

## 2003～2004年度における琵琶湖水質調査の結果から —南湖の透明度上昇 および北湖深層部溶存酸素等の状況について—

藤原直樹<sup>1)</sup>・津田泰三・一瀬諭・若林徹哉・  
原良平・岡本高弘<sup>2)</sup>・水嶋清嗣<sup>3)</sup>

### 要 約

国土交通省と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等から取得できる状況になっている。一方、当センターは、その「役割と方向」の基本方針の一つとして「開かれたセンターとしての展開」を進めていることから、琵琶湖水質調査のデータ解析の詳細について、県民に理解を深めていただける形式で情報提供していくことは意義があるものと考えている。そこで、今回、県環境審議会に説明した2003年度、2004年度の琵琶湖水質の特徴についてとりまとめて報告する。

近年、上昇傾向にある南湖の透明度が、2003年度から2004年度にかけてさらに顕著に上昇したことから、気象や他の水質項目、プランクトン等の調査結果をもとに解析したところ、降雨に伴う放流量の増加や水草帯の拡大による植物プランクトンの現存量の減少が影響していることが示唆された。また、北湖深層部の溶存酸素の状況は、2003年度は5.1mg/l（44%）の低下にとどまったが、2004年度は1.6mg/l（12%）までの低下を確認した。この要因としては、11月から12月にかけて気温が高く推移したことによるものと考えられた。

### 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、水質汚濁防止法等に基づく滋賀県公共用水域・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と滋賀県が共同で実施している。調査地点としては、図1に示すように、49地点が設定されており、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、公表している。また、個々のデータについては、国、県、当センターのホームページへの掲載を進めてきており、データへのアクセスは容易になってきている。しかしながら、各年度の水質調査結果の概要について説明した資料は、環境白書や環境審議会の議事録があるが、その詳細については専門的な部分が多く、分かりやすく説明した資料は少ない。一方、本年度開所した当センターの「役割と方向」の基本方針の一つとして「開かれたセンターとしての展開」を進めることとなっている。以上のことから、県環境審議会に説明している琵琶湖水質調査結果について、今回、2003年度から2004年度

1) 現県湖東地域振興局環境農政部環境課 2) 前県琵琶湖環境部廃棄物対策課 3) 現県高島県事務所環境農政部環境森林整備課

の琵琶湖水質調査結果の評価と特徴的な現象として見られた事象について、これまでの調査結果の経年変動や気象の状況等をもとに考察を行い、県民に環境情報を提供する視点でとりまとめたので報告する。

## 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)、全窒素(T-N)、全りん(T-P)等の生活環境項目およびクロロフィルa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。また、北湖水深90m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、測定計画に基づいて行っている。

### 2.2 プランクトン調査

湖心部におけるプランクトンの変遷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、原則毎月上旬と中旬の2回採水し、プランクトン種を同定し、その細胞数の計数を行っている。

## 3. 調査結果

### 3.1 2003～2004年度の琵琶湖水質の概要

2003年度および2004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。評価については、ここでは2004年度のデータに対して過去10年間(1994～2003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 $\sigma$ との関係から、以下のとおり行っている。

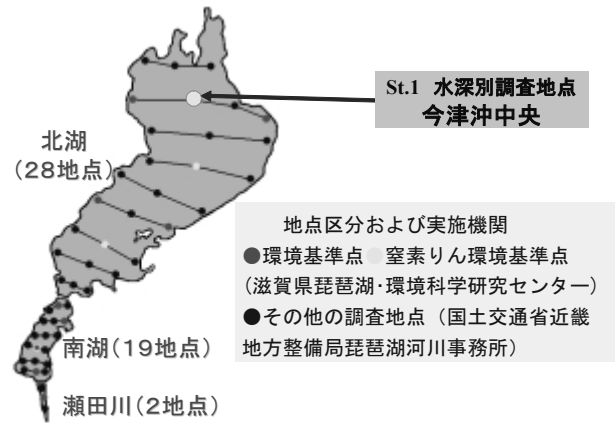


図1 琵琶湖・瀬田川水質調査地点 (グラビア7頁参照)

$0 \leq |D| \leq \sigma$  過年度並み ( )  
 $\sigma < |D| \leq 2\sigma$  少し高い ( $\Delta$ )・少し低い ( $\nabla$ )  
 $2\sigma < |D| \leq 3\sigma$  高い ( $\Delta\Delta$ )・低い ( $\nabla\nabla$ )  
 $3\sigma < |D|$  かなり高い ( $\Delta\Delta\Delta$ )・かなり低い ( $\nabla\nabla\nabla$ )

2003年度から2004年度にかけての特徴としては、南湖において透明度が2年連続上昇し、現在の調査方法になった1979年度以降で最高となり、SSおよびクロロフィルa、全りんの各濃度の低下が見られたことが上げられる。一方、有機物指標については、北湖、南湖とも、CODは高い値で、BODは低い値で、両項目とも横ばい傾向が継続していた。全窒素は北湖、南湖とも近年、横ばい傾向にある

表1 琵琶湖水質主要項目評価表

項目	区分	北湖		南湖		瀬田川	
		平均値	過年度評価	平均値	過年度評価	平均値	過年度評価
透明度 (m)	2004年度	5.4		2.5		3.0	
	2003年度	5.5		2.4		2.1	
	過年度	5.5		2.0	$\Delta\Delta$	2.2	$\Delta\Delta\Delta$
COD (mg/l)	2004年度	2.6		3.1		3.0	
	2003年度	2.6		3.1		3.0	
	過年度	2.6		3.1		3.2	$\nabla$
全窒素 (mg/l)	2004年度	0.29		0.33		0.55	
	2003年度	0.32		0.36		0.62	
	過年度	0.31		0.39	$\nabla$	0.56	
全りん (mg/l)	2004年度	0.008		0.016		0.018	
	2003年度	0.009		0.016		0.018	
	過年度	0.008		0.019	$\nabla$	0.020	$\nabla$
BOD	2004年度	0.5		0.9		1.0	
	2003年度	0.6		1.0		1.0	
	過年度	0.6		1.0	$\nabla$	1.1	
SS	2004年度	1.1		3.4		3.0	
	2003年度	1.2		3.7		3.5	
	過年度	1.2		5.6	$\nabla\nabla$	4.2	$\nabla$
大腸菌 群数 (対数)	2004年度	3.1		3.2		3.7	
	2003年度	2.7		3.1		3.2	
	過年度	2.8		3.1		3.2	$\Delta\Delta$
pH	2004年度	7.9		8.0		8.0	
	2003年度	7.9		8.1		8.0	
	過年度	8.1	$\nabla\nabla$	8.0		7.8	$\Delta$
クロロフィル a	2004年度	3.3		5.0		3.8	
	2003年度	3.0		5.8		5.1	
	過年度	3.6		7.2	$\nabla$	6.7	$\nabla$

が、2004年度は南湖で少し減少した。

次に、水深別調査の結果としては、2002年度まで低下傾向にあった窒素濃度が、2003年度には全層に渡って増加した。また、近年、減少が懸念されている北湖深層部における溶存酸素濃度は、2003年度については5.1mg/l (44%) までの低下にとどまったが、2004年度は1.6mg/l (12%) までの低下を確認した。

以上の結果より、2003～2004年度に見られた主な特徴について説明する。

### 3.2 南湖における透明度の上昇

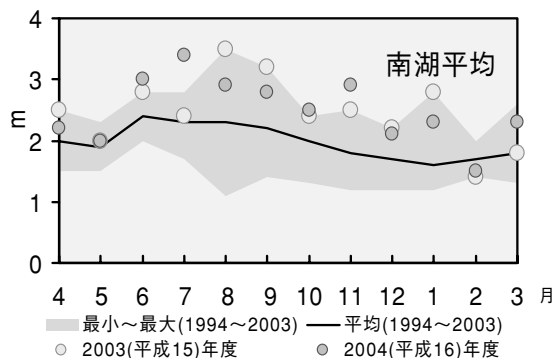
琵琶湖における透明度の年度平均値の経年変動を図2に示す。北湖、南湖とも上昇傾向にあるが、南湖においては、2003年度に現在の方法で調査を始めた1979年度以降の最高値の2.4mとなり、さらに、2004年度には2.5mと、過年度（過去10年間の平均値=1.9m）と比べてもかなり高い値となった。

そこで、この透明度上昇の要因について検討するため、まず、南湖の透明度の経月変動を図3に示す。2003年度、2004年度とも4月から1月まで高い透明度で推移し、2003年度は5、7、2、3月以外の月が、2004年度は6、7、11月の透明度が特に高かった。

次に、透明度に影響を及ぼす南湖のSS濃度の経月変動を図4に、クロロフィルa濃度の経月変動を図5に示す。SS濃度は年間を通じてほとんどの期間（4月～1月）で過年度最低値ないしは、それをさらに下回るレベルで推移した。また、植物プ

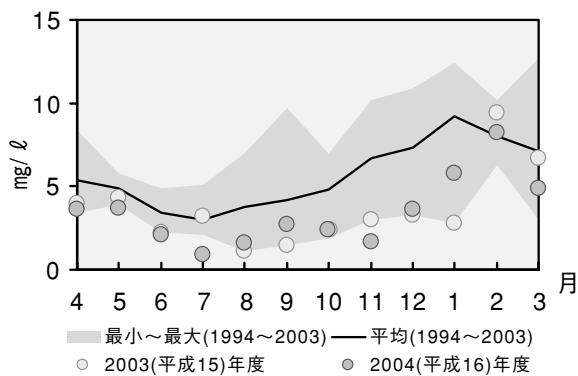
ランクトンの増殖状況と関連しているクロロフィルa濃度は2003年度では8月以降に、2004年度では6月以降に過年度最低値前後の低い値となった。

次に琵琶湖の透明度の年平均値の平面分布を等濃度分布図で図6に示す。降水量と透明度との関係を考察するため、2003、2004年度における月別降水量の平年値との比較を図7に示す。



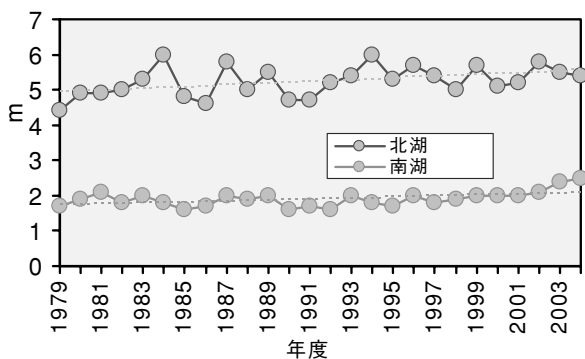
データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター

図3 南湖透明度の経月変動（表層平均値）  
（グラビア7頁参照）



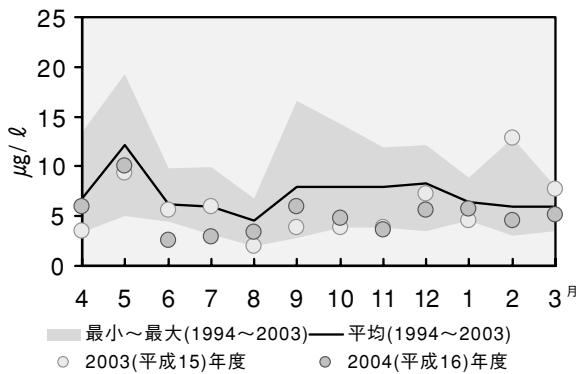
データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター

図4 南湖SSの経月変動（表層平均値）  
（グラビア7頁参照）



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2 透明度の経年変動（表層平均値）  
（グラビア7頁参照）



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 南湖クロロフィルaの経月変動（表層平均値）  
（グラビア7頁参照）

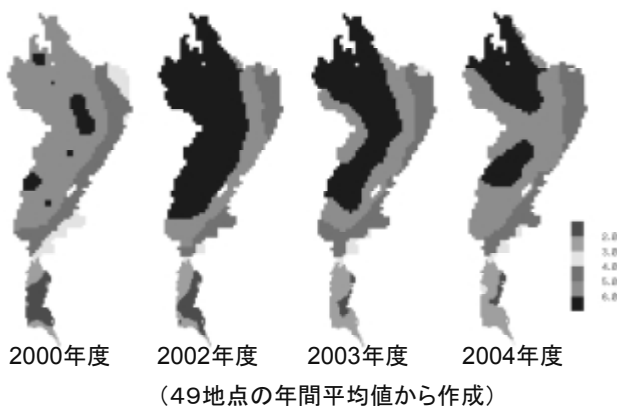


図6 透明度の年平均値の平面分布  
(グラビア8頁参照)

北湖では渇水傾向にあった2002年度は透明度が全域で上昇したが、降水量が多かった2003～2004年度は主に湖岸部で低下傾向が見られた。一方、南湖では2002年度以降も2003、2004年度とほぼ全域で上昇している。特に、南湖における透明度の上昇が顕著であった2001～2003年度の8月の透明度の平面分布を図8に示す。8月も南湖全域で透明度が年々上昇していることがわかるが、特に2003年は透明度の上昇が顕著であった。

そこで、図9-1に2003年度の午前6時における琵琶湖の平均水位と琵琶湖流量（放流量）、降水量の日変動を、図9-2に同じく2004年度のデータを示す。2003年度は4～8月の放流量が多く、7～8月には継続して300m<sup>3</sup>/秒を上回り、その翌月の8、9月に透明度の大きな上昇を見た。また、2004年度は、5月と9、10月末に降水量、放流量とも上昇し、その翌月の6、10、11月に透明度が大きく上昇した。特に、図8の2003年8月の南湖における透明度の平面分布を見ると西岸や中央部において透明度の上昇が見られた。

以上のことから、南湖における透明度の上昇については、流量の増加によって、南湖と比較して清澄な北湖からの湖水の流入、南湖の滞留時間短縮による湖流の増加に伴うプランクトン増殖の抑制等が寄与したものと考えられる。

近年、1994年（平成6年）の渇水以降、分布域や現存量を増加させている南湖における沈水植物（以下「水草」という。）帯の分布状況については、

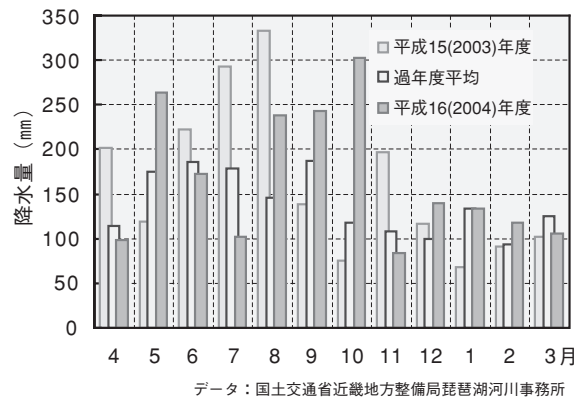


図7 流域降水量の月別年比較  
(グラビア8頁参照)

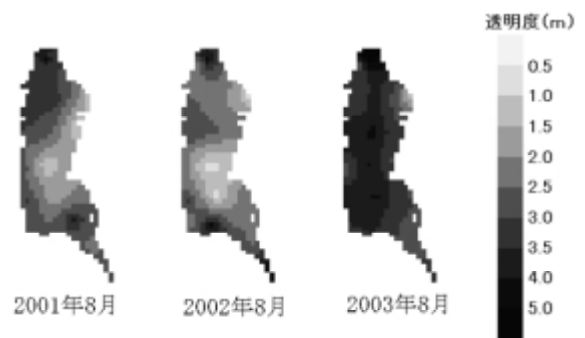


図8 8月における南湖の透明度の平面分布  
(グラビア8頁参照)

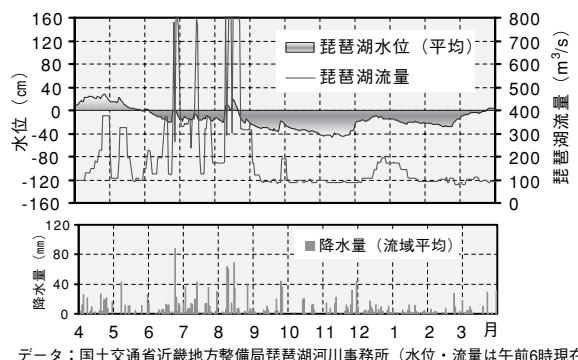


図9-1 琵琶湖水位、流量および流域降水量の変動  
(2003(平成15)年度)(グラビア9頁参照)

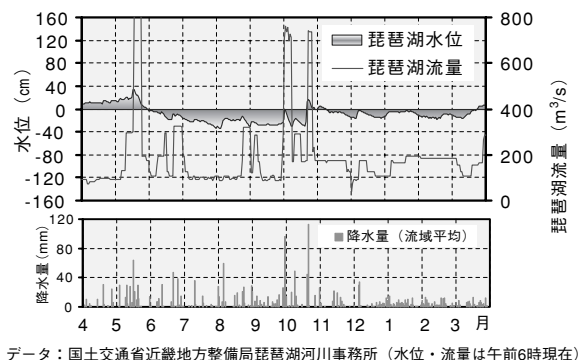


図9-2 琵琶湖水位、流量および流域降水量の変動  
(2004(平成16)年度)(グラビア9頁参照)



独立行政法人水資源機構や、琵琶湖博物館の芳賀ら、当センターの浜端、水産試験場等が調査研究を行っているが、これらによると、1994年に南湖の11%を占めていた水草の被覆面積率は、1997・1998年には43%に、2000年には52%に、2001年には58%に達し、その後も面積を増加させていることがわかっており、南湖の湖心部を除くほぼ全域に分布域を拡大している。このような水草の分布域の拡大は、湖内粒子成分の沈降の促進と植物プランクトンの生産抑制に効果があるものと考えられており、これらが、特に7～10月における南湖の透明度の上昇およびSS、クロロフィル、全りん濃度の減少およびこれらに起因する透明度の上昇に寄与しているものと考えられている。

以上について、まとめると図10に示すとおりである。

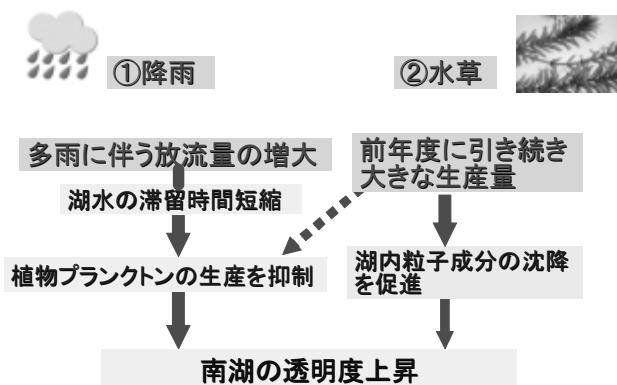


図10 南湖透明度の変動のまとめ

### 3.3 北湖深層部溶存酸素濃度の変動

北湖今津沖中央 (st. 1) の深層部における溶存酸素飽和度の年度最低値の経年変化を (図11) に示す。湖底から1mの溶存酸素濃度およびその飽和度の年度最低値は、2002年度の10月21日の調査時に0.9mg/l (8%) までの低下を見たが、2003年度の低下は11月18日の5.1mg/l (44%) にとどまった。しかしながら、2004年度には12月6日に1.6mg/l (14%) にまで低下した。これらの変動について調べるために、st.1の湖底から1mにおける溶存酸素飽和度の経月変動を図12に示す。2002年度

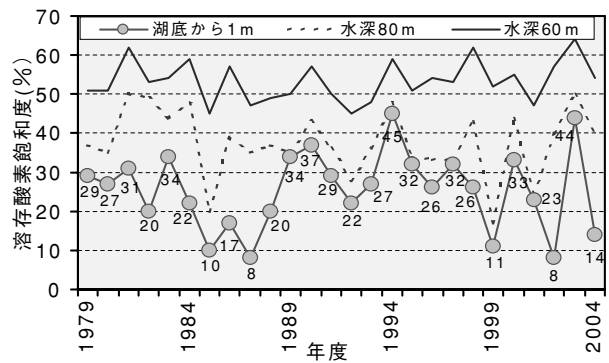


図11 北湖今津沖中央 (深層部) における溶存酸素飽和度年度最低値の変動 (グラビア9頁参照)

は、春先の水温成層の形成が例年より早かったことから、深層部における溶存酸素の低下が早くから始まり、夏季から秋季にかけて台風等による強風が少なく、水温成層が安定的に維持された結果、深層部の混合も弱く、溶存酸素濃度の低下が早期に進行した。しかし、11月には季節風の吹き出しによる気温の低下と強風により深層部の混合が早期に進み、溶存酸素濃度も早く回復したものと考えられた。これに対して、2003年度は2003年の1～3月における植物プランクトンの生産量が小さく、プランクトン沈降による表層から湖底への有機物の移動量が少なく、循環期が例年どおりの3月末から4月初めに終了したことから、有機物の分解に伴う溶存酸素濃度の低下が過年度より少なかったものと考えられた。一方、2004年度は、溶存酸素濃度の低下速度は過年度並であったが、11月から12月にかけて、平均気温が高温で推移したことから、深層部における混合が弱く、このため

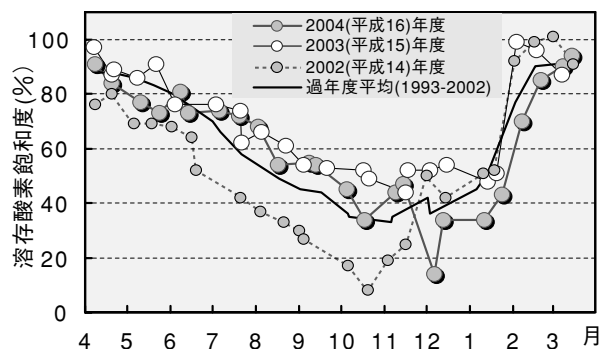


図12 北湖今津沖中央湖底から1mにおける溶存酸素飽和度の季節変動の比較 (グラビア9頁参照)

12月に年度の最低値を示したものと考えられる。以上の関係をまとめると図13に示すとおりである。

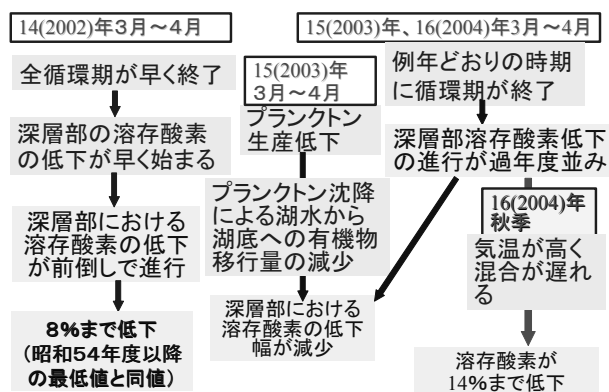


図13 北湖深層部の溶存酸素の変動

#### 4. まとめ

2003年度および2004年度における水質調査結果の主な特徴は以下のとおりであった。

- (1) 2003年度、2004年度において南湖の透明度上昇が認められた。この要因としては、一点目として、降水量の増加によって、琵琶湖放流量が増加し、南湖と比較して清澄な北湖の湖水が流入したこと、南湖における湖水の滞留時間の短縮によって湖流が増加し、植物プランクトンの生産が抑制されたことが考えられた。二点目としては、夏季から秋季にかけて、水草が大きな生産量を示し、これによって、湖内の粒子成分の沈降を促進したこと、植物プランクトンの生産が抑制されたことが考えられた。
- (2) 北湖深層部の溶存酸素飽和度の変動については、2003、2004年度は冬季における循環期が過年度並みの3月末から4月はじめに終了し、深層部の溶存酸素濃度の低下が過年度並みに始まったが、2003年度は2003年の1～3月における植物プランクトンの生産量が小さく、プランクトンの沈降による表層から湖底への有機物の移動量が減少したことにより、過年度よりも小幅の低下にとどまったものと考えられた。一方、2004年度は、溶存酸素飽和度の低下の進行は過年度並みであったが、秋季の気温が高く、深層

部の混合が遅れたため、溶存酸素濃度の大幅な低下が見られたものと考えられた。

#### 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ました。水草の現存量等のデータやその繁茂状況については、琵琶湖博物館芳賀主任学芸員から快く提供いただくとともに貴重なご助言をいただきました。解析結果については、滋賀県琵琶湖環境部環境管理課、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、2004年および2005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の一部を加筆修正したものである。

#### 引用文献

- 滋賀県，国土交通省近畿地方整備局（2003、2004）：滋賀県地下水・公共用水域水質測定計画。
- 近畿地方整備局琵琶湖河川事務所，滋賀県琵琶湖環境部，滋賀県立衛生環境センター：平成16年度琵琶湖水質調査報告書（2004）。
- 浜端悦治（2003）：琵琶湖における夏の渇水と湖岸植生面積の変化－2000年の渇水調査から－。滋賀県琵琶湖研究所所報，20，134－145。
- 大塚泰介，桑原靖典，芳賀裕樹（2004）：琵琶湖南湖における沈水植物群落の分布および現存量。陸水学雑誌，65，13－20。
- 藤原直樹，岡本高弘，井上健，一瀬諭，内藤幹滋，加賀爪敏明（2003）：琵琶湖深水層における溶存酸素の変動（2002年）。滋賀県立衛生環境センター所報，37，89－94。
- 岡本高弘，藤原直樹，一瀬諭，津田泰三，若林徹哉，井上健，中村忠貴，矢田稔，奥村陽子，内藤幹滋，青木佳代，藤田亜紀子，佐貫典子，辻朋子，坪田てるみ，原良平，青木茂，加賀爪敏明（2003）：2001～2002年度における琵琶湖の全窒素の変動について。滋賀県立衛生環境センター所報，38，82－88。