特集・環境用水の汚濁とその浄化

渡良瀬貯水池の水質について

ホアン グアンウェイ*・玉井 信行*・松崎 浩憲**

1. 貯水池の諸元

渡良瀬貯水池（谷中湖）は、利根川上流の茨城県北西に位置する。面積約4.5km²、貯水容量は約2千万m³、主な目的は洪水調整、都市用水供給および下流河川への維持流量提供である。首都圏の上水として1都4県に水を供給している。

谷中湖の形は図-1のようにハート型をしていて、南・北・谷中湖の三つのブロックに分割されている。ブロック間の水路には、橋が架けられている。各ブロックの水面面積は図-2に示している。平均

水深の値は、平成9年12月の現地観測の際に測定した値6.6mである。

1.1 貯水池周辺地域の気象

(a) 気温・湿度

渡良瀬貯水池地点の気温は、8月が最高で約32℃、2月が最低で約2℃となっている。同じ地点の月平均湿度は12月に最低の62.7%、6月に最高の83.2%である。

(b) 降水量・風速・風向

貯水池近くの栗橋における降水量は約1,100mmであり、利根川流域の平均値1,440mmに比べやや少な

図-1 渡良瀬貯水池

■ 南ブロック49%
■ 北ブロック33%
■ 谷中ブロック18%

図-2 各ブロックの面積の比率

(a) 1月

(b) 2月

(c) 7月

(d) 8月

図-3 渡良瀬貯水池風配図

* 東京大学 Guangwei HUANG, Nobuyuki TAMAI

** 建設技術研究所 Hironori MATSUZAKI

い。風は夏場が強い時で風速 5 m/s ぐらいで、冬場には強いときで 10m/s になることもある。月別平均風速は冬季 2 月の 3.5m/s 最大、夏季 7 月の 1.8m/s が最小となっている。月ごとの風配図は、図のようであった。冬季は WNW の風向が多く、夏季には南、北東の風が多くなっている (図-3)。

2. 水質特性

本報では、最近数年間に調査で得られたデータの経時変化を示し、その水質の変化特性を考察するとともに、相関・回帰分析を行った。

まず、重要な環境因子である水温に注目するが、明らかに季節変化が卓越し、経年的な変化が小さいことが分かった (図-4)。最高値は 7、8 月に 33°C 前後、最低値は 1、2 月に 4°C 前後の値が記録された。平均値は約 16°C である。

水面下 0.5m の水温と湖底上 1.0m の水温を比較して見ると、谷中湖における成層が弱いことが分かった (図-5)。

図-6 によると、平成 6 年から 8 年までの 3 年間では、pH の最大が 9.82、最小が 7.38、平均が 8.77 と通してアルカリ性である。これは植物プランクトンの光合成が活発なことを示し、谷中湖が富栄養化した湖沼であるといえる。

図-4 平均水温

図-5 上、下層別水温

溶存酸素の変動 (図-7) をみると、季節変化パターンが現れており、春、夏頃に最低値が記録されている。3 日間の平均値をとって見ると、上層 (水面下 0.5m) と下層 (湖底上 1.0m) の差が大きくなる。

図-8 をみるとブロック別濁度の違いはほとんどないのがわかる。傾向としては春と秋に高くなり、その最大値は年々高くなっている。これは主に春と秋にプランクトンが全ブロックで異常発生するためのものだと推測される。

時間ごとのデータを見てみると上、下層濁度の差

図-6 ブロック別 pH

図-7 上、下層別溶存酸素

図-8 ブロック別濁度

図-9 上, 下層別濁度時間変動

が現れている(図-9)。これは、沈殿物の巻き上げの影響だと考えられる。

図-10はブロック別上層のクロロフィルa濃度を示している。谷中ブロックでは年々最大値が下がってきている。北ブロックでは毎年高い値を示し、南ブロックは比較的最大値が小さい。最も高くなる9月頃を除けばブロック間の差はあまりない。上、下

図-10 ブロック別 chl-a

図-11 ブロック別総リン

層の差を調べてみると、植物プランクトンが増える時期には上層の方がやや高い値を示す。

図-11で総リンのブロック別比較をみると、3年間とも秋の増加が目立つが、平成8年では南ブロックにおいて春での顕著な増加が見られる。最大値は0.257mg/l, 最小値は0.051mg/l, 平均値は0.099mg/lである。形態別のリン濃度をみると、秋には無機態リンが増加していることが分かった。

図-12は各ブロック上層の総窒素の値を示したものである。高い時で2.5mg/l, 低い時で0.6mg/l, 平均は1.5mg/lである。総窒素のほとんどは有機態窒素である。春と秋には植物プランクトンの活動が活発になり窒素の分解が進み総窒素の量が少なくなる。冬場には硝酸体窒素が増加する傾向がある。

図-13にはブロックごとのCODの変動を示した。最大値は17.4mg/l, 最低は5.7mg/l, 平均は9.1mg/lである。CODは春と秋に高くなって、クロロフィルaの変動パターンとよく似ている。谷中と北ブロックにおける、CODは減少している傾向が見られる。

図-12 ブロック別総窒素

図-13 ブロック別 COD

図-14 谷田川と渡良瀬川の総リン濃度

渡良瀬貯水池は人工的に操作しない限り完全な閉鎖水域である。取水する場合、谷田川からの取水が優位にして、谷田川と渡良瀬川の合流点付近で行われている。谷田川流域には工業地が多数林立しており、下水道の普及率が低い。図-14に示すように、谷田川の総リン濃度は渡良瀬川の総リン濃度の2～10倍もある。またその濃度は年々上昇している。

3. 回帰分析

まず、水深とTN/TPの比を取り上げる。図-15に示すように、水深とTN/TPとは、かなり高い正の相関があることが分かった。それにより、谷中湖における水深が3 m以下になった時には、N/P<10、すなわち、その場合、窒素も制限因子になっている。谷中湖の水深変動は図-16に示している。洪水調節のため、夏頃には、水深が3、4 mまで下がっている。したがって、谷中湖において、夏の頃は窒素が制限因子になっていると言える。

OECD「浅水湖および貯水池」プロジェクトによ

図-16 谷中湖の水深変動

図-15 N/Pと水深との関係

り、全リン濃度からクロロフィルa濃度を推定する式を提案されている。しかし、窒素とリンの比率が大きく変動している水域における、リンのみによる湖内のクロロフィルa濃度を推定することは、適用限界がある。リンと窒素両方を考慮して評価せざるを得ない。そのため、平成6年から8年までの観測データを用いて、重回帰分析を行い、全リン及び全窒素によるクロロフィルa濃度の予測式が得られた。

北ブロック：

$$\text{Log}(\text{chl-a}) = 0.612 \cdot \text{Log}(\text{TP}) + 0.289 \cdot \text{Log}(\text{TN}) + 2.683 \quad (r^2 = 0.76)$$

谷中ブロック：

$$\text{Log}(\text{chl-a}) = 0.66 \cdot \text{Log}(\text{TP}) + 0.261 \cdot \text{Log}(\text{TN}) + 2.747 \quad (r^2 = 0.76)$$

南ブロック：

$$\text{Log}(\text{chl-a}) = 0.574 \cdot \text{Log}(\text{TP}) + 0.139 \cdot \text{Log}(\text{TN}) + 2.614 \quad (r^2 = 0.63)$$

南ブロックにおいては強い重相関を示していないが、このブロックで水流入・流出の人為的操作を行っているため、その影響が原因であると推測される。

これらの二成分の予測式の有効性と信頼性は現時点で判断できないが、富栄養化の対策の実施等により、水中の窒素、リンの比率が大きく変わる場合も十分ありうるため、このような二成分を用いた評価手法が重要になると考えられる。

4. おわりに

本研究では谷中湖水質指標の3年間の経時変化に注目した。得られた結果を以下に列記する。

①谷中湖の水質に関していくつかの特徴が分かってくる。今後の水質予測に関して役に立つデータが

整理できた。

- ②谷中湖の3つのブロック間で水質指標に大きな差がないことが分かった。
- ③クロロフィルaの変化によって、春と秋に植物プランクトンが活発になっていることが示唆される。
- ④谷中湖における、水深とTN/TPとは、かなり高い正の相関があることが分かった。
- ⑤重回帰分析を行い、全リン及び全窒素によるクロロフィルa濃度の予測式を導いた。

謝辞：本研究にいろいろな便宜を図っていただくとともに、貴重なデータを提供して頂いた建設省利根川上流工事事務所の関係の各位に深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 シンポジウム報告, 環境庁国立公害研究所
- 2) 陸水域の富栄養化に関する総合研究(II), 環境庁国立公害研究所
- 3) 西條八東, 三田村緒左武: 新編湖沼調査法: 講談社, 1995.
- 4) 土山ふみ他6名: 「ため池」水質の簡易な予測モデル, 水環境学会誌, 18, (10), 809-813, 1995.
- 5) 上坂恒雄, 新名秀章, 堀部正文: 渡良瀬貯水池の水質保全対策, 第6回世界湖沼会議電報'95, 418-421, 1995.
- 6) 藤井滋穂, 室宮功: 琵琶湖南湖の富栄養化解析(1), 環境技術, 13(7), 482-488, 1984.
- 7) 福島武彦: 浅い湖沼の水質変化特性と水質管理」東京大学工学部都市工学科博士論文, 1985.
- 8) Cooperative Programme for Inland Waters (Eutrophication Control), Final Report of the Project on "Shallow Lakes and Reservoirs", vol.1, OECD, 1979.

アセス情報

可動堰のアセスメント・モニタリング

「利根川河口堰の流域水環境に与えた環境影響調査報告書」1998年6月日本自然保護協会報告書第83号(217ページ)が出た。本報告書は、環境庁の特定流域水環境保全対策調査の一環として、日本自然保護協会が受託した調査の報告書で、建設省・水資源開発公団等のデータと現地調査とをもとにしたものである。

河口から18.5kmの所にあるこの可動堰は1971年に完成して18年の運用経歴を持っており、長良川や現在建設が問題になっている吉野川十番堰などの後発計画に大きな示唆を与える。他の可動堰にも共通な事実、利根川に固有な事実とをわけて示し、今後の環境アセスメント・モニタリングに対する提言を行っている点で重要な資料である。浮遊藻類の増殖は、流量の減少とこれによる堰の操作形式による湛水日数の長期化に関係し、西南日本では冬の、東北日本では夏の渇水期に増殖が著しい。鳥類を含む生態系への影響は、建設から13年後に影響がでており、長期のモニタリングが必要である。なお、この報告書は、西条八東・奥田節夫編「河川感潮域—その自然

と変貌」名古屋大学出版会1996年(247ページ)の内容を発展させたもので、担当委員も重複している。

東京都の総合環境アセスメント制度

6月19日に公表されたこの制度では、環境影響評価法の対象となる実施計画の前に、基本計画の段階で、事業者が環境配慮書を公表して住民への説明会を開き、審査会が審査する。環境影響評価法の制定時に議論となった、いわゆる計画アセスメントの導入であり、神戸市条例の事前配慮指針を公表・審査の必要な手続きに格上げたものである。環境配慮書は、都が定める自然環境などの評価項目についての環境配慮目標の設定を記載したもので、これをもとに複数の基本計画案を示す必要がある。そして、審査会はどれがベターかを検討するが、どの案も環境破壊が著しいと判断された場合についてノーゴーとする強制力はない。15人の審査委員のうち3人は都民から公募するとしているのも画期的である。今年度から都の事業で試行し、2000年度からすべての対象事業に適用する予定である。