

土 木 研 究 所 資 料

荒廃山地流域における浮遊砂観測資料の解析

昭和63年 4 月

建 設 省 土 木 研 究 所
砂 防 部 砂 防 研 究 室

Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

荒廃山地流域における 浮遊砂観測資料の解析

砂防研究室室長 水 山 高 久

【要 旨】

全国の荒廃山地流域で過去10年間に渡って実施された浮遊砂観測の資料をとりまとめたもので、浮遊砂濃度と流量との関係、増減水期の変化傾向、崩壊面積率との関係について解析した。なお、ここでいう浮遊砂はウォッシュロード成分である。

キーワード：砂防、山地流域、浮遊砂、観測資料、ウォッシュロード

Technical Memorandum
of P. W. R. I. No. 2628
Apr. 1988

Analysis of the Observation Data of Suspended Load
in Devastated Mountain Basins

Sabo Division , Sabo Department
Head Takahisa MIZUYAMA

Synopsis

This report puts together the observation data of suspended load (washload) performed during the past ten years in devastated mountain basins throughout the country. The relationship between the concentration of suspended load and discharge, and that between the tendency of change during flooded or recession period and areal rate of collapses have been analysed.

KEY WORDS : Sabo, basins, suspended load, observation data, washload

目 次

はじめに	1
1. 資料の蓄積状況	2
2. データの解析方針	3
3. 流量と浮遊砂量の時間的变化	3
4. 流量と浮遊砂量の関係	9
5. 崩壊面積率と切片 $\log \alpha$ との関係(1)	15
6. 流域面積と切片	15
7. 崩壊面積率と切片 $\log \alpha$ との関係(2)	20

は じ め に

砂防事業を進める場合、山腹崩壊、溪岸崩壊や土石流直後の堆積物などのように比較的アクティブな土砂生産源について知ることが重要である。もし、流水中の浮遊砂量について調べることによって山地流域における土砂生産の様子を知ることができれば、土砂生産の時間的な情報を得ることが可能になると期待される。そのためには、実際の溪流において観測データを蓄積することが重要である。この報告書は建設省の砂防関係の工事事務所によって昭和54年より実施されている浮遊砂観測の資料をとりまとめ第1段階の解析を加えたもので、荒廃山地溪流における浮遊砂の実態、土砂濃度と崩壊面積率との関係等について貴重な情報が得られた。

今回の資料整理については、名古屋大学農学部治山工学研究室の桜井清人君の協力を得た。記して謝意を表します。

1. 資料の蓄積状況

表-1に浮遊砂観測資料の得られている観測点を示した。全国で40カ所にのぼる。観測はバケツまたはヒシャクによる表面採水によるもので、粒径はいずれも0.1mm以下のいわゆるウォッシュロード成分である。

表-1 浮遊砂観測地点

地 建 名	事務所名	河 川 名	観 測 所 名	流域面積(km ²)	崩壊地面積(km ²)	崩壊面積率(%)	データ数
東北地建	新 庄	立 谷 沢 川	瀬 場	—	—	0.018	30
東北地建	新 庄	立 谷 沢 川	玉 川	—	—	0.05	46
東北地建	新 庄	立 谷 沢 川	肝 煎	—	—	1.20	40
東北地建	新 庄	角 川	明 戸	—	—	2.30	21
東北地建	新 庄	銅 山 川	肘 折	—	—	1.99	54
東北地建	新 庄	銅 山 川	木 遠 田	—	—	0.85	50
東北地建	新 庄	鮭 川	小 又	—	—	2.33	10
東北地建	新 庄	鮭 川	小 川 内	—	—	2.07	37
東北地建	新 庄	鮭 川	小 六 郎 沢	—	—	2.75	16
関東地建	富 士 川	富 士 川、早川支流	春木川水文	10.99	0.77	7.00	38
関東地建	富 士 川	富 士 川、早川支流、春木川	万 年 橋	16.95	0.880	5.20	8
関東地建	利根川水系	片 品 川	栗 原 川	50.71	0.1057	0.20844	23
関東地建	渡良瀬川	渡 良 瀬 川	沢 入	137.21	0.36	0.26	49
関東地建	渡良瀬川	渡 良 瀬 川	愛 宕 下	58.76	1.10	1.87	15
関東地建	渡良瀬川	渡 良 瀬 川	草木ダム	57.29	0.07	0.120	16
関東地建	日 光	利 根 川、稲 荷 川	第 5 床 固	13.37	0.25	1.90	142
北陸地建	神通川水系	平 湯 川	貝 塩 上 流	30.9	0.91	2.94	27
北陸地建	立 山	常 願 寺 川	本 宮	354.0	286.36	80.8	56
北陸地建	神通川水系	高 原 川	西 里 橋	614.4	5.05	0.01	42
中部地建	越美山系	板 内 川	広 瀬	—	—	—	10
中部地建	越美山系	掛 斐 川	杉 原	—	—	—	9
中部地建	越美山系	掛 斐 川、白 谷 川	白 谷	—	—	—	9
中部地建	越美山系	掛 斐 川、白 谷 川	本 郷	—	—	—	9
中部地建	沼 津	狩 野 川	吉 奈 川	10.7	3.06×10^{-3}	0.03	51
中部地建	沼 津	大 見 川	城 川	5.5	2.50×10^{-3}	0.05	19
中部地建	天 竜 川	三 峰 川	—	441.7	5.68	1.29	40
中部地建	天 竜 川	小 波 川	—	288.0	4.95	1.72	16
中部地建	天 竜 川	太 田 切 川	—	61.5	1.39	2.26	60
中部地建	天 竜 川	戸 台 川	戸台ダム天端	30.692	—	—	62
中部地建	天 竜 川	三 峰 川	戸台ダム上流	30.692	—	—	49
中部地建	富 士 潤 井 川	大 沢 川 橋	—	12.5	1.0	8.0	8
中部地建	富 士 潤 井 川	大 石 寺	—	13.8	1.0	7.2	6
近畿地建	琵琶湖	天 神 川	天神川橋	7.83	0.2192	2.80	89
近畿地建	福 井	雲 川	—	92.7	1.1634	1.26	14
近畿地建	福 井	鎌 田 川	—	3.96	—	—	13
近畿地建	福 井	笹 生 川	—	97.0	2.7086	2.79	13
四国地建	松 山	重 信 川	木 地	—	—	—	5
四国地建	松 山	重 信 川	上 七 郎 谷	—	—	—	4
九州地建	宮 崎	矢 岳 川	—	9.4	0.234	2.5	11
中国地建	倉 吉	西 鴨 谷 川	西鴨1号ダム	4.6	0.089353	1.94	6

2. データの解析方針

それぞれのデータは、数年間にわたって継続的に得られたもの、台風等の洪水時に限って観測が行われたものなどがある。したがって、データ自体の形式はさまざまである。しかし、それぞれの形式に応じた解析よりも、これらの持つ全体的な傾向に主眼をおいて考えることにする。

3. 流量と浮遊砂量の時間的变化

浮遊砂量と流量の観測が、ある一定の時間間隔で行われており、かつ比較的長時間にわたってデータの得られているもの（15時間以上）について、流量（ Q ）と浮遊砂量（ Q_s ）の変化を図-1～8に示す。図中横軸は観測の開始を原点として、各観測時の経過時間を分で示した。縦軸左側は流量（ m^3/s ）、右側は浮遊砂濃度である。これらについてみると、浮遊砂量の変化が流量の変化を追いかける形になっていることがわかる。このときの時間的なずれは、30分～1時間である。

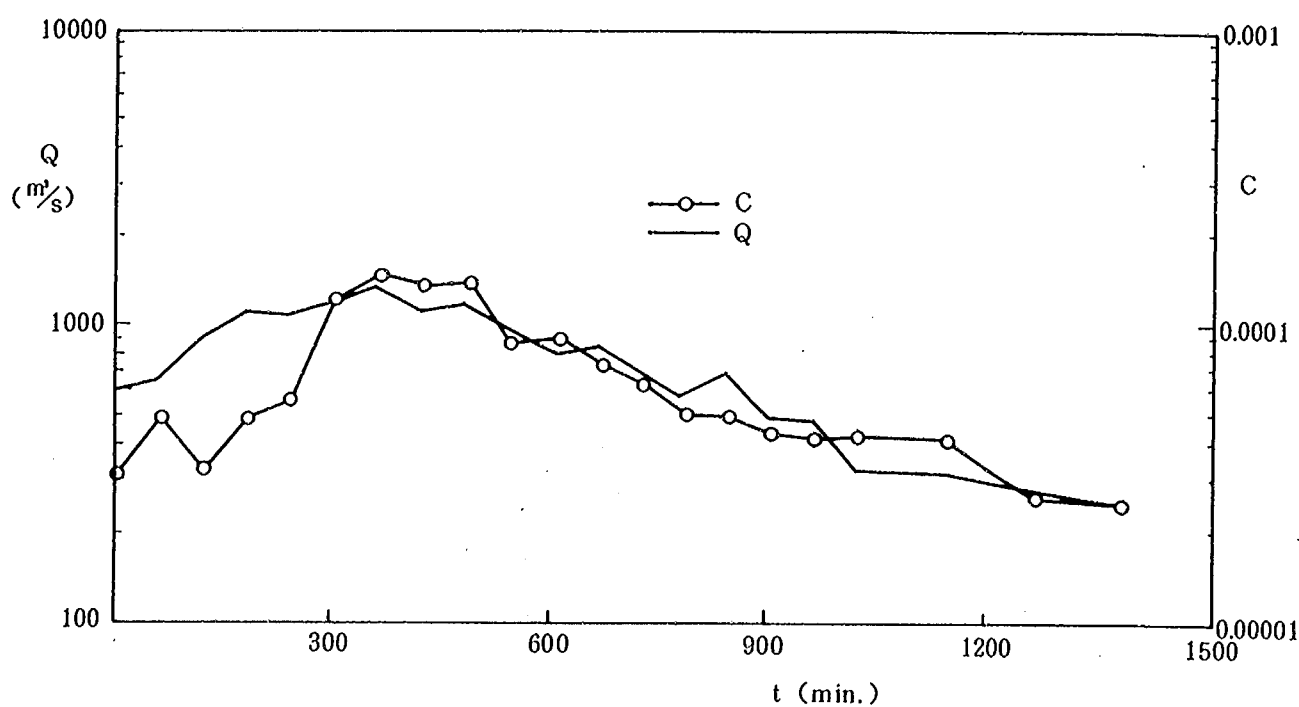


図-1 流量と浮遊土砂濃度の時間的変化
天竜川上流工事事務所（三峰川）

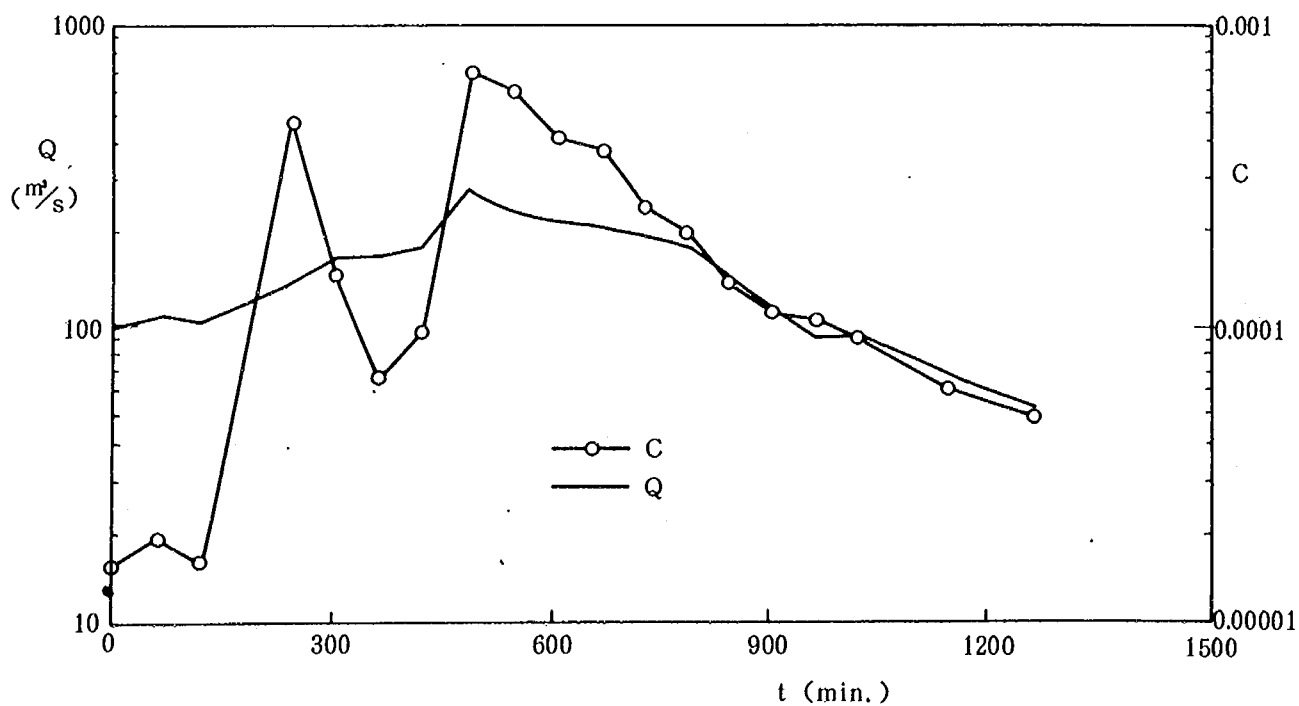


図-2 流量と浮遊土砂濃度の時間的変化
天竜川上流工事事務所（太田切川）

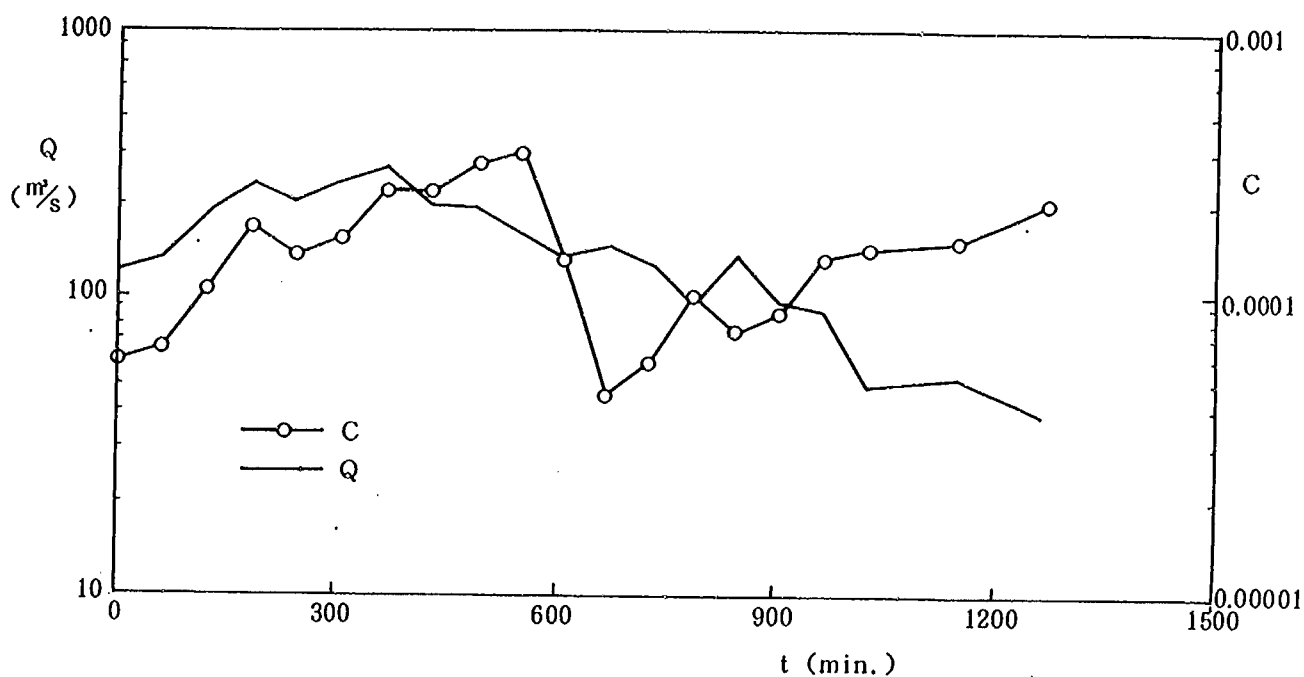


図-3 流量と浮遊土砂濃度の時間的変化
天竜川上流工事事務所 (戸台川)

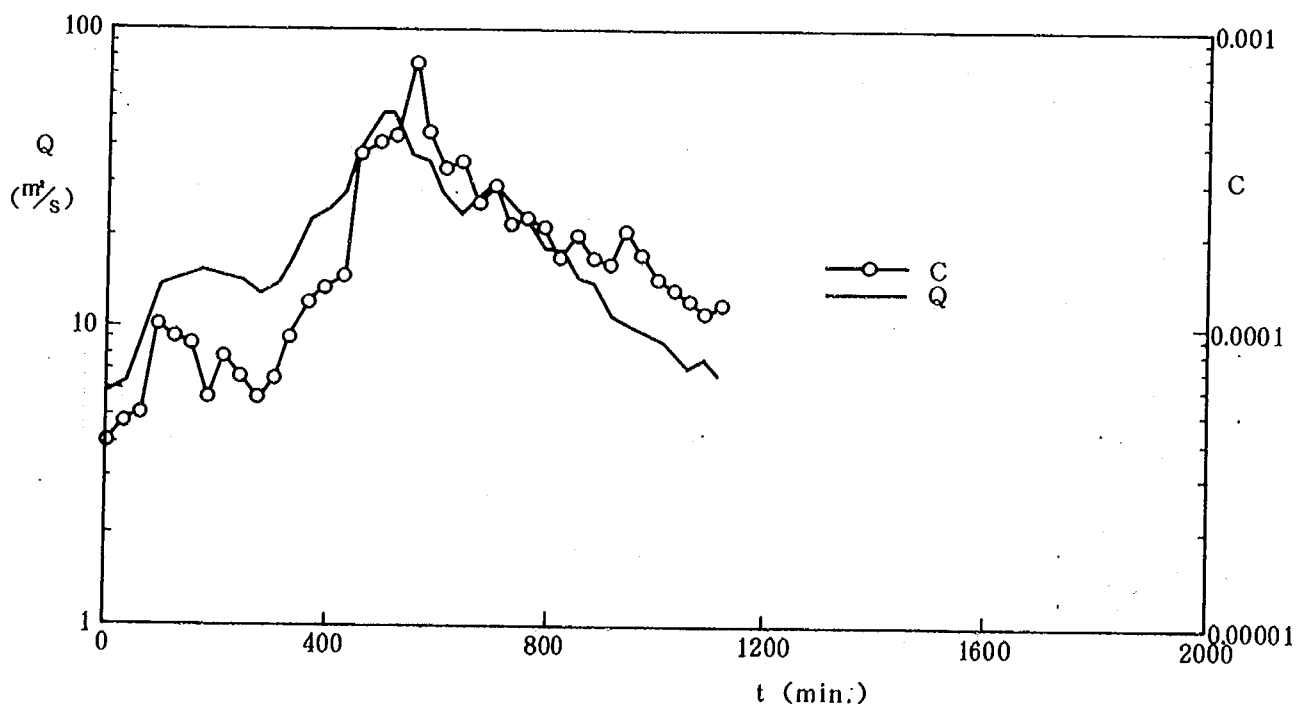


図-4 流量と浮遊土砂濃度の時間的変化
琵琶湖工事事務所 (淀川水系天神川：天神川橋)

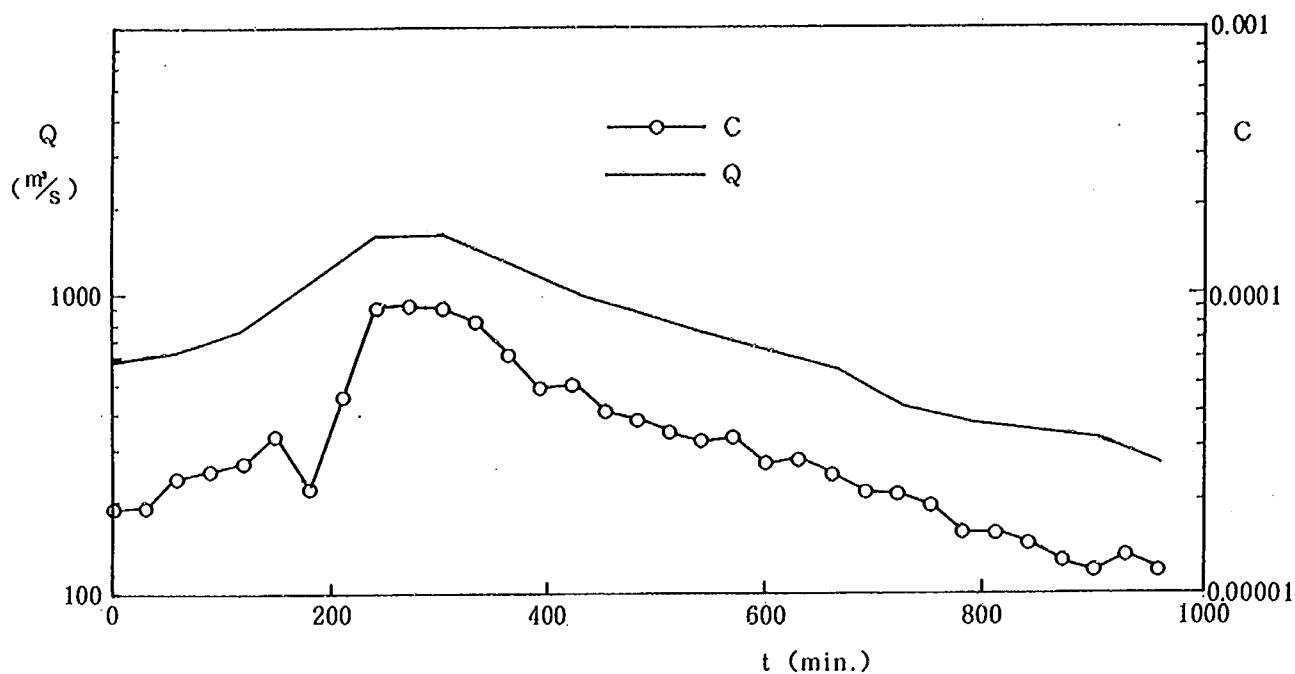


図-5 流量と浮遊土砂濃度の時間的变化
渡良瀬川工事事務所（渡良瀬川：沢入）

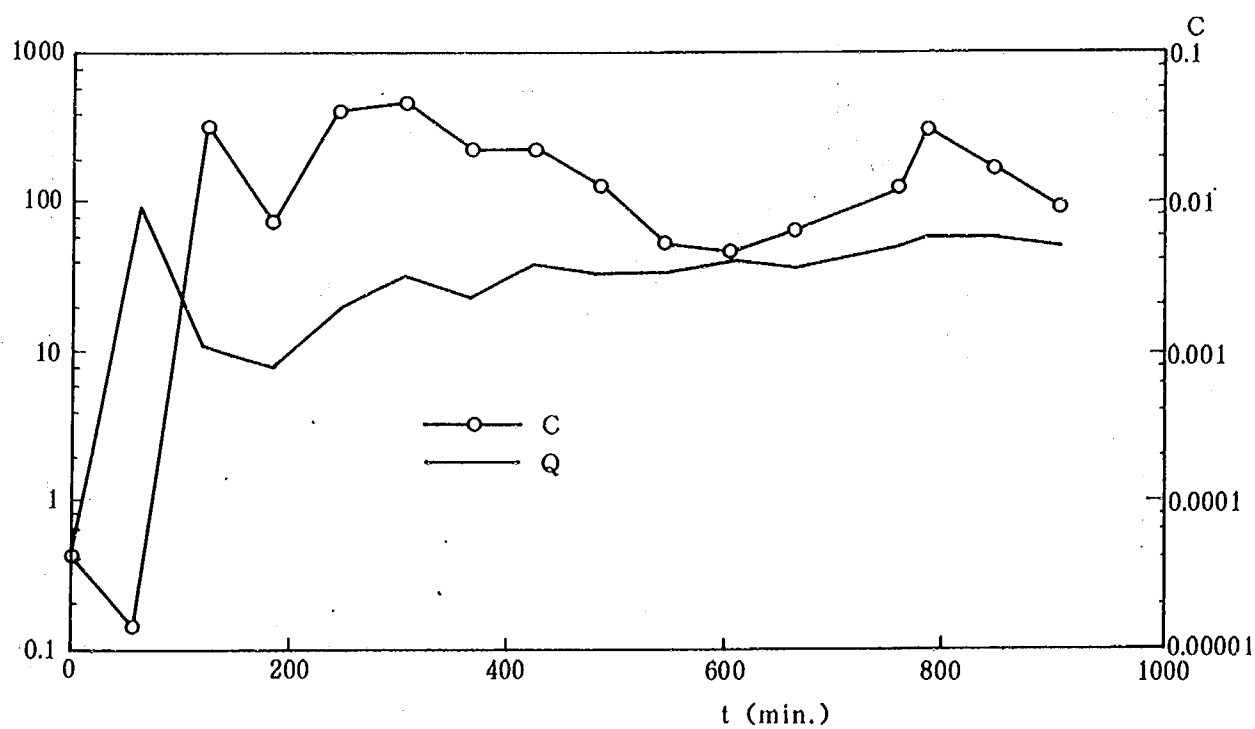


図-6 流量と浮遊土砂濃度の時間的变化
日光砂防工事事務所（稻荷川：第5床固）

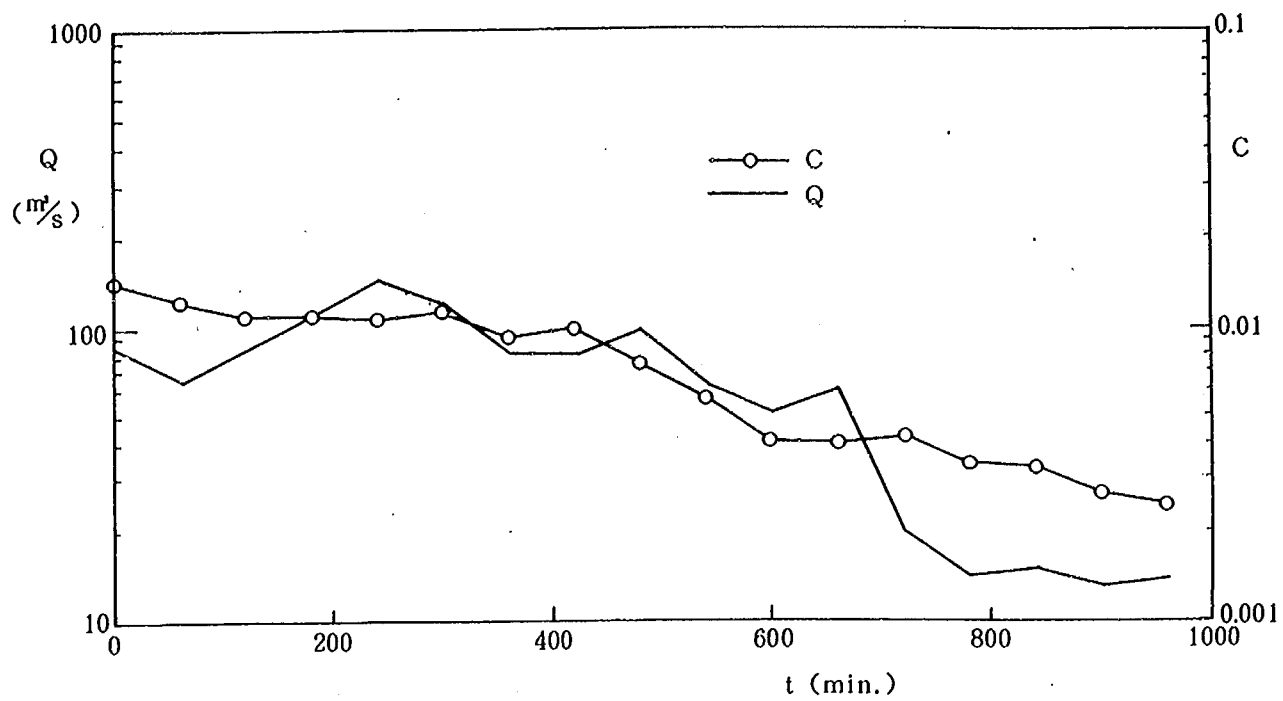


図-7 流量と浮遊土砂濃度の時間的变化
日光砂防工事事務所（稲荷川：第5床固）

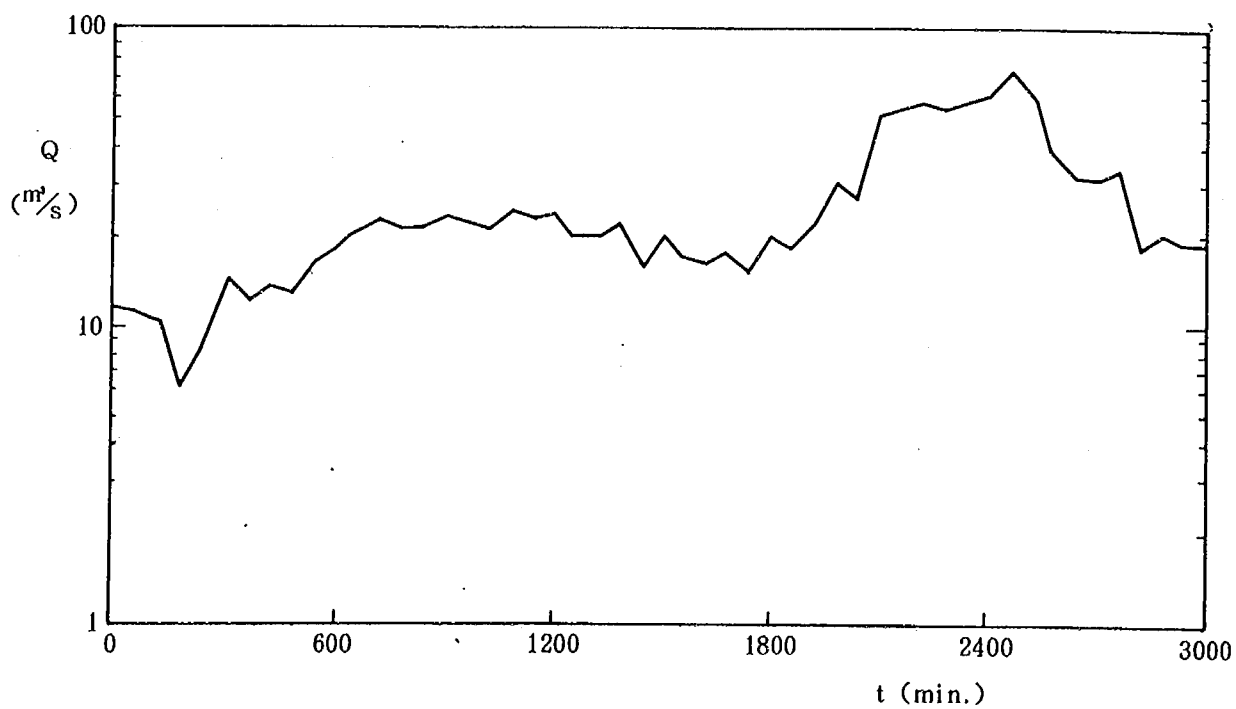
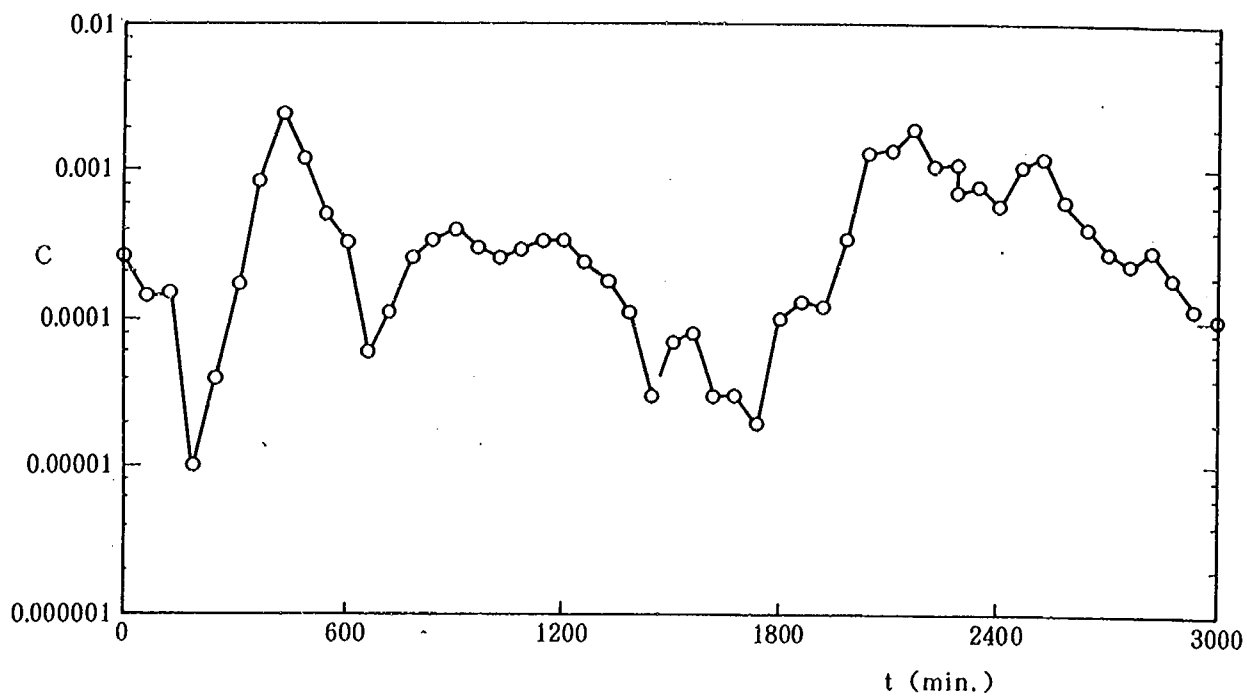


図-8 流量と浮遊土砂濃度の時間的变化
日光砂防工事事務所 (稲荷川：第5床固)

4. 流量と浮遊砂量の関係

各観測について流量と浮遊砂量の間係を考へる。一般に、浮遊砂量と流量との関係は次のように表現されることが知られている。

$$Q_s = \alpha Q^\beta$$

ここに、 Q_s : 浮遊砂量、 Q : 流量、 $\alpha \cdot \beta$: 係数である。これを

$$\log Q_s = \log \alpha + \beta \log Q$$

と書き直すと $\log Q_s$ と $\log Q$ の関係は、係数 $\log \alpha$ と β によって決まる直線的な関係となる。そこで、直線回帰によってこれらの係数を求めた。観測データを両対数軸上にプロットし、回帰直線を引いたものを図-9~13に示す。図中の番号と図の左に示した観測地の番号は対応している。また、“- - -”とあるのは、データが得られなかったものである。この中で、相関係数が0.9以上 $\log Q_s$ と $\log Q$ の関係が直線回帰式によって近似できたと考えると、 β は1.26~2.79、 $\log \alpha$ は-6.96~-2.00の範囲にある。

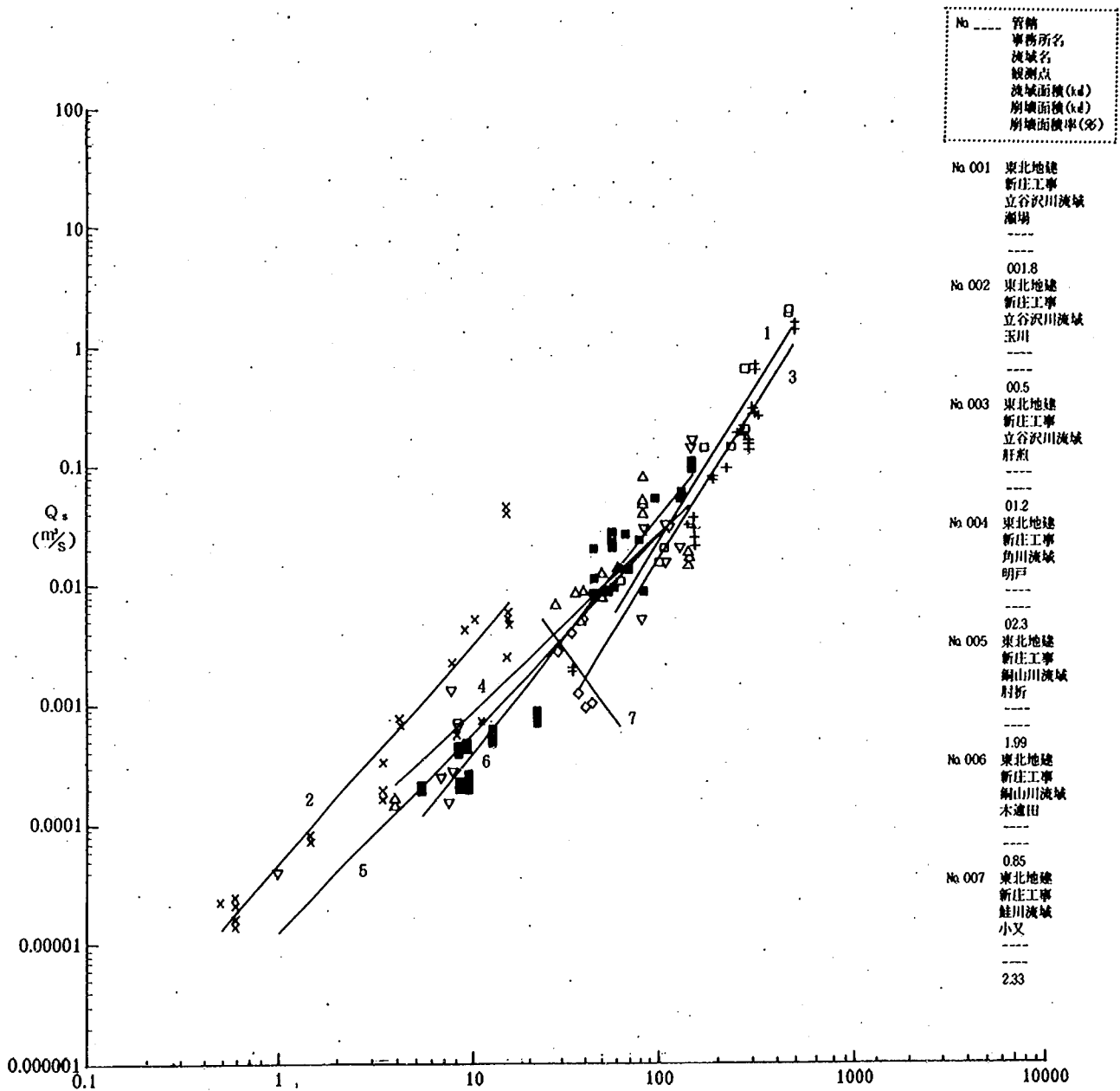


図-9 流量(Q)-流砂量(Q_s)図

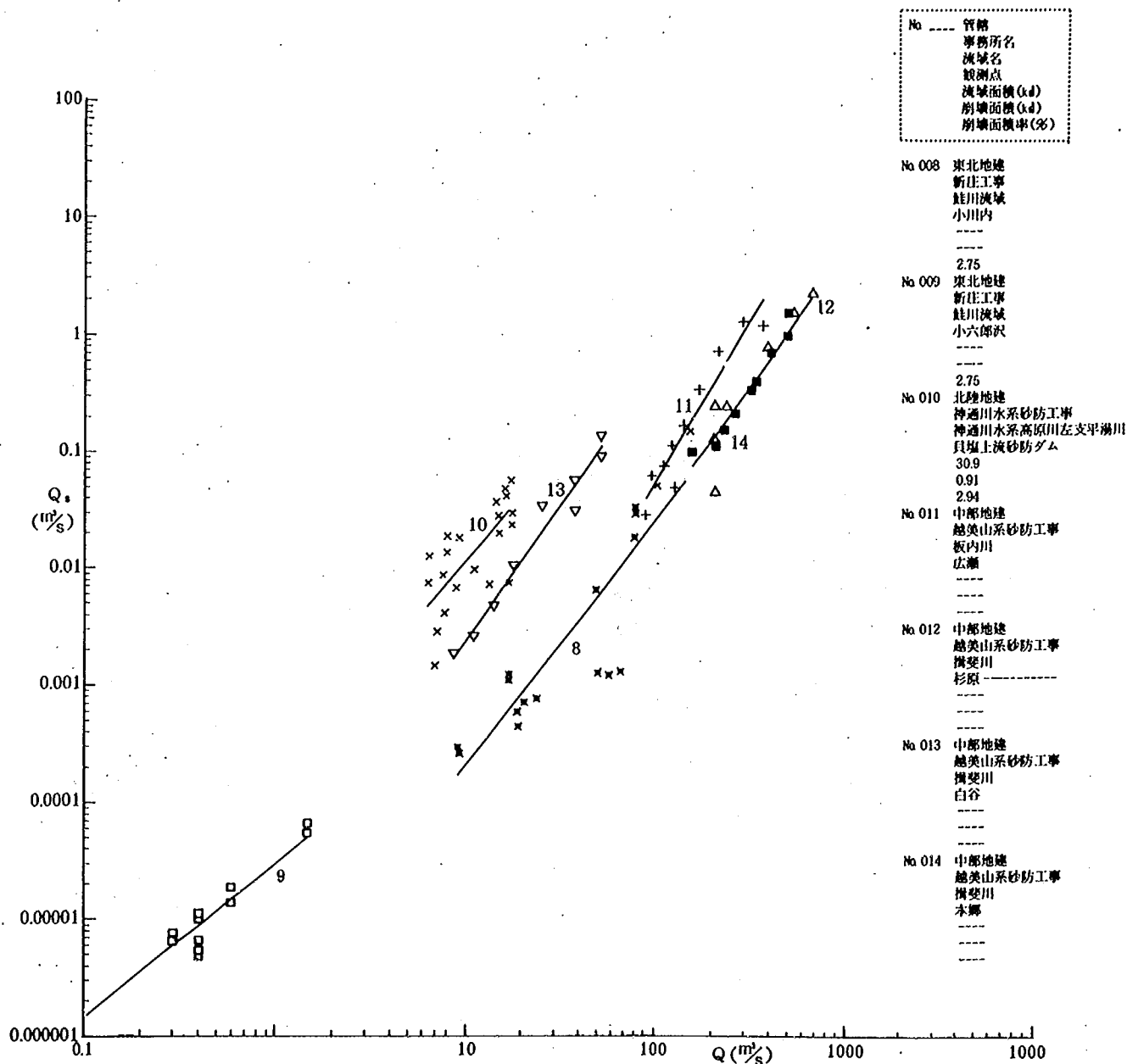


図-10 流量 (Q) - 流砂量 (Q_s) 図

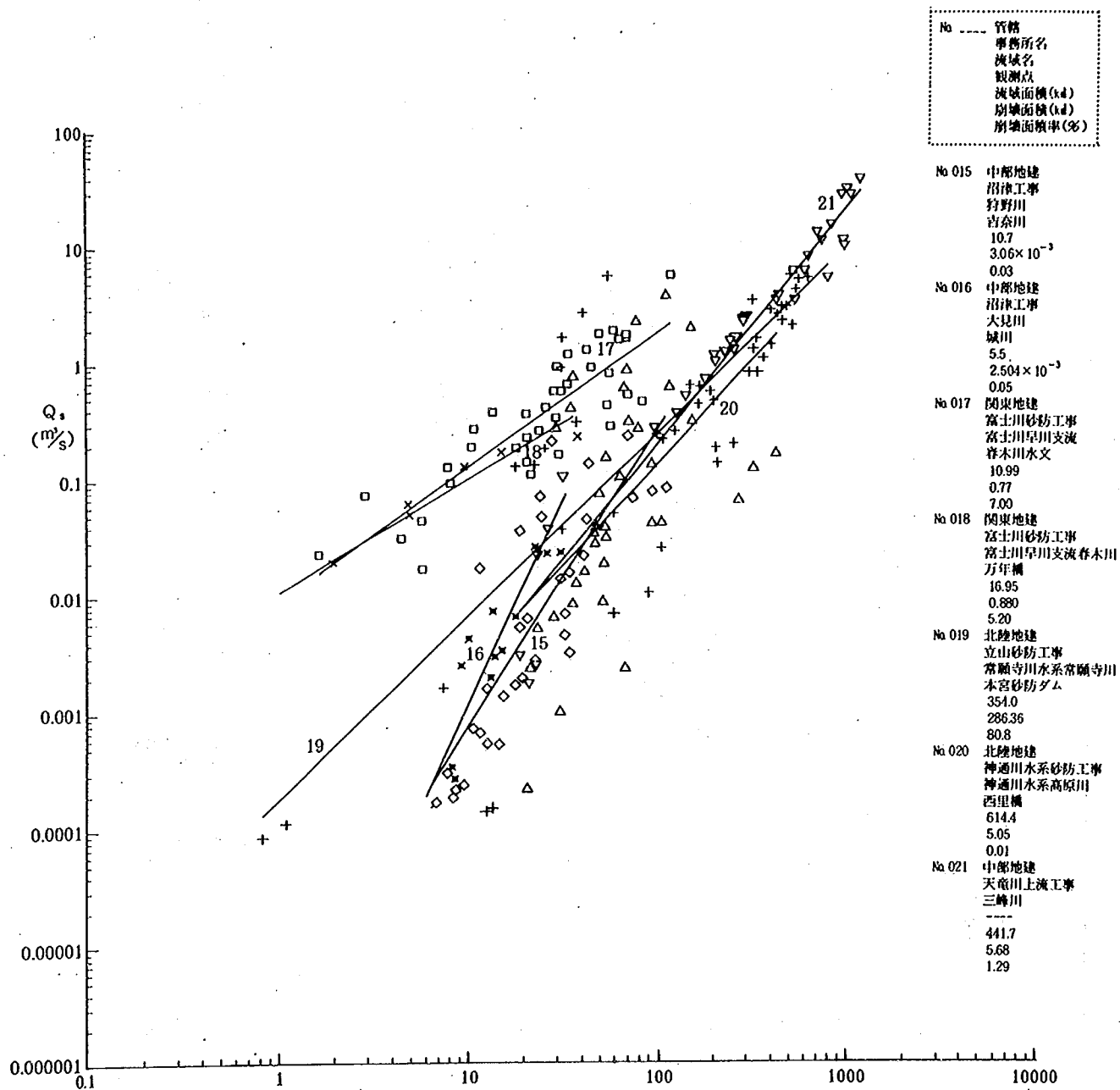


図-11 流量 (Q) - 流砂量 (Q_s) 図

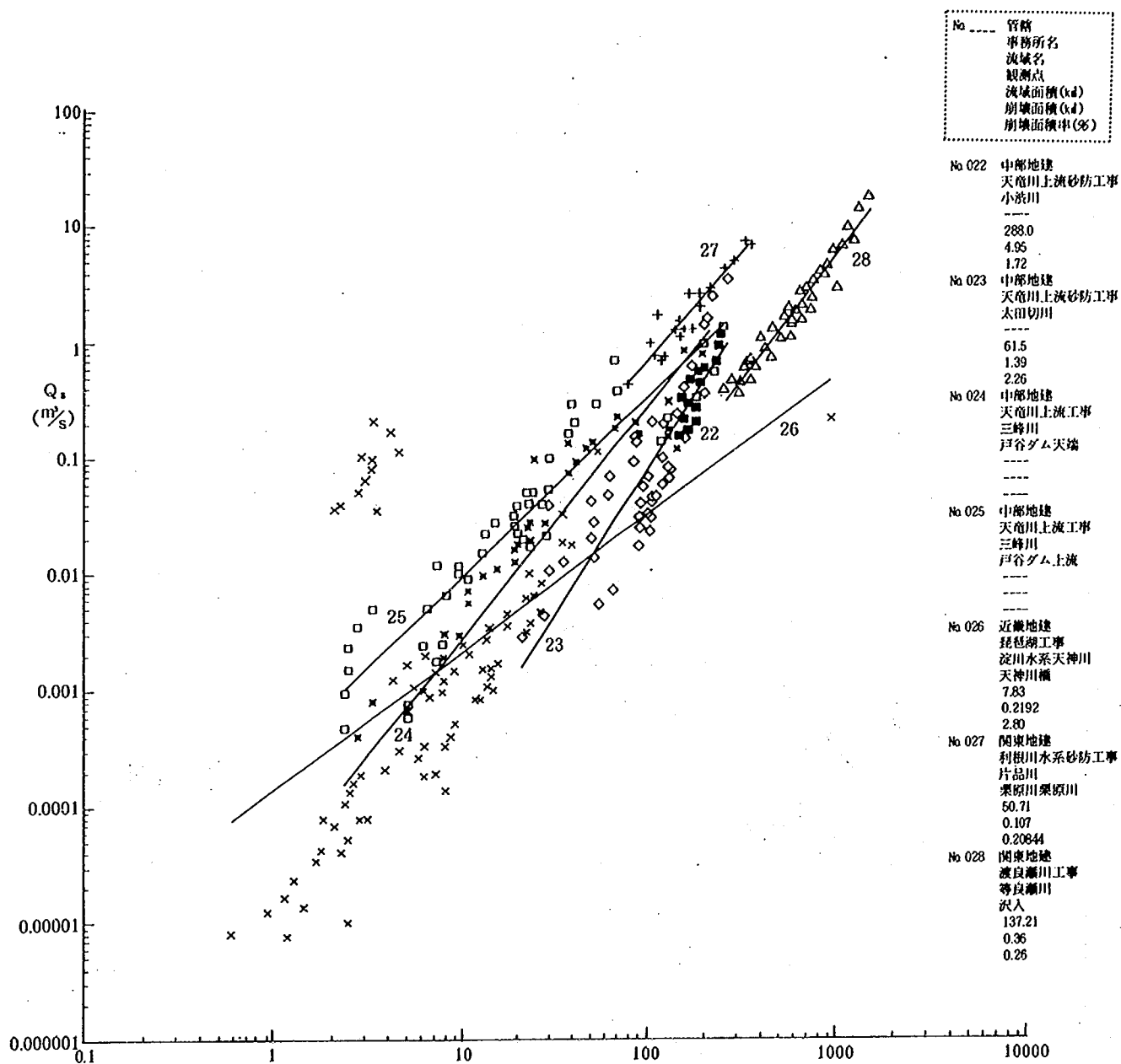


図-12 流量 (Q) - 流砂量 (Q_s) 図

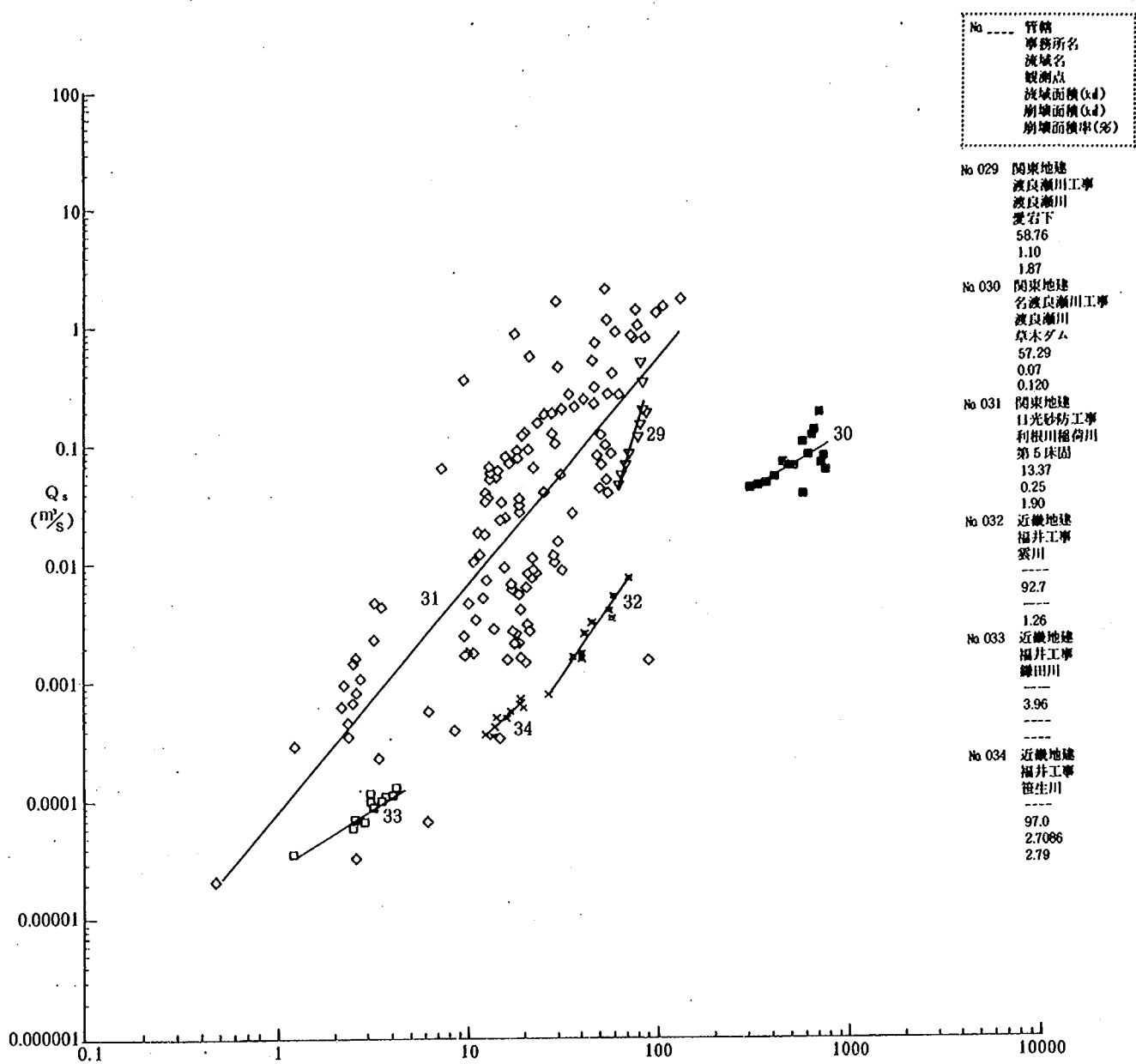


図-13 流量 (Q) - 流砂量 (Q_s) 図

5. 崩壊面積率と切片 $\log \alpha$ との関係(1)

崩壊面積率が高ければ、流送される浮遊土砂の量が多くなる可能性がある。したがって、上式 β はほぼ2であるとする一般的な考え方によれば、崩壊面積率の影響は $\log \alpha$ の値に現われると考えられる。そこで、 $\log \alpha$ と観測値の上流の崩壊面積率との関係を図-14に示す。これによると、確かに傾向としては崩壊面積率が大きいほど $\log \alpha$ の値が大きくなるようであるが、両者の相関は低い。ここで示した崩壊面積率は、浮遊砂量の観測データの解析を目的として得られた値ではない場合が多い。したがって、この崩壊面積率が、浮遊砂量を観測した当時の流域の様子をあらわしているとは限らない。相関が低かったのは浮遊砂の観測と崩壊面積率の調和との間に時間差があったためかもしれない。

多くの場合、浮遊砂量の観測が行われた時と対象とする流域の崩壊面積の調査が行われた時とは、数年間の隔たりがある。両者の時間的間隔が比較的短く、かつ同一の流域で浮遊砂量の観測と崩壊面積の調査が数回行われているものについて、上で行ったように回帰係数と切片を調べた。浮遊土砂量の観測がほぼ一年の間隔で行われ、それぞれについて、一ヶ月後の崩壊面積のデータがある。これを図-15に示す。はじめに浮遊砂量の観測を行ったときの崩壊面積率は1.90%であり、一年後2.17%であった。ところが $\log \alpha$ は、図からも明らかなようにほとんど違いがない。これは、ここで示したデータにおける崩壊面積率にあまり大きな差がないためであるかもしれない。したがって、今回のデータからだけでは、相関が低い理由を、浮遊砂の観測と崩壊面積率の調査との間に時間差があった点に求めることはできない。そこで、さらに次のような点に着目して考えることにした。すなわち、観測データの中には一洪水を通じて観測を行っているものがある。これらの洪水によって、流域に崩壊が生じた可能性があり、少なくとも流量が増加から減少に移る間には、侵食によって裸地面積が増加したはずである。このような意味での崩壊面積や裸地面積の増加があったとすれば、流量の最も多かった時刻を境にして流域の土砂生産能力に違いがあらわれている可能性がある。図-15に示した例では、流量のピークがはっきりしていなかったため、図-1~8のなかで、比較的ピークのはっきりしているものについて、ピークの前後に分けて回帰直線にあてはめ、 $\log \alpha$ 、 β を求めなおした。これを図-16~19に示す。図中、□印は流量の増加期、※印は減少期である。どの例においても、流量の増加期から減少期にうつると $\log \alpha$ の値は大きくなり、 β の値は小さくなるから、直線は図の上でy軸の正の方向へ移動し、傾きがゆるやかになる。つまり、流量の増加期と減少期について同じ流量のときの浮遊砂量を比較すれば、流量の減少期の浮遊砂量の方が多い。このことから、洪水のピークを境として生ずる流域の土砂生産状況の違いは、観測された流量と浮遊砂量との関係から得られる切片と回帰係数にあらわれると思われる。

6. 流域面積と切片

さらに、観測地上流の流域面積と $\log \alpha$ との関係を図-20に示す。図中、崩壊面積率の違いによって4段階に記号を変えてプロットした。全体としては、わずかに右下がりの傾向にあり、崩壊面積率が2~3%のプロットではこの傾向が若干強まる。しかし、その他の崩壊面積率の区分では、逆にわずかに右上がりの傾向にある。

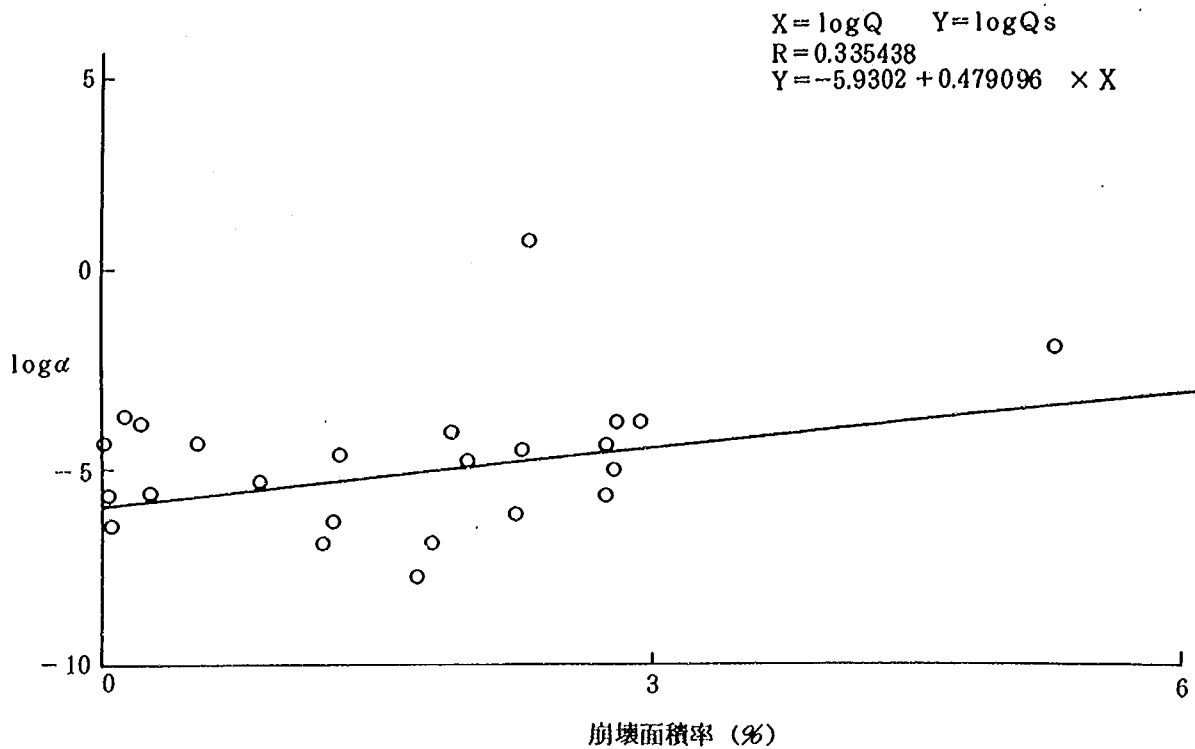
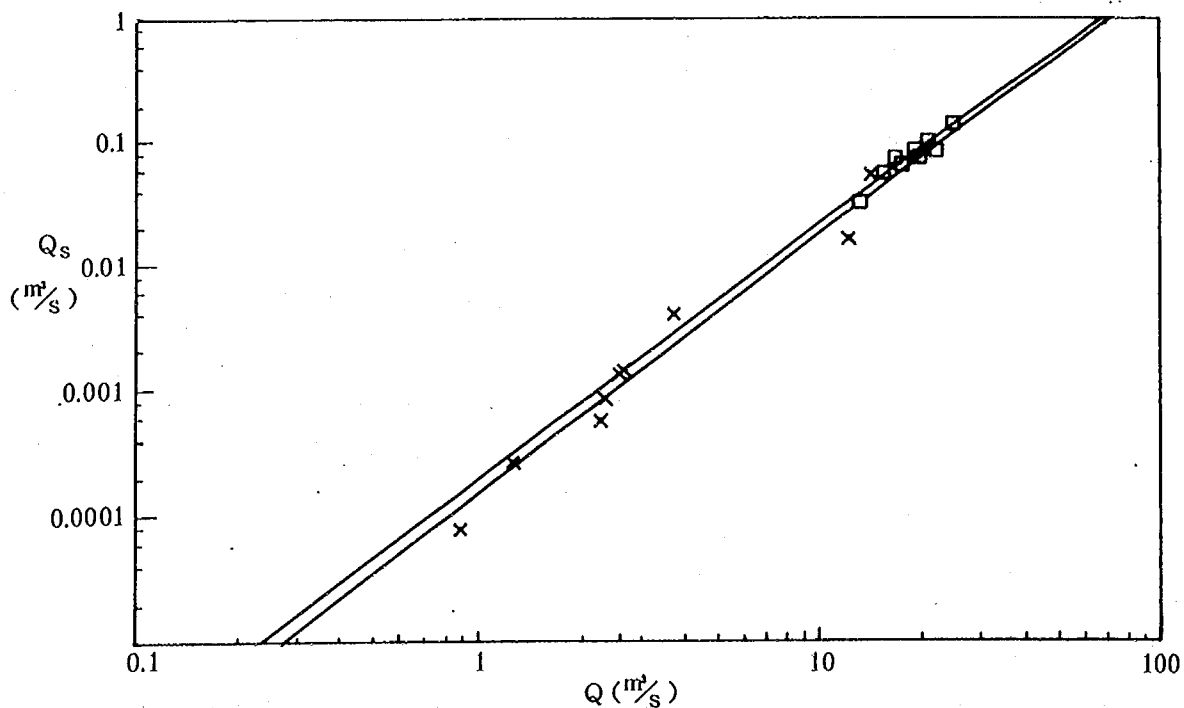


図-14 Q-Qs 直線の切片と崩壊面積率の関係



記号	$\log \alpha$	β	R	浮遊砂観測	崩壊調査	崩壊面積率
□	-3.72204	2.03944	0.92308	55/09/11	55/10	1.90%
×	-3.82858	2.07092	0.976723	56/10/22	56/11	2.17%

図-15 崩壊面積率の違いと Q-Qs 直線

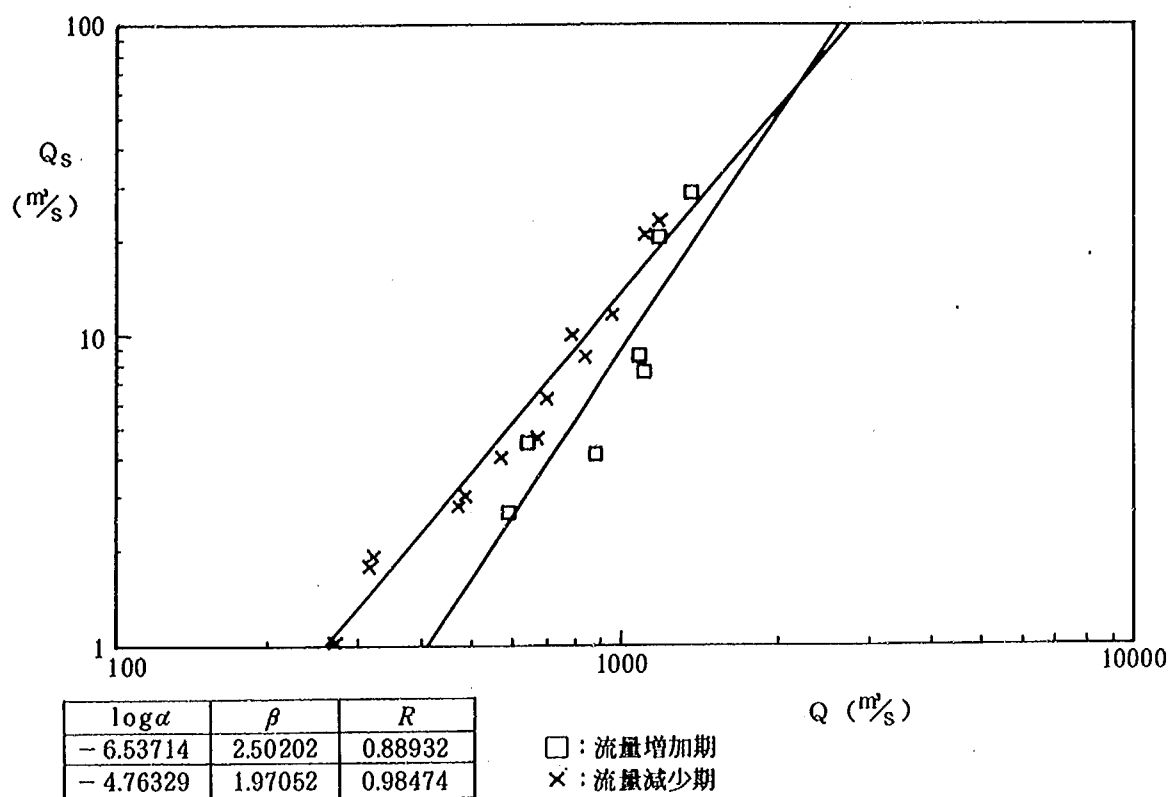


図-16 流量の増加期、減少期における $Q-Q_s$ 直線の比較
天竜川上流工事事務所 (三峰川)

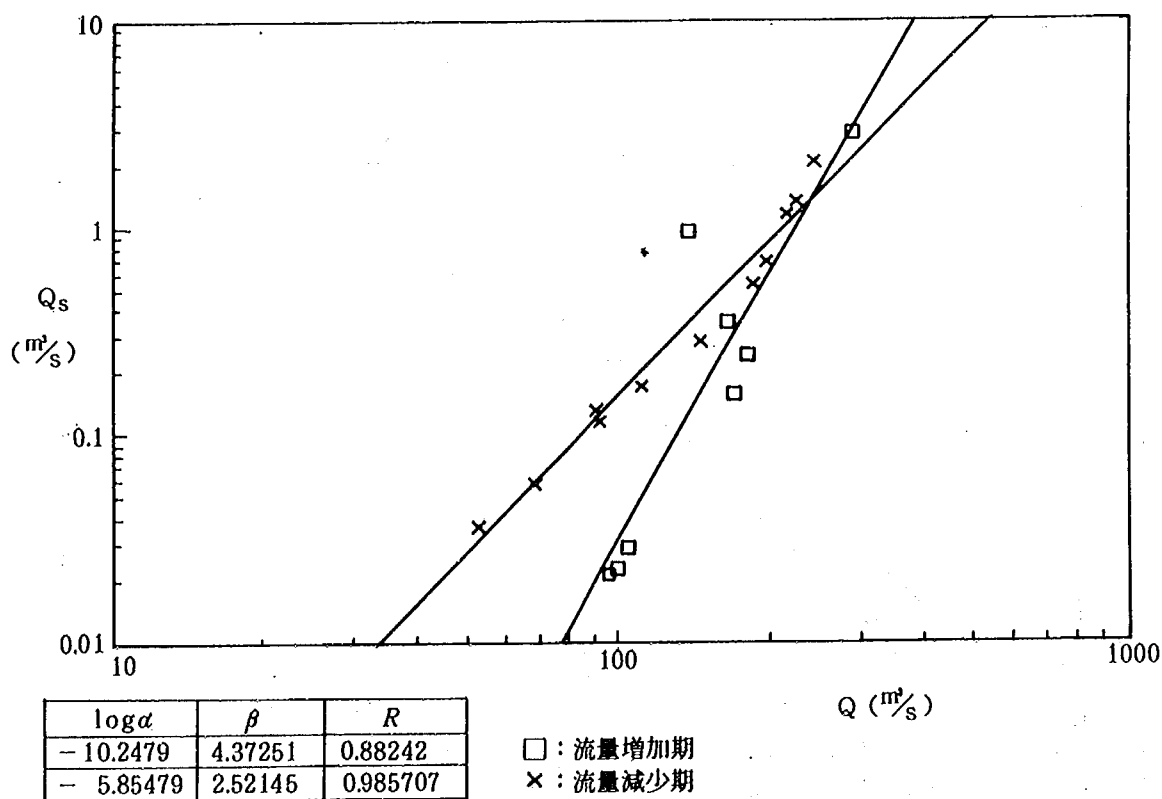


図-17 流量の増加期、減少期における $Q-Q_s$ 直線の比較
天竜川上流砂防工事事務所 (太田切川)

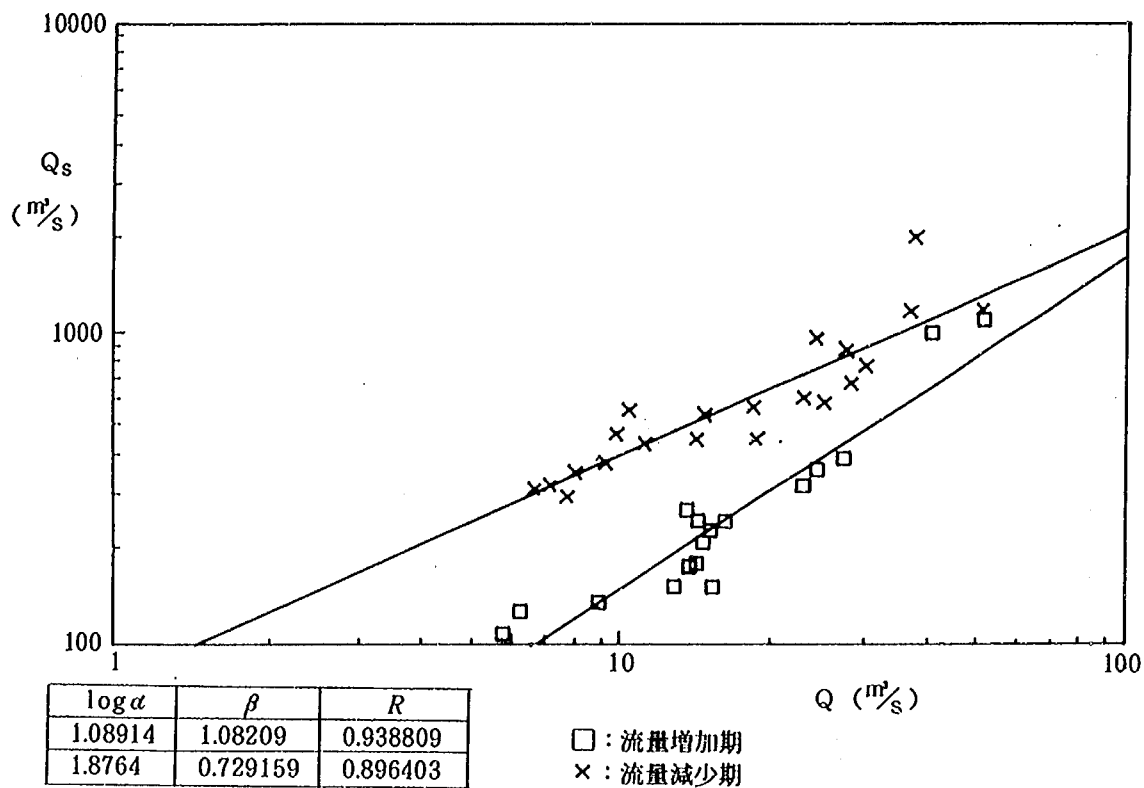


図-18 流量の増加期、減少期における $Q-Q_s$ 直線の比較
琵琶湖工事事務所（淀川水系天神川：天神川橋）

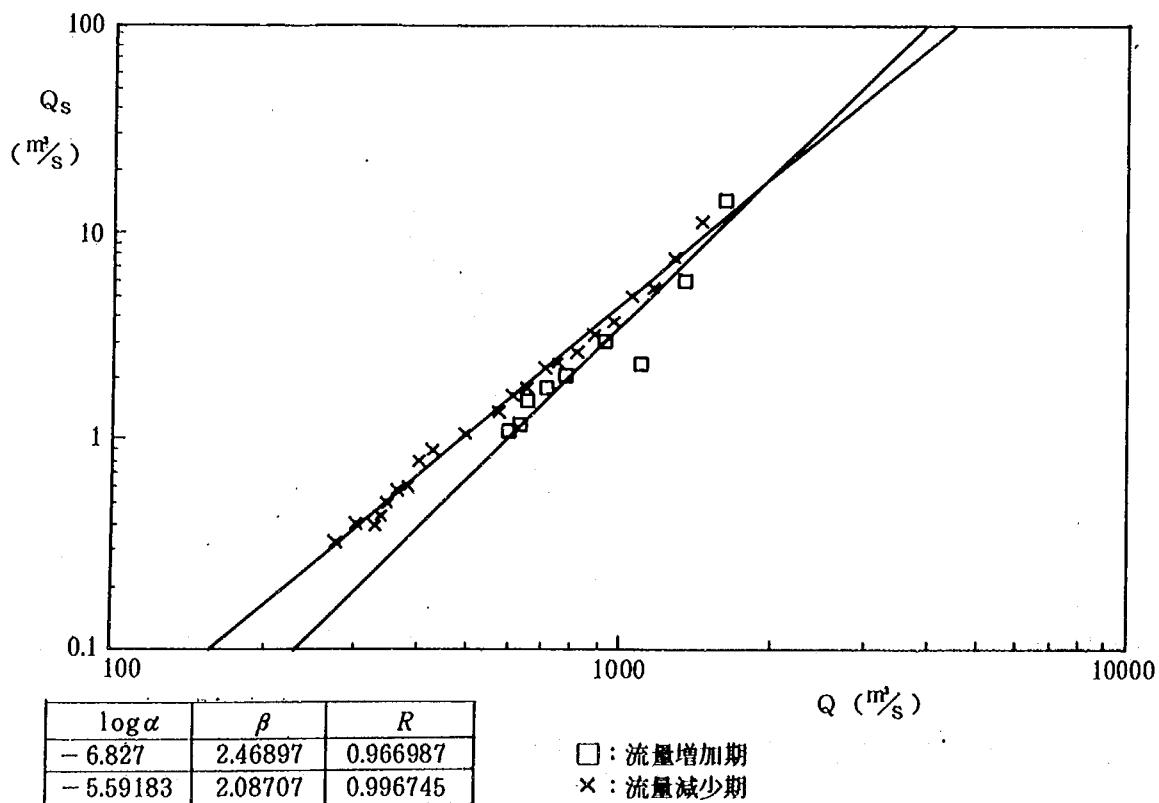


図-19 流量の増加期、減少期における $Q-Q_s$ 直線の比較
渡良瀬川工事事務所（渡良瀬川：沢入）

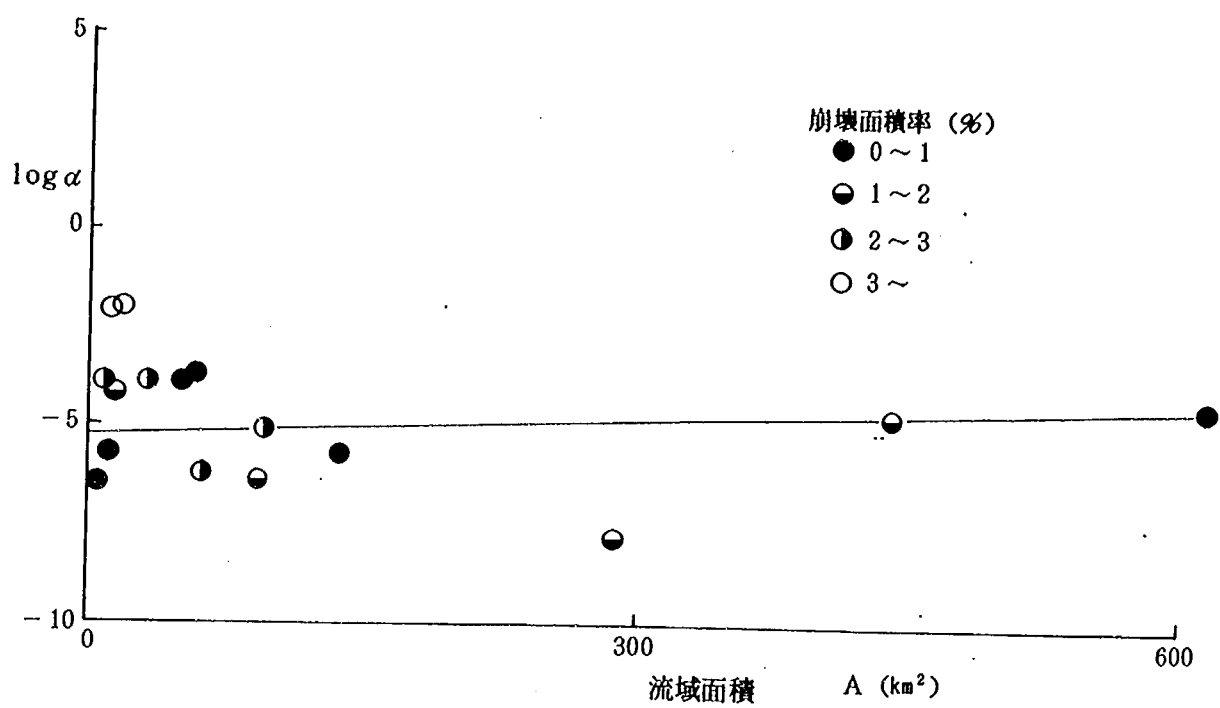


図-20 崩壊面積率の違いと $A - \log \alpha$ 関係

7. 崩壊面積率と切片 $\log \alpha$ との関係(2)

各流域によって条件が異なるのをきらい、比流量～浮遊土砂濃度関係について考察を行っている例がある。そこで、前節で流量～浮遊砂量関係における崩壊面積率と回帰直線の切片との関係を考えたデータについて、比流量～浮遊土砂濃度関係の場合を考えた。これを図-21に示す。結果としては、図-14に現われている傾向とほとんど同じものが読み取れる。

ところで、ここで行ったような流量～浮遊砂量関係を、回帰直線に当てはめた場合の回帰係数が、一般に2と考えられていることはすでに述べた。そこで、上に示した式中の β を2に置き換え、次式

$$\log Q_s = \log \alpha + 2 \log Q$$

について考えることにする。

最小自乗法によって $\log \alpha$ を求め、やはり崩壊面積率との関係を示したのが図-22である。これを見ると、最小自乗法の2つの未知数($\log \alpha$ と β)に関する計算結果として得られた $\log \alpha$ の場合(図-14)よりも、 β を固定して $\log \alpha$ を求めた場合の方がはっきりした傾向があらわれ、相関も高くなる。したがって、

$$Q_s = \alpha Q^2$$

が成り立つとすれば、崩壊面積率が高いほど $\log \alpha$ の値が大きいという結論が導きやすくなる。

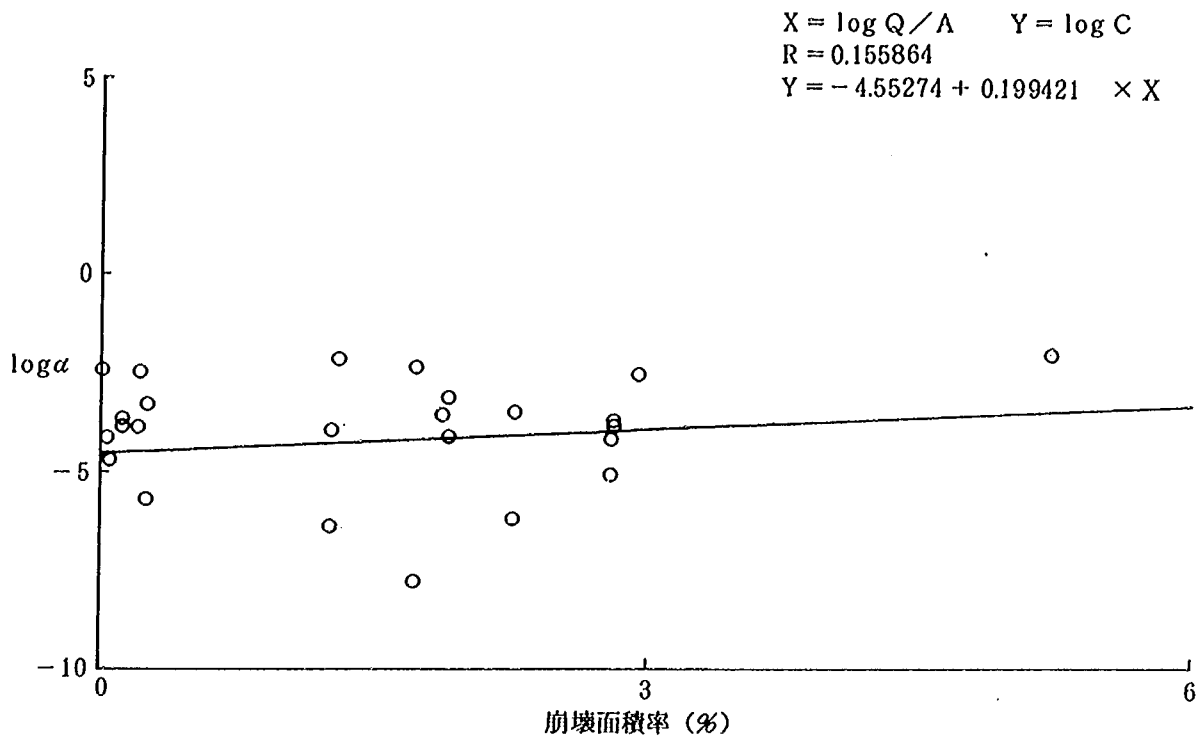


図-21 比流量-浮遊砂濃度関係から求めた
 $\log \alpha$ と崩壊面積率との関係

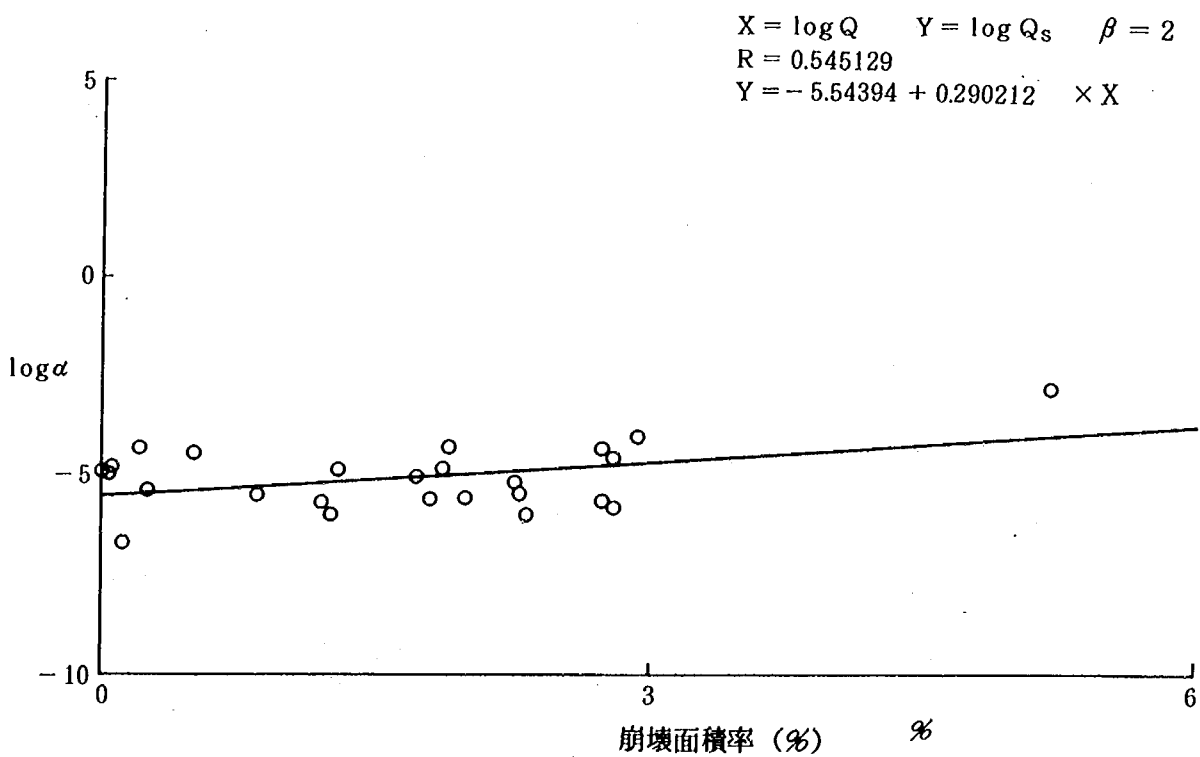


図-22 β を固定 ($\beta = 2$) して求めた $\log \alpha$ と
崩壊面積率との関係

荒廃山地流域における
浮遊砂観測資料の解析

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2628号
昭和63年4月(1988)
建設省土木研究所砂防研究室
水山高久

要 旨

全国の砂防関係工事事務所において昭和54年より実施している出水時を中心とする浮遊砂観測資料をとりまとめ、流量との関係、増減水期の変化傾向、崩壊面積率との関係を解析した。

キーワード：砂防，山地流域，浮遊砂，観測資料，ウォッシュロード

郵便はがき

40円切手
はって下
さい。

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
破防部砂防研究室御中

No. _____

土研資料第2628号

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料 第2628号

荒廃山地流域における浮遊砂観測資料の解析

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名

