

# 八郎湖に流入する総流入全リン負荷量等に対する干拓地の 高濃度リン含有湧出水の負荷割合について

片 野 登

## 1 はじめに

八郎湖はかつて水面総面積22,024haで、琵琶湖に次ぐ我国第2の湖であったが、昭和32年からの干拓工事によりその約4/5が陸地となり、現在では4,564haの水面を残すのみで八郎湖と呼ばれている。

八郎湖には環境基準A類型(COD: 3mg/l以下)があてはめられているが、昭和53年7月に大量のアオコの発生が見られ、大濁橋でCOD26mg/lを記録している。

このため、八郎湖の富栄養化対策を実施するため、県は昭和55年度から「八郎湖水質汚濁機構解明調査」を、60年度から「八郎湖における水質汚濁物質負荷量削減に関する調査研究」を行って実態の把握に努めてきた。これらの調査を通して、南部排水機場に流入する支線排水路の中に、リン濃度の高い排水路が存在すること<sup>1)</sup>、その原因は、南部排水機場近くの八郎湖湖岸堤防直下に生ずる湧出水(以後、高濃度リン含有湧出水と言う)に起因していることを明らかにした<sup>2)</sup>。

現在の八郎湖は、依然としてCODが環境基準を越えており、また、窒素、リンも濃度が高く、富栄養化状態が続いている。県では平成2年度に、八郎湖水質保全対策について、専門的、技術的に検討を加える目的で、県内外の専門家からなる「八郎湖技術検討委員会」を設置した。8回にわたる検討委員会では、これまでの水質等に関する調査結果をもとに、八郎湖の水質保全のための具体的な対策について検討し、平成3年度末に最終報告書

を<sup>3)</sup>提出した。

その中で、干拓地からの汚濁負荷の削減が提言されており、高濃度リン含有湧出水については、八郎湖の富栄養化対策を検討するうえからも、高濃度リン含有湧出水の湧出機構等を解明する必要があると述べており、現在、湧出機構解明のための調査研究を行っているところである。

そこで今回、南部排水機場からの全リン負荷量及び八郎湖に流入する総流入全リン負荷量に対する高濃度リン含有湧出水の負荷量について、簡易的ではあるが、平成2及び3年度の資料をもとに推計を行ったので、その結果を報告する。

## 2 推計の方法

- (1) 負荷量の発生源としては、南・北両排水機場と、21個を数える八郎湖流入河川(図1)の中から、既にその流量について記載のある<sup>4)</sup>馬踏川、豊川、井川、馬場目川、三種川、鯉川、鹿渡川、鶉川川の主要8河川、計10カ所を対象として推計を行った。

河川の日流量については、降雨の影響を考慮して、月平均降水量<sup>5)</sup>を年平均降水量で除した値を、記載されている流量(表1)に乗じて、各月の日流量値として用いた。

- (2) 南・北両排水機場の日排水量は、報告されている毎月の排水量(図2)を各月の日数で除して求めた。なお、平成3年

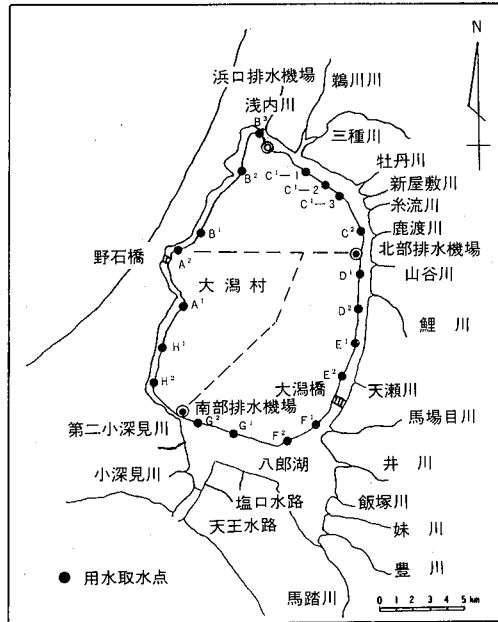


図1 八郎湖に流入する河川・水路と用水取水地点

表1 主要河川の概況 (昭和58年、秋田県) <sup>4)</sup>

河川名	区分	流量 (千m <sup>3</sup> /日)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流路延長 (m)
鶺川	川	132.0	24.95	13,000
三種川	川	775.9	146.64	52,196
鹿渡川	川	145.6	27.50	3,300
鯉川	川	94.9	17.93	5,500
馬場目川	川	1,220.0	229.52	47,518
井川	川	253.7	47.89	11,500
豊川	川	139.7	26.39	13,100
馬踏川	川	224.2	42.38	13,220

度から北部第2排水機場が稼働したことにより、例年に比べて北部排水機場の排水量がその分減少した。(図3)しかし、北部第2排水機場からの排水量及び水質

に関する資料が得られていないことから、北部排水機場の排水量は例年通り南部排水機場の排水量と同量として計算をおこなった。(図4)

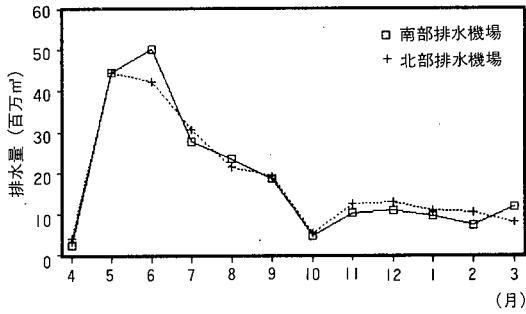


図2 南北両排水機場の排水量の経月変化 (平成2年度)

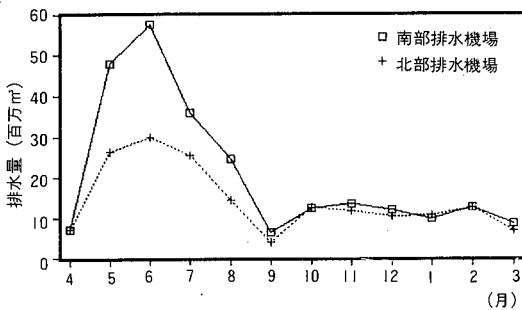


図3 南北両排水機場の排水量の経月変化 (平成3年度)

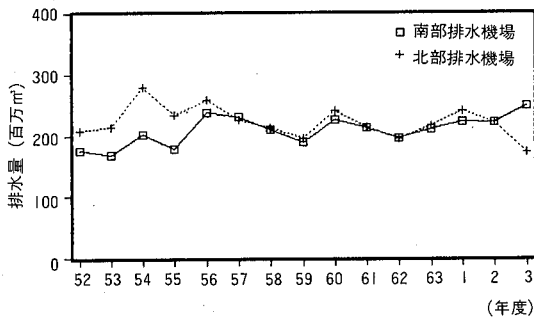


図4 南北両排水機場の排水量の経年変化

(3) 各月の負荷量(平均日負荷量)は、毎月の観測濃度に日排水量(日流量)を乗じて求めた。ただし、灌漑期(5~9月)には、干拓地周辺に設置されている用水取水地点から八郎湖の水が干拓地に給水されるが、取水地点によっては排水機場からの排水の影響を受け、リンの濃度が

極めて高くなっている。従ってこの時期の排水機場の全リン濃度については、南北排水機場に入る用水の濃度を予測し、その濃度を排水機場の濃度から減じた濃度を排水機場の負荷に係る全リン濃度とし、これに排水量を乗じて排水機場の負荷量とした。排水機場に入る用水の平均濃度は、用水取水地点の全リン濃度にそれぞれの取水比率(毎月ほぼ一定、表2)を乗じて算出した。

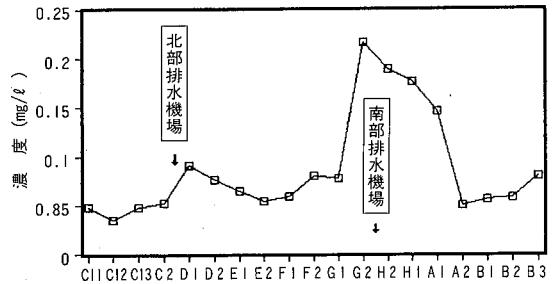


図5 用水取水地点の全リン濃度 (昭和57年5~9月平均)

表2 各用水取水地点の取水比率 (昭和57年5~9月平均)

	南部			北部	
	地点	取水比率		地点	取水比率
南 部 系 排 水 区	A1	0.254	北 部 系 排 水 区	D1	0.145
	H1	0.125		C2	0.058
	H2	0.086		C1-3	0.074
	G2	0.012		C1-2	0.034
	G1	0.009		C1-1	0.161
	F2	0.122		B3	0.027
	F1	0.130		B2	0.356
	E2	0.061		B1	0.126
	E1	0.103		A2	0.019
	D2	0.097			
	計	1.000	計	1.000	

(4) 鯉川、鹿渡川、鵜川の水質測定は年4回行ったが、水質測定を行っていない月の負荷量については、これら3河川の負荷量の総和が豊川と井川の負荷量の総和にほぼ等しいことから、その値を3河川の負荷量として代用した。

(5) なお、平成3年6～10月の馬踏川、豊川、井川、馬場目川、三種川の日流水量及び全リン負荷量については、同年に行われた別途水質調査の結果<sup>9)</sup>を用いた。

### 3 結果及び考察

上記の方法により推計を行った、八郎湖に流入する総流入全リン負荷量の経月変化を図6、7に示す。5～9月は灌漑期で、農作業の開始とともに干拓地周辺に設置されている用水取水地点から取水され、幹線排水路を経て八郎湖へ排出されることから、八郎湖への流入負荷量も高くなっている。平成3年度の6、7月の負荷量が著しく高くなっているが、これはこの両月の降雨が平年に比べて6月が206%、7月が200%<sup>9)</sup>と倍になったことから、河川流量の増加が流入負荷量の増大に結びついたものである。

また、八郎湖に流入する総全リン負荷量の推定値を表3に、八郎湖に流入する総全リン負荷割合を図8、図9に示す。

八郎湖に流入する総流入全リン負荷量は平成2年度で約142<sup>ト</sup>、そのうち南北両排水機場から排出される量が約83<sup>ト</sup>で全体の59%を占めている。南部排水機場における全リン濃度を北部排水機場のそれと比較した場合、約3倍程度南部排水機場の方が高くなっている<sup>2)</sup>が、南部排水機場の全リン濃度が北部排水機場並に低減したと仮定すると、すなわち通常の農作業等によりリンが排出された場合は北部排水機場における濃度程度になるものと仮定して推計すると、総流入全リン負荷量は約105<sup>ト</sup>となり、36<sup>ト</sup>約25%の減少になる。

同様に平成3年度についてみれば、総流入全リン負荷量は約156<sup>ト</sup>、うち南北両排水機場から排出される量は約99<sup>ト</sup>で全体の約63%を占めている。南部排水機場の全リン濃度を北部排水機場並に低減した場合の総流入全リン負荷量は約114<sup>ト</sup>で、41<sup>ト</sup>率にして約27%の減少となる。

南部排水機場においてリン濃度を高くする要因については、現在のところ湖岸堤防直下に湧出するリン濃度の高い湧水が第一義的に考えられており、これらの要因が何らかの方法で適切に除去された場合、上記の結果から現在八郎湖に流入する総リン負荷量の約4分の1が削減されるものと考えられる。

今後、更に詳細な資料をもとに、よりきめ

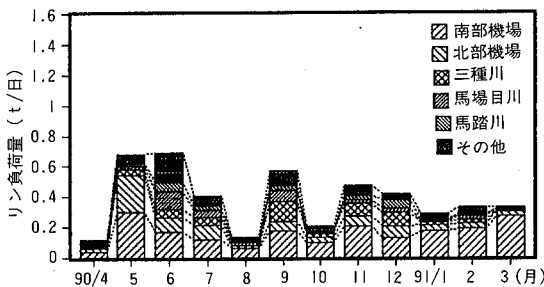


図6 八郎湖に流入する総流入全リン負荷量の経月変化 (平成2年度)

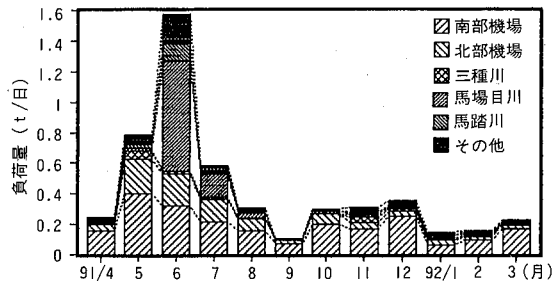


図7 八郎湖に流入する総流入全リン負荷量の経月変化 (平成3年度)

表3 八郎湖に流入する総全リン負荷量の推定値

No.	水 域 名	類 型	測 定 地 点 名	平成2年度計 T-P 負荷量 (kg)	平成3年度計 T-P 負荷量 (kg)
1	馬 踏 川	A	馬 踏 川 橋	8,561.5	6,319.8
2	豊 川	B	豊 川 橋	4,188.6	3,081.6
3	井 川	A	井 川 橋	6,696.1	4,078.5
4	馬場目川下流	A	竜 馬 橋	12,108.2	31,087.7
5	三 種 川	A	川 尻 橋	16,939.3	5,642.4
6	鯉 川	A	鯉 川 橋	9,738.9	6,926.6
7	鹿 渡 川	A	鹿 渡 川 橋		
8	鶉 川 川	A	鶉 川 川 橋		
9	幹線排水路		北部排水機場	23,932.8	28,495.1
10	幹線排水路		南部排水機場	59,420.8	70,061.3
			合 計	141,586.4	155,693.0
仮に 南排の T-P 濃度 = 北排の T-P 濃度					
とすると 南部排水機場 (年合計)				23,169.0	28,835.4
合 計 (年合計)				105,334.6	114,467.1
八郎湖に流入する推定負荷量 (年合計)				141,586.4	155,693.0
削除した場合の予想流入負荷量 (年合計)				105,334.6	114,467.1
差 引				36,251.8	41,225.9
削減率				-25.6%	-26.5%

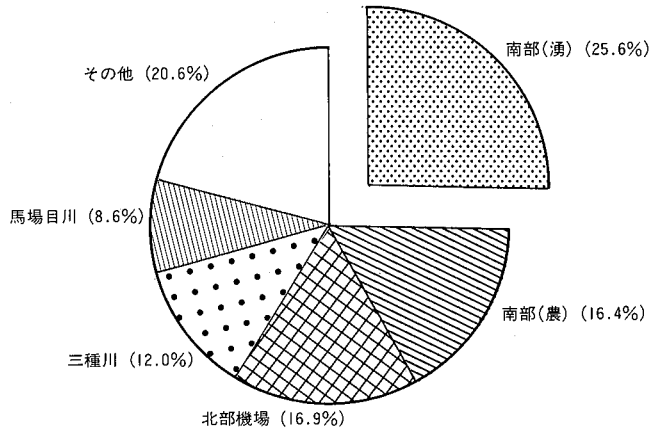


図8 八郎湖に流入する総全リン負荷割合 (平成2年度)

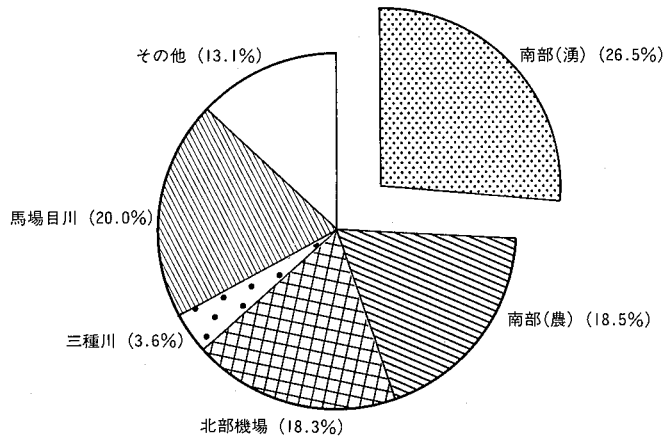


図9 八郎湖に流入する総全リン負荷割合 (平成3年度)

細かい推計を行っていきたいと考えている。

#### 4 まとめ

南部排水機場からの全リン負荷量及び八郎湖へ流入する総流入全リン負荷量に対する高濃度リン含有湧出水の負荷割合について、簡易的ではあるが、平成2及び3年度の資料をもとに推計を行った。

- 1) 八郎湖に流入する総流入全リン負荷量は平成2年度は約140トン、3年度は約156

トンと推計され、そのうち南北両排水機場から流入する量は、平成2、3年度とも、総流入全リン負荷量の約6割を占めると推計された。

- 2) 既に指摘されている、八郎湖湖岸堤防直下に湧出し、南部排水機場に流入するリン濃度の高い湧出水を何らかの方法で除去した場合には、南部排水機場から八郎湖に流入する全リン負荷量の約6割、八郎湖に流入する総流入全リン負荷量の

約4分の1を削減できるものと考えられる。

#### 参 考 資 料

- 1) 片野 登 他：八郎湖の富栄養化に関する一考察，秋田県環境技術センター年報，No.17, 81 (1989)
- 2) 片野 登 他：八郎湖干拓地における高濃度リンの発生源に関する研究，秋田県環境技術センター年報，No.18, 104 (1990)
- 3) 八郎湖水質保全対策：平成4年3月，八郎湖技術検討委員会
- 4) 昭和57年度『環境庁委託業務結果報告書』：昭和58年3月，秋田県
- 5) 秋田県気象月報：平成2年4月～4年3月，秋田地方気象台
- 6) 『八郎湖関連主要流入河川等継続水質調査』：平成3年11月，秋田県

田沢湖の水質等に関する調査研究（第2報）  
— 玉川酸性水中和処理施設稼働後の水質等 —

加藤 潤 組谷 均\*1 久米 均\*2 片野 登

### 1 はじめに

田沢湖は秋田県中央部東端の奥羽山系駒ヶ岳山麓、田沢湖町に位置する湖面海拔249m、湖面積25.5km<sup>2</sup>、最大水深423.5mのわが国で最も深い典型的な陥没湖である（図1）。

元来、この湖は沢水以外の流入河川はなく、流出はかんがい用堰2ヶ所だけの水の出入りの少ない湖であった。

昭和15年に国策による電源開発と農業用水として利用するため、わが国国有数の酸性河川である玉川が導水されて以来、次第に酸性化が進み、この湖だけに棲息したクニマスなど20種類ほどの魚は殆ど絶えてしまい、ウグイがわずかに確認されるにすぎなかった<sup>1)</sup>。

酸性水導入については、酸性源である玉川温泉水（大噴：pH1.1、湧出温度98℃、湧出量0.14m<sup>3</sup>/sec）の地下溶透法による中和、さらに中性河川である先達川を導水したうえで行ったが、温泉水の中和は事故によりたびたび中断され、特に昭和30年以降その効果は殆ど期待できない状態となった。

県はpHを現状より悪化させないため、昭和47年から新たに簡易石灰中和を行うとともに、国（建設省）に対して恒久中和対策の実施を要請してきた。これを受けて国は、玉川ダム建設事業の一環として「玉川酸性水中和処理施設」を建設し、平成元年9月から試験

稼働に入った。平成元年10月に玉川ダムの試験湛水が行われ、平成2年6月には玉川ダム

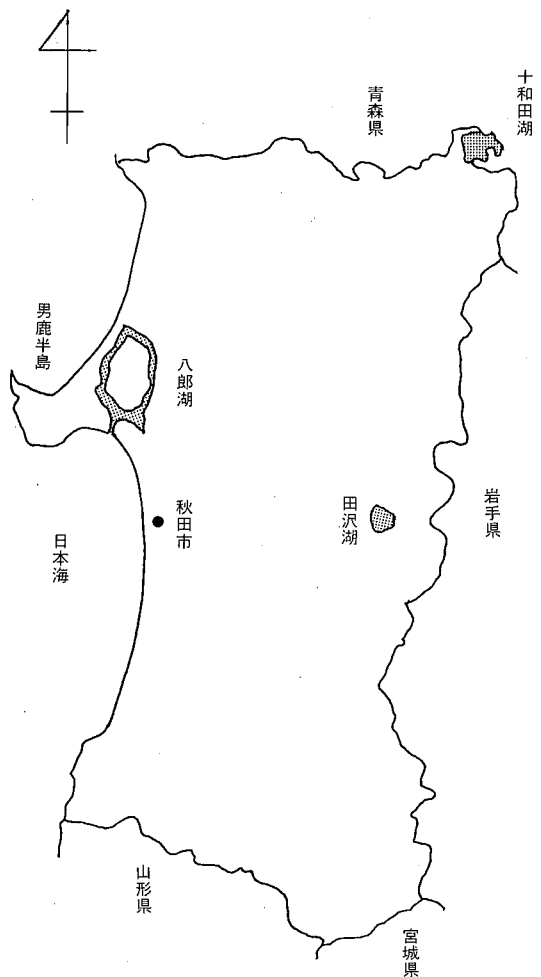


図1 田沢湖の位置図

\*1 現秋田保健所 \*2 現大気担当



から放水が開始され、平成3年4月に本格的な中和事業（維持管理費用は建設省、県、県企業局、東北電力の4者が負担）を開始した。

その結果、田沢湖の表層から20m層までのpHが改善され、平成3年6月ごろから濁り地区でウグイの魚影が目立ちはじめ、現在では500匹ぐらいが群をなし回遊する姿がもくげきされるようになったとの報道もある<sup>2)</sup>。現在の流況を図2に示す。

このことにより、玉川は水質改善され、酸性化した田沢湖は将来ふたたび中性化することが期待される。

当センターでは、中和効果による田沢湖の水質や生物相等の変化について継続的に調査研究を行うことにしている。本報では中和事

業開始後の平成2、3年の2ケ年にわたる田沢湖の水質等の調査結果について報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 調査期間

平成2年度～平成3年度

### 2.2 調査地点（図3に示す）

No.1 湖心、No.2 相内濁、No.3 春山、No.4 濁尻、No.5 田子ノ木、No.6 田沢湖発電所前、No.7 生保内発電所取水口、No.8 玉川導水路、No.9 先達川導水路

### 2.3 調査時期

4月～11月

### 2.4 調査水深

表層（0m）、-10m、-20m、-30m、-40m、-50m、-75m、-100m、-200m、-400m（-300m）

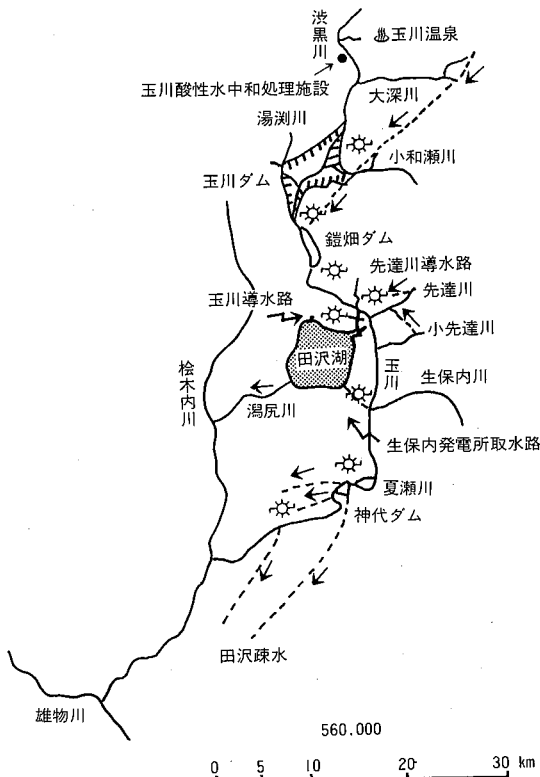


図2 現在の流況

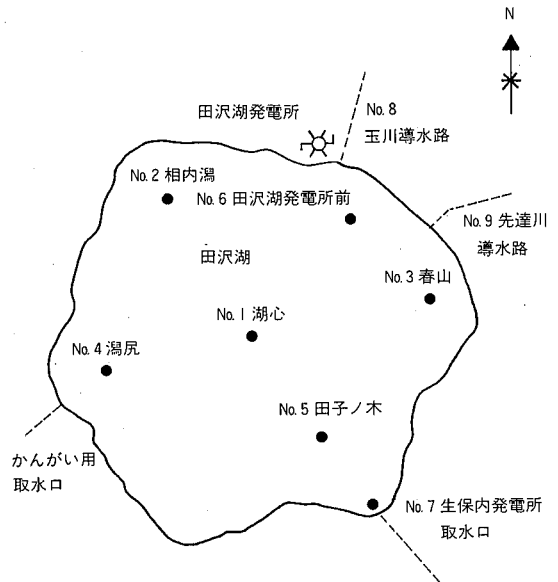


図3 調査地点

## 2.5 調査項目及び分析方法等

調査項目及び分析方法を表1に示す。

透明度はセッキ-円板(径30cm)、水色はフォーレル水色標準液、水温は防圧型転倒式温度計及びCTD計測器で測定し、採水はGO-FLOニスキン採水器を使用した。プランクトンは北原式定量ネット(口径25cm、XX-13)を用い、水深20mから表層までの垂直曳きにより採取した。得られた試料は、その場でホルマリン固定し、持ち帰ったのち分析した。

表1 水質の分析方法

項目	分析方法
導電率	JIS K0102 13
透明度	海洋観測指針 4.1 セッキ-板
pH	JIS K0102 12.1
DO	JIS K0102 32.1
COD	JIS K0102 17
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	オートアナライザー法
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	"
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	"
T-N	"
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	"
T-P	"
クロロフィル a	海洋観測指針 9.6
Al <sup>3+</sup>	原子吸光法
Mn <sup>2+</sup>	"
T-Fe	"
Cl <sup>-</sup>	イオンクロマト法
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	"
Na <sup>+</sup>	原子吸光法
K <sup>+</sup>	"
Ca <sup>2+</sup>	"
Mg <sup>2+</sup>	"
8.4酸度	JIS K0102 16.1に準拠

## 3 調査結果の概要および考察

### 3.1 透明度、水色

各調査地点での透明度及び水色の測定結果から、特異な地点はみられない。図4に湖心における透明度の経月変化を示す。透明度の経月変化をみると、過去9年間(平成57年~平成2年)は4月から10月にかけて11.6~5.5mと透明度が徐々に低下しながら推移しているが、平成3年度は、4~7月が7.5~4.0mで徐々に低下しながら推移し、それ以降の8~11月が5.5~8.5mと透明度が徐々に高くなる傾向がみられた。

このように、平成3年度に透明度が平年と異なって、夏から秋にかけて上昇したのはこの年だけのものか、今後もこのような経過をたどるのかをみきわめる必要がある。

しかしながら、湖の透明度は年々わずかづつであるが低下する傾向にあり、その要因については現在のところわからない。

また、水色はNo.2~No.3の範囲にあり、湖面は概ね青色を呈している。

### 3.2 水温

各調査地点での水温の垂直分布の結果から、各水深における地点間の温度差は、表層から水深40m間では1~5℃の時期が散見されるものの、他は1℃未満で、特に200m以深

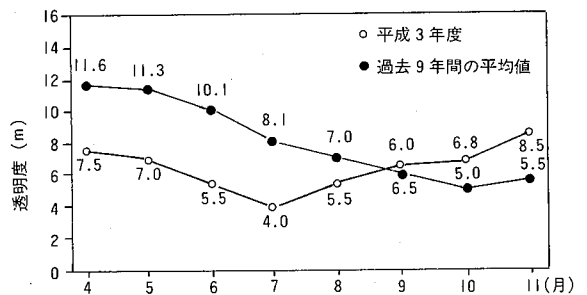


図4 田沢湖の透明度の経月変化 (湖心)

では0.3℃未満となっており、各層内における地点間の差異はあまりみられない。

図5に湖心における表層水温の経月変化を示す。これによると、表層水温は4月から9月頃にかけて上昇し、10月から降下している。平成2、3年の水温の変動範囲は、7.1～21.7℃となっている。

図6に平成3年度の湖心（5月は濁尻）における水温の垂直分布の月変化を示す。水温躍層は、7月から10月にかけてみられる。7月は表層から30m層までの温度差は10.95℃、9月は12.66℃、10月は8.92℃で躍層の深度が20～30m層に移っている。水温躍層は5月過ぎから9月頃にかけて形成され、10月から徐々に弱くなる。また、10月には表層（17.50℃）から20m層（17.18℃）まで等温となっている。組谷ら<sup>9)</sup>は湖水の循環は風、湖水の温度差等の運動によって起こり、田沢湖の循環期については一概に断定できないものの、水温の垂直分布の月変化の結果からみると、等温層が形成される10月頃から等温層が400m層まで降下する3月過ぎ頃までと推定している。なお、200m層以深の水温の年間変動は非常に小さく、年間を通じ3.9℃程度となっており非完全混合型と考えられ、この時期に循環

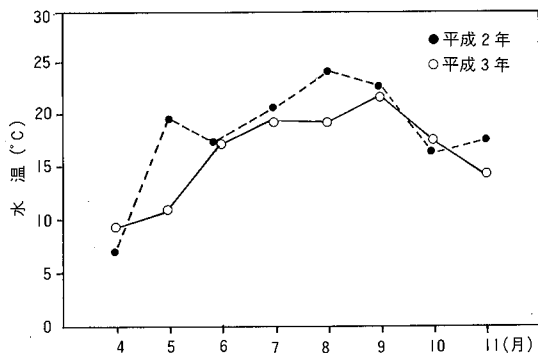


図5 表層水温の経月変化（湖心）

する深度および深層における循環等の詳細については、今後の湖水の水質調査によって明らかになるものと思われる。

### 3.3 溶存酸素量 (DO)

2年間の調査結果から、DOは8.8～16.4 mg/lの範囲で分布している。

各調査地点での垂直分布の結果から、各層内における地点間の差異はあまりみられない。図7に湖心におけるDOの、垂直分布の月変化（平成3年度）を示す。

5月は全層が12mg/l前後で、ほぼ一様な濃度分布となっている。水温躍層がみられる7、9月は、表層から20m層の濃度が10mg/l前後

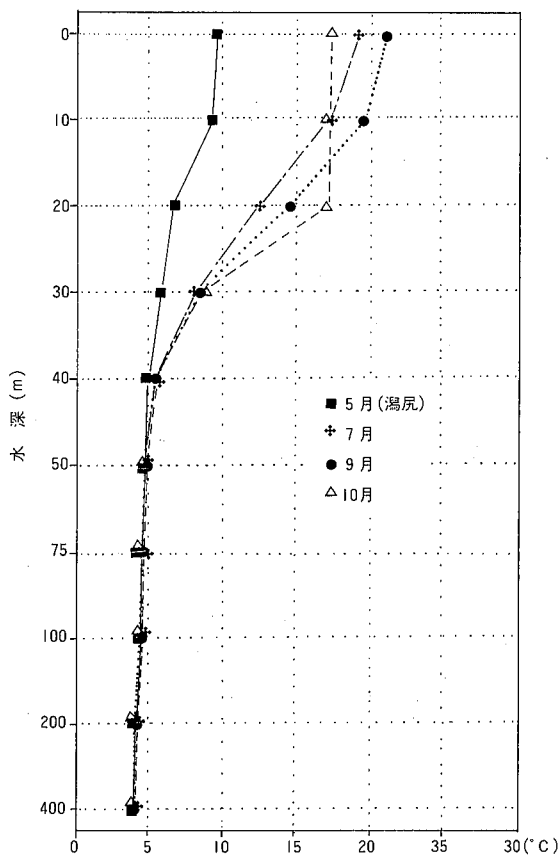


図6 湖心の水温分布（平成3年）

と小さくなり、10月には水温が等温となる表層から20m層の濃度が9 mg/l位で、ほぼ同様な濃度となっている。また、30m層以深は12 mg/l前後の濃度となっており、時期的な変動が小さく垂直分布も一様で、深さとともに濃度が若干低くなっている。このような傾向は、平成2年度においてもみられる。また、DOは、環境基準値を満たしており、深層においても豊富である。

### 3.4 pH

2年間の調査結果から、pHは4.61~5.89の範囲で分布している。

各調査地点での垂直分布の結果から、各層内における地点間の差異はあまりみられない。図8に湖心におけるpHの、垂直分布の月変化（平成3年度）を示す。

表層、10m層および20m層ではそれぞれpHが4.86~5.49、4.89~5.45、4.88~5.50と春から秋にかけて徐々に上昇し、30m層以深では時期的な変動が小さく垂直分布も一様で、深さとともにpHが若干低くなり、400m層では4.65前後になっている。

中和処理施設稼働前のpHと比較すると、表

層から20m層までが高くなっており、30m層以深では殆ど変化はみられない。

このように表層部における時期的なpHの変動は、7、9、10月には水温躍層が形成される時期であることから、流入水の影響と考えられる。

また、30m層以深のpHの改善をするためには、ばっき等により水温躍層を取り除き水の循環を行う必要がある。

### 3.5 導電率

2年間の調査結果から導電率は88.8~176  $\mu\text{s}/\text{cm}$ の範囲で分布している。

各調査地点での垂直分布の結果から、各層内における地点間の差異はあまりみられない。図9に湖心における導電率の、垂直分布の月変化（平成3年度）を示す。

各月（9月を除く）とも、110  $\mu\text{s}/\text{cm}$ 前後で分布している。表層から20m層までは若干の時期的な差異がみられ、30m層以深では垂直分布が一様となっている。9月については表層、200m層、400m層で高い値になっている。

### 3.6 陽イオン、陰イオン、8.4酸度

2年間の調査結果から、 $\text{Na}^+$ の濃度は

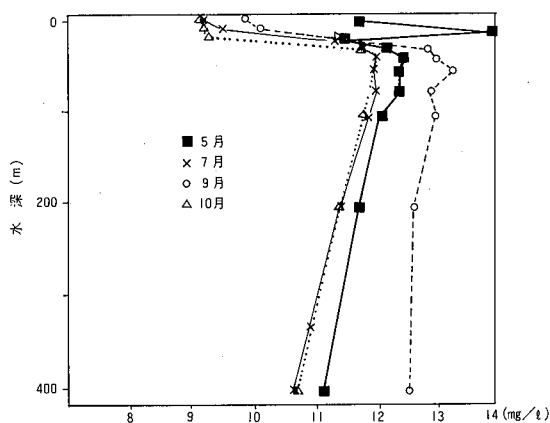


図7 湖心のDO分布（平成3年）

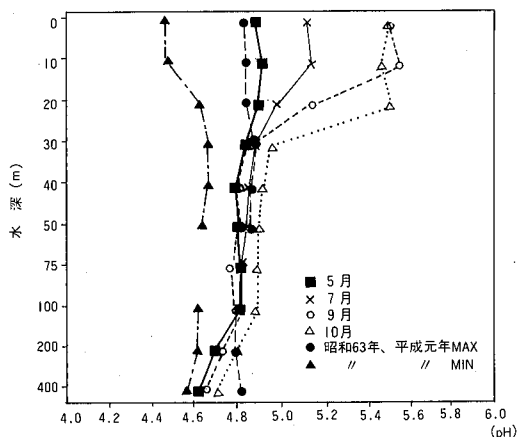


図8 湖心のpH分布（平成3年）

3.6~7.0mg/l、 $K^+$ は0.5~0.9mg/l、 $Mg^{2+}$ は1.5~1.8mg/l、 $Ca^{2+}$ は4.1~9.4mg/l、 $Mn^{2+}$ は<0.05~0.09mg/l、T-Feは<0.1~0.1mg/l、 $Al^{3+}$ は0.2~2.1mg/l、 $Cl^-$ は12~19mg/l、 $SO_4^{2-}$ は16~30mg/l、8.4酸度は4.5~16mg $CaCO_3$ /lの範囲で分布している。

各調査地点での各項目の垂直分布の結果から、特異な地点はみられない。図10~17に湖心における各項目の垂直分布（平成3年度）を示す。

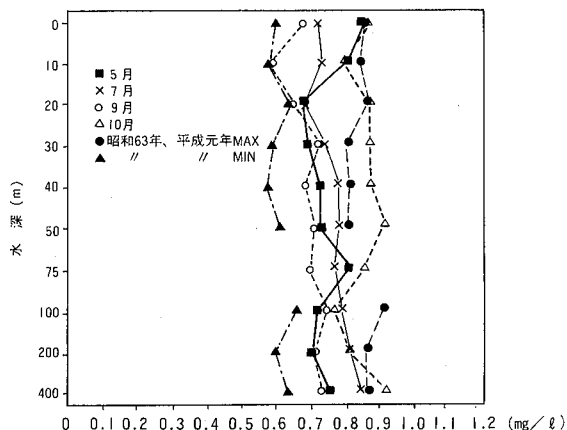


図11 湖心の $K^+$ 分布（平成3年）

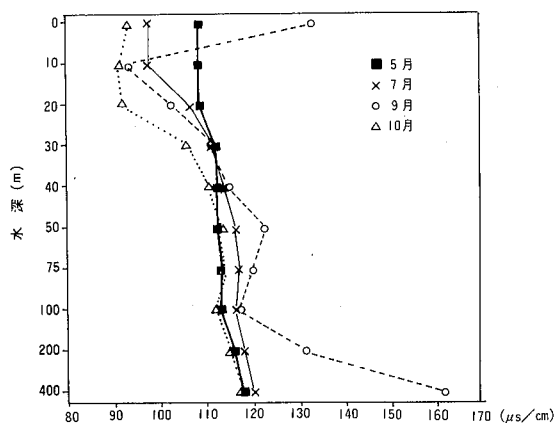


図9 湖心の導電率分布（平成3年）

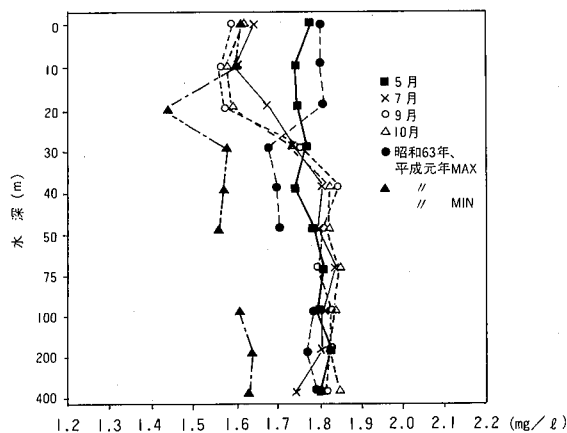


図12 湖心の $Mg^{2+}$ 分布（平成3年）

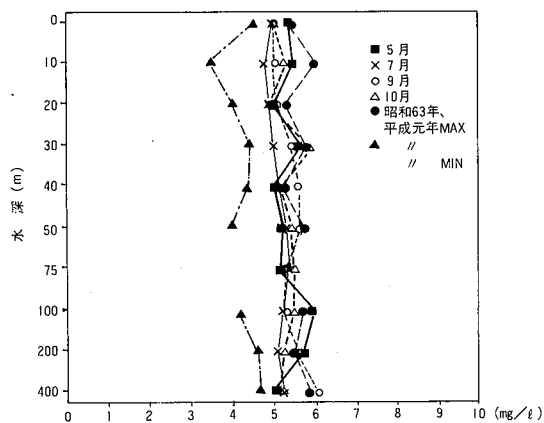


図10 湖心の $Na^+$ 分布（平成3年）

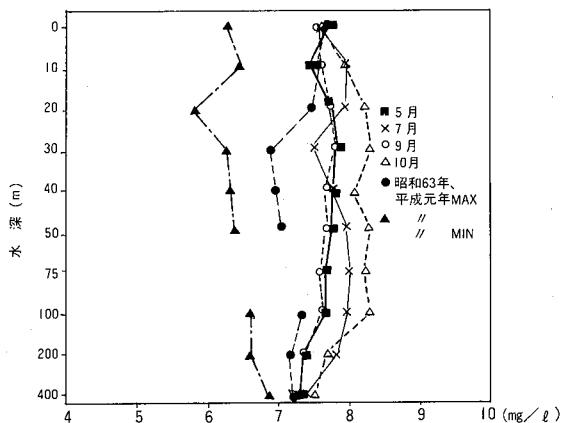


図13 湖心の $Ca^{2+}$ 分布（平成3年）

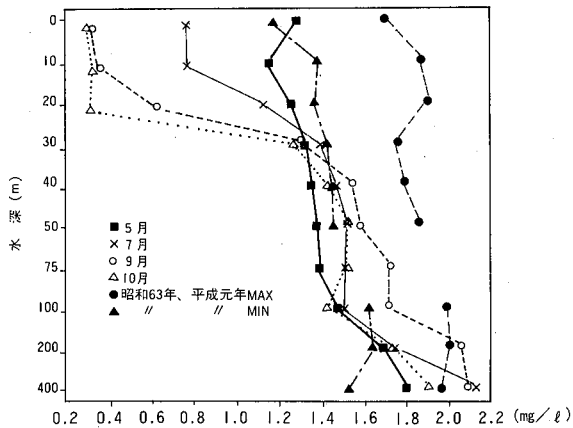


図14 湖心のAl<sup>3+</sup>分布 (平成3年)

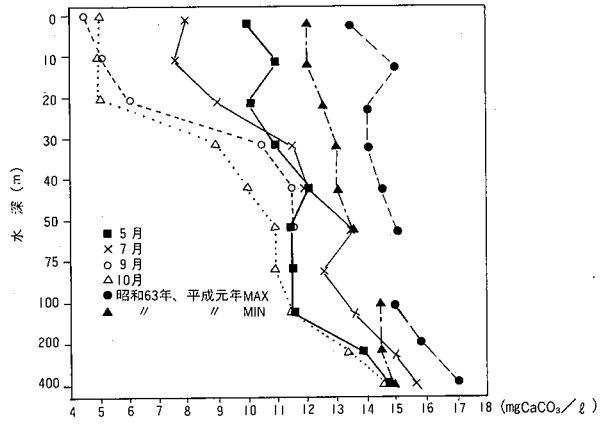


図17 湖心の8.4酸度分布 (平成3年)

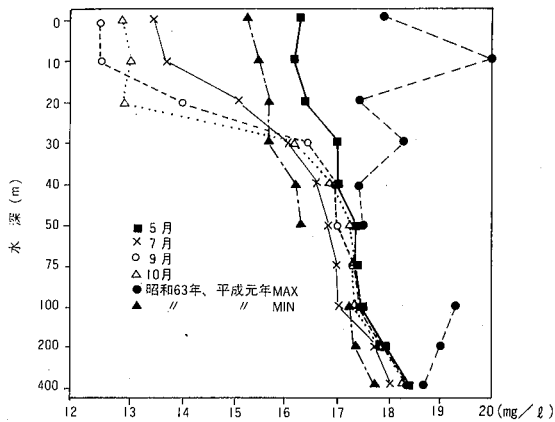


図15 湖心のCl<sup>-</sup>分布 (平成3年)

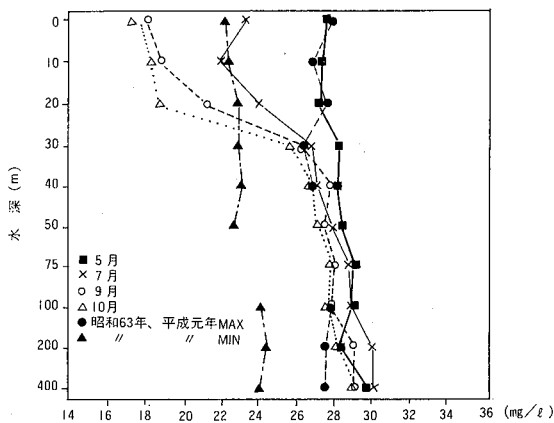


図16 湖心のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>分布 (平成3年)

Al<sup>3+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、8.4酸度は表層から20m層までは、春から秋にかけて徐々に濃度の減少がみられ、30m層以深では時期的な変動が小さく、垂直分布も一様で、深さとともに濃度の上昇がみられる。

中和処理施設稼働前に比較すると、表層から20m層まではAl<sup>3+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、8.4酸度とも濃度が減少しており、30m層以深ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の濃度が若干高くなっているものの、概ね同様の濃度である。

### 3.7 化学的酸素要求量 (COD)

2年間の調査結果から、CODの濃度は<0.5~1.0mg/lの範囲で分布している。

平成3年度の各調査地点での垂直分布の結果から、主に秋の表層から40m層までの濃度が高くなっている。CODは環境基準値以内となっている。

### 3.8 窒素、りん、クロロフィルa

2年間の調査結果から、アンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) の濃度は<0.05mg/l、亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N) は<0.01mg/l、硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) は0.05~0.17mg/l、全窒素 (T-N) は0.06~0.30mg/l、りん酸態りん (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) は<0.003mg/l、全りん (T-

P)は $<0.003\sim 0.008\text{mg}/\ell$ 、クロロフィルa (表層の測定値)は $<0.5\sim 0.7\mu\text{g}/\ell$ の範囲で分布している。

中和処理施設稼働2年経過後のT-N、T-Pの値を、坂本<sup>4)</sup>のりんと窒素濃度による湖沼の栄養度をもとに分類すると、貧栄養湖に属し、中和処理施設稼働前の田沢湖の栄養度<sup>3)</sup>と変わりはない。また本県では湖沼への窒素、りんの類型あてはめをしていないが、環境基準に基づいて区分すると窒素はII類型、りんはI類型に区分される。

各調査地点での窒素、りんの垂直分布の結果から、特異な地点はみられない。湖心(平成2、3年度)の $\text{NO}_3^--\text{N}$ およびT-Nの各水深における平均濃度の分布を図18~19に示

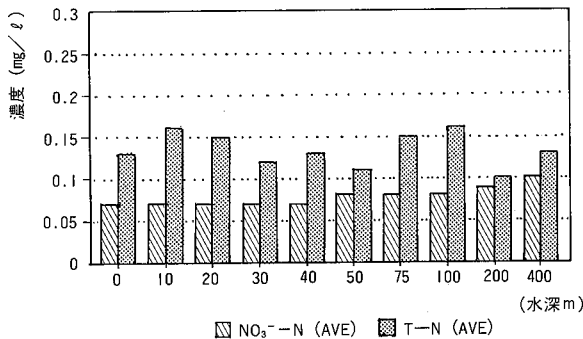


図18 湖心の $\text{NO}_3^--\text{N}$ 、T-N分布 (平成2年)

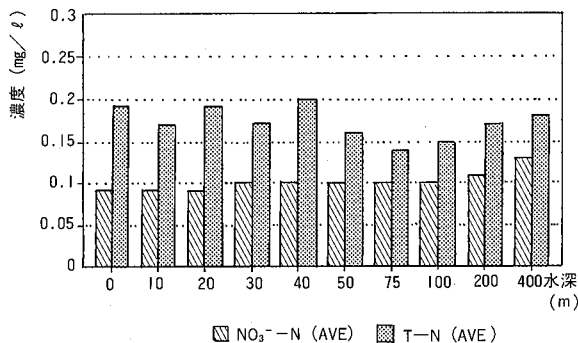


図19 湖心の $\text{NO}_3^--\text{N}$ 、T-N分布 (平成3年)

す。 $\text{NO}_3^--\text{N}$ についてみると、平成2、3年度とも深さとともに濃度が高くなっており、平成3年度の方が全体的に濃度が高い。T-Nについてみると、全体的に平成3年度が高い傾向にあるものの、深度による濃度変化に相関はみられない。

### 3.9 プランクトン

プランクトンについては、平成元年10月に一時的にかなりの量のアカツボムシ (*Brachionus rubens*)の発生が見られた<sup>3)</sup>が、平成2、3年度はプランクトンの発生はほとんどみられなかった。しかし、pH等の水質改善にともない、プランクトンの発生が予想されることから、今後も注意深く観察を続ける必要がある。

### 3.10 導水路の水質調査

田沢湖には前述したように、沢水以外の流入河川はなく、主なものは玉川導水路と先達川導水路である。これらの導水路の水質は直接田沢湖の水質に影響を与える。そこでこれらの水質について調査した。

玉川導水路のpHは4.85~6.55、導電率は79.9~136 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、 $\text{Na}^+$ は3.8~4.6 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{K}^+$ は0.5~0.8 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ は1.1~1.5 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ は6.9~12 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ は $<0.05\sim 0.06\text{mg}/\ell$ 、T-Feは $<0.1\sim 0.1\text{mg}/\ell$ 、 $\text{Al}^{3+}$ は0.2~0.8 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{Cl}^-$ は7.6~23 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ は12~40 $\text{mg}/\ell$ 、8.4酸度は2.5~7.0 $\text{mg CaCO}_3/\ell$ 、CODは $<0.5\sim 1.7\text{mg}/\ell$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ は $<0.05\text{mg}/\ell$ 、 $\text{NO}_2^--\text{N}$ は $<0.01\text{mg}/\ell$ 、 $\text{NO}_3^--\text{N}$ は $<0.05\sim 0.14\text{mg}/\ell$ 、T-Nは0.13~0.30 $\text{mg}/\ell$ 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ は $<0.003\sim 0.003\text{mg}/\ell$ 、T-Pは $<0.003\sim 0.008\text{mg}/\ell$ となっている。

一方、先達川導水路のpHは6.25~7.07、導電率は70.0~193 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、 $\text{Na}^+$ は4.1~10.5 $\text{mg}/\ell$

ℓ、 $K^+$ は0.6~1.1mg/ℓ、 $Mg^{2+}$ は1.8~4.7mg/ℓ、 $Ca^{2+}$ は7.5~17mg/ℓ、 $Mn^{2+}$ は<0.05~0.07mg/ℓ、 $T-Fe$ は<0.1~0.1mg/ℓ、 $Al^{3+}$ は0.05~3.1mg/ℓ、 $Cl^-$ は4.7~12mg/ℓ、 $SO_4^{2-}$ は11~62mg/ℓ、8.4酸度は2.0~7.0mg  $CaCO_3$ /ℓ、CODは<0.5~3.5mg/ℓ、 $NH_4^+-N$ は<0.05~0.07mg/ℓ、 $NO_2--N$ は<0.01mg/ℓ、 $NO_3--N$ は0.05~0.27mg/ℓ、 $T-N$ は0.15~0.29mg/ℓ、 $PO_4^{3--P}$ は<0.003~0.004mg/ℓ、 $T-P$ は<0.003~0.010mg/ℓの範囲で分布している。

流入しているこれら導水路の水質は、今のところまず問題がないと考えられる。しかし、田沢湖の水のpHは、徐々に改善されてきている。それにともない今後は、流入する導水路による湖の富栄養化が懸念される。幸いにも湖畔の宿泊施設が多い春山地区の排水は、特別環境保全公共下水道の完成により、平成4年度から湖には流入しなくなったが、先達川導水路の上流部には温泉旅館街があり、また、今後田沢湖流域内に新たにリゾート開発の計画もある。したがって、これらの排水の浄化も今後必要であると考えられる。今後の田沢湖の富栄養化防止には、流入する導水路の水質をいかに清浄に保つことが出来るかにかかっているといても過言ではない。

#### 4 まとめ

玉川中和処理施設稼働後の平成2、3年度に、田沢湖の水質調査等を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 透明度は3.7~8.5m(年平均6.4m)、水色はNo.2~No.3の範囲にあり、湖面は概ね青色を呈している。
- (2) 表層水温は4月から9月頃にかけて上昇し、10月から下降している。7月から10月

にかけて水温躍層がみられる。水温の変動は上層部ほど大きく、200m層以深では非常に小さい。

- (3) pHは中和処理施設稼働後に表層から20m層まで、春から秋にかけて徐々に上昇する傾向がみられる。30m層以深では、400m層まで4.7前後である。

湖心の20m層までのpHは、平成2、3年には4.86~5.50になっている。今後30m層以深のpHの改善をはやめるためには、ぼつき等により水温躍層を取り除き、水の循環を行う必要がある。

- (4)  $Al^{3+}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、8.4酸度は、表層から20m層までは中和処理施設稼働後に春から秋にかけて濃度の減少がみられるが、30m層以深では中和処理施設稼働前とほとんどかわっておらず、深さとともに濃度の上昇がみられる。
- (5) DOは8.8~16.4mg/ℓと全層において豊富で、CODも<0.5~1.0mg/ℓの範囲で分布しており、環境基準値以内である。
- (6) 栄養塩類については、 $T-N$ が0.06~0.30mg/ℓ、 $T-P$ が<0.003~0.008mg/ℓ、クロロフィルa(表層)が<0.5~0.7 $\mu$ g/ℓの範囲で分布している。現在の田沢湖は、貧栄養湖に属している。また環境基準(本県では類型あてはめをしていない)に基づいて区分すると窒素はII類型、りんはI類型に区分される。
- (7) 湖水のpHの改善にともない、湖の富栄養化が懸念される。田沢湖の富栄養化を防止するためには、先達川導水路等の水質をいかに清浄に保つにかかっている。

#### 参考文献

- 1) 秋田県内水面水産指導所事業報告書



昭和63年2月 秋田県内水面水産指導所

- 2) 秋田魁新報 (1992年8月14日, 9月9日)
- 3) 組谷 均ほか: 田沢湖の水質等について  
— 玉川酸性水中和処理施設稼働以前の水質  
等— 秋田県環境技術センター年報, No.17,  
120 (1989)
- 4) 「環境と微生物」, P.78, 共立出版株式会  
社, 1979

# 玉川ダム（宝仙湖）の水質等に関する調査研究（第1報）

加藤 潤 片野 登 組谷 均\*<sup>1</sup> 久米 均\*<sup>2</sup>

## 1 はじめに

玉川は秋田県第1位の河川である雄物川の最大支流（流路延長103km）で、秋田・岩手両県の県境を構成する八幡平山地大深岳(1,514 m)に源を発し、五十曲地点で強酸性の渋黒川と合流し、わが国有数の酸性河川となっている。

この渋黒川酸性化の原因は、玉川温泉付近に湧出する強酸性泉群であり、中でも玉川温泉の源泉として使用されている大噴は、pH 1.1、湧出温度98℃、湧出量0.14m<sup>3</sup>/secの強酸性水である。他の多くの酸性泉が硫酸を主体とするのに対して、塩酸を高濃度に含有しているのが特徴である。

このため、下流の河川工作物、発電、農業等に多大の影響をおよぼしてきた。

県では、pHを現状より悪化させないことを目的に昭和47年から簡易石灰中和を実施してきたが、抜本的な除毒事業を実施するためには、多額の建設費と管理費を伴うことから、国に対し協力を要請してきた。その結果、新たに建設する玉川ダム関連施設の一環として「玉川酸性水中和処理施設」を設置し、平成元年9月から中和処理施設の試験稼働に入り、平成3年4月より本格稼働している。

この中和処理水等がせきとめられて出来たのが「玉川ダム」である。

玉川ダム（平成2年10月完成）は仙北郡田沢湖町の玉川上流部に位置し、洪水調整や発

電、農業・工業用水の供給などを目的とした多目的ダムであり、流域面積は287km<sup>2</sup>、総貯水量2億5,400万m<sup>3</sup>である（図1）。

なお、ダムサイトでのpH目標が4.0と設定<sup>1)</sup>されている。

当センターでは、玉川ダムの水質が下流に位置する田沢湖の水質へ大きな影響を与える

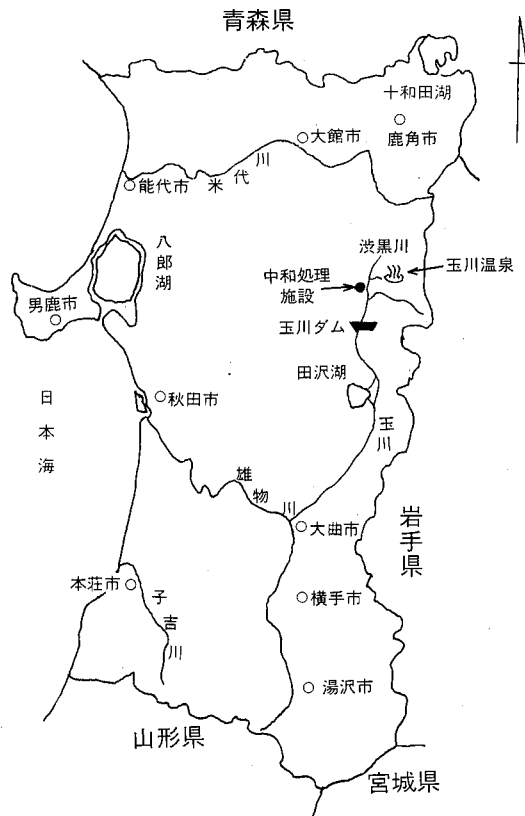


図1 位置図

\* 1 現秋田保健所

\* 2 現大気担当

こと及び玉川中和処理施設稼働による玉川ダムの水質等の変化について継続して調査を行うことにしている。本報では中和処理施設稼働初年度である、平成3年度の水質等の調査結果について報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 調査期間

平成3年の5月、7月、9月（年3回）

### 2.2 調査地点

図2に示した4地点の表層、中層（A、Bは-25m前後、Cは-15m前後、Dは-7m前後）、下層（A、Bは-50m前後、Cは-30m前後、Dは-13m前後）の3層である。

### 2.3 分析項目及び分析方法

表1に示すとおりである。

表1 水質の分析方法

項 目	分 析 方 法
導 電 率	JIS K 0102 13
透 明 度	海洋観測指針 4.1 セッキー板
pH	JIS K 0102 12.1
DO	JIS K 0102 32.1
COD	JIS K 0102 17
SS	環境庁告示 付表 6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	オートアナライザー法
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	〃
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	〃
T-N	環境庁告示 59 付表 7. 1
T-P	環境庁告示 59 付表 8
クロロフィル a	海洋観測指針 9.6
Al <sup>3+</sup>	原子吸光法
Mn <sup>2+</sup>	〃
T-Fe	〃
Cl <sup>-</sup>	イオンクロマト法
Na <sup>+</sup>	原子吸光法
K <sup>+</sup>	〃
Ca <sup>2+</sup>	〃
Mg <sup>2+</sup>	〃

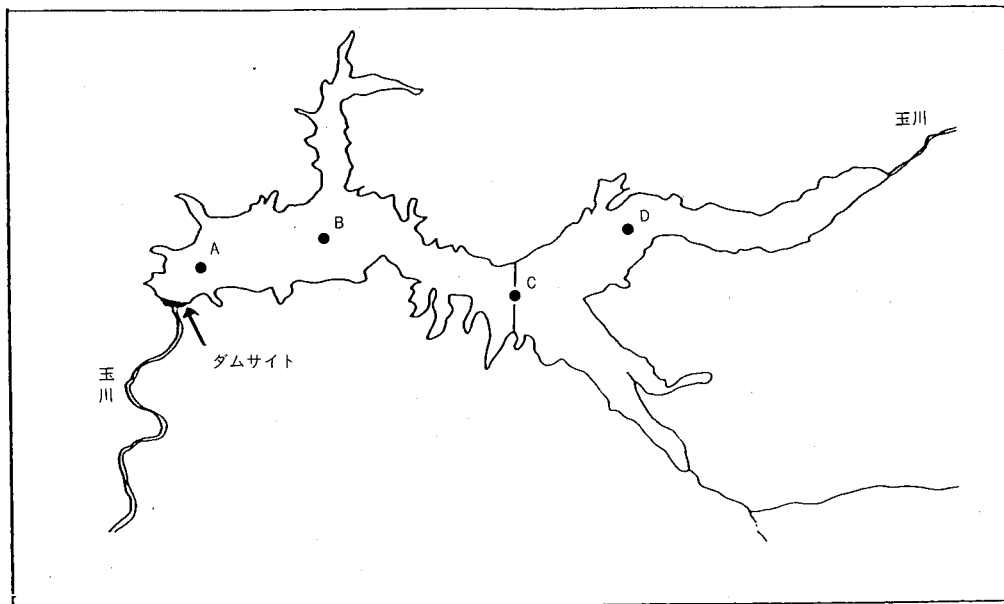


図2 玉川ダム（宝仙湖）の調査地点

### 3 調査結果の概要および考察

各調査地点の水質調査結果は、表2～4に示したとおりである。

#### 3.1 透明度及び水温

透明度は5月が6.5～8.0mと最も高く、7月には1.25～2.1m、9月が最も低く0.75～1.0mとなっている。これは、浮遊物質質量(S S)が5月の表層で<1～1 mg/ℓであったが、7月の表層では2～4 mg/ℓ、9月の表層では5～8 mg/ℓと徐々に高くなっており、S Sの増加にともない透明度が低下したものと考えられる。

また、地点別にみると、上流のD地点が最も高く、ダムサイトに近づくにつれて徐々に低くなっている。

水温についてみると、玉川流域は本県でも屈指の豪雪地帯であり、雪溶け水が流入している5月の表層水温は各地点とも11℃前後となっており、7、9月には20℃前後に上昇している。

また、ダムサイトのA地点の表層と下層の水温差をみると、5月は5.0℃(表層10.0℃、下層5.0℃)、7月は8.5℃(表層18.8℃、下層10.3℃)、9月は12.9℃(表層20.5℃、下層

表2 水質調査結果(5月)

No.	測定地点名	年度	月	日	水温 ℃	導電率 μS/cm	透明度 m	pH	DO mg/ℓ	COD mg/ℓ	SS mg/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al <sup>3+</sup> mg/ℓ	Mn <sup>2+</sup> mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl <sup>-</sup> mg/ℓ	Na <sup>+</sup> mg/ℓ	K <sup>+</sup> mg/ℓ	Ca <sup>2+</sup> mg/ℓ	Mg <sup>2+</sup> mg/ℓ	採水深 m
1	A表層	3	5/14	10.0	63.8	6.5	5.8	11	<0.5	1	<0.05	<0.01	0.08	0.12	<0.003	<0.5	<0.1	<0.05	<0.1	10	3.8	0.5	5.2	0.9	0	
2	A中層	3	5/14	6.0	87.3		5.5	11	0.5		<0.05	<0.01	0.11	0.27	<0.003		0.3	<0.05	0.1	14	3.7	0.6	8.3	1.2	30	
3	A下層	3	5/14	5.0	244		4.7	6.8	0.5		<0.05	<0.01	0.05	0.19	<0.003		2.1	0.23	<0.1	49	6.6	1.4	27.1	2.8	55	
4	B表層	3	5/14	11.5	62.5	7.5	6.0	10	<0.5	<1	<0.05	<0.01	0.08	0.14	<0.003	<0.5	<0.1	<0.05	<0.1	10	3.7	0.6	6.1	1.0	0	
5	B中層	3	5/14	5.7	95.4		5.6	11	0.5		<0.05	<0.01	0.10	0.24	<0.003		0.4	0.05	0.1	16	4.6	0.7	9.4	1.3	30	
6	B下層	3	5/14	5.0	246		4.7	10	<0.5		<0.05	<0.01	0.05	0.17	<0.003		2.5	0.19	<0.1	48	6.9	1.3	26.8	2.7	55	
7	C表層	3	5/14	10.5	66.1	7.0	6.0	10	<0.5	<1	<0.05	<0.01	0.07	0.19	<0.003	<0.5	0.2	<0.05	<0.1	10	3.5	0.5	6.0	0.9	0	
8	C中層	3	5/14	9.0	64.8		5.9	11	0.5		<0.05	<0.01	0.07	0.13	<0.003		0.1	<0.05	<0.1	10	3.7	0.4	5.9	0.9	15	
9	C下層	3	5/14	6.5	93.1		5.4	11	0.5		<0.05	<0.01	0.09	0.20	<0.003		0.3	0.06	<0.1	16	4.0	0.7	9.0	1.2	25	
10	D表層	3	5/14	12.0	69.9	8.0	5.7	10	<0.5	<1	<0.05	<0.01	0.06	0.14	<0.003	<0.5	0.1	<0.05	<0.1	12	3.8	0.6	6.9	1.0	0	
11	D中層	3	5/14	10.0	88.6		5.2	11	0.9		<0.05	<0.01	0.05	0.19	<0.003		0.5	<0.05	0.1	14	3.7	0.6	8.3	1.1	10	
12	D下層	3	5/14	13.0	78.0		5.6	11	<0.5		<0.05	<0.01	0.07	0.18	<0.003		0.2	<0.05	<0.1	12	3.4	0.7	7.1	1.0	15	

表3 水質調査結果(7月)

No.	測定地点名	年度	月	日	水温 ℃	導電率 μS/cm	透明度 m	pH	DO mg/ℓ	COD mg/ℓ	SS mg/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al <sup>3+</sup> mg/ℓ	Mn <sup>2+</sup> mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl <sup>-</sup> mg/ℓ	Na <sup>+</sup> mg/ℓ	K <sup>+</sup> mg/ℓ	Ca <sup>2+</sup> mg/ℓ	Mg <sup>2+</sup> mg/ℓ	採水深 m
1	A表層	3	7/22	18.8	83.7	1.25	5.7	9.0	2.2	3	<0.05	<0.01	<0.05	0.18	0.003	1.4	0.5	<0.05	0.1	13	10.7	0.8	7.7	1.1	0	
2	A中層	3	7/22	10.8	69.3		6.0	10	1.2	2	<0.05	<0.01	0.08	0.23	<0.003	<0.5	0.1	<0.05	<0.1	10	2.8	0.6	6.4	1.1	25	
3	A下層	3	7/22	10.3	131		5.3	8.5	1.4	4	<0.05	<0.01	0.07	0.17	<0.003	<0.5	0.7	<0.05	<0.1	23	4.3	0.9	13.7	1.6	48	
4	B表層	3	7/22	20.3	81.9	1.5	5.9	9.0	2.0	4	<0.05	<0.01	<0.05	0.10	<0.003	1.3	0.3	<0.05	0.1	13	3.0	0.7	8.7	1.1	0	
5	B中層	3	7/22	11.6	71.0		5.9	9.7	1.2	5	<0.05	<0.01	0.07	0.14	<0.003	<0.5	0.2	<0.05	<0.1	10	3.1	0.6	6.7	1.0	25	
6	B下層	3	7/22	6.8	204		5.0	9.3	0.9	<1	0.08	<0.01	0.06	0.23	<0.003	<0.5	1.8	0.07	<0.1	37	5.2	1.2	21.5	2.3	48	
7	C表層	3	7/22	20.2	83.5	1.8	5.8	8.8	1.7	2	<0.05	<0.01	<0.05	0.14	<0.003	1.3	0.4	<0.05	<0.1	13	3.4	0.7	8.3	1.1	0	
8	C中層	3	7/22	15.5	73.7		6.0	8.4	1.9	4	<0.05	<0.01	0.05	0.15	<0.003	0.5	0.5	<0.05	0.2	11	3.0	0.7	7.2	1.0	16	
9	C下層	3	7/22	9.5	99.2		5.6	7.5	1.2	2	<0.05	<0.01	0.07	0.19	<0.003	<0.5	0.5	0.05	0.1	16	3.6	0.8	10.2	1.4	33	
10	D表層	3	7/22	20.5	81.5	2.1	5.9	8.6	1.8	4	<0.05	<0.01	<0.05	0.10	<0.003	1.3	0.4	<0.05	0.1	13	3.2	0.7	8.4	1.1	0	
11	D中層	3	7/22	17.6	88.2		5.5	9.1	1.8	3	<0.05	<0.01	<0.05	0.20	<0.003	<0.5	0.6	<0.05	0.1	14	3.1	0.7	8.5	1.1	65	
12	D下層	3	7/22	16.5	77.0		5.8	8.7	2.1	3	<0.05	<0.01	<0.05	0.17	<0.003	<0.5	0.6	<0.05	0.1	11	3.0	0.7	7.4	1.0	13	

表4 水質調査結果(9月)

No.	測定地点名	年度	月	日	水温 ℃	導電率 μS/cm	透明度 m	pH	DO mg/ℓ	COD mg/ℓ	SS mg/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al <sup>3+</sup> mg/ℓ	Mn <sup>2+</sup> mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl <sup>-</sup> mg/ℓ	Na <sup>+</sup> mg/ℓ	K <sup>+</sup> mg/ℓ	Ca <sup>2+</sup> mg/ℓ	Mg <sup>2+</sup> mg/ℓ	採水深 m
1	A表層	3	9/17	20.5	102.8	0.75	5.7	9.0	1.5	8	<0.05	<0.01	0.05	0.33	0.006	0.6	0.7	<0.05	0.2	16	3.8	0.7	10.0	1.4	0	
2	A中層	3	9/17	15.8	58.5		6.1	8.5	1.7	4	<0.05	<0.01	0.06	0.29	0.004	<0.5	0.3	<0.05	0.1	9	2.9	0.5	5.6	1.0	22	
3	A下層	3	9/17	7.6	187		5.0	6.4	0.6	2	0.07	<0.01	0.08	0.28	<0.003	<0.5	1.4	0.08	<0.1	34	5.0	1.0	18.4	2.2	45	
4	B表層	3	9/17	20.7	103.4	0.75	5.7	8.8	1.8	8	<0.05	<0.01	<0.05	0.33	0.009	1.5	0.9	<0.05	0.2	16	3.6	0.7	9.8	1.4	0	
5	B中層	3	9/17	15.8	68.4		6.0	7.1	1.9	7	<0.05	<0.01	0.06	0.25	0.012	<0.5	0.4	0.07	0.2	9	3.1	0.6	5.9	1.1	21	
6	B下層	3	9/17	10.8	112.4		5.6	7.0	1.1	3	0.06	<0.01	0.08	0.28	0.003	<0.5	0.5	0.09	0.1	18	4.0	0.8	10.3	1.5	42	
7	C表層	3	9/17	20.5	93.8	0.90	5.7	8.9	1.5	7	<0.05	<0.01	<0.05	0.33	0.004	1.3	0.6	<0.05	0.2	17	4.3	0.7	9.9	1.4	0	
8	C中層	3	9/17	18.0	100.5		5.3	8.1	2.5	13	<0.05	<0.01	<0.05	0.33	0.013	<0.5	1.5	<0.05	0.4	17	4.2	0.8	10.2	1.4	14	
9	C下層	3	9/17	16.5	80.1		5.8	7.3	3.0	14	<0.05	<0.01	0.05	0.29	0.016	<0.5	1.7	0.05	0.7	11	3.1	0.6	7.4	1.2	27	
10	D表層	3	9/17	20.6	114	1.0	5.5	9.0	1.5	5	<0.05	<0.01	<0.05	0.23	0.006	1.6	0.6	<0.05	0.1	18	4.3	0.8	10.8	1.5	0	
11	D中層	3	9/17	19.5	113.5		5.4	8.7	1.4	6	<0.05	<0.01	<0.05	0.21	0.006	1.5	0.8	<0.05	0.2	18	3.9	0.7	10.6	1.5	5	
12	D下層	3	9/17	18.6	120		5.3	8.3	1.5	7	<0.05	<0.01	<0.05	0.21	0.006	<0.5	1.1	<0.05	0.2	19	4.4	0.8	11.3	1.5	10	

7.6°C)と春に比較すると夏と秋に表層と下層の水温差が大きくなり、この傾向はB地点においてもみられる。しかしC、D地点においては水深が浅いこともあり、水温差はA、B地点に比べて小さい。

### 3.2 溶存酸素量 (DO)

DOは5月にA地点の下層 (6.8mg/l) を除き、10~11mg/lと最も高い値を示した。7月には全ての調査地点で7.5~10mg/lの範囲で分布し、9月にはA地点の下層 (6.4mg/l) を除き7.0~9.0mg/lの範囲にあり、水深が下がるにしたがって、徐々にDOの濃度が低くなっている。

また、各調査地点での垂直分布の結果から、A地点の下層 (平均7.2mg/l) が比較的低いほかは地点間の差異はあまりみられない。

### 3.3 pH

各調査地点別のpHの月変化を図3~6に示す。

pHは5月には4.7~6.0の範囲で分布しており、D地点を除き表層から下層にかけて徐々に低下している。7月になるとpHは5.0~6.0と変動幅が小さくなり、中層が表層より高くなる傾向がみられる。9月のpHは5.0~6.1の範囲にあり、A、B地点では中層が高いが、C地点では下層が高くなっている。

一方、昭和43~45年頃のダムサイト付近における玉川のpH平均値は3.2<sup>2)</sup>であったが、平成3年度の調査では、玉川ダム上流の渋黒川 (五十曲) でpH3.5、玉川 (渋黒川合流後の五十曲下流100m) でpH4.0となっており、ダムサイト (A地点の表層の平均) ではpH5.7とpHの改善目標であるpH4.0を達成している。

このように、ダムサイトにおいて早くもpHの改善がみられたのは、単に中和処理施設の稼働によるものか、また、土壌等の緩衝作用との相乗効果によるものか等、今後の水質の推移をみきわめる必要がある。

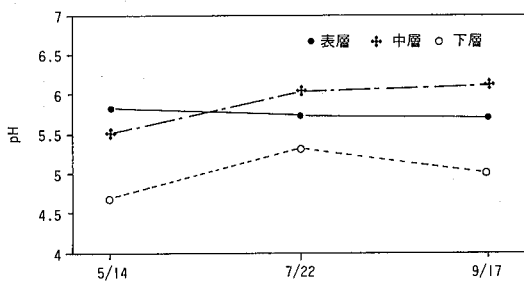


図3 A地点のpH分布

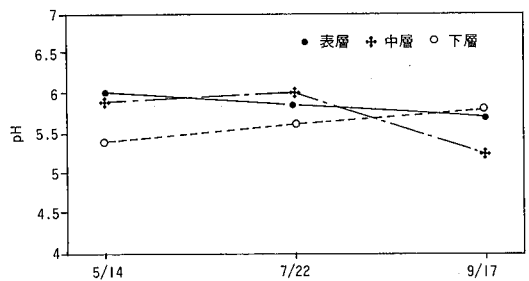


図5 C地点のpH分布

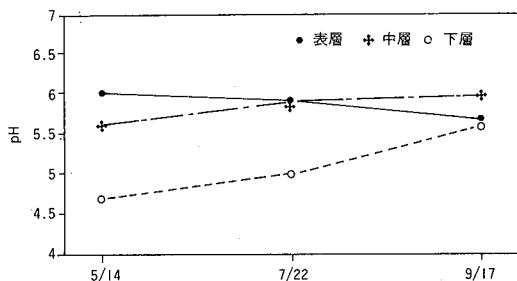


図4 B地点のpH分布

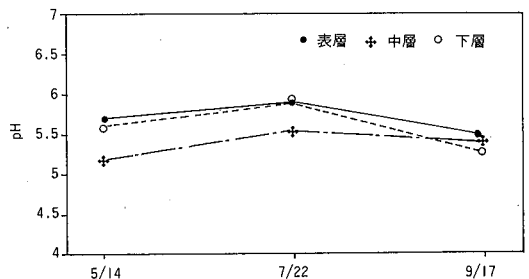


図6 D地点のpH分布

### 3.4 化学的酸素要求量 (COD)

各月におけるCODの地点別変化を、図7～9に示す。なお、 $<0.5\text{mg/l}$  は $0.5\text{mg/l}$  で表示した。

CODは5月に $<0.5\sim 0.9\text{mg/l}$  の範囲で

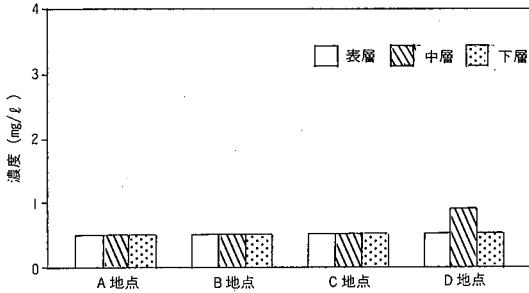


図7 CODの分布 (5月)

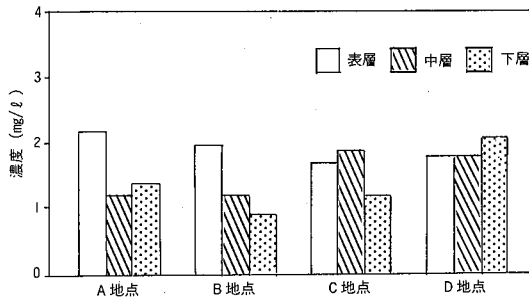


図8 CODの分布 (7月)

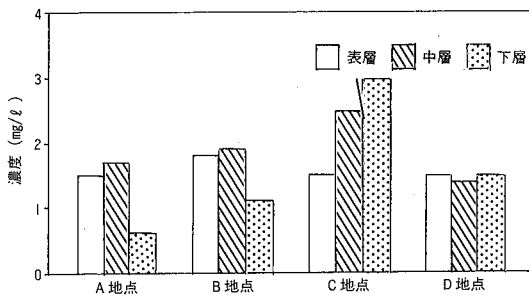


図9 CODの分布 (9月)

分布し、最も低い濃度であり、表層は全地点で $<0.5\text{mg/l}$  である。7月には $0.9\sim 2.2\text{mg/l}$  の範囲で分布しており、表層は $2\text{mg/l}$  前後で、水深 $25\sim 30\text{m}$ 層 (A、B地点の中層及びC地点の下層)で $1.2\text{mg/l}$  である。9月は $0.6\sim 3.0\text{mg/l}$  の範囲にあり、表層は $1.6\text{mg/l}$  前後であるが、C地点では中、下層がそれぞれ $2.5\text{mg/l}$ 、 $3.0\text{mg/l}$  と濃度が高くなっている。5月に比べて7月と9月のCOD濃度が上昇しているのは、浮遊物質質量 (SS) の増加によるものと考えられる。特にC地点の9月の中、下層のSSが $13\sim 14\text{mg/l}$  と他地点より高く、COD濃度が高くなったこととよく一致している。

各地点の全層における年平均値は、 $1.1\sim 1.4\text{mg/l}$  の濃度である。

### 3.5 陽イオン、陰イオン

調査結果から、 $\text{Na}^+$ の濃度は $2.8\sim 10.7\text{mg/l}$ 、 $\text{K}^+$ は $0.4\sim 1.4\text{mg/l}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ は $0.9\sim 2.8\text{mg/l}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ は $5.2\sim 27.1\text{mg/l}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ は $<0.05\sim 0.23\text{mg/l}$ 、 $\text{T-Fe}$ は $<0.1\sim 0.7\text{mg/l}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ は $<0.1\sim 1.8\text{mg/l}$ 、 $\text{Cl}^-$ は $9\sim 49\text{mg/l}$  の範囲で分布している。

各月の表層濃度の地点間における差異はほとんどみられないが、全般的に下層において、深度の低下にともない濃度の上昇がみられる。

### 3.6 窒素、りん、クロロフィルa、プランクトン

アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ) の濃度は $<0.05\sim 0.08\text{mg/l}$ 、亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ) は $<0.01\text{mg/l}$ 、硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) は $<0.05\sim 0.11\text{mg/l}$ 、全窒素 (T-N) は $0.10\sim 0.33\text{mg/l}$ 、全りん (T-P) は $<0.003\sim 0.016\mu\text{g/l}$ 、クロロフィルa (Chl.a) は $<0.5\sim 1.6\mu\text{g/l}$  の範囲で分布している。

T-Nについてみると、各月の地点間の差異はほとんどみられないが、全般的にみて春から秋にかけ濃度の上昇がみられる。T-Pについても5月、7月とほとんど $<0.003\text{mg}/\ell$ であったが、9月に濃度の上昇がみられ、最大で $0.016\text{mg}/\ell$ の濃度を記録している。

中和処理施設稼働後のA地点(表層)におけるT-N、T-Pの平均値を、坂本<sup>3)</sup>の窒素、りん濃度による湖沼の栄養度をもとに分類すると貧～中栄養湖に属し、また、本県では湖沼への窒素、りんの類型あてはめをしていないが、環境基準に基づいて区分すると、玉川ダムは窒素でII類型、りんはI類型に区分される。

一方、クロロフィルaは、5月に全調査地点の表層で $<0.5\mu\text{g}/\ell$ であったが、7月、9月とも全調査地点の表層でそれぞれ $1.3\sim 1.4\mu\text{g}/\ell$ 、 $0.6\sim 1.6\mu\text{g}/\ell$ 濃度となっている。

また、9月には、全調査地点で緑藻類のディノブリオン (*Dinobryon divergens* var. *divergens*) の優占的な発生がみられた。

#### 4 まとめ

玉川中和処理施設本格稼働直後の平成3年に、玉川ダム(宝仙湖)の水質調査等を行った結果以下の知見が得られた。

(1) 透明度は5月に $6.5\sim 8.0\text{m}$ と最も高く、SSの増加にともない7月は $1.25\sim 2.1\text{m}$ 、9月は $0.75\sim 1.0\text{m}$ と夏から秋にかけ低くなっている。

また、上流部のD地点が最も高く、玉川ダムサイトに近づくにつれ徐々に低くなる傾向がみられる。

(2) 表層水温は雪溶け水が流入する5月に各地点とも $11^\circ\text{C}$ 前後、7月、9月には $20^\circ\text{C}$ 前後になっている。

(3) DOは5月にA地点の下層を除き、 $10\sim 11\text{mg}/\ell$ と最も高く、全般的にはダムサイトのA地点の下層が比較的低いほかは地点間の差異はあまりみられない。

(4) pHは5月のA、B地点の下層で4.7であったが、7月以降全調査地点でpHが5.0以上の値になり、ダムサイト(A地点表層の平均値)でのpHが5.7で中和処理施設稼働前のダムサイト付近の玉川(pH3.2)に比較してpHの大幅な改善がみられた。

(5) CODは5月に $<0.5\sim 0.9\text{mg}/\ell$ と最も低い値を示したが、7月、9月にはCODの上昇がみられ、ダムサイトのA地点での全層における年平均値は $1.1\text{mg}/\ell$ であった。

(6) 陽イオン、陰イオンの各月の地点間による差異はほとんどみられないが、全般的に下層において深度の低下にともない濃度の上昇がみられる。

(7) 全窒素の濃度は $0.10\sim 0.33\text{mg}/\ell$ で、各月の地点間による差異はほとんどみられないが、春から秋にかけ濃度の上昇がみられる。

(8) 全りん濃度は $<0.003\sim 0.16\text{mg}/\ell$ で、5月、7月はほとんどの地点で $<0.003\text{mg}/\ell$ の濃度であったが、9月になると濃度の上昇がみられ最大で $0.016\text{mg}/\ell$ となっている。

(9) 玉川ダムは窒素、りん濃度から分類すると、貧～中栄養湖に属し、環境基準(本県では類型あてはめをしていない)に基づいて区分すると窒素はII類型、りんはI類型に区分される。

(10) クロロフィルaは5月の全地点の表層で $<0.5\mu\text{g}/\ell$ であったが、7月、9月の

表層で1  $\mu\text{g}/\text{l}$  前後の濃度となっている。

また、9月には、全調査地点で緑藻類のディノブリオン (*Dinobryon divergens* var. *divergens*) の優占的な発生がみられた。

#### 参 考 文 献

- 1) 玉川毒水対策技術検討委員会答申 昭和53年1月9日
- 2) 秋田県環境白書 平成4年度版
- 3) 「環境と微生物」, 78, 共立出版株式会社, 1979