

I S S N 0386—5878  
土木研究所資料第3107号

# 土木研究所資料

## 大所川巨礫調査報告書

平成4年2月

建設省土木研究所  
新潟試験所

「Copyright c (1992) by P. W. R. I

All rights reserved.No part of this book may be reproduced by any means,nor transmitted,nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

土木研究所資料  
第3107号 1992年2月

# 大所川巨礫調査報告書

新潟試験所 所 長 網木亮介  
主任研究員 白石一夫  
研 究 員 伊藤和弘  
小嶋伸一

## 要旨

本報告は、新潟県糸魚川市の姫川左支大所川流域における砂防施設計画区域の空中写真判読、現地での巨礫の堆積状況調査および粒径調査等に基づいて巨礫の洪水時安定度についてとりまとめたものである。

キーワード：河床礫の安定度調査，河床礫調査，粒径調査

# 大所川巨礫調査報告書

## まえがき

大所川は、長野県白馬村佐野から新潟県糸魚川市を流下し日本海に流れ込む一級水系姫川の左支川に位置している。大所川の調査地一帯は、糸魚川～静岡構造線近傍の西側に位置していることから、山体の深部まで破砕が進んでいる。このため、大規模な崩壊地や地すべり地が多く分布し、大所川本流や支溪等では土石流も発生している。昭和42年5月4日に発生した”赤禿山(1,158.0m)の大崩壊”では大所川を堰止め、昭和44年8月12日に堰止め土砂が決壊した。その時の鉄砲水は、大所川の谷壁を削り取り、大所川右岸に位置する大所地すべりの末端を通っていた県道を洗い流した。その後、赤禿山斜面、大所川河床では、災害防止のために治山および砂防事業が進められている。しかし、大所川に接している大所地すべりは、災害後新設された県道の路面や擁壁等に亀裂を発生させ地すべり活動を続けている。このため、大所地すべりは、砂防事業を進めて行く上で大きな障害となっている。調査位置は図-1. 1に示す。

本調査は、大所川砂防施設計画区域の大所地すべりに接している区間で大所地すべり調査と巨礫の安定度調査を並行して実施している。そのうち巨礫の安定度について調査検討を行いとりまとめたものである。

この調査では、現地調査を始めとして、この調査を進めるにあたって、前地すべり研究室長中村浩之氏、前砂防研究室長水山高久氏の指導に負うところが大きい、ここに感謝の意を表する次第である。

平成4年2月

新潟試験所	所	長	網木亮介
		主任研究員	白石一夫
		研究員	伊藤和弘
			小嶋伸一
地すべり研究室	研	究	員
丸山清輝			
前新潟試験所	所	長	下村忠一

# 目 次

1. 地形・地質概要	1
2. 調査の内容	1
3. 大所地すべり末端部の巨礫の安定度調査	5
3.1 巨礫の堆積原因調査	5
1) 現地調査	5
2) 空中写真判読	10
(1) 昭和34年撮影の写真	13
(2) 昭和39年撮影の写真	13
(3) 昭和47年撮影の写真	13
(4) 昭和51年撮影の写真	14
(5) 昭和58年撮影の写真	14
3) 巨礫の堆積原因の検討	22
3.2 巨礫の堆積状況調査	23
1) 河川測量	23
2) 粒度分布調査	27
(1) 調査位置	27
(2) 調査方法および結果	27
3.3 巨礫の洪水時安定度の検討	39
1) 流量計算	39
2) 水位計算	43
3) 限界礫径の計算	50
4) 径深と最大水深の適用についての検討	51
5) 巨礫の土石流による運搬の可能性について	54
6) 岩垣の式で求めた限界礫径の妥当性について	54
7) 河床材料と限界礫径	55
8) 超過確率日雨量と不安定化する巨礫の検討	55
9) 不安定化し易い区間の検討	60
4. まとめ	62

## 1. 地形・地質概要

調査区間における地形・地質は、大局的には大所地すべりで代表される地すべり地形と糸魚川～静岡構造線西側で代表される蛇紋岩に集約される。大所川の右岸には、大所地すべりが位置し、底辺が約800m、奥行きが約1,000m、平均斜面勾配約15度の三角形状を成し、周囲の地形に対して平坦面を形成した典型的な地すべり地形を呈し、その末端は大所川に達している。また、地すべり斜面頭部には、点在した池や凹地および地溝帯がみられ、集水し易い地形となっている。一方、地すべり地对岸の大所川左岸では、河床部で全面露岩となり急峻な地形を呈し、標高400m以上では緩斜面となり、山の坊、須合等の地すべり地が分布する。

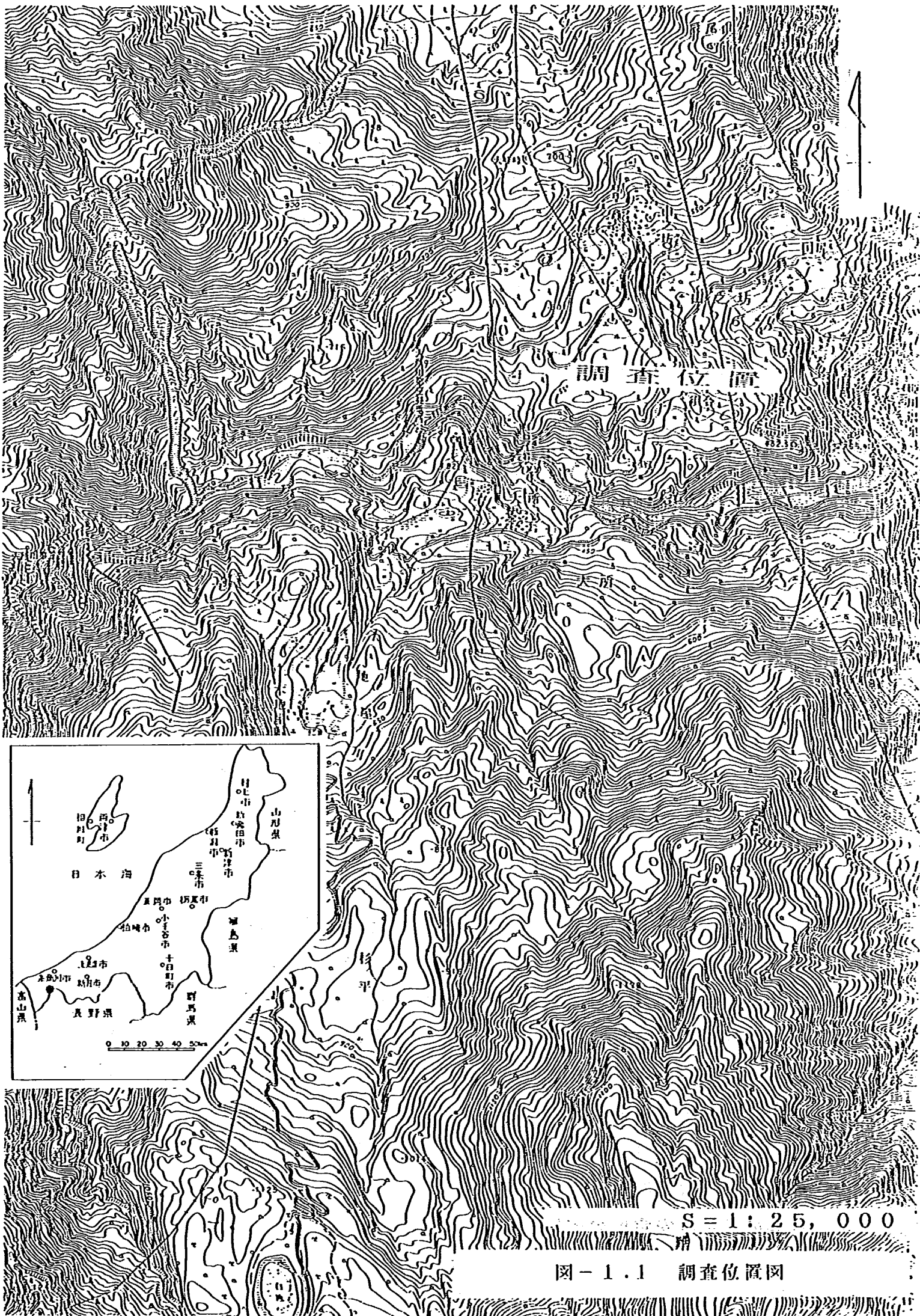
大所川周辺の地質は、図-1、2に示すように中生代後期の貫入蛇紋岩が広く分布し、局部的には蛇紋岩に取り込まれた古生層が認められる。また、これらの地層に貫入した玢岩の小岩体も河床部に認められる。古生層は、蛇紋岩や玢岩の貫入によって乱されほとんどレンズ状に分布し、青灰色砂岩、灰白色粘板岩等からなり、全体にホルンフェルス化した硬質で節理が発達したものとなっている。蛇紋岩は大所川左岸河床部～急崖部ではほとんど露岩となり、暗緑～黒色の樹脂状光沢を示す硬質なものが多い。また、大所川右岸には、これらの岩盤を覆って厚く崩積土が分布し、地すべり末端では約45度の溪岸崩壊地（以下「ガレ場」と呼称する）を形成している。この崩積土は、岩塊～礫混じり土を主とし所々に粘性土を挟在している。このガレ場により、地すべり区間だけ河床幅が狭くなっている。また、河床部には、右岸のガレ場からのものと考えられる大きさ5～15mほどの巨礫が堆積している。

## 2. 調査の内容

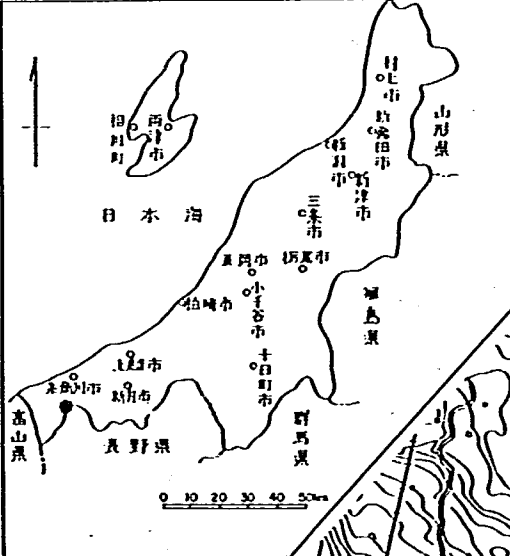
大所地すべりに接する区間の大所川に砂防施設を配置する場合の調査手順としては、表-2.1に示すものが考えられる。これらの調査は、短期間に結果が出るものと長期間にわたって調査を必要とするものがある。したがって、本調査では、各調査を並行して実施しており、それらのうち当報告書では大所地すべり末端部の巨礫の安定度についてとりまとめた。

砂防施設計画区域内の巨礫の実態調査は、以下の調査を実施した。

- 1) 地表踏査と空中写真判読による巨礫の堆積原因調査
- 2) 巨礫の堆積状況調査
- 3) 巨礫の洪水時安定度の解析

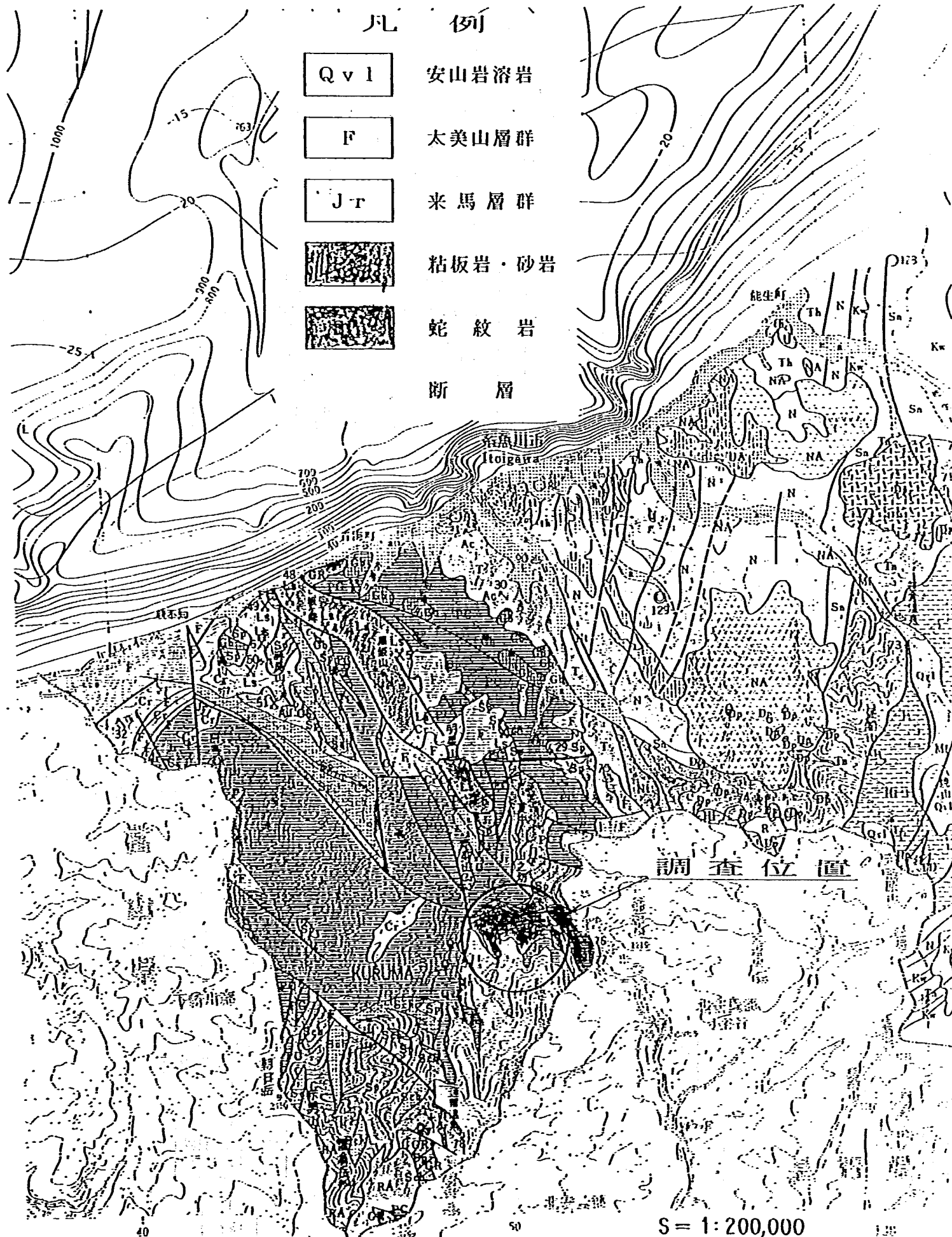


調查位置



S = 1 : 25, 000

圖 - 1.1 調查位置圖



凡 例

Q v 1 安山岩溶岩

F 太美山層群

J-T 米馬層群

粘板岩・砂岩

蛇紋岩

断 層

調 査 位 置

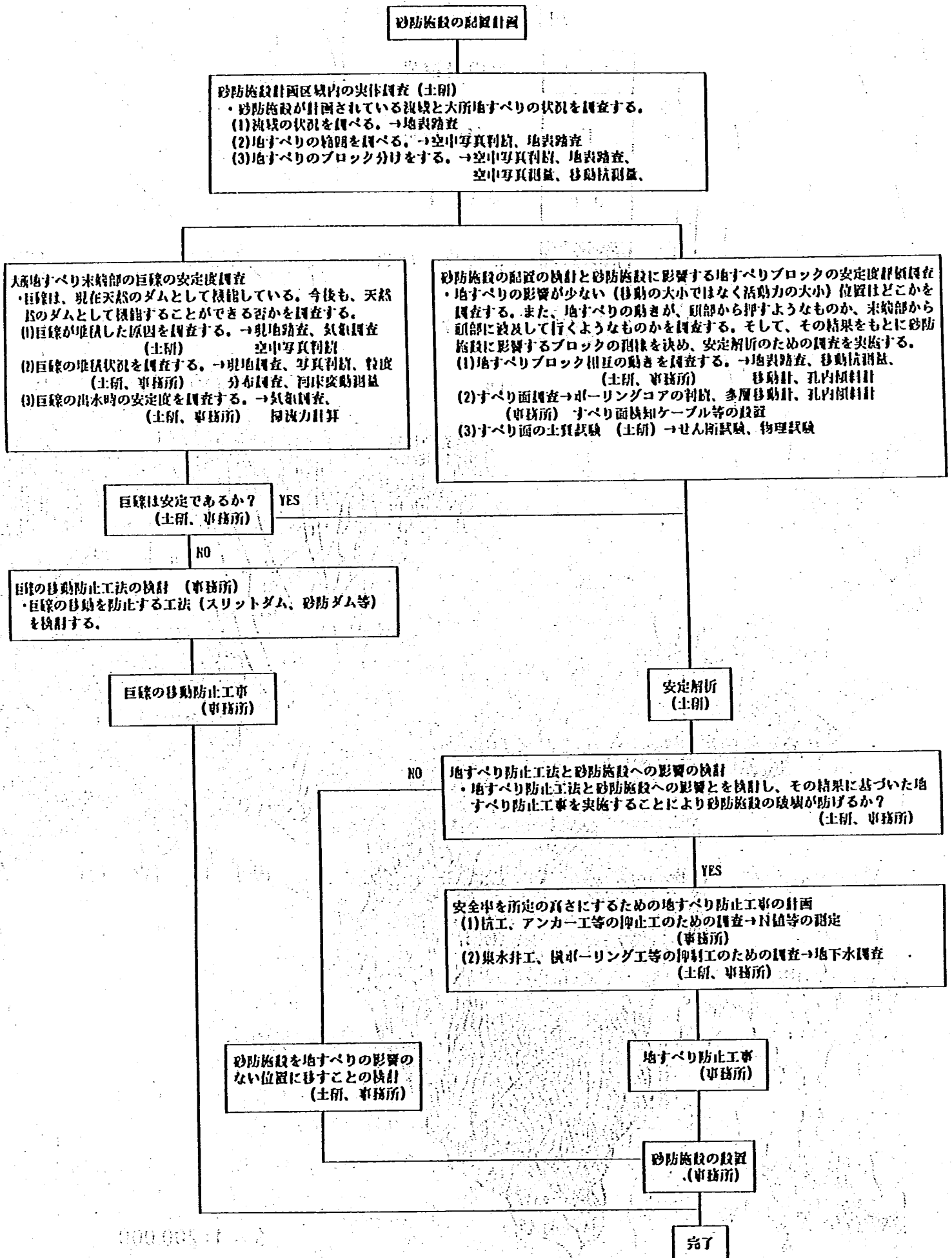
S = 1:200,000

図 - 1.2 地質概念図

-3- 「新潟県地質図より引用」



表-2.1 大所地すべり地内に砂防施設を配置する場合の地すべり調査の手順



### 3. 大所地すべり末端部の巨礫の安定度調査

大所地すべり末端部の大所川右岸には、厚く崩積土が堆積し約45度のガレ場を形成している。この崩積土は、岩塊～礫混じり土を主としたものであり、ガレ場により本地すべり区間だけ河床幅が狭くなっている。また、河床部には、延長約800mの区間にわたって巨礫が堆積し、天然ダムを形成している。本調査では、この天然ダムが、今後も天然ダムとして機能を果たすかどうかを調査するものである。

#### 3.1 巨礫の堆積原因調査

天然ダムを形成している巨礫の堆積原因は、巨礫の供給源を知ることにより可能である。そこで巨礫の供給源の調査および堆積後の巨礫の流下あるいは埋没等巨礫の変動についての調査を実施した。調査は、主に現地調査と空中写真判読（空中写真による河床礫の分布、溪岸崩壊地の経年変化）により行った。

##### 1) 現地調査

現地調査では、現況河床における巨礫分布とその礫径を調査した。計測地点は、河床勾配、河幅を考慮して、各々の代表地点で測定を行った。調査区間の平面図および縦断図は図-3.1.1と図-3.1.2に示した。巨礫の計測位置は、図-3.1.3示す下記の地点で行った。

- ① 測点No 4～No 7地点
- ② 測点No 7～No 8地点
- ③ 測点No 8～No 9地点
- ④ 測点No 10～No 11地点
- ⑤ 測点No 11～No 12+27.27地点
- ⑥ 測点No 13～No 14地点

調査では、巨礫密集地でランダムに10個の礫の長軸、中軸、単軸を計測した。各調査位置における礫径の計測結果は、図-3.1.3中に巨礫径の最大礫径（Max）と平均礫径（Men）を測定区間毎に示した。各調査位置に分布する最大礫径は、大所2号ダム堆砂域（測点No 4）とダム下流（測点No 0-80.0）、水管橋上流域（No 18+20）では2m前後、それ以外の流域では5～13m程度であった。中でも急流部の上流端（測点No 13～No 14）と下流端（測点No 4～No 6）には、 $\phi 12 \sim 13$ mと巨大な礫が分布し、測点No 7～No 8、No 10～No 14にも累々とした状態で巨礫が集中している。それら巨礫は右岸側崩壊地のやや下流域（50m程度）に多く分布している。このような巨礫径の分布から、大所2号ダム下流域（測点

Na0-80) と水管橋上流域 (測点No18+20) の礫は、天然河道時の状態にあると考えられることから、砂防ダム完成前の旧河道状態で運搬された礫と判断される。このことから、巨礫と普通河床礫の区分は、その地点で計測された最大礫径より大きい3 m以上を巨礫とした。

現地調査結果から礫の移動について考察すると、以下のことが考えられる。

- ① 水管橋上流域 (No18+20) に分布する2 m未満の礫は、上流から運搬されたものが天然ダムで堆積したものである。
- ② 大所2号ダム下流域の2 m前後の礫は、砂防ダム完成前の旧河道状態で運搬された礫と判断される。
- ③ ①、②より、旧河道時には最大礫径で2 m程度の礫は、十分移動し得たものと考えられる。
- ④ ③より、測点No5~15に分布する巨礫は右岸溪岸崩壊地から供給された可能性が高い。

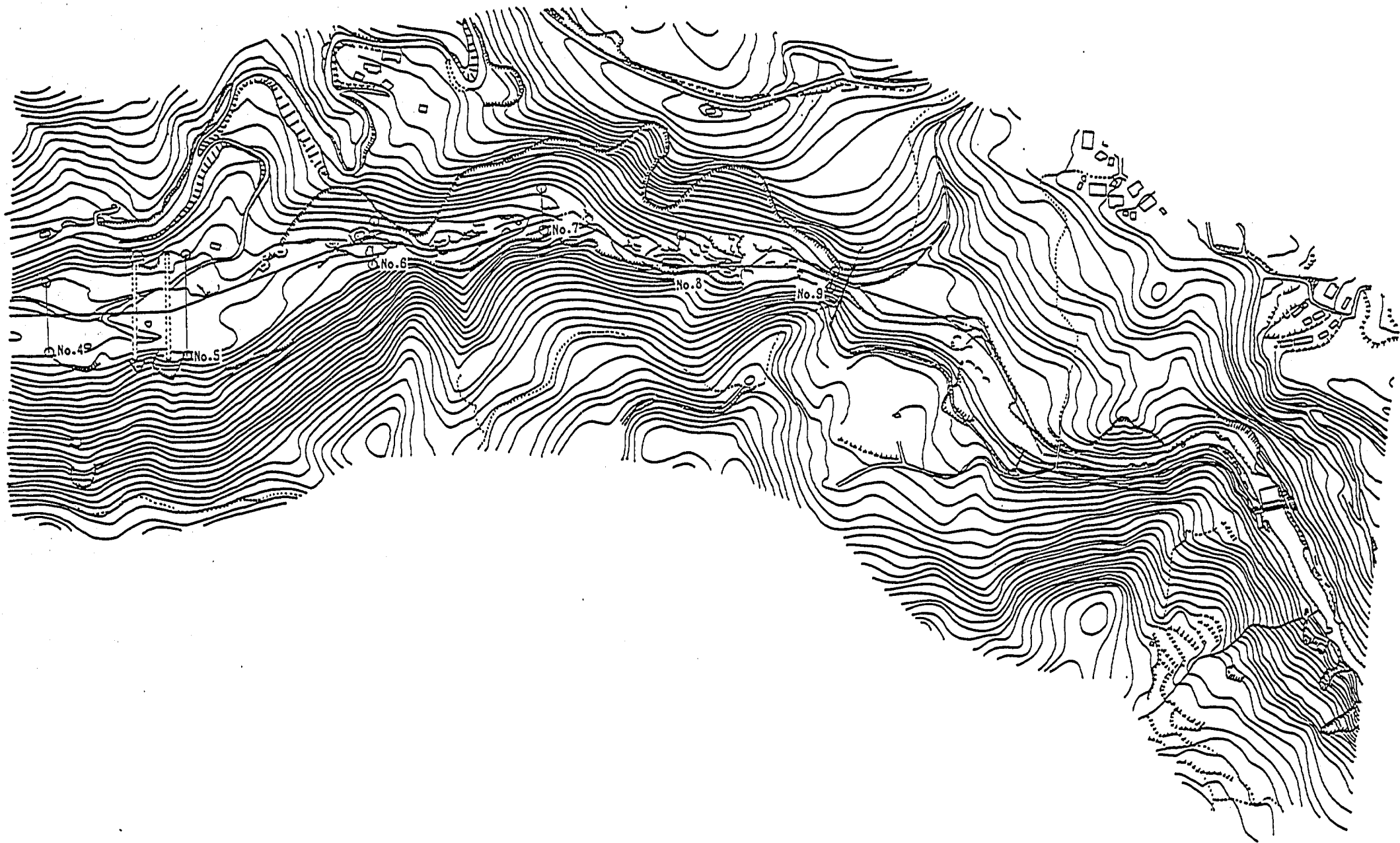
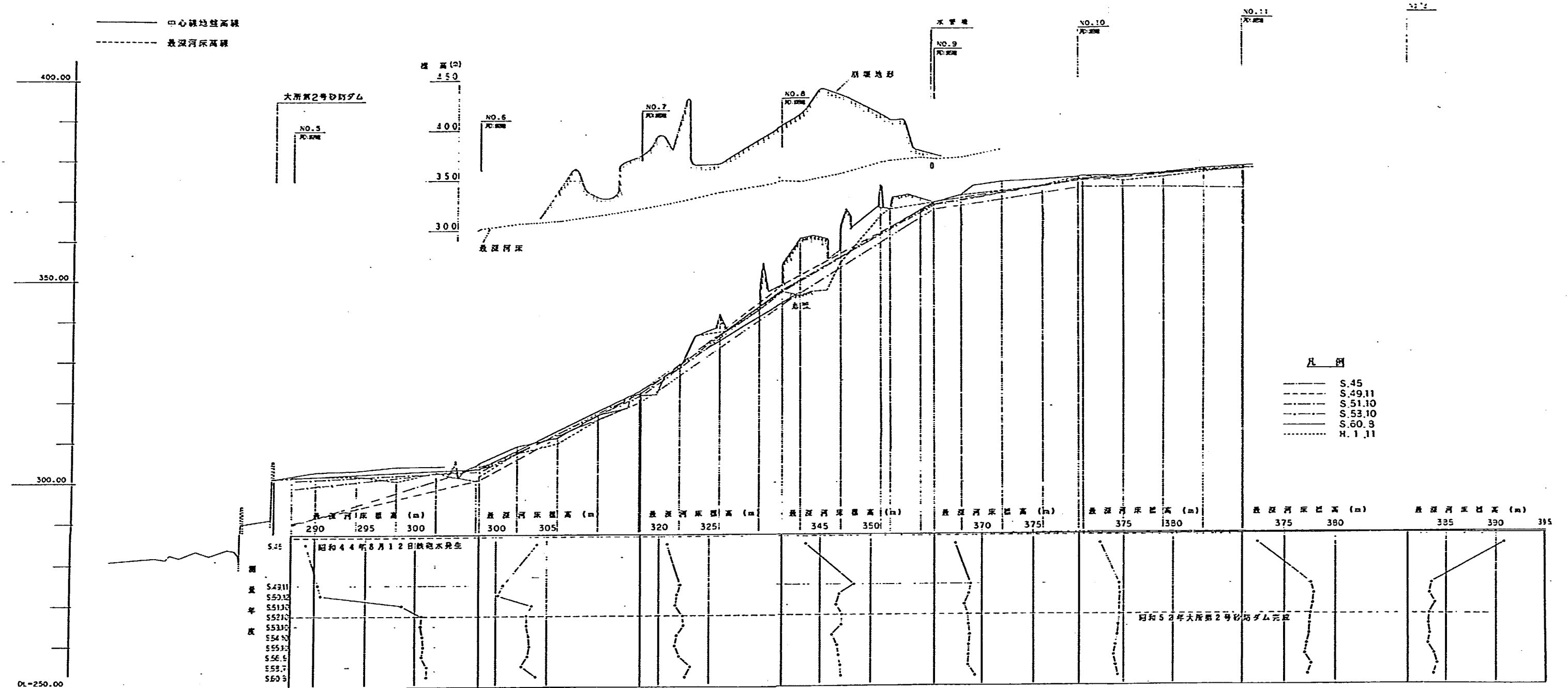
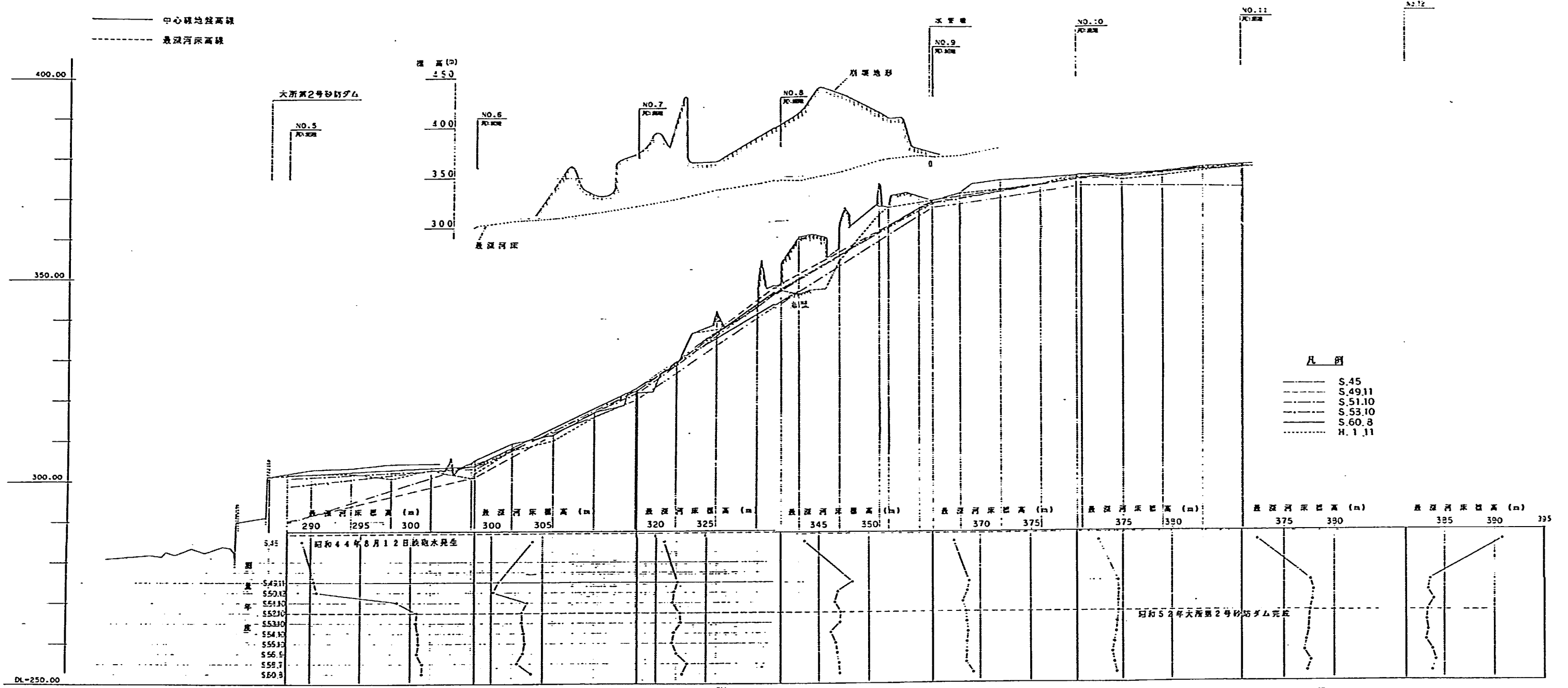


図-3.1.1 調査区間の平面図



測 站	NO.10	NO.11	NO.12	NO.13	NO.14	NO.15	NO.16	NO.17	NO.18	NO.19	NO.20	NO.21	NO.22	NO.23	NO.24	
單 距	0.00	21.34	26.66	50.00	50.00	50.00	46.46	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	48.10	
送 加 距	0.00	21.34	48.00	98.00	148.00	198.00	244.46	294.46	344.46	394.46	444.46	494.46	544.46	594.46	642.56	
地 盤 高	301.08	301.73	302.71	303.12	304.01	304.19	304.36	305.00	305.10	305.10	305.10	305.10	305.10	305.10	305.10	
最 深 河 床 高	301.08	301.26	301.02	301.74	301.50	302.67	304.61	301.90	307.33	309.05	310.93	321.32	321.61	328.41	337.02	
河 床 勾 配	1=1/55		1=1/110			1=1/12		(i=1/7)		1=1/7		(i=1/27) (i=1/4)		1=1/30		1=1/65

図-3.1.2 河川測量継断面図



測点	NO. 0	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12	NO. 13	NO. 14	NO. 15	NO. 16	NO. 17	NO. 18	NO. 19	NO. 20	NO. 21	NO. 22	NO. 23	NO. 24
河床勾配	1=1/55		1=1/110			1=1/12		(i=1/7)		1=1/7		(i=1/27) (i=1/4)		1=1/30		1=1/85									
河床径	Max = 202 cm Mean = 53 cm D50 = 80 cm		Max = 209.4 cm Mean = 19.8 cm D50 = 21 cm			Max = 163 cm Mean = 216 cm D50 = 42 cm		Max = 265.4 cm Mean = 51.9 cm D50 = 124 cm		Max = 404.2 cm Mean = 46.6 cm D50 = 160 cm		Max = 452.3 cm Mean = 47.9 cm D50 = 111 cm		Max = 653.6 cm Mean = 76.7 cm D50 = 160 cm		Max = 1550 cm Mean = 412 cm D50 = 45 cm									
断面径	Max = 1216.1 cm Mean = 593.12359		Max = 620.4 cm Mean = 353.2 ±127.7			Max = 555.3 cm Mean = 482.2 ±27.7		Max = 832.2 cm Mean = 495.5 ±225.0		Max = 924.5 cm Mean = 537.8 ±174.3 cm		Max = 1305.6 cm Mean = 731.5 ±295.7													
境界速度	d = 112.3 cm D = 112.4 cm V = 5.37 m/s		d = 41.8 cm D = 21.5 cm V = 4.20 m/s			d = 52.1 cm D = 28.5 cm V = 11.35 m/s		d = 38.5 cm D = 28.5 cm V = 10.69 m/s		d = 350.2 cm D = 390.0 cm V = 15.28 m/s		d = 450.0 cm D = 485.0 cm V = 18.95 m/s		d = 620.0 cm D = 620.0 cm V = 18.35 m/s		d = 129.2 cm D = 423.2 cm V = 663.7 m/s									
フルード数	Fr = 0.82		Fr = 0.85			Fr = 1.52		Fr = 1.76		Fr = 2.41		Fr = 2.47		Fr = 2.10		Fr = 1.15									
河床幅 (m)	75		81			40		37		50		82		60		70									

図-3.1.3 礫径調査位置

## 2) 空中写真判読

河床礫の分布、河床の洗掘～堆砂、溪岸崩壊などの経年変化は、本調査地を撮影されている既存空中写真を拡大(1/2,000～1/4,000)し求めた。なお、空中写真は下記に示す年次に撮影された5種類を用いた。また、大所川の昭和33年から平成元年までの災害履歴を表-3.1と表-3.2に示した。

①昭和34年撮影

②昭和39年撮影

③昭和47年撮影

④昭和51年撮影

⑤昭和58年撮影

作業手順は、まず、拡大した空中写真(写真の傾きは修正していない)上に透明なフィルムを乗せて判読可能なダム、道路、巨礫、溪岸崩壊地、左岸側溪岸の溪床等基準評定点となる全てをトレースし、この図を拡大、縮小して同一縮尺の図面を作成する。つぎに、これらの図面を重ね合わせて礫の移動状況や、溪岸崩壊地の拡大を調べるものである。

ここでいう礫の移動には、運搬、転倒、埋没、崩壊地からの新規礫供給等が考えられるが、空中写真判読ではこれらを明確に区別できない。そこで、今回は、初回写真(昭和34年撮影)でアーマコート(河床洗掘の進行に伴うフルイ分け作用によって粒径の大きい砂礫が河床表面を覆った層)状に分布する巨礫に番号を付け、昭和58年の空中写真まで統一して調べることにし、つぎのように種別することにした。

①移動しない礫→途中の写真で堆砂によって消失しても、以降の写真に同位置、同形状で分布している礫。

②埋没した礫→見かけ礫径は小さいが、同じ位置にあり周辺が堆砂しているもの。また、基本的には①に属するが、昭和58年以降も埋没したままなのか、既に移動したか不明なもの。

③移動した礫→前回位置から移動したり形状が異なる礫。なお、新規崩壊地からの供給礫と河床移動礫との区分は困難であるため同一区分とする。

表-3.1 大所川の災害履歴表 \* 月日の明細は表-3.2参照

年 代	最大日雨量		空中写 真年度	災害記録	溪岸崩壊状況 (前回写真との比 較)	巨礫の移動状況
	雨量	月				
33	110.7	7	①S34		<ul style="list-style-type: none"> <li>・右岸に県道存在</li> <li>・右岸に大規模崩壊跡残存</li> <li>・県道下で小規模崩壊あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河床はアーマコート状を呈し巨礫多い(古い崩壊巨礫残存)</li> <li>・水管橋上流では細粒物堆積</li> </ul>
34	81.3	8				
35	73.5	9				
36	70.7	9				
37	52.2	10				
38	87.5	5	②S39	<ul style="list-style-type: none"> <li>・S42.5.4赤禿山大崩壊</li> <li>・S44.8.12鉄砲水発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No4, No12付近で若干崩壊するも県道は残存する</li> <li>・ハビ<sup>○</sup>部若干崩壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No3~6の巨礫残存</li> <li>・No7~9移動礫多い(No10の新規崩壊礫)</li> <li>・No8~9埋没礫も有り</li> <li>・No10~12, 14~15の巨礫残存</li> <li>・No18河床低下(7-73-1)</li> </ul>
39	148.8	7				
40	149.7	9				
41	101.8	7				
42	89.6	8				
43	63.2	8				
44	111.3	8				
45	85.0	6				
46	178.7	6				
47	156.1	9				
48	60.5	10				
49	96.0	8				
50	124.5	7	④S51	S52第2 <sup>○</sup> ム完成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No8, 10, 11, 13~15で崩壊拡大</li> <li>・第2<sup>○</sup>ム完成しNo4まで堆砂する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No6~14は新規崩壊により巨礫が多量に供給される</li> </ul>
51	193.3	8				
52	66.5	6				
53	145.5	6				
54	118.6	8				
55	70.8	7				
56	143.5	8				
57	216.5	9				
58	114	9	⑤S58	地すべり移動が大きくなる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No9~10, 11~12, 13, 14~15で新規に崩壊が拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・No7~8, 9~10, 11~12, 13~15で移動礫(新規崩壊礫)多い</li> <li>・S51崩壊礫の流下多い</li> <li>・全体に河床堆砂する(S57降雨による土砂供給か?)</li> </ul>
59	63	6				
60	163	7				
61	71	10				
62						
63						



表-3.2 年最大日雨量表

生起年月日	最大日雨量(mm)	生起年月日	最大日雨量(mm)
9. 7.10	92.0	36. 9.10	70.7
10. 8. 5	61.3	37.10. 4	52.2
11. 6.28	130.6	38. 5.20	87.5
12. 5.20	75.7	39. 7. 8	148.8
13.10.13	49.6	40. 9.17	149.7
14. 9.20	42.3	41. 7.17	101.8
15. 7. 7	77.4	42. 8.29	89.6
16. 5. 3	65.2	43. 8.28	63.2
17. 4.20	68.7	44. 8.10	111.3
18.11. 9	50.5	45. 6.14	85.0
19. 7.20	191.0	46. 6.11	178.7
20.10. 8	97.1	47. 9.16	156.1
21. 6.24	42.7	48.10.13	60.5
22. 7. 9	65.7	49. 8.25	96.0
23.10. 3	48.2	50. 7.11	124.5
24. 9.22	92.2	51. 8.14	193.3
25. 8. 4	71.6	52. 6.24	66.5
26.11.15	37.1	53. 6.26	145.5
27. 6.30	66.4	54. 8.21	118.6
28. 9.25	90.8	55. 7.11	70.8
29. 5.22	42.2	56. 8.22	143.5
30. 6.29	46.9	57. 9.12	216.5
31. 7.15	93.5	58. 9.28	114
32. 7.20	80.0	59. 6.26	63
33. 7.25	110.7	60. 7. 8	163
34. 8.13	81.3	61.10.22	71
35. 9.27	73.5		

写真判読による巨礫の分布は、図-3.2~3.6および表-3.3に示した。以下に、写真判読結果を示す。

(1) 昭和34年撮影の写真 (図-3.2参照)

- ・河床はアーマコート状を呈し、巨礫(礫径4~10m)が重なり合っている。
- ・測点No5および測点No9~14の右岸側には、旧県道を含む大規模溪岸崩壊跡が認められる。
- ・旧県道の下端にも比較的新しい小規模崩壊地が認められる。
- ・測点No0~No4に中州が存在し、比較的大きな礫(礫径3~4m)が分布する。
- ・測点No16より上流域は天然ダムを呈し、巨礫は認められない。
- ・スキー場が存在し、地すべり地を横断する送電鉄塔が建設されている。

以上を要約すれば、溪岸崩壊と巨礫は昭和34年には存在した。また、巨礫は右岸崩壊地のやや下流に集中する傾向がある。

(2) 昭和39年撮影の写真 (図-3.3参照)

- ・測点No6より下流域、測点No10~12、測点No14~15の巨礫は移動していない。
- ・測点No7~9、測点No11~14で新規巨礫が認められる。これらは、巨礫移動によるものか溪岸崩壊による供給かの判別は困難である(溪岸崩壊地からの供給の可能性が高い)。
- ・溪岸崩壊は、測点No5、測点No10~11、測点No13の3ヶ所に認められる。
- ・測点No18の天然ダムは若干河床低下し、アーマコート状を呈す(巨礫無し)。
- ・スキー場は、使用されず荒れている。

以上を要約すれば、巨礫の移動は殆ど認められない。新規崩壊地の下流域に新規礫が多い傾向がある。

(3) 昭和47年撮影の写真 (図-3.4参照)

- この写真は、赤禿山大崩壊(昭和42年5月4日)、昭和44年の鉄砲水(昭和44年8月12日)、昭和46年の雨(最大日雨量178.7mm)を経験している。
- ・溪岸沿いに存在した県道が消失し、溪岸崩壊が拡大している。特に、測

点No 10～12は、昭和47年に近いころ崩壊したとみられ、河積を狭くしている。

- ・昭和39年から移動しない礫は、測点No 4～5、測点No 14～15の2ヶ所しか認められず、埋没礫も測点No 8付近の1ヶ所しかない。他は、新たに出現した礫である。
- ・測点No 18付近では、上流から土砂供給がみられるが、巨礫は認められない（上流域からの巨礫供給はない）。
- ・大所1号ダムが完成し、堆砂が認められる。
- ・新しい県道工事がほぼ完成している。
- ・地すべり地を横断する送電線鉄塔の残骸が認められる。

以上を要約すると、新規出現礫は上流から供給されたのではなく、溪岸崩壊によって供給されたものと判断される。

#### (4) 昭和51年撮影の写真（図-3.5参照）

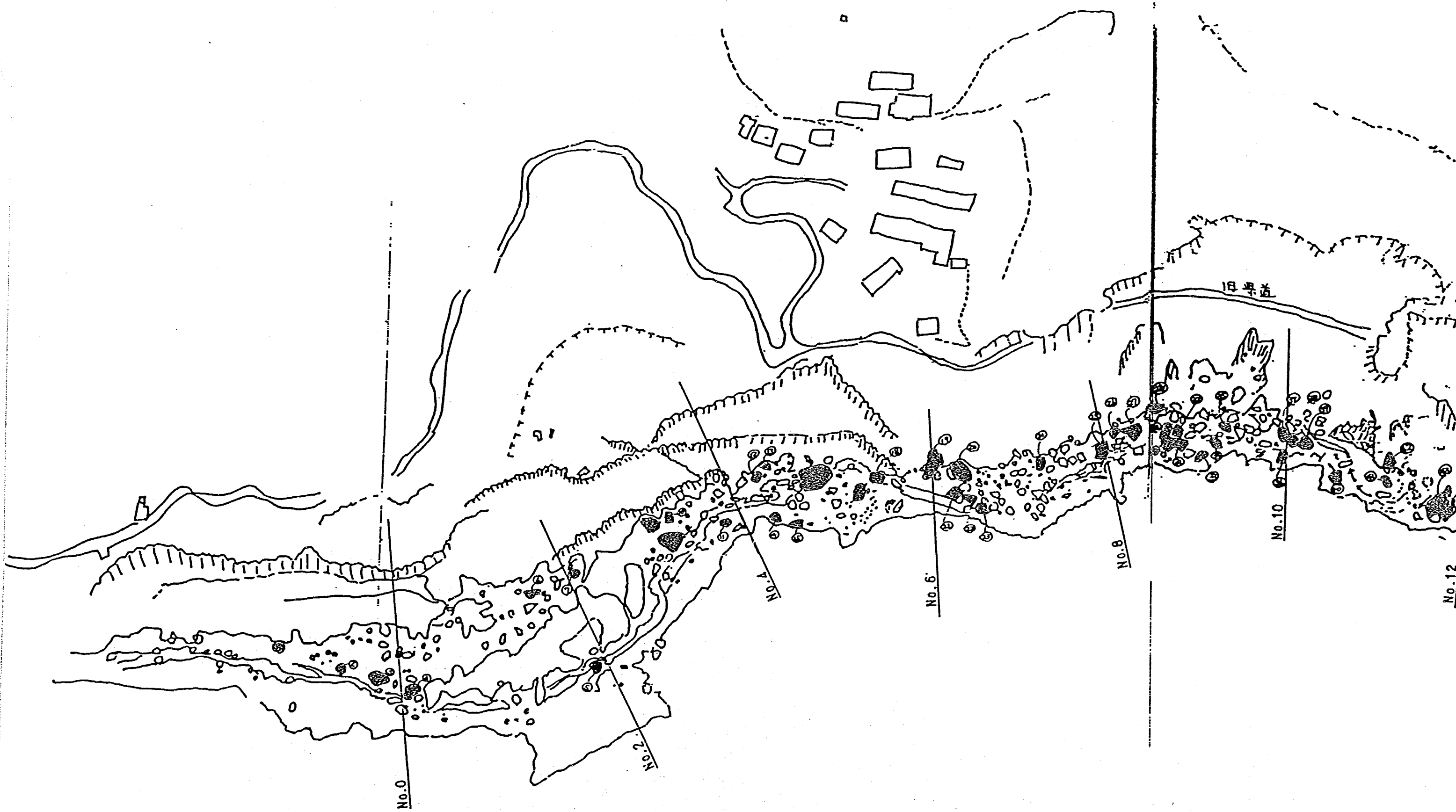
- ・測点No 5～14の全部が新規礫であり、昔からの礫は測点No 5、No 15付近に少し認められる。
- ・新規礫分布域は右岸の新規崩壊地に一致し、左岸の凹岸部に対し扇状に分布するため溪岸崩壊地から供給されたものと判断される。
- ・測点No 18付近は、河床の低下がみられるものの巨礫は見当たらない。
- ・大所2号ダムがほぼ完成している。
- ・送電線鉄塔は撤去されている。

以上を要約すれば、新規に認められた巨礫は右岸崩壊地から供給されたものと判断される。測点No 5～7の新規礫は、右岸に新規崩壊地が認められないため、上流（測点No 7～14）から移動してきたものと判断される。

#### (5) 昭和58年撮影の写真（図-3.6参照）

- ・新規崩壊地のやや下流域に新規礫が多い傾向にある。
- ・左岸沿いに昭和34年撮影の写真で判読した巨礫が認められるようになり、河床低下が進行したと考えられる。
- ・測点No 18付近は、アーマコート状を呈すが巨礫が認められない。
- ・河床勾配の変換点（測点No 5）では、局所洗掘が認められる。
- ・昭和51年撮影の写真に比較し巨礫の量が減少した。





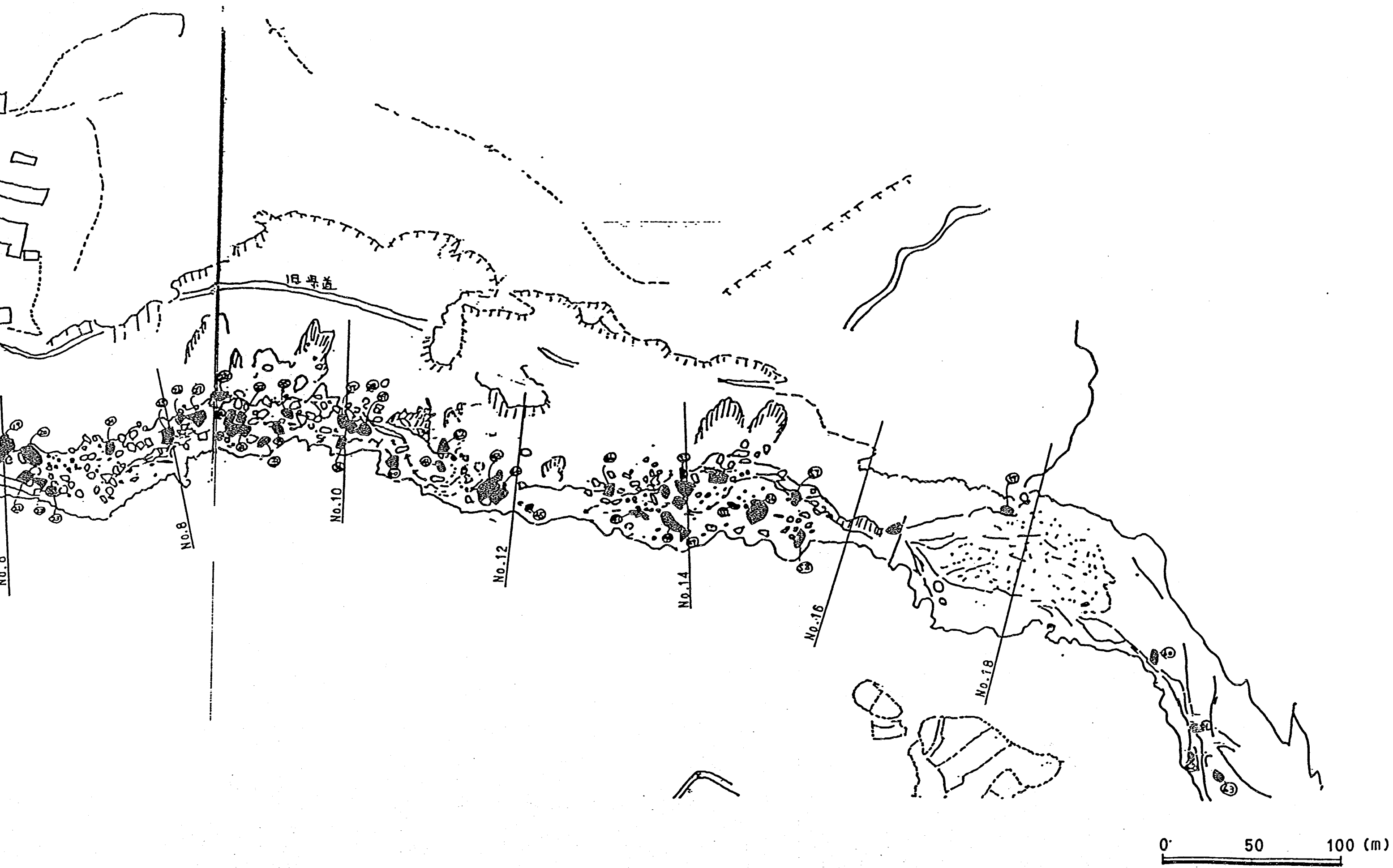
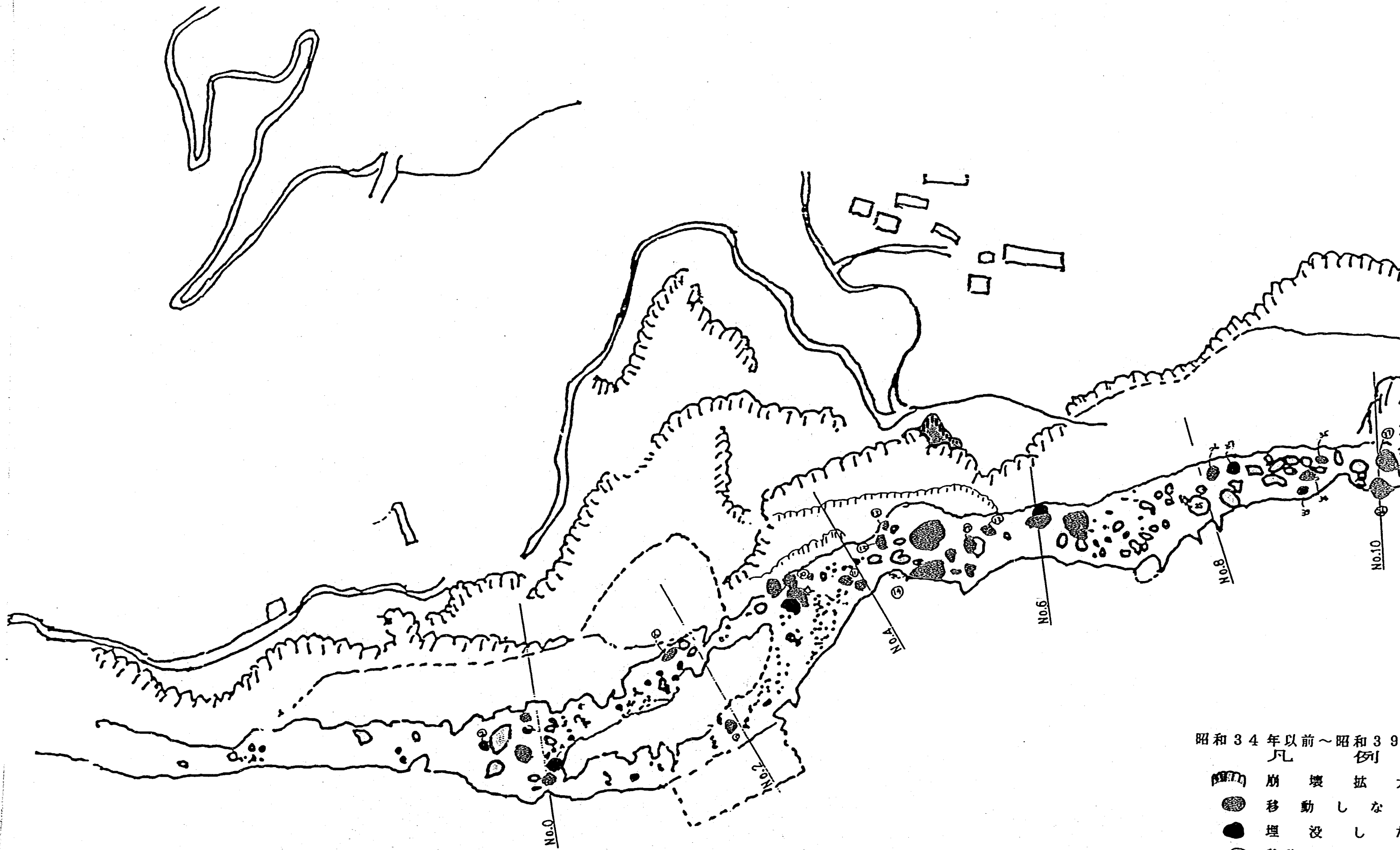


図-3.2 昭和34年撮影の空中写真判読結果



昭和34年以前～昭和39年  
凡例

- 崩壊した
- 移動しな
- 埋没した
- 移動した碟 (崩壊)

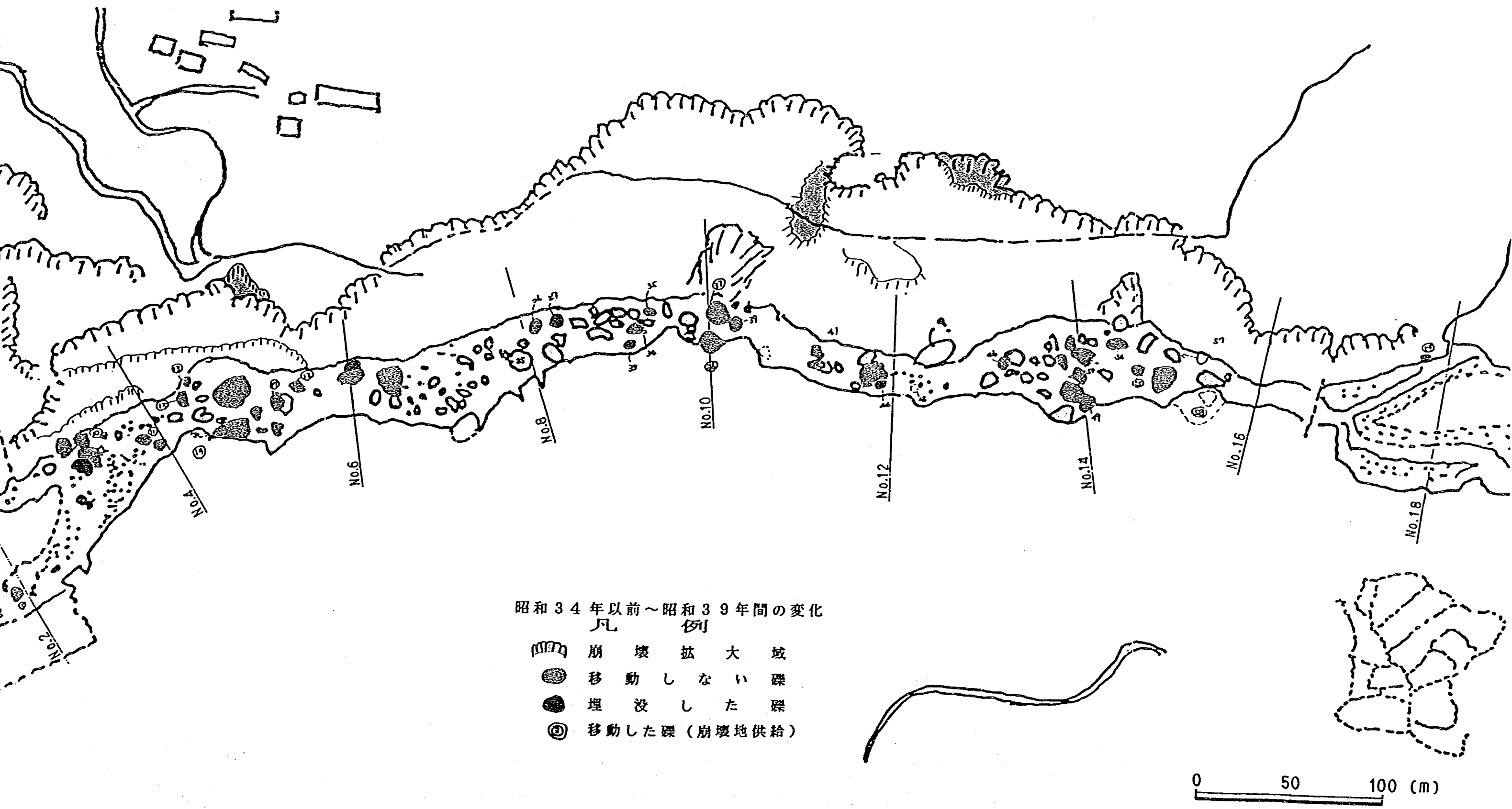


図-3.3 昭和39年撮影の空中写真判読結果





昭和39年～昭和47年間の変化  
凡 例





- 
 崩壊拡大域
- 
 移動しない礫
- 
 埋没した礫
- 
 移動した礫（崩壊地供給）

図-3.4 昭和47年撮

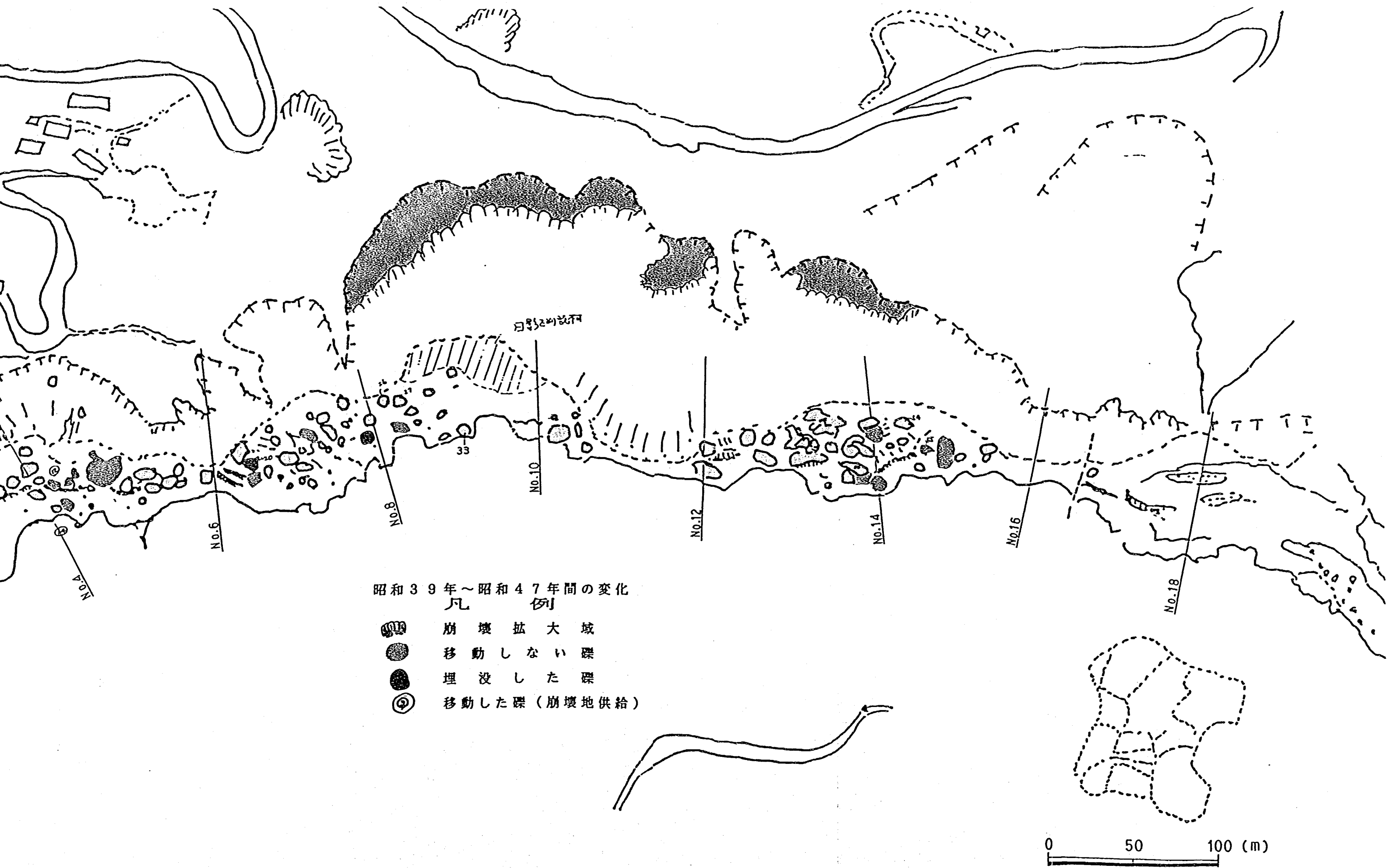
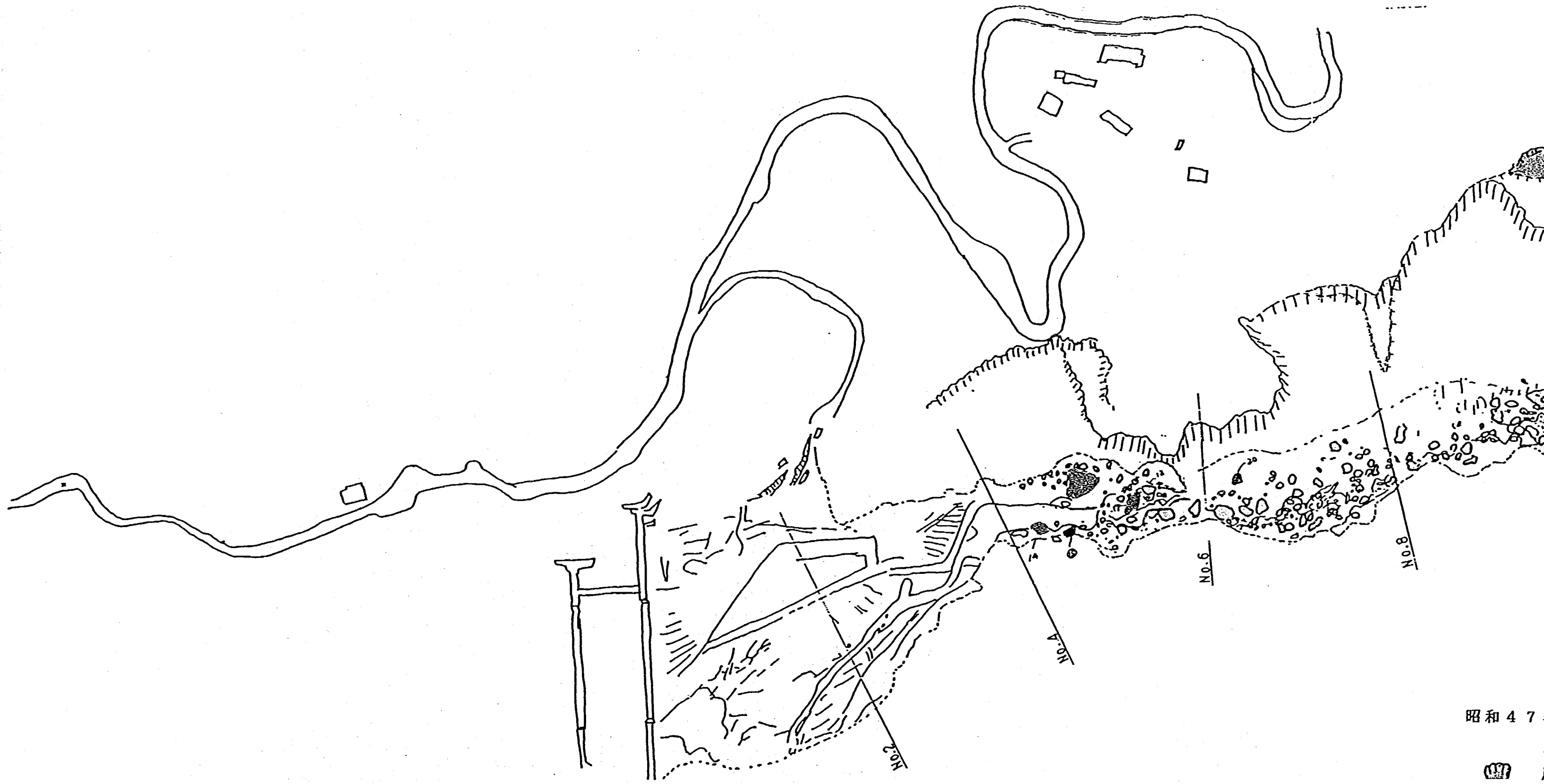


図-3.4 昭和47年撮影の空中写真判読結果



昭和 47



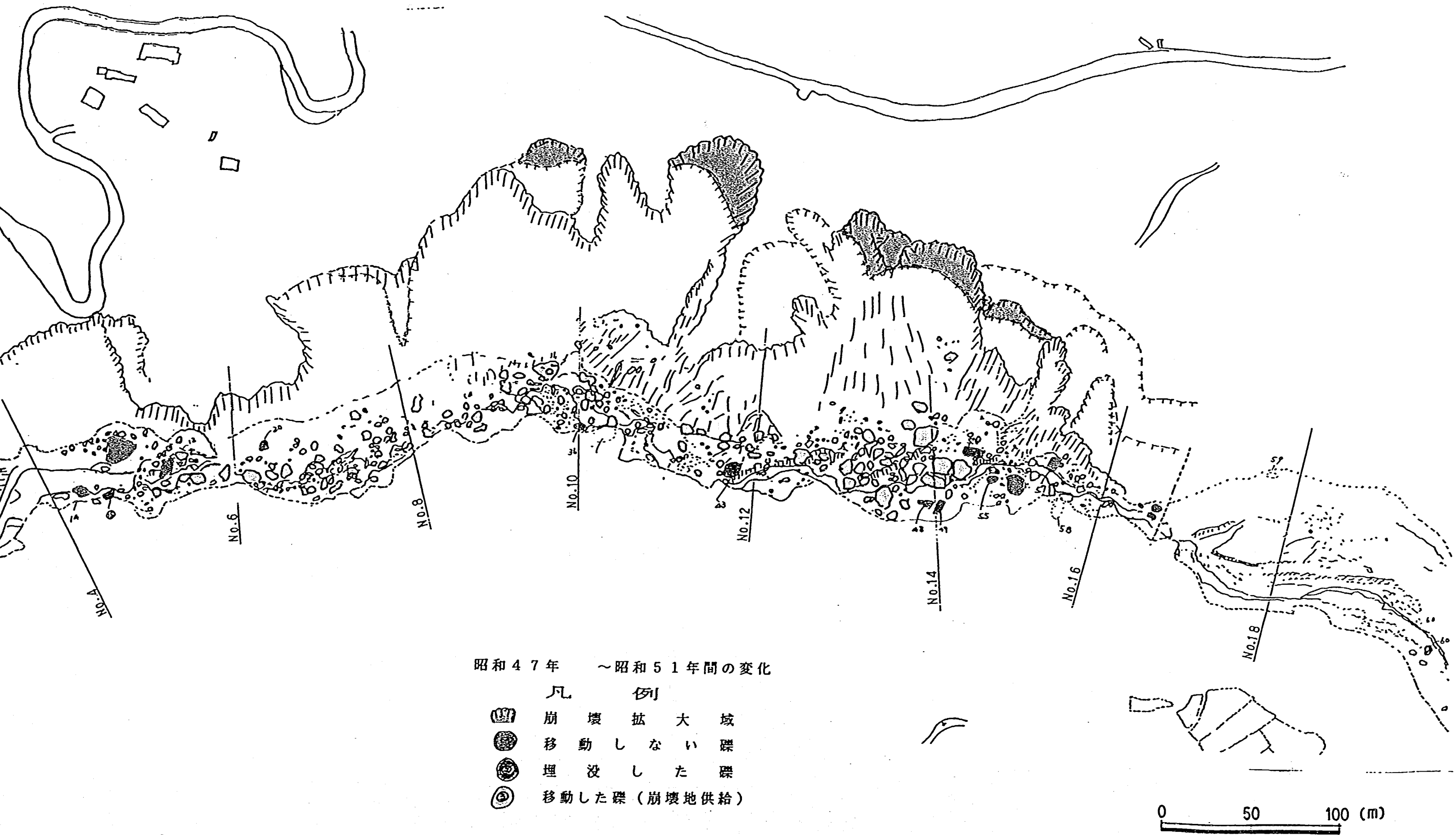
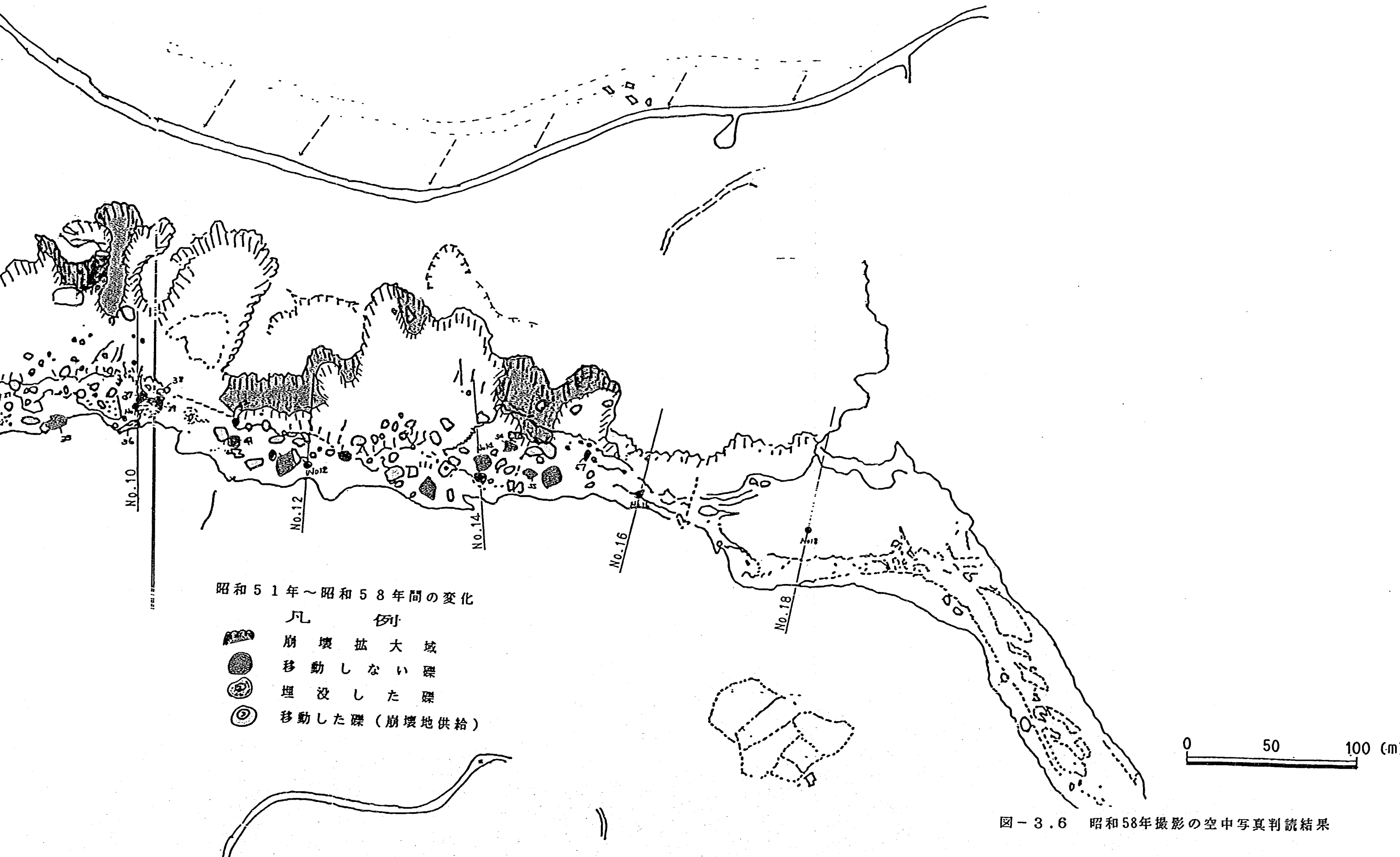


図-3.5 昭和51年撮影の空中写真判読結果



昭和 5



昭和51年～昭和58年間の変化

凡 例





-  崩壊拡大域
-  移動しない礫
-  埋没した礫
-  移動した礫（崩壊地供給）

図-3.6 昭和58年撮影の空中写真判読結果

◎：移動しない礫

○：埋没した礫

×：移動した礫（新規礫を含む）

？：不明

表-3.3 河床礫の移動状況度

(昭和34年撮影の写真を基準)

番号	S39	S47	S51	S58	判定	番号	S39	S47	S51	S58	判定
1	×	？	○	○	×	31	○	×	？	？	×
2	×	？	○	○	×	32	○	×	？	？	×
3	◎	×	○	○	×	33	○	○	？	◎	◎
4	○	×	○	○	×	34	◎	×	？	×	×
5	◎	×	○	○	×	35	◎	×	？	○	×
6	◎	×	○	○	×	36	◎	×	○	◎	◎
7	×	×	○	○	×	37	◎	×	◎	◎	◎
8	◎	◎	○	○	◎	38	◎	×	◎	◎	◎
9	◎	◎	○	○	◎	39	◎	×	×	◎	◎
10	◎	○	○	○	◎	40	？	○	○	？	○
11	◎	×	○	○	×	41	◎	○	◎	◎	◎
12	◎	×	○	○	×	42	？	○	○	○	○
13	○	×	○	○	×	43	◎	○	○	◎	◎
14	○	◎	◎	◎	◎	44	○	○	×	◎	◎
15	◎	◎	○	○	◎	45	×	○	×	×	×
16	◎	◎	◎	◎	◎	46	◎	？	○	×	×
17	◎	○	◎	○	◎	47	？	？	○	◎	◎
18	◎	×	×	×	×	48	○	◎	○	○	○
19	◎	×	×	？	×	49	◎	◎	◎	○	◎
20	◎	◎	○	○	◎	50	◎	×	×	×	×
21	×	×	×	×	×	51	◎	×	×	×	×
22	×	×	×	×	×	52	◎	◎	×	◎	◎
23	×	×	×	○	×	53	×	×	×	×	×
24	×	×	×	×	×	54	◎	◎	○	◎	◎
25	×	○	○	○	○	55	◎	◎	◎	◎	◎
26	◎	○	○	○	○	56	◎	◎	○	◎	◎
27	○	○	○	○	○	57	×	×	？	○	×
28	？	×	？	？	×	58	○	○	○	○	○
29	？	×	？	？	×	59	○	○	○	○	○
30	？	×	？	？	×	60	○	○	×	◎	◎

### 3) 巨礫の堆積原因の検討

現地調査によれば、旧河道時（溪岸崩壊が大きく拡大する前）には大所2号ダム下流域で2m、天然ダム堆砂上流域で2m前後の礫が運搬されているので、この地区では2m前後の土砂運搬能力があると判断される。また、昭和34年撮影の空中写真では、測点No0～4（現在の大所2号ダム堆砂域）に写真の状況から運搬礫径と思われる礫径3～4mのものが認められるため、急流域での移動礫径は3～4mと推察される。なお、現地調査で計測された最大礫径は、φ12～13mであった。

空中写真判読によれば、天然ダムによる測点No18上流の堆砂地形成後は、調査地の上流域に巨礫が存在しないため（上流域から供給されれば天然ダムに堆砂する）、巨礫は右岸の新規崩壊地から供給されたものと判断される。崩壊地から供給された礫の大多数は移動しているが、昭和34年撮影の写真に存在した巨礫が、昭和58年撮影の写真にそのまま認められたものもある。おそらく埋没していた礫と推察される。

現地調査によれば、巨礫は河川の狭窄部に積み重なって分布していることと、新規崩壊地からの供給土砂によって埋没するため、空中写真判読でその移動を判定することは難しい場合もある。しかし、今回は、ある程度の礫の移動が把握された。



### 3.2 巨礫の堆積状況調査

本調査は、現河道内に分布する巨礫の積み重なりによる天然ダムが、今後も天然ダムとして機能を果たすことができるかどうかを計算により推定するため、河川測量と粒度分布調査を行ったものである。

#### 1) 河川測量

河川測量は、河床勾配、計画洪水時の水深および径深を算定するために、洪水流の水流中心位置から法線を決め、縦横断測量を実施した。なお、河川縦断測量は4級基準点測量により、洪水時の流心の地盤高および最深河床高を測量した。また、河川横断測量は直接水準測量を原則とし、崖等でやむを得ない場合は間接水準測量で行い、粒度分布調査を実施する位置の代表断面を測量した。

河川測量は、図-3.2.1河川測量平面図に示す位置で行った。その結果は、図-3.2.2礫径と河床変動図、図-3.3.1~3.3.4河川測量横断面図にそれぞれ示した。なお、本調査地は昭和45年度から河床変動量測量が実施されているため、その計画基準点も、図-3.2.2の河川測量縦断面図に位置を示した。なお、河床変動量の経年変化については、表-3.4および図-3.2.2に示すように、河川距離標No 5付近（大所2号ダムの堆砂域上流端）では、昭和45~50年に3~4mの河床低下が認められたが、昭和52年に大所2号ダムが完成したことによって、河床が3m程度上昇している。しかし、昭和57年9月12日の降雨（最大日雨量216.5mm）によって、河川距離標No 6付近で局所洗掘を受けている。河川距離標No 8付近は、昭和45~49年の間に5mの河床堆積があった。この原因は、上流域からの生産土砂と考えるより、右岸側の溪岸崩壊土砂による河床堆積と判断される。河川距離標No 12では、昭和45年から昭和49年にかけて7mの河床低下がみられる。この土砂は、下流の最深河床標高の変化から河川距離標No 9~11付近に堆積したものと思われる。

調査区間の河床変動について、まとめると以下のようになると思われる。

- ① 赤禿山崩壊土砂は、水管橋（河川距離標No 9）上流域の天然ダムに流出土砂のほとんどが堆積している。
- ② 急流部（河川距離標No 6~No 8）は、1~2mの河床低下と崩壊地からの生産土砂堆積を繰り返している。その河床低下は、大雨直後に発生している。また、全体として河床は、上昇する傾向にある。
- ③ 大所2号ダム完成後は、急流部直下（河川距離標No 6）の河床低下量は減少し、河床安定の効果が大きい。

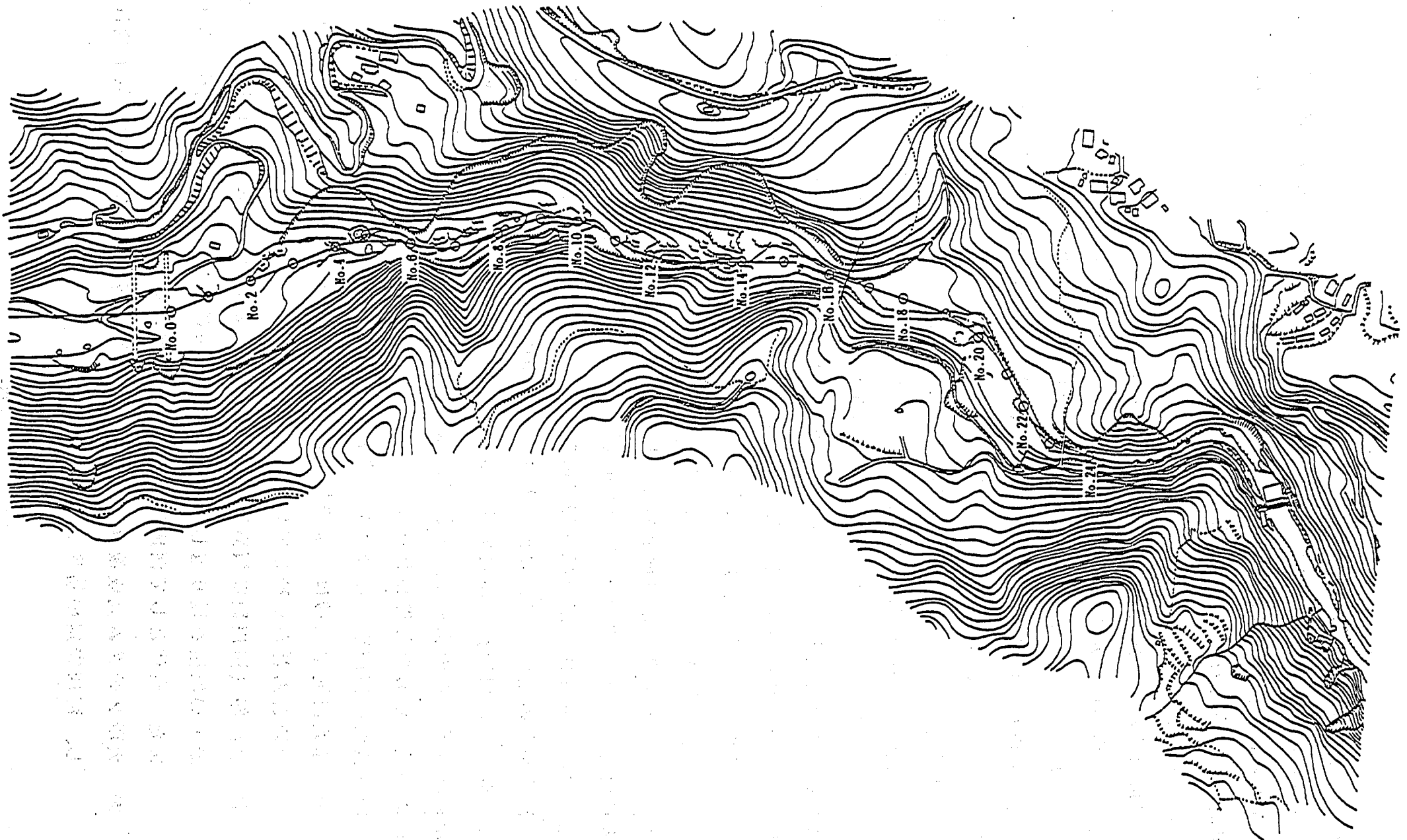
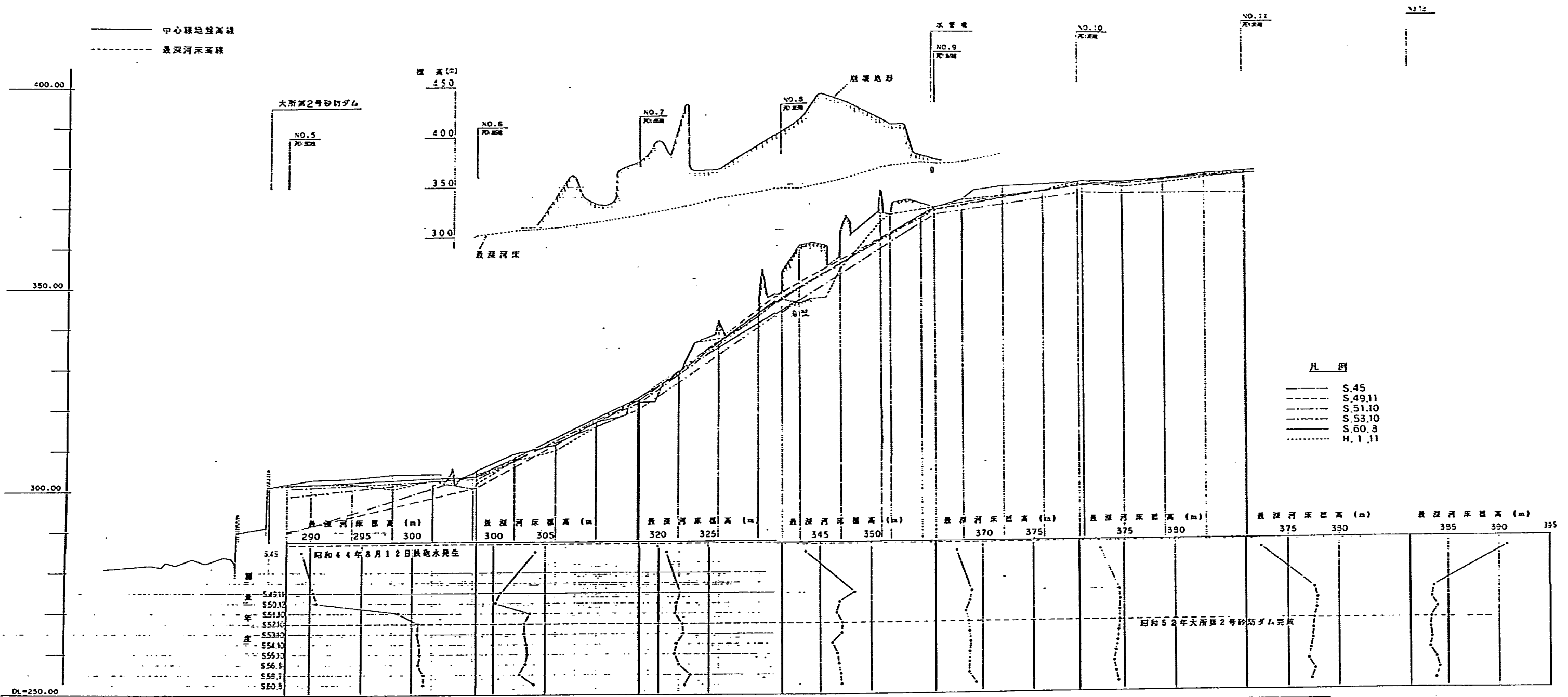


图-3.2.1 河川测量平面图



測点	NO. 0	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6	NO. 7	NO. 8	NO. 9	NO. 10	NO. 11	NO. 12	NO. 13	NO. 14	NO. 15	NO. 16	NO. 17	NO. 18	NO. 19	NO. 20	NO. 21	NO. 22	NO. 23	NO. 24
河床勾配	1=1/55		1=1/110			1=1/12			1=1/7		1=1/7		1=1/27 (i=1/4)		1=1/30		1=1/85								
河床	Max = 202 cm Mean = 53 cm D50 = 80 cm		Max = 203.4 cm Mean = 19.8 cm D50 = 21 cm			Max = 163 cm Mean = 236.2 cm D50 = 42 cm			Max = 265.4 cm Mean = 51.9 cm D50 = 124 cm		Max = 404.2 cm Mean = 46.6 cm D50 = 160 cm		Max = 462.5 cm Mean = 47.9 cm D50 = 111 cm		Max = 663.6 cm Mean = 76.7 cm D50 = 160 cm		Max = 155.0 cm Mean = 41.2 cm D50 = 46 cm								
流速			Max = 1216.1 cm/s Mean = 593.127359			Max = 620.4 cm/s Mean = 353.2 cm/s ±12.7			Max = 555.3 cm/s Mean = 482.2 cm/s ±22.7		Max = 2892 cm/s Mean = 495.5 cm/s ±205.0		Max = 824.6 cm/s Mean = 537.6 cm/s ±174.3 cm/s		Max = 1308 cm/s Mean = 721.6 cm/s ±295.7										
境界: 岩 埧	d = 112.3 cm C <sub>s</sub> = 112.4 cm V = 5.77 m/s		d = 41.5 cm C <sub>s</sub> = 21.5 cm V = 4.29 m/s			d = 52.5 cm C <sub>s</sub> = 54.55 cm V = 11.35 m/s			d = 38.8 cm C <sub>s</sub> = 28.25 cm V = 10.87 m/s		d = 35.0 cm C <sub>s</sub> = 39.0 cm V = 15.29 m/s		d = 48.0 cm C <sub>s</sub> = 48.0 cm V = 18.96 m/s		d = 62.0 cm C <sub>s</sub> = 62.0 cm V = 18.35 m/s		d = 129.2 cm C <sub>s</sub> = 429.2 cm V = 66.3 m/s								
フルード数	Fr = 0.82		Fr = 0.65			Fr = 1.52			Fr = 1.75		Fr = 2.47		Fr = 2.47		Fr = 2.10		Fr = 1.15								
河床高 (m)	75		81			80			87		86		82		86		76								

図-3.2.2 礫径と河床変動図

表 - 3.4 河床變動量測量結果 (最深河床)

(單位: m)

	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11
昭和45	289.800	304.000	320.800	343.600	367.400	372.600	372.400
昭和46							
昭和47							
昭和48							
昭和49.11	290.240	300.730	322.230	348.370	368.880	374.490	377.630
昭和50.12	290.886	300.229	321.810	346.902	368.796	374.619	377.908
昭和51.10	298.730	303.500	321.750	346.570	368.280	374.560	377.790
昭和52.10	300.653	303.030	322.400	347.151	368.598	374.588	377.602
昭和53.10	300.626	303.000	322.459	347.098	368.600	374.488	377.500
昭和54.10	300.81	303.19	321.82	346.21	368.82	374.34	377.43
昭和55.10	300.803	303.286	321.569	346.683	368.679	374.204	377.212
昭和56.9	300.665	303.142	321.961	346.814	368.670	373.944	377.030
昭和58.7	301.136	302.543	323.135	347.002	368.678	374.209	377.547
昭和60.8	301.191	303.448	321.551	347.115	369.281	374.438	377.243

## 2) 粒度分布調査

河床の粒度分布調査法には、①線格子法、②壺振り法の2つの方法がある。しかし、本調査は移動礫径（アーマーコート状の礫）の調査であるため、壺振り法では砂礫の粒度分布調査になり不相当と思われる。したがって、本調査では、線格子法により河床礫の粒度分布調査を行った。

### (1) 調査位置

粒度分布の計測地点は、主に河床勾配（ $I = 1/7 \sim 1/110$ ）を考慮して、図-3.2.2に示す以下の位置で行った。

- ① 旧河道の洪水で動いた礫径の分布を把握するために、大所2号ダムの下流域（副ダム-40<sub>n</sub>地点、河床勾配  $I = 1/55$ ）および天然ダム上流域（測点No 18地点、河床勾配  $I = 1/30$ ）で各1箇所
- ② 砂防ダム堆砂域内の礫径分布を把握するために、大所2号ダム堆砂域の上流端（測点No 4地点、河床勾配  $I = 1/110$ ）で1箇所
- ③ 溪岸崩壊地内の礫径分布を把握するために、河床勾配  $I = 1/12$  区間（測点No 7~8）で2箇所、 $I = 1/7$  区間（測点No 10~14）で3箇所

の計8箇所で行った。

### (2) 調査方法および結果

線格子法は、河床上にテープを張り、一定格子間隔（最大礫径以上）で区分し、格子点直下の礫の長軸径（ $a$ ）、中軸径（ $b$ ）、短軸径（ $c$ ）を100個程度測定する方法である。礫径は、 $d_n = (a \cdot b \cdot c)^{1/3}$ により算出し、粒径加積曲線図を作成して、平均礫径（ $d_n$ ）と $D_{50}$ （粒径加積曲線の50%の通過径）を求める。なお平均礫径（ $d_n$ ）は、 $d_n = \sum d_n \cdot \Delta p / \sum \Delta p$ （ $d_n$ ；個々の礫径， $\Delta p$ ；その礫径の含有百分率）で求めた。

線格子間隔は、旧河道における最大運搬礫径程度とすることが望ましい。このことから、線格子間隔は、大所2号ダム下流域や水管橋上流域の天然ダムでの最大礫径が2m前後であったため2mとした。測線は後述する河川測量の測点を通り、河床横断方向に河幅までとし、測線から下流側に格子を設け、測定個数は120個に統一した。なお、河床勾配  $I = 1/7 \sim 1/12$  区間では、河床幅が27~47mと狭くなっており、120個を測定するために測定区間を下流側に延長した。また、この区間では、巨礫が存在しているため、なるべく巨礫の少ない位置を選定して測線を決めるようにしたが、巨礫が格子点に入った場合は計測を行った。しかし、1個の巨礫で2~3格子に及ぶ場合には、1格子点で代表させた。

礫径の計測には、 $\phi 15\text{cm}$ 程度まではノギス、 $\phi 2.0\text{m}$ 程度までは $3.0\text{m}$ の巻尺、 $\phi 2.0\text{m}$ 以上では $50\text{m}$ の巻尺をそれぞれ用いて行った。計測に際しては、河床礫の中でも可能な限りアーマーコート状の礫は計測するようにした。

調査結果および調査データは、表-3.5、図-3.2.3~3.2.10に示した。また、各計測地点の特徴は、要約すると以下のようにまとめられる。

- ① 表-3.5より河床勾配が急である $1/7$ の区間では、 $D_{50}$ が $\phi 100\text{cm}$ 以上と他の区間よりも大きく、最大礫径も $\phi 4.0\text{m}$ 以上である。河床勾配が $1/30$ より緩い勾配の場合は、最大礫径がほぼ $\phi 2.0\text{m}$ 以下であり、河床勾配 $1/7$ の最大礫径よりも小さい礫径となっている。
- ② 旧河道の河床勾配と思われる地点、副ダム-40n ( $I = 1/55$ )と水管橋上流域の測点No 18+20 ( $I = 1/30$ )では、最大礫径が $\phi 159\text{cm}$ 、 $\phi 202\text{cm}$ で平均礫径は $\phi 41.2\text{cm}$ 、 $\phi 53\text{cm}$ 、 $D_{50}$ は $\phi 46\text{cm}$ 、 $\phi 84\text{cm}$ である。また、粒径加積曲線は共に滑らかである。
- ③ 砂防ダム堆砂域内の測点No 4 (河床勾配  $I = 1/110$ )では、他の区間よりも平均礫径 ( $19.8\text{cm}$ )、 $D_{50}$  ( $21\text{cm}$ )が小さな値を示している。粒径加積曲線は、緩やかで滑らかな曲線を示しているが、上流からの礫と思われる巨礫が点在しているために、礫径 $180\text{cm}$ 付近から曲線が屈曲している。
- ④ 河床勾配が $1/7 \sim 1/12$ の急な区間においては、測点No 7地点が他の区間よりも最大礫径、平均礫径、 $D_{50}$ とも小さな値を示している。
- ⑤ 粒径加積曲線は、河床勾配  $I = 1/12$ 区間では、通過重量百分率 $60\%$ 付近まで滑らかで緩やかな曲線を示し、それ以上はやや急勾配になる。河床勾配  $I = 1/7$ 区間では、通過重量百分率 $50\%$ 付近まで滑らかで緩やかな曲線を示し、それ以上では急勾配を示している。
- ⑥ 巨礫調査においては、測点No 7~No 8区間が他の区間よりも平均礫径が $\phi 3.5\text{m}$  (他の区間の平均礫径 $\phi 4.8\text{m}$ 以上)と $1.0\text{m}$ 以上も小さい値を示した。また、No 4~No 14間では、 $\phi 4.0\text{m}$ 以上の巨礫が河床に転在している。

図-3.15には、河床勾配と礫径の関係を示した。 $\phi_{max}$  (最大礫径)の変化からは、現況河床勾配に関係なく $\phi 2\text{m}$ 前後の礫が分布している。したがっておよそ $\phi 2\text{m}$ の礫まで移動しているものと判断される。また、 $D_{10}$ 、 $D_{50}$ 、 $D_{80}$ 、 $D_{90}$ 、 $\phi_{max}$ それぞれの礫径と河床勾配の関係は、似たような傾向を示しているが、河床勾配 $1/10$ 以下で $\phi_{max}$ だけが異なる。このことから判断すれば、 $D_{10} \sim D_{90}$ までは、河床勾配に関係なく移動し、 $\phi_{max}$ は河床勾配 $1/10$ 以下では移動しないと考



表 - 3.5 河床礫径調査結果表

(単位: c m)

測定ヶ所		河床 勾配	最大 礫径	平均 礫径	D <sub>50</sub>
河 床 礫	副ダム-40n	1/55	202	53	84
	No. 4	1/110	209.4	19.8	21
	No. 7	1/12	163	23.6	42
	No. 8	1/12	265.4	51.9	124
	No. 10	1/7	404.2	46.6	160
	No. 13	1/7	462.3	47.9	111
	Na 14+10	1/7	663.8	76.7	160
	Na 18+20	1/30	159	41.2	46
巨 礫	Na 4~Na 6	1/12	1216.1	593.1	-
	Na 7~Na 8	1/12	620.4	353.2	-
	Na 8~Na 9	1/12	555.3	482.2	-
	Na 10~Na 11	1/7	889.2	496.5	-
	Na 11~Na 12	1/7	924.6	537.8	-
	Na 13~Na 14	1/7	1308.6	781.6	-



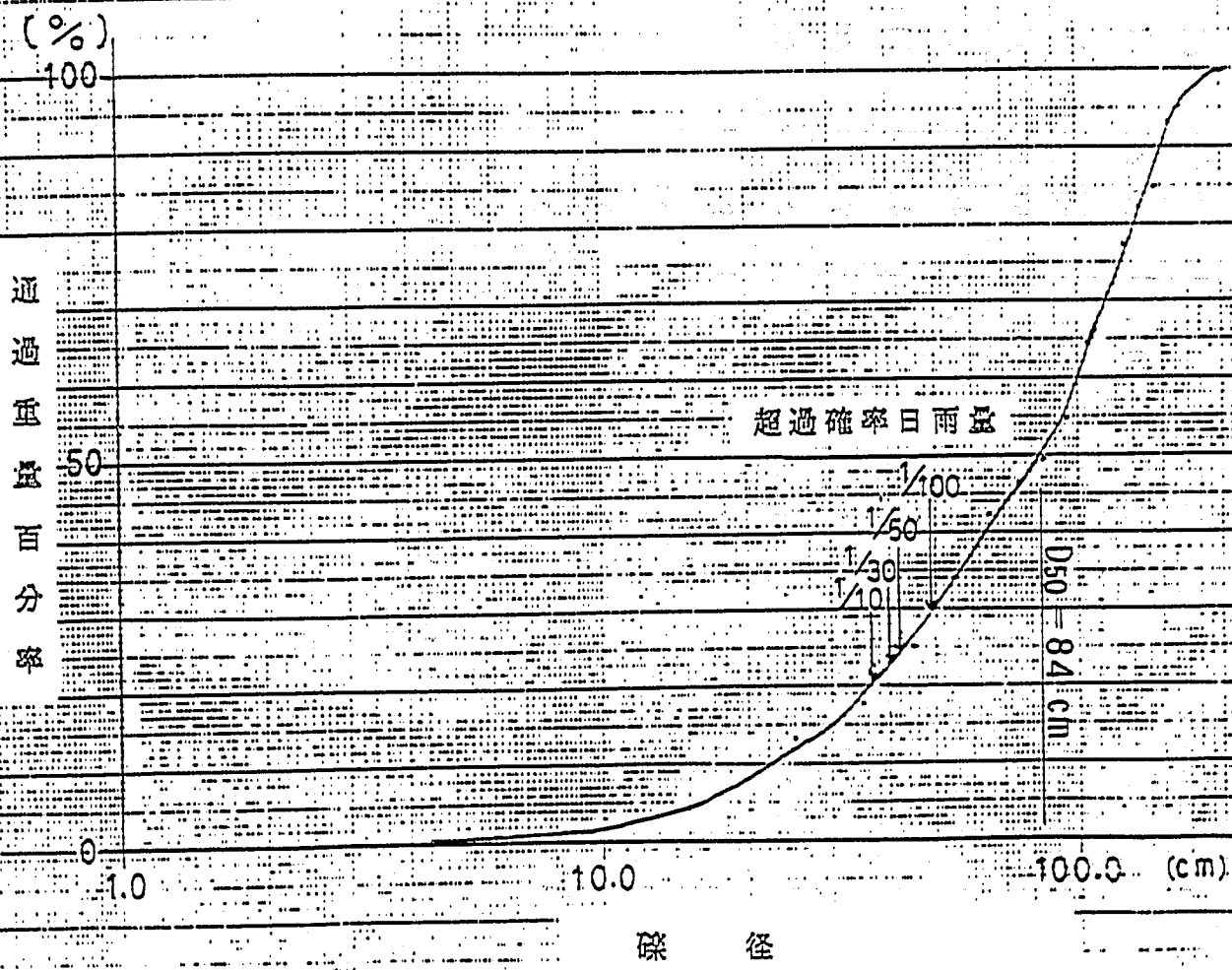


圖-3.2.3 粒度分布調査粒徑加積曲線 (副ダム-40m) I = 1/55

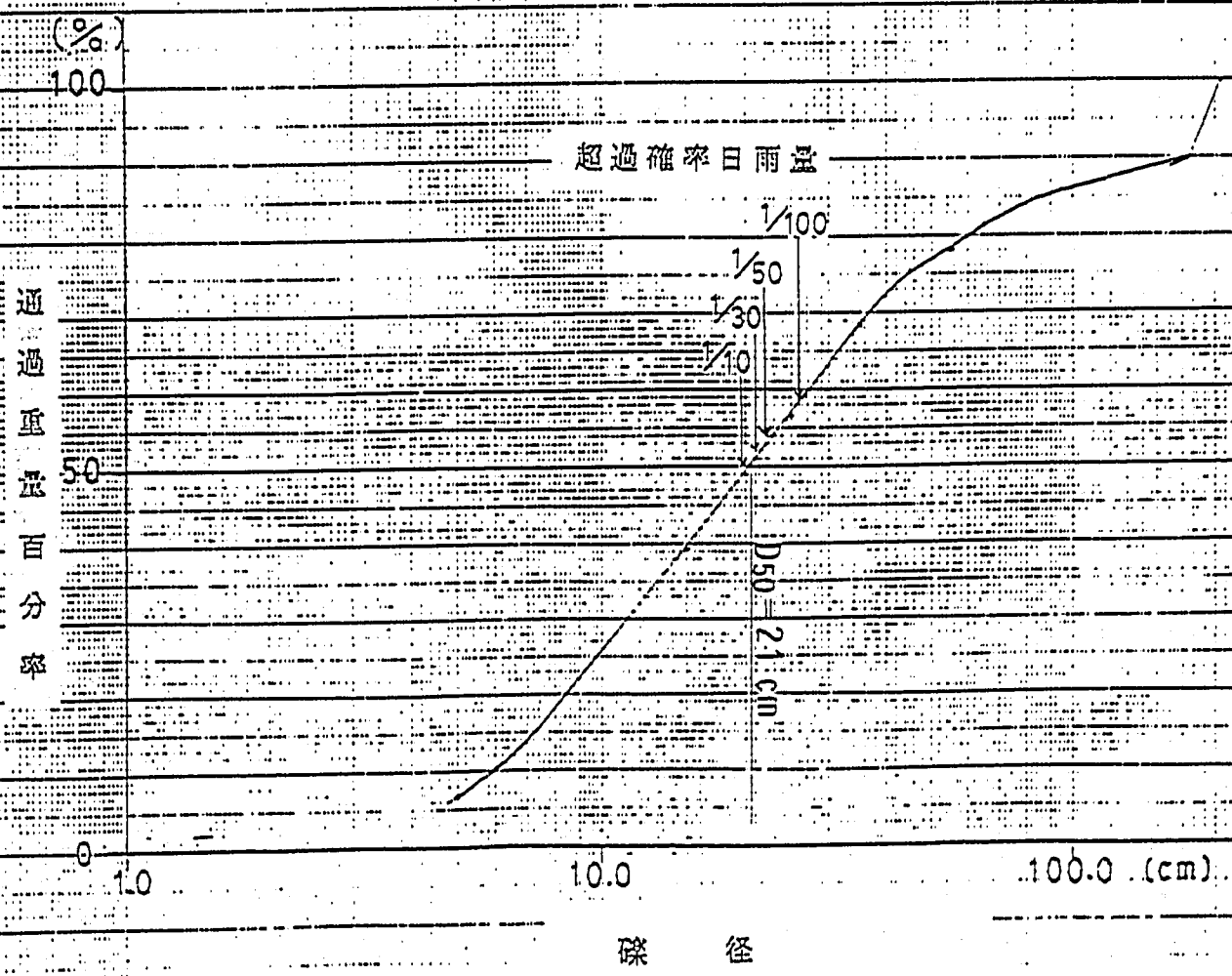


圖 - 3.2.4 粒度分布調査粒徑加積曲線 (No. 4 付近) I = 1 / 110

超過確率日雨量

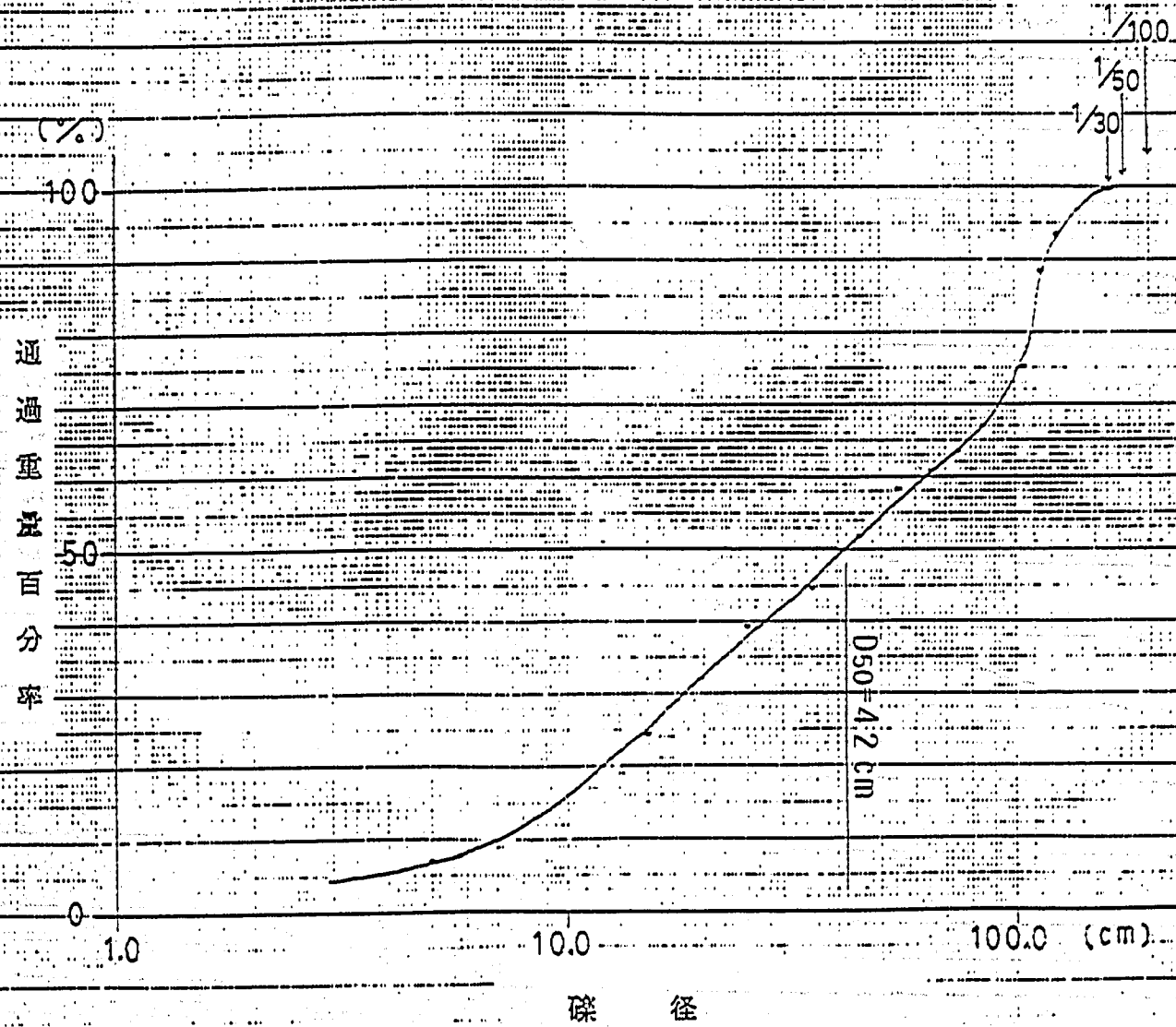


圖-3.2.5 粒度分布調査粒徑加積曲線 (No. 7 付近)  $I = 1/12$

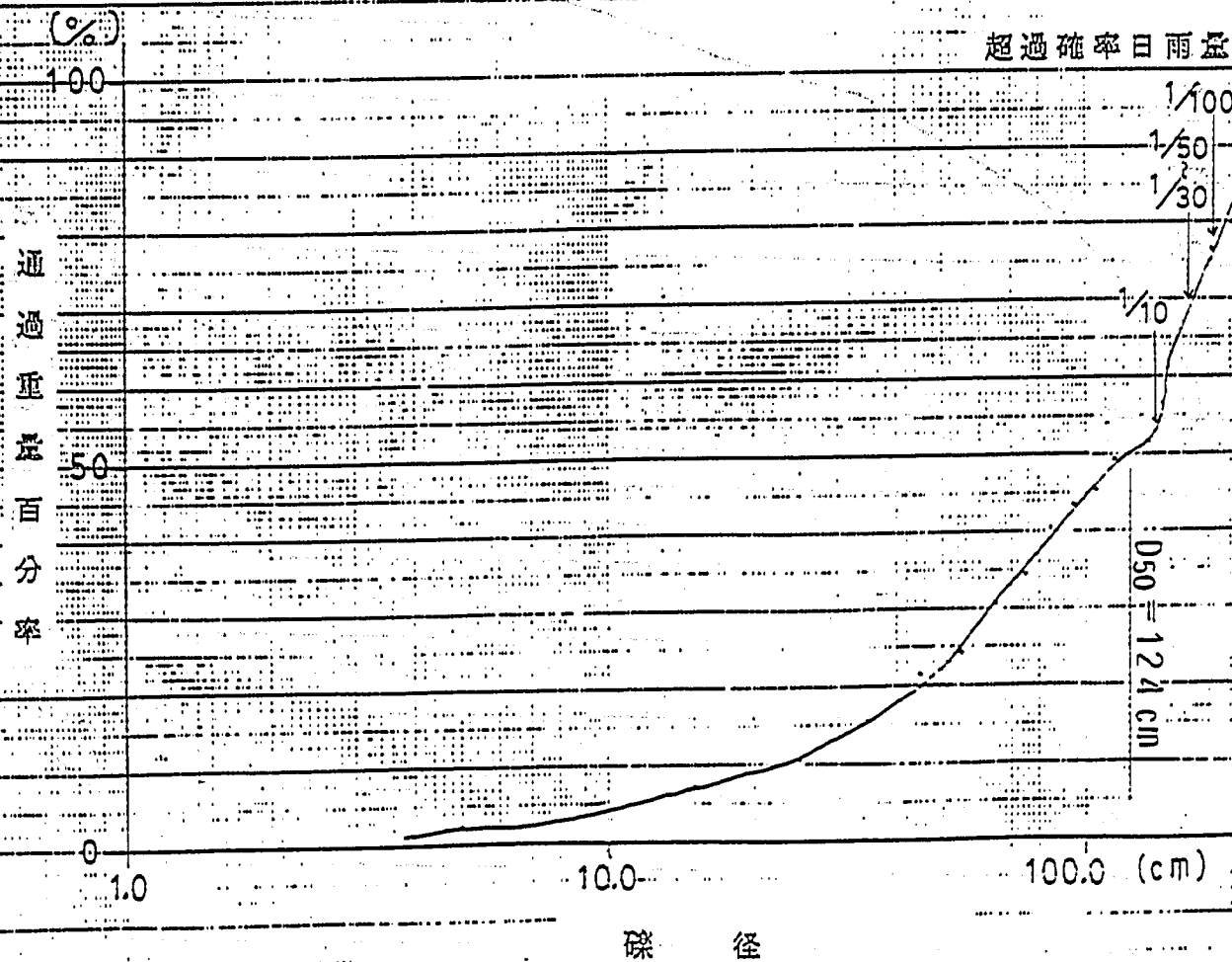


圖-3.2.6 粒度分布調查粒徑加積曲線 (No. 8 付近) I = 1/12

超過確率日雨量

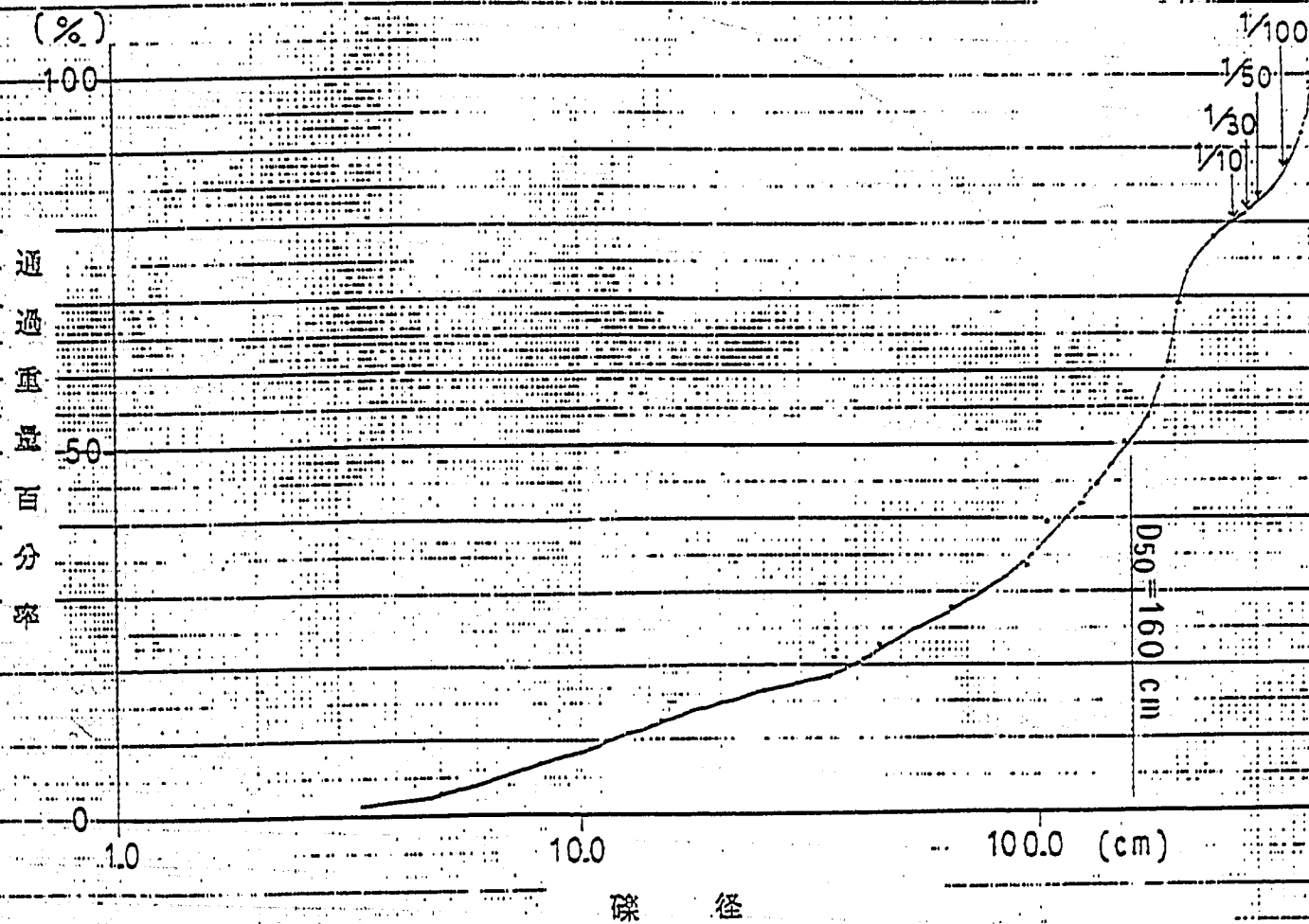


圖-3.2.7 粒度分布調査粒徑加積曲線 (No.10付近) I = 1 / 7

超過確率日雨量

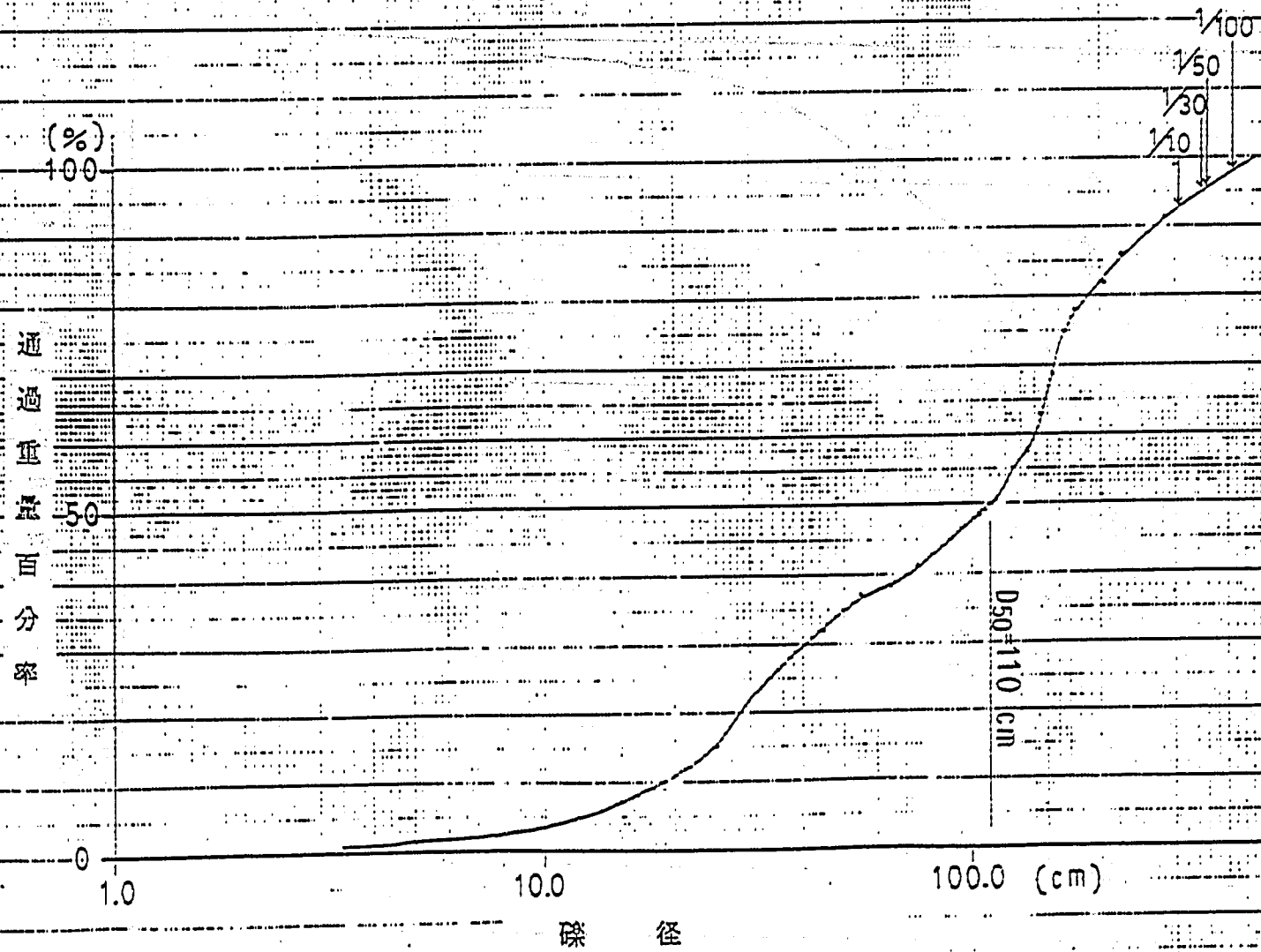


圖-3.2.8 粒度分布調查粒徑加積曲線 (No.13附近)  $I = 1/7$

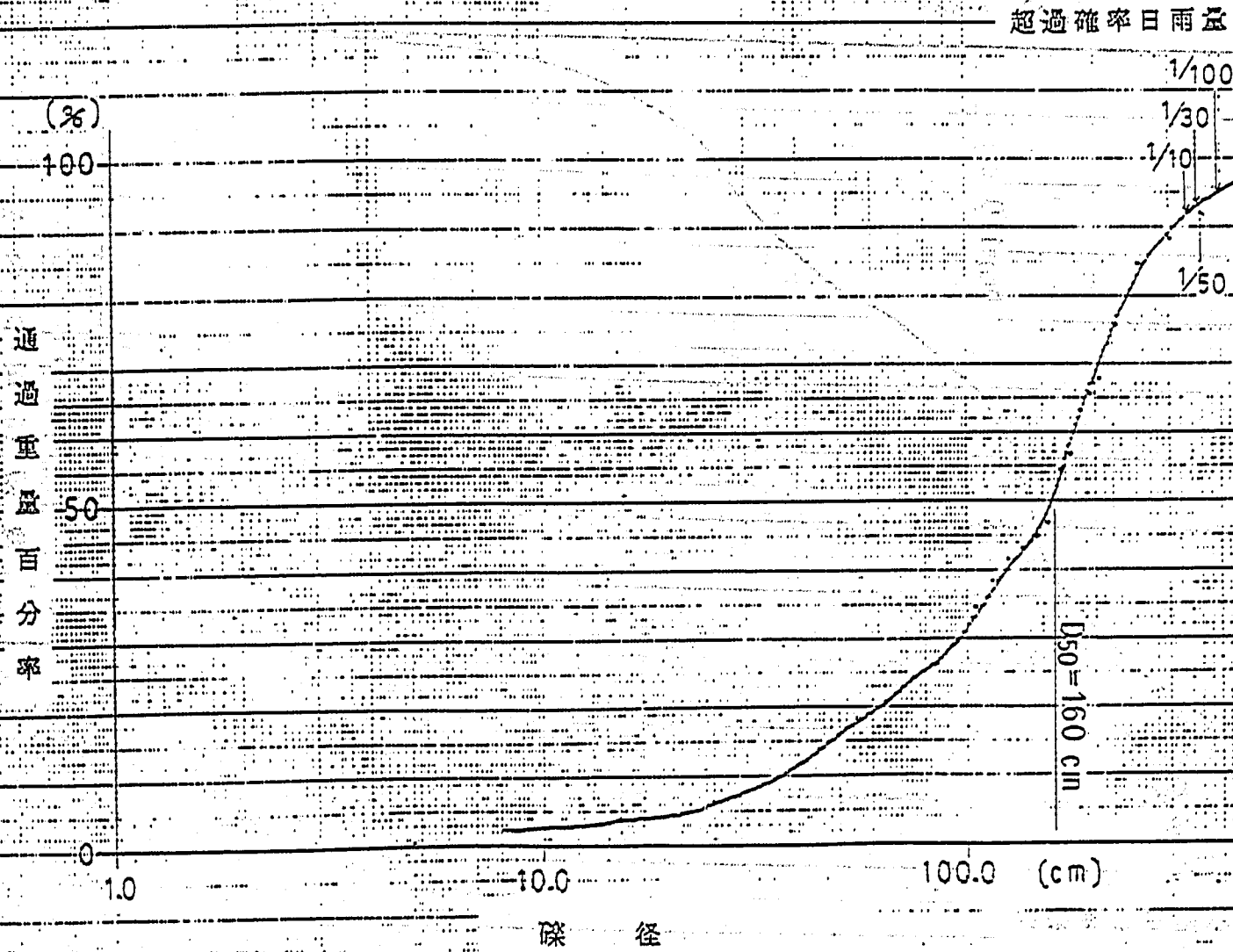


圖-3.2.9 粒度分布調查粒径加積曲線 (No.14附近) I = 1 / 7



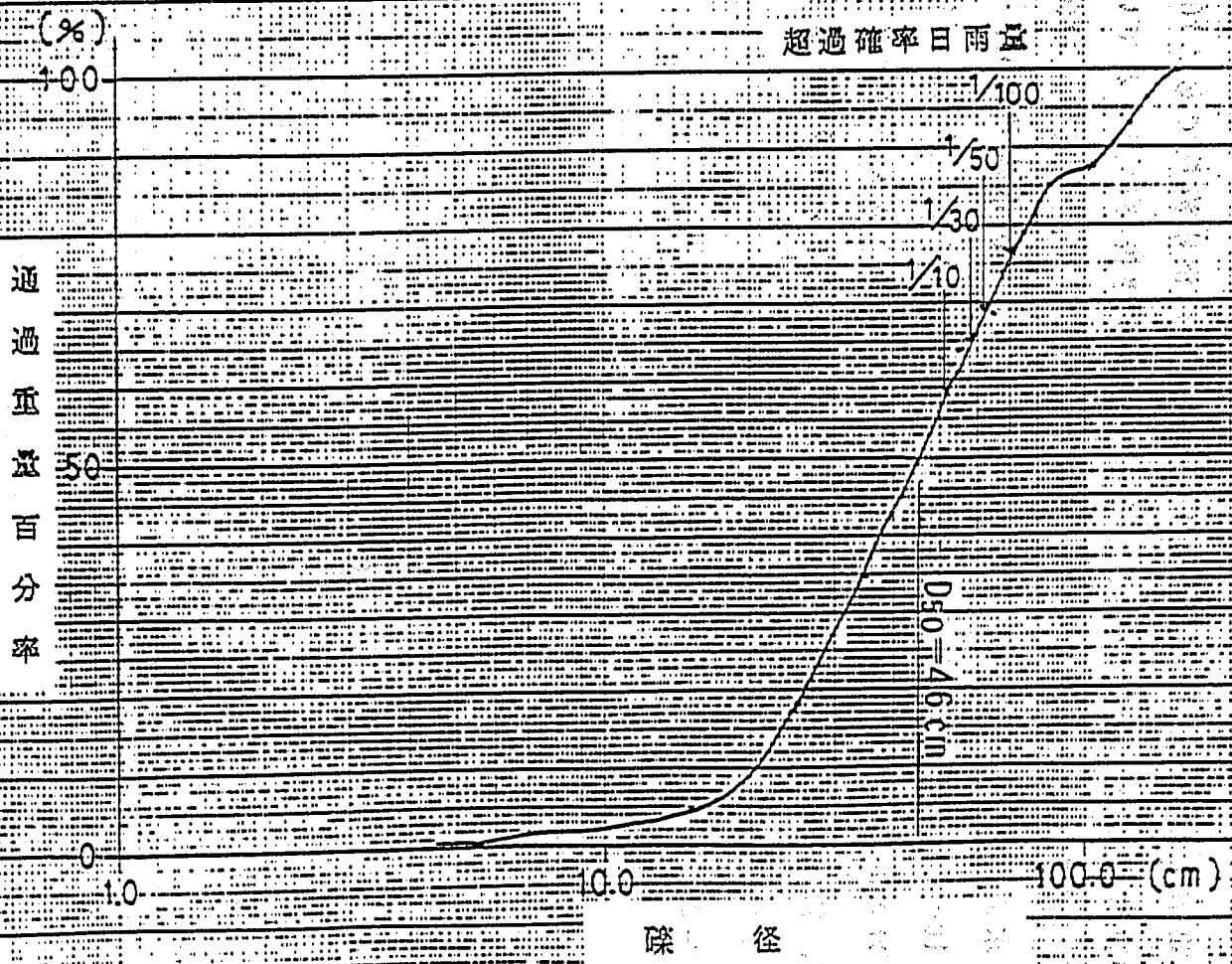


圖 - 3.2.10 粒度分布調查粒徑加積曲線 (No.18+20附近) I = 1 / 30



### 3.3 巨礫の洪水時安定度の検討

現河道内に分布する巨礫による天然ダムが、今後も天然ダムとして機能を果たすことができるかどうかを計算により検討する。

#### 1) 流量計算

流量の算定方法には、洪水のピーク流量のみを対象とするものと洪水流出全体についてハイドログラフを算出するものがある。流量の算定は、松本砂防工事事務所で砂防計画を立案するために算定されている。しかし、その報告書（姫川流域流出解析報告書，昭和58年3月）では、計画洪水流量である100年確率洪水流量を電算機により求めているが、その算定式が報告書に示されていない。このため、10～50年確率洪水流量は算定できない。そこで、今回は、暫定的にラショナル式で求めた100年確率洪水流量と報告書で求めた洪水流量から、その低減率を決定し、10～50年確率洪水流量および昭和42年に発生した赤禿大崩壊後の最大日雨量における流量の算定を行った。なお、計算に用いる基本データ（流域面積、平均河床、流出係数、確率雨量）は、姫川流域流出解析報告書と整合させた。

ラショナル式を以下に示す。

$$Q = 0.2778 f \cdot r \cdot A$$

$$r = \frac{C t}{100} \cdot R_{24}$$

$$C t = \frac{34,710}{T^{1.35} + 1,502}$$

$$T = \frac{l}{W}$$

$$W = 20 \left( \frac{H}{l} \right)^{0.6}$$

ここで、 $Q$ ：流出流量 ( $m^3/s$ )

$f$ ：流出係数 (0.8「大所施設配置計画業務 報告書」)

$r$ ：洪水到達時間内の最大の平均雨量強度 ( $mm/hr$ )

$A$ ：流域面積 ( $km^2$ )

$W$ ：洪水到達速度 ( $m/s$ )

H: 常時河谷の形をなす最上流地点から流量を測定しようとする地点までの垂直距離 (m)

l: 常時河谷の形をなす最上流地点から流量を測定しようとする地点までの水平距離 (m)

T: 最上流点より流量を推定しようとする地点までに要する時間 (sec)

R<sub>24</sub>: 最大日雨量 (mm)

C<sub>t</sub>: 雨量強度係数 (%)

ラショナル式により、計画洪水流量である100年確率洪水流量を求める。

計算条件

Q<sup>n</sup>: 既存報告書計画流量 (819m<sup>3</sup>/s)

f: 流出係数 (0.8)

R<sub>24</sub>: 最大日雨量 (245.8mm 超過確率日雨量1/100)

A: 流域面積 (99.5km<sup>2</sup>)

l: 流量測定地点までの水平距離 (12,100m)

H: 流量測定地点までの垂直距離 (2,171m)

$$W = 20 \left( \frac{2,171}{12,100} \right)^{0.6}$$

$$= 7.13 \quad (\text{m/s})$$

$$T = 12,100 / 7.13$$

$$= 1,697(\text{sec}) \div 28.3(\text{min})$$

$$C_t = \frac{34,710}{28.3^{1.35} + 1,502}$$

$$= 21.8(\%)$$

$$r = \frac{21.8}{100} \times 245.8$$

$$= 53.58(\text{mm/hr})$$

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.8 \times 53.58 \times 99.5$$

$$= 1,185(\text{m}^3/\text{s})$$

したがって、低減率 (k) は以下の値となる。

$$k = Q'' / Q \quad (1)$$

$$Q'' = 819 / 1,185$$

$$= 0.6878 \quad (2)$$

つぎに、既存最大雨量時の流量を求める。

計算条件

f : 流出係数 (= 0.8) (3)

R<sub>24</sub> : 最大日雨量 (= 216.5mm 昭和57年9月12日) (4)

A : 流域面積 (= 96.5km<sup>2</sup>) (5)

l : 流量測定地点までの水平距離 (= 20,925m) (6)

H : 流量測定地点までの垂直距離 (= 2,359m) (7)

$$W = 20 \left( \frac{2,359}{20,925} \right)^{0.6} \quad (8)$$

$$= 5.40 \text{ (m/s)}$$

$$T = 20,925 / 5.40$$

$$= 3,875 \text{ (sec)} \div 64.6 \text{ (min)}$$

$$C_t = \frac{34,710}{64.6^{1.35} + 1,502}$$

$$= 19.50 \text{ (\%)} \quad (9)$$

$$r = \frac{19.50}{100} \cdot 216.5$$

$$= 42.22 \text{ (mm/hr)} \quad (10)$$

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.8 \times 42.22 \times 96.5$$

$$= 905.4 \text{ (/s)} \quad (11)$$

$$Q = 905.4 \times 0.6878$$

$$= 622.7 \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (12)$$

土砂混入率10%を見込むと、計画洪水流量(Q')は、

$$Q' = Q \times 1.1$$

$$= 622.7 \times 1.1$$

$$= 685.0(\text{m}^3/\text{s})$$

同様に、超過確率日雨量1/10、1/30、1/50における計画洪水流量を求めると、表-3.6になる。なお、A、I、Hの値が前述したものと異なっているのは、流域を本調査箇所に合わせてためである。

表-3.6 計画洪水流量の算定結果

項 目	日雨量 (mm)	対象流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	計画洪水流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
既存報告書 計画日雨量	245.8	819	901
※赤禿大崩壊後 最大日雨量	216.5	623	685
超過確率日 雨量 1/10	157.4	453	498
超過確率日 雨量 1/30	200.0	575	633
超過確率日 雨量 1/50	219.5	631	694

※ 赤禿大崩壊後の最大日雨量は、超過確率日雨量の1/50とほぼ同雨量である。

## 2) 水位計算

計画洪水流量が流れる時の水位は、河川横断測量結果をもとにマンニングの式を用いて算出する。

マンニングの式を以下に示す。

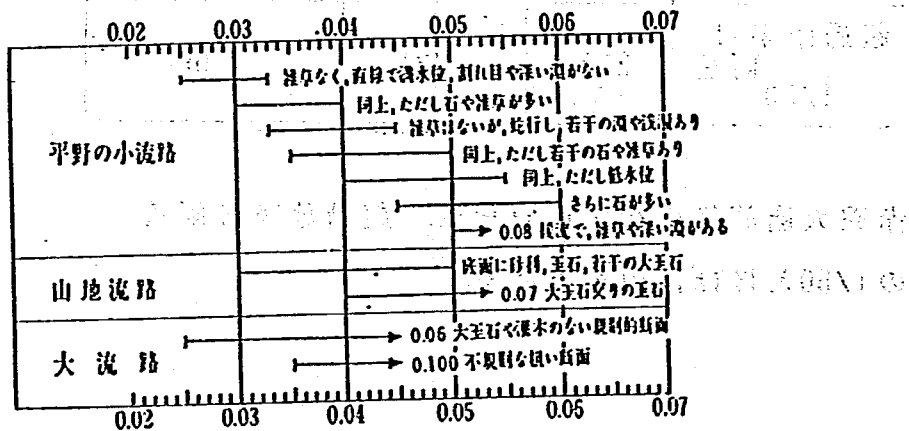
$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$R = A / P$$

- ここで、
- Q: 対象流量 (m<sup>3</sup>/s)
  - V: 流速 (m/s)
  - R: 径深 (m)
  - A: 流水断面積 (m<sup>2</sup>)
  - P: 潤辺 (m)
  - I: 動水勾配 (河川縦断測量より算出)
  - n: 粗度係数 (山地流路の0.04を採用)

### 粗 度 係 数



自流流路 (人工のまったくない流路)

マンニングの式により、各超過確率日雨量による流量が流れる時の水位を、粒度分布調査地点での河川横断測量結果を用いて算出する。

超過確率日雨量1/10 ( $R_{24} = 157.4\text{mm}$ ,  $Q = 498\text{m}^3/\text{s}$ )

副ダム-40m

水位標高 (283.4m)

$$A = 106.5\text{m}^2 \quad P = 69.9\text{m}$$

$$R = A / P = 106.5 / 69.9 = 1.524(\text{m})$$

$$V = \frac{1}{0.04} \cdot 1.524^{2/3} \cdot \left( \frac{1}{55} \right)^{1/2}$$

$$= 4.46 (\text{m/s})$$

$$Q = A \times V = 106.5 \times 4.46$$

$$= 475.0(\text{m}^3/\text{s}) < 498(\text{m}^3/\text{s}) \quad \text{NO!}$$

水位標高 (283.5m)

$$A = 116.36\text{m}^2 \quad P = 70.3\text{m}$$

$$R = A / P = 116.36 / 70.3 = 1.655(\text{m})$$

$$V = \frac{1}{0.04} \cdot 1.655^{2/3} \cdot \left( \frac{1}{55} \right)^{1/2}$$

$$= 4.72 (\text{m/s})$$

$$Q = A \times V = 116.36 \times 4.72$$

$$= 549.2(\text{m}^3/\text{s}) > 498(\text{m}^3/\text{s}) \quad \text{OK!}$$

同様にして、各断面の各計画洪水流量における水位を求めた結果は、表-3.7に示すようになる。なお、各断面の水位計算結果は、図-3.3.1~図-3.3.4の河川測量横断面図にまとめて示した。

断面	計画洪水流量 (m³/s)	計算水位 (m)	調査水位 (m)	備考
副ダム	498	283.5	283.4	OK
...	...	...	...	...

表-3.7 水位計算結果

測点	計流量	河床勾配	水位標高(m)	水深(m)	流量(m <sup>3</sup> /s)	流速(m/s)	測点	計流量	河床勾配	水位標高(m)	水深(m)	流量(m <sup>3</sup> /s)	流速(m/s)
副ダム-40m	確率	1/55	283.5	4.4	549.2	4.32	No. 10	計面	1/7	332.4	3.5	700.3	13.85
No. 4	日雨量 1/10 157.4 mm	1/110	305.9	3.1	539.4	3.46	No. 13	流量 694 (m <sup>3</sup> /s)	1/7	350.8	4.3	702.7	15.41
No. 7		1/12	314.4	4.2	525.6	11.59	No. 14		1/7	360.1	5.7	719.5	15.50
No. 8		1/12	319.2	3.2	541.7	9.01	No. 18+20		1/30	375.4	3.0	754.4	6.12
No. 10		計面	1/7	332.1	3.2	544.1	12.70		副ダム-40m	赤禿大	1/55	283.8	4.7
No. 13	流量	1/7	350.3	3.8	503.5	13.82	No. 4	崩壊後	1/110	306.2	3.4	694.7	3.81
No. 14	498	1/7	359.5	5.1	513.8	14.48	No. 7	216.5 mm	1/12	315.3	5.1	747.9	10.40
No. 18+20	(m <sup>3</sup> /s)	1/30	375.1	2.7	534.8	5.35	No. 8		1/12	319.5	3.5	715.6	9.95
副ダム-40m	確率	1/55	283.7	4.6	656.3	5.04	No. 10	計面	1/7	332.4	3.5	700.3	13.85
No. 4	日雨量 1/30 200.0 mm	1/110	306.1	3.3	639.9	3.69	No. 13	流量 685 (m <sup>3</sup> /s)	1/7	350.8	4.3	702.7	15.41
No. 7		1/12	315.1	4.9	644.3	10.03	No. 14		1/7	360.1	5.7	719.5	15.50
No. 8		1/12	319.5	3.5	715.6	9.95	No. 18+20		1/30	375.4	3.0	754.4	6.12
No. 10		計面	1/7	332.3	3.4	644.1	13.43		副ダム-40m	確率	1/55	284.2	5.1
No. 13	流量	1/7	350.7	4.2	659.0	15.07	No. 4	日雨量 1/100 245.8 mm	1/110	306.6	3.8	915.5	4.20
No. 14	633	1/7	359.9	5.5	645.9	15.18	No. 7		1/12	315.6	5.4	951.0	11.35
No. 18+20	(m <sup>3</sup> /s)	1/30	375.3	2.9	677.7	5.87	No. 8		1/12	319.8	3.8	916.9	10.80
副ダム-40m	確率	1/55	283.8	4.6	711.1	5.18	No. 10	計面	1/7	332.8	3.9	944.3	15.29
No. 4	日雨量 1/50 219.5 mm	1/110	306.2	3.4	694.7	3.81	No. 13	流量 901 (m <sup>3</sup> /s)	1/7	351.3	4.8	938.1	16.96
No. 7		1/12	315.3	5.1	747.9	10.40	No. 14		1/7	360.6	6.2	921.1	16.39
No. 8		1/12	319.5	3.5	715.6	9.95	No. 18+20		1/30	375.6	3.2	916.0	6.60

右岸

No. 4

左岸

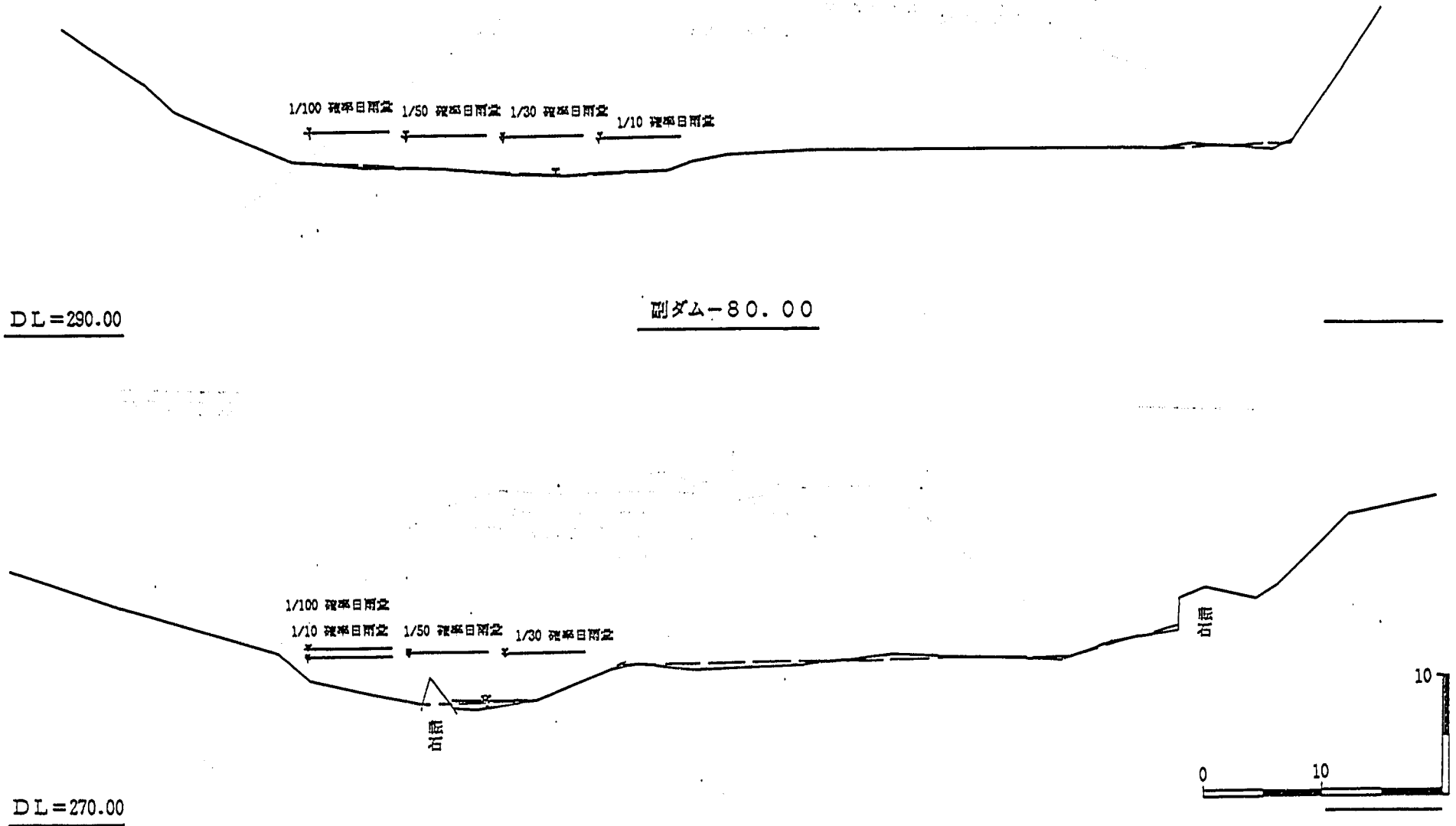


图-3.3.1 計算水位と河床断面図

-46-

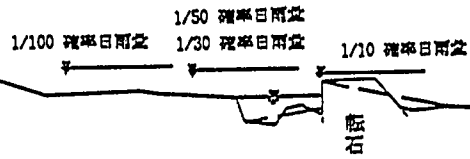


右岸

No. 8

左岸

DL=310.00



No. 7

DL=300.00

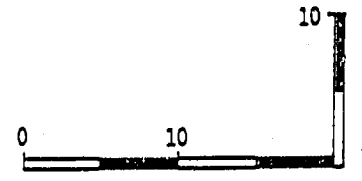
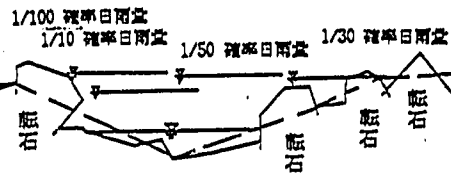


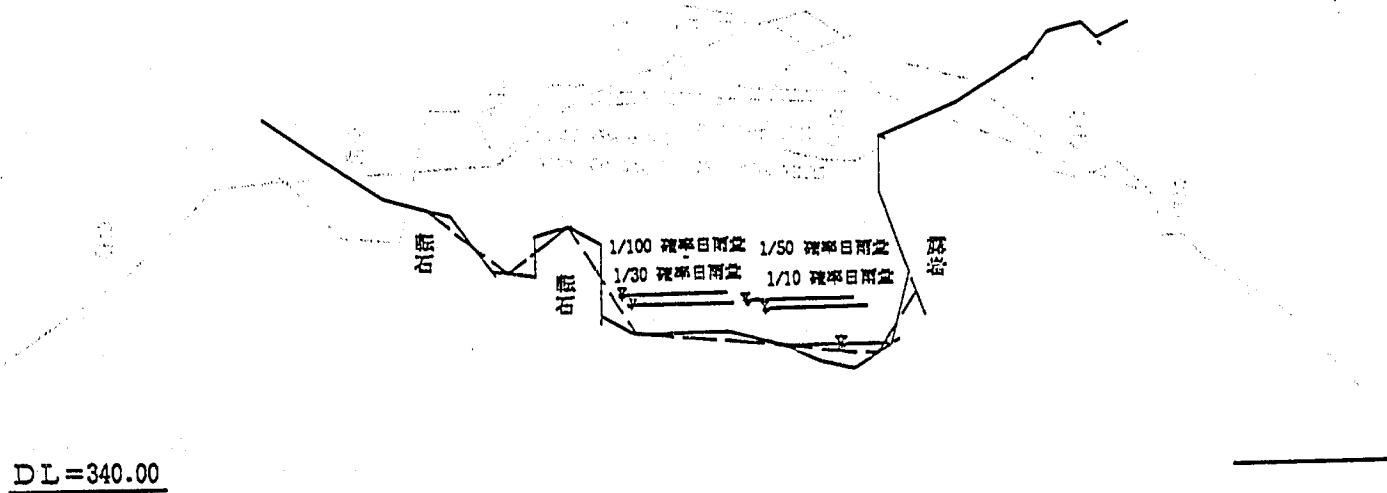
図-3.3.2 計算水位と河床断面図

-47-

No. 13

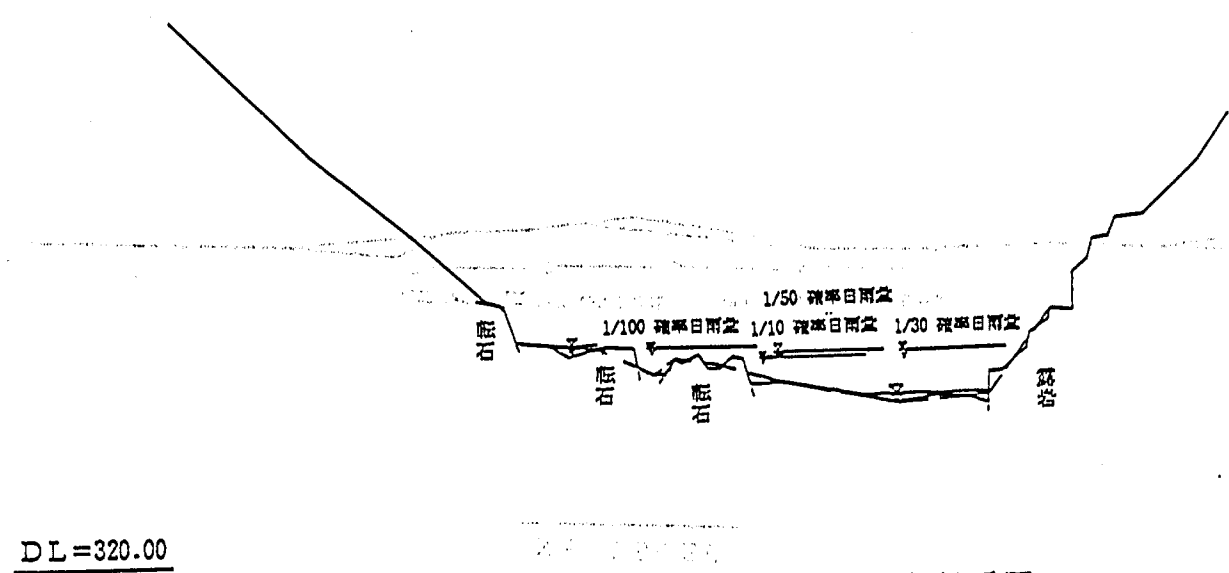
計算

基準



No. 10

DL=340.00



DL=320.00

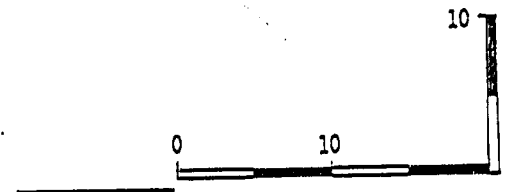


図 - 3.3.3 計算水位と河床断面図

右岸

No. 18+20

左岸

1/100 確率日雨量 1/50 確率日雨量 1/30 確率日雨量 1/10 確率日雨量

DL=360.00

No. 14

0.75000

河床

1/100 確率日雨量 1/50 確率日雨量  
1/30 確率日雨量 1/10 確率日雨量

河床

河床

河床

河床

河床

河床

DL=350.00

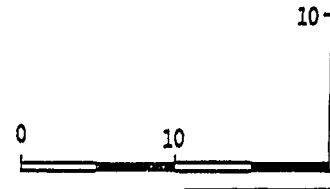


图-3.3.4 計算水位と河床断面图

### 3) 限界礫径の計算

砂礫床をある水深で水が流れると、河床底面には単位面積当り  $\tau_0$  のせん断応力が働き、この力（掃流力）が砂礫粒子を下流へ押し流そうとする。そして、掃流力が、ある限界値（限界掃流力）を越えると砂粒の移動が始まる。ここでは、掃流力と限界掃流力が、平衡状態にあると仮定して限界礫径を算出する。算出方法としては、以下に示す一様粒径の限界掃流力に関する実験式（岩垣の式）を用いる。

岩垣の式

$$u_*^2 = g \cdot R \cdot I$$

$$u_* c^2 = 80.9 \cdot d$$

$$u_*^2 = u_* c^2 \quad \text{より}$$

$$d = \frac{g \cdot R \cdot I}{80.9}$$

ここで、 $u_*^2$ ：掃流力

$u_* c^2$ ：限界掃流力

$g$ ：重力の加速度（ $= 980 \text{ cm/s}^2$ ）

$R$ ：径深（ $\text{cm}$ ）  $R = A / P$

$A$ ：流水断面積（ $\text{cm}^2$ ）

$P$ ：潤辺（ $\text{cm}$ ）

$I$ ：河床勾配

$d$ ：限界礫径（ $\text{cm}$ ）

$R$ は、本来は径深を与えるものであるが、河幅が広い場合には最大水深を与える場合もある。今回は、参考までに径深を与えた場合と最大水深を与えた場合の各ケースについて限界礫径を算定した。

表-3.8には、各超過確率日雨量について限界礫径を求めた結果を示した。限界礫径は、河床勾配が急な場合と水深が深い場合に大きくなる。河床勾配が1/55区間における限界礫径は、径深を適用した場合36~49 $\text{cm}$ 、最大水深を適用した場合97~112 $\text{cm}$ となっている。河床勾配が1/110区間（測点No 4地点）における限界礫径は、径深を適用して19~26 $\text{cm}$ 、最大水深を適用して34~42 $\text{cm}$ となっている。

なお、この区間は、砂防ダムの堆砂域内である。河床勾配が1/12区間（測点No 7、

No. 8地点)における限界礫径は、径深を適用して141~205cm、最大水深を適用して323~545cmとなっている。測点No 7断面において径深を適用した場合、計画洪水量より超過確率日雨量1/10の方が限界礫径が大きくなっているのは、河床横断面が局所的に深くなっているため1/10超過確率日雨量の方の限界掃流力が大きくなってしまったためである。なお、最大水深を適用した場合には、この矛盾は起こらない。この点からも、最大水深の有効性がうかがえる。河床勾配が1/7区間(測点No 10, 13, 14地点)における限界礫径は、径深を適用して270~416cm、最大水深を適用して554~1073cmとなっている。この区間の限界礫径が大きいのは、河床勾配が急であり、河床幅も27~47mと狭いためと考えられる。河床勾配が1/30区間(測点No 18+20地点)における限界礫径は、径深を適用して51~70cm、最大水深を適用して109~129cmとなっている。この区間は、旧河床勾配と考えられる。

この項では、限界掃流力の算出には径深と最大水深を適用した結果を求めた。しかし、限界掃流力の算定式で径深を用いるべきか、最大水深を用いるべきかは、難しい問題であるため、次項で検討を加える。

#### 4) 径深と最大水深の適用についての検討

副ダム下流地区の最大礫径は、粒度分布調査結果から202cmであった。この礫は、付近に溪岸崩壊が存在しないことから、上流域から流下したものと判断される。1/100超過確率日雨量における限界礫径は、現況河床勾配で径深を適用して49.3cm、水深を適用して112.3cmである。この区間には、下流に大所1号砂防ダムが完成しており、旧河床勾配は正確には分からないが、およそ $I = 1/30$ 程度と推定することにする。この河床勾配から限界礫径を求めると、径深を適用して90cm、最大水深を適用して205.9cmとなり、最大水深を適用すれば、ほぼ現況の最大礫径に等しい。

No 18+20断面の最大礫径は、粒度分布調査結果から159cmであった。この礫は、天然ダム形成後に供給されたものであり、ほぼ現況河床勾配( $I = 1/30$ )で堆積したと考えられる。そこで、この勾配における1/100超過確率日雨量による限界礫径を算定すると、表-3.8より径深を適用すれば70.1cm、水深を適用すれば129.2cmとなり、水深を適用した方が合理的である。参考までに159cmで移動する旧河床勾配を求めた値は $I = 1/24$ となり、この程度の勾配は十分考えられる。

以上の検討結果と空中写真による巨礫分布の判読結果をまとめると、つぎのようになる。

・大所2号ダム下流域の最大礫径の運搬能力は、ほぼ最大水深を適用した方が

よく適合する。

- ・河床底面は水平とは限らず局部的に深い所も存在し、その部分での土砂運搬能力は非常に大きい。
- ・写真判読によれば、大所2号ダム堆砂域内に $\phi 3 \sim 4$  mの礫が運搬されており、最大水深で算定した方がよく適合する。
- ・写真判読によれば、新規崩壊礫が移動しており、径深で求めた結果より大きな礫が移動している。
- ・防災的見地からすれば、巨礫下の礫が流出して巨礫が転倒した場合でも、その上流側に堆積した土砂が流出する可能性があるため、最大水深を適用した方が安全側のデータを与えることができる。

したがって、最大水深を適用した方が合理的であると判断される。最大水深を適用する際、限界礫径(D)が最大水深(H)より大きい場合も当然予想される。今回は、限界礫径を最大水深までとした。

表-3.8 限界礫径の計算結果 単位：(cm)

測点	確率日雨量	河床 勾配	径深 (m)	水深 (m)	岩 垣 の 式		
					径深を採用	最大水深を採用	報告書に採用
副 ツ ム -40	超過確率1/10	1/55	1.655	4.4	36.5	96.9	96.9
	超過確率1/30		1.826	4.6	40.2	101.3	101.3
	超過確率1/50		1.907	4.6	42.0	101.3	101.3
	赤禿大崩壊後		1.907	4.7	42.0	103.5	103.5
	計画洪水流量		2.237	5.1	49.3	112.3	112.3
No. 4	超過確率1/10	1/110	1.746	3.1	19.2	34.1	34.1
	超過確率1/30		1.927	3.3	21.2	36.3	36.3
	超過確率1/50		2.017	3.4	22.2	37.4	37.4
	赤禿大崩壊後		2.017	3.4	22.2	37.4	37.4
	計画洪水流量		2.341	3.8	25.8	41.8	41.8
No. 7	超過確率1/10	1/12	2.034	4.2	※205.3	※424.0	※424.0
	超過確率1/30		1.639	4.9	165.5	494.6	494.6
	超過確率1/50		1.729	5.1	174.5	514.8	514.8
	赤禿大崩壊後		1.729	5.1	174.5	514.8	514.8
	計画洪水流量		1.972	5.4	199.1	545.1	545.1
No. 8	超過確率1/10	1/12	1.395	3.2	140.8	323.0	323.0
	超過確率1/30		1.620	3.5	163.5	353.3	353.3
	超過確率1/50		1.620	3.5	163.5	353.3	353.3
	赤禿大崩壊後		1.620	3.5	163.5	353.3	353.3
	計画洪水流量		1.852	3.8	187.0	383.6	383.6
No. 10	超過確率1/10	1/7	1.558	3.2	269.6	553.8	320.0
	超過確率1/30		1.695	3.4	293.3	588.7	340.0
	超過確率1/50		1.774	3.5	307.0	606.1	350.0
	赤禿大崩壊後		1.774	3.5	307.0	606.1	350.0
	計画洪水流量		2.059	3.9	356.3	674.9	390.0
No. 13	超過確率1/10	1/7	1.768	3.8	306.0	657.6	380.0
	超過確率1/30		2.015	4.2	348.7	726.8	420.0
	超過確率1/50		2.082	4.3	360.3	744.1	430.0
	赤禿大崩壊後		2.082	4.3	360.3	744.1	430.0
	計画洪水流量		2.405	4.8	416.2	830.7	480.0
No. 14	超過確率1/10	1/7	1.897	5.1	328.3	882.6	510.0
	超過確率1/30		2.036	5.5	352.3	951.8	550.0
	超過確率1/50		2.100	5.7	363.4	986.4	570.0
	赤禿大崩壊後		2.100	5.7	363.4	986.4	570.0
	計画洪水流量		2.285	6.2	395.4	1072.9	620.0
No. 18	超過確率1/10	1/30	1.270	2.7	51.3	109.0	109.0
	超過確率1/30		1.458	2.9	58.9	117.1	117.1
	超過確率1/50		1.551	3.0	62.6	121.1	121.1
	赤禿大崩壊後		1.551	3.0	62.6	121.1	121.1
	計画洪水流量		1.737	3.2	70.1	129.2	129.2

※洪水数のため、河辺が短くなる。

赤禿大崩壊後：昭和42年5月4日に発生した赤禿山の大崩壊から現在までの最大日雨量から算出した流量。

## 5) 巨礫の土石流による運搬の可能性について

昭和44年8月12日の鉄砲水（溪岸崩壊土砂の混入により土石流化したと考えられる）により、大所2号ダム下流域および天然ダム堆砂域に最大礫径が供給された可能性を検討する。

京都大学防災研究所の諏訪浩（昭和63年度砂防学会研究発表会概要集 P.235）によれば、「土石流で運搬される最大礫径は、流動深と同程度またはそれ以上のものも多い。」との報告がある。このことを基に、巨礫の土石流による運搬の可能性について検討する。

鉄砲水発生時の降雨量は、111mmと超過確率日雨量1/10よりも少ないが、赤禿山大崩壊の際に形成されたダムの決壊による流量が加わったため、洪水流量の推定は困難である。そこで、既往最大日雨量（216.5mm）時の流量（超過確率日雨量1/50）があったと仮定する。また、流動深は最大水深とする。

図-3.3.1河川測量横断面図に示すように、大所2号ダム下流域（副ダム-40.0）での最大水深は4.7mで、洪水数での水深は1.6mとなり、この水深から現存する最大礫径（202cm）はほぼ運搬可能である。また、図-3.3.4に示すNo18+20の天然ダムでは、最大水深が3.0mで、洪水数での水深は1.4mとなり、やはり、この水深から土石流で最大礫径（159cm）を運搬することができる。さらに図-3.3.2～図-3.3.4に示すNo7～14の急流部での最大水深は3.5～5.7mを示し、この区間でも巨礫の大多数を運搬することになる。しかし、昭和34年、昭和47年（昭和42年5月4日の赤禿山の大崩壊と昭和44年8月12日の大所川の堰止め決壊後）、昭和51年、昭和58年（昭和57年9月の50年確率に相当する降雨の後）の空中写真では、土石流の流下跡が認められないため、土石流は発生していないと判断される。また、現地調査では、土石流特有の土石流堆が認められていない。

以上のことから、土石流が発生すれば、天然ダム域で3.0m、急流部で3.5～5.7m、大所2号ダム下流域で4.7mの礫径までを運搬することができる。しかし、空中写真判読によれば、土石流は発生していないため、土石流による巨礫運搬の可能性は極めて少ない。このことから、巨礫の安定度は一般的な掃流砂として安定度の検討をすれば良いことになる。

## 6) 岩垣の式で求めた限界礫径の妥当性について

表-3.8には、岩垣の式で求めた限界礫径を示した。調査域の超過確率日雨量1/50は219.5mmであり、これに近い降雨は昭和57年9月12日（216.5mm）に経験している。これは、赤禿山崩壊後の最大日雨量である。この日雨量時における岩垣



の式での限界礫径は、 $I = 1/12$ 区間（測点No 7、8地点）で $\phi 3.53 \sim 5.14\text{m}$ 、（計画洪水時 $\phi 3.83 \sim 5.45\text{m}$ ） $I = 1/7$ 区間（測点No 10、13、14）で $\phi 3.5 \sim 5.7\text{m}$ （計画洪水時 $3.9 \sim 6.2\text{m}$ ）となった。また、粒度分布調査結果からは、図-3.3.5に示したように、 $D_{10}$ 、 $D_{50}$ 、 $D_{80}$ 、 $D_{90}$ 、 $\phi_{max}$ の礫径と河床勾配の関係は、似た傾向を示しているが、河床勾配 $1/10$ 以下で $\phi_{max}$ だけが大きな粒径を計測し異なることから $D_{10} \sim D_{90}$ までは河床勾配に関係なく移動し、 $\phi_{max}$ は河床勾配 $1/10$ 以下では移動しないと考えられる。したがって、 $D_{90}$ の最大礫径 $4\text{m}$ 程度までは移動している可能性がある。さらに、昭和34年撮影の空中写真判読によれば、大所2号ダムが完成する前の旧河道時には、測点No 0～4（現在の大所2号ダム堆砂域）に $3 \sim 4\text{m}$ の運搬礫が認められるため、急流域での移動礫径は $3 \sim 4\text{m}$ と推察される。したがって、粒度分布調査と空中写真判読結果から本調査地の移動可能礫径は、 $\phi 3 \sim 4\text{m}$ と判断され、掃流力計算から求められた限界礫径の最小値とほぼ一致する。現地の河床には、 $\phi 6 \sim 10\text{m}$ に及ぶ巨礫が積み重なっているが、空中写真判読では移動していないものが多い。このことから、岩垣の式から求めた限界礫径は、防災的見地から土石流状態も若干加味すれば安全側の値を示し、ほぼ妥当な値と判断される。

#### 7) 河床材料と限界礫径

粒度分布調査結果の図-3.2.3～3.2.10に、超過確率日雨量別に径深を適用した岩垣の式の限界礫径を記入して示した。これらの図から、つぎのことが分かる。

- ・ダム下流域（図-3.2.3）、測点No 4（図-3.2.4）、No 18+20（図-3.2.10）などの堆砂域では、ほぼ $D_{50}$ 付近に限界礫径がある。
- ・急流部（測点No 7～No 14区間）（図-3.2.5～3.2.9）では、 $D_{90} \sim D_{100}$ に限界礫径がある。

このことから判断すると、急流部（測点No 7～No 14区間）では洪水時に巨礫が移動する可能性が高くなる。

#### 8) 超過確率日雨量と不安定化する巨礫の検討

調査域の超過確率日雨量は、表-3.6にまとめて示した。昭和57年9月12日には $216.5\text{mm}$ の日雨量を経験し、ほぼ超過確率日雨量 $1/50$ の雨量（ $219.5\text{mm}$ ）に相当する。

現地調査による巨礫の礫径頻度を示した図-3.3.6から、超過確率日雨量 $1/100$ で移動できる巨礫は、岩垣の式を適用すればNo 4～14区間で60個計測した内の

30個（50%）が移動し、残りの50%は移動しないものと判断される。岩垣の式は、等流状態での水流を考えているため、水衝部や狭窄部での土砂運搬能力はさらに大きいと思われる（検討方法がないため考察できない）。空中写真判読や現地調査による結果の考察では、3～4 m以下が動いたと考えられ、先ほどの60個の内15個（25%）が動くことになる。したがって、超過確率日雨量1/100があつたとしても、50%の巨礫は残存することになるとと思われる。参考までに、5 m未満が移動すると考えれば、31個（50%）が動き、残りの半分は残存することになる。

図-3.3.6には、測点No 4～14区間で現地調査により計測した巨礫の礫径頻度分布と各超過確率日雨量で移動すると考えられる礫の分布（最大水深を適用）を示した。超過確率日雨量1/10では、本調査地内巨礫群の内の27%が移動可能で、 $\phi$  3～4 mの巨礫が主に移動し、 $\phi$  5～6 mも移動することが考えられる。超過確率日雨量1/30では、巨礫群のうち37%が移動可能であり、 $\phi$  3～5 mの巨礫が主に移動し、 $\phi$  5～6 mの巨礫も移動可能である。超過確率日雨量1/50では、巨礫群の内の42%が移動可能で、 $\phi$  4～5 mの巨礫が主に移動し、 $\phi$  5～6 mの巨礫も移動可能である。超過確率日雨量1/100では、巨礫群の内の50%が移動可能で、 $\phi$  4～5 mの巨礫が主に移動し、 $\phi$  6～7 mの巨礫も移動可能である。

つぎに、各区間について検討した結果を以下に示す。図-3.3.7は、各区間毎の礫径5 m以上の巨礫の頻度と、現地調査によりランダムに巨礫を10個計測した中で各超過確率日雨量に対して移動する礫の比率を示したものである。河床勾配の緩い区間（ $I = 1/12$ ）の方が、各超過確率日雨量で移動する礫の量が多くなっている。これは、礫径5 m以上の巨礫の頻度から分かるように河床勾配  $I = 1/12$ での構成礫径が  $I = 1/7$ 区間より少ないためである。 $I = 1/7$ の急流部では、限界礫径は大きい分布する礫径も大きくなっているため、見掛け上、 $I = 1/12$ の方が計画洪水で動く割合が大きくなっている。測点No 4～No 8区間（河床勾配  $I = 1/12$ ）における巨礫の移動比率は、超過確率日雨量1/10以外は60～90%である。No 10～No 14区間（河床勾配  $I = 1/7$ ）における巨礫の移動比率は、20～40%である。したがって、超過確率日雨量1/100の計画洪水流量によって、急流部の巨礫のうち20～40%が移動可能と判断される。この点については、9)で更に詳しく検討する。

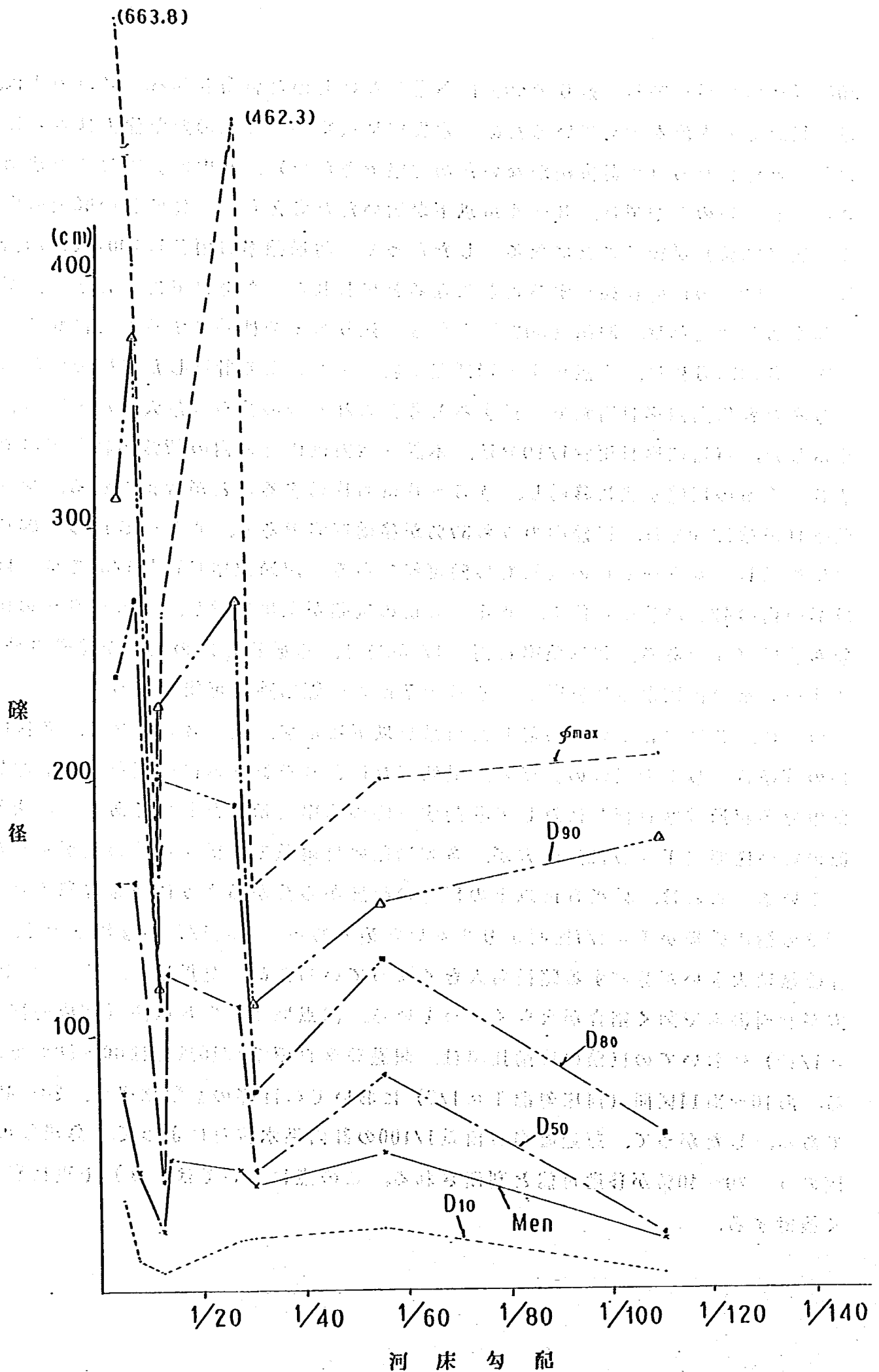


図-3.3.5 河床勾配と礫径の関係

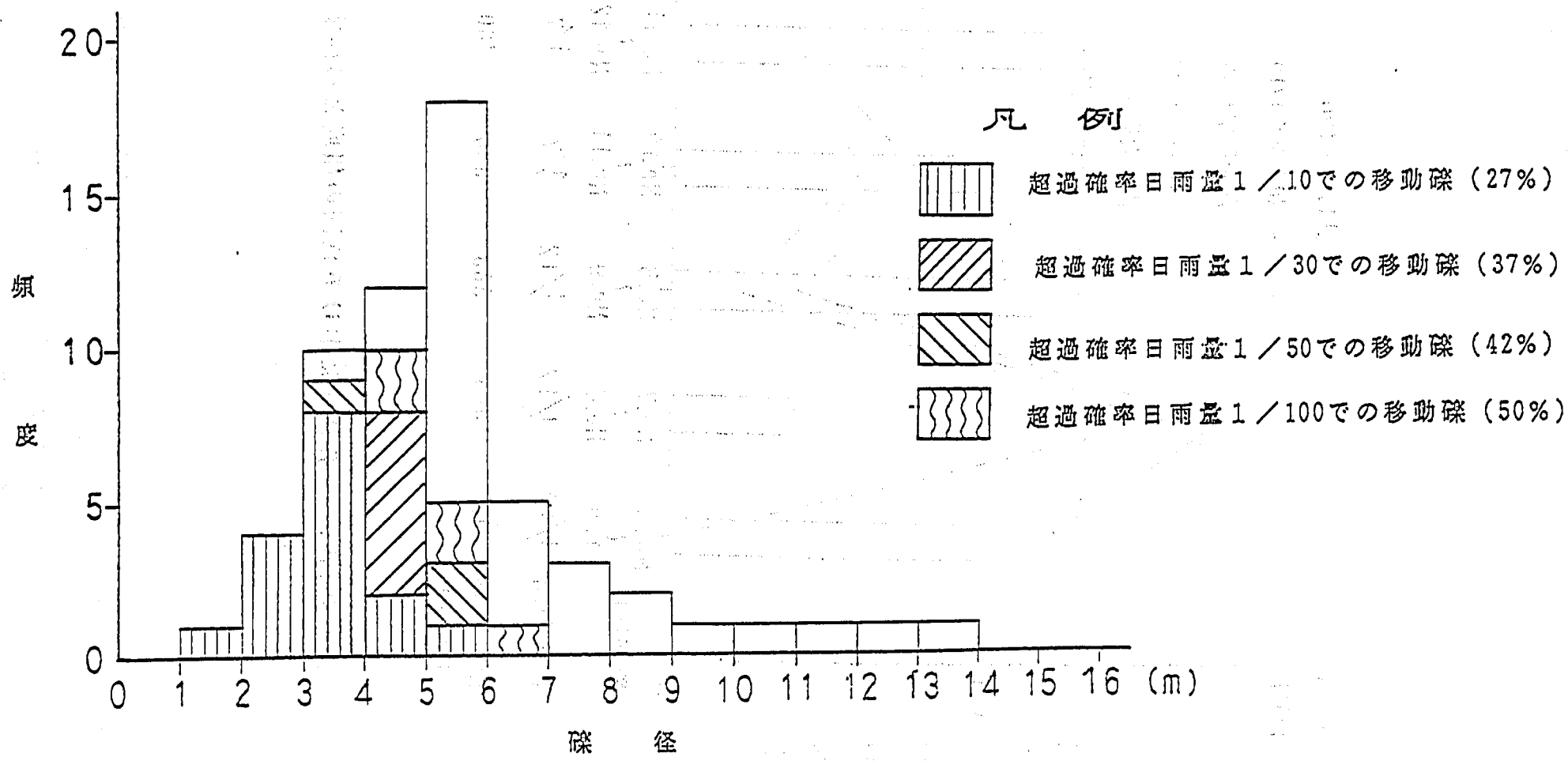


図-3.3.6 碟径頻度と各超過確率日雨量での移動比率

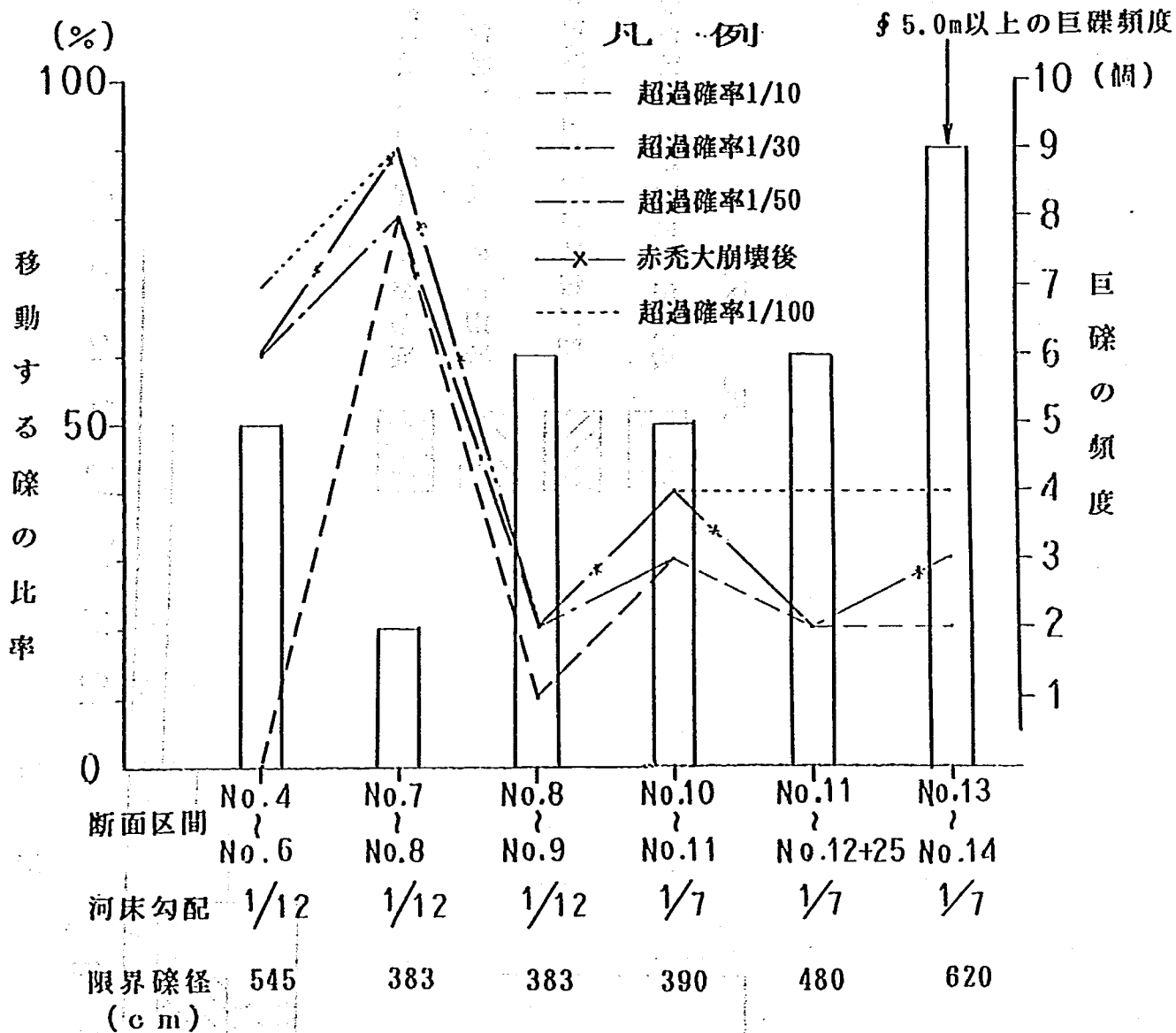


図-3.3.7 各区間における巨礫の頻度と移動する礫の比率

## 9) 不安定化し易い区間の検討

岩垣の式から求めた最大の限界礫径を示す区間は、表-3.8に示すようにNo13~14である。この区間は、巨礫がクサビ状に積み重なり、その上流では図-3.2.2の河川縦断測量図に示すように河床勾配 $I=1/4$ の急流を呈している。またこの区間は、右岸崩壊地の直下に位置するため、崩壊による土砂供給が多い時には河床は安定しているが、右岸崩壊地からの土砂供給が少なくなると急激に河床が低下すると考えられる。現地では、測点No14付近でクサビ状に積み重なった礫の下まで河床が低下しているところがある。このように、クサビ状に積み重なった所では、右岸側の土砂が侵食されない限り、この状態は維持されると判断される。現地の河川の曲流状態を考慮すれば、測点No13はほぼ直線区間であり、また、河床に岩盤(チャート)が露出しているため、これ以上の河床低下は考えられない。もし、この区間で土砂の移動が起こるとすれば限界礫径の大きいNo14付近から始まると考えられる。この付近の土砂が移動すれば、さらに右岸側の崩壊が進行し、地すべりを不安定化させる要因となると考えられる。

同様に、測点No10付近も右岸側が水衝部となり、側方侵食を受けているため、 $\phi 3.5$ 以下の巨礫及び土砂が流出する可能性がある。

つぎに土砂流出の可能性が高いのは、図-3.2.2の河川縦断測量図に示す最深河床標高の経年変化から考えると、測点No5付近の急流部直下の局所洗掘である。この区間は測点No10付近と同じく、右岸側が水衝部に相当する。

そのつぎは、天然ダム下流端(水管橋直下No16付近)である。この区間は、河幅が急に狭くなっているため、流速が早くなり局所洗掘を生じている。この局所洗掘が、天然ダムの土砂流出を促進すると考えられる。その流出土砂は、測点No14地点を始め下流域の右岸側方侵食を促進させ、土砂移動を多くすると考えられる。

以上のことから、調査域の不安定化し易い領域を推定すれば、つぎのようにまとめられる。

- ① 測点No14付近は、河床勾配が $1/4$ と急であり限界掃流力も大きく、右岸側が水衝部となっているため、第1番目に不安定化し易い所である。この地区は、右岸側崩壊地の中心部に相当し、側方や縦侵食は溪岸崩壊の原因となり、かつ地すべり誘発の原因にもなっている。当地区の土砂安定のキーポイントと考えられる。
- ② 測点No10も右岸側が水衝部となり、現地では側方侵食が進んでおり、また、

限界礫径も  $\phi 3.9\text{m}$  と大きいため、不安定化し易い区間である。

③ 測点 No 5 付近は、大所 2 号ダム堆砂域の上流端であり、かつ急流部の最下端であるため、局所洗掘が発生し易い。この局所洗掘により、上流側河床が不安定化し、土砂流出を促進させる。しかし、この地区は、昭和 52 年に大所 2 号ダム建設後の堆砂により、局所洗掘量が少なくなったため、以前ほど大きな問題とはならない。ダム完成以前は、局所洗掘の進行に伴って、地すべりブロック（ヘヤピンカーブ部）末端部の溪岸崩壊が促進されたとと思われる。

④ No 16 は、狭窄部となっているため、河床低下し上流域の天然ダムの土砂流出を促進させる。この流出土砂が、下流域の側方侵食を促進させている。

#### 4. まとめ

大所川の現河道内に分布する巨礫による天然ダムが、今後も天然ダムとして機能を果たすことができるかどうかを、現地調査、空中写真判読、岩垣の式による限界礫径の算出により検討した。

現地調査における巨礫の分布は、図-3.1.3に示すように当該調査区間の下流域の測点Na0-80付近と上流域の測点Na18付近では2m程度の巨礫の分布が見られ、測点Na5~Na16では右岸側に溪岸崩壊地が連続し河床勾配が大きく、巨礫が重なり合い径13mにおよぶ巨礫が分布していることがわかった。一方、空中写真判読では、経年的に撮影されている写真をもとに移動しない礫、埋没した礫、移動した礫に種別した。その結果を現地調査の結果とともに考察すると、既往の降雨では2m程度の礫は移動し得たものと推察される。また、写真の状況から測点Na5~Na16区間の急流域に分布する巨礫は、右岸の溪岸崩壊地からの供給と思われる。その写真の状況から運動礫径と思われる礫径3~4mのものが認められるため、急流部での移動礫径は3~4mと推察される。さらに、限界礫径を岩垣の式で算出した結果では、既往最大雨量（昭和42年5月4日に発生した赤禿山の崩壊から現在までの最大日雨量）による流量では限界礫径は37cm~570cm、計画洪水流量では限界礫径41cm~620cmの値となり、現地調査での礫径分布と比較し、礫の移動可能性について検討した。その結果計画洪水流量では、急流部に分布する巨礫群の内50%が移動可能で、 $\phi$ 4~5mの巨礫が主に移動し、 $\phi$ 6~7mの巨礫も移動する可能性もある。したがって、計画洪水流量が流下した場合は、巨礫が不安定化して、現在巨礫により形成されている天然ダムの機能が維持できなくなる可能性もあると判断される。

これまでの推察については、現河道の右岸側に位置する延長約1km、末端幅800m、すべり面深度100m以上の規模の地すべり（溪岸崩壊地を形成している大規模地すべり、現在移動が認められる）活動により、巨礫に掛かる側方外力を考慮していない。また、限界礫径解析に用いた岩垣の式は、当該調査地に分布する巨礫が対象ではなく、 $\phi$ 20cm未満の礫が混在する河川の等流状態の解析手法である。今後、新たな適用条件式が提案されることにより、見直しをする必要がある。



# 大所川巨礫調査報告書

I S S N 0386—5878  
土木研究所資料第3107号  
平成4年2月(1992)

新潟試験所 所長 綱木 亮介  
主任研究員 白石 一夫  
研究員 伊藤 和弘  
小嶋 伸一

## 要旨

本報告は、新潟県糸魚川市の姫川左支大所川流域における砂防施設計画区域の空中写真判読、現地での巨礫の堆積状況調査および粒径調査等に基づいて巨礫の洪水時安定度についてとりまとめたものである。

キーワード：河床礫の安定度調査、河床礫調査、粒径調査

郵便はがき

944-□□

新潟県新井市錦町二丁目六番八号

建設省土木研究所

新潟試験所 御中

No. 20

土木研究所資料第3107号 部

上記のとおり受領しました。

所属(住所)

氏名

