

## 伊岐佐ダムにおける栄養塩類の挙動について (第1報—2)

## —アオコ発生事例についての考察—

庄野節子 北川信吉 野口秀憲 高橋秋彦 古川博輝  
 Setsuko Shono Nobuyoshi Kitagawa Hidenori Noguchi  
 Takahashi Akihiko Hiroki Furukawa

## 考察結果

## 1 平成10年8, 9, 10月の各態N濃度分布

8, 9, 10月について湖内3地点～流入側(水深0, 2m)、湖心と堰堤前(水深0, 2, 5, 10, 15m)ならびに流入点(河川水)、放流口における各態N濃度分布を積み上げグラフで示した(図1)。ここで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の由来を、河川流入水からの供給によるものと仮定し、各態Nの挙動を調べた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の湖内の鉛直分布をみると、各月に差がみられた。

8月の場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は流入水の濃度と水深5m、10m層、放流口の濃度が似ている。流入水の水温は湖心の水深7mと同じであることから、7m付近の層に河川水が入り、水深5m～10m層を移動層として放流口まで流れているのではないかと考えられた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が流入水と近いことは、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が生物に取り込まれていないことが考えられた。

滞留日数を表1に示した。移動層を水深5m～10m層と考えると、2～3日で放流口に達していることになる。一方、表層、2m層は滞留していることになるが、Chlor-a濃度をみると、表層より2m層が高くなっている。表層は水温が高いので上下混合がしにくいことを示している。

9月の場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は流入水の濃度に比較し、表層、2m層には分布せず、水深5～10m層に分布がみられる。流入水温と湖心

の水深10m層が同じであることから、河川水は10m層に流入しているのではないかと考え、滞留日数を計算した(表1)。滞留日数は12日程度と長く $\text{NO}_3\text{-N}$ が有機態N(DON、PON)に変わっていることから、藻類の生産環境が整っていることが説明される。表層、2m層は、PON、DON、 $\text{NH}_3\text{-N}$ が占めており、還元状態の底層で溶出した $\text{NH}_3\text{-N}$ が表層に上がっていることも伺える。9月の湖内環境はアオコの発生の条件をそろえているが、発生には至っていなかった。

10月の場合、14日に調査した際に、アオコが表層を覆っていた。この時のT-N濃度は1.5mg/Lであり、8, 9月の2倍以上となっていた。大部分はPONとDONが占めているが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は全層に分布していた。流入水温は水深2mと同じであることから、流入水が表層近くに流れ込み、藻類がNを取り込みやすい状態にあったのではないかと考えられる。また、この時期は、夏場より温度成層がゆるくなるため上下混合がかなり容易になり、滞留日数も9日程度と計算された。

以上のことから考えると、アオコの発生は、9月を経て、10月の流入量の増加によりNの供給が増え、藻類が異常発生したことによるものと推定される。異常発生が10月14日(調査日)の何日前からかは不明である。

アオコは、アナベナが優占種であった。アナベナ種は休眠孢子と呼ばれる空胞を持つため、表層に浮く構造となっている。空胞は炭酸同化

作用により生産物が貯まると破裂することが知られている<sup>1)</sup>。

## 2 湖内各態Nの存在量

湖内の窒素の総量を〔水深毎の濃度×鉛直各層容積〕で算出し、各月毎に図2に示した。T-N量は各態N量の総和で表した。10月のアオコ発生時には、T-N量は230kg程度であった。成層期の他の月は120~160kgのレベルである。還元状態の底層からの溶出とみられるNH<sub>3</sub>-Nは約1/3を占めている。循環期の1~3月は60kg程度で他の月は成層期との中間にある。

## 3 降水によるNの供給について

降水による影響をみるため、梅雨期の湖内Nの状況を調べ、表2に示した。平成11年6月24日は、夜半より降り始め、採水時は40mmの降水量、次いで25日の採水時は70mmであった。また、26日は114mmの降水量、29日は120mmの降水量があり、30日に採水を行った。7月の上旬も雨天が続き、7月21日はやや治まった。

5月21日、6月24日、25日、30日、7月21日の湖内の各態N存在量を図3に示した。降水の影響を受けた6月24日、25日、30日のT-N量は224、181、255kgである。7月21日は5月21日と同じ110kg程度であった。

6月29日の降雨で流入量が湖内容量より多く、また30日は15m層でDOが検出されており、湖底まで混合されていることがわかる。7月21日も底層からの溶出NH<sub>3</sub>-Nは少い。6月最終週に333mm、7月21日まで165mmの降水量で流入N量も増加したが、この分はダムの水位調整による放流で流出したと思われる。

## 4 降水前日(6月23日)の湖内N量の推定

6月24日の採水時は降水開始から、130、

000m<sup>3</sup>の流入があったが、湖内の成層は崩れていなかった。底層は還元状態であった。イオン分析の結果、Na<sup>+</sup>濃度の流入水、湖内各層、放流口に差がみられた。このため、次の理由により、河川流入水の湖内への混合割合について推計してみることにした。

- Na<sup>+</sup>等1価のイオンは湖内各層濃度差が少ない
- 雨水により希釈されてNa<sup>+</sup>濃度が低い
- 湖内15m層に流入水の影響がない
- 雨水Na濃度は酸性雨調査の数値を使用出来る

計算の結果から、6月24日は流入水の20%は放流され、2m層に23%、5m層に41%、10m層に20%程度が混合したことが推定された。また、表層は湖水に直接降り込んだ雨で1割程度希釈したことが推定された。

以上のことから、6月23日のT-N量が179kgと推定され、図3に示した。また、同様に推計し、表層のChl<sub>a</sub>濃度は32mg/m<sup>3</sup>、T-N濃度は0.53mg/lと推定された。このため、5月21日以降好天が多かった6月23日は、アオコ発生寸前ではなかったかと推定された。この推定値から6月24日はT-N量の増量分は45kgである。降り始めから70mmの降水量があった6月25日は6月23日(推定値)と同程度に減少している。

## 5 流入量パターンの類似性とアオコ発生事例

平成8年、10年、11年の4月~10月間の月半期毎の日平均流入量を図4に示した。図中に平成8年の生物調査<sup>2)</sup>の結果を重ねると、6/13、7/25、8/19、9/27、10/16調査日に珪藻類、緑藻類、藍藻類等が検出され、優先種は季節で異なるが、総細胞数4,000~28,000cell/mlが検出されている。また、9/27にはアオコ(anabaena macrospora)の発生がみられている。平成10年は、4月~7月は流入量が豊富であり、1で説明したように9月、10月上旬は滞留日数が

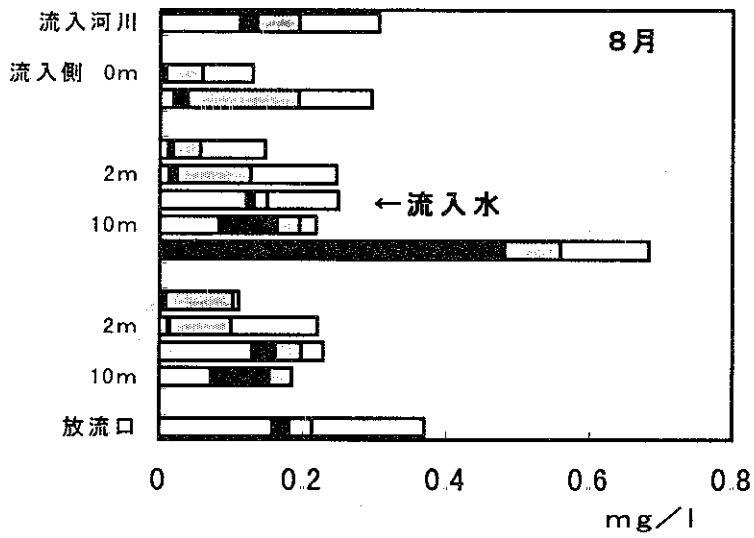
12日程度であり、10/14にアオコの発生 (anabaena macrospora) に遭遇している。

平成11年は6月上半期まで平成8年と流入量パターンは同じである。6月下半期～9月間は流入量が平成8年と大きく異なっている。4で解析した6月23日時点にはアオコ発生直前であったとする推定は、平成8年の藻類調査結果と比較しても妥当なものと思われる。このことから、過去の流入量パターンとの類似性を比較検討することにより、伊岐佐ダムにおける藻類の発生予測が可能となるのではないかと考えられる。

## 6 まとめ

今回の調査により伊岐佐ダムは小規模であること、多目的ダムで貯水位を250m. E Lに維持管理していることから、湖内のN量は流入水量により変動が大きいことが判明した<sup>3)</sup>。藻類細胞数が異常発生レベルにある現状にあって、アオコ発生を誘引する湖内の環境要因として、温度成層期に滞留日数が長いこと、日射量が多いこと、還元層で溶出した栄養塩 $\text{NH}_3$ -Nや適度の降水量(表層を乱さない量)によるNの供給があること等が挙げられる。

この調査は平成12年度まで継続して実施することとしている。調査結果が湖水の水質管理に役立つ基礎データになるよう、さらに調査を深めていきたい。



□NO3-N □NO2-N ■NH3-N □DON □PON

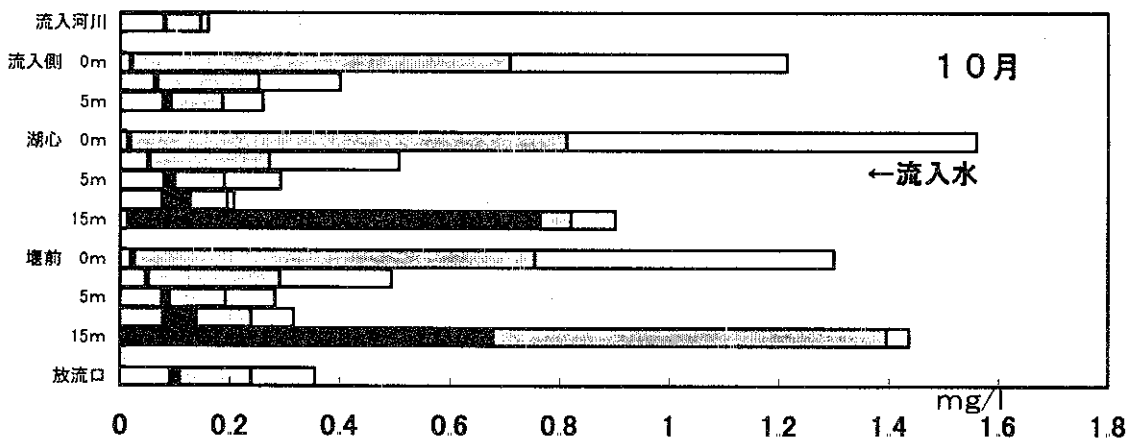
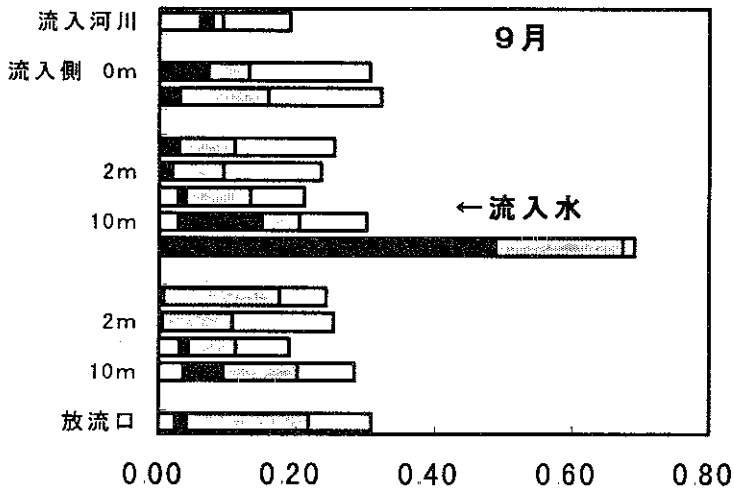


図11 湖内鉛直部位および流入水、放流水のN各態濃度

表1 湖内の移動水層を考慮した滞留日数 (8, 9, 10月/1998)

月	推定移動水層 水深 m	移動水層 容積 m <sup>3</sup>	日流入量(10日平均) m <sup>3</sup>	滞留日数 日
8	5-10	120,000	43,027	2.8
9	1-10	303,407	24,192	12.5
10	1-10	303,407	33,264	9.1

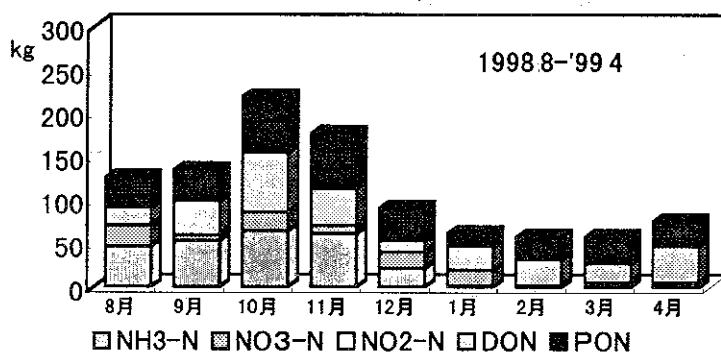


図2 湖内N各態存在量

表2 降水影響のあるT-N湖内存在量

1999年	T-N kg	PON	DON	NO3-N	NH3-N	前日流入量 m <sup>3</sup> × 10 <sup>3</sup>
5月21日	109	78	16	5	10	12.9
6月23日	179	(推定値)				36.9
6月24日	224	103	76	25	20	130
6月25日	181	47	73	45	17	203
6月30日	255	100	79	70	6	646
7月21日	110	31	54	17	7	40.6

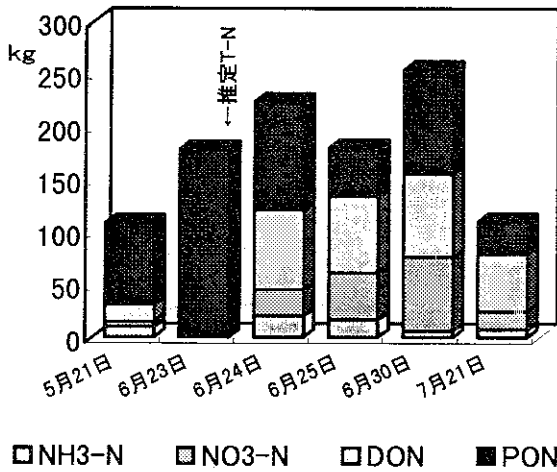


図3 降水影響のある湖内N各態存在量

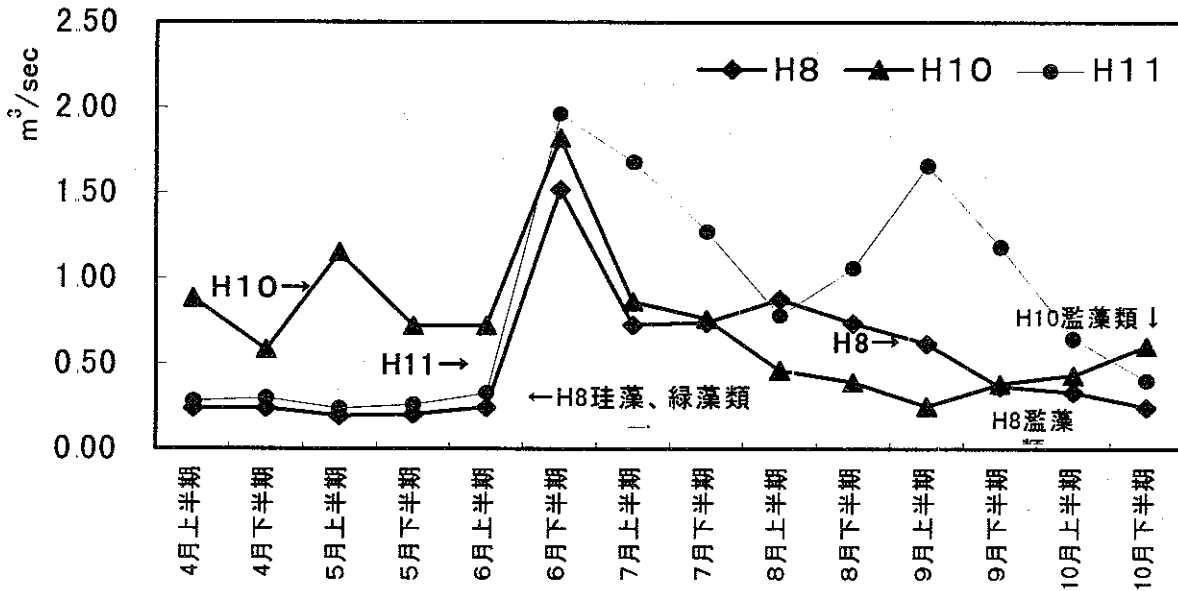


図4 平成8年,10年,11年の日平均流入量

文献および参考資料

1. 日本の水道生物 日本水道協会 平成5年発行
2. ダム貯水池生物概況 平成10年4月 ダム水源地環境整備センター
3. 庄野節子 (平成12年3月): 湖沼における栄養塩類の挙動について—伊岐佐ダムをフィールドとして— 低平地研究会 水質特別部会 水専門部会 水質を考える 講演集