

地すべりの気象特性

三寺光雄・小林節子

気象研究所応用気象研究部

長崎海洋気象台観測課

On Some Meteorological Factors Concerned With Landslides

By

Mitsuo Mitsudera and Setsuko Kobayashi

Meteorological Research Institute, Tokyo

and

Members of Observation Section, Nagasaki Marine Observatory

Abstract

Relation of meteorological factors to landslides in Hokusho area (Nagasaki Prefecture) is considered on the basis of previous data from various sources. The results are as follows:

1) Movements of landslides in this area were remarkable from 1948 to 1953, and the annual total precipitation in 1948 was larger than the average annual precipitation by 20% of it, and in 1953 by 30%.

2) Landslides occurred mainly in the bai-u and typhoon seasons in this area.

3) The landslides appeared to occur in the months when the monthly total precipitation was over 100 mm, and their increase seems to be in accord with the increase in the total monthly precipitation. In addition, most of them occurred in June when the monthly total precipitation was over 300 mm.

4) From the relation between the precipitation and the discharge of ground water in Washiodake landslide area, it became clear that the changes in discharge of ground water were recognized on the days when the daily precipitation was over 10 mm and on the following days.

目 次

1. まえがき	141	4. 鷲尾岳の地下水位, 地下水流量	145
2. 長崎県の地すべりと気象	141	4.1 実験観測の装置	146
2.1 北松浦郡一帯の地すべり	141	4.2 降水量と地下水排除料	146
2.2 北松浦郡の地すべりと雨量	141	4.3 降水量と地下水位	147
3. 地すべり実験地(鷲尾岳)周辺の降水	145	5. ま と め	148

1. まえがき

崩壊現象でも、がけ崩れと地すべりでは、作用系が異なると考えられる。がけ崩れでの主な因子は、地形と降雨である¹⁾。わが国のがけ崩れは、地形と降雨条件が整えば、いかなる地質条件下でも発生する傾向がある²⁾。これにくらべると、地すべりの場合は、特定な地質条件下でなければ発生しにくい。

地すべりは、がけ崩れと異なり、その移動は継続的であったり、間歇的であったりする。そのため、地すべり作用系の構成因子である降雨の量的評価は、かなりむずかしい。だが、地すべり現象は、基盤岩の内部応力の変化によって発生することが知られており³⁾、変化の誘因が降水であることは明らかである。

今回の総合研究で、われわれが担当した課題の主な点は、地すべり地における水の挙動と降雨の関連、すなわち、降水はどのような経路をへて、地下水位、地下水流の変化に影響を与えているか、について解明することにある。

今回の報告は、長崎県下での地すべりの発生と気象要素の関係について検討し、あわせて、長崎県鷲尾岳周辺の地下水位、地下水流に与える降雨の影響についてのべたい。

2. 長崎県の地すべりと気象

地すべりに関連する気象要素を、巨視的観点から整理しておくことは、以後の研究を進めるうえで役立つが、このような調査の場合、資料の信憑性が問題となる。ここでは、長崎県土木部河川砂防課(地すべり調査資料1900~1965年)⁴⁾の資料を使用した。

図-1は、上述の資料により、地すべり個数の年次変化を示したものである(ただし、資料は、地すべり現象が初効として確認したものに限定されている)。この資料においても、その絶対値には問題がある。しかし、年次の相対的変化傾向は知ることができよう。この図からわかるように、昭和23年から28年にかけてその変動は顕著である。昭和23年の年降雨量は、年平均値の1.2倍、また、28年では、1.3倍であった。

2.1 北松浦郡一帯の地すべり

長崎県下でも、北松浦郡一帯は、地すべりの多発地帯として知られている。表-1は、この地帯の地すべり個数を町村別に整理したものである。資料は、長崎新報(1900~1951)に記載されたものによった(共同研究者の1人である坂本が調査した結果である)。

この地帯での地すべり発生状況は、16個町村のうち、世知原町が最も多い。すなわち、

1900~1950年のうち、地すべり7回、亀裂5回、山崩れ3回で、出現度は全町村の21%を占め、第1位である。ついで多いのは、志佐町、佐佐町の9%、今福町、平戸町の8%の順となっている。

この地帯の地すべり発生状況を月別にみると、図-2のようになる。

北松浦郡一帯における地すべり発生の季節変化の特徴として、活動期間をあげることができよう。すなわち、4月から10月が活動期間である。多発月は、6月と9~10月で、年間2回にわたってピークが現われる。

2.2 北松浦郡の地すべりと雨量

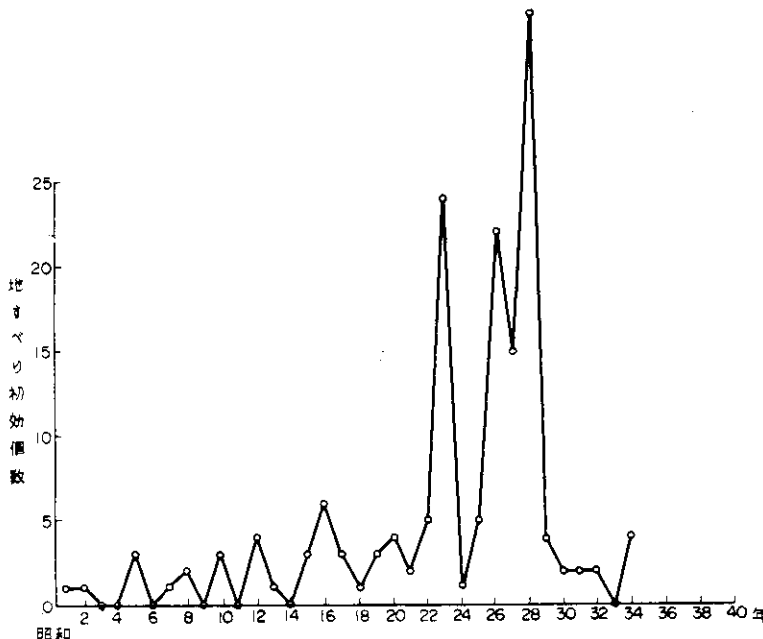


図-1 長崎県における地すべり初効個数の年次変動

表-1 町村別発生状況(1900(明治33)~1950(昭和25))長崎新報による.

	大福	柏御	鹿江	世平	吉生	田早	調志	今佐
	島島	木園	町迎	知原	戸井	月平	坂川	佐福
	村村	村村	村町	町町	町町	町町	町町	町町
地すべり	0	0	0	0	0	7	2	1
亀裂	0	0	0	1	1	2	5	0
山崩れ	1	1	3	4	1	2	3	4
その他	0	0	1	0	0	0	1	0
計	1	1	4	5	2	4	16	6
	4	2	4	16	6	4	2	3
	2	5	7	6	4	2	3	2
	5	7	6	4	2	3	2	5
	7	6	7	6	4	2	3	2
	7	6	7	6	4	2	3	2

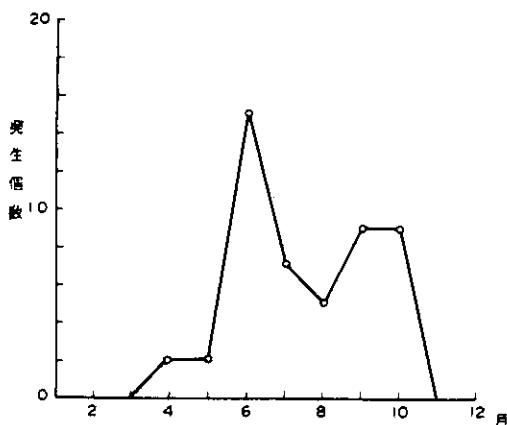


図-2 北松浦郡一帯の地すべり発生個数の季節変動

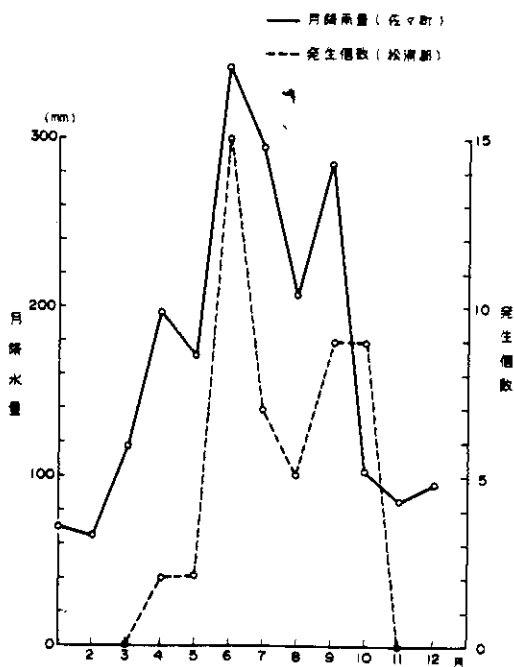


図-3 北松浦郡の月降水量と地すべり発生個数

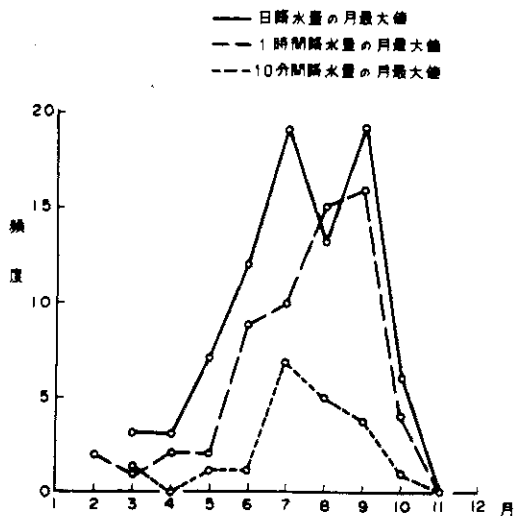


図-4 降雨強度の季節変化

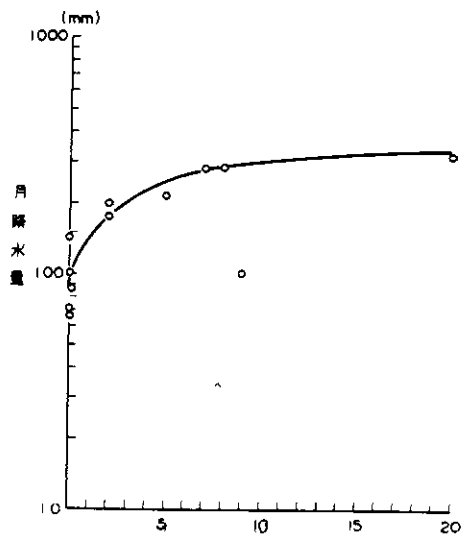


図-5 北松浦郡の地すべり発生個数と月降水量

上述(図-2)のような地すべりの季節変化に対応するのは、月降水量である。図-3は、佐々町にある区内観測所の月降水量(平年値)と地すべり発生個数(ただし、地すべり、亀裂、山崩れ、その他を含む)をプロットしたものである。この地帯での月降水量の季節変化の特徴は、6月と9月にピークが現われることである。このピークのうち、第1のピーク(6月)は、主として、梅雨

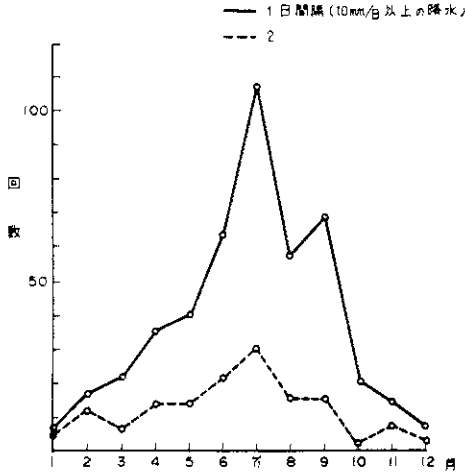


図-6 平戸町における日降水量10mm以上が1日間隔で発生する頻度の季節変化

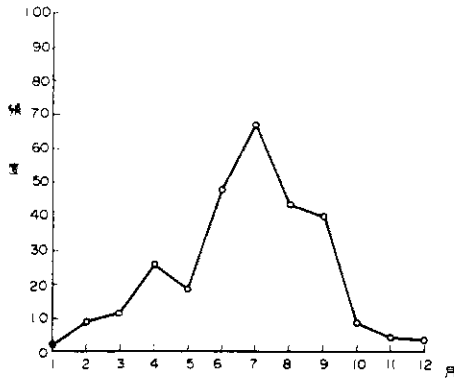


図-7 佐世保市における日降水量10mm以上が1日間隔で発生する頻度の季節変化

前線や低気圧に伴うものである。第2のピーク（9月）は、台風によるものが多い。月降水量でみる限り、7月と9月の値はそれほどの差はない。しかし、雨の降り方に違いがあると考えられる。そこで、日降水量の月最大値、1時間降水量の月最大値、10分間降水量の月最大値などについて、それがどのような出現状況を示すか調べた。その結果を図-4に示した。ここで使用した資料は、長崎海洋気象台（1878～1960年）⁵⁾のものである。この図でわかるように、日降水量の月最大値、1時間の降水量の月最大値、10分間降水量の月最大値について、それぞれの出現頻度のパター

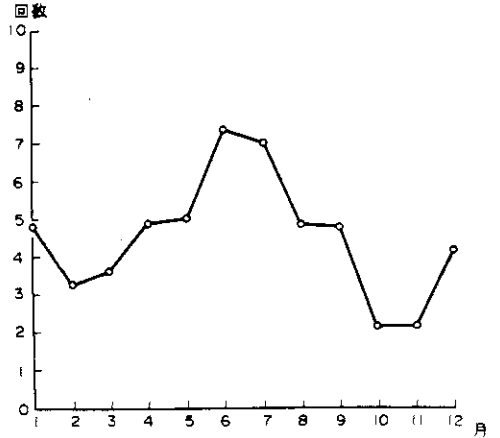


図-8 長崎市における日降水量10mm以上が1日間隔で発生する頻度の季節変化

ンは異なっている。すなわち、日降水量の場合では、7月と9月に出現頻度が高く、年間で2つのピークをもつ。1時間降水量での頻度が高い月は、9月である。一方、10分間降水量の頻度は7月が最も高い。

月降水量と地すべり発生個数の関係は、図-5のようになる。図-5は、北松浦郡一帯の地すべり発生数と、月降水量（佐々町）の関係である。この図から、月降水量が100mmを越える場合、地すべり個数の増加の傾向がうかがえる。また、この地域での6月の降水量は、300mmを越えており、地すべり発生個数は最も多い。

がけ崩れに作用する雨量は、当日の値が大きな影響力をもつ⁶⁾。だが、地すべりでは、一時的な雨量よりも、連続雨量が重要だといわれている。しかし、地表面に亀裂が現われている場合には、一時的でも多量の降雨は無視できない⁷⁾。ここでは、日降水量10mm以上がどのくらいの時間間隔で降るか、調べてみた。資料は、平戸測候所（1940～1967年）のものを使用した。その結果を図-6で示した。それによると、10mm以上の降雨が1日おきに降る頻度は、7月に最も高く、ついで、9月、6月の順となっている。また、2日間隔で降る頻度は、7月に高い。図-7は佐世保市における日降水量10mm以上が、1日間隔で降る頻度の季節変化を示したものである。ここでも、1日間隔で降る頻度は7月に多い。図-8は長崎市における〔長崎海洋気象台（1940～1967年）の資料による〕日降水量10mm以上が1日

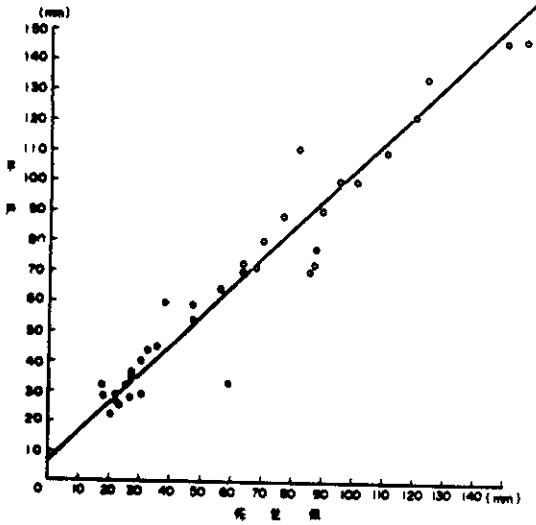


図-9 佐世保市と平戸の旬平均降水量の関係

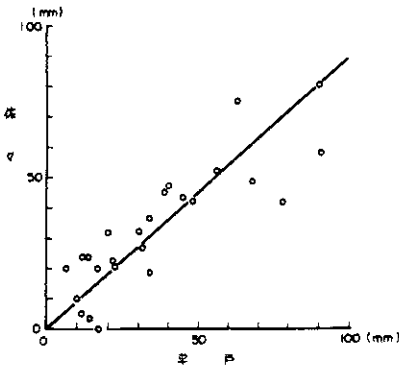


図-10 平戸と佐々の日降水量の関係

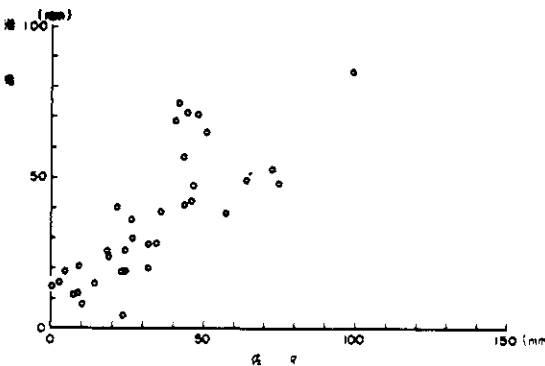


図-11 佐々と潜竜日降水量10mm以上についての関係

間隔で降る頻度を示した。この結果その頻度は年間
で6月が最も高く、前2者の発生頻度とやや異

なったパターンを示している。いずれにしても
長崎県下では6月～7月の、いわゆる梅雨期に
発生頻度が最も高く、一方、日降雨量の最大値、
10分間降水量の月最大値などもこの期間に多
発するのが特徴である（共同研究者の1人沼里
の調査による）。

3. 地すべり実験地（鷲尾岳）周辺の降水

実験地域の降水量は、気候的スケールで問題
にするかぎり、平戸や佐世保の観測資料で十分
である。図-9は、旬降水量10mm以上につい
ての平均値を算出し、佐世保と平戸の比較を試
みたものである。これによると、佐世保にくら
べて、平戸はやや多くなっていることがわかる
（佐世保と平戸の水平距離は、約25km）。

地すべりに関与する雨量は、局地的な雨量に
左右されることが考えられる。そこで、平戸と
佐々（水平距離約15km）における日降水量10
mm以上の値について、1967年の3月から6月
までの期間について比較してみた。その結果が図
-10である。また、図-11は、佐々と潜竜（水
平距離約10km）について、日降水量10mm以
上の値について比較したものである（ただし統計期
間は、1967年3月から10月まで）。この結果
では、水平距離が約10km程度の差で、ときに20
mm以上のちがいがあがる。図-10、図-11の結
果は、いずれも観測期間が短いので、十分な検討
は無理であるが、傾向はうかがえる。すなわち、
佐々と潜竜（水平距離約10km）の場合、両者の
関係は、45°の勾配をもった直線関係で示さ
れるように思われるが、バラツキがかなり大
きい。とくに、1967年7月にみられた佐々の
245mm/日の値は、潜竜の約2倍である。
このことについては、気象学的解析は進んで
いないが、地形的に複雑なこの地帯では、時
間降水量や、日降水量のバラツキは大きいと
考えられる（図-11では、佐々に観測され
た245mmについては、図中に含めなかった）。

4. 鷲尾岳の地下水位，地下水流量

地すべりの発生に対し、間隙水圧は基本量
の1つと考えられるが、間隙水圧が変化する
要因は主として降雨である。だが、降雨が間
隙水圧として影響をもたらす過程では、浸透や地
下水位の増加などを通じてである。地下水位の増

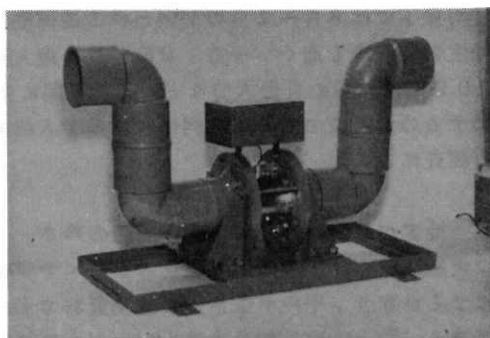


写真-1 実験地に設置した流量計

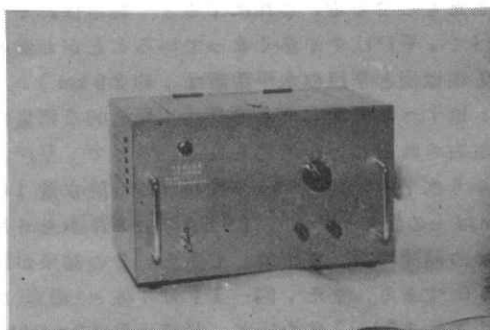


写真-2 流量計パルス制御器

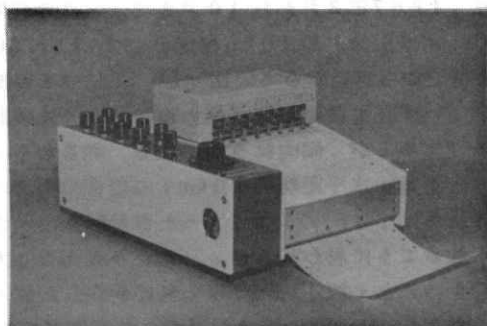


写真-3 流量自記録計

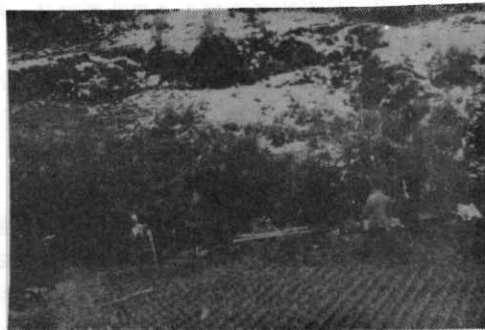


写真-4 地下水排除孔からの流量測定

加は、多量の雨水が、地下水帯に流入するときに発生する。それ以外では、地下流路が何らかの原因によって阻害された場合にも発生する。

地すべり地帯での地下水流量の急激な変化が認められる場合、その原因が降雨以外である場合、地下水流路の異状が考えられる。地下水流量の測定は、地すべり地の内部変化の診断にも役立つが、一方、降雨と地下水流増加の時間的關係は、地下水排除による地すべり防止方法の効果を検討する上でも役立つと思われる。

4.1 実験観測装置

総合研究で、われわれの担当した課題の主な点は、水の挙動と降水の関連にあるが、この研究を進めるため、実験地において、地下水流量の測定、ならびに雨量の測定を主とした。写真-1は、実験地に設置した流量計である。流量計の感知部は、プロペラの回転数によって流量を知る方式をとった。写真-2は、流量計によるパルス制御器である。写真-3は、流量の記録装置である(本装置は牧野応用測器研究所の作成によるものである)。写真-4は、長崎県が地下水排除孔として設置した場所で、流量測定テストを行なっているところである。雨量については、積算雨量計、降雨強度計を使用する予定であったが、都合によって転倒マス型の雨量計(0.5mm/1パルス)を使用することにした。これらの装置は、昭和43年度に設置されたため、その資料と解析は、以後の報告にしたい。

4.2 降水量と地下水排除量

ここでの解析資料は、長崎県々北開発振興局建設部による(鷺尾岳地区地すべり調査資料第1集、昭和34~38年度)ものを使用した。

一降雨量によって、地下水流量は、どのように変化するか、その関係についての法則がわかれば、雨量から地下水流出量の予測が可能である。もし、一降雨期間での総降水量とこの期間における地下水流出量の比が一定であれば都合がよい。このことについては、炭鉱坑内出水量と雨量との関係について、共同研究者の1人である田畑らの研究がある。もちろん、炭鉱坑内の場合と今回の場合、その事情は異なるけれども、かなり参考になる。田畑、今山によると、(1)降雨の3日後から出水が始まり、3日後が最大でそれ以後は減少する。(2)前日より約10.7%ずつ減少していること。(3)比率は100に近い値である。(4)1mm当り14.5の常数

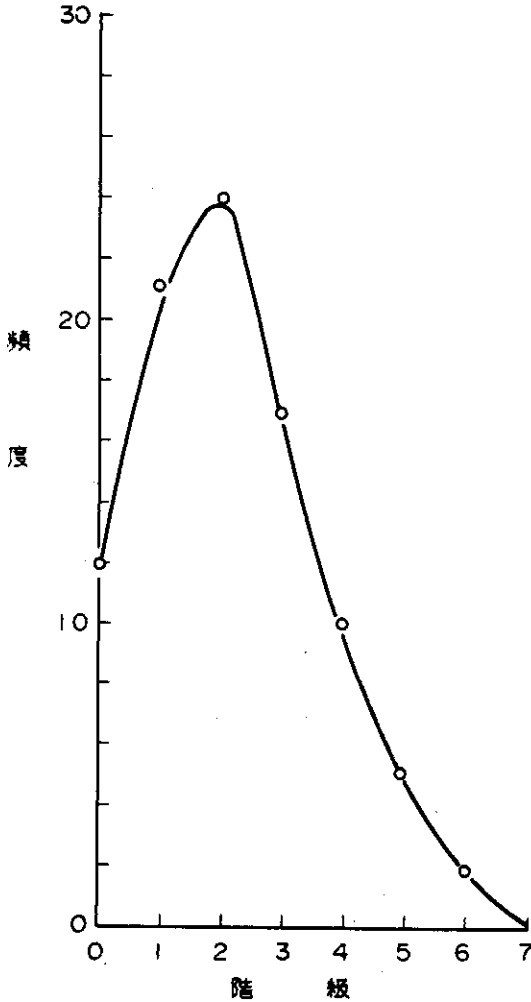


図-12 日降水量10mm以上と流量の関係

で計算して、排水量と割合よく一致すること。

実験式として

$$Q_1 = a(r^n - r^{n+1})$$

$$= ar^n(1-r)$$

但し Q_1 : 平均出水量よりの増加分

n : 降水後3日後より起算した日数

r : $0 < r < 1$ 保有水比率

a : 一降雨による出水量

出水日量 (Q)

$$Q = a(r^n - r^{n+1}) + b$$

b : 平時の出水量

r : 0.88

今回の解析では、資料が不十分であるため、こ

うした検討は試みられなかった。

ここでは、日降水量10mm以上が観測された日を基準とし、それ以後において地下水流量変化(地下水排除流量)が確認された日の頻度を問題としてとりあげた。資料整理の仕方として、日量10mm以上の雨量が当日観測されて、当日流量が翌日の流量にくらべて、変化がみとめられないもの(0)とし、また、当日に流量変化がみとめられたもの(1)、翌日に変化があったもの(2)、等々7階級の区分をもうけ、その頻度をもとめたのが図-12である。ここで使用した地下水排除孔はA-1のもので、年間を通じて流量がみられるところを選んだ。図-12によると、日降水量が10mm以上あって、翌日に流量変化が確認される頻度が高いことを示している。しかし、当日に変化がみられる頻度もかなり高い。

地下水排除孔による流量変化は、設置場所によってかなり差異がみられると思われる。そこで、鷲尾岳周辺の地下水排除孔30本について、当日日降水量10mm以上あって、翌日に排除量に変化が確認された排除孔の本数(n)の地下水排除孔総本数(N)に対する割合を求めた。その値が季節によってどのように変化するかをみたのが図-13である。この結果の特徴は、(1)4月から7月では、かなりの地点で流出量の変化が確認されること、(2)8月から10月のいわゆる台風期での変化は、特定な場所に限定される傾向があること。(3)11月から12月にかけて再び変化が確認される排除孔の数は、増加する。(4)年間を通じて1月と8~10月には、流出変化の本数は少なくなること、などがはっきりした。

地下水流量の測定から、地すべり地の内部診断として、排除孔30本にそれぞれ流出量計を設置し、それらの資料から因子分析⁹⁾を試み共通因子、あるいは特殊因子の評価を試みる計画であったが、予算その他の都合で実現できなかった。

4.3 降水量と地下水

地すべり地の降水量と地下水位との関係は、測定場所によってかなり異なると思われる。ここでこの資料は、県が設置した場所での資料によった。降水量と地下水位について、月平均値をプロットしたのが図-14である。この資料では、12月から春先にかけて、地下水位は増加する傾向がある。しかし、降水量は、年によって大きく変動しているため、地下水位のパターンは明確ではない。

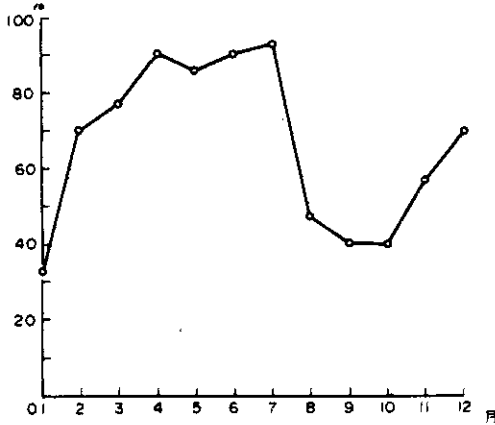


図-13 地下水排除孔の流量変化

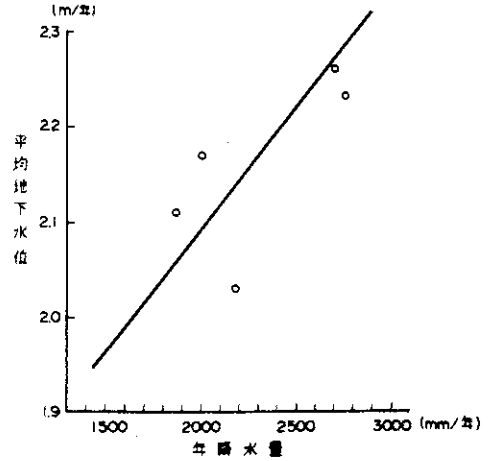


図-15 年降水量と年平均地下水位

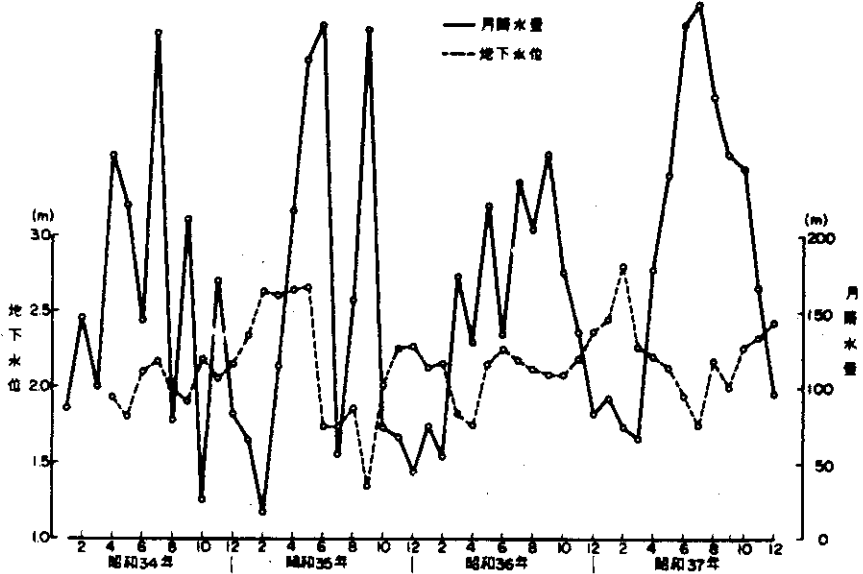


図-14 月降水量と地下水位

図-15は、年間降水量と年平均地下水位の関係を示したものである。一般にいわれているように、その関係は直線的であるけれども、バラツキがかなり大きい。

5. まとめ

今回の報告は、予備調査の総括であるから、詳細は以後の研究結果でのべることになるが、今までのべた点についてまとめると、

- (1) 長崎県下での地すべり発生の年次傾向とし

て、年によってかなり差異がある。とくに、昭和23年から28年にかけて、地すべり活動が顕著であった。そのうち、昭和23年は年平均降水量の1.2倍、昭和28年は1.3倍であった。北松浦郡での地すべりについて、発生個数の季節的变化は、主として、梅雨期と台風期に顕著である。

(2) 地すべりの年次変動の解明から、地すべりに関与する気象要素として、降水量の役割は大きい。雨の降り方の指標として、日降水量、1時間降水量、10分間降水量の月最大値について検討

した。その結果、日降水量の月最大値は、梅雨期の7月と台風期の9月に多発する。1時間降水量の月最大値は7月に多い。一方、長崎県下では、月降水量100mm以上となる場合、地すべりが活発化する傾向がある。

(3) 実験地(鷲尾岳)での雨量と、地下水流量の関係では、日降水量10mm以上ある場合、地下水流量に変化が確認できるのは、当日から翌日にかけてのことが多い。

地下水流量と降水の関係は、場所と季節によって異なることがわかった。このことは、実験地における地下部の不均一化と関連があると思われる。

最後に、本研究にあたっては、長崎県の御協力とご支援をいただいたので感謝したい。

参考文献

1) 三寺光雄(1968):水と地すべり, 水利科学, 661, 第12巻, 2号

- 2) 三寺光雄(1968):がけ崩れ, 地すべりと気象, 気象と防災, 6628, P346~350
- 3) 高野秀夫(1964):地すべりと防止工法, 314
- 4) 長崎県土木部河川砂防課(1965):地すべり調査資料
- 5) 長崎海洋気象台(1962):長崎県の気象
- 6) 大滝俊夫(1965):降雨によるがけ崩れの水文学的研究, 研究時報, Vo.1, 17, 666, 352~395
- 7) 三寺光雄(1969):豪雨, カラム6631, 33~37
- 8) 長崎県々北開発振興局建設部(1964):鷲尾岳地すべり調査資料第1集
- 9) 三寺光雄, 高橋克己, 小林節子(1969):がけ崩れの気象特性, 防災科学技術総合研究報告, 第7号, 21~31