

陸上・水中ドローンを用いたダムの富栄養化発生メカニズムの解明と 水源管理システムの構築

Development of water resource management system and unravel the mechanism of eutrophication at dam reservoir using by UAV and ROV

豊田工業高等専門学校 環境都市工学科 講師 江端一徳

（研究計画ないし研究手法の概略）

はじめに

多目的ダムは、洪水調節、上水・工業用水・灌漑用水供給、発電等の種々な目的をもって建設される。このようなダム貯水池の持つ治水・利水・環境機能がバランスよく調和して初めて、ダムの効力を十分に発揮することが可能となる。ダムは、自然環境を大規模かつ人為的に変更するため、水環境に与える変化や影響が大きく、ダム湖に流入する土砂や有機物により、ダム湖内で固有の水質変化が起きる。愛知県の豊川上流域には生活・農業用水等として利用されている宇連ダム、大島ダムが隣接して存在しており、ダム湖水の水質変化が下流河川へ及ぼす影響を考察することは利水管理上、重要な問題である¹⁾。これまで、大島ダムでは、富栄養化がたびたび発生しているものの、発生メカニズムについては未解明のままとなっている。

そこで、本研究では、大島ダムと宇連ダムにおける富栄養化の発生ポテンシャルの有無を調べるため、ダム貯水池内の水質形成機構の解明と上流部から下流部の両ダムの水質縦断変化ならびに下流への水質影響について解析し、合わせて周辺河川も調べることで、ダムの有無による水質の差異などについて考察を行い、豊川上流域における水質空間分布特性を把握することを目的とした。

調査・分析方法

調査方法

本研究では愛知県新城市・設楽町に位置する宇連ダムと大島ダムの上下流河川、ダム貯水池及び、周辺支川（乳岩川、亀淵川、豊川）を対象とした（図-1）。調査は各地点において月に一度の頻度で調査地に赴き、1L採水ボトルにて、採水を行った。

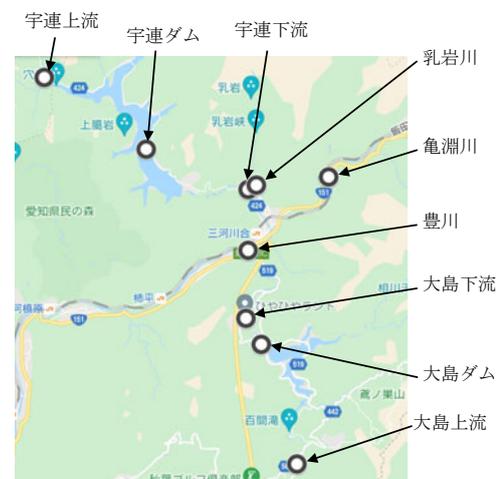


図-1 調査地点 (Google map より図引用)

分析方法

採水した水試料は冷蔵のまま実験室に持ち帰り、基本水質項目である pH, EC, 有機物・栄養塩指標として DOC, DIC, DTN を、また、植物プランクトン量の把握のため Chl.a, Phl.a

の測定を行った。pH, EC は, pH, EC 計(LAQUAtwin) により計測した。また, DOC, DTN, DIC は, 採水した試料水を 0.45 μ m のろ紙(Whatman GF/F)を用いて, ろ過した後, 全有機炭素計(Aalytic jena 製 multiN/C3100)により測定した。Chl.a, Phl.a については, ろ過で使用したろ紙を用いて, 蛍光光度計 (Turner Design 製 10-AU) により, 蛍光法で測定を行った。

(実験調査によって得られた新しい知見)

表-1 に 2021 年の調査期間における水質結果を示す。まず, 宇連ダム, 大島ダムの上流地点を比較すると, 大島ダム上流の方が DTN を除いた全ての水質項目において値が高い結果となった。特に, Chl.a は, 宇連ダム上流と比較して, 約 6.3 倍大きい結果となった。これは, 大島ダムの上流には集落やゴルフ場があり, 人間活動に伴う生活排水の流入が宇連ダム上流よりも多いことがその理由の一つであると考えられた。また, DIC 濃度も同様に約 2.0 倍と大きく, このことは, 基岩となる地質構造の差異によるものだと考えられた。続いて, ダムの上流から下流における縦断変化に着目すると, これまでの既存研究より, ダムが存在することで, ダム貯水池の水質は上下流と異なり, Chl.a が流下に従い低下すること¹⁾, また, 水温及び溶存酸素 DO の貯水池縦断方向の変化が小さいこと²⁾, さらに, 有機物は流下方向に増大し, 無機物は減少することが示されている³⁾。加えて, 下流河川の水質はダム貯水池の水質形成の影響を受け, 水質が日々変化していることが明らかとなっている⁴⁾。本研究でも, Chl.a, DOC は, 上流からダム貯水池で一旦濃度が上昇し, その後, 下流地点では濃度が減少するという既往研究と同様の結果が得られた。また, ダム貯水池の水質を比較すると, DOC は大島ダムと宇連ダムと同程度であったが, Chl.a は依然として大島ダムの方が高い結果となった。これらの結果から, 大島ダムは, 上流からの栄養塩の流入が宇連ダムと比較して多く, さらに貯水池で増殖が進むことで富栄養化となりやすい環境にあると考えられた。

また, ダムが上流部に存在しない乳岩川, 亀淵川に着目すると, 乳岩川は, DOC を除いて各水質項目が両ダム流域地点と比較して低かった。さらに, 亀淵川では, EC 及び DIC がどの地点よりも大きく, 両者の相関を取ると 0.87 と高い正の相関関係がみられた。また, これら上流部にダムがない両河川の共通点として DOC, Chl.a, Phe.a が低い特徴があった。

最終的に, 宇連・大島の両ダムからの放流水と乳岩川, 亀淵川からの河川水が混合し生まれる豊川は, 宇連ダム流域と大島ダム流域の水質結果の間の値を示した。このことは, 大島ダム流域から流下してくる水質は, 他の河川との合流によって低減されていると考えられた。

次に, 表-1 の水質結果を標準化し, 統計解析ソフトの R を用いて, ウォード法によるクラスター分析を行った(図-2)。この結果から, 豊川上流域の水質は大きく 2 つのクラスターに分類できた。宇連ダム流域, 乳岩川, 豊川のクラスターと大島ダム流域, 亀淵川のクラスターの 2 つのクラスターとなった。特に, 大島ダム上流と下流, また, 宇連ダム下流と豊川において関係性が高い結果となった。豊川は, 宇連ダム流域のクラスターに分類されたことから, 豊川の水質は宇連ダムの方が大島ダムよりも寄与が大きいことが明らかとなった。

また, 本研究では水中ドローンによるダム底部の水中撮影ならびに採水を行った(写真-1, 写真-2)。現在は, 得られた水試料の水質分析ならびに植物プランクトンの群集構造解析を行っている。また, 陸上ドローンによる撮影も実施し, こちらも得られた赤外線画像と水質との関係解析を実施中である。

表-1 2021年における水質結果のまとめ

| 調査地 | pH | EC(μ S/cm) | DOC(mg/L) | DIC(mg/L) | DTN(mg/L) | Chl.a(μ g/L) | Phe.a(μ g/L) |
|------|------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| 大島上流 | 7.70 | 67.7 | 0.95 | 6.42 | 0.15 | 0.44 | 0.43 |
| 大島ダム | 7.48 | 46.8 | 1.49 | 4.26 | 0.14 | 1.81 | 1.36 |
| 大島下流 | 7.58 | 57.6 | 1.16 | 4.82 | 0.15 | 0.53 | 0.39 |
| 宇連上流 | 7.43 | 43.5 | 0.70 | 3.27 | 0.24 | 0.07 | 0.07 |
| 宇連ダム | 7.10 | 29.0 | 2.07 | 1.80 | 0.13 | 0.25 | 0.17 |
| 宇連下流 | 7.31 | 35.7 | 1.51 | 2.50 | 0.17 | 0.09 | 0.09 |
| 乳岩川 | 7.14 | 25.0 | 1.02 | 1.55 | 0.06 | 0.07 | 0.08 |
| 亀淵川 | 7.74 | 84.0 | 0.64 | 7.22 | 0.30 | 0.03 | 0.05 |
| 豊川 | 7.50 | 45.3 | 1.29 | 3.46 | 0.18 | 0.19 | 0.19 |

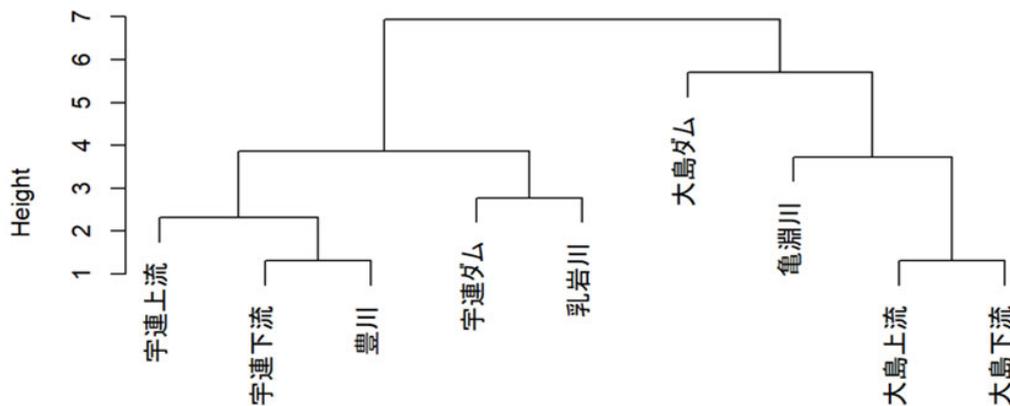


図-2 豊川上流域のクラスター分析結果



写真-1 水中ドローンによる大島ダム内の観測



写真-2 水中ドローンによる宇連ダム内の観測

参考文献

- 1) 河原長美, 名合宏之, 高杉滋: 旭川ダム貯水池の富栄養化機構と下流への水質伝播, 環境技術, 第24巻, 第4号, p.203-206, 1995.

- 2) 道奥康治，神田徹，伊藤達平，西川孝晴，石川勝久，東野誠：底部に逆転水温層を有する部分循環貯水池の水質に関する研究，土木学会論文集，第1997巻，第572号，p.33-48，1997.
- 3) 松梨史郎，井野場誠治，下垣久，宮永洋一：手賀沼の水質の時空間変化特性に関する検討，水工学論文集，第43巻，p.995-1000，1999.
- 4) 藤井智康，見市智美：奈良県大迫ダム貯水池の水質特性および下流河川に及ぼす影響，奈良教育大学附属自然環境教育センター紀要，第8巻，p.9-20，2007.

(発 表 論 文)

該当無し