

平成 24 年度

水環境中の放射性物質調査方法等検討業務

報 告 書

平成 25 年 3 月

いであ株式会社

目 次

1. 業務概要	1
1.1 件名	1
1.2 業務目的	1
1.3 業務実施期間	1
1.4 調査及び検討項目	1
1.5 業務の流れ	1
2. 業務内容	3
2.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充と検証	3
2.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討	25
2.3 水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討	25
3. 調査結果	26
3.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充と検証	26
3.1.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に資する環境データの拡充	26
3.1.1.1 調査A；メッシュ調査	26
3.1.1.1(1)調査A；メッシュ調査結果の概要	26
3.1.1.1(2)底質の粒度及び有機物量と放射性セシウム濃度の関係	89
3.1.1.2 調査B；柱状採泥調査	108
3.1.1.2(1)調査B；柱状採泥調査結果の概要	108
3.1.1.2(2)放射性セシウム濃度に与える採泥厚の影響	120
3.1.1.3 調査C；底質のサンプリングによるばらつきについて	125
3.1.1.3(1)調査C；底質のサンプリングによるばらつきの検討結果概要	125
3.1.1.3(2)放射性セシウム濃度に与える底質採取方法の影響	133
3.1.1.3(3)底質試料採取の必要回数について	137
3.1.2 放射性物質測定に係るデータの検証（前処理の検討）	142
3.1.2.1 調査D；底質試料の前処理方法の検証	142
3.1.2.2 調査E；水質試料の前処理方法の検証	147
3.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討	150
3.2.1 既存指針、マニュアルなどに係る調査手法の整理結果	150
3.2.2 専門機関へのヒアリングによる課題、問題点の抽出	151
3.3 水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討	153
3.3.1 既存の水環境放射性物質モニタリングデータの整理	153
3.3.2 効率的、効果的なモニタリング手法及びデータの評価・解析手法の検討	155
4. まとめ	175
5. 今後の課題	178

資料編

1. 現地調査結果
2. 専門機関へのヒアリング記録
3. 放射性物質のモニタリングに関する文献整理結果
4. 現地調査写真
5. 平成23年度水環境放射性物質モニタリング調査結果データベース（電子ファイル）

1. 業務概要

1.1 件名

平成24年度水環境中の放射性物質調査方法等検討業務

1.2 業務目的

平成23年3月11日の東日本大震災以降、環境省をはじめとして、様々な機関において水環境（公共用水域（河川・湖沼、水源地、沿岸）等）の放射性物質モニタリングが実施されている。

現在、環境省において実施している水環境放射性物質モニタリングについては「放射能測定法シリーズ（文部科学省）」に基づき実施しているところであるが、水環境（水質、底質、水生生物等）のモニタリングについては、調査時期、調査地点によって結果にバラツキがあり、結果の分析・評価が困難な状況である。

本業務は、水環境中の放射性物質モニタリングの結果の分析・評価手法について検討を行うとともに、モニタリングを効率的、効果的に行うための手法について整理を行うものとする。

1.3 業務実施期間

自 平成24年12月10日

至 平成25年3月22日

1.4 調査及び検討項目

本業務では、河川・湖沼・河口において底質中の放射性物質の現地調査を実施し環境データを拡充するとともに、室内試験によって前処理等に係る分析方法を検証した。また、放射性物質濃度に係る水質・底質等調査方法に関連する既存調査結果及び指針・マニュアル等の収集整理、専門機関へのヒアリングを行い、これらの情報を整理した。現地調査結果、室内試験結果及び整理した情報をもとに効率的・効果的な水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討を行った。

調査及び検討項目

- ① 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充、データの検証
- ② 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討
- ③ 水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討

1.5 業務の流れ

業務の流れは図 1.5.1 業務の流れに示すとおりである。

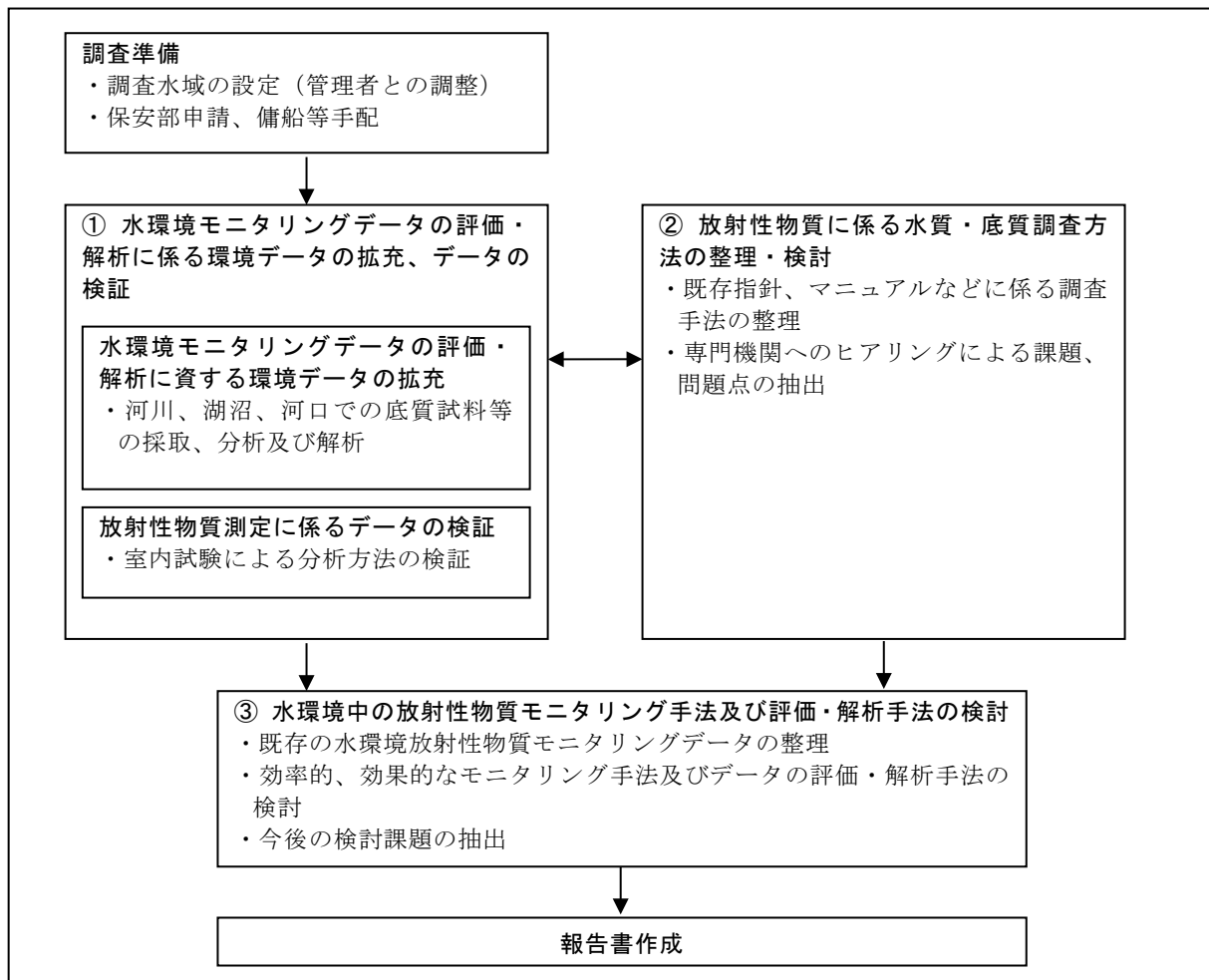


図 1.5.1 業務の流れ

2. 業務内容

2.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充と検証

2.1.1 調査目的

これまで環境省が実施してきた水環境放射性物質モニタリングにより、一定程度データが蓄積されてきたが、特に底質については、調査地点や時期によるバラツキ、変動が大きく、データの解釈が困難である。今後、データの分析・評価を行うためにはより客観的な評価手法を検討する必要があるが、現時点では、評価手法の検討に必要な環境データが不足しているため、さらなるデータの蓄積が必要である。

このため、評価手法の検討にあたって、調査地点や試料採取によるバラツキの評価に資するため、モデル水域における放射性物質の分布状況に係るメッシュ調査、湖沼・河口等底質が堆積する水域における柱状採泥及びその分析を行い、環境データの拡充を行うと共に、水質・底質試料の採取・前処理方法について、データの検証を行った。

2.1.2 調査の構成

本調査の構成は、以下に示すとおりである。

水環境モニタリングデータの評価・解析に資する環境データの拡充

放射性セシウム（セシウム 134、セシウム 137）及び放射性ストロンチウム（ストロンチウム 90）を対象として、必要な環境試料（底質）を採取して放射性物質の分析を実施し、モニタリングデータの評価・解析手法の検討に必要なデータの拡充を行った。

- ・ **調査 A；メッシュ調査（採取地点の特性による差異の検討）**
各水域の調査地点において、メッシュ状に底質試料を採取し、底質の放射性物質の平面的なバラツキの検討及び、調査地点における底質の採取方法の検討を行った。
- ・ **調査 B；柱状採泥調査（堆積層別の検討）**
底面からの深度による放射性物質の堆積状況を検討した。
- ・ **調査 C；底質試料採取毎の差異の検討**
同一調査地点で複数回の底質試料採取を行い、採取回別の分析値のバラツキを検討した。

放射性物質測定に係るデータの検証（前処理の影響についての検討）

水質・底質試料の採取・前処理方法について、データの検証を行った。

- ・ **調査 D；底質試料の乾燥状態による影響の検証**
ゲルマニウム半導体検出器によって底質試料を測定するにあたり、湿泥状態と乾泥状態における測定値の差を検証した。
- ・ **調査 E；水質試料に含まれる懸濁物の影響に関する検証**
ゲルマニウム半導体検出器によって水質試料を測定するにあたり、分析前のろ過による懸濁物質除去の影響を検証した。

2.1.3 調査水域及び調査地点

本調査では、表 2.1.1 調査水域及び調査地点の設定に示す河川；4 水域、湖沼；3 水域、河口；2 水域の計 9 水域を選定し、各水域において調査 A が 18～46 地点、調査 B が 5～9 地点、調査 C が 1 地点を設定して、試料を採取した。

調査水域及び調査地点の詳細は、図 2.1.4 (p.12)～図 2.1.17 (p.24) に示すとおりである。

表 2.1.1 調査水域及び調査地点の設定

調査水域				調査地点数				
区分	水域名		所在等	調査 A	調査 B	調査 C	調査 D	調査 E
河川	阿武隈川	合流部	阿久津橋（逢瀬川合流部）	28	—	—	—	—
		直線部	行合橋上流	18	—	—	—	—
		滞留部	阿武隈大堰	21	5	—	15	—
	真野川	直線部	南相馬市鹿島区西町	18	—	1	—	—
湖沼	はやま湖	湖底部	ダムサイト上流	25	5	1	5	1
	猪苗代湖	流入域	長瀬川流入域	34	5	—	—	—
		湖底部	猪苗代湖北部	25	5	1	—	—
河口	阿武隈川	河口域	阿武隈川河口域	46	9	1	—	—
	真野川	河口域	真野川河口域	34	6	—	—	—
地点数合計				249	35	4	20	1

注：—は調査地点を設定しなかったことを示す。

2.1.4 調査実施日

調査実施日は、表 2.1.2 調査実施日に示すとおり平成 25 年 1 月 20 日～1 月 28 日である。

表 2.1.2 調査実施日

調査水域				調査実施日 [調査名] (平成 25 年)
区分	水域名		所在等	
河川	阿武隈川	合流部	阿久津橋（逢瀬川合流部）	1 月 20 日 [調査 A]
		直線部	行合橋上流	1 月 20 日 [調査 A]
		滞留部	阿武隈大堰	1 月 23 日 [調査 AB]
	真野川	直線部	南相馬市鹿島区西町	1 月 23 日 [調査 AC]
湖沼	はやま湖	湖底部	ダムサイト上流	1 月 22 日 [調査 ABDE]
	猪苗代湖	流入域	長瀬川流入域	1 月 21 日 [調査 ABC]
		湖底部	猪苗代湖北部	1 月 28 日 [調査 ABD]
河口	阿武隈川	河口域	阿武隈川河口域	1 月 25 日 [調査 ABC]
	真野川	河口域	真野川河口域	1 月 24 日 [調査 AB]

2.1.5 調査項目

調査項目は、表 2.1.3 に示すとおり水質一般項目、底質調査項目、底質一般項目、放射性物質である。

表 2.1.3 調査項目

調査項目		調査名	調査A	調査B	調査C	調査D	調査E
水質一般項目 (全水深、水温、透明度又は透視度)			○	—	—	—	—
底質調査項目 (採泥厚、性状、色相、臭気、混入物、泥温、ORP)			○	○	○	—	—
底質一般項目 (pH、TOC、強熱減量、粒度組成、土粒子密度)			○	—	○	—	—
放射性物質	放射性セシウム (Cs-134、Cs-137)		○	○	○	○	○
	放射性ストロンチウム (Sr-90)		—	—	○	—	—

注：○は対象とした調査項目、—は対象外とした調査項目を示す。

2.1.6 採取方法

(a) 調査A；メッシュ調査（採取地点の特性による差異の検討）

底質は、グラブ型採泥器（スミス・マッキンタイヤ採泥器、またはエクマンバージ型採泥器）を用いて 15cm×15cm 四方(または 20cm×20cm 四方)の表層泥(表層～最大で 13cm)を 1～8 回（必要な量が取れるまで）採泥し、バットに広げ十分に混合して 600mL を分取した。

水質は、河川では調査地点の橋の上または河岸から、湖沼・河口域では船上からバケツを用いて表層水を採取した。

なお、採取は静水日に行い、調査水域ごとに 1 日で採取を完了させた。

スミス・マッキンタイヤ採泥器(バケット部)



エクマンバージ型採泥器

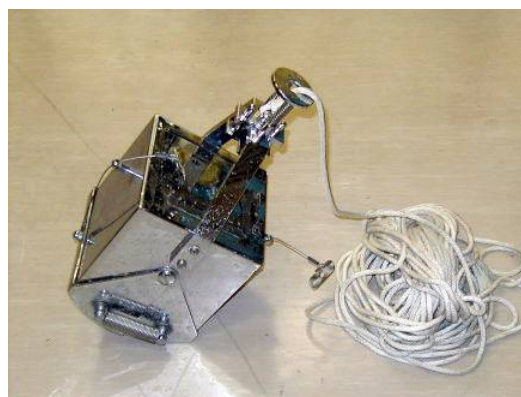


図 2.1.1 グラブ型採泥器

(b) 調査B；柱状採泥調査（堆積層別の検討）

船上から不攪乱柱状採泥器（HR 型）または潜水土がアクリルコアを用いて直径10cm の円形柱状に底泥（表層～最大で 45cm）を採泥し、採泥した底泥の表層から24cm を厚さ 3 cm を 1 層として合計 8 層に分割して採取した。採取する際は、底泥の表層を攪乱しないように注意した。



図 2.1.2 不攪乱柱状採泥器（HR 型）

(c) 調査C；底質試料採取毎の差異の検討

船上から不攪乱柱状採泥器（HR 型）または潜水土がアクリルコアを用いて直径10cm の円形柱状に底泥（表層～10cm）を採泥し 600mL を分取した。採泥箇所が重複しないように留意しつつ 5 m 以内の範囲で合計 9 回繰り返した。採取する際は、底泥の表層を攪乱しないように注意した。

真野川（直線部）、はやま湖（湖底部）、阿武隈川（河口域）の 3 調査水域においては、上記の採取に加えて、グラブ型採泥器（スミス・マッキンタイヤ採泥器、またはエクマンバージ型採泥器）を用いて 15cm×15cm 四方（または 20cm×20cm 四方）の表層泥（表層～最大で 9.5cm）を採泥し 1,200mL を分取した。採泥箇所が重複しないように留意しつつ 5 m 以内の範囲で合計 9 回繰り返した。採取する際は、底泥の表層を攪乱しないように注意した。

なお、採取は静水日に行い、調査水域ごとに 1 日で採取を完了させた。

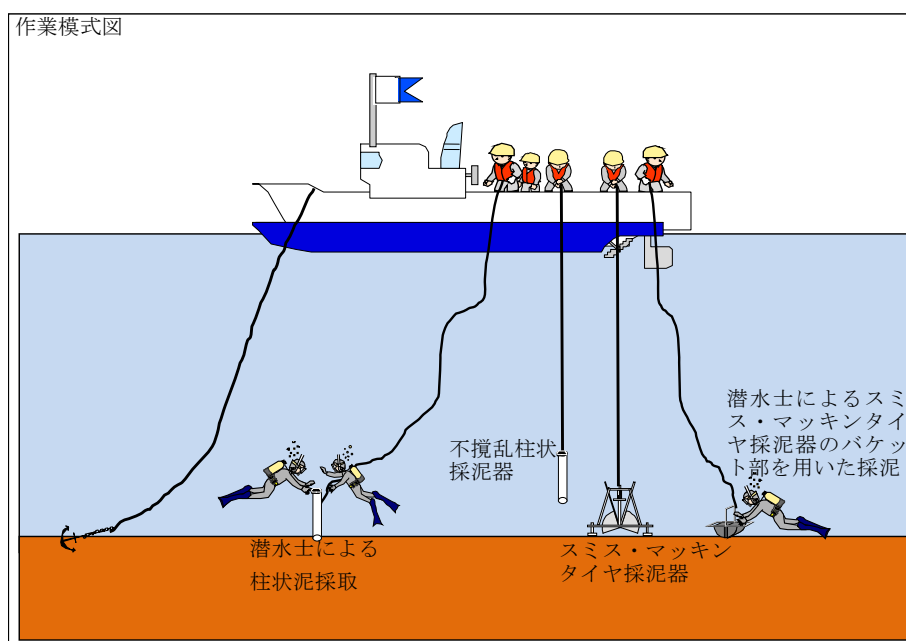


図 2.1.3 採取作業の状況 (イメージ)

(d) 調査D ; 底質試料の乾燥状態による影響の検証

調査Aの底質試料のうち、水分含有量の高い 20 試料を選定し、試料を十分混合した後、各試料を 3 検体に取り分けた。

(e) 調査E ; 水質試料に含まれる懸濁物の影響に関する検証

はやま湖の柱状試料から濁度の高い直上水を採取し、現地で採取した湖沼水に添加して懸濁水を作成し、試料とした。

2.1.7 現地調査方法及び分析方法

現地調査方法は表 2.1.4 に、分析方法は表 2.1.5 に、調査項目ごとの検体数は表 2.1.6 に示すとおりである。

表 2.1.4 現地調査方法

	項目	単位	調査方法
水質一般項目	全水深	m	レッド間縄を用いた測定
	水温	℃	1/10℃目盛水銀棒状温度計を用いた測定
	透視度	cm	透視度計を用いた測定
	透明度	m	30cm 白色セッキ-板を用いた測定
底質観測項目	採泥厚	cm	定規を用いた測定
	性状	-	目視による判定
	色相	-	日本色研色名帳を用いた判定
	臭気	-	人の臭覚による判定
	混入物	-	目視による判定
	泥温	℃	1/10℃目盛水銀棒状温度計を用いた測定
	ORP	mV	ORP 計 (東亜 DKK 社製、HM-31P) を用いた測定

表 2.1.5 分析方法

	項目	単位	分析方法	定量 下限値
底質一般 項目	pH	-	底質調査方法（平成 24 年）Ⅱ.4.4	0.1
	TOC	mg/g	底質調査方法（平成 24 年）Ⅱ.4.10	0.1
	強熱減量	%	底質調査方法（平成 24 年）Ⅱ.4.2	0.1
	粒度組成	%	日本工業規格 A 1204	0.1
	土粒子密度	g/cm ³	日本工業規格 A 1202	-
放射性物 質	放射性 セシウム （Cs-134、 Cs-137）	底質 Bq/kg 水質 Bq/L	ゲルマニウム(Ge)半導体検出器を用いた ガンマ線測定 放射性セシウム分析法（昭和 51 年改訂 文部科学省 放射能測定法シリーズ 3）	底質 0.1Bq/kg 水質 0.1Bq/L
	放射性 ストロンチ ウム （Sr-90）	Bq/kg	低バックグラウンド 2πガスフロー計数 装置を用いたベータ線測定 放射性ストロンチウム分析法（平成 15 年 文部科学省放射能測定法シリーズ 2）	0.2

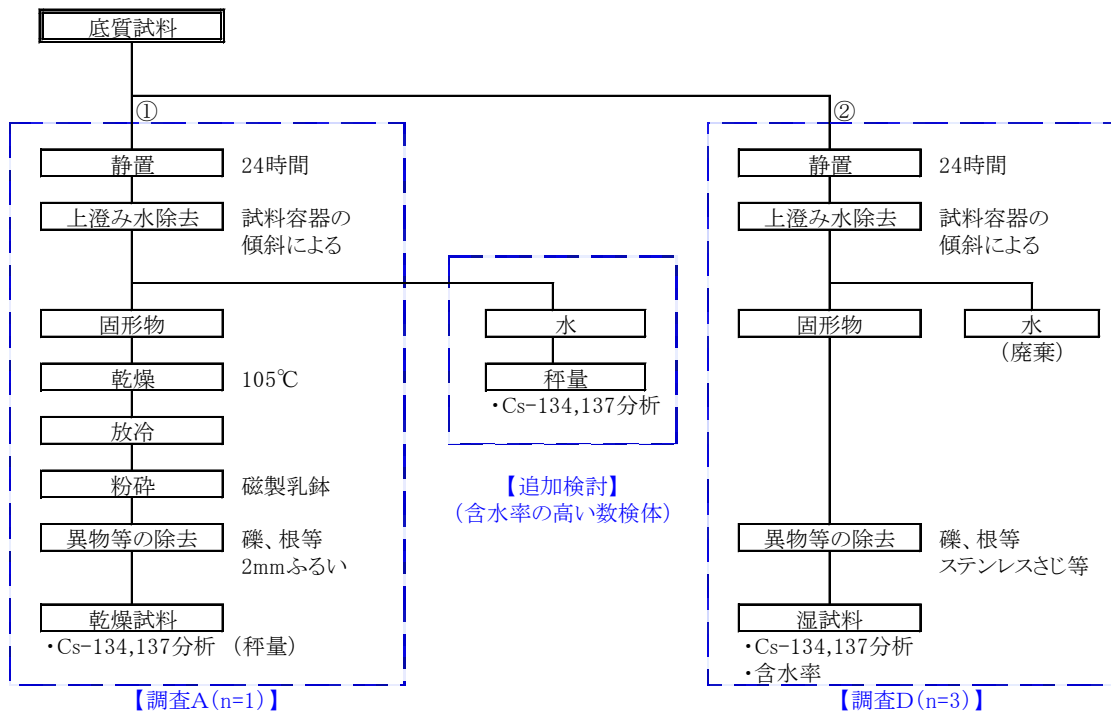
表 2.1.6 調査項目及び検体数

調査項目	調査名	調査 A	調査 B	調査 C	調査 D	調査 E	検体数 合計
水質一般項目		49	-	-	-	-	49
底質観測項目		249	-	63	-	-	312
底質一般項目		249	-	63	-	-	312
放射性物質	放射性セシウム	249	274	63	60	18	664
	放射性ストロンチウム	-	-	27	-	-	27

【底質試料の乾燥状態による影響の検証（調査D）】

試料中の水分による測定値への影響の程度を検討するため、調査Aで採取した底質の中から含水率が高い20検体を選定し、乾燥試料、湿試料の両方を分析、両者の関係等を比較・検証した。

また、吸引ろ過により底質から除去した水についても数検体程度放射性物質を測定し、底質全体に対する含有割合を確認した。



① ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法(昭和57年文部科学省)

② 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法(平成4年文部科学省)の「土壌」に準拠

【水質試料に含まれる懸濁物の影響に関する検証（調査E）】

放射性セシウムの測定にあたり、懸濁物質に吸着した形で存在するセシウムが異なるろ過方法によりどの程度捕集されるかを検証し、分析前処理としての評価を行った。また、より低濃度の測定のための濃縮方法として従来法（AMP 共沈法）とセシウム吸着メンブレンフィルターについて分析精度・コスト面から比較検証した。

表 2.1.7 水質試料のろ過方法の検討内容

前処理方法	試料水 ※1	測定対象	測定容器
無処理（直接測定）	2L	試料水	2L マリネリ
プランクトンネット （ナイロンメッシュ： 10 μm）	2L	プランクトンネット ろ液	100mL U-8 2L マリネリ
ガラス繊維ろ紙 GF/C (1.2 μm)	2L	フィルター ろ液	100mL U-8 2L マリネリ
ガラス繊維ろ紙 GF/F (0.7 μm)	2L	フィルター ろ液	100mL U-8 2L マリネリ
メンブレンフィルター (1 μm)	2L	フィルター ろ液	100mL U-8 2L マリネリ

※1 試料水は真野川で採取した河川水に上流の「はやま湖」湖底部の浮泥を添加したもの。

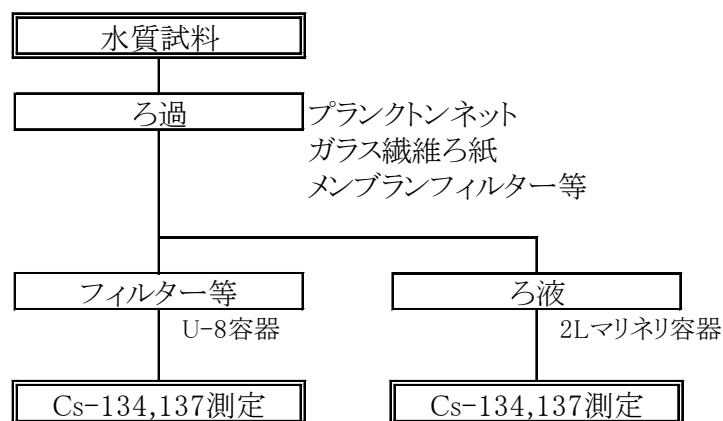
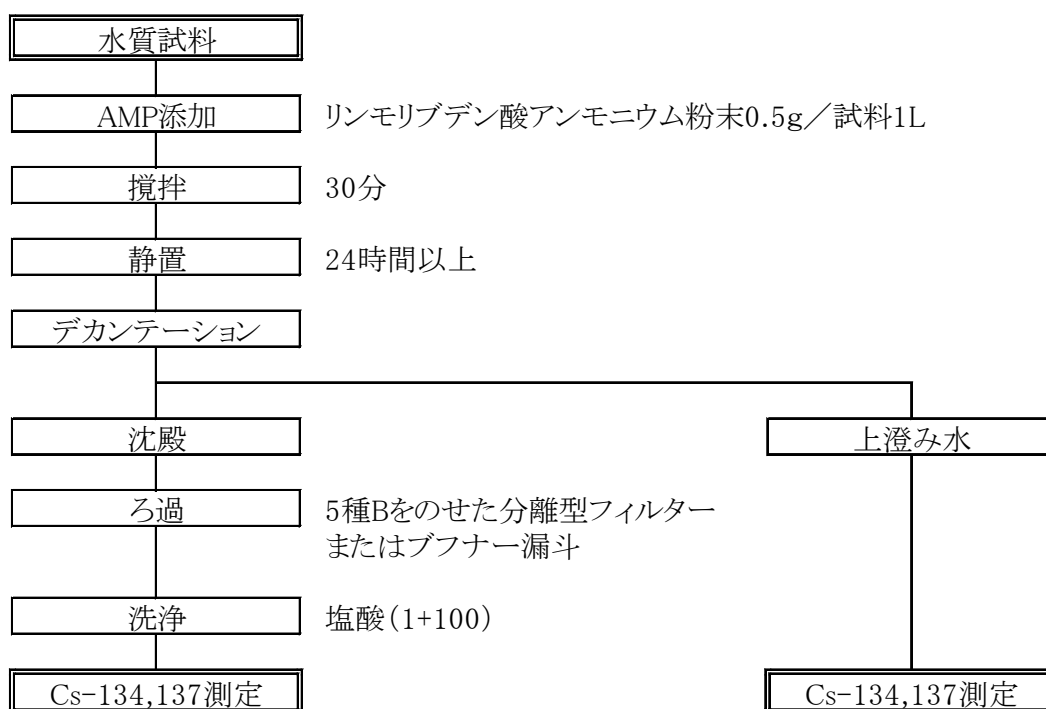


表 2.1.8 水質試料の濃縮方法の検討内容

前処理方法	試料水 ※5	測定対象	測定容器
AMP 共沈法	10L	沈殿	100mL U-8
Cs 吸着メンブレンフィルター(住友 3M) ※4	10L	フィルター	100mL U-8

※4 Cs 吸着メンブレンフィルター(住友 3M): 含コバルトヘキサシアノ鉄酸塩(プルシアンブルー)を捕集剤とするフィルター。

※5 試料水は真野川で採取した河川水にはやま湖湖底部の浮泥を添加したもの。



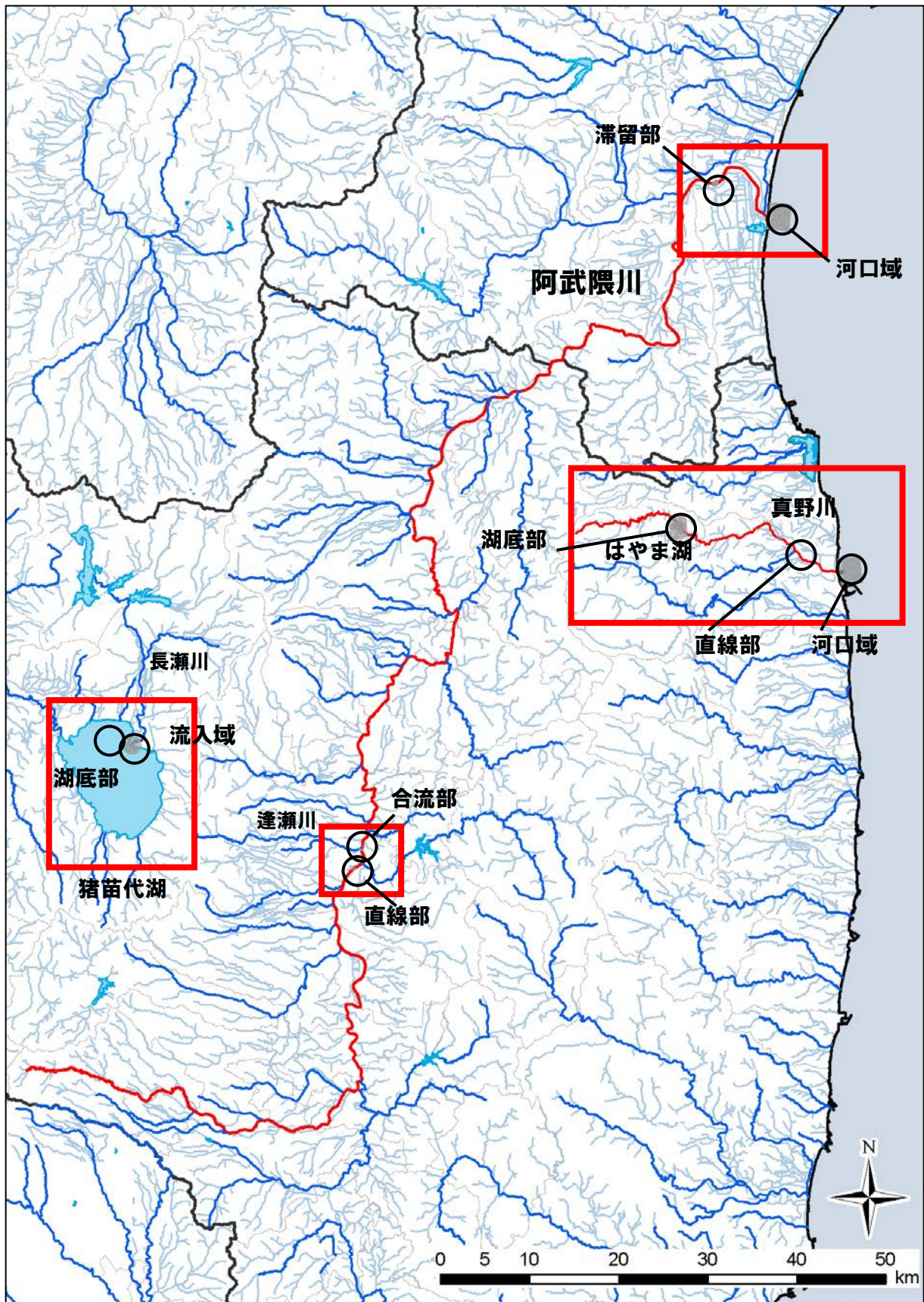


図 2.1.4 調査水域 (全体図)

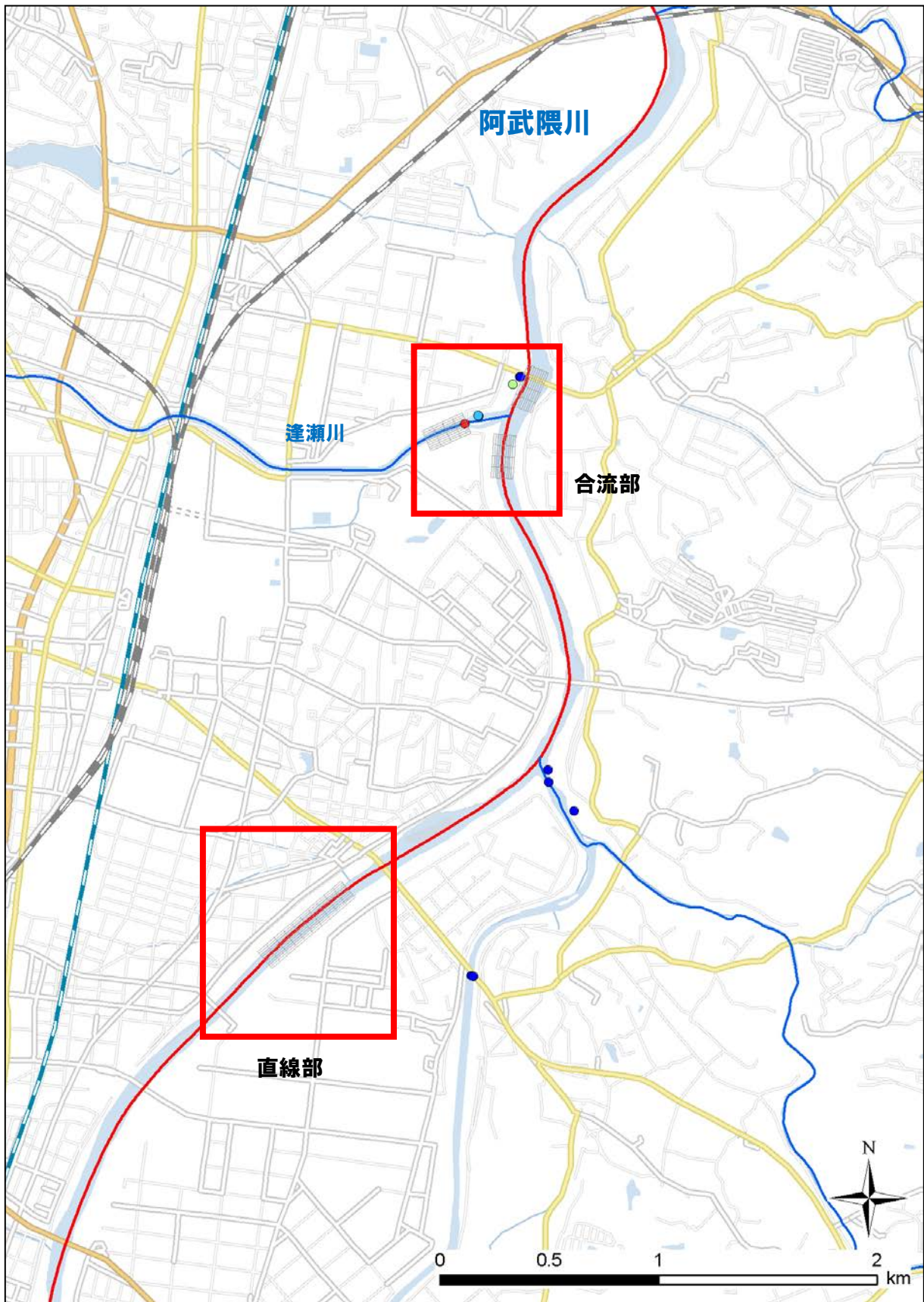


図 2.1.5 調査水域 (阿武隈川 合流部・直線部)

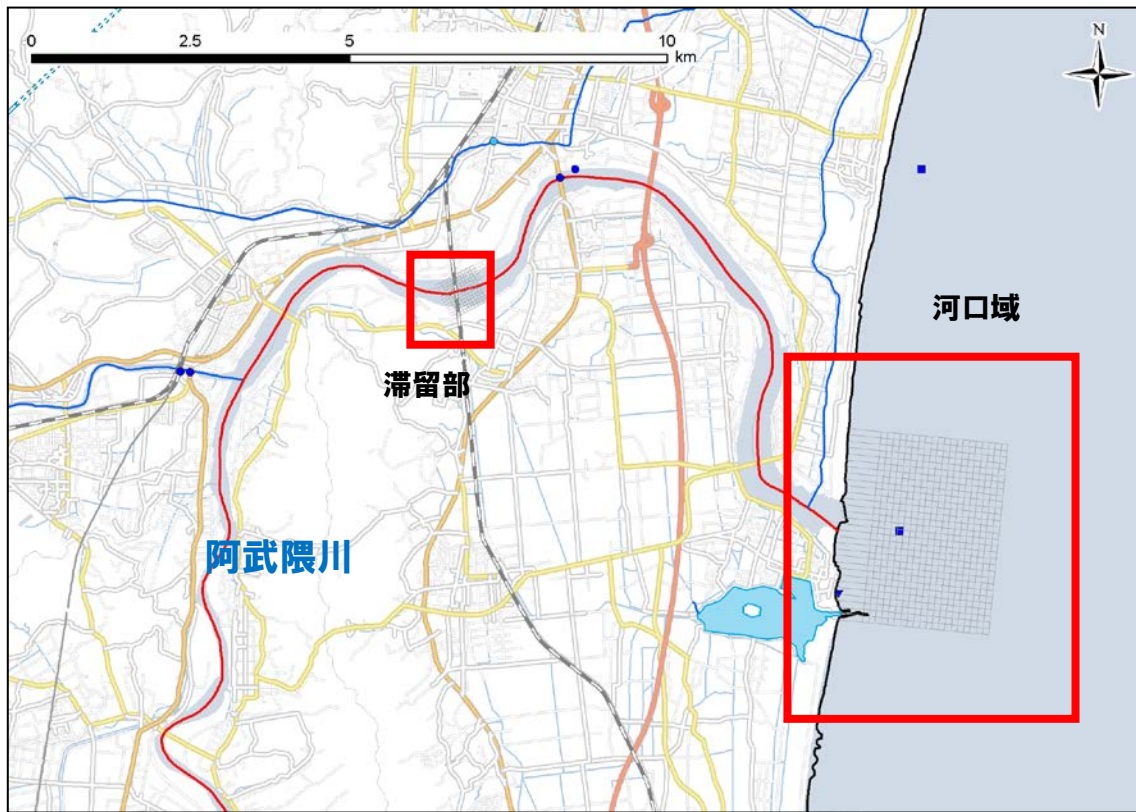


図 2.1.6 調査水域 (阿武隈川 滞留部・河口域)

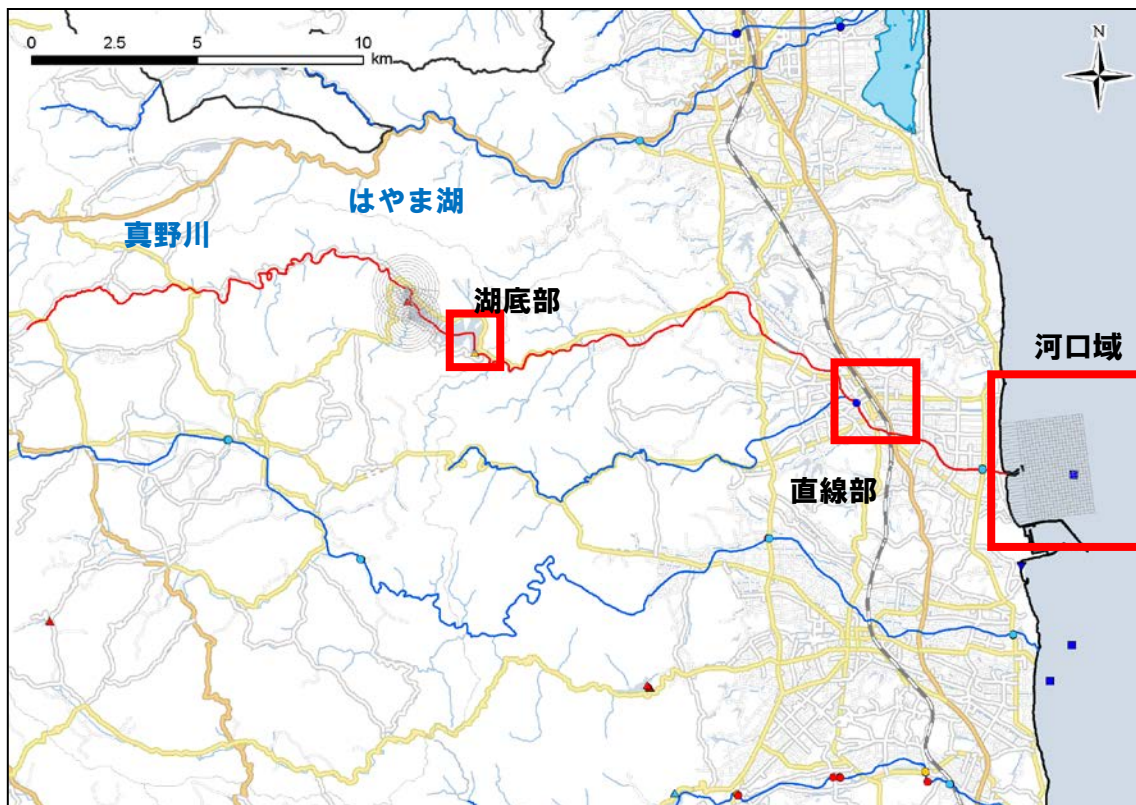


図 2.1.7 調査水域 (真野川 直線部・河口域、はやま湖 湖底部)

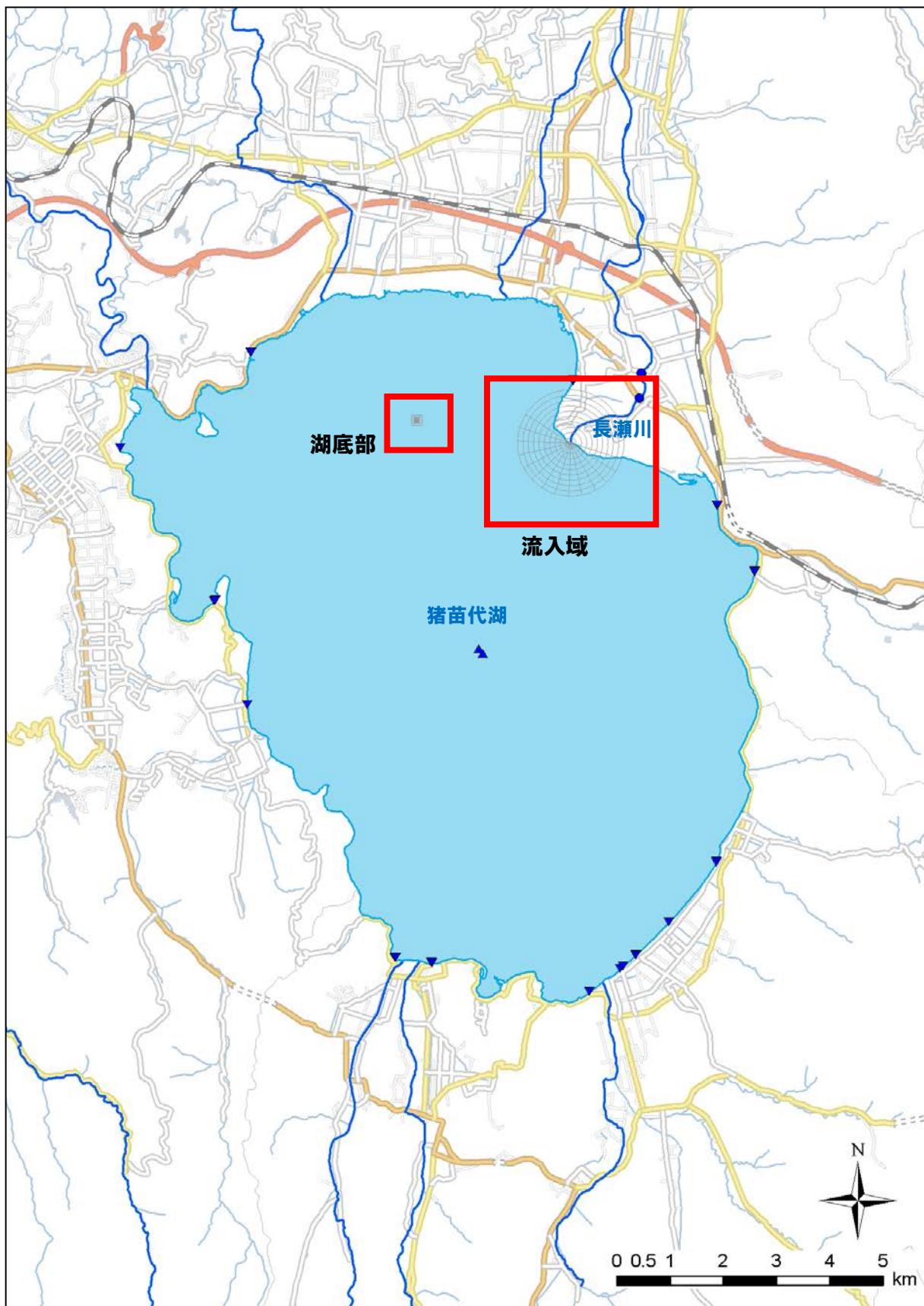
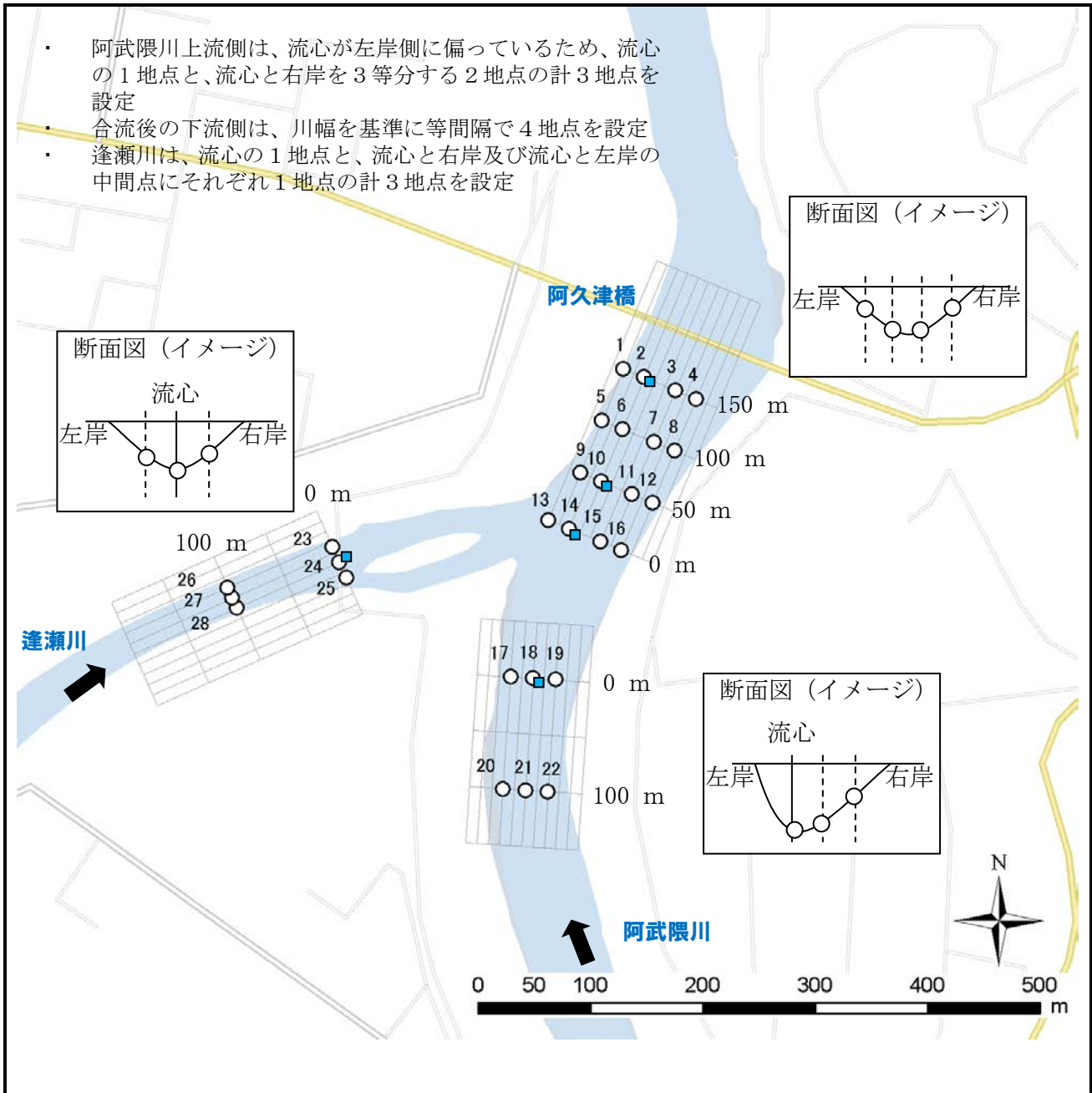


图 2.1.8 調査水域 (猪苗代湖 流入域・湖底部)

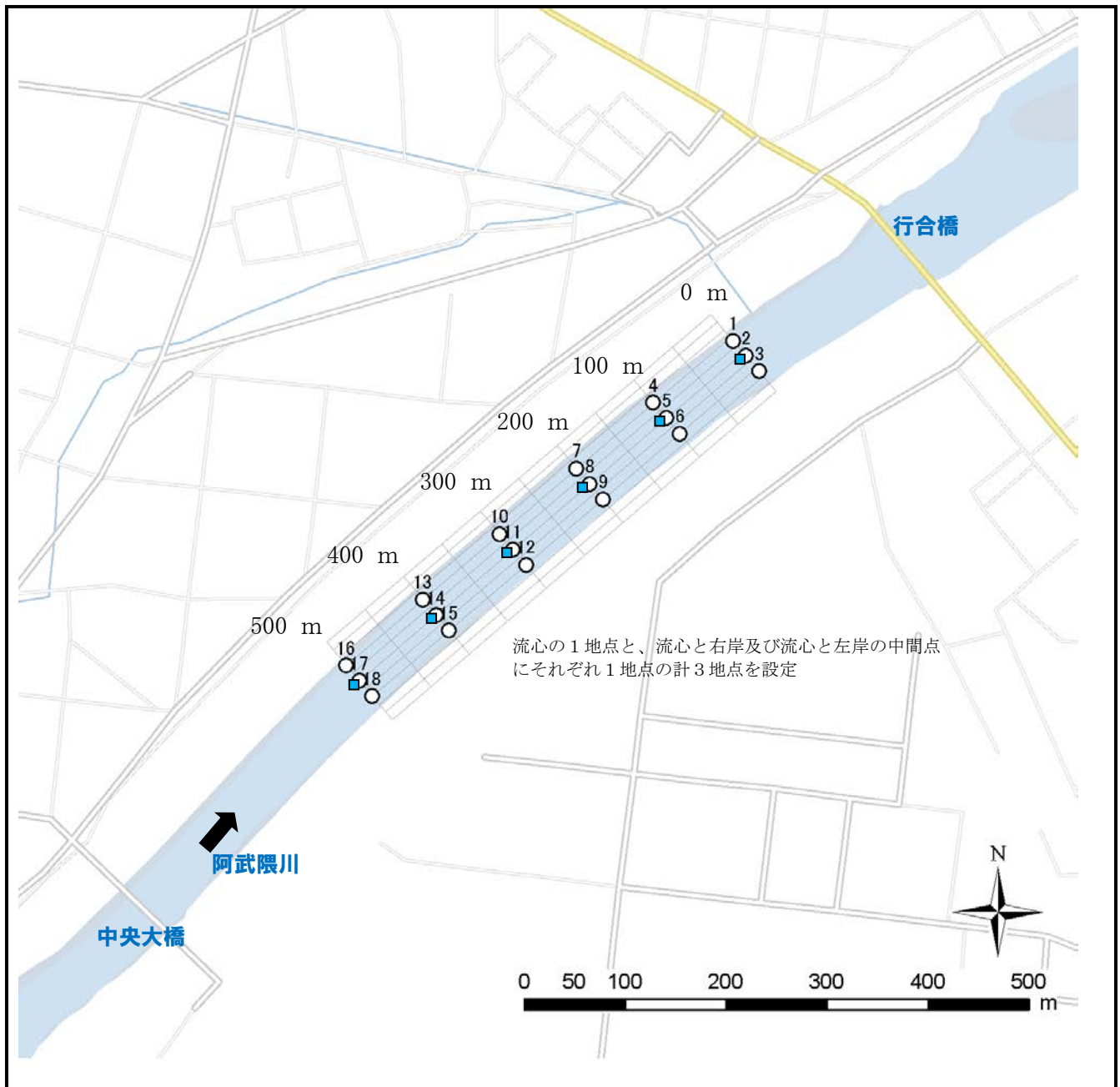


【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 28
B(柱状採泥)	○ 0
C(バラツキ)	○ 0
D(湿泥乾泥)	○ 0
E(懸濁物)	○ 0
水質一般	■ 6



図 2.1.9 調査地点 (阿武隈川 合流部)



【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 18
B(柱状採泥)	0
C(バラツキ)	0
D(湿泥乾泥)	0
E(懸濁物)	0
水質一般	■ 6

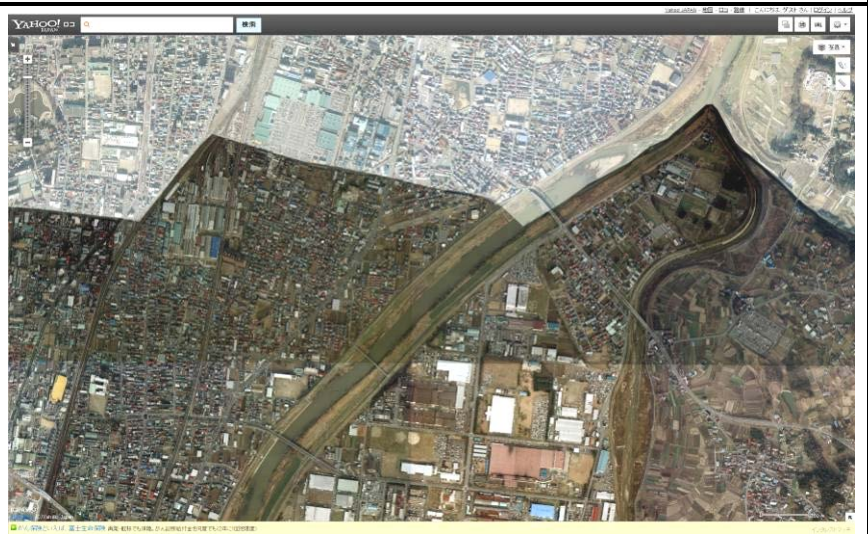
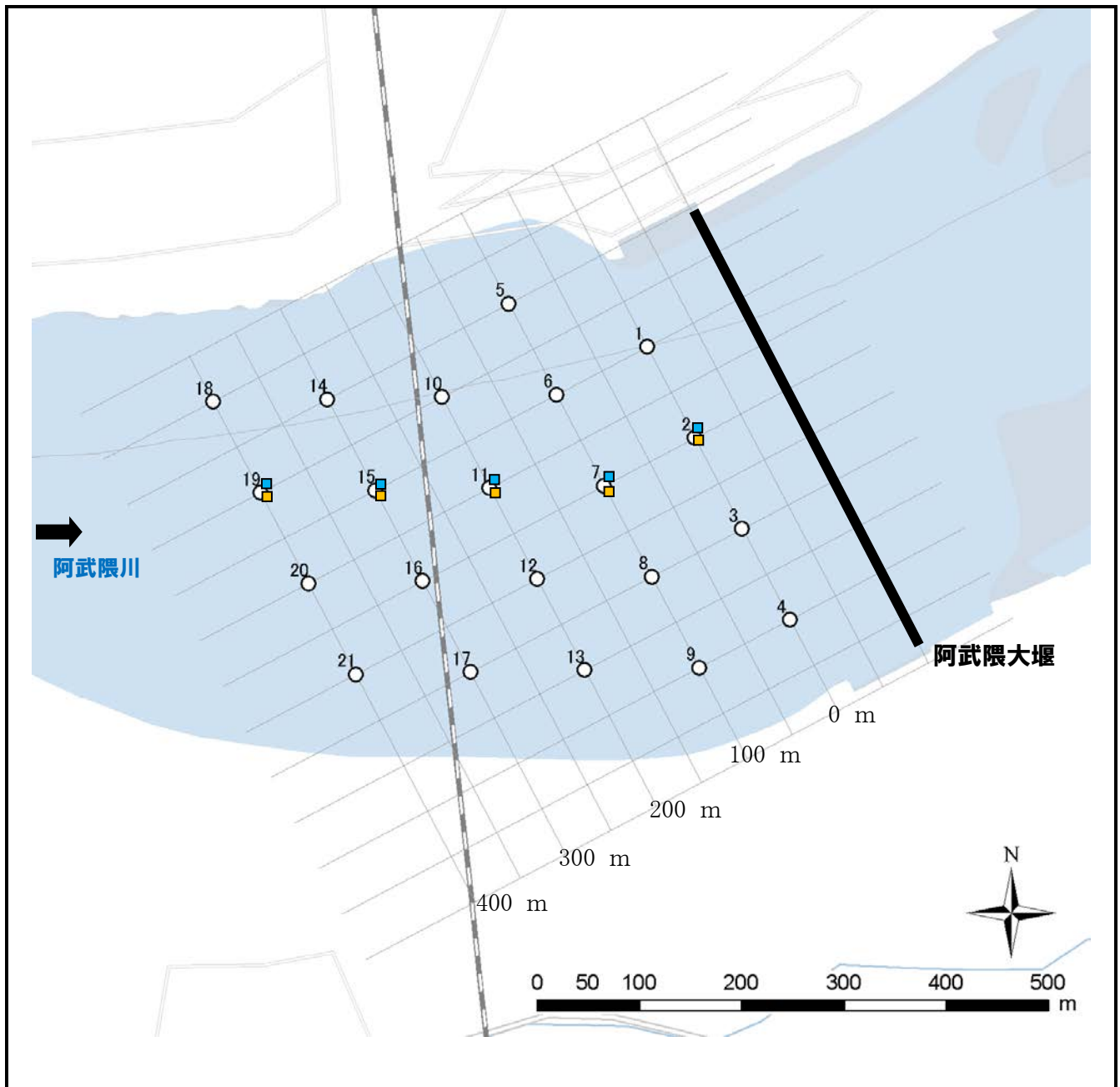


図 2.1.10 調査地点 (阿武隈川 直線部)

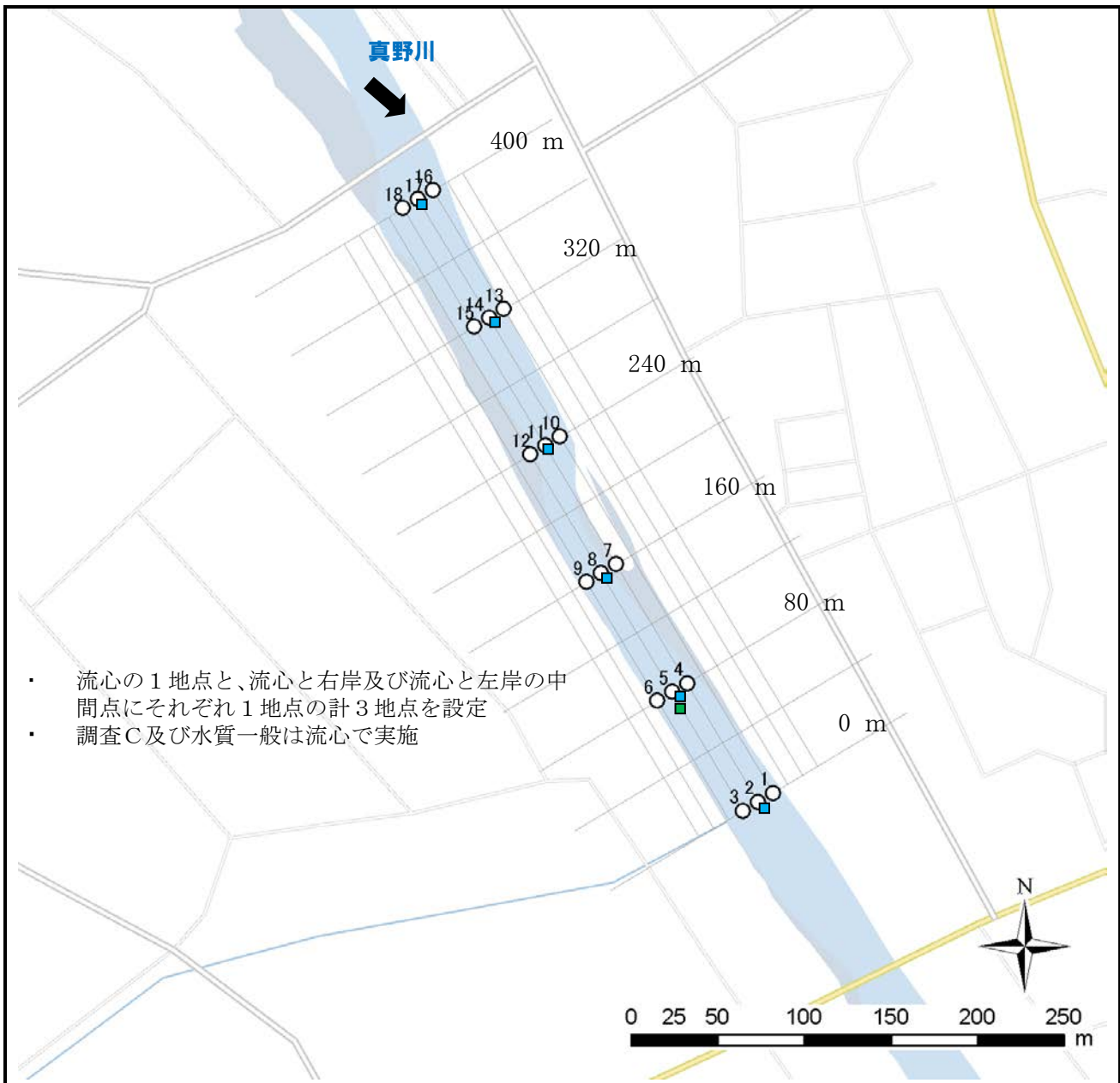


【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 21
B(柱状採泥)	■ 5
C(バラツキ)	0
D(湿泥乾泥)	0
E(懸濁物)	0
水質一般	■ 5



図 2.1.11 調査地点 (阿武隈川 滞留部)



【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 18
B(柱状採泥)	○ 0
C(バラツキ)	■ 1
D(湿泥乾泥)	○ 0
E(懸濁物)	○ 0
水質一般	■ 6

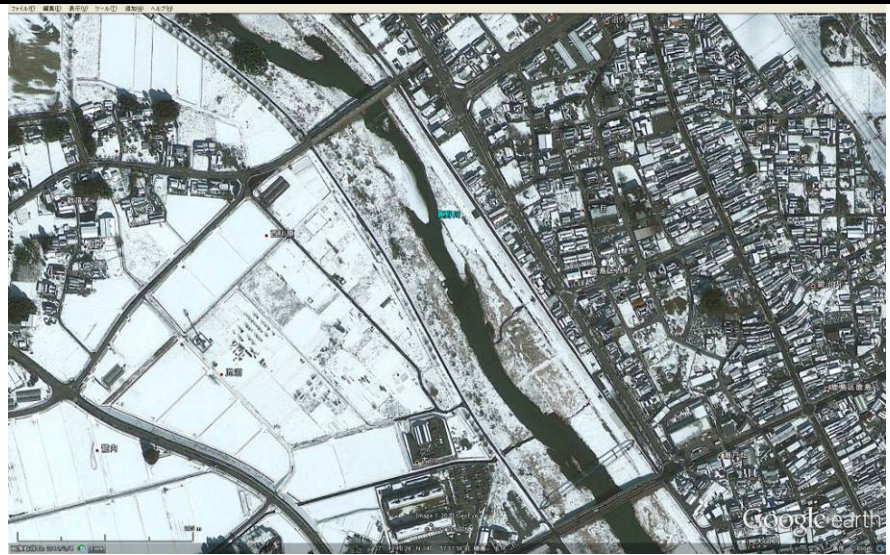
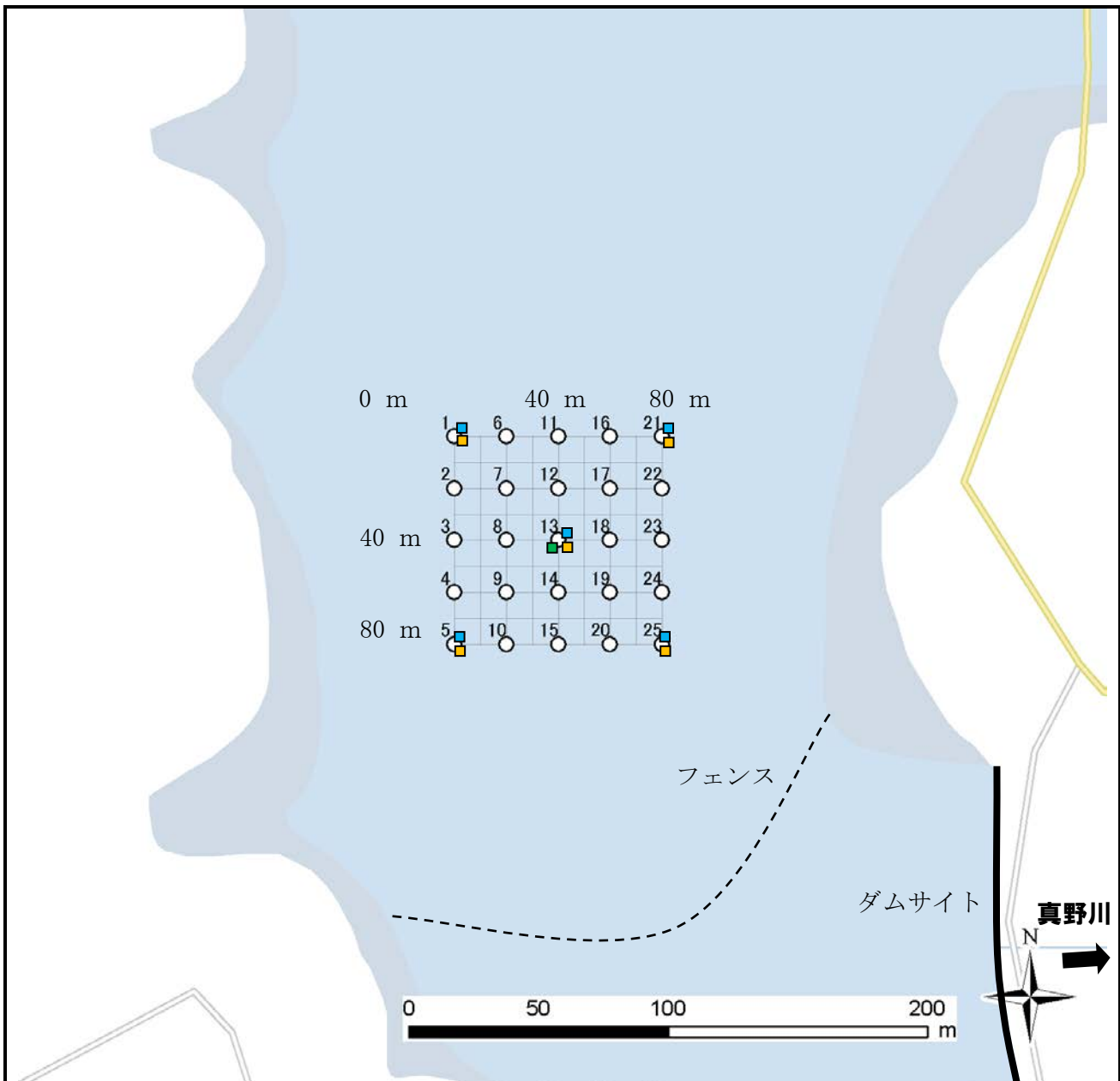


図 2.1.12 調査地点 (真野川 直線部)



【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 25
B(柱状採泥)	■ 5
C(バラツキ)	■ 1
D(湿泥乾泥) ^{※1}	10
E(懸濁物) ^{※2}	1
水質一般	■ 5

※1：調査Aの試料のうち、水分含水量の多い試料を選定した

※2：懸濁水作成用の水質・底質試料を採取した

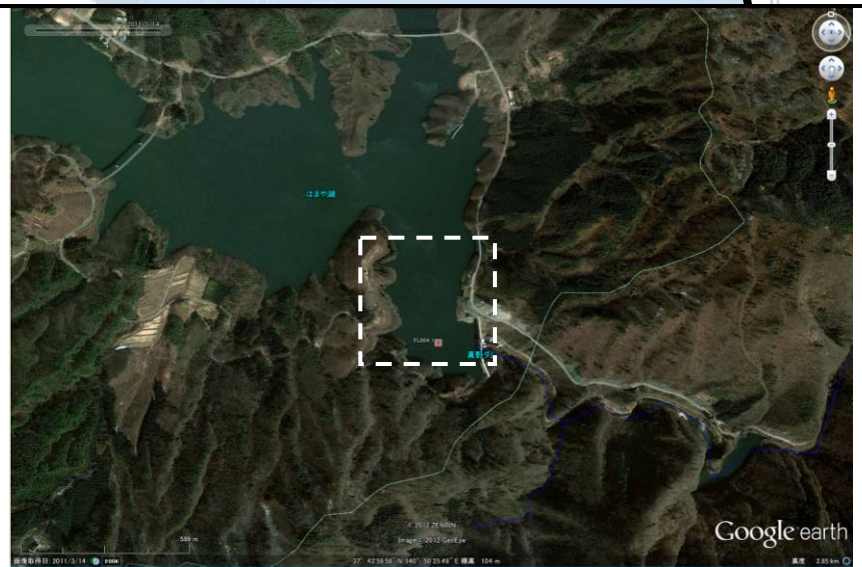


図 2.1.13 調査地点 (はやま湖 湖底部)

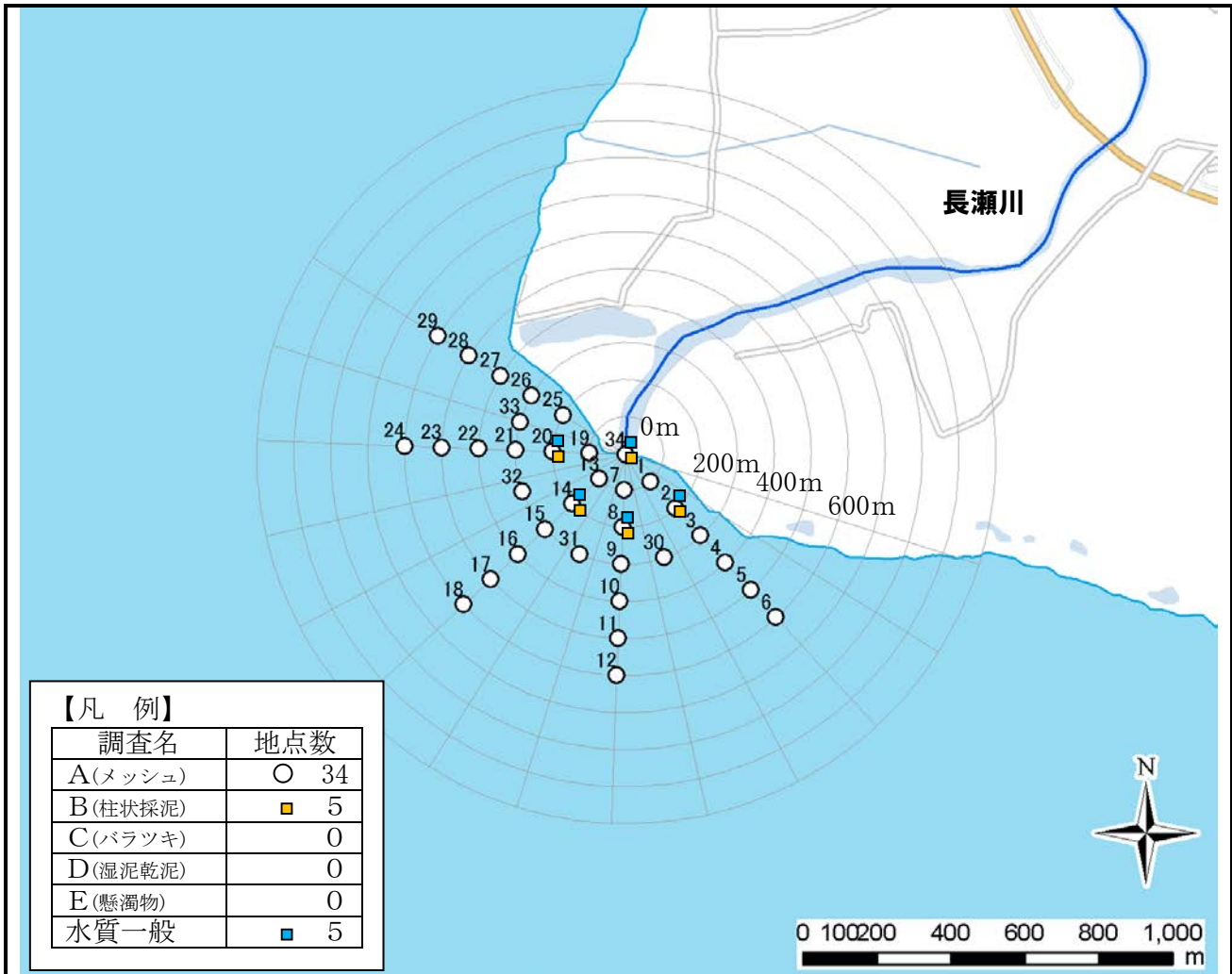


図 2.1.14 調査地点 (猪苗代湖 流入域)

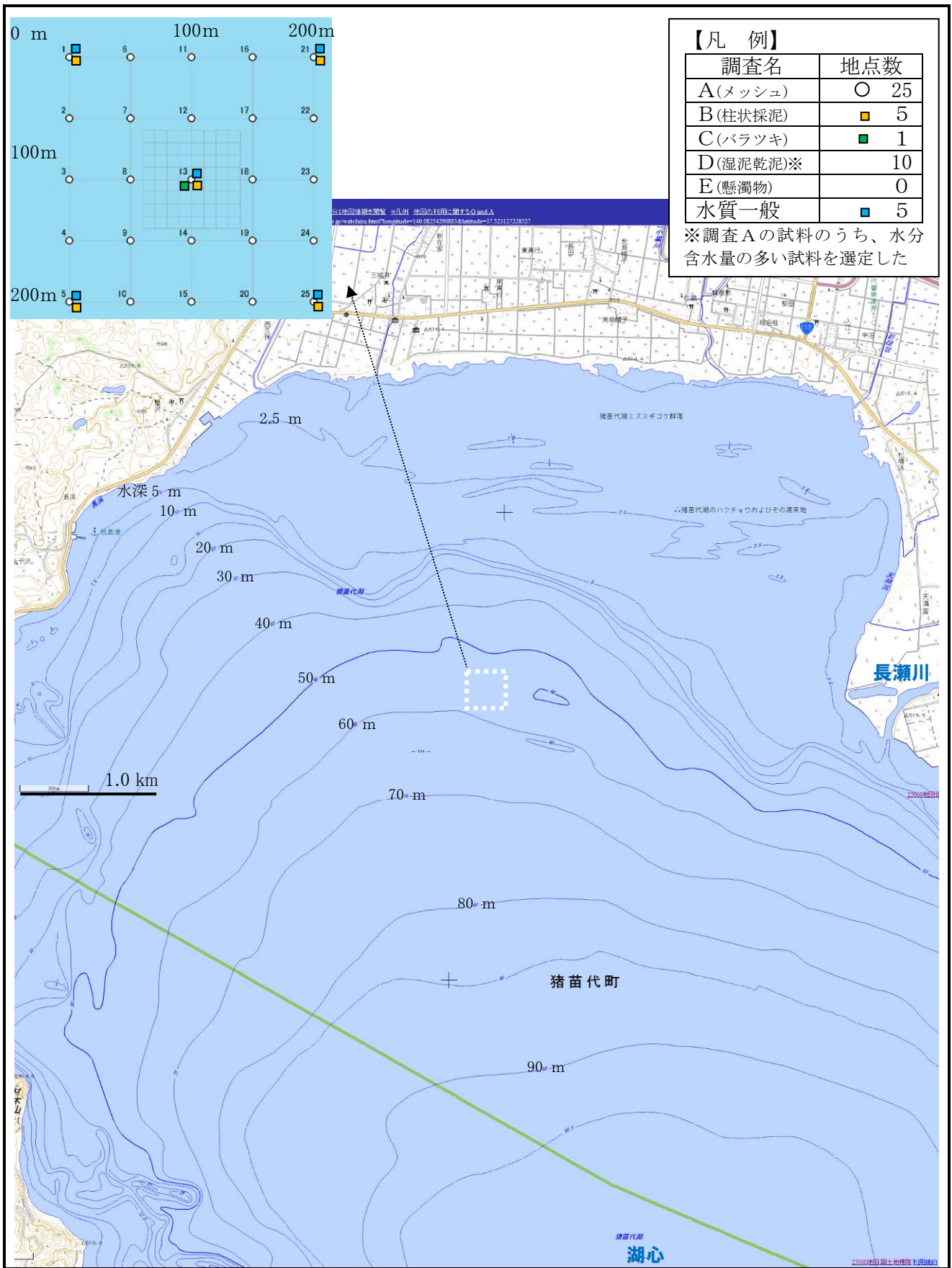
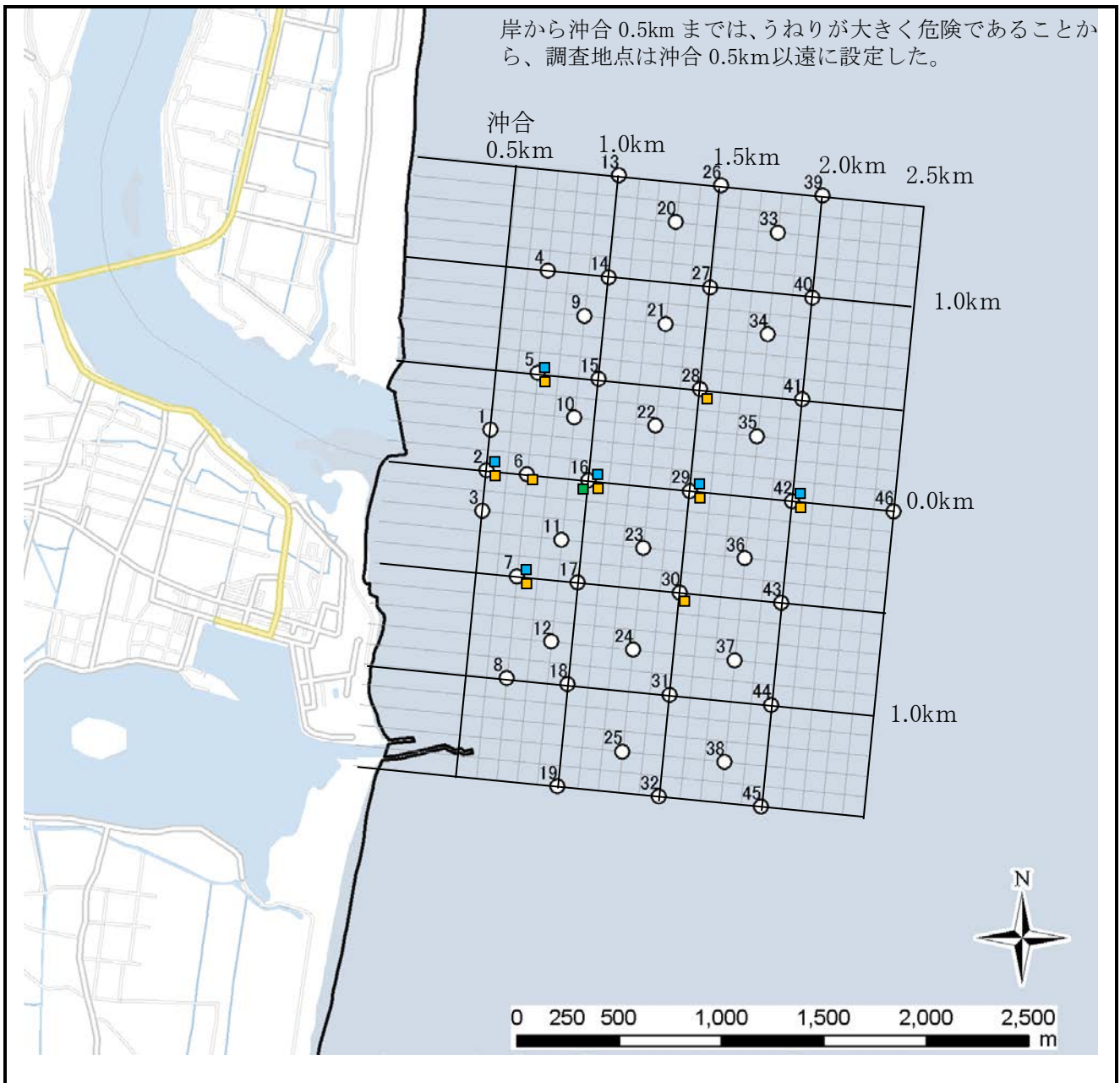


図 2.1.15 調査地点 (猪苗代湖 湖底部)



【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 46
B(柱状採泥)	■ 9
C(バラツキ)	■ 1
D(湿泥乾泥)	0
E(懸濁物)	0
水質一般	■ 6

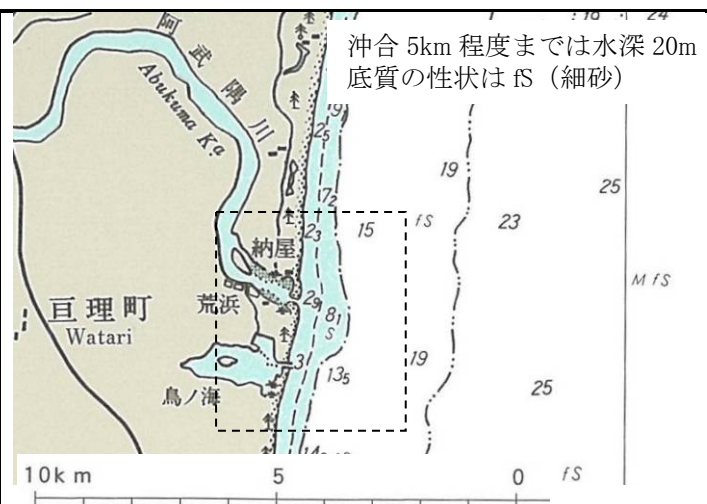
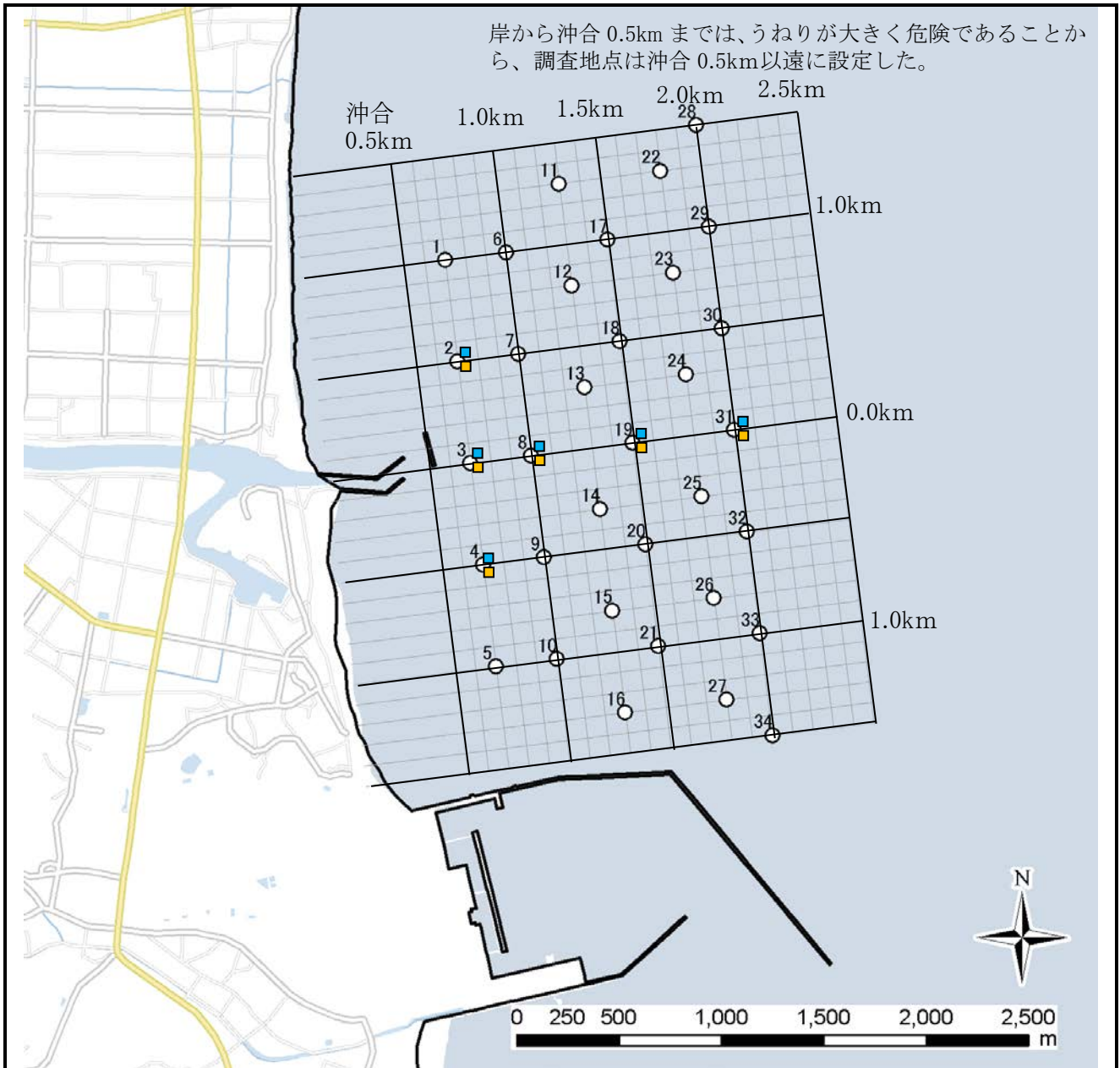


図 2.1.16 調査地点 (阿武隈川 河口域)



【凡 例】

調査名	地点数
A(メッシュ)	○ 34
B(柱状採泥)	■ 6
C(バラツキ)	0
D(湿泥乾泥)	0
E(懸濁物)	0
水質一般	■ 6

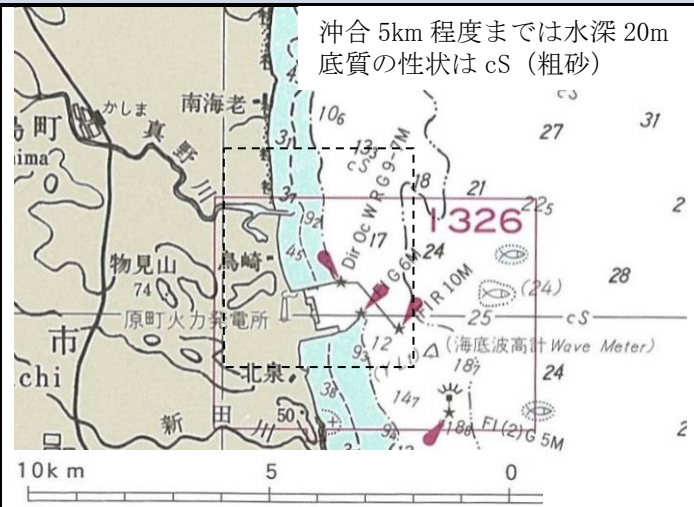


図 2.1.17 調査地点 (真野川 河口域)

2.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討

現在、環境省が実施している水環境放射性物質モニタリングは、環境基準点等において、「放射能測定法シリーズ（文部科学省）」、「水質調査方法（環境省）」、「底質調査方法（環境省）」に則り、調査を行っているところであるが、今後、継続的に水環境中の放射性物質モニタリングを効率的・効果的に行うための手法について、整理・検討（検討結果に係る課題整理含む）を行った。

(a) 既存指針、マニュアルなどに係る調査手法の整理

(1) 水環境における放射線モニタリングに関する国内外の情報収集

水環境（水質、底質、水生生物等）のモニタリングに関連する国内外の既存指針、マニュアル類を収集した。海外文献のうち重要な内容については和訳を行った（資料編3）。

(2) 水環境における放射線モニタリングに関する情報整理

収集した文献について、その概略を整理し、その内容をとりまとめ、水環境における放射線モニタリング技術の要点、ならびに水環境の放射線モニタリングを実施する上での課題、問題点の抽出を行った（3.2.1）。

(b) 専門機関へのヒアリングによる課題、問題点の抽出

放射性物質の調査、分析、解析等を行っている事業者（研究機関、調査機関、分析機関）にヒアリングを行い、効率的、効果的にモニタリングを実施する観点から情報収集・整理を行うとともに、水環境における放射線モニタリングに係る課題、問題点等の抽出を行った（3.2.2）。

2.3 水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討

水環境中の放射性物質モニタリングについて、「2.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充、データの検証」、「2.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討」によって得られたデータ・情報、その他これまでに得られている放射性物質モニタリングデータ等について整理、解析し、水環境モニタリングに係る課題、問題点についての対処方法を整理するとともに、現時点における効率的・効果的なモニタリング手法及びデータの評価・解析手法を提示した。

(a) 既存の水環境放射性物質モニタリングデータの整理

環境省が実施した平成23年度水環境放射性物質モニタリング調査等の関連データについて、今後、活用し易いようにデータベース化した（3.3.1）。

(b) 効率的、効果的なモニタリング手法及びデータの評価・解析手法の検討

「2.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充、データの検証」、「2.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討」で得られたデータ・情報を整理、解析し、結果の考察を行った。この結果及び環境省が実施した平成23年度水環境放射性物質モニタリング調査結果を活用して、より効率的・効果的な水環境の放射性物質モニタリング手法及びデータの評価・解析手法を検討し、検討結果をとりまとめた（3.3.2）。

(c) 今後の検討課題の抽出

水環境の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法について、本調査を実施することによって新たに生じた検討課題（改善すべき点、補強すべき点等）の整理を行った。また、これらの課題を解決する具体的な方法を提案した（5.今後の課題）。

3. 調査結果

3.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充と検証

3.1.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に資する環境データの拡充

3.1.1.1 調査A;メッシュ調査

3.1.1.1(1)調査 A;メッシュ調査結果の概要

調査 A ;メッシュ調査結果の概要及び詳細は表 3.1.2、主な項目の水平分布は図 3.1.1～図 3.1.9 に示すとおりである。また、現地観測結果は資料編 1 に示すとおりである。

なお、調査項目のうち、放射性セシウム(Cs-134、Cs-137)は、一般的に土粒子の表層に付着していることが知られているため、測定値に加えて土粒子表面積による補正(粒度補正)を行った結果も併せて記載した。粒度補正の方法は以下のとおりである。

放射性セシウム濃度の粒度補正

- ・ 土壌試料の重量あたりの表面積（比表面積）が大きくなるにつれて、Cs-137 の放射能濃度が比表面積の 0.65 乗で増加することが報告されている¹⁾。
- ・ 「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書（第2編）」（文部科学省、原子力災害対策支援本部、平成 24 年 3 月）（以下、報告書（第2編）という）では、粒度組成の異なる河底土試料の放射性セシウムの放射能濃度を比較するために、河底土の粒径の違いによる放射性セシウムの放射能濃度の違いを補正（以下、粒度補正という）して、分析値の比較を行っている。
- ・ 本調査においても、粒度組成の異なる底質試料の放射性セシウムの放射能濃度を比較するために、放射性セシウム濃度の粒度補正を行った。
- ・ 粒度補正は、報告書（第2編）に従い以下の式を用いて行った。

$$Cs(\text{粒度補正後}) = \frac{Cs(\text{粒度補正前})}{P} \quad (1)$$

Cs（粒度補正前）：粒度補正を行う前の各調査地点での底質の放射性セシウム濃度（Bq/kg）

Cs（粒度補正後）：粒度補正を行った後の各調査地点での底質の放射性セシウム濃度（Bq/kg）

P：粒度補正係数

P（粒度補正係数）は以下の式により求めた。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad (2)$$

S_{ms} ：各調査地点での底質の比表面積（ cm^2/g ）

S_{s1} ：ある特定の地点での底質の比表面積（ cm^2/g ）

報告書（第2編）に従って、 $90 \text{ cm}^2/\text{g}$ とした^{*1}。

V：0.65¹⁾

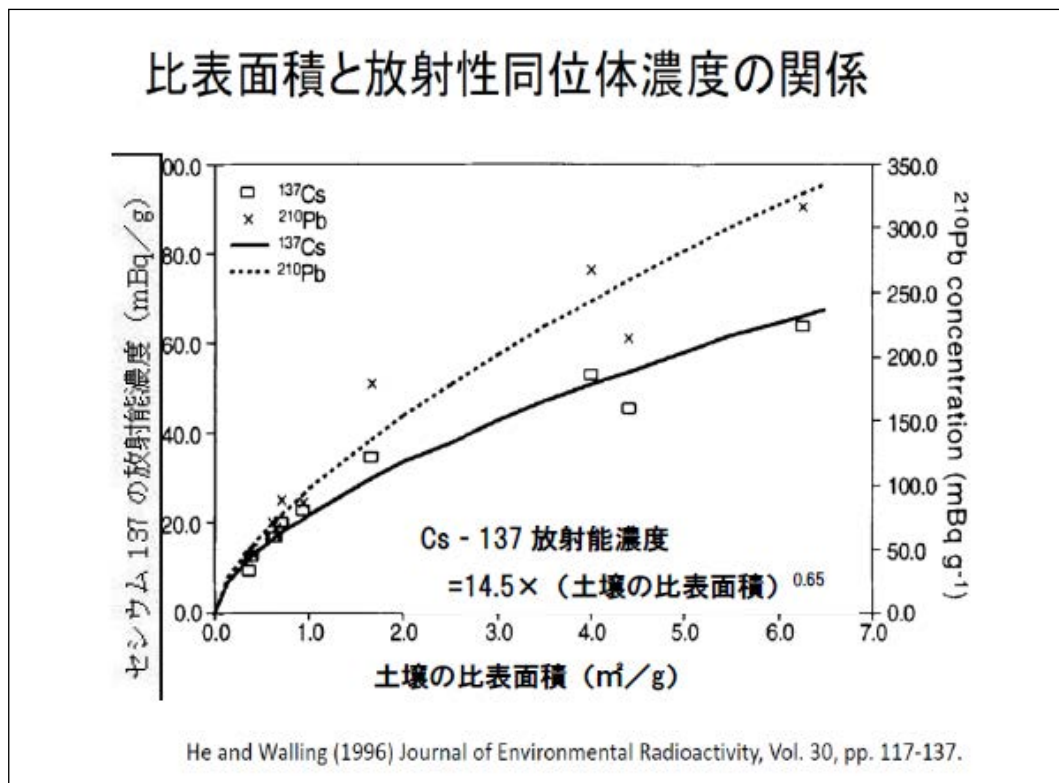
注：*1 報告書（第2編）では、河川中の放射性物質の移行を調査することを目的として、土壌粒子の流速と粒径の関係から河川中の土壌粒子の状況を表している、ユルストローム図を用いて S_{s1} を選定している。ユルストローム図によると、土壌粒子の粒径が 0.1mm 以上の粒子は河川において堆積と運搬を繰り返していると考えられることから、土壌粒子の直径が 0.1mm 以上の土壌粒子が大半を占める箇所「調査箇所(44)の真野」を河底土の代表的な土壌として選定し、比表面積 S_{s1} としている。

出典：1) He Q, Walling DE. 1996. Interpreting particle size effects in the adsorption of Cs-137 and unsupported Pb-210 by mineral soils and sediments. Journal of Environmental Radioactivity 30: 117-137.

S_{ms} (比表面積) は、土粒子が離散的な半径 r_i (cm) の球形の集合であると仮定し、以下の式により求めた。放射性セシウム濃度は粒径 2mm 以下の底質を対象に分析していることから、比表面積の算出にあたっては粒径 2mm 以下の粒径区分の測定値を用いた。また、各粒径区分における土粒子の代表粒径 (r_i) は各粒径区分の範囲の上限値と下限値を幾何平均して求めた。

$$S_{ms} = \frac{3}{\delta} \sum_{i=1}^{21} \left(\frac{1}{r_i} \times \frac{w_i}{W} \right) \quad (3)$$

- i : 粒径区分の数 ($1 \leq i \leq 14$)
- r_i : 粒径区分 i における土粒子の代表粒径 (cm)
- w_i : 粒径区分 i における土粒子の重量 (g)
- W : 底質の重量 (g)
- δ : 各調査地点での底質の土粒子密度 (g/cm^3)



出典:「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書(第2編)」(文部科学省、原子力災害対策支援本部、平成24年3月)

以下に A 調査；メッシュ調査結果の概要を示す。

なお、3.1.1.1(2)の検討結果（p 89）に基づき、補正係数 P の算出式（p 26 の式(2)）に用いる V の値（乗数）は河口域を除く河川及び湖沼では 0.65、河川の河口域では 0.65 及び 1.15 の双方を用いてセシウムの補正値を算出した。

粒度補正前後の各水域内のセシウム 134 及びセシウム 137 のばらつきは、変動係数（＝標準偏差／平均値）により評価した。

変動係数はデータのばらつきが全くなければ 0%となる。本業務の検討結果によれば同じ底質試料について分析操作を繰り返し行った場合の変動係数は約 5%（p 143 の表 3.1.11）、同一地点（5m以内）でグラブ採泥を繰り返し行った場合の変動係数は河川が 12%、湖底部が 83%、河口域が 79%であった（p 130 の表 3.1.8）。

n 個のデータが正規分布に従うと仮定した場合、変動係数の 2 乗は自由度 n-1 の χ^2 分布に従う。粒度補正効果の有無の判定基準はデータ数 n によって異なり、粒度補正前後の変動係数をそれぞれ α_1 、 α_2 とすると

データ数 n が 14 の場合： $\alpha_2/\alpha_1 < 0.62$

データ数 n が 46 の場合： $\alpha_2/\alpha_1 < 0.79$

であれば補正効果ありという判定となる（表 3.1.1）。

【阿武隈川合流部】（表 3.1.1、図 3.1.1）

- ・底質性状は主に礫混じり砂、色相はオリーブ褐、暗灰黄、または灰オリーブ、臭気はいずれの地点も無臭、混入物は主に植物片であり、泥温は 1.3～4.7℃であった。
- ・ORP は +397～+522mV、pH は 6.7～8.3 であり、地点間の差は認められなかった。
- ・TOC は 0.25～1.09mg/g(平均 0.54mg/g)の範囲にあり、強熱減量は 0.4～1.2%(平均 0.8%)の範囲にあり、いずれの項目もほぼ同様であった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 11.5～72.6%、砂分は 27.4～87.9%、シルト分は 0～1.5%、粘土分は 0～1.1%であり、いずれの地点においても礫分及び砂分の占める割合が 97%以上であった。また、中央粒径は 0.77～4.7mm であり、砂分の割合の高い St.23 を除き、いずれの地点も 1mm 以上の値であった。
- ・セシウム 134 は 18～280Bq/kg の範囲にあり（変動係数：76.7%）、合流前の支川逢瀬川で高く、合流前本川と合流後本川はほぼ同程度であった。
- ・セシウム 137 は 38～530Bq/kg の範囲にあり（変動係数：76.1%）、分布傾向は放射性セシウム 134 と同様であった。
- ・比表面積を過小に評価したおそれのある値(参考値)を除いた粒度補正後のセシウム 134 は 33～330Bq/kg（変動係数：91.5%）、セシウム 137 は 60～600Bq/kg（変動係数：92.8%）であり、粒度補正による効果は認められなかった。

【阿武隈川直線部】（表 3.1.1、図 3.1.2）

- ・底質性状は主に礫混じり砂、色相は主にオリーブ褐または暗オリーブ褐、臭気はいずれの地点も無臭、混入物はいずれの地点も植物片の混入が認められ、泥温は 1.2～3.1℃であった。
- ・ORP は +342～+505mV、pH は 6.9～7.8、であり、分布の傾向は認められなかった。
- ・TOC は 0.34～2.13mg/g の範囲にあり、強熱減量は 0.8～1.3%の範囲にあり、いずれの項目もほぼ同様であった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 5.7～63.1%、砂分は 36.2～93.1%、シルト分は 0～0.8%、粘土分は 0～0.5%であり、いずれの地点においても礫分及び砂分の占め

る割合が98%以上であった。また、中央粒径は0.60～3.31mmであり、礫分の割合の高いSt.4、11で比較的高い値が得られた。

- ・セシウム134は30～200Bq/kgの範囲にあり(変動係数:66.6%)、流心に比べて左岸が高い傾向であった(縦断方向6地点の平均値 流心:45Bq/kg、左岸:93Bq/kg、右岸:39Bq/kg)。
- ・セシウム137は62～380Bq/kgの範囲にあり(変動係数:65.7%)、分布傾向はセシウム134と同様であった。
- ・比表面積を過小に評価したおそれのある参考値を除いた粒度補正後のセシウム134は36～210Bq/kg(変動係数:59.1%)、セシウム137は58～400Bq/kg(変動係数:59.7%)であり、粒度補正による効果は認められなかった。

【阿武隈川滞留部】(表3.1.2、図3.1.3)

- ・底質性状は主にシルト混じり砂、及び砂、色相は主にオリーブ黒、オリーブ褐、黒褐、臭気はほとんどの地点で無臭であり、上流側の一部地点においては、弱腐敗臭が確認された。混入物は主に植物片であり、泥温は2.6～3.4℃であった。
- ・ORPは+97～+413mV、pHは7.0～7.5であり、分布の傾向は認められなかった。
- ・TOCは0.38～45.3mg/gの範囲、強熱減量は1.0～13.9%の範囲にあり、いずれの項目も堰近傍のSt.1、St.6で高い傾向にあった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は0.4～32.3%、砂分は7.7～96.0%、シルト分は0.5～49.1%、粘土分は0.3～42.8%であり、堰近傍のSt.1、St.6でシルト分及び粘土分の割合が高い傾向にあった。これらの地点はTOC等の有機物分も高い傾向にあった。その他の地点は砂分の割合が60%以上を占めていた。また、中央粒径は0.01～1.02mmであり、シルト分及び粘土分の割合の高いSt.1、St.6で低い値であった。
- ・セシウム134は55～2,000Bq/kgの範囲にあり(変動係数:112%)、阿武隈大堰の直上流4箇所が平均で870Bq/kgと高い値であった。
- ・セシウム137は94～3,400Bq/kgの範囲にあり(変動係数:107%)、分布傾向は放射性セシウム134と同様であった。
- ・粒度補正後のセシウム134は69～260Bq/kg(変動係数:30.4%)、セシウム137は110～490Bq/kg(変動係数:33.6%)であり、粒度補正の効果によりばらつきが顕著に小さくなった(粒径の小さいSt.1、6は補正によりその他の地点との差が小さくなった)。これらの地点における放射性セシウム濃度は、主に堆積土砂の粒径に依存するものと考えられる。

【真野川直線部】(表3.1.2、図3.1.4)

- ・底質性状は主に礫混じり砂、色相は灰オリーブ、または暗オリーブ、臭気はいずれの地点も無臭、混入物は主に植物片であり、泥温は4.9～6.7℃であった。
- ・ORPは+410～+485mV、pHは6.7～8.0であり、地点間の差は認められなかった。
- ・TOCは0.33～4.96mg/g(平均1.76mg/g)の範囲、強熱減量は1.1～1.9%(平均1.4%)の範囲にあり、いずれの地点も値が低く、地点間の差はほとんど認められなかった。

- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 17.9～98.5%、砂分は 1.5～81.2%、シルト分は 0～1.4%、粘土分は 0～0.8%であり、上流側の St.18 を除き、礫分の割合が 55%以上と高い傾向にあった。なお、St.18 は砂分の割合が 81%であった。また、中央粒径は 1.09～10.2mm の範囲にあった。
- ・セシウム 134 は 77～490Bq/kg の範囲にあり（変動係数：47.2%）、流心・左右岸でほぼ均等に分布していた（縦断方向 6 地点の平均値 流心：290Bq/kg、左岸：230Bq/kg、右岸：150Bq/kg）。
- ・セシウム 137 は 150～860Bq/kg の範囲にあり（変動係数：46.0%）、分布傾向は放射性セシウム 134 と同様であった。
- ・比表面積を過小に評価したおそれのある参考値を除いた粒度補正後のセシウム 134 は 58～280Bq/kg（変動係数：31.2%）、セシウム 137 は 110～580Bq/kg（変動係数：31.3%）であり、粒度補正による効果は認められなかった。

【はやま湖湖底部】（表 3.1.2、図 3.1.5）

- ・底質性状は主にシルト、いずれの地点も色相はオリーブ黒、臭気は弱泥臭、混入物は植物片であり、泥温は 4.0～4.5℃であった。
- ・ORP は +166～+245mV、pH は 5.5～7.2 であり、地点間の差は認められなかった。
- ・TOC は 28.6～61.3mg/g の範囲、強熱減量は 12.8～18.1%の範囲にあり、いずれの項目もほぼ同様であった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 0～10.9%、砂分は 1.4～28.7%、シルト分は 16.8～50.2%、粘土分は 38.5～77.8%であり、いずれの地点も粘土の割合が最も高かった。中央粒径は 0.001 未満～0.0088mm の範囲にあった。
- ・セシウム 134 は 370～21,000Bq/kg の範囲にあり（変動係数：89.3%）、南側の St.10、St.15、東側の St.23 等で高い値が確認されたが、一定の分布傾向は認められなかった。
- ・セシウム 137 は 750～39,000Bq/kg の範囲にあり（変動係数：90.6%）、分布傾向はセシウム 134 と同様であった。
- ・粒度補正後のセシウム 134 は 22～1,200Bq/kg（変動係数：89.8%）、セシウム 137 は 46～2,300Bq/kg（変動係数：91.2%）であり、粒度補正による効果は認められなかった。

【猪苗代湖流入部】（表 3.1.2、図 3.1.6）

- ・底質性状は水深の深い流入河川沖側の地点はシルト、粘土、その他の地点は主に礫混じり砂、または砂であった。色相は暗褐色、黒褐色等であり、臭気は流入河川沖側の地点では主に弱泥臭、その他の地点は無臭であった。混入物は主に植物片であり、泥温は 0.9～4.4℃であった。
- ・ORP は +24～+581mV、pH は 3.9～6.9 であり、水深の深い流入河川沖側の地点で比較的泥温が高く、ORP が低い傾向にあった。
- ・TOC は 0.28～54.2mg/g の範囲、強熱減量は 0.8～19.2%の範囲にあり、いずれの項目も流入河川沖側の地点で高い傾向にあった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 0～48.0%、砂分は 6.9～94.8%、シルト分は 0～58.0%、粘土分は 2.8～61.8%であり、流入河川沖側の地点で粘土・シルト分の割

合が高く、その他の地点では主に砂分の割合が高い傾向にあった。中央粒径は0.001未満～1.77mmの範囲にあった。

- セシウム 134 は 2.1～3,000Bq/kg の範囲にあり（変動係数：193%）、1,000Bq/kg以上の地点は流入河川（長瀬川）の沖側（流入点からの距離が300～500mの範囲）に集中していた。長瀬川の沖合約300～400mには水深が10mから30mと急激に深くなる箇所があり、その沖は再び緩やかな勾配となっている。セシウム 134 が1,000Bq/kg以上の地点は水深が10mより深くなる箇所とほぼ一致した（p31 参考図）。
- セシウム 137 は 4.3～5,400Bq/kg の範囲にあり（変動係数：192%）、分布傾向はセシウム 134 と同様であった。
- 粒度補正後のセシウム 134 は 0.57～220Bq/kg（変動係数：162%）、セシウム 137 は 1.1～410Bq/kg（変動係数：160%）であり、粒度補正による効果は認められなかった。流入河川沖側の地点でやや値が高いことから、これらの地点においては、土粒子径が細かいことに加え、有機物への吸着等の影響により、河口から放射状に放射性セシウムが堆積していることが示唆される結果であった。



参考図 猪苗代湖流入域（長瀬川流入点周辺）の湖底地形

【猪苗代湖湖底部】（表 3.1.2、図 3.1.7）

- いずれの地点も底質性状はシルト、色相は黒であり、臭気及び混入物は認められなかった。泥温は2.6～3.6℃であった。
- ORPは+34～+164mV、pHは4.0～6.7であり、地点間の差は認められなかった。
- TOCは32.8～40.4mg/gの範囲、強熱減量は14.6～16.9%(平均15.4%)の範囲にあり、いずれの項目もほぼ一様の分布傾向にあった。

- ・粒度組成のうち、礫分及び砂の割合はいずれの地点も 0%、シルト分の割合は 34.6～52.9%(平均 43.9%)、粘土分は 47.1～65.4%であり、いずれの項目もほぼ一様の分布傾向にあった。中央粒径は 0.001 未満～0.0055mm の範囲にあった。
- ・セシウム 134 は不検出～45Bq/kg の範囲にあり (変動係数: 117%)、猪苗代湖の流入域 (長瀬川流入点からの距離が 300～500m の範囲) に比べると全体として低い値であった。
- ・セシウム 137 は 42～110Bq/kg の範囲にあり (変動係数: 25.4%)、分布傾向はセシウム 134 と同様であった。
- ・粒度補正後のセシウム 134 は不検出～2.9Bq/kg (変動係数: 115%)、セシウム 137 は 2.8～7.3Bq/kg (変動係数: 23.0%) であり、粒度補正による効果は認められなかった。

【阿武隈川河口域】(表 3.1.2、図 3.1.8)

- ・底質性状は河口近傍の地点は主に砂、沖側でシルト混じり砂であり、色相はオリブ黒、灰オリブ等であった。臭気は河口前面の St.11 や最も沖側の St.46 では弱硫化水素臭、沖側の St.43-45 では弱泥臭、その他の地点では無臭であった。混入物は貝片、多毛類等であり、泥温は 8.0～9.6℃であった。
- ・ORP は +123～+485mV、pH は 7.1～8.1 であり、分布の傾向は得られなかった。
- ・TOC は 0.19～13.1mg/g の範囲、強熱減量は 1.2～7.4%の範囲にあり、おおむね沖側の地点で高い傾向にあった。
- ・粒度組成のうち、礫分の割合は 0～0.7%、砂分は 19.5～98.2%、シルト分は 1.1～56.3%、粘土分は 0.3～29.1%であり、河口周辺では砂分の割合が高く、沖側ではシルト分、粘土分の割合が高い傾向にあった。中央粒径は 0.020～0.58mm の範囲にあった。
- ・セシウム 134 は 6.2～550Bq/kg の範囲にあり (変動係数: 99.9%)、最大値は河口前面の St.11 (河口からの距離: 約 1km) でみられた。また、河口からの距離が約 1～2.5km の範囲に値の高い地点が点在していた。
- ・セシウム 137 は 14～990Bq/kg の範囲にあり (変動係数: 98.0%)、分布傾向はセシウム 134 と同様であった。
- ・補正係数 P の算出式における V (乗数) を 0.65 とした場合の粒度補正後のセシウム 134 は 3.6～200Bq/kg (変動係数: 93.5%)、セシウム 137 は 8.3～360Bq/kg (変動係数: 89.7%) であった。また、V (乗数) を 1.15 とした場合のセシウム 134 は 2.2～92Bq/kg (変動係数: 111%)、セシウム 137 は 4.1～160Bq/kg (変動係数: 103%) であり、いずれも粒度補正の効果は認められなかった。河口域前面及び沖側の地点では粒度補正後の値もやや高く、河川からの土粒子とともに放射性セシウムが堆積していることが示唆される結果であった。

【真野川河口域】(表 3.1.2、図 3.1.9)

- ・底質性状は主に砂、主にオリブ黒、臭気は、ほとんどの地点で認められなかった。混入物は貝片、多毛類等であり、泥温は 6.8～7.9℃であった。
- ・ORP は +369～+439mV、pH は 7.5～8.4 であり、地点間の差は認められなかった。

- TOC は 0.17～16.8mg/g の範囲、強熱減量は 1.0～9.2% の範囲にあり、いずれの項目も沖側の St.29 で高い値が得られた。
- 粒度組成のうち、礫分の割合は 0～0.3%、砂分は 7.4～98.7%、シルト分は 1.0～65.9%、粘土分は 0.2～26.7% であり、沖側の St.29、次いで St.17 ではシルト・粘土分の割合が高く、その他の地点ではおおむね砂分の割合が高い傾向にあった。中央粒径は 0.020～0.20mm の範囲にあった。
- セシウム 134 は 1.9～450Bq/kg の範囲にあり（変動係数：264%）、河口の東北東側約 2km 沖合の地点（St.29）で 450Bq/kg と高い値がみられた。真野川河口部には沖堤があり、今回の調査結果からは主に沖堤の北側の場所に土粒子が堆積していることが推測された。
- セシウム 137 は 3.1～850Bq/kg の範囲にあり（変動係数：254%）、分布傾向はセシウム 134 と同様であった。
- 補正係数 P の算出式における V（乗数）を 0.65 とした場合の粒度補正後のセシウム 134 は 1.1～48Bq/kg（変動係数：133%）、セシウム 137 は 1.7～92Bq/kg（変動係数：130%）であった。また、V（乗数）を 1.15 とした場合のセシウム 134 は 0.59～8.8Bq/kg（変動係数：78.6%）、セシウム 137 は 1.0～16Bq/kg（変動係数：77.3%）であり、V（乗数）を 1.15 とすることにより、粒度補正の効果が顕著に認められた。

表 3.1.1 粒度補正効果の判定

水域名	補正係数 算出式の 乗数V	データ 数n	α_2/α_1 (%)	Cs-134			補正 効果	Cs-137			補正 効果
				変動係数				変動係数			
				補正前 α_1 (%)	補正後 α_2 (%)	α_2/α_1		補正前 α_1	補正後 α_2	α_2/α_1	
阿武隈川合流部	0.65	19	0.68	76.7	91.5	1.19	—	76.1	92.8	1.22	—
阿武隈川直線部	0.65	17	0.66	66.6	59.1	0.89	—	65.7	59.7	0.91	—
阿武隈川滞留部	0.65	21	0.69	112	30.4	0.27	*	107	33.6	0.31	*
真野川直線部	0.65	14	0.62	47.2	31.2	0.66	—	46.0	31.3	0.68	—
はやま湖湖底部	0.65	25	0.72	89.3	89.8	1.01	—	90.6	91.2	1.01	—
猪苗代湖流入部	0.65	34	0.75	193	162	0.84	—	192	160	0.83	—
猪苗代湖湖底部	0.65	25	0.72	117	115	0.98	—	25.4	23.0	0.91	—
阿武隈川河口域	0.65	46	0.79	99.9	93.5	0.94	—	98.0	89.7	0.92	—
	1.15		0.79	99.9	111	1.11	—	98.0	103	1.05	—
真野川河口域	0.65	34	0.75	264	133	0.50	*	254	130	0.51	*
	1.15		0.75	264	78.6	0.30	*	254	77.3	0.30	*

補正効果 α_2/α_1 の値が $\chi^2(n-1, 0.975)$ から求めた「 $\alpha_2/\alpha_1(5\%)$ 」よりも小さい場合に効果ありという判定となる。

*: 有意水準5%で補正効果が認められる。

—: 有意水準5%で補正効果が認められない。

表 3.1.2(1) 調査 A・メッシュ調査結果の概要

項目	全水深 (m)		採泥厚 (cm)		泥温 (℃)		ORP (mV)		pH		TOC (mg/g)		強熱減量 (%)		
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	
河川	阿武隈川合流部	0.1	1.6	4	11	1.3	4.7	+397	+522	6.7	8.3	0.25	1.09	0.4	1.2
	阿武隈川直線部	1.1	1.7	1	5	1.2	3.1	+342	+505	6.9	7.8	0.34	2.13	0.8	1.3
	阿武隈川滞留部	0.5	3.0	2	11	2.6	3.4	+97	+413	7.0	7.5	0.38	45.3	1.0	13.9
	真野川直線部	0.1	0.7	4	11	4.9	6.7	+410	+485	6.7	8.0	0.33	4.96	1.1	1.9
湖沼	はやま湖湖底部	38.8	47.2	3	12	4.0	4.5	+166	+245	5.5	7.2	28.6	61.3	12.8	18.1
	猪苗代湖流入域	0.4	46.0	3	13	0.9	4.4	+24	+581	3.9	6.9	0.28	54.2	0.8	19.2
	猪苗代湖湖底部	52.7	60.3	4	9	2.6	3.6	+34	+164	4.0	6.7	32.8	40.4	14.6	16.9
河口	阿武隈川河口域	4.8	20.0	4	11	8.0	9.6	+123	+485	7.1	8.1	0.19	13.1	1.2	7.4
	真野川河口域	9.6	19.4	3	10	6.8	7.9	+369	+439	7.5	8.4	0.17	16.8	1.0	9.2

項目	粒度組成												
	礫 (%)		砂 (%)		シルト (%)		粘土 (%)		中央粒径 (mm)		密度 (g/cm ³)		
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	
河川	阿武隈川合流部	11.5	72.6	27.4	87.9	0.0	1.5	0.0	1.1	0.77	4.70	2.710	2.722
	阿武隈川直線部	5.7	63.1	36.2	93.1	0.0	0.8	0.0	0.5	0.60	3.31	2.710	2.718
	阿武隈川滞留部	0.4	32.3	7.7	96.0	0.5	49.1	0.3	42.8	0.010	1.02	2.568	2.709
	真野川直線部	17.9	98.5	1.5	81.2	0.0	1.4	0.0	0.8	1.09	10.2	2.712	2.724
湖沼	はやま湖湖底部	0.0	10.9	1.4	28.7	16.8	50.2	38.5	77.8	<0.001	0.0088	2.256	2.594
	猪苗代湖流入域	0.0	48.0	6.9	94.8	0.0	58.0	2.8	61.8	<0.001	1.77	2.420	3.026
	猪苗代湖湖底部	0.0	0.0	0.0	0.0	34.6	52.9	47.1	65.4	<0.001	0.0055	2.466	2.614
河口	阿武隈川河口域	0.0	0.7	19.5	98.2	1.1	56.3	0.3	29.1	0.020	0.58	2.616	2.713
	真野川河口域	0.0	0.3	7.4	98.7	1.0	65.9	0.2	26.7	0.020	0.20	2.589	2.707

項目	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)		比表面積 (cm ² /g)		補正係数 P		粒度補正後				
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	Cs134 (Bq/kg)		Cs137 (Bq/kg)		
									最小	最大	最小	最大	
河川	阿武隈川合流部	18	280	38	530	44	253	0.63	1.96	33	330	60	600
	阿武隈川直線部	30	200	62	380	35	102	0.54	1.09	36	210	58	400
	阿武隈川滞留部	55	2,000	94	3,400	42	3,890	0.61	11.57	69	260	110	490
	真野川直線部	77	490	150	860	60	334	0.77	2.35	58	280	110	580
湖沼	はやま湖湖底部	370	21,000	750	39,000	4,080	7,900	11.93	18.33	22	1,200	46	2,300
	猪苗代湖流入域	2.1	3,000	4.3	5,400	439	7,210	2.80	17.27	0.57	220	1.1	410
	猪苗代湖湖底部	ND	45	42	110	5,080	7,210	13.76	17.27	ND	2.9	2.8	7.3
河口	阿武隈川河口域	6.2	550	14	990	90	2,840	1.00	9.43	3.6	200	8.3	360
	真野川河口域	1.9	450	3.1	850	96	2,740	1.04	9.21	1.1	48	1.7	92

注：1. 「ND」は不検出を示す。

2. 比表面積、補正係数及び粒度補正後の放射性セシウム濃度は、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施しなかった調査結果を集計から除外した。これは、比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性があるためである。

3. 「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 として算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad S_{ms}: \text{各調査地点での底質の比表面積 (cm}^2/\text{g)}、S_{s1}: \text{基準とする底質の比表面積 (90 cm}^2/\text{g)}$$

表 3.1.1(4) 調査 A・メッシュ調査結果

調査日	地点番号	全水深 (m)	採取方法	採泥厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱減量 (%)	粒度組成						Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後	
													礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	中央粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)					Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)
平成25年 1月22日 はやま湖 底部	1	39.8	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+245	6.5	51.9	16.6	0.0	8.4	30.0	61.6	0.0014	2.502	750	1,300	6,520	16.18	46	80
	2	39.8	エクマン	7	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+227	6.5	54.5	17.5	1.1	12.4	24.7	61.8	0.0042	2.420	7,700	13,000	7,060	17.04	450	760
	3	39.0	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+214	6.7	51.1	15.8	0.0	20.7	23.8	55.5	0.0013	2.520	8,800	15,000	6,190	15.64	560	950
	4	39.0	エクマン	3	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+183	6.5	47.7	17.0	0.0	17.4	25.7	56.9	<0.001	2.483	4,300	7,600	6,380	15.95	260	470
	5	38.8	エクマン	3	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.0	+211	6.8	48.8	16.1	1.1	14.3	30.0	54.6	0.0034	2.484	2,100	4,000	6,020	15.36	130	260
	6	41.0	エクマン	11	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+210	5.9	52.9	17.3	0.0	5.6	29.0	65.4	<0.001	2.449	6,500	11,000	7,170	17.21	370	630
	7	41.0	エクマン	11	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.0	+203	5.7	52.8	16.6	0.0	6.4	31.3	62.3	0.0022	2.468	2,200	4,000	6,310	15.84	130	250
	8	41.0	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+200	5.5	53.8	17.5	0.0	6.7	26.5	66.8	<0.001	2.474	1,900	3,400	7,050	17.02	110	190
	9	41.5	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+193	7.0	57.5	17.8	0.0	5.8	26.1	68.1	<0.001	2.445	3,100	5,500	7,370	17.52	170	310
	10	43.0	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+195	7.1	55.7	17.0	0.0	13.4	24.4	62.2	<0.001	2.480	21,000	39,000	6,800	16.63	1,200	2,300
	11	43.0	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.0	+174	7.2	50.2	17.0	0.0	1.4	25.9	72.7	<0.001	2.496	5,400	9,500	7,770	18.14	290	520
	12	45.0	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+195	6.6	51.8	16.5	1.0	10.5	30.5	58.0	0.0014	2.498	3,800	7,100	6,460	16.08	230	440
	13	47.0	エクマン	11	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+187	6.7	28.6	12.8	10.9	28.7	19.2	41.2	0.0082	2.594	2,200	4,000	4,970	13.56	160	290
	14	47.0	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+180	6.9	42.6	16.3	5.8	25.7	22.3	46.2	0.0061	2.256	2,800	5,200	6,040	15.40	180	330
	15	47.0	エクマン	12	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	+176	6.9	56.5	15.1	0.0	22.3	20.1	57.6	0.0023	2.522	15,000	27,000	5,930	15.21	980	1,700
	16	44.5	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	+182	6.1	52.4	17.5	0.0	2.7	31.1	66.2	0.0017	2.473	2,500	4,600	6,490	16.13	150	280
	17	44.5	エクマン	10	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+209	7.2	57.8	18.1	0.0	2.2	27.0	70.8	<0.001	2.452	4,800	8,800	7,320	17.45	270	500
	18	47.0	エクマン	12	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	+204	6.3	52.8	17.3	0.0	2.5	40.5	57.0	0.0031	2.481	520	950	5,960	15.26	34	62
	19	47.0	エクマン	5	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+238	6.7	50.6	16.9	0.9	18.2	23.6	57.3	0.0025	2.499	4,000	7,300	5,880	15.13	260	480
	20	47.0	エクマン	12	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.5	+179	6.9	61.3	17.3	0.0	8.8	21.6	69.6	<0.001	2.499	7,000	12,000	7,120	17.13	400	700
	21	46.8	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	+170	7.0	52.6	17.1	0.0	2.2	20.0	77.8	<0.001	2.440	10,000	19,000	7,900	18.33	540	1,000
	22	47.0	エクマン	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+169	5.5	50.1	16.7	0.0	11.7	16.8	71.5	<0.001	2.467	4,100	7,600	7,150	17.18	230	440
	23	47.0	エクマン	3	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.0	+200	6.7	59.7	18.0	1.3	12.1	30.5	56.1	0.0024	2.452	17,000	31,000	6,270	15.78	1,000	1,900
	24	47.0	エクマン	3	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+209	6.7	36.6	13.6	0.0	11.3	50.2	38.5	0.0088	2.592	10,000	18,000	4,080	11.93	830	1,500
	25	47.2	エクマン	3	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+166	6.9	40.3	13.9	2.2	9.7	27.4	60.7	<0.001	2.527	370	750	6,580	16.28	22	46

注：1.採取方法の「エクマン」は、エクマンバーツ採泥器を用いた採取を示す。
 2.「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 として算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad S_{ms} : \text{各調査地点での底質の比表面積 (cm}^2\text{/g)}、S_{s1} : \text{基準とする底質の比表面積 (90 cm}^2\text{/g)}$$

表 3.1.1(5) 調査A・メッシュ調査結果

調査日	地点番号	全水深 (m)	採取方法	採泥厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱減量 (%)	粒度組成						Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後			
													礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	中央粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)					Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)
平成25年 1月21日	猪苗代湖流入域	1	0.9	バケット部	5	礫混り砂	暗褐色	無臭	1.4	+539	6.9	0.33	1.2	35.8	60.8	0.2	3.2	0.90	2.767	11	21	535	3.19	3.4	6.5	
		2	0.8	バケット部	8	礫混り砂	暗褐色	無臭	1.0	+497	5.6	3.17	2.0	29.9	65.9	0.0	4.2	0.83	2.687	2.1	4.3	656	3.64	0.57	1.1	
		3	3.1	バケット部	7	礫混り砂	黒褐色	無臭	1.8	+440	5.5	0.38	1.3	22.0	73.9	0.1	4.0	0.80	2.699	10	15	576	3.34	2.9	4.4	
		4	1.5	バケット部	6	礫混り砂	黒褐色	無臭	2.3	+532	5.9	0.60	1.4	30.1	66.6	0.0	3.3	0.79	2.699	17	27	537	3.19	5.3	8.4	
		5	1.7	バケット部	6	礫混り砂	暗オリーブ褐色	無臭	1.9	+478	6.3	0.36	1.3	18.8	77.1	0.2	3.9	0.72	2.696	15	29	527	3.15	4.7	9.1	
		6	2.5	バケット部	6	礫混り砂	暗オリーブ褐色	無臭	2.8	+274	6.3	0.79	1.8	9.6	85.9	0.2	4.3	0.49	2.652	92	180	537	3.19	28	56	
		7	1.4	バケット部	5	礫混り砂	暗褐色	無臭	1.3	+405	6.4	0.35	1.5	33.5	62.7	0.4	3.4	1.00	2.658	14	27	584	3.37	4.1	8.0	
		8	2.2	バケット部	7	砂	暗褐色	無臭	1.0	+581	6.4	0.45	1.6	14.3	80.8	0.9	4.0	0.73	2.645	42	97	524	3.14	13	30	
		9	4.9	バケット部	6	礫混り砂	暗褐色	無臭	3.1	+486	5.7	0.56	1.7	31.9	63.1	0.9	4.1	0.64	2.690	44	98	669	3.68	11	26	
		10	25.6	エクマン	9	シルト	黒	泥臭	3.5	+124	6.6	49.8	19.2	0.0	7.3	30.9	61.8	<0.001	2.445	1,000	1,800	6,820	16.66	60	100	
		11	38.0	エクマン	6	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	3.6	+118	6.5	40.9	14.5	0.0	22.4	32.2	45.4	0.0069	2.420	3,000	5,300	4,920	13.48	220	390	
		12	44.0	エクマン	6	粘土	オリーブ黒	弱泥臭	3.7	+134	6.5	12.0	6.6	0.3	10.6	58.0	31.1	0.015	2.574	180	320	3,430	10.66	16	30	
		13	1.1	バケット部	3	礫混り砂	黒褐色	無臭	1.6	+399	6.4	0.39	1.2	35.7	60.4	0.3	3.6	0.78	2.706	35	62	620	3.51	10	17	
		14	2.8	バケット部	7	砂	暗褐色	無臭	2.7	+572	6.4	0.45	1.5	6.2	89.1	0.4	4.3	0.36	2.701	88	160	514	3.10	28	51	
		15	27.1	エクマン	13	シルト	黒	弱泥臭	4.4	+54	6.3	54.0	19.0	0.0	12.5	31.3	56.2	<0.001	2.401	2,500	4,700	6,540	16.21	150	280	
		16	35.5	バケット部	10	砂混りシルト	黒	弱泥臭	3.6	+146	6.6	7.61	4.5	3.6	68.5	6.1	21.8	0.15	2.644	1,800	3,500	2,430	8.52	210	410	
		17	41.5	バケット部	11	シルト	黒	弱酸化水素臭	3.8	+83	6.3	54.2	19.0	0.0	6.9	33.0	60.1	<0.001	2.427	2,400	4,500	7,210	17.27	130	260	
		18	46.0	エクマン	9	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	3.8	+61	6.6	32.1	9.7	3.7	30.9	18.5	46.9	0.01	2.491	2,900	5,400	5,520	14.52	190	370	
		19	0.4	バケット部	12	礫混り砂	暗褐色	無臭	0.9	+416	6.6	0.39	1.2	48.0	48.9	0.3	2.8	1.77	2.707	9.2	17	612	3.48	2.6	4.8	
		20	2.1	バケット部	8	礫混り砂	黒褐色	無臭	1.8	+320	6.3	1.13	1.9	6.5	67.8	15.5	10.2	0.11	2.666	10	32	1,270	5.59	1.7	5.7	
		21	3.0	バケット部	7	砂	暗オリーブ褐色	無臭	1.7	+394	6.3	0.81	1.5	24.2	70.2	1.6	4.0	0.93	2.680	35	58	577	3.35	10	17	
		22	4.0	バケット部	11	砂	オリーブ褐色	無臭	1.6	+330	5.7	1.91	2.2	17.8	77.6	0.3	4.3	0.86	2.605	78	140	593	3.41	22	41	
		23	4.3	バケット部	5	礫混り砂	黒褐色	無臭	1.3	+334	3.9	2.00	2.1	15.7	70.7	6.5	7.1	0.53	2.655	26	52	948	4.62	5.6	11	
		24	5.5	エクマン	12	礫混り砂	暗オリーブ褐色	無臭	2.3	+354	5.6	0.55	1.5	4.6	90.4	1.1	3.9	0.75	2.691	39	91	464	2.90	13	31	
		25	1.5	バケット部	3	礫混り砂	オリーブ黒	無臭	1.1	+453	6.4	0.28	0.8	0.9	93.6	1.6	3.9	0.28	3.026	10	16	439	2.80	3.4	5.7	
		26	2.1	バケット部	7	砂	オリーブ黒	無臭	1.0	+506	6.7	0.34	1.0	0.2	94.8	0.8	4.2	0.28	2.864	32	57	473	2.94	10	19	
		27	2.7	バケット部	5	礫混り砂	暗褐色	無臭	1.7	+505	6.6	0.81	1.4	25.1	70.6	0.9	3.4	1.03	2.688	51	90	516	3.11	16	28	
		28	3.2	バケット部	3	砂	暗褐色	無臭	1.6	+531	6.6	1.09	1.5	8.2	85.9	2.1	3.8	0.69	2.698	68	140	474	2.94	23	47	
		29	3.3	バケット部	3	砂混り粘土	暗褐色	無臭	1.8	+366	5.8	3.00	3.0	2.6	35.6	45.8	16.0	0.044	2.667	27	59	1,860	7.16	3.7	8.2	
		30	2.1	バケット部	6	礫混り砂	暗オリーブ褐色	無臭	2.2	+483	6.3	0.41	1.5	9.6	86.0	0.5	3.9	0.58	2.690	28	59	481	2.97	9.4	19	
		31	20.9	エクマン	13	シルト	黒	弱泥臭	4.2	+24	6.4	46.1	16.3	0.0	23.1	21.6	55.3	0.0021	2.475	2,000	3,500	6,100	15.50	120	220	
		32	14.9	バケット部	11	砂	黒	無臭	1.6	+253	6.6	0.78	1.6	2.1	89.0	1.0	7.9	0.21	2.666	47	89	939	4.59	10	19	
		33	2.7	バケット部	8	礫混り砂	黒褐色	無臭	1.7	+406	6.7	0.56	1.3	19.9	75.7	0.5	3.9	0.84	2.736	24	64	511	3.09	7.7	20	
		34	1.3	バケット部	8	砂	暗褐色	無臭	1.1	+510	6.1	0.31	1.6	26.7	68.6	1.2	3.5	1.02	2.655	27	74	518	3.12	8.6	23	

注：1.採取方法は、「バケット部」がスミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部を用いた採取、「エクマン」がエクマンバージ採泥器を用いた採取を示す。

2.「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 とし算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V$$

S_{ms} : 各調査地点での底質の比表面積 (cm²/g) 、S_{s1} : 基準とする底質の比表面積 (90 cm²/g)

表 3.1.1(6) 調査A・メッシュ調査結果

調査日	地点 番号	全水深 (m)	採取方法	採泥厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱 減量 (%)	粒度組成						Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後	
													礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	中央粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)					Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)
平成25年 1月28日 猪苗代湖 底部	1	55.8	エクマン	4	シルト	黒	無臭	3.2	+103	6.6	37.9	15.1	0.0	0.0	45.9	54.1	<0.001	2.555	5.3	59	6,260	15.76	0.33	3.7
	2	60.1	エクマン	6	シルト	黒	無臭	3.3	+117	6.4	38.8	15.7	0.0	0.0	44.8	55.2	0.0034	2.569	9.2	55	5,780	14.96	0.61	3.6
	3	58.7	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.4	+69	4.5	38.7	15.0	0.0	0.0	52.9	47.1	0.0054	2.558	4.1	48	5,080	13.76	0.29	3.4
	4	58.3	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.6	+85	6.5	36.7	15.3	0.0	0.0	41.2	58.8	<0.001	2.584	ND	58	6,590	16.29	ND	4.3
	5	60.3	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.0	+128	6.3	39.9	15.9	0.0	0.0	50.7	49.3	0.0051	2.614	7.3	53	5,600	14.66	0.49	3.6
	6	55.1	エクマン	6	シルト	黒	無臭	3.1	+131	6.1	35.6	14.8	0.0	0.0	39.0	61.0	<0.001	2.541	8.1	58	6,470	16.10	0.50	3.6
	7	58.5	エクマン	6	シルト	黒	無臭	3.1	+109	6.4	38.3	15.3	0.0	0.0	39.0	61.0	<0.001	2.539	ND	49	6,470	16.10	ND	3.7
	8	57.5	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.5	+81	4.0	38.3	15.9	0.0	0.0	48.6	51.4	0.0048	2.532	45	110	5,840	15.06	2.9	7.3
	9	57.3	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.6	+84	6.1	37.2	14.9	0.0	0.0	51.8	48.2	0.0055	2.537	13	70	5,270	14.09	0.92	4.9
	10	59.0	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.4	+84	6.5	37.8	15.4	0.0	0.0	43.1	56.9	0.0021	2.590	11	71	6,030	15.38	0.71	4.6
	11	55.0	エクマン	6	シルト	黒	無臭	3.2	+34	6.7	37.7	15.3	0.0	0.0	45.9	54.1	0.0031	2.508	6.3	58	6,050	15.41	0.40	3.7
	12	58.1	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.4	+116	6.4	37.2	15.9	0.0	0.0	46.2	53.8	0.0041	2.501	4.5	53	5,660	14.76	0.30	3.5
	13	56.7	エクマン	9	シルト	黒	無臭	3.1	+75	6.5	35.9	15.4	0.0	0.0	45.0	55.0	0.0032	2.534	ND	45	6,090	15.48	ND	3.5
	14	59.0	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.4	+73	5.5	38.6	15.7	0.0	0.0	41.7	58.3	<0.001	2.533	ND	42	6,540	16.21	ND	3.1
	15	58.9	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.4	+93	5.0	35.5	15.5	0.0	0.0	47.1	52.9	0.0042	2.531	6.2	64	5,660	14.76	0.42	4.3
	16	55.7	エクマン	9	シルト	黒	無臭	3.4	+62	4.6	40.4	16.9	0.0	0.0	42.8	57.2	0.0021	2.473	18	46	6,350	15.91	1.1	2.8
	17	58.7	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.3	+101	6.2	35.3	15.0	0.0	0.0	42.6	57.4	0.0034	2.516	11	58	5,850	15.08	0.72	3.8
	18	57.5	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.4	+100	6.1	35.4	15.0	0.0	0.0	35.6	64.4	<0.001	2.499	3.5	54	6,890	16.77	0.20	3.2
	19	59.5	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.6	+96	4.0	36.5	15.5	0.0	0.0	38.3	61.7	<0.001	2.497	10	70	6,780	16.60	0.60	4.2
	20	59.5	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.2	+84	6.5	37.6	16.1	0.0	0.0	46.2	53.8	0.0038	2.480	11	72	6,060	15.43	0.71	4.6
	21	52.7	エクマン	8	シルト	黒	無臭	2.6	+134	6.6	32.8	14.6	0.0	0.0	51.9	48.1	0.0054	2.472	4.9	51	5,260	14.07	0.34	3.6
	22	57.5	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.3	+120	6.2	34.5	15.0	0.0	0.0	36.1	63.9	0.0010	2.466	42	85	6,690	16.45	2.5	5.1
	23	58.5	エクマン	7	シルト	黒	無臭	3.6	+102	6.5	38.1	16.0	0.0	0.0	49.7	50.3	0.0049	2.468	5.7	45	5,580	14.62	0.38	3.0
	24	58.0	エクマン	8	シルト	黒	無臭	3.5	+93	5.8	36.1	15.2	0.0	0.0	34.6	65.4	<0.001	2.478	ND	57	7,210	17.27	ND	4.1
	25	59.0	エクマン	8	シルト	黒	無臭	2.7	+164	6.2	35.6	15.3	0.0	0.0	36.1	63.9	<0.001	2.470	14	84	7,090	17.09	0.81	4.9

主：1. 「ND」は不検出を示す。

2. 採取方法の「エクマン」は、エクマンバージ採泥器を用いた採取を示す。

3. 「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 とし算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad S_{ms} : \text{各調査地点での底質の比表面積 (cm}^2\text{/g)}、S_{s1} : \text{基準とする底質の比表面積 (90 cm}^2\text{/g)}$$

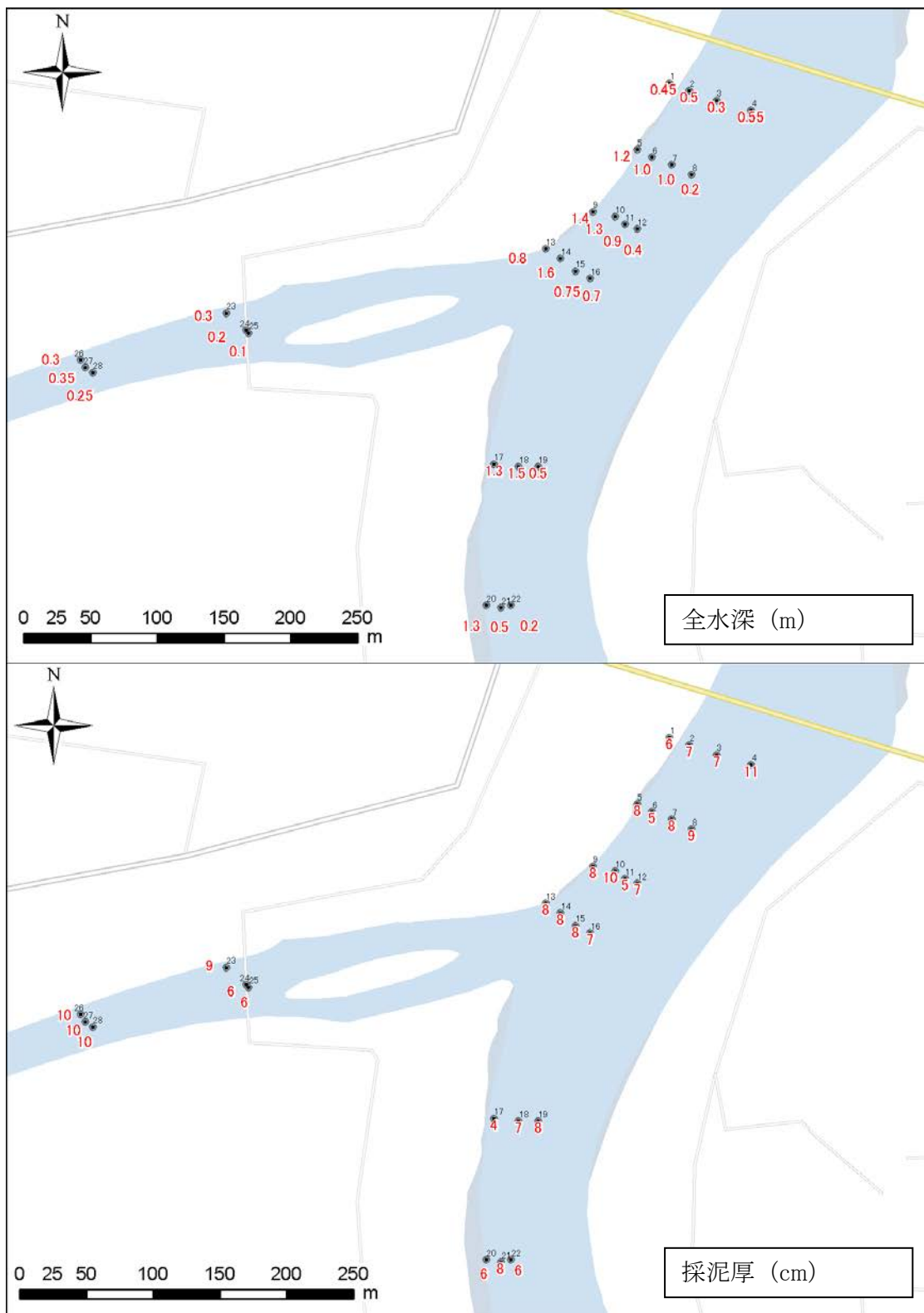
表 3.1.1(8) 調査A・メッシュ調査結果

調査日	地点 番号	全水深 (m)	採取方法	採泥厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱 減量 (%)	粒度組成				Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後		補正係数 P'					
													礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)					中央粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)		
平成25年 1月24日	真野川 河口域	1	10.4	スミス	5	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+386	7.8	0.23	1.1	0.0	95.3	3.2	1.5	0.18	2.703	2.6	3.1	218	1.78	1.4	1.7	2.77	0.93	1.1
		2	9.6	バケツ部	9	砂	オリーブ黒	無臭	6.9	+410	7.9	0.97	2.2	0.1	88.1	7.8	4.0	0.15	2.685	19	27	462	2.90	6.5	9.3	6.56	2.8	4.1
		3	10.6	バケツ部	10	砂	オリーブ黒	無臭	6.9	+421	7.7	0.37	1.5	0.0	87.4	7.8	4.8	0.15	2.692	7.9	15	546	3.23	2.4	4.6	7.95	1.0	1.8
		4	9.8	バケツ部	5	砂	オリーブ黒	無臭	7.1	+433	7.9	0.17	1.0	0.0	96.7	2.1	1.2	0.18	2.707	1.9	3.4	177	1.55	1.2	2.1	2.18	0.87	1.5
		5	10.7	スミス	3	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+421	7.6	0.48	1.8	0.0	95.9	3.3	0.8	0.15	2.702	8.1	17	149	1.39	5.8	12	1.79	4.5	9.5
		6	12.0	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+369	7.9	0.44	1.7	0.0	77.5	15.8	6.7	0.13	2.684	6.5	11	694	3.77	1.7	2.9	10.48	0.62	1.0
		7	11.7	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+387	8.0	0.25	1.1	0.0	94.8	3.7	1.5	0.17	2.704	2.3	3.1	211	1.74	1.3	1.7	2.66	0.86	1.1
		8	11.6	バケツ部	10	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+439	7.8	0.30	1.5	0.2	94.4	3.8	1.6	0.16	2.703	4.8	10	218	1.78	2.7	5.4	2.77	1.7	3.5
		9	12.3	スミス	5	砂	オリーブ黒	無臭	6.8	+422	8.4	0.33	1.4	0.0	92.9	4.3	2.8	0.17	2.698	3.1	9.1	336	2.35	1.3	3.8	4.55	0.68	2.0
		10	12.0	スミス	9	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+424	7.7	1.16	4.1	0.0	88.6	7.4	4.0	0.15	2.694	28	55	462	2.90	10	18	6.56	4.2	8.3
		11	14.0	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.8	+410	7.7	0.81	2.1	0.1	88.7	7.9	3.3	0.13	2.688	10	18	390	2.59	3.8	6.9	5.40	1.8	3.3
		12	12.6	スミス	8	砂	オリーブ黒	無臭	7.3	+401	7.8	0.30	1.2	0.1	91.1	5.9	2.9	0.17	2.695	2.9	10	356	2.44	1.1	3.9	4.86	0.59	1.9
		13	13.5	スミス	5	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+403	7.9	0.56	2.2	0.1	88.2	7.8	3.9	0.15	2.693	6.8	18	449	2.84	2.3	6.3	6.35	1.0	2.8
		14	14.3	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.3	+388	7.7	0.54	1.6	0.0	79.6	14.7	5.7	0.13	2.678	5.9	11	658	3.64	1.6	3.0	9.85	0.59	1.1
		15	14.7	スミス	5	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+416	7.6	0.67	2.0	0.0	83.7	11.0	5.3	0.14	2.685	12	23	616	3.49	3.4	6.5	9.13	1.3	2.5
		16	14.6	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+425	7.8	0.50	1.6	0.1	98.7	1.0	0.2	0.16	2.703	3.9	6.3	96	1.04	3.7	6.0	1.07	3.6	5.8
		17	14.4	スミス	6	シルト混り砂	暗オリーブ	無臭	7.8	+411	7.6	3.94	5.0	0.0	41.3	49.1	9.6	0.06	2.657	120	230	1,100	5.09	23	45	17.79	6.7	12.0
		18	15.0	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+397	7.8	0.63	1.9	0.0	87.2	8.8	4.0	0.13	2.686	10	30	466	2.91	3.3	10	6.63	1.4	4.5
		19	16.2	バケツ部	10	砂	オリーブ黒	無臭	7.1	+409	7.9	0.87	2.4	0.0	85.6	10.5	3.9	0.14	2.688	17	38	456	2.87	5.9	13	6.46	2.6	5.8
		20	16.1	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+407	7.8	0.59	1.6	0.0	83.6	12.0	4.4	0.13	2.680	6.7	12	531	3.17	2.1	3.7	7.70	0.87	1.5
		21	16.4	スミス	8	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+418	7.7	0.51	1.7	0.0	89.2	7.6	3.2	0.15	2.692	9.1	12	381	2.56	3.5	4.6	5.26	1.7	2.2
		22	17.3	スミス	3	砂	オリーブ黒	無臭	7.3	+410	7.7	0.76	1.7	0.0	87.1	9.0	3.9	0.12	2.695	9.4	20	462	2.90	3.2	6.9	6.56	1.4	3.0
		23	17.1	スミス	5	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	7.6	+420	7.7	0.80	2.0	0.0	79.6	16.3	4.1	0.12	2.682	17	34	490	3.01	5.6	11	7.02	2.4	4.8
		24	17.3	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.4	+425	7.8	0.84	2.2	0.0	74.1	21.9	4.0	0.10	2.680	13	35	496	3.03	4.2	11	7.12	1.8	4.9
		25	16.0	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.5	+398	7.7	1.03	2.2	0.0	81.4	14.4	4.2	0.13	2.684	39	65	490	3.01	12	21	7.02	5.5	9.2
		26	18.3	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	+410	7.8	0.69	1.8	0.0	88.9	7.9	3.2	0.15	2.696	21	37	378	2.54	8.2	14	5.21	4.0	7.1
		27	18.5	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	+416	7.5	0.54	2.3	0.3	81.2	14.6	3.9	0.14	2.688	16	40	459	2.88	5.5	13	6.51	2.4	6.1
		28	17.1	スミス	6	砂	オリーブ黒	無臭	7.8	+402	7.8	0.42	1.6	0.1	96.0	3.0	0.9	0.20	2.700	5.3	13	151	1.40	3.7	9.2	1.81	2.9	7.1
		29	17.4	スミス	9	シルト	暗オリーブ	弱泥臭	7.9	+398	7.6	16.8	9.2	0.0	7.4	65.9	26.7	0.02	2.589	450	850	2,740	9.21	48	92	50.82	8.8	16
		30	19.2	スミス	9	砂	オリーブ黒	無臭	7.4	+429	7.7	1.29	2.8	0.1	68.1	27.8	4.0	0.10	2.678	28	63	461	2.89	10	21	6.55	4.2	10
		31	19.4	バケツ部	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.5	+412	8.0	1.10	2.5	0.0	78.1	17.9	4.0	0.11	2.677	32	72	488	3.00	10	23	6.99	4.5	10
		32	18.8	スミス	9	砂	オリーブ黒	無臭	7.4	+416	7.7	0.95	2.6	0.0	75.0	19.8	5.2	0.11	2.675	62	140	586	3.38	18	41	8.62	7.1	16
		33	18.8	スミス	5	砂	オリーブ黒	無臭	7.3	+414	7.7	0.74	2.0	0.0	81.5	14.5	4.0	0.13	2.684	12	23	474	2.94	4.0	7.8	6.76	1.7	3.4
		34	18.5	スミス	7	砂	オリーブ黒	無臭	7.7	+404	7.8	0.47	1.5	0.1	94.2	4.0	1.7	0.18	2.701	6.6	12	231	1.85	3.5	6.5	2.96	2.2	4.0

注：1. 採取方法は、「スミス」がスミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採取、「バケツ部」がスミスマッキンタイヤ採泥器のバケツ部を用いた採取を示す。

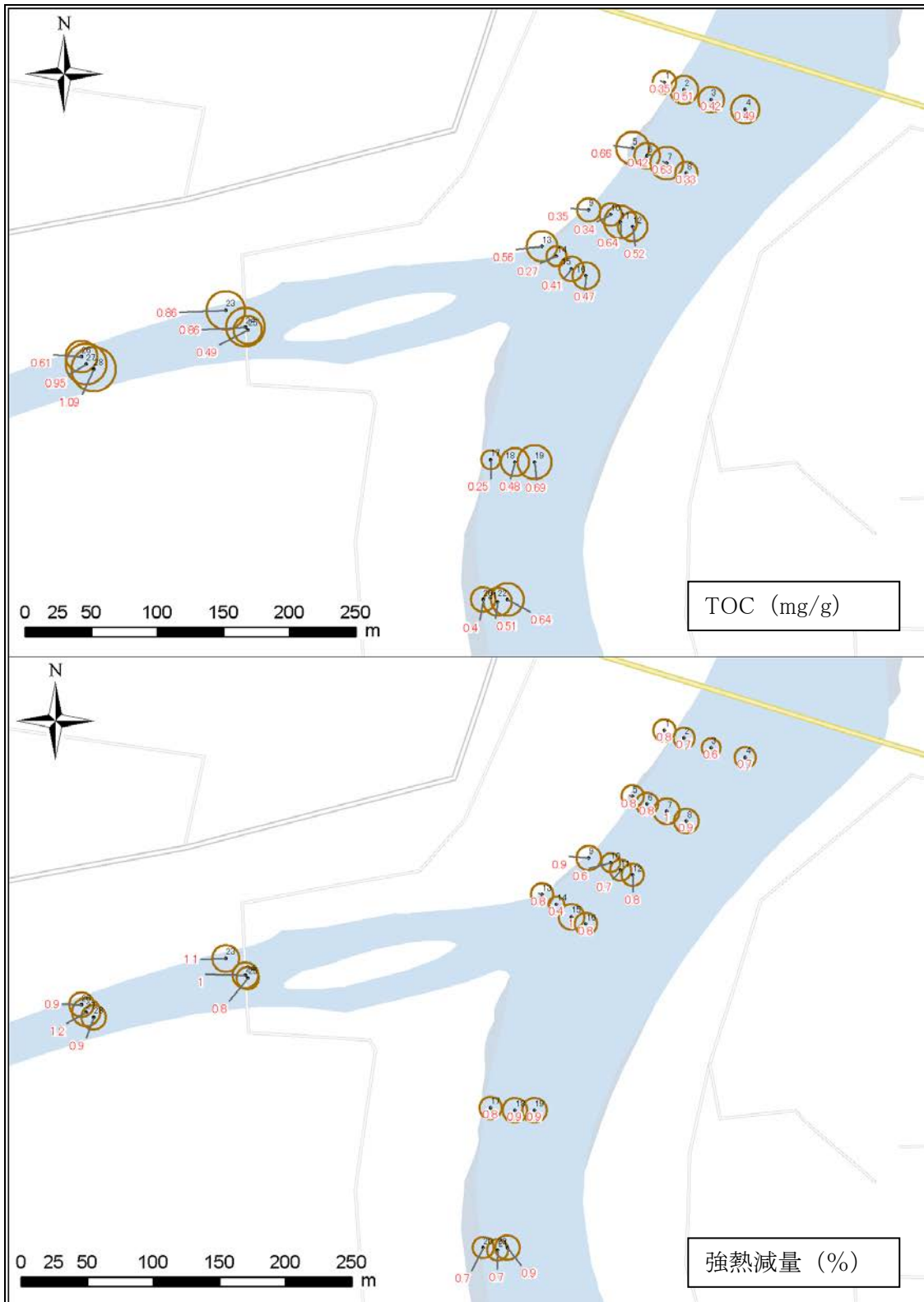
2. 「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を0.65として算出した値、「補正係数 P'」は1.15として算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad S_{ms} : \text{各調査地点での底質の比表面積 (cm}^2/\text{g)}、S_{s1} : \text{基準とする底質の比表面積 (90 cm}^2/\text{g)}$$



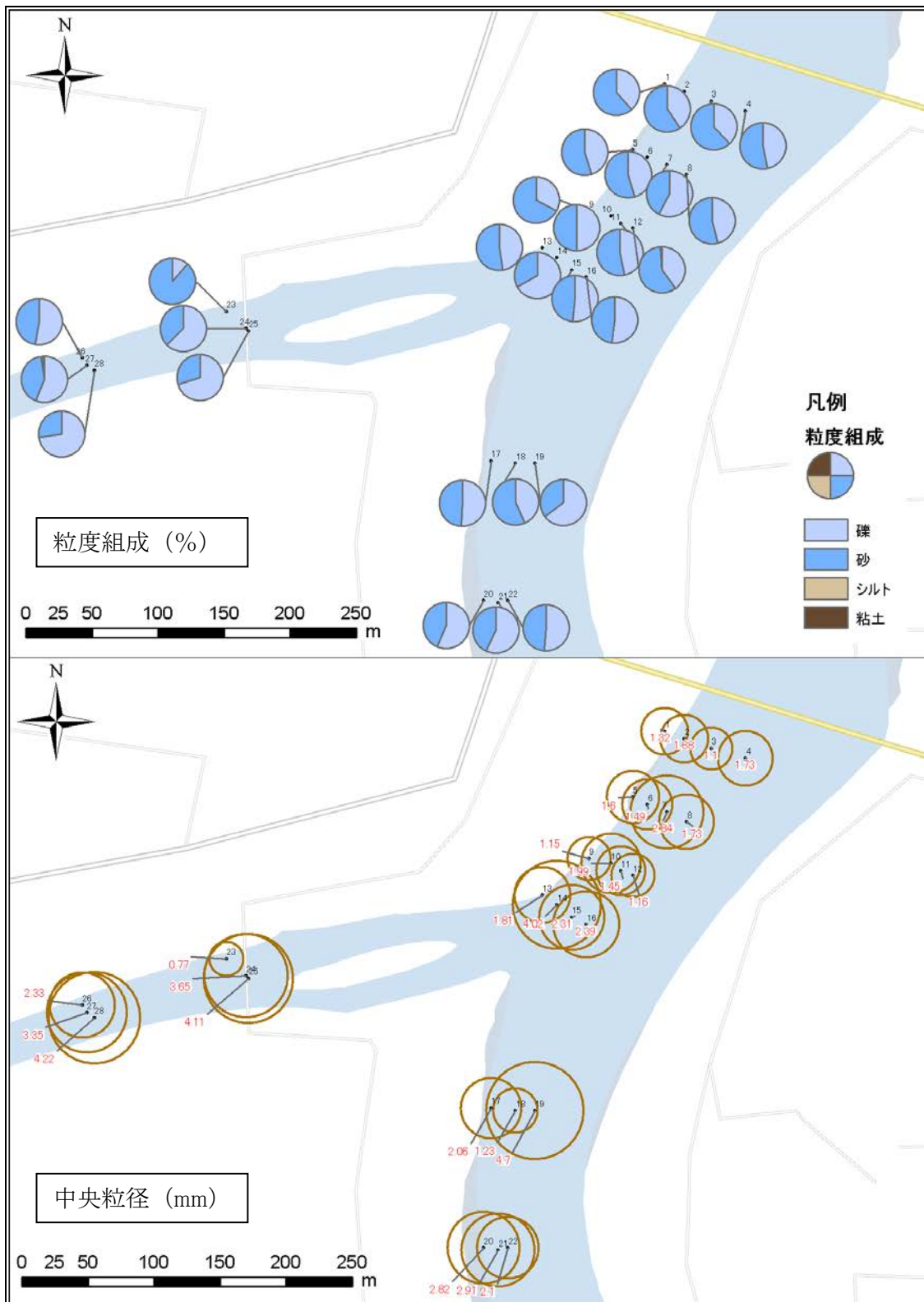
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.1(1) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川 合流部：全水深、採泥厚)



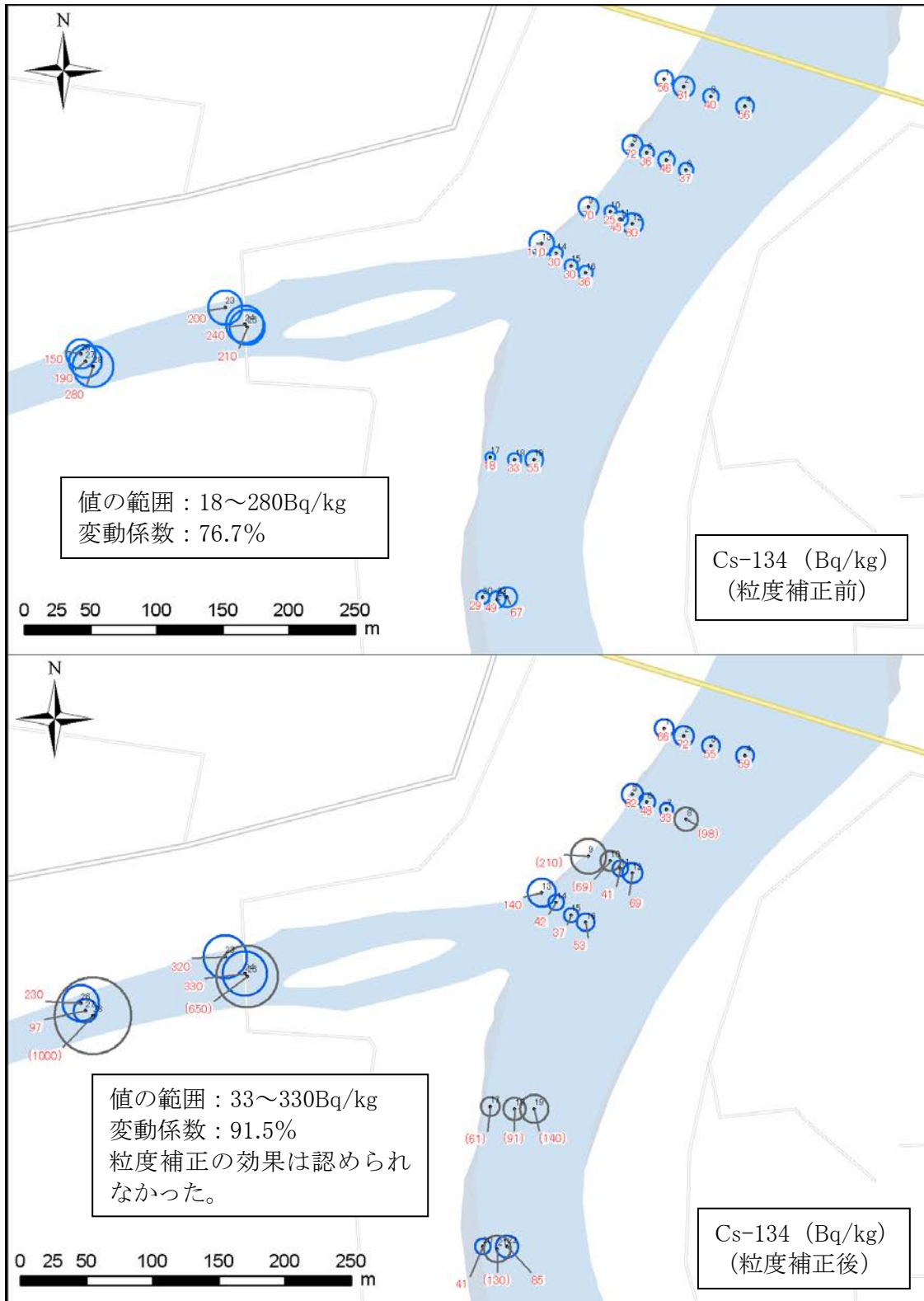
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.1(2) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川 合流部：TOC、強熱減量)



注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

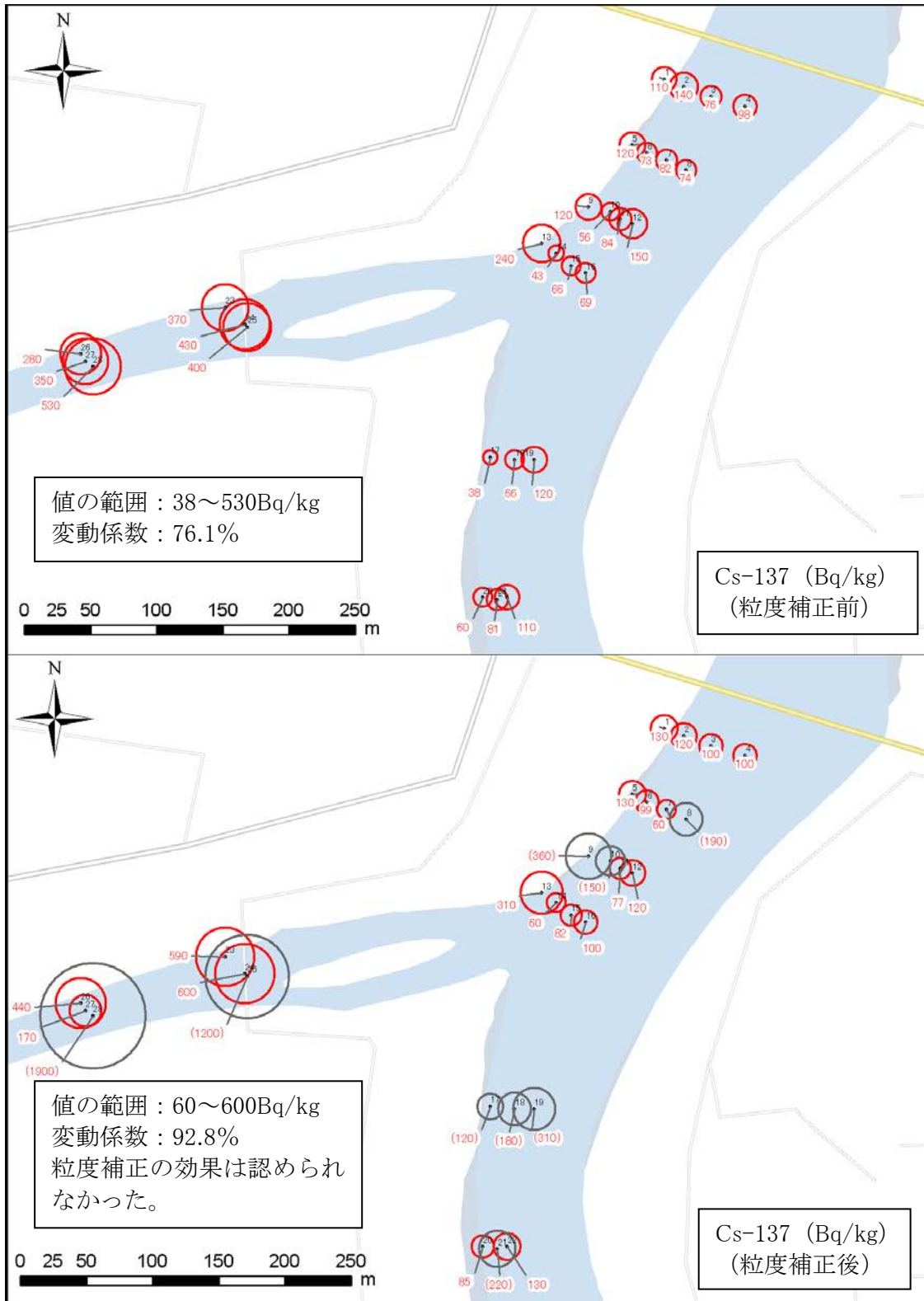
図 3.1.1(3) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川 合流部：粒度組成、中央粒径)



注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふり分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

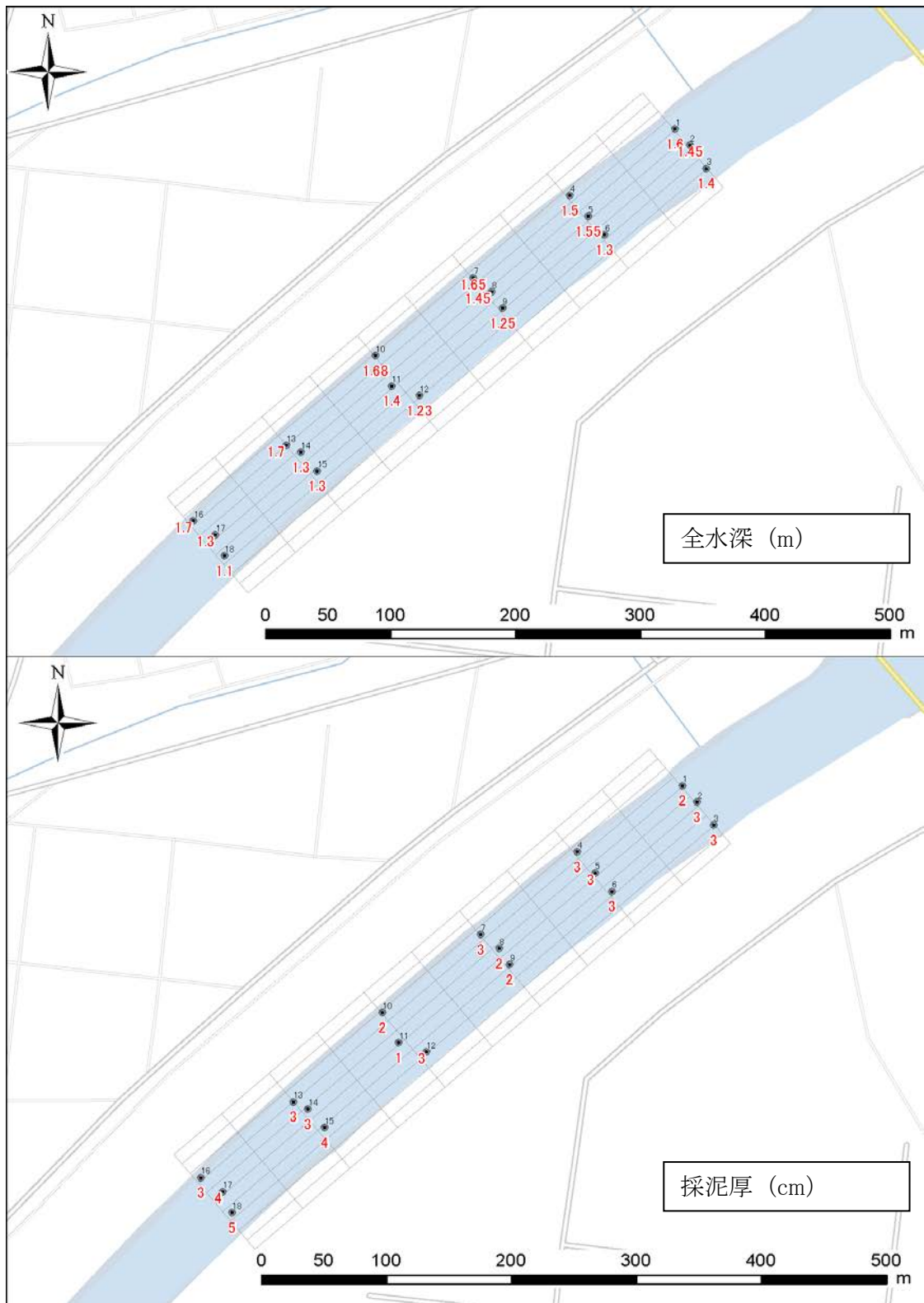
図 3.1.1(4) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川 合流部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

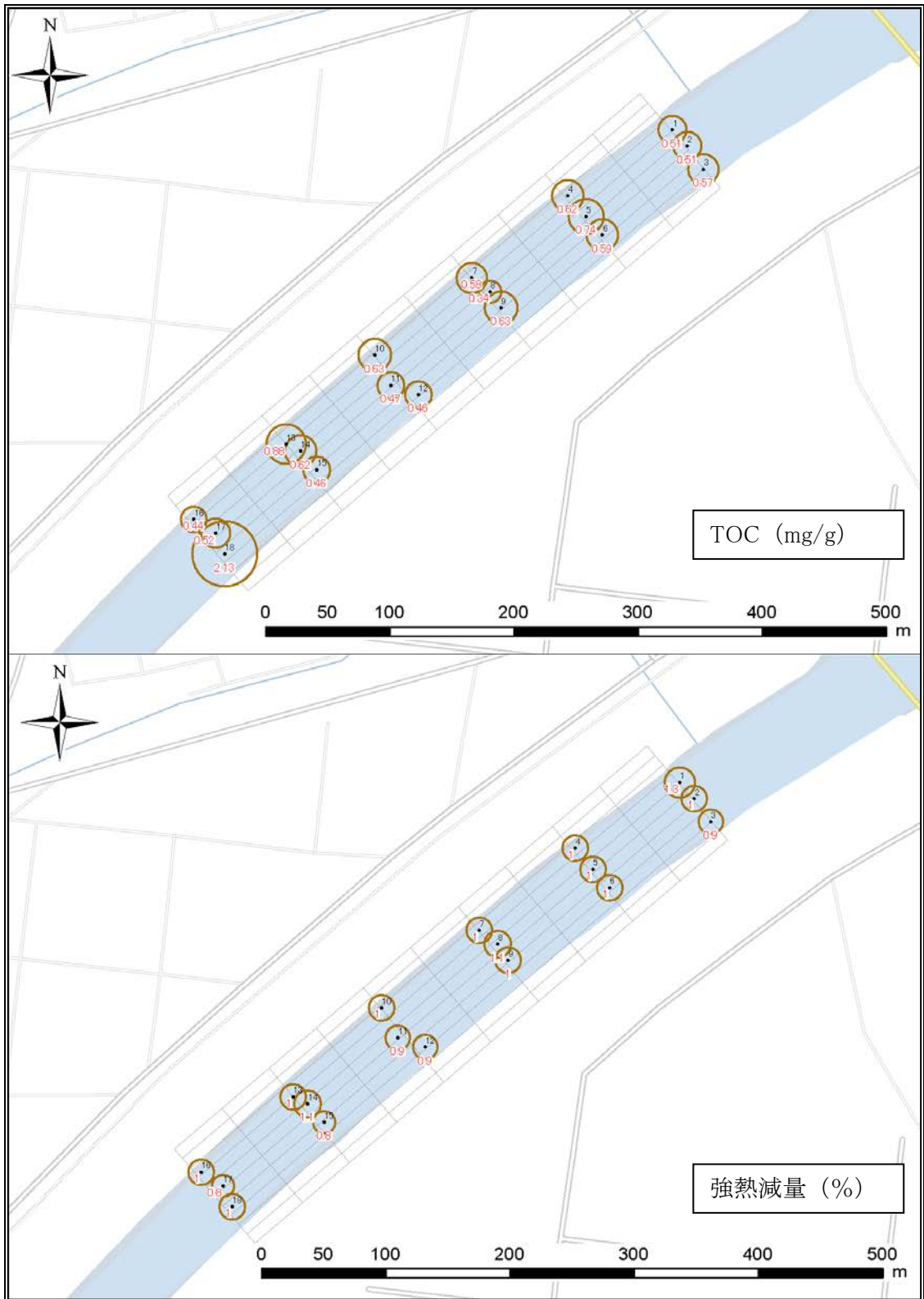
2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

図 3.1.1(5) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川 合流部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



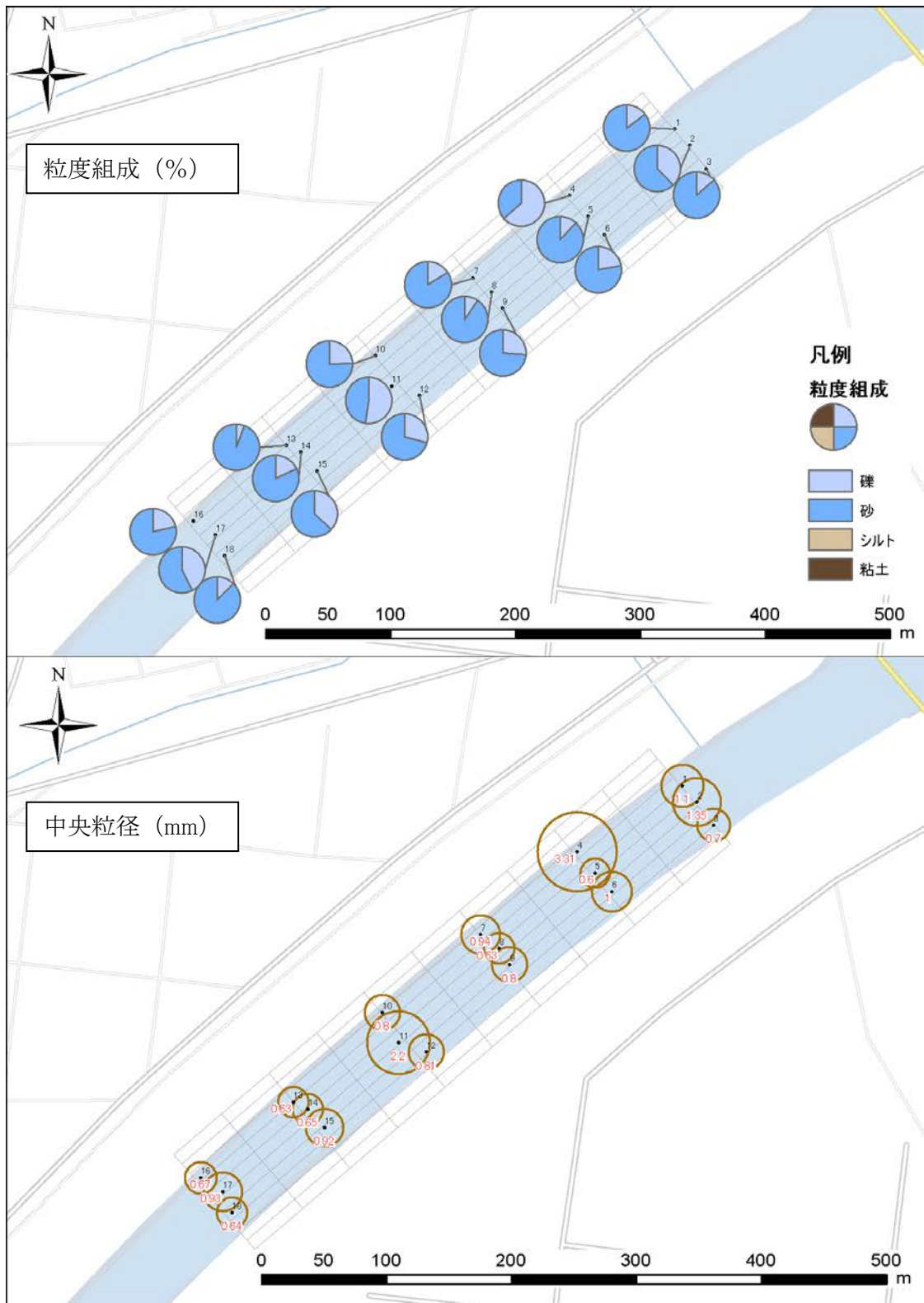
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.2(1) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、直線部：全水深、採泥厚)



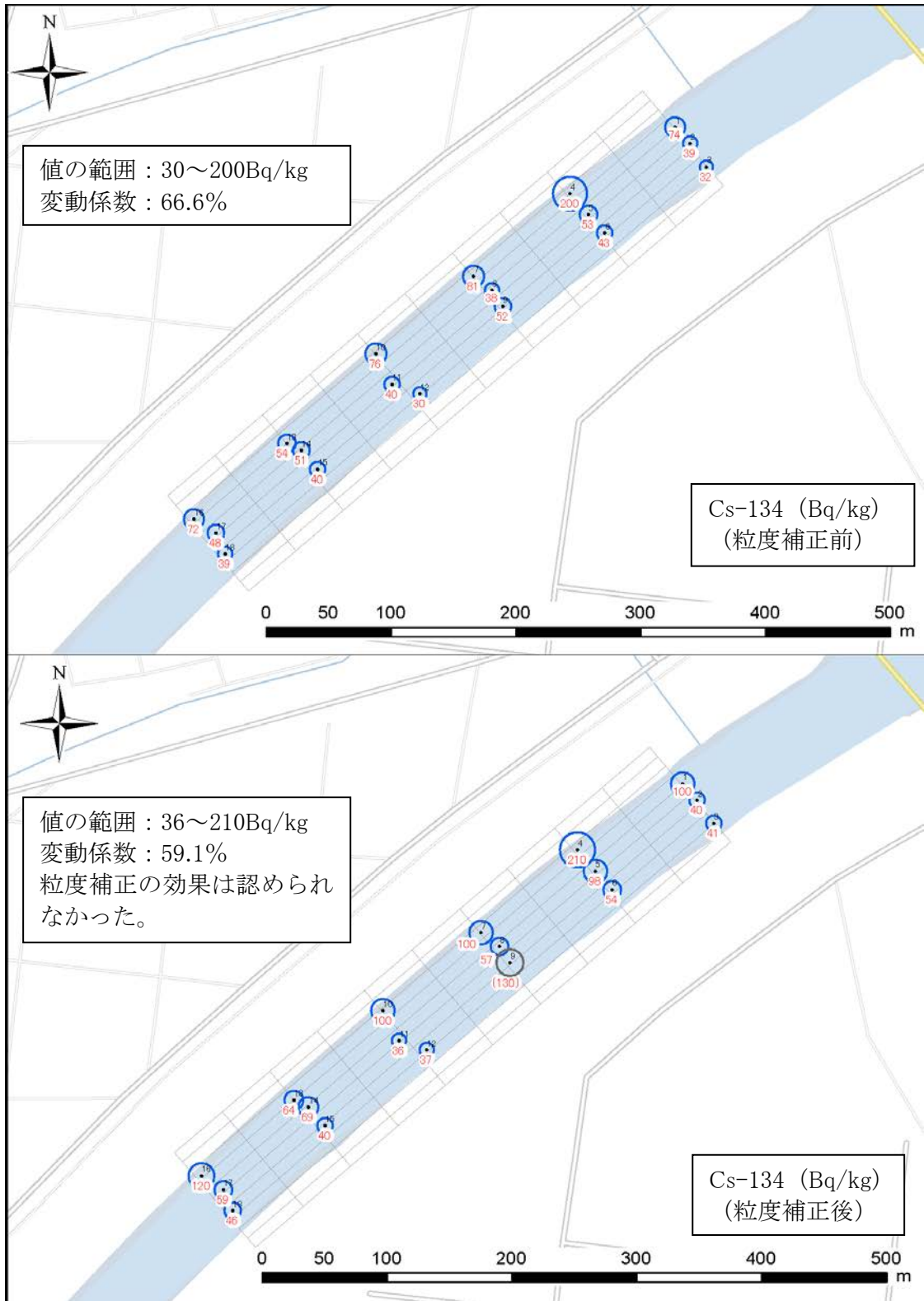
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.2(2) 調査 A・水平分布図（阿武隈川、直線部：TOC、強熱減量）



注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

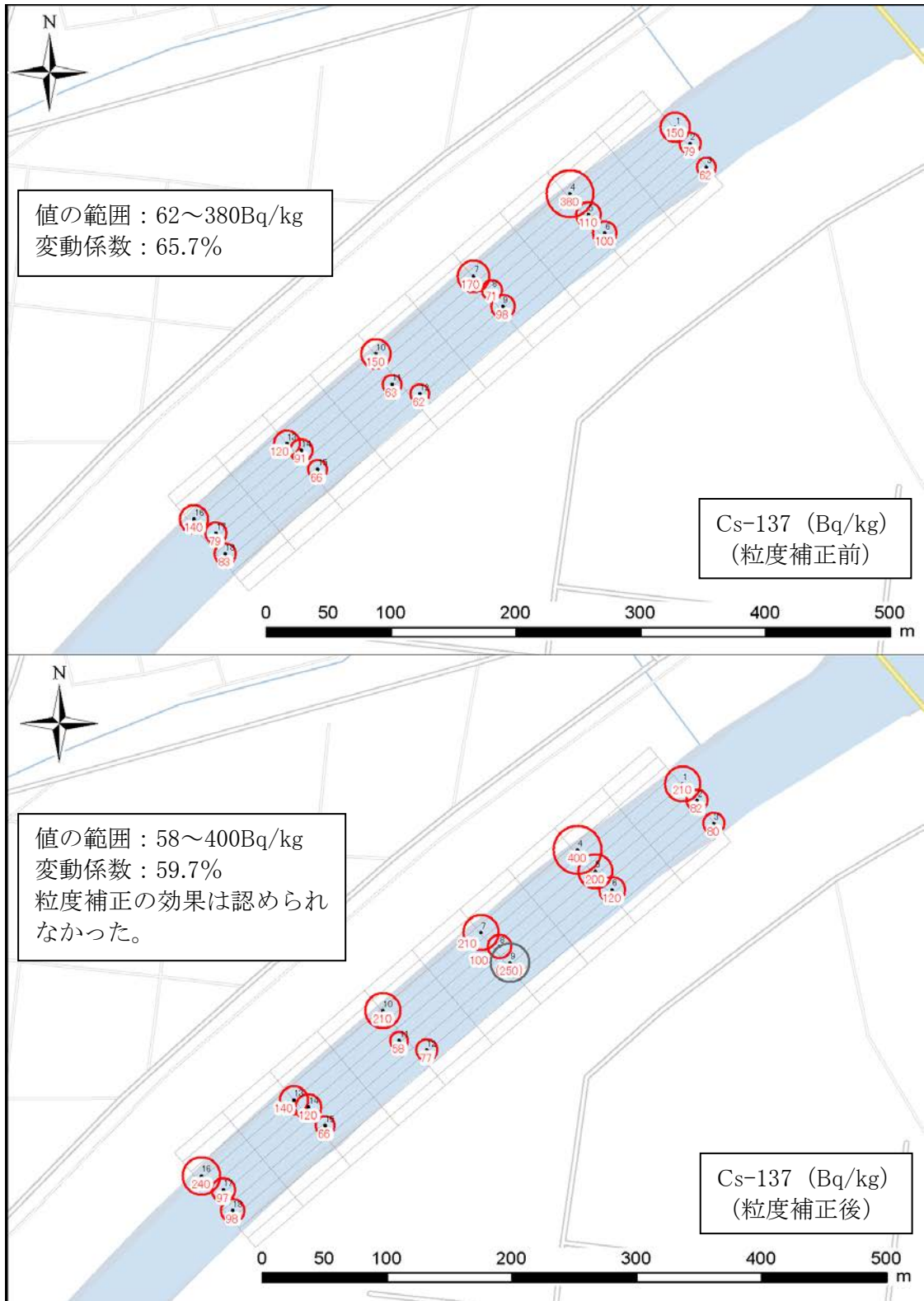
図 3.1.2(3) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、直線部：粒度組成、中央粒径)



注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

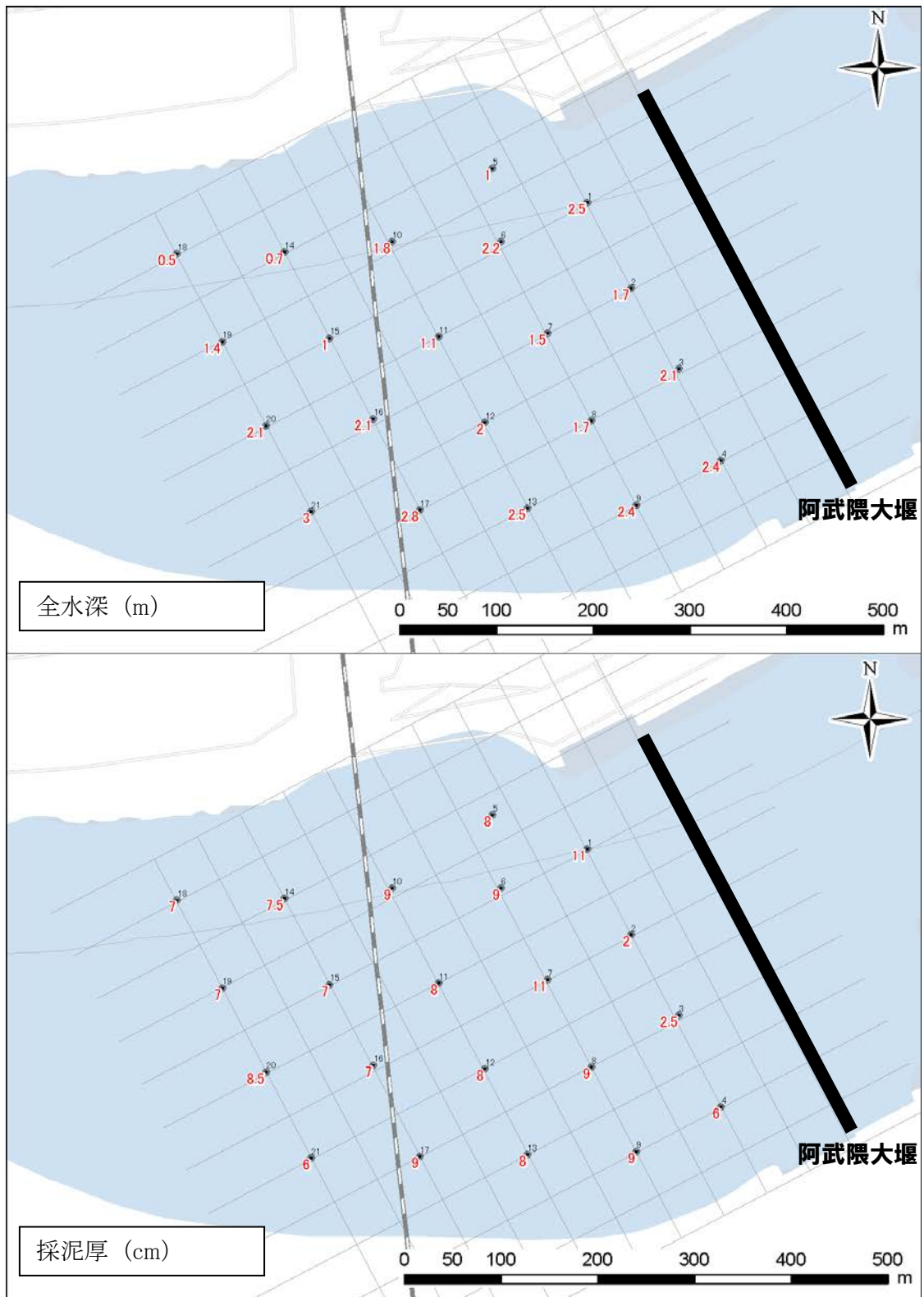
図 3.1.2(4) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川、直線部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

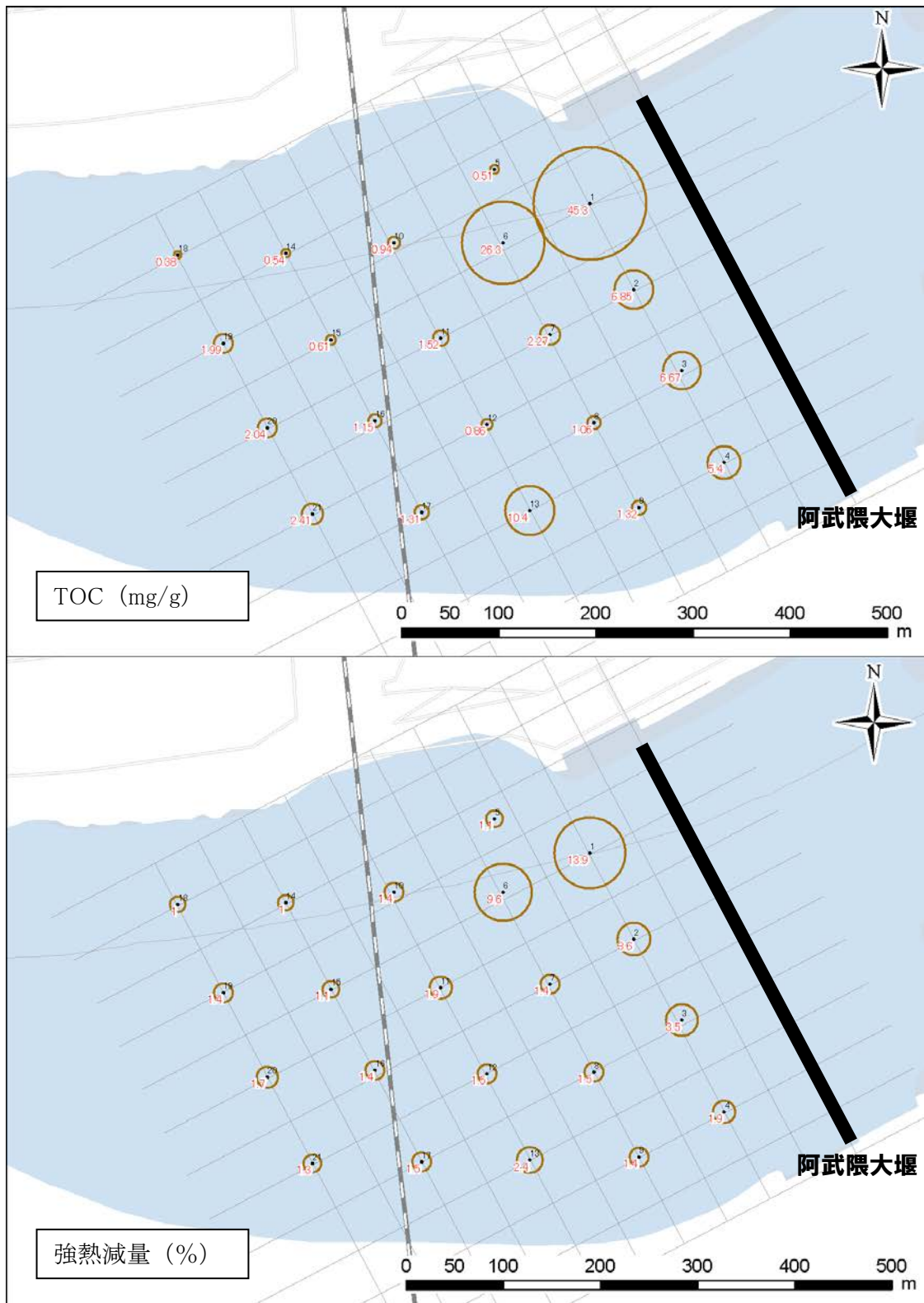
2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1% 以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

図 3.1.2(5) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川、直線部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



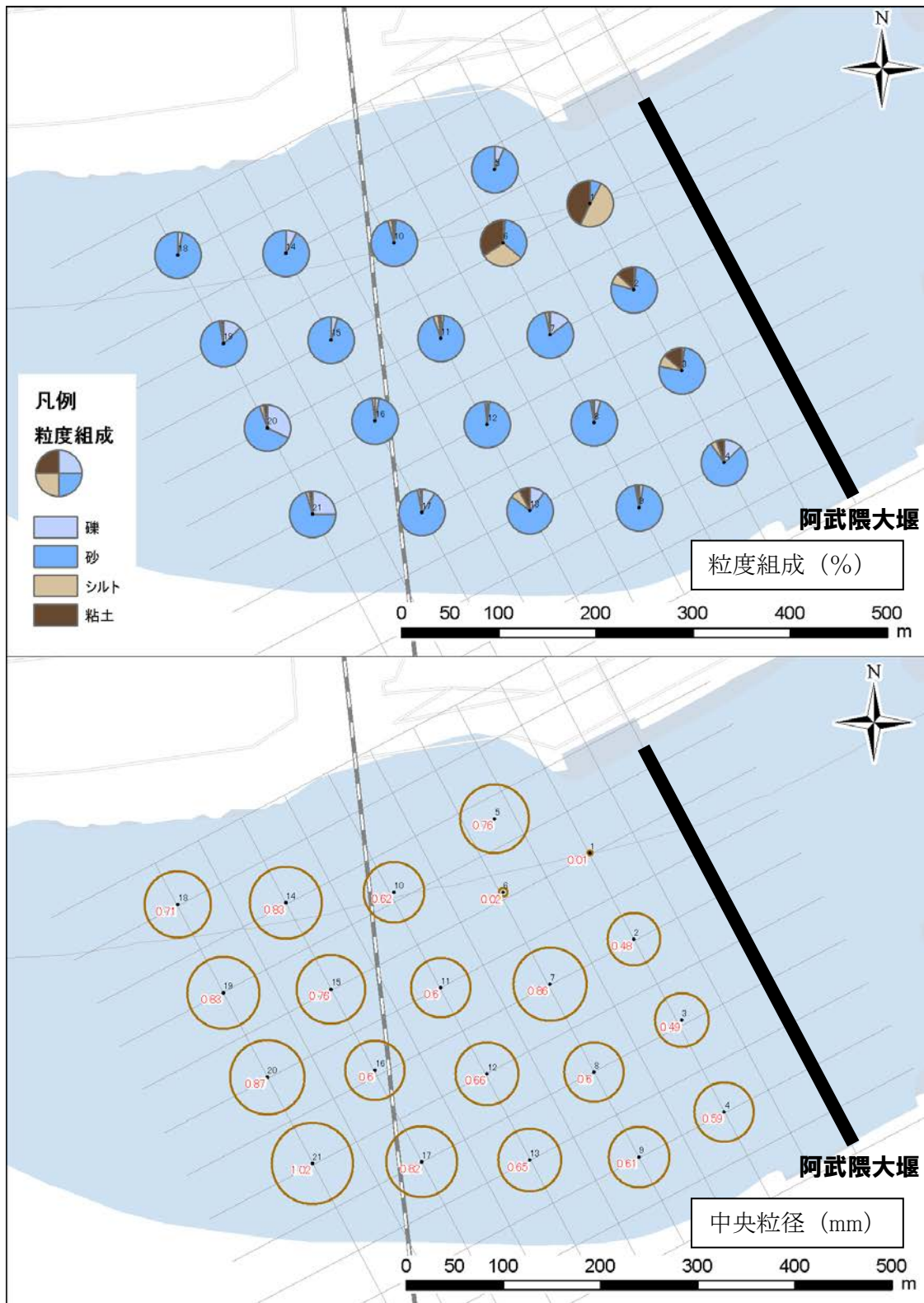
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.3(1) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、滞留部：全水深、採泥厚)



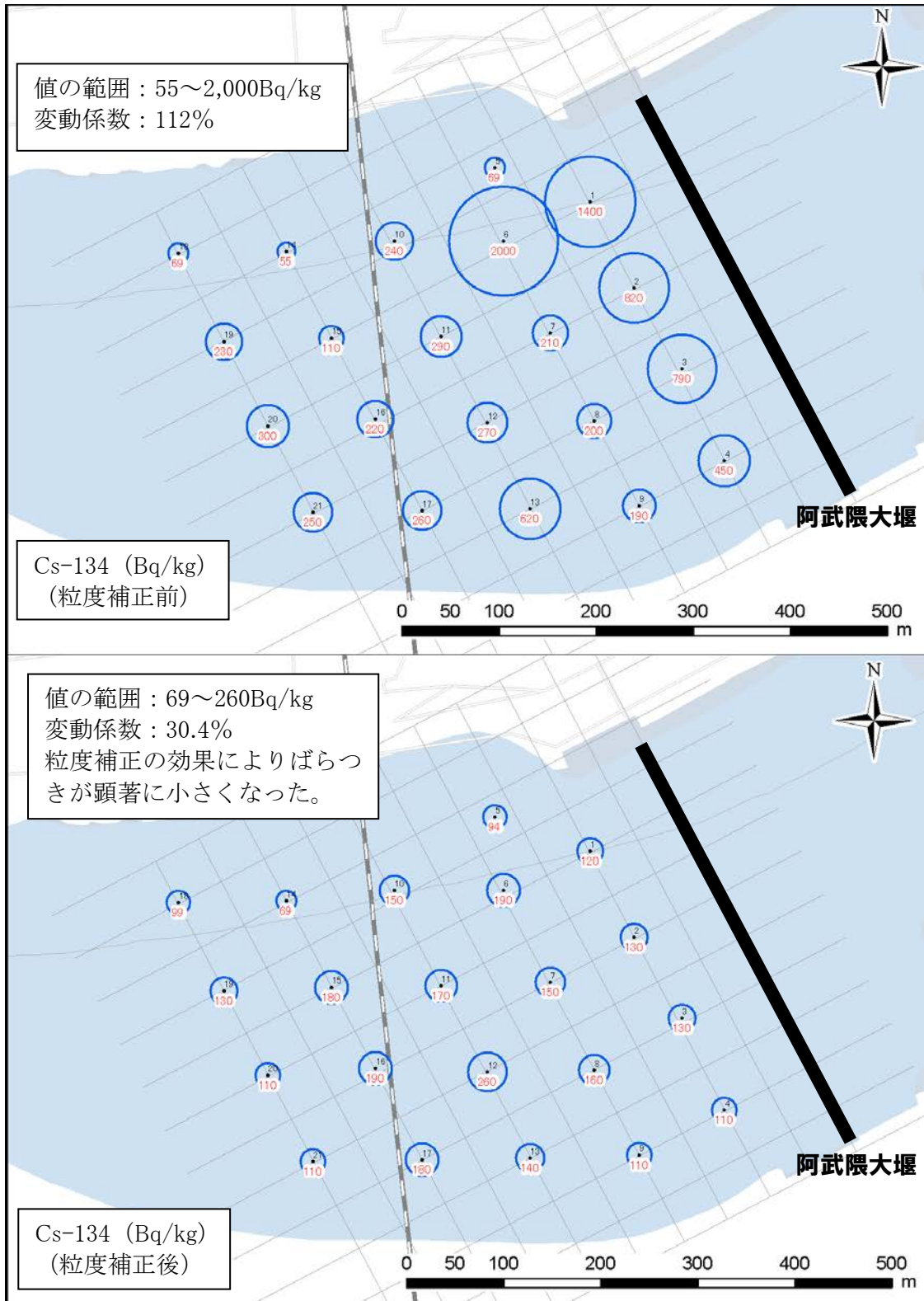
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.3(2) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、滞留部：TOC、強熱減量)



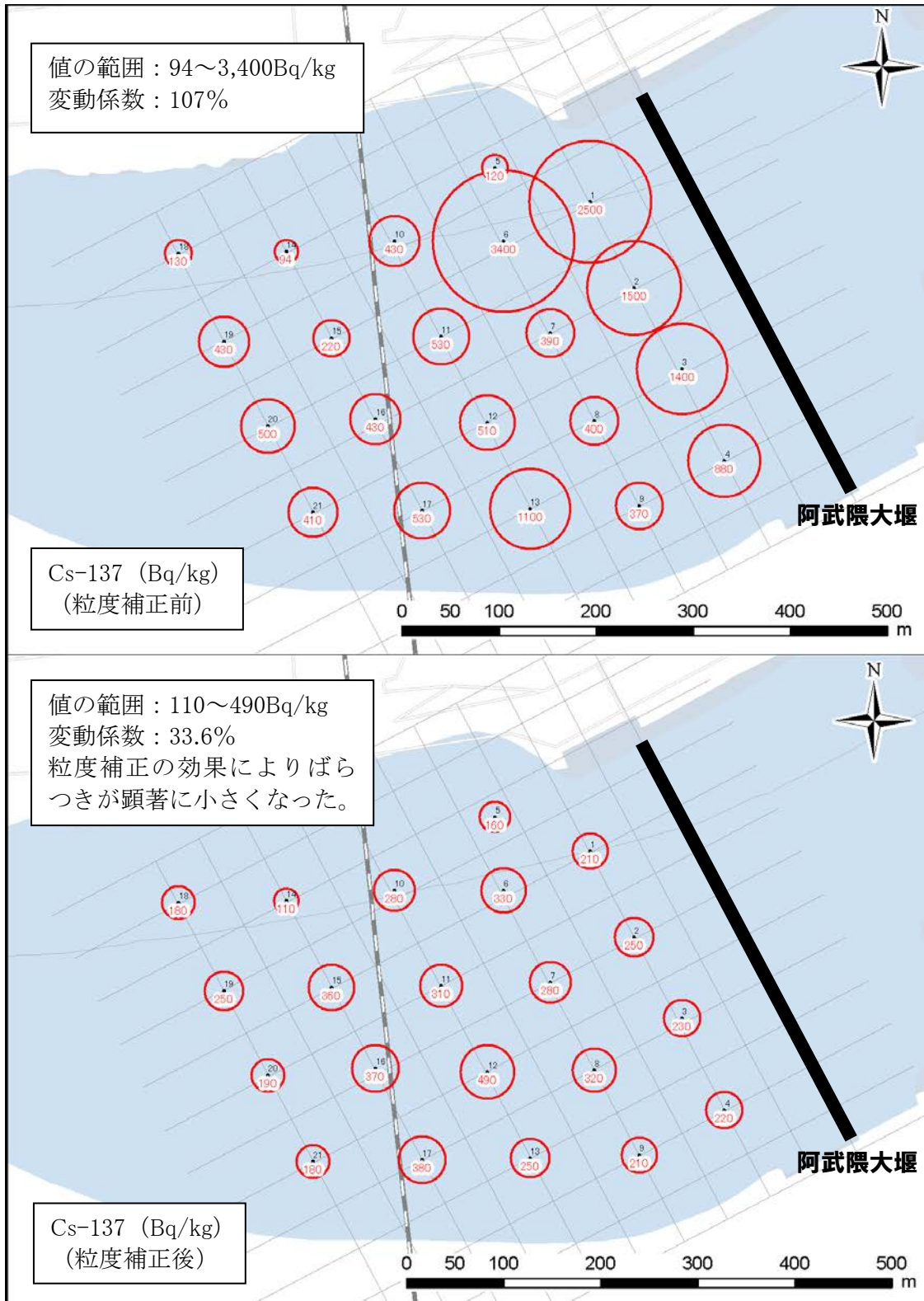
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.3(3) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、滞留部：粒度組成、中央粒径)



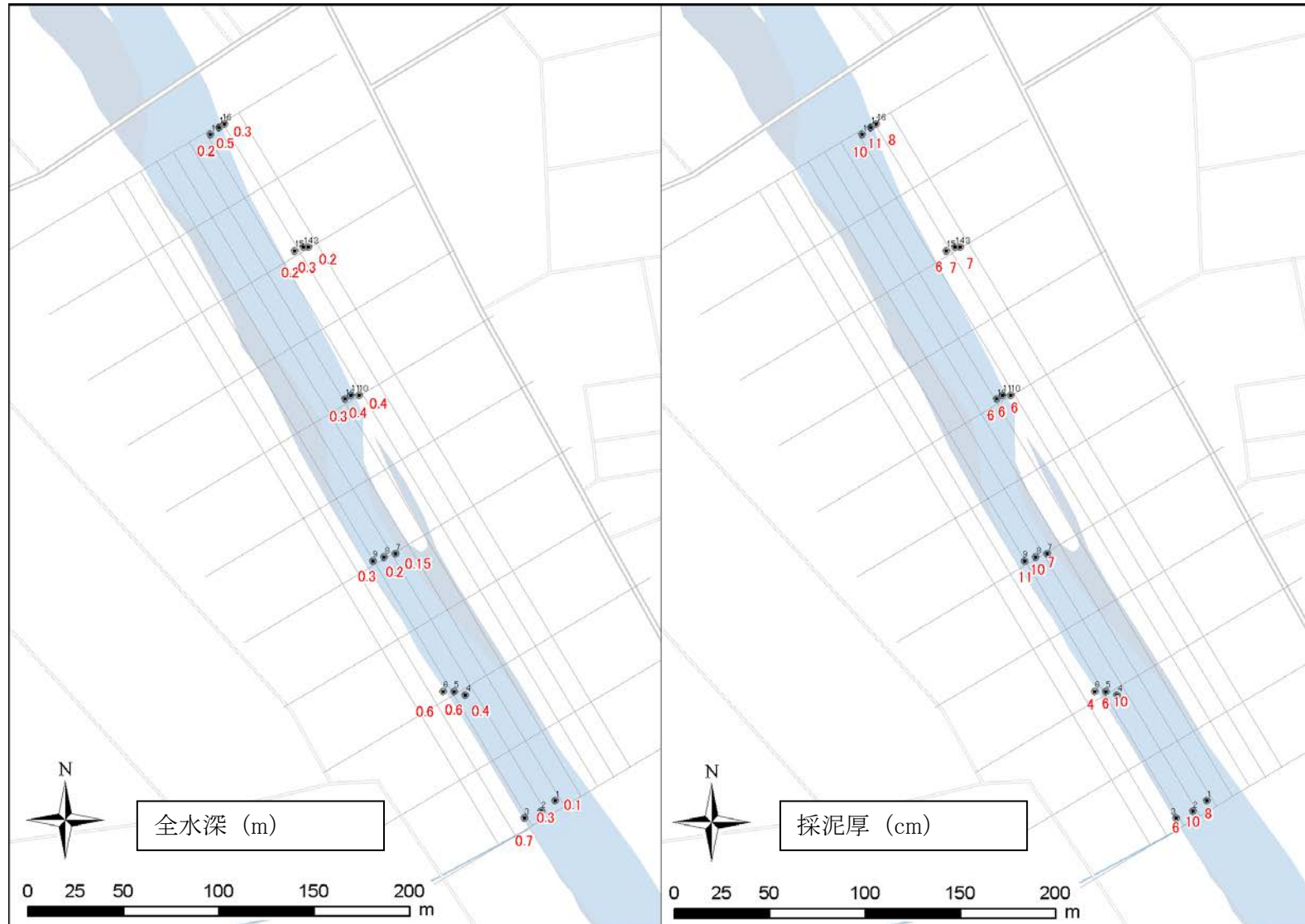
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.3(4) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川、滞留部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

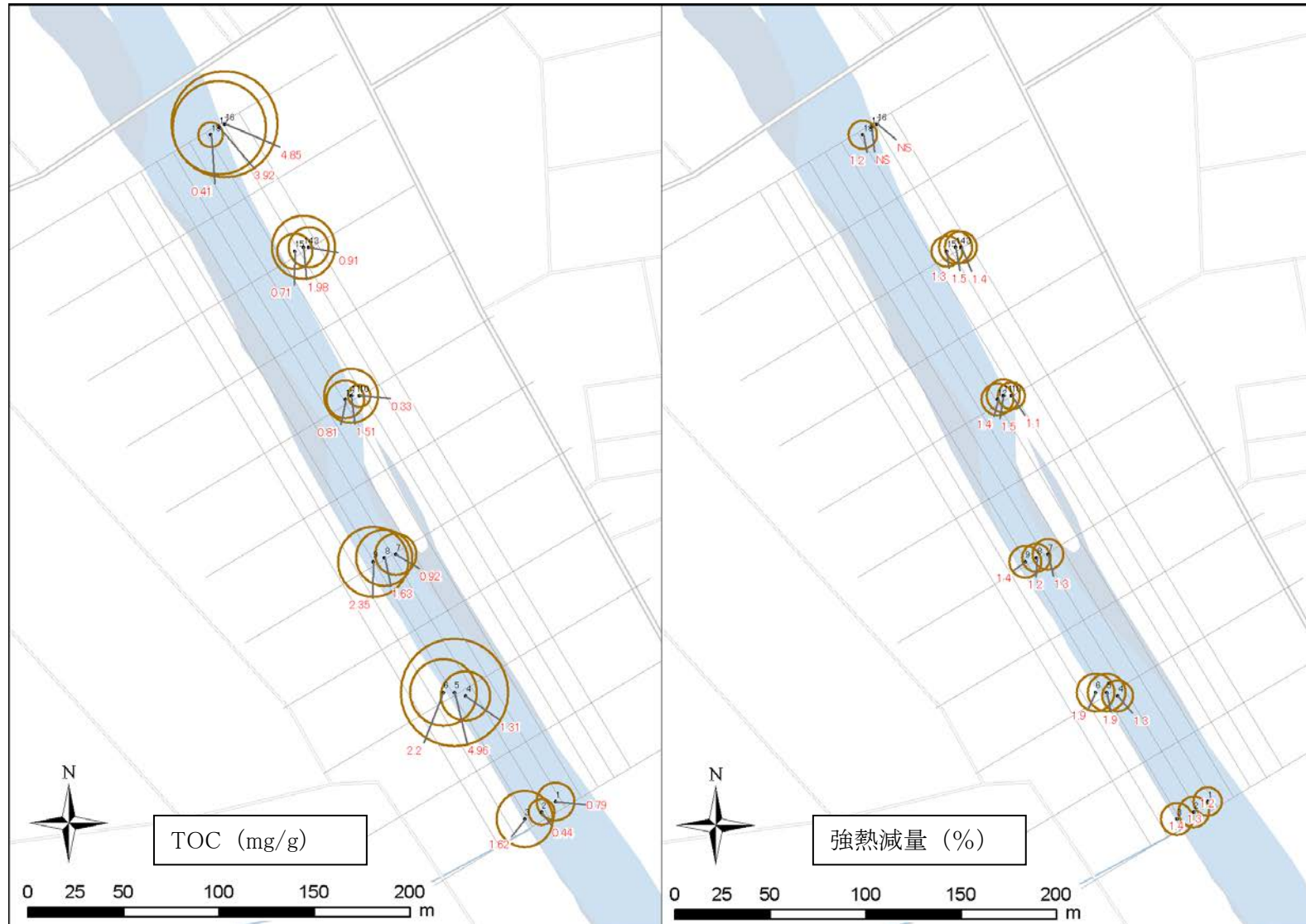
図 3.1.3(5) 調査 A・水平分布図
(阿武隈川、滞留部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



注：1. 黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2. 背景の河川部は数値地図 25000 (2011) に基づくため、調査時とは異なる場合がある。

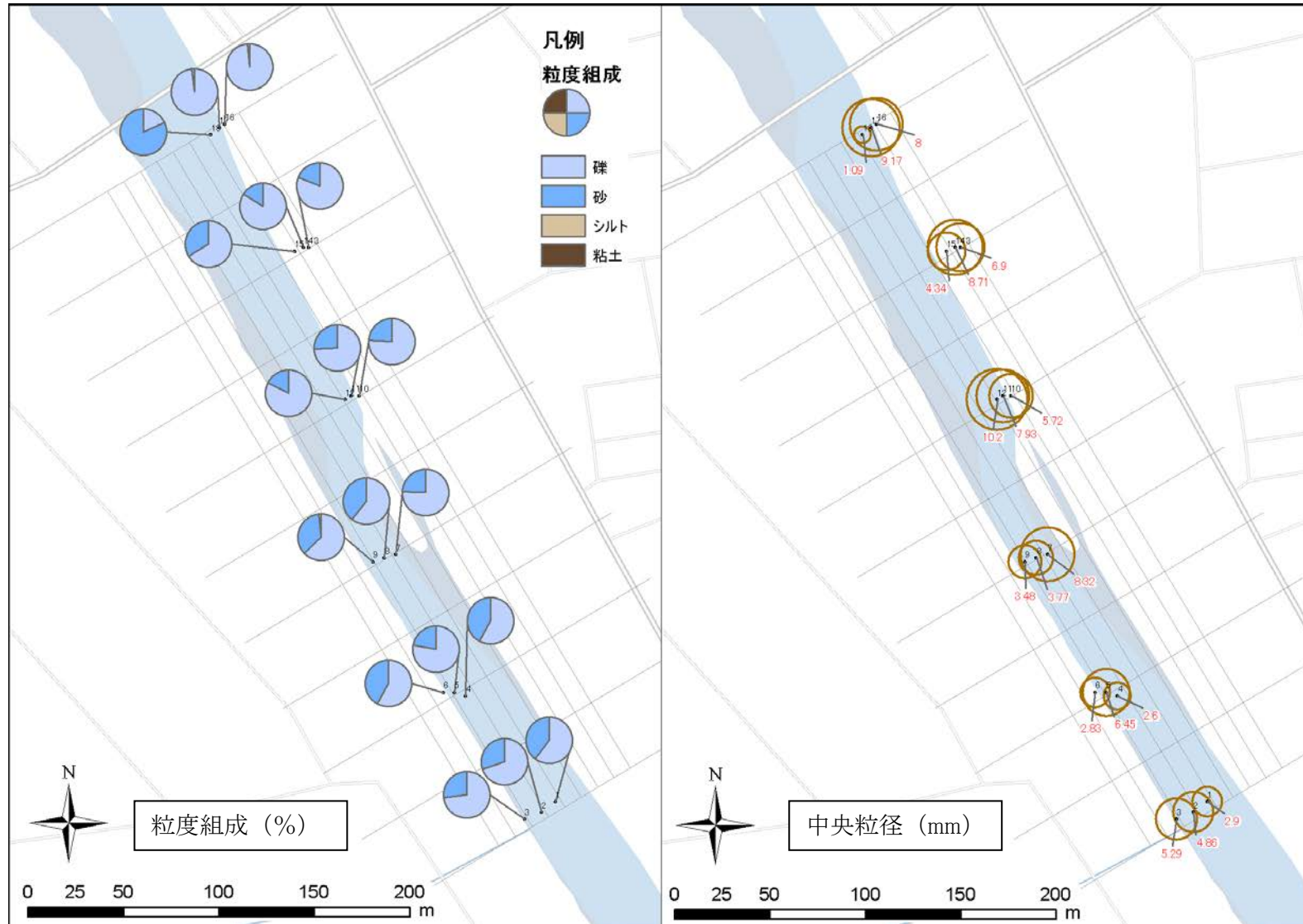
図 3.1.4(1) 調査 A・水平分布図 (真野川、直線部：全水深、採泥厚)



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2.背景の河川部は数値地図25000(2011)に基づくため、調査時とは異なる場合がある。

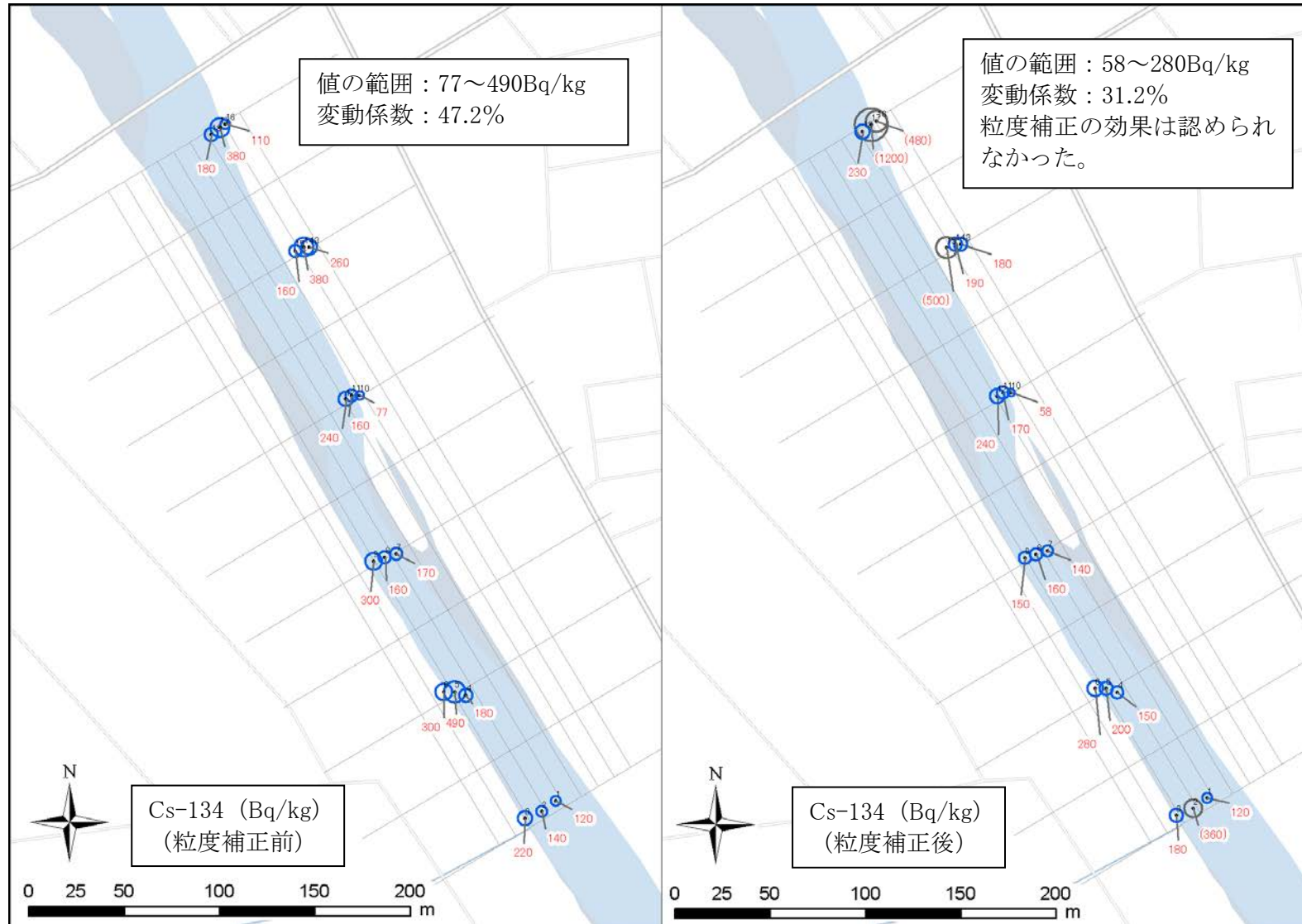
図 3.1.4(2) 調査A・水平分布図(真野川、直線部：TOC、強熱減量)



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2. 背景の河川部は数値地図 25000 (2011) に基づくため、調査時とは異なる場合がある。

図 3.1.4(3) 調査 A・水平分布図 (真野川、直線部：粒度組成、中央粒径)

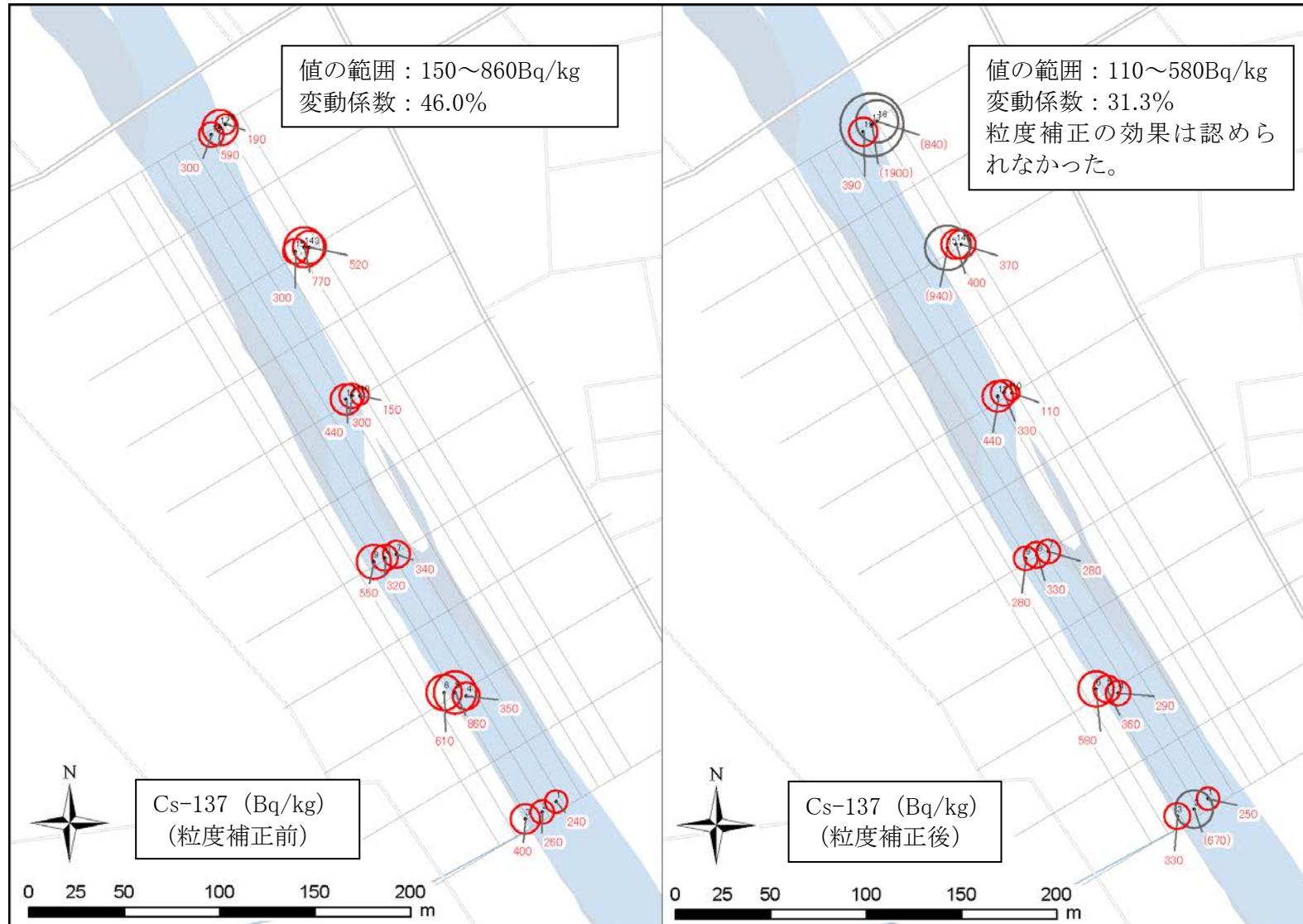


注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1% 以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

3. 背景の河川部は数値地図 25000 (2011) に基づくため、調査時とは異なる場合がある。

図 3.1.4(4) 調査 A・水平分布図 (真野川、直線部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))

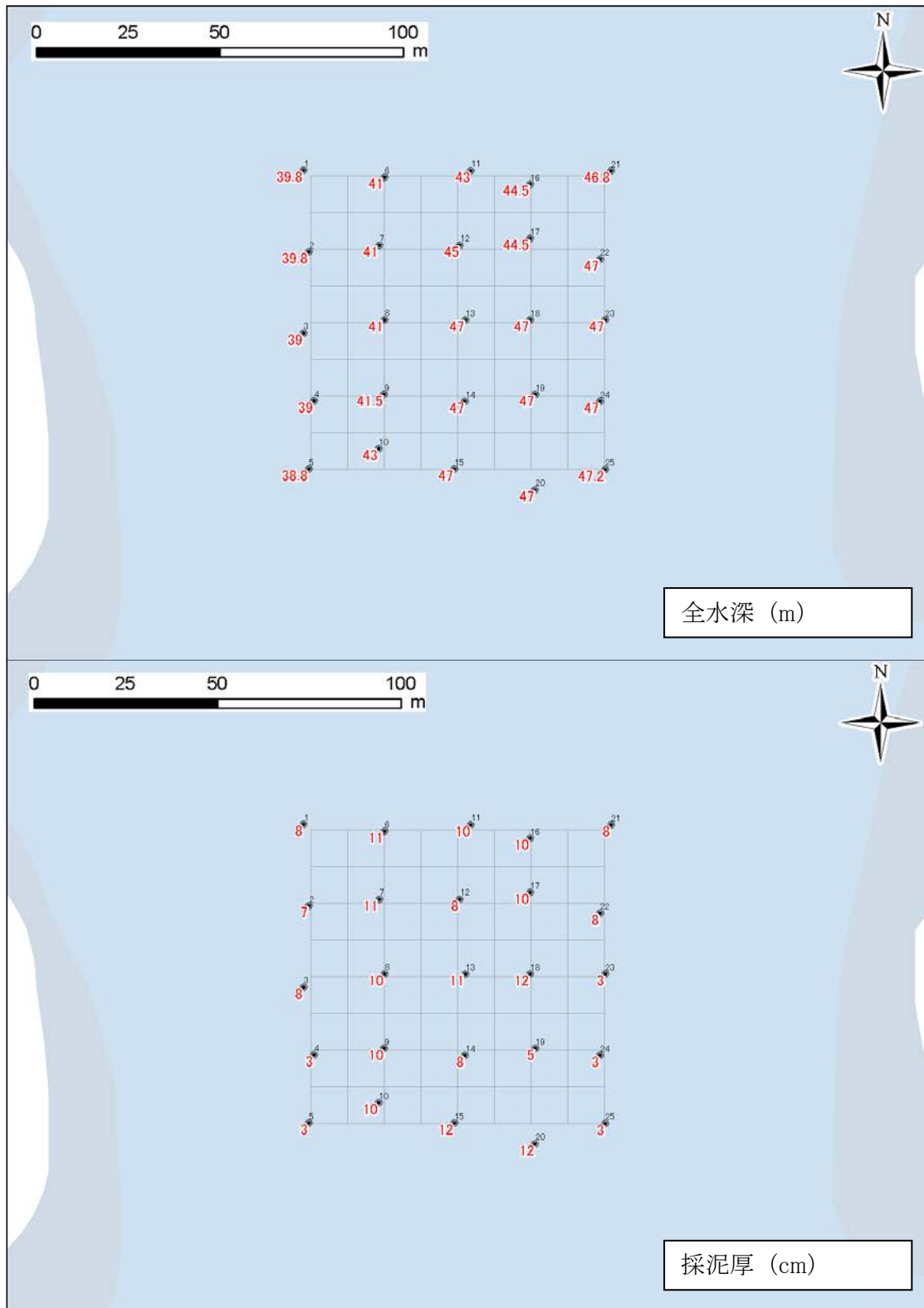


注：1. 地点番号、赤字は測定値を示す。

2. ()内の値は参考値である。この調査地点では、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1% 以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。

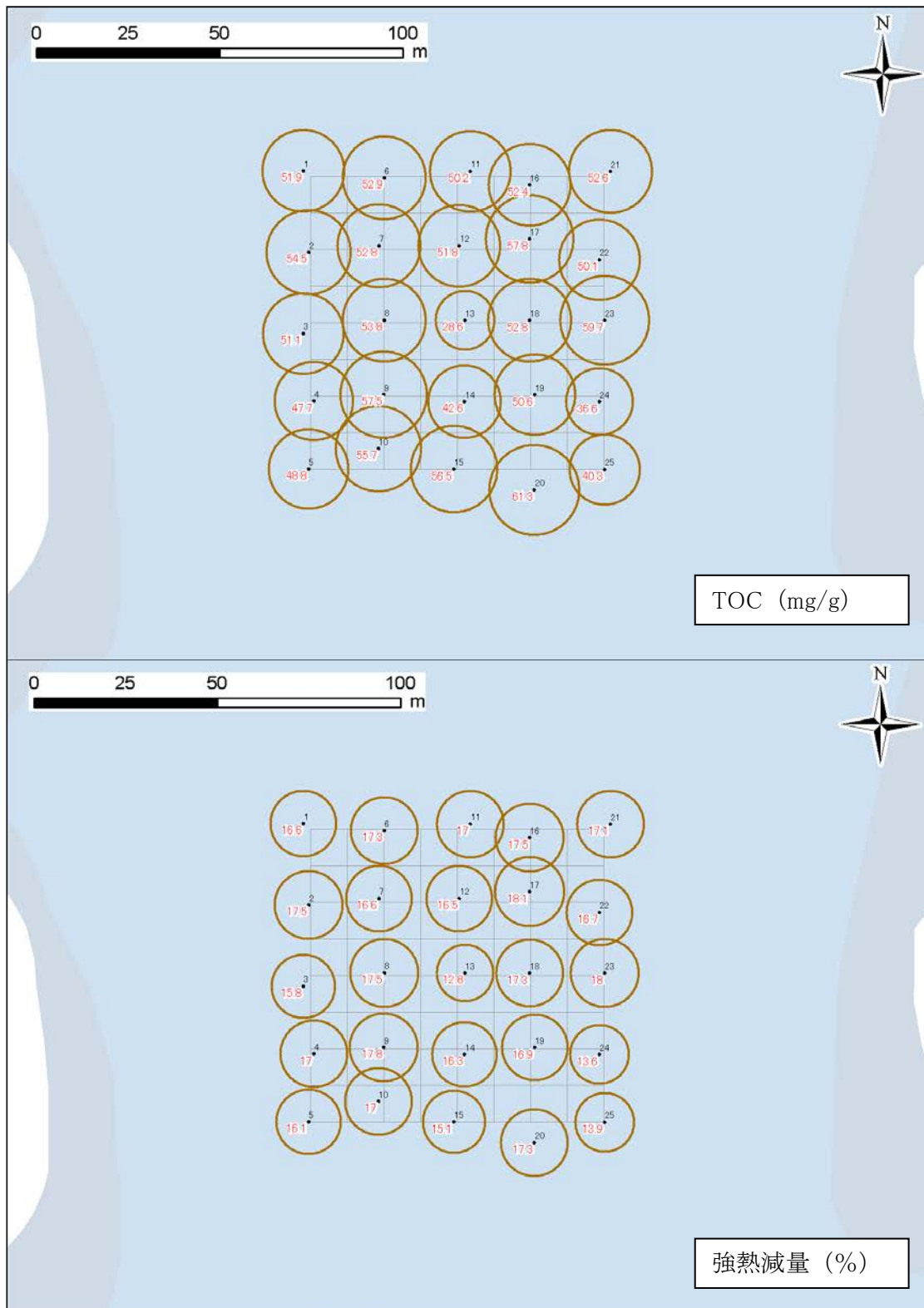
3. 背景の河川部は数値地図 25000 (2011) に基づくため、調査時とは異なる場合がある。

図 3.1.4(5) 調査 A・水平分布図 (真野川、直線部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



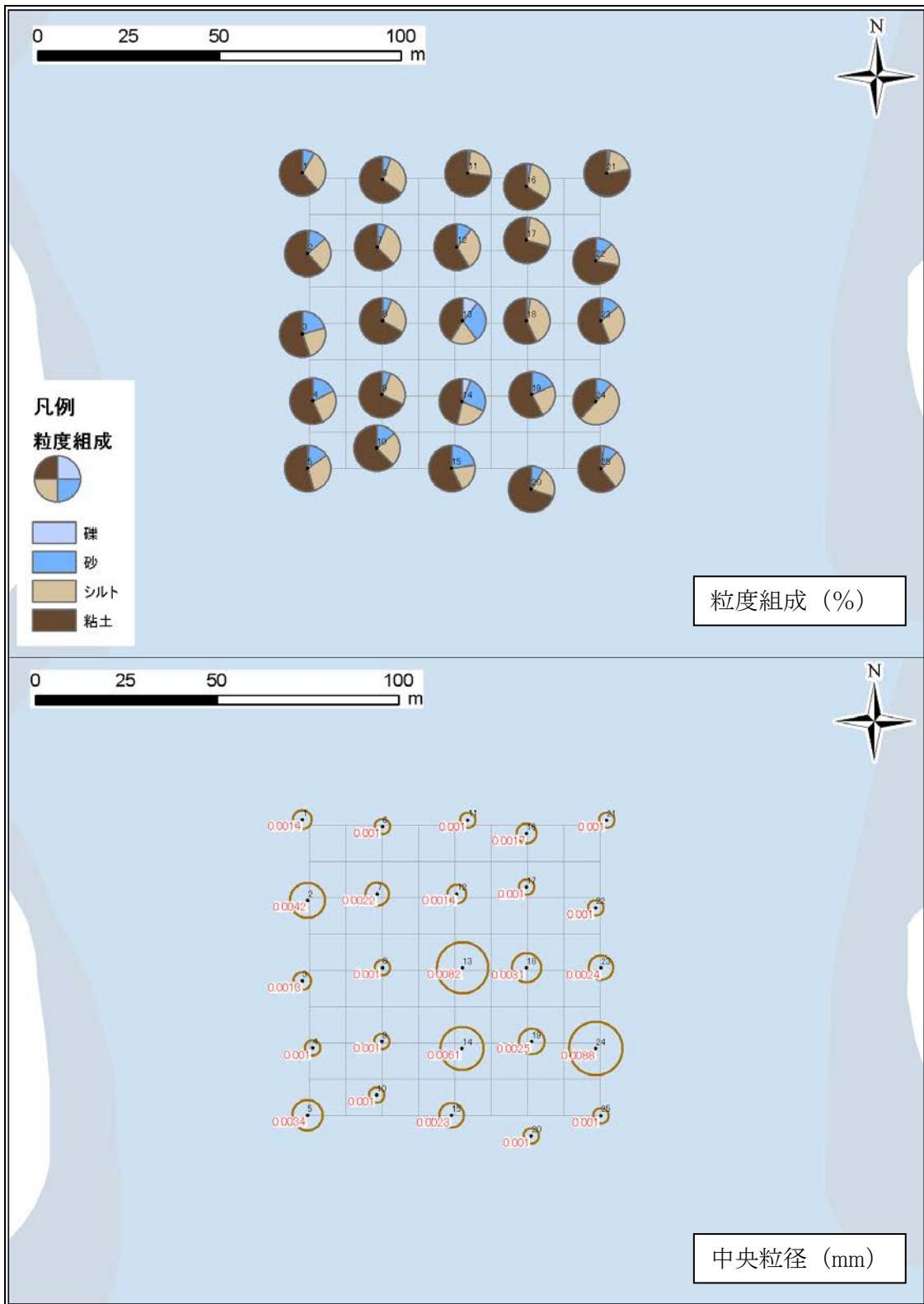
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.5(1) 調査 A・水平分布図 (はやま湖、湖底部：全水深、採泥厚)



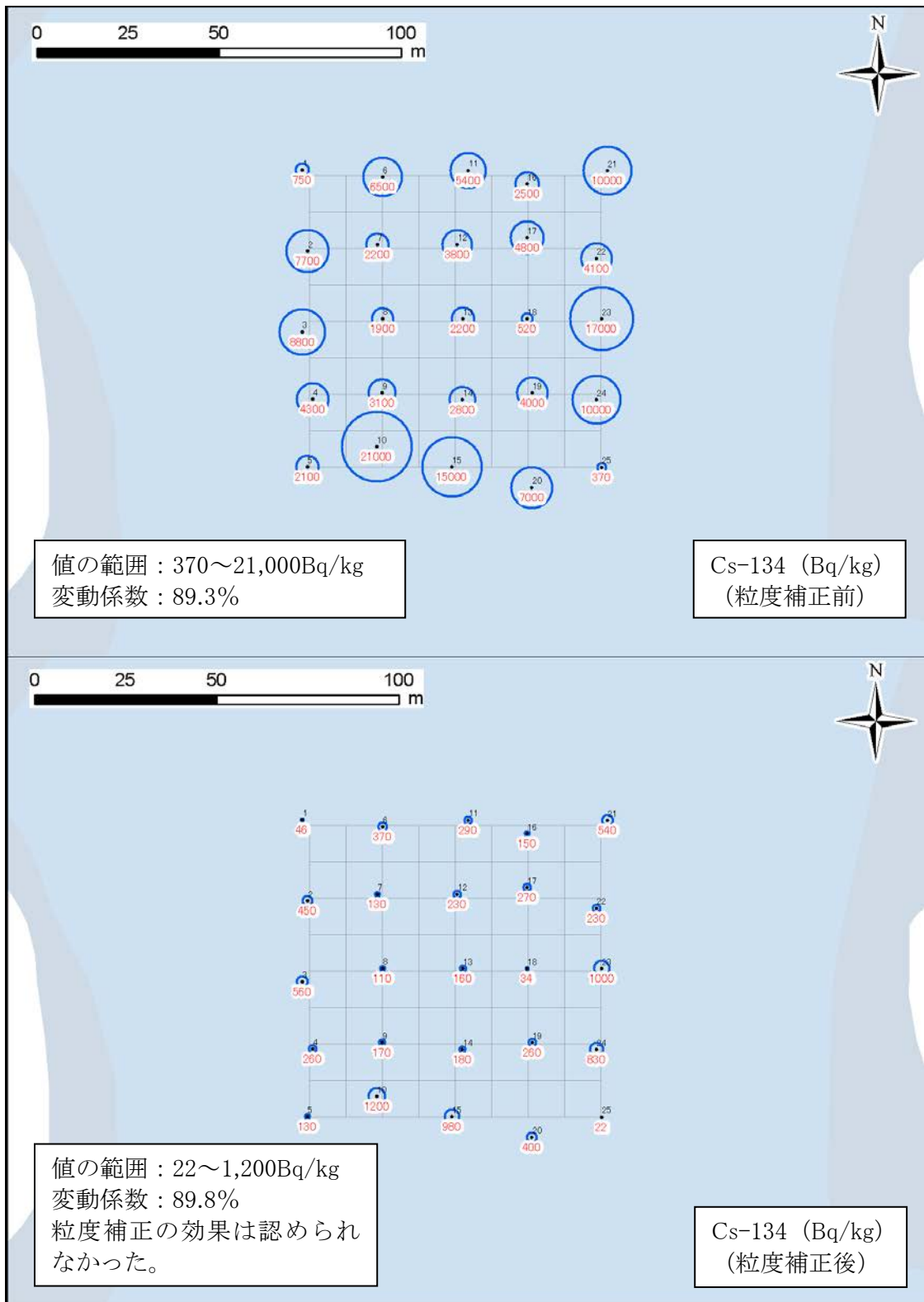
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.5(2) 調査 A・水平分布図 (はやま湖、湖底部：TOC、強熱減量)



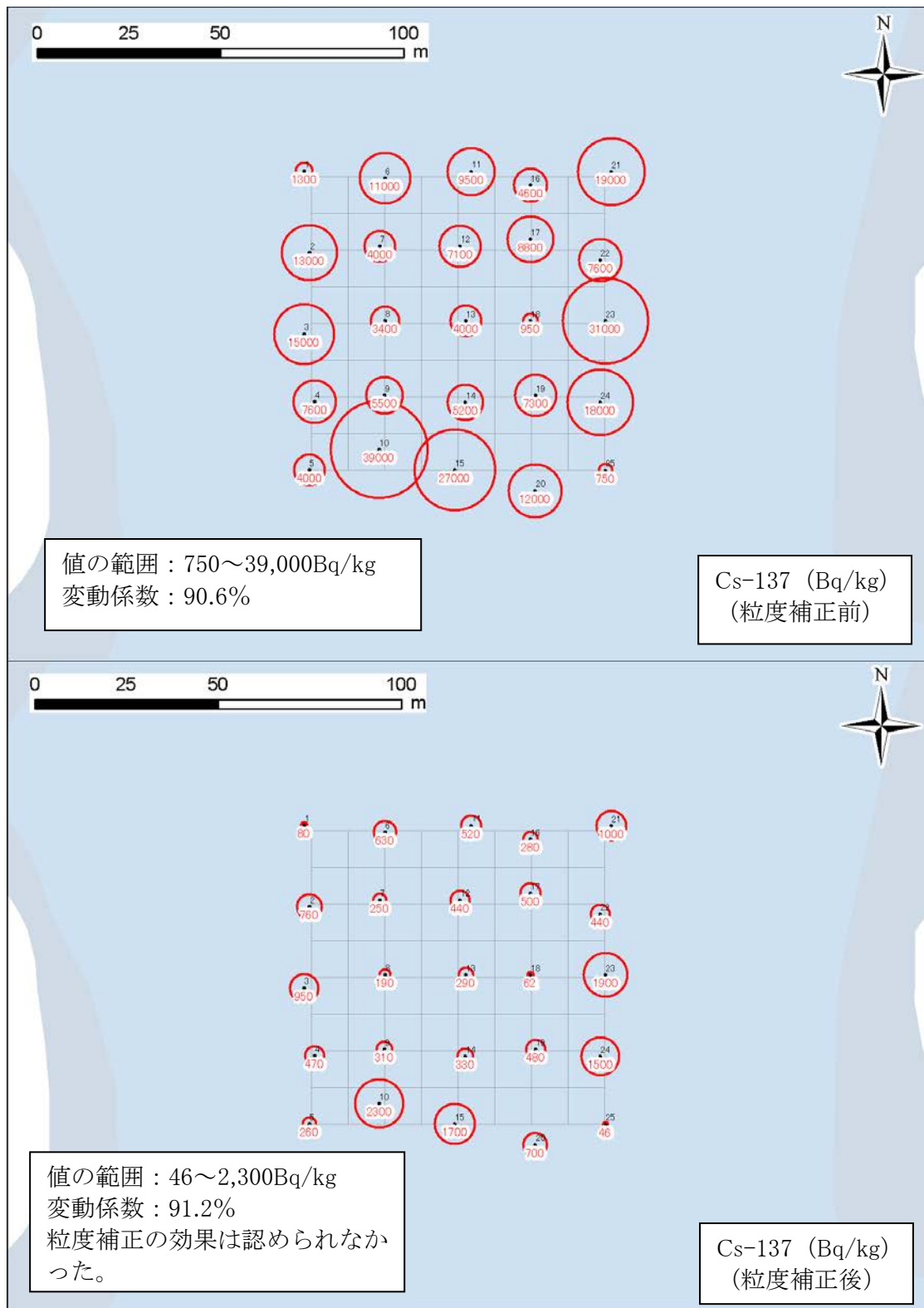
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.5(3) 調査 A・水平分布図 (はやま湖、湖底部：粒度組成、中央粒径)



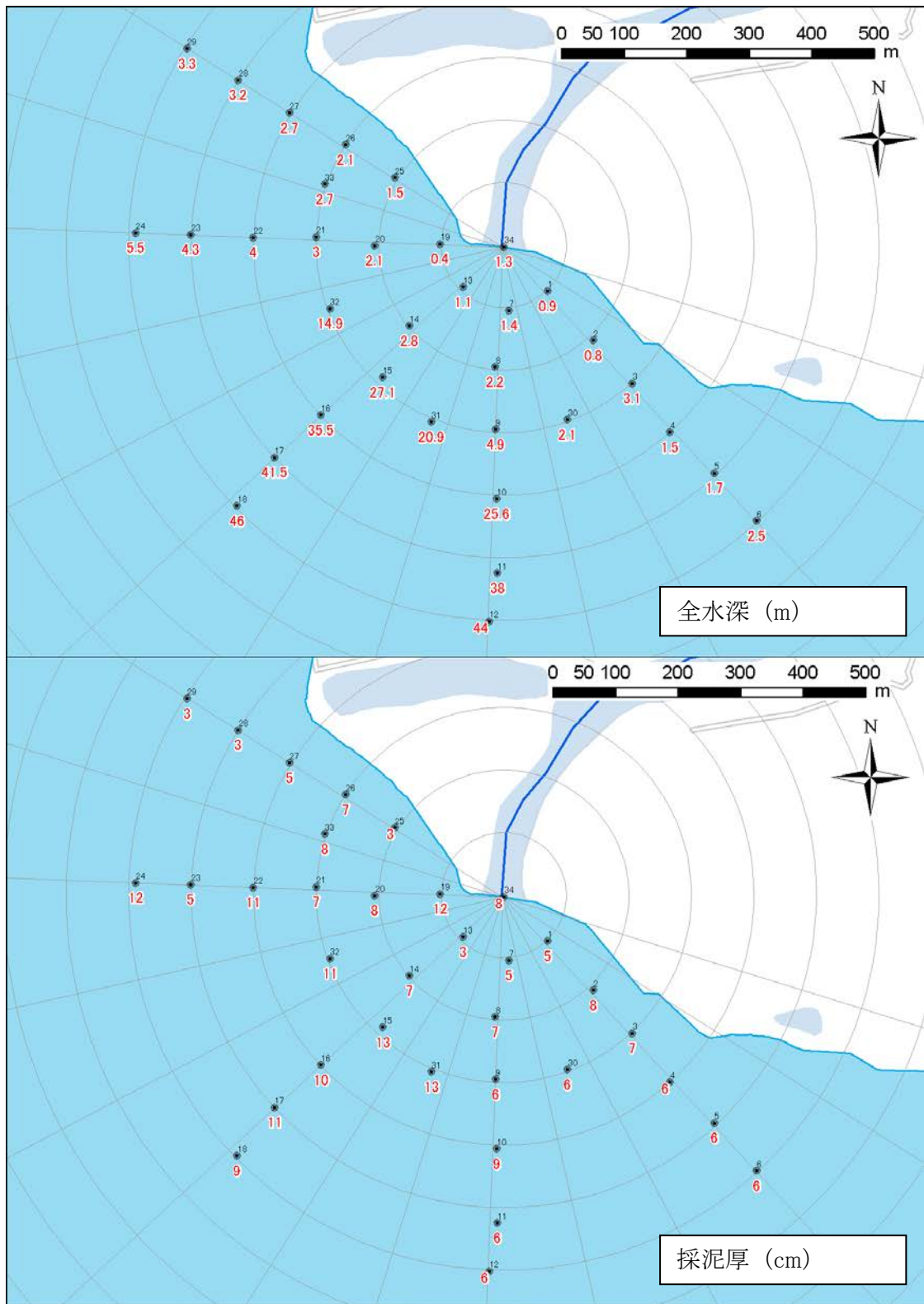
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.5(4) 調査 A・水平分布図
(はやま湖、湖底部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



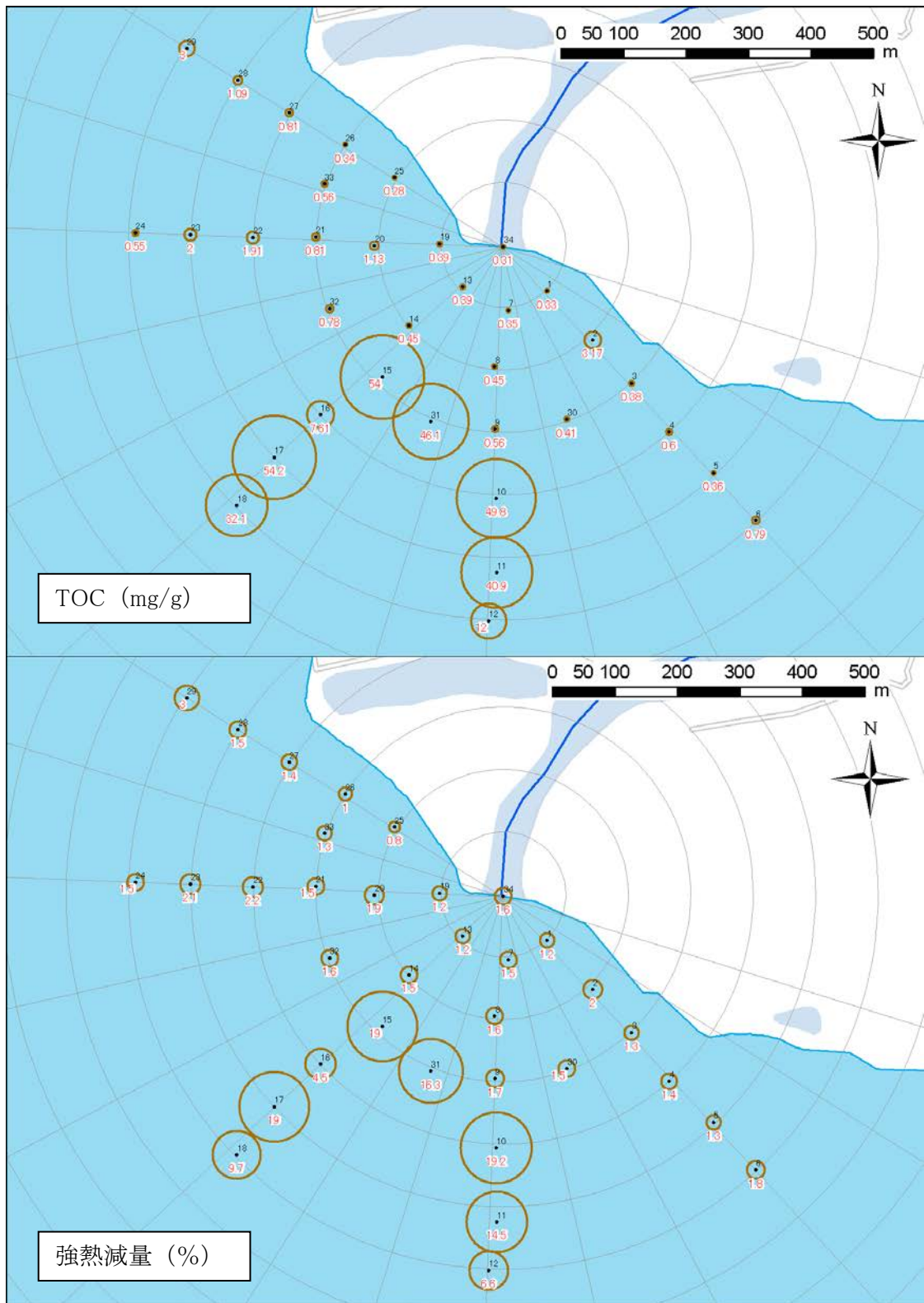
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.5(5) 調査 A・水平分布図
(はやま湖、湖底部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



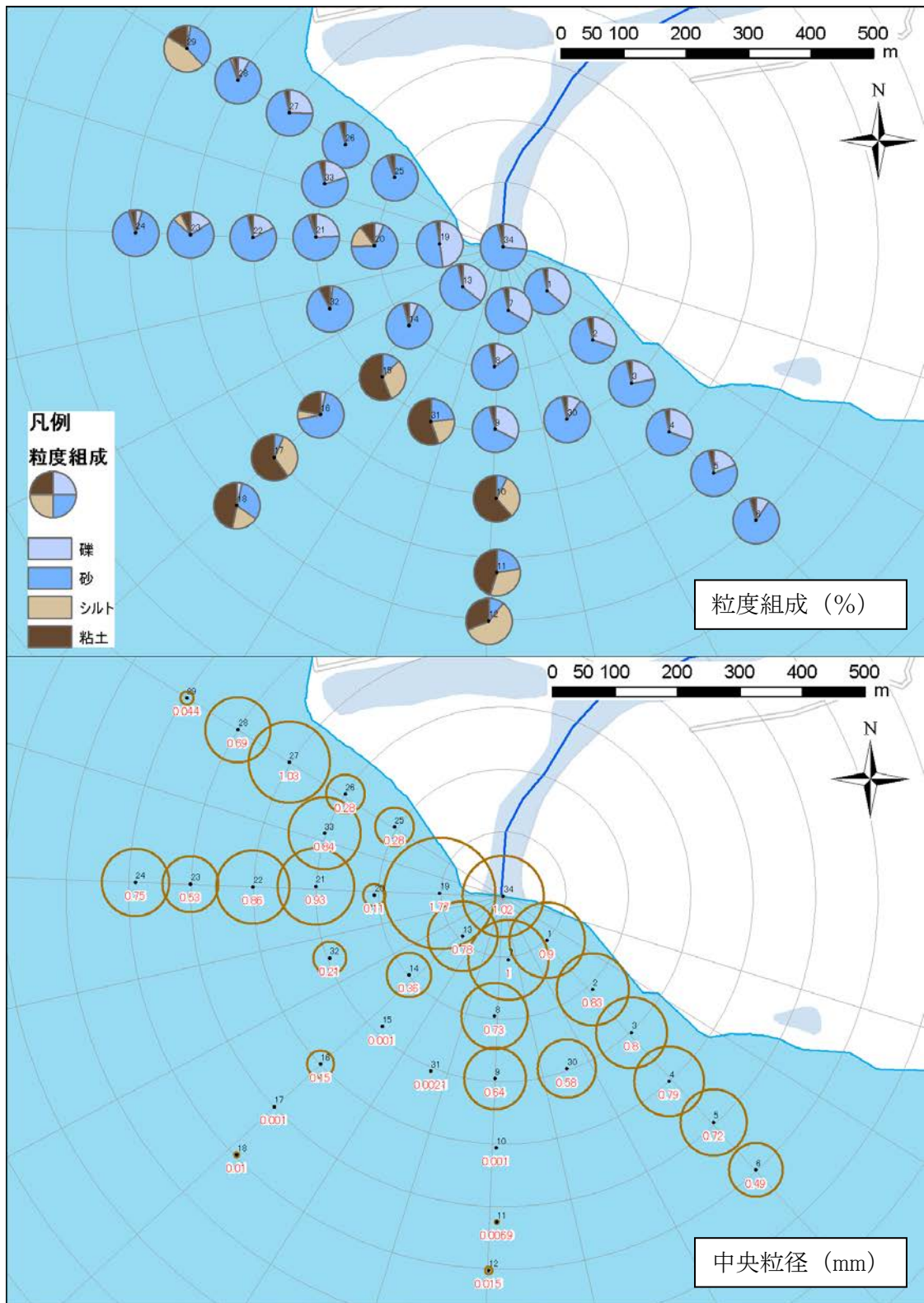
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.6(1) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、流入域：全水深、採泥厚)



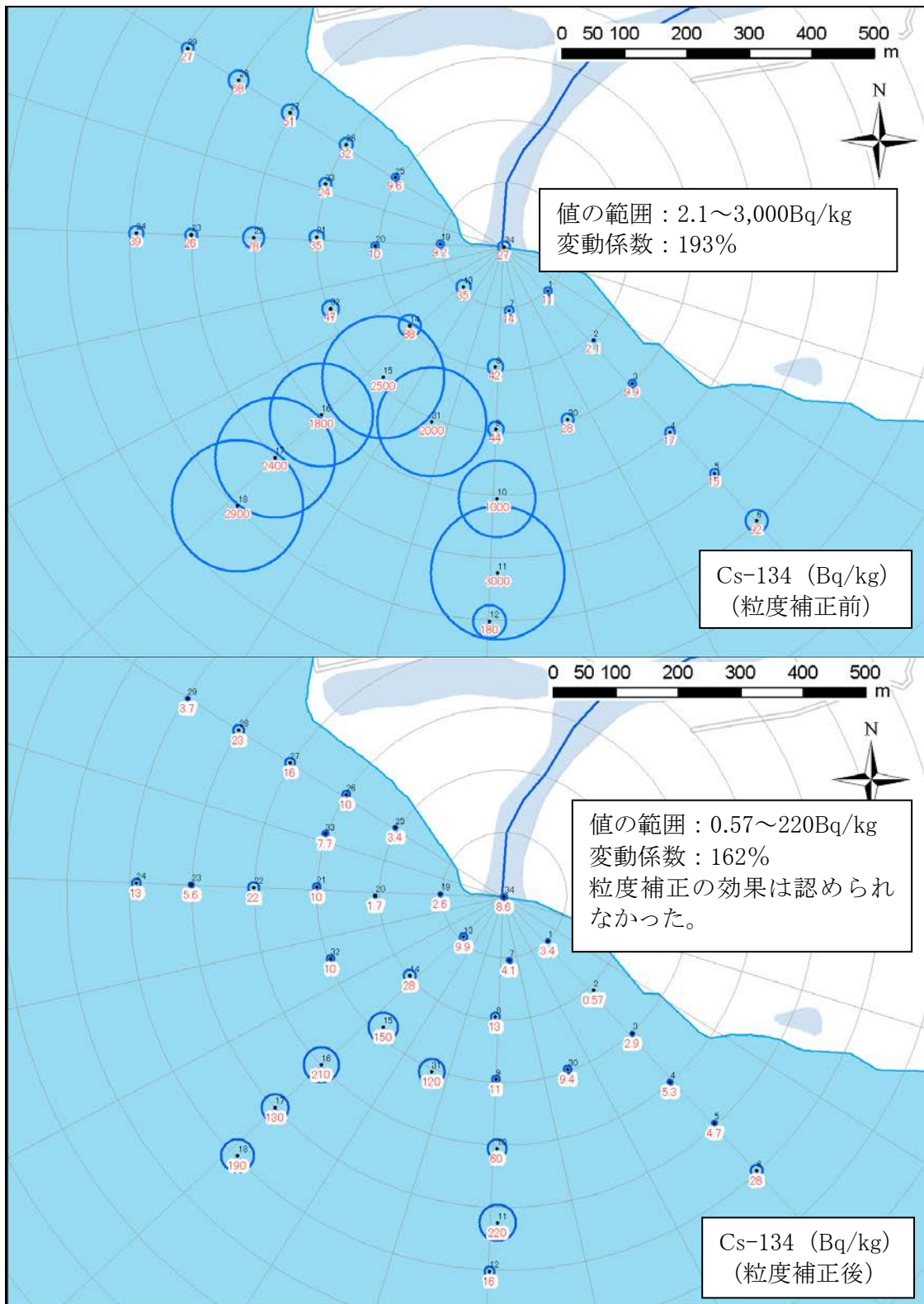
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.6(2) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、流入域：TOC、強熱減量)



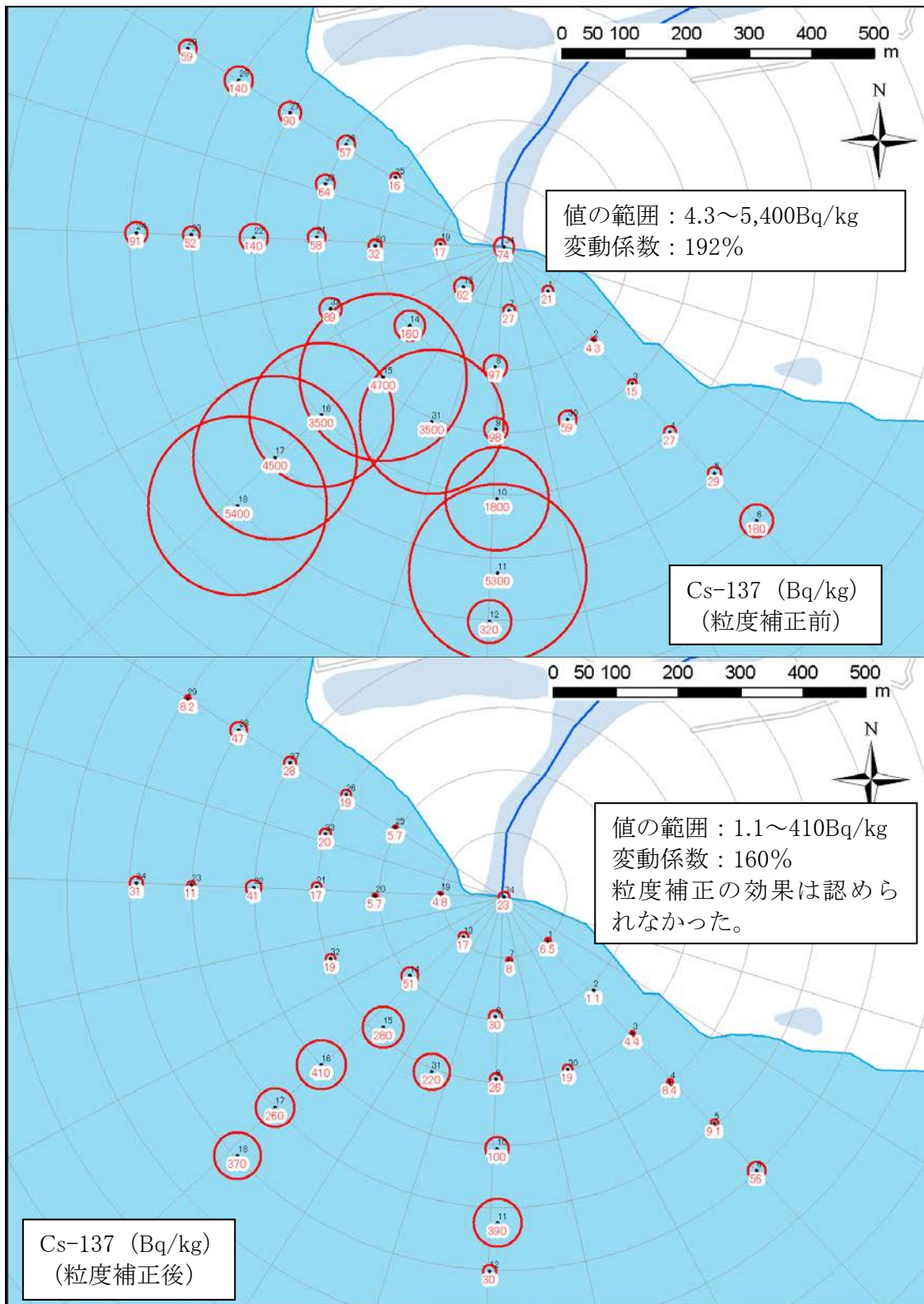
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.6(3) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、流入域：粒度組成、中央粒径)



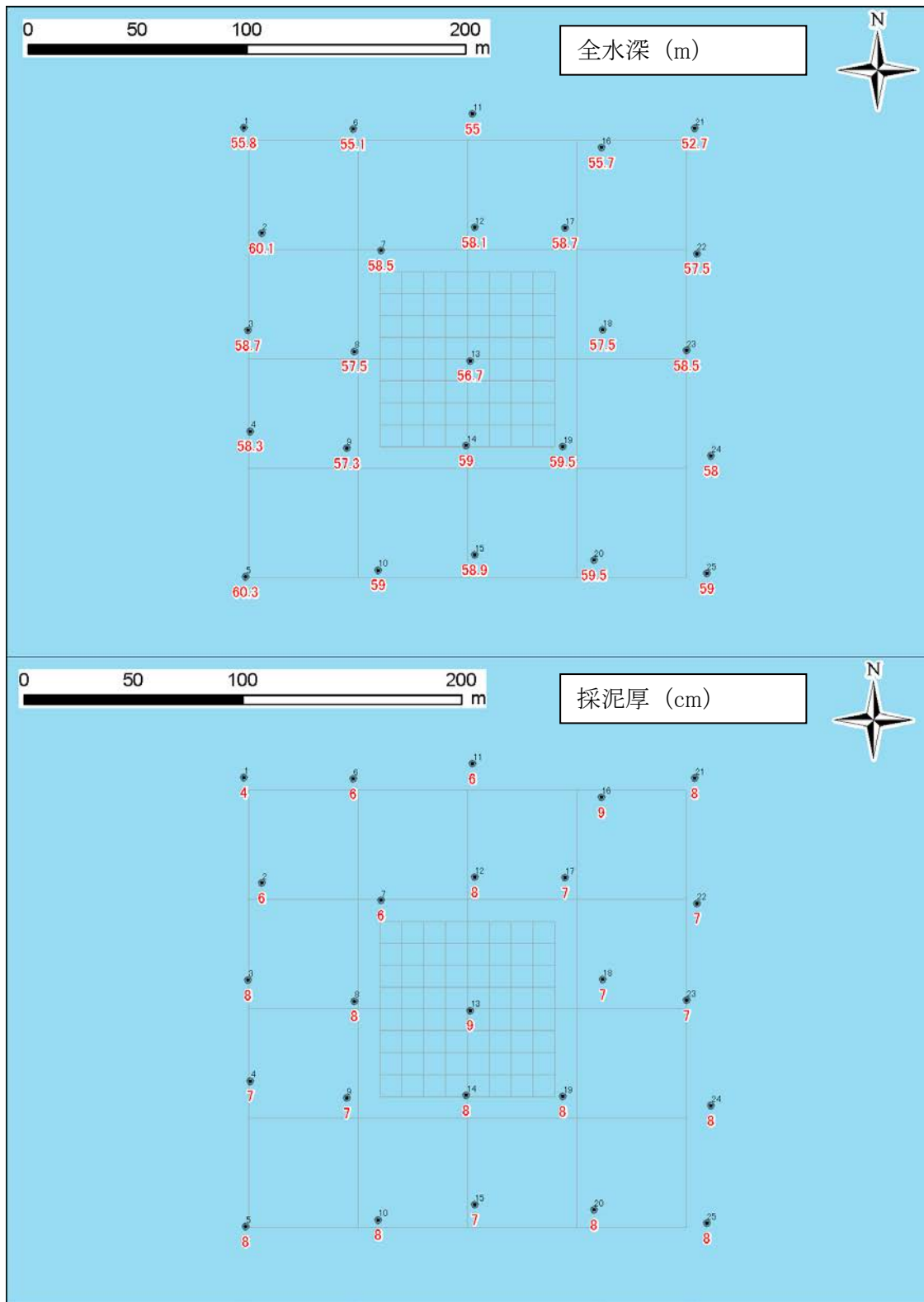
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.6(4) 調査 A・水平分布図
(猪苗代湖、流入域：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



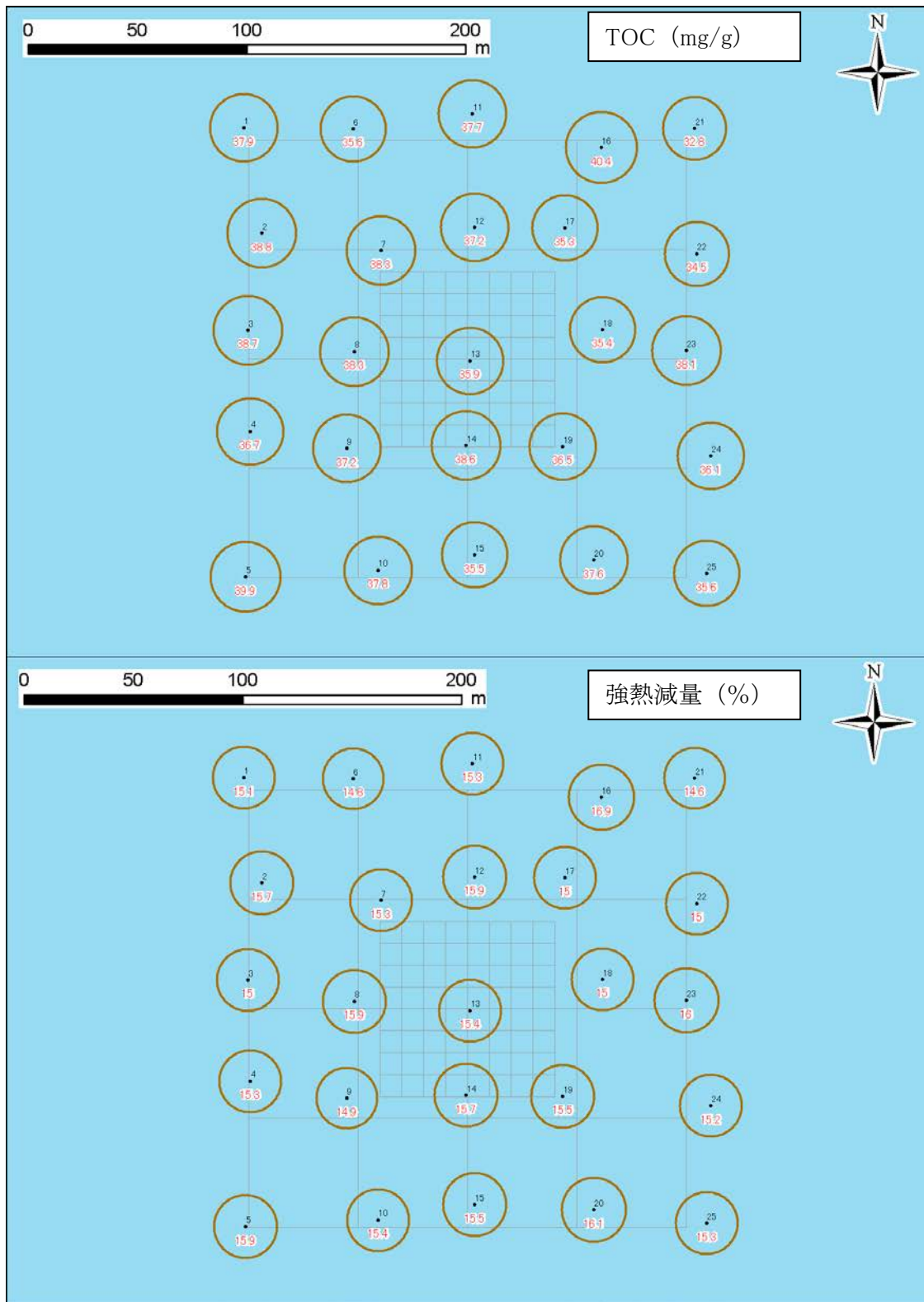
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.6(5) 調査 A・水平分布図
(猪苗代湖、流入域：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



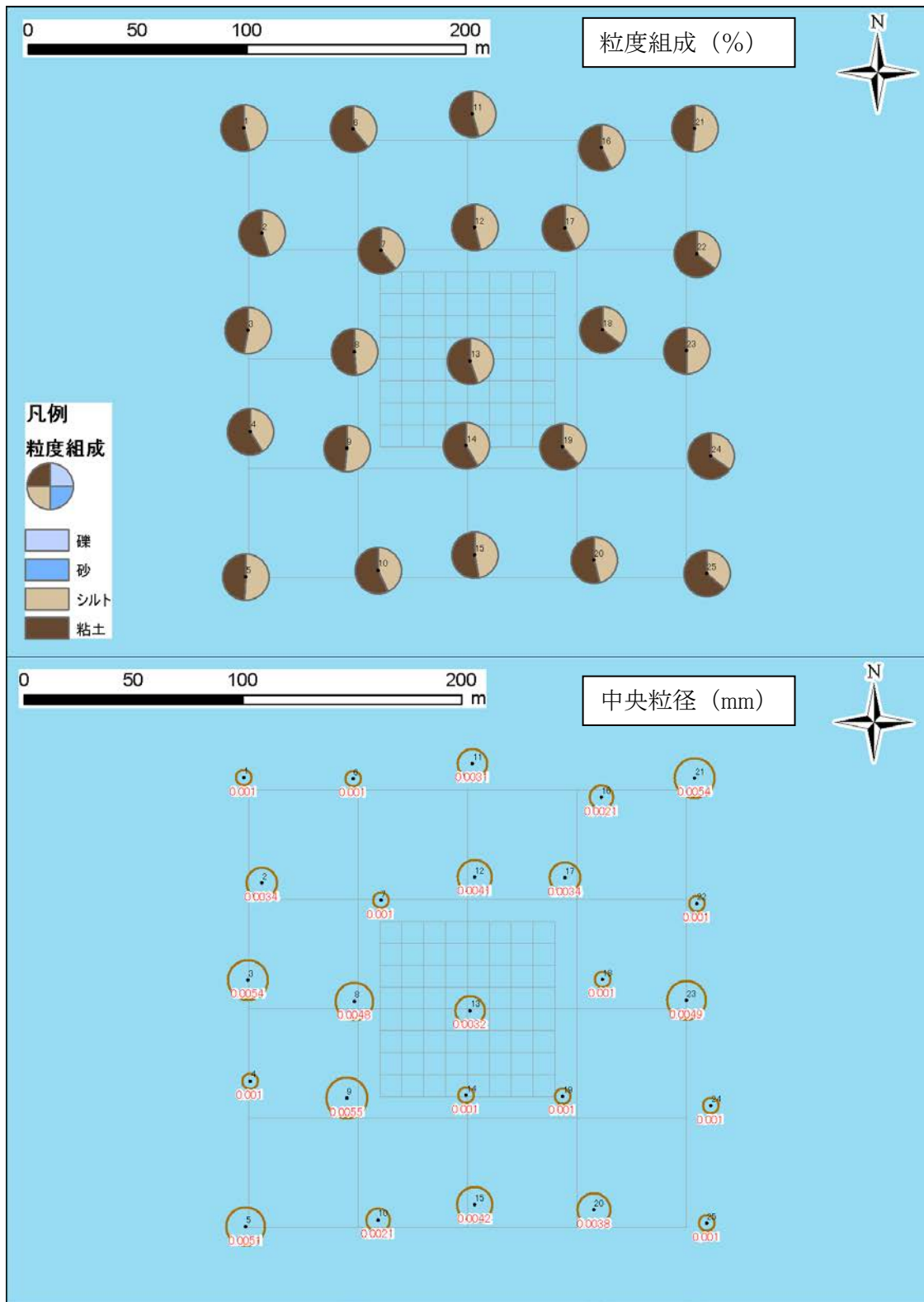
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.7(1) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、湖底部：全水深、採泥厚)



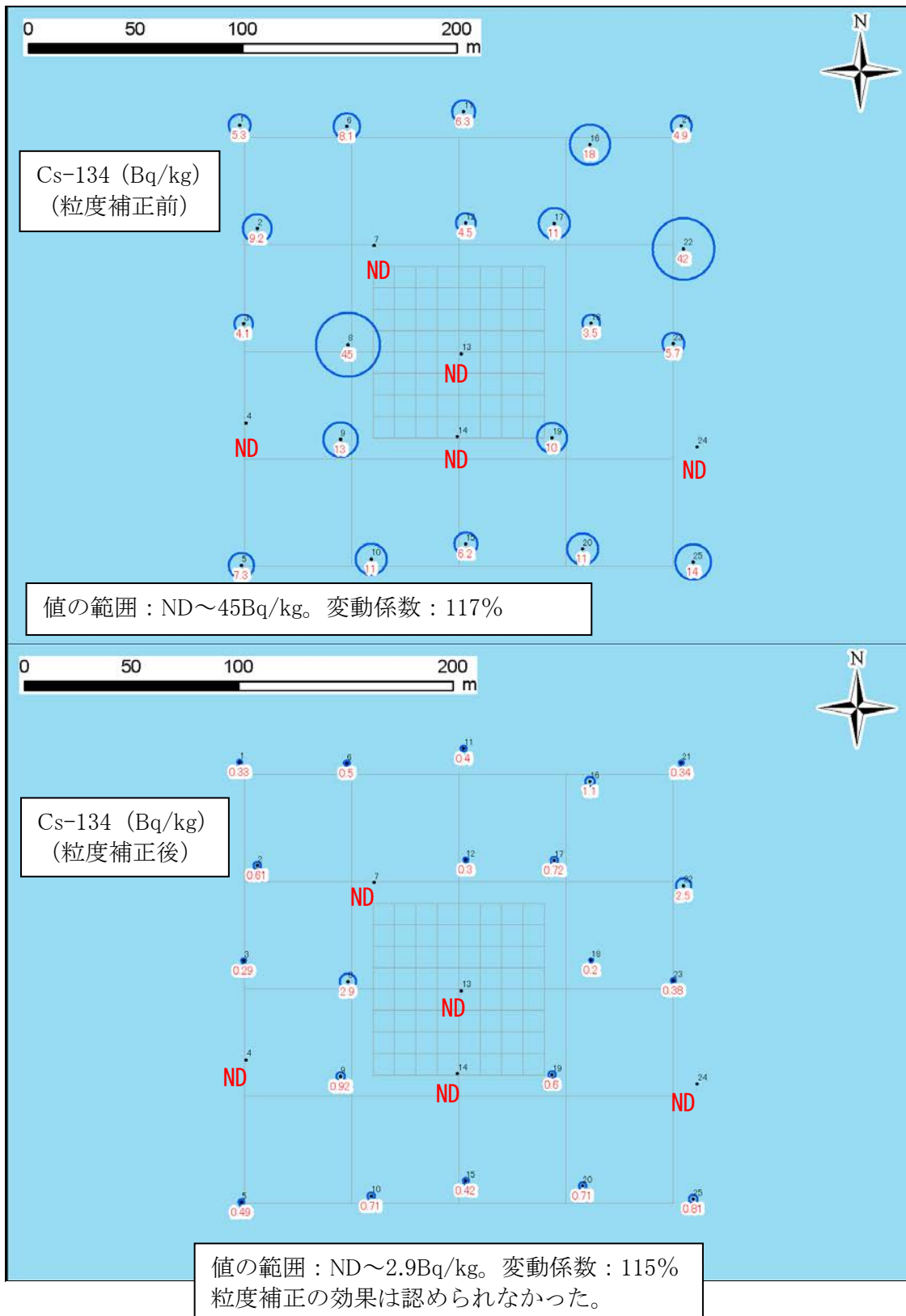
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.7(2) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、湖底部：TOC、強熱減量)



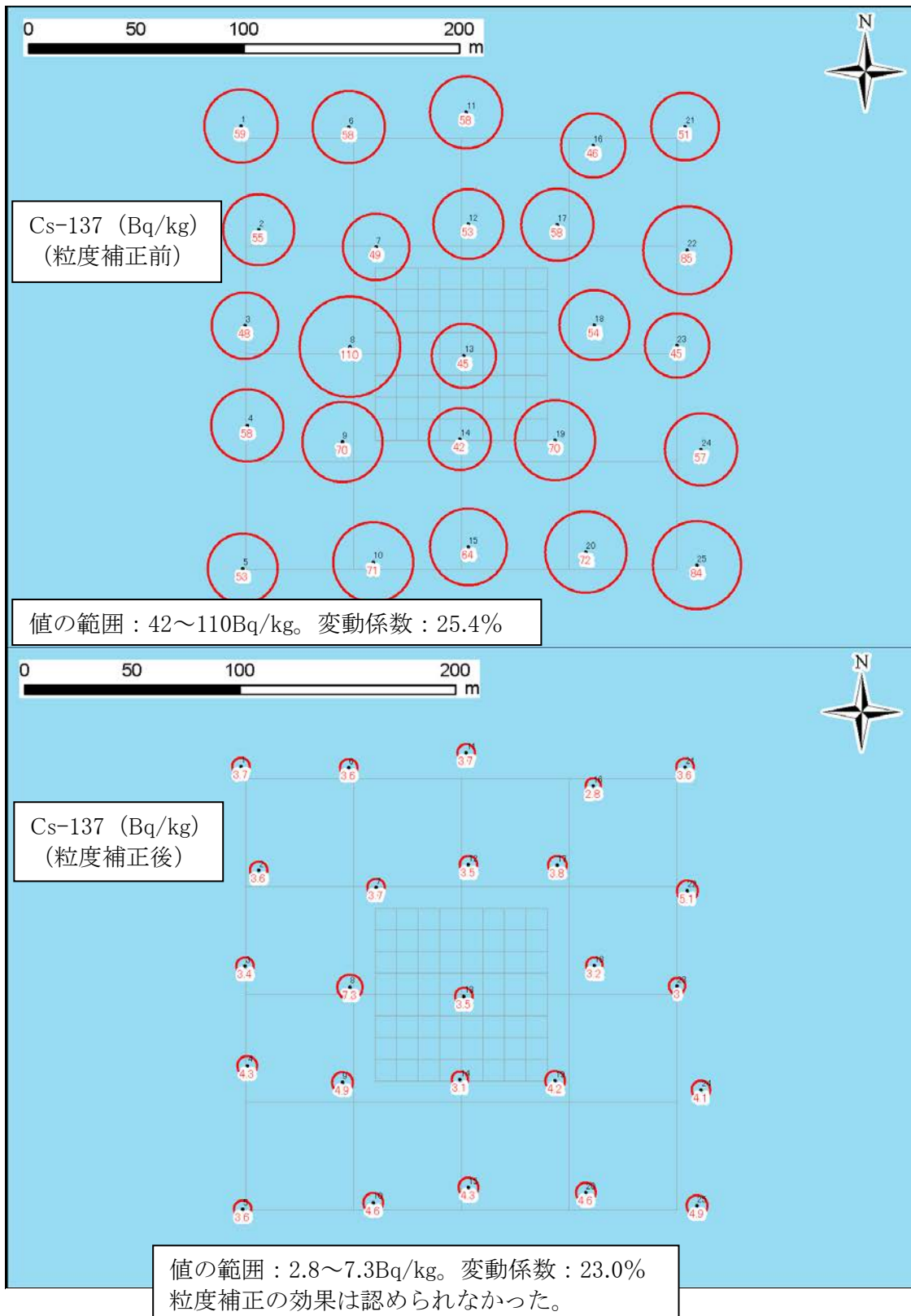
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.7(3) 調査 A・水平分布図 (猪苗代湖、湖底部：粒度組成、中央粒径)



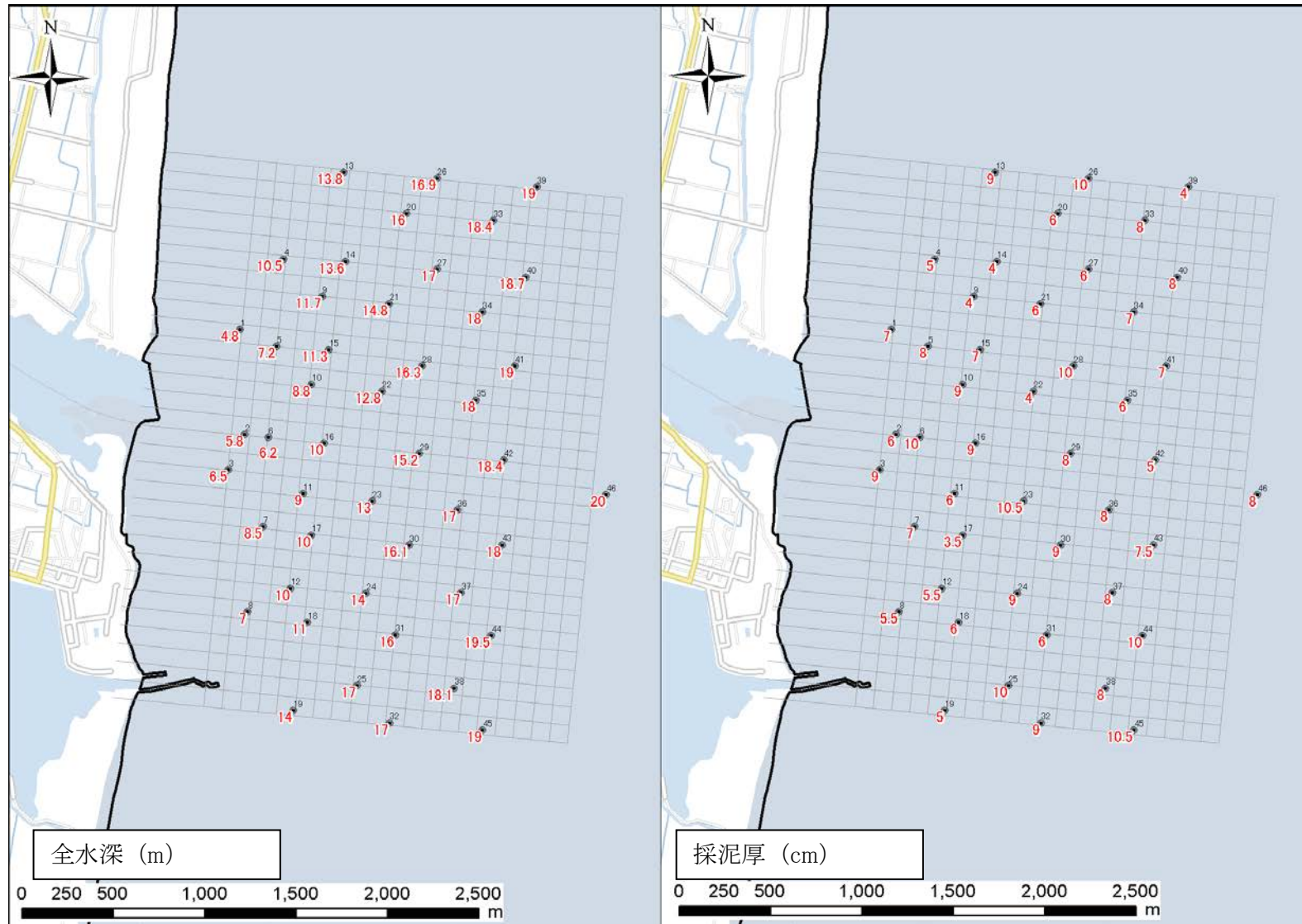
- 注：1. 黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。
2. 「ND」は不検出を示す。

図 3.1.7(4) 調査 A・水平分布図
(猪苗代湖、湖底部：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



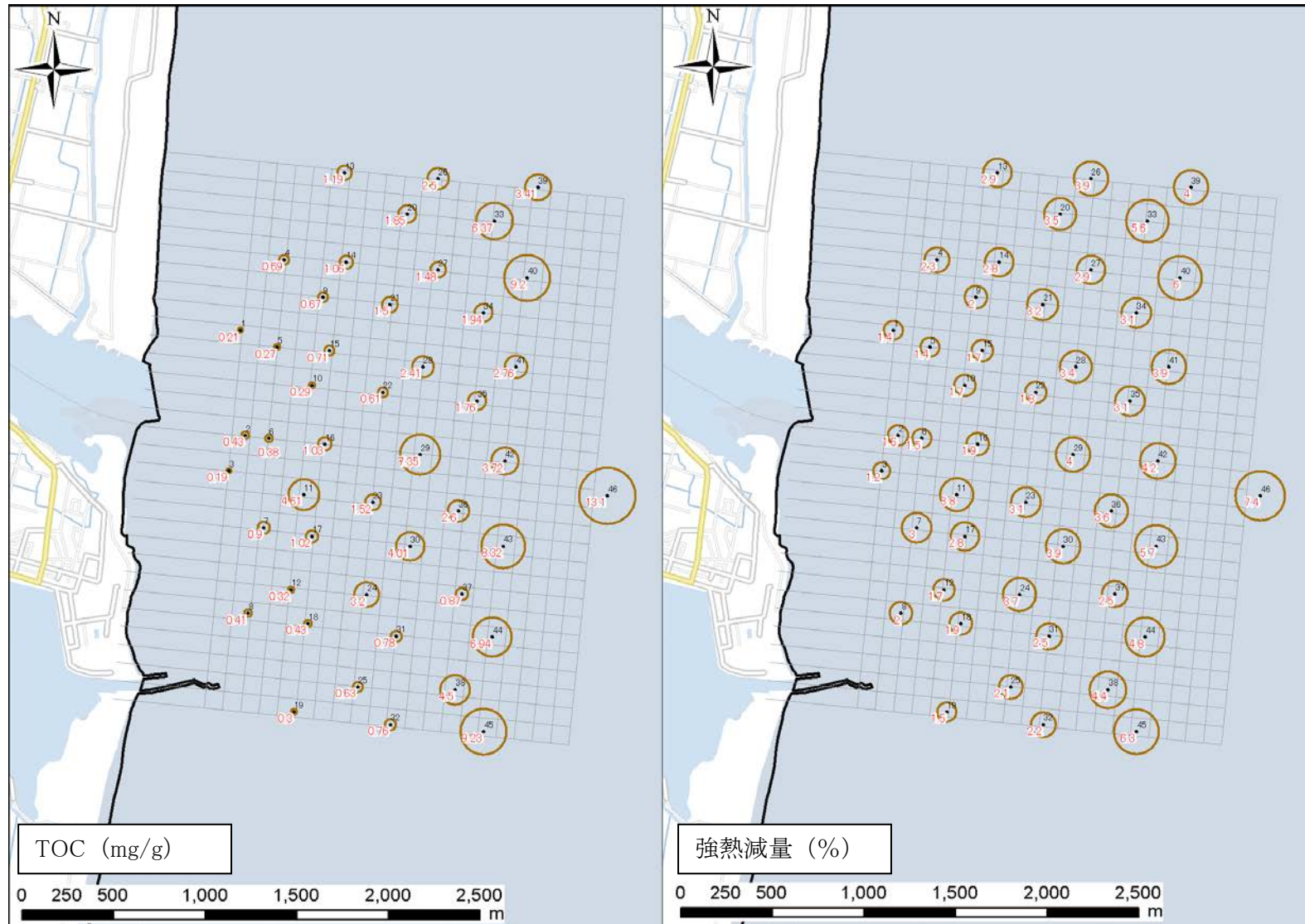
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.7(5) 調査 A・水平分布図
(猪苗代湖、湖底部：Cs-137 (粒度補正前)、Cs-137 (粒度補正後))



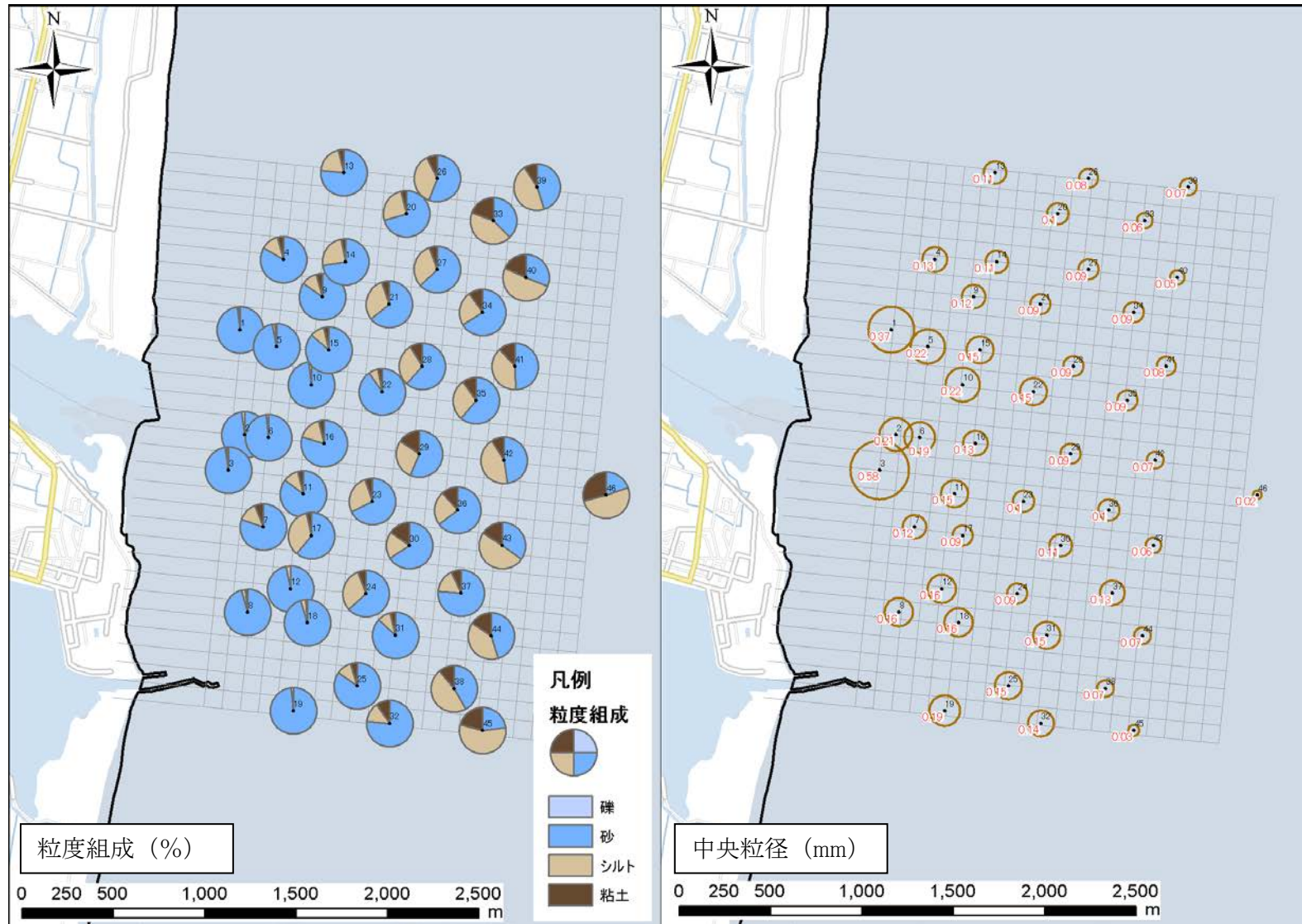
注：黒字は地点番号、青字及び赤字は測定値を示す。

図 3.1.8(1) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、河口域：全水深、採泥厚)



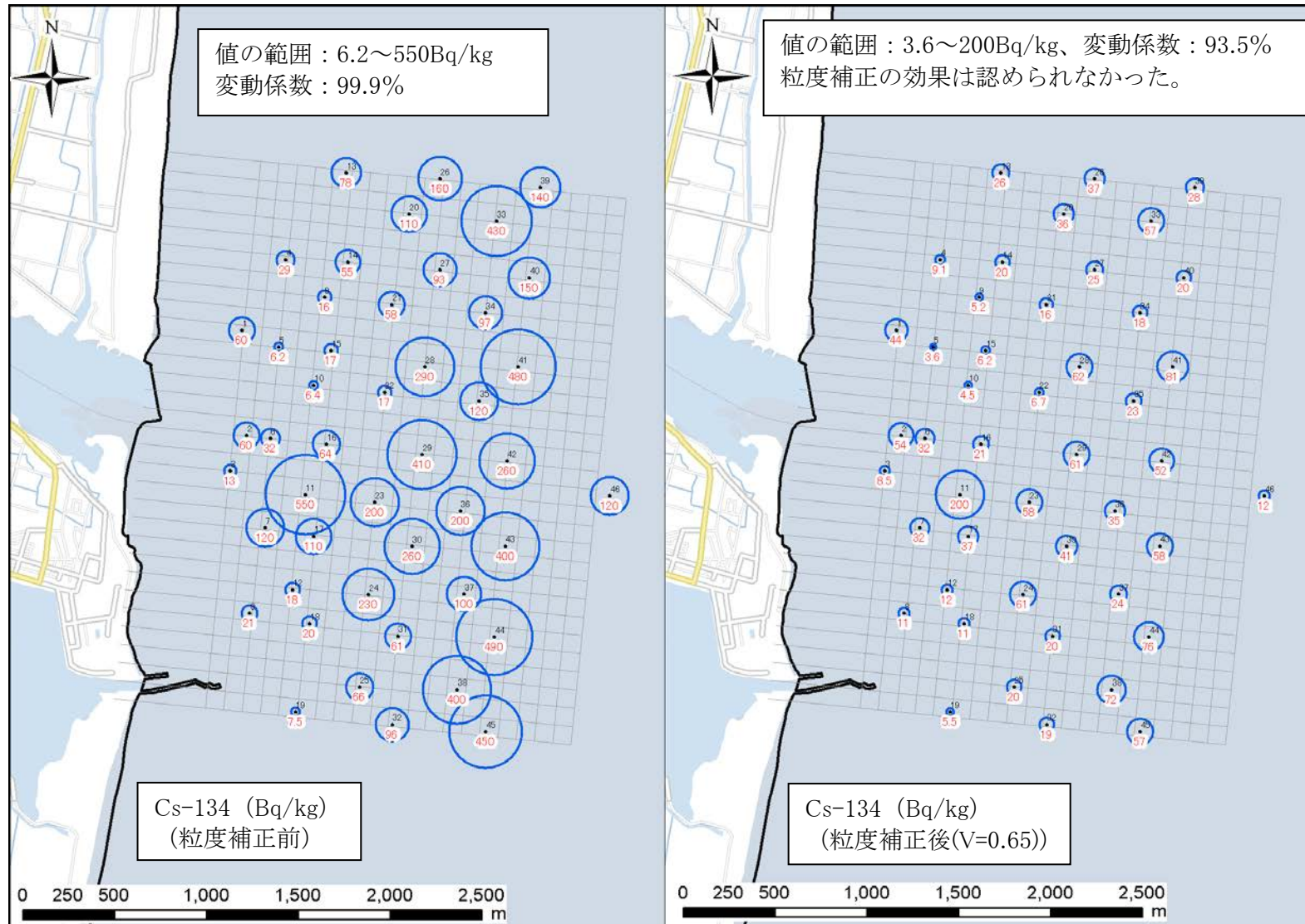
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.8(2) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、河口域：TOC、強熱減量)



注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

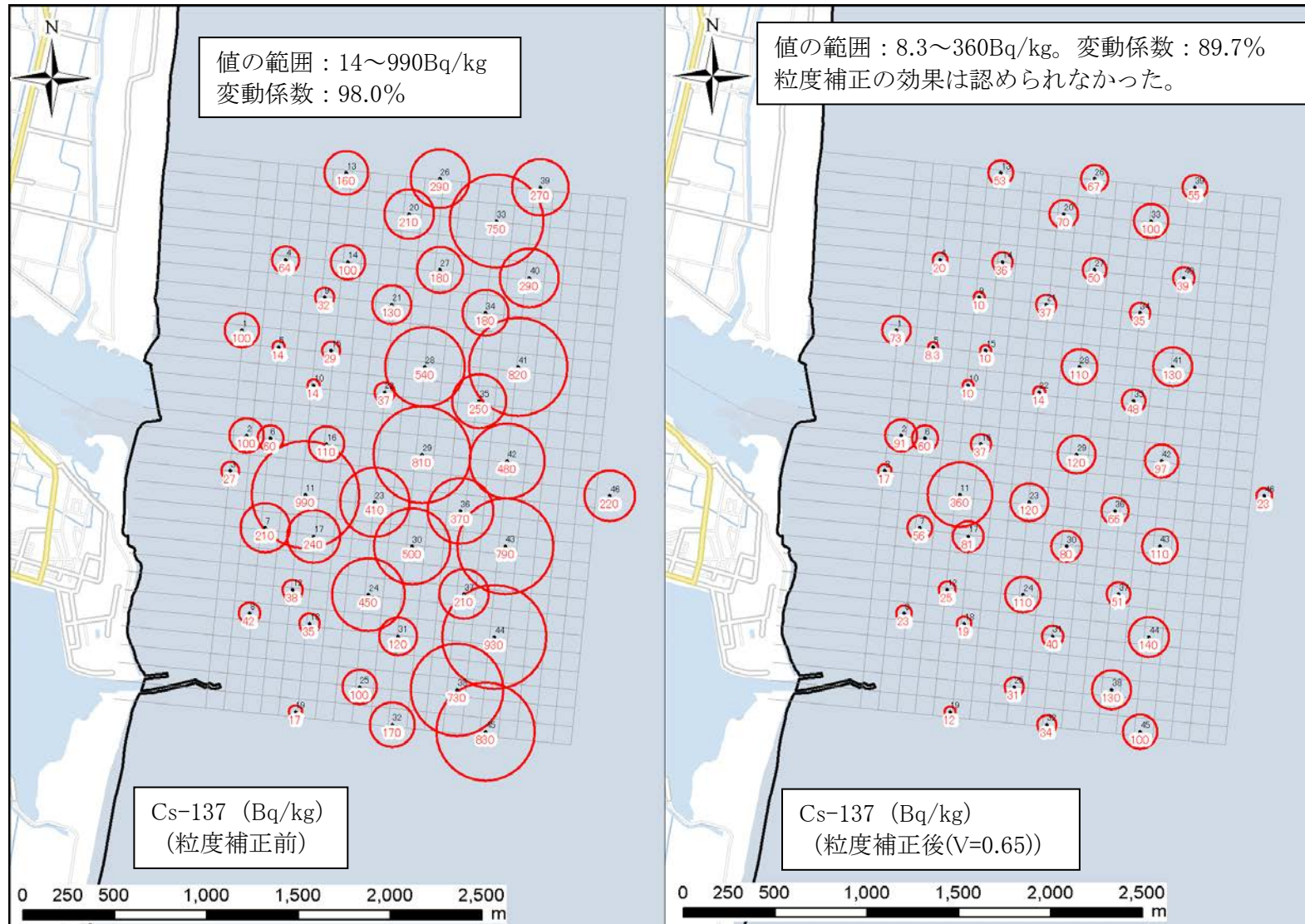
図 3.1.8(3) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、河口域：粒度組成、中央粒径)



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2. 粒度補正後の Cs-137 は補正係数の算出式 (p. 26) の V (乗数) に 0.65 を用いて求めた値。

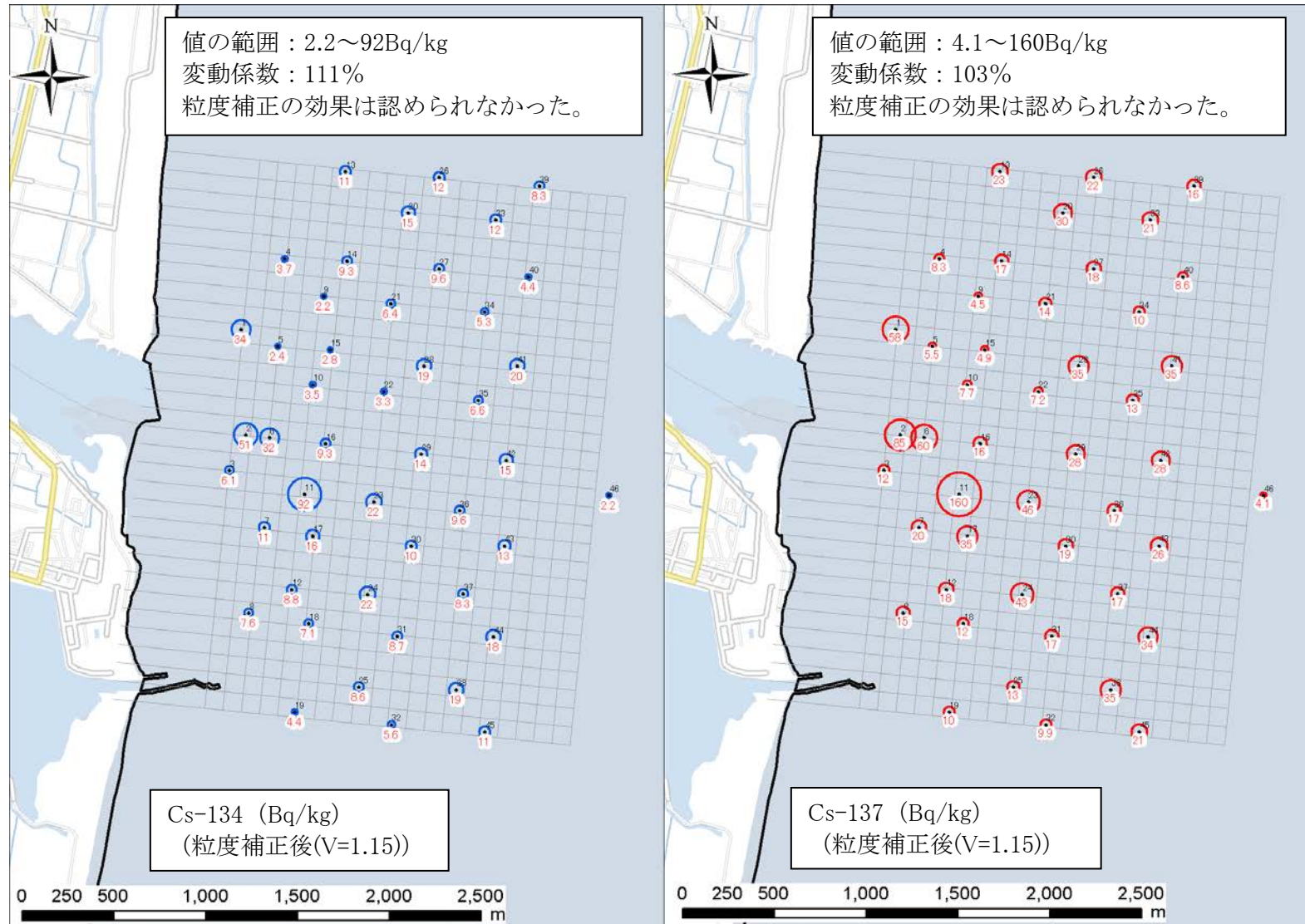
図 3.1.8(4) 調査 A・水平分布図 (阿武隈川、河口域：Cs-134 (粒度補正前)、Cs-134 (粒度補正後))



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2. 粒度補正後のCs-137は補正係数の算出式 (p. 26) のV (乗数) に0.65を用いて求めた値。

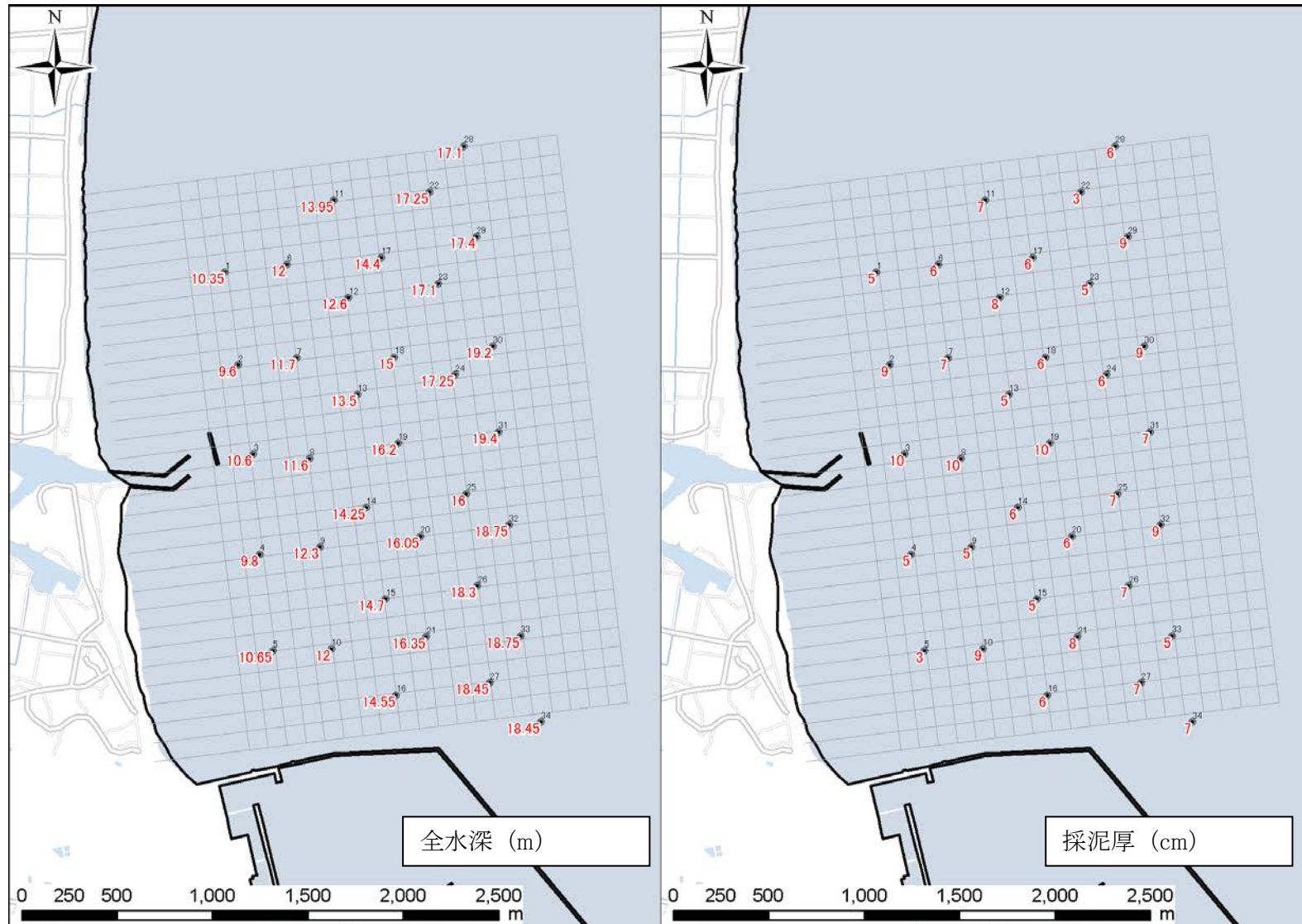
図 3.1.8(5) 調査A・水平分布図(阿武隈川、河口域：Cs-137(粒度補正前)、Cs-137(粒度補正後))



注：1. 黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

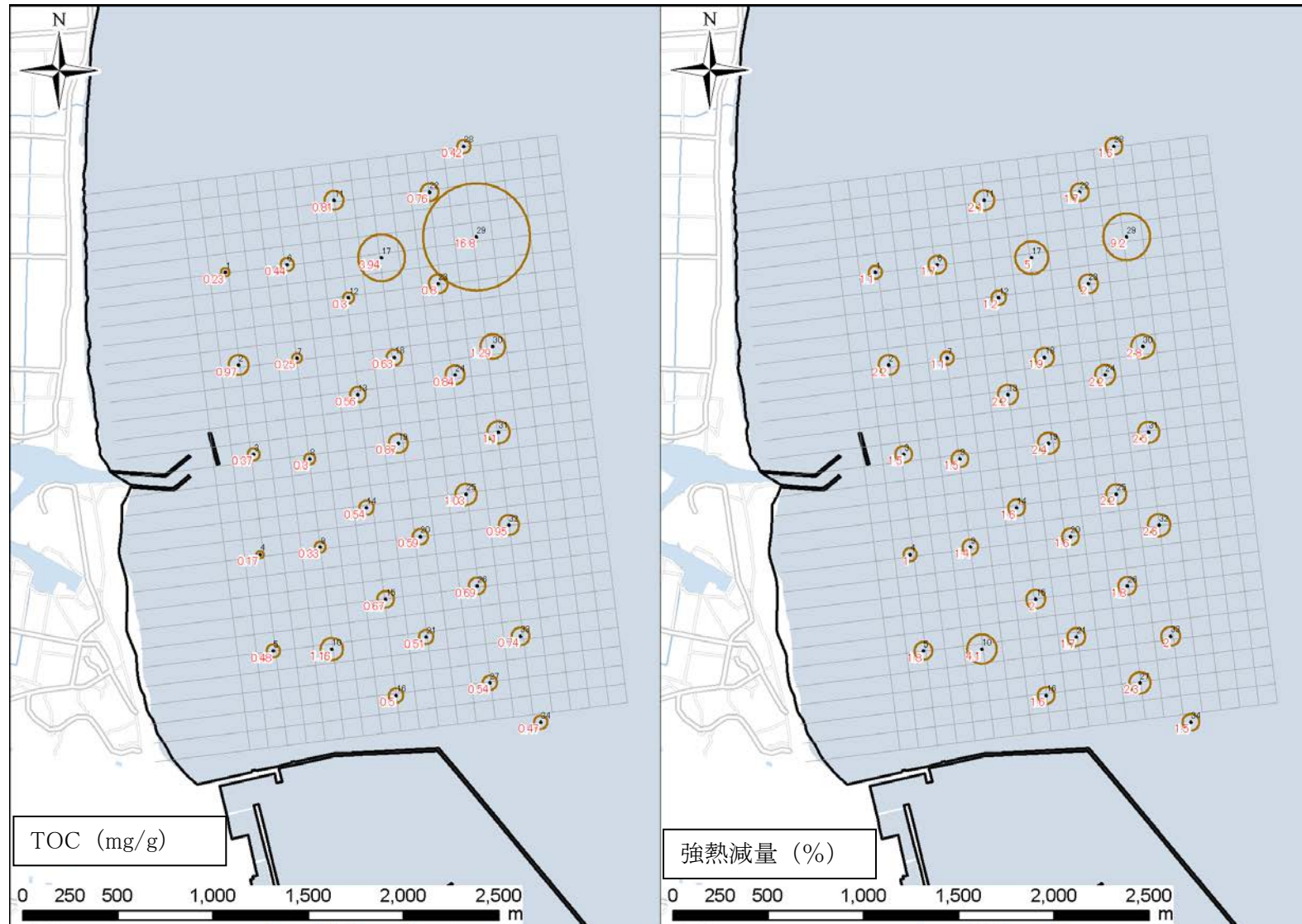
2. 粒度補正後のCs-137は補正係数の算出式 (p. 26) のV (乗数) に1.15を用いて求めた値。

図 3.1.8(6) 調査A・水平分布図 (阿武隈川、河口域：Cs-134 (粒度補正後(P')), Cs-137 (粒度補正後(P')))



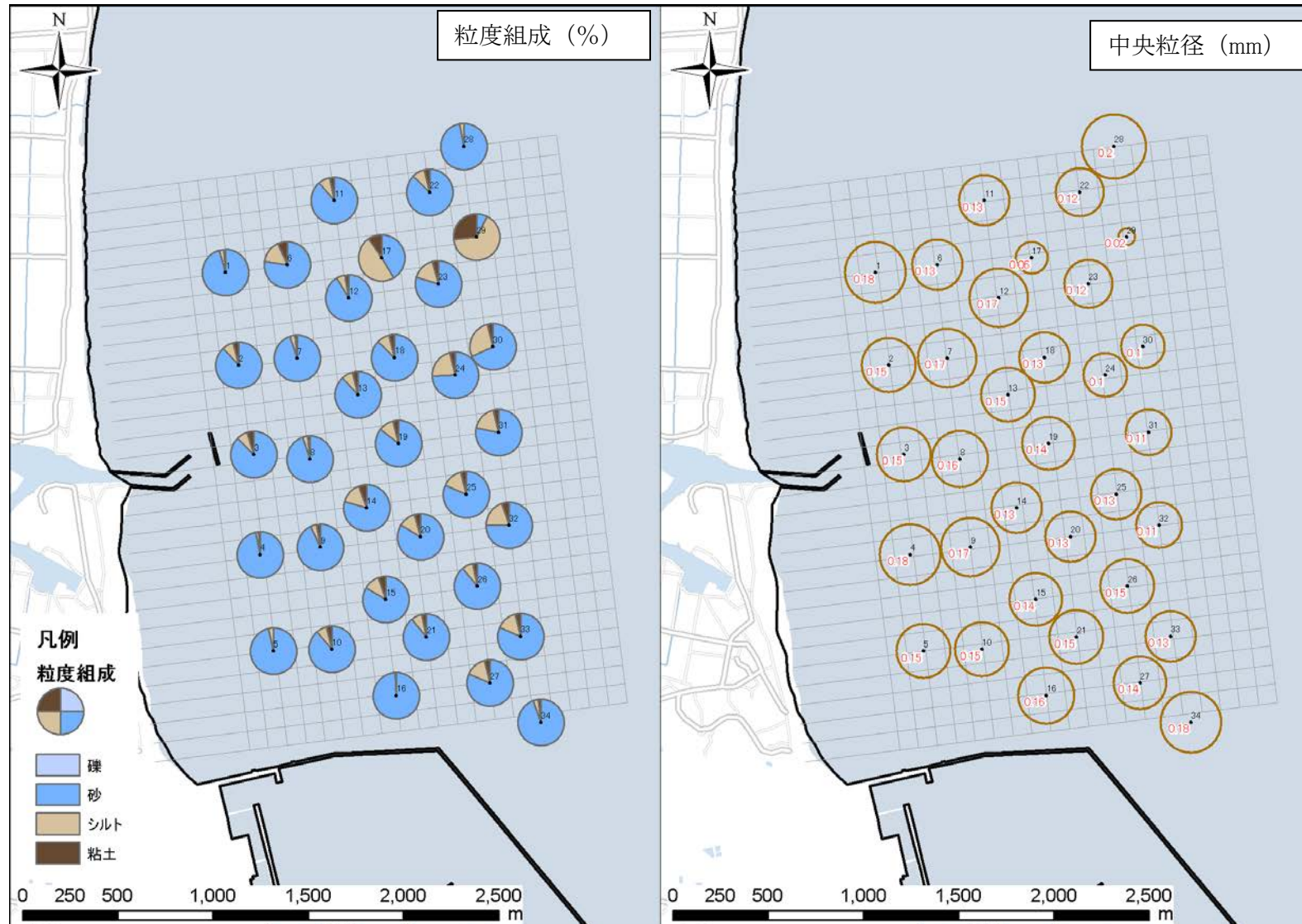
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.9(1) 調査 A・水平分布図（真野川、河口域：全水深、採泥厚）



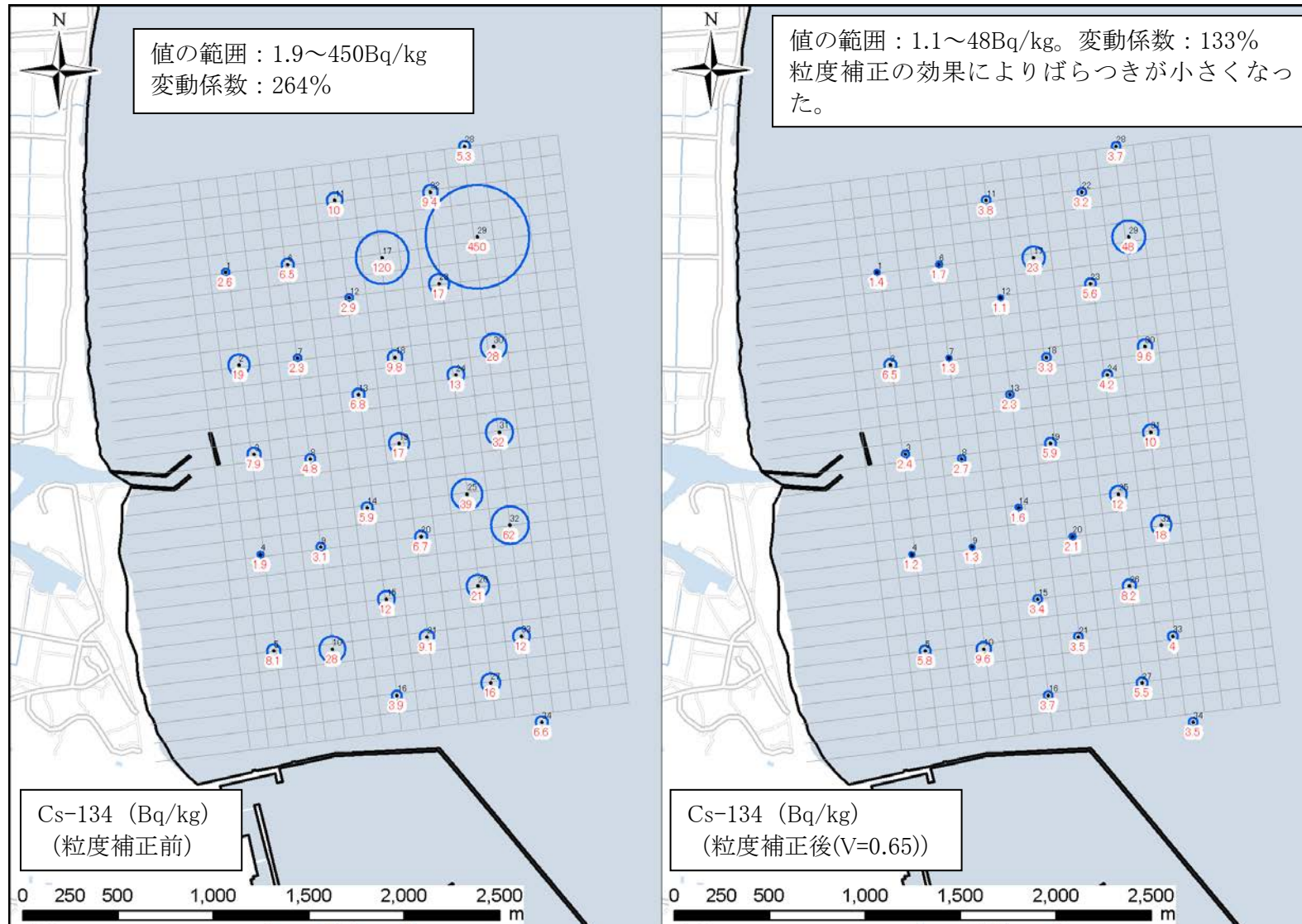
注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

図 3.1.9(2) 調査 A・水平分布図 (真野川、河口域：TOC、強熱減量)



注：黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

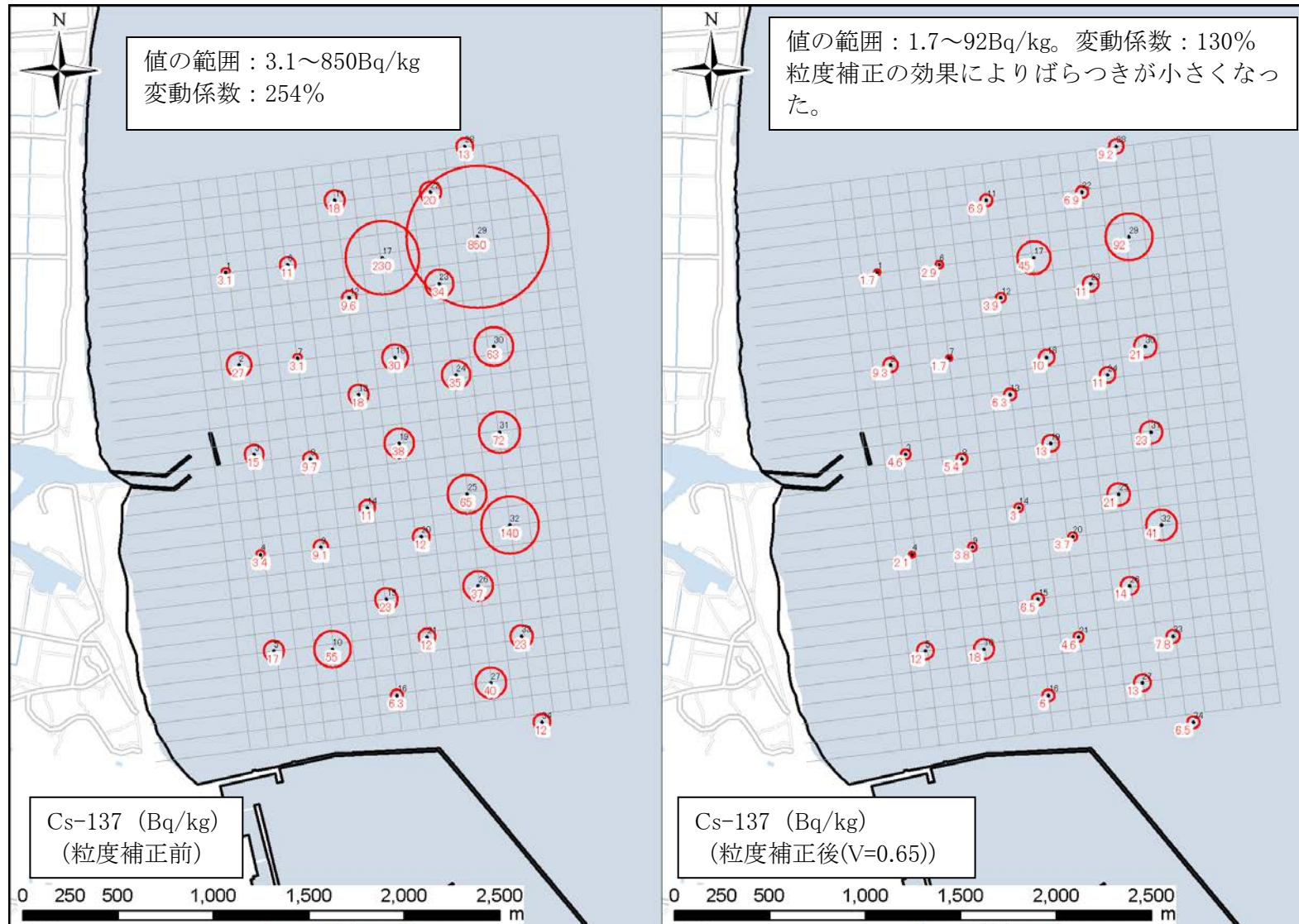
図 3.1.9(3) 調査 A・水平分布図（真野川、河口域：粒度組成、中央粒径）



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2.粒度補正後のCs-137は補正係数の算出式(p.26)のV(乗数)に0.65を用いて求めた値。

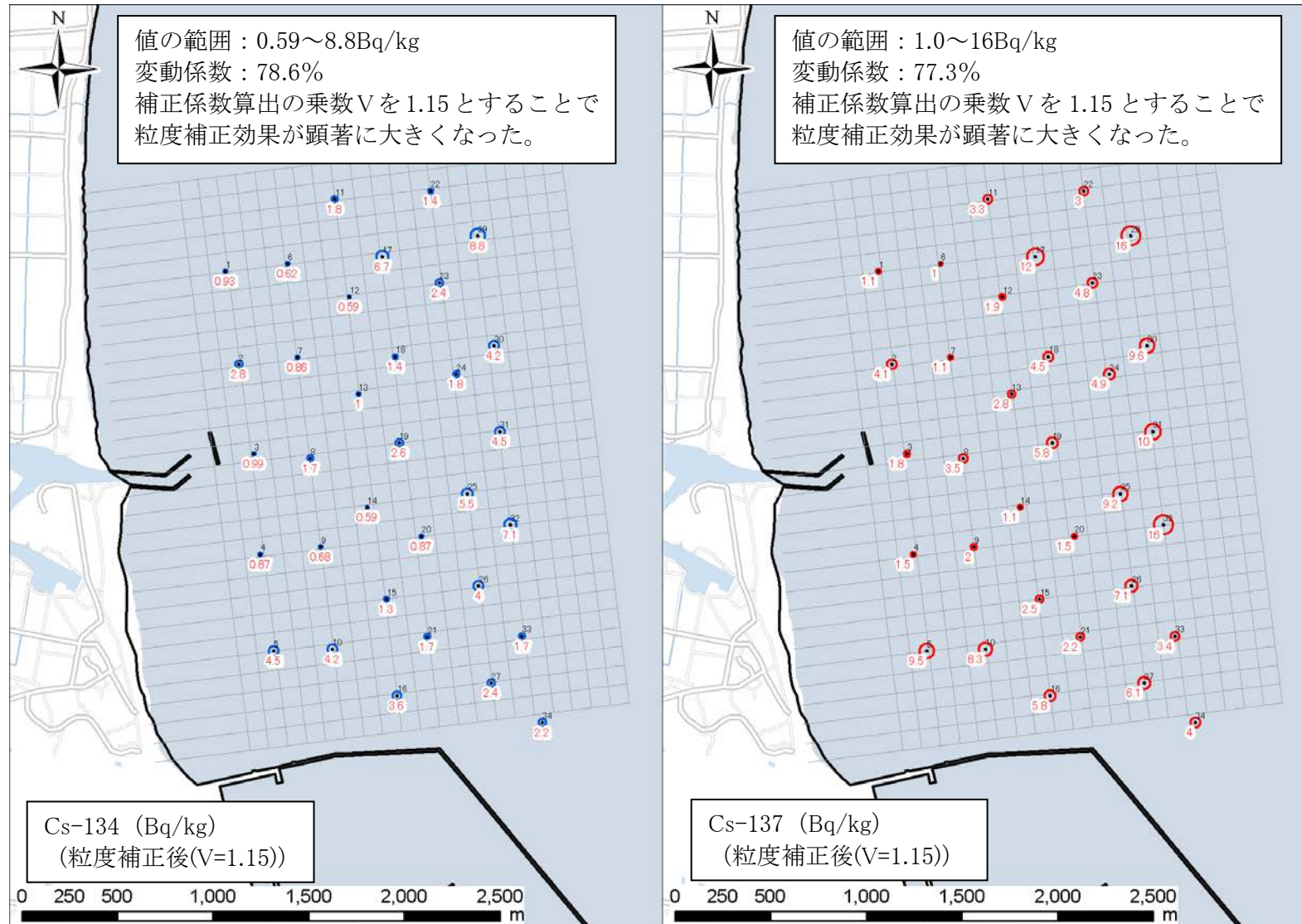
図 3.1.9(4) 調査A・水平分布図(真野川、河口域：Cs-134(粒度補正前)、Cs-134(粒度補正後))



注：1.黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2.粒度補正後のCs-137は補正係数の算出式(p.26)のV(乗数)に0.65を用いて求めた値。

図 3.1.9(5) 調査A・水平分布図(真野川、河口域：Cs-137(粒度補正前)、Cs-137(粒度補正後))



注：1. 黒字は地点番号、赤字は測定値を示す。

2. 粒度補正後のCs-137は補正係数の算出式 (p. 26) のV (乗数) に1.15を用いて求めた値。

図 3.1.9(6) 調査A・水平分布図 (真野川、河口域：Cs-134 (粒度補正後(P'))、Cs-137 (粒度補正後(P')))

3.1.1.1(2)底質の粒度及び有機物量と放射性セシウム濃度の関係

一般的に底質中の放射性セシウムは土粒子表面や有機物へ付着しているといわれていることから、それらとの関係について整理した。

底質の放射性セシウム濃度と比表面積との関係について、水域ごとに示した結果は図 3.1.11 に、最も両者の関係が認められた水域(河川では阿武隈川滞留域、河口では阿武隈川河口域)の関係式にそれぞれ河川と河口域の値をプロットした結果は図 3.1.12 に示すとおりである。また、放射性セシウム濃度と強熱減量との関係は図 3.1.13 に示すとおりである。

なお、その他の項目として、底質中のセシウム 137 濃度と有機物 (TOC、強熱減量)、粒度等 (砂、シルト、粘土、比表面積、中央粒径、密度) との関係及び、有機物と粒度等との関係は、図 3.1.15 に示すとおりである。さらに、参考としてその他の調査項目間の相関係数を表 3.1.3 に示す。

- ・阿武隈川滞留部ではセシウム 137 濃度と比表面積との関係が顕著であった。当該水域における底質は攪乱されずに堆積し、直上水中と底質中の放射性セシウムがほぼ平衡状態にあるものと考えられる。
- ・阿武隈川滞留部におけるセシウム 137 濃度と比表面積との関係式の V の値(乗数) は約 0.65 であり文献の値 (p 26) と一致した。
- ・河口域におけるセシウム 137 濃度と比表面積との関係式の乗数は概ね 1.15 と河川に比べて高い値が得られた。これは、海水中では淡水中に比べて粒径の粗い土砂に付着しているセシウムなどの溶脱が進みやすいためであると考えられる。
- ・放射性セシウム濃度と強熱減量との関係においては、阿武隈川滞留部、猪苗代湖流入部、阿武隈川河口域などにおいて、相関係数が比較的高く、放射性セシウムの有機物への付着が示唆された。

(底質の粒度組成と放射性セシウム濃度の関係についてのまとめ)

阿武隈川滞留部では底質中の放射性セシウム濃度 Y (Bq/kg) と比表面積 X (m²/g) との間に

$$Y = aX^V \quad \dots \text{式①}$$

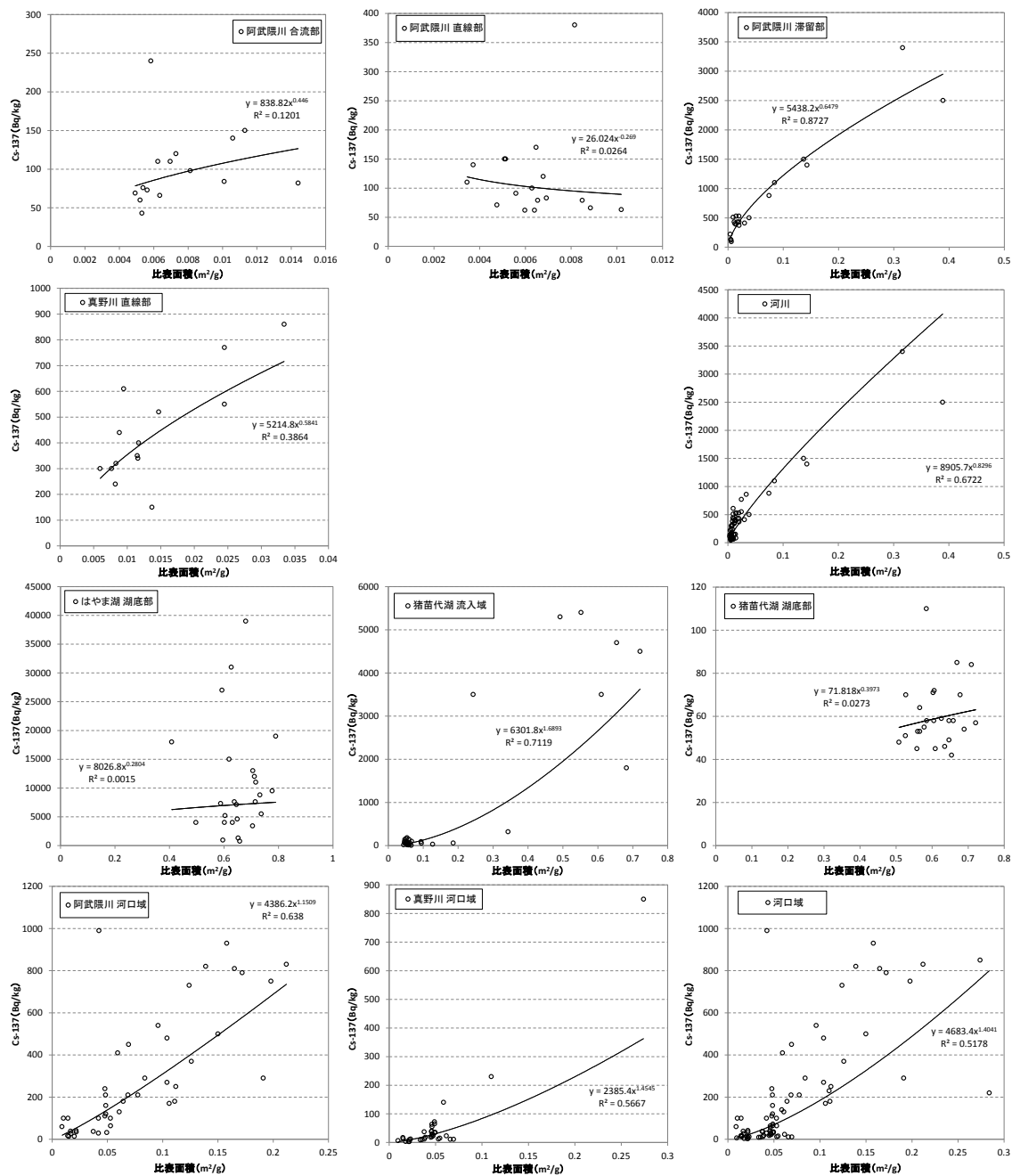
の関係が顕著に認められ (V≒0.65)、本業務で調査を行った河川全体 (河口域を除く) についても概ねその傾向が認められた (図 3.1.12)。

河口域では式①の V が概ね 1.15 の値となった。

一方、湖沼については式①の傾向が明確にはみられなかった。

河川、湖沼のいずれについても式①の関係から外れる要因の一つとして比表面積の算出精度が挙げられる (図 3.1.16)。

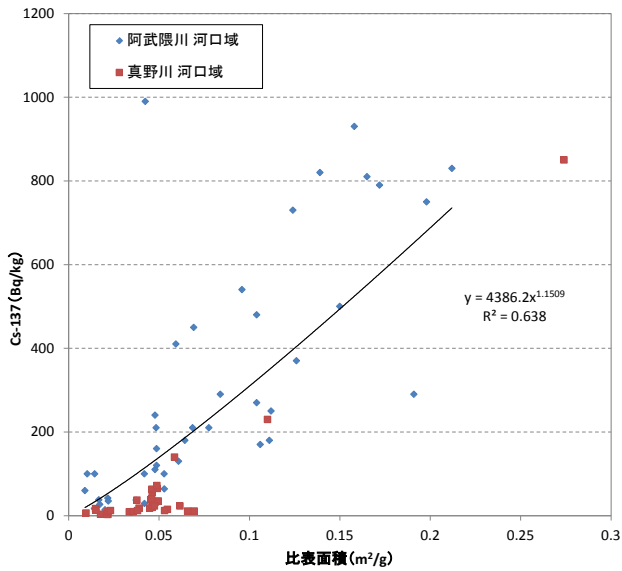
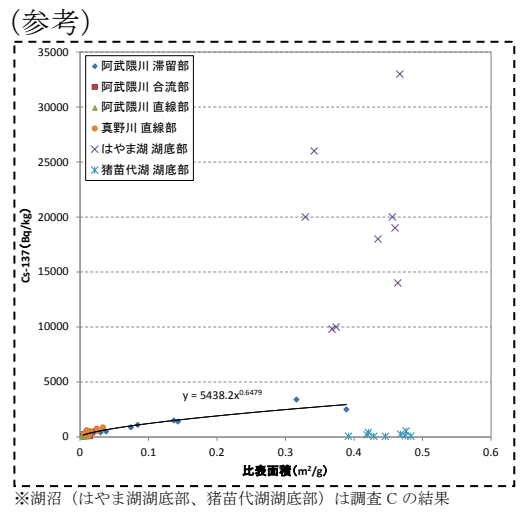
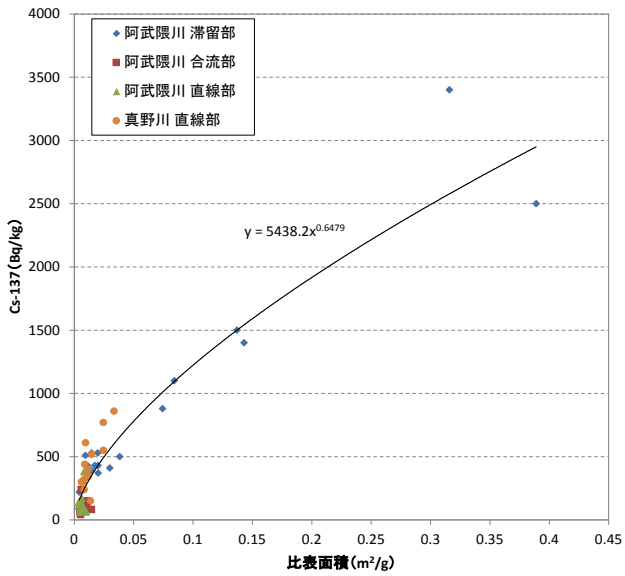
本業務では比表面積をふるい分け・沈降試験の結果から算出しているが、大部分が砂礫でシルト・粘土分が少ない (概ね 5%以下の) 底質や、反対に湖心部の底質のように大部分が粘土で 1μm 以下の粒子を多く含む (概ね 10%以上の) 場合は比表面積の誤差が大きい。比表面積の算出を目的とした粒度試験を行う場合はレーザー法等の導入も検討することが望ましいと考えられる。



注：1. 阿武隈川合流部、直線部、真野川直線部においては、粒度組成のふり分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施しなかった試料は、作図にあたってデータから除外した（表 3.1.2 参照）。これは、沈降分析を実施しなかったために比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性があるためである。また、阿武隈川河口域においては、最も沖合の st.46 については比表面積と放射性セシウム濃度との関係が明らかに他と異なることから、作図にあたってデータから除外した。

2. 「河川」は阿武隈川合流部、滞留部、直線部、真野川直線部の調査結果、「河口域」は阿武隈川河口域、真野川河口域の調査結果である。

図 3.1.11 底質の放射性セシウム濃度と比表面積との関係



- 注：1. 阿武隈川合流部、直線部、真野川直線部においては、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1% 以下であったため沈降分析を実施しなかった試料は、作図にあたってデータから除外した（表 3.1.1 参照）。これは、沈降分析を実施しなかったために比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性があるためである。また、阿武隈川河口域においては、最も沖合の st.46 については比表面積と放射性セシウム濃度との関係が明らかに他と異なることから、作図にあたってデータから除外した。
2. 図中の曲線（黒線）は、上図が阿武隈川滞留部、下図が阿武隈川河口域で求めた放射性セシウム濃度と比表面積の関係式である。

図 3.1.12 関係式(底質の放射性セシウム濃度と比表面積との関係)と調査データとの比較

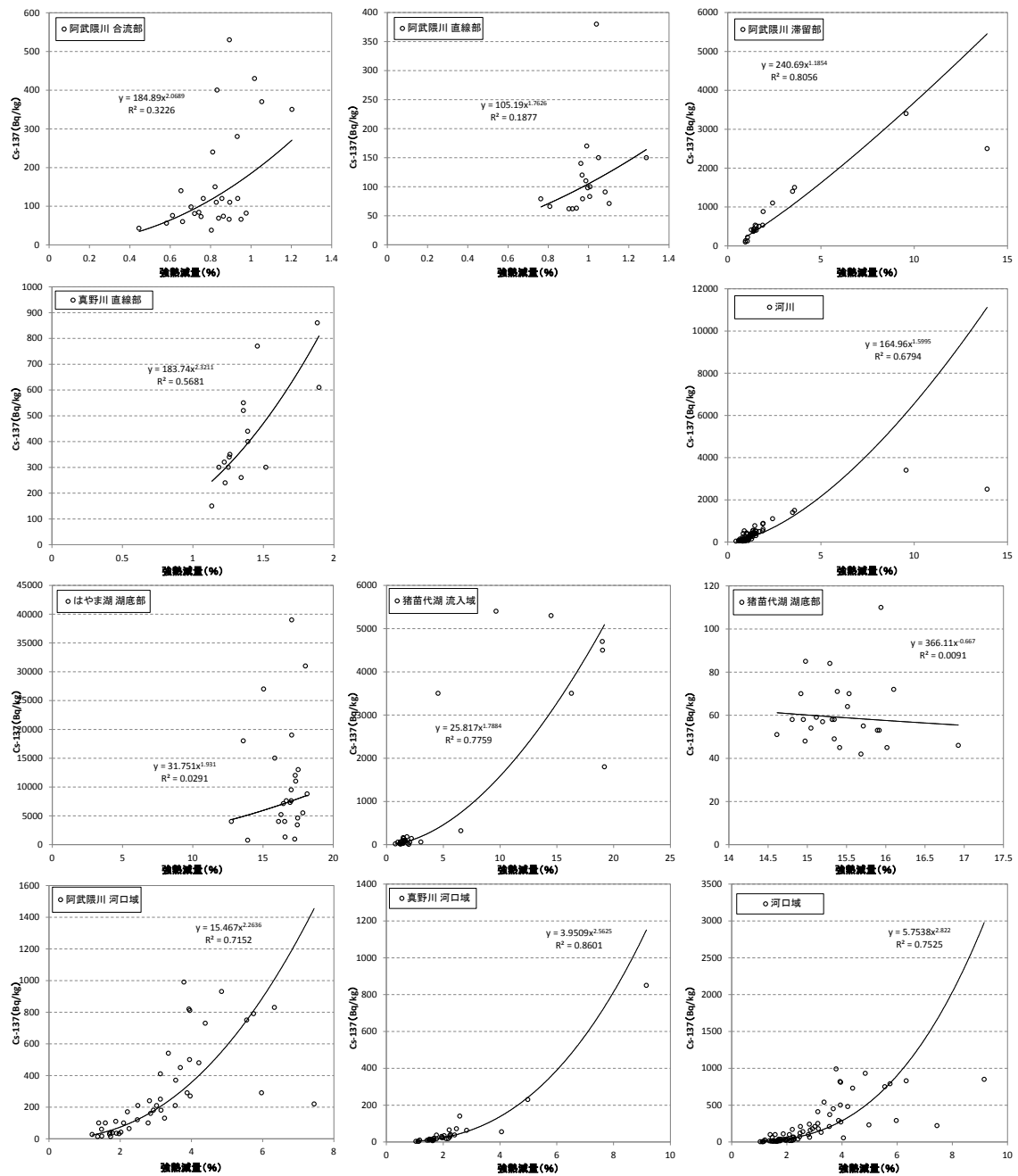
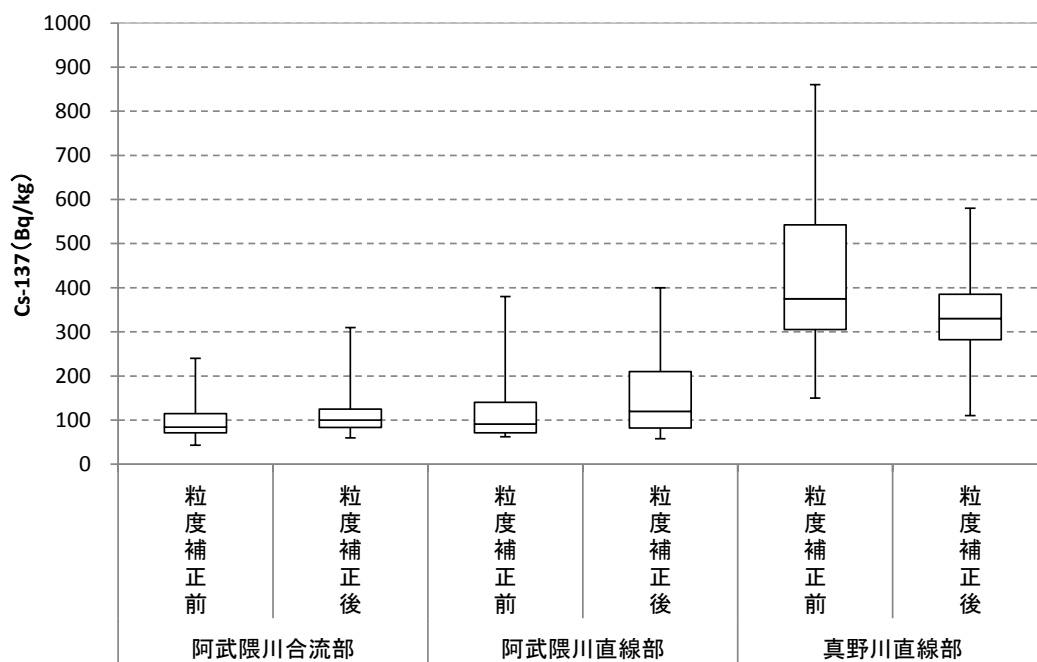


図 3.1.13 底質の放射性セシウム濃度と強熱減量との関係



注：粒度組成のふり分析において粒径0.075mm未満の土粒子の重量が0.1%以下であったため沈降分析を実施しなかった試料は、作図にあたってデータから除外した（表 3.1.1 参照）。これは、沈降分析を実施しなかったために比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性があるためである。

図 3.1.14(1) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較

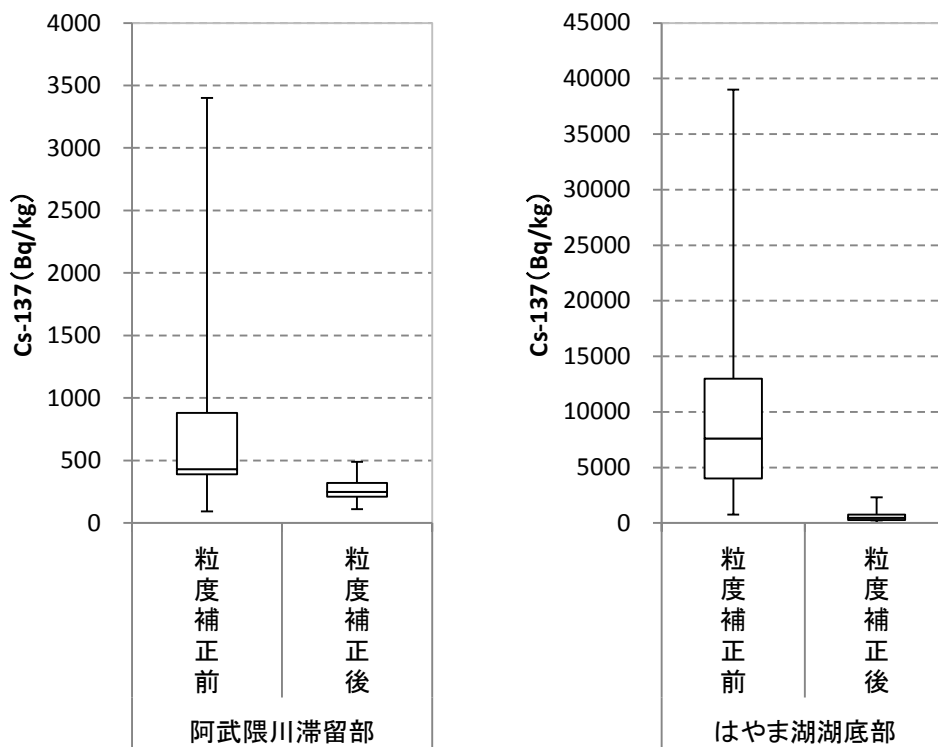


図 3.1.14(2) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較

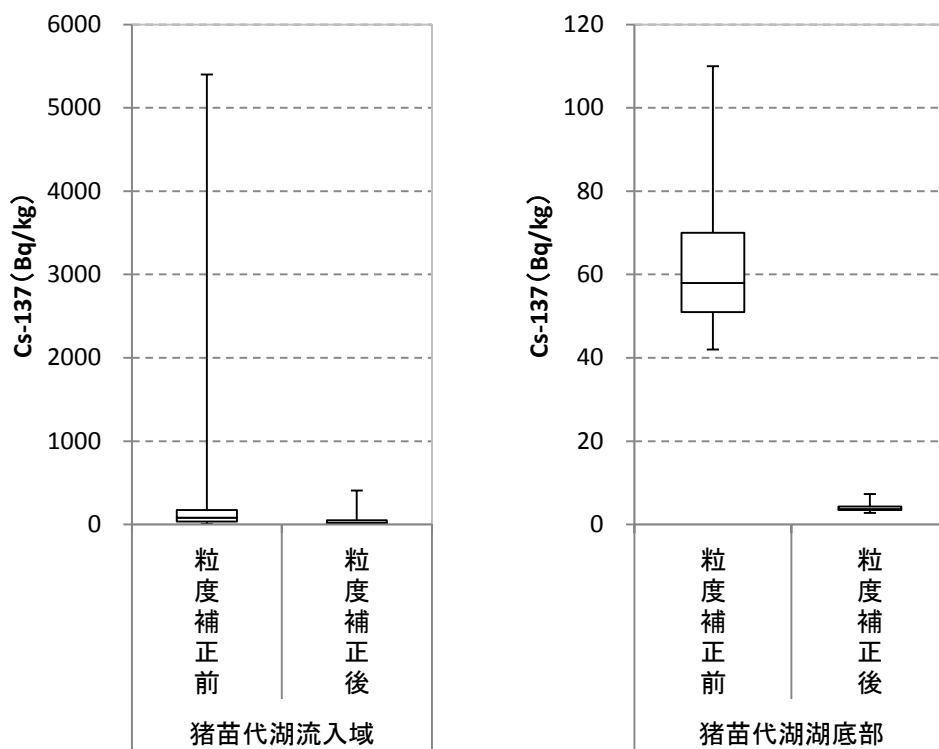
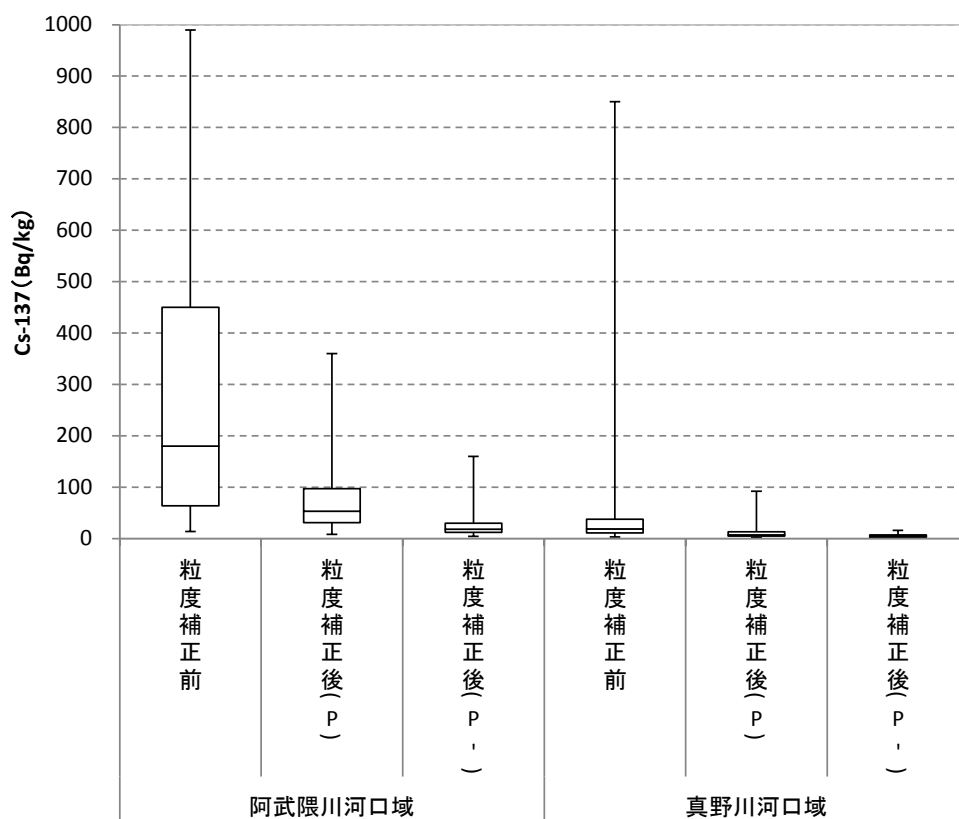


図 3.1.14 (3) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較



注：阿武隈川河口域においては、最も沖合の st.46 については比表面積と放射性セシウム濃度との関係が明らかに他と異なることから、作図にあたってデータから除外した。

図 3.1.14 (4) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較

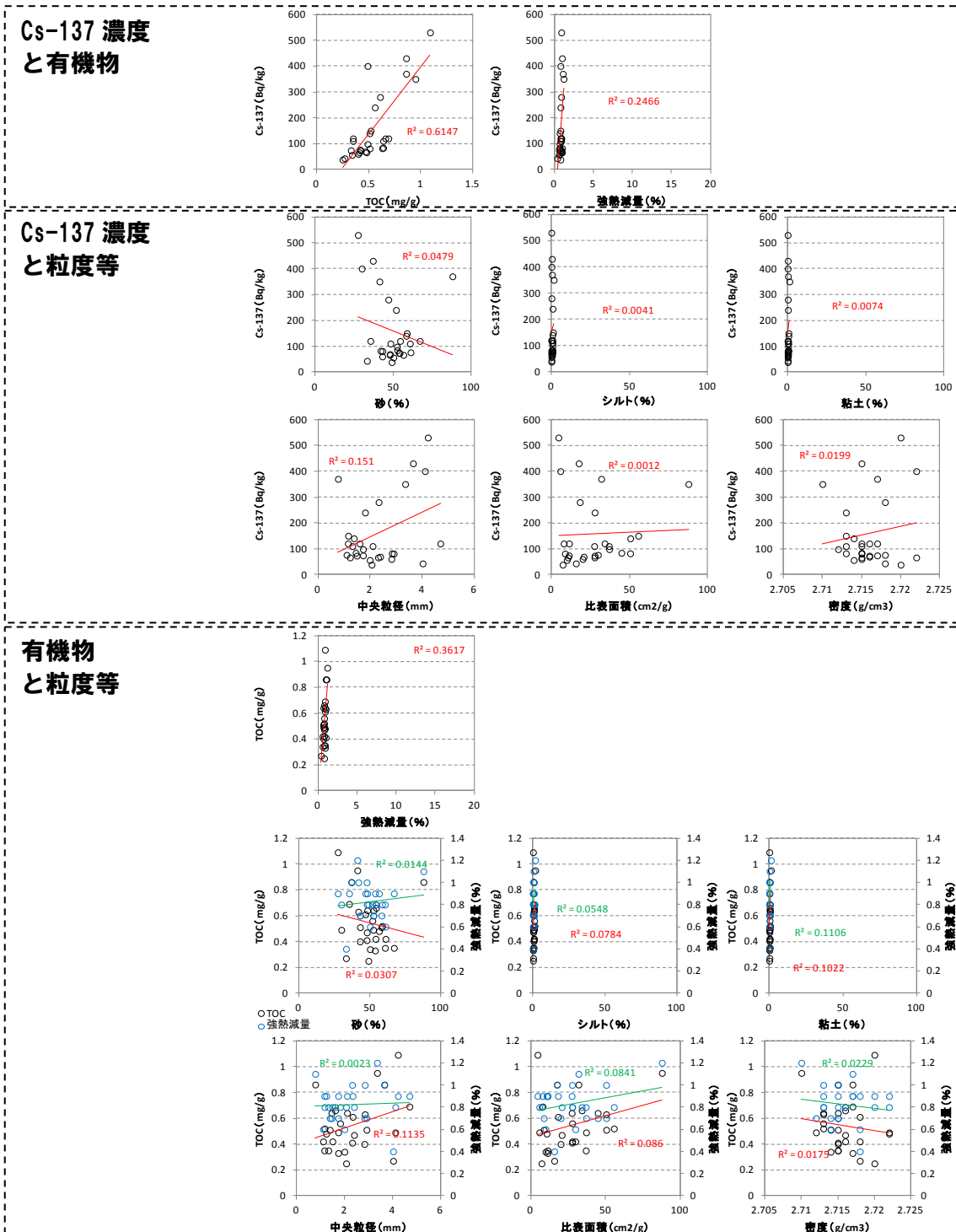


図 3.1.15 (i) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係 (河川 阿武隈川合流部)

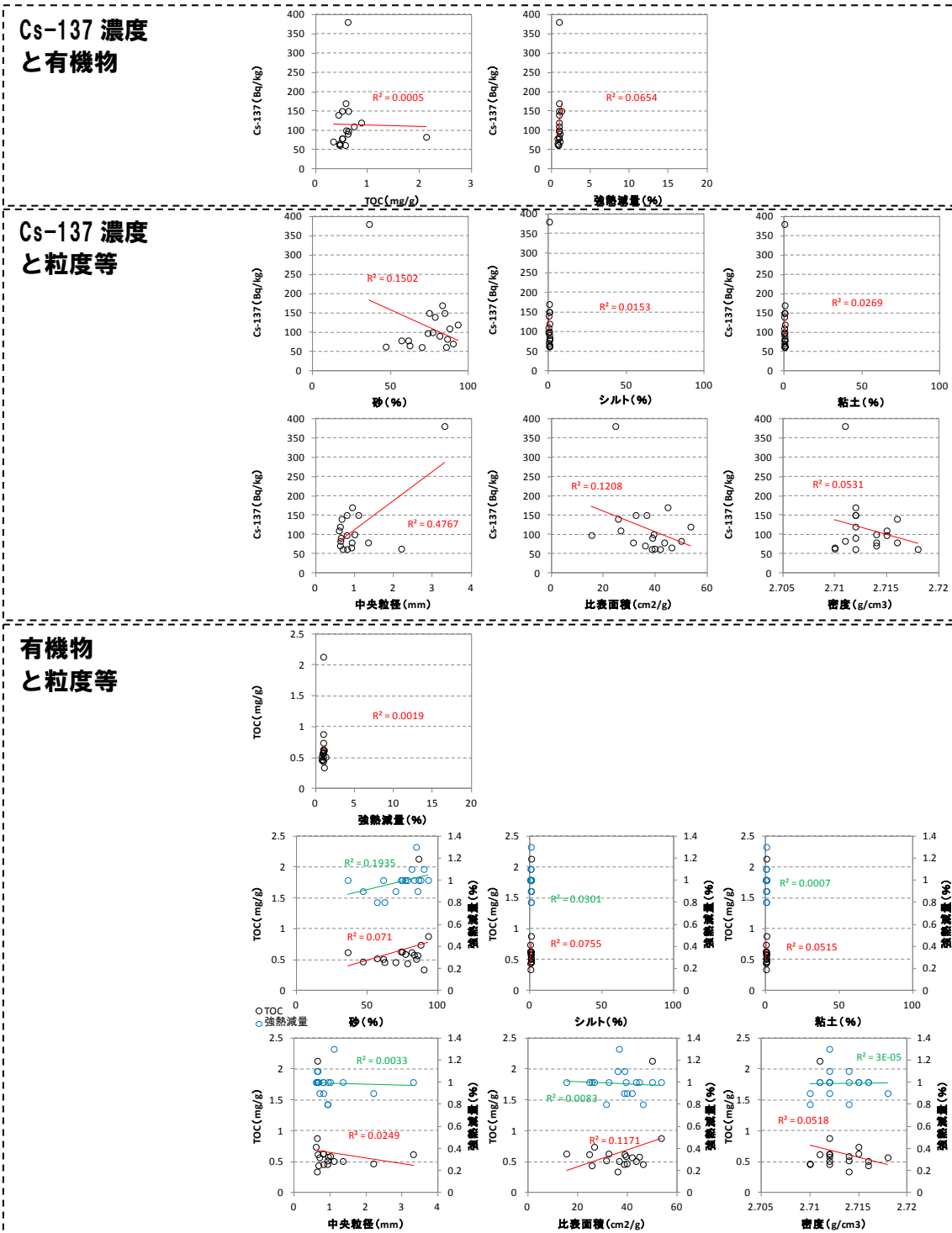


図 3.1.15(2) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(河川 阿武隈川直線部)

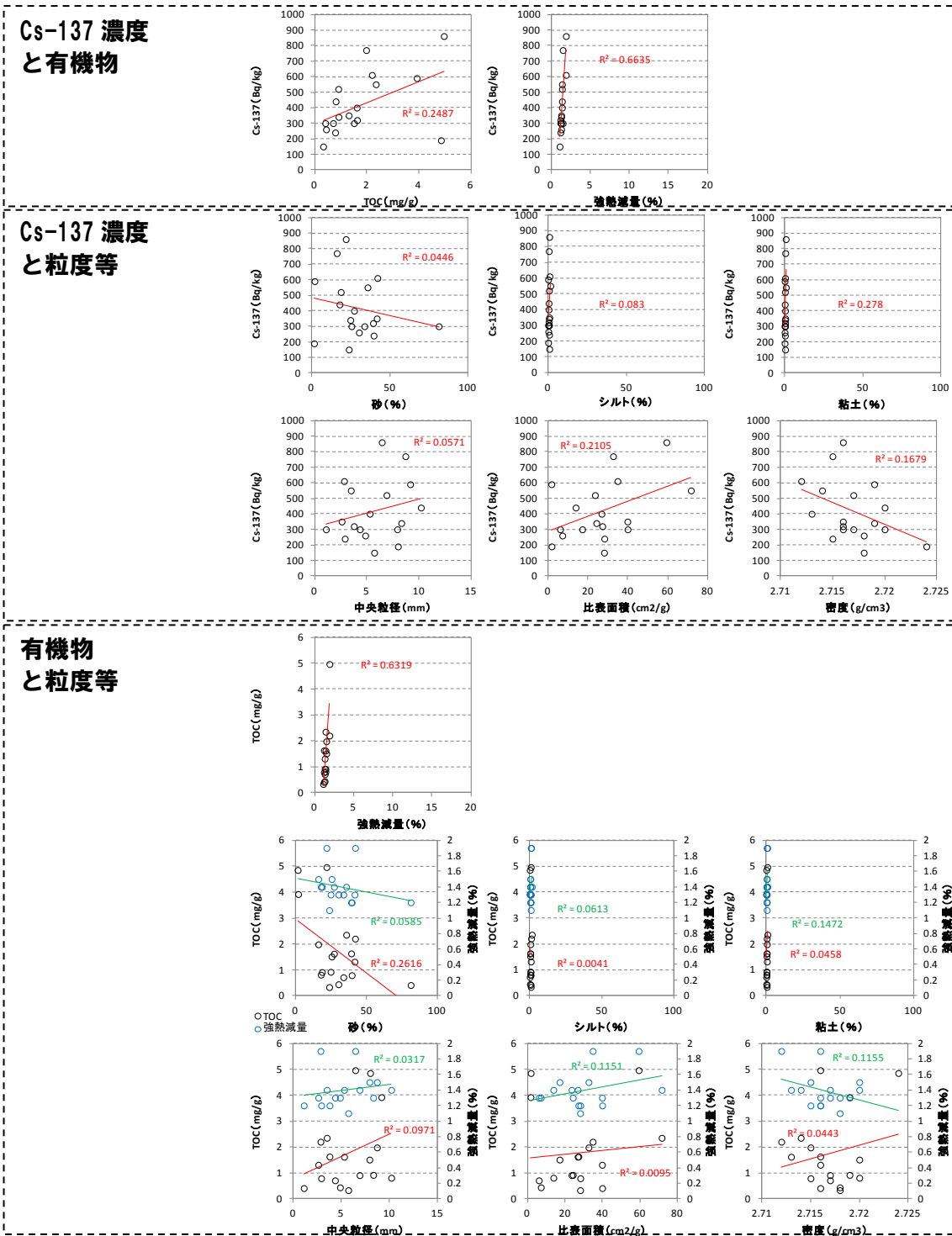


図 3.1.15(3) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(河川 真野川直線部)

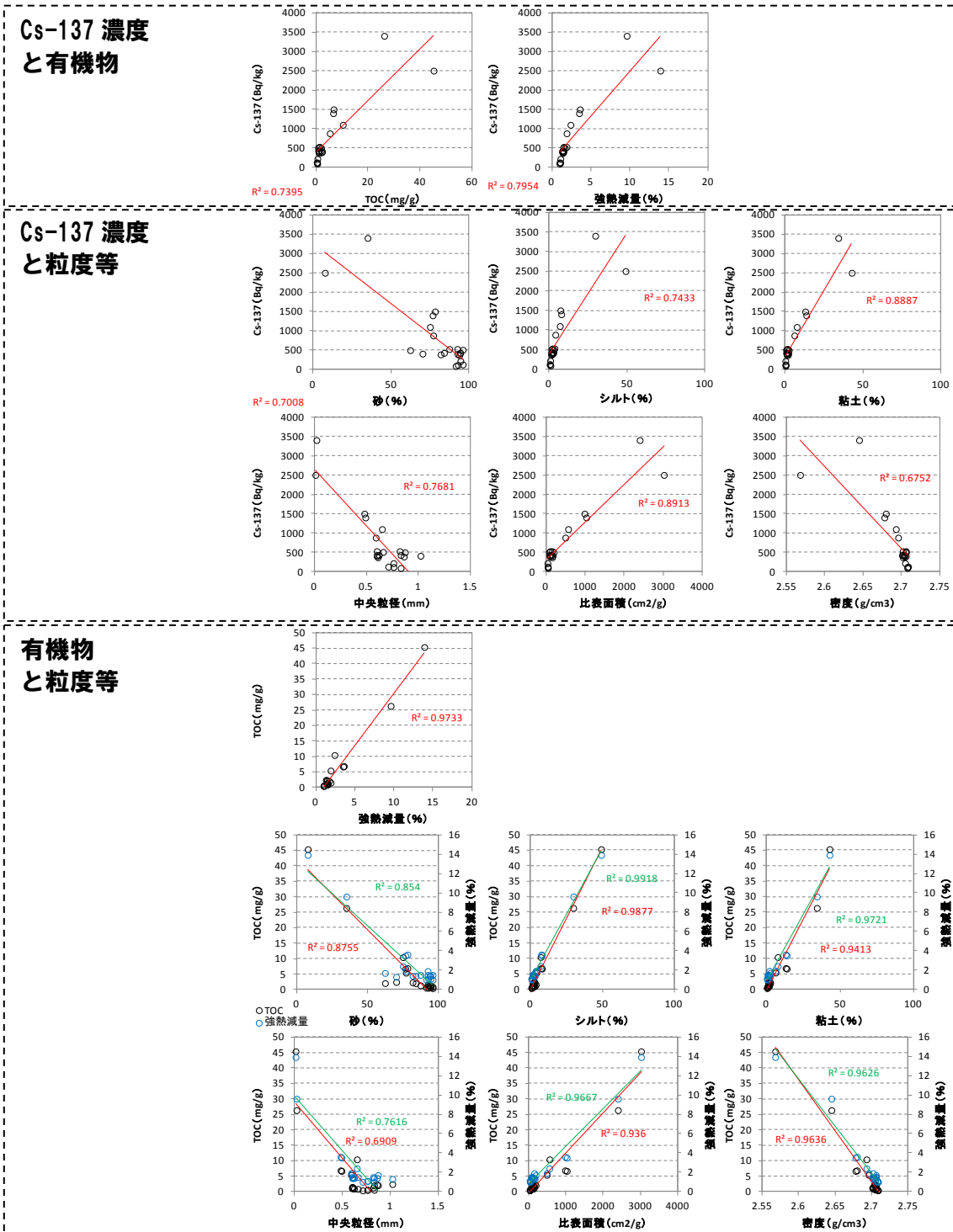


図 3.1.15(4) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(河川 阿武隈川滞留部)

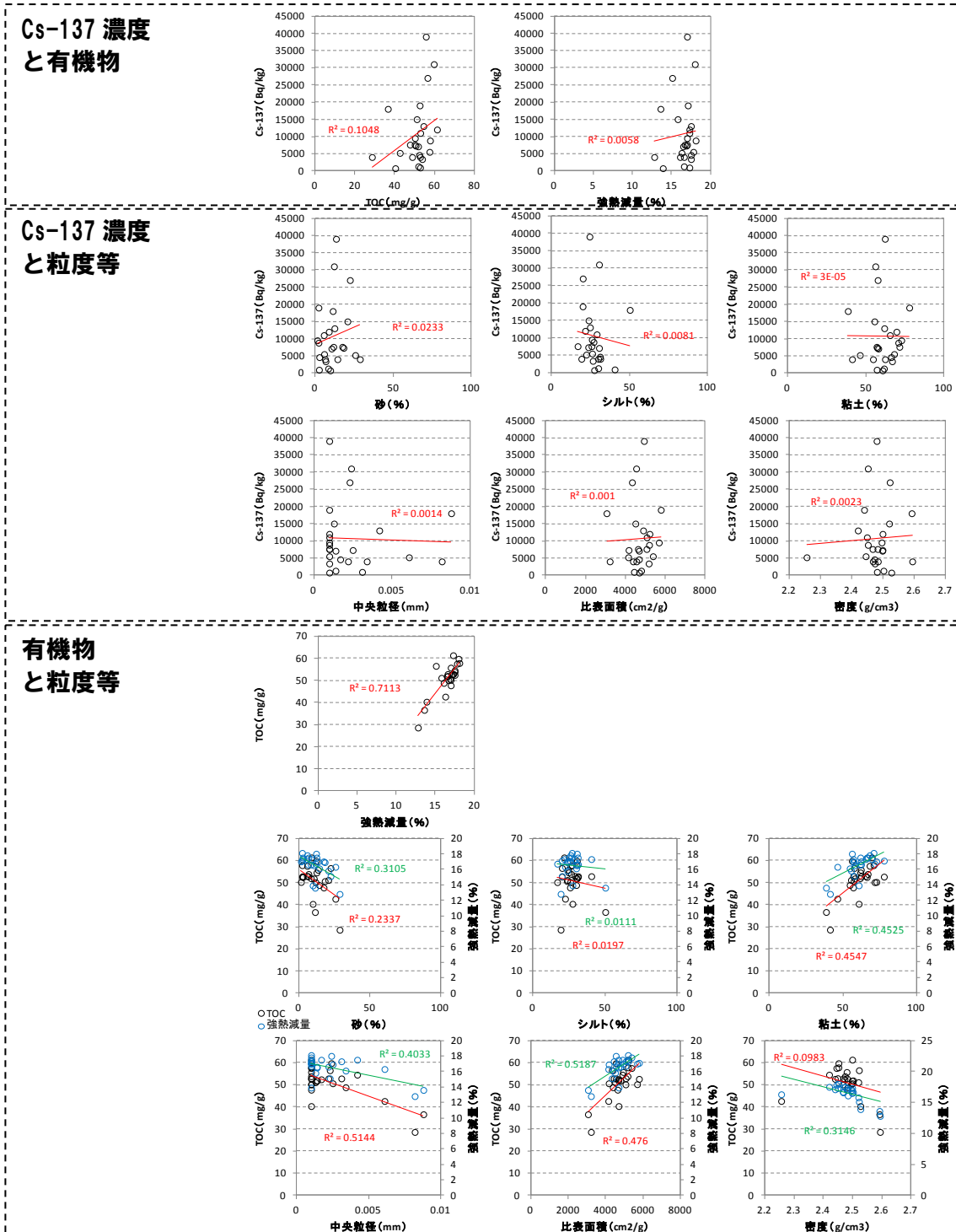


図 3.1.15(5) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(湖沼 はやま湖湖底部)

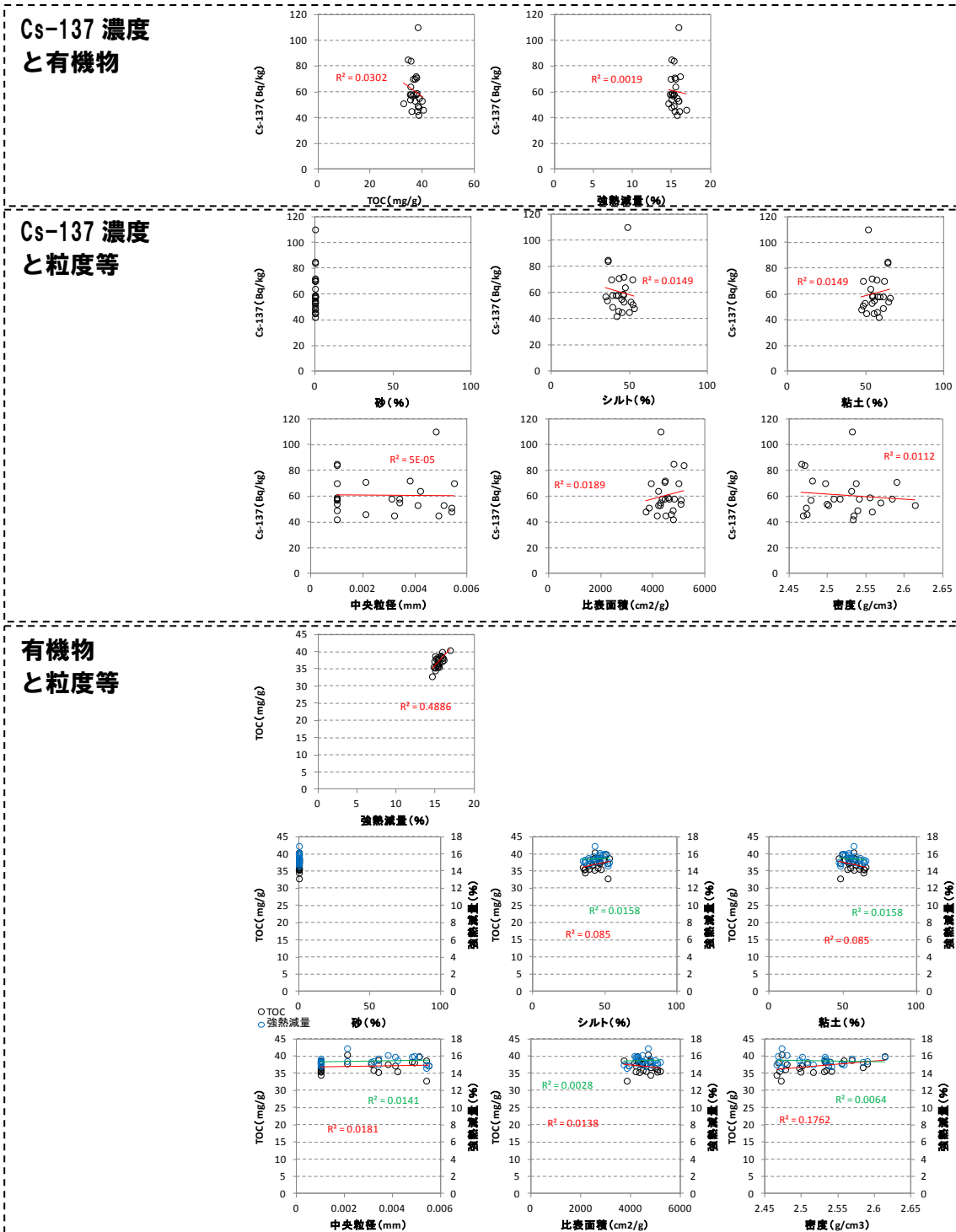


図 3.1.15(6) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(湖沼 猪苗代湖湖底部)

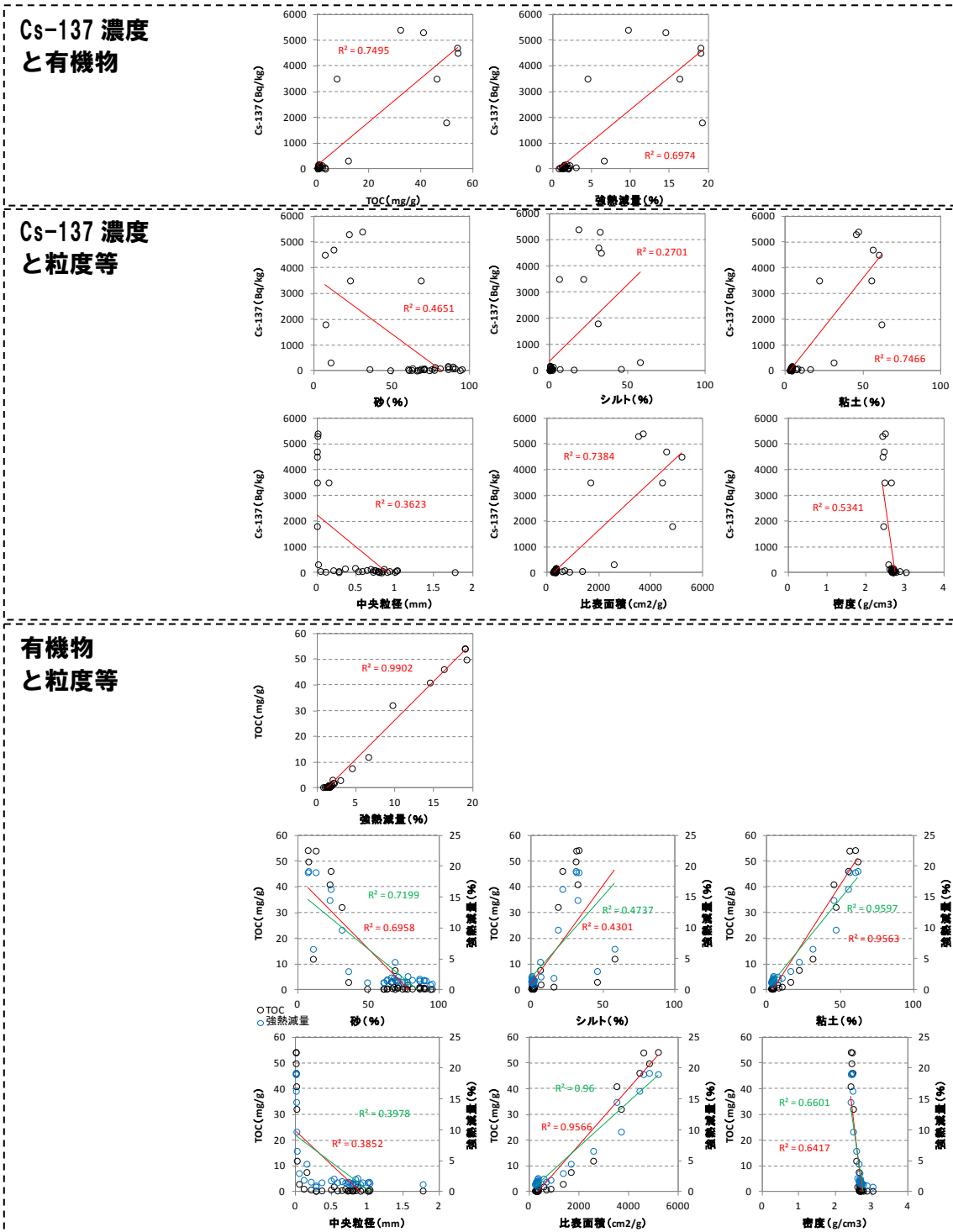
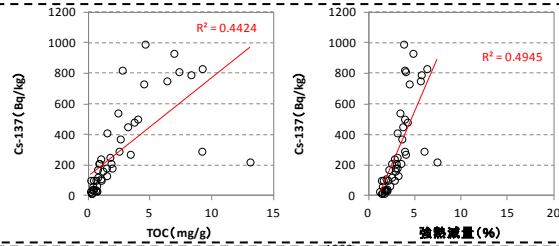
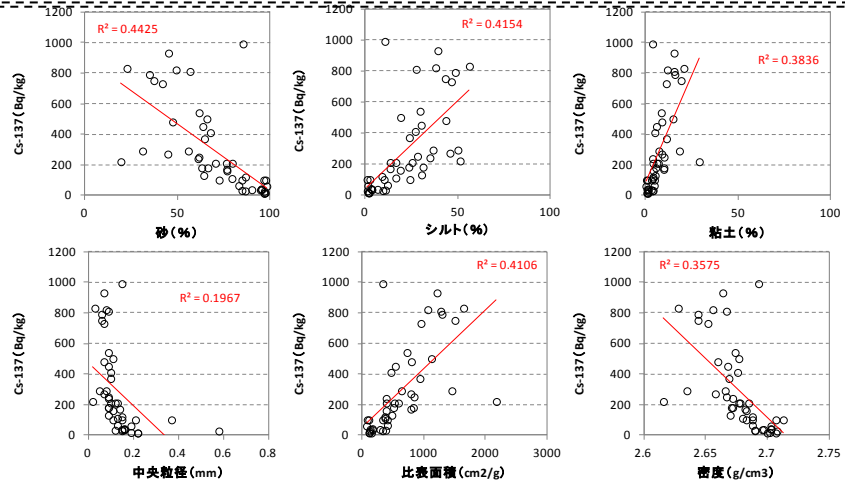


図 3.1.15(7) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係
(湖沼 猪苗代湖流入域)

**Cs-137 濃度
と有機物**



**Cs-137 濃度
と粒度等**



**有機物
と粒度等**

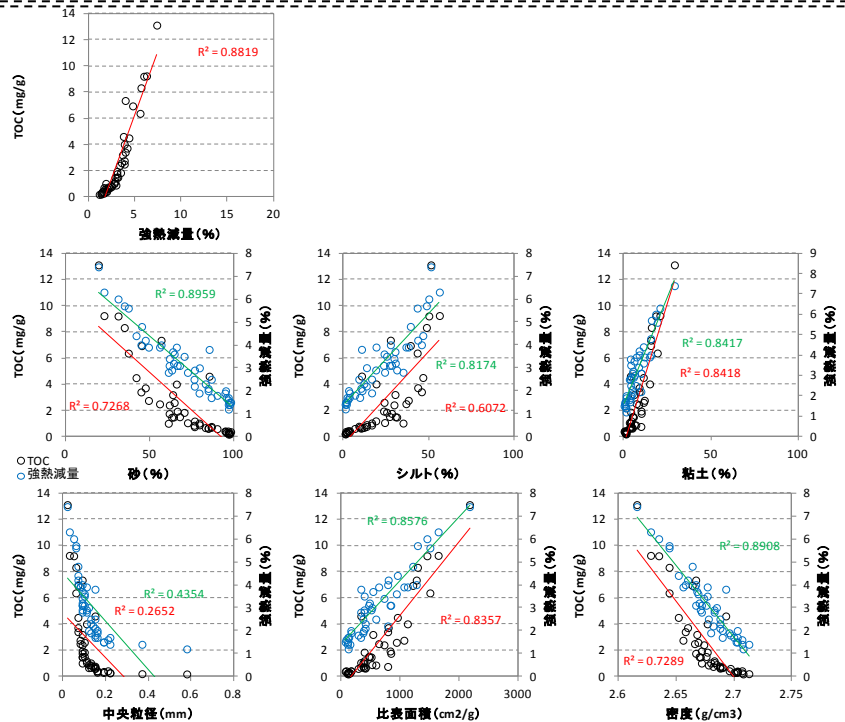


図 3.1.15(8) 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係 (河口 阿武隈川河口域)

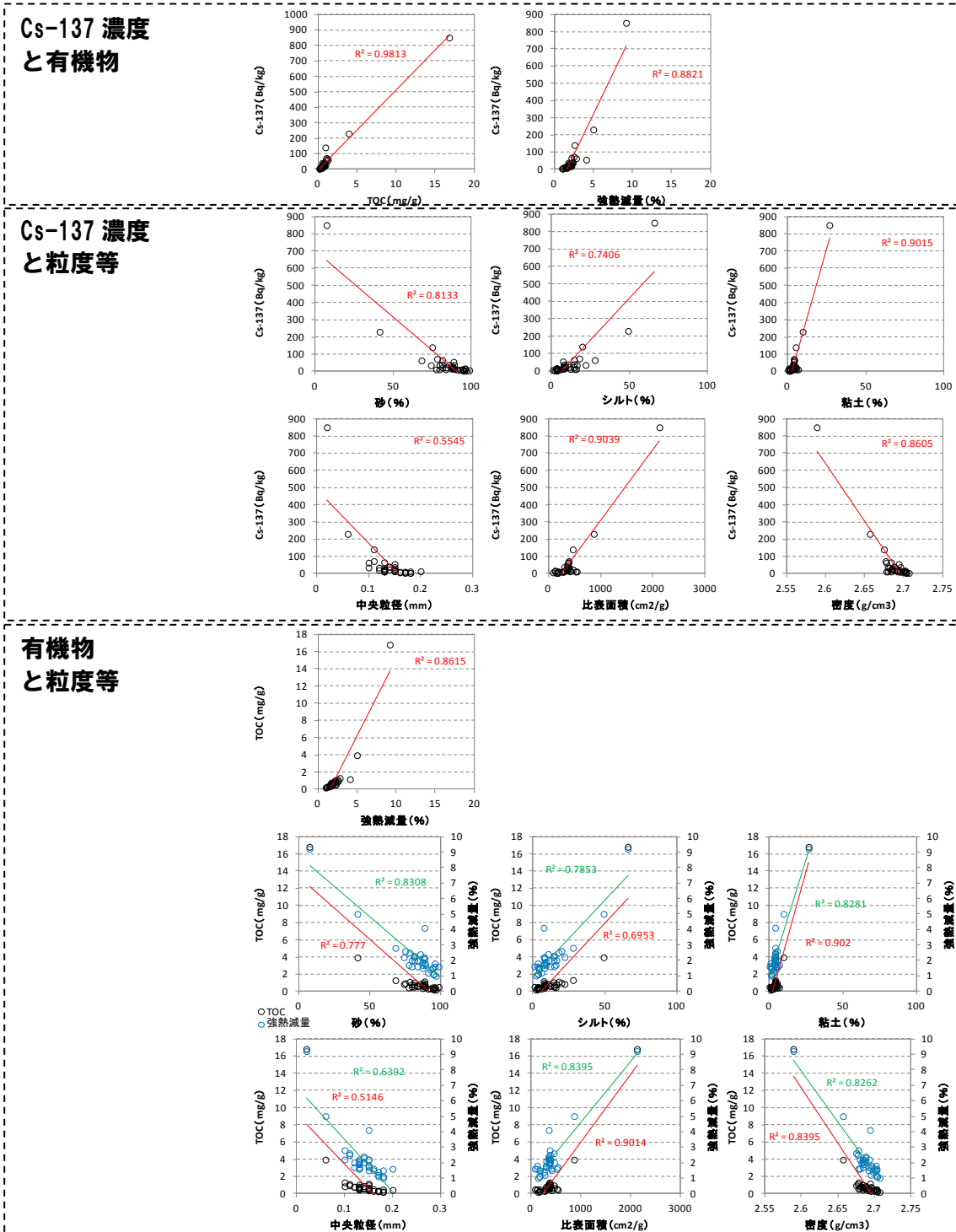


図 3.1.15(9) 底質の Cs-137 濃度 (Bq/kg) と有機物、粒度等との関係及び、有機物と粒度等との関係 (河口 真野川河口域)

(参考) 調査項目間の相関係数

表 3.1.3(1) 調査項目間の相関係数 (河川 阿武隈川合流部)

	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射 性 物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00																
	Cs-137 Bq/kg	1.00	1.00															
有 機 物	TOC mg/g	0.79	0.78	1.00														
	強熱減量 %	0.49	0.50	0.60	1.00													
粒 度	礫 %	0.21	0.21	0.16	-0.13	1.00												
	砂 %	-0.21	-0.22	-0.18	0.12	-1.00	1.00											
	シルト %	0.07	0.06	0.28	0.23	-0.24	0.20	1.00										
	粘土 %	0.10	0.09	0.32	0.33	-0.17	0.12	0.89	1.00									
	中央粒径 mm	0.38	0.39	0.34	0.05	0.90	-0.89	-0.27	-0.15	1.00								
	比表面積 cm ² /g	0.10	0.08	0.34	0.33	-0.05	0.01	0.86	0.98	-0.04	1.00							
そ の 他	密度 g/cm ³	0.13	0.14	-0.13	-0.15	0.19	-0.15	-0.70	-0.66	0.18	-0.68	1.00						
	pH -	-0.28	-0.29	-0.36	-0.36	-0.04	0.05	-0.03	-0.11	-0.19	-0.12	-0.03	1.00					
	ORP mV	-0.61	-0.61	-0.44	-0.01	-0.24	0.24	-0.06	-0.02	-0.31	-0.04	-0.01	-0.29	1.00				
	泥温 °C	0.92	0.91	0.69	0.53	0.15	-0.15	0.04	0.12	0.35	0.13	0.18	-0.25	-0.58	1.00			
	採泥厚 cm	0.27	0.27	0.32	0.17	0.01	-0.02	0.00	0.11	0.13	0.13	-0.24	-0.22	-0.16	0.24	1.00		
	採泥回数 回	-0.08	-0.07	-0.18	-0.03	-0.18	0.18	0.05	0.16	-0.17	0.04	-0.06	0.07	0.11	-0.11	-0.18	1.00	
	全水深 m	-0.58	-0.58	-0.50	-0.38	-0.04	0.06	-0.21	-0.18	-0.15	-0.14	0.10	-0.09	0.44	-0.53	-0.17	-0.11	1.00

表 3.1.3(2) 調査項目間の相関係数 (河川 阿武隈川直線部)

	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射 性 物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00																
	Cs-137 Bq/kg	0.99	1.00															
有 機 物	TOC mg/g	-0.06	-0.02	1.00														
	強熱減量 %	0.20	0.26	0.04	1.00													
粒 度	礫 %	0.47	0.39	-0.27	-0.44	1.00												
	砂 %	-0.47	-0.39	0.27	0.44	-1.00	1.00											
	シルト %	-0.13	-0.12	0.27	-0.17	0.20	-0.22	1.00										
	粘土 %	-0.19	-0.16	0.23	0.03	-0.08	0.06	0.85	1.00									
	中央粒径 mm	0.74	0.69	-0.16	-0.06	0.84	-0.84	0.17	0.06	1.00								
	比表面積 cm ² /g	0.08	0.04	0.04	-0.40	0.58	-0.60	0.79	0.72	0.56	1.00							
そ の 他	密度 g/cm ³	-0.25	-0.23	-0.23	0.01	-0.30	0.31	-0.54	-0.46	-0.36	-0.52	1.00						
	pH -	0.01	0.06	0.19	0.38	-0.42	0.43	-0.09	-0.12	-0.38	-0.44	0.36	1.00					
	ORP mV	-0.22	-0.29	-0.14	-0.37	0.09	-0.09	0.07	-0.12	-0.24	-0.02	-0.16	0.05	1.00				
	泥温 °C	-0.11	-0.15	0.18	-0.21	-0.12	0.12	-0.08	-0.12	-0.30	-0.13	-0.04	0.31	0.78	1.00			
	採泥厚 cm	-0.06	-0.05	0.59	-0.36	-0.10	0.09	0.30	0.18	-0.24	0.13	-0.02	0.23	0.07	0.23	1.00		
	採泥回数 回	-0.11	-0.14	-0.29	0.20	0.18	-0.18	0.01	0.15	0.32	0.22	-0.24	-0.45	0.03	-0.12	-0.80	1.00	
	全水深 m	0.37	0.42	-0.36	0.34	-0.19	0.19	-0.22	0.01	0.05	-0.17	0.11	0.11	-0.09	0.11	-0.40	0.12	1.00

表 3.1.3(3) 調査項目間の相関係数 (河川 真野川直線部)

	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他					
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数
放射 性 物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00															
	Cs-137 Bq/kg	0.98	1.00														
有 機 物	TOC mg/g	0.57	0.50	1.00													
	強熱減量 %	0.25	0.37	-0.35	1.00												
粒 度	礫 %	0.22	0.20	0.50	-0.43	1.00											
	砂 %	-0.24	-0.21	-0.51	0.42	-1.00	1.00										
	シルト %	0.23	0.29	-0.06	0.52	-0.44	0.41	1.00									
	粘土 %	0.49	0.53	0.21	0.53	-0.29	0.27	0.84	1.00								
	中央粒径 mm	0.26	0.24	0.31	-0.29	0.85	-0.84	-0.46	-0.31	1.00							
	比表面積 cm ² /g	0.64	0.70	0.26	0.51	0.02	-0.04	0.64	0.88	0.05	1.00						
そ の 他	密度 g/cm ³	-0.33	-0.41	0.21	-0.63	0.53	-0.52	-0.58	-0.57	0.61	-0.43	1.00					
	pH -	-0.27	-0.18	-0.43	-0.36	-0.08	0.09	-0.24	-0.38	-0.08	-0.26	-0.24	1.00				
	ORP mV	-0.28	-0.29	0.12	-0.39	0.07	-0.06	-0.44	-0.36	0.06	-0.41	0.37	0.12	1.00			
	泥温 °C	0.17	0.22	0.06	0.29	-0.26	0.26	0.32	0.18	-0.41	0.04	-0.39	-0.09	0.10	1.00		
	採泥厚 cm	-0.06	-0.14	0.05	-0.48	-0.18	0.18	0.02	0.06	-0.25	-0.17	0.09	-0.15	-0.06	-0.11	1.00	
	採泥回数 回															1.00	
	全水深 m	0.48	0.43	0.46	0.15	0.21	-0.22	0.09	0.26	0.09	0.25	-0.29	-0.39	0.06	0.39	-0.32	1.00

注：網掛けは、全ての調査地点で採泥回数が1回であるため相関係数が算出できなかった。

表 3.1.3(4) 調査項目間の相関係数 (河川 阿武隈川滞留部)

	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射 性 物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00																
	Cs-137 Bq/kg	1.00	1.00															
有 機 物	TOC mg/g	0.85	0.86	1.00														
	強熱減量 %	0.89	0.89	0.99	1.00													
粒 度	礫 %	-0.26	-0.28	-0.24	-0.29	1.00												
	砂 %	-0.84	-0.84	-0.94	-0.92	-0.09	1.00											
	シルト %	0.86	0.86	0.99	1.00	-0.27	-0.93	1.00										
	粘土 %	0.94	0.94	0.97	0.99	-0.29	-0.92	0.97	1.00									
	中央粒径 mm	-0.87	-0.88	-0.83	-0.87	0.61	0.68	-0.85	-0.89	1.00								
	比表面積 cm ² /g	0.95	0.95	0.96	0.98	-0.26	-0.92	0.96	1.00	-0.88	1.00							
そ の 他	密度 g/cm ³	-0.81	-0.82	-0.98	-0.98	0.30	0.90	-0.99	-0.96	0.84	-0.95	1.00						
	pH -	0.25	0.25	0.56	0.50	0.02	-0.53	0.53	0.46	-0.30	0.45	-0.56	1.00					
	ORP mV	0.01	0.01	-0.11	-0.08	-0.30	0.19	-0.12	-0.03	-0.15	-0.04	0.13	0.02	1.00				
	泥温 °C	-0.31	-0.33	-0.27	-0.26	0.06	0.26	-0.24	-0.30	0.27	-0.32	0.29	0.01	-0.19	1.00			
	採泥厚 cm	0.01	0.00	0.26	0.23	0.07	-0.23	0.27	0.11	-0.09	0.07	-0.19	0.21	0.00	0.17	1.00		
	採泥回数 回	0.25	0.26	0.03	0.09	-0.23	-0.04	0.04	0.20	-0.20	0.23	-0.13	-0.11	0.06	-0.33	-0.78	1.00	
	全水深 m	0.38	0.39	0.35	0.31	0.27	-0.45	0.32	0.34	-0.19	0.36	-0.32	0.09	-0.42	-0.50	0.05	0.05	1.00

表 3.1.3(5) 調査項目間の相関係数 (湖沼 はやま湖湖底部)

項目	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他							
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深	
放射	Cs-134	Bq/kg	1.00																
射性	Cs-137	Bq/kg	1.00	1.00															
物質	TOC	mg/g	0.33	0.32	1.00														
	強熱減量	%	0.08	0.08	0.84	1.00													
粒度	礫	%	-0.20	-0.20	-0.71	-0.57	1.00												
	砂	%	0.16	0.15	-0.48	-0.56	0.65	1.00											
	シルト	%	-0.09	-0.09	-0.14	-0.11	-0.27	-0.35	1.00										
	粘土	%	-0.01	-0.01	0.67	0.67	-0.58	-0.71	-0.38	1.00									
	中央粒径	mm	-0.04	-0.04	-0.72	-0.64	0.65	0.52	0.34	-0.83	1.00								
	比表面積	cm ² /g	0.00	0.00	0.63	0.70	-0.42	-0.58	-0.49	0.93	-0.80	1.00							
その他	密度	g/cm ³	0.05	0.05	-0.31	-0.56	0.00	0.04	0.26	-0.22	0.14	-0.42	1.00						
	pH	-	0.32	0.33	-0.02	-0.14	0.15	0.14	-0.09	-0.09	0.09	0.01	0.03	1.00					
	ORP	mV	-0.08	-0.09	0.13	0.17	-0.15	0.02	0.35	-0.23	0.13	-0.24	0.08	-0.09	1.00				
	泥温	℃	-0.02	-0.02	0.20	0.12	-0.15	-0.04	-0.12	0.16	-0.06	0.02	-0.09	0.06	-0.17	1.00			
	採泥厚	cm	-0.03	-0.04	0.30	0.21	0.01	-0.20	-0.26	0.35	-0.19	0.31	-0.07	-0.15	-0.15	0.34	1.00		
	採泥回数	回	-0.27	-0.26	-0.30	-0.40	0.10	0.00	0.05	-0.06	-0.08	-0.04	0.15	0.18	-0.21	-0.25	-0.47	1.00	
	全水深	m	0.14	0.16	-0.21	-0.29	0.30	0.10	-0.03	-0.14	0.29	-0.24	0.06	0.21	-0.44	0.44	0.06	0.04	1.00

表 3.1.3(6) 調査項目間の相関係数 (湖沼 猪苗代湖湖底部)

項目	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射	Cs-134	Bq/kg	1.00															
射性	Cs-137	Bq/kg	0.80	1.00														
物質	TOC	mg/g	-0.01	-0.17	1.00													
	強熱減量	%	0.15	-0.04	0.70	1.00												
粒度	礫	%				1.00												
	砂	%					1.00											
	シルト	%	-0.21	-0.12	0.29	0.13			1.00									
	粘土	%	0.21	0.12	-0.29	-0.13			-1.00	1.00								
	中央粒径	mm	-0.11	-0.01	0.13	0.12			0.91	-0.91	1.00							
	比表面積	cm ² /g	0.23	0.15	-0.18	-0.02			-0.95	0.95	-0.92	1.00						
その他	密度	g/cm ³	-0.19	-0.11	0.42	-0.08			0.29	-0.29	0.10	-0.28	1.00					
	pH	-	-0.35	-0.29	-0.23	-0.29			-0.03	0.03	-0.07	-0.01	0.08	1.00				
	ORP	mV	-0.02	0.16	-0.41	-0.27			-0.22	0.22	-0.11	0.15	-0.10	0.28	1.00			
	泥温	℃	0.16	0.05	0.34	0.27			-0.03	0.03	-0.03	0.02	0.10	-0.40	-0.55	1.00		
	採泥厚	cm	0.20	0.03	0.02	0.39			0.06	-0.06	0.24	-0.03	-0.23	-0.39	-0.12	0.01	1.00	
	採泥回数	回															1.00	
	全水深	m	0.01	0.12	0.38	0.33			-0.12	0.12	-0.01	0.08	0.31	-0.16	0.09	0.36	0.16	1.00

注：礫・砂の網掛けは全ての調査地点で礫・砂分が0%であるため、採泥回数の網掛けは全ての調査地点で採泥回数が1回であるため相関係数が算出できなかった。

表 3.1.3(7) 調査項目間の相関係数 (湖沼 猪苗代湖流入域)

項目	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他							
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深	
放射	Cs-134	Bq/kg	1.00																
射性	Cs-137	Bq/kg	1.00	1.00															
物質	TOC	mg/g	0.87	0.87	1.00														
	強熱減量	%	0.84	0.84	1.00	1.00													
粒度	礫	%	-0.49	-0.49	-0.51	-0.52	1.00												
	砂	%	-0.69	-0.68	-0.83	-0.85	0.23	1.00											
	シルト	%	0.52	0.52	0.66	0.69	-0.56	-0.84	1.00										
	粘土	%	0.87	0.86	0.98	0.98	-0.57	-0.87	0.75	1.00									
	中央粒径	mm	-0.60	-0.60	-0.62	-0.63	0.88	0.46	-0.69	-0.70	1.00								
	比表面積	cm ² /g	0.87	0.87	0.98	0.98	-0.55	-0.88	0.74	1.00	-0.69	1.00							
その他	密度	g/cm ³	-0.74	-0.73	-0.80	-0.81	0.32	0.78	-0.61	-0.81	0.43	-0.81	1.00						
	pH	-	0.22	0.22	0.19	0.18	-0.12	-0.13	0.08	0.20	-0.10	0.19	-0.03	1.00					
	ORP	mV	-0.80	-0.80	-0.81	-0.81	0.57	0.74	-0.69	-0.87	0.67	-0.86	0.75	-0.10	1.00				
	泥温	℃	0.79	0.79	0.79	0.79	-0.55	-0.69	0.63	0.83	-0.69	0.82	-0.73	0.18	-0.80	1.00			
	採泥厚	cm	0.44	0.45	0.48	0.48	-0.21	-0.29	0.11	0.46	-0.12	0.46	-0.49	0.07	-0.53	0.40	1.00		
	採泥回数	回	-0.12	-0.12	-0.11	-0.10	0.09	-0.13	0.23	-0.06	-0.07	-0.06	0.07	-0.07	0.04	-0.12	-0.39	1.00	
	全水深	m	0.84	0.84	0.76	0.76	-0.57	-0.74	0.72	0.84	-0.68	0.84	-0.71	0.23	-0.85	0.81	0.38	-0.14	1.00

表 3.1.3(8) 調査項目間の相関係数 (河口 阿武隈川河口域)

項目	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射 性物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00																
	Cs-137 Bq/kg	1.00	1.00															
有 機 物	TOC mg/g	0.65	0.67	1.00														
	強熱減量 %	0.70	0.70	0.94	1.00													
粒 度	礫 %	0.23	0.21	0.18	0.21	1.00												
	砂 %	-0.65	-0.67	-0.85	-0.95	-0.22	1.00											
	シルト %	0.63	0.64	0.78	0.90	0.22	-0.98	1.00										
	粘土 %	0.61	0.62	0.92	0.92	0.18	-0.89	0.80	1.00									
	中央粒径 mm	-0.43	-0.44	-0.51	-0.66	0.17	0.69	-0.69	-0.57	1.00								
	比表面積 cm ² /g	0.63	0.64	0.91	0.92	0.20	-0.91	0.82	1.00	-0.59	1.00							
そ の 他	密度 g/cm ³	-0.59	-0.60	-0.85	-0.94	-0.19	0.98	-0.96	-0.90	0.72	-0.92	1.00						
	pH	-0.47	-0.48	-0.33	-0.43	-0.13	0.46	-0.48	-0.32	0.34	-0.34	0.43	1.00					
	ORP mV	-0.57	-0.57	-0.43	-0.48	0.01	0.42	-0.40	-0.42	0.43	-0.42	0.42	0.19	1.00				
	泥温 °C	0.34	0.33	0.27	0.39	0.28	-0.37	0.39	0.25	-0.28	0.26	-0.38	-0.21	-0.45	1.00			
	採泥厚 cm	0.31	0.31	0.27	0.23	-0.05	-0.20	0.15	0.31	0.02	0.30	-0.21	0.10	-0.16	0.12	1.00		
	採泥回数 回																1.00	
	全水深 m	0.49	0.50	0.60	0.73	0.02	-0.81	0.79	0.74	-0.69	0.77	-0.82	-0.43	-0.47	0.41	0.16		1.00

注：網掛けは、全ての調査地点で採泥回数が1回であるため相関係数が算出できなかった。

表 3.1.3(9) 調査項目間の相関係数 (河口 真野川河口域)

項目	単位	放射性物質		有機物		粒度						その他						
		Cs-134	Cs-137	TOC	強熱減量	礫	砂	シルト	粘土	中央粒径	比表面積	密度	pH	ORP	泥温	採泥厚	採泥回数	全水深
放射 性物 質	Cs-134 Bq/kg	1.00																
	Cs-137 Bq/kg	1.00	1.00															
有 機 物	TOC mg/g	0.99	0.99	1.00														
	強熱減量 %	0.94	0.94	0.93	1.00													
粒 度	礫 %	-0.14	-0.13	-0.13	-0.11	1.00												
	砂 %	-0.90	-0.90	-0.88	-0.91	0.17	1.00											
	シルト %	0.85	0.86	0.83	0.89	-0.16	-0.99	1.00										
	粘土 %	0.95	0.95	0.95	0.91	-0.20	-0.94	0.89	1.00									
	中央粒径 mm	-0.73	-0.74	-0.72	-0.80	0.23	0.91	-0.93	-0.81	1.00								
	比表面積 cm ² /g	0.95	0.95	0.95	0.91	-0.20	-0.94	0.90	1.00	-0.82	1.00							
そ の 他	密度 g/cm ³	-0.92	-0.93	-0.92	-0.91	0.19	0.97	-0.94	-0.97	0.89	-0.97	1.00						
	pH	-0.33	-0.32	-0.31	-0.39	-0.10	0.39	-0.41	-0.32	0.43	-0.33	0.36	1.00					
	ORP mV	-0.12	-0.11	-0.13	-0.02	0.23	0.13	-0.10	-0.23	0.02	-0.22	0.17	-0.05	1.00				
	泥温 °C	0.48	0.48	0.46	0.45	-0.04	-0.52	0.55	0.41	-0.45	0.42	-0.51	-0.39	-0.15	1.00			
	採泥厚 cm	0.25	0.25	0.22	0.29	0.24	-0.21	0.20	0.24	-0.14	0.23	-0.24	-0.03	0.15	0.03	1.00		
	採泥回数 回																1.00	
	全水深 m	0.21	0.23	0.19	0.25	0.06	-0.34	0.37	0.21	-0.42	0.21	-0.34	-0.30	0.06	0.52	0.04		1.00

注：網掛けは、全ての調査地点で採泥回数が1回であるため相関係数が算出できなかった。

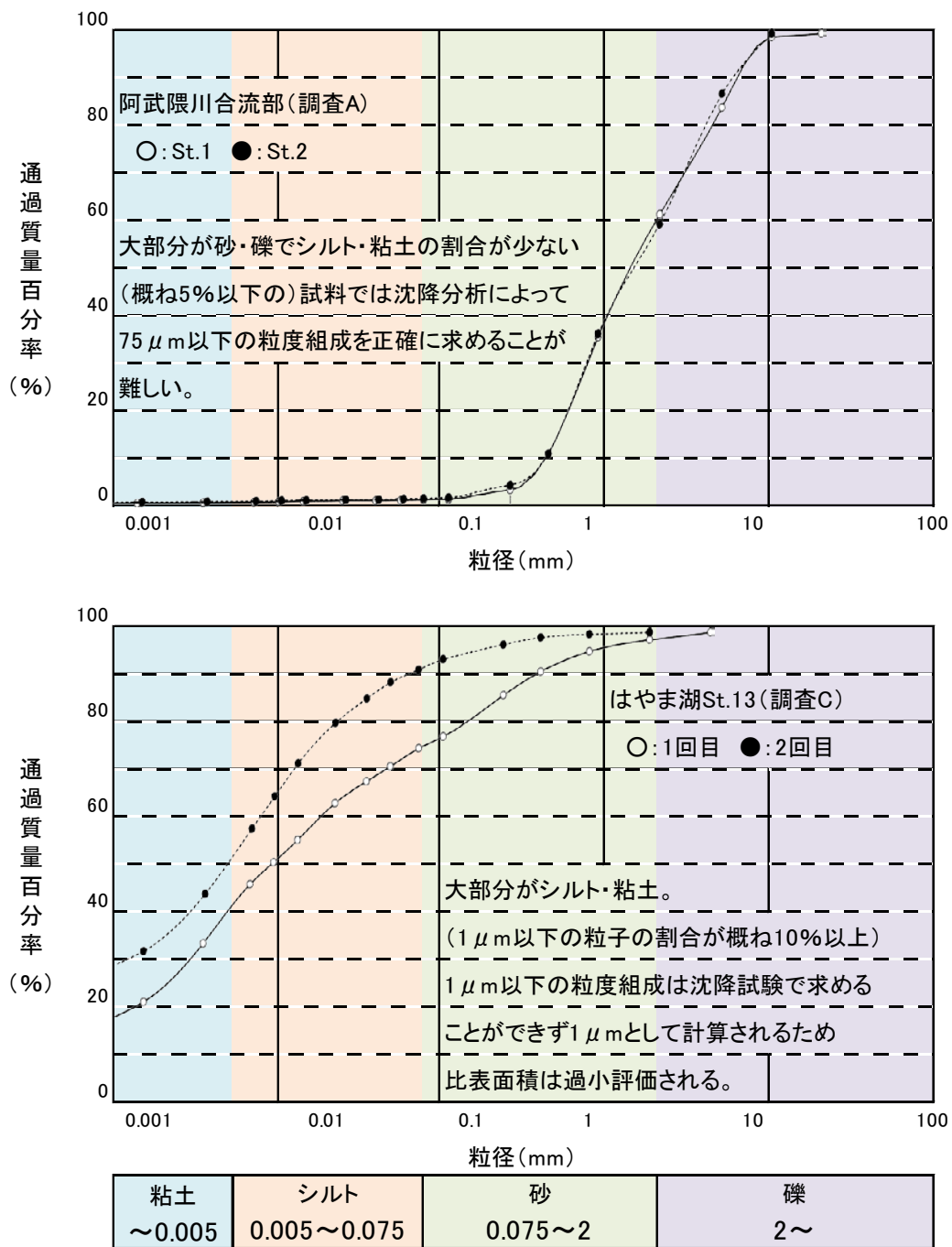


図 3.1.16 ふるい分け・沈降試験による正確な比表面積算出が難しい試料の例
(上：阿武隈川合流部 下：はやま湖湖底部)

3.1.1.2 調査B;柱状採泥調査

3.1.1.2(1)調査B;柱状採泥調査結果の概要

調査B ; 柱状採泥調査結果は表 3.1.4 に、地点ごとの鉛直分布は図 3.1.17～図 3.1.22 に示すとおりである。

【阿武隈川 滞留部】(表 3.1.4、図 3.1.17)

- ・阿武隈川滞留部の鉛直コアは、いずれの地点も表層 0-3cm 層は砂混じりシルト、3cm 以深は砂であった。
- ・セシウム 137 の値は、いずれの地点も表層で高く、下層で低い傾向にあり、特に堰近傍の St.2、St.7 の表層 0-3cm は、それぞれ 930Bq/kg、1,000Bq/kg と高い値であった。地点間の差が認められた層は主に 0-3cm 層のみであり、3cm 以深はいずれの地点も 200Bq/kg 以下と表層に比べて低い傾向にあった。

【はやま湖 湖底部】(表 3.1.4、図 3.1.18)

- ・はやま湖湖底部の鉛直コアは、いずれの地点も主にシルトであった。
- ・セシウム 137 の値は、いずれの地点も表層で高く、下層で低い傾向にあり、表層 0-3cm 層で 77,000～110,000Bq/kg とその他の水域に比べて高く、9cm 以深ではおおむね数百 Bq/kg 程度の値を示した。

【猪苗代湖 流入部】(表 3.1.4、図 3.1.19)

- ・猪苗代湖流入部の鉛直コアは、いずれの地点も主に砂であり、河口部の St.34 においては、主に礫混じり砂であった。
- ・セシウム 137 の値は、いずれの地点も表層 0-3cm から下層 21-24cm までほぼ一様であり、一部、St.14 においては、下層ほど 200Bq/kg を超える比較的高い値が確認されたが、その他の地点・層ではいずれも 150Bq/kg 以下と鉛直的にほぼ一様であった。

【猪苗代湖 湖底部】(表 3.1.4、図 3.1.20)

- ・猪苗代湖湖底部の鉛直コアは、いずれの地点もシルトであった。
- ・セシウム 137 の値は、表層 0-3cm 層で 88～4,100Bq/kg と地点間の差が認められた。3cm 以深はいずれの地点もおおむね数百 Bq/kg 以下の値であり、おおむね地点間の差は認められなかった。薄く表層にセシウム濃度の高い底質が不均一に存在しているものと考えられる。

【阿武隈川 河口域】(表 3.1.4、図 3.1.21)

- ・阿武隈川河口海域の鉛直コアは、主に砂、またはシルト混じり砂であり、St.16 の下層(18cm 以深)でのみシルトであった。
- ・セシウム 137 の値は、表層 0-3cm 層で 10～590Bq/kg の範囲にあり、おおむね鉛直的に一様である地点が多いが、対象水域の南側の地点(St.7、St.30)では、表層に比べて下層で高く、一方、北側や沖の地点(St.28、St.42)では表層から 20cm 付近までほぼ一様で、20cm 以深のみ値が低下する傾向にあり、地点間で鉛直分布の異なる地点が認められた。

【真野川 河口域】(表 3.1.4、図 3.1.22)

- ・真野川河口海域の鉛直コアは、主に砂であった。
- ・セシウム 137 の値は、表層 0-3cm 層で 3~35Bq/kg の範囲にあり、その他の水域に比べて低く、また、鉛直的にはほぼ同様であった。

(底質中の深度方向の放射性セシウムの分布についてのまとめ)

河川の滞留部、湖沼の湖底部では表層から 3cm までの層で放射性セシウム濃度が最大を示した。

湖沼の河川流入域では表層から 24cm 付近までほぼ一様な分布を示した。

河川の河口域は表層から 24cm 付近まで概ね一様な分布を示したが、阿武隈川 St.30、真野川 St.3 のように表層より深い場所 (24cm 付近) で放射性セシウム濃度が最大となった地点もみられた。

表 3.1.4 (1) 調査B・柱状採泥調査結果

	調査日	地点 番号	全水深 (m)	採取方法	採泥層	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	Cs-134	Cs-137					
										(Bq/kg)	(Bq/kg)					
阿武隈川 滞留部	平成25年1月23日	2	1.7	潜水土	00~03cm	砂混りシルト	暗オリーブ	無臭	6.0	540	930					
					03~06cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	5.6	73	130					
					06~09cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.1	47	86					
					09~12cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.3	44	78					
					12~15cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.2	21	39					
					15~18cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.2	20	42					
					18~21cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.5	23	54					
					21~24cm	砂	暗オリーブ	無臭	5.3	29	62					
					7	1.5	潜水土	00~03cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	6.6	550	1,000		
								03~06cm	砂	暗オリーブ	無臭	6.8	95	170		
		06~09cm	砂	暗オリーブ				無臭	6.7	50	85					
		09~12cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.8	28	64					
		12~15cm	砂	灰オリーブ				無臭	7.4	19	47					
		15~18cm	砂	灰オリーブ				無臭	7.5	13	34					
		18~21cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.6	18	24					
		21~24cm	砂	灰オリーブ				無臭	7.0	12	27					
		11	1.1	潜水土				00~03cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	12.3	130	230		
								03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	10.8	47	95		
					06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.6	81	160					
					09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	11.3	37	83					
					12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.0	23	44					
					15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.2	24	49					
					18~21cm	砂	灰	無臭	8.5	20	36					
					21~24cm	砂	灰	無臭	8.1	10	23					
					15	1.0	潜水土	00~03cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	14.0	250	460		
								03~06cm	砂	灰オリーブ	無臭	10.2	36	88		
		06~09cm	砂	灰オリーブ				無臭	9.4	35	51					
		09~12cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.4	24	55					
		12~15cm	砂	灰オリーブ				無臭	9.2	12	28					
		15~18cm	砂	灰オリーブ				無臭	9.4	14	31					
		18~21cm	砂	灰オリーブ				無臭	9.5	14	19					
		21~24cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.4	11	23					
		19	1.4	潜水土				00~03cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	10.0	230	360		
								03~06cm	砂	灰オリーブ	無臭	10.2	100	190		
					06~09cm	砂	灰オリーブ	無臭	9.3	36	74					
					09~12cm	砂	灰オリーブ	無臭	9.3	30	46					
					12~15cm	砂	灰オリーブ	無臭	11.6	16	34					
					15~18cm	砂	灰オリーブ	無臭	11.4	12	24					
					18~21cm	砂	灰オリーブ	無臭	11.7	10	22					
					21~24cm	砂	灰オリーブ	無臭	11.3	10	22					
					はやま湖 底部部	平成25年1月22日	1	39.8	柱状採泥器	00~03cm	シルト	黒	弱泥臭	4.3	51,000	94,000
										03~06cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	4,600	8,400
		06~09cm	シルト	オリーブ黒						弱泥臭	4.4	410	790			
		09~12cm	シルト	オリーブ黒						弱泥臭	4.5	200	400			
		12~15cm	シルト	オリーブ黒						弱泥臭	4.4	180	340			
		15~18cm	シルト	オリーブ黒						弱泥臭	4.5	60	93			
		18~21cm	シルト	オリーブ黒						弱泥臭	4.3	620	1,100			
		21~24cm	NS	NS						NS	NS	NS	NS			
		5	38.8	柱状採泥器						00~03cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.7	43,000	77,000
										03~06cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	11,000	20,000
06~09cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	5.0	3,200	5,800					
09~12cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	5.0	600	1,100					
12~15cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	4.8	310	550					
15~18cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	5.0	200	400					
18~21cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	5.0	150	310					
21~24cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	4.8	77	150					
13	47.0						柱状採泥器	00~03cm	シルト	黒	弱泥臭	5.0	49,000	90,000		
								03~06cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.7	7,100	12,000		
		06~09cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.7	330	590					
		09~12cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	5.0	380	730					
		12~15cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.5	330	640					
		15~18cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.5	100	220					
		18~21cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.6	56	99					
		21~24cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.6	56	110					
		21	46.8	柱状採泥器				00~03cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	52,000	93,000		
								03~06cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.4	46,000	83,000		
06~09cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	4.1	7,600	14,000					
09~12cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	4.1	3,700	6,800					
12~15cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	3.9	1,600	2,800					
15~18cm	シルト						オリーブ黒	弱泥臭	4.0	8,900	16,000					
18~21cm	NS						NS	NS	NS	NS	NS					
21~24cm	NS						NS	NS	NS	NS	NS					
25	47.2						柱状採泥器	00~03cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.8	63,000	110,000		
								03~06cm	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.9	10,000	19,000		
		06~09cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.6	1,300	2,300					
		09~12cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.7	260	440					
		12~15cm	シルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.7	240	420					
		15~18cm	雑混りシルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.6	160	360					
		18~21cm	雑混りシルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.6	120	230					
		21~24cm	雑混りシルト	オリーブ黒				弱泥臭	4.3	260	460					

注：1. 採取方法は、「潜水土」が潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥、「柱状採泥器」が柱状採泥器を用いた採取を示す。

2. 「NS」は試料を採取できなかったことを示す。

表 3.1.4(2) 調査B・柱状採泥調査結果

	調査日	地点番号	全水深 (m)	採取方法	採泥層	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	Cs-134	Cs-137				
										(Bq/kg)	(Bq/kg)				
猪苗代湖流入域	平成25年1月21日	2	0.8	潜水土	00~03cm	礫混り砂	黒褐色	無臭	3.4	14	24				
					03~06cm	礫混り砂	黒褐色	無臭	2.9	12	19				
					06~09cm	砂	黒褐色	無臭	3.1	8	17				
					09~12cm	砂	黒褐色	無臭	3.6	2	7				
					12~15cm	砂	黒褐色	無臭	3.5	ND	ND				
					15~18cm	砂	黒褐色	泥臭	3.8	ND	ND				
					18~21cm	砂	黒褐色	泥臭	3.3	ND	ND				
					21~24cm	砂	黒褐色	泥臭	3.6	ND	ND				
		8	2.2	潜水土	00~03cm	砂	暗褐色	無臭	4.0	47	94				
					03~06cm	砂	暗褐色	無臭	4.2	47	96				
					06~09cm	砂	黒褐色	無臭	4.0	46	83				
					09~12cm	砂	黒褐色	無臭	4.0	41	81				
					12~15cm	砂	黒褐色	無臭	3.8	48	86				
					15~18cm	砂	黒褐色	無臭	3.7	54	100				
					18~21cm	砂	黒褐色	無臭	3.8	59	110				
					21~24cm	砂	黒褐色	無臭	3.6	82	130				
		14	2.8	潜水土	00~03cm	砂	暗褐色	無臭	7.1	58	130				
					03~06cm	砂	黒褐色	無臭	7.1	57	130				
					06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.5	76	150				
					09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.2	100	190				
					12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	120	210				
					15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.7	100	190				
					18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.6	110	220				
					21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.2	120	240				
		20	2.1	潜水土	00~03cm	礫混り砂	黒褐色	無臭	8.2	52	89				
					03~06cm	礫混り砂	黒褐色	無臭	8.8	16	34				
					06~09cm	シルト混り砂	オリーブ黒	弱泥臭	8.0	ND	3				
					09~12cm	シルト混り砂	オリーブ黒	弱泥臭	8.8	ND	ND				
					12~15cm	シルト混り砂	オリーブ黒	弱泥臭	9.1	ND	ND				
					15~18cm	シルト混り砂	オリーブ黒	弱泥臭	8.1	ND	ND				
					18~21cm	シルト混り砂	オリーブ黒	弱泥臭	8.4	ND	ND				
					21~24cm	砂	オリーブ黒	弱泥臭	8.2	ND	ND				
		34	1.3	潜水土	00~03cm	砂	暗褐色	無臭	9.3	44	81				
					03~06cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	8.0	21	46				
					06~09cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	7.1	30	61				
					09~12cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	6.8	40	68				
					12~15cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	7.1	35	67				
					15~18cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	7.0	41	70				
					18~21cm	礫混り砂	暗褐色	無臭	6.6	30	64				
					21~24cm	礫混り砂	オリーブ黒	無臭	6.6	24	66				
	猪苗代湖底部				平成25年1月28日	1	55.8	柱状採泥器	00~03cm	シルト	黒	無臭	2.9	700	1,300
									03~06cm	シルト	黒	無臭	2.8	390	730
									06~09cm	シルト	黒	無臭	2.1	120	200
									09~12cm	シルト	黒	無臭	1.9	36	93
		12~15cm	シルト	黒					無臭	1.8	17	76			
		15~18cm	シルト	黒					無臭	1.6	9	72			
		18~21cm	シルト	黒					無臭	1.5	43	97			
		21~24cm	シルト	黒					無臭	1.5	ND	62			
		5	60.3	柱状採泥器		00~03cm	シルト	黒	無臭	3.8	1,600	2,800			
						03~06cm	シルト	黒	無臭	3.2	83	170			
						06~09cm	シルト	黒	無臭	2.7	54	120			
						09~12cm	シルト	黒	無臭	2.6	33	98			
						12~15cm	シルト	黒	無臭	2.3	7	59			
						15~18cm	シルト	黒	無臭	2.1	ND	84			
						18~21cm	シルト	黒	無臭	1.9	13	77			
						21~24cm	シルト	黒	無臭	1.7	ND	28			
		13	56.7	柱状採泥器		00~03cm	シルト	黒	無臭	2.7	2,200	4,100			
						03~06cm	シルト	黒	無臭	2.3	440	780			
						06~09cm	シルト	黒	無臭	1.3	120	210			
						09~12cm	シルト	黒	無臭	1.2	42	93			
	12~15cm				シルト	黒	無臭	1.0	31	65					
	15~18cm				シルト	黒	無臭	0.9	19	48					
	18~21cm				シルト	黒	無臭	0.8	5	41					
	21~24cm				シルト	黒	無臭	0.7	10	63					
	21	52.7	柱状採泥器	00~03cm	シルト	黒	無臭	4.8	36	88					
				03~06cm	シルト	黒	無臭	4.0	5	46					
				06~09cm	シルト	黒	無臭	4.0	6	58					
				09~12cm	シルト	黒	無臭	4.0	ND	27					
				12~15cm	シルト	黒	無臭	3.6	ND	10					
				15~18cm	シルト	黒	無臭	3.4	ND	ND					
				18~21cm	シルト	黒	無臭	3.0	ND	ND					
				21~24cm	シルト	黒	無臭	2.7	ND	ND					
	25	59.0	柱状採泥器	00~03cm	シルト	黒	弱泥臭	3.4	430	780					
				03~06cm	シルト	黒	弱泥臭	2.7	210	370					
				06~09cm	シルト	黒	弱泥臭	2.4	48	100					
				09~12cm	シルト	黒	弱泥臭	2.1	28	83					
				12~15cm	シルト	黒	弱泥臭	2.1	40	100					
				15~18cm	シルト	黒	弱泥臭	1.8	39	110					
				18~21cm	シルト	黒	無臭	1.6	8	49					
				21~24cm	シルト	黒	無臭	1.5	ND	21					

注：1. 採取方法は、「潜水土」が潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥、「柱状採泥器」が柱状採泥器を用いた採取を示す。

2. 「ND」は不検出を示す。

表 3.1.4(3) 調査B・柱状採泥調査結果

調査日	地点 番号	全水深 (m)	採取方法	採泥層	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)			
平成25年1月25日	2	5.8	潜水土	00~03cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.4	140	270			
				03~06cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.9	79	150			
				06~09cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.9	49	110			
				09~12cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.3	60	100			
				12~15cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.9	55	100			
				15~18cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.9	58	98			
				18~21cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.3	55	100			
				21~24cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.3	62	130			
				5	7.2	潜水土	00~03cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.3	6	10
							03~06cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.2	5	10
							06~09cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.5	5	13
							09~12cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.8	9	14
	12~15cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.2	6	11			
	15~18cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.1	6	8			
	18~21cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.1	12	23			
	21~24cm	砂	灰オリーブ				無臭	6.1	11	22			
	6	6.2	潜水土				00~03cm	砂	灰オリーブ	無臭	5.3	51	85
							03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.2	33	49
							06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	5.9	32	65
							09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.1	28	52
				12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.0	28	59			
				15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.0	35	61			
				18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.1	36	57			
				21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	5.9	53	93			
				7	8.5	潜水土	00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.0	94	170
							03~06cm	砂	暗オリーブ	無臭	6.2	120	210
							06~09cm	砂	暗オリーブ	無臭	6.7	200	370
							09~12cm	シルト混り砂	暗オリーブ	無臭	6.7	240	460
	12~15cm	シルト混り砂	暗オリーブ				無臭	6.2	190	350			
	15~18cm	シルト混り砂	暗オリーブ				無臭	6.7	200	390			
	18~21cm	シルト混り砂	オリーブ黒				無臭	6.0	210	400			
	21~24cm	シルト混り砂	オリーブ黒				無臭	6.3	160	320			
	16	10.0	潜水土				00~03cm	シルト混り砂	暗オリーブ	無臭	6.0	45	98
							03~06cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.1	57	110
							06~09cm	シルト混り砂	黒	弱泥臭	6.5	28	59
							09~12cm	シルト混り砂	黒	弱泥臭	6.8	26	56
				12~15cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.8	45	97			
				15~18cm	砂混りシルト	黒	無臭	6.4	14	24			
				18~21cm	シルト	黒	無臭	6.8	31	53			
				21~24cm	シルト	黒	無臭	6.4	29	71			
				28	16.3	潜水土	00~03cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	7.3	110	180
							03~06cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	6.7	110	200
							06~09cm	砂	暗オリーブ	無臭	6.9	100	210
							09~12cm	砂	灰オリーブ	無臭	6.8	210	320
	12~15cm	砂	灰オリーブ				無臭	5.8	120	200			
	15~18cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.5	35	67			
	18~21cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.4	5	10			
	21~24cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.1	4	11			
29	15.2	潜水土	00~03cm				シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.9	240	430	
			03~06cm				砂	オリーブ黒	無臭	6.3	80	160	
			06~09cm				砂	暗オリーブ	無臭	6.0	63	120	
			09~12cm				砂	オリーブ黒	無臭	5.3	78	120	
			12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.4	45	77				
			15~18cm	砂	灰	無臭	6.1	40	79				
			18~21cm	砂	灰	無臭	6.0	15	28				
			21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.1	6	10				
			30	16.1	潜水土	00~03cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	7.1	270	460	
						03~06cm	シルト混り砂	灰オリーブ	無臭	7.1	220	410	
						06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.0	220	400	
						09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.5	220	380	
12~15cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.7	230	440				
15~18cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.3	330	590				
18~21cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.0	410	770				
21~24cm	砂	オリーブ黒				無臭	6.4	460	890				
42	18.4	潜水土				00~03cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	8.0	280	590	
						03~06cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	7.8	210	430	
						06~09cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.7	200	400	
						09~12cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.4	320	550	
			12~15cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.8	300	580				
			15~18cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	7.1	310	580				
			18~21cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.3	270	540				
			21~24cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	6.5	82	150				

阿武隈川河口域

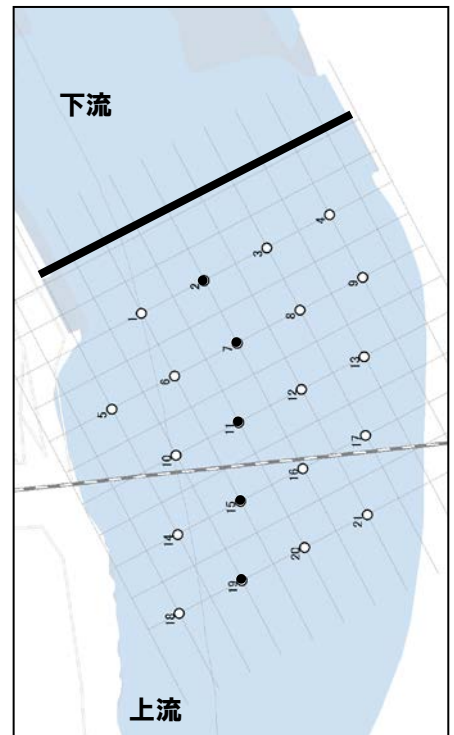
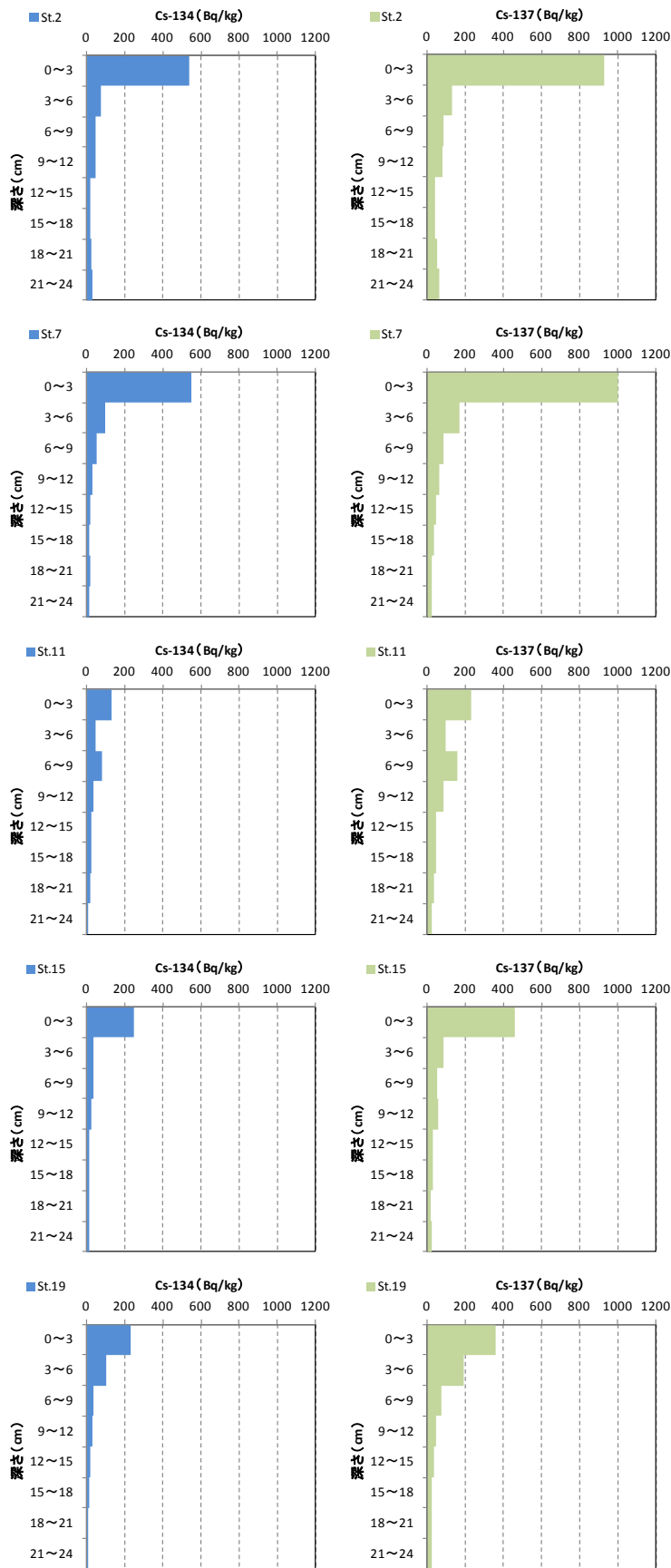
- 注：1. 採取方法の「潜水土」は、潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥を示す。
 2. 「ND」は不検出を示す。

表 3.1.4(4) 調査B・柱状採泥調査結果

調査日	地点 番号	全水深 (m)	採取方法	採泥層	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	Cs-134	Cs-137			
									(Bq/kg)	(Bq/kg)			
平成25年1月24日	2	9.6	潜水土	00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.5	11	19			
				03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.3	11	22			
				06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.7	8	13			
				09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.4	8	16			
				12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.7	21	42			
				15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	6.2	30	61			
				18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.6	26	49			
				21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.4	19	34			
				00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.3	8	16			
				03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.7	9	17			
				06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.3	19	33			
				09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.8	27	57			
				12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.2	46	78			
				15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.6	52	8			
				18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.9	47	82			
				21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	7.9	52	86			
				4	9.8	潜水土	00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.1	ND	3
							03~06cm	砂	灰オリーブ	無臭	9.1	ND	3
	06~09cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.8	ND	3			
	09~12cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.8	ND	3			
	12~15cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.4	4	9			
	15~18cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.4	ND	3			
	18~21cm	砂	灰オリーブ				無臭	9.3	2	3			
	21~24cm	砂	灰オリーブ				無臭	8.3	ND	5			
	8	11.6	潜水土				00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	11.1	3	6
							03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	10.2	5	7
				06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	10.3	3	8			
				09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	10.8	4	6			
				12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.8	9	19			
				15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.3	6	13			
				18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	10.8	6	10			
				21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.6	8	15			
				19	16.2	潜水土	00~03cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.1	12	18
							03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.6	14	24
	06~09cm	砂	オリーブ黒				無臭	7.4	10	20			
	09~12cm	砂	オリーブ黒				無臭	7.9	10	18			
	12~15cm	砂	オリーブ黒				無臭	7.8	8	12			
	15~18cm	砂	オリーブ黒				無臭	7.9	9	11			
	18~21cm	砂	オリーブ黒				無臭	8.9	8	16			
	21~24cm	砂	オリーブ黒				無臭	8.1	8	13			
	31	19.4	潜水土				00~03cm	シルト混り砂	オリーブ黒	無臭	9.9	19	35
							03~06cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.8	22	49
							06~09cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.8	28	41
							09~12cm	砂	オリーブ黒	無臭	9.8	11	16
				12~15cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.8	10	17			
				15~18cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.3	8	14			
				18~21cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.8	4	8			
				21~24cm	砂	オリーブ黒	無臭	8.5	ND	7			

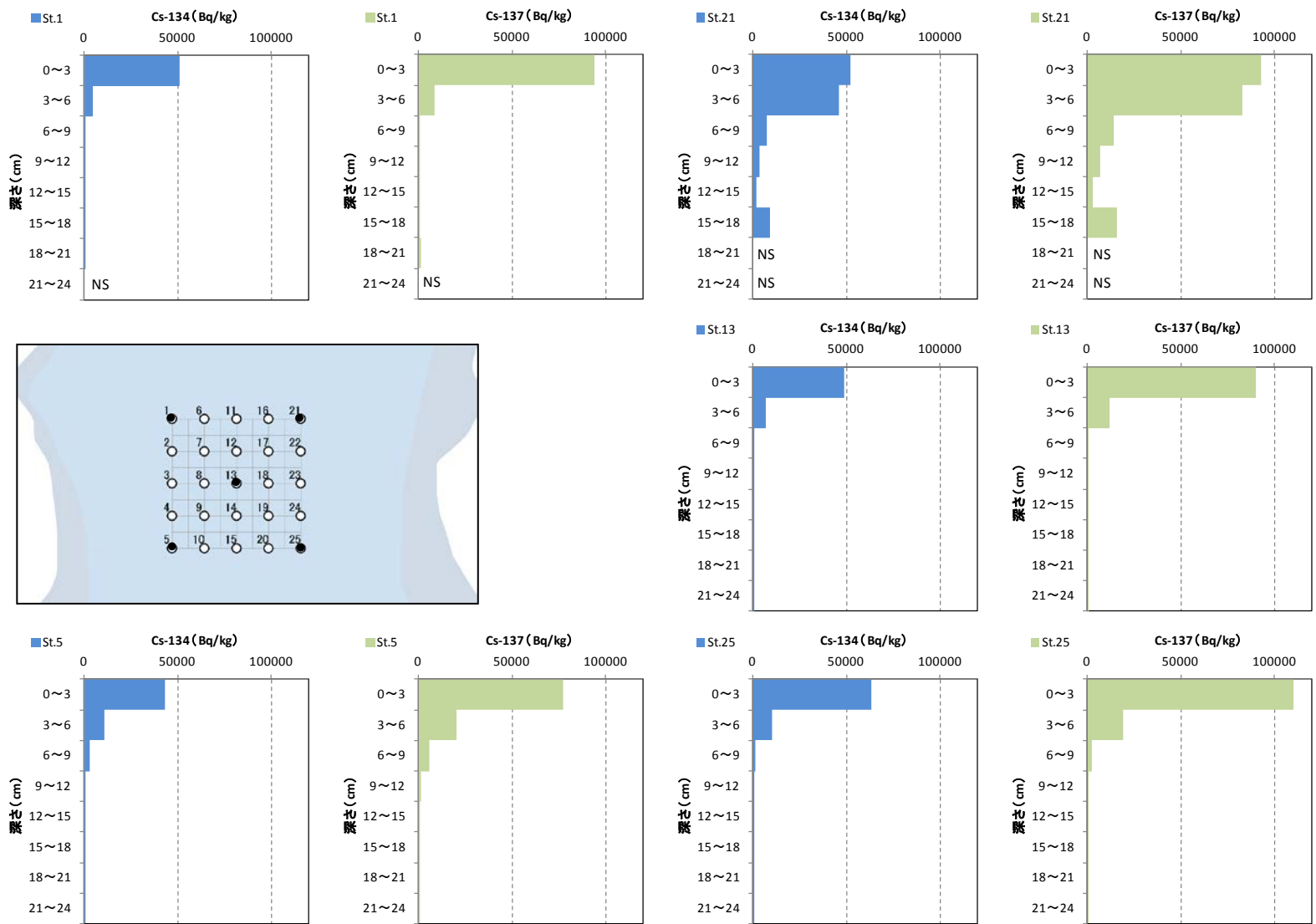
真野川
河口域

- 注：1. 採取方法の「潜水土」は、潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥を示す。
 2. 「ND」は不検出を示す。



調査実施日：平成 25 年 1 月 23 日

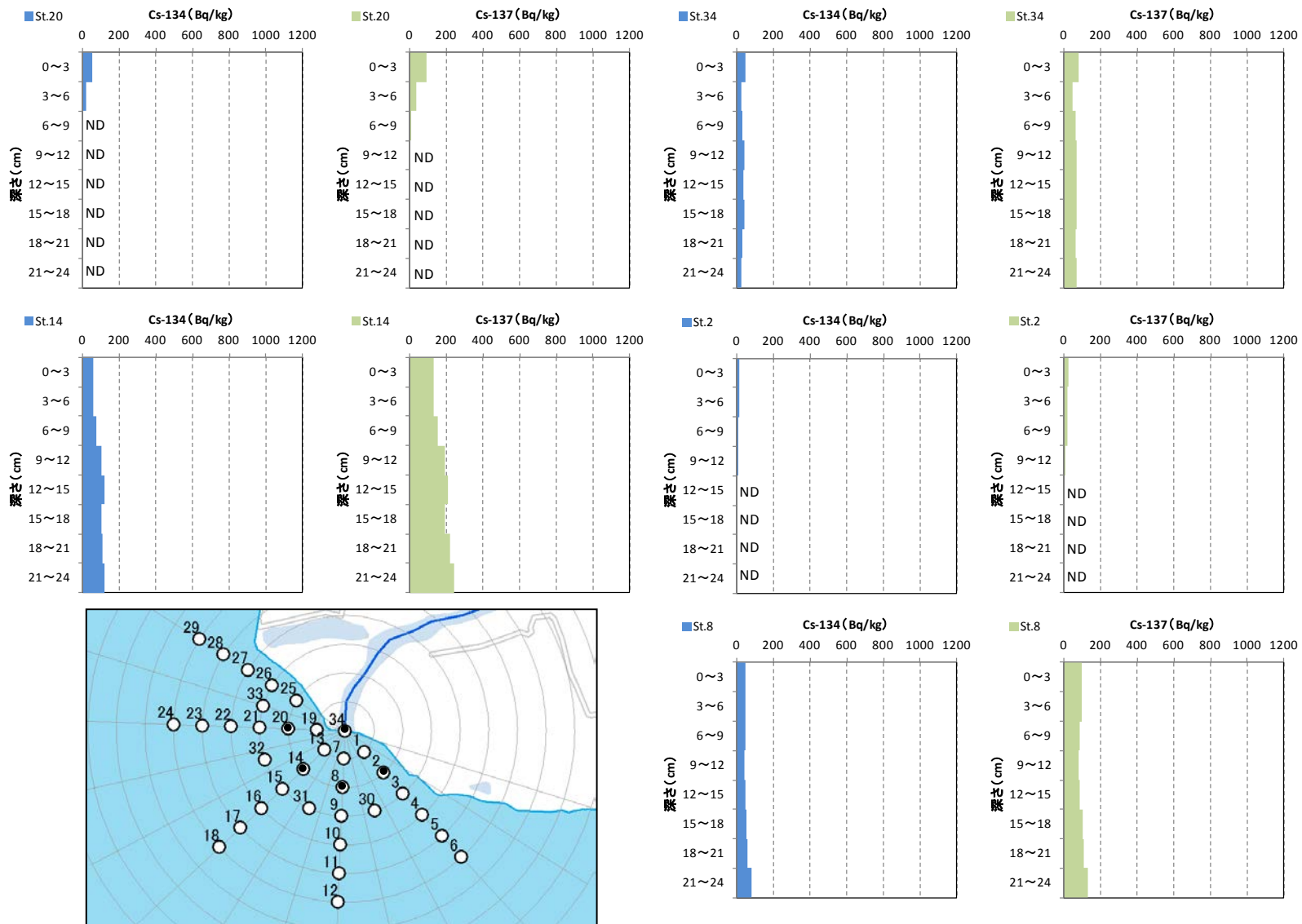
図 3.1.17 調査 B・鉛直分布図（阿武隈川、滞留部）



注：「NS」は試料なしを示す。

調査実施日：平成 25 年 1 月 22 日

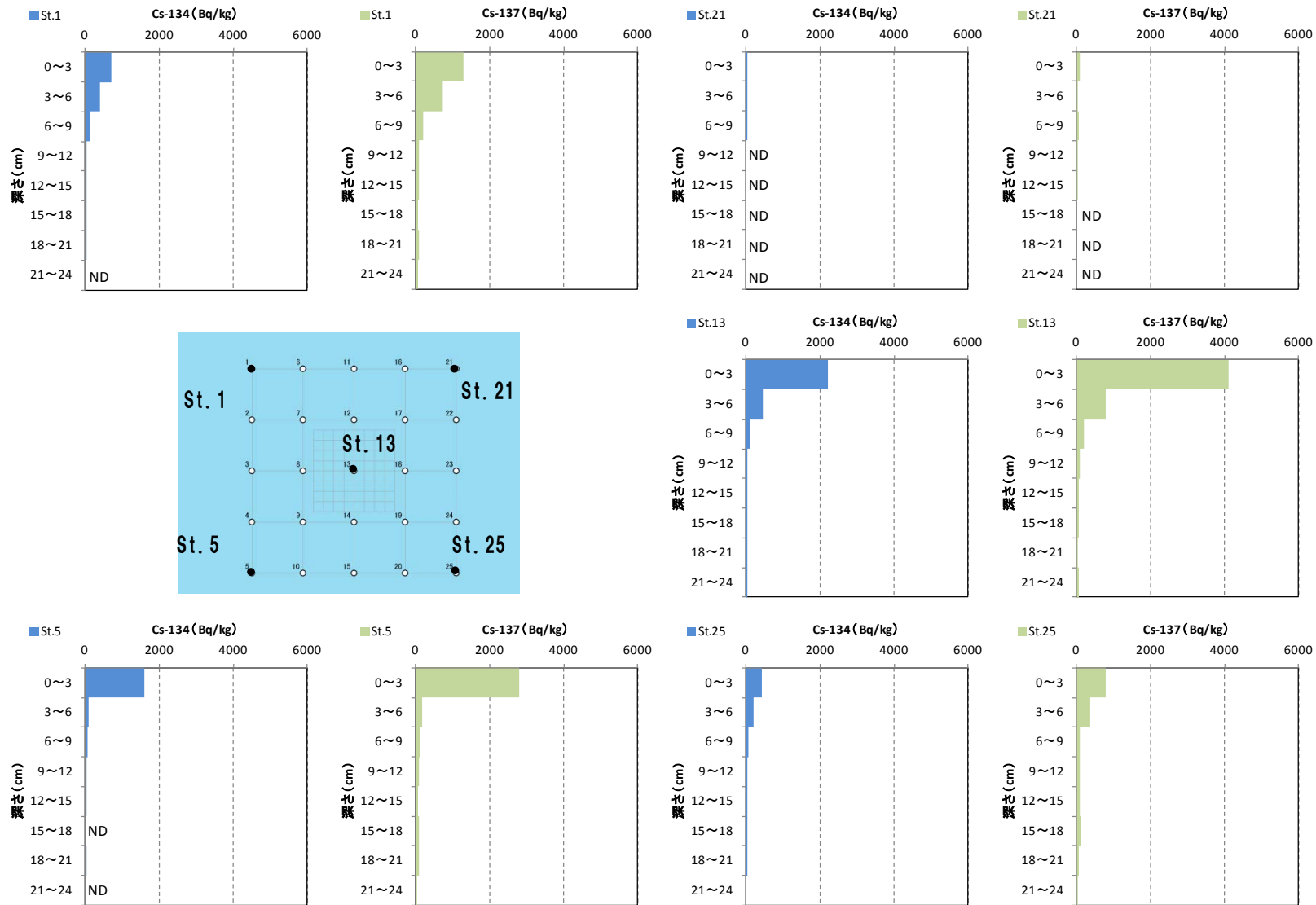
図 3.1.18 調査 B・鉛直分布図（はやま湖、湖底部）



注：「ND」は不検出を示す。

調査実施日：平成 25 年 1 月 21 日

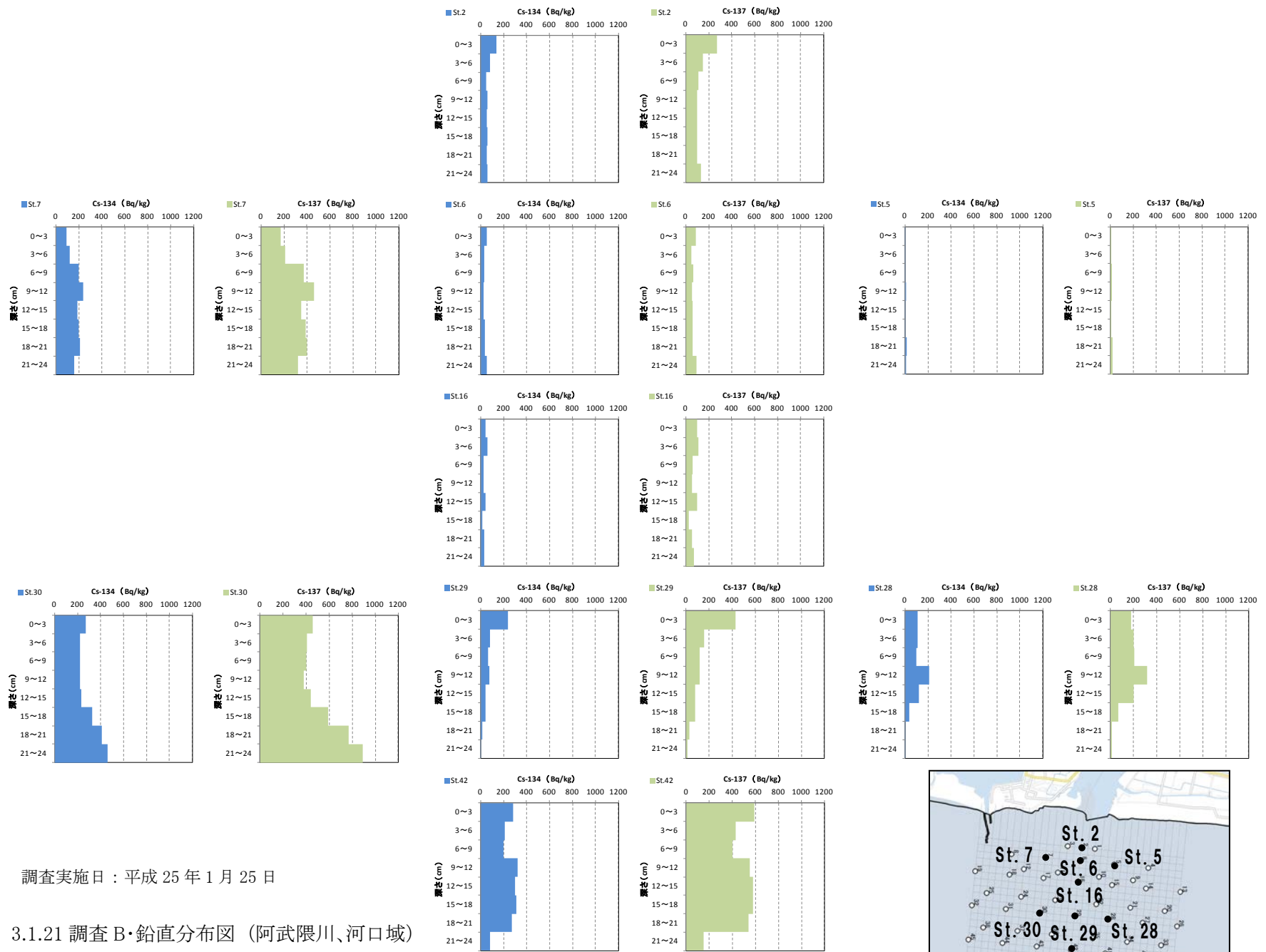
図 3.1.19 調査 B・鉛直分布図 (猪苗代湖、流入域)



注：「ND」は不検出を示す。

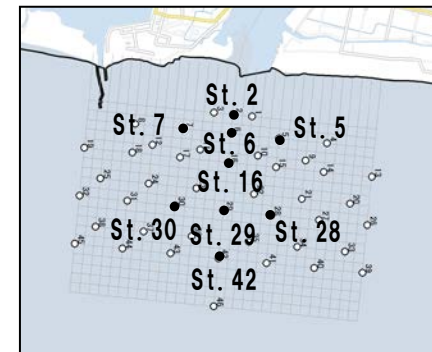
調査実施日：平成 25 年 1 月 28 日

図 3.1.20 調査 B・鉛直分布図（猪苗代湖、湖底部）



調査実施日：平成 25 年 1 月 25 日

図 3.1.21 調査B・鉛直分布図 (阿武隈川、河口域)



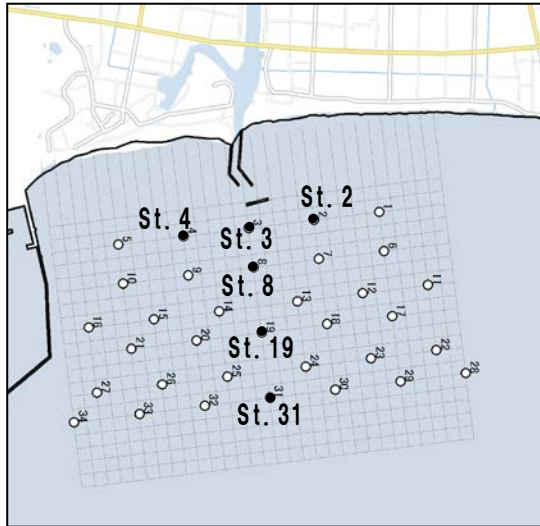
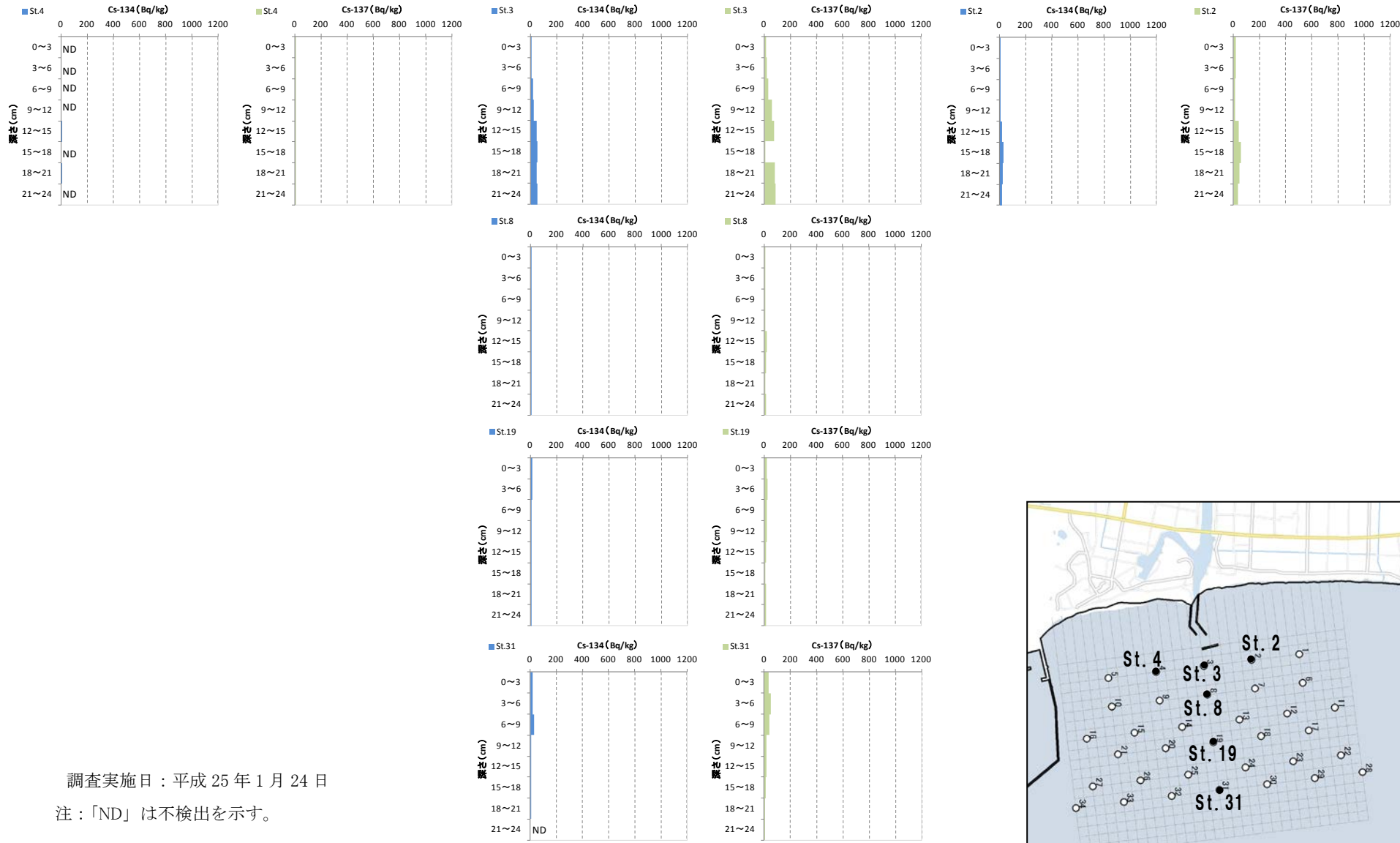


図 3.1.22 調査 B・鉛直分布図（真野川、河口域）

3.1.1.2(2)放射性セシウム濃度に与える採泥厚の影響

前述の「3.1.1.2(1)調査B；柱状採泥調査結果の概要」に示したとおり、水域によっては放射性セシウム濃度の鉛直的な分布が大きく異なることから、同一試料においても、採泥厚の違いによって、測定結果は異なる。

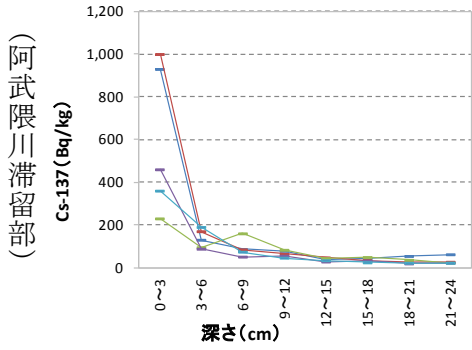
調査地点別の Cs-137 濃度の鉛直分布、表層 (0-3cm 層) を 1 としたときの各層 (3-6cm 層から 21-24cm 層の 7 層) の濃度比、全層の Cs-137 濃度の合計値 (以下、全層合計という) に対する各層の濃度の割合を図示した。また、表層から各層までの濃度を合計して層数で除した値 (表層から各層までの濃度の平均値；採泥厚を変えた場合の分析値に相当する) を算出した。これらは図 3.1.23 に示すとおりである。なお、算出の前提条件として各層の単位体積重量は一定と仮定した。

- ・ 河川 (阿武隈川滞留部)、湖沼 (はまや湖湖底部、猪苗代湖湖底部)、及び湖沼 (猪苗代湖流入域) の St.2、St.20 では、おおむね深さ 0~9cm までの Cs-137 濃度が高かった。これらの調査地点は、底質の攪乱が少ないことが示唆された。
- ・ また、これらの水域・地点においては、表層から各層までの濃度の平均値は深さ 0~9cm まで大幅に減少したことから、特に 9cm までの表層においては、採泥厚の違いが分析値に大きく影響を与えることが示唆された。
- ・ 湖沼 (猪苗代湖流入域) の St.8、St.14、St.34、及び河口 (阿武隈川河口域、真野川河口域) では、深さ 0~24cm にかけて Cs-137 濃度が一様又は増加する傾向であった。これらの調査地点は、堆積速度が速いこと、または底質の攪乱が大きいこと等により、Cs-137 が深層まで移行していることが示唆された。
- ・ これらの水域・地点においては、表層から各層までの濃度の平均値は、深さによって大きな変化は認められなかったことから、採泥厚の違いが分析値に与える影響は小さいものと考えられる。

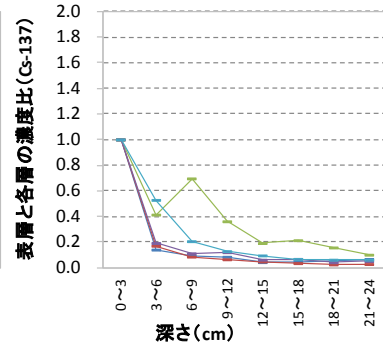
また、参考として調査 A (グラブ型採泥器) における採泥厚を表 3.1.5 に、採泥厚の頻度分布を図 3.1.24 に示す。さらに、調査 A と調査 B の両方調査を行った地点においては、放射性セシウムの値について、調査 A の値と、A 調査の採泥厚とほぼ同じ層厚の B 調査の値を比較した結果を表 3.1.6 に示す。

- ・ 調査 A の現地調査における採泥厚は 1~13cm、平均は 5.3~7.6cm であった。また、河川で直線部に比べて合流部及び滞留部で採泥厚が大きい傾向にあり、これは、前者の底質は砂礫質、後者は主に砂質であることに由来するものと考えられる。
- ・ 調査 A と調査 B との比較の結果、放射性セシウムの値のオーダーとして類似していた水域は、阿武隈川滞留部、猪苗代湖流入部、阿武隈川河口域、真野川河口域であった。一方、はまや湖湖底部及び猪苗代湖湖底部においては値の差が大きい結果であった。いずれの水域も底質性状が粘土分の割合が高く、調査 B の鉛直分布をみると表層 0-3cm 層が特に高いことから、これらの水域においては巻き上がりやすくセシウム濃度の高い浮泥が薄く堆積し、グラブ型採泥器ではこの層を採取できなかった可能性が一因として考えられる。

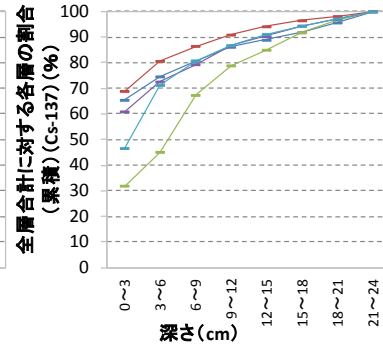
河川



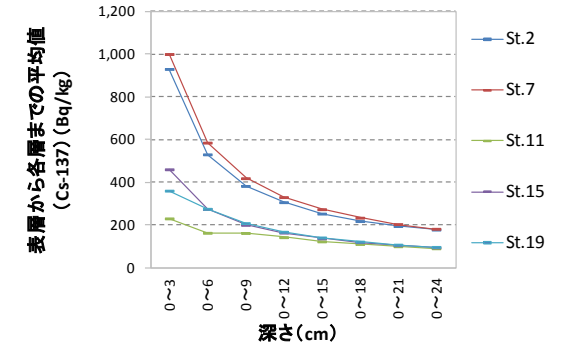
(阿武隈川滞留部)



表層と各層の濃度比(Cs-137)

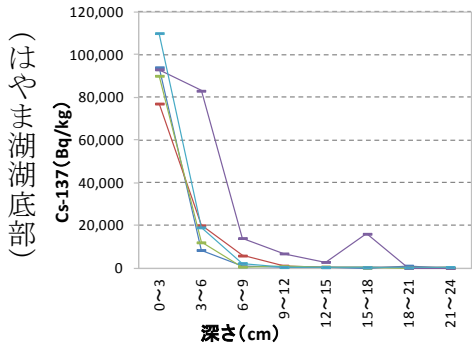


全層合計に対する各層の割合(累積)(Cs-137)(%)

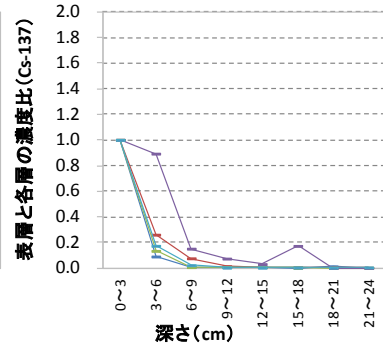


表層から各層までの平均値(Cs-137)(Bq/kg)

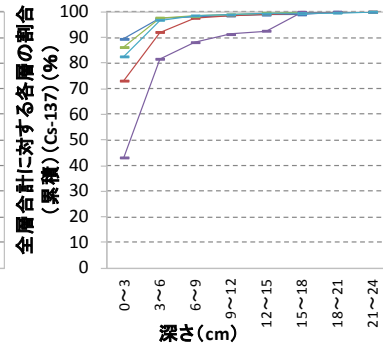
湖沼



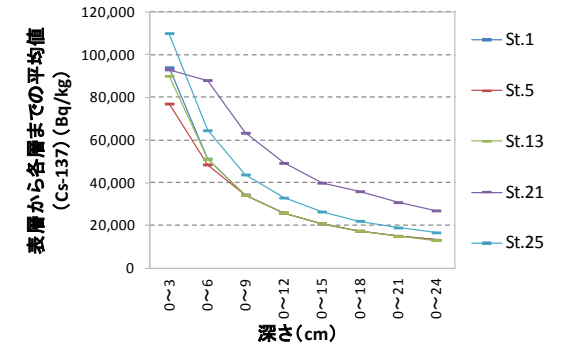
(びわ湖湖底部)



表層と各層の濃度比(Cs-137)

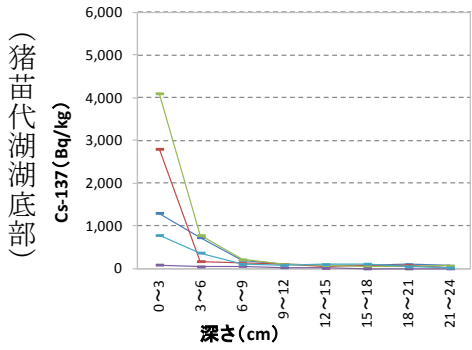


全層合計に対する各層の割合(累積)(Cs-137)(%)

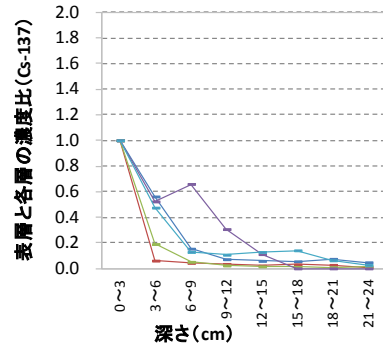


表層から各層までの平均値(Cs-137)(Bq/kg)

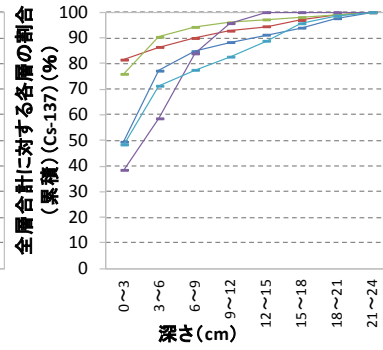
湖沼



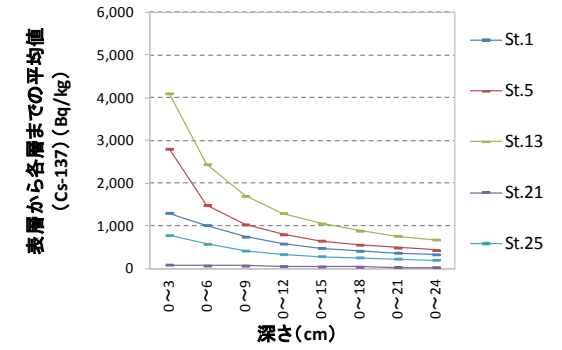
(猪苗代湖湖底部)



表層と各層の濃度比(Cs-137)



全層合計に対する各層の割合(累積)(Cs-137)(%)



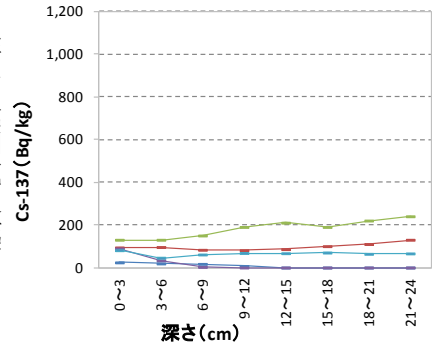
表層から各層までの平均値(Cs-137)(Bq/kg)

注：1. 「全層合計に対する各層の割合（累積）」は、全層のCs-137濃度の合計値に対する各層の濃度の割合の累積値を示す。
 2. 「表層から各層までの濃度の平均値」は、表層から各層までの濃度を合計して層数で除した値を示す。

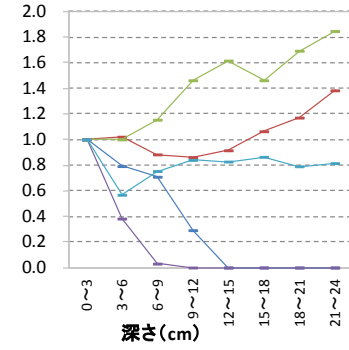
図 3.1.23 (1) 調査地点別の深度分布、表層と各層の濃度比、全層合計に対する各層の割合、表層から各層までの濃度の平均値

湖沼

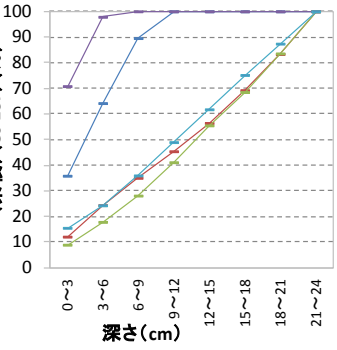
(猪苗代湖流入域)



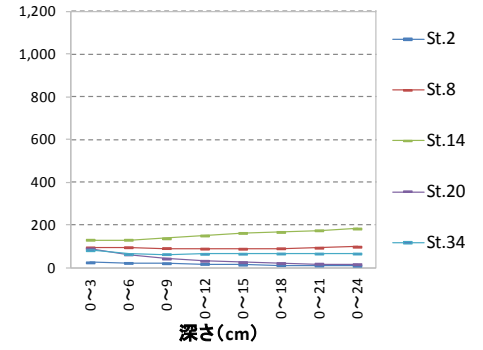
表層と各層の濃度比(Cs-137)



全層合計に対する各層の割合 (累積) (Cs-137) (%)

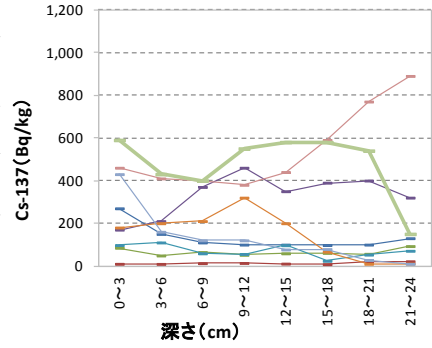


表層から各層までの平均値 (Cs-137) (Bq/kg)

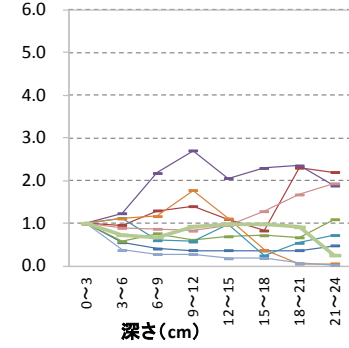


河口

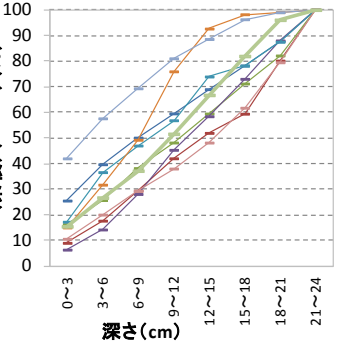
(阿武隈川河口域)



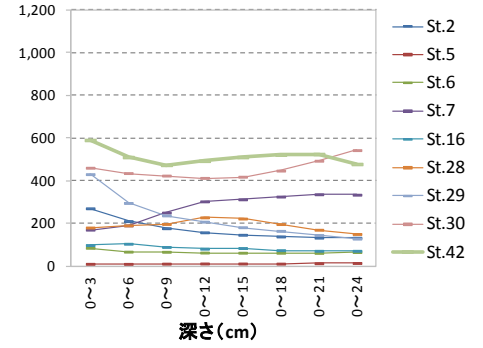
表層と各層の濃度比(Cs-137)



全層合計に対する各層の割合 (累積) (Cs-137) (%)

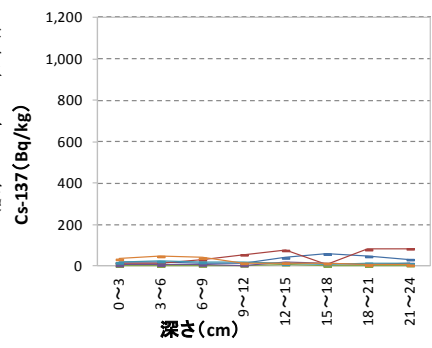


表層から各層までの平均値 (Cs-137) (Bq/kg)

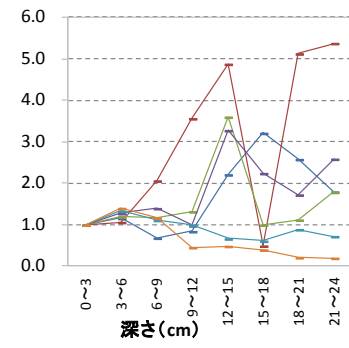


河口

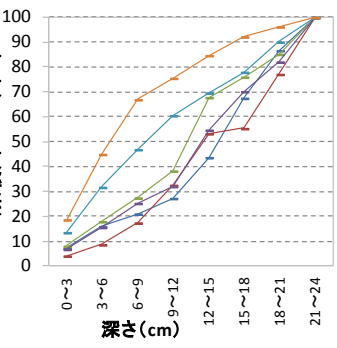
(真野川河口域)



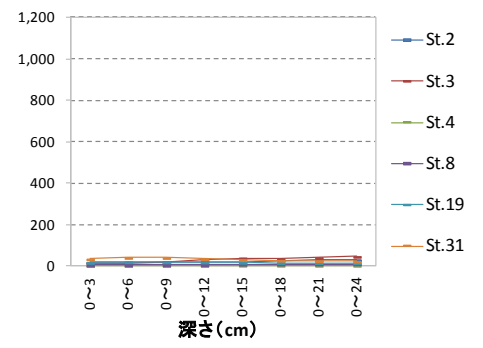
表層と各層の濃度比(Cs-137)



全層合計に対する各層の割合 (累積) (Cs-137) (%)



表層から各層までの平均値 (Cs-137) (Bq/kg)



- 注：1. 「全層合計に対する各層の割合 (累積)」は、全層のCs-137濃度の合計値に対する各層の濃度の割合の累積値を示す。
 2. 「表層から各層までの濃度の平均値」は、表層から各層までの濃度を合計して層数で除した値を示す。

図 3.1.23(2) 調査地点別の深度分布、表層と各層の濃度比、全層合計に対する各層の割合、表層から各層までの濃度の平均値

表 3.1.5 調査 A(グラブ型採泥器)における採泥厚

区分	水域	採泥厚 (cm)				地点数
		最大	最小	平均	標準偏差	
河川	合流部	11	4	7.6	1.7	28
	直線部	11	1	5.3	2.9	36
	滞留部	11	2	7.6	2.2	21
湖沼	湖底部	12	3	7.7	2.3	50
	流入域	13	3	7.4	2.8	34
河口	河口域	10.5	3	7.0	1.9	80

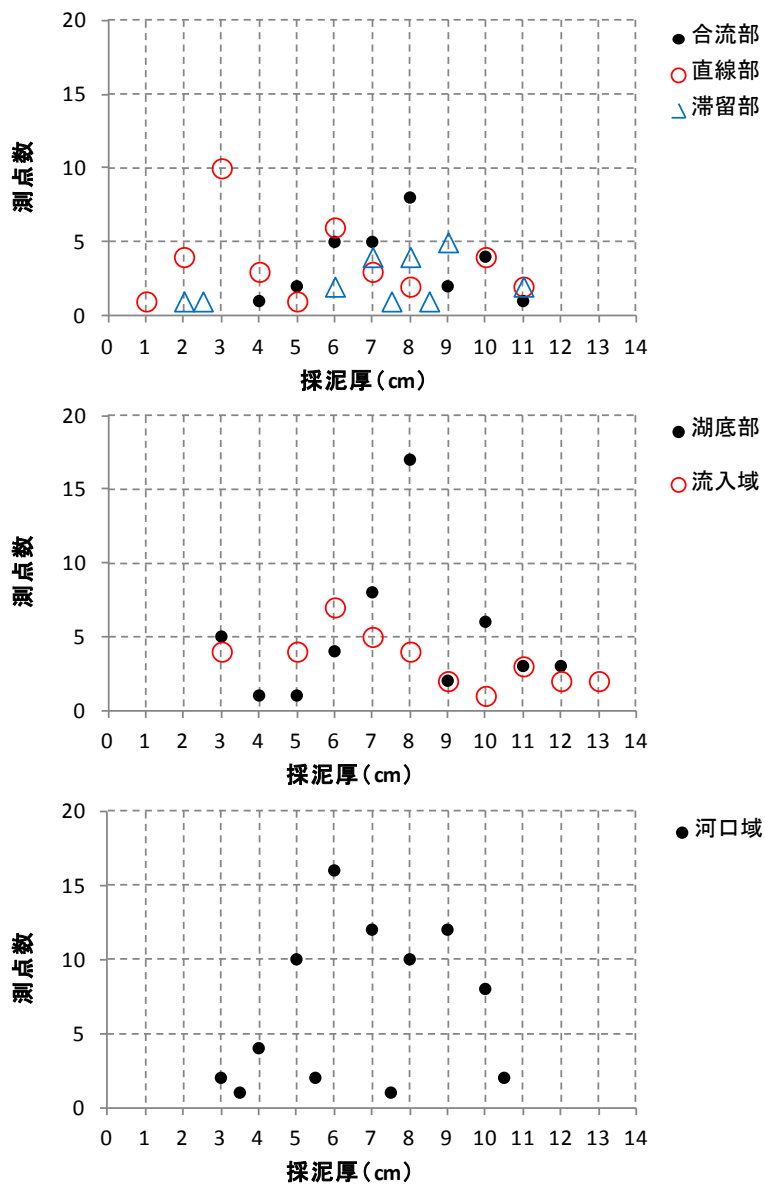


図 3.1.24 調査 A の採泥厚の頻度分布

表 3.1.6 調査A及び調査Bの調査結果の比較

水域名	地点番号	全水深(m)	調査A				調査B			
			採取方法	採泥厚(cm)	Cs-134(Bq/kg)	Cs-137(Bq/kg)	採取方法	底泥表面からの層厚(cm)	Cs-134*(Bq/kg)	Cs-137*(Bq/kg)
阿武隈川滞留部	2	1.7	エクマン	2	820	1500	潜水土	3	540	930
	7	1.5	バケット部	11	210	390		12	181	330
	11	1.1		8	290	530		9	86	162
	15	1.0		7	110	220		9	107	200
	19	1.4		7	230	430		9	122	208
はやま湖湖底部	1	39.8	エクマン	8	750	1,300	柱状採泥器	9	18,670	34,397
	5	38.8		3	2,100	4,000		3	43,000	77,000
	13	47.0		11	2,200	4,000		12	14,203	25,830
	21	46.8		8	10,000	19,000		9	35,200	63,333
	25	47.2		3	370	750		3	63,000	110,000
猪苗代湖流入域	2	0.8	バケット部	8	2.1	4.3	潜水土	9	11	20
	8	2.2		7	42	97		9	47	91
	14	2.8		7	88	160		9	64	137
	20	2.1		8	10	32		9	34	42
	34	1.3		8	27	74		9	32	63
猪苗代湖湖底部	1	55.8	エクマン	4	5.3	59	柱状採泥器	6	545	1,015
	5	60.3		8	7.3	53		9	579	1,030
	13	56.7		9	ND	45		9	920	1,697
	21	52.7		8	4.9	51		9	16	64
	25	59.0		8	14	84		9	229	417
阿武隈川河口域	2	5.8	バケット部	6	60	100	潜水土	6	110	210
	5	7.2		8	6.2	14		9	5	11
	6	6.2		10	32	60		12	36	63
	7	8.5		7	120	210		9	138	250
	16	10.0		9	64	110		9	43	89
	28	16.3		10	290	540		12	133	228
	29	15.2		8	410	810		9	128	237
	30	16.1		9	260	500		9	237	423
	42	18.4		5	260	480		9	245	510
真野川河口域	2	9.6	バケット部	9	19	27	潜水土	9	10	18
	3	10.6		10	7.9	15		12	16	31
	4	9.8		5	1.9	3.4		6	ND	3
	8	11.6		10	4.8	9.7		12	4	7
	19	16.2		10	17	38		12	12	20
	31	19.4		7	32	72		9	23	42

注：1. 「※」は表層から採泥厚までの各層の放射性セシウム濃度を平均した値を示す。

2. 「ND」は不検出を示す。

3.採取方法は、「エクマン」がエクマンバージ採泥器を用いた採取、「バケット部」がスミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部を用いた採取、「潜水土」が潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥、「柱状採泥器」が柱状採泥器を用いた採取を示す。

3.1.1.3 調査C:底質のサンプリングによるばらつきについて

3.1.1.3(1)調査 C:底質のサンプリングによるばらつきの検討結果概要

真野川直線部、はやま湖湖底部、猪苗代湖湖底部、阿武隈川河口域の4水域を対象に、同一調査地点で9回の底質試料採取(柱状採泥)を行い、採取回別の分析値のバラツキを検討した。また、このうち真野川直線部、はやま湖湖底部、阿武隈川河口域の3水域については、同一地点においてグラブ型採泥器を用いた採泥も併せて実施し、採泥方法による差異についても検討を行った。

調査C底質試料採取毎の差異の検討調査の結果は表3.1.7に、各水域における採泥方法別の調査結果は図3.1.25に示すとおりである。

このうち、セシウム137について、調査地点毎、採泥方法毎に9回の測定結果の標準偏差、変動係数等の統計を行った結果は表3.1.8に、採取回別の分析値と信頼区間を示した図は図3.1.26に示すとおりである。

- 真野川直線部 St.5 においてグラブ型採泥器を用いて9回採取した放射性セシウム137の値は420~600Bq/kg(平均530Bq/kg、標準偏差65Bq/kg、変動係数12%)であった。粒度組成は礫分が47~68%、砂分が32~52%、粘土・シルト分が0.1~0.8%の範囲にあり、いずれのサンプルも砂礫分が主成分であった。
柱状採泥では放射性セシウム137が490~770Bq/kg(平均600Bq/kg、標準偏差94Bq/kg、変動係数16%)であった。粒度組成は礫分が43~58%、砂分が41~56%、粘土・シルト分が0.3~1.0%の範囲にあり、グラブ採泥と同様にいずれのサンプルも砂礫分が主成分であった。
いずれの採泥方法においても、粘土・シルト分の割合は1%未満と同程度であり、また、採泥方法による放射性セシウム濃度の差は認められなかった。
- はやま湖湖底 St.13 においては、グラブ型採泥器では、放射性セシウム137の値は2,800~33,000Bq/kg(平均11,300Bq/kg、標準偏差9,300Bq/kg、変動係数83%)であった。粒度組成は礫分が0~4.7%、砂分が2.3~21%、粘土・シルト分が74~98%の範囲にあり、いずれのサンプルも粘土・シルト分が主成分であった。
柱状採泥では、9,800~33,000Bq/kg(平均19,000Bq/kg、標準偏差7,400Bq/kg、変動係数39%)であった。粒度組成は礫分が0~12%、砂分が8~30%、粘土・シルト分が59~78%の範囲にあり、いずれのサンプルも粘土・シルト分の割合が高かった。
グラブ型採泥器及び柱状採泥のサンプルのうち、シルト粘土分の割合が70%以上の放射性セシウム137は、おおむね柱状採泥のサンプルの方が高い値であった。グラブ型採泥器は着底時に表層の浮泥を攪乱させ、サンプルとして採取しきれない場合があると考えられる。よって、採泥方法の違いによる放射性セシウム137の値の差は、先の調査Bにおける鉛直分布の結果をふまえると、これら表層の浮泥の有無による差が生じた可能性が考えられる。
- 猪苗代湖湖底 St.13 においては、柱状採泥で45~530Bq/kg(平均190Bq/kg、標準偏差174Bq/kg、変動係数92%)であり、粒度組成は礫分が0~0.3%、砂分が1.3~6.7%、粘土・シルト分が93~99%の範囲にあり、いずれのサンプルも粘土・シルト分が主成分であった。
- 阿武隈川河口域 St.16 においては、グラブ型採泥器では放射性セシウム137

は 49～380Bq/kg(平均 130Bq/kg、標準偏差 100Bq/kg、変動係数 79%)であった。粒度組成は礫分が 0～0.2%、砂分が 82～90%、粘土・シルト分が 10～18%の範囲にあり、いずれのサンプルも砂分が主成分であった。

柱状採泥では放射性セシウム 137 は 37～150Bq/kg(平均 98Bq/kg、標準偏差 34Bq/kg、変動係数 35%)であった。粒度組成は礫分が 0～0.3%、砂分が 71～90%、粘土・シルト分が 10～29%の範囲にあり、いずれのサンプルも砂分が主成分であった。

いずれの採泥方法においても、粘土・シルト分の割合は 10～20%程度とおおむね同程度であり、また、それらのサンプルにおいては、採泥方法による放射性セシウム濃度の差は認められなかった。

- ・ グラブ型採泥器は、柱状採泥に比べて表層の浮泥層が採取しにくく、浮泥の多い水域での底泥サンプリングに適さない場合があると考えられる。
本調査結果より、粘土・シルト分が 1%未満の水域(真野川直線部)、及び 20%程度の水域(阿武隈川河口部)では、採泥方法による放射性セシウム 137 濃度の差異は認められなかったことからグラブ型採泥器で問題ないと考えられる。一方、粘土シルト分が 70%以上である水域(はやま湖湖底部)では、グラブ採泥のサンプルに比べて柱状採泥による放射性セシウムの値が高いことから、当該水域においては、浮泥の存在を勘案し、柱状採泥が必要である。以上より、粘土シルト分が概ね 20%未満の砂礫質の底質はグラブ型採泥器で問題ないが、浮泥等の堆積のある粘土・シルト分 70%以上の底質は、柱状採泥が適切であるといえる。
- ・ また、各水域における 9 回採泥のばらつきについては、変動係数でみると、真野川直線部では採泥方法にかかわらずばらつきが比較的小さく、一方、猪苗代湖湖底部では 1 地点内のばらつきが大きい傾向にあった。猪苗代湖を除き、おおむね A 調査で水域内でのばらつきの大きな水域は、1 地点あたりのばらつきも大きい結果であった。なお、猪苗代湖においては、調査 A ではグラブ型採泥器、C 調査では柱状採泥で行っており、先の「3.1.1.2 調査 B ; 柱状採泥調査、3.1.1.2(2)採泥厚の違いが放射性セシウム濃度に与える影響の検討」に示したとおり、グラブ型採泥器では表層に遍在的に存在している浮泥層が採取できず、一様に低い値になったものと考えられる。
- ・ 放射性ストロンチウム 90 は、真野川直線部(St.5、グラブ採泥)で 0.3～0.7Bq/kg、はやま湖湖底部(St.13、グラブ採泥)で 3.2～8.0Bq/kg、阿武隈川河口(St.16、グラブ採泥)で 0.3～0.6Bq/kg の範囲にあり、放射性セシウム 137 の高い水域でおおむね高い傾向にあった。土粒子の粒径との関係は放射性セシウム 137 ほど顕著ではなく、ストロンチウム 90 の土粒子表面への吸着機構はセシウム 137 とは異なるものと考えられる。

表 3.1.7 (1) 調査 C・底質試料採取毎の差異調査結果(柱状採泥)

	調査日	地点番号	全水深 (m)	採取方法	試料番号	採取厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱減量 (%)	粒度組成				Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Sr-90 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後(P)		補正係数 P'		備考				
															磯 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)						中央粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)		P'	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	
真野川直線部	平成25年 1月23日	5	0.6	潜水土			1	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.2	+385	7.1	0.76	1.3	52.7	46.9	0.3	0.1	2.17	2.716	270	530	-	43.5	0.62	430	850	-	-	-
							2	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+313	7.4	0.88	1.3	58.0	41.2	0.6	0.2	2.69	2.718	310	570	-	75	0.89	340	640	-	-	-
							3	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+328	7.5	2.92	1.5	53.0	46.0	0.7	0.3	2.25	2.714	410	770	-	82.1	0.94	430	810	-	-	-
							4	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+361	7.2	1.20	1.4	50.9	48.4	0.5	0.2	2.06	2.712	350	670	-	51.4	0.70	500	960	-	-	-
							5	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+354	7.1	5.69	1.3	43.1	56.4	0.4	0.1	1.61	2.715	290	560	-	40.4	0.59	480	940	-	-	-
							6	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+351	7.1	1.65	1.4	56.7	42.8	0.3	0.2	2.53	2.716	310	600	-	70.2	0.85	360	700	-	-	-
							7	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+346	7.6	1.49	1.4	49.2	49.8	0.6	0.4	1.95	2.713	370	690	-	98.6	1.06	340	650	-	-	-
							8	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+314	7.5	1.37	1.9	55.9	43.8	0.2	0.1	2.40	2.719	250	490	-	44.1	0.63	390	770	-	-	-
							9	10	雑混り砂	灰オリーブ	無臭	8.3	+350	7.0	1.57	1.2	55.9	43.7	0.3	0.1	2.45	2.718	270	500	-	44.4	0.63	420	790	-	-	-
はやま湖湖底部	平成25年 1月22日	13	47.0	柱状採泥器			1	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+189	6.6	53.6	16.8	1.6	23.3	34.8	40.3	0.0091	2.617	14,000	26,000	-	3420	10.64	1300	2400	-	-	-
							2	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+181	6.7	51.1	16.9	0.0	8.0	41.5	50.5	0.0049	2.578	18,000	33,000	-	4670	13.03	1300	2500	-	-	-
							3	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.0	+195	6.7	49.9	16.4	1.0	8.7	37.1	53.2	0.0044	2.585	10,000	20,000	-	4560	12.83	770	1500	-	-	-
							4	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+203	6.8	37.7	13.5	12.4	29.1	23.2	35.3	0.016	2.634	5,300	9,800	-	3680	11.16	470	870	-	-	-
							5	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+190	6.8	49.7	15.7	3.1	17.3	33.2	46.4	0.0061	2.588	10,000	18,000	-	4350	12.44	800	1400	-	-	-
							6	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+161	7.3	53.8	17.1	0.0	16.2	33.4	50.4	0.0049	2.577	10,000	19,000	-	4600	12.90	770	1400	-	-	-
							7	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+185	6.8	53.3	17.2	0.4	14.2	34.9	50.5	0.0049	2.582	8,000	14,000	-	4640	12.97	610	1000	-	-	-
							8	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+180	6.7	40.6	14.0	3.6	29.8	25.1	41.5	0.0093	2.622	5,500	10,000	-	3740	11.28	480	880	-	-	-
							9	10	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+188	6.7	50.9	16.8	3.5	27.8	31.7	37.0	0.011	2.608	11,000	20,000	-	3290	10.37	1000	1900	-	-	-
猪苗代湖湖底部	平成25年 1月28日	13	56.7	柱状採泥器			1	10	シルト	黒	無臭	2.4	+111	6.7	37.3	14.0	0.0	1.3	45.2	53.5	0.0044	2.554	53	110	-	4750	13.17	4.0	8.3	-	-	-
							2	10	シルト	黒	無臭	2.6	+103	6.8	43.6	17.6	0.0	1.9	51.1	47.0	0.0057	2.564	240	400	-	4210	12.18	19	32	-	-	-
							3	10	シルト	黒	無臭	3.3	+102	5.2	40.6	15.8	0.0	2.0	50.1	47.9	0.0055	2.556	91	190	-	4190	12.14	7.4	15	-	-	-
							4	10	シルト	黒	無臭	3.0	+116	5.1	37.6	14.9	0.0	1.5	51.9	46.6	0.0059	2.560	5	53	-	4290	12.33	0.43	4.2	-	-	-
							5	10	シルト	黒	無臭	3.2	+111	5.0	38.1	15.1	0.3	3.4	52.9	43.4	0.0067	2.562	5	53	-	3920	11.63	0.44	4.5	-	-	-
							6	10	シルト	黒	無臭	3.2	+99	5.4	40.4	16.1	0.0	3.4	47.2	49.4	0.0051	2.566	9	45	-	4460	12.64	0.69	3.5	-	-	-
							7	10	シルト	黒	無臭	3.4	+117	5.5	42.1	17.4	0.0	5.0	37.6	57.4	0.0039	2.568	260	530	-	4760	13.19	19	40	-	-	-
							8	10	シルト	黒	無臭	3.0	+111	5.0	40.3	16.3	0.0	4.5	40.5	55.0	0.0041	2.571	29	73	-	4830	13.31	2.1	5.4	-	-	-
							9	10	シルト	黒	無臭	3.1	+121	5.0	41.0	16.4	0.0	6.7	40.0	53.3	0.0043	2.568	110	250	-	4680	13.04	8.4	19	-	-	-
阿武隈川河口域	平成25年 1月25日	16	10.0	潜水土			1	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.2	+384	7.7	1.17	3.0	0.0	79.5	15.1	5.4	0.13	2.687	68	110	-	589	3.39	20	32	8.68	7.8	12
							2	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.2	+321	7.9	0.81	2.2	0.1	87.9	8.2	3.8	0.14	2.692	78	150	-	439	2.80	27	53	6.19	12	24
							3	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.1	+339	8.0	0.77	2.3	0.2	84.7	10.4	4.7	0.13	2.685	82	140	-	543	3.22	25	43	7.90	10	17
							4	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.2	+334	8.0	0.58	2.0	0.0	88.6	8.4	3.0	0.14	2.695	59	100	-	360	2.46	23	40	4.93	11	20
							5	10	砂	オリーブ黒	無臭	7.8	+383	7.9	0.75	2.1	0.0	85.1	10.9	4.0	0.13	2.687	59	100	-	479	2.97	19	33	6.84	8.6	14
							6	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.0	+361	7.8	0.55	1.8	0.1	70.8	19.5	9.6	0.11	2.678	42	73	-	1060	4.97	8.4	14	17.05	2.4	4.2
							7	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.2	+280	8.0	2.14	3.6	0.0	89.7	7.1	3.2	0.15	2.696	16	37	-	373	2.52	6.3	14	5.13	3.1	7.2
							8	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.1	+358	7.9	1.13	2.3	0.3	84.9	10.8	4.0	0.14	2.691	41	83	-	470	2.93	14	28	6.69	6.1	12
							9	10	砂	オリーブ黒	無臭	8.1	+297	7.8	0.77	2.1	0.0	87.5	9.0	3.5	0.14	2.689	57	91	-	404	2.65	21	34	5.62	10	16

注：1. 採取方法は以下に示すとおりである。

潜水土：潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥

柱状採泥器：柱状採泥器を用いた採取

2. 「-」は分析または算定していないことを示す。

3. 「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 として算出した値、「補正係数 P'」は 1.15 として算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V \quad S_{ms} : \text{各調査地点での底質の比表面積 (cm}^2/\text{g)}、S_{s1} : \text{基準とする底質の比表面積 (90 cm}^2/\text{g)}$$

表 3.1.7(2) 調査 C・底質試料採取毎の差異調査結果(グラブ型採泥器を用いた採泥)

採取	調査日	地点番号	全水深 (m)	採取方法	試料番号	採取厚 (cm)	性状	色相	臭気	泥温 (℃)	ORP (mV)	pH	TOC (mg/g)	強熱減量 (%)	粒度組成					Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Sr-90 (Bq/kg)	比表面積 (cm ² /g)	補正係数 P	粒度補正後(P)		補正係数 P'		備考		
															礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	中央粒径 (mm)						密度 (g/cm ³)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)	
真野川直線部	平成25年 1月23日	5	0.6	バケツ部	1	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+394	8.0	0.77	1.1	57.8	41.6	0.3	0.3	2.92	2.718	310	570	0.5	98.3	1.06	290	530	-	-	-	
					2	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+390	7.5	0.49	1.7	68.1	31.8	0.1	0.0	5.83	2.721	340	600	0.3	18.8	0.36	940	1600	-	-	-	*
					3	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+335	7.2	0.34	1.6	47.4	52.3	0.2	0.1	1.84	2.723	230	460	0.6	38.6	0.58	390	790	-	-	-	
					4	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+357	7.3	1.62	1.5	59.0	40.4	0.4	0.2	2.96	2.718	310	600	0.5	76.5	0.90	340	660	-	-	-	
					5	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+304	7.7	1.52	1.9	67.2	32.3	0.3	0.2	5.04	2.720	290	560	0.4	87.2	0.98	290	570	-	-	-	
					6	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+277	7.4	0.92	1.6	58.0	41.2	0.5	0.3	3.05	2.717	290	550	0.6	103	1.09	260	500	-	-	-	
					7	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+299	6.6	0.89	1.5	61.2	38.4	0.3	0.1	3.10	2.722	270	470	0.5	48	0.67	400	700	-	-	-	
					8	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+325	7.6	0.75	1.3	54.5	44.9	0.4	0.2	2.47	2.720	220	420	0.7	70.5	0.85	250	490	-	-	-	
					9	6	糞混り砂	灰オリーブ	無臭	8.4	+340	7.3	0.87	1.6	66.7	33.0	0.2	0.1	4.33	2.720	290	550	0.6	50.6	0.69	420	790	-	-	-	
はやま湖底部	平成25年 1月22日	13	47.0	エクマン	1	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+218	6.9	54.7	17.3	0.0	7.8	34.2	58.0	0.0017	2.462	4,300	7,400	4.2	6450	16.07	260	460	-	-	-	
					2	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+177	6.7	52.9	16.8	0.0	8.1	33.8	58.1	0.0020	2.485	6,000	10,000	5.1	6370	15.94	370	620	-	-	-	
					3	8	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.5	+183	7.2	53.2	15.5	1.0	20.4	32.2	46.4	0.0059	2.487	1,600	2,800	5.6	2810	9.36	170	290	-	-	-	
					4	7	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.5	+185	6.7	55.4	18.1	0.0	2.5	37.4	60.1	<0.001	2.429	18,000	33,000	6.0	6650	16.39	1000	2000	-	-	-	
					5	5	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+138	6.5	52.5	17.4	0.0	2.3	42.0	55.7	0.0037	2.476	7,400	13,000	8.0	2260	8.13	910	1500	-	-	-	
					6	7	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.5	+145	6.8	58.1	17.7	0.0	4.1	43.4	52.5	0.0044	2.463	9,400	17,000	6.1	5780	14.96	620	1100	-	-	-	
					7	7	シルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.3	+192	7.0	54.6	17.2	0.4	8.9	31.1	59.6	<0.001	2.473	2,300	4,000	3.3	6630	16.36	140	240	-	-	-	
					8	8	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.1	+186	5.6	41.1	12.9	4.7	20.9	23.7	50.7	0.0048	2.542	6,000	10,000	4.1	5910	15.18	390	650	-	-	-	
					9	7	砂混りシルト	オリーブ黒	弱泥臭	4.2	+172	7.5	48.1	15.6	0.9	5.3	26.0	67.8	<0.001	2.501	2,500	4,500	3.2	7100	17.10	140	260	-	-	-	
阿武隈川河口域	平成25年 1月25日	16	10.0	スミス	1	6	砂	オリーブ黒	無臭	9.4	+428	7.6	0.53	1.7	0.0	86.8	5.2	8.0	0.12	2.796	31	66	0.3	918	4.53	6.8	14	14.45	2.1	4.5	
					2	9.5	砂	オリーブ黒	無臭	9.2	+392	7.8	0.85	2.3	0.0	82.3	10.6	7.1	0.11	2.759	78	170	0.6	853	4.31	18	39	13.28	5.8	12	
					3	8	砂	オリーブ黒	無臭	9.1	+396	7.9	0.50	1.7	0.0	87.5	7.0	5.5	0.13	2.799	33	63	0.4	664	3.67	9.0	17	9.96	3.3	6.3	
					4	7	砂	オリーブ黒	無臭	9.2	+356	7.7	0.60	1.9	0.0	82.1	11.7	6.2	0.11	2.748	51	100	0.6	734	3.91	13	25	11.17	4.5	8.9	
					5	8	砂	オリーブ黒	無臭	9.1	+361	7.8	0.67	2.1	0.0	81.6	10.8	7.6	0.11	2.737	69	130	0.4	865	4.35	15	29	13.50	5.1	9.6	
					6	8.5	砂	オリーブ黒	無臭	8.8	+394	7.7	1.16	2.3	0.2	83.1	10.1	6.6	0.12	2.769	75	120	0.3	798	4.13	18	29	12.30	6.0	9.7	
					7	7	砂	オリーブ黒	無臭	9.2	+182	7.6	1.65	2.9	0.0	83.7	6.2	10.1	0.12	2.756	220	380	0.3	1110	5.12	42	74	17.98	12	21	
					8	8	砂	オリーブ黒	無臭	8.9	+320	7.8	0.55	1.6	0.0	90.0	2.8	7.2	0.15	2.771	28	49	0.4	791	4.11	6.8	11	12.18	2.2	4.0	
					9	7	砂	オリーブ黒	無臭	9.1	+338	7.7	0.76	1.8	0.0	88.2	5.2	6.6	0.13	2.797	41	79	0.3	770	4.04	10	19	11.81	3.4	6.6	

注：1. 採取方法は以下に示すとおりである。

バケツ部：スミスマッキングタイヤ採泥器のバケツ部を用いた採取

エクマン：エクマンバージ採泥器を用いた採取

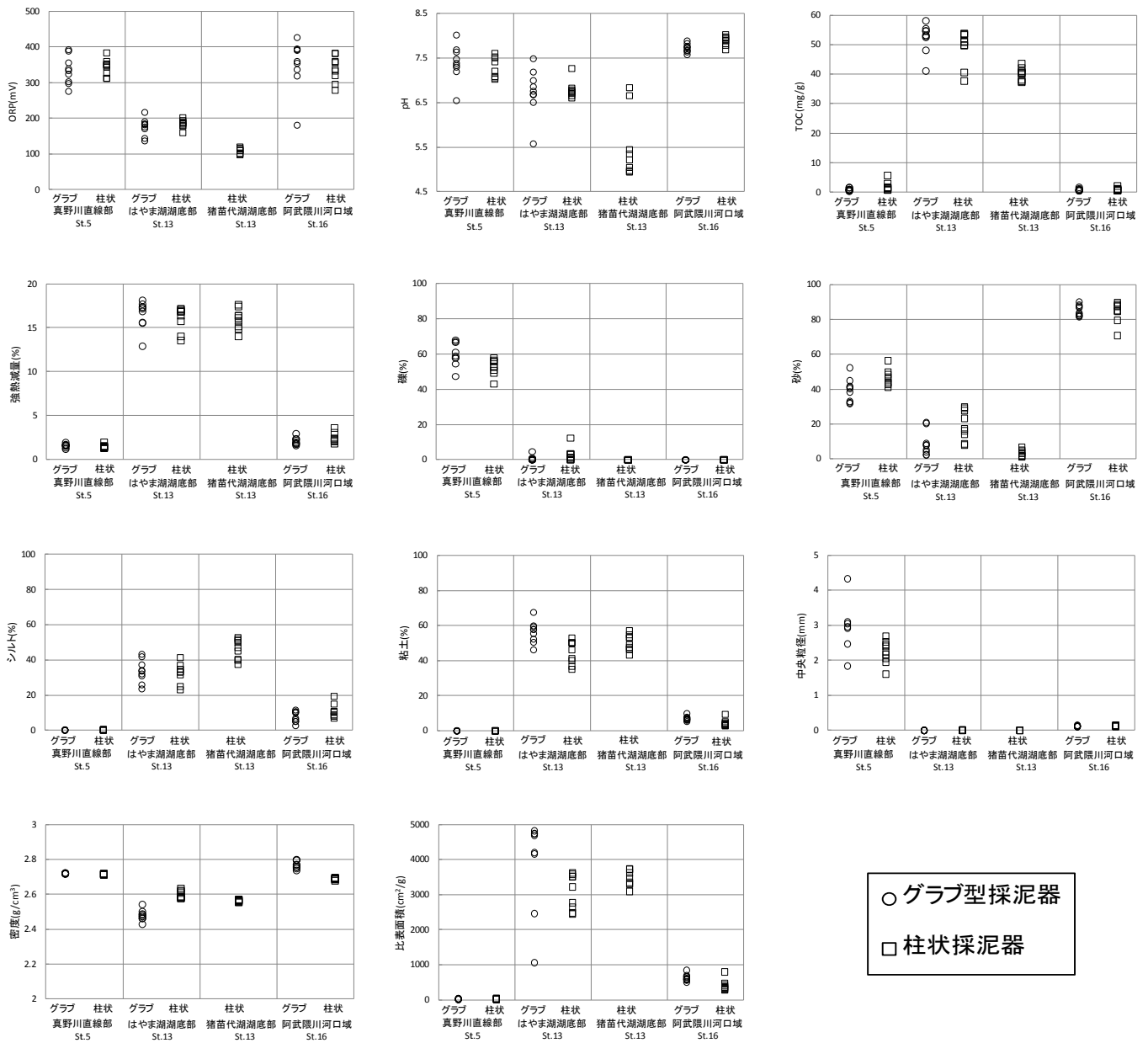
スミス：スミスマッキングタイヤ採泥器を用いた採取

- 「-」は分析または算定していないことを示す。
- 「補正係数 P」は補正係数の算出式（下記）の乗数（V）を 0.65 として算出した値、「補正係数 P'」は 1.15 として算出した値である。

$$P = \left(\frac{S_{ms}}{S_{s1}} \right)^V$$

S_{ms} ：各調査地点での底質の比表面積（cm²/g）、 S_{s1} ：基準とする底質の比表面積（90 cm²/g）

- 備考欄の「*」は、比表面積、補正係数、粒度補正後の放射性セシウム濃度が参考値であることを示す。この調査地点では、粒度組成のふり分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性がある。



○ グラブ型採泥器
□ 柱状採泥器

注：「Grab」は、エクマンバジ採泥器またはスミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採泥、「柱状」は、潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥または柱状採泥器を用いた採泥を示す。

図 3.1.25 調査 C・各水域における採泥方法別の調査結果 (底質観測項目及び底質一般項目)

表 3.1.8 放射性セシウム (Cs-137) 濃度の要約統計量 (単位 : Bq/kg)

区分 水域 地形 地点番号 採取方法	河川 真野川 直線部 5		湖沼 はやま湖 湖底部 13		湖沼 猪苗代湖 湖底部 13	河口 阿武隈川 河口域 16	
	Grab型 (バケット部)	柱状 (潜水土)	Grab型 (エクマン)	柱状 (柱状採泥器)	柱状 (柱状採泥器)	Grab型 (スミス)	柱状 (潜水土)
平均	531	598	11,300	18,867	189	129	98
標準誤差	22	31	3,111	2,468	58	34	11
中央値	550	570	10,000	19,000	110	100	100
最頻値	600	—	10,000	20,000	53	—	100
標準偏差	65	94	9,332	7,403	174	102	34
尖度	-0.94	-0.43	3.67	0.42	0.35	5.63	0.40
歪度	-0.71	0.71	1.79	0.65	1.19	2.26	-0.15
信頼区間(95.0%)	50	73	7,173	5,691	134	78	26
信頼区間(95.0%)上端	581	670	18,473	24,557	323	207	124
信頼区間(95.0%)下端	481	525	4,127	13,176	56	50	72
変動係数 (%)	12	16	83	39	92	79	35

注：採取方法は以下に示すとおりである。

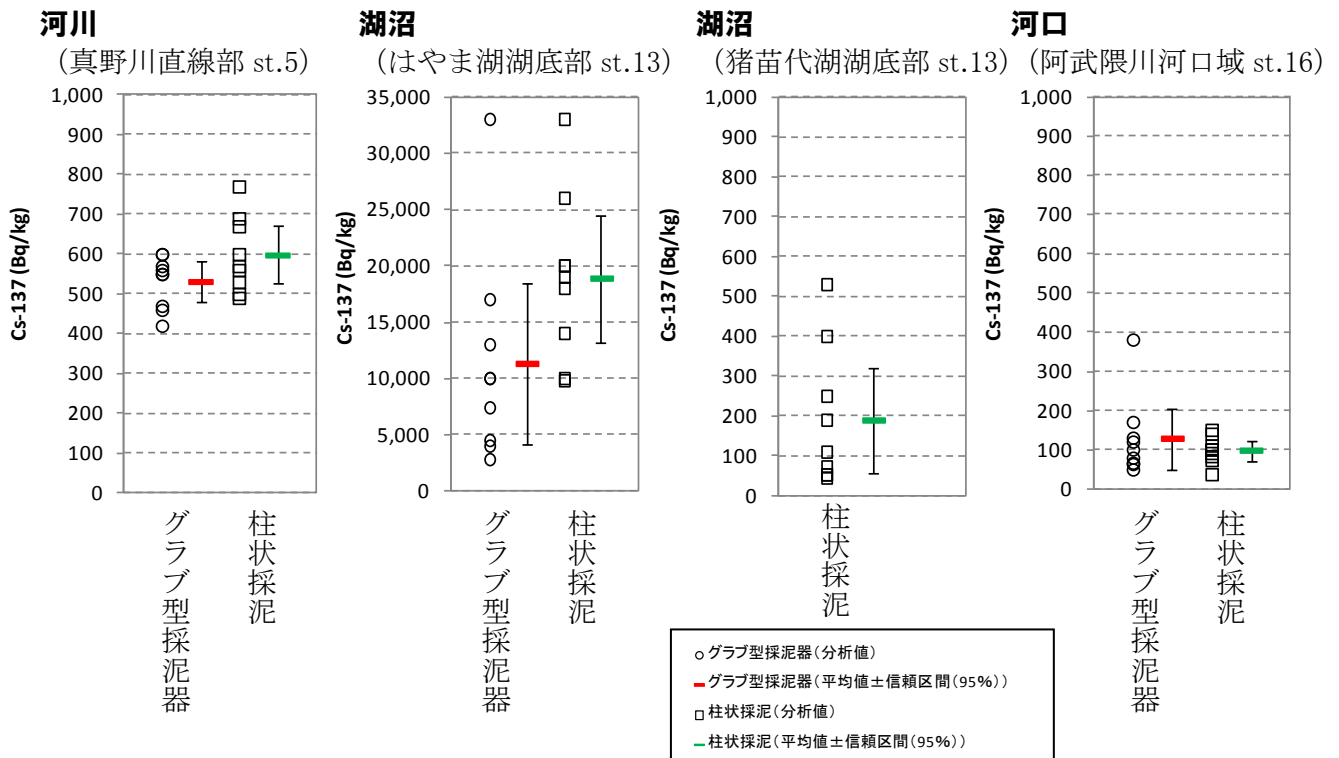
バケット部：スミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部を用いた採取

エクマン：エクマンバージ採泥器を用いた採取

スミス：スミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採取

潜水土：潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥

柱状採泥器：柱状採泥器を用いた採取



(参考)

区分	水域名	地点番号	全水深(m)	調査A			調査B		調査C		
				採取方法	採泥厚(cm)	Cs-137(Bq/kg)	採取方法	Cs-137(Bq/kg)	採取方法	採泥厚(cm)	Cs-137(Bq/kg)
河川	真野川直線部	5	0.6	バケット部	6	860	—	—	バケット部	6	531
									潜水土	10	598
湖沼	はやま湖湖底部	13	47.0	エクマン	11	4,000	柱状採泥器	34,197	エクマン	5~8	11,300
									柱状採泥器	10	18,867
湖沼	猪苗代湖湖底部	13	56.7	エクマン	9	45	柱状採泥器	1,697	柱状採泥器	10	189
河口	阿武隈川河口域	16	10.0	バケット部	9	110	潜水土	89	スミス	6~9.5	129
									潜水土	10	98

- 注：1. 採取方法は、以下に示すとおりである。
 バケット部：スミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部を用いた採取
 エクマン：エクマンバージ採泥器を用いた採取
 スミス：スミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採取
 潜水土：潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥
 柱状採泥器：柱状採泥器を用いた採取
2. 調査Aの採泥回数は1回である。
 3. 調査Bの放射性セシウム濃度は表層(0~3cm層)から6~9cm層までの3層の放射性セシウム濃度を平均した値である。
 4. 調査Cの放射性セシウム濃度は9回採取した試料の分析値を平均した値である。

図 3.1.26 採取回別の放射性セシウム濃度の分析値と平均値±信頼区間(95%)

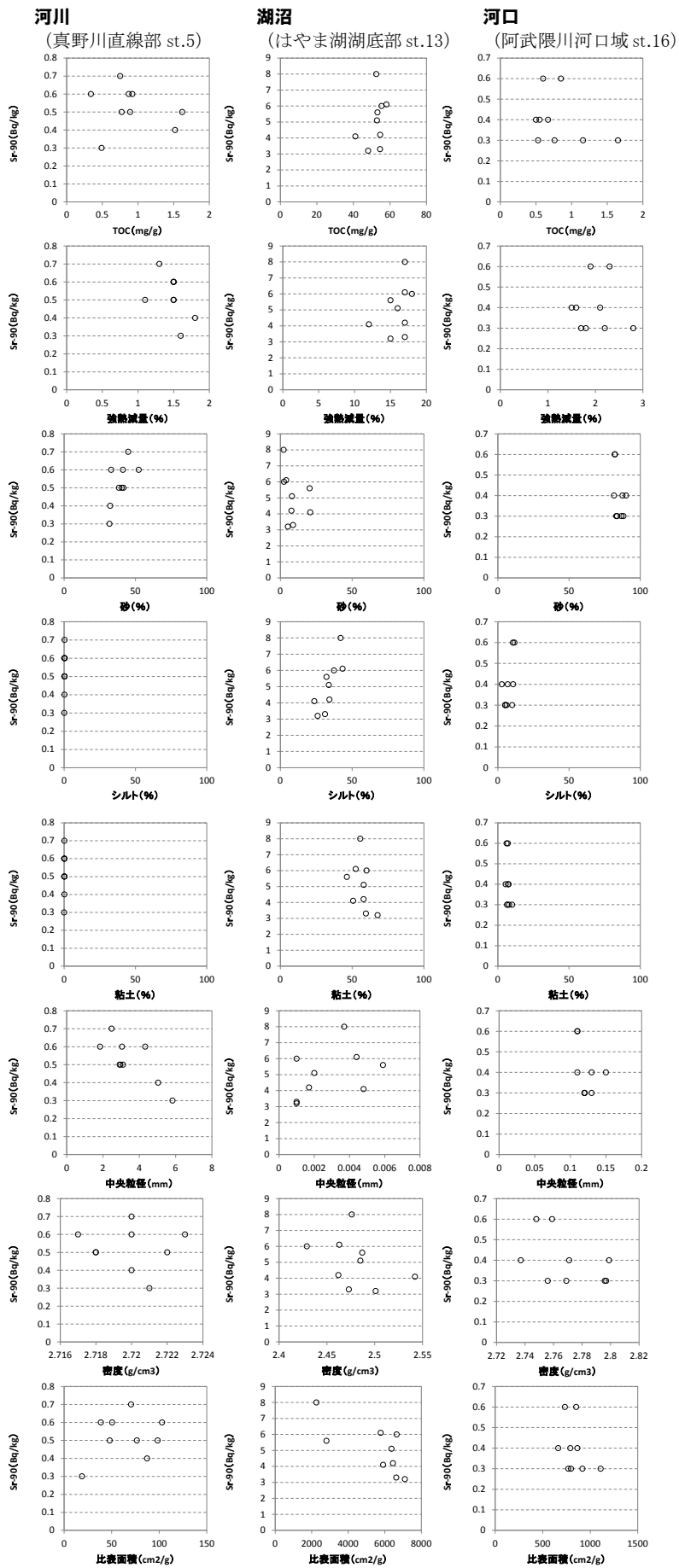


図 3.1.27 底質の放射性ストロンチウム濃度と有機物、粒度等との関係

3.1.1.3(2)放射性セシウム濃度に与える底質採取方法の影響

採泥方法による放射性セシウム濃度の差の有無について検討した。

各水域の採泥方法毎のそれぞれ9回の放射性セシウム測定結果について、F検定及びt検定を実施した。その結果は表3.1.9に示すとおりである。

なお、河口（阿武隈川河口域）ではF検定の結果、両者の分散が等しくないとの結果であったことから、外れ値と考えられるデータ（表3.1.7の380 Bq/kg）を除外して再度F検定及びt検定を行った。その結果は表3.1.10、図3.1.28に示すとおりである。

- ・ 河川（真野川直線部）、湖沼（はやま湖湖底部）では両者に有意な差はなかった。
- ・ 河口（阿武隈川河口域）では外れ値（表3.1.7の380 Bq/kg）を除外して再度F検定及びt検定を行った結果、両者に有意な差はなかった。

上記のとおり、各測定回ごとのばらつきが大きく、統計上、採泥方法による有意な差は認められなかったものの、特にはやま湖湖底部では、グラブに比べて柱状採泥の値が高い傾向にあった。グラブ採泥の方がやや採泥層が浅い(値が高めになりやすい)ことを加味すると、事実上は柱状採泥の値の方が高いと考えられる。

なお、特にはやま湖湖底部においては、p120の「3.1.1.2 調査B；柱状採泥調査、3.1.1.2(2)採泥厚の違いが放射性セシウム濃度に与える影響の検討」に示したとおり、表層0-3cm層で高く、また、調査A(グラブ採泥)と調査B(柱状採泥)の差が大きかったことから、グラブ採泥では、表層に薄く分布するセシウム濃度の高い浮泥が採取できなかった可能性が考えられる。

表 3.1.9 グラブ型採泥器を用いて採取した試料の放射性セシウム（Cs-137）濃度と柱状採泥により採取した試料の放射性セシウム（Cs-137）濃度の検定結果

区分 水域 地形 地点番号 採取方法	河川 真野川 直線部 5 グラブ型 (バケット部)	柱状 (潜水土)	湖沼 はやま湖 湖底部 13 グラブ型 (エクマン)	柱状 (柱状採泥器)	河口 阿武隈川 河口域 16 グラブ型 (スミス)	柱状 (潜水土)
F 検定 観測数	9	9	9	9	9	9
自由度	8	8	8	8	8	8
観測された分散比	0.472		1.589		8.965	
P(F<=f) 両側	0.154		0.264		0.003	
F 境界値 両側	0.291		3.438		3.438	
検定結果	p 値>0.05 等分散		p 値>0.05 等分散		p 値<0.05 分散が等しくない	
t 検定 観測数	9	9	9	9	/	
自由度	16		16			
t	-1.745		-1.906			
P(T<=t) 両側	0.100		0.075			
t 境界値 両側	2.112		2.120			
検定結果	p 値>0.05 有意差なし		p 値>0.05 有意差なし			

注：採取方法は以下に示すとおりである。

バケット部：スミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部を用いた採取

エクマン：エクマンバージ採泥器を用いた採取

スミス：スミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採取

潜水土：潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥

柱状採泥器：柱状採泥器を用いた採取

表 3.1.10 グラブ型採泥器を用いて採取した試料の放射性セシウム (Cs-137) 濃度と柱状採泥により採取した試料の放射性セシウム (Cs-137) 濃度の検定結果 (阿武隈川河口域において、外れ値を除外した場合)

区分	河口	
水域	阿武隈川	
地形	河口域	
地点番号	16	
採取採泥方法	グラブ型 (スミス)	柱状 (潜水土)
F 検定		
観測数	8	9
自由度	7	8
観測された分散比	1.447	
P(F<=f) 両側	0.307	
F 境界値 両側	3.500	
検定結果	p 値>0.05 等分散	
t 検定		
観測数	8	9
自由度	15	
t	-0.060	
P(T<=t) 両側	0.953	
t 境界値 両側	2.131	
検定結果	p 値>0.05 有意差なし	

注：採取方法は以下に示すとおりである。

スミス：スミスマッキンタイヤ採泥器を用いた採取

潜水土：潜水土によるアクリルコアを用いた柱状採泥

河口 (阿武隈川河口域 st.16)

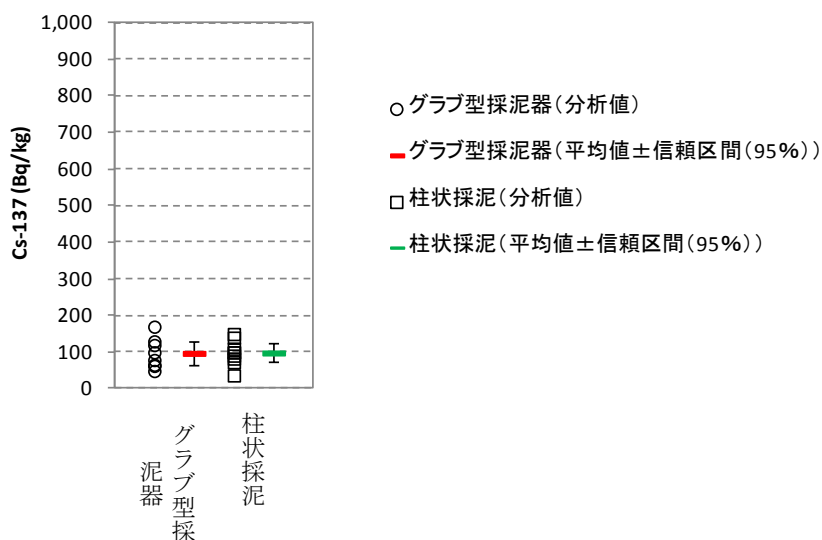


図 3.1.28 採取回別の放射性セシウム濃度の分析値と平均値±信頼区間 (95%) (阿武隈川河口域において、外れ値を除外した場合)

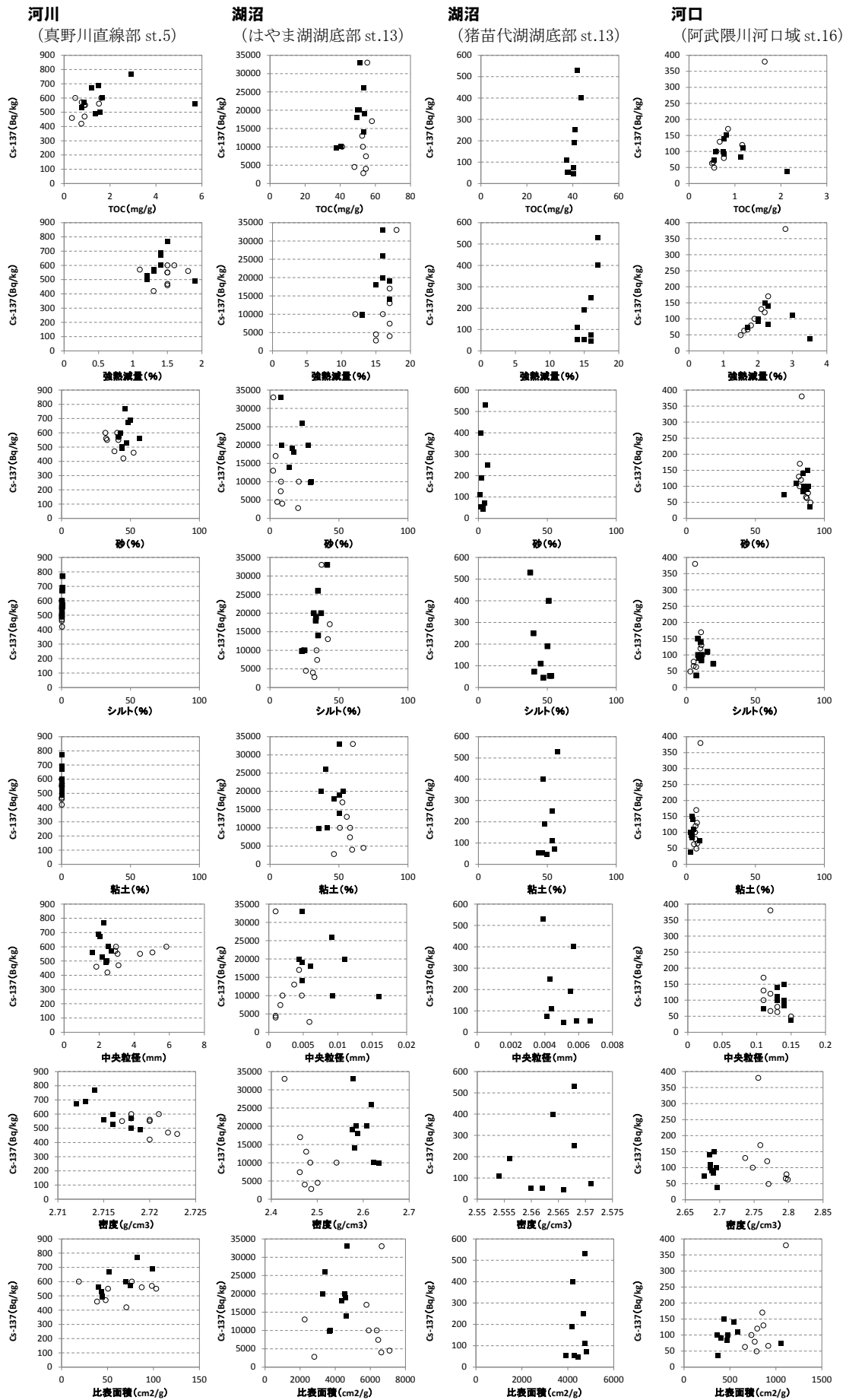


図 3.1.29 底質の放射性セシウム濃度と有機物、粒度等との関係

○グラブ型採泥器 ■柱状採泥器

3.1.1.3(3)底質試料採取の必要回数について

採泥を実施するに際し、1地点あたり3回程度の採泥を行うことが一般的である。ここでは、1地点あたりの採取回数が放射性セシウム濃度の平均値に与える影響を検討した。

各調査地点において9個の分析値からn個（ $n=1\sim 9$ ）の分析値を抽出するすべての組合せにおいて平均値、標準偏差、変動係数を算出し、この算出した結果をn回採取した場合の放射性セシウム濃度とみなした。採取回数ごとの放射性セシウム濃度の平均値、標準偏差、変動係数は図3.1.30に示すとおりである。また、参考として調査Cで得られた放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較を図3.1.31に示す。

- ・ 柱状採泥については、p34の表3.1.2(1)で示したA調査の結果で水域内でのばらつきの比較的小さかった真野川直線部、阿武隈川河口部では、同一地点内のばらつきも小さく、反対に同一水域内でのばらつきの比較的大きかったはやま湖湖底部では同一地点内のばらつきも大きい傾向にあった。
- ・ 猪苗代湖湖底部においては、A調査(グラブ採泥)でのばらつきは小さく、これはp120で述べたとおり浮泥の影響を受けなかったものと考えられた。一方、C調査(柱状採泥)では浮泥の影響によりばらつきが大きくなったものと考えられる。
- ・ グラブ採泥については、概ね柱状採泥と同様の結果であるが、はやま湖湖底部及び阿武隈川河口部においてやや値の突出した検体があり、標準偏差、変動係数を引き上げる結果となった。

以上より、同一地点での放射性セシウムの水平分布の偏りの大きな水域では採取回数ごとのばらつきも当然大きいことから、採泥はできる限り3回以上行うことが望ましいといえる。ただし、ばらつきの程度が収束する採泥回数は、セシウム濃度や底質性状等の水域特性によって異なり、また、採泥回数ごとのばらつきの有無の判断は、採泥時の底質性状の目視観察では難しいと考えられる。

以上のことから、過去の調査結果等から浮泥の堆積や高濃度の放射性セシウムの分布が予想される水域（本業務の例では、はやま湖や猪苗代湖の湖底部等）ではそれらを攪乱せずに採泥することが必要で、なおかつ1地点あたり3回以上のサンプルを採取・混合することにより、より水域を代表したサンプリングを行う必要があると考えられる。

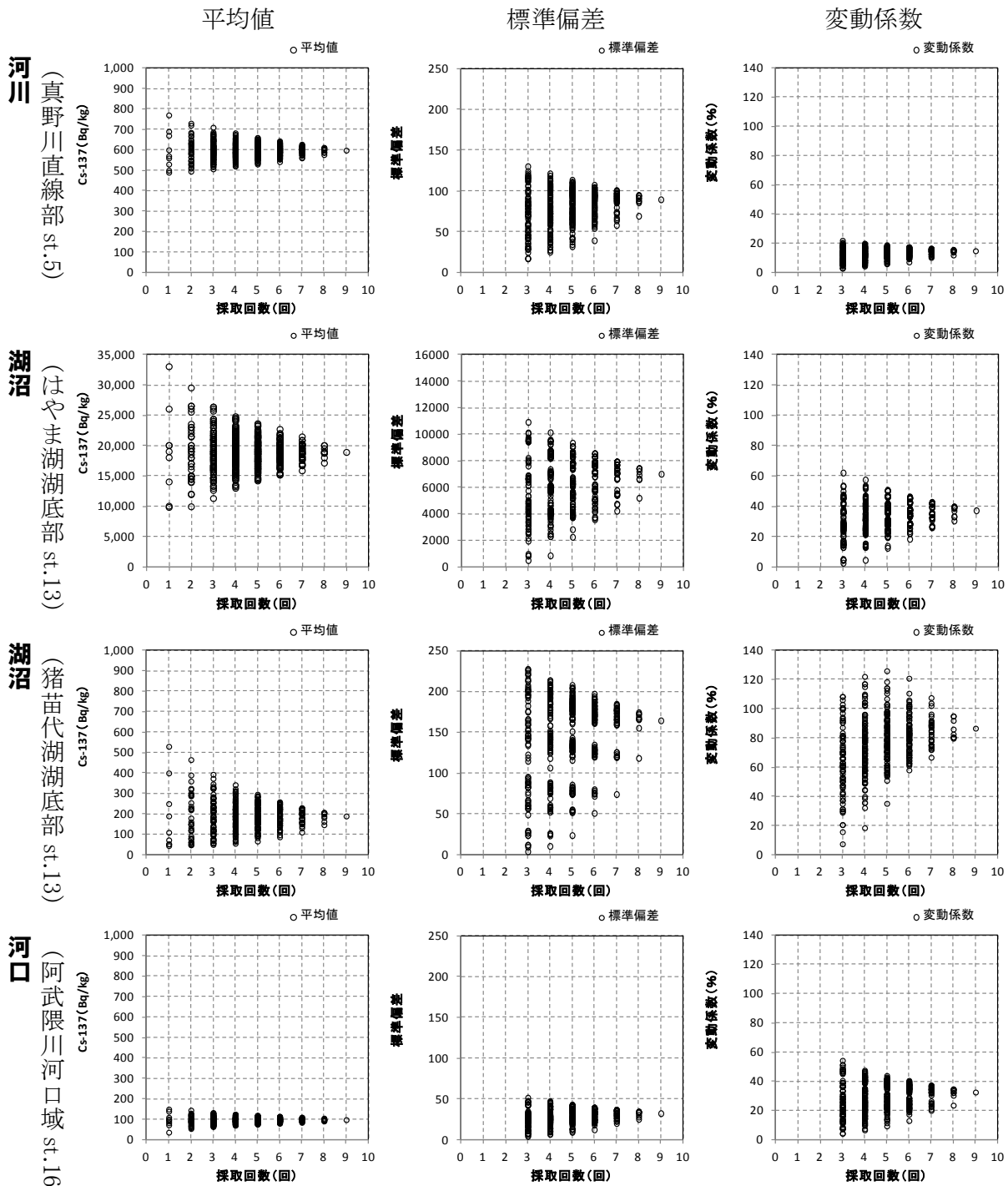
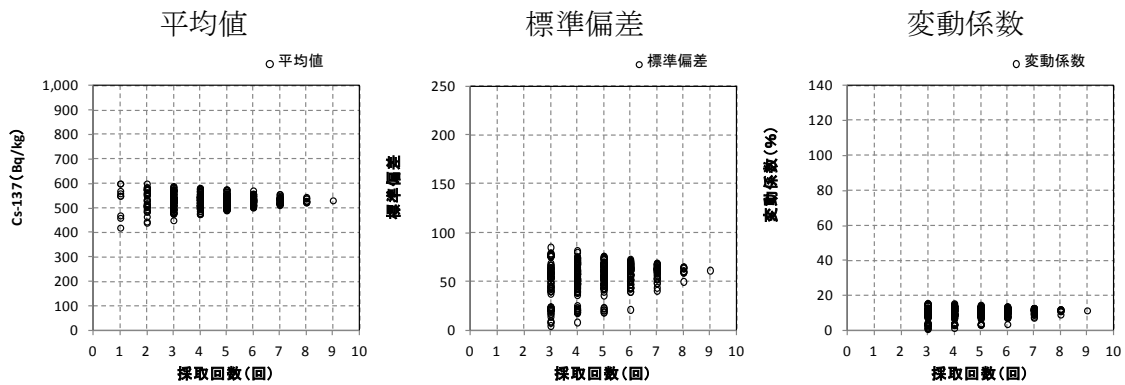
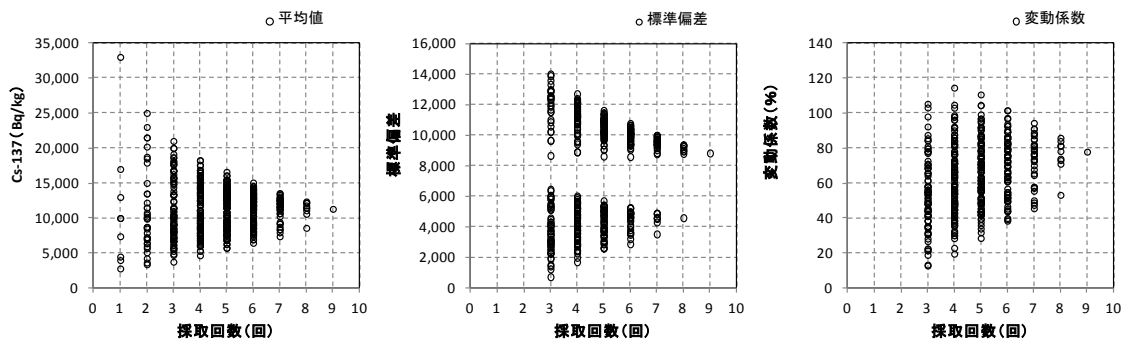


図 3.1.30 (1) 採取回数ごとの放射性セシウム濃度の平均值、標準偏差、変動係数 (柱状採泥による採取)

河川 (真野川直線部 st.5)



湖沼 (はやま湖底部 st.13)



河口 (阿武隈川河口域 st.16)

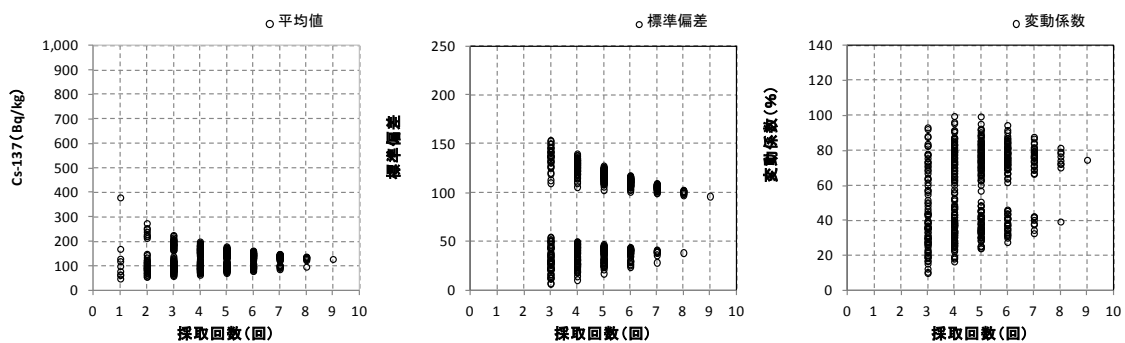
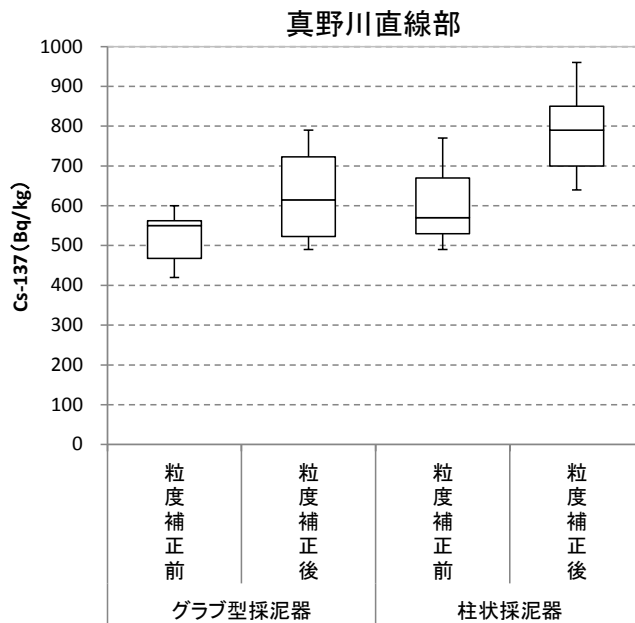


図 3.1.30(2) 採取回数ごとの放射性セシウム濃度の平均値、標準偏差、変動係数 (グラブ型採泥器を用いた採取)



注：真野川直線部では、Grab型採泥器を用いて採取した試料（試料番号 2）が、粒度組成のふるい分析において粒径 0.075mm 未満の土粒子の重量が 0.1%以下であったため沈降分析を実施せず、このため比表面積が過小評価され、粒度補正後の放射性セシウム濃度が過大評価されている可能性があったため、粒度補正前及び粒度補正後のデータから除いた。

図 3.1.31 (1) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較
(真野川直線部)

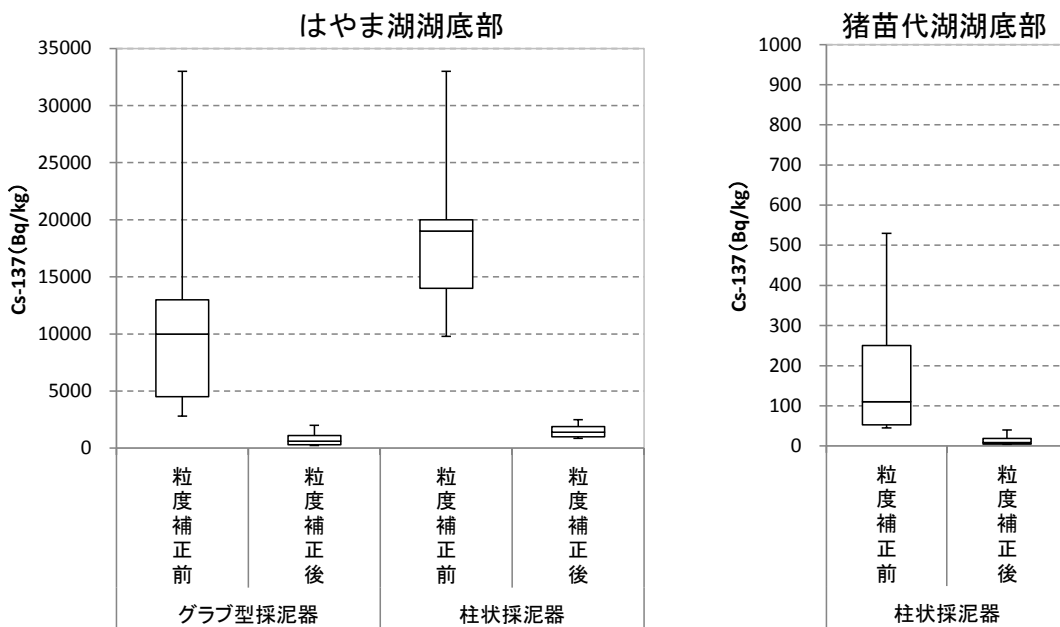
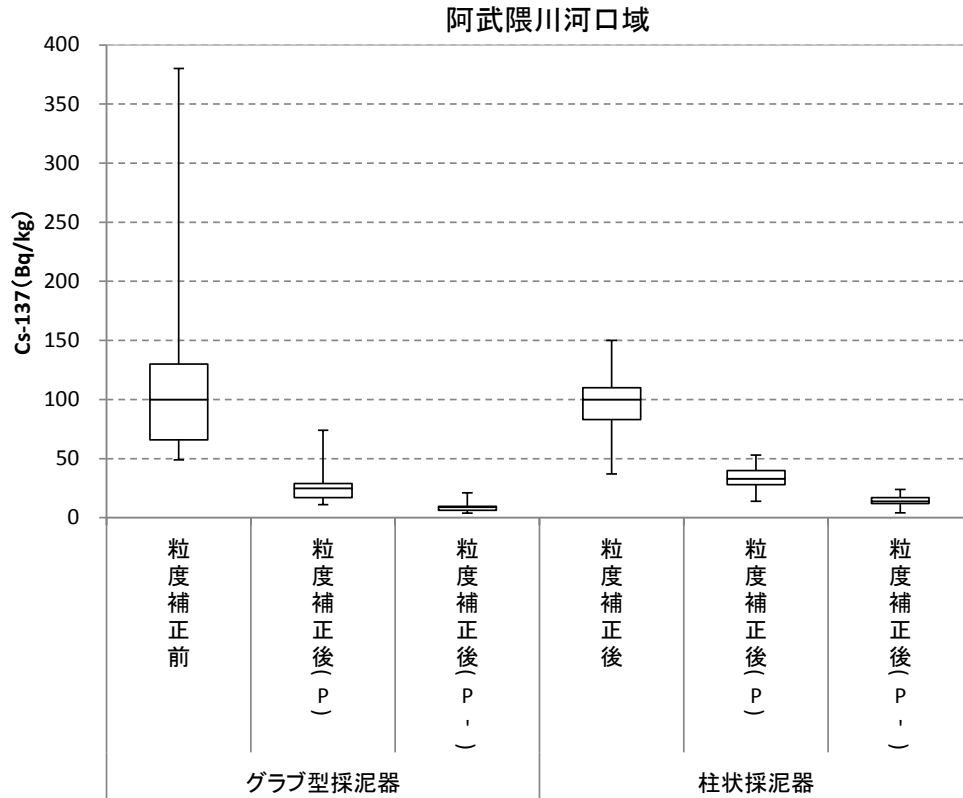


図 3.1.31(2) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較
(はやま湖湖底部、猪苗代湖湖底部)



注：阿武隈川河口域では、補正係数の算出に乗数 0.65 を用いた方法（粒度補正後 (P)）及び、乗数に 1.15 を用いた方法（粒度補正後 (P')）の二つの方法で粒度補正を行った場合の放射性セシウム濃度を示す。

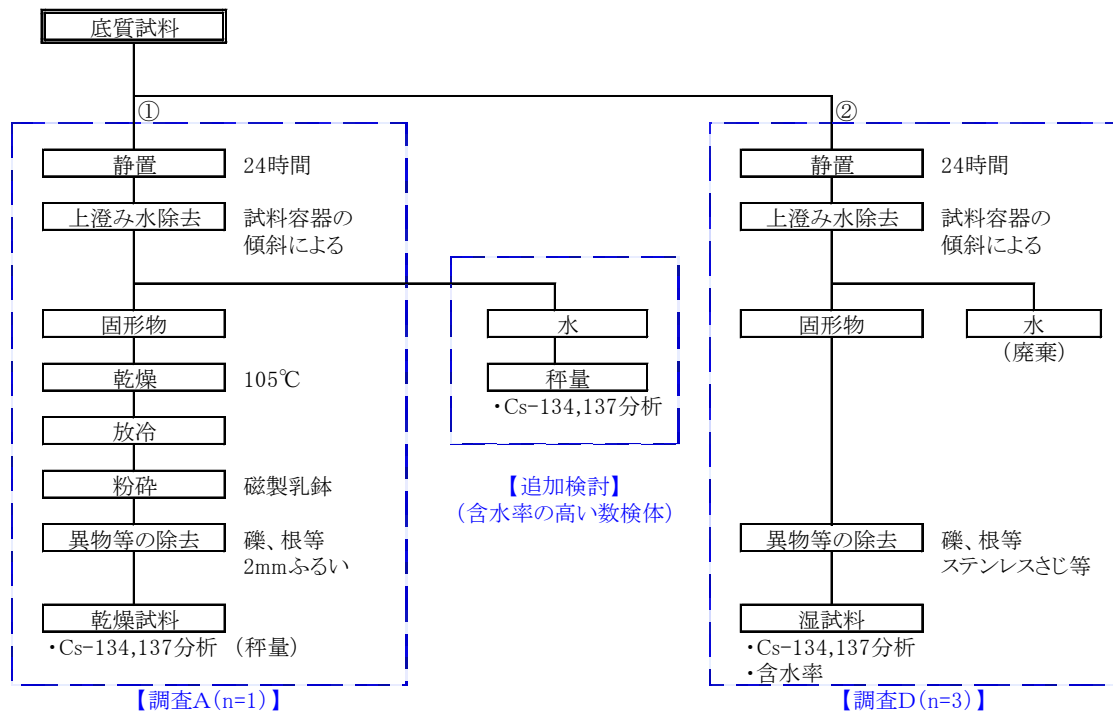
図 3.1.31(3) 放射性セシウム濃度の粒度補正前後の比較
(阿武隈川河口域)

3.1.2 放射性物質測定に係るデータの検証(前処理の検討)

3.1.2.1 調査D:底質試料の前処理方法の検証

試料中の水分による測定値への影響の程度を検討するため、調査Aで採取した底質の中から含水率が高い 20 検体を選定し、乾燥試料、湿試料の両方を分析、両者の相関関係等を比較・検証した。

また、吸引ろ過により底質から除去した水についても数検体程度放射性物質を測定し、底質全体に対する含有割合を確認した。



- ① ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法(昭和57年文部科学省)
 ② 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法(平成4年文部科学省)の「土壌」に準拠

図 3.1.32 底質分析のフローシート

調査Aの一部の地点について、試料を湿泥の状態では分析し、含水率補正を行い、乾泥による分析結果と比較した。

調査結果は表 3.1.11 に示すとおりであり、セシウム濃度が最も高いはやま湖湖底部 St.21 では乾燥泥から求めた値と湿泥から求めた値(乾泥換算値)は一致した。

それ以外のデータについて乾燥泥と湿泥による分析結果の相関を示したのが図 3.1.33 である。両者はほぼ同等の値を示した。また、湿泥法と乾泥法の値の比と含水率の間には相関はみられなかった(図 3.1.34)。

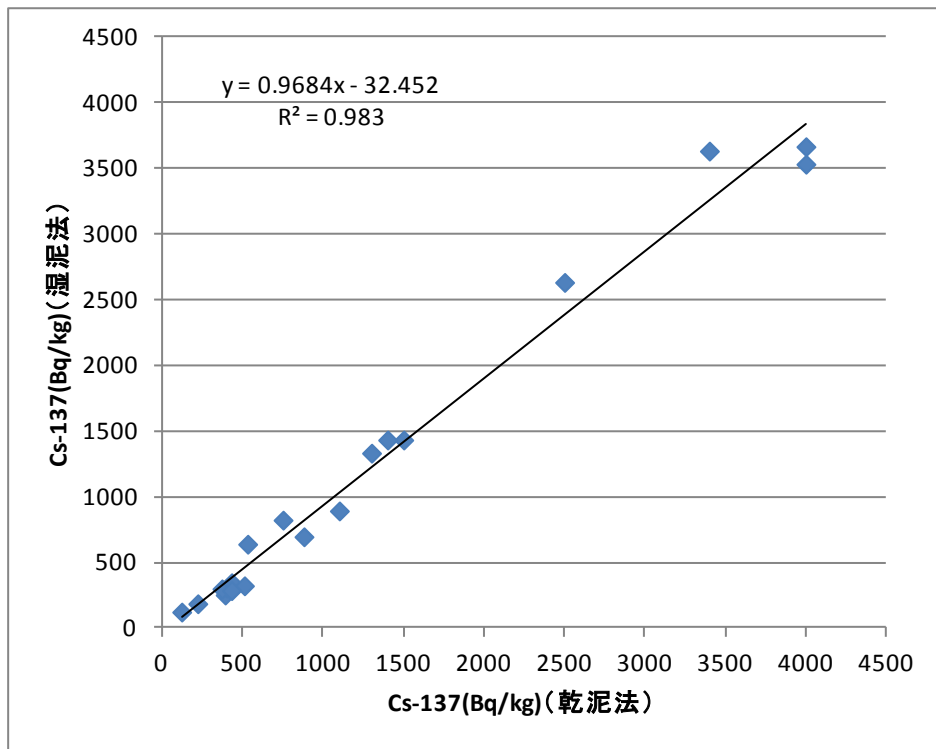
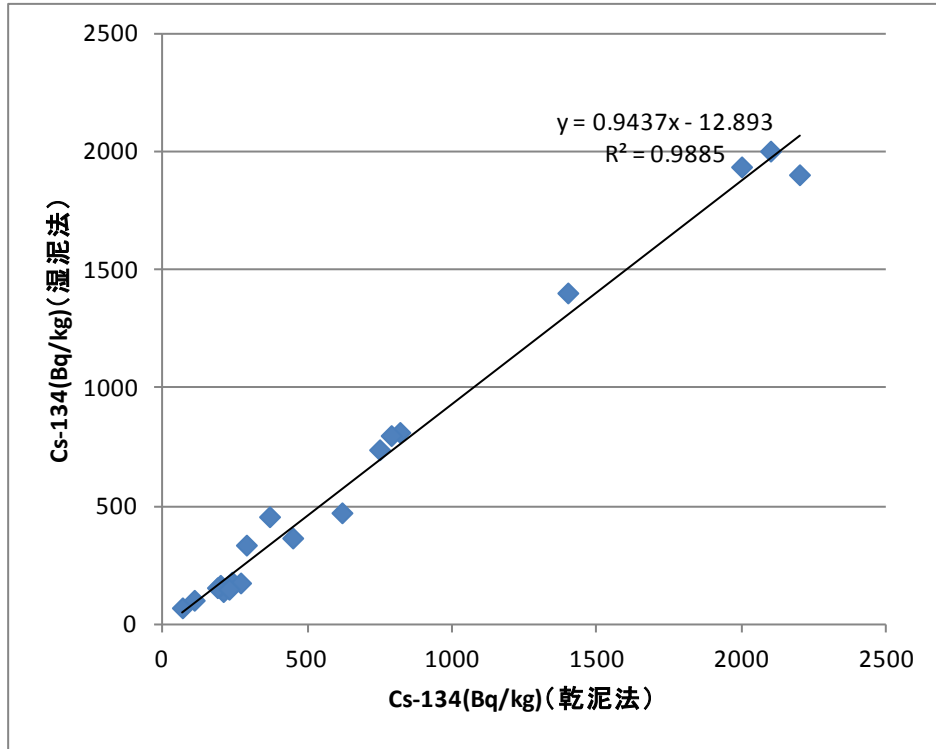
なお、底質全体に占める上澄み水の放射性セシウムの量の割合は5 試料の平均で 0.4% (0.2~0.7%) と小さく、図 3.1.32 のフローで上澄み水を除去することに問題はないと考えられた。

セシウム-134、137 については遠心分離等により水澄み水を除去すれば乾燥処理の有無による値の違いはほとんど無いと考えられた。

表 3.1.11 湿泥法と乾泥法による底質試料の分析値の比較検討結果

地点番号	Cs-134						Cs-137						含水率 (%)		
	湿泥法(乾重換算値)				乾泥法 (Bq/kg)	湿/乾	湿泥法(乾重換算値)				乾泥法 (Bq/kg)	湿/乾			
	分析値 (Bq/kg)	平均値 (Bq/kg)	標準偏差 (Bq/kg)	変動係数 (%)			分析値 (Bq/kg)	平均値 (Bq/kg)	標準偏差 (Bq/kg)	変動係数 (%)					
阿武隈川 滞留部	1	1回目	1300	1400	100	7.1	1400	1.00	2600	2633	153	5.8	2500	1.05	70.3
		2回目	1400						2500						
		3回目	1500						2800						
	2	1回目	740	810	61	7.5	820	0.99	1300	1433	115	8.1	1500	0.96	42.2
		2回目	840						1500						
		3回目	850						1500						
	3	1回目	830	797	29	3.6	790	1.01	1500	1433	58	4.0	1400	1.02	46.4
		2回目	780						1400						
		3回目	780						1400						
	4	1回目	370	363	12	3.2	450	0.81	710	697	23	3.3	880	0.79	30.3
		2回目	370						710						
		3回目	350						670						
	5	1回目	69	68	4.6	6.7	69	0.99	110	123	15	12.4	120	1.03	22.1
		2回目	63						140						
		3回目	72						120						
	6	1回目	1900	1933	58	3.0	2000	0.97	3600	3633	58	1.6	3400	1.07	64.5
		2回目	2000						3700						
		3回目	1900						3600						
	7	1回目	140	137	5.8	4.2	210	0.65	240	253	15	6.0	390	0.65	25.1
		2回目	130						250						
		3回目	140						270						
	8	1回目	160	163	5.8	3.5	200	0.82	290	307	15	5.0	400	0.77	24.7
		2回目	170						310						
		3回目	160						320						
	9	1回目	120	153	31	19.9	190	0.81	240	300	53	17.6	370	0.81	24.6
		2回目	160						320						
		3回目	180						340						
10	1回目	180	177	5.8	3.3	240	0.74	340	347	5.8	1.7	430	0.81	22.1	
	2回目	170						350							
	3回目	180						350							
11	1回目	310	333	25	7.5	290	1.15	620	640	35	5.4	530	1.21	26.5	
	2回目	360						680							
	3回目	330						620							
12	1回目	170	173	5.8	3.3	270	0.64	320	323	5.8	1.8	510	0.63	23.3	
	2回目	170						330							
	3回目	180						320							
13	1回目	460	470	10	2.1	620	0.76	890	893	15	1.7	1100	0.81	32.9	
	2回目	470						880							
	3回目	480						910							
15	1回目	100	100	0.0	0.0	110	0.91	180	187	5.8	3.1	220	0.85	21.4	
	2回目	100						190							
	3回目	100						190							
19	1回目	150	147	5.8	3.9	230	0.64	290	287	5.8	2.0	430	0.67	23.7	
	2回目	150						280							
	3回目	140						290							
はやま湖 底部	1	1回目	650	737	78	10.5	750	0.98	1200	1333	115	8.7	1300	1.03	72.8
		2回目	760						1400						
		3回目	800						1400						
	5	1回目	2000	2000	0.0	0.0	2100	0.95	3600	3667	115	3.1	4000	0.92	66.9
		2回目	2000						3800						
		3回目	2000						3600						
	13	1回目	1900	1900	0.0	0.0	2200	0.86	3500	3533	58	1.6	4000	0.88	62.3
		2回目	1900						3600						
		3回目	1900						3500						
	21	1回目	10000	10000	0.0	0.0	10000	1.00	19000	19000	0.0	0.0	19000	1.00	77.9
		2回目	10000						19000						
		3回目	10000						19000						
	25	1回目	480	453	23	5.1	370	1.23	870	823	40	4.9	750	1.10	67.5
		2回目	440						800						
		3回目	440						800						

変動係数の平均値
Cs-134: 4.7%
Cs-137: 4.9%



注：値が最大のはやま湖湖底部 St.21 は乾泥法と湿泥法の値が一致しており、このグラフからは除いた

図 3.1.33 乾泥法と湿泥法による分析結果の比較（上：Cs-134、下：Cs-137）

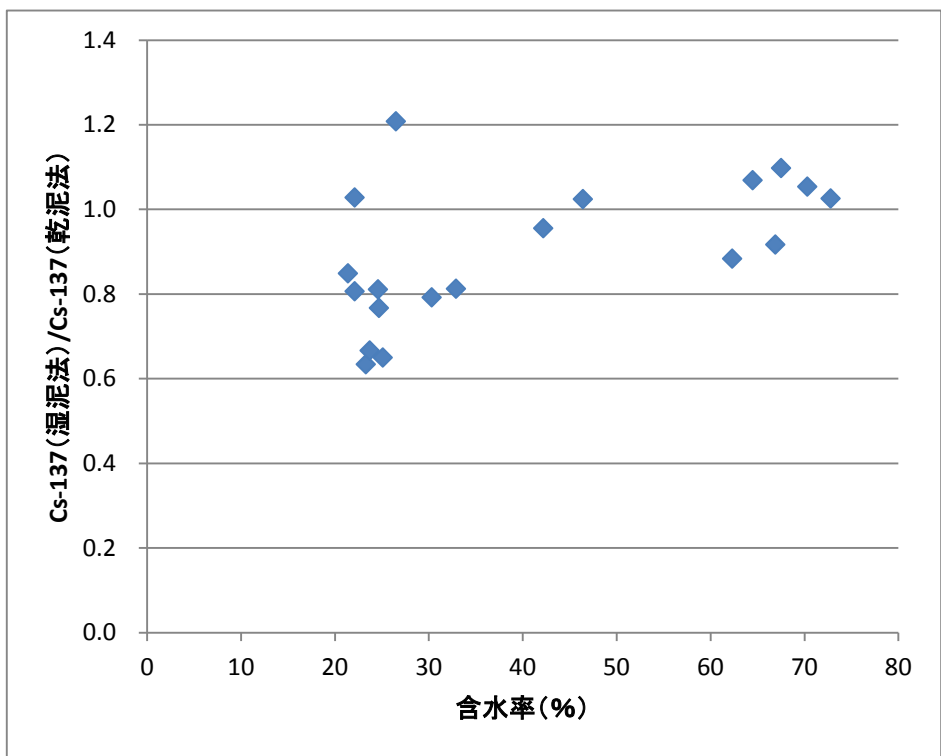
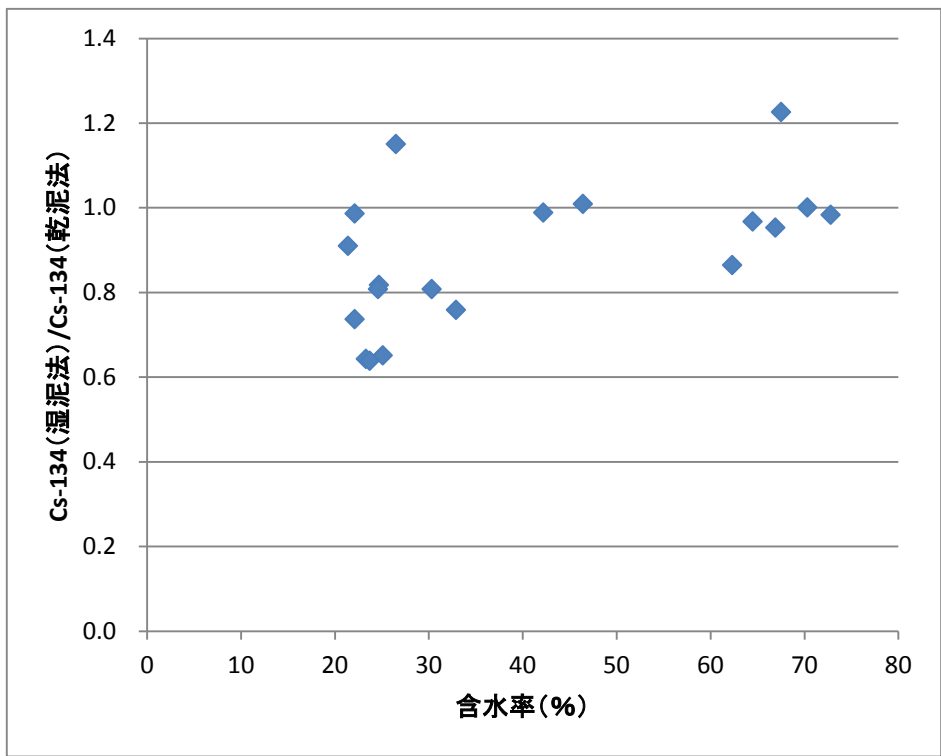


図 3.1.34 乾泥法と湿泥法の値の比と含水率の関係（上：Cs-134、下：Cs-137）

表 3.1.12 底質全体中の放射性セシウム量における上澄み水の割合

地点 番号	上澄み水			上澄水除去後の底質			底質全体のCsに占 める上澄み水のCs の割合 (%)
	Cs134+Cs137 (Bq/kg)	試料量 (g)	Cs134+Cs137 (Bq)	Cs134+Cs137 (Bq/kg)	試料量 (g)	Cs134+Cs137 (Bq)	
2	50.7	59.4	3.01	1230 1380 1390 (平均)	454.0	558 627 631 605	0.5
7	17.4	61.3	1.07	290 291 314 (平均)	598.3	173 174 188 178	0.6
11	8.5	86.3	0.73	698 775 702 (平均)	561.0	392 435 394 407	0.2
15	13.5	69.1	0.93	222 241 231 (平均)	609.1	135 147 141 141	0.7
19	7.1	76.9	0.55	343 333 334 (平均)	593.8	204 198 198 200	0.3
	平均						0.4

試料: 阿武隈川滞留部の底質

3.1.2.2 調査E;水質試料の前処理方法の検証

各種のろ過材により水質試料をろ過した場合の回収率を検討した結果を表 3.1.13 及び図 3.1.35 に示した。試料水を直接 2L マリネリで測定した場合に比べてプランクトンネット (10 μ m) では約 70%、GF/C、GF/F、メンブランフィルター (1 μ m) では約 90%が捕捉された。

表 3.1.13 ろ過方法の検討結果

		サンプル量	測定容器		Cs-134	Cs-137	Cs134 +Cs137	
無処理		2L	2Lマリネリ	①	(Bq/L)	1.8	4.1	5.9
				②		2.1	3.9	6.0
				③		2.5	4.8	7.3
				平均		2.1	4.3	6.4
プランクトンネット (10 μ m)	ネット (ろ過後)	2L	U-8	①	(Bq/L)	1.6	3.1	4.7
				②		1.4	3.0	4.4
				③		1.7	3.3	5.0
				平均		1.6	3.1	4.7
	ろ液	2L	2Lマリネリ	①	(Bq/L)	0.20	0.36	0.56
				②		0.32	0.47	0.79
				③		0.41	0.80	1.21
				平均		0.31	0.54	0.85
	ネット +ろ液			平均 (Bq/L)			5.6	
			回収率 (%)			86.7		
GF/C (1.2 μ m)	フィルター (ろ過後)	2L	U-8	①	(Bq/L)	1.9	3.9	5.8
				②		1.8	3.2	5.0
				③		1.9	4.1	6.0
				平均		1.9	3.7	5.6
	ろ液	2L	2Lマリネリ	①	(Bq/L)	<0.17	<0.21	-
				②		<0.18	<0.22	-
			③	<0.18	<0.21	-		
			平均	-	-	-		
			平均 (Bq/L)			5.6		
			回収率 (%)			87.5		
GF/F (0.7 μ m)	フィルター (ろ過後)	2L	U-8	①	(Bq/L)	1.7	3.1	4.8
				②		1.9	3.6	5.5
				③		2.5	4.7	7.2
				平均		2.0	3.8	5.8
	ろ液	2L	2Lマリネリ	①	(Bq/L)	<0.19	<0.23	-
				②		<0.18	<0.21	-
			③	<0.18	<0.20	-		
			平均	-	-	-		
			平均 (Bq/L)			5.8		
			回収率 (%)			90.6		
メンブランフィルター (1 μ m)	フィルター (ろ過後)	2L	U-8	①	(Bq/L)	1.9	4.0	5.9
				②		1.7	3.4	5.1
				③		2.1	3.7	5.8
				平均		1.9	3.7	5.6
	ろ液	2L	2Lマリネリ	①	(Bq/L)	<0.19	<0.22	-
				②		<0.17	<0.22	-
			③	<0.15	<0.21	-		
			平均	-	-	-		
			平均 (Bq/L)			5.6		
			回収率 (%)			87.5		

注：試料水：河川水にはやま湖湖底の浮泥を添加したもの

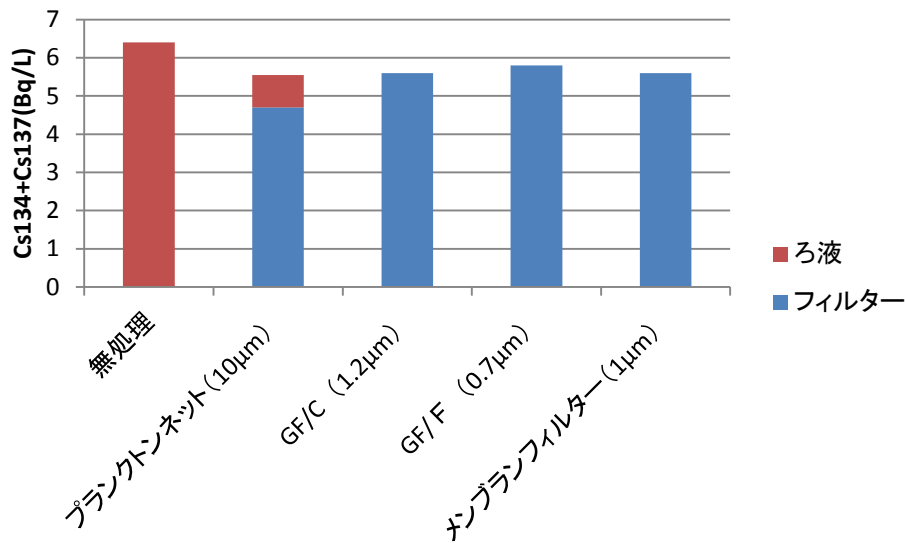


図 3.1.35 ろ過方法の検討結果

AMP 共沈法及び Cs 吸着型メンブタンフィルターにより水質試料を濃縮した場合の回収率は表 3.1.14 に示すとおりであり、両者は概ね同等であった。

AMP 共沈法は静置に 24 時間以上を要する一方、Cs 吸着型メンブタンフィルターは目詰まりにより吸引時間が長くかかる等、操作としては一長一短がみられた。

表 3.1.14 試料濃縮方法の検討結果

	サンプル量	測定容器		Cs134	Cs137	Cs134 + Cs137	
				(Bq/L)	(Bq/L)	(Bq/L)	
AMP共沈法	10L	U-8	①	0.033	0.073	0.106	
			②	0.044	0.072	0.116	
			③	0.048	0.079	0.127	
			平均	0.042	0.075	0.116	
			標準偏差	0.008	0.004	0.011	
			変動係数	19.0	5.3	9.5	
			回収率 (%)	105.0	101.4	101.8	
Cs吸着型メンブタンフィルター(住友3M)	10L	U-8	①	0.033	0.056	0.089	
			②	0.036	0.057	0.093	
			③	0.033	0.070	0.103	
			平均	0.034	0.061	0.095	
			標準偏差	0.002	0.008	0.007	
			変動係数	5.9	13.1	7.4	
			回収率 (%)	85.0	82.4	83.3	
設定値				(Bq/L)	0.040	0.074	0.114

試料水: はやま湖の湖水10Lに浮泥(Cs134+Cs137:287Bq/L)4mLを添加したもの

表 3.1.15 試料濃縮方法の操作面の特徴、コスト

	AMP 共沈法	Cs 吸着型メンブレン フィルター法
試薬・消耗品コスト	約 50 円/検体	約 23,000 円/検体
前処理に必要な時間	約 2 日 (うち、沈殿静置に約 24 時間)	4~8 時間程度 (濁りの程度による)
操作の難易度	比較的容易	容易
短所	沈殿の静置時間が長く、試料採取から報告までの時間が長い。 一度に多くの検体を処理するには、沈殿静置のための広い場所が必要となる。	フィルターが目詰まりするとろ過時間が長くなる。
課題	—	適用可能な試料の範囲 (海水等) については検討が必要。

3.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討

3.2.1 既存指針、マニュアルなどに係る調査手法の整理結果

国内外の文献 62 報を収集しその整理を行った。個々の文献の記載内容（概要）は資料編 3 に示すとおりである。

それらの文献から抽出された水環境における放射線モニタリング技術の要点、課題、問題点は以下のとおりである。

3.2.1.1 水環境における放射線モニタリング技術の要点

環境中の放射線に関するモニタリングのマニュアルとしては、

- ・ Safety Standards Series No. RS-G-1.8 “Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection” Safety Guide（放射線防護を目的とした環境および発生源のモニタリング 安全ガイド）2005 年、IAEA
- ・ Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents.（原子力事故に対する PAGs および防護処置のマニュアル）1992 年、EPA
- ・ Radiological Monitoring Technical Guidance Note 2 - Environmental Radiological Monitoring（放射線モニタリング技術ガイダンス Note 2 環境放射線モニタリング）2010 年、英国

等があり、日本では「環境放射線モニタリング指針」が原子力安全委員会によって平成 20 年 3 月に定められている。

放射性物質の測定方法に関するマニュアルとしては海外では EPA（米国環境保護庁）、IAEA、ISO から出されている。具体的な内容については文部科学省「放射能測定シリーズ」でほぼ網羅されている。

3.2.1.2 水環境における放射線モニタリング技術の課題、問題点

放射線モニタリング技術の課題、問題点としては原子力安全委員会が平成 24 年にとりまとめた「今後の放射線モニタリングの在り方について」の中にほぼ集約されており、その概要は以下のとおりである。

今後の放射線モニタリングの目的は人が居住している地域や場所についての汚染状況（放射線量、放射性物質の分布状況）を詳らかにするとともに以下の事項に資することにある。

- ・ 事故発生から将来にわたる住民の外部・内部被ばく線量の推定
 - ・ 住民の被ばくを抑制・低減するための除染の立案及び評価、避難区域の変更・見直しに係る検討及び判断
 - ・ 住民の健康管理及び健康影響評価
 - ・ 環境中に放出された放射性物質の拡散、沈着、移動・移行状況の把握
- こうした観点から以下の課題が挙げられる。

(1) 検出下限値の適切な設定

モニタリングの目的が緊急時の避難等から、影響範囲、沈着状況、移行状況の把握に移りつつある現時点では目的に応じた検出レベルを予め適切に定める必要がある。

(2) 試料採取の考え方の統一

今後は様々な機関がモニタリングに関与することが想定される。目的に応じた試料採取場所の考え方、採取方法を予め統一的に定める必要がある。

試料は代表性のあるものとし、定点において同一種類を採取することが望ましい。蓄積状況の把握のための試料として底質は重要であり、地形、地質等を考慮し、また経年的な追跡が行えるよう永続的に採取できる場所を選定する（環境放射線モニタリング指針）。

(3)モニタリングデータの品質向上

モニタリングデータを国際的・学術的要求にも耐えうるものとするため、測定機器の校正のマニュアル化、分析機関のクロスチェック体制の拡充によりトレーサビリティを確保し、測定データには誤差を明示する等の統一化を図る必要がある。

(4)データベースの拡充

放射線モニタリングデータを管理・活用するためのデータベースの拡充

3.2.2 専門機関へのヒアリングによる課題、問題点の抽出

ヒアリングを行った専門機関及びヒアリングの主な議題は表 3.2.1 に示すとおりである。

表 3.2.1 ヒアリングを行った専門機関及び主な議題

氏名	所属/役職	日程	主な議題
青野辰雄	(独)放射線医学総合研究所 福島復興支援本部 環境動態・影響プロジェクト サブリーダー	平成 25 年 1 月 15 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査全般について ・ 底質サンプル(湿泥・乾泥)等について ・ 柱状採泥について ・ 懸濁物の除去等について
今井章雄	(独) 国立環境研究所 地域環境研究センター 湖沼・河川環境研究室 副センター長・室長 (兼)	平成 25 年 1 月 16 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査全般について ・ 底質サンプル(湿泥・乾泥)等について ・ 懸濁物の除去等について
福島武彦	筑波大学 生命環境系 環境バイオマス共生学専攻 教授	平成 25 年 1 月 16 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査全般について
恩田裕一	筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター 放射性物質環境移行部門 教授	平成 25 年 1 月 16 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査全般について
長尾誠也	金沢大学 環日本海域環境研究センター 教授	平成 25 年 3 月 12 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分析方法について
溝畑 朗	大阪府立大学大学院 地域連携研究機構 特認教授	平成 25 年 3 月 13 日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査全般について

ヒアリング内容の詳細を資料編 2 に示す。

ヒアリング結果から抽出された課題、問題点は以下のとおりである。

(1)底質の採取方法

水深が比較的大きな湖沼等では底質の表面に浮泥が堆積していることが多く、これらを攪乱せずに採取することが重要であり、柱状採泥による採取が基本となる。できればダイバーによる採取が望ましいが、水深が深く不可能な場合は船上から柱状採泥器を降ろして採取する方法をとる。

但し、性状が砂礫主体の場所では柱状採泥器による採取が不可能であり、そのような場所では浮泥の堆積が少ないためグラブ型採泥器でも問題はない。

(2)底質の採取深度の設定

底質中の放射性物質の深度方向の分布は他の汚染物質に比べて狭い範囲であることが多く、採取深度の適切な設定が重要である。水生生物への影響をみる調査では表層数 cm 程度が適切と考えられる。

(3)底質の分析方法

基本的には文部科学省放射能測定シリーズに準拠する必要がある。但し、試料を乾燥するべきかどうかについてはコンタミネーション等の観点から総合的に判断する必要がある。

(4)底質中の放射性物質濃度の評価方法

底質の放射性物質濃度は採取した試料の性状に大きく左右されるため、水環境中の動態等を研究する上ではそれらのデータを一定の粒径で規準化する作業が必要となる。そのための方法の一つが比表面積を用いて一定粒径に規準化する方法である。

一方、水域利用者や水生生物への影響という点では粒径による規準化という考え方よりも試料の代表性そのものが重要となる。例えば河川における底質のモニタリングの場合、1つの横断面全体を代表するようなサンプリングを行うのか、流心を中心としたサンプリングを行うのか、目的に即した方法の選択が必要である。

(5)水質試料の濃縮方法

現在の公定分析法(文部科学省マニュアル)はリンモリブデン酸アンモニウム(AMP)沈殿捕集法となっている。一方、近年メーカーから販売されているセシウム吸着型メンブランフィルターは操作が簡便であるという利点があるが、こうした新しい分析法を公定法に取り入れる際は、想定される注意点(塩分や他の共存イオンの影響等)を洗い出し、適用可能な範囲(淡水、海水等)を決めておく必要がある。

3.3 水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の検討

3.3.1 既存の水環境放射性物質モニタリングデータの整理

環境省が実施した平成23年度及び平成24年度水環境放射性物質モニタリング調査の関連データについて、今後、活用し易いようにデータベース化した。

ファイル名：底質放射性物質データベース
(本報告書の電子データを収納した電子媒体に保存されている)

3.3.1.1 収録内容及び収録期間

データベースの収録内容及び収録期間は、表 3.3.1 に示すとおりである。

表 3.3.1 水環境放射性物質モニタリング調査結果の収録期間

データ	期 間
平成23年度 水環境放射性物質モニタリング調査	平成23年8月～平成24年3月
平成24年度 水環境放射性物質モニタリング調査	平成24年4月～平成25年3月

3.3.1.2 動作環境

データベースを動作させるために必要なコンピュータの仕様（利用環境）は表 3.3.2 に示すとおりである。

表 3.3.2 コンピュータの仕様（利用環境）

項 目	仕 様
OS	Microsoft Windows2000/Xp/Vista/7
CPU	Pentium 233MHz 以上
メモリ	128MB 以上
ハードディスク	200MB 以上の空き領域
ディスプレイ	解像度 800×600 ピクセル・256 色表示 以上
ソフトウェア	Microsoft Excel 2003 以上

3.3.1.3 データ内容

データベースの詳細なデータ内容は表 3.3.3 に示すとおりである。

全調査結果は、14桁の文字列で構成するレコードIDにより地点別、年度別、月別の管理が行えるようにした。

レコード IDの詳細	桁				
	1-5	6-7	8	9-12	13-14
	地点番号	県の区別	河川・湖 沼・海域・ 水浴場の 区分	調査実施 西暦年	調査実施 月

表 3.3.3 データベースのデータ内容

列番号	項目	単位	説明
1	レコード ID	—	全体の通し番号
2	地点 ID	—	県別水域別の地点の通し番号
3	西暦年	—	調査を実施した年（西暦年）
4	月	—	調査を実施した月
5	調査回	—	年度別の調査実施回
6	県コード	—	県コード（国土交通省 環境数値データベースと対応）
7	県名	—	県名
8	河湖海	—	水域（河川、湖沼・水源地、海域・沿岸域、水浴場）の分類
9	県別番号	—	年度別県別での通し番号
10	水域名 1	—	水域名 1
11	水域名 2	—	水域名 2
12	水域名 3	—	水域名 3
13	水域名 4	—	水域名 4
14	地点	—	地点名
15	市町村	—	市町村
16	採取日	—	採取日
17	天候	—	天候
18	気温	—	気温
19	全水深	m	全水深
20	底_泥温	℃	泥温
21	底_採泥厚	cm	採泥厚
22	底_色相	—	色相
23	底_臭気	—	臭気
24	底_粗礫	%	粗礫分 粒度組成
25	底_中礫	%	中礫分 粒度組成
26	底_細礫	%	細礫分 粒度組成
27	底_粗砂	%	粗砂分 粒度組成
28	底_中砂	%	中砂分 粒度組成
29	底_細砂	%	細砂分 粒度組成
30	底_シルト	%	シルト分 粒度組成
31	底_粘土	%	粘土分 粒度組成
32	底_含泥率	%	含泥率
33	底_土粒子	g/cm ³	土粒子密度
34	底_性状	—	性状
35	底_I131_C	—	「<」：定量下限値未満
36	底_I131	Bq/kg（乾）	放射性ヨウ素 I131 濃度
37	底_Cs134_C	—	「<」：定量下限値未満
38	底_Cs134	Bq/kg（乾）	放射性セシウム Cs134 濃度
39	底_Cs137_C	—	「<」：定量下限値未満
40	底_Cs137	Bq/kg（乾）	放射性セシウム Cs137 濃度
41	底_Cs 合計	Bq/kg（乾）	放射性セシウム Cs134 と Cs137 の合計
42	備考	—	備考
43	底_緯度	°	底質調査実施地点の緯度
44	底_経度	°	底質調査実施地点の経度

3.3.2 効率的、効果的なモニタリング手法及びデータの評価・解析手法の検討

「3.1 水環境モニタリングデータの評価・解析に係る環境データの拡充、データの検証」、
「3.2 放射性物質に係る水質・底質等調査方法の整理・検討」で得られたデータ・情報を整理、
解析し、結果の考察を行った。

また、より効率的・効果的な水環境の放射性物質モニタリング手法及びデータの評価・解析
手法を検討し、検討結果をとりまとめた。

3.3.2.1 本業務で実施した調査結果のまとめ・考察

(1)河川（直線部、合流部、滞留部）

調査 A により得られた河川の各水域における底質の Cs-137 の値を表 3.3.4 に整理した。

河川の直線部をみると、流心・左右岸の個々の Cs-137 の値にはばらつきがあるが、河川横断
面ごとの流心・左右岸の平均値を取り、同一水域の各断面の平均値を比較するとばらつきは比
較的少ない結果となった。従って実際の底質調査にあたっては流心を含む横断面（3 点以上）
で採取した試料を等量混合し、得られた放射性セシウム値を代表値とすれば、再現性のある結
果が得られると考えられる。

河川の合流部も合流前・合流後の本川・支川に分ければ直線部と同様の結果が得られた。

河川のうち阿武隈川滞留部では堰の 100m 上流を基点とし、100m 間隔の横断面ごとに流心・
左右岸の試料を採取した。この場合は堰の直近の断面が Cs-137 の値が最も高く、堰から離れる
程低くなる傾向がみられた。このような場所では堰との距離を正確にとることが重要なポイント
と考えられる。

河川順流部で河床材料が砂礫である阿武隈川の合流部や直線部、真野川の直線部では粘土・
シルト分の割合が低く、採泥方法としてグラブ型採泥器、柱状採泥のいずれも測定結果におお
むね差は認められなかった。なお、礫質が多く分布するこれらの水域においては、粒度補正に
よるばらつきは補正効果は顕著ではなかった。

河川の堰湛水域である阿武隈川滞留部は、ほとんどが砂分であり、一部、粘土・シルトの細
粒分の堆積した地点が認められた。これら細粒分の地点における放射性セシウムの値は砂分の
地点に比べて高く、土粒子表面積と放射性セシウムの値に正の関係が認められた。また、粒度
補正を行うことにより、放射性セシウムの地点間のばらつきは補正できた。粒度補正の効果が
高かった理由としては、当該水域は堆積した底質の攪乱が少なく、水質と底質との間の放射性
セシウムの吸着・溶出が平衡状態を保っているためであると考えられる。

(河川における底質試料採取上の留意点のまとめ)

- ・試料の代表性を確保する上では河川横断面の中で流心を含む 3 点以上で採取、等量混
合する必要がある。その 3 点を流心近傍のみとするか、左右岸を含めるかは地点代表
性の考え方による（今後の議論を要する）。
- ・堰上流のような滞留部では細粒分の堆積量が堰からの距離に依存するため、採取点（河
川横断面）と堰の距離を正確に押さえる必要がある（ダム湖等も同様と考えられる）。
- ・採取方法としてはグラブ型採泥器、柱状採泥器とで大きな違いはみられないが、表層
を攪乱しないように注意深く採取すること、採泥深度を一定にすることが必要である。

表 3.3.4 河川の各水域における底質の Cs-137 の値
(調査 A : グラブ採泥)

水域名	地点	河川横断面ごとのCs-137の値(Bq/kg)				水域ごとのCs-137の値(Bq/kg)		
		左岸	⇔ 流心	⇔ 右岸	平均	平均(最小～最大)		
阿武隈川合流部	逢瀬川(支川)	0m(基点)	370	430	400	400	390 (390～400)	
		100m上流	280	350	530	390		
	阿武隈川(合流前)	0m(基点)	38	66	120	75	79 (75～84)	
		100m上流	60	81	110	84		
	阿武隈川(合流後)	0m(基点)	110	140	76	98	100 (87～110)	
		50m上流	120	73	82	74		
		100m上流	120	56	84	150		
阿武隈川直線部	150m上流	240	43	66	69	100	120 (92～200)	
	0m(基点)	150	79	62	97			
	100m上流	380	110	100	200			
	200m上流	170	71	98	110			
	300m上流	150	63	62	92			
	400m上流	120	91	66	92			
阿武隈川滞留部(基点:堰から100m上流)	500m上流	140	79	83	100	770 (320～1600)		
	0m(基点)	2500	1500	1400	880		1600	
	100m上流	120	3400	390	400		370	940
	200m上流	430	530	510	1100		640	
	300m上流	94	220	430	530		320	
真野川直線部	400m上流	130	430	500	410	370	420 (300～610)	
	0m(基点)	240	260	400	300	420 (300～610)		
	80m上流	350	860	610	610			
	160m上流	340	320	550	400			
	240m上流	150	300	440	300			
	320m上流	520	770	300	530			
400m上流	190	590	300	360				

(2)湖沼（湖底部、流入域）

猪苗代湖の河川流入部はセシウム濃度が最高で湖底部の 10 倍程度の箇所があり、湖沼の管理上そのような地点を調査地点に加えることは必要と考えられる。

猪苗代湖の河川流入部ではセシウム濃度の高い地点は流入河川（長瀬川）の沖側（流入点からの距離が 300～500m の範囲）に集中していた。長瀬川の沖合約 300～400m には水深が 10m から 30m と急激に深くなる箇所があり、その沖は再び緩やかな勾配となっている。セシウム 137 の値が高い（1,000Bq/kg 以上の）地点は水深が 10m より深くなる箇所とほぼ一致した。

このような水域で代表的な調査地点を選ぶための留意点として、湖底の地形情報を入手するか、測深器等を用いて水深の深くなる場所を把握することが必要と考えられた。

猪苗代湖の河川流入部の沖側では主に粘土・シルトの細粒分の堆積した地点が認められ、流入部前面及びその両側では主に砂分の地点が認められた。また、細粒分の多い地点では放射性セシウム濃度が高い傾向にあり、粒度補正後の値も砂分主体の地点に比べて高い傾向であった。鉛直的には一様な分布傾向にあり、いずれの地点においても堆積速度が速いことがうかがえる結果であった。

写真 3.3.1～写真 3.3.2 には猪苗代湖流入域の同一地点における底質試料の状況を示した。この地点では浮泥層がなく、柱状採泥器・グラブ型採泥器による試料の放射性セシウムの値はほぼ同等であった。

猪苗代湖湖底部、及びはやま湖湖底部は、いずれも主にシルト質であり、いずれの水域も同一地点内のばらつきが認められた。

なお、これらの地点ではグラブ型採泥器による結果(調査 A)に比べて柱状採泥による結果(調査 B、調査 C)の値が高かったことから、表層に巻き上がりやすくセシウム濃度の高い浮泥が堆積し、それらの浮泥層を攪乱せずに採取できたかどうかを値を左右したものと考えられる。

写真 3.3.3～写真 3.3.4 に、はやま湖湖底部の同一地点で柱状採泥器、グラブ型採泥器により採取した底質試料の状況を示した。柱状採泥器では浮泥層が採取されているが、グラブ型採泥器では底質の色からみる限り、浮泥層が十分に採取できていない可能性があると考えられる。

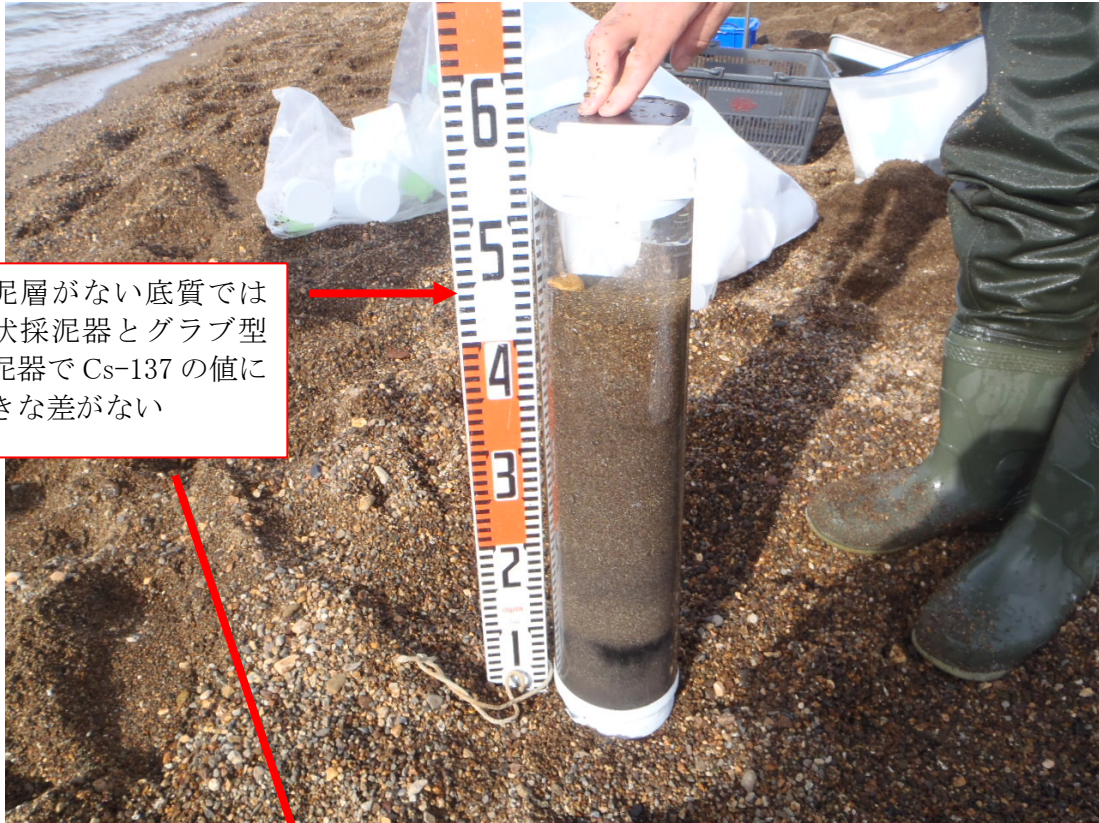
調査 C（柱状採泥）により得られた湖沼湖底部における底質の Cs-137 の値を表 3.3.5 に整理した。この採泥は柱状採泥器を用い、採泥箇所が重複しないように留意しつつ 5m 以内の範囲で 9 回採取を行ったものであるが、柱状採泥器の着底・引き上げを行った際に、採泥器の内部は不攪乱の状態を保ってもその周囲（採泥器の外部）の底質は攪乱された可能性があり、9 回行った採泥の一部はその影響を受けた（Cs-137 の値が低下した）可能性があると考えられる。

湖底部の同じ地点で採泥器を複数回湖底に着底させる場合、次の採泥に影響しないように十分な距離をおく必要があると考えられる。

表 3.3.5 湖沼湖底部における底質の Cs-137 の値
(調査 C：柱状採泥 同一地点における繰り返し採泥)

水域名	Cs-137(Bq/kg)			平均(最小～最大)
	各地点の値			
猪苗代湖 湖底部	110	53	530	190
	400	53	73	(45～530)
	190	45	250	
はやま湖 湖底部	26000	9800	14000	19000
	33000	18000	10000	(9800～33000)
	20000	19000	20000	

採泥厚：10cm



浮泥層がない底質では
柱状採泥器とグラブ型
採泥器でCs-137の値に
大きな差がない

写真 3.3.1 猪苗代湖流入域 No.14 における柱状採泥試料（採取回数：1回、採泥厚：9cm、Cs-137：137Bq/kg（0～3cm、3～6cm、6～9cm 各層のCs-137の平均値））

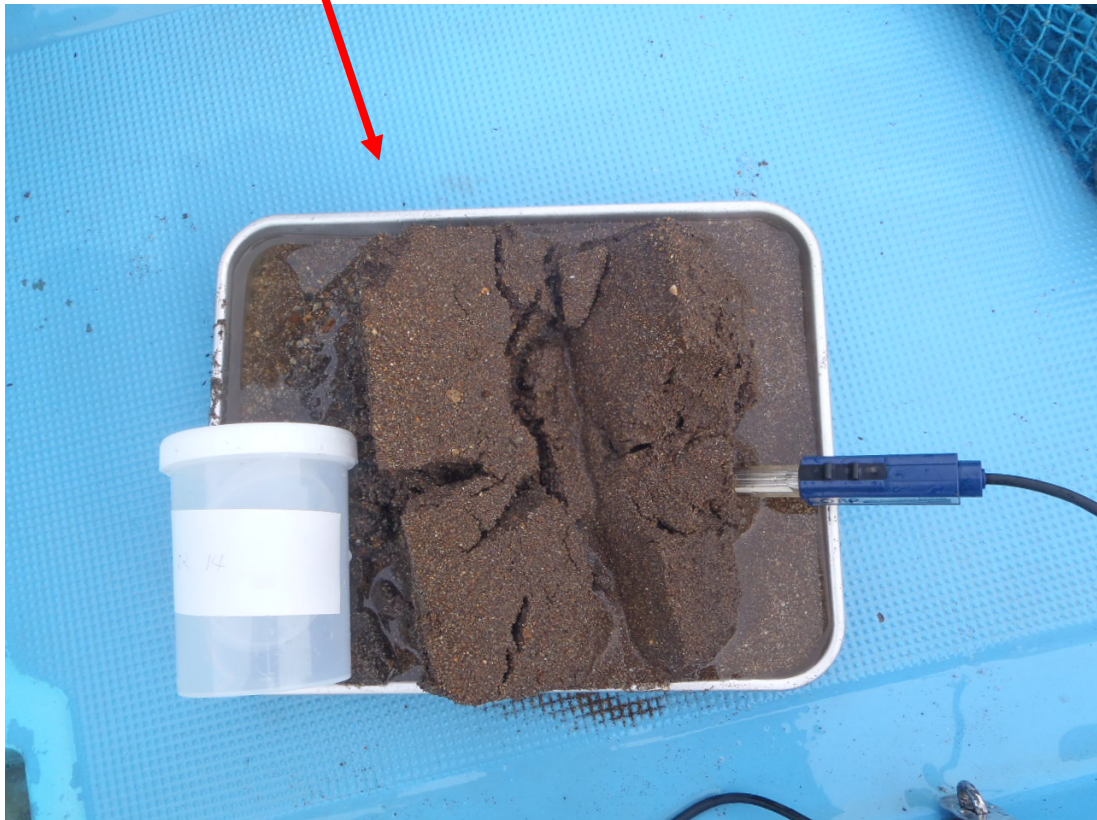


写真 3.3.2 猪苗代湖流入域 No.14 におけるグラブ採泥試料（採取回数：1回、採泥厚：7cm、Cs-137：160Bq/kg）

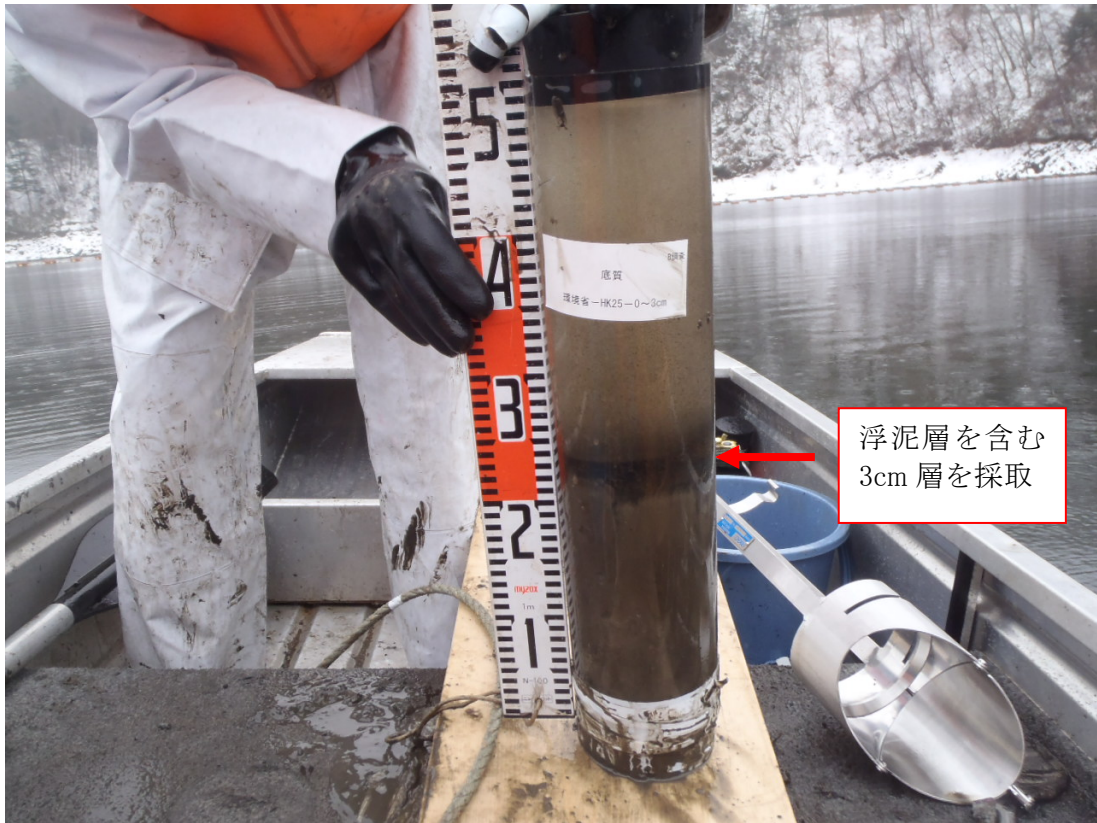


写真 3.3.3 はやま湖湖底 No.25 における柱状採泥試料
 (採取回数：1回、採泥厚：3cm、Cs-137：110,000Bq/kg)



写真 3.3.4 はやま湖湖底 No.25 におけるグラブ採泥試料
 (採取回数：3回、採泥厚：3cm、Cs-137：750Bq/kg)

(湖沼における底質試料採取上の留意点のまとめ)

- 湖沼では表層に浮泥が堆積している箇所が多いため、それらを攪乱しないように採取する必要がある。従って柱状採泥器が中心になるが、河川流入域等では性状が主に砂のところもあり、そのような箇所では柱状採泥器の使用が困難なためグラブ型採泥器を使用する。
- 採泥器を投入した後はその周囲の底質が攪乱されている可能性があるため、同一地点で数回採泥を行う場合、2回目以降はその影響がない箇所に採泥器を降ろす必要がある。特に水深が深い場所では投入位置を十分にずらす必要があると考えられる。
- 放射性物質は湖底部では表層から 3cm 程度の深さに集中していることが多いため（河川流入域では表層の攪乱等により深いところにも分布している）、採泥深度は一定にする必要がある。

(3)河川（河口域）

河口海域である阿武隈川河口域、及び真野川河口域では、河口前面は砂分、沖側はシルト分の堆積がみられ、おおむねシルト分の地点では放射性セシウムの値が高い傾向にあった。真野川河口域では粒度補正係数算出式の乗数 V を 1.15 として放射性セシウムの補正値を求めることにより地点間のばらつきは顕著に減少した。

なお、主に砂質の地点においては、採泥方法(グラブ型採泥器/柱状採泥)による差はほとんど認められなかった。また、これらの水域では、柱状泥の下層(~24cm)まではほぼ一様にセシウムの分布が認められた。これは、堆積速度が速いことや波浪等の影響によるものと考えられた。これらの地点では採泥深度による値の差は小さいものといえる。

今回の調査結果について、今後のモニタリング調査方法検討の観点から、底質性状、水平分布状況(ばらつき)、鉛直分布状況、採泥方法(グラブ型採泥器 or 柱状採泥)による放射性セシウムの値の差の有無、粒度補正の効果の程度の 5 項目についてとりまとめた。それらの結果は表 3.3.6 に示すとおりである。

表 3.3.6 今後のモニタリング調査方法検討の観点からの調査結果のまとめ

区分			底質性状	同一地点における Cs-137 濃度のばらつき (変動係数)	鉛直分布	採泥方法(グラブ型採泥器 or 柱状採泥)による放射性セシウムの値の差	粒度補正の効果 ※1
河川	阿武隈川	直線部	砂礫	横断・縦断方向約 500m の範囲：66% (グラブ、採泥厚：1～5cm)	-	差は小さい	×
		合流部	砂礫	横断・縦断方向約 500m の範囲：76% (グラブ、採泥厚：4～11cm)	-	-	×
		滞留部	砂、一部シルト・粘土	横断・縦断方向約 500m の範囲：107% (グラブ、採泥厚：2～11cm)	表層から 3cm までが高い	-	○
	真野川	直線部	砂礫	横断・縦断方向約 500m の範囲：46% (グラブ、採泥厚：4～11cm)	-	-	×
				約 5m 四方の範囲：12% (グラブ、採泥厚：6cm)			
湖沼	はやま湖	湖底部	シルト・粘土	約 100m 四方の範囲：91% (グラブ、採泥厚：3～12cm)	表層から 3cm までが高い	柱状採泥に比べてグラブ採泥の値が低い傾向がある。	×
				約 5m 四方の範囲：39% (柱状、採泥厚：5～8cm)			
	猪苗代湖	流入部	砂、一部シルト・粘土	流入点から半径 500m 程度の範囲：192% (グラブ、採泥厚：3～13cm)	一様	-	×
		湖底部	シルト・粘土	約 200m 四方の範囲：25% (グラブ、採泥厚：4～9cm)	表層から 3cm までが高い	柱状採泥に比べてグラブ採泥の値が低い傾向がある。	×
河口域	阿武隈川	河口域	砂、一部シルト・粘土	河口から 2km 程度の範囲の海域：98% (グラブ、採泥厚：3.5～10.5cm)	一様	差は小さい	×
				約 5m 四方の範囲：35% (柱状、採泥厚：6～9.5cm)			
	真野川	河口域	砂、一部シルト・粘土	河口から 2km 程度の範囲の海域：254% (グラブ、採泥厚：3～10cm)	一様	-	○

※1) 粒度補正の効果

変動係数の 2 乗が自由度 n-1 の χ^2 分布に従うことに基づき、有意水準 5% で判定したもの。

(○：効果が認められる、×：効果が認められない、n：データ数)

3.3.2.2 放射性物質モニタリング手法及びデータの評価・解析手法の検討結果

(調査地点の代表性を確保するための採泥回数について)

調査対象水域の放射性物質濃度等の状況を把握・評価する際に、調査箇所での代表性を確保することは、他水域との比較、同一箇所での経時変化の検討を行う上で重要である。

本調査結果により、河床が砂礫である河川合流部、河川直線部においては、水域内のばらつきが比較的小さく、河川横断面を1つの地点にとらえ、採泥厚を一定の条件として流心を含む3点以上で採取した底質を等量混合することで水域の代表性が得られると考えられる。

一方、河川滞留部(堰の上流側等)では河川縦断方向で堆積状況が異なり、堰の近くで細粒分が多く堆積する傾向がある。このような水域では河川横断面を1つの地点にとらえた場合に堰との距離を正確にとることが重要である。

湖沼(湖底部、河川流入域)は浮泥が堆積している場所があり、採泥にあたってはそれらを攪乱しないように柱状採泥器等を用いて注意深く行う必要がある。

河口海域においては、河川からの放射性物質を含む土粒子の流入、及び海流等の状況により、底質の分布が異なることから、水域の代表性を確保するためには、3点以上の採泥が必要と考えられる。

(底質のセシウム濃度の粒度による補正について)

阿武隈川滞留部では底質中の放射性セシウム濃度 Y (Bq/kg) と比表面積 X (m^2/g) との間に

$$Y = aX^V \quad \dots \text{式①}$$

の関係が顕著に認められ、 V の値は文献値²と同じ0.65であった。この水域で関係が顕著であった要因の1つは、底質の攪乱が少なく、水質と底質との間の放射性セシウム濃度の平衡(吸着・溶出)が保たれていることであると考えられる。

本業務で調査を行った河川全体(河口域を除く)についても概ねその傾向が認められた。河口域では式①の V が概ね1.15の値となった。

一方、湖沼については式①の傾向が明確にはみられなかった。

河川、湖沼のいずれについても式①の関係から外れる要因の一つとして比表面積の算出精度が挙げられる。

本業務では比表面積をふるい分け・沈降試験の結果から算出しているが、大部分が砂礫でシルト・粘土分が少ない(概ね5%以下の)底質や、反対に湖心部の底質のように大部分が粘土で $1\mu m$ 以下の粒子を多く含む(概ね10%以上の)場合は比表面積の誤差が大きい。比表面積の算出を目的とした粒度試験を行う場合はレーザー法等の導入も検討することが望ましいと考えられる。

なお、この補正方法は基準粒径を設定して実際の底質の粒度を置き換えるものであり、基準粒径の取り方により補正值が変わるが、水環境中の放射性物質の動態を調べるような場合に有効な方法と考えられる。

(採泥方法・採泥厚について)調査B、調査C

底質の採取方法としては、船上からグラブ型採泥器(スミスマッキンタイヤ型採泥器、エクマンバージ型採泥器等)を用いて表層泥を採取する方法、または、船上から柱状採泥器を用いて柱状泥を採取する方法や潜水土によるアクリル製コアサンプラー等を用いて柱状性を採取する方法が挙げられる。

一般的にグラブ型採泥器は表層の浮泥等の細粒分は採取しきれないことや、採泥厚が一定ではなく、最大 10cm 程度までしか採取できない欠点があるが、1 回あたりの採泥量が多く、調査の効率がよいという利点がある。一方、柱状採泥は鉛直的に乱れない試料の採取が可能であることから、表層の浮泥等を含んだサンプリングが可能であることに加え、採泥後、一定の層厚に分取し、それぞれを分析検体とすることで鉛直的な傾向の把握が可能である。なお、グラブ型採泥器を用いた場合も、底質が砂主体の性状であれば、グラブ内で表層から数 cm までを採取するという取り方もある程度は可能である。

本調査結果より、採泥方法については、底質性状が主に砂質(粘土・シルト分 20% 未満)の場合には、グラブ型採泥器、柱状採泥のいずれも採泥に適しているが、主に表層の浮泥等が存在するシルト質(粘土・シルト分 70%以上)の場合は、柱状採泥(潜水土による柱状採泥、または船上から柱状採泥器を用いた採泥)を行う必要があることが示唆された。

採泥厚については、今回調査を行った河川滞留部、湖沼湖底部においては表層(主に 0~3cm 層)に放射性セシウムの高い層が認められたことから、これら比較的流れの弱い水域においては、浮泥層を攪乱しないよう注意深く柱状採泥を行い、かつ、採泥深度を一定にする必要がある。一方、湖沼流入部、河川河口域においては、おおむね鉛直的に一定であった。堆積速度が速いことや、堆積後に擾乱が生じたことが考えられる。

(底質試料の前処理方法について)調査 D

試料中の水分による測定値への影響の程度を検討するため、調査 A で採取した底質の中から含水率が高い 20 検体を選んで乾燥法、湿泥法によって分析・比較したところ、いずれの地点も両者はほぼ同等の値を示した。また、底質全体に占める上澄み水の放射性セシウムの量の割合は 5 試料の平均で 0.4% (0.2~0.7%) と無視できるレベルであり、ろ過により除去しても問題はないことが裏付けられた。

セシウム-134,137 については遠心分離等により上澄み水を除去すれば乾燥処理の有無による値の違いはほとんど無いことから、他の試料への汚染等のリスクを考慮すると乾燥処理は必ずしも必要ではないと考えられた。

(水質試料の前処理方法について)調査 E

はやま湖の浮泥を添加した河川水について各種のろ過材によりろ過した場合の回収率を検討したところ、プランクトンネット (10 μ m) では約 70%、GF/C、GF/F、メンブランフィルター (1 μ m) では約 90%がフィルター上に捕捉された。

AMP 共沈法及び Cs 吸着型メンブランフィルターにより水質試料を濃縮した場合の回収率は概ね同等であった。AMP 共沈法は静置に 24 時間以上を要する一方、Cs 吸着型メンブランフィルターは目詰まりにより吸引時間が長くなることや消耗品のコストが高い等の問題がある。添付資料 3 に示すとおり、海水中の微量の放射性物質 (Cs) の分析を目的として AMP 共沈法を改良した方法が提案されている。

- 1) 塩化セシウムを担体として加えた後に AMP を加えて沈殿を生成させ、沈殿の重量を測定することにより Cs の回収率を求める方法 (井戸型ゲルマニウム半導体検出器による高感度測定を実施)

廣瀬勝己：海洋の放射性物質の動態と計測、ぶんせき 2011(8), 446-450 (2011)

- 2) アンバーライト XAD-7 に AMP を付加したカラムに海水試料を通し、セシウムを吸着する。セシウムを溶離し、マリネリ容器を用いて測定する。従来法に比べ、時間が 1/10~1/2 で済む。

A. Nakaoka, H. Yokoyama, M. Fukushima, S. Takagi: Rapid Determination Method of Radiocesium in Sea Water by Cesium-Selective Resin, Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 56, No. 1-2 (1980) 13-24

水質試料の濃縮方法としてはこうした方法も視野に入れて今後検討することも有効であると考えられた。

(時系列データの評価方法)

放射性セシウムは、土砂のうち細粒分により多く付着していることから、細粒分の含有割合によって放射性物質の値が変わる。よって、放射性セシウムの値の違いは、土砂の粒径サイズによるものか、放射性物質の沈着量の多少によるものかの判断が困難となる。そのため、時空間的なデータを比較・評価する際には、本検討においても実施したとおり、粒度補正が有効であるといえる。ただし、粒度補正に適した水域は、擾乱等が少なく底質と直上水との間にセシウムの吸着・溶出の平衡が保たれた状態のものであることに留意する必要がある。

なお、今回行った粒度補正は、既存文献¹を参考に真野川真野地点の底質(比表面積 90cm²/g)を代表粒径として算出したものである。すなわち、補正を行うことで、補正の対象となる底質を基準粒径(砂分)に置き換えたこととなるため、補正後の値は補正前と比べて低い値を示した地点が多かった。

主たる報告値は補正前のセシウムの値であるが、補正したデータを評価に用いる場合は基準粒径を適切に設定する必要がある。

(粒度補正を行う際の乗数の設定)

粒度補正を行う際に用いる乗数は、土粒子に吸着した放射性セシウムの水への溶脱しやすさによって異なり、土粒子の鉱物の組成、有機物含有割合、対象水域の水質等によって左右されると考えられる。よって、流域の地質、土地利用状況、淡水・海水の別をふまえ、対象となる水域ごとに値を求めることが望ましい。

なお、本検討において最も安定した底質性状の水域(阿武隈川滞留部)での係数は 0.65 であり、これは、既存文献²における値と一致したため、河川においてはこの値を用いることが概ね妥当と考えられた。

また、河口域では、本検討においては 1.15 の値が算定されたが、これまでに海域の係数を算定した事例は少なく、粒度と放射性物質の関係を検討する上で今後もデータの集積を図ることは意味があると考えられる。

なお、海域においては、淡水域に比べて粒径の粗い土砂に付着している放射性セシウムの溶脱が進みやすいため、土砂が河川から海域に流入した時点からの経過時間によっても変わると考えられる。

本調査においては、調査時期が 1 月で河川からの流入量が少ないうえに、海域では波浪が強く、拡散しやすい状況にあったことが考えられ、特に流域面積の小さい

¹ 「放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書(第2編)」(文部科学省、原子力災害対策支援本部、平成 24 年 3 月)

² He Q, Walling DE. 1996. Interpreting particle size effects in the adsorption of Cs-137 and unsupported Pb-210 by mineral soils and sediments. Journal of Environmental Radioactivity 30: 117-137.

真野川の河口域では放射性セシウムの値が低く、また、河口を中心とした分布傾向等を十分に捉えることができなかつた。河口域における係数 V を実測値から求めるためには、海の波が穏やかな梅雨における出水直後の時期、溶脱が十分に進んだ時期の双方を対象に調査を行うことが必要と考えられる。

3.3.2.3 既往モニタリングデータをもとにした考察

(1)平成 23 年度水環境放射性物質モニタリング調査結果による考察

図 3.3.1 に福島県内の河川における底質のシルト・粘土分と Cs-137 濃度の相関を示した。

図の凡例は河口が北に位置する河川の順とした（阿賀川水系は日本海側）。

東京電力福島第一原子力発電所は高瀬川と熊川の間、福島第二原子力発電所は富岡川と井出川の間に位置する。

Cs-137 濃度とシルト・粘土分は河川ごとに傾向がみられ、原子力発電所に近い富岡川、原子力発電所より北に位置する太田川、請戸川で Cs-137 濃度/シルト・粘土分の比が高い傾向であった。

Cs-137 濃度/シルト・粘土分の比は汚染度合いの一つの目安になると考えられる。

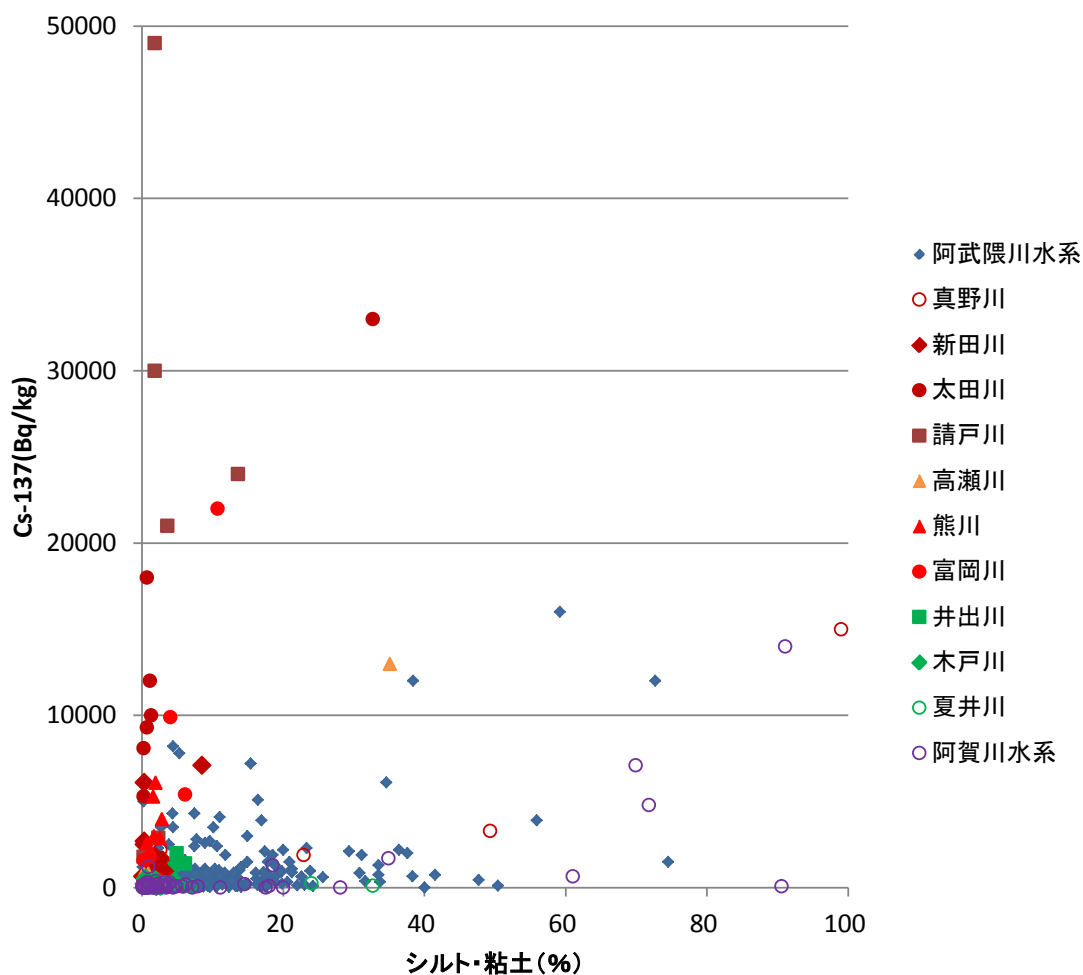


図 3.3.1 福島県内の河川における底質のシルト・粘土分と Cs-137 濃度の相関 (平成 23 年度データ)

一方、平成 23 年度の底質のモニタリング結果は、シルト・粘土分が 5%未満の地点が多く、JIS A 1204（ふるい分け・沈降試験）では $75\mu\text{m}$ 以下の粒度組成を正確に測定することが難しいことから比表面積の算出は困難であった。

理論的な数式を導くことは難しいが、シルト・粘土分は底質の比表面積と関係の深い指標であるため、比表面積の算出が困難である場合にデータから求められた関係式を粒度補正に用いることはある程度可能であると考えられる。但し、湖沼のような粘土が大部分を占める底質ではいずれも 100%付近に値が集中するため、適用可能な試料は主に河川の底質のような砂・シルトが主体のものと考えられる。

同一の河川や定点の調査等で粒度試験データから求められた指標値（比表面積、シルト・粘土分）と Cs-137 濃度との比がばらつく要因としては主に下記が考えられる。

1) JIS A 1204（ふるい分け・沈降試験）による粒度組成データのばらつき

土粒子は球形でないため、同じ目合いのふるいでも通過する場合と残る場合がある。また、沈降試験は $75\mu\text{m}$ 以下の粒分を水に分散させた時の懸濁液の密度変化を利用しているため、シルト・粘土分が少ない（5%以下の）試料の場合は正確な測定が困難である。

2) 粒度組成（比表面積）以外の因子（有機物量）の寄与

セシウムの中には底質の有機物に吸着した形で存在するものがあることが報告されている。このようなケースでは

$$Y = aX^V$$

Y：底質中の放射性セシウム濃度（Bq/kg）
X：比表面積（ m^2/g ）
V：文献値（0.65）

という式で表される濃度以上にセシウムが吸着する可能性があると考えられる。

(2)関係省庁の放射線モニタリングデータによる考察

「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果の簡略版について（平成 24 年 3 月 13 日；第 11 回原子力委員会資料第 1 号）」の p 33「2.2(3)河川中（河川水、河底土、及び浮遊砂）、及び井戸水における放射性物質の濃度の変化傾向の確認」には下記内容が報告されている。

・上流域の Cs-137 沈着量と下流域の河川水、河底土の Cs-137 濃度の関係

河川水、河底土に含まれる Cs-137 濃度は採取地点の上流域の Cs-137 沈着量（単位面積当たりの Bq 量）と比例関係があることが示された。このことから、任意の地点で採水箇所の上流域に沈着している Cs-137 濃度の平均値がわかれば、河川水、河底土の Cs-137 濃度を推定することができる可能性があることが確認された。

・河底土の Cs-137 濃度による河川水の Cs-137 濃度の推定と粒度補正の効果

様々な土壌粒子の粒径特性を持つ異なった地点において河底土と河川水の Cs-137 濃度の相関をとると、河底土の Cs-137 濃度に粒度補正を行うことで相関係数 R^2 が 0.83 から 0.88 に改善された。

この関係を用いて河底土の Cs-137 濃度から同じ地点の河川水中の Cs-137 濃度を推定することが可能である。

河川水の Cs-137 濃度は上水・農業用水等の取水や水産利用の観点からみて重要な指標であるが、一方では瞬間値という側面があり、現時点では試料を濃縮しない限りゲルマニウム半導体検出器では検出されない程度の濃度（0.1Bq/L 程度）である。

一方で、河川底質の Cs-137 濃度は出水による攪乱等がなければ河川水に比べて変動が少なく、しかも河川水の Cs-137 濃度と平衡関係にある。

このことから、河川水、河底土の今後の効率的・効果的なモニタリング手法の一つとして下記のような手順が考えられる。

- i) 文部科学省の空間線量等の情報からの土壌の放射性セシウム沈着量の推定
調査地点と上流域を含む広域の空間線量率データを文部科学省の分布マップ (<http://ramap.jaea.go.jp/map/>) 等から入手し、空間線量率から下記の式を参考に土壌の放射性セシウム沈着量（概算）を推定する。

$$Y = a X$$

Y：土壌の放射性セシウム濃度（Bq/m²）

X：空間線量率（ μ Sv/h）

a：両者の相関から求められる係数（平成 23 年 6 月 14 日時点では 276,000）

- ii) 調査地点の選定

- i) の広域データをもとに水域管理上重要と考えられる地点、環境基準点等を候補として調査地点を選定する。

- iii) 河川水及び河川底質の放射性セシウム濃度の実測

河川水は 20L 程度を沈殿法等により濃縮して放射性セシウム濃度を測定する。
（下限値：0.1Bq/L 程度）

河川底質は流心付近の表層（5cm 程度）を 3 箇所以上で採取、等量混合したものを試料とし、放射性セシウム濃度及び粒度特性の指標値（粒度組成、含水率等）を測定する。

iv) 放射性セシウム調査結果の評価

底質の放射性セシウム濃度は粒度特性の指標値（比表面積、シルト粘土分等）による補正を行う。

底質の放射性セシウム濃度（元の値、補正後の値）、河川水の放射性セシウム濃度、i) の広域的な土壌中の放射性セシウム沈着量との相関関係を解析する。

底質、河川水の放射性セシウム濃度は初めは概ね 3 ヶ月毎に測定し、両者の相関をみながら時間的変化等を検討する。

3.3.2.4 より効率的・効果的なモニタリング手法、データの評価・解析方法

3.3.2.1～3.3.2.3 をもとに水環境中の放射性物質調査方法マニュアル（案）を以下のとおり作成した。

1.放射性物質に関するモニタリングの目的

今後の放射線モニタリングの目的は人が居住している地域や場所についての汚染状況（放射線量、放射性物質の分布状況）を詳らかにするとともに以下の事項に資することにある。

- ・事故発生から将来にわたる住民の外部・内部被ばく線量の推定
- ・住民の被ばくを抑制・低減するための除染の立案及び評価、避難区域の変更・見直しに係る検討及び判断
- ・住民の健康管理及び健康影響評価
- ・環境中に放出された放射性物質の拡散、沈着、移動・移行状況の把握（今後の放射線モニタリングの在り方について；平成 24 年原子力安全委員会より）

2.モニタリング計画の策定

上記の目的を果たすため、モニタリングの範囲、内容、検出下限値、頻度、期間等について優先順位、コスト等を考慮の上適切に設定する必要がある。

- ・水質（河川、湖沼、井戸）
試料は代表性のあるものとし、定点において採水することが望ましい。
定点の設定に当たっては原子力施設からの距離、風向等を考慮する（河川・湖沼の場合は環境基準点もしくは公共用水域測定計画で定める地点が基本）。
地点選定にあたっては、対象とする水域全体の汚染状況は文部科学省の広域の空間線量率データ（<http://ramap.jaea.go.jp/map/>）等が参考となる。
定点において1～6ヶ月に1回を目安とする（通常3ヶ月に1回）
測定対象核種：Cs-134,137 を含む γ 核種（検出下限は環境放射能水準レベル）
- ・底質（河川、湖沼）
試料は代表性のあるものとし、定点において採泥することが望ましい。
定点の設定に当たっては原子力施設からの距離、風向等を考慮し、地形・地質等を考慮し、経年的な追跡が行えるよう永続的に採取できる場所を選定する（河川・湖沼の場合は環境基準点もしくは公共用水域測定計画で定める地点が基本となる）。
定点において1～6ヶ月に1回を目安とする（通常3ヶ月に1回）
測定対象核種：Cs-134,137 を含む γ 核種（検出下限は環境放射能水準レベル）
底質の性状毎に評価する。

3.試料採取

3.1 水質

公共用水域水質調査で行われている方法と特に変わることはない。

河川の場合は流心を基本とし十分に洗浄したバケツ等を用いて表層水を採水する。

河川、湖沼で表層よりも深い水深を対象とする場合はバンドーン採水器等を用いる。

3.2 底質

1) 試料採取方法

表層に浮泥層が堆積している場合はそれを攪乱させないことが重要で、採泥器の着底や引き上げの際には注意が必要である(特にエクマンバージ採泥器やスミスマッキンタイヤ採泥器の場合)。

河川の中で底質性状が砂主体の場所では橋上からエクマンバージ採泥器(またはスミスマッキンタイヤ採泥器のバケット部)を降ろしての採泥、川幅が比較的小さく水量の少ない河川では採取者が降りてスコップ等を用いての採泥となる。この際、堰の上流側等の滞留部では表面にシルト・粘土質が堆積している場合があるため採泥器の着底や引き上げの際には注意が必要である。

湖沼の場合は陸に比較的近い箇所を除いて表面に浮泥層が堆積していることが多く、柱状採泥(潜水土による柱状採泥が難しい場合は船上から柱状採泥器を降ろす方法)を基本とする必要がある。

なお、採泥器を投入した後はその周囲の底質が攪乱されている可能性があり、同一地点で複数回採泥を行う場合、2回目以降はその影響がない箇所に採泥器を降ろす必要がある。特に水深が深い場所では投入位置を十分にずらす必要がある。

2) 採泥深度

放射性物質は深度方向の偏りが他の環境汚染物質に比べて大きく、河川の滞留部や湖沼のようにあまり攪乱されずに底質が堆積するような箇所では表層付近(0~5cm程度)に偏在していることが多いと考えられる。水利用上の管理という点でも周囲の水質や水生生物に影響を及ぼし得る層の底質を対象にすることが望ましい。

以上のことからモニタリングの目的に応じて適切な採泥深度とする必要がある。

表層泥の平面的な汚染状況や経年変化等をみる上での1つの目安は表層から5cm程度と考えられる。

3) 採取位置、採取回数

河川では流速の小さい場所で粒径の小さい土粒子が堆積しやすく、流れの横断方向では流心よりも左右岸寄り、流れの縦断方向では堰の上流側で堆積する傾向がある。

底質の放射性セシウム濃度は粒度に大きく左右されるため、定点の調査ではできるだけ同じ性状の試料を採取することが望ましい。

河川は一般に流心よりも流れの遅い岸寄りの場所に粒径の小さい土粒子が堆積しやすい傾向がある。従って横断方向では流心を含む3点以上で採取した底質を混合する必要がある。(その3点を流心近傍のみとするか、左右岸を含めるかは地点代表性の考え方によるものであり、議論を要する)。

縦断方向に関しては、堰のような構造物の上流側では、底質試料の採取点と構造物との距離を正確にとる必要がある。

湖沼の中でも河川流入部には放射性物質濃度が湖心よりも高い箇所がある。1つの例としては流入河川の沖合いで水深が急激に深くなる箇所等が該当する。湖沼における水産資源等の管理上はこのような地点も重要であり、湖底地形図の入手や漁業探知機の使用等により水深の変化を推測して地点を選定することが有効と考えられる。

。

4.分析

4.1 水質のセシウム-134,137 の分析法

1) 直接測定法

比較的濃度が高い試料もしくは検出下限値 1Bq/L 程度が担保できれば良い場合に適用する。

試料水を十分に攪拌後、約 2L を予め秤量した 2L マリネリ容器に採取、秤量し試料の重量を求める。2L マリネリ容器をゲルマニウム半導体検出器に入れ、一定時間における Cs-134 (605keV)、Cs-137 (662keV) のカウントを計測する。γ 線測定は「放射能測定シリーズ7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー (文部科学省、平成4年改訂)」による。

懸濁物が多く、ゲルマニウム半導体検出器による測定中に沈降するような試料の場合は懸濁物と γ 線検出部との距離が小さくなり見掛け上過大な放射性物質濃度を示す場合がある。このような場合は予め試料を 1μm 程度のメンブランフィルターでろ過し、フィルターで分離した懸濁物は U-8 容器、ろ液は 2L マリネリ容器に入れて別々に測定する。

2) 加熱濃縮法

「放射能測定シリーズ 13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法 (文部科学省、昭和 57 年)」第 4 章淡水の方法に準ずる。

試料 (20L 程度) の一部をビーカーに採取して突沸しないよう注意しながら加熱濃縮、液量が約半分になったら試料を追加するという操作を繰り返し、全量を濃縮する。液量が少なくなったら磁製蒸発皿に移す。塩類やケイ酸が多い場合は水が完全になくなるまで乾固させ、放冷後、U-8 容器に入れてゲルマニウム半導体検出器で測定する。

塩類濃度が高い河川水は多量の試料を濃縮することができないため、3) 沈殿濃縮法に従って前処理を行う。

3) 沈殿濃縮法

「放射能測定シリーズ 13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法 (文部科学省、昭和 57 年)」第 5 章海水の方法に準ずる。

採水時に 1L につき塩酸 1mL を加えて酸性とした試料を用いる。

試料 (20L 程度) をハウロウ引きまたはポリエチレン製の容器あるいはビーカー数個に採取する。リンモリブデン酸アンモニウム粉末を試料 1L につき 0.5g の割合で加えて 30 分間かき混ぜ、一夜放置する。上澄み液をサイホンまたはデカンテーションにより別の容器に移し、沈殿はろ紙 5 種 B をのせた分離型フィルターまたはブフナー漏斗でろ過し、塩酸 (1+100) で洗う。アスピレータで吸引して沈殿中の水分をできるだけ除いた後、ろ紙ごと U-8 容器に入れてゲルマニウム半導体検出器で測定する。

4.2 底質のセシウム-134,137 の分析法

「放射能測定シリーズ 13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法 (文部科学省、昭和 57 年)」第 6 章土壌・海底土の方法に準ずる。

採取した試料を全量、ステンレス製バット等に広げ、礫、貝殻、植物根等を取り除き、105℃に調節した熱風乾燥器で乾燥、放冷する。乾燥中に塊になった部分を砕き、2mm のふるいを通して上記で除去できなかった礫等を取り除く。この試料

を十分にかき混ぜ、一部を予め秤量した U-8 容器に採取、秤量し試料の重量を求めた後、ゲルマニウム半導体検出器で測定する。

注 1) 乾燥処理を行う場合は試料間の汚染に十分な注意が必要である。

注 2) クロスコンタミネーション防止の観点から、試料の乾燥工程を省略し遠心分離により間隙水を除去した状態の試料について放射性物質の分析を行い、別途求めた含水率により放射性物質濃度を換算することも可能であるが、その場合は予め乾燥処理の有無による分析値への影響を確認してから行うようにする。

4.3 γ 線核種の測定

「放射能測定シリーズ 7 ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー（文部科学省、平成 4 年改訂）」に準ずる。

セシウム-134、セシウム-137 と合わせて銀-110m 等の人工放射性核種も測定対象とする。これらの核種が検出された場合は、スペクトルの形状等詳細を確認し、左右対称の明瞭なピークでない場合等は再測定を行う。

4.4 トレーサビリティ

使用するゲルマニウム半導体検出器の日常点検として、認証された標準線源によるエネルギー校正、バックグラウンド測定を行う。

試料のクロスコンタミネーションを防止するための手順及び適切な施設をもつこと。（クロスコンタミネーションを防止する手順としては、例えば放射性物質濃度が大きく異なる媒体（水質、底質等）の前処理スペースを区分すること等が挙げられる。）

5. 分析値の評価

5.1 底質の放射性セシウム濃度の粒度補正

底質の放射性セシウム濃度は底質の性状によって大きく異なるため、値の評価には粒度組成を考慮することが不可欠である。

水質から底質、底質から水生生物への放射性物質の移行等を検討する目的の場合、1 つの評価法として底質の放射性セシウムと同時に比表面積を求め、下記の式を用いて比表面積による補正 (P 値) をかけることにより規準化を図る方法がある。

$$P = (S_{ms} / S_{s1})^V$$

S_{ms} : 各調査地点での底質の比表面積 (cm^2/g)

S_{s1} : ある特定の地点での底質の比表面積 (cm^2/g)

V : 累乗係数 (真野川における文献値 = 0.65)

但し、上式を用いて粒度による補正を行うためには特にシルト・粘土分 ($75 \mu\text{m}$ 以下) の粒度組成を正確に求める必要があり、粒度組成の分析法は広範囲の粒径をカバーできる方法 (レーザー法等) が望ましい。

比表面積の算出が困難な場合、砂やシルトが主体の底質であれば、簡便な方法としてシルト・粘土分と Cs-137 濃度の相関を求め、その関係式を用いて補正を行うという方法も有効と考えられる

5.2 水質と底質の放射性セシウム濃度の相関

底質の放射性セシウムは直上水からの吸着と溶出が絶えず起きていると考えられる。1つの地点の水質と底質の放射性セシウム濃度の相関は、底質の放射性セシウム濃度の粒度補正により改善するという報告がある。

5.3 空間線量率データ等との相関

1つの地点の水質の放射性セシウム濃度はその上流域の土壌の放射性セシウム沈着量と一定の比例関係があるという報告がある。土壌の放射性セシウム沈着量は文部科学省の空間線量率データ等から下記の式により推定できる可能性がある。

$$Y = a X$$

Y：土壌の放射性セシウム濃度 (Bq/m²)

X：空間線量率 (μ Sv/h)

a：両者の相関から求められる係数 (平成 23 年 6 月 14 日時点では 276,000)

4. まとめ

本業務で得られた水質、底質中の放射性物質調査方法についての知見は以下のとおりであった。

4.1 底質調査

1) 試料採取方法

- ・表層に浮泥層が堆積している場合はそれを攪乱させないことが重要で、採泥器着底・引き上げの際には注意が必要である（特にグラブ型採泥器の場合）。
- ・湖沼の場合、湖心部では表層の底質性状がシルト質主体(粘土・シルト分が概ね70%以上)であることが多いと考えられ、こうした場所では柱状採泥(潜水土による柱状採泥が難しい場合は船上から柱状採泥器を降ろす方法)を基本とすべきである。

但し、河川の流入域では底質性状が砂礫主体の場所もあり、そうした場所ではグラブ型採泥を行わざるを得ない(浮泥層の堆積が少ないためグラブ型採泥で問題はない)。

採泥器を投入した後はその周囲の底質が攪乱されている可能性があり、同一地点で複数回採泥を行う場合、2回目以降はその影響がない箇所に採泥器を降ろす必要がある。特に水深が深い場所では投入位置を十分にずらす必要がある。

- ・河川（河口部含む）の場合、表層の底質性状が砂質主体(粘土・シルト分が概ね20%未満)と考えられ、こうした場所ではグラブ採泥、柱状採泥の間で大きな差は生じない(底質性状が砂・礫主体の場所では実際上グラブ型を使用しないと採泥は難しい)。

2) 採泥深度

- ・放射性物質は深度方向の偏りが他の汚染物質に比べて大きく、本業務（調査B）で行った結果では表層（0～3cm）に局在している水域（阿武隈川滞留部、はやま湖・猪苗代湖の湖底部）、0～24cm程度にかけてほぼ一様に分布している水域（猪苗代湖流入域、阿武隈川・真野川の河口域）に分かれた。水利用上の管理という点ではいずれの場合も表層部（例えば0～5cm）の底質がその水域を代表すると考えられるが、採泥深度を何cmにするのが適切かについての結論を得るには、深度方向の分布についての追加調査や有識者へのヒアリング等が必要である。

3) 採取位置、採取回数

- ・本業務の調査結果によると河川では流心よりも岸寄りの場所や堰の直上流等のように細粒分が堆積しやすい場所に放射性セシウムが溜まる傾向がみられた。底質の放射性セシウム濃度は粒度に大きく左右されるため、定点の調査ではできるだけ同じ性状の試料を採取することが望ましい。

河川の直線部では流心・左右岸の個々の値にはばらつきがあるものの、河川横断面ごとに流心・左右岸の平均値を取り、同一水域の各断面の平均値を比較するとばらつきはかなり低減されたことから、実際の底質のサンプリングにあたっては横断面（流心を含む3点以上）で採泥深度を揃えて採取した試料を均等混合すれば比較的再現性のある結果が得られると考えられる。

その3点を流心近傍のみとするか、左右岸を含めるかは地点代表性の考え方による（今後の議論を要する）。

- ・河川の中でも堰のような構造物のある箇所はその直上流側に細粒分が堆積する

傾向があり、底質試料の採取点とそうした構造物との距離を正確にとる必要がある。

- ・猪苗代湖の河川流入部ではセシウム濃度の高い地点は流入河川（長瀬川）の沖（流入点からの距離が300～500mの範囲）に集中しており、湖底地形としては水深が10mから30mへ急激に深くなる箇所と一致した。河川流入部は湖底部の10倍程度の箇所があることから、湖沼の管理上このような地点も重要であり、地点選定の留意点として、湖底地形図を入手するか漁業探知機を使用する等により水深が深くなる箇所を確認することが必要と考えられた。

4) 前処理方法

- ・Cs-134, 137の分析では、遠心分離により間隙水を十分に除去し、2mm以上の粒子を除去すれば必ずしも乾燥処理は必要ないことが確認された。
（乾燥処理を行う場合は試料間の汚染に十分な注意が必要である。）
- ・底質全体の中の間隙水に含まれるセシウム量は無視できるレベルであった。

5) 粒度補正

- ・本業務では阿武隈川滞留部のように底質の攪乱が少なく水中のセシウム濃度と底質表面の吸着量にほぼ平衡関係が保たれている場所では、比表面積による補正（下記）により同一地点の横断方向・縦断方向のセシウム濃度のバラツキを抑えられることが確認された（変動係数の2乗が自由度n-1（nはデータ数）の χ^2 分布に従うことに基づいて判定したところ、有意水準5%で粒度補正効果が認められた）。

$$P = (S_{ms} / S_{s1})^V$$

S_{ms} : 各調査地点での底質の比表面積 (cm²/g)

S_{s1} : ある特定の地点での底質の比表面積 (cm²/g)

V : 累乗係数 (真野川における文献値=0.65)

阿武隈川滞留部のデータにより得られた累乗係数 (V) の実測値は0.65と真野川における文献値と一致した。一方、河川の河口部の底質では海水の塩分によるセシウムの溶脱が起こるため累乗係数 (V) の値が大きくなり、阿武隈川河口部で得られた実測値は1.15であった。

- ・放射性セシウムの分析では2mm以上の粒子をふるいで除外するため、粒度補正の目的で比表面積を求める場合は2mm以下の粒度組成データを用いる必要がある。
- ・土粒子の比表面積を求める上では75 μ m以下（粘土・シルト分）の寄与が大きいが、砂礫主体で75 μ m以下の割合が概ね5%以下の底質や、反対に湖底部のように大部分が粘土質からなる底質（1 μ m以下の割合が概ね10%以上）では沈降分析で75 μ m以下の粒度組成を正確に測定することは難しい。粒度組成の公定分析法は「ふるい分け・沈降分析」であるが、比表面積を求める目的のためにはレーザー式測定装置を用いる方法等も検討する必要があると考えられる（その場合は異なる機種によるデータの同等性も検討する必要がある）。

4.2 水質調査

1) ろ過方法

- ・土粒子による濁りが含まれる水を分析する場合、そのままマリネリ容器等に入れて測定すると、測定中に土粒子の沈降が起こり、値が過大評価されることがあるため、懸濁物とろ液を分けて測定する必要がある。
土粒子を分離するためのフィルターとしては、本業務で行った条件（河川水に

浮泥を添加した水の測定) では GF/C (孔径 $1.2\mu\text{m}$) や GF/F (孔径 $0.7\mu\text{m}$) で十分である (約 90% の放射性セシウムが捕捉される) ことが確認された。

2) 濃縮方法

- はやま湖で採水した水にあらかじめ放射性セシウム濃度を測定した浮泥を添加して約 0.05Bq/L の検水を調製し、文部科学省のマニュアルに規定されているリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) 共沈法と今後の前処理方法の一つとして有望視されているセシウム吸着型メンブランフィルターによる濃縮法、それぞれの回収率を求めたところ、AMP 法が 101~105%、セシウム吸着型メンブランフィルター法が 82~85% であった (検体数 : 1、試験繰り返し回数 : 3 回)。

5. 今後の課題

1. 水質中の微量の放射性セシウム分析方法（前処理方法）の検討

水質中の低濃度の放射性セシウムの前処理方法（濃縮方法）として現在公定分析法に取り入れられているものは下記のとおりである。今後の前処理方法の選択肢の一つとして有望視されているセシウム吸着型メンブランフィルターによる濃縮法について、本業務の検討結果では概ね良い回収率が得られた。

今後、水質の公定分析法にセシウム吸着型メンブランフィルター法を取り入れるためには適用可能範囲（淡水、海水）及び定量精度（回収率、繰返し再現性）に関するさらに詳細な検討が必要である。

公定分析法	前処理方法（濃縮方法）
ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための前処理法（文部科学省放射能測定シリーズ 13）	淡水：蒸発濃縮法
	海水、汽水：リンモリブデン酸アンモニウム（AMP）共沈法

淡水及び海水にあらかじめ放射性セシウム濃度を測定した浮泥を段階的に添加したものを試料として、セシウム吸着型メンブランフィルターによる濃縮法の回収率や繰返し再現性を検討する。

検水：淡水及び海水に浮泥を段階的に添加したもの（延べ 10 試料程度）

分析項目：放射性物質（Cs-134,137）

試験繰返し回数：それぞれ 7 回程度

目標検出下限値：0.01～0.1Bq/L 程度

2. 底質の調査地点・試料採取深度の設定にあたっての現地調査追加

本業務で実施した底質調査の結果から、特に湖沼の河川流入域は湖心よりも放射性セシウム濃度が高いことが予想されるものの、湖内の流れが複雑なため代表点が決めにくい。

また、表層部の調査を目的とする場合の採泥深度（0～5cm を想定）を設定する上で表層 0～10cm の範囲でより詳細な（2cm 刻み程度の）分布データが必要である。

そこで本業務で湖心部の調査を実施した「はやま湖」を対象として河川流入域の表層の放射性セシウム濃度を採取・分析することを通して放射性物質モニタリング手法を検討する。その際、特に下記の事項に留意する。

- ・浮泥層を攪乱しないよう底質を注意深く採取し（柱状採泥器による採取を基本とする）、採泥厚を一定にする（0～5cm）。
- ・真野川の滯筋沿いの 4 地点（図 5.1 に示す地点）で柱状採泥を行い、深度方向の放射性セシウムの濃度分布を調べる。

0～10cm：2cm 刻み

その際、柱状採泥のばらつきをみるために 1 地点当たりの柱状採泥を 2 回（1 回目による浮泥層攪乱の影響を受けないよう間隔を 10m 程度開ける）としてそれぞれを分析する。

- ・調査地点数：19 地点（柱状採泥 4 地点を含む）
- ・現地観測項目：全水深（漁業探知機による計測）、浮泥堆積厚、性状、色相、臭気、混入物、泥温
- ・分析項目：放射性物質（Cs-134,137）、強熱減量、粒度組成
粒度組成は JIS A1204（ふるい分け、沈降試験）とレーザー法の両方で測定し、結果を比較する。

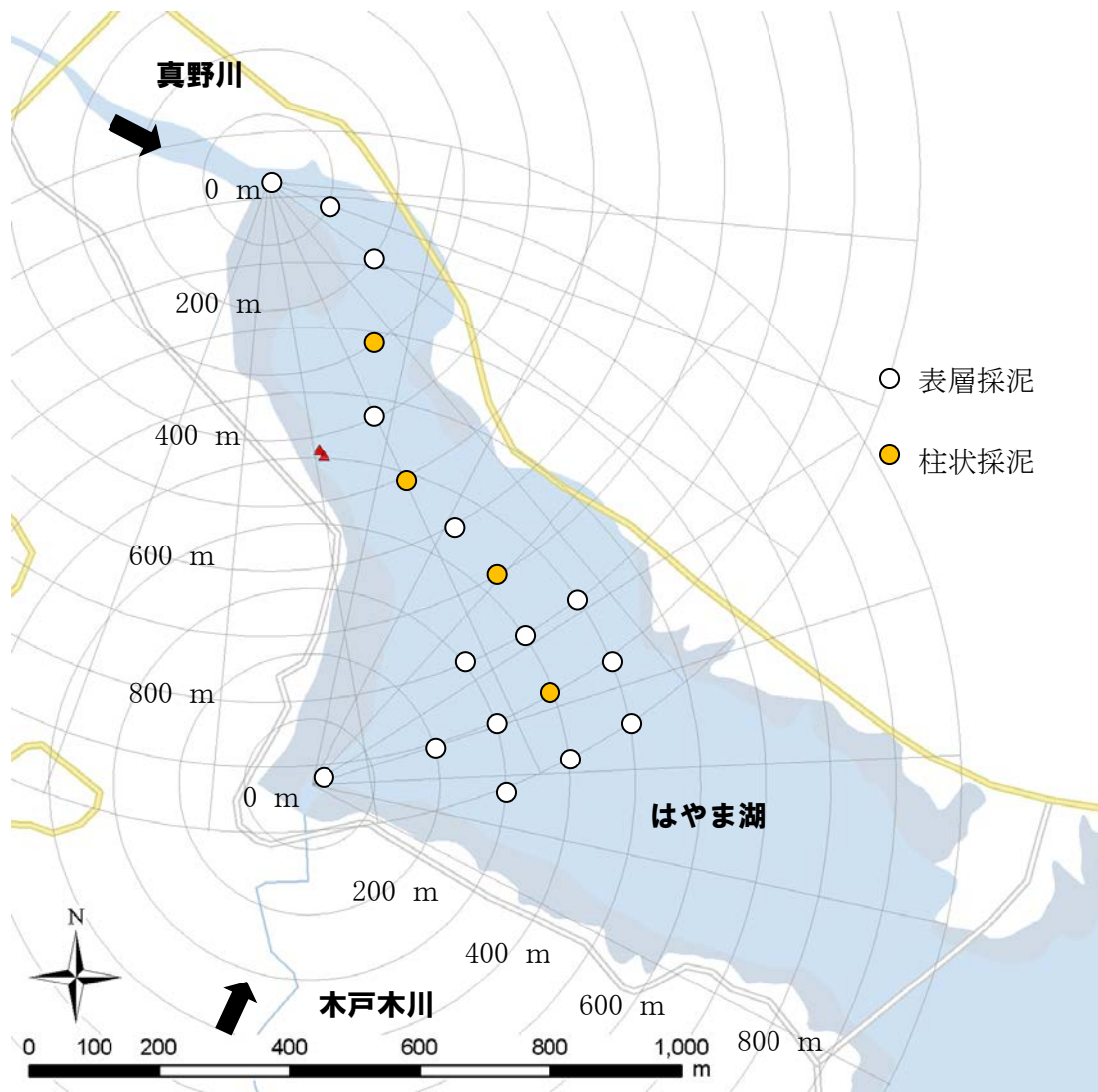


図 5.1 はやま湖流入域における底質調査地点（案）

3. 有識者等へのヒアリング及び検討会の開催

本報告書に示したモニタリングマニュアル案をもとにして、有識者、専門機関（Cs 吸着型メンブランフィルターのメーカー等）へのヒアリングを実施するとともに検討会を開催し、これまでの検討内容の評価、水環境中の放射性物質モニタリング手法及び評価・解析手法の確立を行う。

有識者へのヒアリングが必要な事項の例は以下のとおりである。

- ・モニタリング計画策定の考え方
- ・水質、底質の試料採取方法
特に底質の採取位置、採取深度の考え方
- ・分析方法

Cs 吸着型メンブランフィルターを用いた前処理方法の導入について

- ・比表面積を求めるための粒度試験方法（ふるい分け・沈降試験法／レーザー法）
- ・分析値の評価方法
底質の放射性セシウム濃度の粒度補正（比表面積による補正等）
空間線量率等との相関について