾ で 850℃以上に間接的に加熱し、ダイオキシン類と水素の反応で還元分解・脱塩素化する。 ¹⁴⁾	・平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定。 ¹⁴⁾		実験
		・平成 11 年度「ダイオキシン類汚染土壌浄化技術の選定」小規模な実証調査が可能なダイオキシン類汚染土壌浄化技術として選定。 ¹⁶⁾		実験
還元加熱脱塩素方式 (低温加熱還元分解法)	汚染底質を脱水乾燥後、反応器内において酸素欠乏状態(窒素置換等)で間接的に熱(400℃前後)を加えて脱塩素化する。 ¹⁴⁾	・平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定。 ¹⁴⁾		実験
		・平成 13 年*に飛灰について 14ng/g が ²⁾ 22pg/g、7.3ng/g が 14pg/g まで浄化。 ¹³⁾	飛灰	実験
		・TATT 工法 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 26pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 51pg-TEQ/g となった。 ^{20) 26)}	底質	実験
		・ジオスチーム工法 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 120pg-TEQ/g、11,000pg-TEQ/g は 94pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 17pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 10pg-TEQ/g となった。 ^{20), 27)}	底質	実験
		・総合還元加熱法 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 3.8pg-TEQ/g、9,500pg-TEQ/g は 0.13pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 2.7pg-TEQ/g、4,400pg-TEQ/g は 1.6pg-TEQ/g となった。 ^{20), 28)}	底質	実験
		・MOTSOC-Sd (モトソック・エスディー) 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 140pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は欠測であった。 ²⁰⁾	底質	実験

技 術 例				
技術名	技 術 概 要	実 験 ・ 実 用 化 事 例		
		内 容	媒体	状 況
酸化雰囲気低温加熱法	酸化状態のままで 350～650℃ に間接加熱することによってダイオキシン類を分解する。 ²⁰⁾	・ダイオブレイカー 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 6.1pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 29pg-TEQ/g となった。 ²⁰⁾	底質	実験
		平成 17 年*に工場跡地の土壌を用いて分解無害化実証試験を実施。土壌 1 1,600pg-TEQ/g が 5.5pg-TEQ/g、2.8pg-TEQ/g、土壌 2 7,400pg-TEQ/g が 2 13pg-TEQ/g となった。 ²⁹⁾	土壌	実験
		平成 17 年*に港湾底質を用いて分解無害化実証試験を実施。底質 1 6,500pg-TEQ/g が 12pg-TEQ/g、5.7pg-TEQ/g、底質 2 6,600pg-TEQ/g が 0.29pg-TEQ/g、底質 3 10,000pg-TEQ/g が 7.5pg-TEQ/g、底質 4 4,600pg-TEQ/g が 27pg-TEQ/g となった。 ²⁹⁾	底質	実験
		・二段低温加熱分解法 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 640pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 110pg-TEQ/g となった。 ²⁰⁾	底質	実験
		・ハイクリーン DX 平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 72pg-TEQ/g、11,000pg-TEQ/g は 50pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 22pg-TEQ/g、4,800pg-TEQ/g は 16pg-TEQ/g となった。 ^{20) 30)}	底質	実験
太陽光または UV による分解	太陽光や紫外線を、溶液中のダイオキシン類に照射し、脱塩素化する。電子供与体となる溶媒の種類により様々な事例がある。 ⁶⁾	・平成 11 年*に溶媒中において初期濃度 0.02～622mg/L で紫外線 (254～313nm) 分解。分解率は 70～90%。自然水中では溶媒中に比べ分解速度が小さくなり、また、紫外線に比べて太陽光では分解速度が小さくなる。 ⁷⁾	溶媒	実験
		・自然環境中での半減期は 10～12 年といわれる。 ¹⁰⁾		
AOP 法 (UV/O ₃ /H ₂ O ₂)	酸化剤であるオゾンや過酸化水を添加した後、紫外線を照射することによって、ダイオキシン類を分解する。 ⁶⁾	・平成 14 年*に流下液膜式紫外線照射装置を用いたオゾン/紫外線法により 71～84%の分解効率が得られた。 ⁹⁾	最終処分場浸出水原+飛灰抽出液	
		・平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定。 ¹⁴⁾		実験

技 術 例				
技術名	技術概要	実験・実用化事例		
		内容	媒体	状況
木材腐朽菌を用いる方法	木材腐朽菌がもつ、リグニンペルオキシダーゼ(Lip)、ジオキシナーゼなどの酵素の作用によって、ダイオキシン類を分解する。 ¹¹⁾	・平成10年*に木材腐朽菌を用いたバイオレメディエーションとして、土壤に2,7-DCDDを1ppm添加した場合、1ヶ月で約63%分解。2,4,8-TCDFを1ppm添加した場合、1ヶ月で約60%分解。 ¹²⁾	土壤	実験
		・平成15年*に Ceriporia sp. MZ-340 株を用いた焼却灰中(68.3ng/g)のダイオキシン類の浄化結果は、2,3,7,8-TeCDDで65.8%、OCDDで52.5%減少。 ³¹⁾	焼却灰	実験
		・平成11年度「ダイオキシン類汚染土壤浄化技術の選定」小規模な実証調査が可能なダイオキシン類汚染土壤浄化技術として選定。 ¹⁶⁾		実験
		・平成13年*に Pseudomonas sp. CA10 株(土壤1g当り109個)を添加した場合、1mg/Lの2-MCDD、2,3-DCDD、1,2,3-TrCDDが7日間の培養でそれぞれ97%、89%、52%分解。725ng/gのダイオキシン類汚染土壤では7日間で665ng/gに減少。 ³²⁾	土壤	実験
		・平成14年*に DF 資化菌 Terrabacter sp. DFB63 株(土壤1g当り108個)を土壤スラリーに添加した場合、7日間の培養で4~6塩素化物のDDの約10%を分解。 ³³⁾	土壤	実験
BCD法(アルカリ触媒化学分解法)	米国環境保護庁によって開発された方法である。汚染土壤と炭酸水素ナトリウムを混合し、約350~400℃で加熱し、脱塩素化する。この処理で脱塩素されなかったダイオキシン類は土壤から蒸発する。ガスは冷却により液化して回収後アルカリ性試薬を添加し、嫌気条件下で300~350℃で加熱することにより、ダイオキシン類の脱塩素化を行う。 ¹⁶⁾	・平成11年度「ダイオキシン類汚染土壤浄化技術の選定」現地実証調査が可能なダイオキシン類汚染土壤浄化技術として選定。 ¹⁶⁾		実験
		・平成10年*に農薬CNP中のPCDD濃度は、6時間の処理により732ng/gから検出下限値以下(0.1ng/g)。 ¹⁸⁾	農薬	実験
		・平成16年度国「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後11,000pg-TEQ/gは86pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/gは150pg-TEQ/gとなった。 ²⁰⁾	底質	実験
高圧脱水還元化学分解工法	高圧脱水処理、還元化学分解処理の2工法を組み合わせ、減容、無害化し、有効利用できる土に変える工法。	・平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後11,000pg-TEQ/gは29pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/gは530pg-TEQ/gとなった。 ²⁰⁾	底質	実験
乾式無害化システム	ダイオキシン類分解薬剤(ダイオカットA-10)を試料に添加し、攪拌機を内蔵した外熱式反応缶(反応温度400~600℃)で脱塩素反応を起こし無害化する。	・平成16年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後11,000pg-TEQ/gは69pg-TEQ/g、23pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/gは44pg-TEQ/g、18pg-TEQ/gとなった。 ²⁰⁾³⁵⁾	底質	実験
化学抽出分解法(DMI法(1,3ジメチル-2-イミダゾリン/NaOH法))	廃PCB油にアルカリと非プロトン性極性溶媒DMIの存在下において、常圧で約200℃に加熱して脱塩素化する。 ⁵⁾	・平成7年*にPCBに含まれるフラン類(PCDFs)が6,500ng/gから1.3ng/gまで分解。 ⁸⁾ ・PCB以外のPOPsの実証試験例は少ないが、原理的に適用可能。 ⁵⁾		

技 術 例				
技術名	技術概要	実験・実用化事例		
		内容	媒体	状況
カリウムターシャリーブトオキシド法 (t-BuOK)	廃 PCB 油に t-BuOK を添加し、加熱反応させて脱塩素化する ⁶⁾	・PCB 以外の POPs の実証試験例は少ないが、原理的に適用可能。 ⁵⁾		
金属ナトリウム法	脱水・乾燥・分散化した後、常温、窒素雰囲気下で金属ナトリウムによって脱塩素化する。 ²⁾ 廃 PCB 油に金属ナトリウムの超微粒子分散体と反応させ、ピフェニルナトリウムとし、これに水を加えて、ピフェニルとする。 ⁵⁾	・PCB 以外の POPs の実証試験例は少ないが、原理的に適用可能。 ⁵⁾		
		・平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定。 ¹⁴⁾		実験
		・平成 16 年度「底質ダイオキシン類無害化処理技術」実証試験実施。無害化後 11,000pg-TEQ/g は 110pg-TEQ/g、5,000pg-TEQ/g は 75pg-TEQ/g となった。 ^{20) 34)}	底質	実験
		・平成 18 年*に焼却灰、焼却物混入汚染土、農薬を主体とした汚染底質、PCB 混入汚染土等の無害化実験を実施。 ³⁴⁾		実験
		・「循環型廃棄物処理施設整備事業補助金」の対象として、平成 14 年 12 月に鹿児島県川辺町の清掃センターに焼却灰のダイオキシン類無害化処理プラントが納入され順調に稼働。 ^{2) 34)}	焼却灰	実用
触媒分解	排ガス中のダイオキシン類を貴金属触媒を用いて触媒分解を行う。	・平成 17 年*に模擬 RDF を用いて RDF 焼却炉の実排ガス中のダイオキシン類を貴金属触媒(温度 423K、463K、523K)により分解。その結果 423K、463K の低温では約 1ngTEQ/m ³ N 程度のダイオキシン類を 0.1 以下まで低減。 ³⁶⁾	排ガス	実験
メカノケミカル法	高速で回転するボールミルを用いて物質を粉砕する際に、化合物の結合状態が化学的に活性化されることを利用して、非加熱・常圧条件で汚染土壌をアルカリ性の資材とともに脱塩素処理して無害化する。 ¹⁶⁾	・平成 11 年度環境庁「ダイオキシン類汚染土壌浄化技術の選定」において、小規模な実証調査が可能と考えられるダイオキシン類汚染土壌浄化技術選定された。 ¹⁶⁾		実験
超臨界水酸化分解	高温高圧 (400°C、25Mpa) で超臨界状態にある水が持つ、溶解特性と分解特性を利用して、汚染土壌中のダイオキシン類を溶出し、酸化的に分解する。 ¹⁶⁾	・平成 11 年度環境庁「ダイオキシン類汚染土壌浄化技術の選定」において、小規模な実証調査が可能と考えられるダイオキシン類汚染土壌浄化技術選定された。 ¹⁶⁾		実験
		・旧厚生省平成 12 年度「高濃度ダイオキシン類汚染分解処理技術マニュアル」に処理技術として選定された。 ¹⁴⁾		実験

注 (*) 印は、論文中に実施年が示されていないため、発表時の年を示した。

S3 詳細資料集

3.1 分解無害化処理技術

3.1.1 前処理

(1) 分級工程、排水処理工程における測定結果

資表 3.1.1 分級工程における測定結果

	A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
	回転焼成式 分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水還元 化学分解法	金属Na 脱ハロゲン化技術	バイオクリ ーンコンポ
分級方法	解泥パレット上 で手作業で雑物 (20mm以上)を 除去した後、振 動篩で74μm以 上を除去した。	解泥槽にて金網で 雑物を除去した 後、沈降により砂 礫を除去した。(第 1段15mm以上、第2 段2mm以上)	加水後、0.5mm 篩を用いて砂、 礫、夾雑物を除 去した。	加水を行いなが ら2mmで篩い分 けした。	70mm以上の乾燥 不適物を手で除 去した。	泥土溶解槽でス ラリーを生成 後、スクリーン (3mmメッシュ) に通した。	手選別ヤードで 目立つガラ等の 夾雑物を除去し た後、5mmの網目 を通過させた。	分級せず
分級物の占める割合(実測値)(%)	46	37	45	41	1	24	28	—
分級物の占める割合 (粒径分布から推算した参考値)(%)	38	6	29	6	0	4	3	—

資表 3.1.2 排水処理工程における測定結果

分解無害化技術名		A技術	B技術	C技術	D技術	F技術	G技術	H技術
		回転焼成式 分解法	還元加熱 ・金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	高圧脱水還元 化学分解法	金属Na 脱ハロゲン化 技術	バイオクリーン コンポ
排水	水量(L)	7,463	4,842	900		5,685	1,383	排水は出ない
	ダioxin類濃度 (pg-TEQ/L)	0.80	24	66		3.2	19	
	ダioxin類量 (pg-TEQ)	K	5,970	116,208	59,374		18,192	
スクラバー排水	水量(L)	—	—	—	119	—	—	
	ダioxin類濃度 (pg-TEQ/L)	—	—	—	3,600	—	—	
	ダioxin類量 (pg-TEQ)	—	—	—	428,400	—	—	
放流水-1	水量(L)	6,397	4,662	899.6	93	5691	1340	
	ダioxin類濃度 (pg-TEQ/L)	0.097	1.5*1	0.72	0.70	0.50	0.077	
	ダioxin類量 (pg-TEQ)	L	620	6,993	648	65	2,846	
放流水-2	水量(L)	1,066	—	—	—	—	—	
	ダioxin類濃度 (pg-TEQ/L)	0.32	—	—	—	—	—	
	ダioxin類量 (pg-TEQ)	M	340	—	—	—	—	
排水処理除去率-1	(K-L)/K×100 (%)	87.9*2	94.0	98.9	99.9*2	84.4	99.6	
排水処理除去率-2	(K-M)/K×100 (%)	60.0*2	—	—	—	—	—	

注 E, H 技術は排水処理工程無し。

*1 環境基準を超過しているが、排水基準は満足している。 *2 濃度比から算出した。

(2) 前処理工程における分析結果の詳細（総括表）

資表 3.1.3 前処理工程における分析結果の詳細

分解無害化技術名			A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術
			回転焼成式 分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水 還元化学 分解法	金属Na脱ハロ ゲン化技術	バイオクリ ンコンポ
原泥	総重量(kg-wet)		2,759	3,756	1,030	121	1,526	1,954	1,640	594
	含水率(%)		49.0	50.9	48.4	38.0	45.9	48.9	48.0	42.7
	総乾燥重量(kg-dry)		1,407	1,844	531	75	826	998	853	340
	水分(kg)		1,352	1,912	498	46	700	956	787	254
	濃度(pg-TEQ/g)		510	580	570	520		520	510	410
ダioxin類量(ng-TEQ)		717,535	1,069,583	302,929	38,619		519,219	434,849	139,548	
使用した原泥	総重量(kg-wet)	a	2,759	3,756	1,030	121	1,526	1,954	1,640	594
	含水率(%)		49.0	50.9	48.4	38.0	45.9	48.9	48.0	42.7
	総乾燥重量(kg-dry)	b	1,407	1,844	531	75	819	998	853	340
	水分(kg)		1,352	1,912	498	46	707	956	787	254
	濃度(pg-TEQ/g)	c	510	580	570	520*	650	520	510	410
ダioxin類量(ng-TEQ)	d	717,535	1,069,583	302,929	38,868	532,423	519,219	434,849	139,548	
分級物-1	総重量(kg-wet)	e	788	730	316	41	6	241	100	
	含水率(%)		18.6	20.6	24.8	27.0	0		16.9	
	総乾燥重量(kg-dry)	f	641	580	238	30	6	241	83	
	水分(kg)		146	150	78	11	0	0	17	
	濃度(pg-TEQ/g)		19	150	150					
ダioxin類量(ng-TEQ)	g	12,180	86,973	35,646						
分級による物質残存率(%)dry		54.4	68.6	55.3	60.0	99.2	75.9	90.2		
分級物-2	総重量(kg-wet)			105		0.6			198	
	含水率(%)			0.0		0.0			20.8	
	総乾燥重量(kg-dry)			105		0.6			157	
	濃度(pg-TEQ/g)			-						
	ダioxin類量(ng-TEQ)			-						
分級による物質残存率(%)dry			62.9		59.3			71.8		
薬品等添加物	総重量(kg-wet)	h	45	192	8	0.46		23	12	
	添加率(%)	i	0.01	0.02	0.003	0.001		0.0	0.003	
	総乾燥重量(kg-dry)	j	45	192	8	0.46		23	12	
添加水	総重量(kg-wet)	k	2,754	3,456	256	93		4,605	719	
	含水率(%)	l	4,869	6,569	979	173	1,520	6,359	2267	
脱水・乾燥前底質	含水率(%)		84.6	77.7	69.2	81.0	46.1	88.1	66.1	
	総乾燥重量(kg-dry)	m	750	1,465	301	44	819	757	769	
	水分(kg)		4,119	5,104	677	128	701	5,602	1,497	
	濃度(pg-TEQ/g)		1,040	772	840	1,000	650	1,000	510	
	ダioxin類量(ng-TEQ)	n	779,779	1,130,961	253,242	44,303	532,376	756,678	392,365	
脱水ろ液量	ろ液量(l)	r	3,562	4,562	568	76		5,124	1,118	
	濃度(pg-TEQ/L)	s	0.80	24	66	2.8		3.2	19	
	濃度(ng-TEQ/m ³ N)	t					25,058		275	
前処理底質	濃度(ng-TEQ/m ³ N)	u					0.000030		0.31	
	総重量(kg-wet)	v	1,208	2,007	425	60	801	1,233	592	
含水率(%)		39.2	36.4	29.3	41.7	0.8	38.7	0.0		
総乾燥重量(kg-dry)	w	734	1,276	300	35	795	756	592		
水分(kg)		474	731	125	25	6	477	0		
濃度(pg-TEQ/g)		1,000	650	880	1,000	540	1,100	540		
ダioxin類量(ng-TEQ)	x	734,464	829,694	264,418	34,980	429,080	831,393	319,680		
乾燥・脱水工程におけるダioxin類残存率(dry) n/x × 100 (%)		106	136	95.8	127	124	91.0	123		
乾燥・脱水工程における物質残存率(dry) w/m × 100 (%)		98.0	87.1	99.7	79.0	97.0	99.9	76.9		
乾燥・脱水工程における物質残存率(wet) v/(1-r) × 100 (%)		92.4	100.0	103.5	61.8	52.7	99.9	51.5		
前処理によるダioxin類残存率 (「前処理底質」ng-TEQ/「原泥+薬品」ng-TEQ) (%) X/d × 100 (%)		102	77.6	87.3	90.0	80.6	160	73.5		
前処理によるダioxin類残存率 (「前処理底質+分級物」ng-TEQ/「原泥+薬品」 ng-TEQ) (%) (X+g)/d × 100 (%)		104	85.7	99.1	分級物未測定 により 把握できず	80.6	分級物未測定 により 把握できず	分級物未測定 により 把握できず		
前処理による物質残存率 (「前処理底質+分級物」kg-ds/「原泥+薬品」 kg-ds) (%) (W+f)/(b+j) × 100 (%)		94.7	96.3	99.8	86.3	97.8	97.5	96.3		
前処理底質(kg-wet)と原泥(kg-wet)の比率 v/a × 100 (%)		43.8	53.4	41.3	49.8	52.5	63.1	36.1		

注 緑色のセルは自主測定値を示した。水色のセルは、未使用底質が生じた技術について、前処理底質の物質量を基本として、各工程における物質量を未使用底質が生じなかった場合の物質量に換算し直した値を示した。

* 配布底質濃度平均値で計算

(3) 前処理工程における物質収支の比較 (総括図)

●グラフの見方の例

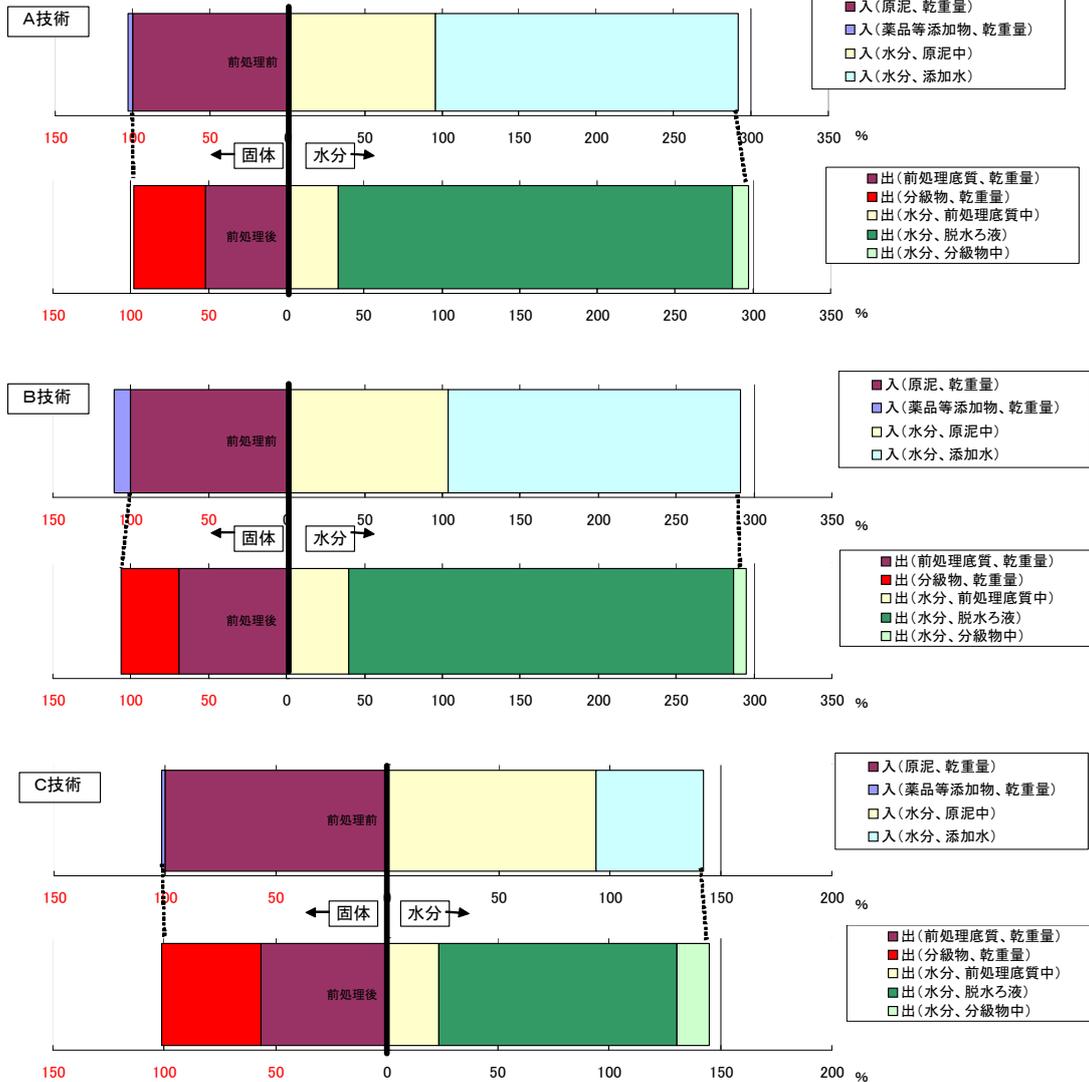
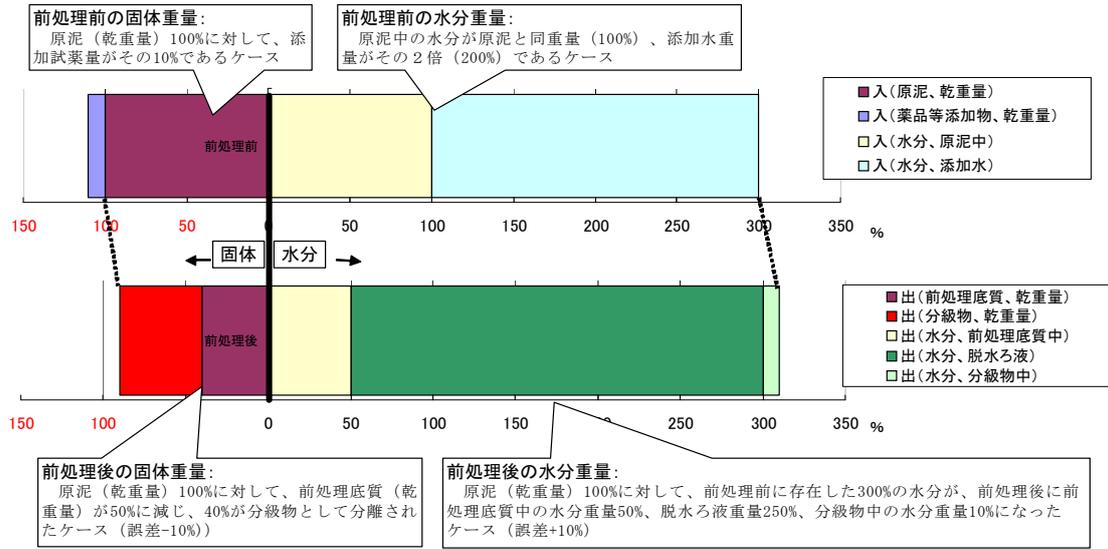
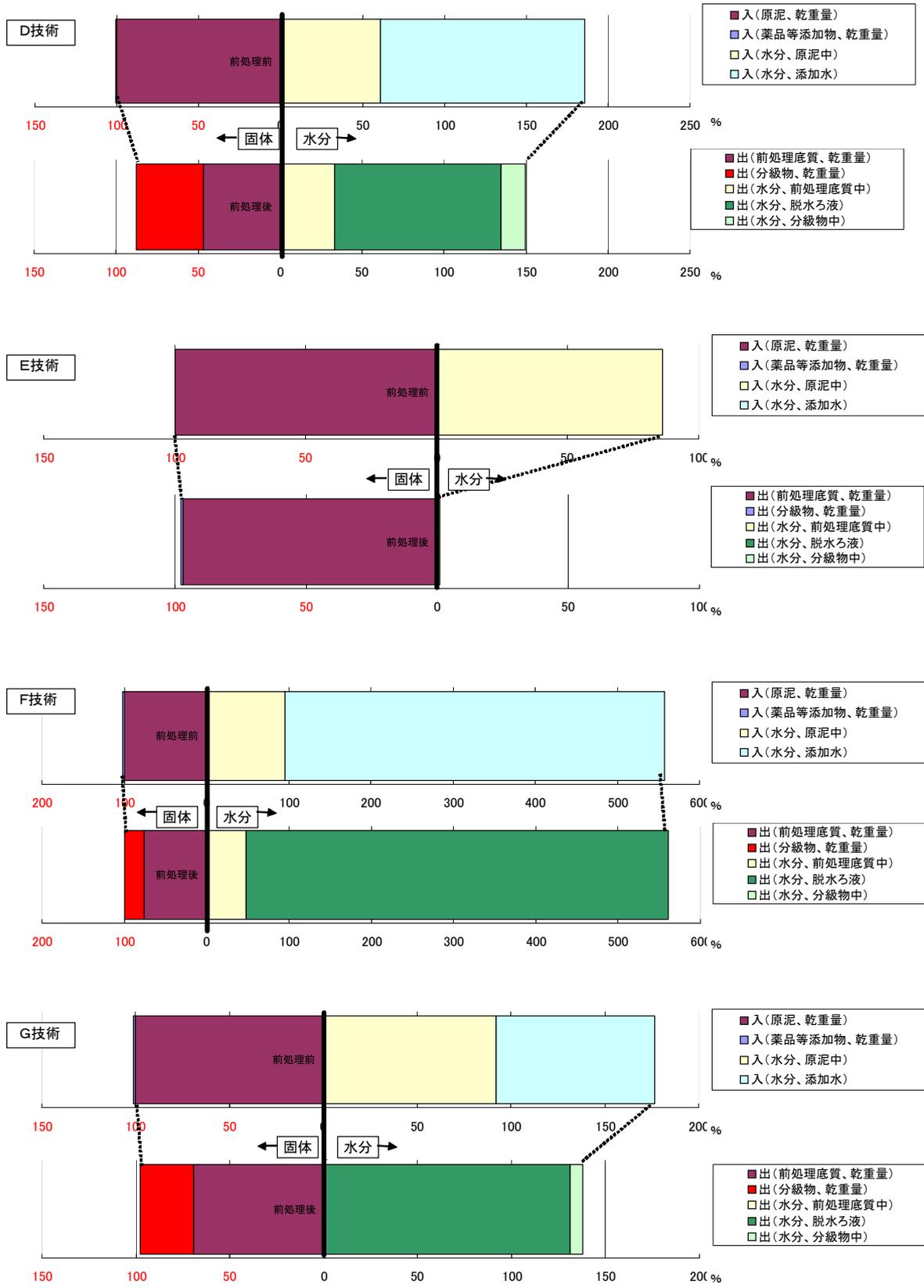
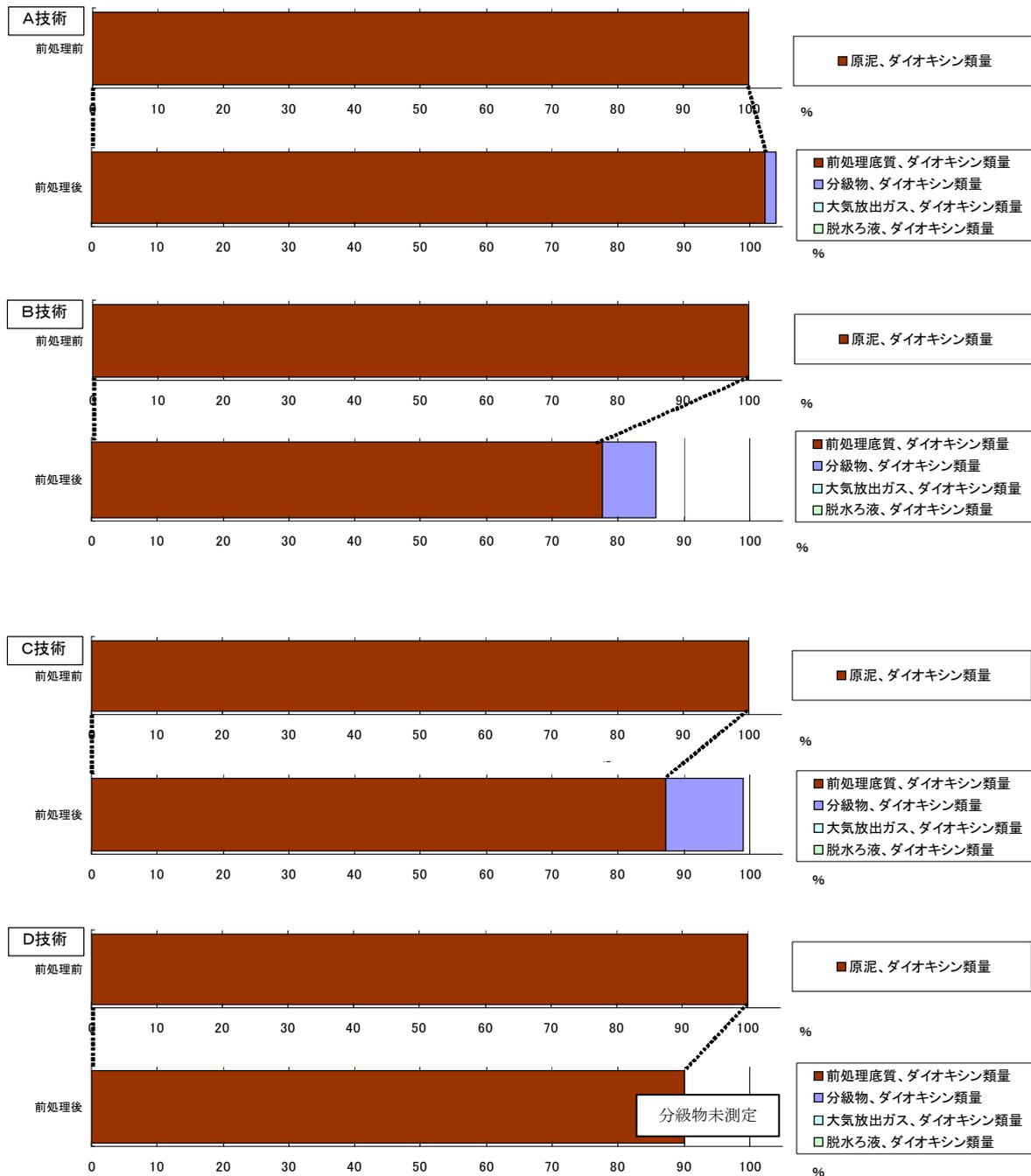


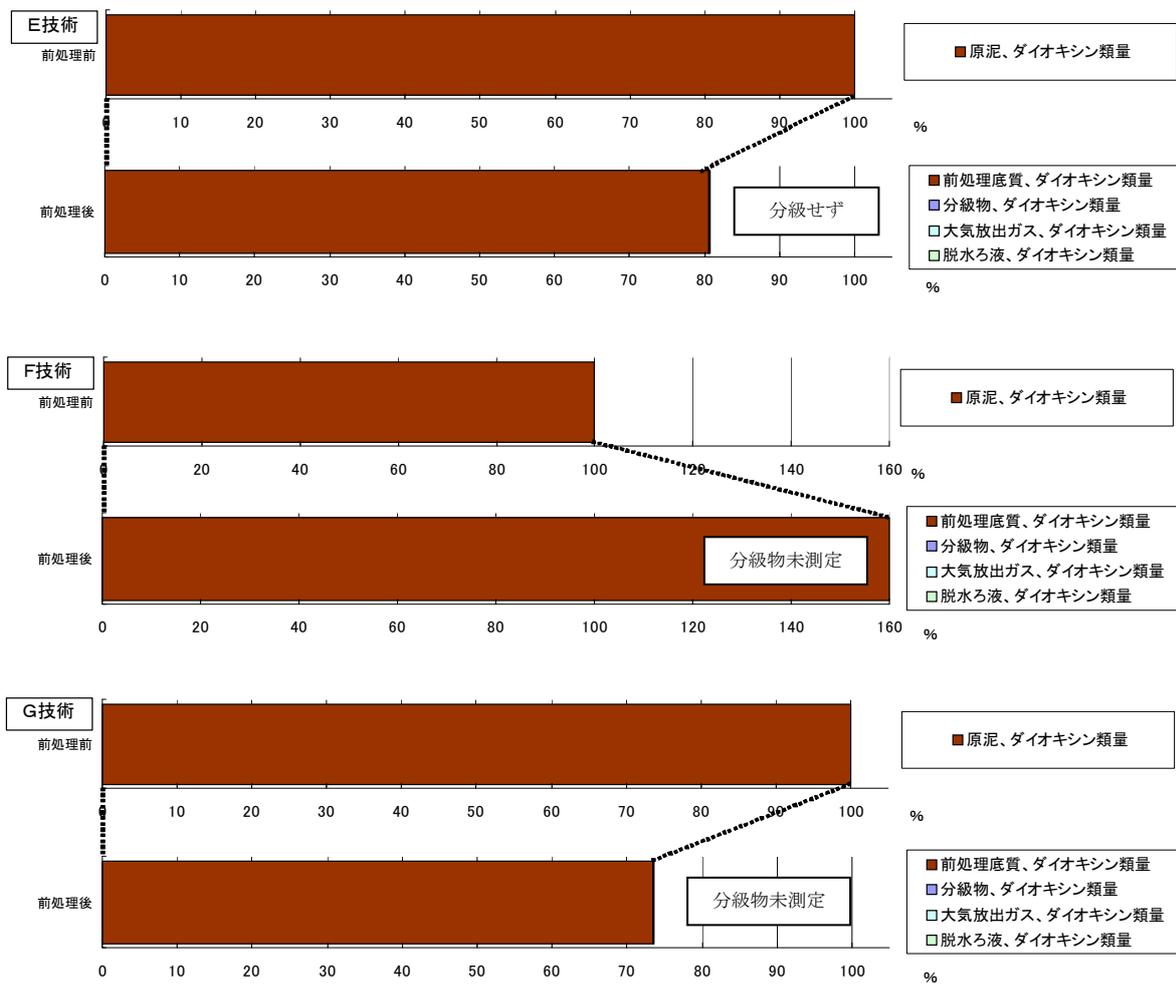
図 3.1.1 (1) 各技術の前処理時物質収支の比較



資図 3.1.1 (2) 各技術の前処理時物質収支の比較



資図 3.1.2 (1) 各技術の前処理時ダイオキシン類収支の比較



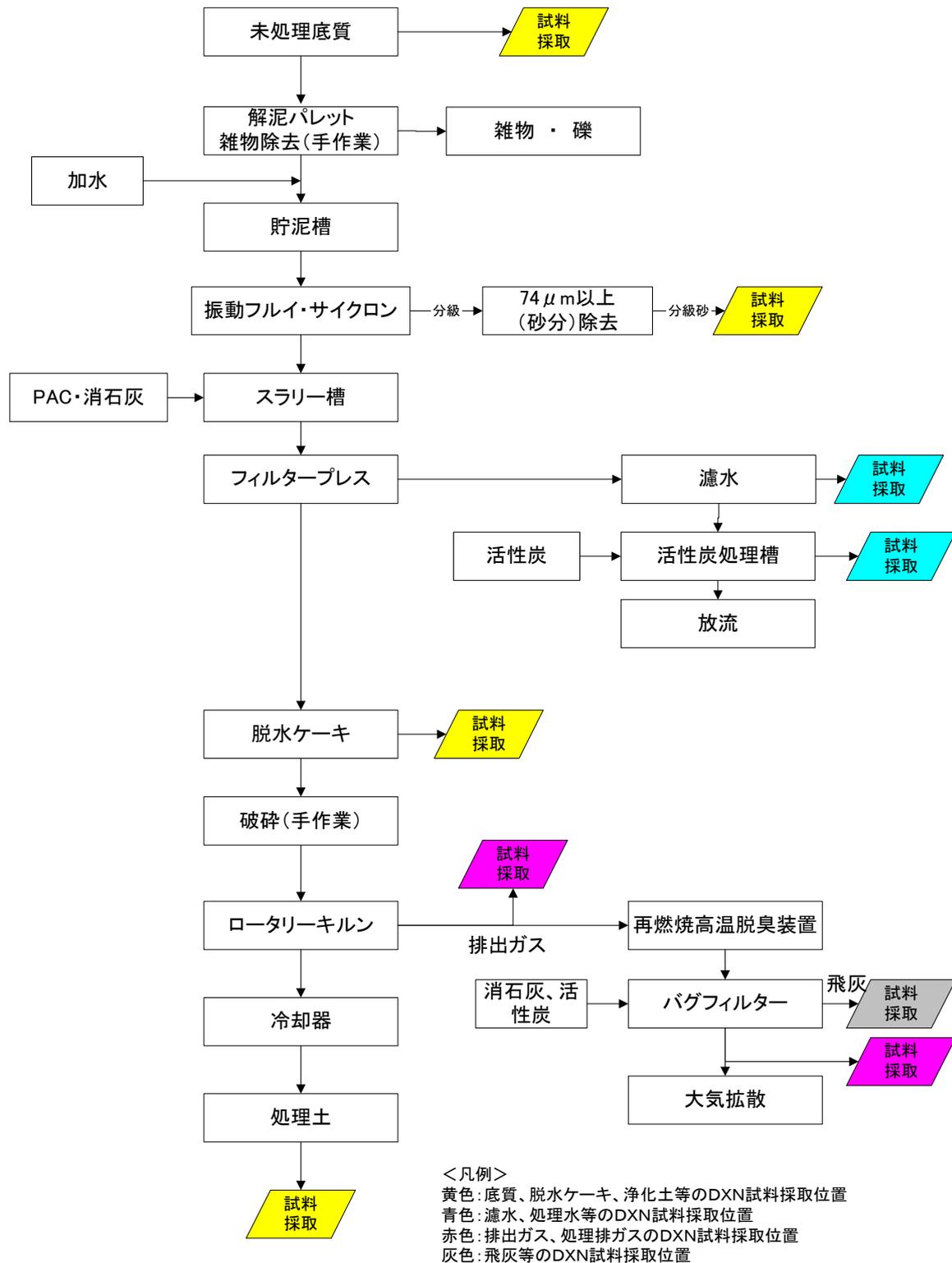
資図 3.1.2 (2) 各技術の前処理時ダイオキシン類収支の比較

3.1.2 分解無害化処理

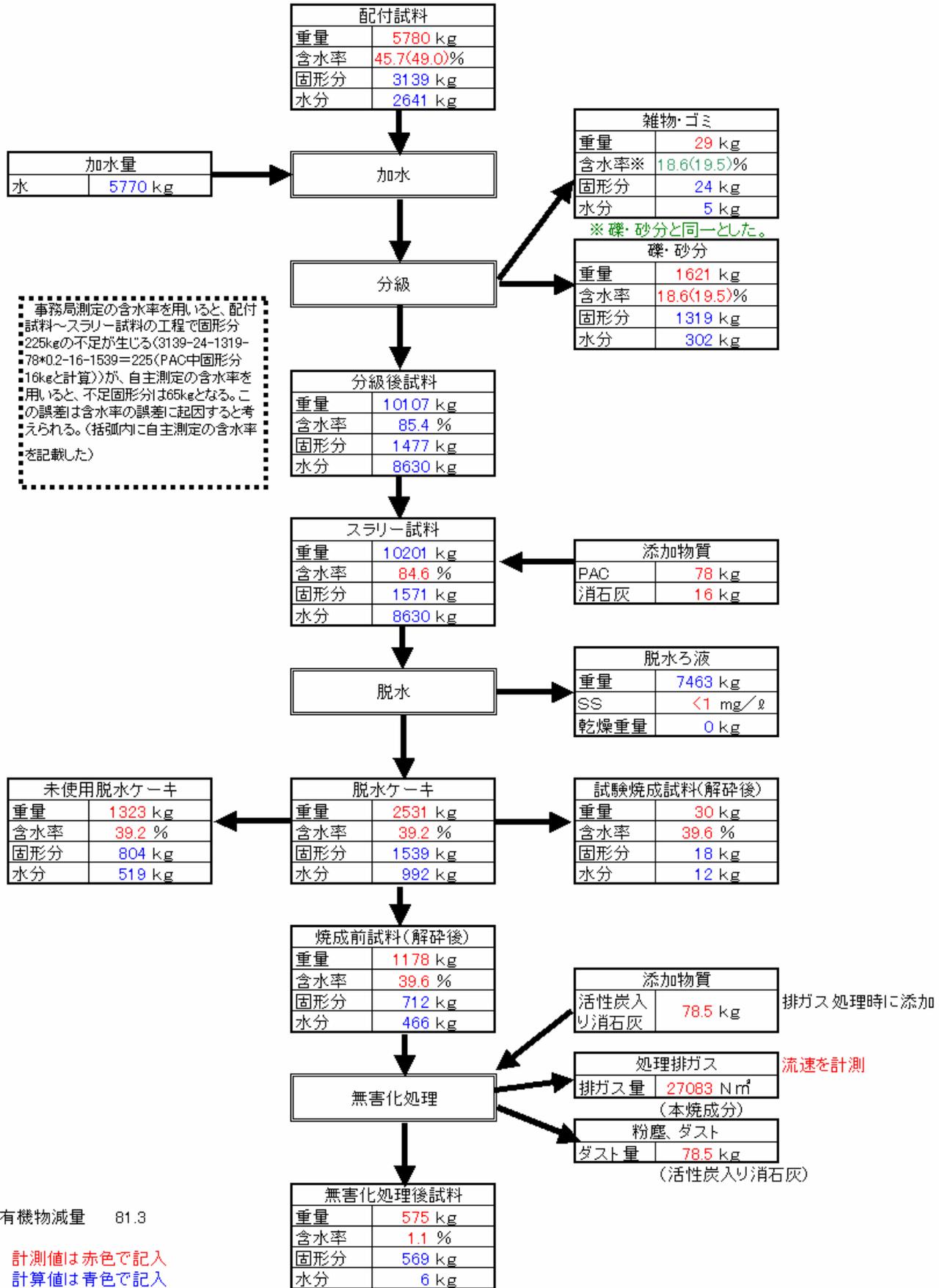
(1) 各技術の結果

技術工法名：回転焼成式分解法

技術名：A技術



A 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）

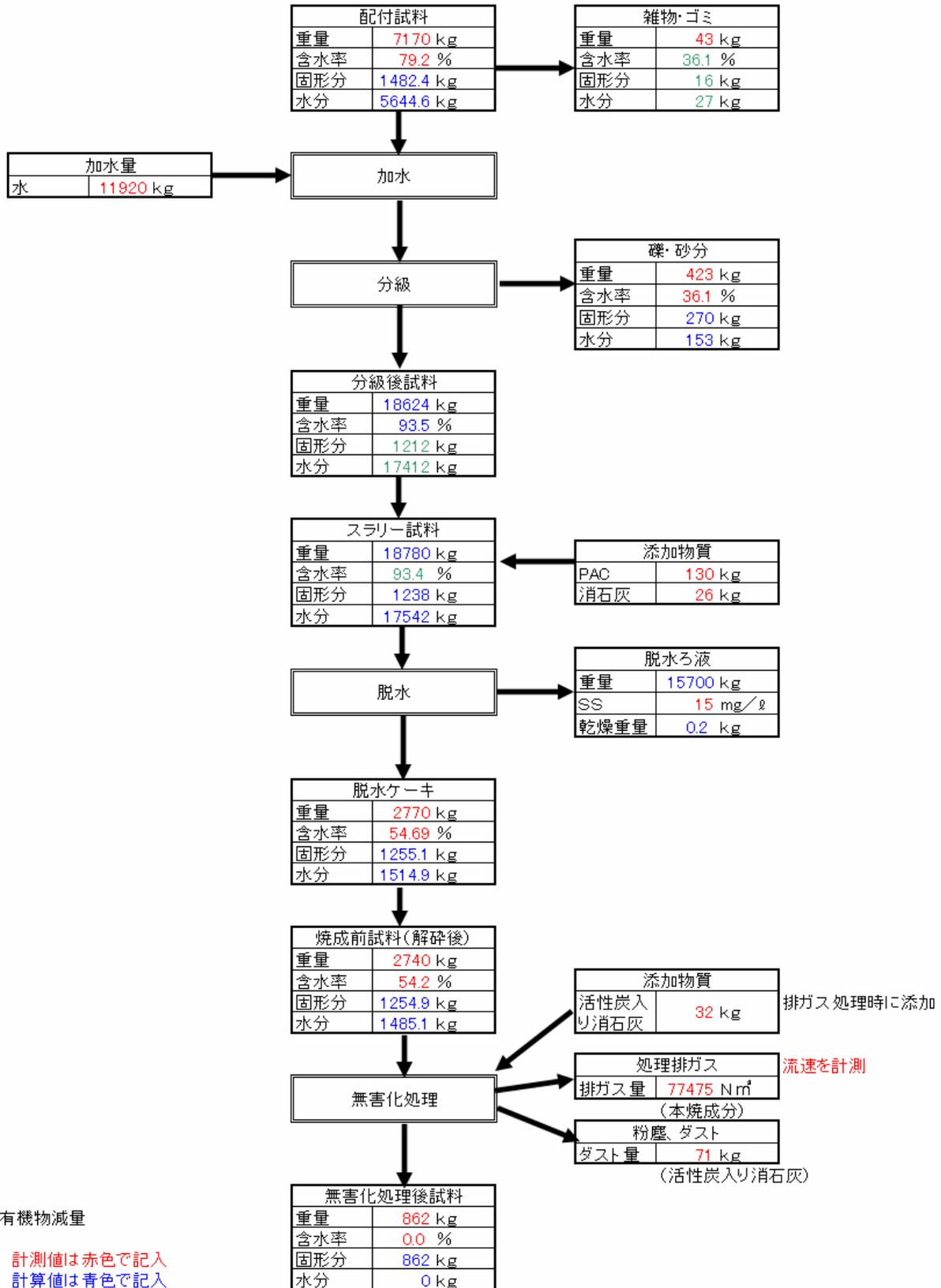


有機物減量 81.3

計測値は赤色で記入
計算値は青色で記入
想定数値は緑色で記入

未処理試料は処理をしなかった試料及び調整用に使用した試料とする。

A 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 18 年度実用化試験）



有機物減量

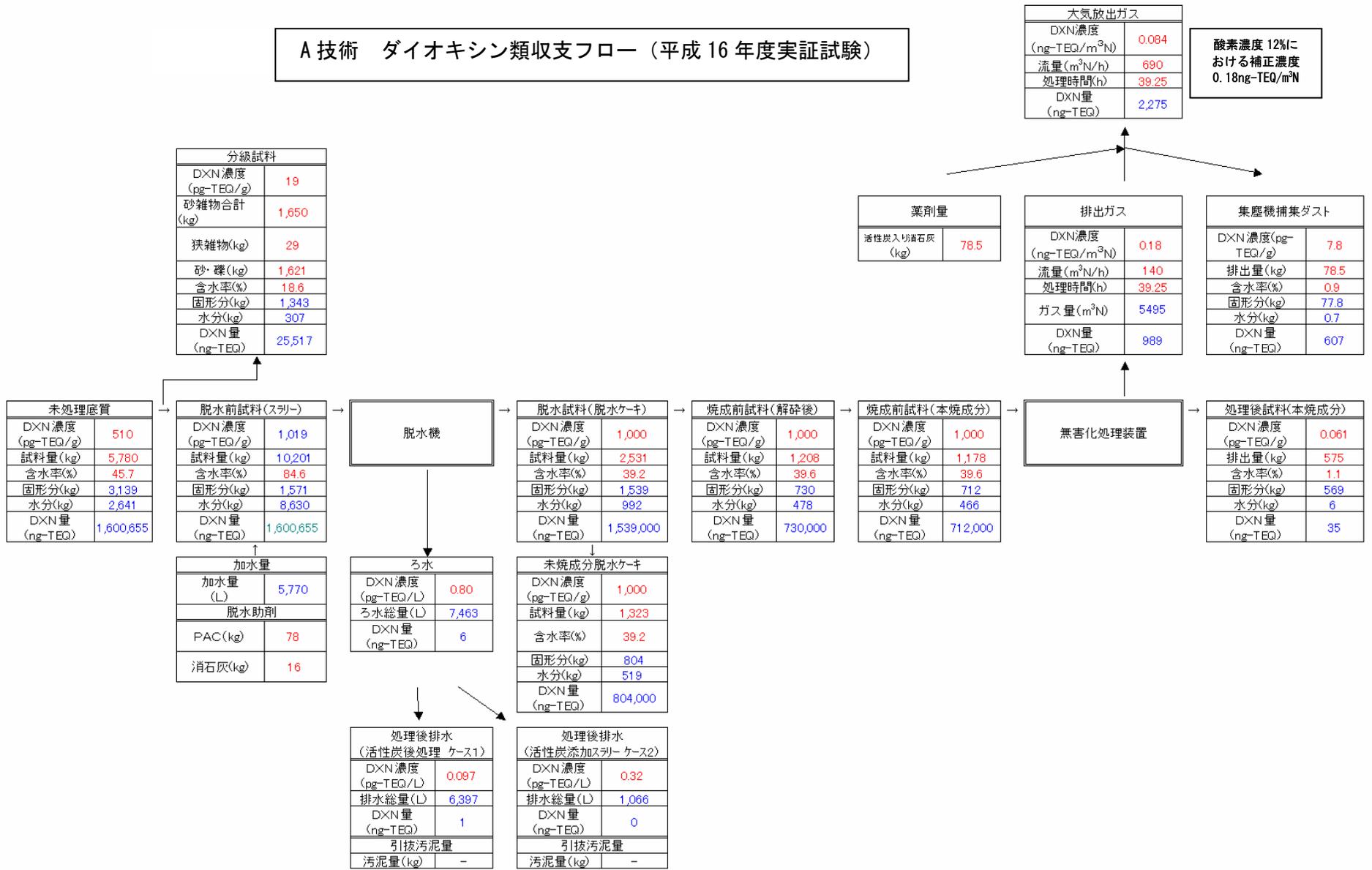
計測値は赤色で記入

計算値は青色で記入

想定数値は緑色で記入

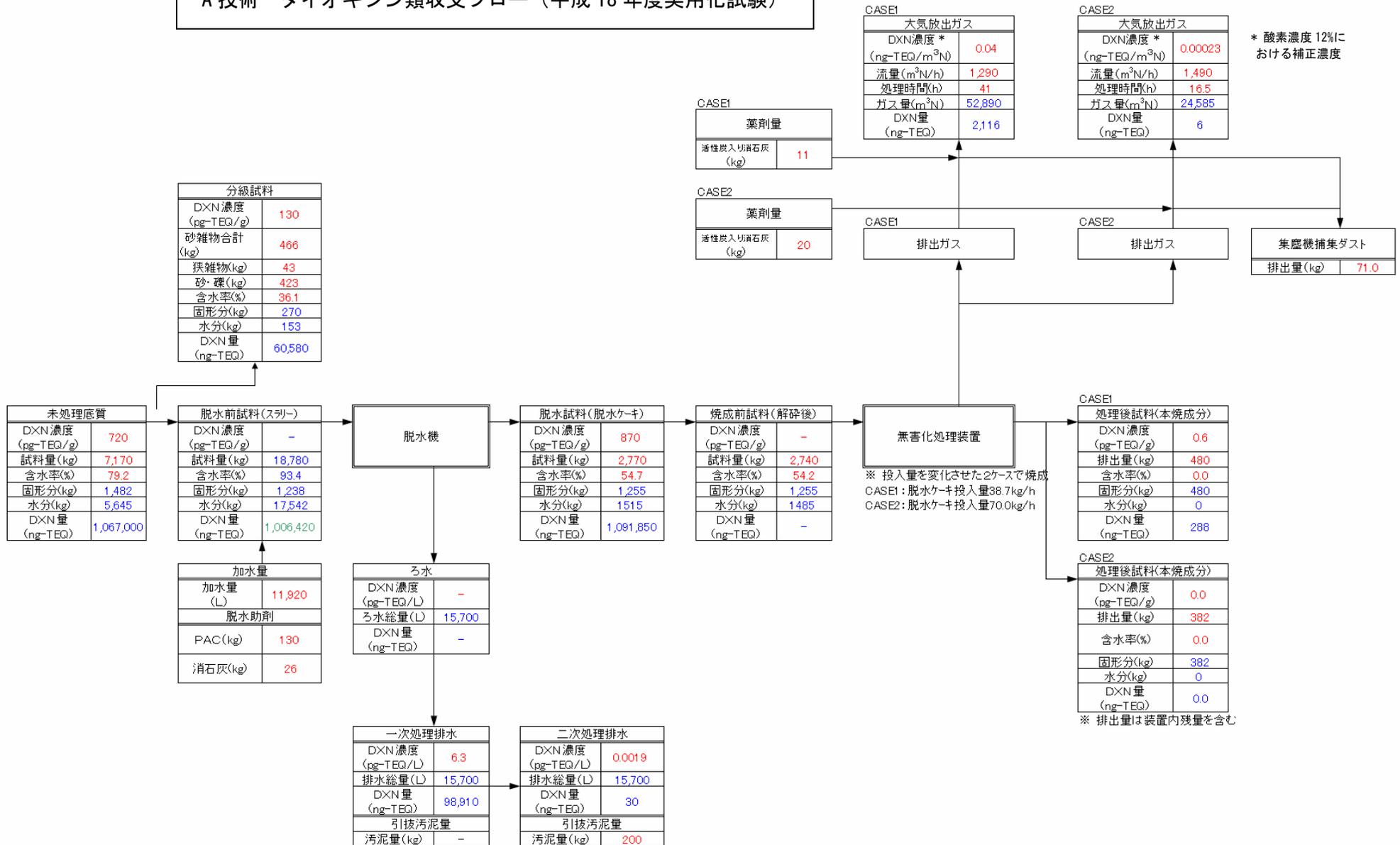
未処理試料は処理をしなかった試料及び調整用に使用した試料とする。

A 技術 ダイオキシシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験）

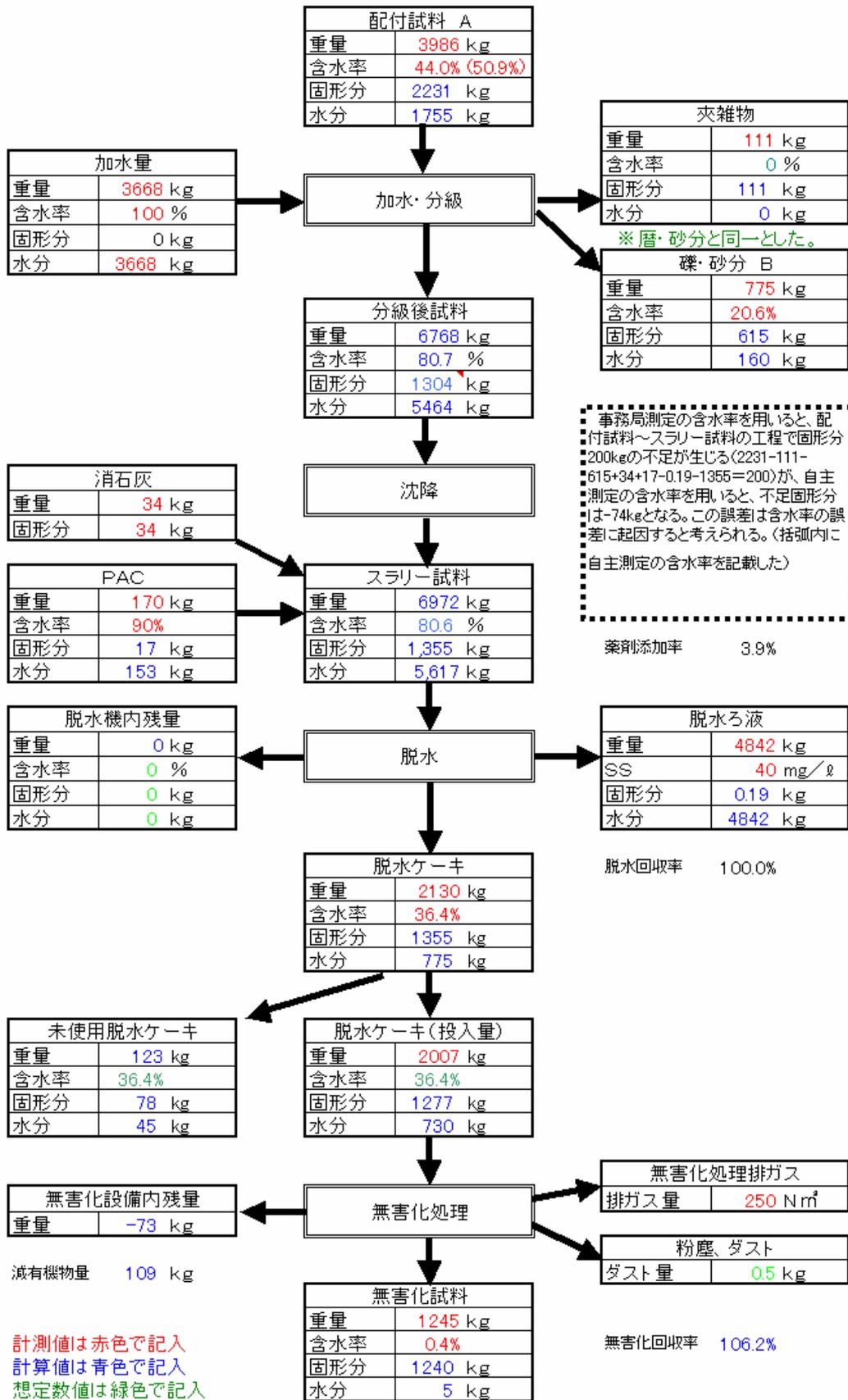


A 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 18 年度実用化試験）

3-12

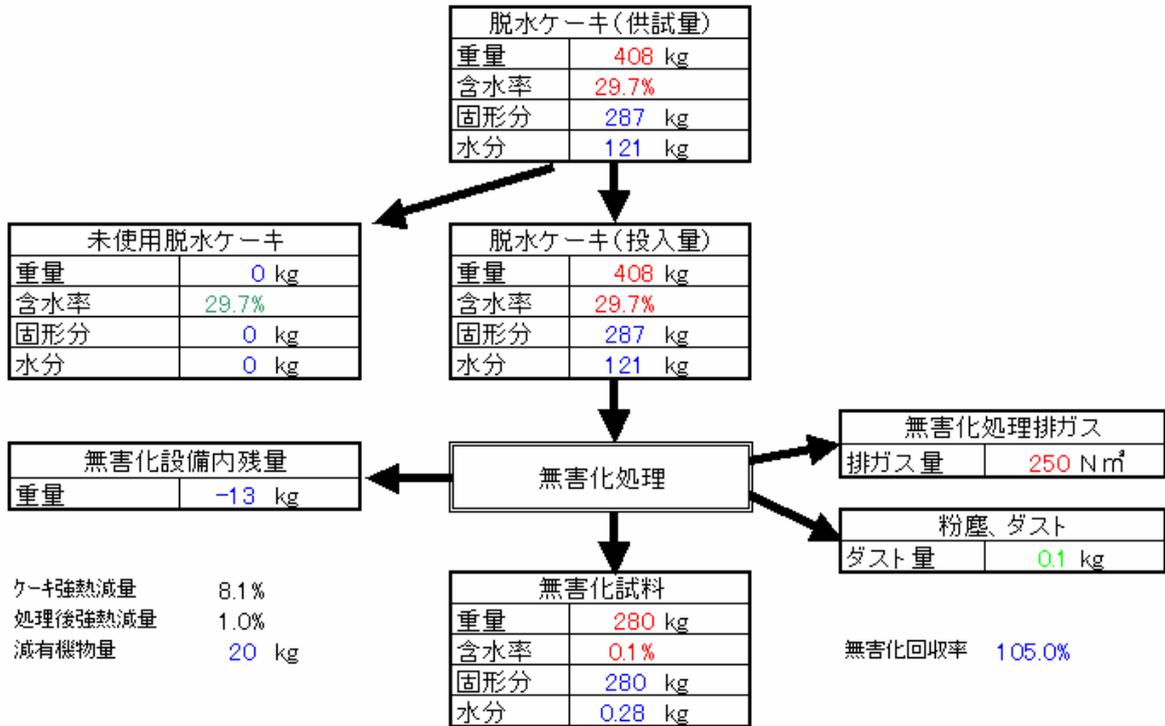


B 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



計測値は赤色で記入
 計算値は青色で記入
 想定数値は緑色で記入
 未処理試料は処理をしな
 かった試料及び調整用に
 使用した試料とする。

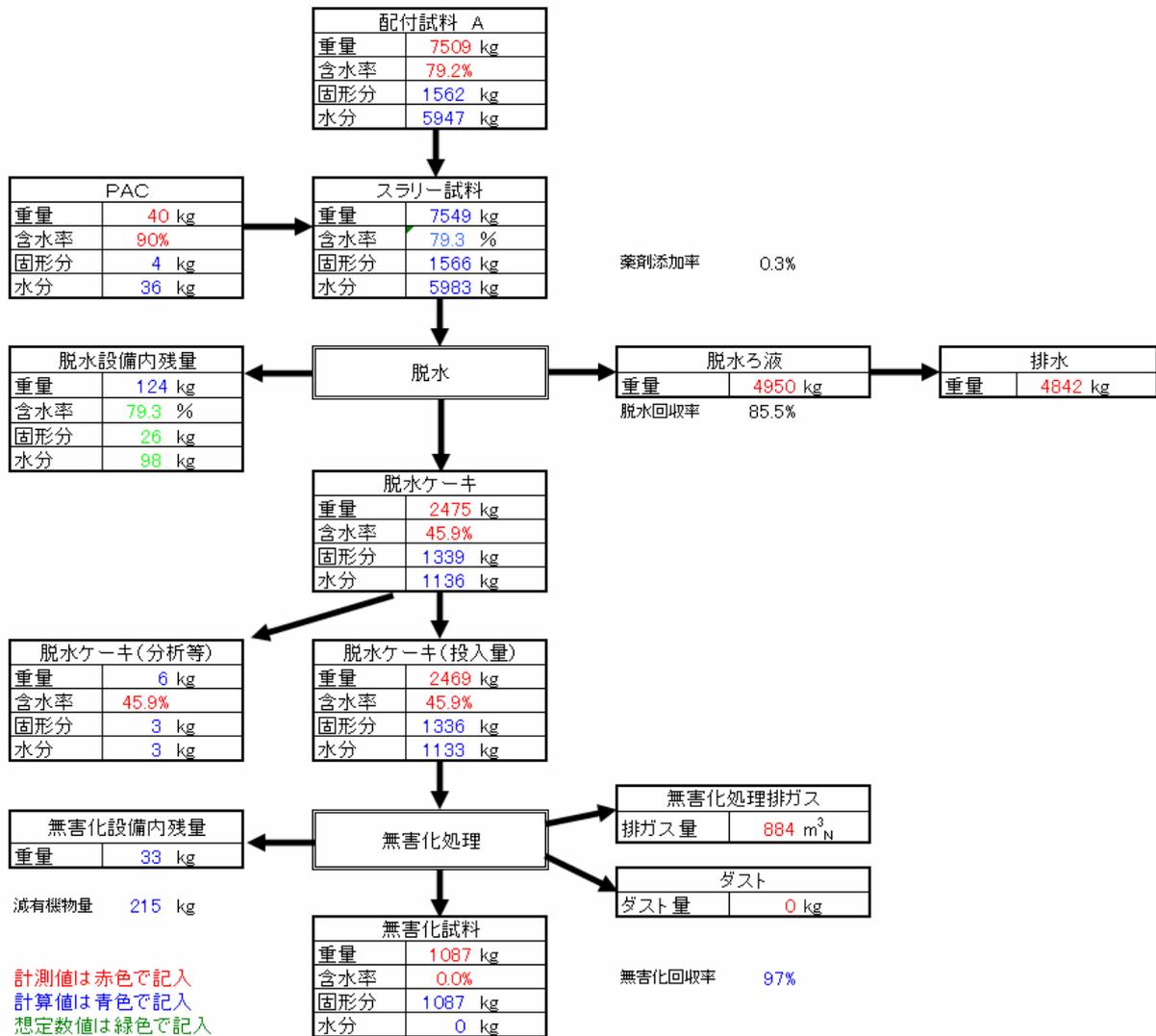
B 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 17 年度実証試験再試験）



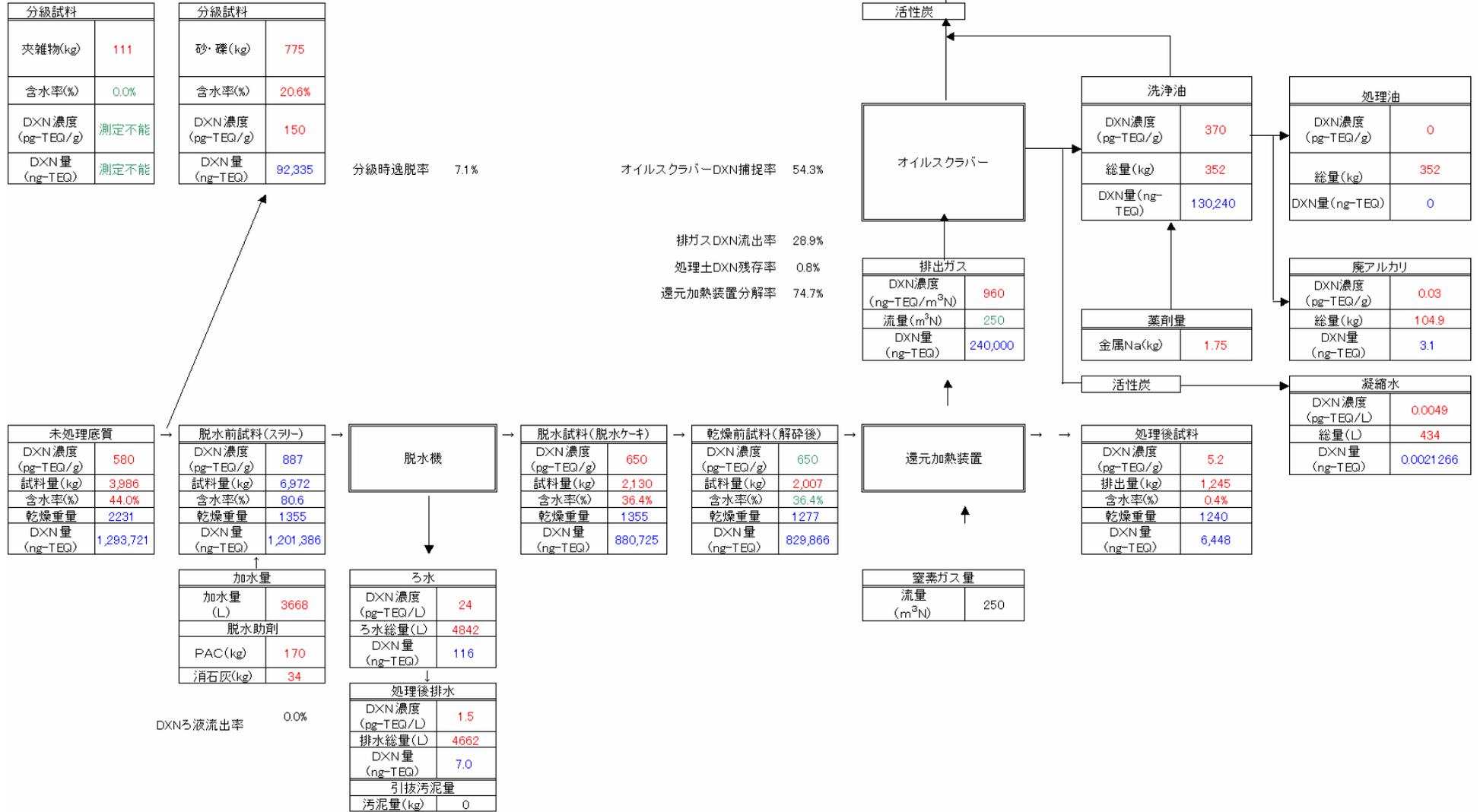
計測値は赤色で記入
 計算値は青色で記入
 想定数値は緑色で記入

強熱減量を考慮した回収率
 強熱減量を考慮すると
 $287 - (287 \times 0.081 - 280 \times 0.01) = 267$
 実測値/計算値 = $280 / 267 \times 100 = 105(\%)$

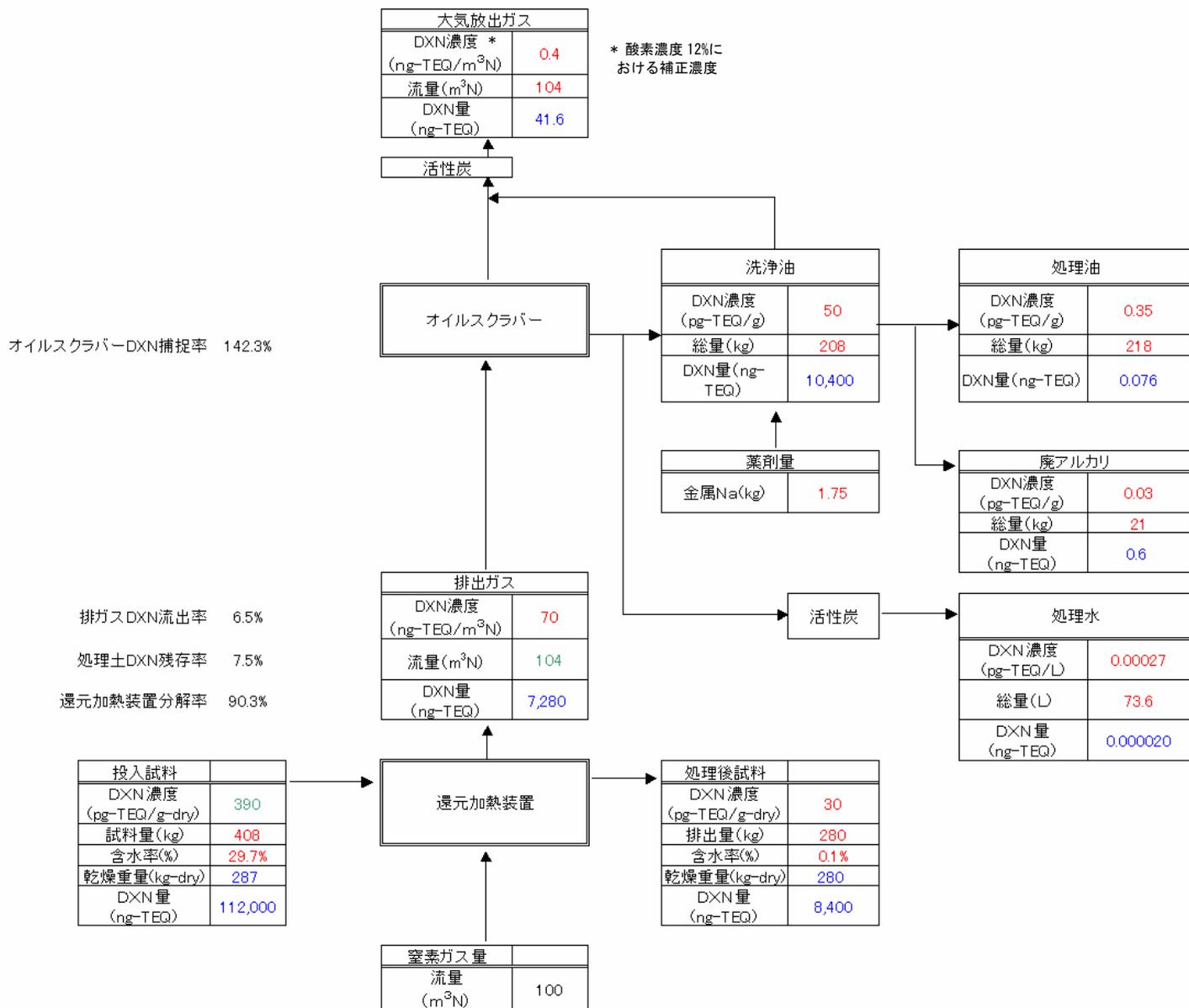
B 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 18 年度実用化試験）



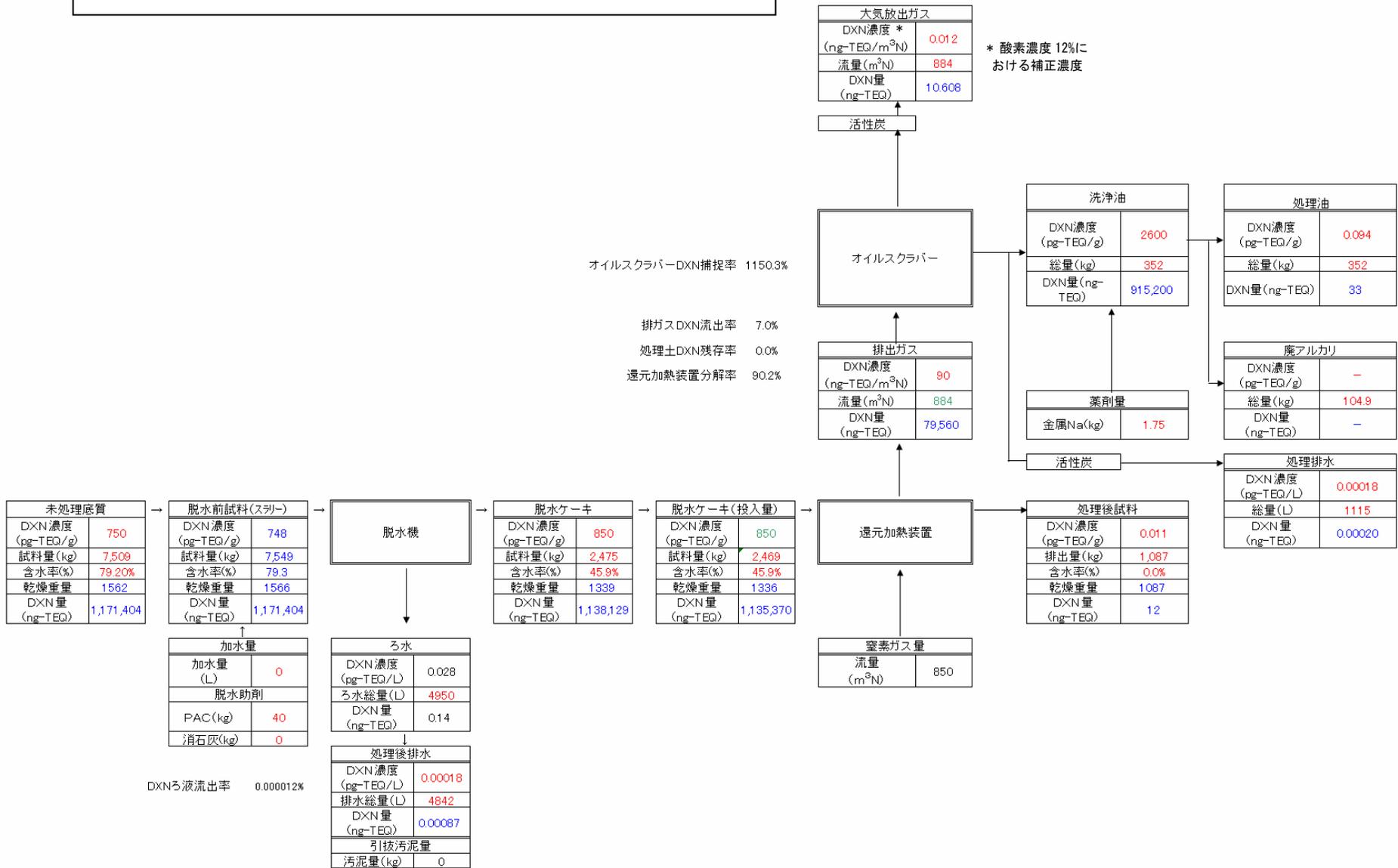
B 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験）



B 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 17 年度実証試験再試験）

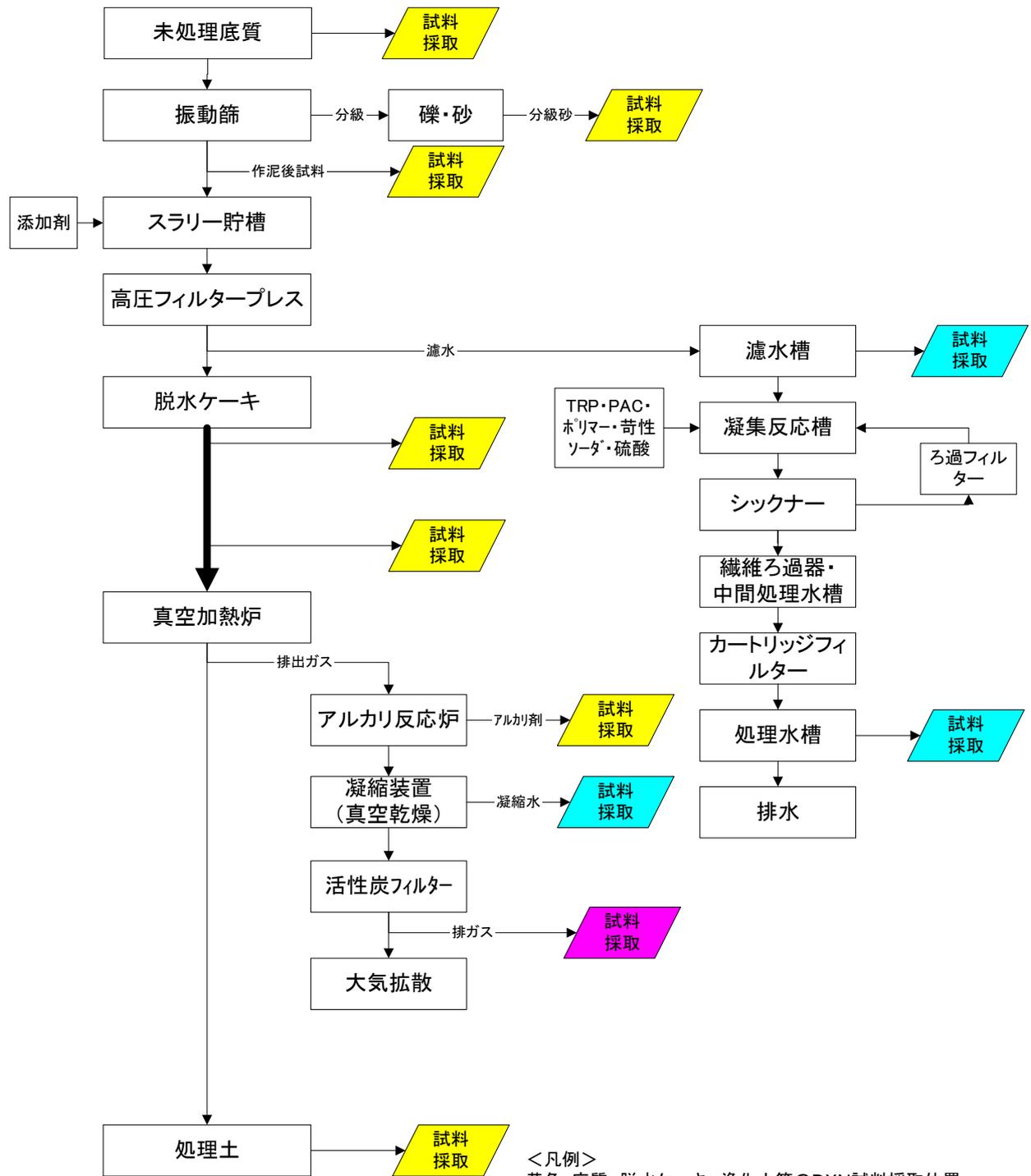


B 技術 ダイオキシシン類収支フロー（平成 18 年度実用化試験）



技術工法名：真空加熱法

技術名：C技術



<凡例>

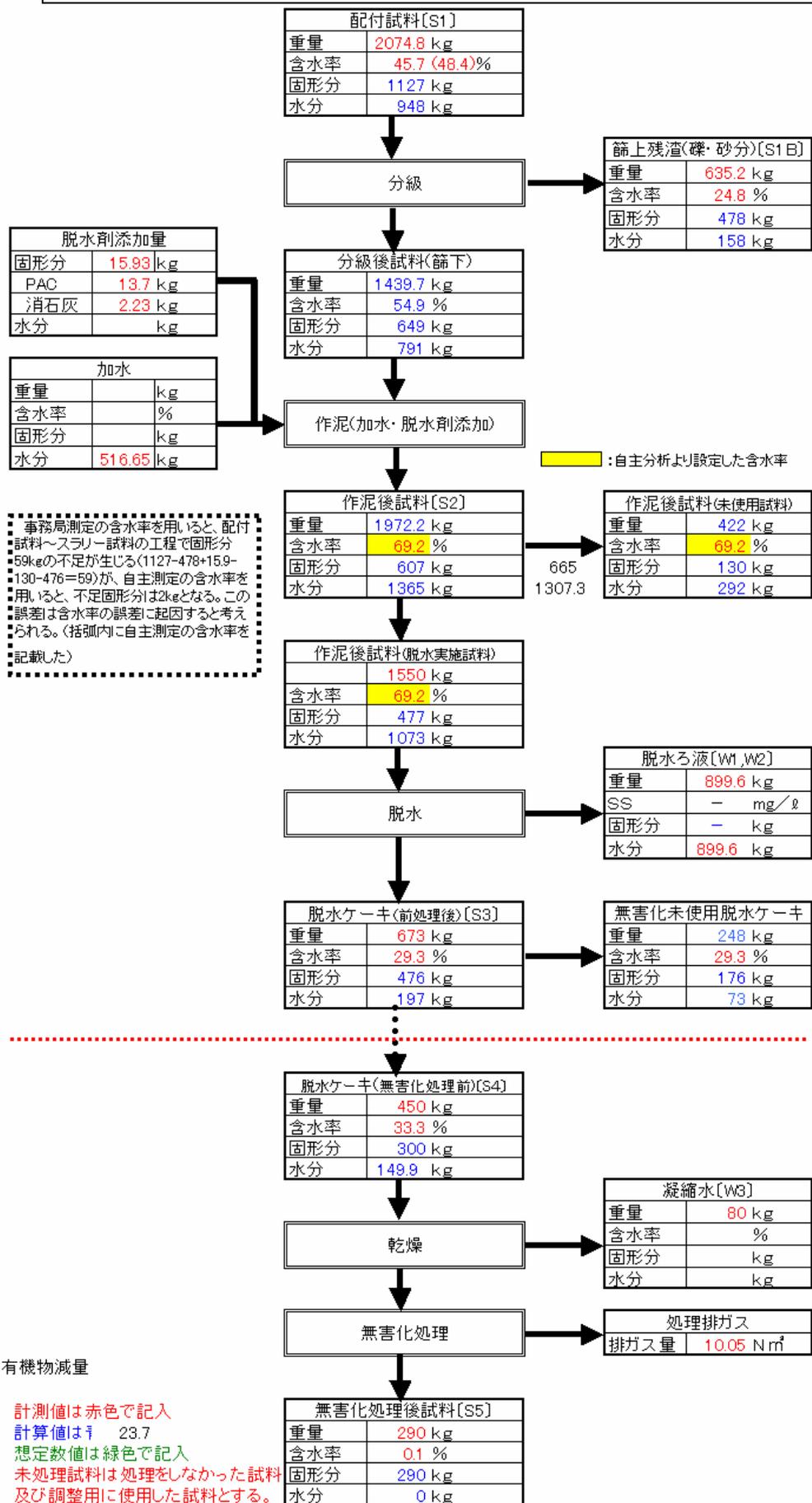
黄色：底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置

青色：濾水、処理水等のDXN試料採取位置

赤色：排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置

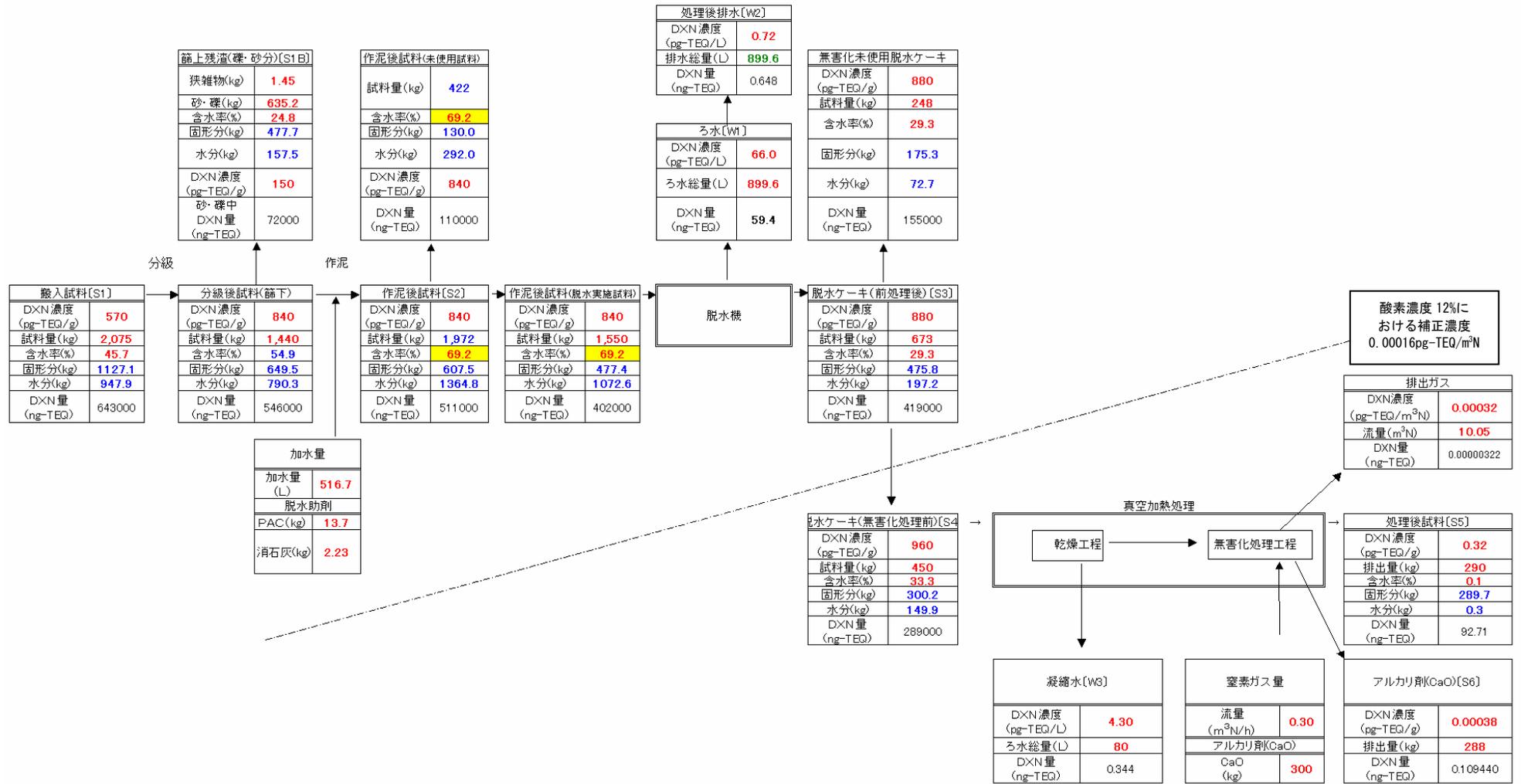
太字矢印：前処理と分解無害化処理の場所が異なり、試料の移動がある位置を示す。

C 技術 分解無害化実証試験処理量総括図 (平成 16 年度実証試験)



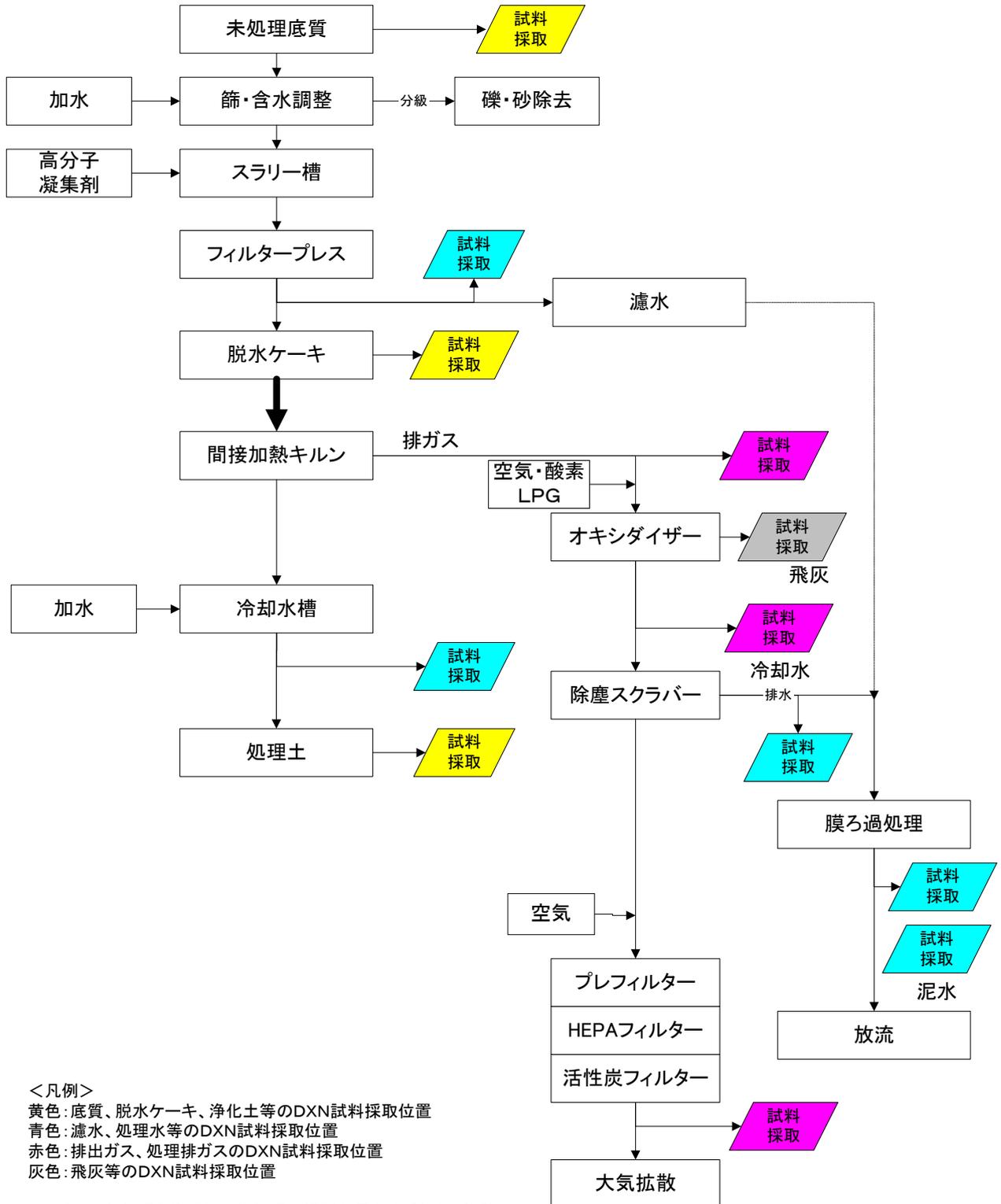
C 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験）

3-22



技術工法名：還元加熱法

技術名：D 技術



< 凡例 >

黄色：底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置

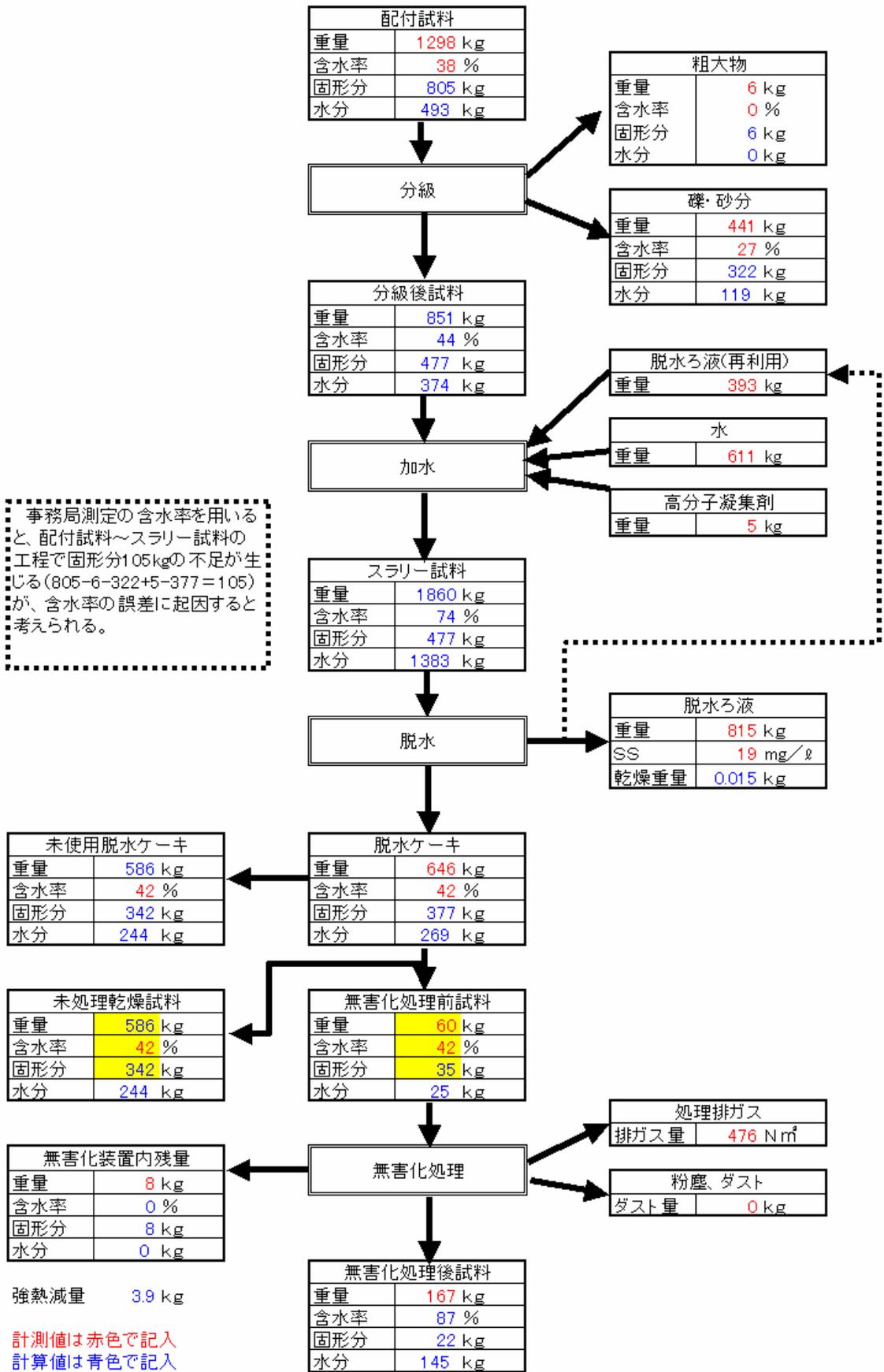
青色：濾水、処理水等のDXN試料採取位置

赤色：排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置

灰色：飛灰等のDXN試料採取位置

太字矢印：前処理と分解無害化処理の場所が異なり、試料の移動がある位置を示す。

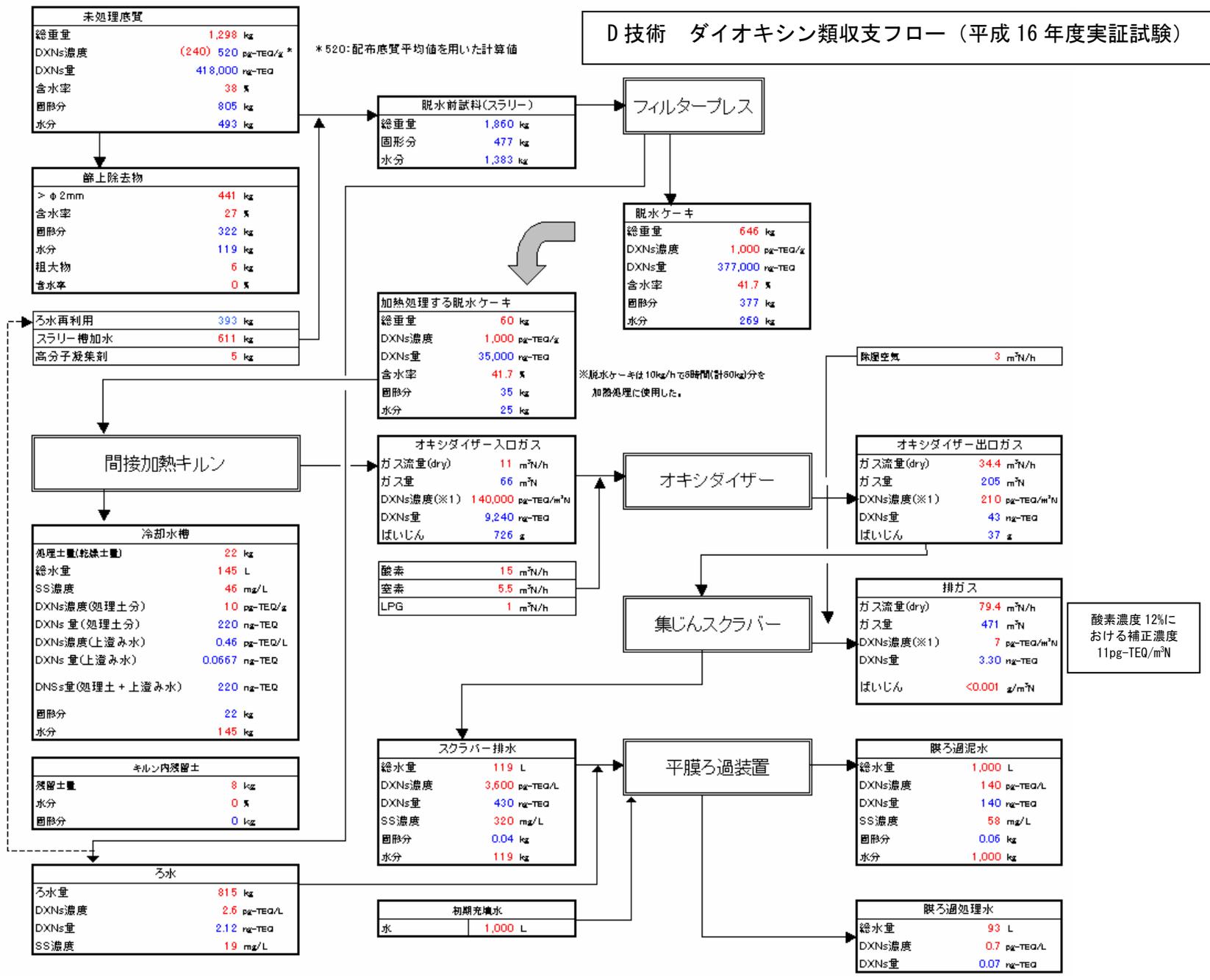
D 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



事務局測定の含水率を用いると、配付試料～スラリー試料の工程で固形分105kgの不足が生じる(805-6-322+5-377=105)が、含水率の誤差に起因すると考えられる。

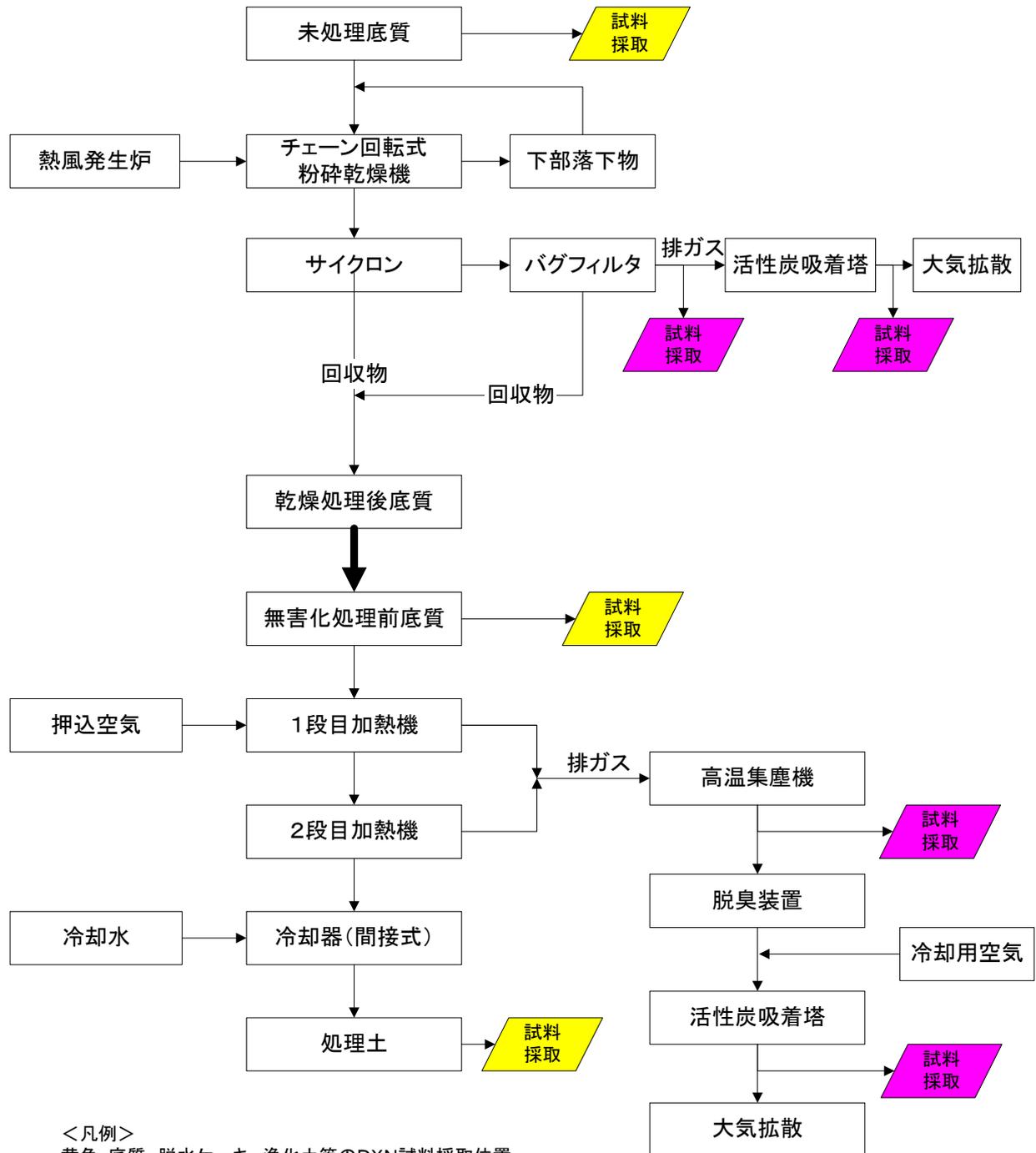
計測値は赤色で記入
 計算値は青色で記入
 想定数値は緑色で記入
 未処理試料は処理をしなかった試料及び調整用に使用した試料とする。

D技術 ダイオキシン類収支フロー（平成16年度実証試験）



技術工法名：間接加熱酸化分解法

技術名：E 技術

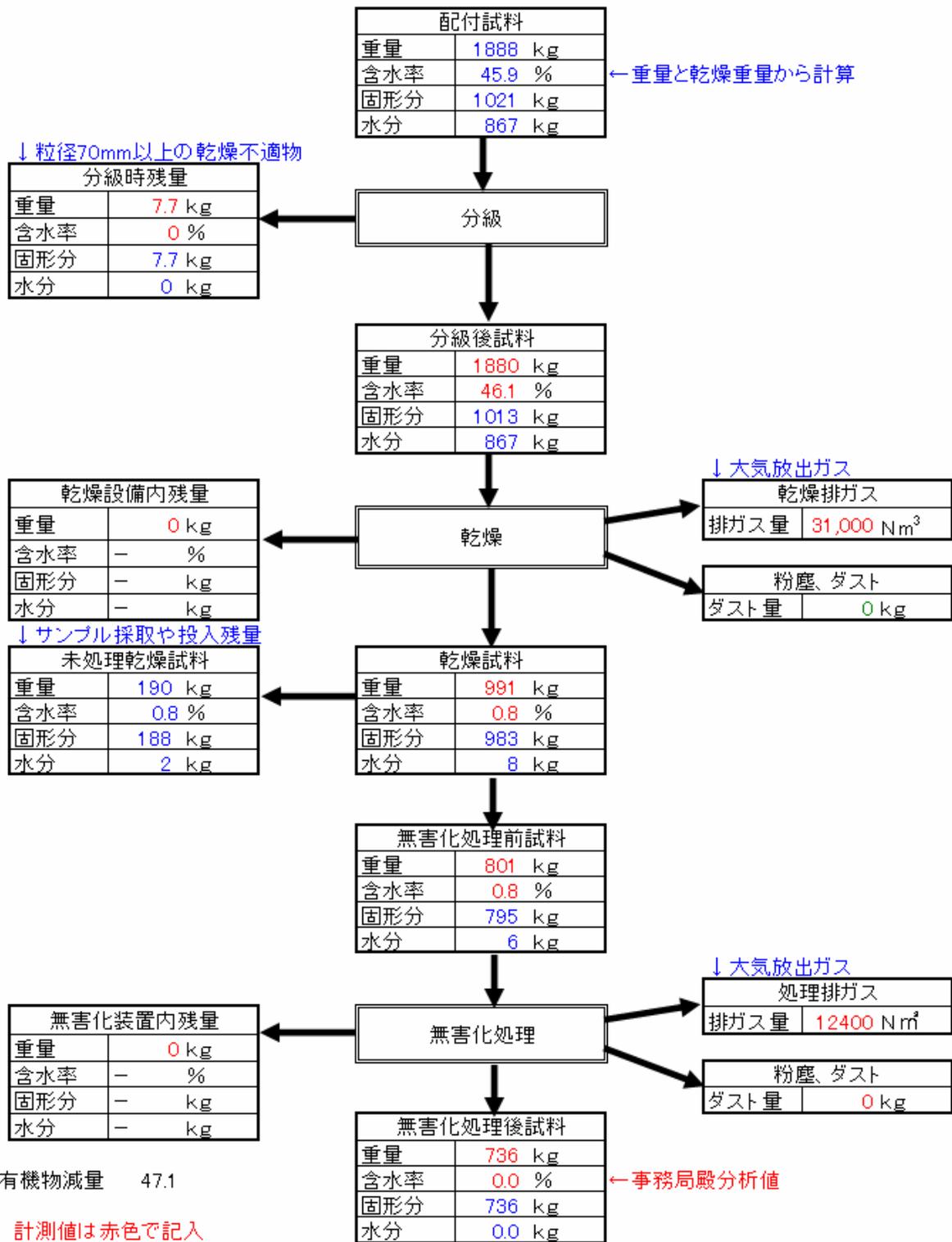


<凡例>

黄色：底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置
 赤色：排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置

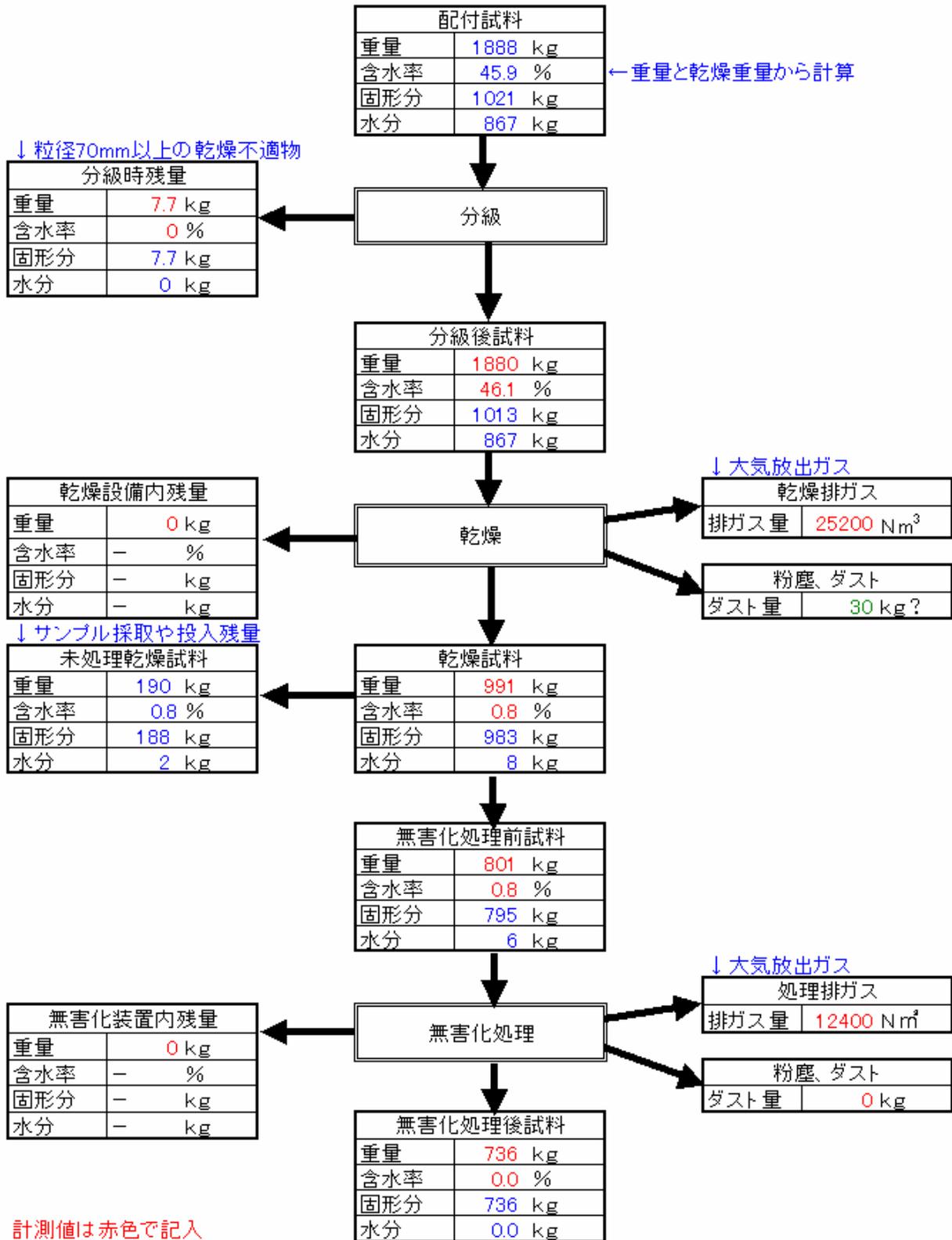
太字矢印：前処理と分解無害化処理の場所が異なり、試料の移動がある位置を示す。

E 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



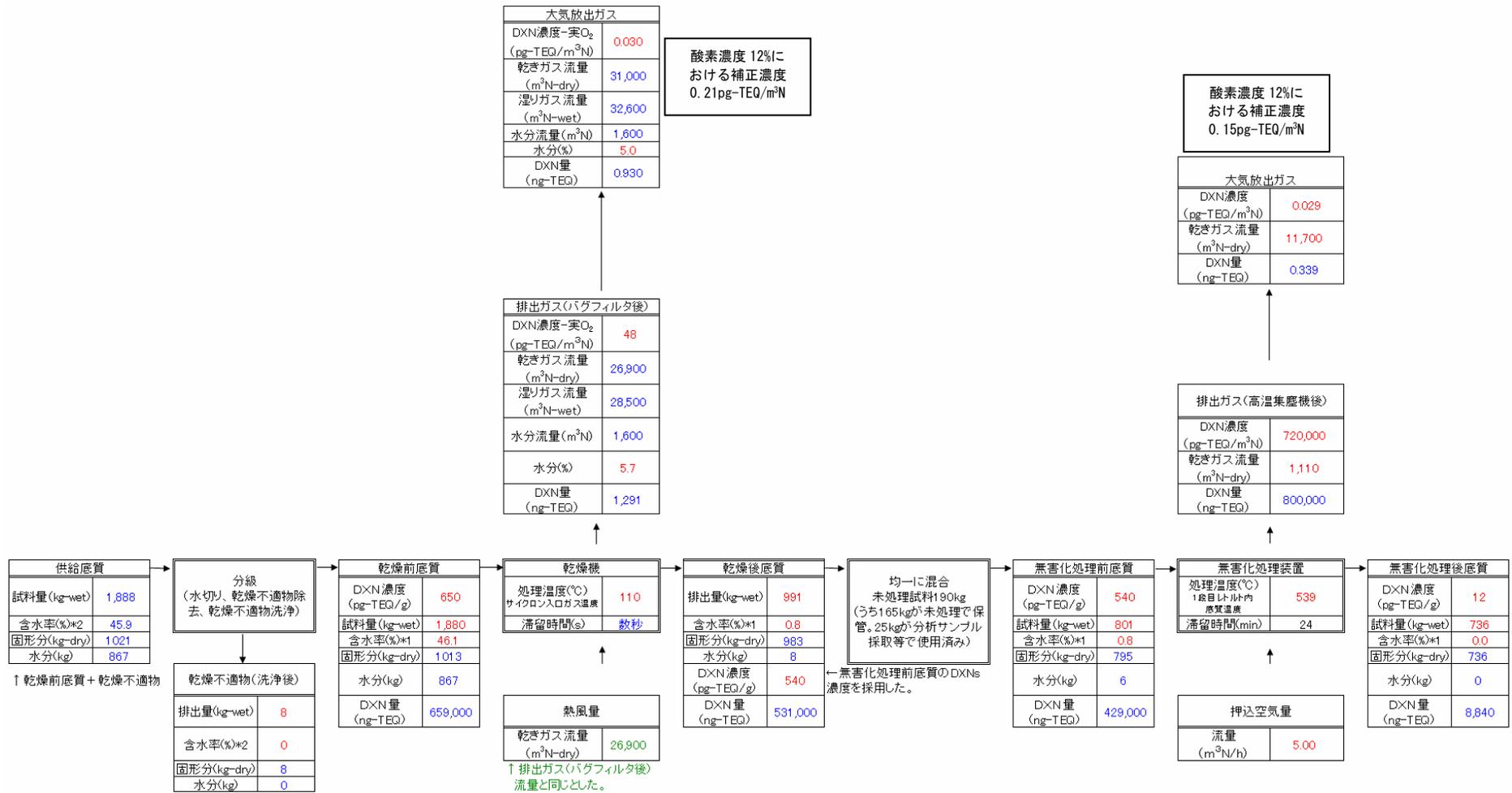
計測値は赤色で記入
 計算値は青色で記入
 想定数値は緑色で記入
 未処理試料は処理をしなかった試料及び調整用に使用した試料とする。

E 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 17 年度実証試験再試験）

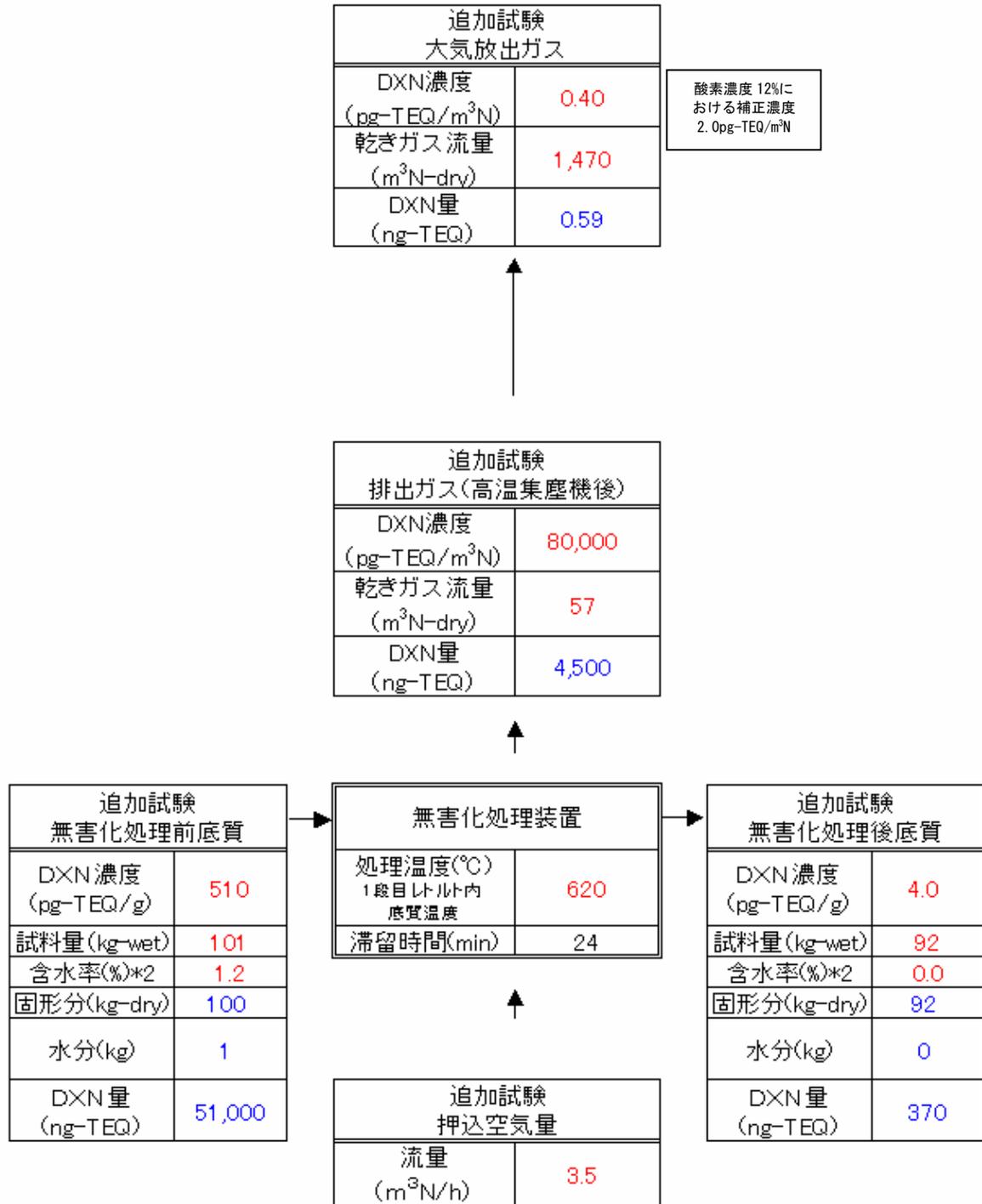


計測値は赤色で記入
 計算値は青色で記入
 想定数値は緑色で記入
 未処理試料は処理をしなかった試料及び調整用に使用した試料とする。

E 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験）

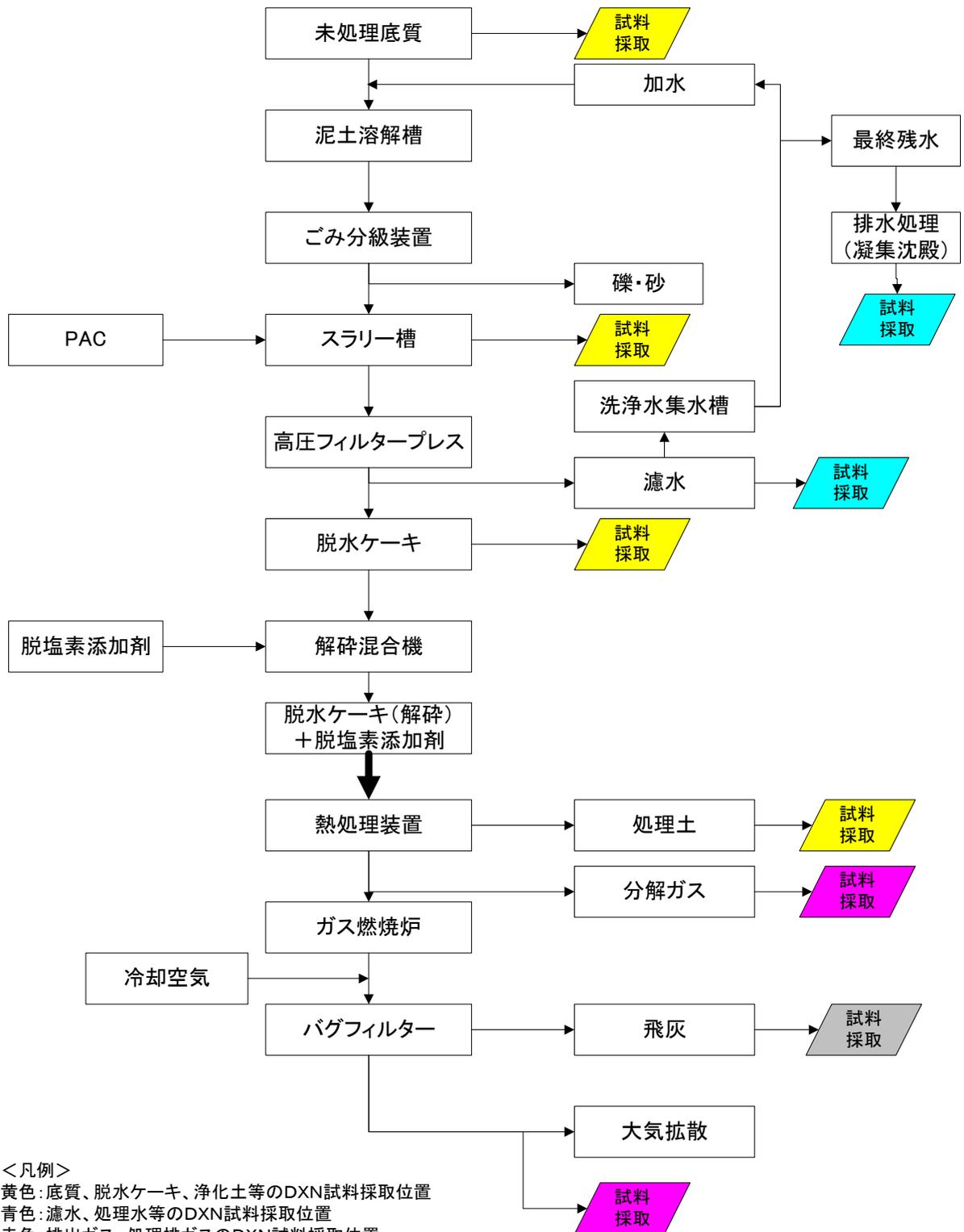


E 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験再試験）



技術工法名： 高压脱水還元化学分解工法

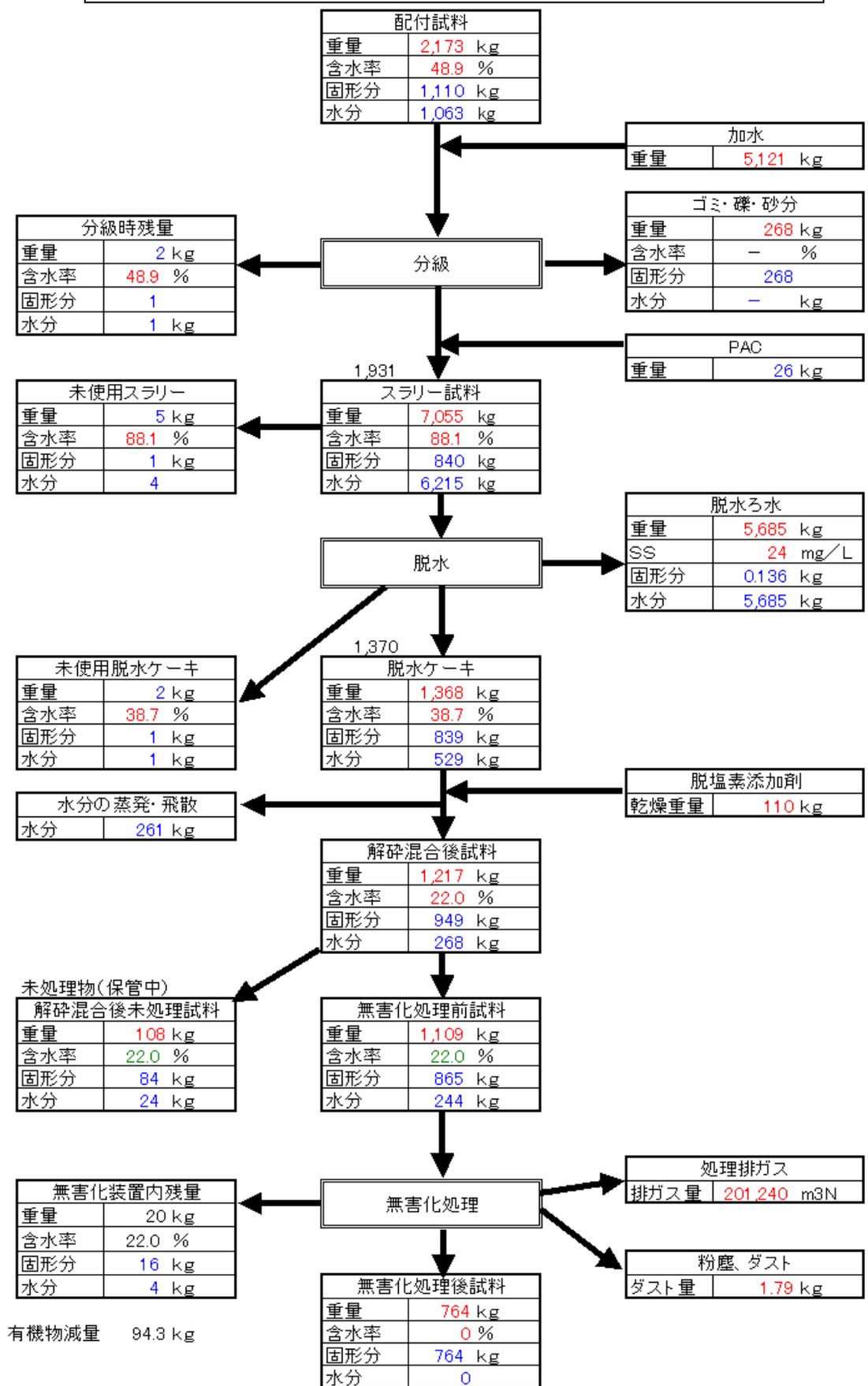
技術名： F 技術



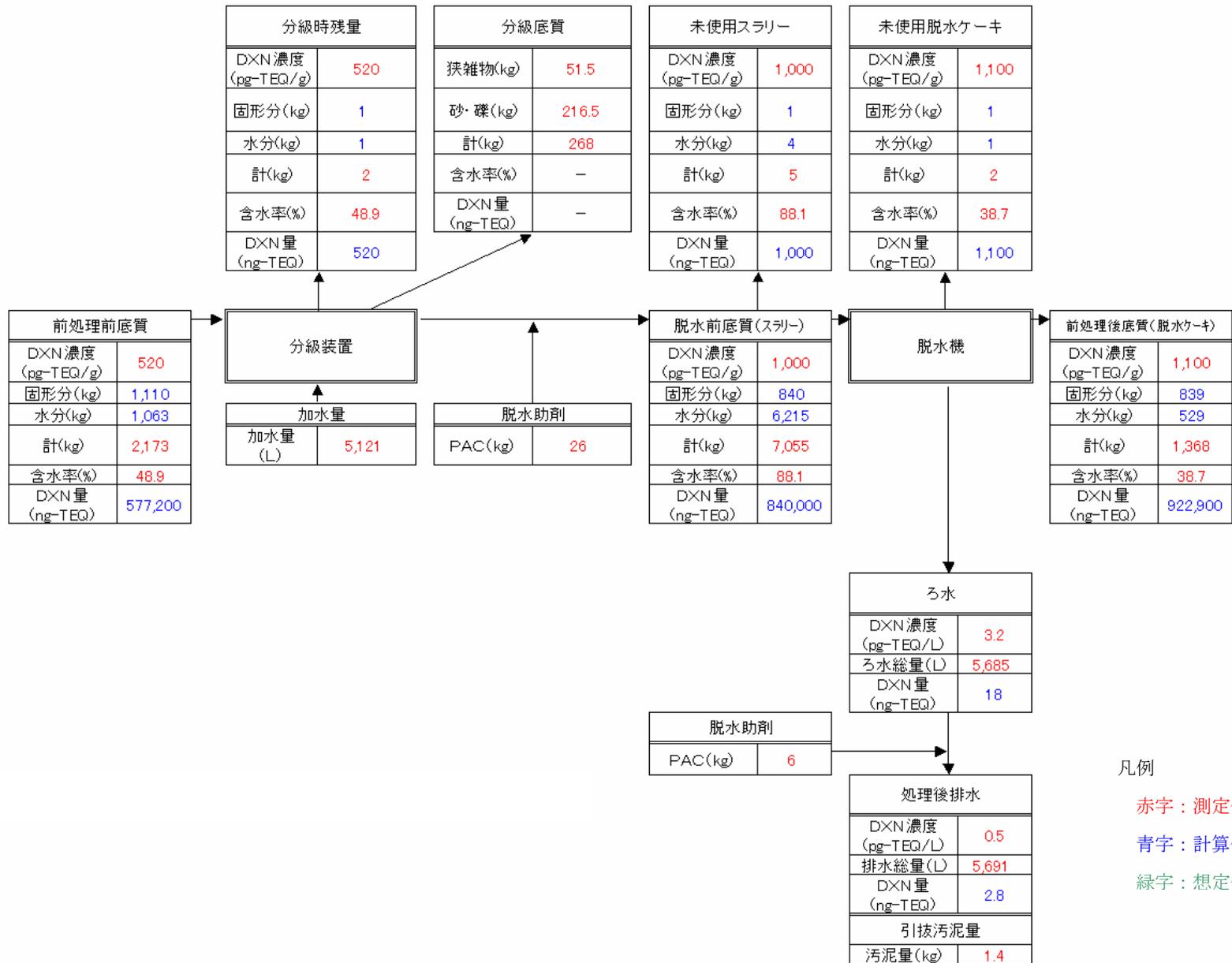
<凡例>
 黄色:底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置
 青色:濾水、処理水等のDXN試料採取位置
 赤色:排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置
 灰色:飛灰等のDXN試料採取位置

太字矢印:前処理と分解無害化処理の場所が異なり、試料の移動がある位置を示す。

F 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



F 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験、前処理）



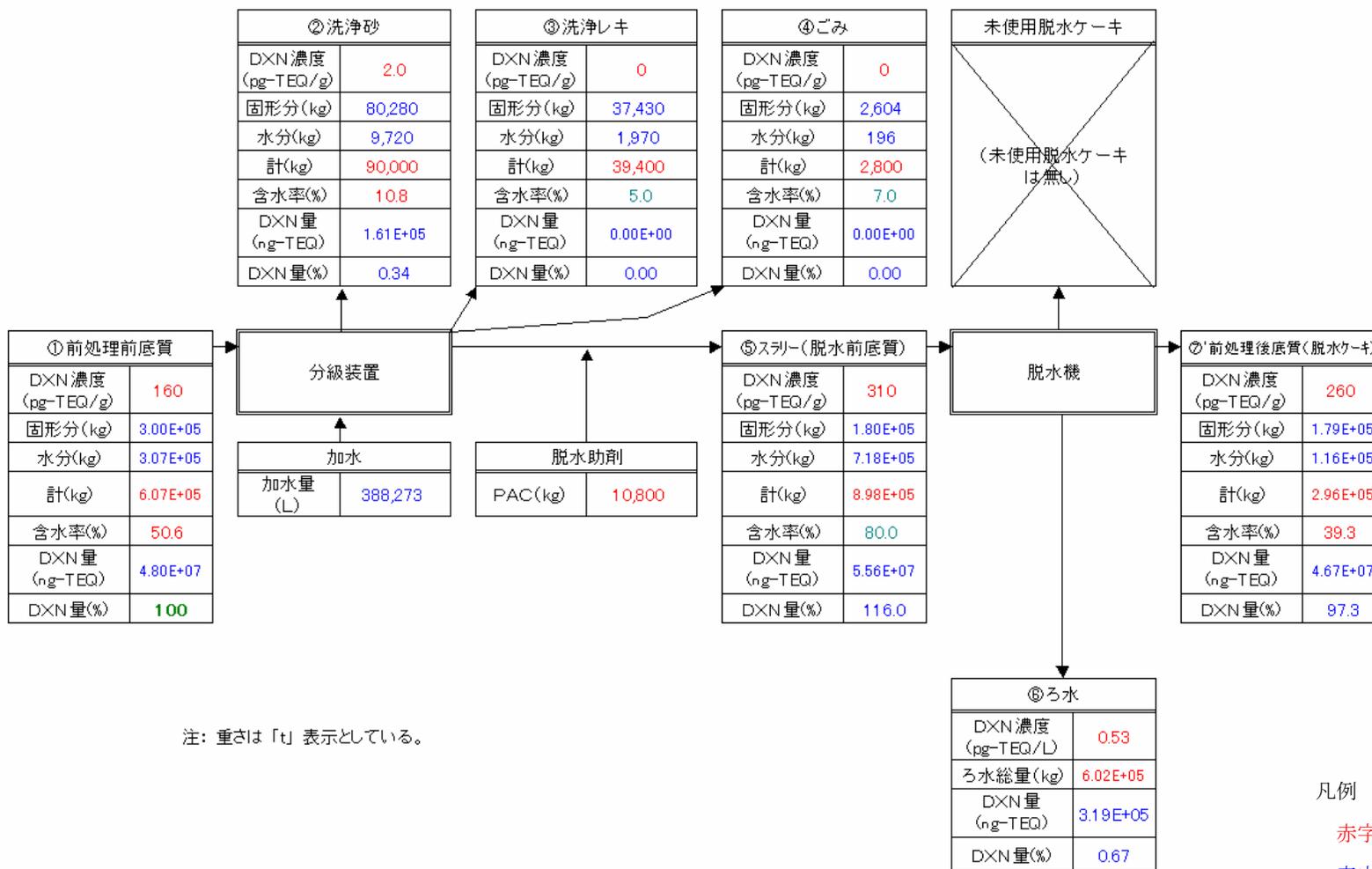
凡例

赤字：測定値

青字：計算値

緑字：想定値

F 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 17 年度実用化試験、前処理）



注：重さは「t」表示としている。

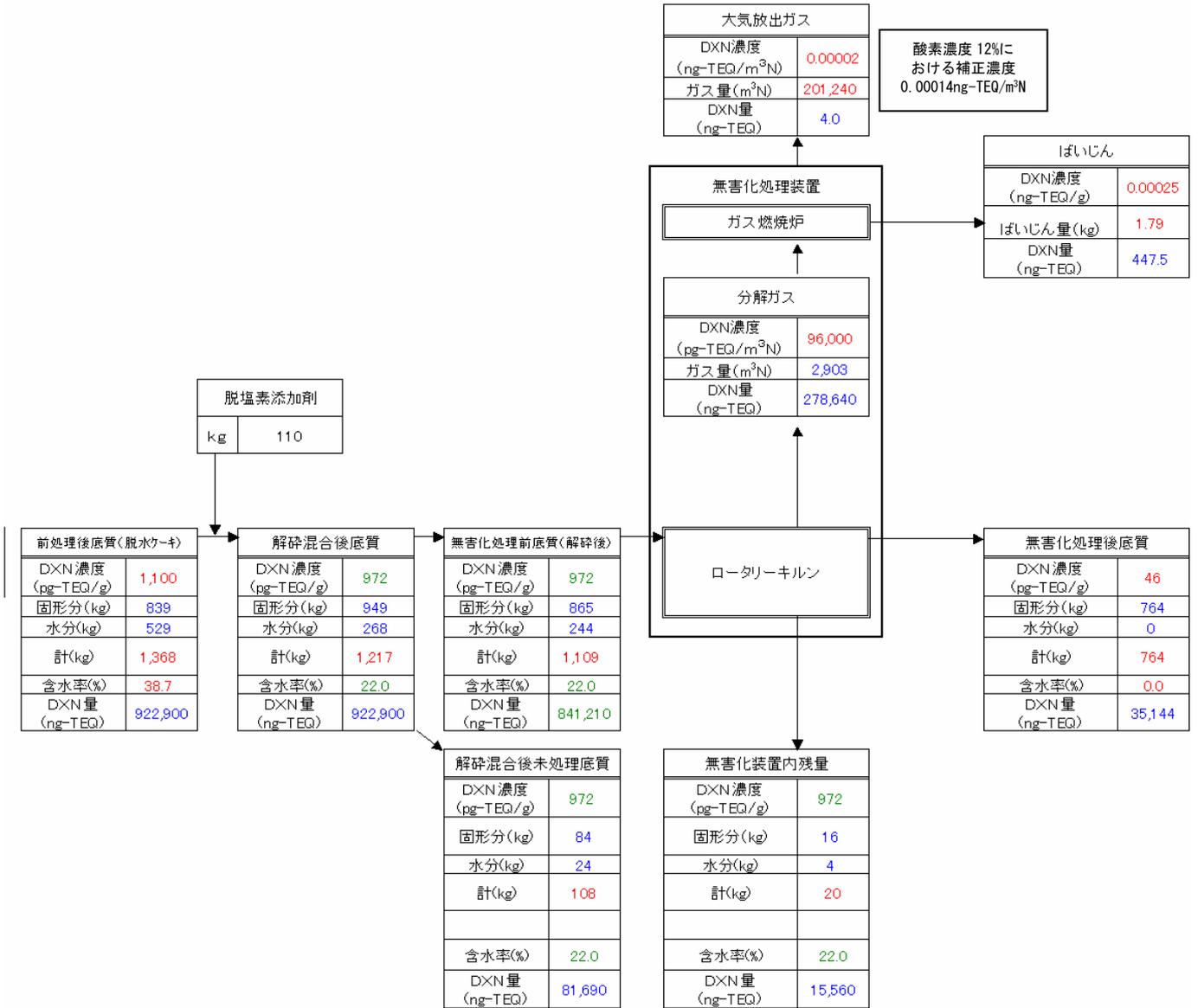
凡例

赤字：測定値

青字：計算値

緑字：想定値

F 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 16 年度実証試験、分解無害化処理）



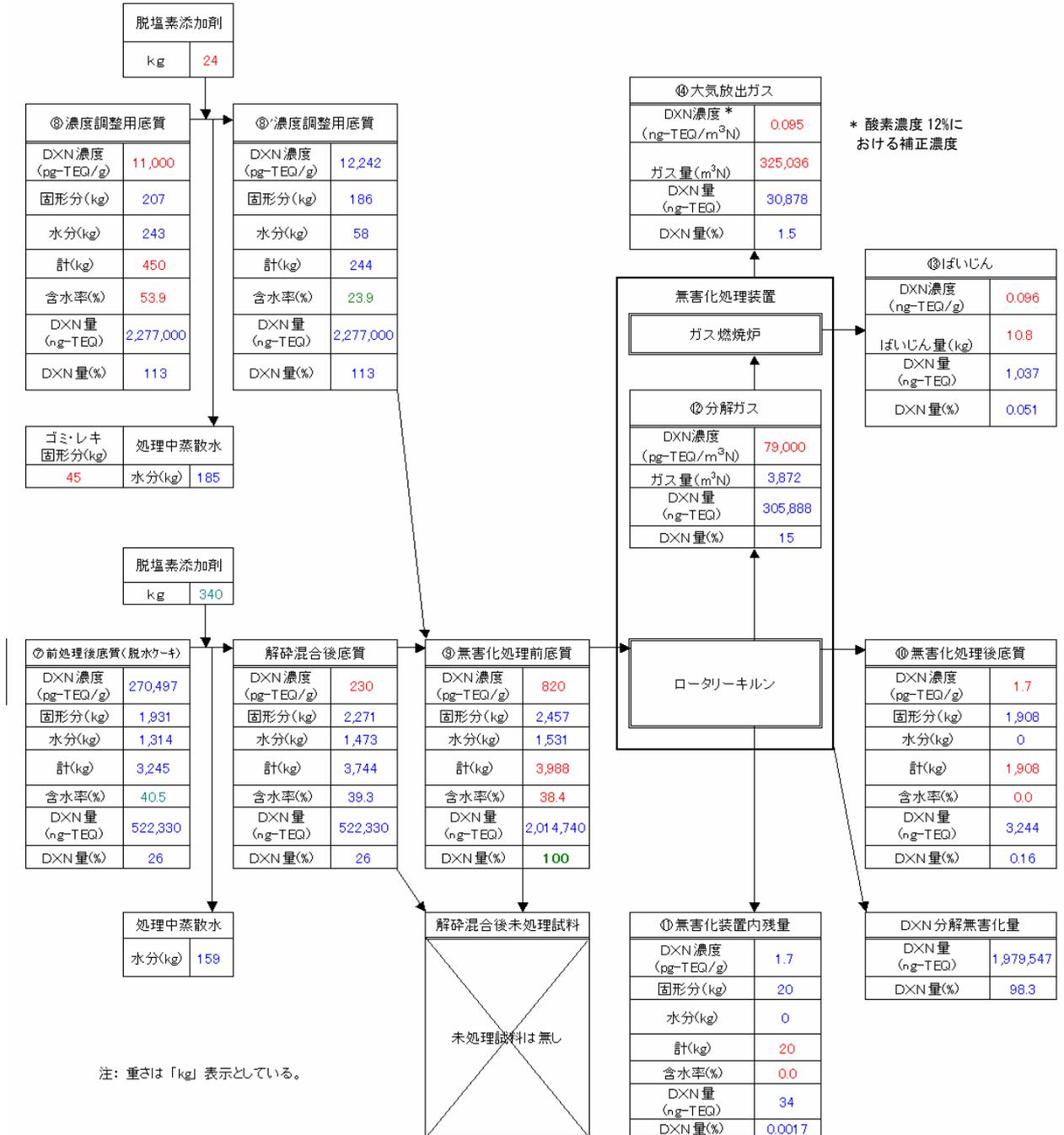
凡例

赤字：測定値

青字：計算値

緑字：想定値

F 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 17 年度実用化試験、分解無害化処理、小型炉連続試験）



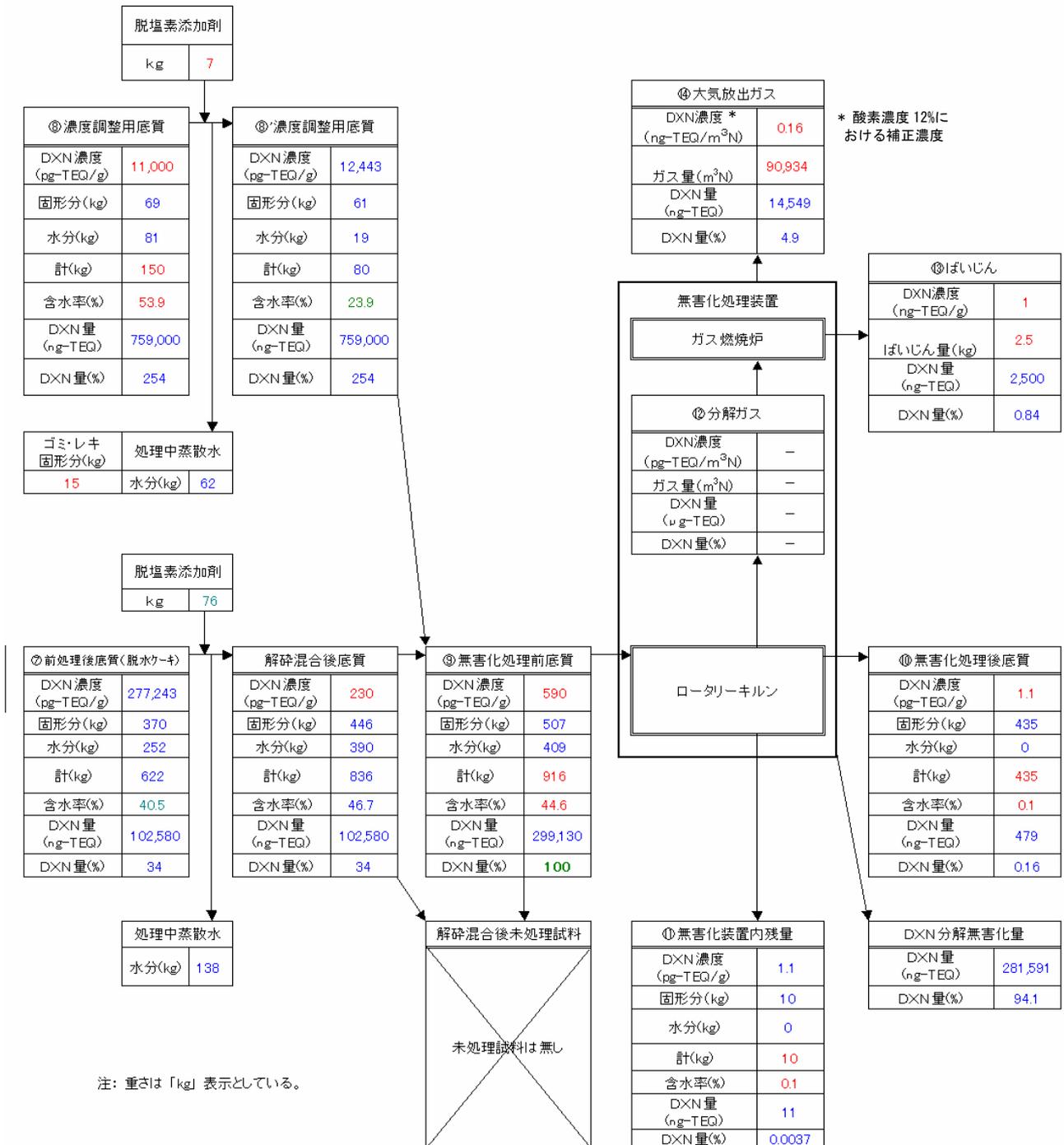
凡例

赤字: 測定値

青字: 計算値

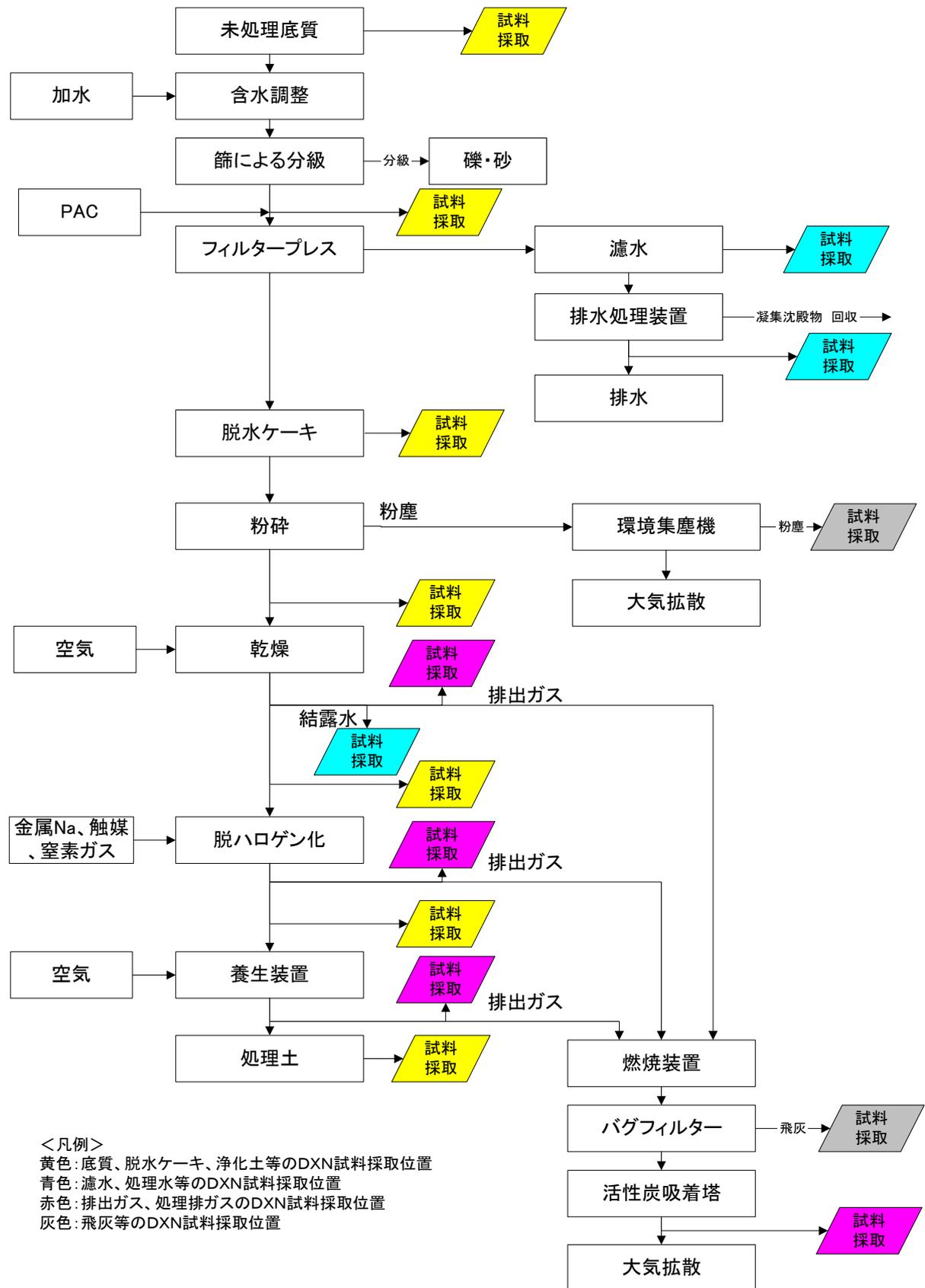
緑字: 想定値

F 技術 ダイオキシン類収支フロー（平成 17 年度実証試験、分解無害化处理、大規模試験）



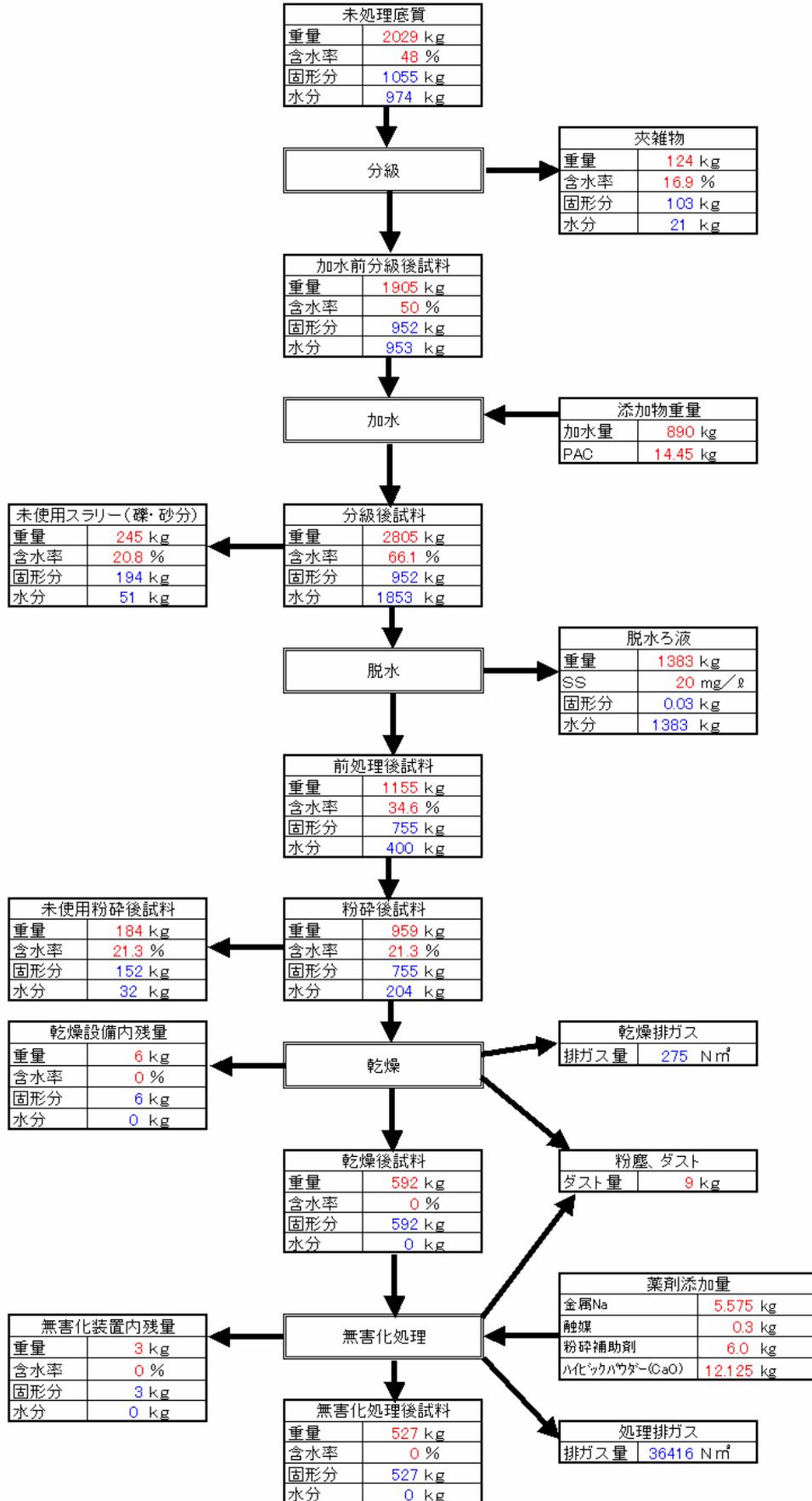
技術工法名：金属 Na 脱ハロゲン化技術

技術名：G 技術



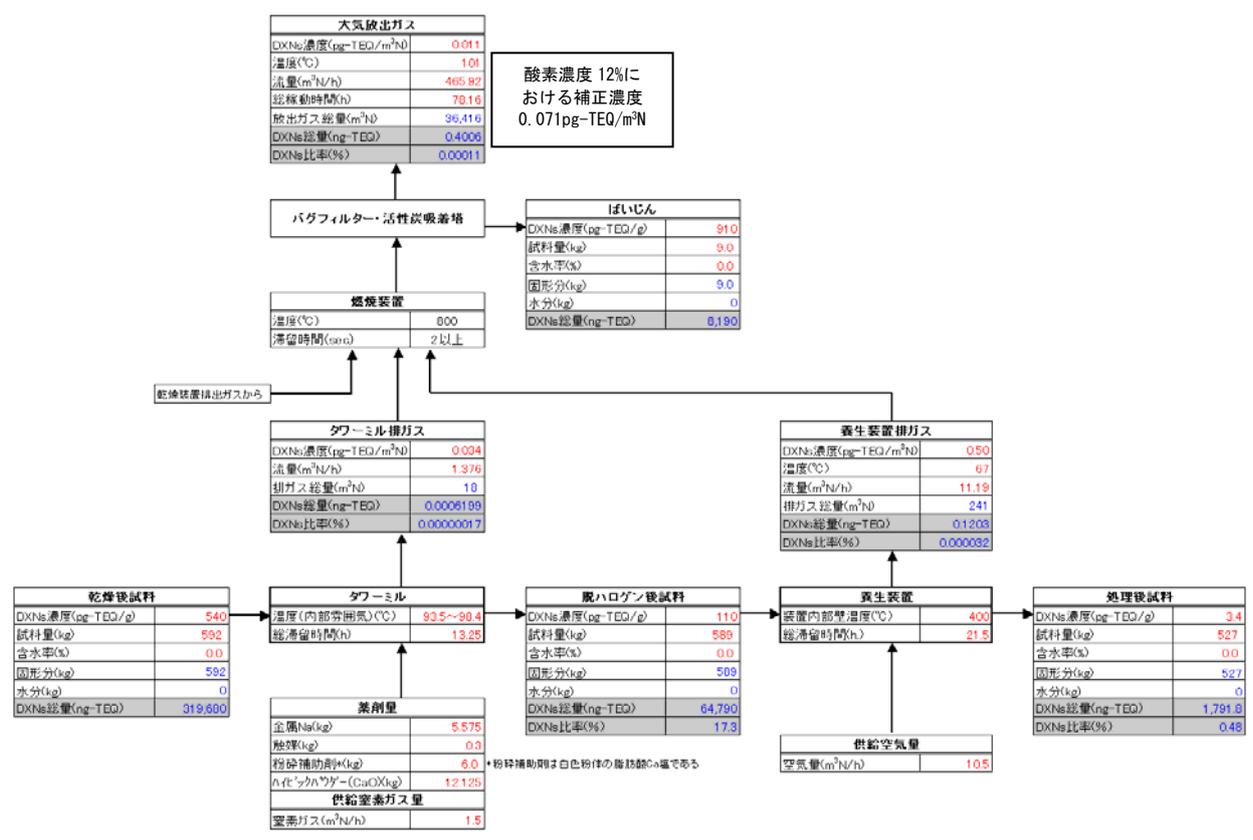
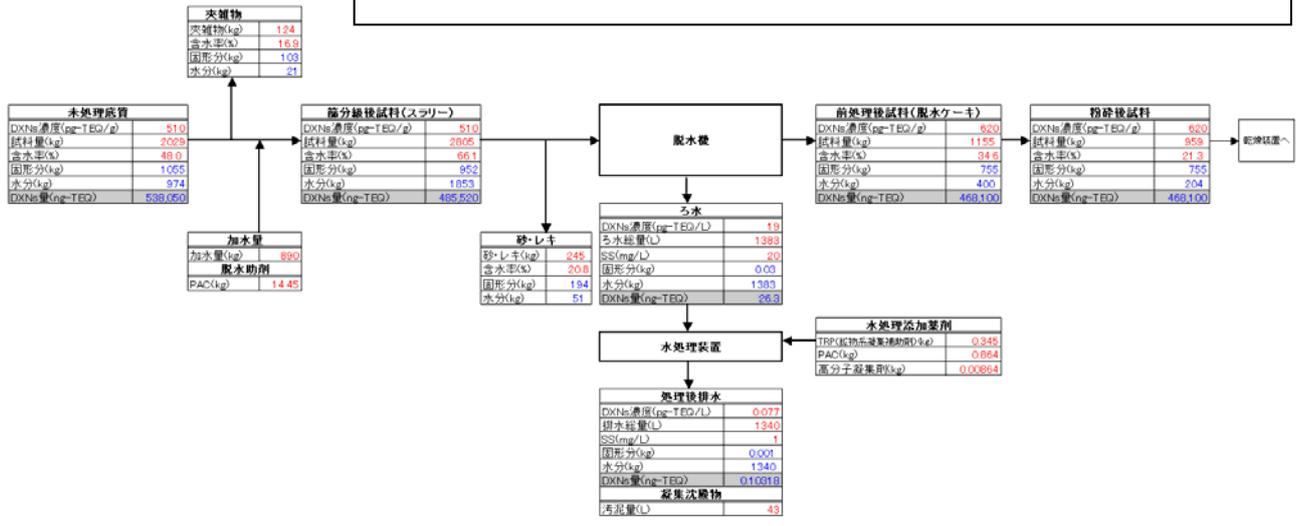
<凡例>
 黄色：底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置
 青色：濾水、処理水等のDXN試料採取位置
 赤色：排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置
 灰色：飛灰等のDXN試料採取位置

G 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



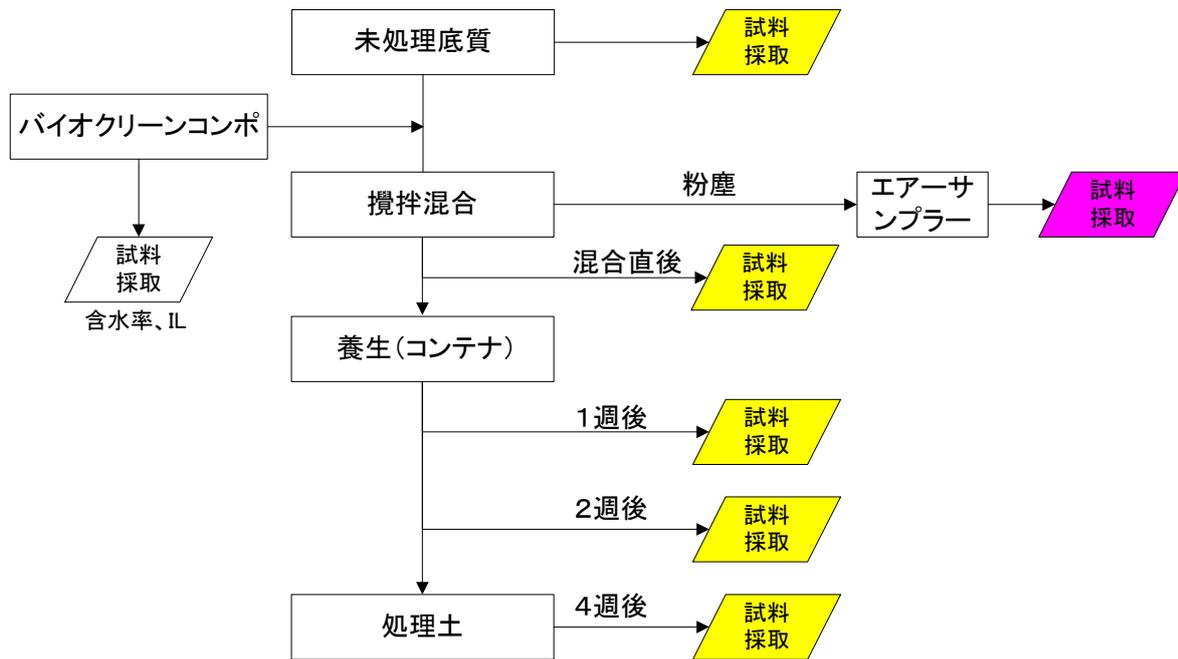
備考
未処理底質は、提供されたドラム缶9本のうち7本分を使用し、その重量を記載している。
未使用スラリーは、フィルタープレスに打ち込めなかった礫・砂分とした。

G 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）



技術工法名：バイオクリーンコンポ

技術名：H技術

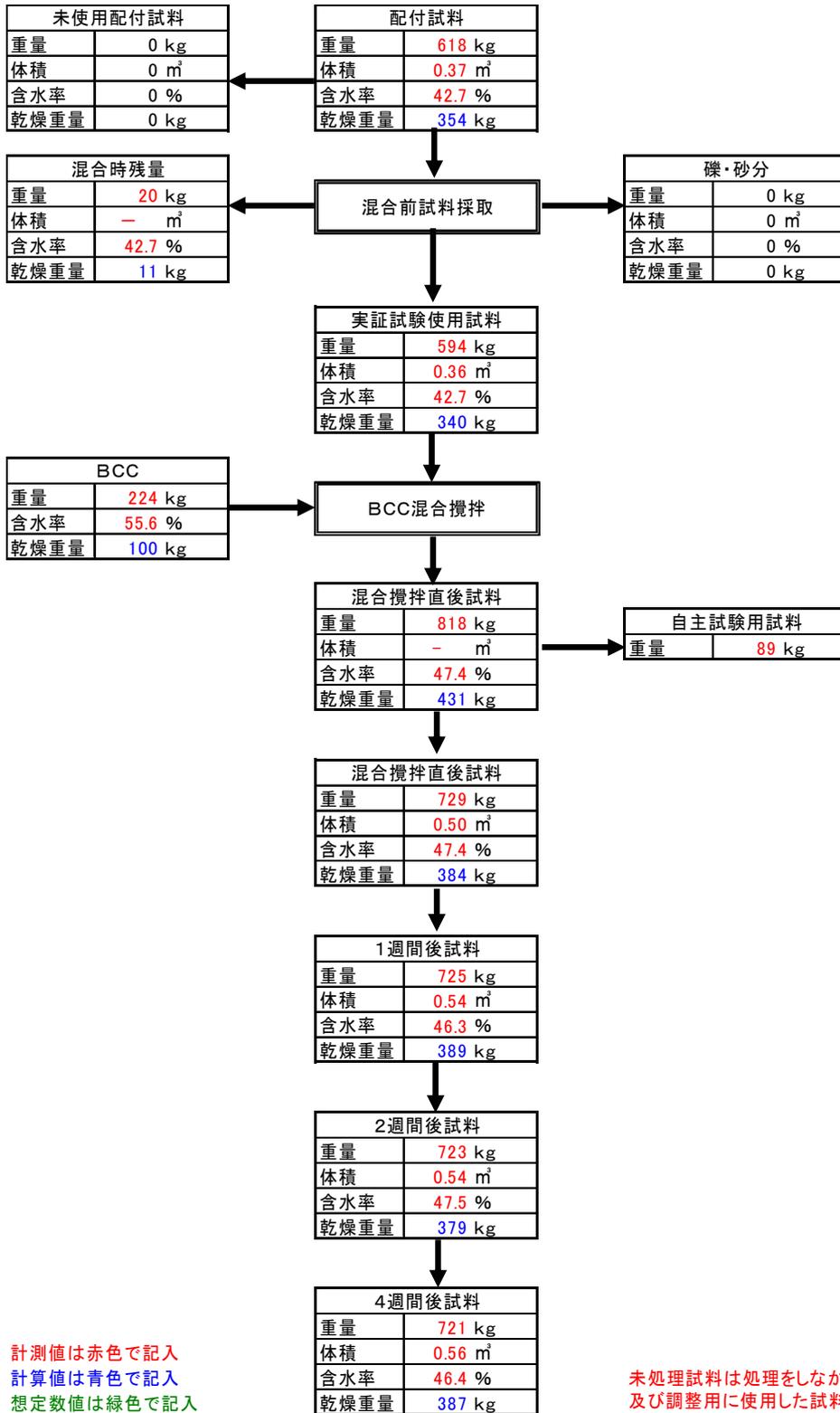


<凡例>

黄色：底質、脱水ケーキ、浄化土等のDXN試料採取位置

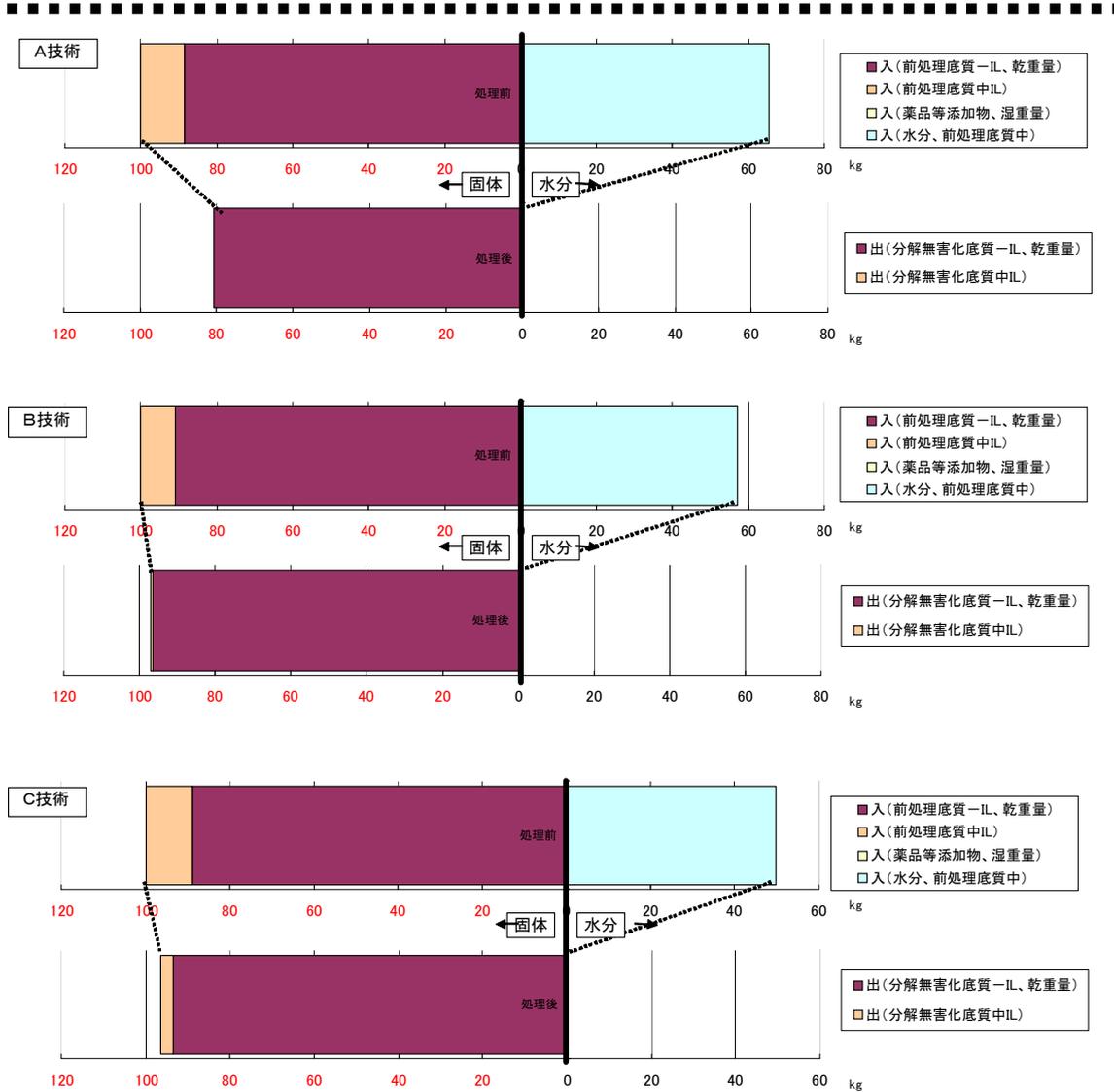
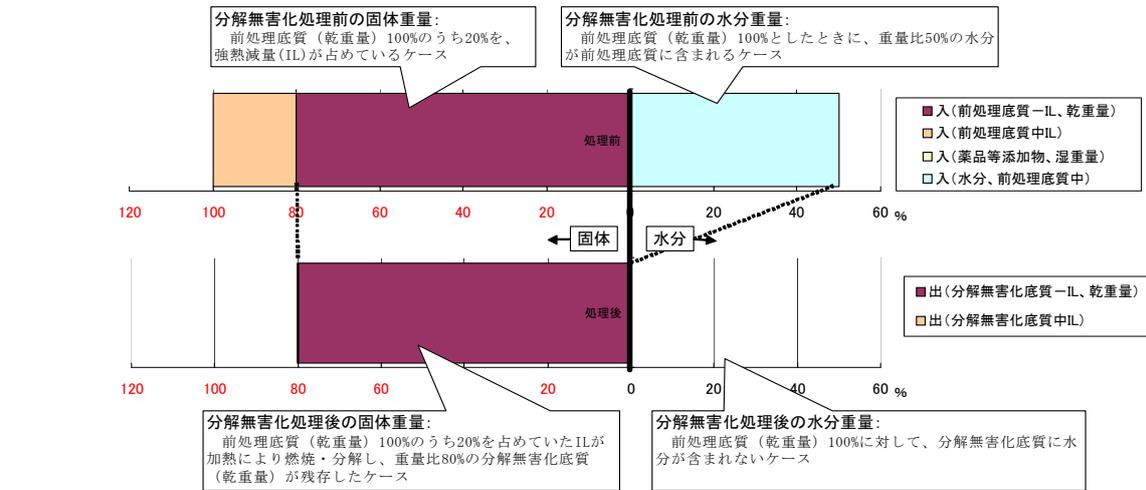
赤色：排出ガス、処理排ガスのDXN試料採取位置

H 技術 分解無害化実証試験処理量総括図（平成 16 年度実証試験）

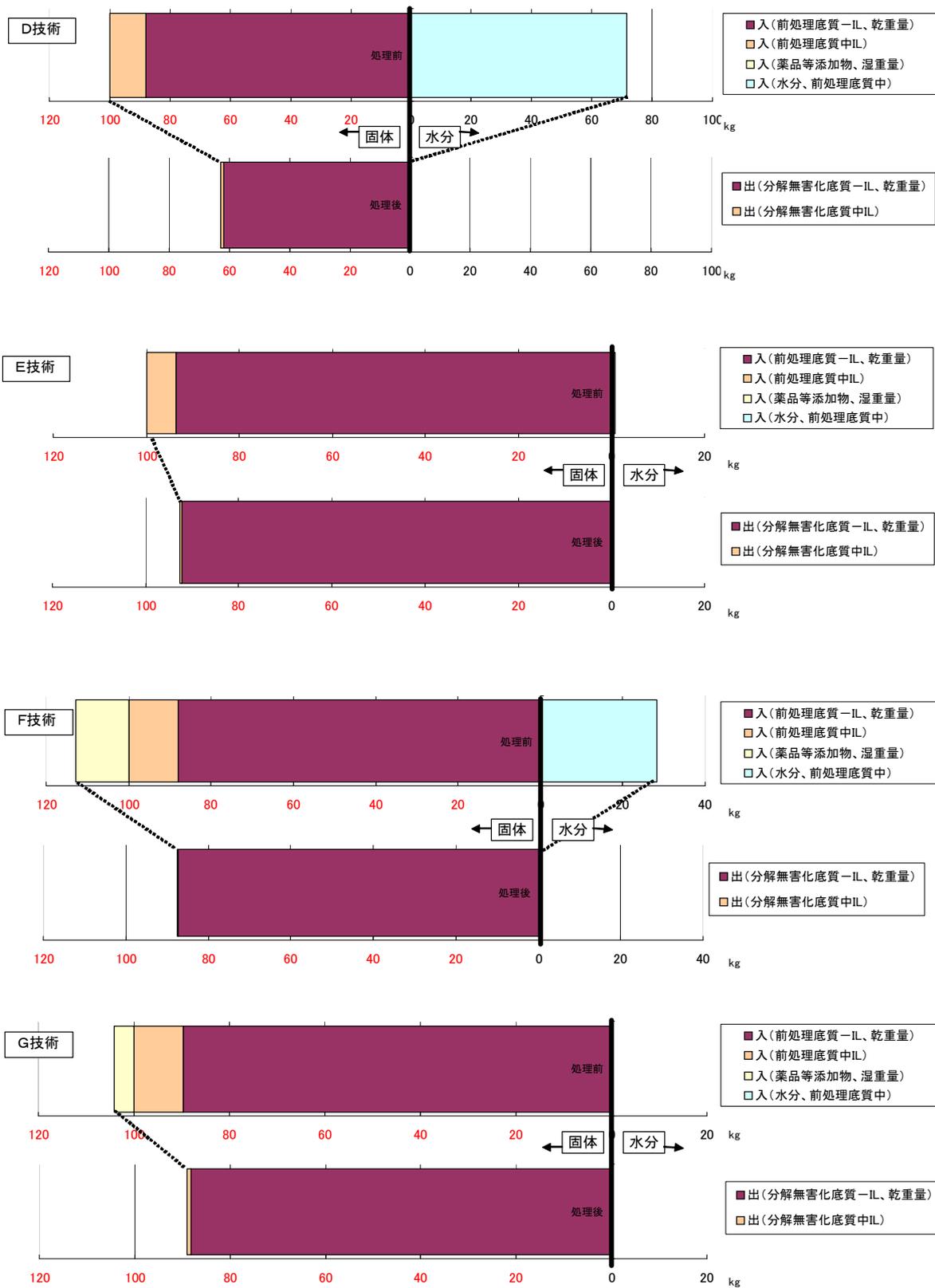


(2) 物質収支

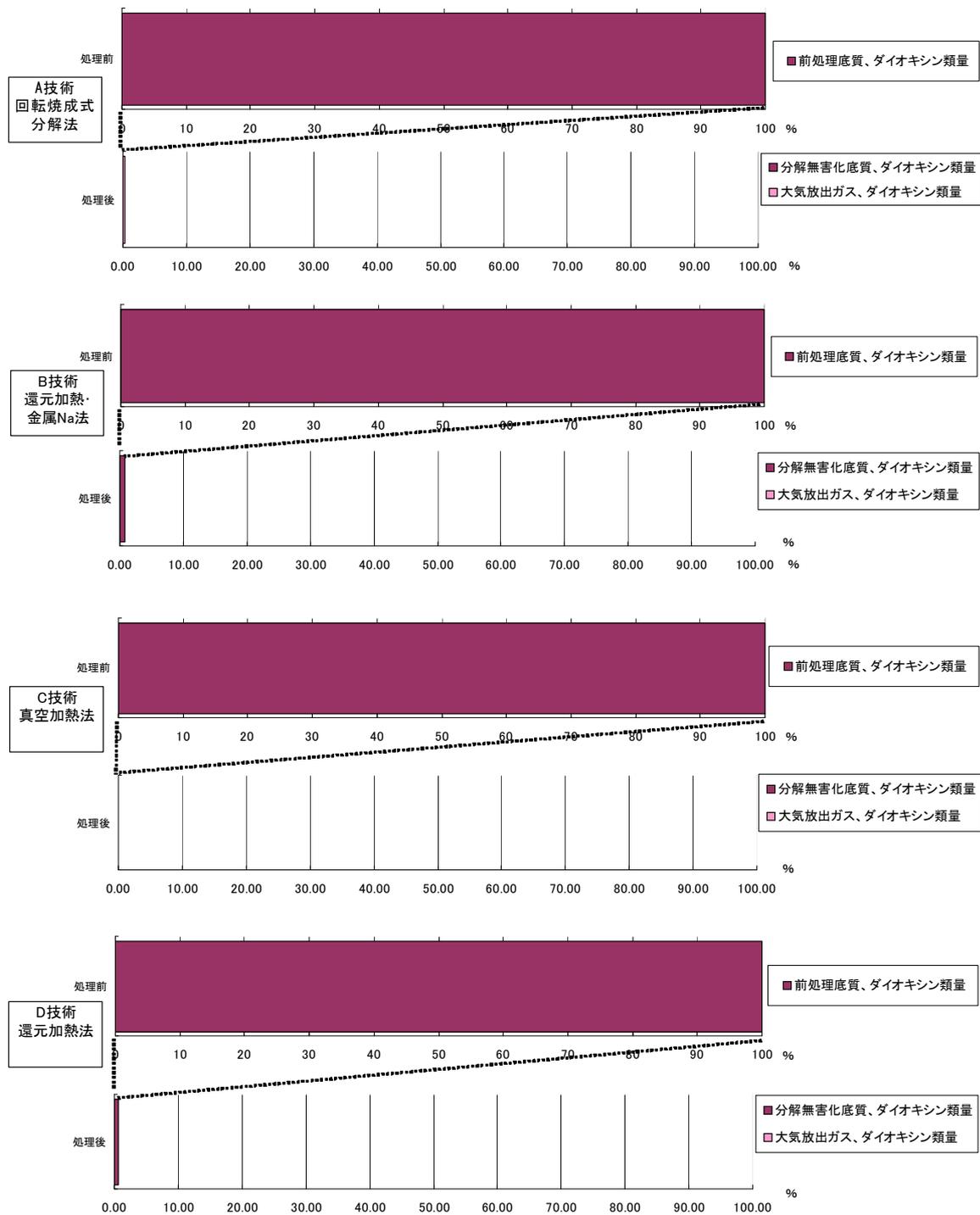
●グラフの見方の例



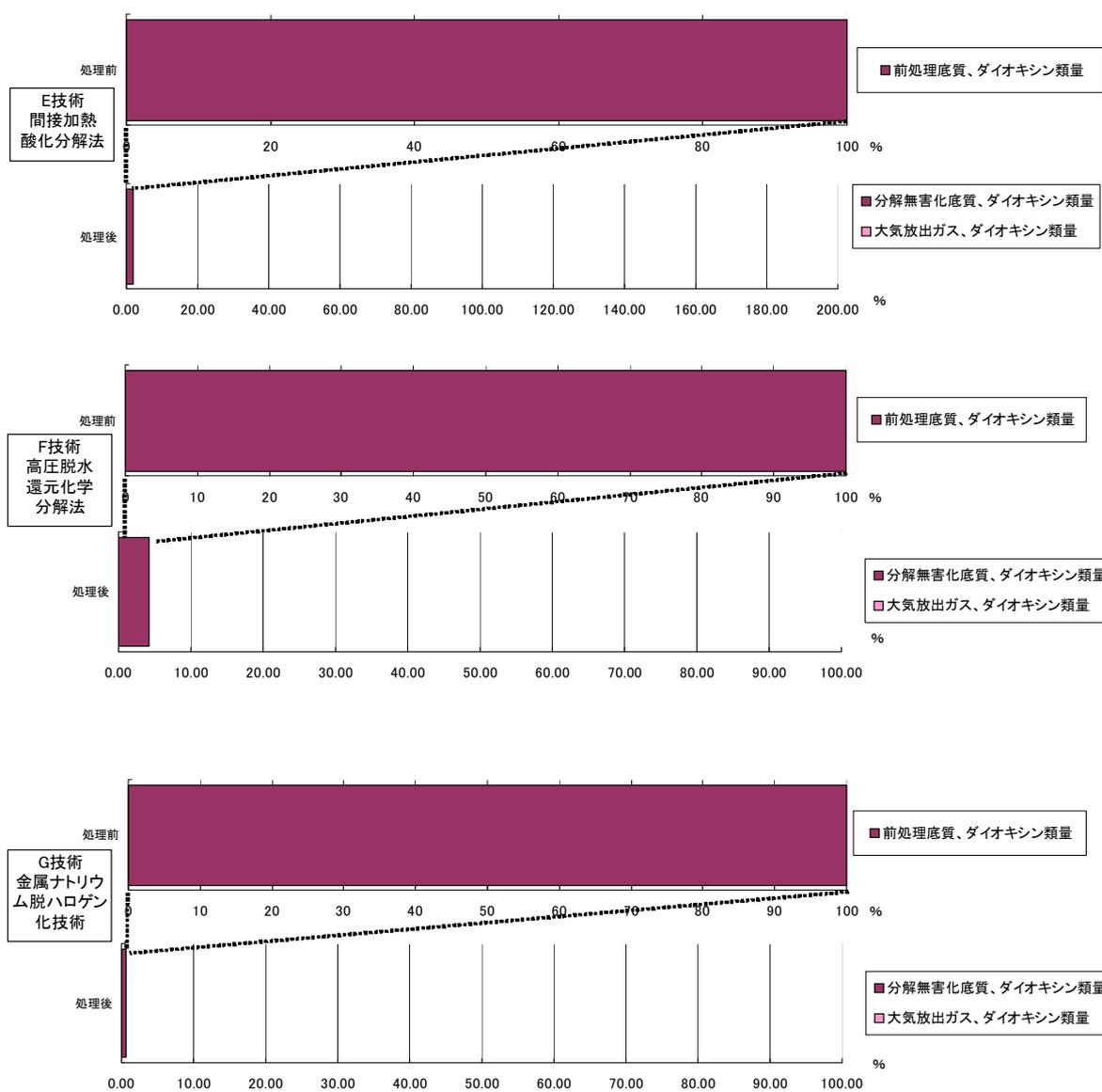
資図 3.1.3 (1) 各技術の無害化処理工程での物質収支の比較



資図 3.1.3 (2) 各技術の無害化処理工程での物質収支の比較

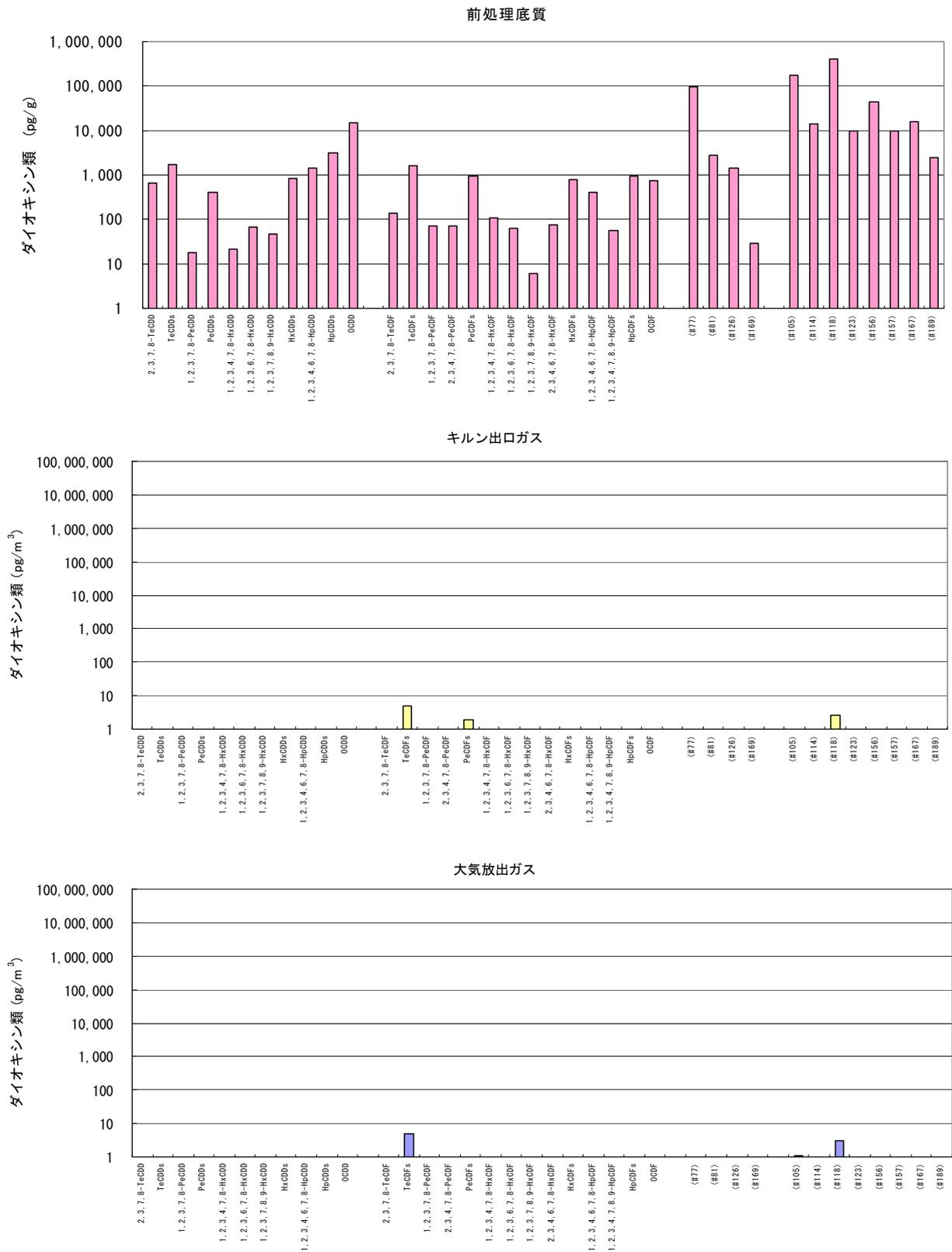


資図 3.1.4 (1) 各技術の無害化処理工程でのダイオキシン類収支の比較



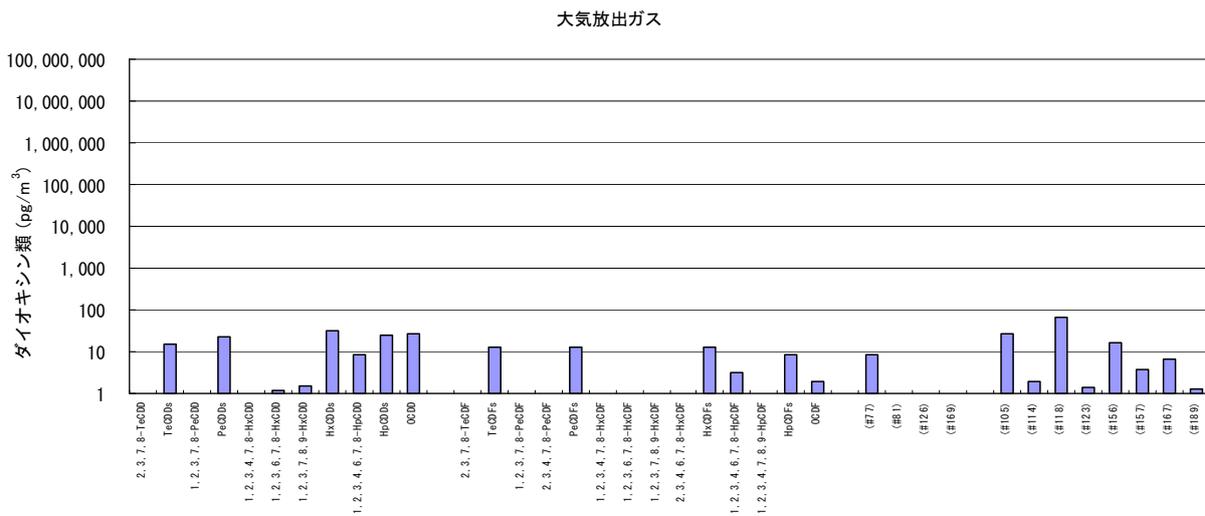
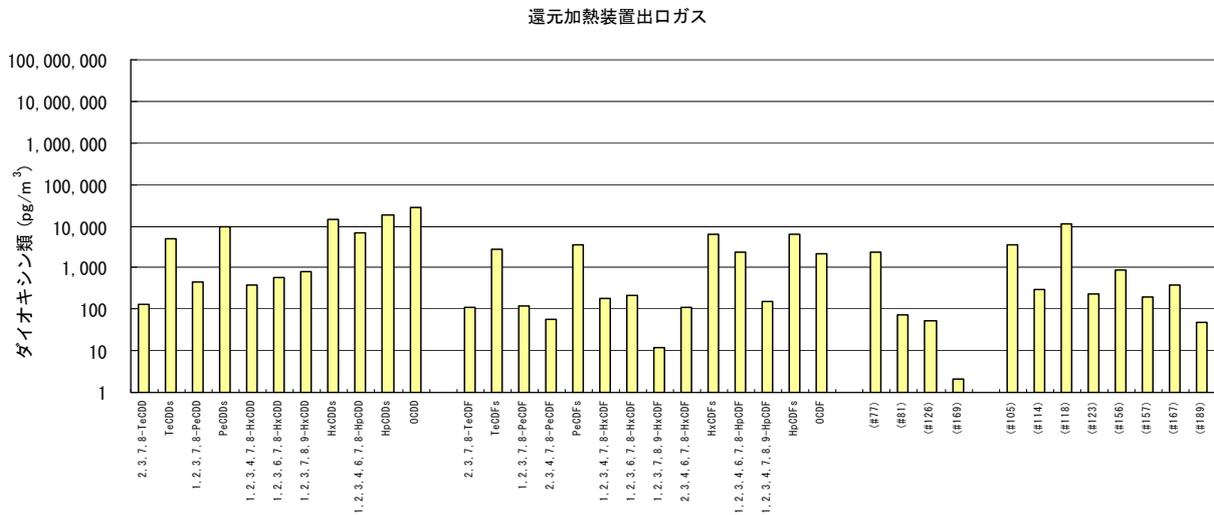
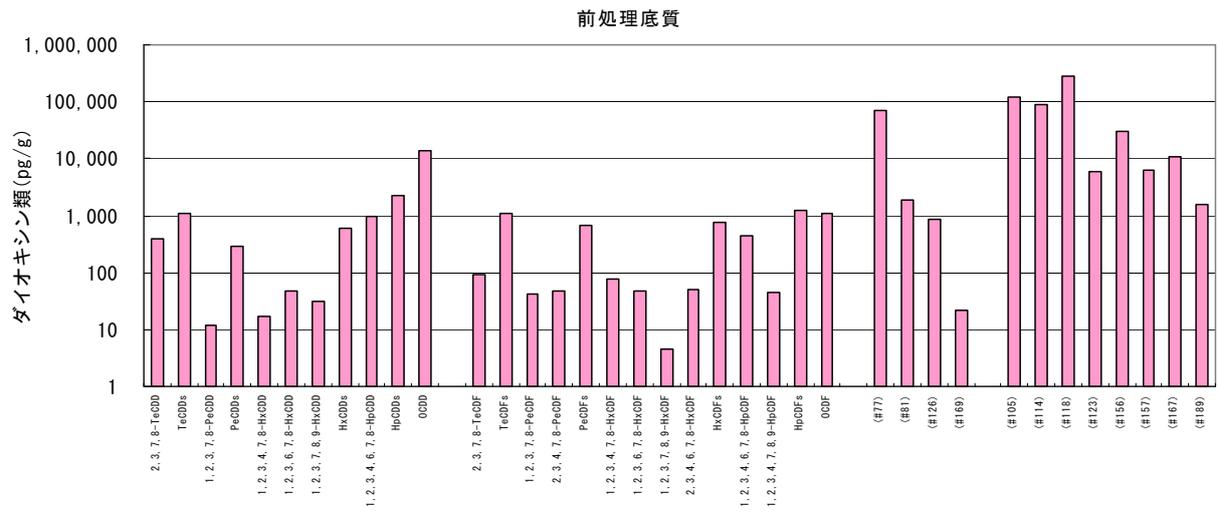
資図 3.1.4 (2) 各技術の無害化処理工程でのダイオキシン類収支の比較

(3) 異性体分布



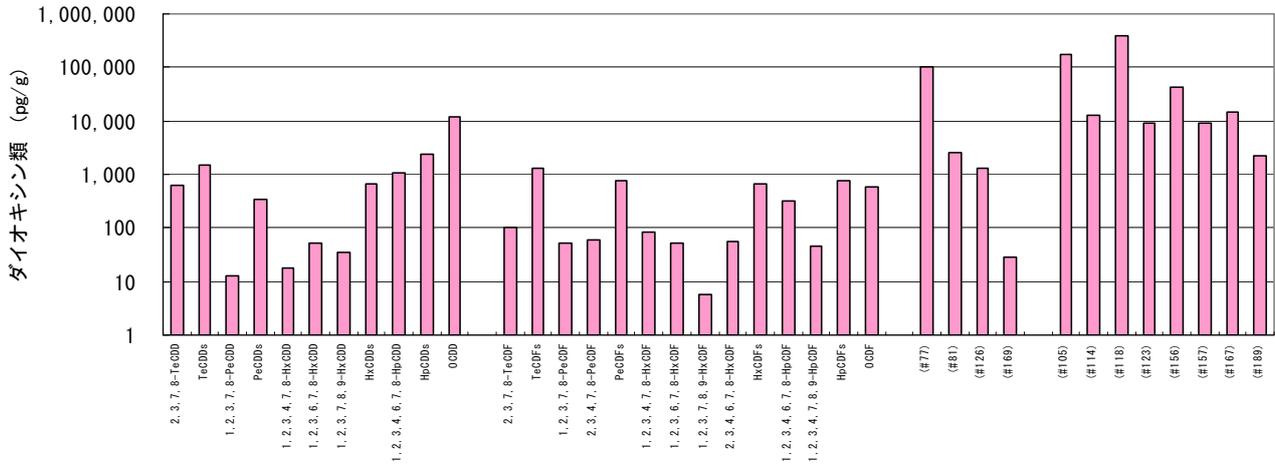
注 1pg/m³未満の値は記載せず

資図 3.1.5(1) A技術におけるダイオキシン類異性体分布



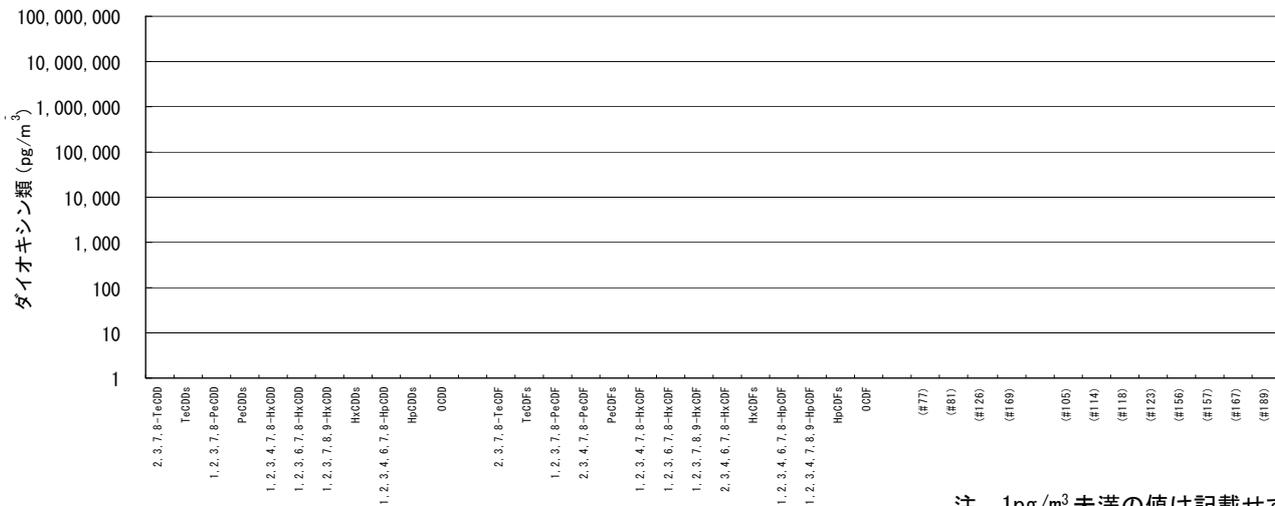
資図 3.1.5(2) B技術におけるダイオキシン類異性体分布

前処理底質

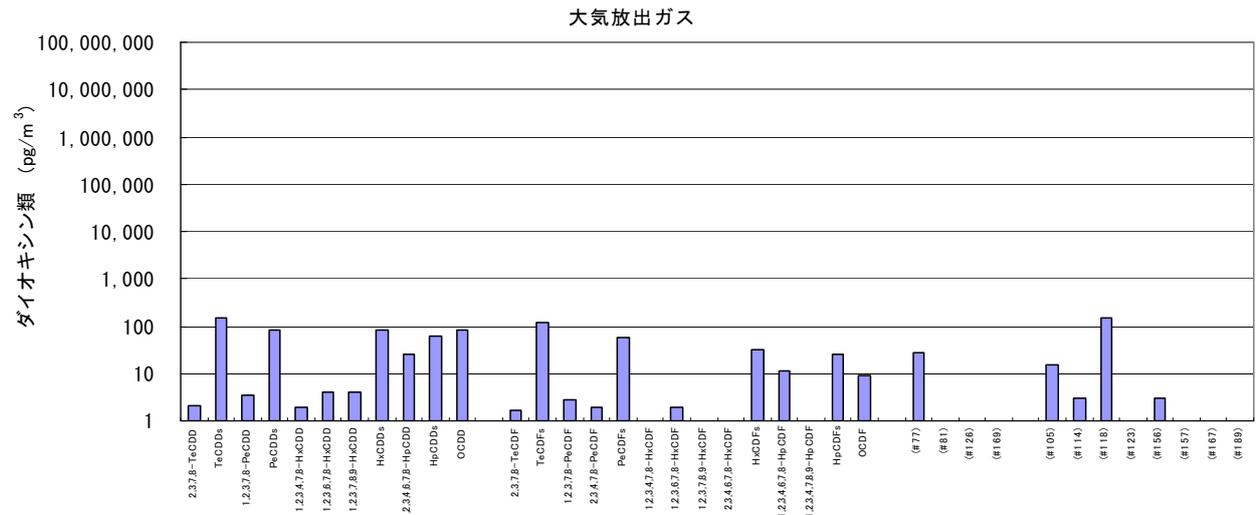
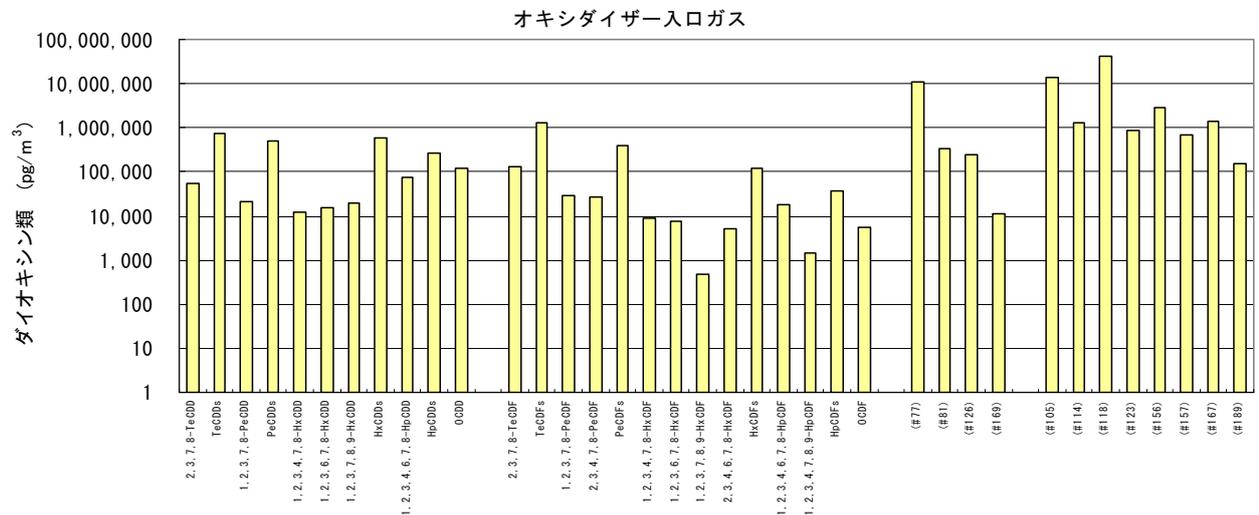
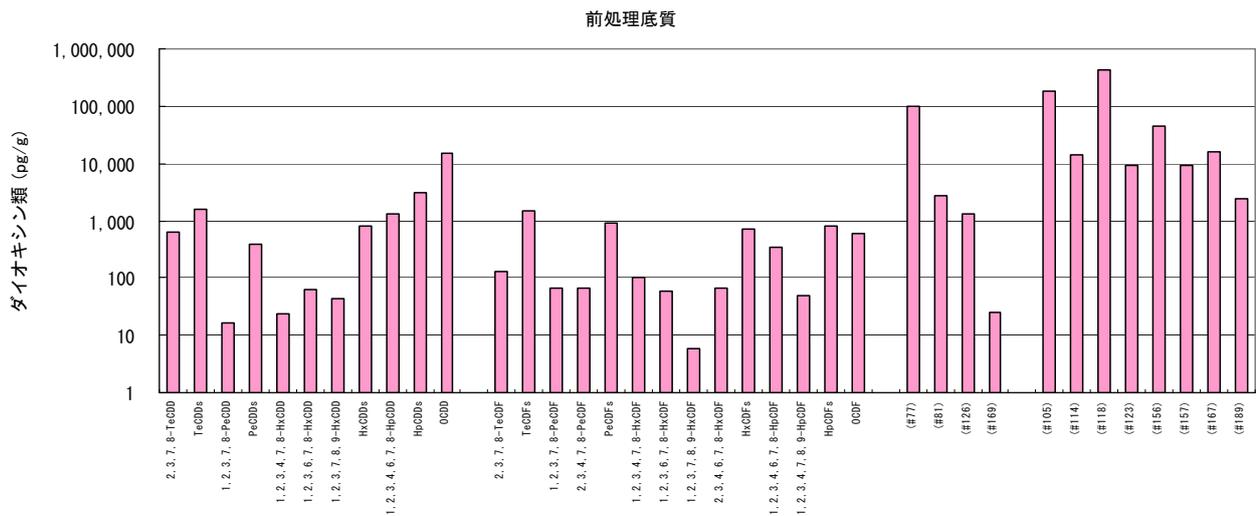


(装置の構造上排ガスは採取せず)

大気放出ガス

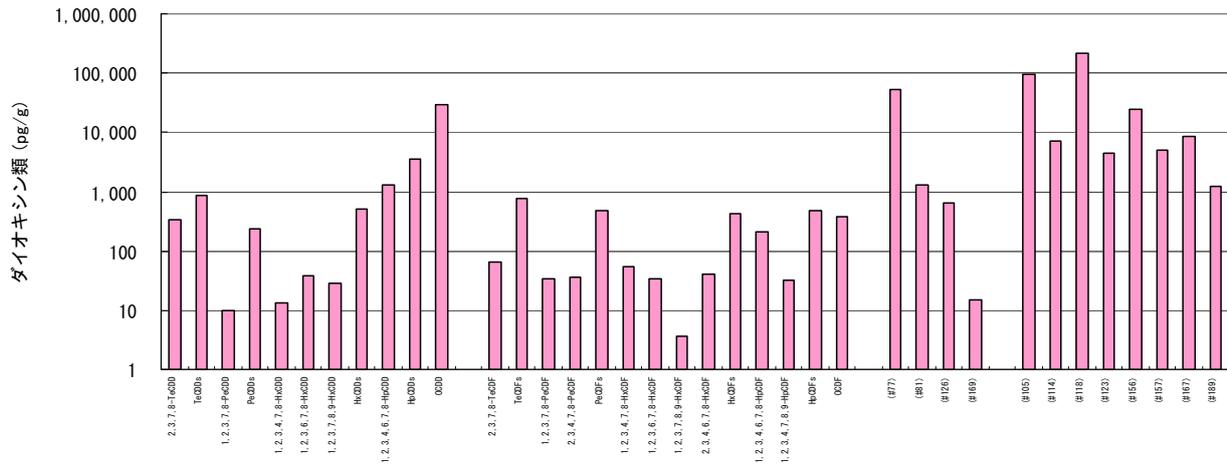


資図 3.1.5(3) C技術におけるダイオキシン類異性体分布

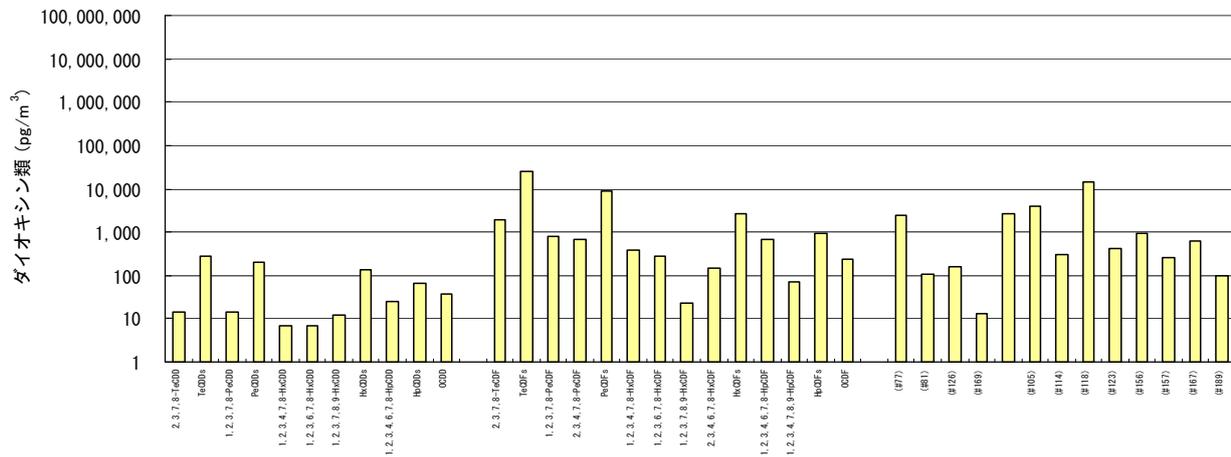


資図 3.1.5(4) D技術におけるダイオキシン類異性体分布

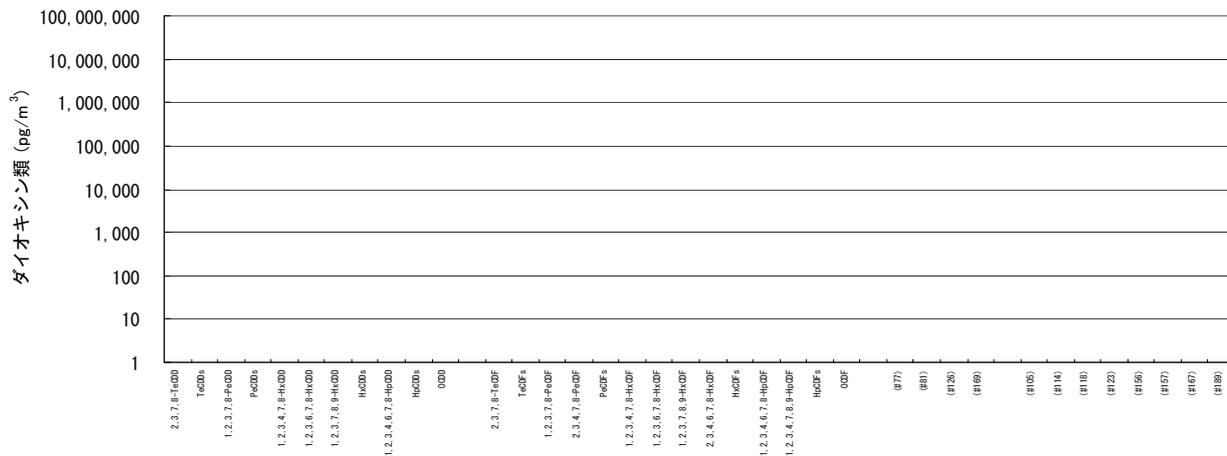
前処理底質



高温集塵機出口ガス

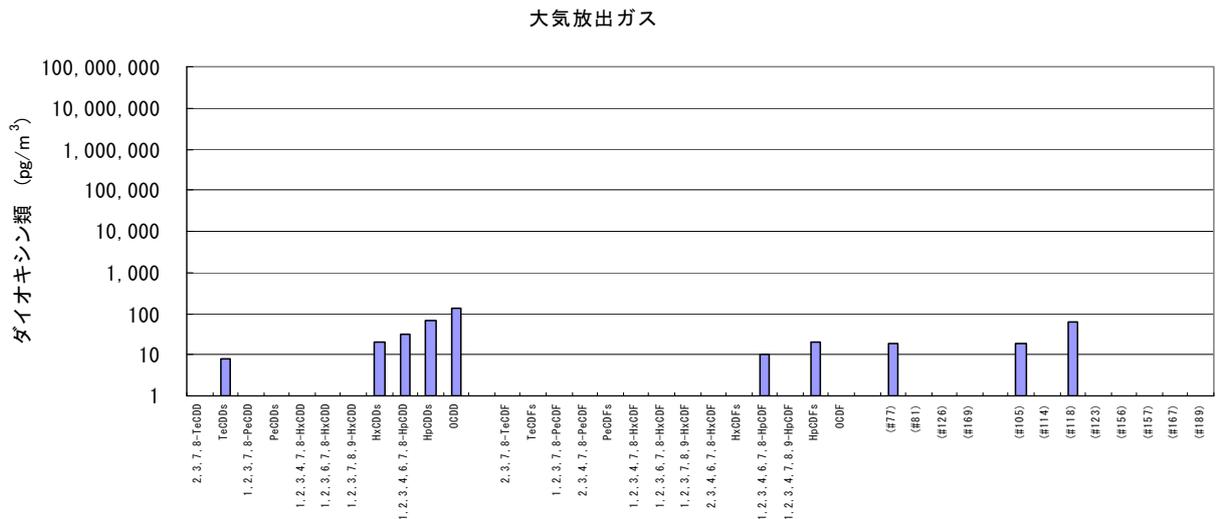
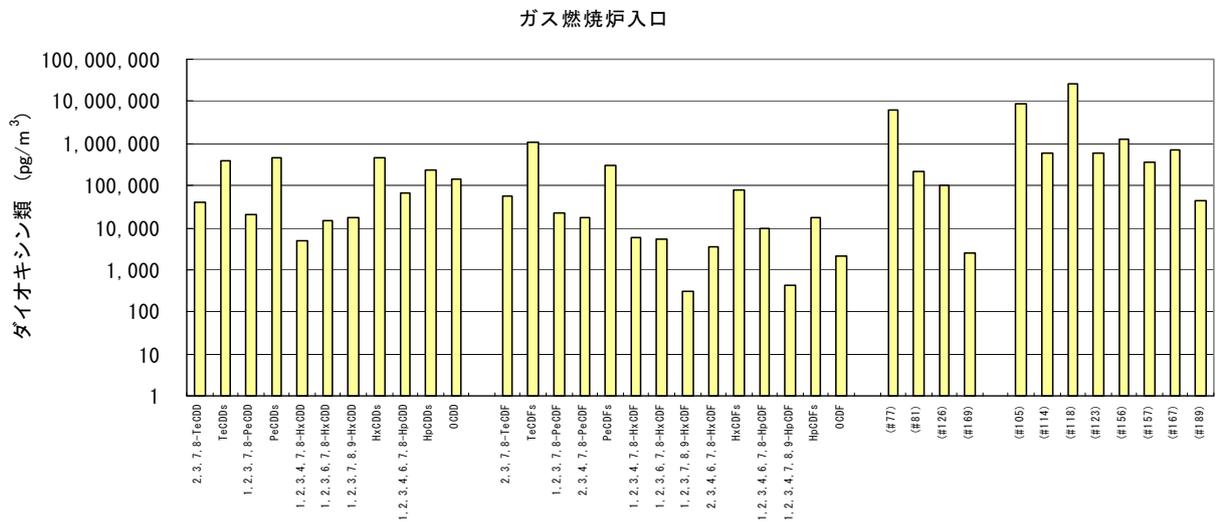
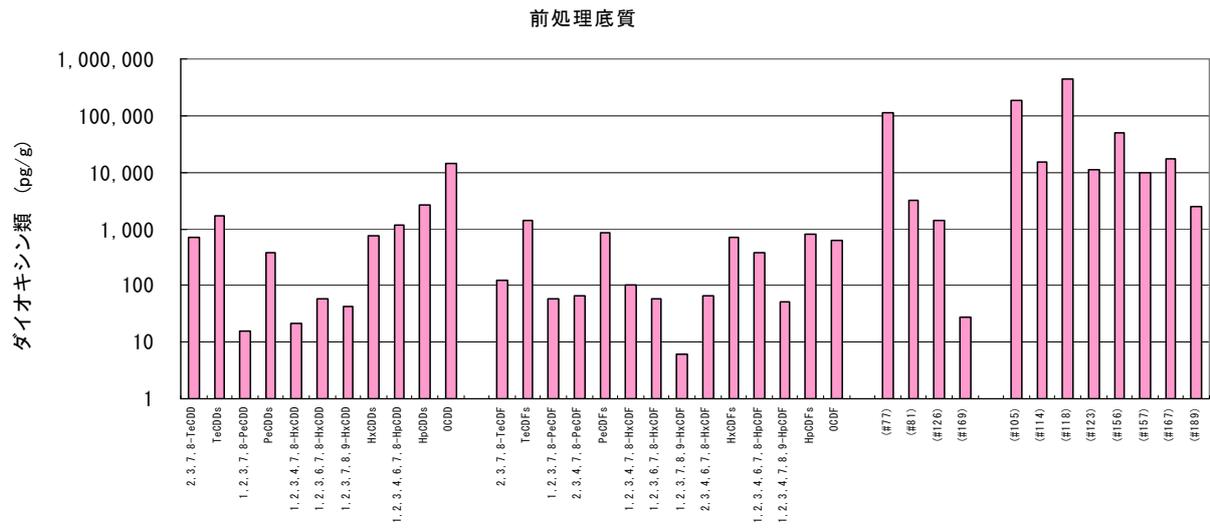


大気放出ガス



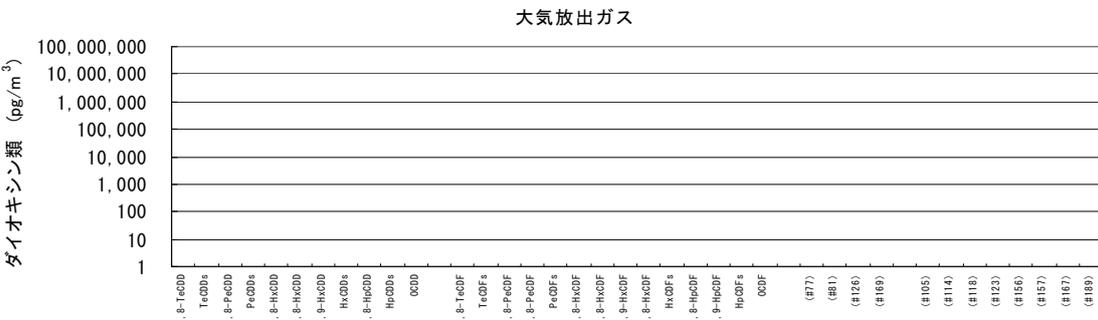
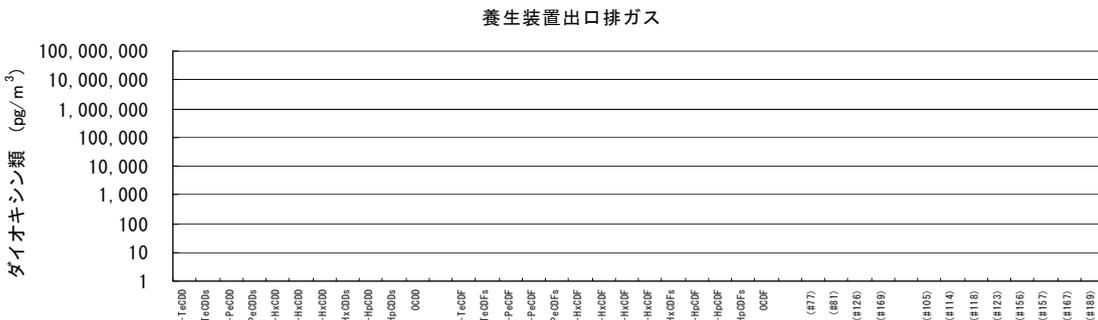
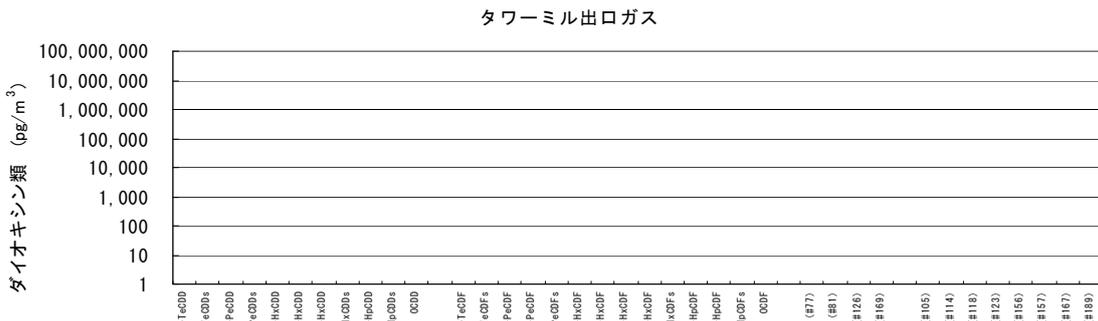
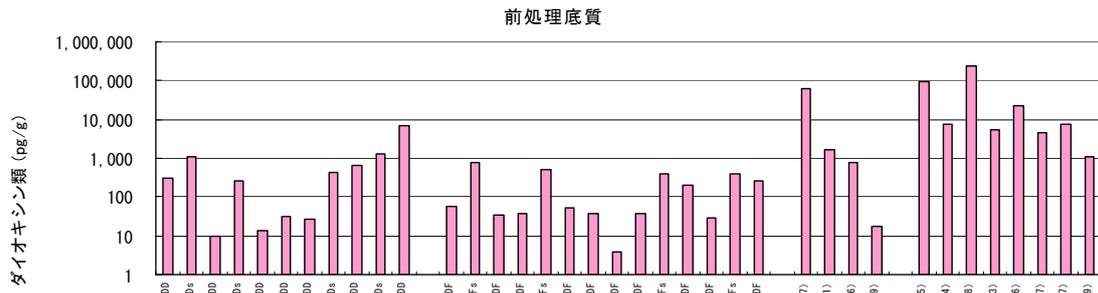
注 1pg/m³未満の値は記載せず

資図 3.1.5 (5) E技術におけるダイオキシン類異性体分布



注 1pg/m³未満の値は記載せず

資図 3.1.5 (6) F技術におけるダイオキシン類異性体分布



注 1pg/m³未満の値は記載せず

資図 3.1.5 (7) G技術におけるダイオキシン類異性体分布

(4) エネルギー消費量

資表 3.1.4 エネルギー消費量一覧

	単位	A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術		
		回転焼成式 分解法	還元加熱・金 属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水 還元化学 分解法	金属Na脱ハ ロゲン化技 術	バイオクリ ーンコンポ		
前処理	作成脱水ケーキ量	t	2.5	2.1	0.7	0.65	1.0	1.37	1.2	—	
	運転時間	h	60	16	44.4	10.0	51	14.3	32.0	—	
	電気	電力使用量	kwh	—	280	444	10	270	105	149	—
		作成脱水ケーキ1 tあたりの電力使用量	kw/t	—	131	660	15.0	272	75	129	—
		運転時間1時間あたりの電力使用量	kw	—	17.5	10.0	1.0	5.3	7.34	4.7	—
	燃料-1	燃料の種類	—	軽油 (L)	—	—	灯油 (L)	—	—	—	—
		燃料使用量	X	494	—	—	196	—	—	—	—
		作成脱水ケーキ1 tあたりの燃料使用量	X/t	195	—	—	197	—	—	—	—
		運転時間1時間あたりの燃料使用量	X/h	8.3	—	—	3.8	—	—	—	—
		金額換算値	円/t	14000	1400	7300	170	17000	830	1400	—
	CO ₂ 排出量換算値	kgCO ₂ /t	510	50	250	6	590	28	49	—	
分解無 害化 処理	処理底質量	t	1.2	2.0	0.5	0.06	0.8	1.11	0.6	0.7	
	運転時間	h	42.3	20	13.0	10.00	79.1	27.9	78.2	0.2	
	電気	電力使用量	kwh	495	680	1825	86	709	986	1992	—
		実証試験使用底質1 tあたりの電力使用量	kw/t	420	339	4056	1433	885	889	3364	—
		運転時間1時間あたりの電力使用量	kw	11.7	34	140.4	14.0	9	35.3	25.5	—
	燃料-1	燃料の種類	—	灯油(L)	灯油(L)	—	プロパンガス(m ³)	LPG(Kg)	プロパンガス(m ³)	プロパンガス(m ³)	軽油(L)
		燃料使用量	X	63	205	—	4.2	45	394	135	2.6
		実証試験使用底質1 tあたりの燃料使用量	Kg/t m ³ /t	53	102	—	145 70	27.1 56	735 355	470 227	3.9
		運転時間1時間あたりの燃料使用量	Kg/h m ³ /h	1.5	10	—	1.4 0.7	0.6 0.3	29.2 14.1	3.5 1.7	15.6
		金額換算値	円/t	8,300	11,000	45,000	27,000	14,000	67,000	74,000	280
	CO ₂ 排出量換算値	kgCO ₂ /t	290	380	1,600	970	500	2,500	2,700	10	

注 金額、CO₂の換算には以下の値を用いた： 電力：1kwh=11円、灯油：1L=70円、1m³=160円 LPGとプロパンガスの換算には以下の値を用いた： 1m³(プロパンガス)=2.07kg(LPG)

◇排出量 (kgCO₂) = 燃料使用量 (kg, L, m³N) × 単位発熱量 (MJ/(kg, L, m³N)) × 排出係数 (kgCO₂/MJ)

燃料の種類	単位	単位発熱量	排出係数
灯油	L	37	0.0679 (エコアクション21、環境省、平成16年による値)
軽油	L	38	0.0687 (エコアクション21、環境省、平成16年による値)
プロパンガス	kg	50	0.0598 (エコアクション21、環境省、平成16年によるLPGの値)

◇排出量 (kgCO₂) = 電気使用量 (kwh) × 排出係数 (kgCO₂/kwh)

一般電気事業者 排出係数 0.378 (平成18年10月に地球温暖化対策推進本部幹事会が使用した係数)

(5) 重金属測定結果－(1)溶出量、(2)含有量

資表 3.1.5 (1) 溶出試験結果

計量項目	単位	前処理 底質	分解無害化底質								基準値	
			A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術		
			回転焼成式 分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高压脱水 還元化学 分解法	金属Na脱ハ ロゲン化技 術	バイオクリ ーンコンポ		
水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005
カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
鉛又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
六価クロム化合物	mg/L	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.50
ひ素又はその化合物	mg/L	<0.01	0.06	0.02	<0.01	<0.01	0.07	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
シアン化合物	mg/L	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.00
セレン又はその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.10
銅又はその化合物	mg/L	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	3.00
ふっ化物	mg/L	0.42	0.02	0.92	0.08	0.35	0.53	0.30	0.79	0.56	0.56	15.00

注1 溶出基準：「海防法の水底土砂に係る判定基準」（昭和48年総理府令第6条）

注2 網掛け部分は検出された検体

資表 3.1.5 (2) 含有量試験結果

計量項目		単位	原泥	分解無害化底質								基準値※
				A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術	
				回転焼成式 分解法	還元加熱・ 金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱 酸化分解法	高圧脱水 還元化学 分解法	金属Na脱ハ ロゲン化技 術	バイオクリ ーンコンポ	
水銀	濃度	mg/kg	9.9	<0.02	<0.02	<0.02	0.04	0.07	0.43	0.07	4.5	25
カドミウム	濃度	mg/kg	8.4	5.6	6.5	11	7.5	6.2	8.4	6.5	5.5	-
鉛	濃度	mg/kg	170	51	260	140	120	97	120	110	90	-
六価クロム	濃度	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
砒素	濃度	mg/kg	17	51	29	36	30	30	36	31	25	-
シアン	濃度	mg/kg	1.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	<0.5	2.4	-
セレン	濃度	mg/kg	2.6	<0.1	1.2	1.1	1.6	1.1	1.6	0.6	0.2	-
銅	濃度	mg/kg	270	85	160	230	210	170	190	250	140	-
ふっ素	濃度	mg/kg	71	<40	290	330	260	340	410	340	250	-
ほう素	濃度	mg/kg	180	100	66	66	55	47	78	71	89	-

注1 底質の暫定除去基準（通達） 昭和50年 環水管119号

注2 網掛け部分は原泥よりも含有量が高くなった検体

(6) 実施機関による見解

資表 3.1.6 実施機関による見解

分解無害化技術名	A技術	B技術	C技術	D技術	E技術	F技術	G技術	H技術	
	回転焼成式分解法	還元加熱・金属Na法	真空加熱法	還元加熱法	間接加熱酸化分解法	高圧脱水還元化学分解法	金属Na脱ハロゲン化技術	バイオクリーンコンポ	
再試験実施の有無	無	有	無	無	有	無	無	有	
実用化試験に向けての問題点、課題に対する各社のコメント	<ul style="list-style-type: none"> ガス処理について、実機においては、高温脱臭装置及びガス冷却設備を設置することから、再合成を防止できる。 実用の際には商用電源を用いるため、実証試験時より燃料消費量が少なく済む。 	<ul style="list-style-type: none"> 系外への排出について、実機においては、オイルスクラバー洗浄装置の循環油量増加、段数増等により、活性炭負荷を減少させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級物もそのまま無害化装置で処理することが出来る。 		<ul style="list-style-type: none"> 土壌の条件で実験したが、有機物が多かったため、排ガスへの移行量が多かった。 比較的低温で処理したため、揮散率が高かった。 温度条件等を変えることで、問題を解決できる見込みである。 	<ul style="list-style-type: none"> 実用プラントでは凝縮水の排水処理を考慮済である。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用した秋草は春草に比べて分解能力が低かった。 嫌気状態の部分が多く分解量が少なかった。 		
問題点、課題に対する検討委員会での指摘、結論	■物質・ダイオキシン類収支把握		<ul style="list-style-type: none"> 粒度分布の比較、前処理時のダイオキシン類収支から、分級時の洗浄が不十分である可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 粒度分布の比較から、分級時の洗浄が不十分である可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 前処理工程でのダイオキシン類収支がとれていない。 温度条件の不備によりガス中ダイオキシン類の物質収支の把握が出来ず→再試験を実施した結果、物質収支は正常となり把握出来た。 	<ul style="list-style-type: none"> 前処理工程でのダイオキシン類収支がとれていない。 粒度分布の比較、前処理時のダイオキシン類収支から、分級時の洗浄が不十分である可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 前処理工程でのダイオキシン類収支がとれていない。 分級時の物質収支と粒度分布の比較、前処理時のダイオキシン類収支から、分級時の洗浄が不十分である可能性がある。 		
	■目標値達成		<ul style="list-style-type: none"> 分級除去物のダイオキシン類が環境基準(150pg-TEQ/g以下)を超えている。 大気放出ガスが大気目標濃度を超過している(2.5ng-TEQ/m³N)。→再試験を実施した結果目標濃度未満(0.40ng-TEQ/m³N)となった。 放流水濃度が目標濃度を超過している(1.5pg-TEQ/L)。→再試験を実施した結果目標濃度未満(0.00027pg-TEQ/g)となった。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級除去物のダイオキシン類が環境基準(150pg-TEQ/g以下)を超えている。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級除去物のダイオキシン類濃度は未測定(不明)。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級除去物のダイオキシン類濃度は未測定(不明)。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級除去物のダイオキシン類濃度は未測定(不明)。 	<ul style="list-style-type: none"> 無害化処理物が目標値を超えている(300pg-TEQ/g)。 研究レベルでの検討がまず必要。 	
	■技術上の問題点	<ul style="list-style-type: none"> 大気放出ガスダイオキシン類量が比較的多い(ダイオキシン類量3.2ng-TEQ/供給底質kg-ds)が、実用規模では処理装置を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> オイルスクラバーでの処理効率が低い(捕捉率54%)に、後段の活性炭への負荷が高くなっている。 						
	■解明できなかった点	<ul style="list-style-type: none"> 排ガス処理でばいじんが多く(処理量当たりの発生量が0.11kg/kg-ds)、その処理コストが大きくなる可能性がある。 		<ul style="list-style-type: none"> 無害化装置の各工程(アルカリ反応炉、活性炭処理)の性能把握が望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 分級物へのダイオキシン類移行量 処理土が一部キルン内に残留した。無害化試験に使用した底質量が少なく、長時間実験が必要。 		<ul style="list-style-type: none"> 分級物へのダイオキシン類移行量 	<ul style="list-style-type: none"> 分級物へのダイオキシン類移行量 	
	■その他	<ul style="list-style-type: none"> 温度が高いこと、容積処理量が小さいことから、ガスがキルン内に滞留中に高温分解されたと考えられる。 各装置の性能把握は出来ている。 	<ul style="list-style-type: none"> 窒素で還元雰囲気とし、供給ガス量を少なくしたため加熱装置出口ガス中ダイオキシン類量高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生ガスはアルカリ反応炉+アルカリ中和+活性炭処理で完全に浄化されている。 凝縮水の濃度が4.3pg-TEQ/Lであったことから、アルカリ反応炉出口ガスの濃度が乾燥初期の段階で高かった可能性もあり、実用化に際しては確認しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> オキシダイザー処理後のガスは完全に分解されている(0.21ng-TEQ/m³N)。 循環スクラバーの効果がよいためスクラバー排水は3,600pg-TEQ/Lと高い。 各装置の性能把握は出来ている。 	<ul style="list-style-type: none"> 脱水せずに乾燥工程で水分を蒸発させているので、エネルギー消費量が過大になる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> キルンにガス未供給だがガス量が多いのは、装置のシールが完全でないことによるものと思われる。 各装置の性能把握は出来ている。 	<ul style="list-style-type: none"> 各装置の性能把握は出来ている。 相対的にシステムの構成が複雑(タワーミル+養生装置)。 計画と異なる原理で分解されている(計画ではタワーミルで脱ハロゲンとなっているが、実際は養生装置での分解率が大きい)。 	

3.1.3 実証試験（分解無害化）実施機関一覧

実証試験を実施した技術及び実施機関の一覧を以下に示した。

No.	技術名	機関名
A 技術*	ソイルクリーンシステム (回転焼成式分解法)	(株)本間組 株木建設(株) 大川トランスティール(株) 日本リサイクル技術(株)
B 技術	還元加熱法と金属 Na 分散体法との 組合せ処理法	(株)神鋼環境ソリューション
C 技術	真空加熱法	大成建設(株) (株)豊栄商会
D 技術	還元加熱無害化プロセス	日立造船(株)
E 技術	間接加熱酸化分解法	三井造船(株)
F 技術	高圧脱水還元化学分解工法	大豊建設(株) (株)明電舎
G 技術	金属ナトリウムによる 脱ハロゲン化技術	(株)大林組 (株)クボタ建設 飛鳥建設(株) (株)エクセルシア
H 技術	バイオクリーンコンポによる ダイオキシン類分解工法	日本工営(株) 東洋建設(株)

実用化試験を実施した技術及び実施機関の一覧を以下に示した。

No.	技術名	機関名
A 技術*	ソイルクリーンシステム (回転焼成式分解法)	(株)本間組 株木建設(株) 日本リサイクル技術(株) (株)アクトリー
B 技術	還元加熱法と金属 Na 分散体法との 組合せ処理法	(株)神鋼環境ソリューション
F 技術	高圧脱水還元化学分解工法	大豊建設(株) (株)明電舎

* 実証試験と実用化試験で実施機関が異なる。

3.2 原位置固化処理技術

3.2.1 対象箇所の条件把握

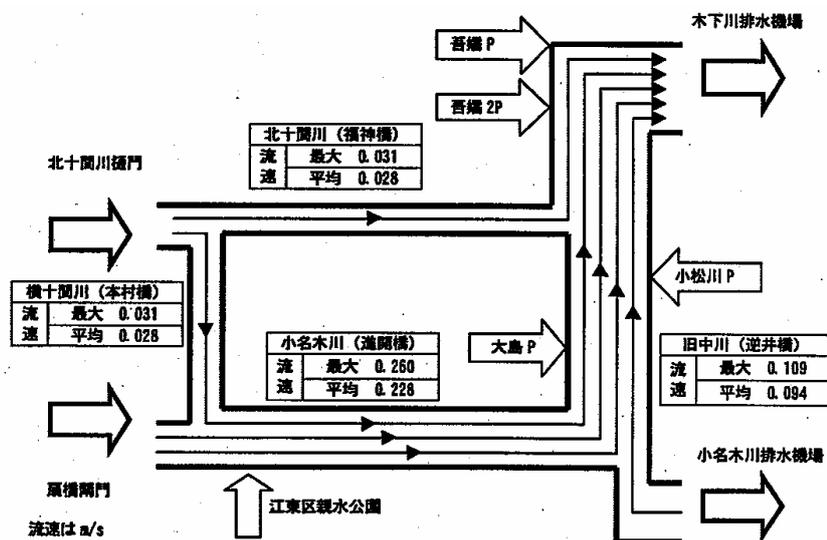
(1) 現況河川状況

二級河川横十間川は、江東内部河川（荒川と隅田川に挟まれた江東三角地帯を流れる荒川水系の一級河川10河川と、独立水系である二級河川1河川の計11河川の総称）の一つであり、北十間川の分岐点を起点とし、終点は小名木川への合流点までの延長3.66kmの河川である。

江東内部河川のうち、旧中川、北十間川、横十間川、小名木川については、周辺河川から閘門により締め切られ、平常時は水位を周辺地盤より低いAP-1.0mに保たれている。

横十間川の特性及び江東内部河川（東側河川）の流況と流速の状況は以下のとおりである。

- ・ 横十間川は江東内部河川（西側河川と東側河川の総称）の東側河川の一つである。
- ・ 樋門、閘門、締切等により外水から締め切られ、常時はあまり流れのない河川である。平常時の水の流れは、北から南へ約0.028m/sである。資図3.2.1に流況と流速を示した。
- ・ 東側河川の平常時の水位は周辺地盤より低い、AP-1.0mに保たれている。
- ・ 水質維持を目的に北十間川樋門、扇橋閘門サイフォン、江東区親水公園（横十間川親水公園、仙台掘川公園）サイフォン・ポンプにより西側河川から維持浄化用水が流入している。



資図 3.2.1 江東内部河川の流況と流速

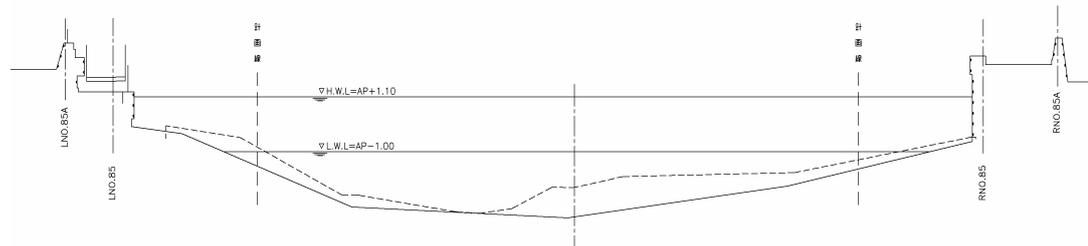
出典：「江東内部河川底質関連調査」、東京都、平成16年3月

(2) 河道断面

1) 現況河道断面

当該地点の現況河道断面は、以下の通りである。横断面を資図 3.2.2 に示した。

- ・ 横十間川は、昭和 43 年度から平成 11 年度に維持浚渫が行われ、河道中央部は兩岸より深くなっている。常時水位 AP-1.0m に対し、中央部で 2.0m、端部で 1.0m 程度の水深である。
- ・ 護岸構造は、自立式鋼矢板形式である。護岸構築後 20 年以上経過している。

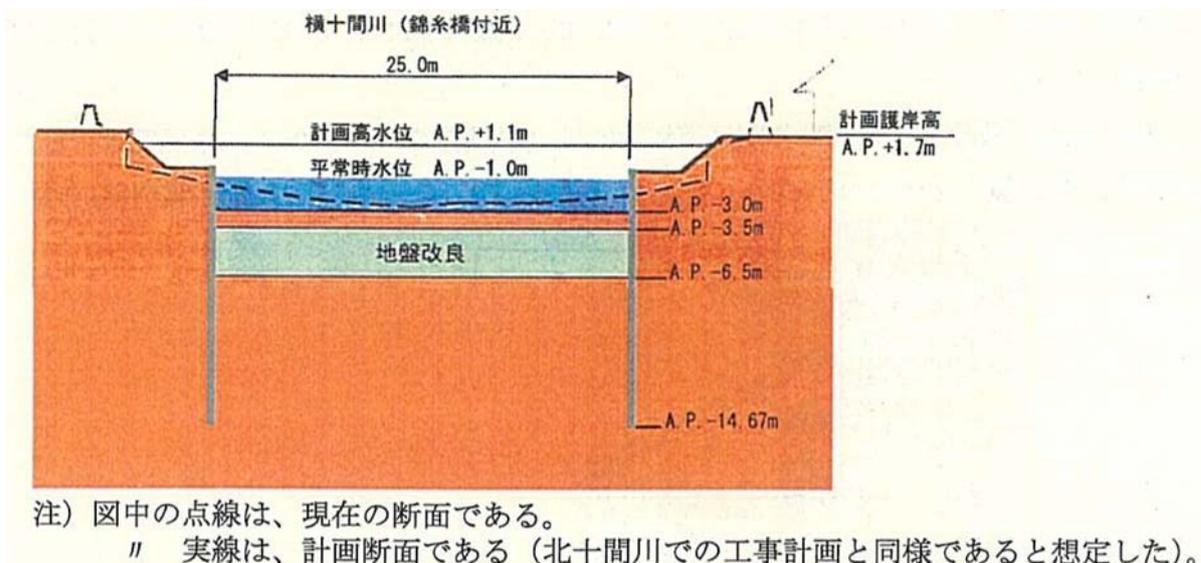


資図 3.2.2 横十間川現況横断面図

2) 整備計画断面

横十間川を含む江東内部河川においては、整備計画が立案されている。横十間川の河道整備断面図を資図 3.2.3 に示した。

- ・ 横十間川での河川整備は、北十間川から小名木川までの 2.5km の区間である。
- ・ 当該区間は軟弱地盤地帯であり、河川整備断面は耐震性を確保する目的から既設護岸前面に鋼矢板を打設し、鋼矢板前面の河床を地盤改良する計画である。



資図 3.2.3 横十間川河道整備断面図

出典：「江東内部河川底質関連調査」、東京都、平成 16 年 3 月

(3) ダイオキシン類施工区域

平成 12 年 1 月にダイオキシン類対策特別措置法が施工され、ダイオキシン類による底質土の汚染に係る環境基準が平成 14 年 9 月に施行された。東京都の河川においても、環境局がダイオキシン類の常時監視を行っており、横十間川の天神橋付近で高濃度ダイオキシンが検出された。

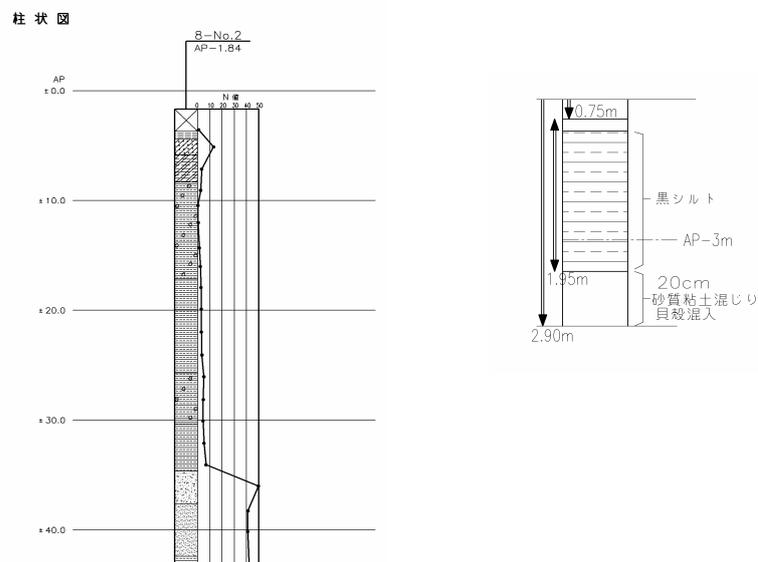


資図 3.2.4 施工区域現場写真

1) 土質性状

当該工区においては、護岸工事及び橋梁工事が実施されているが、施工年度が古い
ため土質試験結果等はない。

当該区間護岸構築時に実施された、土質柱状図を資図 3.2.5に示した。



資図 3.2.5 既存柱状図（出典：「江東内部河川底質関連調査」、東京都、平成 16 年 3 月）

当該区間の地層は、2m程度の表層の下部にN値が11程度の1m程度の砂層が分布し、その下部層は、N値が0の軟弱な粘性土が25m程度分布する。

また、「江東内部河川底質関連調査（東京都、平成16年3月）」において横十間川等の底層の調査が行われている。この調査結果では、河床から1.95mまでシルト層で、その下部は1mの砂質粘度が確認されている。

物理試験の結果は、含水比が241%であり、粒度試験の結果で底質土は比較的粒度の小さいシルト及び粘土で構成されている。

3.2.2 室内試験における検討

(1) 固化試験、ダイオキシン類溶出試験

1) 試験施工区底質を用いた固化強度と溶出量の検討

今回の試験施工区の底質を用いて、固化材添加量と固化強度（一軸圧縮強さ）とダイオキシン類の溶出量の関係を求めた結果を、資表 3.2.1に示した。

資表 3.2.1 添加量と固化強度の関係

項目	材齢	固化材添加量		
		100kg/m ³	200kg/m ³	300kg/m ³
一軸圧縮強さ kN/m ²	7日	165	867	2,020
	28日	211	1,200	2,630
ダイオキシン類溶出濃度 pg-TEQ/L	7日	0.30	0.29	0.29
	28日	—	—	—

注 強度試験は各3試料の平均値

2) 本施工区底質を用いた固化強度と溶出量の検討

今回の本施工区の底質を用いて、固化材添加量と固化強度（一軸圧縮強さ）とダイオキシン類の溶出量の関係を求めた結果を、資表 3.2.2に示した。

資表 3.2.2 強度試験及びダイオキシン類試験結果

項目	材齢	固化材添加量		
		100kg/m ³	200kg/m ³	300kg/m ³
一軸圧縮強さ kN/m ²	7日	225	779	1,670
	28日	291	1,050	2,210
六価クロム溶出試験 mg/L	7日	<0.02	<0.02	0.03
ダイオキシン類溶出試験 pg-TEQ/L	7日	—	5.4	—
	28日	—	0.13	—

固化強度は、100kg/m³でも材齢7日で200kN/m²以上の一軸圧縮強さの値があり、目標とした100kN/m²を満足していたが、ダイオキシン類の溶出濃度が材齢7日では、目標とした1pg-TEQ/Lを満足しなかった。材齢28日では、0.13pg-TEQ/Lと目標値を満足する結果であった。

六価クロム溶出試験では、固化材添加量300kg/m³で若干溶出が見られた。

3) 固化材添加量の設定

① 固化材添加量

ダイオキシン類汚染土の原位置固化処理は、強度増加の目的ではなく、あくまで溶出防止対策である。室内試験結果においては、固化材添加量は 60kg/m^3 で溶出量を基準値となる試験結果であるが、現場においては、バラツキを考慮し固化材の添加量は、室内試験結果より割増す必要がある。溶出に関する割増率は特に基準はないことから、当該地区の試験施工に当たっては、資表 3.2.3を参考に 2~3 倍の割増率を採用し、以下の 2 ケースを設定した。また、使用するセメントは粉体とし、軟弱地盤粘性土タイプ専用セメントを使用した。

$$\text{(CASE-1)} \quad 60\text{kg/m}^3 \times 2 = 120\text{kg/m}^3$$

$$\text{(CASE-2)} \quad 60\text{kg/m}^3 \times 3 = 180\text{kg/m}^3 \rightleftharpoons 200\text{kg/m}^3$$

※固化材添加量は、施工前に現地底質を採取し上記の配合で溶出量が 1pg-TEQ/g 以下になることを確認し、現場配合量を設定した。

② 改良強度の設定

室内試験結果ではセメント添加量は 60kg/m^3 で溶出量は基準値以内となる。このときの一軸圧縮強さは 199kN/m^2 ($\rightleftharpoons 200\text{kN/m}^2$) である。

原位置固化処理工法は現場強度 (q_{uf}) にはバラツキがあること、及び、現場強度と室内配合試験 (q_{ul}) による一軸圧縮強さには違いがある。各々の強度には以下の関係式がある。

$$q_{uck} = \gamma \cdot q_{uf} = \gamma \cdot \lambda \cdot q_{ul}$$

q_{uck} : 設計基準強度

q_{ul} : 室内配合試験における改良土の一軸圧縮強さの平均値

q_{uf} : 原位置改良土の一軸圧縮強さの平均値平均値

γ : 現場強度係数 (0.5)

λ : 現場強度 q_{uf} の平均値と室内配合強度 q_{ul} の平均値 (0.5)

$$200\text{kN/m}^2 = 0.5 \times q_{uf} = 0.5 \times 0.5 \times q_{ul}$$

$$q_{uf} = 1/0.5 \times 200\text{kN/m}^2 = 400\text{kN/m}^2$$

$$q_{ul} = 1/0.5 \times 0.5 \times 200\text{kN/m}^2 = 800\text{kN/m}^2$$

現場と室内の固化強度の比較例を資表 3.2.3に示した。

資表 3.2.3 現場と室内の固化強度の比較例

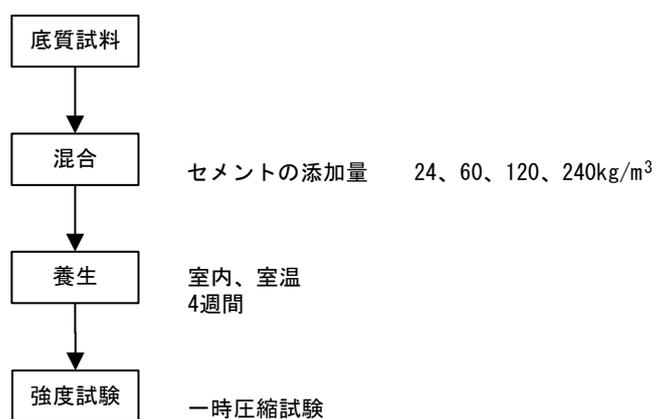
固化材の 添加形態	底質の状況	施工機械	(現場/室内) 強さ比
粉体	軟弱土	スタビライザー バックホウ	0.5~0.8 0.3~0.7
	ヘドロ 高含水有機質土	クラムシェル バックホウ	0.2~0.5
スラリー	軟弱土	スタビライザー バックホウ	0.5~0.8 0.4~0.7
	ヘドロ 高含水有機質土	処理船	0.5~0.8
		泥上作業車 クラムシェル・バックホウ	0.3~0.7 0.3~0.6

4) セメント添加量と固化強度

①試験方法

試験方法のフローを資図 3.2.6に、試験に用いた底質の性状を資表 3.2.4に示した。底質に添加するセメント量を変え、底質の固化強度の変化によるダイオキシン類を封じ込める効果の変化を確認した。

添加量は、試料 10kg につき 0.2kg、0.5kg、1kg 及び 2kg とした(1m³あたり添加量として各 24kg、60kg、120kg、240kg)。養生期間は 4 週間とした(試験に用いるセメントは、高有機質土用(太平洋セメント G25)とした)。固化処理を行った試料について、一軸圧縮試験による固化強度を測定した。



資図 3.2.6 セメント添加量と固化強度の検討フロー

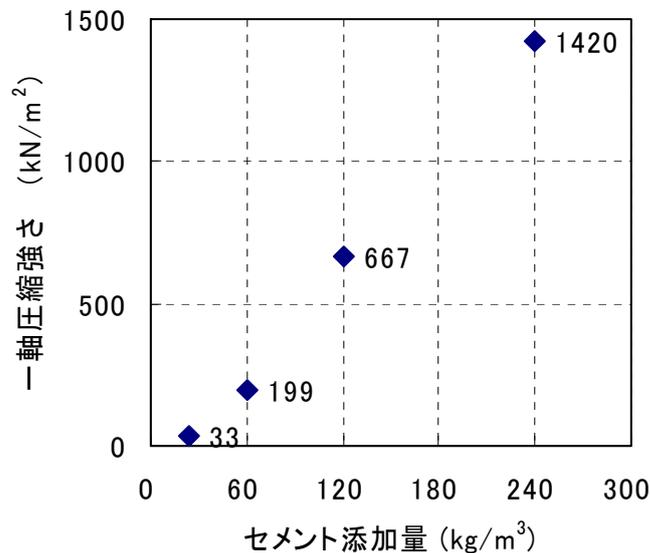
資表 3.2.4 試験に用いた底質の性状

測定項目	測定結果
土粒子密度 (g/cm ³)	2.512
自然含水比 (%)	189
砂分 (%)	13.8
シルト分 (%)	50.8
粘土分 (%)	35.4

②試験結果

セメント添加量と固化強度の関係を資図 3.2.7に示した。

試験を実施したセメント添加量 300kg/m³までの範囲では、セメント添加量が大き
い程、一軸圧縮強さは大きい傾向が認められた。



※データラベルは一軸圧縮強さを示した。

資図 3.2.7 セメント添加量と固化強度の関係

5) 固化強度とダイオキシン類溶出濃度

①試験方法

試験方法のフローを資図 3.2.8に示した。

固化処理を行った試料を用い、ダイオキシン類溶出量を把握した。用いる試料は、セメント添加量及び養生期間が異なるものとした。

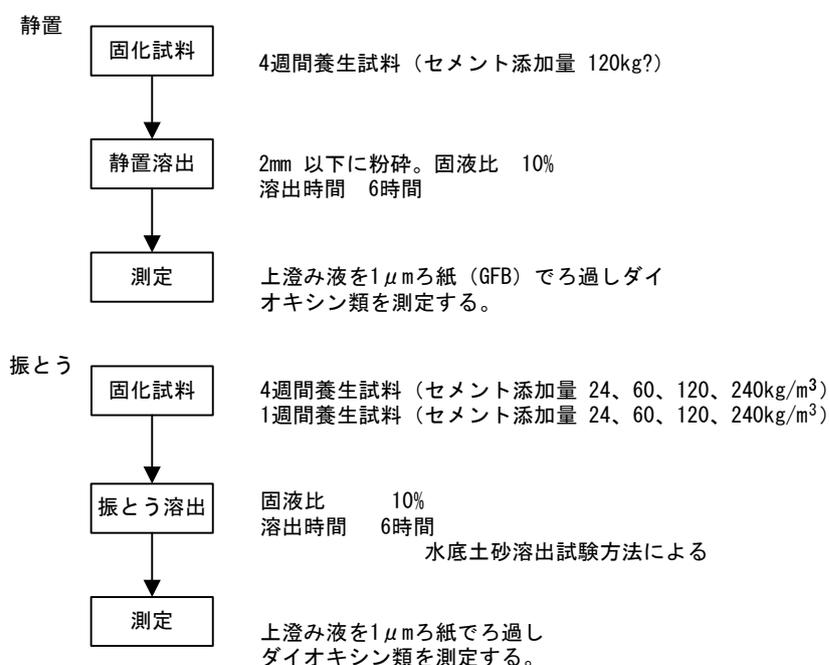
固化後、何らかの要因で固化体の破壊があった場合を想定し、振とうと静置の2ケ

ースを測定した。

振とう試験は、底質の溶出試験方法に従い、固液比については 10%になるように蒸留水を添加し、振とう時間 6 時間で振とうを行った。振とう液を 1 μ m のガラスファイバーろ紙でろ過し、測定試料とした。

静置試験は、固化試料の粉碎及び振とうを行わずに、固液比 10%になるように蒸留水を添加し静置した。ろ過水を 1 μ m のガラスファイバーろ紙でろ過し、測定試料とした。

測定結果から、セメント添加量及び養生期間によるダイオキシソ類溶出量の違いについて検討し、適切なセメント添加量を把握した。

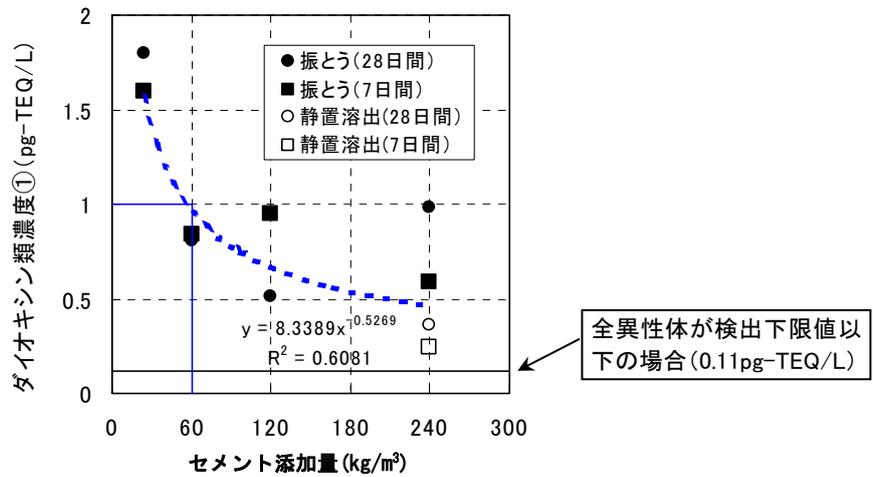


資図 3.2.8 固化強度とダイオキシソ類溶出量の検討フロー

②試験結果

振とう試験におけるダイオキシソ類溶出量は、資図 3.2.9に示すように、セメント添加率 5% (セメント添加量 60kg/m³) 以上の場合に、1pg-TEQ/L以下になった。また、養生期間 (1 週間及び 4 週間) による溶出量の違いはみられなかった。

静置溶出を行った結果において、1 週間養生、4 週間養生の値は、共に振とう溶出を行った値の 1/3 であり、水質基準の 1pg-TEQ/L 以下を十分満足するものであった。



※毒性等量①は検出下限未満のものは、試料における検出下限の1/2の値を用いて算出したものである。

資図 3.2.9 振とう試験におけるセメント添加量とダイオキシン類溶出量の関係

6) ダイオキシン類濃度が異なる底質での溶出量

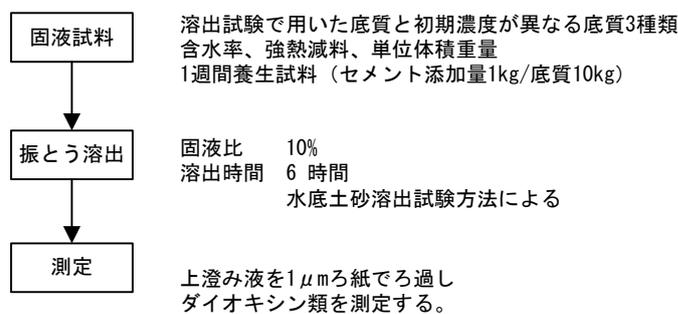
①試験方法

試験方法を資図 3.2.10に示した。

ダイオキシン類濃度が異なる底質を用いて振とう溶出試験を行った。

セメント 1kg/底質 10kg のセメント混合比でセメントを添加したものを用いて、底質のダイオキシン類濃度が異なる 3 種類について溶出実験を行った。養生期間は 1 週間とした。

測定結果から底質ダイオキシン類濃度の違いによるダイオキシン類溶出量の違いについて把握した。

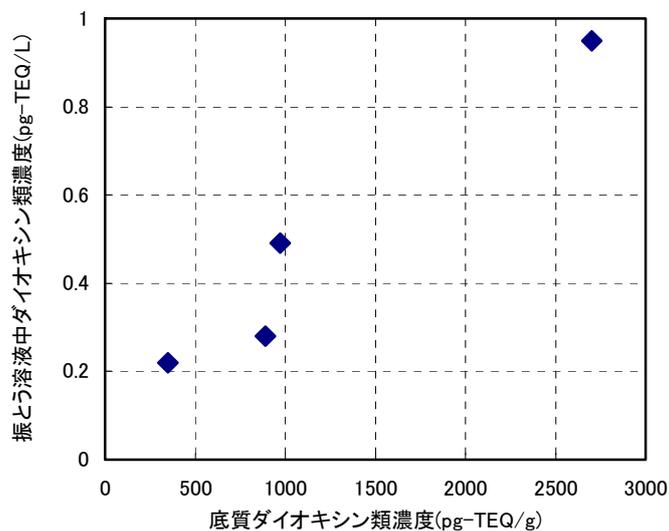


資図 3.2.10 初期濃度とダイオキシン類溶出量の関係の検討フロー

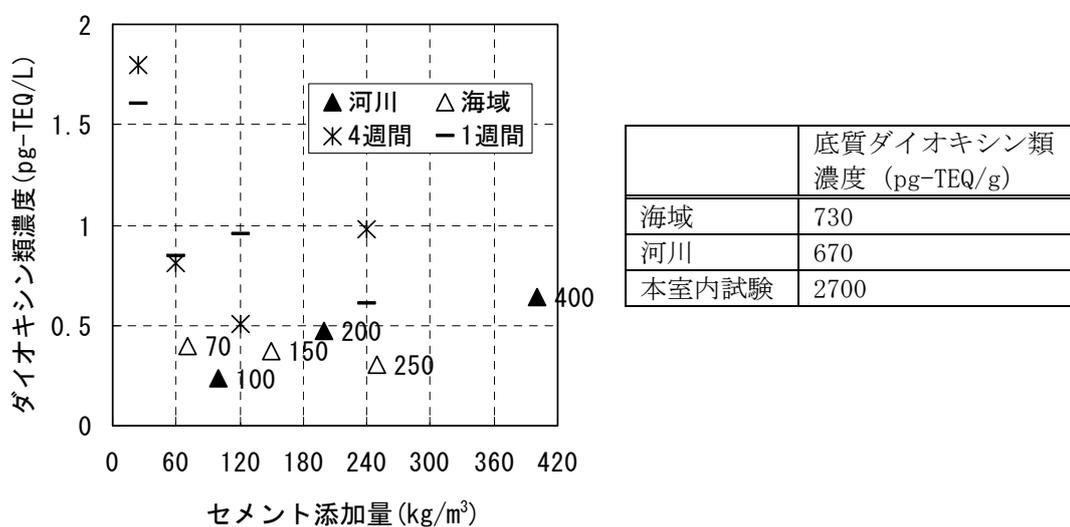
②試験結果

底質のダイオキシン類濃度が異なる場合の、ダイオキシン類溶出量は、資図 3.2.11 に示すように、高濃度の底質において、やや高くなる傾向がみられたが、高濃度試料 (2,700pg-TEQ/g) においても 1pg-TEQ/L 以下であった。

また、既往調査結果との比較を資図 3.2.12 に示した。本室内試験で用いた底質の約 1/4 のダイオキシン類濃度の底質を固化した場合と比較して、ダイオキシン類溶出量に大きな差はなかった。



資図 3.2.11 底質ダイオキシン類と溶出量の関係 (セメント添加量 120kg/m³)



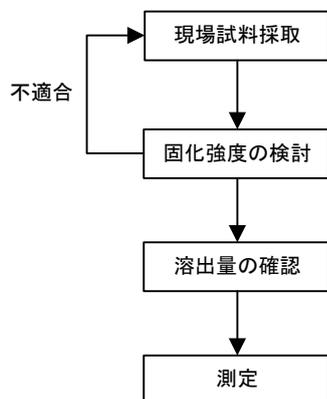
※データラベルはセメント添加量を示した。

資図 3.2.12 振とう試験の既往調査結果との比較

出典：「ダイオキシン類対策基礎調査」、環境省水環境部水環境管理課、平成 12 年度 より作成

7) 施工区底質を用いた固化強度と溶出量

固化強度と溶出量確認試験の流れを資図 3.2.13に示した。



資図 3.2.13 固化強度と溶出量確認試験の流れ

5 地点混合試験

工区内 5 地点より表層底質を採取し、混合して試験試料を作成した。

この試料を用いて、ダイオキシン類の含有量、固化材添加後の強度試験、ダイオキシン類の溶出試験を行った。試験結果を資表 3.2.5に示した。

資表 3.2.5 強度試験及びダイオキシン類試験結果

項目	材齢	固化材添加量	
		200kg/m ³	300kg/m ³
一軸圧縮強さ (kN/m ²)	7 日	593	1,290
	28 日	1,000	1,940
ダイオキシン類溶出試験 (pg-TEQ/L)	7 日	0.20	—

ダイオキシン類含有量は、11,000pg-TEQ/g と高い値を示していたが、固化材添加量 200kg/m³ で一軸圧縮強さの強度は十分出ていた。また、ダイオキシン類の溶出濃度も 1pg-TEQ/L を満足していた。

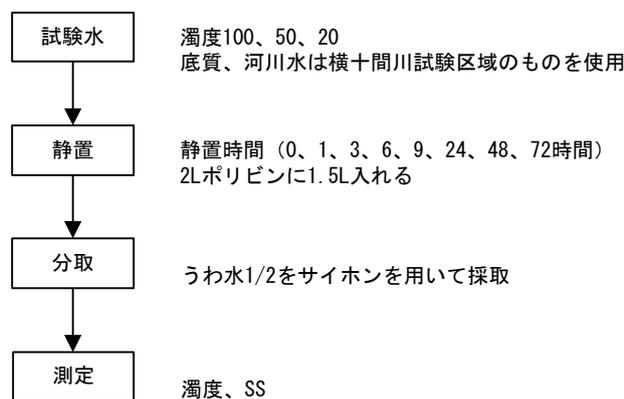
この結果から固化材の添加量は 200kg/m³ と確認できた。

(2) 濁りとダイオキシン類の関係

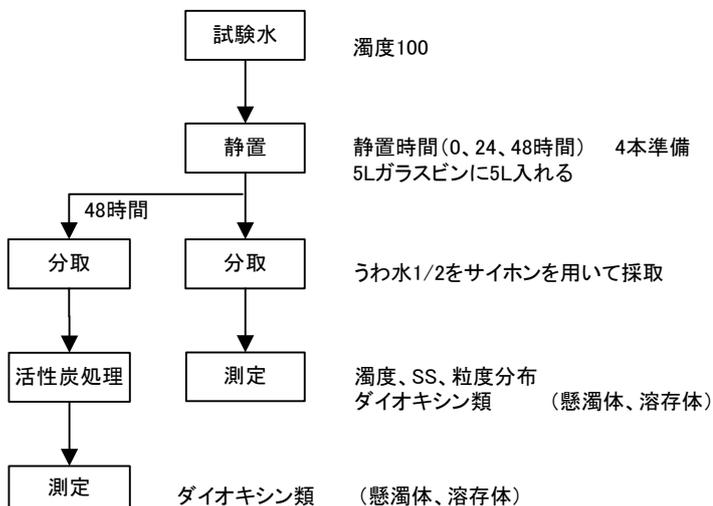
1) 試験方法

試験方法のフローを資図 3.2.14及び資図 3.2.16に示した。施工中の底質の拡散等を濁度によって監視することを想定し、工事を行う際に発生する濁りとダイオキシン類の関係を把握するため、懸濁水を一定時間静置した後、濁り（濁度、SS）を測定すると共にダイオキシン類濃度を測定した。測定結果から濁度とSSの関係を求めるとともに、時間経過による濁りの沈降の状況も把握した。

また、ダイオキシン類濃度の測定は、懸濁態と溶存態に分けて測定を行い、水処理方法を検討する上での資料とした。



資図 3.2.14 濁りの検討フロー



資図 3.2.15 濁りとダイオキシン類の存在形態の検討フロー

2) 試験結果

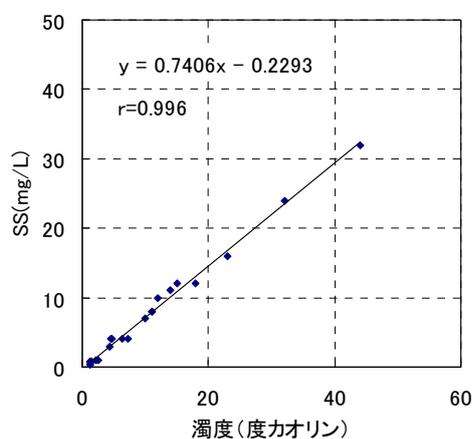
試験に用いた底質及び河川水の性状を資表 3.2.6に示した。

濁度とダイオキシン類の関係は、資図 3.2.17に示すように、濁度が 2 以下で、ダイオキシン類濃度が 1pg-TEQ/L以下となった。

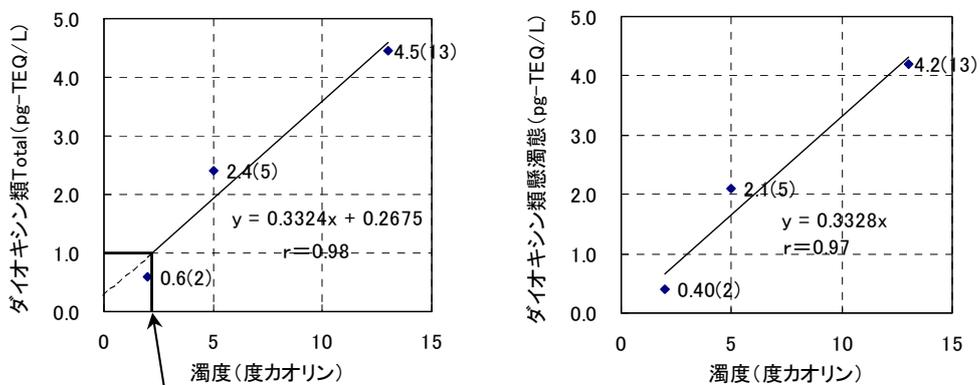
時間経過によるダイオキシン類の形態変化は、資図 3.2.18に示すように、濁度の低下にともなって懸濁態は減少する傾向がみられた。溶存態は大きな変化はみられなかった。48 時間経過後のTotalダイオキシン類濃度は 0.59pg-TEQ/Lであり、環境基準 1pg-TEQ/L以下を満たしていた。また、48 時間経過後の試料にさらに活性炭処理を実施した結果、溶存態の 47%が除去された。

資表 3.2.6 試験に用いた底質及び河川水の性状

		項目	単位	測定結果
底質	一般性状	単位体積重量	g/cm ³	1.20
		含水率	%	71.0
		強熱減量	%	10.3
	ダイオキシン類	PCDD+PCDF	pg-TEQ/g	2600
		co-PCB	〃	44
		Total	〃	2700
河川水	一般性状	SS	mg/L	2
		導電率	mS/m	2650
	ダイオキシン類	溶存態	pg-TEQ/L	0.20
		懸濁態	〃	0.20
		Total	〃	0.40



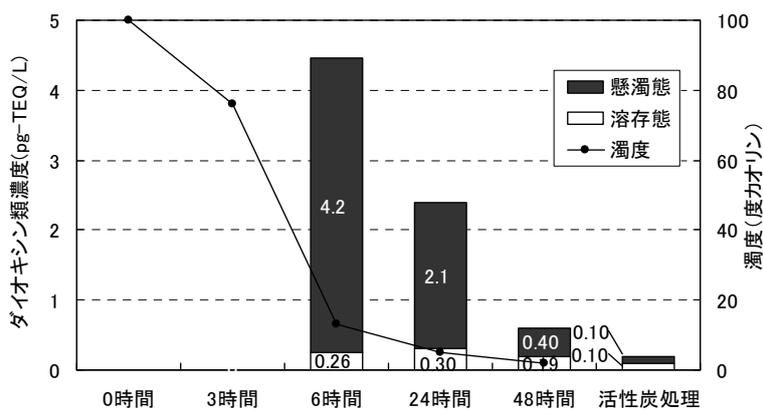
資図 3.2.16 濁度と SS の関係



濁度 2.2

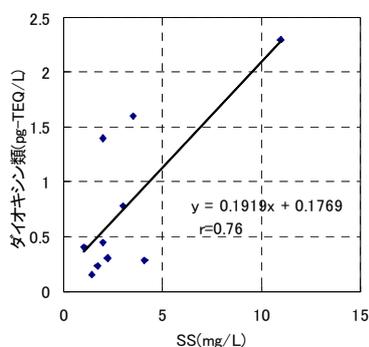
※データラベルはダイオキシン類濃度、()内は濁度を示した。

資図 3.2.17 濁度とダイオキシン類の関係



資図 3.2.18 ダイオキシン類の形態変化

横十間川におけるダイオキシン類とSSの既往調査結果（平成13年度から平成15年度）を資図 3.2.19に示した。SS約4mg/Lの時、ダイオキシン類1pg-TEQ/Lとなる結果であることから、室内試験における濁りの試験結果は、現場の状況をほぼ再現していると考えられた。



資図 3.2.19 濁度、SSとダイオキシン類の関係

(3) 排水処理の検討

施工中の仮締切内における雨水及び漏水による水の排水を想定し、排水処理方法として「凝集沈殿処理」の効果を検討した。凝集剤は一般的な凝集沈殿処理に用いられる PAC(ポリ塩化アルミ)を使用した。室内試験では、この凝集沈殿処理効果について確認した上で、排水のダイオキシン類対策のための高度処理法として、膜処理、活性炭処理、ろ紙(No. 5A：ろ紙孔径 $7\mu\text{m}$)を用いたろ過処理についても検討を行った。

1) 試験方法

試験方法のフローを資図 3.2.20に示した。

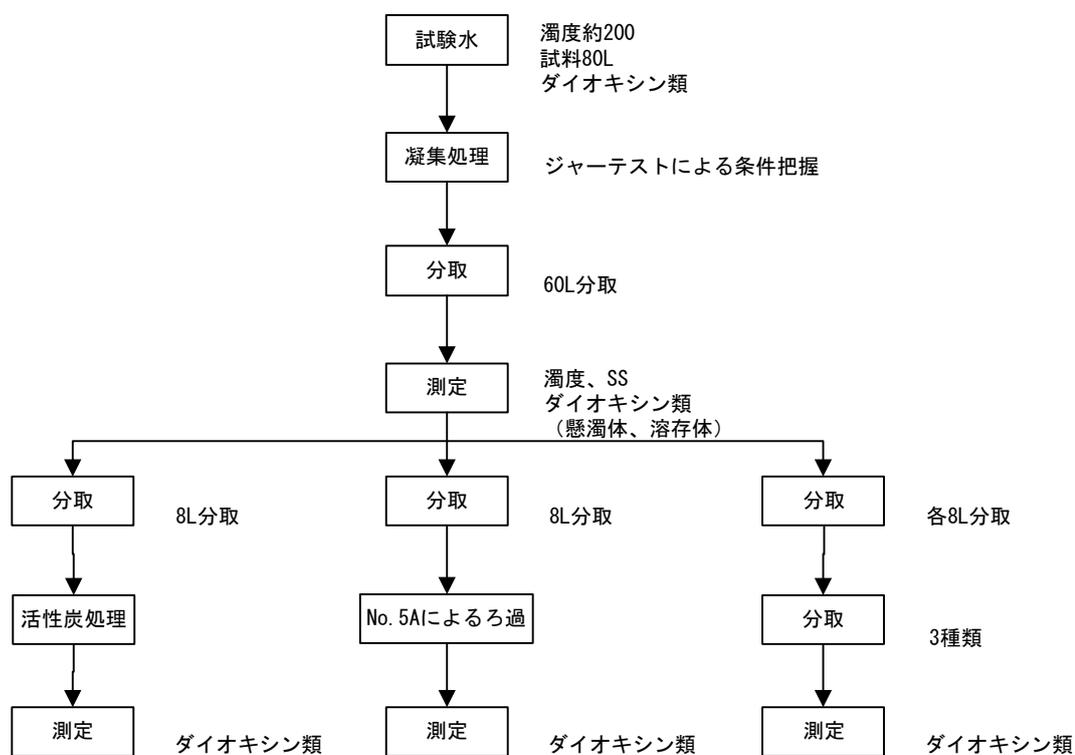
凝集沈殿試験用試験水の作成は、河川水 80L に現場底質を懸濁させた高濁度水(底質を水に懸濁させ約 1 時間放置した時のうわ水)を混合し、濁度約 200 の懸濁水を作成した。

ジャーテストの結果をもとに、凝集剤を添加し攪拌・静置し、凝集沈殿のフロックを巻き上げないように上澄み液約 60L を分取し、試験水とした。

凝集沈殿処理前、及び処理後の試験水について、濁度、SS、ダイオキシン類(懸濁体、溶存体)を測定した。測定結果から、凝集沈殿処理の効果を確認した。

凝集沈殿後の試験水を用いて、限外ろ過膜を用いた膜処理、活性炭処理、ろ紙(No. 5A)を用いたろ過処理を実施し、処理後の試験水を採取しダイオキシン類濃度を測定した。測定結果から、ダイオキシン類の除去効果について比較検討した。使用した膜モジュールの諸元は資表 3.2.7に示すとおりであった。

ろ紙は、ろ紙孔径 $7\mu\text{m}$ であり現場での砂ろ過処理の効果を室内実験で確認する場合に用いられる No. 5A を使用した。(出典：「ダイオキシン類汚染底質の対策技術ガイドブック」、底質浄化協会、平成 15 年 3 月、p43~44)



資図 3.2.20 凝集沈殿処理後の処理方法の検討フロー

資表 3.2.7 膜モジュールの諸元

	分子分画量	孔径 (μm)	中空糸の材質	中空糸の内径 (cm)
No. 1	10,000	0.003	FUS	0.8
No. 2	30,000	0.005	FUS	0.8
No. 3	150,000	0.01	FUS	0.8

2) 試験結果

凝集沈殿処理による SS、濁度、ダイオキシン類濃度の変化は、凝集沈殿処理によってダイオキシン類濃度は 0.41pg-TEQ/L に低下し、処理効果が明らかとなった。

凝集沈殿処理後の高度処理を行った結果は、資表 3.2.8、資表 3.2.9 及び資図 3.2.21 に示すとおり、活性炭処理、ろ紙ろ過処理、膜処理のいずれの処理においても、ダイオキシン類濃度は 0.11~0.13pg-TEQ/L に低下し、効果が確認できた。(検出下限値以下 1/2 濃度計算であるため、すべて不検出の場合でも 0.11pg-TEQ/L の値となり、高濃度処理を行った試料はダイオキシン類がほとんど検出されていない：ダイオキシン類濃度②参照)

凝集沈殿処理による除去率は、各異性体ともに 99% 以上であった。

資表 3.2.8 凝集沈殿処理結果

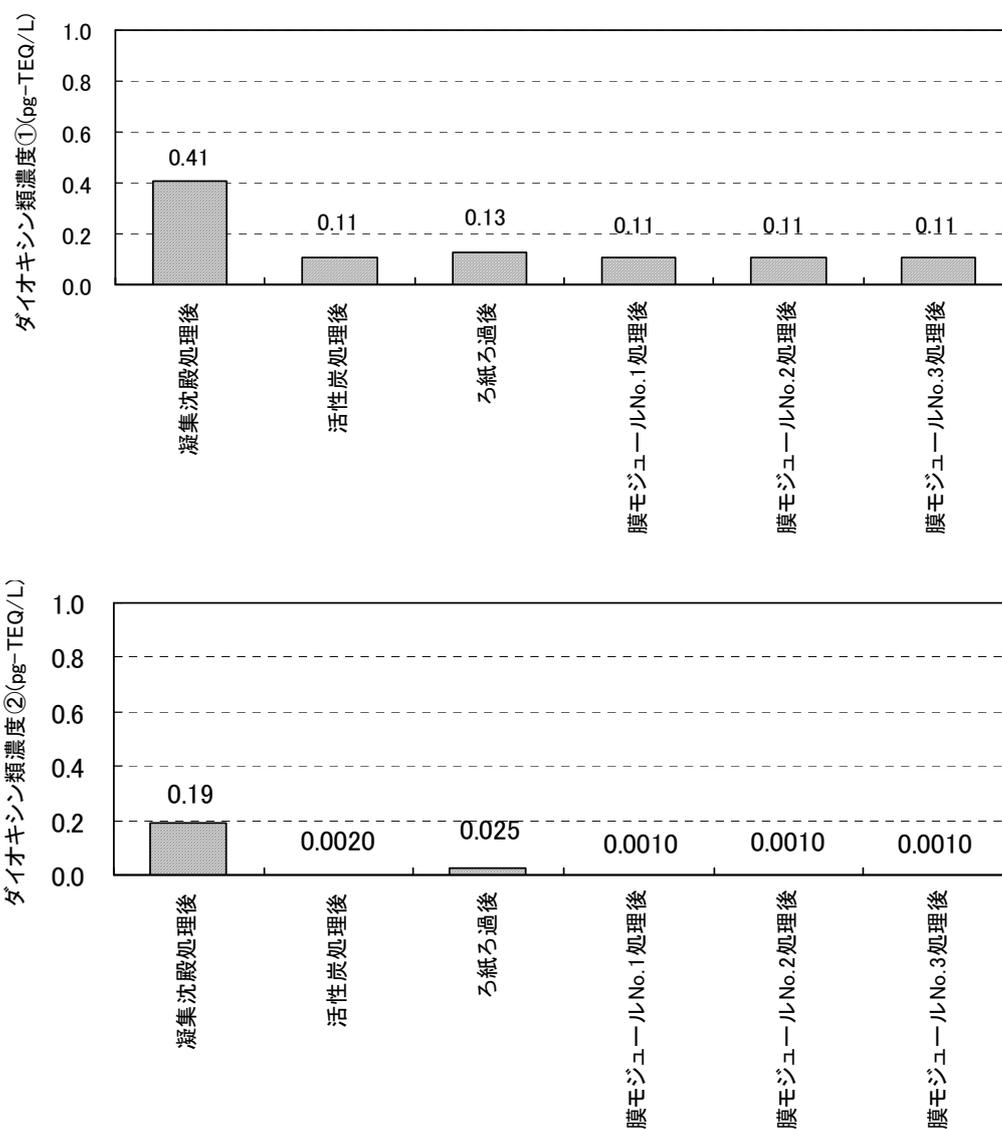
	SS (mg/L)	濁度 (度(カオリン))	ダイオキシン類 (pg-TEQ/L)	
			①	②
処理前	240	185	130	130
凝集沈殿処理後	2.3	1.3	0.41	0.19

注 ①：ND 値を検出下限値の 1/2 で計算 ②：ND 値を 0 で計算

資表 3.2.9 凝集沈殿処理後の高度処理結果

	SS (mg/L)	濁度 (度(カオリン))	ダイオキシン類 (pg-TEQ/L)	
凝集沈殿処理前	240	185	130	130
凝集沈殿処理後	2.3	1.3	0.41	0.19
活性炭処理後	—	—	0.11	0.0016
No. 5A ろ過後	—	—	0.13	0.025
膜モジュール No. 1 処理後	—	—	0.11	0.0014
膜モジュール No. 2 処理後	—	—	0.11	0.0010
膜モジュール No. 3 処理後	—	—	0.11	0.0011

注 ①：ND 値を検出下限値の 1/2 で計算 ②：ND 値を 0 で計算



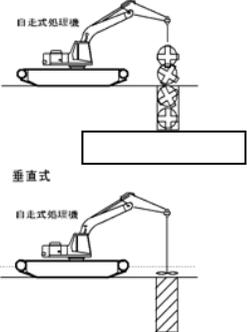
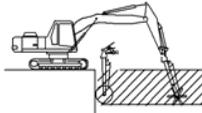
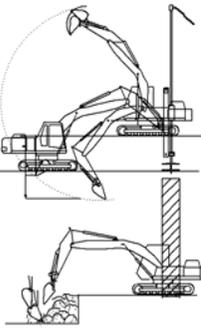
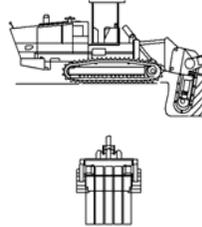
資図 3.2.21 凝集沈殿処理後の高度処理結果

3.2.3 現地施工

(1) 横十間川における工法

横十間川における工法の比較を資表 3.2.10 に示した。

資表 3.2.10 横十間川における工法比較表

工法分類	気中固化		原位置固化				
	プラント混合処理	(自動)ロータリー式施工法 垂直式施工法	ロータリー式施工法	垂直式施工法	バックホウ混合施工法	スタビライザー混合施工法	トレンチャー式混合施工法
施工概要	 <p>汚染底質土を掘削機で掘削し、改良機に投入し、固化材を投入し、改良された土を汚染河床に埋め戻す。</p>	 <p>軟弱地盤の表層5m位までを固化処理する工法であり泥上作業車(泥上車)をベースとした地盤改良工法である。</p>	 <p>軟弱地盤の表層2m位までを固化処理する工法であり、バックホウの先端に取り付けたローリー式攪拌装置によって混合攪拌を行う工法である。</p>	 <p>軟弱地盤の表層2m位までを固化処理する工法であり、バックホウの先端に取り付けた垂直式攪拌装置によって混合攪拌を行う工法である。</p>	 <p>軟弱地盤の表層約2.0m程度までを固化処理する工法でありバックホウを用いて攪拌・混合を行う地盤改良工法である。</p>	 <p>軟弱地盤の表層約1.0mまでを固化処理する工法であり履帯式スタビライザーを用いた地盤改良工法である。</p>	 <p>バックホウの先端に取り付けた攪拌機を土中に挿入、固化材と原位置土の混合攪拌を行う工法であり、従来のバケットによる混合攪拌より施工能力、改良品質に優れる。</p>
施工仕様	<ul style="list-style-type: none"> 時間当たり施工能力 (プラント処理能力) 25 (m³/h) 50 (m³/h) 100 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 2.0 (6.0)m 改良径 φ 1000 ~ 1300 時間当たり施工能力 15 ~ 30 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 2.0m 攪拌翼 φ 1000 時間当たり施工能力 20 ~ 30 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 4.0m 改良径 φ 1000 ~ 1200 時間当たり施工能力 20 ~ 30 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 2.5 ~ 3.0m ※地下水位により変動 時間当たり施工能力 10 ~ 15 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 1.0m 時間当たり施工能力 40 ~ 120 (m³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> 施工深度 Z ≤ 3.0m 時間当たり施工能力 40 ~ 50 (m³/h)
施工性	—	軟弱地盤施工が可能。	軟弱地盤での施工が困難であり、別途足場の確保が必要。	軟弱地盤での施工が困難であり、別途足場の確保が必要。	軟弱地盤での施工が困難であり、別途足場の確保が必要。	軟弱地盤での施工が困難であり、別途足場の確保が必要。	軟弱地盤での施工が困難であり、別途足場の確保が必要。
材料供給	粉体方式 スラリー方式	粉体方式 スラリー方式	スラリー方式	スラリー方式	粉体方式	粉体方式	粉体方式 スラリー方式
適用規模	小規模工事	中規模～小規模工事	中規模～小規模工事	中規模～小規模工事	中規模～小規模工事	中規模～大規模工事	中規模～小規模工事
適用土質	浚渫汚泥、シールド泥水等	ヘドロ等の超軟弱地盤	施工機(バックホウ)が進入可能であれば、超軟弱地盤に適用可能	施工機(バックホウ)が進入可能であれば、超軟弱地盤に適用可能	施工機(バックホウ)が進入可能であれば、超軟弱地盤に適用可能	粘土土 砂質土 有機質土	施工機(バックホウ)が進入可能であれば、超軟弱地盤に適用可能 (砂N ≤ 10, 粘土N ≤ 5)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> プラント内で混合するため処理土の均一性が高く、貧配合の改良が可能である プラント運転動力が別途必要である プラント用地の確保が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 泥面上・冠水上での施工も可能である 円柱状・矩形状の改良体を作成可能 狭所・小規模工事での作業性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ローリー式攪拌翼が縦方向に回転するため深度方向に均一な改良が可能である 矩形状の改良体を作成可能 狭所・小規模工事での作業性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> 円柱状の改良体を作成可能 狭所・小規模工事での作業性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> あらゆる軟弱土に適用でき施工機の汎用性も高い バックホウのバケットによる攪拌混合の為、若干混合精度が劣る 	<ul style="list-style-type: none"> 泥土よりも軟弱土の改良に優位性がある ブロック状改良体を作成可能 施工深度が深い場合、材料の混合性に問題がある 	<ul style="list-style-type: none"> あらゆる軟弱土に適用でき施工機の汎用性も高い
概算直接工費 (セメント系固化材 100kg/m ³ 混入)	3,500 ~ 5,500 (円/m ³)	(ローリー式) 4,000 ~ 6,000 (円/m ³) (垂直式) 4,800 ~ 7,200 (円/m ³)	4,000 ~ 5,000 (円/m ³)	4,000 ~ 6,000 (円/m ³)	2,200 ~ 3,000 (円/m ³)	2,000 ~ 3,500 (円/m ³)	4,000 ~ 5,000 (円/m ³)
概算間接工費	機械組立・解体費 3,000,000 円 機械運搬費 2,000,000 円	機械組立・解体・運搬費 3,000,000 円	機械組立・解体・運搬費 3,000,000 円	機械組立・解体・運搬費 3,000,000 円	機械運搬費 400,000 円	機械運搬費 700,000 円	機械組立・解体費 700,000 円 機械運搬費 1,000,000 円
当該現場への適応性	プラント用地の確保が困難	適用可能 泥上車による施工であり、足場も不要	足場の確保が困難。	同左	同左	同左	同左

(2) 施工位置と範囲

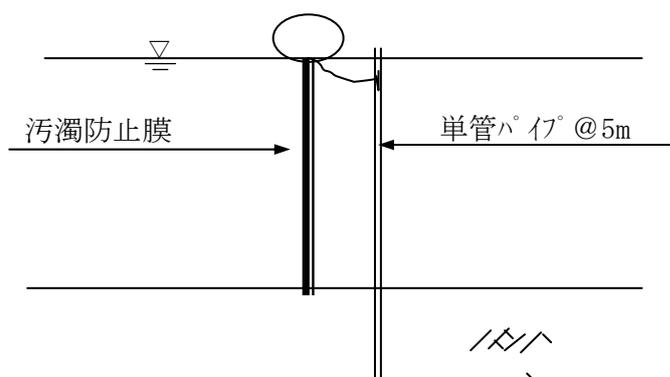
今回の試験施工位置は、東京都江東区横十間川の天神橋下流右岸側であり、ダイオキシン汚染範囲約60m区間のうちの上流側15m区間を平成16年度の施工範囲とした。

(3) 汚濁防止対策

1) 汚濁防止膜の設置

締切鋼矢板打設時のダイオキシン拡散防止対策として、汚濁防止膜を締切範囲に沿って設置した。汚濁防止膜は水面から現況河床まで設置した。汚濁防止膜設置断面図を資図 3.2.22に示した。

汚濁防止膜の固定は、一般的にアンカーブロックによる固定形式が採用されているが、横十間川は流速も緩く、施工期間も比較的短いことから、簡易的に単管パイプを5mピッチに打設し、フロートを単管パイプに結束ロープで接続した。



資図 3.2.22 汚濁防止膜設置断面図

(4) 仮締切工

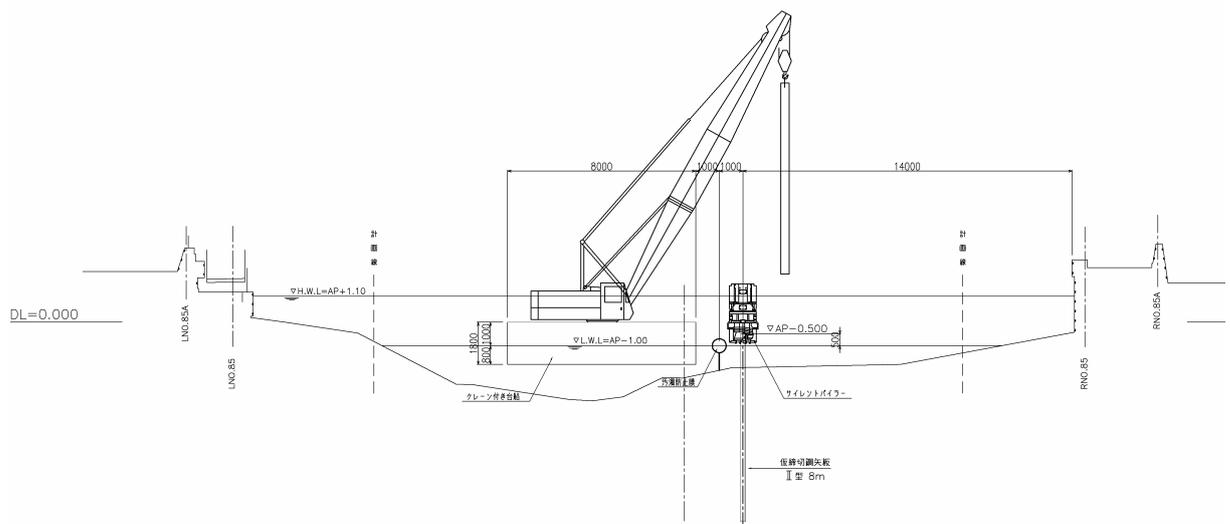
1) 一般部仮締切

仮締切は地盤や経済性等を考慮し鋼矢板Ⅱ型、L=8.0mを採用した。鋼矢板の打設工法は、周辺への影響を考慮し油圧圧入機械で施工した。鋼矢板の建て込みの補助クレーンはクレーン付台船を使用した。

当該施工区間には、天神橋、工業用水道、NTTの支障物件がある。同区間の施工に当っては、8.0mの鋼矢板を建て込みが出来ないことから、継ぎ矢板施工とした。

仮締切鋼矢板のジョイント部からの漏水対策とし、止水材を塗布した。

仮締切施工図を資図 3.2.23に示した。



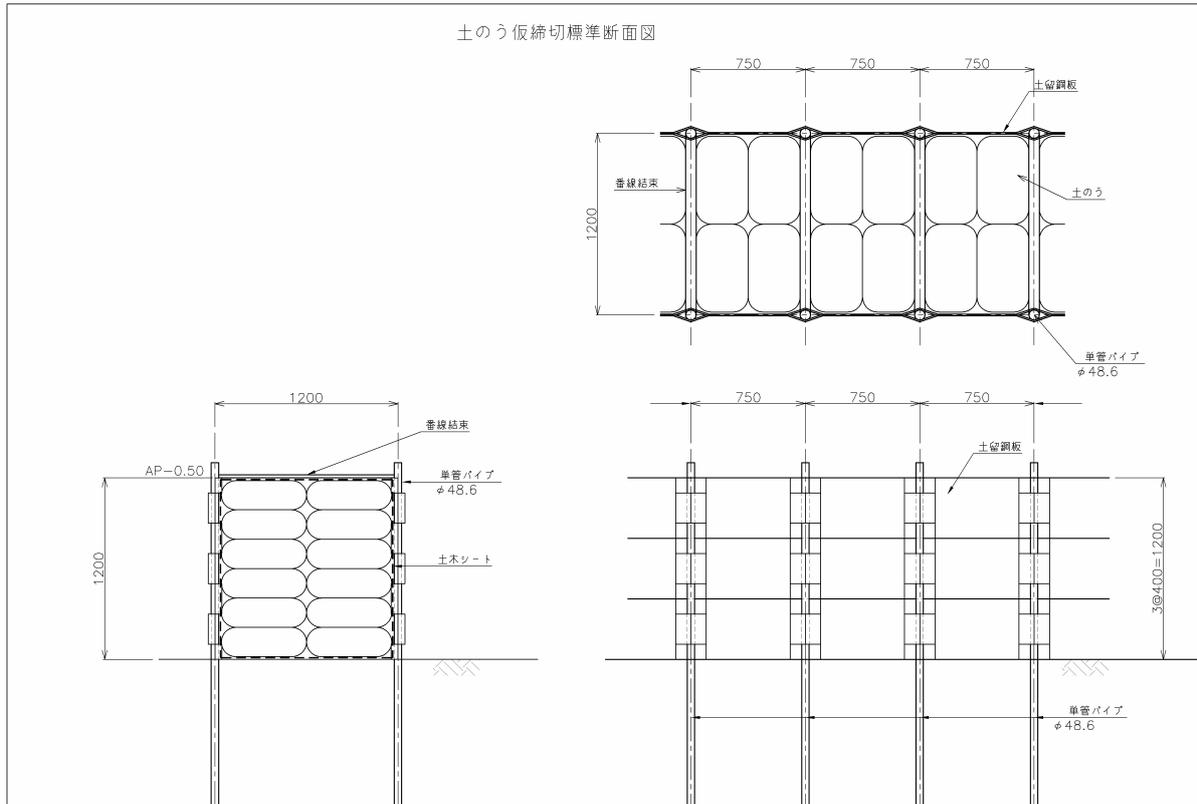
資図 3.2.23 仮締切施工図

2) 妻部仮締切

上流部及び下流部の妻部の仮締切は、水深も浅くなることから経済性及び施工性から土のう積みによる仮締切とした。締切土のう断面図を資図 3.2.24に示した。

土のう積みを補強する目的から、土留鋼鈑を両側に設置した。また、土のうの止水性向上を図るために、土のう外周を土木シートで覆う。

なお、単管パイプの根入れは粘土層まで到達する長さとし、地中の水まわりを防止した。



資図 3.2.24 締切土のう断面図

(5) 施工方法

原位置固化処理機（泥上車タイプ）は、分解した状態で現地まで台船で運搬し、仮締切内で組み立てるものとした。

河床整理終了後に、泥上車のアタッチメントをロータリー式改良機械に替え、原位置固化処理を行う。

固化処理は粉体施工であり、粉体の散布はフレキシブルコンテナバッグ（大型土のう袋）によって行った。

改良範囲は、仮締切鋼矢板から 1.0m 離れ、10m 範囲であるが、施工に当り、この 10m 以外の周辺土砂も汚染されている可能性もあることから、改良範囲 10m 以外の周辺表層部の土砂も改良時にかき集め固化材と混合したあとで、周辺に埋め戻した。

施工機械の検討

建設機械が軟弱地盤の上で走行する場合、土の種類や含水比によって作業効率が大きく変わる。特に高含水比の粘性土や粘土では、建設機械の走行に伴うこね返しにより土の強度が低下し、走行不能になる場合もある。一般にトラフィカビリティはポータブルコーンペネストロメーターで測定したコーン指数（qc）で示される。

コーン指数（qc）、一軸圧縮強さ（qu）、N 値には以下の関係が有る。

$$qc=5 \times qu$$

$$qu=0.125 \times N$$

$$\therefore qc=5 \times (0.125 \times N)$$

クローラ式の場合のコーン指数（qc）は標準で 4.0 (kg/cm²) 以上必要であるが、傾斜等により重機が偏心する場合には、割増が必要となる。

割増を 50%考慮した場合、コーン指数は $4.0 \times 1.5 = 6.0$ (kg/cm²) となる。

$$qc=5 \times (0.125 \times N)$$

$$6.0=5 \times (0.125 \times N)$$

$$N=6.0 / (5.0 \times 0.125) = 9.6 \approx 10$$

以上のことから、クローラ式の建設機械が施工するために必要な地盤の N 値は 10 以上必要となる。当該区間の河床付近の N 値は 2 程度であるため、標準陸上機械での施工は不可能と判断されることから、当該工区での原位置固化処理機械は軟弱地盤対応の泥上車タイプを選定した。

(6) 矢板打設工事詳細結果

矢板打設工事实施時間に濁度計を設置し連続測定（5 分間隔）を実施した。測定結果を資表 3.2.11 に示した。

各濁度計設置場所及び工事区の汚濁防止膜の内外において採水を行い、濁度及び SS の測定を実施した。

設置場所：バックグラウンド地点（栗原橋）、補助監視地点（工事区域と基本監視地点の中間）及び基本監視地点（錦糸橋）

モニタリング頻度：矢板打設日の8時～17時、5分間隔

資表 3.2.11 濁度モニタリング結果

度(カオリン)、時間平均値

	バックグラウンド地点 (栗原橋)	補助監視地点 (工事区錦糸橋中間)	基本監視地点 (錦糸橋)
9時	19.3	6.8	7.6
10時	15.7	6.7	6.5
11時	12.5	7.0	5.6
12時	13.3	6.2	4.5
13時	12.2	4.3	3.3
14時	9.2	3.6	2.2
15時	7.4	3.1	1.9
16時	6.7	2.9	1.9

矢板打設時は工事区域上流に位置する北十間川において護岸工事が行われており、その濁りが本工事区域まで影響を及ぼしており、濁度が高い状況にあった。

工事区上流に位置するバックグラウンド地点（栗原橋）で6.7～19.3度(カオリン)、補助監視地点（工事区と基本監視地点の中間）で2.9～7.0度(カオリン)、基本監視地点（錦糸橋）で1.9～7.6度(カオリン)の結果あり、本工事による濁りの影響は見られなかった。また、目視においても工事区域からの濁りの流出は見られなかった。

また、各監視地点及び工事区域の汚濁防止膜の内外において採水し、濁りについて測定を行った結果を資表 3.2.12に示した。

資表 3.2.12 濁度、SS 測定結果

調査地点	採取時間	室内濁度 (度(カオリン))	SS (mg/L)
バックグラウンド地点	午前	17.7	18
	午後	3.8	3
補助監視地点	午前	8	8
	午後	4	2
基本監視地点	午前	9	6
	午後	3	2
汚濁防止膜内側	午前	20.4	20
	午後	4.9	3
汚濁防止膜外側	午前	20.7	25
	午後	4.9	4

3.2.4 固化処理中の環境監視

(1) 重金属

試験施工及び本施工における重金属類の測定結果を資表 3.2.13に示した。

資表 3.2.13 重金属類測定結果

		カドミウム (mg/L)	鉛 (mg/L)	六価クロム (mg/L)	砒素 (mg/L)	総水銀 (mg/L)	PCB (mg/L)
試験施工	施工前	—	<0.005	—	—	—	—
	施工中	<0.001	<0.005	<0.02	0.005 未満	<0.0005	—
	施工後	—	<0.005	—	—	—	—
本施工	施工前	<0.001	<0.005	<0.02	0.002	<0.0005	<0.0005
	施工中	<0.001	<0.005	<0.02	0.002	<0.0005	<0.0005
	施工後	<0.001	<0.005	<0.02	0.005 未満	<0.0005	不検出
環境基準		0.01 以下	0.01 以下	0.05 以下	0.01 以下	0.0005 以下	不検出

注 公共用水域調査結果から引用

(2) 排水処理結果

仮締切工中の処理水の濁度、SSを資表 3.2.14、固化処理工中の処理水の濁度、SSを資表 3.2.15、膜処理装置による処理水の濁度、SSを資表 3.2.16に示した。

資表 3.2.14 処理水の濁度・SS（仮締切内排水時（上澄み水））

測定日	濁度（度(カオリン)）		SS (mg/L)	
	排出口ホース	外部河川水	排出口ホース	外部河川水
1日目 9:15	1.8	13.2	1.5	10.0
	2.0	13.3	1.8	9.8
2日目 8:30	1.8	6.2	1.5	7.0
	2.0	6.0	1.8	6.8
3日目 8:30	1.8	4.7	1.5	5.3
	1.8	4.7	1.6	5.5

資表 3.2.15 処理水の濁度・SS（固化処理時）

測定日	濁度（度(カオリン)）			SS (mg/L)			備考
	沈殿 処理前 (原水)	凝集沈殿処理		沈殿 処理前 (原水)	凝集沈殿処理		
		前	後		前	後	
1日目 10:30	179.0	34.1	1.1	173.6	24.7	0.9	泥上車搬入
15:00	178.0	53.5	1.1	173.5	40.1	1.1	
2日目 10:30	192.3	34.1	1.1	199.7	24.7	0.9	施工準備
15:00	198.8	53.5	1.1	196.3	40.1	1.1	
3日目 10:30	194.8	29.5	0.9	197.2	25.9	1.3	固化処理
15:00	194.6	30.7	1.1	196.2	28.1	1.4	
4日目 10:30	192.8	31.2	0.9	194.8	28.3	0.5	固化処理
15:00	190.2	29.1	1.1	191.3	26.9	0.9	
5日目 10:30	196.2	30.3	1.0	195.6	30.3	1.1	固化処理
15:00	196.9	32.5	1.1	196.1	30.9	1.1	
6日目 10:30	186.4	22.9	1.2	173.1	26.4	1.1	片付け
15:00	175.1	24.3	1.2	196.1	24.9	1.0	

資表 3.2.16 膜処理装置による処理水

測定日	濁度（度(カオリン)）		SS (mg/L)	
	処理前	処理後	処理前	処理後
1日目 15:00	29.1	0.0	26.9	0.0
2日目 15:00	32.5	0.0	30.9	0.0

今回の施工では、凝集沈殿処理で濁度の基準を満足していたが、試験的に放流水が悪化した場合に備え、カートリッジ式ろ過膜モジュールシステムを用いた処理の検討を行った。

固化処理後、施工区において浸出してくる水（以下、浸出水）のダイオキシン類濃度を測定することによりダイオキシン類の溶出の有無を確認するため、固化処理1ヶ月後に矢板内に湛水した水を採取し測定を行った結果を資表 3.2.17に示した。矢板内に湛水した水のダイオキシン類濃度は環境基準の1pg-TEQ/L以下を満足する0.91pg-TEQ/Lであった。

資表 3.2.17 浸出水測定結果（本施工）

場 所	ダイオキシン類(pg-TEQ/L)
矢板内	0.91
矢板外河川水	0.26