

伊那谷山岳部の降雨特性

宮崎敏孝

目 次

はじめに	3
1. 水土災害を防ぐために.....	3
2. 雨の特徴	7
3. 降雨の特性.....	11
4. 雨の最大値.....	20
5. 流域平均降雨量観測地点の検討.....	21
6. カセット式電接計数記録計の開発.....	24
7. 標高差の大きい山岳域の雨.....	27
8. 今後の課題など.....	32
9. おわりに.....	37

伊那谷山岳部の降雨特性

はじめに

私は砂防という分野の調査・研究をしています。この度天竜川上流工事事務所から、慣例となっている天竜川洪水予報連絡会の席で、“関連した事項の話題”の提供をというお申し出を受けました。そこで、この十年ほど取り組んでいます「標高の高い山岳域に降る雨の特性」についてこれまでに得られたいくつかの知見や考え方をお話することにしました。皆様が日頃担われている水防活動や土砂災害対策に、これからの話がいくばくでもお役に立てば大変に嬉しく思います。

1. 水土災害を防ぐために

昭和57年・58年には、台風や前線や低気圧に伴う豪雨・大雨によって、長野県下全域で死傷者を伴う被害総額100億円を越える災害が、年2回2年連続でもたらされました。天竜川上流域においても、両年で3度の台風による被害額はそれぞれ100億円以上と集計される大災害となりました。社会的にも非常に影響の大きかった水土災害になったと思います。

土砂災害といいますか、水・洪水・土石流・山崩れといった水土災害の引き金（誘因）となるものとして、いくつかの原因が上げられます。昭和56年の長野県西部地域地震によって、御岳山の小尾根部が崩れて3,500万 m^3 （6トン積のダンプカーに積載して並べると、地球を一周する量）というような大きな土砂の移動がありましたが、このような地震によるものは頻度としてはそれほど多くはありません。一般的には多量の雨が直接的な原因になることが多いのです。雨が誘因となる水土災害には共通する傾向（癖）がうかがえます。そこで、それらの内容を少し整理・理解して、それらを意識しながら対応していく必要があるのではないかと思います。

防災の立場からは、水土災害が発生することを事前に察知して、それ

に適応した措置が取られることが必要です。その場合、いつ、どこで、どの位の規模かということが事前に分かれば、非常に効率の良い対応措置を取ることが可能になります。残念ながら現時点では、それを明確に実行しえる学問的・技術的な成果を上げるまでに到っておりません。

もう一つ、被害を最小限に押えるという視点から考えるならば、その対象地域に住んでいる人達に的確な時間帯に避難をしてもらい、死傷者をなくすということです。その避難勧告をする立場にある人（自治体の長）が、どの時点で避難勧告を出すかということが明確になってくることが、これらの災害に対する対抗策として重要なことだと思われます。

特に後者の人命を守る立場をサポートするため、建設省・気象庁が中心となり「河川・流域総合情報システム」の設置・整備が各地の大河川を中心に昭和60年度以来漸次推進されてきています（現在、北海道を除く都府県がカバーされている）。このシステムについては、天竜川上流

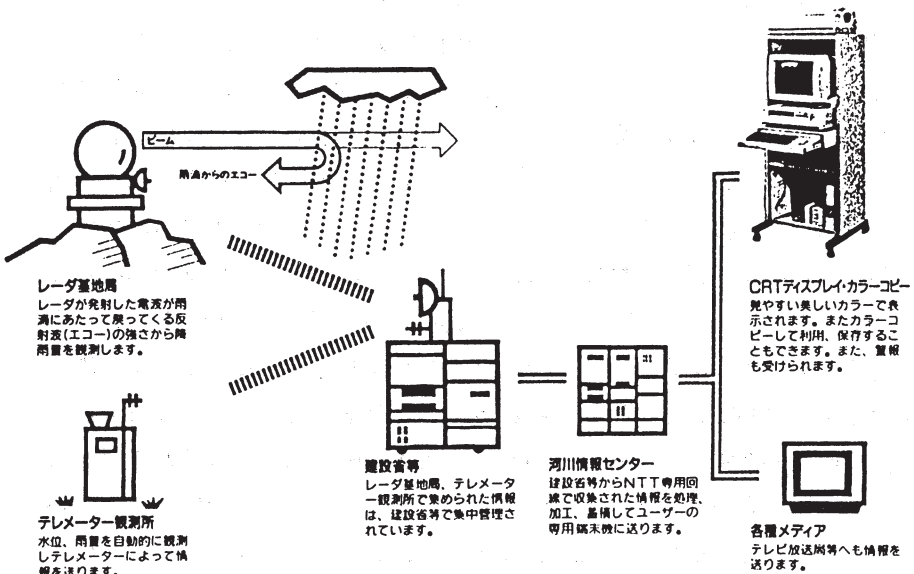


図-1 河川・流域総合情報システムの情報収集から提供までの流れ

[メディア防砂より]

工事事務所の担当者からの説明で皆様方はすでにご存知のことと思いますが、図-1のような内容になっています。

専用通信回線によりリアルタイム（即時）で送られてくるレーダ雨量計（気象庁・建設省・研究機関で設置）およびアメダス（AMeDAS：気象庁が設置している地域気象観測システム）雨量計の情報ならびに建設省で設置している無線電波でデータを送ってくるテレメータ雨量計・水位計等の情報を大型コンピュータで集中管理・処理し、過去のデータによって2～3時間後の降雨の状況を予測解析します。その結果を見易く、分かり易い画像情報に処理・加工して、NTTの電話回線網で全国に配信し、必要な場合には、水防警報・緊急情報を提供することができるシステムです。このようなものがなかった時代から考えますと、非常に画期的なものと言えます。

ところで、予測の主力となるレーダ雨量計は、自からビーム（短い波長の電波）を出しまして、雲などがありますと、レーダからの電波が反射されてきます。雲は水滴の集まりですから、雨の粒が大きいと沢山電波をはね返してしまいます。そういう反射電波（エコー）の濃淡によって雨の多く降りそうな所と少ない所を識別して行くのです。これは平坦な地域に対してはレーダの能力が比較的良く発揮されます。しかし、天竜川の上流域のように高い山があって、それぞれ多くの尾根が張り出して地形が構成されているような地域ですと、図-2で示されるように尾根の陰の部分とか、山の地形によるレーダ波の反射干渉などによって、反射電波に歪や欠落が出てきます。レーダ雨量計が苦手とする山岳、特

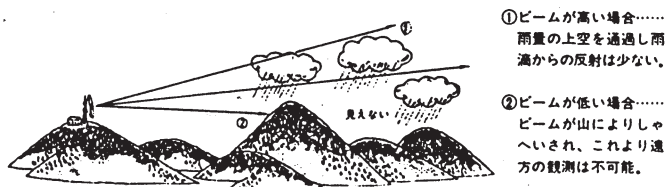


図-2 レーダ雨量計の限界 [メディア砂防より]

に標高差の大きい山岳に降る雨がどんな性格を持っているのかということ把握・理解しておくことが、水土災害の発生することが多い山間地域では不可欠となります。

つぎに集中性の強い雨の例を示すと図-3のようになります。左右の図とも同じ雨についての結果ですが右の図は、2.1万km²の地域に大体等間隔に22の観測所があり、960km²に一点の観測所が配置されている場合です。この22か所のデータの最大値は0.65インチ(16mm)になっています。この同じ雨を観測所を約20倍に増やして、46km²に一点くらの間隔にして観測してみると、左の図のような等値線を描くことができます。この場合の最大値は中心部で、4.0インチ(約100mm)が実測されたことを示していて、両図が同一の雨を表現していることは説明がなければ分かりません。

これは何故かといいますと、私達が気象データを扱う場合に、A観測

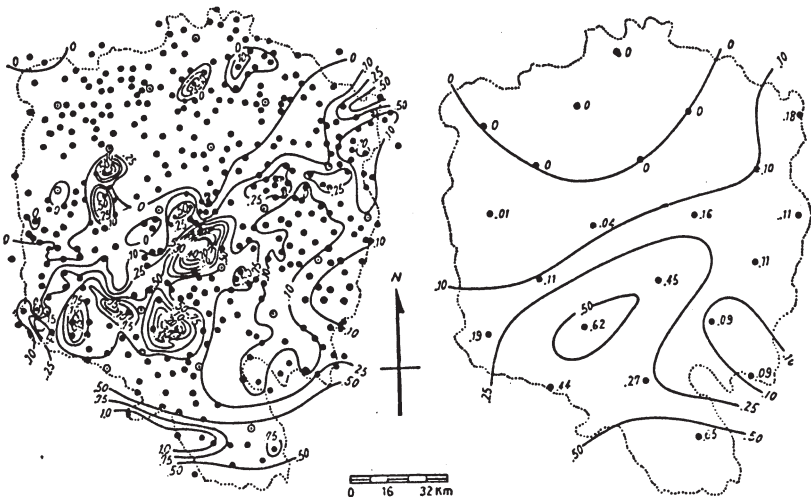


図-3 観測地点の密度による等雨量線の走り方の違い

(A)は449地点、すなわち46km²に1地点。(B)は22地点、960km²に1地点の割合。

(B)にある地点は(A)では2重丸になっている。[U.S.Weather Bureau]

(単位はインチ、1インチ=24.3mm)

[吉野「小気象」より]

所とB 観測所との間は、同じように変化すると仮定して処理せざるをえませんから、どうしても右の図のような形のものができてきます。ですから、観測所の配置が粗ければ粗いほど、右の図のような結果が出てきますし、細かければ細かいほど左の図のように現象をより詳しくとらえて検討することが可能になります。ちなみにこの時の雨は、雷雨性の雨だったそうですが、こういう雨の特性や構造が把握できれば、右の図とは全く違った検討が可能になります。

左の図の例ほどに密な観測体制を広い地域に設置することは経費の点でほとんど不可能ですが、右の図のような資料によっていろいろ議論しても現象を把握・理解することは困難な場合が多くなると思います。気象庁で所管しているアメダスの観測網は平坦地域で約25km間隔に設置されています。アメダスの出してくれているデータの観測地点の粗さは、右の図より少し密な程度のものだということに注意する必要があると思います。台風など広い地域に同じように降る雨の場合はアメダスでも支障は少ないでしょうが、雷雨とか狭い地域に凝縮するような前線性の雨の場合はもう少し細かい観測網でとらえないと詳しいことが分からない場合もあることが理解してもらえらると思います。

ことに、通常の雨量観測は私どもの住んでいる比較的標高の低い平坦な地域で行なわれておりますので、

①山の中で、どんな雨が降っているのだろうか？

②山崩れや土石流の発生する可能性があるのだろうか？

などを推定することができれば、先程の避難勧告とか水防体制というものに有効に生かしていけるのではないかと考えて、ここ10年近く、山の中の雨を細々と観測しながら研究を継続している次第です。

2. 雨の特徴

図-4 は長野気象台でまとめた長野県内全域の年降水量の分布図です。天竜川上流域は図の下半分の右側になります。木曾川流域との境に2,400

mmの等値線で囲まれた部分は、大体中央アルプス（木曾山脈）と考
 えていただいて良いと思います。その下側の△印が恵那山です。図-5は
 長野県の土木部河川課でまとめた同様の年降水量の分布図ですが、建設
 省などの標高の高い所のデータもフォローしてまとめられたように思わ
 れます。両図を比較していただければ明らかなように図の中の数値自体

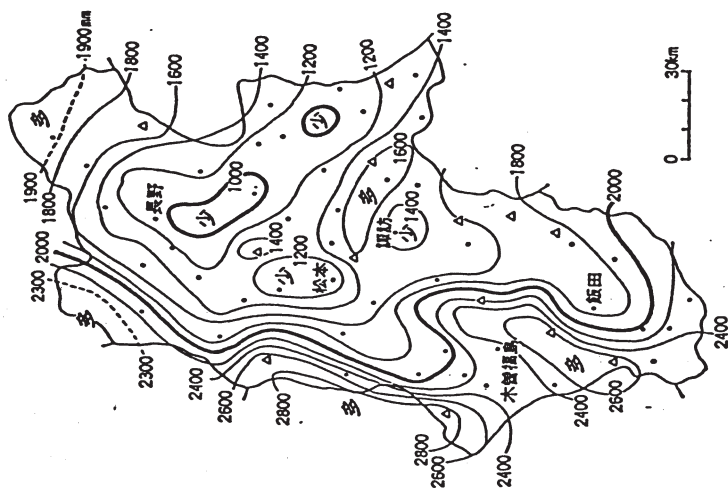


図-4 長野県の年間降水量（1941～1970年）
 [日本気象協会長野県支部]



図-5 年降水量分布図（1927～1984年平均）
 [長野県河川課]

にも多少の違いがありますし、南アルプス（赤石山脈）、中央アルプスの地域、御岳山から北に伸びる北アルプス（飛騨山脈）の地域のデータは、かなり大きな違いを示しています。その反対に佐久・上田・長野地方それから松本、伊那地方の低平な地域は、等値線の形がかなり似たものなので、山の中の雨を捕まえることはかなり難しい内容を持っているということがお分かりいただけると思います。

年降水量は、一年を通して観測する必要があります。われわれが住んでいるところで、大体1,000 mmから2,000 mmくらいですが、雪の降る季節には商用電源のない所では確実に計測することが困難なため、どうしても山の中のデータが不足してしまして、正しい傾向を知るのが困難であるというのが実状です。

ところで、図-6は年降水量の月降水量による構成図ですが、大町・北安曇地区、飯山・長野地区は、他の地区と異なった傾向を示しているのがお分かり頂けるでしょう。飯山、北安曇地方は、新潟県に近く日本海沿いの地方と同じように、雪が多く冬季に降水量が多いという癖が指摘できる所です。それより南の方は、多少の量の違いはありますが、6、7月と9月に量の多い傾向が出ておりまして、梅雨期、台風の来る秋霖

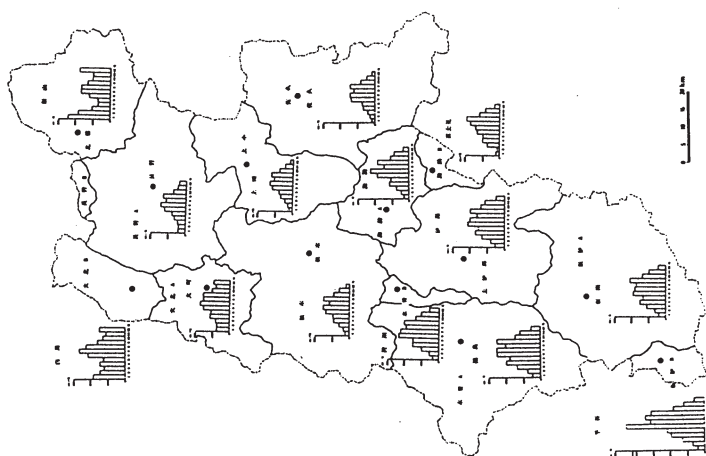


図-6 圏域別降水観測所の降水量

期に相対的に雨が多く降るという癖を表わしています。

上・下伊那地方では、梅雨期や台風の時期に雨の量が多くなるという癖が出ております。これまでも、水防活動の重点期はこれに合わせた対応が取られてきていると思います。

図-7, 8 は、昭和58年・59年度の年降水量の分布ですが、58年には

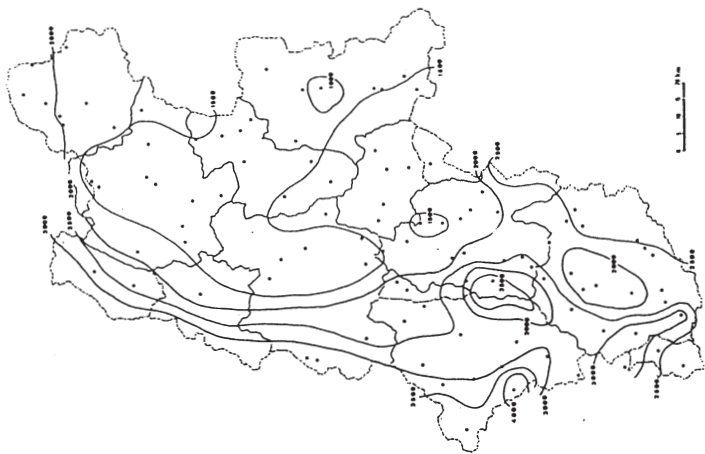


図-7 降水量等値線図(昭和58年)

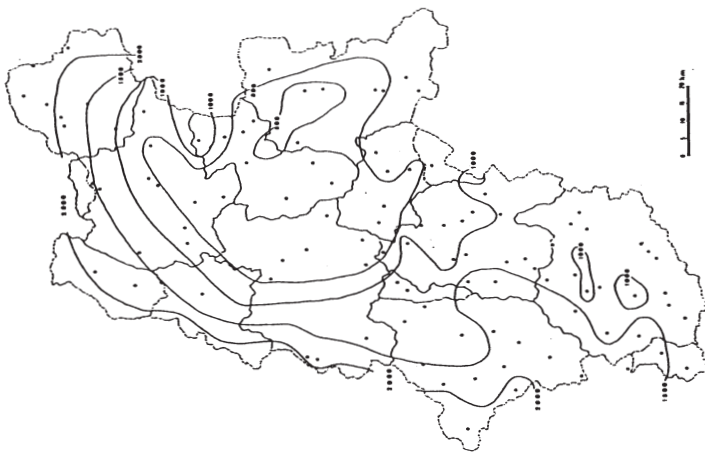


図-8 降水量等値線図(昭和59年)

1,000 mmから4,000 mmの降水量があったのに対して、59年度には600 mm から2,000mm に達したかどうかと思われるようになっています。雨はこの一例のように、年ごとまた季節ごとに変化の幅が大きく、捕まえにくい内容を持っているということになります。

3. 降雨の特性

こういう変化の大きいものを相手にするときは、意識して、そういう変化がひとわり行きわたったと思われる長い期間の観測結果を得た上で、どういう特性（癖）があるかということを考える必要があります。

通常、巒の多い山に囲まれた地域の降雨の性格を捕まえようとする、50～60年の期間を要するということが、これまでの経験から指摘されています。しかし、そんな先まで待っておれないので、どうしてもわれわれの身近に起こった現象から特性（癖）を引き出して、まとめていくことが必要になります。そこで現象が起きたときのことを中心に取り上げて議論することになります。その例を一寸お話したいと思います。

天竜川上流流域で昭和57,58年に続いて水土災害が発生しました。急遽入手できたデータだけ集めて検討しました中で、次に指摘するようなことが出てきました。

まず、非常に大きな災害に結び付くところの降雨の特性には、共通的要素があるのではないかということです。降雨の特性というのは、総雨量、総雨量の分布の仕方、単位時間（1時間とか10分とか）ごとの雨量とその変化の様子および空間的な移動の状況を含みます。天竜川上流流域は、諏訪地域から上・下伊那地域と非常に広い範囲を含んでいますので、それぞれの地域ならびに各支川流域ごとの特徴があるのではないかとすることが指摘できます。

二つ目に、例え雨の量が同じであったとしても、それぞれの地域・流域によって山が崩れるとか、河川が氾濫するといったような限界の値（許容量）に、違いがあることが認められます。

表-1は3つの台風時の雨および被害の諸要素を一覧表にまとめたものです。

この中に、「台風の通過コースおよび速度、上陸地」という項目がありますが、昭和57年の10号台風は、伊那谷の西側を木曾川に沿って真直ぐ北に抜けるコースを取りました。それに対して、57年の18号台風は富士川沿いに進んで、そのまま北東方向に抜けて行きました。また、58年の10号台風は、太平洋岸に沿って西から東へ動きまして、最後は太平洋東方に抜けて行きました。

表の中に、通過半円域という項目があります。皆様ご存じのように、北半球では台風は反時計回りの渦を巻いております。台風の渦の東半分は南から風が吹き込み、西半分は北側から風が吹き込みます。そのため台風の影響圏の位置によって、また、その台風の質によって雨の降り方

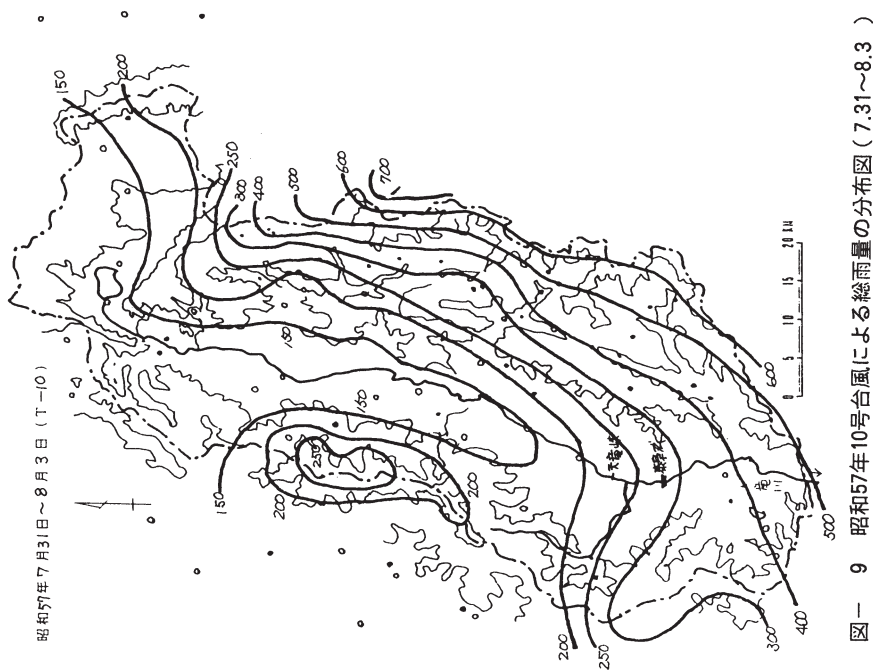
表-1 天竜川上流流域に大被害を与えた台風の諸要素と被害状況一覧表

諸要素	57-10号台風	57-18号台風	58-10号台風
・台風の通過コースおよび速度、上陸地	E137°に沿って北進、38km/h、渚美半島	N32°、E136°よりN42°、E142°へほぼ北北東進、50km/h、御前崎	N32°～N34°をほぼ東進、58km/h、長崎市
・降雨期間	7/31～8/3	9/10～12	9/27～28
・台風の規模（中心気圧、最大速度）	970mb、30m/sec	968mb、35m/sec	975mb、30m/sec
・通過半円域	終始 東半円域	東半円域～西半円域	終始 北半円（大半は東半円域）
・最多雨域	赤石山脈のH2000m以上で400mm以上、南部が多い	同 左	木曾山脈南半、伊那山地中部H600m以上で350mm以上
・第2多雨域	木曾山脈	同 左	恵那山間辺
・最多雨地点、総量	北沢（峠）702mm	北沢（峠）499mm	飯島416mm（松川第3）433mm
・地形性、流域性	小沢川本流45"/100m 三峰川26"/100m	小沢川12"/100m 三峰川11"/100m	飯島町26"/100m 片桐松川15"/100m
・時雨量の時系列パターン	降り始めより24時間で80%量	12日に約60%量	28日に80%量
・最大時雨量、3時間量	68mm/h、165mm/3h	27mm/h、75mm/3h	43mm/h、94mm/3h
・被害総額（諏訪郡、上・下伊那郡）	456億円	111億円	850億円
・主被害地	長谷村、高遠町、富士見町	高遠町、長谷村、茅野市	飯田市、茅野市、諏訪市、飯島町
・同上被害額（億円）	165、81、41	13、11、7	130、58、52
・被害状況			
・家屋壊壊/浸水（戸）	1/14、19/70、12/157 （諏訪市浸水447）	0/28、0/0、1/0 （諏訪市浸水1040）	51/308、4/173、28/2996 3/160
・公共土木関係（億円）	15、47、16	8、8、4	56、42、42、20
・農林業関係（億円）	172、32、21	5、3、3	66、10、5、31
・誘因、被害の特徴	稀なコース、強い収束域地形性、集中性が強い。各流域部を中心に林業関連被害3郡で220億円余	収束性、地形性、集中性弱い。諏訪郡全城200mm以上諏訪湖水位上昇、諏訪市を中心に浸水戸数10号の倍増	天竜川本川近傍および阿知川流域に集中性の強い降雨。天竜峡、釜口水門の堰上で洪水氾濫、浸水被害甚大

が異なります。低気圧も同じような性質を持っています。太平洋方面からの湿った空気をどんどん巻き込んでいく東半円では雨の量がどんどん増え、長時間にわたって大量の雨が降る可能性を持っています。雨の量から言えば、東半分がどうしても多くなるという癖があります。

台風によっては、東半円全体に雨が降るタイプと、全体でなく、雨が大量に降る地域が筋状に並ぶタイプなどがありますが、いずれにしても、西半円に入っている時より、東半円に入っている時のほうが要注意であるといえます。

たまたま、57年10号台風は木曾谷に沿って北上しましたので、伊那谷はこの台風の東半円に入り雨の多くなる区域に入ったのですが、この台風は中心から少し離れた東の方に多雨域がありまして、大井川・富士川それから富士川の支川にあたる地域に非常に大量の雨が降りました。富士川支川で、北沢峠の山梨側にある野呂川の流域に大量の雨を降らして



図一 9 昭和57年10号台風による総雨量の分布図(7.31～8.3)

おりまして、北沢峠では、降り出しからの雨が702mm となっています。その多雨域に近かった三峰川の黒川（水源は入笠山）やその支川の戸台川流域は雨の多い地域になり洪水となり、大量の土砂と流木が流出して林道や護岸に被害がでました。図-9に見るように、南アルプス側に500~700mm と雨の多い地域が出ています。

それに対して、伊那谷の天竜川本川筋に被害の大きかった58年10号台風は、太平洋岸に沿って台風が移動したので、当初は東北半円に入っておりまして（最終的には西半円に入りますが）、台風の本心がまだ四国、九州にある頃に既に雨の影響を受けて、台風が東に進むにつれて雨が強くなりました。その時の総雨量の分布は図-10のような分布となっています。図-9の昭和57年10号台風と比べますと、両者の違いが分かっていただけでしょう。58年10号台風は、恵那山から中央アルプス（木曾山脈）を中心にして、その東側の天竜川本川に沿った地域にかぶさる

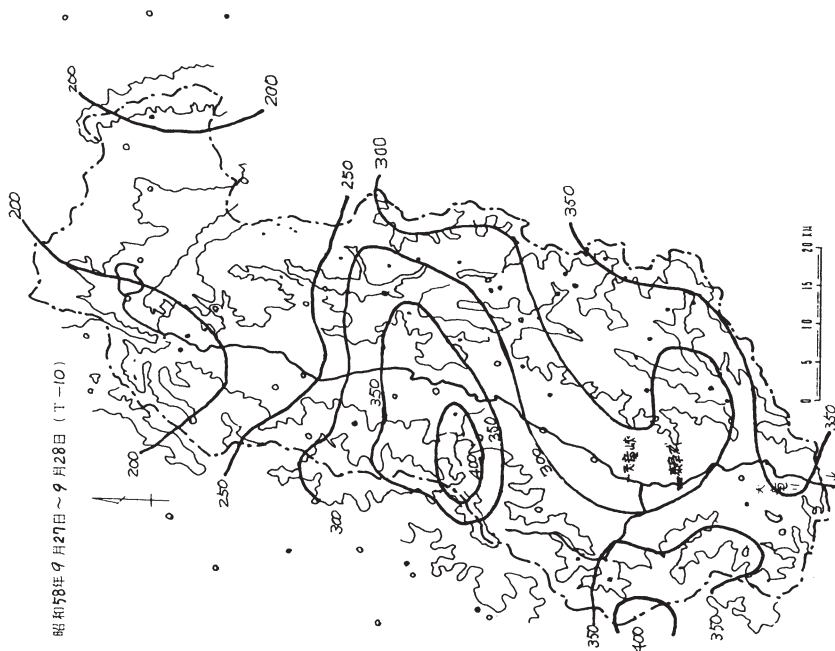


図-10 昭和58年10号台風による総雨量の分布図（9.27~9.28）

ようにして多雨域が表われています。図-11は図-9と同じような分布を示した57年18号台風の総雨量の図ですが、これは、三峰川・小渋川の源流部を中心に大雨が降りまして、この地域に大きい土砂害を出しました。

三峰川流域では、美和ダムの湛水面がほとんど覆われるほど膨大な量の流木が流出して、その排除・処分に2億円を費やすことになりました。

それに比べて図-12は、昭和36年の伊那谷大災害(36災害)の一番被害の出た26日から27日にかけての総雨量分布図および同様に大洪水害となった45災害の6月14~16日の総雨量分布図を二つ並べて示してあります。両図に共通な点は、一番雨の多い地域が恵那山周辺で、それから北東方向に天竜川に沿った地域に雨の多い部分が現われるという分布傾向が示されています。これら図-9~11の3つの図の総降雨量の分布で見ますと、上伊那から諏訪にかけての等値線は下伊那に比べて半分以

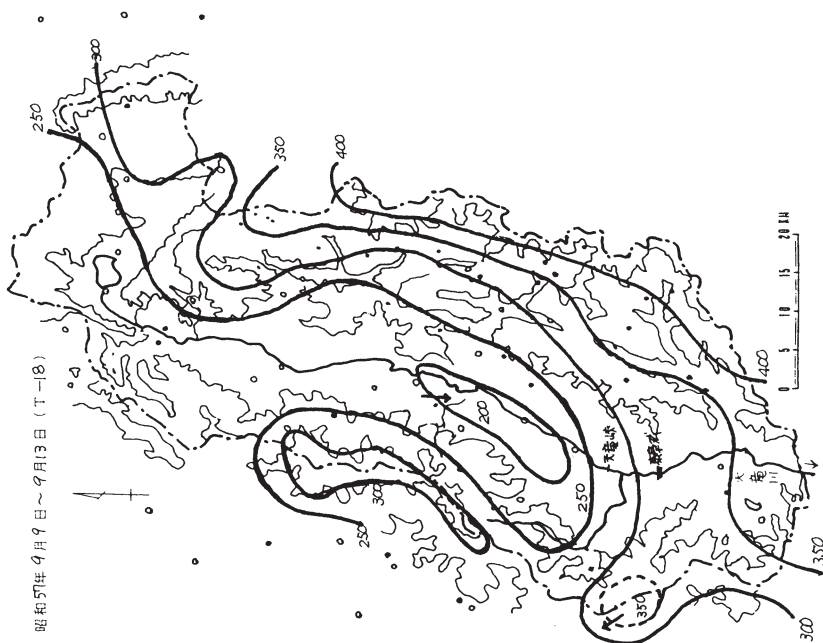
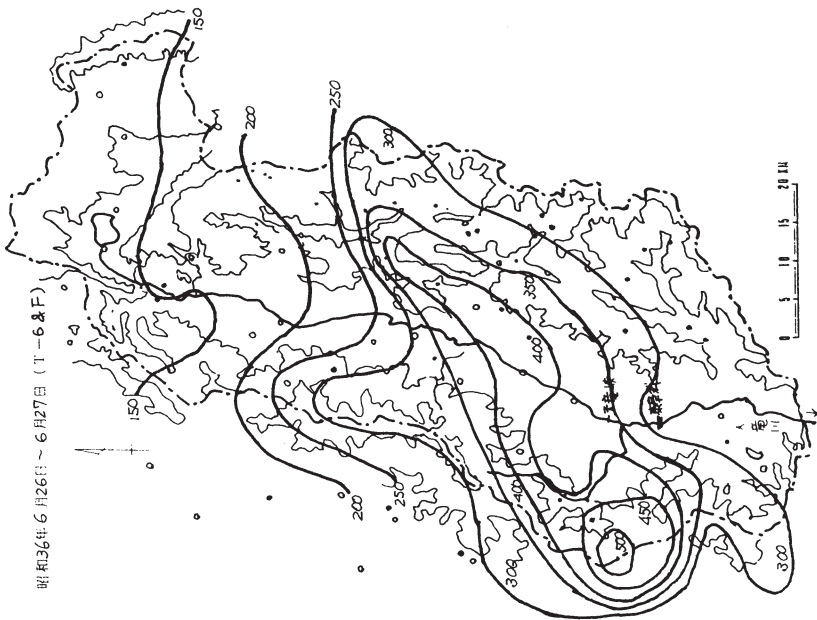
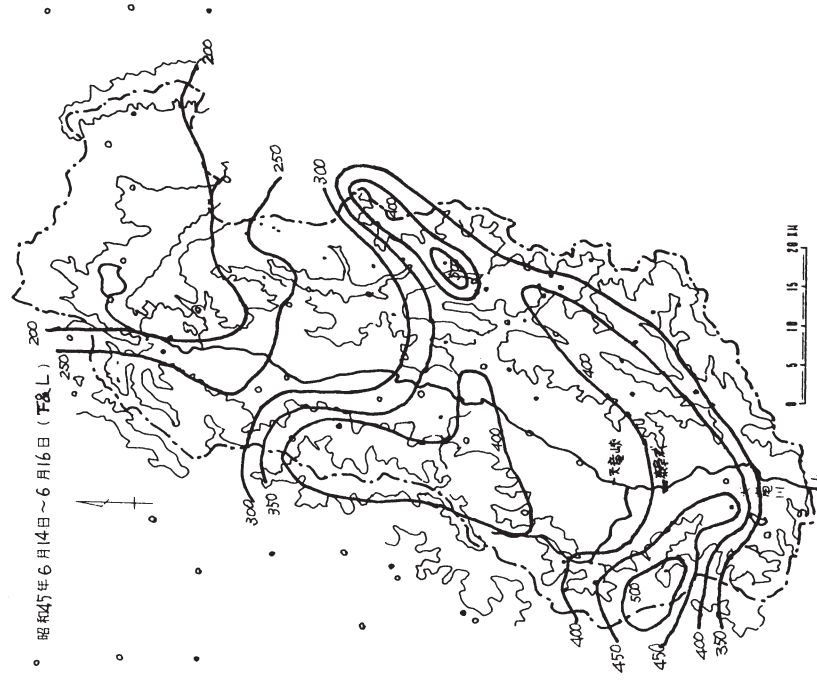


図-11 昭和57年18号台風による総雨量の分布図(9.9~9.13)



昭和36年6月26日～6月27日 (丁-6 東上)

図-12-(1) 36災時の降雨量分布図 (6.26~6.27)



昭和35年6月14日～6月16日 (F&L)

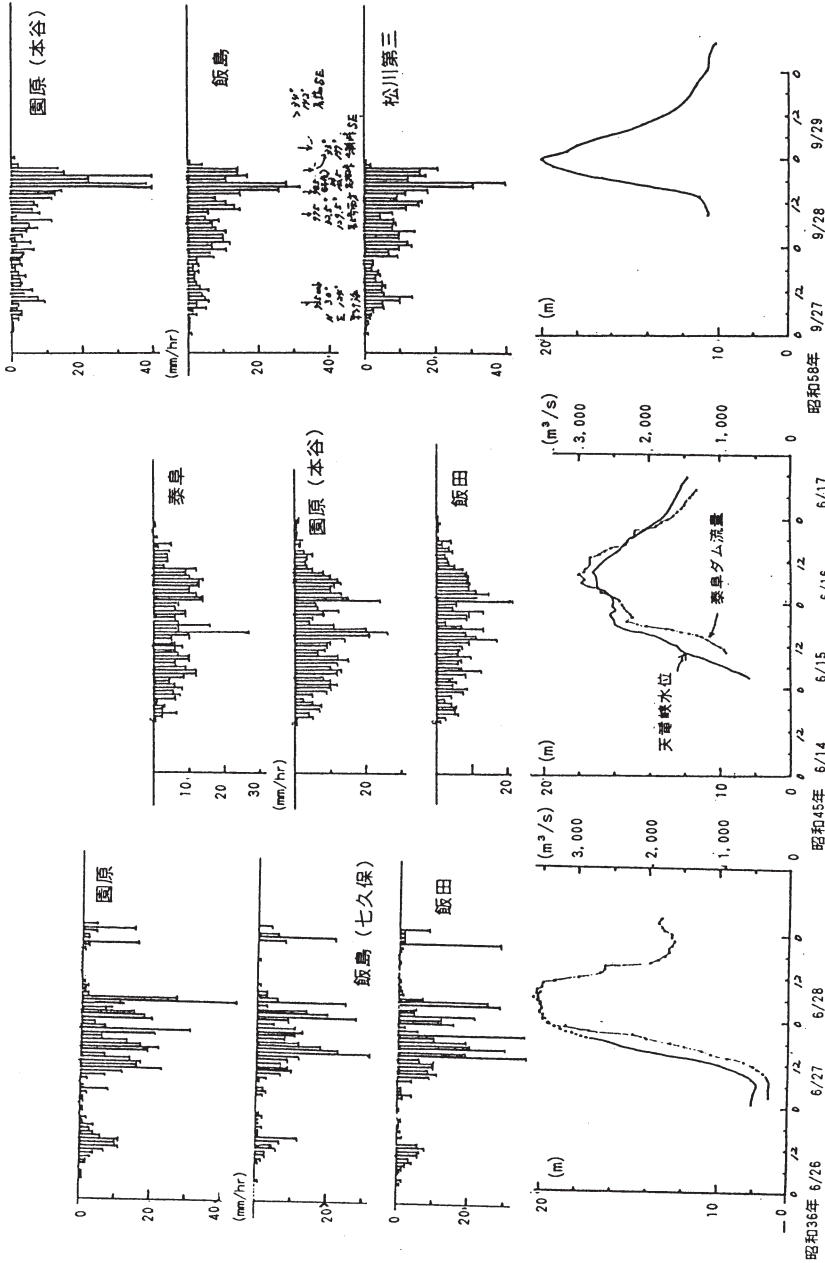
図-12-(2) 45災時の降雨量分布図 (6.14~6.16)

下から $\frac{1}{3}$ 以下の雨量ですが、この三つの大災害とも諏訪湖を中心とした地域に大きい洪水被害をもたらしました。これから類推してこの地域は、下伊那地域と比べて雨の量が少なくても洪水の被害が顕著に出る地域であろうと指摘できると思います。すなわち、それぞれの地域（自治体単位、流域ごと）の特性をしっかりと把握して対処することが重要であることを示していると思います。

次に、図-13は飯田市街地から南に大きい被害をもたらした36災、45災、58災時の時間雨量および天竜川本川の水位・流量の変化をまとめて図示したものです。上の方は時間雨量を長さで示してあり、下の方にある曲線図は天竜峡の水位の変化と、泰阜ダムへの流入量の変化を示してあります。いずれも1時間に20mmを越すような雨が少し続きますと水位が立ち上がってきています。雨の多い区域が天竜川本川に沿った地域から竜西の中央アルプスにかけて、もう一つは天竜峡の南で泰阜ダムの湛水域に流入する阿知川の流域が多雨域になる場合が天竜峡上流の川路・竜江、松尾地区などの大洪水災害のパターンになることが分かります。

この三つを比べて、一番注意を要するのは、58年10号台風のもので、雨の総量は前の二つと比べて少なめですが、雨の降り終る5～6時間ほど前から急に雨の降り方が強くなりまして、それがすぐ天竜川の水位に反映していることです。この図で見ますと、一番雨の強かった時から洪水水位の一番高かった時まで3時間から4時間のずれがあったこととなります。雨が強くなることを知る事ができれば、洪水予報に的確につながることとなります。河川・流域総合情報システムが今後有効に働くことに期待したいと思います。

天竜川で災害をもたらす可能性のある雨の量は、1時間雨量の一番多いところは40mm程度です。場所を変えて他の地方の例を図-14に示しました。昭和47年7月4～5日にかけて、太平洋岸沿いの地域を中心に大きな雨のあった例です。高知県のBという地点の雨の総雨量は742mm



図一 13 36災, 45災, 58災時の時間雨量および水位・流量の変化図

です。1時間雨量の変化を示してありますが、伊那谷の40mmの約2倍にあたる量をここでは降らせています。このことは地域の特性を考えるヒントを示していると考えます。

もう一点は、この強い雨は、4~5時間継続して休止します。それからまた3時間ほど降ったらまた止みます。そしてまた3時間ほど強く降る。図の九州のA地点においても同様な傾向が見られます。狭い地域に周辺と比較して極端に多量の雨を降らせる集中性の強い雨の継続時間の限界、中休みについては、専門の研究者の研究成果から理由付けができております。強い雨が降るためにはその雨の元となる大気中の水蒸気が周辺の広い範囲の大気から大量に送り込まれる（供給される）ことが必要です。しかし、大気の移動可能距離には限界があるため、強い雨は継続の限界が生じ、中休みが現われるのです。台風は少し例外でして、大きい台風の場合には非常に広い範囲（半径5~600km）の大気を巻き込ん

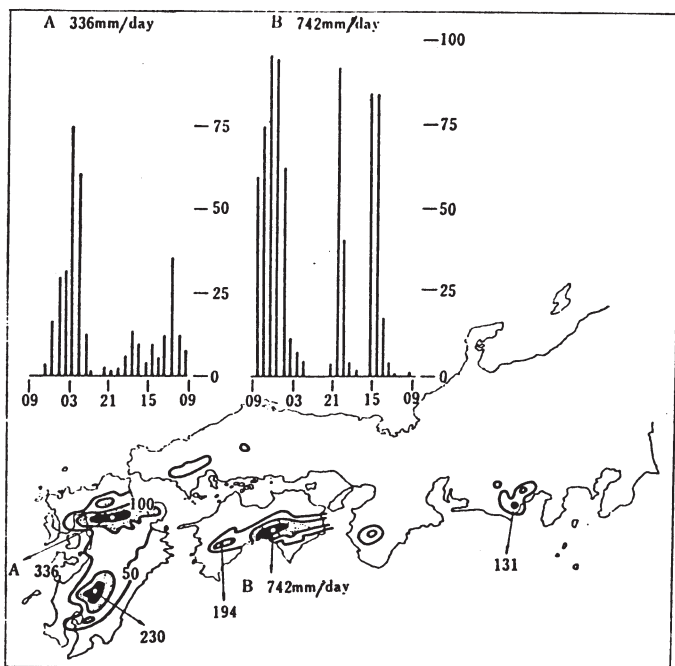


図-14 豪雨の分布と時間変化（昭和47年7月4~5日）〔二宮「集中豪雨の話」より〕

で来ますので、強い雨が長時間降る可能性を秘めています。事実、57年10号台風は、データの上では北沢峠で1時間70mmくらいの雨が7時間も続いて降っております。台風の規模に基づくものと、野呂川・北沢の地形性の収束の場（大気の流れを狭い範囲に集めて雨を集中させるような地形）の特性が示された結果であろうと解釈をしています。

4. 雨の最大値

では一番強い雨、多い雨（最大観測値）はどのていどであるかを図-15に示しました。横軸は時間の関係を1分間・1時間・24時間・30日・1年・2年と、縦軸はその時の雨の量を10・100・1,000・10,000・50,000 mmと対数という関数で表わしています。

自然現象の多くは、こうした対数で表わすときれいに直線性を示すこ

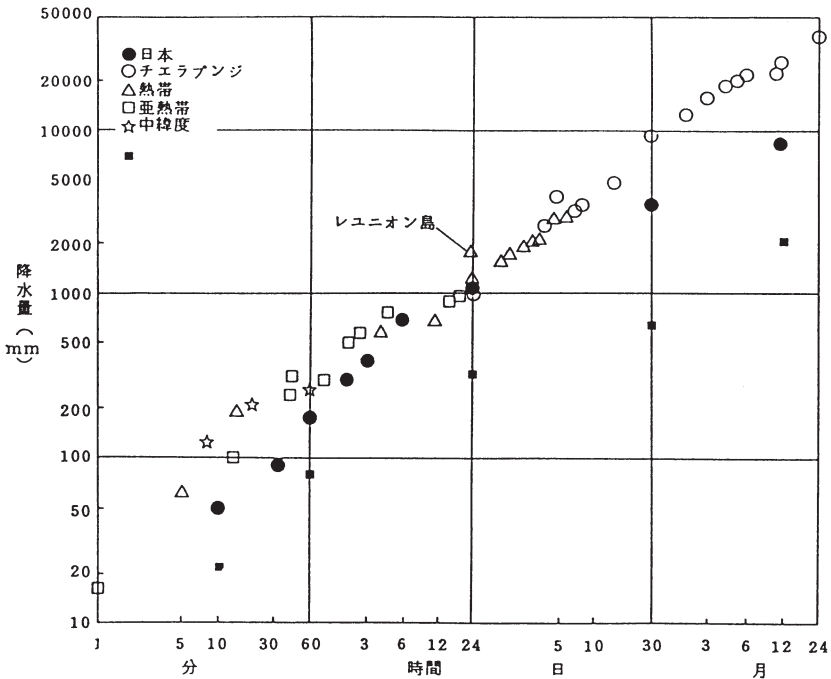


図-15 雨の最大値

とが経験上知られております。基本の単位になる値を10倍、100倍、1,000倍という形で軸を取っていき、変化の幅が大きい現象を説明する場合に使います。世界記録は白抜きで示されきれいに直線的に並んでいます。日本の記録は黒丸で示してあります。12時間くらいのところが境となって最大の傾向が変わっていることが分かります。日本の雨は、5～6時間から10数時間あたりの時間記録では世界記録に近付いておりますが、それ以上には続かない（周辺から巻き込む限界）ことを示している図であると思います。

△印は昨年南アフリカ航空機が遭難したときマスコミで何度か報道されたインド洋にあるモルジブ共和国にある島の名前で、比較的時間が短い時に非常に強い雨が降る地域として知られています。時間軸の大きいほうに並んでいる丸印は、インドの北東部のヒマラヤ山脈の山麓にあたるアッサム地方にある地名ですが、年間の降雨量で、2万mm以上3万mm近い雨が降る所です。日本の年間の最大量は大台ヶ原で約1万mmが記録されています。

日本の最大値と比較するため■印で示したのは長野県の中でも雨の多い地域の代表として、かなり長い期間のデータがある飯田測候所のデータを示しました。短い時間軸の中では最大値の $1/2 \sim 1/3$ に近い値が取れそうですが、時間軸が大きくなりますとその差が大きくなります。比較的雨の弱い、少ない地域でも災害に結び付く降雨が現われることが“地域性”を考える要素になります。

5. 流域平均降雨量観測地点の検討

資料に入れた「小流域における流域平均降雨量観測地点について」はわずか2ページですが、この論文をまとめるまでに足掛け6年かかっています。実際に観測したのは、図-16のように伊那市の北東部に天竜川の支川棚沢川があります。この流域の源流部を占める信州大学附属演習林と伊那営林署の国有林との一部の160haほどの地域に合計34点の観

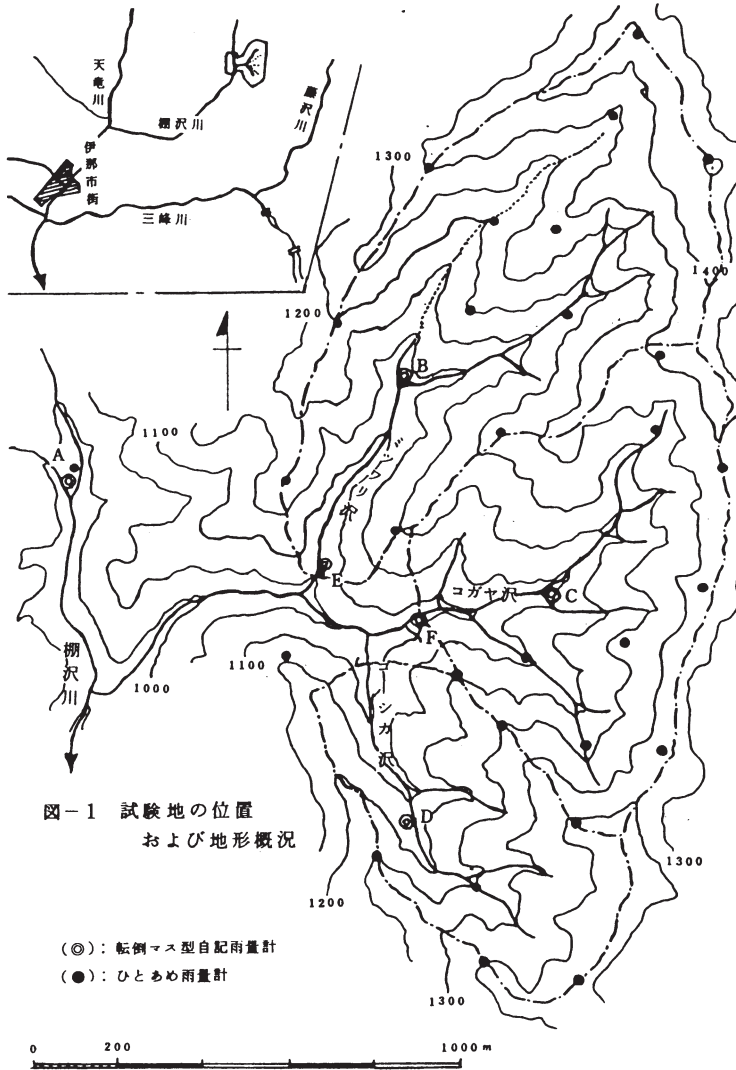


図-16 試験値の位置および地形概況

測点を設けて雨量計を据えて観測しました。通常の自記雨量計は一台あたりが15～16万円もいたしまして高いものですから、大学の研究費ではとてもこんなにたくさんの雨量計は購入使用できません。それで代替の道具を自分たちで作りました。図-17はその構造ですが、内径200mmの塩化ビニールのパイプを長さ400mm程度に切って底を付け、蒸発量を少なくするため入口を狭く加工してあります。全体で高さ400

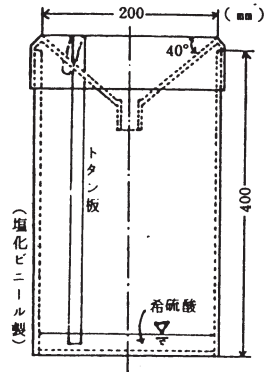


図-17 "ひとあめ" 雨量計

mmくらいになるようにしてトタン板を短冊状に切ったものを入れて、筒の中に希硫酸を少し入れておきます。雨が降りますと、上部のロートの所から雨が入って希硫酸の液面が上昇します。希硫酸によってトタンに腐食の跡が残ります。一回ごとの雨で大体 6～12時間の雨の休止があると腐食の跡が区別して読み取れたものですから、一回ごとの雨を記録するというで一雨自記雨量計という名を付けました。通常の 3か月用の自記雨量計を 3台設置しておきましたので、これらの自記記録によってトタン板の記録をはっきり区別することができました。山の中の観測ですから、毎週その経過を回収することはなかなかやり切れません。一か月に一回程度のペースで、トタン板を回収して新しく希硫酸とトタン板を入れて帰るということで観測しました。この調査では、雨量計が一つしかない場合に、どの地点に雨量計を設置すれば流域を代表する雨が計れるかということを最終的にまとめました。

結果的には図-16中のB,C,D という、流域の中心的地点に当たるような場所で計りますと、流域全体の平均的な雨を計ったことになるという結論を得たことになりました。この雨量計の原案は、北海道大学に居られた中谷宇吉郎さん、菅谷重司さんたちが考案して、昭和20年代から30年代前半に使われたものですが、その後普及せずに長年経って、われわれがお金に困って、何か良い方法はないかと探していたときに、

古い文献の中からヒントを見付けたというわけです。

6. カセット式電接計数記録計の開発

しかし、この雨量計では10分間の雨量とか、時間ごとの雨量は分かりません。何か良い方法はないかと考えていた時に、特異な才能を持った学生（高橋保彦君）が入学してきて、**「現在のエレクトロニクスの技術を使わない法はない」**と、カセットテープレコーダを改造して、その中に図-18に示すような回路を組み込んだ雨のデータ（電接回数）を記録させる装置を開発してくれました。市販されている自記記録雨量計は1週間で用紙を取り替えるものが14~15万円、1か月用になりますと30万円以上になります。開発した記録計は市販されているカセットレコーダーが約1万円、録音の長さを調整する回路の部品が数千円で計2万円弱で30万円相当の記録計に匹敵するものが作れたので、非常に画期的なものとなりました。これは、120分のカセットテープ片面で40日くらいのデータを残してくれますし、電池で作動するため、大変重宝しました。私たちは雨量を計測するほかにも、林道の路面を流れる水の量を計測する時、これに大変助けられました。

余談になりますが、森林の育成作業をする場合にどうしても自動車の

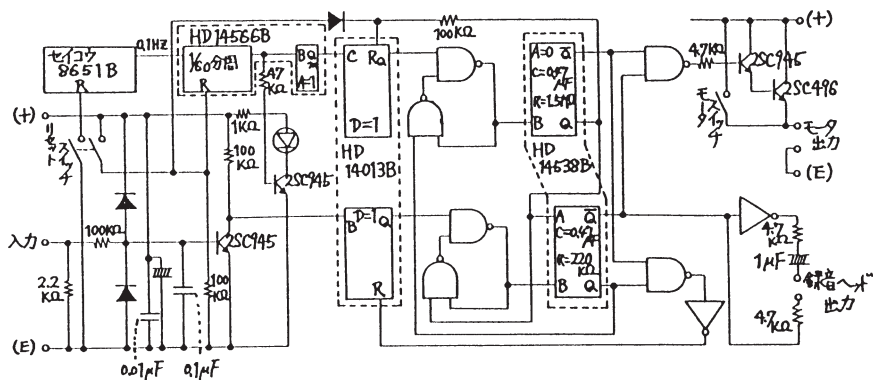


図-18 カセット電接記録計のコントロール部概略回路図

通れる道路が必要になり林道を開設しますが、その維持管理には苦勞します。ことに強い雨が降った時に林道が壊れたりすることが多く、路面を流れる水の処理工法を確立することが課題になっています。実際に林道の路面がどれくらいの水を流すのかを正確に知る必要がありましてその測定にも使いました。

雨が降りますと、0.5mmとか1.0mmとかごとに計量マスが転倒します。転倒に応じてスイッチが作動して電気が流れカセットテープレコーダが録音する時と同じように作動して、一定量回ったら止まります。また次のマスが転倒し録音すると切れ目があって、何回マスが転倒したかが分かればよいのです。一方、時間は水晶発信のICを使いまして、10分ごとに信号を発信して録音されます。転倒マスと水晶発信ICとからの録音長さを違えてあるので、パソコンで仕分けをして集計させますと表-2で示したようになります。同じデータを記録した図-19の記録はペン書きの通常の記録例です。このタイプの記録計は記録紙をギヤで動かしますので、どうしても機械的なアソビがあって、ズレが出てきます。この図の場合も、27日と28日の境は実際より2時間ばかりペンの位置がズレています。記録紙を回収するときに、回収した月日や時分を記入しますが、忘れてたりして、必ずしも記録紙の目盛りがそのまま正確ではありませんし、10分ごとの雨などは読み取ることがかなり困難です。それに比べて、高橋君の開発してくれた記録計は、表-2の例のように、縦に0時~23時までの時間、横には10分ごとの記録値で、一番右は1時間ごとの合計量になっています。そして23時の下は、一日の合計量になっています。これはマスの転倒した回数をプリントアウトしてありますから、この回数にマスの量(0.5mmか1.0mm)をかけてやりますと雨の量(林道の場合は1ℓとか2ℓのマスで計測した水の量)になります。この例の場合には、10分間に14回マスの転倒した時間帯がありますが、単純に換算すれば、1時間に42mmという強い雨だったことを知ることができます。水晶発信ICからの信号を任意に設定切り替えれば、細かい

表- 2 集計プリントの例

1981 年 8 月 28 日		** TERA-ワンドウ アメ(シマ) **					
0:	0	0	0	0	0	0	0
1:	8	8	3	2	1	2	24
2:	2	3	7	3	1	0	16
3:	0	0	1	0	0	1	2
4:	2	6	14	10	9	12	53
5:	8	9	6	4	6	11	44
6:	2	4	5	1	0	0	12
7:	0	0	0	0	0	0	0
8:	0	2	3	1	0	1	7
9:	0	0	0	0	0	0	0
10:	2	1	1	1	0	0	5
11:	0	0	0	0	0	0	0
12:	0	0	0	0	0	0	0
13:	0	0	0	0	0	0	0
14:	0	0	0	0	0	0	0
15:	0	0	0	0	0	1	1
16:	0	0	0	0	0	0	0
17:	0	0	0	0	0	0	0
18:	0	0	0	0	0	0	0
19:	0	0	0	0	0	0	0
20:	0	0	0	0	0	0	0
21:	0	0	0	0	0	0	0
22:	0	0	0	0	0	0	0
23:	0	0	0	0	0	0	0
164							

1981 年 8 月 29 日		** TERA-ワンドウ アメ(シマ) **					
0:	0	0	0	0	0	0	0
1:	0	0	0	0	0	0	0
2:							

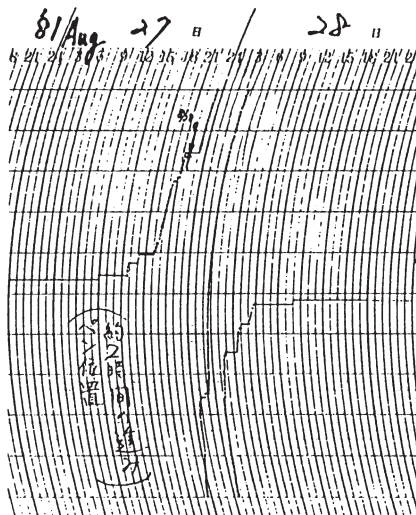


図- 19 表-2 に対応する自記チャート

ことを計測する道具に使えることとなりますので、他の分野でも大いに利用しております。

7. 標高差の大きい山岳域の雨

昭和58年から、伊那市を流れる小黒川の源頭部分にある信州大学付属西駒演習林で、観測を続けています。この演習林は標高1,400mから2,750mの範囲にある亜高山帯・高山帯の演習林です。全国の他の大学にはとてもこれほど高い標高をもつ演習林はありません。地の利を有効に生かして活用することを併せて山岳域の雨の特性を調査するため、先程紹介したカセットコーダ式雨量計を設置しました。

図-20の左下の部分にある将棋頭山の北斜面の小尾根に沿って、標



図-20 西駒演習林の雨量計配置図

1:25,000 地形図 NI-53-1-2-3
きそこまがたけ (飯田2号-3)

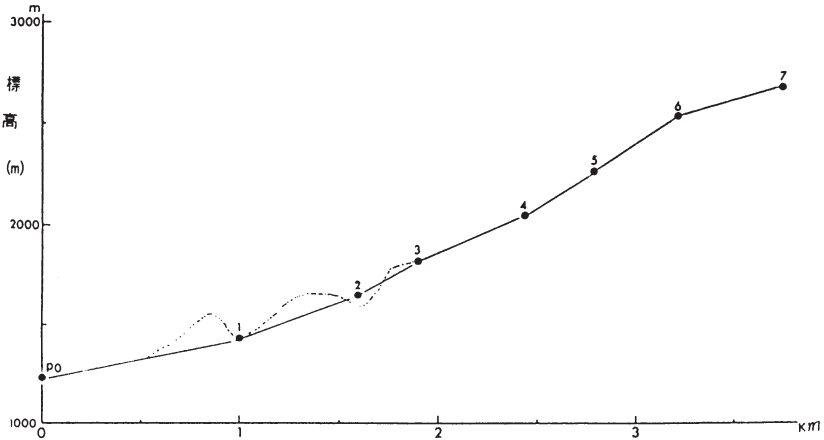


図-2 1 図-20の縦断面図

高にして約200m間隔で雨量計を設置しました。その縦断面図は図-2 1で、横軸が水平距離、縦軸が標高になっています。勾配は30~40°でかなり急な傾斜になっています。

昭和58年に観測網を設置したものですから、非常に特徴的な降り方をした57年の雨は観測できず、最低10年は観測を継続しなければならないと思っておりましたが、58年もたまたま雨が多くて、特徴のある雨を観測することができまして、私の考えをまとめるのにいいヒントをもらいました。一つは、図-2 2に示しましたが、横軸は標高で縦軸は総雨量です。☆印で示した標高が高くなると雨の量が大幅に増える雨と、黒丸で示したように標高とは余り関係のない雨とが出てきました。

防災的観点からすると、この標高に余り関係のない雨は山の中でも同じような降り方をしているから、標高の低い居住域の観測によって対応することが容易であることとなります。この雨は58年の10号台風時のもので(天竜川の本川筋から天竜峡の上流側に大きな被害の出たものなのですが)、広い地域に降る雨は、標高差の違いはそれほど大きくないのであろうかと考えられます。台風だけでなく、前線に伴う雨の場合にも、広い地域で同じように降る場合には、標高の差は余り関係ないとい

うようなことがヒントとして出てまいりました。

防災の視点から一番注意を要する雨は、居住域では少ないが、山の中の標高の高い所ではその3～4倍と極端に量が多い降り方の雨になります。この種の雨を仕分した上で対応できるならば、水防体制の発動などの判断時に有効であろうと思います。総雨量がこの例のように300mmとか400mmにはならないけれども、傾向としまして標高差100mについて40mmとか50mm量が増えると

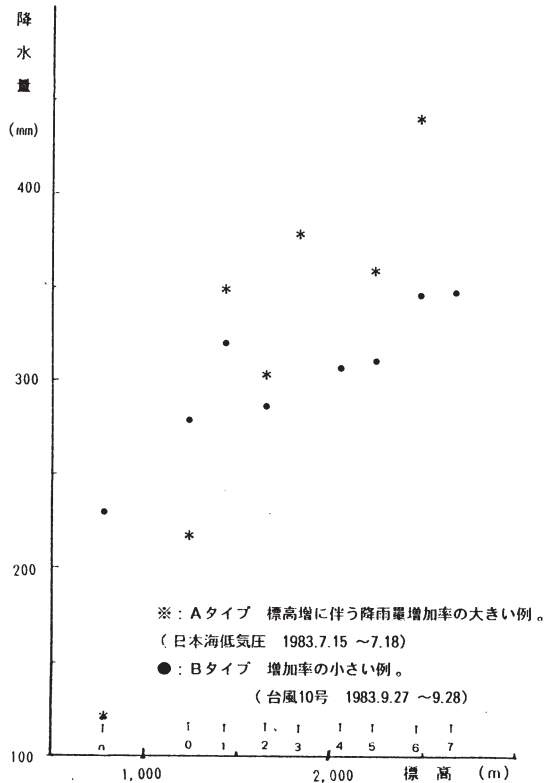


図-22 標高と降雨量の関係

というような雨は、次のような場合に現われます。すなわち、日本海に低気圧が入りまして、それに南から湿った大気がぐんぐんと吹き込むような条件の時にこういう雨が出てくるという仮定を、数例の観測から得ることができました。上層の天気図を合わせますと、上空で風が強く、大量の大気移動しやすい条件だったことが分かってきました。

標高の違いが余り影響しない雨を結論できた理由はここに示しました図-23をもとにしています。それぞれの観測地点の1時間ごとの雨をヒストグラム(棒グラフ)で表わしてあります。全体的に見ますと1時間ごとの雨のパターン(変化のしかた)はよく似ています。この雨はこの地域に同じ状況で降っていた雨と考えていいわけですから、標高の違

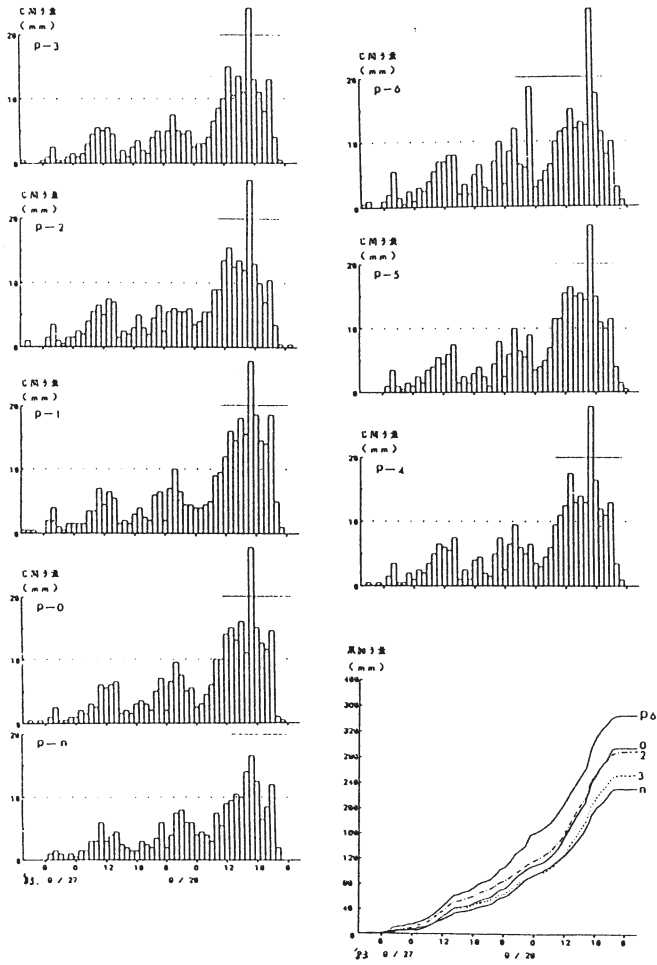


図-2 3 地点別時間雨量の変化と累加量

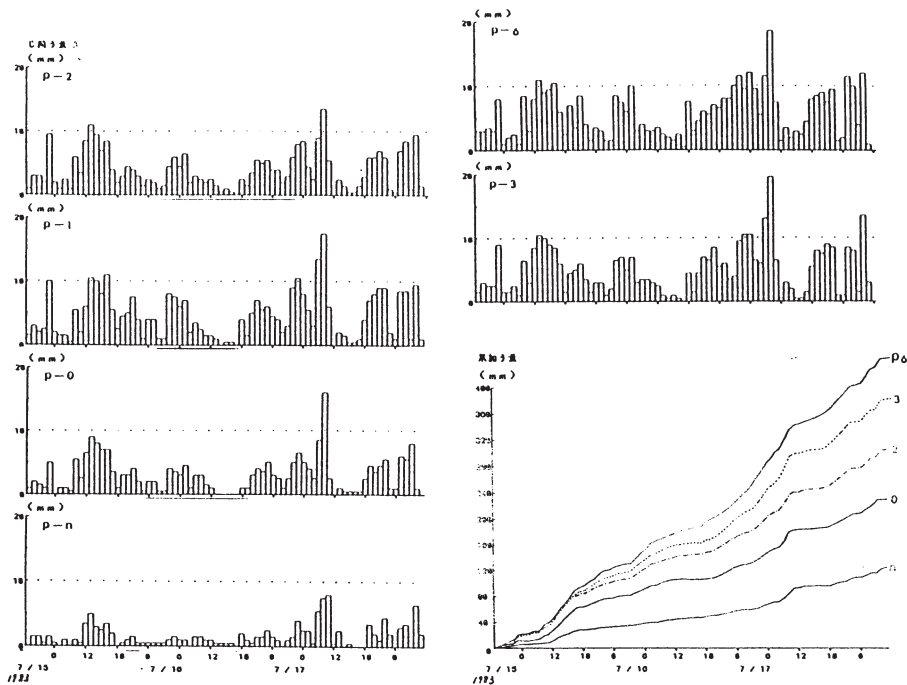


図-24 地点別時間雨量の変化と累加量

いの影響を余り受けない種類の雨であると考えられます。それに対して、標高の影響を強く受けるタイプの雨はどう考えたら良いのでしょうか。図-24にありますように、n は信州大学農学部のある標高760mの地点の観測値で、これに山の中の雨を重ねて見ました。この例では山の中で降っている雨はたいへん多くなりまして、われわれの居住地域で観測した雨から山の中の雨を知るということは難しいと感じた種類の雨です。

図-23と同じように1時間雨量を棒グラフで示して見ますと、1時間ごとの量の違いというのはベースにあります。ここに表われた強弱の波の表われ方(パターン)は、先程見ていただいたのと同じように、非常に似ていると思います。同じような条件の中で量が違う降り方があ

ますので、先程のものと対にして山の雨を考えていく必要があると思います。

いろんなタイプの雨があります。例えばある標高の地点だけに降雨があって、周辺が少ないとか、反対にその地点の上下では多く降っているのにそこだけ観測されないとか、異なったタイプの降雨が出てきました。当初は機械の調子がおかしいのではないかと思ったりしましたが、我々の入れたチェック用データは正確に入っていましたし、雨量計自体の故障もありませんでしたので、そういう降り方をした雨があったのだと考えております。雷雨性の豪雨の場合には、山の中でもこういうことが起こり得ると考えられます。

8. 今後の課題など

一般に、河川の改修やダムを計画する場合に、50年とか 100年に 1度の洪水や雨に対応できるような構造物の設計をいたします。過去に観測されたデータを基にして計画される場合が多いのですが、その場合に一

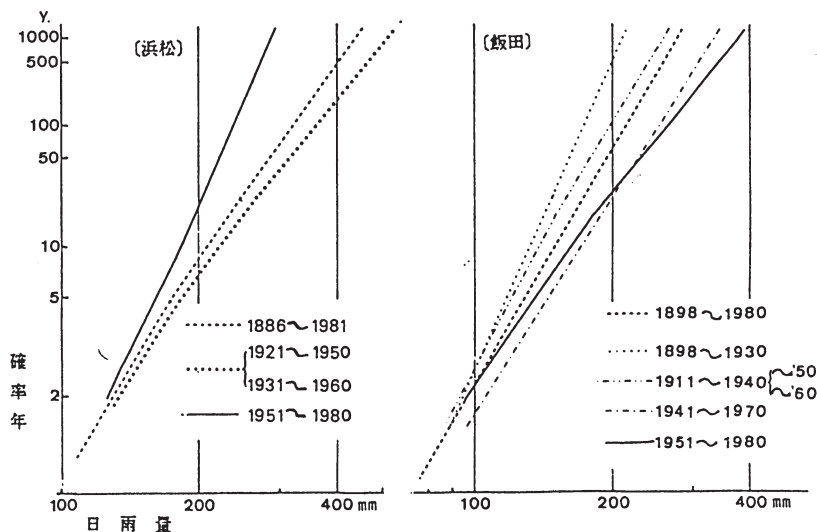


図-2-5 各期間の確率日雨量の比較(岩井法)

寸注意がいるということが分かってきましたので少しご紹介します。

図-25は、1886～1981年の96年間の浜松測候所と、1898～1980年の87年間の飯田測候所の雨量のデータを基にして作った確率的な雨の量の比較です。横軸は日雨量の算定日雨量で、縦軸は確率概念を基にした軸で、現われやすいか現われにくいかということでこの軸が取られています。☆印で表わされた線は、この87年間、96年間の全データから算出した結果です。その他のものは30年刻みのデータで算出した結果を較べたものです。建設省が昭和30年以降かなり力を入れて、雨量観測体制・河川の水位観測体制を整備してきていますから、30年を越すデータを持つ地点が数多く増えてきています。これらのデータを利用して設計などをする場合に、どの期間の30年を使うかによって、設計基準雨量が2倍近く違う可能性が出てきます。浜松の例で見ますと、1951～80年の30年間のデータを使う場合と、1931～60年の30年間のデータを使う場合とでは、100年確率で、日雨量で約120mmくらいの違いが出てきます。このことは、1951～80年までに降った雨のグループで設計すると構造物の許容量が小さめになり、大きい洪水が来た場合に対応しきれない危険性が出てくることを意味します。次に飯田測候所の場合は、この1951～80年の30年間は浜松とは逆で、大きい目に出る時期に当たります。雨の少ない期間と多い期間がどういう理由で出るか、浜松と飯田ではその出現期間がひっくり返っているのはなぜか未だははっきりしません。

確率的に考えましても、100mmを超すくらいの量の違いが出てくるということがこの図で示されているのですが、このことは、もっとたくさん地点で検証する必要がある、今後に残された課題です。

図-26は、飯田と恵那山の比較です。恵那山の観測所は頂上より少し伊那谷寄りに下がったところにありました。河川構造物の設計に使う確率雨量は、通常一日の雨で24時間のデータを使います。図中、白抜きの○印になります。それに比べて降り始めから降り終わりまでの連続雨量で見ますと、●印のようになります。これが今後どのように考えたら

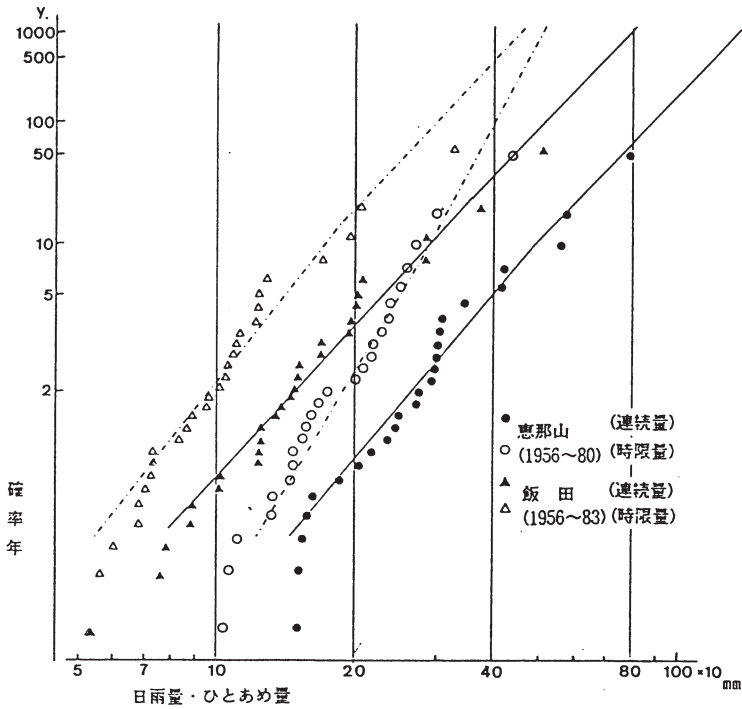


図-26 恵那山と飯田の確率雨量の比較(岩井法,ヘイズンプロット)

良いかという、宿題の一つかと考えます。恵那山の観測所は、アメダスが配置される時点で、廃止になり折角長い期間継続されていた標高の高いところの雨の観測所が一か所消えたというのが実情です。

三峰川の上流に建設省の観測所が12カ所あります。そのデータを使わせていただきまして、別のヒントを得ました。三峰川流域の雨は、竜西地区(中央アルプス)の流域の雨に比べて違う形態を示すことが多いのです。

図-27で示した昭和58年7月14~17日の雨は、竜西地区の小黒川の流域も南に隣接する太田切川の流域も標高差の大きい雨になっておりますが、三峰川の流域は標高差による雨量の変化が小さくなっています。58年の台風18号の場合は図-28のようになりまして、この場合は、中

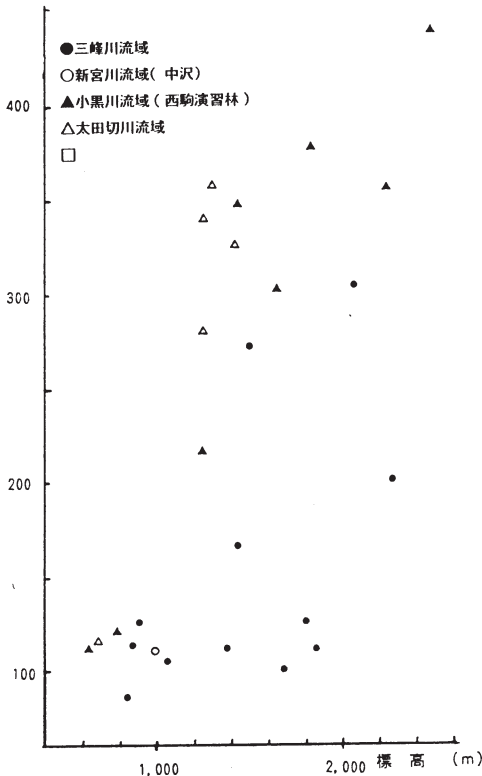


図-27 日本海低気圧時の降水量
(1983.7.14 ~ 17)

田切川と与田切川流域のデータも入っていますが、標高が低くても雨の量が多いのに対し、三峰川流域は総体的に雨量が少ない地域であったことが示されます。

これはもう少し別の視点で考えますと、美和ダムがあり三峰川流域の洪水流が直接天竜川本川に流出することは少ないのですが、大洪水時に美和ダムの操作の面（小渋ダムも同様ですが）から問題を解析したりする場合に、やはり、これらの流域に標高の高い地点の雨の観測を重視する必要があるのではないかと思います。

三峰川流域の観測所には特異点が二つあります。夏期（6～9月）の雨を全部平均して見ますと、図-29のような傾向とそれからはずれて雨量が多くなる二つの地点が出てきます。北沢峠と小瀬戸です。一番標高の高い地点は荒川ですが、小瀬戸と荒川はほとんど東西に並んでいます。

図-30は伊那谷の竜東地区の北緯35°30′付近の東西断面の模式図です。小瀬戸は双子山の東側の中腹の1,600mの地点にありまして、荒川は塩見岳と仙丈岳の間の西側の尾根の上にあるという位置関係ですが、小瀬戸に雨が多く記録されて荒川は少なく記録されるという癖があり

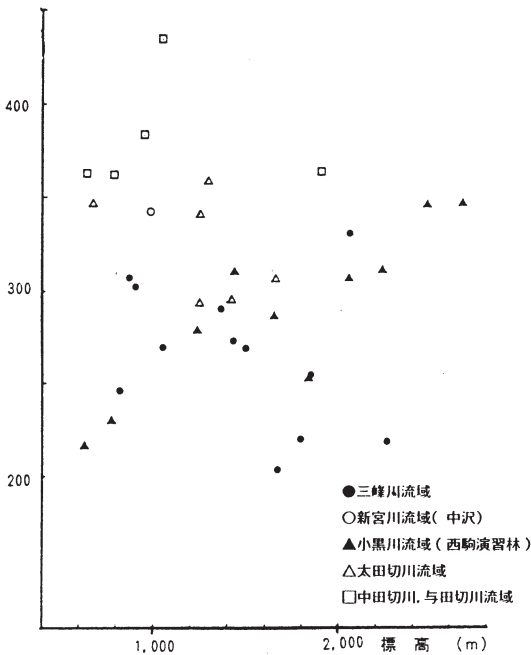


図-28 台風時の降水量 (1983.9.26 ~ 27)

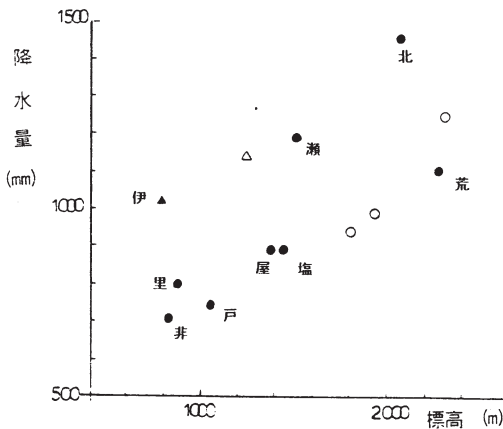


図-29 平均夏期 (6 ~ 9 月) 降水量 (1963 ~ '84) 一部欠測年あり

ます。上空の大気は偏西風の影響を受けて西から東に流れる場合が多いのですが、大気の流れは地形に沿って形成され、荒川は気流の正面にあたり、小瀬戸は気流の背面にあたるという違いがあります。

こうした要素をどのように受け止めて行ったらいいのか、これからの宿題として残っています。

天竜川上流工事事務所では、調査課および砂防調査課で、標高 2,000m くらいの標高の高いところの雨を観測しておられます。私はこのデータを利用して研究をまとめることによって、伊那谷の降雨、特に災害につながることの多い標高の高いところの雨を把握する方向を今後の課題の一つにしたいと思いま

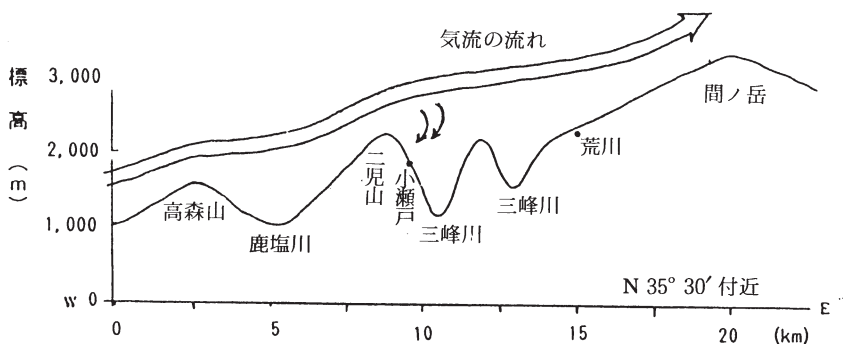


図-30 竜東地区東西断面模式図

す。どの地域どの流域にどんな癖があるかということがはっきりしてきますと、皆様の水防活動に役立つ内容が増えるものと思います。天気図の気圧配置の型や”ひまわり”の雲の配置データなどを併せることによって、ある程度整理区別できるのではないかと考えています。

おわりに

図-7, 8で見えていただきましたように、雨の多い年と少ない年がありました。伊那谷の地域には年間を通した観測所がかなりあります。夏期だけですともう少し増えますが、この年間を通した観測所の50%強は建設省の観測所です。観測体制整備にかなり力を入れて来られた結果であろうと思います。今後、テーマをしぼったところで共同研究ができれば、ありがたいと思っています。大学は、貧しいところで、年間光熱水費などのいろいろな経費を除いた残り、すなわち実質研究費は二人の先生で150万円位です。この中から學術書を買ったり、授業のための資料を作ったり、学生の研究のための物品を買ったりしますと、一か所当たり何十万円もするような計器はとても買えません。しかし、毎年何かやりたいという希望に燃えた人達が入学してきます。建設省とタイアップして、研究体制が整うようだと、また皆様方に還元できるような結果が捉えられるのかなと思います。ただ、私どもの研究から見て“いい

雨”に行あたる保証はありませんので、かなり長期の研究体制を考えてスタートしないとうまく行かないかも知れません。組織的に観測体制を作ることによって、たとえある地域だけであっても類推の根拠となるようなデータがそろいますと、それを他の地域や流域にも生かせる道があると思います。

今日の話の中に皆様のお役に立てて頂くものがあるかどうか、甚だ頼りないのですが、何かヒントをつかんで頂きまして、防災体制に多少の強弱を付けたり、考えを整理して頂けたら私としては嬉しく思います。

宮崎敏孝 (みやぎき としたか)

昭和17年 大阪市に生れる。

信州大学農学部卒

信州大学農学部講師 (砂防工学)

編著書 伊那市の気象・気候「第一, 二, 三, 五章執筆」
「伊那市史 自然編 第三編」

伊那谷山岳部の降雨特性

昭和64年1月6日 発行
平成3年7月20日 第2刷

企画 発行	建設省中部地方建設局 天竜川上流工事事務所	長野県駒ヶ根市上穂南7-10 〒399-41 ☎0265-82-3251
著者	宮崎敏孝	長野県塩尻市北小野大出52-4 〒399-06 ☎0266-46-2309
編集	(有)北原技術事務所	長野県南安曇郡豊科町高家5279 〒399-82 ☎0263-72-6061
印刷	双葉印刷(有)	長野県松本市城東2-2-6 〒390 ☎0263-32-2263

表紙：レザック・つむぎ(こうぞ) 本文：書籍用紙70kg 本文：10ポ

「語りつぐ天竜川」の発行にあたって

天竜川は独特の河川形態をもつ河川です。上流部は諏訪湖が洪水を調整して比較的穏やかな表情をしています。多雨域を後背地にもつ三峰川、小渋川、太田切川などの支川を合流するたびに、洪水とともに大量に土砂を受け入れて一気に急流土砂河川の様相を呈し、途中多くの狭窄部の間に氾濫原を形成してきています。

一方この氾濫原は伊那谷の穀倉地帯でもあり、地先の人々は出水の度に濫流する天竜川との間に涙ぐましい闘いを繰り返してきました。

この天竜川の氾濫を鎮め水を高度に利用するための地元の長い営為の後を受けて、昭和12年から砂防を、昭和22年から河川を国が直轄事業として取り組むようになり、それぞれ50年及び40年を経過しました。その間、地域の皆様から絶大なるご協力を賜り、以前と比べると天竜川の安全性は格段に向上いたしました。

しかし安心は出来ません。絶えず流域の変貌をみつめて、河川施設の整備運用や維持管理を図っていかねばなりません。

また、天竜川は地域の人々の情操のうえでも深い関わりがあり、独特の風土や文化を育ててまいりました。河川を危険なものとして遠ざけたり、水があるからといって過度に取水してしまってはなりません。治水利水について一応の成果をみた現在、地域にとって望ましい天竜川の姿を考え実現していくことがこれからの課題であると思います。

私たちは、天竜川流域の自然立地・生態及び人びととの係わりなどについてより深く理解するよう努め、より知恵のあるものに仕上げたいと考えるものであります。

「語りつぐ天竜川」は以上の趣旨に基づいて、天竜川の治水に関する地域の経験や知見を収集周知し広く地域共通の知識とすることにより、よりよい天竜川を築いていきたいと考え発行するものです。

なお、ご執筆いただいた方々には、自由な立場でお考えを披瀝していただいたため、建設省としての見解とはならない場合があることを付言いたします。

今後とも天竜川の治水について皆様のご指導ご鞭撻をお願いいたします。

建設省中部地方建設局天竜川上流工事事務所
所長 清治 真人

「語りつぐ天竜川」目録

- | | |
|---------------------------|--------|
| 1. 伊那谷の気象 | 米山啓一著 |
| 2. 天竜川上流域の立地と災害 | 北沢秋司著 |
| 3. 天竜川に於ける河川計画の歩み | 鈴木徳行著 |
| 4. 総合治水の思想 | 上條宏之著 |
| 5. 総合治水と森林と | 中野秀章著 |
| 6. 伊久間地先に於ける天竜川の変遷 | 松澤武著 |
| 7. 天竜峡で見た天竜川水位の変遷 | 今村真直著 |
| 8. 村境は不思議だ | 平沢清人著 |
| 9. 諏訪湖の富栄養化と生物群集の変遷 | 倉沢秀夫著 |
| 10. 諏訪湖の御神渡り | 米山啓一著 |
| 11. 理兵衛堤防 | 下平元護著 |
| 12. 近世 天竜川の治水 -伊那郡松島村- | 市川脩三著 |
| 13. 川筋の変遷 -天竜川と三峰川の場合- | 唐沢和雄著 |
| 14. 伊那谷山岳部の降雨特性 | 宮崎敏孝著 |
| 15. 天竜川の橋 | 日下部新一著 |
| 16. 伊東伝兵衛と伝兵衛五井 | 北原優美編 |
| 17. 天竜川の魚や虫たち | 橋爪寿門著 |
| 18. 天竜川のホタル | 勝野重美著 |
| 19. 天竜川流域の村々 | 松澤武著 |
| 20. 小渋川水系に生きる -人と水と土と木と- | 中村寿人著 |
| 21. ものがたり 理兵衛堤防 | 森岡忠一著 |
| 22. 量地指南に見る 江戸時代中期の測量術 | 吉澤孝和著 |
| 23. 土木技術と生物工学 -生きものを扱う技術- | 亀山章著 |
| 24. 戦国時代の天竜川 | 笹本正治著 |
| 25. 天竜川の水運 | 日下部新一著 |
| 26. 惣兵衛川除 | 市村威人著 |
| 27. 紙芝居 開墾堤防 -下伊那郡豊丘村伴野- | 竹村浪の人著 |
| 28. 昭和36年伊那谷大水害の気象 | 奥田穰著 |

(以上既刊)