

金沢大学 正員 高瀬信忠
神戸市役所 同 田村徳郎
石川高専 同 ○畑 時男

1. はじめに

諸種の災害を招く土砂崩壊に対して、合理的かつ経済的な砂防・治水計画を樹立するためには、この土砂崩壊の機構・特性を十分に把握することが重要である。本研究は、このような観点のもとに土砂崩壊の特性を明らかにするため、北陸河川の黒部川流域を対象として土砂崩壊と各因子の関係について考察を加えたものである。

2. 黒部川流域の土砂崩壊と各因子との関係

黒部川は富山県の東南端に位置し、北アルプス中央山地に水源をもち、わずか85kmで日本海に注ぐ我国有数の急流河川であるが、われわれが対象とした流域は山地部から平野部に出る始点の愛本橋地点より上流域の流路延長約71km、集水面積約667km²の地域である。

土砂崩壊の因子としては傾斜、標高、林相、雨量、地質、風化の程度、斜面の向き等が考えられるのであろうが、本研究では、資料の関係で上記の因子のうち地質、標高、傾斜、雨量の4つの因子をとり上げた。そして崩壊率と各因子の関係を求め、その諸特性の統計的検定を一元配置法による分散分析法によって行なった。

(1) 地質と土砂崩壊の関係-----黒部川流域を構成する岩石は大部

表-1 地質と土砂崩壊の関係

分が火成岩であり、中生代・古生代の堆積岩、それに準變成岩類が部分的に分布する。すなわち黒雲母花崗岩、斑状閃雲花崗岩、閃雲花崗岩類が圧倒的に広く分布する。表-1は崩壊率と地質の関係を表わしたものである。ここで崩壊率は地質別の崩壊面積を地質別分布面積で割ったものとして定義している。これより手取層群は13

地 質	分布面積 (km ²)	崩壊率 (%)	地 質	分布面積 (km ²)	崩壊率 (%)
黒雲母花崗岩	274.88	4.7	閃緑岩	40.49	4.6
斑状閃雲花崗岩	71.93	4.1	石英斑岩	30.11	2.8
雲母片岩	60.52	0.3	手取層群	27.93	12.7
千枚岩	51.58	3.9	蛇紋岩	12.07	1.7
閃雲花崗岩	49.75	3.2	砂岩砂岩質	11.05	0.7

%で最高の崩壊率を示している。これは流域平均値4%に比較してかなり高率である。また分散分析の結果、土砂崩壊と地質の間には1%の危険率で有意な差が認められた。また平均値の差の検定によって手取層群は他の地質に対して1%の危険率で有意な差があった。すなわち手取層群は崩壊しやすい地質であるといえる。

(2) 標高と土砂崩壊の関係-----まず黒部川の標高別分布について簡単に述べると、標高1500m~2000mの地域に最も広く分布し、全体の約30%を占め、1000m以上の累計面積は80%以上に及ぶ。ところで、崩壊地の標高は最低標高と最高標高の単純平均で表わした。図-1は崩壊率と標高の関係を示したものである。崩壊率1000m以下では0.5%以下と小さく、1000mを越えるとはほぼ直線的に上昇し、2500mでピークとなり、その後下降している。

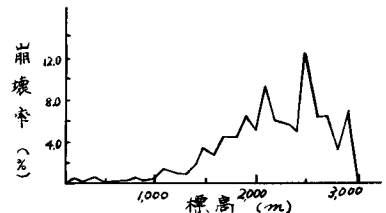


図-1 標高と崩壊率の関係

標高は土砂崩壊の直接的因子とは考えられないのに、このようにはっ

きりした傾向が出た原因には次の様な点が考えられる。まず標高と雨量の関係であるが、一般に標高が高くなれば雨量も増加の傾向にある。崩壊率と雨量の関係で雨量の多い所に有意差が表われていることから、標高にみられる崩壊率の関係ではかなり雨量の影響のあるものと考えられる。また標高と林相の間には顕著な関係があることはよく知られている。黒部川では標高差が大きく、植生帯の垂直分布がよく発達している。崩壊の発生しやすい裸地や荒地は標高が高くなれば多くなると考えられるから図-1のような結果が出たものと考えられる。

また分散分析の結果、標高と土砂崩壊率との間には1%の危険率で有意差が認められた。最も発生率の高いのは2000~2250mの間で、次いで2250~2500mの所であるが、この部分は平均値の差の検定においても

1,250m以下の流域より崩壊率の発生は有意性が大きい。

(3)傾斜と土砂崩壊の関係-----崩壊地の傾斜は便宜上、崩壊地の最高標高と最低標高の差を両地点の距りで除したものを使用した。図-2は崩壊率と傾斜角の関係である。この図より30°のところが最も崩壊率が高いことがわかる。個数にすると32.5°~37.5°の間に最も多く全体の1/4を占め、22.5°~47.5°の25°の間では全体の8割近くが発生して

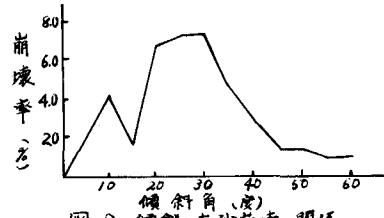


図-2 傾斜と土砂崩壊の関係

いる。一般に他の条件が同じであるならば、傾斜が大きくなると崩壊率も増大すると思われるが、図-2のようにある傾斜で崩壊率がピークを示している。これは傾斜の急な所と緩やかな所では崩壊地の安定度が異なることによるものであろう。また分散分析の結果では傾斜と崩壊率の間には有意性は認められなかった。

(4)降雨と崩壊率の関係-----解析に用いた資料は崩壊との因果関係をみる上からの適当な資料がなく、昭和44年8月11日の日雨量についてのみ行なったが、これに対応する土砂崩壊としては、建設省黒部工事事務所の航空写真をもとに、昭和44年の測定以後に発生した崩壊のみならず、昭和38年以降の土砂崩壊も対象とした。これらをもとに分散分析を行なった結果は5%の危険率で有意差ありと判定された。なお黒部工事事務所で行なった結果では¹⁾、昭和44年測定以後に発生した崩壊を対象とした場合には有意差なしと判定されている。崩壊と雨量の記録の対応性に疑問はあるものの、これより雨量が土砂崩壊に影響するとえるであろう。また平均値の差の検定の結果、400~500mmの流域での崩壊率は300mm以下の流域より有意性が大きかった。なお分散分析は、流域図を1kmのメッシュで覆い、メッシュ毎の崩壊率と各因子の関係を乱数表を用いて抽出して行なった。

3. 崩壊率の予測

土砂崩壊率は特に傾斜・地質・標高等の要因が大きな影響力を有していると考えられるが、これらの質的な要因によって崩壊率の変動をどの程度に説明できるであろうか。

いま、ある一つの変量Y(目的変量)に対し、この変量の変動に影響を及ぼすと考えられるr種の定性的な説明要因が与えられたとする。ここに質的な説明要因とは、たとえば地質・雨量等の項目であって、これらはいくつかのカテゴリー(範疇)に分類される。ところで、ある標本 ν を取り上げた場合、 ν は各要因の中で必ずどれか一つのしかも一つだけの範疇に反応できるように範疇を考慮しておく必要がある。そして反応した範疇では1、その他の範疇では0をとるダミー変量²⁾を導入してみることにする。これはある標本に1または0をとる変数であって次式で定義される。

$$X_{j\nu}^{(i)} = \begin{cases} 1; & \text{もし}\nu\text{が}i\text{要因の}j\text{範疇に反応した場合} \\ 0; & \text{もし}\nu\text{が}i\text{要因の}j\text{範疇に反応しない場合} \end{cases}$$

このように各要因の範疇をダミー変数に表わすことによって、目的変量Yと質的な説明要因の間の線型な関数関係は重回帰分析と同じようなとり扱いができる。表-2は要因、カテゴリー分類表であり、図-3はこの方法による実測値と推定値の比較であって、また線型式も示されている。最後に、貴重な資料を提供していただいた建設省黒部工事事務所の担当者各位ならびに計算に当って御協力願った当時学生の金泰順、若林秀昭の両君に対して深謝する次第です。

参考文献；リ建設省黒部工事事務所：黒部川水系砂防調査報告書(第2回)1972.3.

2) 守谷・井口：多変量解析とコンピュータ・プログラム、日刊工業新聞社、1972.1.

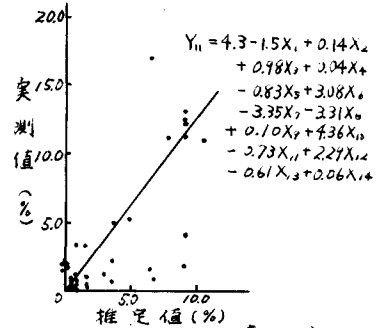


図-3 実測値と推定値の比較

表-2 要因、カテゴリー分類表

要因	カテゴリー	ダミー変数
傾斜	0.00 ~ 0.7	$X_{1\nu}^{(1)}$
	0.71 ~ 1.0	$X_{2\nu}^{(1)}$
	1.01 ~	$X_{3\nu}^{(1)}$
雨量 (mm)	0 ~ 300	$X_{1\nu}^{(2)}$
	300 ~ 400	$X_{2\nu}^{(2)}$
	400 ~	$X_{3\nu}^{(2)}$
標高 (m)	0 ~ 1000	$X_{1\nu}^{(3)}$
	1000 ~ 1500	$X_{2\nu}^{(3)}$
	1500 ~ 2000	$X_{3\nu}^{(3)}$
	2000 ~	$X_{4\nu}^{(3)}$
地質	手取層群	$X_{1\nu}^{(4)}$
	黒雲母花崗岩	$X_{2\nu}^{(4)}$
	雲母片岩	$X_{3\nu}^{(4)}$
	斑状閃雲花崗岩	$X_{4\nu}^{(4)}$