

出水市土石流災害発生要因への 水文学的アプローチ

田口雄作¹⁾

1. はじめに

1997年7月10日未明, 鹿児島県出水市境町針原地区で大規模な土石流が発生し, 20万 m^3 にも達するかという土砂は人家や畑を埋め尽くし, 21名の尊い人命や財産を一瞬にして奪う大惨事となった。

地質調査所では本土石流災害の概要を把握する目的で, 同月15日から18日までの4日間にわたって, 地質担当の中澤と, 水文担当の筆者の2名を本緊急調査要員として現地へ派遣することを決定した。

地質関連の調査は, 中澤(1997)によって本号の別稿で報告されるので, 本稿では筆者担当の主として水文関連の調査結果を報告することにする。

今回は緊急調査のため現地における調査時間が短く, 考察が不十分な点多々あると思われるが, とりあえず速報として公表することにし, それらの解明は今後の研究の成果に待ちたい。

2. 過去の土石流災害

本地域における過去の土石流災害の記録はほとんどないが, 出水市教育委員会編(1992)によると, 明治35年8月10日にJR出水駅からほぼ6km真南に位置する出水市湯川内温泉で山津波が発生し, 湯治客を含む17名が一瞬のうちに押し流され亡くなったという記録がある。記述によれば, 集中豪雨が原因で崩壊した土砂や倒れた樹木によって堰き止められた谷川がダムアップし, その後の水圧に耐えきれずに, ついに一気に下流へ流れ下ったこと

による災害である。押し流された死体の一部は, 平良川, 広瀬川(米ノ津川), 不知火海, あるいは数日後に黒之瀬戸近くで収容されたとあることから見ても, この時の災害は土石流というよりも, いわゆる「鉄砲水」災害といった方がよいかも知れない。

このほか人的被害を伴う洪水災害は, その後何度も局所的に発生しているが, 土石流災害はまったく記録されていない。

3. 降水量の分布

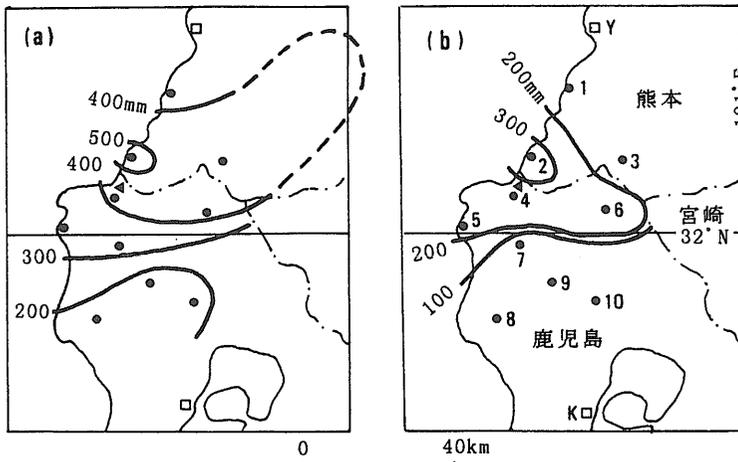
本土石流災害をもたらした誘因の一つは, 梅雨前線の活発化に伴う集中豪雨である。

気象庁のAMeDASの雨量観測によると, 鹿児島県出水市では7月6日午後11時過ぎから雨が降り始め, 10日未明の土石流発生までの3日間あまりの間に合計401mmを観測した。この期間内における本土石流発生地域を含む周辺地域の雨量分布は第1図(a)の通りである。それによると, 熊本県水俣市で518mmを記録したほか, 熊本県一里山や鹿児島県大口市でも400mmを超える大量の降水をみた。第1図(a)を見る限り, 鹿児島と熊本県境の海岸から山間部にかけての広い範囲にわたって, 400mm以上の降水があったことが読みとれる。

第1図(b)には7月9日の1日雨量の分布を示した。それによると, 鹿児島・熊本県境の海岸部を中心とする地域で200mm以上の雨量を記録した。とくに, 熊本県水俣市から鹿児島県出水市にかけての地域では, 300mmを超える大量の降水を記録したことがわかる。

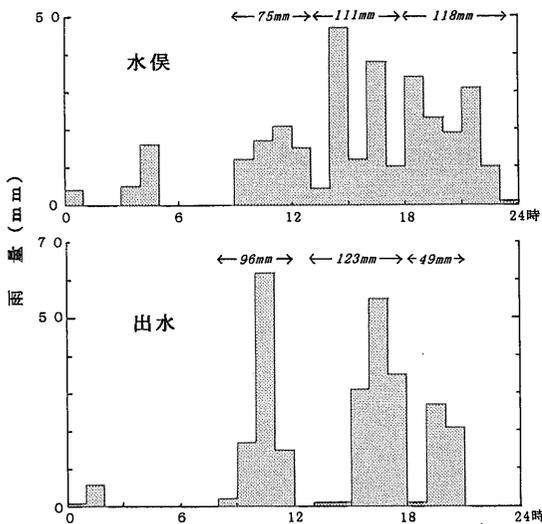
1) 地質調査所 環境地質部

キーワード: 出水市, 土石流, 災害, 水文, 水系網, 河床縦断面形, 水質



第1図

(a) 1997年7月6～9日間の総雨量分布と(b)7月9日の日雨量分布(AMeDASによる)。(凡例: 1.田浦, 2.水俣, 3.一里山, 4.出水, 5.阿久根, 6.大口, 7.紫尾山, 8.川内, 9.宮之城, 10.矢止岳, Y.八代, K.鹿児島, 図中の横向き黒三角印は崩壊現場の位置を示す)。



第2図 熊本県水俣市(上)と鹿児島県出水市における7月9日の時間雨量(AMeDASによる)。

第1図(a)で示したように、たしかに3日間の雨量も多かったには違いないが、それにもまして、7月9日の1日間の雨量がきわめて多かったことが、本地区で土石流災害を引き起こす誘因になったことは想像に難くない。

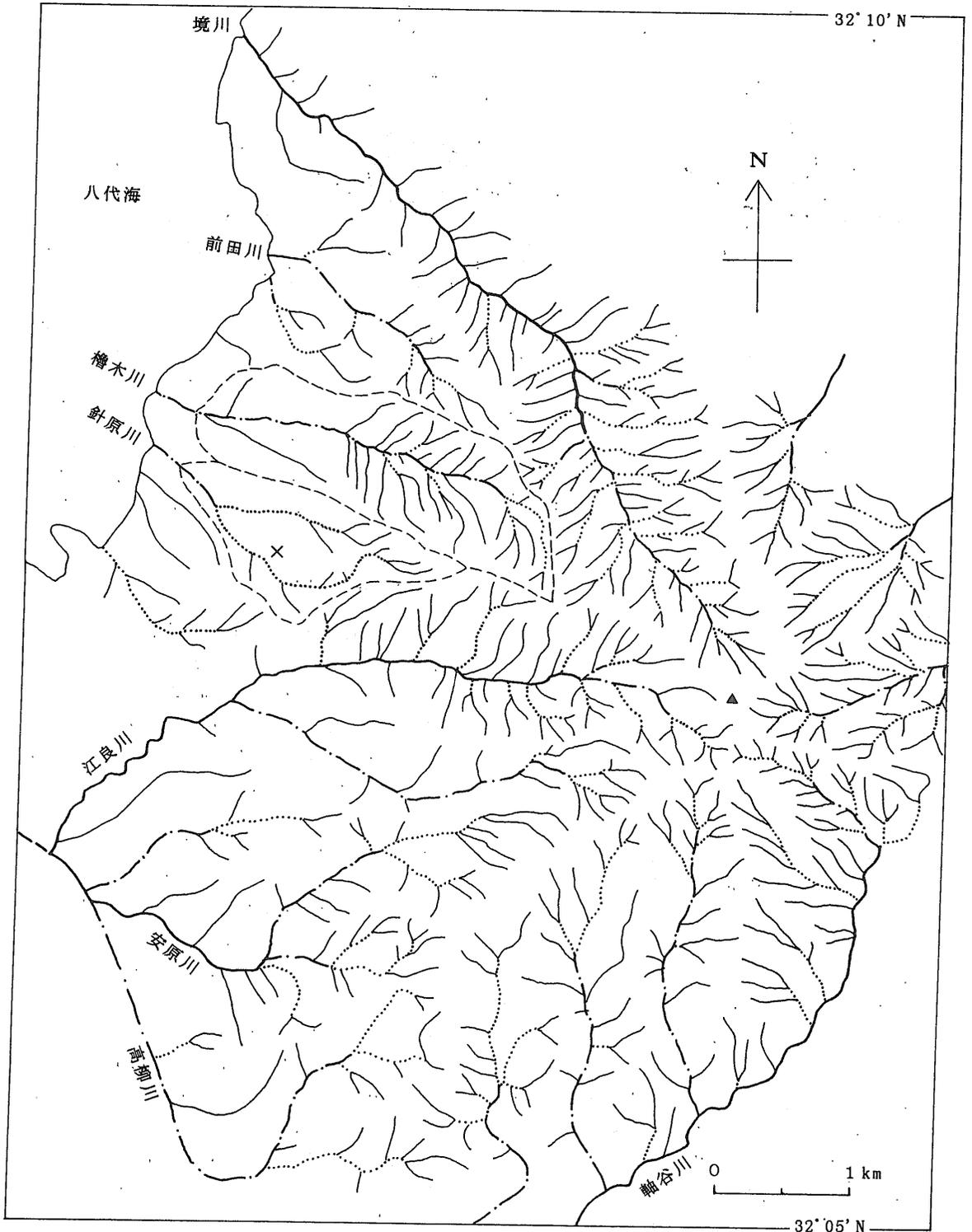
しかも、鹿児島県出水市の場合、第2図のように7月9日の時間雨量を示すと、3回もの大きなイベントに分かれる降水を観測し、とくに、50mmを超える時間雨量を2回も記録していることが特徴として挙げられる。一方、7月6日から9日までの総雨量及び9日の1日雨量ともに最大を記録した熊本県水俣市では、50mmを超える時間雨量は1回もなく、多少の起伏はあるもののほぼ平均的な強度の降水

であったといえる。このように、出水市の場合、雨量強度の強い降水に短時間のうちに3回も見舞われたことも、本災害の誘因の一つと考える。

4. 水系網のパターン

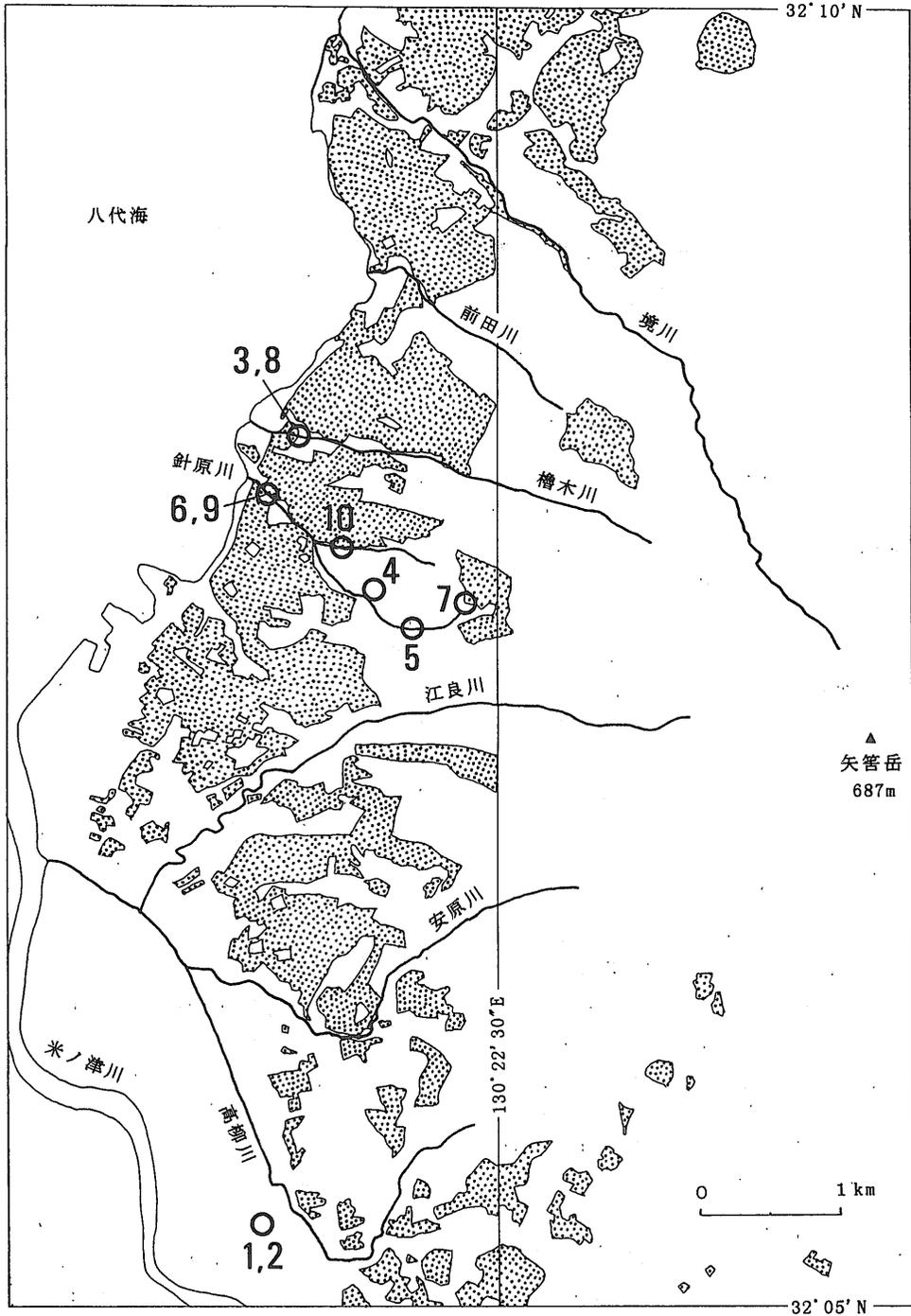
国土地理院平成4年10月1日発行の2万5千分の1地形図「米ノ津」及び「湯出」をもとに、矢筈岳を中心とする調査地域の水系網を図化したのが第3図である。それによると調査地域の水系は、矢筈岳を中心に放射状に発達し、孤立火山に見られる典型的なパターンを示している。また、矢筈岳を中心とする内陸部では水系密度が高いのに対し、西側の八代海沿岸地域ではそれがきわめて低い特徴がはっきりと見てとれる。とりわけ、土石流災害の発生した針原川流域は、水系の発達が著しく悪いことが明らかである。このように水系の発達度合いの悪い地域は、中澤(1997)が指摘するリニアメントが発達し、地すべりと推定される地形が分布する地域とかなりよく一致する。

一方、本地区の特産品である温州ミカンや夏ミカンを栽培する果樹園の分布をみると、第4図に示す通りである。それは、主として八代海を臨む矢筈岳西側斜面の標高300m以下の丘陵から低地に広がっている。果樹園がこのような範囲に分布する主な理由は、(1)前方が海に面し、後方が山地であることから、内陸に比べて地形性の降水が多いこと、(2)全体的に傾斜が緩く、急傾斜地に比べてミカンの栽培がしやすいこと、(3)ミカンの耕作に適



—— 1次水流 2次水流 - - - 3次水流 - - - 4次水流 - - - 5次水流

第3図 調査地域の水系網分布 (図中の×印は崩壊現場の,黒三角印は矢筈岳の位置をそれぞれ示す。また,細い破線は第4図に示す榑木川及び針原川下流の採水地点までの流域を示し,それぞれ2.27km²及び1.27km²の面積を有する)。

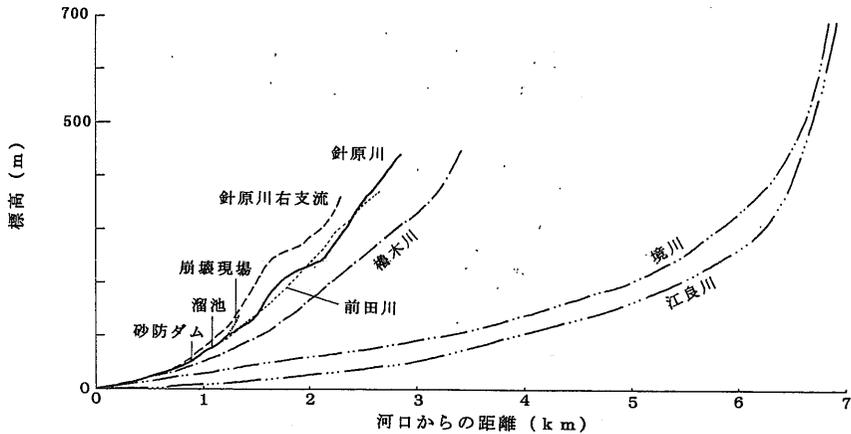


第4図 調査地域の果樹園分布と採水地点(白丸)(採水地点の番号は第1表に対応する。今回の崩壊現場はNo.4の位置である)。

する厚い土壌が存在することなどが挙げられよう。
 これらの果樹園の分布域も、中澤(1997)が指摘するリニアメントとそれに付随する地すべりと推定

される地形の分布と重ね合わせてみると、かなりよく一致することが分かる。

以上のように、水系の発達の良い地域は、リニア



第5図 調査地域における各河川の河床縦断面形。

メントとそれに付随する地すべりと推定される地形の分布とかなりよく一致し、しかもそこは果樹園としての土地利用が多いということは偶然の一致ではなく、きわめて強い因果関係が存在すると考えられる。

その要因として、リニアメント及び地すべり地形が発達する本地域では、安山岩の風化層が厚く堆積し、透水性がよいため水系の発達が悪い一方で、ミカンの生育にとって根をしっかりと深く張ることができる適地となっている可能性がある。

5. 河床縦断面形の比較

河川の発達の度合いを見るために、第5図のように本地域の河川の河床縦断面図を作成した。それによると、標高687mの矢筈岳に水源を発生し、熊本県との県境を流下する境川や、矢筈岳から西流し米ノ津で扇状地を形成する江良川は、見事な平滑河川となっている。これに対し、矢筈岳の西斜面を八代海方向へ流下する前田川・榎木川・針原川などの小河川群は、河床縦断面形が滑らかでなく、平滑化されている河川とは言い難い。ことに針原川では、本流や北側から流下する最大の支流(以下右支流とする)の河口から1.7~1.8km付近に、明らかな凸部が見られることが特徴となっている。

第5図の河床縦断面形に関し、各河川の最高地点の標高を河口からの距離で割ったものを仮に平均勾配と見なすと、平滑河川化している境川や江良川はそれぞれ0.100, 0.098という値であるのに対して、前田川・榎木川・針原川の小河川群はそ

れぞれ0.140, 0.132, 0.154と大きな値を示す。針原川では右支流だけをとって計測しても、0.157という本流同様の大きな値を示した。とくに、第5図中に太い点線で示した針原川の崩壊部の原地形斜面だけの平均勾配は、出水市発行2,500分の1都市計画図によって計測すると0.486で、この値は角度で表せば約25°となり、かなりの急傾斜であることを示している。

このように、風化安山岩が分布する水系密度の低い小流域河川群は、境川や江良川のような平滑河川に比べて、一般的に河床が急勾配で、降雨後の排水はきわめて短時間に集中すると推察される。

6. 水質による検討

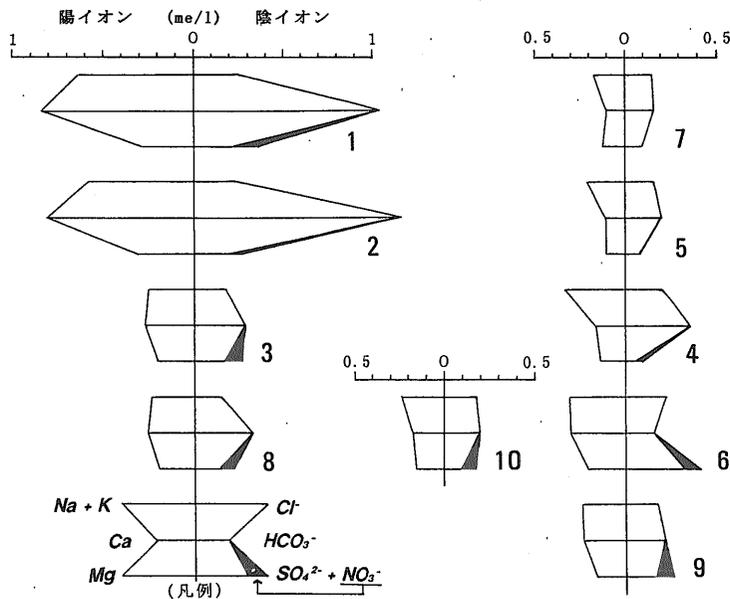
針原川流域内の崩壊地点とそれ以外の地点の水質の違いを明らかにするため、第4図に示すのべ10地点において採取した試水を持ち帰り分析に供した。結果は第1表及び第6図にパターンとして示した。

針原川流域に関しては、No.7最上流部(標高約250m地点)・No.5上流部(標高約150m地点)・No.4崩壊地点(標高約130m地点)・Nos.6&9下流部(標高約15m地点)及びNo.10右支流(標高約50m地点)の5ヵ所のべ6試料の水質を分析した。

針原川最上流部の河川水(No.7)は、溶存成分量が少なく、導電率は41.8 μ S/cmときわめて小さい。pHは6.8と微酸性で、水質タイプは重炭酸ナトリウム型を示している。針原川上流部の河川水(No.5)も最上流部とほぼ同様であるが、ナトリウム

第1表 出水水質分析結果(1997年7月16-18日 採水,分析者:田口 雄作)。

番 号	試料採取地点	導電率 μ S/cm	水温 (°C)	pH	R _{pH}	アルカリ度 R _{alk}	塩化物		硫酸		硝酸		弗化物		燐酸		臭化物		ナトリウム	カリウム	カルシウム	マグネシウム		マンガン	全鉄	アンモニア	珪酸	採水日 /時間				
							イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン	イオン		イオン	イオン	イオン	イオン
							CaCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻	Br ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn ²⁺	Fe	NH ₄ ⁺	SiO ₂											
1	NED01号浅井戸	174	18.4	6.9	7.3	52	9.1	11.2	8.0	ND	ND	ND	12.1	4.2	16.8	3.4	0.12	0.27	ND	22.7	16/10:00											
2	NED09号深井戸	177	19.3	7.1	7.5	58	8.2	9.5	4.1	0.16	ND	ND	11.8	2.8	16.4	3.9	0.13	0.25	ND	34.2	16/10:30											
3	檜木川(檜木橋)	81.6	22.7	7.7	7.7	14	6.3	8.3	6.0	ND	ND	ND	5.1	1.0	5.5	2.4	0.06	0.21	ND	15.9	16/12:15											
4	崩壊現場湧水	71.7(19.8)	7.9	7.9	18	7.3	2.2	2.6	tr	0.10	ND	ND	7.0	1.1	3.2	1.7	0.07	0.61	0.19	27.2	16/14:00											
5	針原川上流部	47.0	18.8	7.5	7.5	10	5.5	3.3	0.8	ND	ND	ND	4.3	0.7	2.3	1.3	0.06	0.24	ND	14.0	16/15:00											
6	針原川下流部	95.6	25.3	6.5	6.7	8	8.2	15.9	4.8	0.03	0.03	ND	6.2	1.4	6.0	2.5	0.07	0.21	ND	12.6	16/17:15											
7	針原川最上流部	41.8	20.6	6.8	6.9	8	5.3	4.2	ND	ND	ND	ND	3.7	0.5	2.1	1.4	0.07	0.45	0.05	9.0	17/10:10											
8	檜木川(檜木橋)	74.7	20.6	7.3	7.3	16	5.3	6.8	4.9	ND	ND	ND	4.8	0.7	5.0	2.3	0.07	0.56	0.06	16.9	18/09:24											
9	針原川下流	76.0	21.7	7.4	7.4	11	6.5	8.3	5.5	ND	ND	ND	5.0	0.9	4.7	2.0	0.07	0.39	0.05	13.0	18/09:35											
10	針原川右支流	64.1	19.7	7.3	7.4	10	6.3	5.3	4.3	ND	0.03	ND	4.8	0.8	3.5	1.8	0.06	0.29	tr	13.3	18/11:00											



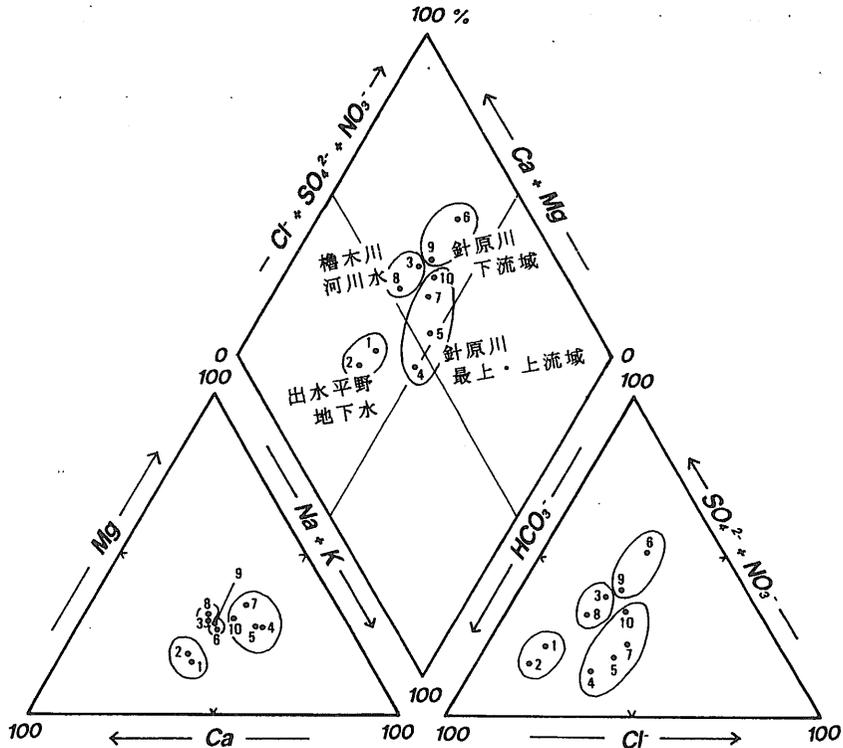
第6図 水質パターン(図中の番号は第1表に対応する)。

イオンと重炭酸イオンが増加する分だけ導電率は47.0 μ S/cmと若干増加し、水質タイプもさらに明確に重炭酸ナトリウム型を示す。ここで重要なのは、pHの値が7.5と微アルカリ性へと変化することである。これは最上流部の水にNa-HCO₃タイプの水が、さらに多く混合した結果による変化とみなすことができる。

これら上流部の河川水に対して、崩壊現場からの湧水(No.4)はきわめて特徴的な性状を示す。すなわち、溶存成分量がさらに増加し、導電率は71.7 μ S/cmとなり、水質タイプは明瞭な重炭酸ナトリ

ウム型で、pHの値は7.9とさらにアルカリ性を呈するようになる。また、全鉄・アンモニア・燐酸などの各イオンや珪酸濃度が針原川上流部の河川水と比べて著しく増加し、帯水環境が還元状態に置かれていることを示唆している。

一方、7月16日午後5時15分針原川下流部(旧道の橋)で採取した河川水(No.6)は、以上の3地点に比べて重炭酸イオン濃度の割合が低く、逆に、カルシウムイオン濃度の割合は高くなり、しかも、pHの値は6.5と極端に低く測定された。しかし、本試水には当日付近で多量に散布された消毒薬が混



第7図 水質トリリニアダイアグラム(図中の番号は第1表に対応する).

入したと思われるため、本来の水質を呈していない恐れは否定できない。このため、翌17日午前9時35分に同地点において改めて採水を実施した。この間、AMeDASの記録によれば、出水観測所で17日午前1時から2時までの時間雨量37mmを含む合計47mmの降水を観測している。したがって、試水にはこの降水によってもたらされた直接流出水も含まれていると見なされる。この時の水質(No.9)は前日のそれとは明らかに異なり、重炭酸カルシウム型を示した。

また、針原川右支流(No.10)では、カルシウムイオン濃度よりナトリウムイオン濃度の方が若干高く、重炭酸ナトリウム型の水質であった。

以上のような針原川流域の河川水や湧水の水質と比較するため採取したNos.3&8榎木川(榎木橋)河川水は、上記の降水前後でほとんど変化せず重炭酸カルシウム型の水質であった。

また、参考のために採取した出水平野の地下水は、No.1不圧・No.2被圧地下水ともに典型的な重炭酸カルシウム型の水質を示し、針原川や榎木川の河川水や湧水よりも明らかに溶存成分が多く、

まったく異なる水であることが明らかになった。

これらの結果を第7図のようにトリリニアダイアグラムに図示すると、それぞれの水質の違いが明瞭である。本地域の河川水と地下水は、第7図中に丸で囲ったような4つのグループに分けることができる。すなわち、(1)風化安山岩層を帯水層とする地下水からの涵養を受ける針原川最上・上流域の河川水及び湧水、(2)消毒液・農薬・肥料等の混入により汚染されている針原川下流域の河川水、(3)榎木川の河川水、(4)出水平野の地下水である。

7. まとめ

1997年7月10日未明に鹿児島県出水市針原川流域に土石流が発生し、21名の人命が奪われるなど未曾有の大災害となった。筆者による現地調査をもとに、本土石流の発生機構を水文学的に考察した結果、次のようなことが明らかになった。

(1)本地域では、7月6～9日の3日間の総雨量は400～500mmと多かったが、それにもまして7月9

日の一日雨量が300mm前後と極端に多く、さらに時間雨量も50mmを2回も超えるような3回もの集中豪雨が降ったことが引き金となって、今回の斜面崩壊・土石流が発生した可能性が高い。

(2) 本地域の特産品である温州ミカンを主体とする果樹園は、矢筈岳の八代海に面する西側斜面の標高300m以下の緩傾斜地に広く分布する。これら果樹園の分布域は、中澤(1997)が指摘するリニアメントとそれに付随する地すべりと推定される地形の分布域ときわめてよく一致する。しかも、これらの地域は水系の発達が悪いため、水系密度が極端に低くなっている。これらの地域は透水性のよい風化安山岩層が厚く堆積していると考えられるため、表面流出が少なく、降水の多くは地下にそのまま浸透して地下水を涵養する。

(3) 本地域の各河川の河床縦断面形を検討してみると、境川や江良川は平滑河川を示す滑らかな下に凸の曲線を描く。これに対し、両河川流域に挟まれる前田川・櫓木川・針原川の小河川群の河床縦断面形は、急勾配で平滑化していない。とくに、針原川本流や右支流のそれは河口から1.7～1.8km付近に突起部が現出し、特異な形状を呈している。また、崩壊を起こした部分の原地形斜面の勾配は 20° を超えるきついものであった。

(4) 崩壊地周辺の水質分析結果は、風化安山岩層に胚胎する地下水の滞留時間が長く、帯水環境は還元状態に置かれていることを示唆する。この地下水は普段はきわめてゆっくりと河川方向に流動していると考えられる。

(5) 今回の土石流は、総雨量の多さに雨量強度の強い降水イベントが重なったことによって、風化安山岩層中の地下水ポテンシャルが急速に上昇した

ため、動水勾配が急激に上がり、地下水の流速が増した結果、何らかの原因で地盤が脆くなっていた所で、斜面崩壊が発生したと考えられる。

8. おわりに

今回の土石流は、一瞬にして21名という尊い人命を奪うなど針原地区に大惨事をもたらした。被害に遭われた同地区の皆様にご心よりお見舞い申し上げますとともに、亡くなられた方々のご冥福を慎んでお祈り申し上げます。

現地調査に際して、鹿児島県出水市役所には大変便宜を図っていただいた。とりわけ、都市計画課松山圭氏には2日間にわたり調査に同行してもらい、絶大なるご協力をいただいた。

鹿児島県出土木事務所(所長：牟田神宗征氏)には貴重な資料を、新エネルギー・産業技術開発機構出水アルコール工場(工場長：岡原直臣氏)には水試料のサンプリングと貴重な情報の提供をそれぞれ快諾していただいた。

以上の方々及び機関、さらに現地調査をともにし、調査内容について十分な議論をしていただいた地質調査所環境地質部中澤努技官にご心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 出水市教育委員会編(1992):「出水の川と生活の歴史」, 出水市教育委員会, 148p.
中澤 努(1997): 出水市土石流災害の概要と周辺の地質. 地質ニュース, no.517, 42-47

TAGUTSCHI Yuhsaku (1997): Hydrological approach to some factors causing the 1997 Izumi debris flow.

<受付: 1997年8月15日>