

627.14/.15 : 551.3 : 551.577.61(521.84)

昭和42年7月9日西日本豪雨災害に関する研究 ——呉市浜田川における土石流災害について——

平尾公一・大久保 駿*

建設省土木研究所河川部砂防研究室

Studies of the Disasters in Western Japan by a Heavy Rain on 9th July 1967

——On the Disaster From Mudflow in Hamada River in Kure City——

By

Koichi Hirao and Shun Okubo

Public Works Research Institute, Tokyo

Abstract

In July 1967, a heavy rain attacked Western Japan. The heavy rain was caused by a bai-u front stimulated by a tropical depression. Many disasters occurred in the areas of Nagasaki, Saga, Kure, Takehara and Kobe from landslides, mudflows and floods of minor rivers.

As an example, the disaster by mudflow in Hamada River in Kure City is taken up, and the movements of sediments on mountain-side and river bed are investigated from the viewpoint of sediment balance.

Hamada River is a small but swift running river of which the basin area is about 1.3km², the river length 1.8km, and the average river bed slope 22 per cent. The land surface in the basin consists of granitic rocks of Hiroshima type which are widely distributed in the Chugoku district. The mudflow attacked Hamada Village in its flat area near the exit of the valley.

Methods of investigation are the cross-sectional surveying by using a pair of aerial photographs taken before and after the disaster, and using the measurements of variation of the sediments on mountainside and river bed.

Though landslides occurred in the basin, only a few of them supplied the sediments to the river, and the supplied volume was very small. The greater part of sediment of mudflow was caused by the removal of fluvial deposit in the river bed, for which the vertical erosion in the river bed was responsible. Therefore, if the lower limits of vertical erosion in the river bed are known, the volume of sediment to be removable by this type of disaster can be estimated, and the results seem to contribute much to the planning of erosion control works.

目	次		
1. まえがき	108	6. 土砂変動量	113
2. 調査方法	108	7. 河床の形態変化	119
3. 浜田川流域概要	108	8. 結論	124
4. 地質	108	9. 今後の問題点	124
5. 災害特性	111	謝辞	125

* 現在の勤務官署：土木研究所河川部急傾斜地崩壊研究室

1. まえがき

深流における適切な砂防計画をたてる際、災害時に流出するおそれのある土砂が流域内のどの位置に、どのような状態でどれだけの量が存在しているかが問題である。

すでに新沢・柿・小出らは災害時の土砂源として河床堆積土砂の重要性を指摘し、従来の崩壊土量中心の調査計画の組み方に疑問をもち、意識的に河床堆積土砂量を取り入れた調査計画の手法を提案している。

しかし、その後十余年間、現在に至るまでこの考え方を数量的に表現確認する手法は開発されないままの状態である。

そこで今回、昭和42年7月の西日本集中豪雨災害を対象として行なわれた特別研究促進調整費による総合研究で、土砂による災害の部門を担当し、土石流災害を発生させた広島県呉市の浜田川について、流出土砂源の中で河床堆積土砂の占めるウェイトを数量的に計測、表現することを試みた。

2. 調査方法

モデル深流として、浜田川を選んだ理由は、

- i) 流域内にはいくつかの崩壊が発生し、土石流として流下した土砂の中で河床堆積土砂のウェイトを知るのに好都合であったこと。
- ii) 昭和42年7月の集中豪雨により、その前後で河道周辺が大きく変化し、土砂変動量を計測するのに好都合であったこと。
- iii) 災害前後に撮影した航空写真があり、かつ災害後のものはその直後に撮影され、災害時の状態の記録が良好であったこと。

などである。

調査区域は、浜田川本川源頭部に発生した崩壊の頂部から海岸までの本川区間を主対象とし、他に支川および新規に発生した崩壊のうち、本川に直接土砂を供給したものを取り扱った。解析区間長は約2.4 kmである。

調査手法は、すでに方法的には利根川支川渡良瀬川で一応の目安はつけられているが、災害前後に撮影した2組の航空写真(昭和37年5月13日国土地理院撮影の $\frac{1}{10000}$ 、および昭和42年9月13日～28日国立防災科学技術センター撮影の $\frac{1}{10000}$)を用いて2組の写真上に設定した河道内同一断面における横断測量を行ない、河道断

面積の変化を計測し、河道内の土量の変化を求めるものである。横断線は約20 m間隔に設定し、ステレオオートグラフA-8機でそれぞれの時期の横断線上の河床の標高を測定した。これと併行して写真判読および現地調査を行ない、河床の形態的变化および細部の検討を行ない、計測で得られた結果と照応させることとした。判読用には昭和42年10月4日～12日国立防災科学技術センター撮影の大縮尺写真($\frac{1}{3000}$)を用いた。

なお、災害前後の航空写真撮影時期には約5年の間隔があるが、この間に今回の災害以外河道内の状態はほとんど変化していないので、この2組の写真によって今回の災害による変化をほぼ確実に表現し得たと考えている。

3. 浜田川流域概要

浜田川は呉市東南の休山(501 m)に源を發し、南方へ約1.8 km流れて瀬戸内海に流入する小溪流である。その流域面積約1.3 km²、平均河床こう配は約 $\frac{1}{4.5}$ である(図-1参照)。

河道内あるいは河道周辺や山腹には階段状の水田、果樹園などがよく開発されており、河床には河床堆積土砂が厚く分布し、また古い崩壊残積土や崖錐性堆積物も各所に存在し、この上も階段畑として土地利用が密に行なわれている。

溪流の出口には緩傾斜の扇状地(土石流扇状地)が拡がり、こども宅地や水田として利用され、浜田部落の大部分はこの緩傾斜部～平坦部に密集している(写真-1参照)。

なお、本川には災害前ほとんど堆砂していないダムが2基あった。

4. 地質

浜田川流域は広大な広島花崗複合岩体(東西230 km、南北50～100 kmに及ぶ日本最大の連続貫入体とされている)に属する。一般的には広島岩体型の黒雲母花崗岩ではなく、多少とも角閃石を含み色調もやや花崗閃緑岩質のものが主体である。

図-2の地質図では黒雲母花崗岩を粒度により、粗粒部、中粒部、細粒部に分けた。粗粒部は石英の径5 mm内外の斑晶、長石も5～1 mm内外のやや淡紅色を呈する角閃石、黒雲母花崗岩質岩石が主である。中粒部は普通の完晶質花崗岩～花崗閃緑岩質部である。細粒部は灰褐色の堅硬、緻密

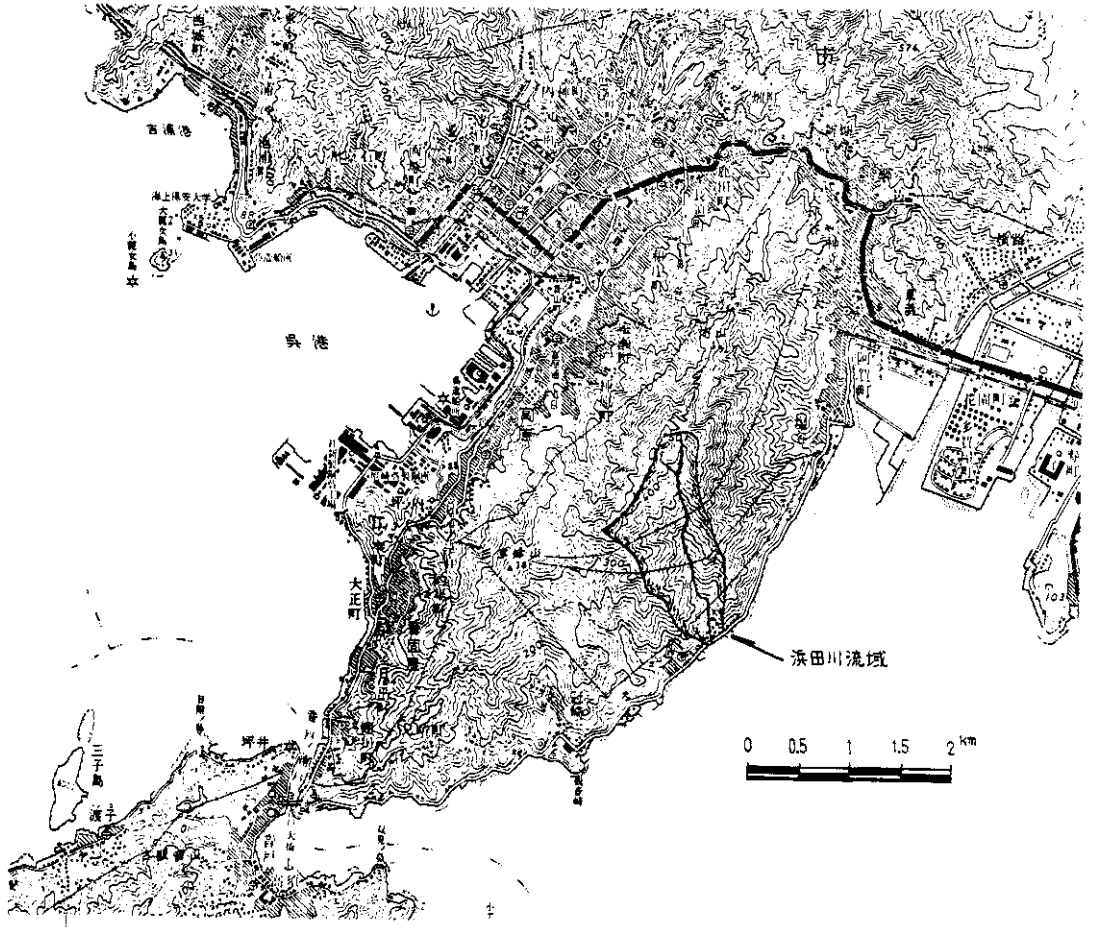


図-1 浜田川流域位置図

な半花崗岩質部である。

細粒ないしは半花崗岩質部は元来均質、堅硬なため、風化に対して強く、また粗粒部も概して新鮮である。一方、中粒部が最も風化が進んでおり、マサ状に深部まで風化したり、表面がボロボロにぜい弱化している。

現在、河床に見られる露岩部は、従来水田などにおおわれほとんど露出しておらず、今回の土石流で表面の被覆部が流出し去ったために現われた所がほとんどであるが、なおかつ中粒部が最も風化しており、土石流によって縦侵食を受けた箇所が多い。

岩体中の節理等の割れ目については、図-2の地質図に、

- i) 比較の大きな断層性割れ目 (幅1m前後の破碎帯状のものを有するもの)
- ii) 節理

iii) i), ii)の中間的な中規模の割れ目(若干の破碎帯状のものを伴うが、それ程連続性もなく、周囲への影響の少ないもの)

iv) 小規模の割れ目(節理の延長性が比較的良好なもの)

の四つに分けて記入した。

マサ化した部分はある程度、南北系の大きな断層性割れ目に支配される傾向があるが、全体としては南北、北西～南東、東西系のものが多い。とくに細粒部黒雲母花崗岩部分では細かい割れ目が発達している。

今回の土石流発生と風化の程度、割れ目分布がいかにか結びついているかは不明であるが、基盤上をおおっているマサ土の他に崖錐性堆積物、旧崩壊残積土、河床堆積物の分布、位置、あるいは割れ目と支沢の形成、割れ目、節理沿いの風化はく離を通じての表層ぜい弱体の形成、斜面から河道

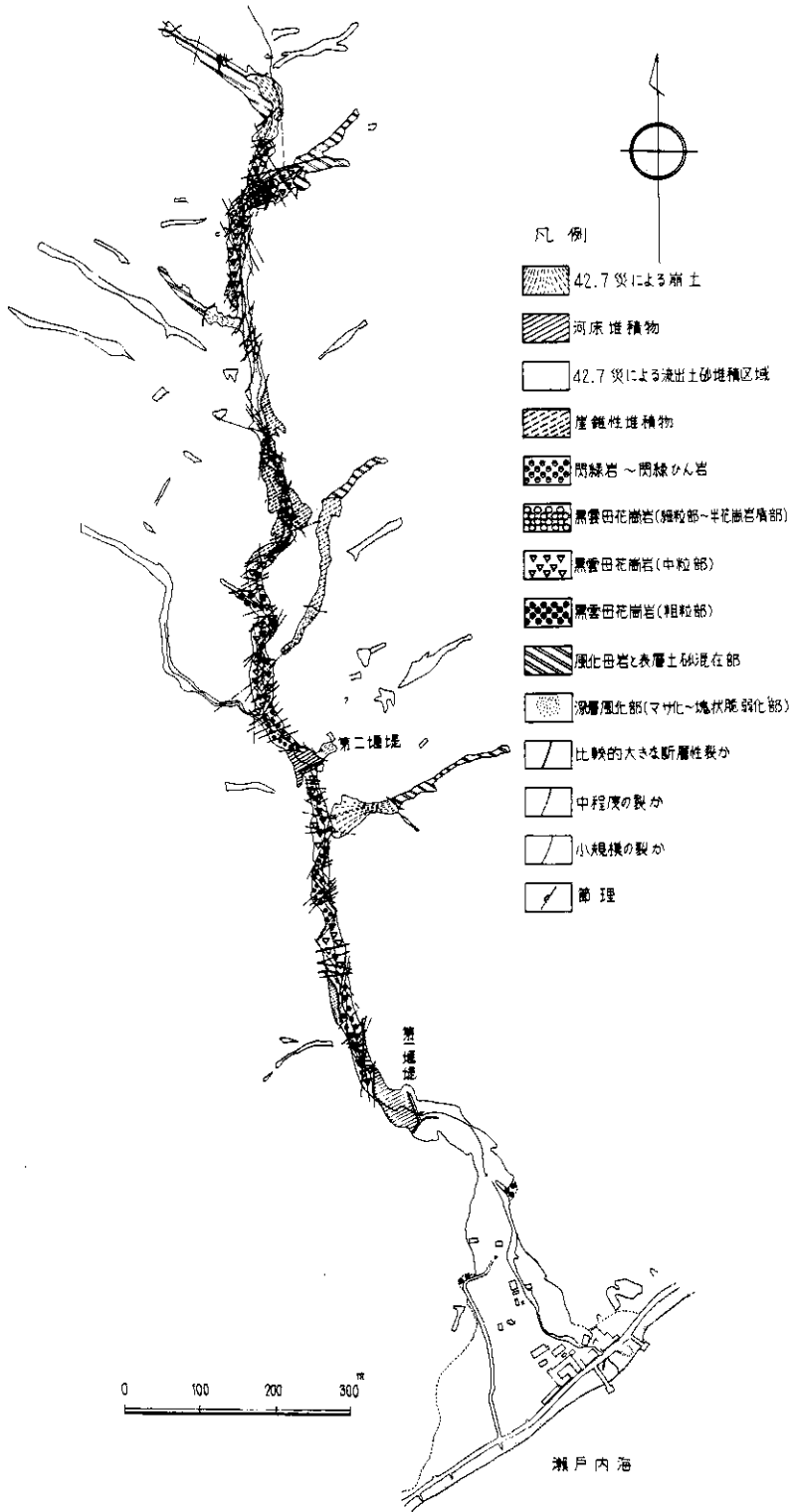


図-2 阿田川流域地質図

への供給形式と供給された物質の河道内での存在状態が土石流発生と関連づけられるであろう。

5. 災害特性

西日本各地に大きな災害を発生させた集中豪雨の原因は、台風7号の衰えた熱帯性低気圧とそれに刺激された梅雨前線である。とくに被害が大きかったのは長崎、佐賀、呉、竹原、神戸などで、市街地背後の山腹崩壊、土砂くずれ、がけくずれ、土石流、中小河川のはんらん等による災害が頻発し、多数の死傷者、人家の損壊、田畑の流失埋没などの被害が発生した。

前線が九州～関東地方に伸びていたため、強雨域はその進路に沿って帯状に東方に移動している。低気圧の移動速度が速かったため、強雨の継続時間が短かく、連続雨量もそれほど大きくないが、短時間の降雨量が大きく、最大時間雨量については各地で記録的なものであったようである。

表-1 広島県沿岸部の降雨量表 (広島県内土木事務所観測)

観測所名	最大24時間雨量	同左日時	連続雨量	同左日時	降雨継続時間
広島	125.5	8日5時5分	189.5	8日5時5分	38
呉	221.0	" 19時1分	307.0	" 19時5分	41
廿日市	142.0	" 19時5分	219.5	" 19時4分	38
大柿	193.5	" 19時16分	251.0	" 23分	43
加計	117.0	" 16分	146.0	" 21分	40
吉田	119.0	" 17分	147.0	" 17分5分	36
西条	111.0	" 18分	205.0	" 18分	37
竹原	179.0	" 20分	263.0	" 4分	40
三原	148.0	" 20分	253.0	" 4分	40
福山	96.0	" 5分	168.5	" 20分	39
上下	108.0	" 18分	141.5	" 14分	38
三次	120.0	" 18分	144.5	" 18分	40
庄原	120.0	" 18分	145.0	" 18分	38
福山(松永)	102.5	" 8分4分	185.7	" 8分21分	41
竹原(木之江)	164.5	" 8分20分	209.0	" 8分4分	40

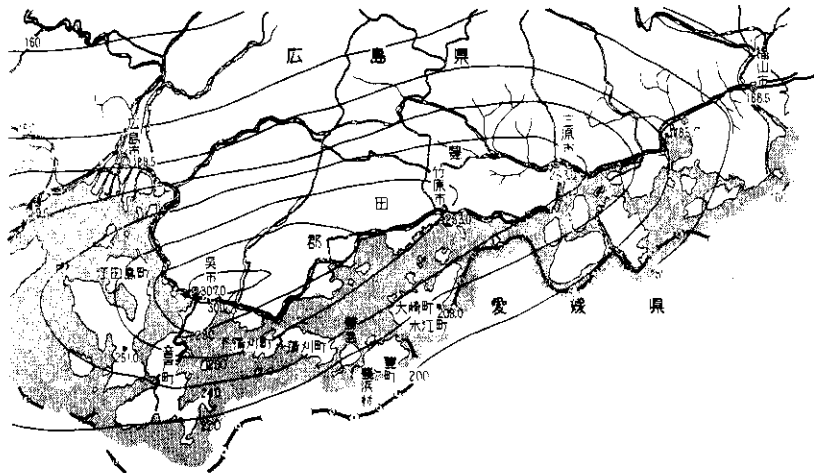


図-3 呉市周辺の雨量分布図

呉市周辺の降雨の分布状況は図-3に示すように、連続雨量の最強雨域は呉市を中心として瀬戸内海沿岸沿いて竹原、三原の方に伸びている。

呉測候所の観測による降雨量は、連続雨量(7月8日4時~7月9日19時)307mm、最大24時間雨量(7月8日18時~7月9日19時)223mm、最大時間雨量(7月9日18時~7月9日19時)75mmである。雨の降り方を図-4で見ると、最大時間雨量の発生するまでの前期

降雨量が約170mm程度(8日4時~9日17時、37時間)あり、すでに地表面付近は相当含水している状態のところ、わずか2時間ほどの間に約110mmという非常に強い雨が降り、斜面の平衡状態が破れ一挙に各地で山くずれ、がけくずれ、土石流などの災害が発生したものと考えられる。したがって出水は急速で、瀬戸内海沿岸周辺に多い中小河川の災害も非常に多いようである。山くずれ、がけくずれなどの発生は呉市~三原

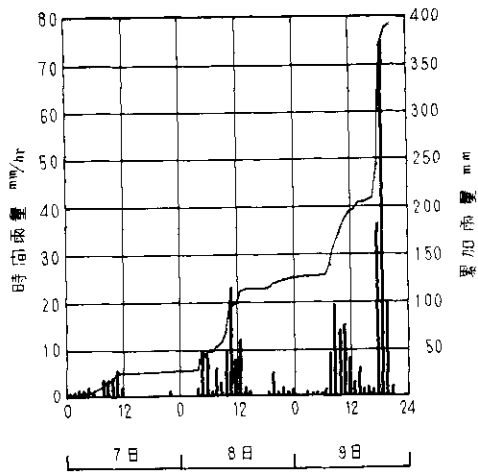


図-4 雨量強度(呉測候所)

市の中の瀬戸内海沿岸周辺に頻度が高く、呉市においてはとくにいちじるしい。

図-5は呉市の災害の規模を示したもので、がけくずれおよび山くずれ箇所数1251か所、宅地くずれ202か所、死者88名、生き埋め者数169名に達している。

このうち、浜田川では死者4名、生き埋め者数33名をはじめ表-2に掲げるような被害があった。

浜田川における災害の形態としては、源頭部で崩壊が発生し、崩土を含んだ流水が流下してゆく間に、河岸や河床を削って量と勢力を増しつつ土石流となって流下し、渓谷部を出た緩傾斜部で多量の土石をはらん堆積させた。この緩傾斜部から海岸までの間は両岸および河床内の土地利用が

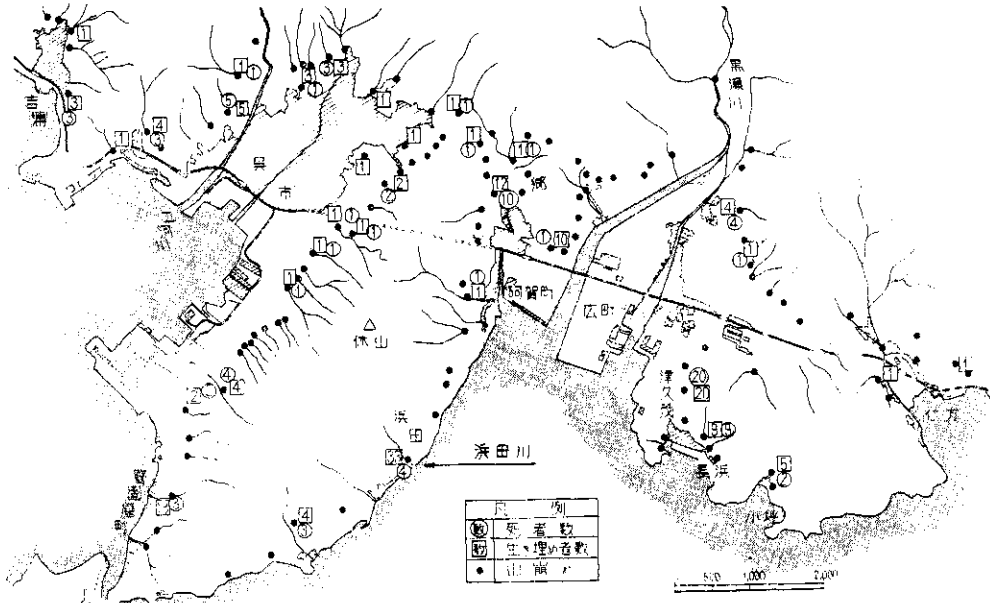


図-5 呉市災害図

* 浸水面積 (ha)	農地	21	* 施設土木被害 (千円)	河川砂防海岸	18,214
	宅地その他	2		農地農林漁業用 都市施設等	8,939
	計	23		計	27,153
* 建物被害 (戸)	全壊流失	10	* 一般資産被害 (千円)	一般資産	11,956
	半壊床上浸水	27		農作物	819
	床下浸水	43		営業停止	5,061
	計	80		計	17,836

* この数字には隣接する大入川の数字も含む

表-2 浜田川の被害状況



写真—2 下流部の被害状況（広島県土木事務所撮影）

進み、かつ常時の流水量が少ないため、流路を極端に狭げめたり、不自然に屈曲させられており、被害を大きくしたと思われる。

この谷の出口から広がる緩傾斜の扇状地上は、集落が立地する条件を備えており、日本各地に多数見られる例である。しかし、このような緩傾斜部はいわゆる土石流堆積地形であることが多く、過去になんとか土石流が起きていることを示し、また今後も土石流におそわれる危険の高い所である。そして、これらの地域の土石流による災害は一時に大量の人命、財産を奪うものである。今後の砂防計画の中でも積極的に防護策を取り入れるべきである。

6. 土砂変動量

土砂変動量の測定および計算表は表—5に示す。測定可能であったNo.—12（文中の測点番号はすべて図—8に示す）地点までの全洗掘土量は約71,000m³、全堆積土量約25,000m³で、No.—12より下流へは約46,000m³の土砂が流下した。No.—12より下流での土砂は人家密集地帯で測線の設定が困難、写真撮影時までに復旧作業等で堆積土砂の除去が行われており正確な土量はつかみにくい、緩傾斜部で流れが拡散し、一級図化機でも測定不可能等の理由により測定は行なわなかった。この区間の土砂変動量の推定値として呉市役所による資料、現地聞き込み、痕跡調査などから

表—3 土砂変動量総括表

	堆 積 量 (m ³)		洗 掘 量 (m ³)		変 動 土 量 (m ³)	
	土 量	百分率(%)	土 量	百分率(%)	土 量	百分率(%)
本 川	11,879	85.1	*1(8,300) 5,795	(14.3) 89.1	-46,076	90.2
A 支 川	1,972	14.1	(1,100) 3,948	(27.8) 6.1	-1,976	3.9
B 支 川	107	0.8	3,143	4.8	-3,036	5.9
C 支 川	1,677		1,183		+494	
合 計 *2	13,958	100	(9,400) 65,046	(14.4) 100	-51,088	100
第一堰堤より 下流No.12まで	9,316		4,749		+4,567	
総 計	24,951		70,978		-46,027	

*1 ()は崩壊により生産された土砂量

*2 C支川の土量は含まない。

表-4に示すような値を得た。

No. 0 (第一堰堤) から下流は土石流がはんらん、堆積した区間であるので、浜田川全川を第一堰堤を基準に考えることにする。そうすると、ここまでの全洗掘土量は約 6,500 0 m³、全堆積土量は約 14,000 m³ で約 51,000 m³ の土砂が第一堰堤を通過したことになる。

第一堰堤までの間で生産され、あるいは移動した土量中崩壊により生産されたもの、および河床堆積土砂が移動したものに分けてその割合を調べた。この両現象の境界として No. 61 をとり、これより上流での土量を崩壊によるもの、下流での土量を河床堆積土砂の移動によるものとした。A 支川についても同様に No. A-c で分けた (B 支

表-4 下流部堆積土砂量推定値

	堆積土量	備考
宅地地域	12,400 m ³	呉市役所調べ
道路(国道沿い)	1,600	土木研究所推定
学校	2,400	"
農地	2,100	"
川沿い部	1,300	"
海浜堆積	2,800	"
復旧工事による海中投棄	4,500	"
合計	27,100	

川、C 支川は後述するように本川へ土砂をほとんど供給していないので除いた)。

その結果、崩壊により生産された土砂は本川で 8,300 m³、A 支川で 1,100 m³、計約 9,400 m³ である。これは第一堰堤までの間での全洗掘土量約 6,500 0 m³ の約 1.45 倍であり、残りの約 55,600 m³、85.5% の土砂はほとんど河床堆積土砂の移動によるものである。すなわち土石

流となって流下した土砂の土砂源として河床に堆積していた土砂の二次的な移動が非常に大きなウェイトを占めていることが明らかとなった。このことは同じ花崗岩地域である六甲の住吉川(昭和42年7月豪雨)、昭和41年9月山梨県西湖災害(御坂層群に属する第三紀層地域)についても同様の結果が得られている。

つぎに、流出土砂源中で大きなウェイトを占める河床堆積土砂は、主として河道の横断方向の拡大、あるいは河床低下いずれによってもたらされるかを調べた。図-7は各地点の土量の変化および最低河床高の変化量を同時にプロットしたものであるが、細部はともかく、一見して両者は非常に関係のある動きを示していることがわかる。すなわち、河床低下がその地点(区間)の土砂の変動量を規定していると考えることができる。もちろん、河道の横断方向の侵食の拡大による土砂量もあるが、その区間における土砂変動量を規定するほどの影響度はないと考えられる(ここで、河道の横断方向の拡大を調べる場合、河幅の定義が問題となる。とくに災害前後で河床の形が大きく変化したようなところでは災害前の河幅を決定する基準が得がたい)。

したがって、災害時の流出土砂の重要な部分を

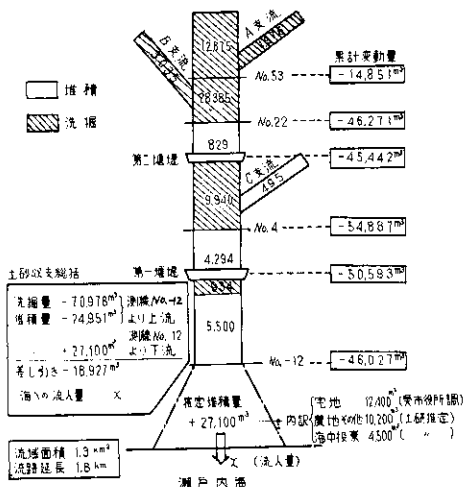


図-6 浜田川流出土砂量収支図

表-5の1 浜田川土砂変動量一覽表 (昭和37年~42年)

流域	断面番号	断面幅 (m)	平均幅 (m)	河床面積 (m ²)	平均断面線間隔 (m)	平均断面線間隔 (m)	計測断面積 (m ³)		平均断面積 (m ³)		増加土量 (m ³)	減少土量 (m ³)	変動土量 (m ³)	累加変動土量 (m ³)	備考
							増	減	増	減					
本	6.5	274	1370	250	1825	1825	0	13250	0	6625	0	120906	-120906	-1,20906	
	6.4	170	2220	525	2365	4190	0	7950	0	10600	0	250690	-250690	-3,71596	
	6.3	215	1925	450	2338	6528	0.85	3275	0.43	5563	1005	130063	-129058	-5,00654	
	6.2	237	2260	550	2434	8962	0	9375	0.43	6325	1047	153951	-152904	-6,53558	
	6.1	258	2475	575	2323	11285	0	5650	0	7513	0	174527	-174527	-8,28085	
	6.0	357	3075	800	2602	13887	9.30	3230	4.65	4440	12099	115529	-103430	-9,31515	
	5.9	412	3845	800	2081	15968	17.80	5040	13.55	4135	28198	86047	-57849	-9,89364	
	5.8	454	4330	900	2079	18047	33.80	9750	25.80	7395	53638	153742	-100104	-10,89468	
	5.7	273	3635	800	2201	20248	3.75	2095	18.78	5923	41335	130365	-89030	-11,78498	
	5.6	275	2740	625	2281	22529	20.20	2570	11.98	2333	27326	53192	-25866	-12,04364	
	5.5	227	2510	675	2689	25218	16.30	2750	18.25	2660	49074	71527	-22453	-12,26817	
	5.4	292	2595	425	1638	26856	25.50	0	2090	1375	34234	22490	+11744	-12,15073	
	5.3	363	3275	850	2595	29451	5.00	8630	15.25	4315	39574	1,11974	-72400	-12,87473	
支	A-f	88	440	175	3977	3977	0	327	0	164	0	6522	-6522	-6522	左支(A)合流
	A-e	175	1315	375	2852	6829	0	1680	0	1004	0	28634	-28634	-35156	
	A-d	368	2715	800	2947	9776	6778	1630	31.39	1655	92506	48773	+43733	+8577	
	A-c	355	3615	625	1729	11505	1140	1380	39.59	1505	68451	26021	+42430	+51007	
	A-b	303	3290	800	2432	13937	0	7134	5.70	4257	13802	103539	-89737	-38730	
	A-a	307	3050	950	3115	17052	1442	4505	7.21	5820	22459	181293	-158834	-197564	
流	5.2	247	3050	825	2705	32156	3.00	4220	4.00	6425	10820	173796	-162976	-14,85037	本支流小計
	5.1	262	2545	600	2358	34514	0.50	5700	1.75	4960	4127	116957	-112830	-16,48013	
	5.0	218	2400	575	2396	36910	3.50	7450	2.00	6575	4792	157537	-152745	-17,60843	
	4.9	199	2085	600	2878	39788	0.50	2270	2.00	4860	5756	139871	-134115	-19,13588	
	4.8	154	1765	400	2266	42054	0	3920	0.25	3095	567	70133	-69566	-20,47703	
	4.7	213	1835	500	2725	44779	0	4280	0	4100	0	1,11725	-111725	-21,17269	
4.6	185	1990	475	2387	47166	0	3500	0	3890	0	92854	-92854	-22,28994	右支(B)合流	
														-23,21848	

表-5の2

流域	断面番号	断面幅(m)	平均幅(m)	床面積(㎡)	平均断面線間隔(m)	果加断面線間隔(m)	計測断面積(㎡)		平均断面積(㎡)		増加土量(㎡)	減少土量(㎡)	変動土量(㎡)	果加変動土量(㎡)	備考
							増	減	増	減					
支流B	B-e	1.14	5.70	175	30.70	307.0	2.82	9.40	1.41	4.70	4329	1442.9	-10100	-101.00	
	B-d	2.04	15.90	300	18.87	495.7	0	42.25	1.41	25.83	2661	487.41	-46080	-561.80	
	B-c	1.37	17.05	375	21.99	715.6	1.00	17.69	0.50	29.97	1100	6590.4	-6480.4	-1209.84	
	B-a	1.70	15.35	850	55.37	1269.3	0	49.23	0.50	33.46	2769	1,852.68	-1,824.99	-3034.83	
本流	45	2.20	20.25	775	38.27	5099.3	0	36.00	0	35.50	0	1,358.58	-1,358.58	-2625.331	本支合計
	44	1.37	17.85	325	18.21	5281.4	0	70.00	0	53.00	0	965.13	-965.13	-27611.89	
	43	1.40	13.85	300	21.66	5498.0	0	31.20	0	50.60	0	1,096.00	-1,096.00	-28577.02	
	42	2.21	18.05	570	31.58	5813.8	5.30	51.00	2.65	41.10	8369	1,297.94	-1,214.25	-29673.02	
	41	2.50	23.55	580	24.63	6060.1	0	50.00	2.65	50.50	65.27	1,243.82	-1,178.55	-30887.27	
	40	4.52	35.10	750	21.37	6273.8	8.00	63.00	4.00	56.50	85.48	1,207.41	-1,121.93	-32065.82	
	39	1.57	30.45	675	22.17	6495.5	0	23.00	4.00	43.00	88.58	953.31	-86.463	-33187.75	
	38	2.80	21.85	425	19.45	6690.0	0	19.50	0	21.25	0	413.31	-413.31	-34052.38	
	37	2.24	25.20	550	21.83	6908.3	1.00	26.50	0.50	23.00	10.92	502.09	-491.17	-34465.69	
	36	3.87	30.55	725	23.73	7145.6	5.00	53.30	3.00	39.90	71.19	946.03	-87.484	-34956.86	
	35	4.60	42.35	900	21.25	7358.1	0	21.20	2.50	37.25	53.12	791.56	-73.844	-35831.70	
	34	3.10	38.50	750	19.48	7552.9	18.30	23.00	9.15	22.10	17.824	430.51	-25.227	-36570.14	
	33	1.94	25.20	575	22.82	7781.1	0.20	19.60	9.25	21.30	21.108	486.07	-27.499	-36822.41	
	32	2.82	23.80	750	31.51	8096.2	0.30	46.30	0.25	32.95	7.50	1,038.25	-1,030.75	-37097.40	
	31	1.18	20.00	580	29.00	8386.2	1.10	33.20	0.70	39.75	20.30	1,152.75	-1,132.45	-38128.15	
	30	1.45	13.15	400	30.42	8690.4	0	58.20	0.55	45.70	16.73	1,390.19	-1,373.46	-39260.60	
29	1.36	14.05	400	28.47	8975.1	0	56.40	0	57.30	0	1,631.33	-1,631.33	-40634.06		
28	2.68	20.20	500	24.75	9222.6	10.50	19.50	5.25	37.95	12.994	936.29	-80.635	-42265.39		
27	2.03	23.55	450	19.11	9413.7	6.75	10.00	8.63	14.75	16.492	281.87	-11.695	-43071.74		
26	2.75	23.90	475	19.87	9612.4	0.25	41.00	3.50	25.50	6.955	506.69	-437.14	-43188.69		
25	2.08	24.15	525	21.74	9829.8	1.00	23.50	0.63	32.25	13.70	701.12	-68.742	-43625.83		
24	2.70	23.90	550	23.01	10059.9	0	35.80	0.50	29.65	1.51	788.09	-77.658	-44313.25		
23	2.47	25.85	475	18.38	10243.7	0.10	25.00	0.05	30.40	0.92	712.23	-71.131	-45089.83		
22	2.02	22.45	550	24.50	10488.7	4.75	10.75	2.43	17.88	5.954	529.94	-47.040	-45801.14		
													-46271.54		

表-5の3

流域	断面番号	断面幅 (m)	平均幅 (m)	河床 平均 (m)	平均断面 線 (m)	断面 間隔 (m)	累加断面 線 (m)	計測断面積(m ²)		平均断面積(m ²)		増加 (m ²)	減少 (m ²)	増加土量 (m ³)	減少土量 (m ³)	変動土量 (m ³)	累加変動土量 (m ³)	備考
								増加	減少	増加	減少							
本	21	692	4470	600	1342	1082.29	4750	1950	26.13	15.13	35066	20304	14762	-46,123.92	えん堤			
	20上	456	5740	850	1481	1077.10	6400	0	55.75	975	82566	14440	68126	-45,442.66				
	20下	442	4490	175	0	1077.10	720	1500	0	0	0	0	0	-45,442.66				
	19	226	3340	750	2246	1099.56	0	7500	3.60	4500	8086	101070	92984	-46,372.50				
	18	162	1940	400	2062	1120.18	0	2500	0	5000	0	103100	103100	-47,403.50				
	17	404	2830	775	2739	1147.57	200	5350	1.00	3925	2739	107506	104767	-48,451.17				
支	16	346	3750	825	2200	1169.57	0.75	3000	1.38	4175	3036	91850	88814	-49,339.31	左支(C)合流			
	C-j	178	890	140	1573	1573	811	1472	4.06	736	6386	11577	5191	-5191				
	C-i	93	1355	300	2214	3787	1285	0	10.48	736	23203	16295	6908	+17.17				
	C-h	79	860	200	2326	6113	523	266	9.04	133	21027	3094	17933	+19650				
	C-g	67	730	275	3767	9880	1089	0.52	8.06	159	30362	5990	24372	+44022				
	C-f	125	960	225	2344	12224	508	236	7.99	144	18729	3375	15354	+59376				
	C-e	118	1215	425	3498	15722	173	741	3.41	489	11928	17105	5177	+54199				
	C-d	229	1735	440	2536	18258	0.53	0	1.13	371	2866	9409	6543	+47656				
	C-c	221	2250	600	2667	20925	1391	0	7.22	0	0	19256	0	19256		+66912		
	C-b	268	2445	475	1943	22868	4.12	2392	9.02	11.96	17526	23238	5712	+61200				
C-a	350	3090	650	2104	24972	11.55	290	7.84	1341	16495	28215	11720	+49480					
流	15	218	2820	530	1879	118836	0	2300	0.38	2650	714	49794	49080	-49,335.31	本支流小計			
	14	189	2035	580	2850	121686	500	2800	2.50	2550	7125	72675	65550	-49,990.81				
	13	224	2065	525	2542	124228	0	1750	2.50	2275	6355	57831	51476	-50,505.57				
	12	173	1985	500	2519	126747	0.50	1900	0.25	1825	630	45972	45342	-50,958.99				
	11	272	2225	475	2135	128882	0.27	1675	0.39	1788	833	38192	37359	-51,332.58				
	10	294	2830	700	2473	131355	6.50	1350	3.39	1512	8383	74808	66425	-51,996.83				
流	9	240	2670	585	2191	133546	3.75	1900	5.13	1625	11240	35604	24364	-52,240.47	本支流小計			
	8	288	2640	630	2386	135932	3.50	6730	3.63	4315	8780	102956	94176	-53,182.23				
	7	280	2840	725	2553	138485	11.40	2280	7.45	4550	19020	116162	97142	-54,153.65				
	6	285	2825	775	2743	141228	5.35	3069	7.68	2875	21066	78861	57795	-54,773.160				

表-5の4

流域	断面番号	断面幅 (m)	平均幅 (m)	河床面積 (m ²)	平均断面線間隔 (m)	累加断面線間隔 (m)	計測断面幅 (m) 増 加 減 少	平均断面積 (m ²) 増 加 減 少	增加土量 (m ³)	減少土量 (m ³)	変動土量 (m ³)	累加変動土量 (m ³)	備考
本 流	5	21.2	24.85	510	20.52	1432.80	1.914 8.96	1.225 1.983	25137	40691	- 15554	-54,887.14	元 入 堤
	4	23.4	22.30	575	25.78	1458.58	2.85 10.40	1.100 9.68	28358	24955	+ 3403	-54,853.11	
	3	18.9	22.15	525	23.70	1482.28	9.02 1.20	5.94 5.80	14078	13746	+ 332	-54,849.79	
	2	22.7	20.80	480	23.08	1505.36	4.652 0	2.782 0.60	64209	1385	+ 628.24	-54,221.55	
	1	47.8	35.25	745	21.13	1526.49	11.916 2.21	8.289 1.11	175147	2345	+1728.02	-52,493.53	
	0 ₁	63.1	55.45	1,000	18.03	1544.52	12.192 28.05	1.2054 15.13	217336	27279	+1900.57	-50,592.96	
	0 ₂	60.5	61.80	300	0	1544.52	1.065 75.50		32950	84541	- 515.91	-51,108.87	
	-1	55.3	57.90	1,130	19.52	1564.04	2.311 1.112	1.688 4.331	30836	24009	+ 6827	-51,040.60	
	-2	44.4	49.85	940	18.86	1582.90	9.58 14.33	1.635 1.273	40770	38938	+ 1832	-51,022.28	
	-3	35.0	39.70	1,025	25.82	1608.72	2.200 15.80	1.579 15.08	27284	33937	- 66.53	-51,088.1	
	-4	24.2	29.60	525	17.4	1626.46	8.75 22.46	1.538 1.913	42354	86083	- 437.29	-51,526.10	
	-5	30.5	27.35	800	29.25	1655.71	20.20 36.40	14.48 2.943	73017	54701	+ 183.16	-51,342.94	
-6	45.8	38.15	725	19.00	1674.71	5.655 21.18	38.43 28.79	1881.90	43513	+1446.77	-49,896.17		
-7	73.5	59.65	1,825	30.60	1705.31	6.635 7.25	61.50 1.422	82177	41151	+ 410.26	-49,485.91		
-8	64.8	59.15	1,225	20.71	1726.02	13.00 32.49	39.68 1.987	49964	32182	+ 177.82	-49,308.09		
-9	62.6	63.70	1,245	19.54	1745.56	38.14 0.44	2.557 1.647	32953	3259	+ 296.94	-49,011.15		
-10	74.0	68.30	837	12.25	1757.81	1.565 4.87	2.690 2.66	99698	17441	+ 822.57	-48,188.58		
-11	89.6	81.80	2,065	25.24	1783.05	6.334 8.94	3.950 6.91	231368	15153	+2162.15	-46,026.43		
-12	111.0	100.30	3,400	33.90	1816.95	7.315 0	6.825 4.47						
合 計					2364.12			2495140	7097783				

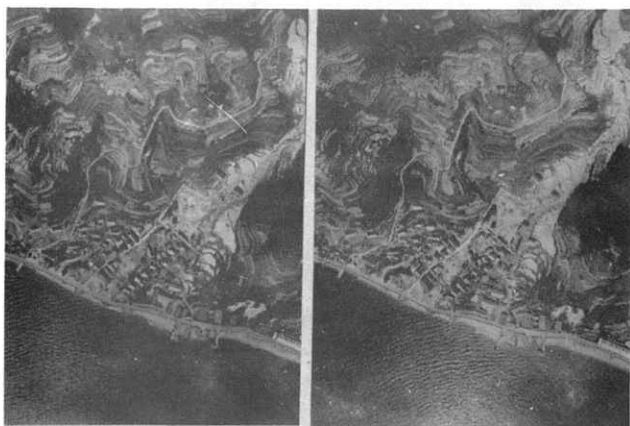


写真-1 浜田川下流部土地利用状況 (1/3,000 航空写真より)

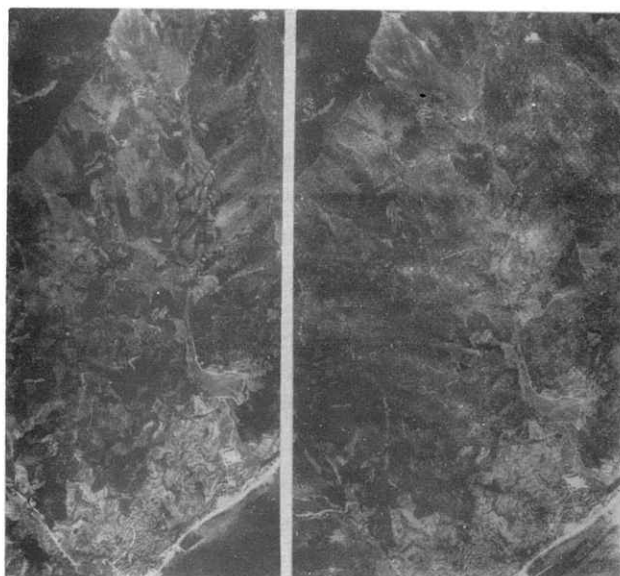


写真-3 災害前の状況 (昭和37年5月13日撮影航空写真)

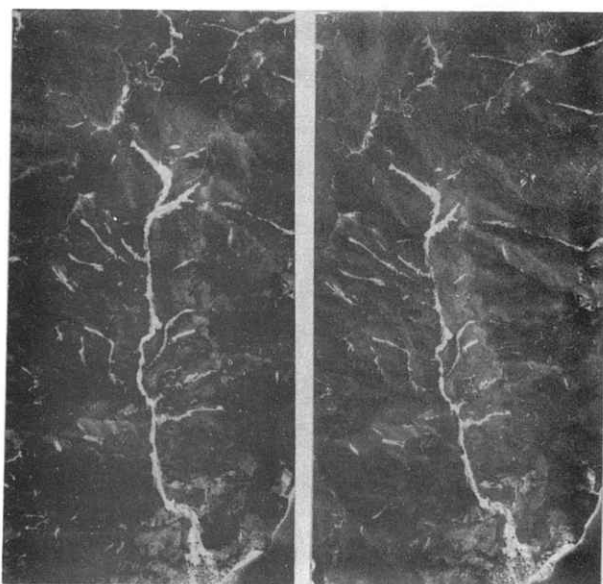


写真-4 災害後の状況 (昭和42年9月13日~28日撮影航空写真)

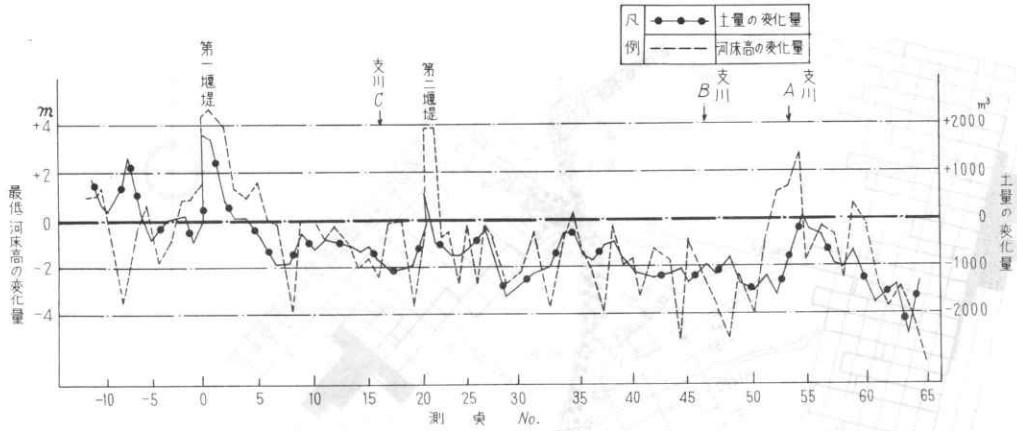


図-7 土量と最低河床の変化

占める河床堆積土砂の分布，なかでもその堆積の厚さ分布を事前に調べることによって，災害時に流出するおそれのある土砂の概略の量およびその位置を予測することが可能と思う。

なお，No. 61 で崩壊部と河床低下部を分けた根拠は，

- i) No. 61 を境として，その下流は崩壊土砂の流下にとまらなごうく薄い表層のはく離の行なわれた区間であること，
- ii) No. 61 より下流では残土部が分布すること

などである。

7. 河床の形態変化

現地調査および判読を加えて災害前後の河床の変化を検討してみる。写真-3，4はそれぞれ浜田川の災害前後の状況を示したものであり，図-

8は災害後に河床に新たに堆積した土砂の粒径ごとの分布および土砂変動量を模式的に描いたもの，図-9は災害前の河道周辺の土地利用状況および河床の形態変化などを表わしたものである。図-10に示すように本川をA～Lの区間に分けて考える。

Aは崩壊部，Bは崩壊土砂の残土部および崩壊土砂の流下に伴う表層のはく離と縦侵食の行なわれた区間である。今回の土石流の端緒となったのは，このA区間の崩壊と，A支川源頭部の崩壊と考えられる。本川崩壊の最上端をみると，地表には花崗岩の崖錐性角礫が散在しており，その下20～30cmの厚さで腐植土があり，その下1mのあたりまでが角礫まじりの黄～黄褐色の崖錐～匍伏性の崩積土層で，その下部は深さ3mあたりまでが不規則な厚さでやや泥っぽい塊状の風化帯となっている。この部分は節理もわからなくなり，



写真-5 本川崩壊部 (No. 65 付近)

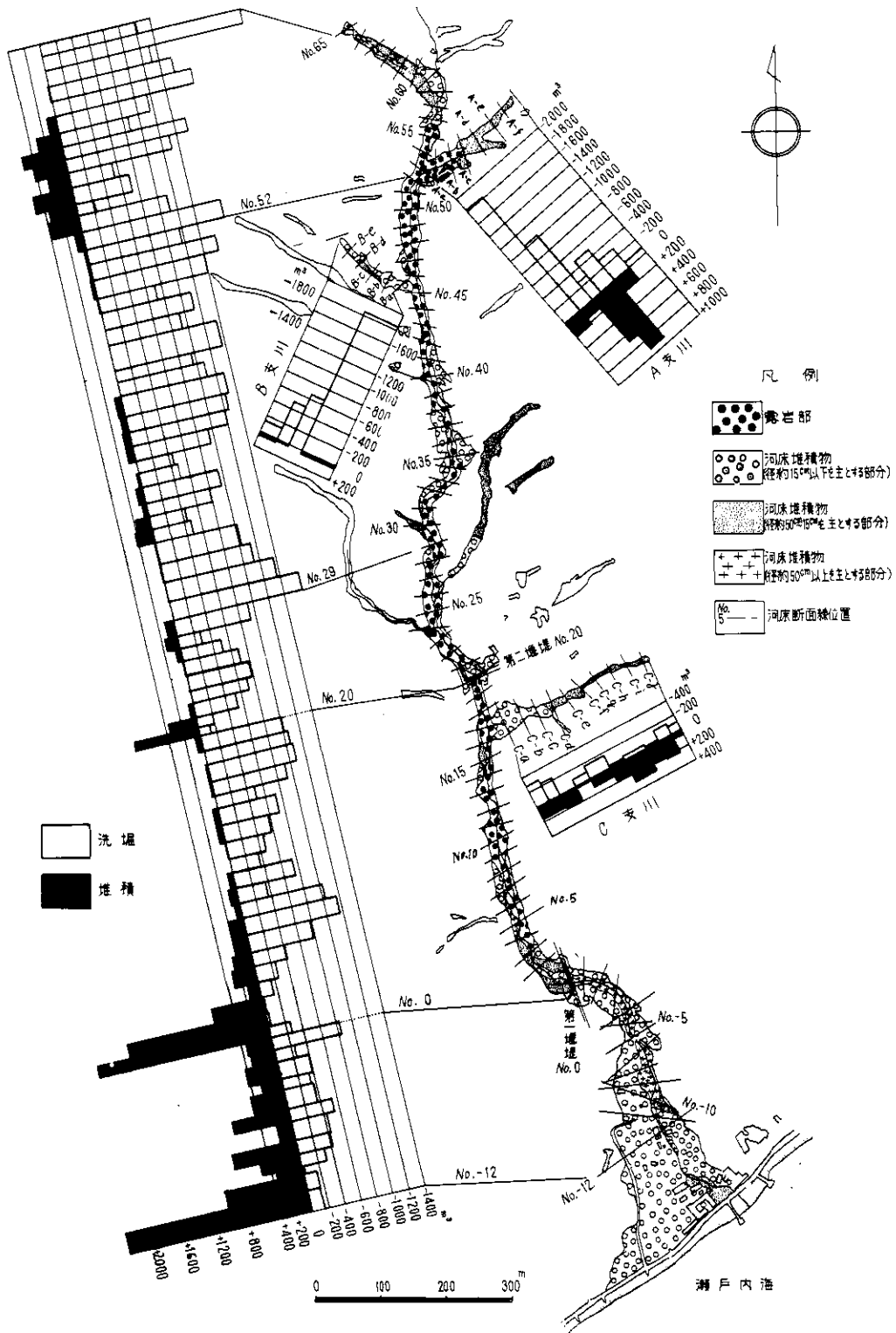


図-8 河床堆積物分布および土砂変動模式図

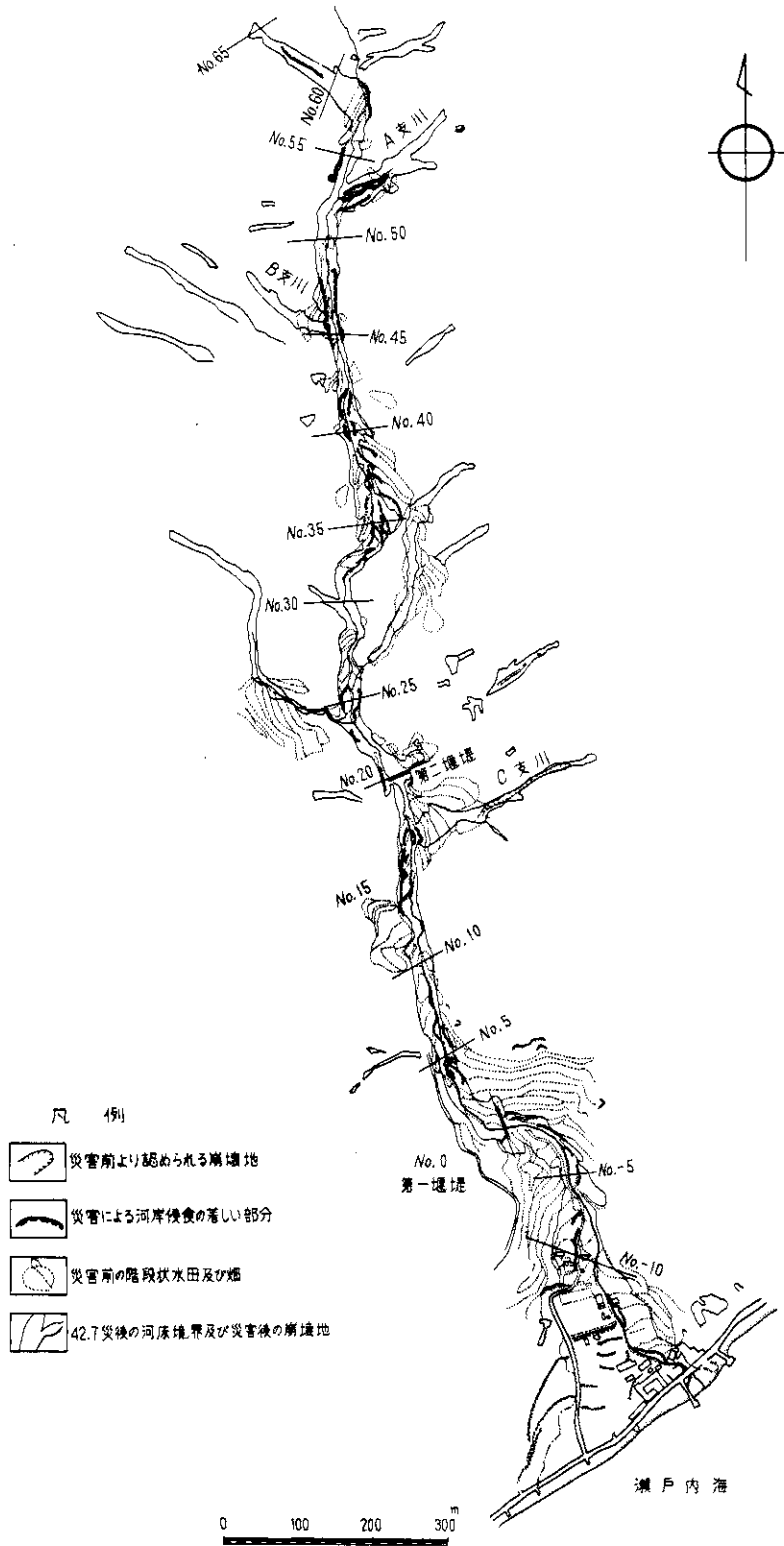


図-9 河床の形態変化

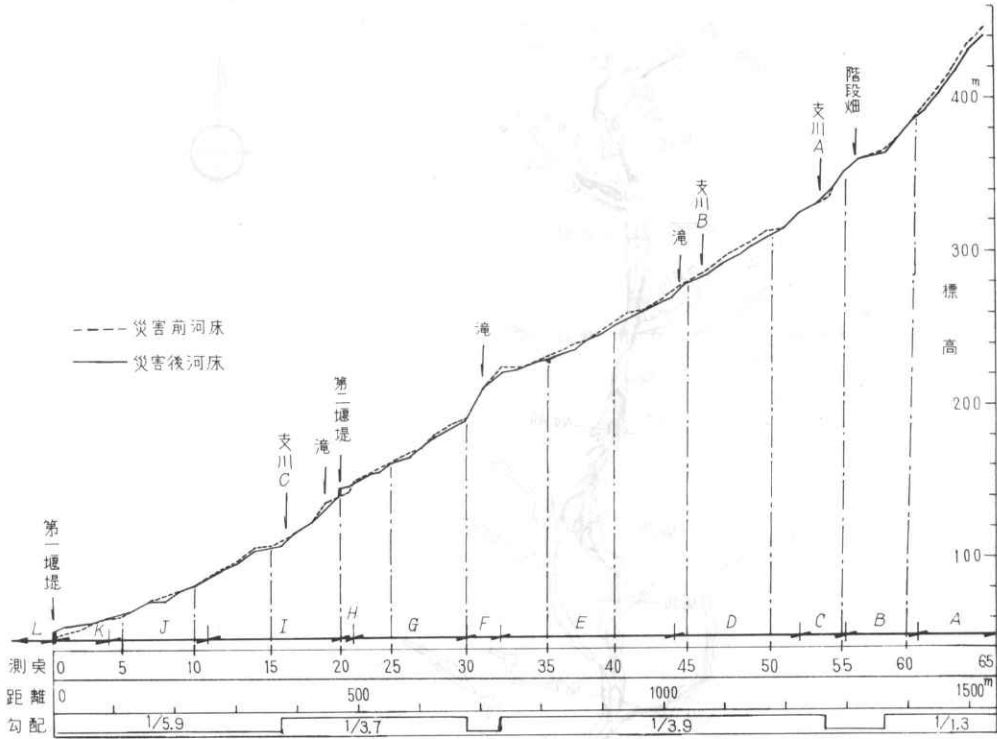


図-10 浜田川縦断面

石英粒が残っているが、いわゆるマサ状にはなっていない。この下は細かい亀裂の発達した風化花崗岩体を経て比較的堅硬な節理の発達した岩盤となっている。崩壊縁辺部の状況から、崩壊は崖錐～崩積土層と塊状風化帯の境界付近で起っており、塊状風化帯もかなりの侵食を受けたと想像できる。No. 55付近には河道の真中に階段畑が破壊されずに残り、自然のダムを形成し、この部分で崩壊土砂は相当止められたと思われる。これは計測の結果からは明瞭でない(写真6, 7)。



写真-7 写真-6の河道内階段畑上流の堆砂状況



写真-6 河道内の階段畑(No. 55付近)

CはA支川合流による影響などで土砂の堆積が多く見られる区間である。現地調査の結果によるとほとんど堅固な岩盤が露出してしまっており、後の中小出水によって一次堆積した土砂は流送されたものと思われる(図-11)。

DおよびEは計測の結果および現地調査の結果からも河床低下がいちじるしく、また土砂変動量(洗掘)の最も大きな区間である。全区間にわたって基岩が露出しているが、他の区間とは異なり基岩は堅固ではなく、マサ～塊状に風化しており、

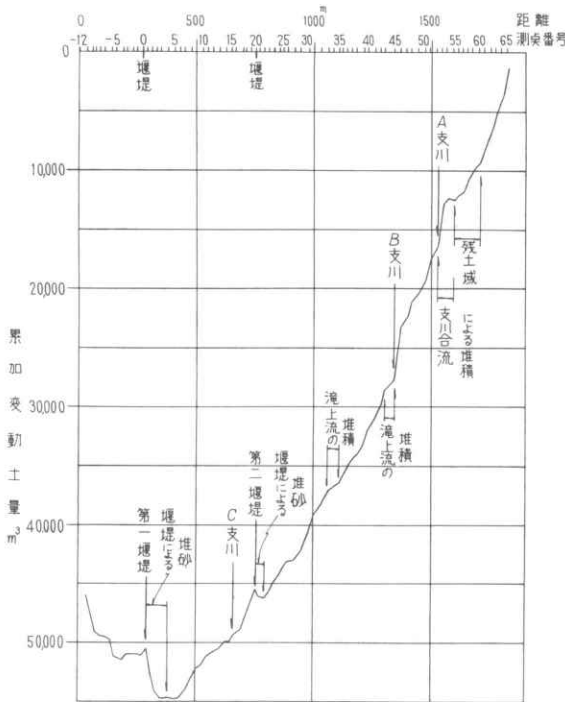


図-11 土砂変動量累加曲線

河床堆積土砂がことごとく流送されてしまい、さらに基岩までも激しく縦侵食が行なわれた区間である(写真-8)。

G, IおよびJは河床低下および土砂変動量(洗掘)のいちじるしい区間であり、同時に溪岸侵食もいちじるしい(図-9)。

この区間の基岩は堅固であり、その上においていた河床堆積土砂(ほとんど階段畑として利用されていた)はすべて流送され、両側の階段畑も大きくけずられている。Jではこの階段畑は流送されずに残っている部分が若干ある(写真-9)。

Fは災害前から認められる落差約30mの滝であるが、このほかに災害後滝状河床になったところがNo. 45付近、No. 19付近の2か所あり、いずれも滝の下流では洗掘は激しく行なわれている(図-8および10)。

HおよびKはそれぞれ第二堰堤、第一堰堤の堆砂区間である。これらダムはいずれも高さ6mであり、災害前にはほとんど堆砂していなかったが、今回の土石流で満砂した。その堆砂量は第一堰堤4,294 m^3 、第二堰堤8,29 m^3 、計5,123 m^3 であり、

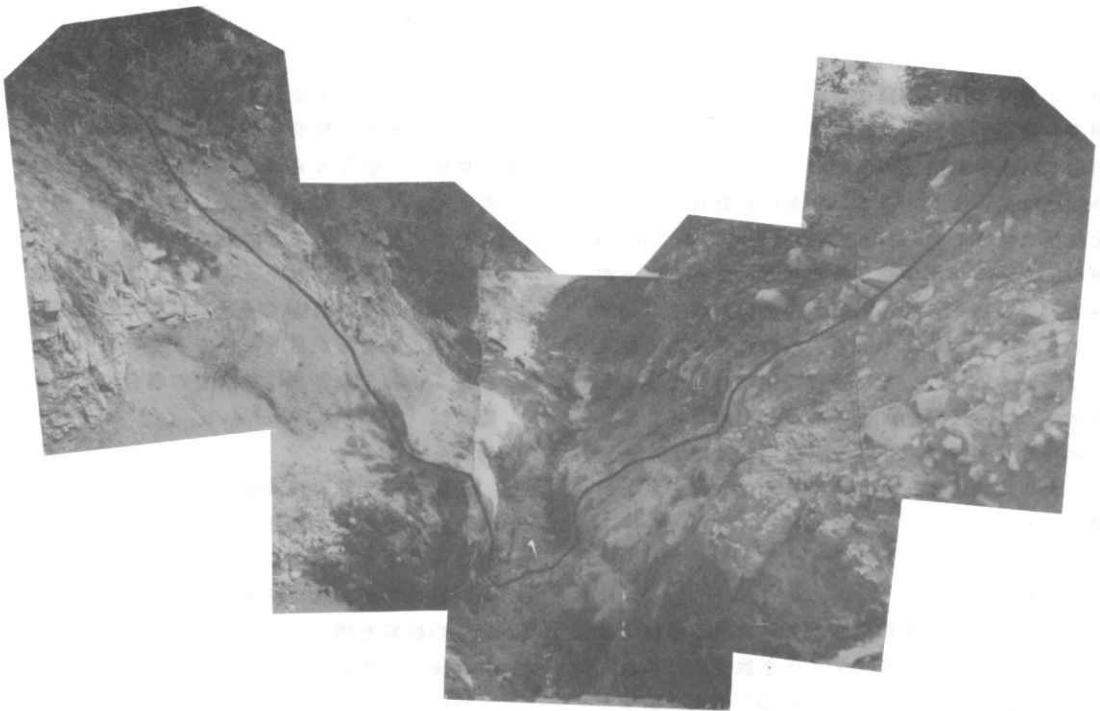


写真-8 No. 44 付近の河床低下(点線は災害前の河道, 実線は災害後の河道形状)



写真一9 No. 16 付近の河床堆積土砂の流出

第一堰堤までの全洗掘土量 $65,046 \text{ m}^3$ の1割にも充たないが、堆積量そのものよりむしろ、堆積地付近の河床堆積土砂の再移動防止、および土石流減殺効果は大きく評価されるべきである。

Lは第一堰堤より下流で土石流が拡散、はんらんし、田畑を埋め家屋を倒壊させた区間で、谷の出口から拡がる緩傾斜部である。

つぎに、支川により生産された土砂が本川におよぼした影響度合いをみると、A支川の影響は大きく、全体で $3,948 \text{ m}^3$ の洗掘があり、このうち崩壊により生産されたものは前述したように約 $1,100 \text{ m}^3$ である。堆積土量は $1,972 \text{ m}^3$ で、 $1,9766 \text{ m}^3$ の土砂が本川へ供給されたことになるが、現地調査の結果から崩壊土砂の流下よりむしろ合流点付近の河床～斜面上の河床低下による土量の方が影響度は高いようである。B支川は計測によると、全洗掘土量 $3,143 \text{ m}^3$ のうちのほとんどの $3,035 \text{ m}^3$ の土砂が本川に供給されたことになっているが、現地調査の結果、ほとんど合流点付近の階段畑で止められているようである。この点、計測の結果とは若干くい違い。また、C支川は計測によると全体として堆積傾向となっており、また現地調査の結果B支川同様本川への供給土量はほとんどなく、土の状態の変化による密度変化などの影響が考えられる。

8. 結論

従来から重要さを指摘されていた河床堆積土砂の流出土砂中に占めるウェイトを数量的に検討した結果、河床堆積土砂は災害時の流出土砂源として非常に重要な存在であり、浜田川については全生産土量の約85%を占めていたことが判明した。

かつ、河床堆積土砂の移動量の多少はその地点における河床低下深の大小と非常によく似た傾向を示した。

このことから、河床堆積土砂の堆積厚さ分布を調べることによって、災害時の土砂流出の量的予測に結びつけることが可能になるであろうと思われる。これができるれば、対策などの判断に有効に使用できるであろうと思われる。この河床堆積土砂の堆積厚さの堆定には弾性波探査も考えられるので、現在モデル渓流において試験を実施中である。

このほか、流出土砂中、崩壊により生産された土量の占める割合は大きなものではなかったが、土石流発生の契機として働いたと考えられる。また、河道周辺の土地利用のための人工的地形改変、下流緩傾斜部でのやはり土地利用のための不自然な流路の狭少化、屈曲などが災害の規模を大きくしたであろうと考えられる。

9. 今後の問題点

以上の調査から、この手法を今後他の地域で用いる場合に留意すべき事項等の諸点を掲げると、

- i) 航空写真は災害後ただちに撮影することが望ましい。災害時または直後の状況を完全に記録できる唯一の手段であり、かつ広範囲の情報を提供するものであり、その利用度はきわめて高い。災害後人工の加わらない間の撮影は後の解析の精度を高めるものである。
- ii) 撮影する航空写真は、災害前後できるだけ同一縮尺であることが望ましい。また、同一コースで撮影するよう計画することが望ましい。これは精度の大小はもちろん重要な問題であるが、災害前後で同一の精度での測定を行なうことの方が目的にかなっているからである。本報でとりあげた調査の場合には撮影縮尺は $1/10,000$ 、測定は $1/1,000$ が適当と考えられる。
- iii) 河床堆積土砂の再移動は下流堆積地へ流出した土砂の主要な部分で、主として河床低下によってもたらされることがわかったが、なお河道の横断方向の拡大によって生産される土量の影響を調べる必要がある。これには災害前後の変動範囲の設定にあたって同じ条件で扱うことのできる基準が必要である。
- iv) 崩壊現象そのものによる土砂の流出と、それに続く河道の洗掘による土砂の移動は元来

異なった性格をもつものであるが、この両者の接点はいかに設定したらよいか。

- V) 各区間における洗掘と堆積を別途求めているが、洗掘部と堆積部とは土の状態が異なり、堆積部では当然土の状態の変化による体積増加の問題があり両者同一精度で測定できていない。
- VI) 川の長さの取りかたで変動土量は直接左右される。とくに、屈曲部での川の長さの決め方の影響は大きい。妥当な土量を求めることのできる川の長さの取りかたを検討する必要がある。
- VII) 砂防計画上に意味があるのは、全体的な土砂収支のほか、河道内の変化の特徴、土砂流通過中の河道の様相、崩壊土砂の影響の及ぶ範囲、変動の少ない区間の内訳とその事由などである。今後の調査ではこれらの諸点を充分考慮する必要がある。
- VIII) 浜田川の河床は写真上比較的明瞭であったが、森林あるいは撮影時刻によってできる陰影部などのため、必要と考えられる横断測点を設定できない場合の測定についての検討が必要である。また、充分な標定点の得られない区域における測線の設定方法なども今後検討すべき問題である。
- IX) 航空写真を用いた土砂変動の計測結果だけから判断を下すのは危険な場合があり、得られたデータの信頼度を高めるためにならば現地調査を併行して行ない、これと照応させながら解析を行なう必要がある。

謝辞

最後に、本調査のために御尽力くださった前広島県砂防課長進藤七郎氏をはじめ、砂防課のかたがた、広島県土木事務所、写真計測作業を担当していただいた国際航業株式会社および本報告をまとめるにあたって種々御協力くださった土木研

究所砂防研究室の皆様にご誌上を借りて深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 平尾公一(1968): 溪床堆積土砂について、森林保全懇話会特別シンポジウム講演要旨, p. 4~12
- 2) 平尾公一(1968): 流出土砂量について、第7回砂防地すべり講習会講義集, p. 25~37
- 3) 平尾公一(1969): 砂防調査のまとめ方、土木技術資料 Vol. 11, No. 5, p. 219~225
- 4) 柿徳市(1953): 表六甲諸河川治水計画の再検討、新砂防12, p. 20~30
- 5) 建設省河川局(1968): 昭和42年水害統計, p. 56~57, p. 296
- 6) 小出博(1955): 山崩れ、古今書院
- 7) 中山政一、今村遼平、川合恒孝、吉岡良朗(1967): 河床変動調査における航空写真の利用、写真測量 Vol. 6, No. 4, p. 169~176
- 8) 新沢直治(1953): 砂防計画試案、新砂防10, p. 16~25
- 9) 建設省土木研究所砂防研究室(1968): 土砂生産量の推定法に関する研究、昭和42年度土木研究所費報告書, p. 5~14
- 10) 建設省土木研究所砂防研究室(1969): 昭和41年西湖災害の解析、砂防研究室資料。
- 11) 坂上務(1968): 昭和42年7月西九州豪雨に関する調査研究、第5回災害科学総合シンポジウム講演論文集, p. 55~56
- 12) 土屋昭彦、平尾公一(1967): 昭和42年7月の集中豪雨による災害状況、土木技術資料, Vol. 9, No. 11, p. 544~553