

湖底堆積物（柱状試料）中の珪藻殻からみた河口湖の富栄養化

吉澤一家 山本敬男

Eutrophication of Lake Kawaguchi Based on Diatom Assemblages in the Sediments

Kazuya YOSHIZAWA and Takao YAMAMOTO

キーワード：富栄養化、河口湖、湖底堆積物、珪藻

湖の環境の変遷を知る手段の一つとして、湖底堆積物の解析を行う例が多く湖沼で報告されている^{1, 2)}。この解析法には、堆積物中の重金属元素濃度等を測定する化学的手法と、花粉や珪藻殻を観察する生物学的手法とがある。特に珪藻殻を用いた解析からは、湖の富栄養化や酸性化の歴史に関する知見が得られるとされており報告例が多い¹⁾。山梨県内の富士五湖を含む6湖の自然湖沼については、その形成過程に関する研究が山中湖等で行われ、成り立ちが徐々に明らかとなってきている³⁻⁵⁾。しかし、湖の富栄養化に関する湖底堆積物を用いた解析はほとんど見られない。

そこで本研究では、湖底堆積物の生物学的情報が未だ充分得られていない河口湖について、堆積物を採取し珪藻殻による富栄養化の解析を行った。さらに堆積物中の¹³⁷Csガンマ線アクティビティを測定し、堆積年を推定した。

調査方法

1 調査地点

河口湖（東経 138° 45'、北緯 35° 31'）は、湖水面積 5.96km²、最大水深およそ 16.1m、湖岸線長 17.4km と富士五湖の中では最も複雑な形をした湖沼で、湖盆は湖心部よりやや西側にある鵜の島を境界に、東西に二分された形態となっている⁶⁾。湖底の大部分は泥質であるが、富士山に近い南岸では溶岩が露頭している部分もあり、湖底も砂礫質の場合が多い。常時流入する自然河川としては、三ツ峠方面から流入する寺川がある他はほとんど見られず、流入水は伏流水あるいは湧水として集水域から流入していると考えられている。ただし西側に隣接している西湖からは人工排水路が設けられており、水位調節などのために西湖の湖水が流入している。一方、流出する自然河川は全く見られず、人工放水路（嘯放水路）が東側の船津湖盆に設けられているのみで、湖水は放水と湖底からの浸出により流出していると考えられている。

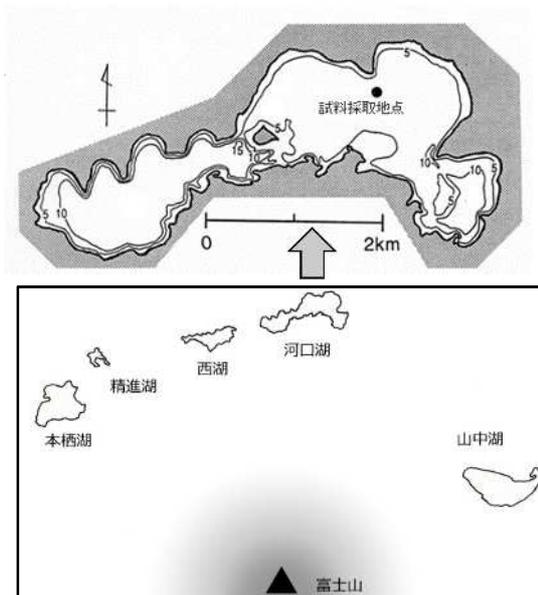


図1 試料採取地点

2 柱状試料の採取

試料の採取は、1993年5月6日に河口湖の湖北部（水深9.9m、透明度4.1m）において、打ち込み式コアサンプラー（内径53mm、長さ700mm：アクリル製）を用いて行った（図1）。採取された堆積物は湖底表層から2cm毎に切り取られ、冷蔵保存で持ち帰った後解析に供された。

3 ¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティの測定

各試料の3g（乾燥重量）について¹³⁷Csガンマ線アクティビティ（661Kev）を、ゲルマニウム半導体検出器（SEIKO E&G）を用いて測定した。

4 水分含有率、珪藻殻等の分析

各試料の分析項目は水分含有率、強熱減量および珪藻殻の分類と計数で、それぞれの画分について充分混和した後、その一部をとり105℃、2時間乾燥での減量分および450℃、30分間での減量分を測定した。また珪藻殻の観察は、試料の一部を酸処理した後蒸留水で適度に希釈し、プレウラックスで封入したものについて、光学顕微

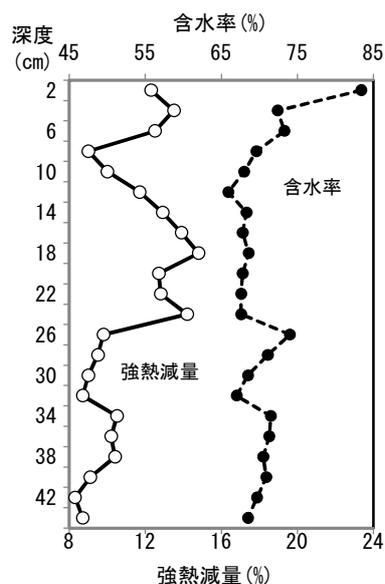


図 2 湖底堆積物の深度別含水率及び強熱減量

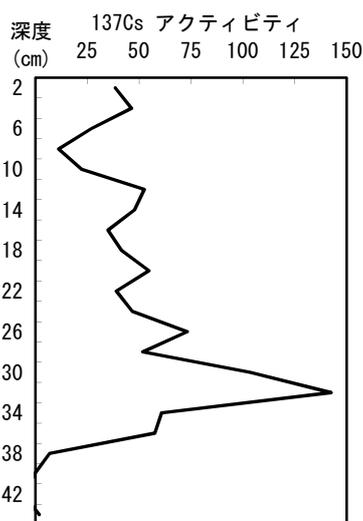


図 3 湖底堆積物の深度別¹³⁷CS アクティビティ

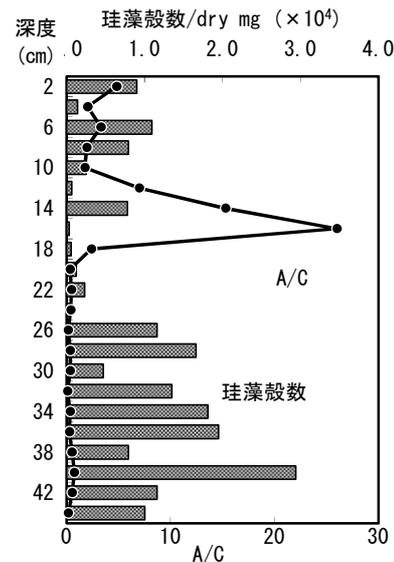


図 4 湖底堆積物中の珪藻殻数および A/C 比

鏡を用いて 600~1500 倍で同定を行い、計数は各試料につき原則として 200 殻以上を行った。種の同定は Krammer & Lange-Bertalot⁵⁾によって行った。

結果と考察

湖底堆積物は、表層から 44cm の深さまで得られ、2cm 毎に 22 の画分に分けられた。

1 水分含有率と強熱減量

図 2 に水分含有率と強熱減量の層序による変化を示した。水分含有率は 65~85% の範囲にあり、上部から 6cm までは特に高い値を示したことから、この部分はいわゆる浮泥の状態であると考えられた。一方、有機物含量の目安と考えられる強熱減量は 8~15% の範囲にあった。さらに浮泥部および上部から 10~24cm の部分で高い値を取り、それより下層部とは異なった様相を示したことから、24cm 付近で湖底への堆積環境に変化があったことが示唆された。

2 ¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティ

各フラクションの ¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティの測定結果を図 3 に示した。湖底表層より 32cm の画分においてアクティビティがピークを示した。それより浅い層では徐々に減少し、また深部のアクティビティは激減していた。京都市内の池で行われた調査結果⁶⁾でも同様の傾向を示している。また日本では、大気圏内核実験による放射性降下物が 1963 年頃に最大であり、土壤中のこれらの放射性核種も増加する⁷⁾ことから、¹³⁷Cs アクテ

ィビティが極大を示した 32cm の堆積層は、その当時の堆積物であると考えられた。各試料の比重で補正を行う必要はあるが、これによれば本研究で調査した地点での堆積速度は、概ね 1cm/年であると推測された。

3 珪藻殻数の変化

観察された珪藻殻は、400~30,000 (Frustule/dry-mg) と画分により差が見られたが、林らによる木崎湖⁸⁾や村上による新海池で観察された殻密度⁹⁾とほぼ同程度であった。図 4 には各画分で計数された珪藻殻数を棒グラフで示したが、強熱減量から堆積環境の変化が推定された 24cm を境界として、それより下層での珪藻殻数が多い反面、上層部では殻数が減少しており、特に 10~24cm の強熱減量が多い部分では殻数は極めて少なかった。これは湖内の環境が変化し、珪藻の増殖に影響があった期間ではないかと考えられた。

4 珪藻組成の変化

よく見られた珪藻としては、*Cyclotella radiosia* を主とする *Cyclotella* 属、ほとんどが *Fragilaria crotonensis* で占められる *Fragilaria* 属、主に *Achnanthes minutissima* から成る *Achnanthes* 属、*Aulacoseira granulata* がよく見られた *Aulacoseira* 属、そして多くの種から成る *Navicula* 属があった。また深い画分では *Surirella* 属、*Pinnulaia* 属、*Gyrosigma* 属、*Neidium* 属といった底棲種も多く見られた。図 5 には主な 4 属とそれ以外の属の殻組成の深度による変化を示した。20cm より下層部では *Cyclotella* 属が第一優占種であったが、それより上層部では *Fragilaria* 属が優占種へと交代している。

Stockner らによれば、湖の富栄養化の過程で中心目の珪藻 (Centrales) の割合が減少し、無背線亜目の珪藻 (Araphidineae) の珪藻が増加するとしており、その指標として両者の比 (A / C) を算出している¹⁰⁾。本研究におけるこの A / C を図 4 に実線で示した。20cm より下層部では比が 0.1 に満たないのに対し、それより上層部では 1 を超える値をとっていた。これは珪藻殻数が減少する層帯とほぼ一致し、強熱減量及び珪藻殻数の変化をふまえると 20~24cm の深度の堆積時期に湖の環境に大きな変化があり、富栄養化への進行が加速したと考えられた。

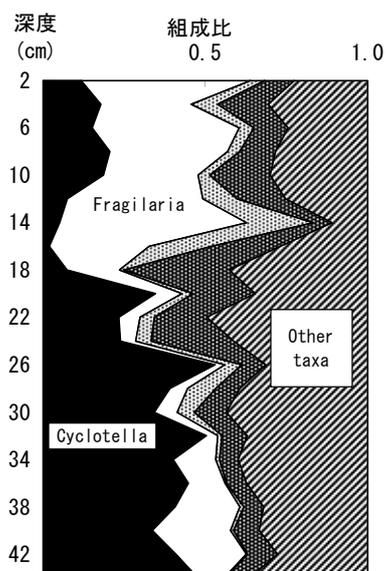
¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティの結果から推定された堆積速度を用いると、この富栄養化は試料採取の 20 年ほど前に起こったと考えられ、およそ 1970 年頃と推定された。ただし、河口湖の表層堆積物中に含まれる珪藻組成については、水平分布に地点差が見られることが既に明らかとなっており¹¹⁾、この変化が湖沼の全域で起こったのかは、さらに観察地点数を増やして検討する必要がある。

河口湖の水質についての記録としては、稲葉による 1934 年 2 月の透明度 5.8m¹²⁾、吉村による 1935 年 8 月の透明度 5.0m¹³⁾ などがある。その後水質汚濁防止法が 1970 年に施行されたことを契機に、山梨県による公共用水域水質検査が 1971 年から毎月実施されてきている。これによれば 1971 年に既に透明度は 3.0~3.7m (年 4 回実施) と低い値となっており、これらのデータはいずれも本調査で明らかとなった富栄養化への転換期以降のものと考えられた。

まとめ

河口湖の湖底堆積物を深度ごとに採取し、珪藻殻による富栄養化の解析を行った。さらに堆積物中の ¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティを測定し、堆積年を推定した。その結果以下の諸点が明らかとなった。

- 1) 堆積物中の水分含有率及び強熱減量は深さ 24cm 付近で大きな変化が認められ、堆積環境に変化があったことが示唆された。
- 2) 単位堆積物中の珪藻殻数についても、強熱減量等の変化とほぼ同じ時期に殻数の変化が認められ、上層部では殻数が減少していた。
- 3) 湖水の富栄養度の指標として、珪藻組成の比 (A / C) を求めたところ、1)、2) の変化が認められた深度 20~24cm において、富栄養化が進行したと推定された。
- 4) 堆積物中の ¹³⁷Cs ガンマ線アクティビティ測定結果から、深度 32cm 付近の堆積物が 1963 年頃の堆積物と推定され、この結果から河口湖での堆積速度は 1cm/年程度と推定された。この堆積速度を用いたところ、珪藻殻数や組成に変化が見られた時期は 1970 年頃と推定され、この時期に富栄養化が進行したと考えられた。



参考文献

- 1) E. F. Stoermer and J. P. Smol : The Diatoms : Applications for the Environmental and Earth Sciences, Cambridge Univ. press (1999)
- 2) J. P. Smol et al : Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, **3**, Kluwer Academic Publishers (2001)
- 3) 田場穰ら:山中湖の形成史-(2) 微化石群集に基づく過去 2500 年間の環境変遷史-, 日大文学部自然科学研究所紀要, **27**, 37-44 (1992)
- 4) Kazuya YOSHIZAWA et al : Environmental Change Based on Diatom Assemblages from Lake Yamanaka at the northern foot of Mt. Fuji, Central Japan, Proceed. of the 11th International Symposium on River and Lake Environments, 105-110 (2004)
- 5) Krammer, E. & Lange-Bertalot, H. : Susswasserflora von Mitteleuropa, **1~4**, Gustav Fischer, Stuttgart (1986-1991)
- 6) 京都市衛生公害研究所環境部 : 堆積物中の珪藻群の種組成から推定した沢の池の酸性度の変遷について, 京都市衛生公害研究所年報, **59**, 149-156 (1993)
- 7) 渋谷政夫 : 土壌汚染の機構と解析, 277, 産業図書 (東京) (1979)
- 8) 林秀剛ら : 木崎湖湖底堆積物中の珪藻殻, 信大環境科学論集, **9**, 64-68 (1987)
- 9) 村上哲夫 : 高度に汚染された溜池から得た堆積物中の珪藻群集とその遷移, Jpn. J. Limnol., **47**, 337-344 (1986)
- 10) Stockner J. G. , W. W. Benson : The succession of diatom assemblages in the recent sediments of Lake Washington, Limnol. Oceanogr., **12**, 513-532 (1967)
- 11) 吉澤一家, 平林公男 : 河口湖表層堆積物中の珪藻

- の水平分布, 山梨県衛生公害研年報, **46**, 42-45 (2002)
- 12) 稲葉傳三郎 : 昭和9年冬期の富士五湖, 陸水学雑誌, **4**, 101-114 (1934)
- 13) 吉村信吉 : 日本の湖水の深層水温 (第2報), 海と空, **13**, 287-310 (1933)