

# 1982年富士五湖異常増水時の水質調査結果 および水収支について

田中正二郎 笠井 和平 堤 充紀  
笹本 順\* 長田 照子

富士五湖における水質調査は、1971年以来引き続き実施し、その水質については多くのデータが蓄積されているが、それらの多くは平水時のものである。富士五湖は流入河川を何本も有するが、そのほとんどは通常河川水が流れていない。また湖から流出する河川は、山中湖からの相模川(桂川)のみである。また降水量の変化と水位の変動が平行しており<sup>1)</sup>降水による湖への影響は大きいと考えられる。1982年8月および9月の2回の台風のもたらした豪雨は、昭和13年以来の水位の異常上昇を引き起し、その結果浸水や冠水などの被害が発生した。

われわれはこの増水時における水質調査を行なう機会を得たので、その調査結果および水位変化図より豪雨の水収支について検討したので、その一部を報告する。

## 調査地点および調査方法

富士五湖の各湖心部と、河口湖についてはさらに長浜沖と船津沖を加えて7地点で、水面から約10cmの表層水を採取した(図1)。増水時調査の採水は1982年10月1, 13, 20および27日の計4回であるが、5, 7, 8, 11, 12月、翌年1および2月の各月1回の水質調査の結果をも加えて検討を行なった。

測定項目は水深、水色、透明度、pH、水温、DO、SS、COD、クロロフィル-a、導電率、PO<sub>4</sub>-P、全リン(T-P)、溶存全リン(DT-P)、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、全窒

素(T-N)および溶存全窒素(DT-N)であり、DOおよび水温については鉛直に水深1m(本栖湖、西湖は2.5mならびに10m)ごとに測定した。

## 調査結果と考察

### 1. 降水量および水位変化

河口湖、山中、上九一色および本栖の1982年の降水量は、山梨県気象月報<sup>2)</sup>によると図2に示したとおりであった(ただし本栖の値は日軽金(株)で測定)。8月の台風10号の豪雨により河口湖では上旬に543mm、山中では651mmを示し、年間降水量の平年値(河口湖1,506、山中2,556mm)に対しそれぞれ36%、25%に相当していた。また9月中旬の台風18号による降水量は、河口湖で402mm、山中で445mmであった。

山梨県土木部河川課の水位表にもとづいて、各湖の7月から10月までの水位の変動を図示すれば図3のとおりである。7月中は五湖とも殆んど水位変化はないが、8月はじめの豪雨により水位は急激に上昇し、9月の豪雨によりさらに水位は上昇した。精進湖を除いて、水位調整ならびに発電のため山中湖および河口湖は相模川水系へ、西湖は河口湖と、本栖湖は富士川水系へ放流する

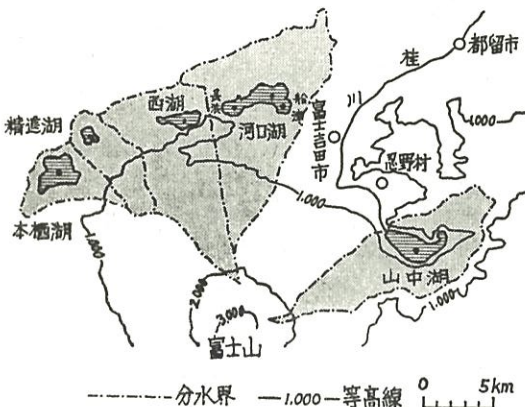


図1 富士五湖とその周辺

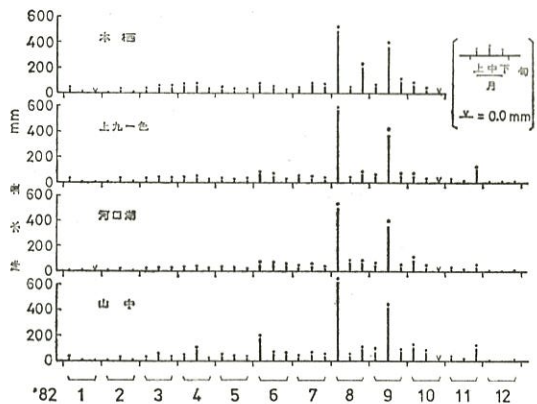


図2 1982年の河口湖、山中、上九一色および本栖の旬間降水量

\* 現在日下部保健所

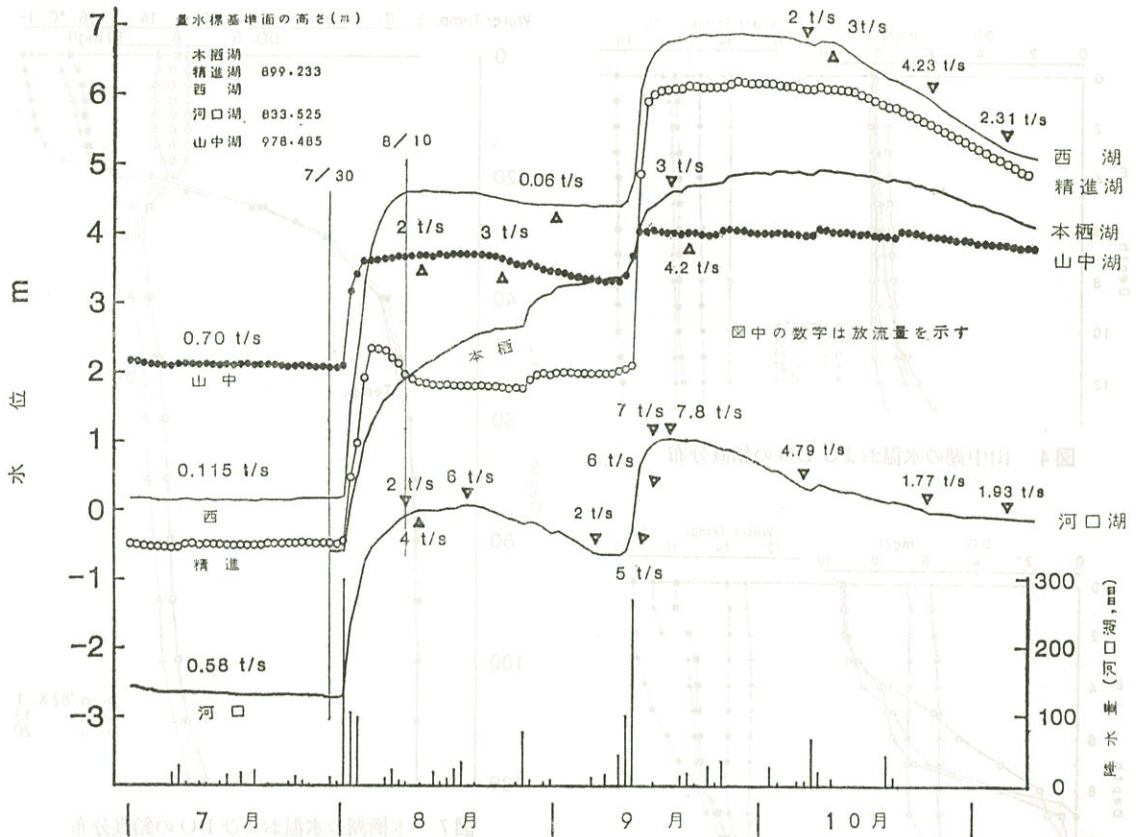


図3 富士五湖の水位変化  
1982年7月1日～11月10日

が、この期間中の放流量を図中に  $t/s$  で示した（ただし河口湖の放流量は西湖からの流入量を差し引いて算出）。7月30日の低水位から最高水位までの上昇値は、最大が精進湖と西湖でともに 6.69m（両湖とも 9月27日）、ついで本栖湖 5.52m（10月9日）、河口湖 3.75m（9月18日）および山中湖 1.99m（9月14日）の順であった。

## 2. 異常増水時の水温および DO の鉛直分布

各湖について10, 11月に測定した水温および DO の鉛直分布を図4～8-1, 2, 3に示した。DO の鉛直分布をみると、山中湖（図4）は水温の鉛直分布からも明らかのように、この期間は循環がよく行なわれ、10月1日の調査において10m以深に DO のわずかな減少が観察された程度であった。精進湖（図5）では変水層のはじまる水深は10月1, 13, 20日の3mから27日の10m, 11月12日の12mへと秋季循環によって順次深くなり、山中湖と比べると無酸素層の存在が特徴的で、富栄養湖のパターンを示していた。

西湖（図6）は測定した3回とも、水温躍層の中間水

深（10月1日は水深15m, 13および20日は水深17m）でいったん DO が減少し、また本栖湖（図7）では13日の水深20mに DO の減少がみられ、躍層下では再び増加していた。このような現象は富士五湖ではかつて経験したことがなく、今回始めて観測された現象であった。この出現理由としては、吉村ら<sup>3,4)</sup>が述べているように上層より沈下した有機物が密度差のため躍層付近に停滞し、DO を消費するために起る現象であり、今回の降雨による湖への有機物の流入増加により起ったものと考えられる。この図からもわかるように両湖とも水深が深いため、この時期でも水温成層が顕著な夏型のままで存在していた。

河口湖の DO についてみると、長浜沖（図8-1）では10月1日には水深8mから下層で減少がみられたが13日以降の測定では、ほとんど変化しなかった。湖心（図8-2）、船津沖（図8-3）では10月1日には水深5～6mから、13日では12mから DO は減少し、成層は底部へ低下し、20日の調査では再び水深8～9mに逆もどりしたが、27日には減少は認められず循環によって成層は消失した。この DO の成層の逆もどりは、10月7日より始ま



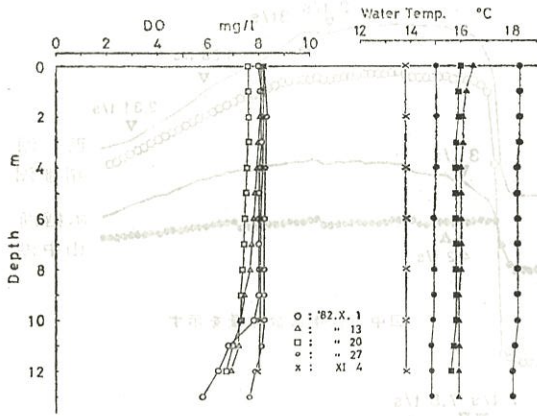


図4 山中湖の水温およびDOの鉛直分布

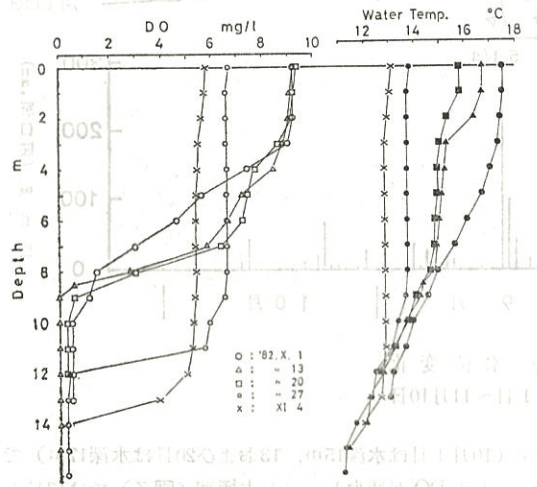


図5 精進湖の水温およびDOの鉛直分布

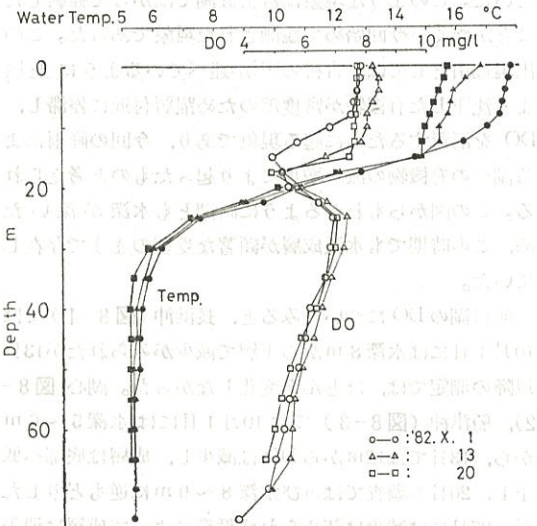


図6 西湖の水温およびDOの鉛直分布

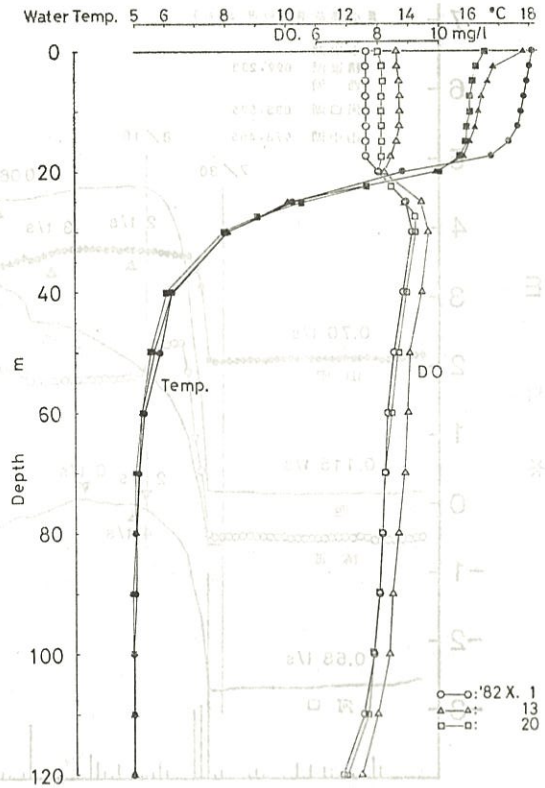


図7 本栖湖の水温およびDOの鉛直分布

った西湖の放流水が密度流<sup>5)</sup>となって、一時湖心、船津沖の成層に変化をもたらしたものと考えられる。河口湖のDOの成層を山中湖、精進湖と比べると、両者の中間型である。

### 3. 異常増水による水質の変化

10月調査におけるpH, SS, CODの測定値(平均値)

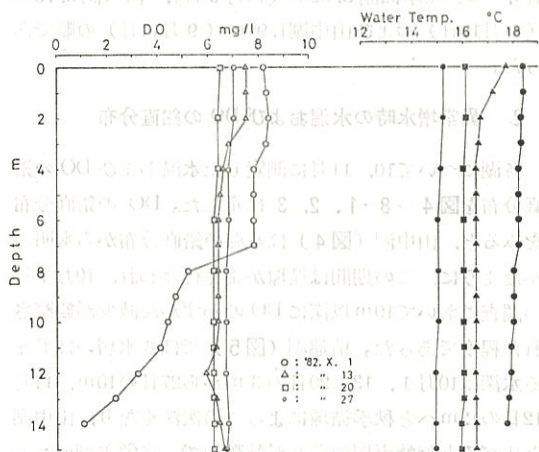


図8-1 河口湖(長浜沖)の水温およびDOの鉛直分布

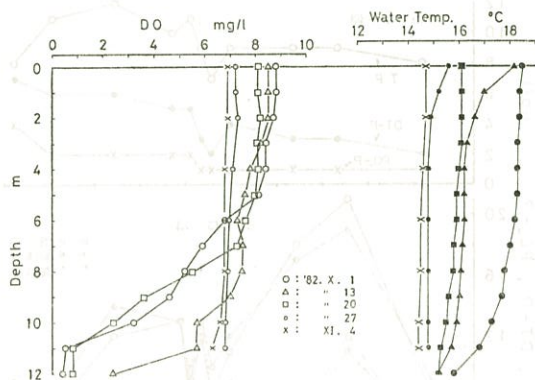


図8-2 河口湖(湖心)の水温およびDOの鉛直分布

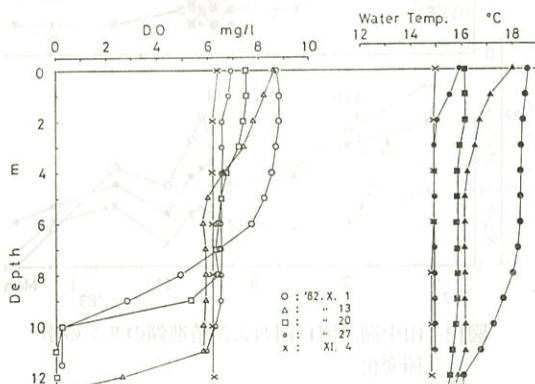


図8-3 河口湖(船津沖)の水温およびDOの鉛直分布

について、pHは各湖共も7.5前後、SSは山中湖2mg/l、河口湖、精進湖は3mg/l、西湖は0.7mg/l、本栖湖0.3mg/lであり、CODは山中湖2.2mg/l、河口湖3mg/l、精進湖3.7mg/l、西湖1.9mg/l、本栖湖0.9mg/lと精進湖のCODを除き、各湖共に環境基準値を満足している。5月からの値をみると、春季から夏季にかけ水温上昇、観光客の増加等汚濁負荷の増大によるプランクトンの増殖、光合成によるpH、SS、CODの上昇が起ると考えられる例年のパターンであり、表層水については、特に増水に

よると思われる変化はなかった。

つぎに窒素、リンの測定結果を山中湖、河口湖および精進湖について図9~12に示した。窒素については各湖とも10月の測定時に高い値を示したが、過去の分析結果<sup>6,7)</sup>からみても秋季には増加の傾向にあり、河口湖を除いて過去の測定値と大差はない。しかし河口湖は平年秋季に増加する傾向はあるが、今秋は過去に測定した $(NO_2+NO_3)-N$ およびT-Nの最大値、それぞれ0.267mg/l、0.44mg/lと比べ $(NO_2+NO_3)-N$ は0.470mg/l、T-Nは0.797mg/lとほぼ1.8倍の高い値であった(図10)。この河口湖のT-Nの大きな増加は、おもに $NO_3-N$ の増加に起因しているが、その原因としては、観光客を含めた生活排水による窒素の発生活濁負荷量が河口湖流域では102t/年(1980)<sup>8)</sup>、山中湖流域では43t/年(1981)<sup>9)</sup>と河口湖が山中湖の2倍以上と推定されること、また両湖流域の耕作地の作付面積を1975年と比べると、山中湖98ha<sup>9)</sup>河口湖497ha<sup>10)</sup>と河口湖は山中湖の5倍近いことなどがあげられる。さらに五湖の7月30日から8月10日までの流入水量に占める湖面降水量の割合と、湖水の増水率(流入水量×100/7月30日の貯水量)とを計算すると表1に示すとおりであり、流入水量に占める湖面降水量の割合は、山中湖、本栖湖、精進湖、河口湖、西湖の順で山中湖が最高であるのに対し、増水率は山中湖18.5%、河口湖33.1%、西湖12.2%、精進湖44.4%、本栖湖3.69%と精進湖について河口湖が大きい。

以上のことから河口湖には流域から土壌に吸着されにくい $NO_3-N$ がかなり流入したものと考えられる。今回測定された最大濃度0.470mg/lと貯水量 $63 \times 10^6 m^3$ から河口湖全体には約30トンの $(NO_2+NO_3)-N$ が存在することになり、過去最高(1980年2月)時の量 $0.27mg/l \times 43 \times 10^6 m^3 = 13$ トンに比べ17トンの増加となる。

T-Pについては今回測定された値は、いずれも過去の測定結果<sup>6,7)</sup>の最高値(山中湖、河口湖々心、西湖、精進湖、本栖湖それぞれ19, 29, 9, 40,  $5 \mu g/l$ )を下まわっていた。一般にリンは土壌に吸着されやすいため、湖への流入は比較的少なかったと考えられるが、さらに検討が必要であろう。

表1 五湖の流入水量の比較

	山中湖	河口湖	西湖	精進湖	本栖湖
7/30 湖水面積 km <sup>2</sup>	6.60	5.73	2.08	0.42	4.68
7/30~8/10降水量 mm	675	556	(556)	(556)	573
7/30~8/10湖面降水量 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.46	3.19	1.16	0.24	2.69
湖面降水量/流入水量 %	38.8	19.2	12.0	21.4	22.8
増水率 %	18.5	33.1	12.2	44.4	3.69

( ): 推定値



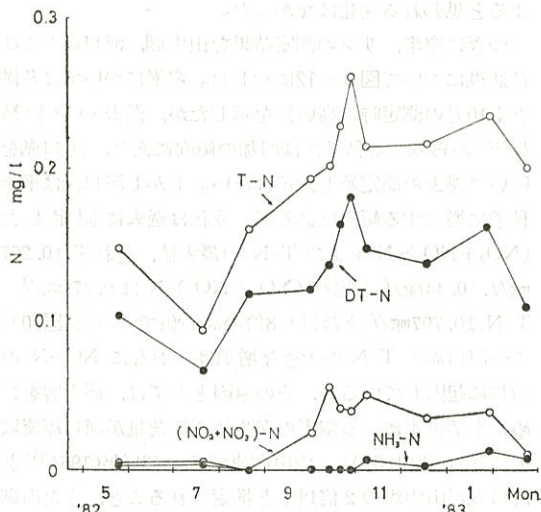


図9 山中湖の窒素の季節変化

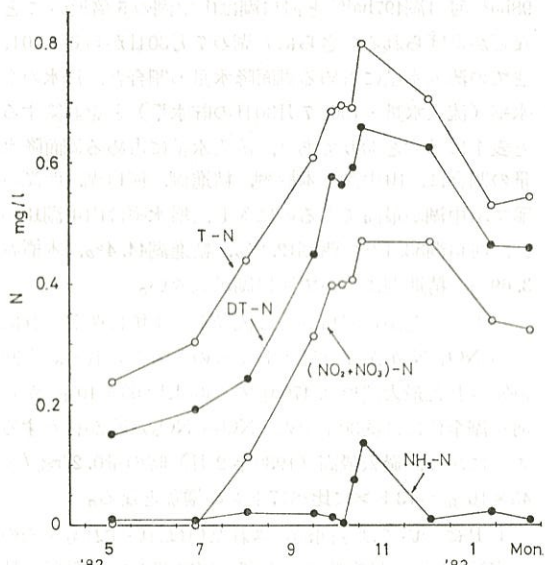


図10 河口湖（湖心）の窒素の季節変化

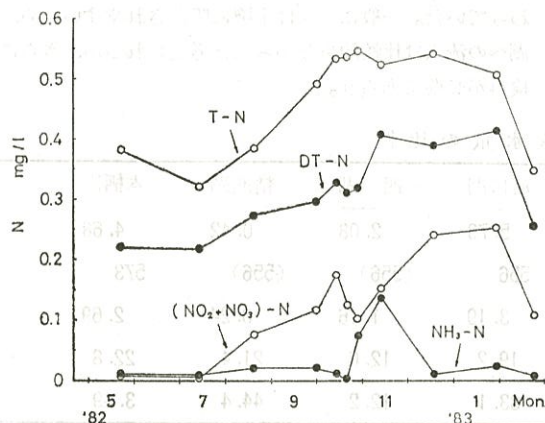


図11 精進湖の窒素の季節変化

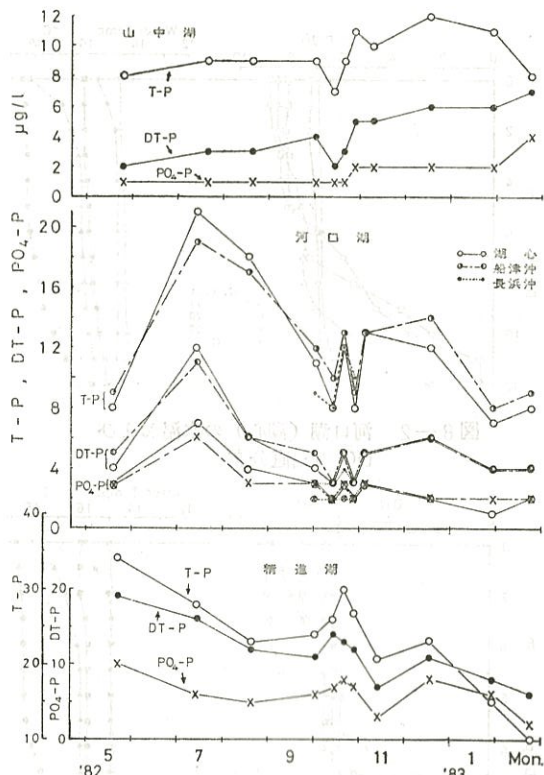


図12 山中湖、河口湖および精進湖のリンの季節変化

また窒素、リンはもともと雨水自体にもかなり含まれるという報告<sup>11)</sup>もあり、どの程度が流入水起源なのかバックグラウンドとして今後雨水中の栄養塩濃度の測定も必要といえる。

#### 4. 異常増水時の水収支

富士五湖は富士山側がいずれも透水性のよい火山砂礫や溶岩類で構成されているため、地下水涵養型の湖である。それゆえ富士五湖の水収支を明確にすることは容易ではない。しかしながら山梨県による降雨流出想定図<sup>12)</sup>によると、流域降水流出量（降水から蒸発量を差し引いた値）のわずか10%が表流水として流出するにすぎず、残りの90%は地下浸透流出していると想定されている。

富士五湖の水質の解析や将来予測を行なう場合、水収支は最も基本的な要件である。そこで8月1日から3日までの500mmを越える豪雨による水収支を計算し、五湖の水理解析の一助とすることを試みた。

図3で示したように7月中は五湖の水位は安定していたが、この豪雨により水位は急上昇し8月10日ではほぼ平衡に達したと仮定して、その増水量が図13、14に示した水位-容積曲線から計算し、この降水がどこへ流出して行ったかを推定した。この計算に用いた大前提は流出率

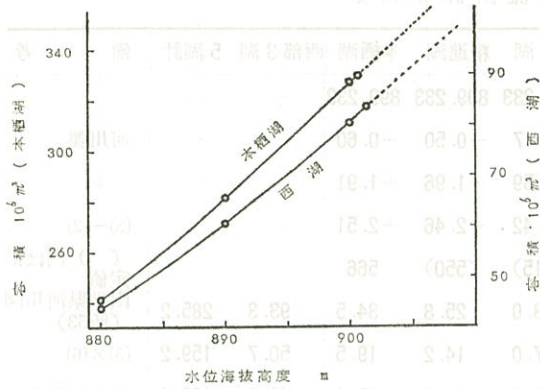


図13 西湖, 本栖湖水位一容積曲線

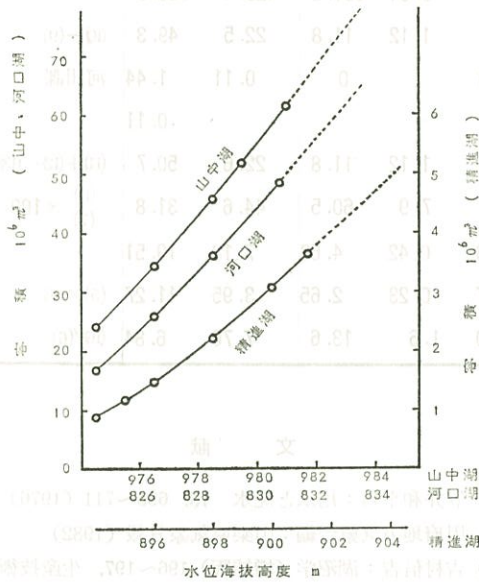


図14 山中, 河口, 精進湖水位一容積曲線

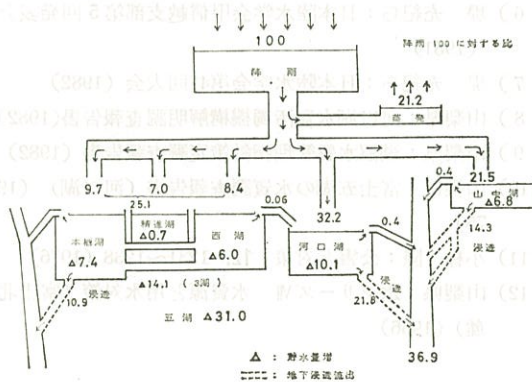


図15 富士五湖流域の降雨流出図 (7/30~8/10) 1982年

であるが、これはさきの想定図に従って湖面を含めて全流域で78.8%とした。その他計算の過程で使用した数値や得られた数値を表2に示した。この計算によって得られた、7月30日から8月3日までの流域降水量(合計1.59億 $m^3$ 表2(7))の行方を比率で示したのが図15である。降水の6.8%が山中湖, 10.1%が河口湖, 6.0%が西湖, 0.7%が精進湖, 7.4%が本栖湖へ, 合計では31.0%が五湖へ貯留されたことになり, 地下浸透流出(一部は地下貯留と考えられる)は47.0%であった。なお西湖, 精進湖, 本栖湖の西部3湖の流域は連結しているものとして図示した。さらに山中湖, 河口湖, 西部3湖について流域別に書き換えて図16, 17に示した。これらの図からもわかるように, 山中湖, 河口湖では降水の25%が湖水として貯留され, 西部3湖については実に45%が湖水として貯留されたことが認められ, 急激な水位の上昇が理解できた。

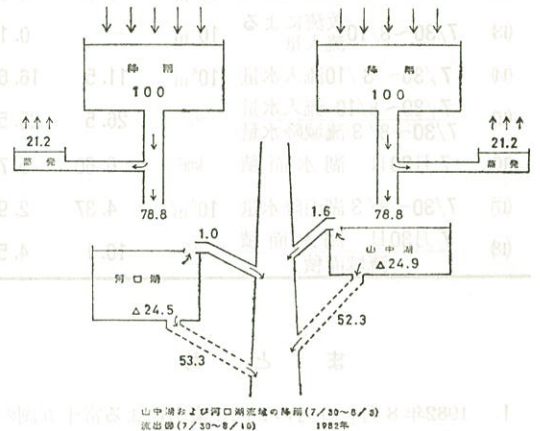


図16 山中湖および河口湖流域の降雨 (7/30~8/3) 流出図(7/30~8/10) 1982年

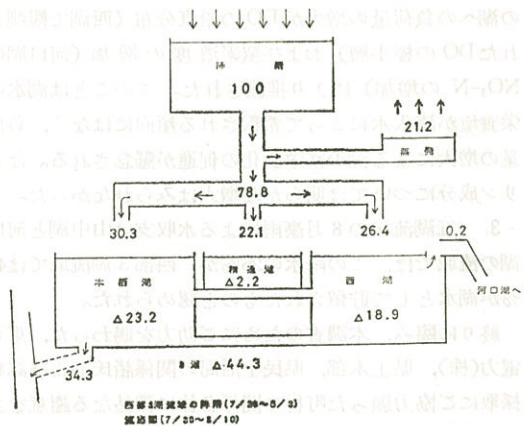


図17 西部3湖流域の降雨 (7/30~8/3) 流出図 (7/30~8/10) 1982年



表2 富士五湖降水流出計算結果

No.	項 目	単位	山中湖	河口湖	西 湖	精進湖	本栖湖	西部3湖	5湖計	備 考
(1)	量水標基準面	m	978.485	833.525	899.233	899.233	899.233	—	—	
(2)	1982年7月30日 水位	m	+2.06	-2.72	+0.17	-0.50	-0.60	—	—	河川課
(3)	1982年8月10日 水位	m	+3.67	-0.09	+4.59	+1.96	+1.91	—	—	〃
(4)	7/30~8/10 水位差	m	+1.61	+2.63	+4.42	+2.46	+2.51	—	—	(3)-(2)
(5)	7/30~8/3 降水量	mm	662	515	(515)	(550)	566	—	—	( )内は推 定値
(6)	流域面積	km <sup>2</sup>	65.5	126.4	33.0	25.8	34.5	93.3	285.2	山梨県河川図 (昭53)
(7)	7/30~8/3 流域降水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	43.4	65.1	17.0	14.2	19.5	50.7	159.2	(5)×(6)
(8)	7/30~8/3 流域流出量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	34.2	51.3	13.4	11.2	15.4	40.0	125.4	(7)×0.788
(9)	7月30日 貯水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	58.3	48.3	79.0	2.52	319.4	400.9	507.5	
(10)	8月10日 貯水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	69.1	64.3	88.6	3.64	331.2	423.4	556.8	
(11)	7/30~8/10 増水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10.8	16.0	9.6	1.12	11.8	22.5	49.3	(10)-(9)
(12)	7/30~8/10 放流量	16 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0.67	0.66	0.11	—	0	0.11	1.44	河川課
(13)	7/30~8/10 放流による 流入量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	—	0.11	—	—	—	—	0.11	
(14)	7/30~8/10 流入水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	11.5	16.6	9.7	1.12	11.8	22.6	50.7	(11)+(12)-(13)
(15)	7/30~8/10 流入水量 7/30~8/3 流域降水量	%	26.5	25.5	57.1	7.9	60.5	44.6	31.8	$\frac{(14)}{(7)} \times 100$
(16)	7月30日 湖水面積	km <sup>2</sup>	6.60	5.73	2.08	0.42	4.68	7.18	19.51	
(17)	7/30~8/3 湖面降水量	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.37	2.95	1.07	0.23	2.65	3.95	11.27	(5)×(16)
(18)	7月30日 湖水面積 流域面積	%	10.1	4.53	6.30	1.6	13.6	7.70	6.84	(16)/(6)

ま と め

文 献

1. 1982年8月と9月の2回の豪雨による富士五湖の水位上昇を作曲した。この降水によつて水位の上昇は最高が西湖、精進湖の6.7m、最低は山中湖の2.0mであった。

2. 今回の豪雨による湖の増量は、有機物また栄養塩の湖への負荷量の増大がDOの鉛直分布(西湖で観測されたDOの極小層)および窒素濃度の増加(河口湖のNO<sub>3</sub>-Nの増加)により推測された。このことは湖水の栄養塩が流入水によって希釈される傾向にはなく、負荷量の増大による湖の富栄養化の促進が懸念される。なおリン成分については明らかな増大はみられなかった。

3. 五湖流域の8月豪雨による水収支は山中湖と河口湖の流域では、この降水の26%が、西部3湖流域では45%が湖水として貯留されたものと認められた。

終りに臨み、本調査のためにご助力を賜わった、東京電力(株)、県土木部、県民生活局の関係諸氏および試料採取にご協力願った町村の関係各位に深甚なる謝意を表わします。

- 1) 笠井和平ら：用水と廃水 18, 695~711 (1976)
- 2) 甲府地方気象台編：山梨県気象月報 (1982)
- 3) 吉村信吉：湖沼学 (増補版) 196~197, 生産技術センター (1977)
- 4) 洞沢 勇：産業公害 18, 761~766 (1982)
- 5) 山本荘毅：陸水 201~203, 共立出版 (1971)
- 6) 堤 充紀ら：日本陸水学会甲信越支部第5回発表会 (1981)
- 7) 堤 充紀ら：日本陸水学会第47回大会 (1982)
- 8) 山梨県：河口湖水質汚濁機構解明調査報告書(1982)
- 9) 山梨県：湖沼水質管理指針策定調査報告書 (1982)
- 10) 山梨県：富士五湖の水質調査報告書(河口湖) (1975)
- 11) 小林 隆：公害と対策 12, 1231~1238 (1976)
- 12) 山梨県：水シリーズⅦ 水資源と用水対策(富士北麓) (1966)