

香川県マサ土地域における降雨による土砂崩壊について*

安 井 春 雄**

要 旨

大滝が導いた水理方程式を使って、台風7617号による51.9豪雨を中心にした、香川県マサ土地域における降雨と土砂崩壊の関係を調べた。結果は、土石流を含めた土砂崩壊発生時の土中水分量と降雨量の臨界値を得ることができ、洪水予警報に資することができたと思っている。

1. はじめに

瀬戸内式気候の香川県は、かつて塩田業が栄えたように、全国でも有数の寡雨地帯である。このため、著名な満濃池で代表されるようにいたる所に灌漑用の溜池が見受けられ、この数は空中写真によると3万以上ともいわれている。このような気候風土のため、各市町村から出されている災害史には多くの水飢饉の記録が残されている。

しかし一方、水害には無縁かとなると、第1表が示しているように多雨地帯に劣らない状況である(安井, 1977)。第1表は、昭和に入ってから的人的被害を伴った気象災害を示しているが、犠牲者数は48年間に197人を数え、年平均すると4人になり、そして災害の起こる頻度は2年に1回の割合になっている。

主な水害は、溜池の決潰、小河川の氾濫そして土砂崩壊等であるが、近年は他の地域とおなじく土砂害が目立っている。どうして土砂害が多いか、端的に言えば、水にもろいマサ土と言われる風化花崗岩地帯が多いことである。とくに災害の多い小豆島は、第1図が示しているように、俗にキャップロックと言われる溶岩で中央山地が形造られ、このためマサ土地帯が急傾斜をなしている。斉藤(1977)によれば、これが崩壊発生に拍車をかけているという。

降雨と土砂崩壊の関係については、気象庁、各大学やその他の研究がある。奥田(1976)は、山崩れと降雨量との関係を次のように要約している。

(1) 24時間雨量が200mmを超えると山崩れが激増する。

(2) 時間雨量が20mm以上になると山崩れの発生率が急増する。

(3) 時間最大雨量の出現直後から3時間までの間に崩壊が発生することが多い。

(4) 5mm以上の10分間降雨が長時間集中すればするほど崩壊発生率が増加する。

(5) 降雨強度には、パルス状の振動的な変動を含めて20分程度の変動が重なった、1~2時間程度の時間変動が見られ、崩壊発生は第2波ないし第3波の山で現われているが、とくに第3波以降に多い。

田中(1977)は、同じく降雨と山崩れの間を、

(1) 最大24時間雨量が200mmを上回ることで、上回る程度が大きいほど山崩れが激増する。

(2) 3時間雨量が120mmを上回ること、上回る程度が大きいほど山崩れが激増する。

(3) 時間雨量が50mmを上回ること、ただしこれを上回る程度が大きくても、雷雨性豪雨のように1時間余りで終息する雨は山崩れに寄与しない。

(4) 先行降雨がいく日にもわたって降り、表土含水量が大きいこと。

芦田等(1977)は、小豆島における土石流の発生条件を、累加雨量300~350mm、時間雨量40~50mmとし、これを同じ風化花崗岩地帯である六甲や西丹沢にも適用できるとした。

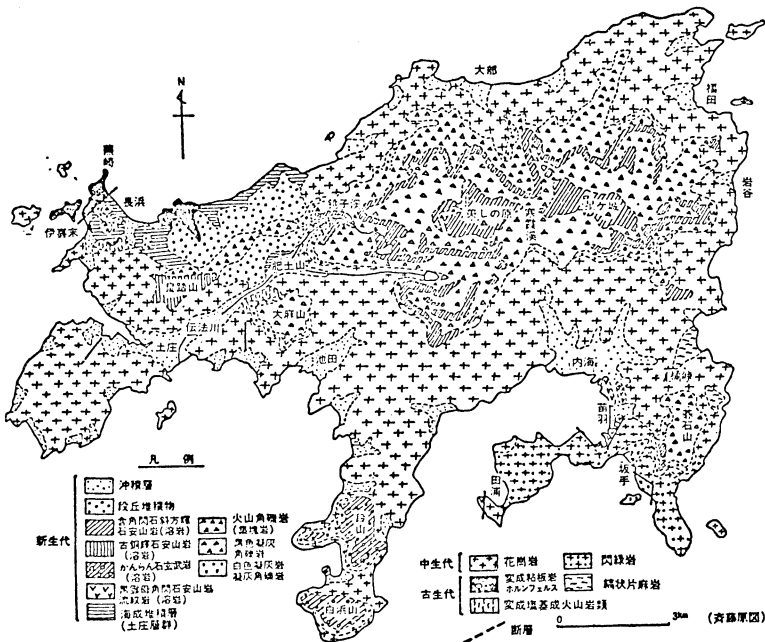
瀬尾・船崎(1968)は、187例の資料から、累加雨量曲線が急に立ち上がる変曲点から土砂害発生までの雨量を有効雨量、この有効雨量を降雨時間で除した平均値を有効雨量強度と定義して、この2つの要素と土砂害発生との関係を調べた。これによると、有効雨量強度が4mm以下では有効雨量が大きくても土砂害は起こらな

* A Study on Sand Disaster caused by Rain Storm at Granitic Regions in Kagawa Prefecture.

** H. Yasui, 大阪管区気象台
—1978年2月17日受領—
—1978年5月8日受理—

第1表 香川県における気象災害(昭和4年~51年).

年 月 日	気 象 現 象	雨 量 (mm)	人 的 被 害
4年10月25日~26日	台風による大雨	316 (福 栄)	死者2人
6年9月17日~18日	低気圧による大雨	181 (豊 島)	死者5人 重傷者4人
9年9月21日	室戸台風	227 (多 和)	死者19人 行方不明5人 負傷者30人
12年9月11日	台 風	154 (塩 江)	死者7人 負傷者31人
13年9月5日	台 風	296 (塩 江)	死者16人 行方不明3人
20年9月17日~18日	枕崎台風	168 (引 田)	死者13人 負傷者13人
20年10月10日~11日	阿久根台風	276 (塩 江)	死者4人 行方不明2人 負傷者2人
24年6月18日~21日	台風による大雨	169 (引 田)	行方不明1人
24年7月29日	〃	213 (美 合)	死者3人
25年9月3日~4日	ジェーン台風	244 (美 合)	行方不明2人 負傷者20人
26年10月14日~15日	ルース台風	150 (引 田)	死者1人
27年7月2日~3日	梅雨前線による大雨	270 (滝 宮)	死者4人 負傷者4人
29年6月29日~30日	〃	188 (險 岨山)	死者3人
29年9月26日	洞爺丸台風	116 (井 関)	死者8人 行方不明7人 負傷者5人
35年8月28日~30日	台 風	124 (大 橋)	死者1人 負傷者1人
36年10月25日~27日	低気圧による大雨	337 (引 田)	死者2人 行方不明2人
40年9月10日	台 風	206 (大 橋)	死者2人 負傷者18人
40年9月13日~17日	台風による大雨	666 (引 田)	死者3人 負傷者7人
46年8月29日~31日	〃	288 (大 部)	死者1人 負傷者7人
47年9月13日~17日	〃	364 (与田山)	死者2人 負傷者5人
49年7月6日	七夕豪雨	422 (与田山)	死者29人 負傷者27人
51年9月8日~13日	51.9豪雨	1366 (大 部)	死者50人 負傷者121人



第1図 小豆島の地質模式図(香川大学, 齊藤による).

い。また、有効雨量が 40mm 以下では有効雨量強度が大きくても災害は起こらないとした。斉藤はこれを香川県に当てはめ、有効雨量強度 20mm 以上で有効雨量 80mm に達した場合には、軽微な土砂害が発生し、28mm 以上で 125mm に達すると、大きな土砂害が発生するとした。

大滝 (1965) は、降雨による横浜の関東ローム層における崖崩れの発生機構を土中水分量に関連させて水文学的立場から水理方程式を導き、土中水分量である超過保留量と崖崩れとの関係を求めた。

筆者は、後述の網干や斉藤が論じたマサ土地域における崩壊の発生機構から類推して、大滝の手法を香川県マサ土地帯の土砂崩壊に適用できると考えて、土石流の発生にまで発展させた。なお、ここで用いる用語は大滝の定義に従って次のようにした。

野外保湿容量 (field moisture capacity): 重力作用で生ずる水の下降運動が著しく減じた後の残留水量。

土湿不足 (field moisture deficiency): 現在の土中水分量から野外保湿容量にするために必要な水分量。

超過保留量 (excess retention): 重力に抗して野外保湿容量以上に一時的に土中に保留される水分量。

有効雨量 (effective precipitation): 野外保湿容量に達した以後の雨量。

以上をすべて降水量と同じ単位の mm で表現する。

2. マサ土地域における降雨による崩壊の発生機構

網干 (1972) は、マサ土地域の降雨による崩壊を次のように述べている。マサ土の土質構成は、透水性の表層とその下の岩盤のような不透水層からなっている。また、岩盤がない場合でも表層に比べると、下は透水性の小さい土層からなっており、これはひと雨降雨のような短時間を対象にすると不透水層と考えてもよい。このような斜面に降雨があると、降雨のある部分は表層に浸透し、表層が乾いている場合は、飽和度 60~80% ぐらいまで上昇する。そしてさらに雨が続くと、60% の飽和度ラインは次第に下降し、不透水層の境界付近まで達すると 100% の飽和度になり、含水量の多いレベルは次第に上昇して地下水流を形成するようになる。つまり、浸透水の流れの方向が鉛直方向から斜面方向に変わる。この浸透量と地下の流出量の差だけ、地下水面は上昇し、降雨強度と継続時間がある程度を超えると、斜面の安定が崩れて崩壊が始まる。

以上の機構は、田中 (1977) も砂の層の実験結果から指摘している。このほか、土中水分量と崩壊の関係を扱

ったものには、金子 (1949)、中村 (1955, 1962)、小出 (1955) 等の報告がある。

では次に、このような土中水分量との関係を土石流の発生にまで適応できるか、斉藤 (1977) は、複雑な土石流の発生形態を次のように大別している。

(1) 崩壊土砂がそのまま直進し土石流に発展するもの。

(2) 急激な出水で、川床の堆積土砂が移動して土石流に発展するもの。

(3) 崩壊土砂が一度溪床に堆積して天然ダムを形成し、これが決潰して土石流に発展する、いわゆる鉄砲水に押し流されるもの。

斉藤の小豆島における現地調査によると、山崩れが発展して土石流になる (1) 型が 60% 以上を占め、筆者らの行なった現地調査でもこのように判断した。

以上から、大きな崩壊、即ち、土石流の考察も可能として、冒頭で記述したように、大滝による超過保留量と土石流とを関連させて調査を進めた。

3. 先行降雨について

表層付近の土湿不足がなくなるまでは、降雨強度がかなり大きくなって雨水はほとんど吸収されてしまう。一般に、表層土は野外保湿容量に達するまでは安定して水を含みうる状態にある。したがって、野外保湿容量に達するまでの雨量、先行雨量がどのくらいかが問題になってくる。先行雨量については、瀬尾も触れているし、網干もこれの重要性を説いている。網干によると、事前降雨によって表層部の飽和度がある程度に高まり、これが不透水層まで下がって初めて飽和水帯が発生することから、事前降雨があればこの状態に早く達するため災害が起こり易くなるというのである。そして先行雨量として、広島および呉の場合は 2 週間の総雨量を、島根県加茂町については 20 日間雨量をとっている。

大滝は、土湿不足から野外保湿容量までの雨量を先行雨量とし、関東ローム層における積算雨量曲線の解析から次のように算出している。

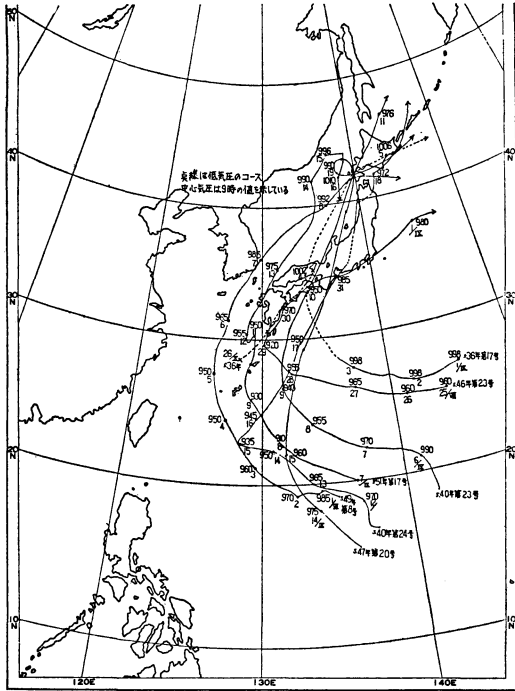
(1) 最大土湿不足を M とし、降雨前の土湿はこれからの偏差で表わす。

(2) ローム層の M は 40~50mm と考えられるので、45mm 以上の降雨があったときの翌日の土湿は M とみなす。

(3) 問題の日の土湿は次式により算出する。問題の日の土湿 = $M - (\text{平均日蒸発量}) \times (\text{経過日数}) + \text{期間内の雨量}$

第2表 香川県における地表面からの日平均蒸発量mm.

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0.8	1.0	1.3	1.8	2.2	2.2	2.9	3.2	2.2	1.4	1.0	0.8



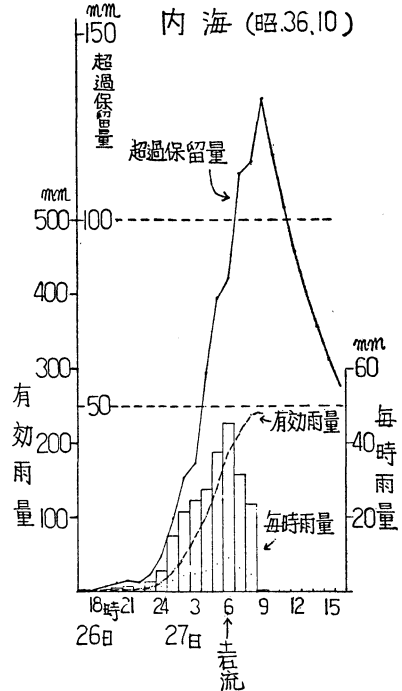
第2図 香川県に大きな土砂崩壊を発生させた台風と低気圧のコース。

関東ロームに適用した算出方法を香川県のマサ土に当てはめるのはいささか大胆すぎるかも知れないが、上原等(1969)によれば、自然マサ土の間隙率30%は関東ロームと一致する。また、後述の浸透率(浸透強度の降雨強度に対する比)もだいたい同じことから、これによって算出することにした。

次に、日平均蒸発量は、日下部(1952)によれば地表面からの蒸発量は蒸発計蒸発量の約60%で近似度が高いことからこれを用いることにし、多度津測候所の値を採用した。

4. 超過保留量に関する水理方程式

土砂崩壊の発生を水文学的に扱う場合に、中間流出と関係のある土壌水分量と結びつけるのがいろいろの面から見てもっとも良いと考えた。大滝は、土壌水分量を決定するのは他の要素が同じならば雨水の浸透と土壌水分



第3図 小豆島大麻山での大きな土石流発生時の超過保留量、毎時雨量および有効雨量。

量の収支である、そして小さな斜面集水域を線型貯水池と線型流路である、として超過保留量の水理方程式を導いた。これによると、超過保留量とこれの2~4時間後の中間流出の間には比例関係が認められるとしている。

土砂崩壊に関係する集水域の面積を δA とすれば、これに単位時間に浸透する水分量は、

$$I(=\varphi R) \times \delta A$$

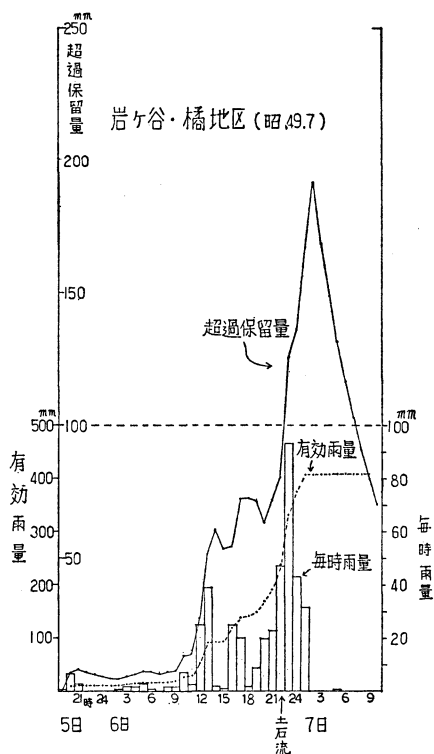
また、この集水域から浸出する量を Q とすると、 Q は、貯水量を S とすれば νS に相当する。ここに、 φ は浸透率、 R は降雨強度、 ν は比例定数を表わす。以上から斜面集水域における連続方程式は、

$$\frac{dS}{dt} + Q = I\delta A$$

となり、 $S = h\delta A$ とすると

第3表 51.9 豪雨以外のじょう乱の大雨による土砂崩壊（主に土石流）発生時の1時間雨量、有効雨量および超過保留量。

	36.9 内海	36.10 内海	40.9 土庄	46.8 内海	47.9 高松	47.9 戸川	49.7 橋, 岩ヶ谷
1 時 間 雨 量	53	45	90	36	33	36	70
有 効 雨 量	162	184	143	165	167	175	286
超 過 保 留 量	78	85	79	79	77	79	100



第4図 七夕豪雨時の小豆島橋地区での土石流発生時の超過保留量、毎時雨量および有効雨量。

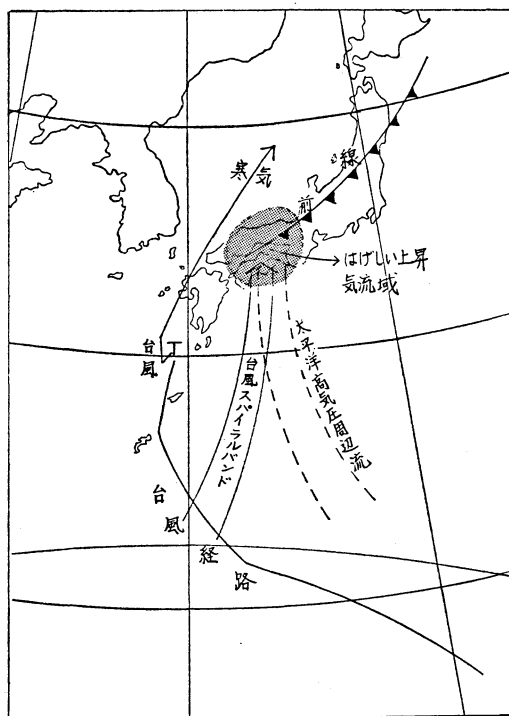
$$\frac{dh}{dt} + \nu h = \varphi R$$

が導かれ、 h は超過保留量を示す。これに、超過保留量から中間流出水の遅れ時間 a を考慮して上式の解を求めると、次のようになる。

$$h = ce^{-\nu t} \sum_{i=1}^t e^{\nu i} R(i)$$

$$\text{ここに、} c = \frac{\varphi(1-e^{-\nu a})(1+a)^{\nu}}{\nu}$$

降雨強度 R は時間雨量を用い、 $(i-1)$ 時から i 時までの雨量を $R(i)$ とした。次に、マサ土の φ 、 a および ν は次



第5図 51.9豪雨の機構。

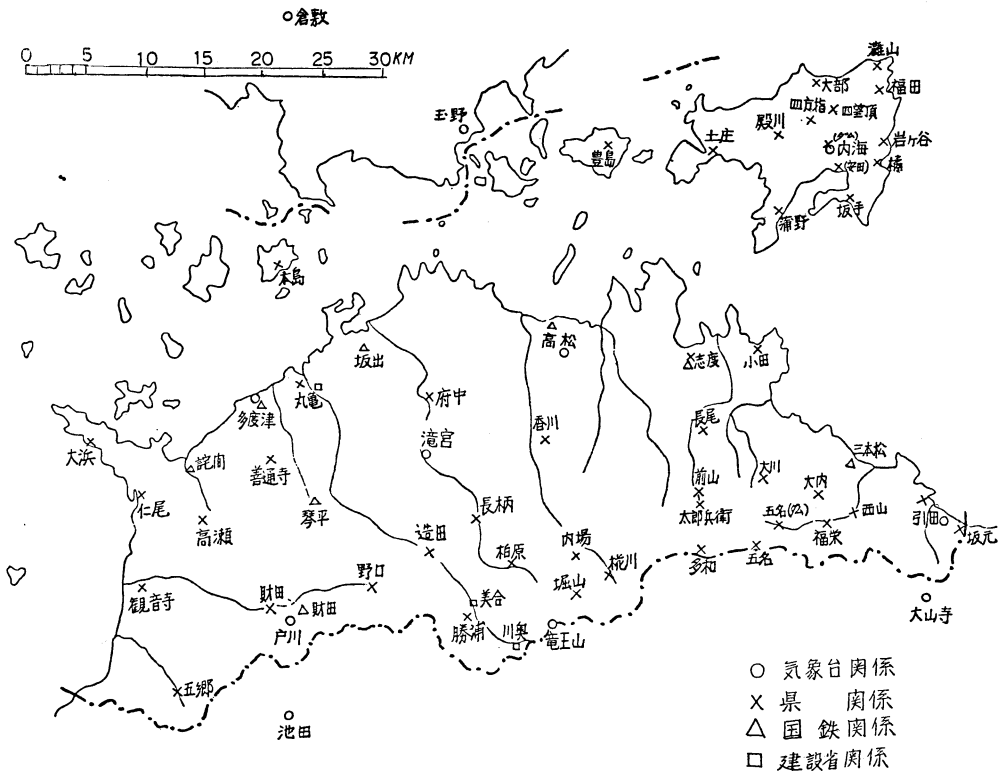
のようにして定めた。まず、浸透率 φ は、土中水分量や降雨強度によってかなり異なる。降雨強度による差は、農林省四国試験場が段々畑で行なった実験結果に、金子(1956)による斜面における浸透率は平坦地の2倍を考えて、斜面集水域の平均浸透率を、時間雨量 9 mm 以下を 0.8, 10~19mm を 0.7, 20~39mm を 0.6 および 40 mm 以上を 0.5 とした。

また、土中水分量による浸透率の変化は、野外保湿容量に達してから以後のものであるし、降雨強度によるカテゴリーの中に含まれているものとして省略した。

遅れ時間 a の値は、土層の厚さや透水性、一時的地下水流層の深さおよび流動距離、それに要する時間等によ

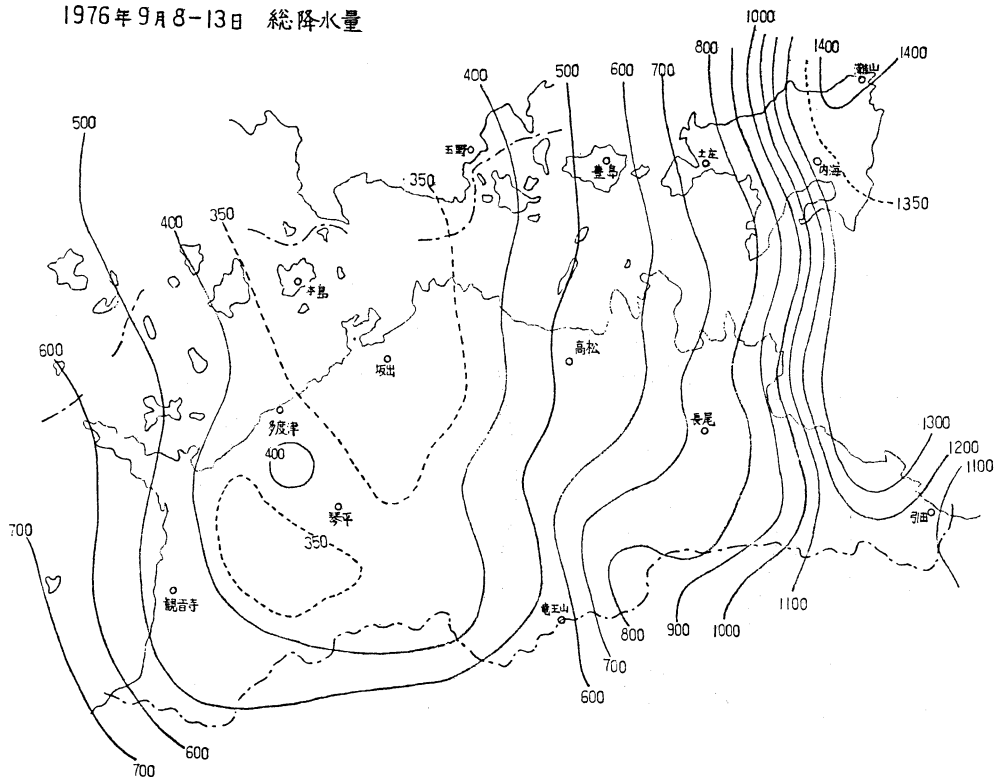


第6図 51.9 豪雨による小豆島災害図 (航空写真をスケッチしたもの)。濃い点域は土石流を含む土砂崩壊域, 淡い点域は土石流を含む冠水域。



第7図 香川県における雨量観測所。

1976年9月8-13日 総降水量



第8図 51.9 豪雨による香川県の総雨量.

第4表 51.9 豪雨による小豆島における主な土石流災害.

	流域面積 km ²	洪水流量 m ³ /sec	崩壊面積 m ²	崩壊土量 m ³
谷尻	0.12	3.4	7,000	15,000
石場	0.12	3.4	3,000	3,600
赤坂	0.36	10.1	4,200	2,100
竹生	0.18	5.1	1,500	3,000
苗羽	0.17	13.4	8,000	8,000
橋	0.84	23.5	8,300	4,200
向条	0.01	2.2	1,600	2,400
梅ヶ谷	0.02	7.2	3,600	5,400

って定まる。土層の厚さは崩壊地の現地調査によって1mとした。次に土層の透水性の問題であるが、網干によると、マサ土は砂質土としては透水性が悪く 10^{-3} cm/sec

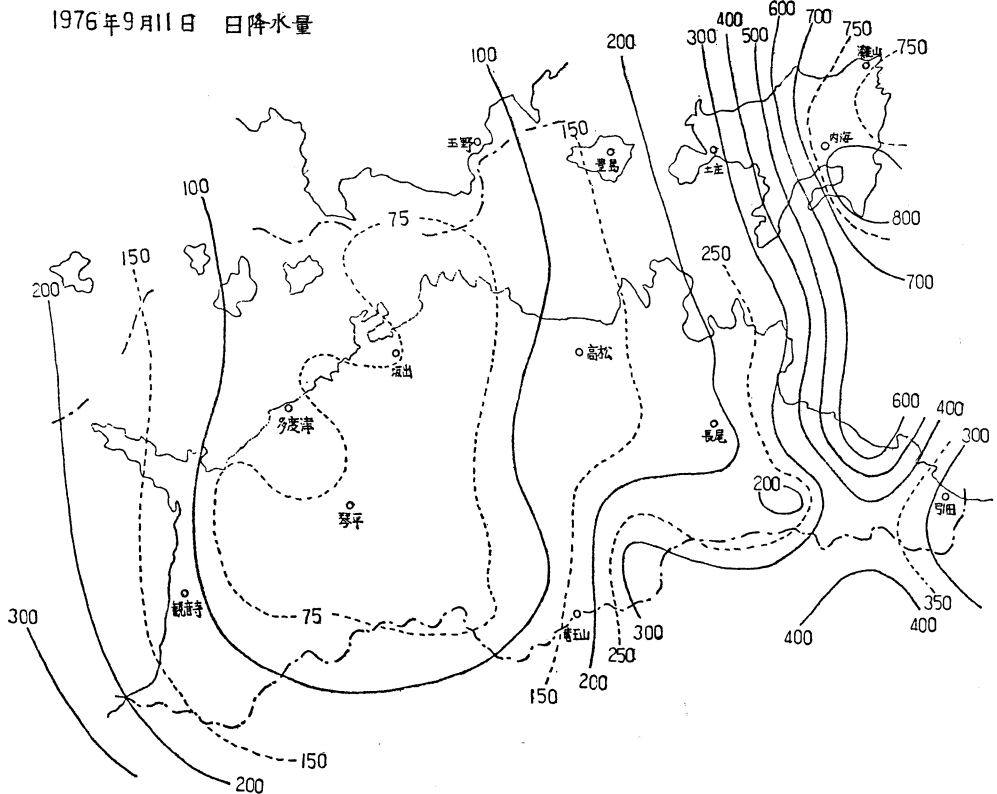
ぐらいであるが飽和度が大きくなるとかえって透水性が良くなることから、前に述べたマサ土の間隙率が関東ロームと同じ0.3であることを考慮して、大滝の出した関東ローム層と同じぐらいに考えた。

最後に、 ν の値は集水域の平均傾斜を30度（小橋等, 1977）、斜面の長さの平均値を500mとしてダルシーの公式を用いて計算し、0.125を求めた（大滝, 1965, 10~12参照）。

5. 香川県における土砂害について

香川県は、1で記述した地質構成のため中世時代から多くの土砂害の記録がある。しかしここでは、毎時雨量が必要なため調査対象年を、気象庁が水害対策用の自記雨量計を、県が同種の観測網を展開した昭和34年以降にした。

この19年間に、第2図が示すように大きな土砂崩壊を発生させた気象じょう乱が7個あるが、そのほとんどが台風によるもので、しかも七夕豪雨を起こした台風7408



第9図 51.9 豪雨時の日雨量.

号, 51.9豪雨の7617号以外は, いずれも四国東部およびそれ以東を通過している. 安藤(1977)は, 主に県東部や山間部の再現期間8年以上の大雨は, ほとんどがこのような時に起こると言っている. 以下, これらを列記すると,

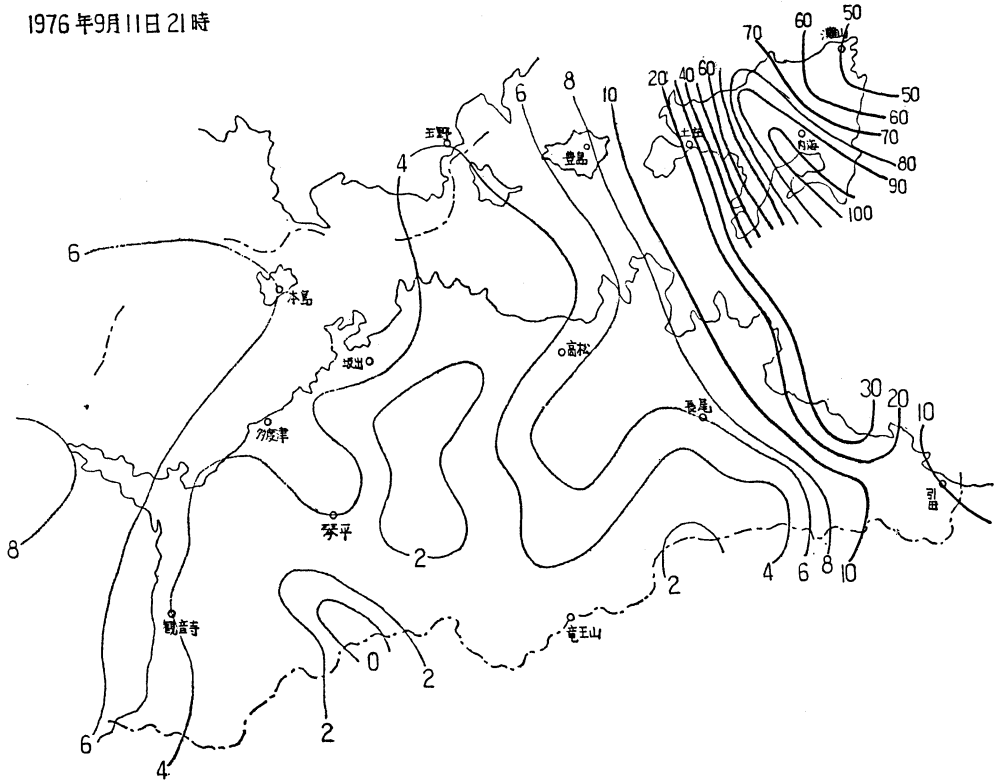
- 昭和36年9月3~4日の台風6117号による大雨. 小豆島を中心にして大雨が降り, 130カ所の土砂害があった.
- 昭和36年10月26~27日の低気圧による大雨. 唯一の低気圧で, 240mm以上の大雨があり小豆島大麻山では大きな土石流が発生した.
- 昭和40年9月10日の台風6523号による大雨. 時間雨量90mmの強雨で, 小豆島土庄町肥土山で大地すべりが発生した.
- 昭和46年8月30日の台風7123号による大雨. 時間雨量40mm近くの強雨により, 小豆島内海町片城川で大きな土石流が発生した.
- 昭和47年9月16日の台風7220号による大雨. 200mm

以上の大雨により, 高松市郊外で大きな土砂崩壊が発生した.

- 昭和49年7月6日の台風7408号による七夕豪雨. 七夕豪雨は51.9豪雨と同じ機構の大雨で, 小豆島のほかに三重県南部や静岡市付近でも集中豪雨があった(安井, 1975). 小豆島橋地区では400mm以上の大雨によって大きな土石流が発生し, 死者29人, 負傷者27人を出した.

第3表はこれら崩壊発生時の時間雨量, 有効雨量および超過保留量を示している. 時間雨量は33~90mmと変動が大きく限界値を得るのに困惑するが, 有効雨量は百数十mmに, 土中水分量を示す超過保留量は80mmに集中し, 崩壊発生の良き限界値を示唆している. 第3図および第4図は, 代表例として掲げたが他の例も変化曲線の型はこれに類似しており, 言わば単峰型大雨の各要素の時間変化の一般的な型を示していると思われる. また, 図から降雨強度のピークと超過保留量のピークの間には約3時間の遅れが見られる. これから, ある時点の超過

1976年9月11日21時



第10図 51.9 豪雨時の時間雨量。

保留量は約3時間前の時間雨量に関係する。これは、降雨強度や積算雨量に対する浸透率にも関連するから一概には言えないが、1で述べた奥田の時間最大雨量出現から3時間以内に崩壊が発生することとも一致し、この辺りから単峰型大雨時の崩壊発生時の降雨強度の臨界値を得る手段があるとも考えられる。

6. 51.9 豪雨による土砂害について

四国地方は、9月8日から13日までの長期にわたって記録的な大雨を観測したが、これは九州南西方海上に30時間にわたって居坐った台風7617号によるものである。台風から送り出される外側雨バンドは、太平洋高気圧の湿潤な周辺流と合流して四国へ指向し、これに9日から日本列島沿いに停滞していた前線の作用も加わって持続的な大雨を降らせた。

香川県もこの豪雨をもちに受け、県東部や小豆島では年間降水量を上回る雨量が僅か数日の間に観測された。香川大学の鎌田(1977)によれば、小豆島内海ダムの時間雨量90mmの超過確率年数は57年、11日の日雨量758

mmは1,000年以上になるとのことで、文字どおりの古今未曾有の大雨になった。この豪雨で、小豆島では主な土石流のみで48を数え、38人の死者(県全体では50人)を出した。第6図は、この大雨による小豆島の災害を表わしているが、全島のマサ土地帯で崩壊が起こりそのごとくが土石流まで発展した。第4表は香川大学(1977)で行なった主な土石流の土砂量等を示した調査結果だが、流域面積に比べて崩壊面積や土砂量の大きいことが分かる。とくに土砂量の多い谷尻地区では、24人の犠牲を出した。

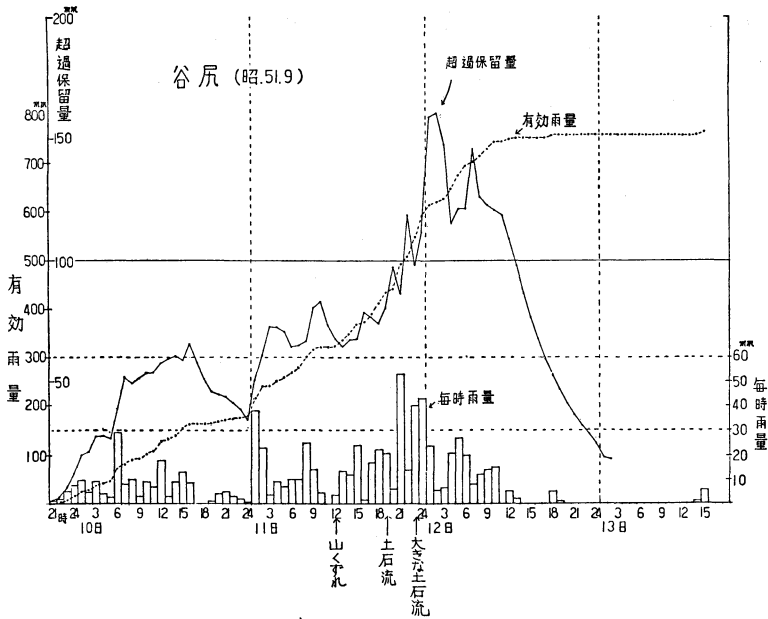
降雨と土砂害発生の関係を調べるためには、正確な災害発生時刻と精度の高い斜面集水域の平均面積雨量が必要になってくる。崩壊発生時刻は、山崩れや崖崩れのような初期崩壊については一部のものしか分からなかったが、土石流に関しては直接災害に結びつくため聞きこみの反復調査によってかなりの精度のものが得られたと思っている。

雨量については、収集可能な65個所の自記紙を集め

第5表 51.9 豪雨による主な土砂崩壊（主に土石流）発生時の1時間雨量，有効雨量および超過保留量。

	小 豆 島								
	谷 尻	石 場	丸 山	赤 坂	竹 生	水 木	苗 羽	橋	岩 谷
1 時間雨量	23	26	32	34	34	36	77	44	30
有効雨量	435	400	425	413	432	470	353	217	489
超過保留量	88	78	78	91	96	102	92	77	118

	小 豆 島				小 豆 島 以 外			
	灘 山	千鳥ヶ浜	向 条	梅ヶ谷	津田町松尾	津田町瀬下	大川町南川	託間肥地木
1 時間雨量	64	45	42	30	55	32	48	33
有効雨量	385	489	409	277	630	563	433	406
超過保留量	88	91	78	81	103	100	94	72

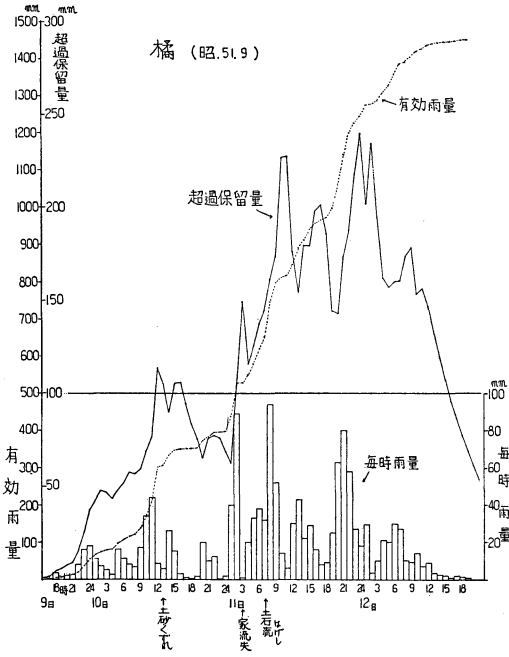


第11図 51.9 豪雨時の小豆島谷尻地区の土石流発生時の超過保留量，毎時雨量および有効雨量。

て、これの修正を行ない、さらに、室戸岬、大阪および広島レーダの合成図と対比させたチェックも行なったから正確な値が得られたと確信している（安井, 1977）。なお、観測点の平均間隔は 5.4km で細かい大気じょう乱の捕捉も可能であったと考えている。

調査地点として、第5表のように小豆島については、三都半島から内海湾沿いに7カ所、東部海岸から北部海岸沿いに6カ所、計13カ所を例にとった。まず前者につ

いて、代表例の第11図から、雨の降り方としては大きく分けるとほぼ20時間周期をもつ3つの山が認められる。これにつれて、超過保留量の周期も同じように3つの山から成っている。しかし前節で述べた単峰型の大雨と違って、短周期の変化も加わって複雑な曲線となっている。また、例数が少ないため断定できないが、山崩れは第2波の11日正午ごろに発生し、土石流はいずれも第3波の立ち上がり部分の11日午後から夜にかけて発生して



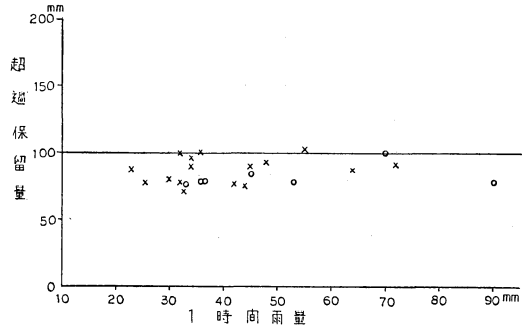
第12図 51.9 豪雨時の小豆島橋地区の土石流発生時の超過保留量，毎時雨量および有効雨量。

いる。

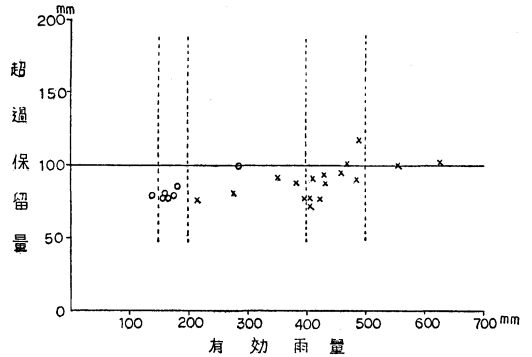
東部および北部は、第12図が示しているように第11図と同様に降雨変化は3つの山から成っているが、2波と3波の間に数時間周期の2つの山がある。そして、土石流は、第3波の立ち上がり部分の超過保留量が80mmを超過した10日夜半すぎから11日の午前中にかけて発生し、大きな土石流は第3波のピーク時で起こっている。

小豆島以外の例としては、東讃の津田町を中心に3例、西讃は庄内半島の詫間肥地木地区を挙げた。東讃での雨の降り方は小豆島と同様に20時間周期の3つの山から成っており、超過保留量の二山目のピーク時に山崩れが、第3波で土石流が発生している。西讃の詫間肥地木地区の雨の降り方は短周期でしかも中断期間もあったりして複雑であったが、大きな山としては3つが数えられ、そして第3波のピーク時にあたる11日夜半過ぎに土石流が発生した。

以上、51.9豪雨は、香川県にとっては古今未曾有の大豪雨で、水にもろいマサ土地帯のほとんどが崩壊し大きな被害を出した。しかし、どのくらいの雨量になると、またどれくらいの降雨強度のときに土石流が発生するかとなると、複雑な変化を繰り返す持続的大雨の特徴からか



第13図 土砂崩壊（主に土石流）発生時の超過保留量と時間雨量との関係。×は51.9 豪雨によるもの、○はそれ以外の大雨によるもの。



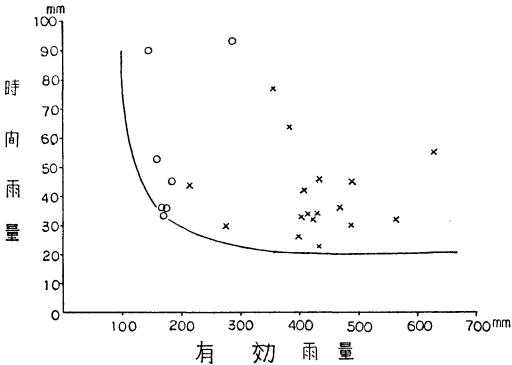
第14図 土砂崩壊（主に土石流）発生時の超過保留量と有効雨量の関係。×は51.9 豪雨によるもの、○はそれ以外の大雨によるもの。

も知れないが前節の単峰型大雨に比べて判然としない面がある。これは前にも触れたが、山崩れや崖崩れのような初期崩壊から土石流に発展する過程のうち、初期崩壊発生時刻が詳らかにできなかったため、したがって機構究明が不十分であったためと思っている。もっとも単峰型大雨の場合も、この過程を経ると思われるが、この場合は初期崩壊と2次崩壊との時間が非常に短いことが想像され、統計値に表われなかったのではと考えている。

7. 香川県マサ土地域における土砂崩壊(主に土石流)

発生時の超過保留量，時間雨量および有効雨量の臨界値について

降雨と土砂崩壊の関係については、降雨強度と積算雨量の2つが大きく影響することは多くの識者が述べていることで、これは間違いのない事実であろう。ここではさらに、大滝の提案した土中水分量を表わす超過保留量を採用した。超過保留量は、パラメータとしては降雨強



第15図 土砂崩壊（主に土石流）発生時の時間雨量と有効雨量との関係。×は51.9豪雨によるもの、○はそれ以外の大雨によるもの。

度を表現する時間雨量のみを用いているが、比例定数に時間の遅れ等も加味されており、いわば降雨強度と積算雨量の両者から成り立っている物理量と考えてもよい。このため、第13図および第14図が示しているように土砂害発生時の値は80～100mm に集中している。

次に、この超過保留量と時間雨量および積算有効雨量の関係のみをみるために、前2図のような散布図を作った。結果は、両者ともはっきりとした関係はなかった。しかし、第13図から降雨強度30～70mmの超過保留量は80～100mmに対応し、この間の降雨強度ならば超過保留量が80mm以上になれば土砂害が発生することを示唆している。また、第14図では単発型と持続型の大雨に分離できるが、単発型は150～200mmに持続型は400～500mmに集中した。また、第15図の有効雨量と短時間雨量の関係は、有効雨量が少ないときには大きな時間雨量が、有効雨量が多いときには小さな時間雨量でも災害が発生する。瀬尾が示したのと同じ結果が出た。以上を要約すると次のようになる。

(1) 野外保湿度に達するまでの雨量（雨量から地表面の蒸発量を引いた量）を先行雨量と定義し、基準量を50mmとする。なお、以後の雨量は直接土砂崩壊に影響する雨量で、これを有効雨量と定義する。

(2) 土中水分量を表わす超過保留量の崩壊発生の臨界値は80mmで、一般には初めて80mm以上になったときに大きな土砂害が発生する。

(3) 積算有効雨量は、51.9豪雨のような持続型大雨では400mmが適当であるが、数年に一回の割合で現われる単発型大雨では、崩壊発生の臨界値は150mmが適当

であるため、150mmとする。

(4) 降雨強度を表現する時間雨量は、崩壊発生までの積算有効雨量の多寡によって変動するが、積算有効雨量を150mmとして30mmを崩壊発生の臨界値とする。

このように土砂害発生の4つの気象条件を提案するが、これを実用に供するためには、これらの値を少なくとも6時間前に予想しなければならない。このためには、時間配分を含めた雨量予想が必要である。現在NWW計画なるプロジェクトがなされているが、このような予想方法をぜひ組み入れていただきたいと思っている。

8. あとがき

このレポートは、筆者が香川県県土保全調査研究会の委員として行なった委託調査の一部に手を加えたものである。慣れないテーマの調査に当たって、文献の紹介等、御指導をいただいた京都大学防災研究所長 中島暢太郎氏、香川大学農学部部長 斉藤実氏、気象庁電計室プログラム班長 大滝俊夫氏 ならびに 高松地方気象台長 越智彌氏 に誌上を借りて深謝する。また、ご助力いただいた高松地方気象台予報課の間城龍男、安藤章、島村泰正 ならびに 岸井敏夫 の各氏に、図表作成等にご協力をいただいた 土井猛浩、岡和子 および 熊井利栄 の各氏に御礼を申し上げる。

文 献

- 芦田和男他、1977：小豆島の土砂災害について、昭和51年9月台風17号による災害の調査研究総合報告、京都大学、109-115。
 網千寿夫、1972：集中豪雨とマサ土斜面の崩壊、施工技術、5、No.11 39-46。
 安藤 章、1978：おもに降水量再現期間からみた香川県の大雨について、昭和52年度大阪管区府県気象研究会誌、217-218。
 金子 良、1949：ローム台地の降水量保留及び流出、農業土木研究、17、No.1 3-5。
 ———、1956：水文学的循環における土壌の効果、農技研究報告、F、第9号、63-191。
 小出 博、1955：山崩れ、古今書院。
 日下部正雄、1952：土壌水分の迅速測定法について、中央気象台産業気象報告、16、No.1、33-35。
 小橋澄治等、1977：穴吹川流域と小豆島の土石流の特性について、昭和51年9月台風17号による災害の調査報告書、京都大学、124-127。
 鎌田 萬、1977：台風7617号による降雨特性、香川県県土保全調査研究報告、香川県、144-146。
 香川大学、1977：主な土石流災害、11、39-46。
 中村慶三郎、1955：崩壊と国土一地亡、山崩の研究、古今書院。
 ———、1962：地亡、山崩れとその対策、高知大

- 学農学部での講義要旨プリント。
 奥田 稷, 1976: 地這り崩壊と降水量の関係, 施工技术, 9, No.4, 13-18.
 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, 17, 351-395.
 斉藤 実, 1977: 地形・地質・土質と土砂災害, 小豆島災害調査研究報告, 香川大学, 99-112.
 ———, 1977: 香川県の地形地質と土砂災害について, 香川県防災気象連絡会機関誌「あらし」, 76, 3-16.
 瀬尾克美他, 1973: 土砂害(主に土石流的被害)と降雨量について, 新砂防, 砂防学会, 26. No. 2.
 田中 茂, 1977: 山くずれと地質, 地形構造の関連性に関する研究, 自然災害特別研究成果, No. A-51-4, 10-11.
 上原勝樹, 1969: 瀬戸内地方に適合した畑地かんがいの基礎的研究, 香川大学農学部学術報告, 20, No.2 180-183.
 安井春雄, 1977: 台風7617号と51.9豪雨および気象と災害, 香川県県土保全対策調査研究報告書, 1-10, 31-77.
 ———, 1975: 台風7408に伴う七夕豪雨の解析, 研究時報, 27, 391-417.
 ———, 1977, 集中豪雨—51.9豪雨の実体, 香川県防災気象連絡会機関誌「あらし」, 75, 3-19.

第19期 第16回 常任理事会議事録

日時 昭和53年5月1日(月) 14.00~16.00

場所 気象庁海洋気象部会議室

出席者 岸保, 小平, 浅井, 朝倉, 内田, 奥田, 門脇, 杉本, 立平, 松本, 股野.

報告

[庶務]

- 4月3日, 第21回国際理論応用陸水会議事務局長から, 同会議開催の通知がきた(8月24日~31日, 於京都国際会館).
- 4月8日, 松永記念科学振興財団から, 松永賞贈呈候補者推薦依頼がきた(メ切6月30日).
- 4月10日, トヨタ財団から, トヨタ財団昭和53年度研究助成等の案内がきた.
- 4月19日, 幹事学会である日本航空宇宙学会から「第25回風に関するシンポジウム」の講演募集要項の掲載方について依頼がきた(11月28日, 於宇宙研講堂).
- 4月20日, 当学会北海道支部から支部だよりがきた.
- 4月20日, 第15回理工学における同位元素研究発表会運営委員会から, 仮プログラムの送付および周知依頼がきた(6月27~29日, 於国立教育会館).
- 4月27日, 計測自動制御学会から, 第4回リモートセンシングシンポジウム開催協賛の依頼がきた(11月21~22日, 於機械振興会館).

[天気]

気象学入門講座第2回を5月号に掲載の予定, 調査研究へのアドバイスは7月号より掲載の予定.

[気象研究ノート]

第134号新しい数値予報は, 初校が終わり5月中旬に発刊の予定.

[各賞]

奨励金受領候補者募集は, 4月号に掲載. 特に, 各管区気象台長(支部長)と東京学芸大学 鳥貫陸先生に推薦方依頼する.

[夏季大学]

“天気”の講座をテキストに代用する. 受講料は据え置くこととした.

[南極]

Polexの解説を, 南極, 北極共に国立極地研究所の川口氏に依頼して“天気”に掲載したい.

議題

- 春季大会の準備について
理事長あいさつ, 事業経過報告, 事業計画等について原案承認.
- 昭和52年度予算決算について
担当理事から原案について説明があり, 了承された.
- 昭和53年度予算(案)について
担当理事から原案について説明があり, 了承された.
- 昭和54年度当番支部について
福岡が当番に当たるので, あらかじめ事務局から了解をとることにする.
- その他
 - 第4回リモートセンシングシンポジウム協賛の件は, 協賛することを了承.
 - 第21回国際理論応用陸水会議開催の周知方依頼について, 天気に掲載することを了承.
承認事項 有馬三郎ほか11名の新入会員を承認.