

扇状地における土砂害危険度調査の一手法

昭和52年 8 月

建設省土木研究所

ま え が き

流路工計画等砂防計画に際して、その計画の場としての扇状地を把握することはきわめて重要なことである。

扇状地そのものが過去の土砂によって形成されたものであるから、現在の扇状地の姿をみつめることにより、土砂害や洪水害に対する危険区域とその程度がある程度判明すると考えられる。

ここで扇状地とは、主に掃流形態で土砂が運搬されて堆積した場と考えられる扇状地および沖積錐の総称をいう。

また危険区域とその程度を含めて以下の文では、危険度という言葉で表現する。

今回我々が扇状地の危険度を調査する手法として取り扱っている分野は自然現象（条件）としての分野であって（水理的分野はのぞく）、扇状地面上には、この他、人家・人口・資産等の社会的な分野からみた別の危険度（重要度）があるが、今回の調査には含めていない。

すなわち、人口や資産等の経済効果的な因子は入っていないから、最終的な工事の優先順位や工事の効果に対しては別途の検討が必要であることは言うまでもない。

そこで今後は、今回報告する扇状地の自然としての危険度に加えて社会的及び水理的な要因解析をし、その Case Study を実施して、工事計画に必要な諸元が決定されるものと考えられる。

土木研究所砂防研究室

主任研究員 池 谷 浩

研究員 阿 部 宗 平

目 次

まえがき

1. 調査の必要性	1
2. 従来の研究	3
3. 調査の目的	5
3.1 破堤点・氾濫発生点の調査	5
3.2 氾濫区域の調査	8
3.3 把握流水の主流方向の調査	11
3.4 現河道の状況調査	12
4. 調査方法	15
4.1 調査手段の概要	15
4.2 調査内容ごとの具体的調査方法	15
4.3 危険度判定の方法	26
5. 具体的な調査例	27
5.1 松川扇状地における危険度調査例	27
5.1.1 流域の概要	27
5.1.2 調査内容と方法	27
5.1.3 危険度の判定調査	29
5.1.4 現地調査の検討	36
5.1.5 ま と め	42
5.2 木戸川扇状地における危険度調査例	42
5.2.1 流域の概要	42
5.2.2 調査内容と方法	44
5.2.3 危険度の判定調査	44
5.2.4 ま と め	47
6. 今後の問題点	48
7. 具体的な調査をした文献例	50

1. 調 査 の 必 要 性

国土の約70%が山地である我が国において、人々は少ない平野部および扇状地上に住居をかまえ、田畑を作るなど生活の場を確保してきている。

特に、近時の人口のスプロール化現象および山地等での土地の開発によって、山間部での扇状地面上にまで、土地の高度利用がおこなわれるようになった。

元来、扇状地形は過去における流出土砂の堆積地形である。扇状地面上のうち、水が容易にかつ定常的に確保できる扇端部においては古くから土地利用がさかんにおこなわれてきている例が多く、扇頂部や扇中央部においても土砂の流出が少なく河床の変動が少なくなっているところでは、人工的な取水施設などを設置して、耕地や住宅地として利用してきている。

たとえば、北陸地方の扇状地における土地利用形態から池谷⁽¹⁾は、表-1のように扇状地を分類している。(詳細は参考文献参照)

表-1 扇状地の4つのタイプ分類

タイプ	I	II	III	IV
流水の方向 (乱流の幅)	扇面全部	固定化の傾向 がみられる	ほぼ固定	固 定
土 地 利 用	なし(荒地)	田畑・スキー 場	田畑・農作業 用の小屋、ロ ッヂ、別荘	住 居 田 畑
天井川と段 丘	特になし	段化の形成は じまる	段丘できる 天井川化は じまる	段丘が数段で きる 天井川化

このような土地の利用と土砂害の危険度は、ある時代まではその土地の洪水や土砂害に対する危険度と対応してきたが、現代のように住宅、土地ブームによって土地の利用形態の変化が生じて過去の危険区域内に多くの人家や田畑などの資産が存在しはじめている。

このように最近まで、土地利用されなかった扇状地上を調べてみると、土砂災害という面で非常に危険なところと言え、また古くから利用されている扇面においても人々はいわゆる生活の知恵をはたかせることによって今日まで、自からの手によって土砂災害から自からの身を守ってきているところが、梓川、常願寺川等の扇状地で見うけられた。

このように、扇状地そのものは災害という面で非常に危険なところであると言えよう。にもかかわらず、この扇面において土地の高度利用がなされてくると、この扇面での土砂災害を防止するための対策が必要となってくる。

扇状地面上での災害の多くは、土石流をはじめとする上流からの異常土砂の流出による土砂災害と扇面上の流水の乱流による土砂移動にともなう土砂災害が主である。これらの土砂災害は、直接的に土砂そのものによる災害のみではなく、間接的な土砂災害、すなわち、河道内に土砂が異常堆積することによる越

水なども含まれていることは言うまでもない。

そこで、扇状地面上的の安全を図るために扇状地上流の溪流に砂防ダムを設置して、土石流等、上流からの異常土砂の流入を防止するとともに、扇面上に流路工を施工することにより、流路の整正と河床の安定を図って土砂災害の防除をおこなっている。

多くの扇状地において、扇面は非常に土砂災害の危険性が高いということになると早急にこれら扇面の危険度を調査して、危険度の高いところはすぐにも対策工法の検討をする必要があるだろう。また、土地の利用形態の検討もまた必要なことと考えられる。

以上の理由から筆者は扇状地における危険度の調査に関する一手法を調査研究し、一応の調査手法がまとまったので今回、報告するものである。

2. 従 来 の 研 究

従来の研究は主に、扇状地形及び扇状地での人文地理学に関する研究として、地形学及び地理学の方面で基礎的な研究がなされていた。⁽²⁾

これらの研究成果のなかでは、部分的に扇状地の危険度を把握するのによい情報として取り扱えるものがある。

たとえば、沖積平野の表層地質の性格や微地形の分析等である。

しかし、面的なしかも、水害に対する危険度を総合的に判定するといった応用地形学的な研究には至っていない。

我々が必要としている土砂や洪水害に対する危険度を把握する考えで扇状地調査を面的に、最初に取り扱ったのは、国土地理院を主心として作業がなされた土地条件調査であり、これは、防災上の資料を得るためにおこなわれたもので自然災害と土地の基本的情報とも考えられる地形に関する調査研究を実施したものである。

この調査研究は、全国の主要な水害危険地域における既応の水害の要因を検討し、地形、土地の利用状況、土地の性状等、土地の条件を調査することにより、洪水の出現に対して、どのような地域が、どのような型の洪水を受けるかを、定量的に表示しようとしたもので洪水地形分類図、地盤高および水防要因、報告書という形にまとめられている。

しかし、地形分類は、例えば土地条件調査報告書⁽³⁾(大阪平野)では山地、丘陵、台地、段丘、扇状地、低地の微高地、谷底平野、氾濫平野、三角州、海岸平野、旧河道、高い土地、埋立地等であり同中京地域編⁽⁴⁾では、扇状地及び緩扇状地は、上記の低地の微高地に含まれている等、分類そのものも調査地域によって異っている。

この調査研究のうち、特に地形分類からは広い扇状地の場合いくつかの危険度の情報を得ることができるが、扇状地が小さいと扇状地形という一つの分類でのみ示されてしまい、その中での危険度の判定、判読は困難である。

そこで、扇状地の危険度を調べるという目的で研究発表された論文を調べてみると大石・水谷⁽⁵⁾(1969)、田畑・阿部⁽⁶⁾(1974)、藤井ら⁽⁷⁾(1975)、池谷⁽¹⁾(1976)および阿部・池谷⁽⁸⁾(1977)のものがある。大石・水谷は扇状地での土砂災害に関する事例から、主として急傾斜小規模扇状地について、扇面勾配と河床勾配との関係に着目して、扇状地を三つのタイプに分類し、上流山地の地形、地質条件とも関連させて、それぞれのタイプにおける土砂災害パターンを示した。

大石らの分類による扇状地の三つのタイプは次のタイプである。

タイプⅠ： 溪流は扇頂から扇端まで自然堤防状の高所を流れ、溪床が全体に扇面より高いもので、上流からの土砂供給の多い若いステージにある扇状地と考えられる。流送土砂量が多いときには、扇頂から扇面全体に土砂が氾濫する。

タイプⅡ： 溪流は扇頂部を下刻し、扇中部で溪床と扇面との交点が生ずる。一般に時期が進むにつれて下刻は進み、扇頂での比高は大きくなり、交点は下流に移行する。土砂の氾濫は、この交

点附近からはじまるので扇頂部は安定な面となる。

タイプⅢ：下刻は扇端までおよび、溪床は全体に低下して扇面とは交わらず、溪流は扇面に刻まれた広い河床内を蛇行する。土砂は、この河床内で氾濫し、扇面にあふれない。このような扇状地は上流からの土砂供給が非常に少なくなった形成終期のステージにあると考えられる。隆起扇状地もこのタイプにはいるが、上流からの供給が多い条件が存在すると、扇頂部の溪床が高くなり、扇面への土砂氾濫が生ずることになる。

大石らは、以上のように上流山地および、扇状地発達を反映したタイプに大きく分類し、地形発達史的オーダーの時間での災害の危険度判定の手法を示したものである。

田畑・阿部は、扇状地を人文地理的な観点から調査した。すなわち、扇状地における洪水や土砂害の危険区域内での家屋の構造に着目して、洪水や土砂害について安全な場所存在する家屋構造との相違を調査し、扇状地での危険地域における家屋では外周の石積みや植生など「生活の知恵」をはたらかせた災害対策がなされている事を発表した。同時に、大石らの発表した扇面勾配と河床勾配の交点から、土砂災害や洪水害が発生していることを梓川扇状地において確認した。

藤井らは、治山事業の施行において保全対策を客観的に表現する必要があることから、富山県早月川流域をモデルとして、その研究を実施した。

藤井らの方法は、自然条件からの危険度と社会的条件の重要度とを組合わせて、それぞれを数値化して表現しそれらの和を総合評価値とする手法をとった。具体的には、自然条件からの危険度として扇頂からの距離、河川からの距離、河川との高低差、および旧河道を調べた。

社会的条件の重要度としては、用地、家屋、事業所資産、農作物、学校、鉄道、道路等を調査した。そして、この他に、人口を1つの重要度として、それぞれを10ランクにして表現して、現地の状態を検証した結果、自然条件の値+社会的重要度の値+2・(人口の値)の和が、比較的早月川扇状地においては適合したと発表している。

この論文は、いろいろ問題はあろうが、総合評価の一つの手法を示したところに一つの意義がある。

池谷は、扇状地での危険度という見方で、常願寺川扇状地を調査したもので、まず最初に、土地の利用形態は扇面の安全度とともに高度化していく事を示した。そして、具体例としての常願寺川扇状地で

- i) 地形図、航空写真等による方法
- ii) 古文書・史書等による方法
- iii) 現地踏査

という調査手法を示して、危険度調査手法を示した。

阿部・池谷は特に、現地調査による扇状地の危険度調査手法を確立すべく、具体的に二つの扇状地において、調査を実施し、現地調査における調査手法を示した。

以上の論文については、7参考文献にこれまでの具体的な扇状地の危険度に関する調査例として、論文そのものを添付した。

今回、報告する文は、これまでに筆者が研究してきた扇状地における土砂害の危険度調査というテーマに対して、これまで発表してきた調査の一つの調査手法としてとりまとめたので、ここに発表するもので従来の研究からの一連の成果である。

3. 調 査 の 目 的

扇状地のどこが、どのように危険かを調査するものであり、調査内容としては

- 1) 過去における破堤点・氾濫発生点を調査する。
- 2) 氾濫区域を調査する。
- 3) 氾濫流水の主流方向を調査する。
- 4) 現河道の状況を把握するための調査をする。

である。

3.1 破堤点・氾濫発生点の調査

扇状地における土砂災害の発生は、河道のどこから生じているかを調べるもので、扇状地の危険度を把握するのに、まず第1に必要な調査の一つである。

ある出水に対して、その洪水流が破堤するかしないかは、まず河道断面が充分あるかどうかが問題となる。河道断面が狭小のところが存在すれば、ある規模以上の洪水では、その地点から土砂や流水の氾濫ははじまることが考えられる。逆に、河道断面が充分にある場合、すなわち、比高の高い段丘の存在している場合や、河道が侵食谷を作っている場合などは、その地点での氾濫に対する安全度は高いといえよう。

以上の考え方をもとにした破堤点や氾濫の発生する地点を調べるための調査内容にふれてみよう。

① 破堤点・氾濫点を調べる

説明の要はない、破堤点そのものを調べるもので手法については、次節で述べることにする。

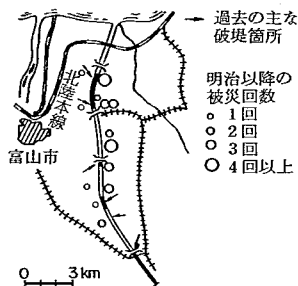


図-1 常願寺川での破堤点

② 旧河道を調べる

旧河道は、単に古い時代の流路を示すだけではなく氾濫流水の流向を示していることが多い。そこで扇面上の旧河道（氾濫洪水流路）を調査し、流水の方向を上流に追っていき、現河道との交点を調べる事によって、破堤点や氾濫発生点が判明する。

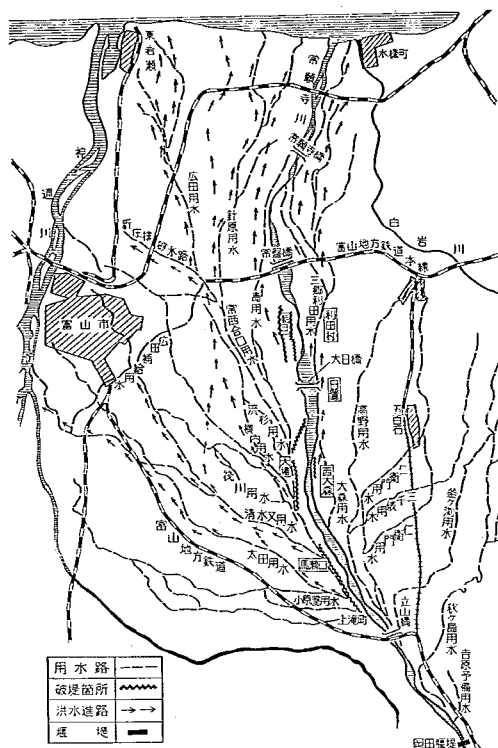


図-2 常願寺川における明治24年の洪水流路
(常願寺川流域の土地保全問題
S30-3 P55)

③ 天井川となる点を調べる

扇面がなす勾配と河床勾配との交点(図-3参照)を天井川となる点と呼ぶことにする。この点はしばしば災害時の破堤点となっていることが多く、また破堤点は、天井川となる点を含めてこの点より下流側でほとんどの災害の場合、発生している。

図-4に梓川扇状地での天井川となる点と洪水氾濫点との関係を示した。

天井川となる点は、一つの河川に一つしかないのではなく、しばしば左右岸で天井川となる点があることがあるので充分注意して、天井川となる点の検討をする必要がある。

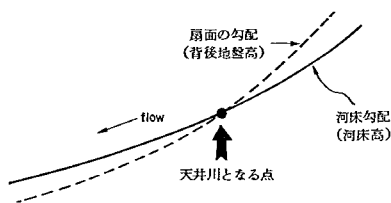


図-3 天井川となる点

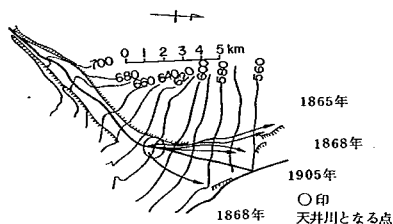


図-4 梓川における過去の破堤点

④ 既設工作物を調べる

既設工作物の存在は過去における土砂害との闘いの場を示すものであるから、当時の流水の方向を推定するには、都合のよい資料となる。また、既設工作物の存在する場所そのものも当時においては破堤点や氾濫発生点に関係しているものと考えられる。

扇状地の面上で、現存の河道とはまったく関係のないところに古い堤防が見つかることがある。こ

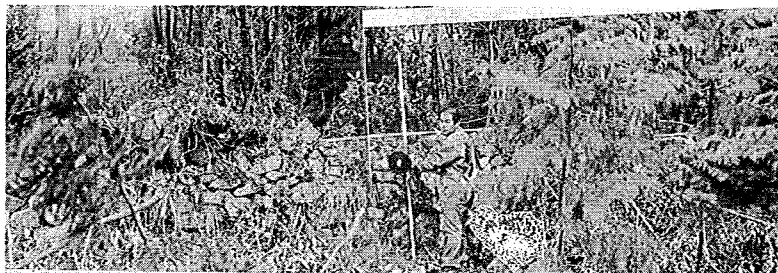


図-5 木戸川（滋賀県）の石積み垣

のような場合には、旧河道や微地形調査ともあわせて考慮すると、しばしば旧破堤点であることが多い。

そこで既設工作物調査では、現河道にとらわれることなく、扇面全部の検討が必要となる。

3.2 氾濫区域の調査

過去における災害時の被災範囲を知ることは、砂防工事の効果測定に有意義だけでなく、地域住民へその立地している扇面のある地点の土砂害や洪水害に対する安全性に関する情報サービスを提供することができるとともに、工事の施工順位等多くの事に対して、よりよい資料を与えてくれる。

① 氾濫区域を調べる。

過去の災害において、被災した区域を調べる。氾濫を受けた区域は受けない区域よりも土砂害や洪水害に対して危険度が高かったことがわかるし、過去の災害による氾濫区域の変化を調べることから今後の危険区域の規定も可能となろう。

② 段丘、段差および微高地の存在とその規模を調べる。

扇面上に、どのような段丘や段差及び微高地が、どのように分布しているかを調べるものである。

小さな扇状地では、段丘の発達が不明確な場合が多いが、大きな扇状地では、段丘の存在が明確になっているところがある。

段丘等は比高を有するものであるから、その高さによって洪水流を受ける面と受けない面とが分離される。このように段丘等の存在によって扇面上の土砂害や洪水害に対する安全度が判別できる点で非常に有効な調査と言えよう。

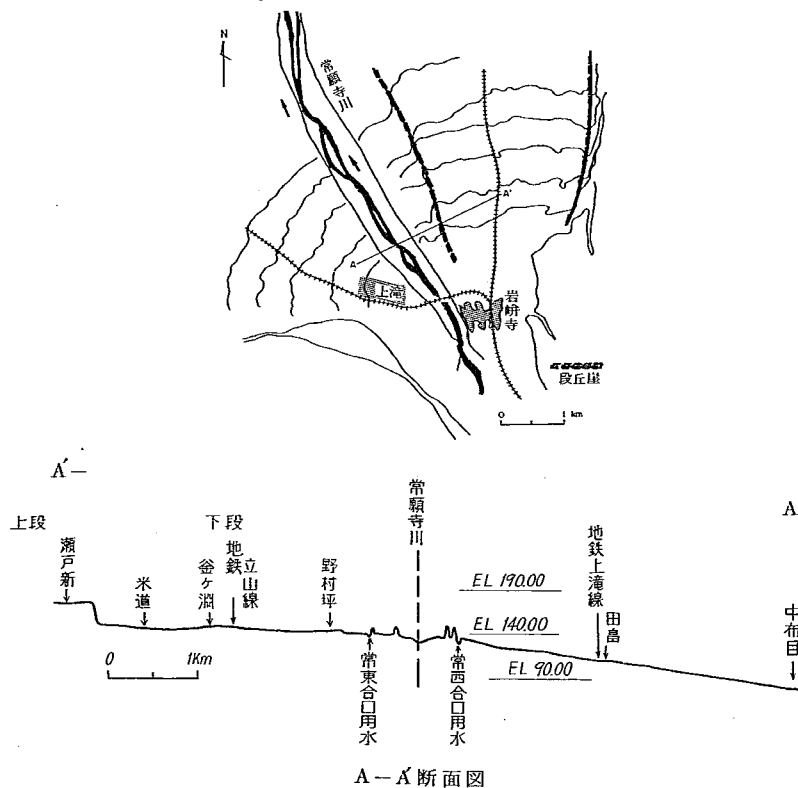
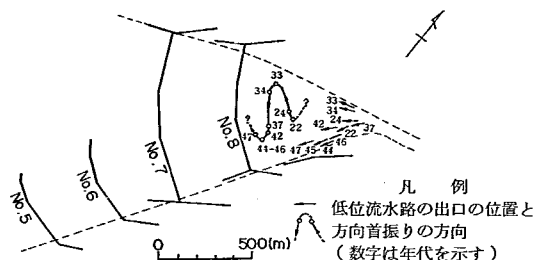


図-6 常願寺川扇状地における段丘の例
(河口から1.7 km附近)

図一六に示した常願寺川の段丘の例では、右岸側に3段の段丘が存在して、それぞれ2～5mの比高を有している。これに対して、左岸側はすでに天井川となっていて段丘の存在はない。

図一六をみても、ある規模の洪水が出現した場合、どの面が安全で、どの面が危険かはよくわかると思う。

特に、山間部から扇状地に河川がでる、いわゆる扇頂部での段丘の存在は流水方向を一定化させる役割をし、この段丘がない場合、しばしば扇頂部でのくびり現象を生じて、流れに影響を与えている。



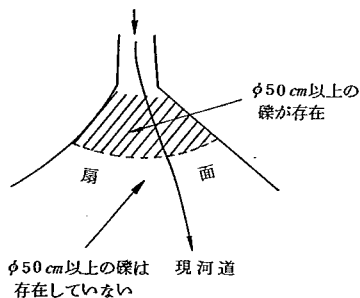
図一七 富士山扇頂部付近における流水路の出口の位置と方向の変遷
(今村ら、富士山大沢崩れの土砂流出とその経年変化
新砂防95.8 50.3)

③ 粒 度 調 査

扇状地の現河道については、その粒度特性に関して調査されているが扇状地面上を対象とした粒度に関する調査例はあまりない。

扇状地面上で粒度調査をすることにより、過去において、どのような土砂流出が、どの範囲まであったかを知ることができる。

図一八は、調査内容の模式図であるが、ある大きさの礫を一つの指標にして、その存在の有無を調べることにより、その扇状地面上が土石流の危険性があるかないか、土砂流の危険性はどうか等、土砂災害に対する危険度の画的な範囲を示してくれる。



図一八

④ 植 生 調 査

扇状地面上的の植生について考えてみる。扇状地形が存在する場では植生が存在できないような要因は少なく、一般的には土砂が移動しなければ人工的な作業を除いて、なんらかの植生が存在すると仮定しても、そう間違いない。

とすれば、大洪水で存在していた植生が流失してしまった場所、旧河道で常時、土砂礫の移動があった場所、しばしば氾濫を受けるため植生が生育できない場所、等が扇面上に存在すると考えられる。

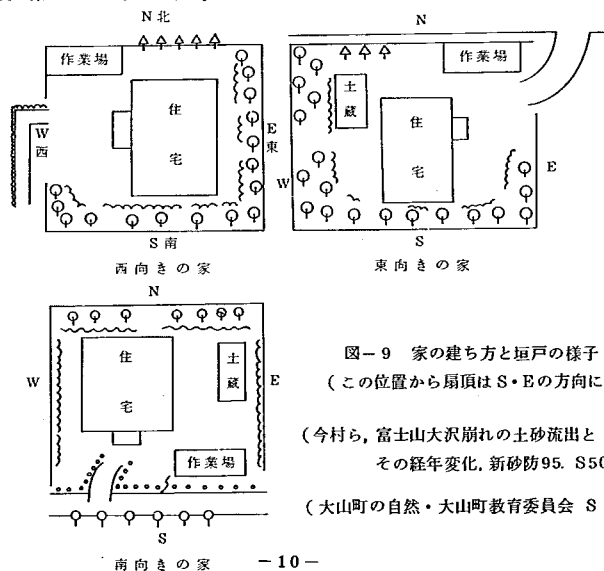
これらの場所では、植生が存在しないか、もしくは存在していても、周囲の植生とその分布や樹種などで違いがあると考えられる。

このような植生を調べることで、旧氾濫区域を推定しようとするものである。

⑤ 土地利用形態と家屋の構造などを調べる。

人が扇状地面上を利用し、また住居をかまえる場合、他の条件もあるが、すきこのんで災害を受けやすいところには住まない。しかし、いったん住居を決めると壊滅的な被災を受けないかぎり、水害や土砂害に対抗する手段を考えて生活している。たとえば、梓川扇状地での石垣や植樹であり、常願寺川扇状地の垣入などがある。これらは破堤点等、氾濫発生点からの流水や土砂流に対して少しでも身の安全をはかろうとする生活の知恵をはたかせているもので、この他、神社・寺院・墓地等の位置なども、水害・土砂害に対しては、比較的安全なところにあると言われており、⁽⁹⁾ これらを、調査整理することによって、被害を受けている面と、受けない面が区分できよう。

図-10にオーストリア⁽¹⁰⁾における例を示す。この例でも、過去(1770年)の土砂災害の発生した区域(図中の点による範囲)に災害前より存在していた住居(黒ぬり)は、わずか2戸で、あとの住居は災害後に築られたものである。



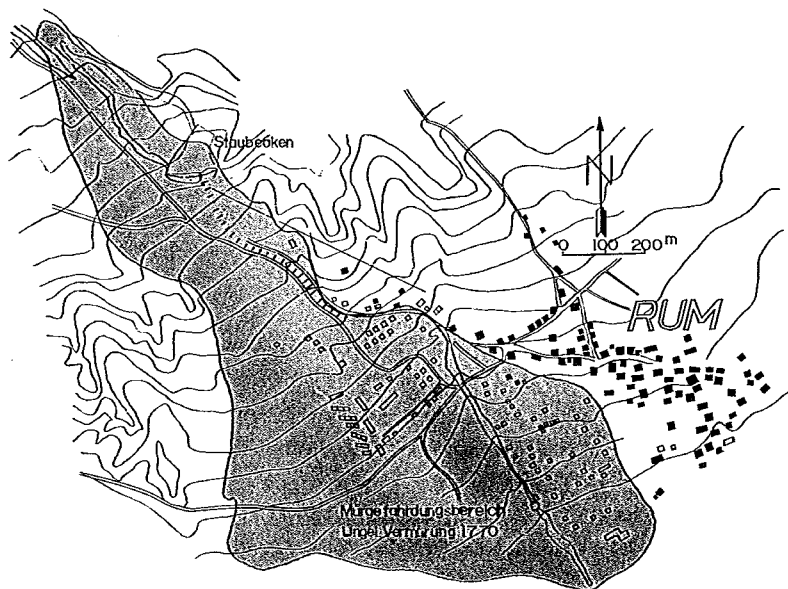


図-10. オーストラリアの土砂災害区域と家の建ち方

3.3 氾濫流水の主流方向の調査

氾濫した流水が、どのような流れ方をするかは、扇状地の危険度を調べる上で重要な事である。一般的に扇状地は同心円状にできると言われているから、同一条件の場合、流水の氾濫は扇状地全部をおおうように思われる。しかし、現実には、扇状地全面が被災するという災害はまず存在しない。むしろ同じようなところが、何度も被害を受けている例が多く、扇状地上で、同一の扇面とは言え、その危険度は大いに異なるのが通例である。その意味からも過去の災害の主流向を調べる事が重要になる。図-4に梓川扇状地での過去の主流方向を示すとともに、図-2に一洪水での主流向を示す意味で、明治24年の常願寺川災害の主流向を示した。

① 旧河道を調べる

旧河道や微地形による凹地は、旧氾濫水路である場合が多い。

これは、これらの地形が周囲より低いため、いったん氾濫した流水が低い地形に集められるからである。

② 粒度調査

主流路にあたった部分は洪水流の流れに釣合った粒度を有していると考えられ、周囲とは異った粒度分布を呈していると考えられる。

3.4 現河道の状況調査

扇状地面上的危険度は、過去の危険度を示すもので、これに加えて、現在の危険度が判明すれば、危険度調査としては充分であるが、実際には水理学的な問題もあって、なかなか河川としての危険度は解明が困難である。そこで、水理学的な検討は別の機会にゆずるとして、ここでは、地形的考察を主とした現況河道の危険度を検討してみる。

① 天井川となる点の存在

前述したように、過去の災害は天井川となる点、もしくはそれより下流で発生していることから、調査をする扇状地面上を流れる現河道の危険度としては、まず最初に天井川となる点があるのかを調べることにある。

② 河道縦断勾配の変化点

河道において、縦断勾配の変化点は過去の災害においてしばしば災害を発生させる原因となつている。昭和51年9月、台風17号災害時における愛媛県の災害も主にこの勾配変化点に起因した土砂の堆積によっていることが報告⁽¹¹⁾されている。

そこで、現河道において縦断勾配がどのようになっているかを調査し検討する必要がある。

③ 粒度調査

現河道内は、掃流力にみあった石礫が存在すると思われるが、時としてその掃流力に見合わない場合がある。たとえば図-12は常願寺川における河床勾配と粒度との関係⁽¹²⁾を示したものであるがこれらのうち粒度の変化地点は、過去の災害における破堤点、もしくは氾濫発生点となっていることが多い。

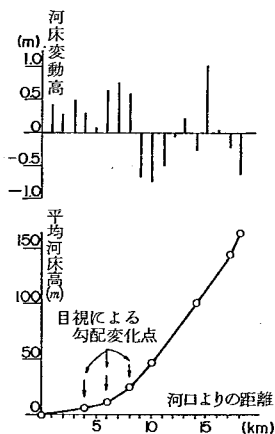
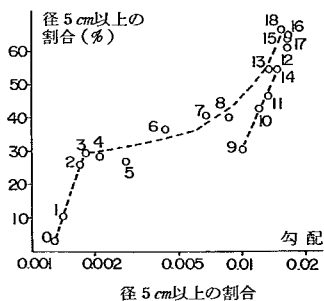


図-11 勾配変化と河床変動との関係



図中の数字は河口からのKm数
例 05 河口から5Km地点
の径5cm以上の割合を示す。

図-12 常願寺川の粒度変化

④ 河道の曲がり方

河道の屈曲部は、しばしば災害の発生点となる。とくに強い流下エネルギーを有する流れは、直進性を有していることがあり、しばしば屈曲部を曲がりきらずに直進することがあるので、この河道の曲がり方を調べる事も必要となってくる。

⑤ 既設工作物

一般的には、災害を受けた所もしくは、災害を受ける危険の高い所から工事が施工されていると考えられるから既設工作物のあつところは危険なところと考えてよい。

そこで、現河道のどこに工作物が存在するかを調査する。

一度、工作物を施工しても、災害発生点などでは、再度、護岸の破壊等の被害がでるものであるから、古い工作物の間に比較的最近の施工護岸がある場合などは、充分注意する必要がある。

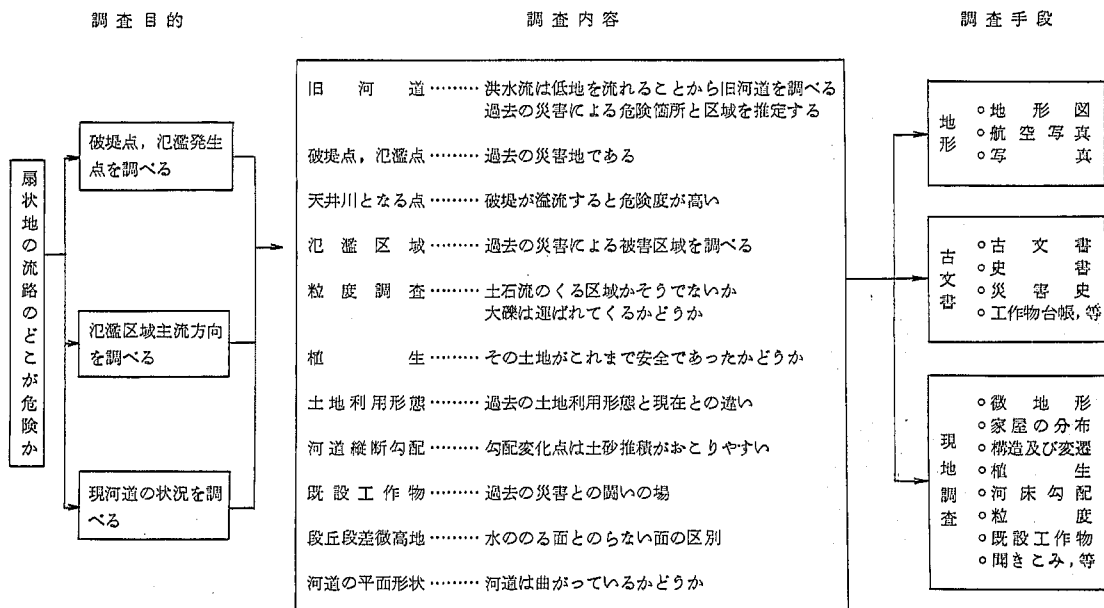


図-13 調査方法のフローチャート

4. 調 査 方 法

調査の目的にそって各々の具体的な調査手法について述べる。

我々が用いた調査手法は、主に地形的要因を主としたもの、古文書等を主としたもの、および現地踏査によるものであり、これらの調査手法の位置づけは、図-13 調査方法のフローチャートによって示した。

4.1 調査手段の概要

調査方法の具体的説明には、手段からの説明と調査内容からの説明とがある。ここでは、前節との関係もあるので、調査内容からの説明をしたい。そこで、まず調査手段の概要を述べておくことにする。

① 地形的要因を表現した資料からの調査手段

地形的要因からの調査手段とは、地形図、航空写真および地上写真を用いて調査するものである。

使用した地形図は、 $1/5,000 \sim 1/10,000$ (市町村所有) $1/25,000$ (国土地理院発行) で、 $1/10,000$ が最も多かった。

② 古文書等の文献資料からの調査手段

各地区や市町村で所有している古文書、史書 (特に災害史に関するものが都合よい)、既設工作物台帳等の文献資料を基本として調査するものである。

常願寺川の扇状地調査では、越中資料 (巻1~4) 大山町史、新庄町史、島村史等の史書の他、河川としての資料として常願寺川沿革誌、護天涯等の参考資料があり、木戸川の調査においては、木戸村史があつて非常に役立った。

③ 現地調査による手段

現地調査による扇状地調査手法は、最終的には、阿部・池谷⁽⁸⁾によってとりまとめられたもので、微地形、家屋の構造、集落の分布、植生、粒度、既設工作物の存在等を現地踏査および聞きこみ (古老や町の有力者、寺の坊さん等が有効であった) 調査によって扇状地の危険度を調査しようとするものである。なお、扇状地での微地形を知るには、自転車によって調べるのが最もよい手段である。なぜならば、ペダルを踏まなくてよい時は下り勾配だし、上り勾配になるとペダルにかかる力がより必要となるので、自転車の進み具合で微地形がわかる。

4.2 調査内容ごとの具体的調査方法

① 旧 河 道

地形図 ($1/25,000$) からの読みとりでかなりの旧河道は判明する。

これは、地形図において谷形 (図-14 参照)、地形を追うもので、信濃川支川魚野川右支水無川における地形図から推定した旧河道と現地調査の結果とを図-15と図-16に示した。

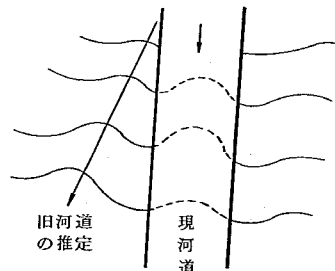
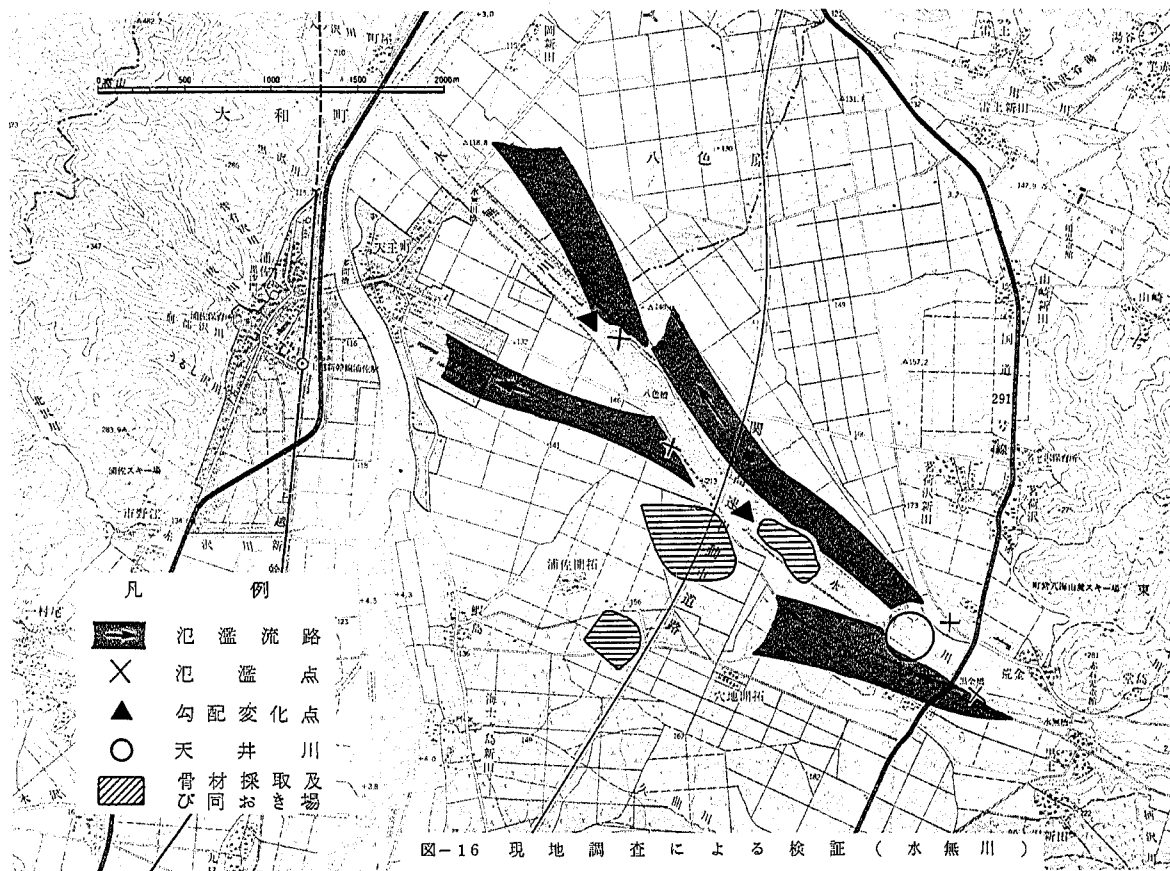


図-14 旧河道の推定法





なぜならば、用水路は取水のしやすさと、用水路の施工しやすさ等から、比較的低地形に施工している。そこで、扇状地上の用水路網を航空写真や地形図（1/25,000国土地理院発行でもよく判明する）によって、調査し図示する。

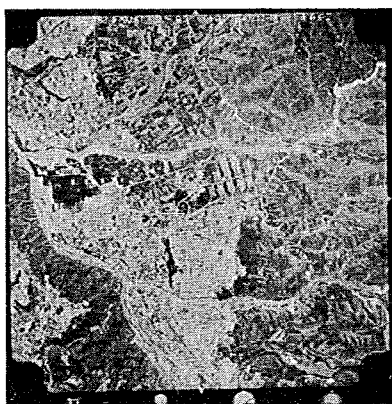


図-17 富士川支流川扇状地の航空写真
(建設省 富士川砂防工事事務所提供)

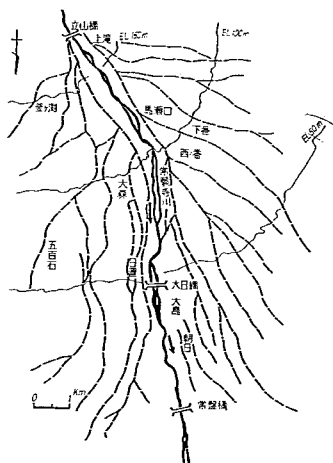


図-18 常願寺川における用水路系統図

古文書から、旧河道を調べる方法は、位置的な精度が若干悪くなるが、時間的な精度は最も確実と言える手法である。

現地調査から旧河道を調べる場合には、次の項目を調査すると良い。

- i) 微地形
- ii) 用水路網
- iii) 洪水時の流路の聞き込み

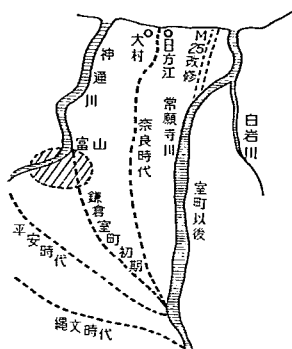


図-19 常願寺川河道変遷図

特に微地形については、アゼ道に沿って調べると、よくわかる事がある。微地形的な低地は図-21のように湿地であることも多い。

これらの現地踏査に入る前に土地の古老などから話を聞くことが必要であるが、扇面全面に関して洪水時の流路についても十分話を聞いて、その流路を現地確認することは、役に立つことが多い。

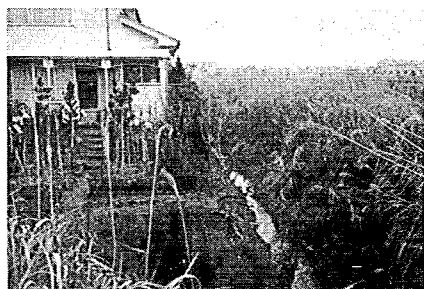


図-20 用水路は低地を流れる



図-21 微地形低地は湿地であることがある。

② 破堤点・氾濫点

地形図から直接破堤点を見いだすことはむずかしい。そこでさきの旧河道や微地形低地の線と現河道との交点を破堤点と予測して、現地調査や文献による検証をする。

航空写真による方法は、災害後ただちに航空写真を撮影していれば、破堤点・氾濫点を見出すのはたやすい。しかし、災害後かなりたった場合や、災害に関係なく写真をとっている場合には、地形図と同じ効果しかない。

古文書などの文献による場合は、主に大字名や小字名の地名で場所が明示されている場合が多く、現在のどのあたりになるのか、わからないこともある。このような場合には、よく文章を読むことにより、周囲の地名や、ポイントとなるもの、たとえば、神社、墓、大きな岩、大木などを注意して見出し、現在の位置との検証をするといよい。

・常願寺川における文献⁽⁶⁾からの破堤点の推定例

昭和6年7月8日～10日 常願寺川出水し、西ノ番堤防8カ所欠壊す。

昭和8年7月25日 常願寺川出水し、寺田、舟橋村20町余の田畑浸水す。

たとえば、常願寺川の例にしても、昭和6年の災害については堤防の名称が記述されていて、破堤点がよくわかるが、昭和8年の災害の記述では、現在字名や村の名であって一地点を示しているものではなく、どこから破堤したのかは不明である。

現地調査による破堤点の確認はむずかしい。手法としては、地形図の手法と同じように、微地形低地や旧河道を上流に追っていき、現河道との交点を破堤点と考え、文献や聞きこみ調査などの資料と検証するとよい。

③ 天井川となる点

地形図、ことに大縮尺の地形図には、現河道内にも等高線が記入されていて、河床高と背後地盤高が明示されているから、天井川であるかどうかはすぐに判明する。小さな扇状地では、河道があまり広くない場合が多く、この場合には、河道内まで等高線が入っていないことがある。そこで地形図上からは次のような地形の場合に天井川となる点は図-22の中間点である。

古文書等の資料では、天井川となる点の位置を確認することは困難であろう。

現地調査において、天井川となる点を確認する場合には、河道内と河道に沿った背後地盤（河道から50m離れた地点、小さな河川では10m離れた地点）を縦断測量して、両者を同一軸のグラフに書いて河川の河床高と背後地盤高とが一致する点天井川となる地点である。なお、この天井川となる地点は、左右岸で異なることがあるので兩岸について別途に調査することが望ましい。

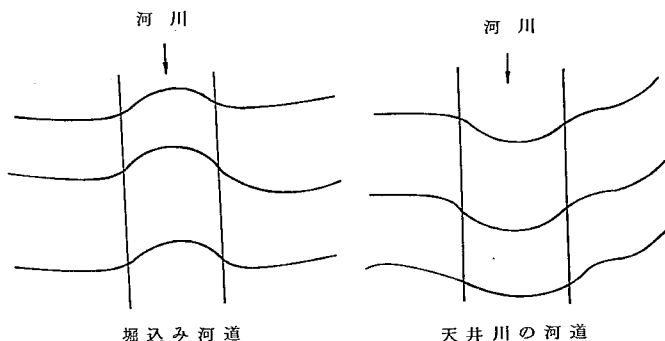


図-22 両者の中間が天井川となる点である。

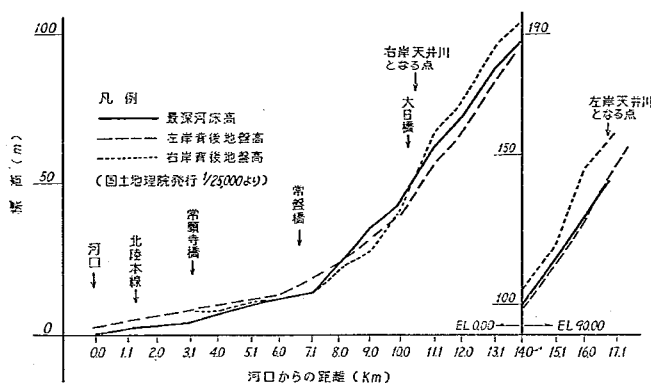


図-23 常願寺川における天井川となる点

④ 河道縦断勾配

堆積特性を調べる一つの方法としての河道縦断勾配についても現地調査については、河道の縦断測量による方法が最もよい。

地形図からも縦断勾配は読みとれるが、精度的には多少おちる。しかし、勾配変化点の有無を調べる程度には使えそうである。

③天井川となる点を調査する場合の現地調査及び河道の縦断勾配の現地調査においては、ポケットコンパスによる測量が簡易でかつ精度がよい。

⑤ 段丘、段差、微高地の位置と規模

地形図(1/25,000～1/10,000)航空写真からは、段丘の位置は比較的明確に判別でき、かつ高さなども、とらえることは可能である。しかし、段差や微高地については、地形図だけでは、調査が不充分となることがあり、できるだけ現地調査が必要となる。

ここで段丘とは、単に高低差があるものすべての表現ではないことに注意すること。

そこで段丘について記してみる。

段丘：海岸や河岸に沿って、一定の高さの面が階段状に分布しているものをいう。海岸段丘と河岸段丘に分けられる。成因は同じではない。(地学小事典・三省堂編・S 45)

扇状地面上で取りあつかう段丘は河岸段丘が主なので、地学小事典から河岸段丘とは何かを紹介しよう。

河岸段丘：河岸付近に見られる階段状の地形。隆起または、河床の沈下によるものと、多雨期などのとき、土砂の堆積によってできるものがある。これは、成因的な分類で前者を構造段丘、後者を氣候段丘という。形態的には、岩石のみでできているのを岩石段丘といって、構造段丘に属し、一方、砂レキを中心としたものを砂レキ段丘といい、氣候段丘と構造段丘の両方に属するものがある。

古文書等の文献から段丘を調査する場合には、資料としては、主に学術的な文献にかざられてくる。例えば、常願寺川の扇状地調査においては、「立山山麓の隆起扇状地 深井三郎 地理学評論 29 巻4号 S 31.4」等が、扇状地について明記されていて、段丘の説明もある。

全国的な資料としては、経済企画庁総合開発局が発行している「土地分類図」が参考となる。この図面は、縮尺が1/200,000であるが、表層地質や地形分類から扇状地を調べてみるとかなりその構成が判明するし、付属資料によって、扇状地面上的段丘についての記述があるところもある。また他の調査要因も記述されているので参考となろう。

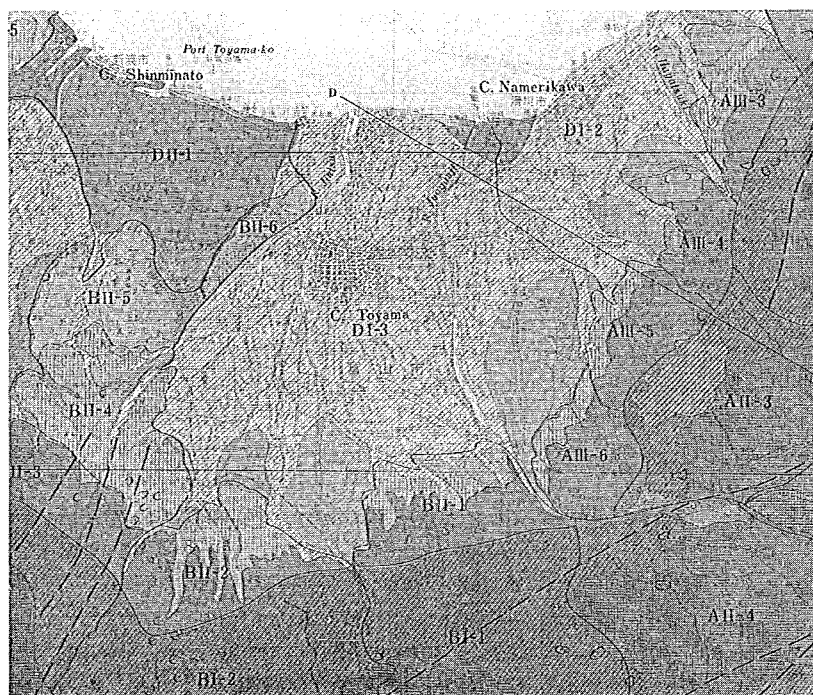


図-24 常願寺川扇状地の地形
(土地分類図<経済企画庁・富山県>による)

現地調査から段丘・段差・微高地を調べる場合には河川に対して、直角に歩くと河川から遠ざかるにしたがって、高くなるか低くなるかを調査し、それを測ることによって段丘及びその規模がわかる。

特に段丘・段差・微高地の規模はある洪水に対して(たとえば、計画高水量に対して)安全かどうかの扇状地面の安定度判定に非常に有役であるので、必ず比高調査をしておくこと。

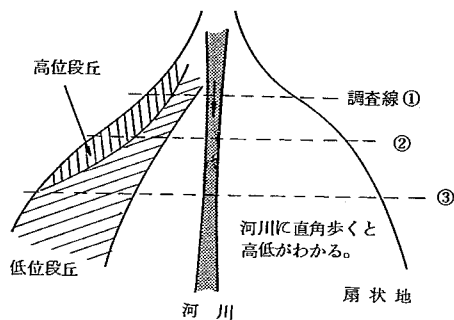


図-25 段丘の調べ方

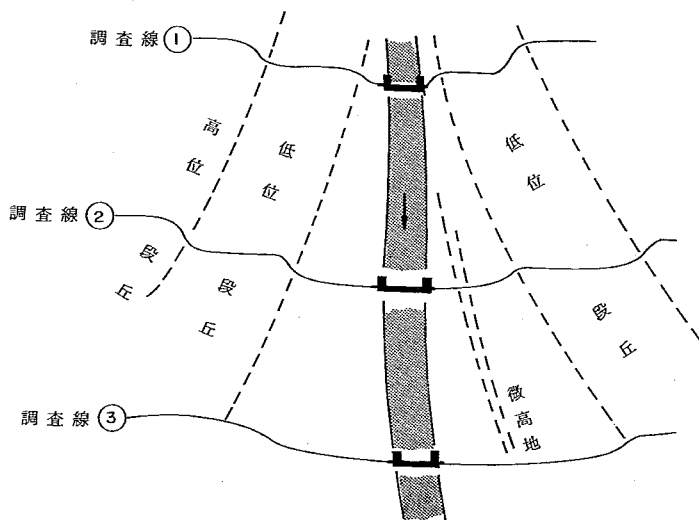


図-26 調査線・横断形と段丘の位置

⑥ 氾濫区域

過去の災害による被災区域を調べるもので、地形図そのものだけでは判別は困難であるが、時間をへだてた2時期の地形図を対比することにより、集落や大きな家屋（小さな家屋はひろいだが困難である）の変せんを調べる。

以前に存在していたものが消滅していれば、そこに災害という要因が入っていないかどうかを確認する必要があるだろう。

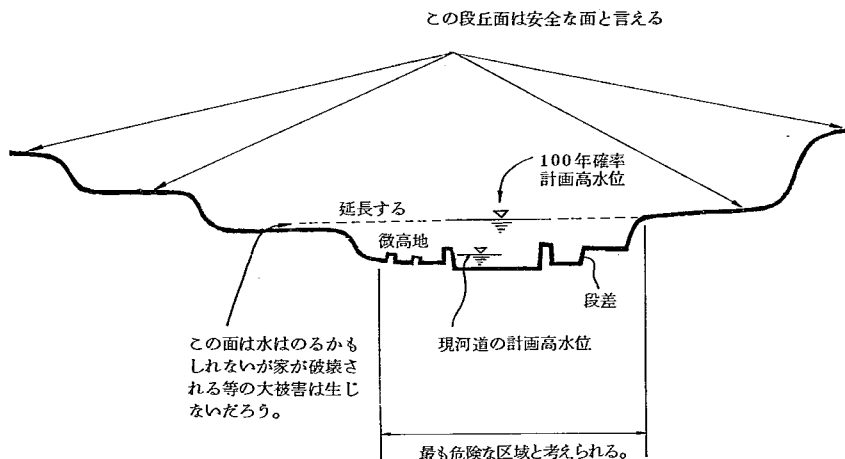


図-27 段丘、段差及び微高地の位置・規模と洪水に対する安全度

過去に氾濫源であった区域は、地名としてそのような名が残っている。たとえば、大石原・川原・河原・中川原・石原等である。

これらの名がついている場合には一度氾濫区域としてのチェックをする必要がある。

航空写真を災害直後に撮影することが最も氾濫区域の設定に有効である。航空写真から氾濫区域を地形図に転写することによって、より氾濫区域が明確になるだろう。

集落の変遷等については、2時期の航空写真の対比から地形図において示した手法と同じ手法により解析が可能となる。

古文書等の文献から、氾濫区域を調べる場合には、町史や村史では比較的災害に関する記述が少ないようであるから、歴史書、特に〇〇水害史や××災害史のような災害に関する史書は好都合である。

現地調査による集落の変遷の調査は古老や郷土史家に話を聞くことによって実施する。この他、氾濫区域の想定については図-28にあるように過去、土砂災害等をおこした地域では、自衛手段をなにか構じるかもしれない家は家屋をより安全なところに移転することが考えられるので、これらを参考にして調査を実施する。

常願寺川の例⁽¹⁾では、安政5年(1868年)の水害の際に現在の富山市向新庄の住民が、立山町の向新庄地区に移住し、当時は引越新庄と呼ばれていたし、また、立山町田添地区も以前には引越田添と呼ばれていた。

この他にもまったく他の土地に移転することも現実にはあるが、ここでは調査対象としていない。

次に、自衛手段の例では、家屋の外周に石積みの垣を作る。屋敷林をもうける。母屋や玄関の向き

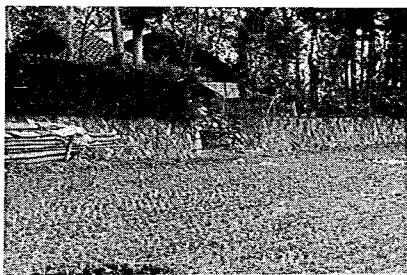


図-28 梓川扇状地の石積み垣



図-29 新しい家と古い家とは屋敷林の有無が一つの区別となる。

を洪水の流下方向にむける等があり、家屋自体も周囲の土地よりいくらかでも高いところに作ってあることが現地調査でわかることがある。

また、家屋の新・旧なども、その土地における安全性（氾濫区域内か外かの判断基準）と比例していると考えられるので、扇状地面の家屋の新旧を地形図に記入するとよい。家屋の新旧は構造や材料等によって、また、外周の植物等によって判断できる。旧家は家を改造、建てなおし等をする場合にも、しばしば昔のよい構造はそのまま残している例が多く、よく家の構造を調べると参考となることが多い。

特に、最近の家屋は土地の安価なところや、交通の便などを考慮して築造されていることが多く、過去の災害に対する危険度等はほとんど考えられていない。

また、構造は比較的キャシャで材料は新建材を使う等、その判断は容易であろう。庭の植物にしても、そう何十年もたった植物は植わっていない。

⑦ 土地利用形態

旧河道や氾濫源等、洪水害や土砂災害の危険性のあるところは、一般的に言って土地の高度利用はしづらい。そこで、過去の土地利用形態と現在の土地の利用形態との相違を調べる。

地形図や航空写真による方法は、新・旧2時期の図・写真の対比から調査する。

古文書等文献による方法からは、特に古文書や歴史書を調べると明確な記述がある場合がある。

現地調査では、古老からの聞きこみによる。

⑧ 植生の有無とその種類

「土砂が移動しなければ、扇状地の大低のところでは植生の導入・生育がありうる。」と考えて、ある代表植生（この場合、樹木の方がよりよい）が、存在する範囲を調べるものであるから、地形図からは判読がむずかしいが、航空写真では2時期の写真の比較をして植生の違いを調べるとともに災害との関係調べる。

文献からの調査方法もむずかしい。たとえば以前にあった森林が次の時代になくなる例でも、その原因が災害でない場合があり、植生の存在と消滅が、何によっていたかという因果関係まで判明できないと意味のない場合が多い。

現地調査では、植生の分布状態、樹木の種類、自然林か人工林か、年輪、そして根のまがり具合などを調べると有効な資料となる。

特に、根のまがり具合などは、過去に災害の流路であったところでは、その流水の流下方向に根が向いている事があり、氾濫流路の確認の意味からも重要な資料となる。

⑨ 粒度調査

地形図からは、調査不能であろうし、文献も粒度調査結果以外はほとんど役に立つ資料とはなり得ないことが多い。

航空写真も時として有効であるが、一般的には、現地調査による他はないようである。

現地調査では、大礫の分布状況を把握して、それが過去の土石流ではこぼれたものかどうかを判定しておく。そして、現在でも土石流の危険性があるかどうかの判定をしておく、扇状地面上において土石流の危険区域と土砂流の危険区域との判別が可能となる。ただし、過去の災害の石礫径だけから土石流区域かどうか判定するのは危険があり、上流での砂防設備の状況、土砂のでかた等、土石流区域設定のためには他の要因も多いので、別に調査する必要があると思われる。むしろ調査では土砂流（主に掃流による）の災害に対する危険度判定の材料として考え、礫径の変化等を充分調査しておくことが望ましい。この資料は今後の水理的な危険度の判定に際しても有効な情報を与えるだろう。

⑩ 既設工作物

過去の災害との関いの場で、地形図に記入されている工作物もあるが、砂防工作物（古くは防災工作物）は、小規模のものも多く地形図や航空写真では、わかりづらい面もある。

文献などによる方法では、工作物の存在はわかるが、その位置が不明な場合が多い。そこで、後述する現地調査とあわせて既設工作物の調査をするのがよい。

最近の河道内の工事例の意味については、すでに述べたが、現在河道でない場所での防災工作物については、扇面を踏査することからはじまる。それが、旧河道や氾濫流路に関係していることが多いので、前述の調査資料も参考にして調査するとよい。

⑪ 河道の曲がり方

地形図でほとんどの場合計測可能である。河道のまがり方が災害とどうつながっているのかを他の資料と一諸にして検討する必要がある、河道の曲がりだけで災害発生の危険度をうんぬんするのは危険であろう。

4.3 危険度判定の方法

前述したように危険度判定の方法としては、藤井らによって示された手法が、これまでに示された一つの客観的手法であるが、現在の段階でこの手法の妥当性をうんぬんするのは早計であると考えられ、我々はあえて数量化方法を採用しなかった。

その結果、総合的な危険度の判定手法としては、定性的な手法をとらざるを得ず、結局のところこれまで述べた諸要因をすべて一枚の地形図上におとすことにより、その危険度の判定をするという手法をとった。今後この方面での検討も必要なことである。

5. 具 体 的 な 調 査 例

これまでに、扇状地における危険度の調査内容及び、その調査手法について述べてきた。

いずれも現地において、もしくは実際に調査した結果であるが、ここでは、これまでに述べられて来た調査手法によって、具体的に現地調査を含め、危険度調査をおこなった例を示すもので、その1つ松川は比較的流域面積の大きい扇状地の例として、また他方、木戸川は流域面積の小さい例として示したものである。

5.1 松川扇状地における危険度調査例⁽¹⁾

松川は、建設省北陸地方建設局により、土砂災害を防止するために流路工計画が進められている。流路工計画を検討する場合に、まず、扇面での危険度を知る必要があり、流路工工事の必要性の検討、砂防工事の効果の測定、工事計画の検討、施工の優先順位の検討が必要となる。このうち、工事計画は、災害発生の特因ともなる水理条件の検討が必要となるが、これ以外については、扇状地における危険度調査をおこなうことにより可能となる。

本調査は、このような考えの基に、松川扇状地において、過去の破堤点や洪水氾濫区域の設定をおこなう等の扇面の危険度を判定するために実施したものである。

5.1.1 流域の概要

松川は、白馬連峰を水源とし、流域面積 61Km^2 、流路延長 14Km 、二股合流点より下流姫川との合流点区間の平均河床勾配は約 $1/33$ の荒廃後流河川である。姫川との合流点より上流約 5.5Km 付近で、北股川と南股川とが合流し、これより下流に扇状地が形成されている。松川扇状地は南方に平川扇状地、北方に楠川扇状地を持つ、複合扇状地である。(図-30参照)

5.1.2 調査内容と方法

松川扇状地の危険度調査は次に示す調査内容と方法で実施した。

- 1) 災害史から破堤点や被害状況を調べた。この災害史は建設省松本砂防工事事務局が、新聞や、実際に災害復旧工事に関係した人達の話を総合して作成したものである。
- 2) 既設工作物(築堤)の根固めの補強や、法覆工の補修、嵩上げ箇所を調査することにより、破堤点や氾濫発生点との関係について調べた。
- 3) 過去7回(昭和22年、33年、37年、43年、48年、50年)の空中写真から流路の変遷、植生、及び判明出来る範囲内で破堤点、等について調べた。
- 4) $1/25$ 万の地形図上から、判明出来る範囲内で旧河道や段差を調べた。また、等高線から最低河床高と兩岸の背後地盤高とを併記した縦断面を描き、交差点を求めることにより、天井川への移行点を調べた。
- 5) 現地調査をおこなった。現地調査の主な内容は、
 - ①微地形調査によって、旧河道や破堤点を調べた。
 - ②地形図や工作物台帳にない既設工作物を調べた。

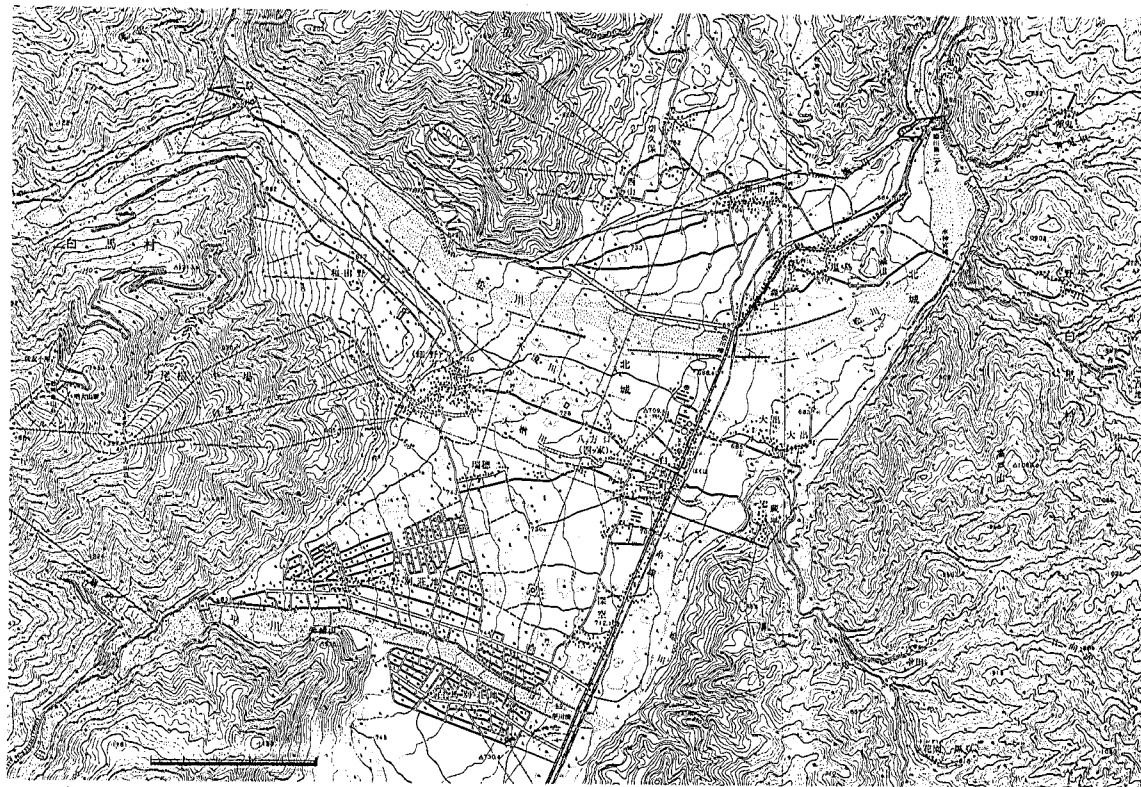


図-30 松川扇状地の流域図

③きき込み調査をおこない破堤点や旧洪水流路の確認をおこなった。

5.1.3 危険度の判定調査

1) 災害史からの検討⁽¹⁵⁾

①昭和28年災害(災害発生年月日、昭和28年7月7～8日、降雨量7日17時～8日8時127mm)

松川橋を含め松川橋上流約80mの堤防が破堤、濁流は田畑に冠水、大出部落に浸水し人家に相当な被害を与えた。また、上流馬畔の堤防も欠壊したが、浸水はまぬがれた模様。

②昭和34年災害(災害発生年月日 昭和34年8月14日：台風7号)(降雨量：北城：12日・32mm, 13日91mm, 14日・25mm, 計148mm)

馬畔地籍の右岸約80m、松原地籍で約30mが破堤、松原地籍では氾濫した濁流が水田20haに冠水、大出部落が浸水、自衛隊及び地元の水防団、数百人が出動し復旧に当たった。昭和34年災害は松川における戦後最大のものとされている。



図-31 昭和34年災害状況(№15付近よりの氾濫状況)

③昭和36年災害(災害発生年月日 昭和

36年6月23日～30日 梅雨前線豪雨)

(降雨量：北城観測所：23日～30日

総雨量275mm, 最大日雨量29日52mm)

7月1日未明、山の神地籍において約60mが欠壊、流水は南にある田用水路に流れ込み、一部は用水池、他は霞堤より本川に流入した。地元水防団の活動で田畑等には被害が及ばなかった。

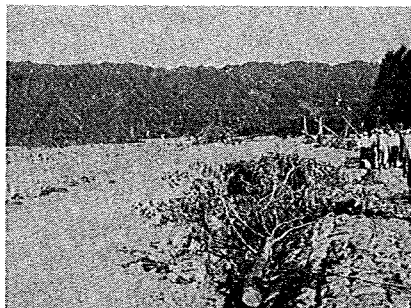


図-32 昭和36年災害
(№21付近より下流の出水状況を望む)

⑥昭和40年災害（災害発生年月日 昭和40年7月11日～14日 梅雨前線豪雨）

13日早朝、松原地籍（松川橋上流250m）において松川右岸堤防が約160mにわたり欠壊、濁流は一気に水田20haを冠水、大出部落に浸水した。

大出部落は、戸数45戸のうち、21戸が浸水（床下12戸、床上9戸）による被害を受けている。又国道糸魚川線200mが、それぞれ水没、鉄道道床が流失したため線路は宙ずりとなり、復旧に旬日を要した。

⑦以上のことから、戦後における災害史からの破堤点は、松川橋付近、馬畔地籍、松原地籍、山の沖地籍であり、氾濫流水は大出部落や水田に被害を与えていることが分かった。しかし破堤点が、はっきり示されていないこと、洪水流路や被害区域が漠然としている等、不明確な点が多い。現地調査等により明確にさせる必要がある。

2) 既設工作物調査⁽¹⁶⁾により、過去の破堤点や氾濫発生点を確認する。

災害史等に記録されている破堤点や氾濫発生点及びその付近の築堤は、築堤本体、根継ぎや根固の補強、法覆工の補修等が、災害復旧工事により実施されていると考えられる。

図-33は、工事記録と現地での聞き込み、新聞等から破堤点や氾濫区域を整理したものである。災害を受ける毎に、災害復旧工事として護岸工が施工されている。そして、護岸工は右岸に多く、左岸に少ないこと、また右岸で災害以前に施工されていた護岸は根継工事や嵩上げ工事、蛇籠による補

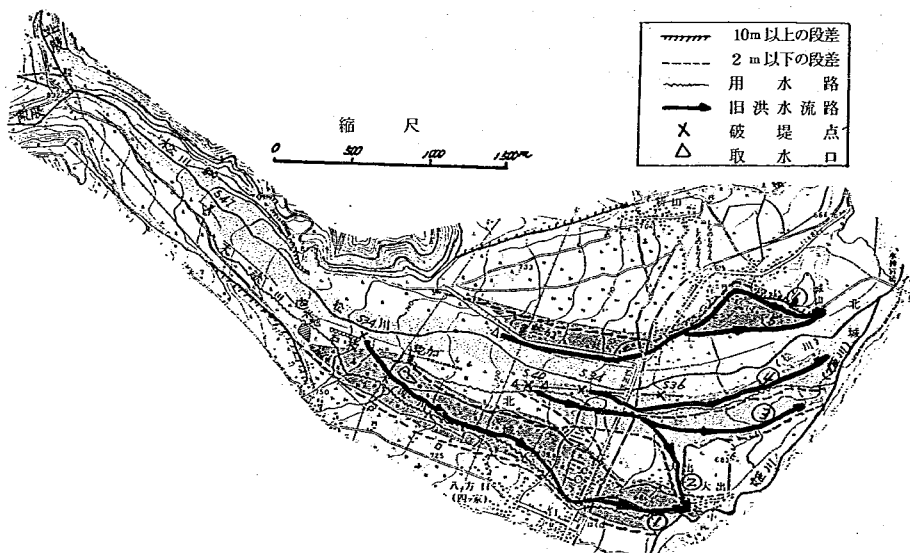


図-33 過去の破堤点と洪水流路

強などが施されており、ある洪水に対する扇面の危険度は、右岸に高く、左岸に低いことが推定できる。

現地での聞き込み調査による洪水氾濫区域を災害年度と共に図-33に整理してある。

同図でみるように、昭和34年度は、戦後最大なものである。また、断面No.10より下流、松川橋付近、大出部落は、昭和28年、34年、40年に被害を受けており、扇面上で最も危険度の高い区域だと推定される。

3) 地形や植生等の調査からの検討

①松川で、天井川への移行点は図-34に示すように、右岸側は姫川との合流点より3.9 Km付近(標高800m)であり、これより下流合流点間でいたるところに背後地盤より河床の方が高い箇所がみられ、洪水氾濫発生点となる危険があることを示している。一方、左岸側は背後地盤の方が河

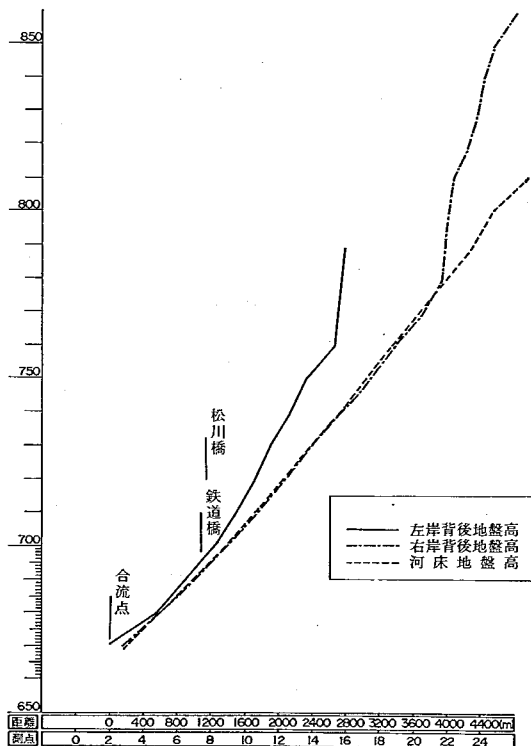


図-34 河床高と背後地盤高との関係

床よりも高く、右岸側にくらべると洪水氾濫に対する危険度は低い。ただし、合流点から上流1.2 Km区間での比高は小さい。

以上のことから、合流点付近を除いて、洪水氾濫危険度は右岸に高く、左岸で低いことがわかる。

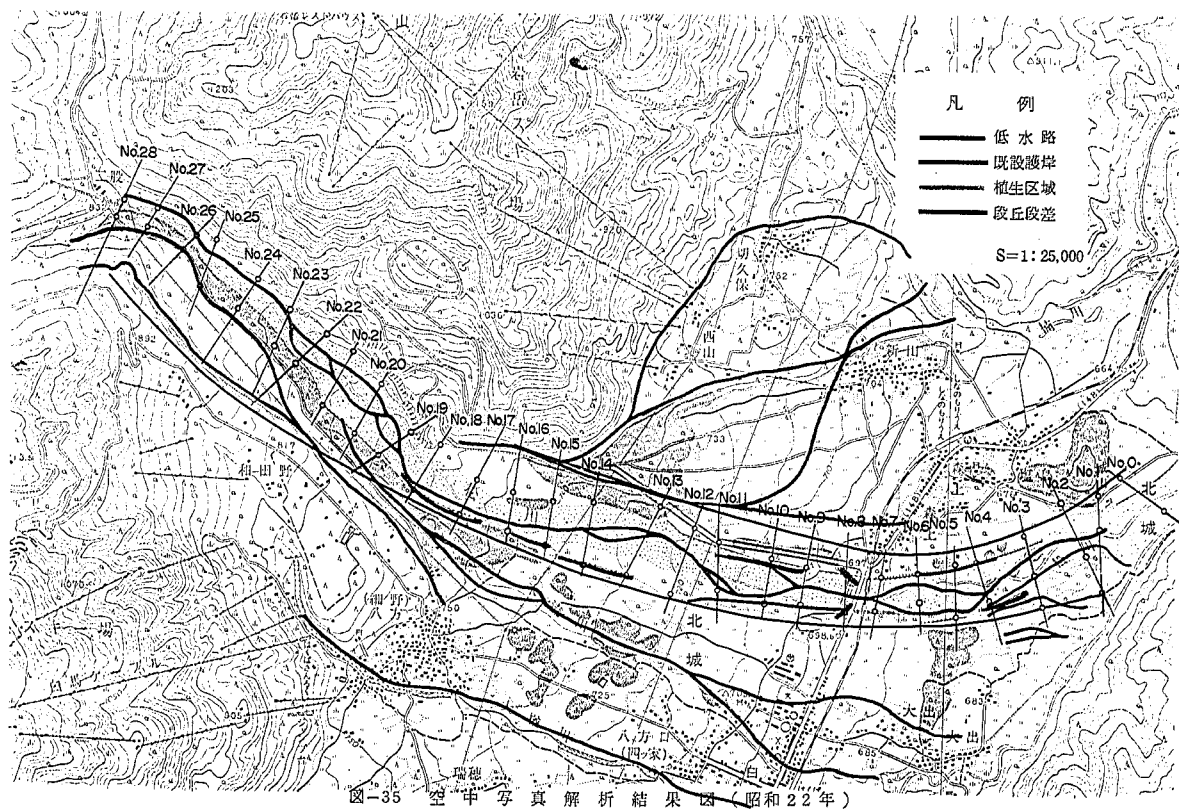
②過去7回の航空写真より、流路の変遷を調べた。図-35、36に昭和22年と昭和50年の低位流路、植生の平面的分布、洪水痕跡等を航空写真で判読して示した。図-37は、低水流路の流向特性をみるために、各年の低水流路の傾向を整理したものである。

(i)図-37による流路の特性は次のようである。二股合流点よりNa23区間は右岸に形成している砂堆の影響を受けて、流水は左岸に集中している。Na23~Na24区間で流向を変え、Na12~Na15区間に流水が集中している。Na16~Na15付近を水衝部とした流水は、Na13~Na11の左岸に流向をかえる。これより、Na10~Na9の右岸に流心は移るが、Na13付近より流水は分散される傾向を示している。

(ii)図-35、36で、破堤点等の洪水痕跡は、昭和34年にNa15及びNa8付近の右岸から扇面に土砂が流入した形跡が認められるが、他の写真からは判定しにくい。

(iii)図-35、36で、植生の繁茂状況を調べた。左岸では、いずれの写真でも、針葉樹がNa16断面から、Na12断面付近にかけて、氾濫を防止するような位置に存在している。昭和22年当時に植生が存在していなかった、城山より河岸に沿う一帯は、昭和33年にはこの区域は植生で被われている。

これによって昭和22年以前には、洪水氾濫によって植生が繁茂できなかったことが推定されるが、なお、現地調査により確認する必要がある。右岸が本流川に沿う部分に植生が存在するが左岸にくらべると、植生の存在は少ない。河道内は昭和22年、当時はNa11断面付近に植生が存在しないが、昭和33年以降の航空写真に植生の存在が認められ、昭和50年にはNa11~Na15にまで植生の存在範囲が広がっている。これは、形成された砂堆が固定化されているものと考えられる。



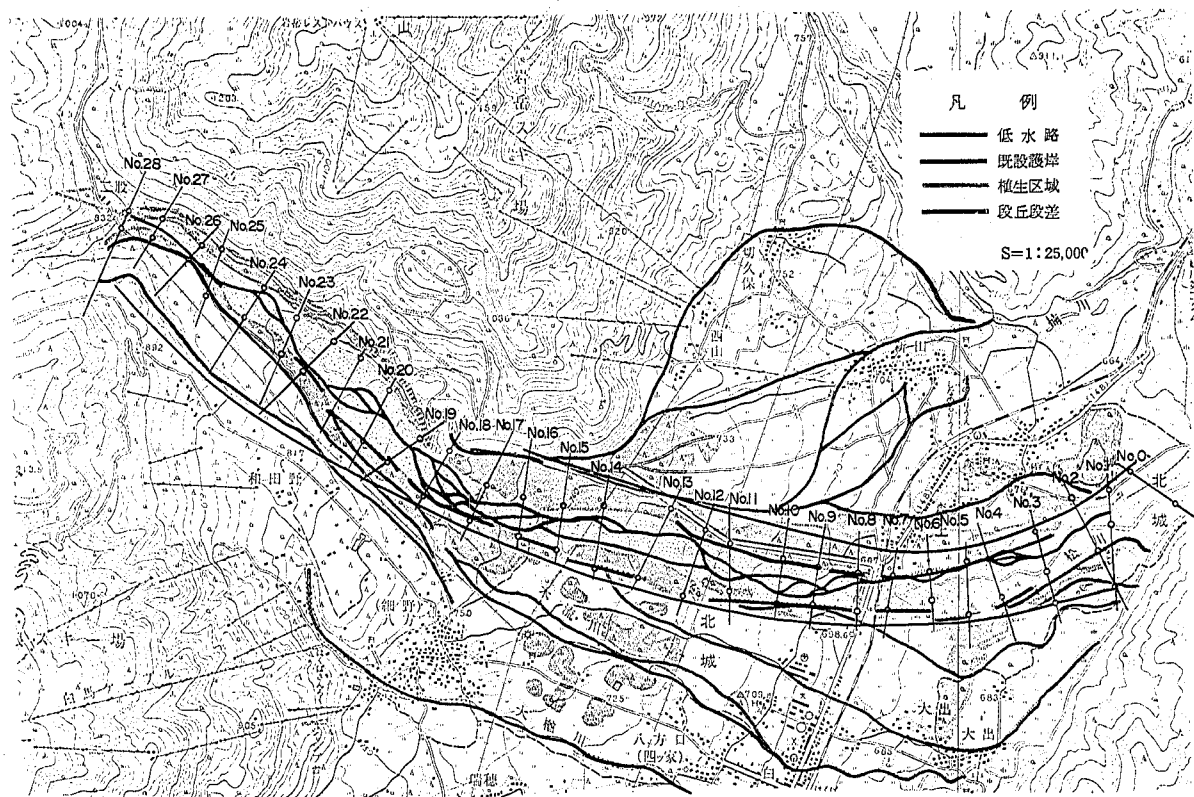


図-36 空中写真解析結果図(昭和50年)

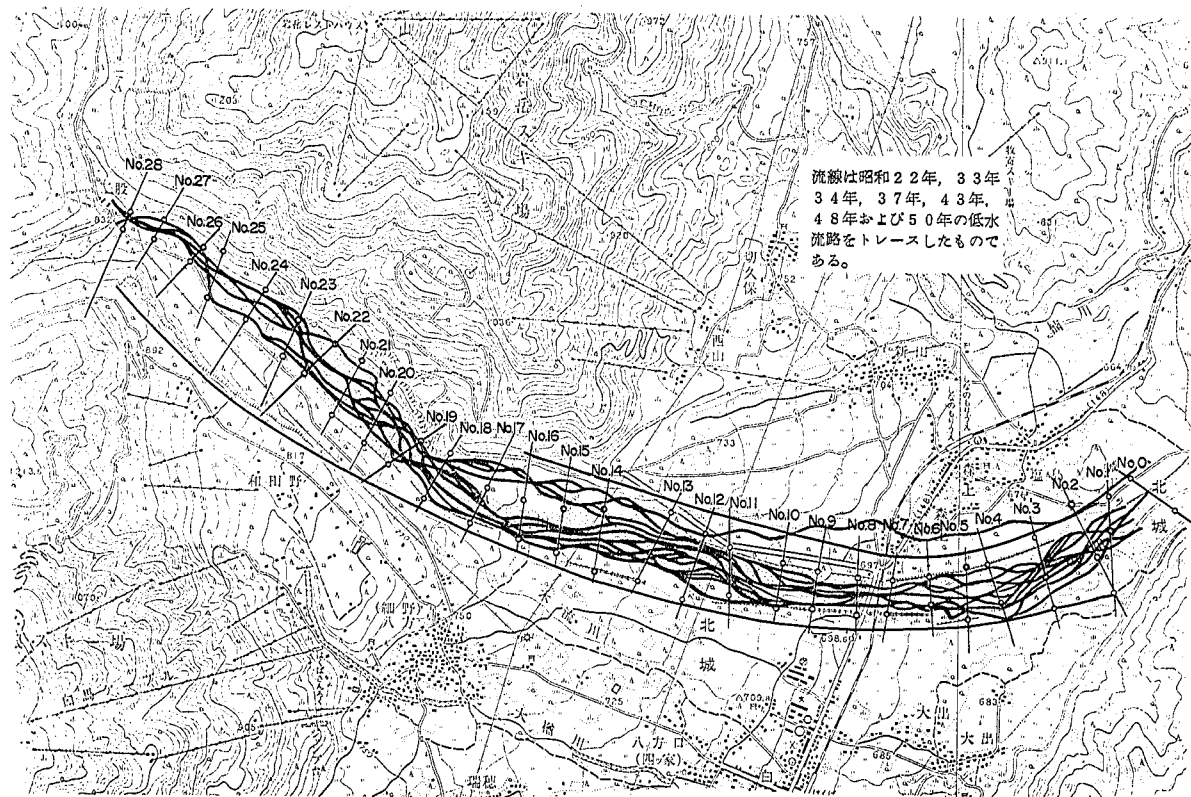


図-37 主流線傾向図

5.1.4 現地調査の検討

扇面上で段丘や段差等が、どのように分布しているか、その規模はどうかを調べた。特に段丘等の規模は、ある洪水に対して、扇面の安全度の判定をおこなうために非常に有効な方法である。

段丘等を調べる方法は、河川に対して扇面を直角に歩き、高低差を測ることにより、段丘等の位置及び規模を求めた。同じ方法で段と段の間に存在する凹地を調べ旧河道の調査を実施した。

この調査結果を図-33にまとめ整理した。図-33で段丘等を点線、旧流路を整理番号を付けて、太い実線で示した。旧洪水流路を上流に向って追跡し、河道との交差部を破堤点とした。この破堤点は、工事史等で調べた破堤点に一致している。破堤点付近には、古い工作物や用水口等が設けられている。

以下、現地写真によって調査結果に説明を加える。

1) 洪水流路①に沿う家屋の構造

(1)大出部落は、洪水流路①、②が合流する場所に存在し、過去において、たびたび洪水流に見舞れることが、昭和20年以降の災害史や、現地の聞き込み調査によってあきらかとなった。図-38は大出部落に存在する家屋で、洪水流に面した方向に高さ1m程度のコンクリート壁をはりめぐらし、洪水流による災害を防止しようとしている家屋の構造を示したものである。表玄関も流れに対して反対の方向に設けられている。家主の話によれば、昭和34年の洪水による被害を受けた後にコンクリート壁を設けたということであり、昭和34年度の洪水流路①であったことを示している。

(2)また、図-39は等高線で標高690m付近で洪水流路に当る位置に存在する家屋の構造をみたものである。やはり、洪水流路に面した方向に高さ0.7m程度のコンクリート壁をはりめぐらして、洪水流を防衛しようとしている。

(3)図-40は平川神社付近に位置する家屋の構造をみたものである。洪水流の直撃を防止するように家屋の上流にコンクリート壁をはりめぐら



図-38 流水の流下してくる向きにコンクリートの壁をもうけている。

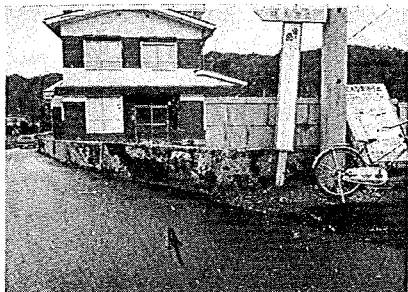


図-39 コンクリート壁による洪水防御

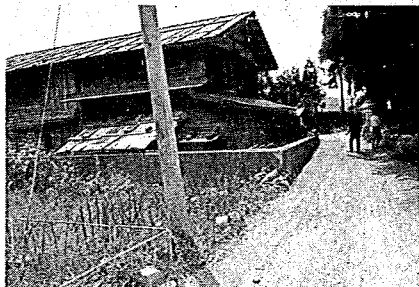


図-40 洪水対策のコンクリート壁

しており、この地点も洪水の水道に当たっていたことがわかる。

1) 段差と旧洪水流路調査

(1) 洪水流路①に沿う調査

- ① 図-41は、国鉄大糸線より、大出部落にのびる高さ1~2mの段差をみたものである。
- ② 図-42は、標高720m付近で、用水路として利用されている木流川に沿う、高さ2m程度の段差をまた、図-43は、標高740m付近で、やはり木流川に沿う、高さ1m程度の段差をみたものである。



図-41 松川扇状地上の段差



図-42 段差と用水路



図-43 川に沿う段差

- ③ 図-44は、標高740m付近の段差及び洪水流路を上流に向かって示したものである。水田は凹地そのものの形を残して造成されており、点線で示したように高さ1.5~2m程度低くなっている。
- ④ 破堤点に近い程凹地が明確に判定できる。図-45は、標高770m付近の微地形を示したものである。この凹地を上流に追跡すると図-46に示すような河道と交差する。このNo.24断面付近は、昭和51年8月の出水により、溪岸侵食を受けている場所である。
- ⑤ 洪水氾濫区域内は、次のような特徴がある。

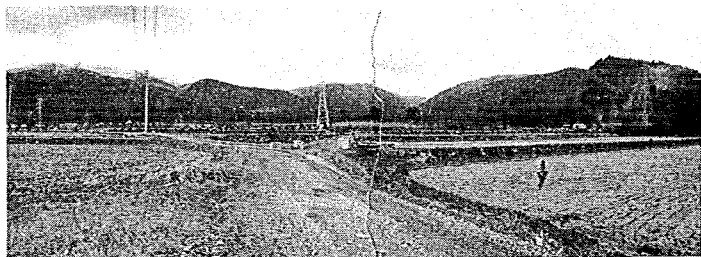


図-44 標高 740 m 付近の段差と洪水流路



図-45 標高 770 m 付近の微地形

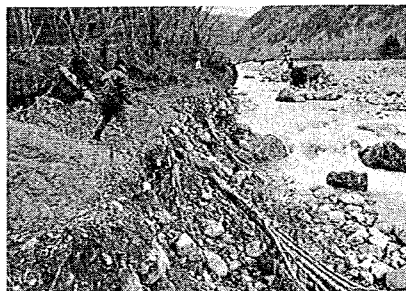


図-46 微地形低地と河道との交点

○破堤点付近は、地形図や工作物台帳記録されていない古い工作物が存在していた。

図-47 は、図-33 にも示したが、現流路より外側に空石積や蛇籠が洪水氾濫を防止するような形で存在している状況を示したものである。

現在は、直接流水に接していないが、これらの工作物は、過去において災害との闘いの中であったことを物語っている。

○遊水池や沼地が、洪水流を貯留するような形で存在している。



図-47 現流路からはずれたところに存在する石積堤

図-48でみるように、遊水池の上流部は、自然林であり、遊水池より下流の扇面に、荒地、水田が存在する。遊水池より上流部の自然林内に図-49で示したような木流川と称する用水路があるほか、図-50で示すような湧水地や湿地帯となっている。



図-48 遊水池と自然林



図-49 木流川は、氾濫流路と考えられる。



図-50 低地は湿地帯となっている

○図-51は、洪水氾濫区域内に存在する沼地を示したものである。沼地内は、カヤが繁る等荒地化されている。

○洪水氾濫の危険度の高い地域では、高度な土地利用がなされていないようである。

また、洪水流路②、③および④についても、洪水流路①と同じような特徴が観察された。



図-51 湿地帯にはカヤが繁っている

(2)洪水流に対して、安全度の高い扇面

扇面上に存在する段差と、洪水流路を調べることで、同一扇面とは云え、ある洪水に対して、安全度の高い場所が存在していることがわかる。図-33の洪水流路①と②の間で、点線で囲まれた扇面は周囲の地盤より高く、この扇面は扇面の他の部分に比較して安全であると云えそうである。

図-52は、洪水流に対して安全度の高い白馬高校より、松川を望んだものである。

また、北大出部落が存在する扇面も周囲の地盤より高く、安全度の高い扇面と云えそうである。



図-52 微地形(高地)上に存在する白馬高校からみた扇面

(3)洪水流路⑤、⑥に沿う調査

破堤点は、図-53で示した標高720mに位置する取水口付近となっている。この取水口について、地元住民は北分流と呼んでいる。

破堤点付近は、1~2m程度の凹地となっており、この凹地内に、洪水氾濫を防止する形で工作物台帳や地形図上にない空石積が存在しているほか、氾濫点の下流に図-54で示すように、護岸の嵩上げがおこなわれている。

段差は、図-55で示すように、破堤点付近より高さ5m~2mで、森上部落に向かって続いている。国道より上流部で、この段差に囲まれた氾濫危険区域内は荒地や自然林となっており、高度な土地利用はみられない。

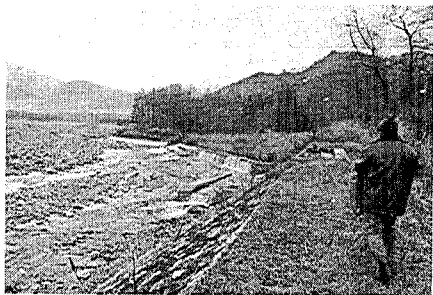


図-53 北分流と呼ばれる取水口

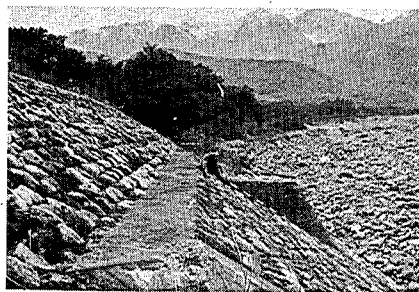


図-54 №15 付近。右岸本堤は昭和25～30年施工。
昭和45年に根継工事を実施している。

この写真から護岸施工地点と護岸のない地点がよくわかる。

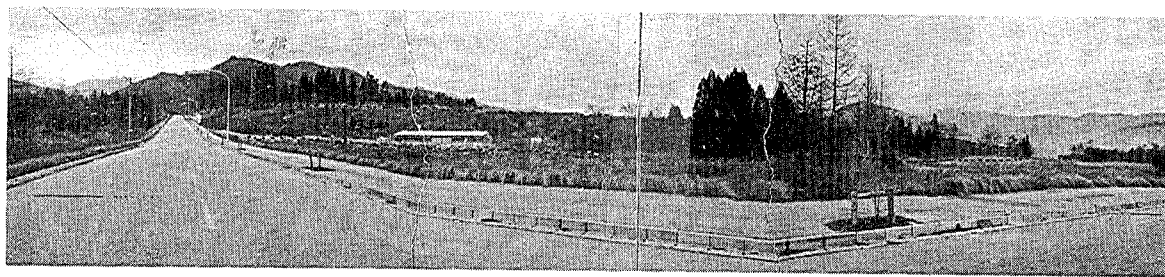


図-55 明 り ょ う な 段 丘 崖

北分流からの氾濫流水は、用水路に沿って流下し図-56で示すように、国鉄大糸線を横断する大暗渠に流入し、森上部落の一部は、洪水の水筋に当る。

森上の一部と塩島部落は、図-57で示すように、周囲地盤より2~3m高い扇面上に存在するので、安全である。洪水流は森上より用水路に沿うものと村営グラウンドを通るものに分かれ、城山地籍で合流して松川に流入する。



図-56 国鉄大糸線を通下する用水路

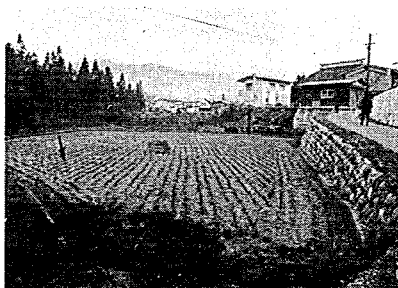


図-57 安全扇面上の塩島部落

5.1.5. まとめ

以上の地形図、航空写真、工事誌、現地調査等諸調査から、図-33に示したように土砂害を受けやすいと想定される地域が判明した。

今度は、これらの結果をもとに流路工計画の検討がなされるであろう。

5.2 木戸川扇状地における危険度調査例

木戸川扇状地は、図-58に示しているように、左右岸の土地利用形態が異なる。

左岸の扇面上には、木戸という名の集落が存在しており寺や神社などがある。これに対して、右岸の扇面上には家屋がなく、保安林としての杉林が存在し、扇面の一部が水田に利用されている。このことから木戸川扇状地において、洪水氾濫に対する危険度は、左岸より右岸扇面の方が高いことが推定される。本調査は、現地調査を主体に、このことを確認し、さらに、なぜ集落が左岸の扇面上で安全に存在するのかを調べるために実施した。

5.2.1 流域の概要

木戸川は、蓬米山・打見山を水源とし、流域面積 2Km^2 、流域延長 2.6Km 、図-58で○印で示した天井川への移行点より、上流部の溪床勾配は $1/4.5$ 、下流部の溪床勾配は $1/8$ であり、琵琶湖の西岸に注ぎ込む荒廃溪流小河川である。

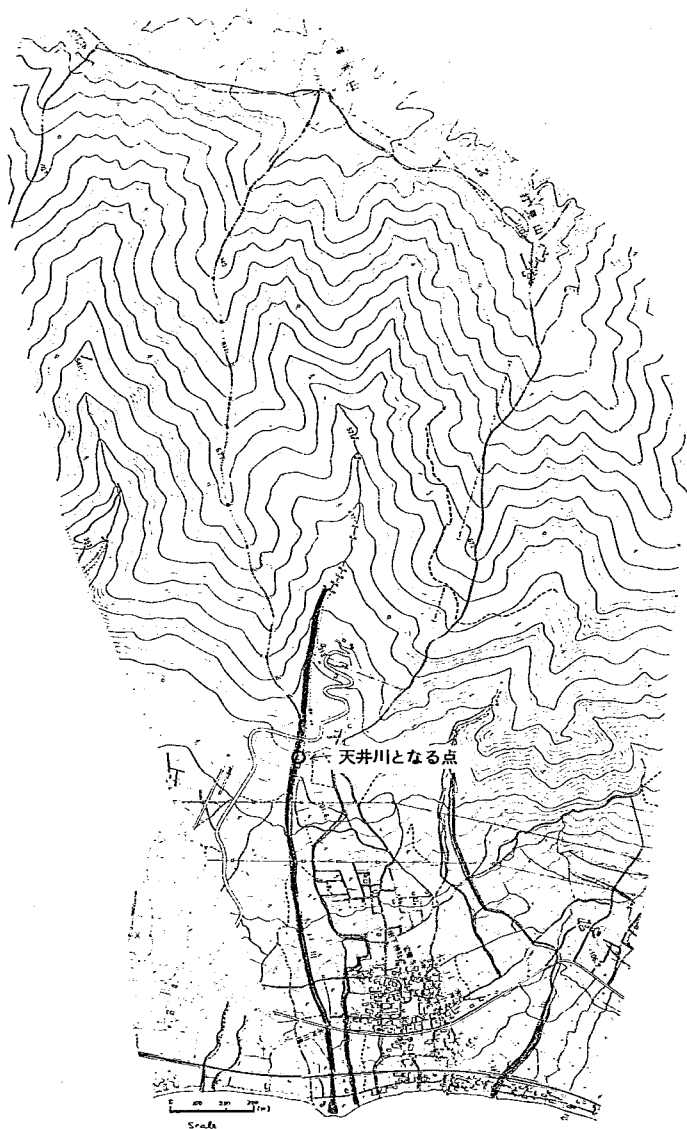


図-58 木戸川の流域図

5.2.2 調査内容と方法

木戸川扇状地の危険度調査は、次に示す調査内容と方法で実施した。

1) 現地調査

①河道に対して直角方向に歩き、旧洪水流路を調べた。

②地形図や工作物台帳にない既設工作物等を調べた。

③現地での聞き込みにより、洪水流路、破堤点の確認をおこなうとともに、木戸集落がなぜ、左岸扇面上に安全に存在するかを調べた。

④現河道を歩いて、護岸天端と河床の比高の小さい場所や、護岸の法覆工の破損箇所等を調べた。

2) 古文書による調査⁽¹⁷⁾

木戸川左岸には、安養寺(開基年不詳、天正9年再興)や樹下社(村社、古由不詳、天正5年再建)等の寺院・神社が存在していて、寺社と琵琶湖との間に木戸部落が存在している。北国街道(近江路)が、この木戸集落の中央を通っていて、木戸川の右岸には昔より、集落は存在していない。

木戸川は古くは打見谷川と言い、明治年代の以前にすでに長さ約1000mにおよぶ石堤が作られていて、集落の保全がなされている。

5.2.3 危険度の判定調査

1) 現地調査からの検討

(1) 図-59に木戸川扇状地調査結果を整理した。旧洪水流路は、微地形調査によって凹地をさがしだし、これを洪水流路とした。調査方法は、松川扇状地の場合と同様であるが、特に林のなかでのこの方法は、扇面が人為的に大きく乱されていないことや、空中写真で判読できない場所でも、容易に洪水流路を判定できるので有効である。

また、林地内で、洪水流路に沿う扇面上に礫が露出していること、木の根本の曲り方が流れの方向に一致していること等が洪水流路を確認する上に役立っている。

扇面が水田となっている場所では、水田のあぜ道が、等高線そのものを示していることから、あぜ道が上流に凸になっているところを調べて旧洪水流路とした。

図-59に示した、旧洪水流路は左岸に少く、右岸に多く存在している。以下現地写真により扇面上の微地形を説明する。

(2) 洪水氾濫区域内は、次のような特徴がある。扇面上に存在する工作物は、現地でシン缶と称する空石積が標高150m～130m間に、洪水流の直撃を防止し、水田を守るような形で存在し、左岸では洪水流路に沿って、空石積が、洪水氾濫を防止するような形で存在している。

(3) 氾濫発生点

以上のようにして、調べた洪水流路を上流に向かって追跡し、現河道と交差する所を氾濫発生点とした。最上流部での氾濫発生点は、図-59で○印で示した天井川への移行点に一致している。そのほかは、天井川となる地点より下流部で発生している。

図-69は、図-59で○印で示した天井川への移行点であり、しかも過去の氾濫点でもある付

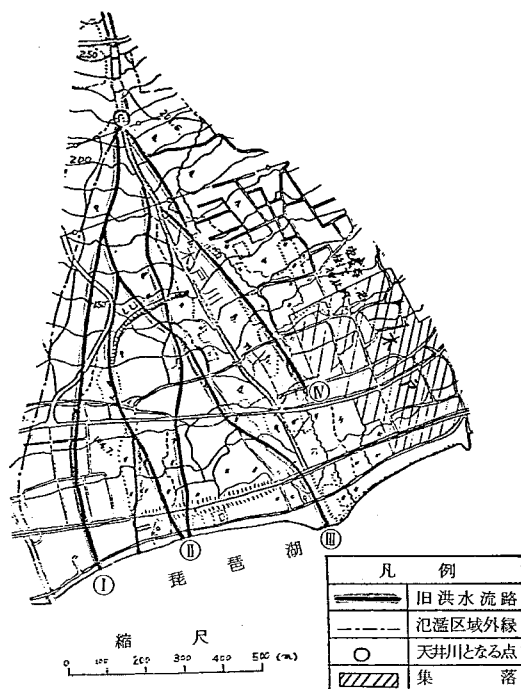


図-59 過去の破堤点と洪水流路（木戸川）

・洪水流路（I）に沿う調査

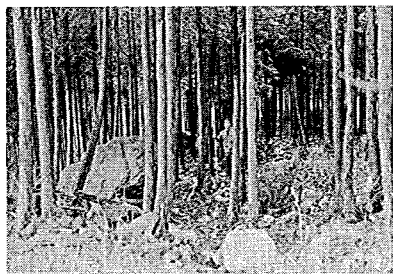


図-60 破堤点付近は扇面に露出する礫が多く、礫径も大きい。

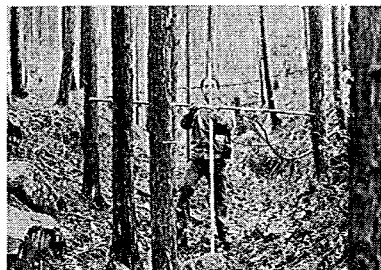


図-61 旧洪水流路は高さ1.4m程度の凹地により示される。（標高190m付近）



図-62 洪水流路が分散される付近より洪水流路の深さも浅くなるが段差40~50 cmをもつ流路を確認できる。(標高150 m)



図-63 扇面に露出する礫が旧洪水流路を示してくれる。(標高130 m付近)

・洪水流路(II)に沿う調査

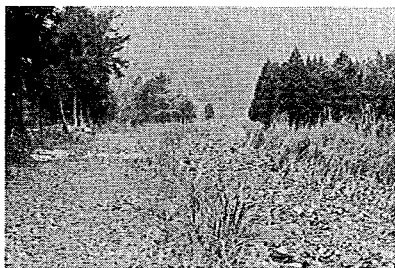


図-64 破堤点付近の河道状況を示した。河道がワン曲している場所から破堤している。(標高190 m付近)

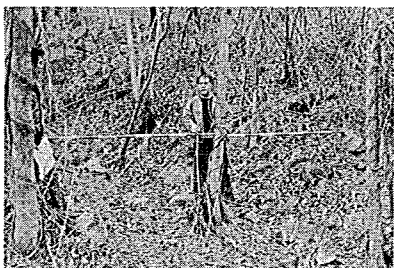


図-65 旧洪水流路内の植生は雑木であり、周囲に杉が植林されていることと対象的である。また、洪水流路内に礫が露出しているのも周囲の扇面にくらべて特徴的である。(標高160 m付近)

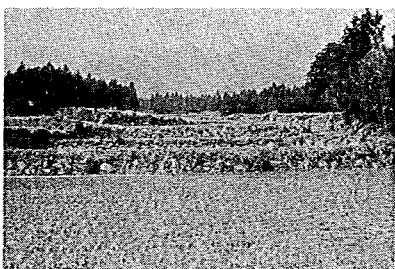


図-66 水田は低地の形を残して造成されている。水田のあぜ道は等高線にそって作られることが多いからあぜ道が上流に凸になっているところを調べると洪水流路が分かることがある。

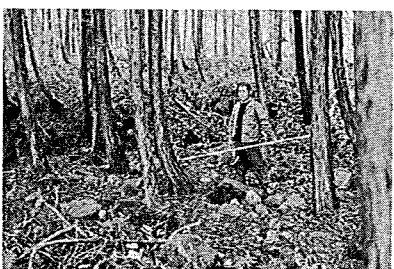


図-67 木のまわりが流れ方向を示している。



図-68 左岸扇面上に存在する空石積

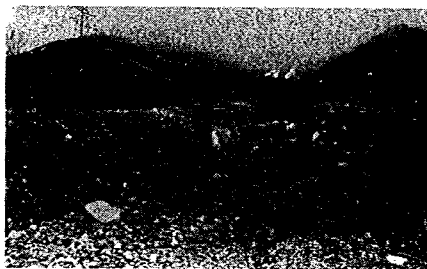


図-69 破堤点付近の築堤は、右岸側にくらべて、左岸側を高くして、左岸側への洪水流を防止しようとしている。

近の河道状況を下流から望んだものである。写真で示すように、左岸側の築堤は、右岸側にくらべて高くなっている。

地元に住む古老の話によれば、集落を洪水流から守るために、同付近の築堤は、左岸側を右岸側のそれよりも高く、しかも強固にしてあり、大出水時には、人為的に右岸側の築堤を破壊して来たとの事である。家屋の構造については、洪水流に対する防御策を講じている例が見あたらなかった。

以上のように、洪水流路及び土地利用形態から判定する扇面の危険度は左岸より右岸扇面の方が高く、実際にも木戸集落が昔から、そこに存在しており、その集落を災害から守るために、人為的な手段が前に述べた方法でとられていた。その代償として、右岸扇面を犠牲にしていたことが、現地調査により判明した。

5.2.4 まとめ

木戸川の現地調査においては、前述した現況の他にいくつかの現河道の弱点が見い出された。

たとえば、現河道内に土砂が厚く堆積していて、現護岸との比高が1m以下の箇所があったり、護岸そのものが一部破損していて、洪水に対する工作物の強度として、あきらかに不十分であると思われる点などである。

これらの現河道としての弱点は主に水理条件による危険度として取り扱われるものではあるが、現地調査をするこのような弱点も適格に把握することができる。

木戸川扇状地のまとめは、図-59に示しているとおりであり、今後はこれらの調査資料をもとにした木戸川の砂防計画の検討が可能になろう。

6 今 後 の 問 題 点

これまでに、扇状地の危険度を調査する一つの手法を示した。これは地形図、古文書等の文献および、現地調査を主としたもので、その扇状地を流下する河川としての危険度（水理的な検討）としては河道の縦断形曲がり方、粒度等の他は、調査から除かれている。しかし、本来は河川としての危険度、たとえばどのような洪水に対しては河道断面からみて安全であり、また砂礫堆等、水理的な河床変動にどの様に対応できるのかなどの検討がなされるべきである。

また、今度の調査については、土石流等の土砂の直撃の被害については、論じていない。すなわち、主には掃流形態による土砂流（含む水害）の危険度調査手法と言えよう。この前提には、上流にある程度、砂防施設が設備されていて、土石流としての直撃は扇状地面上にまいていたらないという前提であることを附記する。

今後は、これら河川としての危険度（主に水理的な考察）を中心として研究をすすめ、今回の資料に加え、また、社会的な要因も加えた総合的な扇状地の危険度調査法の確立をめざしたい。

最後に、本文作成にあたり御指導いただいた、砂防研究室、泉岩男室長に深謝の意を表する次第です。

また、現地調査を手伝ってくれた、砂防研究室、伊巻技官、篠崎試験所、上原技官、平野事務官に感謝するとともに、現地調査に際して、お世話になった、建設省松本砂防工事事務所、滋賀県砂防課、滋賀県志賀町木戸分室、長野県白馬村役場の皆さんに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 池谷 浩 ; 常願寺川扇状地における危険度調査について 新砂防 100 S. 51. 9
- (2) たとえば, 日下雅義 ; 平野の地形環境 古今書院 S. 49. 2
- (3) 国土地理院 ; 土地条件調査報告書 大阪平野 S. 40. 3
- (4) 国土地理院 ; 土地条件調査報告書 中京地域 S. 43. 3
- (5) 大石道夫・水谷武司 ; 地形条件からみた扇状地の土砂災害について
国防防災科学技術センター研究報告 第2号 1969. 3
- (6) 田畑茂清・阿部宗平 ; 梓川扇状地の家屋の形態について 新砂防 85 S. 47. 9
- (7) 水利科学研究所 ;
 実用化を前提とした災害立地と保全対象の調査手法の開発調査研究報告 S. 50. 2
- (8) 阿部宗平・池谷 浩 ; 扇状地の危険度調査の方法と調査実例
 — 現地調査を主体として — 昭和52年度 砂防学会研究発表会概要 S. 52. 5
- (9) 池谷 浩 ; 砂防入門 P 30 山海堂 S. 49. 8
- (10) Aulitzky ; Analyse der Schadensursachen von Unwetter katastrophen zum
 Zweck der Vorbeugung.
Österreichische Wasserwirtschaft Jahrgang 20. Heft 7/8. 1968
- (11) 池谷 浩 ; 17号台風による山地災害について 土研資料 第1207号 S. 52. 2
- (12) 池田浩・野田 猛 ; 流出土砂の河川への影響 第30回建設省技術研究会講演概要 S. 51. 11
- (13) 建設省立山砂防工事事務所調査課の資料によった。
- (14) 藤本 成・阿部宗平・上原信司 ; 松川流路工計画調査 土研年度報告 S. 52. 3
- (15) 建設省松本砂防工事事務所の資料による。
- (16) 災害の歴史 ; 長野県北安曇白馬村パンフレットによる。
- (17) 木戸村史 ; 滋賀県木戸村役場 S. 34. 10

7 具体的な調査をした文献例

○大石・水谷：

地形条件からみた扇状地の土砂災害について

○田畑・阿部：

梓川扇状地の家屋の形態について

○池谷：

常願寺川扇状地における危険度調査について

○阿部・池谷：

扇状地危険度調査の方法及び調査実例

－現地調査を主体として－

地形条件からみた扇状地の土砂災害について

大 石 道 夫

国立防災科学技術センター第2研究部地表変動防災研究室

水 谷 武 司

国立防災科学技術センター第1研究部災害研究室

On the Topographical Factors of Flood Loading with Detritus on Fan-Surface

By

Michio Oishi and Takeshi Mizutani

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

From surveys of the recent disasters in alluvial fans, it is confirmed that a pattern of detritus spreading over a fan-surface is closely related to its topographical characteristics. Topographical analysis of seven alluvial fans at the foot of the Yoro fault scarp shows that the intersecting points of river bed profiles and fan profiles are highly correlated with the degree of dissection of fan-surfaces and with the hypsometric integral of drainage basins.

From this point of view fans with radii of one to two kilometers can be classified into three types as follows:

- 1) A profile of river bed lies above a profile of a fan-surface as seen in a ceiling river.
- 2) A river bed profile intersects a fan profile, and a flooding point coincides with the intersecting point.
- 3) A profile of river bed lies below a profile of a fan-surface as a kind of dissected fan in which a flooding area is restricted to a dissected channel.

1. ま え が き

扇状地性山麓堆積地形面*あるいは扇状地は、平地の少ない山間部では、耕地や居住地としてひろく利用されてきた。また平野に接する扇状地では、水が豊富に得られる扇端部は、古くから耕地あるいは集落が発達した土地であり、水が得にくい開発が遅れていた扇中部も、取水のための頭首工、導水路などが整備され、耕地、部分的には居住地としての利用が進んで

* 山麓に発達する扇状地性堆積地形には、扇状地 (fan)、沖積錐 (alluvial cone)、崖錐 (talus)、麓斜面 (colluvial slope) などがあるが、本報では崩壊土砂が掃流形式によって運搬され、堆積したと考えられる扇状地、沖積錐につき検討している。

いる。最近ではとくに都市化の進んだ扇状地で山地内への進展が著しく、また奥地開発、観光保養地の進出などにより、扇状地の開発と利用はますます進みつつある。

これらの扇状地は豪雨時に最も被害を受けやすい土地である。昭和42年の羽越水害では、被害の多くが荒川・加治川・阿賀野川等の支川が形成する扇状地に位置する集落のこうむった土砂災害によるものであった。また41年には台風26号により山梨県足和田村、根場部落に、40年には福井県西谷村とくに中島部落を中心として大きな土石流災害がおり、扇状地の災害とその上の集落の立地の問題がクローズアップされた。また42年の神戸市・呉市災害のように扇状地の土砂災害は都市域の災害としても問題化している。

このような土砂災害は、地形発達史的には、山地の浸食・堆積過程の一断面であり、したがって現在の地形は、過去の土砂の流出・堆積の履歴を反映しているものと受けとることができる。このような立場から、現在の地形を手がかりとして、過去の土砂流出・堆積の過程を復元し、そこから将来を予測することは、土砂災害を究明する有効な方法の一つであると考えられる。

扇状地の土砂災害を考える場合、まず災害を受けやすいステージの扇状地と、安定したステージにある扇状地とを識別することが必要である。現在の河川の営力では、扇面への一次的な砂れき流送範囲はさほど大きくない。河道内のみを流下する場合はともかく、扇面へのはんらんが生ずる場合、土砂流の流速は急速に低下して、かなり狭い範囲内で堆積が終わってしまう。半径10kmもあるような大規模な扇状地を形成する営力は、現在のそれとは異なるものと考えざるをえない。大規模扇状地は、気温が低下し氷河気候、周氷河気候下で多量の砂れきが山地内で生産された洪積世氷河期、およびその直後に形成されたもので、安定した扇状地と考えられる。現実に土砂災害が頻発しているのは、小溪流溪口部や溪間の堆積面である。したがってここで土砂災害に関連して問題とする扇状地は、砂れきの一次的流送範囲内で形成される程度の規模（半径2 km ぐらいまで）の沖積錐、溪間扇状地、崖錐などに限定することができる。

地盤運動や、基準面の変動や、火山活動などによる浸食の若返りによって、安定な面が不安定化することがある。また火山活動や地震など内的営力によるアクシデントによって、安定な面に大規模な堆積が生ずることもあるが、これらアクシデンタルな現象は別に考えることとする。

つぎに最近の二、三の扇状地災害例につき、上にのべた地形条件との関係から考察してみると、その前に予備作業として、5万分の1地形図から識別できる程度の扇状地を摘出し、わが国における扇状地の分布を概観してみる。地域別の扇状地数は表1のとおりである。（ ）内には典型的に発達した扇状地の数を示した。

図1にこの分布を示したが、図を一覧してわかるように、東北地方およびフォッサマグナ地域の盆地に集中して分布しており、典型的なものはこれらの地域で全体の7割も占める。地質

表 1 日本における扇状地の地域別分布

地 域 別	扇状地数	主 要 分 布 地 域
北海道	17(1)	中央盆地群 十勝平野
東北・関東	69(18)	
太平洋盆地群	15(9)	北上・福島盆地
脊稜盆地群	30(7)	横手・山形盆地
関 東	5(1)	
新 潟	1(1)	六日町盆地
フォッサマグナ地域	62(25)	
山間盆地群	53(23)	
松本平	16(10)	
伊那谷	12(4)	
甲府盆地	10(5)	
中央日本	26(7)	
北陸平野群	14(6)	富山, 金沢, 福井, 武生の各平野
西南日本内帯	45(4)	
畿内盆地平野群	15(2)	近江・奈良盆地
中国地方	4	大山
四国地方	9(2)	讃岐・予讃・松山平野
九州地方	14	筑後平野
西南日本外帯	25(3)	紀ノ川・人吉・都城盆地
吉野川流域	10(3)	
計	244(58)	

構造線・断層に関係するものが大部分で、断層谷、構造盆地の縁辺に沿った線状の分布様式を示す。地質構造を反映して東北日本・近畿地方の内帯域は南北に配列し、西南日本外帯は東西に並ぶ。高山に源を発し、運搬砂れきが多い河川が直接平野に流れ出ると黒部川・常願寺川・庄川のように、大規模な扇状地を平野への出口につくる。信濃川・天竜川・最上川のように途中に盆地があると、そこで砂れきを堆積してしまうので、平野への出口では扇状地をつくらない。大きくみて扇状地は東北日本に多く、西南日本に少ない。これは砂れきの生産地としての高山の有無、好適堆積地としての山間盆地の多少にもよるであろうが、おそらく、砂れきの生産・流出に関係する気候条件、とくに洪積世氷河期の古気候の地域差がかなり関係しているの

であろう。氷河期には気温が現在よりも6～8℃低かったと推定されており、したがって、凍結・融解による岩屑の生産が著しい寒冷気候下の地域が現在よりもはるかに広がったであろう。扇状地の形成にはある程度の広さの堆積平坦地が必要で、中国山地には格子状の断層系が発達し断層谷が多いが、谷底が狭いためもあってか扇状地はほとんどない。

2. 扇状地における土砂災害の具体例

—地形条件との関係において—

2.1 新潟・大日原扇状地

42年8月新潟県北部地方を中心に前線性集中豪雨が降り、荒川、加治川、阿賀野川などの流域で大規模な山地崩壊・土石流出が起こり多大の被害が発生した。菱ヶ岳北西麓の大日原扇状

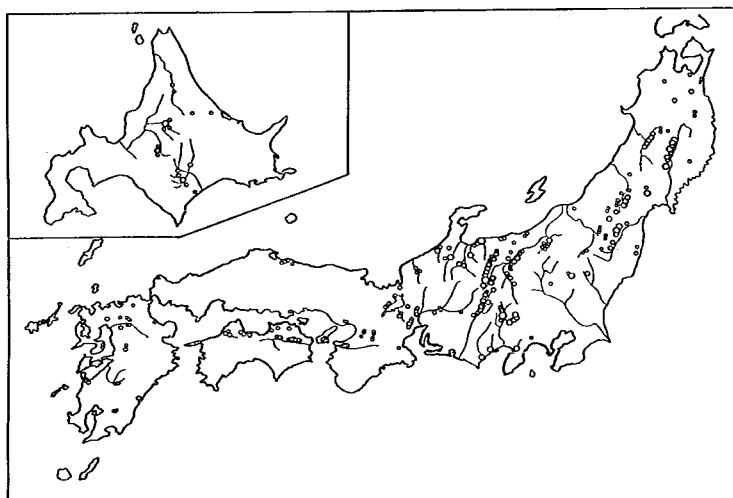


図 1 扇状地分布図

地では図 2のごとく、流出土石が扇面にはんらんして扇状に堆積した。(隣接の都辺田部落では都辺田川からの流出土石により、家屋損壊11戸、死者6人の被害を出している)。大日原扇状地をつくる堀越川は、流域面積1.93km²、起伏量720m、流域平均傾斜 32°10' のかなり開析の進んだ細長い形状の流域である。地質は花崗岩で、表層では褐色の風化土層が厚い。河道側面には何段もの土石流堆積物が残っており、扇頂付近では3段の土石流段丘が識別できる。左右に隣接し平行して流れる都辺田川、里川は堀越川と類似した面積、形状の流域を有し、同種の花崗岩からなり、隣接しているので同一気象条件下にあるが、扇状地の規模は堀越川はるかに大きい。このような

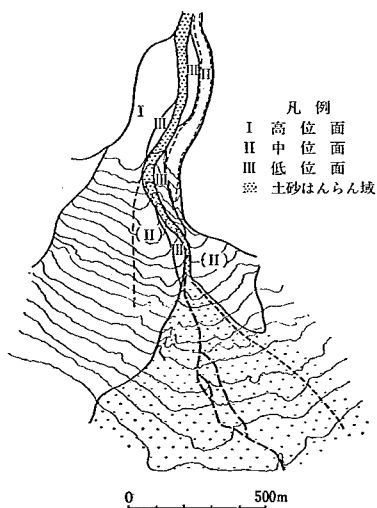


図 2 大日原扇状地土砂はんらん図

流出土石量の大きな相違をもたらしたのはいかなる条件であるかは今後検討したい。

今回の豪雨による降水量は、北に2 km離れた村杉における観測値によると、最大日雨量250mm、最大時雨量58mmであった。前年の41年7月にもこの地域に集中豪雨が降り、加治川などが破堤し、低地部に広くはならんしたが、山地の崩壊はほとんどなかった。この2回の豪雨による赤谷、二王子岳の雨量は表2のごとくである。雨量に大きな差はないが、山地崩壊、土石流出量は圧倒的に42.8豪雨の方が多いので、この二つの雨量の間で崩壊発生臨界雨量が求められそうである。

大日原に新しく堆積した土石量は約40万m³ (面積0.4km²、堆積深平均1 m)で礫の長径は最大3 mに達するが、0.5~1.0m程度のものが多い。平面的にみた堆積のパターンは、粗粒砂の部

表 2

	42.8 豪 雨	41.7 豪 雨
赤 谷		
最大日雨量	353 mm	225 mm
最大3時間雨量	86	66
最大1時間雨量	50	36
二王子岳		
最大日雨量	337	263
最大3時間雨量	86	64
最大1時間雨量	39	24

分と礫の部分が交互に流れの方向に帯状に分布している。礫の部分では表面ほど大きい礫がみられた。上流域山腹の崩壊は、大部分が表層土のはく落的なものである。土石の供給源は上流の河床堆積土石および土石流段丘堆積物である。現地観察および災害前後の空中写真の比較によると、河床の洗掘、土石流段丘の側刻および溪岸崩壊が著しい。旧扇面の表層は腐植層が10cmもあるので、土石流出の時間間隔はかなり大きいものと推定される。

堆積土石は扇央部のある地点で河道から扇面にあふれ、約80°の角度で扇状に広がり、8/100~10/100のこう配で堆積している。この扇面へのはんらんが始まる地点の地形条件を、災害前の空中写真の図化によって調べた結果、河床の縦断と、河道付近の自然堤防状の高まりを除いて想定した平均扇面の縦断との交点付近からはんらんが始まっている。はんらん開始点は旧流路の屈曲点にあたり、流出土石はその水衝部の高所を大きくのり越え、一部を削って扇面にはんらんしている。右岸側には旧流路と思われるガリー状の凹地が続いているが、新流路はそこをとり、より高い堆積の中央を流下している。一般に扇状地、とくに急傾斜の沖積錐では明瞭であるが、自然堤防状の高地は流路を中央にして下流に開いた扇形状をなしていることが多い。これは過去の土石流がその頂点部分で扇面にはんらんして堆積し、新流路は堆積の中央を流れていることを示している。堀越川の場合でも、今回のはんらん開始点から約400m上流を頂点とした扇状堆積地形が残っており、そのとき埋め残されたと思われる旧流路が扇央部にガリー状に残っている。右岸側かなり上流まで続いている面(大規模土石流によるもの)の形成後、大規模土石流ははんらんは少なくとも2回あり、はんらん開始点はしだいに下流へ移動していく傾向がうかがわれる。

2.2 新潟・石川扇状地

阿賀野川本川に直接流入する右支溪の石川川で、42.8羽越水害時に土石流が発生した。ここは段丘化した溪口堆積地であり、3段の段丘が識別できる。高位面は現河床との比高約10mの急こう配の面で、古い大規模な土石流によって形成されたものである。中位面は現河床よりゆるいこう配をもち、高位面をけずってつくられた広い河床内および高位面の先端に接続して分布する。地盤運動による阿賀野川水位の相対的低下によって形成されたものであろう。下位面は阿賀野川の堆積作用によるもので、きわめて低平である。このようにこう配が異なった3種の面が存在する。流出土石は二支流が合流し河床幅が広がる溪口部で急こう配に厚く堆積し、さらに流下した土石は中位面にのり上げているが、しだいに現河道にもどっていき、下流では中位面にはらんしてない。下位面は本川によってつくられたもので、支川の営力を直接うけにくい位置にあるので、低いにもかかわらず支川からの流出土石のはらんをまぬがれている。はんらの範囲は流出の規模にかなり関係するが、しかし現河床こう配と各地形面のこう配および位置によっても規定されることがわかる。

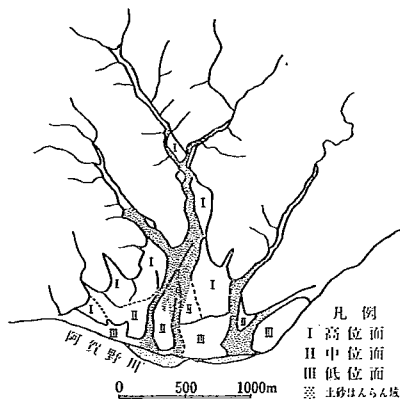


図3 石川川扇状地土石はんらん図

2.3 伊那大草扇状地

天竜川中流の伊那盆地には、隆起扇状地性の河岸段丘がみごとに発達している。大草扇状地はこの河岸段丘の上部に続く堆積の進んだ小規模溪間扇状地である。谷は段丘面を深く下刻して天竜川に合流している。36年の伊那谷豪雨時この谷で土石流が発生し被害が生じた。流出土石は上流の溪間部では、最高位の段丘を除いたより低位の面を全面おおってはんらん、流下しているが、扇端部へくるとしだいに河道へもどって、それから深く下刻した河床内のみを流下している。河道に収れんする位置は、扇面を流れている谷が急に下刻をはじめる地点付近である。ここは下流から進行する下刻と、上流からの埋積がつりあう地点であろう。この地点から上流の扇面は、ひんばんに土石の堆積が行なわれてきた面であろう。ここでも河床と扇面の交差位置が土石はんらんに関係している。なお河道の屈曲部では高位面にも土石がのり上げっており、(図4a地点) 尾根末端の射影部分では低位面でも土石の堆積をまぬがれている。

(図4b地点)

一般に隆起扇状地では溪流は扇面を下刻するので、土石はんらは狭い河床内に限られる

が、まだ上流域からの土石供給が多い若いステージにある扇状地では、扇頂部で堆積作用の方がまさり、河床は高くなって扇頂部が土石はらんと受けやすい面となっている。

3. 扇面の縦断と河床の縦断との交差位置について

扇状地土砂災害の事例および多数の扇状地の地形観察から、扇面と溪流の交差位置が土石はらんがはじまる位置、したがって災害をうける扇面部分に関係があることがわかった。そこでこの交差位置に着目し、岐阜県養老山地東面の断層崖下に発達する沖積錐群を例として、交差位置と扇状地の発達ステージとの関係について考察してみた。

養老山地は濃尾平野の西縁に位置し、標高 600~800m で、北北西から南南東の方向に長さ 22km、幅 8 km にわたってひろがる傾動地型である。東側を落差 2,000m 以上の大断層によって限られ、断層崖は壮年的に開析されて、山麓部に連続した扇状地が形成されている。扇状地は最大のもので半径 2 km 程度の急傾斜小規模扇状地で、大規模崖錐状の若いステージのものから、開析をうけたかなり古いものまで、各種のステージのものが存在している。いずれの溪流も古生層の砂岩・粘板岩・チャートからなり、走向は山脈の長軸方向にほぼ一致しているので、地質条件は同一とみなしてよい。扇端はすべて揖斐川のつくる低平なデルタ性平野に接続している。

これら扇状地群の中から七つの扇状地をとりだし、扇状地および上流山地の各種の地形要素を計測して、交差位置の意味するものを検討した。作業は扇状地については国土地理院作成の 1/5,000 国土基本図を、上流山地については地元町村作成の 1/10,000 および 1/25,000 地形図を使用して行なった。各扇状地の地形要素は表 3 のごとくである。

交差位置 扇面を流れる溪流は自然堤防状の高地を流れる傾向がある。急傾斜小規模扇状地ではとくにその傾向が著しい。磐若谷ではこの高まりは 10m にも達する。これは、規模・形状・人工の加わった年代等からみて、河道の人為的固定化によって形成されたものではない。溪流はこの高地をけずって流れるが、扇頂部では下刻量は大きく、扇端部では天井川になるので、扇面の縦断と河床の縦断とは交差する。各扇状地の規模は異なるので、交点から扇頂ま



図 4 大草扇状地土砂はらん図

表3

	山崎南谷	山崎北谷	滝谷	志津北谷	磐若谷	小倉谷	円城寺谷
交 差 位 置	0.689	0.677	0.560	0.475	0.423	0.376	0.270
扇 面 開 析 度	1.13	1.13	1.07	1.09	1.06	1.03	1.02
ヒ プ ソ 積 分	0.453	0.470	0.518	0.496	0.552	0.504	0.555
起 伏 量 比	0.385	0.235	0.345	0.340	0.246	0.304	0.463
流 域 面 積 (A)	0.70km ²	1.47	2.07	2.44	2.23	2.83	0.80
扇 状 地 面 積	0.30km ²	0.86	1.68	0.93	1.01	2.33	0.25
扇 面 こ う 配	70/1000	70/1000	73/1000	58/1000	81/1000	74/1000	133/1000
扇 面 半 径	1.0 km	1.0	2.0	1.3	1.2	2.1	0.6
扇 状 地 体 積 (B)	—	1.8×10 ⁷ m ³	7.7×10 ⁷	2.1×10 ⁷	2.6×10 ⁷	1.1×10 ⁸	4.5×10 ⁶
上流域浸食量(C)	—	4.4×10 ⁶ m ³	6.9×10 ⁶	8.0×10 ⁶	5.8×10 ⁶	9.8×10 ⁶	1.9×10 ⁷
B/A	—	0.041m	0.112	0.026	0.045	0.112	0.240
C/A	—	12.2m	37.2	8.6	11.7	38.9	56.3

での距離を、扇頂から扇端までの距離で割って無次元化し、相対位置を求めた。交差位置付近では各プロファイルはわずかな比高で平行していることが多いので、交差位置といっても明確に1点で決まる性質のものではない。なお堰堤による溪床こう配の変化は取り除いた。

扇面の開析度 扇状地の新旧を示す一つの指標として、扇面形成後の谷地形の発達による等高線のゆがみから開析度を求めた。集落・主溪流のある部分をはずし、主として扇中央部の、扇状地形が典型的に表われているところを選び、扇面形成後の開析によるとみられる凹地の50m谷埋めにより得た等高線の長さと、原等高線の長さの比を開析度とした。使用した1/5000地形図（等高線間隔2m）は空中写真測量によるもの

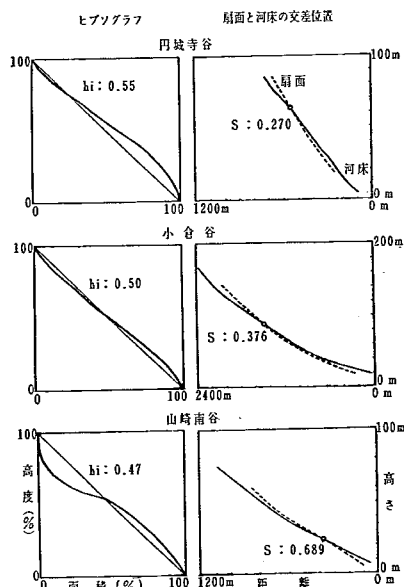


図5 美老扇状地の三つのタイプ

で、地表の微起伏をかなり忠実に表現しているはずであるが、地表の被覆状態などにより等高線の表現に差異が出よう。また堆積原地形のゆがみと開析によるものとの区別、計測位置の選

び方など問題点はあるが、扇状地の新旧を表わす一つの指標とはなり得よう。

ヒブソ積分 上流山地の浸食の程度を示す指標としてヒブソ積分を求めた。横軸に相対面積、縦軸に相対高度をとり、全流域面積中に占めるある高度以上の面積の割合を示す相対面積高度曲線を描き、この曲線によって区切られる下の部分の面積を、全面積で割って求めた値がヒブソ積分である。原地形を準平原として現在浸食されずに残っている山地体積の割合をおよそ示すものである。

起伏量比 上流山地の最高点と最低点（扇頂）との標高差（起伏量）を主谷の総延長で割った値で、およそ流域平均傾斜を示す。

扇状地堆積土量 扇状地を円錐体の一部とし、堆積原面を現在の沖積面（標高5m）で平坦であるとし、末端三角面および山腹の延長から断層崖の先端を推定して体積を算出した。なお濃尾平野は西側ほど大きく沈降しているので、扇状地堆積物は現在の沖積面下にもぐっている可能性があるがこれは無視した。

山地浸食量 流域面積×起伏量×（1－ヒブソ積分）により求めた。

図6に示されるように、扇面と溪床の交差位置と、扇面の開析度、上流山地のヒブソ積分と

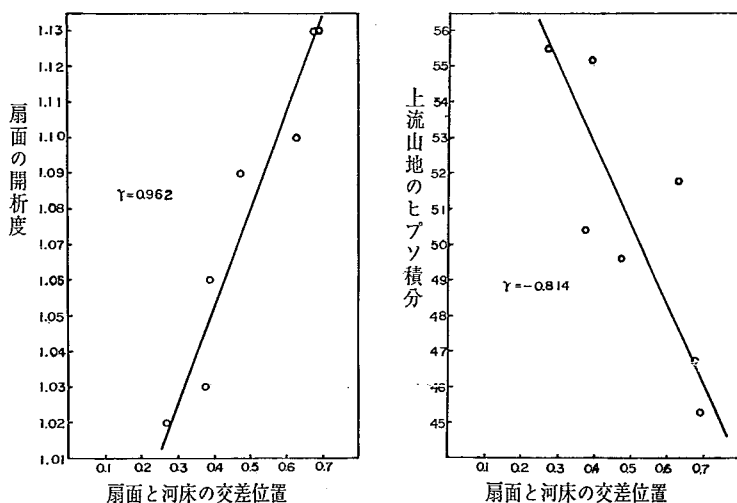


図6 養老扇状地の地形要素相関図

の間には、それぞれ有意の相関がある。交差位置と開析度との相関係数は0.962で、危険率1%で有意である。交差位置とヒブソ積分との相関係数は-0.814で5%水準で有意である。上

流山地の開析と扇状地の形成とは直接の対応関係にあるものではないし、このようにして得られた扇面の開析度なるものが、扇状地の新旧を正しく示すものとはいえないが、しかしある時間的経過を示す指標とはなりうるであろう。そこで上流山地の開析が進み、扇状地が古くなるほど扇頂での下刻が進み、土石ははらんに関係する交差位置が下流へ移動するということが一般的にいえる。

4. 土砂災害に関連しての扇状地の三つのタイプ分け

以上のような考察から、主として急傾斜小規模扇状地について、扇面こう配と河床こう配との関係に着目して、扇状地を次の三つのタイプに分類し、上流山地の地形・地質条件とも関連させて、それぞれのタイプにおける土砂災害の様相を考えたい。

- I. 溪流は扇頂から扇端まで自然堤防状の高所を流れ、溪床が全体に扇面よりも高いもので、上流からの土石供給の多い若いステージにある扇状地と考えられる。流送土石量が多いときには、扇頂から扇面全体に土石はらんが生ずる。(Thiery の示した扇状地形成の第1期にあたる。)
- II. 溪流は扇頂部を下刻し、扇央部で溪流と扇面との交点が生ずる。一般に時期が進むにつれて下刻は進み、扇頂での比高は大きくなり、交点は下流へ移動する。土石のはらんはこの交点付近からはじまることが多いので、扇頂部は安定な面となる。
- III. 下刻は扇端まで及び、溪床は全体に低下して扇面とは交わらず、溪流は扇面に刻まれた広い河床内を蛇行する。土石はこの河床内にはらんし、扇面にあふれない。このような

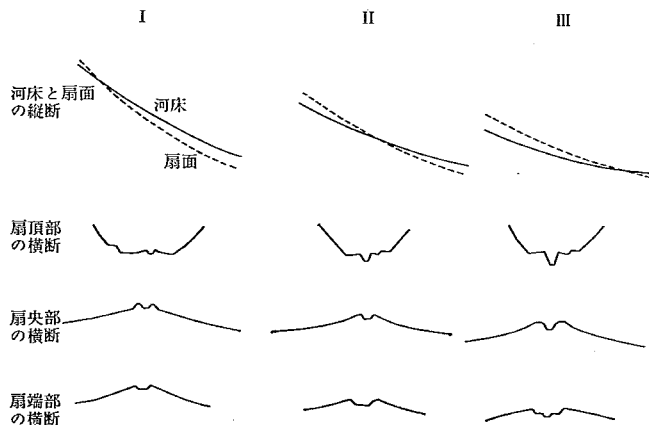


図7 扇状地の三つのタイプ模式図

扇状地は上流からの土石供給が非常に少なくなった形成終期のステージにあると考えられる。隆起扇状地もこのタイプにはいるが、上流からの供給が多い条件が存在すると、扇頂部の溪床が高くなり、扇面への土石はらんが生ずることになる。

以上の三つのタイプにつき、扇面と溪床との関係を模式的に図7に示した。

扇状地の土砂災害を考える場合、上流山地および扇状地発達を反映したタイプに大きく分類して、地形発達史的オーダーの時間での災害危険度を判定し、さらに細かく扇面の微地形面分類をして、位置・形状・こう配・現河床との比高などから、危険地の指摘を行なうことができる。

5. あ と が き

山地崩壊・土石流出は地形発達史的時間で発生する現象であり、関係要因とくに土地の性質（地形、地質、土質、植生等の条件）が不均一であるため、一定の浸食営力に対する対応の仕方がきわめて多様性をもつ。したがってわれわれのとぼしい経験では、容易には一般化し得ない。本報告では、地形形成史的なマクロな観点から、扇状地の地形と土砂災害との関連について考察した結果について述べたが、さらに多くの扇状地災害例について考察することによって、さらに短い時間単位での現象の解明を可能にすることが必要である。また諸要因を抽象化、単純化した実験も、自然現象を説明しつくすものではないが、現象を究明する重要な手段であるので、今後はこの面からの考察も併行して進めたい。

(1968年10月2日原稿受理)

梓川扇状地の家屋の形態について*

—砂防的人文地理の観点から—

田 畑 茂 清** 阿 部 宗 平**

study of house-patterns on the Azusa-Fan.

1. まえがき

扇状地の過去の洪水氾濫は、扇面に存在する家屋の形態に大きな影響をおよぼしている。以下、長野県梓川扇状地を例にとって検討した。

2. 梓川扇状地の概要

筑岳山麓を通過した梓川は途中、鳥ヶ谷川等の支溪を合流して山間部を脱していわゆる梓川扇状地を形成した後、奈良井川を合流して犀川、信濃川となる。梓川の流域面積は扇状地上流端の新瀬橋より上流部において、約560km²。計画流量は鳥ヶ谷川合流地点において約1600t/secである。梓川扇状地の平均河床勾配は約1/160、平均河床幅は約310m、面積は約45km²（幅5km、長さ9km）である。

3. 洪水氾濫区域の設定

梓川扇状地の扇面は、高さ約3～5mの最低位段丘崖を境界面として、旧扇面と現扇面に分けられる（図-4に示した）。この現扇面の中で洪水氾濫区域を設定すれば次のようである。

1) 扇状地において洪水氾濫地点は、図-1(A)のように扇面の縦断と河床縦断とが、交差すると大石氏は指摘している¹⁾。この交差点は等高線の形状からみると図-1(B)のように上流側が凸になっている等高線と下流側が凸になっている等高線との間に存在することになる。梓川の場合には、図-1(C)の中で○印で示した位置がこれに相当する。

図-2によってこの付近の横断面をみてもこの地点

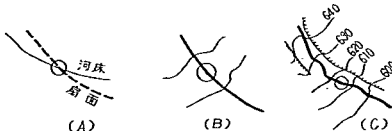


図-1 河床と扇面との交差

が、天井川への移行点であることがわかる。

2) 図-3は扇状地の平均粒径と河床勾配との縦断的变化を示したものである。この図からわかるように、勾配は新瀬橋より下流9km地点で急に大きくなっている。この地点で流速が大となり、土砂の流送が活発化されることが考えられる。平均粒径もこの地点から小さくなっている。

3) 図-4は扇状地平面図である。流路は大きく左岸に湾曲している。郷土史研究家の話によれば、江戸時代後期に左岸方向に向けるために、この地点で流れを規整させたということである。このような人為的強制は、川をいじめることになり当然この地点での氾濫が予想される。

4) 同図によって水路網をみると、この氾濫地点を頂点として、くまなく現扇面上に広がっている。江戸

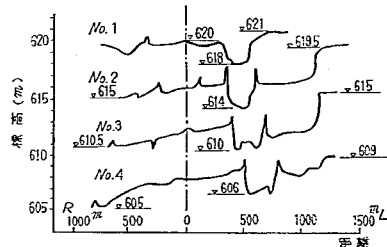


図-2 横断面図

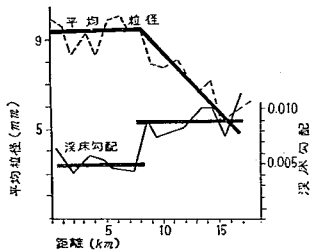


図-3 粒径と勾配との縦断的变化

* 昭和46年度砂防学会講演会において発表

** 建設省土木研究所

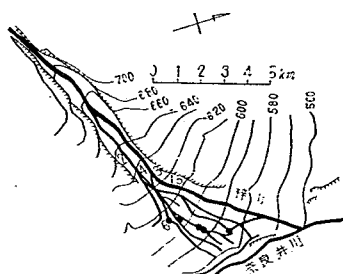


図-4 梓川扇状地平面図

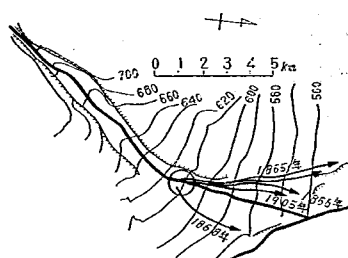


図-5 過去の破堤点

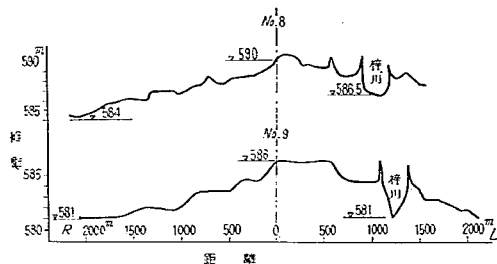


図-6 横断面図

時代以前には、この水路網全体が流路であり、前期から中期には、樽木川という最も右岸寄りの水路を水運として利用していたという。これは同地点が氾濫箇所であろうことを裏付けるものである。

5) 図-5に示した過去の出水状況から破堤点をみると、やはり以上推定した同じ地点から氾濫していることがわかる。

6) 図-4の◎印は表層部に礫が露出している箇所であり、過去に河床であったことが裏付けられる。この礫は扇状地特有の形をした横断面(図-6)にのみ存在する。

以上の各項目で検討推定した氾濫予想地点を同図に項目番号とともに記した。

4. 集落の分布と家屋の形態

古図によれば、1648年ごろにはすでに扇状地文化が発達していたことが明らかであり、この集落を示せば図-7のようである。

さきほどから述べて来たような洪水氾濫区域としての現扇状地に存在する集落は、岩岡、小宮、高松、飯田等である。これらの集落では当然洪水に対して防災的な処理を家屋に施しているはずである。

これらの集落のうち岩岡は、古図によると氷室集落に

隣していた。これは現在の位置と異なり、古い扇面上にあったので除外して考えてよい。

図-8は、小宮、高松、飯田の古い家屋の形態を模式図で示したものである。

小宮では、梓川上流側に特に強固な石積を持つ形態をとっている。歴史的事実によれば、9尺もある土手を築き洪水を防御していたという家もある。入口は下流側か、流路の反対側に持っている屋敷が多い。

高松では、梓川に面した側に樹木がうっそうと植えてあり、さらに道路を隔てて強固な石積があり、洪水を防御している。表門は小宮と異なり上流側にある。

飯田では、上流側や、川に面した一部には杉、松が植えてある。さらに二重に石積が、この植生をはさんで屋敷を囲んでいる。

このように現扇面上にある家屋の特長は、強固な石積と樹齢の過った松や杉等の樹木および壁等により災害を防止するような形態で立地していることがわかる。殊に

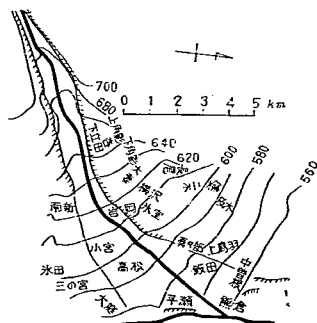


図-7 集落の分布

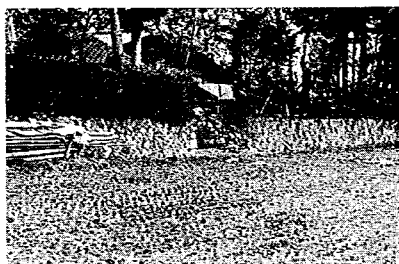


写真-1 小宮の家屋

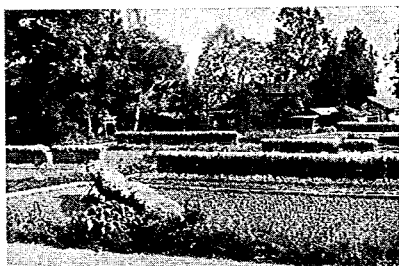


写真-2 新村の家屋

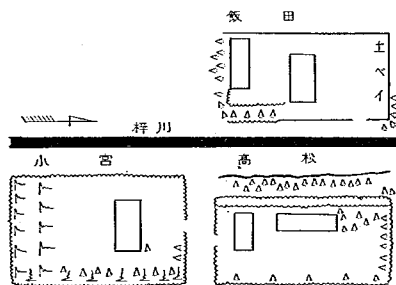


図-8 家屋の形態 (模式図)

小宮においては、上流側に防止策があって「洪水流の直撃」を防止しているようであり、高松では、流れに面した側に防止策があって「洪水流の氾濫」に対しての工夫がとられており、さらに飯田では高い土壁を張りめぐらして、「たん水による災害」を防止するような形態をと

っている。このような洪水の形態によって、おのおの異なった防止策をとっていることがわかる。

写真-1は、小宮集落の家屋であり、写真-2は、氾濫区域外の新村の家屋で、家屋の構造の違いを示した。

5. まとめ

以上、長野県梓川扇状地において、河川工学的および地形学的側面から考察を加え、扇状地内の洪水氾濫危険地帯を推測しこの氾濫危険地帯に存在する集落とそれ以外の地域の集落との家屋の構造の比較をおこなった。その結果、洪水氾濫危険地帯の集落は、洪水氾濫に対処するような構造を持っていることがわかった。

参考文献

- 大石道夫「地形条件からみた扇状地の土砂災害について」国立防災科学技術センター 昭和43年3月
(原稿受理日 昭和46年11月17日)

常願寺川扇状地における危険度調査について

——地形、古文書等を中心として——

池 谷 浩*

はじめに

扇状地における地形の調査方法についてはすでに大石・榎本¹⁾によってその手法が発表されているが、扇状地における危険度という見方での調査手法はまだ確立されていない。ここでいう危険度とは、土砂害やそれに起因する洪水害をいかにうけやすいかということの意味している。

これらの調査は対象扇面上を詳細に調査するのが望ましいが、現実には多くの扇状地の調査に充分時間をかける余裕のない場合が多い。特に扇状地が広い場合はなおさらであろう。しかしこの問題は扇状地形を有する河川における砂防計画にとってきわめて重要であるのでここに常願寺川扇状地における調査例を報告するものである。

なお、扇状地の危険度は、著者の考えではここに示す地形的要素としての危険度とその堆積地形をもたらしした河川そのものの性質をふまえて総合的に判定するのが好ましいので、河川としての危険度調査方法は別の機会に述べる予定である。

1. 扇状地形パターンの整理と土地利用形態

北陸地方の扇状地を概観した結果いくつかの異なった性質をもつ扇状地が見うけられたので、まず最初にこれら扇状地形をいくつかの模式パターンに整理し、扇面上における土地利用形態とともに記述してみたい。

1-1 タイプⅠの扇状地

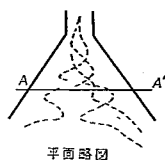
まだ扇状地面上では流水の流れの方向が固定されず扇面全域にわたって流水の乱流と、これにともなう土砂の堆積・洗掘が生じている時期のパターンである(図-1)。

これらの時期においては災害を受ける危険性が高いため多くの場合人家等の重要な資産は扇面上に存在していない。いわゆる荒地(河原)と呼ばれているタイプである。

1-2 タイプⅡの扇状地

水の流れがある程度かたより乱流する幅がある程度限定されてくる。そして境界面には段化が発達する(図-2)。この段化は主に流水の下刻作用による段丘化もしくは常願寺川扇状地にみられるような増傾斜的地盤運動²⁾

* 前建設省立山砂防工事事務所 現土木研究所砂防研究室



平面略図

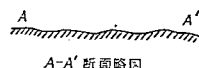
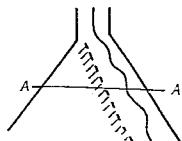


図-1 タイプⅠの扇状地



平面略図

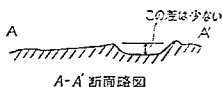


図-2 タイプⅡの扇状地

によるものなどが考えられる。

この時期の土地利用形態としては常時流水のある区域外の扇面上では田畑等比較的洪水に対して影響の少ない土地利用形態が見うけられる。

最近では谷の出口に砂防ダム等の工作物が作られて一種のタイプⅡの扇状地に近い状態ができあがることがある。(下流に流路工ができあがればタイプⅢ型の扇状地の範ちゅうに入る)このような場合、砂防計画等の整備がされていないうちに無理に早くから住居が入ってくると土砂害や水害の危険度が高くなる。なぜならば常時流水のない段丘面上も出水時には洪水面になる可能性が非常に高いからである。

たとえば岐阜県吉波郡上宝村福地に見かけられた例を示すと写真-1のように治山のダムができたところに別荘が建設されたが、下流流路が固定されていなかったた

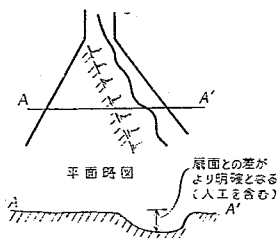


写真-1 扇面左側の白い部分は土砂の流出したところ、
河川は常時は右端を流れている

め出水の扇土砂害をうけている。

1-3 タイプIIIの扇状地

タイプIIの扇状地よりも流路の固定がすすみ（人工的に流路を固定する場合もこのタイプに含まれる）比較的安定した扇状地を形成するため、扇面上の土地利用もタイプIIの扇状地よりは少し進んだ利用形態、すなわち、田畑等だけではなく農作業用の小屋や、スキー場ではリフト小屋等ができ、また比較的安全なところには住居や



A-A'断面略図
図-3 タイプIIIの扇状地

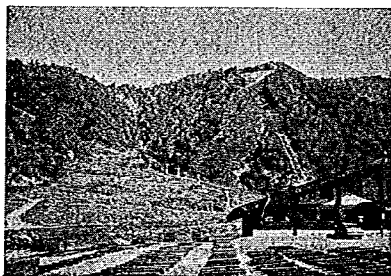
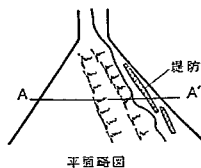


写真-2 河川は扇面右端を流れている

別荘が、またスキー場ではロッジ、旅館などが出現しはじめる（図-3）、（写真-2）。

1-4 タイプIVの扇状地

流路はかなりの超過確率出水に対しても安定であるように固定化し（人工的なものも含む）常時の流水の乱流は堤外地にとどまる。河岸段丘が発達する（図-4）。常願寺川では河口から16km付近では三段の段丘が形成されている。



A-A'断面略図

図-4 タイプIVの扇状地

このタイプの扇面上では土地利用がさかとなり、安全度が高まるにしたがい、住居等の重要な資産が存在するようになる。この頃になると扇面下部では天井川化の傾向がでてくることが多い。

常願寺川扇状地右岸の土地利用形態は、上位の二段には比較的古い屋敷が存在するが、最下部の段丘には住居はみられず水田が作られている。これは一般に段丘は上の段ほど形成年代が古く土地として安定しているためであろう。

以上、扇状地を4つのタイプに分類してきた。ここでその分類をまとめてみると表-1のようになる（表-1）。

これらの分類は現在みられる扇状地のタイプ分類であって、扇状地がI→II→III→IVという形態をかならずとるという意味ではない。

表-1 扇状地の4つのタイプ分類

タイプ	I	II	III	IV
流水の方向 (乱流の有無)	扇面全部	固定化の傾向 がみられる	ほぼ固定	固定
土地利用	なし(荒地)	田畑・スキー 場	田畑・農作業 用の小屋、ロ ッヂ、別荘	住居 田畑
天井川と段 丘	特になし	段丘の形成は じまる	段丘できる 天井川化はじ まる	段丘が数段で きる 天井川化

2. 比較的大きな扇状地における危険度調査方法

——常願寺川における例——

扇状地が小さい場合、その扇面上の土地利用形態を調べるにもまた聞きこみ調査等種々の調査をするにも現地調査による精査が可能となる。調査はできるだけ現地を詳細に調査するのがよいが比較的大きな扇状地になるとこれらの調査に相当の手間と時間がかかる。しかし現実にはそれだけの手間と時間とがない場合が多い。そこで簡易にできかつ必要最小限の資料を得るための一つの調査手法を検討するべく常願寺川扇状地を例にした調査結果を述べたい。

2-1 常願寺川扇状地の概要

常願寺川は北アルプスを水源とする流域面積368km²、流路延長約57kmの河川であるが、その流送する土砂が多いため全国でも屈指の急流荒廃河川として有名な河川である。

山間部の狭谷をぬけた流水は河口から約21.5km地点の横江付近から平地部に入り多くの土砂堆積をくりかえして常願寺川扇状地を形成してきた。この扇状地は上流部河床勾配約1/60、下流河口部では1/477の勾配を有し扇状地の面積は約80km²にもおよぶ。この扇面上には人口29万人をようする県都富山市をはじめ大山、立山町、舟橋村の一市二町一村が存在し、古くから、治水対策もなされている。

2-2 地形図による方法

i) 地名

地形図に明記されている地名は多くの事を物語る。たとえば古くは河原や荒地の場合、中川原（常願寺川左岸・富山市）や大石原（右岸・立山町）と称しその状態を示している。このような地名の場所は常願寺川扇状地の場合、後述するように旧河道にあたる場所等で他の場所より危険度が高いと考えられる。

新たにこれらの荒地を開発したところには新田、開発等の名をつけることがある。また新…や…新のような名を新しい開拓集落の名とすることがある。

常願寺川流域では月岡新（布目）（43歩）や田畠（4684歩）が寛文年代（1660年代）に開拓されている³⁾。特に常願寺川原の開発は前田氏の時代からはじまり、1849年（嘉永二年）畠新開（上滝上野）が開かれている⁴⁾。また大中島の東方には川原新という集落があ

る。しかしこれらは、単に土砂害の常襲地帯のために開発が遅れたということばかりではなく、用水の関係で開発が遅れる例も多い。

また災害に関しては、災害によって一部落がより安全なところに移住する例がある。現在富山市向新庄の住民が安政5年（1868年）の水害の際に立山町の向新庄地区に移住したのはその例で当時は引越新庄と呼ばれていた⁵⁾。同じ田添地区も以前は引越田添と呼ばれていた。

微地形を示す地名に島、丘などがある。これらは周囲よりも多少高く水がつきにくいところが多い。現在、朝日の北側中間島という名称などはその例ではなからうか。

段丘を示す地名として常願寺川扇状地には、立山町に上段、下段という地名がある。もちろん上段の方が標高は高い。

ii) 等高線と段丘

1/25,000や1/50,000の地形図（国土院発行）の等高線をおって段丘を見分けよう。常願寺川の上滝から大日橋にいたる右岸側には等高線が流方向と一致して密になっているところがある（図-5）。これらは段丘崖であり、洪水に対する危険度を示す一つのポイントを示

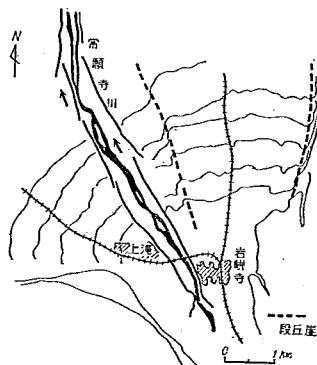


図-5 常願寺川扇状地頂部付近の等高線略図

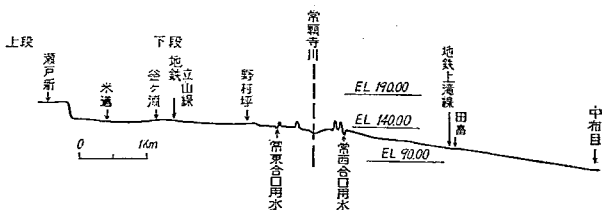
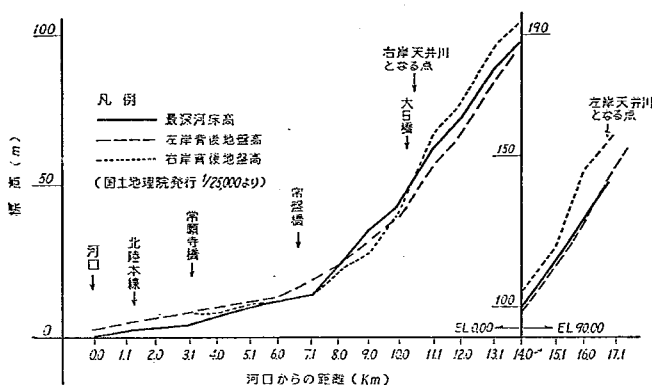


図-6 河口より約16km付近における横断面



す。ここで段丘と危険度について述べてみると、一般に古い段丘ほど上位にあるから安全と言える。ただしどの段丘までが安全かは洪水の規模によるもので、各地域ごとに川の性質と洪水の規模によって判定すべきであろう。なお、段丘の形成過程においてかならずしも両者が同一に発達しないこともある。

ここに段丘が片側に発達している例として常願寺川の河口より16km 付近の河床横断面図を図示してみる(図-6)。

同じ等高線を1/25,000地形図で調べてみると5m間隔で記されてあり、しかも河川の内にも等高線が入っているで、これを追っていくことによって川が天井川となる地点が判明する。この方法で常盤寺川を調べてみると(図-7参照)河口より約16.5~17.0km地点付近(左岸側)で河床と背後地盤が交差しており、この天井川となる点から下流においては特に破堤による危険の大きな区域と言えよう。

すなわち、背後地盤と河床の交点も左右岸でかなりずしも一致せず、常願寺川では交点が約7 kmも異なっており左岸側の危険度の高いことを示している。

五) 用水路と道路

用水路は比較的低い部分を流れていることが多く、旧河道を示していることもあるので地形図を詳細に調べるとよい。

常願寺川の現在の用水路図を図-8に示す。これによって扇状地形の概略が判明するだろう。すなわち、右岸側はおおむね現河道にそって地形が形成されており、左岸側は熊野川と常願寺川との間に一つの扇状地形を形成していると言えよう。また図から、大日橋付近から左右岸に新たな小扇形地形が見られよう。

土木技術が未発達な時代の道路は、経験上、最も災害

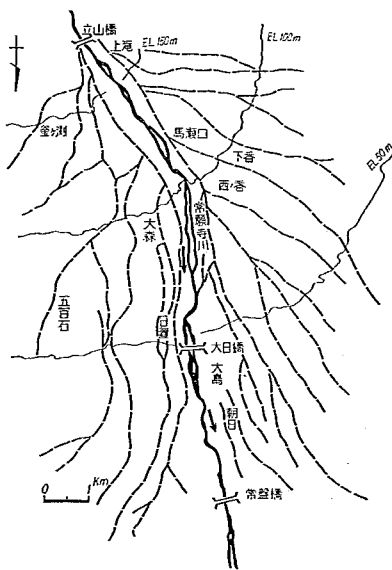


図-8 常願寺川の主な用水系統図

等に対応しやすい路線として今日にひきつがれていると考えられる。そこで常願寺川扇状地の道路網を地形図から調べてみると図-9のように主に等高線にそった道路網と上、下流を結ぶ幹線に分けられる。これらからも扇状地形をおしはかることができる。また、上下流を結ぶ幹線は、昔からの道路を利用している。

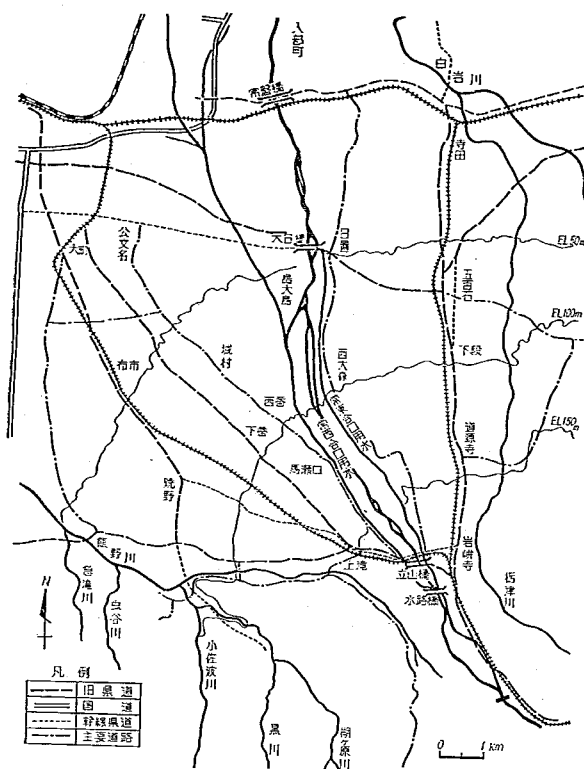


図-9 常願寺川扇状地上の道路網

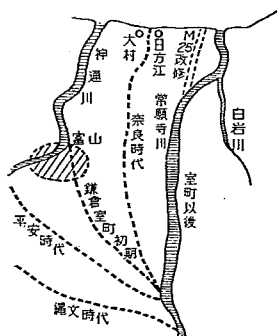


図-10 常願寺川河道の変遷⁶⁾

2-3 古文書・古地図等による方法

各地にある古文書や史書、またこれらにのっている絵図・古地図や、大日本帝国陸地測量部の発行した古い地形図（例えば常願寺川に関しては、明治43年測量、図化(1/50,000)、大正7年図化(1/25000)がある）などを利用して調査する。ここで述べる手法は古い航空写真と新しい航空写真との対比によっても同じ効果がある。まずこれらの調査をする際にはできるだけ多くの資料を集めることである。本論文では越中史料、越中国誌等の富山県の資料、大山町史、島村史、越川村史、新庄町史等多くの郷土史を参考にした。また古地図や絵図は地元の旧家（昔の役人の家などには多くそれら資料が所有されていることがある）に出かけて貴重な資料を見せていただいた。

i) 旧河道

旧河道はしばしば周囲の地形よりも低いことが多く、洪水の際の水みちになりやすい。常願寺川についての河道の変遷については石原氏がこの約2000年間における流路の移動を示している⁶⁾（図-10）。この旧河道を現

在の位置で調べてみると

- ・縄文時代の流路は
上流→中流→熊野川に沿う
- ・奈良時代の流路は
富山靈園付近→大場→中川原→不二越→田畑
- ・平安時代の流路は
中の番→太田用水に沿う
- ・鎌倉・室町初中期の流路は
馬瀬口→イタチ川に沿う

とほとんど現在も分川もしくは用水路となっていて周囲地形より低いことを証明している。

このように旧河道がよく調べられている場合にはそれを用いるのがよいがもしこのような調査文献がない場合には参考資料から読みとらねばならない。その一例を新庄町史⁷⁾からあげる。

「洪水のため、広田川（林十作、三鍋良三郎の屋敷地はその川跡なり）も埋没され、位置も改変（新庄役場の敷地、現在消防署跡）され、被害地帯はトンビドロ〔著者注：トンビドロのことか〕によって敷きならされ凹凸は平均され……」

このような広田川の例のように水田と化していった河道も多く、富山市中川原や不二越地区のように宅地化していった河道もある。

河道の変遷図がある場合でもこれらをなんらかの形で確認することはよいことである。著者は石原氏の河道図に対して地下水調査結果⁹⁾を用いて確認してみた。これは「河川においては流水は河床上だけではなく多くの浸透により地下水脈をもつ」と仮定して、上記資料から比抵抗値の大きな値のところを結んで流線と考えたところ流線は次の三つにまとめられた。

- ・富山盛岡付近→城ヶ丘→中川原→不二越
- ・中の番→工場→太田用水に沿って
- ・イタチ川に沿って

これらは前述した旧河道の奈良時代、平安時代、鎌倉・室町時代の河道とほぼ一致するようである。

ii) 道路と用水路の変遷

元の一級国道は旧街道を利用して作られているため地すべりや山崩れ等の危険な箇所をさけて作られているという。このように昔の道は比較的安全な所を通っていると仮定すると古地図から道路の位置を調べることは流域の危険度を調べる上での一つの

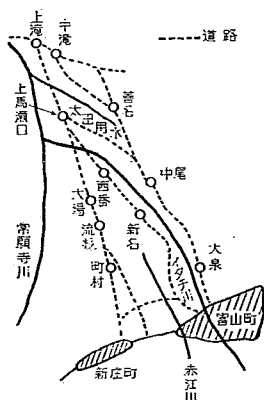


図-11 1800年頃の道路図⁹⁾

参考資料となる。

図-11に石原氏による文化二年（1805年）の道路図⁹⁾をあげた。この図と現在の道路図とを比較すると常願寺川の上・下流域を結ぶ幹線道路はほぼこの頃の道路と同じ路線であることがわかる。事実西の番付近では田面より50cm～1m程高い位置に道路があって水害などから田畑にくらべて比較的安全なところを選んでいることがわかる。

また用水路については、取水口が破堤箇所となることが多く、常願寺川についてはデ・レーケが次のようにそれを表現している¹⁰⁾。

「およそ河川堤防の決壊こそは洪水が主因であることは勿論であるけれども、常西各用水が引水している様に常願寺川堤防の腹部に水門を伏せ込み其の前部の河中に堰を設けて、強いて不自然に多量の水勢を誘導するに於

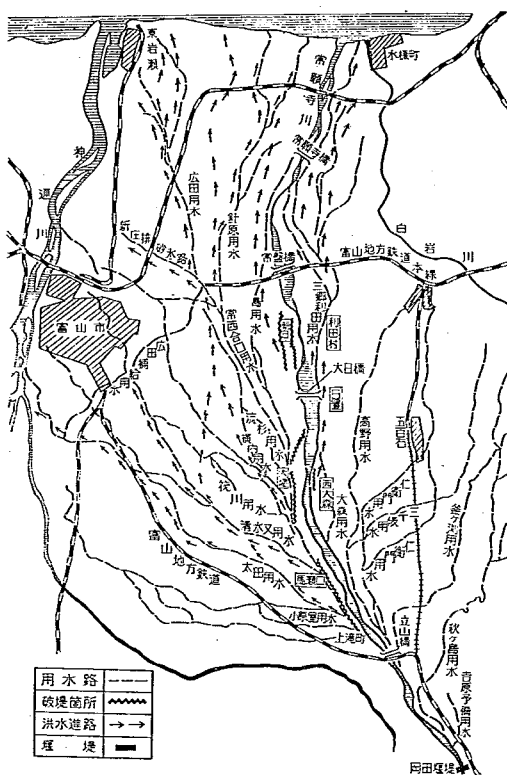


図-12 用水系統及び明治24年洪水灌漑¹¹⁾

ては自ら常願寺川本川の水勢を減殺して徒らに砂石が堆積し、従って河身は益々傾斜し、流水は偏流するに至るのであって、これらは渾て間接に堤防決壊の原因なり。」

特に明治24年の洪水による破壊はほとんど用水の取水口付近で発生しており、洪水の進路もほぼ用水ぞいにとられていることが図-12¹³⁾で示されている。

当然のことながら取水しやすい位置に取水口を作るのだからその位置での水勢に対する影響は大きく、洪水流を受けやすいと言えるだろう。これら各用水の取水口が洪水被害に結びつき、かつその維持管理に困難を感じて現在は合口事業が完成している。

以上のように、旧用水路から現在にいたる用水路の変遷を調べることによって、たとえば過去の用水路や取水口がなぜ現在廃止されているか等を調べることでより流域の危険度を調べる事が可能となるだろう。

ii) 集落の変遷

古地図と現在の地図との対比により屋敷、集落等の変遷を調べる。これは、昔から人間はいわゆる「生活の知恵」を生かして生活をいとなんできたのであるから、多分危険な土地や、古来の言い伝えによる危険なところ(たとえば、そこに家をたてるとたたりがある等)には人は住まなかっただろう。

常願寺川扇状地は散村集落形態をとっているため、古くからある部落のみではなく、屋敷などの位置を調べてみた(図-13、14)。昔、家のないところは何か理由があったのではないかな。理由としては、不便(飲料水や用水がない、または交通的に不便等)が考えられるが、その他に水害の危険もあったのではないだろうか。古い地形図に河原という地名が見られるがここなどはその水害危険地帯の一例と思われる。

絵図や航空写真による場合も同じ手法で集落の変化を調べられるが文献からも集落の新旧(地名の項参照)を知ることができる。たとえば常願寺川左岸地域では、寛文4年(1665年)に田中、桑原、月岡新、大場新等が誕生したばかりであって、この時に善名、下番、新名、中屋などの集落は誕生していない¹⁴⁾。

この他、比較的安全と言われている寺社・仏閣、名主・庄屋の家等の位置を調べるのも一つの危険度を知る方法と考えられる。ただし、これら寺社・仏閣等の安全度はある洪水規模に対して安全と言えるのであって、何百年に1回とか何千年に1回というような特別な水害は対象としていないように思われる。常願寺川の例でも安政5年4月26日の大洪水時には、戸崎寺の刀尾社と宿坊36坊のうち、覚雲坊、円林坊等9坊が流失している¹⁵⁾。また、時代は不詳であるが、西の番の正源寺については次のような記録がある¹⁶⁾。

「初め下番村字笹江田の東仙寺が常願寺川の氾濫にあ

い寺が流失したが本尊である観音様だけが残ったため西の番に移して正源寺と称し、治水、水よけの神としてまつっている。」

iv) 河床の変化

2-2, ii) 等高線と段丘の項でも述べたように天井川となる点の位置は扇状地の危険度を示す資料となる。そこで古地図をかきあわせ、もしくは古くからの調査データから河床高の変化を調べて天井川となる点の変遷を調べる。

常願寺川の例を示すと、明治43年の河床高を、同年測量の地形図及び二・三の文献¹⁷⁾から調べ、これに昭和44年の河床高(同年改測1/25,000地形図からひろう)を調べて比較してみると、天井川になる点が下流に下がっている。これはこの間に河床が低下し、天井川を解消していることを示しているものであり、それだけ危険度も低下していることを示している。

また、これらの古地図から河床の変化を読みとることは河床勾配の変化を読みとること、このうち勾配の急変点の存在を確認することは重要なことである。これは勾配の急変点は洪水時の土砂の堆積場所になりやすいことから危険度を示すものと考えられるからである。

図-15による縦断面をみるかぎりでは明治43年頃と比較して、現在は河床が低下しているが、反面河口から6 km付近においては縦断的な変化を急激に折れまげており、この地点では、危険度を増加させていることがうかがわれる。

v) 治水工事史と土地利用

扇状地の危険度の歴史は治水の歴史でもあろう。特に下流部においては築堤が代表的な治水工法であり、これらの文献は比較的多い。たとえば常願寺川における堤防の例は写真-3¹⁸⁾のようなものがある。

特に水害(洪水だけで被災対象がない場合には水害は生じない)に対処しようとしたのは常願寺川の場合、天正8年(1581年)佐々成政の時からと推定される。それまでは庄園領主と多くの土地所有者が存在していて、いわゆる権力が分散されていたため、流域全体の治水対策をするほど余裕がなく、むしろ自分の土地を少しでも拡大するための新田開発に力を入れていたのと、当時の経済力からして、金のかかる土木工事にまで手がまわらなかったのだろう。

佐々成政以後の為政者もその財政を守るための治水対策をしたのであって、財政力の増加にはより力を注いでいる。そして、その経済力が増すにたがって治水(用水確保も含めた)がより重大な問題となってくる。

常願寺川における堤防修理の最古の記録は大山阿史によると元禄14年(1701年)の洪水に伴う萩原村高堂家記録である¹⁹⁾。

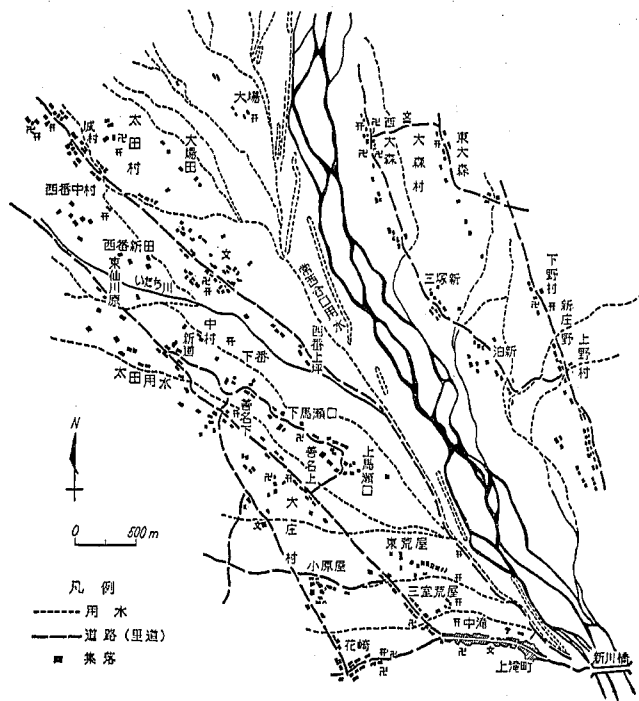


図-13 明治43年の集落
(明治43年測図、大正7年6月30日発行「五百石」1/25,000より転写)

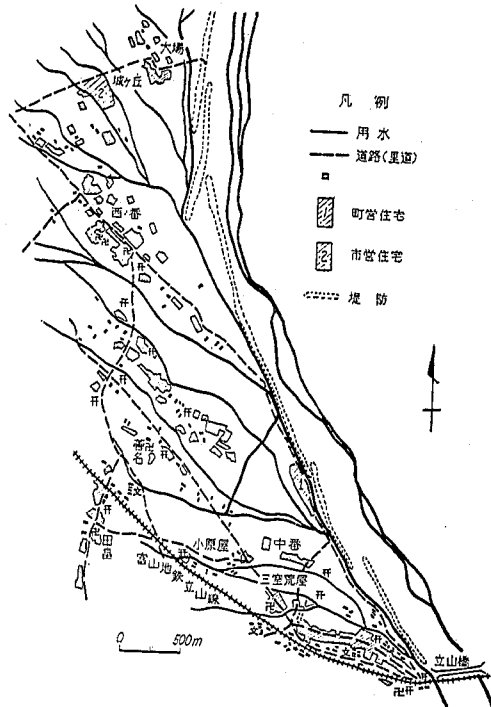
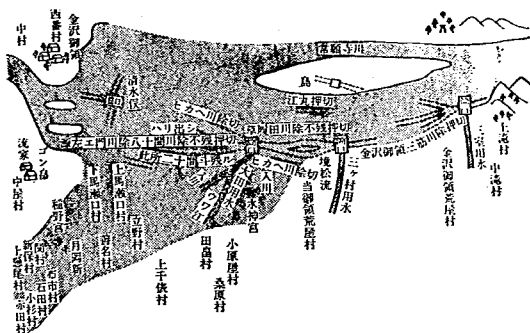
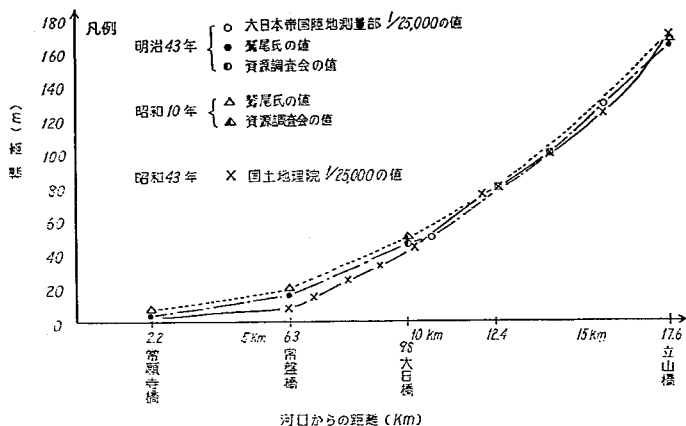


図-14 昭和43年の集落
(国土地理院 昭和43年改測1/25,000より転写)

写真-3 安政5年頃の堤防¹⁶⁾

元禄14年巳年記云

七月大

七月廿一日常願寺川満水馬瀬口村定切込、荒屋村
家流失其水熊野川へ押入、馬瀬口川除押切諸川水溢
候よし、併し神通川は出水不申……入札を以川除御
普請被仰付入札の表銀二十八貫目と云々

以下略

以上文献による主に机上での作業内容を述べてきたが、最後に人々と水との関いの一つの結果とも言える水害の歴史を多くの資料¹⁹⁾から調べた結果を示そう。常願寺川に関しては天智天皇白雉13年(662年)から現在までに郷土史等に記された出水は266回、このうち破壊箇所や被害の地名が判明している水害は122回あった。そこで、これらの地名をひいてみたところと表-2のようになっ

表-2 出水による災害記録
(被害地名とその回数)

地 名	回 数	地 名	回 数
源 五郎	1	馬 瀬 口	9
浜 黒崎	1	上 利 港	2
針 原	2	左 門	13
中 島	2	下 桑	1
富 山	8	大 森	3
新 舟 市	4	日 置	3
舟 橋	4	柴 草	6
三 室 屋	1	西 番	2
高 田	4		1
野 添	1		

(主な地名のみにとどめる)

た。

具体的な例としては筆者が新湊市石黒家所有の安政6年常願寺川出水絵図16を示そう。図からわかるように、安政6年と5年、6年の両年にまたがって判明するだろう。このような資料から判明されよう。

2-4 現地踏査

扇面を調査する際に当然のことながら現地踏査なしにその危険度うんぬんは言えない。現地踏査はできるだけ丁寧にゆっくりと時間をかけて全扇面上を実施するのが好ましいが、大面積の場合は時間的にも困難なのでここでは概査について述べてみたい。

i) 微地形の確認

当扇状地面上は最近国場整備が多くおこなわれていて旧地盤面がかなりみだされている。しかし、旧河道と推定されたところは、いずれも周囲地盤より低いことがわ

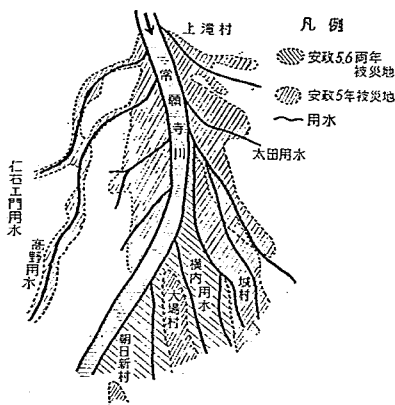


図-16 安政6年常願寺川水害絵図(石黒家所有)から写筆

かった。二、三の例を示そう。西の畚と下番間のイタチ川沿いでは約80cm低い面が存在する。域ヶ丘の市営住宅付近は1~1.2m位低い。すぐ東側大場の集落の間に1m位低い100~200mの区間が存在する。この流れは少し北にあたる老人ホーム(1~1.5m低い、幅300m位)に連続する。そしてそのすぐ北の流杉の集落では田面と集落の存在する面とが1~1.5mのはっきりした段を有し、古い集落が安全側に存在している。河口から約6km常盤橋付近では地元で常願寺川第二堤防と呼んでいる堤防の内に工場が建てられている。しかし、旧河道と言われているも圃場整備等による土地の変化によってその様子が不明になっている所もある。たとえば明治24年にデ・レーケによってショートカットされた旧河道は微地形的にはあまりはっきりしない。しかし、その位置にたってみると、人家や大きな木がほとんどみあたらず、白岩川から常願寺橋が見通せる。このような面のその後の利用状態と微地形を調べることは一つの危険度の判定のチェック材料と言えよう。なお、扇状地の水みちは、列状にならんだ木によって判断ができる。たとえば県道五百石一上市線からみえる田面や、下段段丘面上には高さ2~5mの木が列状に繁っている。これらも旧水みち(旧河道の可能性)を示していて、一つの扇状地形の判断材料となる。

Ⅱ) 古い家と新しい家の分布

古くからある寺社、屋敷は、それだけ水害に対しても安全度が高いと言える。そこで扇面上の寺社・仏閣や古い屋敷を現地踏査で確認する。この場合も、戸数が少なければ各戸の聞きこみがよいが、常願寺川扇状地の場合にはそれが時間的にも手間の面からとても無理なので

外見からの判定をした。その例をここで述べる。

この扇面上では集落が散村形態をなしているので比較的各戸の特徴を外見から判断しやすい。たとえば旧家にはほとんどの場合垣戸(カイニュー)と呼ばれる屋敷林をもっている。家の周囲、特に常願寺川の扇頂方向に面したところは1m程度の石垣をきずきその内側に杉などの屋敷林を有している(写真-4)。図-17¹⁰⁾に家の建ち方と垣戸の様子を示した。この図のあたりでは扇頂が南東の方向にあたるため、その方向の対策がなされている様子がわかる。屋敷については、一般に旧家は家の造りが大きく、柱などが太い。そして、家の屋根の形が異なったり(この例は常願寺川の扇面ではあまりみられなかったが、富山県の利賀村や片貝川上流ではみうけられた)、のきのサン木に細工がしてある。家そのものは年代がたてば建てかえるので、家の新旧はかならずしも比較にならないが、一般的に家を建てかえる際に、材料は新しくしても形や従来の風習はもとの形をとる例が多いので、それらを参考に判断するとよい。なお、屋敷林に

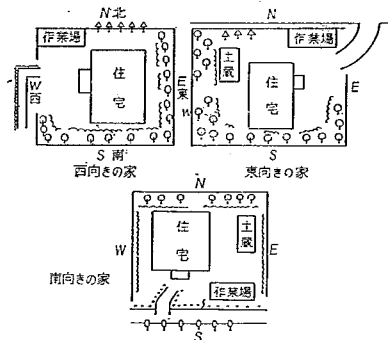


図-17 家の建ち方と垣戸の様子¹⁰⁾ (この位置から扇頂はS・Eの方向にあたる)



写真-4 新しい家と古い家とは屋敷林の有無が一つの区別となる

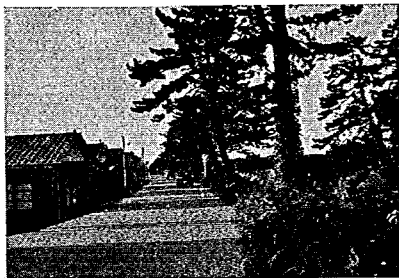


写真-5 殿様林と住宅

ついても、木の生育限界があつてかならずしも木の大きさだけで判定するのは問題があり、周囲の状況等と併せて判定するのがよい。この他屋敷林を含むその家の樹木が一つの古さを示してくれるだろう。植物は他から移植するにしても本数、年数にある程度限界があるのだから。

さて、新しい家をみいだすことも旧家を判定する一つの手段となる。そこで新しい家の外見的特徴を列挙してみると、団地、建売り住宅、新建材を使っている。家の造りが比較的小さい、敷地狭い、柱細い、庭木はせいぜい10~20年代位、等である。そして、土地や家を選ぶ際に、最近の場合は、便利なところ（例えば、道路沿い駅やバス停の付近等）や安価なところ（旧河道や河原など最近になっての宅地等）を選ぶ可能性が高い。これらも新しい家、集落の判定に役だつた。たとえば常願寺川左岸大山町に殿様林と呼ばれる水害防備林があつた。これは明和6年（1770年）藩主前田利興がたびかさなる水害から領地を守るために丹波より松苗を取りよせ植えたものとされている²⁰⁾。この場所は、大正年代にも破堤箇所になったところで危険度が非常に高いが現在は松林のかわりに町営住宅がならんでいる（写真-5）。

2-5 地形的素因の総合考察

常願寺川扇状地について地形的素因を主に扇状地面上的危険度調査について報告した。現在の段階では一定の基準化にいたらないので扇状地の平面図上に調査結果を記入し、その図から危険度合を判定するという手法が、現在のところ最も扇状地の危険度を示す実践的な方法であると思われる。常願寺川での調査結果をまとめてみると破堤箇所、旧河道、集落等の調査結果がほぼ一致した傾向を示した。すなわち、破堤箇所は用水や旧河道の分岐点及び、天井川となる点から下流で、特に大日橋付近

の小扇面の扇頂等であつて、これから進入した流水はほとんど微地形的に低い旧河道や用水路に沿って流下する傾向がみられる。

ただし、破堤箇所は、たぶんある堆積特性（河川としての危険度）による破堤条件によって異なるがこれについては今回はふれていない。

おわりに

扇状地の危険度を調べる一つの手法を検討すべく常願寺川の例を述べた。これまで扇状地での危険度の表現は扇面一様に表示されていた。しかし昭和44年黒部川の災害時にみられたように破堤による洪水流はある一定の方向に走り被害が扇面全部におよぶということとはなかった。今後流域住民との接触がますます増してくると思われる治水事業において、単に扇状地だからという理由で扇面全部を危険地帯にするわけにはいかないだろう。また本調査結果は工事における優先度にも利用できると考えた。しかしはじめにも述べたように本文は地形的素因をもとにした危険度の調査手法の検討であり、特に常願寺川における例のみをあつかつていて、他の河川の扇状地について同じように危険度の傾向が表わせるとはかぎらない。今後は河川としての危険度ともあわせこのような面での調査研究をしていきたい。先輩諸兄の御批判、御指導が得られれば幸いである。

参考文献

- 1) 砂防における地形調査試案(Ⅰ)、(Ⅱ) 大石・榎本 新砂防60 S41-3, 新砂防63 S41-12
- 2) 立山山麓の隆起扇状地 深井三郎 地理学評論29巻4号, S31-4
- 3) 大山町史 大山町史編集委員会 P443~521 S39-11
- 4) 前出 3) P451
- 5) 渡天雅 立山砂防工事事務所 P15 S50-10
- 6) 前出 3) P842
- 7) 新庄町史 新庄校下自治振興会 P311 S50-4
- 8) 常願寺川地下水調査 富山工事事務所 井村忠夫 昭44年度管内技術研究会資料 S44-9
- 9) 前出 3) P1026
- 10) 常願寺川沿革誌 建設省富山工事事務所 P211~212 S37-3
- 11) 常願寺川流域の土地保全問題 総理府資源調査会事務局 P55 S30-3
- 12) 前出 3) P443~521
- 13) 前出 10) P83
- 14) 前出 10) P61
- 15) たとえば荒廃河川処理の一例としての常願寺川改修計画 兼尾登竜 新砂防 No.6 S26-11
- 16) 前出 3) P824
- 17) 前出 3) P845
- 18) たとえば越中史料(巻一~四) 富山県 M42-3
- 19) 大山町の自然 大山町教育委員会 P91 S50-3
- 20) 前出 10) P63

(原稿受理日 昭和51年1月9日)

扇状地危険度調査の一方法と調査実例

—現地調査を主体として—

建設省土木研究所 ○阿部 宗平

池谷 浩

扇状地形上の河道は、流水の乱流、土砂の変動等による土砂害防止のため流路工が計画、施工されている。この流路工の工事計画、施工の優先順位を決める場合に、扇状地形上の河道で、どこが破堤点となり、洪水流はどの区域まで及ぶか等の危険度を知る必要がある。これまでに、地形調査や人文地理的調査、古文書等による調査方法は発表されているが、現地調査については確立した方法がないようである。危険度を判定しようとする際には、地形等の調査だけでなく一般的な調査方法に基づく現地調査をおこない、扇状地形上を総合的に調査し、その危険度を判定する必要があると考えられた。

そこで、扇状地の危険度を知るための現地調査は、どのような内容及び方法でおこなえばよいかを、実際に松川や木戸川扇状地を例にあげて検討した。

現地調査は次に述べるような項目について実施すればよいと考えられる。

- ① 過去の災害記録について充分な資料が得られない場合は、現地に住んでいる老人達や水防作業に当った人達から災害の実績についてたずねる。
- ② 扇面の微地形調査をおこなう。これは地形図上の等高線等から判定できない旧河道や用水路、段丘崖を知り、より高い精度で洪水氾濫区域の外縁を設定できる。また、林地では、表面に露出する際の平面的分布や踪徑調査をおこなうことによっても、破堤点や洪水氾濫の及び区域を知ることができる。また、林地で根の曲り具合から洪水の水道が分かる。
- ③ 地形図や工作物台帳にない古い工作物を調べる。これらの工作物は、洪水氾濫を防止するよう位置にもうけられており災害との関いの場であることを物語っている。
- ④ 集落の変遷、家屋の分布と構造上の特徴を聞き込み等によって調べる。ふるい集落は安全度の高い位置に存在し、危険度の高い位置に存在する家屋程、災害を防止するような対策を講じている。
- ⑤ 植生がいつから、どのような場所で、どのような目的で存在するかを調べることによって、危険度を知るポイントとなる。
- ⑥ 河道工作物を調査する。水衡部となる頻度が多い箇所、根固工の補修や法覆工の補強がおこなわれている。また、河床が上昇し河積が不足した箇所等は築堤等の嵩上げがおこなわれている。これらの箇所は洪水に対する危険度を示している。
- ⑦ 河道と背後地の比高を調べる。河道内に土砂が堆積して比高が小さい所は洪水氾濫発生点となる危険度が高い。
- ⑧ 河床勾配の変曲点は土砂が堆積して氾濫発生点となる危険度が高い。粒度もこの地点より下流で変化していることが多いので、河床勾配と粒度の変化を合せて調べてみるとよい。

以上扇状地形面で危険度を知るための主な調査内容及び方法について述べてきたが、扇状地の危険度判定には、これらの他に危険度の誘因ともなる水理条件の検討が重要であろう。今後は、これら水理条件の検討を含め、総合的な扇状地形面上の危険度判定に関する研究をおこなってほしい。