

# 多摩川上流域の水源林の 保水能力の推定に関する研究

200年

市 川 新

前東京大学助教授

# 総 目 次

第Ⅰ部 水源林の整備 .....	1
第Ⅱ部 水源林の流出モデル：タンクモデルによる推定 .....	7
1. はじめに .....	10
2. タンクモデルによる流出解析 .....	11
3. 対象流域と使用したデータ .....	15
4. 雨量・流量の経年変化 .....	22
5. 降雨後の日流量によるタンクモデルの各係数の予測 .....	27
6. 予測した係数を用いたタンクモデルの実行 .....	59
7. 結果と考察 .....	67
第Ⅲ部 水源林の変化が流況特性に与える影響 .....	71
1. 緒 言 .....	74
2. 多摩川上流部の水源林について .....	76
3. 流取得生の変化 .....	93
4. 水源林植生調査 .....	111
5. 考 察 .....	114
6. 結 言 .....	115
参考資料 水源林等の写真 .....	117

## 研究組織

代表研究者	市 川 新	前東京大学助教授
研究協力者	小 川 滋	愛媛大学教授
"	横 山 道 子	東京大学助手

## 第 I 部

### 水 源 林 の 整 備

現在、多摩川上流部の20,851haは東京都水道局の水源林である。明治維新直後から、管理の不徹底から水源地が荒れ、濁水問題が生じたことから東京都水道局は上流部に水源林の建設を始め、その經營に乗り出したものである。

上流部の山林地帯については、江戸時代には将軍の飲料水源であることから、「お止め山」といつて、厳しい入山制限を行い、山林の利用を制限していた。しかし、1878年に郡区町村編成法が公布されたため、多摩郡は東西南北4郡に分割され、東多摩郡のみが東京府に所属し、その他は神奈川県に所属することになった。1881年山林原野官民所有区分法が施行され多摩川の最上流部の萩原山（山梨県塩山市、旧神金村）は所有区分が未定のま官有地に編入され、1889年に御料林（昔の帝室御料林）となった（東京都水道局：1981）。しかし、山林の管理保全までは手が回らず、荒れるに任されてしまった。

山の管理が緩やかになると、近隣の農民が、山間部で「焼き畑農業」を始めた。焼き畑農業というのは、一定の面積の森林を焼き払い、その灰分を肥料源として、穀類（多摩川上流の場合にはアワ・ヒエ・ソバ等）の栽培を行うものである。しかし、3年から5年栽培するとその養分が利用し尽くされ、生産量が減少するので、別の場所の森林を焼き払い、農地化して行く。放棄された山地に自然に、植生が回復するので、安定的な農業、現代的にいえば「持続可能な開発」となるが、自然の回復の速度より焼き畑の面積拡大の速度が大きいと、山は荒れ、土壤浸食（Erosion）が発生する。実際、多摩川の最上流部では、地表面が花崗岩、花崗閃緑岩を含む真砂土地帯で、それより下流の小河内層群は砂岩を中心であり、土砂の流亡がおきやすかったのである。1887年神奈川県は多摩川流域の森林を保安林に指定したが、1891年に保安林を解除してしまった。

このような状況から、多摩川流域を東京府に編入するように政府に働きかけ、1893年多摩3群は東京に編入されたが、丹波山、小菅、神金の3村の府域編入は実現しなかった。そして、1901年東京府は丹波山、小菅村にある約8,200町歩と日原地区の324町歩の御料林を譲り受け、水源林經營に乗り出した。その後は表1-1に示すように順次買収を進め、現在に至っている。この水源林の面積は、小河内ダム上流部の約79.3%に相当する。なお、この他部分林というのである。土地所有者から東京都水道局が土地を借り上げ、地拵え・植林・下刈・間伐等の手入れをし、杉・落葉松は40年、ヒノキは80年育成した後、木材として切り出し、販売する。材木の販売価格から、これらに要する経費を控除した残りが利益となるが、それを地主30%東京都70%に配分する制度を「部分林」という。その「部分林」の対象になっている面積は、1989年の資料によると783haあり、それをいれると $((20,852+783)/262=82.3\%)$ が水源林となっていることになる。（一部の水源林は小河内ダムより下流の流域に属するので、構成比は若干修正しなければならない）。図1-1は水源林の分布図である。

このような水源林は、必ずしも全国にあるわけではない。その大きな理由は、上水道が「表流水」に頼るようになったのは、戦後特に高度成長期以後であり、それまでは地下水が中心だったので、「水源林」を必要としたのはきわめて限られた都市に過ぎなかったからである。東京都の場合、水源

表1-1 水源林の取得面積(東京都水道局:1981)

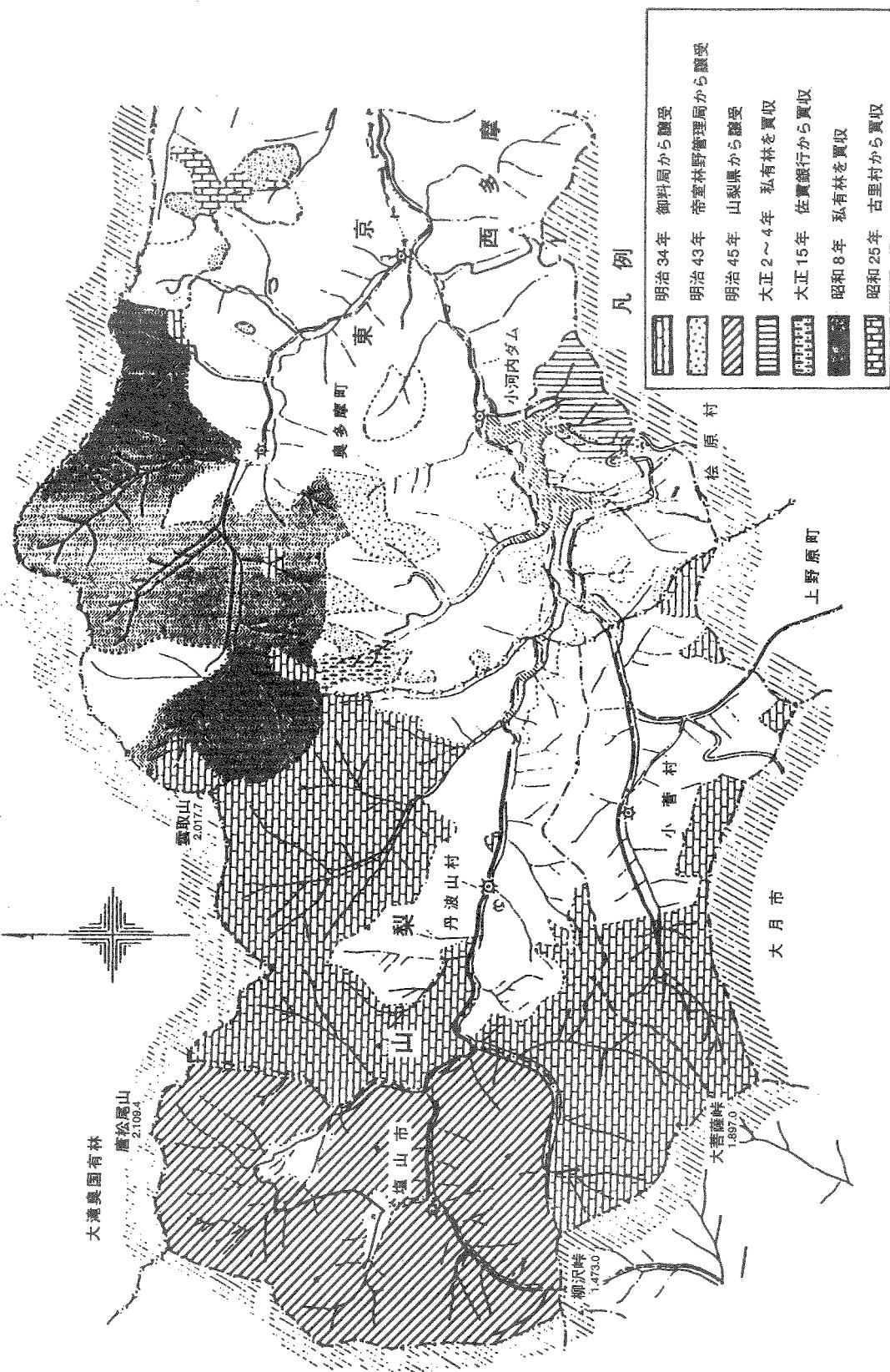
移転年	所 有 者	主な所在地	面積 ha	累計 ha
1901	御料局	奥多摩町長尾	321.38	321.38
1901	御料局	丹波山村泉水谷	6,519.85	6,841.23
1901	御料局	小菅村玉川	1,619.69	8,460.92
1910	帝室林野管理局	奥多摩町檜尾	472.69	8,933.61
1910	帝室林野管理局	奥多摩町水根山	154.54	9,088.15
1910	帝室林野管理局	奥多摩町布滝	72.07	9,160.22
1912	山梨県	塩山市萩原山	5,612.65	14,772.87
1913	島田直三郎	奥多摩町天神山	434.45	15,207.32
1913	田辺ぶん	塩山市一ノ瀬高橋	30.86	15,238.18
1920	田辺利重	塩山市一ノ瀬高橋	4.68	15,242.86
1926	佐貫銀行	奥多摩町茂久保	135.86	15,378.72
1933	小原勝守	奥多摩町己の戸	4,779.76	20,158.48
1949	(売却:農地法による)	小菅村玉川	-6.94	20,151.54
1949	(売却:農地法による)	塩山市萩原山	-19.62	20,131.92
1949	(売却:農地法による)	塩山市一ノ瀬高橋	-1.61	20,130.31
1949	(売却:農地法による)	塩山市一ノ瀬高橋	-0.33	20,129.98
1950	古里村	奥多摩町曲ヶ谷	97.05	20,227.03
1950	古里村	奥多摩町くまたか沢	89.38	20,316.41
1957	木村源兵衛	奥多摩町茂久保	0.41	20,316.82
1957	(小河内ダムによる水没)	水奥多摩町天神山	-15.56	20,301.26
1967	水道局給水部	奥多摩町めたのくぼ	436.44	20,737.70
1967	水道局給水部	小菅村高橋平	7.53	20,745.23
1967	水道局給水部	丹波山村寺沢平	76.38	20,821.61
1971	(売却:奥多摩有料道路)	道奥多摩町檜尾	-3.76	20,817.85
1976	(売却:奥多摩町水道施設)	奥多摩町長尾	-0.24	20,817.61
1976	(売却)	小菅村高橋平	-0.09	20,817.52
1976	田辺源吾	塩山市一ノ瀬高橋	1.06	20,818.58
1977	(土地交換)	丹波山村寺沢平	-0.13	20,818.45
1978	(売却:奥多摩有料道路)	奥多摩町めたのくぼ	-10.46	20,807.99
1978	水道局給水部	奥多摩町原	42.49	20,850.48
1979	佐藤金吾	奥多摩町ひかけ	1.10	20,851.58

林の経営として木材の販売により収入を得るようにしているが、実際には赤字であり、その経営費の一部に水道料金の一部が流用されている。別の見方をすると「都民が水源林涵養のための基金」を出していることになる。

このように水の利用者である下流と水源域の町村との連携を図ることが、これから水資源政策にとって必須のことになりつつあるが、実行にまで結びついしいる例は、きわめて限られている。

愛知県豊田市では「水源整備基金」として水道使用料金に1円/m<sup>3</sup>を加算して市民から徴収している。この基金を基にして豊田市の上流部の矢作川の森林保全を計ろうとしているが、現時点(1996年)では水源林の買収にまでは至っていない。

図1－1 水源林の位置と取得年（東京都水道局：1981）



横浜市では道志川の水源保護のために、水源の上流の村と姉妹関係の協力協定を結び、市側が資金援助をすると共に市民に上流の水源保護の実態を知って貰う運動を起こしている。村ではそれに対応して、横浜市民を受け入れる準備を進めている。

これらの都市も先進的であるが、やっと最近本格化したばかりである。多摩川では、それが明治時代から行われているのである。多摩川の場合、江戸時代から上流域が多摩川の保全地域として、位置づけられていたことが、このような水源林化が成功した理由である。それと同時に明治時代という「国有地」が形成されていく時代であり、国としても国有林の地主としての「主権」をそれほど強くなかった時代であったことが大きな理由と考えられる。現在では、水源保安林制度があり、水源の保護がなされているが、地主となって経営にあたると、そうではないとのでは大きな差がある。国有地からの所管替えが困難であり、これから「水源林」を作っていくことはきわめて困難と思われるが、水源の保護のためにももっと増やしていきたいものである。水源林を作ることももちろん大事であるが、今後は上流域の各村と下流の消費地の市民との協力関係を強くしていくことが求められよう。

## 第Ⅱ部

多摩川最上流部位における雨水の流出解析

# 目 次

1. はじめに .....	10
2. タンクモデルを用いた雨水流出機構の解析 .....	11
2-1 水文循環 .....	11
2-2 タンクモデルによる流出解析 .....	12
2-2-1 タンクモデルの構造 .....	12
2-2-2 タンクモデルを用いる時の計算上の約束 .....	12
2-2-3 欠損雨量を考慮に入れた流出孔の位置 .....	13
2-2-4 1段目のタンクについて .....	13
2-2-5 2段目のタンクについて .....	14
2-2-6 3段目のタンクについて .....	14
3. 対象流域及び使用したデータ .....	15
3-1 対象流域：多摩川最上流 .....	15
3-2 対象地域の雨量・流量データ .....	16
3-2-1 雨量データ .....	16
3-2-2 流量データ .....	18
3-3 雨量・流量データの欠点 .....	20
3-3-1 雨量データの不正確さ .....	20
3-3-2 流量データの不正確さ .....	20
4. 雨量・流量の経年変化 .....	22
4-1 年間降水量と年間流入量の経年変化 .....	22
5. 降雨後の日流量の解析によるタンクモデルの各係数の予測 .....	27
5-1 Q_曲線の形について .....	27
5-2 対象期間のデータ選定 .....	28
5-3 前期降雨の状況 .....	38
5-4 各タンクの構造の推定 .....	38
5-4-1 第3タンクについて .....	38
5-4-2 第2タンクについて .....	48
5-4-3 第1タンクについて .....	48
6. 予測した係数を用いたタンクモデルの実行 .....	59
6-1 実行プログラムの説明 .....	59
7. 結果・考察 .....	67
8. 参考文献リスト .....	69

## 1. はじめに

「多摩川最上流における雨水の流出解析」というタイトルを簡単に述べると、「どれだけ雨が降って、どれだけ川の流量が変化するのか?」ということである。

多摩川沿いに自転車道があり、晴天の時にはサイクリングができるし、川におりれば、魚が見えたり、ボートに乗って遊ぶことが出来る。しかし、若干汚くて、友達の多くは川につかることをいやがった。実際川の中を歩くと、石の上に生物相が繁茂していて、歩くとぬるぬるして、滑りやすいからである。

そんな川も台風が来ると、遊び場のグラウンドに水がたまり、川幅は倍以上に広がり、ものすごい勢いで流れていって、洪水敷き上のいろんなものを遠くまで流してしまう。そして、台風の水が引いた後は、一面にヘドロがたまり、それが乾燥すると、こびりつき、悪臭を発し、とても臭かった。

こんないろんな表情をする河川の動きが、上流の水源林により、制御されていると聞き、その効果を知るために、本研究を行った。しかし、自然を対象とするには、情報が少なすぎ、手探りの段階を超えることが出来なかった。本研究が、これから研究をする人にとって、少しでも役立てば幸いである。

## 2. タンクモデルを用いた雨水流出機構の解析

### 2-1 水文循環

降雨が流量に与える影響を調べるために、まずは水がどのように循環しているのかを見ていく事にする。

海面や地表面などから水分が蒸発し、水蒸気となって大気中を漂う。その後雪となって、さらに凝結して降水となる。（図2-1）

雨や雪など色々な形をとって地表面に落下した降水は、その一部蒸発や植物の蒸散などに奪われ、そのたのの大部分が一旦地中に貯留され、その後、表面流水やちかすいとなって、高度の低い地域に流出して、その一部を蒸発ち奪われながら、最後には海へと流れゆく。

大まかに表すと、水は下図のような動きをたどる。

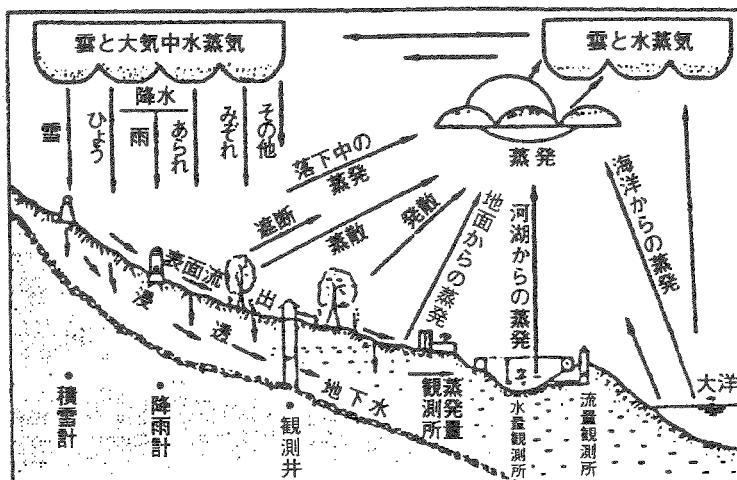
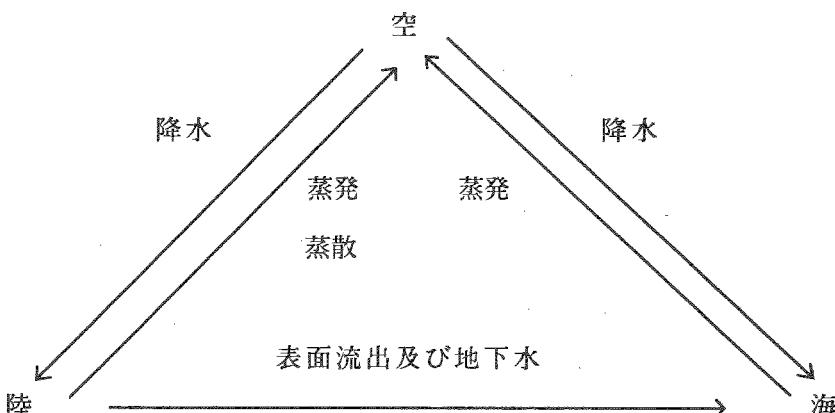


図2-1 水之循環図



この一連の動きの中で、陸→海へとたどる表面流出及び地下水、この動向を多摩川最上流の小河内ダム流入域においてタンクモデルによって計算してみよう、というのがこの論文の目的となる。

## 2-2 タンクモデルによる流出解析

### 2-2-1 タンクモデルの構造



流出解析にあたって、私は左図のような3段のタンクモデルを考える事にした。

雨は最上段のタンクに注入され、蒸発散も最上段のタンクから差し引かれる。各容器内の水は、一部は側面の流出孔から川へ流出し、一部分は底面の浸透孔を通じて下段のタンクへと流れて行く。3段のタンクの側面からの流出の和が流量の推定値となる。

図2-2

### タンクモデル

### 2-2-2 タンクモデルを用いる時の計算上の約束

左図のように流出孔が底面の高さについているタンクを考える。

ここで、タンクの断面積は1とする。従って容器内の水深と貯留高とは一致する。側面からは1日に  $aV$  が流出、底面からは1日に  $bV$  が浸透するので、支出は  $(a+b)V$  となるので、残高は  $\{1 - (a+b)\}V$  となる。よって、

$$\text{減衰率 } r = 1 - (a+b)$$

となる。

雨量  $x(t)$ 、貯留高  $V(t)$ 、流出高  $y(t)$ 、浸透高  $z(t)$  とすると、

$$y(t) = a * V(t), z(t) = b * V(t) \quad \text{である。これより、}$$

$$\text{残高 } V(t+1) = V(t) - y(t) - z(t) + x(t+1)$$

$$= \{1 - (a+b)\} * V(t) + x(t+1) \quad \text{となる。}$$

図2-3

容器に始め  $V_0$  の貯留があり、その後降雨がない場合、 $x(t)=0$  となるので、

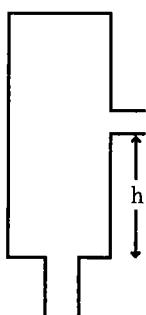
$$-dV/dt = y + z = (a+b)*V$$

これを初期条件：  $t=0$  の時  $V=V_0$  を用いると、

$$V = V_0 * e^{-(a+b)t}$$

これが貯留高の時間変化となる。このように貯留は指数関数的に減少する。

## 2-2-3 欠損雨量を考慮に入れた流出孔の位置



タンクの側面にある流出孔を底から  $h$  の高さにつけたモデルを考える。容器が空になっている所に  $h$  以下の降雨があると容器内の水面は側面の流出孔に達しないから、流出は起こらないで底面の浸透孔から下のタンクへ浸透する。それが欠損雨量で、 $h$  は欠損雨量の限界を表す。それが日本においては  $h = 15\text{mm}$  程度である。

図2-4

## 2-2-4 1段目のタンクについて

左図のように1段目のタンクの係数を考える。側面には大雨の時を考えて  $h_{12} = 25\text{mm}$  の所にもう1つ流出孔をつけておく。

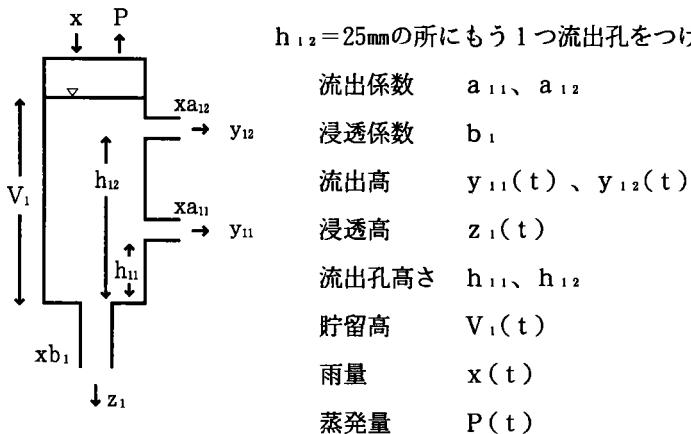


図2-5

以上のように係数をつけて、このモデルについて時系列の計算を次項のように行なう。

$$V_1(t+1) = V_1(t) - y_{11}(t) - y_{12}(t) - z_1(t) + x(t) - P(t)$$

$$\text{ただし、 } y_{11}(t) = a_{11} * [V_1(t) - h_{11}]$$

$$y_{12}(t) = a_{12} * [V_1(t) - h_{12}]$$

$$z_1(t) = b_1 * V_1(t)$$

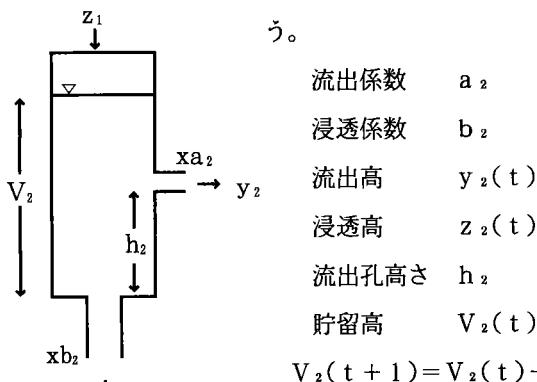
$V_1(t) - h_{12} < 0$  の時は貯留高が上の流出孔まで達してないので、この時は、 $y_{12} = 0$  とする。

同様に  $V_1(t) - h_{11} < 0$  の時は  $y_{11} = 0$  とする。

また、 $V_1(t) < 0$  となる時は第1タンクが空になっているので、 $V_1(t) = 0$  となり、 $z_1 = 0$  となる。

## 2-2-5 2段目のタンクについて

第1タンクの時と同様に、下記のように係数をつけて時系列の計算を行な



$$V_2(t+1) = V_2(t) - y_2(t) - z_2(t) + z_1(t)$$

$$y_2(t) = a_2 * \{V_2(t) - h_2\}$$

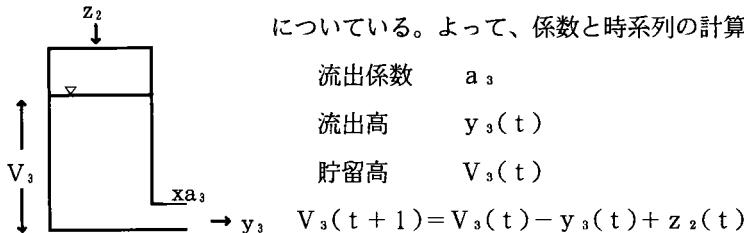
$$z_2(t) = b_2 * V_2(t)$$

図2-6

前記同様、 $y_2, z_2 < 0$  の時は  $y_2, z_2 = 0$  とする。

## 2-2-6 3段目のタンクについて

3段目は最下段にあたるので、底面に浸透孔はなく、側面の流出孔も底面についている。よって、係数と時系列の計算は、



$$V_3(t+1) = V_3(t) - y_3(t) + z_2(t)$$

$$y_3(t) = a_3 * V_3(t)$$

図2-7

同様に  $y_3(t) < 0$  の時、 $y_3(t) = 0$

なお、蒸発散の分は毎日第1タンクから引かれてゆくのだが、第1タンクの貯留高が少なくなつて負の値になってしまった場合、負になった分だけ第2タンクから引くことにする。もし、第2タンクの貯留高も負になってしまった場合はその下の第3タンクから引くことにする。

以上のように各係数を設定して計算を実行する。その際に流出孔からの出力の総和が流量となる。つまり、

$$Q(t) = y_{11} + y_{12} + y_2 + y_3$$

となる。流出係数などを統計的に求める事によって $Q(t)$ を計算し、計算値と実測値とを比較したいと思う。

### 3. 対象流域及び使用したデータ

#### 3-1 対象流域：多摩川最上流

流出解析を行なう際に、多摩川最上流を対象地域に選定したのだが、まずはこの地域がどのような所であるかを見てみたい。下に流域の地図を載せる。

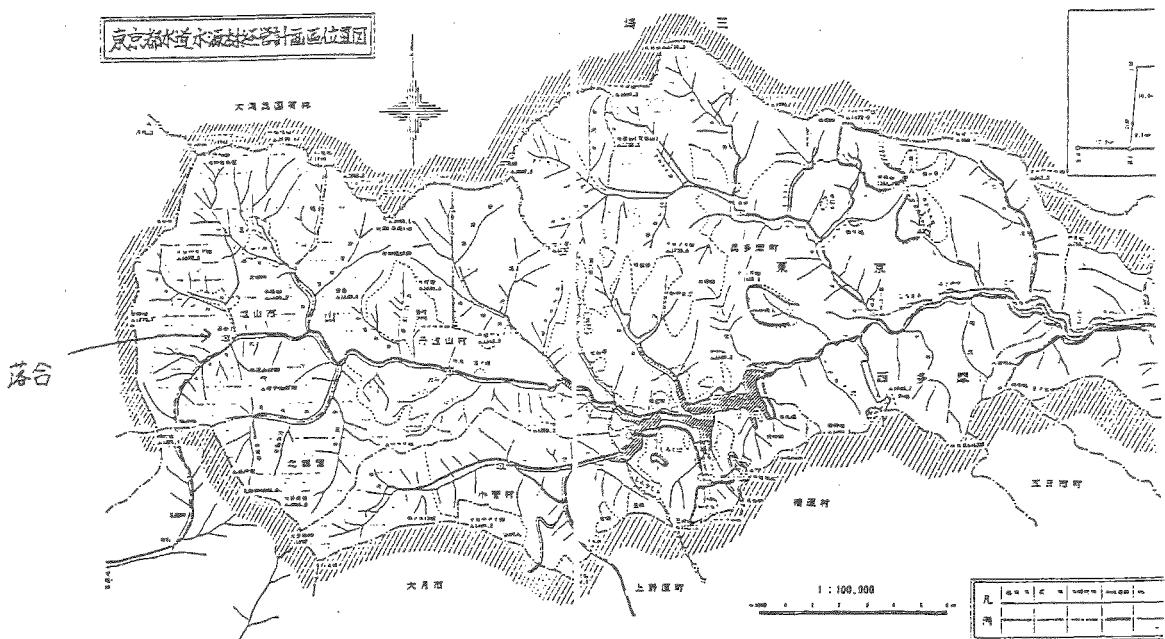


図3-1 多摩川最上流地図

何故多摩川最上流になったかというと、この流域は日雨量・日流量のデータが1919年から1991年まで長期間・継続的にあるので、経年変化が比較できるであろうと思われるからである。

前項の地図の中央下部にあるのが奥多摩湖である。その流域には東京都奥多摩町、山梨県塩山市、丹波山村などがあり、総流域面積は $262.88\text{km}^2$ である。奥多摩湖の満水面積は $4.25\text{km}^2$ 、総貯水量が $189,100,000\text{m}^3$ である。

地図中の土地利用は殆どが山林で、東京都水道局が管理する水源林が $216.26\text{km}^2$ 、民有林を含めると山林が $271.89\text{km}^2$ となっている。

この地域は明治、大正の時代に森林の開墾、焼き入れ、台風、盗伐などが行なわれて一時は無立木地帯もできた程だった。しかし、明治時代後期に東京市会で水源涵養の必要性が訴えられ、保安林になった。その後、何度かの森林經營計画によって少しづつ森林を買収、植林して行った。

昭和32年の小河内ダム完成を機にダムの底に水没して森林が減った分、買収地を増やして現在に至っている。

### 3-2 対象地域の雨量・流量データ

#### 3-2-1 雨量データ

流出解析に用いたデータは日雨量データと日流量データであるが、まずは雨量データについて書きたいと思う。

雨量データは前記地図中左の方の矢印で指してある落合地点の日降水量（mm/d）を扱っている。期間は1919年から1991年。1925年からはコンピューターでプリントアウトされたデータを頂いている。それ以前に関しては手書きのデータのコピーを頂いている。

次項に1921年（大正10年）と1925年（大正14年）のデータを図示しておく。

表3-2 大正10年 雨量データ

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	摘要
1	2.1		9.1			24.7	7.0			5.8	5.3		
2	6.6		4.5	2.1		0.2	12.7	16.2	2.8	24.4			
3	4.2	31.9	0.0	63.1		0.0		27.2	0.1	7.0	0.7		
4			0.0		0.0	0.0			52.9	22.7		0.0	
5			0.0	0.0	40.1	0.7			7.1	7.7		0.0	
6			0.4		50.1	0.1	0.1	0.0	28.0	2.0			
7			0.0	12.8	30.7		0.2		69.1	2.0			
8	0.5	0.2		4.4			2.2		4.7	38.0	0.6	0.0	
9					0.8		1.6		0.2	43.6	0.1	12.0	
10	3.6				15.7	2.7	0.3	0.0		1.5		15.8	
11	5.7	12.8	11.3	0.0	0.8	3.5			4.9	0.0		0.0	
12		1.5	18.9	5.2	0.0	2.0	0.0		9.8	2.9			
13	10.8				0.2	6.1	0.0		20.7	2.8		9.1	
14	7.5		0.5		0.4	13.4	3.0		15.9			0.2	
15			0.0		0.0			2.8	14.7				
16		6.6	0.1					30.7				0.1	
17		0.0		0.0		10.7		0.4	0.3			14.5	
18		0.0	0.0	7.3	13.6	5.0		2.7	76.8		0.9		
19	35.1					0.3		0.4	15.9	0.0			
20	0.2		7.9		0.0		1.5	8.9		29.7			
21		2.6		13.7	2.7	17.3	0.0			10.8	5.6		
22		0.0		9.7	10.2		44.3	9.6	15.7	4.1			
23					23.6		68.4	0.1	29.0	0.8			
24		4.7	4.5	7.0	4.7	46.5	11.9	7.5	3.5				
25			25.2	0.1		1.1	8.1	6.9	54.8	5.8			
26	0.0	1.0			0.3	10.5	10.7	20.7	0.2	3.9			
27		0.0	13.7		10.5	1.2	9.1	37.6	11.0				
28	15.0		0.5	0.3		18.1	5.5	5.6	47.8	11.4		0.6	
29	0.0		3.3			60.3	9.4	10.0	10.5	1.6			
30					0.0	12.7	49.8	0.4	3.7	15.1			
31						34.0	0.1					2.6	
計	91.3	61.3	99.9	125.7	251.1	274.2	196.5	191.0	511.5	228.5	13.2	54.9	
累計	91.3	152.6	252.5	378.2	629.3	903.5	1,100.0	1,291.0	1,802.5	2,031.0	2,044.2	2,099.1	
降水日数	13	12	19	15	21	22	21	19	25	22	7	13	

表3-3 大正14年 雨量データ

(落合・降水量) 単位: mm

日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	18.9	16.3	0.0	1.0	2.5	0.0	
2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	9.5	0.0	28.0	0.7	0.0	0.0	0.0	
3	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	8.9	9.6	14.0	20.0	0.0	0.0	0.0	
4	0.0	0.0	0.0	38.5	0.0	8.1	2.3	33.5	3.4	0.0	0.0	3.9	
5	0.0	5.8	0.0	0.1	0.0	6.7	0.4	22.7	0.1	0.6	0.0	0.8	
6	0.0	15.7	6.3	0.0	0.0	0.0	2.5	9.7	0.0	8.7	0.0	0.0	
7	0.0	1.0	3.3	4.9	2.3	0.0	2.1	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	
8	0.0	0.0	0.0	1.1	27.1	0.0	0.2	0.0	4.2	28.5	0.0	0.0	
9	18.4	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.3	0.8	18.4	14.9	0.0	0.0	
10	0.4	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	24.3	3.2	40.5	5.2	1.3	0.0	
11	0.0	0.0	12.6	1.5	0.0	0.5	3.7	0.0	20.3	0.0	11.5	0.0	
12	0.0	0.1	2.2	12.1	0.0	5.6	14.5	2.4	0.0	0.0	30.5	0.0	
13	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	11.8	0.7	4.0	0.0	0.0	7.5	0.0	
14	0.0	0.0	0.1	0.0	8.9	24.3	0.0	78.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	0.0	0.0	5.3	7.2	16.8	1.8	0.0	44.6	0.0	0.0	0.2	4.3	
16	0.0	4.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	230.9	0.0	3.5	0.0	0.0	
17	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.1	4.4	33.2	21.4	1.2	0.2	
18	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	10.0	0.1	1.4	25.6	0.6	0.4	0.1	
19	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	38.1	
21	0.0	7.3	2.1	7.5	23.1	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	
22	0.0	2.4	5.0	0.5	0.0	5.6	22.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.7	
23	0.0	0.0	2.0	16.6	0.0	3.7	69.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	0.0	0.0	3.8	0.0	7.8	0.1	0.5	0.0	31.0	0.0	0.0	0.0	
25	0.0	0.0	1.3	1.7	0.0	5.5	1.5	43.9	14.8	0.0	0.0	0.0	
26	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	1.2	0.0	90.3	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	0.0	2.6	0.0	0.0	2.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5	
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	29.7	0.0	
29	7.3		17.2	16.3	2.5	0.0	0.0	0.0	57.4	1.2	0.0	0.0	
30	0.8		0.1	0.0	2.7	0.0	8.7	0.0	48.3	0.5	0.0	0.0	
31	0.0		0.0		1.8		27.7	0.0		0.0		0.0	
合計	26.9	56.2	62.7	117.9	121.4	143.0	245.7	630.0	320.3	90.0	86.4	80.2	1,980.7
平均	0.9	2.0	2.0	3.9	3.9	4.8	7.9	20.3	10.7	2.9	2.9	2.6	5.4
最大	18.4	15.7	17.2	38.5	27.1	24.3	69.5	230.9	57.4	26.5	30.5	38.1	230.9
最小	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

### 3-2-2 流量データ

次に流量データであるが、小河内ダム完成前は川の断面積、深さ、流速から流入量を測定していく、昭和32年のダム完成後はダムの水深と放流量から流入量を測定するようになった。期間は雨量データと同じく1919年から1991年。

ただし、1922、1923年のデータは欠測となっている。

下に1921年（大正10年）と1925年（大正14年）のデータを図示しておく。

表3-4 大正10年 流量データ

単位 : m<sup>3</sup>/s

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6.94	5.74	5.46	7.25	7.28	31.40	95.50	20.00	12.00	45.60	13.50	6.63
2	6.94	5.74	7.57	7.57	7.28	39.60	47.80	20.00	10.90	37.50	12.70	6.36
3	7.57	5.74	6.63	7.90	7.28	28.30	37.00	16.60	10.50	44.10	11.90	6.09
4	7.57	6.03	6.03	61.50	6.99	22.60	25.80	35.40	9.80	44.10	11.90	6.09
5	7.57	5.74	5.46	28.30	6.99	20.00	21.00	23.10	27.70	45.16	11.90	6.09
6	7.25	5.46	5.18	21.00	15.30	18.00	18.50	19.50	22.60	41.10	11.50	6.09
7	7.25	5.18	5.18	17.10	39.60	15.30	16.60	17.10	23.10	34.10	11.10	5.84
8	6.63	5.18	5.18	17.50	76.90	14.00	13.90	15.70	96.00	32.10	10.80	5.84
9	6.63	5.46	5.18	14.80	46.40	10.50	13.90	14.40	58.90	56.30	10.40	5.59
10	6.63	5.46	4.90	13.20	21.50	12.00	13.10	13.20	35.40	154.00	10.10	6.09
11	7.57	5.18	4.90	10.50	21.50	12.00	12.70	12.00	27.70	87.60	9.71	6.36
12	6.33	5.18	5.74	12.00	18.50	14.40	11.10	12.00	24.20	52.40	9.37	6.09
13	6.03	5.18	11.50	11.60	15.70	13.20	10.70	10.90	23.10	40.70	9.37	6.09
14	6.03	5.18	9.26	11.60	15.30	12.00	10.30	10.50	24.80	36.50	8.72	6.63
15	6.03	5.18	7.57	11.20	14.40	10.90	9.62	9.80	27.70	32.50	8.72	5.84
16	5.74	5.18	6.63	10.50	13.20	9.80	9.26	10.90	31.40	26.90	8.40	5.84
17	5.74	5.74	6.33	10.50	10.50	9.13	8.91	18.00	26.50	25.70	8.40	6.09
18	5.74	5.18	6.33	9.46	12.40	11.20	8.23	12.00	24.20	23.50	8.40	6.09
19	5.48	4.90	6.33	9.80	11.60	11.20	7.90	10.90	74.90	22.40	8.09	6.09
20	18.00	4.90	6.33	9.13	11.60	10.90	7.57	10.50	56.30	20.30	7.78	5.59
21	8.23	4.90	8.91	8.49	10.90	10.50	7.25	10.50	44.10	21.90	7.78	5.34
22	7.25	4.64	6.94	9.46	10.90	9.13	6.94	10.10	31.40	20.30	7.78	5.34
23	6.94	4.38	6.63	10.50	10.50	9.13	33.10	9.80	27.70	18.80	7.49	5.34
24	6.63	4.38	6.33	9.46	21.50	9.13	61.60	9.80	41.80	17.90	7.49	5.10
25	6.63	4.38	6.03	9.13	19.50	36.70	39.60	9.13	33.40	16.50	7.49	5.10
26	6.94	4.64	7.57	9.80	18.00	15.70	39.60	9.13	138.00	17.90	6.91	4.87
27	6.33	5.46	6.94	8.80	15.70	14.40	33.40	12.80	58.90	16.00	6.91	4.87
28	6.33	5.46	7.25	8.49	13.20	14.80	28.30	15.30	39.60	15.10	6.91	4.87
29	6.33	—	6.94	8.17	12.00	21.50	24.20	12.80	58.90	15.10	9.91	4.87
30	6.03	—	6.96	7.87	11.60	107.00	24.20	12.80	51.20	14.70	6.63	4.87
31	6.03	—	6.94	—	10.90	—	22.60	12.80	—	13.90	—	4.87
合計	217.32	145.77	205.11	392.58	534.92	574.42	720.18	431.46	1,172.70	1,091.10	275.06	176.86
平均	7.01	5.21	6.62	13.09	17.26	19.15	23.23	14.11	39.09	35.20	9.17	5.71
一箇年総括	最大	154.00	最小	4.38	平均	16.28	平水	10.10	低水	6.63	渴水	4.30

表3-5 大正14年 流入量データ

(小河内・流入量) 単位: m<sup>3</sup>/s

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
1	4.38	3.18	2.96	3.41	6.55	6.26	6.83	12.82	25.54	48.29	8.91	6.98	
2	4.14	2.96	2.96	3.18	6.26	6.26	7.13	12.82	21.09	39.91	8.57	6.68	
3	4.14	2.96	2.96	3.18	6.55	7.13	7.13	12.10	21.09	31.64	8.57	6.68	
4	3.89	2.96	2.96	3.18	6.55	6.83	7.13	12.10	20.06	23.78	8.24	6.39	
5	3.89	2.96	2.96	2.96	6.26	7.73	7.13	12.82	18.51	21.61	8.24	6.39	
6	3.89	3.65	2.96	7.13	5.98	9.32	7.13	14.37	17.58	19.54	8.24	6.39	
7	3.89	3.89	2.96	4.90	5.70	8.68	7.13	13.96	17.06	19.54	8.57	6.39	
8	3.89	3.89	2.96	4.64	5.70	8.04	6.83	13.65	16.13	16.65	8.24	6.39	
9	3.89	3.89	2.96	5.43	5.70	7.42	6.83	12.82	15.20	18.10	7.92	6.39	
10	4.14	3.89	2.74	4.90	5.70	7.13	15.61	12.51	22.75	22.75	7.60	6.39	
11	3.89	3.65	2.74	4.64	5.70	6.55	24.61	11.79	51.49	21.09	7.29	6.39	
12	3.89	3.41	2.74	4.90	5.70	6.26	19.85	11.79	27.30	18.10	7.60	6.39	
13	6.99	3.18	2.96	5.43	5.70	9.00	17.68	12.51	24.40	15.72	12.30	6.39	
14	3.89	2.96	3.18	4.90	5.70	8.35	15.61	13.96	21.61	14.79	10.75	6.39	
15	3.89	2.96	3.18	4.64	5.70	8.68	13.65	50.25	18.51	13.96	8.57	6.39	
16	3.89	2.96	3.18	4.90	9.99	8.35	11.79	73.00	16.65	13.96	8.24	6.39	
17	3.89	3.18	2.96	4.64	9.32	7.73	10.33	463.23	15.20	13.96	7.92	6.10	
18	3.89	3.18	2.96	4.38	8.68	6.83	9.66	78.58	43.63	13.55	7.92	6.10	
19	3.65	3.18	2.96	4.38	8.04	7.13	9.32	51.49	29.16	13.55	7.60	6.10	
20	3.65	2.96	2.74	4.38	7.73	7.73	8.35	36.29	22.75	12.61	7.60	6.10	
21	3.65	2.96	2.74	4.38	7.13	8.35	7.13	29.78	20.58	12.30	7.29	6.39	
22	3.65	3.18	2.74	4.38	8.35	9.99	6.83	24.40	18.51	11.89	7.29	6.39	
23	3.41	3.18	2.74	4.14	8.04	13.65	11.79	21.61	17.06	11.89	7.29	6.39	
24	3.41	2.96	2.74	4.14	7.42	12.82	47.67	19.54	17.06	11.06	6.98	5.82	
25	3.41	2.96	2.74	4.14	6.83	9.99	32.57	22.75	18.51	10.75	6.68	5.82	
26	3.41	2.96	2.96	7.42	6.55	9.32	24.61	26.68	17.58	10.34	6.39	5.55	
27	3.18	2.96	3.18	7.13	6.83	9.00	20.78	152.00	15.72	10.34	6.10	5.55	
28	3.18	2.96	3.18	6.83	6.26	8.35	16.85	64.11	14.79	9.97	6.10	11.06	
29	3.18		3.18	6.55	6.26	7.73	13.65	43.63	18.51	9.26	7.60	8.24	
30	3.18			4.90	6.55	6.55	7.13	13.65	31.64	51.49	8.91	7.29	7.29
31	3.18				3.65		6.26	13.24	27.92		8.91		6.39
合計	118.50	89.97	93.73	145.76	209.69	247.74	428.50	1,396.92	675.52	528.72	237.90	202.70	4,375.65
平均	3.82	3.21	3.02	4.86	6.76	8.26	13.82	45.06	22.52	17.06	7.93	6.54	11.99
最大	6.99	3.89	4.90	7.42	9.99	13.65	47.67	463.23	51.49	48.29	12.30	11.06	463.23
最小	3.18	2.96	2.74	2.96	5.70	6.26	6.83	11.79	14.79	8.91	6.10	5.55	2.74

### 3-3 雨量・流量データの欠点

#### 3-3-1 雨量データの不正確さ

この研究において、落合地点の雨量観測所の雨量データを流域の雨量として扱っているが、単に落合地点の雨量に流域面積をかけて、それを流域全体の雨量として良いとは限らない。

さらに、1919年から1924年のデータについてはデータが手書きのため、数字が読めなかつたり、記入ミスも有り得る。例えば、1919年1月18日に $15.6\text{mm/d}$ の降雨があるが、1月17、18、19日の3日間の流入量がいずれも $6.03\text{m}^3/\text{s}$ で変化がない。もちろん、この3日間の流入量の測定ミスもしくは測定し忘れで適当に数値を記入してしまった可能性もあるので、そのような期間はあまりデータに信憑性がないと言える。

次に、1946年は年間総降水量が $750.3\text{mm}$ で年間総流入量が $7.73\text{m}^3/\text{s}$ 、これを流出高に換算すると $927\text{mm}$ となり、流入量が降雨量をオーバーしてしまい、「降雨の一部が流出する」という理論に反してしまう。

1932年6月の場合、月間降水量は $199.5\text{mm}$ なので、別におかしい事はないのだが、その全てが6月30日に降っていて、6月1日から6月29日までは全て日降雨量が0となっている。この月の日流入量が最小 $6.78\text{mm/d}$ (6月3日)から最大 $28.23\text{mm/s}$ (6月18日)までの値をとって変化している事を見ると、どうみても6月1日から6月29日まで降雨がなかったとは思えない。

まだまだ探せば色々とみつかるが、何日間かの雨量・流量の動向を見て行く際にはなるべく信憑性の高そうな期間のデータを用いる事が必要だと思う。

#### 3-3-2 流量データの不正確さ

流出解析とは水の収支計算であるが、まずはその収入にあたる雨量の測定制度がよくないという難点の他に、支出の主要部分を占める流量の測定精度も実はあまり良くないのである。

流量は直接測られているのではなく、川の水位を測定して、その水位(H)から流量(Q)へは水位流量曲線(H-Q曲線)を用いて変換される。このH-Q曲線は年に何回か行なわれる流量観測をもとに作られる。この流量観測があまり精度の良いものではなく、10%の誤差の範囲内にあれば上等だというものであるらしい。さらに、H-Q曲線にも問題があり、流量観測で高水や低水を逃すと、その年はH-Q曲線を外挿して渇水や洪水の値が算出されることになり、流量に2倍、3倍の誤差が当たり前のように出るのである。

小河内においては、昭和32年の小河内ダム完成を機にH-Q曲線による流量算出からダムの水位差による算出方法に変わった。これは、ダムの水深を測定してダムの貯留高を求めて、ダムから放出される流出量を測定してその差を求めて蒸発散を引いた残りを流入量とする計算法をとっている。これは、以前と比べて流出量の測定精度が上がっているので、H-Q曲線による計算よりは誤差が少ないだろうが、ダムの貯水量は測定値だし、蒸発散量も実際にはよくわからないものであるので、

そこで誤差がでる。

さらに、ダムの水位の測定に1cmの誤差が出たとする。小河内湖が満水だったとして、満水面積が $4.25\text{km}^2$ より、 $4.25 * 1 / 86400 = 0.492(\text{m}^3/\text{s})$  の誤差が1秒あたり出る事になる。流量が $3\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の時などざらにあるので、 $0.5\text{ m}^3/\text{s}$ の誤差というのはかなり大きいものであろう。

他に、日流量データを見て行くと、降水がないのに流量が増加している日が存在する事に気が付いた。これは落合地点で降水がなかったが他の場所で降水があったのか、それとも測定誤差なのか判断が下せない事もあるので、そのような期間は避けたいと思う。

## 4. 雨量・流量の経年変化

### 4-1 年間降水量と年間流入量の経年変化

日データの解析を行なう前に、まずは年間データを見て大まかな傾向を見て行こうと思う。

まず下に年間降水量（mm）と年間流入量（mm）の経年変化のグラフを出した。

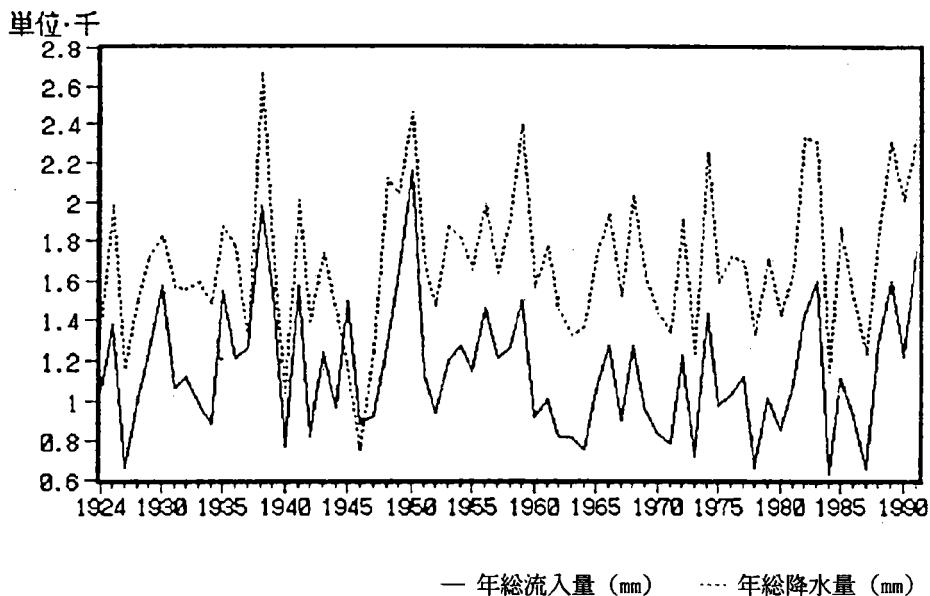


図4-1 降水量と流入量の経年変化

流入量のデータは $Q$  ( $m^3/s$ ) なので、流出高 $q$  ( $mm/d$ ) に単位変換するために、以下の式を用いた。

$$q = Q * 86400 * 10^3 / (262.88 * 10^6)$$
$$= 0.32867 * Q \quad \uparrow \text{ [流域面積 } (m^2) \text{ ]}$$

なお、1928年のデータは流量データの値があまりにも大きすぎるので、除去してある。よって、1927年の次は1929年になっている。

また、1946年は流量が雨量より多くなっているが、これは戦後の計測ミスであると思われる。傾向を見るために15年間の移動平均をとってみる。

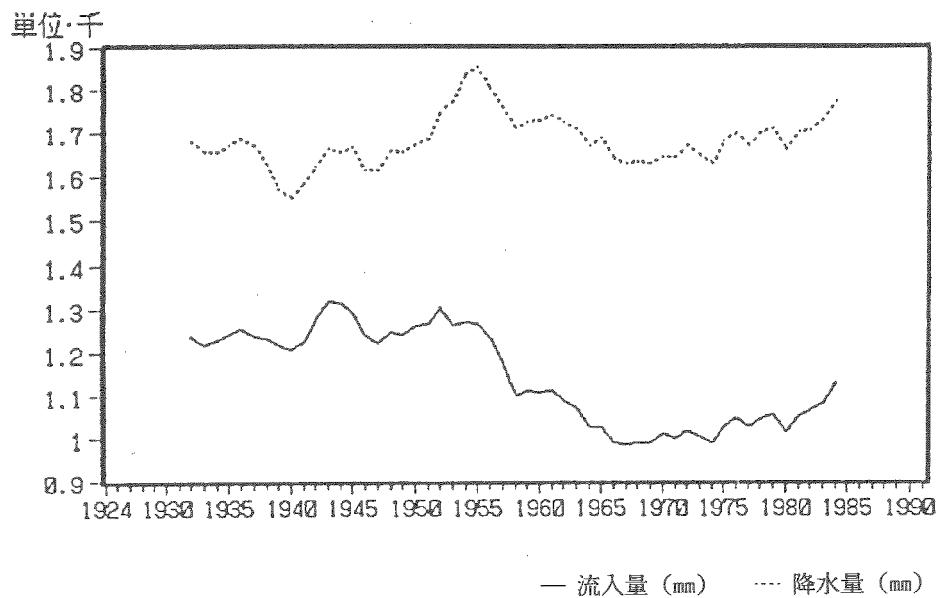
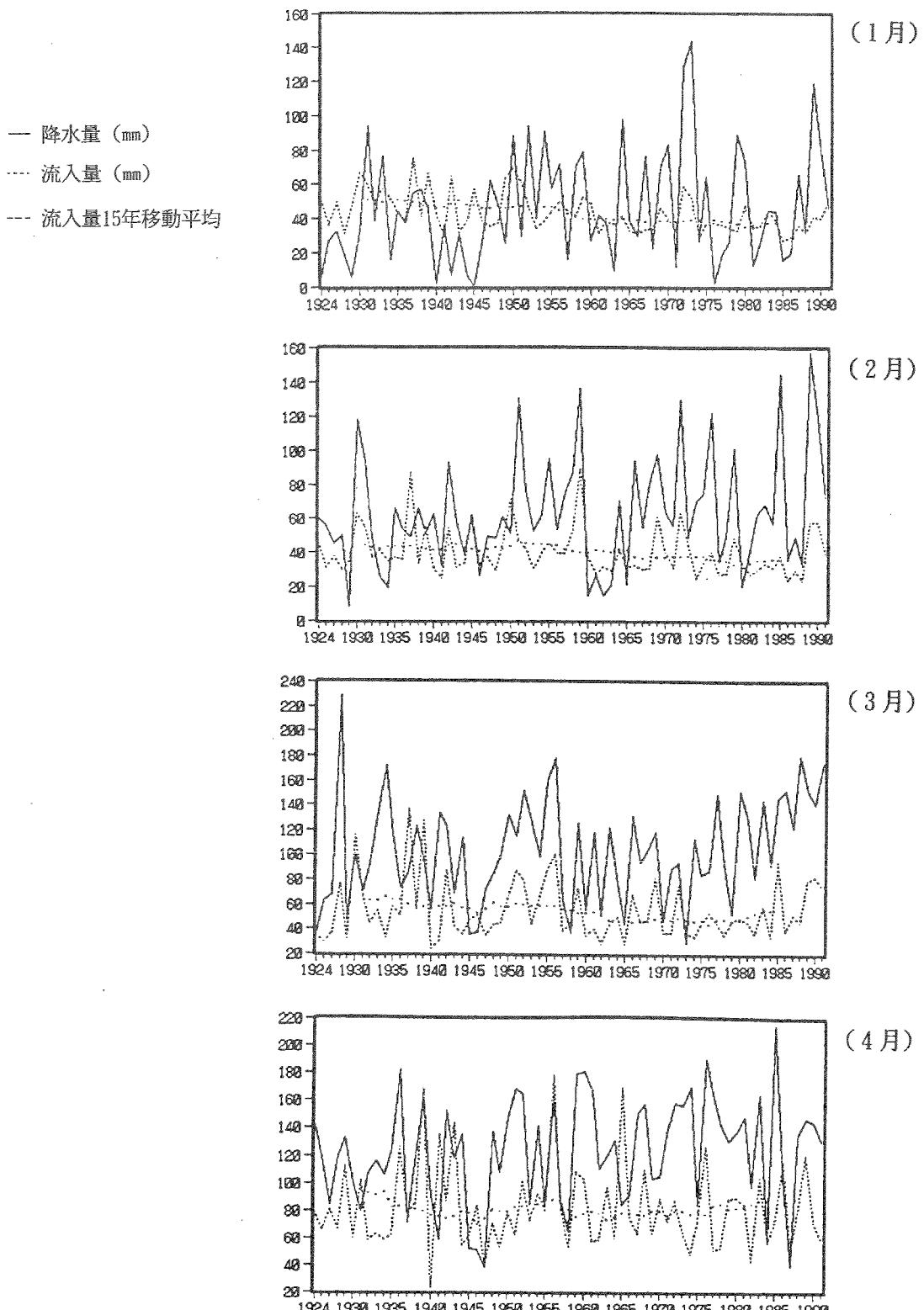


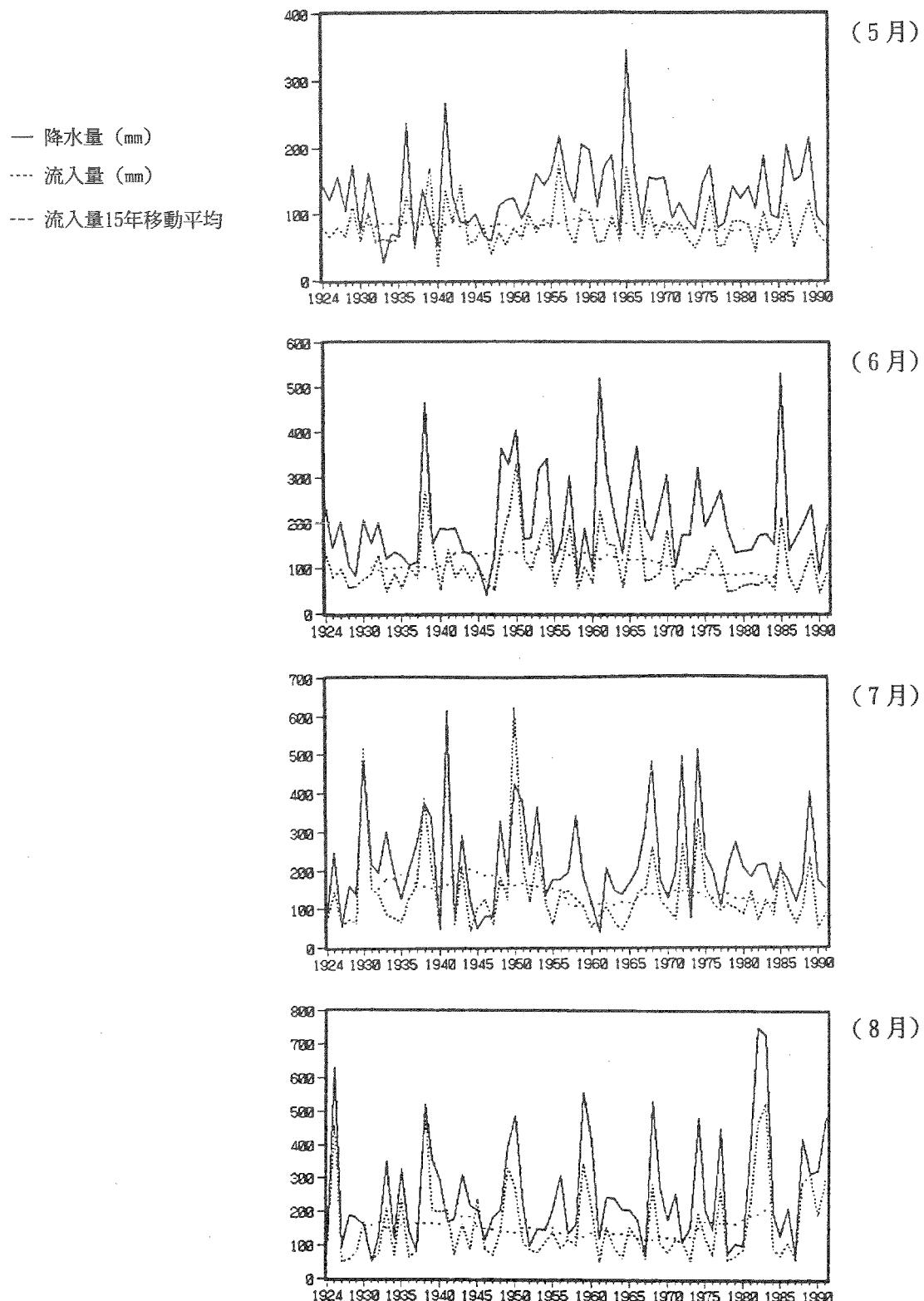
図4-2 15年間の移動平均

年降水量は平均1688.3mm（1日当たり4.5mm）で大体一定だが、流入量のほうが減少傾向にあるようである。

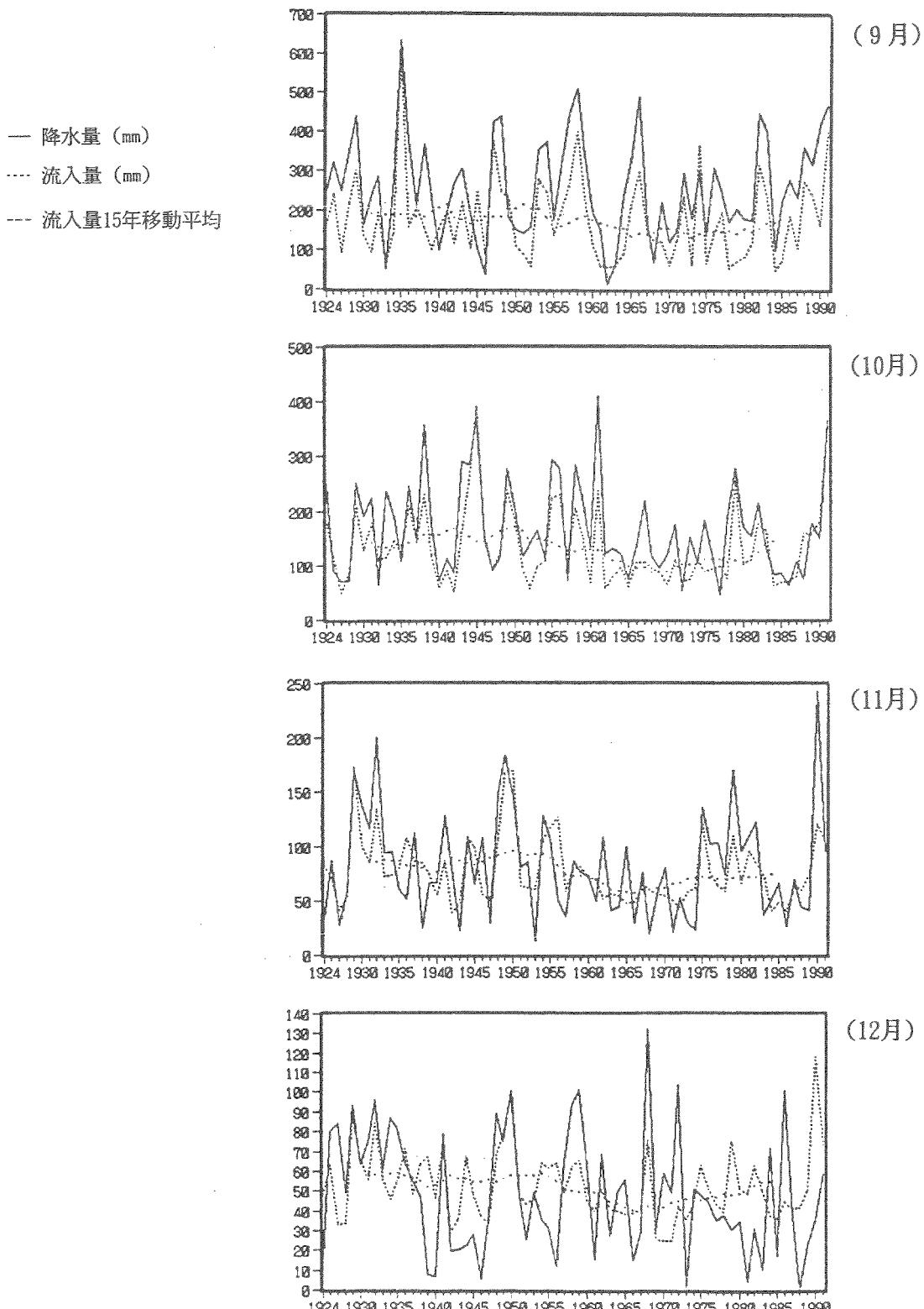
また、次頁に月ごとの流量の経年変化のグラフを載せたが、どの月にも流量に減少傾向が見られた。

雨量・流量の月間量の経年変化 —— 雨量・流量の単位は (mm)





雨量・流量の月間量の経年変化 —— 雨量・流量の単位は（mm）



## 5. 降雨後の日流量の解析によるタンクモデルの各係数の予測

### 5-1 Q-曲線の形について

下図左のようなある流域において、その流域内の雨量が雨量観測所で、流量が流域下流端の地点Xで毎日測定されたとすると、その日の雨量R、日流量Qを流出高に換算して縦軸に、時間t（日）を横軸にとると、下図右のようなグラフが出来上がる。

降雨があった時、その一部は葉面付着、地下浸透、地下貯留などによって流出とならない。これらの損失雨量を差し引いた降雨余剰、これが流出となる。

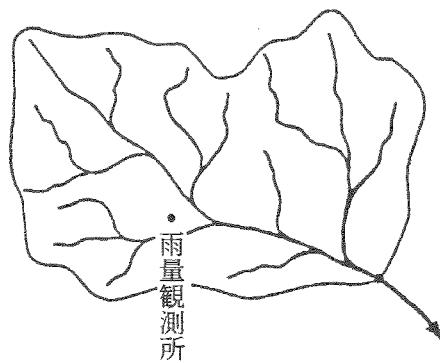


図5-1 流域図

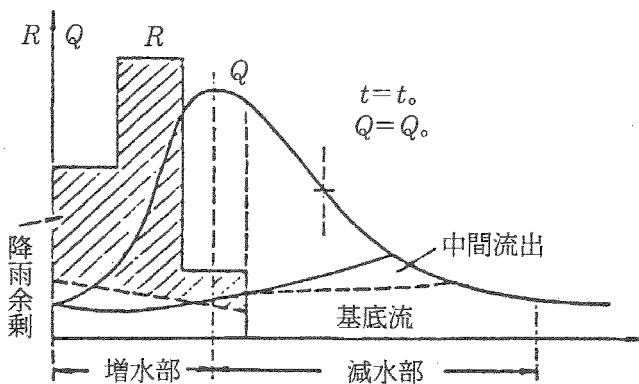


図5-2 Q-曲線

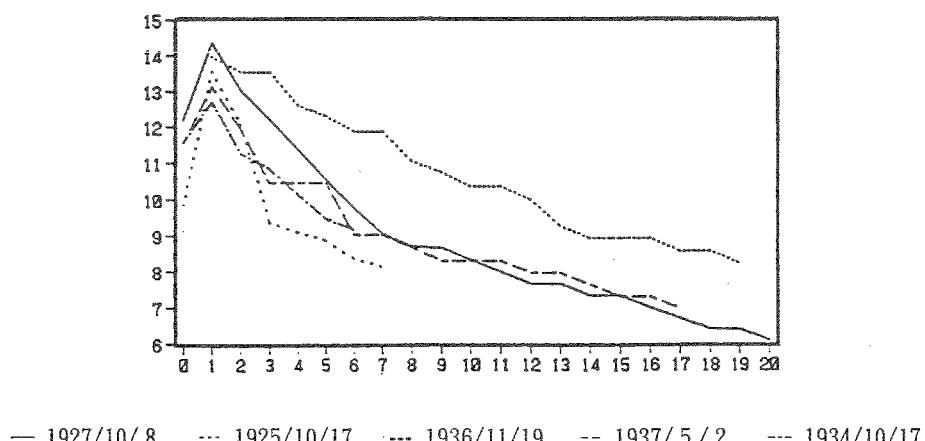
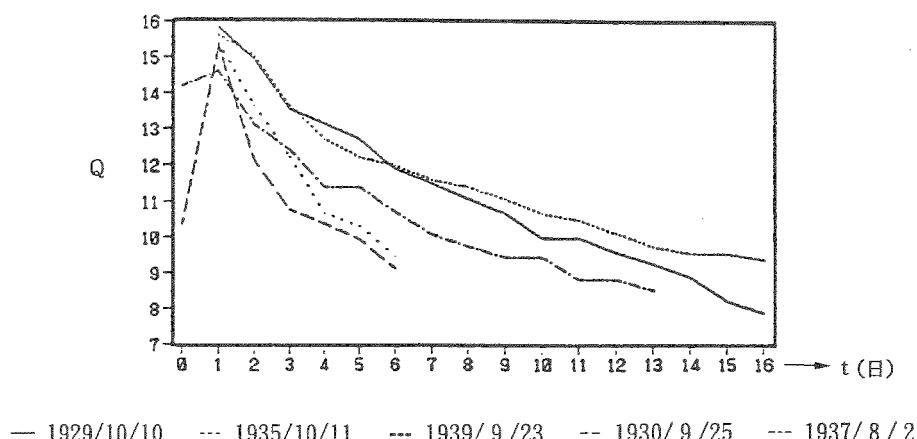
## 5-2 対象期間のデータ選定

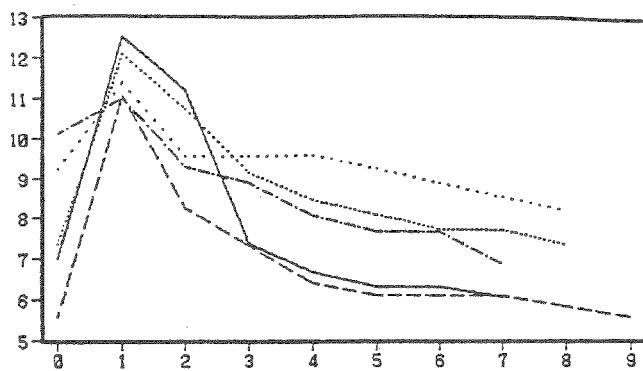
前記のようなQ-曲線を描くためには、表面流出を考える日d(0)にある程度の降水R(0)(mm/d)があり、その後何日か降雨がなく、流量が減衰していく期間を選定すればよい。

その際に、R(0)の値としてまず15mm/d程度、つまり降雨後の流出が主に中間流出に支配されると思われるものを選定した。下に選定期間の日流量変化のグラフを図示する。なお、グラフはQ(1)(m<sup>3</sup>/s)の多い順に並べてある。Q(1)とは降雨があった次の日の流量で、選定期間中の最大流量となる。

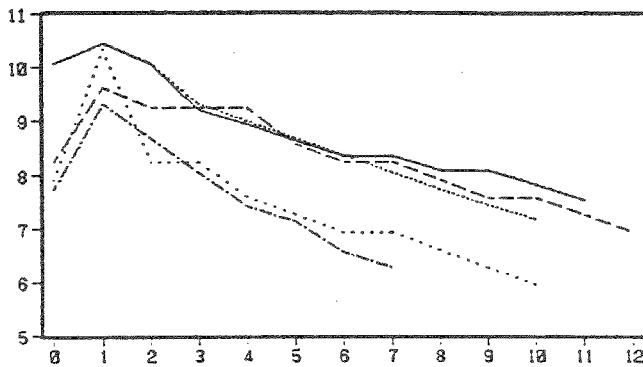
グラフの凡例の年月日はt=0の日の年月日である。

流入量の日変化 (単位: m<sup>3</sup>/s)

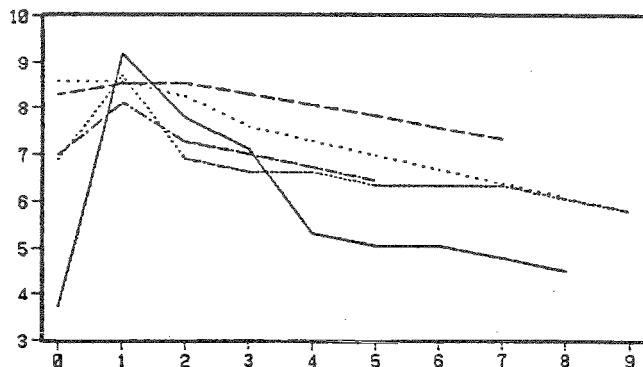




— 1942/3/29    ... 1942/3/14    -·- 1929/12/10    -- 1925/12/27    --- 1943/7/11

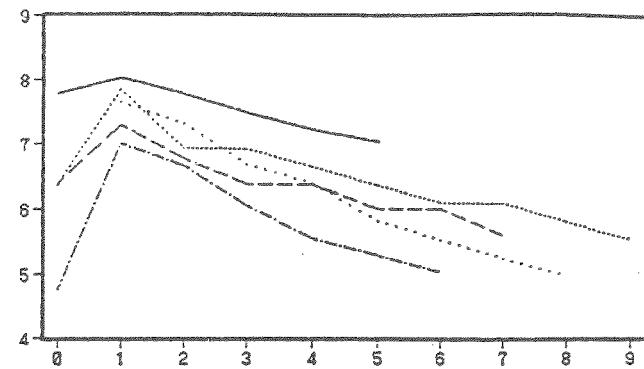


— 1936/7/22    ... 1931/8/1    -·- 1938/5/7    -- 1920/1/18    --- 1925/6/5

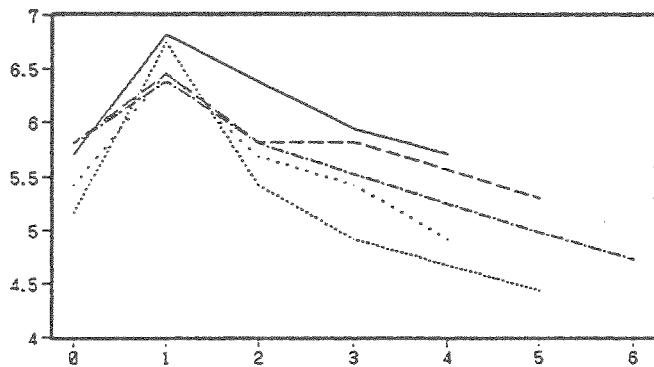


— 1932/3/12    ... 1924/11/20    -·- 1926/7/4    -- 1930/12/11    --- 1941/11/13

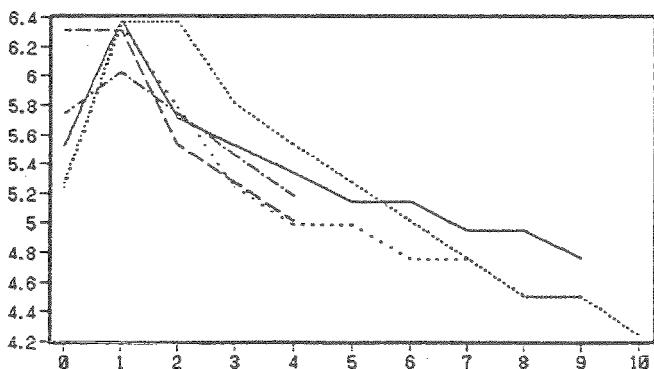
### 流入量の日変化 (単位: m<sup>3</sup>/s)



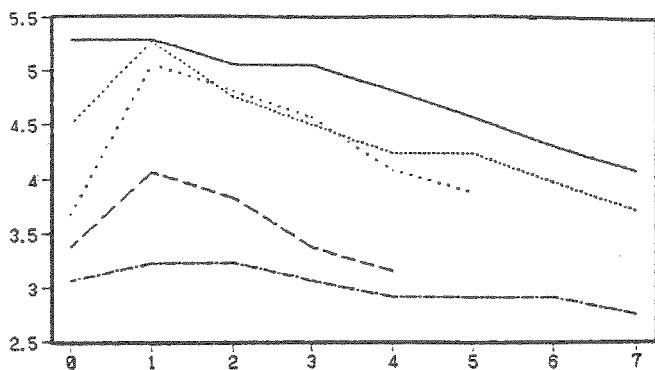
— 1931/6/1    -·- 1935/5/18    ... 1927/8/16    -- 1940/10/3    --- 1942/8/17



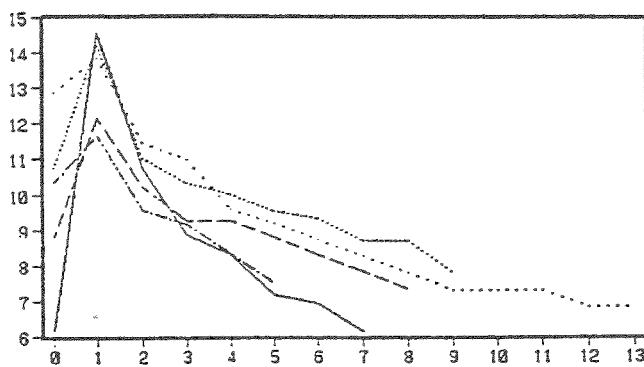
— 1930/2/9    -·- 1937/12/24    ... 1937/12/19    -- 1931/12/15    --- 1926/10/15



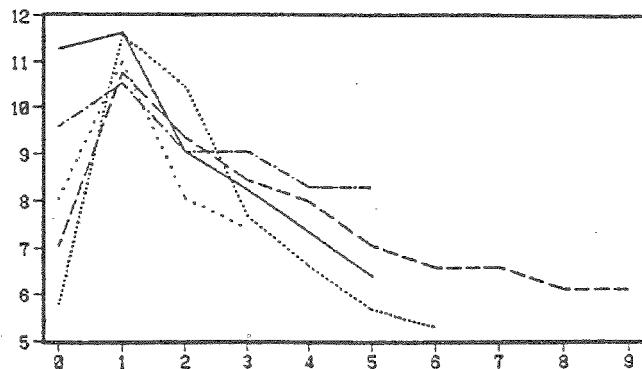
— 1930/5/27    -·- 1935/2/26    ... 1929/6/23    -- 1942/7/24    --- 1921/2/3



— 1926/1/19    ··· 1942/11/1    - - - 1926/3/13    -- 1934/4/29    --- 1942/12/23

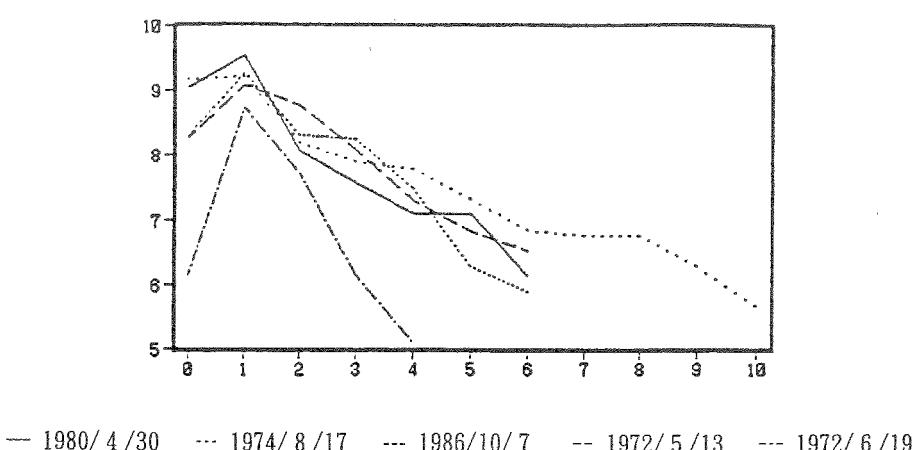
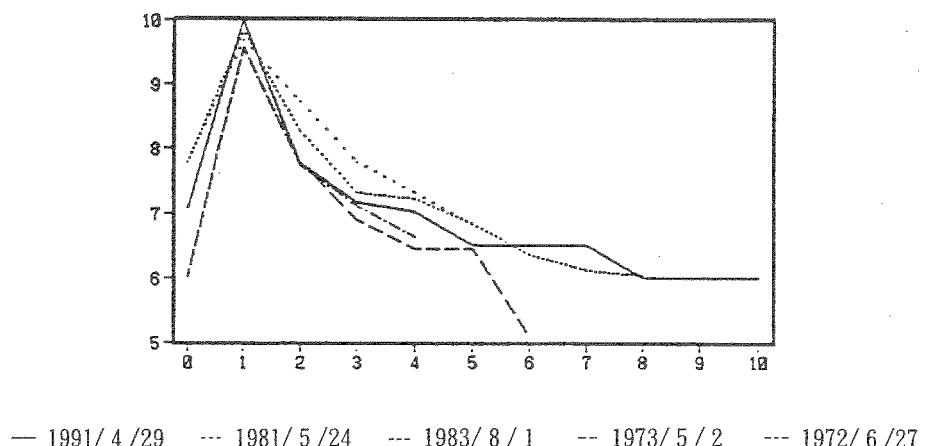
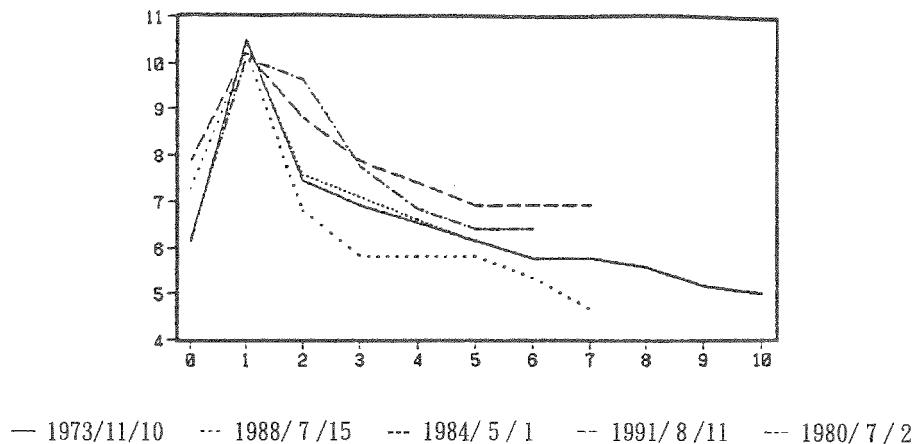


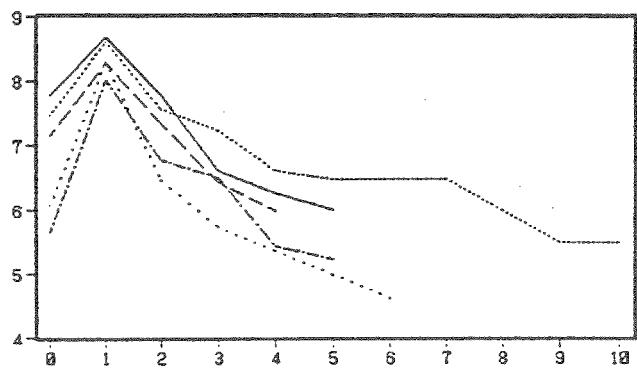
— 1978/7/31    ··· 1990/12/11    - - - 1980/8/3    -- 1976/7/28    --- 1987/9/30



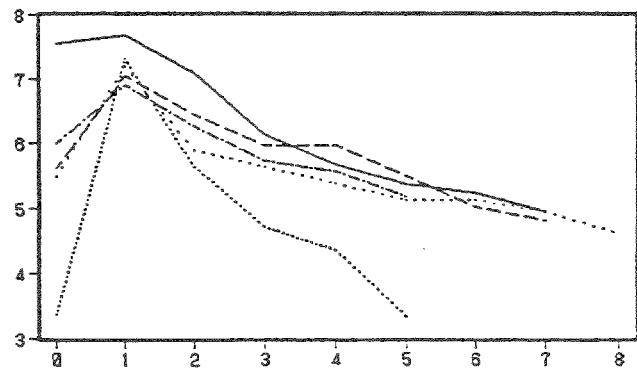
— 1984/10/19    ··· 1984/4/4    - - - 1990/3/11    -- 1975/4/8    --- 1990/11/9

流入量の日変化 (単位 : m<sup>3</sup>/s)

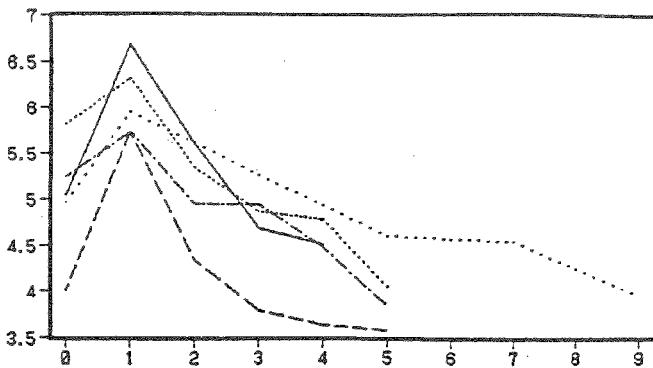




— 1973/4/26    ... 1975/12/9    --- 1987/8/22    -- 1976/8/9    - - - 1974/11/17

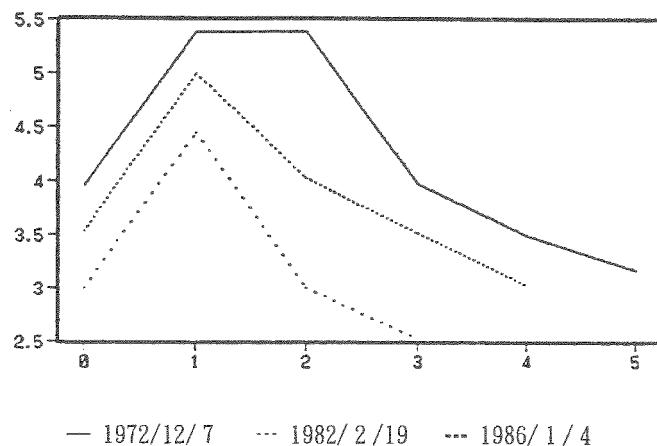


— 1974/4/28    ... 1983/3/2    --- 1971/6/20    -- 1977/11/4    - - - 1979/12/23

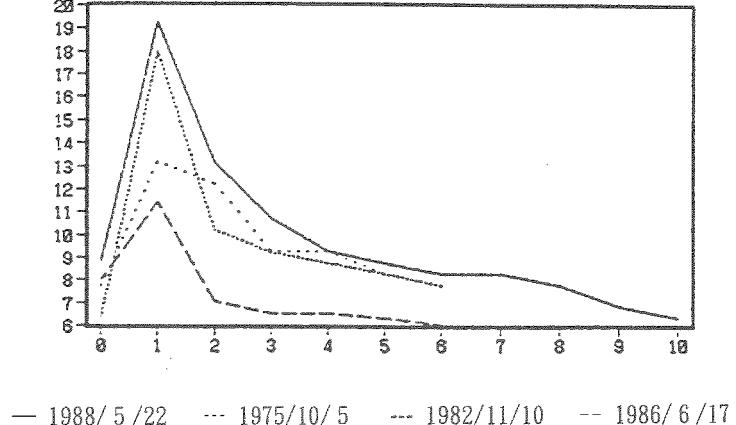
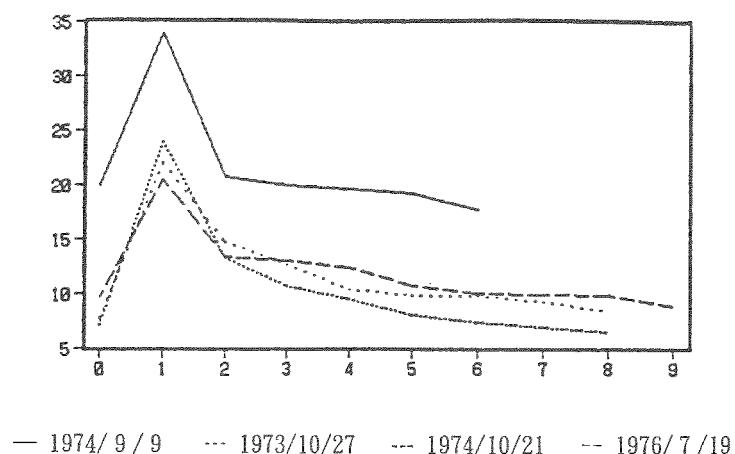


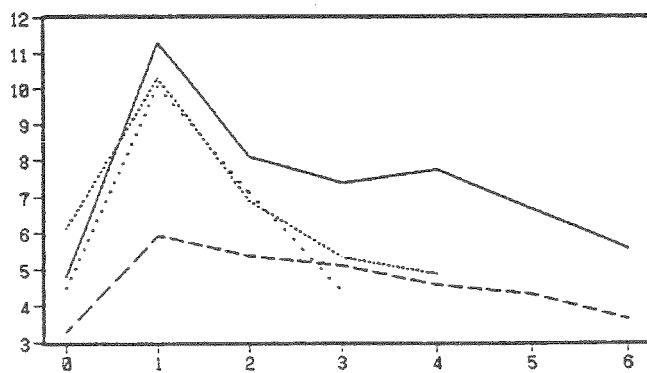
— 1979/9/4    ... 1976/12/24    --- 1973/8/10    -- 1970/3/15    - - - 1985/10/29

流入量の日変化 (単位 :  $\text{m}^3/\text{s}$ )



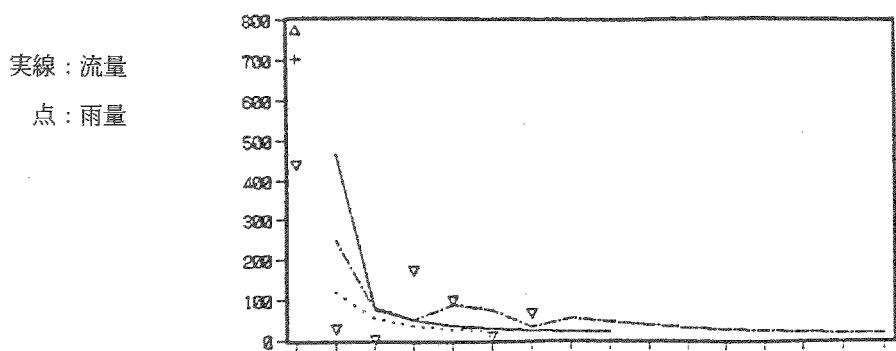
50mm/d程度の雨が降った時の流量の変化 — 流量の単位は  $\text{m}^3/\text{s}$



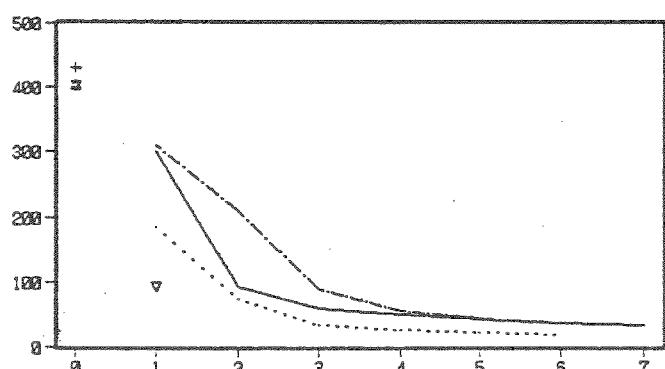


— 1973/10/13    ... 1978/5/18    --- 1991/2/15    - - - 1973/1/7

100mm/d以上の雨が降った時の流量の日変化 — 雨量・流量ともに単位はm<sup>3</sup>/s

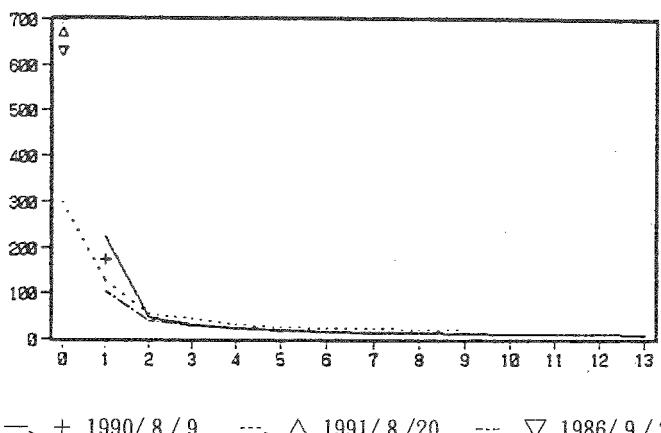
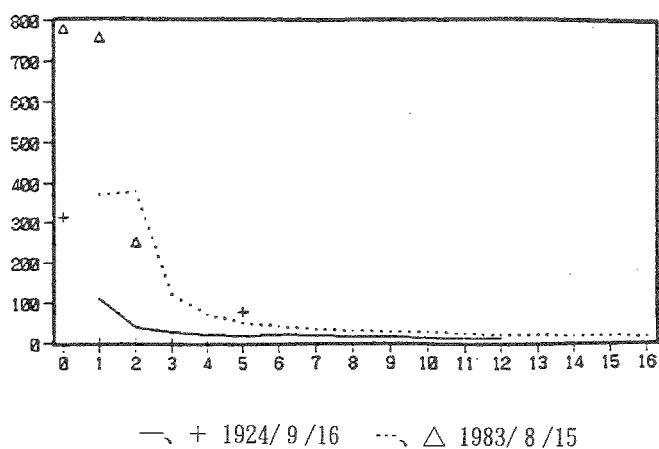
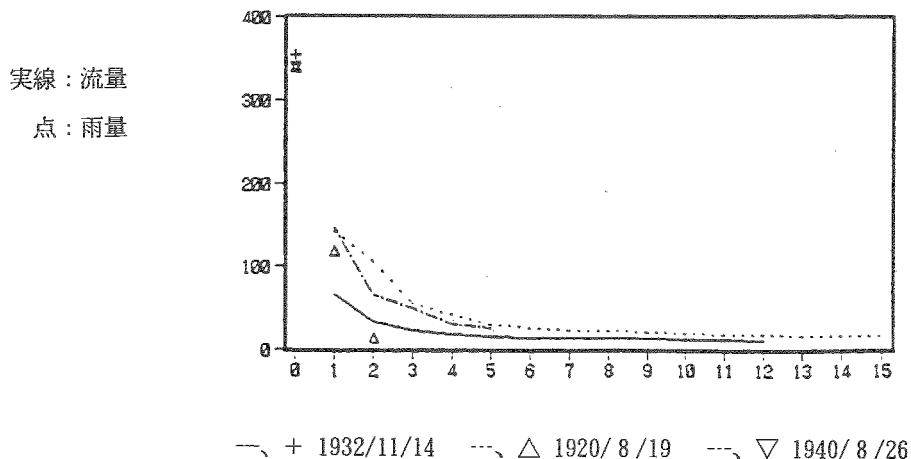


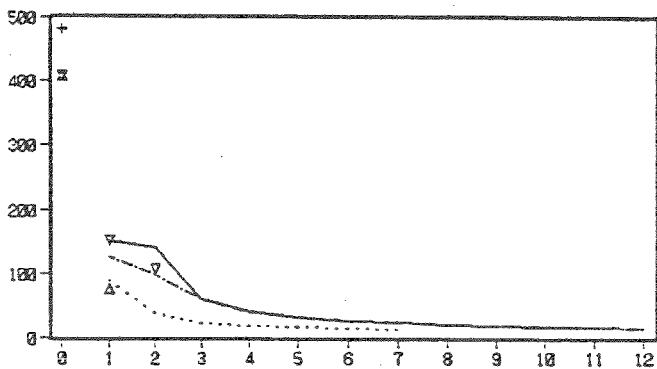
—、+ 1925/8/16    ...、△ 1936/9/27    ---、▽ 1920/8/4



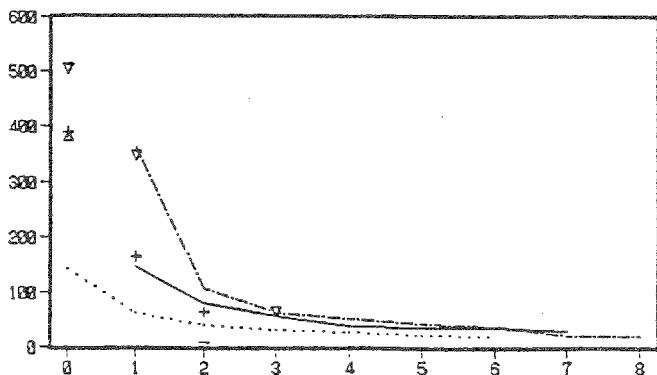
—、+ 1941/7/22    ...、△ 1943/10/2    ---、▽ 1938/8/3

100mm/d以上の雨が降った時の流量の日変化 — 雨量・流量ともに単位はm<sup>3</sup>/s





— + 1985/6/30    ⋯△ 1971/8/30    - - ▽ 1972/7/22



— + 1977/8/17    ⋯△ 1989/8/27    - - ▽ 1974/9/1

### 5-3 前期降雨の状況

まず、前期降雨の影響を考えてみる。表面流出を考える日から前にさかのぼって、第1日目の雨量をR (1)で表すことにすると、前期降雨の影響を表す指数R (B)は、

$$R(B) = R(1) + R(2)/2 + R(3)/3 + \dots$$

または

$$R(B) = k R(1) + k^2 R(2) + k^3 R(3) + \dots \quad (0 < k < 1)$$

が用いられる。kの値としてはLinsleyがアメリカ東部及び中部での観測値より  $k = 0.85 \sim 0.90$  を与えた。

$k$ の値  $0.85 \sim 0.90$  というのはアメリカの値なので、私は今回は前期降雨の影響を表す指数を

$$R(B) = R(1) + R(2)/2 + R(3)/3 + \dots$$

で用いることとする。

各データについてR (B)と表面流出を考える日の降雨R (0)を下に表示する。

R (0) = 15mm/d 程度の降雨の場合 単位はmm/d

年月日	R (B)	R (0)	年月日	R (B)	R (0)
1920/12/18	8.61	15.1	1932/3/12	1.75	26.1
1921/2/3	2.50	31.9	1934/4/29	5.39	23.8
1924/11/20	0.60	20	1934/10/17	5.82	11.4
1925/6/5	15.72	6.7	1935/2/26	3.05	22.2
1925/10/17	10.01	21.4	1935/5/18	10.20	19.5
1925/12/27	1.60	22.5	1935/10/11	16.81	14.2
1926/1/19	5.70	19.5	1936/7/22	6.18	17
1926/3/13	8.76	12	1936/11/19	1.65	14
1926/7/4	11.13	13.7	1937/5/2	5.43	15.4
1926/10/15	4.06	13.3	1937/8/2	7.87	17.6
1927/8/16	13.12	21.4	1937/12/19	0.00	22.4
1927/10/8	10.98	26.1	1937/12/24	4.48	24.8
1929/6/23	5.93	17.6	1938/5/7	6.27	16.7
1929/10/10	9.55	13.8	1940/10/3	2.49	16
1929/12/10	0.55	16	1941/11/13	1.23	19.9
1930/2/9	10.83	28.7	1942/3/14	4.36	16.7
1930/5/27	2.18	16.8	1942/3/29	2.90	17.8
1930/9/25	9.91	21.9	1942/7/24	1.10	11.3
1930/12/11	7.98	14.2	1942/8/17	10.60	14.6
1931/6/1	6.68	17.9	1942/11/1	6.37	22.1
1931/8/1	1.10	10.8	1942/12/23	0.34	15.4
1931/12/15	2.46	22.2	1943/7/11	5.12	26.4

1970/3/15	1.78	12.3	1980/4/30	4.83	28
1971/6/20	5.25	17.4	1980/7/2	16.53	22.3
1972/5/13	8.24	10.5	1980/8/3	20.83	15.3
1972/6/19	5.39	25.6	1981/5/24	7.07	14.8
1972/6/27	7.37	21.2	1982/2/19	4.35	17.3
1972/12/7	0.60	18.1	1983/3/2	3.60	22.8
1973/4/26	7.31	14.8	1983/8/1	9.58	26.1
1973/5/2	2.47	24.5	1984/4/4	4.66	12.5
1973/8/10	11.30	18.8	1984/5/1	0.13	27.9
1973/11/10	2.61	10	1984/10/19	5.24	28.9
1974/4/28	9.84	16.8	1985/10/29	2.44	15
1974/8/17	4.72	13.5	1986/1/4	1.30	17
1974/11/17	0.40	21.2	1986/10/7	6.77	15.6
1975/4/8	8.23	17	1987/8/22	2.50	18
1975/12/9	8.03	12.4	1987/9/30	8.96	17
1976/7/28	8.96	25.2	1988/7/15	4.13	17.1
1976/8/9	4.29	13.2	1990/3/11	3.66	23.2
1976/12/24	3.60	18.7	1990/11/9	7.36	17.4
1977/11/4	2.97	18	1990/12/11	7.35	29.1
1978/7/31	5.68	11.4	1991/4/29	4.82	16.9
1979/9/4	4.66	19.8	1991/9/11	7.96	10.8
1979/12/23	3.98	20.9			

## 5-4 各タンクの構造の推定

### 5-4-1 第3タンクについて

まずは、基底流出に支配されていると思われるQ—曲線の減水部に注目して、第3タンクの流出係数について考えてみたいと思う。

左図のグラフの減水部の変曲点  $(Q, t) = (Q_f, t_f)$

以降の部分に対して、Kを減衰定数として、

$$Q = Q_0 * K^{-(t-t_f)}$$

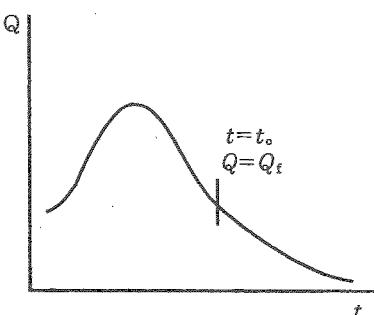
の形で表す事ができる。そこで、Kを導き出すために上の式にlnをとって、

$$\ln(Q/Q_0) = -\ln K (t - t_f)$$

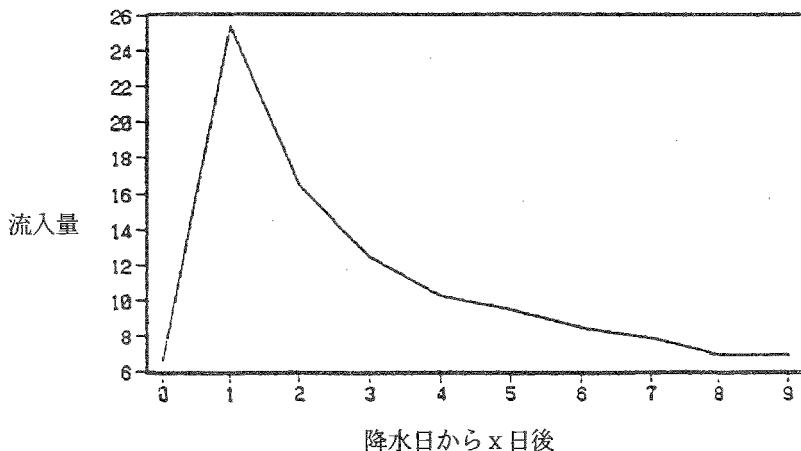
つまり、 $\ln Q$ と  $(t - t_f)$  が比例関係にあるという事になるので、 $\ln Q$ と  $(t - t_f)$  の関係を片対数グラフ上

にプロットすると、Kの値が完全な定数であれば一つの直線が得られるはずである。（実際には直線にならずに折れ線になる。Kは流量のある範囲ごとに違った定数になる）

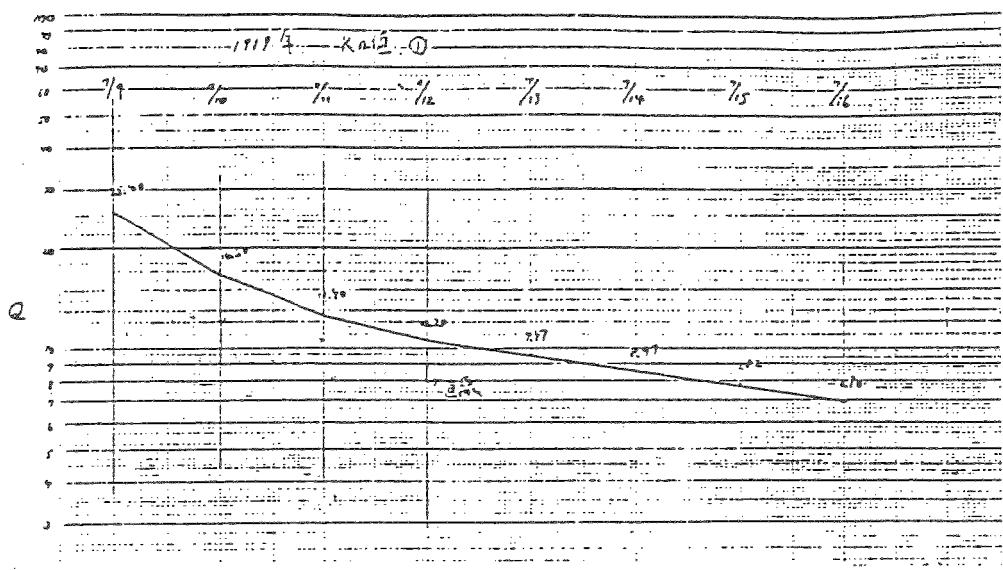
1919年7月5日のケースを例にとってみる。日流量は下図のように減衰している。7月9日を変曲点としてQ—曲線は減衰を続ける。



1919年7月5日以降の流量 ( $m^3/s$ ) の変化



下図は、7月9日から7月16日まで片対数紙上にQの値をプロットしていったものである。



7月9日から12日までは折れ線を描いているが、12日から16日までは殆ど直線となっているので、この期間の流量の変化を前項の式で近似できる。7月12日を  $t = 0$  として、 $Q = Q_0 * e^{-kt}$  の近似計算をポケットコンピューターにて行なった。

t	0	1	2	3	4
Q	10.2	9.47	8.47	7.82	6.90

$$Q = 10.316 * e^{-0.09732t}$$

$$(r = -0.99652)$$

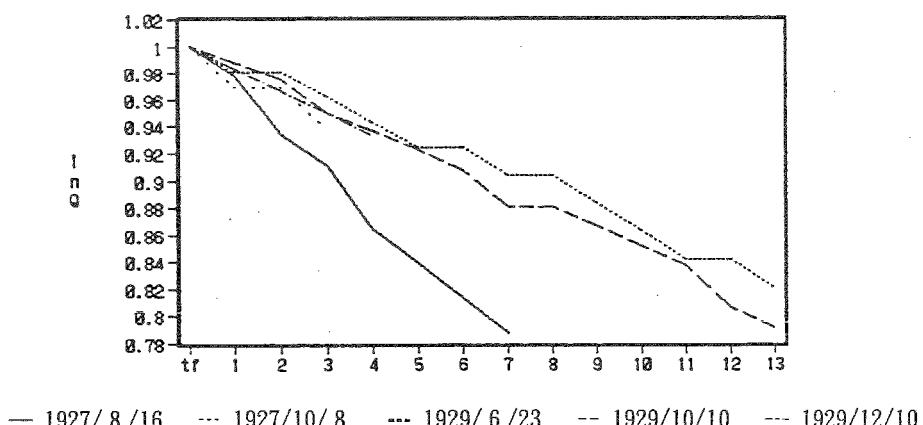
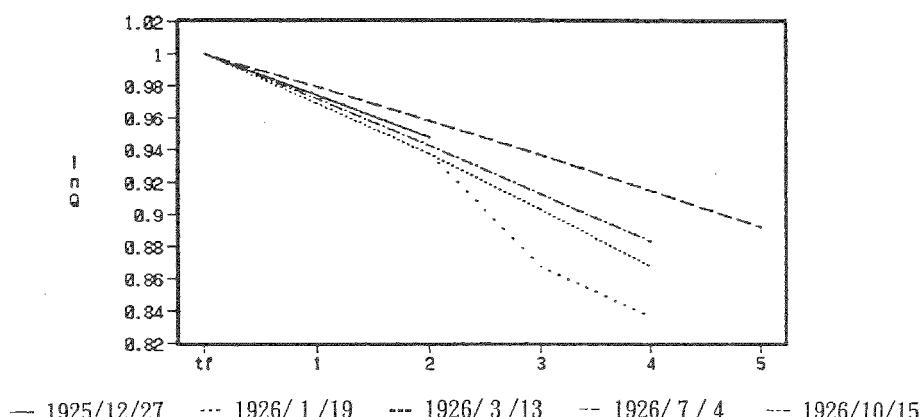
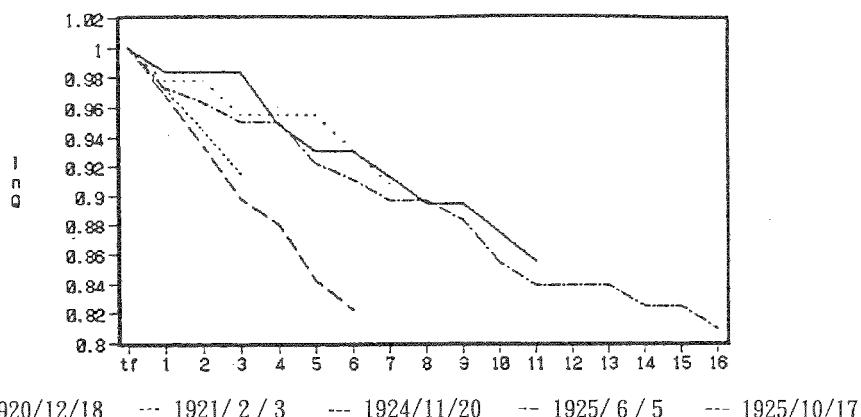
という結果がでた。

$Q = Q_0 * e^{-at}$  の  $a$  の値を求める以上の作業を  $15\text{mm/d}$  程度の降雨のデータについて行なった結果を P. 47 に載せる。

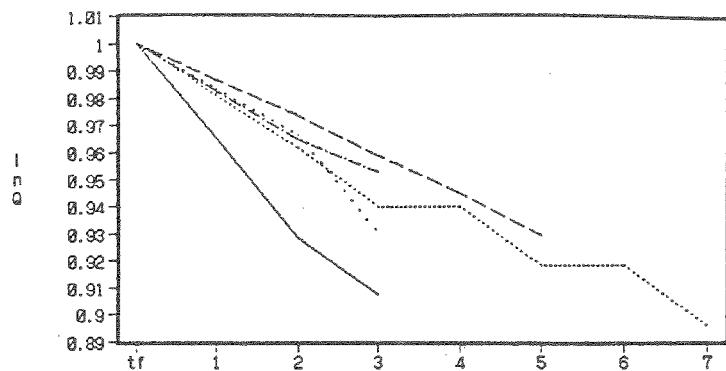
片対数紙にプロットする作業は手作業では時間がかかるので、Lotus を用いて各データサンプルの流量の値に  $\ln$  をとり、 $t = t_f$  の時の流量  $Q = Q_f$  を 1 とした次項のようなグラフをつくった。

その結果として P. 47 にそれぞれの降雨に対する減衰係数を示した。

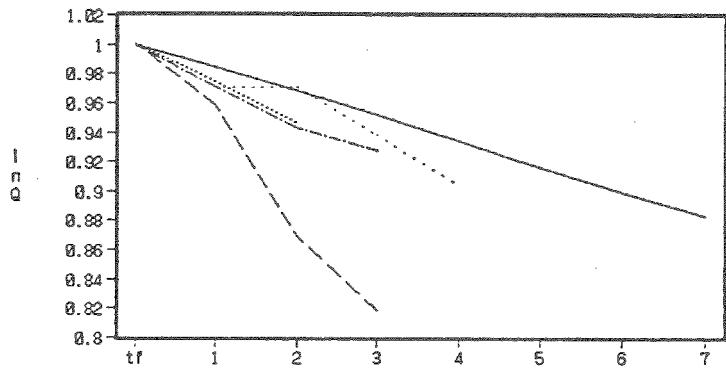
### $\ln Q_f = 1$ とした時の $\ln Q$ の日変化



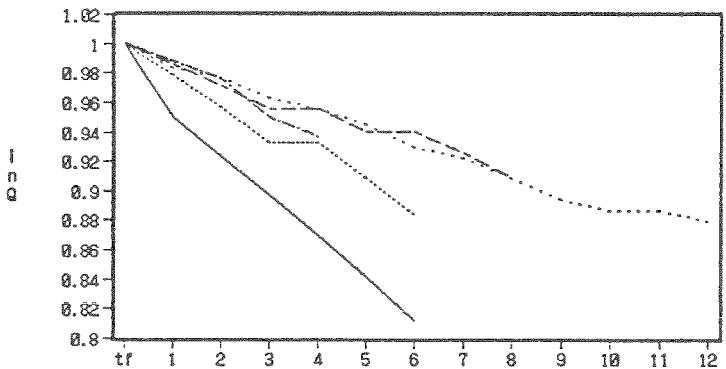
## 100mm/d以上の雨が降った時の流量の日変化



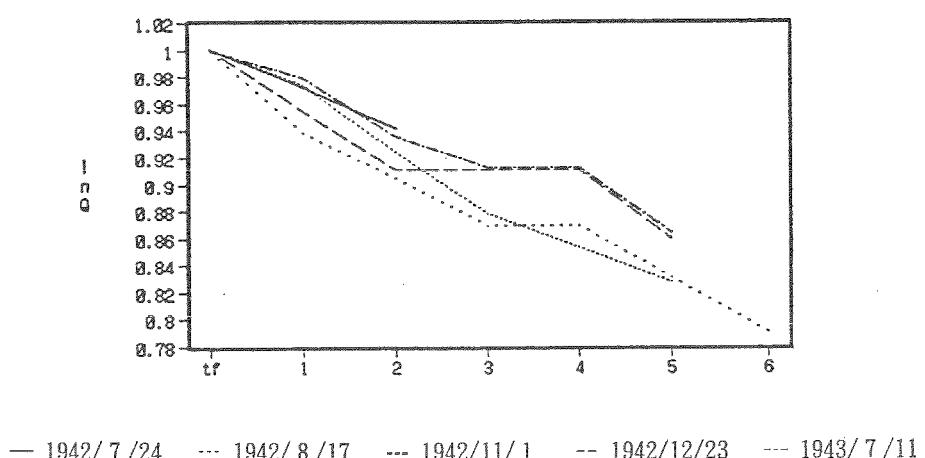
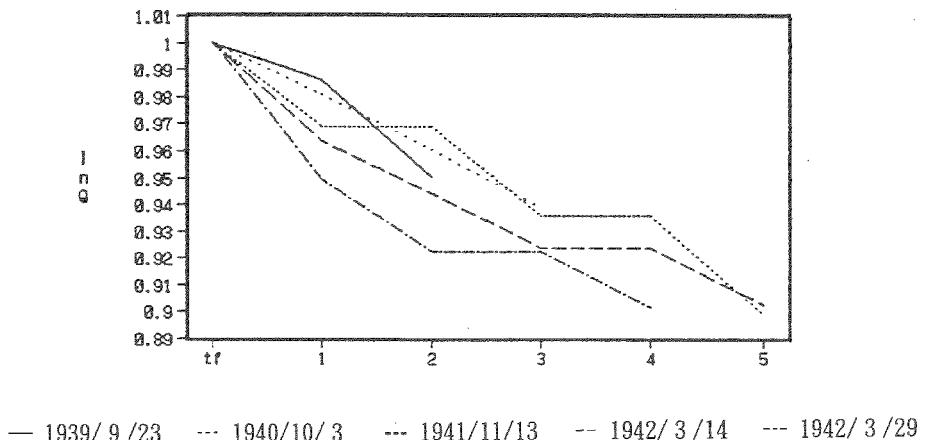
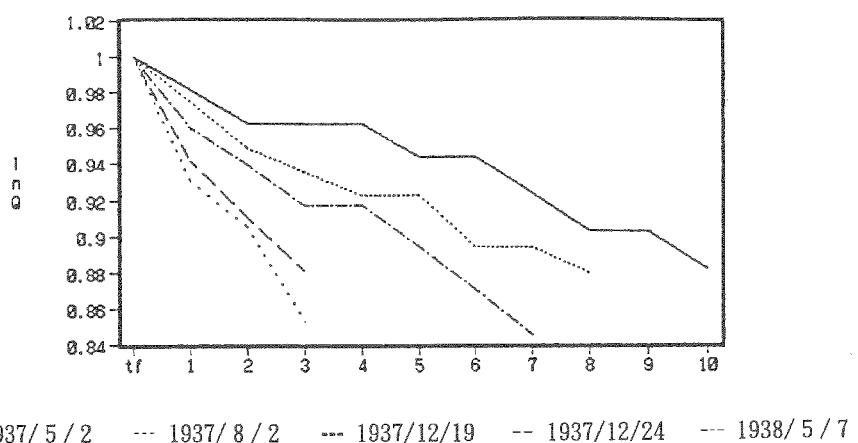
— 1930/2/9    --- 1930/5/27    --- 1930/9/25    -- 1930/12/11    --- 1931/6/1



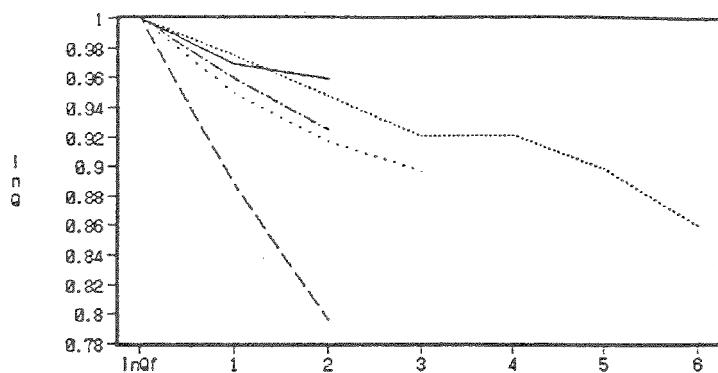
— 1931/8/1    --- 1931/12/15    --- 1932/3/12    -- 1934/4/29    --- 1934/10/17



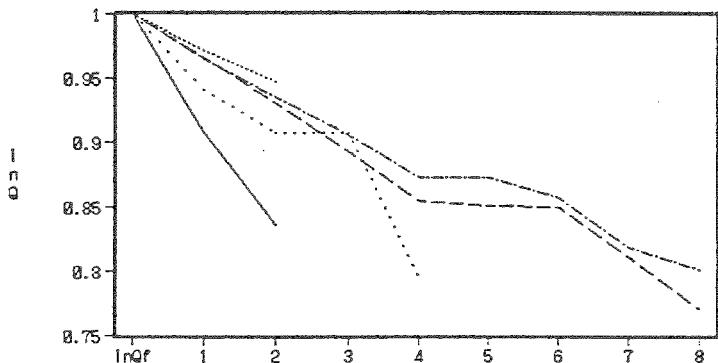
— 1935/2/26    --- 1935/5/18    --- 1935/10/11    -- 1936/7/22    --- 1936/11/19



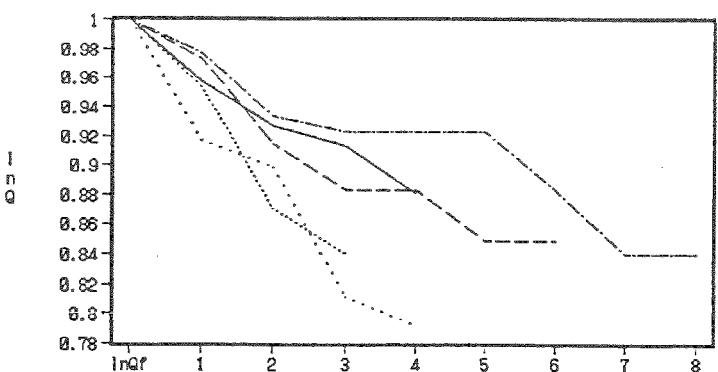
## 100mm/d以上の雨が降った時の流量の日変化



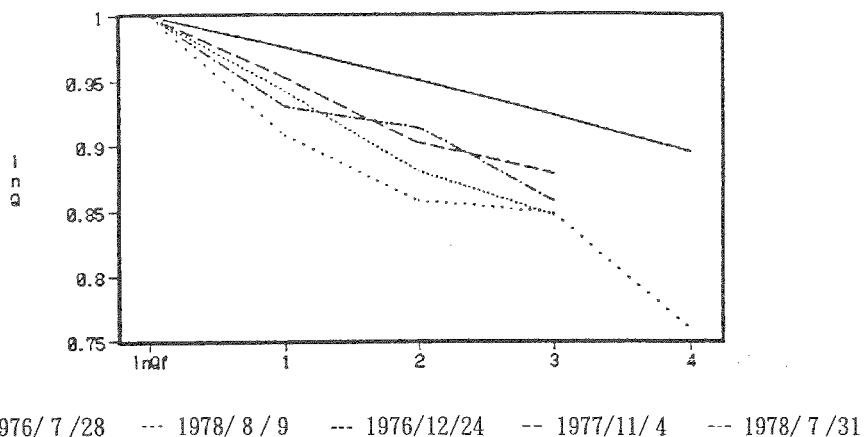
— 1970/3/15    ... 1971/6/20    --- 1972/5/13    -- 1972/6/19    --- 1972/6/27



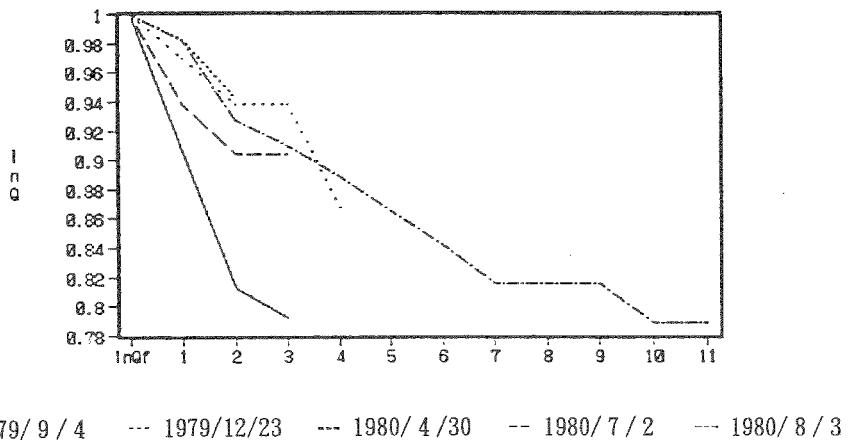
— 1972/12/7    ... 1973/4/26    --- 1973/5/2    -- 1973/8/10    --- 1973/11/10



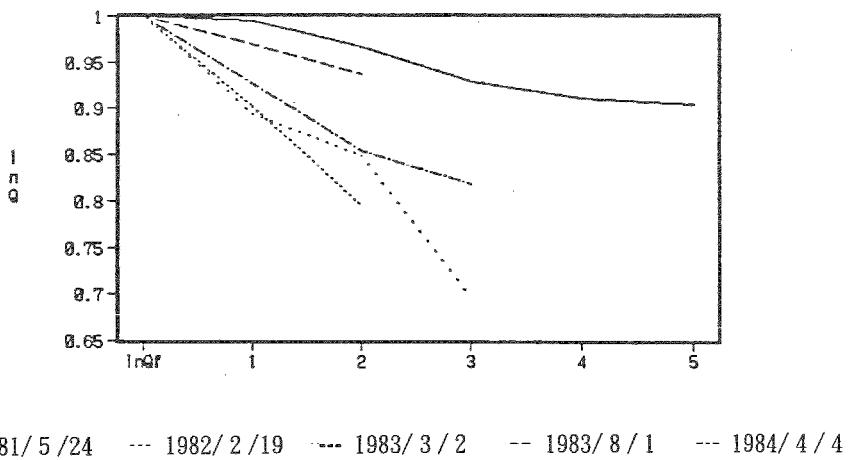
— 1974/4/28    ... 1974/8/17    --- 1974/11/17    -- 1975/4/8    --- 1975/12/9



— 1976/7/28    ... 1978/8/9    -·- 1976/12/24    -- 1977/11/4    --- 1978/7/31

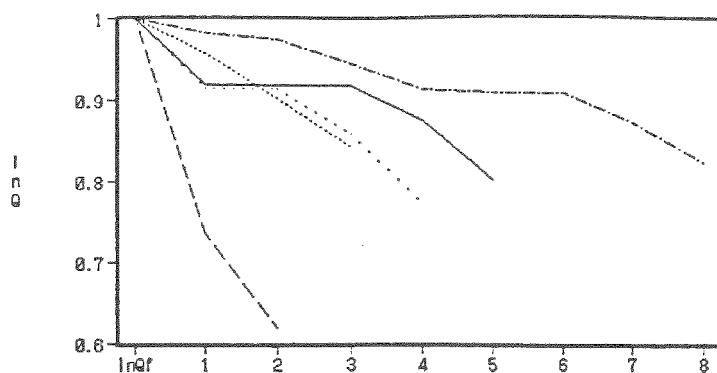


— 1979/9/4    ... 1979/12/23    -·- 1980/4/30    -- 1980/7/2    --- 1980/8/3

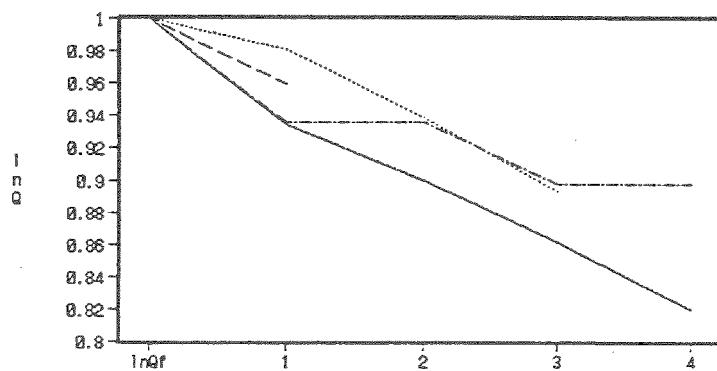


— 1981/5/24    ... 1982/2/19    -·- 1983/3/2    -- 1983/8/1    --- 1984/4/4

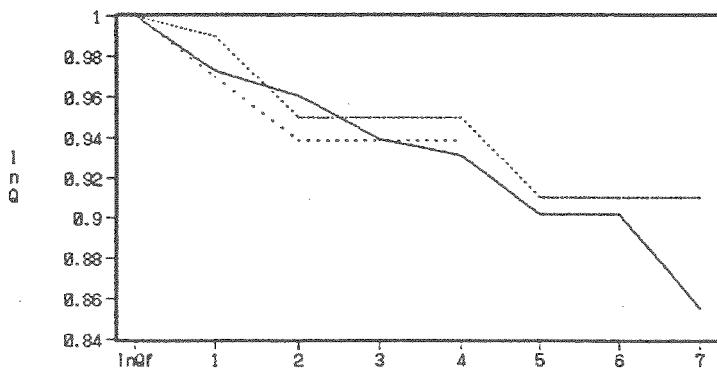
## 100mm/d以上の雨が降った時の流量の日変化



— 1984/5/1    --- 1984/10/19    ... 1985/10/29    -·- 1986/1/4    --- 1986/10/7



— 1987/8/22    --- 1987/9/30    ... 1988/7/15    -·- 1990/3/11    --- 1990/11/9

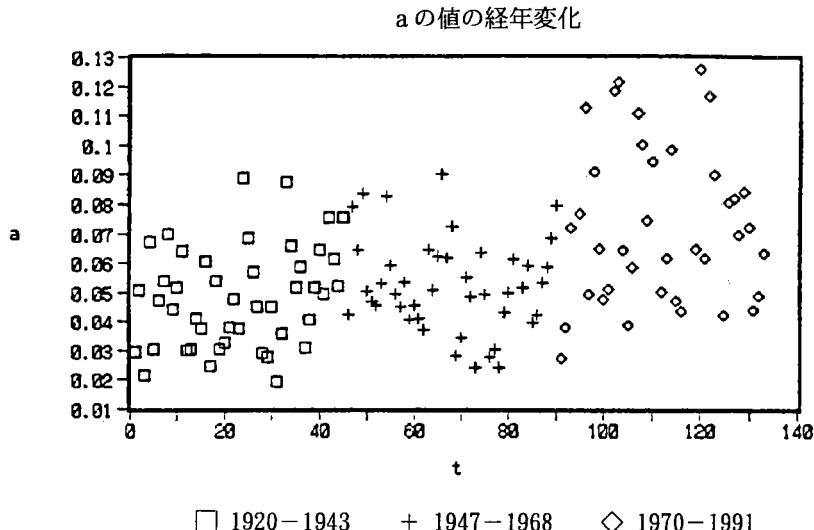


— 1990/12/11    --- 1991/4/29    ... 1991/8/11

各降雨の減衰係数( a )の値(第3段タンク)

No.	年月日	aの値	No.	年月日	aの値	No.	年月日	aの値
1	1920/12/18	0.0296	44	1942/12/23	0.0522	87	1965/10/17	0.0588
2	1921/2/3	0.0506	45	1943/7/11	0.0754	88	1967/4/8	0.0683
3	1924/11/20	0.0216	46	1949/1/3	0.0422	89	1967/8/20	0.0794
4	1925/6/5	0.0670	47	1949/4/11	0.079	90	1970/3/15	0.0272
5	1925/10/17	0.0305	48	1950/5/10	0.0646	91	1971/6/20	0.0380
6	1925/12/27	0.0472	49	1951/10/15	0.0834	92	1972/5/13	0.0720
7	1926/1/19	0.0539	50	1952/5/22	0.0502	93	1972/6/27	0.0768
8	1926/3/13	0.0696	51	1952/5/27	0.0468	94	1972/12/7	0.1128
9	1926/7/4	0.0440	52	1952/6/2	0.0454	95	1973/4/26	0.0492
10	1926/10/15	0.0517	53	1952/9/9	0.053	96	1973/5/2	0.0912
11	1927/8/16	0.0639	54	1953/4/10	0.0826	97	1973/8/10	0.0648
12	1927/10/8	0.0299	55	1953/4/30	0.059	98	1973/11/10	0.0477
13	1929/6/23	0.0303	56	1953/9/7	0.0495	99	1974/4/28	0.0512
14	1929/10/10	0.0408	57	1953/11/1	0.045	100	1974/8/17	0.1187
15	1929/12/10	0.0375	58	1954/2/17	0.0534	101	1974/11/17	0.1218
16	1930/2/9	0.0604	59	1954/3/12	0.0407	102	1975/4/8	0.0643
17	1930/5/27	0.0244	60	1954/4/18	0.0455	103	1975/12/9	0.0390
18	1930/9/25	0.0540	61	1954/6/2	0.0411	104	1976/7/28	0.0585
19	1930/12/11	0.0303	62	1954/12/10	0.0372	105	1976/8/9	0.1110
20	1931/6/1	0.0328	63	1955/5/3	0.0644	106	1976/12/24	0.1003
21	1931/8/1	0.0379	64	1955/5/29	0.0508	107	1977/11/4	0.0746
22	1931/12/15	0.0477	65	1957/3/20	0.0623	108	1978/7/31	0.0945
23	1932/3/12	0.0374	66	1957/4/12	0.0902	109	1979/12/23	0.0505
24	1934/4/29	0.0886	67	1957/5/12	0.0616	110	1980/4/30	0.0616
25	1934/10/17	0.0685	68	1958/3/26	0.0723	111	1980/7/2	0.0984
26	1935/2/26	0.0571	69	1958/7/12	0.0282	112	1980/8/3	0.0474
27	1935/5/18	0.0451	70	1958/8/5	0.0345	113	1981/5/24	0.0437
28	1935/10/11	0.0289	71	1958/9/1	0.0552	114	1983/8/1	0.0651
29	1936/7/22	0.0276	72	1958/11/14	0.0484	115	1984/4/4	0.1261
30	1936/11/19	0.0448	73	1959/1/3	0.024	116	1984/5/1	0.0620
31	1937/5/2	0.0192	74	1959/3/1	0.0638	117	1984/10/19	0.1166
32	1937/8/2	0.0359	75	1960/4/30	0.0494	118	1985/10/29	0.0900
33	1937/12/19	0.0875	76	1960/5/31	0.0279	119	1986/10/7	0.0423
34	1937/12/24	0.0657	77	1960/11/6	0.0303	120	1987/8/22	0.0808
35	1938/5/7	0.0518	78	1960/12/24	0.0241	121	1987/9/30	0.0822
36	1939/9/23	0.0588	79	1961/3/3	0.0431	122	1988/7/15	0.0699
37	1940/10/3	0.0308	80	1961/5/18	0.0497	123	1990/3/11	0.0843
38	1941/11/13	0.0405	81	1961/12/3	0.0615	124	1990/11/9	0.0725
39	1942/3/14	0.0518	82	1963/9/24	0.0518	125	1990/12/11	0.0442
40	1942/3/29	0.0646	83	1963/11/1	0.059	126	1991/4/29	0.0491
41	1942/7/24	0.0494	84	1963/12/2	0.0398	127	1991/8/11	0.0636
42	1942/8/17	0.0757	85	1964/3/13	0.0425			
43	1942/11/1	0.0614	86	1964/6/5	0.0534			

前項のサンプルNo.をX軸に、aをY軸にとって点表示したグラフは下のようになる。

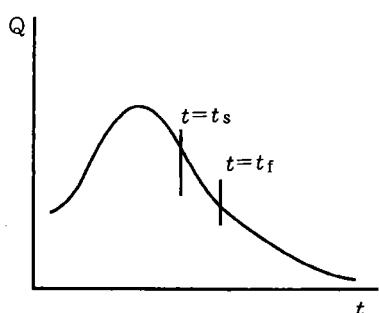


データのある1920年から1991年までを3つの時期に分けて、まず戦前の1920年から1943年までを前期、戦後の1949年から1969年までを中期、そして1970年から1991年までを後期とした。

このグラフを見ると、aの大体のオーダーがわかるのだが、aの値は年々増加している事がわかる。そのaの値は平均して前期が0.04、中期が0.05、後期が0.06となった。

このaの値を第3タンクの流出係数とする。

#### 5-4-2 第2タンクについて



次に、左図のグラフの  $t \leq s \geq t \geq t_f$  の間、流出が第2タンクに支配されると思われる場合について第3タンクの時と同じような作業を行なって流出係数を求めてみる。

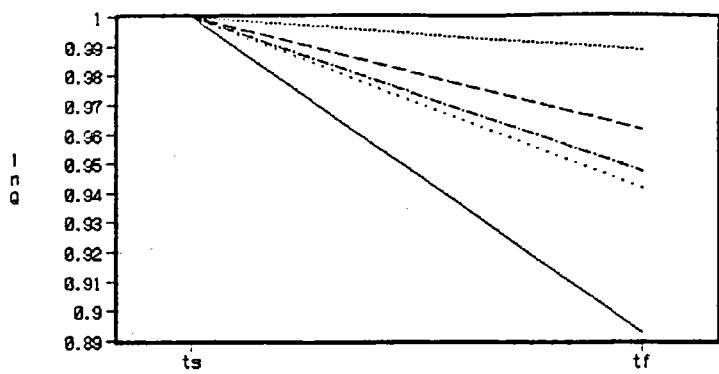
$t = t_s$  の時の流量  $Q = Q_s$  を1としたグラフを次項に載せる。

#### 各降雨時の減衰係数の算定(第2段タンク)

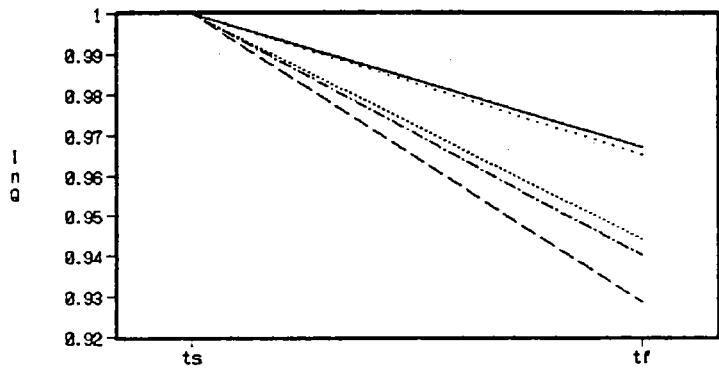
年月日	$Q_s$	$Q_f$	$Q_f/Q_s$	$-\ln(Q_f/Q_s)$
1924/11/20	8.7	6.9	0.7931034	0.2318016
1925/10/17	13.96	13.55	0.9706303	0.0298095
1925/12/27	8.24	7.29	0.8847087	0.1224967
1926/7/4	8.24	7.6	0.9223300	0.0808520
1926/10/15	6.39	5.8	0.9076682	0.0968763

年月日	Qs	Qf	Qf/Qs	-ln(Qf/Qs)
1927/10/8	10.55	9.76	0.9251184	0.0778334
1929/6/23	5.78	5.24	0.9065743	0.0980821
1929/10/10	14.89	13.55	0.9100067	0.0943032
1929/12/10	11.37	9.56	0.8408091	0.1733905
1930/5/27	6.38	5.71	0.8949843	0.1109490
1930/9/25	12.1	10.75	0.8884297	0.1182996
1931/8/1	10.06	9.32	0.9264413	0.0764045
1931/12/15	6.46	5.82	0.9009287	0.1043290
1934/10/17	11.27	10.86	0.9636202	0.0370580
1935/5/18	7.86	6.93	0.8816793	0.1259267
1935/10/11	13.65	12.72	0.9318681	0.0705639
1936/7/22	10.07	9.21	0.9145978	0.0892708
1936/11/19	12.08	9.34	0.7731788	0.2572449
1937/5/2	11.96	10.46	0.8745819	0.1340092
1937/8/2	12.41	11.37	0.9161966	0.0875242
1937/12/24	6.75	5.42	0.8029629	0.2194466
1938/5/7	10.33	8.24	0.7976766	0.2260519
1939/9/23	12.22	10.64	0.8707037	0.1384534
1940/10/3	7.31	6.77	0.9261285	0.0767421
1941/11/13	8.12	7.27	0.8953201	0.1105738
1942/3/14	10.74	9.14	0.8510242	0.1613147
1942/7/24	6.31	5.53	0.8763866	0.1319478
1943/7/11	11	9.29	0.8445454	0.1689567
1971/6/20	7.2	5.9	0.8194444	0.1991286
1972/5/13	8.76	8.09	0.9235159	0.0795671
1972/6/19	8.73	7.72	0.8843069	0.1229510
1972/6/27	9.54	7.73	0.8102725	0.2103846
1973/4/26	7.78	6.61	0.8496143	0.1629726
1973/5/2	9.57	7.78	0.8129571	0.2070768
1973/11/10	10.52	7.43	0.7062737	0.3477523
1974/4/28	7.1	6.13	0.8633802	0.1469000
1974/8/17	9.27	8.3	0.8953613	0.1105278
1975/4/8	9.37	8.44	0.9007470	0.1045307
1975/12/9	8.61	7.56	0.8780487	0.1300531
1976/7/28	10.23	9.26	0.9051808	0.0996205
1978/7/31	10.75	8.87	0.8251162	0.1922309
1979/12/23	6.91	5.73	0.8292329	0.1872541
1980/4/30	9.53	8.06	0.8457502	0.1675311
1980/7/2	9.64	7.78	0.8070539	0.2143647
1980/8/3	13.84	11.45	0.8273121	0.1895732
1981/5/24	8.26	7.3	0.8837772	0.1235502
1982/2/19	5	4.02	0.804	0.2181560
1983/3/2	7.31	5.64	0.7715458	0.2593592
1983/8/1	8.73	7.78	0.8911798	0.1152090
1984/4/4	10.46	7.65	0.7313575	0.3128528
1984/10/19	11.63	9.06	0.7790197	0.2497188
1986/10/7	9.21	8.19	0.8892508	0.1173759
1987/8/22	8.29	6.45	0.7780458	0.2509698
1987/9/30	11.64	9.57	0.8221649	0.1958142
1988/7/15	10.44	7.56	0.7241379	0.3227733
1990/3/11	10.98	8.04	0.7322404	0.3116463
1990/12/11	14.21	11	0.7741027	0.2560506
1991/4/29	10	7.76	0.776	0.2536027
1991/8/11	8.81	7.87	0.8933030	0.1128293

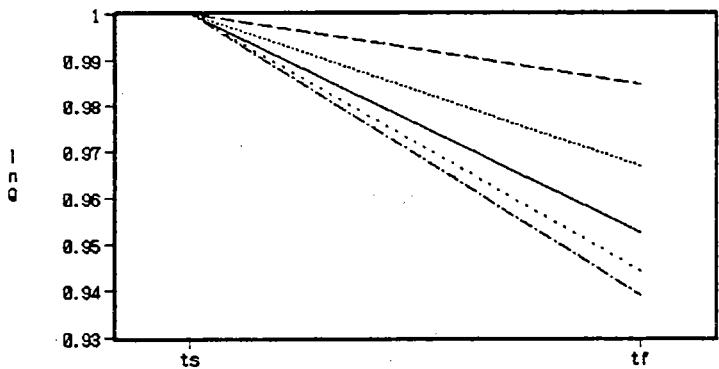
## $\ln Q_s$ を1とした時の $\ln Q$ の変化



— 1924/11/20    ... 1925/10/17    ... 1925/12/27    -- 1926/7/4    --- 1926/10/15

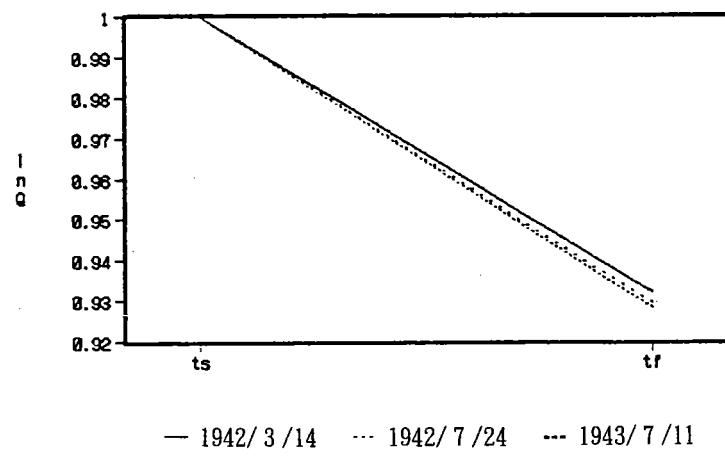
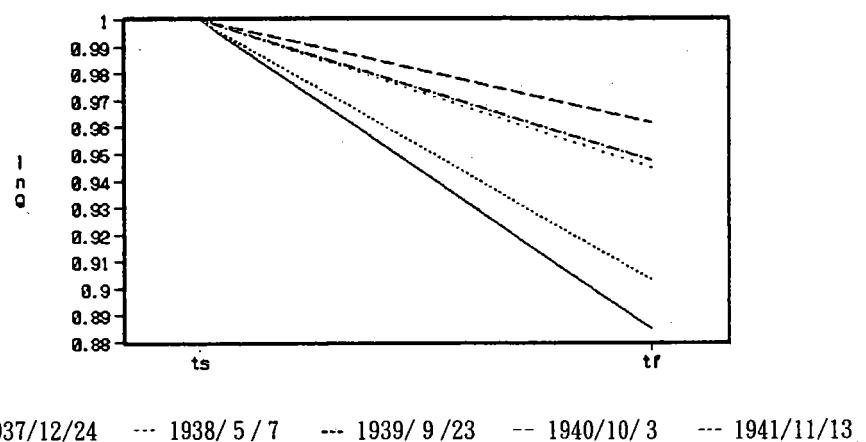
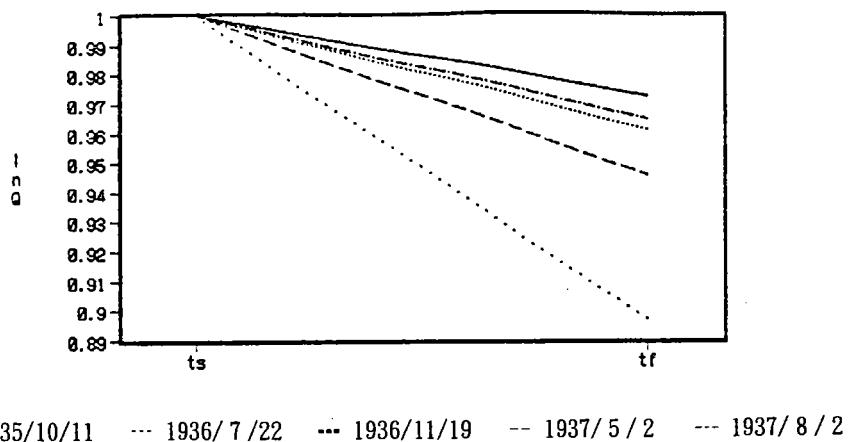


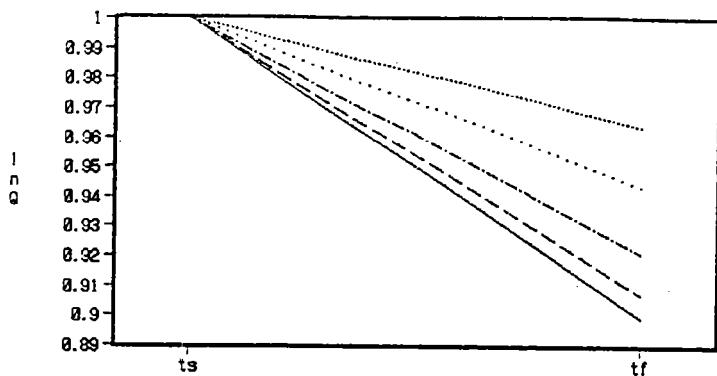
— 1927/10/8    ... 1929/6/23    ... 1929/10/10    -- 1929/12/10    --- 1930/5/27



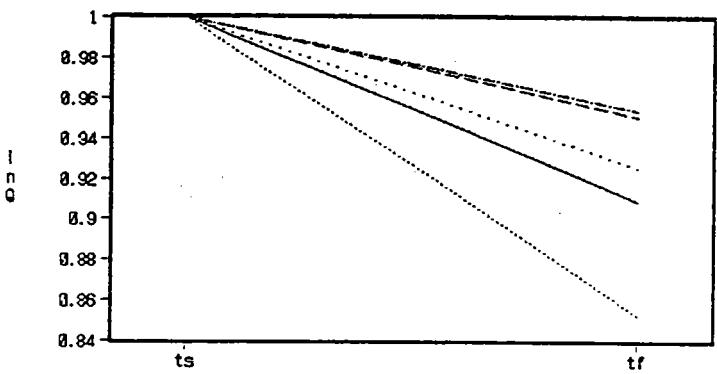
— 1930/9/25    ... 1931/8/1    ... 1931/12/15    -- 1934/10/17    --- 1935/5/18

## $\ln Q_s$ を1とした時の $\ln Q$ の変化

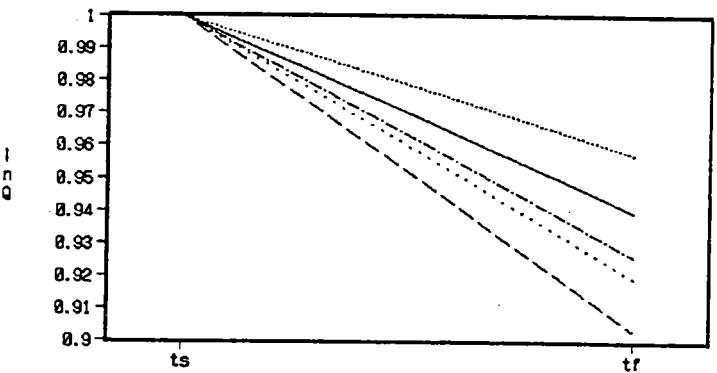




— 1971/ 6 /20   --- 1972/ 5 /13   ... 1972/ 6 /19   -- 1972/ 6 /27   --- 1973/ 4 /26

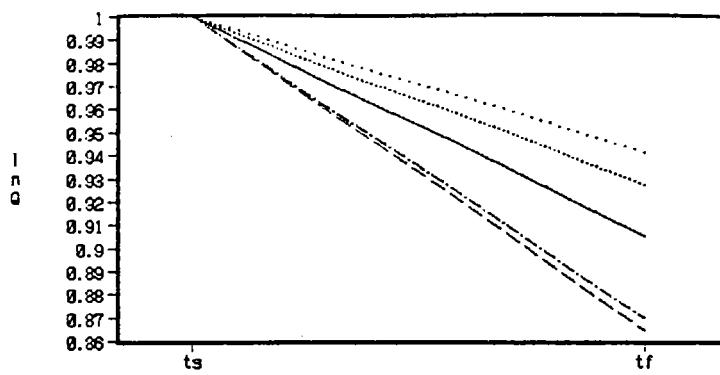


— 1973/ 5 / 2   --- 1973/11/10   ... 1974/ 4 /28   -- 1974/ 8 /17   --- 1975/ 4 / 8

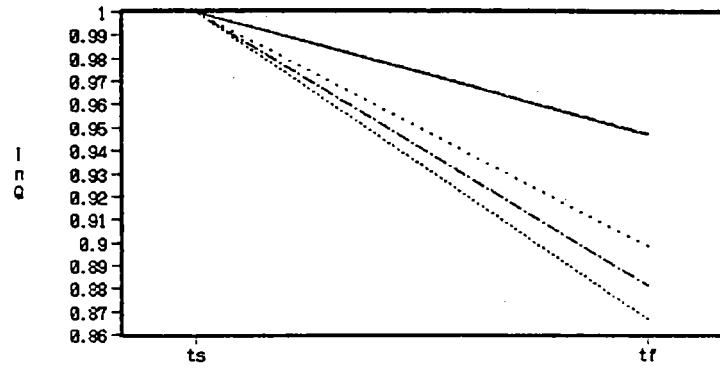


— 1975/12/ 9   --- 1976/ 7 /28   ... 1978/ 7 /31   -- 1979/12/23   --- 1980/ 4 /30

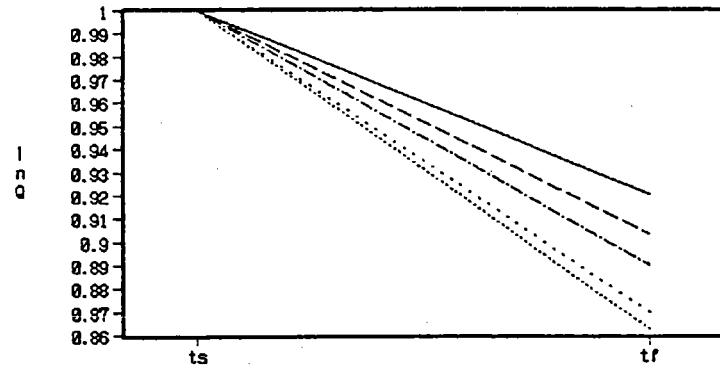
## $\ln Q_s$ を1とした時の $\ln Q$ の変化



— 1980/7/2    --- 1980/8/3    --- 1981/5/24    -- 1982/2/19    --- 1983/3/2



— 1983/8/1    --- 1984/4/4    --- 1984/10/19    -- 1986/10/7    --- 1987/8/22



— 1987/9/30    --- 1988/7/15    --- 1990/3/11    -- 1990/12/11    --- 1991/4/29

### 5-4-3 第1タンクについて

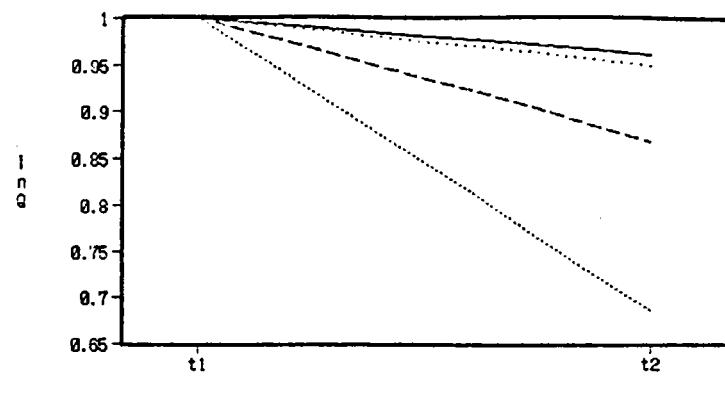
最後に、第1タンクからの流出が見られるような大きい降雨について、降雨の直後の、流量が減水しはじめる部分を見る。 $t = t_1$  の時の流量  $Q = Q_1$  を 1 としたグラフを5-4-2のグラフのあとに載せる。

第1タンクには流出孔が1つとは限らないので、以上の作業によって得られた流出係数の値は第1タンクの全ての流出孔の流出係数の総和となる。

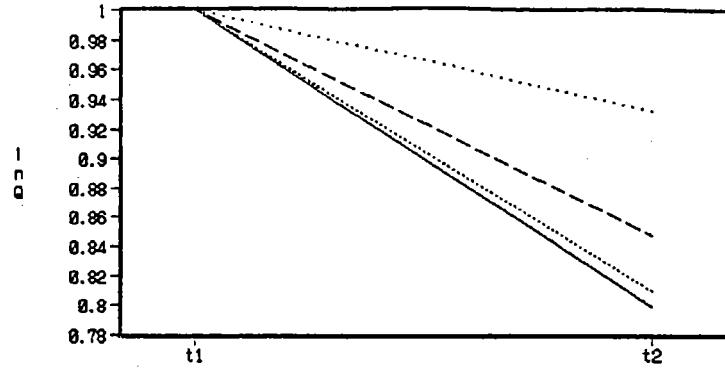
各タンクの浸透係数  $b$  については、現在の水文学ではよくわかっていないので、とりあえず各段の流出係数の値より小さい任意の数を与えて、モデル実行の際に微調整を加えることとする。

各タンクの流出孔の高さ  $h$  については、日本における欠損雨量の平均が約15mmである事から、まず  $h = 15\text{mm}$  を与え、降雨が多い時のために1段目のタンクの流出孔の上にさらに流出孔をつけ足したりする。

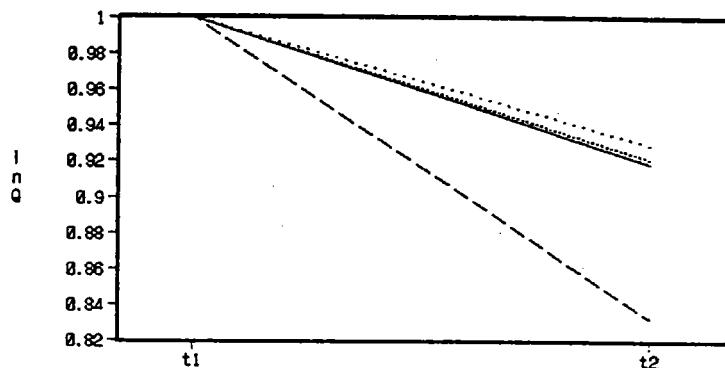
$\ln Q_1$ を1とした時の $\ln Q$ の変化 — 降雨量50mm/d程度の時



— 1924/ 9 / 29    - - - 1926/12/ 7    - - - 1927/11/ 4    -- 1930/11/20

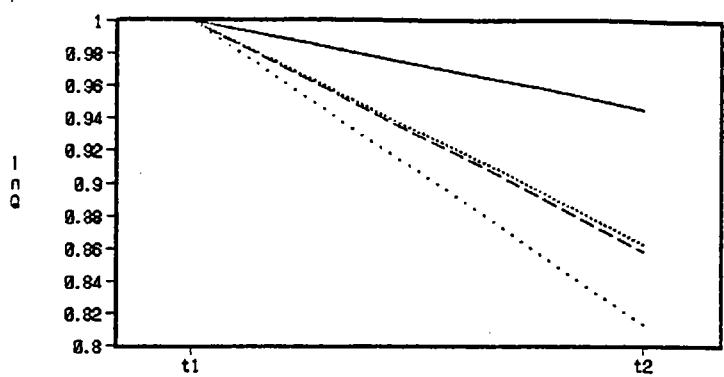


— 1931/ 9 / 6    - - - 1931/11/ 6    - - - 1933/ 4 /25    -- 1936/ 4 /25

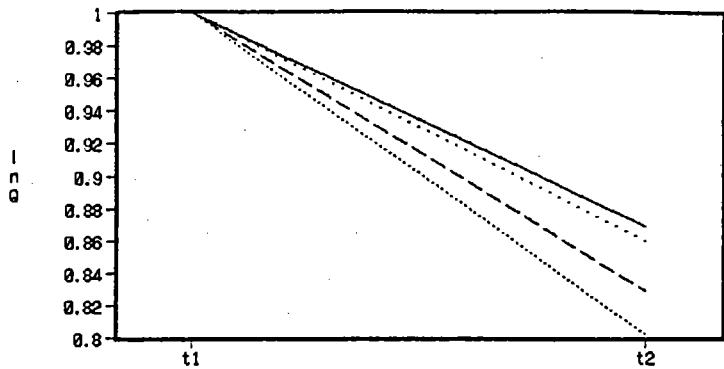


— 1936/10/26    - - - 1941/ 6 / 5    - - - 1941/10/18    -- 1942/ 4 /20

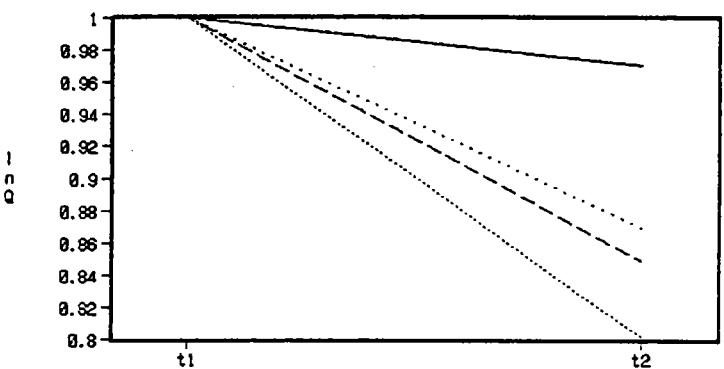
$\ln Q_1$ を1とした時の $\ln Q$ の変化 — 降雨量50mm/d程度の時



— 1973/1/7    ... 1973/10/13    --- 1973/10/27    -- 1974/9/9

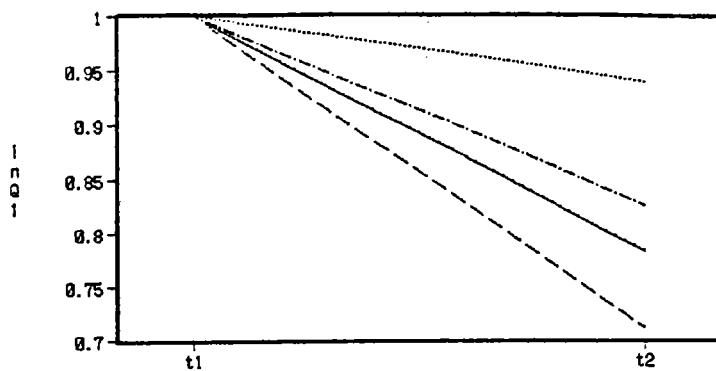


— 1973/1/7    ... 1973/10/13    --- 1973/10/27    -- 1974/9/9

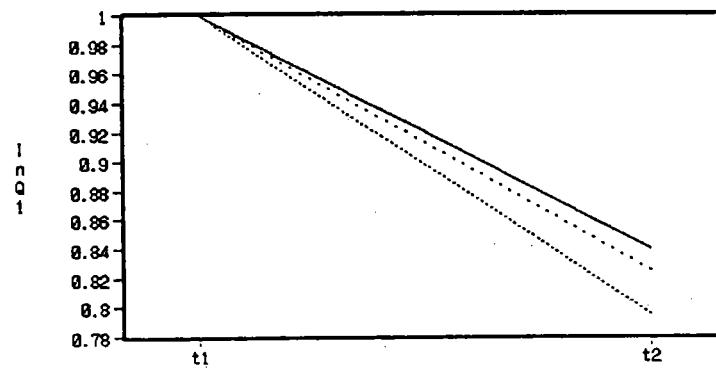


— 1982/11/10    ... 1986/6/17    --- 1988/5/22    -- 1991/2/15

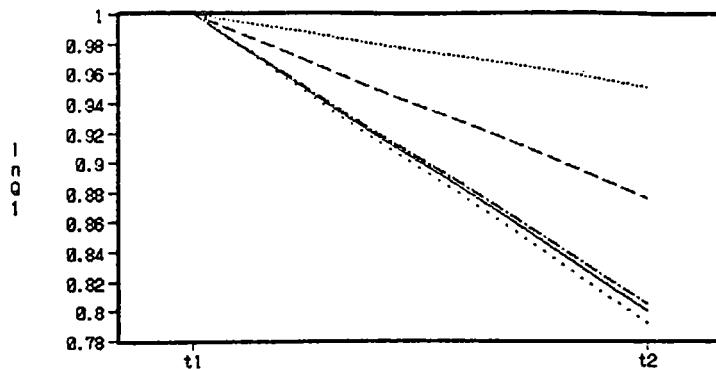
$\ln Q_1$ を1とした時の $\ln Q$ の変化 — 降雨量100mm/d程度の時



— 1925/8/16    --- 1936/9/27    ... 1920/8/4    -- 1941/7/22    ... 1943/10/2



— 1940/8/19    --- 1940/8/26    ... 1924/9/16



— 1983/8/15    --- 1990/8/9    ... 1991/8/20    -- 1986/9/2    ... 1985/6/30

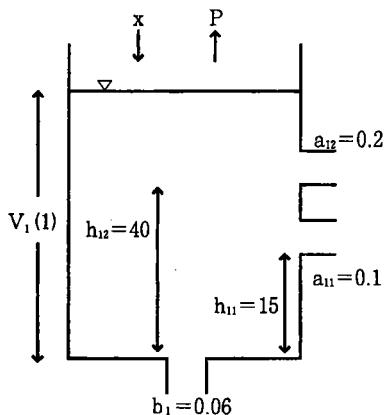


## 6. 予測した係数を用いたタンクモデルの計算実行

### 6-1 実行プログラムの説明

これまでに推定した係数をもとにタンクモデルのプログラムをTurbo Pascalによって作って実行してみたいと思う。

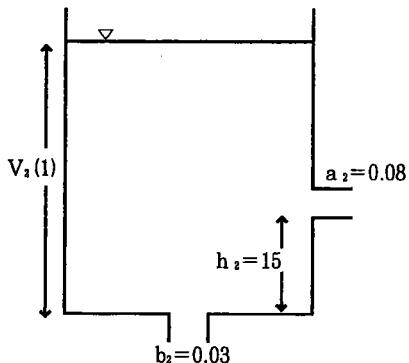
まずは3段の各タンクの係数を決めていった。



第1タンクについては次のように決めた。

$V_1(1)$	: 初期貯留高 = 5 (mm)
$a_{11}$	: 流出係数 = 0.1
$a_{12}$	: 流出係数 = 0.2
$b_1$	: 浸透係数 = 0.06
$h_{11}$	: 流出孔高さ = 15 (mm)
$h_{12}$	: 流出孔高さ = 40 (mm)
$x$	: 降水量 (mm)
$p$	: 蒸発量 (mm)

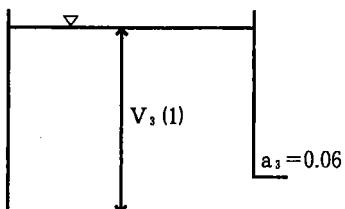
図6-1 1段目のタンク



次に、2段目のタンクについて

$V_2(1)$	: 初期貯留高 = 5 (mm)
$a_{21}$	: 流出係数 = 0.08
$b_2$	: 浸透係数 = 0.03
$h_{21}$	: 流出孔高さ = 15 (mm)

図6-2 2段目のタンク



第3タンクについては

$V_3(1)$	: 初期貯留高 = 45 (mm)
$a_{31}$	: 流出係数 = 0.06 (後期)

図6-3 3段目のタンク

あとは、各初期貯留高の設定であるが、1970年～1991年の流量の実測データと計算結果を照合させるために、降雨後の流量 $q_{out}(2) = 8 \text{ (m}^3/\text{s)}$  程度になるように、

$$V_1(1) = 5 \text{ (mm)} , V_2(t) = 5 \text{ (mm)} , V_3(t) = 40 \text{ (mm)}$$

に設定した。

残りの x と p は、降雨量  $x = 15 \text{ (mm)}$  、蒸発量  $p = 1 \text{ (mm)}$

として、以上の14個のパラメーターを「para.dat」としてデータファイルに書き込み、プログラムの中で c ドライブから読み込むことにした。

5.00	その数値は上から各貯留高 $V_1(1)$ 、 $V_2(t)$ 、 $V_3(t)$ 、
5.00	
45.00	各流出係数 $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{31}$ 、
0.100	各浸透係数 $b_{11}$ 、 $a_{21}$ 、
0.200	各流出孔高さ $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{21}$ 、
0.080	
0.060	蒸発量 $p$
0.060	
0.030	降雨量 $x$ となっている。
15.00	
40.00	このデータファイルは、計算の実行の前に変更できるようになって
15.00	
1.00	
15.00	いる。

表 6-4 para.dat

次に計算だが、まず  $t = t$  の時の各パラメーターより流出項と浸透項を算出する。y はタンク側面からの流出、z はタンク底面からの浸透である。

$$y_{11}(t) = a_{11} * [V_1(t) - h_{11}]$$

$$y_{12}(t) = a_{12} * [V_1(t) - h_{12}]$$

$$y_2(t) = a_2 * [V_2(t) - h_2]$$

$$y_3(t) = a_3 * V_3(t)$$

$$z_1(t) = b_{11} * V_1(t)$$

$$z_2(t) = b_{21} * V_2(t)$$

y、z の値が負になった時はすなわち流出、浸透はないことになるので、その値を 0 とするようにした。

次にその y と z の値を用いて、以下のように各タンクの貯留高  $V_i(t+1)$  ( $i = 1, 2, 3$ ) が計算される。

$$V_1(t+1) = V_1(t) - y_{11}(t) - y_{12}(t) - z_1(t) + x - p \quad \dots \quad ①$$

$$V_2(t+1) = V_2(t) - y_2(t) - z_2(t) + z_1(t) \quad \dots \quad ②$$

$$V_3(t+1) = V_3(t) - y_3(t) + z_2(t) \quad \dots \quad ③$$

$t = 0$  の時に降雨 x があり、その後降雨がない時の流量の変化を解析しようとしているのだから、

①式で x (雨量) が加算されるのは  $t = 1$  の時のみである。

さらに、 $t$ が1から増加して、順次大きくなると、いつか1段目のタンクが空になる。計算上は $t$ がある値をとった時に $V_1(t+1) < 0$ となる。すると蒸発が第1タンクから引けなくなるので、不足分を第2タンクから引くことにしてそれ以降 $V_1(t) = 0$ とする。

最後に $q_{out}(t)$ （流出量）を計算するのだが、流量はタンクの側面からの流出の項の総和であるから、

$$\text{流出量} = y_{11} + y_{12} + y_2 + y_3 \quad \text{となるわけである。}$$

ただし、このままでは単位は流出高（mm）なので、（m³/s）に変換するために、

$$q_{out}(t) = (y_{11} + y_{12} + y_2 + y_3) * 3.0426$$

として、計算後に $q_{out}(t)$ （m³/s）と $V_1(t)$ 、 $V_2(t)$ 、 $V_3(t)$ の値（mm）とグラフ（重ね書きができる）を表示するようにした。

次項にタンクモデルのプログラム「c\_tank.pas」を載せておく。

```
Program c_tank;
{Si b:plotpc.lib}

Const ox = 200;
      oy = 300;

Var  a11,a12,a2,a3,
      b1,b2,
      h11,h12,h2,
      p,x           : real;
      y11,y12,y2,y3,
      z1,z2,
      v1,v2,v3,qout : array[1..20] of real;
      ln_no         : integer;

Procedure read_parameters; {パラメーターの読み込み}
var dfile : text;

begin
  assign(dfile,'c:para.dat');
  reset(dfile);
  read(dfile,v1[1],v2[1],v3[1],
        a11,a12,a2,a3,
        b1,b2,
        h11,h12,h2,
        p,x);
  close(dfile);
end;
```

```

Procedure save_parameters;      {パラメーターのセーブ}

var  dfile : text;
     i     : integer;

begin
  assign(dfile,'c:para.dat');
  rewrite(dfile);
  writeln(dfile,v1[1]:6:2);  writeln(dfile,v2[1]:6:2);
  writeln(dfile,v3[1]:6:2);
  writeln(dfile,a11:6:3);   writeln(dfile,a12:6:3);
  writeln(dfile,a2:6:3);    writeln(dfile,a3:6:3);
  writeln(dfile,b1:6:3);   writeln(dfile,b2:6:3);
  writeln(dfile,h11:6:2);  writeln(dfile,h12:6:2);
  writeln(dfile,h2:6:2);
  writeln(dfile,p:6:2);    writeln(dfile,x:6:2);
  close(dfile);
  writeln('SAVE完了');
  readln;
end;

```

Procedure change\_parameters; {パラメーターの変更}

```

var
  kb1      : integer;
  kb2      : real;

begin
repeat
  clrscr;

  gotoxy(0,0);
  writeln('タンクモデルによる雨水流出解析');
  writeln(' 1..v1[1] =',v1[1]:5:3, ' 第一タンク初期貯留高[mm]');
  writeln(' 2..v2[1] =',v2[1]:5:3, ' 第二タンク初期貯留高[mm]');
  writeln(' 3..v3[1] =',v3[1]:5:3, ' 第三タンク初期貯留高[mm]');
  writeln(' 4..a11  =',a11 :5:3, ' 流出係数');
  writeln(' 5..a12  =',a12 :5:3, ' 流出係数');
  writeln(' 6..a2   =',a2  :5:3, ' 流出係数');
  writeln(' 7..a3   =',a3  :5:3, ' 流出係数');
  writeln(' 8..b1   =',b1  :5:3, ' 浸透係数');
  writeln(' 9..b2   =',b2  :5:3, ' 浸透係数');
  writeln(' 10..h11 =',h11 :5:3, ' 流出孔高さ[mm]');
  writeln(' 11..h12 =',h12 :5:3, ' 流出孔高さ[mm]');
  writeln(' 12..h2   =',h2  :5:3, ' 流出孔高さ[mm]');
  writeln(' 13..p    =',p    :5:3, ' 蒸発量[mm]');
  writeln(' 14..x    =',x    :5:3, ' 雨量[mm]');
  writeln(' 0.....メニューに戻る');

  writeln;

```

```

gotoxy(55, 4);
write (' | ');
gotoxy(45, 5);
write (' h12 | + - a12');
gotoxy(45, 6);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 7);
write (' | h11 | + - a11');
gotoxy(45, 8);
write (' | | | | | ');
gotoxy(45, 9);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 10);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 11);
write (' h2 | + - a2');
gotoxy(45, 12);
write (' | | | | | ');
gotoxy(45, 13);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 14);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 15);
write (' | | | ');
gotoxy(45, 16);
writeln (' | | | | | a3');

gotoxy(0, 25);
writeln('変更項目を入力して下さい ');
kb1=0;
readln(kb1);
if kb1<>0 then begin
  writeln('新しいデータを入力して下さい ');
  readln(kb2);
  case kb1 of
    1: v1[1] := kb2;
    2: v2[1] := kb2;
    3: v3[1] := kb2;
    4: a11 := kb2;
    5: a12 := kb2;
    6: a2 := kb2;
    7: a3 := kb2;
    8: b1 := kb2;
    9: b2 := kb2;
   10: h11 := kb2;
   11: h12 := kb2;
   12: h2 := kb2;
   13: p := kb2;
   14: x := kb2;
  end;

```

```

    end;
  until kbl=0;
end;

Procedure calq;                                {タンクモデルの計算}

var t,gx,gy1,gy2,gy3,gy4,gxx,gyy1,gyy2,gyy3,gyy4 : integer;

begin
  y12[1] := a12 * (v1[1] - h12);
  if y12[1] < 0 then y12[1] := 0;
  y11[1] := a11 * (v1[1] - h11);
  if y11[1] < 0 then y11[1] := 0;
  y2[1] := a2 * (v2[1] - h2);
  if y2[1] < 0 then y2[1] := 0;
  y3[1] := a3 * v3[1];
  if y3[1] < 0 then y3[1] := 0;
  z1[1] := b1 * v1[1];
  if z1[1] < 0 then z1[1] := 0;
  z2[1] := b2 * v2[1];
  if z2[1] < 0 then z2[1] := 0;

  v1[2] := v1[1] - y11[1] - y12[1] - z1[1] + x ;
  v2[2] := v2[1] - y2[1] - z2[1] + z1[1];
  v3[2] := v3[1] - y3[1] + z2[1];

  qout[1] := (y11[1] + y12[1] + y2[1] + y3[1]) * 3.0426;

  gx := ox+20;
  gy1 := oy - round((y11[1] + y12[1] + y2[1] + y3[1])*2);
  gy2 := oy - round(v1[1]);
  gy3 := oy - round(v2[1]);
  gy4 := oy - round(v3[1]);
  for t := 2 to 15 do
  begin
    y12[t] := a12 * (v1[t] - h12);
    if y12[t] < 0 then y12[t] := 0;
    y11[t] := a11 * (v1[t] - h11);
    if y11[t] < 0 then y11[t] := 0;
    y2[t] := a2 * (v2[t] - h2);
    if y2[t] < 0 then y2[t] := 0;
    y3[t] := a3 * v3[t];
    if y3[t] < 0 then y3[t] := 0;
    z1[t] := b1 * v1[t];
    if z1[t] < 0 then z1[t] := 0;
    z2[t] := b2 * v2[t];
    if z2[t] < 0 then z2[t] := 0;

    v1[t+1] := v1[t] - y11[t] - y12[t] - z1[t] - p ;
    v2[t+1] := v2[t] - y2[t] - z2[t] + z1[t];

```

```

if v1[t+1] < 0 then
begin
v2[t+1] := v2[t+1] + v1[t+1] ;
v1[t+1] := 0;
end;
v3[t+1] := v3[t] - y3[t] + z2[t];
if v2[t+1] < 0 then
begin
v3[t+1] := v3[t+1] + v2[t+1] ;
v2[t+1] := 0;
end;

qout[t] := (y11[t] + y12[t] + y2[t] + y3[t] ) * 3.0426;

gx:=gx;
gy1:=gy1; gy2:=gy2; gy3:=gy3; gy4:=gy4;

gx := t*20+ox;
gy1 := oy - round((y11[t] + y12[t] + y2[t] + y3[t] )*100);
gy2 := oy - round(v1[t]*5);
gy3 := oy - round(v2[t]*5);
gy4 := oy - round(v3[t]*5);

g_linst(ln_no);
g_color(1); g_line(gx,gy1,gx,gyy1);
g_color(2); g_line(gx,gy2,gx,gyy2);
g_color(3); g_line(gx,gy3,gx,gyy3);
g_color(4); g_line(gx,gy4,gx,gyy4);
gotoxy(30,5);writeln('青 :qout , 緑 :V1[t] , 水色 :V2[t] , 赤 :V3[t]');
end;
ln_no := (ln_no + 1)mod 6;
gotoxy(25,25); writeln('push return');
readln;

writeln('t qout[t] v1[t] v2[t] v3[t]');
for t := 1 to 15 do
begin
write(t,' ');
write(qout[t]:5:2,' ');
write(v1[t]:5:2,' ');
write(v2[t]:5:2,' ');
writeln(v3[t]:5:2,' ');
end;
end;

```

[メインプログラム]

```
var kb : integer;

begin
  ln_no := 1;
  g_init;
  g_cls;
  g_color(7);
  g_line(ox, oy, ox, 50);
  g_line(ox, oy, 500, oy);
  ClrScr;
  writeln;

  read_parameters;
  repeat
    clrscr;
    writeln(' メニュー');
    writeln;
    writeln;
    writeln(' 0. 終了');
    writeln(' 1. パラメーターのロード');
    writeln(' 2. パラメーターのセーブ');
    writeln(' 3. パラメーターの変更');
    writeln(' 4. モデル実行');
    writeln;

    readln(kb);

    case kb of
      1: read_parameters;
      2: save_parameters;
      3: change_parameters;
      4: begin
          calq;;
          gotoxy(25, 25); writeln(' push return');
          readln;
        end;
      end;
    until kb = 0;
END.
```

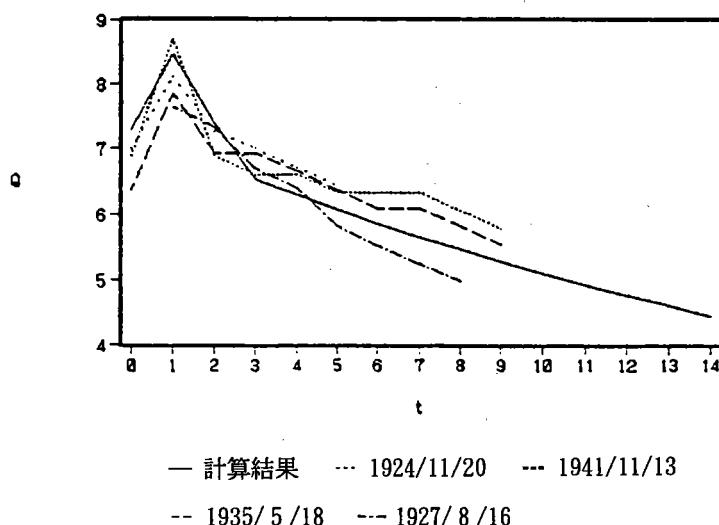
## 7. 結果・考察

前章のプログラムと14個のパラメーターによって計算した結果は以下のようになった。

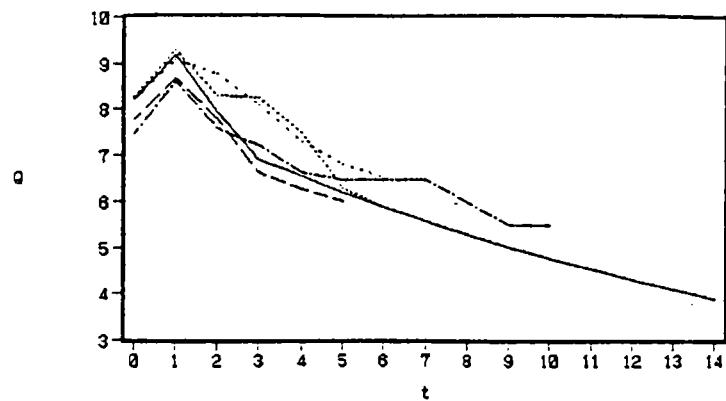
t	qout[t]	v1[t]	v2[t]	v3[t]
1	8.22	5.00	5.00	45.00
2	9.18	19.70	5.15	42.45
3	7.94	17.05	6.18	40.06
4	6.91	14.82	7.02	37.84
5	6.53	12.93	7.69	35.78
6	6.18	11.16	8.24	33.86
7	5.86	9.49	8.66	32.08
8	5.55	7.92	8.97	30.41
9	5.27	6.44	9.18	28.86
10	5.00	5.06	9.29	27.40
11	4.75	3.75	9.31	26.04
12	4.52	2.53	9.26	24.75
13	4.30	1.38	9.13	23.55
14	4.09	0.29	8.94	22.41
15	3.89	0.00	7.96	21.33

この計算値と実測値との比較したグラフを載せる。

計算結果と実測データとの比較 —— 流量の単位は  $m^3/s$

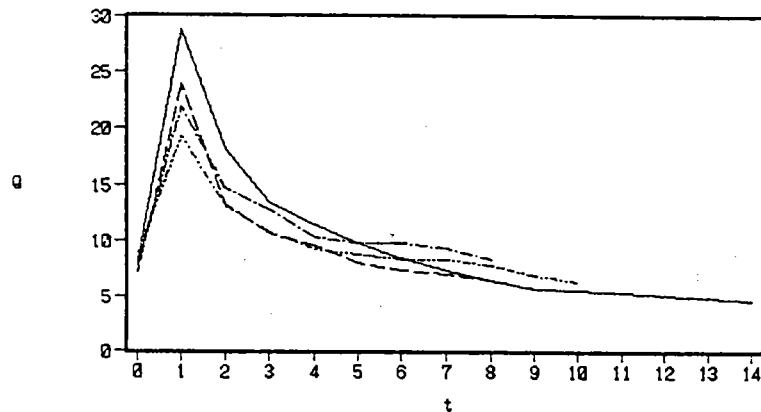


計算結果と実測データとの比較 — 流量の単位は  $m^3/s$



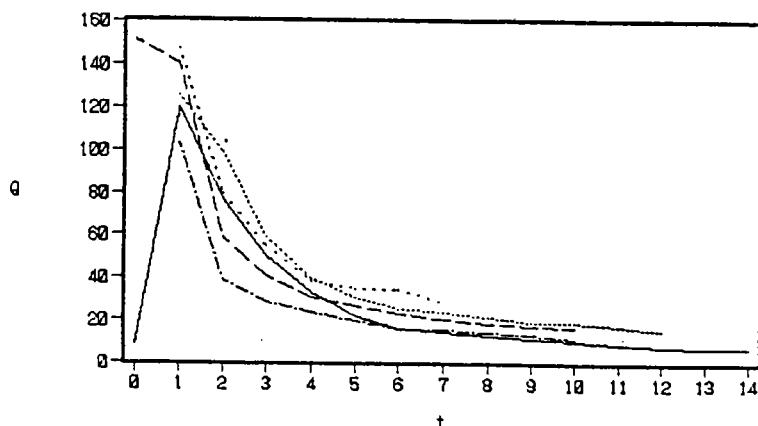
— 計算結果    ... 1974/8/17    --- 1972/5/13    -- 1973/4/26    --- 1975/12/9

計算値と実測値との比較 — 50mm/d程度の降雨があった時



— 計算結果

計算値と実測値との比較 — 100mm/d以上の降雨があった時



— 計算結果

雨量の少ない場合については前章で設定したパラメーターで計算値と実測値が近いと言える（無論、これが本当に実測値と近いと言えるのかどうかは議論の問題になるが）と思う。ただ、やはり降雨量が多くなると計算結果のグラフの方が右に寄る。つまり、降雨後のタンク残量がまだ多いという事になるのだろう。浸透係数をもっと値の大きいものにする必要があるだろう。まだまだ試行錯誤が足りないようだ。特にサンプル数が少なかった降雨量の多いものに関してはサンプル数をもっと増やしていかないと第1、第2タンクの構造が見えて来ないのであろう。

また、浸透についてよくわかっていない為、タンクモデルの縦の水の動きがよくわからないという欠点もある。もし、この浸透係数が実測データから推し量る事ができたらもう少しモデルの精度が上がるかも知れない。

5章で第3タンクの流出係数の値を0.04（前期）、0.05（中期）、0.06（後期）の3つに分けたのだが、このように $a$ の値が年々大きくなっている現象をモデルの計算の課程に組み込む事によりタンクモデルによる計算をより正確に行なう事ができるだろう。

今後の課題は、第1タンクの構造をもっと明らかにして降雨の多い時の誤差を縮めることであろう。

## 参考文献リスト

- 菅原正巳：「流出解析法」（1972）共立出版  
本間 仁：「河川工学」（1984）コロナ社  
岩井重久・石黒政儀：「応用水文統計学」（1970）森北出版、P. 1～4  
東京都水道局：「水源林経営計画書」（1966）  
「小河内貯水池管理報告書」（1970）

### 第 III 部

水源林の変化が流況特性に与える影響

# 目 次

第Ⅰ章 諸 言 .....	74
第Ⅱ章 多摩川上流部の水源林について .....	76
第1節 水源林の概要 .....	76
第2節 森林の現況 .....	87
第3節 調査流域の概要 .....	90
第Ⅲ章 流出特性の変化 .....	93
第1節 水収支解析 .....	93
第2節 流況曲線の変化 .....	97
第3節 各種流量の10年移動平均 .....	108
第Ⅳ章 水源林植生調査 .....	111
第1節 衛生データによる植生変化の解析 .....	111
第2節 流域水源林における植伐の推移 .....	113
第Ⅴ章 考 察 .....	115
第VI章 結 言 .....	116
引用文献・参考文献 .....	116

## 第Ⅰ章 緒 言

我が国は、総面積の約6割以上もの森林を有している。このように森林と深い関わり合いを持つ国は、稀である。すなわち私たちは、森林と共に生息していく必要がある。

この森林は「天然のダム」と言われているとおり、森林は、降雨を林地に浸透させてこれを保持し、地表から直接河川などに流出することを防ぎ、また山地土砂の急激な流亡・移動を防ぎ、流出水の水質を浄化するなどの機能をもつ。すなわち、森林は洪水流量緩和、水資源の涵養、土砂流失の防止、流出水質の浄化などの機能を自然に果たしている。

東京都が管理している水源林は、東京都と山梨県にまたがる21,635haの森林で、多摩川水系羽村取水所上流集水面積48,766haの約44%に相当する。この水源林は、94%が水源涵養等の保安林に、98%が秩父多摩国立公園地域に指定されており、森林の公益的機能の発揮が強く期待されている。

森林流域の水源涵養機能に関する研究は、従来から多くの研究者によって行われてきたが、流域特有の特性やその地域の降雨特性などにより、なかなか一般化できないのが現状である。特に異常渇水に、健全な森林流域であることが河川流量の確保にどれだけ有効であるかは論議が多い。

従って森林の造成過程を通じて、森林の河川流量に与える影響として、土壤や植生を長期にわたって連続的に調査し、森林の持つ水源涵養機能を究明すると共に、効率的な治山事業を推進するための指針を得ることを必要としている。

東京府が水源涵養を目的として、多摩川上流の治山事業に着手したのは、明治34年であり、本年で95年目を迎えたことになる。

我国の明治中期の時代は、近代国家を目指して政治、経済、軍事の各分野の基礎造りに東奔西走していた時代であった。日清、日露戦争を乗り切るため、財政も極度にひっ迫していたことをあわせて考えれば、想像以上に激動の時代であったことは論をまたない。

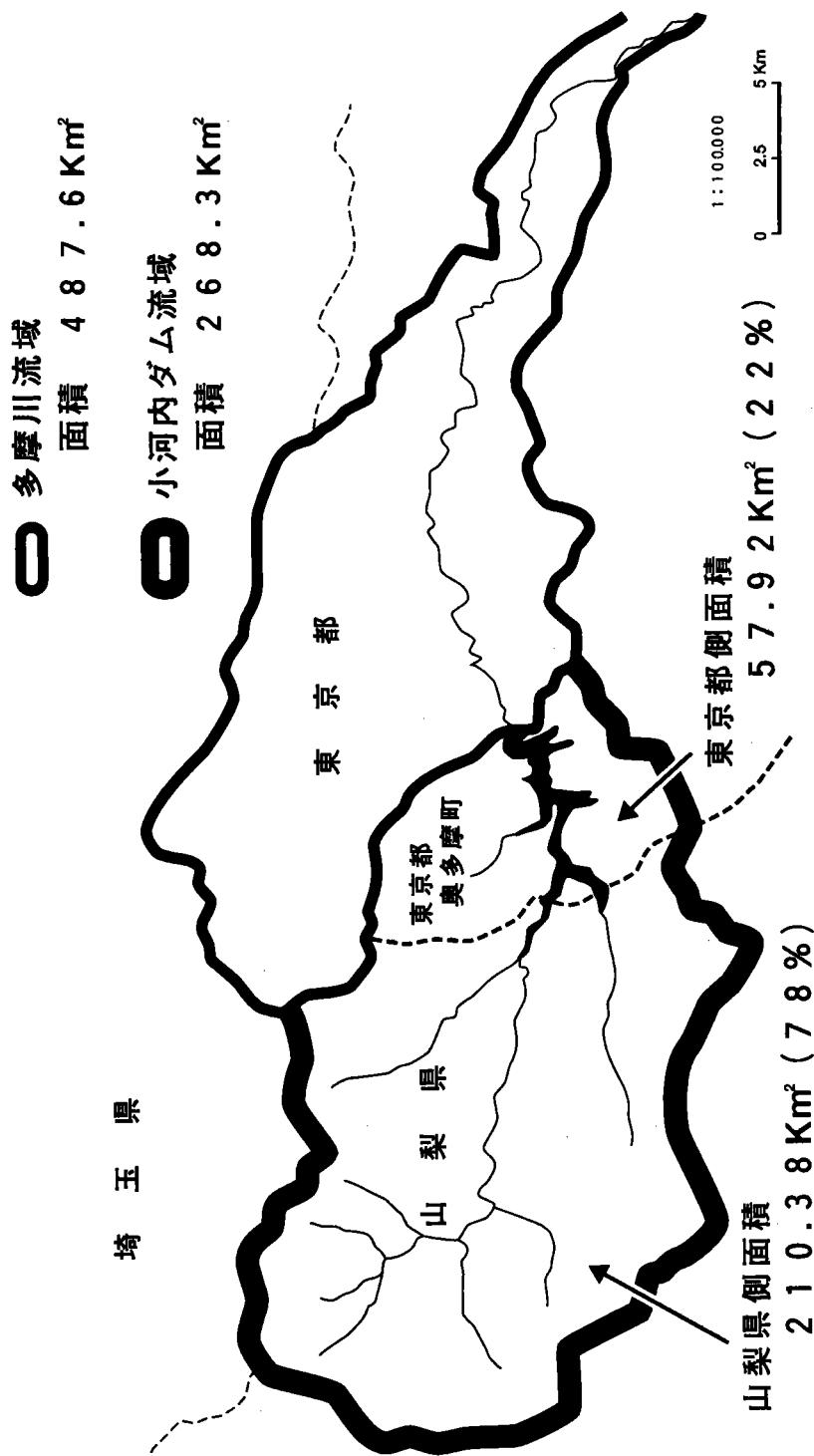
この間、洪水の被害は年々増加していたが、その反面、財政困窮の折から、十分な対応もできないまま、明治29年には、災害被害額が一億円を超すという、明治時代を通じて最大の水害の年に遭遇した。また、森林の荒廃地域は、明治初期から入会その他の慣行や地租問題などが原因して、森林は、伐採されても造林事業は遅々として進まないのが実態であった。

このような、厳しい時代に東京府、東京市は、市民の水源を確保するため、多摩川上流の森林を育成して森林の持つ洪水緩和、水源涵養、土砂流出の防備、水質の浄化等の機能を発揮させようとして、荒廃した森林の買収と、その管理経営に着手した。

さて、水源涵養事業開始当時の山地の様子を写真や調査資料によって想像し、一方、現在の鬱蒼と茂った水源林を見るとき、水源林の付加価値の偉大さを痛感する。

そこで、本研究は、長期の水文資料をもとに、多摩川上流部水源林の機能について評価を行う。また、衛星リモートセンシングデータを用いて水源林の植生変化や造成を文献などを参照して検討し、それら過去のデータと流出特性との関係を考察した。

なお、本研究にあたり「とうきゅう環境浄化財団」より研究助成を受けた。厚くお礼を申し上げる次第である。



東京都水道水源林位置図

## 第Ⅱ章 水源林と水道事業

### 第1節 水源林の概要

#### ① 水源林の概要

東京都水道局が所管する水道水源林は、多摩川上流地域の東京都西多摩郡奥多摩町、山梨県北留郡丹波山村、同小菅村および塩山市一の瀬、高橋に分布し、海拔500mから2,100mの間にまたがり、東西30.9km、南北19.5kmに及んでいる。

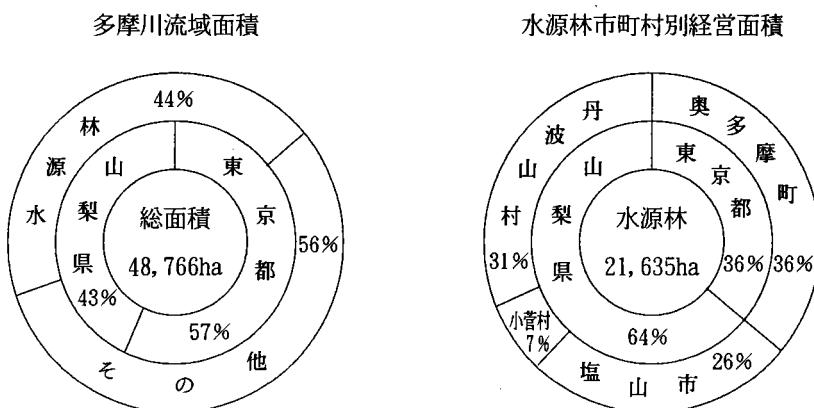
管理面積は21,635haで、多摩川羽村取水口上流の流域面積48,766haの44%を占めている。また、水源林のほとんどの地域は、昭和25年（1950）に指定された秩父多摩国立公園に含まれ、雲取山（2,017.7m）、飛龍山（2,069.1m）、大菩薩嶺（2,056.9m）など、2,000m以上の山々に囲まれた大自然で、山紫水明の地域である。

このため、ここを訪れる観光客も年々増えて、都民レクリエーションの場としても大きな役割を果たしている。

森林は、人工林（植樹した区域）が全体の29%で、他は天然林である。人工林は、カラマツの40年を最も短いサイクルとして、一部は100年以上のものを含む長いサイクルで更新していくことによって、水源涵養、土砂の流出防備、流水の浄化を図りながら、木材の生産を行っている。

また、天然林は、そのすべてを保護区に指定し、伐採などの手を加えず、保護を図っている。

多摩川の流域面積及び水源林の経営面積の分布は図Ⅱ-1のとおりである。



図Ⅱ-1 多摩川の流域面積及び水源林の経営面積の分布

#### ② 水源林の水道事業にしめる地位

##### 1. 水道水源等の現状

水道事業の経営にあたっては、豊富で清浄かつ低廉な水を住民に供給することが義務づけられている。しかし、近年、これらが困難な状況になりつつある。すなわち、量の点については、

国の発表した水の需給見込みにおいても、節水の効果が見られながらも、全国的に水源の不足が予測されており、質の点についても都市化による河川の汚濁、貯水池の富栄養化の進行等が懸念されている。

また、水道事業の経費も、水源の遠隔化、浄水処理費の増嵩等によって増大を余儀なくされ、水道事業をとりまく社会環境は、まことに厳しい時代を迎えている。

## 2. 水源林の役割

このような水道事業の経営環境から、森林の持つ流量緩和機能、土砂流出と防備機能、水質の浄化機能が、近年、再認識され、水源林経営の必要性が全国的に叫ばれている。特に下流に貯水池を持つ流域にあっては、貯水池の機能を補完するものとして、より高い機能の発揮が期待されている。

東京都水道局では、多摩川の水量、水質の確保と局の最も重要な水源施設である小河内貯水池の保全を、水源林経営の基本方針として、「緑のダム」としての水源林の役割を十分に発揮させるために、健全な森林の育成に努めている。

### (1) 流量緩和機能

地上に降った雨は、一部は地表面を流下して直接河川に流入するが、他は森林土壤を通じて地中に浸透する。この地下に入った水は、長期間にわたって小刻みに、均等に流出する。

この機能の高・低は、森林土壤・森林状態の良し悪しにかかっている。

### (2) 土砂流出防備機能

良好な森林は、地表面が多量の落葉、落枝、草木で覆われているため、表面を流下する雨水が少なく、土砂を河川に押し出すことが少ない。この働きによって、貯水池の土砂流入量も抑制される。

### (3) 水質の浄化機能

森林土壤は、雨水が地下に浸透し、下流で再び地表に出る間に雨水に含まれている大気中の夾雑物を濾過・吸着・生物酸化して、浄化する働きをもっている。特に汚水の森林土壤浸透によるリンの除去力は大きい。

## ③ 水源林地域の市町村

### 1. 奥多摩町

奥多摩町は、東京都西多摩郡に属し、都の最西端に位置している。町の中心である奥多摩駅は、都心から約75kmの距離にある。

町の面積は区部の約2分の1にあたる22,644haであって、都下最大を誇っている。しかし、90%以上の21,189haは林野で占められていて、人口密度はきわめて低い。昭和56年（1981）1月1日現在の人口は、9,966人（2,830世帯）で、過疎化が町当局の悩みである。

現在の奥多摩町は、昭和30年（1955）町村合併促進法の施工に伴い氷川町、小河内村、古里村の三箇町村が合併して成立したものである。沿革をたどると、明治22年（1889）の町村制施行により、小村落が合併統合して、小河内村、氷川村、古里村の三箇町村が誕生し、神奈川県西多摩郡に属していた。その後、同26年（1893）4月1日、神奈川県から東京府に編入された。昭和15年（1940）4月1日、氷川村は町制を施工した。

町の中央を多摩川が東西に流れ、奥多摩湖は、町の西部（旧小河内村）にある。多摩川に沿って、都県道甲府青海線が通り、東は青梅市、西は山梨県小菅村丹波山村に接し、塩山市方面に通じている。

昔から林業を中心とした純山村であったが、最近では、奥多摩湖を始め、日原鍾乳洞などの景勝地、渓谷、山岳を探勝する行楽客が春夏秋冬を問わず訪れ、年間180万人にも達している。また、昭和48年（1973）に開通した奥多摩有料道路は、秋川渓谷へと通じ、観光と地域産業の振興に貢献している。

一方、水源林との関係を見ると、奥多摩町の全面積の34%にあたる7,791haを都有水源林で占めている上に、小河内貯水池と相まって、深い関わりを持っている。東京都水道局の組織として氷川出張所及び日原出張所をおいている。

## 2. 小菅村

小菅村は、山梨県都留郡に属し、県東北部で、ほとんどが多摩川流域に位置し、村の中央を小菅川が流れ、都県境近くで奥多摩湖に流入しており、これに沿って県道が通り、奥多摩駅との間にはバスが運行されている。

村の東部は奥多摩町に、西部は大菩薩峠の分水嶺を境として塩山市に、南部は大月市・上野原町に、北部は丹波山村にそれぞれ接しており、昭和43年（1968）に鶴峠から上野原へ、46年（1971）には松姫峠から大月市へ、52年には今川峠から丹波山へと県道がそれぞれ開設された。

かつてこの地は小菅遠江守が治めていて、村名の由来もこのためとも伝えられ、それ以前の歴史も古く、多くの伝説が残っている。また、この地は昔から近隣市町村と異なり稻作が行われていたが現在ではほとんど見られなくなった。

全村域の94%は林野が占めており、そのうち、都有水源林は、1,620haと全面積の31%を占めている。

ここも過疎化が進んでいるが、最近、精密機械、電子・カメラ関連等の工場を誘致して、活気が戻りつつある。東京都水道局の組織として小菅出張所をおいている。

## 3. 丹波山村

丹波山村は、山梨県北都留郡に属し、東部は奥多摩町に、西部は塩山市に接し、南部は小菅村、北部は埼玉県秩父郡大滝村に接して、東西16km、南北10km、その周囲58km、面積は10,116haとなっている。

村の中央を丹波川が流れ、これに沿って、都県道甲府青梅線が通り、東は奥多摩町、西は塩山市へ通じている。

江戸時代には、大菩薩峠を越す青梅街道（甲州裏街道）の宿場として栄え、かつて、黒川金山隆盛の頃には、金山奉行もおかげで、「丹波山千軒」の異称も残っているが、甲斐の武田と盛衰をともにしたといわれている。

村の面積の97%にあたる9,813haは林野であり、このうち6,596haは都有水源林で、村の全面積の65%を占めている。従って、水源林との関わり合いも強い。

ここも、年とともに過疎化が進んでいるが、山村特有の伝統的風俗、習慣が色濃く残っており、観光民宿、キャンプ、登山基地として愛好家の間に親しまれ、観光客は年間約20万人にも達している。東京都水道局の組織として丹波山出張所をおいている。

#### 4. 塩山市（一の瀬高橋）

この地域は、同市の多摩川流域で通称落合と呼ばれているが、従前は、山梨県東山梨郡神金村であり、昭和29年（1954）4月、塩山市に統合され、現在は塩山市の一の瀬高橋となっている。また、この地域一帯の山を萩原山と呼んでいるが、独立した山はない。

しかし、この名称を取って、水源林の経営区域内ではこの地域を「萩原山分区」としている。

この地域は、多摩川の源流地域で水源林の最奥部に位置し、唐松尾山（2,109m）を首座として、四周を二千メートル級の連嶺に包まれた高海拔地域で、昔から道路らしい道路もなかった。明治11年（1878）、柳沢川に沿って、甲府青梅線（旧道）が開通してようやく塩山、丹波山への交通が開けた。また、この地域は、昭和29年12月になって各家庭に電灯がともった。

落合地域の面積は、5,726haで、塩山市全面積18,446haの31%にあたり、その99%は山林によって占められている。このうち都有水源林が、5,628haと落合地域の全面積の98%を占めており、住民の日常生活も水源林との関わり合いが非常に深い。

同地域は過疎化が極度に進行し、人口が非常に減少しているが、最近、民宿、保養所、林間学校施設が設けられ、年間約2万人の観光客が訪れている。

この地に人が住むようになったのは、応永元年（1394）で、南北朝時代の落武者6人が最初の入植者であったといわれ、領主武田の金鉱探索の密命を受けていたと伝えられている。

その後、黒川金山の最盛期には、黒川村とも呼ばれ、「黒川千軒」の異名も残る華やかさを呈したが、天正10年（1582）、武田の滅亡とともに金山も廃鉱となり、多くの鉱夫は市の瀬に帰農して、「市之瀬村」と称した時代もあったといわれている。東京都水道局の組織として落合出張所をおいている。

## ④ 水源林の生い立ち

### 1. 概 要

多摩川上流の森林地帯を「水源林」と呼ぶようになったのは、江戸時代に玉川上水を開設して、江戸市民が多摩川の水を「飲み水」にするようになってからのことである。この頃からすでに、良質の飲み水を継続して得るには、河川の上流地域の森林を大切に保護することが必要だと気づき、「飲み水の源の森林保護」という意味で「水源林」と呼ばれていた。

一般的に森林の公益的機能としては、水資源涵養機能の他に治山治水による国土保全、保健休養等があげられる。しかし、多摩川については長い間水道水源の確保を主体に管理されており、別名水道水源林とも呼ばれている。

徳川幕府は多摩川の安定した水を確保するために、上流一帯の森林を直轄地（天領）として、禁伐区にしたり、地元住民の入会などによって、手厚く保護してきた。これは、政治、文化の中心として急速に発達した江戸市民の生活用水を得る必要があったためと幕府の飲料水を安全かつ清浄に確保することが至上命令とされたためである。

しかし、明治政府になると、山林の官民区分、地租改正等を契機として地元民の協力が得られず盗伐、開墾、焼畑などによって山林は次第に荒廃していった。

このまま放置すれば、東京市民の飲料水の安定供給も困難となることが懸念されたので、東京府は明治34年（1901）多摩川上流地域の水源涵養林の経営に着手した。その後、水源涵養林の経営は東京市に引き継がれ、都経済局所管などの変遷を経て現在に至っている。

このように府が直接水道水源林の経営に乗り出してから、今年（2001年）で100年を迎えたことになる。

水道水源としての水源林の管理が300余年の歴史と伝統を持っていること、地方公共団体が水道事業のために、広面積の水源林を経営していることは、わが国ではきわめてまれなことであって、西欧諸国でも長い歴史と文化を誇ってきた森林国であるドイツ、オーストリア等に見られるだけである。

水源林経営の変遷を時代を追って略記すると次の通りである。

#### ●江戸時代（1603～1867）

徳川時代における多摩川の上流地域の森林地帯は、享保の改革以降、主として天領に属し、「お止め山」と称する禁伐制度を設けていた。

しかし、地域住民については「小物成」といわれる賦課金を上納し、入会権を得て生業に必要な林産物の収穫が許されていた。このため、水源地域の森林は、自己所有の森林と同様に、大切に保護育成され、鬱蒼とした森林が形成されていた。

### ●明治維新～明治26年（1868～1893）

明治維新後は、政府の森林行政がおろそかにされたため、林木の盗伐、乱伐、開墾、焼畑等が日常的に行われ、森林は荒廃の一途をたどりつつあった。また、明治11年（1878）郡区町村編成法の公布により、これまで数百年続いていた多摩郡は、東、西、南、北の4郡に分割され、東多摩郡のみが東京府に所属したが、水源地である西、南、北の多摩三郡は、神奈川県に帰属するところとなった。

このため、森林行政と水源地政策はいっそうの混乱を生じた。この時期に地籍整理に着手した政府は、山林の官民有区分と地租の検討を始め、明治14年（1881）山林原野官有民有区分法が施行された。特に、重要な水源地である最奥部の萩原山（山梨県旧神金村）等は、所有区分が不明確のままで官有地に編入され、明治22年（1889）には御料林とし、御料局（のち帝室林野管理局となる。）の所有となった。しかしながら、山林の管理保全までには手が回らない状態であった。

明治20年（1887）神奈川県は、県令26号をもって多摩川流域の森林を保安林に指定したが、経済的制約を受けている地元民の要請を受けて、明治24年（1891）東京府側に何等の連絡をすることもなく、保安林を解除してしまった。

このような状況では、東京市民の生命線であるか、水道用水を確保することは、きわめて困難になるとして、東京府は政府に対し、多摩川の流域すべてを東京府に編入するよう働きかけを行った。この結果、明治26年（1893）4月、神奈川県に所属していた多摩三郡は、東京府に編入されたが、山梨県であった丹波山村、小菅村及び神金村（現塩山市）の府域編入は、実現されなかった。

### ●明治27年～明治34年（1894～1901）

〔東京府が林業事務所を設置し水源林の経営に着手（1901）〕

明治33年（1900）2月、東京府は、水道水源地を回復し、給水の安定化を図るために、水源地最奥部にある萩原山の所有者である御料局に対し、森林の保護保全を要請したところ、同局では、受益者であり水源林に最も利害の深い、東京府または市に森林を譲渡するので、府または市が水源地の保護対策を実施してはとの意向を示した。

府知事千家尊福は、初代市長松田秀雄にこのことについて内議したが、松田市長は、時期尚早であるとしたため、翌34年（1901）東京府が、山梨県丹波山村、同小菅村にある約8,200町歩と、府下氷川村（現奥多摩町）にある日原地区の約324町歩の御料林を譲り受け、東京府林業事務所を設置して水源林経営に着手した。

また、東京府は、荒廃の著しい、日原川流域一帯の民有林約4,500町歩を保安林に編入して、水源地対策を積極的に進めることになった。

### ●明治35年～明治43年（1902～1910）

〔東京市が水源林事務所を設置し、水源林の経営を開始する。（1910）〕

明治36年（1903）3月、東京市は、萩原山御料林（山梨県下）及び東京府有林の荒廃を憂い、これらを保安林に編入するよう農商務省に申請したが、実現するまでに至らなかった。続いて同年10月東京市は、水源林経営調査のため、市参事会員、市助役、水道部長らが、水源地の現地踏査を実施した。

明治39年（1906）11月26日、東京市長尾崎行雄は、農商務省山林局に多摩川水源地の現況調査及び、森林経営に関する調査を委嘱した。

その結果、同41年（1908）1月27日、「多摩川流域森林調査第一報告書」が提出され、水源地の地形、林相、荒廃の実態が把握された。

その後、東京市は、数次にわたる現地調査を重ねその結果、尾崎市長は荒廃した水源地の復旧は市民に給水義務を有する市自ら担当する必要があると判断して、同42年3月30日市会の議決を経て「臨時水源経営委員会」を設け、水源林経営に関する諮問を行った。

尾崎市長自らも委員一行と共に、水源地を視察するなど、委員会の精力的な調査により、詳細な水源林経営案が答申された。

この経営案は、同43年（1910）3月の東京市会において議決され、同年10月18日市役所内に「東京市水源林事務所」が開設された。ここに東京市による、水源林経営の開始という歴史的一步が踏み出された。更に、同年11月には府下小河内村、同氷川村、同古里村（現奥多摩町）に散在する御料林野区700町歩を譲り受け、合わせて経営することになった。

### ●明治44年～明治45年（1911～1912）

〔市有林は14,828町歩となり、部分林（地上権設定）契約により、造林事業を促進する。〕

明治43年（1910）3月15日、臨時水源経営委員会は、多摩川上流最奥部である山梨県東山梨郡神金村（現塩山市）に所在する萩原山御料林を、部分林として植栽することを決定した。

そこで、帝室林野管理局に出願して交渉成立の運びとなったところ翌44年3月7日、同局は御料林制度を解除したので、東京市としては今度は同月9日萩原山の払い下げを出願した。しかしながら、帝室林野管理局は、同月17日恩賜林として山梨県に下賜し、3月31日付で土地引き渡しと同時に、市の出願書類も山梨県側に引き渡す結果となった。

このため東京市では萩原山の払い下げについて、同年5月8日から山梨県側と交渉に入り、同年10月20日にこれを買収することで合意に達した。山梨県知事と東京市長との覚書の交換、市会の議決などの手続きを経て、同年45年（1912）5月8日本契約を締結し、萩原山5,603町歩の買収が終了した。

これとは別に、東京市長尾崎行雄は、明治45年（1912）1月、府有林の譲渡願いを府知事

(阿部 浩)に申請したところ、同年4月3日快諾の回答を得たので、5月30日代価22万円でこれを買収した。翌31日には、山梨県丹波山村、同小菅村及び府下氷川村(現奥多摩町)に散在する8,525町歩の山林と、いっさいの付属施設を買収することができた。また、明治44年(1911)からは、府下の公私有地に部分林方式による植栽契約を締結し、359町歩あまりの部分林を設定した。

この結果、水源林の経営面積は15,187町歩に達した。

#### ●大正2年～大正15年(昭和1年)(1913～1926)

[公私有地林を買収し、部分林(地上権設定)契約により、造林事業を促進する。]

大正2年(1913)6月、青梅町に水源林事務所が設置され、青梅、氷川、丹波山、落合に派出所を設け、一応事業執行体制が整備された。

市有林に対する新植事業と平行して、わずかではあったが治山治水事業も推進し、森林の保全と育成に努めた。これに伴い、青梅町、霞村(現青梅市)に播種苗圃及び移植苗圃も設けて、スギ、ヒノキ、カラマツ等の苗木を大量に生産した。

大正年間(1913～1926)には、府下小河内村(現奥多摩町)及び山梨県神金村(現塩山市)等の公私有地林610町歩余りを買収して市有林とすると共に、府下小河内村、古里村(現奥多摩町)の、576町歩余りについて部分林契約を締結した。

また、大正12年(1923)には、経営当初の施行計画を検討し、施業の転換を図り、第二次経営計画を策定した。

#### ●昭和2年～同17年(1927～1942)

[経営面積は拡大したが、職制改正等により変革期であった。]

昭和8年(1933)10月、日原川上流地域の民有保安林(小原勝守所有)約4,780haを買収して市有林とし、更に市有林12ha余りを部分林とした。

同年11月1日、水源林事務所は水道局庶務課に属し、水源林掛となると同時に、村山、山口貯水池林も合わせて管理することとなつたため、その経営面積は20,777haとなった。このため、昭和13年(1938)第三次経営計画を策定し、経営の万全を図った。その後、昭和16年(1941)には、再び水源林事務所が再設されるところとなつた。

#### ●昭和18年～同20年(1943～1945)

[東京都経済局水源林時代]

昭和18年(1943)7月1日、東京都制が施行されると同時に、第二次世界大戦に対処する一環として、水源林は東京都経済局に移管され、水源涵養より経済性が重視され、軍需資材や生活資材のための過伐が余儀なくされた。

## ●昭和21年～現在（1946～1981）

〔戦後の経営が再開され、自然保護との調和を図りながら、経営にあたっている。〕

終戦後の昭和21年（1946）4月1日、水源林は水道局に返還され、戦後の経営が開始された。翌22年（1947）には施業大綱（第4次経営計画）を策定し、同24年（1949）に水源林事務所の庁舎が、現在の位置に新設された。同25年（1950）水源林地域の一帯は秩父多摩国立公園に指定され、また同25年（1950）3月、古里村有林（くまたか沢等）186haの部分林を買収した。

昭和42年（1967）以降小河内貯水池の周囲林の移管を受けて、経営面積は21,635haとなつた。

## ⑤ 経営計画の推移

### 1. 経営前期の計画と推移

#### 1. 当初の経営計画（明治34年～大正11年＝22年間）

明治34年（1901）御料林を譲り受け、林業経営を開始した東京府は、東京帝国大学教授本多静六林学博士を迎、明治36年度（1903）から山梨県丹波山村泉谷地域等において、ドイツ・フランス等西欧先進国の林業施策を範として、天然林を伐採してスギ・ヒノキ等を植栽し、針葉樹林に転換する造林政策を進めた。

しかし、これらの造林地域は、1,200m以上の高海拔地帯で、かつ、北面の風衝地帯も多くあったため、寒害を受けてその大部分は枯損し、計画通りの造林事業の成果を得ることはできなかった。また、それに加えて、伐採した天然林（雑木）を利用して、現地に70人あまりの製炭夫を雇い、製炭事業を実施したが、製品の質と販売網の不備から売れ行き不振のために意の如くならず、本多教授の自伝によれば、当時の金額で7,050円余りの「下り」を生じてしまい、教授及び数人の世話人でこれを負担することによって、ようやく東京市へ引き渡したという。

明治43年（1910）東京市が水源林の経営に着手するにあたって策定した当初の経営計画は、前章に述べたとおり臨時水源経営調査委員会の第2回報告に基づき、東京市会において決定されたものであった。

しかし、当初計画による植林が厳しい連続寒波等により甚大な被害を受け、カラマツ以外のスギ・ヒノキ等の多くが枯死してしまったため、計画を再検討して修正を加えることとした。すなわち、地況に応じてスギ・ヒノキの一斉造林を避け、カラマツの前植を実施し、一定の鬱閉状態を得た後にヒノキの下木植栽を実施する方法をとったところ、次第に良好な森林を形成するようになった。

本期間中の造林面積は、2,525町歩と計画を大幅に下回った。

## 2. 第二次経営計画（大正12年～昭和12年＝15年間）

前項で述べたとおり、大面積への一斉造林は、寒害等の被害を受けやすく、将来的にも水源涵養上多くの弊害を招く恐れのあることが判明したため、当初の経営計画を再検討して改定したものが、第二次経営計画である。

これによると、15,000町歩の造林予定面積を約半分の8,107町歩に縮小修正し、既造林地3,760町歩を差し引いた4,347町歩の山林に対して、向こう60年間の長期にわたって植栽改良を進め、他の森林については将来の収穫を予定せず、森林の保護に努めるとの計画になっている。

なお、第一次経営計画以降実施してきた萩原山など山梨県下のカラマツ林に対しては、ヒノキの下木植栽を実施し保育に努めた結果、森林は次第に良好な林況を呈するまでになった。

昭和8年（1933）10月には、日原地区の民有保安林4,780haを買収して市有林とし、また同年11月1日からは、水源林事務所が東京市水道局庶務課水源林掛と機構改革になって、村山山口貯水池林の674haの移管を受けたために、水源林の管理面積（村山、山口貯水池林を除く）は20,777haとなった。

## 3. 第三次経営計画（昭和13年～同22年＝10年間）

第三次経営計画は、施業地を18,208haとし、このうち70%を占める天然林は、保護保育を主目的として、回帰年30年弱の単木択伐を施行し、後継樹の生立と稚樹の発生を促し、混交多層林に誘導して、常に鬱蒼とした状態を確保するという内容であった。

また、府有林当時から植栽した人工林は約20%に達し、すでに最高36年生となったが、主伐は行わず間伐だけにとどめた。

しかし、本期間中は水源林経営にとって厳しい時代であった。

すなわち、計画が緒についた昭和16年（1941）12月、太平洋戦争が始まり、戦況が悪化しつつあった同18年7月1日の東京都制施行と同時に、水源林の経営は東京都経済局へ移管され、それまでに育てた豊富な森林資源は、戦争遂行のための生産資材として、過伐を余儀なくされていった。

戦後、昭和21年（1946）4月1日、水源林は水道局に返還され、水源林経営が再開されることになった。

## 2. 戦後の経営計画

### 1. 第4次経営計画（昭和22年～同30年＝9年間）

水源林の返還を受けた水道局は、多摩出張所内に水源林掛を設け、その経営にあたることになった。また、これと同時に村山山口貯水池林の674haは、給水課で所管することになった。したがって、これを機会に従来からの経営計画に再検討を加え、伐跡地の復旧に重点をおいた第4次経営計画（水源林施業大綱）が策定された。

この計画は、管理面積20,777haのうち施業地を16,014ha年、天然林は回帰年30年の択伐更新と、老齢木の整理伐採を行い、後継樹の成長及び稚樹の発生を促し、漸次健全な混交多層林に誘導することを目標とした。また、地況・林況によっては人工植栽を合わせて行い、天然林の更新助成を図ることとした。人工林については、従前の保育のみの施業を変更して、一部主伐を実施することとした。

昭和22年（1947）7月1日、水源林事務所は、陣容も一新して総勢199名の組織として再設された。また、同年8月に水道局内に、東京都水源林経営委員会が設置され、長期展望の上に立って、今後の社会的要請に対応する経営管理を行うことになった。

続いて、同25年（1950）には、水源林の大部分が秩父多摩国立公園に指定されている水源林のほとんどの地域が、特別地域の指定された。

一方、同27年には地方公営企業法が制定され、水道事業は、地方公営企業として、企業性の発揮がよりいっそう強く要請されるようになり、社会的変革期の中で水源林もまた新体制への脱皮が要請された。

このように、激しい変革期にあったために、この期間における新規植栽面積は、わずか179haにとどまったが、苗木養成事業等も再開されるようになった。

## 2. 第5次経営計画（昭和31年～同40年＝10年間）

この計画は、経済白書が「もはや戦後ではない」と宣言した時代の昭和31年（1956）4月に策定したものである。この当時国の森林行政は、経済性に乏しい広葉樹林は逐次伐採して、経済性に優れた針葉樹に切り替えるという、いわゆる“拡大造林”政策であった。

一方、地方公営企業としての水道事業が推進される中にあって、水源林の経営もまた、経済性の発揮を考慮した計画となつた。

この計画の方針は、大要次の通りである。

- ア. 天然林の人工林化を積極的に推進する。すなわち、当期間に610haの林種転換を予定し、さらに地位・林況・林道開発等を考慮して林種転換を進め、最終的には7,000ha（全面積の約30%にあたる。）の人工林化を目指とする。
- イ. 天然林の択伐は、当分継続するが、その区域の選定を慎重にして、更新の確実を期する。
- ウ. 人工林の主伐は、現在の齢級関係の偏在を是正しながら、また天然林の林種転換に伴う造林量をも考慮し、一時的に大面積の造林を行うことのないように年々の主伐面積を決定する。

エ. 人工林の保育作業は、従来必ずしも充分でなかったので、一層確実に実施する。

したがって、天然林の伐採を進め、スギ・ヒノキ等の針葉樹を植栽するとともに、森林の保育作業を実施した。また、各区分ごとに苗圃を設け、スギ・ヒノキ・カラマツ・モミ等の播種苗の育成と、カラマツの幼苗養成やウラジロモミ等の山引き苗の養成にも努めた。

昭和32年（1957）小河内貯水池の完成にともなって、水源林は、水源の涵養のみならず、貯水池の保全の機能も担うこととなった。また、小河内貯水池上流地域保全のため、鉱区禁止の問題がクローズアップされ、その対応を迫られた。

このように、水源林の使命が、いっそう重要視されるようになった昭和35年、所得倍増計画が国の政策として決定され、経済の高度成長の拡大生産の時代へと突入し、この風潮は、奥地林道の開設として水源林の経営にもあわられてきた。

### 3. 第6次経営計画（昭和41年～同50年＝10年間）

この計画は、森林の持つ水源涵養機能を十分に発揮させ、併せて森林の経済性を高め、もって水道事業に寄与することを目的としたもので、その方針は次のとおりである。

ア. 更新の確実な実施を図る。

イ. 治山事業を実施して、荒廃林地の復旧・林野荒廃の積極的予防等を図り、土砂の流出を防止する。

ウ. 健全な森林を育成し、生産力を増大させるために、

(ア) 全計画の方針を引き継ぎ、将来7,000haの人工林化を図る。

(イ) 保続生産計画に基づいて、老齢人工林を整理伐採する。

(ウ) 天然林の択伐を縮小して蓄積の回復を図る。

(エ) 人工林の保育作業を確実に実施すると共に、森林保護に努める。

エ. 森林の経済的価値を高め、経営及び管理の円滑化を図るため、林道を積極的に開設する。

オ. 秩父多摩国立公園区域として、風致の維持増進を図る。

カ. 作業の請負化・機械化等に努め、経営の近代化を図る。

しかしながら、計画期間の半ばに至り、高度経済成長政策に伴う拡大造林政策は、自然破壊につながるものであると批判される結果となり、環境保全と天然林の保護が時代的要請となつたこと也有って、計画の一部を修正して、天然林の伐採を中止するとともに、人工林の伐採についても漸減するよう、軌道修正することになった。

一方、国内における木材需要の動向を見ると、昭和40年度（1965）以降外材の輸入が急激に増大し、昭和45年度には、総需要量の30%を占め、この計画の最終年度である昭和50年には、実に65%までに達し、国内産の木材価格は低迷を続ける結果を招いた。

以上明治以降の水源林経営の動きを紹介したが、この期間中における森林の更新状況をとりまとめたのが、表II-1である。

表Ⅱ-1 水源林事務所経営計画及び実施の概要（明治43年～昭和55年）

計画区分	年度別区分	経営面積	営業計画概要	実施概況
第一次	明治43年～大正11年 (1910～1922)	最初の10年間で無立木地の5,000町歩に造林し、次の20年間で天然林10,000町歩を伐採して造林し人工林にかえ、30年間で15,000町歩の地域をスギ・ヒノキ・カラマツ等を主体に造林することを基本方針とした。	経営面積18,750町歩のうち、施業地を15,000町歩とした。本期間は計画に基づき、主としてスギ・ヒノキ・カラマツ・サワラを、また立地条件によってはアカマツ・クリ・ケヤキ等の植栽造林を進め、3,760町歩の地域に植栽造林を実施した。また、明治43年度から15年間を、第一期植栽事業期間とした。	
第二次	大正12年～昭和12年 (1923～1937)	経営面積を16,236町歩、施業地は8,107町歩に縮小した。したがって、未植栽地の4,347町歩に対しては、毎年72町歩程度を伐採し、向後60年間でこれらの山林を人工林に更新することとし、他の施業制限地域に対しては、収穫を予定せず保護育成を図ることとした。	天然林を人工林に更新する目的で伐採した原木を利用して、直営製炭事業を開始した。伐採跡地に対する植栽事業も順調に進められ、第一期事業の終了した大正15年に4,219haの植栽を実施した。昭和8年日原川流域の約4,800haを買収した。	
第三次	昭和13年～昭和21年 (1938～1948)	経営面積が20,771haに拡大したため、その70%を占める天然林は、回帰30年の弱度の草木折伐を実施し、水源から養林として有効な混交多層林のうつそうたる森林に誘導することを経営の基本方針とし、小面積の植栽を随所に実施することとした。	植栽事業は、小面積の植栽を随所に実施して、期間中目標の774haを植栽し、これまでに4,993haの植栽を完了した。	
第四次	昭和22年～昭和30年 (1949～1955)	21年4月水源林は再び水道局の所管となり、戦時中放置されてきた人工林は、保育作業に重点を置き、過伐跡地への植栽造林を推進した、なお木材の受給調整上一部森林の主伐を行い、翌年植栽する方針をとった。	昭和27年度までは、森林保育と過伐跡地への植栽作業に重点を置き、施業に当たり、それ以後は伐採との均衡を保ちながら植栽事業を推進し、期間中の植栽面積は179haであった。	
第五次	昭和31年～昭和40年 (1956～1965)	国の林業政策により、経済性の乏しい広葉樹林を、経済性に優れた針葉樹に切り替える拡大造林策をとった。	拡大造林に伴い皆伐作業も積極的に進められ、人工林887ha天然林1,161haを伐採し、これらの地域に植栽を実施した。	
第六次	昭和41年～昭和50年 (1966～1971)	水源かん養林として、自然保護に配慮を払いながらも、前期に引き続き拡大造林計画を踏襲した。46年以降は天然林保護の時代的要請を受けて、計画の一部を修正して、天然林の伐採を中止するとともに、人工林の伐採についても漸減させることにした。	本期間は、前半の45年までは前期と同様に拡大造林がとられてきたが、後半にいたり自然保護が重視されるようになり、天然林の皆伐は中止した。したがって、新植造林も再造林のためのもののみとなり漸減し、森林保育に重点が置かれた。	
第七次	昭和51年～昭和60年 (1976～1985)	水源かん養機能を高度に發揮することを基本方針とし、①水源かん養をより發揮させるための森林施業を実施し、②特に土砂流出防止事業を積極的に進め、③地域自然保護を配慮して、経営に当たることにした。	地域自治体の関係を考慮して、副次的な林木収穫にとどめている関係で、人工林の伐採も漸減し、新植作業も著しく減少した。	

## 第2節 森林の現況

水源地域の地形は、萩原山の花崗岩地帯を除き、全般的に古・中生層に属する急傾斜地が多く、海拔1,200m以上の高所が管理面積の66%を占めている。このため、気候は寒冷で、過去の最低気温は、落合観測所で昭和49年（1974）1月-20.3℃を観測している。

水源地域の森林は、森林植物帶上の水平分布から見ると、温帯南部に属し、垂直分布から見ると温帯性山地帯から亜寒帯性山地帯にわたっており、人工林が29%、天然林が69%を占め、生育は全般的に良好である。

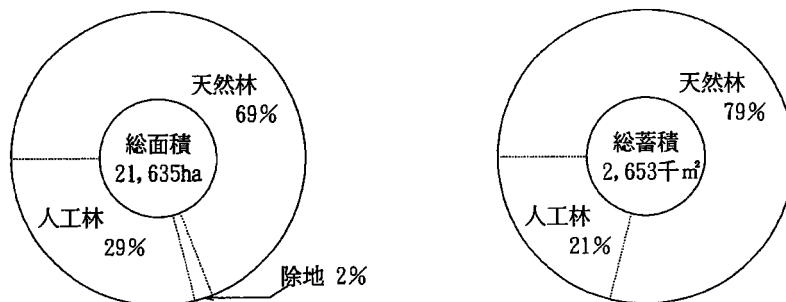
人工林は、スギ、ヒノキ、カラマツが大部分を占め、これらの単純林か、ヒノキとカラマツの混交林である。昭和10年から同30年までの植栽面積は比較的少なく、林齢分布は、幼齢および高齢に偏した凹形を示している。

天然林は、広葉樹のブナ、ナラ、クリ、シオジ、カエデ類、カンパ類、カツラ、トチノキ、サクランボ等と、針葉樹のツガ、コメツガ、ウラジロモミ、シラベ等とが主な構成樹種となっている。

森林現況及び気象状況は、表II-2、図II-2のとおりである。

表II-2 森林現況表

都 県 名	市 町 村 名	分 区 名	林 地		除 地 面 積	合 計 面 積	面 積 比 率	市町村面積に 占める割合
			人 工 林	天 然 林				
東 京 都	奥多摩町	日原	738 <sup>ha</sup>	4,297 <sup>ha</sup>	66 <sup>ha</sup>	5,101 <sup>ha</sup>	24%	%
		水川	1,458	1,046	186	2,690	12	
	計		2,196	5,343	252	7,791	36	
山 梨 県	塩山市 (一の瀬高橋)	萩原山	2,507	2,970	151	5,628	26	98
	丹波山村	丹波山	1,085	5,416	95	6,596	31	65
	小菅村	小菅	415	1,179	26	1,620	7	31
	計		4,007	9,565	272	13,844	64	
	合 計		6,203	14,908	524	21,635	100	
面積比率 %			29	69	2	100		



図II-2 森林現況図

### 第3節 調査流域の概要

#### 1. 位置

東京都水道局が所管する水源林は、多摩川の上流域で山梨県塩山市、同北都留郡丹波山村、同小菅村及び東京都西多摩郡奥多摩町に分布し、海拔高500mより2100mの間にまたがり、東西約30.9km、南北約19.5kmに及んでいる。

#### 2. 面積

羽村取水上流の多摩川流域面積48,766haのうち、水源林の経営面積は21,630haを占め、44%にあたる。この概況は表III-1のとおりである。

表III-1 多摩川流域面積表

単位：ha (%)

所有別	山 梨 県			東 京 都			計		
	林 野	そ の 他	計	林 野	そ の 他	計	林 野	そ の 他	計
水源林	(68)	—	(66)	(32)	—	(28)	(48)	—	(44)
	13,839	0	13,839	7,791	0	7,791	21,630	0	21,630
その他	(32)	(100)	(34)	(68)	(100)	(72)	(52)	(100)	(56)
	6,595	604	7,199	16,819	3,118	19,937	23,414	3,722	27,136
計	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
	20,434	604	21,038	24,610	3,118	27,728	45,044	3,722	48,766

#### 3. 気候

多摩川の最上流部に位置する萩原山分区の落合出張所（海拔1122m）の観測結果によると、年平均気温は8.3度と低く、もっとも寒い1月の平均気温は-3.4度、8月の平均気温でも19.8度と、夏季に低温の高冷地特有の気候を示している。また、年平均降水量は1694.6mmとなっている。

#### 4. 水系

河川は、各山系を源として多摩川本流に流入している。

本流は、おおむね西より東の方向に流れ、ほとんどの支流は、ほぼ地質構造線の方向に流れている。

多摩川本流は、水干(みずひ)を水源とする一ノ瀬川に始まり、柳沢川、泉水谷及び後山川を合わせて、奥多摩湖に達する。奥多摩湖で小袖川、小菅川及び峰谷川を合わせ、さらに東流して氷川で日原川を合流している。氷川上流の本流と主要支流の流域表を示すと表III-2及び表III-3のとおりである。

表III-2 多摩川本流 流域表(氷川上流)

単位: 距離km、面積km<sup>2</sup>

地名	単距離	追加距離	流域面積	備考
水 源	0.0	0.0	0.0	みずひ
柳沢川合流点	8.6	8.6	63.6	一ノ瀬川橋
泉水谷合流点	3.4	12.0	91.1	三条橋
小常木谷合流点	2.5	14.5	101.7	
鞠子川合流点	3.5	18.0	116.3	
後山川合流点	3.9	21.9	154.6	親川橋
鴨沢橋	2.8	24.7	164.6	小袖川流入点
深山橋	1.8	26.5	213.3	旧・小菅川合流点
小河内神社下	3.4	29.9	246.6	旧・峰谷川合流点
水根沢合流点	4.6	34.5	265.6	小河内ダム下
日原川合流点	6.2	40.7	377.9	

表III-3 多摩川主要支流 流域表(氷川上流)

河川名	流域面積 (A) km <sup>2</sup>	流路長 (L) km	平均値 km	形状係数
一ノ瀬川	33.8	8.6	3.93	0.46
柳沢川	29.8	7.4	4.03	0.54
泉水谷	23.6	6.3	3.75	0.59
小常木谷	6.9	4.2	1.64	0.39
鞠子川	5.0	4.2	1.19	0.28
後山川	30.4	9.1	3.34	0.37
小袖川	6.0	6.0	1.00	0.17
小菅川	46.7	15.0	3.11	0.21
峰谷川	19.7	8.0	2.46	0.31
水根沢	7.6	5.2	1.46	0.28
日原川	94.5	17.8	5.31	0.30

$$\text{平均値} = \frac{\text{流域面積}}{\text{流路長}} = \frac{A}{L}, \quad \text{形状係数} = \frac{\text{流域面積}}{(\text{流路長})^2} = \frac{A}{L^2}$$

## 5. 土 壤

土壤は、褐色森林土、ポドソル及び草原性黒色土の3群があるが、ほとんどが褐色森林土中のB C、B D (d) 及びB D型土壤である。

ポドソル土壤は、P D III型がわずかに1000m以上の急傾斜な尾根筋に、また黒色土が萩原山分区のゆるやかな尾根筋に一部見られる。

なお、分區別に土壤の分類を示すと、表III-4のとおりである。

表 III-4 土 壤 分 類 表

単位：面積ha、比率%

土壤型	萩原山	丹波山	小菅	奥多摩	計	比率	備考
B A	6	3	—	—	9	—	乾性褐色森林土 (傾斜地型)
B B	55	111	13	40	219	1	乾性褐色森林土 (傾斜地型)
B C	948	1,001	282	518	2,749	13	弱乾性褐色森林土
B D(d)	1,741	2,049	843	2,925	7,558	35	適潤性褐色森林土
B D	1,326	1,244	422	2,333	5,325	25	適潤性褐色森林土
B E	104	94	53	147	398	2	弱湿性褐色森林土
P D	18	4	6	—	28	—	弱ポドソル化土壤
B ℓ	954	5	—	—	959	4	黒 色 土
G	4	—	—	—	4	—	グ ラ イ
調査外地	468	2,085	—	1,828	4,381	20	
計	5,624	6,596	1,619	7,791	21,630	100	

## 第Ⅲ章 流出特性の変化

### 第1節 水収支解析

#### 1. 資料

資料は、1925年から1993年までの東京都水道多摩川水源地の小河内ダム地点の日流量と日降雨量の資料である。小河内ダムの流域面積は、 $268.3\text{km}^2$ で、流量、降雨量とともに、水高で表示した。

#### 2. 水収支解析

表3-1に水年を1月1日から12月31日として、年降雨量（R）、年流出（Q）、及び年損失量（R-Q）を算定した結果を示す。1928年、1937年、1945年、1946年に年損失量がマイナスとなっている。原因は不明であるが、観測精度の信頼性を疑わせるものである。そこで、あまり各年度ごとの厳密な解析よりも、長期にわたる観測資料である点を生かして、水収支の傾向について検討した。

図3-1に、年降雨量、年流量、年損失量の10年移動平均の値を示す。ただし、年損失量がマイナスの年はデータから除外した。

降雨量の増減に対して、流失量の増減は同じような変動を示しているが、損失量は、最初の20年程度は減少ないしは横這いの傾向が、その後増加の傾向となり、さらに一定の傾向となっている。降雨量の変動に対して、独立的であるように見受けられる。

表3-1 水 收 支

	R(mm/year)	10year-avg	Q(mm/year)	10year-avg	Loss(mm/year)	10year-avg
1925	1980.7	1685.2	1409.1	1355.9	571.6	329.3
1926	1168.4	1674.9	680.2	1372.1	488.2	302.8
1927	1510.2	1735.1	1062.8	1426.4	447.4	308.7
1928	2349.9	1714.1	3454.1	1450.4	-1104.2	263.7
1929	1801.8	1745.2	1259.2	1309.7	542.6	435.5
1930	1829.1	1742.4	1607.8	1341.6	221.3	400.8
1931	1566.5	1662.9	1076.7	1258.1	489.8	404.8
1932	1575.1	1707.0	1102.8	1311.6	472.3	395.4
1933	1593.0	1689.1	1002.9	1285.1	590.1	404.0
1934	1477.6	1700.0	903.7	1312.8	573.9	387.1
1935	1877.4	1697.8	1570.6	1315.0	306.8	382.8
1936	1770.3	1627.6	1223.0	1312.7	547.3	315.0
1937	1300.6	1525.6	1303.3	1281.2	-2.7	244.4
1938	2660.1	1520.4	2046.5	1244.1	613.6	276.4
1939	1774.3	1465.1	1578.5	1168.6	195.8	296.5
1940	1034.4	1492.0	772.9	1179.7	261.5	312.3
1941	2007.0	1634.0	1611.9	1325.4	395.1	308.6
1942	1396.6	1601.2	838.1	1281.5	558.5	319.7
1943	1701.4	1616.0	1280.0	1292.7	421.4	323.4
1944	1455.6	1633.2	925.4	1287.3	530.2	345.9
1945	1176.0	1668.7	1547.0	1324.9	-371.0	343.8
1946	750.3	1716.7	908.7	1290.4	-158.4	426.3
1947	1248.4	1840.2	931.5	1347.2	316.9	493.0
1948	2106.5	1879.5	1291.5	1377.1	815.0	502.4
1949	2043.3	1861.6	1689.6	1374.8	353.7	486.8
1950	2455.2	1896.7	2230.2	1362.6	225.0	534.1
1951	1678.9	1807.5	1173.3	1231.9	505.6	575.6
1952	1544.8	1816.3	949.6	1220.8	595.2	595.5
1953	1873.4	1807.4	1226.7	1208.0	646.7	599.3
1954	1809.9	1752.5	1301.1	1168.7	508.8	583.7
1955	1656.4	1708.5	1202.3	1113.6	454.1	594.9
1956	1985.2	1715.2	1476.1	1100.5	509.1	614.7
1957	1641.1	1709.6	1230.7	1081.5	410.4	628.1
1958	1928.1	1698.2	1268.6	1050.1	659.5	648.1

	R(mm/year)	10year-avg	Q(mm/year)	10year-avg	Loss(mm/year)	10year-avg
1959	2394.2	1708.3	1567.3	1049.5	826.9	658.8
1960	1563.3	1631.1	923.6	989.9	639.7	641.2
1961	1766.8	1618.0	1061.7	983.3	705.1	634.7
1962	1455.1	1575.6	821.9	959.3	633.2	616.3
1963	1324.4	1621.1	833.8	999.5	490.6	621.5
1964	1370.5	1612.1	749.8	986.9	620.7	625.2
1965	1723.1	1699.6	1071.1	1052.3	652.0	647.3
1966	1929.6	1686.3	1286.6	1040.6	643.0	645.7
1967	1526.5	1665.1	916.4	1012.5	610.1	652.6
1968	2029.6	1682.4	1262.7	1030.8	766.9	651.6
1969	1621.6	1612.6	971.2	969.6	650.4	643.1
1970	1433.1	1621.2	857.6	971.6	575.5	649.6
1971	1342.2	1620.3	821.6	969.1	520.6	651.2
1972	1910.3	1650.6	1224.6	992.8	685.7	657.9
1973	1234.9	1692.1	707.7	1010.0	527.2	682.1
1974	2245.3	1799.1	1403.6	1095.6	841.7	703.5
1975	1589.6	1689.0	953.7	1017.5	635.9	671.5
1976	1718.3	1717.0	1006.1	1031.2	712.2	685.8
1977	1698.9	1695.9	1098.8	1021.1	600.1	674.9
1978	1332.0	1649.2	650.6	975.8	681.4	673.4
1979	1707.0	1696.9	991.6	1036.4	715.4	660.5
1980	1424.6	1757.0	832.9	1094.0	591.7	663.0
1981	1645.4	1815.3	1058.0	1130.2	587.4	685.1
1982	2325.2	1882.8	1397.3	1196.3	927.9	686.5
1983	2304.6	1808.7	1563.6	1163.3	741.0	645.4
1984	1144.8	1738.2	622.6	1123.2	522.2	614.9
1985	1869.0		1090.5		778.5	
1986	1507.9		904.7		603.2	
1987	1231.8		646.5		585.3	
1988	1808.3		1255.9		552.4	
1989	2308.4		1568.3		740.1	
1990	2007.8		1194.4		813.4	
1991	2320.0		1719.1		600.9	
1992	1583.9		1067.3		516.6	
1993	1599.6		1163.1		436.5	

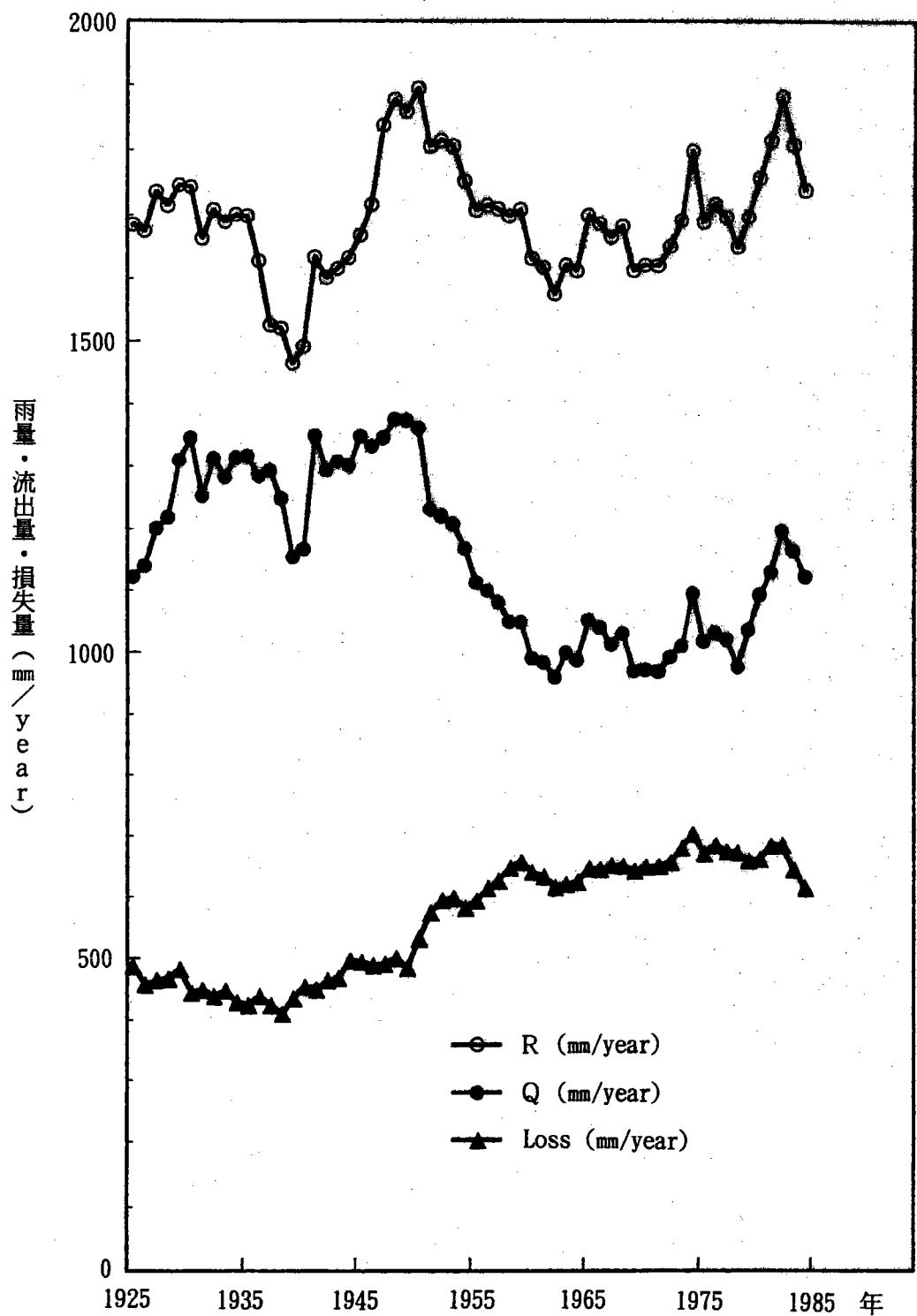


図3-1 水収支の10年移動平均

## 第2節 流況曲線の変化

年間の日流量を、最大流量から最小流量の順番に並び替え、最大流量の日数を1として順次日数を加算して示した曲線を流況曲線という。

図3-2・1から図3-2・10の流況曲線は1925年から1993年を各10年平均で表している。この図から、1925年から1954年までは、全平均より高水部、平水部、低水部共に上まわっているが、1955年から1964年では、高水部、平水部で減少し1965年以降では、高水部、平水部、低水部共に減少傾向にある。この減少傾向で変化の見られた1956年から1993年までの各年流況曲線を図3-2・11から図3-2・39に示す。各年での流況曲線では、雨量によっての変化がみられるが、全体的に減少傾向がみられる。

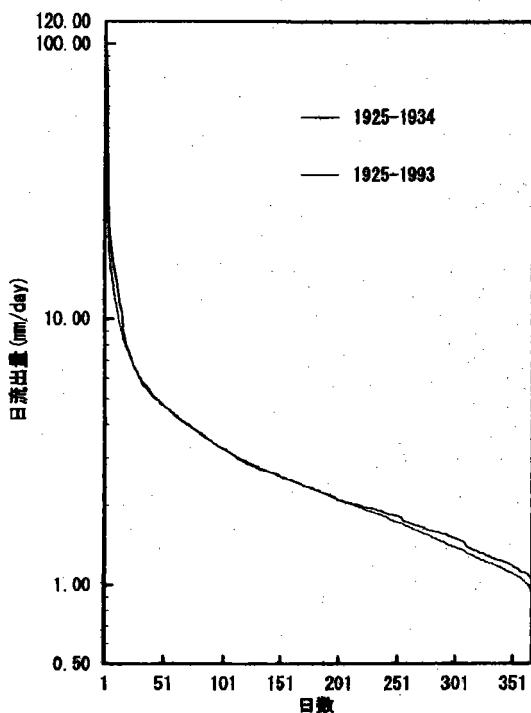


図 3-2・1 流況曲線 1925～1934年

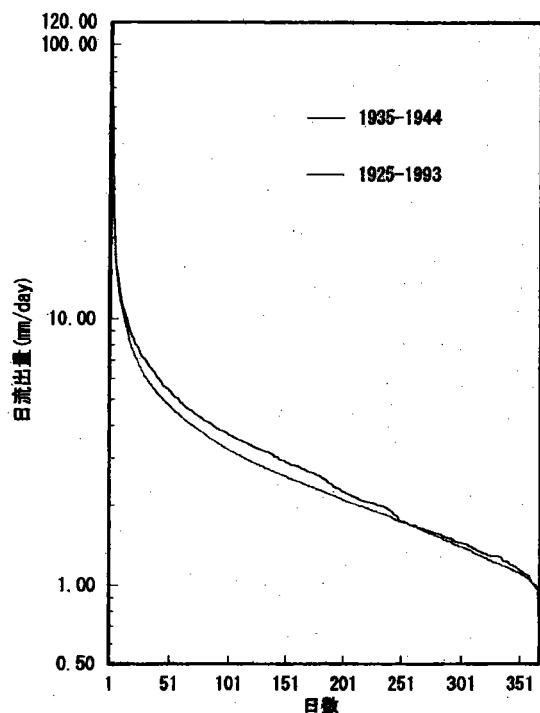


図 3-2・2 流況曲線 1935～1944年

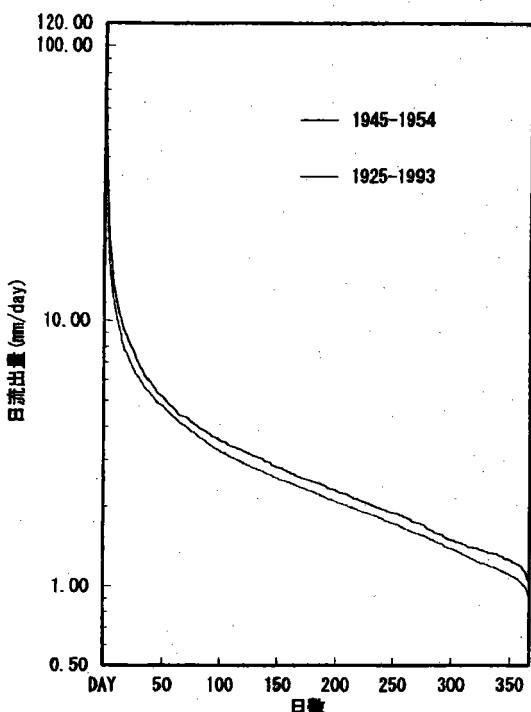


図 3-2・3 流況曲線 1945年～1954年

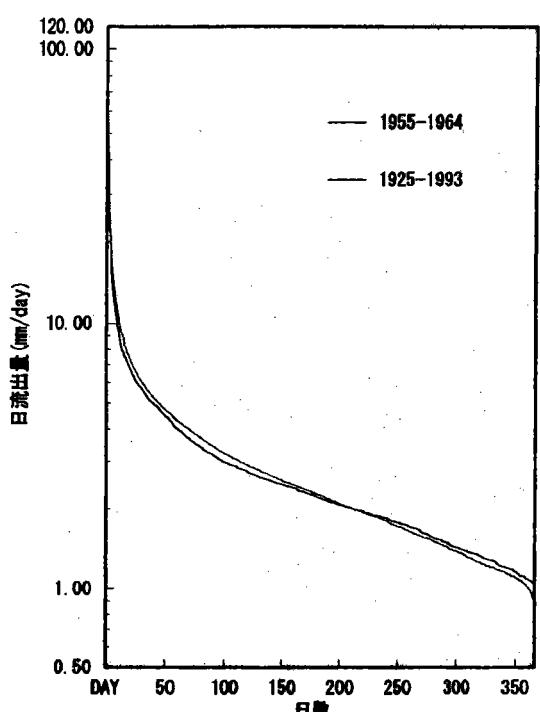


図 3-2・4 流況曲線 1955年～1964年

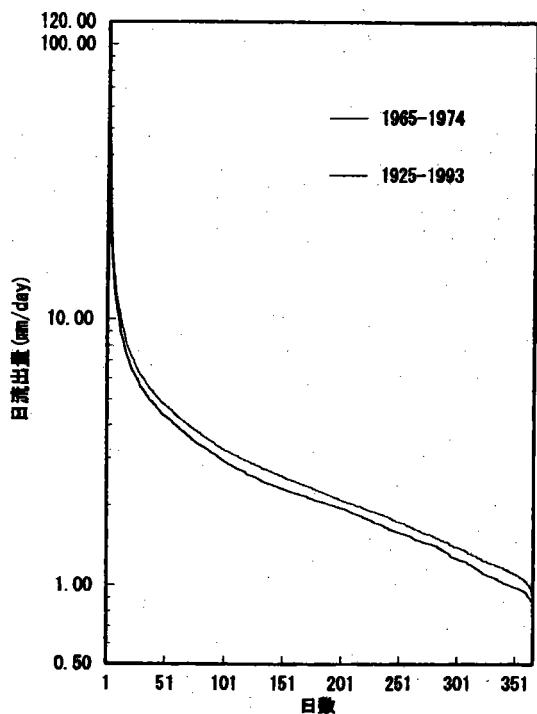


図 3-2-5 流況曲線 1965年～1974年

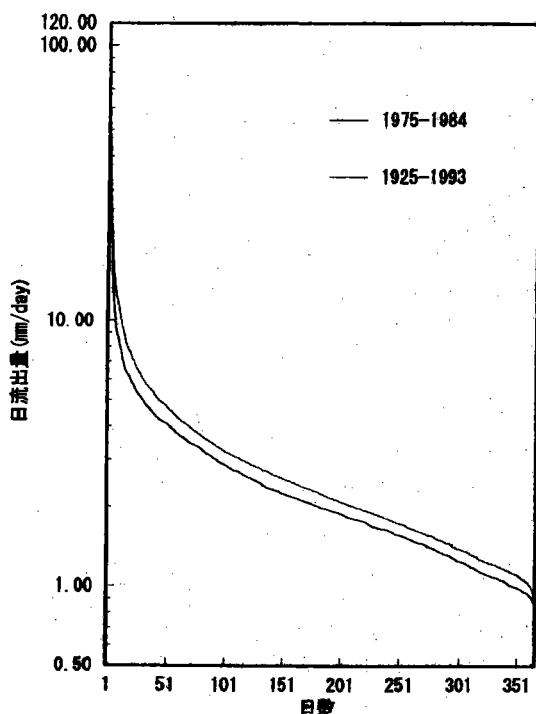


図 3-2-6 流況曲線 1975年～1984年

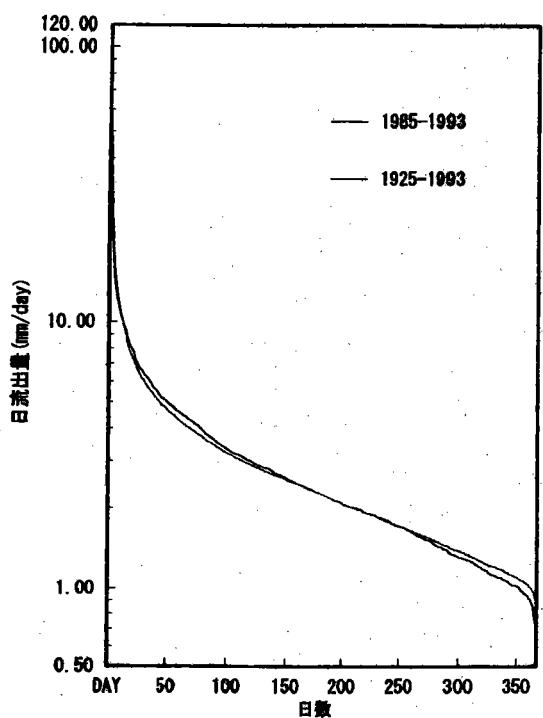


図 3-2-7 流況曲線 1985年～1993年

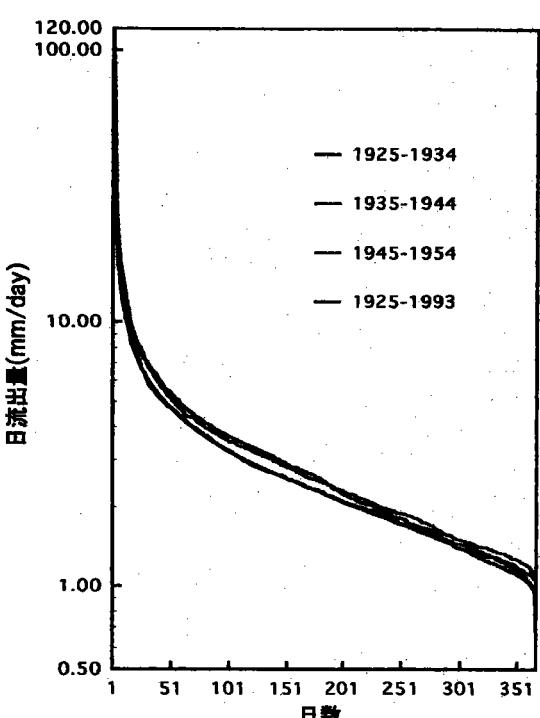


図 3-2-8  
10年平均流況曲線 1925年～1954年

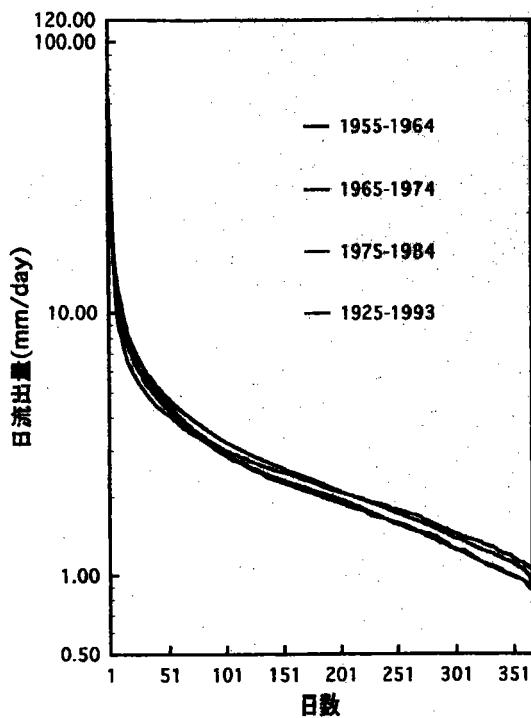


図 3-2-9  
10年平均流況曲線 1955年～1984年

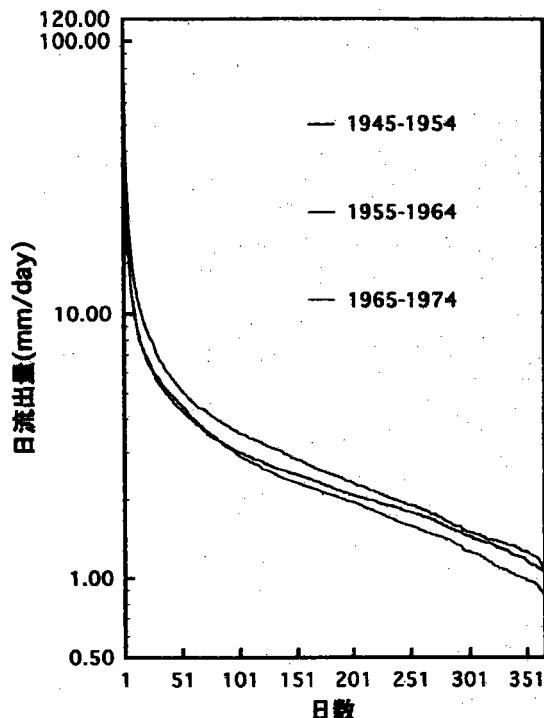


図 3-2-10  
10年平均流況曲線 1945年～1974年

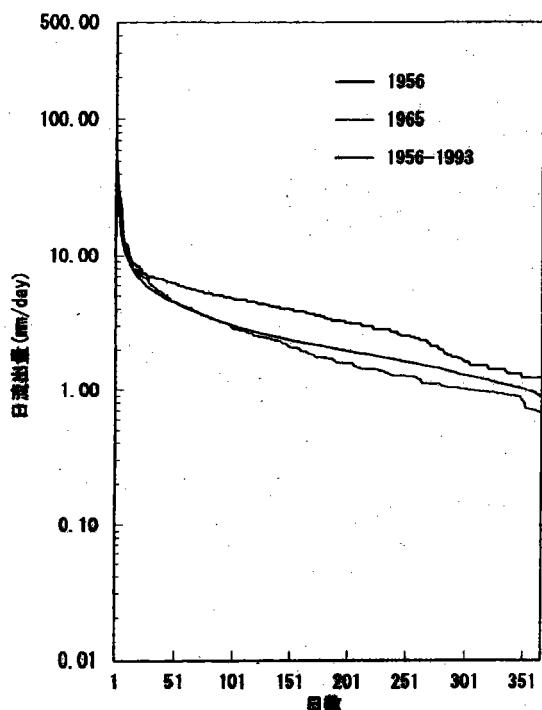


図 3-2-11 流況曲線 1956年・1964年

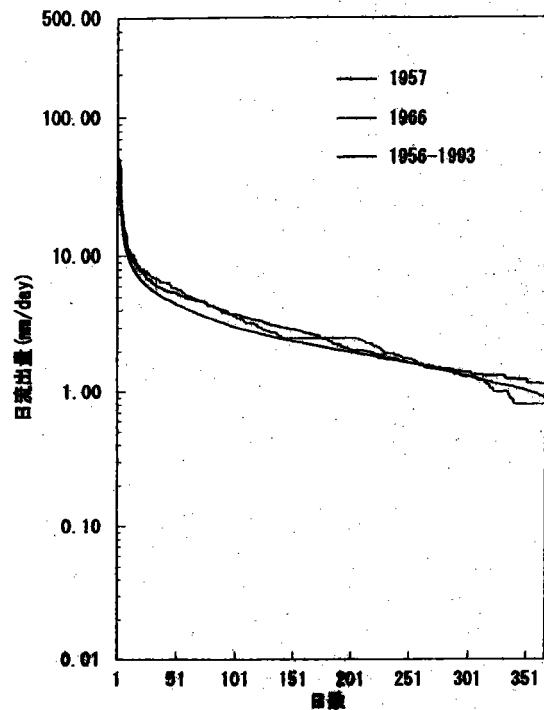


図 3-2-12 流況曲線 1957年・1966年

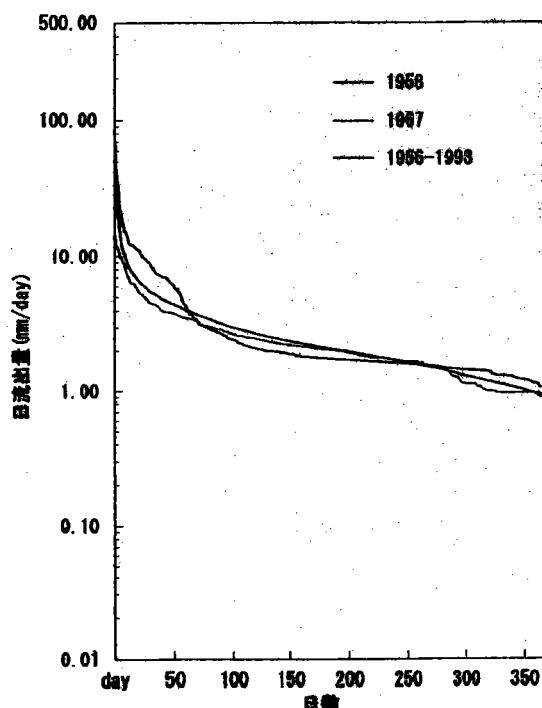


図3-2・13 流況曲線 1958年・1967年

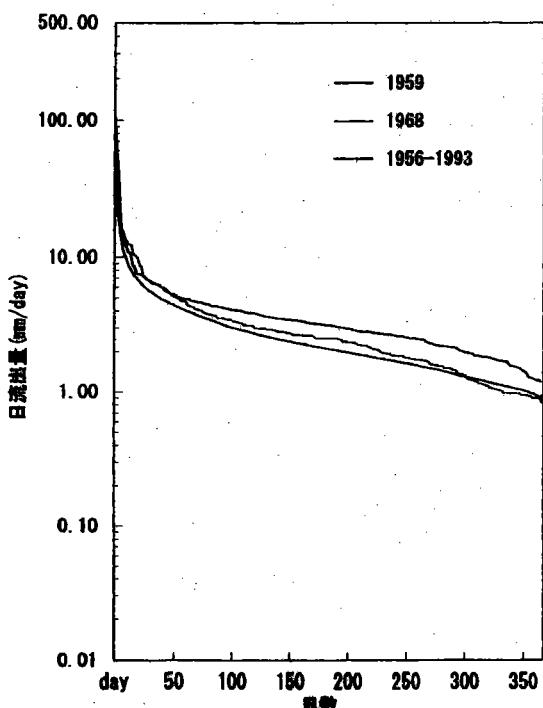


図3-2・14 流況曲線 1959年・1968年

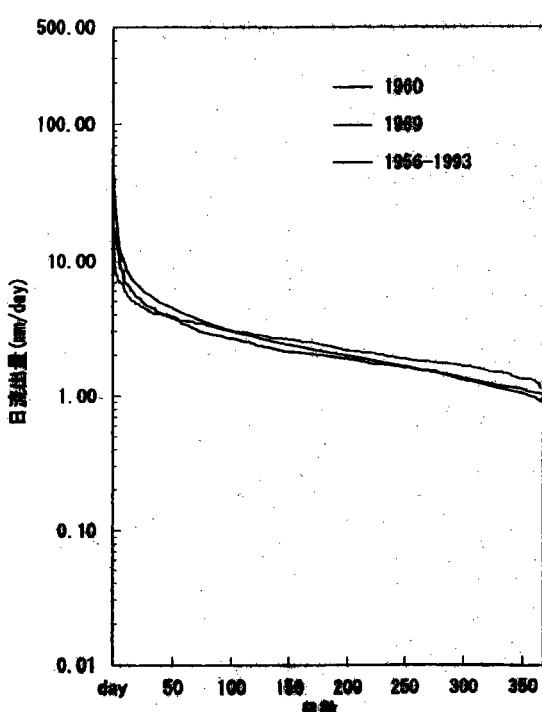


図3-2・15 流況曲線 1960年・1969年

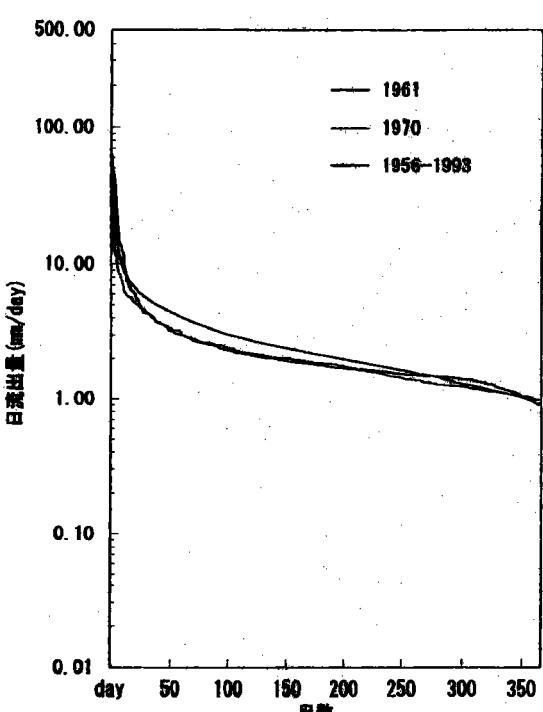


図3-2・16 流況曲線 1961年・1970年

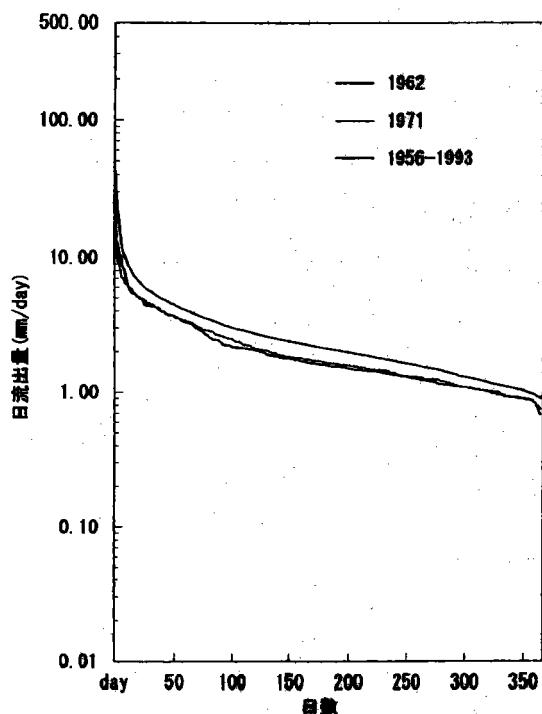


図3-2-17 流況曲線 1962年・1971年

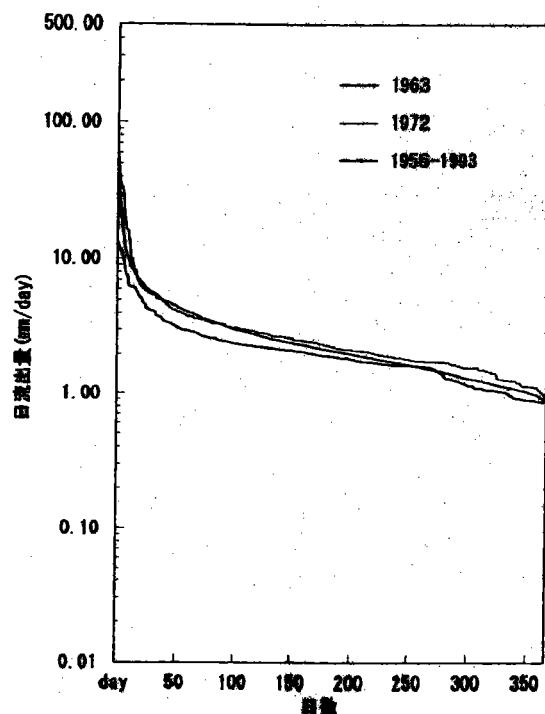


図3-2-18 流況曲線 1963年・1972年

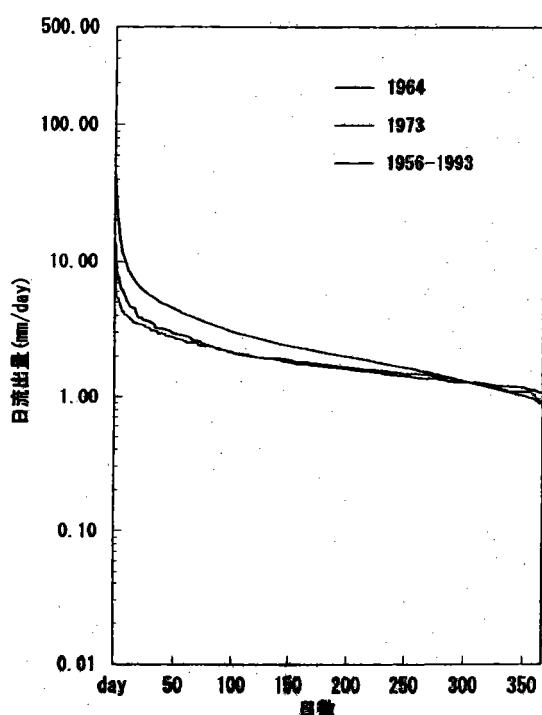


図3-2-19 流況曲線 1964年・1973年

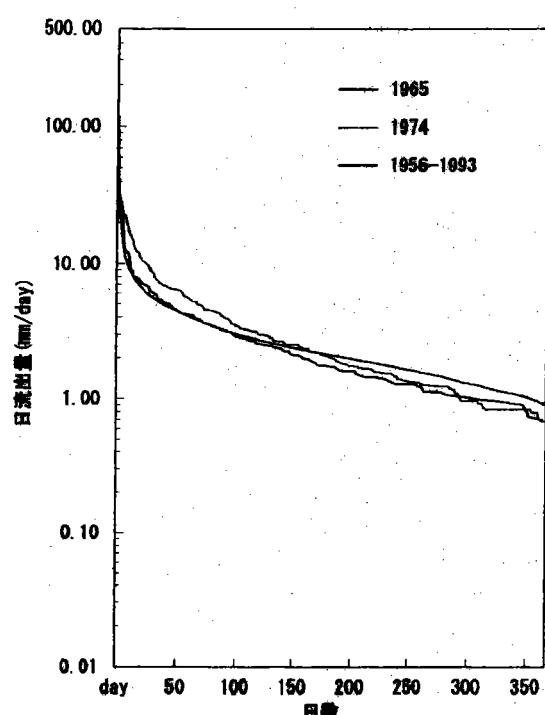


図3-2-20 流況曲線 1965年・1974年

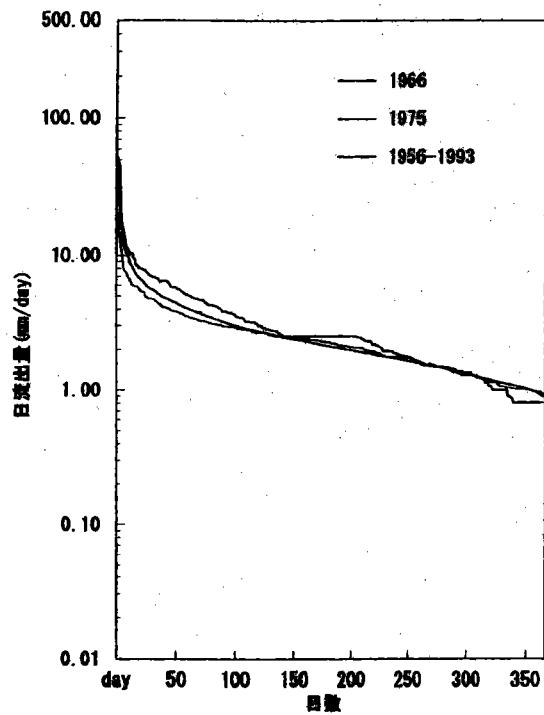


図 3-2-21 流況曲線 1966年・1975年

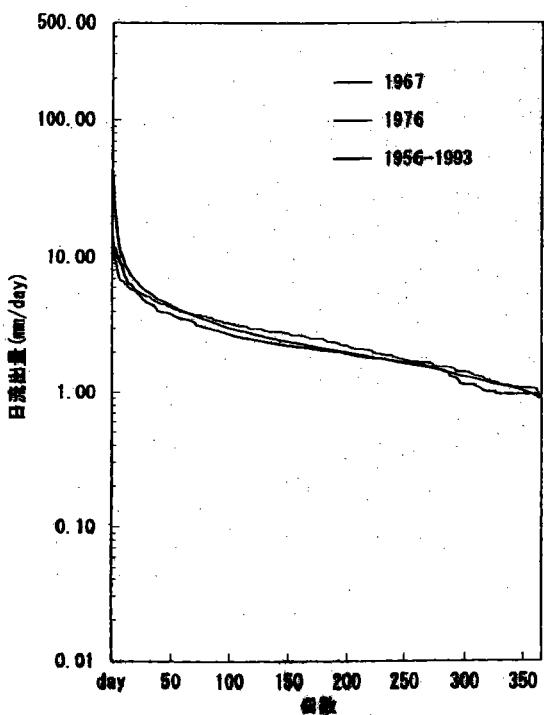


図 3-2-22 流況曲線 1967年・1976年

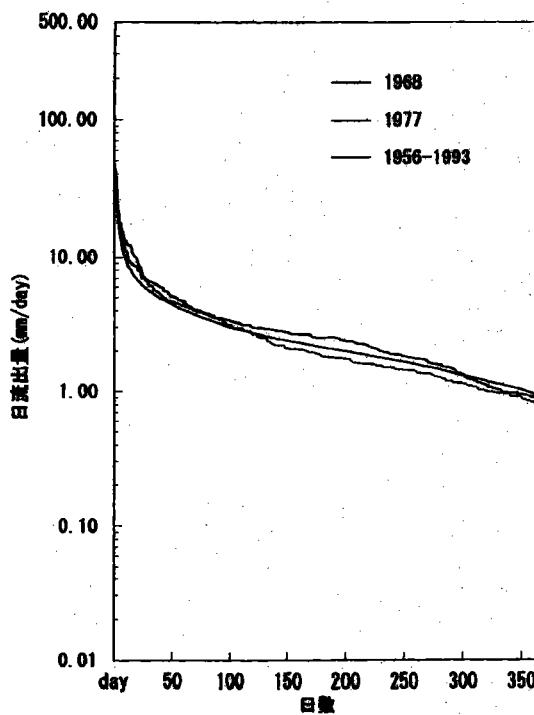


図 3-2-23 流況曲線 1968年・1977年

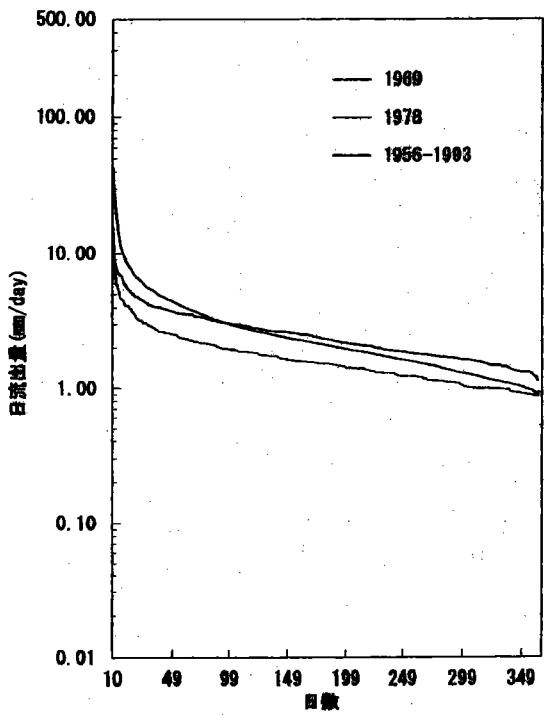


図 3-2-24 流況曲線 1969年・1978年

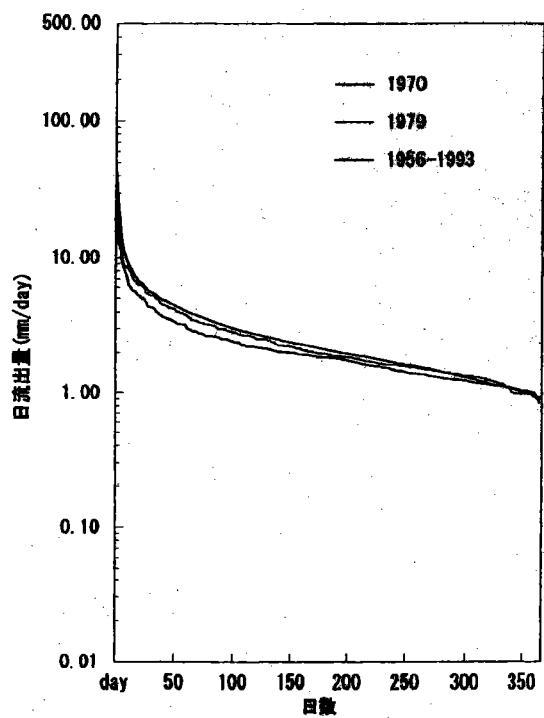


図 3-2-25 流況曲線 1970年・1979年

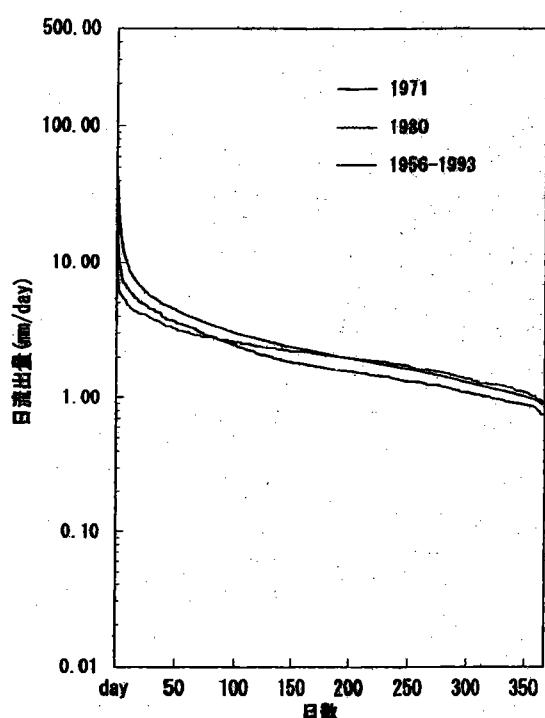


図 3-2-26 流況曲線 1971年・1980年

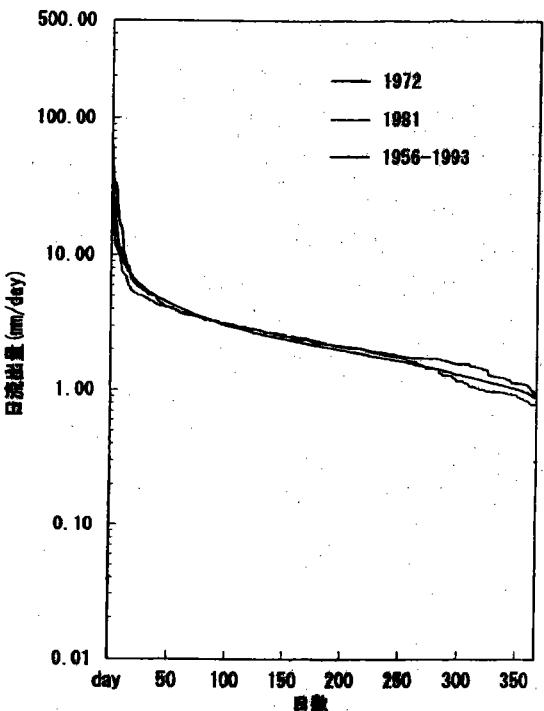


図 3-2-27 流況曲線 1972年・1981年

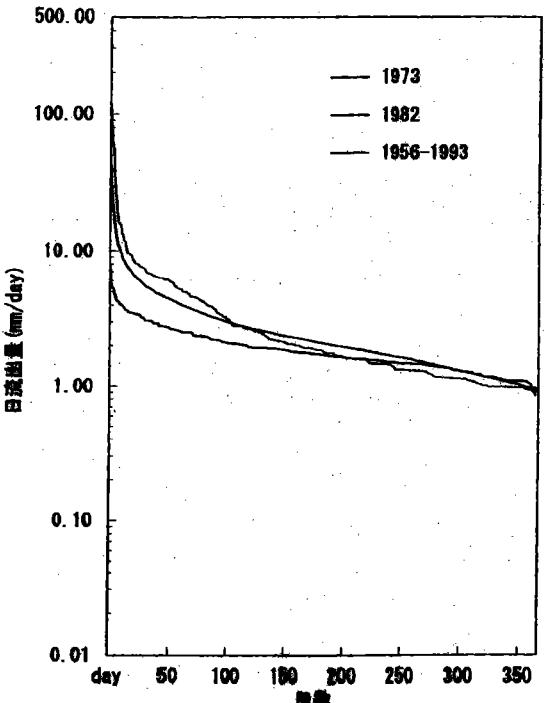


図 3-2-28 流況曲線 1973年・1982年

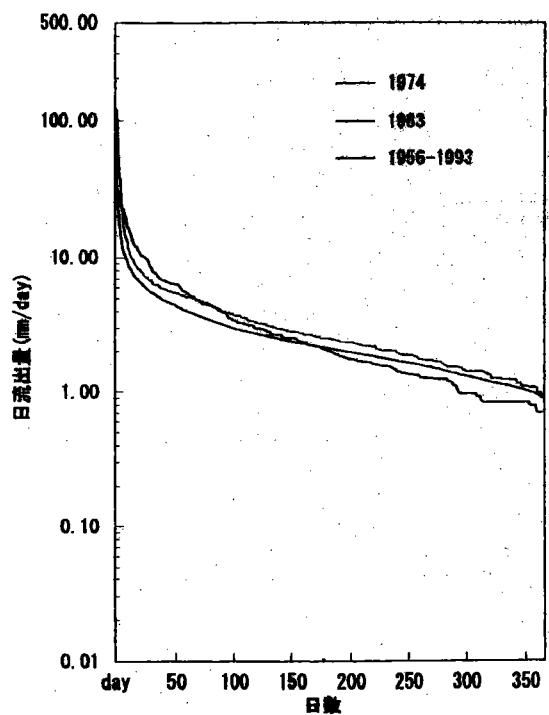


図 3-2-29 流況曲線 1974年・1983年

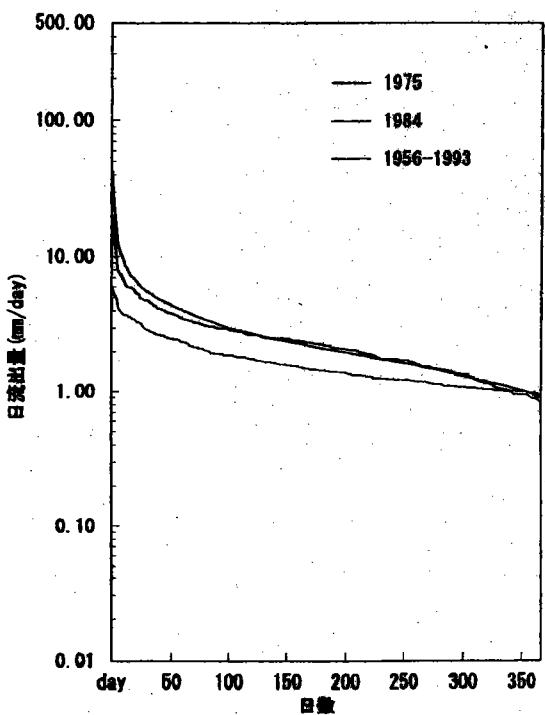


図 3-2-30 流況曲線 1975年・1984年

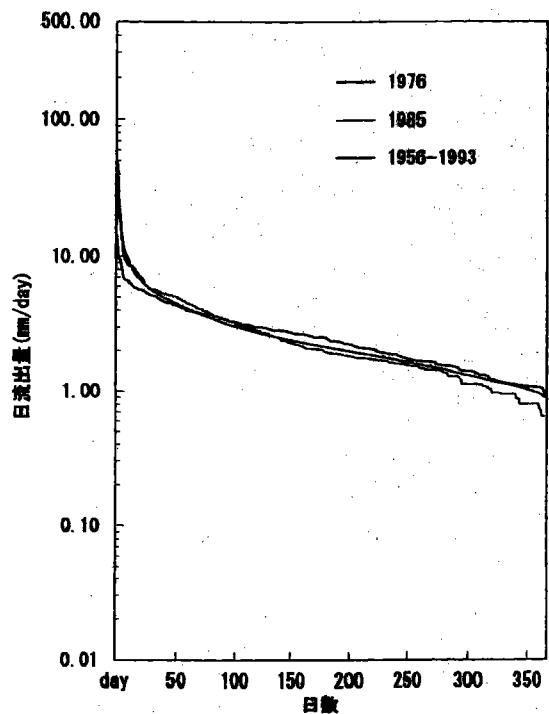


図 3-2-31 流況曲線 1976年・1985年

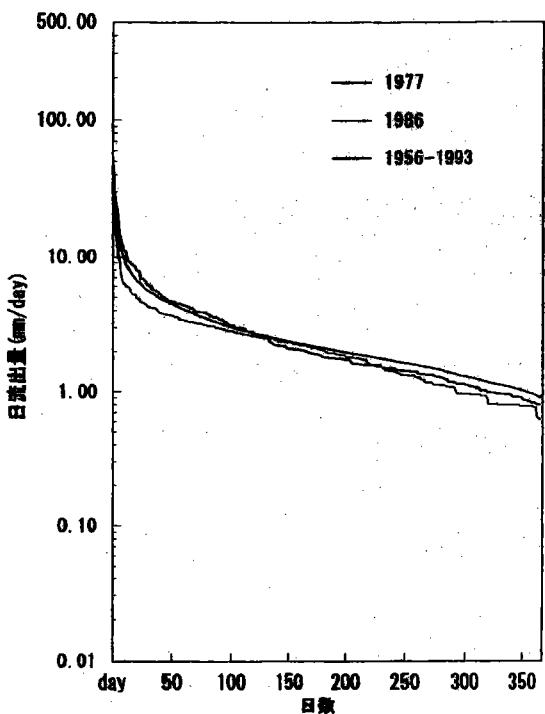


図 3-2-32 流況曲線 1977年・1986年

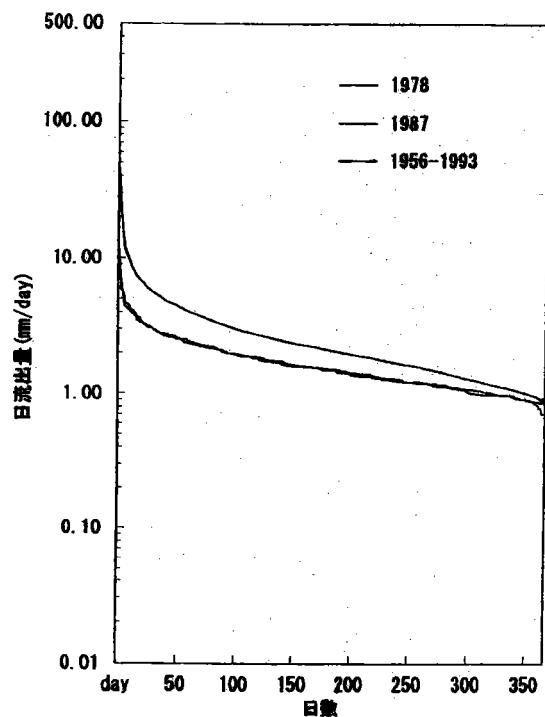


図 3-2-33 流況曲線 1978年・1987年

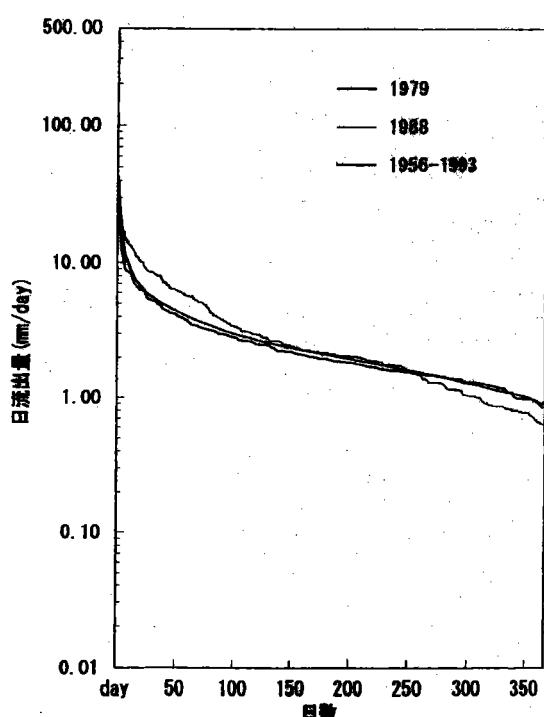


図 3-2-34 流況曲線 1979年・1988年

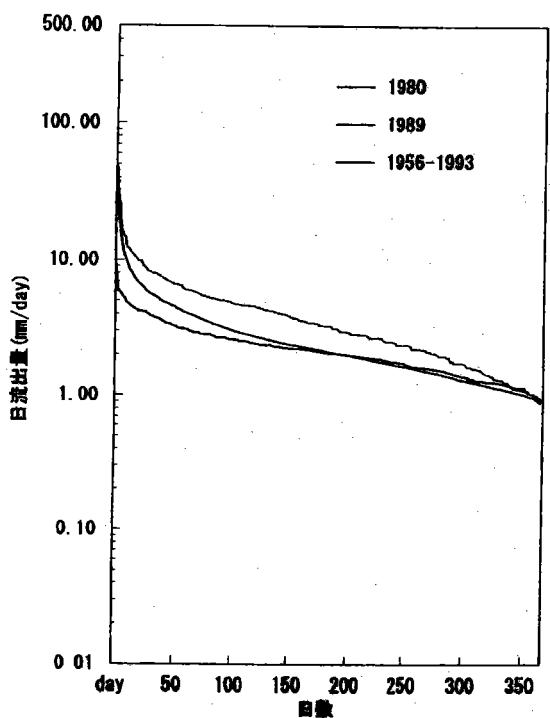


図 3-2-35 流況曲線 1980年・1989年

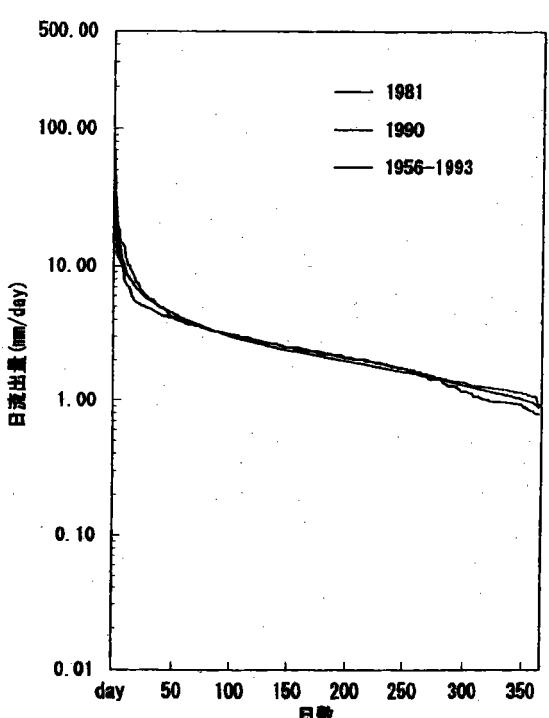


図 3-2-36 流況曲線 1981年・1990年

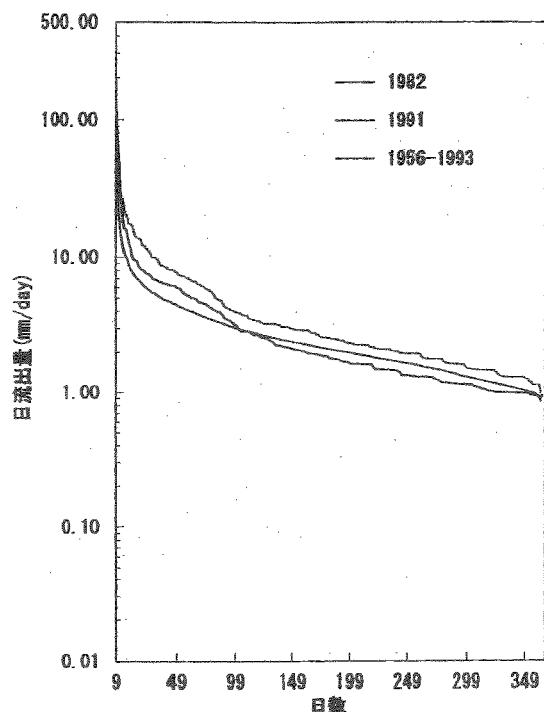


図3-2・37 流況曲線 1982年・1991年

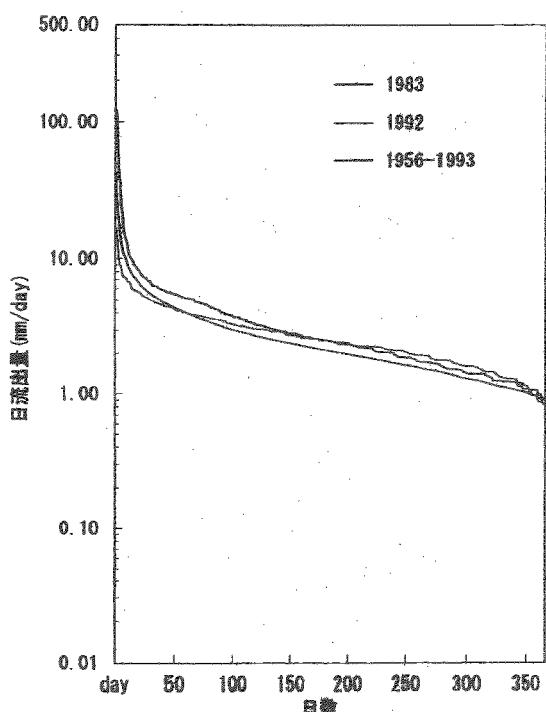


図3-2・38 流況曲線 1983年・1992年

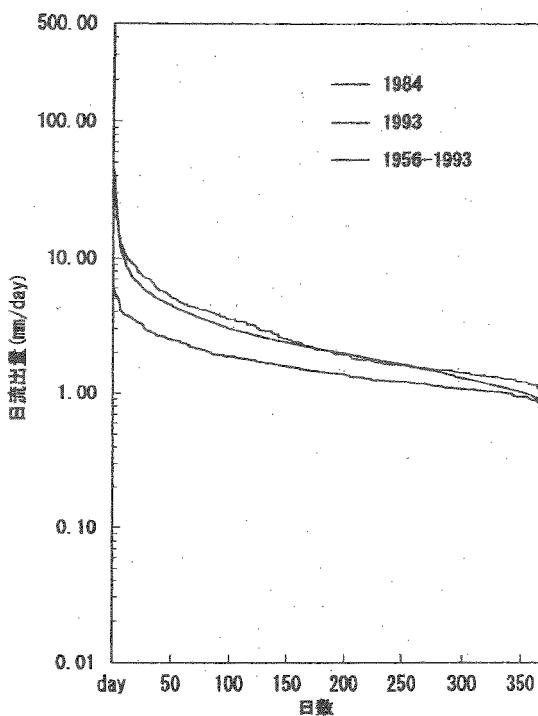


図3-2・39 流況曲線 1984年・1993年

### 第3節 各種流量の10年移動平均

各年の流況曲線より、最大流量、35日流量、95日流量（豊水量）、185日流量（平水量）、275日流量（低水量）、355日流量（渴水量）、最小流量を求め、その10年移動平均を図3-3・1に示す。これによると最大流量の減少傾向が見られ、1940年代の豊水部、平水部の増加と、それ以降の減少傾向が示されている。

図3-3・2は、この各流量平均からの10年移動平均を増減で表した。この図によると豊水量、平水量においては、図3-3・3の雨量10年移動平均増減と同じような傾向にある。しかし、低水量、渴水量においては、1956年から雨量が増加傾向にあるのに対して、減少傾向を示している。また、1925年から1955年までは、安定していないのに対して、1956年から1983年までは一定の傾向を示している。

図3-3・4では、一定傾向にある1956年から1993年までの年雨量の全平均を増減で表している。

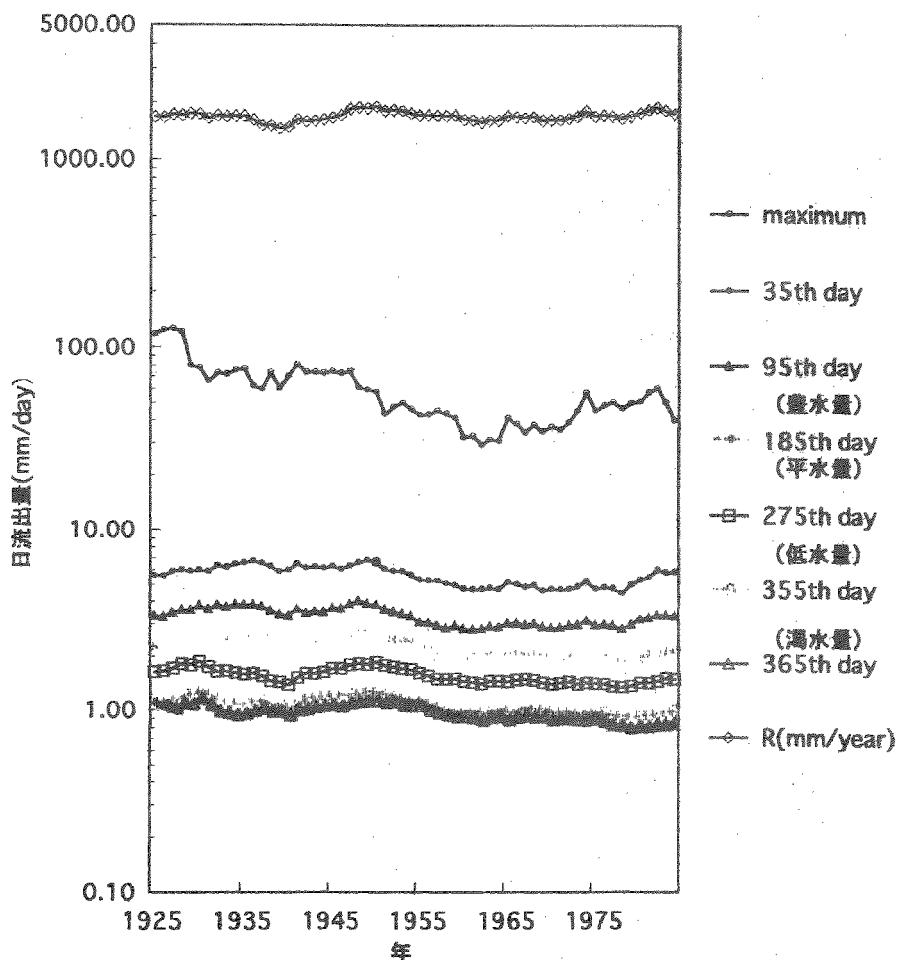


図3-3・1 各種流量の10年移動平均

## 各種流量日平均増減

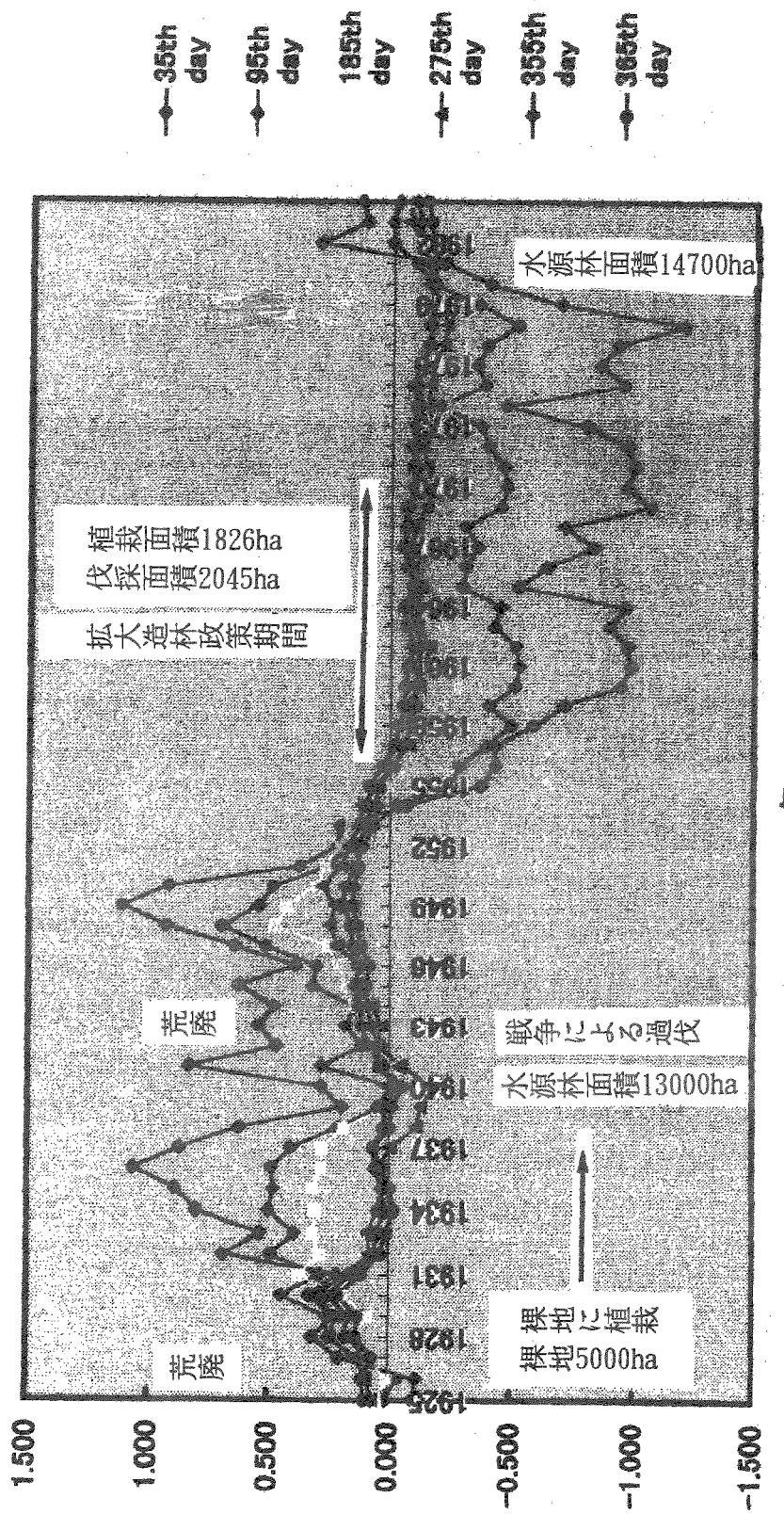


図3-3・2 各種流量日平均増減

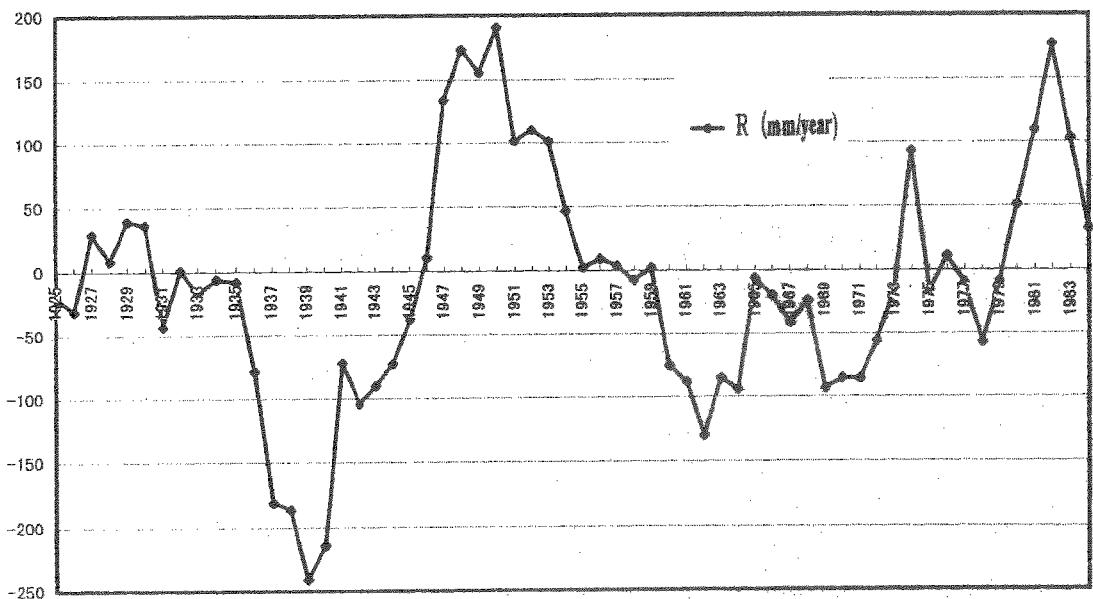


図 3-3-3 雨量10年移動平均増減

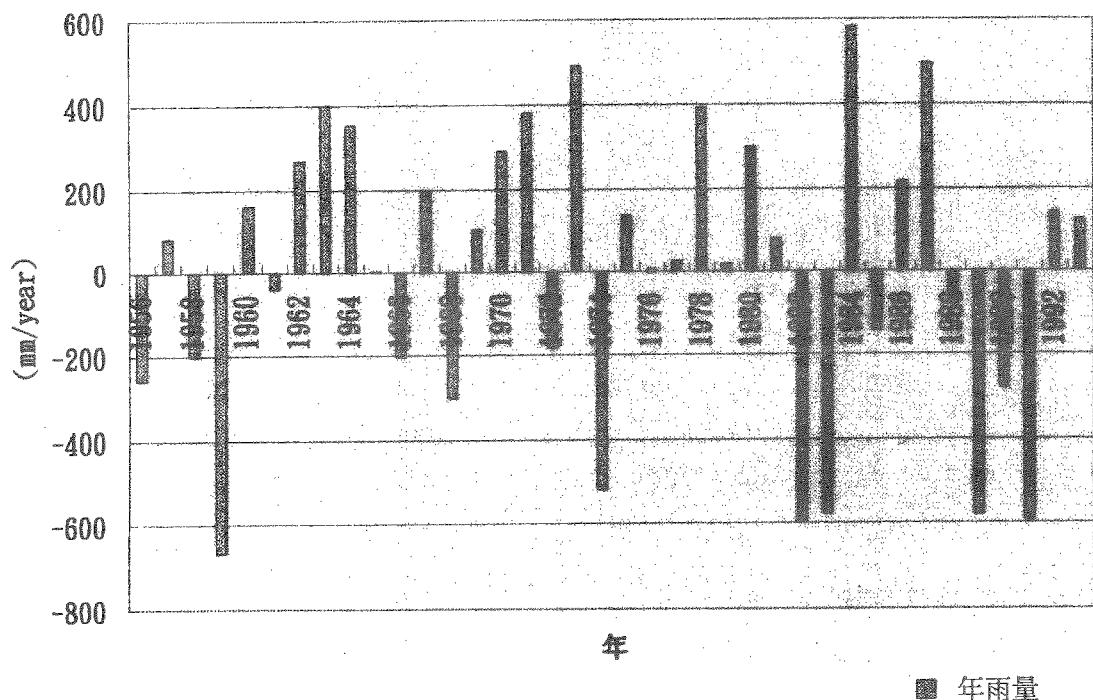


図 3-3-4 年雨量増減

## 第Ⅳ章 水源林植生調査

### 第1節 衛星データによる植生変化の解析

水源林の植生の変化について、衛星データのMSS、CCT116-035、1979年5月22日とMSS、CCT、107-035、1993年5月21日、108-035、1993年5月28日のシーンを購入し、解析を行った。図4-1・1は、1979年のNDVI値を示している。この図で黄色で表示されている場所が小河内ダムで白の線で囲まれた所が流域界を示している。

図4-1・2は、1993年のNDVI値を示しているが、白と赤で表示されている場所は雲で覆われており、解析の対比ができなかった。

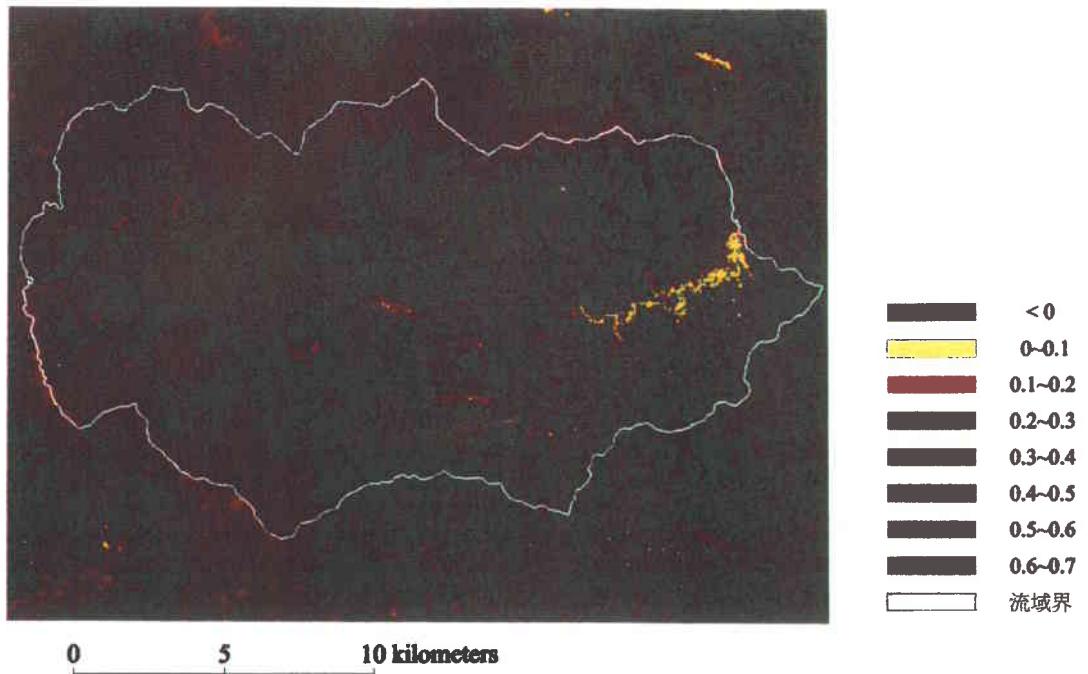


図 4-1-1

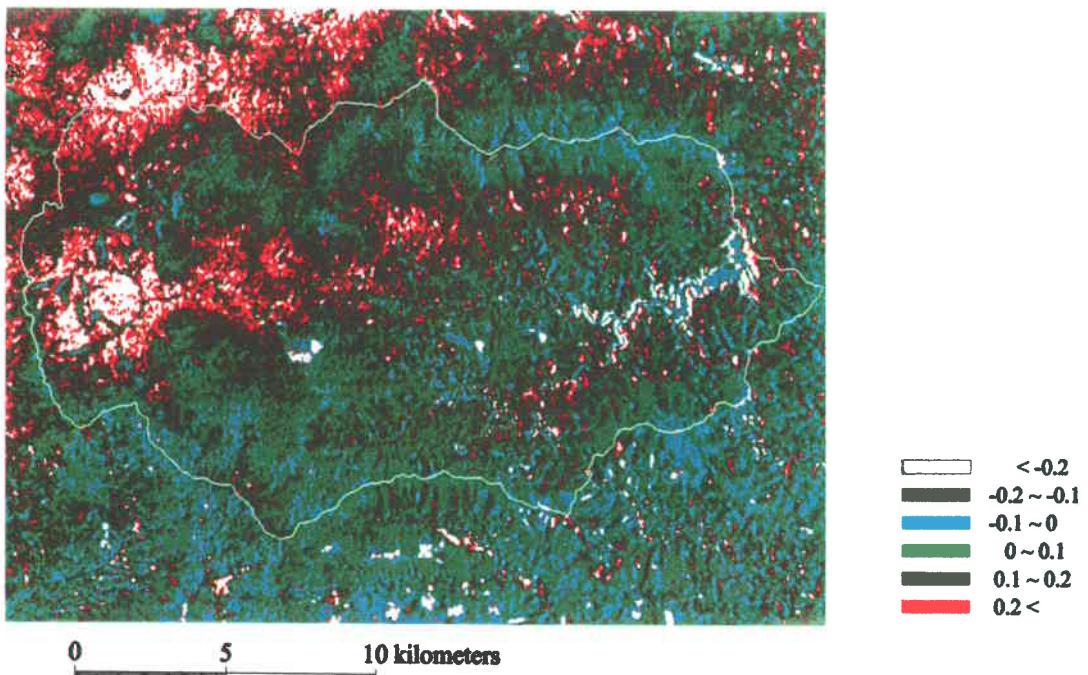


図 4-1-2

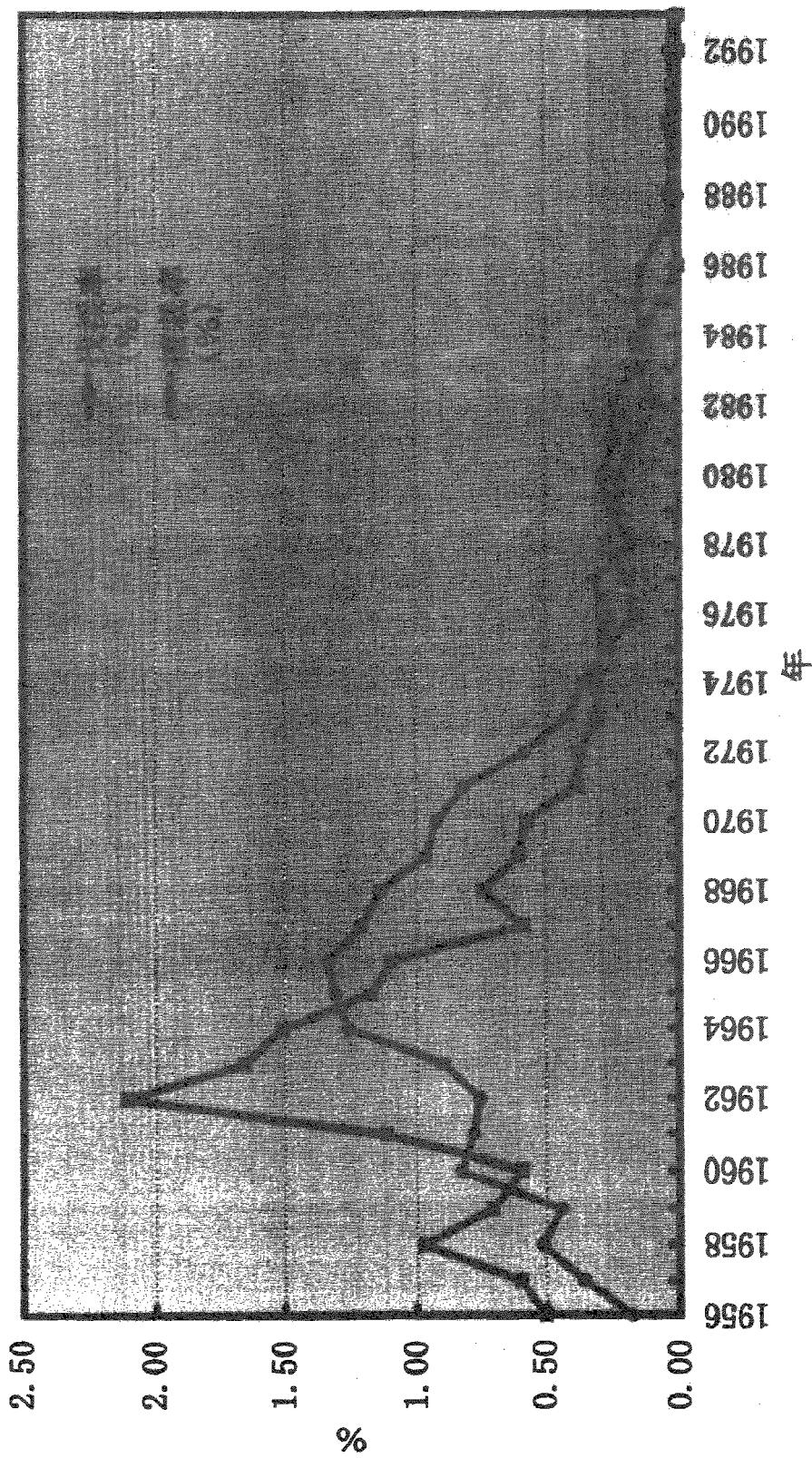
## 第2節 流域水源林における植伐の推移

表4-2・1、図4-2・2は、1956年から1993年までの植伐面積を示す。1925年から1955年までの植伐面積のデータは入手できなかったため、1956年から1993年のデータで解析を行った。図4-2・2をみると1962年の最高値で2%を越えており伐採面積は約300haである。この伐採されている1956年から1970年の期間は、国の拡大造林政策により広葉樹から経済的な針葉樹に変わっている。1970年以後は、年々伐採も減少している。

表4-2・1 植伐面積

年	伐採面積	植栽面積	年	伐採面積	植栽面積
1956	68.72	25	1976	24.25	43.08
1957	81.58	49.68	1977	29.76	46.62
1958	133.51	70.33	1978	41.94	27.25
1959	97.87	61	1979	33.99	37.09
1960	81.91	114.5	1980	33.56	44.02
1961	155.29	108.07	1981	24.07	35.06
1962	293.56	105.16	1982	13.28	37.55
1963	233.7	126.79	1983	23.42	25.95
1964	214.34	179.03	1984	23.7	19.01
1965	167.87	186.52	1985	9.42	23.56
1956-1965	1528.35	1026.08	1976-1985	257.39	339.19
1966	156.91	190.53	1986	0	20.23
1967	83.65	173.14	1987	2.41	8.29
1968	106.7	164.17	1988	5.44	0
1969	87.22	138.95	1989	3.08	2.81
1970	82.75	133.5	1990	5.67	4
1971	56.1	118.24	1991	3.55	3.29
1972	55.23	84.5	1992	0	5.46
1973	45.36	61.09	1993	0	3.29
1974	46.37	53.53	1986-1993	20.15	47.37
1975	41.87	40.67	1956-1993	2568.05	2570.96
1966-1975	762.16	1158.32			

図4-2・2 水源林に対する植伐率



## 第 V 章 考 察

10年平均流況曲線と各種流量10年移動平均からも、1950年代で変化がみられる。これは、雨量による変化と思われるが、1956年以後は雨量が全体的に増加傾向にあるのに対し、低水部では一定の傾向がみられる。これにより、雨量だけでなく何か別の要因によるものと考えられる。そこで、1956年から1993年までの水源林の変化がどのような流況特性を示すのか考察してみる。

図4-2・2で水源林に対して伐採された年と伐採されていない年で比較した。この比較をするにあたり、雨量の影響を抑えるため同じぐらいの年降水量（図3-3・4）を示している拡大造林政策初期1960年と1993年、拡大造林政策後期1968年と1990年で比較した。

まず、1960年（図3-2・15）と1993年（図3-2・39）では雨量が平均よりも増加している場合、高水部では1993年が減少しているが、低水部では1993年が増加している。次に1968年（図3-2・23）と1990年（図3-2・36）では雨量が平均よりも減少している場合、高水部、平水部では減少しているが低水部では、1968年が減少しているが、1990年では横這いの傾向がみられ比較的安定している。

結果として、各種流量10年移動平均での低水部を長期でみると、減少傾向にある。これは、水源林の成長に伴う蒸発散量の増加であると考えられる。

また、流況曲線からは、雨量が同程度で水源林の伐採が行われた期間での低水部では、減少がみられる。伐採されていない期間での低水部では、一定ないし横這いの傾向がみられる。これは、水源林の成長に伴う土壤の安定による流量緩和作用とおもわれる。

## 第 VI 章 結 言

東京都は、水源林として荒廃森林流域を買収などによって取得し、森林の育成、経営、管理を長期にわたって事業として行ってきた。この間、幾多の森林に対する人間社会からのインパクトにさらされ、必ずしも健全な水源林の育成が順調に推移してきたわけではない。

しかしながら、95年前の購入初期の荒廃森林に比較すると、驚くほどの緑なす森林ができあがっており、東京都の努力に敬意を表したい。

その一方で、森林の水源涵養機能については、まだ適正な評価が、一般的に認識されているとは言い難い面がある。

本研究は、森林の持つ水源涵養機能について、長期にわたる降雨－流量の資料を基に検討を行ったものである。

森林の造成、生長とともに森林からの蒸発散量は増加することが、本研究でも認められた。そして、真の意味での、森林の水源涵養機能は、流量の平準化であり、それは森林土壤の効果であるという点についても、確からしい結果を得ることができた。

しかし、さらに詳細な精度の高い研究成果を得るには、流量、雨量の資料の精度、森林土壤物理性の変化など詳細な基礎資料の蓄積が不十分である。今後は、必要な資料の蓄積を通して、研究の推進を図る必要がある。

最後に、本研究の実施にあたり、とうきゅう環境浄化財団の助成にあつく感謝いたします。また、東京都水道局、並びに水源林管理事務所の方々には大変なご協力をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

## 引用文献・参考文献

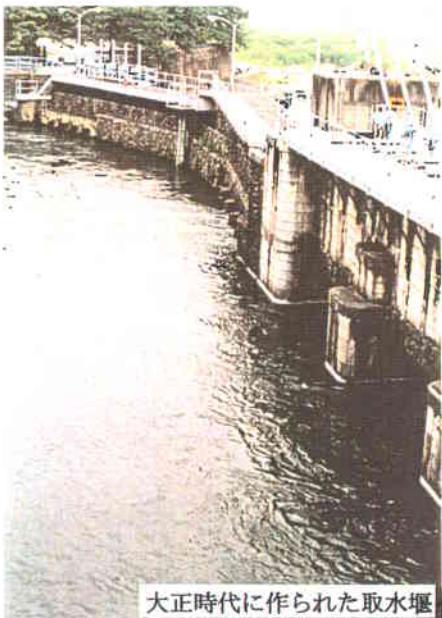
- 1) 小川 滋：塙本良則編「森林水文学」文永堂出版（1992.1）
- 2) 中野秀章：「森林水文学」共立出版（1976.7）
- 3) 東京都水道局発行「80年のあゆみ」

## 参考資料

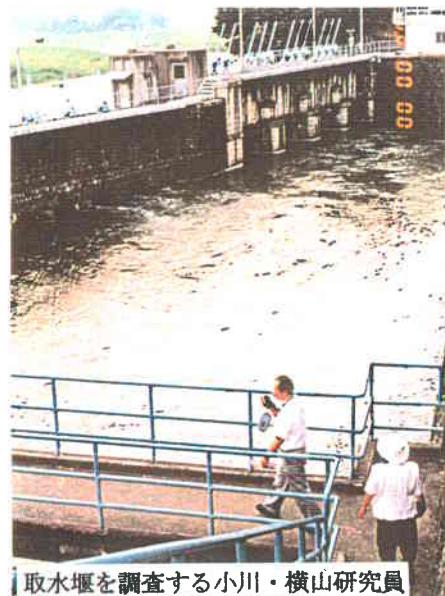
### — 水源林等の写真集 —



まいまいの井戸 (羽村市 JR 羽村駅前五の神神社境内)



大正時代に作られた取水堰



取水堰を調査する小川・横山研究員



堰から本川を望む



堰から玉川上水を望む



堰板操作装置



取り入れ口（玉川上水側）

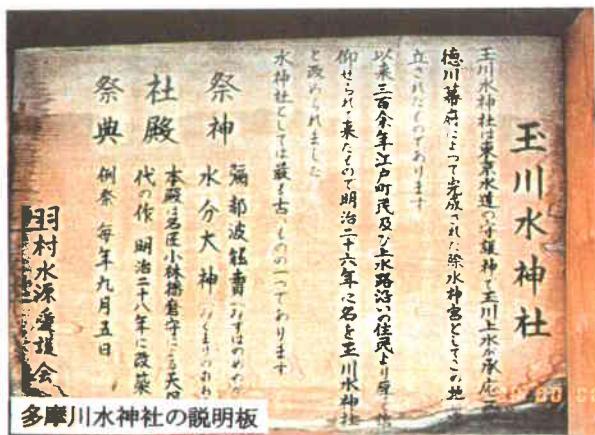
## 多摩川本川の羽村堰



玉川上水の全景



放流されている水の泡を上から望む



多摩川水神社の説明板



本川から堰を望む (2m<sup>3</sup>/s) 放流されている



羽村堰での研究員の視察状況



東京都水道局羽村堰管理事務所にある水源林の航空写真



小河内ダム（奥多摩湖）全景



ダムの浮査防止浮き



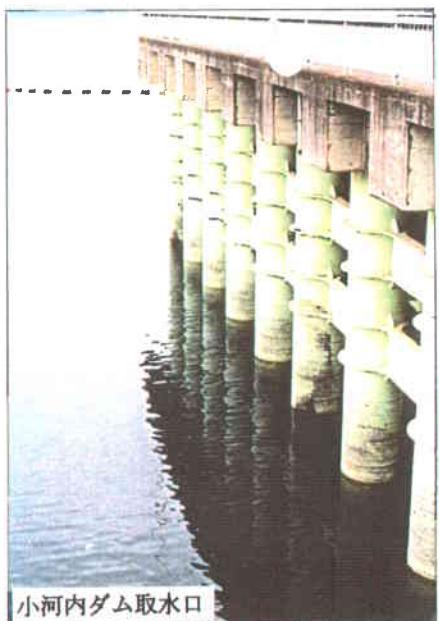
平成 小河内ダム冷水対策事業の説明板



ダム内から見た越流堰



取水口から管理事務所を望む



小河内ダム取水口



小河内ダム周辺の山林と人家

小河内ダム周辺の山林と人家



### 多摩川八景



### 多摩川八景 奥多摩湖





宿泊した丹波山村の民宿

## 奥多摩湖上流の集落風景



水源林内の杉の木



水源林の一部（411号線から望む）



水源林内のチェックダム（砂防ダム）



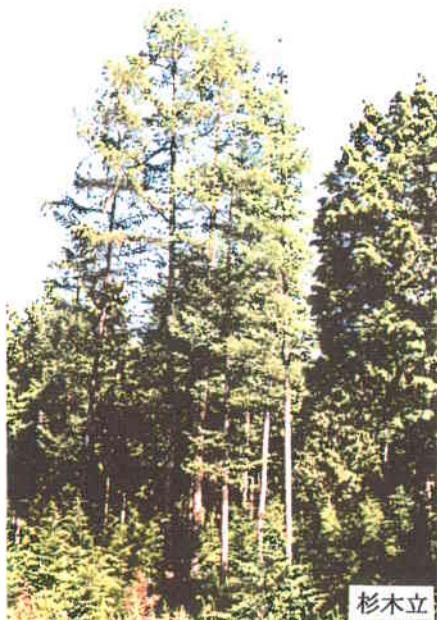
一ノ瀬高原の水源林遊歩道入り口



宿泊した民宿（丹波山村）風景



斜面に生長した杉並木



杉木立



水源林内の杉と標識



掲示番前で視察する研究員



遊歩道入り口の「水源林ふれあいの道」掲示板



遊歩道内の標識  
(東京都水道局による整備)



中島川口から馬止へ



馬 止



大菩薩峠を望む



水源林から望む山々



生長した森林と造成中の森林



手前の造成中の森林を調査



水源視察中の研究員



ヒノキの複層林風景  
(よく枝打ちされている)



ヒノキ林



ヒノキ林の複層林

複層林造成試験地  
水源水質機能の維持増進を目的とする整備  
に関する調査を実施し経営計画の検討を行なう  
場所 面積 樹種・植栽年度 海抜・方向・土壤

萩原山林有林3林3林5年カラマツ大正5年上段1300m~1400m西面C24号

木	立前	折代率	表付	年付
樹種	改林度	本数	割合	年付
ヒノキ	781	178	43	37
カラマツ	325	179	62	54
サワラ	135	32	52	44
ヒノキ	400	46	95	85

複層林試験地の案内板



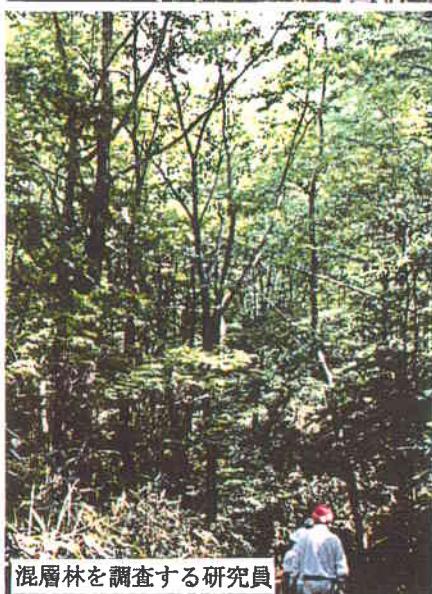
水源林全景



生長した杉林  
(樹高10mを超える)



唐松を調査する研究員



混層林を調査する研究員



水源林全景



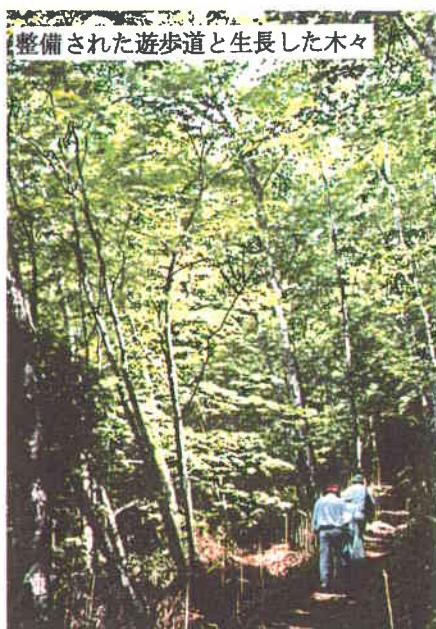
整備された遊歩道を調査する研究員



マタタビの花



蔓性植物に巻かれた木



整備された遊歩道と生長した木々



水干尾根の標識



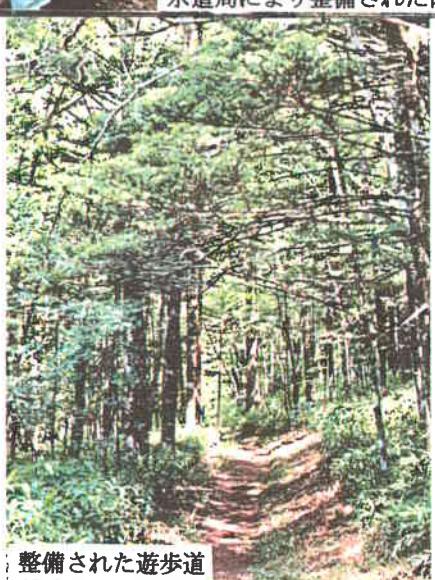
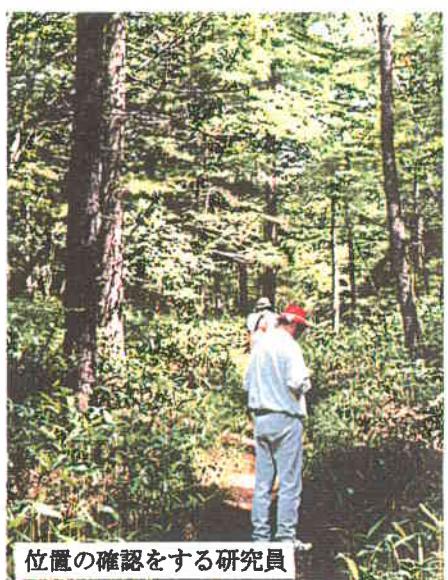
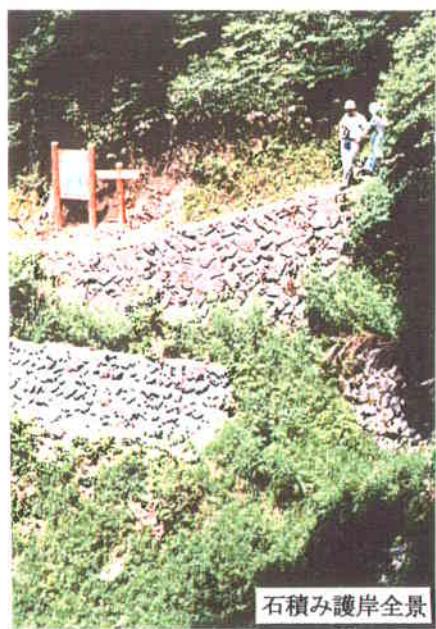
水源内風景

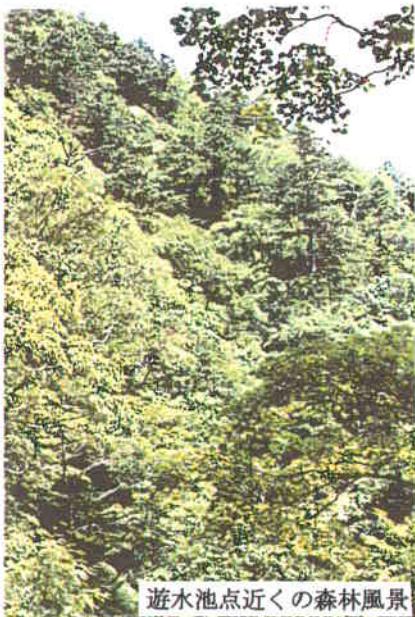


水干尾根での記念撮影（研究員）



水源林内の急勾配の遊歩道を調査する研究員





遊水池点近くの森林風景



水干の湧水井戸



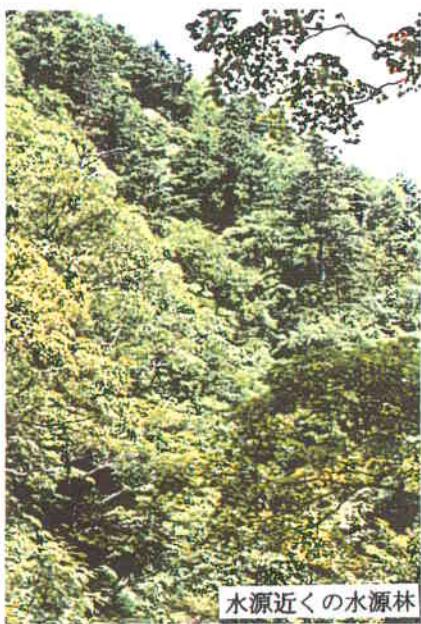
水源での記念撮影



水源地から水源林を望む



水源林全景



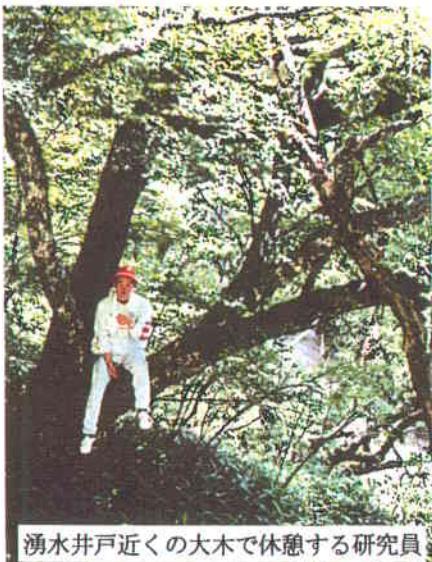
水源近くの水源林



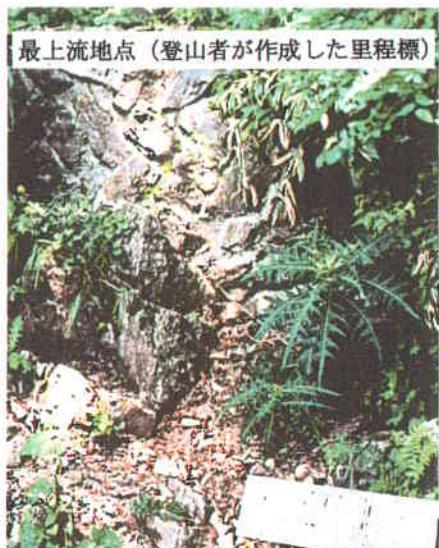
水源近くの湧水井戸小屋



水干の説明版



湧水井戸近くの大木で休憩する研究員



最上流地点（登山者が作成した里程標）



水源林内部



水源内の自然植生



水のない沢筋



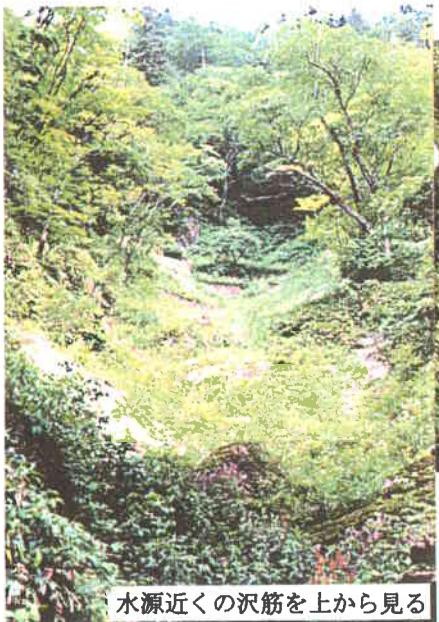
水源林内の沢に露出した岩石



竹の下の崩壊した斜面

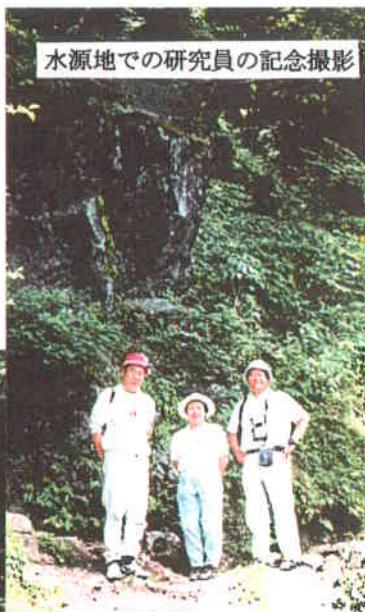


整備された遊歩道（土留め）



水源近くの沢全景

水源近くの沢筋を上から見る



水源地での研究員の記念撮影



水源の自然植生



水源地の上の岩場に立つ研究員



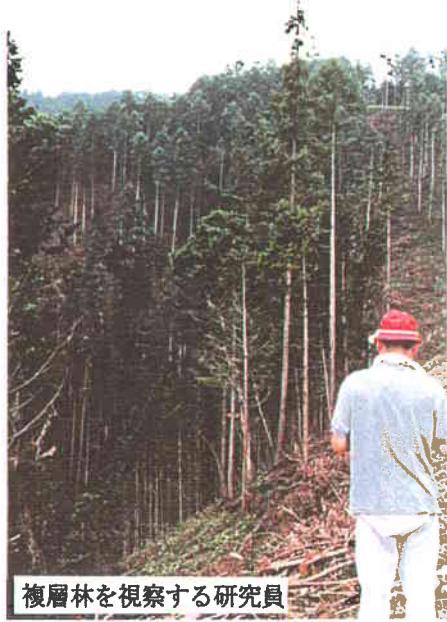
水源地近くの遊歩道



水源地から水源林を望む



水源近くの湧水井戸で水をくむ研究員



複層林を視察する研究員



水源林内での複層林

## 水源林における森林施業（複層林）



近くのヒノキ造成林



ヒノキ造成地の風景



ヒノキの木の除伐風景



複層林整備地の全体像



### 複層林造成試験地

水源涵養機能の維持増進を目的とする  
複層林(非皆伐)の造成に関する諸調査と実施  
し経営計画の検討資料となる

場所 面積 萩原山都育林33林班4小班 2.68 ha

樹種 植栽年度 カラマツ 大正5年、昭和55年

海拔高度 土壌 1300~1400m、西南西

BD型(母材:花崗岩)

	植栽前	植栽率	伐倒木	現在林分	摘要
樹種	本数	株積	本数	株積	本数
ヒノキ	781	178	43	37	332
カラマツ	325	179	62	54	203
サワラ	135	32	52	44	70
ヒノキ					14
					65
					18
					800
計	1140	415	605	176	1436
					213

複層林造成試験地の案内板



カラマツ林の複層林

---

たまがわじょうりゅういきすいげんりん  
「多摩川上流域の水源林の  
ほすいのうりょくすいていかんけんきゅう  
保水能力の推定に関する研究」

(研究助成・学術研究VOL. 29-No.211)

著者 市川 新

発行日 2001年3月31日

発行 財団法人 とうきゅう環境浄化財団

〒150-0002

渋谷区渋谷1-16-14(渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03)3400-9142

FAX (03)3400-9141

---