

# 田沢湖水系と流入下水の水質に関する一調査

羽 田 守 夫

A Survey of Water Quality of Lake, River and Influent Sewage  
in Tazawa Lake Basin.

MORIO HANEDA

(昭和48年10月31日受理)

## 1. 緒 言

田沢湖は、秋田県西仙北郡田沢湖町生保内の西方に位置し、湖面の海拔 250 m、東西 6 km、南北 5.8 km、湖岸線 20 km、面積 26 km<sup>2</sup> のほぼ円形のカルデラ湖で、その水深 425 m は日本一であり、世界のカルデラ湖の中でも第 3 位の深さを持つ湖である。

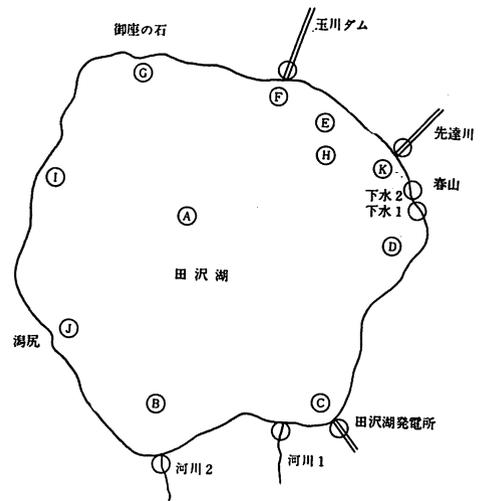
昭和12年、時の政府により東北振興の一翼として、田沢湖と玉川流水を調整して電源開発と開拓事業を行う方針が成立を見た。<sup>1)</sup> これは、玉川流水が強酸性であることから、玉川及び先達川を田沢湖に導入し、水量調整と酸性希釈を行ない、発電及び灌漑用水として利用しようとする計画であった。玉川は玉川毒水と呼ばれるように、その噴出地点での PH が約 1.2 の強酸性を示し、それ故昭和15年の田沢湖ダムの完成による導入開始と共に湖内の水質の悪化を招き、魚類その他の生息が殆んど見られなくなって今日に至っている。

また田沢湖は、県内有数の観光地の一つであり、湖畔には旅館や休息所が立ち並び、それら観光施設から排出される廃水による水質の汚濁も無視できないものがある。

本調査は、田沢湖の水質の現況と田沢湖に流入する河川、下水の水質、水量及び汚濁負荷量に関する基礎的資料を得る目的で行なったもので、二、三の考察を加えて報告する。

## 2. 調査方法

調査は、昭和48年7月25日に予備調査を行ない、同8月20～21日の両日に渡って本調査を行なった。田沢湖湖水及び流入河川については水質について、流入下水については流量と水質とを調査した。田沢湖内の測定点は、図一に示すようにA～Kの11点であり、この中のA点は湖心である。流入河川については、測定点として玉川ダム（玉川流入口）、春山（先達川流入口）及び湖内に



図一 田沢湖水系と水質測定点

流入する小河川の中で代表的な2つの河川を選び、流出水としては、田沢湖発電所1点とし計5点とした。また下水については、春山と瀧尻の2地区が主要な汚濁源と考えられるが、現地調査の結果瀧尻地点については、排水管が水中に没して測定不可能であったためここは取り止め、春山地点については、3～4ヶ所の排出点が認められたが、この中で最大の流量と思われる2点を選んで調査を行なった。

湖水について、採水は北原式採水器を用い、A点については水深0、10、20、30、40、50及び100 mの計7点の採水を行ない、他の点については表面採水のみとした。水温はサーミスタ温度計を用い、各点について最深100 mまでの測定を行なった。また、各点に於て透明度及びPHの測定並びにDOの固定等を行なった。この他の水質分析項目としては、濁度、酸度、鉍酸酸度、硬度、COD、BOD、塩素イオン及び硫酸イオンを選び、これ等は実験室に資料を持ち帰って分析を行なっ

表-1 田沢湖の地点別水質

項目 測定点	水温 (°C)	透明度 (m)	濁度 (ppm)	PH	酸度 (ppm)	鉍酸度 (ppm)	硬度 (ppm)	DO (ppm)	飽和度 (%)	COD (ppm)	BOD (ppm)	Clイオン (ppm)	SO <sub>4</sub> イオン (ppm)
A	25.2	8.0	0.74	4.5	10.9	3.22	19.6	7.79	96.3	0.67	1.32	25.8	19.6
B	24.2		1.08	4.60	18.2	3.45	20.0	7.64	92.9	0.67	0.53	21.9	19.1
C	24.2		1.19	4.59	16.1	2.87	19.6	7.66	93.2	0.63	0.49	22.5	18.4
D	24.5		1.73	4.60	15.7	2.87	18.7	7.64	93.4	0.63	0.91	21.2	18.4
E	26.8	5.0	3.28	4.60	15.5	2.87	20.8	7.73	98.0	0.63	0.49	21.7	18.5
F	26.5	6.5	1.67	4.60	15.7	2.30	20.5	7.57	95.6	0.60	0.45	21.4	20.0
G	26.4	6.7	2.17	4.60	13.6	3.00	19.6	7.64	96.2	0.44	0.60	21.4	18.5
H	26.9	6.5	1.88	4.60	12.1	3.00	20.1	7.35	93.3	0.24	0.20	22.0	20.8
I	24.8		1.75	4.60	11.5	2.87	19.5	7.27	89.3	0.44	0.44	21.5	21.7
J	24.4		1.38	4.60	11.8	3.10	19.5	7.67	93.7	0.28	0.31	22.3	20.6
K	26.2	底	1.85	4.61	10.6	3.00	20.5	7.64	96.0	0.29	0.55	21.9	20.5

た。流入河川は、任意時間に一回の採水を行ない、水質については湖水とほぼ同様の項目について調査した。下水は、朝6時から夜9時まで3時間毎に計6回採水した。同時に流量も測定し、これには最も簡便な容器による測定法を用いた。即ち一定容器に廃水が満たされる時間を計測し、その2~3回の平均値から流量を算出した。水質分析項目は、湖水及び河川とほぼ同様であるが、その他透視度、アルカリ度及びSS等の項目についても調査した。なお、水質分析については、上水試験方法及び下水試験方法によった。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 田沢湖の水質

測定結果は、表-1~2及び図-2~5に示す。

##### (1) 水温

本調査は夏季に行なったので気温が高く、1年中で最も水温の上昇する時期であり、また最も成層の発達する時期でもある。全測定点の水深別水温の平均値及び温度差等を表-2に示した。また、湖心に於る水深別水温については、図-2に示してある。これによると、全測定点とも水深の増加と共に急激に水温が下降しており、はっきりとした温度躍層が見られ、夏季に特有の成層化が確認された。吉村等<sup>2)</sup>によると、1937年の測定で田沢湖の躍層深度は水深8mと報告されている。本調査の結果では、最も温度差の大きい水深は、10~20mであり、その平均温度差は0.82°C/mであった。従って躍層は、前述の8mよりやや深い位置に存在すると考えられる。図-3と4には、測定点I-A-D及びB-A-Fを結ぶ

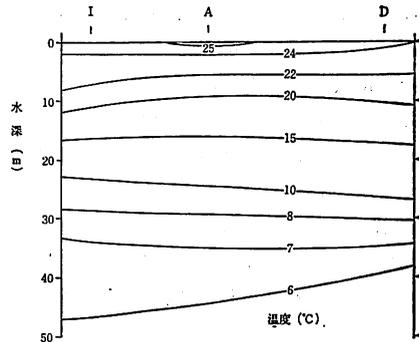


図-3 東西断面の水温成層

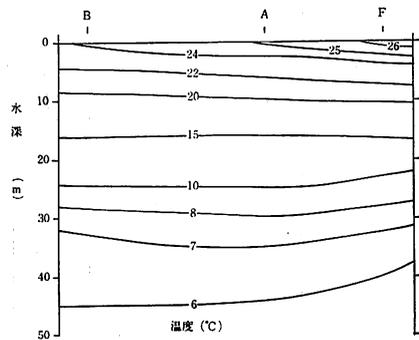
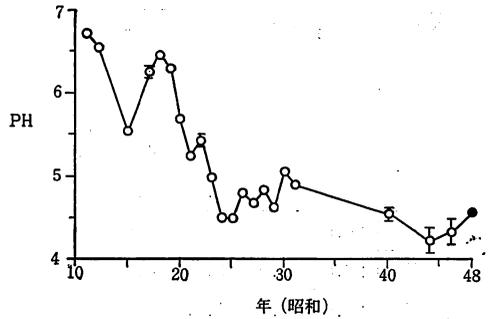


図-4 南北断面の水温成層

表一 水深別平均水温

水深 (m)	測定数	温度範囲 (°C)	平均値 (°C)	温度差 (°C)
0	11	24.2 ~ 26.9	25.5	—
10	9	19.0 ~ 20.8	19.8	5.7
20	9	10.9 ~ 12.8	11.6	8.2
30	9	7.0 ~ 7.9	7.4	4.2
40	9	5.8 ~ 6.3	6.1	1.3
50	9	5.2 ~ 6.1	5.7	0.4
100	1	4.9	4.9	0.8



図一 田沢湖のPHの変遷

東西及び南北断面を取り、水温の垂直分布を示した。成層の状態が明瞭に見られ、またD、F点即ち春山地点の下層部に冷たい成層が上昇しているのが認められる。なお、湖心の水深100mに於る水温は4.9°Cであり、過去の資料によっても常に4°C台に保たれているものと考えられる。

(2) 透明度及び濁度

湖心の透明度は8.0mであった。秋田県水産試験場による調査<sup>3),4)</sup>では、昭和40年に4.5~9.0m、昭和45年に6.0mという結果である。透明度の高い湖は、わずかのSS等の増加によっても急激に透明度が低下すると言われる<sup>5)</sup>が、以上の結果は、観光施設による廃水及び先達川の導入等によるものと考えられ、また栄養塩類にも関係すると思われる。

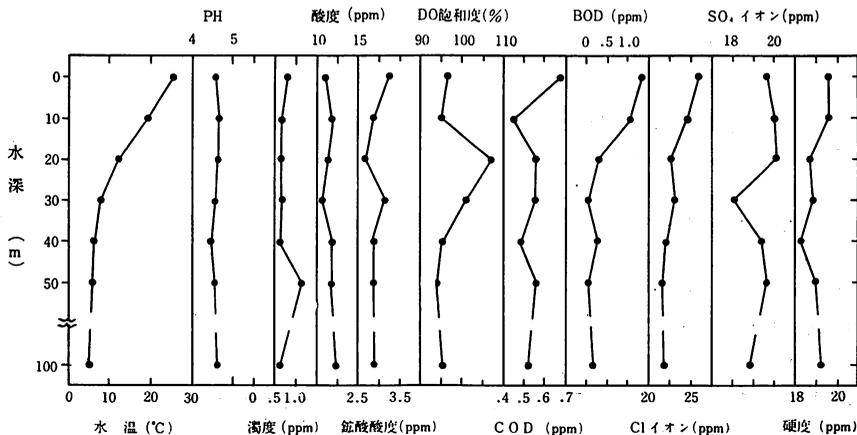
濁度は、湖心で低くE、G、H、K点等東北部でやや高い値を示した。十和田湖等と比べて、全体的に高い値を示しているが、これは、前述の観光施設や先達川等に

よる影響であろう。また湖心の水深方向では、ほとんど差はなく、ほぼ一定値を示した。

(3) PH、酸度及び鉍酸酸度

湖心の水深別PHと各測定点のPHは、図一と表一に示す通りである。PHは、湖内全域に渡って4.4~4.6を示し、依然として酸性湖であることを示している。これは、玉川のPHが後述するように3.9と低く、この影響がまだ続いているためであろう。水深方向のPHにもほとんど差はなく、全体として均一に混合されていることが読み取れる。図一に、昭和10年から現在までの田沢湖のPHの変遷を示した。<sup>6)</sup>これによると、昭和11年田沢湖のPHは6.7であったが、玉川の導入により急激に低下し昭和20年代後半には4.5~5.0となり、その後も低下を続けて来たことがわかる。これに対して様々な対策が立てられているが、現在使われているのが地下浸透法であり、また昭和44年には石灰中和法による実験も行われている。<sup>7)</sup>これら対策が奏功したためか昭和

図二 湖心の水深別水質分布



44年を境に田沢湖のPHは上昇の兆を見せ、今回の調査でも平均値は4.6であった。

酸度は、水中の炭酸、鉍酸、有機酸等の含有を意味するが、表面に於て10.6～10.2 ppmを示し、B, C, D, E, F点の東北及び東南部で高く、湖心及び西北部で低い値を示した。また湖心の水深方向には大きな差は認められなかった。鉍酸酸度は、全体として大差なく3 ppm前度を示した。酸度の分布は、玉川流入水による影響であり、田沢湖に流入し流出する水の流れをある程度表わしているものと考えられる。

#### (4) DO及び飽和度

溶存酸素は、全体的に高く平均で95.5%の飽和度を示した。湖心の水深方向では、20及び30m点で過飽和を示すなど湖水が十分に清澄で、有機的汚染の少ないことが予想される。

#### (5) COD及びBOD

CODは、0.42～0.67 ppm とかなり低く、また直接観光施設廃水等の影響と考えられる程の分布も認められない。CODに関する過去のデータは少ないが、前述の調査<sup>4)</sup>による昭和44年の測定では、0.3～0.6 ppmの間にあり今回の調査と大差ない値である。BODも0～1.32 ppmと低い値であった。湖心に見られるように、CODもBODも表面がやや高く、温度躍層近辺でバラつき、下層ではほぼ一定の低い値を示す傾向が認められる。またBODとCODの相関はほとんどなかった。これらから、田沢湖はまだ比較的有機的汚濁の少ない湖と言えるだろう。

#### (6) 塩素イオン、硫酸イオン及び硬度

塩素イオンは、21.2～25.8 ppmと普通の淡水湖と同程度の値であった。表面でやや大きく水深方向に小さくなる傾向もCOD, BOD同様であった。

硫酸イオンは、18.1～21.7 ppmを示した。この値は、昭和40年調査時<sup>3)</sup>の値0.5～11.1 ppmと比べるとかなり増加している。硫酸イオンは地質にもよるが、この増加は田沢湖に流入する河川及び廃水等の影響によるものと考えて良いだろう。後述するように玉川及び先達

川の硫酸イオンは、24.2及び34.8 ppmであった。

硬度は、総硬度で示すと18.2～20.5 ppmであり、水の硬度による分類<sup>3)</sup>に従うとこれは軟らかい水に相当する。

総じて田沢湖水については、依然としてPHが低くしかも湖水全域に渡ってほぼ様なPHを示していること、有機的汚濁は、まだ比較的少ないが、表面から徐々に汚れていく傾向は認められること、また硫酸イオンがかなり増加していること等が注目される。

### 3・2 流入河川及び流出水の水質

現地調査によると、田沢湖に流入する河川の流入口は大小合せて20数ヶ所、流出口は生保内発電所と農業用灌漑用水口の2ヶ所であった。この中から流入側として4点、流出側1点を測定点として選んだわけであるが、流入側4点の中の2つの小河川は、主に田沢湖畔の農業地帯を流れて流入する小川である。測定結果は、表-3に示した。

#### (1) 玉川

玉川の特徴は、透視度が高く有機的にもそれ程汚濁されていないが、PHが3.9と低く酸度40 ppm、鉍酸酸度16 ppmと非常に酸性の強いことである。この傾向は昔からそれ程変化しておらず、昭和43～46年の鑑畑ダム地点のPHの平均値3.8と比べても大差ない値である。従って湖水のPHに上昇の兆が見られるとは言っても、玉川の水質が改善されない限り自ずと限界があるだろう。また、昭和40年の玉川の硫酸イオン<sup>3)</sup>は約1.5 ppmであり、今回のそれは24.2 ppmであった。これは、酸性の中で塩酸系が強いと言われる玉川の組成に何等かの変化が生じたためかどうか資料不足で判断できないが、湖水の硫酸イオンの上昇とも合わせて注目される所である。また塩素イオンもかなり高い値を示した。

#### (2) 先達川

先達川は、PHに問題はないが、透視度17、濁度50 ppmとかなり濁っており、これが湖水東北部の濁度上昇の一因と考えられる。COD、BODは多少汚濁している程度で硫酸イオンは比較的大きな値を示した。硬度

表-3 流 出 入 水 の 水 質

項目 測定点	水温 (°C)	透視度 (cm)	濁度 (ppm)	PH	酸度 (ppm)	鉍酸酸度 (ppm)	アルカリ度 (ppm)	硬 度 (ppm)	COD (ppm)	BOD (ppm)	Clイオン (ppm)	SO <sub>4</sub> イオン (ppm)
玉川	20.8	30以上	5.75	3.99	40.0	16.8	—	25.5	0.91	1.16	41.6	24.2
先達川	17.4	17	30.0	7.09	3.45	—	12.2	50.4	1.48	0.88	14.9	34.8
河川1	18.7	30以上	1.24	6.61	2.41	—	8.0	6.7	0.93	0.70	11.3	7.4
" 2	16.5	"	1.10	6.90	3.33	—	10.6	5.6	0.45	0.75	11.1	6.1
発電所	23.0	"	1.98	4.58	14.0	2.18	—	19.0	0.33	0.87	23.0	20.0

によると、先達川だけが分類<sup>8)</sup>による中位の硬い水に相当した。また多少水温が低い。

(3) 河川 1 及び 2

河川は2つともほぼ同じ値を示し、透視度も高くCOD, BODも小さく、軟らかい水に相当する汚濁されていない水と言えよう。従って多少水温の低いことを除けば、湖水に悪影響を与えることはないと考えられる。

(4) 流出水

流出水は、湖水の値と同じで、特に問題はない。

3.3 流入下水の水質及び水量

田沢湖畔に存在する旅館は9軒で、総宿泊人員は565名である。また設置されているし尿浄化槽の容量、数及び排水の水質を表-4に示した。<sup>9)</sup> 観光施設から排出される廃水は、し尿と下水とに大別されるが、表-4はし尿浄化槽による処理後の排水の実測値と水質基準である。この他に下水が問題であるが、下水に関する実測資料はないようである。田沢湖はまだ比較的汚濁されていないが、排出される汚濁物質の総量を知ることはそれなりに有意義と思われる。今回の調査は、観光施設から直接排出される排出口2つ（以下下水1及び2と呼ぶ）を選んで、水質、水量の両面から行なったものである。測定結果は、下水毎、時間毎に図6~7に示した。

(1) 水温及び流量

水温は、下水1及び2とも気温とは無関係にほぼ20°Cと前後の値を示した。これは、湖水の表面の水温に比べれば多少低い値である。流量は、下水1では午前9時と午後3時にピークを示し、下水2ではこのピークが午後0時と6時で、相方にずれが見られた。これは、対象となる排水区域の特徴によるものであろう。下水は、午前6時から午後9時までの15時間しか排出されないと仮定して積分すると、1日の排出量が求められるが、これは下水1及び2についてそれぞれ約44m<sup>3</sup>/日、約51m<sup>3</sup>/日となりほぼ等しい値であった。この量自体はごく少ない値と言えらるう。

(2) 透視度及び濁度

透視度は、下水1、2とも朝と夜に大きく、日中小さい値を示し、その最小値は5.5cmであった。濁度は、透視度にほぼ対応し、下水1では午後6時、下水2では同3時に最大値を示した。なお透視度30のプロットは、実際には30以上を意味する。

(3) PH, 酸度及びアルカリ度

下水2について、PHは6~7の間で、酸度、アルカリ度は朝と夜に小さく日中大きい傾向を示した。下水1では午後3時と6時にPHが5前後まで低下し、酸度もこの時急増しているが、原因は不明である。アルカリ度の増加は、洗剤によるものと思われ、日中大きい値を示

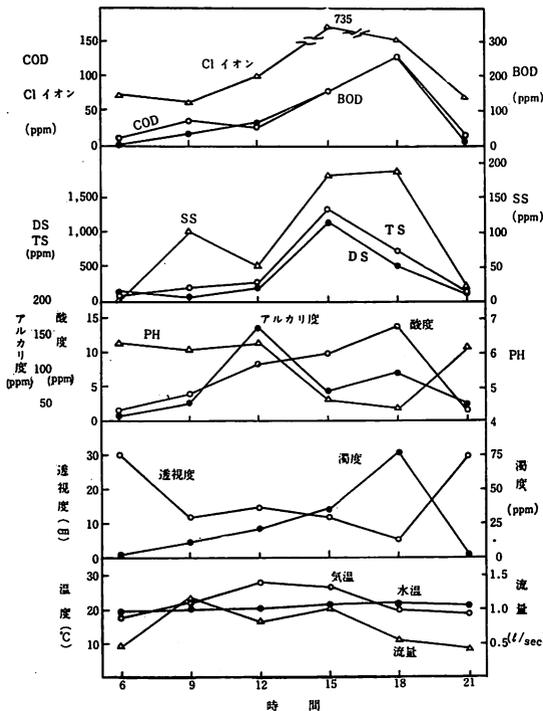


図-6 下水1の性質

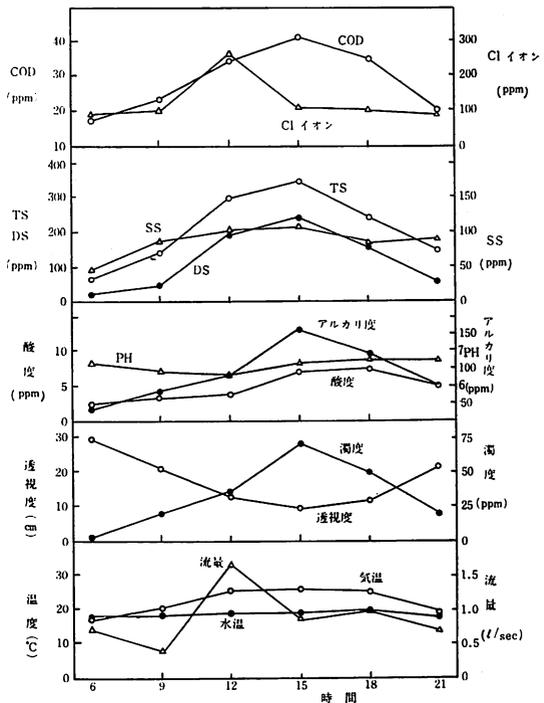


図-7 下水2の性質

した。

(4) TS, DS及びSS

TSは、下水1で午後3時が最大で約1,340ppm、この時DSが約1,150ppmを示し、かなり大量の固形物質が含まれていた。下水2は、午後3時が最大でTSが約350ppmであり、この点下水1の性質と明らかな違いが認められる。従って、SSも下水2では約50~100ppmであるのに対し、下水1では0~200ppmとその間に約2倍の開きがあり、また時間的変動も大であった。従ってこの下水の特徴は、固形物質が大量に含まれること及びDSの割合が大きいことで、これがCODやBODに大きく影響することが考えられる、またSSは、透視度とよく対応していることが読み取れる。

(5) COD, BOD及び塩素イオン

CODについて、下水1はその最小値と最大値の間に約10倍の開きがあり、平均値は51.1ppmであった。下水2は、比較的一定で平均値は29.2ppmを示し、CODについても下水1は下水2の約2倍であった。これは固形物質の差によるものであろう。

BODについては下水1のみ測定したが、最大値を示す午後3時と6時については予想以上に大きな値で、CODの2倍と仮定した希釈倍率でも失敗であった。従ってここでは、最小の推定値を示し、それぞれ160ppm以上、260ppm以上とした。これ以外のBODは、6.30~67.7ppmで、CODの1.0~2.0倍の値を示した。

表一 田沢湖畔の浄化槽と水質

浄化槽容量 (人)	数	BOD (ppm)	水質基準 BOD(ppm)
20	1	—	90 以下
60	1	1.54 ~ 100	〃
70	1	9.82 ~ 90	〃
80	2	7.08	〃
100	2	7.03 ~ 60	〃

表一五 汚濁負荷量の推定

	流量	COD	BOD	SS
下水1 (kg/日)	43.4	2.45	4.42	4.68
下水2 (kg/日)	51.0	1.65	2.98	4.82
下水1+2(kg/日)	94.4	4.10	7.40	9.50
年間汚濁負荷量 (t/年)	12,100	0.52	0.95	1.21
汚濁負荷原単位 (g/人・年)	12,500	0.54	0.98	1.26

塩素イオンは、下水1が70.1~735ppm、下水2が86.6~265ppmを示し、SSやCOD同様下水1の大きな値と時間変動の著しいことが認められる。ピーク時間は、CODやBODとは一致せず、下水1及び2についてそれぞれ午後3時及び0時であった。

総じて下水は、流出口によってその性質が異なり、時間的変動もかなり大きいことが認められる。ここに示した値は、一般の都市下水と比べて性質上特に異なった点は見られないが、湖に排出されるまでの時間が短かいためか、ピーク流量及びその水質が際立って大きいことが特徴と言えよう。従って水質及び流量とも、この点を考慮して考察する必要がある。

3・4 汚濁負荷量の推定

下水の水質及び水量データを基に、ここでは田沢湖に排出される総汚濁負荷量を、COD、BOD及びSSについて推定してみよう。推定に当たって次の仮定を置いた。

1) 下水は、本調査の結果によって代表される。

2) 汚濁負荷量は、観光客数に比例して増減する。

昭和47年の田沢湖の年間観光客数は約964,400人であり、この中で8月は約234,000人であった。<sup>10)</sup> 従って年間総汚濁負荷量は次のように仮定した。

$$\begin{aligned} \text{年間総汚濁負荷量} &= 4.12 \times 8 \text{月汚濁負荷量} \\ &= 4.12 \times 31 \times 1 \text{日汚濁負荷量} \end{aligned}$$

上式に、本調査で得られたCOD、BOD、SS及び流量の値を代入して年間総汚濁負荷量等を求めた結果を表一五に示した。これによると、流量は年間約12,100t、CODは約0.52t、BODは約0.95t及びSSは約1.21tであった。

これを昭和47年の年間総観光客数で割ると、年間1人当りの汚濁負荷原単位が求められるが、これはCOD、BOD及びSSについてそれぞれ0.54g、0.98g及び1.26gであった。

これらの数値は、測定値自体のバラツキ、下水を本調査地点のみとしたこと、排出時間を限定したこと、観光客数が1年前のデータであること及び他の河川からの流入を考慮していないこと等からあくまで限定されて考えられなければならないが、将来の汚濁負荷量を推定して行く上で1つの目安となるだろう。

4. 結 言

本調査結果を要約すれば次の通りである。

- (1) 田沢湖のPHは約4.6と依然として低く、上昇の兆は見られるが、早急な対策が望まれる。

- (2) 田沢湖の有機的汚濁は、BODやCOD等から見る限りまだ小さいが、表面から徐々に汚れている傾向は認められる。
- (3) 田沢湖に流入する河川では、玉川はPHで、先達川は濁度で問題があり、汚濁の一因となっている。
- (4) 田沢湖に流入する下水は、量的には多くはないが、その水質はあらゆる項目で大きく無視できないものがある。

なお今回の調査は、実験室が未整備であったため測定項目が限定されて不十分な結果しか得られなかった。今後の田沢湖の汚濁を考えていく上での一助となれば幸である。

#### 謝 辞

本調査を行うに当り、多大な御協力を頂いた秋田県水産試験場長加藤治男氏、調査科長村岡勝氏、技師奥村紀男氏並びに関係各位に深甚なる謝意を表します。また資料を提供して頂いた秋田県公害課、観光課並びに角館保健所に感謝の意を表します。また、本調査を直接手伝っ

た遠藤隆、川辺義一、川和田宏、佐藤一夫、鈴木薫、高橋秋彦の諸君に感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) 玉川毒水の現況と対策について、昭和48年3月秋田県 p. 4
- 2) 半谷高久、水質調査法 p. 114
- 3) 秋田県水産試験場、田沢湖水質調査報告書 昭和40年12月
- 4) 秋田県水産試験場、田沢湖水質調査報告書 昭和44年10月
- 5) 小泉清明、川と湖の生態 p. 11
- 6) 文 献 1) p. 127
- 7) 同 p. 37~72
- 8) 石橋多聞、上水道学, p. 66
- 9) 角館保健所調べ
- 10) 秋田県産業労働部観光物産課、秋田県観光客数調べ昭和48年4月 p. 5