

北海道におけるダム貯水池の水質特性について

| | |
|-------|----------|
| 誌名 | 水利科学 |
| ISSN | 00394858 |
| 著者名 | 那須,義和 |
| 発行元 | 水利科学研究所 |
| 巻/号 | 29巻6号 |
| 巻号補足 | |
| 掲載ページ | p. 65-89 |
| 発行年月 | 1986年2月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



北海道におけるダム貯水池の水質特性について

北海道直轄ダム水質保全対策検討会

代表 北海道大学工学部教授

那 須 義 和

1 まえがき

ダム貯水池は、洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道用水、かんがい用水、工業用水の補給および発電などを目的として、その機能を十分に発揮するよう計画されている。

しかしながら、近年では地域社会の発展に寄与する施設として、単に量的なものだけでなく、質的な面での要請が大きくなっており、昭和56年12月18日河川審議会から答申を受けた「河川環境のあり方について」のなかでも、ダム貯水池における河川環境の保全と創造について検討することとなっている。

ダム貯水池が流水を滞留させ、それまでの自然河川とは異なった水理特性を生起させて、新しい生態系の水域が出現することにより、水域内の栄養塩濃度が高まり富栄養化現象が起こるといわれており、特に北海道におけるダム貯水池の流入水は、自然条件に由来すると思われる場合でも、CODが一般に高い傾向がみられるなど、寒冷地としての気象や地質条件などが、水質に対して影響を与えていると推察され、本州ダムにはない特性を持っていると考えられる。

そのため、北海道開発局では学識経験者を含めた北海道直轄ダム水質保全対策検討会を設立し、管理ダム、竣工間近のダム、建設ダム、実施調査ダムのなかから8ダムを選定して現状水質、水質特性の要因、水質の影響、将来水質の予測、水質保全対策など総合的な解明を昭和58年度から5カ年計画で実施することとした。

本稿では、これらの調査研究に着手して以来2年余の段階ではあるが、計画の概要と成果の一部について報告するものである。

2 調査計画の概要と検討方法

現在、北海道開発局が直轄で管理、建設、実施調査を行っているダムのなかから第

第1表 対象ダム一覧表

| ダム名 | 桂 沢 | 金 山 | 岩 尾 内 | 豊 平 峡 | |
|---------|--|----------------|----------------|----------------|--------------|
| 水系名 | 石 狩 川 | 石 狩 川 | 天 塩 川 | 石 狩 川 | |
| 河川名 | 幾 春 別 川 | 空 知 川 | 天 塩 川 | 豊 平 川 | |
| ダム | 型 式 | 重力式コンクリートダム | 中空重力式コンクリートダム | 重力式コンクリートダム | アーチ式コンクリートダム |
| | 堤 高 (m) | 63.6 | 57.3 | 58.0 | 102.5 |
| | 堤 頂 長 (m) | 334.3 | 288.5 | 448.0 | 305.0 |
| | 堤 体 積 (m ³) | 350,000 | 220,000 | 394,000 | 285,000 |
| 貯水池 | 集水面積 (km ²) | 151.2 | 470.1 | 331.4 | 134.0 |
| | 湛水面積 (km ²) | 4.99 | 9.2 | 5.1 | 1.5 |
| | 総貯水量 (千m ³) | 92,700 | 150,450 | 107,700 | 47,100 |
| | 有効貯水量 (千m ³) | 81,800 | 130,420 | 96,300 | 37,100 |
| 目的 | 洪水調節 (m ³ /s→m ³ /s) | 550→70 | 1,000→240 | 1,000→200 | 820→140 |
| | かんがい (ha) | 16,200 | 28,700 | 14,700 | — |
| | 上水道 (m ³ /day) | 三笠市・岩見沢市・美唄市 | 滝川市 | 士別市 | 札幌市 |
| | 工業用水 (m ³ /day) | — | — | 士別市 67,000 | — |
| 発電 (kW) | 最大出力 15,000 | 最大出力 25,000 | 最大出力 13,000 | 最大出力 50,000 | |
| 竣工 | 32年3月 | 42年9月 | 46年3月 | 47年9月 | |

| | | | |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|
| 大 雪 | 鹿 ノ 子 | 滝 里 | 留 萌 |
| 石 狩 川 | 常 呂 川 | 石 狩 川 | 留 萌 川 |
| 石 狩 川 | 常 呂 川 | 空 知 川 | チ バ ベ リ 川 |
| ロックフィルダム (中央心壁型) | 重力式コンクリートダム | 重力式コンクリートダム | 重力式コンクリートダム |
| 86.5 | 55.5 | 49.0 | 36.0 |
| 440.0 | 222.0 | 450.0 | 420.0 |
| 3,874,000 | 204,600 | 455,000 | 220,000 |
| 291.6 | 124.0 | 1,662.0 | 42.0 |
| 2.9 | 2.1 | 6.8 | 2.2 |
| 66,000 | 39,800 | 108,000 | 20,300 |
| 54,700 | 35,800 | 85,000 | 18,800 |
| 1,000→100 | 460→40 | 3,600→2,400 | 300→20 |
| 17,800 | 572 | 40,402 | — |
| 旭 川 市 | 北見市・置戸町・ 訓子府町・常呂町 ・留辺蘂町 | 中空知広域水道企 業団・江別市 | 留 萌 市 |
| 100,000 | 54,300 | 65,110 | 15,000 |
| — | — | — | 留 萌 市 18,000 |
| 最 大 出 力 20,000 | — | 最 大 出 力 10,000 | — |
| 50年10月 | 58年9月 | 58年着工 | 59年実調 |

第2表 対象ダムの流域概要

| ダム名 | 桂 沢 | 金 山 | 岩尾内 | 豊平峡 | 大 雪 | 鹿 の 子 | 滝 里 | 留 萌 | 備 考 |
|-------------------------------|---------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| (a)流域面積 (km ²) | 151.2 | 470.0 | 331.4 | 134.0 | 291.6 | 124.0 | 1,662.0 | 42.0 | — |
| (b)最高標高 (EL, m) | 1,063 幾春別岳 | 1,887 上ホロカメ ツトク山 | 1,558 元塩岳 | 1,318 漁 岳 | 2,230 白雲岳 | 1,397 三国山 | 2,077 十勝岳 | 490.6 チバベリ | 図 面 |
| (c)ダム (H.W.L)(EL, m) | 187 | 354 | 320.5 | 475 | 807.5 | 458.4 (サーチ ヤージ) | 159.5 (サーチ ヤージ) | 44.1 (サーチ ヤージ) | 実 積 |
| (d)起伏度 (m/km ²) | 5.8 | 3.3 | 3.7 | 6.3 | 4.9 | 7.6 | 1.2 | 10.6 | {(b)−(c)} /(a) |
| (e)本支川長 (km) | 32.4 | 154.8 | 106.6 | 22.4 | 90.6 | 53.6 | 509 | 31.0 | 図 面 |
| (f)河川密度 e/a(1/km) | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | e/a |
| (g)流域延長 (km ²) | 8.4 | 20 | 24 | 12.8 | 14 | 15.7 | 36.4 | 10.2 | 図 面 |
| (h)流域形状係数 (a/g ²) | 2.1 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 1.5 | 0.5 | 1.3 | 0.4 | a/g ² |
| (i)平均水深 (m) | 18.6 | 16.4 | 21.2 | 31.4 | 22.8 | 19.0 | — | 10.7 | |

- (ii) 貯水池運用資料整理
- (b) 水質に関する要因調査
 - (i) 既存資料の検討
 - (ii) 流入出量収支 (COD, N, P, TOC など)
 - (iii) 分布調査
 - (iv) 発生源調査
 - (v) 成分把握 (タンパク, アミン, フミンなど)
 - (vi) 嫌気層の把握 (COD, TOC, Fe などの質, 量把握)
- (c) 影響調査
 - (i) 物質循環調査 (成層の状況, 循環期, 融雪期の挙動)
 - (ii) 利用への影響調査 (密度差, 外的影響調査)
 - (iii) 粒状による影響調査 (コロイド, けん濁性, 溶解性の粒状による影響)
 - (iv) 蓄積速度の調査
 - (v) 生物循環調査 (生産, 消費, 分解 → エコサイクル → COD, BOD, N, P の調査)
- (d) 対策の検討
 - (i) 流域内発生負荷量削減等流域対策
 - (ii) 施設改良および貯水池内対策

2.2 本州ダムとの比較

(1) 調査目的

前記の既設5ダムの調査結果から貯水池内の水質特性を検討し、本州ダムと比較して北海道ダムの特性を見出して現在建設中のダムの施設計画、貯水池運用計画等の樹立に資する。

(2) 調査内容

2.1の既設ダムの水質状況の調査と並行して、次のような内容の調査を行う。

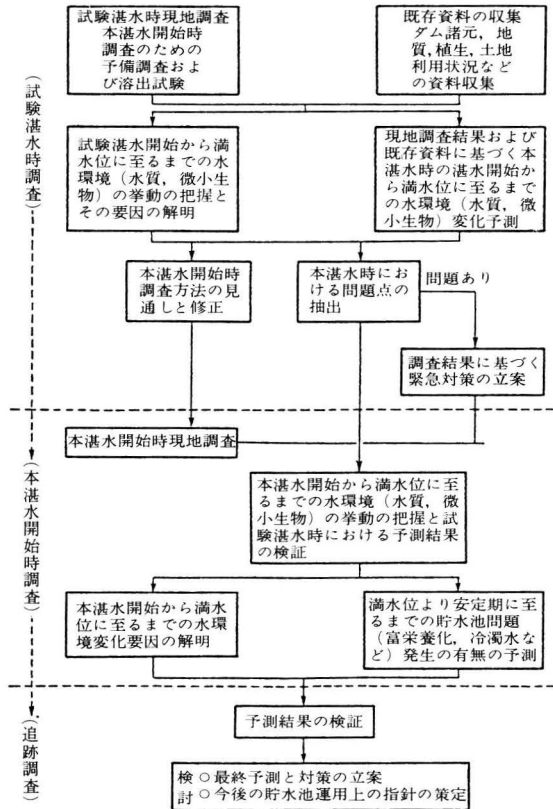
(a) 既存資料の収集整理

- (i) 貯水池および河川の水理水質に関する資料
- (ii) 流域の地質, 土地利用に関する資料および気象資料など
- (iii) 関連学術文献

(b) 解析, 結果の整理

- (i) 貯水池の成層状況と要因検討
- (ii) 水質特性と要因検討
- (iii) ダム水質管理についての提言
- (iv) 各ダム貯水池の成層特性比較図表など

第2図 竣工ダムの調査フロー



2.3 竣工ダム（鹿ノ子ダム）の水質状況

(1) 調査目的

竣工したばかりのダム貯水池において、湛水初期よりの水質の変化の状況を把握し、特に湛水初期に起るとされる一時的栄養化現象の進行状態を追跡し、その富栄養化過程の機構および要因を明らかにするとともに、貯水池運用開始後の水質変化予測（富栄養化・冷濁水）の基礎資料を作成する。

(2) 調査内容および調査期間

第2図に示した調査フローに従い湛水開始よりの水質の変化を把握し、将来予測と対策等をも検討して、管理運用に資するため、昭和58年度より5カ年の期間、調査を

実施する。

調査項目は、底泥よりの溶出の影響を含め、有機汚濁、富栄養化の解析に重点をおいた項目とし、流入負荷量についても検討するため、流入河川の水質調査も同時に実施する。

2.4 建設ダム（滝里ダム）の水質状況

(1) 調査目的

滝里ダムについては、空知川のダム建設予定地付近の河川水質データを基に水質予測が行われているが、特に富栄養化の予測については、さらに調査、解析を行い、対策について検討する必要があると思われるので、引き続き調査を実施する。

(2) 流入水の水質調査を継続して実施することも、富栄養化を数値解析モデルによって、定量的な予測評価を行う。

- (a) 数値シミュレーションによる検討に必要な事前調査
- (b) 数値シミュレーションによる検討ケース
- (c) 数値シミュレーションの実施
- (d) 数値シミュレーションによる対策効果の評価

2.5 実施計画調査ダム（留萌ダム）の水質状況

(1) 調査目的

湛水予定区域に耕地などがあり、ダム完成後湛水による栄養塩類の溶出など、また地質的因子に由来する水質の特性があるなど、水質上の問題点として考慮すべきことがあると思われる。

そのため、基礎資料の収集、水質変化予測など実施計画調査段階における検討を行い水質保全対策に資する。

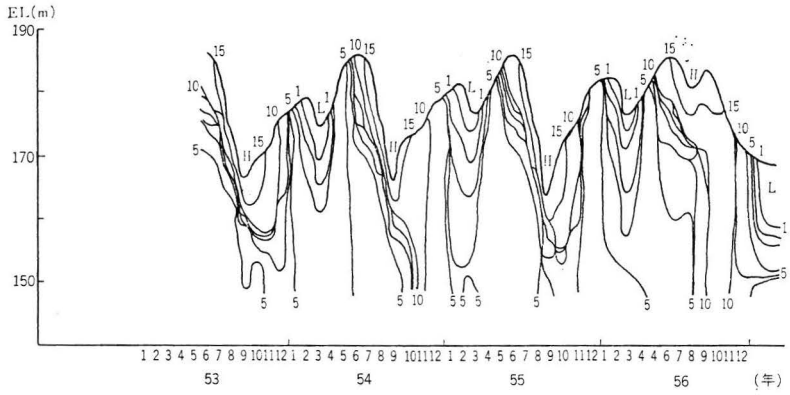
(2) 調査内容

昭和59年度から次のような内容の調査を実施する。既存資料の収集整理と現状水質の調査を実施し、これらの結果に基づき、水質変化予測などを行う。

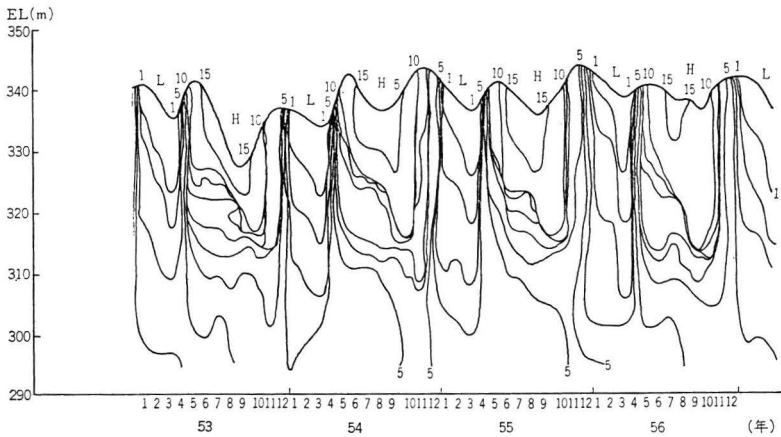
- (i) 既存資料の収集・整理（河川の水質水量に関する資料、流域の地質や土地利用などに関する資料、関連学術文献など）
- (ii) 水質変化予測など（貯水池形状およびダム運用計画など、水質変化予測手法の検討、水質変化予測および保全対策効果の評価）

以上の各種検討成果のなかから、既設ダム貯水池の水質調査結果から得た各ダム貯水池の特性、道外ダム貯水池との比較などを述べる。

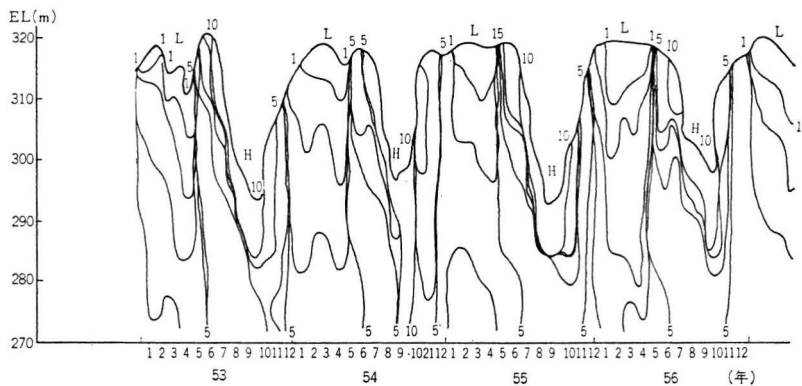
第3図 水温分布図（桂沢ダム）



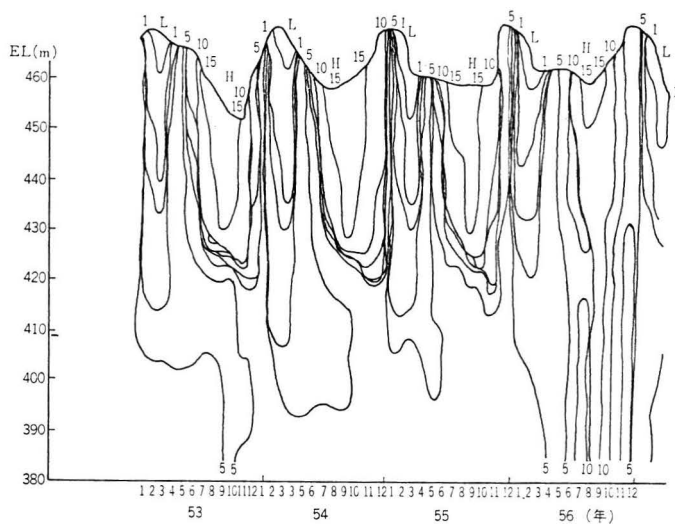
第4図 水温分布図（金山ダム）



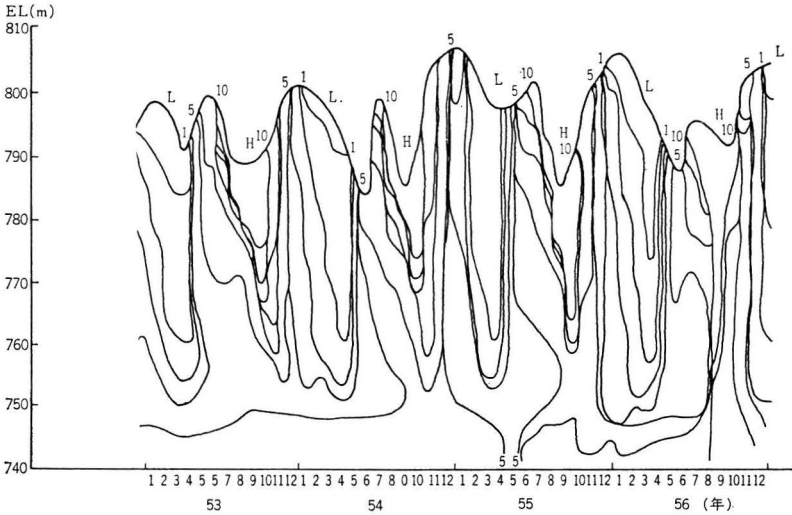
第5図 水温分布図 (岩尾内ダム)



第6図 水温分布図 (豊平峡ダム)



第7図 水温分布図（大雪ダム）



3 貯水池の成層状態

3.1 貯水池水温からの検討

桂沢ダムなど既設の5ダムを対象とし、貯水池内の最下流部でダムサイトより200～300 m離れた基準地点について、水温の鉛直分布の変化をみると、第3～7図のようであり、また成層状態の概況を第3表に示した。各ダムとも夏季においては、程度の差はあるが中層において水温が急激に変わる水温躍層が存在し、また下層水温は、通年的に5～6℃程度であり、冬季は上層の方が低温の逆成層状態となっている。

温帯地方の湖沼、貯水池では、夏季における温度成層はよくみられるが、冬季における上層の水温の方が低い逆成層がみられることは、北海道の貯水池の特徴の一つと言えよう。また春季、秋季の循環期においても、下層の水まで混合される程の循環は起っていないことも注目すべきことである。

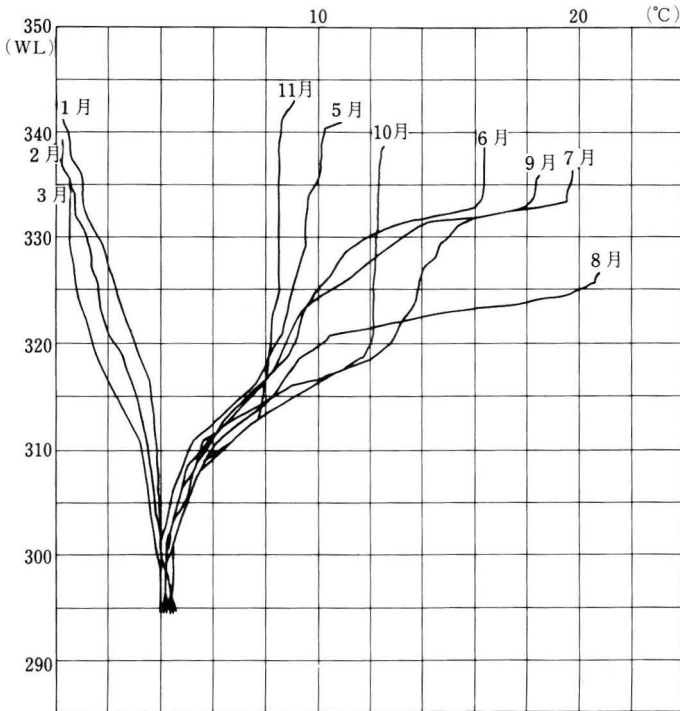
また、昭和56年の金山ダム水温垂直変化分布図を示すが、第8図のように低層は年間を通じてほとんど水温が変化していないのが判る。この状況は、他のダムについても同様のことがいえる。

なお、これら成層状況は、流入水量の大きさやダム貯水池の形状にも支配され、流入量が少なく湖水の回転率が低ければそれだけ成層が形成されやすくなる。

第3表 成層状態概況表

| ダム名 | 夏 | 冬 季 | 取水目的および取水位置 |
|-----|--|---|----------------------------|
| 桂 沢 | EL 157 m 付近において水温躍層がみられ、成層を形成することがある。 | 水深を増すに従って、水温は上昇傾向にあり、下層は通年的に5°C程度である。 いわゆる逆列成層を形成する。 | 目的：発電・上水 表面（多段式） |
| 金 山 | EL 315 m 付近において顕著な水温躍層がみられ、成層を形成する。 | | 目的：発電・上水 表面 |
| 岩尾内 | EL 285 m 付近において顕著な水温躍層がみられ、成層を形成する。 | | 目的：発電・上水・工水 表面 |
| 豊平峡 | EL 424 m 付近において顕著な水温躍層がみられ、成層を形成する。 | | 目的：発電・上水 表面 固定（425.5 m） |
| 大 雪 | 高冷地のためか、受熱期における表層水温の上昇はあまり芳しくない。 EL 760～780 m の間で水温躍層がみられるが、他ダムに比べると、それほど顕著ではなく、比較的弱い成層形成である。 | | 目的：発電・上水 表面 |

第8図 水温分布図（金山ダム）



3.2 水理指標からの検討

貯水池の成層状況は、ダムの形状、貯水量と流入水量との関係などにも支配されることが多い。水理状況を概略的に判定する指標として、貯水池の有する内部フルード数 (F_D)、湖水の回転率 (α α') を用いると、水理指標と成層の形成との間に、次のような関係があることが、四国地方建設局大渡ダム報告書により報告されている。

$$F_D : L \cdot Q / H \cdot V_i \sqrt{(\rho_0 / g) / (d_i / d_z)} \text{ または、 } \frac{V}{\sqrt{g \cdot H}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\rho_0}{H} \right) / \left(-\frac{d_z}{d_i} \right)}$$

$$\alpha : Q_C / V_i$$

$$\alpha' : Q_{C7} / V_i$$

ここで

L : ダム湖の延長 (km)

第4表 水理指標

| 評 | 価 | F_D | α | α'_7 |
|--------------------|---|-----------|----------|-------------|
| 成層が形成される可能性が十分ある | | <0.01 | <10 | <1 |
| 成層が形成される可能性がある程度ある | | 0.01~0.05 | 10~30 | 1~5 |
| 成層が形成される可能性がほとんどない | | >0.05 | >30 | >5 |

第5表 道内ダムの水理指標

| ダム名 | 水理指標 | F_D | α | α'_7 |
|-----|------|-------|----------|-------------|
| 桂 | 沢 | 0.02* | 4.0 | 0.2 |
| 金 | 山 | 0.05* | 3.8 | 0.3 |
| 岩 | 尾内 | 0.02* | 4.0 | 0.2 |
| 豊 | 平峡 | 0.03* | 5.7 | 0.3 |
| 大 | 雪 | 3.1 | 6.4 | 0.6 |

*異常値を除く。

Q : 平均流入量 (m^3/s)

H : 貯水池平均水深 (m)

V_i : 総貯水容量 (m^3)

ρ_0 : 基準密度

g : 重力加速度 (m/s^2)

$\left(-\frac{d_i}{d_i}\right)$: 平均密度勾配

V : 貯水池湖内平均流速 $\left(\frac{L}{V_i} \cdot g\right)$ (m/s)

Q_C : 年間総流入量 (年間総流出量) (m^3)

z : 水深 (m)

Q_{C7} : 7月の総流入量 (m^3)

道内の5ダムについて、水理指標を求めた結果は第4、5表のとおりで、成層形成の可能性が十分あり、水温分布図よりみた前記の検討結果に合致する。

本州以南のダム貯水池と比較すると、 α 、 α_7 、 F_D とも大雪ダムを除いてあまり大差ない。しかし、大雪ダムの F_D が大きいのは他ダムに較べ貯水容量の変動が多いためと考えられる。

4 貯水池の水質状態

4.1 既設ダムデータからの検討

既存の5ダムの昭和53～56年のデータを用い、おもな水質項目について、その概要をまとめると、第6表のようになる。上下層別にみると、下層で導電率、SS、T-P、T-Nなどが高く、DOは通年的に低い値を示している。これは、貯水池の循環期間が短く、上下層の混合が少ないため下層の酸素供給が不足しているためと思われる。

成層が顕著となる夏季に注目して経年的な変化をみると、水温、DO、SS、CODについては大きな変化が認められなかった。

4.2 CODおよびT-Pについて

第6表に示したデータより、各ダムの上層、下層のCODおよびT-Pについて、存在範囲と平均値とを、第9図に示した。また他地方のダム貯水池と比較するため山口²⁾によるCODおよびT-Pの平均値の全国状況（昭和51～53年）を、第10、11図に示した。

第9図を見ると、道内ダムについては、COD、T-Pともに、上層よりも下層の方が、存在範囲、平均値のいずれもがかなり高くなっており、ダムサイト付近では、前述の成層状況と関連して停滞的に存在する底層水にこれらの成分が蓄積されていることを示している。これは懸濁物質の挙動と関連した現象として、今後も注目していくべきことであると思われる。

上層水については、COD、T-Pともに大雪ダムで他よりも高い値が目につくが、平均値でみると大差はない。CODの平均値は、桂沢ダムが3.2 mg/lになっているが、他は1～3 mg/lであり、第10図と比べて、他地方より高いとは言えないであろう。T-Pの平均値は、0.014～0.029であり、第11図と比べると、他地方よりやや低い範囲にあると言える。

4.3 存在比からの検討

BOD、COD、SS、T-N、T-Pについて、存在比を算出した結果を第7表に示す。

第7表よりCOD/BOD比は、各ダム各層ともに1を上回り、COD存在比が高く上層よりも下層で顕著であり、COD/SS比では各ダムとも下層より上層が高くなっており、懸濁物質の量は下層の方が上層より多いが、SS中のCOD物質の割合は下層の方が上層より少なくなっていることを示している。

N/P比は、富栄養化現象である植物プランクトンの増殖要因を判断する指標となり、一般的な植物プランクトンのN、P含有量の存在比から、N/Pが10～20程度を目安として、これを上回る場合はNよりもPを重視し、下回る場合にはPよりもNを

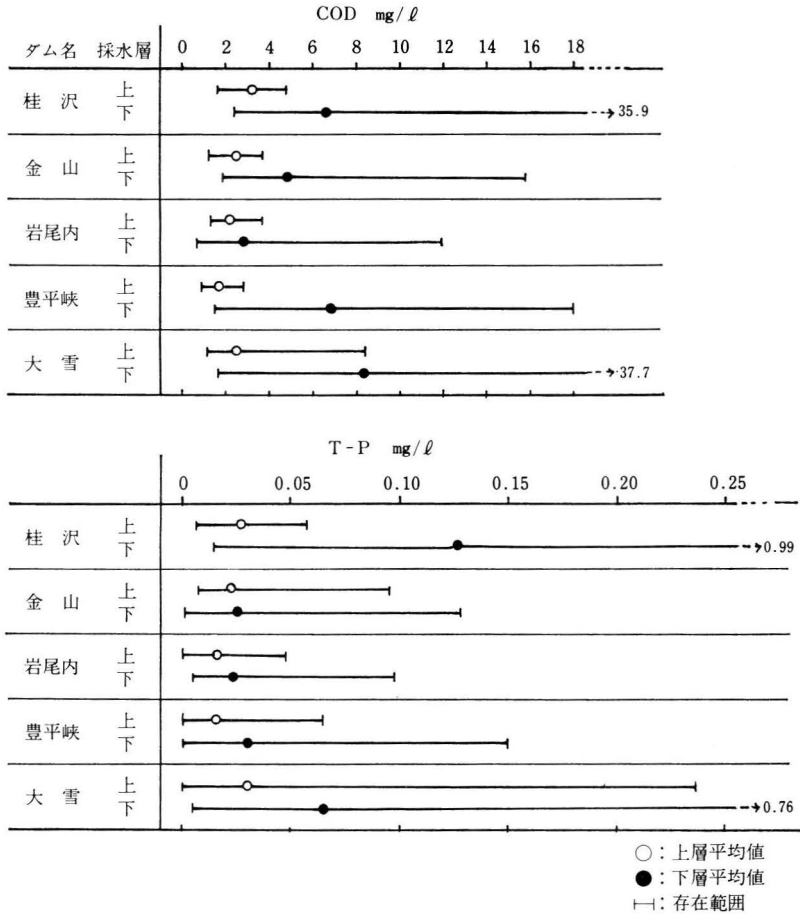
第6表 水質集計表

| 水質 | ダム 層 | 桂 沢 | | | 金 山 | | | 岩 尾 内 | | | 豊 平 峡 | | | 大 雪 | | |
|--|---------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 |
| 水 温 (°C) | 上 | 15.5 | 26.3 | 0.2 | 14.5 | 23.8 | 2.8 | 12.2 | 22.0 | 6.1 | 14.8 | 24.0 | 6.3 | 7.0 | 20.0 | 0.0 |
| | 下 | 6.8 | 14.7 | 2.5 | 6.9 | 15.4 | 3.2 | 6.0 | 9.6 | 4.4 | 5.6 | 10.0 | 2.9 | 5.5 | 10.2 | 1.8 |
| DO (g/m ³) | 上 | 9.7 | 12.7 | 4.0 | 10.1 | 12.2 | 7.2 | 10.2 | 11.6 | 8.4 | 9.6 | 11.2 | 7.9 | 11.2 | 14.9 | 8.2 |
| | 下 | 8.6 | 11.5 | 5.0 | 5.0 | 12.3 | 0.0 | 8.8 | 12.0 | 0.5 | 3.3 | 11.3 | 0.0 | 6.9 | 11.7 | 0.0 |
| 導 電 率 (μS/cm) | 上 | 80.7 | 105 | 5.8 | 42.6 | 52.0 | 29.0 | 32.8 | 49.0 | 21.0 | 48.5 | 62.0 | 37.0 | 31.4 | 47.0 | 15.0 |
| | 下 | 59.3 | 100 | 28.0 | 75.3 | 305 | 30.0 | 31.0 | 105 | 12.0 | 116.3 | 395 | 27.0 | 336.2 | 1470 | 22.0 |
| 濁 度 (度) | 上 | 26 | 85 | 1 | 2 | 9 | 0 | 3 | 8 | 0 | 2 | 8 | 0 | 7.6 | 95 | 0 |
| | 下 | 162 | 860 | 5 | 7 | 43 | 0 | 8 | 39 | 0 | 19 | 98 | 0 | 35.9 | 500 | 0 |
| SS (g/m ³) | 上 | 28 | 113 | 4 | 3 | 9 | <1 | 3 | 11 | <1 | 2 | 17 | <1 | 11 | 226 | <1 |
| | 下 | 211 | 1810 | 10 | 17 | 74 | <1 | 10 | 51 | <1 | 38 | 154 | 1 | 59 | 700 | <1 |
| COD (g/m ³) | 上 | 3.2 | 4.7 | 1.7 | 2.5 | 3.7 | 1.2 | 2.1 | 3.7 | 1.3 | 1.7 | 2.8 | 0.9 | 2.5 | 8.3 | 1.1 |
| | 下 | 6.7 | 35.9 | 2.3 | 4.9 | 15.8 | 1.9 | 2.9 | 11.9 | 0.7 | 6.9 | 18.0 | 1.4 | 8.3 | 37.7 | 1.7 |
| T-P (mg/m ³) | 上 | 26 | 57 | 6.0 | 20 | 95 | 8.0 | 15 | 47 | <0.04 | 14 | 63.0 | <0.04 | 29 | 237 | <0.04 |
| | 下 | 127 | 993 | 14 | 23 | 128 | <0.04 | 23 | 96 | 5.0 | 29 | 149.0 | <0.04 | 65 | 758 | 5 |
| PO ₄ -P (mg/m ³) | 上 | 5.8 | 21 | <0.04 | 3.6 | 40.0 | <0.04 | 2.2 | 19.0 | <0.04 | 3.2 | 25.0 | <0.04 | 9.1 | 90.0 | <0.04 |
| | 下 | 47.8 | 384 | <0.04 | 4.8 | 45.0 | <0.04 | 5.3 | 36.0 | <0.04 | 6.0 | 48.0 | <0.04 | 16.4 | 203 | <0.04 |

第6表 水質集計表

| 水質 | ダム | 桂 沢 | | | 金 山 | | | 岩 尾 内 | | | 豊 平 峡 | | | 大 雪 | | |
|-----------------------------|----|------|------|-------|-----|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-----|------|------|
| | 層 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 |
| T-N (mg/m ³) | 上 | 223 | 741 | <0.05 | 310 | 1252 | <0.05 | 299 | 642 | 117 | 168 | 541 | 23 | 214 | 654 | 13 |
| | 下 | 538 | 3098 | 124 | 871 | 3195 | 142 | 464 | 1856 | 259 | 609 | 1922 | 52 | 855 | 4822 | 37 |
| BOD (g/m ³) | 上 | 0.6 | 1.6 | <0.5 | 1.2 | 10.6 | <0.5 | 0.6 | 1.2 | <0.5 | <0.5 | 1.0 | <0.5 | 0.5 | 2.0 | <0.5 |
| | 下 | <0.5 | 1.0 | <0.5 | 0.6 | 1.5 | <0.5 | 0.6 | 2.7 | <0.5 | 0.5 | 2.5 | <0.5 | 0.5 | 2.4 | <0.5 |
| データ数 | 上 | 38 | | | 45 | | | 46 | | | 45 | | | 58 | | |
| | 下 | 38 | | | 43 | | | 45 | | | 45 | | | 57 | | |

第9図 道内ダム貯水池のCOD, T-P



第10図 COD（平均値）によるダムの現状（全国）山口（1979）

| | 1ppm以下 | 1～3ppm | 3～5ppm | 5～8ppm | 8ppm～ |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|
| 51年 | 3 | 42 | 9 | 8 | 3 |
| 52年 | 6 | 56 | 14 | 2 | |
| 53年 | 9 | 57 | 21 | 6 | |

第11図 T-P（平均値）によるダムの現状（全国）山口（1979）

| | | | 0.01～0.03ppm | 0.03～0.1ppm | 0.1ppm以上 |
|-----|---|---|--------------|-------------|----------|
| 51年 | 3 | 3 | 17 | 18 | 12 |
| 52年 | 2 | 5 | 31 | 21 | 5 |
| 53年 | 2 | 9 | 31 | 32 | 3 |

重視する必要があるとされている。

このようなことから桂沢、大雪ダムでは、PよりもNが制限要因になりやすく、他ダムではN、P同程度に重視することが必要と考えられる。

4.4 流入、出水質分布からの検討

水質項目ごとに流入、出分布を示したのが第12～16図で、左上半分に位置するデータは流入水質の高いことを表わしていることとなるが、この結果から第8表のような傾向がうかがわれる。

4.5 土壌成分からの寄与についての検討

道内ダム貯水池は、融雪および降雨流出時に流入水のSSが高く、SSが高いとCODも一般に高いので、流域土壌、河床堆積物とCODとの関連について金山ダムをモデルに検討した。

金山ダム流域は国土庁土地局作成の土壌区分図（1977）によると、第17図に示すように褐色森林土80%、黒ボク土15%、ポドゾル土2%、褐色低地土1%、その他2%となっている。

この流域内の16地点から土壌試料を採取し、分析した結果が第9表のとおりで、土壌中のCOD（乾土）と強熱減量の関係は、第18図に示すとおり正の相関があり、強熱減量（I, L）を有機物量の指標とみなすと、土壌中の有機物とCODとは相関があると言える。

また、北海道の土壌生成作用の特性として、低温の針葉樹林帯で腐植の生成過程に有機酸が多量に生成されるため、土壌水は酸性になって酸性反応のもとで分解、溶脱が行われる（ポドゾル作用）。

生成された腐植は、水に易容性であるために溶脱されて流出する。

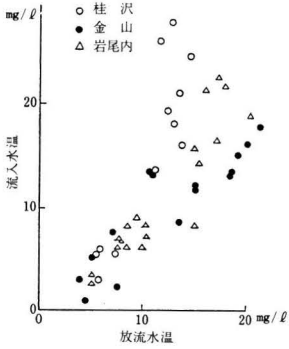
この土壌中の腐蝕質の割合を重量%で表した腐植度とCODの関係を見ると第19図

第7表 存在比一覧表

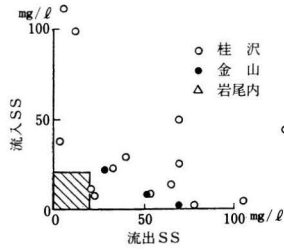
| ダム名 項目 | 桂 沢 | | 金 山 | | 岩 尾 内 | | 豊 平 峡 | | 大 雪 | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 上 層 | 下 層 | 上 層 | 下 層 | 上 層 | 下 層 | 上 層 | 下 層 | 上 層 | 下 層 |
| COD/BOD | 5.3 | 16.8 | 2.1 | 8.2 | 3.5 | 4.8 | 5.7 | 13.8 | 5.0 | 16.6 |
| COD/SS | 0.11 | 0.03 | 0.86 | 0.29 | 0.64 | 0.28 | 1.0 | 0.05 | 0.02 | 0.14 |
| BOD/SS | 0.02 | <0.01 | 0.41 | 0.04 | 0.18 | 0.06 | 0.18 | 0.01 | 0.04 | 0.01 |
| N/P | 8.5 | 4.2 | 15.2 | 37.4 | 19.5 | 19.5 | 11.7 | 21.1 | 7.5 | 13.2 |
| T-P/SS | 0.93 | 0.60 | 7.0 | 1.4 | 4.5 | 2.3 | 8.5 | 0.8 | 2.5 | 1.1 |
| T-N/SS | 8.0 | 2.5 | 107.0 | 51.0 | 88.0 | 45.5 | 99.1 | 15.9 | 18.9 | 14.4 |
| データ数 | 38 | 38 | 45 | 43 | 46 | 45 | 45 | 45 | 58 | 57 |
| 試験採取年度 (昭和) | 53~56 | 53~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 | 52~56 |

(平均値/平均値)

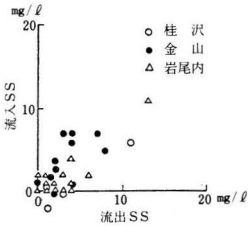
第12図 水温分布図，5～11月（昭和52～56年）



第13図 SS分布図，5～11月（昭和52～56年）

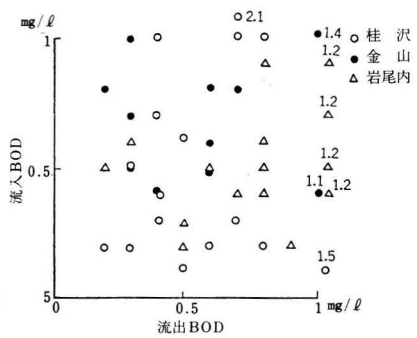


第14図 SS分布図，5～11月（昭和52～56年）

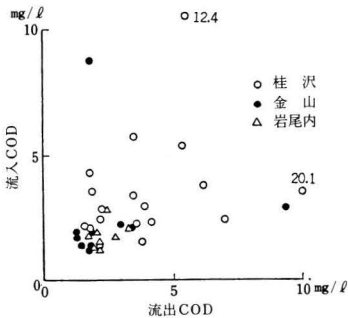


注：第13図の斜線部分の分布図

第15図 BOD分布図，5～11月（昭和52～56年）



第16図 COD分布図，5～11月（昭和52～56年）

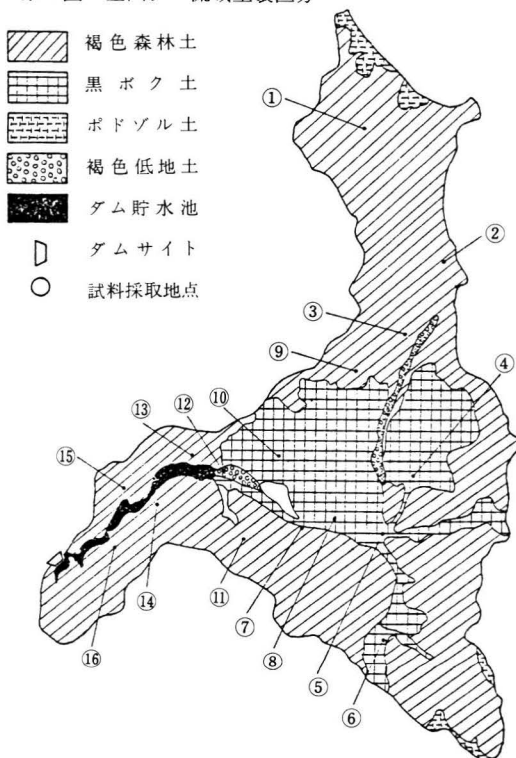


第8表 流入水質と放流水質の比較

| ダム名 | 項目 | 水 温 | BOD | COD | SS |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|
| 桂 沢 | | ◎流入 | ◎放流 | — | ◎放流 |
| 金 山 | | ◎放流 | ◎流入 | — | ○放流 |
| 岩 尾 内 | | ○放流 | ◎放流 | ○放流 | — |

◎顕著 ○やや顕著 —傾向はほとんどなし
(表中は水質の高い地点を示す)

第17図 金山ダム流域土壌区分

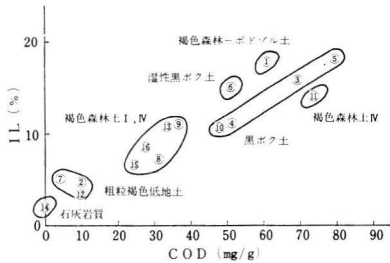


第9表 金山ダム流域の土壌分析表

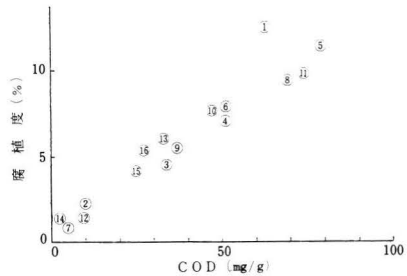
| 採取地点 番号 | 土 壤 分 類 | | pH | 強熱減量 (%) | COD(mg/g) | 腐植度 (%) |
|------------|---------|------------------|-----|----------|-----------|---------|
| 1 | 褐色森林土 | 暗色系褐色森林土一ポドゾル化土壌 | 5.6 | 17.7 | 61.8 | 12.5 |
| 2 | 褐色低地土 | 粗粒褐色低地土 | 5.8 | 4.6 | 10.0 | 2.1 |
| 3 | 褐色森林土 | 褐色森林土Ⅱ | 5.6 | 6.9 | 33.6 | 4.6 |
| 4 | 黒ボク土 | 褐黒ボク土壌 a | 5.8 | 11.1 | 51.1 | 7.1 |
| 5 | " | " | 6.0 | 18.1 | 79.2 | 11.4 |
| 6 | " | 湿性黒ボク土壌 | 5.7 | 14.8 | 51.0 | 7.8 |
| 7 | 褐色低地土 | 粗粒褐色低地土 a | 5.8 | 5.2 | 4.1 | 1.1 |
| 8 | 黒ボク土 | 黒ボク土壌 a | 5.9 | 15.9 | 69.2 | 9.4 |
| 9 | 褐色森林土 | 褐色森林土Ⅱ | 5.8 | 10.7 | 36.3 | 5.6 |
| 10 | 黒ボク土 | 黒ボク土壌 a | 6.4 | 11.0 | 47.4 | 7.8 |
| 11 | 褐色森林土 | 褐色森林土Ⅳ | 5.4 | 14.2 | 73.6 | 9.7 |
| 12 | 褐色低地土 | 粗粒褐色低地土 | 6.0 | 4.0 | 9.4 | 1.5 |
| 13 | 褐色森林土 | 褐色森林土Ⅳ | 6.0 | 10.9 | 33.5 | 6.0 |
| 14 | 岩屑土壌 | 岩石地(石灰岩) | 8.6 | 2.0 | <0.5 | 1.4 |
| 15 | 褐色森林土 | 褐色森林土Ⅳ | 6.2 | 6.7 | 24.6 | 4.1 |
| 16 | " | " | 6.4 | 8.8 | 27.0 | 5.3 |

那須：北海道におけるダム貯水池の水質特性について

第18図 強熱減量とCOD



第19図 腐植度とCOD



に示すように正の相関となっている。

次に、純水1 l中に採取試料0.1 gを入れて十分振とうして、静置後100 mlを検水とした擬似河川水を作りCODを測定した。その結果をSSとの関係で第20図に示す。

実際の土壌流出とは異なる面もあるが、この図からそれぞれの土壌区分の特徴がわかる。また、貯水池流入口の大勝橋のSSとCODの関係は、昭和54年から58年までの既存資料より、

$$\text{COD} = 0.18 \text{ SS} + 1.4 \quad (r: 0.92)$$

(COD, SSはmg/lで表す)

の相関式が得られ、第19図においては褐色森林土、黒ボク土を用いた実験結果がこの線上にある。金山ダム流域では第17図にみられるように、これらの土壌の分布が広いことを考え合わせると、貯水池に流入するSSとCODと、土壌との関連性をよく示していると言える。

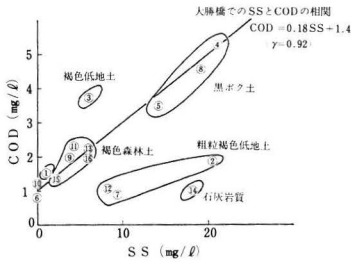
また、純水1 lに河床堆積物試料を湿性試料で1 gを入れ十分振とうして静置後100 mlを検水とした擬似河川水を作り、CODを測定しSSとの関係をプロットしたのが第21図である。この結果は幾分バラツキがあるが、前述の結果と併せ考えると、河床堆積物のCOD値よりも流入する表層土壌のCODが高いことを示しており、河川水のCODに対しては、表層土壌の寄与が大きいことを示唆している。

これらのことからこの流域内の河川水のCODは、土壌と密接な関係にあり、針葉樹林帯における腐植の生成過程が特異な、寒帯林のCOD物質の流入によるものと考えられる。

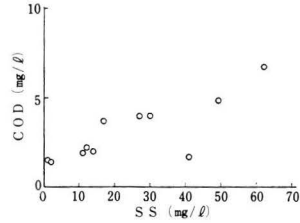
5 あとがき

以上の検討結果から寒冷地におけるダム貯水池の特徴として、成層状態を水温や水理指標等から考察し、冬季間の逆成層の生起および底層の年間を通じての恒温化等が把握された。

第20図 擬似河川水のCODとSS



第21図 擬似流下水のCODとSS



また、水質状態からは既設ダムのデータ、存在比、流入・出水、土壌成分等から上、下層別の水質状態、土壌や河床堆積物との関連等が解明された。

今後は、これらの成果を基に問題発生の予測、影響、対策等の調査解明を行い、ダム貯水池の環境保全計画の策定に供する予定である。

なお、本稿では述べなかったが湛水開始ダムの水質挙動等貴重なデータの集積が成されており、次の機会に成果を報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 四国地方建設局大渡ダム建設事務所：ダム放流設備設計資料報告書，1979年3月
- 2) 山口嘉之：ダム貯水池富栄養化の現状と多変量解析による予測の試み，1979日本河川水質年鑑，建設省河川局監修，社団法人日本河川協会編
- 3) 北海道開発局河川管理課：北海道直轄ダム水質保全対策検討会報告書（I），1984年9月