

## 2.3 Chincha 川

### 1) 確率規模別対象流量

Chincha 川における確率規模別の最大流量を表-3-1に、ハイドログラフを図-3-1に示す。このうち 1/5、1/10、1/25、1/50 確率流量を氾濫解析の対象流量とした。

表-3-1 確率規模別ピーク流量

(チンチャ川)

T (años)	Q (M3/S)
2	102
5	236
10	290
25	403
50	458
100	586

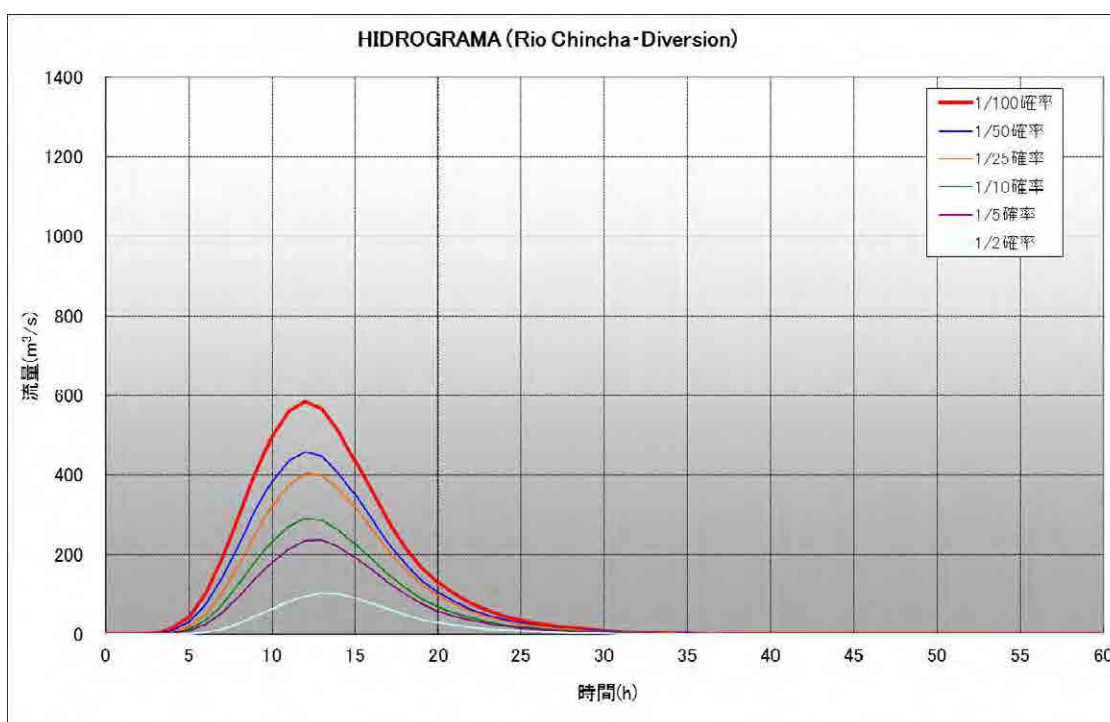


図-3-1 ハイドログラフ (チンチャ川)

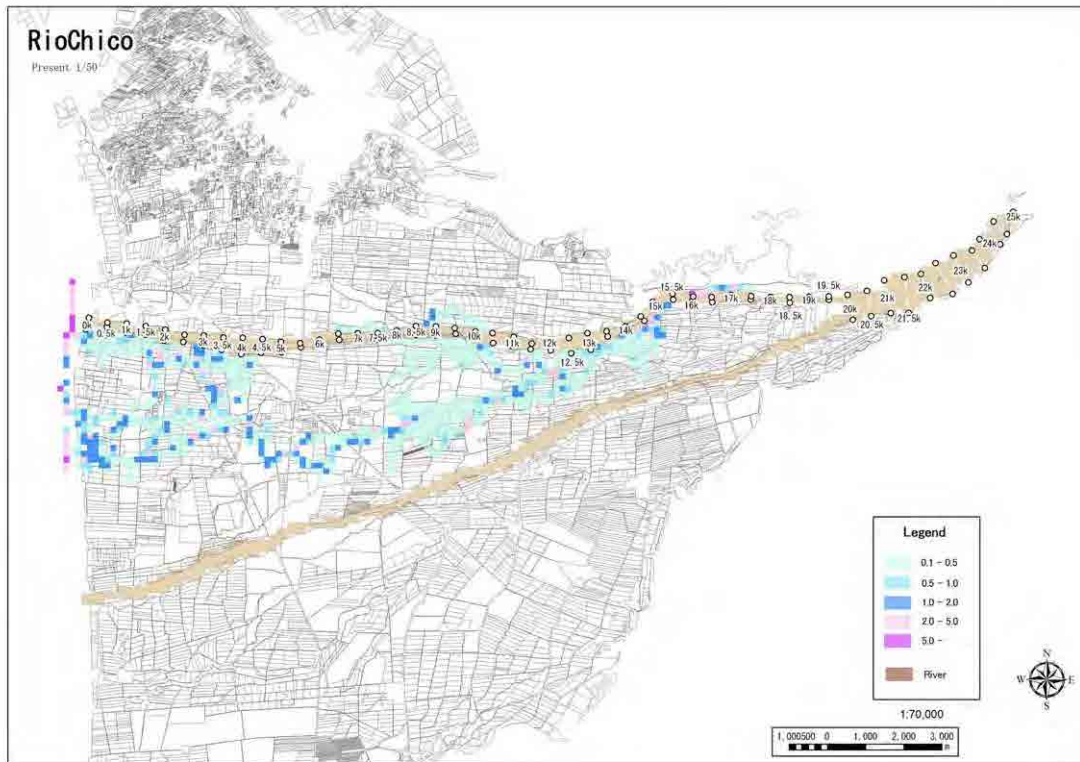
### 2) 各確率規模別氾濫解析結果 (現況)

Chincha 川現況河道における、各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

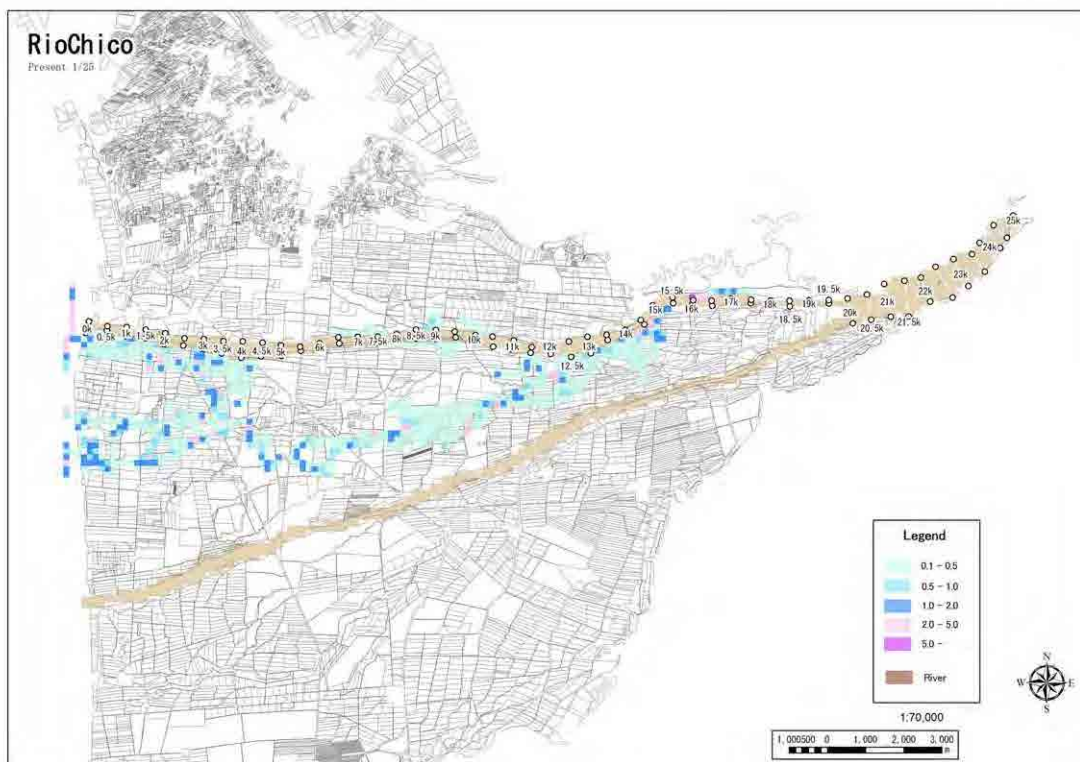
表-3-2 現況氾濫解析結果 (浸水メッシュ数、浸水面積) (チンチャ川)

現況		1/5		1/10		1/25		1/50	
		メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Chincha	①Chico	270	607.5	293	659.3	714	1,606.5	827	1,860.8
	②Matagente	249	560.3	265	596.3	498	1,120.5	587	1,320.8
	③重複メッシュ数	0	0.0	0	0.0	249	560.3	256	576.0
	①+②-③	519	1,167.8	558	1,255.5	963	2,166.8	1,158	2,605.5

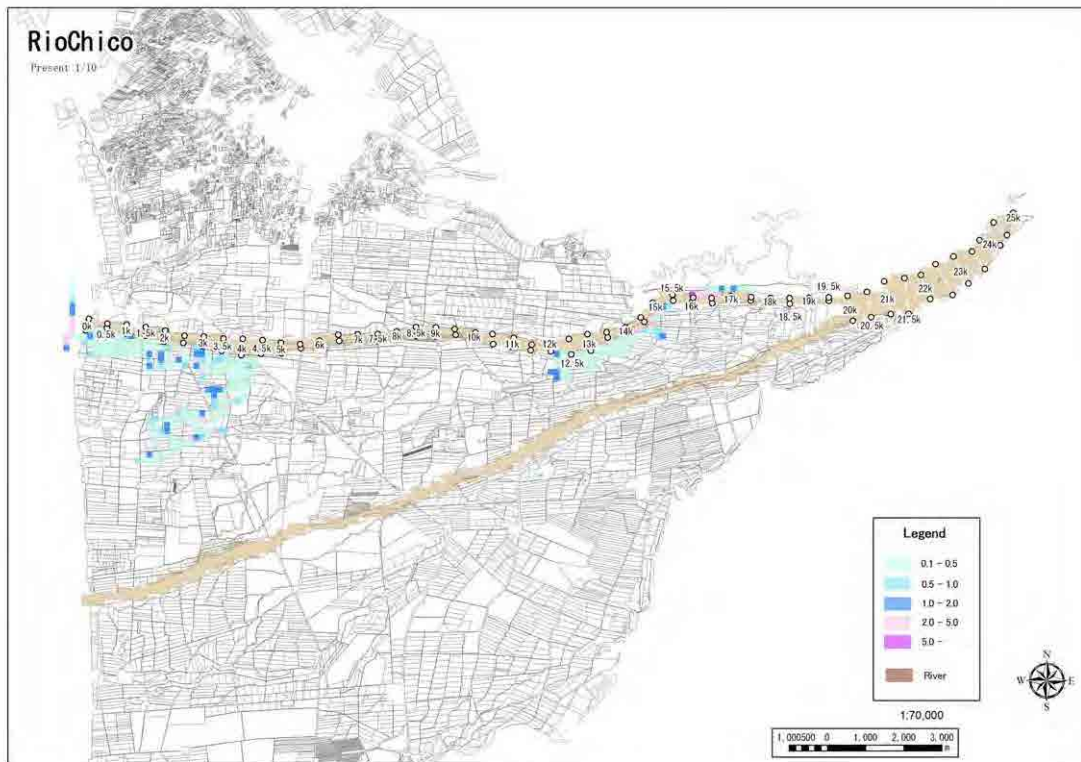
**Rio Chinchá (Rio Chico) (1/50 確率) 現況**



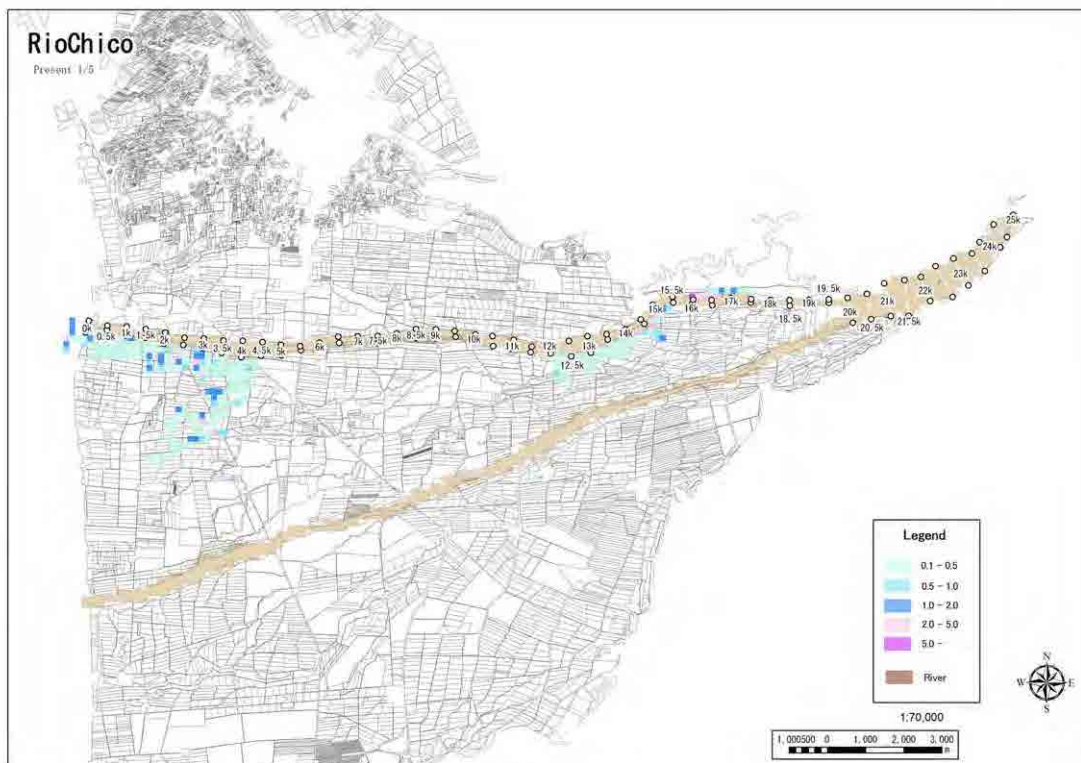
**Rio Chinchá (Rio Chico) (1/25 確率) 現況**



Rio Chinch (Rio Chico) (1/10 確率) 現況

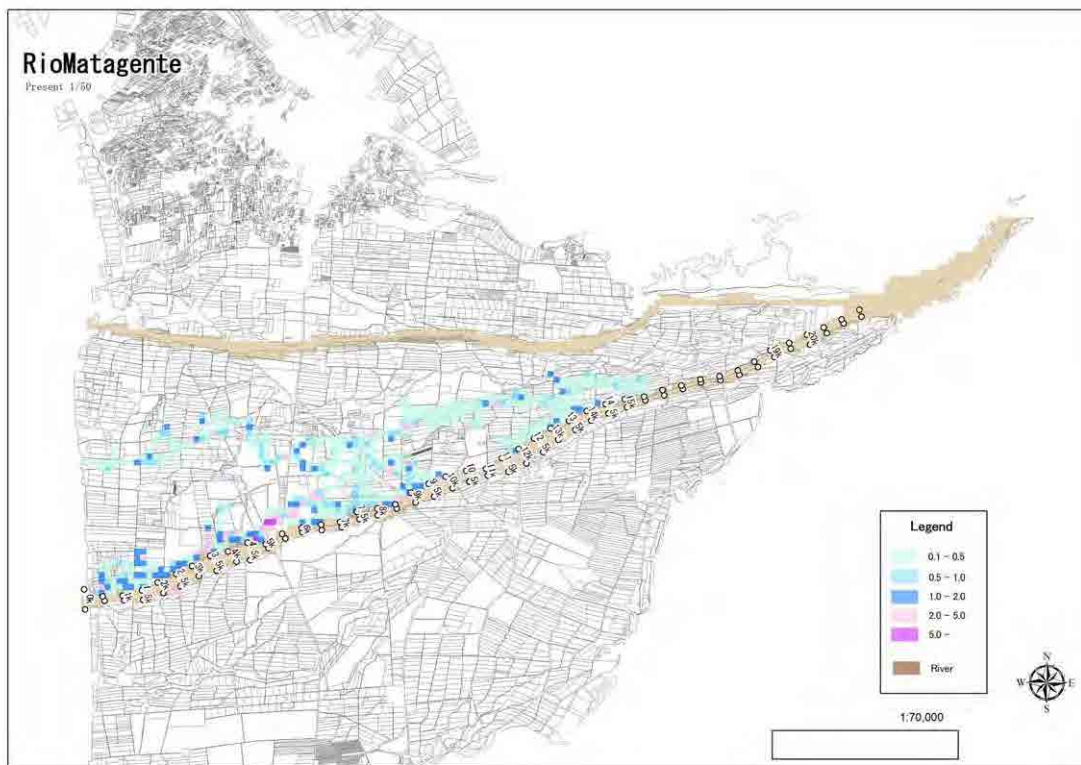


Rio Chinch (Rio Chico) (1/5 確率) 現況

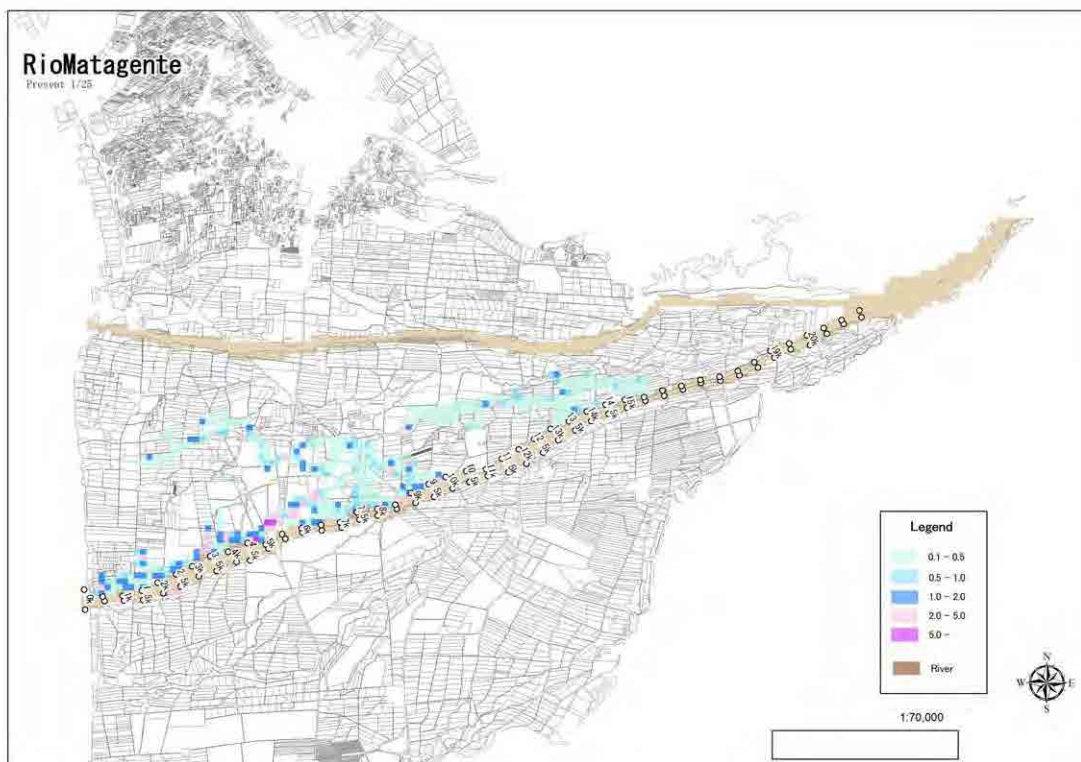




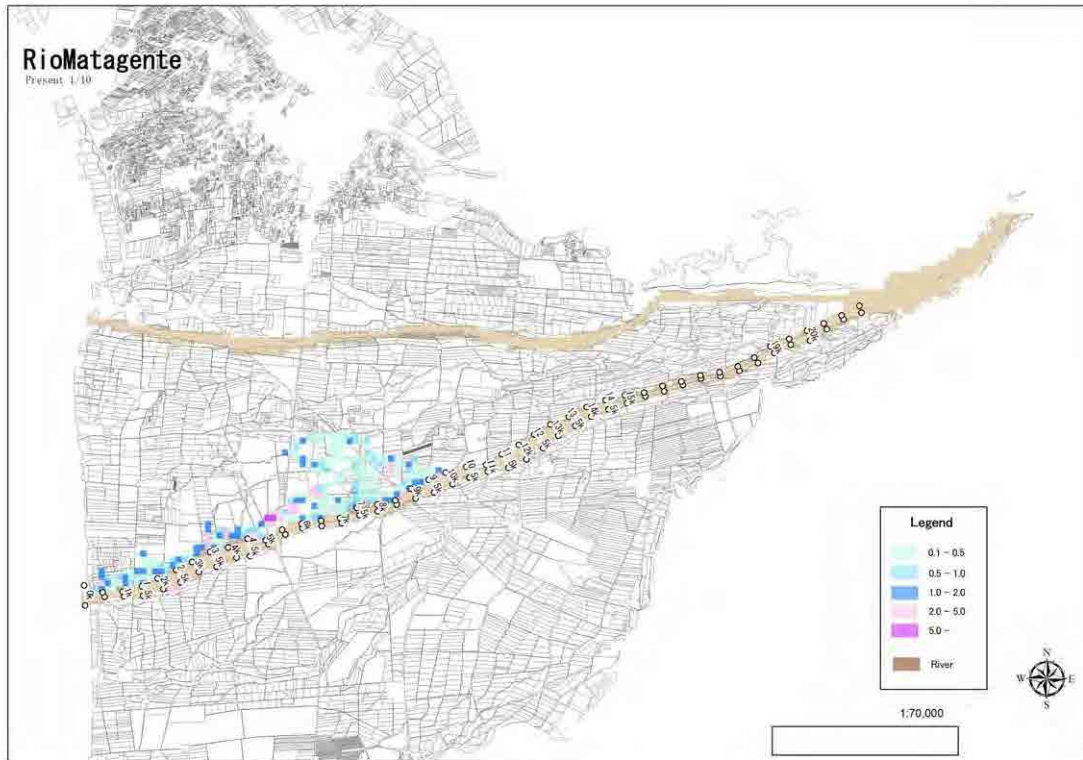
**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/50 確率) 現況**



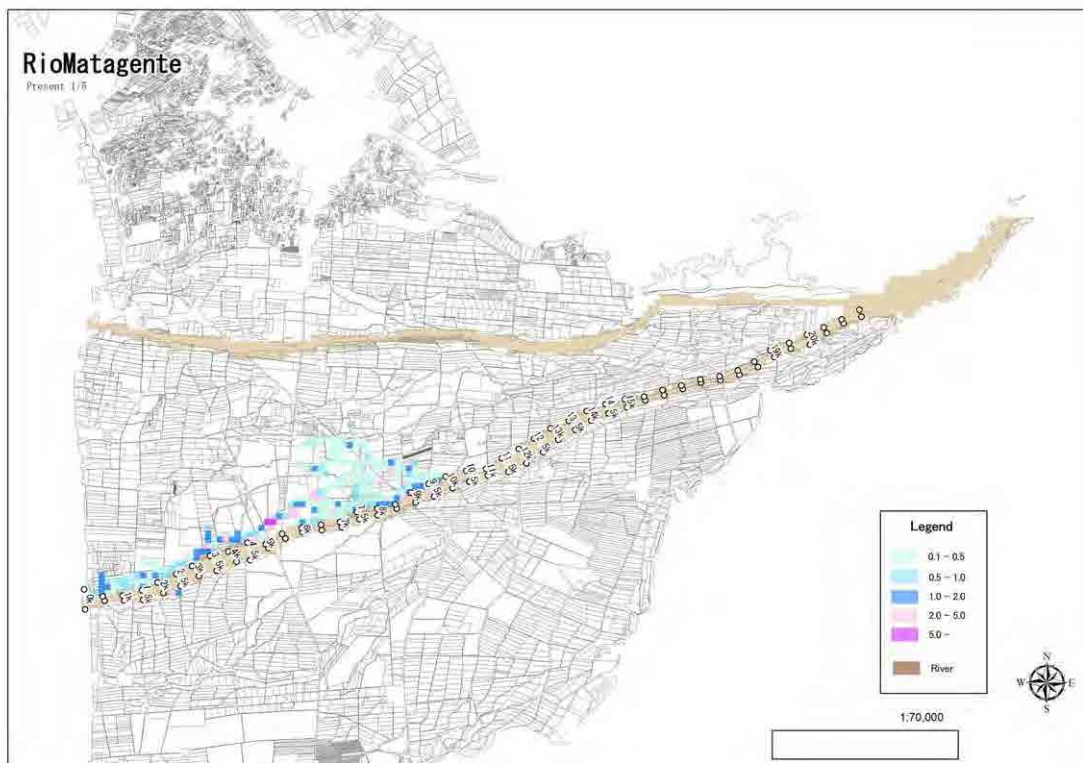
**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/25 確率) 現況**



**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/10 確率) 現況**



**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/5 確率) 現況**



### 3) 対策施設の概要

現況の氾濫解析結果より、氾濫の拡散状況を踏まえて、対策位置を設定した。  
図-3-2に対策位置示す。



図-3-2 洪水対策施設設置箇所 (Chuncha川)

#### 4) 確率規模別氾濫解析結果（対策後）

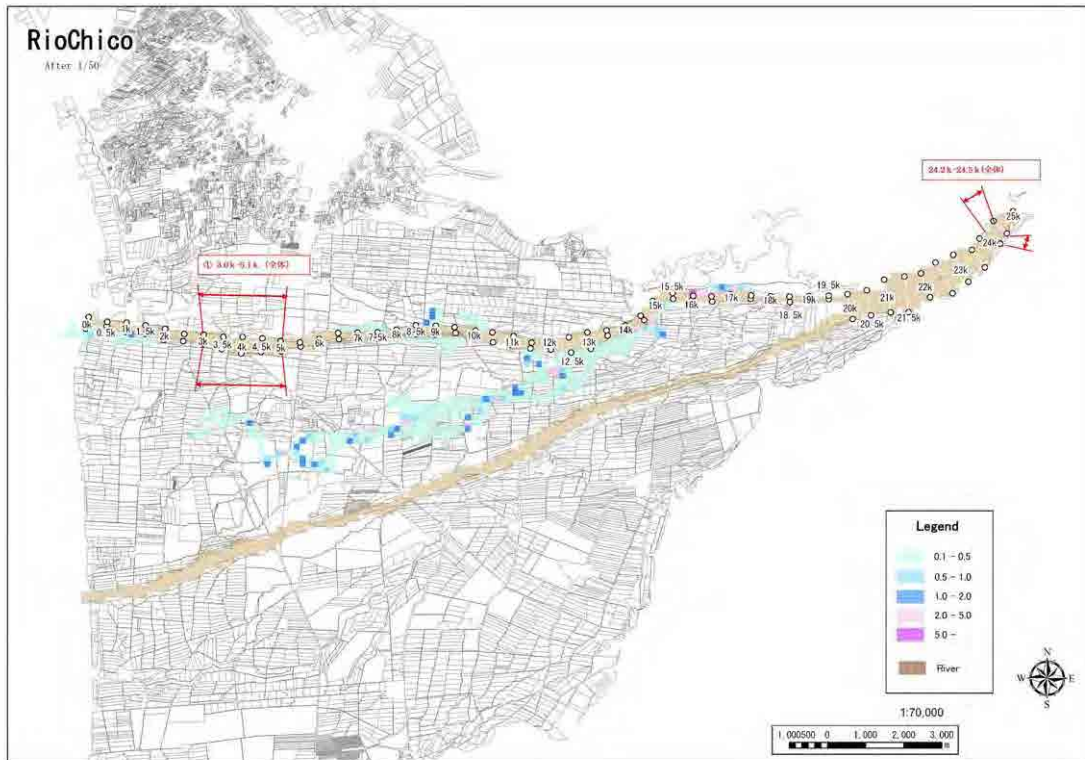
洪水対策施設設置後の各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

表- 3-3 対策後氾濫解析結果（浸水メッシュ数、浸水面積）（チンチャ川）

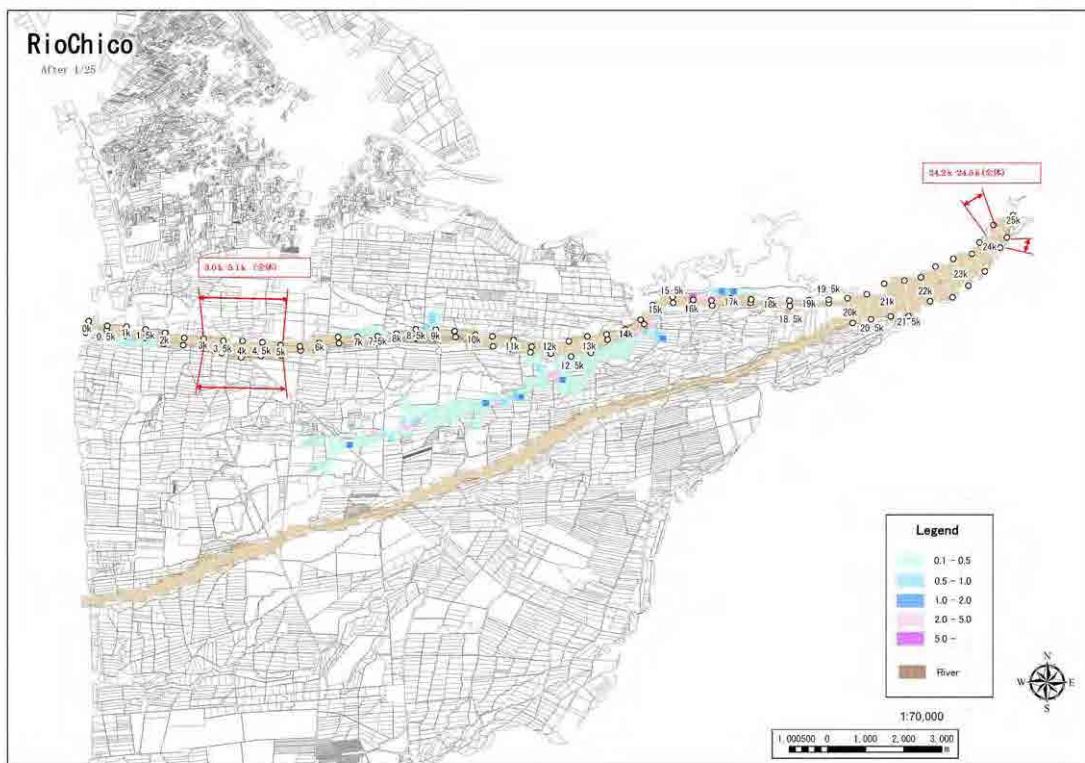
整備後		1/5		1/10		1/25		1/50	
		メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
<b>Chincha</b>	①Chico	24	54.0	56	126.0	248	558.0	397	893.3
	②Matagente	-	-	-	-	148	333.0	245	551.3
	③重複メッシュ数	-	-	-	-	76	171.0	140	315.0
	①+②-③	24	54.0	56	126.0	320	720.0	502	1,129.5



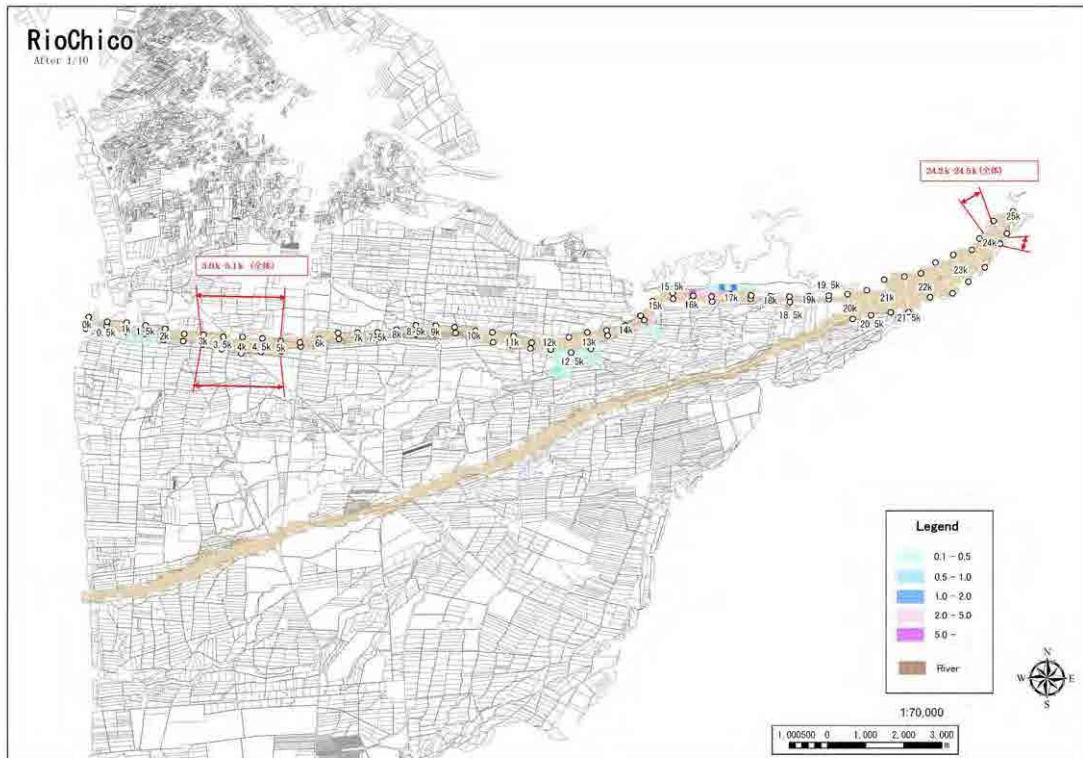
**Rio Chinchá (Rio Chico) (1/50 確率) 整備後**



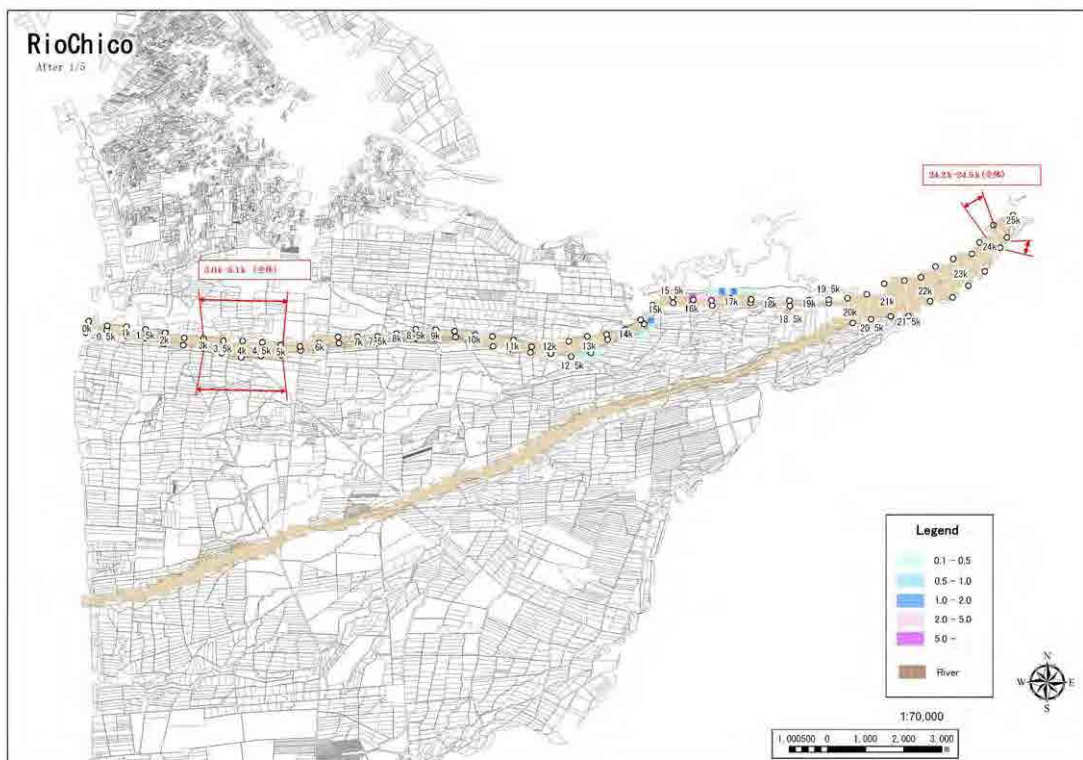
**Rio Chinchá (Rio Chico) (1/25 確率) 整備後**



Rio Chinchá (Rio Chico) (1/10 確率) 整備後

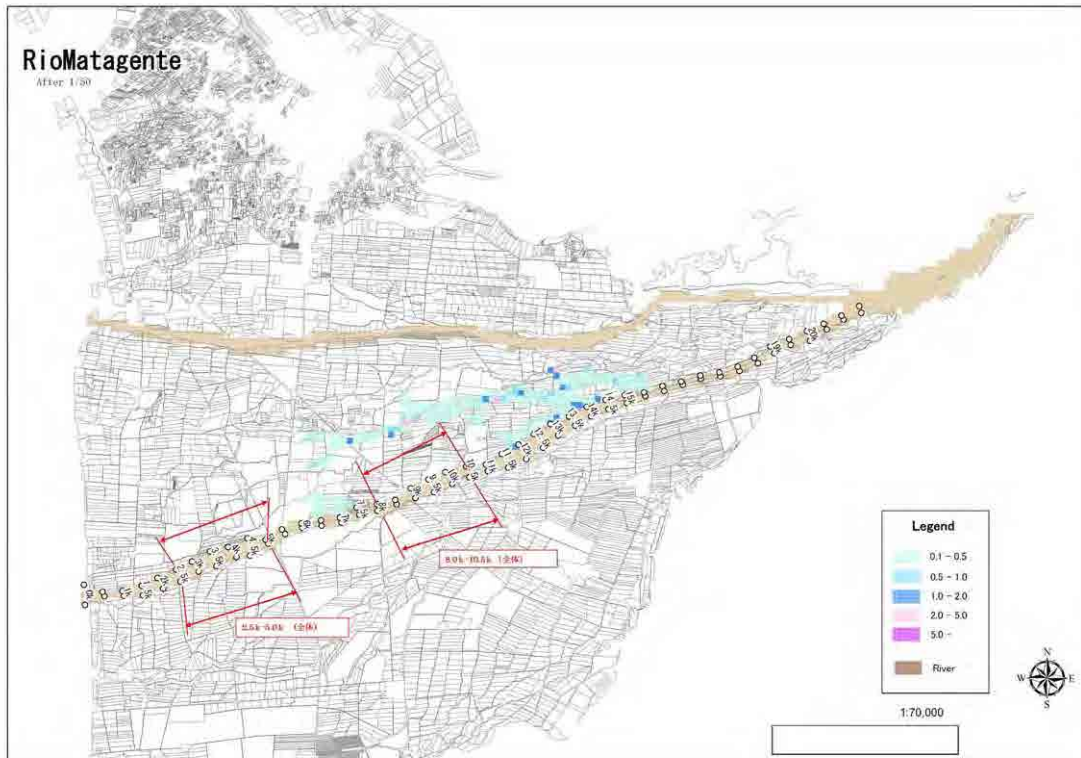


Rio Chinchá (Rio Chico) (1/5 確率) 整備後

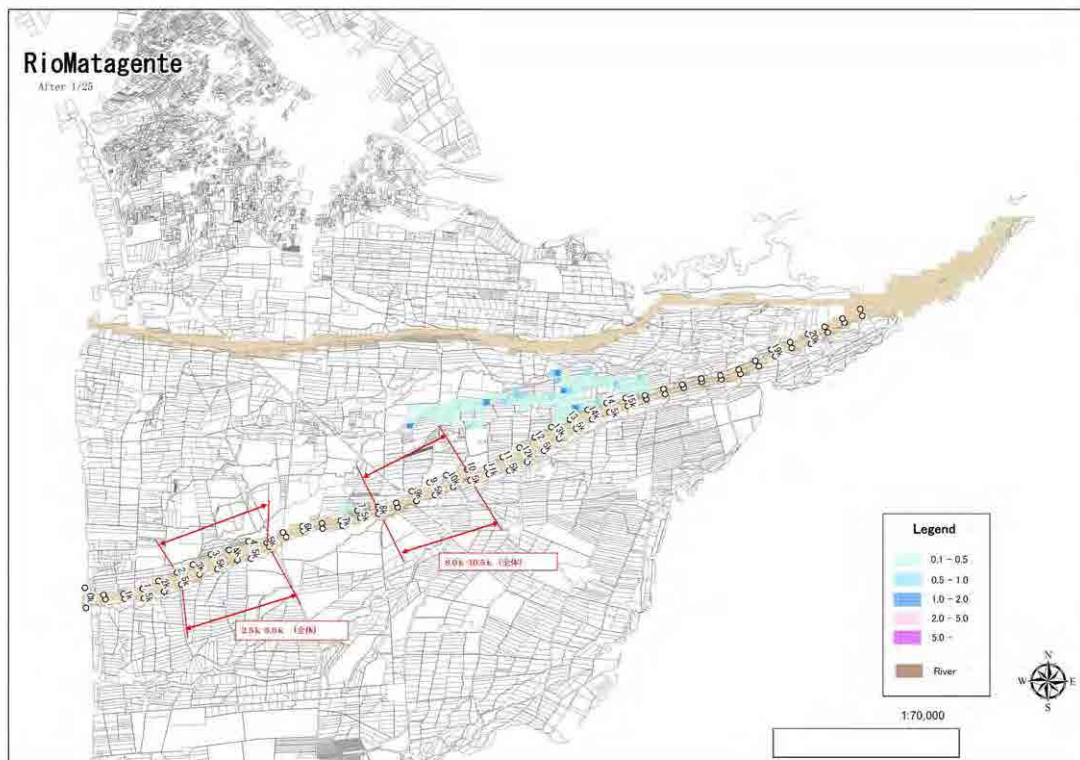




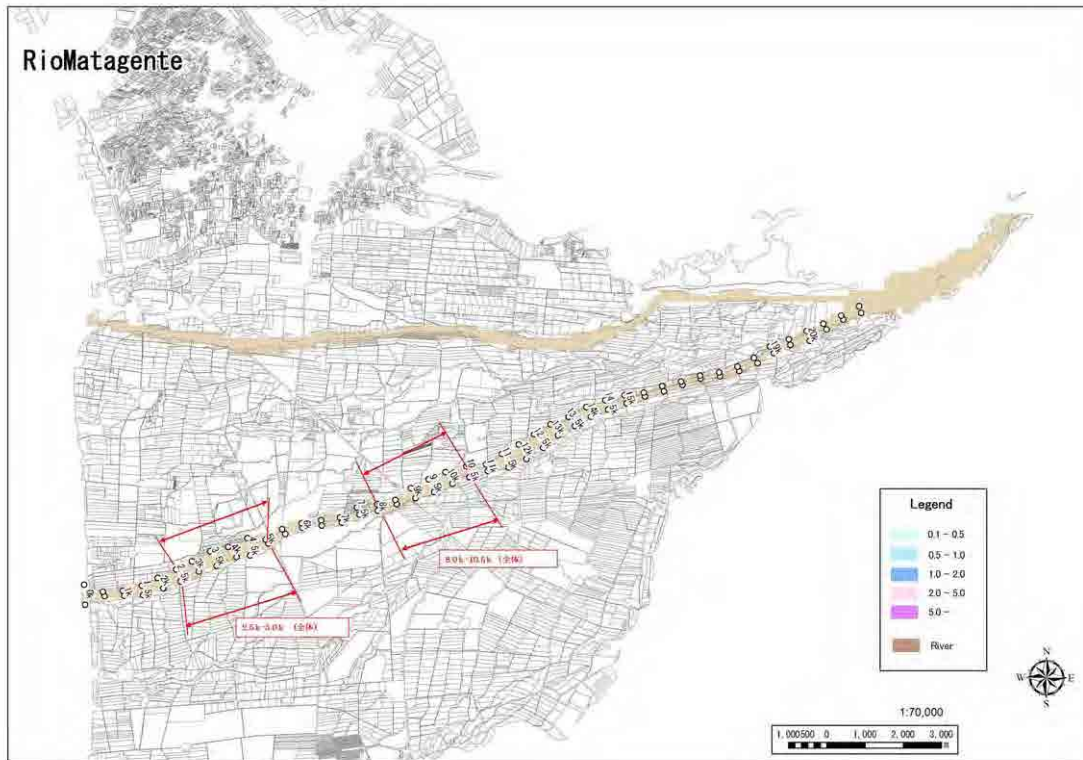
Rio Chinch (Rio Matagante) (1/50 確率) 整備後



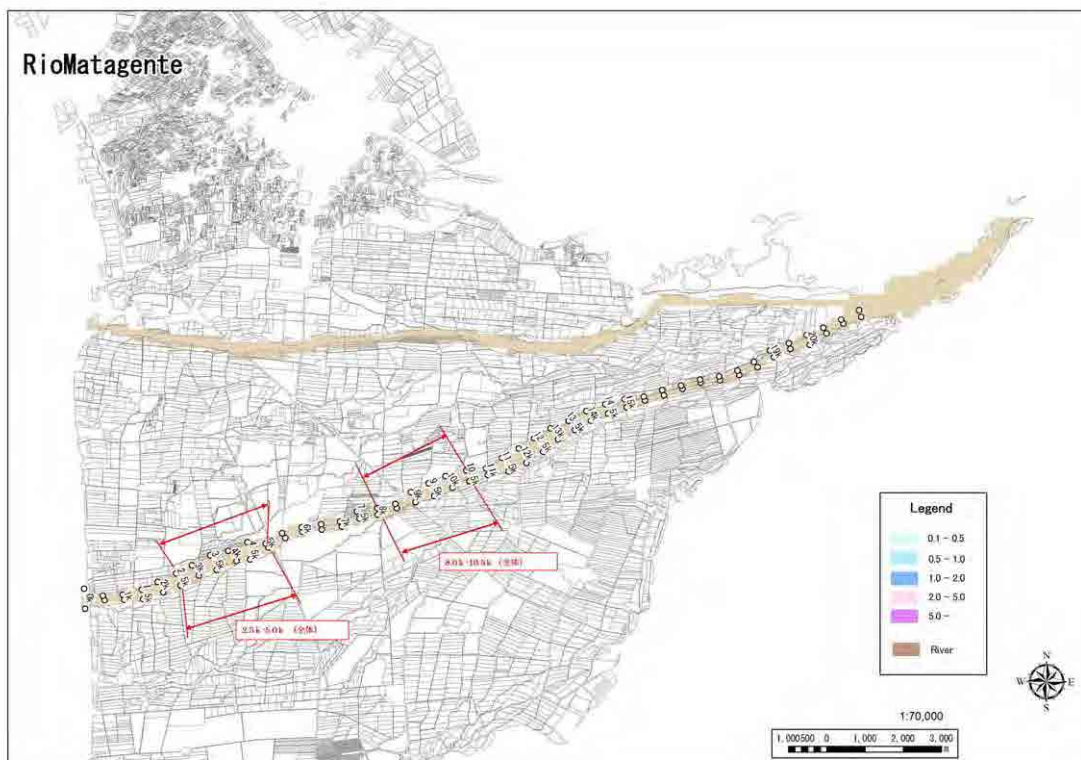
Rio Chinch (Rio Matagante) (1/25 確率) 整備後



**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/10 確率) 整備後**



**Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/5 確率) 整備後**





## 2.4 Pisco 川

### 1) 確率規模別対象流量

Pisco 川における確率規模別の最大流量を表- 4-1 に、  
 ハイドログラフを図- 4-1 に示す。このうち 1/5、1/10、  
 1/25、1/50 確率流量を氾濫解析の対象流量とした。

表- 4-1 確率規模別ピーク流量

(ピスコ川)

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	214
5	287
10	451
25	688
50	856
100	963

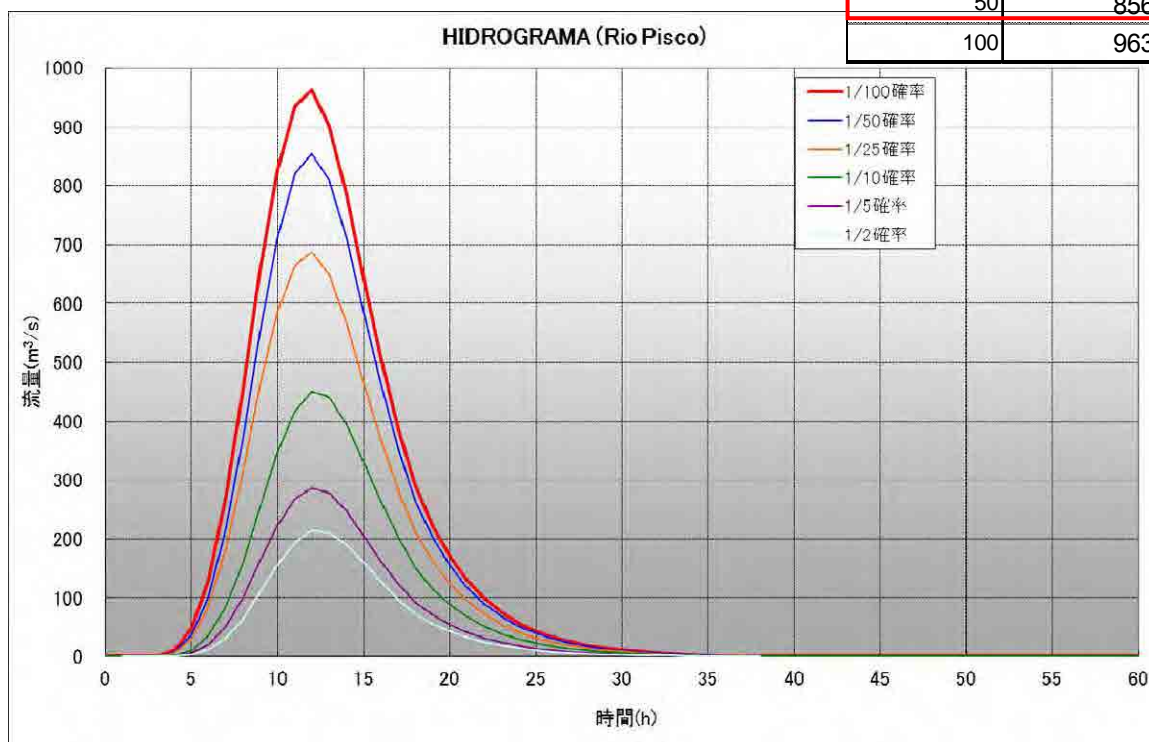


図- 4-1 ハイドログラフ (ピスコ川)

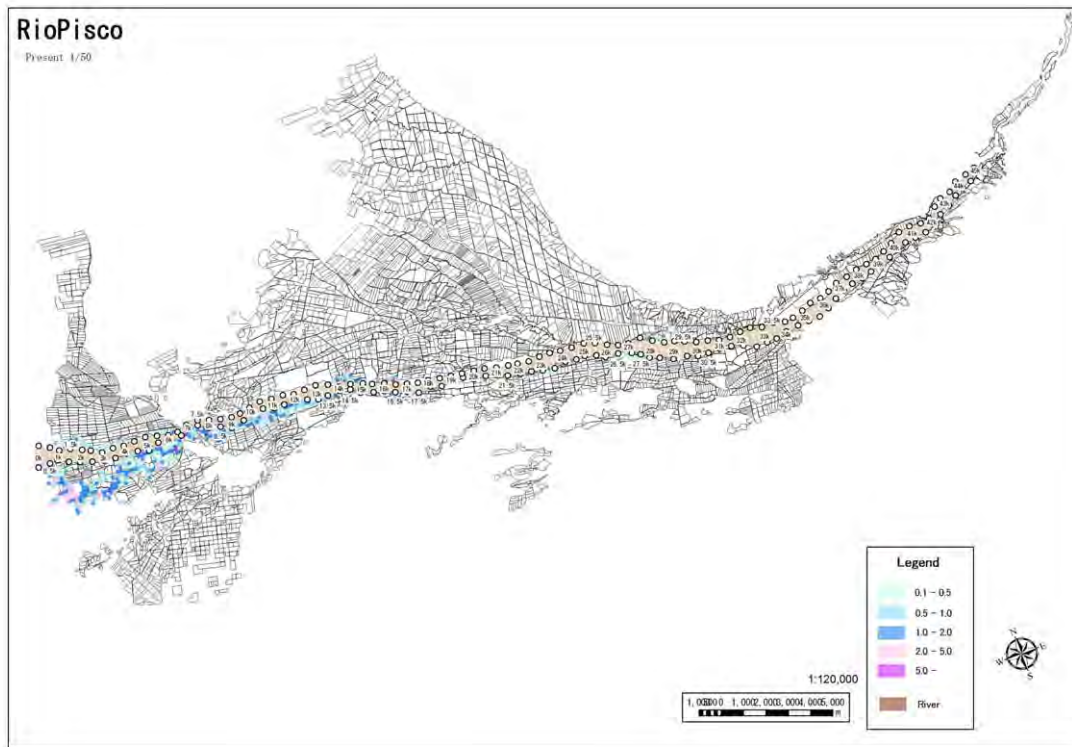
### 2) 各確率規模別氾濫解析結果 (現況)

Pisco 川現況河道における、各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

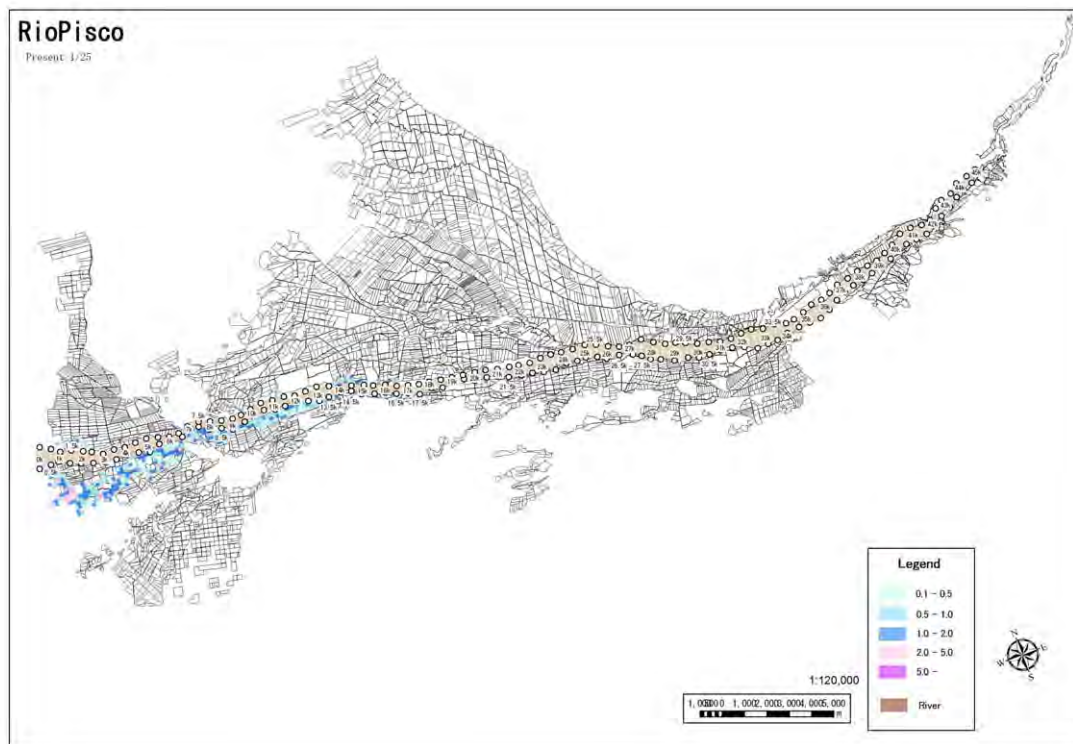
表- 4-2 現況氾濫解析結果 (浸水メッシュ数、浸水面積) (ピスコ川)

現況	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Pisco	251	564.8	344	774.0	438	985.5	517	1,163.3

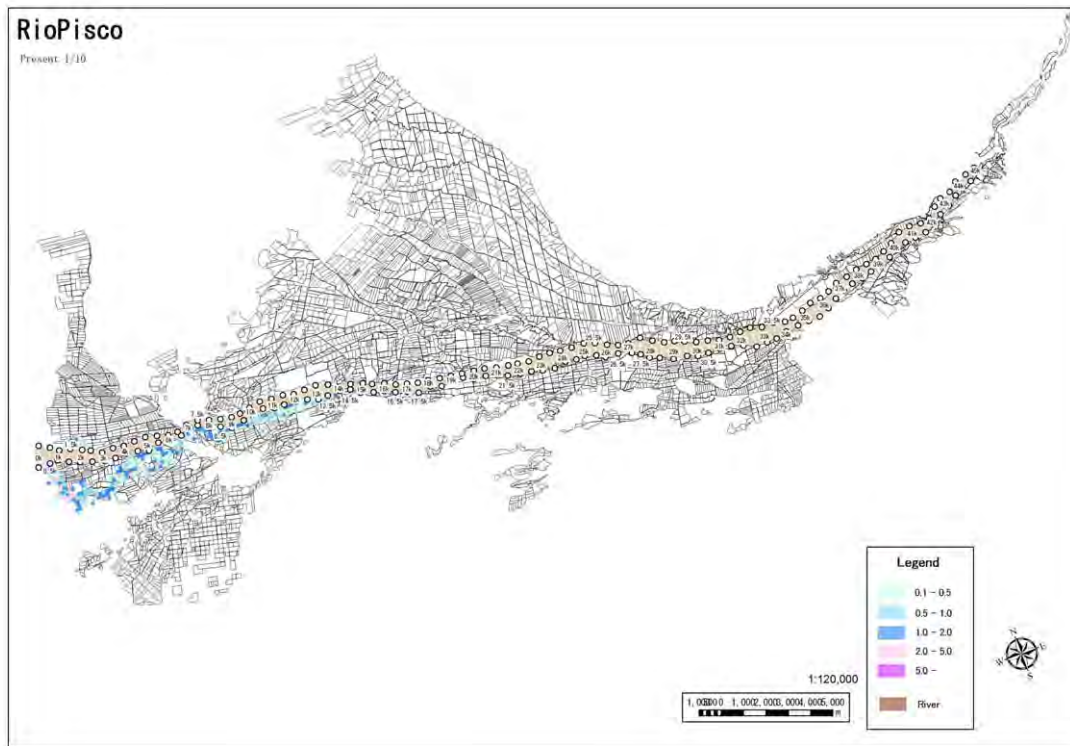
Rio Pisco (1/50 確率) 現況



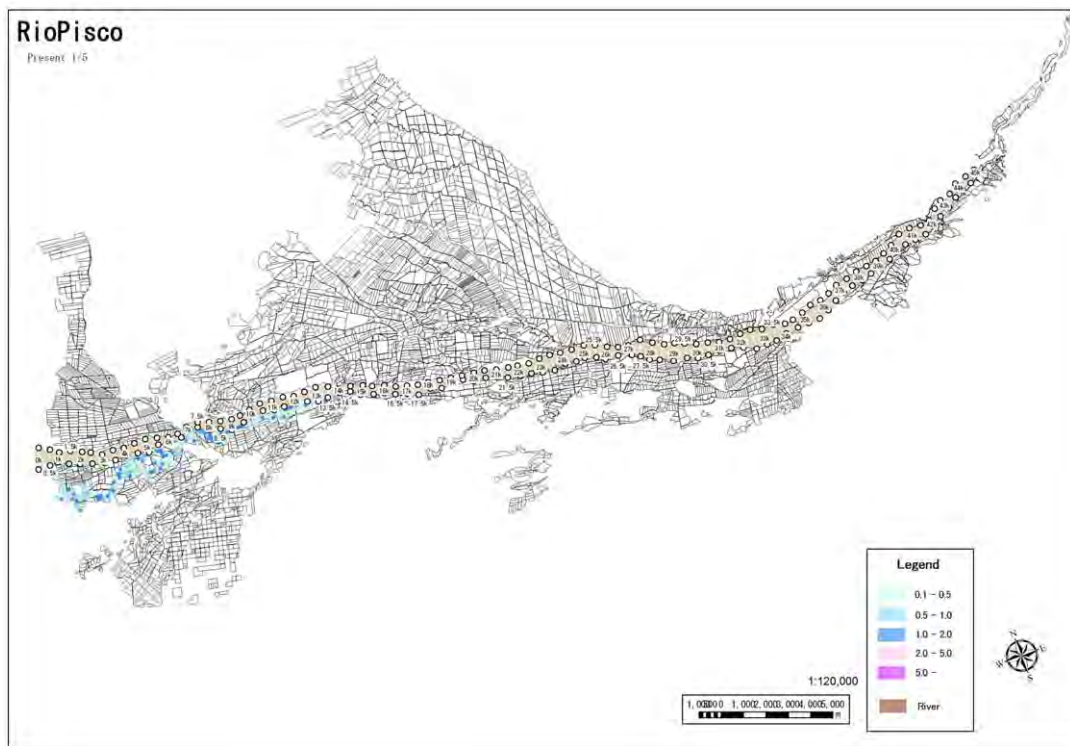
Rio Pisco (1/25 確率) 現況



Rio Pisco (1/10 確率) 現況



Rio Pisco (1/5 確率) 現況



**3) 対策施設の概要**

現況の氾濫解析結果より、氾濫の拡散状況を踏まえて、対策位置を設定した。  
図-4-2 に対策位置示す。



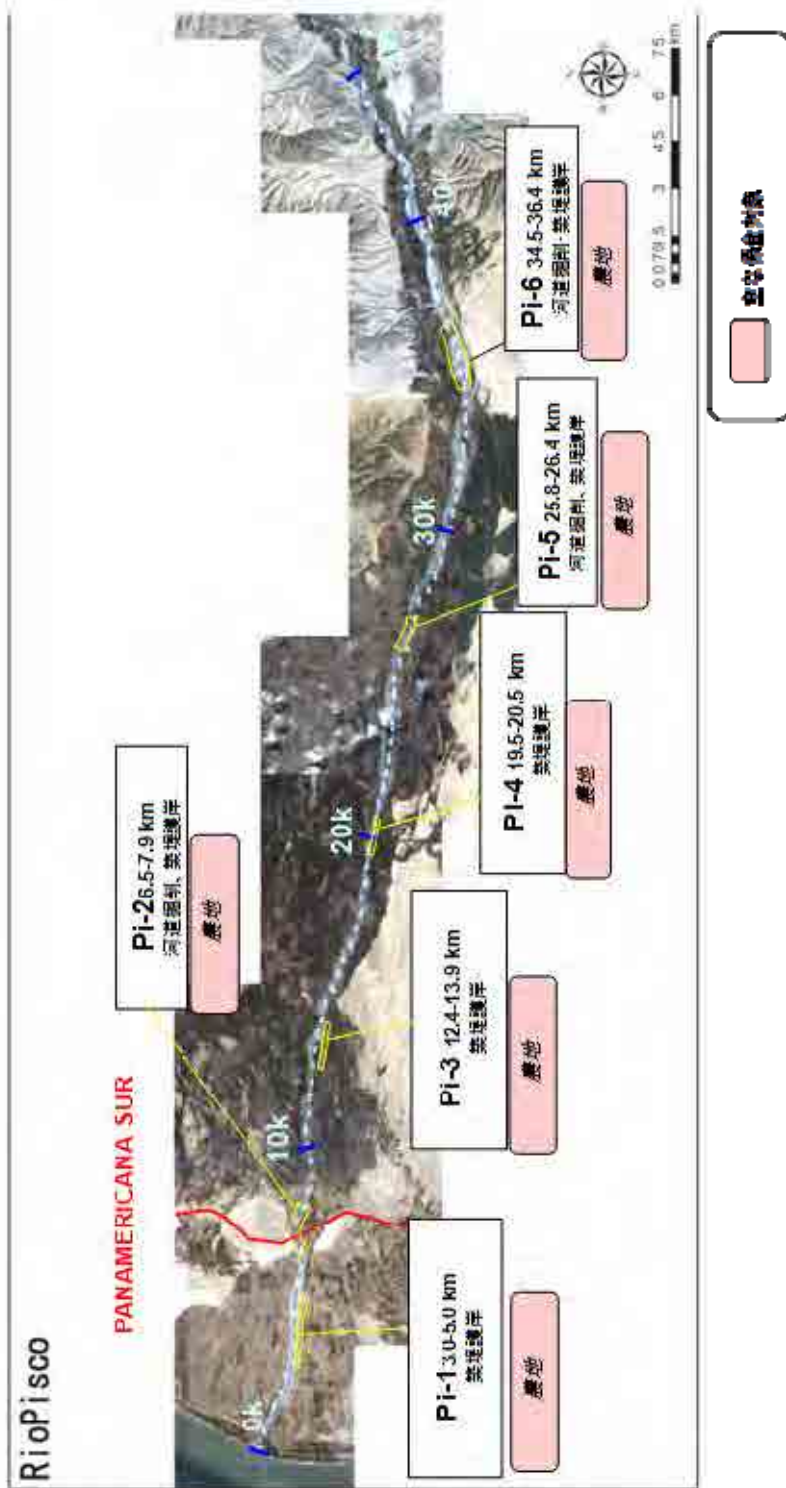


図-4-2 洪水対策施設設置箇所 (Pisco 川)

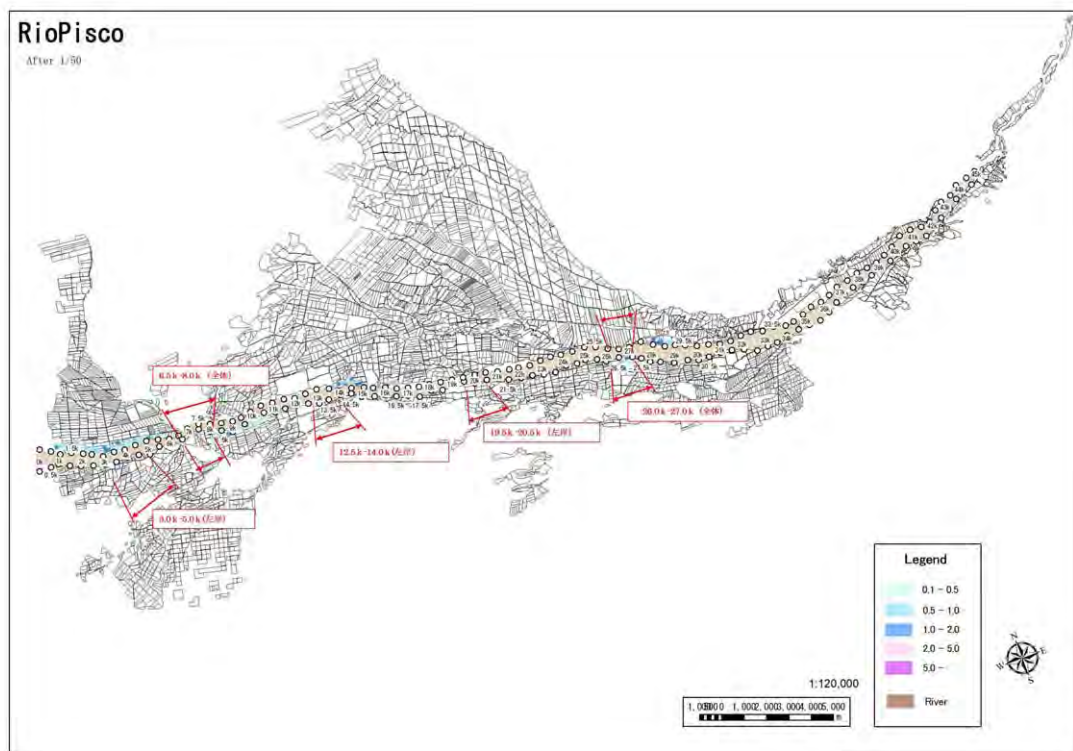
#### 4) 確率規模別氾濫解析結果（対策後）

洪水対策施設設置後の各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

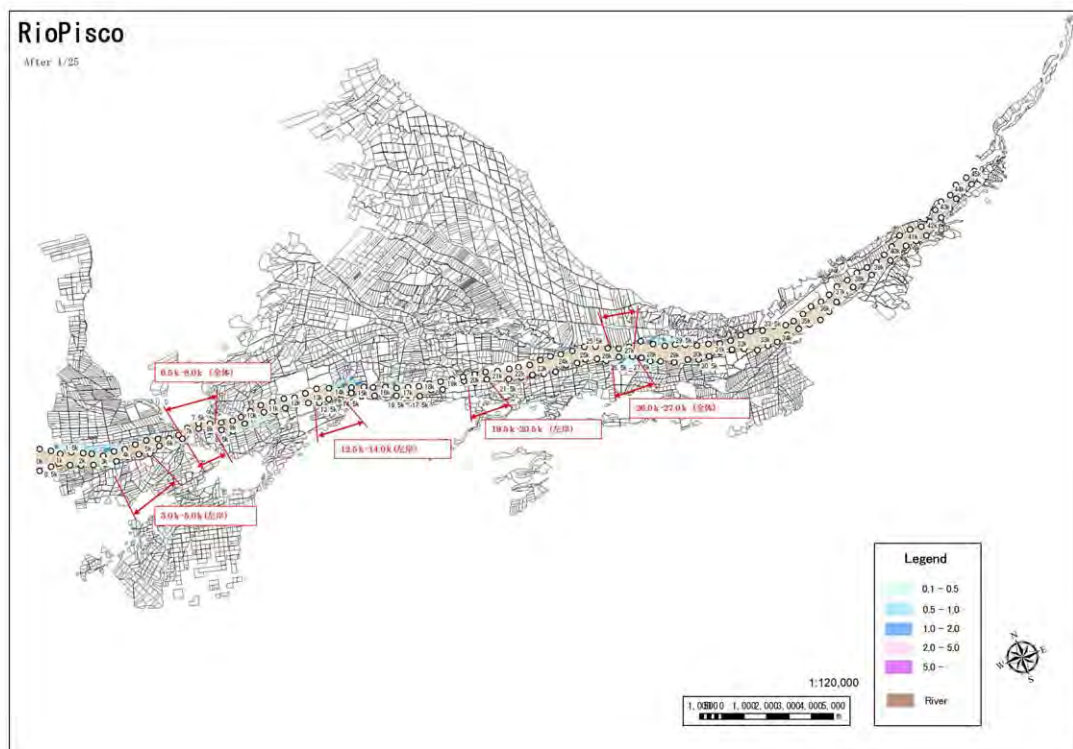
表- 4-3 対策後氾濫解析結果（浸水メッシュ数、浸水面積）（ピスコ川）

整備後	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Pisco	18	40.5	69	155.3	140	315.0	193	434.3

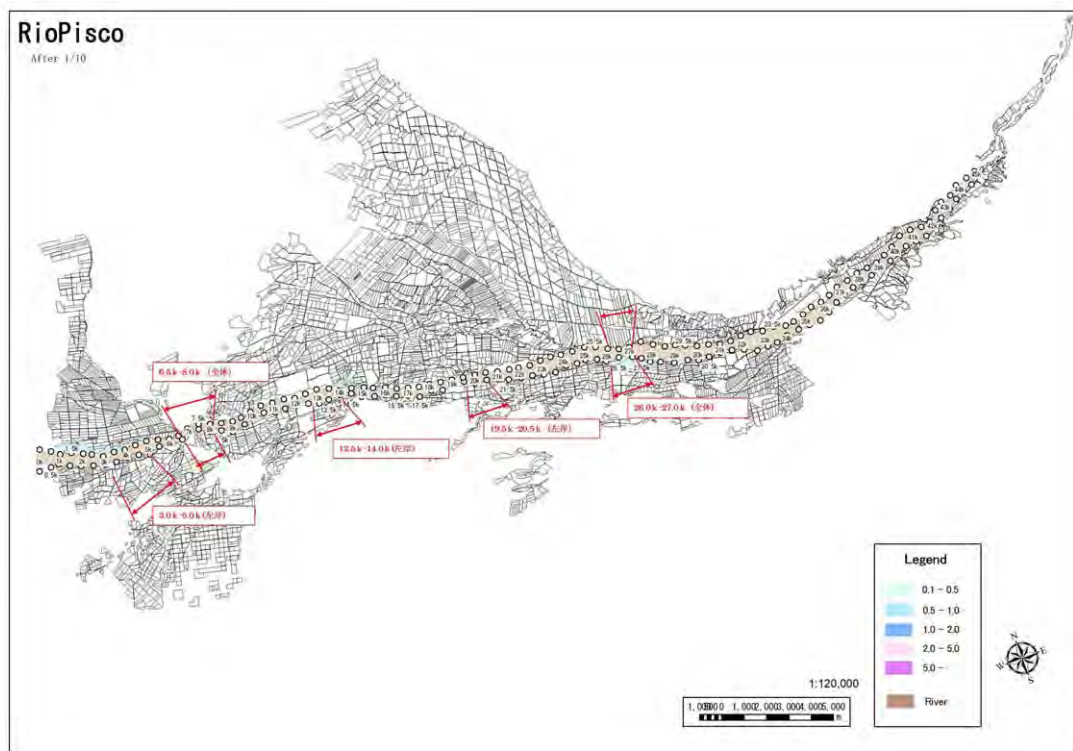
Rio Pisco (1/50 確率) 整備後



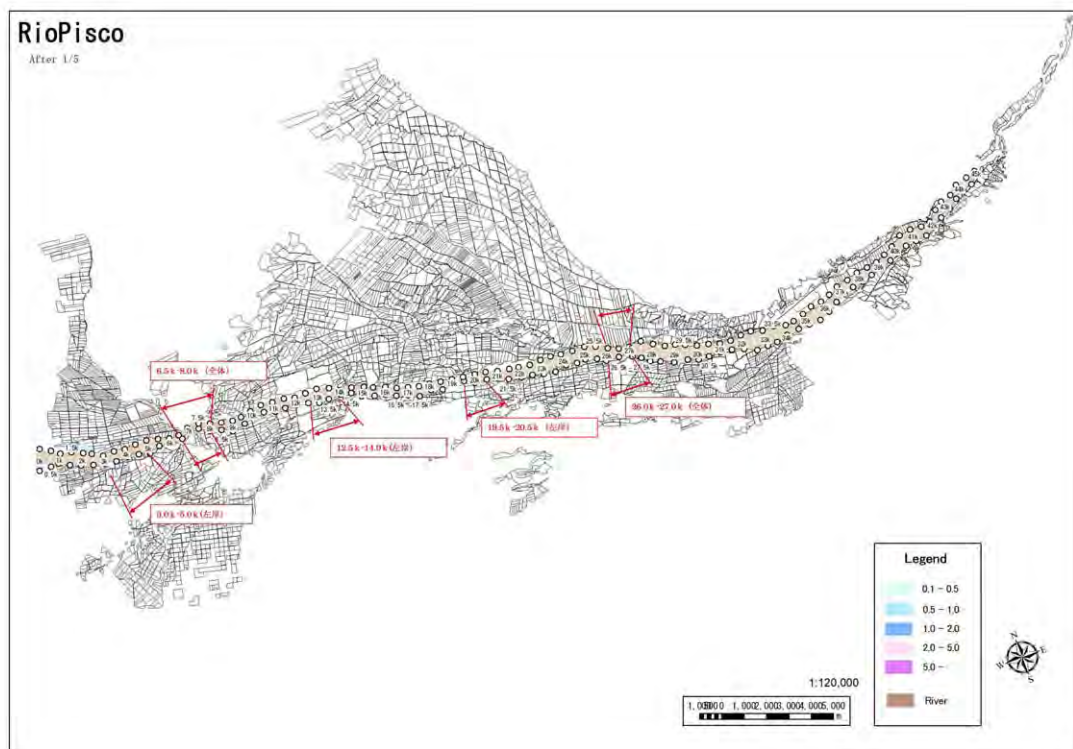
Rio Pisco (1/25 確率) 整備後



Rio Pisco (1/10 確率) 整備後



Rio Pisco (1/5 確率) 整備後





## 2.5 Yauca 川

### 1) 確率規模別対象流量

Yauca 川における確率規模別の最大流量を表- 5-1 に、ハイドログラフを図- 5-1 に示す。このうち 1/5、1/10、1/25、1/50 確率流量を氾濫解析の対象流量とした。

表- 5-1 確率規模別ピーク流量

(ヤウカ川)

T (años)	Q (M3/S)
5	37
10	90
25	167
50	263
100	400

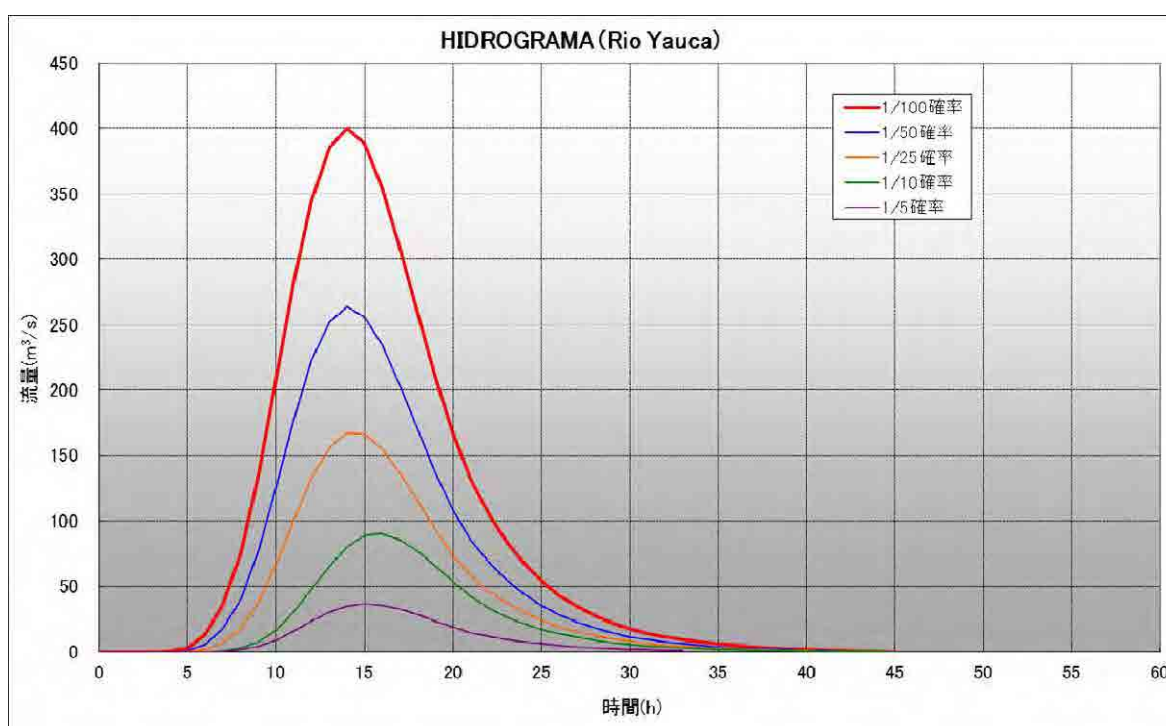


図- 5-1 ハイドログラフ (ヤウカ川)

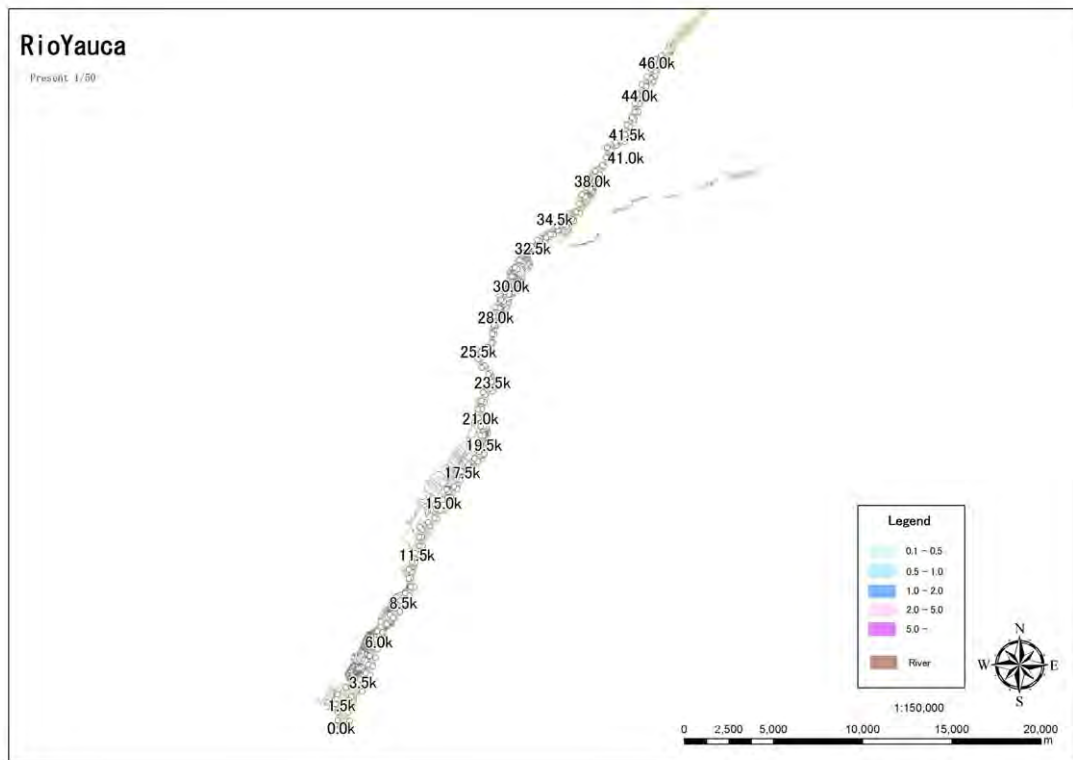
### 2) 各確率規模別氾濫解析結果 (現況)

Yauca 川現況河道における、各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

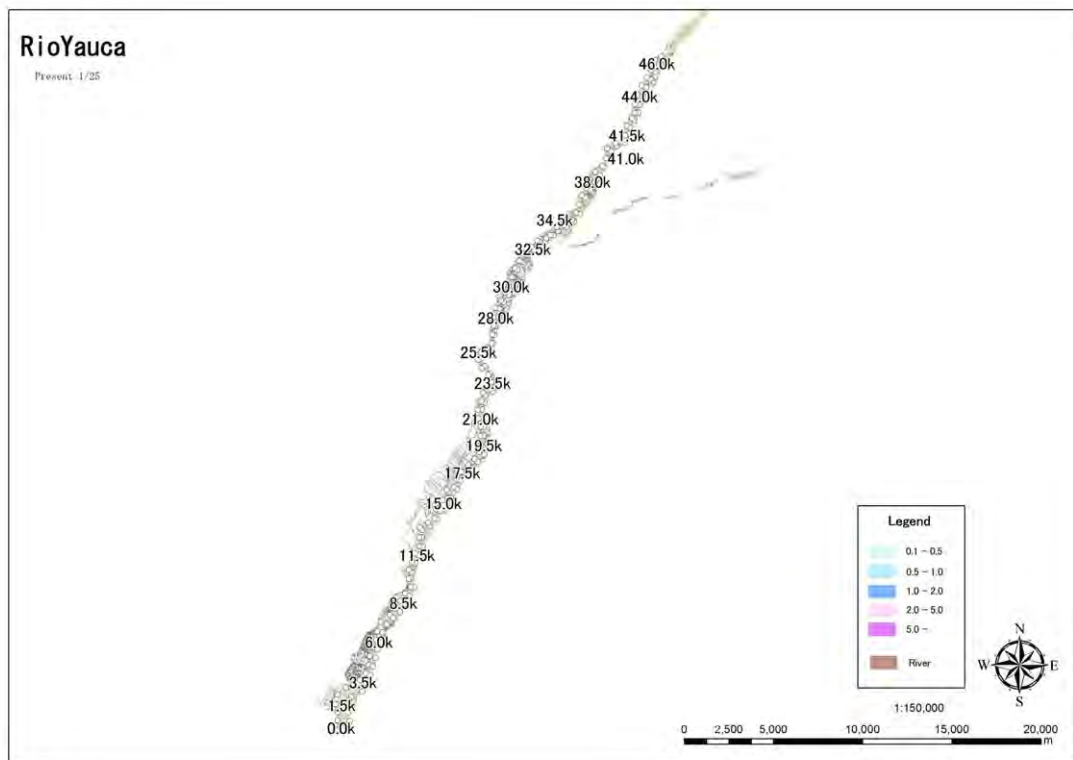
表- 5-2 現況氾濫解析結果 (浸水メッシュ数、浸水面積) (ヤウカ川)

現況	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Yauca	-	-	1	2.3	18	40.5	40	90.0

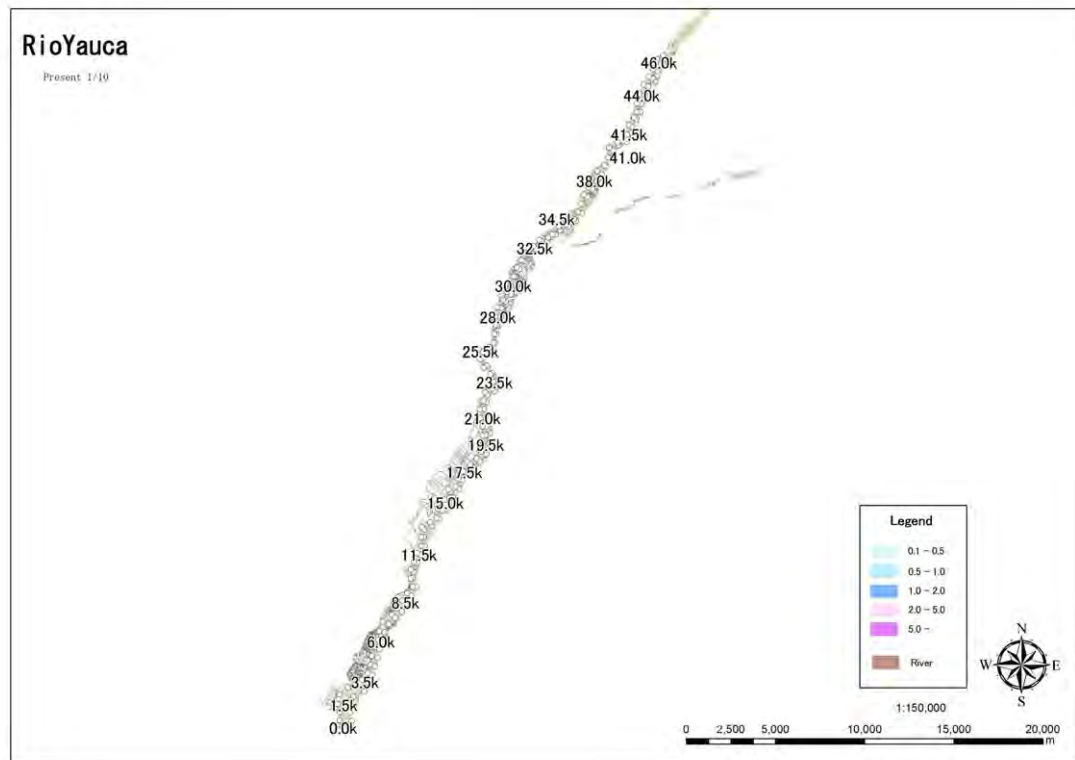
Rio Yauca (1/50 確率) 現況



Rio Yauca (1/25 確率) 現況



Rio Yauca (1/10 確率) 現況



### 3) 対策施設の概要

現況の氾濫解析結果より、氾濫の拡散状況を踏まえて、対策位置を設定した。

図-5-2に対策位置示す。

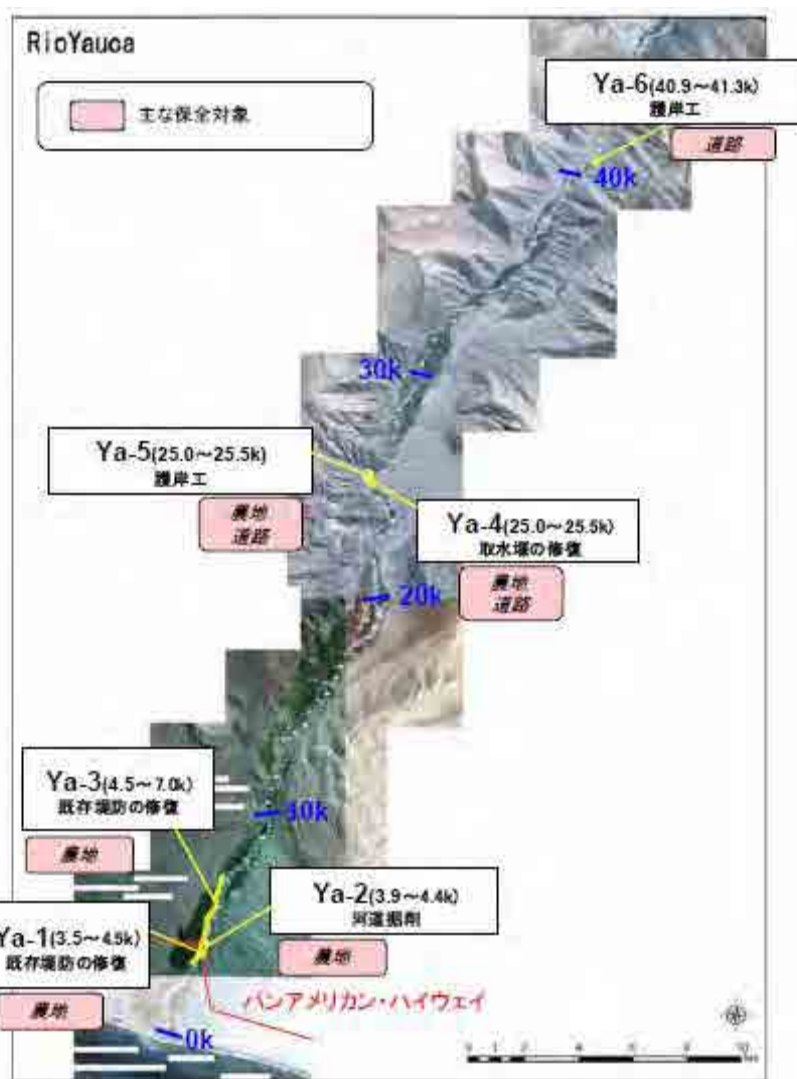


図-5-2 洪水対策施設設置箇所（Yauca川）

### 4) 確率規模別氾濫解析結果（対策後）

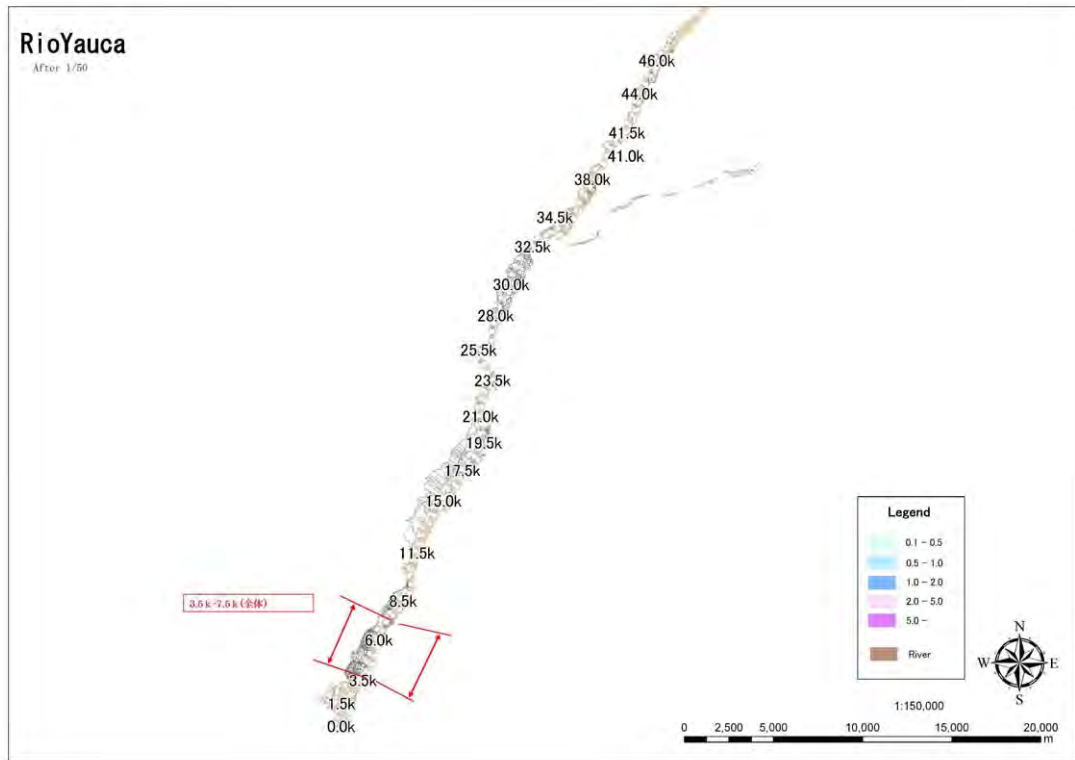
洪水対策施設設置後の各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

表-5-3 対策後氾濫解析結果（浸水メッシュ数、浸水面積）（ヤウカ川）

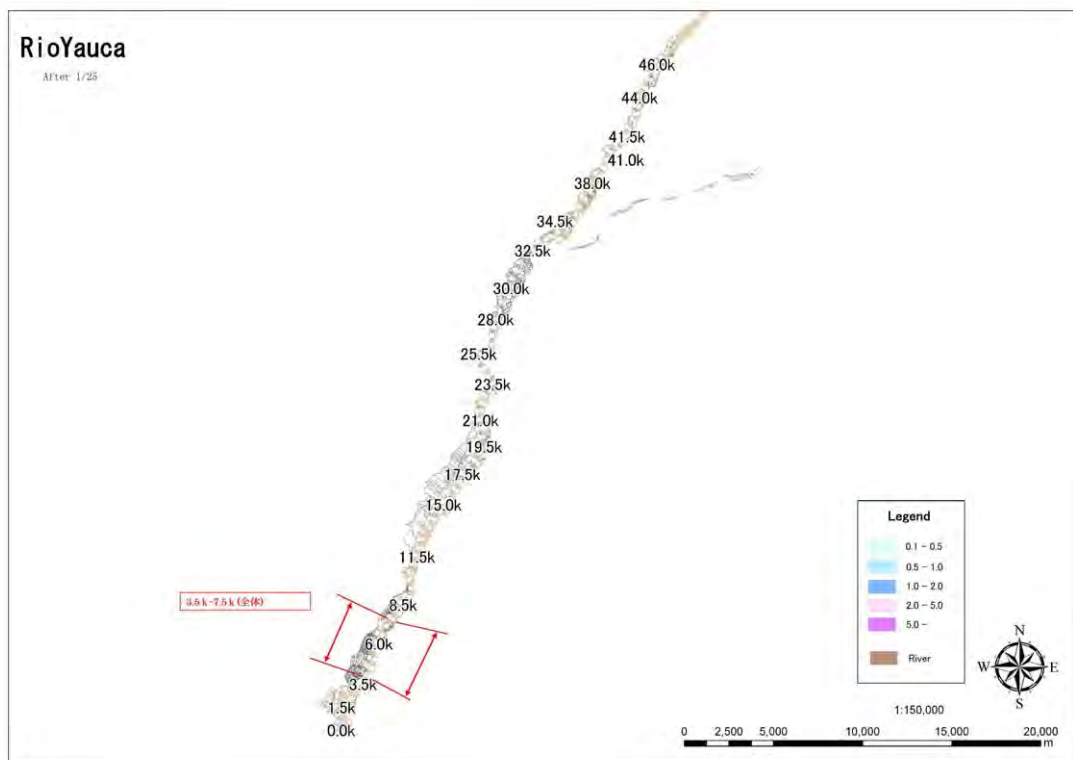
整備後	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Yauca	-	-	1	2.3	13	29.3	20	45.0



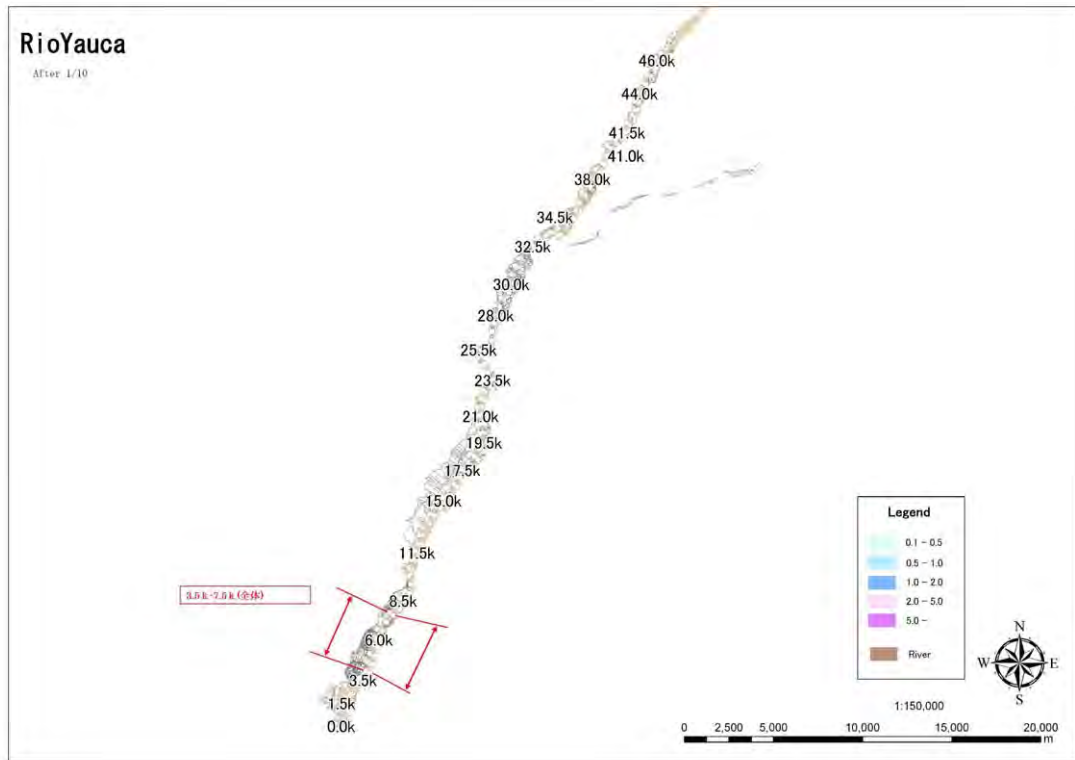
**Rio Yauca (1/50 確率) 整備後**



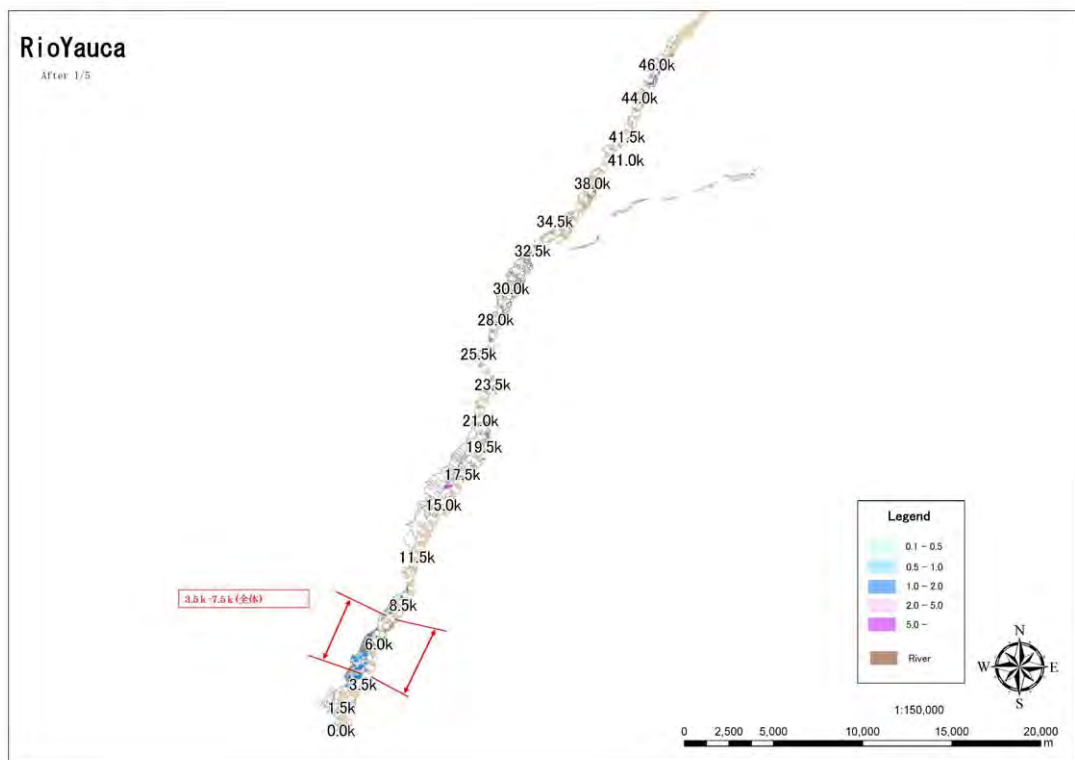
**Rio Yauca (1/25 確率) 整備後**



**Rio Yauca (1/10 確率) 整備後**



**Rio Yauca (1/5 確率) 整備後**



## 2.6 Camana、Majes 川

### 1) 確率規模別対象流量

Camana、Majes 川における確率規模別の最大流量を表- 6-1 に、ハイドログラフを図- 6-1 に示す。このうち 1/5、1/10、1/25、1/50 確率流量を氾濫解析の対象流量とした。

表- 6-1 確率規模別ピーク流量

(カマナ、マヘス川)

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	306
5	638
10	1,007
25	1,566
50	2,084
100	2,703

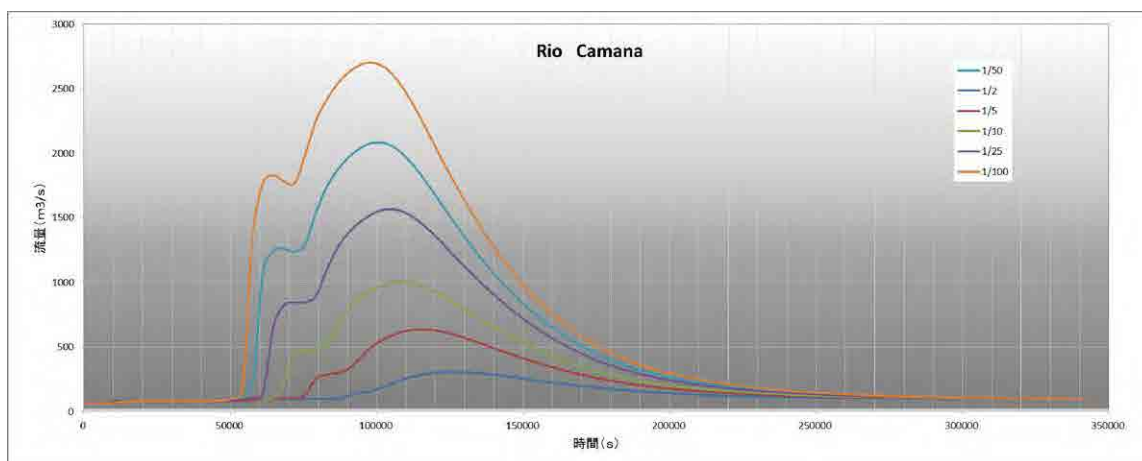


図- 6-1 ハイドログラフ (カマナ、マヘス川)

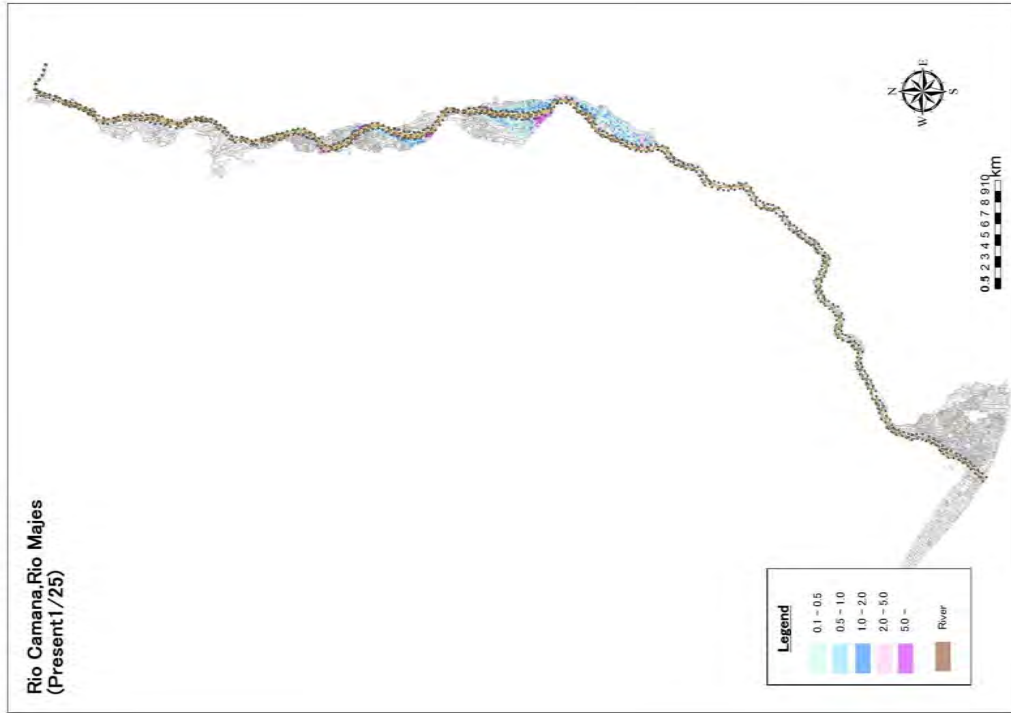
### 2) 各確率規模別氾濫解析結果 (現況)

Camana、Majes 川現況河道における、各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

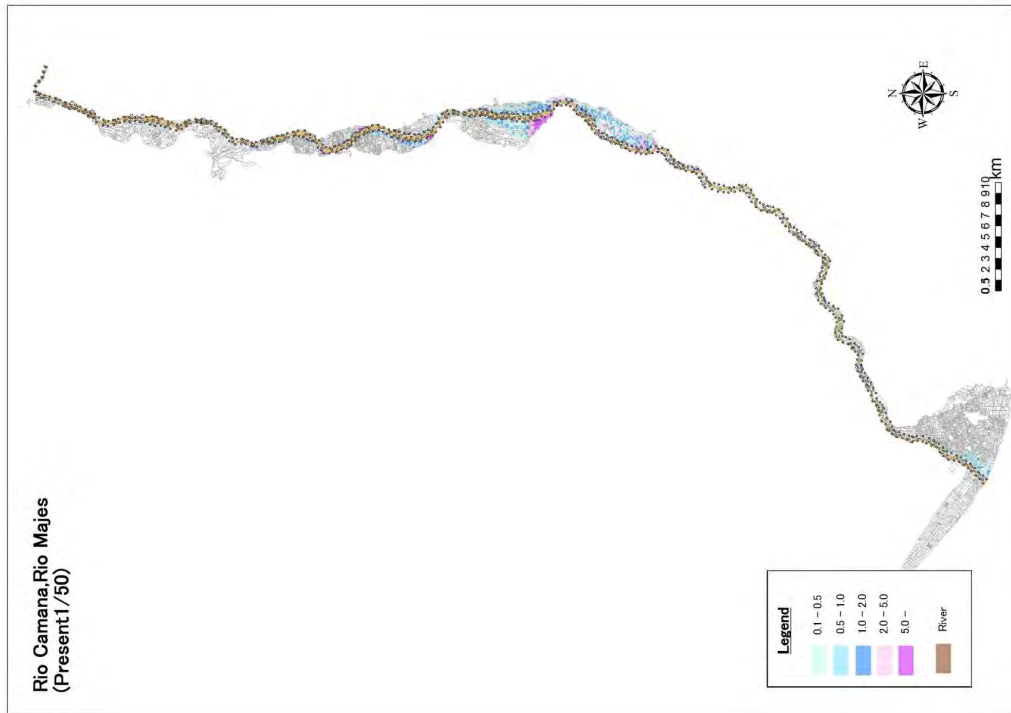
表- 6-2 現況氾濫解析結果 (浸水メッシュ数、浸水面積) (カマナ、マヘス川)

現況	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
Camana,Majes	707	1,590.8	942	2,119.5	1,051	2,364.8	1,401	3,152.3

Rio Camana, Rio Majes (1/25 確率) 現況

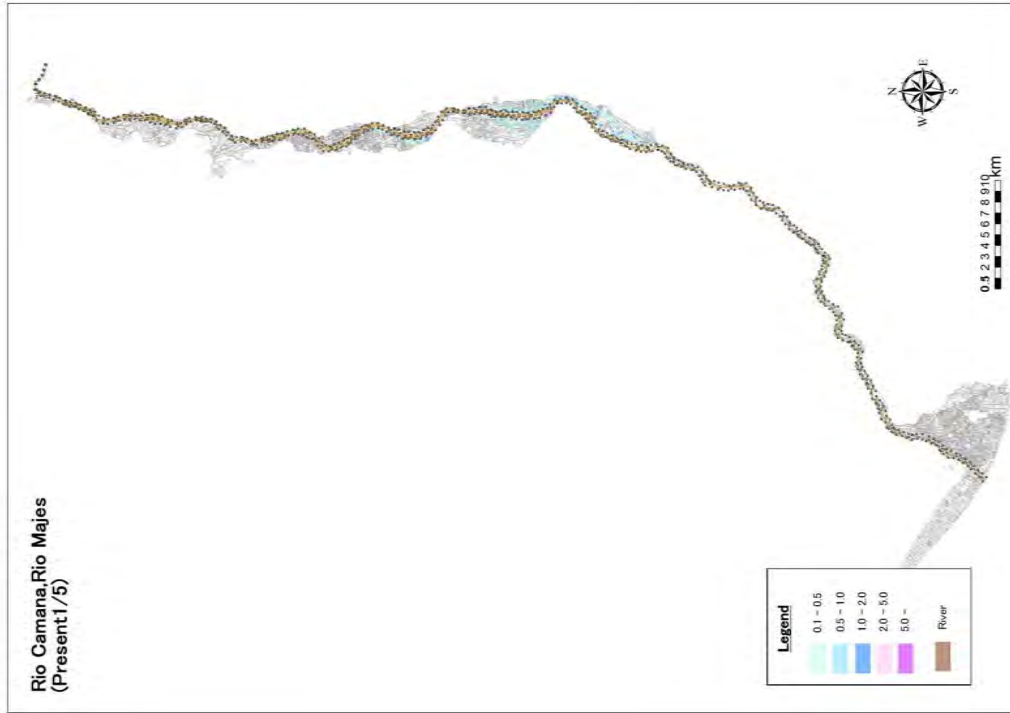


Rio Camana, Rio Majes (1/50 確率) 現況

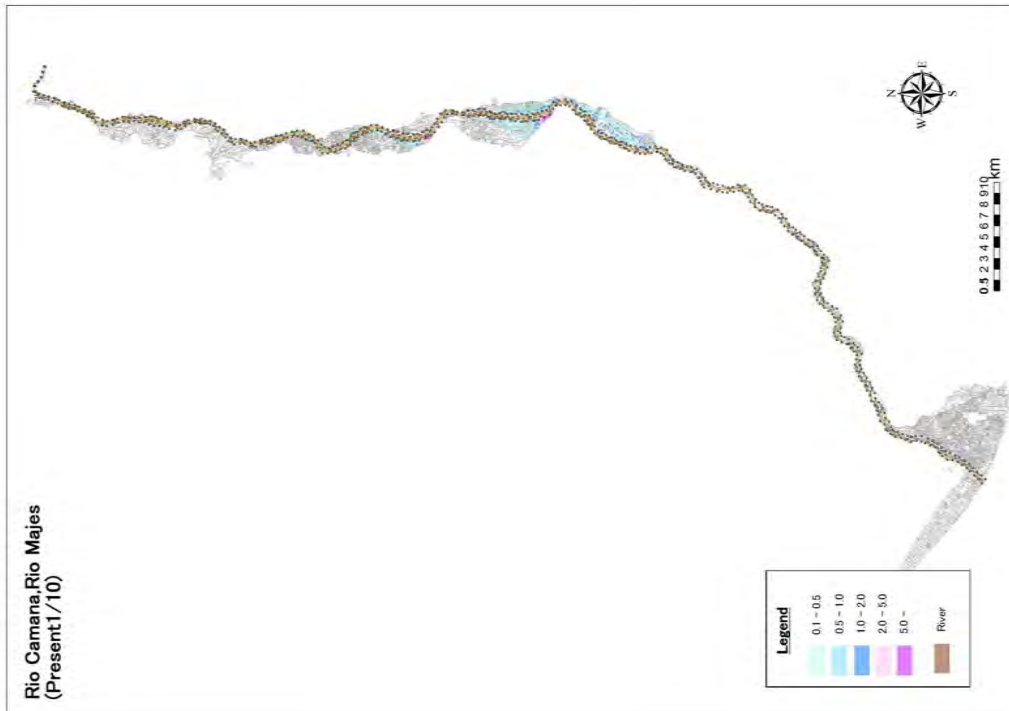




Rio Camana, Rio Majes (1/5 確率) 現況



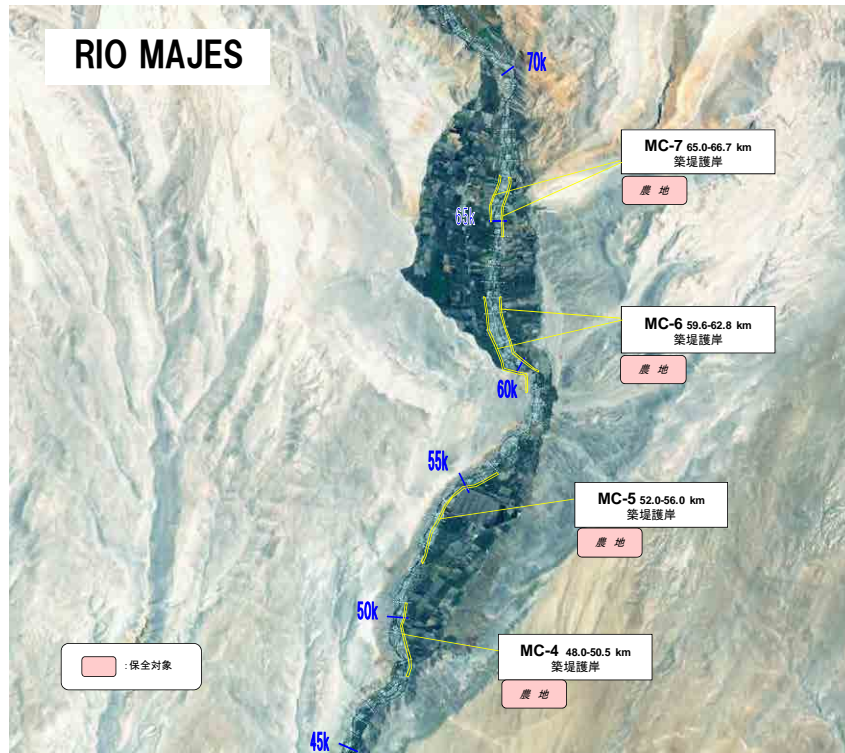
Rio Camana, Rio Majes (1/10 確率) 現況



### 3) 対策施設の概要

現況の氾濫解析結果より、氾濫の拡散状況を踏まえて、対策位置を設定した。

図- 6-2 に対策位置を示す。



**図- 6-2 洪水対策施設設置個所 (Camana、Majes)**

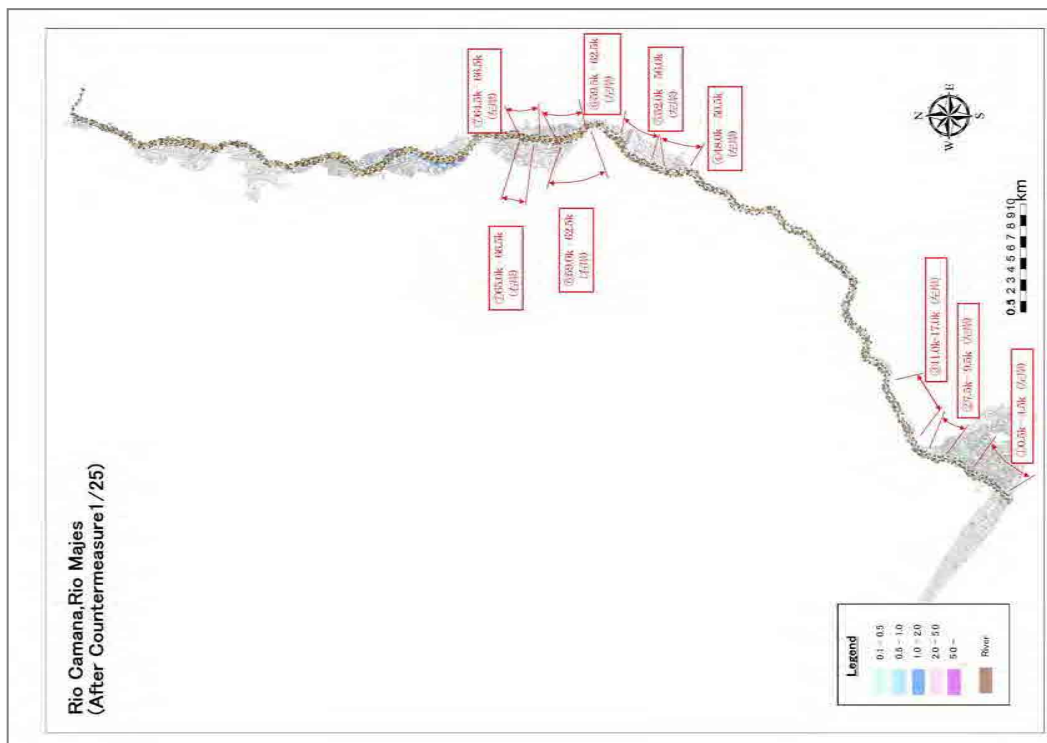
**4) 確率規模別氾濫解析結果 (対策後)**

洪水対策施設設置後の各確率規模別氾濫解析結果を以降に示す。

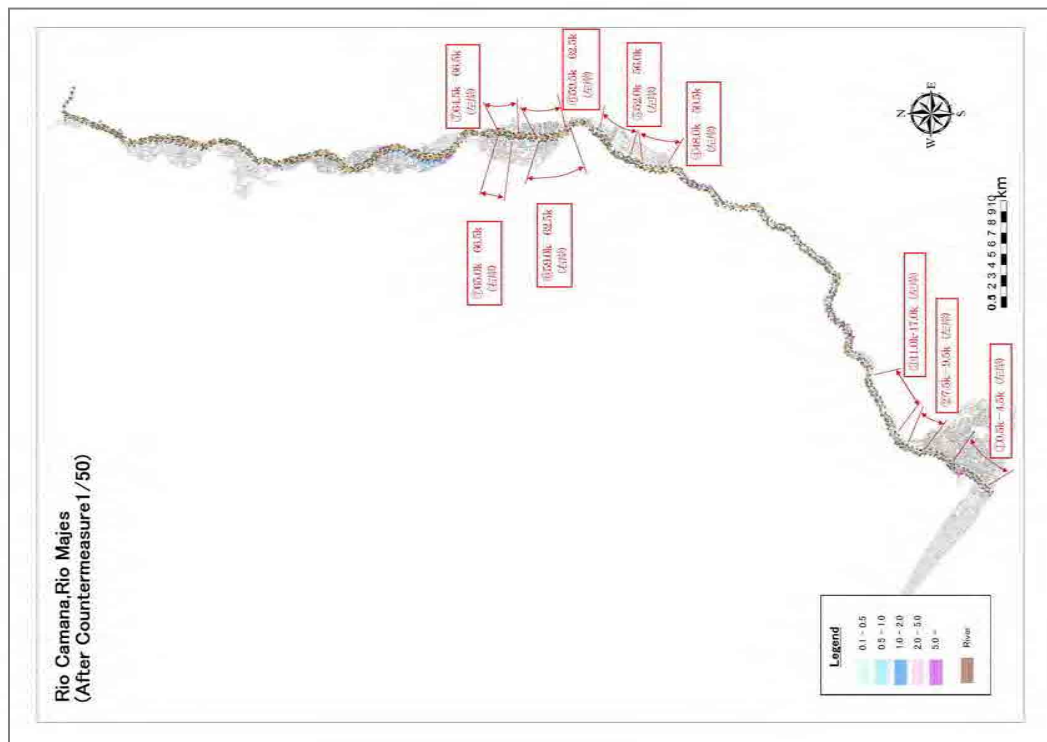
表- 6-3 対策後氾濫解析結果 (浸水メッシュ数、浸水面積) (カマナ、マヘス川)

整備後	1/5		1/10		1/25		1/50	
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha
<b>Camana,Majes</b>	94	211.5	134	301.5	189	425.3	309	695.3

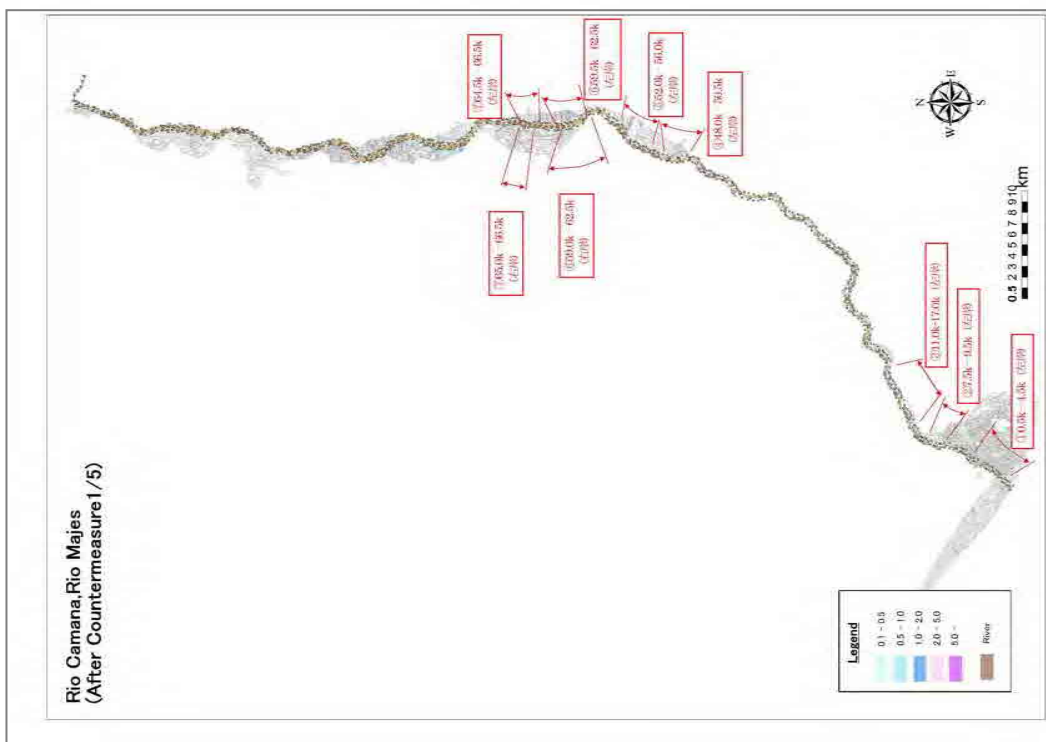
Rio Camana, Rio Majes (1/25 確率) 整備後



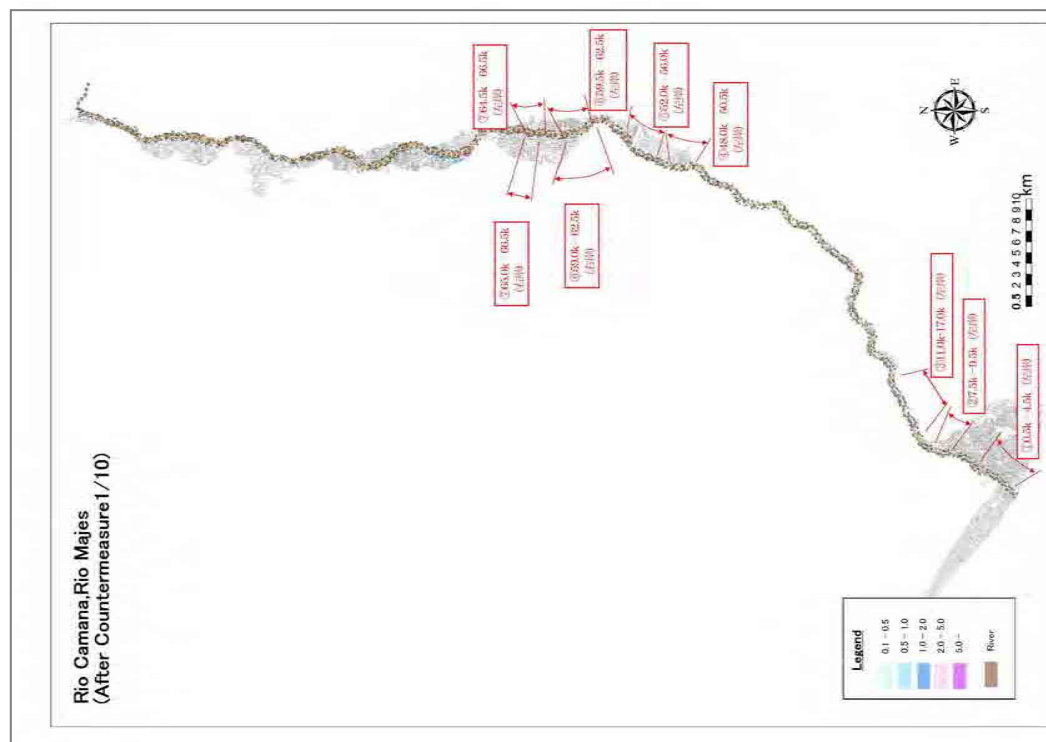
Rio Camana, Rio Majes (1/50 確率) 整備後



Rio Camana, Rio Majes (1/5 確率) 整備後



Rio Camana, Rio Majes (1/10 確率) 整備後





### 第3章 まとめ

各河川における氾濫解析結果について、対策前後の比較を、以降に示す。

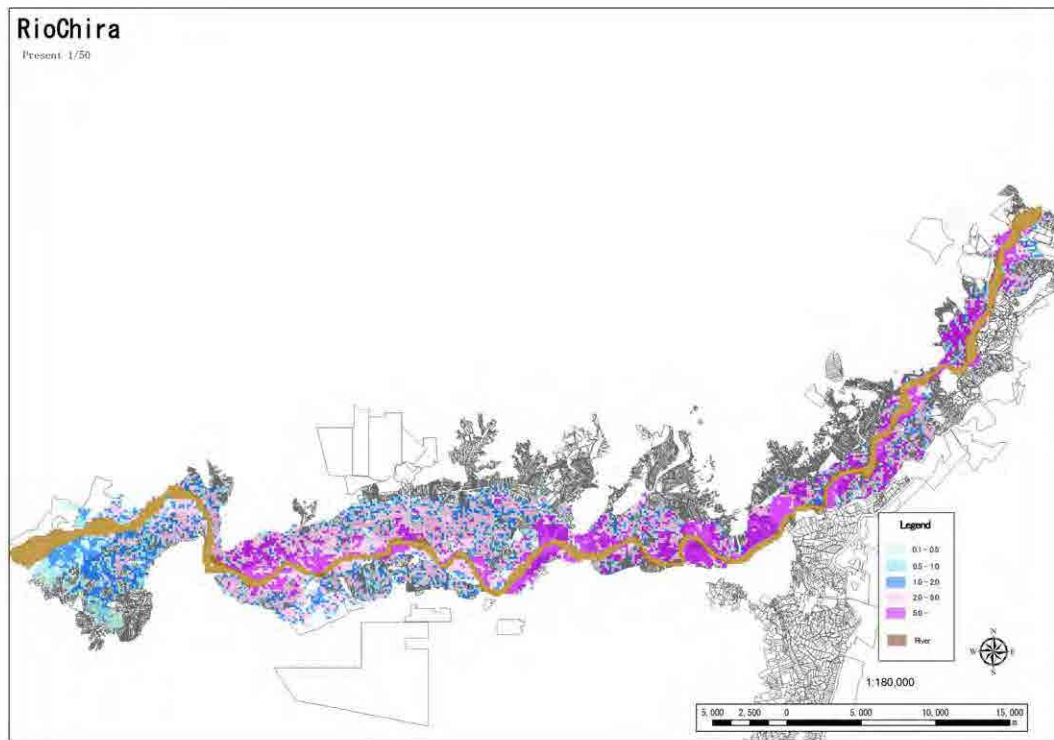
Chira 川については、河川全川において流下能力が不足していることから、部分的に対策工を実施しても、浸水被害は軽減していないことがわかる。

また、その他の河川については、対策工実施後に浸水被害が大幅に軽減していることがわかる。なお、Yauca 川については、河川沿いに浸水被害が限定されているため、対策工の効果が小さくなっている。

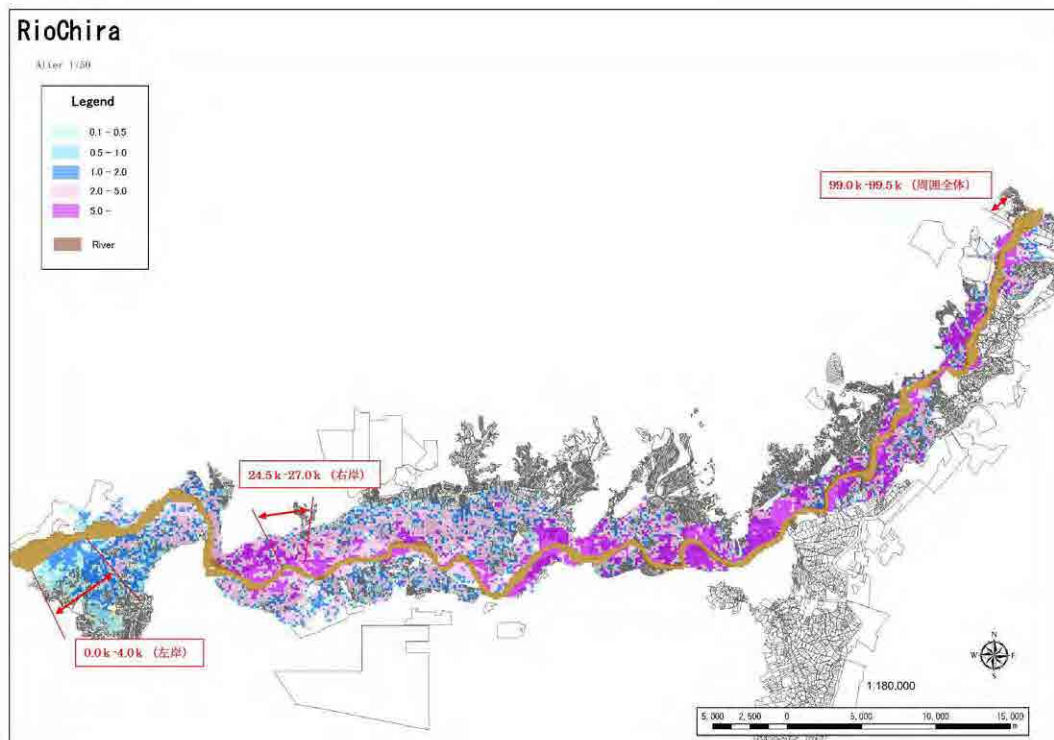
表- 3-1 氾濫解析結果（浸水メッシュ数、浸水面積）

現況	1/5		1/10		1/25		1/50		
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	
<b>Chira</b>	6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,589	21,575.3	
<b>Canete</b>	73	164.3	391	879.8	552	1,242.0	678	1,525.5	
<b>Chincha</b>	①Chico	270	607.5	293	659.3	714	1,606.5	827	1,860.8
	②Matagente	249	560.3	265	596.3	498	1,120.5	587	1,320.8
	③重複メッシュ数	0	0.0	0	0.0	249	560.3	256	576.0
	①+②-③	519	1,167.8	558	1,255.5	963	2,166.8	1,158	2,605.5
<b>Pisco</b>	251	564.8	344	774.0	438	985.5	517	1,163.3	
<b>Yauca</b>	-	-	1	2.3	18	40.5	40	90.0	
<b>Camana,Majes</b>	707	1,590.8	942	2,119.5	1,051	2,364.8	1,401	3,152.3	
整備後	1/5		1/10		1/25		1/50		
	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	メッシュ数	ha	
<b>Chira</b>	6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,586	21,568.5	
<b>Canete</b>	21	47.3	60	135.0	93	209.3	125	281.3	
<b>Chincha</b>	①Chico	24	54.0	56	126.0	248	558.0	397	893.3
	②Matagente	-	-	-	-	148	333.0	245	551.3
	③重複メッシュ数	-	-	-	-	76	171.0	140	315.0
	①+②-③	24	54.0	56	126.0	320	720.0	502	1,129.5
<b>Pisco</b>	18	40.5	69	155.3	140	315.0	193	434.3	
<b>Yauca</b>	-	-	1	2.3	13	29.3	20	45.0	
<b>Camana,Majes</b>	94	211.5	134	301.5	189	425.3	309	695.3	

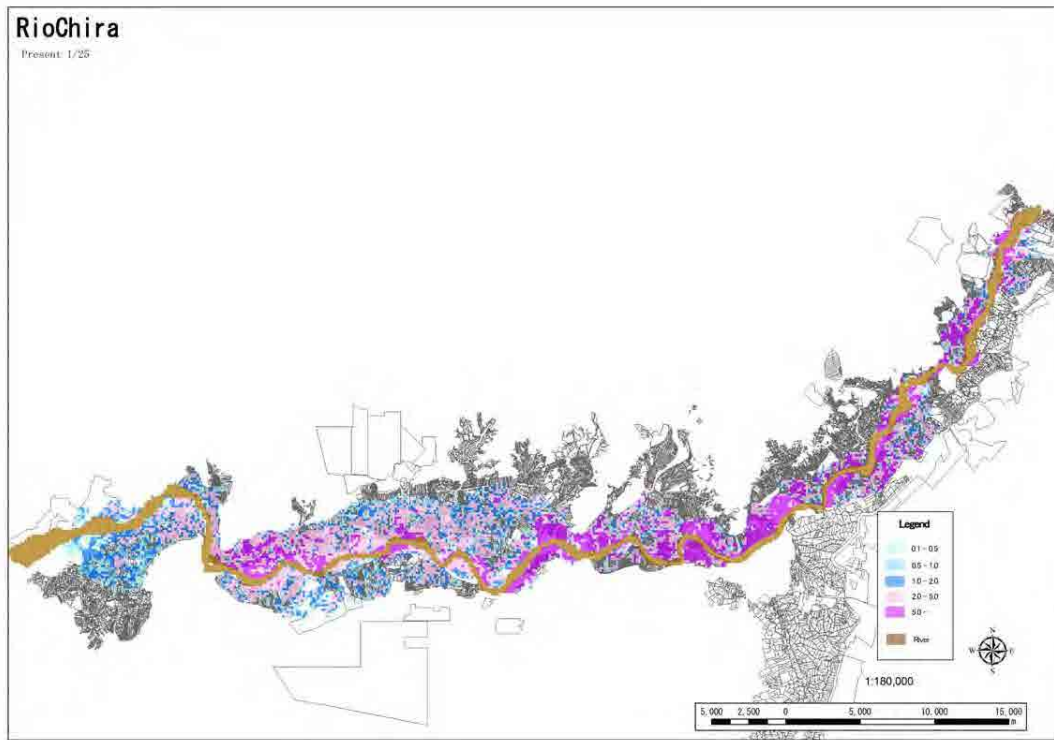
①Rio Chira (1/50 確率) 現況



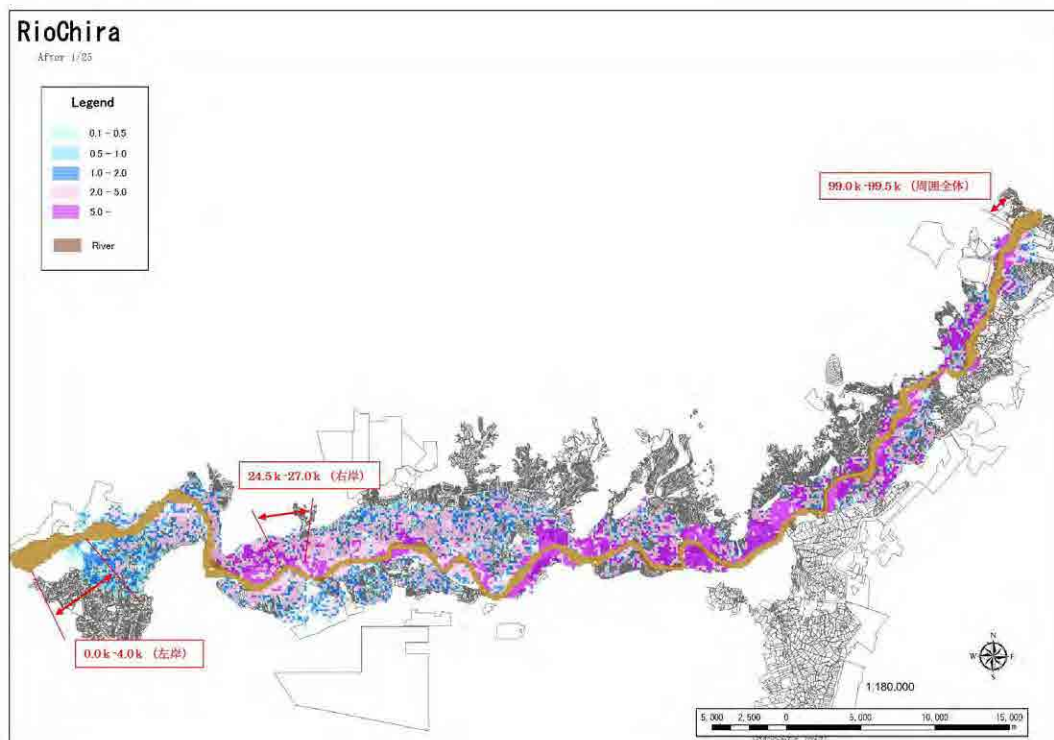
①Rio Chira (1/50 確率) 整備後



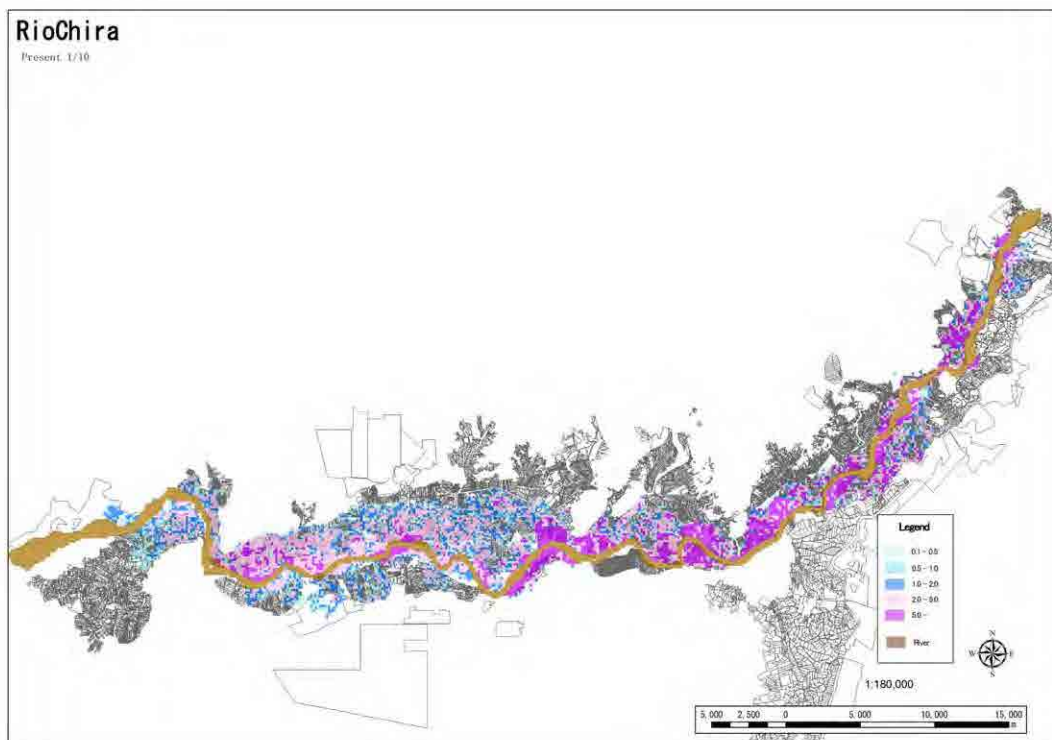
①Rio Chira (1/25 確率) 現況



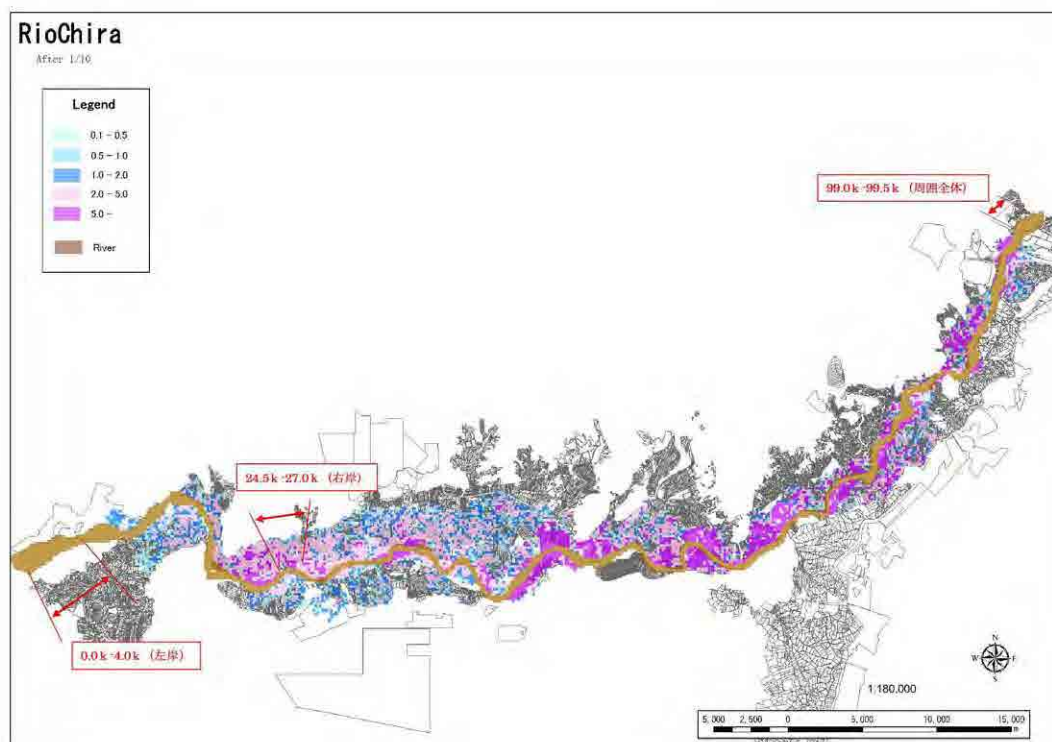
①Rio Chira (1/25 確率) 整備後



①Rio Chira (1/10 確率) 現況

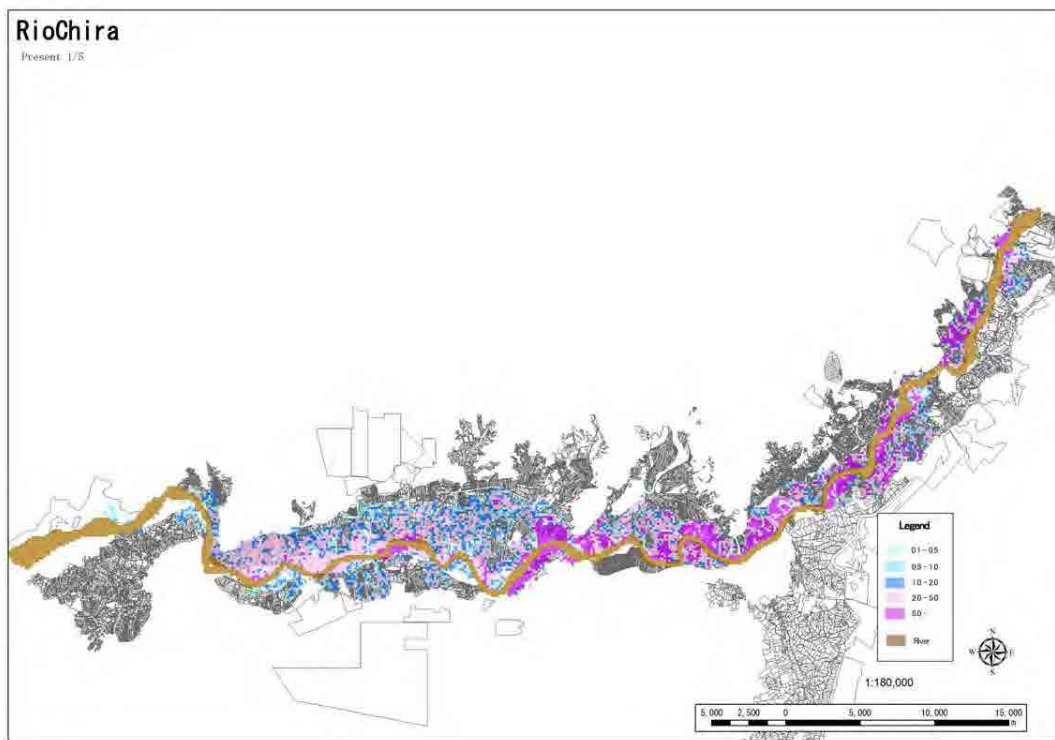


①Rio Chira (1/10 確率) 整備後

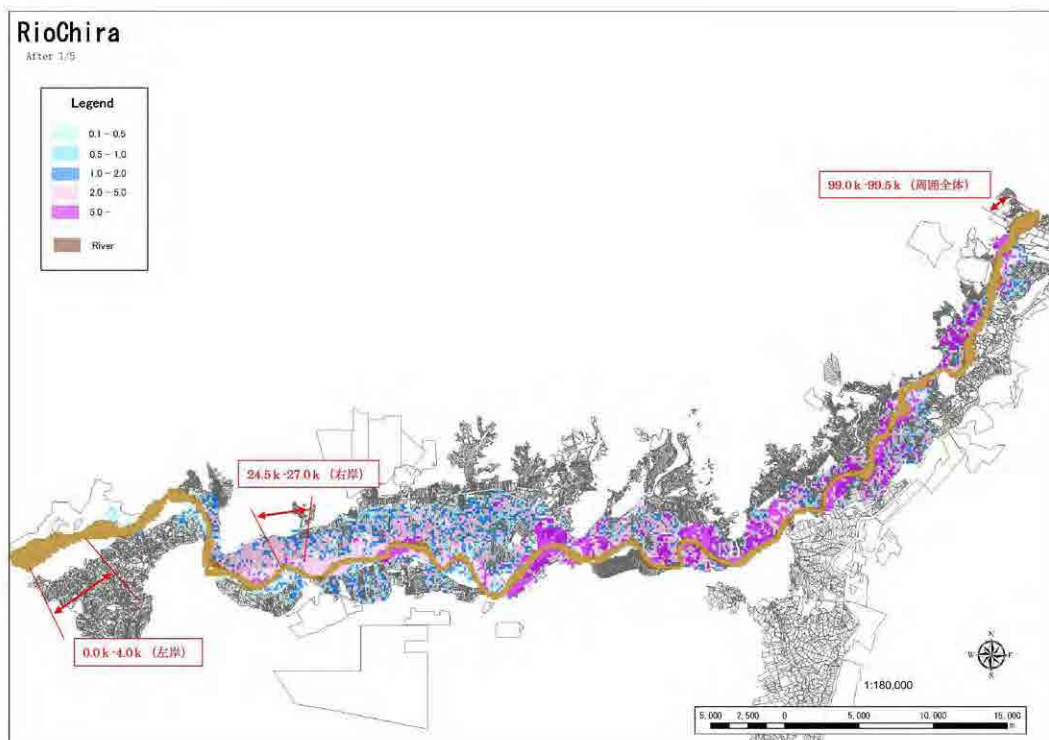




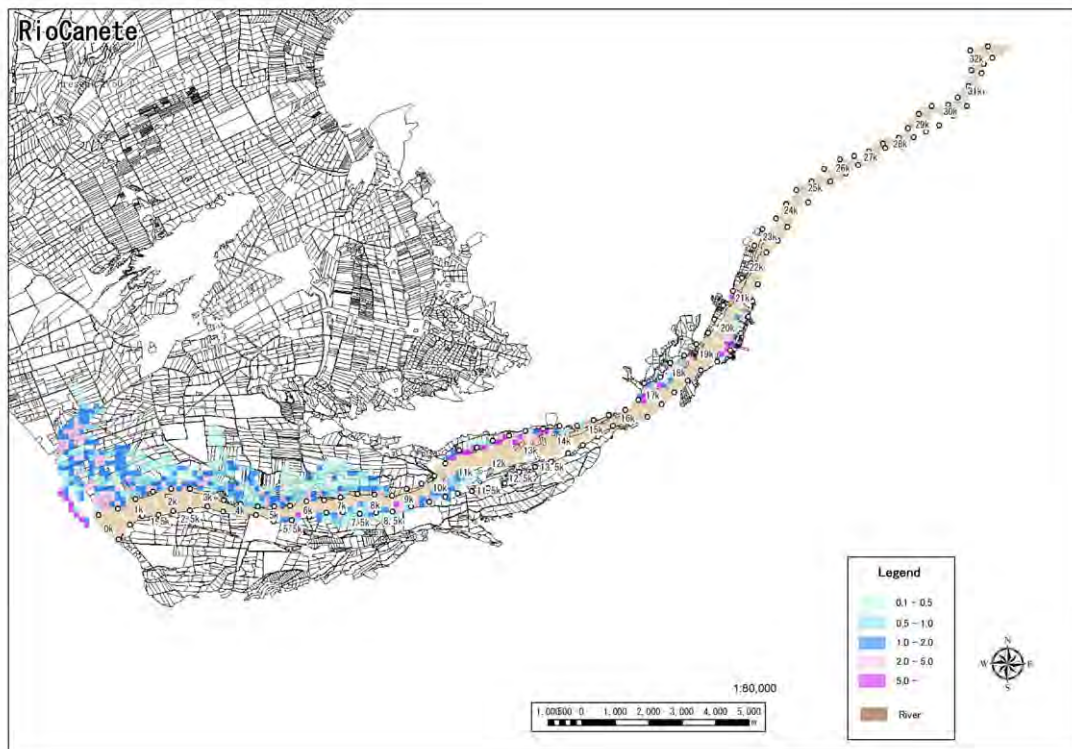
①Rio Chira (1/5 確率) 現況



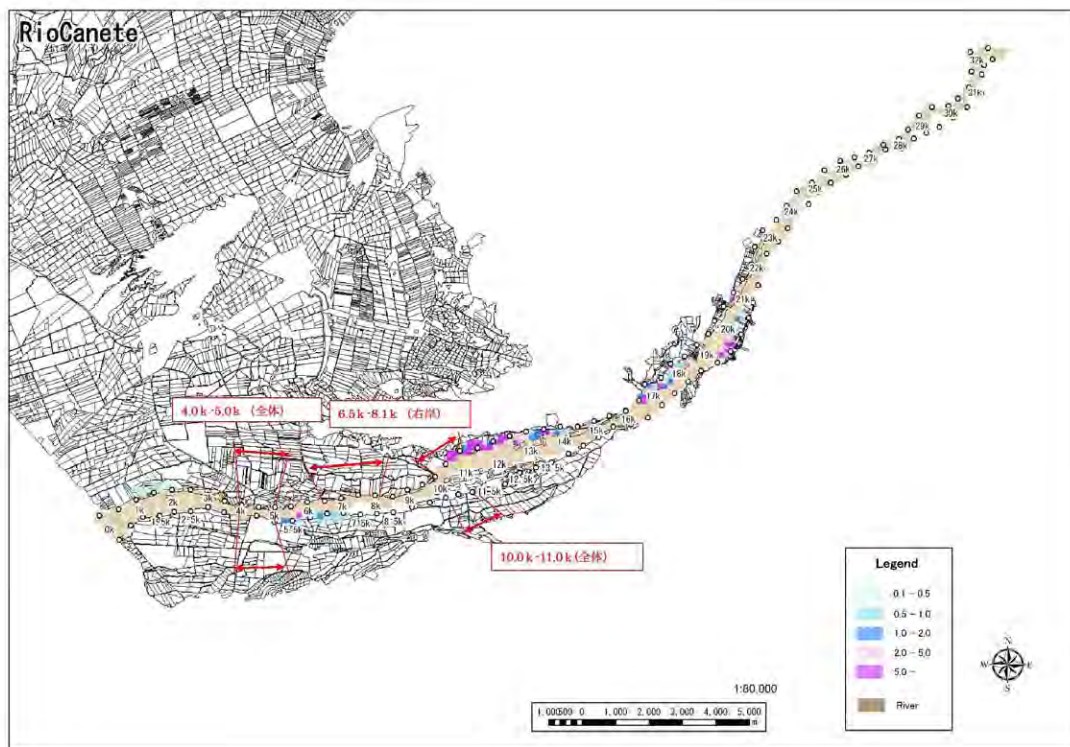
①Rio Chira (1/5 確率) 整備後



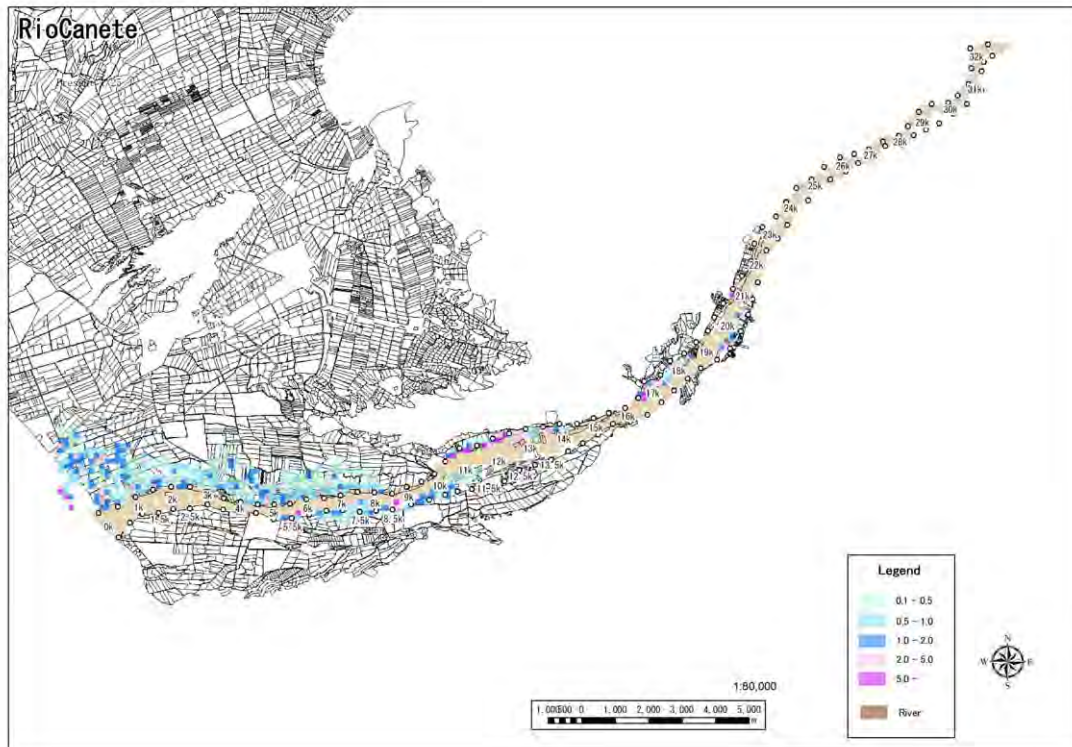
②Rio Canete (1/50 確率) 現況



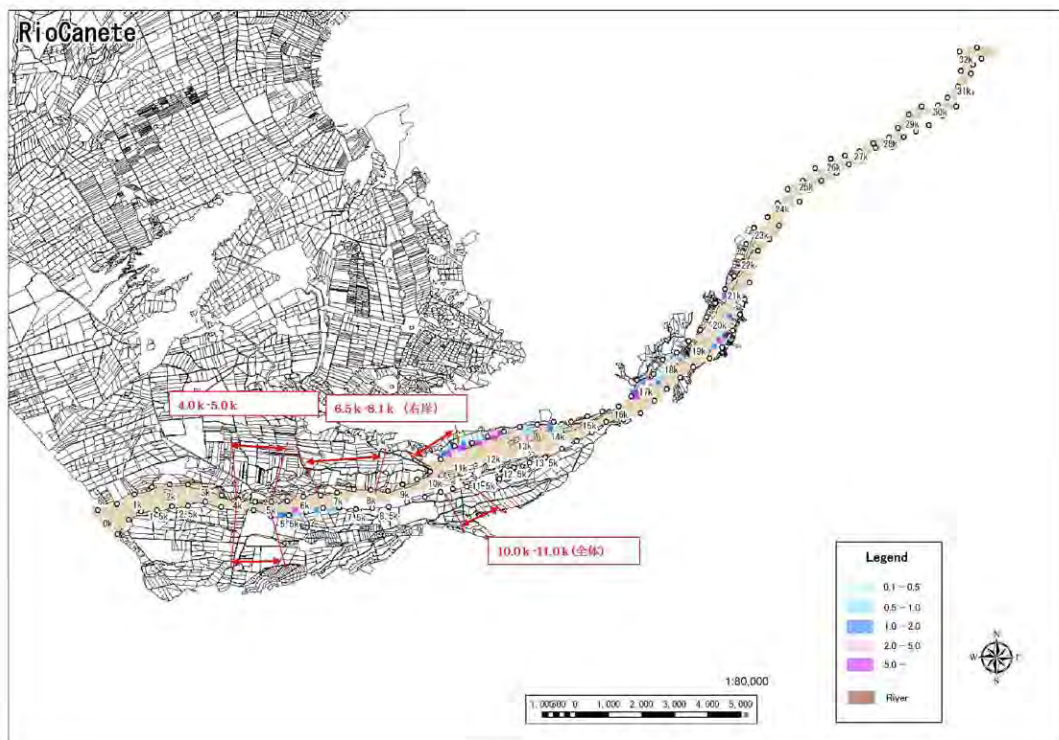
②Rio Canete (1/50 確率) 整備後



②Rio Canete (1/25 確率) 現況

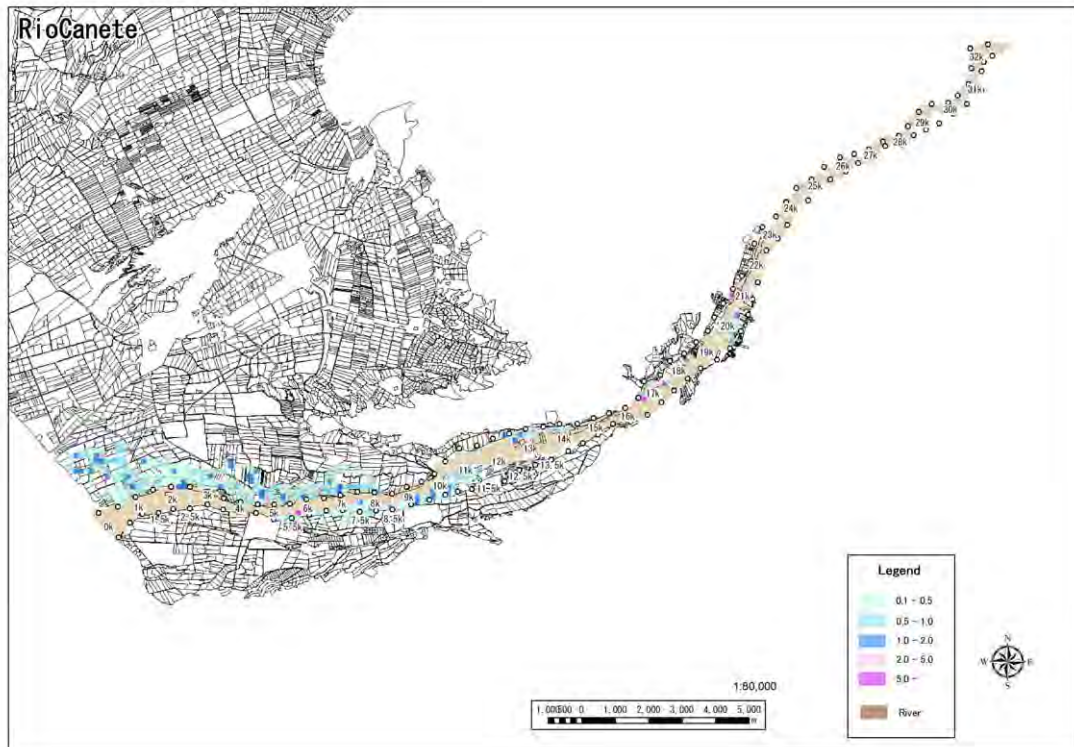


②Rio Canete (1/25 確率) 整備後

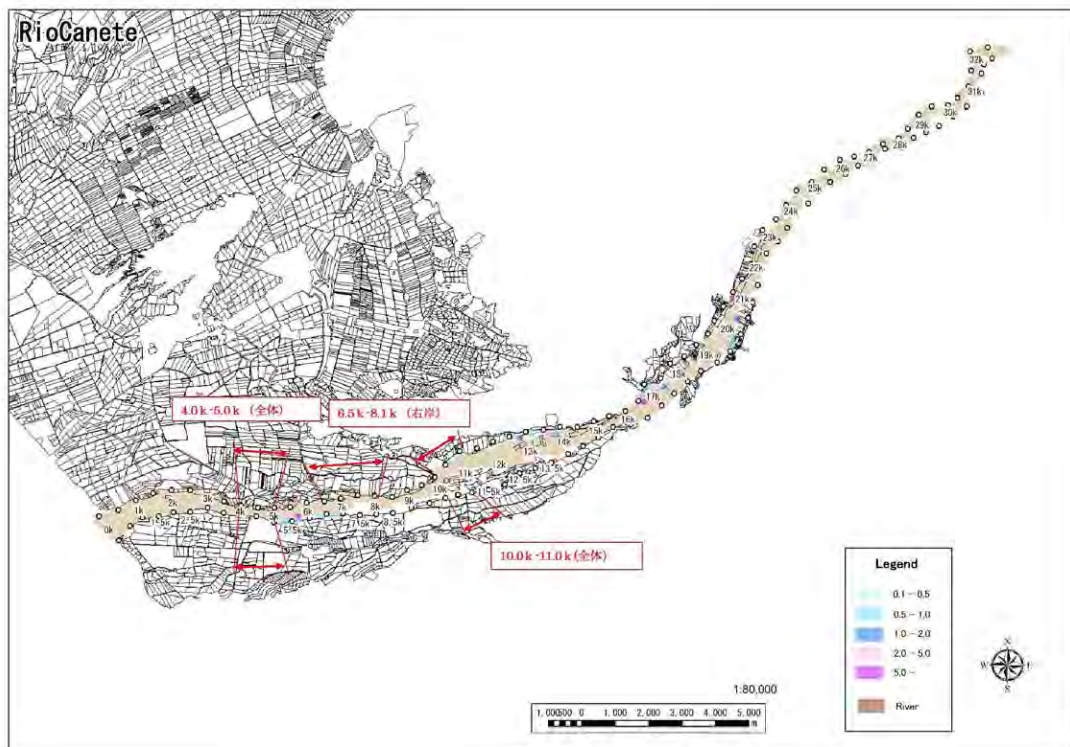




②Rio Canete (1/10 確率) 現況

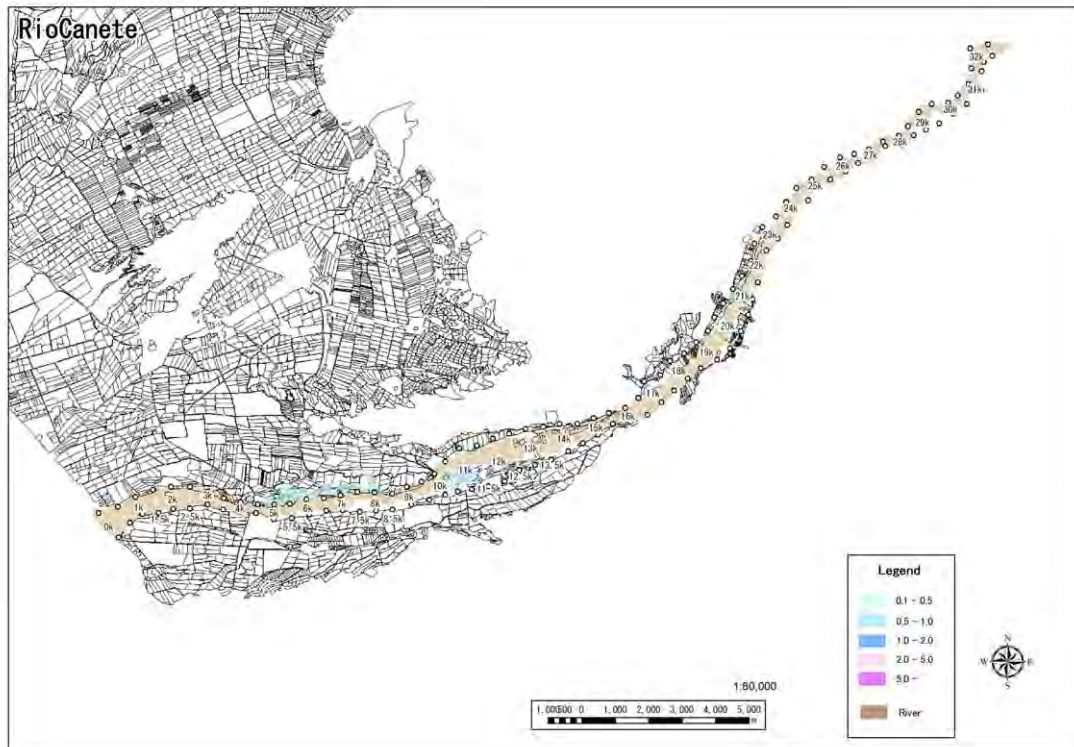


②Rio Canete (1/10 確率) 整備後

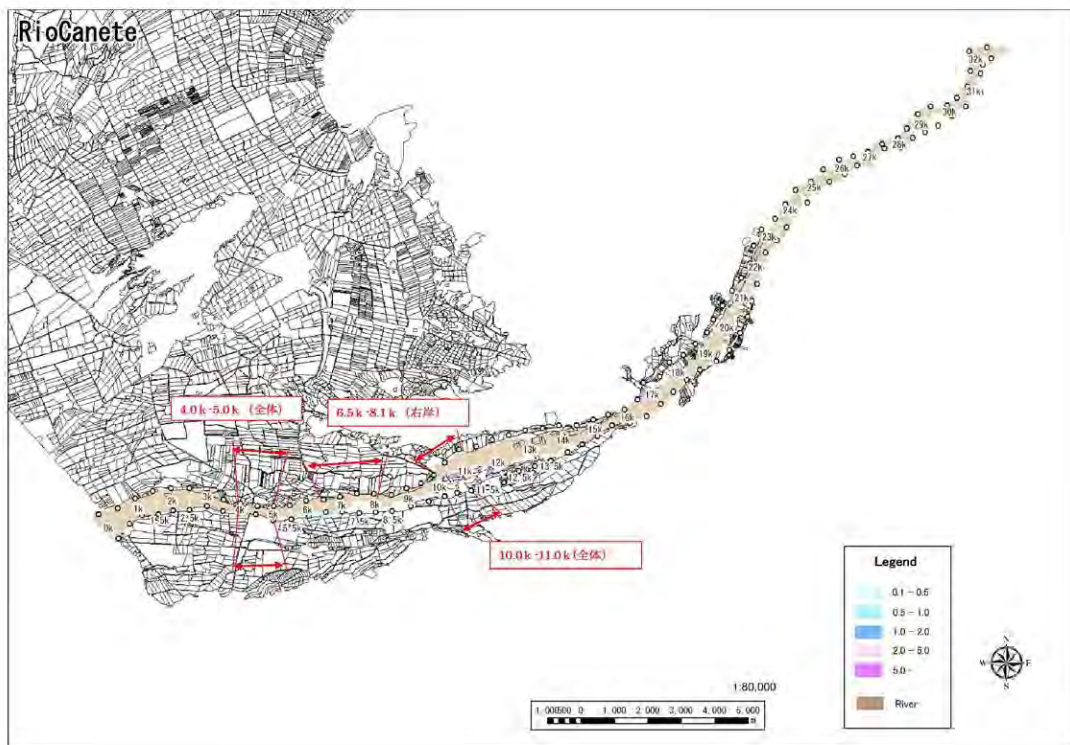




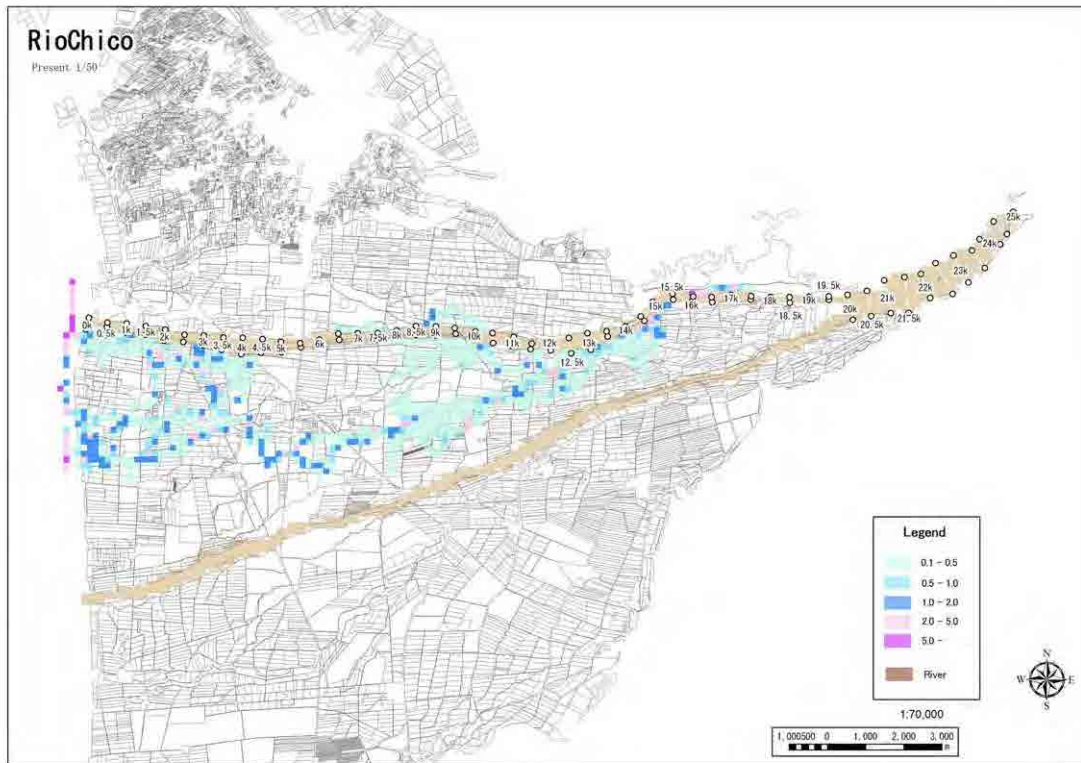
②Rio Canete (1/5 確率) 現況



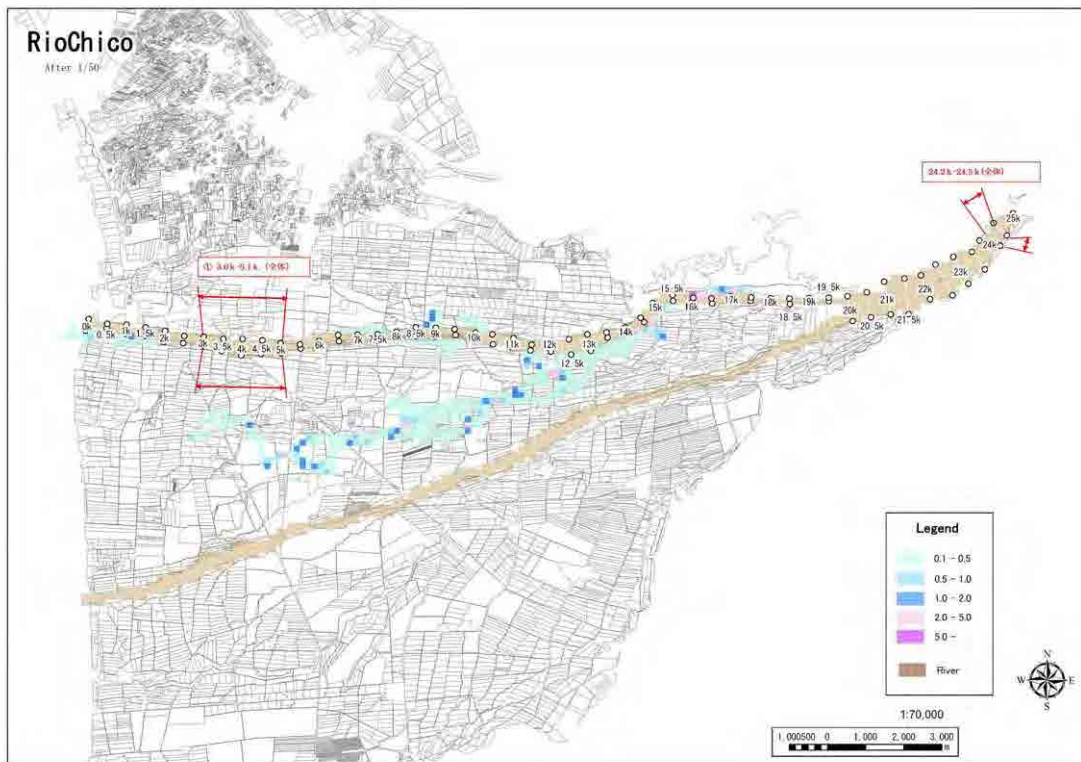
②Rio Canete (1/5 確率) 整備後



③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/50 確率) 現況

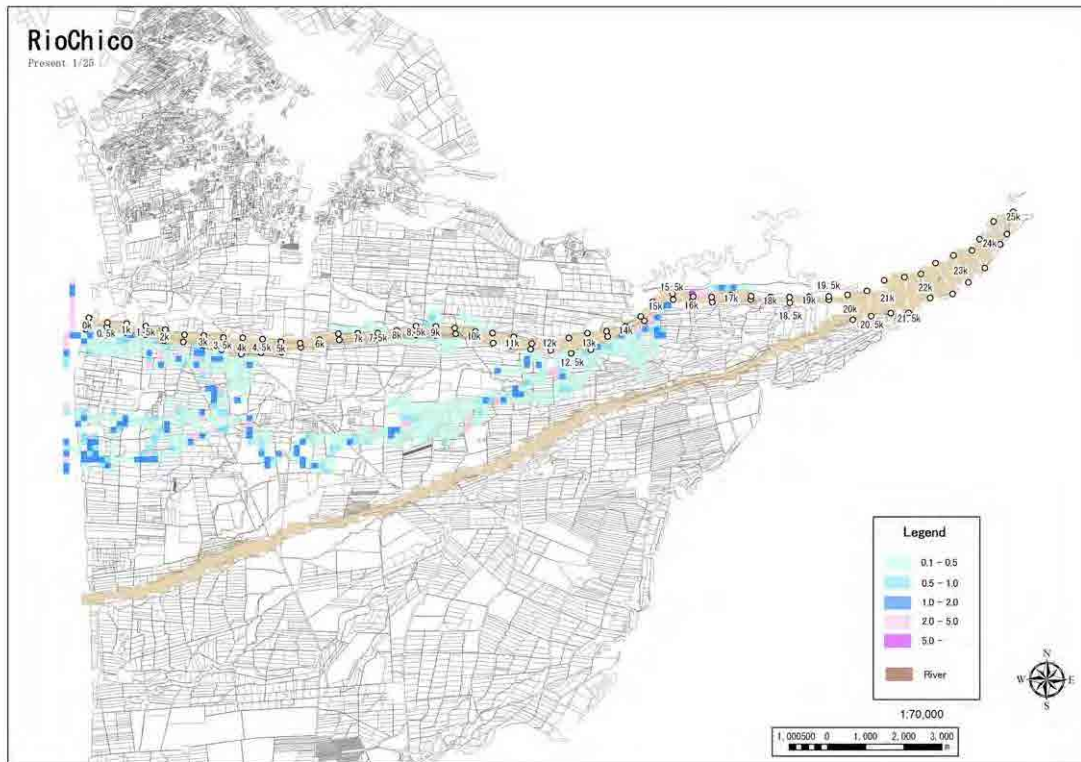


③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/50 確率) 整備後

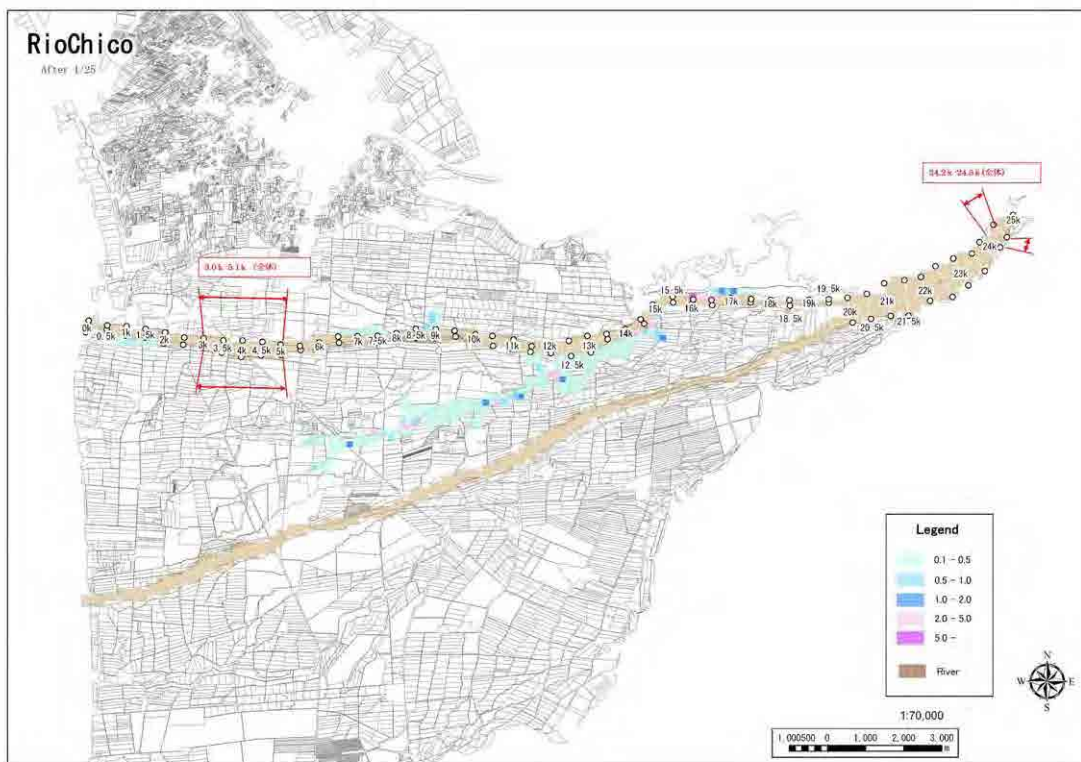




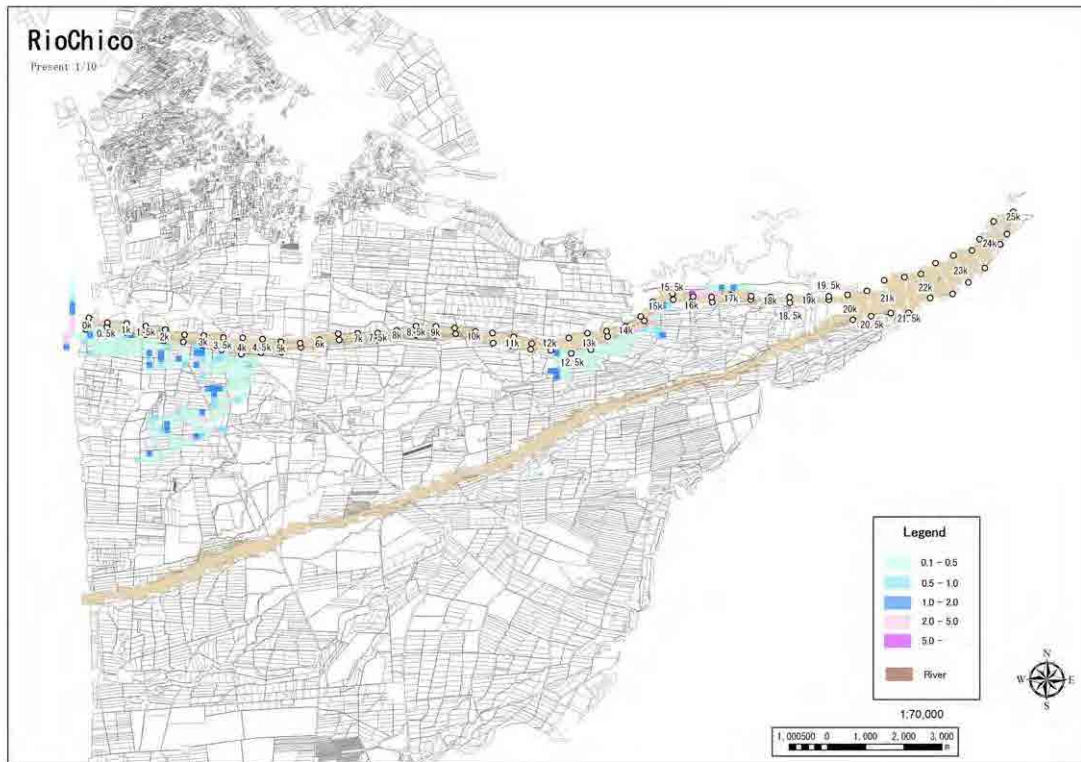
③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/25 確率) 現況



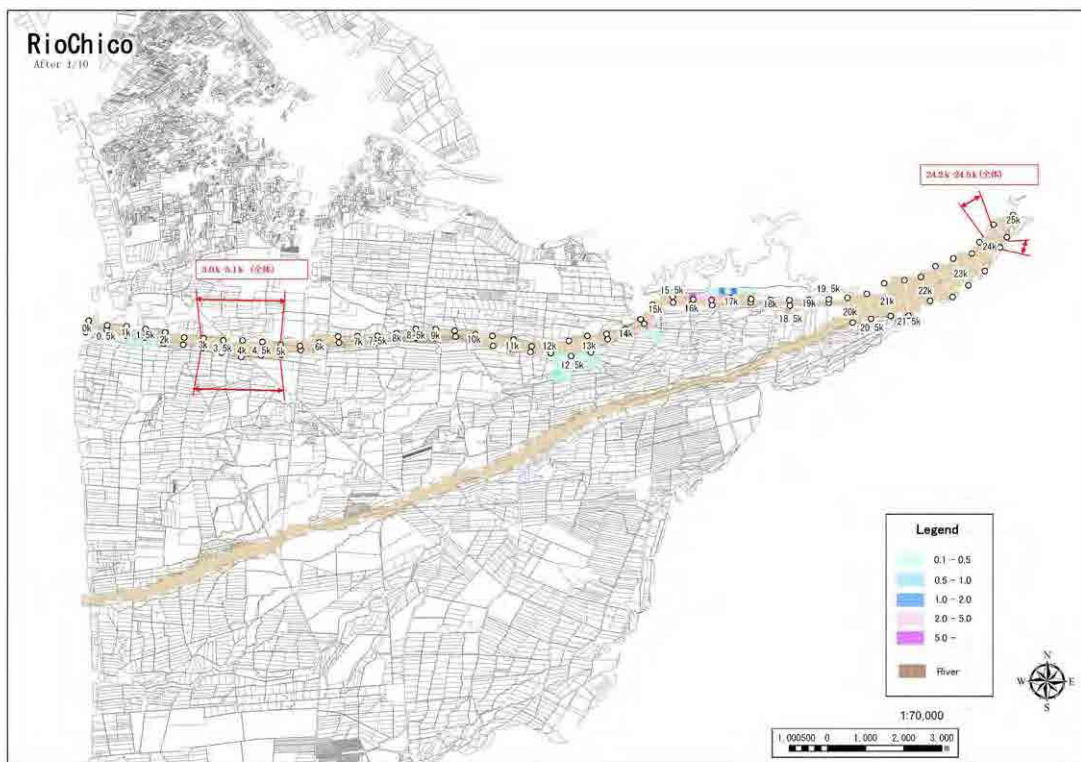
③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/25 確率) 整備後



③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/10 確率) 現況

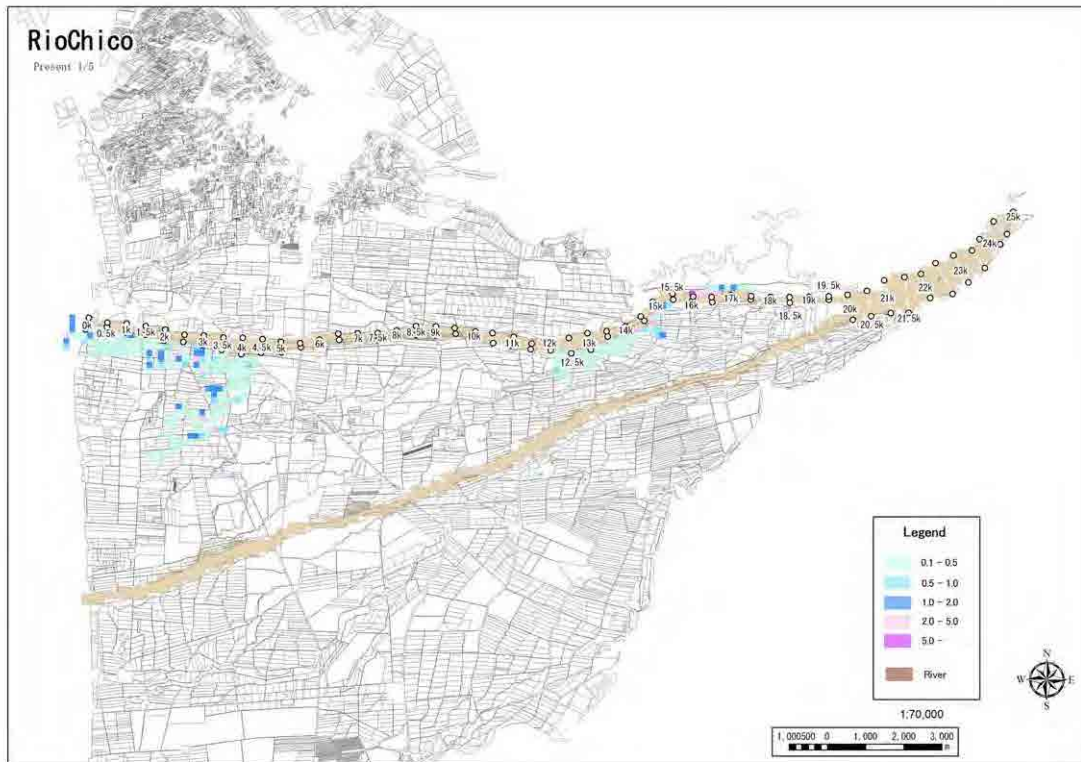


③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/10 確率) 整備後

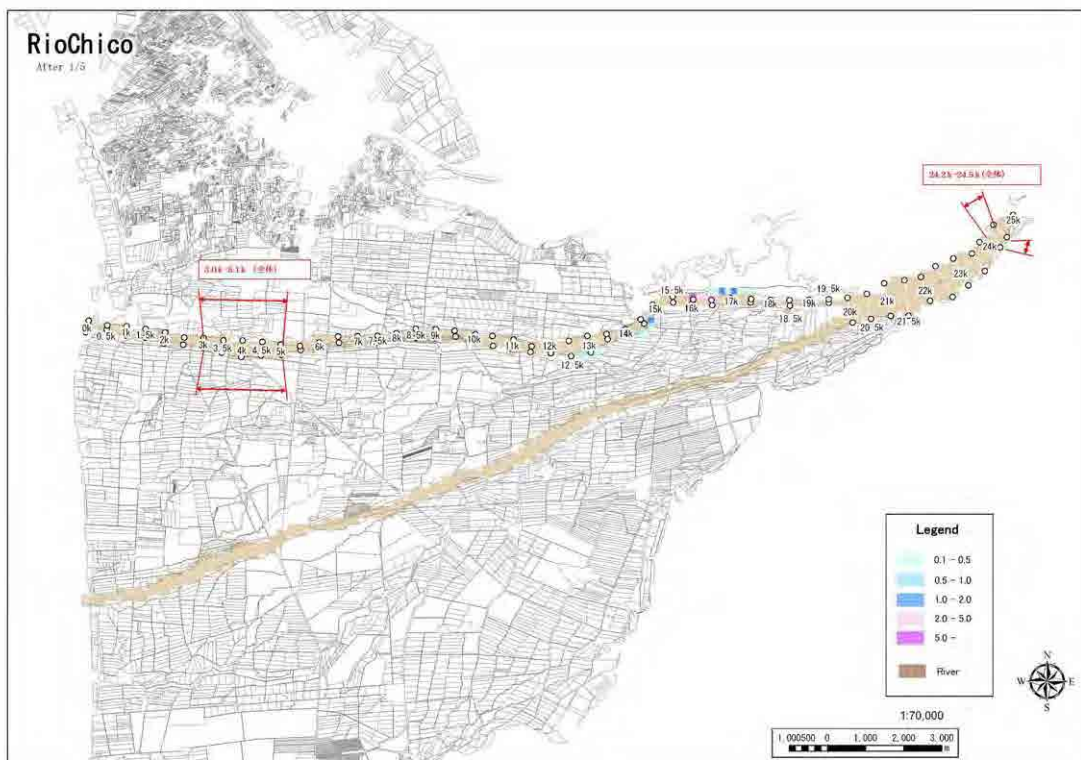




③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/5 確率) 現況

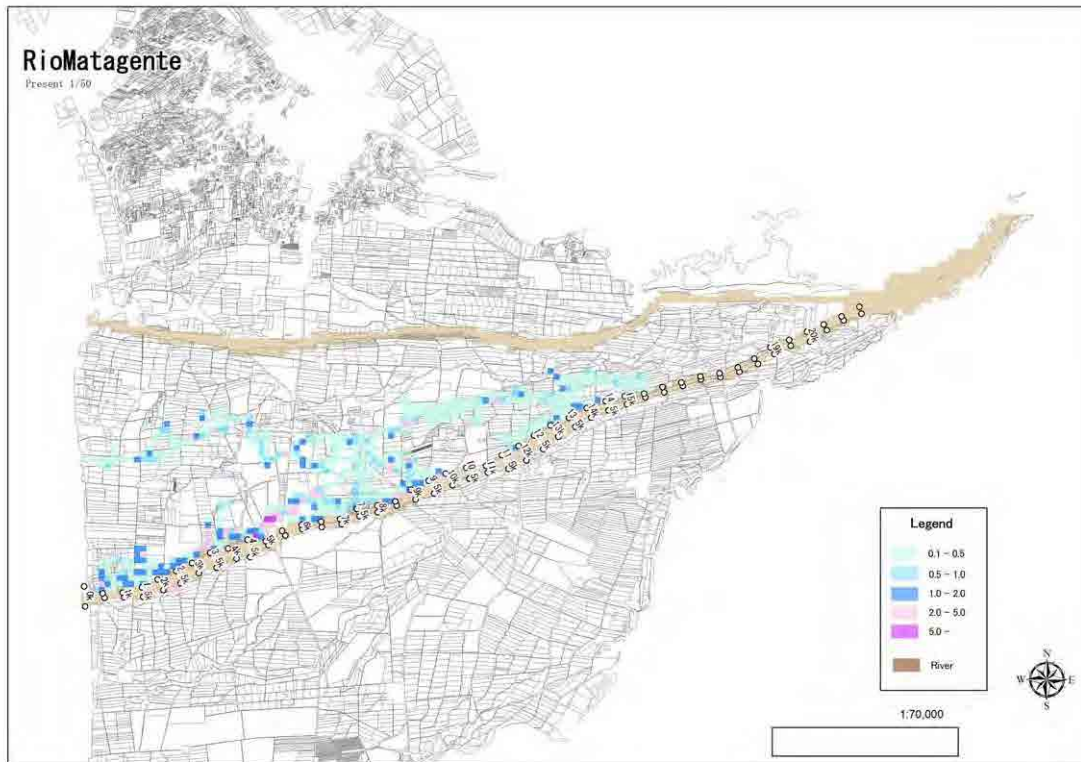


③Rio Chinchá (Rio Chico) (1/5 確率) 整備後

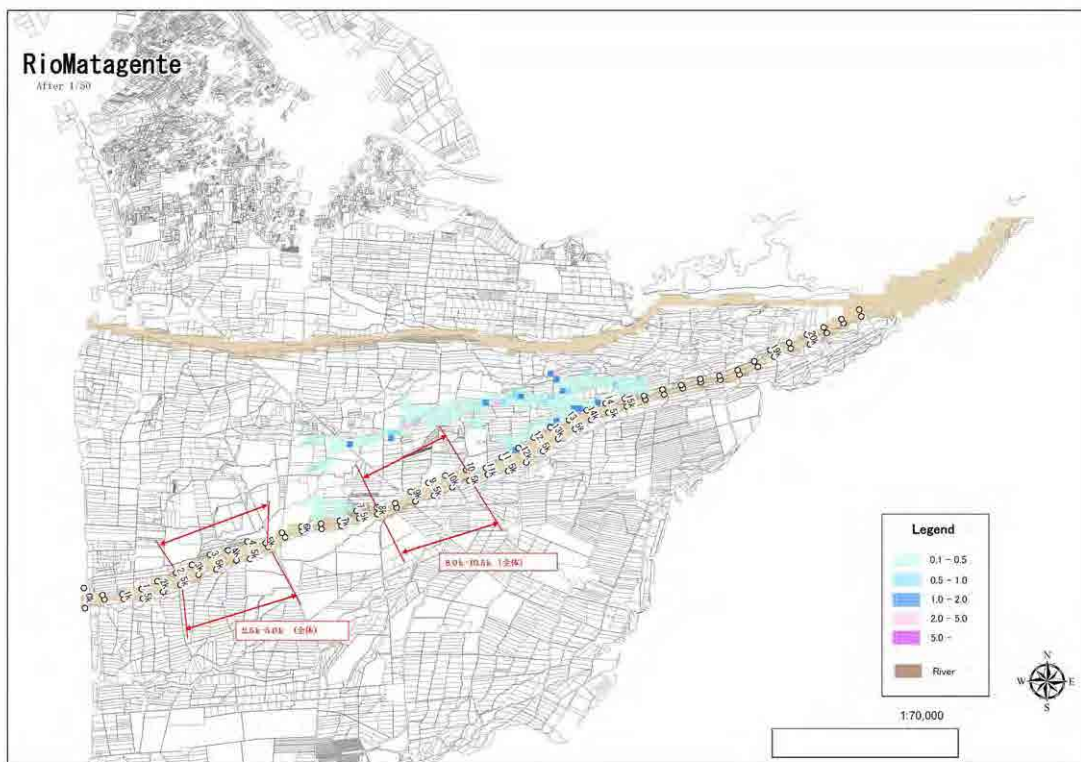




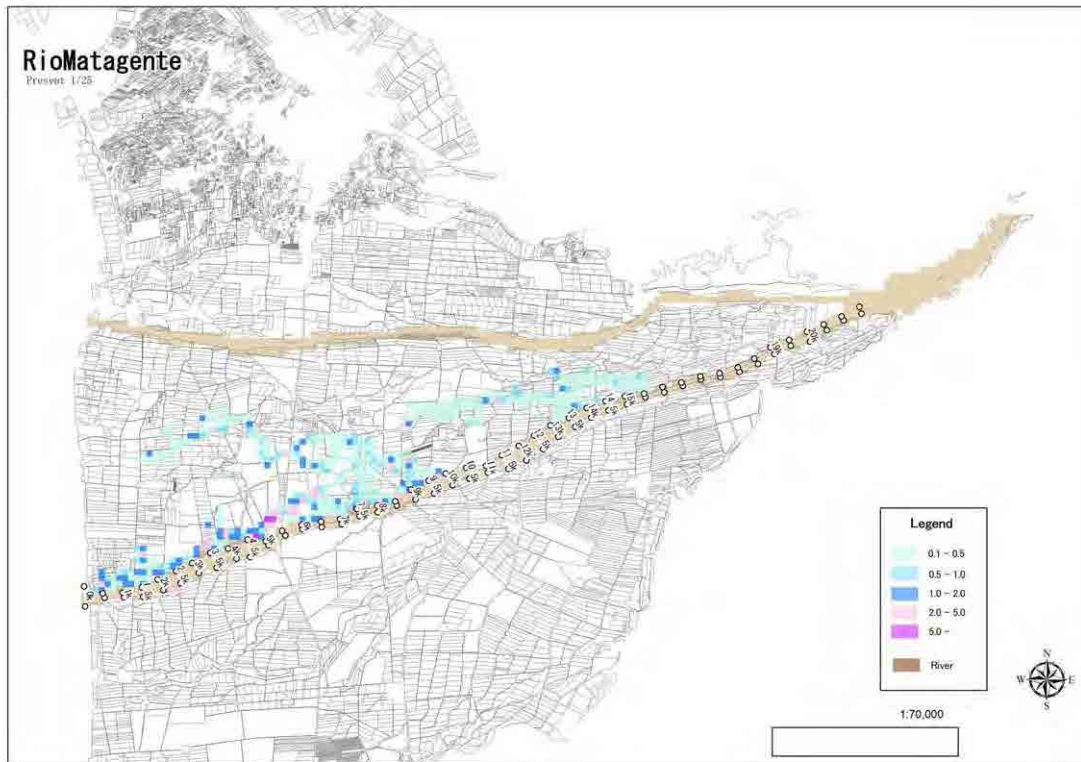
③Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/50 確率) 現況



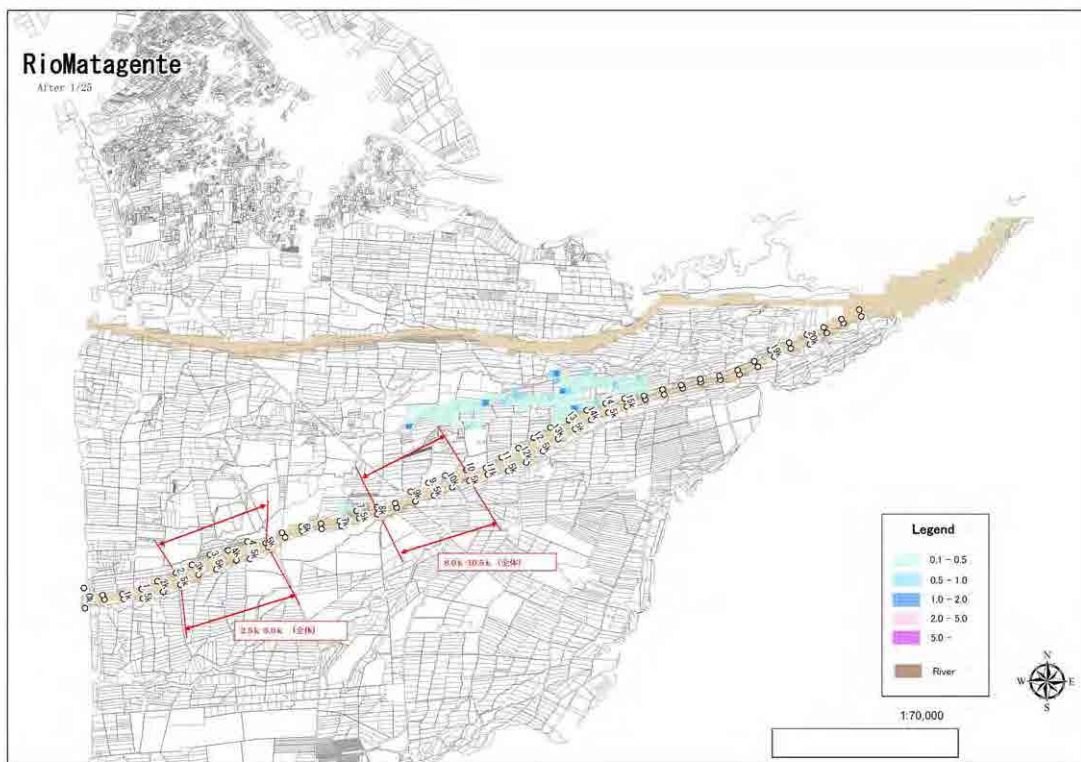
③Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/50 確率) 整備後



③Rio Chinch (Rio Matagante) (1/25 確率) 現況

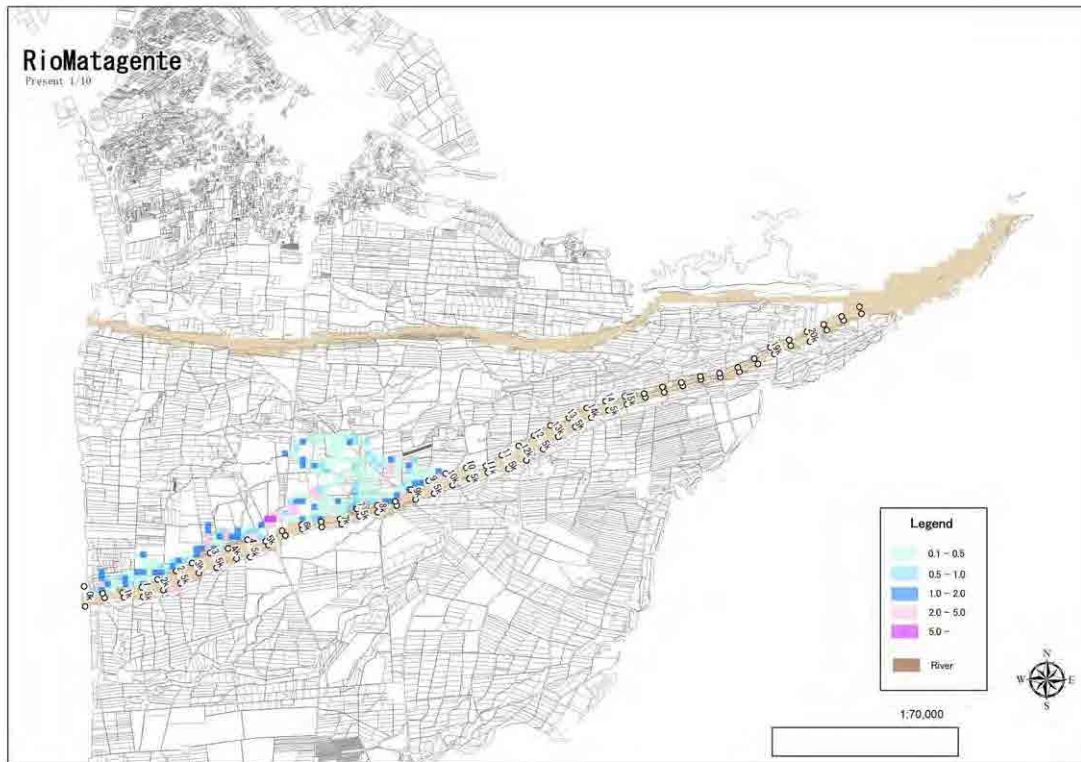


③Rio Chinch (Rio Matagante) (1/25 確率) 整備後

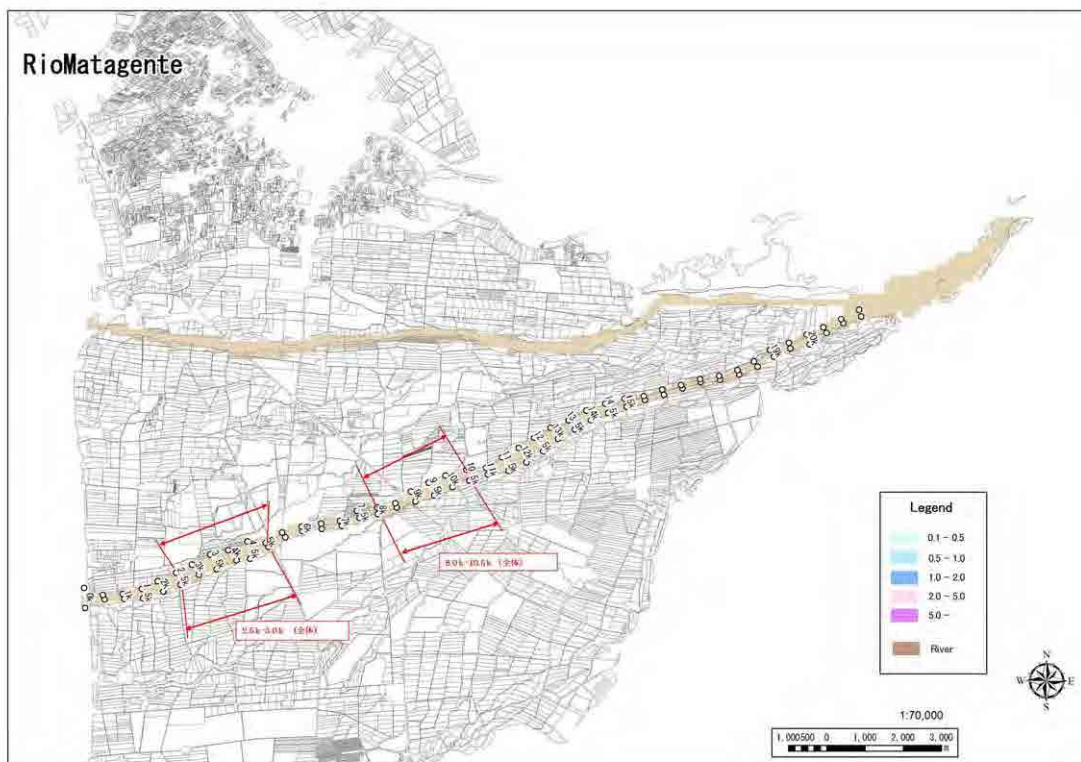




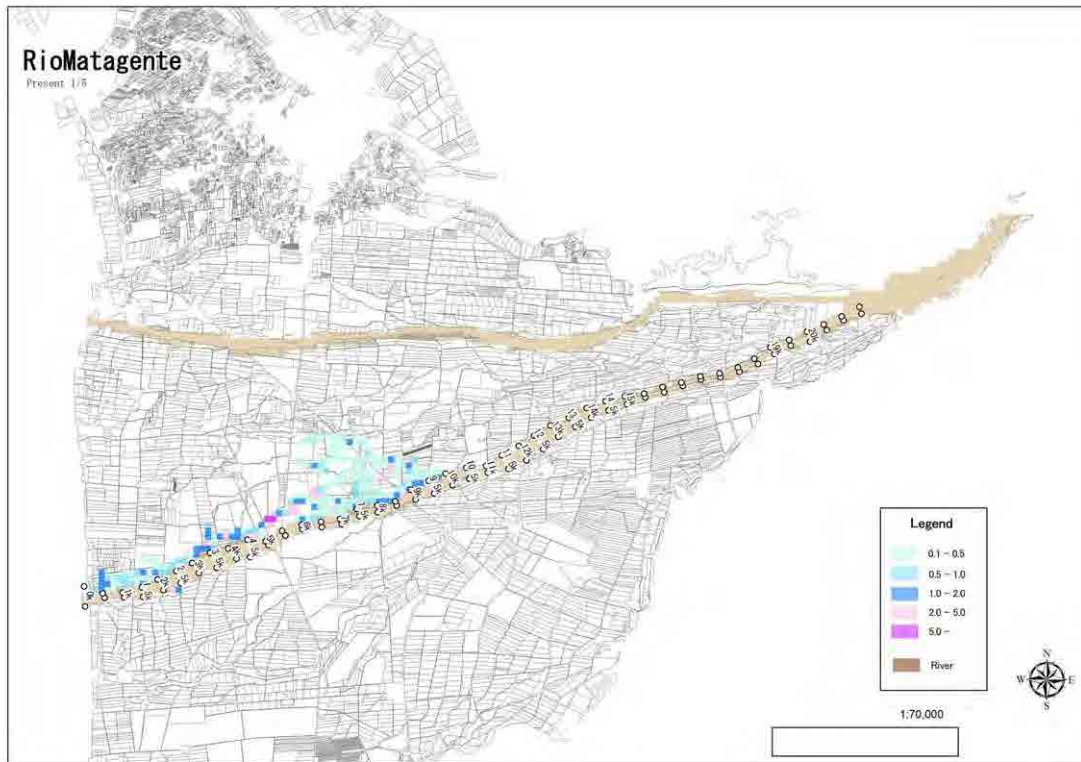
③Rio Chinch (Rio Matagante) (1/10 確率) 現況



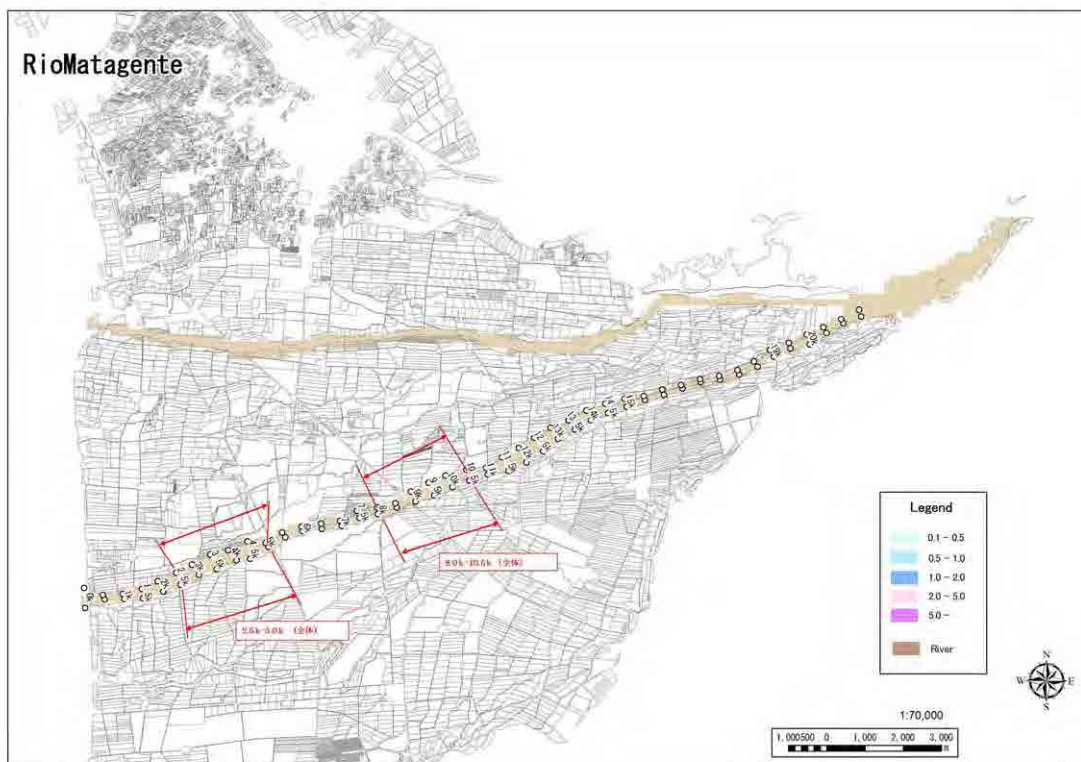
③Rio Chinch (Rio Matagante) (1/10 確率) 整備後



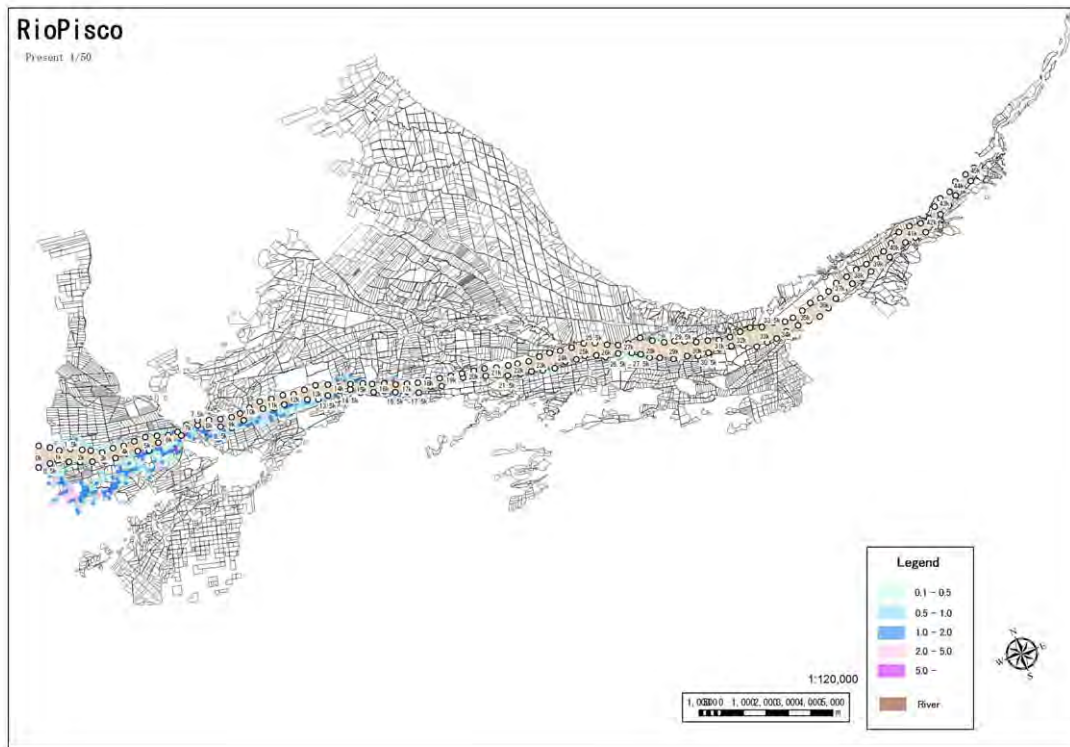
③Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/5 確率) 現況



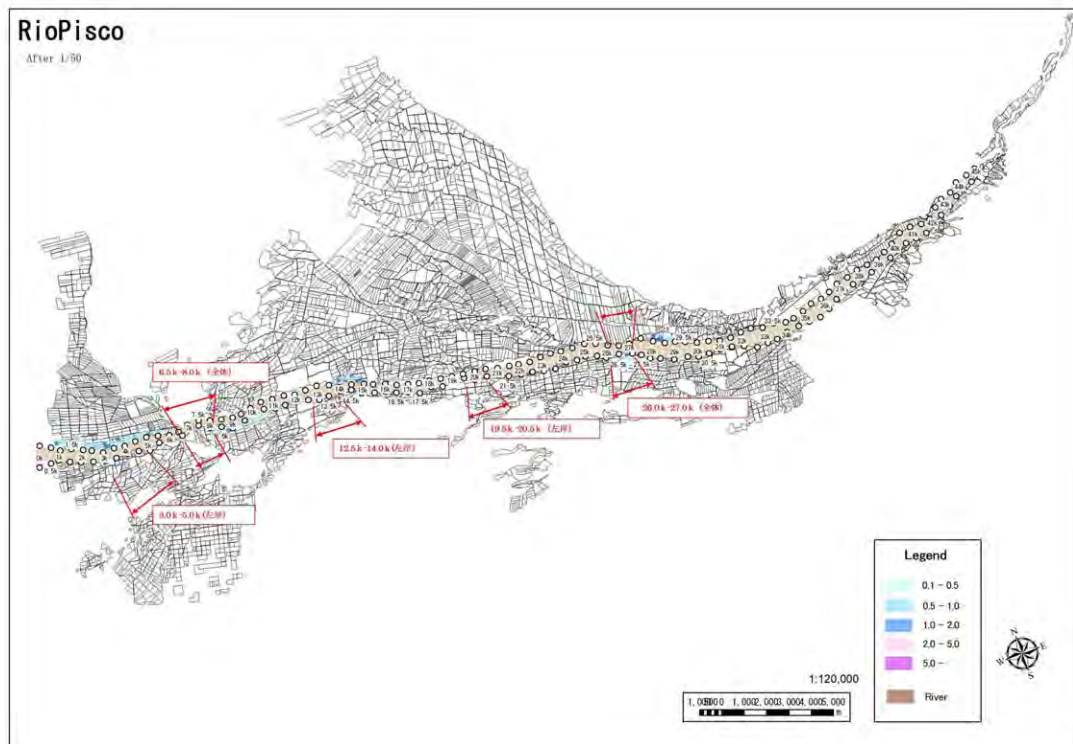
③Rio Chinchá (Rio Matagante) (1/5 確率) 整備後



④ Rio Pisco (1/50 確率) 現況

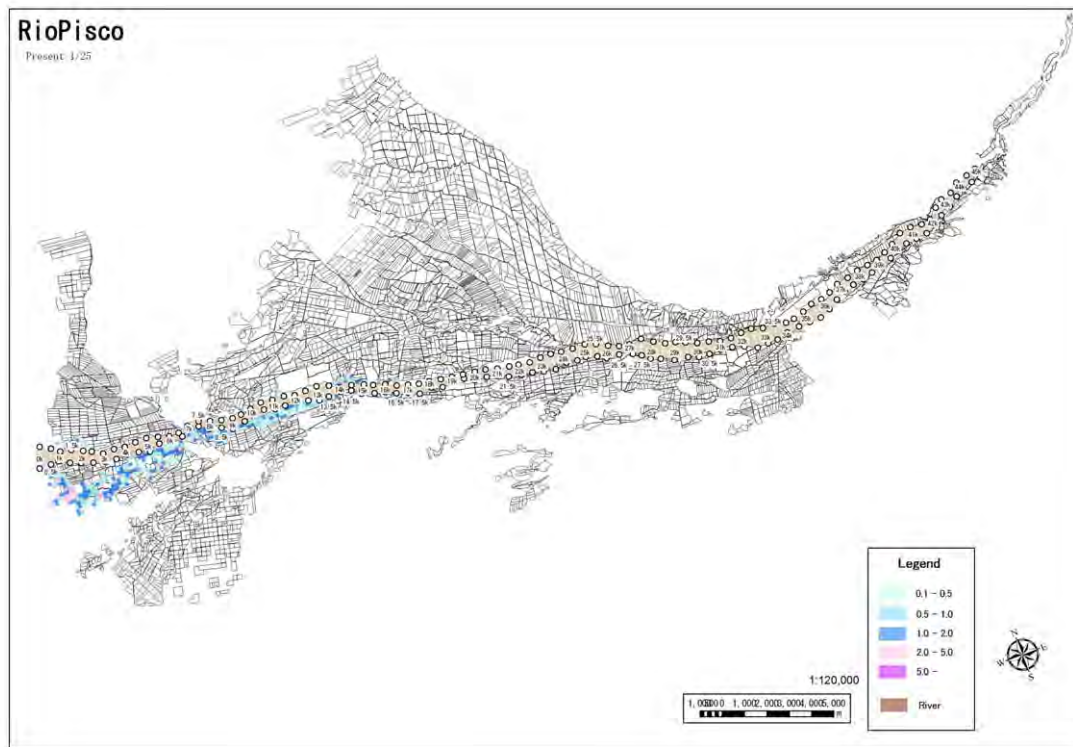


④ Rio Pisco (1/50 確率) 整備後

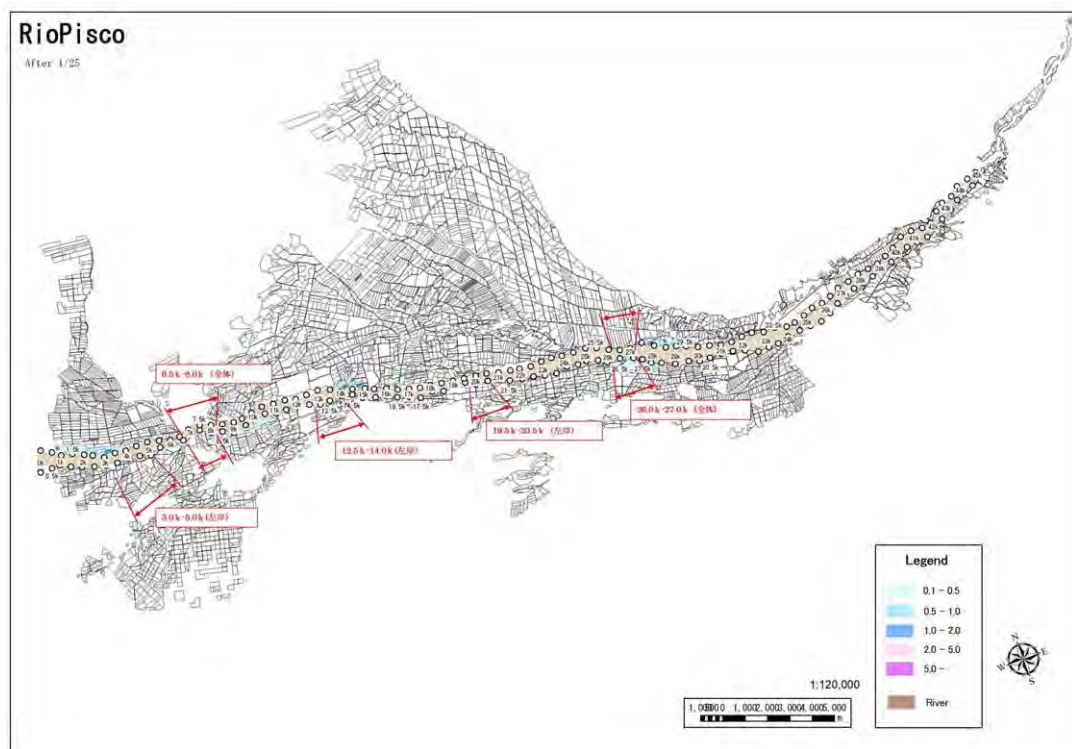




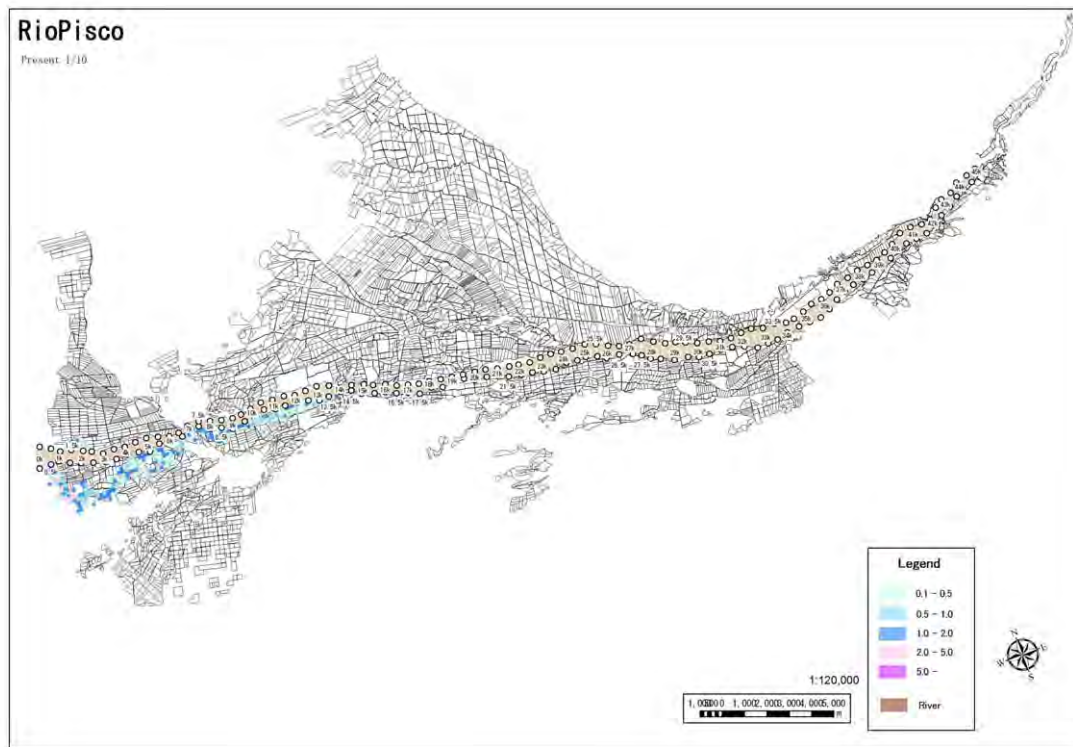
④Rio Pisco (1/25 確率) 現況



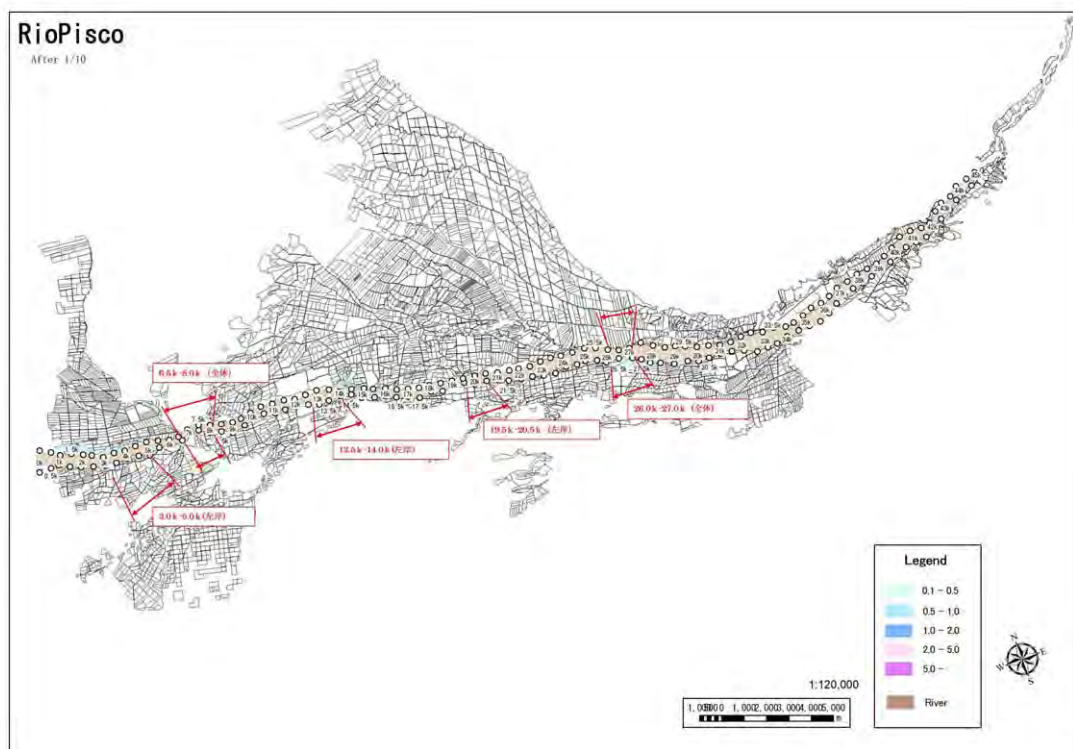
④Rio Pisco (1/25 確率) 整備後



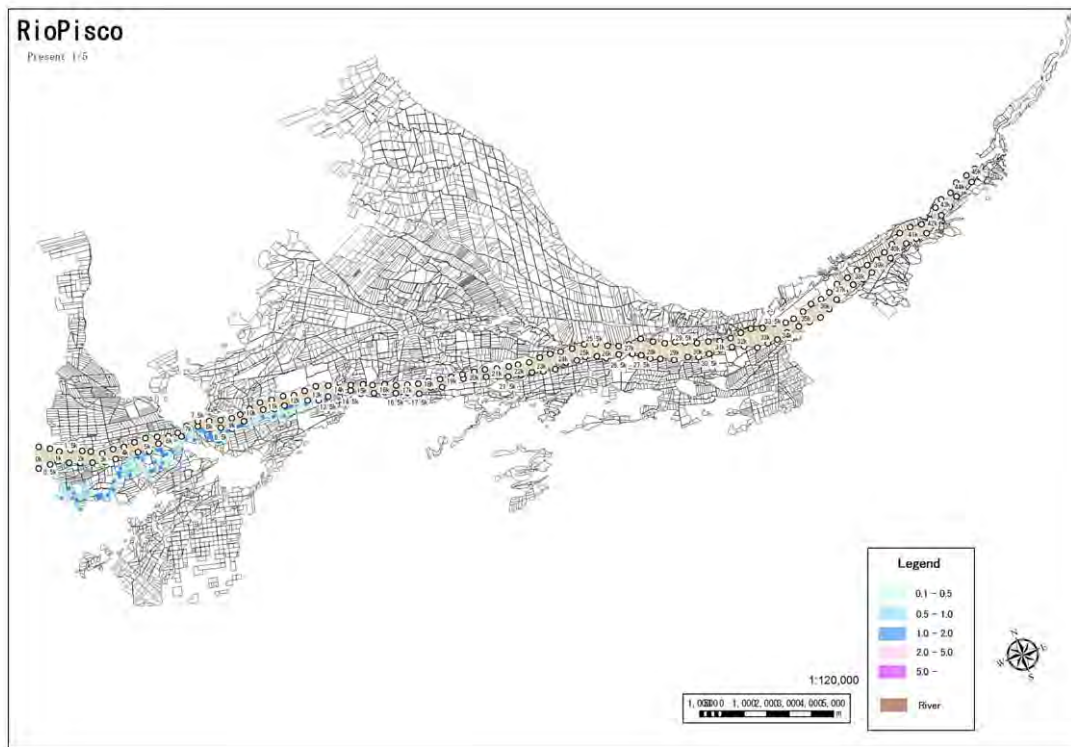
④Rio Pisco (1/10 確率) 現況



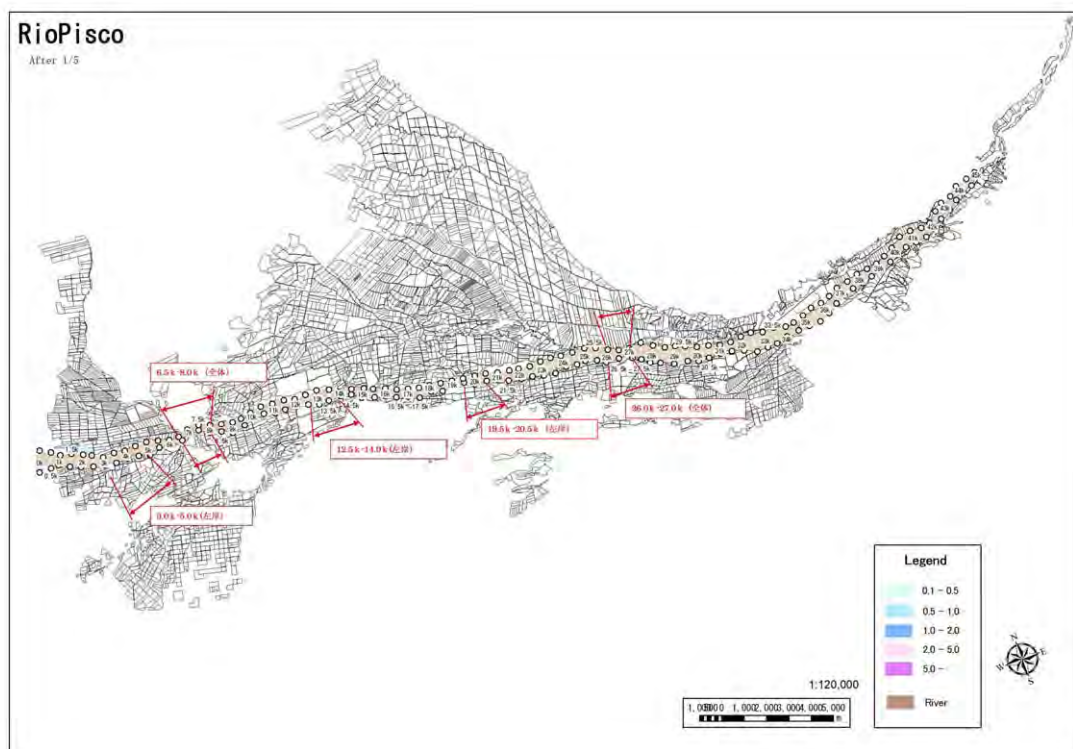
④Rio Pisco (1/10 確率) 整備後



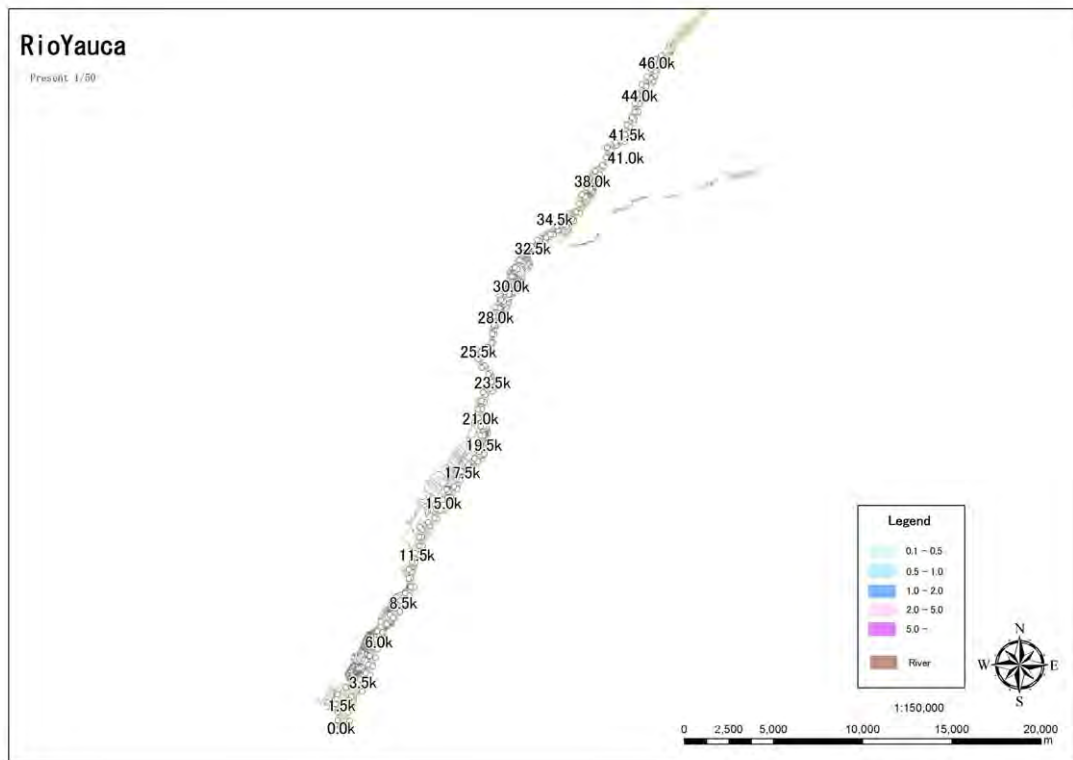
④Rio Pisco (1/5 確率) 現況



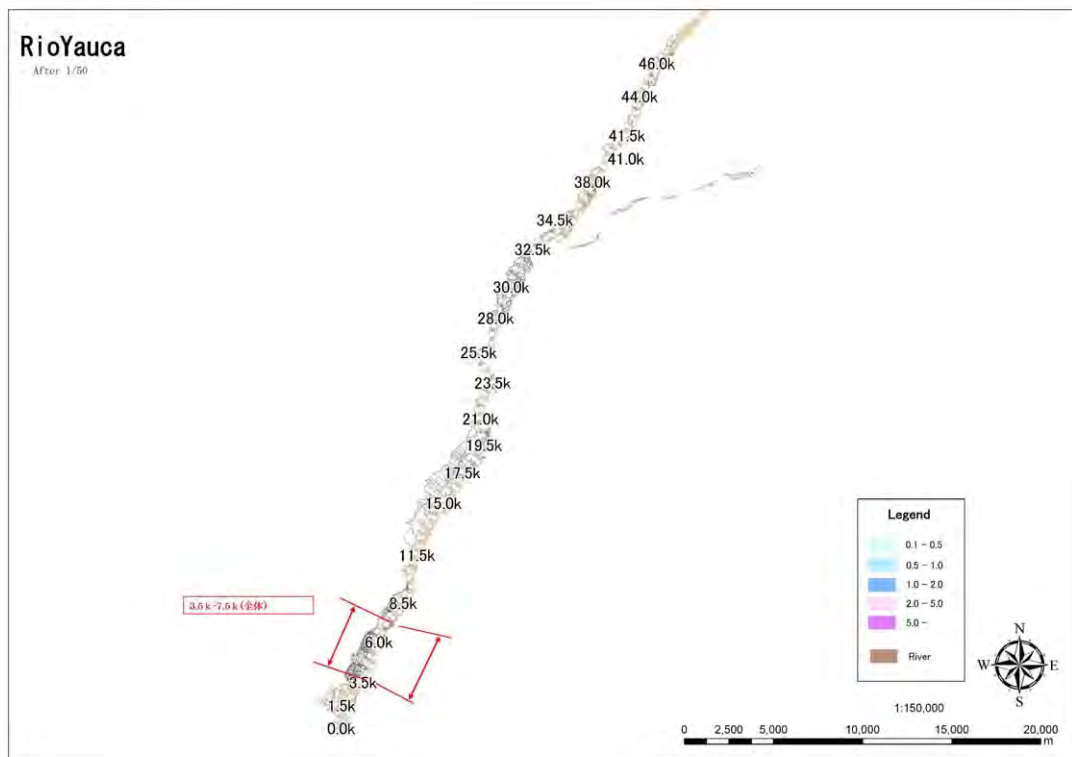
④Rio Pisco (1/5 確率) 整備後



⑤ Rio Yauca (1/50 確率) 現況

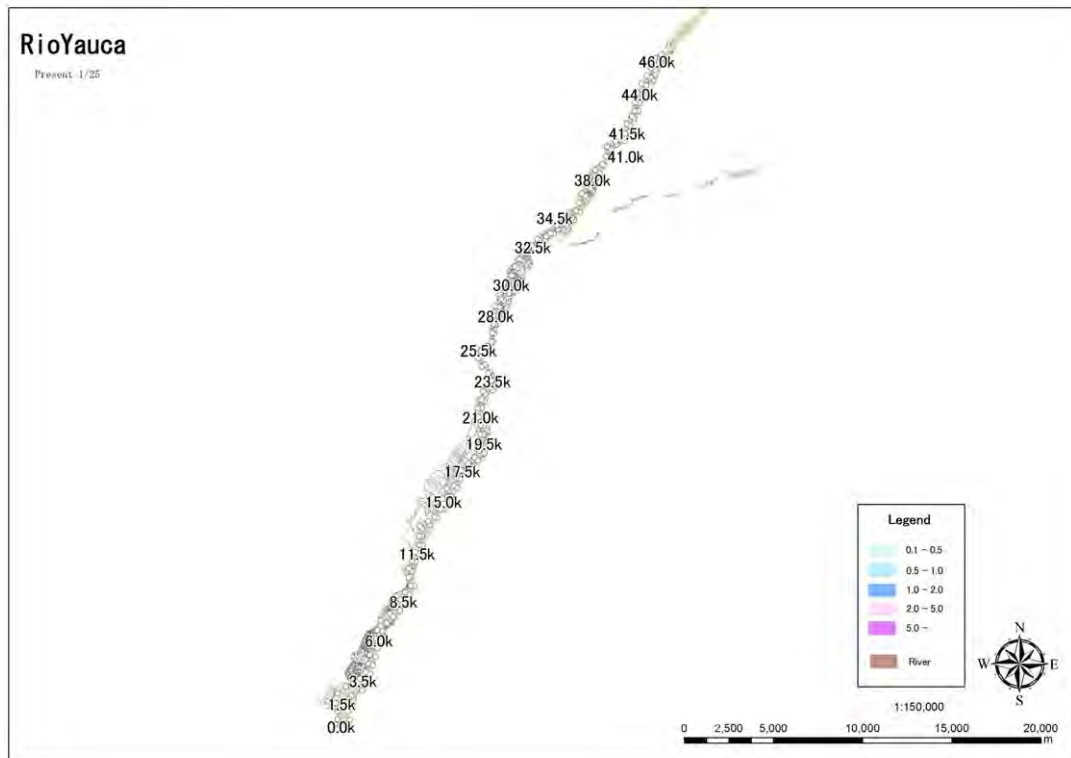


⑤ Rio Yauca (1/50 確率) 整備後

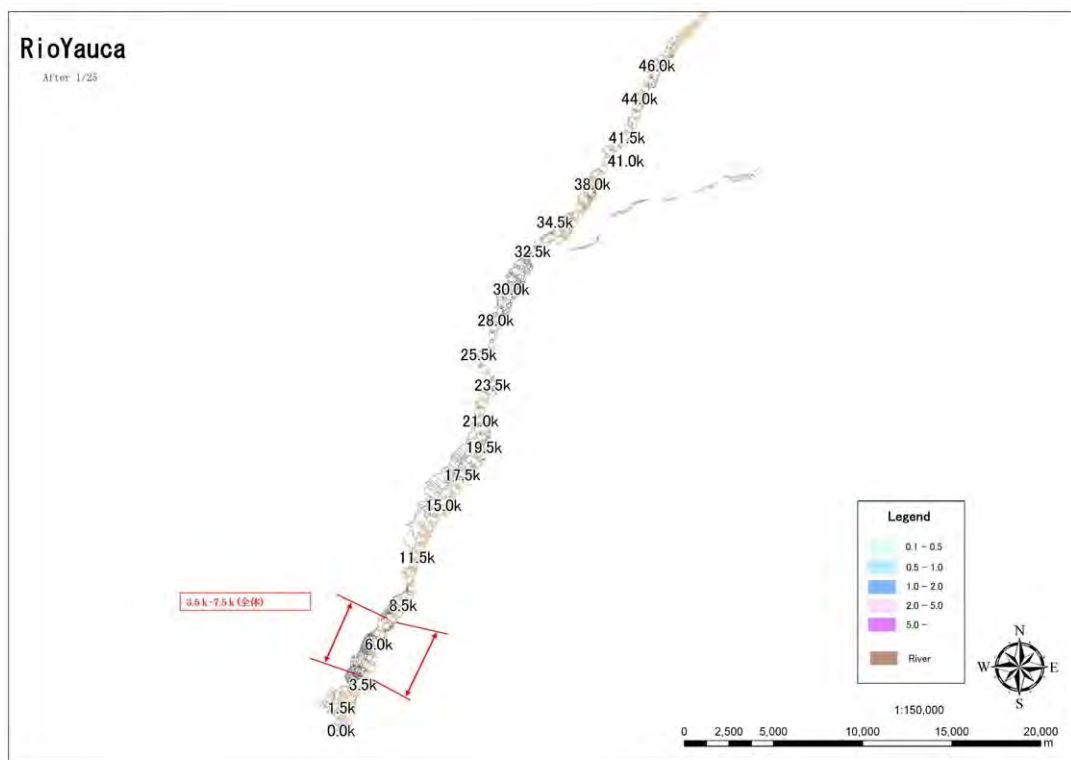




⑤Rio Yauca (1/25 確率) 現況

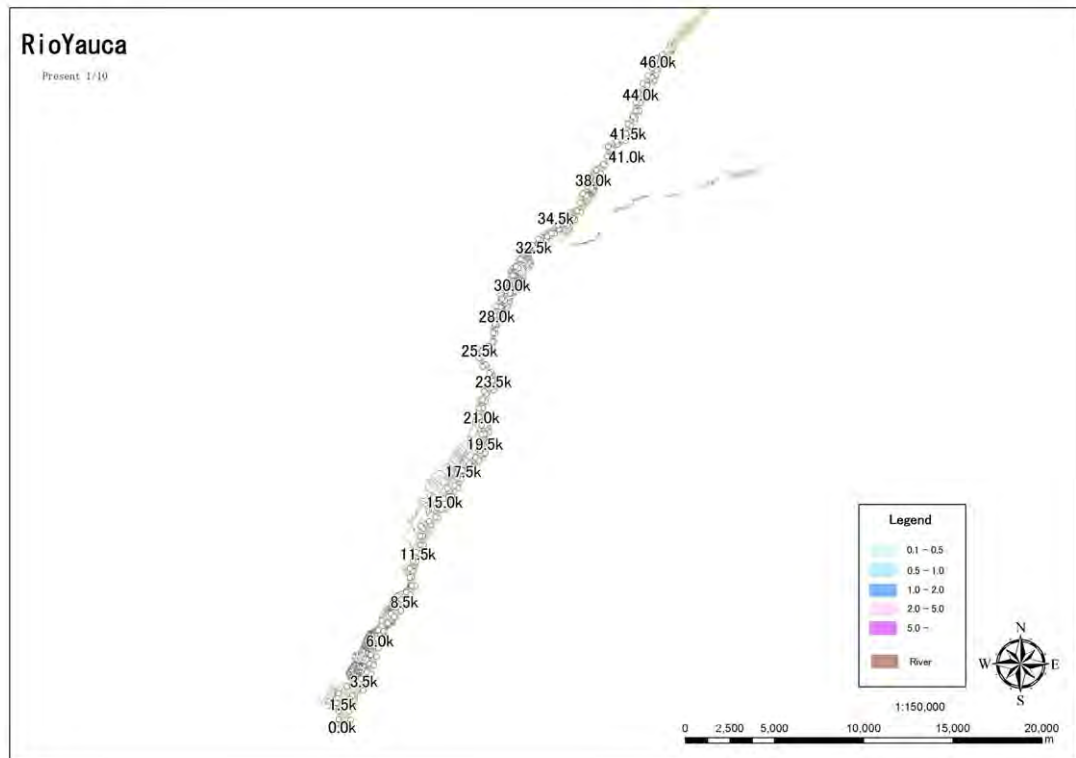


⑤Rio Yauca (1/25 確率) 整備後

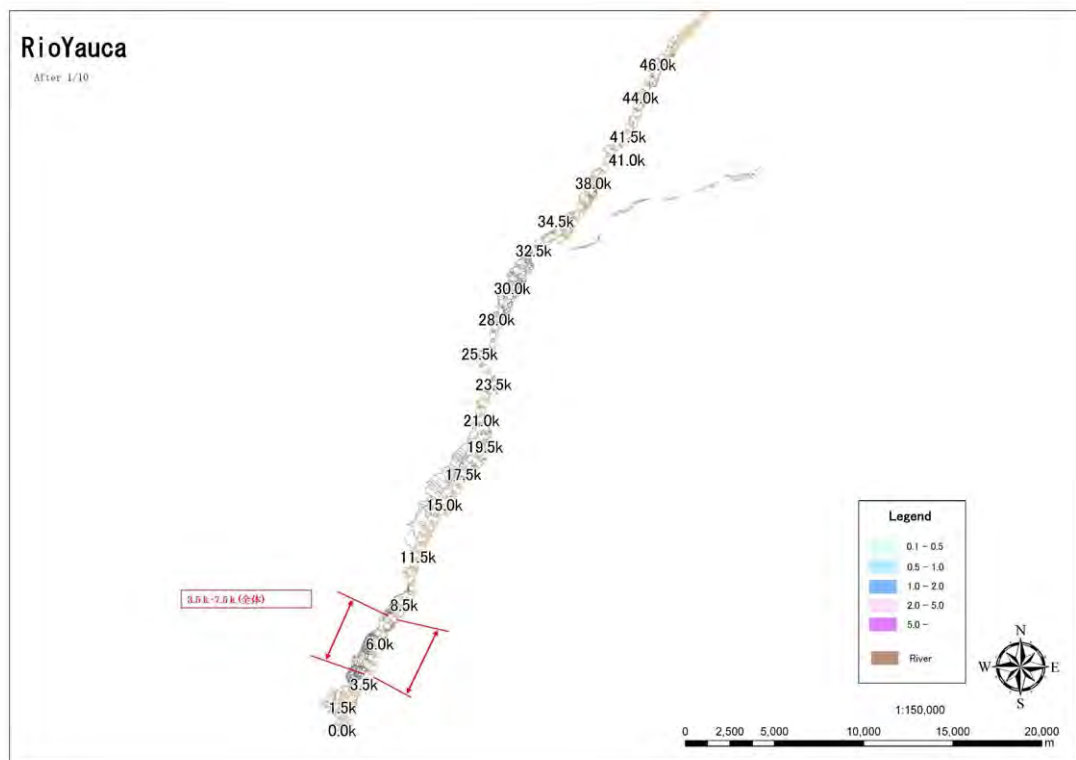




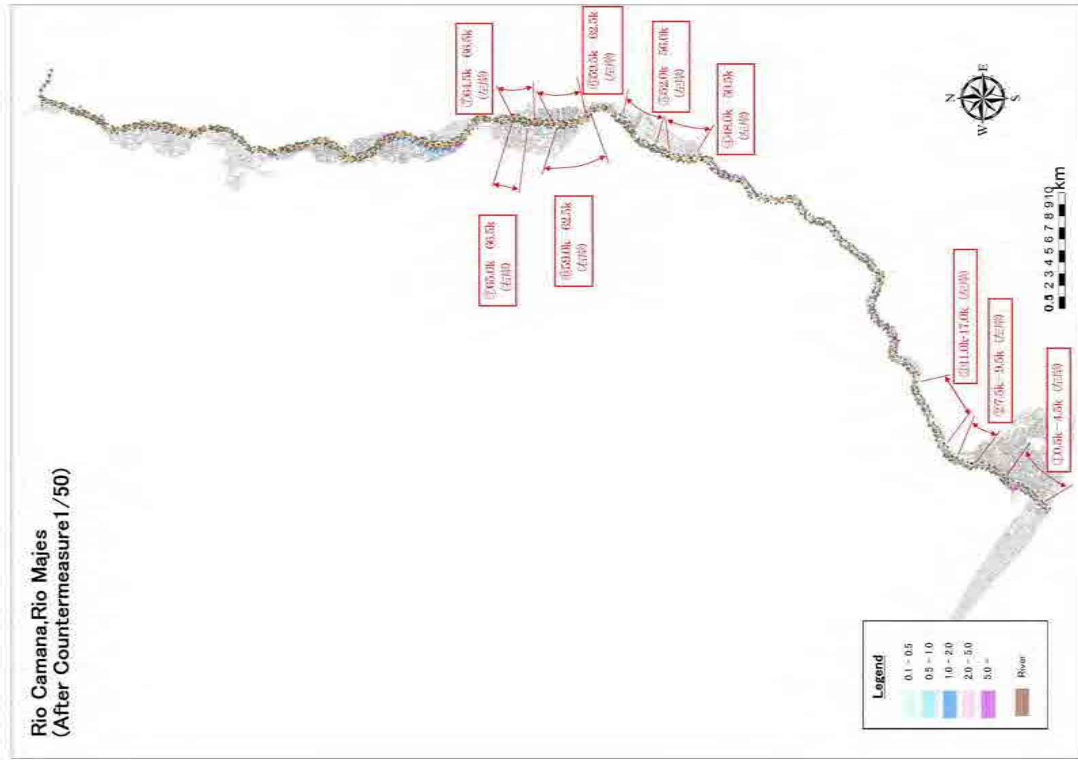
⑤Rio Yauca (1/10 確率) 現況



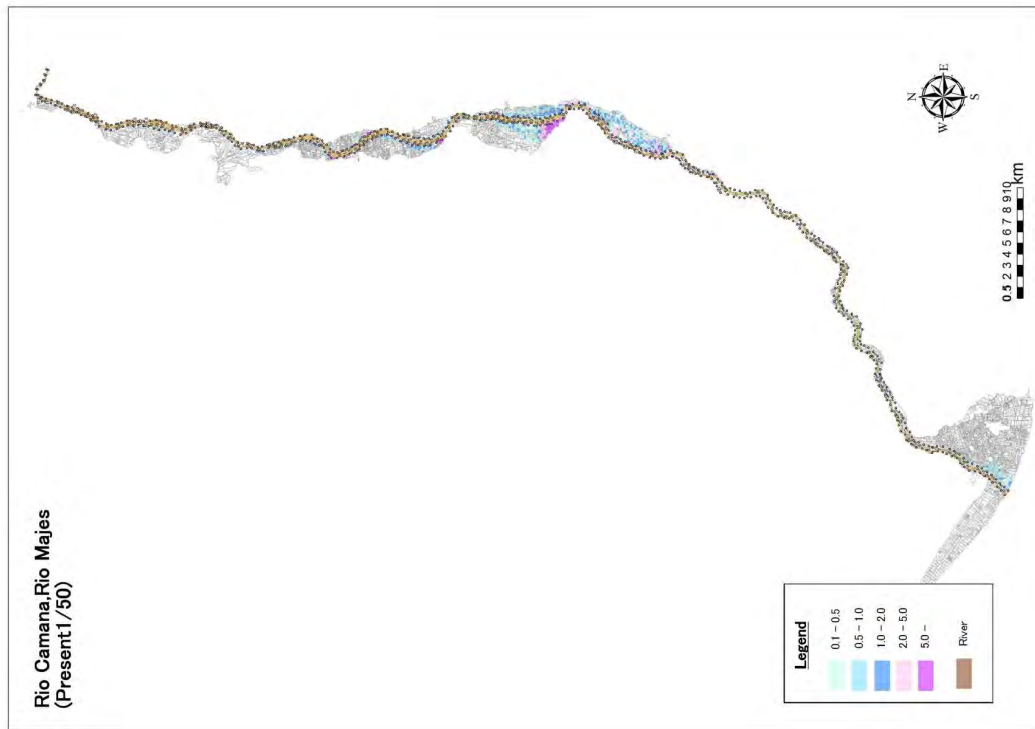
⑤Rio Yauca (1/10 確率) 整備後



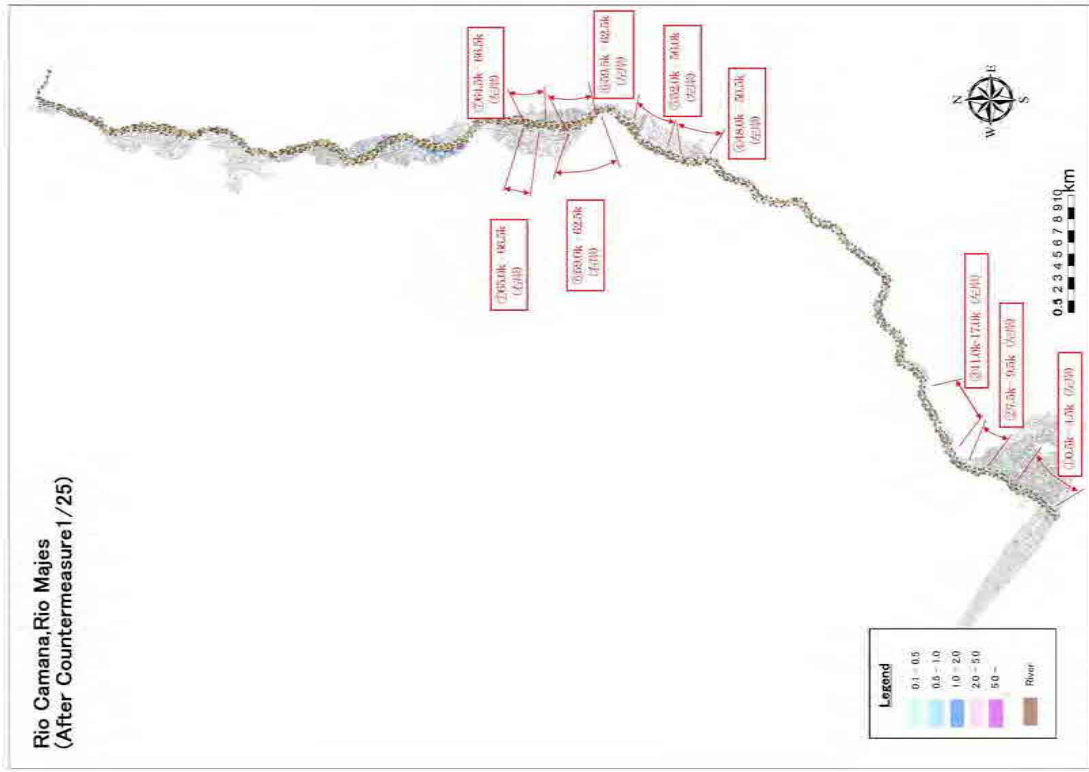
⑥ Rio Camana, Rio Majes (1/50 確率) 整備後



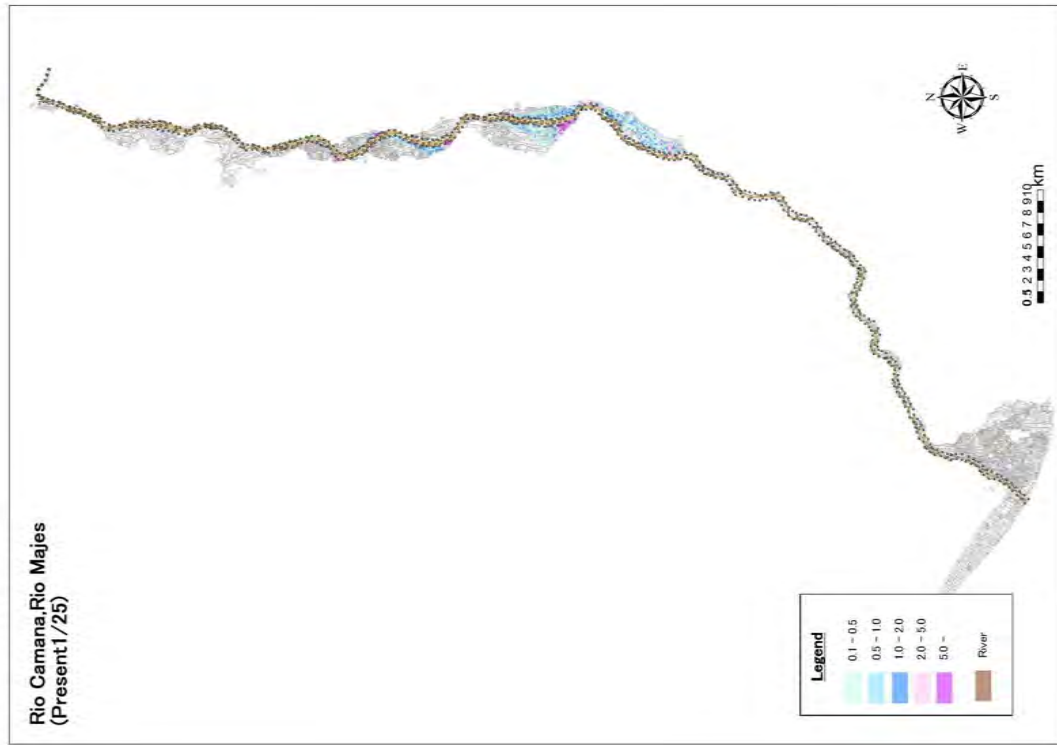
⑥ Rio Camana, Rio Majes (1/50 確率) 現況



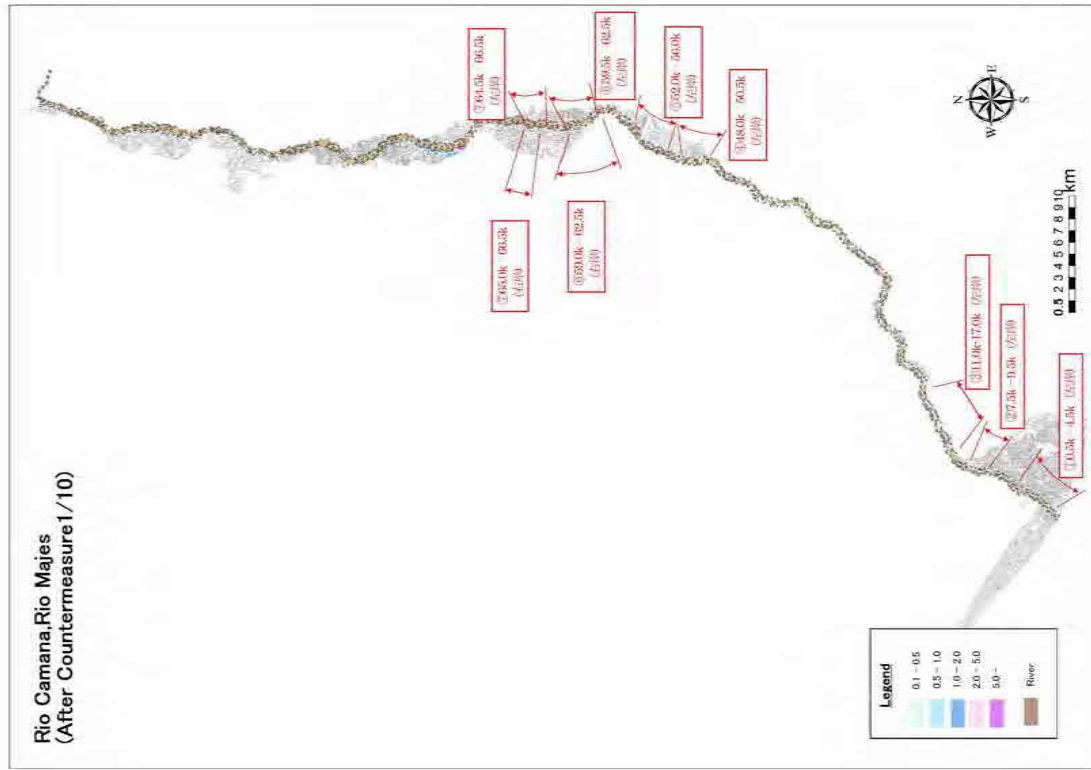
⑥Rio Camana, Rio Majes (1/25 確率) 整備後



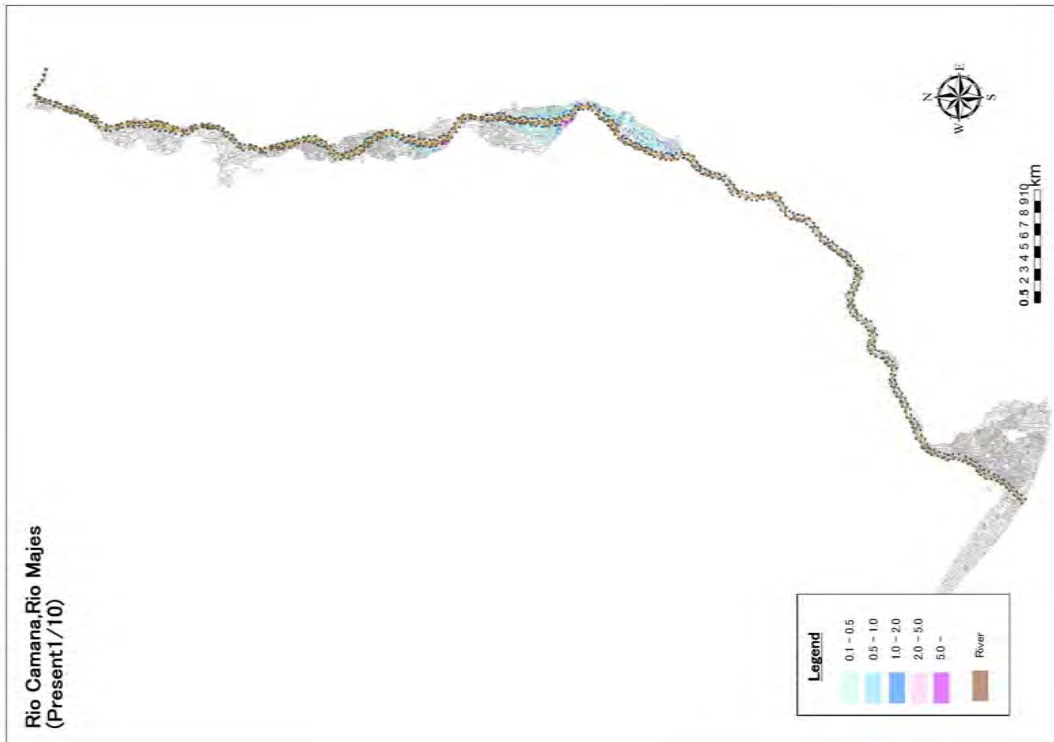
⑥Rio Camana, Rio Majes (1/25 確率) 現況



⑥Rio Camana, Rio Majes (1/10 確率) 整備後

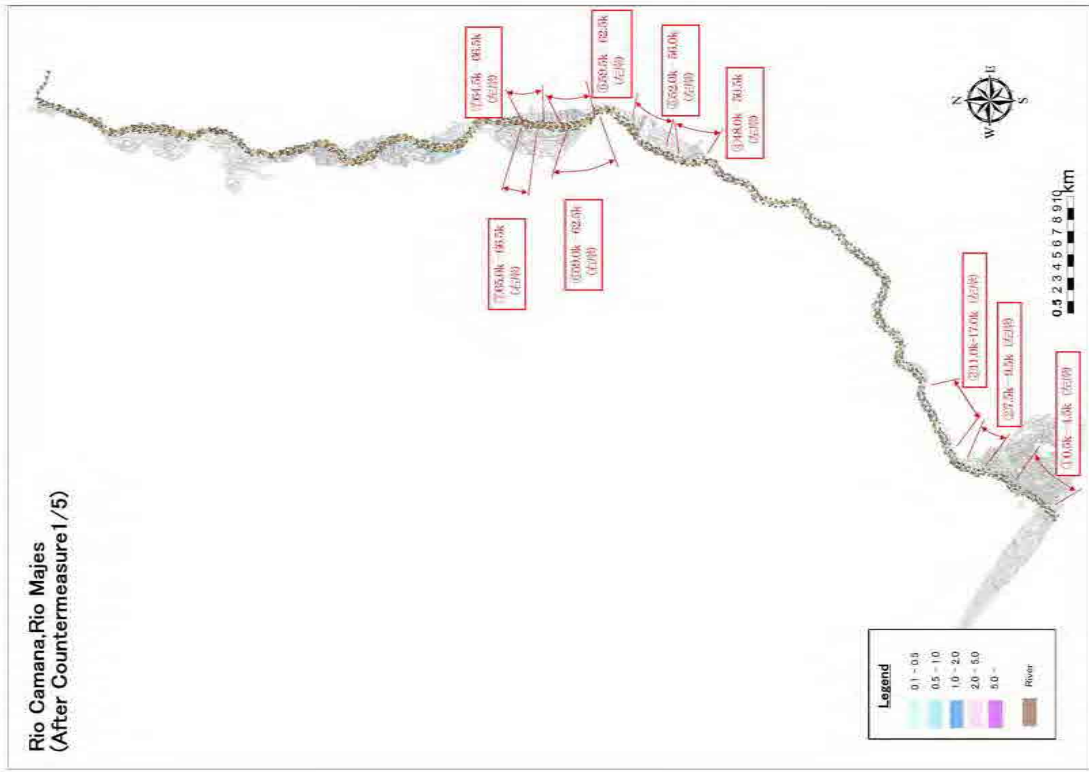


⑥Rio Camana, Rio Majes (1/10 確率) 現況

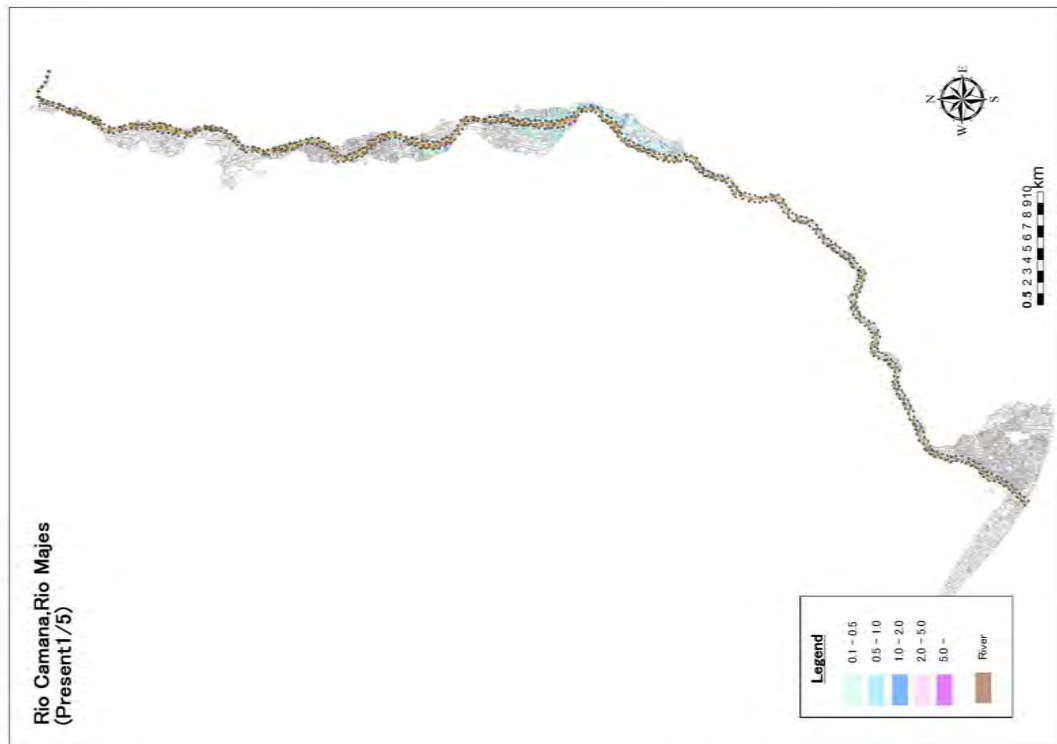




⑥ Rio Camana, Rio Majes (1/5 確率) 整備後



⑥ Rio Camana, Rio Majes (1/5 確率) 現況



ペルー国  
溪谷村落洪水対策事業準備調査

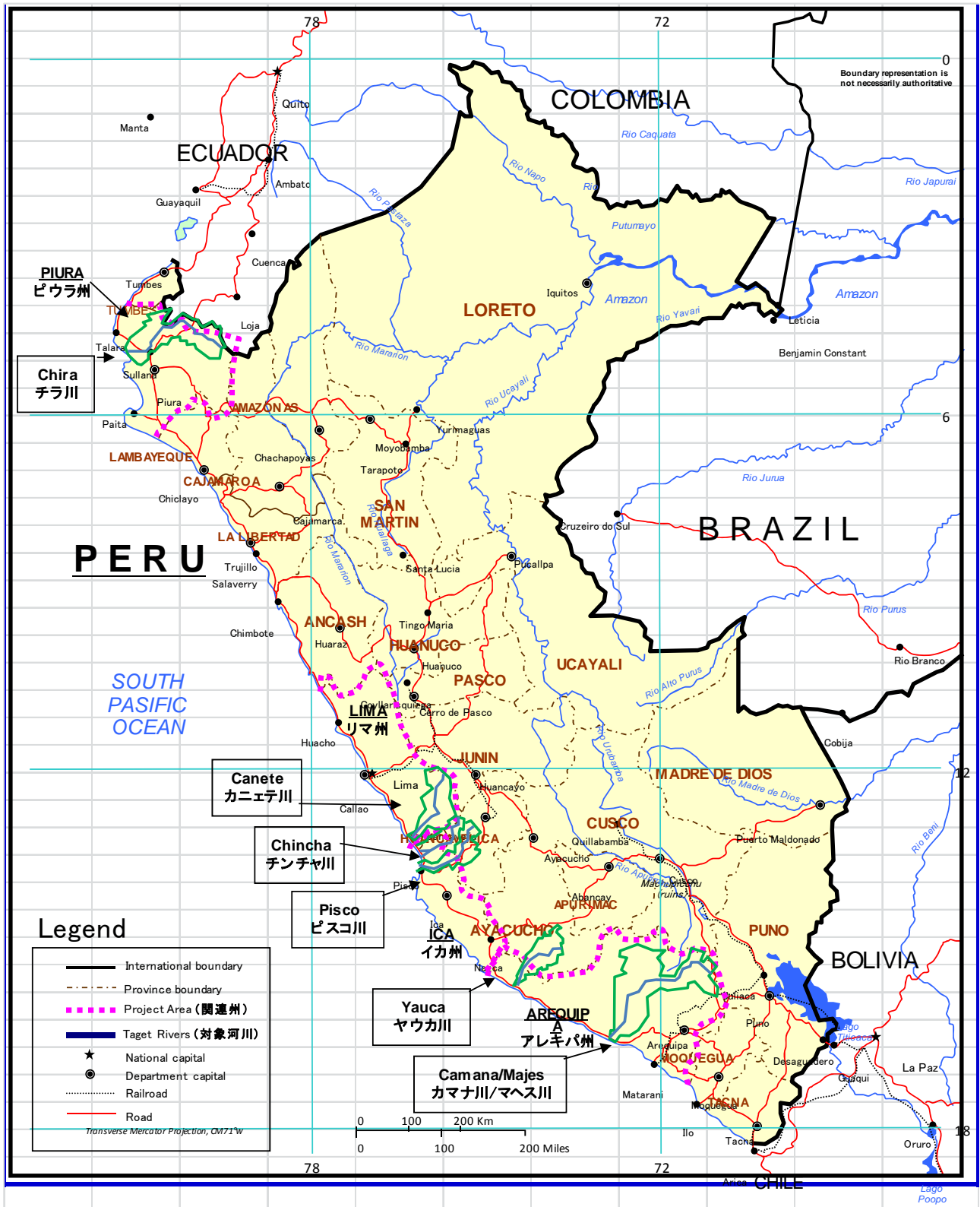
ファイナルレポート  
I -6 サポートイングレポート  
Annex-3 河床変動解析

平成 25 年 3 月  
(2013 年 3 月)

独立行政法人 国際協力機構

八千代エンジニアリング株式会社  
日本工営株式会社  
中南米工営株式会社





付図 調査対象地域





ペルー国  
溪谷村落洪水対策事業準備調査  
ファイナルレポート  
I-6 サポートングレポート  
Annex-3 河床変動解析

目 次

第1章	解析の概要	1
1.1	検討フロー	1
1.2	河床変動解析の概要	2
1.3	主な計算条件の整理	5
1.3.1	計算断面	5
1.3.2	河床粒度分布	10
1.3.3	流量条件	18
1.3.4	流入土砂条件	21
1.3.5	その他	22
第2章	解析結果	23
2.1	解析結果（6河川の比較）	23
2.2	各河川における将来の河床変動傾向	26
2.3	河床の維持管理の必要性の検討	41
2.4	対策必要性の検討	47

図 一 覧

図- 1.1-1	本解析全体の検討フロー	1
図- 1.2-1	河床変動モデルの模式図	2
図- 1.2-2	河床変動計算の主な流れ	4
図- 1.3-1	平均河床高（チラ川）	6
図- 1.3-2	平均河床高（カニエテ川）	6
図- 1.3-3	平均河床高（チンチャ川（チコ川））	7
図- 1.3-4	平均河床高（チンチャ川（マタヘンテ川））	7
図- 1.3-5	平均河床高（ピスコ川）	8
図- 1.3-6	平均河床高（ヤウカ川）	8
図- 1.3-7	平均河床高（マヘス・カマナ川）	9
図- 1.3-8	粒度分布の調査結果（チラ川）	14
図- 1.3-9	粒度分布の調査結果（カニエテ川）	14
図- 1.3-10	粒度分布の調査結果（チンチャ川（チコ川））	15
図- 1.3-11	粒度分布の調査結果（チンチャ川（マタヘンテ川））	15

図- 1.3-12	粒度分布の調査結果（ピスコ川）	16
図- 1.3-13	粒度分布の調査結果（ヤウカ川）	16
図- 1.3-14	粒度分布の調査結果（マヘス・カマナ川）	17
図- 1.3-15	年最大流量（観測値：チラ川：ポエチヨスダム流入量）	19
図- 1.3-16	年最大流量（観測値：チラ川：ポエチヨスダム放流量）	19
図- 1.3-17	年最大流量（観測値：カニエテ川）	19
図- 1.3-18	年最大流量（観測値：チンチャ川）	19
図- 1.3-19	年最大流量（観測値：ピスコ川）	20
図- 1.3-20	年最大流量（観測値：ヤウカ川）	20
図- 1.3-21	年最大流量（観測値：マヘス・カマナ川）	20
図- 2.1-1	解析結果 1（土砂量の比較）	24
図- 2.1-2	解析結果 2（河床変動高の比較）	24
図- 2.1-3	流域面積の比較	25
図- 2.2-1	解析結果（チラ川）	30
図- 2.2-2	解析結果（カニエテ川：流入土砂量を平衡量で設定した場合）	31
図- 2.2-3	解析結果（カニエテ川：流入土砂量を平衡量の 1/2 で設定した場合）	32
図- 2.2-4	解析結果（カニエテ川：流入土砂量を平衡量の 1/4 で設定した場合）	33
図- 2.2-5	解析結果（チンチャ川（チコ川）：流入土砂の全量がチコ川に流入した場合）	34
図- 2.2-6	解析結果（チンチャ川（チコ川）：流入土砂の半分がチコ川に流入した場合）	35
図- 2.2-7	解析結果（チンチャ川（マタヘンテ川）：流入土砂の全量がマタヘンテ川に流入した場合）	36
図- 2.2-8	解析結果（チンチャ川（マタヘンテ川）：流入土砂の半分がマタヘンテ川に流入した場合）	37
図- 2.2-9	解析結果（ピスコ川）	38
図- 2.2-10	解析結果（ヤウカ川）	39
図- 2.2-11	解析結果（マヘス・カマナ川）	40
図- 2.3-1	維持管理が必要な堆積区間（チラ川）	43
図- 2.3-2	維持管理が必要な堆積区間（カニエテ川）	43
図- 2.3-3	維持管理が必要な堆積区間（チンチャ川（チコ川））	44
図- 2.3-4	維持管理が必要な堆積区間（チンチャ川（マタヘンテ川））	44
図- 2.3-5	維持管理が必要な堆積区間（ピスコ川）	45
図- 2.3-6	維持管理が必要な堆積区間（ヤウカ川）	45
図- 2.3-7	維持管理が必要な堆積区間（マヘス・カマナ川）	46
図- 2.4-1	チラ川の平均河床高の縦断形状	47
図- 2.4-2	カニエテ川の平均河床勾配の縦断変化	48
図- 2.4-3	マタヘンテ川の平均河床勾配の縦断変化	48
図- 2.4-4	ピスコ川の平均河床勾配の縦断変化	48
図- 2.4-5	ヤウカ川の平均河床勾配の縦断変化	48
図- 2.4-6	マヘス・カマナ川の平均河床勾配の縦断変化	49

## 表 一 覧

表- 1.2-1	河床変動解析モデルの概要.....	2
表- 1.3-1	計算に用いた横断測量成果の仕様.....	5
表- 1.3-2	計算に用いた横断測量成果の仕様.....	10
表- 1.3-3	計算に用いた粒度分布の粒径区分.....	18
表- 1.3-4	対象5河川の流量観測状況と計算条件への適用.....	18
表- 1.3-5	流入土砂量の設定.....	21
表- 1.3-6	カニエテ川の流入土砂量の設定.....	21
表- 1.3-7	その他の計算条件（対象5河川）.....	22
表- 2.1-1	解析結果（1）.....	24
表- 2.1-2	河床上昇が顕著だった箇所状況.....	25
表- 2.2-1	カニエテの検討ケース一覧.....	26
表- 2.2-2	プランタナルダム諸元.....	27
表- 2.2-3	プランタナルダム施設の状況.....	27
表- 2.3-1	今後計画的に維持掘削すべき箇所（その1）.....	41
表- 2.3-2	今後計画的に維持掘削すべき箇所（その2）.....	42
表- 2.4-1	現況河道における土砂堆積箇所.....	47





## 第1章 解析の概要

河道の治水計画を立案するにあたっては将来的な河床高の変化を予測した上で、長期的に治水安全性を維持できるように計画を立案する必要がある。

本解析では、長期的にみた河床上昇、河床低下箇所を明らかにし、河道計画を立案する上で留意すべき課題点を抽出するために、対象6河川の計画対象地域(Valle)内の河道について、将来50年間の河床高の変化の数値シミュレーションを行った。

### 1.1 検討フロー

本解析の検討フローを図-1.1-1に示す。

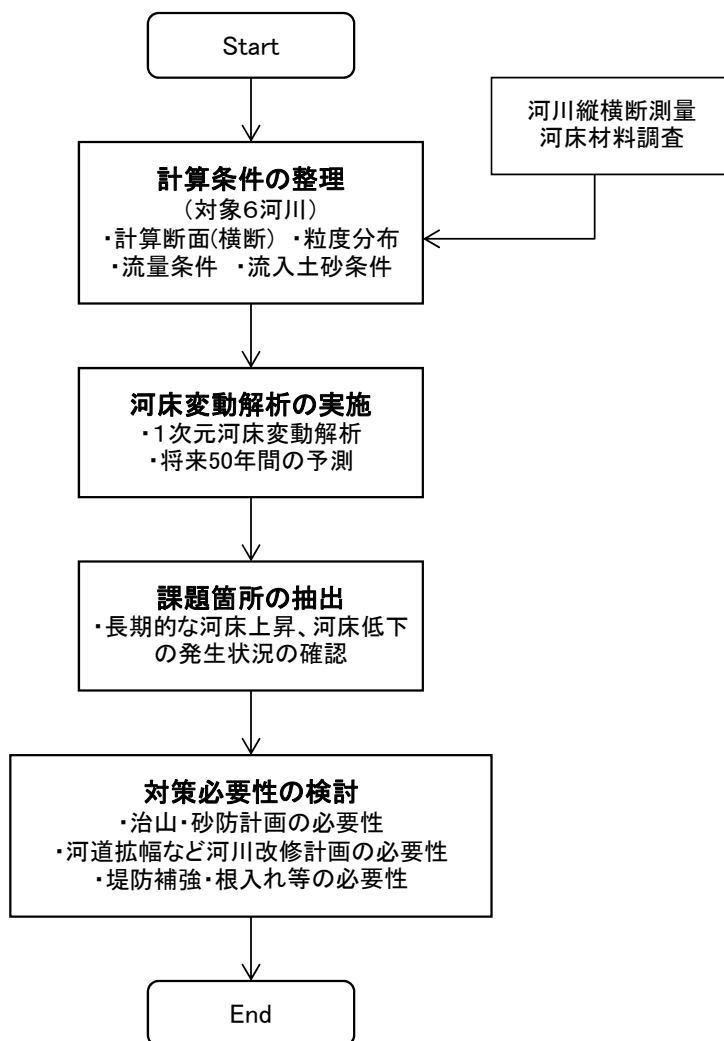


図-1.1-1 本解析全体の検討フロー

## 1.2 河床変動解析の概要

河床変動解析には河道縦断1次元の解析モデルを用いた。本業務では予測期間50年という長期予測が目的であり、また狭窄や拡幅部による河床低下や河床上昇、上流部からの流出土砂量の変化に伴う河床高の平均的な変化を把握することに主眼が置かれている。それらの目的を現実的な計算時間で実施し、かつ適切に評価するためには1次元河床変動モデルが最適と考えられる。表-1.2-1に本解析で使用したモデルの概要を示す。

表-1.2-1 河床変動解析モデルの概要

項 目	内 容
流れの計算	1次元不等流モデル
流砂の計算	1次元混合粒径河床変動モデル
掃流砂	芦田・道上の流砂量公式
浮遊砂	浮遊砂の非平衡性を考慮している。基準面濃度には芦田・道上式を採用。
計算解法	MacCormack 法

### (1) 基礎方程式

礎方程式は流水と流砂に関する方程式で構成される。流水に関しては水の連続式と運動方程式、流砂に関しては土砂の連続式、浮遊砂輸送方程式、および交換層における土砂収支式から成る。

計算領域は図-1.2-1に示すように固定床、移動床、流水の三領域から成り立っている。x軸は河道下流方向を正、z軸は基準高さから鉛直上向きを正とする。

基礎方程式を以下に示す。

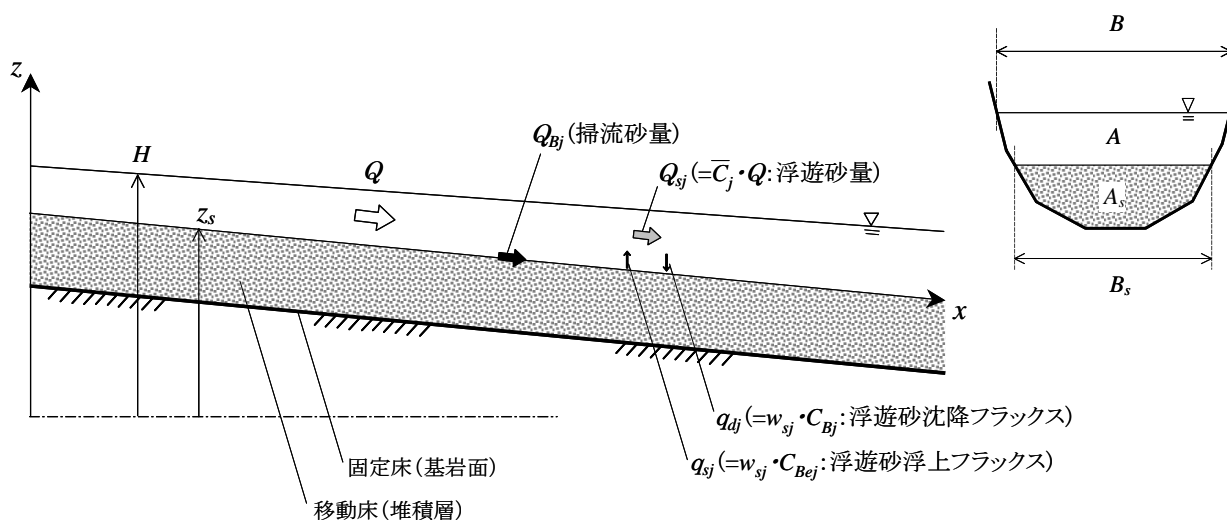


図-1.2-1 河床変動モデルの模式図

流れの連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{式(1)}$$

流れの運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) = -gA \left( \frac{\partial H}{\partial x} + I_e \right) \quad \text{式(2)}$$

流砂の連続式

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( \sum_j Q_{Bj} \right) + \sum_j B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} = 0 \quad \text{式(3)}$$

粒径別浮遊砂輸送方程式

$$\frac{\partial (\bar{C}_j A)}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{C}_j Q)}{\partial x} = B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \quad \text{式(4)}$$

交換層における粒径別土砂収支式

河床上昇時

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{s1j} \left( \frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{式(5)}$$

河床低下時

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{oj} \left( \frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{式(6)}$$

$$q_{sj} = w_{sj} C_{Bej} \quad \dots \text{浮遊砂浮上量} \quad \text{式(7)}$$

$$q_{dj} = w_{sj} C_{Bj} \quad \dots \text{浮遊砂沈降量} \quad \text{式(8)}$$

ここで、A は流水断面積(m<sup>2</sup>)、Q は流量(m<sup>3</sup>/s)、t は時間(s)、x は河道下流方向距離(m)、z は基準位置からの鉛直上向きの高さ(m)、g は重力加速度(m/s<sup>2</sup>)、H は水面高さ(m)、As は河床横断面積(m<sup>2</sup>)、λ は河床の空隙率、QBj は掃流砂量(m<sup>3</sup>/s)、qsj は浮遊砂浮上フラックス(m/s)、qdj は浮遊砂沈降フラックス(m/s)、wsj は土粒子沈降速度(m/s)、CBj は浮遊砂の底面濃度(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)、 $\bar{C}_j$  は断面平均浮遊砂濃度(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)、R は径深(m)、CBej は浮遊砂の基準面濃度(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)、Psj は交換層に占める各粒径成分の割合、Asa は交換層断面積(m<sup>2</sup>)、Asb は交換層を除いた河床断面積(m<sup>2</sup>)、Ps1j は dt 前の Psj、Poj は交換層直下の土質ブロックに占める各粒径成分の割合、a は交換層厚(m)、Bsu は浮遊砂の浮上・沈降が生じる水路幅(m)、n はマンニングの粗度係数を意味する。



(2) 計算手順

河床変動計算の一般的な流れを図-1.2-2に示す。まず流れ場の計算により水面形や流速の縦断分布が求められ、それら水理量と流砂量公式から流砂量(掃流砂量、浮遊砂量)が算出される。次に流砂量を用いて河床変動計算が行われ、河床形状が求まる。最後に計算された最新の河床形状と流砂量を用いて交換層の粒度分布が計算される。

実際の流れ場、流砂量の計算では計算方法によって多少の差異があるが、基本的にはこのフローで河床変動計算が進む。

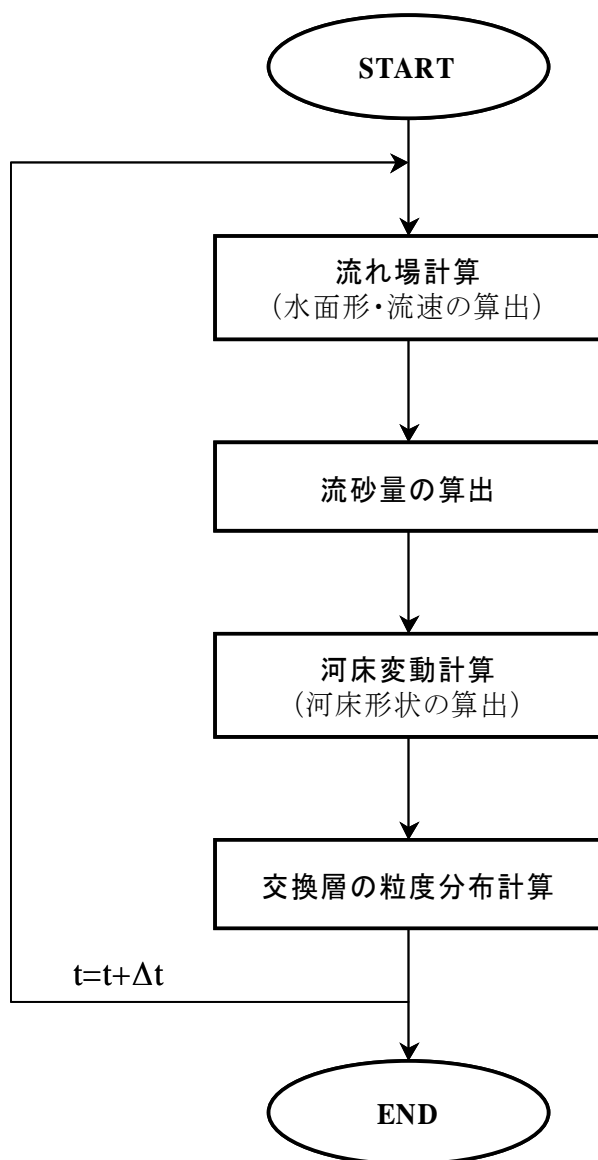


図-1.2-2 河床変動計算の主な流れ

### 1.3 主な計算条件の整理

#### 1.3.1 計算断面

##### (1) 採用した地形データの仕様

現地調査の結果、対象6河川において解析に使用できる地形データとしては、本業務で実施した河川縦横断測量成果以外に存在しないことが明らかとなった。よって、河床変動解析では基本的に上記測量成果を用いることとした。使用した各河川の測量成果の仕様を表-1.3-1に示す。

**表-1.3-1 計算に用いた横断測量成果の仕様**

河川名	対象区間延長	測量間隔	測量実施年月
チラ	99.5km	500m	2010年12月
カニエテ	32.5km	500m	2010年11月
チンチャ	46.0km	500m	2010年11月
ピスコ	45.0km	500m	2010年11月
ヤウカ	46.0km	500m	2010年11月
マヘス・カマナ	115.0km	500m	2011年9月

##### (2) 平均河床高の整理

1次元河床変動解析では平均河床高の変化を予測することから、計算の初期条件として現況河道地形の平均河床高を整理する必要がある。そこで、各河川について測量成果を基に平均河床高を整理した。

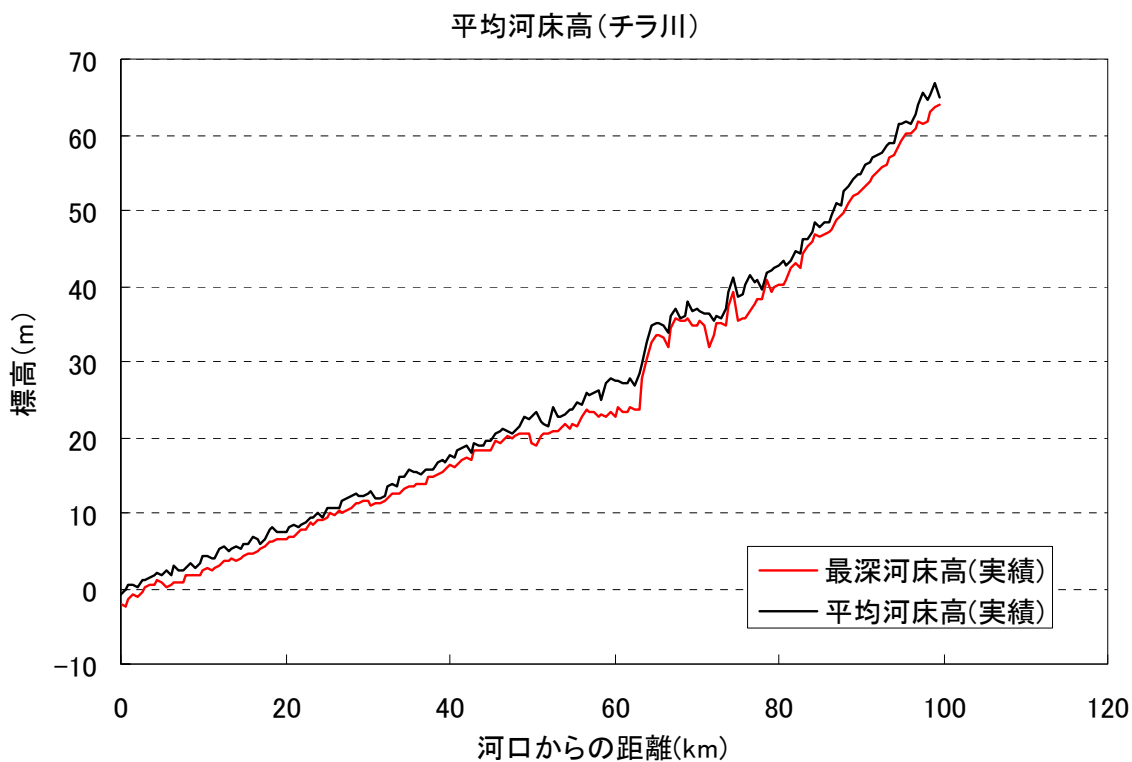


図- 1.3-1 平均河床高 (チラ川)

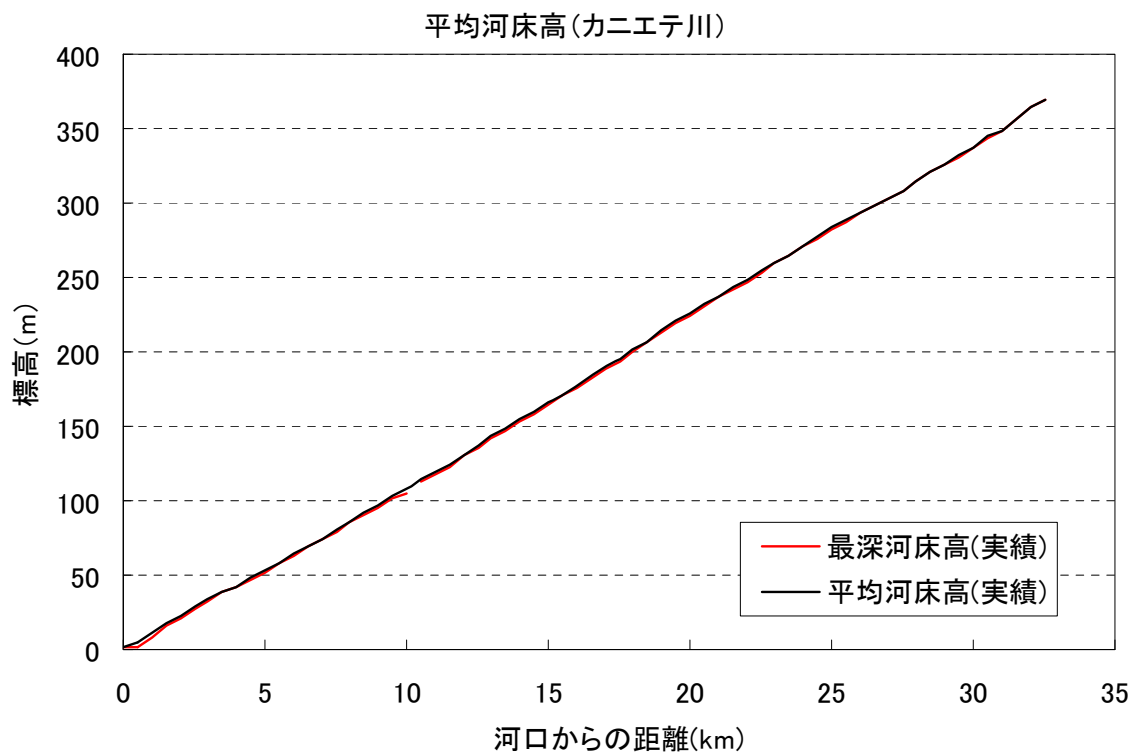


図- 1.3-2 平均河床高 (カニエテ川)

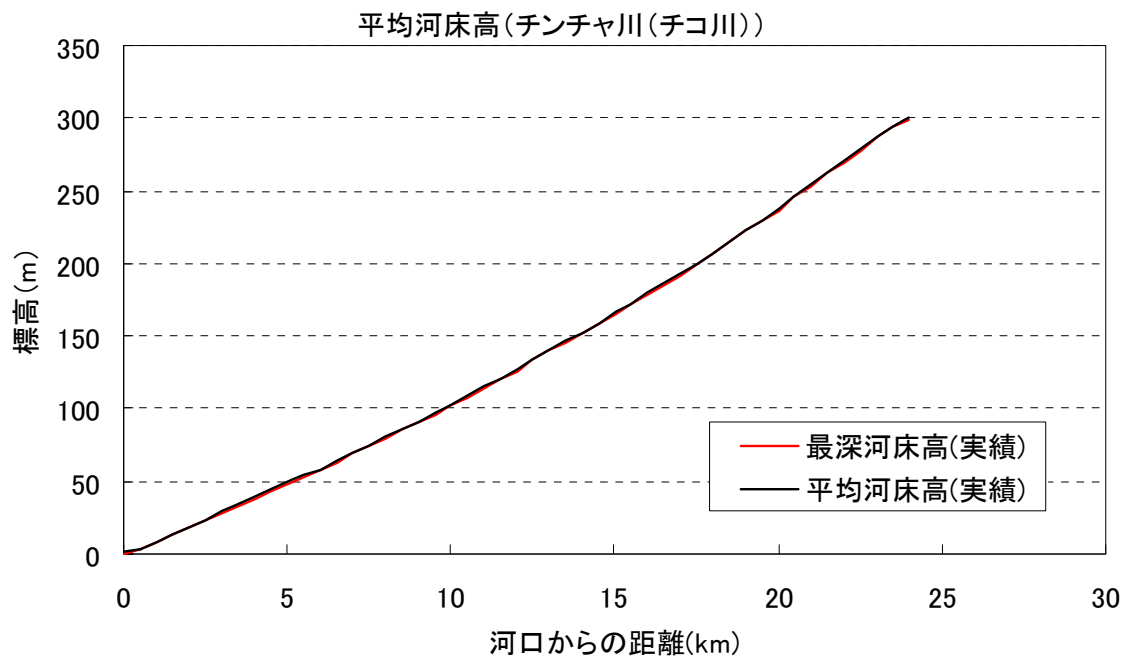


図-1.3-3 平均河床高 (チンチャ川 (チコ川))

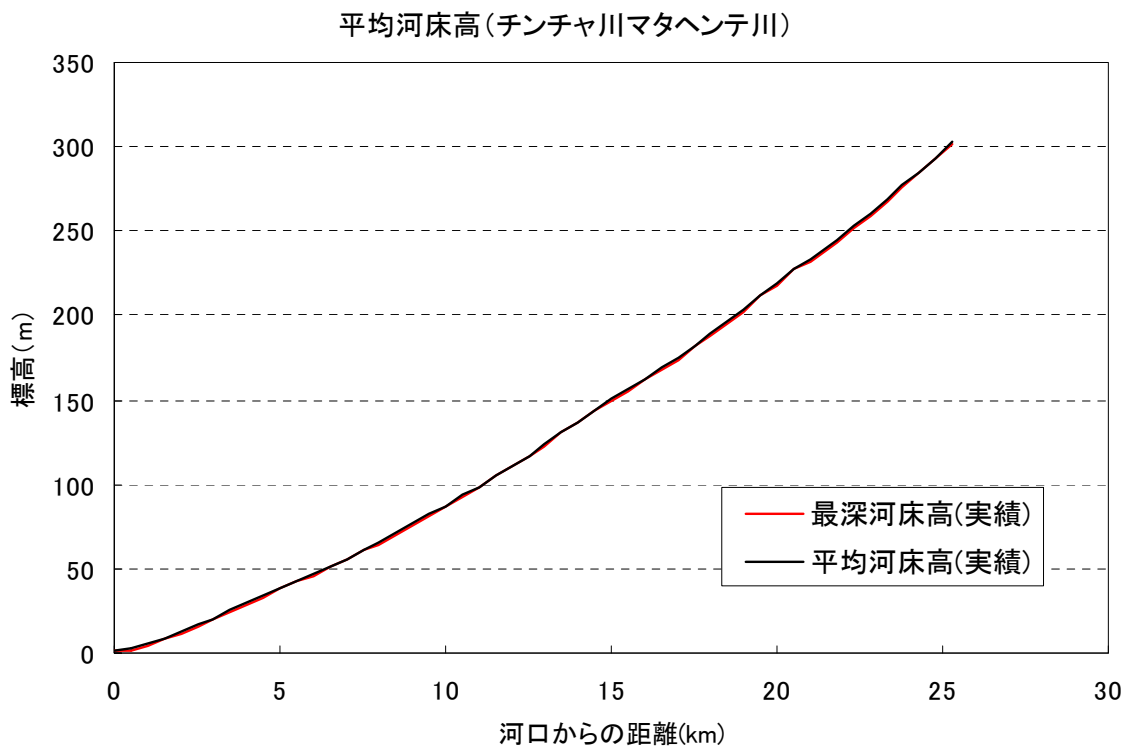


図-1.3-4 平均河床高 (チンチャ川 (マタヘンテ川))

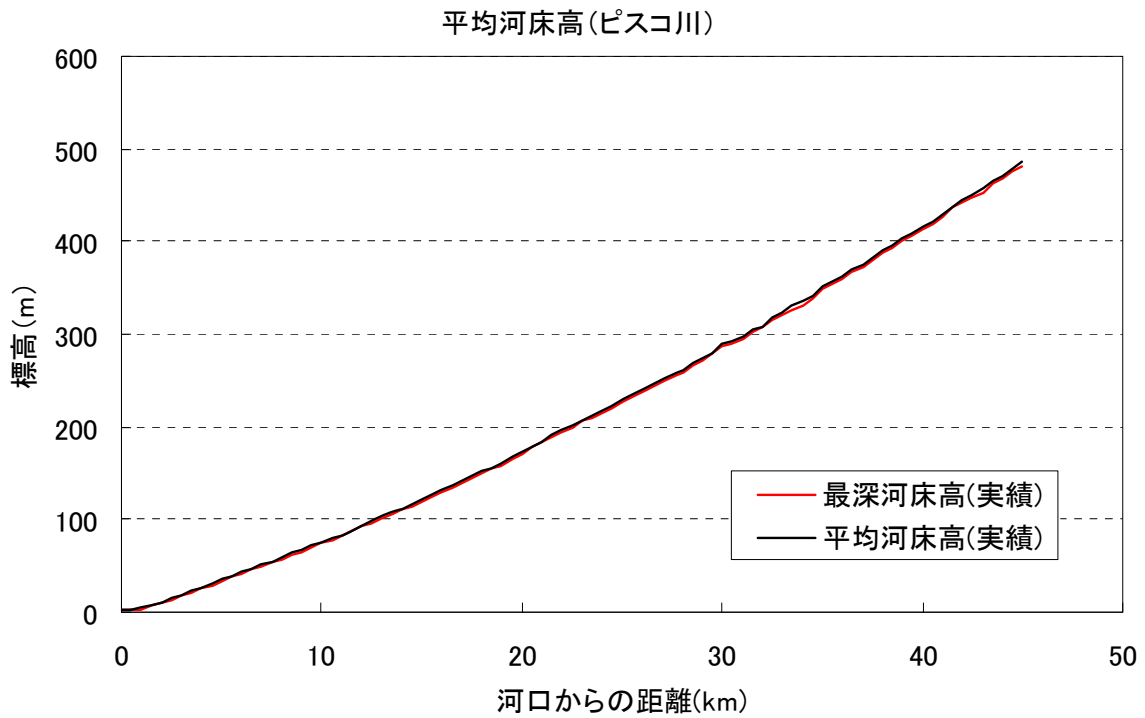


図- 1.3-5 平均河床高 (ピスコ川)

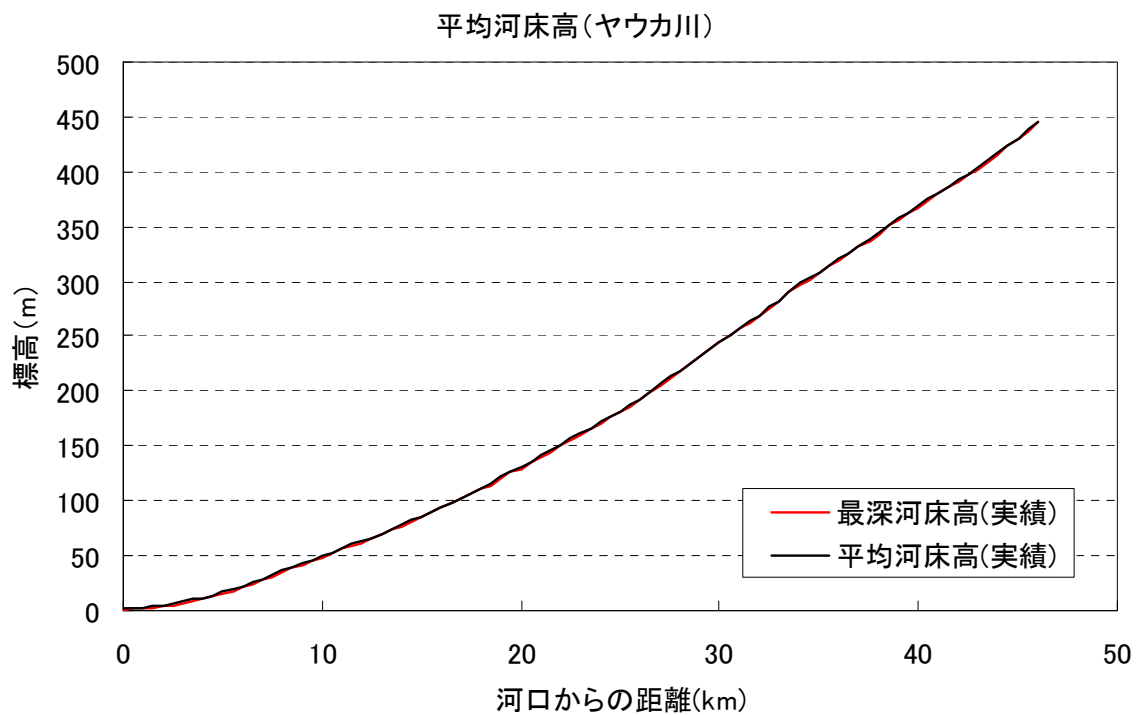


図- 1.3-6 平均河床高 (ヤウカ川)



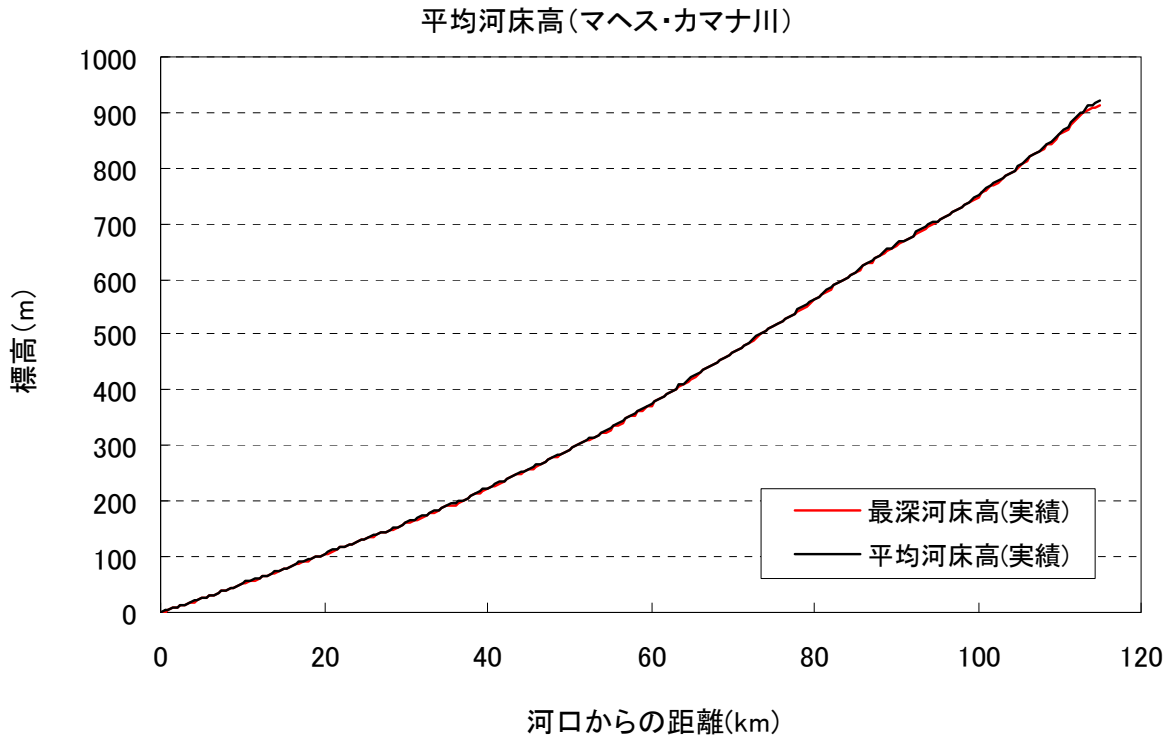


図- 1.3-7 平均河床高 (マヘス・カマナ川)

### 1.3.2 河床粒度分布

河床材料の粒度分布に関しては各河川において現地調査を実施して粒度分布条件を設定した。以下に調査概要と調査結果を示す。

#### (1) 調査概要

表-1.3-2 に河床材料調査の概要を示す。なお、チンチャ川に関しては二股に分岐しているため、各河川において調査を実施した。

**表-1.3-2 計算に用いた横断測量成果の仕様**

河川名	調査箇所数	調査位置	調査実施年月
チラ	4 箇所	4k,42k,60k,93.5k	2010 年 12 月
カニエテ	4 箇所	3k,12.5k,18k,25.5k	2010 年 11 月
チンチャ	8 箇所 (チコ 5 箇所) (マタヘンテ 3 箇所)	チコ : 4k,11k,18k,21.5k,24.5k マタヘンテ : 4k,12k,18k	2010 年 11 月
ピスコ	4 箇所	5.5k,20k,35k,43k	2010 年 11 月
ヤウカ	4 箇所	5.5k,19k,29k,42k	2010 年 11 月
マヘス・カマナ	5 箇所	7k,30k,55k,80k,100k	2011 年 9 月

#### (2) 調査方法

調査は、各箇所とも現地で 1m×1m の採取エリアを設定し、表層から深さ 1m の河床材料を採取した。次に、粒径が 76.2mm 以上の礫成分については現地で寸法と重量を計測し、76.2mm 以下の土砂については分析室に持ち帰り、ふるい分け試験によって粒度分布を計測した。これらを合成して最終的な粒度分布とした。写真-1.3-1～写真-1.3-6 に各河川での現地調査状況を示す。



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

写真- 1.3-1 河床材料調査状況(例：チラ No.3)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

写真- 1.3-2 河床材料調査状況(例：カニエテ No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

写真- 1.3-3 河床材料調査状況(例：チンチャ No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Materiales extraídos de la excavación de calicata



Determinación del peso por tamaños de los materiales extraídos de la calicata



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado

写真- 1.3-4 河床材料調査状況(例：ピスコ No.1)





Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

写真- 1.3-5 河床材料調査状況(例：ヤウカ No.1)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

写真- 1.3-6 河床材料調査状況(例：マヘス・カマナ No.2)



(3) 調査結果

調査結果を図-1.3-8～図-1.3-14に示す。

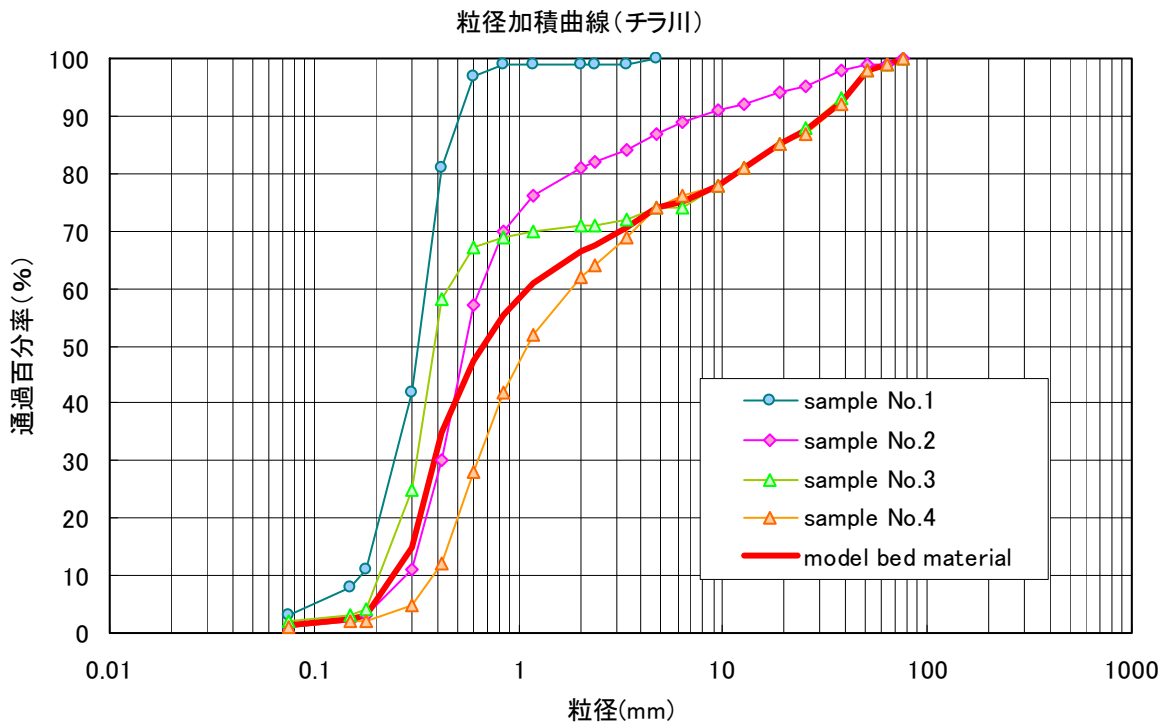


図-1.3-8 粒度分布の調査結果 (チラ川)

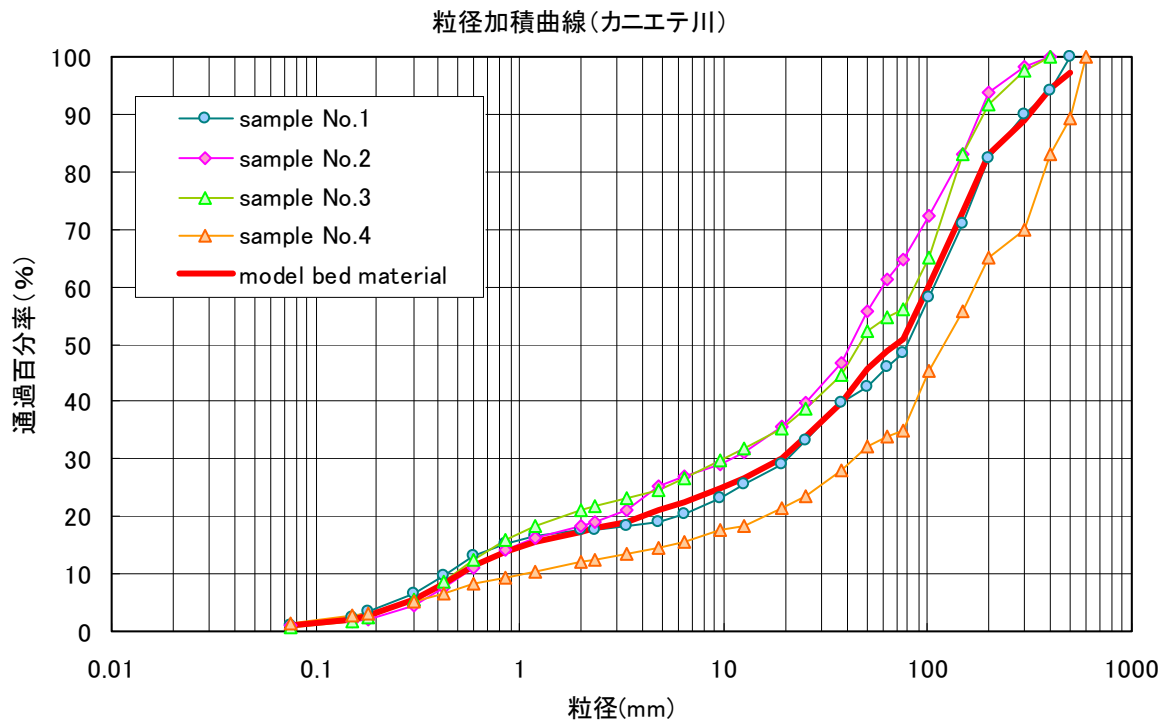


図-1.3-9 粒度分布の調査結果 (カニエテ川)

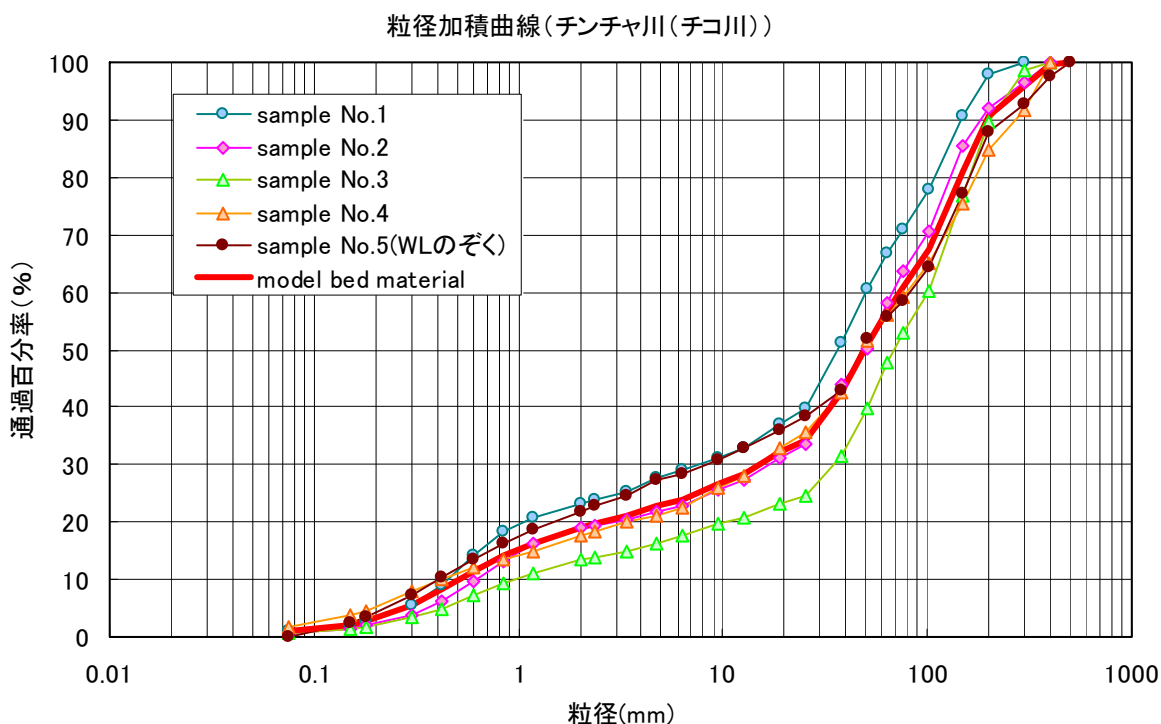


図-1.3-10 粒度分布の調査結果 (チンチャ川 (チコ川))

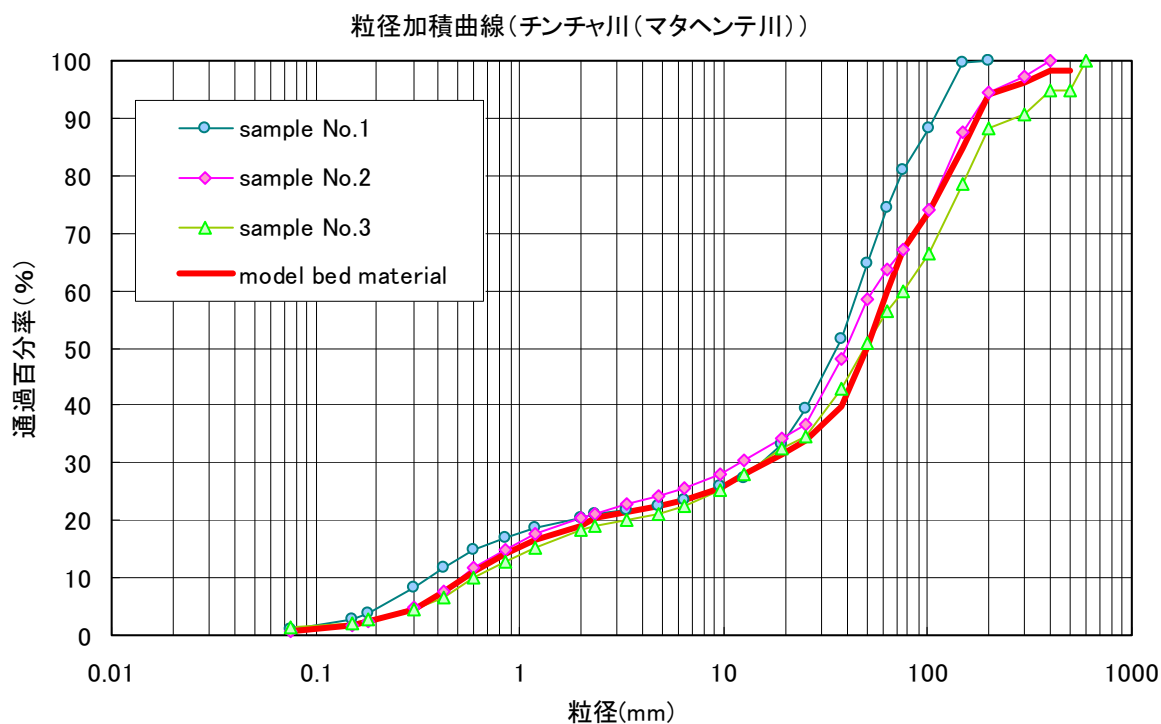


図-1.3-11 粒度分布の調査結果 (チンチャ川 (マタヘンテ川))

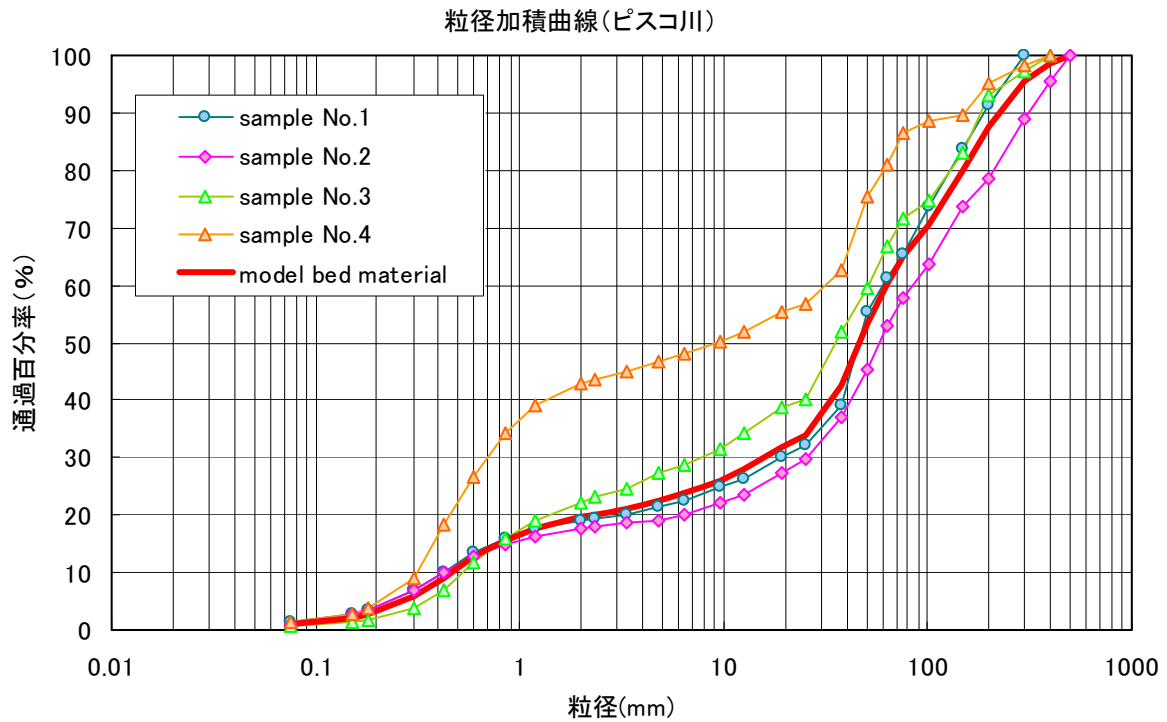


図- 1.3-12 粒度分布の調査結果 (ピスコ川)

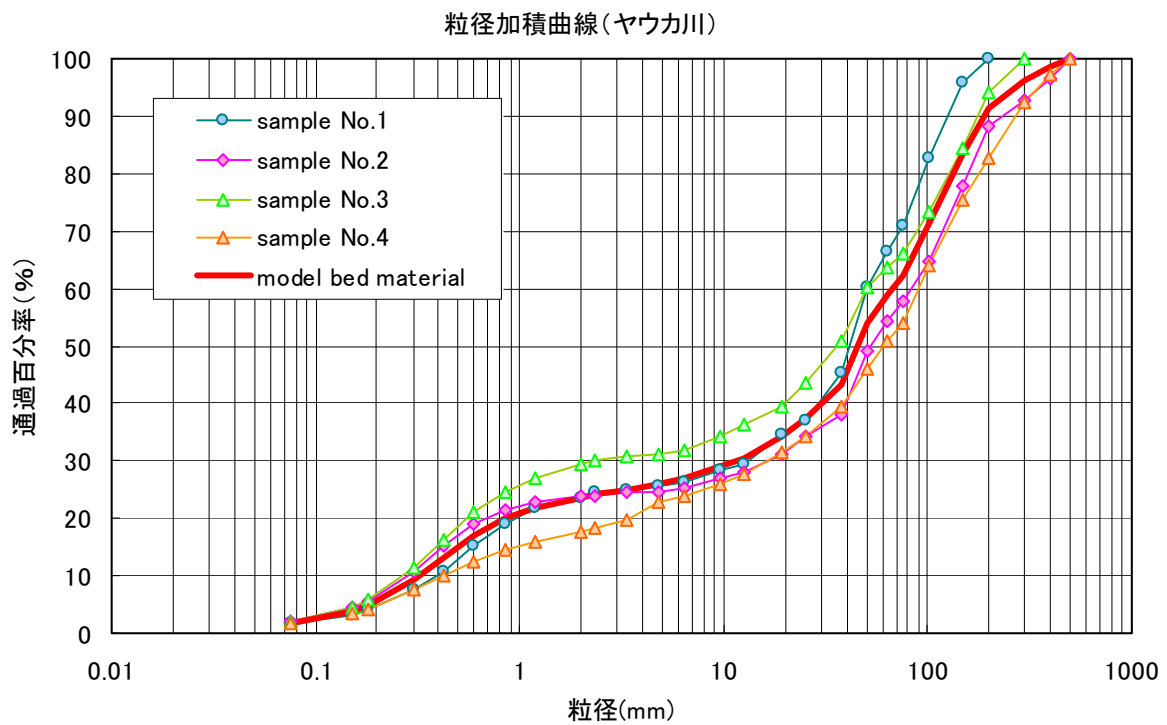


図- 1.3-13 粒度分布の調査結果 (ヤウカ川)

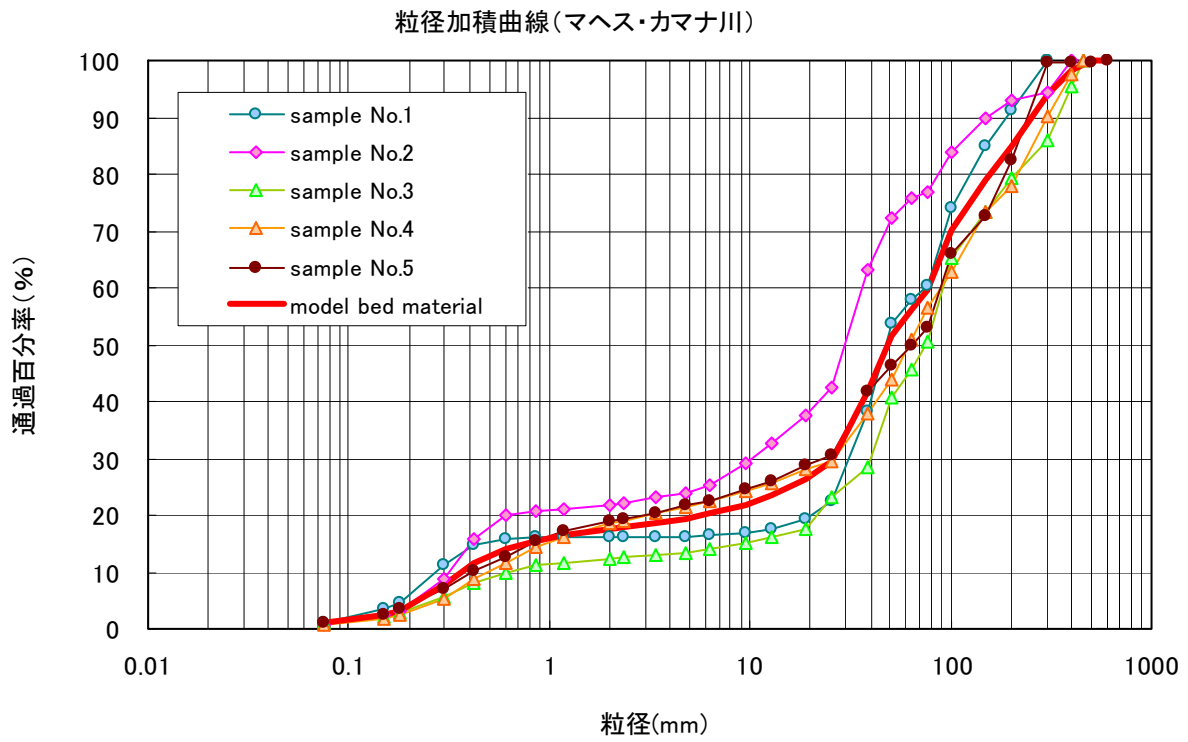


図- 1.3-14 粒度分布の調査結果 (マヘス・カマナ川)

(4) 計算で使った粒径区分

河床変動解析では実際の河床を構成する大小様々な粒径成分の移動・堆積を計算するが、実際には様々な粒径成分を10個程度に区分し、区分毎に代表粒径を設定する。本解析では、対象5河川の河床材料調査結果を踏まえて、以下の粒径区分を設定した。なお、カニエテ川に関しては500mm以上の粒径成分が多く含まれていたことから、500mm以上の粒径区分を1区分増やしている。

表-1.3-3 計算に用いた粒度分布の粒径区分

分類		粒径区分(mm)		代表粒径(mm)
粒径1	玉石	500.0	～ 75.0	193.6
粒径2	粗礫	75.0	～ 22.4	41.0
粒径3	中礫	22.4	～ 6.69	12.2
粒径4	細礫	6.69	～ 2.00	3.66
粒径5	粗砂	2.000	～ 0.669	1.16
粒径6	中砂	0.669	～ 0.224	0.39
粒径7	細砂	0.224	～ 0.075	0.13
粒径8	シルト以	0.075	～	0.075

1.3.3 流量条件

流量に関しては各河川とも経年的に観測が実施されており、年最大流量に関してはかなり古くからデータが存在する(表-1.3-4参照)。ただし、詳細な時系列データは整理されたものが存在しない。そこで本業務で実施された確率降雨による流出解析結果(Annex-1参照)を代表的な洪水時系列波形と見なし、この代表波形のピーク流量が年最大流量の観測値となるように流量波形の大きさを補正したものを流量条件として用いた。計算に用いた年最大流量の観測データを図-1.3-15～図-1.3-21に示す。

表-1.3-4 対象5河川の流量観測状況と計算条件への適用

河川名	流量データ存在期間	計算採用期間	備考
チラ	Poechos ダム流入量 1975-1997(23カ年)	1975-1997(23カ年)×2回+ 1975-1978(4カ年)	99.5km にポエチョスダムが存在するため、計算にはダム放流量を用いる。なお、ダム流入量は下流の支川流量の設定に使用する。
	Poechos ダム放流量 1975-1997(23カ年)	同上	
カニエテ	1926-2006(74カ年)	1957-2006(50カ年)	最新50年を採用
チンチャ	1950-2006(57カ年)	1957-2006(50カ年)	
ピスコ	1933-2008(76カ年)	1959-2008(50カ年)	
ヤウカ	1961-2008(48カ年)	1961-2008(48カ年)+2カ年 (1961-1962)	
マヘス・カマナ	1971-2002 (32カ年)	1971-2002 (32カ年) +1971-1988 (18カ年)	

※流量データはいずれも年最大流量



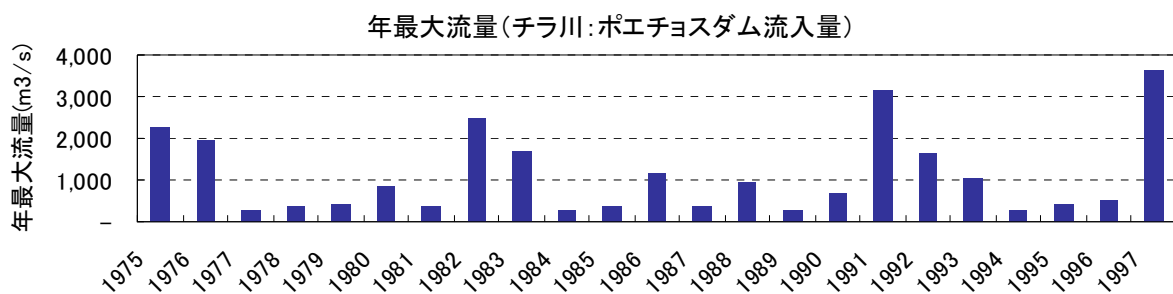


図-1.3-15 年最大流量 (観測値:チラ川:ポエチヨスダム流入量)

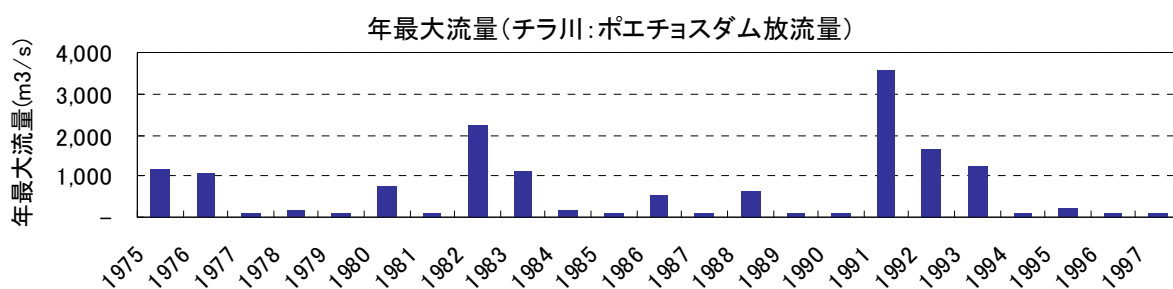


図-1.3-16 年最大流量 (観測値:チラ川:ポエチヨスダム放流量)

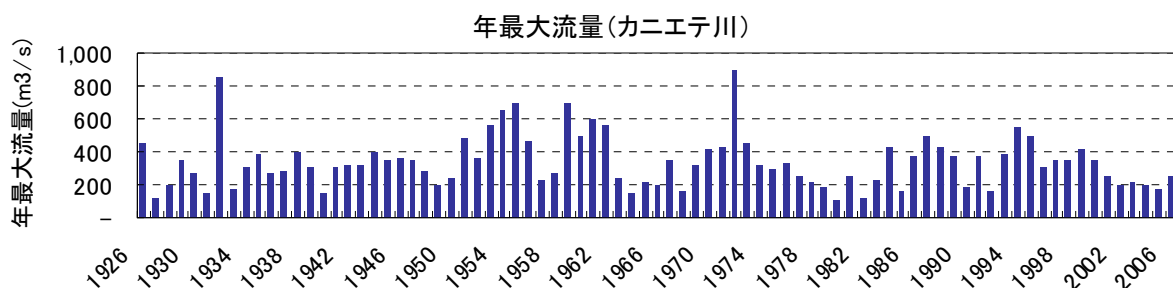


図-1.3-17 年最大流量 (観測値:カニエテ川)

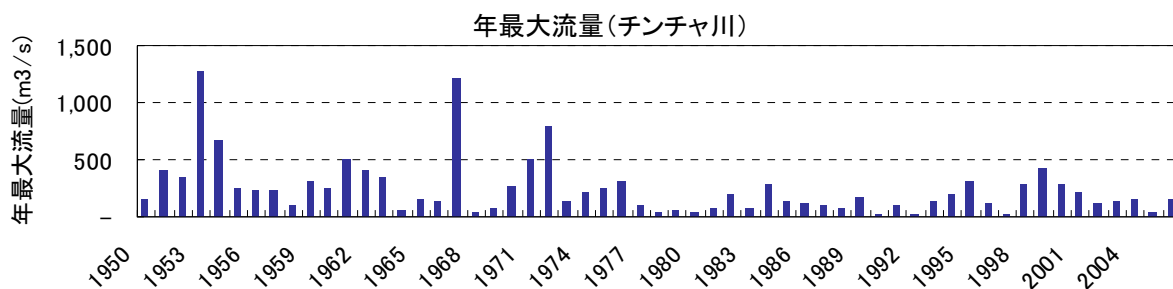


図-1.3-18 年最大流量 (観測値:チンチャ川)

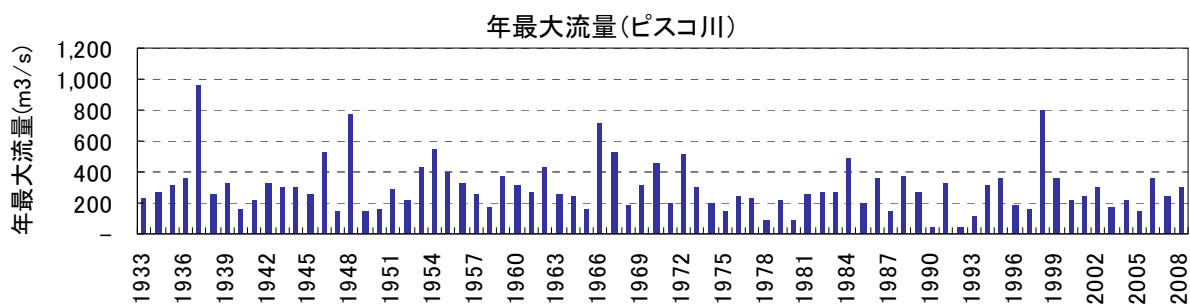


図- 1.3-19 年最大流量 (観測値 : ピスコ川)

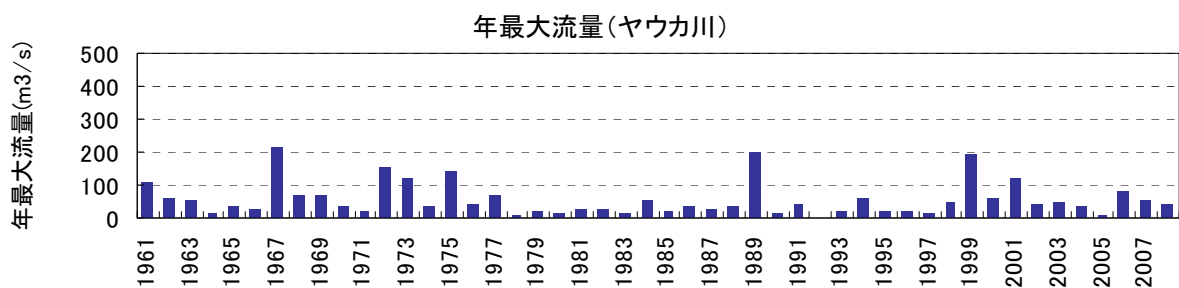


図- 1.3-20 年最大流量 (観測値 : ヤウカ川)

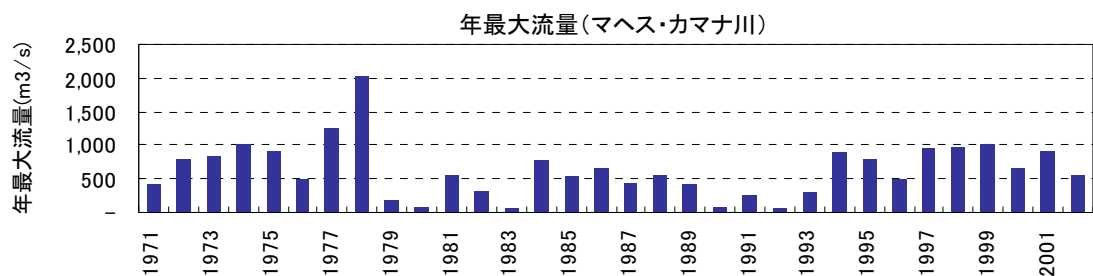


図- 1.3-21 年最大流量 (観測値 : マヘス・カマナ川)

### 1.3.4 流入土砂条件

#### (1) 推定方法

計算条件の中で特に重要な上流からの流入土砂量の設定について述べる。流入土砂量の設定方法としては、①既存の流砂量公式による推定、②ダム堆砂実績に基づく推定の2つが考えられる。このうち①は既存の公式に各河川で計測された河道特性(断面形、河床勾配、河床材料)を代入し、対象流量毎の流砂量を推定するものである。一方、②のダム堆砂実績は、チラ川に建設されているポエチョスダムにおいて毎年堆砂測量が実施されており、この実測データを基に上流域から流出する土砂量を推定するものである。

本業務では①、②の両方を用いて河床変動解析を実施し、上流からの流入条件を設定することとした。その結果、いずれの河川も①の既存流砂量式による推定結果を用いたほうが現地の河床状況を再現できた。よって、①を上記5河川の流入土砂条件として採用した。

なお、チラ川に関しては対象領域の上流端に上述のポエチョスダムが設置されているため、流入土砂量はゼロとした。ただし、ダム直下流に比較的大きな支川(Chipillico 川)が流入しているため、支川からの流入土砂量を考慮している。

表-1.3-5 流入土砂量の設定

河川名	流入土砂の推定方法	備考
チラ川	ゼロ (ダムがあるため)	支川は平衡流砂量※で設定
カニエテ川	既存の流砂量式	感度分析により設定
チンチャ川	既存の流砂量式	平衡流砂量※
ピスコ川	既存の流砂量式	平衡流砂量
ヤウカ川	既存の流砂量式	平衡流砂量
マヘス・カマナ川	既存の流砂量式	平衡流砂量

※平衡流砂量：対象箇所の河道特性や流量条件で移動しうる最大の土砂量

#### (2) カニエテ川の流入土砂量の設定について

カニエテ川に関しては、上流からの流入土砂量を平衡土砂量として設定したところ、上流河道において現況と乖離した大きな河床上昇が見られたことから、以下の3ケースについて河床変動解析を実施した。結果については後述する。

表-1.3-6 カニエテ川の流入土砂量の設定

ケース	流入土砂量	備考
ケース1	116 千 m <sup>3</sup> /年	平衡流砂量
ケース2	60 千 m <sup>3</sup> /年	平衡流砂量の 1 / 2
ケース3	30 千 m <sup>3</sup> /年	平衡流砂量の 1 / 4

### 1.3.5 その他

その他の主な計算条件について整理した。エラー! 参照元が見つかりません。7に示す。

表- 1.3-7 その他の計算条件（対象5河川）

項目	設定内容	備考
時間刻み	$\Delta t=2\text{sec}$	
空間刻み	$\Delta x=500\text{m}$ (チラ)、 $\Delta x=250\text{m}$ (マヘス・カマナ) $\Delta x=100\text{m}$ (上記2河川以外)	
代表粒径数	9粒径(カニエテ) 8粒径(カニエテ以外)	
上流端流量	各流域の観測流量(年最大流量)を基に50年分のデータ作成	
下流端水位	等流水深	
支川流入	チラ川：ポエチヨスダム直下に比較的大きな支川(Chipillico 川)が流入するため考慮した。 チラ川以外：対象領域内に大きな支川は存在しないため考慮しない。	
空隙率	0.4 (一定)	砂礫の標準的な値を採用
粗度係数	$n=0.03$ (チラ) $n=0.05$ (チラ以外の5川)	チラ川は河床材料が他河川よりもかなり細かいため

## 第2章 解析結果

チラ川、カニエテ川、チンチャ川、ピスコ川、ヤウカ川、およびカマナ・マヘス川について、河床変動解析結果の概要を述べる。

### 2.1 解析結果（6河川の比較）

まず、対象5河川の将来50年間の解析結果について各河川での比較を大まかに実施した。比較結果を表-2.1-1、表-2.1-2、図-2.1-1、図-2.1-2に示す。これら結果から以下のことがわかる。

- ▶ チラ川以外の5川はいずれも平均河床高が上昇しており、基本的に土砂上昇傾向の河川と推測される。総流入土砂量、総河床変動量としてはマヘス・カマナ川、チンチャ川、ピスコ川の3河川がカニエテ川、ヤウカ川に較べて大きい。なお、チラ川は検討対象区間上流にダム(ポエチョスダム)が設置されており、現時点では満砂していないことから、ダム上流域で生産される土砂はほぼ全量がダムで捕捉されている。そのため、ダム下流部は基本的に河床低下の傾向を示した。
- ▶ 上流から流入した土砂が堆積しやすい河川は6河川のうちマヘス・カマナ川、チンチャ川、ピスコ川となった。このような傾向は現地ヒヤリングや実際の河床状況を比較しても直感的に理解できる(表-2.1-2参照)。なお、ヤウカ川が他の河川と比較して流入土砂量が少ないのは土砂を移動させる外力である流量が少ないことが主な要因である。
- ▶ カニエテ川は流域面積が大きい割に総流入土砂量が小さい結果となった。これはカニエテ川の河床変動予測結果と現地視察を総合的に評価した結果である。詳細は後述する。
- ▶ マヘス・カマナ川が他の河川に比べて土砂量の規模が大きい理由としては、流域面積が他の河川と比べてかなり大きく洪水規模も大きいため(図-2.1-3参照)、大量の土砂を下流へ流送可能であることが挙げられる。なお、河床変動量(土砂量)としては大きいものの、平均河床高で見ると50年間で0.2m程度であり、チンチャ川よりも変動高は小さい。



表-2.1-1 解析結果（1）

河川名	総流入土砂量 (千m <sup>3</sup> )	年流入土砂量 (千m <sup>3</sup> )	総河床変動量 (千m <sup>3</sup> )	平均河床変動高 (m)	備考
カニエテ川	3,000	60	673	0.2	
チンチャ川	5,759	115	2,610	0.5	チコ川、マタヘンテ川の合計
ピスコ川	8,658	173	2,571	0.2	
ヤウカ川	1,192	24	685	0.1	
チラ川	5,000	100	-1,648	-0.01	本川流入土砂はダムがあるためゼロと仮定
マヘス・カマナ川	20,956	419	5,316	0.2	

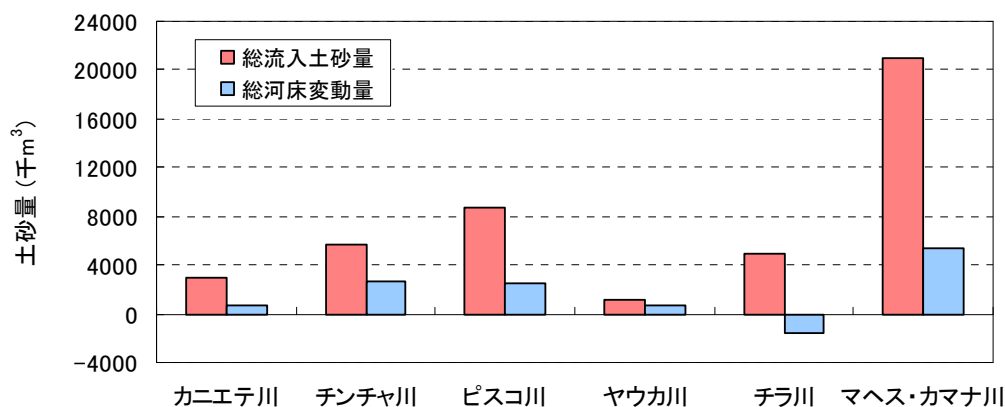


図-2.1-1 解析結果1 (土砂量の比較)

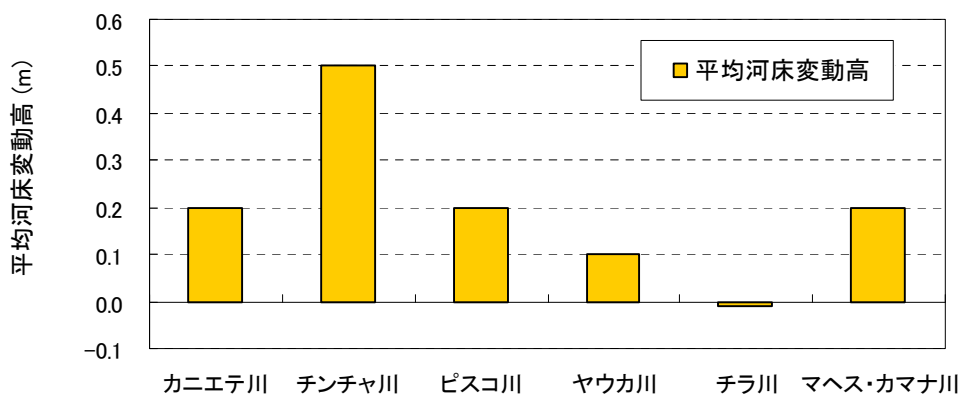


図-2.1-2 解析結果2 (河床変動高の比較)

表- 2.1-2 河床上昇が顕著だった箇所の状況

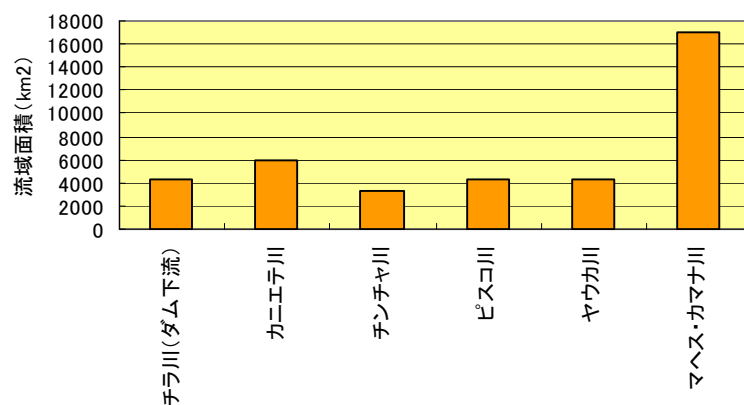


図- 2.1-3 流域面積の比較

## 2.2 各河川における将来の河床変動傾向

各河川の河床変動解析結果を図-2.2-1～図-2.2-11 に示し、以下に詳細を説明する。

### (1) チラ川

チラ川の解析結果から以下のことが推察された。

- チラ川ではポエチョスダムで土砂の流出が遮断されているため、ダムの直下流では河床低下が顕著となった。
- 一方、中流部に位置するスヤナ堰では上流河道および支川から移動してきた土砂が堆積するため、河床が上昇する。当面は問題ないと考えられるが、維持掘削を実施しない場合、将来的に流下能力が不足する可能性がある。
- 下流域に関しては基本的には大きな河床変動が生じない区間が多いが、大規模な洪水が発生した直後に数か所において河床低下する箇所が発生した。これらの結果はいずれも現地ヒヤリングで得られた証言と傾向は一致しており、本モデルの有効性が確認できた。

### (2) カニエテ川

これらの解析結果を比較した結果、ケース1では27km～31kmの範囲において最大3.5mの河床上昇が予測される結果となった。これは、同区間の河道幅が非常に狭く、上流からの流入土砂を全量下流に運搬できないことが原因と考えられる。しかし、現地ヒヤリングや現地視察の結果を踏まえると、カニエテ川の上流区間では流入土砂によって河床上昇が発生している可能性は低い。以上を踏まえ、流入土砂量を減らしたケースを2ケース設定して検討した結果、ケース2が現況に比較的近い結果と考えられた。なお、カニエテ川においては上流に発電専用ダムであるプランタナルダムが近年建設されており、当該ダムによる将来の河床変動への影響について以下に述べる。

**表-2.2-1 カニエテの検討ケース一覧**

ケース	総流入土砂量	上流区間の最大河床上昇高	評価	
ケース1	5820 千 m <sup>3</sup> 116 千 m <sup>3</sup> /年	3.5m(50 年後) 1.7m(10 年後)	上流区間の河床上昇および下流河道全体で0.6mの河床上昇が見られる	×
ケース2	3000 千 m <sup>3</sup> 60 千 m <sup>3</sup> /年	2.1m(50 年後) 1.2m(10 年後)	上流区間の河床上昇はケース1より抑えられている。河道全体では平均0.2mの上昇。	○
ケース3	1500 千 m <sup>3</sup> 30 千 m <sup>3</sup> /年	1.5m(50 年後) 0.9m(10 年後)	上流区間の河床上昇はケース1、2より抑えられているが、19km～25km区間で河床低下が見られる。	△

(プランタナルダムによる下流河床変動への影響について)

プランタナルダム(PLATANAL DAM)は発電を目的とした利水ダムであり、2009年9月から運用されている。ダム高は35.7mで貯水容量は $0.8\sim 0.9\times 10^6\text{m}^3$  (80万~90万 $\text{m}^3$ )と小規模なダムである(写真参照)。ダムは河口から60km程度上流に位置しており、本調査の対象区間よりもやや上流だが、流出土砂量としてはほぼ同程度と考えられる。カニエテ川の流出土砂量が年間6万 $\text{m}^3$ 程度であることを踏まえると、当該ダムは今後10年程度で満砂し、再び下流へ土砂が排出される可能性が高い。よって、今後10年程度は土砂供給が遮断されて一時的に河床が低下するが、長期的に見れば当該ダムの下流河道への影響は一時的と考えられる。なお、ダムは満砂しても砂防ダムの機能である流出土砂の調整機能は維持されるため、今後、上流域で大規模な土砂流出が生じて、当該ダムで流出量が調整されるため、長期的には河床変動予測で見られた速度での河床上昇が生じるものの、短期間で急激な河床上昇は起きにくくなると推察される。

表-2.2-2 プランタナルダムの諸元

目的	発電
ダム高	35.7m
貯水容量	$0.8\sim 0.9\times 10^6\text{m}^3$
運用開始年	2009年9月
集水面積	3,280 $\text{km}^2$

表-2.2-3 プランタナルダム施設の状況



### (3) チンチャ川

チンチャ川については、現況分流施設によるチコ川とマタヘンテ川への流入土砂の分流比率が不明である。そこで、将来予測に関しては①各河川に流入土砂量の全量が流入した場合、②各河川に流入土砂が半々（1：1の比率）で流入した場合の2ケースを実施した。（①のケースは分流堰が機能していないケース、②のケースは分流堰が機能しているケースという位置づけ）なお、表-1.1には①の結果を示している。

これらの結果から、以下のことが伺える。

- ▶ チンチャ川は将来、分流堰が改修されて土砂と流量を1：1に分流出来た場合、50年後で平均20cm～30cm程度の河床上昇が生じると予想された。一方、分流堰が未改修の場合、流量と土砂がどちらかに偏ると50年後の河床上昇は40～60cmと概ね2倍となり、分流堰の改修によって河床上昇を抑制できる効果が確認された。
- ▶ クリティカルポイントと河床変動の対応を見ると、チコ川のC-1、C-2地点では各地点の直下に土砂が堆積しており、上流で氾濫が発生するリスクが高まる。一方、マタヘンテ川のM-3、M-4では各地点で土砂堆積が発生しており、これらについても氾濫リスクが高まる。これらについては定期的な維持管理が必要と考えられる。

### (4) ピスコ川

ピスコ川の解析結果から以下のことが推察された。

- ▶ ピスコ川は将来50年で平均20cm程度の河床上昇が生じると予想された。平均的に見た場合は比較的上昇量は少ないが、詳細には狭窄部の直上流で最大1m程度の河床上昇が発生しており、氾濫の危険性が高い。これら狭窄部に関しては維持管理として定期的な土砂掘削を実施することが望まれる。
- ▶ 河床低下に関しては30km地点で一部見られるが、非常に局所的であり、1次元の河床変動計算の予測精度を考慮すると、検証可能な観測データがない現時点では問題箇所と判断するのは困難である。

### (5) ヤウカ川

ヤウカ川の解析結果から以下のことが推察された。

- ▶ ヤウカ川は将来50年で平均10cm程度の河床上昇が生じると予想された。河口部と上流部で部分的に河床変動が発生しているが、全体的には河床は安定傾向にあると言える。この主な理由は土砂供給量が少ないためと言うよりも、土砂を運搬する河川流量が少ないためである。
- ▶ なお、最下流部で土砂堆積が発生しているが、最下流には課題箇所はないため、堆積したとしても、今のところ大きな問題は発生しないと考えられる。



(6) マヘス・カマナ川

マヘス・カマナ川の解析結果から以下のことが推察された。

- マヘス・カマナ川は将来50年で平均 20cm 程度の河床上昇が生じると予想された。平均的な観点では治水上、大きな問題が生じる可能性は少ないものの、13km 付近において 0.8m 程度、101km 付近では 1m 程度の河床上昇が予測された。
- 13km 付近の河床上昇は 13km 付近狭窄部の下流拡幅部での土砂堆積が上流側に拡大したことによると推測される。12.8km には取水堰があり、取水に支障が生じる可能性があることから維持掘削が必要な箇所と言える。また、101km 地点も狭窄部下流の拡幅部であり、この地点は過去に氾濫した地点でもあることから治水上の観点から維持掘削が必要な箇所と言える。
- 上記の 101km 地点、13km 地点以外の区間でも河床上昇は見られるものの、概ね平均的であることから、維持掘削の必要性は低いと考えられる。
- 以上から、マヘス・カマナ川では、101km 周辺および 13km 周辺が治水・利水の観点から維持掘削が必要な区間と言える。

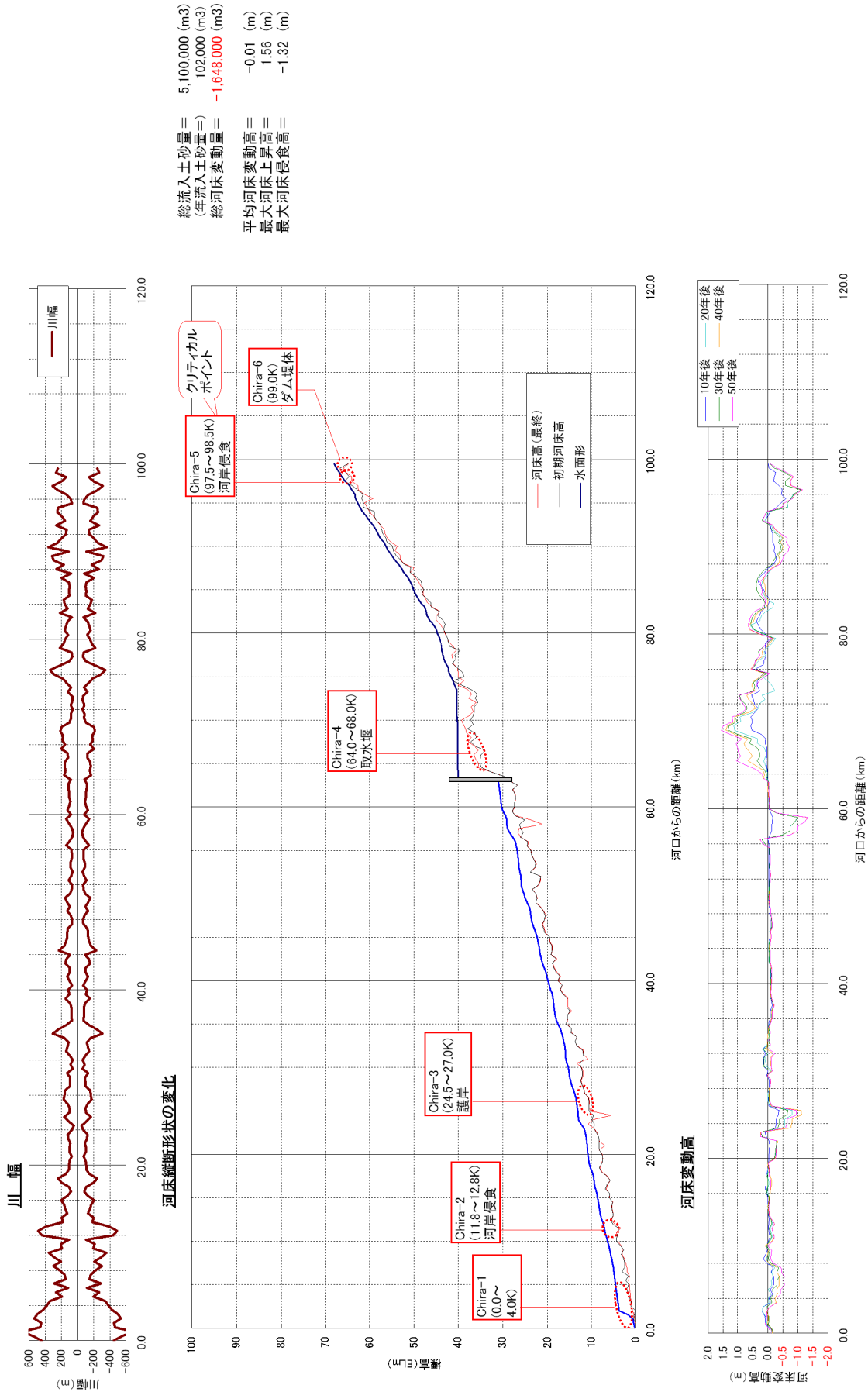
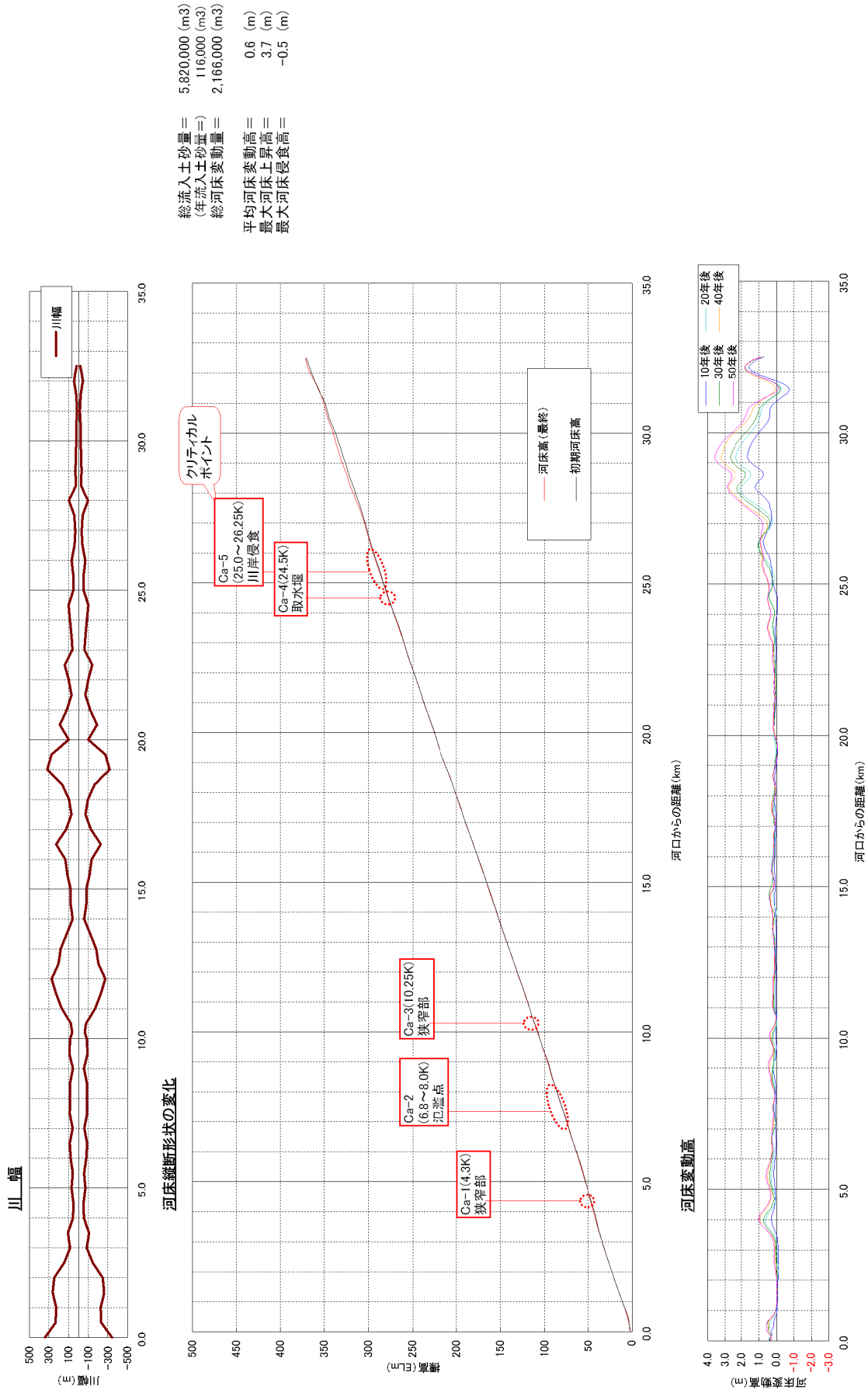


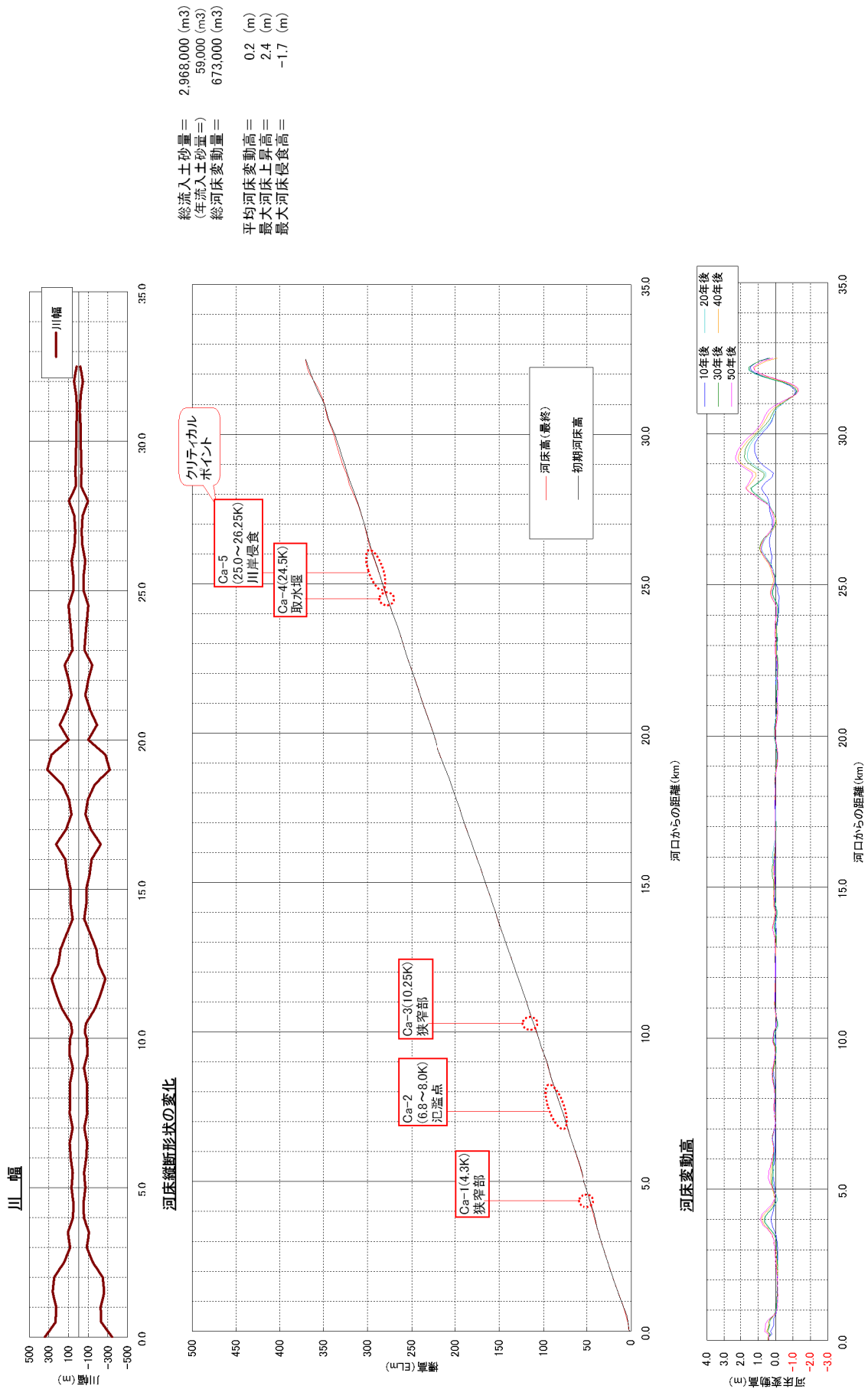
図-2.2-1 解析結果 (チラ川)



総流入土砂量 = 5,820,000 (m<sup>3</sup>)  
 (年流入土砂量 =) 116,000 (m<sup>3</sup>)  
 総河床変動量 = 2,166,000 (m<sup>3</sup>)

平均河床変動高 = 0.6 (m)  
 最大河床上昇高 = 3.7 (m)  
 最大河床侵食高 = -0.5 (m)

図-2.2-2 解析結果 (カニエテ川：流入土砂量を平衡量で設定した場合)



総流入土砂量 = 2,968,000 (m3)  
 (年流入土砂量 =) 59,000 (m3)  
 総河床変動量 = 673,000 (m3)

平均河床変動高 = 0.2 (m)  
 最大河床上昇高 = 2.4 (m)  
 最大河床侵食高 = -1.7 (m)

図-2.2-3 解析結果 (カニエテ川：流入土砂量を平衡量の1/2で設定した場合)

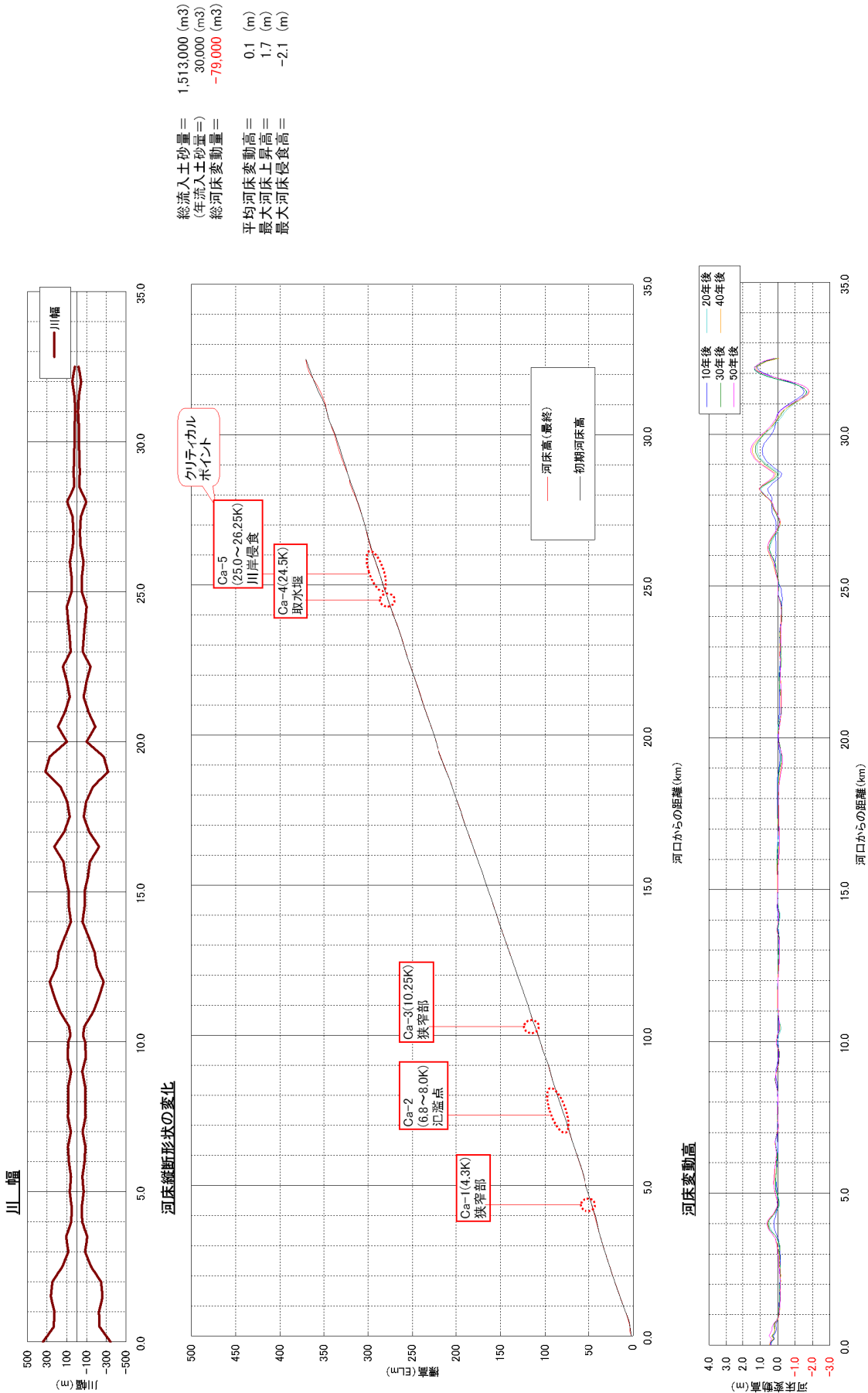


図-2.2-4 解析結果 (カニエテ川：流入土砂量を平衡量の1/4で設定した場合)



分流堰が機能していない  
 状況を想定

総流入土砂量 =	5,759,000 (m <sup>3</sup> )
(年流入土砂量 =)	115,000 (m <sup>3</sup> )
総河床変動量 =	1,131,000 (m <sup>3</sup> )
平均河床変動高 =	0.4 (m)
最大河床上昇高 =	1.6 (m)
最大河床侵食高 =	-1.9 (m)

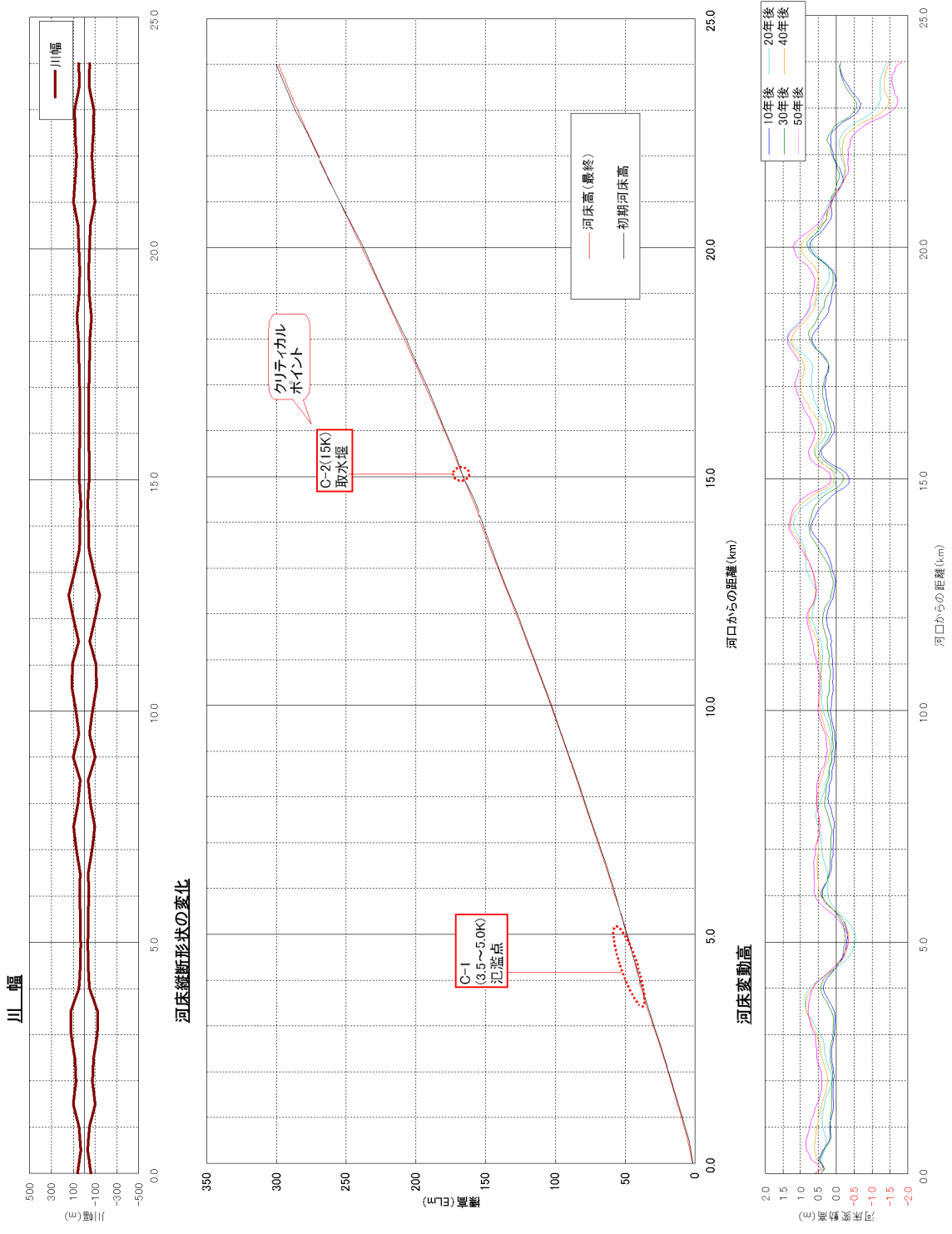


図-2.2.5 解析結果 (チンチャ川 (チコ川) : 流入土砂の全量がチコ川に流入した場合)

分流堰が機能している  
 状況を想定

総流入土砂量 = 2,879,000 (m<sup>3</sup>)  
 (年流入土砂量 =) 58,000 (m<sup>3</sup>)  
 総河床変動量 = 822,000 (m<sup>3</sup>)  
 平均河床変動高 = 0.2 (m)  
 最大河床上昇高 = 1.1 (m)  
 最大河床侵食高 = -0.8 (m)

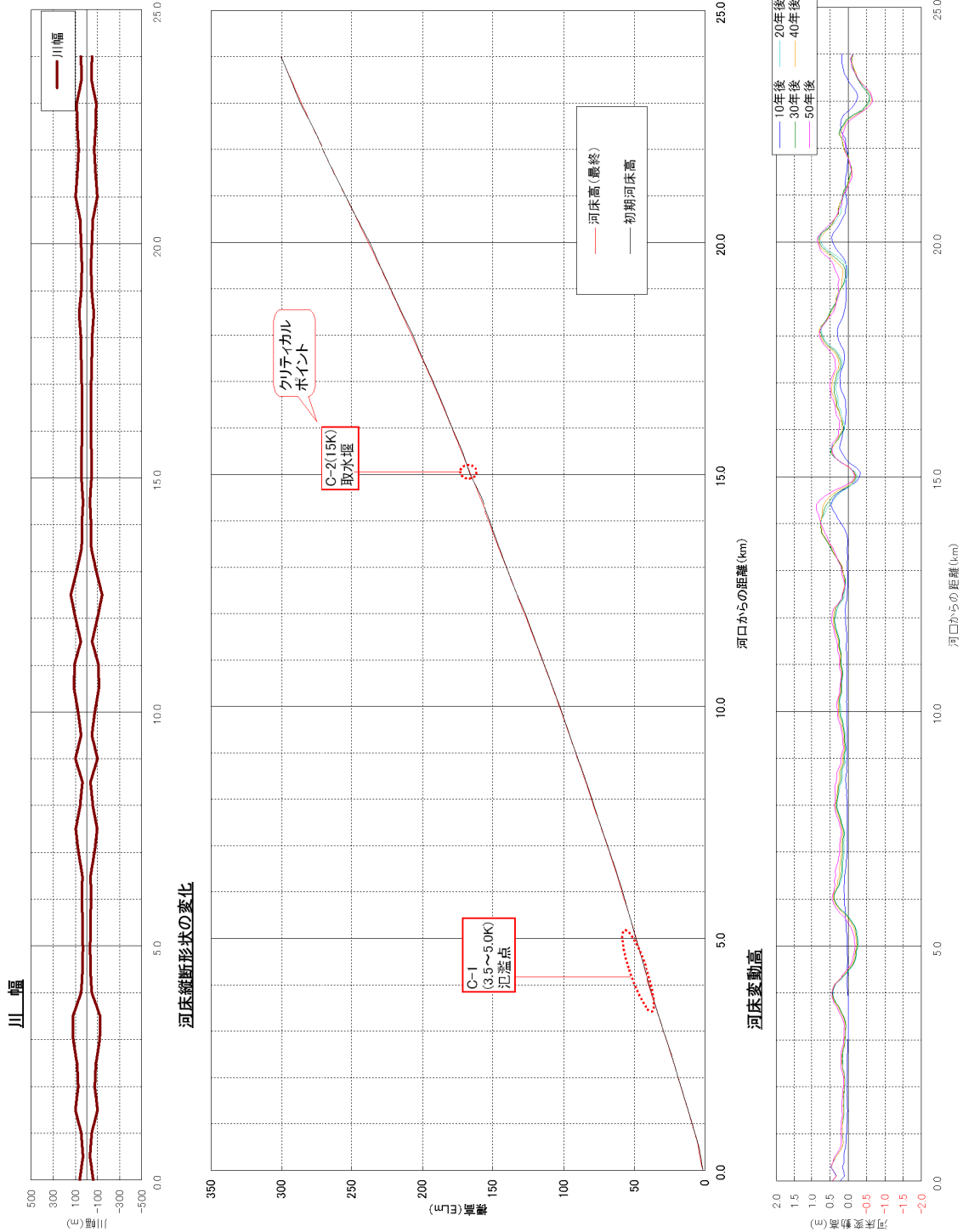
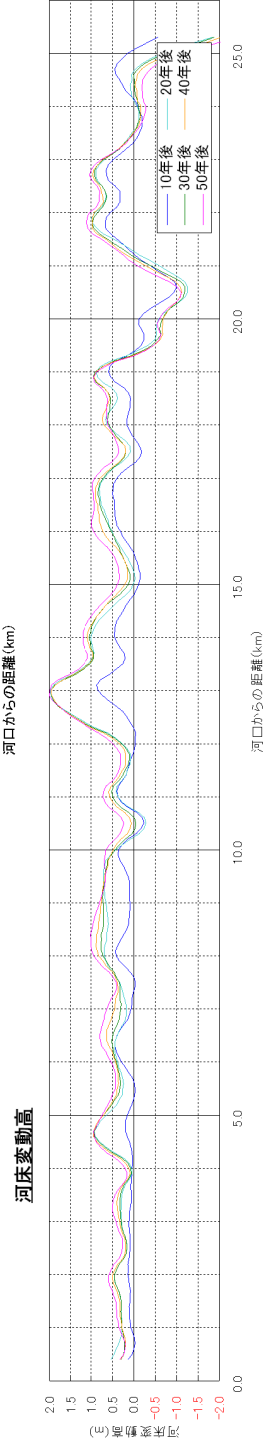
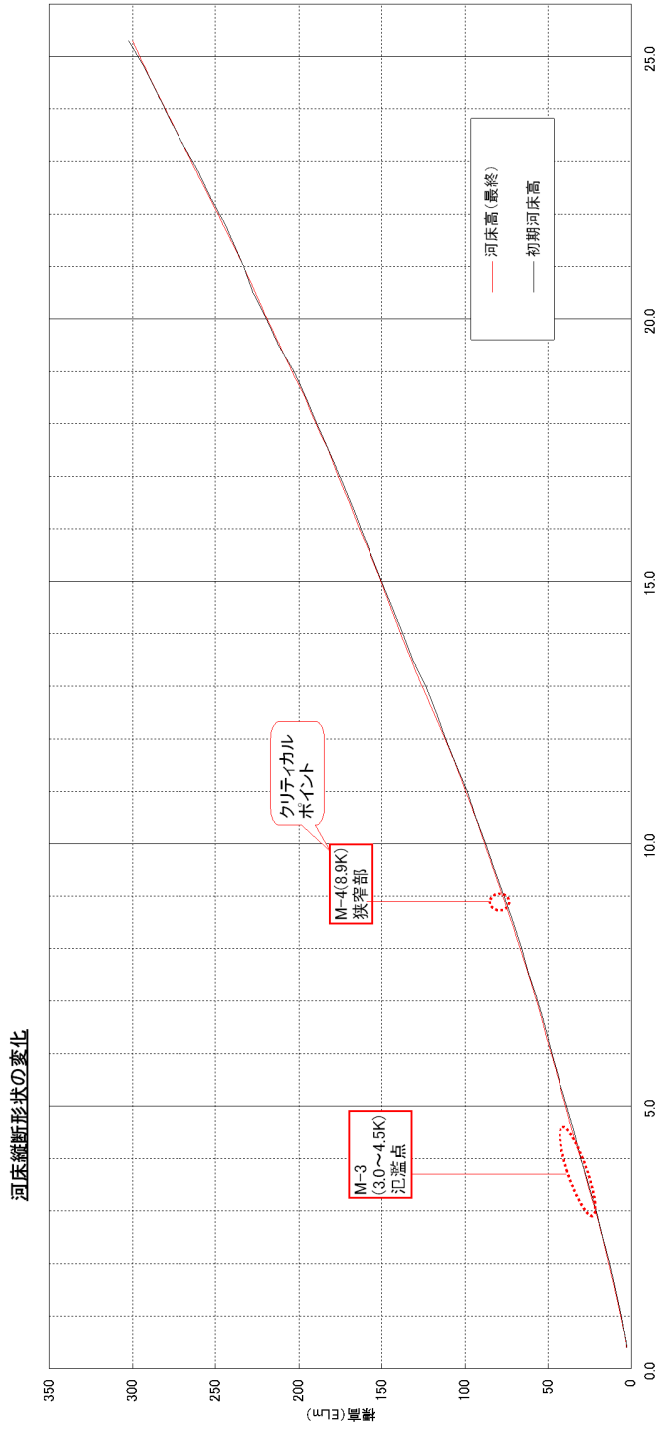
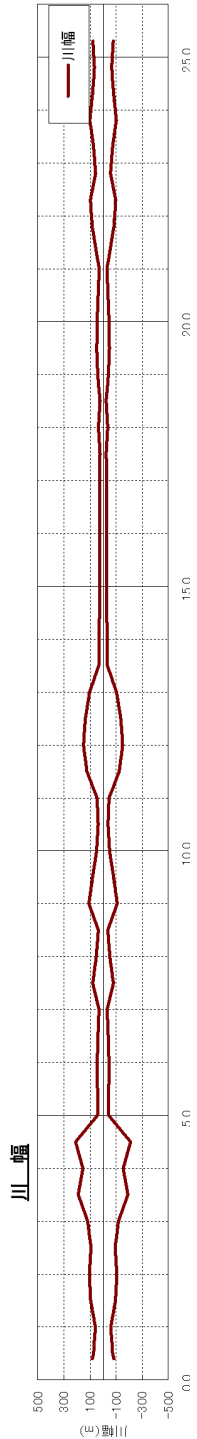


図-2.2-6 解析結果 (チンチャ川 (チコ川) : 流入土砂の半分がチコ川に流入した場合)

分流堰が機能していない  
 状況を想定



総流入土砂量 =	5,759,000 (m3)
(年流入土砂量 =)	115,000 (m3)
総河床変動量 =	1,479,000 (m3)
平均河床変動高 =	0.5 (m)
最大河床上昇高 =	2.2 (m)
最大河床侵食高 =	-1.4 (m)

図-2.2-7 解析結果 (チンチャ川 (マタヘンテ川) : 流入土砂の全量がマタヘンテ川に流入した場合)

分流堰が機能している  
 状況を想定

総流入土砂量 = 2,879,000 (m<sup>3</sup>)  
 (年流入土砂量) = 58,000 (m<sup>3</sup>)  
 総河床変動量 = 892,000 (m<sup>3</sup>)  
 平均河床変動高 = 0.3 (m)  
 最大河床上昇高 = 1.4 (m)  
 最大河床侵食高 = -1.2 (m)

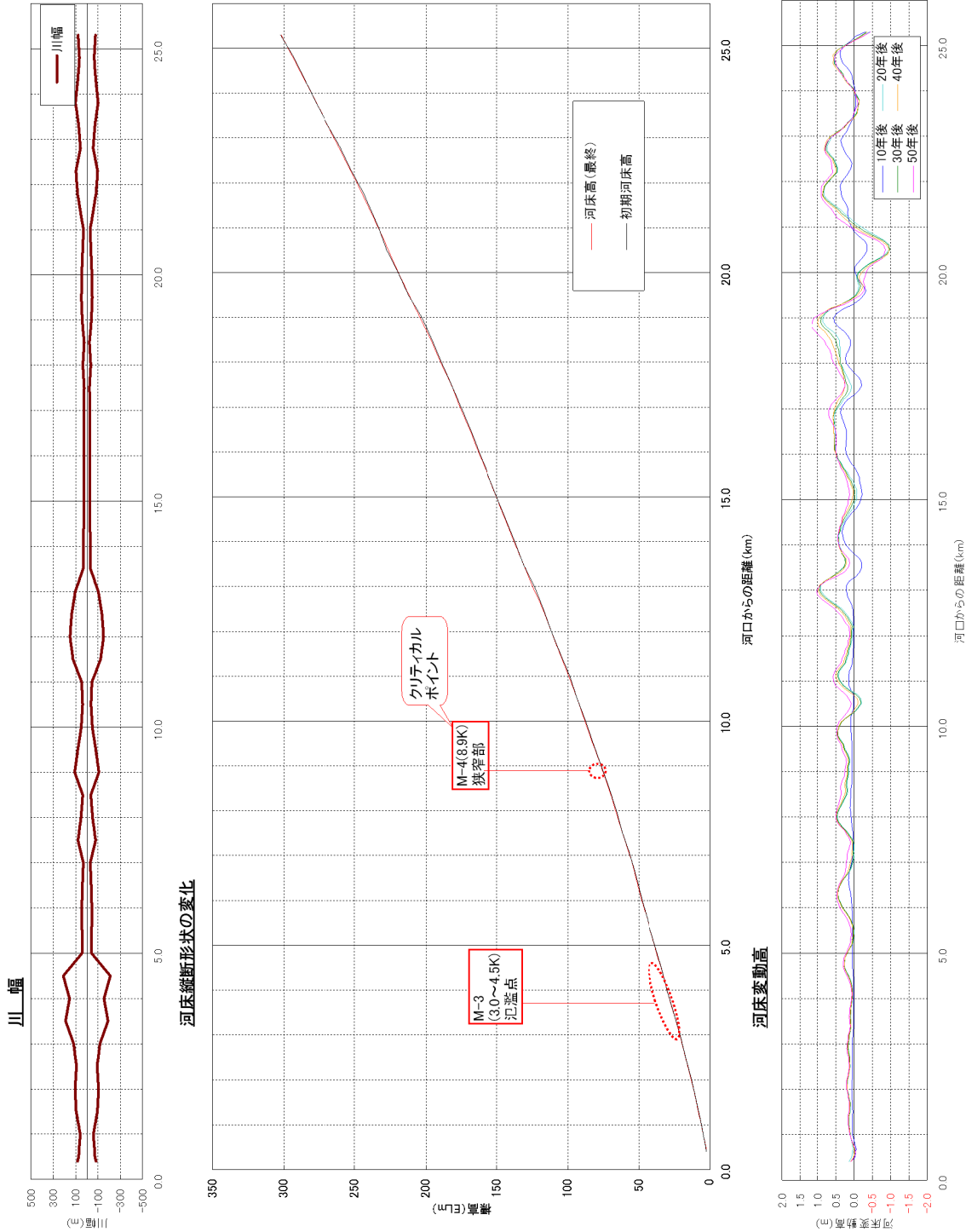
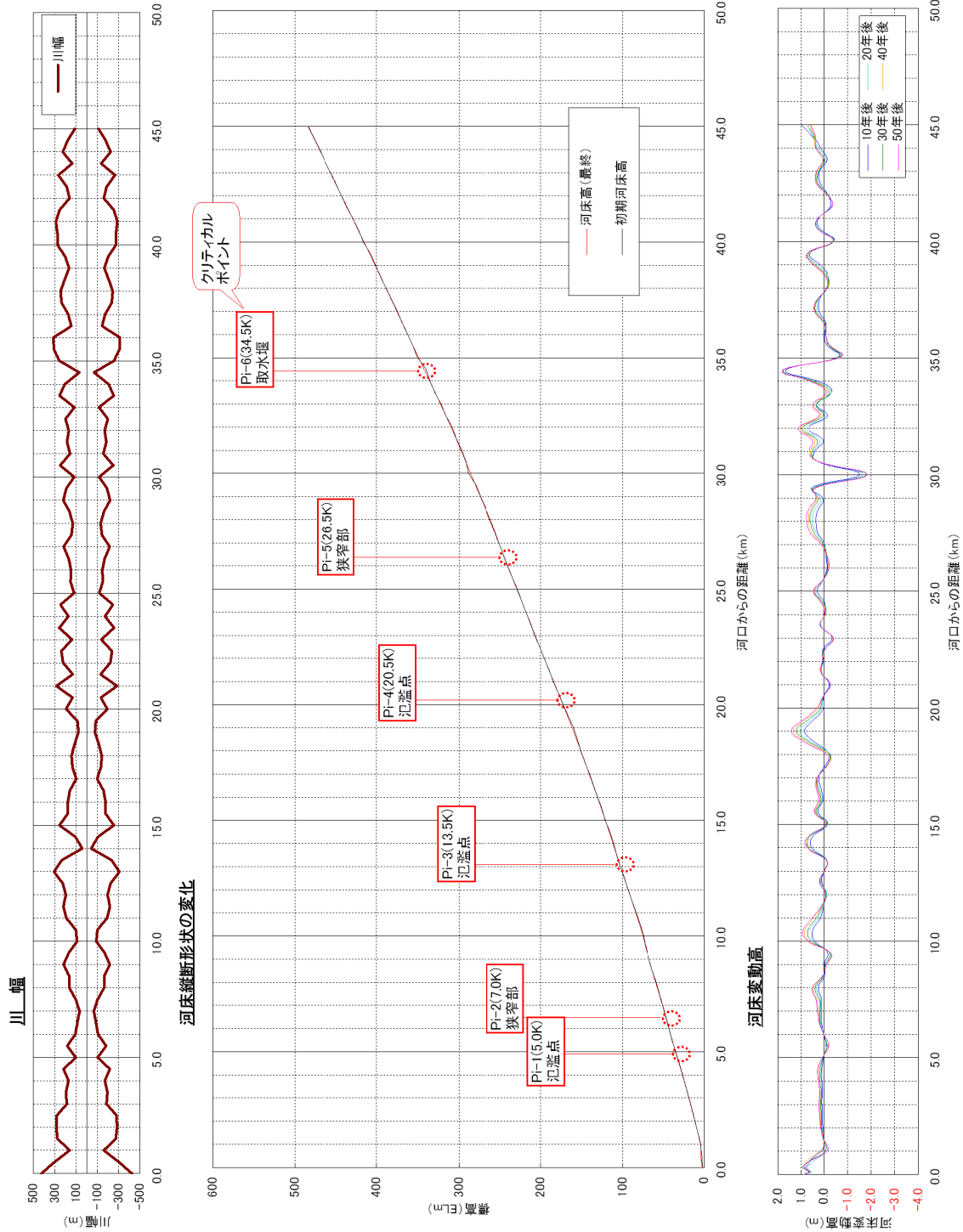


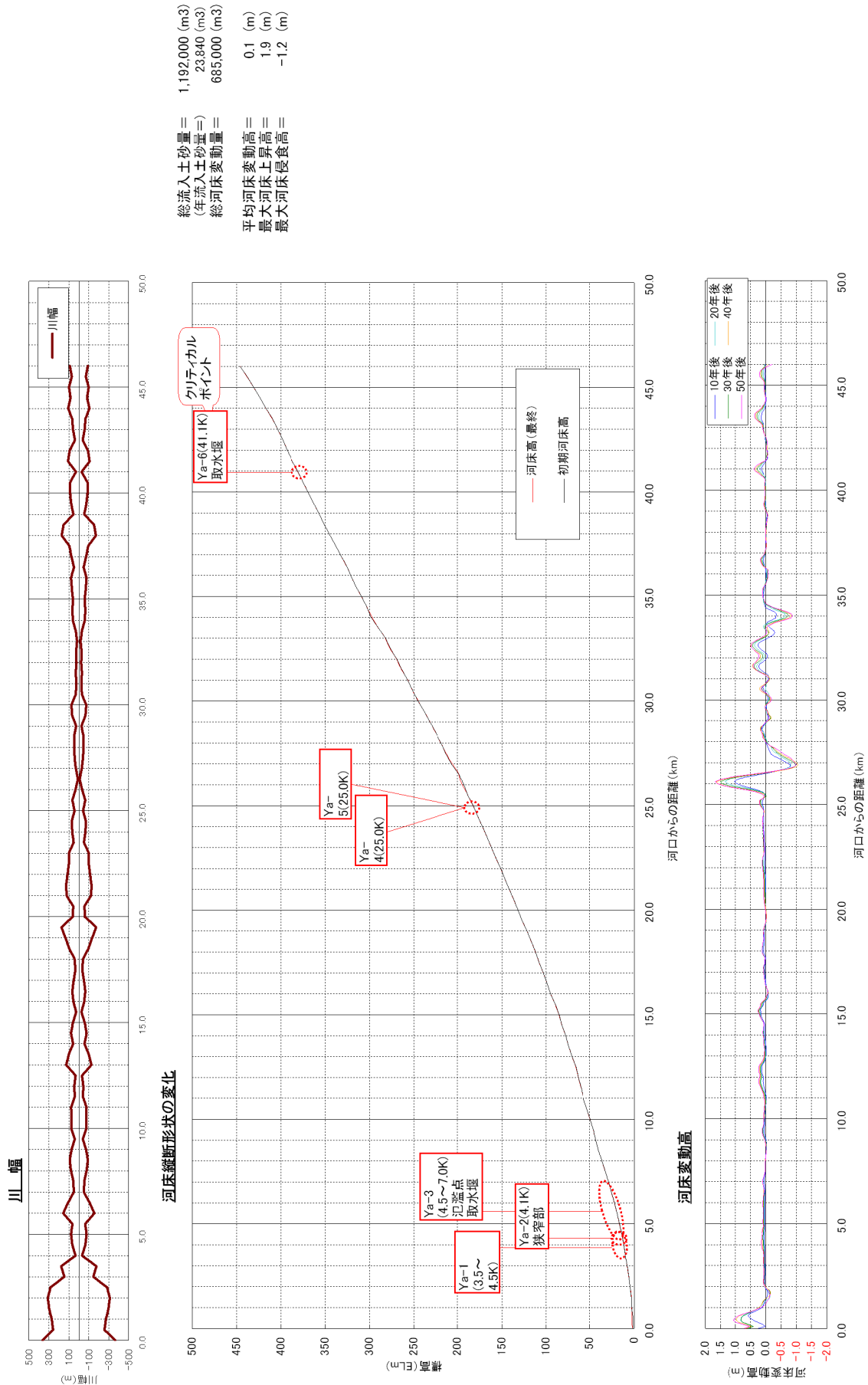
図-2.2-8 解析結果 (チンチャ川 (マタヘンテ川) : 流入土砂の半分がマタヘンテ川に流入した場合)



総流入土砂量 = 8,658,000 (m3)  
 (年流入土砂量) = 173,000 (m3)  
 総河床変動量 = 2,571,000 (m3)  
 平均河床変動高 = 0.2 (m)  
 最大河床上昇高 = 2.5 (m)  
 最大河床侵食高 = -2.6 (m)

図-2.2-9 解析結果 (ピスコ川)





総流入土砂量 = 1,192,000 (m<sup>3</sup>)  
 (年流入土砂量) = 23,840 (m<sup>3</sup>)  
 総河床変動量 = 685,000 (m<sup>3</sup>)  
 平均河床変動高 = 0.1 (m)  
 最大河床上昇高 = 1.9 (m)  
 最大河床侵食高 = -1.2 (m)

図-2.2-10 解析結果 (ヤウカ川)

総流入土砂量 = 20,956,000 (m<sup>3</sup>)  
 (年流入土砂量 =) 419,000 (m<sup>3</sup>)  
 総河床変動量 = 5,316,000 (m<sup>3</sup>)  
 平均河床変動高 = 0.2 (m)  
 最大河床上昇高 = 1.0 (m)  
 最大河床侵食高 = -0.4 (m)

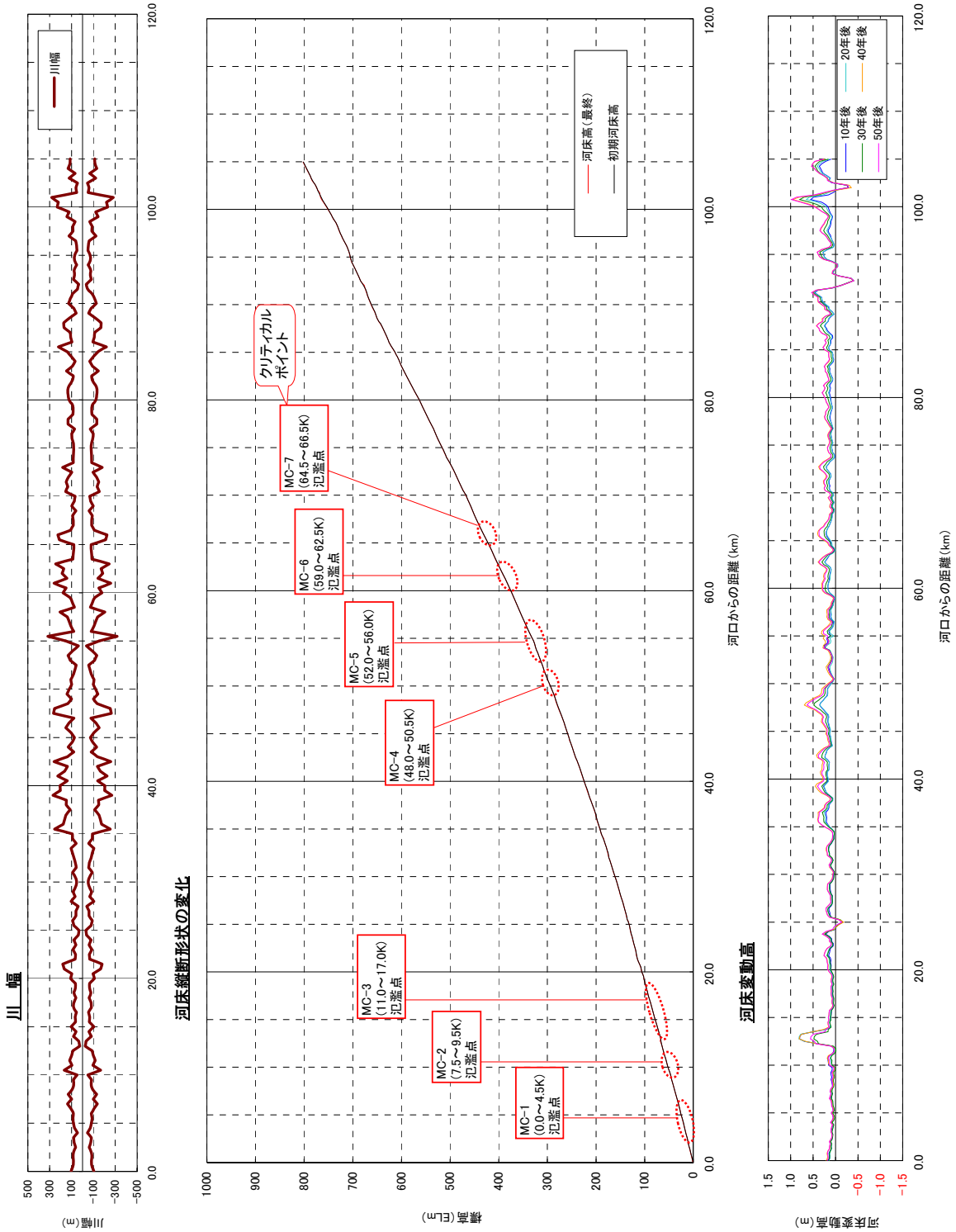


図-2.2-11 解析結果 (マヘス・カマナ川)

### 2.3 河床の維持管理の必要性の検討

対象5河川における将来50年後の河床変動予測結果を基に、今後、長期的に維持管理が必要と考えられる箇所を抽出した。

表- 2.3-1 今後計画的に維持掘削すべき箇所（その1）

対象河川		掘削対象範囲		維持管理方法
チラ川		箇所1	対象区間:64.0km-68.0km 対象土量:2,500,000m <sup>3</sup>	スヤナ堰上流に今後土砂が堆積するため、定期的に土砂を除去すべきと考えられる。土砂量が大量であり、すべてを除去することは現実的に困難な場合、特に重要と考えられる固定堰の直上部を重点的に維持する方法も考えられる。
カニエテ川		箇所1	対象区間:3.0km-7.0km 対象土量:135,000m <sup>3</sup>	既往の氾濫箇所であり、今後、徐々に河床上昇するため、定期的な掘削を実施すべきと考えられる
		箇所2	対象区間:27.0km-31.0km 対象土量:287,000m <sup>3</sup>	対象区間は水路が狭く、土砂を十分に通過させられないため、河床上昇の可能性が高い。今後徐々に河床上昇し、氾濫を引き起こす可能性があるため、定期的な維持掘削を実施すべきと考えられる。
チンチャ川	(チコ川)	箇所1	対象区間:3.5km-4.5km 対象土量:53,000m <sup>3</sup>	既往の氾濫箇所であり、今後、徐々に河床上昇するため、定期的な掘削を実施すべきと考えられる
	(マタヘンテ川)	箇所1	対象区間:10.5km-13.5km 対象土量:229,000m <sup>3</sup>	川幅が広く、土砂が堆積しやすい区間である。今後徐々に河床上昇し、氾濫を引き起こす可能性があるため、定期的な維持掘削を実施すべきと考えられる。
		箇所2	対象区間:21.0km-23.5km 対象土量:197,000m <sup>3</sup>	
ピスコ川		箇所1	対象区間:18.0km-20.5km 対象土量:314,000m <sup>3</sup>	今後徐々に河床上昇し、氾濫を引き起こす可能性があるため、定期的な掘削を実施すべきと考えられる
		箇所2	対象区間:34.0km-35.0km 対象土量:255,000m <sup>3</sup>	既設取水堰の上流部で、拡幅部のため土砂が堆積しやすい河床である。同区間において定期的に掘削を実施することで、下流河道全体の河床上昇リスクを低下させることが可能と考えられる。
ヤウカ川		箇所1	対象区間:25.5km-26.5km 対象土量:60,000m <sup>3</sup>	既設取水堰の直上流部であり、取水堰の機能を維持するために定期的な掘削を実施すべきと考えられる。

※対象土量は50年間の総堆積土砂量

表- 2.3-2 今後計画的に維持掘削すべき箇所（その2）

対象河川	掘削対象範囲		維持管理方法
マヘス・カマナ川	箇所1	対象区間:12.0km-13.0km 対象土量:70,000m <sup>3</sup>	比較的川幅も狭く、少ない土砂量でも顕著な河床上昇が発生する可能性が高い地点と推測される。取水施設への影響を踏まえ、毎年の定期的な維持掘削が望ましい。
	箇所2	対象区間:100.0km-101.0km 対象土量:460,000m <sup>3</sup>	急拡部であり、大量の土砂の堆積する可能性が高い箇所である。当該区間で維持掘削を実施することにより、中流部の河床上昇も抑制される効果が期待できる。 治水上の観点から、計画的な維持掘削を実施すべき地点と考えられる。

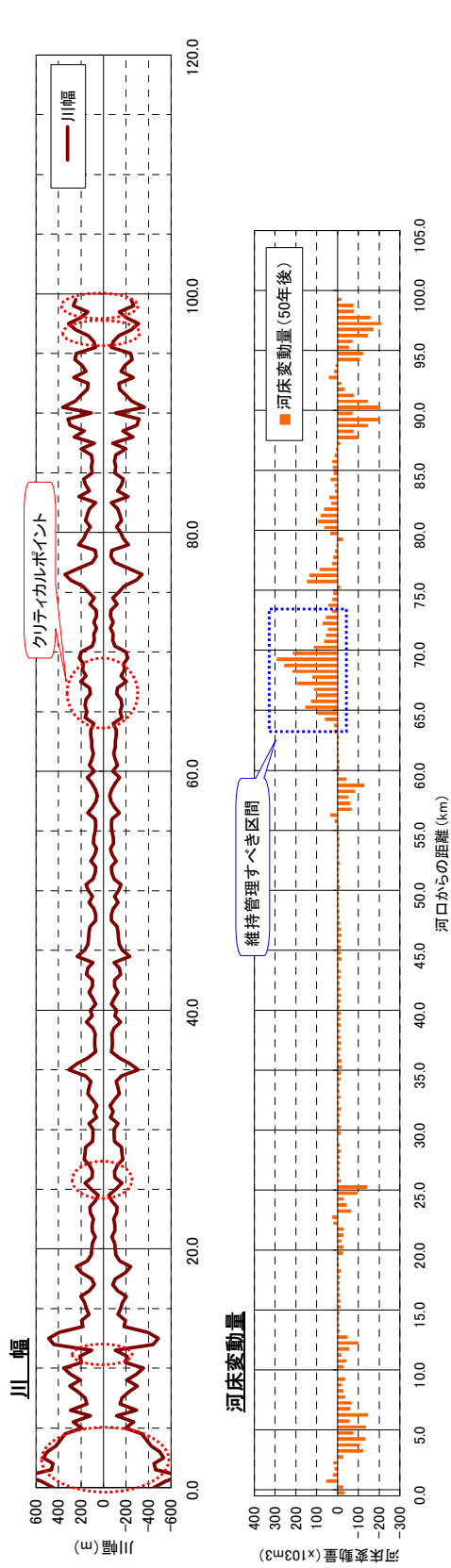


図-2.3-1 維持管理が必要な堆積区間 (チラ川)

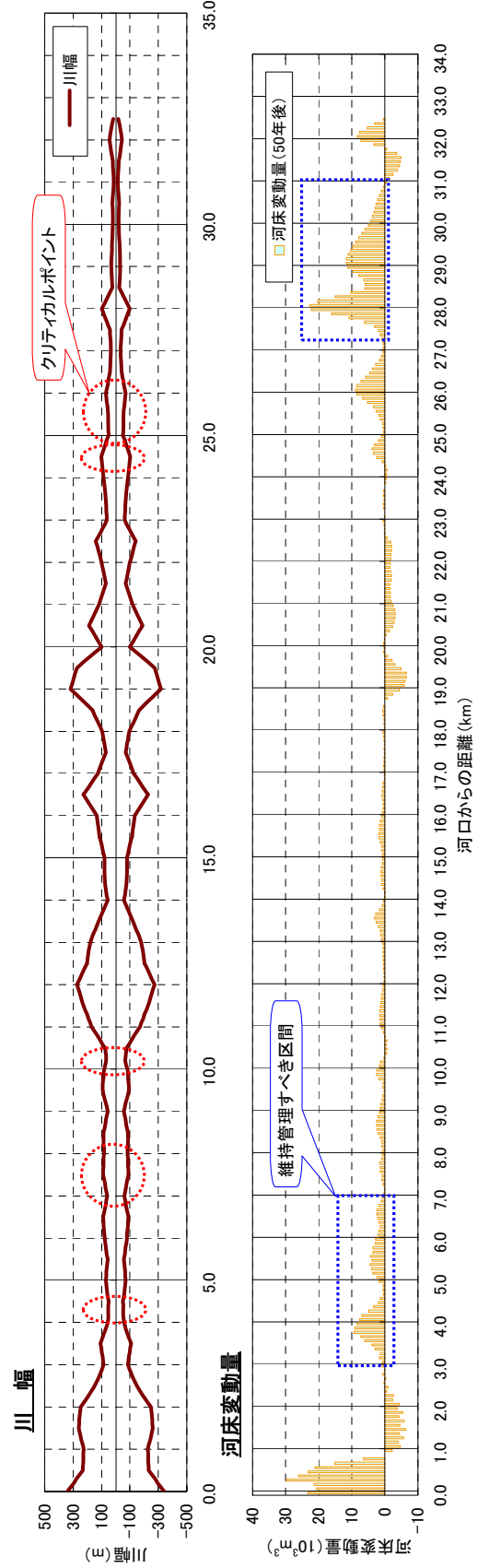


図-2.3-2 維持管理が必要な堆積区間 (カニエテ川)



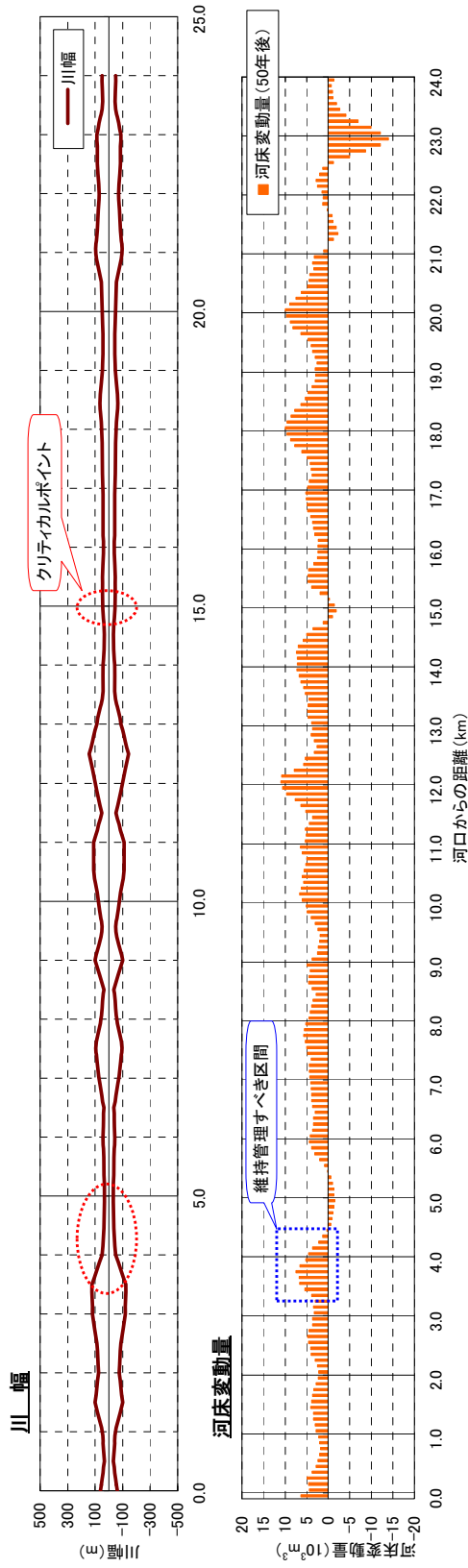


図-2.3-3 維持管理が必要な堆積区間 (チンチャ川 (チョコ川))

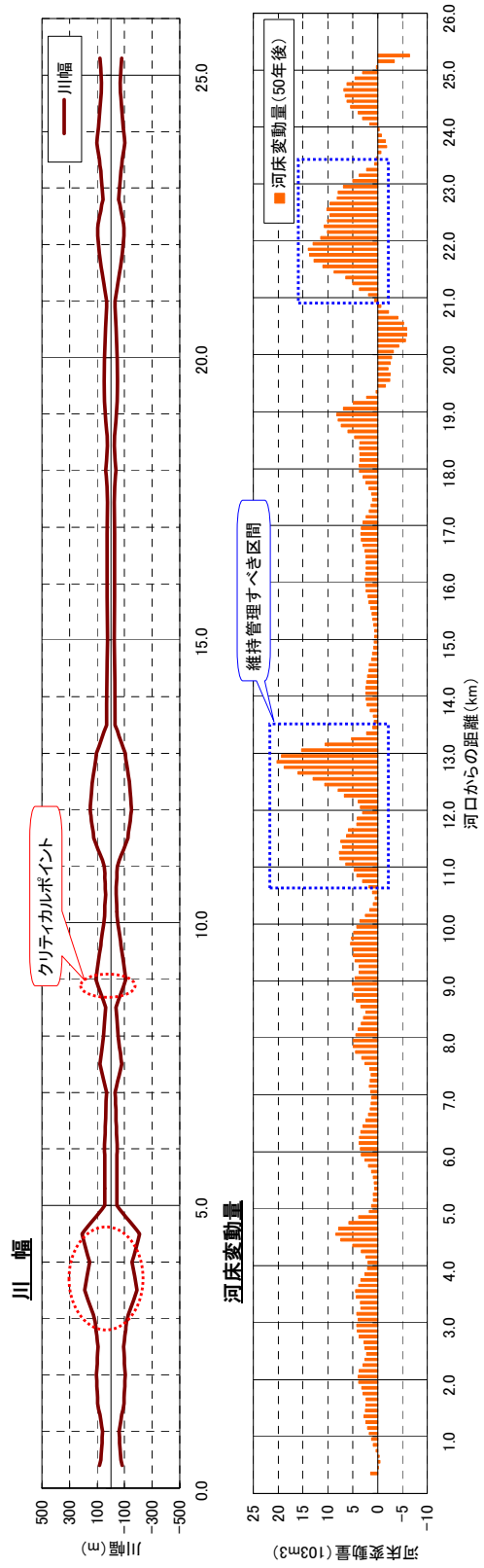


図-2.3-4 維持管理が必要な堆積区間 (チンチャ川 (マタペンテ川))

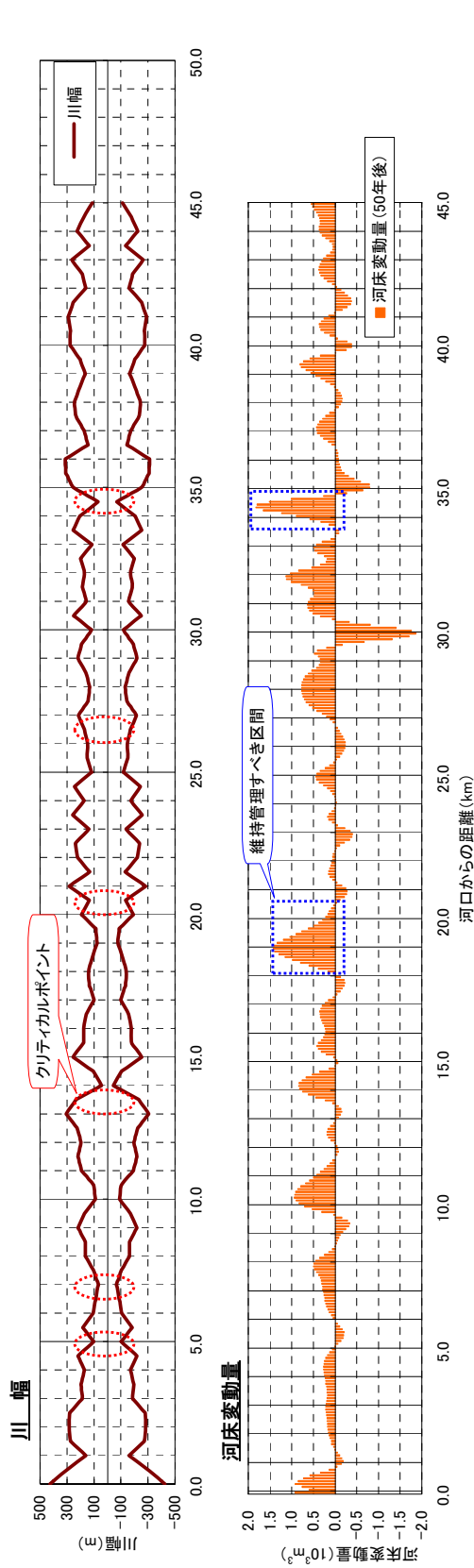


図-2.3-5 維持管理が必要な堆積区間（ピスコ川）

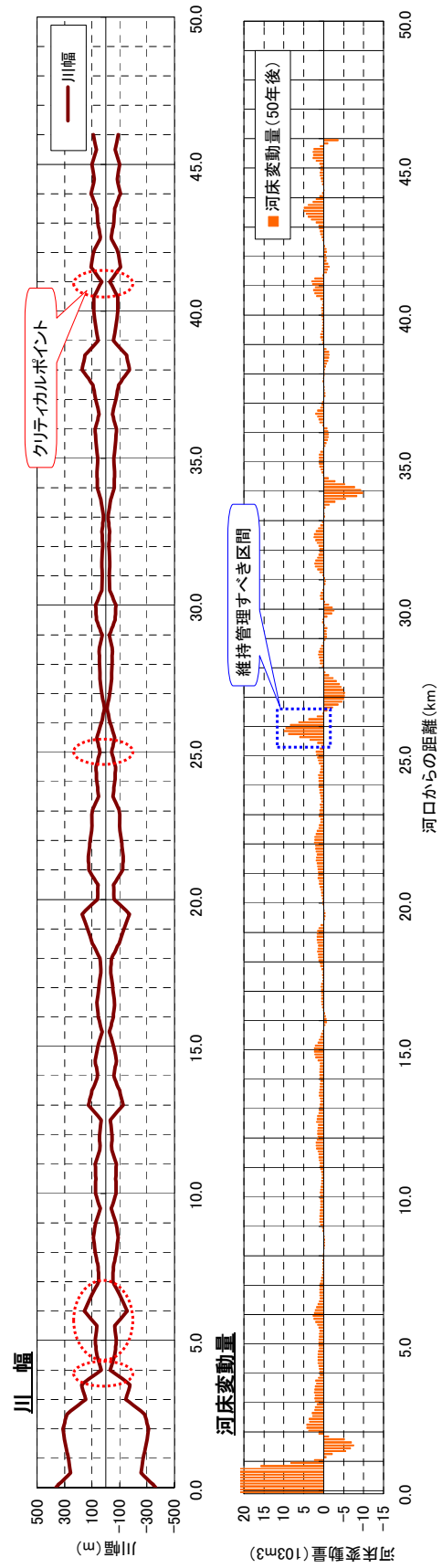


図-2.3-6 維持管理が必要な堆積区間（ヤウカ川）

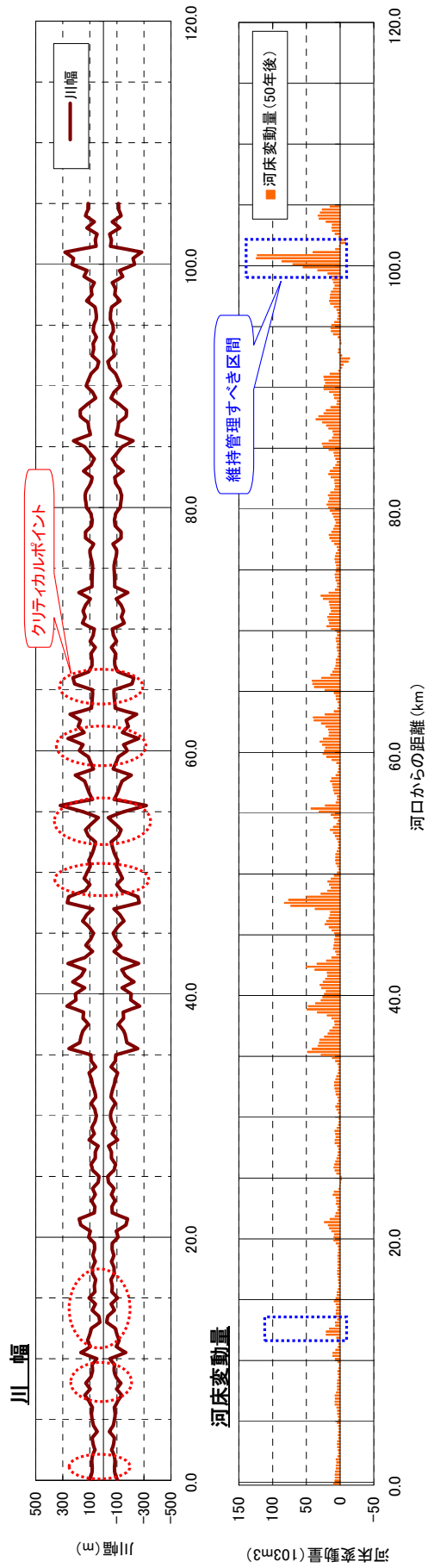


図-2.3-7 維持管理が必要な堆積区間 (マヘス・カマナ川)

## 2.4 対策必要性の検討

最後に対象5河川における測量結果に基づき、現況の土砂堆積状況から対策が必要と考えられる箇所を整理した。結果を表-2.4-1に示す。なお、現況の土砂堆積状況の把握は平均河床の縦断形状および縦断勾配によって判断した。

表-2.4-1 現況河道における土砂堆積箇所

No.	河川名	地点	状況	備考
1	チラ川	64.0km 上流 (スヤナ堰上流)	スヤナ堰上流の平均河床が非常に緩やかになっており、堰上流に土砂が堆積している状況が明確に確認できる。	図-2.4-1 参照
2	カニエテ川	4.0km	平均河床勾配が上下流と比較して緩やかになっており、土砂が堆積していると推察される。	図-2.4-2 参照
3	カニエテ川	10.0km	同上	図-2.4-2 参照
4	チンチャ川 (マタヘンテ川)	9.0km	同上	図-2.4-3 参照
5	ピスコ川	7.5km	同上	図-2.4-4 参照
6	ヤウカ川	4.5km	平均河床勾配が5kmより下流で急激に緩やかになる。そのため、変化点である5km直下において土砂が堆積していると推察される。	図-2.4-5 参照
7	マヘス・カマナ川	96.0km	平均河床勾配が上下流と比較して緩やかになっており、土砂が堆積していると推察される。	図-2.4-6 参照

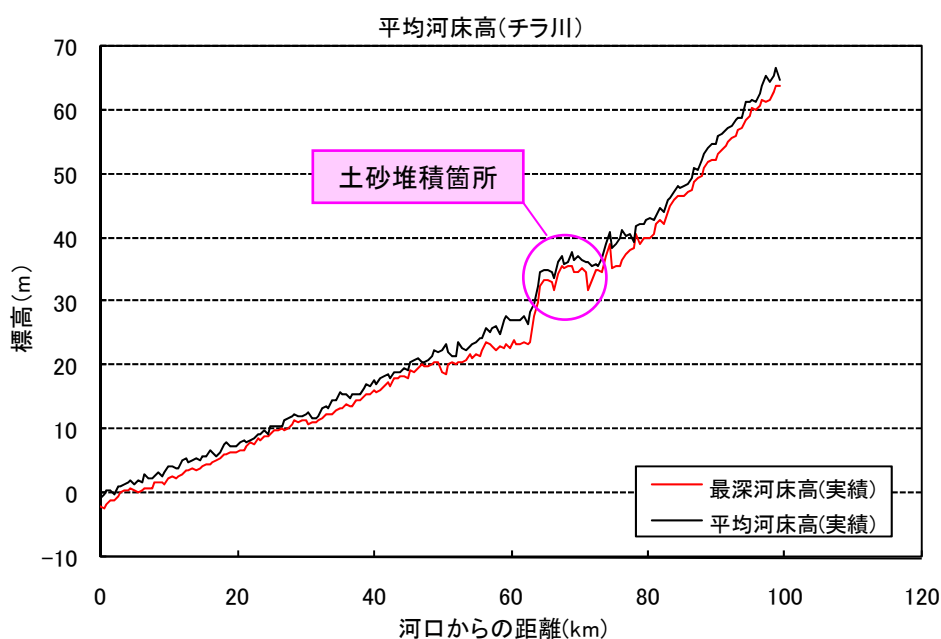


図-2.4-1 チラ川の平均河床高の縦断形状

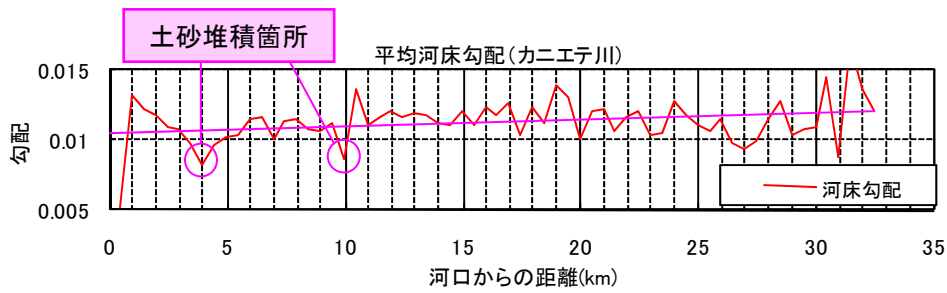


図-2.4-2 カニエテ川の平均河床勾配の縦断変化

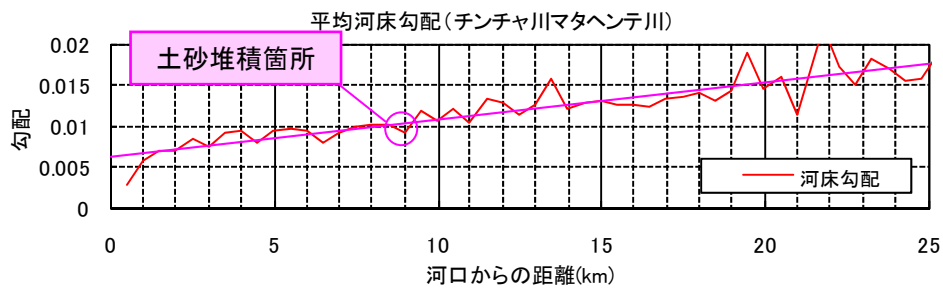


図-2.4-3 マタヘンテ川の平均河床勾配の縦断変化

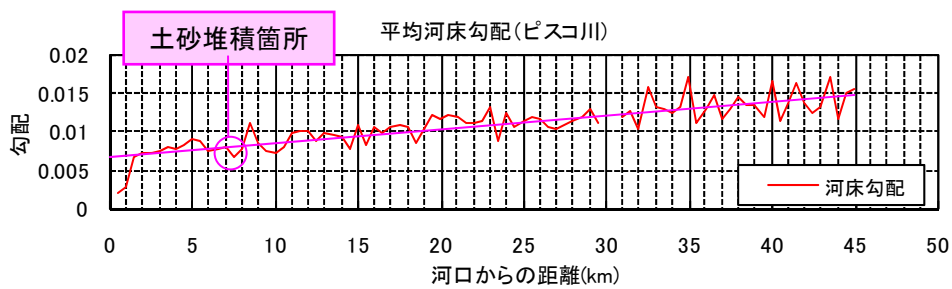


図-2.4-4 ピスコ川の平均河床勾配の縦断変化

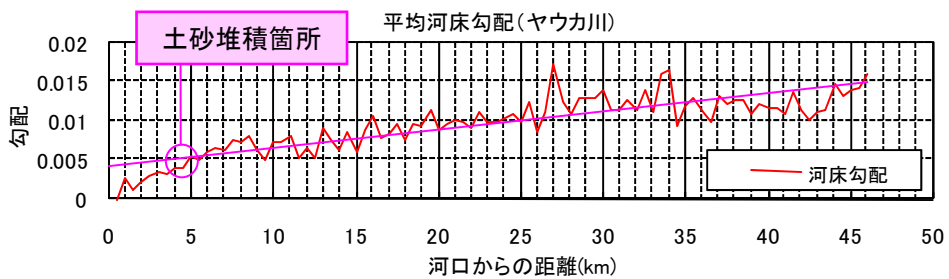


図-2.4-5 ヤウカ川の平均河床勾配の縦断変化

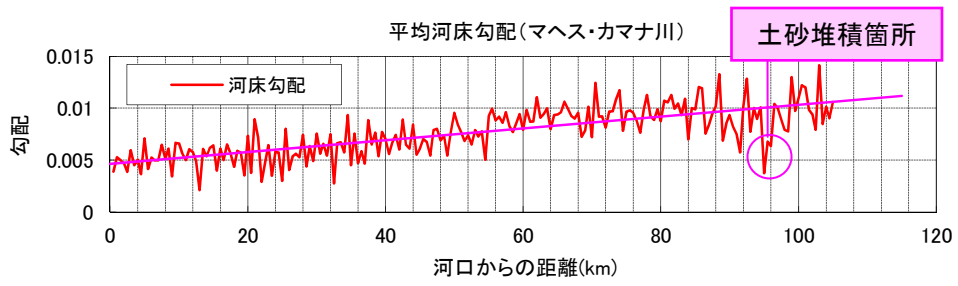


図- 2.4-6 マヘス・カマナ川の平均河床勾配の縦断変化



