

13 三方五湖の富栄養化に関する研究 (第3報)

一日向湖における水質の垂直分布について

白崎 健一 青木 啓子 山口 慎一 植山 洋一 宇都宮高栄
前川 勉 沢田稔之佑 田川 専照 伊藤希一郎

I 緒 言

日向湖は若狭湾に開口し、周囲4.2km、面積0.95km²、最大深度40mのスリ針形の湖盆形態をもつかん水湖である。もとは海水から隔離された湖であったが、1630年にこの湖と若狭湾との間に日向水道がつくられ塩水化した。また1801年には隣接する水月湖との間に嵯峨隧道が開削され、水月湖の湖水が流入するようになったが、水月湖に海水が逆流し塩害が発生したため、1936年にこの隧道に水門が設置された。しかしこの隧道は地盤が弱く何度か崩壊、改修をくり返したが、1978年6月の落盤では2年間かけて改修が行なわれ、1980年7月に復旧したが、水門は開けられないまま現在に至っている。

日向湖に関する研究については大森¹⁾、中村²⁾、松山³⁾その他の報告がなされているが、福井県においても数年来調査を実施してきた。そのうちの56年度の日向湖の水質の垂直分布についてまとめたので報告する。

II 調査方法

日向湖における調査地点を図-1に示す。調査時期、採水方法および現地における試水の調整方法は三方五湖の富栄養化に関する研究(第2報)⁴⁾に、また調査項目および測定方法は同研究(第1法)⁵⁾に記載したとおりである。

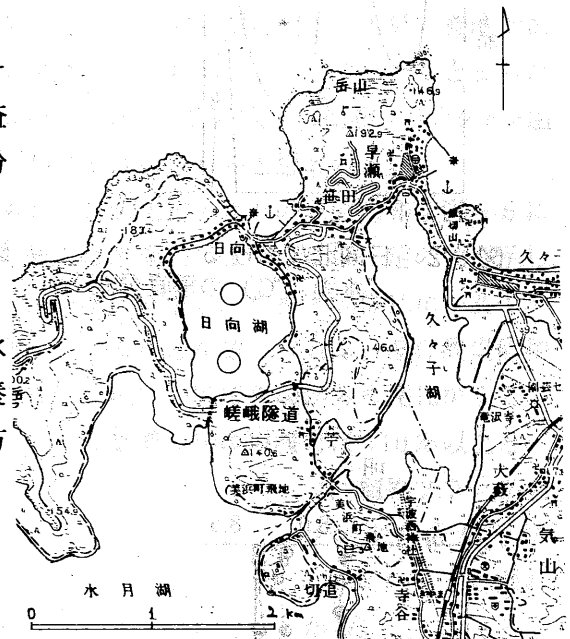


図-1 日向湖調査地点図

III 調査結果と考察

日向北の0.5m、1m、2m、5m、10m、20m、25m、30m、35mのそれぞれの層および日向南の0.5m層の水質項目間の

表-1 日向湖の水質項目間の相関係数

	水温	pH	DO	COD	SS	DO%	全窒素	有機態窒素	全リン	クロロフィルa
水温		0.78	0.33	-0.06	0.21	0.60	-0.38	0.21	-0.47	0.17
pH	* *		0.52	-0.27	0.33	0.77	-0.67	0.31	-0.73	0.13
DO	* *	* *		-0.50	-0.09	0.94	-0.80	0.28	-0.77	0.23
COD			* *		0.30	-0.45	0.74	-0.14	0.77	0.13
SS		*		*		0.02	0.14	0.04	0.14	0.18
DO%	* *	* *	* *	* *			-0.85	0.31	-0.86	0.25
全窒素	*	* *	* *	* *		* *		-0.19	0.91	-0.16
有機態窒素		*							-0.37	0.14
全リン	* *	* *	* *	* *		* *	* *	*		-0.07
クロロフィルa										

** : 1%有意

* : 5%有意

相関係数を表-1に示す。クロロフィルa, 有機態窒素およびSSは他の項目との相関がほとんどみられなかったが, pH, DO, 全窒素および全リンの間にはそれぞれ高い相関を示し, とくに全窒素と全リン間には

相関係数0.91と非常に高い相関がみられた。

図-2に日向北における水温の垂直分布を示す。これより, 日向湖では水深20m付近で水温躍層が存在すると思われる。

春から夏にかけて水温は湖水面から上昇して完全な温度成層を形成し, 夏には表層と底層の温度差は18℃に達した。秋には水温の低下が始まり, 成層がくずれて中温層が現れ, 循環が起りやすい状態となる。冬にはさらに水温が下がり弱い逆転層が出現した。

下層では水温の季節変化はあまりなく, 年間を通して8℃~10℃であった。

図-3に塩素イオン濃度の垂直分布を年平均値で示す。

表層では雨水等のためにわずかに濃度が低く, 変動もやや大きくなっているが, 2m以深ではほぼ海水の濃度に等しく, 変動も小さい。これは日向湖には流入する河川が無く, 嵯峨隧道が閉鎖され水月湖からの流入が無くなってからは湾のような形態になっており, 湖水の流入, 流出は日向水道を通しての海水の交換だけとなっているため

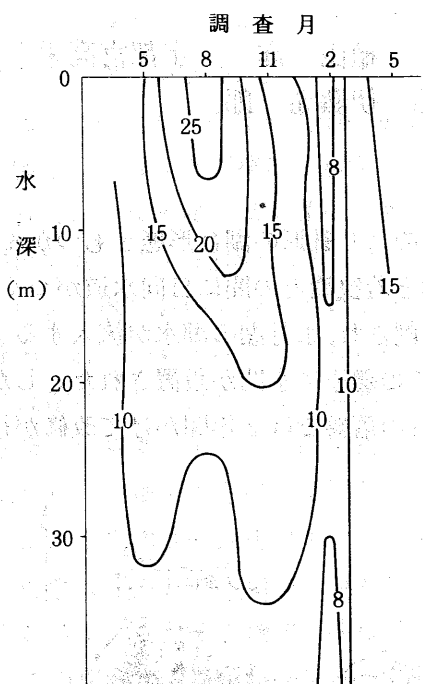


図-2 日向北における水温(℃)の垂直分布

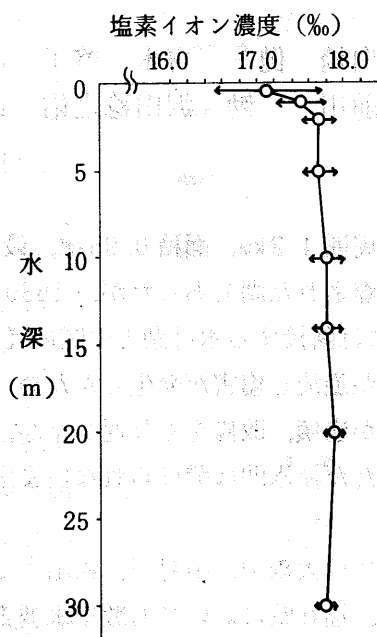


図-3 日向北における塩素量の垂直分布

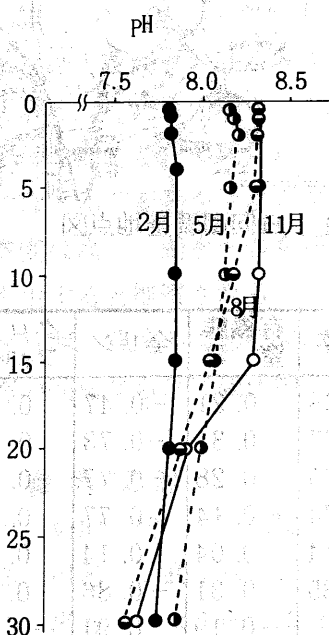


図-4 日向北におけるpHの垂直分布

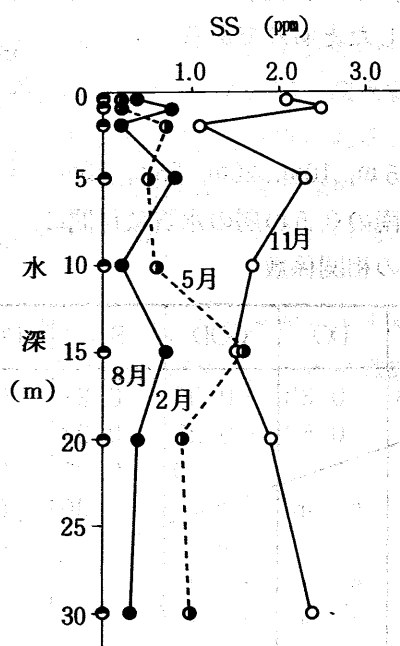


図-5 日向北におけるSSの垂直分布

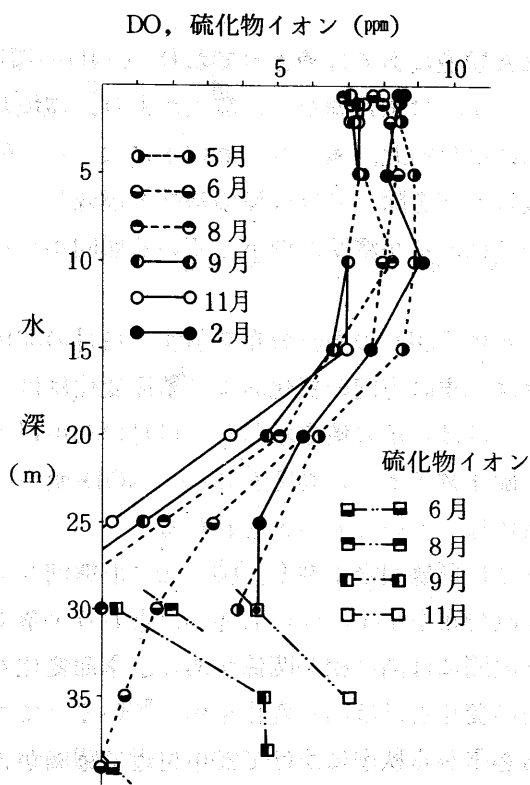


図-6 日向北におけるDOおよび硫化物イオンの垂直分布

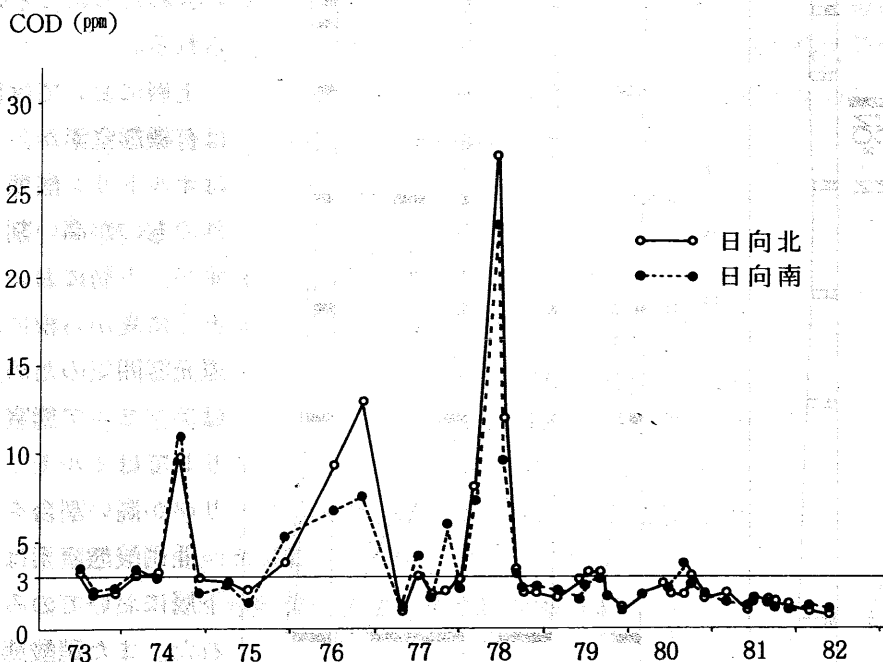


図-7 日向湖におけるCODの経年変化

ある。

pHの垂直分布を図-4に示す。冬には表層から底層まではほぼ様な値を示すが、春から秋にかけては表層で8.1から8.3とやや高く、20m以深では8.0以下となり、30m以深の下層では7.5～7.8のやや低い値を示した。

上層でのpHの値は日向地先の海域でのpHと同じ値を示している。下層でやや低い値を示すのは松山らの報告³⁾にあるように無酸素状態では湖底の堆積物から炭酸イオンが遊離するためと思われるが、今後の調査をまって判断したい。

SSの垂直分布を図-5に示す。温度成層が最も顕著に現われる8月には表層から底層まで全てND(0.1ppm以下)であった。11月には表層から底層までの平均値は1.9ppmを示したが、他の湖と較べると低い濃度であった。SSは窒素、リンおよびクロロフィルaとまったく相関がないことからSSの成分は植物プランクトン由来のものばかりではないものと思われる。

溶存酸素および硫化物イオンの垂直分布を図-6に示す。溶存酸素は水深15mまではほぼ一定の値を示し、それ以深では急激に低下し、水温と同様15m～20mに躍層が存在していることが認められる。溶存酸素飽和度でみると春から秋にかけて表層から水深15mまでが100%で、とくに夏季の10m以浅では110%以上となり、

植物プランクトンの光合成が行なわれていることがわかる。

生産された植物プランクトンが湖底に沈降し、酸化分解されるため下層での溶存酸素は少くなる。6月には底層で無酸素層が出現し始め、11月には25m層まで上昇する。

無酸素の層では海水中の硫酸イオンが還元されて硫化物イオンが生成され、11月

には最高濃度 7.1 ppm が検出された。冬には無酸素層は消失し、硫化物イオンも検出されなくなるが、これは湖水の循環が起ったためと思われる。

1973 年からの COD の経年変化を図-7 に示す。日向湖は A 類型にあてはめられており、COD の環境基準は 3 ppm であるが、1978 年 6 月に嵯峨隧道が崩壊、閉鎖されるまでは水月湖からの流入があり、環境基準を大きく上回る値が測定されている。とくに隧道の崩壊直前には日向北、南とも 20 ppm 以上になった。隧道

閉鎖後は一部を除いてほぼ環境基準を達成しており、わずかではあるが濃度が低下している傾向がうかがえる。

図-8 に COD の垂直分布を示す。11月の30m層を除けば、垂直方向の変化および季節変化ははっきりせず、ほぼ一定の値を示した。11月の30m以下の層では硫化物イオンの濃度も高く、COD 値を高める要素になっているものと思われる。

図-9 に形態別窒素濃度、図-10 に形態別リン濃度の垂直分布を示す。前にも述べたとおり全窒素と全リンの間には高い相関関係があり、季節変化も垂直方向の変化もほぼ同じ変化を示している。またここでも春季から秋季にかけて20m付近で躍層が認められた。

2月には表層から底層までほぼ一定に他の季節よりかなり高い濃度を示し、とくにリンでは11月の30m層の全リン中のオルトリン酸態リンの割合と、2月の各層のそれとが約75%で一致し、循環が起って

11月の底層水が表層までいきわたったことが認められる。

上層においては窒素では有機態窒素が、リンではオルトリン酸態リン以外のものが高い割合を示すが、下層においては、とくに夏から秋にかけて、還元雰囲気のため窒素ではアンモニア態窒素が、リンではオルトリン酸態リンが高い割合を示した。

亜硝酸態窒素は5月の下層においてのみ検出された。また硝酸態窒素は上層では夏には検出されず、その他の季節でも

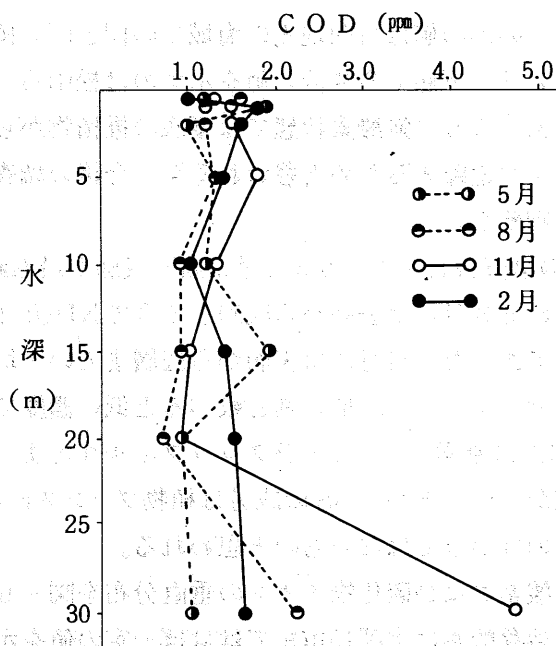


図-8 日向北における COD の垂直分布

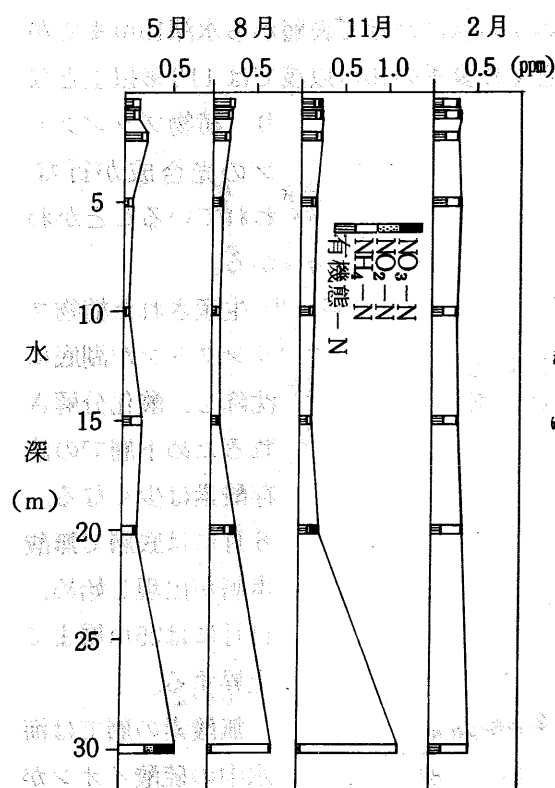


図-9 日向北における窒素の形態別垂直分布

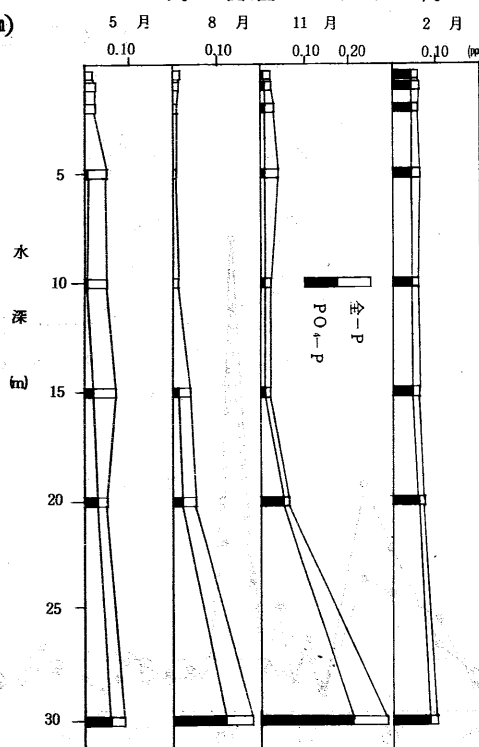


図-10 日向北におけるリンの形態別垂直分布

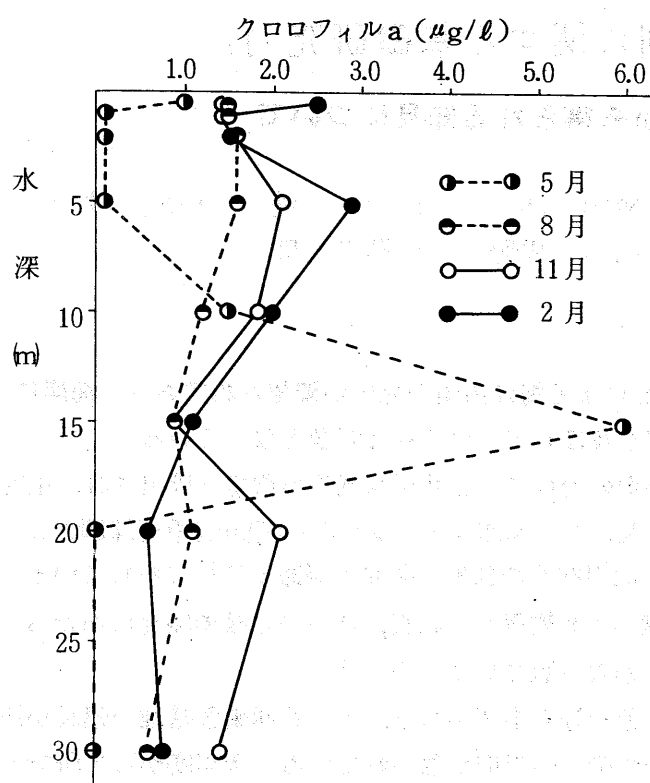


図-11 日向湖におけるクロロフィルaの垂直分布

0.06ppm以下と低い値であったが、下層では5月の30m層で0.27ppm、8月と11月の20m層でそれぞれ0.07ppm、0.011ppmの値が測定された。

図-11にクロロフィルaの垂直分布を示す。5月の15m層の6μg/lを除けば全て3μg/l以下であり他の湖に較べてはるかに低い値となっている。これは川上ら⁶⁾が報告しているように、塩素イオン濃度が海水と同じぐらいに多いこと、海水の出入りによる水の大きな流れによるものと思われる。表-1で示したとおりクロロフィルaは全窒素、全リンおよびCODとの相関がまったくみられないのもこのことによるものと思われる。5月の15m層では窒素、リンおよびSSの濃度も高く、ここで植物プランクトンの生産が行なわれていたことが認められる。

IV 結 語

日向湖は嵯峨隧道が閉鎖されて以来、水深40mの湾の形態を示すかん水湖である。春から水温が上昇するにつれて植物プランクトンの生産が始まり、

それが底層へ沈降、堆積し酸化分解され、無酸素層が出現するようになる。そこでは海水中の硫酸イオンが還元されて硫化物イオンが発生する。これは11月に最高濃度を示した。

秋から冬にかけて湖水の循環が起り、表層まで窒素、リン濃度が高くなった。春にかけてそれが急激に減少するが、海へ流出するためなのか、植物プランクトンの生産に消費されるためなのか不明である。また夏から秋にかけては水深20m付近に水温、pH、窒素、リンにおいて躍層が認められた。

海水の流入、流出の状態は日向湖の水質変化に大きな影響を与えると思われるが、今回の調査では明らかにすることができなかった。海水の交換状態については福井県の報告⁷⁾⁸⁾があるので、今後それらを参考に検討していきたい。また、底質からの栄養塩の回帰、炭酸イオンの分布、塩素量とクロロフィルとの関係等不明な点が多く、これらも今後の課題である。

V 参 考 文 献

- 1) 大森 江い：地質調査月報，**22**，71（1971）
- 2) 中村 充他：農業土木試験場報告，**12**，185，（1974）
- 3) 松山 通郎他：Jap. J. Limnol.，**34**，165（1973）
- 4) 沢田 稔之佑他：本誌，**11**，192（1981）
- 5) 田川 専照他：本誌，**11**，167（1981）
- 6) 川上 誠一他：水質汚濁学会講演集，**16**，188（1982）
- 7) 福井県，日向湖漁場環境調査報告書（1973）
- 8) 福井県，昭和55年度環境庁委託業務結果報告書（1981）