

R-02-2018

MFRI Research Report

山梨県富士山科学研究所研究報告書

第38号

特別研究

「富士五湖（特に河口湖）の水質浄化に関する研究

—湖底堆積物の物理的及び化学的性状の把握—」

平成30年度

山梨県富士山科学研究所

は じ め に

富士北麓の地元では、近年富士五湖、特に河口湖の自然環境が30～50年前に較べて悪化しており、河口湖底のヘドロ(有機質軟泥)の堆積が自然環境悪化の主たる原因だと考えられている。その原因としては、近年における富士五湖来訪者、観光者や釣利用者の増大に伴い、湖沼の水質汚濁が進行し、風致景観に影響を及ぼすようなことがあげられた。これ以上河口湖の環境悪化が進行しないよう、対策を講ずる要望が山梨県に出されてきた。

そこで、その原因と対策を探るために湖沼の水質の現況と特性を把握し、水質汚濁の防止対策の基礎資料を得るために、富士五湖では1971年から本格的な水質調査が始められた。1971年以降は公共用水域水質測定として、継続的に富士五湖において水質測定が行われているが、湖底底質に関する調査は進んでいなかった。その中で、1981年には河口湖の水質汚濁に関する総合的な調査が行われた。ヘドロ(有機質軟泥)の分布や流入物質の調査・採取等が行われ、対策も講ずる基本調査となった。このときの調査では、河口湖中央湖盆と船津(東)湖盆に厚いヘドロ分布が確認された。

このような背景や2013年富士山が世界文化遺産登録され、富士五湖も構成資産とされ、その保全等がさらに求めている。富士山科学研究所では旧環境科学研究所の研究を引き継ぎ、富士五湖湖底堆積物をボーリングコア採取し、富士山及び富士五湖の自然環境の変遷に関する研究を行い、富士五湖各湖の地域環境特性の解明をはじめ、火山防災上についても重要なデータを明らかにしてきた。特に河口湖の底質研究では人為的活動の結果としての大気環境等の歴史的変遷の情報も包含されていることを明らかにできた。

本研究では富士五湖、特に河口湖の底質堆積物中に記録されているヘドロの環境の歴史的変遷を辿り、河口湖の底質が過去に較べて、どの程度悪化しているかどうかに関心を絞って、現況を明らかにするために、湖底堆積物の物理的および化学的性状を分析・調査を行うこととした。さらに、1981年調査結果との比較によって、今後の環境対策に資する基礎資料を得ることを目的として、調査研究を実施してきた。

この報告書が、関係方面に今後広く活用されることを希望する。

山梨県富士山科学研究所
所 長 藤 井 敏 嗣

目 次

はじめに

概要編

I 研究の概要	1
I-1 研究テーマおよび研究期間	1
I-2 研究体制	1
I-3 研究目的	1
I-4 研究成果の概要	1
I-4-1 河口湖流入河川の流量と物質性状の把握	1
I-4-2 河口湖底質の物理的性状の把握と地球化学的分析	1
I-4-3 結果とまとめ	1
I-5 研究成果の発表	2
I-5-1 口頭発表	2
I-5-2 誌上発表	2
II 研究成果報告	5
II-1 流入河川の流量と物質性状	5
II-1-1 流入河川流量の観測	5
II-1-2 水質分析と流入物質の解明	9
II-2 河口湖底質の物理的性状の把握と地球化学的分析	11
II-2-1 湖盆の形態	11
II-2-2 湖岸及び湖底表層堆積物の物理的性状の把握	15
II-3 まとめと今後の課題	20

概要編

I 研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間

研究テーマ：

富士五湖（特に河口湖）の水質浄化に関する研究-湖底堆積物の物理的及び化学的性状の把握-

研究期間：

平成 25 年度（2013）～平成 27 年度（2015）（3 年間）

I-2 研究体制

研究代表者：内山 高（火山防災研究部）

共同研究者：山本真也（火山防災研究部）

研究助手：笠井明穂、蓮尾麻由子、野澤すみれ

研究協力：金沢大学、都留文科大学、静岡県環境衛生科学研究所

I-3 研究目的

地元では、富士五湖、特に河口湖の自然環境が 30～50 年前に比べて悪化しており、河口湖底のヘドロ（軟泥）の堆積が自然環境悪化の主たる原因だと考えられている。これ以上河口湖の環境悪化が進行しないよう、対策を講ずる要望が出てきた。

一方、近年における富士五湖来訪者、観光者や釣利用者の増大しているなかで、2013 年に富士山が世界文化遺産に登録され、富士五湖も構成資産となり、来訪者が格段と多くなり、湖沼の水質汚濁や風致景観に影響を及ぼすようになった。その原因と対策を探るために、湖沼の水質の現況と特性を把握し、水質汚濁の防止対策の基礎資料を得るために、富士五湖では 1971 年から本格的な調査が始められた。それ以降は公共用水域水質測定として、富士五湖において水質測定が行われている。

その中で、1981 年には河口湖の水質汚濁に関する総合的な調査が行われた。ヘドロ（軟泥）の分布や流入物質の調査・採取等が行われ、対策も講ずる基本調査となった。

1981（昭和 56）年度河口湖水質汚濁機構解明調査報告書（p.139）の調査結果では、河口湖中央湖盆と船津（東）湖盆に厚いヘドロ分布が確認された。

このような背景の元、現状でどのくらい湖の汚染が進んでいるのか、いないのかを比べるためには、1981 年のような本格的な行うべきであるが、予算も調査期間も限られている。

そこで本研究では河口湖の底質が過去に比べて悪化しているかどうかに関心を絞り、現況を明らかにする

ために、湖底堆積物の物理的および化学的性状を分析・調査を行うこととした。さらに、1981 年調査結果との比較によって、今後の環境対策を講ずるために資する基礎資料を得ることを目的とする。

I-4 研究成果の概要

I-4-1 河口湖流入河川の流量と物質性状の把握

常時流入河川である寺川に水位計を設置し、平成 26 年 12 月より河川流量観測を開始した。水位計設置時に観測した寺川流量は $0.138\text{m}^3/\text{秒}$ ～ $0.157\text{m}^3/\text{秒}$ であった。昭和 56 年の平均値 $0.046\text{m}^3/\text{秒}$ に較べると約 3 倍となった。また、湖水への流入物質を把握するために、過去 40 年間の河口湖の富栄養化の指標について、表層水の測定データをまとめた。その結果、湖水の水質は概ね減少傾向にあり、改善されていることが判明した。

また、市街地が広がる河口湖南岸地域からの水の流入状況を確認するために、富士山の地下水・湧水のトレーサー元素であるバナジウムの湖内分布を調査した。その結果、南岸地域の一部で極小であるが、富士山からの水の流入が推定された。

I-4-2 河口湖底質の物理的性状の把握と地球化学的分析

河口湖湖底堆積物について、湖岸 5 地点、湖底 7 地点から堆積物を採取した。これらの物理的性状の観察から、河口湖中央湖盆で約 5～10cm、船津湖盆で約 30cm の厚さのヘドロ（軟泥堆積物）が確認された。また、河口湖北岸、南岸地域で水深測量および流速測定を行った。北岸大石地区湖岸および船津湖盆湖底から採取した試料の有機炭素、窒素、硫黄の元素分析を行った。堆積物中の有機炭素量は表層部ほど濃度が高く、近年有機炭素の堆積が増加傾向にあることが示唆された。一方湖岸部の表層部では、逆の傾向を示し、各元素の濃度は低い値を示した。

I-4-3 結果とまとめ

2014 年時点での河口湖の水質は、調査開始時（1974 年）と比較して、やや改善傾向が見られた。一方、湖底ではヘドロ（軟泥堆積物）の堆積が確認され、堆積物中の有機炭素量が近年増加傾向にあることがわかった。このことから、現時点では、水質への悪影響は見られないものの、湖底では依然としてヘドロの堆積が継続しており、今後より詳細な調査をしていく必要がある。

引き続き、研究課題「富士五湖（とくに河口湖）の水質浄化に関する研究Ⅱ」として、軟泥の面的な把握を含めて研究を継続している。

研究成果の発表

I-4-4 口頭発表

- 1) 山本真也・長谷川達也・吉澤一家・中村高志・内山高 (2014) 河口湖の湖底直上水の安定同位体比とバナジウム濃度の空間分布. 日本地球惑星科学連合大会 (横浜)
- 2) 山本真也 (2016) 河口湖で新たに見つかった湖底湧水とその起源について. 総研研研究課題「北麓水資源」の研究のまとめの集会 (工業技術センター)
- 3) Yamamoto, S., Uchiyama, T. (2015) Stable carbon isotopic compositions of plant biomarkers in the sediments from Lake Yamanaka, the northern foot of Mt. Fuji, over the past 12ka. XIX INQUA (International Union for Quaternary Research) Congress (Nagoya, Japan).

I-4-5 誌上発表

- 4) 後藤 聡・内山 高・中山俊雄・安藤 伸・和田里絵 (2015) 3.8 山梨県の地盤. 新・関東の地盤増補地盤情報データベースと地盤モデル付 (2014年度版), 地盤工学会関東支部編, 149 - 157.
- 5) 小田切幸次, 佐野哲也, 村中康秀, 神谷貴文, 内山高, 山本真也, 長谷川達也, 中村高志, 渡邊雅之, 吉澤一家, 内山美恵子, 赤塚 慎, 古屋洋一 (2015) 富士北麓水資源の保全と活用のための水文科学的研究 総合理工学研究機構研究北報告書, 77-90.
- 6) 内山 高 (2015) 富士山の噴火と災害. 歴史地理教育, 836, 16-21.

本 編

II 研究成果報告

II-1 流入河川の流量と物質性状

河口湖には、自然環境で大規模な流入・流出河川はなく、小規模な流入河川があるのみである(図 II-1)。図 II-1 中、①と②は浅川地区の小河川、河口地区には③山の神川、④寺川、⑤西川、⑥梨川、大石地区には⑦馬場川、⑧奥川があり、長浜地区には⑨小河川、⑩室川等がある。これらの河川は降雨期に流水が見られるが、乾期には流水は涸れるかごくわずかしか流れていない。また、⑪は西湖放水路であり、流入が人工的に調節されているので調査から除外した。このうち、④寺川は 1981 年および 2002 年にも調査が行われている。

そこで今調査において比較のために④寺川において、河口湖への河川流量と湖の流入物質の解明のために水質分析を行った(図 II-2)。

なお、河口湖での調査にあたって、湖水域を 3 湖盆に分割した。すなわち、河口湖大橋より東側を船津(東)湖盆、大橋から鵜の島までを中央湖盆、鵜の島から西側を西湖盆とした。

II-1-1 流入河川流量の観測

流量観測のもっとも一般的な方法は、河川の断面水深と流速を組み合わせる方法である。河川の流速は横断方

向では中心部で早く、垂直方向では表面の少し下で最も早く、水底では遅くなる。したがって、水平(横断)・垂直の両方向で細かく流速を測定しなければならないが、普通の流量観測では簡略化して測定される。

一般的に、流量(Q)は 1 秒間に移動する水の量(m^3/s)で表すが、これは断面積(m^2)と流速(m/s)とを掛け合わせた値である。

なお、一時的な観測の場合は、三角堰を仮設して越流水深を測定し、算出する方法もある。

1) 河川の横断面積の測定

水位観測箇所の横断面を測量により計測し、河川中央部の水底から護岸天端コンクリートまでを 1cm 間隔で区切り、区切り線毎の断面積を一覧表にした(図 II-3 左図)。

2) 河川水位の測定

川の水位は、自動記録水位計を設置し計測した。水位計の基準は、観測地点の水底に一致させて、水深を記録するように設定した(図 II-3 右図)。水位計の仕様は表 II-1【仕様】に示す。ただし、観測値は、気圧変動による測定誤差は発生する。

3) 河川の流速の測定

河川水の流速観測は、一般にトレーサー法、浮流し法、直接採水などがあるが、今回はトレーサー法および浮流し法を実施した。



図 II-1 河口湖流入河川位置図



図 II-2 寺川流量観測地点
 上図 寺川の位置
 中図 (拡大図)
 寺川河川水位観測点
 地図は Google map を使用
 下写真 寺川河川水位観測点現況 (設置後)

トレーサー法は、塩流し法を実施した。塩流し法は、上流から塩水を流し、下流で導電率を連続観測した。塩水は、上流 10m の位置で投入し、電導度の測定を水位計の設置地点において 5 秒間隔で連続観測した。結果は、

投入後の観測時間と電導度をグラフに整理し、電導度の到達ピーク時間を読み取り、これにより流速を算定した。
 また、浮流し法は、浮を観測地点 (自動記録水位計の設置地点) の 5m 上流で投入し、流下時間を測定した。

4) 河川流量の計算

河川流量は、水位に対応する河川の流水断面積と、河川水の流速の積で求めた。

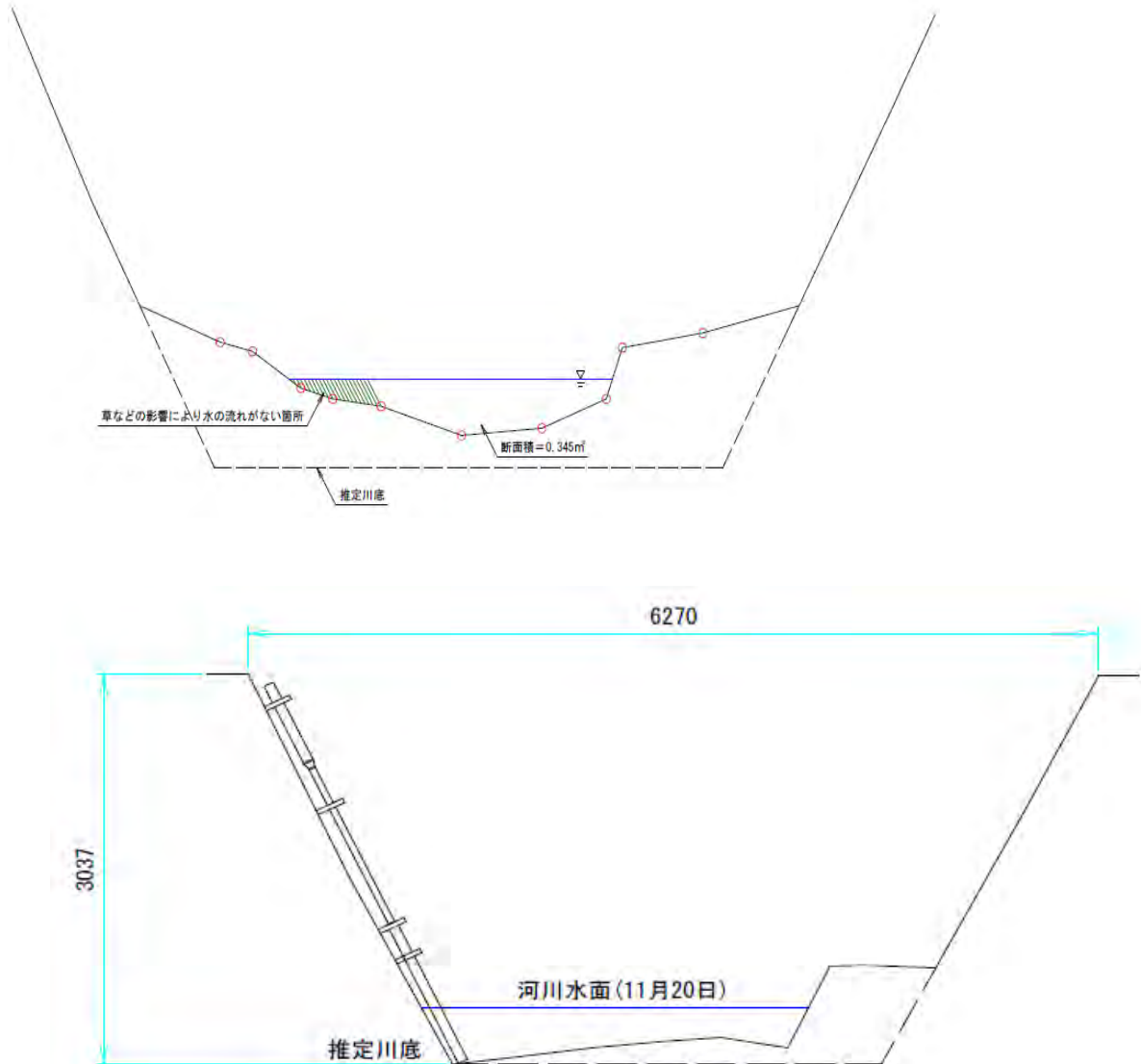
表 II-2 河川流量表 (寺川) は、水位に対応する河川の断面積の一覧表に、流速を入力して、河川流量を求めた

例である。

塩流し法と浮流し法の計算結果は、次のとおりである。

○塩流し法

$$Q=S(L/t)=0.345 \times (10 \div 25)=0.138\text{m}^3/\text{sec}= 8.28\text{m}^3/\text{min}$$



【仕様】

水位計		温度計		その他仕様	
測定範囲	4、9、19、29、99m、ハローゲ(大気圧補正用)	測定範囲	-20~50℃	電池寿命	6~8年(10分間隔測定時)
水位測定用圧力センサ精度	±0.1%F.S.	温度センサ精度	±0.37℃	メモリ容量	水位、温度各30,000測定
分層能	0.12、0.16、0.20、0.29、0.5cm	分解能	0.1℃	測定間隔	0.5秒、1~99秒(1秒単位)、 1~99分(1分単位)、 1~99時間(1時間単位)
長期ドリフト	±0.1%F.S. w/year(正弦波/波長)			寸法/重量	φ22×L158mm/177g
校正方法	工場出荷時校正			本体材質	SUS
精度保証範囲	0~40℃ (但し、凍結なきこと)				
動作温度範囲	-20~50℃				

図 II-3 流量測定・水位センサー設置位置図

上図 流量測定箇所横断面 下図 水位センサー設置横断面

表 II-1 【仕様】水位計センサー仕様

表 II-2 水深（水位）→河川流量 一覧表

河川流量表(寺川) 水深 1～150cm

水深cm	断面積m ²	流速m/sec	流量m ³ /sec	流量m ³ /min	水
1	0.001	0.4	0.000	0.000	
2	0.003	〃	0.001	0.060	
3	0.007	〃	0.003	0.180	
4	0.012	〃	0.005	0.300	
5	0.019	〃	0.008	0.480	
6	0.026	〃	0.010	0.600	
7	0.034	〃	0.014	0.840	
8	0.042	〃	0.017	1.020	
9	0.051	〃	0.020	1.200	
10	0.060	〃	0.024	1.440	
11	0.070	〃	0.028	1.680	
12	0.081	〃	0.032	1.920	
13	0.092	〃	0.037	2.220	
14	0.104	〃	0.042	2.520	
15	0.116	〃	0.046	2.760	
16	0.129	〃	0.052	3.120	
17	0.142	〃	0.057	3.420	
18	0.155	〃	0.062	3.720	
19	0.169	〃	0.068	4.080	
20	0.183	〃	0.073	4.380	
21	0.197	〃	0.079	4.740	
22	0.211	〃	0.084	5.040	
23	0.225	〃	0.090	5.400	
24	0.240	〃	0.096	5.760	
25	0.255	〃	0.102	6.120	
26	0.270	〃	0.108	6.480	
27	0.285	〃	0.114	6.840	
28	0.300	〃	0.120	7.200	
29	0.315	〃	0.126	7.560	
30	0.330	〃	0.132	7.920	
31	0.345	〃	0.138	8.280	

○浮流し法

$$Q=S(L \cdot t) = 0.345 \times (5 \div 11) = 157 \text{m}^3/\text{sec} = 9.42 \text{m}^3/\text{min}$$

この例のように、河川流量は、観測地点の水位と流速から算定できる。

塩流し法(瞬間放流：到達時間)と浮子流し法の計算結果は12%程度の差であった。この差は、測定点が浮流し法は河川の表面付近で測定し、塩流し法は河川水深の中央付近で測定していることが一因としてあげられる。

5) 河川水位観測結果

常時流入河川である寺川に水位計を設置、平成 26 年 12 月より観測を開始した。水位計設置時に観測された寺

川の流量は0.138m³/秒から0.157m³/秒であり、これは昭和56年の平均値0.046m³/秒の約3倍であった。

図II-4は、2014年12月から2015年3月までの河川水位(青線、グラフ左軸)、電気伝導度EC(赤線、グラフ右軸)の10分ごとの変化を示す。

河川水位の変化(青線)は河川流量の変化を示すが、ECの変化(赤線)との相関は見られず、別の要因を示唆している。

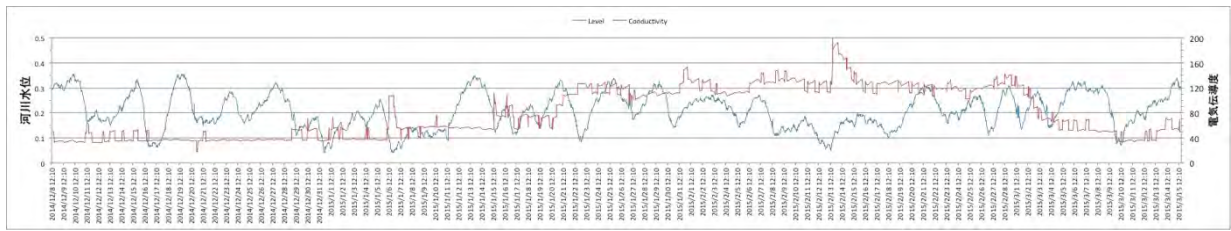


図 II-4 寺川水位変動図

青線 河川水位 グラフ左軸単位 cm

赤線 電気伝導度 EC グラフ右軸 単位 $\mu\text{S}/\text{cm}$

II-1-2 水質分析と流入物質の解明

1) 河口湖湖水の水質分析

河口湖湖水のうち表層水の水質は、森林環境部大気水質保全課および福祉保健部衛生環境研究所によって測定されている。過去40年間の河口湖の表層水中の富栄養化指標について、森林環境部大気水質保全課および福祉保健部衛生環境研究所の観測データをまとめた結果、概ね

減少傾向にあることがわかった(図II-5)。

また、住宅密集地が広がる河口湖南部からの水の流入の状況を確認するため、富士山の地下水(水道水を含む)に特徴的に含まれるバナジウム(湖内分布を調べた(図II-6))。

その結果、南岸の一部で極小の水の流入が推定された(図II-6最下段図参照)。ただし、その量は僅かであったことから湖水への影響はほとんどないと考えられる。

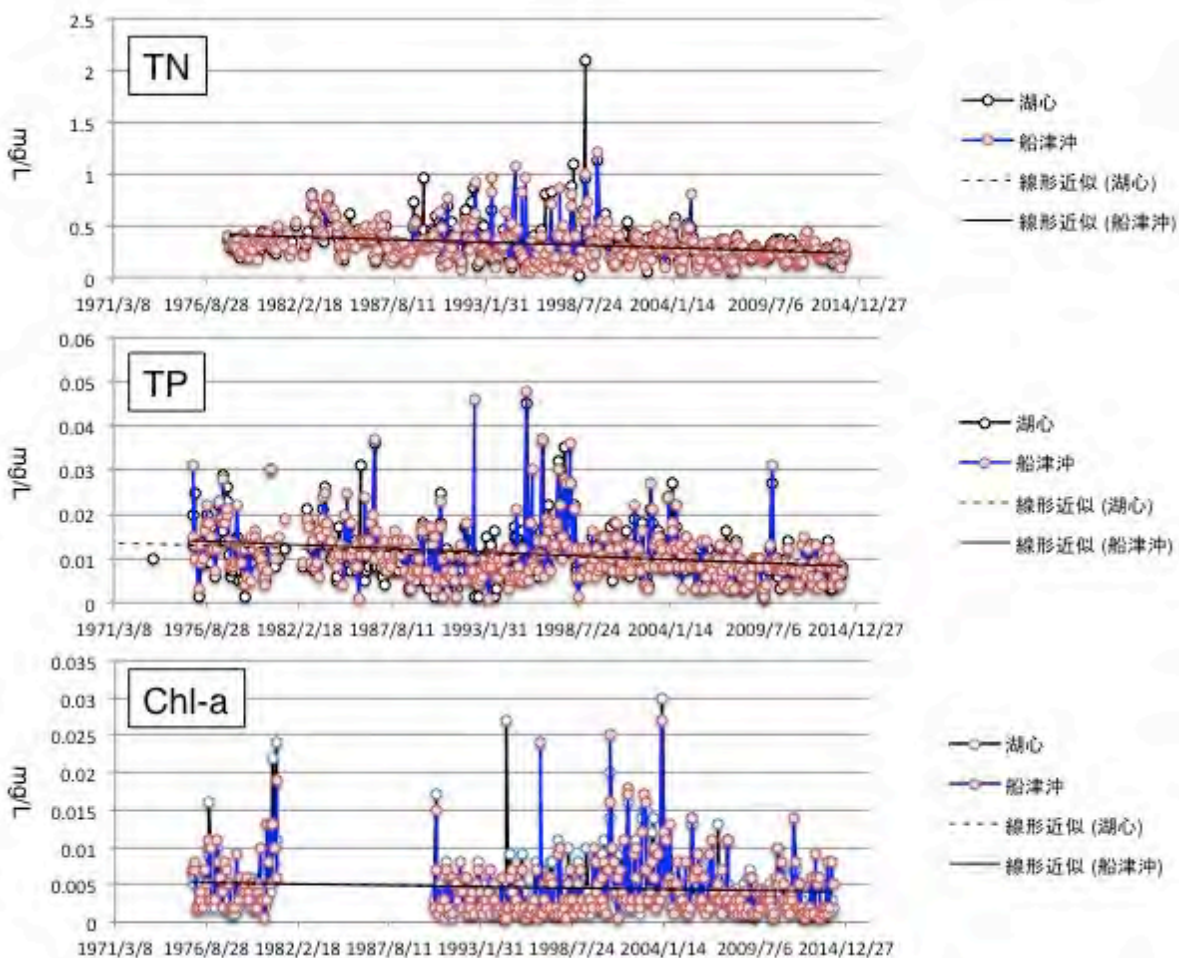


図 II-5 河口湖における富栄養化指標の変化
(県大気水質保全課のデータを基に作成)

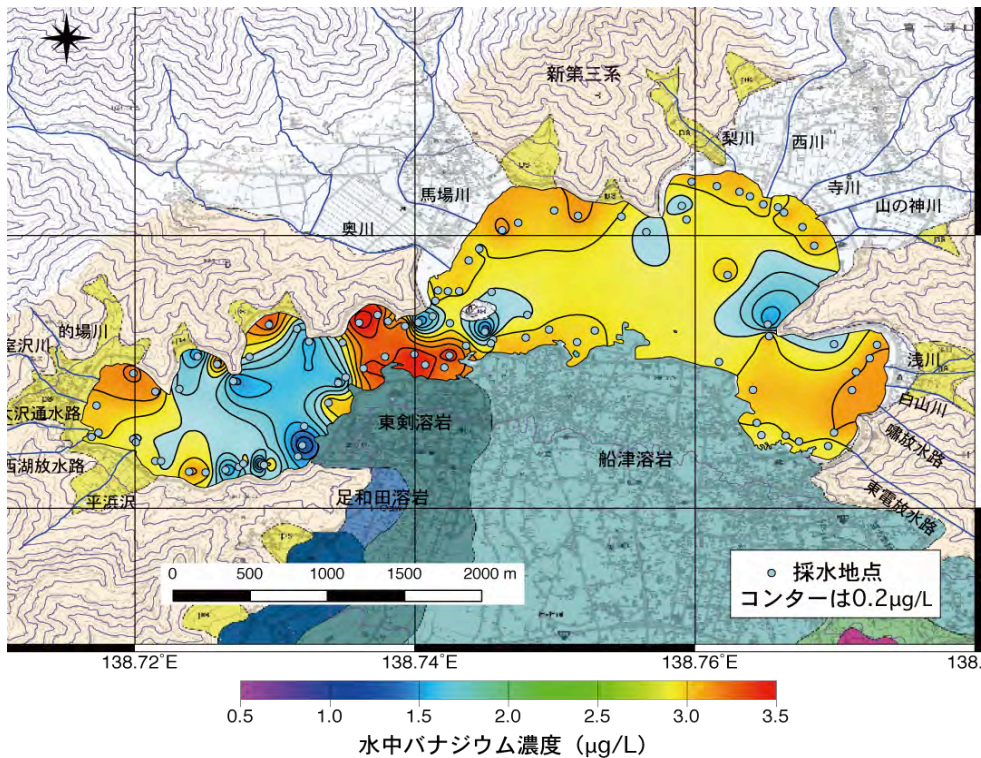


図 II-6 河口湖の水中バナジウム濃度の変化分布

左上写真 採取時 湖の様子 左下 湖水の採取風景

右上写真 採取湖水 右下写真 船上での湖水の水質測定

下図 水中バナジウム濃度等濃度線

II-2 河口湖底質の物理的性状の把握と地球化

学的分析

河口湖の湖盆の形態と堆積物の堆積状況については、1981年山梨県調査、当研究所富士山(旧名プロジェクト)研究「富士五湖周辺の自然環境変遷史に関する研究」(1997～2002)により概略が把握されている。

特にヘドロ(軟泥)については1981年に調査が行われた結果と比較するために、次の調査・研究計画に基づいて行った。

II-2-1 湖盆の形態

1) 深淺測量(水深測量)

古盆の携帯を探るために深淺測量を実施した。深淺測量はスワス測深で実施した。測深範囲は、河口湖の2地区船津湖盆と中央湖盆(図II-7、II-1を参照)とし、測量は、ナローマルチビーム測深機であるSeaBat8125(図II-8)で実施した。SeaBat8125の性能を表II-2に示す。

なお、本調査は研究要請先である山梨県富士・東部建設事務所の委託業務「河口湖測量業務委託」(山梨県2012)として行われたもので、報告書に基づいている。

ナローマルチビーム測深機(SeaBat8125)は、1本あたり $0.5^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ の指向角を有するビームを同時に240本発信して湖底を面的に測深し、湖底面のデジタル水深情報を取得するものである(図II-9)。また、作業船の動揺(ロール:左右の揺角、ピッチ:前後の揺角、ヒープ:上下変移量)を動揺補正装置により測定し、GNSSを用いた方位計測装置により、方位補正情報も同時に取得しており、デジタル水深情報の精度を向上させた。

表 II-2 スワス測深機 性能表

	仕様基準	SeaBat8125
単一ビーム幅	1.5°×1.5°以内	0.5°×1.0°
スワス幅	120°以上	120°
測深分解能	1cm 以上	0.6cm
水準精度	±0.1m以内	測深分解能と同等

2) 船位測定

作業船の船位測定には、広域 DGNSS システム「WADGNSS: Wide Area DifferentialGNSS」により実施した。

広域DGNSS システムとは、ディファレンシャルGNSSの補正を局所的ではなく広域でおこなう測位方式である。本調査では、米国ナブコム社が運用するネットワーク型高精度DGNSS測位システム「Star-Fire」を使用した。この方式は従来の干渉

測位方式と異なり基準局からの有効半径内と言う制約がなく、ワールドワイドで誘導精度15cmの測位が可能で、干渉測位における高精度化の為の補正情報は、通信衛星(インマルサット)

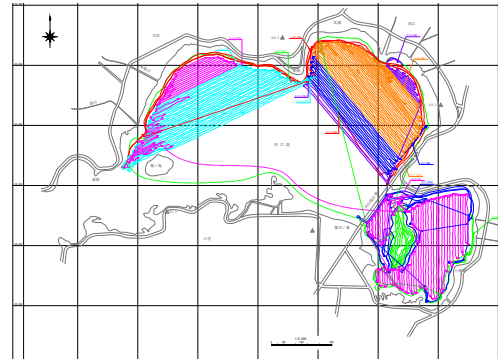


図 II-7 航跡図
測深調査範囲



図 II-8 測深機 SeaBat8125

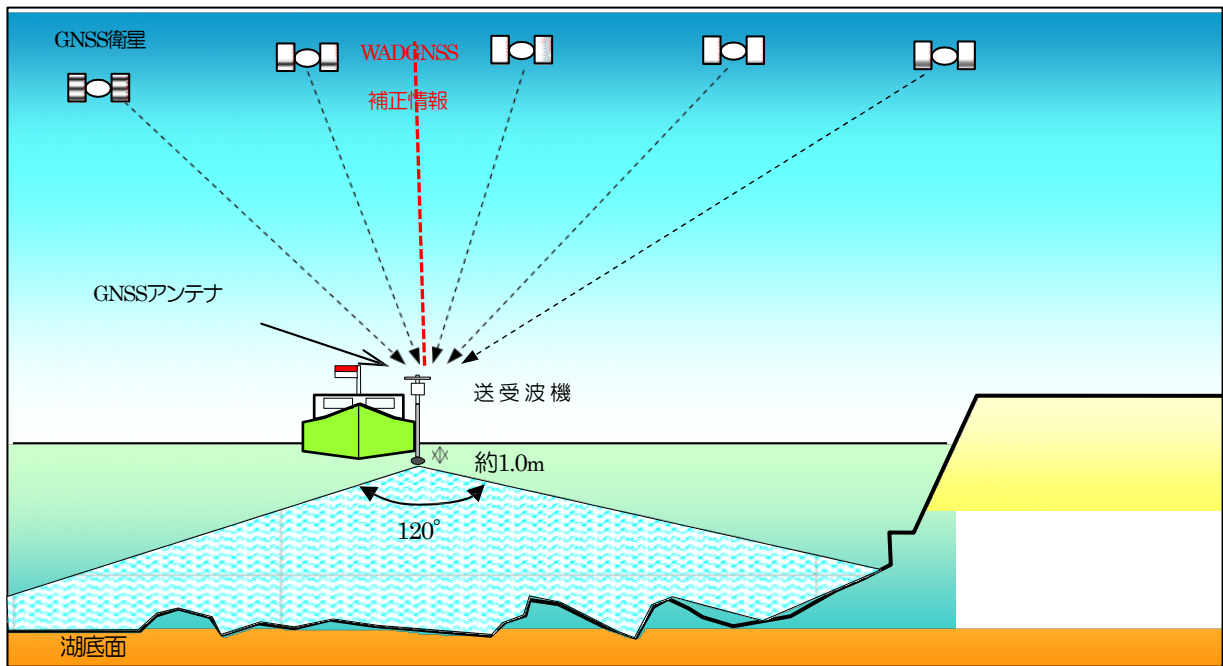


図 II-9 スワス測深の概要

上図 スワス測深の測深概要と船位測定

下写真 左 艀装状況 右 測深状況

から受信するため、測量地における基準局の設置作業やこれに伴う基準点等を必要としない利点がある。

作業船の誘導には、DGNSSS 受信機で0.2 秒毎に計測された WGS-84 経緯度データ（世界測地系）を座標変換（WGS-84 ⇒国家座標第Ⅷ系）し、上記 DGNSSS 受信機にリンクさせた誘導ソフト(HYPACK MAX)を用いた。これにより、モニター画面上に作業船の航跡を描画させながら、未測深域が生じないように作業船の偏位を管理し、作業船を計画測線上に誘導・航行した。次にスワス測深の概要を示す（図 II-9）。

3) 測深測定結果

スワス測深の取得データについては次の補正を行った。標高については、河口湖の水位データを用いた。また、水深補正には、湖内の音速度を把握するために測深日毎

に1回以上垂直分布を把握し、水深値の補正を行っている。

補正された水深データは、フィルタリング処理をされ、音響的ノイズを除去した後、地面データが作成された。また、このデータ群をグラウンドデータから内挿補間し、1m メッシュ標高データが作成された。

その結果を図 II-10 に示す。

また、今回結果と国土地理院湖沼図「河口湖」（1963 年発行）および前回調査結果 1981 年を比較する（図 II-11）。

これらの水深図は測定方法が大きく違い精度も異なり、基準とする湖水面の標高が異なるため単純には較べられないが、今回調査のうち、測深調査では船津湖盆で比較すると概略約 0.5m 浅くなっている（図 II-12）。

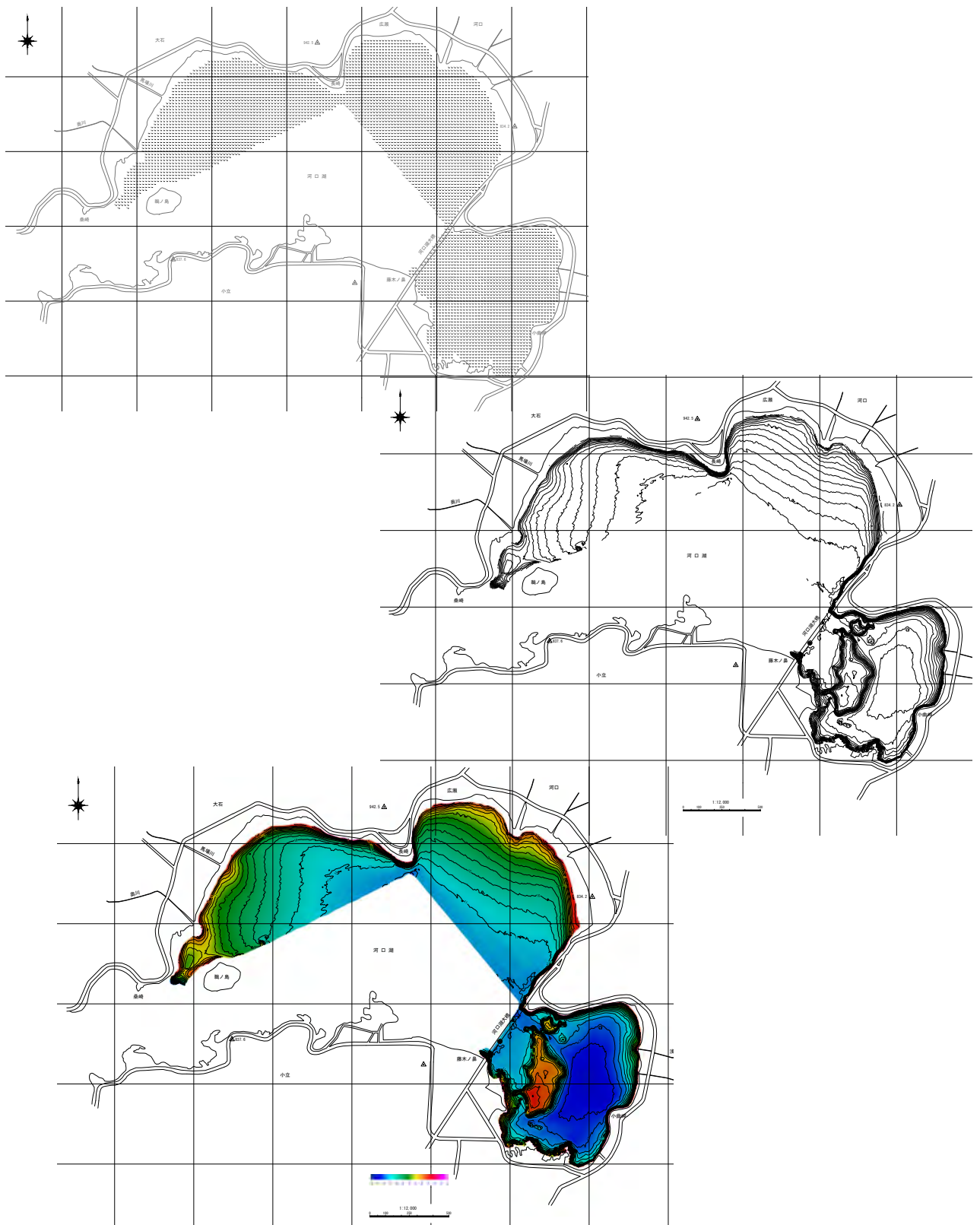


図 11-10 測深測定の結果

上図 測深図 中図 等深線図 下図 平面図
 (基準水位 標高 833.525m)

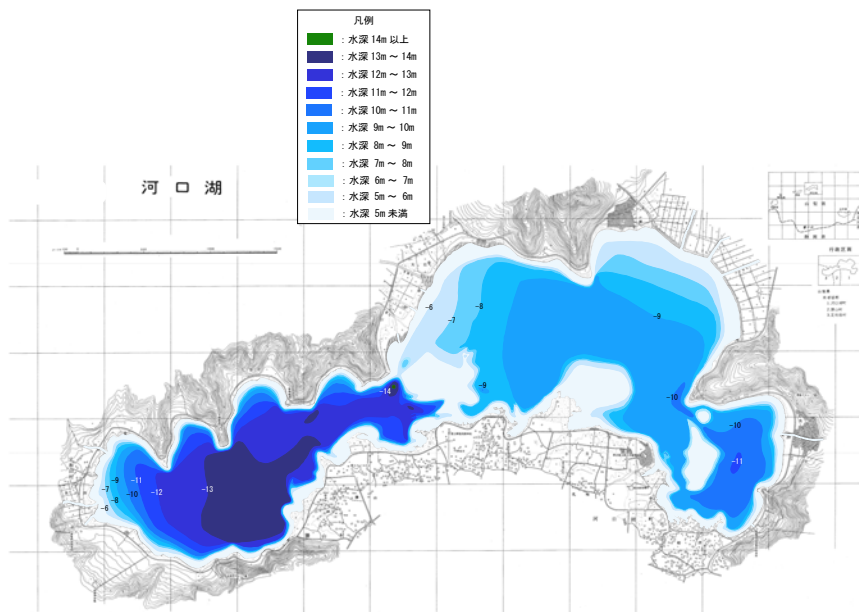


図 II-11 河口湖湖沼図
 上図 国土地理院湖沼図の改編
 (1963 (昭和 38) 年測量 ; 音響探査)
 基準湖水位 TP830. 5m
 山梨県 (2012) 作成
 下図 等深図
 山梨県 (1981) より

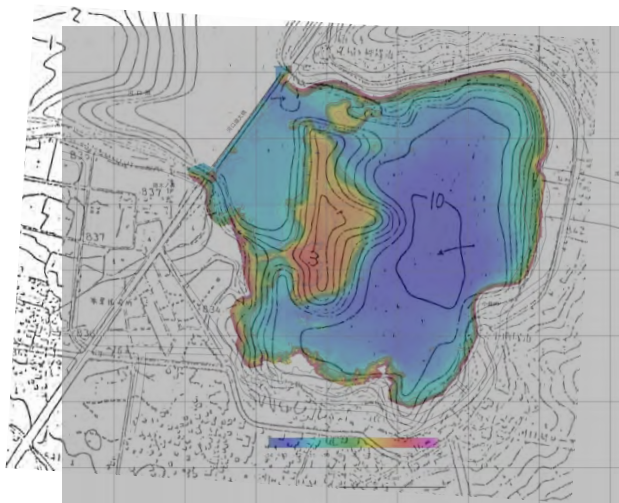


図 II-12 河口湖等深図
 国土地理院湖沼図等深図と今回結果を
 重ねあわせた
 基準湖水位は基準 833. 525m として調整し
 た

II-2-2 湖岸及び湖底表層堆積物の物理的性状の把握

1) 湖底底質の採取方法

測深調査での堆積物（底質）の厚さが推測された層厚を確認するために、湖底堆積物の採取を行った。

湖底の採取地点に停泊した小型船舶より、湖面より直径5 cm×長さ80 cmの打込式柱状採泥器を湖底に投下し自重で底質に貫入させ、底質の採取を行った。採泥器下部の亚克力管に入った堆積物を人力で引き上げる（図II-13 写真最上段、中段上）。採取地点（図II-14）は、湖岸5地点、湖底では河口湖の鵜の島と河口湖大橋の間の6地点及び、河口湖大橋の東側で3地点において、なお堆積物の採取は、各地点で2回ずつ行ない（9地点で計

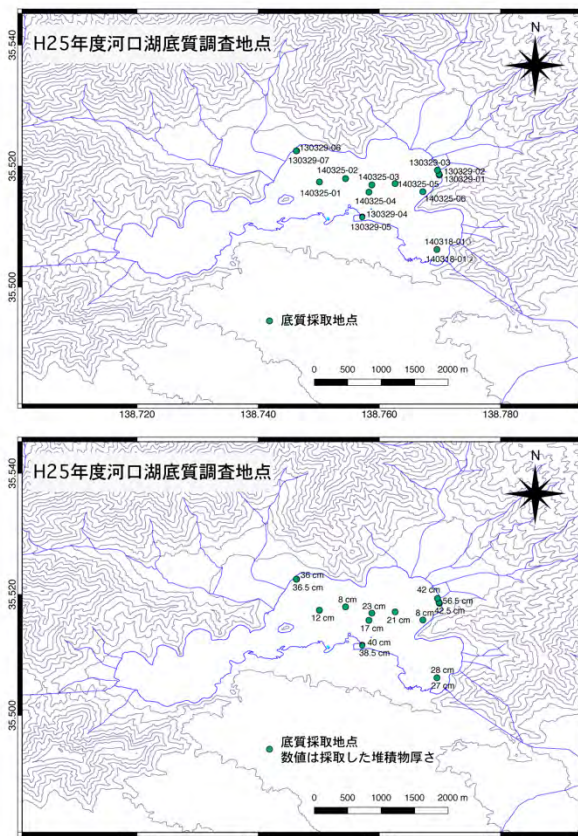


図 II-14 河口湖湖底堆積物採取地点
上図 湖底堆積物（底質）採取地点
数字は採取地点番号

下図 堆積物の厚さ分布
単位 cm

18回の採取を行う)、採取する堆積物量は1回につき最大0.0016m³である。採取したコアは室内に持ち帰り、物理的性状の記載を行った（図II-13 写真最下段）。

なお、参考分析資料として湖水試料は、堆積物採取地点の周辺及び河口湖西盆において、地下水サンプラー等を用い任意の水深から約1Lの採水を行った。

その結果を、図II-15 およびコア写真（図II-16）に示

す。図II-15中、河口湖湖底140318-01①、②は船津湖盆で、140325-01、-02は中央湖盆西部、140325-03、-04、-



図 II-13 河口湖湖底堆積物 採取・処理状況
写真 左上段 打込式採泥器 右最上段 船上作業
中段上 湖底堆積物採取
中段下 湖岸での堆積物採取状況
最下段 採取したコアの室内処理作業

05 は中央湖盆中央部から、140325-06 は中央湖盆東部から採取した。140325-04 最上部に再堆積性のスコリアが

ちな表層からっており、コアでは砂層の下位は軟泥が分布する。このうち、ヘドロ（低質軟泥）の分布を見る

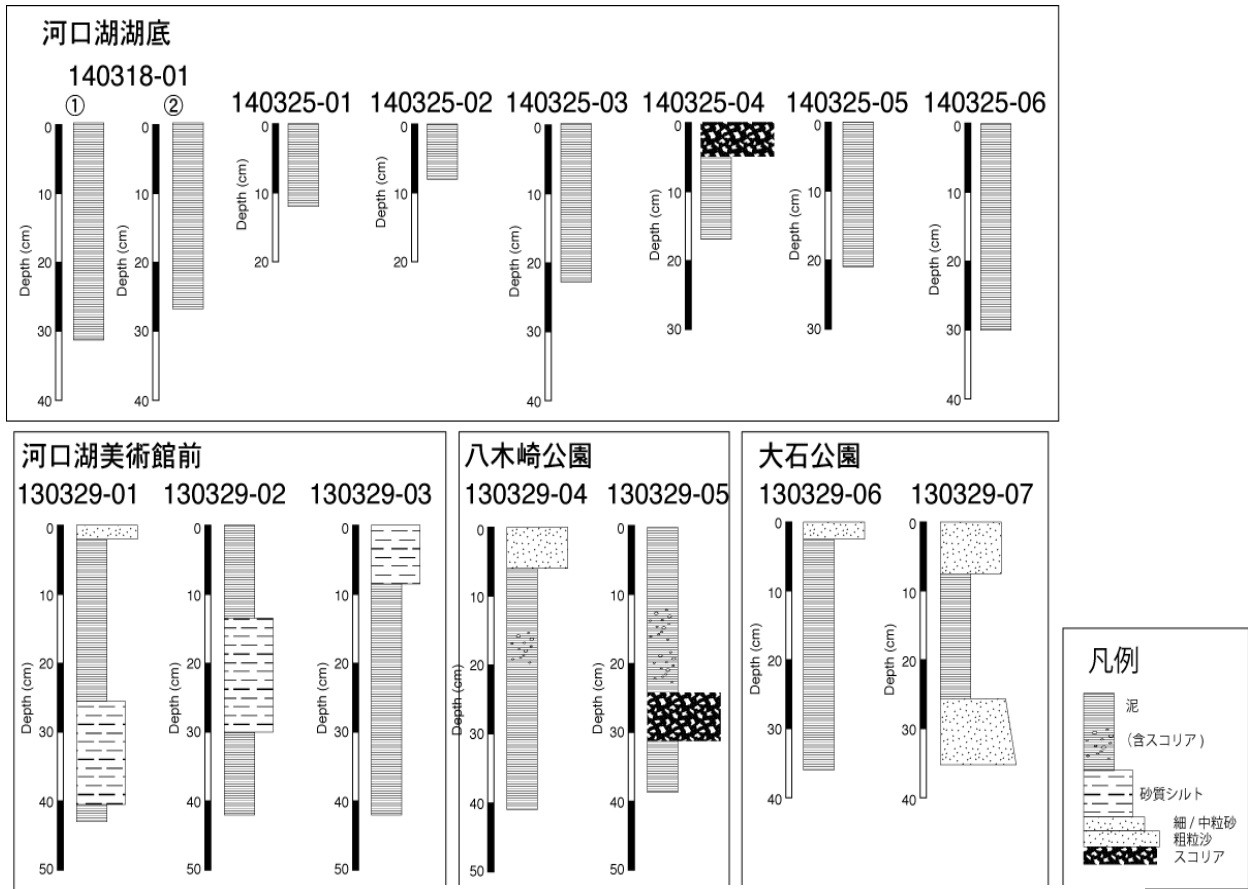


図 11-15 河口湖湖底堆積物 (底質) 地質柱状図



図 11-16 河口湖湖底堆積物 状況写

見られる以外は軟泥からなっている。河口湖美術館前湖岸は 130329-01 地点最上部に砂層が堆積している。ほかの 2 地点では軟泥から構成されている。八木崎公園湖岸では突端に近い 130329-04 最上部に中粒砂層が見られるが、ワンド中程の 130329-02 では軟泥からなっている。大石公園湖岸では、排水溝が近くにあるため湖岸は砂勝

と中央(東)湖盆で約 5cm から 10cm、船津湖盆で約 30cm のヘドロ状の堆積物が確認された。

2) 湖底底質の年代測定

湖底底質とくにヘドロ状軟泥の堆積年代を知るために大石地区の湖岸及び船津湖盆の湖底から採取した底質試

料の放射性核種の測定を行った（表 II-3）。

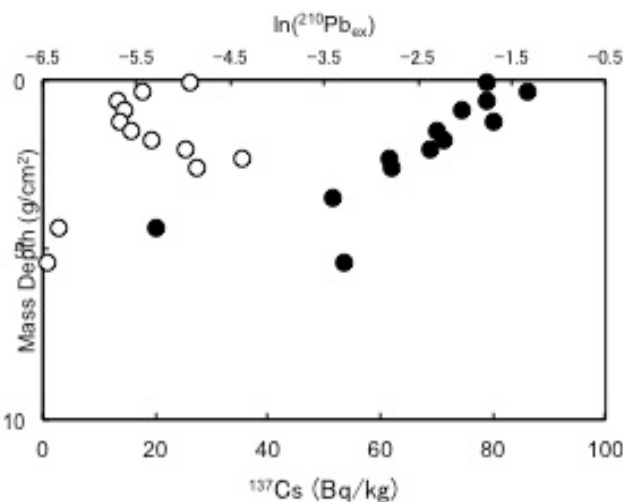
本測定では、堆積物の年代を決定するために、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 法を用いた。

その結果、大石地区堆積物（130329-06）からは堆積環境の影響で、堆積速度が推定できなかった。船津沖堆積物（140318-01）は、細かく測定試料を再度採取し、金沢大学で測定した結果（図 II-17）、堆積速度 $0.05\sim 0.056\text{ g/cm}^2/\text{y}$ と推定され、深度 12cm は約 60~70 年前と推定された。

再度底質の堆積年代と堆積速度を明らかにする

表 II-3 河口湖底質試料の放射性核種測定結果

Sample NO.	Count wt.	Pb-210(total)	Pb-214	Bi-214	Pb-210(excess)	Cs-137
	(grams)	(dpm/g)	(dpm/g)	(dpm/g)	(dpm/g)	(dpm/g)
130329-06 45-47	4.96	4.08 ± 0.31	0.85 ± 0.09	0.88 ± 0.10	3.22 ± 0.32	ND
130329-06 41-43	4.00	4.37 ± 0.35	1.08 ± 0.10	1.05 ± 0.11	3.30 ± 0.36	0.31 ± 0.05
130329-06 35-37	3.46	5.62 ± 0.42	1.15 ± 0.11	1.30 ± 0.12	4.40 ± 0.43	0.17 ± 0.04
130329-06 29-31	3.58	4.86 ± 0.38	1.49 ± 0.12	1.46 ± 0.13	3.38 ± 0.40	ND
130329-06 23-25	3.31	4.56 ± 0.37	1.05 ± 0.10	1.21 ± 0.12	3.43 ± 0.38	0.17 ± 0.04
130329-06 17-19	4.37	1.27 ± 0.18	0.89 ± 0.09	0.92 ± 0.10	0.36 ± 0.19	ND
140318-01-02 15-20	9.58	10.84 ± 0.43	1.73 ± 0.11	1.91 ± 0.14	9.02 ± 0.45	1.32 ± 0.09
140318-01-02 5-10(2)	6.14	10.11 ± 0.44	0.96 ± 0.08	0.96 ± 0.09	9.16 ± 0.44	ND
140318-01-02 10-15(3)	8.43	22.16 ± 0.65	2.19 ± 0.13	2.70 ± 0.17	19.71 ± 0.67	2.08 ± 0.11
140318-01-02 20-25(4)	6.50	6.53 ± 0.38	1.17 ± 0.10	1.53 ± 0.13	5.18 ± 0.40	0.29 ± 0.05



であるか判断する指標となる。これは、陸上高等植物はセルロースやリグニンのような N を含まない有機物が主体であり、陸上高等植物由来の有機物を多く含む淡水成有機物の C/N 比は、相対的に海成有機物の C/N 比よりも高くなるためである。海成の有機物は主に動植物プランクトンに由来し、淡水成の有機物は植物プランクトンおよび陸上高等植物に由来する。既存の研究報告から、動植物プランクトン由来の有機物の C/N 比（重量比）が約 6~7 に対し、陸上高等植物では 15 以上を示すとされている。

図 II-17 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 年代測定 結果

ために、船津湖盆で再採取されたグラビティーコア試料（KAW14-7A）の ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 年代測定を金沢大学の Ge 半導体検出器により行なった。その結果、表層下 8-9cm の層で ^{137}Cs の最大値（ ^{137}Cs の大気放出量は 1962-62 年がピーク）が見られ、 ^{210}Pb による年代推定値（1966.9 年~1960.5 年）と一致した。

3) 湖底堆積物底質試料の地球化学的性状の分析と解析

全有機炭素/全窒素比（C/N 比）は堆積物の供給源を推定する指標として有用とされている。一方、全有機炭素/全硫黄比（C/S 比）は堆積物の堆積環境を推定する指標として有用とされている。

C/N 比は堆積物中に含まれる有機物が海成か淡水成

C/S 比は堆積環境が淡水成、汽水成あるいは海成か判断する指標となる。堆積物中の S は海水中に含まれる硫酸イオンが還元・固定されたもので淡水成堆積物中にはほとんど含まれない。このため、淡水成の堆積物の C/S 比は相対的に高い。一方、汽水域では水が滞留し底質が嫌氣的、還元的環境になりやすい。還元的環境下では硫酸還元細菌の働きにより有機物と硫酸イオンから硫化水素が生成される。硫化水素は底質中の鉄化合物や鉄イオンと反応して硫化鉄化合物が生成される。このため、汽水成の堆積物の C/S 比は相対的に低い。海成の堆積物はその中間である。既存の研究報告から、淡水成堆積物の C/S 比は 5 以上、汽水成堆積物では C/S 比は 1.1 ± 0.4 、

標準的な海生堆積物の C/S 比は 2.8 ± 0.8 とされている。大石地区の湖岸及び船津湖盆の湖底から採取した底質試料の有機炭素、窒素、硫黄の元素分析を行った(表 2-2)。CNS 元素分析は有機元素を燃焼してガス化させた後、ガスクロマトグラフ法に基づき測定を行う。ガスクロマトグラフ法は分配や吸着を利用してガスを選別、分離した後、個別に測定する方法である。対象とするガスは下記の測定系を経て測定される(図 1)。

(1) 有機元素を含む試料に対し酸化触媒を用い純酸素で燃焼、酸化させる。この時、燃焼ガスとして N₂,

NO_x (窒素酸化物), CO₂, H₂O, SO₂ が発生する。

(2) 還元銅を用いて、酸化窒素の還元や発生した過剰酸素を除去する。この時点で、N₂, CO₂, H₂O, SO₂ が残る。

(3) 過塩素酸マグネシウムを用いて水蒸気を吸収する。この時点で、測定対象である N₂, CO₂, SO₂ が残る。

(4) 充填剤の入った分離カラムの通過により各ガスを分離する。

(5) 検出器でガスを検出、測定する。

表 II-4 河口湖・湖底堆積物中の炭素、窒素、硫黄含有量の変化

採取地	コアID	サンプルID	深度(Top)	深度(Bottom)	水分%	湿試料中の TOC含有量	乾燥試料中の TOC含有量	湿試料中の TS含有量	乾燥試料中の TS含有量	湿試料中の TN含有量	乾燥試料中の TN含有量
大石	130329-06	13-15.5	0	2.5	31	0.53	0.8	0.09	0.1	0.18	0.3
大石	130329-06	25-27	12	14	73	2.55	9.4	0.17	0.6	0.45	1.7
大石	130329-06	37-39	24	26	70	2.77	9.2	0.11	0.4	0.38	1.3
大石	130329-06	47-49	34	36	67	1.78	5.4	0.26	0.8	0.35	1.1
大石	130329-07	75.5-77	33.5	35	23	0.24	0.3	<0.05	0.0	0.14	0.2
八木崎	130329-04	54-56	40	42	69	1.36	4.4	0.21	0.7	0.43	1.4
八木崎	130329-05	53-55	36	38	73	1.5	5.6	0.38	1.4	0.36	1.3
美術館	130329-01	69-71	41	43	72	2.26	8.1	0.07	0.3	0.55	2.0
美術館	130329-02	62-64	40	42	71	2.49	8.6	0.11	0.4	0.52	1.8
美術館	130329-03	60-62	40	42	60	1.58	4.0	0.06	0.2	0.34	0.9
船津	140318-01-2	0-5	0	5	90	0.7	7.0	0.04	0.4	1.04	10.4
船津	140318-01-2	5-10	5	10	89	0.77	7.0	0.06	0.5	1.12	10.2
船津	140318-01-2	10-15	10	15	88	0.8	6.7	0.07	0.6	0.99	8.3
船津	140318-01-2	20-25	20	25	86	0.76	5.4	0.06	0.4	1.1	7.9
船津	140318-01-2	25-27	25	27	85	0.81	5.4	0.07	0.5	0.99	6.6

堆積物中の有機炭素含有量は、表層ほど高値を示し、近年の有機炭素の堆積が増加傾向にあることが示唆される（図2-41）。

一方、湖岸の表層部では有機炭素、窒素、硫黄などが低かった。これは、堆積物表層の砂質層に相当しており堆積環境の違いが示唆される。

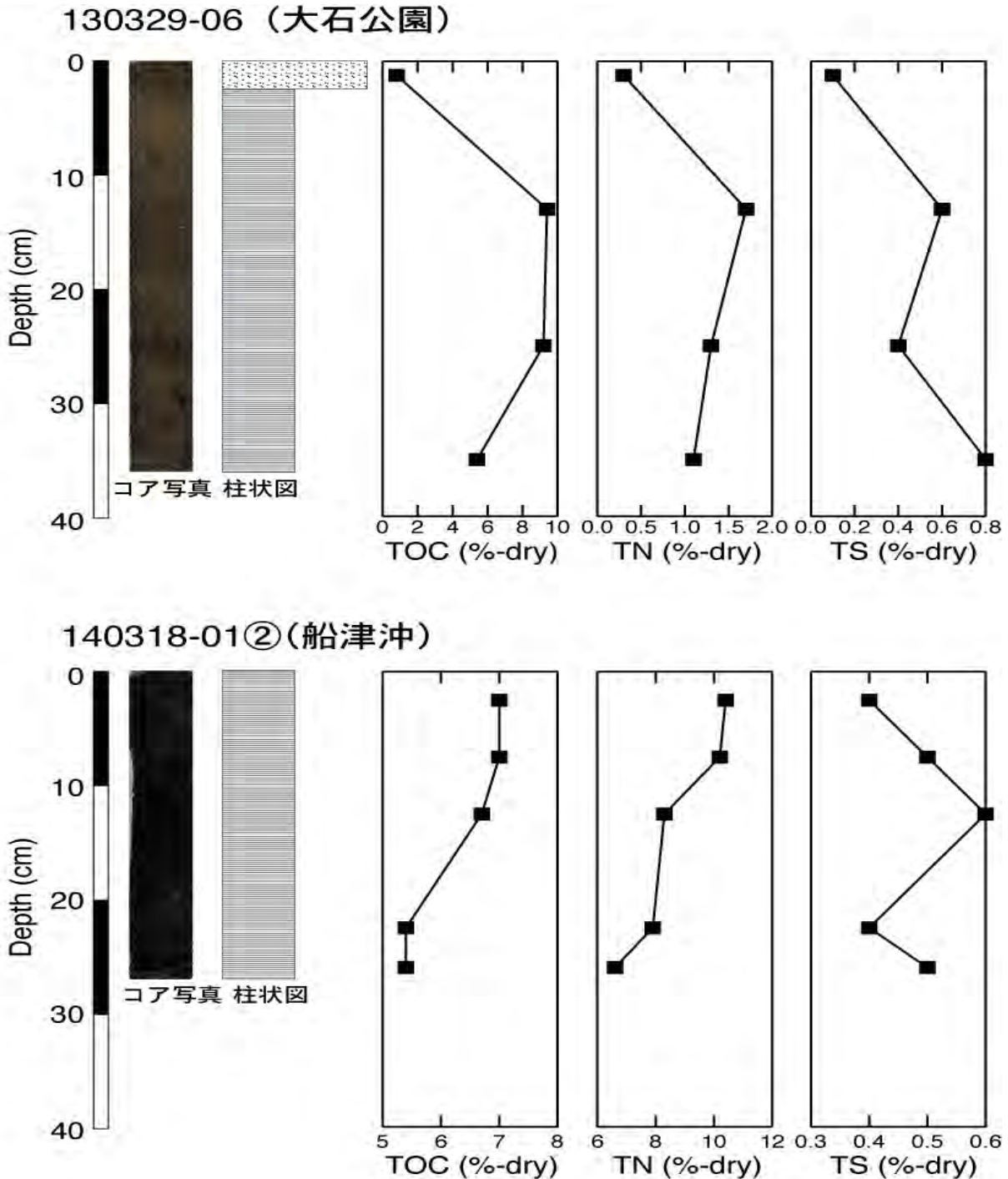


図 11-18 湖底堆積物大石公園コアと河口湖東湖盆堆積物中の炭素 (C)、窒素 (N)、硫黄 (S) の分析結果と C/N 比

II-3 まとめと今後の課題

2014年時点での河口湖の水質は、調査開始時（1974年）と比較して、やや改善傾向が見られた。一方、湖底ではヘドロ状堆積物の堆積が確認され、堆積物中の有機炭素量が近年増加傾向にあることがわかった。このことから、現時点では、水質への悪影響は見られないものの、湖底では依然としてヘドロの堆積が継続しており、今後より詳細な調査をしていく必要がある。現在「富士五湖（とくに河口湖）の水質浄化に関する研究Ⅱ」として、面的な把握を含めて研究を継続している。

1) 引用・参考文献

- 山梨県 2013 河口湖測量業務委託報告書. 山梨県 富士・東部建設事務所
- 山梨県富士山科学研究所 2014 河川流量及び流量観測機器設置業務委託報告書. 山梨県富士山科学研究所

R-02-2018

平成30年度
山梨県富士山科学研究所研究報告書
第38号

MFRI Research Report

2019年発行

編集・発行
山梨県富士山科学研究所

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1
電話 : 0555-72-6211
FAX : 0555-72-6204
<http://www.mfri.pref.yamanashi.jp/>
