がけくずれの気象特性

著者	三寺 光雄, 高橋 克巳, 小林 節子
雑誌名	防災科学技術総合研究報告
号	17
ページ	21-31
発行年	1969-03-25
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002559/

551.311.235：551.515.9：551.579.(52)

がけくずれの気象特性

三寺光雄・高橋克巳・小林節子
気象研究所応用気象研究部第三研究室

On Some Meteorological Factors Concerned with Landslides

By
M. Mitsudera, K. Takahashi and S. Kobayashi
Meteorological Research Institute, Tokyo

Abstract

Some meteorological factors have been analyzed statistically. The regions of high frequency in landslide-occurrence related to the bai-u front can be found in the Japan Sea side of Honshu, the Kyushu district excepting Oita Prefecture, and some parts of the Pacific side of Honshu and Shikoku, and the regions related to typhoons are chiefly the regions of Pacific side in Japanese Islands, some parts of the Japan Sea side of Honshu and the Kyushu district including Oita Prefecture.

Surface run-off and behavior of water have been also observed at the Tara district, Saga Prefecture.

目　　次

1. まえがき …… 21
2. 因子評価の方法 …… 22
3. 日本のがけくずれと気象特性 …… 22
3.1 がけくずれの発生形態 …… 22
3.1.1 発生個数の地域的分布 …… 22
3.1.2 がけくずれの発生時期 …… 22
3.1.3 がけくずれの多発月の分布 …… 23
3.1.4 がけくずれ個数と気象じょう乱 …… 23
3.1.5 がけくずれ地域の順位 …… 23
4. 佐賀県のがけくずれ …… 24
4.1 佐賀県のがけくずれ，地すべり …… 24
4.2 佐賀県のがけくずれ，地すべりと積算雨量 …… 27
5. がけくずれの降雨特性 …… 27
5.1 降雨と浸透量 …… 28
5.2 多良地区の実験観測 …… 28
6. 土壌水分について …… 30
7. 地下水位について …… 30
8. まとめ …… 30

1. まえがき

がけくずれの誘因として，降雨の重要性が指摘されてきたが，その量的関係について解析したものは少ない[1),2)]。このことについてはいろいろな理由はあるが，主な原因はがけくずれに関する方法論の欠如と，客観的資料の不十分さにある。

われわれは，がけくずれに関する気象特性を明らかにするため，がけくずれの地域的，季節的分布特性を明らかにし，降雨量の関係について検討した。また昭和39年から3カ年計画で実施され

た佐賀県多良地域でのがけくずれに関する総合研究では，降雨と関連して変化する地下水位，中間流出，土壌水分などの要素について観測を行ない降雨との相互関連性について検討を行なうことにした．

2. 因子評価の方法

わが国のがけくずれは，降雨反応型であることが多い．そうした場合の降水量を巨視的にみると，日降水量100mm以上の場合に発生件数は多くなる．だが個々についてみると，このような関係もかなり異なってくる．大滝（1965）[3]によれば，横浜では日降水量60mm～80mmでがけくずれの発生が急増するという．三寺（図－1）はがけくずれ発生件数と日降水量100mm以上の日数について調べた．その結果，北陸や東北地方（奈良，岡山，和歌山を含む）では，日降水量100mm以下で多発するが，北陸以南では100mm以上の日数に比例している．がけくずれは，降雨以外に地質，地形，社会的事情（宅地造成，土地開発など）などの因子が関連しており，単一な要因で律することはむずかしい．すなわち，がけくずれ件数，個数の地域的，時間的変動は，多数の因子群によって構成されていると考えなければならない．そうした観点から日本のがけくずれ現象を統計的にも再検討してみることが必要であろう．その場合の要因モデルの一つとして因子分析が考えられる（三寺[4] 1962，丸安[5] 1965）．

$$x_{\alpha j}=\sum_{k=1}^{p} a_{\alpha k} F_{kj} + b_{\alpha} S_{\alpha j} + C_{\alpha} \varepsilon_{\alpha j}$$

$x_{\alpha j}$：地点αについて，j番目のがけくずれ件数である．

F_{kj}：因子F_kの実現値で共通因子

$S_{\alpha j}$：因子S_{α}の実現値で特殊因子

$C_{\alpha}\varepsilon_{\alpha j}$：誤差

$E\{\varepsilon_{\alpha j}\}=0$，$E\{\varepsilon^2_{\alpha j}\}=1$

大滝（1965）は水文学的な立場から，がけくずれに関する降雨効果についての解析を試み，一定の成果を得ているが，がけくずれに関する要因強度を，現象の構造的，機能的面から再検討することが残されている．

3. 日本のがけくずれと気象特性

わが国のがけくずれが，降雨反応型であることは経験的事実として知られているが，これらの量的問題についての研究を進めるため，日本気象災害年表（1948～1959）[6]にもとづき，がけくずれの発生時期，発生件数，発生個数，それらの地域的特性と，降雨量の関連について検討した．

3.1 がけくずれの発生形態

3.1.1 発生個数の地域的分布

発生個数を各府県別に統計してみると，発生個数の多発する地域がある．1949年から1959年の11年間において，がけくずれ個数が1,000個以下の場合を少ない地域（A）とし，1,000個以上の地域を（B）とした．各地域におけるAとBの分布は，表－1のとおりである（たとえば，東北地方はAで100%になっているのは，5つの県のすべてが1,000個以下であることを示す）．

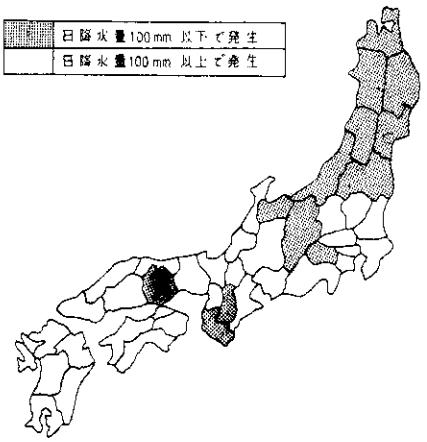
この表によると，東海，近畿，九州は多発地域の特徴を示し，がけくずれの少ない地域は東北，関東などが特徴的である．

表－1 多発地域の割合

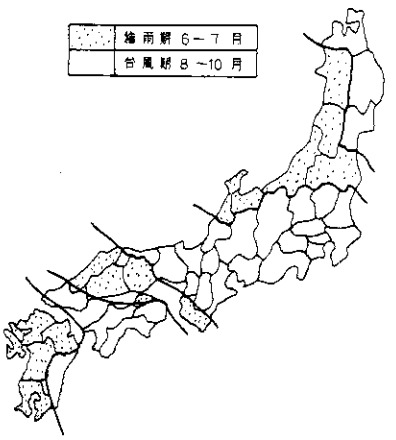
地区	A (%)	B (%)
東北地方	100	0
北陸地方	50	50
関東地方	83	17
東海地方	0	100
近畿地方	0	100
中国地方	40	60
四国地方	75	25
九州地方	0	100

3.1.2 がけくずれの発生時期

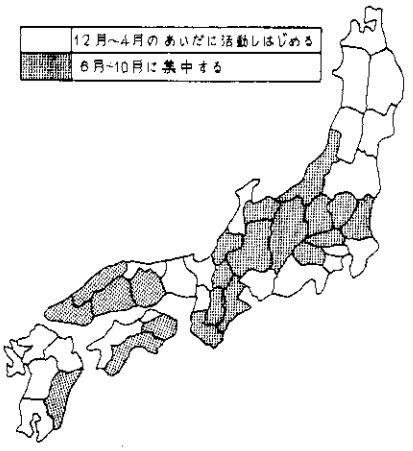
わが国のがけくずれは，発生期間と多発月に特徴がある．すなわち冬期からがけくずれが発生する型や，春先からはじまる型などである．冬期間からがけくずれが発生する地域は，青森，岩手，宮城，山形，福島，岐阜，石川などで，主として東北，北陸にみられる．春先から活動がみられる地域は，東京，神奈川，愛知，石川，大阪，京都，和歌山，滋賀，奈良，兵庫，島根，広島，山口，愛媛，高知，徳島，福岡，佐賀，長崎，大分，宮崎，熊本，鹿児島などで，5月から6月にかけて活動が開始される地域は，埼玉，千葉，茨城，栃木，群馬，三重，長野，山梨，新潟，富山，福井，岡山，鳥取，香川などである．図－2はがけくずれが12月から翌年4月の間に活動し始めるもの，6月から10月の期間に活動が限定されるものを示す．



図－1　降雨日数とがけくずれ件数



図－3　がけくずれ多発月の地理的分布



図－2　がけくずれの活動しはじめる時期

3.1.3　がけくずれの多発月の分布

がけくずれの活動形態を明らかにするために，活動の最盛期などの分布について検討する必要がある．がけくずれの最盛時期は，2つの大きな特徴がある．その1つは，6月から7月にがけくずれ個数のピークが現われる地域で，あとの1つは，8月から10月にかけてピークが現われる（図－3）．6月から7月にかけてピークをもつパターンをBとし，8月から10月にかけてピークの現われるパターンをTとして出現分布をみた．その結果（こうした表現は同じ地域に属する府県でも同じパターンで統一できない．そこで，パターンの割合で地域特性を表現することにしたのである），Bの発生は九州で86%，北陸75%，中国60%，東北50%，四国25%，近畿17%となっている．またTのパターンは，関東100%，東海100%，近畿83%，四国75%，東北50%，中国40%，北陸25%，九州14%となる．

3.1.4　がけくずれ個数と気象じょう乱

がけくずれ個数が多発する月の地理的分布については，すでにのべたが，気象じょう乱とがけくずれ個数との関係について検討した．各府県別のがけくずれ個数と気象じょう乱の件数との相関は小さい．このことは，がけくずれの個数に関係するのは，気象じょう乱の強度であって件数ではないからである．がけくずれをもたらした気象じょう乱を種類別に検討してみると，台風，梅雨前線，低気圧などによるものが多く，6月から7月にかけてのがけくずれ個数のピークは，ほとんど梅雨期の集中豪雨によるものが多い．また8月から10月にみられるピークは，台風によるものが多い．九州や北陸のがけくずれは主として梅雨型で，関東，東海，近畿，四国などでは台風型に属する．また東北，中国地方では混合型のようである．

3.1.5　がけくずれ地域の順位

がけくずれ発生個数は，地域によってかなり変動する．そこで，府県別のがけくずれ個数順位関係について調べた．東北地方は，11年間における全個数が1,000個以下であるが，県別に発生個数の順位関係をみると（図－5），その特徴は

福島が最も多く，700～750に属し，宮城，岩手，秋田，青森は100～400内である．全国的（図－4）にみると，福島は29位で中以下に属する．北陸地方では，福井が第1位である．順位の特徴として，福井，石川は1,600～1,800の範囲にあり，富山，新潟は200～800の範囲内にある．福井を全国順位からみると18位である．関東地方では神奈川が1,400で1位，その他は1,000以下である．東海地方では，三重が第1位で3,000～4,000の範囲，静岡，愛知は2,000位でまとまっている．全国的にみた三重の順位は10位である．近畿地方は京都が最も多く，8,000前後で，他は1,000～6,000の範囲に含まれる．京都を全国的にみると第2位である．中国地方では，山口が第1位で，7,000～8,000の範囲である．2位以下は3,000以下となる．山口は全国的にみると3位である．四国は，愛媛が2,000～2,500で第1位，第2位以下では1,000以下であった．全国的順位は愛媛は14位である．九州地方での第1位は，熊本で8,000～9,000の範囲にあるが，第1位と第4位までは，相対的に高い水準にあって，6,000から7,000位となっている．第5位以下では4,000以下となっている．熊本は全国的にも第1位である．

4. 佐賀県のがけくずれ

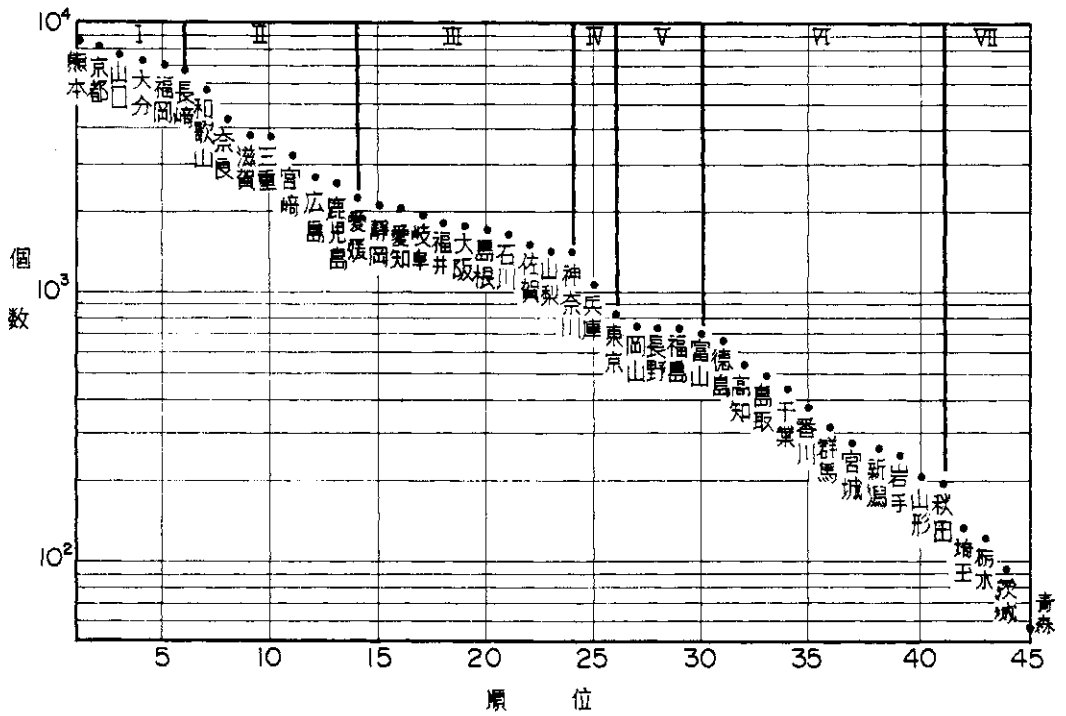
がけくずれ個数からみた佐賀県の全国順位は22位となっている．佐賀ではがけくずれの多発月は6月で，梅雨型に属している．

佐賀県下における梅雨期の雨量の最大値は表－2～表－4のようになる．

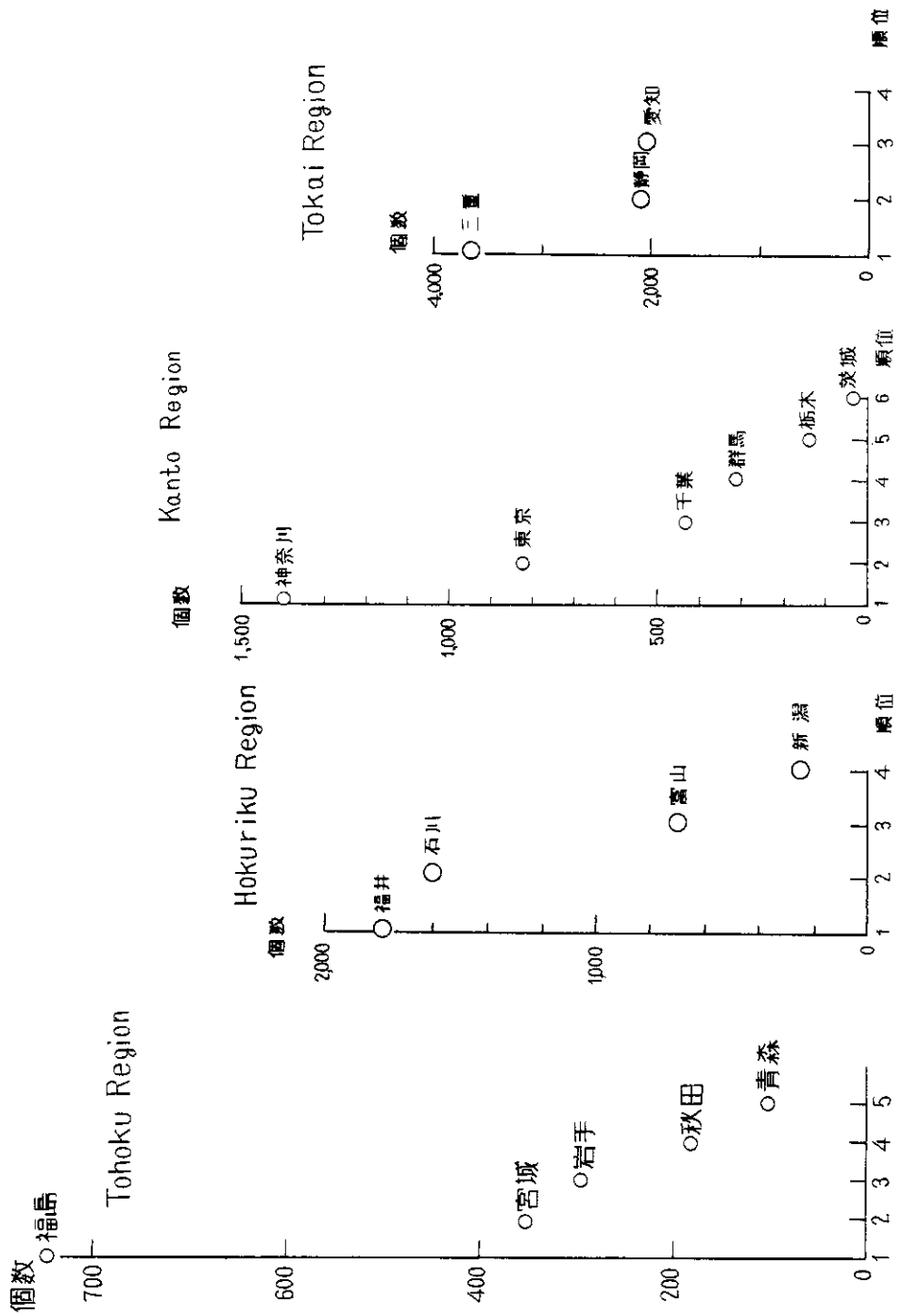
1時間降水量，ならびに日降水量でみる限り，梅雨期よりも台風期の量は多い．だが，豪雨の原因別回数でみると，表－4のように，梅雨による回数は多い．

4.1 佐賀県のがけくずれ，地すべり

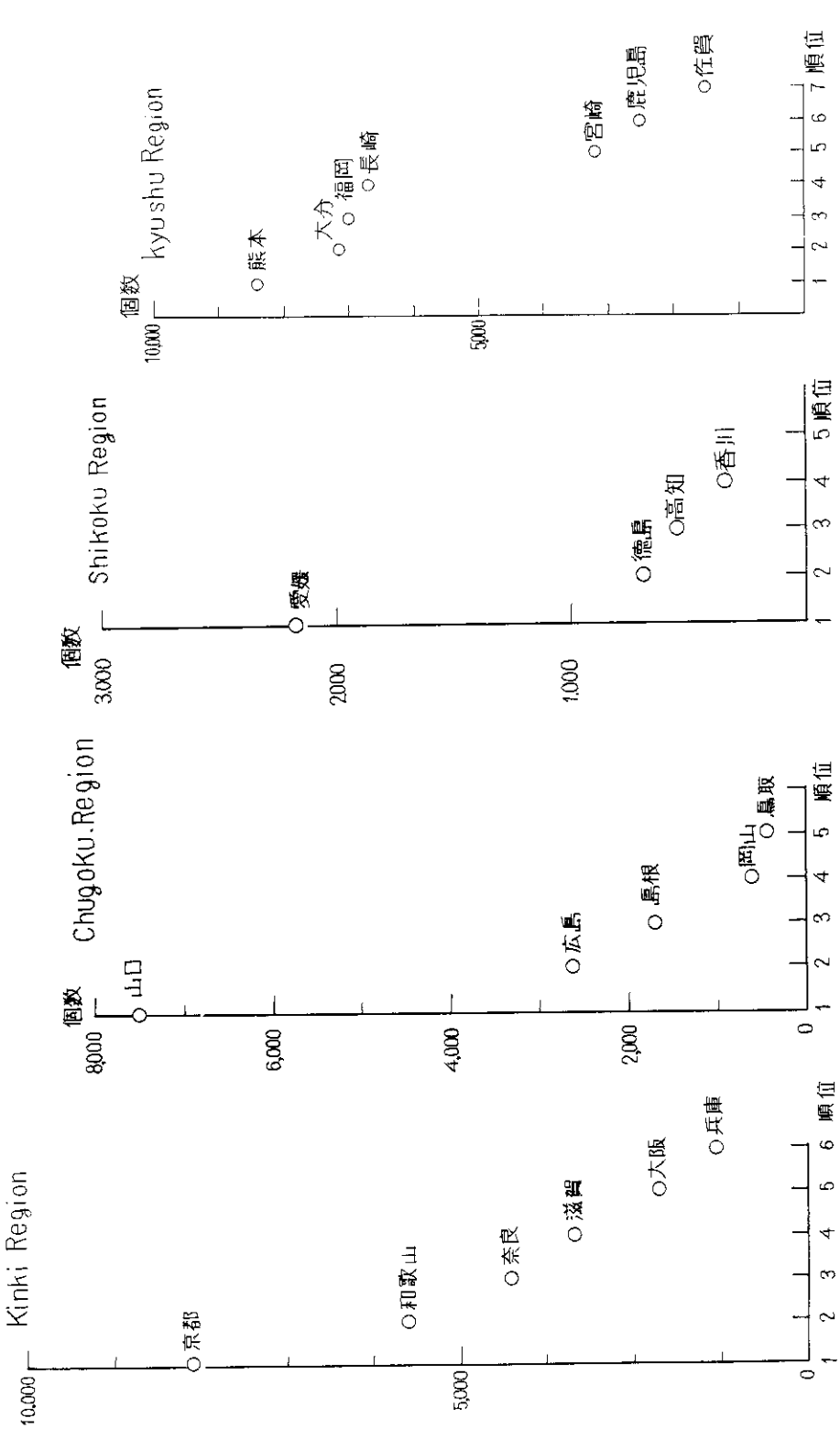
地すべりやがけくずれの発生時間などについて検討する場合，日本気象災害年表では不十分である．とくに特定の地域について検討する場合には，発生時刻までが問題になる．ここでは，がけくず



図－4 がけくずれ個数による全国順位関係



図－5　地方別府県別がけくずれ順位



図－5（続き） 地方別府県別がけくずれ順位

表－2　梅雨による日降水量の累年順位

	1位	2位	3位	4位	5位	統計期間
佐賀	366.5	209.6	207.0	202.2	175.0	1891-1957
鳥栖	290.0	266.8	241.0	229.3	197.0	1892-1957
三瀬	360.5	214.0	196.4	195.5	195.0	1933-1957
古場	410.0	265.0	252.0	251.8	248.0	1895-1957
唐津	271.0	257.7	219.6	198.8	185.7	1892-1957
伊万里	364.5	355.0	298.9	243.6	226.3	1892-1957
武雄	315.5	231.3	200.0	197.0	193.5	1892-1957
嬉野	270.0	215.0	180.9	180.2	177.0	1911-1957

表－3　梅雨による1時間降水量の累年順位

	1位	2位	3位	4位	5位
佐賀	72.3	58.3	53.3	46.0	38.0

表－4　1948～1957の期間における豪雨の原因別回数

原因	台風	梅雨	低気圧	その他
回数	18	23	26	0
%	27	34	39	0

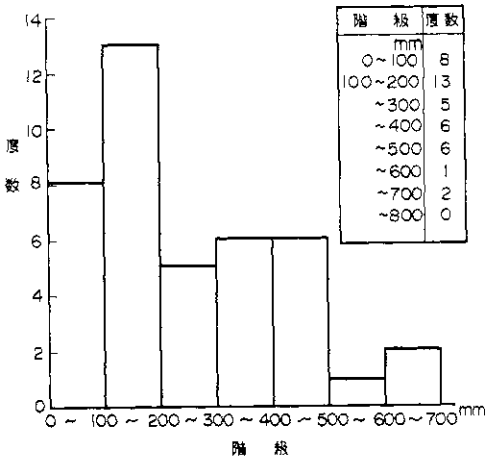
れ，地すべりの発生と降水量の問題をみるため，佐賀県防災課による資料[7]，佐賀県災害誌[8]などの資料によることにした．資料は，1900～1963年までのもので，がけくずれ件数は36であった．

4.2　佐賀県のがけくずれ，地すべりと積算雨量

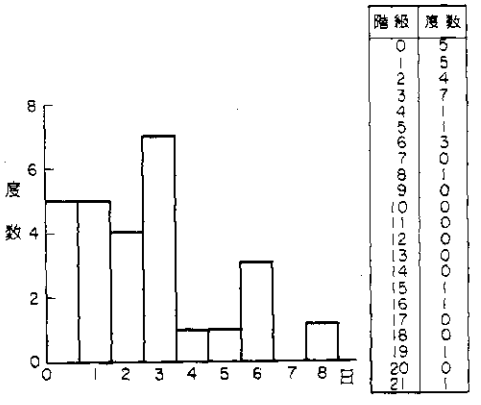
地すべりの降雨反応は，がけくずれと異なるといわれる．だがここでは資料の関係からその区別が明白でないので，地すべりとがけくずれを含めて取り扱うことにした．積算雨量の基準として，がけくずれ，地すべりの発生した時点から過去にさかのぼって，1降雨期間の日降水量の積算を取りあげた．図－6は，積算雨量の度数である．佐賀県のがけくずれ，地すべりは，積算雨量が100～200mmの場合に最も多く，ついで100mm以下でも発生する．また200～500mm程度の場合があり，500mm以上の場合もまれにみることができる．図－7は，がけくずれ，地すべりが発生したときの1降雨期間についての降水量のピークと，がけくずれ，地すべりの発生時刻までの時間について調べたもので，この結果によれば，降雨のピークから3日以内に発生するものが多く，ついで，4～6日となる．また15日から21日経過した後発生する場合もまれにみられる．これは前者の場合とは本質的に異なると思われるがはっきりしない．

5.　がけくずれの降雨特性

がけくずれ，地すべりの降雨効果について，高野（1960）[9]は地すべりの場合，10mm内外の日降水量の継続日数をみると，5日前までのものが最も多いという．大滝（1965）は，がけくずれに最も効果的なのは，発生当日の雨で，前日の雨はわずかな影響しかないという．こうした点から考えると，佐賀県の場合，1降雨期間におけ



図－6　がけくずれ発生時までの積算雨量の度数



図－7　降水量のピークからがけくずれ発生時までの時間度数

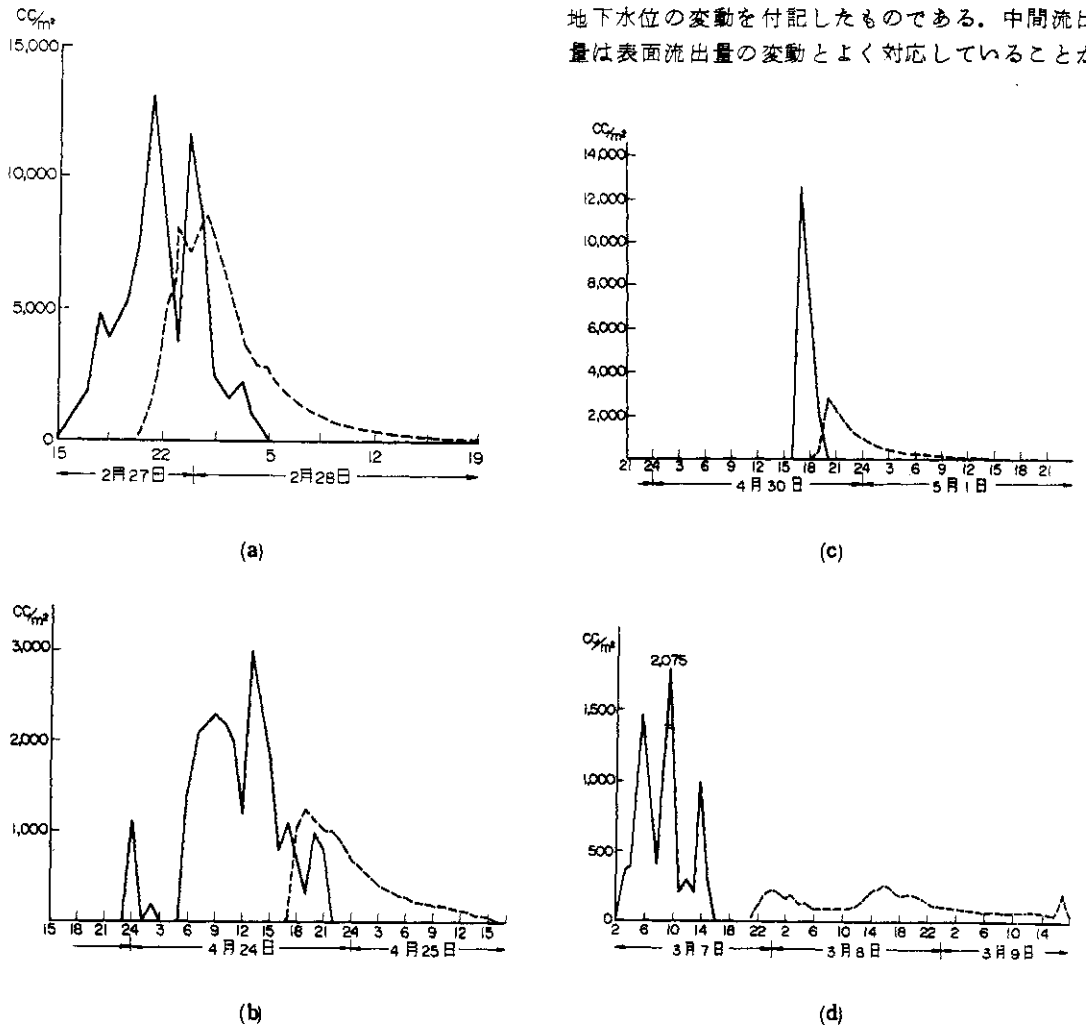
る降雨のピークから，がけくずれの発生までの時間が長いものも含まれているので，注意しなければならない．これらの結果は，巨視的観点からの解析結果であるが，いずれにしても降雨と水の挙動が，がけくずれに大きな影響を与えていることを示している．

5.1 降雨と浸透量

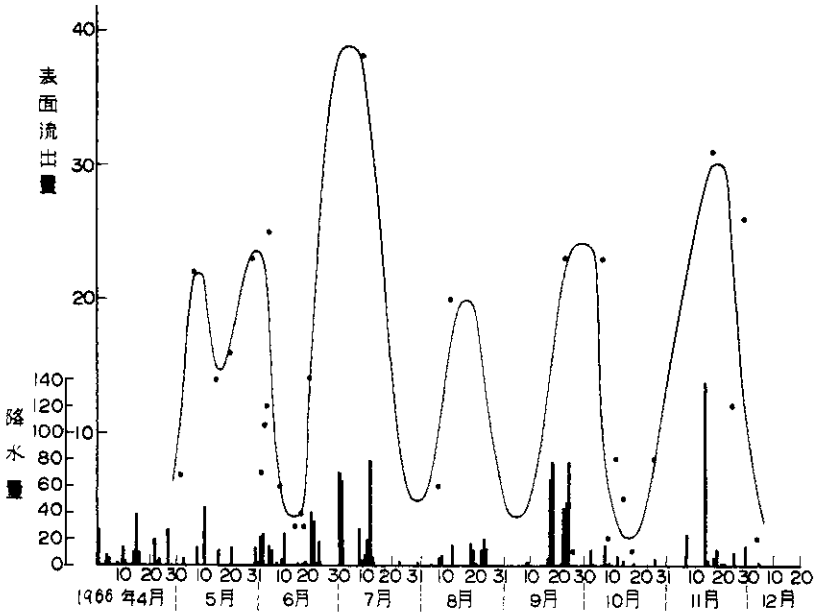
ここでは，ライシメーターを使用して土層（1m層）に浸透した雨水の変化と降水量の関係について実験を試みた．資料は1965年の観測によるものである．図－8(a)は2月27日から28日のもので，降雨のピークと浸透量のピークが時間的にずれていることがわかる．図－8(b)は，1965年4月24日から25日にかけての実験である．図－8(c)は同年4月30日から5月1日のものである．一方これらの関係とは異なったパターンは，1965年3月7日から9日の間に測定した値で，図－8(d)に示した．ここでは降水量と浸透量のピークには，かなりのずれが現われている．この実験は，ライシメーターによるもので，いずれの場合も，土層の土壌水分は圃場容水量であった．

5.2 多良地区の実験観測

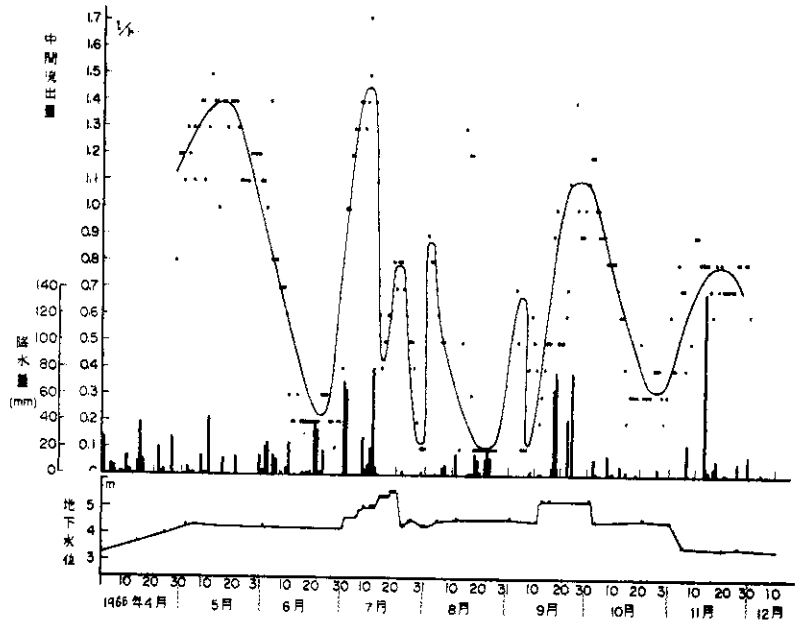
佐賀県の多良地区で，降水量，表面流出量，地下水位，中間流出量，土壌水分などについて実験を試みた．図－9は，1966年4月から12月までの日降水量（黒棒線），表面流出量（黒丸と実線で示した）の関係を示した．図－10は上記の観測期間での中間流出量と降水量の関係を示し，地下水位の変動を付記したものである．中間流出量は表面流出量の変動とよく対応していることが



図－8 降水量と浸透量の時間変化



図－9　降水量と表面流出量



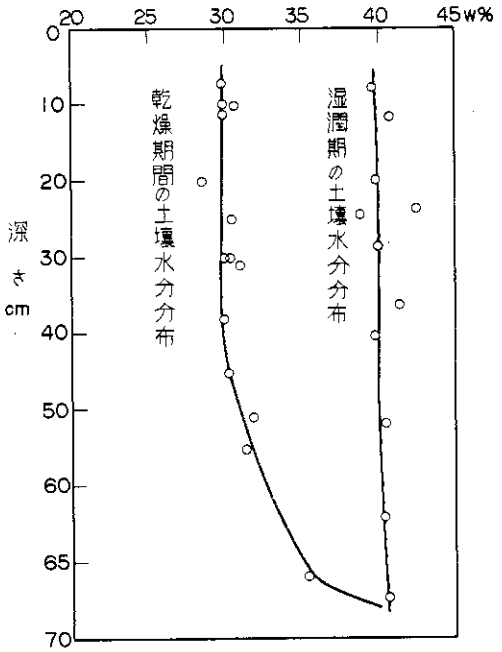
図－10　降水量と中間流出量

わかる．また，表面流出量のピークと中間流出量のピーク時の時間的ずれははっきりしなかった．

6. 土壌水分について

佐賀県多良地区の実験地においては，中間流出量のピークが，表面流出量のピークとほぼ一致する．このことは，土層内で土壌水分の変動が小さいことを示している．実際に測定してみると，固層率が高く，土壌水分の変化はきわめてわずかであった．降雨後においても，その値（重量%）は40%位で，しかも地表面から1m位まで，ほぼ一様な分布を示していた（図－11）．

夏期の乾燥期間では，30%前後となる．



図－11 土壌水分の垂直分布

7. 地下水位について

多良地区の実験地で，地下水は地表面から15mの層にみられる．この層における地下水位の測定では，フロート方式の水位計を使用した．

1966年4月から12月までの様子を図－9で示した．この観測期間での水位は，7月に高く，また9月に高くなり，年間を通じて水位のピークは2つ現われる．

7月と9月では，降雨のピークならびに，中間流出のピークはほぼ一致する．しかしそれ以外の月では一致は悪くなる．年間の水位変動の最大値は約3mである．

8. まとめ

わが国のがけくずれの多くは，多量の降雨があった場合に発生しており，そうした意味で，降雨反応型である．その量的関係についての検討は，資料が不十分であるため，今後に残された部分が多い．しかし，がけくずれ個数の全国的資料を手がかりとして，形態的特徴について明らかにした．佐賀県多良地区での総合実験では，がけくずれの力学モデル化への基礎資料として，降雨量，表面流出量，中間流出量，地下水位，土壌水分などの測定を試みた．

今回の研究成果を要約すると

1. 日本のがけくずれと気象特性，とくに降雨との関係について明らかにした．おもな点は，がけくずれの発生形態として，多発地域と多発月の分布，発生時期，がけくずれ地域の順位とその地理的分布を明らかにし，あわせて気象じょう乱とがけくずれの関係について考察した．

2. がけくずれの力学モデルをめざして試みられた佐賀県多良地区での実験観測では，がけくずれの力学モデルとして主要なパラメーターは，間ゲキ水圧であるが，それに直接影響を与えるのは降雨である．そこで降水量，表面流出量，中間流出量，地下水位，土壌水分などの諸量を測定した．その結果，これらの要素間には，かなり相関が高いことがわかった．

以上の結果は，今後力学モデルの開発にあたって，一つの手がかりとなる．

参考文献

1）高橋浩一郎（1938）：山くずれによる被害，中央気象台彙報，第14冊，164－169

2）蔵重 清，奥山志保子（1964）：山くずれ件数と雨量との統計的関係，天気，第11巻，12号，397－407

3）大滝俊夫（1965）：降水におけるがけくずれの水文学的研究，研究時報，Vol．17，№6，352－395

4）M.Mitsudera（1962）：Structure of plant environment, Pap. Met. Geophys. 13. 37

5）丸安隆和（1965）：写真判読による地すべり崩壊の統計的研究，土木学会論文集，116号，37－54

6）気象庁編（１９６０）：日本気象災害年表，１７５
7）佐賀県防災課（１９６４）：佐賀県の地すべり，山くずれの概況，１－５
8）佐賀県（１９６４）：佐賀県災害誌，７０２
9）高野秀夫（１９６０）：地すべり防止工法，３１４