

&lt;報 文&gt;

# 十和田湖における水質調査結果に関する報告\*

米 谷 康 治\*\*・花 石 竜 治\*\*\*

キーワード ①十和田湖 ②透明度 ③ COD

## 要 旨

昭和46年に湖沼の環境基準として AA 類型(COD: 1 mg/L 以下)に指定された十和田湖は、昭和61年度以降環境基準が達成されておらず、透明度は環境基準点「中央」地点において、昭和61年度以降12 m を下回っている。公共用水域水質調査結果を解析したところ、近年、透明度は9~10 m の範囲でCOD75%値は1.1~1.6 mg/L の範囲で、全窒素は0.07~0.09 mg/L の範囲で、全リンは0.005 mg/L 以下で、いずれも横ばいで推移しており、水質が安定化の傾向にあることが示唆された。また、湖心における定点層別水質調査結果を解析したところ、平成16年度にCODが一時的に高くなった現象は、懸濁態CODの増加によるものと考えられ、その要因として通常とは異なる窒素およびリンの動向が一因と推察された。

## 1. はじめに

十和田湖は、昭和46年に湖沼の環境基準として AA 類型(COD: 1 mg/L 以下)に指定された。COD75%値は環境基準点(「中央」および「子ノ口前面」)において、昭和61年度以降1.1~2.0 mg/L の範囲で推移しており、環境基準が達成されていない状況が続いている。また、透明度は中央において、昭和61年度以降12 m を下回っている(表1)。

青森県および秋田県は、十和田湖に流入する生活排水・事業場排水等に係る対策として、昭和55年度に下水道整備事業に着手、平成3年度から一部供用を開始し、8年度には対象となる湖畔の8集落すべてで供用し、年間約30万m<sup>3</sup>の汚水を処理している。また、13年8月には「十和田湖水質・生態系改善行動指針」を策定し、透明度12

m以上、COD 1 mg/L 以下(透明度は中央、CODは環境基準点の全層75%値で評価)を目標として掲げ、十和田湖の環境保全に積極的に取り組んできた。

今回、十和田湖の環境保全に資することを目的として実施してきた水質調査結果を取りまとめたので報告する。また、平成22、23年度に初の冬期間(12~3月)の水質調査を実施したことにより、年間を通しての水質の傾向がわかったので、あわせて報告する。

## 2. 公共用水域水質調査<sup>1)</sup>

### 2.1 調査期間および調査項目

データ解析の対象とした調査期間および調査項目は次のとおりである。なお、水質調査は青森・秋田両県で分担して行い、平成5年度以降は、青

\*Report on the Survey Results of Water Quality in Lake Towada

\*\*Koji YONEYA (青森県環境保健センター) Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment

\*\*\*Ryuji HANAISHI (青森県環境政策課) Environmental Policy Division of Aomori Prefectural Government

表1 環境基準点におけるCOD75%値及び透明度の推移

年度	COD75% 値 (mg/L)		透明度 (m)	年度	COD75% 値 (mg/L)		透明度 (m)
	中央	子ノ口	中央		中央	子ノ口	中央
S46	0.7	0.7	/	H4	1.4	1.3	8.9
S47	1.0	1.0	/	H5	1.3	1.3	7.8
S48	0.7	0.6	13.8	H6	1.3	1.2	9.3
S49	0.6	0.5	13.8	H7	1.2	1.1	7.8
S50	0.6	0.8	8.1	H8	1.4	1.3	8.7
S51	0.8	0.8	12.1	H9	1.5	1.5	9.6
S52	1.0	0.9	9.1	H10	1.2	1.3	10.5
S53	0.8	0.8	12.3	H11	1.3	1.2	10.8
S54	0.9	0.9	12.5	H12	1.4	1.5	7.1
S55	0.9	1.0	11.5	H13	1.4	1.5	8.6
S56	0.9	0.7	10.4	H14	1.4	1.4	8.7
S57	0.9	0.8	13.7	H15	1.2	1.3	10.3
S58	0.9	1.0	12.1	H16	1.9	2.0	7.5
S59	1.0	1.1	12.3	H17	1.4	1.4	9.2
S60	1.0	1.0	12.3	H18	1.3	1.3	10.1
S61	1.1	1.2	11.2	H19	1.4	1.4	9.5
S62	1.4	1.3	10.5	H20	1.4	1.3	9.0
S63	1.3	1.3	10.1	H21	1.3	1.2	9.9
H1	1.2	1.3	11.0	H22	1.4	1.6	10.6
H2	1.3	1.2	9.8	H23	1.4	1.3	10.1
H3	1.1	1.1	11.3				

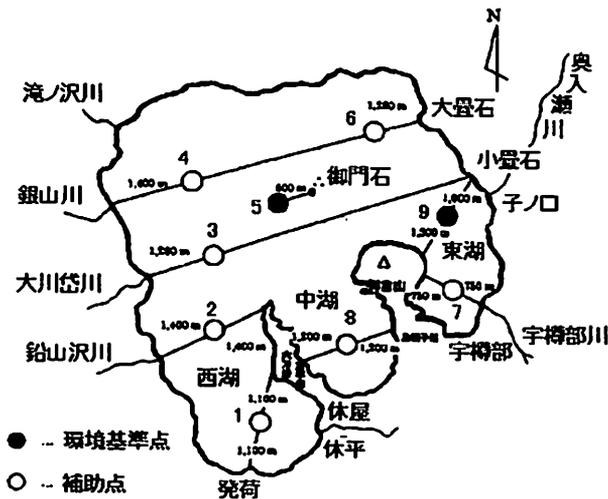


図1 調査地点

森県が5, 7, 9, 10および11月の5回, 秋田県が4, 6および8月の3回, 年間で8回の調査を実施している。また, 平成22および23年度において, 青森県が12~3月を追加で調査を実施した。なお, 23年3月は東日本大震災により検体保管容器破損のためCOD以外は欠測, 24年3月は十和田湖が結氷のため欠測となっている。

表2 調査地点の名称及び緯度経度  
(緯度経度は世界測地系)

地点 No	調査地点名	位置	
		緯度(北緯)	経度(東経)
1	休屋前面	40°25'30"	140°52'33"
2	鉛山前面	40°26'41"	140°51'43"
3	大川岱前面	40°27'29"	140°51'26"
4	銀山前面	40°28'33"	140°50'52"
5	中央	40°28'28"	140°53'18"
6	大壘石前面	40°29'28"	140°54'23"
7	宇樽部前面	40°27'25"	140°55'49"
8	中湖	40°26'32"	140°54'03"
9	子ノ口前面	40°28'30"	140°55'38"
/	定点	40°27'51"	140°51'23"

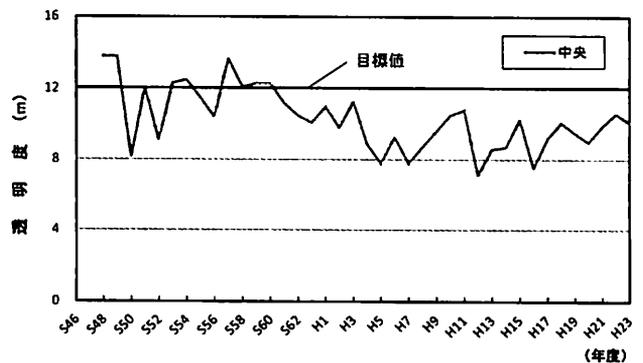


図2 「中央」における透明度(年平均値)の年次推移

透明度, 全窒素 : 昭和48~平成23年度  
 COD : 昭和46~平成23年度  
 全リン : 昭和49~平成23年度

2.2 調査地点

調査地点は図1および表2に示した9地点であり, これらのうち環境基準点は「5 中央」と「9 子ノ口前面」である。

2.3 結果と考察

2.3.1 透明度(年平均値)

平成13年度に策定した行動指針では, 透明度の目標値を12m以上としている。昭和48~60年度までは概ね目標値の12m以上になることもあったが, 昭和61年度以降は目標値を下回っている。平成12年度には調査開始以降最低値である7.1mとなったが, 平成17年度以降は9~10mの範囲で横ばいに推移していることから, 水質が安定化の傾向にあると考えられる(図2)。

### 2.3.2 COD

#### (1) COD75%値の推移(図3)

平成13年度に策定した行動指針では、CODの目標値を1 mg/L以下(環境基準点の全層75%値で評価)としている。昭和46~58年度においては、COD75%値が0.5~1.0 mg/Lの範囲で推移していたが、昭和61年度以降は1.0 mg/Lを超過しており、環境基準を達成していない。昭和61年度以降は平成16年度に一時的な悪化があったものの、1.1~1.6 mg/Lの範囲で横ばいに推移していることから、水質が安定化の傾向にあると考えられる。

#### (2) CODの月別推移(図4)

近年のCODの月別推移を見ると、「中央」および「子ノ口前面」とも概ね同様の挙動を示しており、冬~春期にもっとも数値が低下し、春~夏期に上昇、秋期にもっとも高くなる傾向を示している。

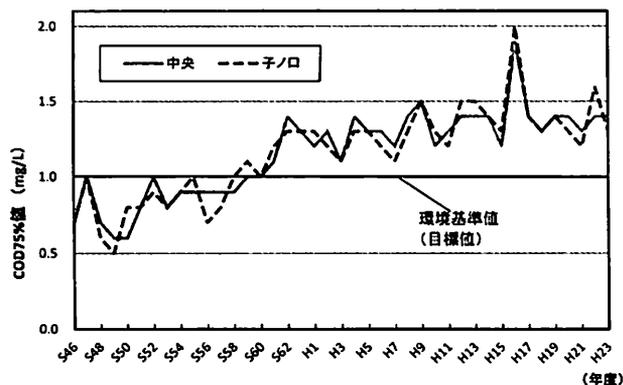


図3 環境基準点におけるCOD75%値の推移

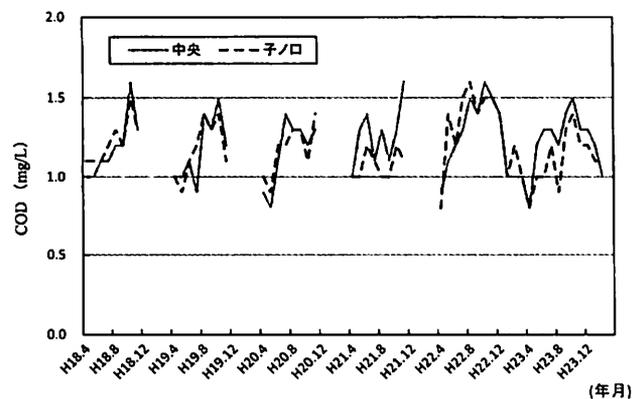


図4 環境基準点におけるCODの月別推移

### 2.3.3 全窒素

#### (1) 全窒素(表層年平均値)の推移(図5)

十和田湖においては全窒素の環境基準の設定はされていない。昭和57年度以降は<0.05(定量下限値未満)~0.10 mg/Lの範囲内で推移している。なお、平成16年度以降は0.07~0.09 mg/Lの範囲で横ばいに推移していることから、安定化の傾向にあると考えられる。

#### (2) 全窒素(表層)の月別推移(図6)

近年の全窒素の月別推移を見ると「中央」および「子ノ口前面」とも概ね0.05~0.10 mg/Lの範囲で同様の挙動を示している。また、平成22および23年度の冬期の追加調査結果では、他の期間に比べて高い数値となる傾向を示している。

### 2.3.4 全リン

#### (1) 全リン(表層年平均値)の推移(図7)

十和田湖においては全リンの環境基準の設定はされていない。昭和52~58年度に0.005 mg/Lを超える数値が観測されたが、昭和59年度以降は「子ノ口前面」で一時的に0.006~0.007 mg/Lが

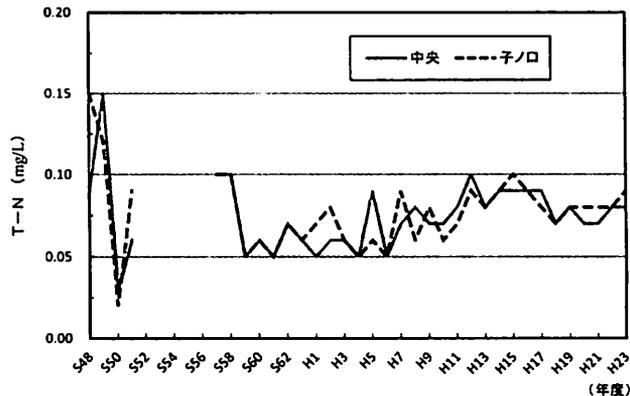


図5 環境基準点における全窒素(表層年平均値)の推移

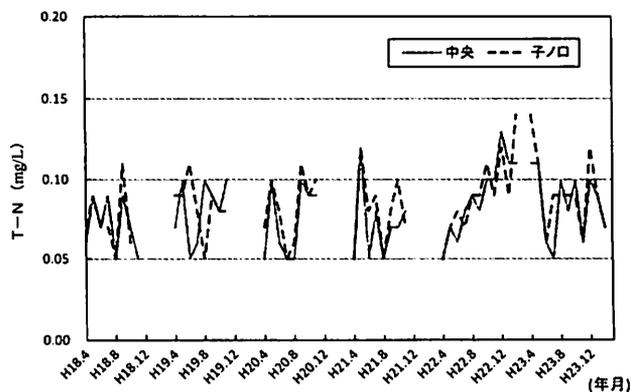


図6 環境基準点における全窒素(表層)の月別推移

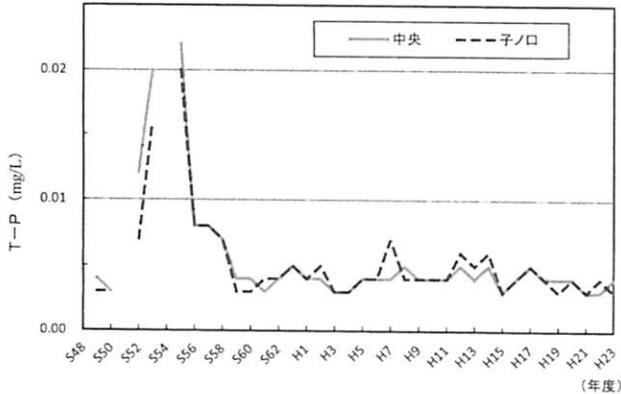


図7 環境基準点における全リン(表層年平均値)の推移

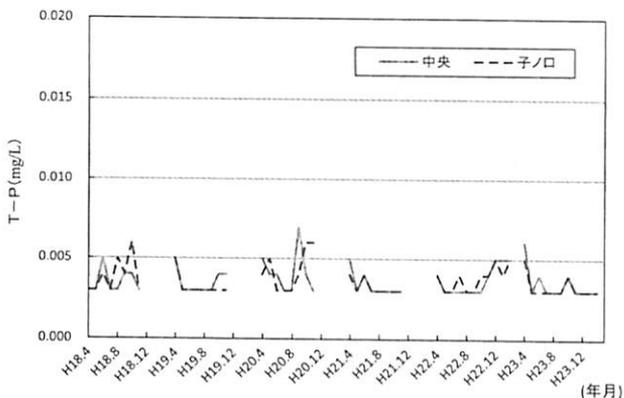


図8 環境基準点における全リン(表層)の月別推移

観測されたことを除き、0.005 mg/L 以下の低濃度で横ばいに推移していることから、安定化の傾向にあると考えられる。

(2) 全リン(表層)の月別推移(図8)

近年の全リンの月別推移を見ると「中央」および「子ノ口前面」とも全期間を通して変動範囲が小さく(概ね定量下限値(0.003)~0.007 mg/L)、低濃度で推移しており、冬期間においても大きな変化は見られなかった。

3. 十和田湖定点層別水質調査

3.1 調査期間および調査項目

データ解析の対象とした調査期間および調査項目は次のとおりである。なお、水質調査は青森・秋田両県で分担して行い、平成11~20年度は青森県が4, 6, 8, 10, 11月, 秋田県が5, 7, 9月を、平成21~23年度は青森県が5, 9月, 秋田県が6, 8月を分担して調査を実施している。

調査期間：平成11~23年度

調査項目：COD, 溶存態 COD, 全窒素, 溶存

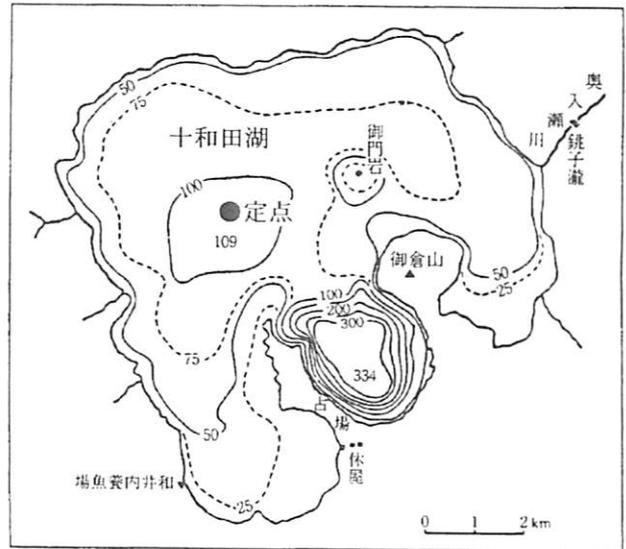


図9 十和田湖定点の位置

態全窒素, 硝酸性窒素, 全リン, 溶存態全リンおよびリン酸性リン

3.2 調査地点

調査地点である「定点」の位置を図9に、緯度経度を表2に示した。調査深度は、表層, 5, 10, 15, 20, 30, 50および85 mの8層を対象とした。定点においては水深85 mが湖底に近い深度となっている。

3.3 色別表示3次元プロット

各調査項目の濃度, 水深, 時系列をスプライン補間によって色別表示3次元プロットで図10~18に示した。この3次元プロットは、日本では、琵琶湖に係る研究において使用されている<sup>2)</sup>。今回のスプライン補間図においては、時系列の始点が平成11年5月11日, 終点が平成23年9月14日で、軸の目盛線は年度の初め(4月1日)とした。調査を実施していない12月~3月についても補間を行った。

3.4 結果と考察

3.4.1 CODおよび溶存態 COD

CODは多くの調査時期および水深で1 mg/Lを超えていた。CODの季節変動を見ると、循環期とされる春期に湖の鉛直方向で1 mg/L程度の一定の数値になり、年度の後半である秋期に深部で0.8~0.9 mg/L程度に減少する傾向があった。

平成16年度にCODが20 mより浅い層で2 mg/Lを超えたが、溶存態COD(図11)は高数値

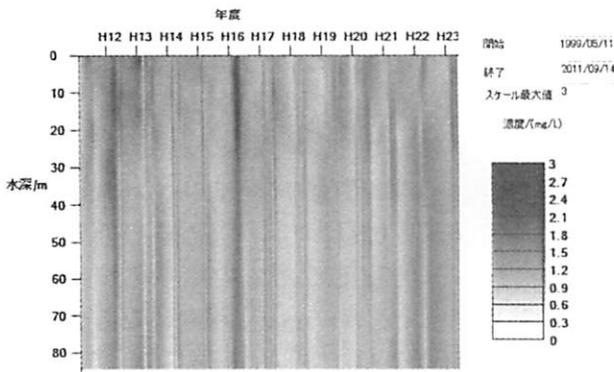


図10 CODの経時変化

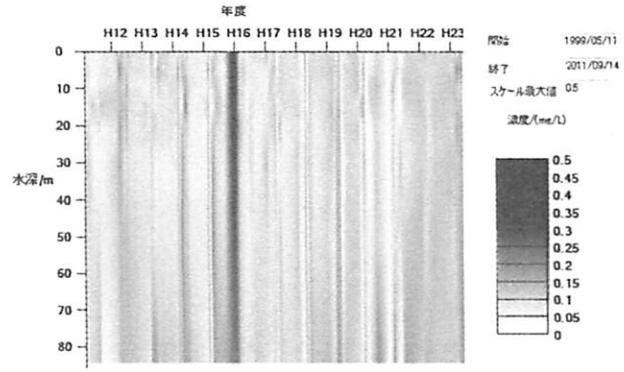


図13 全窒素の経時変化

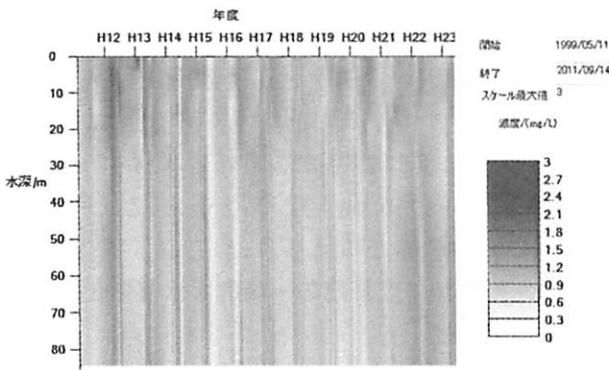


図11 溶存態CODの経時変化

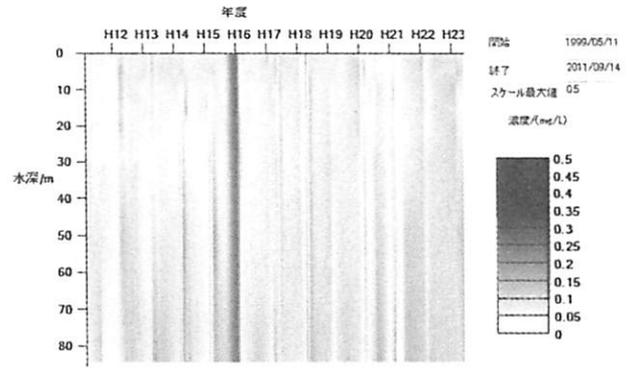


図14 溶存態全窒素の経時変化

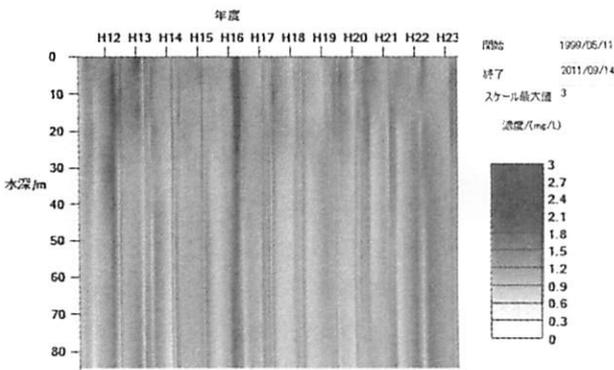


図12 懸濁態CODの経時変化

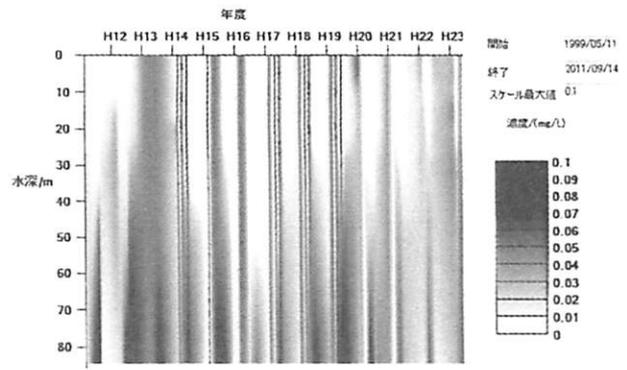


図15 硝酸性窒素の経時変化

化していなかった。COD から溶存態 COD を減算して求めた懸濁態 COD (図12)を見ると、平成12年度および13年度に COD が上昇したケースとは異なり、懸濁態 COD が COD の濃度の多くを占めていた。このことから平成16年度に COD が高くなったのは、懸濁態 COD の増加によるものと考えられた。

3.4.2 全窒素, 溶存態全窒素および硝酸性窒素

全窒素は全調査期間および全水深を通じて0.1 mg/L 程度であり、春期には全層で若干濃度が高

くなり、0.15 mg/L 程度となっている。COD 上昇の前には全窒素および溶存態全窒素が上昇する傾向が見られており、前述の平成16年度夏期の COD 上昇に先立って、同年度春期には全窒素および溶存態全窒素が上昇し、0.2 mg/L を超過していた。

硝酸性窒素の季節変動については、平成14年度から18年度までの結果の考察から「厳冬期および春先は、十和田湖の鉛直方向で水温が一定になる循環期となることが観測されている。この時期に

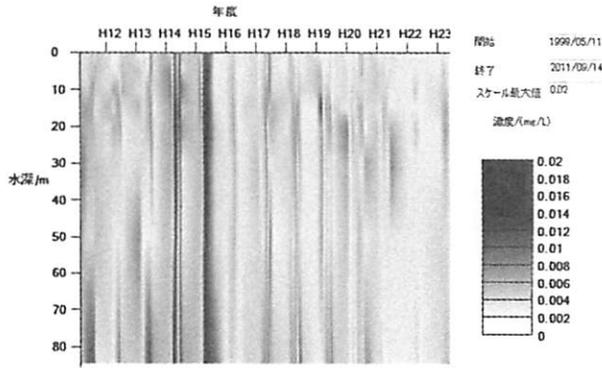


図 16 全リンの経時変化

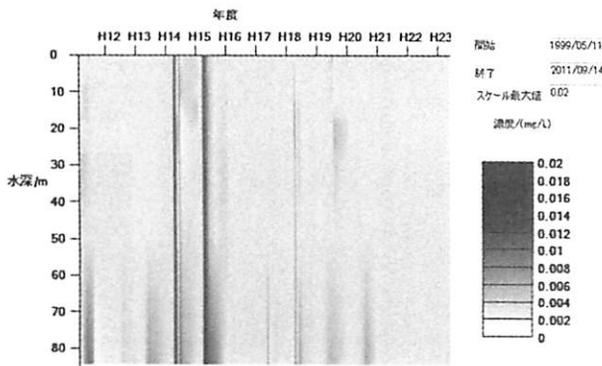


図 17 溶存態全リンの経時変化

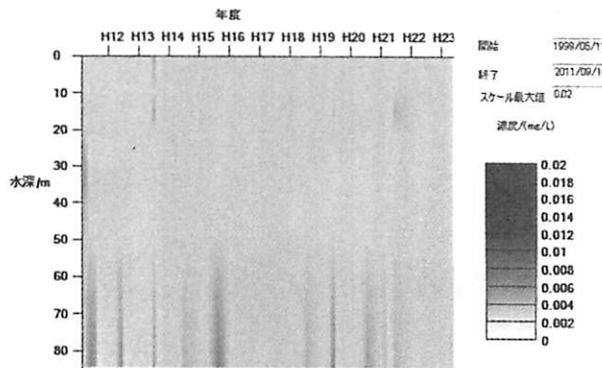


図 18 リン酸性リンの経時変化

湖の鉛直方向での拡散が推進されることが考えられる。その後、夏から秋になると、日射により浅い層で水温が上昇し、比重が軽くなって成層状態となり、鉛直方向での拡散が抑制される。春から秋にかけては、水深の浅いところでは、日射が届き、植物プランクトンの増殖が促され、硝酸性窒素は栄養分として吸収されると考えられる。」との報告<sup>3)</sup>がされており、この現象は少なくとも平成11年度から見られている。一方、COD 高値が観測された平成16年度秋期には、全窒素および溶存態

窒素が通常深部では0.08 mg/L 程度になるのに対して、0.04 mg/L 程度で、特筆するほど高い数値ではなかった。この現象の解明については、今後の課題である。

3.4.3 全リン，溶存態全リンおよびリン酸性リン

全リンの季節変動は、リンの定量下限値0.003 mg/L の2～3倍程度であるので不明瞭であるが、秋期に深部で0.005 mg/L 程度になる傾向があった。COD が高値であった平成16年度の前年の15年度夏期は、全リンが0.01 mg/L を超えており、平成14年度にも同様の傾向が見られた。溶存態全リンもこれらの時には数値が上昇していた。しかし、リン酸性リンには数値上昇が見られていないことから、これらのリンの上昇は、リン酸性リンとしては寄与が少なく、いわゆる R-P (Residual Phosphorus : 残りのリン) として、存在形態は有機態等と考えられた。

3.4.4 平成16年度夏期の一時的な水質悪化についての考察

- ① 平成16年度に COD が高くなったのは、懸濁態 COD の増加によるものと考えられた。
- ② 他の項目の経時的変化との関係を見ると、平成14、15年度の夏期に全リンの上昇が見られ、その後、16年度春期に高い窒素濃度が観測され、次いで COD が高くなっている。このことは、リンや窒素の上昇の次に COD が高くなる可能性があるということであり、植物プランクトンの栄養塩類である窒素およびリンを調査することにより、汚濁を予測できる可能性があると考えられた。

4. ま と め

- ① 十和田湖の公共用水域水質調査結果を解析した結果、近年透明度は9～10m の範囲で、COD75%値は1.1～1.6 mg/L の範囲で、全窒素は0.07～0.09 mg/L の範囲で、全リンは0.005 mg/L 以下で、いずれも横ばいで推移しており、水質が安定化の傾向にあることが示唆された。
- ② 十和田湖定点層別水質調査結果を解析した結果、平成16年度に COD が一時的に高くなった現象は、懸濁態 COD の増加によるものと考えられた。平成16年度の COD が高値となった要

因として、通常とは異なる窒素およびリンの動向が一因と推察された。

---

—参考文献—

- 1) 青森県：公共用水域及び地下水の水質測定結果 (1971～2011)
- 2) 滋賀県琵琶湖研究所：記念誌 琵琶湖・環境科学研究センターへの移行にあたって，2003
- 3) 花石竜治，渡部陽一，今武純：十和田湖定点における水深8層の硝酸性窒素の挙動，青森県環境保健センター研究報告，18，18-21，2007