

## 資料

## 池田湖の全層循環後の水質について

宮元 誠                      韮 憲 弘                      中尾 兼 治  
 右田 裕 二                  山田 正 人

## 1 はじめに

池田湖は、薩摩半島南部に位置する湖面積10.95km<sup>2</sup>、周囲15.0km、最大水深233mの九州最大の湖である。年に1回、湖水が冬季に鉛直循環することが知られている。厳冬の年には底層まで湖水が鉛直循環するが、溶存酸素量は飽和に達しない不完全全循環が起こり、暖冬の年には上層から中層の湖水が混合する部分循環が起こることが知られている。

1986年以降、底層の溶存酸素が上昇する規模の鉛直循環（以下「全層循環」という。）は長期間起こらず、2011年までの約25年間<sup>1)</sup>、底層において無酸素状態の継続と、底泥からの窒素・リンの溶出・蓄積による底層水質の悪化が顕著化した<sup>2)</sup>。県では、1975年以降、公共用水域の水質常時監視として池田湖の水質調査を実施しており、また、「池田湖水質環境管理計画<sup>2)</sup>」を策定し、総合的な水質保全施策を講じている。本報では、底層におけるりん濃度が大きく減少した2006年の鉛直循環<sup>3)</sup>後の水質の挙動も踏まえながら、底層の溶存酸素が上昇した2011年及び2012年の全層循環後の水質の挙動について報告する。

## 2 調査

## 2.1 調査地点

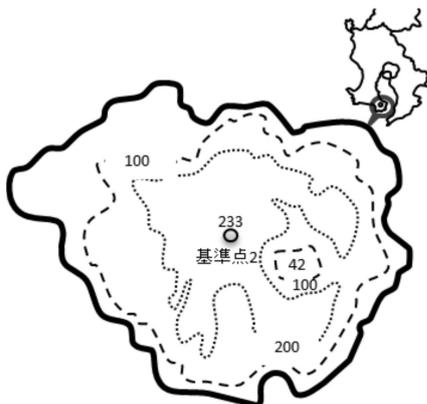


図1 調査地点

調査地点は、図1に示す最大水深233mの湖心に設定された環境基準点2を対象とした。

## 2.2 調査時期

調査回数は年6回、偶数月に実施した。

## 2.3 調査項目

調査項目は、全りん、全窒素、化学的酸素要求量、溶存酸素量とした。

## 2.4 調査方法

環境基準点2において、バンドーン採水器により鉛直方向5層（0.5m、15m、30m、100m、200m）の採水を行い、実験室にてJIS K 0102又はJIS K 0170により測定を行った。また同地点において、2010年度より150m層の採水を行い、同様に測定を行った。

## 3 結果及び考察

## 3.1 りんについて

図2に0.5m層、15m層及び100m層、図3に200m層における2000年4月から2016年4月までの全りん（以下「T-P」という。）濃度の推移を示す。なお、T-Pの定量下限値は0.003mg/Lであり、図中においては、定量下限値未満を0.003mg/Lで示している。

図より、200m層のT-P濃度が大きく減少した2006年の鉛直循環以前は、100m層のT-P濃度が0.003mg/Lを上回ることが度々みられたが、鉛直循環以降は、2011年及び2012年の全層循環による濃度上昇はあったものの、ほぼ0.003mg/Lまたはそれ未満で推移していることが分かった。このことから、100m層のT-P濃度は全層循環に伴う200m層付近の底層部のりんの影響を受けていることが示唆される。

また、2011年及び2012年の全層循環以降の0.5m層及び15m層におけるT-P濃度は、0.003未満～0.006mg/Lと

それ以前のT-P濃度と比べ低く推移している。T-P濃度が低く推移し始めた時期が200m層のT-P濃度が全層循環により減少した時期と重なることから、底層部のT-P濃度の減少が0.5m層等の表層部のT-P濃度減少に関係していることが示唆される。一方、0.5m層等の表層部は、降雨や南薩畑地かんがい事業に伴う河川水の注水等、水質が変化する要因が複数あり、濃度低下の要因について今後も調査を継続し、解析していく必要がある。

### 3. 2 窒素について

図4に0.5m層、15m層100m層及び200m層の2000年4月から2016年4月までの全窒素（以下「T-N」という。）濃度の推移を示す。

図より200m層において2006年の鉛直循環前は0.5mg/LほどあったT-Nの濃度が、鉛直循環後に約0.2mg/Lまで

低下したが、2011年の全層循環後にはそれほど濃度の減少は見られず、近年は0.3mg/L前後で推移していることが分かった。

100m層においては、2006年、2011年及び2012年の鉛直循環前も鉛直循環後も約0.1~0.3mg/Lで推移しており、有意な変化は見られなかった。

0.5m層及び15m層においては、2011年の全層循環前は約0.2mg/Lで推移していたが、近年は約0.15mg/L付近で推移しており、全層循環前より良好な水質となっていることが分かった。2011年の全層循環により、T-N濃度の鉛直状況や各態窒素の濃度状況に変化が起こったことが報告<sup>1)</sup>されており、T-Nの鉛直濃度分布は全層循環前は30m付近にピークが見られ、全層循環後に消失したことから、全層循環に伴う水質変化が0.5m層等の表層部のT-N濃度減少に関係していることが示唆される。

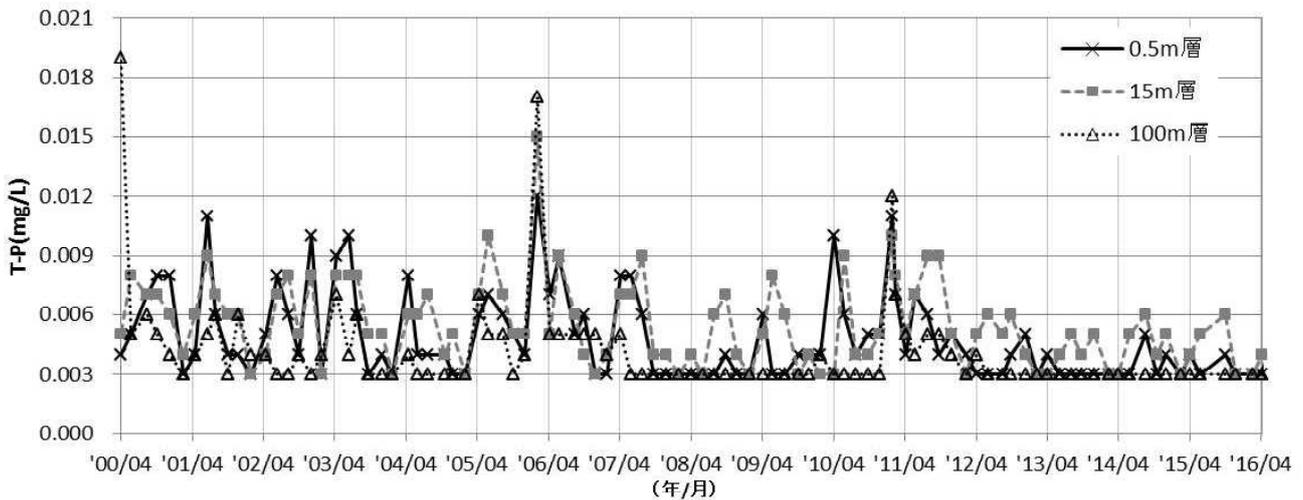


図2 0.5m層、15m層及び100m層のT-Pの推移

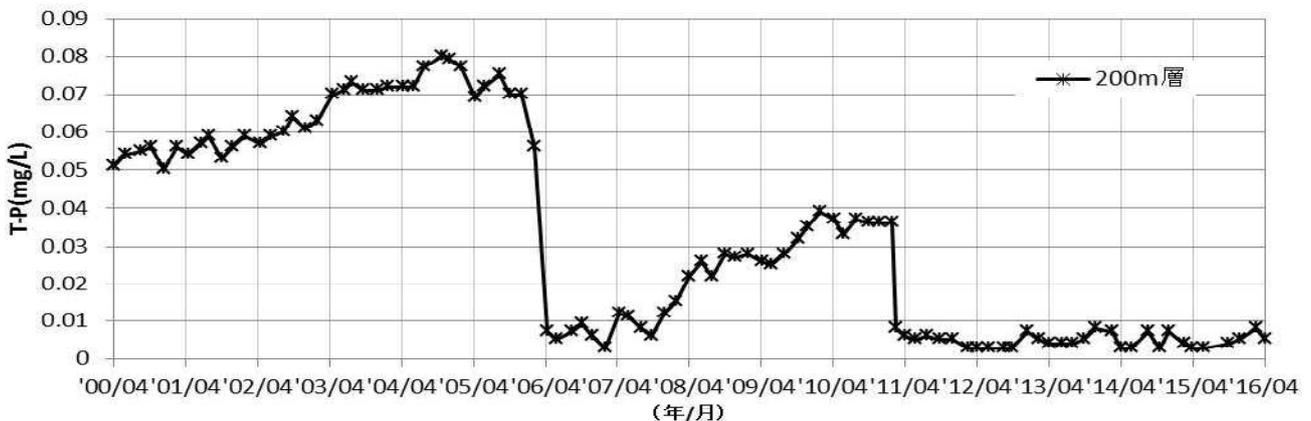


図3 200m層のT-Pの推移

### 3. 3 化学的酸素要求量について

図5に0.5m層、15m層、100m層及び200m層の2000年4月から2016年4月までの化学的酸素要求量（以下「COD」

という。）の推移を示す。

図より、全層循環が発生した2011年以前の0.5m層及び15m層におけるCODは、2.5mg/L前後で推移していた

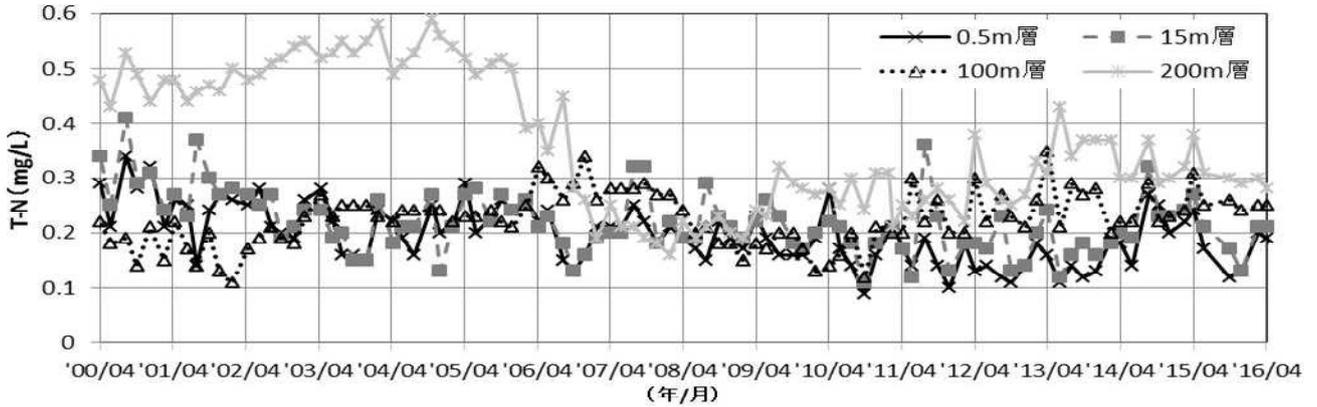


図4 0.5m層, 15m層, 100m層及び200m層のT-Nの推移

が、全層循環以降は、2.0mg/L前後と全層循環前に比べて低く推移していることが分かった。全層循環以降のT-P及びT-N濃度は全層循環前より低く推移していることから、T-P及びT-Nの減少に伴いCODも低く推移していることが推測される。

100m層においては、2006年の鉛直循環以前から1.0 mg/L前後で推移しており、ほとんど変化が見られなかった。

200m層におけるCODは、2006年の鉛直循環前は、2.0 mg/L前後で推移していたのに対し、近年は1.0mg/L前後で推移していることが分かった。これは、0.5m層等の表層部のCODが低下していることから、表層部からの有機物等の沈降量が減少したことによるものと示唆される。

3. 4 溶存酸素について

図6に100m層及び200m層の1983年4月から2016年4月まで、150m層の2010年4月から2016年4月までの溶存酸素量（以下「DO」という。）の推移を示す。なお、DOの定量下限値は0.5mg/Lであり、図中においては、定量下限値未満を0.5mg/Lで示している。

2011年及び2012年の全層循環によりDOが回復して以

降、200m層におけるDOは低下してきている。2012年の全層循環により回復したときのDOは6.2mg/Lであったが、4年経過した2016年4月には0.6mg/Lまで低下した。1986年の全層循環により200m層のDOは7.6mg/L（1986年4月）まで上昇し、約4年経過後の1990年6月に定量下限値である0.5mg/L未満まで低下しており、2012年以降の200m層におけるDOの低下速度は26年前の全層循環の後とほぼ同様であることが分かった。それに対し、100m層は、1986年の全層循環以降徐々に減少したが、2012年の全層循環後は4.6～4.9mg/Lの間で推移しており、100m層前後までの部分循環が起こっていることが示唆される。

3. 5 全層循環後の100m層の水質状況について

2012年の全層循環以降、T-P濃度は定量下限値（0.003 mg/L）または定量下限値未満で推移し、T-N濃度も0.20～0.35mg/Lの間で推移しており、ほとんど変化が見られない。

CODも0.8～1.4mg/Lの間で推移しており、安定した水質を保っていることが分かった。

DOは、水温躍層以深では表層からの有機物等の沈降とその分解により低下する。100m層より50m深い150m

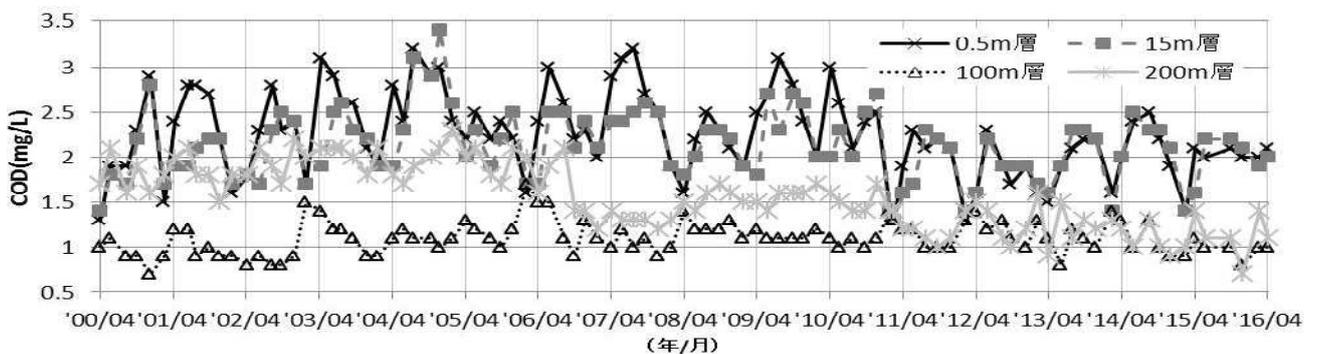


図5 0.5m層, 15m層, 100m層及び200m層のCODの推移

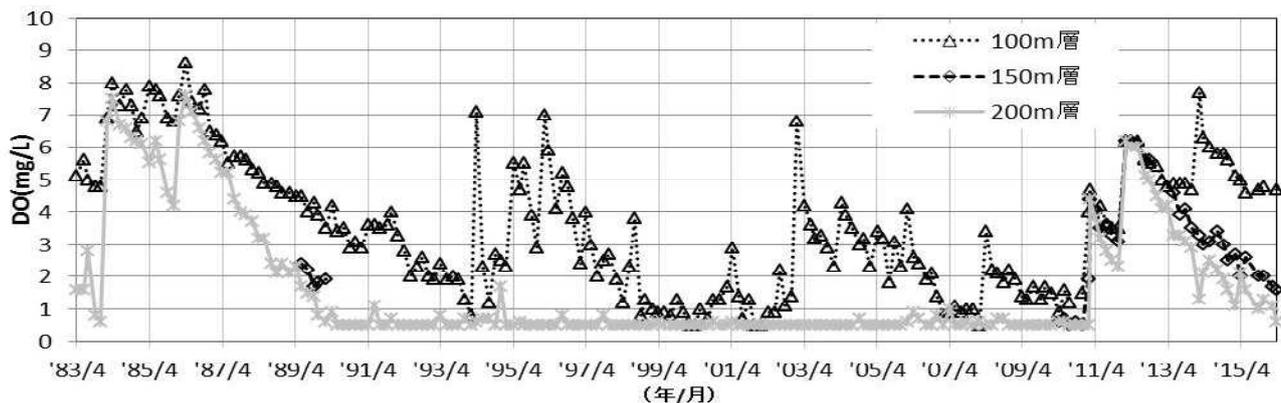


図6 100m層、150m層及び200m層のDOの推移

層では、2012年の全層循環時に6.2mg/LあったDOが、徐々に減少し、2016年2月までに1.7mg/Lまで減少した。しかし、2012年の全層循環以降の100m層のDOは、5.0mg/L前後まで徐々に減少するものの、その後は4.6～4.9mg/Lで安定しており、150m層と水質変化の傾向が異なっている。

100m層のT-P濃度が定量下限値付近と低いことから、微生物等による有機物等の分解に伴う消費が少ないことが要因と考えられるが、100m層のみにそのような傾向が見られる要因については、今後検討していく必要があると考えている。

#### 4 まとめ

- 1) 100m層のT-P濃度について、200m層のT-P濃度が大幅に減少した2006年の鉛直循環以降、濃度変化は少なく、ほぼ0.003mg/Lまたはそれ未満で推移している。このことから、底層部のT-P濃度が100m層に影響することが示唆される。
- 2) T-N濃度は、2006年の鉛直循環前は、200m層で0.5mg/L前後、0.5m層及び15m層で0.2mg/L前後だったが、鉛直循環後は、200m層で0.2mg/L前後、0.5m層及び15m層で0.15mg/L前後と鉛直循環前に比べて低下していることが分かった。
- 3) 0.5m層及び15m層のCODは、2011年の全層循環以降、2.5mg/L前後から2.0mg/L前後と全層循環前に比べて低く推移していることが分かった。0.5m層及び15m層におけるりん及び窒素が低く推移していることから、それに伴い低く推移していることが示唆される。
- 4) 200m層のCODは、2006年及び2011年の鉛直循環以降、1.0mg/L前後と鉛直循環前に比べて低く推移していることが分かった。これは、0.5m層等の表層部のCODが低下していることから、表層部からの有機物

等の沈降量の減少によるものと示唆される。

- 5) 200m層のDOは、2012年の全層循環以降低下してきており、4年経過した2016年4月には0.6mg/Lまで低下し、26年前の低下速度とほぼ同様であることが分かった。
- 6) 100m層の水質は、2006年の鉛直循環以降、T-P濃度が0.003mg/L前後、T-N濃度が0.20～0.35mg/L、CODが0.8～1.4mg/L、DOが4.6～4.9mg/Lというように変化がほとんど見られず、安定した水質を保っていることが分かった。他の層では変化が見られ、同様な傾向でないことから、100m層の安定した水質の状況について、今後検討していく必要があると考えている。

#### 参考文献

- 1) 尾辻裕一, 坂元克行, 他; 池田湖における全層循環について, 本誌, 13, 41～48 (2012)
- 2) 鹿児島県; 第4期池田湖水質環境管理計画 (2011)
- 3) 坂本洋, 西中須暁子, 他; 池田湖の底層における栄養塩類の挙動及び湖水循環時における水質変動について, 本誌, 8, 76～82 (2007)