

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*¹ 久米 均*²

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（1,514m）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0.14m³/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287km²、総貯水量2億5,400万m³である（図1）。

なお、ダムサイトでのpH目標が4.0と設定¹⁾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

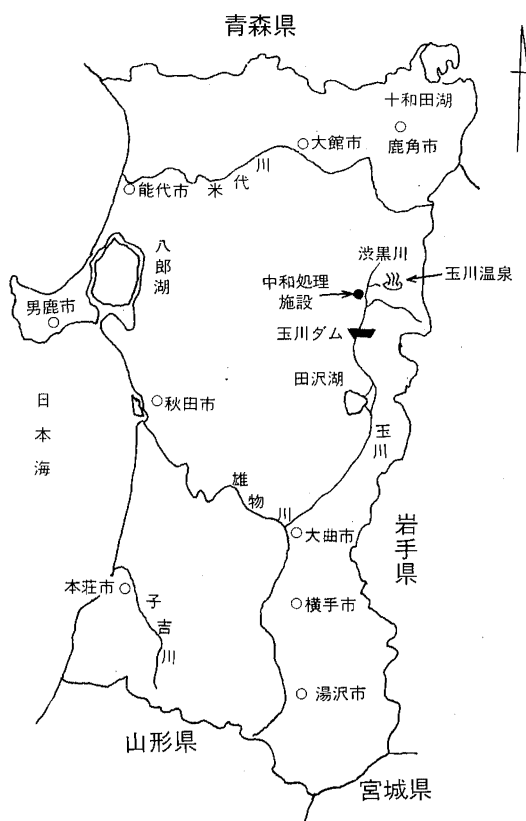


図1 位置図

* 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
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	オートアナライザー法
$\text{NO}_2^-\text{-N}$	〃
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	〃
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^{3+}	原子吸光法
Mn^{2+}	〃
T-Fe	〃
Cl^-	イオンクロマト法
Na^+	原子吸光法
K^+	〃
Ca^{2+}	〃
Mg^{2+}	〃

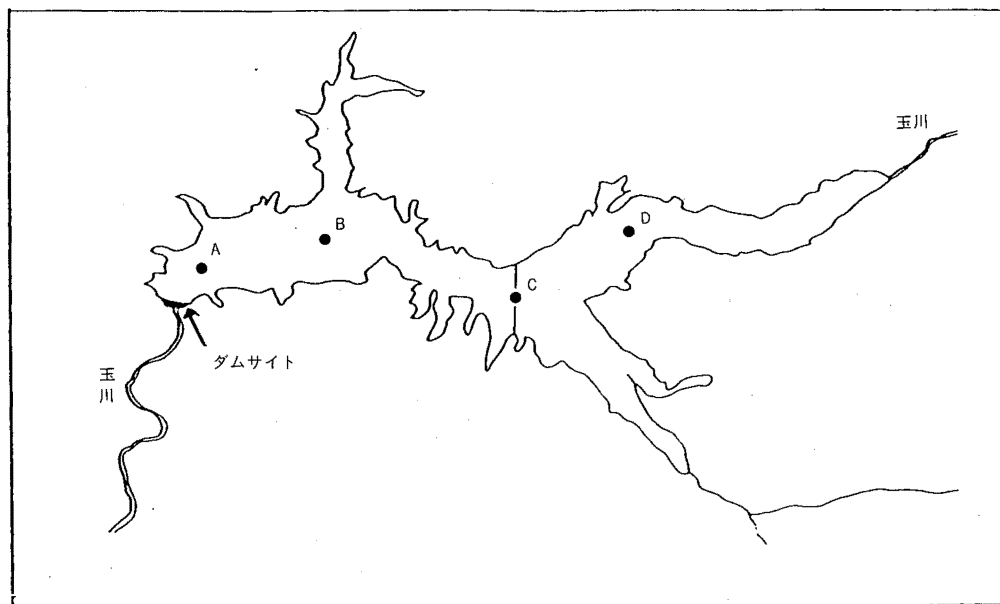


図2 玉川ダム（宝仙湖）の調査地点

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<1～1mg/ℓであったが、7月の表層では2～4mg/ℓ、9月の表層では5～8mg/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	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 ₄ ⁺ -N mg/ℓ	NO ₂ ⁻ -N mg/ℓ	NO ₃ ⁻ -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al ³⁺ mg/ℓ	Mn ²⁺ mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl ⁻ mg/ℓ	Na ⁺ mg/ℓ	K ⁺ mg/ℓ	Ca ²⁺ mg/ℓ	Mg ²⁺ mg/ℓ	採取水深m
1	A表層	3	5/14	10.0	63.8	6.5	5.8	11	<0.5	1	<0.05	<0.01	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	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 ₄ ⁺ -N mg/ℓ	NO ₂ ⁻ -N mg/ℓ	NO ₃ ⁻ -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al ³⁺ mg/ℓ	Mn ²⁺ mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl ⁻ mg/ℓ	Na ⁺ mg/ℓ	K ⁺ mg/ℓ	Ca ²⁺ mg/ℓ	Mg ²⁺ mg/ℓ	採取水深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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	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 ₄ ⁺ -N mg/ℓ	NO ₂ ⁻ -N mg/ℓ	NO ₃ ⁻ -N mg/ℓ	T-N mg/ℓ	T-P mg/ℓ	Chl.a μg/ℓ	Al ³⁺ mg/ℓ	Mn ²⁺ mg/ℓ	T-Fe mg/ℓ	Cl ⁻ mg/ℓ	Na ⁺ mg/ℓ	K ⁺ mg/ℓ	Ca ²⁺ mg/ℓ	Mg ²⁺ mg/ℓ	採取 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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	<0.01	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	8.5	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℃)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。

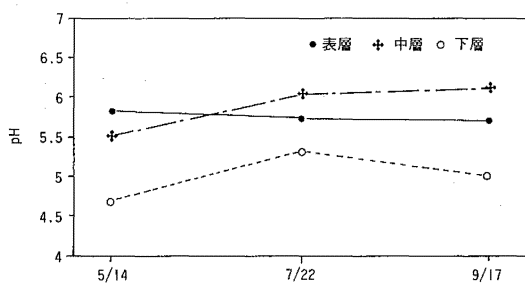


図3 A地点のpH分布

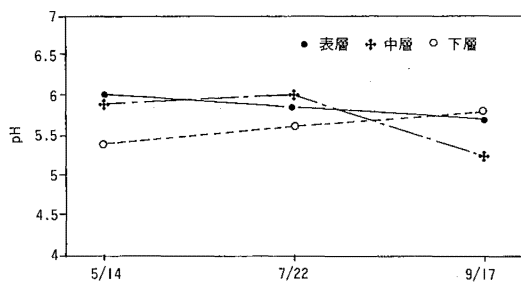


図5 C地点のpH分布

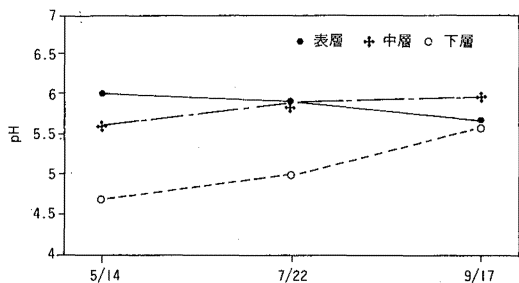


図4 B地点のpH分布

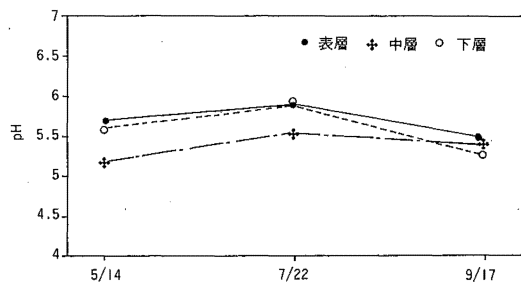


図6 D地点のpH分布

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3.2²⁾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。

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、 $<0.5\text{mg}/\ell$ は $0.5\text{mg}/\ell$ で表示した。

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

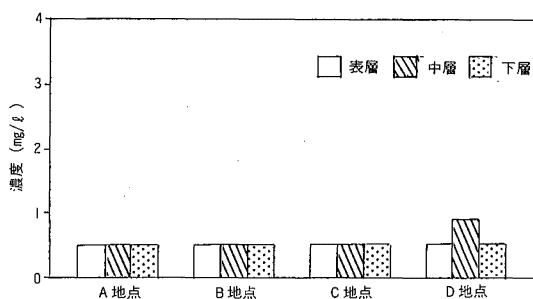


図7 CODの分布 (5月)

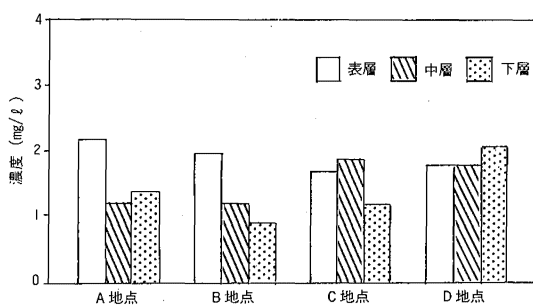


図8 CODの分布 (7月)

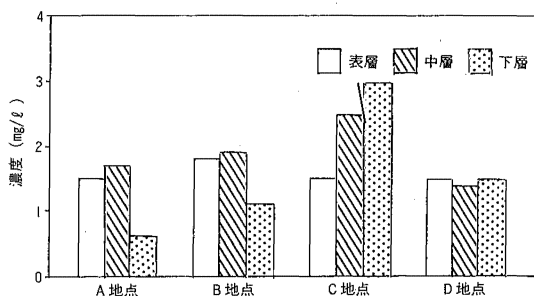


図9 CODの分布 (9月)

分布し、最も低い濃度であり、表層は全地点で $<0.5\text{mg}/\ell$ である。7月には $0.9\sim 2.2\text{mg}/\ell$ の範囲で分布しており、表層は $2\text{mg}/\ell$ 前後で、水深25～30m層 (A、B地点の中層及びC地点の下層) で $1.2\text{mg}/\ell$ である。9月は $0.6\sim 3.0\text{mg}/\ell$ の範囲にあり、表層は $1.6\text{mg}/\ell$ 前後であるが、C地点では中、下層がそれぞれ $2.5\text{mg}/\ell$ 、 $3.0\text{mg}/\ell$ 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 $13\sim 14\text{mg}/\ell$ 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、 $1.1\sim 1.4\text{mg}/\ell$ の濃度である。

3.5 陽イオン、陰イオン

調査結果から、 Na^+ の濃度は $2.8\sim 10.7\text{mg}/\ell$ 、 K^+ は $0.4\sim 1.4\text{mg}/\ell$ 、 Mg^{2+} は $0.9\sim 2.8\text{mg}/\ell$ 、 Ca^{2+} は $5.2\sim 27.1\text{mg}/\ell$ 、 Mn^{2+} は $<0.05\sim 0.23\text{mg}/\ell$ 、 T-Fe は $<0.1\sim 0.7\text{mg}/\ell$ 、 Al^{3+} は $<0.1\sim 1.8\text{mg}/\ell$ 、 Cl^- は $9\sim 49\text{mg}/\ell$ 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 (NH_4^+-N) の濃度は $<0.05\sim 0.08\text{mg}/\ell$ 、亜硝酸態窒素 (NO_2^--N) は $<0.01\text{mg}/\ell$ 、硝酸態窒素 (NO_3^--N) は $<0.05\sim 0.11\text{mg}/\ell$ 、全窒素 (T-N) は $0.10\sim 0.33\text{mg}/\ell$ 、全りん (T-P) は $<0.003\sim 0.016\mu\text{g}/\ell$ 、クロロフィルa (Chl.a) は $<0.5\sim 1.6\mu\text{g}/\ell$ 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³⁾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°C 前後、7月、9月には 20°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