

降水・流入事象にともなう貯水池水質の応答性状

神戸大学大学院 学生員 松尾昌和
 神戸大学工学部 正会員 神田徹・道奥康治
 神戸大学大学院 学生員 白澤静敏
 (財) ひょうご環境創造協会 藤原正好

1. はじめに：降水や河川流入などの水文事象は栄養塩の外部負荷をもたらし、藻類増殖など貯水池の富栄養化現象と密接に関連する。しかし、成層水域では流入水が密度流として挙動し、有光層へ流入する場合には内部生産を促進するように栄養塩が供給されるが、有光層以深へ流入する場合には内部生産へ直接的に貢献する可能性は少ない。したがって、富栄養化にともなう生産活動を予測評価するためには、外部負荷に関する水質・水文事象のみならず流入水の密度流特性を考慮して水質諸量間の相関分析を行う必要がある。本研究では、流入水の侵入水深を推定するために河川水温の連続観測を実施し、流入水の密度流挙動と Chl-a、濁度、透明度など水質指標との関連性を実証的に検討する。

2. 対象貯水池と観測方法¹⁾：対象貯水池は水深（最大 32m）に比して湛水面積(0.134km²)が小さく延長約 1000m の V 字谷地形であり、池水交換率が低い（総貯水容量：1.95×10⁶m³，年間総流入量：平均 9.25×10⁶m³）。したがって安定な成層が発達して鉛直混合が抑制されるために、底層が貧酸素化して底質から嫌氣的に溶出した塩分が高濃度層に滞留するなど富栄養化が進行している。図-1 に平面図と観測地点を示す。水温、EC、DO、濁度に関しては、ダムから約 20m 上流の基準点を中心に縦断方向 A、B、C 点で鉛直分布を計測した。流入水温の時系列は流入点に設置したメモリー式水温計を用いて時間間隔 2～5min. で自動計測された。その他の計測項目は、透明度、COD、T-P、T-N、T-Fe、T-Mn である。

3. 流入水の挙動と富栄養化：富栄養化状態の総合指標である TSI²⁾ の季節変化を図-2 に、TSI の評価段階を表-1 に示す。上層水は中層水より富栄養状態にある。この原因としては流入河川水による上層への栄養塩供給と内部生産が考えられる。底質からの栄養塩溶出によって底層水の有機汚濁も進んでいる。

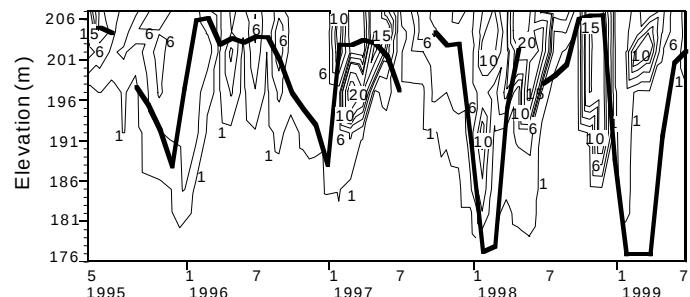


図-3 Chl-a(Contours)と流入水深（太線）の季節変化

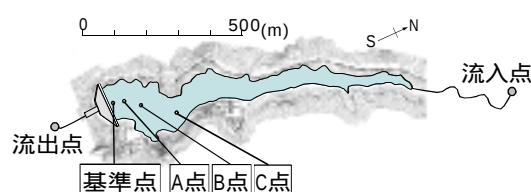


図-1 貯水池の平面図と観測点

表-1 TSI の評価基準

評価	TSI	解説
a	37以下	貯水池水は清澄であり、水環境としては快適
b	47以下	貯水池水は清澄とはいえないが、水域環境としては良好
c	53以下	水域環境として良好ではないが、悪くも無い
d	61以下	水色変化が認められ、水域環境としてはやや不快
e	61以上	異臭の発生等があり、水域環境としては深刻

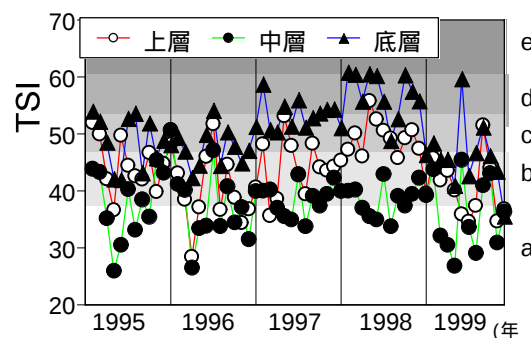


図-2 貯水池水質 (TSI) の季節変化

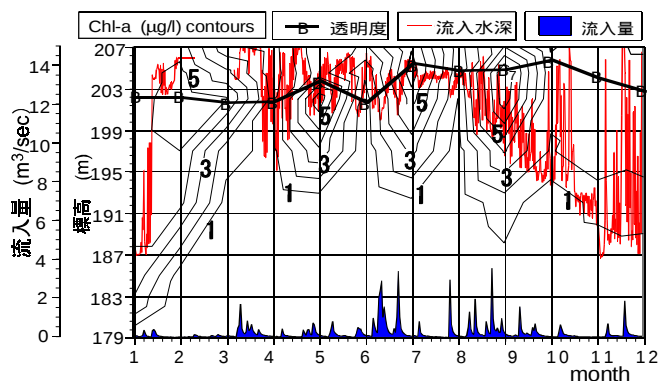


図-4 Chl-a, 透明度, 流入量, 流入水深の季節変化 (1996 年)

キーワード：貯水池水質、富栄養化、藻類、水質指標

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL.078-803-6056 FAX.078-803-6069

水温と EC から状態方程式を用いて流入水密度と貯水池の密度分布を算定し、流入河川水が時々刻々に侵入する水深を求めた。図-3 に流入水深とクロロフィル a (Chl-a) 分布の季節変化を示す。これより流入水深一すなわち栄養塩負荷の有光層への供給と連動して Chl-a が増加し藻類が増殖している様子が確認できる。藻類の増殖は栄養塩と光エネルギーの供給に起因している。ここでは、有光層の厚さを表すスケールとして透明度を、栄養塩負荷の目安として流入量を考える。

一例として'96 年の Chl-a の増減と流入水深、透明度、流入量の時系列を図-4 に示す。これを見ると流入水が有光層へ侵入するときに Chl-a が増加することが確認できる。また、Chl-a の高濃度層と透明度が高い相関にある。

4. 降雨事象と水質諸量との相関性：

図-5 に Chl-a と透明度、図-6 に Chl-a と濁度の関係を表す。これらの図において、※を付した相関の低いデータはいずれも、前日、前々日の流入量が 100,000m³/day 以上で大きな出水を伴う事象であった。つまり、透明度や濁度は Chl-a 濃度だけではなく土砂起因の浮遊

物質を含む出水に大きく影響されることが分かる。そこで何日前の出水が貯水池水質に影響するかを調べるために、雨量と Chl-a 濃度、濁度、透明度など水質項目との相互相関係数を求めた。ここでは、藻類の活動が異なることを考慮して、1 年を受熱期と放熱期に分け相関性を解析した。図-7 は、4～9 月の受熱期、図-8 は 10～翌 3 月の放熱期における雨量と水質項目（透明度、Chl-a、濁度）との相互相関係数を示す。横軸には観測日からの遅れ日数をとっている。Chl-a と透明度については降雨との明確な相関関係が認められない。雨量や流量だけではなく、流入量に栄養塩濃度を乗じた外部負荷フラックスとの相関解析を行えば、Chl-a や透明度との明確な関係があらわれるかもしれない。一方、受熱期では約 4 日前、放熱期では約 11 日前の降雨が濁度に大きく影響している。受熱期と放熱期で相関係数ピークの遅れ日数が異なる原因として、受熱期の方が放熱期より河川水一貯水池水間の密度差が大きいため流入密度流の伝播速度が大きいこと、放熱期には低温の河川水が下層へ潜り込み、濁りが表層へ浮上するのに自然対流による浮上拡散を待たなければならないことなどが考えられる。

5. むすび：時間～日スケールで変動する水質構造と藻類の活動が淡水赤潮やアオコの発生と密接に関連しているので、内部生産に関連する水理・水質項目のうち自動計測が可能なものについては、時系列観測を積み重ねて、藻類増殖の支配因子を判定する必要がある。

参考文献

- 1) 道奥他：土木学会論文集，第 572 号/II-40，33-48，1997 年
- 2) 松尾：ダム貯水池の水質問題，電力土木，No238，pp.3-18，1992 年

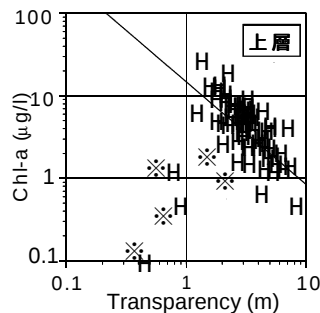


図-5 Chl-a と透明度の関係 (1994.2～1999.7)

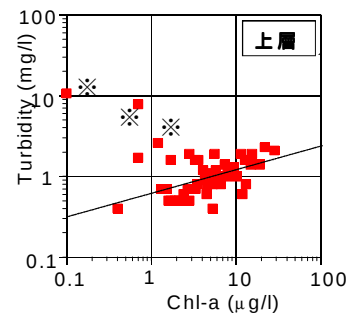
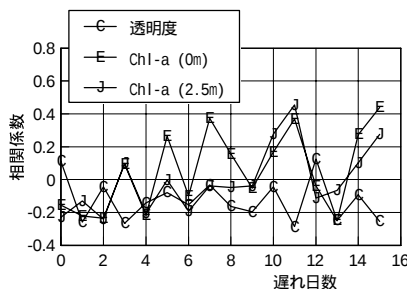
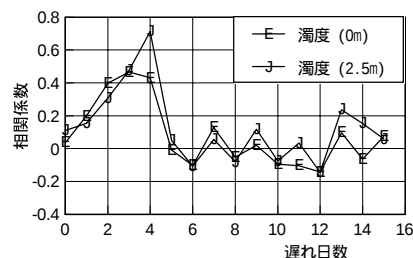


図-6 Chl-a と濁度の関係 (1994.2～1999.3)

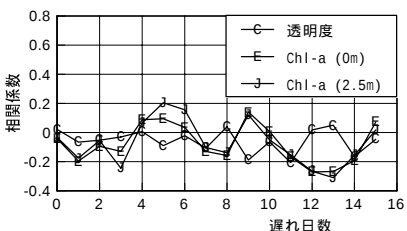


(a) 透明度，Chl-a と降雨量

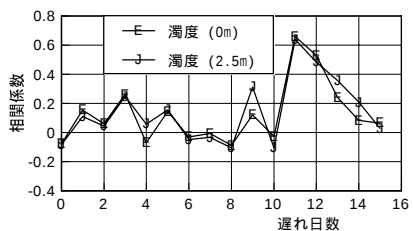


(b) 濁度と降雨量

図-7 雨量と水質諸量との相互相関係数 (受熱期：4～9 月)



(a) 透明度，Chl-a と降雨量



(b) 濁度と降雨量

図-8 雨量と水質諸量との相互相関係数 (放熱期：10～翌 3 月)