

流域管理に関する研究
—富士川水系早川の支流，雨畑川を例として—

安仁屋 政 武

研究組織

総 括	筑波大学教授	辰 巳 修 三	(農林学系)
同 補 佐	筑波大学講師	天 田 高 白	(農林工学系)
崩壊地調査	筑波大学講師	安仁屋 政 武	(地球科学系)
流出解析	筑波大学講師	天 田 高 白	(農林工学系)
土 壌 調 査	筑波大学助教授	中 村 義 司	(農林学系)
	筑波大学助教授	海 上 道 雄	(農林学系)
	筑波大学講師	内 田 煌 二	(農林学系)
	筑波大学助手	大 坪 輝 夫	(農林工学系)
	筑波大学文部技官	伊 藤 和 雄	
植 生 調 査	筑波大学助手	中 村 徹	(農林学系)
地 質 調 査	筑波大学助教授	新 藤 静 夫	(地球科学系)
	筑波大学助教授	下 田 右	(地球科学系)
溪 流 調 査	筑波大学講師	天 田 高 白	(農林工学系)
	筑波大学助手	真 板 秀 二	(農林工学系)
森 政 調 査	筑波大学助教授	赤 羽 武	(農林学系)
	筑波大学助手	餅 田 治 之	(農林学系)

はじめに

この調査の目的は、雨畑川流域における土砂の生産ならびに流出機構を明らかにし、砂防計画立案のための基礎的な資料を得ることである。この目的を達成するためには、河川流域について、様々な方面から総合的にアプローチする必要があるので、前述のような調査班が組織された。そして、これらの個々のグループの研究が有機的にまとまって、河川流域管理の基礎資料となるのである。

調査、研究は1978年から4ヶ年計画で始まり、今年度で3年目を迎へ、現地調査は最後の年になる予定である。1978年には、最大の支谷で最も険しい楢又谷の調査を行い、1979年には、楢

又谷合流点より上流の本流域の調査を行った。ここでは、筆者が担当した崩壊地調査を主にして、判明した点や、問題点、これからの課題などについて述べる。

1 調査地域の概観

雨畑川は、富士川水系の一つである早川の支流で、ほぼ南から北へ流れる、面積約103 km²の流域である(図1)。早川との合流点より約3 km上流に発電用の雨畑ダムがある。これは1967年に竣工されたが、その後の12年間で、約500万m³も堆砂しており、堆積スピードは全国でも有数である(写真1)。



写真1. 1980年3月27日撮影。渇水期の雨畑湖。村落は雨畑本村。

1.1 地質と地形

地質は、西から小仏層群(砂岩、粘板岩、礫岩など)、三倉層群(砂岩、珪質頁岩、粘板岩、チャート、千枚岩、輝緑凝灰岩など)、そして瀬戸川層群(砂岩、粘板岩、頁岩、千枚岩、輝緑凝灰岩など)が、ほぼ南北に帯状に配列している。小仏、三倉層群は四万十帯に属す白亜紀の地層で、瀬戸川層群は、瀬戸川帯を形成していて、古第三紀の地層である。

流域の西は、赤石山脈の東側を支脈として策ヶ岳(2629 m)を最高点とする、標高2000 m ~ 2500 mの定高性をもつ稜線の一部である。雨畑ダムの標高は約440 mであるから起伏は2200

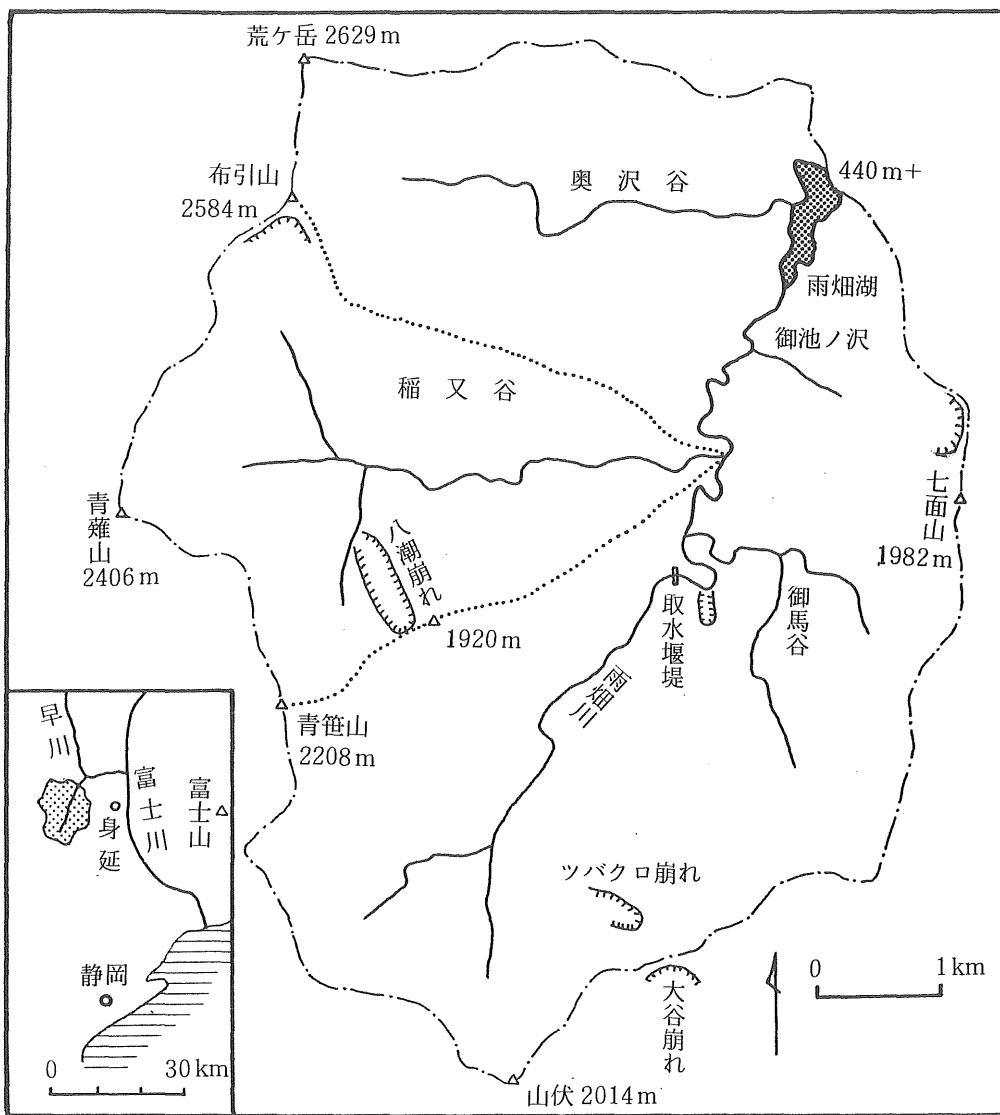


図1 調査地域の概念図

m近い。東側は、七面山（1982 m）を主峯とする稜線に限られている。七面山周辺は、身延山別院の存在が示すように、やや平坦で池も見られる。これは、重力性の断層によって形成された地形である。南側は、安倍川の upstream で、日本三大崩れの一つである大谷崩れと接している。流域を限る稜線の大きな特徴の一つに、二重、三重稜線が多いことである。特に流域最南端の山伏（2014 m）から北東に伸びる稜線で、大谷崩れにかけての 1.5 km（山伏から更に南へ 2.5 km 続いている）と、七面山周辺の稜線が目立つ。これらは、いずれも重力性断層によって形成されたと考えられる。

雨畑川は、いくつかの大きな支谷をもつ。まず、雨畑湖へ左岸より直接流入する奥沢谷、最大の支谷である稲又谷（24 km）そして右岸より流入する御馬谷である。本流を含めて、いずれの谷の流路も屈曲しているが、それぞれ中央部では特に著しい。これは、ほぼ垂直に切り立っている砂岩、頁岩、粘板岩等の岩石の影響によるものと考えられる。このような小さな流域にも、発電用の取水ダムが作られ、河原の状況は一変している（写真2）。かつてのとうとうとした流れが形成した見事なゴルジュも今は水が無いが、あってもチョロチョロと流れるだけで、何か哀れな感じがする。しかし、豪雨の後は昔の姿を取り戻し（写真3）、自然の力の大きさをまざまざと見せつける。

山腹斜面は非常に急で、平均傾斜は 40 度を越し、60 度以上の絶壁となっている箇所も多い。流域は、いわゆる早壮年期の山で、開析が非常に活発である。このような流域の地形特性から、開析の営力として主要な崩壊が多く発生し、土砂流出が激しいのは、当然と言えよう。



写真2. 1979年8月9日撮影 取水堰堤直下の様子



写真3. 1979年10月19日撮影 台風20号によって推定
300 mm以上降った後の取水堰堤周辺の様子

1.2 崩壊

稲又谷では236ヶ所、本流上流域では449ヶ所の崩壊が認められ(写真4, 5), 大小様々のタイプがある。なかでも古くからあると思われる名称のついた巨大崩壊も少なくない。その筆頭は、稲又谷に分布する八潮崩れである。これは標高差700 m, 幅400 m前後, 深さ50 m以上で, 崩壊土量は少なくとも1,000万 m^3 以上, 恐らくは1,500万 m^3 はあると思われる大崩壊である。その他, 稲又谷には, 北端の布引山の南面にある朝日の崩もある。七面山の西面が崩れているもので御池ノ沢の崩れが大きく, 本流との合流点に, 急で大きな扇状地を形成している。上流域には, 大谷崩れと稜線を挟んで反対側にあるツバクロ崩れがある。因みに, 八潮崩れ, ツバクロ崩れ, 大谷崩れは一直線上に並び, 地質の弱線に沿って発達していることは, ほぼ間違いないであろう。その他, 中流域には, 一の沢崩れ, 二の沢崩れ, そして黒崩れと呼ばれる大規模崩壊がある。

1.3 土壌

流域の土壌は大きく分けて, ボドゾル土壌と森村褐色土壌の二つである。前者は標高1500 m~1700 m以上の地域に見られる。土壌は一般に薄く, A層とB層を合せて50 m前後が多い。傾斜が急なため, 定積土は少なく, 匍行・崩積土が多く, その構造も団粒状のものより粒状のものが一般的である。



写真4. 1978年10月27日撮影 稲又谷と本流合流点付近の崩壊。
斜面長約200 m, 傾斜約42度, 頁岩。



写真5. 1979年8月7日撮影 本流沿い, 取水堰堤の400 m
位上流にある崩壊。
左側の崩壊: 斜面長366 m, 傾斜45度前後, 砂岩。
右側の崩壊: 斜面長215 m, 傾斜40度前後, 砂岩と泥岩。

1.4 植 生

森林の垂直分布は、標高1000m前後を境として、低山帯と山地帯、1500m～1800mを境とし山地帯と亜高山帯、そして2200m～2500mを境に、亜高山帯と高山帯に分けられる。植物相は、それぞれ低い方から、常緑広葉樹、夏緑広葉樹、常緑針葉樹、低本と移り変る。面積的には山地帯が一番大きく、自然林、二次林、人工林、などが見られる。自然林は主に、ツガと落葉広葉樹との混交林の林相を呈している。二次林は、カンバ類、カエデ類、シデ類などが主な構成樹種である。人工林は広く分布しており、スギ、ヒノキ、カラマツなどが植林されている。亜高山帯では、尾根を中心に、シラベーコメツガ林が広がっている。傾斜の急な所では崩壊地が多数存在しているが、小規模で比較的新しい崩壊の多くは、人工林、二次林、伐採跡地に分布しており、人為の影響をうかがわせる。

2 崩壊地の解析

崩壊地の解析に必要なデータを収集する調査方法は、大きく現地調査と空中写真判読に分けられる。

2.1 現地調査

崩壊の現地調査は2つの目的をもって行われた。まず第一に、空中写真・地形図からは判読・計測不可能な岩石やその構造、地形特性などを計測し崩壊との関係を調べることで、そして崩壊様式の識別、崩壊土量算出のための諸計測を行うことである。第二に、空中写真、地形図からの判読・計測の精度をチェックして信頼性を検討して、流域全体の崩壊の計測結果が解析に使えるか否かを吟味する3データを得るためである。

崩壊分布図は、1976年のカラー空中写真から作成されたものを、現地調査によって加筆修正して、調査年次のものでした。これによると、1978年の稲又谷では236個、1979年の上流域では449個の崩壊が認められ、そのうちそれぞれ29個、21個が現地で計測された。崩壊地の多くは、険しい道のない斜面に分布するため、接近不可能に近く、調査した崩壊は接近可能な沢筋にはほぼ限られている。

主な現地調査項目は次の通りに分けられる。

1) 地形計測

崩壊地を崩壊部、流送部、堆積部に分け、それぞれの傾斜、長さ、幅を、さらに崩壊部の平均深度を測定した。

2) 地形的位置

崩壊部周辺の斜面の縦断型と横断を凸型、凹型、直線型に区分した。さらに方位を含む。

3) 地 質

崩壊部で露出している基岩の種類ともろざ地層の走向・傾斜、明瞭な節理の走向・傾斜・間隔、さらに断層が認められた場合、その走向・傾斜・破碎帯の幅を測定した。

4) 崩壊物質（土壌）と堆積物質

滑落崖での観察により、土壌の厚さと、運積土か残積土かの区分を行った。堆積物質は rock (石が主)、debris (石と土が混合)、earth (土が主) に区分し、粒径を概測した。

5) 崩壊の様式

崩壊部において、その形態、崩壊物質、地質との関係などを総合的に考慮して、fall (落石型) と planner slide (平行すべり型)、又はこれらの複合型に分類した。

6) 植生

崩壊部周辺の植生を、林地・草地にまず分け、林地の場合は常葉・落葉樹、針葉・広葉樹、天然・二次・人工林に区分した。次に高木層の高さと植被率を計測した。

2.2 現地調査による崩壊地の特徴

崩壊地を様々な指標で分類してみたが、発生年次で分けるのが、一番特徴がでることが判明した。(次項の空中写真判読を参照) 特に 1947 年以前に発生した古い崩壊と、1969 年以降に発生した比較的新しい崩壊とは性格が明瞭に異なる。前者は、崩壊様式として fall が多く、崩壊土量・裸地面積等規模が大きい。一方、後者は、planner slide が多く、規模の小さな浅い崩壊である。崩壊部の平均傾斜は、古い崩壊では約 50 度で新しい崩壊より約 4 度急である。そして 1947 - 1969 年に発生した崩壊は、両者の中間の性格を備えている。

斜面の縦断型は凸型が一般に多く、横断型は、稲又谷の場合凸型と直線型が多いが、本流上流域では、凸型、凹型、直線型がほぼ同じである。

2.3 空中写真判読

1976 年撮影の縮尺約 1 : 20,000 のカラー写真判読と現地調査によって、調査年次の崩壊分布図を作成した。更に、これらの崩壊の発生時期を限定するために、1947 年、1969 年、1974 年に撮影された空中写真で崩壊地を抽出し、発生時期を 1947 年以前、1947 - 1969 年、1969 - 1974 年、1974 - 1978 又は 1979 年の 4 つに分けた。これらの判読結果は、1 : 10,000 の地形図に移写されて、種々の要素が計測された。なお、写真上では、崩壊部、流送部、堆積部の判読は不可能なので、一括して崩壊裸地として扱った。

2.3.1 崩壊地データの収集

次の項目の測定・読み取りを、地形図、水系図、植生図から行った。

まず崩壊地特有なものとして次の項目がある。

A. 崩壊裸地面積

B. 崩壊長

次に非崩壊地と共通な流域の土地条件として以下の項目がある。

(a) 傾斜, (b) 標高, (c) 方位, (d) 谷次数, (e) 尾根までの距離, (f) 谷までの距離, (g) 斜面の縦横断型, (h) 遷急線との関係, (i) 植生,

岩石の違いは、現地調査の結果、流域内では意味のあるものとして捉えられなかったため、土地条件に含まれなかった。

2.3.2 非崩壊地データの収集

崩壊地での崩壊に関する土地条件を明確に抽出するためには、非崩壊地の土地条件と比較する必要がある。ここでは、非崩壊地の土地条件を収集する手段として、250 m間隔のグリッドを流域全体にかけ、交点で計測・判読を行う、ポイント・サンプリング方式を採用した。この方法により得られたデータは、全流域を代表すると考えられる。交点で計測したデータは、項目によって測り方に若干の違いはあるが、前述の(a)から(i)までと全く同じである。

2.4 現地調査データと空中写真・地形図計測データの適合性

空中写真・地形図を使用して判読・計測したデータを計量的に解析する際、そのデータの精度・信頼性が重要となる。従って、現地調査で行った種々の崩壊地の計測データのうち、空中写真・地形図からも計測可能なものについて、両者の適合性を検討した。すなわち、崩壊裸地面積、崩壊長、傾斜、方位の相関関係を見ると、 $r = 0.59$ から $r = 0.99$ 迄で、0.8を越す場合が多い。いずれも統計的には99%の水準で有意であり、判読・計測データが計量解析に充分使用できることを示している。一方、斜面型の場合は、適合率を算出したが、稲又谷の場合、縦断型が0.34、横断型が0.45、上流域では、それぞれ0.50、0.52と悪く、斜面型の読み取りの難かしさを物語る。

2.5 計量解析

現地調査の結果から、発生時期により、崩壊地の特徴が異なることが判明したので、計量解析も発生時期に行った。方法は、崩壊率の算出と、数量化Ⅱ類による要因の抽出、の2種類を採用したが、ここでは主に数量化Ⅱ類の結果を中心に述べる。

数量化Ⅱ類は、土地条件相互の相関も考慮して、崩壊の発生しやすい、又はにくい土地条件を抽出するのに使われる。崩壊発生時期によって、崩壊しやすい土地条件に違いがあるか否かを明らかにするため、4発生時期別に計算を行った。使用したデータは、崩壊地と非崩壊地のものである。対象となった土地条件は、計測された項目のうち、現地データとの適合が悪い斜面型を除いたもので、それぞれいくつかのカテゴリーに区分された。(表1)

計算結果は、各要因(土地条件)のカテゴリー別にプラス又はマイナスの得点として出てくる。データの入力の仕方により変化するが、この場合、プラスが崩壊に、マイナスが非崩壊に参与していると解釈される。そして、ある地点での崩壊、非崩壊を考える場合、そこでの土地条件のカテゴリーの数量の和が、ある値よりも大きければ、その地点は崩壊グループに、また小さければ非崩壊グループに判別される。どのような土地条件カテゴリーが崩壊に強く関与するかを調べるために、得点で4位までを抽出した(表2)。まず、稲又谷では、遷急線の直下、方位(南西-南-南東)、伐採地、そして傾斜40~45度が主なものとして挙っている。特に1947年以降では伐採地が1位になり、崩壊に対する人為の影響がうかがえる。上流域について一般的に言えることは、遷急線の上下で崩れ易い、方位が重要、比較的新しい崩壊では、伐採地も崩れ易い、ということである。細かく見れば、両地域で順位などが違うが、挙っている土地条件カテゴリーは似ている。1947年以前発生崩壊で両者共、1位が遷急線の直下となっているのが注目されるが、これはむしろ崩壊地が遷急線を形成しているからと解釈できる。稲又谷の方が伐採地の影響が大きく出ているが、伐採・

植栽の歴史が古く、面積も大きいからであろう。斜面の要素が上位を占めないのが注目されるが、これは、この流域では斜面がどこも急なため、どの斜面も傾斜から見た崩壊条件を備えており、他の条件の違いによって崩壊するしないが決まることを示唆しているのではないだろうか。また、いづれも方位が重要な因子として挙っているが、これは主に降雨条件に関係しているものと考えられる。標高の要因も同様と解釈される。

表1 数量化Ⅱ類で対象とした土地条件とそのカテゴリー

カテゴリー 土地条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9
傾 斜 (度)	0~25	~30	~35	~40	~45	~50	~55	55~	
標 高 (m)	~800	~1,000	~1,200	~1,400	~1,600	~1,800	~2,000	~2,200	2,200~
方 位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
谷 次 数	1	2	3	4	5				
尾根までの距離(m)	0~20	~40	~60	~80	~100	100~			
谷までの距離 (m)	0~50	~150	~300	300~					
遷急線との関係	直 上	直 下	離れて いる						
植 生	天然林	二次林 (6m~)	人工林 (6m~)	二次林 (2~6m)	人工林 (2~6m)	伐採地 (低木)	伐採地 (草)		

表2 数量化Ⅱ類による崩壊しやすい土地条件カテゴリー

発 生 年	順位 流域	1 位	2 位	3 位	4 位
~1947	稲又谷	遷急線の直下	標高2200m~	方位 南	方位 南西
	上流域	遷急線の直下	遷急線の直上	方位 西	方位 東
1947~1969	稲又谷	伐採地(低木)	遷急線の直下	方位 南東	傾斜40~45度
	上流域	遷急線の直上	方位 東	遷急線の直下	標高2000m~
1969~1974	稲又谷	伐採地(草地)	標高2200m~	傾斜40~45度	方位 南西
	上流域	遷急線の直下	方位 南	傾斜50~55度	伐採地(低木)
1974~1978	稲又谷	伐採地(低木)	標高1000~1200m	方位 南	方位 南西
	上流域	遷急線の直上	人工林2~6m	方位 南	伐採地(低木)
~1979	上流域	遷急線の直上	人工林2~6m	方位 南	伐採地(低木)

次に、崩壊に寄与する土地条件を偏相関係数の大きさによって見ると表3の通りである。傾斜、方位、標高、植生、遷急線との関係、など主な条件である。特に傾斜が重要であるが、時代が新しくなるにつれて植生（伐採地）の要因が大きくなっていくのが注目される。

判別解析で問題となるものに判別率がある。これは、それぞれの集団に属するデータが、正確にその集団に分類される率を見るもので、崩壊地の予測を行う時の精度の目安となる。これを算出する方法として2つある。一つは積算曲線を描いて求めるもの、もう一つは分布の平均と標準偏差から正規分布を仮定して求める方法である。いずれの方法でも、判別率は70%前後である。つまり、判別解析の結果を基に崩壊地の予測などを行うと、その期待される精度は70%ぐらい、ということである。

表3 偏相関係数から見た崩壊に関与する土地条件

発生年	順位 流域	1 位	2 位	3 位	4 位
	～1947	稲又谷	方位	遷急線との関係	傾斜
上流域		傾斜	遷急線との関係	方位	谷までの距離
1947～1969	稲又谷	傾斜	方位	尾根までの距離	植生
	上流域	傾斜	遷急線との関係	方位	標高
1969～1974	稲又谷	傾斜	標高	方位	植生
	上流域	傾斜	植生	方位	谷次数
1974～1978 ～1979	稲又谷	植生	標高	方位	傾斜
	上流域	植生	傾斜	方位	標高

3 まとめと今後の課題

2年間にわたる稲又谷と本流上流域の現地調査と計量解析の結果から、次のことが明らかになった。比較的新しい、1969年以降に発生した崩壊は、伐採跡地、遷急線の周辺、南向き、傾斜40～45度などの条件を備えている斜面で発生しやすいことが判明した。しかし、地域によって要因は若干異なる。例えば、稲又谷では、伐採跡地が崩壊しやすい斜面であるが、上流域では、遷急線の周辺が一番関与している。これらの崩壊をもたらした降雨は、雨畑集落での観測値からいづれも日雨量300mm前後のものとして推定される。勿論、詳しい降雨との関連は、先行降雨や降雨強度などを参考にしなければ、判明しないが、山奥なのでそのようなデータは皆無である。通常、崩壊は気象観測所のない山岳地域で発生することが多いため、降雨との関連は推測の域を出ない場合がしばしばあり、崩壊と降雨の関連は最も未知な部分の一つである。

古くある崩壊の場合、土地条件としていづれも3位まで、傾斜、方位、遷急線との関係が挙って、地域差はない。これは崩れ易い要因と言うよりも、崩壊が回復しにくい要因といった方が適

切であろう。つまり、凍結融解といった岩岩の風化を捉す作用が活発な南向き斜面で、傾斜が急なため、崩壊部は徐々に後退して行き頂部付近に遷急線を形成している、ということである。

次に、崩壊によって生産された土石が、どのように河川へ流出して行くかは、砂防計画を立案する上で非常に重要なことであるが、詳しくは判っていない。全く未知といっても過言ではないだろう。一方、崩壊土量の算出は、現地調査のデータにより、崩壊裸地面積から回帰式により可能なことが稲又谷で判明しているため、雨畑川全流域の現地調査が終った時点で、行う予定である。

参 考 文 献

建設省関東地方建設局富士川砂防工事々務所・国際科学振興財団（1978）：雨畑川上流部崩壊機構に関する調査業務委託報告書 147p

同上（1979）：雨畑川上流部崩壊機構に関する調査業務委託報告書 125p