重回帰分析を利用した崩壊土砂量の推定法

著者	武田 宏
雑誌名	国立防災科学技術センター 研究報告
巻	26
ページ	17-27
発行年	1981-11
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00000848

551.311.2.235：624.131.54

重回帰分析を利用した崩壊土砂量の推定法

武　田　　宏*

国立防災科学技術センター

Estimation of Debris Volume by Multiple Regression Analysis

By

Hiroshi Takeda

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

No sufficient studies on quantitative estimation of debris volume have been developed up to the present, because of lack of adequate data. Debris volume was surveyed by aerophotogrammetry at nine of the twenty tributaries of a river basin after a severe storm in August, 1975. Based on the surveyed debris volume and many relevant elements, the author succeeded in establishing a multiple regression formula (7), where the debris volume is a resultant variable Y, and the maximum daily rainfall during the storm period and the relief index are independent variables X_1 and X_3. Probability debris volume and average debris volume per year are estimated by using the formula with the probability density function of rainfall. These results are available to plan and to design the capacity of debris control structures for all the twenty tributaries of this basin.

1. まえがき

急峻な地形を有する日本の河川流域では斜面山腹から降雨風雪等によって土砂崩壊が発生しているが，そのメカニズムは降雨風雪等の気象条件の他に地形地質条件が複雑に影響している．

崩壊土砂量および流出土砂量の推定方法については現在多数の研究ならびに手法が提案されているが，多様な気象条件，急峻な地形，複雑な地質を有する河川流域が多いため未だ満足すべき推定方法が確立されていない．特に崩壊土砂量，流出土砂量の実測例が少ないことも原因してか定量的な解析方法はきわめて少ない．

河川流域に設置される主要な防災施設，たとえば防砂ダム，多目的ダム，河道等の計画設計には崩壊土砂量，流出土砂量等がそれらの施設の寿命や安全性に関して重要な条件である．

本報告は，太平洋側のN河川における昭和50年８月豪雨による崩壊土砂量が，N河川20支

＊第１研究部　風水害防災研究室

川のうち9支川について豪雨前後の空中写真解析等から調査されていたので（建設省，1976），その崩壊土砂量を土砂崩壊を惹起した要因から重回帰分析により解析し，N河川における崩壊土砂量の推定式を求めたものである．また，この推定式を用い降雨の確率密度分布から，砂防ダムの計画の基礎となる確率崩壊土砂量および多目的ダムの堆砂量，河道計画の供給土砂量の推定に使用する年平均崩壊土砂量（実際には年平均崩壊土砂量に土砂流達率を乗じた年平均流出土砂量を使用する）を計算する．

本研究は以上の各種の崩壊土砂量の実用的推定の他に，この計算を事例として崩壊土砂量の定量的な推算手法の開発も重要な目的とした．

なお，一般に土砂生産，移動の調査研究対象は，斜面，山腹の崩壊に始まり渓谷，河川を流下し海域に流出するまで広範囲にわたるが，本研究で対象としている崩壊土砂量とは斜面，山腹から渓谷，河川へ崩落した量である．

2. 解析方法

N河川は流域面積1530.0km²，20個の一次支川で構成されその状況は図1のとおりである．20支川のうち昭和50年8月豪雨によって発生した崩壊土砂量を調査したのは9支川である．

解析手順は，まず崩壊土砂量が調査された9支川について，崩壊土砂量を目的変数，土砂崩壊を惹起した要因を説明変数として，重回帰分析（4.で述べる）により崩壊土砂量と要因の重回帰式を求める．なお，要因については予測平方和（ＰＳＳ）を評価基準とする変数選択によって抽出する．

つぎに重回帰式を各支川ごとに崩壊土砂量と降雨の一次式に変形し，降雨の確率密度分布から確率崩壊土砂量，年平均崩壊土砂量を推定する．

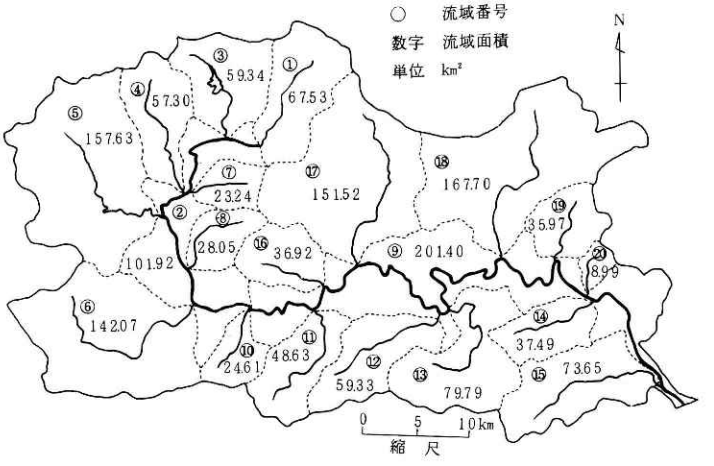


図 1　N河川流域図

以上の手順による解析方法は，単なる崩壊土砂量とその要因の因果関係の解析だけではなく，実際の施設の計画設計に使用しうる数量を求めるとともに他地域でも適用できる解析手法の開発を目途としているものである．すなわち崩壊土砂量についても確率および年平均崩壊土砂量まで推算し，土砂崩壊の要因は全国資料がそろっている土地分類図（経済企画庁，1971）から求め，変数選択，重回帰分析，確率密度分布等は確率統計手法により解析者の主観の介在を排除した計算手法を採用した．

3. 基礎資料

今回の解析対象は太平洋側のN河川流域において昭和50年８月豪雨によって発生した土砂崩壊の資料等を用いたものである．

3.1 N河川流域及び昭和50年８月豪雨の概要

N河川は流域面積1530.0㎢，流路延長123.6㎞の河川である．

流域の地形は上流の一部に緩斜面，中下流部の一部に砂礫台地の盆地が存在するほかは起伏の大きい山地で占められている．また，地質は本川周辺および南側は団結堆積物の砂岩，泥岩等の互層が大部分を占めているが，北側は古生層の緑色，黒色片岩が多い．岩石のかたさや風化状態は中程度であるが，地形が急峻なため土砂の崩壊流出が多い地域である．

今回の解析対象の昭和50年８月豪雨は台風５号によるもので既往最大の規模であった．降雨では流域内に総雨量で1000 mmを超える観測所があり最大24時間雨量では880 mmを記録している．洪水では下流流量観測地点では計画高水流量を1000 m^3／secも上回る既往最大値を記録した．被災状況は洪水の氾濫による被害はなかったものの土砂崩壊，土石流等による物的，人的被害は多く他流域も含めた死者は77人にも達している．

3.2 崩壊土砂量

崩壊土砂量は建設省（1976）調査の成果を用いた．

算出方法は豪雨前昭和47年，48年の空中写真および豪雨後昭和50年の空中写真解析によっている．

3.3 土砂崩壊要因

土砂崩壊を起こす要因として降雨，地形，地質とした．降雨は崩壊が起きたと推定される昭和50年８月17日雨量とし，地形，地質は土地分類図（経済企画庁，1971）より傾斜区分（30°以上が占める面積率），起伏量階級，谷密度，最低点，表層地質（風化度合は風化が約３m以浅で岩石はやや硬い部分が占める面積率）とした．これらの要因の選定理由はつぎのとおりである．

降雨の大小は崩壊土砂量と相関が高い．傾斜区分で30°以上が占める面積率が多い場合，起伏量階級が大きい場合，谷密度が多い場合は地形が急峻で，最低点が高い場合は植生が貧相となり土砂崩壊との関連が深いと考えられる．表層地質で風化度合が３・C・α～２・C・α

が占める面積率が大きい場合は土砂崩壊が小さいと考えられる．

以上述べた崩壊土砂量およびその要因等を示すと表1および図2～3のとおりである．

表 1　支川別崩壊土砂量及びその要因表

要因 / 支川	崩壊土砂量（km^2 当り）$\times 10^3\ m^3$	S・50・8・17 日雨量 mm	傾斜区分（30°以上）%	起伏量階段	谷密度	最低点 $\times 10^m$	表層地質（風化度合 3・C・α～2・C・α 以上）%
①		328.0	60.7	7.3	28.0	78.3	90.5
②		254.2	22.3	6.5	27.8	43.5	87.9
③		297.5	21.3	6.2	34.2	66.7	95.5
④		232.5	1.1	5.8	34.4	58.8	96.9
⑤		198.0	0.7	5.7	30.8	53.1	83.3
⑥		217.0	11.3	6.5	27.9	70.6	99.1
⑦		343.6	18.6	6.5	32.5	47.8	100.0
⑧		299.9	32.5	6.6	30.2	60.3	50.4
⑨		418.2	49.2	5.5	17.8	9.1	88.2
⑩		236.6	42.0	6.6	17.8	55.2	100.0
⑪	2.40	272.3	30.5	6.7	19.0	35.6	100.0
⑫	7.73	331.3	56.0	6.2	18.6	25.3	100.0
⑬	4.33	448.8	9.1	4.8	19.6	11.1	85.4
⑭	10.54	371.0	0	4.5	23.8	2.5	74.4
⑮	3.58	287.8	9.9	4.0	20.5	2.0	79.4
⑯		395.4	45.4	7.1	14.2	44.8	90.9
⑰	12.61	521.4	75.7	7.1	18.7	37.7	85.3
⑱	14.70	589.5	57.5	6.5	19.0	25.6	89.9
⑲	29.13	526.7	24.4	6.4	21.2	20.2	100.0
⑳	14.99	326.0	0	5.6	21.6	11.6	89.3

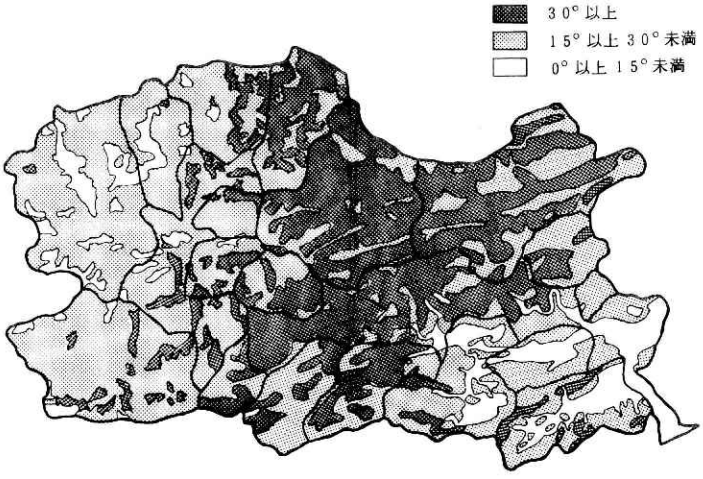
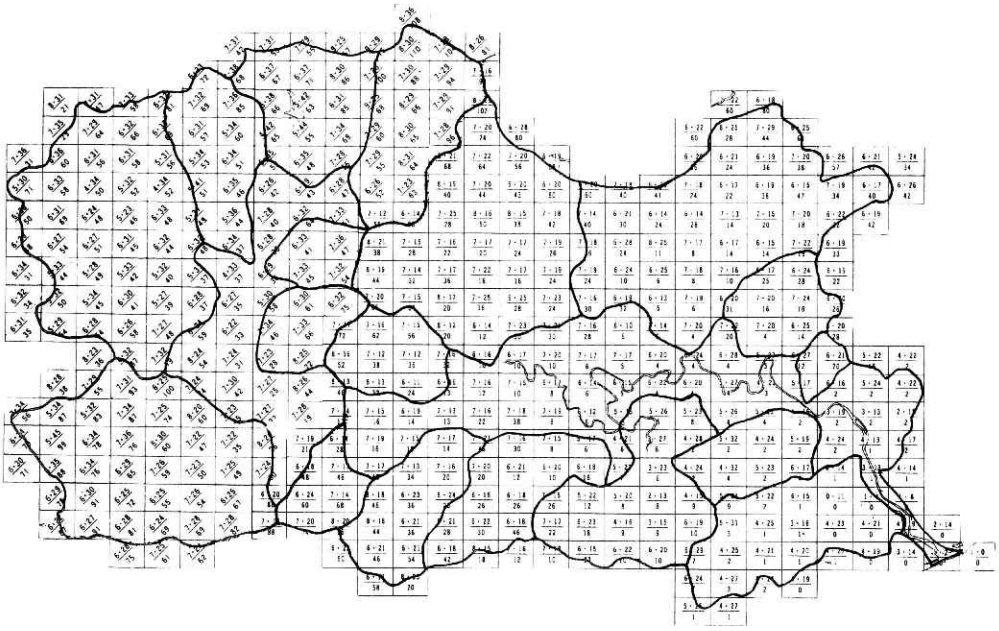


図 2　傾斜区分図



起伏量は，国土地理院発行，縮尺５万分の１地形図（一色刷実測図）各辺を１０等分して得る各方眼内の最高点と最低点との標高差を示し，図中では，下記階級区分（１０個）を行ない，その階級値で表わしている。
谷密度は，上記方眼の各辺をきる谷の数の総和を示す。
方眼内の数値は右記のように表わしている。

起伏量階級・谷密度
最低点（実数値×1/10）

階級	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
起伏量（m）	0 ～ 50 未満	50 ～ 100 〃	100 ～ 150 〃	150 ～ 200 〃	200 ～ 300 〃	300 ～ 400 〃	400 ～ 600 〃	600 ～ 800 〃	800 ～ 1000 〃	1000 以上

図 3　起伏量階級，谷密度，最低点

4. 重回帰分析

崩壊土砂量が調査されている９支川について崩壊土砂量とその要因を重回帰分析により重回帰式を求めるが，先に選定した降雨，傾斜区分，起伏量階級，谷密度，最低点，表層地質の各要因全部が崩壊土砂量をよく説明するとは限らない．そこで，この６要因から最もよく崩壊土砂量を説明する要因を選定し（重回帰分析では変数選択という），その選定された要因で重回帰式を求める．

4.1 変数選択

変数選択とは崩壊土砂量を最もよく説明する要因（変数）を選定することであるが，崩壊土砂量を最もよく説明していると判断する評価を何にするかによって変数が異なってくる．

判断基準としては，重相関係数，寄与率（重相関数の２乗），自由度調整ずみの寄与率，自由度２重調整ずみの寄与率，残差平方和，予測平方和等がある（奥野忠一，1978）．各々の計算の一般式はつぎのとおりである．

n 組の観測データ $\{ y\alpha ; x\alpha 1, x\alpha 2, \cdots\cdots, x\alpha p \}$ $(\alpha = 1, 2, \cdots\cdots, n)$ とすれば

$$\text{重相関係数 } R = \sqrt{\frac{SR}{Syy}} \qquad (1)$$

ここに　$S_{yy}=\Sigma\ (y_\alpha-\bar{y})^2$

$SR\ =\Sigma\ (\hat{y}_\alpha-\bar{y})^2$

$\bar{y}$ ：$\hat{y}_\alpha$ の平均値

$\hat{y}_\alpha$ ：回帰推定値

寄与率 $R^2=\dfrac{SR}{S_{yy}}$ (2)

自由度調整ずみ寄与率 $R^{*2}=R^2-\dfrac{p}{n-p-1}\ (1-R^2)$ (3)

ここに　n ：観測データの組数

p ：x の数

自由度2重調整ずみ寄与率 $R^{**2}=R^2-\dfrac{2np}{(n+1)\ (n-p-1)}(1-R^2)$ (4)

残差平方和 $RSS=\ (1-R^2)\ S_{yy}$ (5)

予測平方和 $PSS=\sum_{\alpha=1}^{n}\ (y_\alpha-\hat{y}_\alpha{}^*)^2$ (6)

ここに　$\hat{y}_\alpha{}^*=b_{0\alpha}+\sum_{i=1}^{p}b_{i\alpha}x_{\alpha i}\qquad(\alpha=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n)$

$b_{0\alpha}$，$b_{i\alpha}$ ：重回帰式における定数項および偏回帰係数

また変数選択する方法に変数増加，変数減少，変数増減，変数減増，総当り等の各方法があるが，今回は変数（要因）が6個と少ないので，総当り法すなわち変数すべての組合せについて計算することとする．

表1の基礎資料から9支川について崩壊土砂量を目的変数，6個の要因を説明変数として(1)〜(6)式を計算すると表2のとおりである．

表2は6種類の評価基準を計算した．各々の評価基準の適用方法は次のとおりである．

重相関係数，寄与率，残差平方和は説明変数が固定された場合その中で順位を決定するのに用いられる．順位は重相関係数，寄与率は大きい順，残差平方和は小さい順である．これらの方法は別の基準で変数を固定する必要があり多数の変数から単純に最適の変数選択ができない欠点がある．

それに比して，自由度調整ずみ寄与率，自由度2重調整ずみ寄与率については最大値，予測平方和については最小値が最適の変数組合せとして一意的に選択できる．なお，自由度調整ずみ寄与率は変数が過大に取り入れられる傾向があるので（芳賀・橋本，1980），自由度

表 2　変数選択計算表

HNGAUARYUSHITUDOSHAKATSE

計算回数 NO	変数の組合せ HENSU_K; KUMIAWASE	重相関係数 JUSOKSN.KEISU R	寄与率 KIYO RITU R^2	自由度調整済み寄与率 JIYUDO 1 SUMI KIYORITU R*2	自由度2重調整済み寄与率 JIYUDO 2 SUMI KIYORITU R**2	残差平方和 ZANSA HEIHOUWA RSS	予測平方和 YOSOKU HEIHOUWA PSS
1	1	0.97411	0.94889	17.97344	1.75219	19.70140	26.42617
2	2	0.59105	0.34934	6.58191	22.30833	250.83147	308.60036
3	3	0.26516	0.07031	1.28035	31.87505	358.39828	424.62559
4	4	0.48465	0.23489	4.40733	26.23239	294.95308	353.02656
5	5	0.32584	0.10617	1.96173	30.64561	344.57348	416.78062
6	6	0.02822	0.00080	-0.04042	34.25840	386.19631	446.45583
7	12	0.98114	0.96263	18.17225	2.42040	14.40775	22.00128
8	13	0.98990	0.97991	18.50061	1.30117	7.74536	✱ 13.23420
9	14	0.97637	0.94939	17.92078	3.27755	19.51005	27.62471
10	15	0.98465	0.96954	18.30562	1.97263	11.74234	18.84472
11	16	0.97465	0.94995	17.93140	3.24135	19.29455	30.59266
12	23	0.60726	0.36877	6.88891	40.87991	243.34283	335.47784
13	24	0.63752	0.40644	7.60464	38.44034	228.82097	297.01620
14	25	0.72440	0.52476	9.85270	30.77776	183.20849	244.18045
15	26	0.59156	0.34996	6.53133	42.09872	250.59792	352.58218
16	34	0.56208	0.31369	5.86248	44.44688	264.57450	345.15182
17	35	0.74604	0.55658	10.45730	28.71696	170.94133	228.08706
18	36	0.26530	0.07252	1.26024	60.06534	357.54653	541.10193
19	45	0.48705	0.23721	4.38943	49.39945	294.05646	397.04687
20	46	0.48531	0.23552	4.35726	49.50908	294.70907	375.49042
21	56	0.43367	0.11133	1.99768	57.55178	342.58625	445.69479
22	123	0.98991	0.97992	18.43099	1.83585	7.74075	15.42250
23	124	0.98375	0.96579	18.16259	3.12738	16.18662	21.40511
24	125	0.98604	0.97227	18.28566	2.53524	10.68972	18.53451
25	126	0.98134	0.96303	18.11015	3.37971	14.25037	21.96067
26	134	0.98092	0.97994	18.43142	1.83378	7.73202	13.55459
27	135	0.98991	0.97992	18.43097	1.83595	7.74119	13.55428
28	136	0.99005	0.98020	18.43635	1.80984	7.63107	17.61961
29	145	0.98593	0.97205	18.28150	2.55517	10.77373	18.71024
30	146	0.97502	0.95067	17.87515	4.51055	19.01861	31.73800
31	156	0.98472	0.96967	18.23629	2.77273	11.69108	19.84140
32	234	0.63826	0.40738	7.55276	54.18221	228.45672	335.58161
33	235	0.77972	0.60794	11.36870	35.84383	151.13547	229.52484
34	236	0.60747	0.36902	6.82182	57.68901	243.24626	371.36905
35	245	0.73372	0.53834	10.04101	42.20868	177.97054	260.91200
36	246	0.63899	0.40831	7.57043	54.09720	228.08777	324.72705
37	256	0.72487	0.52543	9.79570	43.58912	182.94779	261.62801
38	345	0.75595	0.56393	10.52721	39.86907	168.10568	237.00798
39	346	0.57055	0.32552	5.99744	61.66648	260.01372	389.22348
40	356	0.75540	0.56761	10.59708	39.53287	166.68810	251.38595
41	456	0.68724	0.23740	4.32315	69.72319	293.98388	416.44096
42	1234	0.98992	0.97994	18.35226	2.29214	7.73174	15.91295
43	1235	0.98992	0.97994	18.35210	2.29313	7.73507	15.99283
44	1236	0.99007	0.98024	18.35781	2.25979	7.61925	18.35930
45	1245	0.98826	0.97271	18.21478	3.11910	14.52119	19.73338
46	1246	0.98310	0.96649	18.09663	3.82977	12.91842	22.53104
47	1256	0.98608	0.97236	18.20822	3.15860	10.65444	19.70500
48	1345	0.98997	0.98005	18.35421	2.28043	7.69225	15.94096
49	1346	0.99006	0.98021	18.35741	2.26120	7.62736	18.21813
50	1356	0.99007	0.98024	18.35791	2.25816	7.61715	17.99413
51	1456	0.98593	0.97205	18.20234	3.19356	10.77372	19.92193
52	2345	0.80511	0.64821	12.04928	40.20482	135.61702	221.28162
53	2346	0.63919	0.40857	7.69614	67.59213	227.99873	365.18244
54	2356	0.78242	0.61218	11.38477	44.32219	149.50559	247.82743
55	2456	0.73601	0.54171	10.06587	52.17570	176.07134	278.78103
56	3456	0.75724	0.57341	10.66206	48.75342	164.45284	267.68550
57	12345	0.98997	0.98005	18.26380	2.56003	7.89087	14.35625
58	12346	0.99007	0.98024	18.26734	2.53523	7.81918	18.85844
59	12356	0.99009	0.98029	18.26828	2.52863	7.80009	18.89064
60	12456	0.98627	0.97272	18.12463	3.53671	10.51473	20.41215
61	13456	0.99012	0.98034	18.26928	2.52158	7.77972	18.73121
62	23456	0.80556	0.64893	11.97248	46.40969	135.33972	243.40202
63	123456	0.99012	0.98034	18.16495	2.92071	7.57846	19.29602

調整を大きくした自由度2重調整ずみ寄与率か，予測平方和によるが，理論的には予測平方和によるのがよいといわれている（奥野，1978）．

したがって今回は予測平方和（PSS）を評価基準として変数の組合せを選択すると，崩壊土砂量を最もよく説明できる要因（変数）として降雨と起伏量階級となった．

また表2でもわかるように予測平方和値が降雨と起伏量階級の組合せに近いものが多数あることからこの組合せが一般的な傾向とは断言できない．

4.2　重回帰式

変数選択により崩壊土砂量を最もよく説明できる要因は降雨と起伏量階級との結果を得たので，それにより重回帰式を求めるとつぎのとおりである．

$$Y = 0.03981\ X_1 + 0.96652 X_3 - 10.70378 \qquad (7)$$

ここに　Y　：崩壊土砂量（$10^3\,m^3/km^2$）

X_1：降雨（日最大雨量，mm／日）

X_3：起伏量階級

今後この重回帰式で各支川の崩壊土砂量を推算することになるが，重回帰式の一般的な傾向として推算に使用する説明変数（要因）の数値が，重回帰式を求める時に使用した説明変数（要因）の数値より極端に大きかったり小さかったりする，つまり極端な外挿になると，推算された目的変数（崩壊土砂量）の信頼性が低くなる．

そこで今回基礎資料として抽出した降雨，傾斜区分，起伏量階級，谷密度，最低点，表層

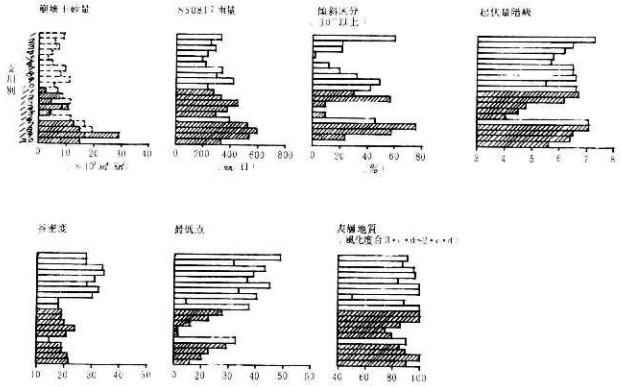


図 4　支川別萌壊土砂量及びその要因図

地質の6項目と崩壊土砂量を図示すると図4のとおりとなる．図4の中で重回帰式を求めるために使用した9支川の資料はハッチで示すとともに，重回帰式で推算した各支川の崩壊土砂量は点線で示した．

図4のなかで重回帰を求めるために使用した降雨，起伏量階の資料をみると，降雨は小さい部分が無いが，起伏量階級は全体に分布している．降雨の小さい部分の外挿による影響はその河川の崩壊土砂量の実測値が無いため不明であるが，推算結果をみると問題はないと考えられる．

5.　確率崩壊土砂量，年平均崩壊土砂量

河川流域に設置する砂防ダム，多目的ダム，河道等の計画設計には崩壊土砂量，流出土砂量が是非とも必要な要素である．たとえば，砂防ダムでは確率崩壊土砂量を，多目的ダムおよび河道では年平均流出土砂量を計画設計に使用している．

今回は流出土砂量の資料がないので，崩壊土砂量について，確率崩壊土砂量と年平均崩壊土砂量を計算する．計算方法は，崩壊土砂量の多数の経年資料があれば崩壊土砂量の確率密度分布から計算できるが，今回は昭和50年8月豪雨のみの資料しかない．式(7)の崩壊土砂量

推算の重回帰式をみると，起伏量階級はその流域固有の値であるが降雨は変数である．また降雨の資料は経年的にも地域的にも十分そろっているから，式(7)の起伏量階級の項を20支川について計算，定数化し崩壊土砂量と降雨の一次式を作り，降雨の確率密度分布から確率及び年平均崩壊土砂量を計算する．

5.1 降雨の確率密度分布

降雨の確率密度分布は本来ならば支川別に作るのが望ましいが，N河川は1500 km²余りの中小河川であるから流域全体として一つの確率密度分布を用いる．

建設省（1977）によれば，N河川流域における昭和2年から51年までの年最大日雨量による確率密度分布から求めた確率日雨量は表3のとおりである．

5.2 確率崩壊土砂量

式(7)のうち起伏量階級の項を計算，定数化し崩壊土砂量と降雨の一次式を20支川について作ると表4のとおりとなる．

その一次式に確率日雨量を代入計算すると確率崩壊土砂量が算出される．その結果は表4のとおりとなる．

表 3 N河川流域平均確率日雨量表

確率年	日雨量
200	468.8 mm
100	432.2 〃
50	394.6 〃
30	366.3 〃
10	306.0 〃
5	269.0 〃
1	182.0 〃

表 4 崩壊土砂量～降雨関係式及び確率崩壊土砂量

支川	崩壊土砂量（Y）～降雨（X_1）関係式	確率年別崩壊土砂量（10^3 m^3／km^2）						
		1年	5年	10年	30年	50年	100年	200年
①	$Y=0.03981X_1-3.64818$	3.60	7.06	8.53	10.93	12.06	13.56	15.01
②	〃 -4.42140	2.82	6.29	7.76	10.16	11.29	12.78	14.24
③	〃 -4.71136	2.53	6.00	7.47	9.87	11.00	12.49	13.95
④	〃 -5.09796	2.15	5.61	7.08	9.48	10.61	12.11	13.56
⑤	〃 -5.19462	2.05	5.51	6.99	9.39	10.52	12.01	13.47
⑥	〃 -4.42140	2.82	6.29	7.76	10.16	11.29	12.78	14.24
⑦	〃 -4.42140	2.82	6.29	7.76	10.16	11.29	12.78	14.24
⑧	〃 -4.32475	2.92	6.38	7.86	10.26	11.38	12.88	14.34
⑨	〃 -5.38792	1.86	5.32	6.79	9.19	10.32	11.82	13.28
⑩	〃 -4.32475	2.92	6.38	7.86	10.26	11.38	12.88	14.34
⑪	〃 -4.22810	3.02	6.48	7.95	10.35	11.48	12.98	14.43
⑫	〃 -4.71136	2.53	6.00	7.47	9.87	11.00	12.49	13.95
⑬	〃 -6.06448	1.18	4.64	6.12	8.52	9.64	11.14	12.60
⑭	〃 -6.35444	0.89	4.35	5.83	8.23	9.35	10.85	12.31
⑮	〃 -6.83770	0.41	3.87	5.34	7.74	8.87	10.37	11.82
⑯	〃 -3.84148	3.40	6.87	8.34	10.74	11.87	13.36	14.82
⑰	〃 -3.84148	3.40	6.87	8.34	10.74	11.87	13.36	14.82
⑱	〃 -4.42140	2.82	6.29	7.76	10.16	11.29	12.78	14.24
⑲	〃 -4.51805	2.73	6.19	7.66	10.06	11.19	12.69	14.14
⑳	〃 -5.29127	1.95	5.42	6.89	9.29	10.42	11.91	13.37

5.3 年平均崩壊土砂量

確率密度分布理論により確率崩壊土砂量から年平均崩壊土砂量を求める計算の一例は表5のとおりである．この計算方法は治水事業の経済効果を求める計算等に使用され一般化され

表 5 ①支川年平均崩壊土砂量計算（例）

確率年	確率日雨量	年平均起過回数	単位区間の年平均生起確率	確率崩壊土砂量	同左の区間平均	単位区間の年率均崩壊土砂量	当該確率年までの年平均崩壊土砂量
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦=④×⑥	⑧
1	182.0	1.0000		3.60			$\times 10^3 m^3/km^2$
5	269.0	0.2000	0.8000	7.06	5.330	4.26	4.26
10	306.0	0.1000	0.1000	8.53	7.795	0.78	5.04
30	366.3	0.0333	0.0667	10.93	9.730	0.65	5.69
50	394.6	0.0200	0.0133	12.06	11.495	0.15	5.84
100	432.2	0.0100	0.0100	13.56	12.810	0.13	5.97
200	468.8	0.0050	0.0050	15.01	14.285	0.07	6.04

ている手法である．表5の計算方法で20支川全部について計算すると表6のとおりとなる．

表 6 支川別，確率年別年平均崩壊土砂量

単位：$10^3 m^3/km^2$

確率年／支川	1	5	10	30	50	100	200
①	3.60	4.26	5.04	5.69	5.84	5.97	6.04
②	2.82	3.64	4.34	4.94	5.08	5.20	5.27
③	2.53	3.41	4.08	4.66	4.80	4.92	4.99
④	2.15	3.10	3.73	4.28	4.41	4.52	4.58
⑤	2.05	3.02	3.64	4.19	4.32	4.43	4.49
⑥	2.82	3.64	4.34	4.94	5.08	5.20	5.27
⑦	2.82	3.64	4.34	4.94	5.08	5.20	5.27
⑧	2.92	3.72	4.43	5.03	5.17	5.29	5.36
⑨	1.86	2.87	3.47	4.00	4.13	4.24	4.30
⑩	2.92	3.72	4.43	5.03	5.17	5.29	5.36
⑪	3.02	3.80	4.52	5.13	5.27	5.39	5.46
⑫	2.53	3.41	4.08	4.66	4.80	4.92	4.99
⑬	1.18	2.27	2.81	3.30	3.42	3.52	3.58
⑭	0.89	2.10	2.61	3.08	3.20	3.30	3.36
⑮	0.41	1.71	2.17	2.61	2.72	2.82	2.88
⑯	3.40	4.11	4.87	5.51	5.66	5.79	5.86
⑰	3.40	4.11	4.87	5.51	5.66	5.79	5.86
⑱	2.82	3.64	4.34	4.94	5.08	5.20	5.27
⑲	2.73	3.57	4.26	4.85	4.99	5.11	5.18
⑳	1.95	2.95	3.57	4.11	4.24	4.35	4.41

表4，表6をみてもわかるが，今回は20支川を同一の確率日雨量を用いたので崩壊土砂量は起伏量階級の差となっている．

6. まとめ

本報告は，N河川流域の昭和50年８月豪雨による崩壊土砂量の調査資料から，実際の防災施設の計画設計に使用しうる確率および年平均崩壊土砂量の推算とその手法の開発を試みたものであるが，その結果はつぎのように要約される．

1）最終結果としての確率および年平均崩壊土砂量が一般的な範囲にあるので，この解析手法は十分実用に供しうるものと考えられる．

2）この方法はN河川流域の例によると，降雨，傾斜区分，起伏量階級，谷密度，最低点，表層地質の６項目の要因から降雨，起伏量階級の２項目の要因で説明できた．

したがって今後の土砂災害の解析については降雨と地形変化に関する要因に主眼をおくべきであり，その場合も少数の要因で有効な崩壊土砂量の予測が可能であると思われる．

参考文献

1）芳賀・橋本（1980）：回帰分析と主成分分析，日科技連，98 － 99．
2）奥野忠一ほか（1978）：続多変量解析法，日科技連，54 － 72．
3）経済企画庁（1971）：土地分類図，経済企画庁，No.38，No.39．
4）建設省（1976）：N河川流域土砂災害対策調査報告，43 － 45．

（1981年７月10日原稿受理）