

12. 2006年度琵琶湖水質について

透明度およびCODの変動について

小林博美・岡本高弘・奥田一臣・吉田美紀・一瀬諭・
古田世子・青木茂・原良平・中村豊久¹⁾・安藤茂伸²⁾

要約

国土交通省近畿地方整備局、水資源機構および滋賀県が共同で実施している琵琶湖水質調査については、調査・分析・データの解析を当センターと国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所で協力・分担して行い、各年度の結果を滋賀県環境審議会に報告するとともに、データは国や県、当センターのホームページに公開している。これらの調査結果やその評価に基づき、昨年度に引き続き、今回、2006年度の琵琶湖水質の特徴について報告する。

この琵琶湖水質調査結果を解析すると、近年、上昇傾向にある透明度は、2006年度も北湖および南湖とも透明度が高い状況が継続し、特に北湖の透明度の上昇が顕著であった。また、有機物指標であるCODは北湖および南湖とも2005年度より減少が認められた。これらの要因として、春季の気温低下、梅雨時期の大雨、冬季の気温上昇等種々の気象変化に伴う植物プランクトンの減少が考えられた。

1. はじめに

琵琶湖の水質調査は、琵琶湖の水質変動の把握と環境基準監視のため、水質汚濁防止法に基づき、滋賀県環境審議会の審議と国との協議を経て知事が作成する滋賀県公共用水域・地下水水質測定計画（以下、「測定計画」という。）により、国土交通省近畿地方整備局、水資源機構および滋賀県が共同で実施している。

調査地点は、図1に示すとおりであり、このうち国土交通省が37地点、滋賀県が環境基準点の12地点において、それぞれ毎月1回表層水について、調査・分析を分担して実施している。このほか、水深別の水質調査や

連続測定についてもそれぞれの機関で実施している。

これらの調査結果については、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所および滋賀県琵琶湖環境部環境管理課（現 琵琶湖再生課）と当センターにおいて集計、解析、評価を行い、滋賀県環境審議会に報告している。また、個々のデータについても、環境白書等やホームページを通じて公表している。

そこで、2006年度の琵琶湖水質調査結果の評価と特徴的な事象について報告する。

2. 調査方法

2.1 琵琶湖における水質モニタリングの概要

琵琶湖・瀬田川49地点および水深別調査地点を図1に示す。透明度、pH、浮遊物質（SS）、化学的酸素要求量（COD）等一般項目や全窒素（T-N）、全りん（T-P）等の生活環境項目については、毎月上旬に、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所と当センターで協力、分担して、北湖28地点、南湖19地点、瀬田川2地点の計49地点において、透明度や水温等を現場測定するとともに表層0.5mで採水を行い、それぞれの機関で分析を行っている。カドミウム、全シアン等の健康項目、ニッケルやホルムアルデヒド等の要監視項目、クロロフィルa等のその他の項目については測定計画に基

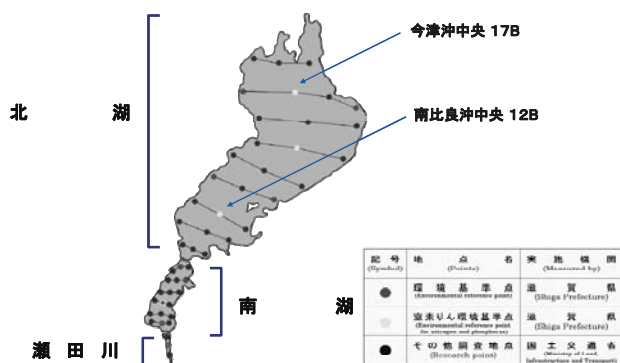


図1 調査地点

1) 滋賀県琵琶湖環境部環境管理課（現 琵琶湖再生課）、 2) 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所

づく頻度で分析を実施している。

また、北湖深層部における水深別調査については、当センターでは今津港と長浜港を結ぶ線上のほぼ中央の水深約90m地点st.1(通称「今津沖中央」)において、0.5m、5m、10m、15m、20m、30m、40m、60m、80m、湖底から1mの10層で月2回実施している。

各項目の分析は、測定計画に基づき行っている。

2.2 プランクトン調査

湖心部におけるプランクトンの状況をモニタリングするため、今津沖中央および唐崎沖中央において、毎月2回、プランクトン種を同定し、その細胞数を計数している。

3. 調査結果

3.1 2006年度の琵琶湖水質の概要

2006年度における琵琶湖表層における主要水質項目の調査結果の平均値とその評価を表1に示す。

表1 2006年度琵琶湖主要水質項目の年平均値と評価

項目	区分	北湖		南湖		瀬田川	
		平均値	対前年度・ 過年度評価	平均値	対前年度・ 過年度評価	平均値	対前年度・ 過年度評価
透明度	18年度	6.5		2.5		2.2	
	前年度	5.9	△	2.4		2.5	
	過年度	5.5	△△△	2.1	△	2.4	
COD	18年度	2.5		3.1		3.1	
	前年度	2.7	▼▼	3.2	▼	3.4	▼
	過年度	2.6	▼	3.1		3.2	
全窒素	18年度	0.27		0.31		0.59	
	前年度	0.29		0.32		0.55	△
	過年度	0.30		0.37	▼	0.56	
全りん	18年度	0.007		0.015		0.020	
	前年度	0.008	▼	0.017	▼	0.019	
	過年度	0.008		0.018	▼▼	0.019	
BOD	18年度	0.4	※	1.0		1.1	
	前年度	0.6		0.9	△	1.0	
	過年度	0.6		1.0		1.0	
SS	18年度	0.9		3.2		3.5	
	前年度	1.1	▼	3.4		3.5	
	過年度	1.2	▼▼	5.0	▼	3.8	
大腸菌 群数 (対数)	18年度	3.0		3.2		3.2	
	前年度	3.1		3.3		3.1	
	過年度	2.9		3.2		3.3	
pH	18年度	8.0		8.1		7.9	
	前年度	8.1	▼	8.2	▼	7.9	
	過年度	8.0		8.1		7.8	
クロロ フィル a	18年度	2.5		4.7		4.6	
	前年度	4.5	▼▼▼	5.8	▼	6.0	
	過年度	3.7	▼▼▼	6.5	▼	6.2	

以下、説明のある場合を除き、北湖については28地点、南湖については19地点の平均値を、瀬田川については1地点の値を示す。評価については、2006年度のデータに対して過去10年間（1996～2005年度）を過年度とし、その平均値と比較し、当該年度の値との差Dと過年度の標準偏差σとの関係から、以下のとおり行っている。

$0 \leq |D| \leq \sigma$ 過年度並み（無印）

$\sigma < |D| \leq 2\sigma$ 少し高い（△）・少し低い（▼）

$2\sigma < |D| \leq 3\sigma$ 高い（△△）・低い（▼▼）

$3\sigma < |D|$ かなり高い（△△△）・かなり低い（▼▼▼）

2006年度の水質変動の特徴としては、透明度が北湖、南湖とも高い値で推移し、北湖においては、現在の方法で調査を始めた1979年度以降最高値となり、過去最高値であった1984年度および1994年度の6.0mを大きく上回る値となった。

富栄養化の指標である全窒素は、近年横ばい傾向にあるが、南湖で2005年度に引き続きわずかな減少がみられた。また、全りんについては北湖および南湖とも引き続き減少傾向であった。有機物指標であるCODは、北湖および南湖とも2005年度より減少した。近年横ばい傾向にある北湖における年平均値は1997年度並に減少した。

3.2 気象の特徴

2006年度の気温の状況について、彦根気象台における月間平均気温の推移と経年比較を図2に示す。彦根地方気象台が発表した「滋賀県の気象」2006年の年報および2007年1～3月の月報によると、4月は低気圧や前線の影響で曇りや雨の日が多く、寒気の影響で気温の低い日が多かったため、平均気温は平年より低かった。

その後、6月上旬に近畿地方は梅雨入りし、梅雨前線が西日本に停滞することが多く、特に7月の中旬から下旬にかけて前線活動が活発となり、県内各地で大雨が降ったため、7月の彦根の平均気温は平年並であったものの、降水量は平年よりかなり多く、日照時間は平年よりかなり少なかった。8月～10月にかけては、太平洋高気圧に覆われる日が多かったため、晴れて気温の高い日が多く、降水量は平年より少なかった。また、12月から2月にかけて冬型の気圧配置となったのは一時的で、高気圧に覆われる日が多く晴れる日が多かったため、平均気温は平年よりかなり高かった。

琵琶湖水位、流出量および流域降水量の変動をみると、特に7月の中旬に大雨があり、流出量が一時的に増加した。

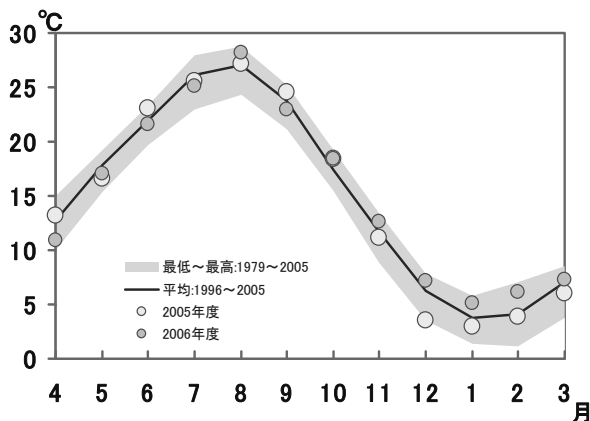


図2 彦根気象台における月刊平均気温の推移

（データ：彦根地方気象台）

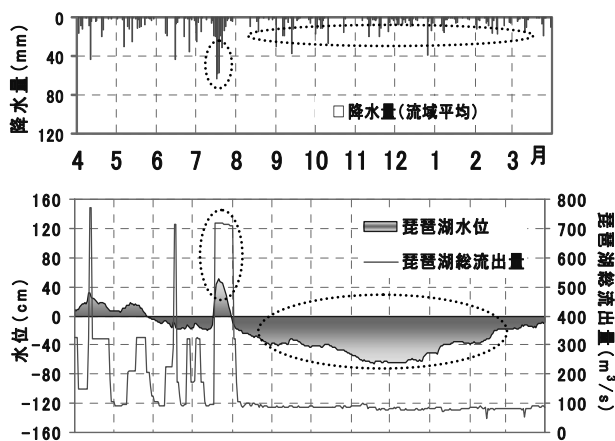


図3 琵琶湖水位、総流出量および流域降水量変動

(データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所)
(水位・総流出量については、午前6時現在のデータ)

また、8月から10月にかけて降水量が少なかったことから10月以降、水位低下が顕著になり、11月には-66cmとなりその後も降水量は少なく、水位の回復は緩やかであった(図3)。

3.3 表層水質変動の特徴

3.3.1 北湖における透明度の上昇

琵琶湖の透明度は昨年度報告(岡本ら, 2006)したように近年上昇傾向にあるが、北湖および南湖の透明度の年平均値の経年変動は、2006年度も高い傾向が続いていた。特に、北湖の年平均値は6.5mと1984、94年度の6.0mを大きく上回る値となった(図4)。透明度の平面分布をみると、北湖で上昇傾向であり、特に北西側で上昇したことが分かる(図5)。

2006年度の透明度の上昇の特徴をみるために、北湖の経月変動をみると、2006年度は年間を通じてほとんどの期間で高めに推移し、特に6月、7月、2月、3月に過年度最高値を上回った(図6)。透明度に影響するSS、クロロフィルaおよび植物プランクトンの総細胞数について北湖における経月変動をみると、年間を通じてほとんどの期間で過年度最低値ないしは、それを下回るレベルで推移した(図7~9)。これらのことより、当年度の植物プランクトンの変遷が年間を通じた透明度の上昇に寄与したのではないかと考えられた。

2006年度の透明度について、特に、上昇した6~9月と2~3月の要因を検討する。まず、6~9月については、4月の気温が低く、北湖における表層の水温も例年より約1℃以上低かったため(図10)、4~5月に*Fragilaria crotonensis*等の大型珪藻が増殖し優占種となり、例年5月に優占する淡水赤潮の原因となる

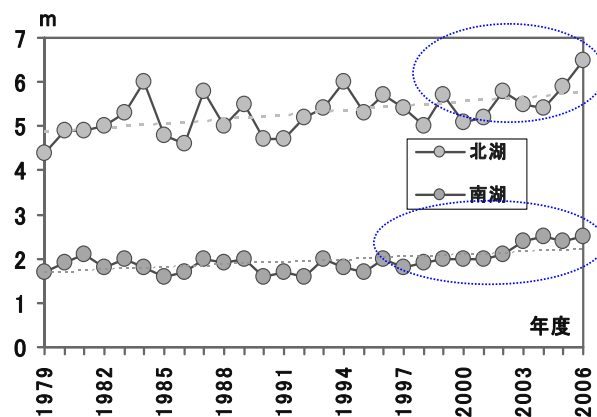


図4 透明度の経年変動(表層平均値)

(データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)

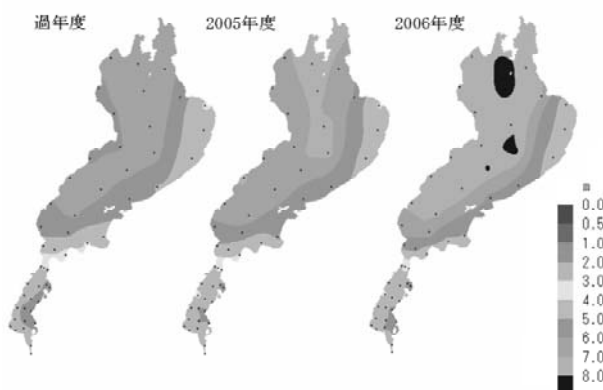


図5 透明度の平面分布の変化(表層平均)

*Uroglena americana*の増殖を抑制したのではないかと考えられた(図11)。また、珪藻自身は沈降したため、6月、7月の透明度が上昇したものと考えられる。8月、9月の透明度の上昇は、7月中旬の大雨により琵琶湖の流出量が一気に増加したこと、7月の日射量が少なかったことなどにより植物プランクトンの増加が抑制され、湖内の粒子状成分が減少したためと考えられる(岡本ら, 2006)。

次に、2月、3月については、植物プランクトンの総細胞数が少なく、優占種も大型緑藻に分類される*Staurastrium arctiscon*であったことが寄与し、湖内の粒子状成分が減少したためと考えられる。この要因としては、2007年の冬季における北湖の循環が例年に比べ遅れ、このため表層への栄養塩類の回帰量が少なく、また降水量が少なかったため湖水への栄養塩類の供給も抑えられたことが影響したものと考えられる。(図12, 13)。

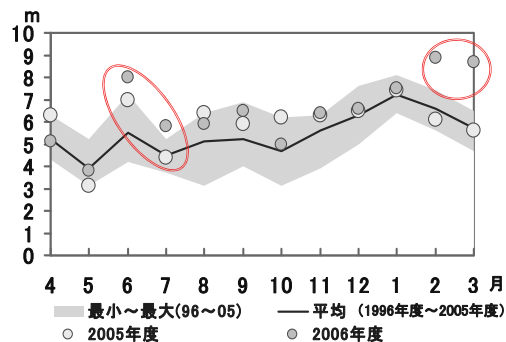


図6 北湖透明度の経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

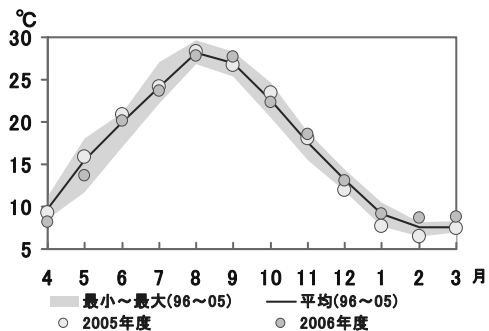


図10 北湖水温の経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

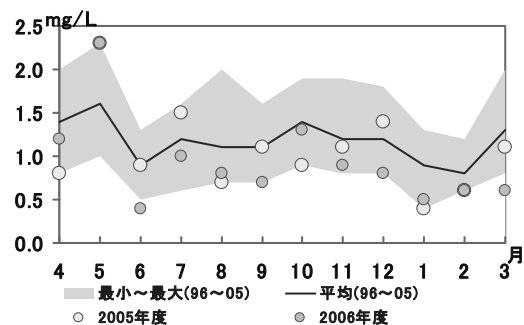


図7 北湖SSの経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

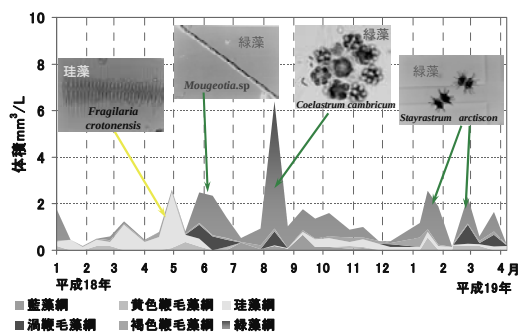


図11 植物プランクトン組成の経月変遷
（体積換算。今津沖中央表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

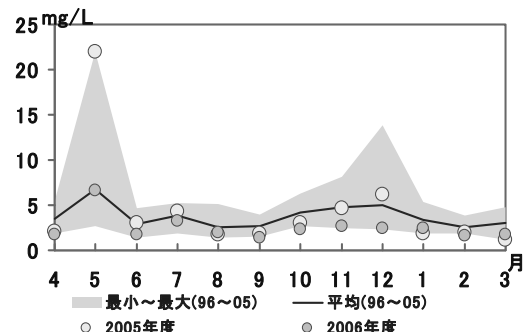


図8 北湖クロロフィルaの経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

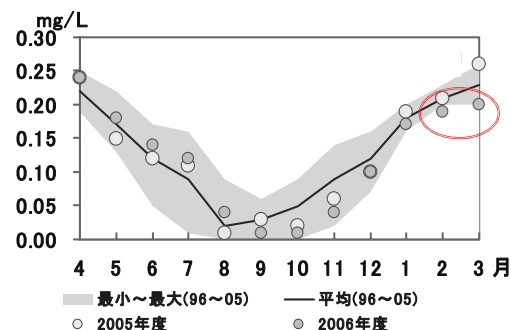


図12 北湖硝酸態窒素の経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

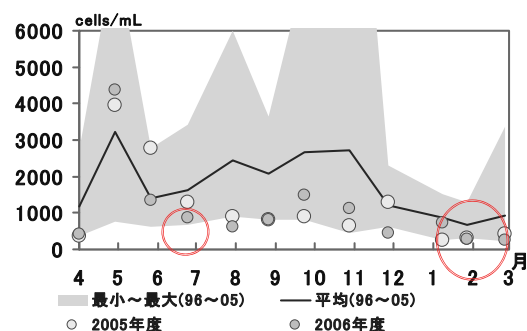


図9 植物プランクトン総細胞数の経月変動
（今津沖中央表層）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

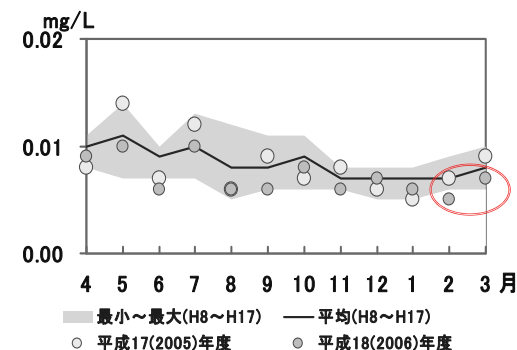


図13 北湖全リンの経月変動（表層平均値）
（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

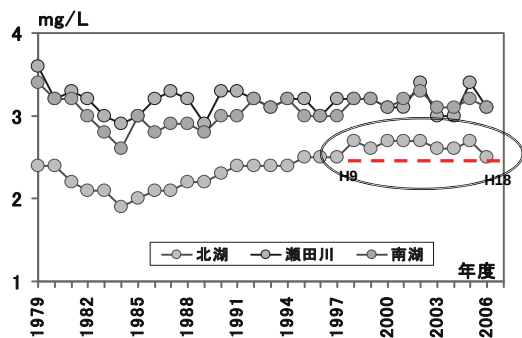


図14 CODの経年変動（表層平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

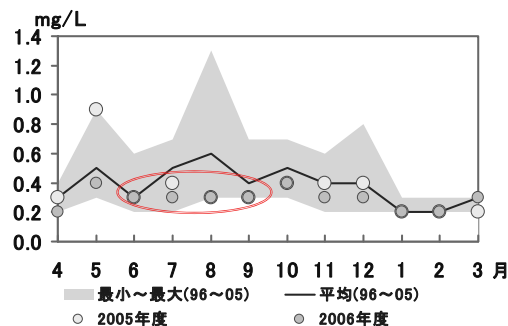


図18 北湖粒子態CODの経月変動（表層平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

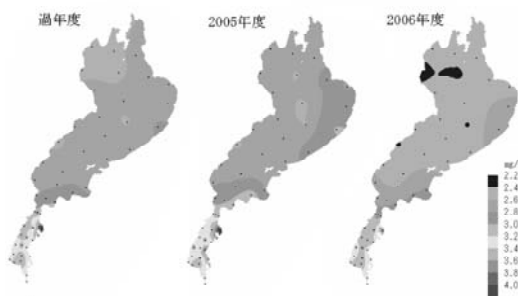


図15 CODの平面分布（表層年平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

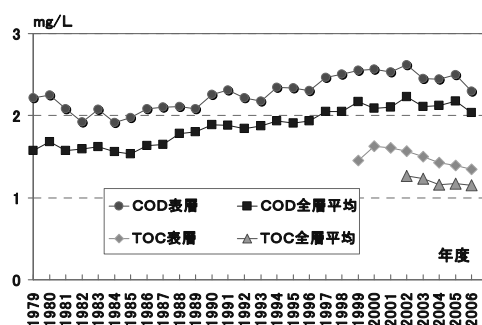


図19 北湖今津沖中央CODおよびTOCの経年変動

（表層および全層平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

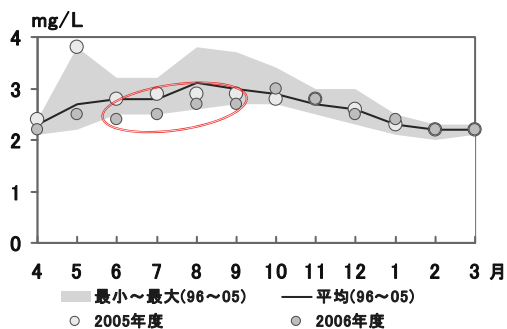


図16 北湖CODの経月変動（表層平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

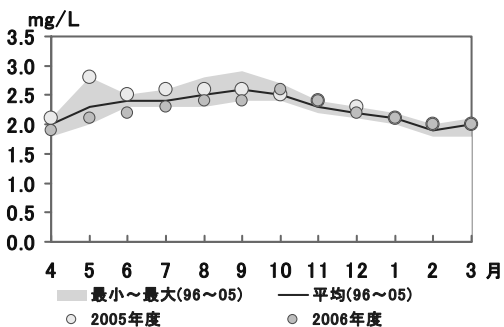


図17 北湖溶存態CODの経月変動（表層平均値）

（データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

3.3.2 北湖におけるCODの減少

琵琶湖における有機汚濁の指標としては、CODが環境基準として定められているが、CODの北湖の年平均値は1985年度以降増加傾向で、近年は1998年度から2005年度まで2.6～2.7mg/lと横ばいで推移している。2006年度は昨年度に比べ減少し、1997年度並の2.5mg/lであった（図14）。

CODの年平均値の平面分布をみると、全湖的に減少傾向であり、特に透明度と同様に北湖の北西側で減少したことが分かる（図15）。2006年度のCODの変遷の特徴を見るために、北湖の経月変動をみると、2006年度は前半（4月～9月）で低めに推移し、特に6月～9月に過年度最低値ないしは、それを下回る値であった（図16）。CODに影響するSS、クロロフィルaおよび植物プランクトンの総細胞数について北湖における経月変動は前述のとおり、低いレベルで推移しており、これらがCODの減少に寄与したのではないかと考えられる。CODを形態別にみると、溶存態CODの経年変化および経月変動はCODとほぼ同様の推移を示していた（図17）。一方、粒子態CODの経年変化は減少傾向を示し、当年度は例年みられる5月の増加量も少なく、年間

を通じて低いレベルで推移していた（図18）。

粒子態CODの変動は、主にプランクトンの影響を受けるといわれており、クロロフィルaに現れているように近年の植物プランクトンの減少傾向が寄与しているものと考えられる。

また、北湖今津沖中央の水深別調査結果からCODの表層年間平均値と鉛直平均値を比較すると、経年変化は同様の傾向を示しているが、2005年度からの減少量をみると、表層値に比べ鉛直平均値の減少傾向は少ないことが分かる。また、TOCの表層平均値と鉛直平均値をみると、表層平均値は減少傾向を示しているが、鉛直平均値は横ばい傾向を示している（図19）。

これらのことより、表層の有機物量は減少傾向であったが、湖内の有機物量としてはここ近年横ばい傾向にあるものといえる。

4. まとめ

2006年度における水質調査結果においてみられた主な特徴は以下のとおりである。

北湖および南湖とも透明度が高い状況が継続し、特に北湖の透明度の上昇が顕著であった。また、有機物指標であるCODは北湖および南湖とも2005年度より減少し、北湖では1997年度並に減少した。

これらの要因として、春季の気温低下、梅雨時期の大雨、冬季の気温上昇による気象変化等に伴う植物プランクトンの減少等が考えられた。

また、北湖の有機物指標については、表層のCODは減少したが、鉛直平均値をみると、横ばい傾向にあった。また、1997年度からモニタリングしているTOCでみてみても、表層平均値は2000年度まで増加した後、減少する傾向がみられたが、鉛直平均値では横ばい傾向を示し、湖内の有機物量としてはここ数年横ばい傾向にあることがうかがえた。

謝辞

京都大学津野洋教授、滋賀大学川嶋宗継教授には調査結果を解析するにあたって、ご指導、ご助言をいただきました。水質データの他、琵琶湖水位や放流量等の水文データ等調査結果の取りまとめにあたって、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所からデータの提供を受けるとともに、解析作業を共同で行いました。解析結果については、滋賀県琵琶湖環境部環境管理課（現 琵琶湖再生課）、水政課の担当者からご意見をいただきました。お世話になった皆様に深謝いた

します。

備考

なお、本調査研究は、2007年の滋賀県環境審議会水環境部会において説明した内容に各委員からいただいたご意見をもとに一部修正をした。

引用文献

彦根地方气象台(2005, 2006)：滋賀県気象月報, 4(2005)～3(2006).
近畿地方整備局琵琶湖河川事務所・滋賀県琵琶湖環境部・滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター(2005)：平成17年度琵琶湖水質調査報告書.
岡本高弘・津田泰三・奥田一臣・中村忠貴・一瀬諭・古田世子・吉田美紀・青木茂・原良平・中村豊久・安藤茂伸(2006)：2005年度の琵琶湖水質について-透明度やCOD等の主な項目の調査結果から-．滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター試験研究報告, 2：117-124.
滋賀県・国土交通省近畿地方整備局（2006）：滋賀県地下水・公共用水域水質測定計画.
滋賀県（2005）：平成17年版滋賀県環境白書資料編
宗宮功編著(2000)：琵琶湖, その環境と水質形成, 第4章.