

土砂礫の移動状況と堤冠の摩耗・損傷について

富山営林署 長谷川 明 弘

1. はじめに

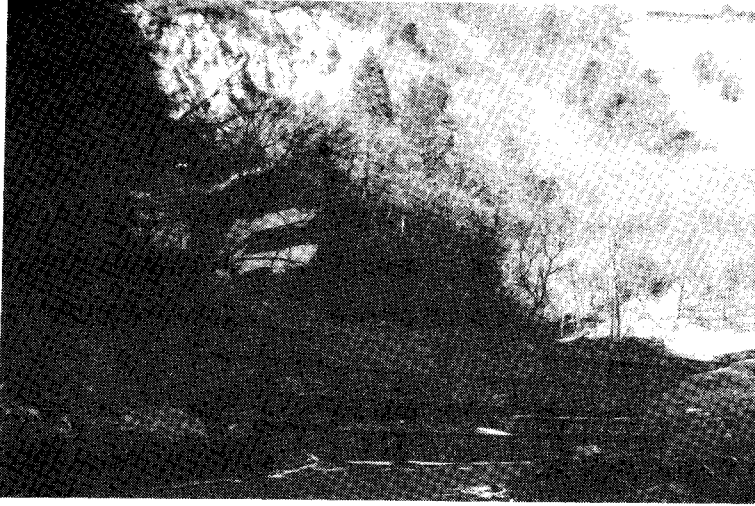
富山県魚津市の北東部に位置する片貝川支流阿部木谷は、溪流延長3,630m、溪床勾配19%、荒廃率22%で、富山営林署の治山事業施工箇所の中の代表的な荒廃溪流である。連年に亘る生産土砂量も、年平均4,6000m³と大きな数値を示し、特に昭和51年災害においては980,000m³の土砂が生産された実績がある。

又、この溪流に対する復旧対策としては、昭和33年以来、溪間工を主体に継続的に事業を実施してきているが、既往の築堤された18基の治山ダムは一様に堤冠部（放水路天端）の摩耗・損傷が著しく進行している現状にあり、これらダムは、その機能が失なわれてからでは、取返しのつかない問題となるので、この点について原因追求と、その対策を考察したものである。

2. 阿部木谷の概要と気候要因

- (1) 位置 富山県 魚津市 三ヶ 片貝国有林56林班
- (2) 河川名 片貝川（2級河川） 支流 阿部木谷（流域面積820ha） 海拔750m～2,414m（毛勝岳）
- (3) 地況 基岩は花崗岩、片麻岩で山腹面は急峻で、表土浅く、砂壤土である。
- (4) 林況 ほとんど天然林で、一部は伐採後の天然更新地及び人工林から成っている。中腹谷筋は広葉樹が多く、尾筋は針葉樹が混生している。
- (5) 保安林 水源かん養林、土砂流出防備林である。
- (6) 気候条件 年降雨量 3,600%
年降雪深 15.6m（積雪4.0～4.5m）
初雪11月中旬、根雪12月中旬

完成した五色沢 第1号鋼製自在柵床固工



同 上(右岸より写す)



3. 調査目的

溪間工におけるところの堤冠部の保護対策は、最も重要な点であり、従来から各種検討されてきたが、きめ手となる対策は、今だに確立していないのが実状である。

摩耗損傷のパターンは一定の摩耗が進み、部分的な損傷が進行し、致命的な機能喪失となるのが特徴的である。

このように、治山ダムの損傷の原因を大別して考えれば、(1)すりへり (2)気候作用(凍結融解) (3)キャピテーション となり、そのうちでも堤冠部の摩耗損傷は、すりへりをもっとも大きい要因と考えられる。

今回は、このすりへりの最も大きい原因である浸食土砂(堤冠部通過土砂礫)の調査を実施し、浸食土砂の移動が、溪床の状態、工作部の形態によって堤冠部に与える摩耗量、損傷との関係を解明するために調査したものである。

4. 調査事項

- (1) 移動土砂の状況をチェックするため、10ヶ年に亘り、縦断、平面測量を実施した。
- (2) 既設えん堤堤冠の摩耗、損傷調査(摩耗の状況を詳しく調べるため、1cm単位の等高線でつなぐ)を実施した。
- (3) 各えん堤間の移動土砂の粒径を調査。(特に移動しない転石、移動した転石の調査)
- (4) 降雨量の調査。(年月別に調査)
- (5) 増水時における、土砂礫の移動状況調査。(えん堤通過時の流れの状況等)
- (6) 定点横断調査

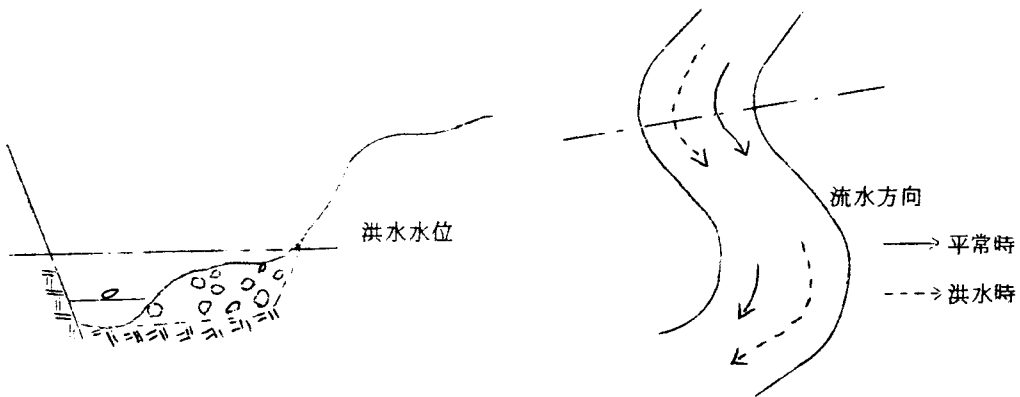
5. 調査結果

調査結果より次のことがいえる。

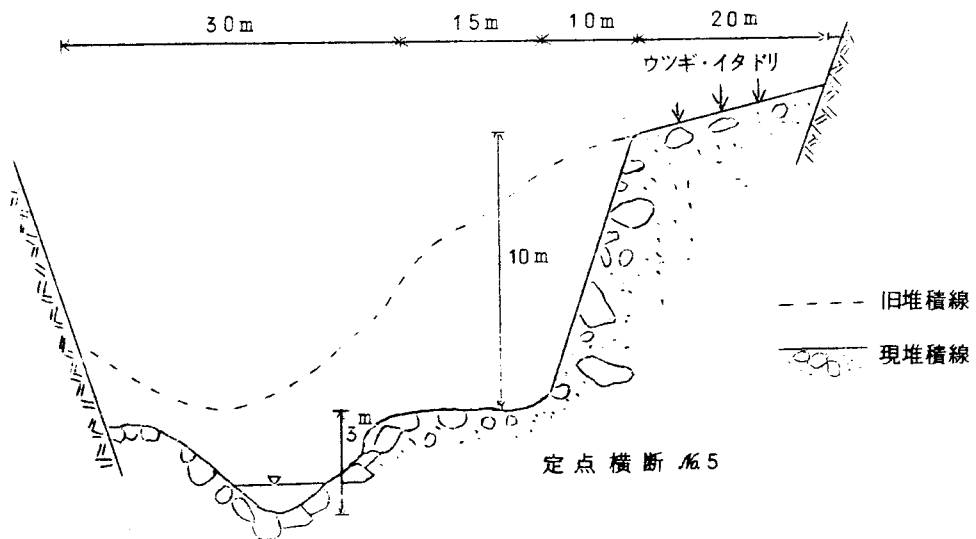
(1) 生産土砂と移動土砂の状況

ア 荒廃の主因は、155 ha に及ぶ特殊荒廃地より長年月にわたって物理的作用によって生産された土石が崩壊地の山脚部や河床に一時的に堆積し、中小洪水で除々に河床に流出し、土石流地形、洪涵地、段丘を形成し、洪水時には更にこれらを浸食して土石流発生源となっている。

イ 土石流発生メカニズム



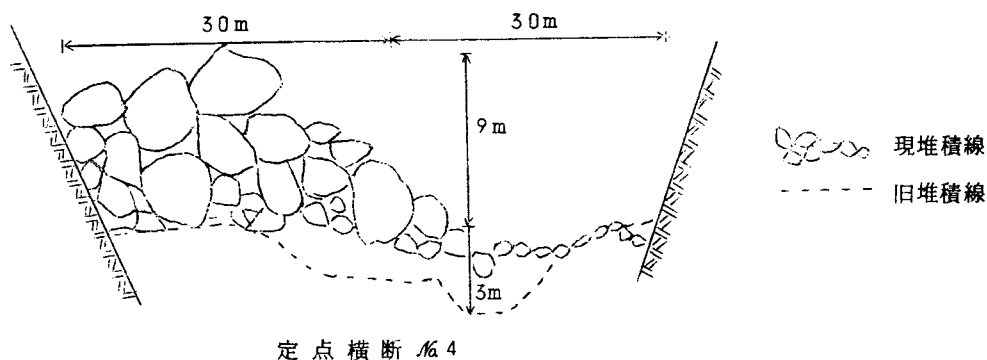
ウ 浸食の状況



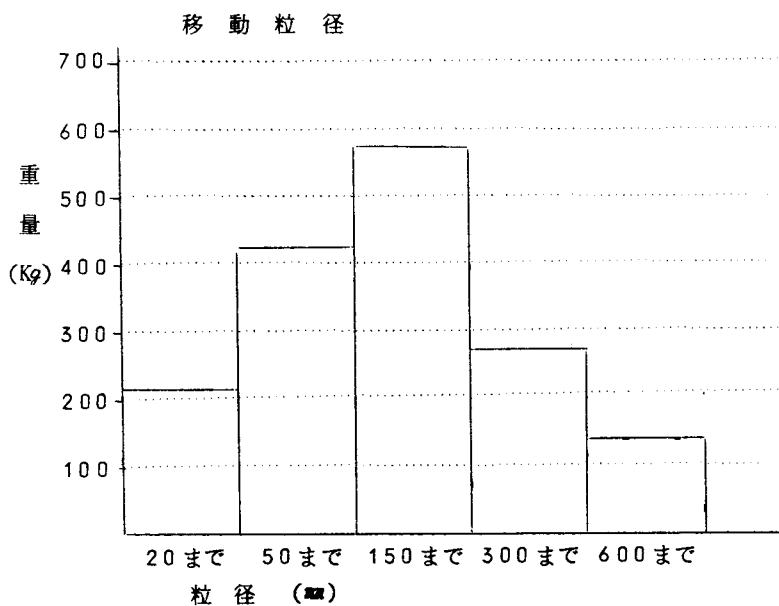
エ 移動土砂が甚しく河床に堆積した箇所は次の地点である。

- (ア) 河道が湾曲し、大転石が遠心力で飛び出した箇所。(第12号えん堤上流域)
- (イ) 河床巾が大きく変化している箇所。(第7号、第5号えん堤上流域)
- (ウ) 固定床が連続している箇所。(第3号えん堤下流域)
- (エ) 河床勾配の変換している箇所。(第15号えん堤下流域)
- (オ) 立木が土石流の流下に障害となり、清水のみが流下し易い箇所。(第14号えん堤上流域)

オ 堆積の状況

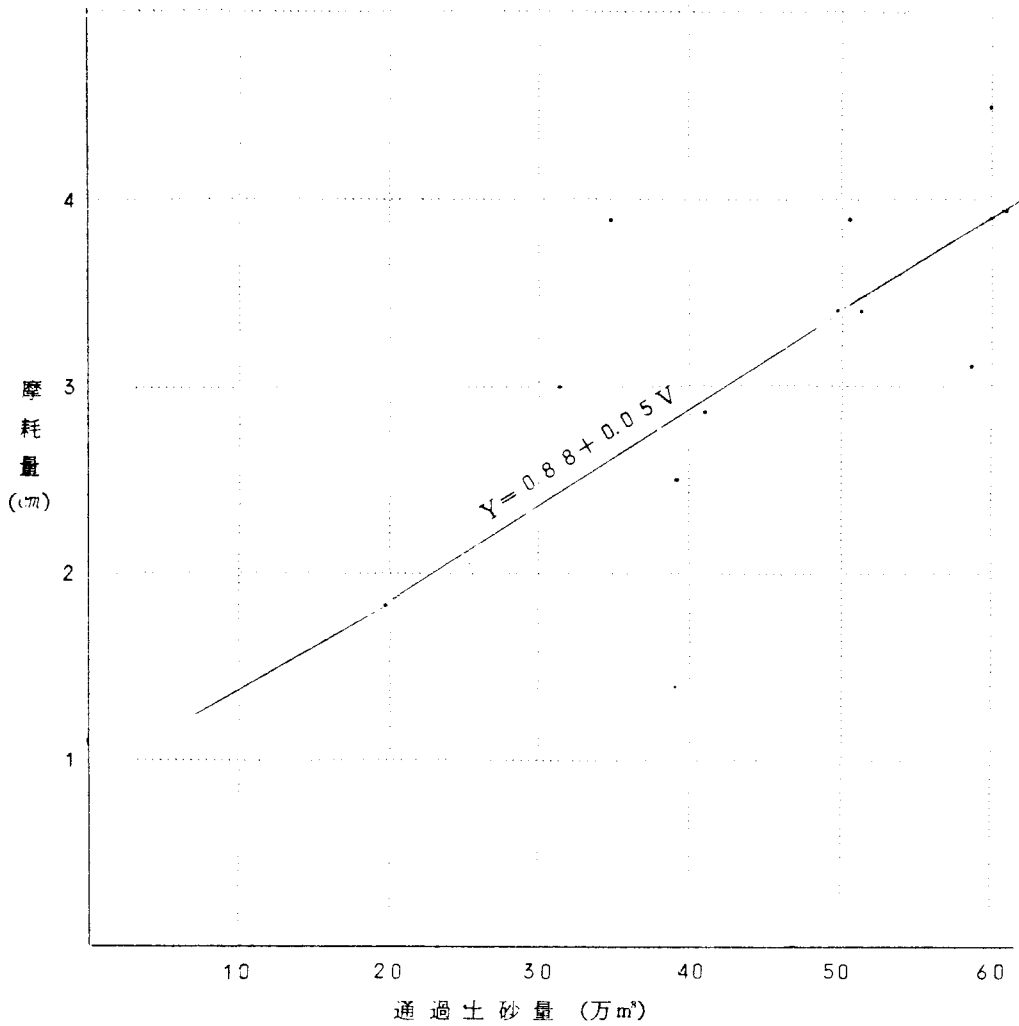


(2) 移動土砂の粒径



上記グラフより、径15cmまでの土砂礫の移動が多く、径60cm以上の転石の移動はない。

(3) 堤冠通過土砂量と堤冠の摩耗



えん堤ごとの通過土砂量と、堤冠の摩耗量を調査した結果、上記のグラフのとおりとなった。

この関係を直線式で表わすと

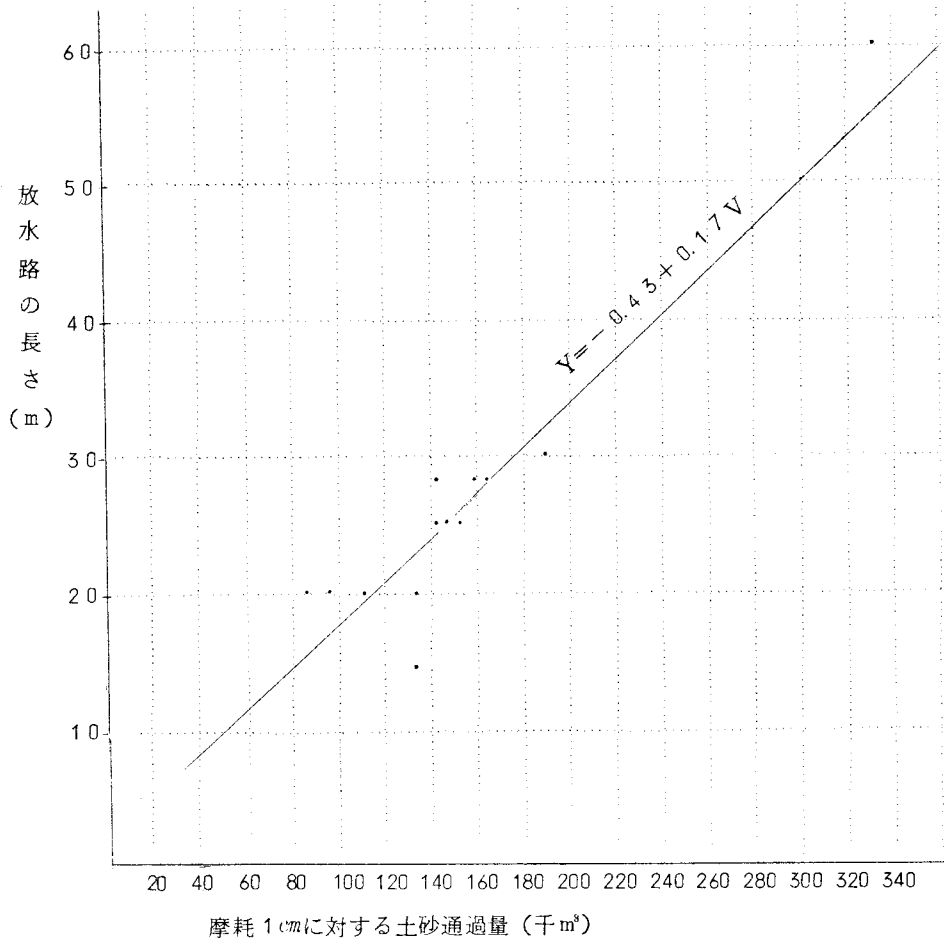
$$Y = 0.88 + 0.05V$$

Y = 摩耗量 (cm)

V = 通過土砂量 (万m³)

∴ 通過土砂量の増加にともない、摩耗量が増加することがわかる。

(4) 放水路の長さと摩耗 1 cmに対する土砂通過量



えん堤ごとの放水路の長さ、摩耗 1 cm に対する土砂通過量を調査した結果、上記のグラフのとおりとなった。

この関係を直線式で表わすと

$$Y = -0.43 + 0.17V$$

Y = 放水路の長さ (m)

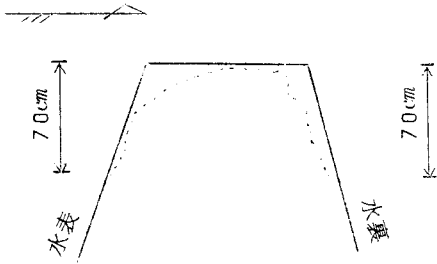
V = 摩耗 1 cm に対する土砂通過量 (千 m³)

∴ 放水路の長さが長いほど、摩耗 1 cm に対する土砂通過量が多くなるのがわかる。

このことより、放水路の長さが長いほど、摩耗が少ない。

(5) 堤冠の摩耗と損傷状況

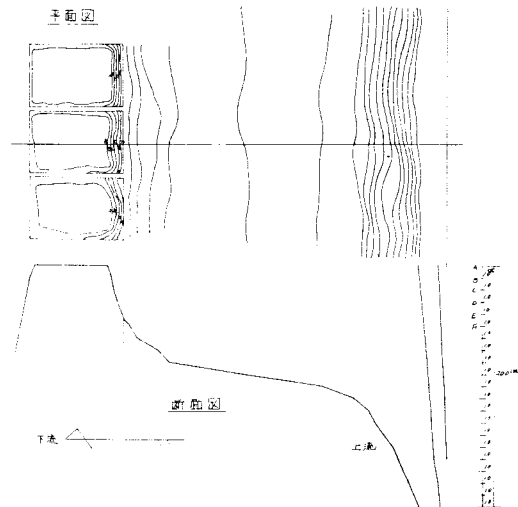
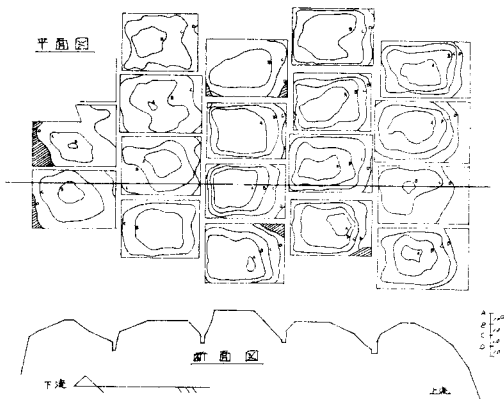
ア 堤冠の摩耗は水表法70cmと天端に多く、損傷は水裏法70cmに多い。



イ コンクリートの堤冠と、張石の堤冠保護では、コンクリートの摩耗が早く、張石ではモルタルと、その周辺部から、摩耗が進行している。なお張石の岩質は花崗閃緑岩である。

堤冠が張石の場合の摩耗

堤冠が下流張石、上流コンクリートの場合の摩耗



ウ 堤冠の損傷は、溪床勾配が急で転石の径も大きい第14号えん堤上流域に発生している。

(6) その他溪床の状況

ア 洪水時には、溪床勾配10%以上で、乱流の著しい溪床では袖部を越流している。

イ 第14号えん堤下流域の、各えん堤間の土砂の洗掘作用が進行している。

計画勾配以下の各えん堤間の洗掘土砂量は、45,000 m³である。

ウ 阿部木谷は、398,000 m³の総貯砂量と、650,000 m³の土砂調節量による土砂の抑止と、調節機能がある。

6. 考 察

- (1) えん堤放水路は、安全率を大きくとり、長くする。

えん堤、築設場所にもよるが、ゆるすかぎり放水路を長くとり、洪水時の流水の分散と流速の低下をはかり、堤冠の摩耗を少なくし、溪間工の保全を考える。

- (2) 堤冠部の保護工法と構造

溪床勾配が急で溪床の転石径も大きい第14号えん堤上流域の堤冠は、摩耗・損傷も大きいので、第14号えん堤の上下流にわけ、摩耗・損傷の程度を充分検討して、工法及び構造を迫する必要はある。

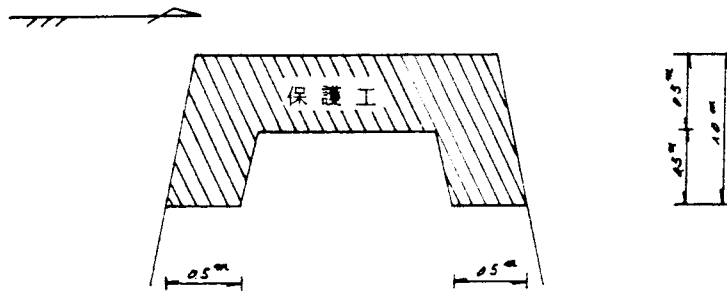
ア 工 法

上流域はグラノリシックを、下流域では富配合コンクリートを考える。

なお、張石については、近年石工の不足等により施行が困難であるため、比較的施行も容易なグラノリシック、富配合コンクリートを考える。

イ 構 造

調査結果でも明らかなように、水表、水裏70cmまでの摩耗・損傷の実態より、下図の構造での施工を考える。



- (3) 袖高は、溪床勾配を配慮して高さを決定する。

調査結果より、溪床勾配10%以上で、土砂礫の流送がはげしい溪床では、既設の袖(2~3m)より、2m以上高くする必要がある。

- (4) 溪床勾配と計画勾配

第14号えん堤より下流域の各えん堤間は、えん堤の洗掘作用が進んでいるため、計画勾配を修正して、溪床勾配の緩和を目的としたダム工が必要である。

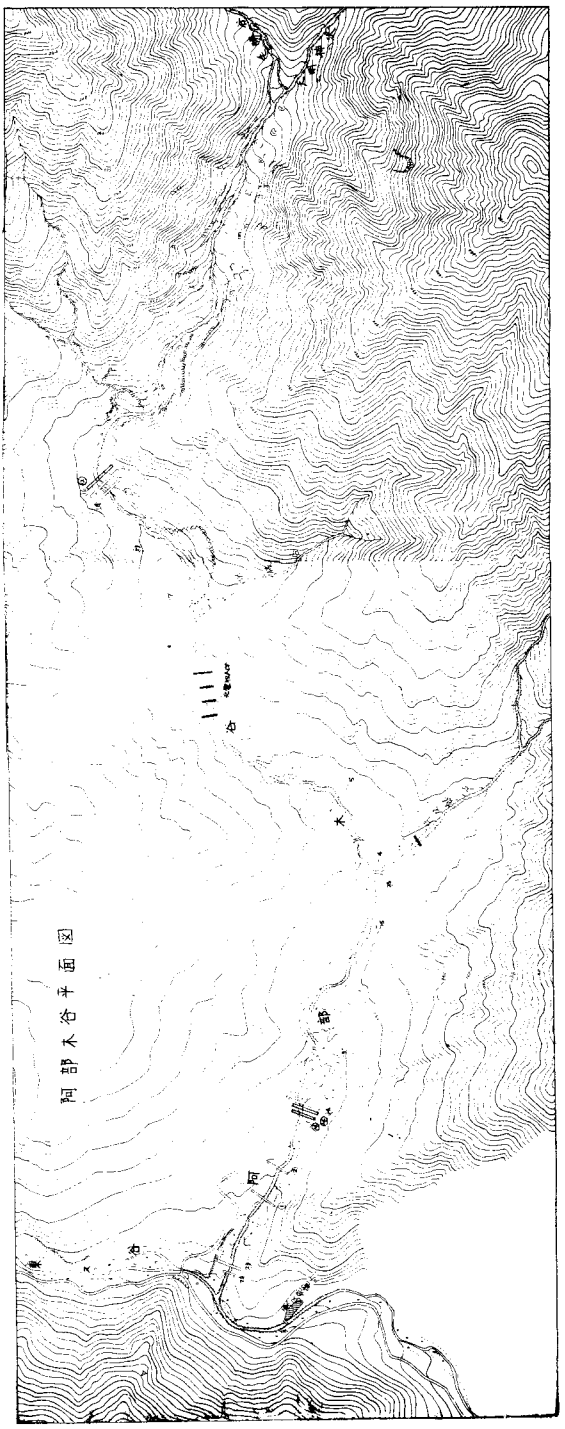
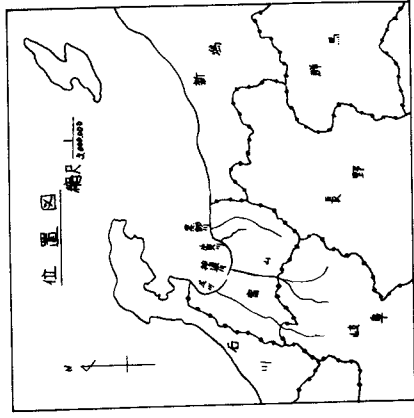
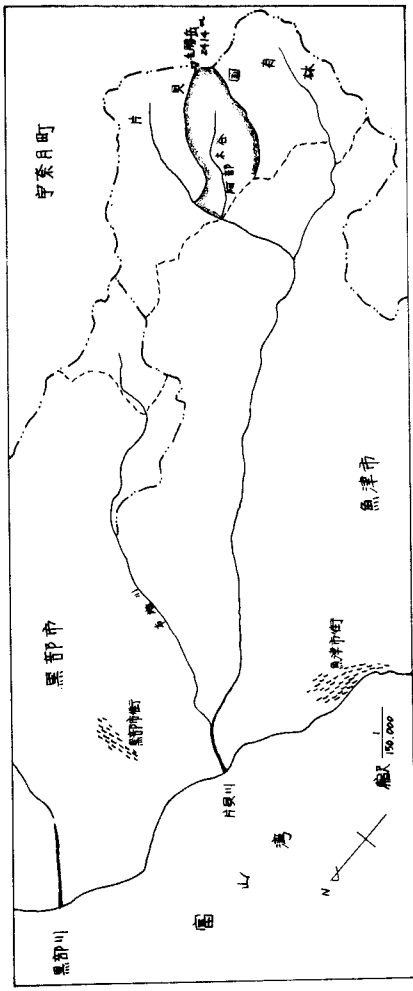
7. おわりに

日夜努力して築堤した工作物も、自然の猛威の前に、もろくも無残な姿を晒す現状を見るにつけ、胸を痛めつけられるのは治山担当者ばかりではあるまい。

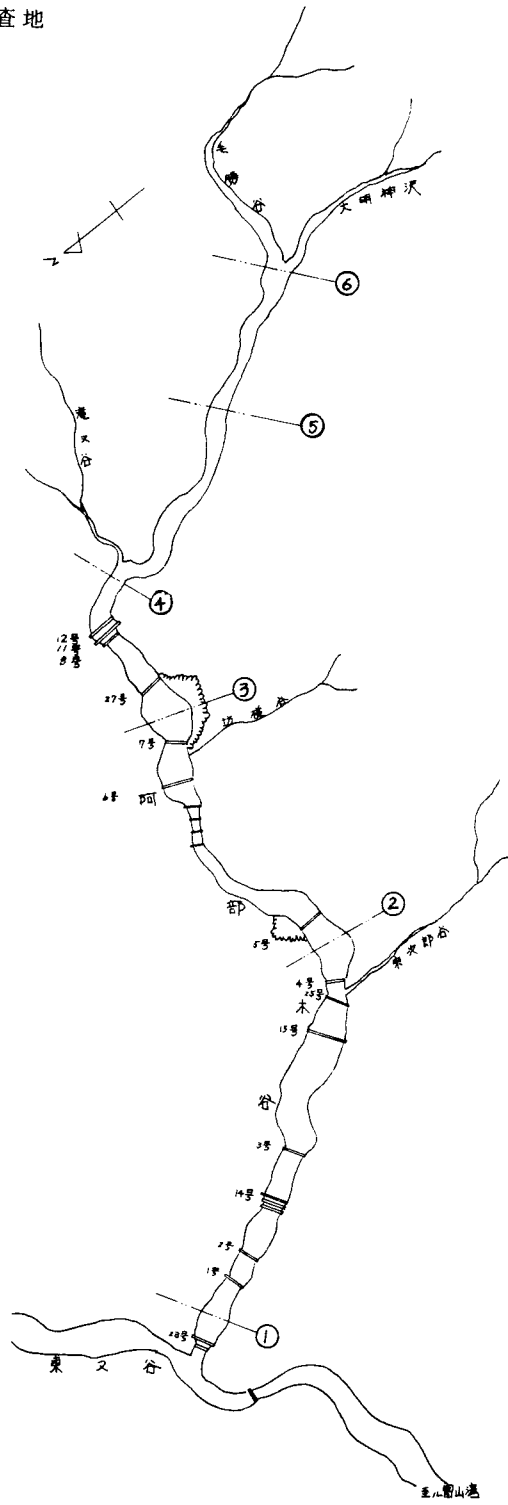
コンクリートと自然の戦いは、人類の悲願でありコンクリートは永遠なりの言葉を実感として感じるためにも、治山技術の研究、開発は続けていかなければなりません。

今回発表の堤冠の摩耗、損傷については、十分な調査でなく、適確な結論をつかむことはできませんが、土砂の生産についての素因、誘因及び調査内容を充実することによって、よりよい方向が見出せるのではないかと思います。

このことについて各位のキタンのない御意見をいただきたいと思います。



定点横断调查地
平面图



調査表 上段 施行年12月～49年8月
下段 施行年12月～53年8月

えん地名	施行年 昭和	降雨量(A) 施行年～S49.8 施行年～S53.8	流土砂量(B)		貯留総量 (D)	不安定土砂量 (E)	洗掘土砂量 (F)	埋没通過土砂量 (G) (H)+(I)+(J)+(K)	埋没消耗量 (L) (M) (N) (O) (P)	埋没 損傷 (Q)	壁片1㎡に 対する 土砂量 (R) (S) (T)	放水筋 長さ	堤冠厚 m	天端の構造	上 流 上 游 性 最 大 粒 径 (移動最大粒径)	
			流土砂量 (C)	排水流出土砂量 (G)												
第2号箱石コンクリート堰えん堤	46.47	427.47 152,569	79.1 2550	650	214 549	0	0	265.1 (0.001) 0.10	0	0	551,000	350	2.0	グラノリシック	0	1.0 (0.5)
第2号箱石コンクリートえん堤	46.47	427.47 152,569	79.1 2550	0	214 524	0	0	312.6 (0.001) 0.10	0	0	551,000	350	2.0	グラノリシック	3.6	1.0 (0.5)
第1号縦溝えん堤	35	46,113 569,616	68.11 85.86	40.50 44.50	34.33 37.43	17.78 57.60	6.14 2.50	626.4 (0.058) 2.11	52.7 0.51	20	164,842	260	2.0	張 石	4.4	1.0 (0.5)
第2号縦溝えん堤	35	45,540 562,584	67.55 84.65	40.00 45.00	33.30 35.85	17.78	6.04 2.50	625.1 (0.039) 2.21	60.3 0.65	20	160,292	280	2.0	張 石	7.4	1.5 (0.6)
第1号コンクリート副々えん堤	52	14,083	3.36	0	2.4	0	0	3.12		20	300	300	2.0	グラノリシック	0	1.5 (0.6)
第1号コンクリート副々えん堤	52	14,083	3.36	0	2.4	0	0	3.10		20	300	300	2.0	グラノリシック	0	1.5 (0.6)
第14号縦溝えん堤	35	38,950 48,076	57.93 74.72	38.50 44.50	26.31 28.90	17.68 57.60	5.77 2.50	584.1 (0.031) 2.05	22.5	22	188,419	300	2.2	張 石	6.1	1.0 (0.6)
第3号縦溝えん堤	34	39,437.6 49,348.4	61.05 77.55	37.00 55.00	25.48 28.08	17.68 49.70	5.46 0	603.5 (0.045) 1.78	54.7	20	134,111	200	2.0	張 石	8.0	2.0 (0.6)
第15号縦溝えん堤	35, 36	30,559 39,527	50.78 66.65	33.50 61.50	18.06 22.65	17.53 45.40	8.0 0	494.9 (0.015) 1.80	7.61	20	329,953	600	2.0	張 石	7.0	1.5 (0.5)
第2号箱石コンクリートえん堤	45	13,371 220,326	26.64 38.25	32.50 65.30	11.6 37.5	17.15 44.30	6.9 0	375.2 (0.039) 1.56		20	96,205	200	2.0	下流 張石 上流 コンクリート	6.8	1.5 (0.5)
第4号縦溝えん堤	35	51,168.6 39,686.2	53.24 68.67	31.50 65.90	15.85 18.44	17.13 42.50	5.8 0	523.4 (0.034) 1.86	1,908	22	153,941	250	2.2	張 石	14.0	2.0 (0.5)
第5号玉石コンクリートえん堤	39, 40	17,868.1 25,636.0	33.04 48.05	29.00 78.40	7.6 10.36	16.62 32.10	1.7 0	378.3 (0.026) 1.42	12.69	22	145,500	250	2.2	張 石	13.8	2.0 (0.6)
第6号縦溝えん堤	36, 37	21,504.2 28,334.6	42.27 56.60	25.50 79.20	10.72 13.32	15.24 29.50	1.0 0	419.1 (0.029) 1.95	0.24	24	144,517	280	2.4	張 石	10.0	2.0 (0.6)
第7号玉石コンクリートえん堤	41	11,574.7 19,685.8	24.47 41.47	24.50 67.70	4.4 7.5	13.44 22.60	0	338.3 (0.03) 1.32	0.14	22	112,767	200	2.2	張 石	13.4	2.0 (0.6)
第2号玉石コンクリートえん堤	42	10,558.8 17,026.9	23.43 37.22	25.00 96.00	2.04 4.63	8.90 18.50	0	354.9 (0.043) 1.73	0.22	20	82,534	200	2.0	下流 張石 上流 コンクリート	13.8	2.0 (0.6)
第8号玉石コンクリートえん堤	38	16,939.0 22,269.0	36.48 49.99	21.50 100.50	1.32 4.62	4.95	0	517.1 (0.058) 1.10	0.69 3.159	22	156,078	130	2.2	張 石	0	2.0 (0.6)
第1号コンクリートえん堤	49	53,225	12.84	100.50	23.9	14.60	0	96.15 (0.012) 0.48		20	80,1250	200	2.0	グラノリシック	0	2.0 (0.6)
第1号コンクリートえん堤	50, 51	20,967	6.08	0	13.0	0	0	47.8 (0.001) 0.04		20	47,8000	200	2.0	グラノリシック	1.65	2.0 (0.6)

年月別降雨量

単位 ㎜

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
33												216	
34	326	179	211	237	426	334	434	320	328	310	315	251	3,671
35	216	251	201	376	295	324	511	454	471	228	242	306	3,875
36	195	190	288	231	306	341	470	389	621	292	234	244	3,801
37	305	197	244	315	286	299	506	311	390	196	153	288	3,490
38	171	148	269	369	353	228	515	366	344	305	416	291	3,775
39	0	0	1	474	215	321	1,155	231	597	275	407	132	3,808
40	221	285	220	175	242	309	852	119	401	86	577	474	3,961
41	293	255	495	202	330	301	605	117	383	293	277	252	3,803
42	405	190	195	269	72	209	348	447	136	315	322	334	3,242
43	353	305	158	225	258	288	140	330	126	296	272	353	3,107
44	388	262	270	324	289	355	314	890	335	237	232	192	4,088
45	251	278	521	100	115	384	211	262	575	215	364	244	3,520
46	205	212	190	188	301	503	699	162	489	247	286	401	3,883
47	328	209	220	153	449	252	437	407	389	195	438	352	3,829
48	349	147	165	231	254	249	118	165	224	445	316	362	3,024
49	158	189	176	366	235	148	564	208	288	254	266	260	3,112
50	201	168	166	261	315	322	462	371	424	265	289	222	3,466
51	169	205	174	237	284	394	423	846	306	411	327	152	3,928
52	188	176	204	168	371	325	246	366	317	274	260	189	3,084
53	206	126	183	180	106	484	141	214					1,640

えん堤を通過した降水量

えん堤名	経過年月の総降雨量	流域面積	通過総数量
第23号粗石コンクリート副えん堤	5.213 18.606	8.2 Km ²	42.747.000m ³ 152.569.000
第23号粗石コンクリートえん堤	5.213 18.606	8.2	42.747.000 152.569.000
第1号練積えん堤	5.6930 70.323	8.1	461.113.000 569.616.000
第2号練積えん堤	5.6930 70.323	8.0	455.440.000 562.584.000
第14号コンクリート副々えん堤	— 1.829	7.7	14.083.000
第14号コンクリート副えん堤	— 1.829	7.7	14.083.000
第14号練積えん堤	4.9474 62.867	7.7	380.950.000 484.076.000
第3号練積えん堤	5.3294 66.687	7.4	394.376.000 493.484.000
第15号練積えん堤	4.5611 59.004	6.7	305.559.000 395.327.000
第25号粗石コンクリートえん堤	20.534 33.927	6.5	133.471.000 220.526.000
第4号練積えん堤	4.9474 62.867	6.3	311.686.000 396.062.000
第5号玉石コンクリートえん堤	30.807 44.200	5.8	178.681.000 256.360.000
第6号練積えん堤	4.2165 55.558	5.1	215.042.000 283.346.000
第7号粗石コンクリートえん堤	23.622 40.175	4.9	115.747.000 196.858.000
第27号玉石コンクリートえん堤	2.2954 37.015	4.6	105.588.000 170.269.000
第8号玉石コンクリートえん堤	3.9393 51.786	4.3	169.390.000 222.680.000
第11号コンクリートえん堤	— 12.378	4.3	53.225.000
第12号コンクリートえん堤	— 4.876	4.3	20.967.000

えん堤上流域における流出土砂量

えん堤名	年流出土砂量	経過年数	総流出土砂量
第23号粗石コンクリート副えん堤	43,970 m ³	1.8 5.8	79,146 m ³ 255,026
第23号粗石コンクリートえん堤	43,970	1.8 5.8	79,146 255,026
第1号練積えん堤	43,110	15.8 19.8	681,138 853,579
第2号練積えん堤	42,750	15.8 19.8	675,450 846,450
第14号コンクリート副々えん堤	41,980	0.8	— 33,584
第14号コンクリート副えん堤	41,980	0.8	— 33,584
第14号練積えん堤	41,980	13.8 17.8	579,324 747,244
第3号練積えん堤	41,250	14.8 18.8	610,500 775,500
第15号練積えん堤	39,670	12.8 16.8	507,776 636,456
第25号粗石コンクリートえん堤	39,030	5.8 9.8	226,374 382,494
第4号練積えん堤	38,580	13.8 17.8	532,404 686,724
第5号玉石コンクリートえん堤	37,540	8.8 12.8	330,352 480,512
第6号練積えん堤	35,820	11.8 15.8	422,676 565,956
第7号粗石コンクリートえん堤	35,140	7.8 11.8	274,092 414,652
第27号玉石コンクリートえん堤	34,460	6.8 10.8	234,328 372,168
第8号玉石コンクリートえん堤	33,780	10.8 14.8	364,824 499,944
第11号コンクリートえん堤	33,780	3.8	— 128,364
第12号コンクリートえん堤	33,780	1.8	— 60,804

阿部木谷全体の年流出土砂量

流域面積 820 ha

荒地 210.7 ha × 200 m³ = 42,140

普通林地 609.0 × 5 = 3,045

新生崩壊地 0.3 × 3,000 = 900

計 46,085 m³

えん堤上流の不安定土砂量と計画勾配以下の洗掘土砂量

えん堤名	不安定土砂量	累計	洗掘土砂量	累計
第23号粗石コンクリート副えん堤	0 ^{m³}	m³	0 ^{m³}	m³
第23号粗石コンクリートえん堤	0		20,000	45,000
第1号練積えん堤	0 6,000	177,800 576,000	1,000 0	61,400 25,000
第2号練積えん堤	1,000 0	177,800	700 25,000	60,400 25,000
第14号コンクリート副々えん堤	—	—		
第14号コンクリート副えん堤	—	—		
第14号練積えん堤	0 73,000	176,800 570,000	5,100 0	59,700 0
第3号練積えん堤	1,500 43,000	176,800 497,000	4,600 0	54,600 0
第15号練積えん堤	3,800 11,000	175,300 454,000	1,100 0	8,000 0
第25号粗石コンクリートえん堤	200 18,000	171,500 443,000	1,100 0	6,900 0
第4号練積えん堤	5,100 104,000	171,300 425,000	4,100 0	5,800 0
第5号玉石コンクリートえん堤	13,800 28,000	166,200 321,000	700 0	1,700 0
第6号練積えん堤	18,000 67,000	152,400 293,000	1,000	1,000
第7号粗石コンクリートえん堤	45,400 41,000	134,400 226,000		
第27号玉石コンクリートえん堤	39,500 39,000	89,000 185,000		
第8号玉石コンクリートえん堤	49,500 —	49,500 —		
第11号コンクリートえん堤	146,000	146,000		
第12号コンクリートえん堤	—	—		

貯砂総量と貯砂量

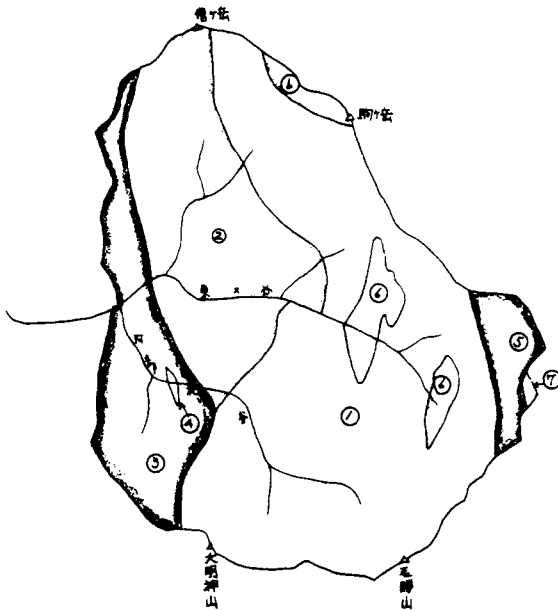
えん堤名	貯砂総量	経過累計 貯砂量	貯砂量	備考
第23号粗石コンクリート副えん堤	2,527m ³	— 54,898 m ³	1,800m ³	
第23号粗石コンクリートえん堤	21,429	— 52,371	14,000	
第1号練積えん堤	10,286	343,321 374,263	1,429	
第2号練積えん堤	15,750	333,035 358,513	8,700	
第14号コンクリート副々えん堤	2,400	— 2,400	1,700	
第14号コンクリート副えん堤	2,600	— 2,600	1,900	
第14号練積えん堤	62,500	263,060 289,002	42,225	
第3号練積えん堤	54,225	254,785 280,727	36,000	
第15号練積えん堤	30,500	180,560 226,502	20,200	
第25号粗石コンクリートえん堤	11,571	11,571 37,542	9,064	
第4号練積えん堤	20,000	158,489 184,431	12,250	
第5号玉石コンクリートえん堤	31,250	77,614 103,556	21,113	
第6号練積えん堤	40,625	107,239 133,181	28,150	
第7号粗石コンクリートえん堤	26,000	46,364 72,306	18,000	
第27号玉石コンクリートえん堤	20,364	20,364 46,306	14,728	
第8号玉石コンクリートえん堤	20,250	13,219 46,192	13,219	
第11号コンクリートえん堤	12,971	— 25,942	4,765	
第12号コンクリートえん堤	12,971	— 12,971	4,765	
計	398,219		254,008	

放水路天端 材料配合表

区 分	粗骨大寸の法 (mm)	スラ標 の準 (cm)	空 気 量 の 準 (%)	水 セ ト 比 W/C	細材 骨率 S/a (%)	単 位 量 (kg/cm ³)					C S A (kg)	設強 計 基 準 度 σ 28 Kg/cm ²	
						水 W (L)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	粗骨材				混和材料 (kg)
									5mm 50mm	5mm 25mm			
昭和43年施工 第25号コンク リート	50	8.0	3.5	5.8	3.6	135	普通ポルト ランド 233	712	1,245		アルプ No.11 2.33		138 Kg/cm ²
昭和43年施工 第25号目地・ 敷・モルタル			6.0			259	" 447	1,367			アルプ No.11 447		
昭和47年施工 第23号グラノ リシックA	25	2.0		3.5		245	高炉B種 651			1,407	マジノン 100 1.628	49	350 Kg/cm ²
昭和47年施工 第23号グラノ リシックB	25	4.0		4.0	3.0	145	" 356	555		1,329	マジノン 100 0.890	44	250 Kg/cm ²

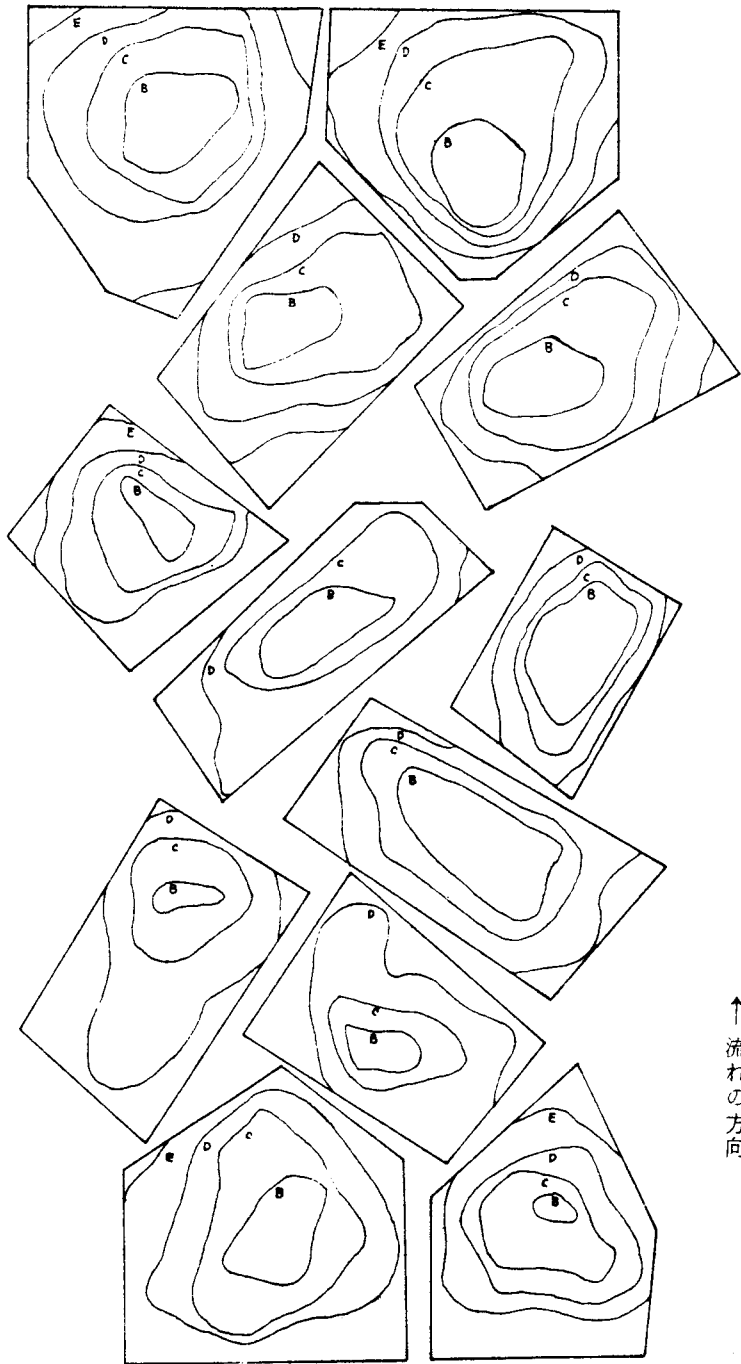
注) 骨材採取地 = 黒部川産 (下流河口 4.0 km)

片貝事業地 地質図



地 質	
①	斑 状 花 崗 岩 類
②	角内石黒雲母片麻岩類
③	角内石片麻岩類
④	晶 質 石 灰 岩 類
⑤	新 期 花 崗 岩 類
⑥	斑 粉 岩 類
⑦	眼 球 状 圧 碎 花 崗 岩 類

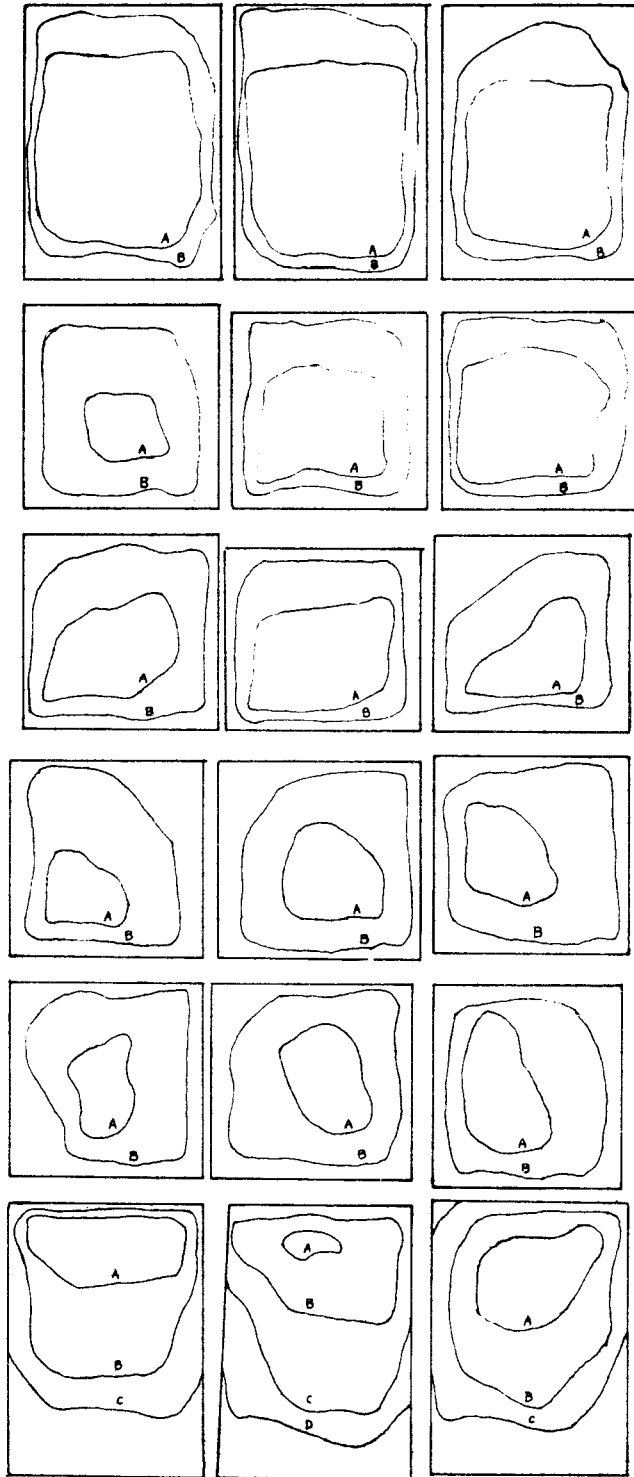
堤冠摩耗図



第1号えん堤

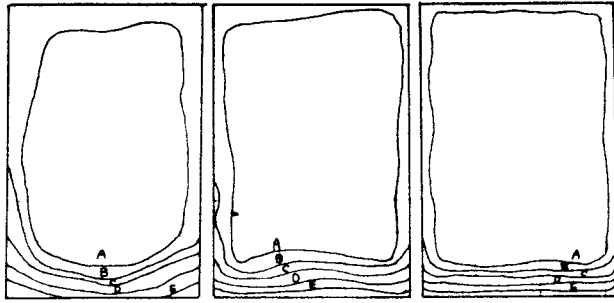
縮尺 = $\frac{1}{10}$

堤冠摩耗図

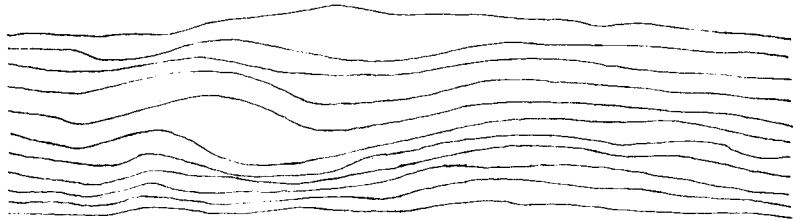


第5号
えん堤
縮尺 = $\frac{1}{10}$

↑ 流れの方向



堤冠
摩耗
図

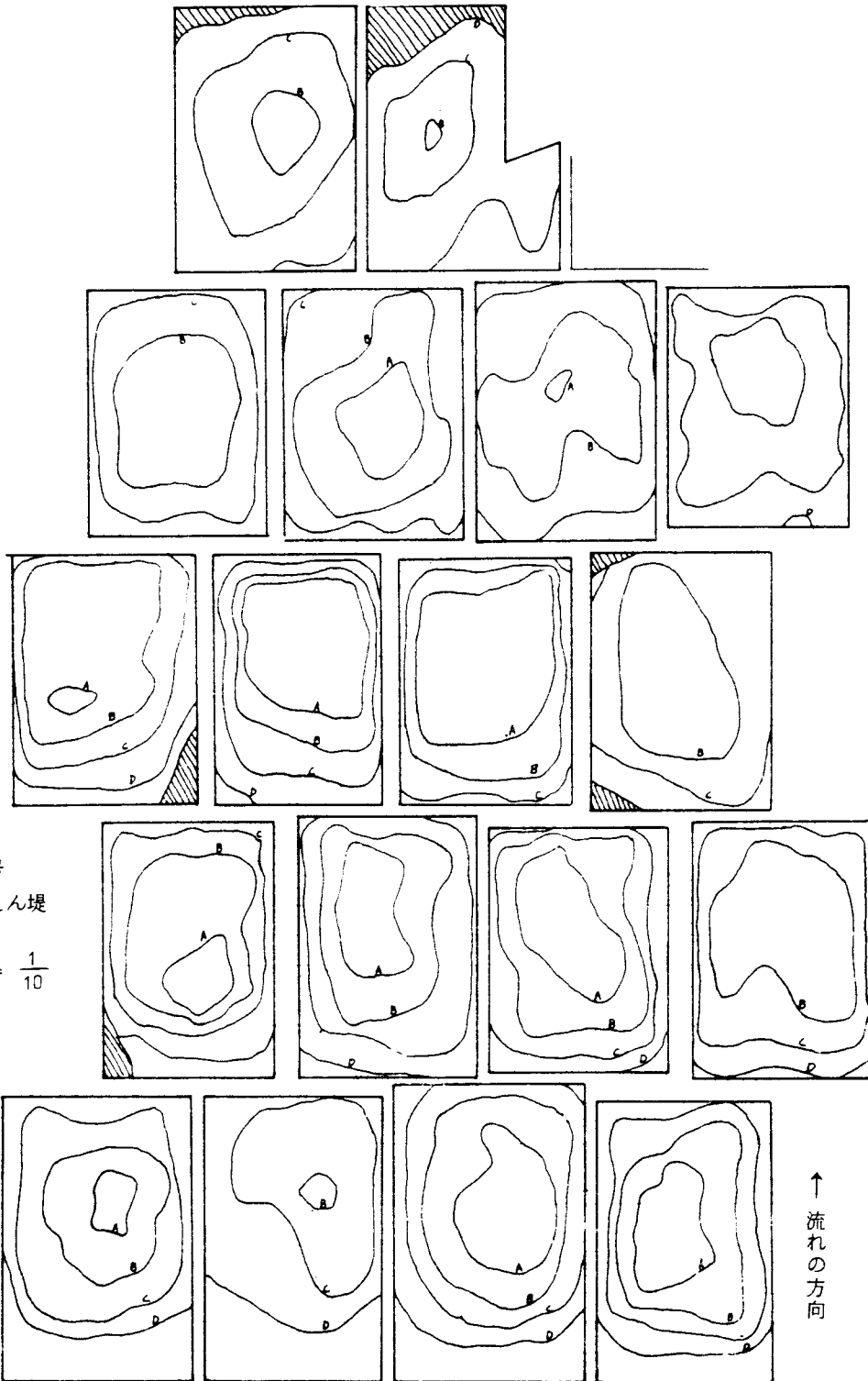


第 2 5 号 えん 堤

縮尺 = $\frac{1}{10}$

↑
流れの
方向

堤冠摩耗図



第8号

えん堤

縮尺 = $\frac{1}{10}$

↑ 流れの方向