

資料

高隈ダム貯水池の水質

坂本 洋 西中須 暁子 切通 淳一郎
 大淵脇 久治 宮田 義彦

1 はじめに

高隈ダムは、大隅半島の中央部に広がる笠野原台地北部に位置し、肝属川水系の申良川に1967年に建設されており、堤高47m、湛水面積1.04km²、総貯水量1,393万m³の重力式コンクリートダムである。その貯水池は、大隅湖と呼ばれ、周辺は公園として整備されている。

ダムには、年間約1億トンの流入があり、そのうち約3万トンがかんがい利用されている。

環境基準の類型については、1973年12月に申良川がA類型として指定され、その後、「富栄養化の様相が伺われたこと」¹⁾から、1997年6月に湖沼としてCOD等に係る環境基準についてA類型、全窒素及び全りんに係る環境基準についてⅢ類型（ただし、全窒素については当分の間適用しない。）の指定がなされている。

これに伴い本県では1997年度から水質常時監視が実施されており、本報はこれまでの結果をもとに高隈ダム貯水池における水質変動についてとりまとめたものである。

2 調査方法

2.1 調査地点及び調査時期

図1に示す環境基準点の2地点のほか、貯水池内上流部の監視点イ及び流入河川の監視点ロにおいて、年6回奇数月に調査を実施した。解析には、1997～2005年度までのデータを使用した。

2.2 調査方法

採水地点は調査月により水深が変動するため、中層及び下層については水深に合わせて、表1のとおり実施した。また、監視点ロは流入河川に位置するため0.2m層を採水した。

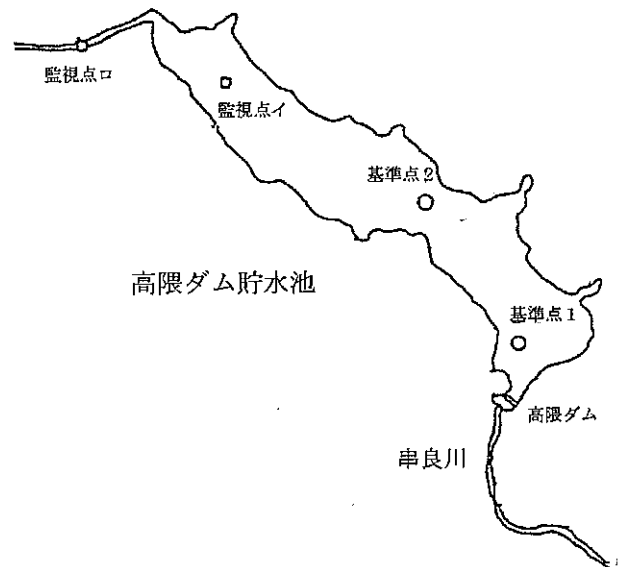


図1 調査地点

表1 採水地点

地点名称	採水地点
基準点1	表層 (0.5m層)
	中層 (下層水深の1/2の水深)
	下層 (湖底から3m直上の水深)
基準点2	表層 (0.5m層)
	下層 (湖底から3m直上の水深)
監視点イ	表層 (0.5m層)
監視点ロ	表層 (0.2m層)

2.3 調査項目

生活環境項目 pH, DO, COD, SS, 大腸菌群数, 全窒素, 全りん

その他の項目 栄養塩類, 塩素イオン, クロロフィル

測定方法は、SS及び大腸菌群数は環境省告示第59号²⁾

クロロフィルは気象庁海洋観測指針³⁾、それ以外はJIS K 0102⁴⁾に従った。

3 結果及び考察

3.1 透明度

基準点1及び2における透明度の経年変化を図2に示す。2地点とも特に季節変動は認められず、おおむね2～5mの範囲で横ばいに推移している。

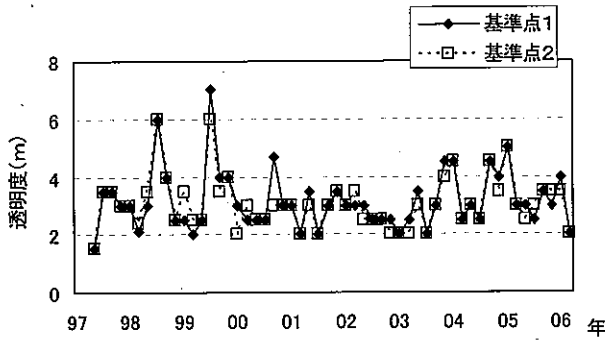


図2 透明度の経年変化(基準点1及び2)

3.2 水温

基準点1各層における水温の経年変化及び2004年度における水温鉛直図をそれぞれ図3及び図4に示す。表層の水温は9.1～30.2℃で推移し、平均値は19.3℃であった。中層は8.8～24.3℃で推移し、平均値は15.4℃、下層は8.7～19.1℃で推移し、平均値は12.3℃であった。

水温鉛直図から、5月には水深15～20mに水温躍層が現れるが11月にはほぼ躍層は消失し、1月には湖水の水温は均一になり湖水全体が循環していることがうかがえる。

3.3 DO

基準点1各層におけるDOの経年変化を図5に示す。表層のDOは8.0～12.4mg/L (溶存酸素飽和度89～141%)で飽和度が100%以上の試料が全体の76%を占めた。特に春季から夏季にかけて飽和度は120%以上と高くなっており、植物プランクトンの活動による影響を受けていると推察される。

中層は0.7～11.9mg/L (同7.7～110%)で推移し、湖水が循環する冬季に上昇し、成層期の夏季に低下する季節変動がみられた。

下層は0.5～11.1mg/L (同0～100%)で推移し、他の層と同様に季節変動がみられたが、毎年夏季に無酸素状態が生じ、その後冬季の湖水循環により、表層・中層と同じレベルになっていることがわかる。

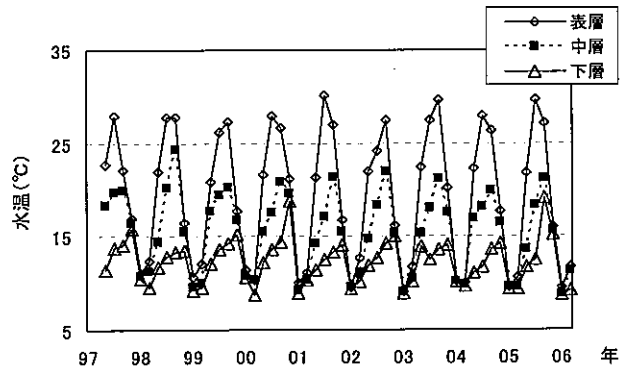


図3 水温の経年変化(基準点1)

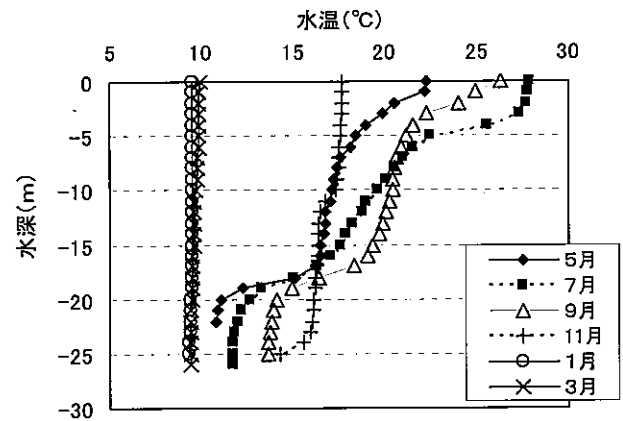


図4 基準点1における水温鉛直図(2004年度)

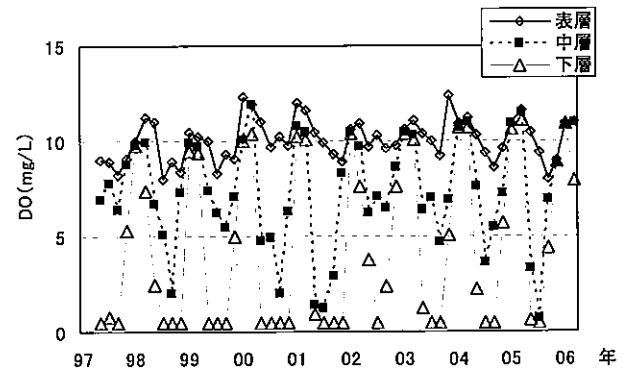


図5 DOの経年変化(基準点1)

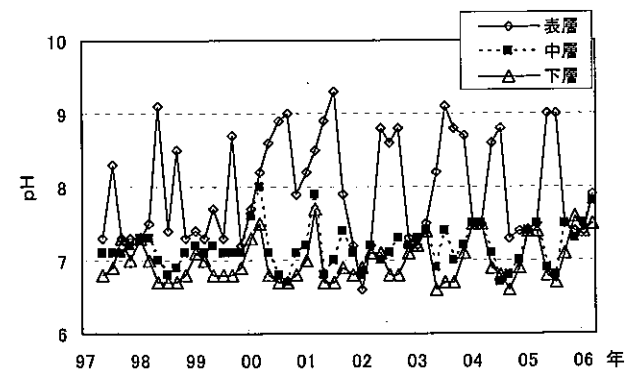


図6 pHの経年変化(基準点1)

3. 4 pH

基準点1におけるpHの経年変化を図6に示す。

表層のpHは6.6~9.3で推移し、夏季に高くなり冬季に低くなる季節変動を示した。特に5~7月に環境基準値の8.5を超過する場合はしばしば認められた。

これは、植物プランクトンの活発な活動のためと考えられる。

3. 5 COD

基準点1, 2及び監視点イにおけるCOD75%値の推移を表2に示す。

表2 COD75%値の経年変化 (単位: mg/L)

地点名称	97	98	99	00	01	02	03	04	05
基準点1	1.7	2.4	2.5	2.4	2.6	2.5	2.9	2.5	2.6
基準点2	1.9	1.7	3.0	3.1	2.7	2.4	2.9	2.4	2.9
監視点イ	2.1	2.5	2.5	6.1	2.9	3.4	4.1	3.9	2.5

基準点1は1997年度以降継続してCODに係る環境基準(3mg/L)を達成しているが、基準点2は2000年度に環境基準を達成できなかった。また、環境基準の評価地点ではないが監視点イでも2000年度及び2002~2004年度に環境基準値を超過した。

次に、基準点1各層におけるCODの経年変化を図7に示す。1997年度を除くすべての年度において3.0mg/Lを超過した月が出現した。また、表層においては、1999年度以降は毎年度、3.0mg/Lを超過した月が出現した。

2003年11月の表層は7.5mg/Lと特に高い値を示したが、このときはいわゆる水の華が確認された。

表層のCODとクロロフィルa濃度の相関係数は0.844と高いことから、植物プランクトンのCODへの寄与が大きいことが考えられる。

また、下層のCODは溶存酸素が少なくなると高くなる傾向が顕著であり、底泥からのCOD成分の溶出の影響が考えられる。

3. 5 SS

基準点1各層におけるSSの経年変化を図8に示す。

表層は<1~9mg/L、中層は<1~5mg/L、下層は<1~12mg/Lで推移し、平均値はそれぞれ2.2, 1.6, 2.4mg/Lであった。表層及び下層で環境基準値(5mg/L)を超過した月があった。

3. 6 全窒素及び各態窒素

基準点1各層における全窒素の経年変化を図9に示

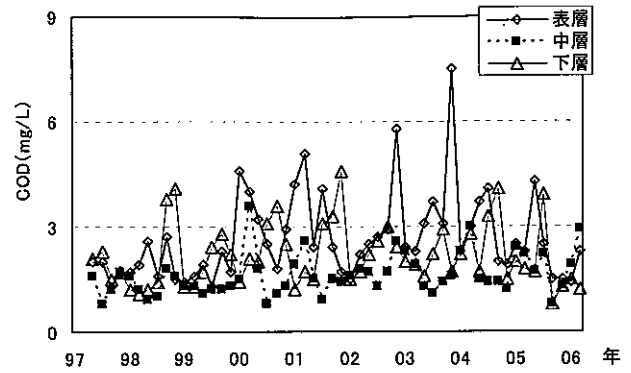


図7 CODの経年変化(基準点1)

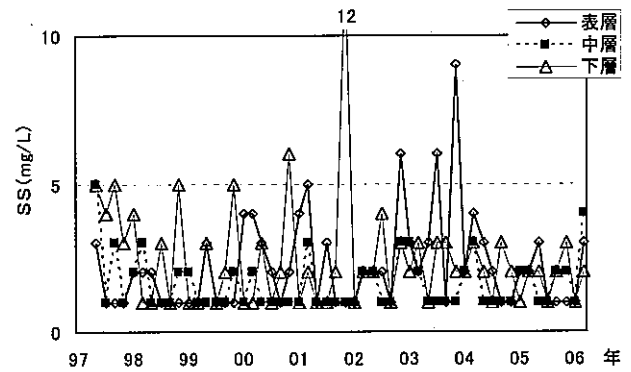


図8 SSの経年変化(基準点1)

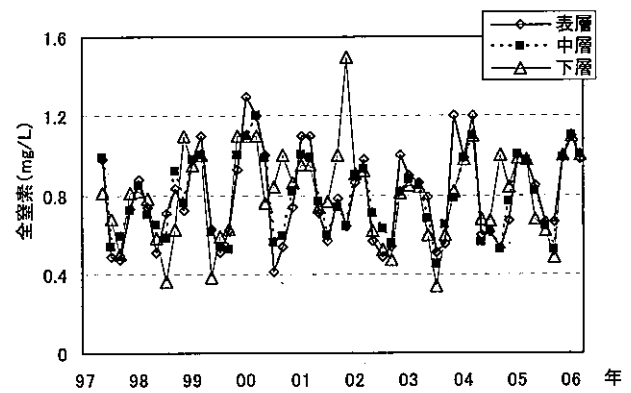


図9 全窒素の経年変化(基準点1)

す。

表層では0.41~1.3mg/L、中層では0.45~1.2mg/L、下層では0.34~1.5mg/Lで推移していた。全窒素に係る環境基準は当分の間適用されないが、Ⅲ類型の基準値0.4mg/Lを表層はすべて超過していた。

また、中層・下層においてもほとんどが超過した。

全窒素は各層とも夏季に低く冬季に高くなる傾向を示した。

次に、全窒素及び各態窒素(アンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素)の経年変化を各層ごとに図10~

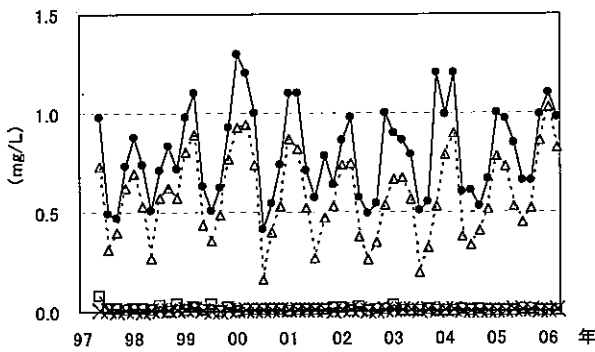


図10 窒素各態濃度の経年変化(基準点1表層)

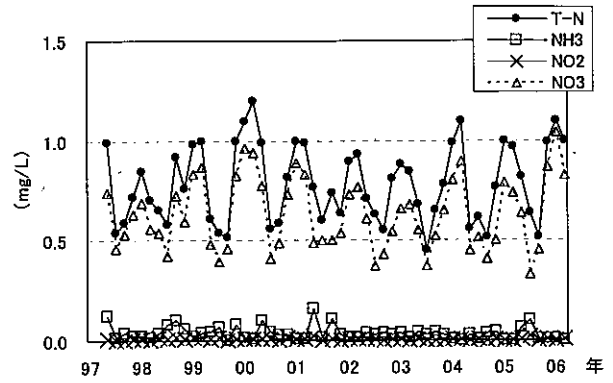


図11 窒素各態濃度の経年変化(基準点1中層)

12に示す。全ての層において無機態窒素の占める割合が大きかった。また、表層・中層では全窒素のほとんどが硝酸態窒素で占められていた。一方、下層では夏季にアンモニア態窒素の割合が顕著に増加しており、溶存酸素が消費され嫌氣的雰囲気になっていることを示唆している。

3.7 全りん

基準点1、2及び監視点イにおける全りん（表層）の平均値の推移を表3に示す。

すべての地点が、調査開始以降継続して環境基準（0.03mg/L）を達成した。

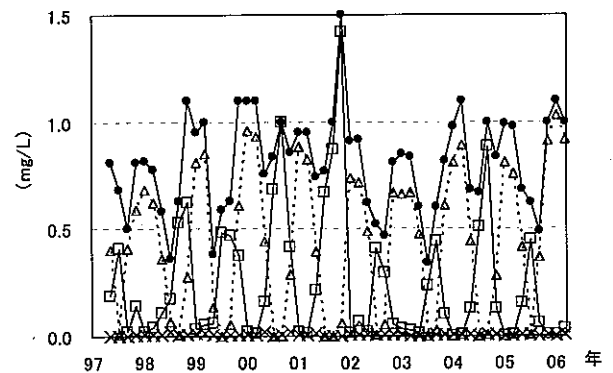


図12 窒素各態濃度の経年変化(基準点1下層)

表3 全りん（表層）の平均値の経年変化 (単位：mg/L)

地点名称	97	98	99	00	01	02	03	04	05
基準点1	0.011	0.014	0.016	0.018	0.014	0.017	0.018	0.009	0.010
基準点2	0.013	0.013	0.018	0.021	0.015	0.016	0.016	0.010	0.010
監視点イ	0.013	0.015	0.013	0.028	0.016	0.017	0.029	0.012	0.011

次に基準点1の各層における全りんの経年変化を図13示す。

表層は0.005~0.37mg/L、中層は0.005~0.021mg/L、下層は0.005~0.041mg/Lで推移した。中層に比べ表層と下層が高く、0.030mg/Lを超過した月も見受けられる。

全りんの濃度変動は各層間で異なり、全窒素との違いがみられた。また、季節変動も顕著ではなかった。溶存酸素が少ない夏季に下層で濃度が高くなる傾向があるが、2004年度以降濃度レベルがやや下降している。

次に、全りん及びりん酸態りんの経年変化を各層ごとに図14~16に示す。

表層・中層では季節に関係なく全りんのほとんどが有機態りんで占められていると考えられる。

これに対し、下層では夏季にりん酸態りんの割合が顕著に増加している。夏季以外では他の層と同様に無機態

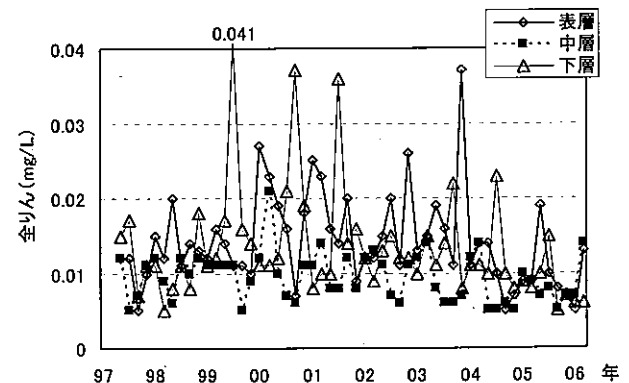


図13 全りんの経年変化(基準点1)

りんの割合は小さいことから、嫌氣的状態になる夏季に底泥からりん酸態りんが溶出していると考えられる。

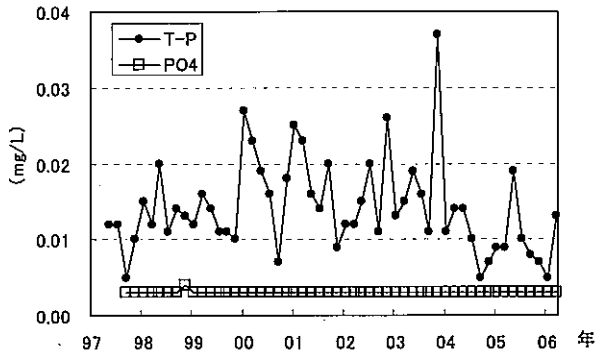


図14 リン各態濃度の経年変化(基準点1表層)

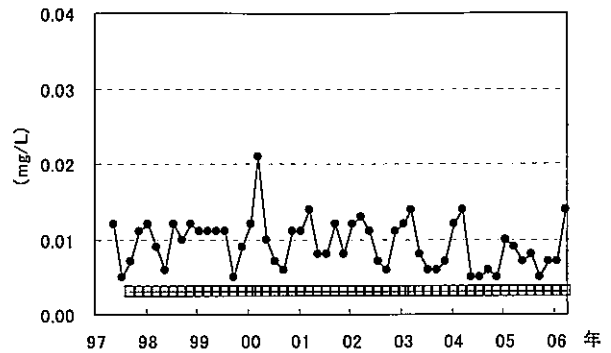


図15 リン各態濃度の経年変化(基準点1中層)

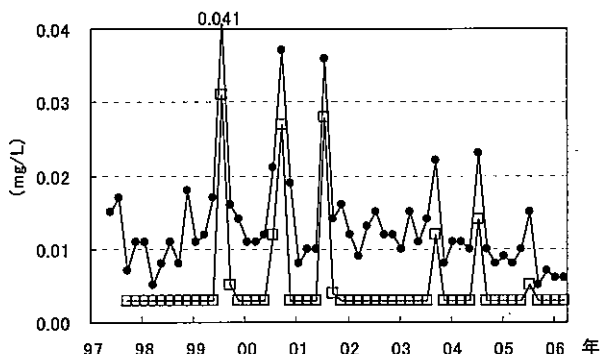


図16 リン各態濃度の経年変化(基準点1下層)

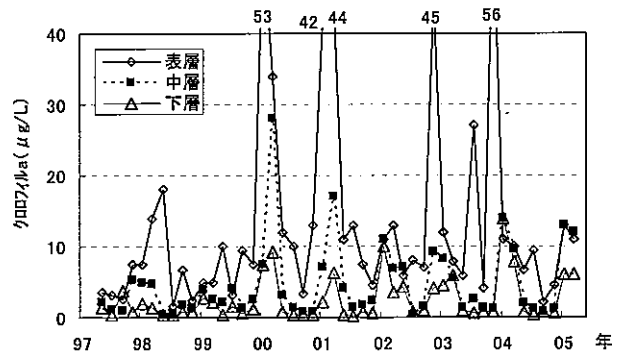


図17 クロロフィルaの経年変化(基準点1)

3. 8 全窒素/全りん重量比 (以下、T-N/T-Pとする。)

T-N/T-Pは基準点1の表層で65, 全層で76であり、基準点2の表層で63, 全層で71であり、監視点イで63であった。

Sakamoto(1966)⁹⁾はT-N/T-Pが25以上であれば植物プランクトンの増殖はりんにより制限を受け、10以下では窒素の制限を受けると報告している。これによると高隈ダム貯水池はりんが制限因子となっていると考えられる。

なお、全窒素と全りん濃度の相関は低かった。

3. 9 クロロフィル a

基準点1の各層におけるクロロフィルaの経年変化を図17に示す。

表層は1.5~56µg/L, 中層は0.4~28µg/L, 下層は0.1~14µg/Lで推移した。

クロロフィルaと全窒素, 全りん濃度の相関係数はそれぞれ0.573, 0.825であり, 特に全りんとの高い相関が認められた。全りんは植物プランクトンの増殖に大きく関与していると考えられる。

また, これまでの常時監視調査時にいわゆる水の華の発生が2000年1月, 11月, 2003年5月, 11月に確認され, その際の水質をみるとクロロフィルa, COD, 全窒素及

表4 監視点口との測定項目別相関

	基準点1	基準点2	監視点イ
pH	0.657	0.671	0.724
COD	0.318	0.153	0.162
大腸菌群数	0.064	0.043	0.226
T-N	0.793	0.776	0.546
T-P	0.193	0.101	0.091
Cl ⁻	0.334	0.196	0.168

び全りん濃度が高かった。2000年1月には渦鞭毛藻類 (Gymnodinium), 2003年5月には同じく渦鞭毛藻類 (Peridinium), 11月には渦鞭毛藻類のほか藍藻類 (Microcystis) が確認された。

3. 10 流入河川の影響

流入河川と湖内水質の差を検討するため, 項目別に監視点口と他の地点との相関係数を表4に示す。

監視点口はいずれの項目についても他の地点と高い相関を有していないことから, 流入河川からの直接的な影響は少ないと考えられる。

4 まとめ

高隈ダム貯水池の水質変動について、1997年度から2005年度の常時監視データを用いて解析した結果、以下の知見が得られた。

- 1) DOは夏季に下層で無酸素状態となるが、冬季に湖水が循環し他の層と同じレベルまで回復している。
- 2) CODは基準点1では1997年度以降継続し、基準点2では2000年度を除き環境基準を達成していたが、監視点イのCOD75%値は3.0mg/Lを超過することがあった。また、表層においてはクロロフィルaとの相関が高く、植物プランクトンのCODへの寄与が大きいと考えられる。
- 3) 全ての層において全窒素に対する無機態窒素の占める割合が大きかった。表層・中層では硝酸態窒素の割合が大きかったのに対し、下層では夏季に嫌気的な状態が生ずるため、アンモニア態窒素の割合が増大した。
- 4) 全りんは継続して環境基準を達成している。また、全りんに対する無機態りんの占める割合は小さかったが、夏季の下層において嫌気的な状態になると底泥からりん酸態りんが溶出していると考えられる。
- 5) T-N/T-Pから高隈ダム貯水池における植物プランクトンの増殖の制限因子はりんであると考えられる。

参考文献

- 1) 鹿児島県；平成9年版環境白書(平成9年)
- 2) 環境庁；環境庁告示第59号(昭和46年)
- 3) 気象庁；海洋観測指針(1999)
- 4) 通商産業省；JIS K 0102(平成10年)
- 5) Sakamoto；Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth, Arch Hydrobiol., 62, 1～28(1966)