

令和 2 年度 深海底質調査の実施結果について

1. 調査目的

深海底質調査は、第 49 回（H31. 1. 30 開催）及び第 50 回（H31. 3. 15 開催）の黒部川ダム排砂評価委員会にて、深海域（水深 800～1200m）における排砂影響の有無を確認するための調査要望が出たことを受け実施するものであり、R 1 年度調査については黒部川河口沖合を含む富山湾海域の 4 地点（計画水深約 840～950m、W2, C' , A, E）において柱状採泥器による底質調査を行い、堆積泥各層別の年代推定等の分析を行うことで排砂による深海域への底質影響に関し解析を実施した。その結果については、第 52 回(R2. 4 開催)の黒部川ダム排砂評価委員会で「今回の調査結果を見る限り、連携排砂開始前後で深海における環境への影響は見られなかった。」と評価されたものの、各地点で堆積速度に違いがみられたことから、海底地形(谷、尾根)等による影響かを確認するため、R 2 年度も深海底質調査を実施したものである。

なお、R 2 年度も黒部川河口沖合を中心とする富山湾海域の 4 地点の深海（計画水深約 790～945m, U, K, 新N, 新O）において R 1 年度と同様な底質調査分析を行うことで排砂による深海域への底質影響に関し解析するものである。本結果は令和 2 年 8 月 31 日から 9 月 2 日に実施した調査ならびにコア試料分析結果である。

2. 調査期間

令和 2 年 8 月 3 1 日～9 月 2 日（試料採取期間）

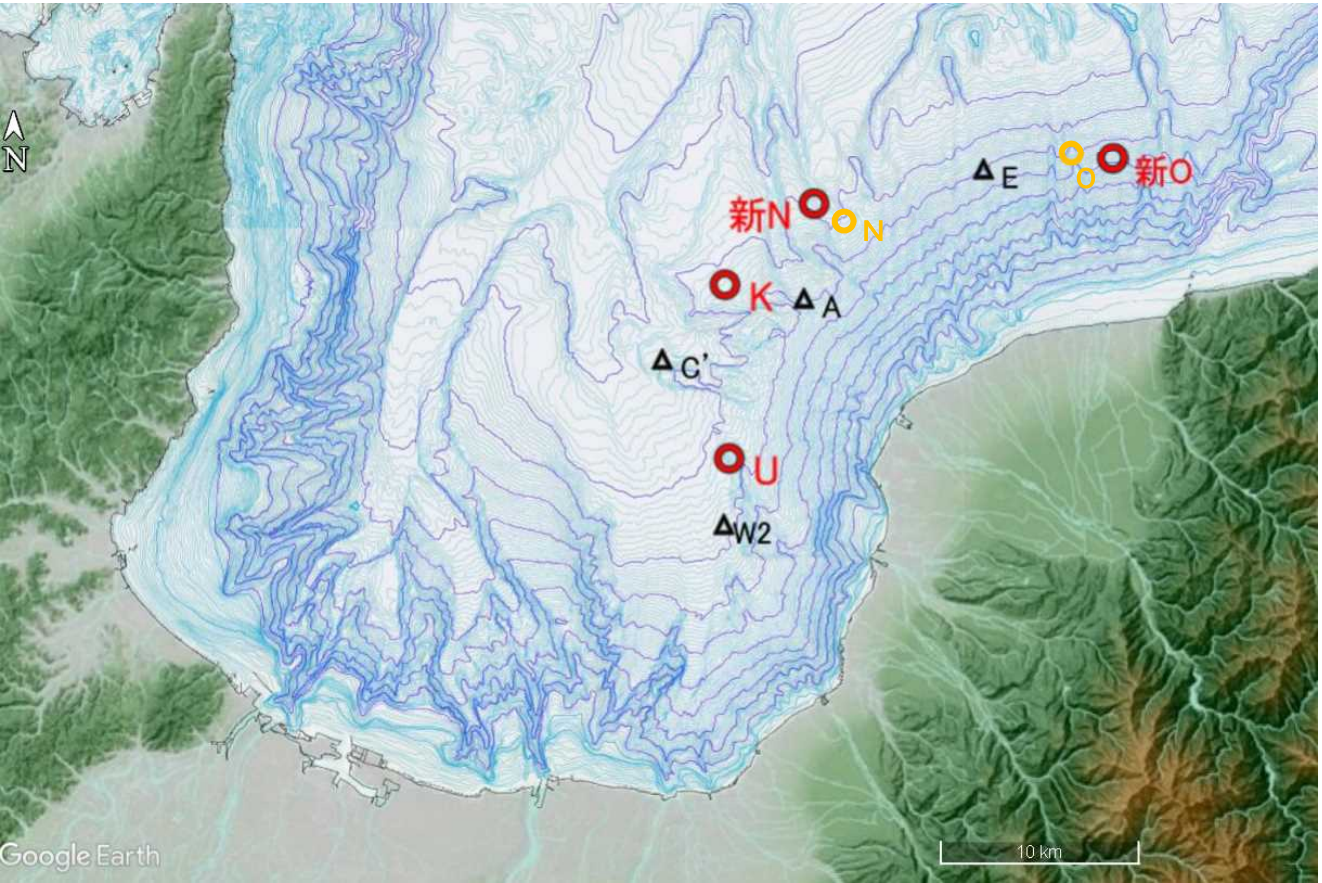
3. 調査方法

3－1. 調査地点

深海底質調査の調査地点を図 3-1-1 に示す。調査地点の選定は学識経験者や関係機関等との協議の上、調査点位置を決定した。本調査対象河川流域である黒部川の河口沖への流路等を勘案し、本年度は海底尾根部を中心に 4 地点を選定し採泥を実施した。

採泥地点は、富山湾奥から時計回りに地点U、地点K、地点新N、地点新Oとした。

- ・地点U（魚津海脚）：北緯 36° 54′ 19.00″、東経 137° 20′ 08.00″、予定水深 801m
【海域特徴】常願寺川・早月川・片貝川の河口沖にある尾根状高まり域
- ・地点K（黒部川河口沖）：北緯 36° 59′ 00.00″、東経 137° 20′ 00.00″、予定水深 875m
【海域特徴】黒部川の河口沖にある海底段丘の平坦面部
- ・地点新N（入善沖）：北緯 37° 01′ 10.86″、東経 137° 23′ 01.02″、予定水深 945m
【海域特徴】黒部川に由来する芦崎海底谷右岸の自然堤防域
- ・地点新O（小川河口沖）：北緯 37° 02′ 22.86″、東経 137° 33′ 09.00″、予定水深 790m
【海域特徴】小川の河口沖の海底にある自然堤防域（右岸側）



注：調査地点は、学識経験者等と決定した地点について、漁協からの要望により変更した地点を[新]としている。

図 3-1-1 深海底質調査地点（○：R 2 年度調査地点（○：変更前地点）、△：R 1 年度調査地点）

3－2．採泥方法

本調査では鉛直方向にある程度長さを確保できる柱状コア試料を採取することを目的としており、表 3-2-1、図 3-2-1 に示す長尺アシュラ採泥器を使用した。

表 3-2-1 採泥器の概要

項 目	長尺アシュラ採泥器
重 量	約 120kg
採 泥 管 の 内 径	Φ68mm
最 大 採 取 長	0.7m



図 3-2-1 長尺アシュラ採泥器

3－3．コアサンプルの調査

長尺アシュラ採泥器で採取したコア試料は、昨年度の年代推定結果をもとに極力薄い層（層厚 1.5 c m）で図 3-3-1 のとおりに分割した。1 層あたりの試料量が少ないため年代推定等、試料分析に必要な泥量を確保するため、各地点では長尺アシュラ採泥を 2 キャスト実施し計 6 本のコア試料を採取した。

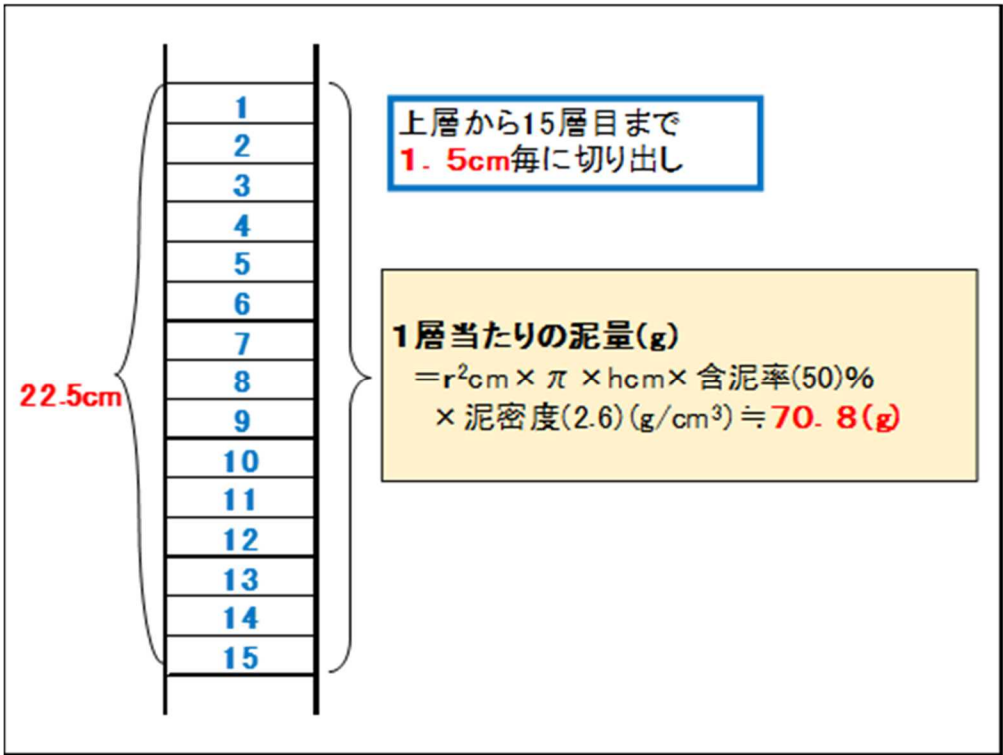


図 3-3-1 長尺アシュラ採泥器コアサンプルの分取層厚

3－4．分析項目と分析方法

各分析項目の測定目的を表 3-4-1 に示す。
採取した各地点の底質試料は、表 3-4-2 に示すとおり、年代推定、有機物分析、一般項目の分析と軟 X 線分析を実施した。

表 3-4-1 分析項目と測定目的

項 目	測 定 目 的
一般項目	排砂環境影響調査結果や水産用水基準と比較し、深海域と浅海域との性状を把握する。
軟 X 線分析	X 線 CT スキャン装置を使用し、採泥した試料の鉛直方向の堆積構造を確認する。
有機物分析	堆積物中の有機物の鉛直方向への濃度分布を把握し、鉛直方向での濃度変化がみられるか否かを検討する。
年代推定	底質試料中の放射性同位体濃度を測定し堆積深度を推定する。また、同じ層別試料から堆積物の圧縮によって変化する堆積年数、堆積速度を補正するために土粒子密度や含水率の測定を行う。

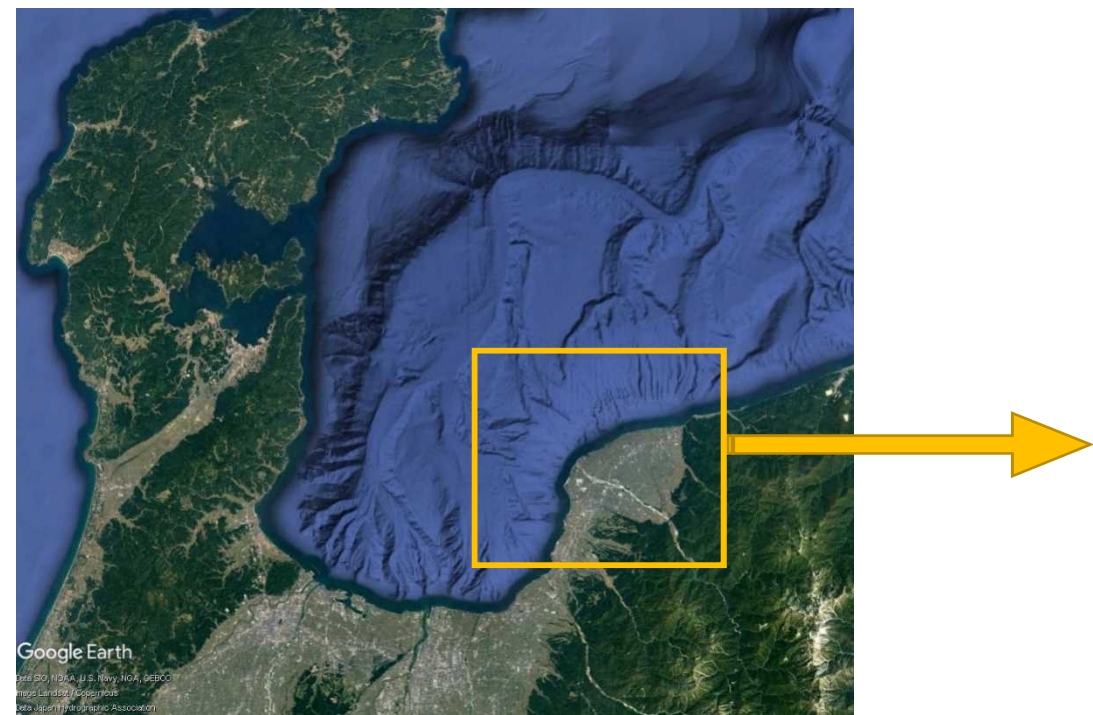
表 3-4-2 分析項目と分析方法

項目	分析項目	分析方法
一般項目	p H	海洋観測指針 8.10.6 ガラス電極法
	C O D	環水管第 127 号 II.20 過マンガン酸 カリウムによる酸素消費量
	T・N	環水管第 127 号 II.18.2 インドフェノール青吸光光度法
	T・P	環水管第 127 号 II.19.1 酸－過塩素酸分解法
	硫化物	環水管第 127 号 II.17 水蒸気蒸留－滴定法
	強熱減量	環水管第 127 号 II.4 重量法
	粒度組成	JIS A 1204 土の粒度試験方法
	O R P	土壤環境分析法 ORP 計による現地測定
軟 X 線分析	軟 X 線分析 (堆積構造の撮影)	X 線 C T スキャン
有機物	T O C (全有機炭素量)	底質調査法 (平成 13 年 3 月) II.4.7
	T－C (全炭素量)	C N コーダによる
	T－N (全窒素量)	
年代推定	放射性同位体分析	γ 線計測 (ゲルマニウム半導体検出器による)
	① 鉛 210 (Pb-210)	
	② セシウム 137 (Cs-137)	
	真比重 (土粒子密度)	JIS Z 8807 固体の密度及び比重の測定方法
	含水率	JIS A 1203 土の含水比試験方法
	粒度組成	レーザー回析法

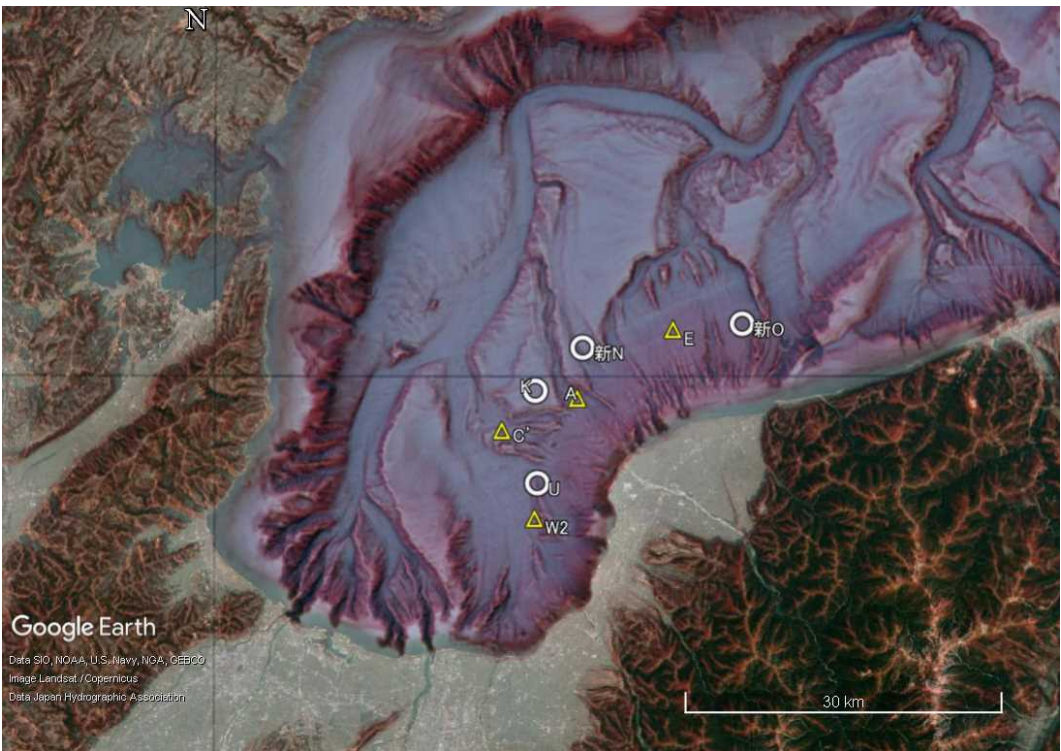
4. 調査結果

4－1. 調査地点の選択

本調査で採泥を実施した4地点の位置を図4-1-1および表4-1-1に示す。



富山湾全体図



富山湾海底地形赤色地図（○：R2年度採泥地点、△：R1年度採泥地点）

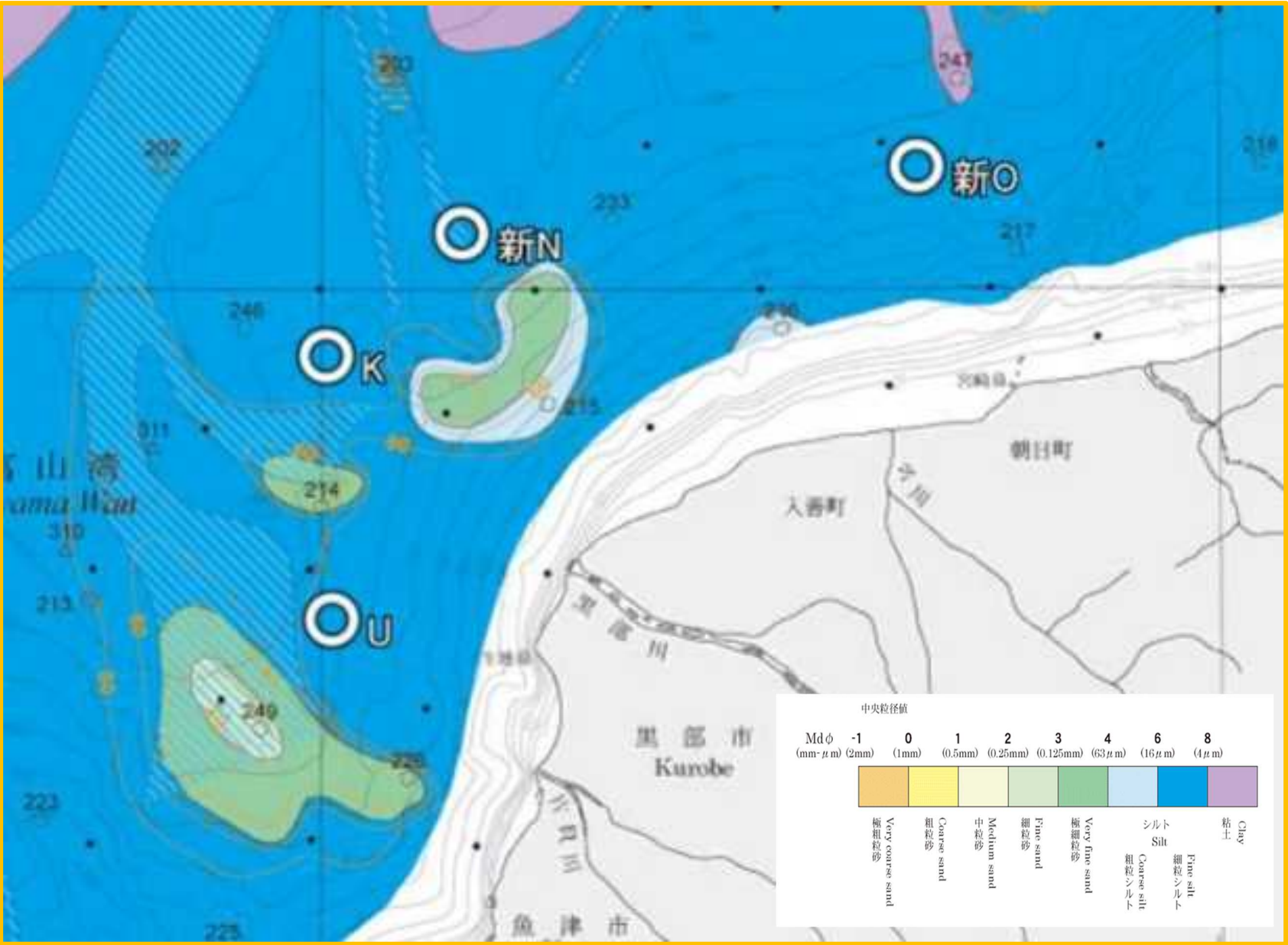


図 4-1-1 採泥地点図（○印：採泥地点）
（「海底表層堆積図：No. 60 能登半島東方表層堆積図」および Google Earth にて作成）

表 4-1-1 採泥実施地点での採泥器の着底時水深と緯度経度情報

地点U	地点K	地点新N	地点新O	備考
長尺アシュラ採泥点#2	長尺アシュラ採泥点#1	長尺アシュラ採泥点#1	長尺アシュラ採泥点#1	上段：使用採泥器
36° 54.345N	36° 58.991N	37° 01.236N	37° 02.371N	中段：緯度（立山丸船位）
【水深：808m】	【水深：890m】	【水深：946m】	【水深：793m】	下段：【水深（着底時）】
137° 20.094E	137° 19.972E	137° 23.023E	137° 33.067E	経度（立山丸船位）
長尺アシュラ採泥点#3	長尺アシュラ採泥点#2	長尺アシュラ採泥点#2	長尺アシュラ採泥点#2	注) 地点Uの長尺アシュラ採泥点#1は、コア採取長が全て15cm未満であったため分析試料には採用せず。
36° 54.317N	36° 58.963N	37° 01.168N	37° 02.395N	
【水深：809m】	【水深：891m】	【水深：946m】	【水深：798m】	
137° 20.111E	137° 19.917E	137° 23.049E	137° 33.060E	

4－2．コアサンプルの採取結果

採取した各測点底質試料の性状観察の記録を表 4-2-1 に示す。性状観察はコア試料採取後に立山丸船上にて実施した。性状はいずれも主としてシルト質の底質であり、堆積物表面で中細砂から細砂混じりの底質が確認された。泥色は表層では灰オリーブか暗オリーブ色であり、数 cm 下の層から深さ方向に層状あるいはパッチ状の黒色の還元泥層がみられた。表層から 10cm 層あたりから泥色はオリーブ黒色がほとんどであり、泥臭は微かな土臭であった。

表 4-2-1 底質試料の性状観察記録

地点名 採取日	採泥器	採泥器着底時 緯度 経度 (世界測地系)	魚探 水深 (m)	採泥長 (cm)	分析項目	泥色	性状	夾雑物	臭気
U 9月1日	長尺ア シユヲ採 泥器 #2	36° 54.345 N 137° 20.094 E	808	#1コア 25	年代推定	—	—	—	—
				#2コア 25	年代推定	—	—	—	—
				#3コア 24	軟X線分析	—	—	—	—
	長尺ア シユヲ採 泥器 #3	36° 54.317 N 137° 20.111 E	809	#2コア 26	有機物	—	—	—	—
				#3コア 26	一般分析	全体的に灰オリーブ(7.5Y4/2)、7.5cm層よりオリーブ黒(10Y3/1)になり10.5cm層以深に還元層も濃い黒色(N2/0)が混じる。16.5cm層に黄色っぽい細砂混じりシルトが確認できた	表層) 中細砂混じりシルト 下層) シルト	なし	土臭(生臭さなし)
K 9月1日	長尺ア シユヲ採 泥器 #1	36° 58.991 N 137° 19.972 E	890	#1コア 23	年代推定	—	—	—	—
				#2コア 24	年代推定	—	—	—	—
				#3コア 24	軟X線分析	—	—	—	—
	長尺ア シユヲ採 泥器 #2	36° 58.963 N 137° 19.917 E	891	#1コア 28	一般分析	表層~6cm層は灰オリーブ色(7.5Y4/2)、6cm層より深くなるにつれてオリーブ黒(10Y3/1)が混じる	表層) 中細砂混じりシルト 9cm層) シルト	10.5cm層にゴカイ15cm層あたりに木片	土臭(生臭さなし)
				#2コア 29	有機物	—	—	—	—
新N 9月2日	長尺ア シユヲ採 泥器 #1	37° 01.236 N 137° 23.023 E	946	#1コア 34	年代推定	—	—	—	—
				#2コア 37	軟X線分析	—	—	—	—
				#3コア 31	年代推定	—	—	—	—
	長尺ア シユヲ採 泥器 #2	37° 01.168 N 137° 23.049 E	946	#1コア 38	有機物	—	—	—	—
				#3コア 40	一般分析	表層) 暗オリーブ(5Y4/4) 表層直下) オリーブ黒(10Y3/2) 10cm以深) 黒7.5Y2/1 12~15cm層) オリーブ黒(7.5Y3/2) 最下層) 緑黒5G2/1	表層) 細砂混じりシルト 6cm層~) シルト	なし	土臭(生臭さなし)
新O 8月31日	長尺ア シユヲ採 泥器 #1	37° 02.371 N 137° 33.067 E	793	#1コア 38	年代推定	—	—	—	—
				#2コア 36	年代推定	—	—	—	—
				#3コア 40	軟X線分析	—	—	—	—
	長尺ア シユヲ採 泥器 #2	37° 02.395 N 137° 33.060 E	798	#1コア 31	有機物	—	—	—	—
				#2コア 33	一般分析	全体的にオリーブ黒色(7.5Y3/2)だが内部に黒色(5G2/1)の層が混在する	細砂混じりシルト	小木片(黒色)	土臭(生臭さなし)

注) 地点Uの長尺アシユヲ採泥点#1は、コア採取長が全て 15cm 未満であったため分析試料には採用せず。

4－3．底質性状の確認

各地点で採取した底質試料について一般分析用コア試料を用いて性状等観察、表層第1層（0～1.5cm）でのORPセンサ計測をおこなった後、22.5cm層までを一般分析用試料とした。試料は全て冷蔵他状態で陸上に持ち帰り分析をおこなった。一般項目の分析結果と現場測定結果を表 4-3-1 に示す。泥試料の粒度分布ではどの地点もシルト分が6～7割を占めており、特に地点Kと地点新Oでは砂質が少ない結果となった。

表 4-3-1 一般項目の分析結果と現場測定結果

地点名 分析項目 分析方法		地点U	地点K	地点新N	地点新O
pH (—)	海洋観測指針1990 8.10.6 ガラス電極法	7.2	7.1	7.1	6.9
COD (mg/g-dry)	環水大水分第120725002号 II.4.4.7 過マンガン酸カリウムによる酸素消費量	8.4	10.0	8.6	16.0
T-N (mg/g-dry)	環水大水分第120725002号 II.4.8.1.2 インドフェノール青吸光度法	0.94	0.81	0.65	1.40
T-P (mg/g-dry)	環水大水分第120725002号 II.4.9.1 硝酸－過塩素酸分解法	0.82	0.85	0.65	0.69
含水比 (%)	JIS A 1203 土の含水量試験方法	36.2	40.3	36.8	44.5
強熱減量 (%)	環水大水分第120725002号 II.4.2	6.3	6.3	6.5	8.9
硫化物 (mg/g-dry)	環水大水分第120725002号 II.4.6 水蒸気蒸留－滴定法	0.3	0.3	0.2	0.3
ORP (mV)	東亜DKK社製ガラス電極式水素イオン濃度指示計にて現場測定（表層第1層のみ）	106	107	67	110
泥温 (℃)		10.3	9.2	10.4	10.2
粘土分 0.005mm未満 (%)	ふるい分析、沈降分析	16.2	19.8	19.2	25.0
シルト分 0.005~0.075mm (%)		68.1	71.7	66.3	71.3
砂分 0.075~0.2mm (%)		15.7	8.5	14.5	3.7
中央粒径 (mm)		0.0198	0.0177	0.0202	0.0112

本調査結果と浅海域での既往調査結果および昨年度実施の深海調査結果を図 4-3-1 に示す。前述のとおり、本年度試料性状はシルト分約 70%、粘土分約 20%であり、昨年度調査 4 地点（シルト分約 50%～70%、粘土分約 3%～8%）に比べやや粒径が小さい結果となった（下図、中央粒径の図参照）。また、昨年度試料性状は採泥長が 28 cm～81cm とバラつきがあるコア試料の混合試料であったが、本年度は表層から 22.5cm 層までの混合試料を一般分析試料とした。このためCODやT-Nでやや高い値がみられるものの、浅海域の既往調査や昨年度試料の縦断方向の測定値（本資料 13 頁 4-7 有機物データの解析参照）をみる限りこれら過去の測定値の範囲内であった。硫化物濃度は昨年度同様に水産用水基準を上回っていた*が、本調査で分析する硫化物試料は採取コア長全量(本年度はコア長 22.5cm まで)の混合試料を分析に供するため、深層の還元層を含む場合が多く硫化物濃度が高くなる傾向にある。一方で定期調査における浅海域泥試料は表層泥試料のみを計測対象としている。

*水産用水基準¹⁾はきわめて一般的に考えられる条件が想定されており、その適用にあたってはそれぞれの水域の特性をよく考慮することが必要である。

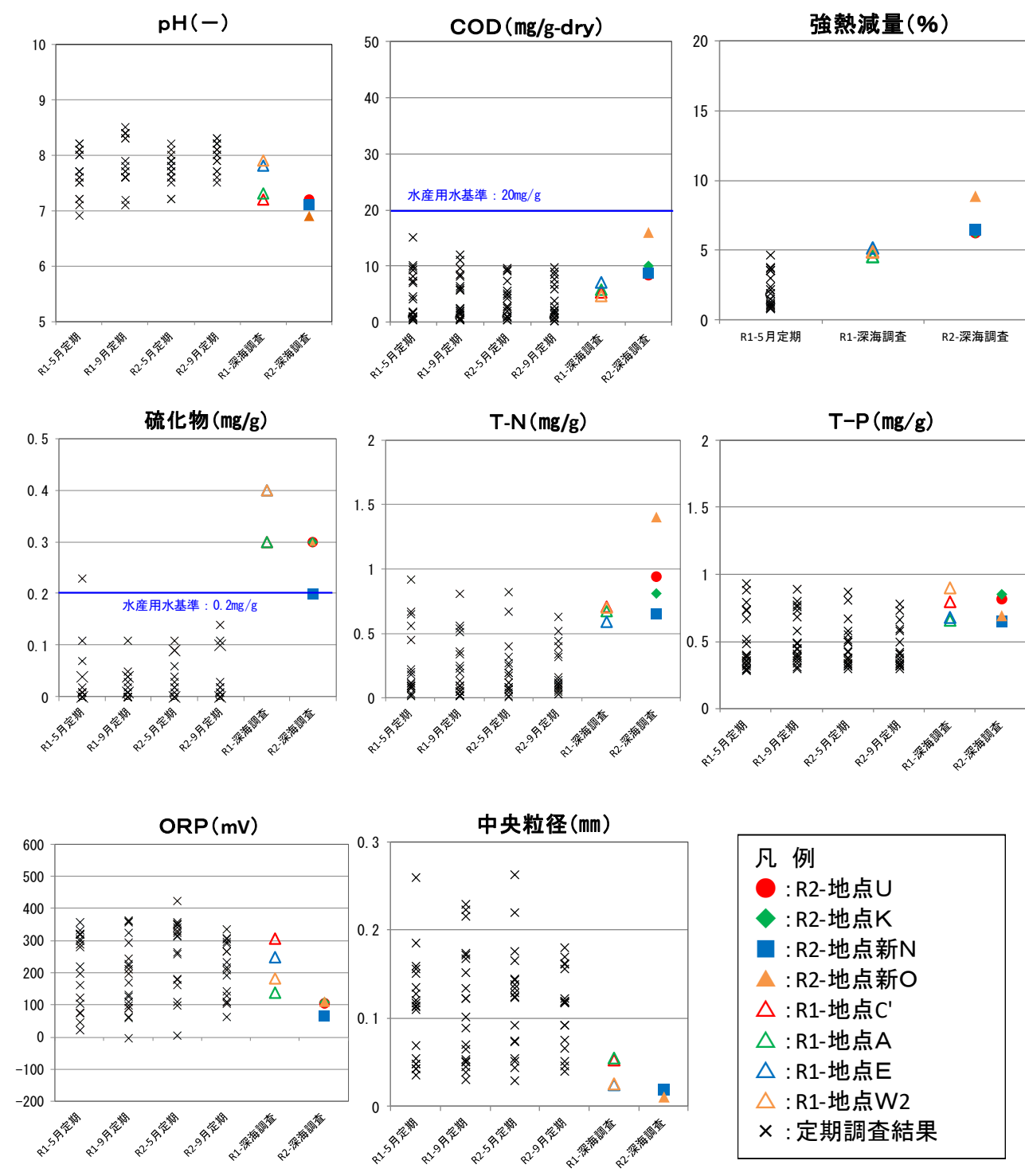


図 4-3-1 既往調査結果との比較（一般項目の分析結果）

1) 公益社団法人日本水産資源保護協会：水産用水基準 第 8 版(2018 年版)

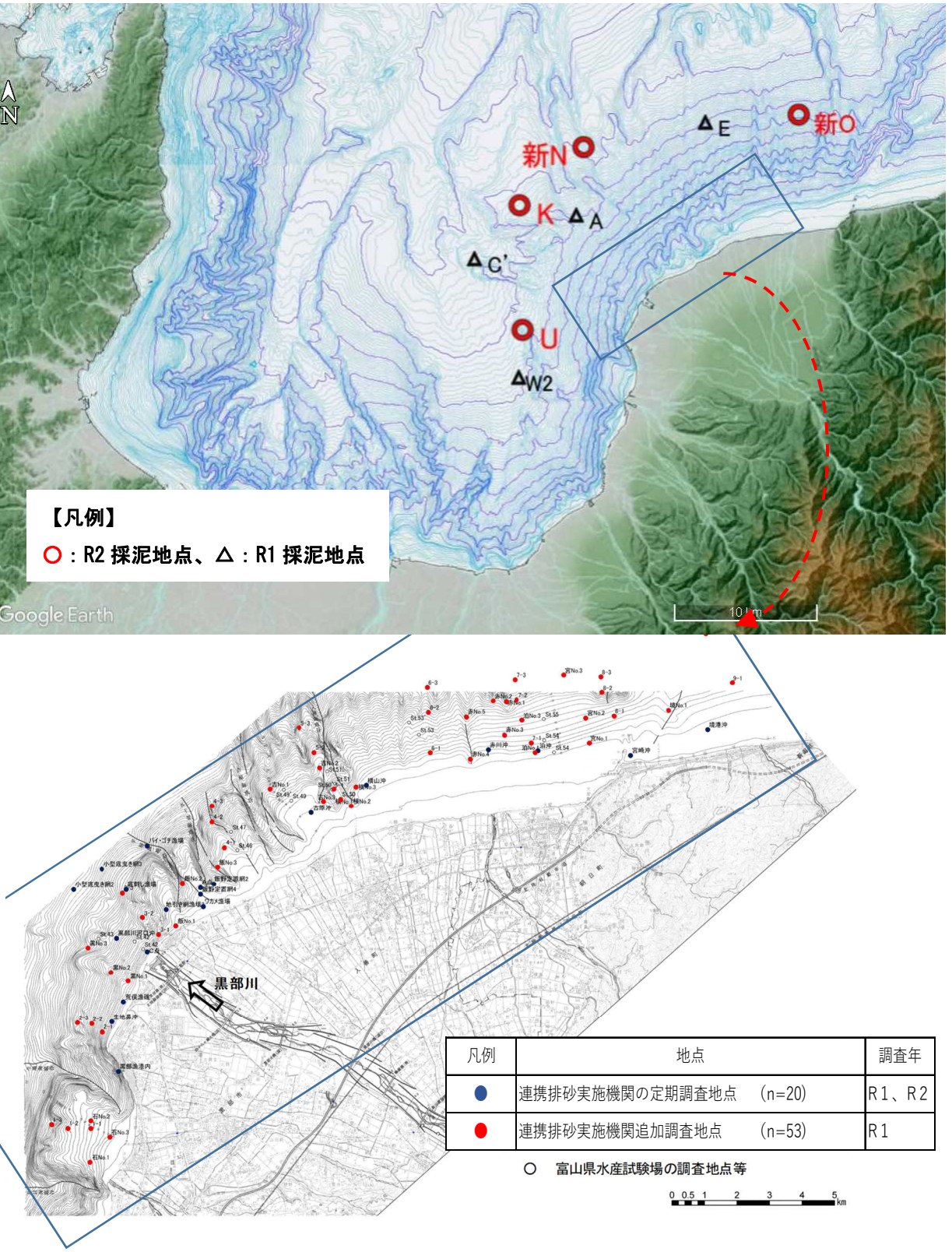
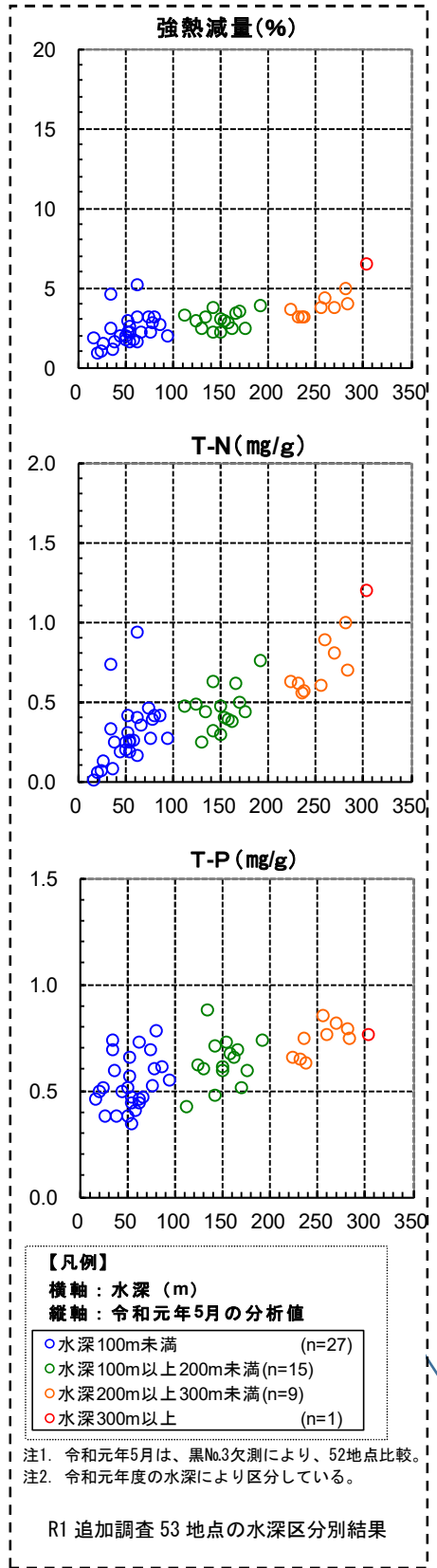


図 4-3-2 深海底質調査地点（上段）と既往底質調査地点（下段）

4－4．コアサンプルの分析

(1) 軟X線撮影

4地点にて採取したコア試料をX線CTスキャナーで撮影した結果を図4-4-1に示す。図はコア試料表層を上鉛直縦方向に並べてあり、図中の赤線は5cm毎のラインを示す。X線CT画像における輝度の濃淡は底質試料の密度を表し白い色ほど硬く高密度な層を、黒くなるほど密度が低い層または空洞を表す。ただし、これらコア試料の輝度濃淡はコア試料ごとに調整した相対的なコントラストであるため、コア試料間の輝度比較はできない。

- ・地点U：表層下4、5cm～約15cmの層に低密度層と高密度層が縦方向に重なっている様子が確認できた。また表層下約18～20cmの下層には鉛直方向に層状模様が確認できた。
- ・地点K：約5cm層毎に輝度の変化がみられ比較的鉛直方向に重なった層状模様を確認できた。
- ・地点新N：表層5cm～10cmの層に縦に低密度層があり混合している様子が確認できた。10cm層以深は比較的鉛直方向に層状模様を確認できた。
- ・地点新O：表層5～7cm層に低密度層が層状に確認できる。30cm層あたりまでは明確な層状模様は確認できないが、30cm層以深では層状模様を確認できた。

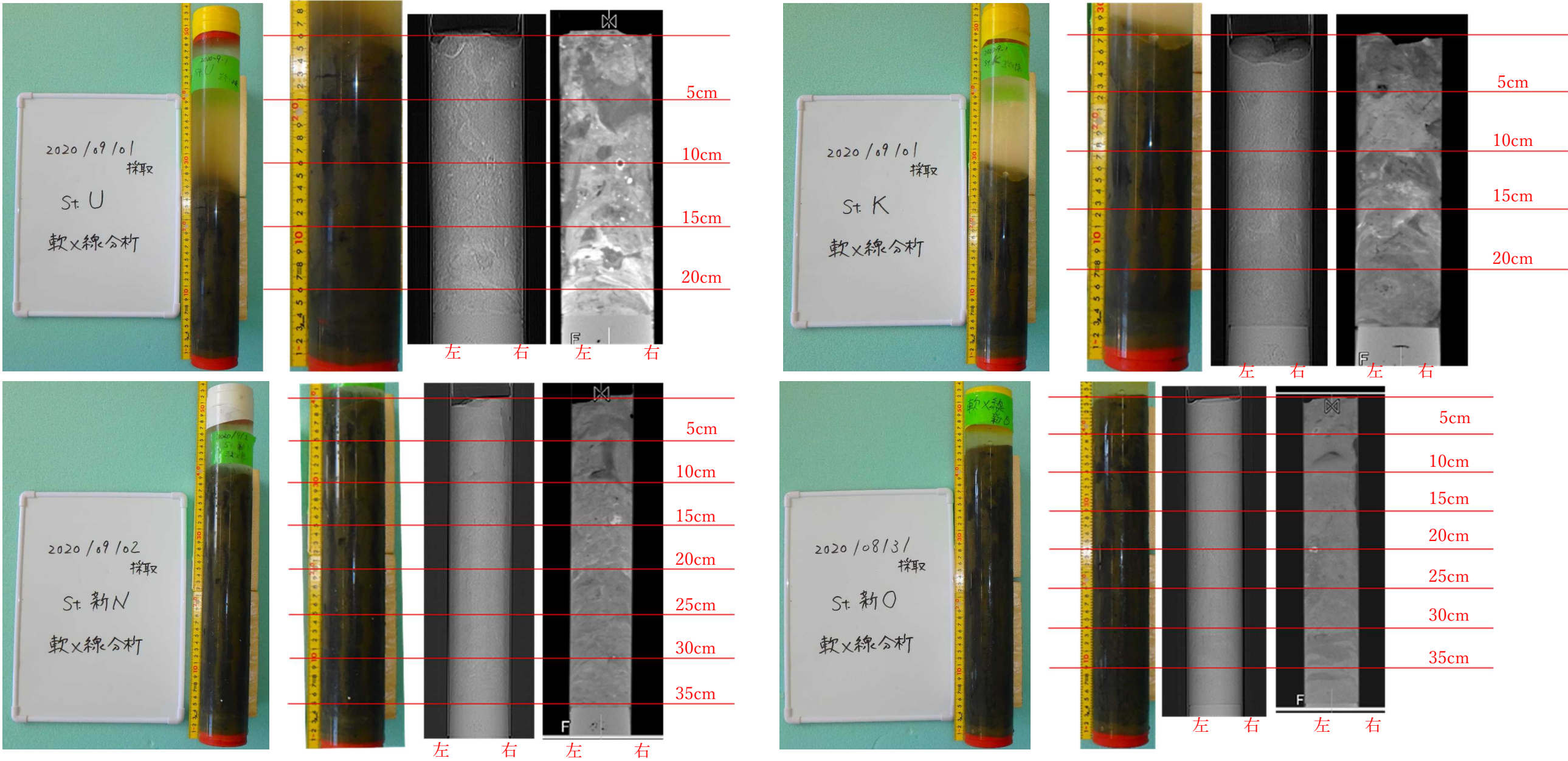


図4-4-1 X線CT撮影画像
(各地点左より試料写真、試料写真拡大、X線スキャナー画像写真、X線スキャナー画像コア垂直断面図)

(2) 含水率

層別に測定した含水率の結果を図 4-4-2 に示す。一般的に堆積物コアは堆積物基質に鉛直的な変化が無く堆積速度が一定であり、さらに鉛直混合を受けていなければコア上部堆積物の圧縮効果により含水率は深度と共に規則的に次第に減少する。本調査各地点の含水率は地点新Oを除いて第1層目の含水率が最も高く全体的には鉛直方向に減少する様子は確認できたものの、減少の度合いは地点によって異なっていた。地点Uでは第3層目、第7層目、第13層目に変化が確認できた。地点Kでは表層第1層目の含水率が約66%と他の地点の53～57%に比べ高かった。地点新Nでは表層から第3層目、第4層目から8層目、9層目以降で鉛直分布に変化が確認できた。地点新Oでは表層第3層目までは鉛直方向に増加し、第4層目以降は鉛直分布に変化が乏しく一様な含水率の分布となった。

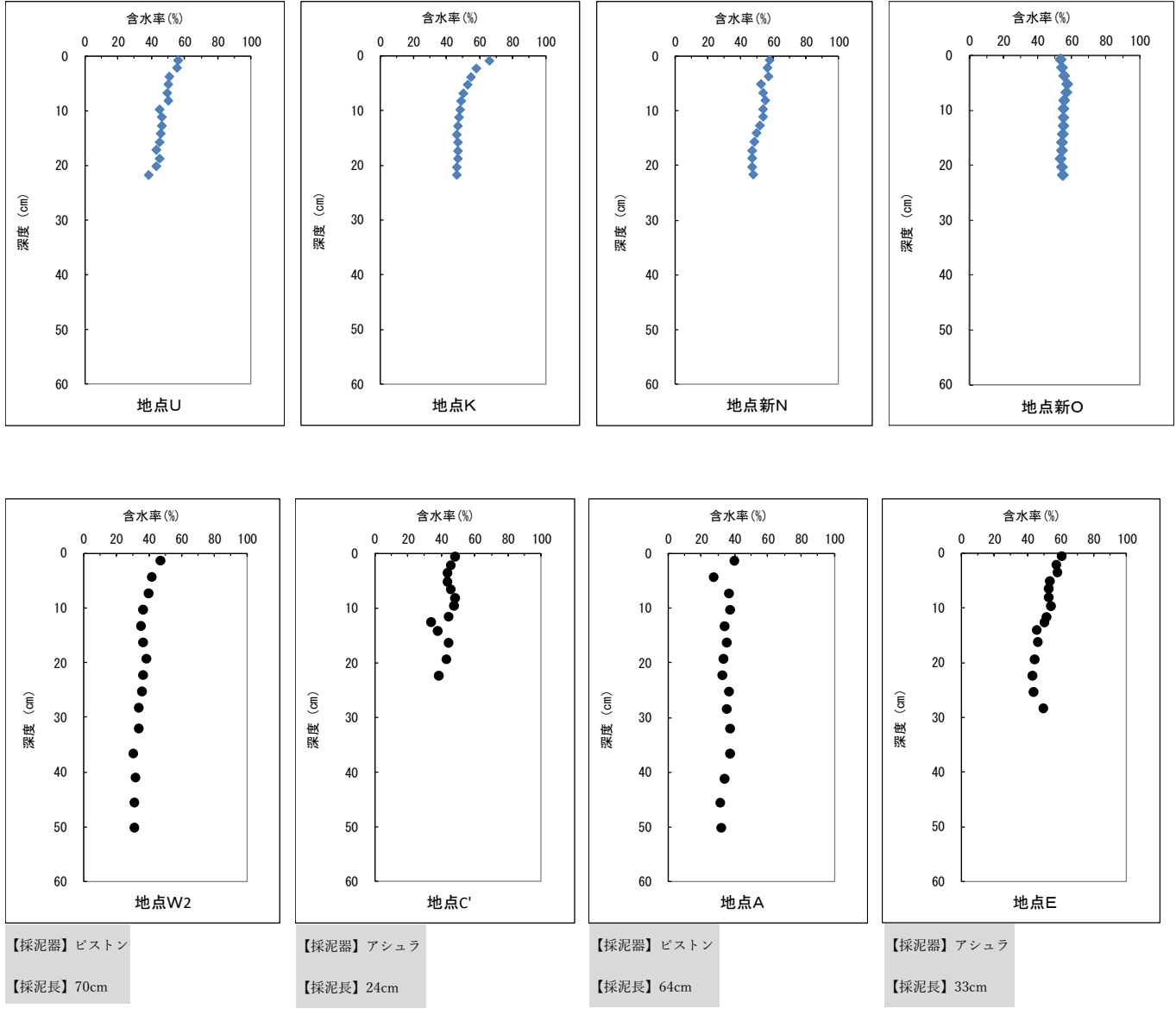


図 4-4-2 含水率の測定結果（上段：R 2 年度地点結果、下段：R 1 年度地点結果）

(3) 土粒子密度

土粒子密度（真比重）は、乾燥土粒子の質量を固体の体積で除して求められ土粒子と有機物や微生物を含めた比重を表す。各地点について層別に土粒子密度を測定した結果を図 4-4-3 に示す。地点Uおよび地点新Oの真比重鉛直分布は比較的变化の少ない分布を示し、真比重値は地点Uで約 2.7g/cm³、地点新Oは約 2.5 g/cm³であった。一方、地点Kは堆積深度が増すごとに約 2.5～約 2.7 g/cm³へと増加傾向を示した。また、地点新Nでは逆に全体的には深度が増すごとに約 2.7～約 2.5 g/cm³へと減少傾向を示し9層目まで真比重値の変動が確認できた。

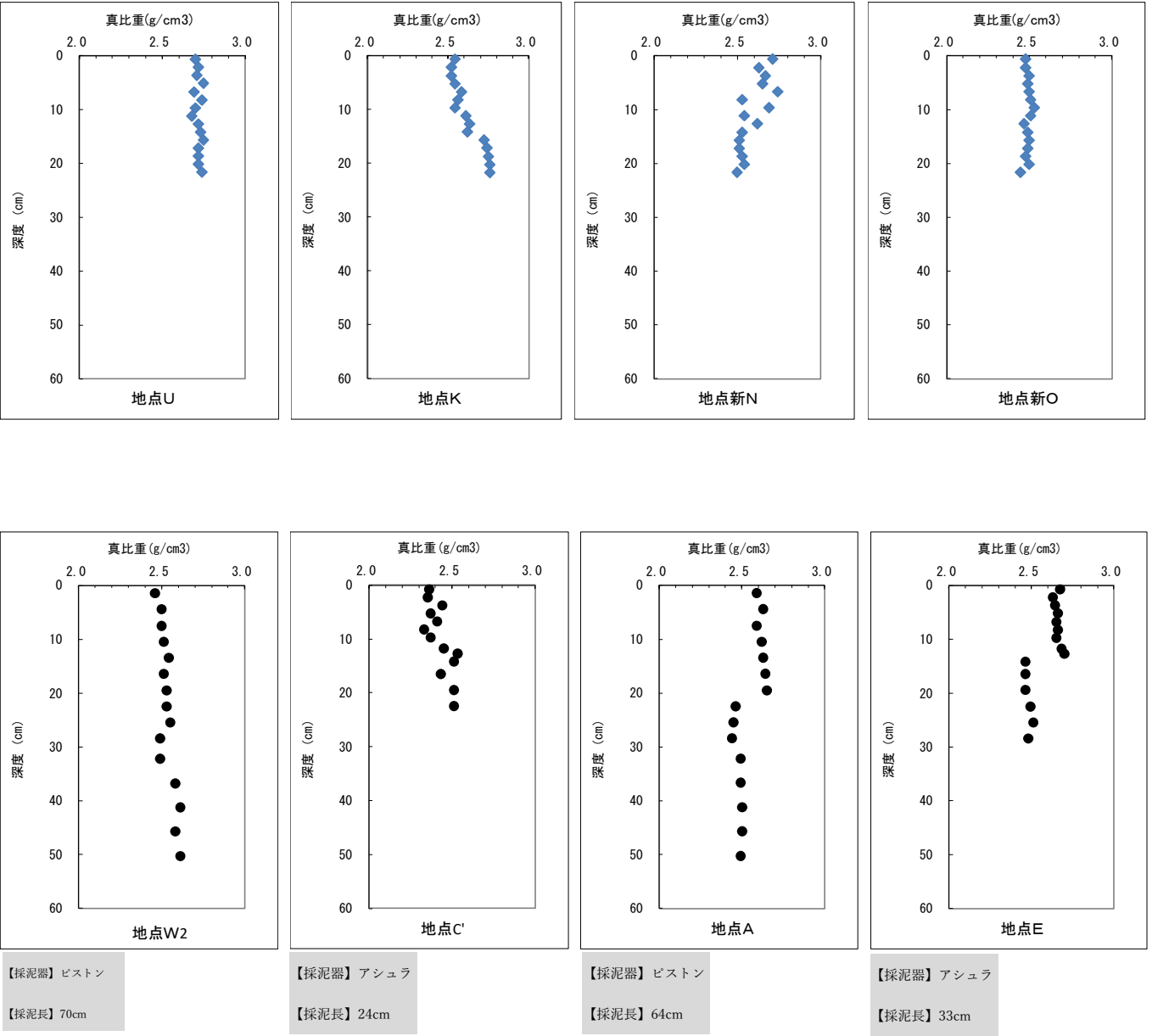


図 4-4-3 土粒子密度の測定結果（上段：R 2 年度地点結果、下段：R 1 年度地点結果）

(4) 粒度組成

年代推定用の試料を用い層別に測定した粒度組成の結果を過年度調査結果とともに図 4-4-4 に示す。本年度実施の 4 地点は、昨年度実施 4 地点および平成 23 年度実施 2 地点に比べて全体的にシルト分の比率が高く、特に地点新 O でシルト分の比率が過年度調査結果分も含めて最も高いことが確認できた。地点 U および地点新 O では第 1 層目で最も砂分の比率が大きくなっており、表層数層以降の鉛直方向には大きな変化はみられなかった。同じく地点新 N は全層で特段大きな変化は確認できなかった。地点 K では表層から鉛直方向に大きな変化はみられなかったが、第 13 層目、14 層目の深い層で砂分が幾分高い層が、第 15 層目では逆に砂分が低くなる層の存在が確認できた。

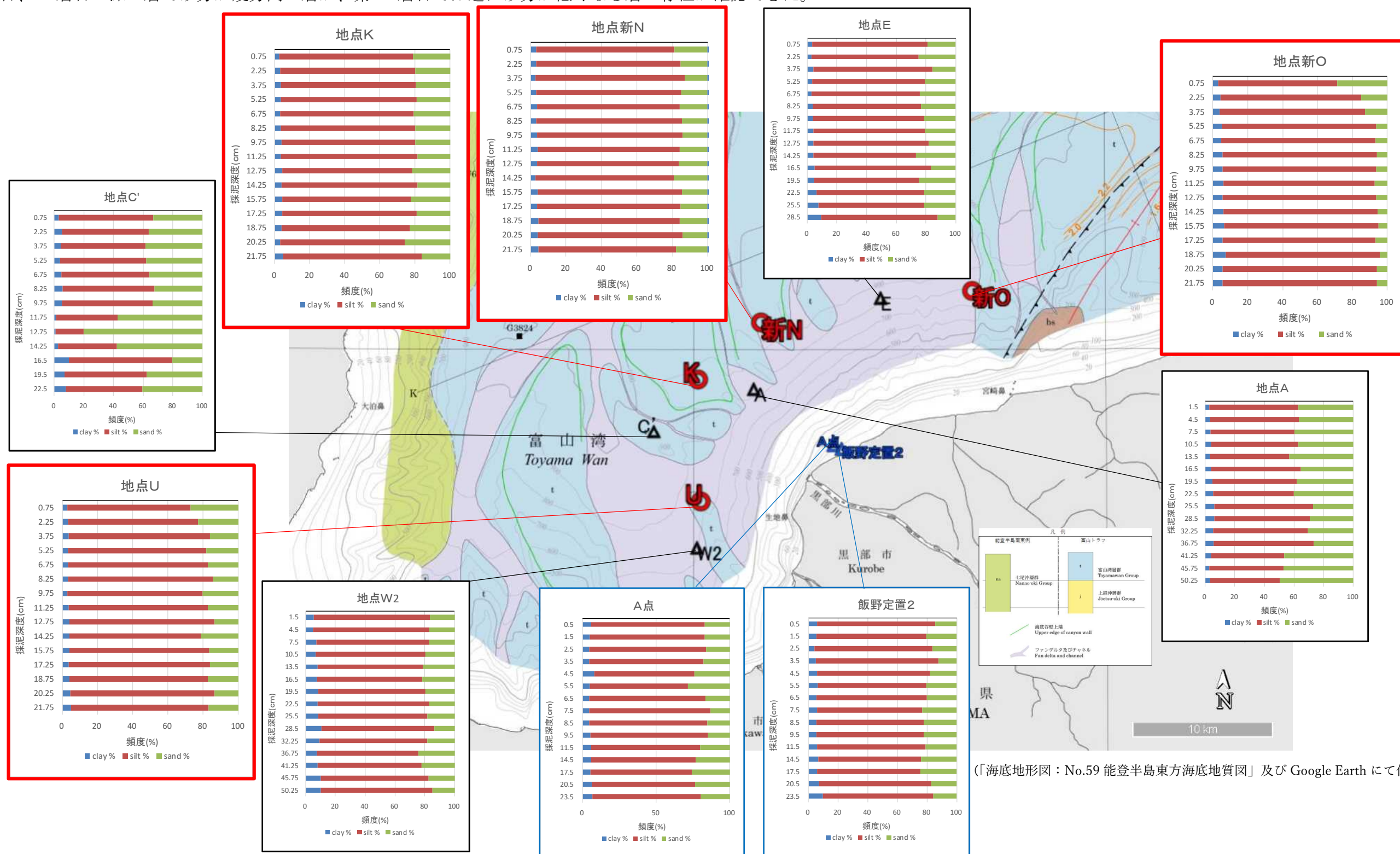


図 4-4-4 各地点の粒度組成

(赤枠囲み：R2年度4地点、【参考】黒枠囲み：R1年度4地点、青枠囲み：H23年度2地点)

(5) 有機堆積物

T-C、TOC及びT-Nの鉛直方向の濃度変化を図4-4-5に示す。一般的に堆積物内での鉛直混合が無ければ堆積有機物は深度方向に減少する傾向があるが、本調査結果では昨年同様、必ずしも鉛直方向に規則的に減衰する動きは確認できなかった。T-C値、TOC値およびT-N値の鉛直方向への挙動は、ほぼ同じ傾向を示したことから、これら堆積部中の有機物は主要構成起源が同じであると推測できる。規則的な鉛直方向の減衰を示さなかったことから、底生物による擾乱や排せつ等による影響を受けているのではないかと推測された。

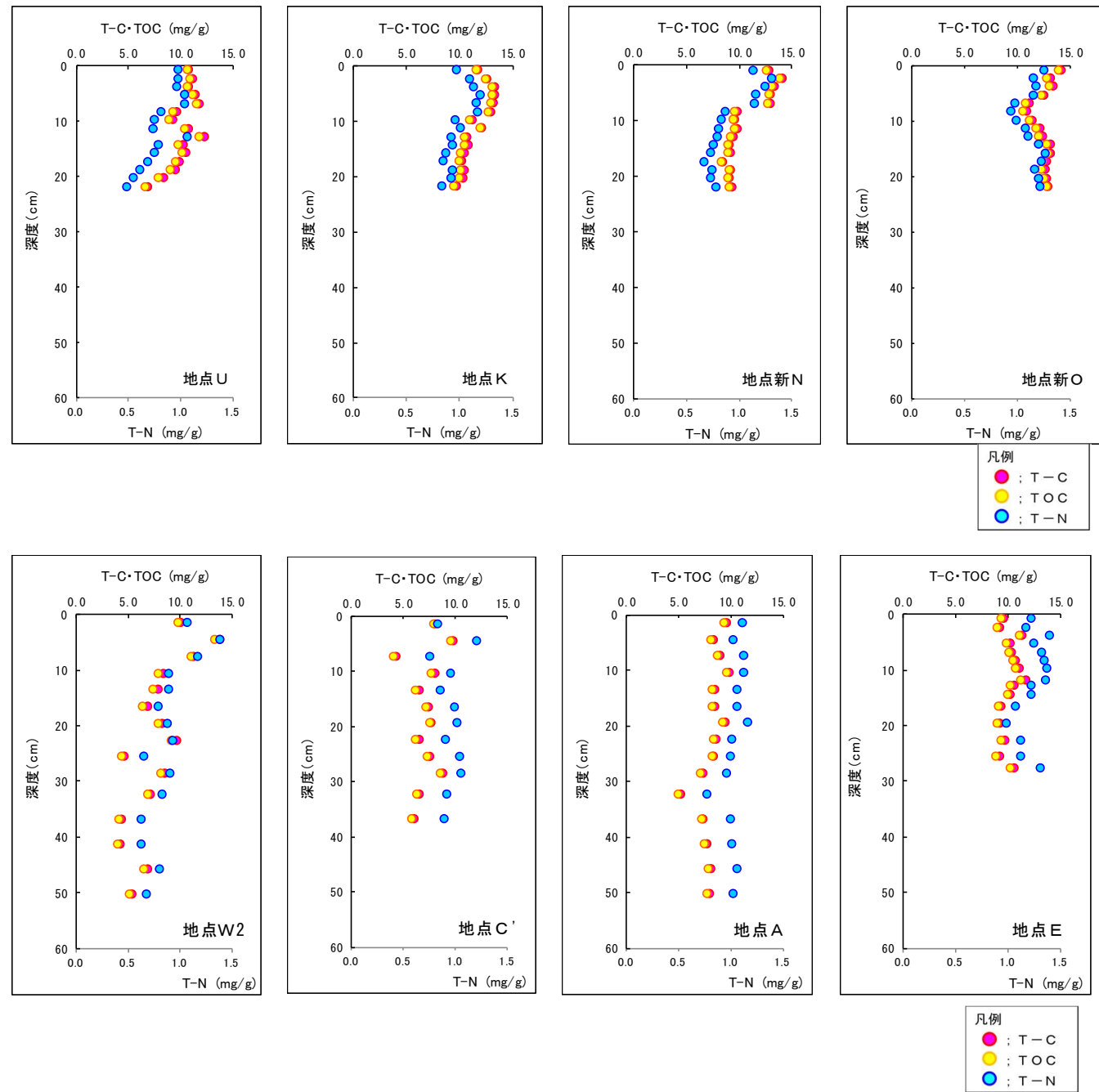


図4-4-5 T-C、TOC及びT-Nの測定結果
(上段：R2年度調査地点結果、下段：【参考】R1年度調査地点結果)

(6) 放射性同位体分析

放射性同位体の鉛直方向の濃度変化を昨年度調査結果とともに図4-4-6に示す。

本調査4地点の鉛210 (Pb-210) 濃度は全体的には鉛直方向に減少傾向を示しているが、一部に規則的な減少ではない様子が確認でき、底生生物等による擾乱の影響を受けている可能性があるかと推測された。特に、地点新Nでは第1層目 Pb-210 濃度よりも第2層目、第3層目の同濃度値が高く、表層堆積物が混合されている可能性が高いと推測される。地点新Oについても表層第3層目まではほぼ同じ値を示しており、鉛直方向に混合された堆積層であると推測された。

セシウム137 (Cs-137) 濃度はいずれもその値自体が小さく、鉛直方向の濃度変化も均質ではなかった。

なお、本報告では沈降堆積物由来の過剰鉛210 (exPb-210) 濃度を評価するために、各層のPb-210 濃度から堆積物バックグラウンド値としてビスマス214 (Bi-214) 濃度を差し引くことで過剰鉛濃度 (exPb-210 濃度) を求めた。

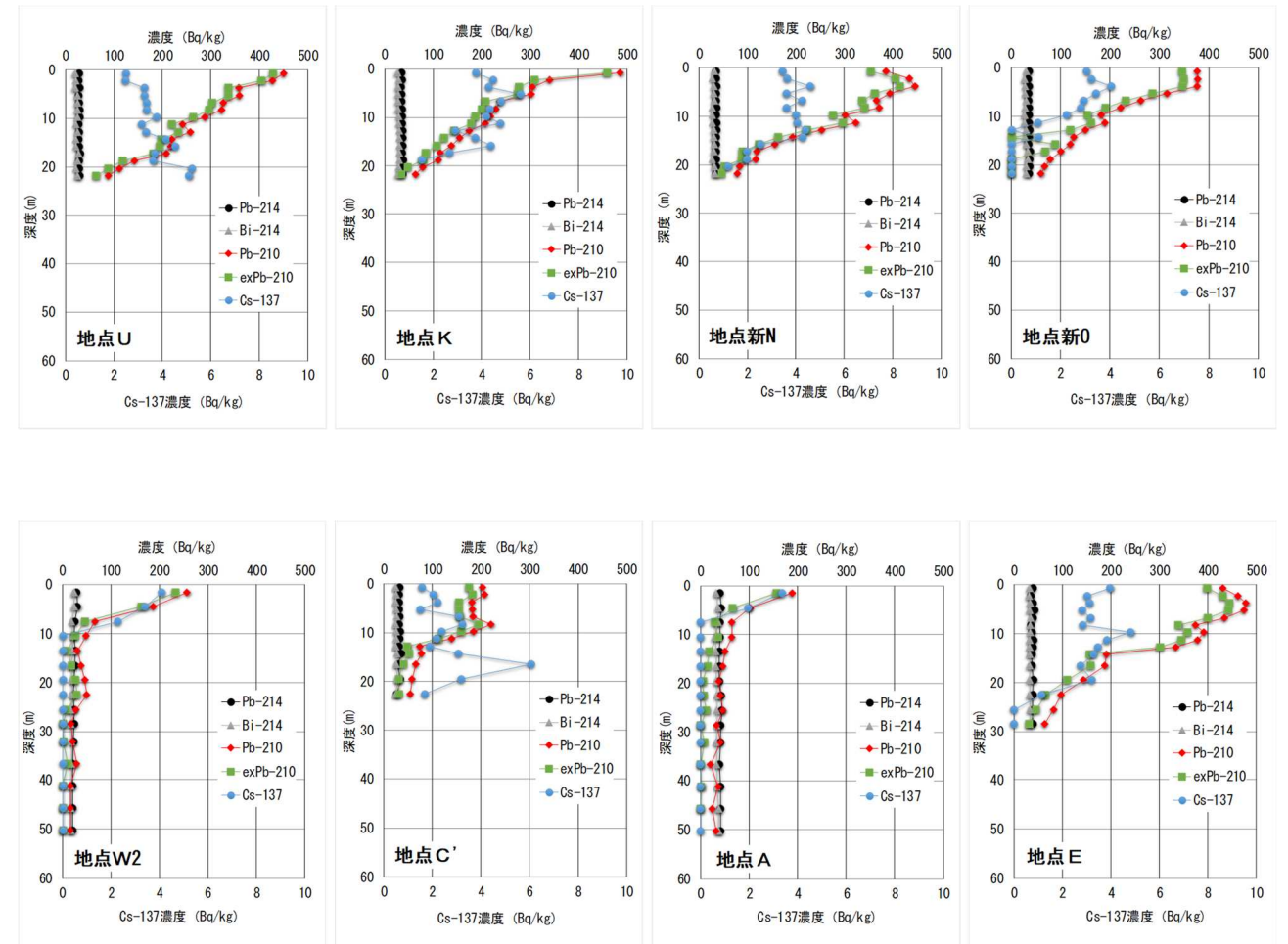


図4-4-6 放射性同位体分析結果
(上段：R2年度調査地点結果、下段：【参考】R1年度調査地点結果)

4－5. 鉛による年代推定

210Pb-CIC モデル法に則り年代推定を試みた結果を図 4-5-1(1)、(2)に示す。年代推定解析にあたっては、昨年度調査の解析と同様に下記の条件で解析をおこなった。

① exPb-210 値が計数誤差の 2 倍値(2σ)を下回る値を示した層以深の層をバックグラウンドレベルに到達したものと判定し解析より除外した。

② コア表層付近において exPb-210 値の規則的な減衰がみられない層(表層よりも深い層で exPb-210 濃度が高い値を示す層)を生物擾乱等による混合影響を受けている層と考え解析から除外した。但し第 1 層目は生物擾乱等を受けているがイニシャル値として解析に使用した。

地点 U と地点 K は、堆積物表層から深層にかけて exPb-210 濃度の減衰がほぼ規則的であり大きな変化はみられないことから全層の値を用いて回帰式を求めた。一方で地点新 N と地点新 O の exPb-210 濃度値は表層付近に濃度値の逆転等が確認され、生物等による堆積層の擾乱の影響が強いと思われる混合が確認できたことから、地点新 N では第 2 層目から第 8 層目までを、地点新 O では第 2 層目と第 3 層目を除外し回帰式を求め堆積年代を推定した。

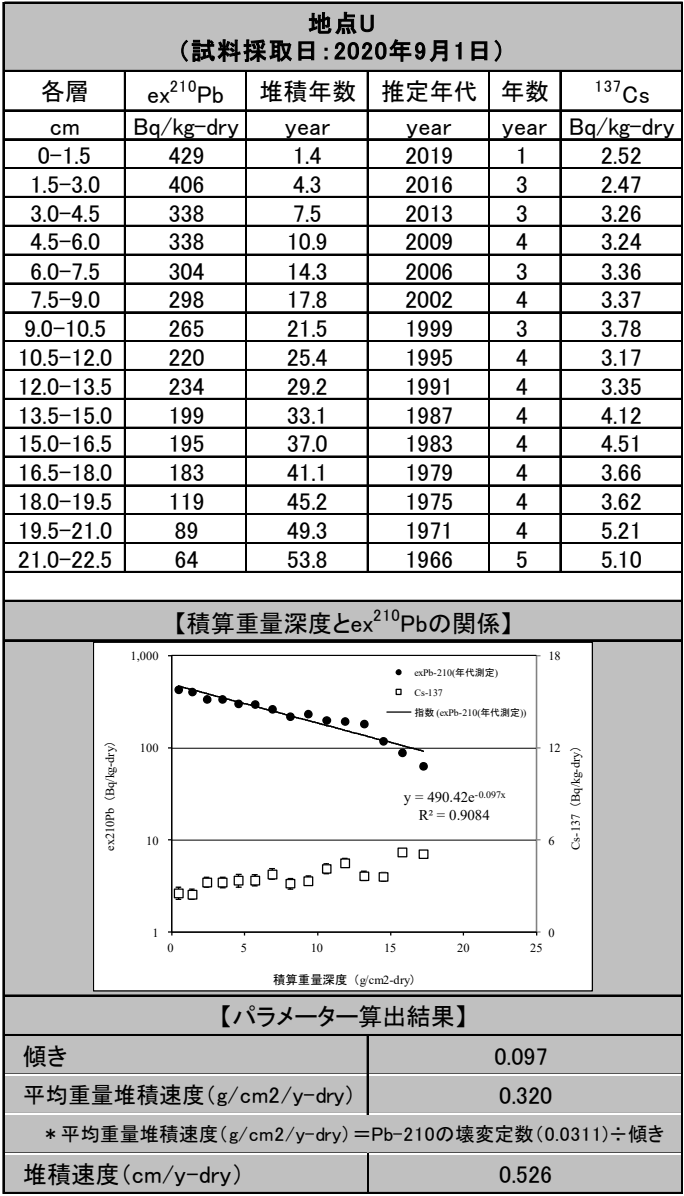


図 4-5-1 (1) 年代推定結果及び積算重量深度と exPb210 の関係 (地点 U、地点 K)

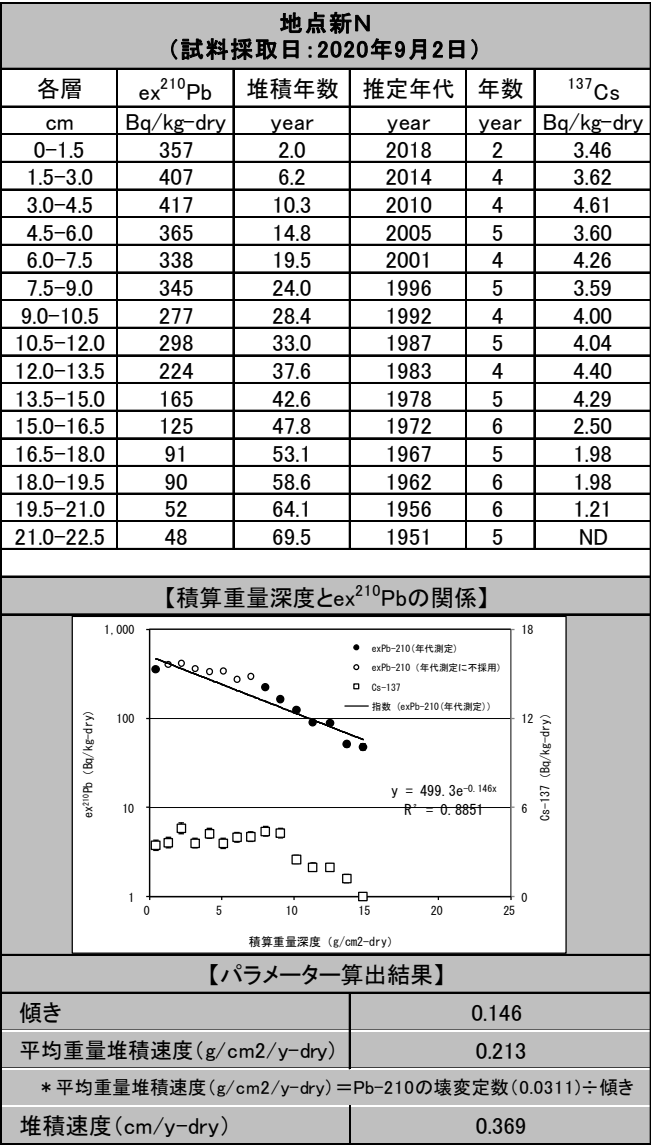
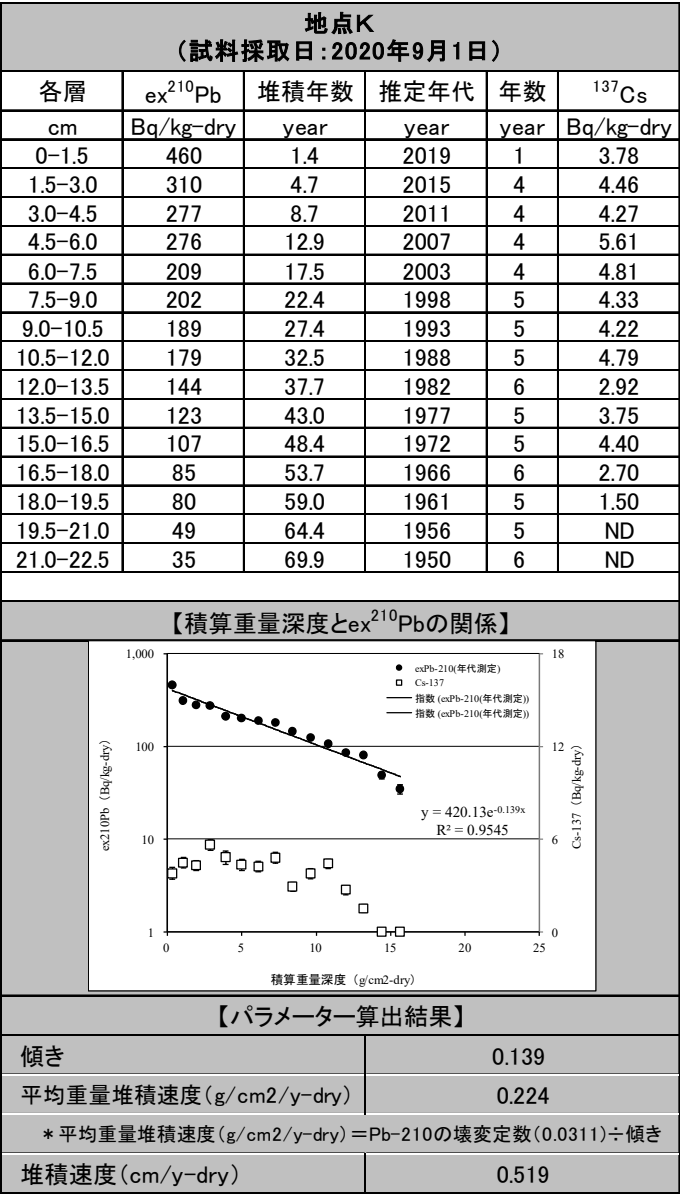


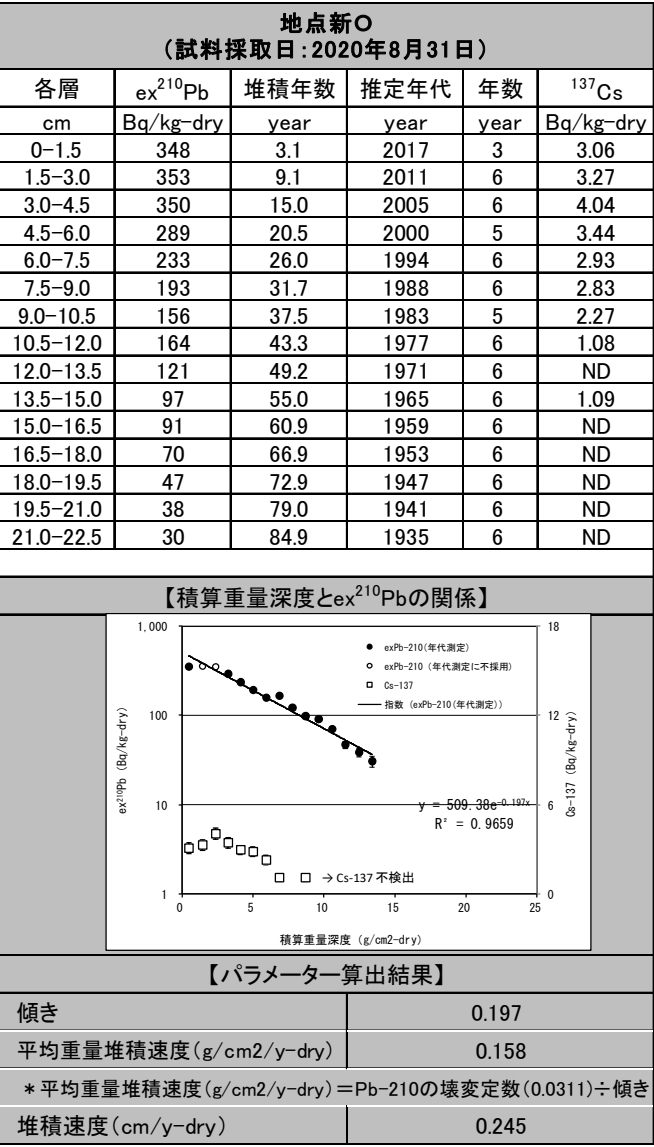
図 4-5-1 (2) 年代推定結果及び積算重量深度と exPb210 の関係 (地点新 N、地点新 O)

年代推定の結果、堆積速度は速い順に、地点 U、地点 K、地点新 N、地点新 O の順となった。

地点 U では 1 年あたりの堆積量は年 0. 526 cm/y-dry であり、回帰線の傾きが最も緩くなった。この地点が海流の影響で神通川以東の河川群 (神通川、常願寺川、早月川、片貝川等) からも土砂の濁りが到達しやすい箇所であることから複数河川の土砂が堆積する場所であることが推察された。

地点 K は堆積速度が地点 U と同程度 (0. 519 cm/y-dry) であり、黒部川の河口沖にあたることや、海流の影響で神通川以東の河川群河口から流出する土砂の濁りも到達しやすい箇所であるため黒部川からの土砂の堆積の影響を受けていると推察された。回帰線の傾きは 0. 139 と地点 U の 0. 097 に比べやや急な傾きとなっており、最下層の推定年代は 1950 年であった。

地点新 N は、地点 U や地点 K に比べて神通川以東の河川群河口から遠方に位置していることから、年あたり 0. 369 cm/y-dry の堆積速度、回帰線の傾きは 0. 146 を示し、最下層の年代が 1951 年と推察された。地点新 O は更に他の 3 地点よりも上記河川群の河口から遠方に位置し、堆積速度が年 0. 245 cm/y-dry と 4 地点内で最も堆積速度が遅く、最下層の年代が 1935 年と推察された。



4－6． 粒度組成データの解析

各地点のコア試料より求めたMd φ 値（中央粒径値）を図 4-6-1 に示す。本調査 4 地点の鉛直方向へのMd φ 値の変動幅が昨年度の 2.5～6.4 に比べて 5.3～6.2 と小さいものであった。地点ごとにその分布をみると地点Uの第 1 層目から第 2 層目および、地点新Oの第 1 層から第 3 層目にかけてMd φ 値が同地点の他層に比べ低くなっており、逆に地点Kの最下層ではMd φ 値が同地点の他層に比べて高くなっていた。Md φ 値は低いほど粒径が粗く、高いほど粒径が細かいことを示すとされており、これらの結果は前述の粒度組成(4-4. (4)粒度組成)でみられた各地点の砂分、シルト分の比率の変化に対応していた。

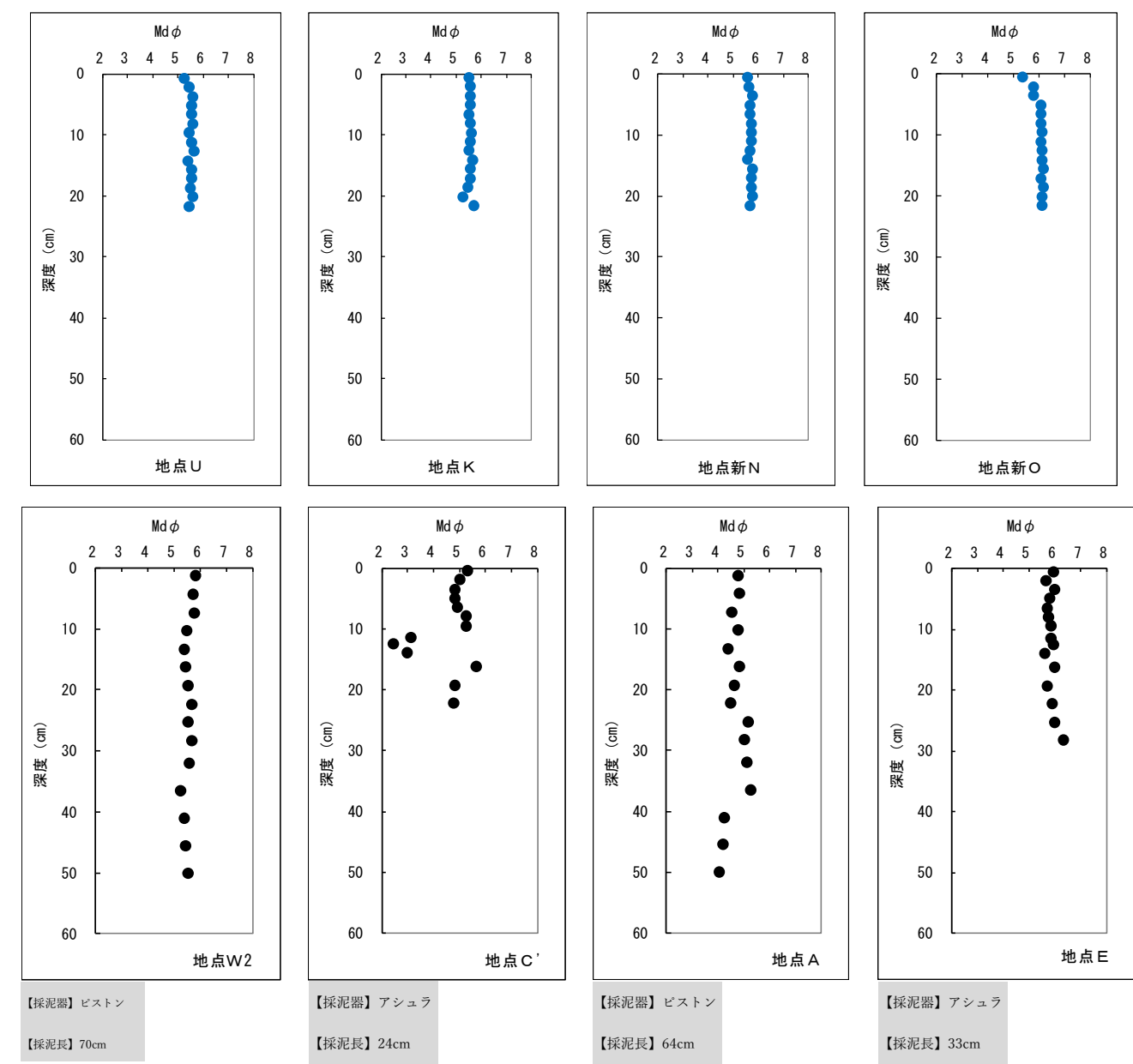


図 4-6-1 中央粒径値（Md φ）の鉛直分布
（上段：R 2 年度調査地点結果、下段：【参考】R 1 年度調査地点結果）

次に、各調査地点における粒度組成について Folk（1968）が提唱した三角ダイアグラム上の配置に基づく堆積物基質の類別図に描写した結果を昨年度調査結果とともに図 4-6-2 に示す。

本調査 4 地点は昨年度結果と比較して“silt”寄りの“sandy-silt”に位置し粒子の細かい堆積物で構成されていることが確認された。地点U、地点K、地点新Nは全層が“sandy-silt”に属したのに対し、地点新Oは表層から 3 層が“sandy-silt”に、それ以深の層が”silt”に属した。

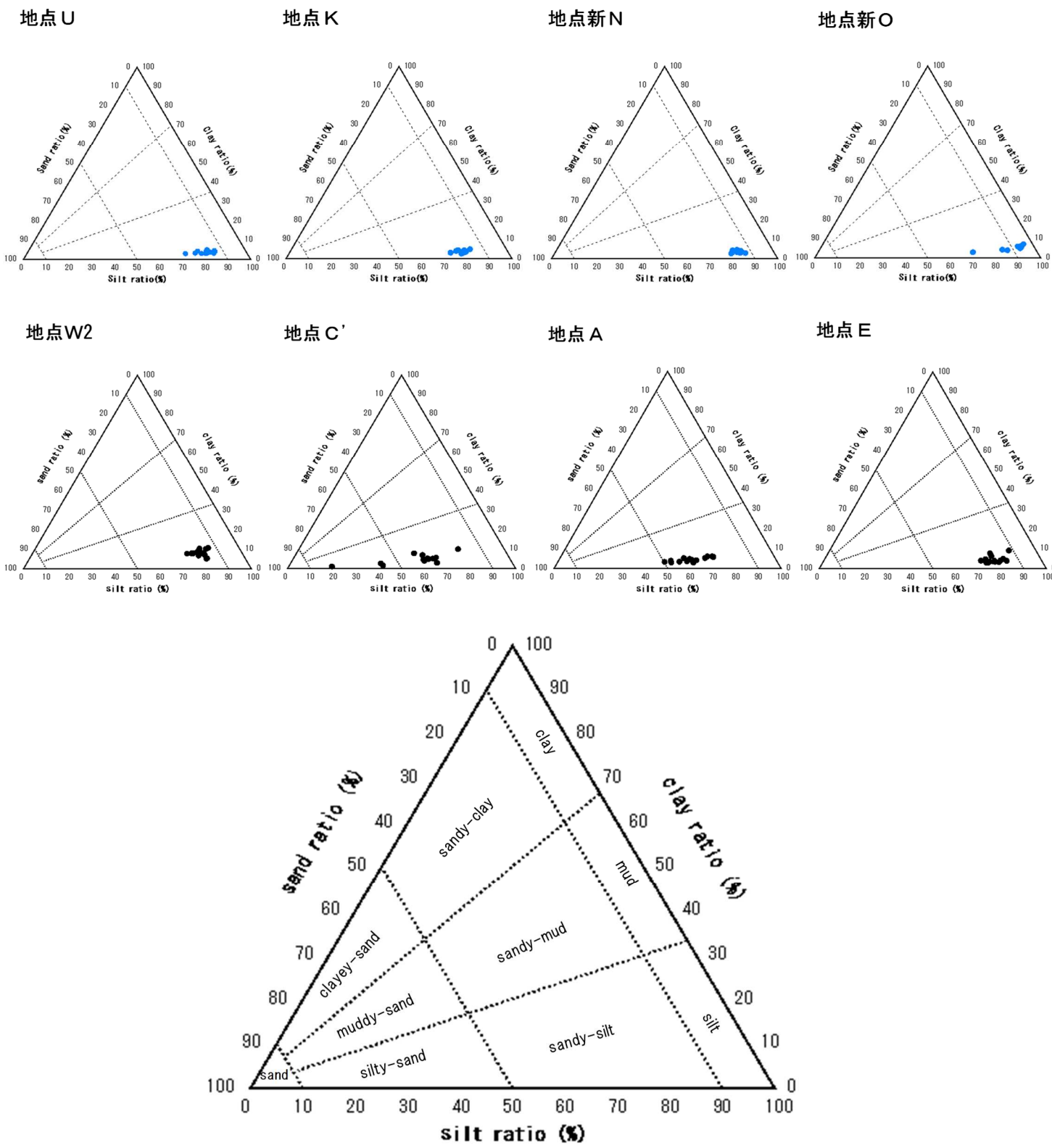


図 4-6-2 堆積物の構成比(三角グラフ)
（上段：R 2 年度調査地点結果、中段：【参考】R 1 年度調査地点結果、下段：FORK(1968) の分類図）

4－7．有機物データの解析

TOCとT-Nのモル比（C／N比）の鉛直分布を図4-7-1に示す。

地点Uでは表層第1層でのC／N比が約12で鉛直方向に進むにしたがい増加の傾向を示し、第13層目で約17となり4地点中最も変動幅の大きい地点となった。また、第8層目と第9層目に変化がみられたことからこの層の堆積層内に他の層にはない生物由来の痕跡があった可能性が推察された。地点K、地点新Nや地点新OではC／N比の鉛直分布に大きな変動はみられなかった。

また本年度調査での全地点のC／N比平均は12.6(地点新O)～14.5(地点U)の範囲にあり、平成23年度に浅海域で調査した黒部川河口付近のC／N比平均16.5～16.9と、昨年度の深海底質調査のC／N比平均8.5～9.7の中間に位置する値であることが確認された。

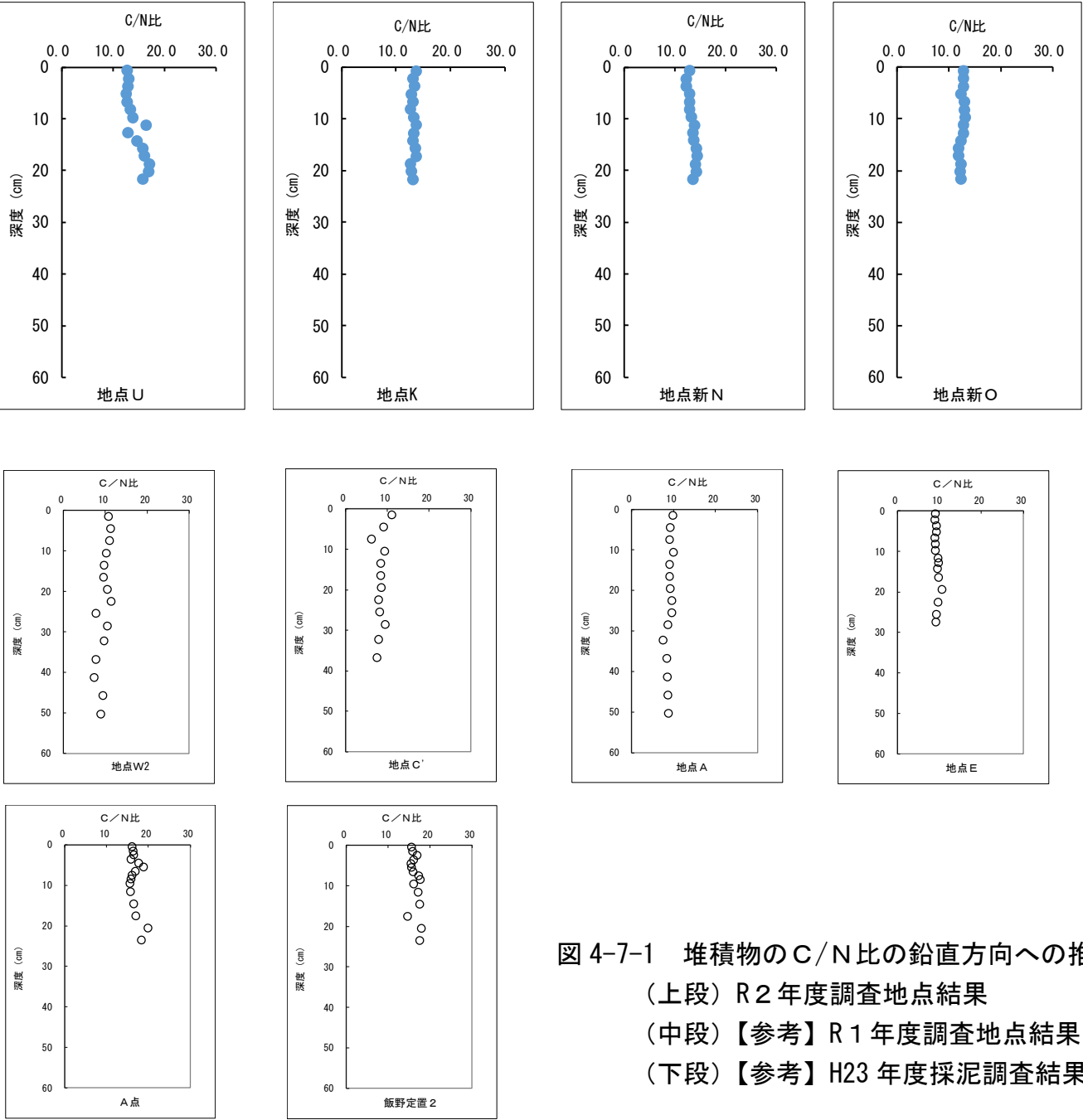


図4-7-1 堆積物のC／N比の鉛直方向への推移
（上段）R2年度調査地点結果
（中段）【参考】R1年度調査地点結果
（下段）【参考】H23年度採泥調査結果

5．まとめ

以下に深海底質調査結果について、整理・とりまとめを行った。

地点 項目	地点U	地点K	地点新N	地点新O
一般項目	・昨年同様、深海域では硫化物は浅海域と比較すると高い値であった。これは採取試料層の取扱いの違いによるものと考えられる（深海域は採取コア長の混合試料であり深い層の還元層も混合されることが多い。対する浅海域では採泥器採取の表層泥のみを分析に供する）。			
軟X線撮影	表層約15cmまでの層に低密度層と高密度層が縦方向に重なっていた。約18～20cmの下層では鉛直層状模様を確認。	約5cm層毎に輝度の変化がみられ比較的鉛直方向に重なった層状模様を確認。	表層5cm～10cmの層に縦に低密度層があり混合している様子を確認。10cm層以深は比較的鉛直方向に層状模様を確認。	表層5～7cm層に低密度層が層状を確認。30cm層あたりまでは明確な層状模様は確認できず。
含水率	第3層目、第7層目、第13層目に変化がみられたが、全体的には鉛直方向に減少傾向を示した。	表層第1層目の含水率が約66%と高かった。それ以降は表層から深層にかけて減少傾向を示し、特に大きな変化点は確認できなかった。	第1層～第3層はほぼ同じ含水率で、第4層から第8層目にかけては鉛直方向に含水率の増加が確認された。	第1層目から第3層目にかけて含水率は増加し、それ以降の深度ではほぼ同程度の含水率を示した。
土粒子密度	比較的变化の少ない分布を示した。真比重値は全層とも2.7程度であった。	堆積深度が増すごとに真比重値が約2.5～約2.7へと全体的に増加傾向を示した。	全体的には深度が増すごとに約2.7～約2.5へと減少傾向を示し、9層目まで真比重値の変動が確認された。	比較的变化の少ない分布を示した。真比重値は全層とも2.5程度であった。
粒度組成	全層にわたりシルト分が優占していた。第1層目、2層目で砂分比率が他の層に比べ高くなっていた。	表層から鉛直方向に大きな変化は見られず、最下層付近でシルト分砂分の比率に違いがある層が確認された。	全層にわたりシルト分が優占していた。全層で特段大きな変化は確認できなかった。	全層にわたってシルト質が優占していたが、表層から3層で砂分が以降の層に比べ高くなっていた。
有機堆積物	全体的には深度方向に減衰する傾向を示したが、第8層目第9層目に大きな増加変動がみられ生物痕の影響が示唆された。	全体的には減少傾向を示したが、表層から第3層までは増加傾向を示したことから表層付近での生物活動の痕跡が示唆された。	第5層目と第6層目の間に大きな変化点を確認できた。6層目以降は変動の少ない分布を示した。	表層から第6層目までは減少傾向、7層目から第11層目までは増加傾向を示した。第12層目以降は変動が少ない分布を示した。
放射性同位体	Pb210濃度は表層から堆積深度方向に減少傾向を示した。一方、Cs137濃度は最下層付近の値が高い。	Pb210濃度は鉛直方向にかけてほぼ規則的に減少していることを確認できた。Cs-137値は第4層目、11層目で幾分高くなっていた。	表層よりも第2層目から第4層目のpb210濃度値が高く、それ以降も8層目まで変動しながら減少する傾向にあった。Cs-137値は大きな変動はない。	Pb210値は表層から第3層までほぼ同じ値を示し、それ以降の層でほぼ規則的に減少した。Cs-137値は第3層で高かった。
年代推定	推定された堆積速度は0.526 cm/y-dryと4地点中最も堆積速度が速く、神通川以東の河川群河口からの流出土砂の影響を受けていると推察。最下層推定年代は1966年であった。	推定された堆積速度は0.519 cm/y-dryと地点Uと同程度で、神通川以東の河川群河口の流出土砂の影響を受けるエリアと推測され、最下層の推定年代は1950年であった。	推定された堆積速度は0.369 cm/y-dryで、地点U、Kよりも神通川以東の河川群河口から遠方に位置することが理由と考えられ、最下層の推定年代は1951年であった。	堆積速度が年0.245 cm/y-dryと4地点内で最も堆積速度の遅く、他の3地点よりも神通川以東の河川群河口から遠方に位置することが理由と考えられ、最下層の第15層目の年代が1935年と推察された。
粒度組成解析結果	Mdφ値及び三角ダイアグラム解析の結果、鉛直方向に変化の少ない粒度組成が示された。	Mdφ値及び三角ダイアグラム解析の結果、鉛直方向に変化の少ない粒度組成が示された。	Mdφ値及び三角ダイアグラム解析の結果、鉛直方向に変化の少ない粒度組成が示された。	Mdφ値及び三角ダイアグラム解析の結果、鉛直方向に変化の少ない粒度組成が示された。

地点 項目	地点 U	地点 K	地点新 N	地点新 O
有機物データの解析結果	C/N 比は鉛直方向に進むにしたがい増加の傾向を示し、12.6～17.2 の幅をもち、平均は 14.5 であった。第 8 層目と第 9 層目に C/N 比の変化がみられ、生物痕跡等の影響が推察された。	C/N 比は鉛直方向にほぼ同じ値を示した。C/N 比は 12.7～13.8 の幅をもち、平均は 13.2 であった。	C/N 比は鉛直方向にほぼ同じ値を示した。C/N 比は 12.3～14.4 の幅をもち、平均は 13.4 であった。	C/N 比は鉛直方向にほぼ同じ値を示した。C/N 比は 11.8～13.8 の幅をもち、平均は 12.6 であった。
総括	- 黒部川の河口沖への流路等を勘察し、本年度は海底尾根部を中心とした 4 地点について、放射性同位体分析 (Pb-210) による年代推定を実施した結果、各地点の堆積速度は 1 年あたり 0.245 cm (地点新 O) ～0.526 cm (地点 U) と見積もられ、昨年度調査の同海域海底谷部の結果の 1 年あたり 0.143 (地点 W2) ～0.479cm (地点 E) と比べて堆積速度が若干速いことが確認された。 - そのうち、神通川以東の河川群河口から見て他の 3 地点に比べて距離が近い地点 U は海流の影響もあって最も堆積速度が速く、複数河川から供給される土砂が溜まりやすい地点であることが推察された。一方、最も堆積速度の遅いと推測された地点新 O では、粒度組成の結果から表層から 3 層を除いて堆積物組成が粒径の細かいシルト質に優占されており、これは神通川以東の河川群河口から最も遠方に位置しているため、粒径の大きな堆積物が溜まりにくい地点である可能性が示唆された。他の本年度調査 4 地点でも表層数層を除いてほぼ一様にシルト分の比率が大きく、昨年度調査のうち、特に地点 C' 地点 A の海底谷部の調査点と比べて、鉛直方向で変化の少ない粒径組成であることが確認できたことから、海底尾根部の地点では粒径の大きな堆積物はその場に溜まりにくく、より深い層への移行していくことが推察された。 - 各地点における有機物指標 (C/N 比) の鉛直分布は、神通川以東の河川群河口からの距離が近い地点 U を除いて、鉛直方向に大きな変動が確認できなかった。また本年度調査の海底尾根部堆積物の調査結果では C/N 比平均で 14.5 (地点 U)、13.2 (地点 K)、13.4 (地点新 N)、12.6 (地点新 O) と、平成 23 年度に浅海域で調査した黒部川河口の C/N 比 16.5～16.9 と、海底谷部を対象とした昨年度調査結果の C/N 比平均値幅 8.5～9.7 の中間に位置する値であった。			

2) 佐藤専寿、杉本 亮、富永 修 (2013 年) 安定同位体比および C/N 比から評価した小浜湾における堆積有機物の起源 水産海洋研究 77(1) 1-9

【考察①】粒度組成比較による底質堆積のメカニズムに関する考察

2年間の富山湾深海底質調査8地点について、粒度組成分析の結果より調査地点における底質堆積のメカニズムについていくつかの特徴がみられた。

【細かい堆積物がゆっくり積もる地点：地点新O】

- ・地点新Oは、表層3層では砂質が約28～12%を占めていたが、表層4層目以降からシルト質が約88%、砂質が約6%となり8地点中最もシルト質の比率の高い点であることが確認できた。
- ・地点新Oでは粒径の粗い砂質は一旦堆積するものの海底の流れにより移送され、結果として粒径の細かいシルト質が優占したのではないかと推測された。また堆積速度も年あたり2mm程度と他地点と比較しても遅く、細かい粒子が年数をかけてゆっくりと堆積を重ねる地点であると推測された。

大嶋（1976）⁽¹⁾によると、一度海底に沈積した堆積物でも当時の海水の流速よりも大きな水流の下では再移動し、その再移動しやすい粒子径が0.25～0.0625mmの中～細粒砂であるとしている。

今回の地点新O表層3層の砂質分は粒径約0.25～0.0625mmの中～細粒砂が砂質全体の96%～100%を占めており、現場水流により移動する可能性が高い粒子であることが確認できた。

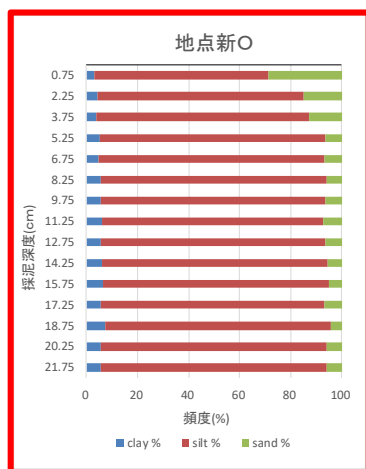
（1）大嶋和夫 海峡形成史（II）海底堆積物からの検証 地質ニュース 1976

【粗い堆積物が多い地点：地点C' および地点A】

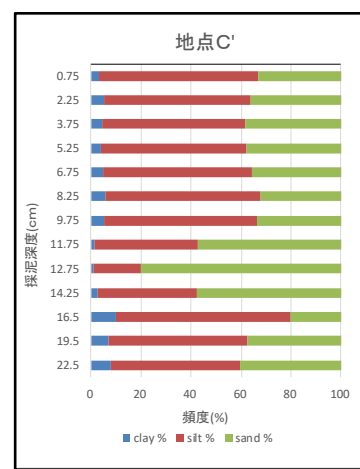
- ・地点C' は黒部川前面海域で現河川の流路延長線上にある海底扇状地面の必従流路内に位置する海底谷部の地点であり、地点Aは芦崎海底谷源頭部に位置する海底谷部の地点である。
- ・地点C' では砂質の比率が大きく約20～80%、平均40%程度を占め堆積速度は年間約4mmであった。地点Aも砂質が35～40%、平均38%と大きな比率を示し粗い堆積物の多い地点であり堆積速度は年間2mm程度であった。
- ・特に地点C' では、第8層目から10層目にかけて粒度組成比率に大きな変化が確認でき、この層において近傍の海底斜面崩落等による土砂移入があったことが推察された。
- ・海底谷部に位置する地点C' 地点Aでは、海底斜面等から移送される粒径の大きな砂質が堆積しやすく、特に地点C' では海底斜面崩落と考えられる土砂移入があった可能性も確認できた。

【上記の中間にあたる粒度組成を示す地点（地点K、地点新N、地点E）、参照点（地点U、地点W2）】

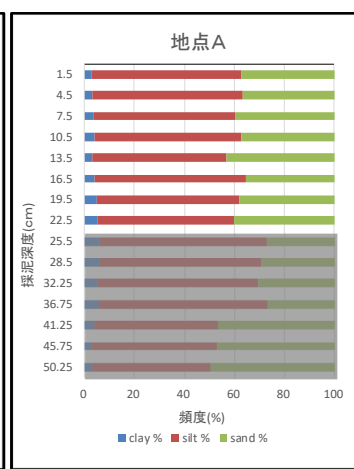
- ・これら5地点における粒度組成は、シルト質が約74～80%、砂質が約15～20%の比率であり、上記の地点新Oと地点C' 地点Aの中間にあたる粒度組成を示した。堆積速度は地点W2を除き、年間約3～5mm程度であった。地点W2の堆積速度は年間1mm程度と海底流などにより堆積物が非常に溜まりにくい地点であることが推察された。



堆積速度 0.245cm/y-dry

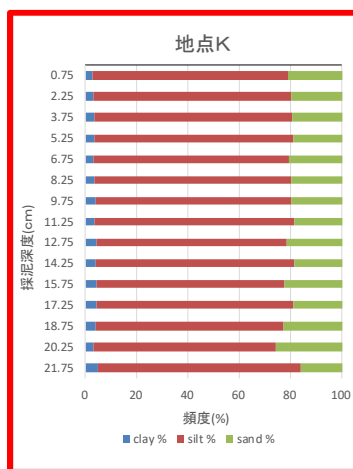


堆積速度 0.433cm/y-dry

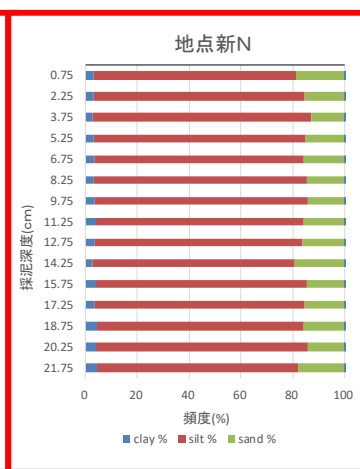


堆積速度 0.233cm/y-dry

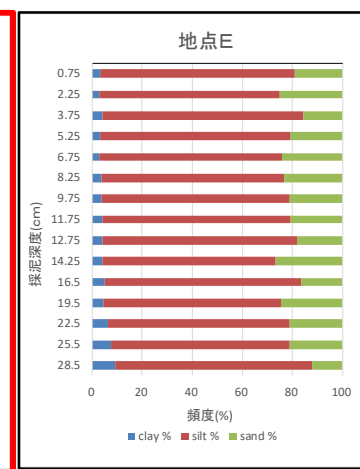
（グラフ内地点Aおよび地点W2のグレー着色部分）
使用採泥器により採取コア長に差があるため、22.5cm
以深の層は比較対象から除外した。



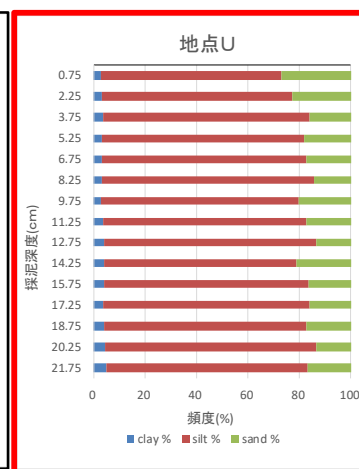
堆積速度 0.519cm/y-dry



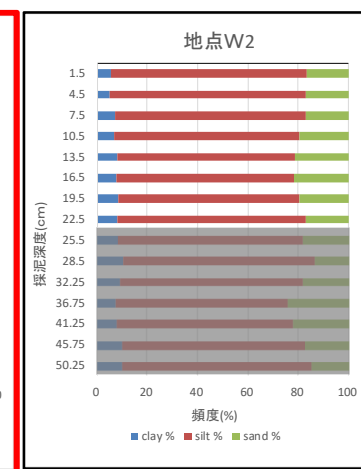
堆積速度 0.369cm/y-dry



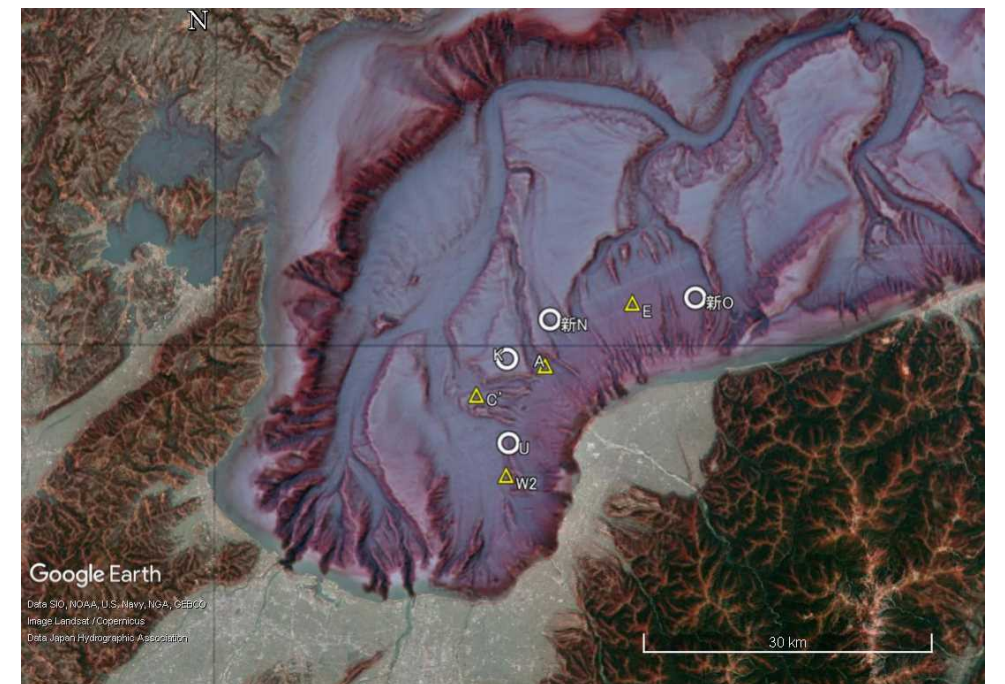
堆積速度 0.479cm/y-dry



堆積速度 0.526cm/y-dry



堆積速度 0.143cm/y-dry



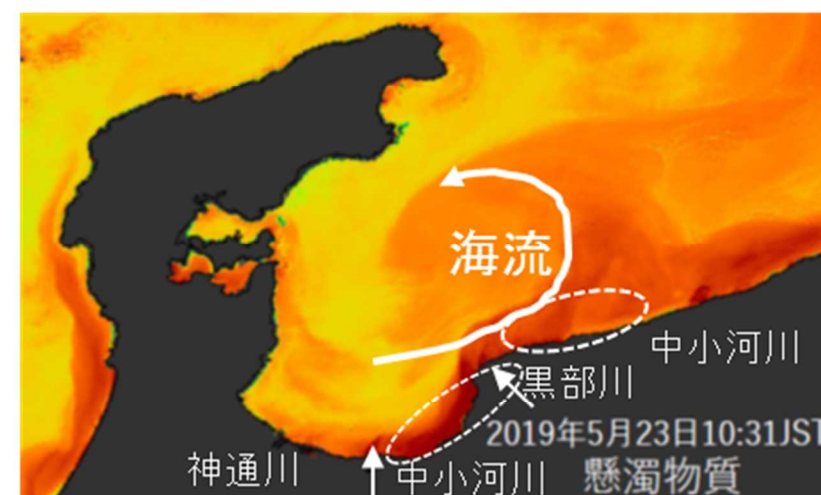
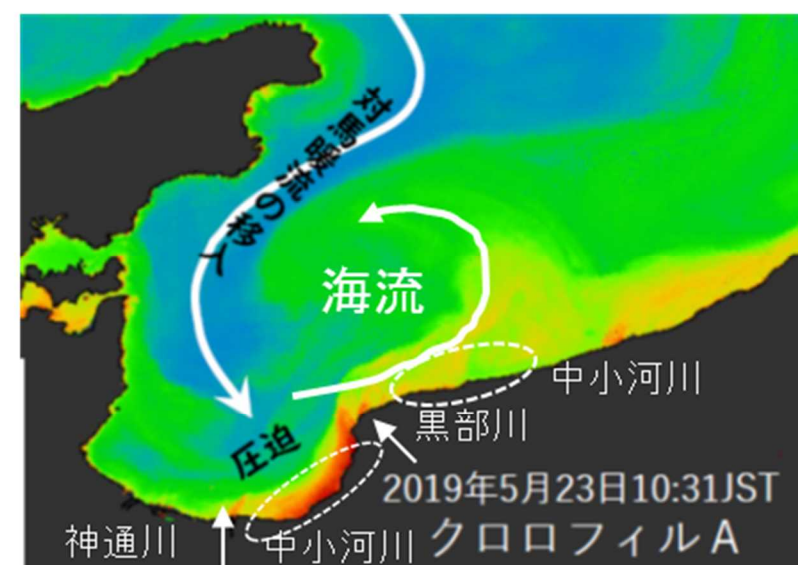
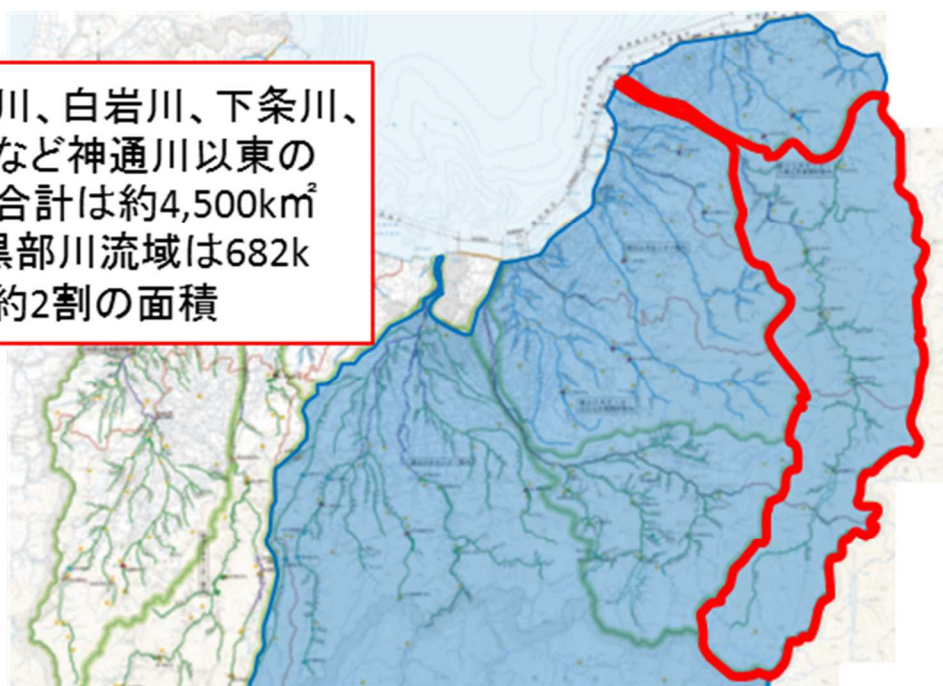
富山湾海底地形赤色地図

（○：R2年度採泥地点、△：R1年度採泥地点）

- ・調査8地点の平均堆積速度は年間約4mmであった。
- ・調査8地点の堆積物の中央粒径は0.01～0.05mm。砂分を含んでいる場合も0.2mm以下であった。
- ・調査8地点を包含するエリア800km²に平均約4mm堆積と仮定すれば、年間の平均堆積量は約320万m³と推定される。
- ・黒部川の年間(R1.8～R2.8)の粒径0.2mm以下の土砂流出量は約63万m³であることから、
約63万m³ ÷ 約320万m³ ≒ 約2割 となり、当該エリアでの黒部川流出の寄与は約2割程度と推定。
- ・この割合は、神通川～境川までの16河川の流域面積合計と黒部川の流域面積の割合に近いことから、深海底質は、黒部川だけでなく富山湾へ流入する複数河川による影響であると考えられる。



神通川、白岩川、下条川、小川など神通川以東の流域合計は約4,500km² うち黒部川流域は682km²で約2割の面積

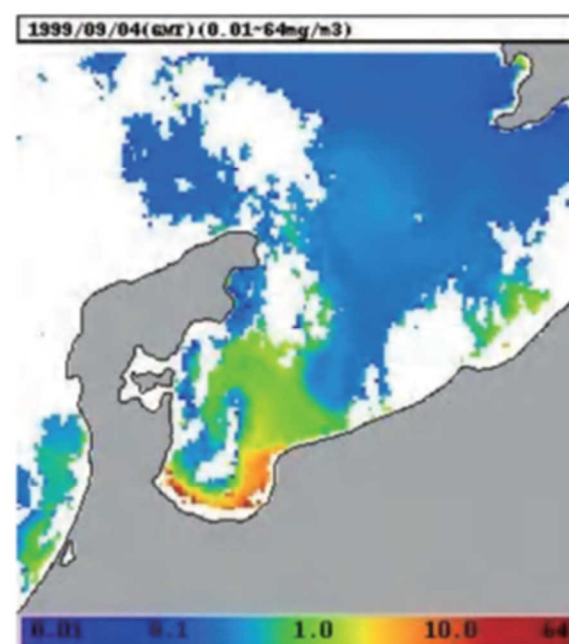


人工衛星「しきさい」の画像を見ると、海流の影響で、富山湾に流入する複数河川から懸濁物質や有機物(クロロフィルA)が海域へ流入しているのが分かる。

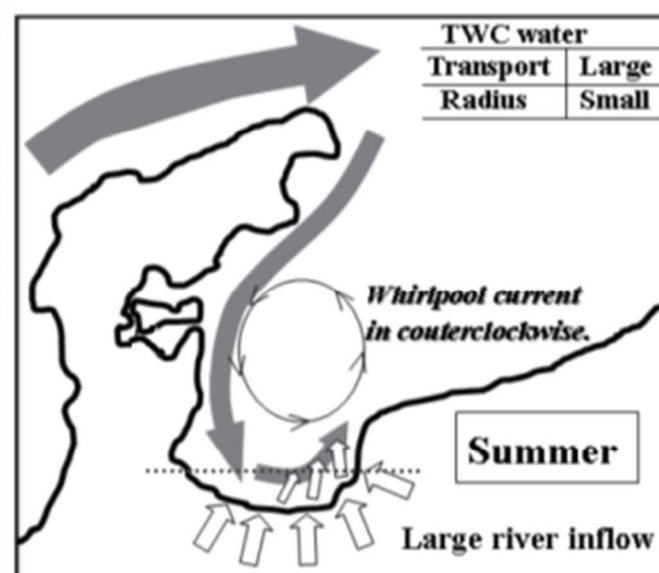
【参考文献1】

千葉元, 道田豊, 古山彰一, 橋本心太郎: 船舶搭載型ADCPで捉えられた富山湾の流れの特性－夏季湾奥部に発生する反時計回りの渦について－, 海洋調査技術 27(2), pp. 1-14, 2015.

本論で示した現象の解析のまとめとして、概念図をFig. 17, 18に示す。冬季の対馬暖流は、鉛直混合の影響で、水深が約100m程度までは密度がほぼ一定のため、幅広く、また深く流入している。夏季になると、鉛直混合の影響が弱まり、上層が高い温度で成層するために、西から南岸沿いに反時計回りで流入するようになる。この上層には、河川水流入による低塩分水が夏季の日射で高温となり、さらに成層が強化される。このため、低密度の沿岸表層水自身の運動と、その下層の高密度の対馬暖流水との、相互の流れ込み作用により、反時計回りの渦流を発生することになると考えられる。河口近傍で



1999年9月4日の
人工衛星観測の
クロロフィルa濃度分析
画像(上記論文Fig.16から引用)

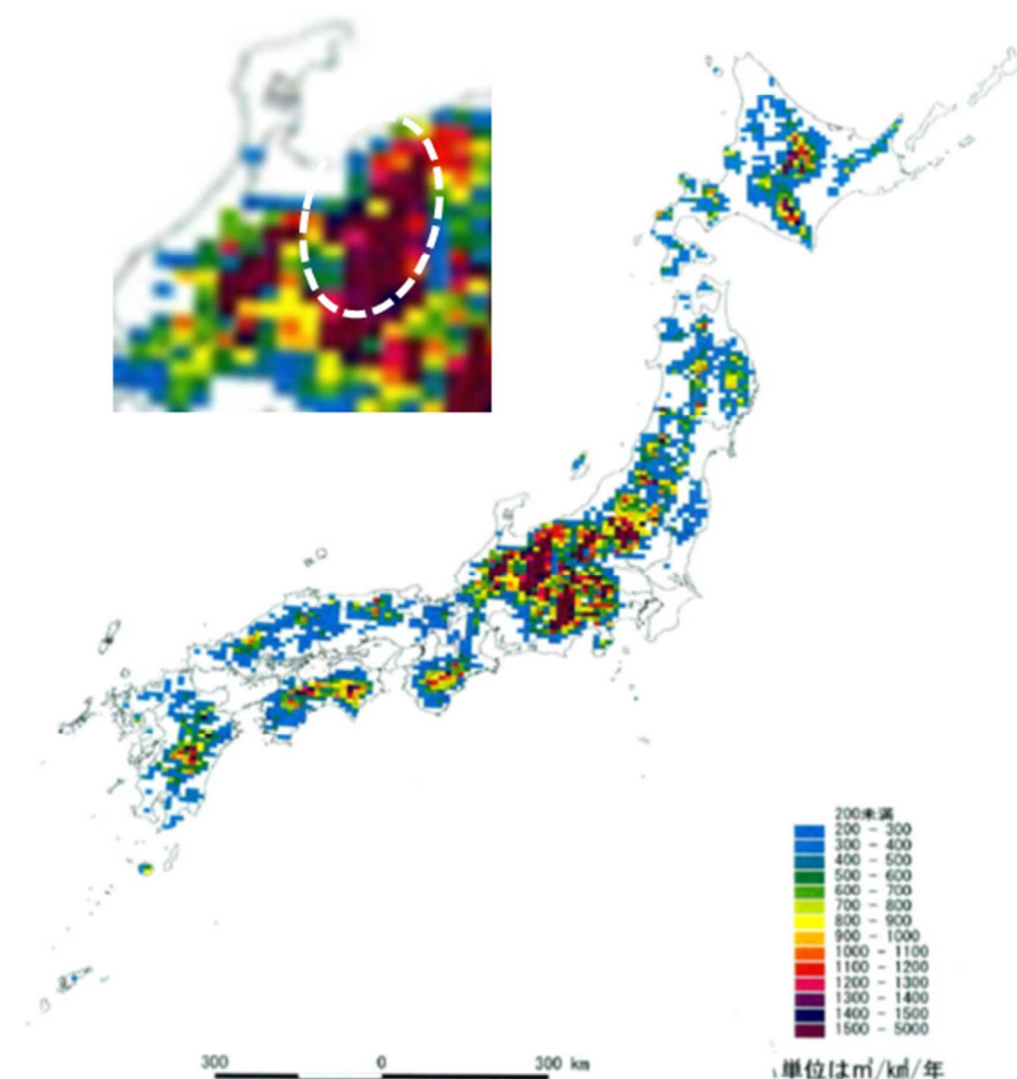


富山湾の夏季の
反時計回りの流れの特性
の概念図
(上記論文Fig.17から引用)

【参考文献2】

岡野眞久, 高柳淳二, 藤井隆弘, 安藤明宏: ダム貯水池流入土砂量に基づく堆砂管理についての考察－土砂生産量強度マップの開発の事例, ダム工学 14(3), pp. 167-176, 2004.

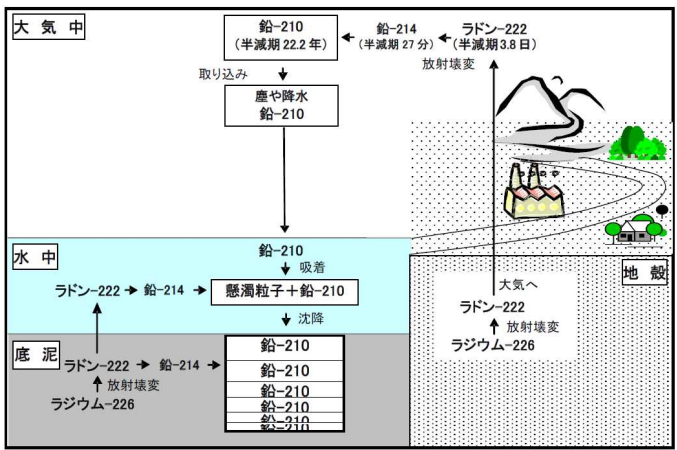
富山県東部河川群
の流域は土砂生産量
(比流入土砂量)が
1000m³/km²/年以上



土砂生産量強度マップ(上記論文図-12に加筆)

深海底質調査における調査項目と数値のもつ意味について

★年代推定項目

項 目	定 義	数値の表す意味 小 ← 数値 → 大
放射性同位体 鉛 210 (Pb-210) セシウム 137 (Cs-137)	例：鉛 210  第 1 回富岩運河等ダイオキシン類対策小委員会 参考資料 4「富岩運河等におけるダイオキシン類堆積年代測定結果について」(富山県環境生活文化部環境政策課)より引用	Pb-210 の濃度が低いと Pb-210 の濃度が高いと ← 堆積年代が古い 堆積年代が新しい → 鉛-210 は、地殻に存在するラジウム-226 が壊変して発生するラドンガスから常に生まれ続けている。鉛-210 は、微小粒子の形で風に乗って空気中を循環しているが、その一部は塵や降水に取り込まれ、水中に移動するとともに、懸濁粒子に付着して沈降し、毎年ほぼ一定量が底泥に移行する。そして、① 底泥に取り込まれた後は、大気からの新たな鉛-210 の供給がないこと ② 鉛-210 は放射壊変により一定の速さ(半減期 22.2 年)で減少することから、底泥に含まれている鉛-210 の濃度を調べることで、その層がいつ頃堆積したものを把握することができる。
土粒子密度	乾燥させた泥の試料を構成する鉱物および有機物の単位堆積当たりの質量である。土の鉱物組成、有機物の混入する程度によってその値は異なり、また、堆積泥の圧縮効果により、深度とともに高くなる。	有機物が多く含まれると低い 密度の高い鉱物が多く含まれると高い ← →
含水率	泥の試料に含まれる水分の割合を重量%で表したもので、粘土やシルト分は水分を多く含み、砂質になると少なくなる。また、堆積泥の圧縮効果により、深度とともに減少する。	砂質 粘土・シルト ← → (圧縮効果により、減少する)
粒度組成	底質を構成する土粒子径の分布状態を全体に対する百分率で表したものです。土粒子径により、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土などにクラス分けして表示します。	

★有機物項目

項 目	定 義	数値の表す意味 小 ← 数値 → 大
T O C	(全有機炭素量) 底質中の有機物質を構成する炭素原子の量をmg/gで表し、CODとともに有機物の濃度の大きさを示す。	有機物が少ない 有機物が多い ← → (貧栄養) (富栄養)
T-C	(全炭素) 底質中の無機炭素(炭酸塩、炭酸水素塩など)と有機物と存在する有機炭素を合計である。	有機物が少ない 有機物が多い ← → (貧栄養) (富栄養)
T-N	(全窒素) 亜硝酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン及び有機態窒素含有率の合計であり、富栄養化が進んでいると大きな値を示す。	貧栄養 富栄養 ← →
C/N比	全炭素を全窒素で除した時の比で、海洋プランクトン群のC/N比は5~10程度とされており、底泥に堆積した有機物が陸上起源有機物か海洋起源有機物が判断することができる。	5~10 程度 20 以上 ← → 海洋起源の有機物 陸上起源の有機物

★一般項目

項 目	定 義	数値の表す意味 小 ← 数値 → 大
p H	(水素イオン濃度) 酸性またはアルカリ性の程度を示す。	酸性 中性 アルカリ性 ← 7.0 →
C O D	(化学的酸素要求量) 有機物などを酸化剤で酸化するときに消費される酸素の量であり、有機物等の濃度の大きさを示す。	有機物が少ない 有機物が多い ← (貧栄養) (富栄養) →
T-N	(全窒素) 亜硝酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン及び有機態窒素含有率の合計であり、富栄養化が進んでいると大きな値を示す。	貧栄養 富栄養 ← →
T-P	(全りん) リン酸イオン及び有機態リン等の含有率の合計であり、富栄養化が進んでいると大きな値を示す。	貧栄養 富栄養 ← →
硫化物 (T-S)	硫黄と水素、カルシウム又はナトリウム等の化合物で還元性(腐敗性)環境下では大きな値を示す。	酸化性 還元性 ← (腐敗しやすい度合) →
強熱減量 (I L)	試料を強熱する際に生じる質量の減少率であり、底泥の有機性汚濁の程度を示す指標として最も簡便な方法である。有機物含有量が多いと大きな値を示す。	有機物が少ない 有機物が多い ← (貧栄養) (富栄養) →
粒度組成	底質を構成する土粒子径の分布状態を全体に対する百分率で表したものです。土粒子径により、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土などにクラス分けして表示します。	
O R P	(酸化還元電位) 土壌中(液)の持つ酸化力(+)又は還元力(-)を示す。還元性を示す程、土壌変質の影響大きい。	還元性(-) 酸化性(+) ← 0 →

★軟X線撮影

項 目	定 義	画像が表す意味 黒色 ← 輝度 → 白色
堆積構造の撮影	X線CTスキャナー画像における輝度の濃淡は底質試料の密度を表し、白い色ほど高密度であり黒くなるほど密度が低い部分または空洞となる。撮影した画像の解析により、生物活動による攪乱を受けた層や移流土砂の影響を受けた層をみわけ、鉛直方向の堆積構造を把握。	低密度 高密度 ← →