

牧尾ダム流域の洪水流出解析 (第2報)

—フィルタ分離AR法による「御岳崩れ」の影響の抽出の試み—

1 はじめに

牧尾ダムは、木曾川支流王滝川に位置する水資源開発公団管理の貯水・発電目的ダムである。この流域では1984年に「御岳崩れ」という巨大崩壊がおこり、流域の状況は一変した。具体的には、広大な裸地の形成、谷底の埋積(最大厚さ42mでほとんどは未固結)、本流におけるせき止め湖の形成などである。

このような変化に対して、この流域の水循環プロセスはどのように変わったのであろうか。演者は卒業論文及びその後の作業で、定性的に流出特性の変化を取り扱ってきたが、今回は洪水流出をおもに定量的に取り扱う。内容は流出率、逓減定数、そして「遅い流出」の流出特性である。

2 データ

データはすべて牧尾ダム管理事務所のもので、貯水池流入量、王滝川ダム(牧尾ダムの上流にある)の放流量である。時間単位はすべて1時間。対象にした洪水は、約40イベントであるが、データの制約の多い解析では数が少なくなる。

この流域では水利用が盛んであり、平水時には流量の大半が上流のダムや取水

孔から流域外に取り去られている。しかし、洪水時にはこれらの影響は無視できるほどの量になるので、大きな問題はない。さらに洪水時には上流のダムの放流量が記録されているので、それを貯水池への流入量から差し引くことによって、牧尾ダム直接流域からの流入量が求まる。この際両者の時間差は1時間としてある(これは若干の考察を要するが、両者のピークが1時間ずれる場合が最も多いことから、少なくとも洪水時にはついては妥当であると考え)。この場合、「直接流域」の面積は190.2km²となる。

3 手法

まず、基本的な事として、各洪水の流出率、損失高、逓減曲線の定数を求め、「御岳崩れ」前後の比較をした。

次に、洪水流出のうち、比較的遅い流出に対して降雨-流出関係を求め、同様に比較した。ここでは、フィルタ分離AR法(日野・長谷部,1985)を用いた。これは余り知られていない方法だが、次のような利点がある。

- 降雨データにさほど頼らず、おもに流量データを解析するので、降雨データの信頼性に疑問があるときでも使える(流量データがおかしい場合は論外)。
- 流量を成分(普通2つ)に分離し、それぞれを自己回帰式、あるいは単位関(応答関数)で表すので、水のInputに対して流域がどのようなレスポンスを示すか理解しやすい。
- 解析にさほど任意性がない。

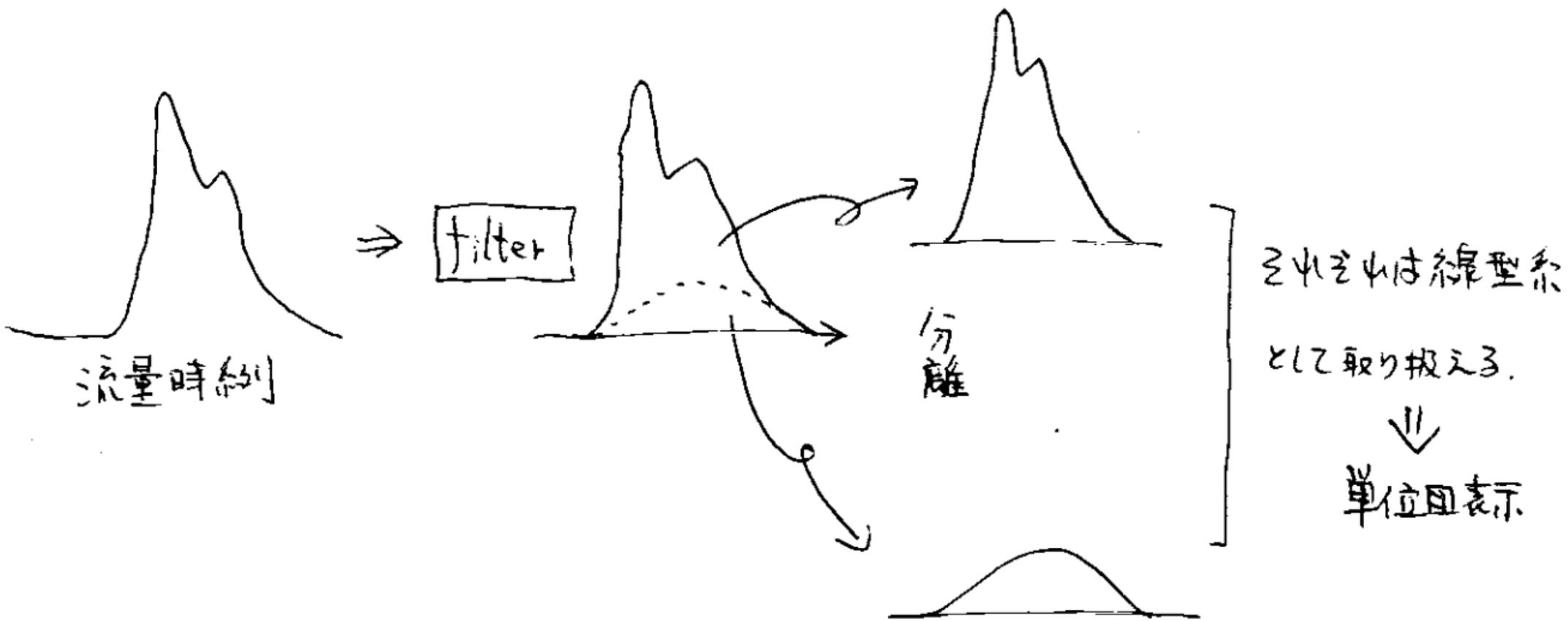


図1 フィルター分離AR法)
(AutoRegression)

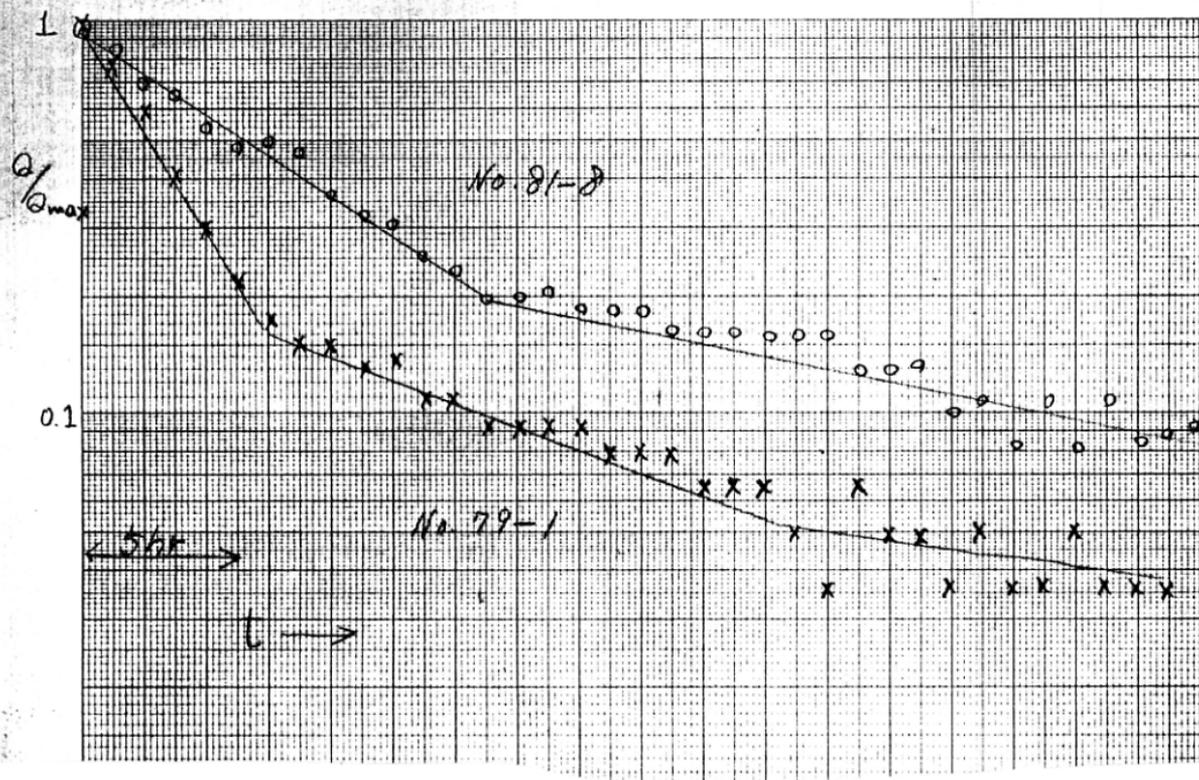


図2 透減部の semi-log 70051

- 0.1km^2 – 10000km^2 のスケールの流域に適合する事が、確かめられている。

詳細は文献(日野・長谷部,1985)を参照の事。ここでは手順を簡単に示す。

- 流量データ時系列から、基底流出成分を取り除く。
- えられた洪水流量データを半対数方眼紙にプロットすると、いくつかの直線がえられる。その傾きを求める。
- 得られた傾きから、その流量の時定数(ここでは、流量が $1/e$ になるのに要する時間)を求め、これから成分分離のためのフィルタを設計する。
- このフィルタで流量を2つの成分に分離する。
- 得られた流量から、流量の自己回帰式を求め(この計算は大変に複雑だが解は一応一意)、さらにこれから単位図を得る。

実際はこの後、流量から降雨を逆推定し、降雨データとチェック、さらに降雨の分配法則の確率と続くのだが、今回は範囲外。

4 流出率, 損失高

ここで用いた降雨データは、牧尾ダム地点のものだけで、余り流域を代表している値とはいえないが、各洪水ごとの総降雨-総流出高の関係(図2a)は良い対応を示している。しかし、いくつかの洪水(それもなぜか1983年に集中している)は大きく降雨と流出高がずれている。

「御岳崩れ」前後の比較という観点からみると、崩壊後は総降雨が少ないときの損失高が少し減少しているという事がめだつぐらいで、特に変化がないように見える。

注:ただし洪水ピーク流量は、崩壊後は強い降雨があったときにかぎり大きくなる傾向にある事は以前に示した。

このことから、一つの洪水全体をとってみると、Input-Outputの量的関係は、「御岳崩れ」前後で大きな差はない事がわかる。よって違いがあるとすれば一つの洪水の中で、どのように水が出てくるのかという事であろう。

5 逓減曲線の定数

流量時系列を半対数方眼紙にプロットしたときに出来る直線の傾きから、流量の逓減定数(ここでは流量が $1/e$ になるのに要する時間)を求めた。この値は一般には流域の湿潤度を表すと言われているので、流域の湿潤度の示標として洪水直前流量をとり、両者の関係を調べた(図3c)。その結果、崩壊後の同じ流域湿潤度(同じ洪水直前流量)に対する逓減定数の値は崩壊前の値より大きくなっている事がわかった。すなわち(これも以前示した事だが)崩壊後は「水が減りにくくなっている」。なお、洪水ピーク流量との関係も調べたが、特別な関係は見いだせなかった。

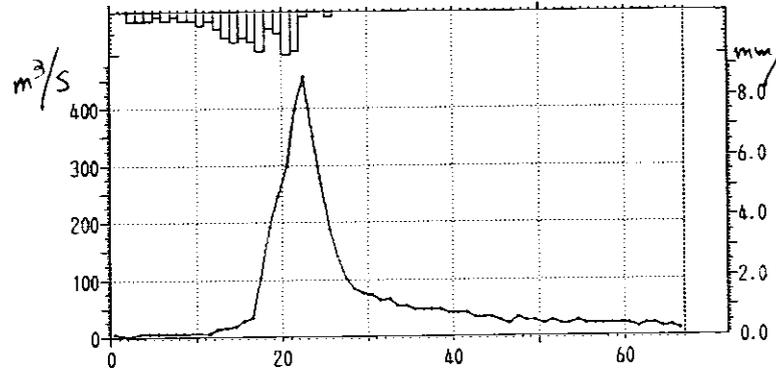
6 成分単位図

前述の方法で求めた比較的遅い流出成分の単位図を、「御岳崩れ」の前後で比較すると、「御岳崩れ後」という時期がいく

Ohtaki R. (at Makio Dam, A=190.2km²)
 Duration: '79 05/07 17:00 - 05/10 12:00, N = 67
 Q1:Max= 456.52m³/s(8.64mm/h,Lack= 0)
 P1:N = 22, Max = 10.0mm, Total = 88.0mm, Ave = 4.00mm

79-001.DAT[1/1]
 Raw data

a)



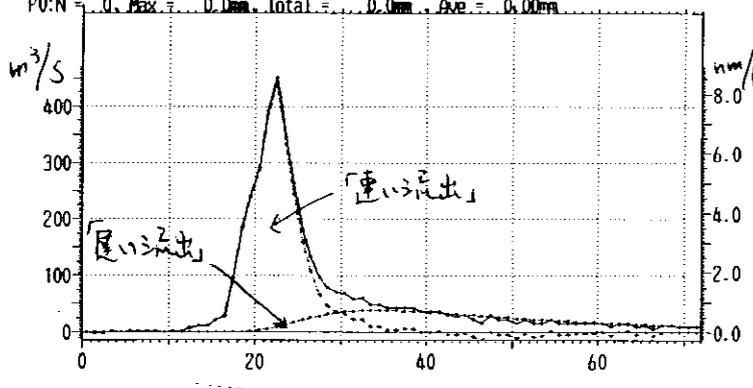
もとの流量時刻
 この間に透流区間が長く、
 透流定数が本数対して荒かに
 送った。

a

b)

Ohtaki R. (at Makio Dam, A=190.2km²)
 Duration: '79 05/07 17:00 - 05/10 12:00, N = 134
 Q1:Max= 451.47m³/s(8.545mm/h,Lack= 0) Q2:Max= 38.03m³/s(0.720mm/h,Lack= 0)
 Q3:Max= 441.97m³/s(8.365mm/h,Lack= 0)
 P0:N = 0, Max = 0.0mm, Total = 0.0mm, Ave = 0.00mm

79-001.DAT[1/2]
 Filter Separated

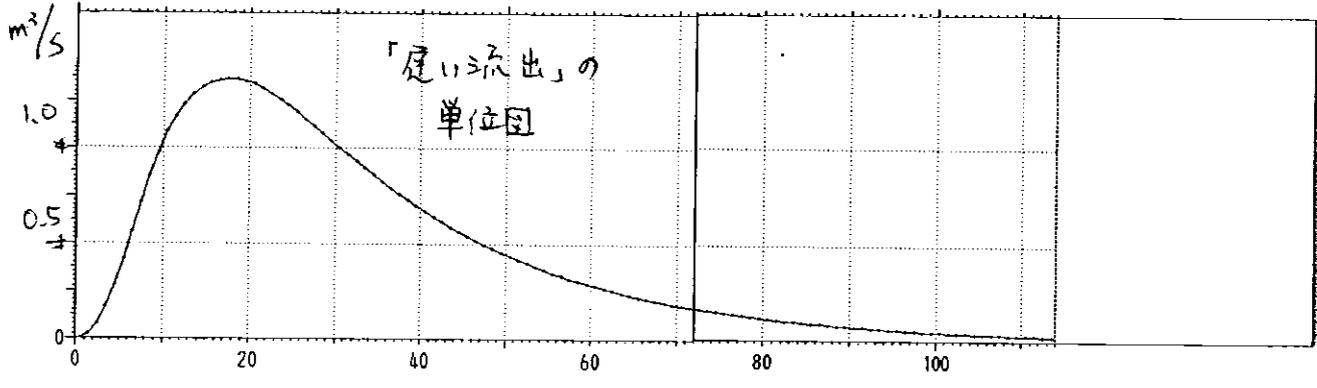


成分分離

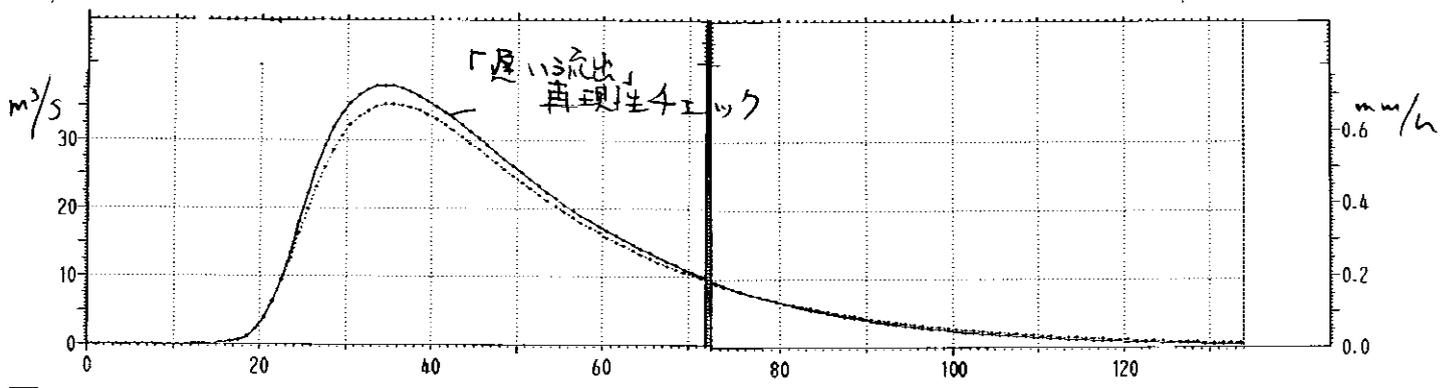
c)

Ohtaki R. (at Makio Dam, A=190.2km²)
 Duration: '79 05/07 17:00 - 05/10 12:00, N = 134
 Q1:Max= 1.37m³/s(0.026mm/h,Lack= 0)
 P0:N = 0, Max = 0.0mm, Total = 0.0mm, Ave = 0.00mm

79-001.DAT[2/2]
 Unit Hydrograph



d)



0.669mm/h,Lack= 0)

つかのステージに分かれる事が明らかとなった。

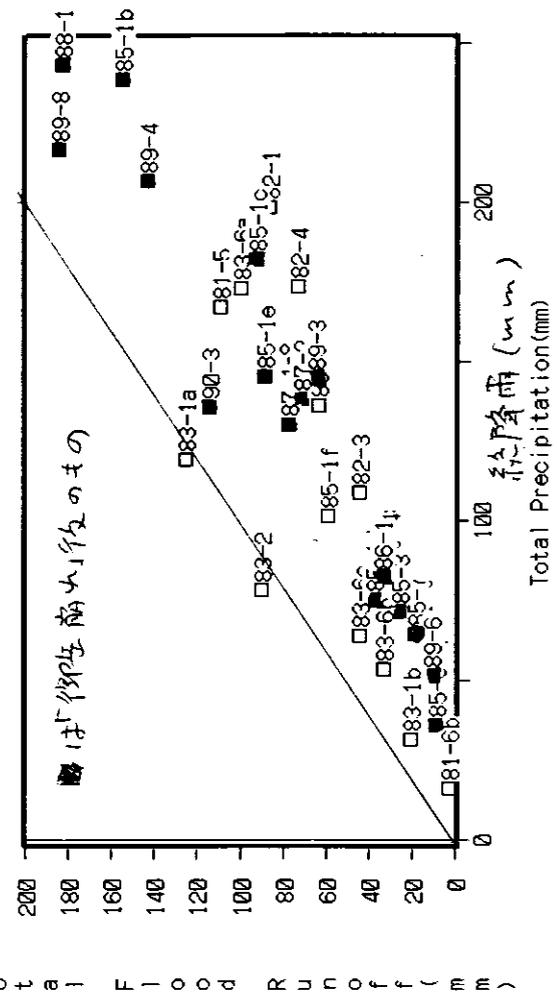
すなわち、1985-1987年頃までは、単位図は崩壊前のものに似ている(図4aただし+70h付近で崩壊前より値が大きい事は、前述した「水が減りにくくなっている」事を表していると考えられる)が、それ以降は、ピークが高く、かつ速やかに流出するようになっている(図4b)。

この時期に流域内でどのような事があったのか(たとえば、せき止め湖の水位)は正確な資料を持っていないが、なにか流出を速やかにするような要因が起こったのであろうか。今のところは1990年までの洪水データしか持っていないので、今後はもう少し解析対象を増やしてみたい。

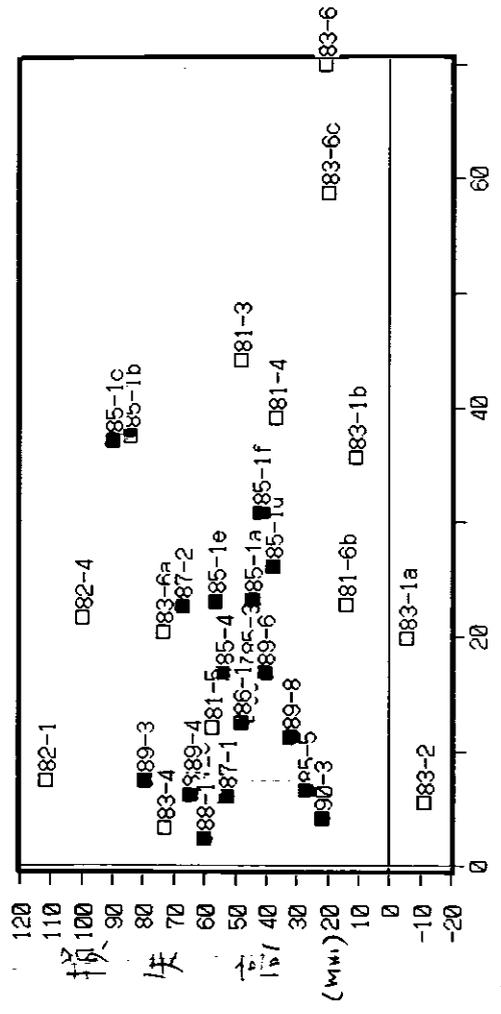
7 参考文献

日野幹雄・長谷部正彦(1985):水文流出解析. 森北出版.254p.

9) Precipitation vs. Runoff

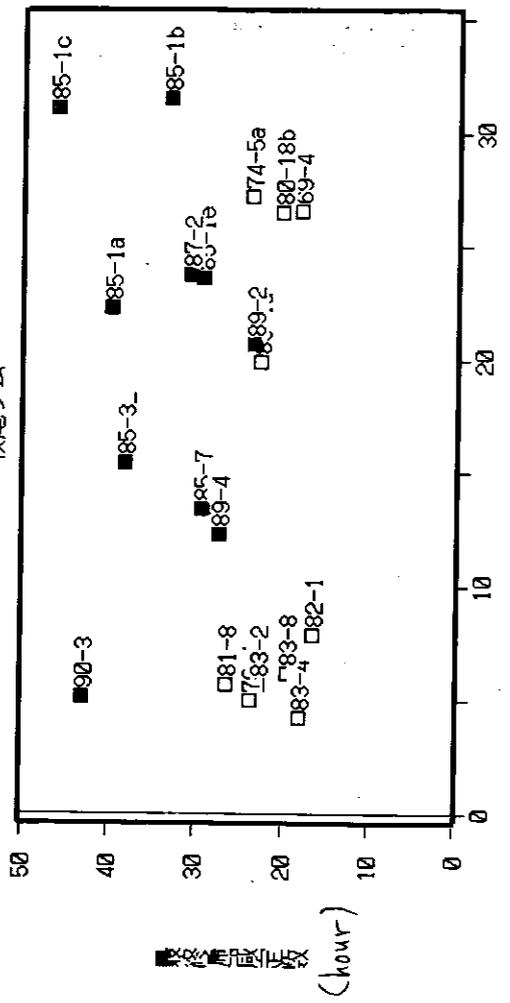


b) Initial Runoff vs Loss



初期流量 (m³/s)

c) 洪水直前流量と最終遮減定数 (Q'は補正無し) 牧尾ダム



47.72
% 47.6%

図3