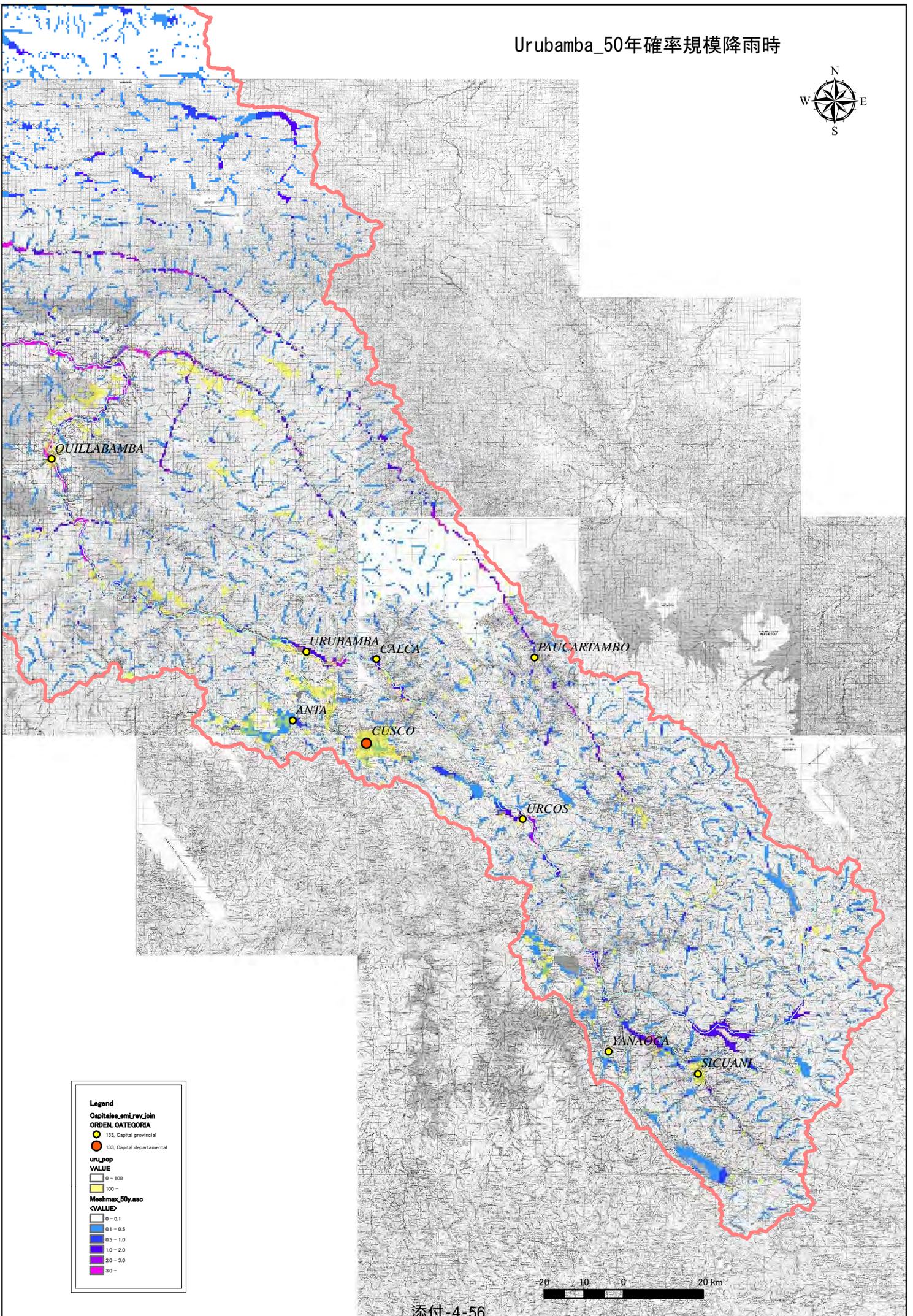


添付資料-4-10

規模別の氾濫解析結果図\_ Urubamba

Urubamba\_50年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_ani\_yev\_join  
ORDEN, CATEGORIA

- 133, Capital provincial
- 133, Capital departamental

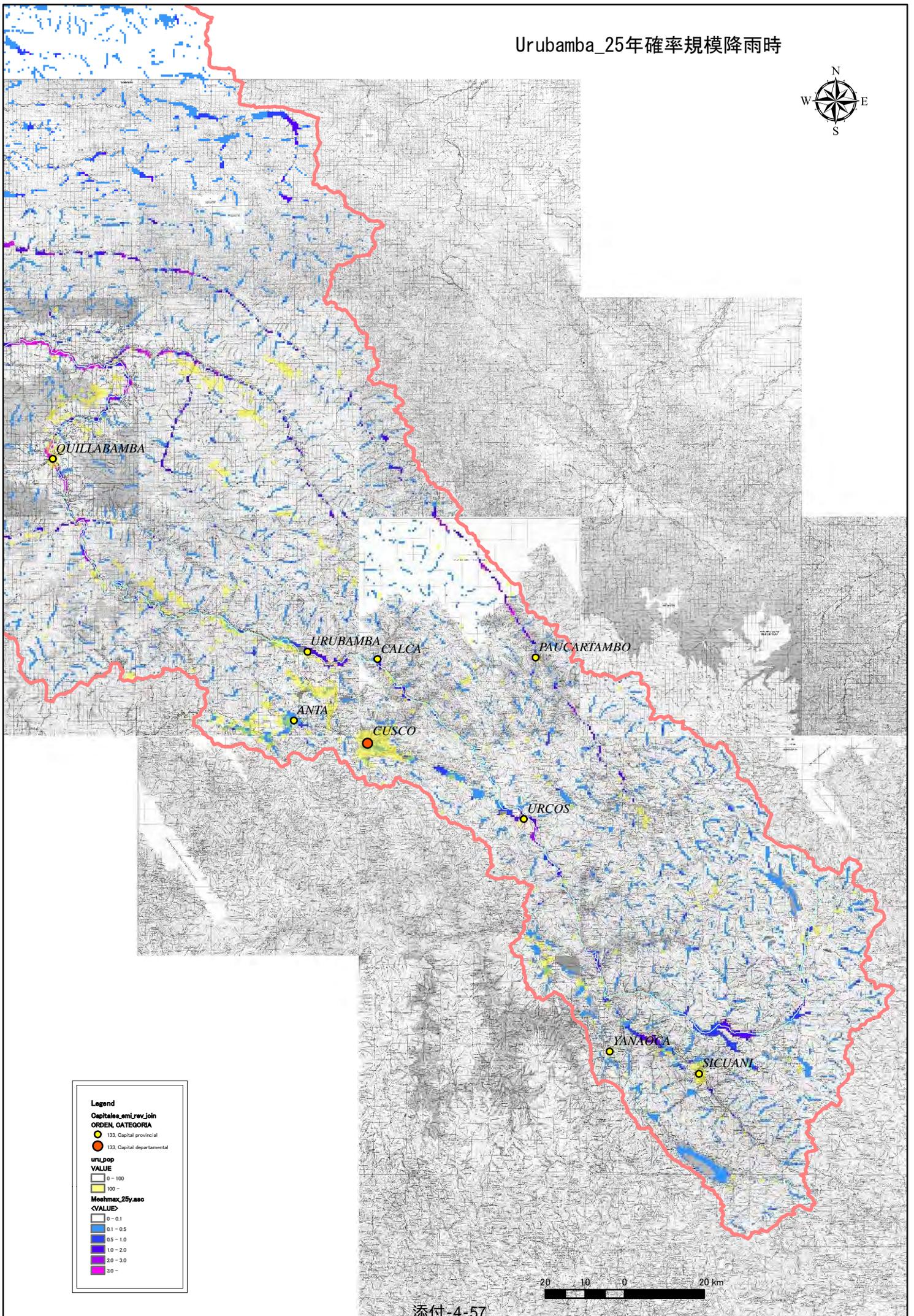
uru\_pop  
VALUE

- 0 - 100
- 100 -

Moshmax\_50y.asc  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

Urubamba\_25年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_ani\_yer\_join  
ORDEN, CATEGORIA

- 133, Capital provincial
- 133, Capital departamental

uru\_pop  
VALUE

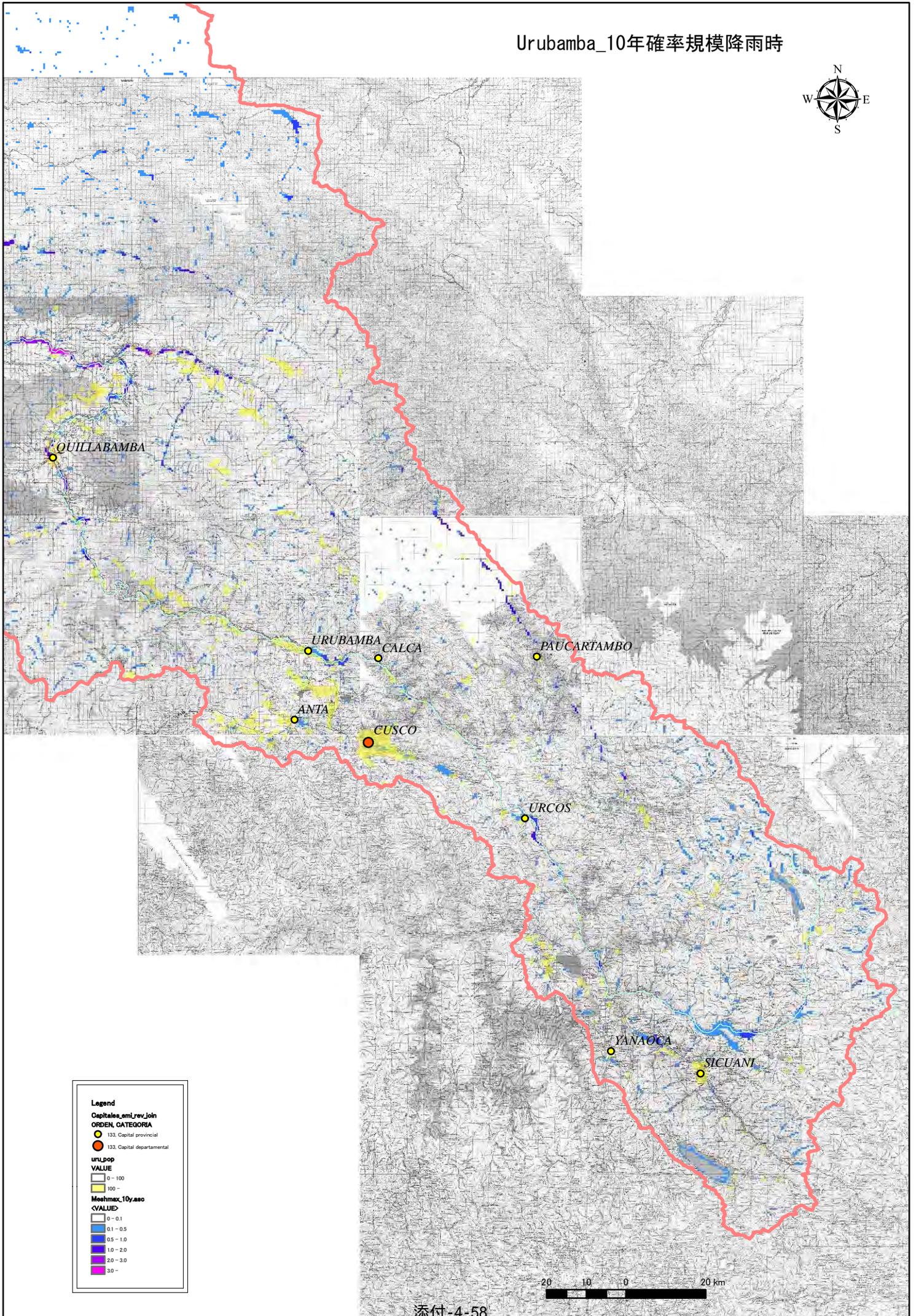
- 0 - 100
- 100 -

Moshmax\_25y.asc  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

20 10 0 20 km

Urubamba\_10年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_ani\_yev\_join  
ORDEN\_CATEGORIA

- 133, Capital provincial
- 133, Capital departamental

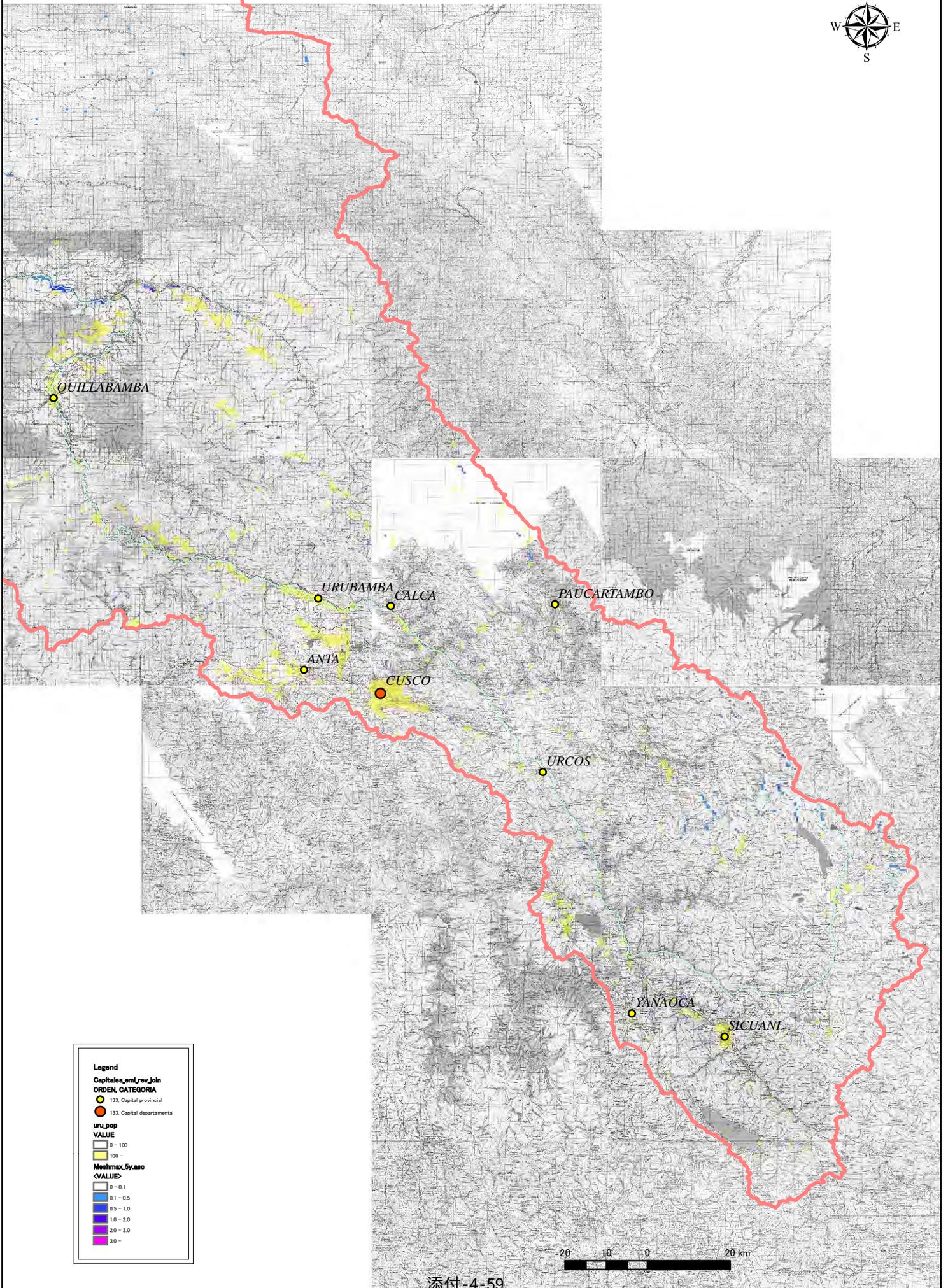
uru\_pop  
VALUE

- 0 - 100
- 100 -

Moshmax\_10y.asc  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

Urubamba\_5年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_ani\_yev\_join  
ORDEN, CATEGORIA

- 133, Capital provincial
- 133, Capital departamental

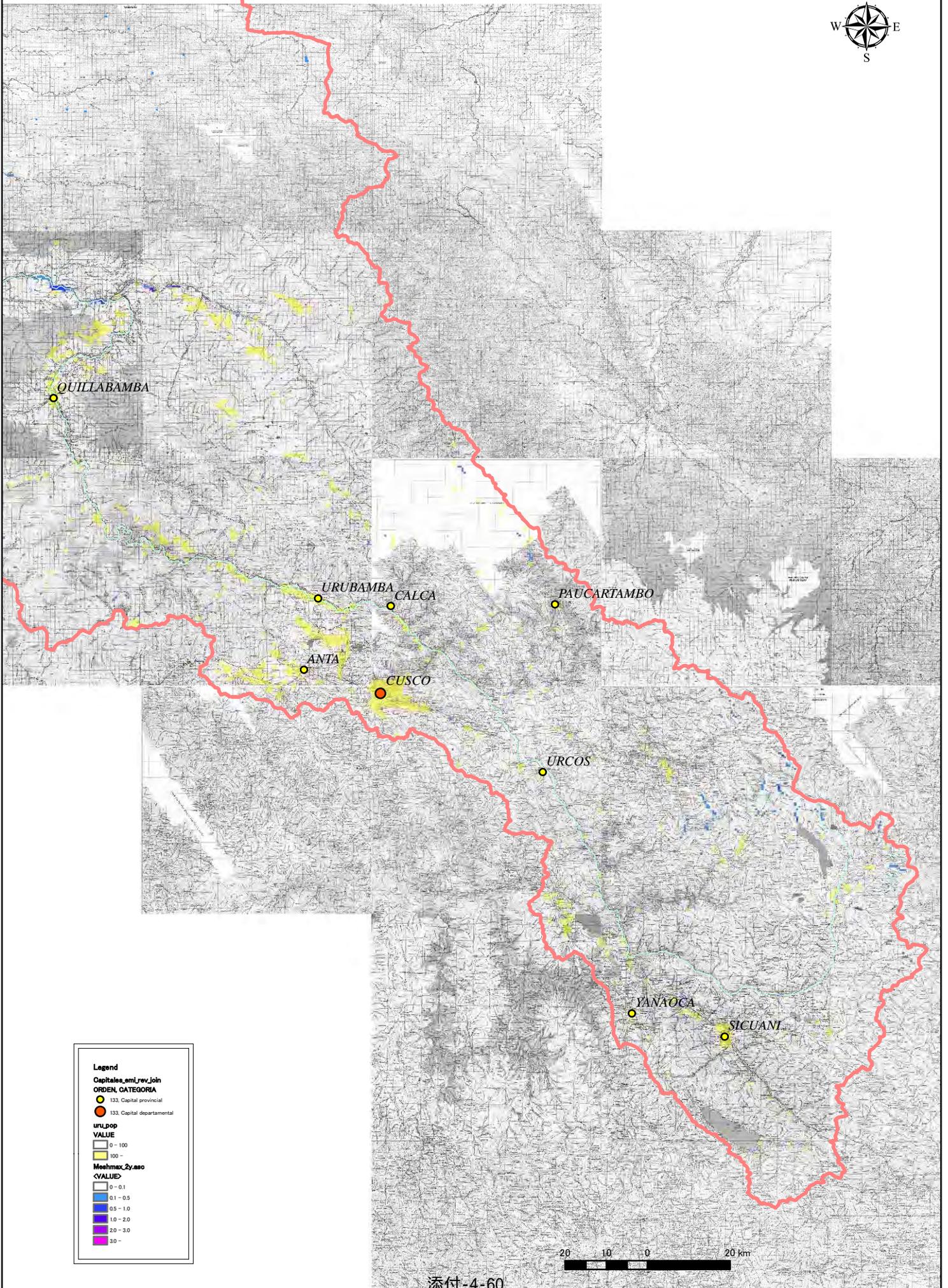
uru\_pop  
VALUE

- 0 - 100
- 100 -

Moshmax\_5y.aso  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

Urubamba\_2年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_ani\_yev\_join  
ORDEN, CATEGORIA

- 133, Capital provincial
- 133, Capital departamental

uru\_pop  
VALUE

- 0 - 100
- 100 -

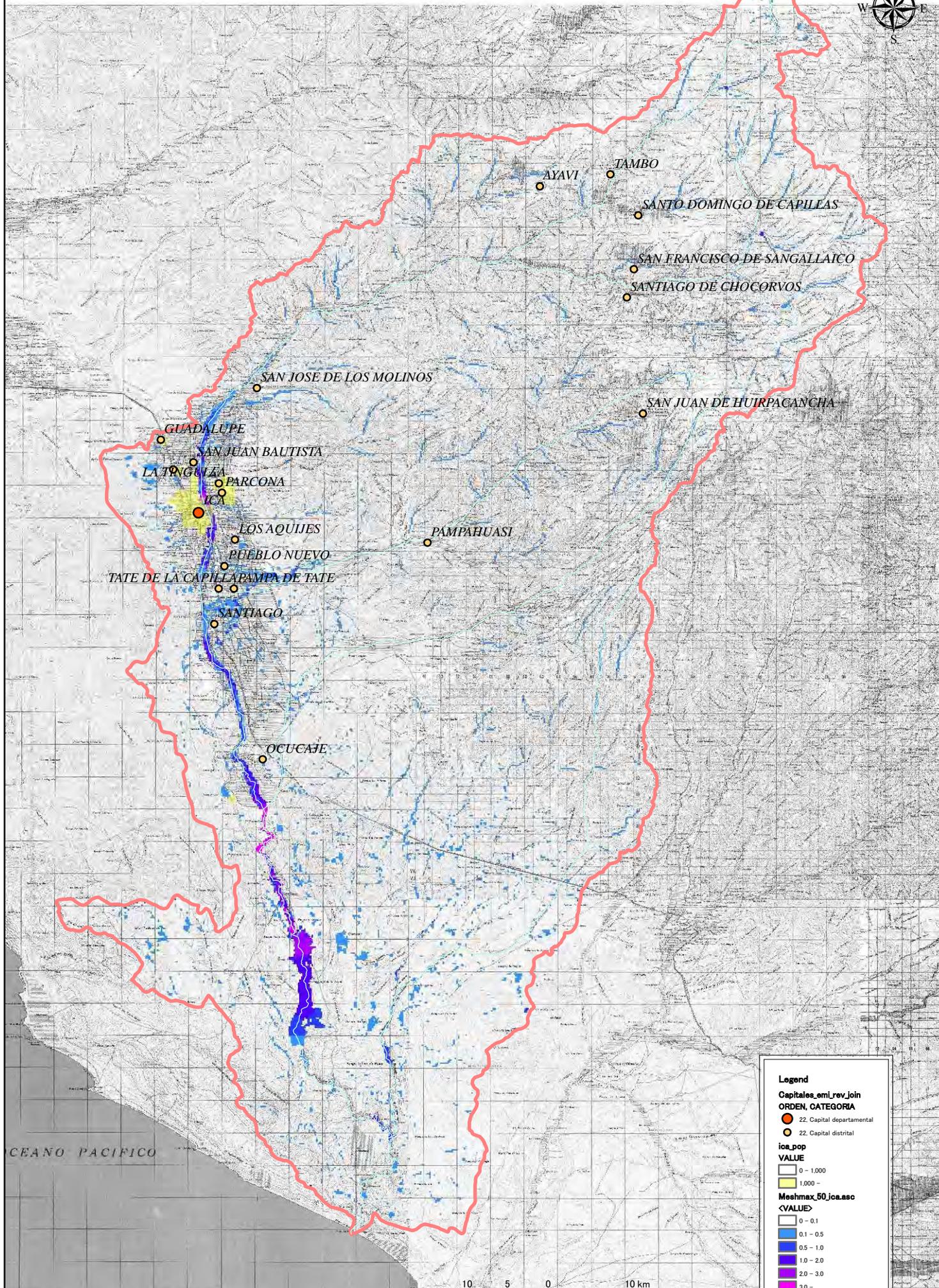
Moshmax\_2y.aso  
<VALUE>

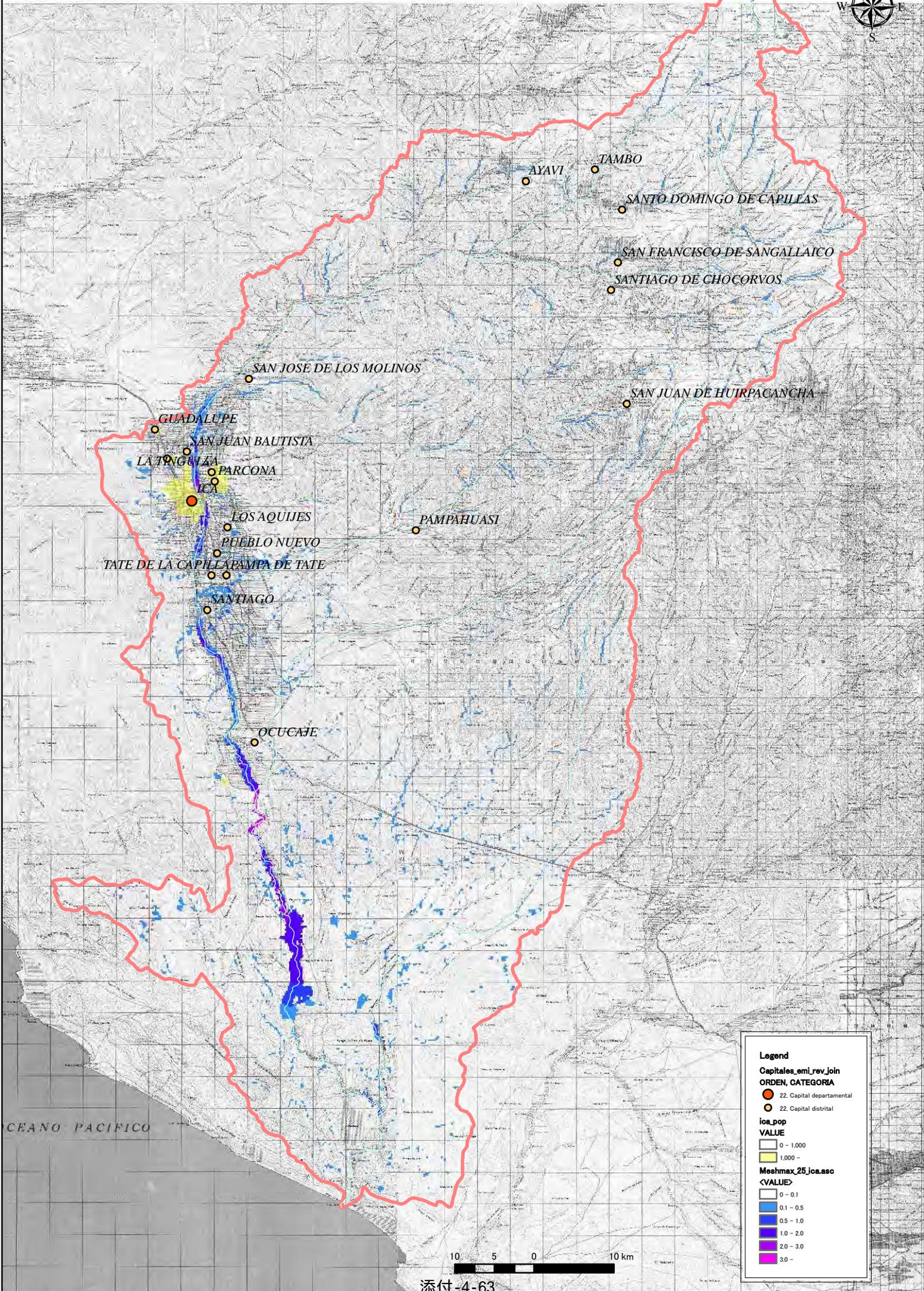
- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

20 10 0 20 km

添付資料-4-11

規模別の氾濫解析結果図\_ Ica





**Legend**

**Capitales\_emi\_rev\_join**  
ORDEN, CATEGORIA

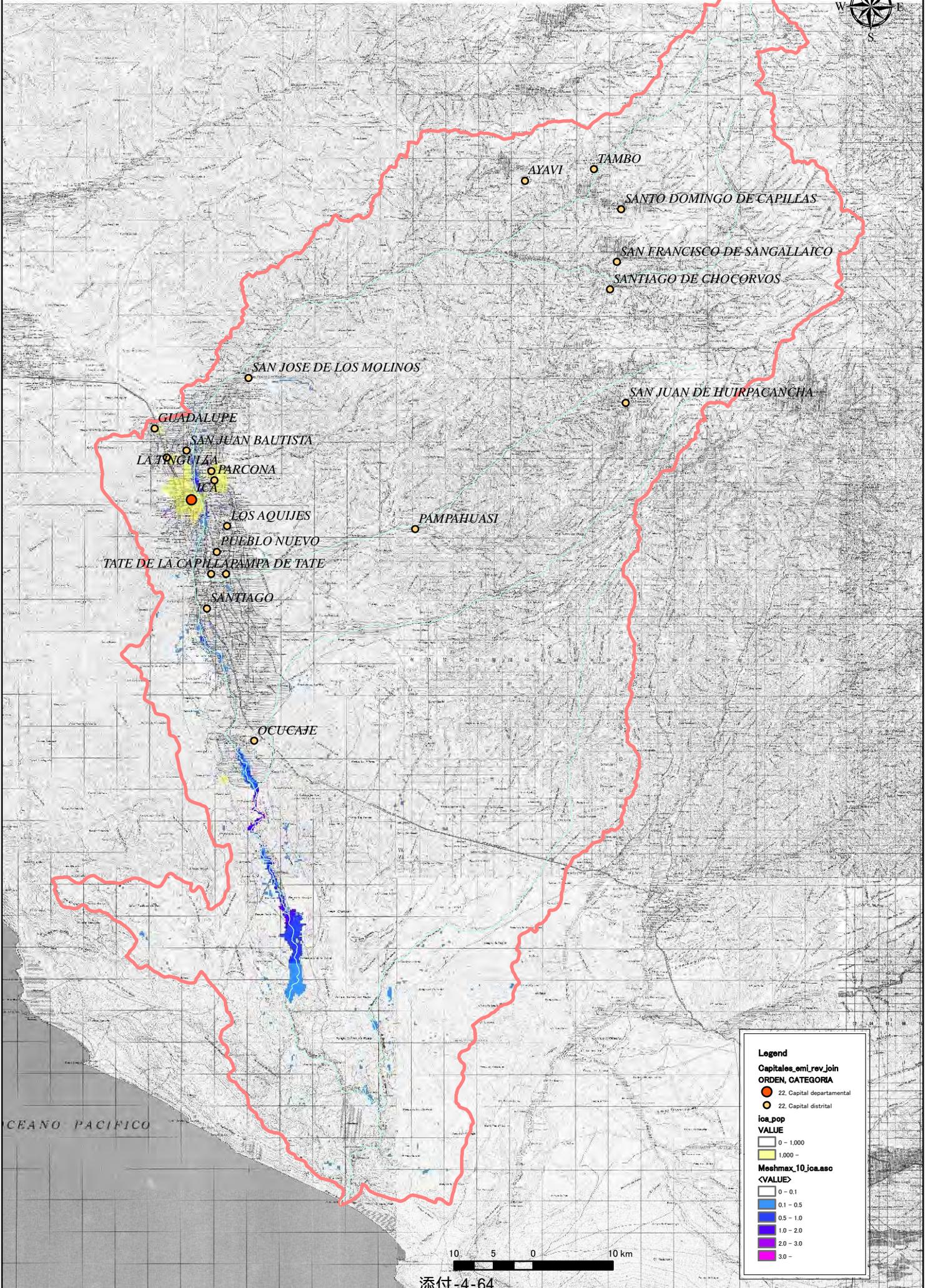
- 22. Capital departamental
- 22. Capital distrital

**ica\_pop**  
VALUE

- 0 - 1,000
- 1,000 -

**Meshmax\_25\_ica.asc**  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -



**Legend**

**Capitales\_emi\_rev\_join**  
ORDEN, CATEGORIA

- 22. Capital departamental
- 22. Capital distrital

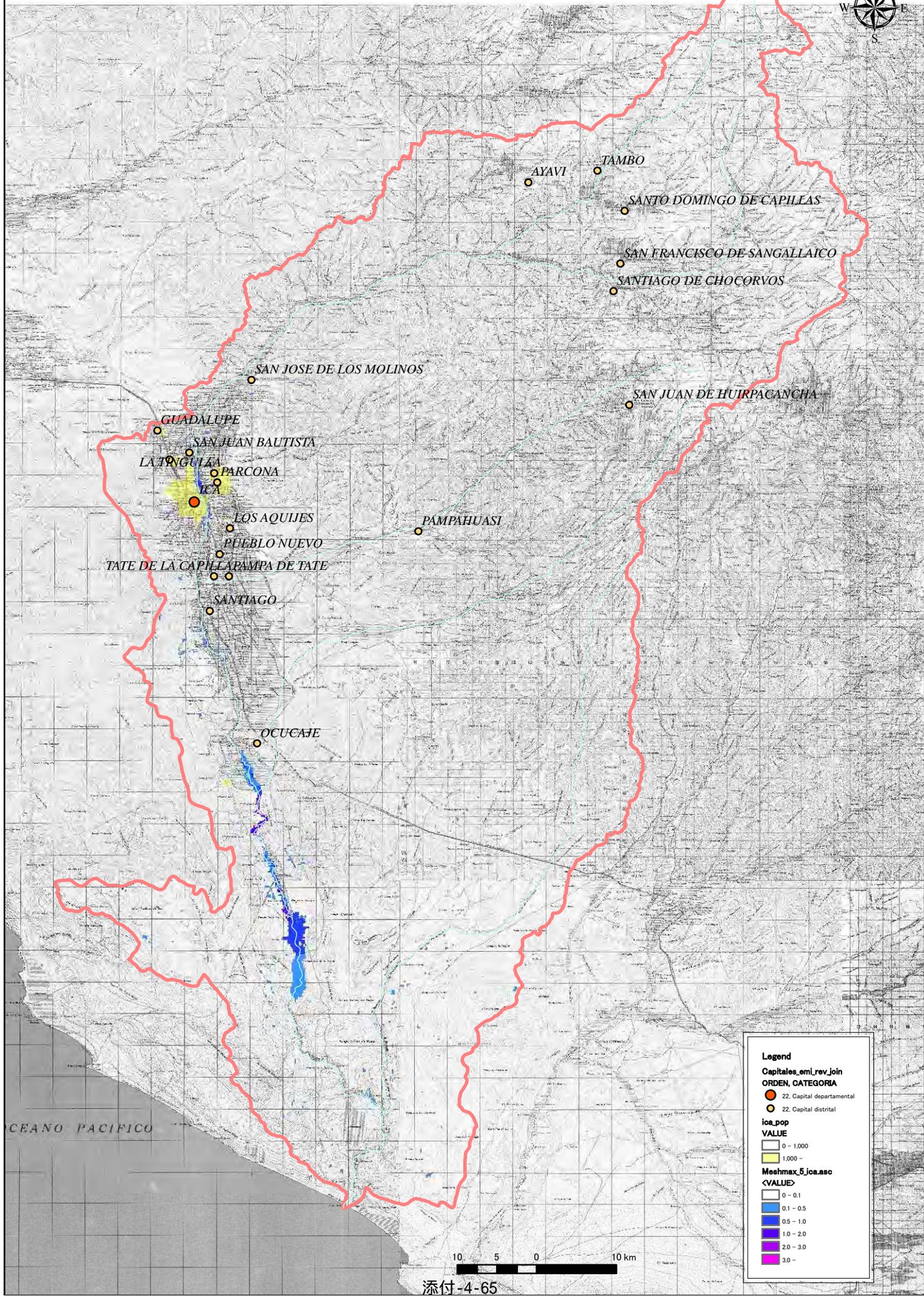
**ica\_pop**  
VALUE

- 0 - 1,000
- 1,000 -

**Meshmax\_10\_ica.asc**  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

Ica\_5年確率規模降雨時



**Legend**

**Capitales\_emi\_rev\_join**  
ORDEN, CATEGORIA

- 22. Capital departamental
- 22. Capital distrital

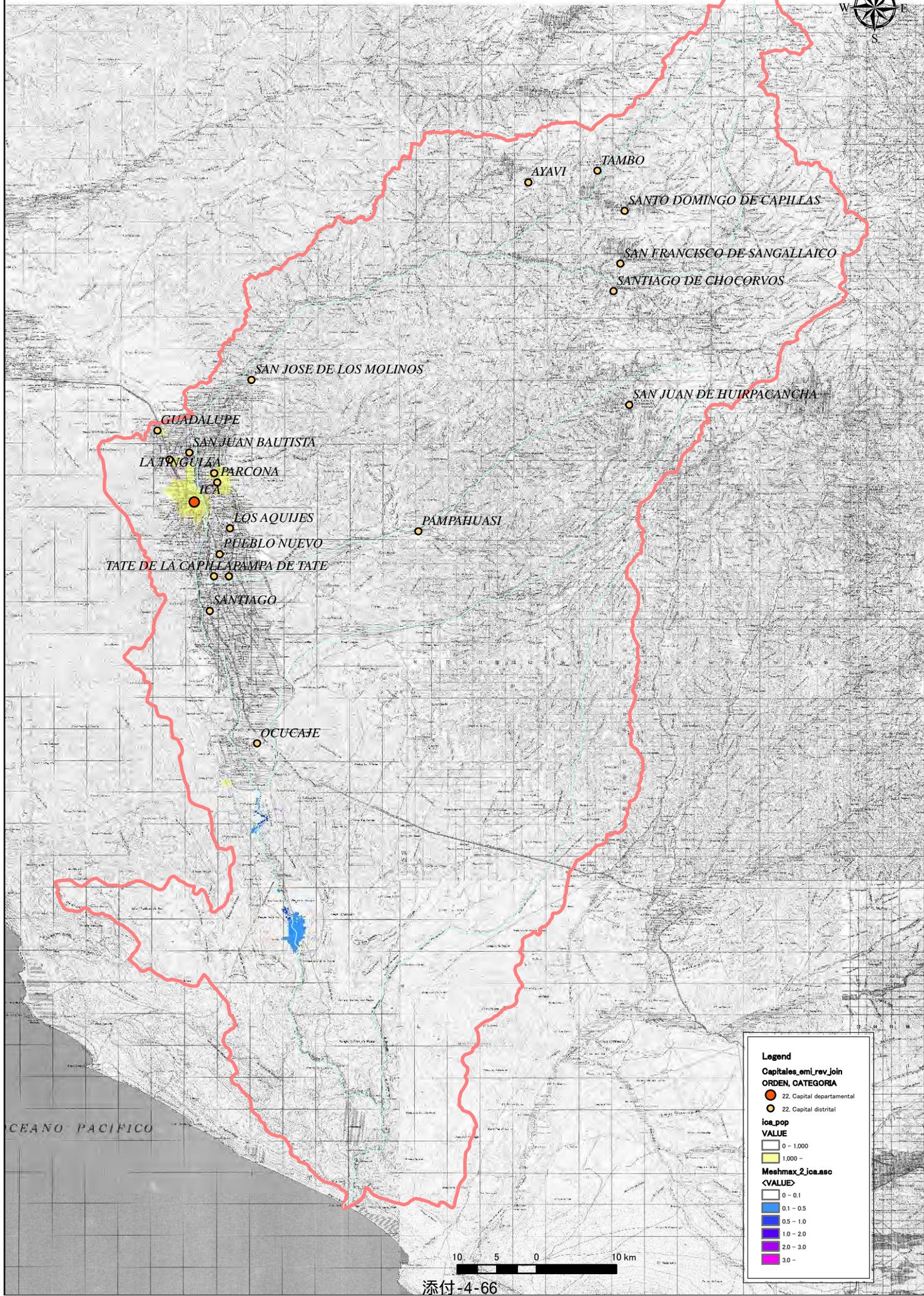
**ica\_pop**  
VALUE

- 0 - 1,000
- 1,000 -

**Meshmax\_5\_ica.asc**  
<VALUE>

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 2.0
- 2.0 - 3.0
- 3.0 -

Ica\_2年確率規模降雨時



**Legend**

**Capitales\_emi\_rev\_join**  
**ORDEN, CATEGORIA**  
 ● 22. Capital departamental  
 ● 22. Capital distrital

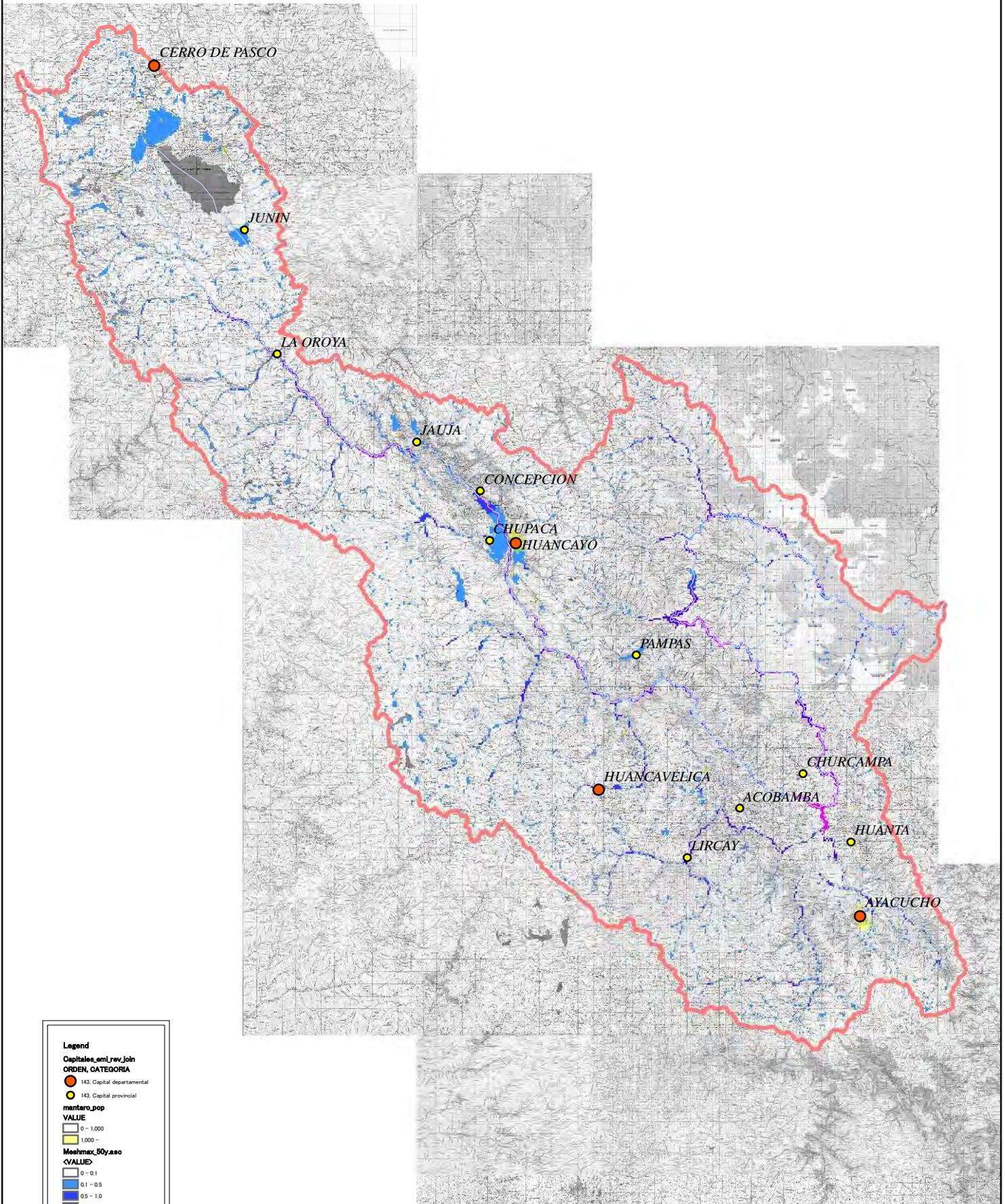
**ica\_pop**  
**VALUE**  
 □ 0 - 1,000  
 □ 1,000 -

**Meshmax\_2\_ica.asc**  
**<VALUE>**  
 □ 0 - 0.1  
 □ 0.1 - 0.5  
 □ 0.5 - 1.0  
 □ 1.0 - 2.0  
 □ 2.0 - 3.0  
 □ 3.0 -

添付資料-4-12

規模別の氾濫解析結果図\_Mantaro

Mantaro\_50年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_emi\_rev\_join  
 ORDEN, CATEGORIA  
 ● 143, Capital departamental  
 ● 143, Capital provincial

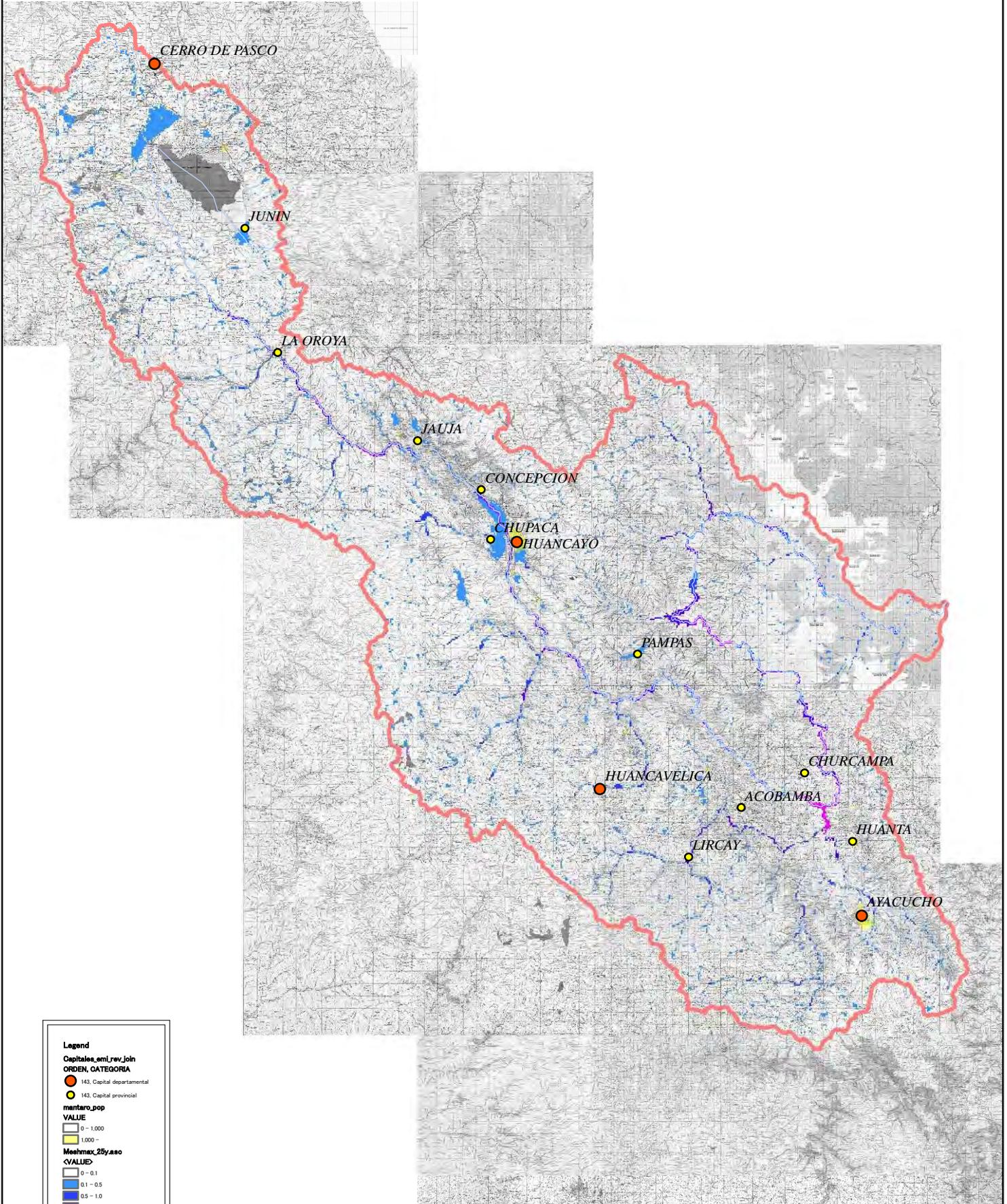
mantaro\_pop  
 VALUE  
 0 - 1,000  
 1,000 -

Meshmax\_50y.aeo  
 <VALUE>  
 0 - 0.1  
 0.1 - 0.5  
 0.5 - 1.0  
 1.0 - 2.0  
 2.0 - 3.0  
 3.0 -

Mantaro



Mantaro\_25年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_emi\_rev\_join  
 ORDEN, GATEGORIA  
 ● 143, Capital departamental  
 ● 143, Capital provincial

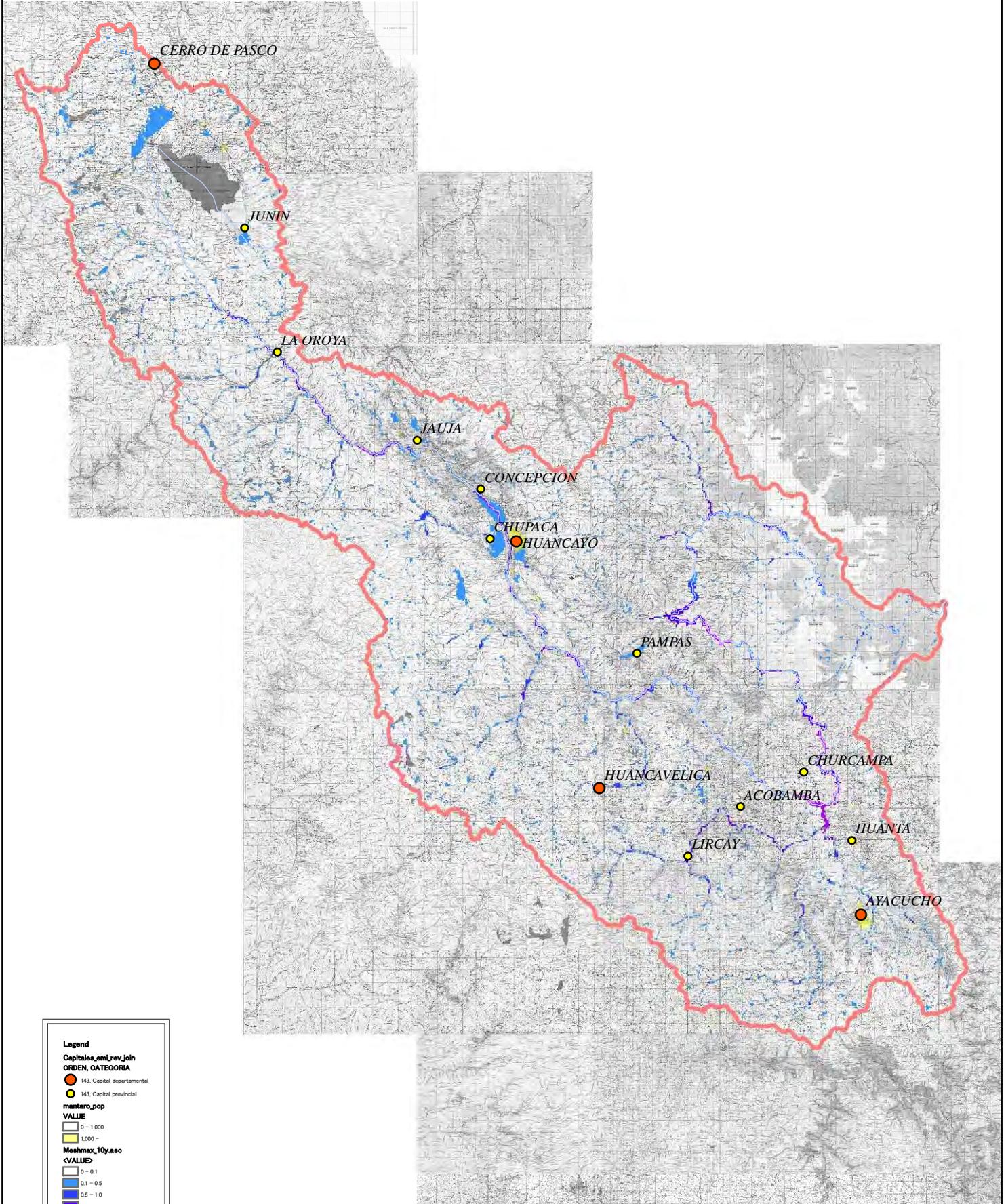
mantaro\_pop  
 VALUE  
 0 - 1,000  
 1,000 -

Meshmax\_25y.aeo  
 <VALUE>  
 0 - 0.1  
 0.1 - 0.5  
 0.5 - 1.0  
 1.0 - 2.0  
 2.0 - 3.0  
 3.0 -

Mantaro



Mantaro\_10年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_emi\_rev\_join  
 ORDEN, CATEGORIA  
 ● 143, Capital departamental  
 ● 143, Capital provincial

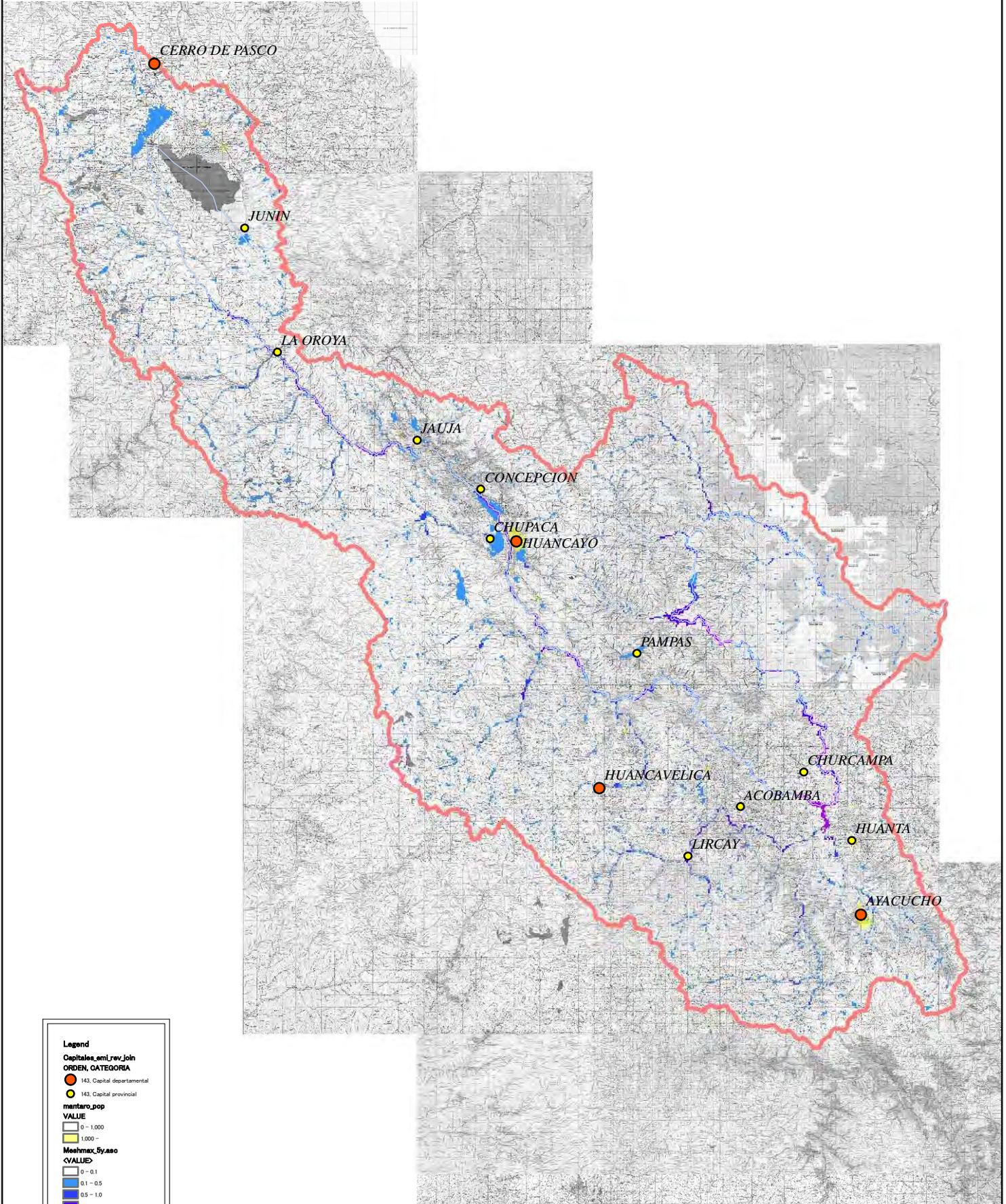
mantaro\_pop  
 VALUE  
 0 - 1,000  
 1,000 -

Meshmax\_10y.aso  
 <VALUE>  
 0 - 0.1  
 0.1 - 0.5  
 0.5 - 1.0  
 1.0 - 2.0  
 2.0 - 3.0  
 3.0 -

Mantaro



Mantaro\_5年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_emi\_rev\_join  
 ORDEN, CATEGORIA  
 ● 143, Capital departamental  
 ● 143, Capital provincial

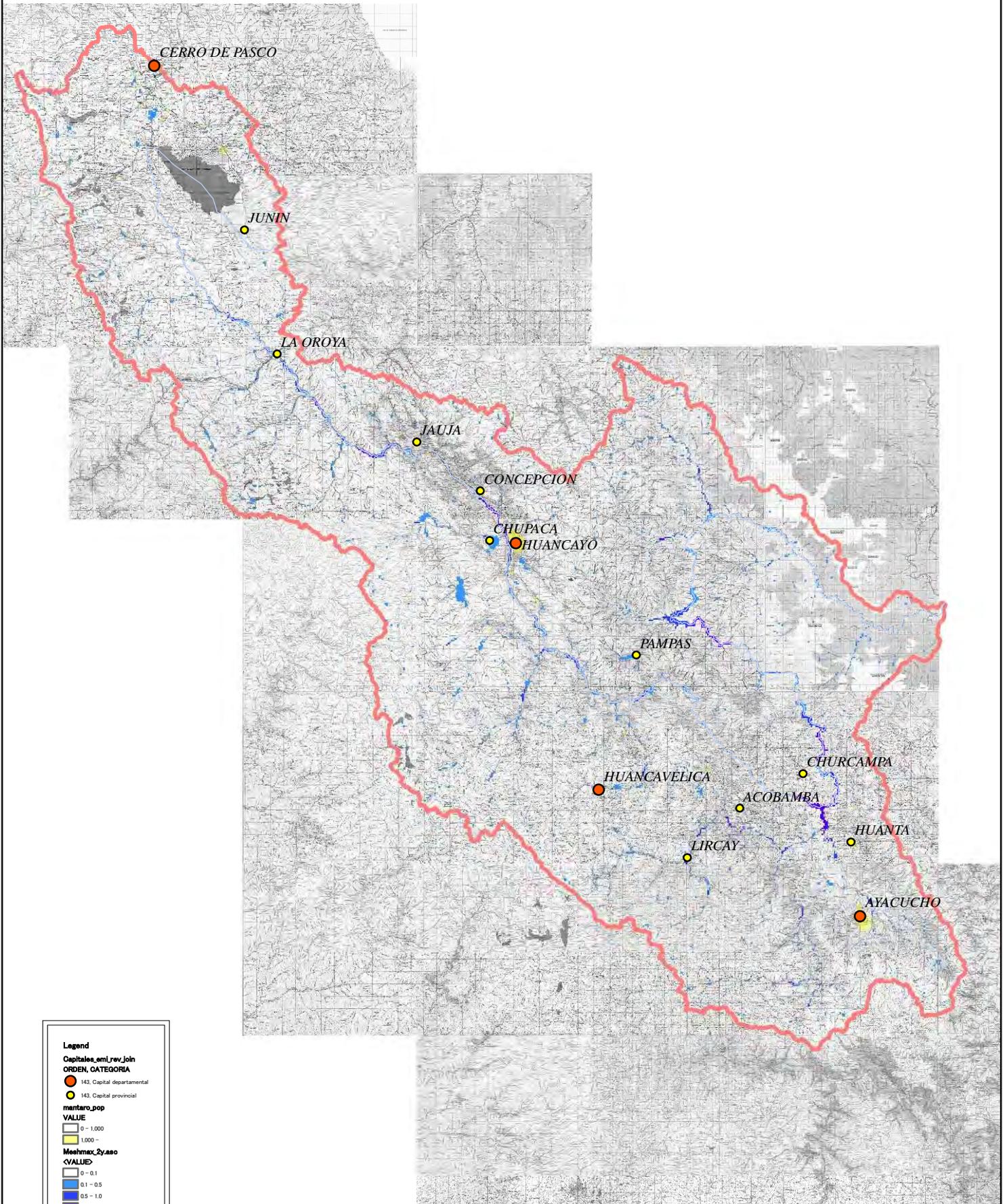
mantaro\_pop  
 VALUE  
 0 - 1,000  
 1,000 -

Meshmax\_by\_aseo  
 <VALUE>  
 0 - 0.1  
 0.1 - 0.5  
 0.5 - 1.0  
 1.0 - 2.0  
 2.0 - 3.0  
 3.0 -

■ Mantaro



Mantaro\_2年確率規模降雨時



**Legend**

Capitales\_emi\_rev\_join  
 ORDEN, CATEGORIA  
 ● 143, Capital departamental  
 ● 143, Capital provincial

mantaro\_pop  
 VALUE  
 0 - 1,000  
 1,000 -

Meshmax\_2y.aso  
 <VALUE>  
 0 - 0.1  
 0.1 - 0.5  
 0.5 - 1.0  
 1.0 - 2.0  
 2.0 - 3.0  
 3.0 -

Mantaro



添付資料-4-13

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Biabo 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	174.81	7.24	0.00	237	1.42	4.54	7.56	9.61	10.58	11.40
5	172.05	7.18	0.00	239	1.77	3.97	6.16	8.24	9.34	10.25
10	171.92	7.18	0.00	243	1.61	3.55	4.84	6.25	7.17	7.99
15	171.59	7.17	0.00	247	1.10	2.75	3.87	4.97	5.71	6.43
20	171.06	7.16	0.00	251	1.05	3.07	4.26	5.34	6.06	6.76
25	170.97	7.16	0.00	255	1.41	3.43	4.58	5.61	6.33	7.01
30	170.44	7.15	0.00	260	1.79	3.99	5.09	6.06	6.78	7.42
35	170.01	7.14	0.00	262	1.58	3.85	5.05	6.13	6.96	7.66
40	169.00	7.12	0.00	273	0.86	2.27	2.95	3.62	4.08	4.53
45	168.84	7.12	0.00	288	1.14	2.90	3.69	4.46	4.97	5.45
50	168.17	7.10	0.00	290	1.40	3.61	4.62	5.72	6.42	7.08
55	166.08	7.06	0.00	291	0.93	3.45	4.64	5.97	6.79	7.53
60	165.76	7.05	0.00	314	0.41	1.23	1.71	2.27	2.65	3.03
65	165.49	7.05	0.00	314	1.52	3.63	4.67	5.84	6.56	7.24
70	165.36	7.04	0.00	314	1.89	4.26	5.54	6.89	7.75	8.53
75	159.76	6.92	0.00	323	0.85	2.40	3.08	3.74	4.12	4.48
80	159.60	6.92	0.00	343	0.57	1.63	2.10	2.55	2.81	3.02
85	159.00	6.91	0.00	376	0.67	1.85	2.39	2.88	3.16	3.39
90	158.88	6.90	0.00	412	0.94	2.58	3.30	3.97	4.37	4.67
95	158.24	6.89	0.00	432	0.77	2.10	2.73	3.32	3.67	3.95
100	157.25	6.87	0.00	615	0.21	0.76	1.05	1.33	1.50	1.64
105	157.13	6.87	0.00	743	0.74	2.17	2.83	3.46	3.84	4.13
110	156.40	6.85	0.00	743	1.21	3.37	4.34	5.23	5.76	6.17
115	149.48	6.70	0.00	743	1.28	3.79	5.00	5.97	6.54	6.85
120	149.01	6.69	0.00	743	1.45	4.32	5.67	6.61	6.97	7.21
125	148.89	6.68	0.00	743	1.66	4.83	6.31	7.12	7.48	7.78
130	148.59	6.68	0.00	743	1.88	5.38	6.94	7.69	8.15	8.57
135	137.35	6.42	0.00	750	0.79	2.34	3.32	4.16	4.60	4.91
140	137.01	6.41	0.00	750	1.09	3.10	4.27	5.23	5.66	5.97
145	136.59	6.40	0.00	752	0.76	2.31	3.42	4.35	4.75	5.06
150	136.20	6.39	0.00	752	1.09	3.09	4.35	5.32	5.73	6.06
155	135.60	6.38	0.00	752	1.25	3.52	4.88	5.92	6.35	6.70
160	126.70	6.16	0.00	752	1.15	3.58	4.98	6.00	6.43	6.80
165	125.81	6.14	0.00	752	1.25	3.89	5.37	6.31	6.78	7.21
170	124.85	6.12	0.00	752	1.36	4.25	5.74	6.62	7.07	7.50
175	121.95	6.05	0.00	752	1.48	4.70	6.13	6.94	7.38	7.81
180	119.22	5.98	0.00	755	0.65	2.40	3.77	4.45	4.94	5.47
185	117.19	5.93	0.00	760	0.56	1.70	2.37	3.11	3.64	4.21
190	116.72	5.92	0.00	762	0.99	2.65	3.49	4.36	4.92	5.56
195	115.14	5.88	0.00	782	0.30	1.12	1.66	2.27	2.69	3.12
200	113.39	5.83	0.00	924	0.42	1.07	1.41	1.76	1.99	2.21
205	110.25	5.75	0.00	1002	0.21	0.66	0.93	1.24	1.45	1.65
210	105.66	5.63	0.00	1039	0.72	1.75	2.26	2.85	3.20	3.53
215	98.86	5.45	0.00	1039	1.00	2.35	3.10	3.98	4.36	4.66
220	97.23	5.40	0.00	1039	1.17	2.70	3.62	4.62	5.00	5.28
225	91.40	5.24	0.00	1039	1.25	2.96	3.89	4.91	5.28	5.48
230	86.98	5.11	0.00	1039	1.48	3.34	4.26	5.25	5.56	5.76
235	83.17	4.99	0.00	1054	0.98	1.85	2.19	2.60	2.85	3.07
240	77.54	4.82	0.00	1139	0.86	1.56	1.85	2.17	2.38	2.56
245	67.42	4.50	0.00	1279	0.20	0.42	0.51	0.63	0.70	0.77
250	54.30	4.04	0.00	1639	0.37	0.61	0.71	0.83	0.91	0.98

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Locumba 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	28.73	3.37	0.00	10	2.95	4.68	4.95	5.19	5.77	6.10
5	28.72	3.37	0.00	76	2.45	3.78	3.98	4.17	4.68	4.94
10	28.68	3.37	0.00	132	3.25	4.72	5.02	5.27	5.91	6.23
15	28.62	3.37	0.00	179	2.11	3.49	3.76	3.96	4.43	4.70
20	28.25	3.34	0.00	240	1.55	2.52	2.72	2.91	3.44	3.69
25	25.40	3.14	0.00	300	1.76	2.92	3.22	3.40	3.82	4.10
30	25.35	3.14	0.00	353	1.97	3.09	3.30	3.50	3.92	4.15
35	25.17	3.13	0.00	415	1.20	2.00	2.16	2.32	2.90	3.25
40	24.25	3.06	0.00	477	2.13	3.26	3.41	3.56	3.95	4.19
45	23.77	3.02	0.00	542	0.99	1.67	1.82	1.95	2.36	2.63
50	23.04	2.97	0.00	605	0.97	1.63	1.79	1.94	2.45	2.78
55	22.87	2.96	0.00	671	0.96	1.58	1.75	1.87	2.34	2.64
60	22.74	2.95	0.00	743	1.08	1.74	1.90	2.06	2.67	3.03
65	22.56	2.94	0.00	818	1.00	1.64	1.80	1.93	2.37	2.63
70	22.43	2.93	0.00	904	1.42	2.19	2.38	2.52	2.90	3.10
75	22.28	2.92	0.00	994	1.22	2.08	2.28	2.47	2.93	3.15
80	19.00	2.66	0.00	1100	0.49	0.81	0.93	1.04	1.36	1.47
85	18.87	2.65	0.00	1239	0.54	0.80	0.89	1.01	1.25	1.33
90	18.71	2.64	0.00	1454	0.26	0.36	0.42	0.48	0.62	0.67
95	18.58	2.63	0.00	1645	0.44	0.59	0.64	0.72	0.90	1.00
100	18.28	2.60	0.00	1873	0.32	0.40	0.42	0.43	0.48	0.53
105	18.22	2.60	0.00	2187	0.28	0.33	0.35	0.36	0.39	0.42
110	18.05	2.59	0.00	2880	1.04	1.18	1.21	1.23	1.34	1.42
115	17.93	2.58	0.00	2880	2.18	2.46	2.51	2.57	2.76	2.87
120	16.71	2.47	0.00	2880	2.51	2.82	2.91	2.99	3.22	3.36
125	15.89	2.40	0.00	2948	1.15	2.04	2.20	2.28	2.47	2.57
130	15.54	2.37	0.00	3271	1.11	1.92	2.11	2.20	2.37	2.45
135	15.30	2.35	0.00	3495	0.64	1.19	1.29	1.36	1.54	1.65
140	14.99	2.32	0.00	3867	0.25	0.46	0.50	0.53	0.62	0.66
145	14.89	2.32	0.00	4015	0.86	1.43	1.55	1.66	1.82	1.91
150	14.57	2.29	0.00	4163	0.32	0.56	0.60	0.64	0.74	0.81
155	14.39	2.27	0.00	4278	0.35	0.59	0.64	0.69	0.81	0.88
160	14.01	2.24	0.00	4343	0.66	1.12	1.22	1.33	1.55	1.68
165	12.85	2.13	0.00	4414	0.88	1.14	1.19	1.23	1.34	1.40
170	12.72	2.12	0.00	4447	1.73	2.19	2.27	2.35	2.51	2.62
175	11.67	2.02	0.00	4462	0.46	0.57	0.58	0.59	0.62	0.65
180	8.30	1.66	0.00	4465	1.36	1.63	1.69	1.73	1.83	1.88
185	7.86	1.61	0.00	4486	1.42	1.74	1.78	1.82	1.91	1.99
190	6.62	1.46	0.00	4520	0.93	1.19	1.24	1.29	1.42	1.53
195	4.62	1.19	0.00	4551	0.36	0.57	0.61	0.67	0.75	0.80
200	2.72	0.88	0.00	4715	0.11	0.18	0.21	0.24	0.30	0.34

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Chancay-Lambayeque 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	62.48	4.15	0.00	1	5.19	5.98	6.17	6.60	6.79	6.98
5	62.45	4.15	0.00	9	4.26	5.27	5.52	6.05	6.24	6.44
10	62.31	4.15	0.00	16	4.20	5.31	5.61	6.22	6.45	6.70
15	62.21	4.14	0.00	24	3.34	4.30	4.57	5.16	5.39	5.62
20	62.12	4.14	0.00	38	3.61	4.58	4.86	5.39	5.59	5.81
25	61.78	4.13	0.00	46	2.97	3.93	4.25	4.87	5.10	5.35
30	61.46	4.11	0.00	56	5.16	6.15	6.41	6.93	7.15	7.38
35	61.12	4.10	0.00	67	3.97	4.95	5.19	5.72	5.94	6.17
40	61.08	4.10	0.00	81	2.87	3.83	4.14	4.62	4.81	5.02
45	61.02	4.10	0.00	91	4.17	5.23	5.49	6.08	6.34	6.61
50	60.91	4.09	0.00	101	4.65	5.62	5.90	6.60	6.92	7.26
55	60.29	4.07	0.00	115	4.53	5.50	5.75	6.26	6.50	6.79
60	60.06	4.06	0.00	132	4.42	5.57	5.89	6.51	6.78	7.12
65	58.70	4.01	0.00	152	3.31	4.50	4.69	5.08	5.24	5.43
70	56.61	3.93	0.00	174	2.70	4.02	4.18	4.55	4.69	4.86
75	53.56	3.80	0.00	200	2.68	3.69	3.95	4.41	4.61	4.85
80	53.33	3.79	0.00	233	2.09	2.94	3.21	3.86	4.04	4.27
85	53.14	3.79	0.00	275	2.10	2.95	3.23	3.77	3.97	4.19
90	52.64	3.77	0.00	326	1.89	2.58	2.81	3.32	3.59	3.95
95	49.51	3.64	0.00	398	3.79	4.64	4.91	5.65	6.05	6.53
100	49.01	3.61	0.00	576	1.40	1.82	1.98	2.45	2.74	3.15
105	48.58	3.60	0.00	825	2.08	2.66	2.85	3.28	3.47	3.66
110	46.84	3.52	0.00	908	2.42	3.13	3.41	4.26	4.63	5.04
115	46.63	3.51	0.00	996	4.06	5.07	5.39	6.25	6.70	7.19
120	43.72	3.39	0.00	1059	2.48	3.30	3.64	4.25	4.53	4.95
125	39.98	3.22	0.00	1137	2.56	3.25	3.47	3.99	4.25	4.55
130	39.59	3.20	0.00	1316	2.66	3.56	3.85	4.58	4.90	5.28
135	35.90	3.03	0.00	1442	0.85	1.19	1.40	2.13	2.57	3.17
140	35.43	3.00	0.00	1516	3.11	3.79	4.01	4.48	4.69	4.98
145	33.89	2.93	0.00	1593	1.86	2.48	2.71	3.29	3.49	3.79
150	32.68	2.87	0.00	1675	2.03	2.57	2.73	3.04	3.20	3.48
155	31.64	2.81	0.00	1783	1.62	2.02	2.15	2.43	2.56	2.84
160	28.22	2.64	0.00	2008	1.26	1.52	1.65	1.91	2.09	2.32
165	26.62	2.55	0.00	2125	0.90	1.15	1.27	1.60	1.84	2.20
170	25.98	2.51	0.00	2380	0.75	0.99	1.09	1.32	1.50	1.75
175	24.08	2.41	0.00	2529	1.25	1.59	1.73	2.06	2.20	2.43
180	23.10	2.35	0.00	2692	0.90	1.26	1.53	2.36	2.52	2.70
185	17.70	2.02	0.00	2796	1.13	1.53	1.66	1.90	2.01	2.16
190	15.33	1.86	0.00	3058	0.47	0.65	0.71	0.84	0.89	0.98
195	12.99	1.69	0.00	3390	0.78	1.09	1.19	1.38	1.46	1.61
200	11.03	1.54	0.00	3649	0.70	0.98	1.09	1.25	1.30	1.40
205	5.03	0.98	0.00	3780	0.48	0.76	0.82	0.95	1.02	1.09

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Huallaga 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	510.55	14.67	0.00	120	14.86	16.34	17.05	17.68	18.00	18.28
20	510.25	14.67	0.00	122	13.55	15.16	16.03	16.85	17.30	17.67
40	509.81	14.66	0.00	126	11.62	13.01	13.77	14.48	14.90	15.25
60	508.36	14.63	0.00	130	11.67	12.84	13.45	14.00	14.34	14.65
80	506.92	14.61	0.00	131	12.99	14.18	14.79	15.30	15.64	15.95
100	505.57	14.59	0.00	131	14.53	15.77	16.41	17.01	17.37	17.70
120	495.85	14.43	0.00	139	9.80	10.95	11.52	12.08	12.43	12.74
140	494.84	14.42	0.00	139	12.64	13.85	14.40	14.90	15.24	15.54
160	493.87	14.40	0.00	140	13.41	14.69	15.25	15.77	16.10	16.38
180	490.06	14.34	0.00	147	9.04	10.26	10.78	11.34	11.74	12.06
200	487.95	14.30	0.00	152	9.78	10.78	11.18	11.78	12.09	12.32
220	486.04	14.27	0.00	153	11.74	12.77	13.18	13.77	14.05	14.28
240	485.28	14.26	0.00	265	4.39	4.74	4.90	5.06	5.14	5.20
260	484.60	14.25	0.00	265	11.21	12.00	12.36	12.69	12.86	13.00
280	483.80	14.23	0.00	379	5.25	5.61	5.78	5.93	6.00	6.06
300	465.32	13.93	0.00	379	10.43	10.93	11.18	11.42	11.53	11.62
320	461.73	13.87	0.00	379	12.03	12.44	12.66	12.88	13.00	13.12
340	456.32	13.78	0.00	379	13.09	13.53	13.77	14.00	14.14	14.27
360	436.20	13.43	0.00	379	13.53	13.99	14.23	14.48	14.64	14.77
380	434.08	13.40	0.00	379	14.12	14.74	15.08	15.41	15.63	15.81
400	394.10	12.69	0.00	379	14.04	14.67	14.97	15.27	15.48	15.67
420	393.22	12.67	0.00	379	14.62	15.22	15.51	15.68	15.92	16.07
440	392.16	12.66	0.00	600	4.72	5.09	5.28	5.54	5.64	5.73
460	388.12	12.58	0.00	600	8.61	9.27	9.52	9.90	10.06	10.19
480	384.81	12.52	0.00	600	9.96	10.66	10.94	11.34	11.50	11.62
500	375.29	12.35	0.00	600	10.66	11.34	11.61	11.95	12.09	12.17
520	367.66	12.21	0.00	600	11.05	11.67	11.92	12.12	12.24	12.35
540	356.20	11.99	0.00	600	11.29	11.79	12.01	12.17	12.27	12.41
560	349.75	11.87	0.00	600	11.61	12.07	12.31	12.56	12.70	12.83
580	342.62	11.73	0.00	600	11.92	12.42	12.69	12.95	13.11	13.26
600	340.47	11.69	0.00	600	12.29	12.78	13.05	13.34	13.53	13.70
620	331.11	11.51	0.00	600	12.64	13.22	13.53	13.84	14.04	14.23
640	325.76	11.41	0.00	600	13.54	14.30	14.68	15.09	15.35	15.58
660	316.23	11.22	0.00	615	5.59	6.54	6.90	7.26	7.50	7.72
680	296.16	10.81	0.00	744	4.73	5.22	5.42	5.60	5.72	5.84
700	284.62	10.58	0.00	1051	6.89	7.49	7.74	8.00	8.17	8.32
720	276.45	10.40	0.00	1051	10.44	11.20	11.56	11.89	12.11	12.30
740	272.96	10.33	0.00	1685	2.61	2.78	2.88	2.98	3.05	3.11
760	269.91	10.27	0.00	1892	5.65	5.99	6.17	6.38	6.51	6.64
780	261.94	10.10	0.00	2036	8.33	8.80	9.06	9.35	9.54	9.71
800	251.86	9.87	0.00	2036	10.18	10.73	11.04	11.39	11.62	11.84
820	235.74	9.52	0.00	2068	3.42	3.67	3.80	3.94	4.03	4.11
840	200.10	8.68	0.00	2300	2.77	2.97	3.07	3.18	3.25	3.31
860	176.37	8.09	0.00	2598	2.23	2.39	2.47	2.56	2.62	2.67
880	163.40	7.75	0.00	2984	2.58	2.78	2.88	3.02	3.18	3.32
900	150.09	7.39	0.00	3518	3.22	3.57	3.83	4.11	4.30	4.46
920	109.58	6.20	0.00	3972	0.83	0.96	1.02	1.09	1.14	1.19

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Nanay 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	75.94	15.62	0.00	85	17.09	17.63	17.88	18.21	18.47	18.67
2	75.72	15.60	0.00	85	17.64	18.26	18.54	18.89	19.15	19.36
4	75.70	15.59	0.00	85	17.74	18.41	18.73	19.12	19.42	19.65
6	62.42	13.97	0.00	90	11.21	12.01	12.47	13.00	13.46	13.79
8	62.32	13.95	0.00	92	9.19	10.02	10.50	11.06	11.59	11.97
10	61.98	13.91	0.00	93	8.14	9.01	9.49	10.14	10.77	11.23
12	59.15	13.54	0.00	93	7.77	8.65	9.15	9.91	10.66	11.19
14	59.05	13.53	0.00	93	7.76	8.65	9.18	10.04	10.87	11.46
16	58.90	13.51	0.00	94	6.74	7.65	8.21	9.17	10.10	10.74
18	58.01	13.39	0.00	94	6.62	7.54	8.15	9.23	10.25	10.95
20	57.54	13.33	0.00	97	3.56	4.52	5.28	6.57	7.72	8.46
22	53.73	12.82	0.00	97	3.05	4.09	5.02	6.54	7.79	8.58
24	53.64	12.81	0.00	100	0.37	1.85	3.00	4.56	5.79	6.56
26	52.97	12.72	0.00	100	0.49	2.43	3.76	5.45	6.70	7.46
28	52.35	12.63	0.00	101	0.29	2.12	3.51	5.31	6.60	7.38
30	52.15	12.60	0.00	101	0.52	2.53	3.97	5.77	7.08	7.85
32	51.26	12.48	0.00	101	0.54	2.80	4.36	6.19	7.53	8.31
34	50.65	12.39	0.00	101	0.59	3.02	4.66	6.53	7.90	8.69
36	50.14	12.32	0.00	101	0.62	3.19	4.92	6.82	8.21	9.01
38	49.66	12.26	0.00	101	0.65	3.34	5.16	7.07	8.48	9.29
40	42.87	11.27	0.00	101	0.44	2.61	4.46	6.36	7.77	8.57
42	39.15	10.70	0.00	103	0.15	1.01	2.37	4.08	5.46	6.25
44	38.62	10.61	0.00	106	0.42	1.88	2.82	3.60	4.33	4.79
46	36.86	10.34	0.00	106	0.45	2.15	3.26	4.14	4.91	5.35
48	36.57	10.29	0.00	111	0.28	1.29	1.87	2.40	2.86	3.13
50	35.91	10.18	0.00	112	0.22	1.40	2.15	2.83	3.41	3.81
52	35.65	10.14	0.00	114	0.36	1.60	2.23	2.85	3.39	3.85
54	32.58	9.63	0.00	114	0.40	1.92	2.65	3.36	3.95	4.46
56	28.54	8.93	0.00	116	0.28	1.47	2.01	2.54	3.05	3.49
58	28.36	8.90	0.00	117	0.27	1.32	1.85	2.47	3.04	3.50
60	27.98	8.83	0.00	120	0.32	1.30	1.72	2.29	2.74	3.08
62	21.71	7.64	0.00	120	0.23	0.96	1.42	2.02	2.50	2.87
64	20.97	7.49	0.00	122	0.30	1.10	1.61	2.11	2.51	2.80
66	16.92	6.63	0.00	122	0.16	0.79	1.34	1.87	2.30	2.61
68	12.39	5.55	0.00	125	0.07	0.37	0.63	0.91	1.13	1.28
70	11.82	5.40	0.00	131	0.08	0.33	0.49	0.65	0.79	0.88
72	10.32	5.00	0.00	132	0.14	0.56	0.80	1.06	1.28	1.42
74	6.81	3.94	0.00	136	0.10	0.29	0.39	0.51	0.61	0.68

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Ramis 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	146.41	6.20	0.00	3818	2.74	3.18	3.25	3.31	3.41	3.52
5	146.36	6.20	0.00	3819	4.02	4.52	4.60	4.66	4.77	4.87
10	146.27	6.20	0.00	3819	5.13	5.72	5.82	5.89	6.01	6.14
15	144.22	6.15	0.00	3820	4.77	5.41	5.52	5.59	5.75	5.90
20	144.16	6.14	0.00	3821	5.10	5.73	5.85	5.93	6.13	6.31
25	144.05	6.14	0.00	3822	5.17	5.83	5.95	6.04	6.27	6.47
30	143.61	6.13	0.00	3825	4.11	4.66	4.77	4.85	5.07	5.27
35	143.54	6.13	0.00	3825	5.90	6.45	6.55	6.62	6.84	7.03
40	143.35	6.12	0.00	3828	4.12	4.69	4.80	4.88	5.11	5.31
45	143.07	6.12	0.00	3829	4.75	5.34	5.46	5.54	5.78	6.00
50	142.97	6.12	0.00	3829	5.59	6.24	6.36	6.44	6.69	6.90
55	120.73	5.55	0.00	3829	5.49	6.16	6.30	6.39	6.66	6.88
60	120.22	5.54	0.00	3835	1.78	2.10	2.17	2.22	2.40	2.52
65	120.12	5.54	0.00	3843	1.58	1.80	1.84	1.86	1.98	2.05
70	120.00	5.53	0.00	3851	2.28	2.52	2.56	2.59	2.71	2.79
75	119.87	5.53	0.00	3852	3.57	3.93	3.99	4.04	4.22	4.34
80	118.74	5.50	0.00	3853	3.79	4.19	4.26	4.31	4.52	4.65
85	118.72	5.50	0.00	3853	4.47	4.93	5.01	5.06	5.25	5.39
90	118.33	5.49	0.00	3853	4.93	5.43	5.51	5.55	5.74	5.87
95	118.15	5.48	0.00	3853	5.33	5.80	5.90	5.94	6.15	6.31
100	117.98	5.48	0.00	3853	5.70	6.31	6.45	6.52	6.67	6.87
105	112.82	5.34	0.00	3853	6.02	6.73	6.88	7.01	7.09	7.26
110	112.44	5.33	0.00	3853	6.45	7.29	7.46	7.60	7.67	7.73
115	112.11	5.32	0.00	3864	3.75	4.43	4.54	4.58	4.74	4.92
120	111.94	5.32	0.00	3865	4.00	4.85	4.98	5.05	5.28	5.48
125	94.20	4.82	0.00	3870	3.33	4.23	4.40	4.40	4.63	4.85
130	93.45	4.80	0.00	3880	2.69	3.53	3.66	3.66	3.90	4.10
135	92.89	4.78	0.00	3893	2.64	3.41	3.52	3.52	3.73	3.90
140	92.77	4.78	0.00	3905	1.73	2.33	2.42	2.42	2.59	2.73
145	92.38	4.76	0.00	3929	1.29	1.70	1.75	1.76	1.86	1.96
150	91.15	4.73	0.00	3947	2.07	2.64	2.73	2.73	2.89	3.02
155	88.83	4.66	0.00	3963	1.97	2.47	2.57	2.58	2.72	2.89
160	87.66	4.62	0.00	3999	2.11	2.42	2.50	2.51	2.59	2.66
165	87.35	4.61	0.00	4018	1.79	2.05	2.11	2.12	2.19	2.26
170	86.21	4.58	0.00	4067	2.31	2.56	2.61	2.64	2.69	2.75
175	86.01	4.57	0.00	4099	2.32	2.54	2.58	2.60	2.66	2.74
180	85.57	4.56	0.00	4099	3.42	3.74	3.79	3.82	3.91	4.03
185	85.15	4.55	0.00	4099	3.93	4.30	4.35	4.39	4.51	4.65
190	81.25	4.43	0.00	4099	4.15	4.50	4.56	4.62	4.78	4.95
195	77.77	4.32	0.00	4099	4.28	4.63	4.71	4.80	4.97	5.15
200	75.43	4.24	0.00	4099	4.43	4.80	4.90	4.98	5.17	5.37
205	71.85	4.12	0.00	4099	4.58	4.99	5.09	5.18	5.39	5.61
210	70.08	4.07	0.00	4103	2.78	3.37	3.46	3.56	3.78	4.00
215	69.09	4.04	0.00	4123	1.59	2.06	2.14	2.17	2.32	2.46
220	68.46	4.01	0.00	4133	1.77	2.36	2.45	2.46	2.66	2.83
225	67.49	3.98	0.00	4148	2.28	2.93	3.01	3.02	3.23	3.40
230	62.90	3.82	0.00	4170	1.23	1.60	1.64	1.65	1.76	1.87
235	61.83	3.79	0.00	4190	2.12	2.65	2.70	2.71	2.85	2.98
240	59.65	3.71	0.00	4226	1.11	1.44	1.47	1.47	1.56	1.65
245	58.83	3.68	0.00	4307	0.64	0.83	0.84	0.85	0.89	0.94
250	56.14	3.58	0.00	4313	2.26	2.76	2.80	2.81	2.95	3.10
255	53.33	3.48	0.00	4331	1.32	1.56	1.58	1.59	1.68	1.77
260	51.70	3.42	0.00	4345	1.19	1.42	1.44	1.46	1.56	1.66
265	51.14	3.40	0.00	4400	2.26	2.56	2.59	2.63	2.76	2.90
270	47.85	3.28	0.00	4400	3.12	3.56	3.61	3.67	3.88	4.10
275	45.66	3.18	0.00	4408	2.10	2.87	2.95	2.95	3.06	3.22
280	37.49	2.84	0.00	4447	0.58	0.83	0.87	0.87	0.98	1.09
285	35.35	2.75	0.00	4490	0.62	0.89	0.93	0.93	1.05	1.17
290	32.93	2.64	0.00	4534	0.81	1.11	1.15	1.15	1.28	1.41
295	27.67	2.39	0.00	4595	0.61	0.81	0.85	0.85	0.95	1.03
300	26.08	2.31	0.00	4628	1.10	1.45	1.49	1.49	1.61	1.72
305	18.64	1.91	0.00	4636	1.28	1.63	1.65	1.65	1.71	1.75
310	13.13	1.56	0.00	4647	0.70	0.90	0.92	0.92	1.00	1.08

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Rimac 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	100.00	4.31	2.00	14	2.15	2.34	2.34	2.59	2.96	3.04
3	100.00	4.31	2.00	32	0.89	1.23	1.23	1.48	1.87	1.96
6	80.00	4.30	0.00	64	0.70	1.02	1.02	1.28	1.60	1.68
9	80.00	4.30	0.00	104	0.74	1.01	1.01	1.28	1.59	1.67
12	80.00	4.30	0.00	144	0.64	0.87	0.87	1.11	1.38	1.45
15	58.00	4.30	0.00	182	1.12	1.49	1.49	1.88	2.30	2.40
18	70.00	4.26	0.00	229	0.59	0.80	0.80	1.04	1.31	1.35
21	200.00	4.26	0.00	266	0.41	0.59	0.59	0.74	0.95	0.99
24	200.00	4.08	0.00	314	0.34	0.47	0.47	0.58	0.74	0.76
27	70.00	4.07	0.00	361	0.56	0.77	0.77	0.96	1.22	1.26
30	100.00	4.07	0.00	410	0.51	0.70	0.70	0.88	1.11	1.15
33	190.00	4.06	0.00	462	0.35	0.49	0.49	0.63	0.79	0.82
36	100.00	4.05	0.00	504	0.53	0.73	0.73	0.93	1.16	1.22
39	100.00	4.05	0.00	562	0.52	0.71	0.71	0.89	1.10	1.16
42	100.00	4.04	0.00	616	0.51	0.70	0.70	0.86	1.06	1.12
45	45.72	4.03	0.00	673	0.75	1.03	1.03	1.27	1.58	1.65
48	45.57	4.02	0.00	725	0.75	1.04	1.04	1.27	1.61	1.65
51	45.34	4.01	0.00	797	0.77	1.08	1.08	1.31	1.66	1.69
54	45.14	4.00	0.00	857	0.72	1.01	1.01	1.25	1.56	1.59
57	36.14	3.52	0.00	931	0.32	0.44	0.44	0.60	0.89	0.97
60	36.03	3.52	0.00	1022	0.32	0.44	0.44	0.58	0.86	0.95
63	35.63	3.50	0.00	1125	0.32	0.43	0.43	0.60	0.88	0.97
66	34.24	3.42	0.00	1230	0.20	0.34	0.34	0.51	0.74	0.82
69	34.11	3.41	0.00	1313	0.19	0.32	0.32	0.47	0.70	0.76
72	33.72	3.39	0.00	1408	0.21	0.36	0.36	0.54	0.81	0.87
75	33.04	3.35	0.00	1539	0.19	0.33	0.33	0.54	0.73	0.77
78	32.88	3.34	0.00	1682	0.01	0.02	0.02	0.02	0.25	0.41
81	32.41	3.31	0.00	1805	0.22	0.33	0.33	0.47	0.69	0.76
84	31.98	3.29	0.00	2031	3.31	3.52	3.52	3.78	3.99	4.03
87	31.47	3.26	0.00	2142	0.18	0.30	0.30	0.45	0.65	0.70
90	30.78	3.22	0.00	2335	0.26	0.48	0.48	0.71	1.02	1.10
93	29.95	3.17	0.00	2421	1.29	1.62	1.62	1.94	2.31	2.39
96	29.77	3.15	0.00	2505	0.25	0.51	0.51	0.80	1.01	1.05
99	28.56	3.08	0.00	2699	0.05	0.09	0.09	0.12	0.17	0.19
102	28.06	3.05	0.00	2837	0.25	0.37	0.37	0.50	0.63	0.66
105	25.5	2.89	0.00	2993	0.59	0.85	0.85	1.03	1.30	1.30
108	25.29	2.87	0.00	3172	0.28	0.37	0.37	0.45	0.57	0.57
111	24.61	2.83	0.00	3446	0.21	0.28	0.28	0.34	0.41	0.41
114	19.24	2.46	0.00	3566	0.13	0.22	0.22	0.32	0.47	0.52
117	18.76	2.42	0.00	3702	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
120	18.39	2.4	0.00	3907	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.06
123	17.99	2.37	0.00	4045	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04
126	16.96	2.29	0.00	4211	2.50	2.65	2.65	2.79	2.87	2.89
129	15.57	2.18	0.00	4310	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
132	14.78	2.11	0.00	4317	2.25	2.37	2.37	2.49	2.67	2.69
135	11.52	1.83	0.00	4317	0.29	0.52	0.52	0.84	1.66	1.85

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Chira 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	119.56	5.83	0.00	7	4.13	6.12	6.96	7.44	7.91	8.23
5	119.30	5.82	0.00	7	4.97	7.33	8.33	8.89	9.45	9.78
10	119.24	5.82	0.00	8	4.00	6.61	7.70	8.30	8.92	9.37
15	118.72	5.80	0.00	10	3.36	5.92	7.01	7.63	8.29	8.77
20	118.68	5.80	0.00	12	3.90	6.18	7.11	7.71	8.35	8.85
25	118.38	5.79	0.00	10	6.63	9.15	10.07	10.66	11.31	11.83
30	118.13	5.79	0.00	11	6.51	9.11	10.22	10.83	11.53	12.05
35	117.48	5.77	0.00	12	5.93	8.70	9.85	10.52	11.27	11.83
40	116.96	5.76	0.00	14	4.46	7.38	9.04	9.73	10.52	11.12
45	115.61	5.72	0.00	16	4.41	6.97	8.59	9.46	10.21	10.82
50	115.38	5.71	0.00	20	4.11	6.41	7.79	8.66	9.55	10.34
55	115.23	5.71	0.00	20	5.26	7.91	9.35	10.25	11.15	11.83
60	107.18	5.47	0.00	26	3.09	4.95	6.10	6.91	7.69	8.30
65	107.06	5.47	0.00	28	5.07	7.30	8.42	9.21	9.96	10.54
70	106.42	5.45	0.00	33	3.51	5.70	6.85	7.74	8.51	9.13
75	106.19	5.45	0.00	37	3.90	6.04	7.14	7.98	8.73	9.34
80	105.68	5.43	0.00	41	3.67	5.78	6.84	7.68	8.46	9.10
85	105.16	5.42	0.00	44	4.24	6.43	7.51	8.38	9.09	9.56
90	104.94	5.41	0.00	48	3.90	6.09	7.20	8.10	9.01	9.76
95	104.11	5.38	0.00	54	3.44	5.34	6.28	7.06	7.92	8.67
100	100.00	5.26	0.00	61	3.26	4.92	5.77	6.45	7.22	7.92
105	99.65	5.25	0.00	74	2.61	3.89	4.53	5.05	5.61	6.11
110	98.89	5.23	0.00	93	2.66	4.01	4.63	5.16	5.70	6.18
115	98.13	5.21	0.00	107	3.39	5.03	5.78	6.39	6.99	7.56
120	97.51	5.19	0.00	106	7.57	9.19	10.32	11.20	12.02	12.74
125	88.13	4.90	0.00	116	2.29	3.79	4.63	5.25	5.93	6.66
130	87.61	4.88	0.00	117	5.42	7.71	8.64	9.41	10.11	10.85
135	87.43	4.87	0.00	139	3.53	5.31	6.25	6.97	7.67	8.26
140	86.16	4.83	0.00	140	5.39	7.73	9.00	9.94	10.74	11.56
145	83.45	4.75	0.00	160	4.08	5.84	6.79	7.60	8.30	9.01
150	83.22	4.74	0.00	170	3.82	5.41	6.29	7.08	7.73	8.36
155	82.46	4.71	0.00	206	3.31	4.66	5.48	6.15	6.96	7.58
160	82.21	4.70	0.00	213	4.66	6.65	7.80	8.77	9.57	10.39
165	81.27	4.67	0.00	254	1.69	2.68	3.28	3.83	4.30	4.76
170	80.96	4.66	0.00	275	1.50	2.37	2.97	3.49	3.94	4.44
175	80.60	4.65	0.00	305	3.24	4.56	5.45	6.15	6.86	7.47
180	78.37	4.58	0.00	336	4.03	5.63	6.52	7.11	7.71	8.35
185	77.22	4.54	0.00	371	2.53	3.69	4.38	4.98	5.47	6.22
190	76.76	4.52	0.00	397	3.51	4.82	5.61	6.30	6.72	7.07
195	76.22	4.51	0.00	430	2.67	3.78	4.46	5.07	5.59	6.10
200	75.56	4.48	0.00	484	2.90	4.14	4.89	5.57	6.12	6.57
205	74.97	4.46	0.00	537	1.47	2.23	2.73	3.16	3.50	3.82
210	73.10	4.40	0.00	617	2.41	3.41	4.03	4.58	5.02	5.40
215	72.36	4.37	0.00	743	1.10	1.64	2.01	2.33	2.60	2.83
220	71.70	4.35	0.00	842	1.36	2.04	2.48	2.89	3.23	3.54
225	70.34	4.30	0.00	936	1.16	1.76	2.15	2.52	2.83	3.13
230	67.79	4.21	0.00	964	1.70	2.48	2.99	3.44	3.82	4.17
235	63.24	4.05	0.00	1011	1.13	1.72	2.12	2.51	2.85	3.16
240	58.14	3.86	0.00	1083	2.72	3.71	4.34	4.92	5.44	5.86
245	57.25	3.83	0.00	1129	3.15	4.23	4.88	5.37	5.75	6.08
250	49.00	3.50	0.00	1168	1.33	1.92	2.29	2.63	2.93	3.21
255	47.74	3.45	0.00	1242	2.22	2.97	3.42	3.84	4.37	4.73
260	42.01	3.21	0.00	1326	2.64	3.59	4.06	4.47	4.84	5.13
265	36.67	2.97	0.00	1479	0.57	0.84	1.00	1.12	1.25	1.35
270	35.32	2.90	0.00	1798	0.61	0.90	1.08	1.20	1.29	1.38

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Piura 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	126.49	6.02	0.00	9	3.81	4.07	4.59	5.69	6.10	6.16
5	125.76	6.00	0.00	10	2.77	4.01	4.79	6.20	6.69	6.78
10	125.49	5.99	0.00	10	2.31	3.99	4.85	6.41	6.93	7.03
15	122.39	5.91	0.00	13	1.57	3.44	4.38	6.06	6.63	6.75
20	122.01	5.90	0.00	14	1.51	3.26	4.10	5.76	6.36	6.48
25	121.68	5.89	0.00	14	2.61	4.43	5.24	6.93	7.52	7.61
30	121.05	5.87	0.00	17	1.43	3.39	4.23	6.03	6.61	6.71
35	119.54	5.83	0.00	15	3.17	5.07	5.90	7.71	8.25	8.37
40	119.47	5.83	0.00	15	3.63	5.73	6.69	8.51	9.05	9.20
45	117.07	5.76	0.00	15	4.00	6.53	7.64	9.37	9.90	9.97
50	116.93	5.75	0.00	17	2.83	5.71	6.92	8.61	9.12	9.24
55	116.59	5.74	0.00	17	2.54	5.51	6.83	8.48	8.96	9.15
60	116.52	5.74	0.00	18	2.28	5.30	6.33	8.22	8.51	8.72
65	114.54	5.69	0.00	18	3.12	6.58	7.41	9.31	9.36	9.58
70	113.26	5.65	0.00	22	1.86	3.21	4.05	5.37	5.88	6.06
75	113.20	5.65	0.00	27	1.28	2.57	3.41	4.41	4.92	5.07
80	112.98	5.64	0.00	31	1.81	3.08	3.81	4.61	4.96	5.08
85	112.87	5.64	0.00	32	2.63	4.40	5.38	6.42	6.87	7.02
90	111.78	5.61	0.00	34	1.91	3.78	4.86	6.01	6.51	6.67
95	111.66	5.60	0.00	37	2.68	4.25	5.16	6.16	6.61	6.76
100	111.28	5.59	0.00	40	2.13	3.73	4.63	5.61	6.06	6.21
105	110.92	5.58	0.00	43	1.80	3.02	3.72	4.49	4.85	4.97
110	110.83	5.58	0.00	45	1.90	3.40	4.29	5.24	5.69	5.83
115	110.71	5.58	0.00	50	2.70	4.05	4.80	5.57	5.93	6.06
120	110.11	5.56	0.00	56	1.23	2.51	3.35	4.25	4.67	4.82
125	109.67	5.55	0.00	56	2.54	4.18	5.08	6.00	6.43	6.58
130	108.13	5.50	0.00	56	2.85	4.48	5.40	6.34	6.79	6.94
135	107.67	5.49	0.00	63	1.89	3.20	3.92	4.70	5.11	5.24
140	107.23	5.48	0.00	63	2.96	4.73	5.63	6.57	7.02	7.16
145	106.05	5.44	0.00	63	3.22	5.24	6.28	7.34	7.83	7.99
150	103.05	5.35	0.00	63	3.32	5.43	6.64	7.66	8.16	8.33
155	102.90	5.35	0.00	63	4.22	6.40	7.76	8.71	9.29	9.47
160	102.33	5.33	0.00	64	3.94	6.50	7.86	8.78	9.30	9.45
165	102.28	5.33	0.00	66	1.59	4.51	6.05	6.90	7.16	7.26
170	100.08	5.26	0.00	70	3.92	5.16	5.83	6.51	6.97	7.10
175	97.36	5.18	0.00	70	4.95	6.34	6.99	7.65	8.14	8.29
180	95.67	5.13	0.00	73	4.80	6.04	6.78	7.49	8.00	8.16
185	94.07	5.08	0.00	79	2.46	3.53	4.17	4.86	5.32	5.46
190	93.16	5.05	0.00	83	2.71	3.80	4.43	5.13	5.59	5.73
195	90.74	4.98	0.00	90	1.48	2.28	2.83	3.43	3.87	3.99
200	82.50	4.71	0.00	95	3.27	4.34	4.96	5.66	6.11	6.20
205	82.16	4.70	0.00	102	1.56	2.48	3.03	3.67	4.15	4.26
210	81.55	4.68	0.00	103	4.60	5.72	6.38	7.14	7.68	7.81
215	74.50	4.45	0.00	116	2.61	3.58	4.11	4.70	5.08	5.22
220	73.78	4.42	0.00	122	2.92	3.76	4.32	4.98	5.36	5.42
225	73.25	4.40	0.00	131	2.60	3.45	4.05	4.68	5.11	5.18
230	69.76	4.28	0.00	137	2.29	3.15	3.85	4.57	5.07	5.17
235	59.07	3.90	0.00	147	2.17	3.22	4.21	5.07	5.63	5.75
240	58.80	3.88	0.00	166	1.70	2.34	2.83	3.31	3.67	3.74
245	58.02	3.86	0.00	178	3.16	4.00	4.50	5.06	5.47	5.56
250	56.45	3.80	0.00	194	1.73	2.38	2.95	3.56	3.96	4.02
255	47.63	3.44	0.00	224	1.44	2.02	2.49	2.96	3.27	3.32
260	46.32	3.39	0.00	265	1.14	1.61	2.01	2.40	2.68	2.73
265	35.63	2.92	0.00	309	0.50	0.90	1.15	1.39	1.71	2.00
270	30.84	2.69	0.00	361	0.61	0.82	0.89	0.97	1.02	1.03
275	28.13	2.55	0.00	508	2.08	2.20	2.25	2.30	2.33	2.34
280	25.32	2.40	0.00	678	0.21	0.30	0.44	0.53	0.60	0.66
285	24.45	2.35	0.00	847	0.17	0.39	0.47	0.53	0.58	0.59

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Urubamba 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	106.82	4.67	0.00	225	0.99	0.99	4.14	4.91	5.20	5.58
20	106.46	4.66	0.00	246	0.98	0.98	2.88	3.59	3.88	4.29
40	102.97	4.56	0.00	258	1.33	1.33	3.52	4.11	4.38	4.83
60	101.82	4.53	0.00	269	1.66	1.66	3.05	3.67	3.93	4.28
80	101.21	4.52	0.00	282	1.12	1.12	2.07	2.63	2.86	3.15
100	100.87	4.51	0.00	296	2.30	2.30	3.81	4.65	4.98	5.42
120	96.38	4.39	0.00	315	2.72	2.72	4.27	5.01	5.34	5.82
140	95.90	4.37	0.00	331	2.96	2.96	4.58	5.43	5.79	6.34
160	94.92	4.35	0.00	337	2.49	2.49	4.19	5.43	6.05	6.86
180	91.03	4.24	0.00	358	2.72	2.72	4.21	5.17	5.65	6.29
200	90.90	4.23	0.00	384	1.96	1.96	2.94	3.68	4.01	4.47
220	89.33	4.19	0.00	410	2.84	2.84	3.91	4.63	4.99	5.48
240	89.03	4.18	0.00	421	2.64	2.64	3.73	4.40	4.74	5.27
260	87.02	4.13	0.00	459	2.60	2.60	3.63	4.34	4.81	5.61
280	85.72	4.09	0.00	638	3.26	3.26	4.59	5.82	6.60	7.89
300	78.20	3.87	0.00	638	4.19	4.19	5.96	8.18	9.56	11.31
320	75.88	3.80	0.00	726	0.44	0.44	0.81	1.37	1.75	2.61
340	73.31	3.72	0.00	726	4.27	4.27	6.90	9.59	10.97	12.81
360	72.21	3.69	0.00	790	3.76	3.76	6.08	8.47	9.62	11.21
380	67.02	3.53	0.00	813	1.75	1.75	2.79	4.21	4.81	5.62
400	66.59	3.51	0.00	967	0.82	0.82	1.50	2.38	2.99	3.87
420	65.97	3.49	0.00	1060	3.73	3.73	5.89	7.98	8.96	10.24
440	62.88	3.39	0.00	1328	1.70	1.70	3.41	4.76	5.36	6.10
460	61.13	3.34	0.00	1991	0.22	0.22	0.65	0.93	1.04	1.17
480	60.78	3.33	0.00	2566	0.92	0.92	2.21	3.02	3.37	3.76
500	59.70	3.29	0.00	2873	1.43	1.43	2.61	3.43	3.71	4.06
520	56.93	3.20	0.00	2926	2.25	2.25	3.56	4.39	4.74	5.20
540	55.88	3.16	0.00	2972	0.39	0.39	0.79	1.15	1.31	1.53
560	54.70	3.12	0.00	3038	0.97	0.97	1.66	2.18	2.35	2.67
580	52.48	3.05	0.00	3214	0.86	0.86	1.44	1.88	2.11	2.43
600	51.11	3.00	0.00	3231	1.52	1.52	3.05	3.78	4.09	4.52
620	49.61	2.94	0.00	3401	0.40	0.40	0.82	1.10	1.24	1.45
640	40.75	2.62	0.00	3488	0.85	0.85	1.63	2.34	2.66	3.07
660	39.22	2.56	0.00	4105	2.57	2.57	2.85	3.43	3.73	4.18
680	32.00	2.26	0.00	3481	1.70	1.70	2.16	2.79	3.18	3.73
700	28.27	2.10	0.00	3508	1.49	1.49	2.43	3.07	3.40	4.03
720	20.91	1.75	0.00	3796	0.39	0.39	0.86	1.37	1.70	2.00

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果（Ica 川）

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	110.46	3.52	0.00	25	0.43	0.54	0.57	0.85	0.95	1.25
5	110.27	3.51	0.00	45	0.98	1.16	1.21	1.68	1.84	2.29
10	33.46	3.51	0.00	74	1.41	1.55	1.62	2.24	2.47	3.08
15	35.43	3.39	0.00	74	0.24	2.05	2.12	2.60	2.76	3.47
20	90.55	3.39	0.00	139	0.29	0.21	0.22	0.31	0.34	0.51
25	62.99	3.39	0.00	171	0.51	0.21	0.22	0.32	0.36	0.60
30	62.99	3.38	0.00	239	1.13	1.32	1.37	1.79	1.99	2.93
35	33.46	3.36	0.00	250	1.38	1.60	1.67	2.10	2.29	3.01
40	98.43	3.30	0.00	250	1.60	1.93	2.03	2.72	2.96	3.64
45	58.21	3.30	0.00	250	1.87	2.28	2.43	3.26	3.51	4.28
50	31.50	3.28	0.00	250	2.20	3.08	3.30	4.29	4.55	5.29
55	23.62	3.27	0.00	258	1.46	2.72	2.96	3.93	4.21	5.08
60	35.43	3.27	0.00	267	1.51	2.35	2.58	3.52	3.80	4.68
65	29.53	3.27	0.00	294	2.33	3.22	3.52	4.91	5.34	6.61
70	35.43	3.27	0.00	297	1.42	2.64	2.98	4.65	5.20	6.92
75	19.68	3.24	0.00	307	1.44	2.46	2.63	3.36	3.58	4.27
80	104.67	3.23	0.00	321	0.84	0.87	0.97	1.58	1.81	2.50
85	88.81	3.14	0.00	334	1.06	1.02	1.14	1.89	2.09	2.75
90	53.29	3.12	0.00	345	0.86	1.93	2.11	3.00	3.26	4.08
95	51.31	2.93	0.00	358	0.54	1.53	1.70	2.40	2.61	3.29
100	179.6	2.93	0.00	368	0.57	0.87	0.97	1.53	1.70	2.27
105	86.95	2.89	0.00	384	0.81	1.30	1.47	2.30	2.53	3.12
110	39.47	2.88	0.00	396	0.78	1.95	2.20	3.18	3.44	4.16
115	39.53	2.85	0.00	407	0.77	1.90	2.10	3.00	3.26	4.04
120	78.95	2.8	0.00	421	0.75	1.35	1.52	2.24	2.43	2.96
125	59.21	2.78	0.00	441	0.78	1.10	1.26	1.89	2.04	2.49
130	85.01	2.75	0.00	490	0.42	0.60	0.70	1.24	1.41	1.73
135	71.46	2.74	0.00	565	0.33	0.74	0.85	1.44	1.57	1.96
140	70.87	2.73	0.00	681	0.31	0.48	0.55	0.91	1.02	1.48
145	70.31	2.72	0.00	850	0.28	0.49	0.57	0.95	1.07	1.54
150	69.5	2.7	0.00	1012	0.27	0.56	0.65	1.06	1.18	1.50
155	67.92	2.66	0.00	1209	0.19	0.49	0.56	0.92	1.03	1.39
160	62.64	2.54	0.00	1402	0.25	0.91	1.03	1.63	1.76	2.14
165	62.36	2.54	0.00	1557	0.24	0.48	0.55	0.90	1.00	1.32
170	61.57	2.52	0.00	1733	0.63	0.44	0.50	0.87	1.04	1.44
175	51.15	2.27	0.00	1916	0.14	0.37	0.42	0.66	0.74	0.98
180	50.35	2.25	0.00	2237	0.16	0.38	0.44	0.70	0.78	1.05
185	48.88	2.21	0.00	2482	0.10	0.34	0.39	0.61	0.68	1.02
190	37.66	1.9	0.00	2791	0.20	0.27	0.30	0.49	0.55	0.74
195	36.16	1.86	0.00	3051	0.16	0.47	0.53	0.82	0.91	1.12
200	35.27	1.83	0.00	3198	0.21	0.25	0.30	0.51	0.59	0.80
205	33.4	1.78	0.00	3370	0.48	0.18	0.20	0.35	0.39	0.52
210	30.1	1.67	0.00	3542	0.08	0.16	0.19	0.35	0.40	0.53

河道条件及び確率規模別の河道水位算定結果 (Mantaro 川)

Distance from Downstream Boundary (km)	River Width (m)	River Depth (m)	Dike Height (m)	Dem Elevation (E.L.m)	Maximum River Water Depth by Flood Scale (m)					
					2yr	5yr	10yr	25yr	50yr	100yr
0	193.04	2.42	0.00	518	1.09	1.45	1.50	1.62	1.85	1.92
10	192.69	2.42	0.00	606	2.39	2.96	3.03	3.22	3.53	3.61
20	191.47	2.41	0.00	672	1.79	2.23	2.28	2.45	2.71	2.78
30	191.32	2.41	0.00	715	2.14	2.65	2.71	2.88	3.16	3.23
40	190.51	2.40	0.00	806	2.58	3.17	3.24	3.43	3.76	3.85
50	190.06	2.40	0.00	909	2.16	2.70	2.78	2.96	3.28	3.36
60	189.00	2.39	0.00	1042	2.38	2.91	2.98	3.14	3.43	3.51
70	188.56	2.39	0.00	1106	2.12	2.63	2.69	2.86	3.13	3.20
80	188.14	2.38	0.00	1235	2.31	2.86	2.95	3.10	3.39	3.47
90	185.30	2.36	0.00	1291	2.23	2.74	2.80	2.97	3.23	3.30
100	182.94	2.35	0.00	1294	2.79	3.39	3.47	3.68	4.02	4.12
110	182.68	2.34	0.00	1740	2.39	2.86	2.91	3.06	3.28	3.34
120	182.39	2.34	0.00	1740	3.05	3.59	3.66	3.85	4.13	4.21
130	179.96	2.32	0.00	1740	3.37	4.10	4.21	4.44	4.67	4.76
140	179.32	2.32	0.00	1740	3.77	4.85	4.98	5.27	5.41	5.48
150	178.99	2.32	0.00	1863	1.77	2.20	2.32	2.51	2.71	2.78
160	178.36	2.31	0.00	1910	2.71	3.31	3.46	3.71	4.01	4.12
170	178.13	2.31	0.00	1971	2.37	2.91	3.05	3.27	3.54	3.63
180	177.65	2.31	0.00	2224	2.47	3.01	3.14	3.35	3.60	3.69
190	177.40	2.31	0.00	2224	3.27	3.88	4.05	4.30	4.61	4.72
200	176.86	2.30	0.00	2224	3.68	4.66	4.77	4.97	5.30	5.42
210	176.51	2.30	0.00	2226	3.10	3.86	4.01	4.24	4.59	4.70
220	175.99	2.30	0.00	2226	3.69	4.68	4.79	5.07	5.46	5.57
230	158.05	2.16	0.00	2226	4.14	5.21	5.33	5.58	6.00	6.13
240	157.54	2.15	0.00	2365	1.32	1.66	1.71	1.81	1.97	2.02
250	157.04	2.15	0.00	2405	0.74	1.00	1.04	1.12	1.23	1.28
260	156.54	2.15	0.00	2468	2.26	2.77	2.84	2.97	3.16	3.22
270	156.06	2.14	0.00	2608	0.50	0.67	0.70	0.74	0.81	0.83
280	155.58	2.14	0.00	2687	2.42	2.95	3.02	3.16	3.34	3.40
290	155.31	2.14	0.00	2733	1.73	2.20	2.26	2.36	2.49	2.53
300	154.89	2.13	0.00	2837	2.75	3.30	3.38	3.52	3.73	3.79
310	154.55	2.13	0.00	2891	2.36	2.88	2.95	3.08	3.26	3.32
320	149.29	2.09	0.00	2950	1.69	2.15	2.22	2.35	2.51	2.57
330	148.88	2.09	0.00	3038	2.88	3.45	3.54	3.70	3.92	3.98
340	138.12	2.00	0.00	3088	0.37	0.49	0.51	0.53	0.57	0.59
350	137.88	2.00	0.00	3146	2.83	3.40	3.49	3.61	3.79	3.84
360	137.67	1.99	0.00	3240	2.31	2.83	2.90	3.01	3.16	3.21
370	137.06	1.99	0.00	3252	2.49	3.03	3.11	3.22	3.39	3.44
380	127.71	1.91	0.00	3252	3.04	3.67	3.75	3.89	4.08	4.13
390	126.69	1.90	0.00	3252	3.36	4.10	4.16	4.28	4.46	4.50
400	124.99	1.89	0.00	3281	0.73	1.04	1.10	1.20	1.35	1.40
410	123.81	1.88	0.00	3328	0.70	1.00	1.06	1.16	1.30	1.35
420	120.72	1.85	0.00	3481	1.57	2.08	2.15	2.26	2.43	2.48
430	119.01	1.84	0.00	3522	2.68	3.38	3.49	3.69	3.98	4.07
440	118.44	1.83	0.00	3536	0.53	0.77	0.80	0.87	1.02	1.07
450	113.58	1.79	0.00	3636	1.97	2.46	2.54	2.66	2.84	2.90
460	110.29	1.76	0.00	3669	1.61	2.05	2.12	2.24	2.40	2.45
470	109.48	1.75	0.00	3736	2.40	2.93	3.01	3.14	3.34	3.40
480	104.29	1.70	0.00	3757	0.69	0.95	1.00	1.09	1.24	1.30
490	101.98	1.68	0.00	3837	2.27	2.75	2.82	2.92	3.08	3.13
500	99.13	1.65	0.00	3872	1.65	1.96	2.01	2.06	2.16	2.20
510	94.29	1.61	0.00	3908	1.59	1.85	1.89	1.93	2.03	2.06
520	87.40	1.54	0.00	3973	0.78	0.98	1.01	1.04	1.11	1.15
530	85.37	1.52	0.00	4021	0.57	0.67	0.68	0.71	0.74	0.75
540	83.89	1.50	0.00	4113	1.11	1.17	1.18	1.20	1.22	1.23
550	74.38	1.40	0.00	4113	1.34	1.40	1.41	1.43	1.45	1.46



添付資料-4-14

日本の河川における遊水地事例

添付資料-4-14 日本の河川における遊水地事例

表 添付-4-14-1 遊水地による洪水対策を実施している日本の代表流域

流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	遊水地名 (面積)	遊水地総面積 (ha)	面積比率 (遊水地総面積/流域面積)
利根川	16,842	渡良瀬遊水地 (3,300 ha) 菅生調節池 (592 ha) 田中調整池 (1,175 ha) 稲戸井調節池 (448 ha) 母子島遊水地 (160 ha)	5675	0.0034
石狩川	14,330	北村遊水地 (950 ha) 千歳川遊水地群 (1,150 ha) 発寒川遊水地 (5.5 ha) 砂川遊水地 (180 ha)	2285.5	0.0016
北上川	10,150	一関遊水地 (1,450 ha) 蕉栗沼遊水地 (582 ha) 南谷地遊水地 (256 ha)	2288	0.0023
淀川	8,240	上野遊水地 (249 ha) 寝屋川緑地 (50 ha) 恩智川治水緑地 (40 ha) 打上川治水緑地 (13 ha)	352.3	0.0004
最上川	7,040	大久保遊水地 (200 ha)	200	0.0003
荒川	2,940	荒川第一調整池 (580 ha) 芝川第一調整池 (92 ha) 荒川第七調整池 (15 ha) びん沼調整池 (86 ha) 上谷沼調整池 (18 ha)	794.1	0.0027
平均				0.0018

出典：国交省資料を基に調査団が作成

添付資料-4-15

本邦における直轄河川改修事業例

## 添付資料-4-15 本邦における直轄河川改修事業例

### 1. 本邦における直轄河川改修事業例（参考）

本邦における直轄河川改修事業において、調査期間中に調査団が収集した 23 流域について、総事業費（C）および総便益（B）を下表に整理する。

下記に示す 23 流域について、総事業費（C）、総便益（B）とパラメータ（①流域面積、②河川延長、③人口）との関係性を確認した。総事業費（C）と 3 つのパラメータとの相関を図 添付資料-4-15-1 に、総便益（B）との相関を図 添付資料-4-15-2 に示す。

表 添付資料-4-15-1 日本の河川の基本諸元及び治水総事業費・便益

河川名	地方	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流路延長 (km)	流域内人口 (人)	便益 B*1 (百万円)	総事業費 C*1 (百万円)	B/C *1
利根川	関東	16,840	322	12,790,000	10,224,200	546,100	18.7
嘉瀬川	九州	368	57	130,000	736,120	11,820	62.3
常呂川	北海道	1,930	120	140,000	11,600	10,400	1.1
鶴川	北海道	1,270	135	12,000	17,000	15,300	1.1
沙流川	北海道	1,350	104	140,000	91,400	14,500	6.3
揖保川	近畿	810	70	150,000	131,440	42,400	3.1
阿武隈川	東北	5,400	239	1,360,000	197,100	98,000	2.0
吉野川	四国	3,750	194	610,000	256,300	113,800	2.3
石狩川	北海道	14,330	268	3,130,000	2,035,700	558,000	3.6
肱川	四国	1,210	103	113,000	84,200	39,200	2.1
北川	近畿	210	30	21,000	53,600	7,000	7.7
九頭竜川	近畿	2,930	116	670,000	367,100	50,700	7.2
加古川	近畿	1,730	96	640,000	2,199,960	58,200	37.8
荒川	関東	2,940	173	9,700,000	17,004,600	227,560	74.7
鬼怒川	関東	1,761	177	550,000	93,700	19,600	4.8
松浦川	九州	446	47	97,000	38,200	4,580	8.3
熊野川	近畿	2,360	183	50,000	175,500	46,700	3.8
大和川	近畿	1,070	68	2,150,000	2,460,360	141,400	17.4
円山川	近畿	1,300	68	140,000	148,960	30,400	4.9
紀の川	近畿	1,750	136	670,000	183,800	43,500	4.2
長良川	中部	1,985	166	870,000	2,716,300	90,300	30.1
那珂川	関東	3,270	150	920,000	349,600	73,400	4.8
米代川	東北	4,100	136	220,000	547,900	37,600	14.6

出典：国土交通省のホームページより調査団作成

注記：     ：本調査において検討している優先対策流域・モデル流域と同程度の流域を示す。

\*1：表内の B、C、B/C は全て、表添付資料-4-15-2 に示す出典元に示された数値であり、本調査による加工は一切行っていない。

上記の表の数値の具体的出典元は以下の表 添付資料-4-15-2 に示す通りである。

表 添付資料-4-15-2 表 添付資料-4-15-1 の具体的出典元

河川名	出典
利根川	関東地方整備局事業評価監視委員会 平成 26 年度第 4 回 資料
嘉瀬川	九州地方整備局事業評価監視委員会 平成 25 年度 第 3 回 資料
常呂川	北海道開発局 常呂川直轄河川改修事業 再評価原案準備書説明資料 平成 26 年度
鶴川	北海道開発局 鶴川直轄河川改修事業 再評価原案準備書説明資料 平成 26 年度
沙流川	北海道開発局 沙流川直轄河川改修事業 再評価原案準備書説明資料 平成 25 年度
揖保川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会 平成 26 年度第 2 回 揖保川直轄河川改修事業資料
阿武隈川	東北地方整備局 阿武隈川直轄河川改修事業 平成 23 年 12 月 20 日
吉野川	四国地方整備局 平成 27 年度 第 1 回 吉野川学識者会議資料

河川名	出典
石狩川	北海道開発局 石狩川直轄河川改修事業 再評価原案準備書説明資料 平成 22 年度
肱川	四国地方整備局 事業評価監視委員会資料 肱川直轄河川改修事業 平成 27 年
北川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会 北川直轄河川改修事業 平成 23 年度 第 3 回
九頭竜川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 九頭竜川直轄河川改修事業 平成 23 年度 第 3 回
加古川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 加古川直轄河川改修事業 平成 26 年度 第 2 回
荒川	関東地方整備局 事業評価監視委員会資料 荒川直轄河川改修事業 平成 23 年度 第 9 回
鬼怒川	関東地方整備局 事業評価監視委員会資料 鬼怒川直轄河川改修事業 平成 26 年度 第 4 回
松浦川	九州地方整備局事業評価監視委員会 平成 23 年度 第 4 回 松浦川直轄河川改修事業資料
熊野川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 熊野川直轄河川改修事業 平成 26 年度 第 4 回
大和川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 大和川直轄河川改修事業 平成 26 年度 第 2 回
円山川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 円山川直轄河川改修事業 平成 26 年度 第 2 回
紀の川	近畿地方整備局 事業評価監視委員会資料 紀の川直轄河川改修事業 平成 23 年度 第 5 回
長良川	中部地方整備局 長良川直轄河川改修事業 平成 23 年 9 月 6 日
那珂川	関東地方整備局 事業評価監視委員会 那珂川直轄河川改修事業 平成 28 年度 第 1 回
米代川	東北地方整備局 米代川直轄河川改修事業 平成 27 年 10 月 29 日

### (1) 総事業費 (C) との関係性

- ✓ 総事業費 (C) と3つのパラメータにおいて最も相関がよいのは、流域面積である。

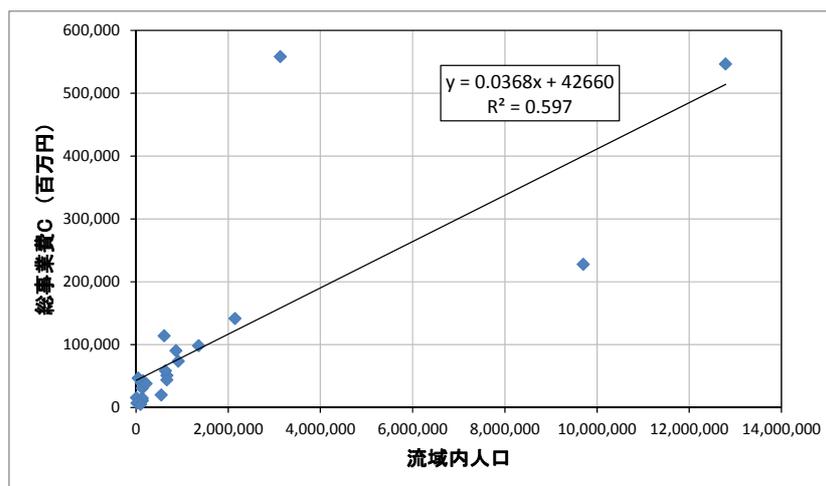
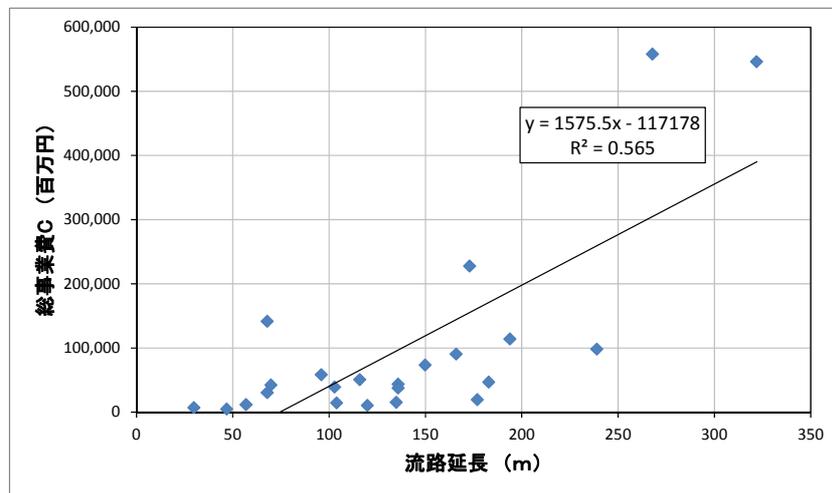
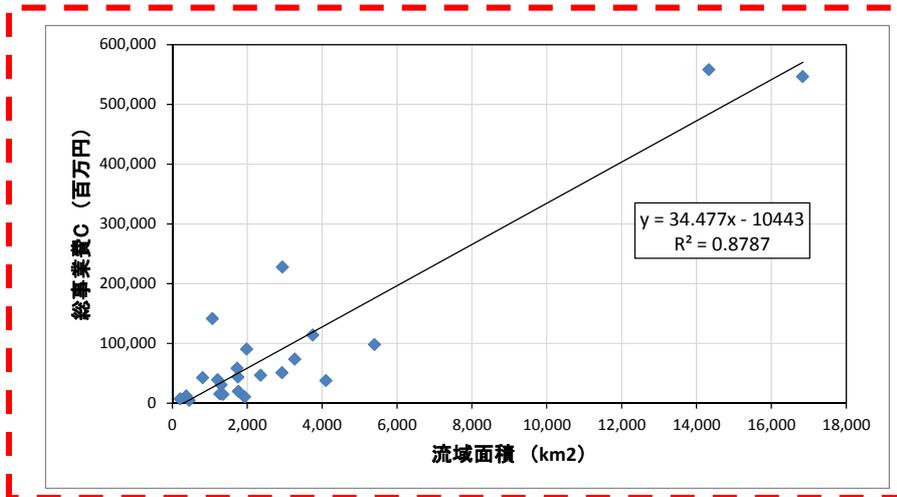


図 添付資料-4-15-1 総事業費 (C) との相関

## (2) 総便益との関係性

- ✓ 総便益 (B) と最も相関がよいパラメータは、人口 (流域内人口) である。

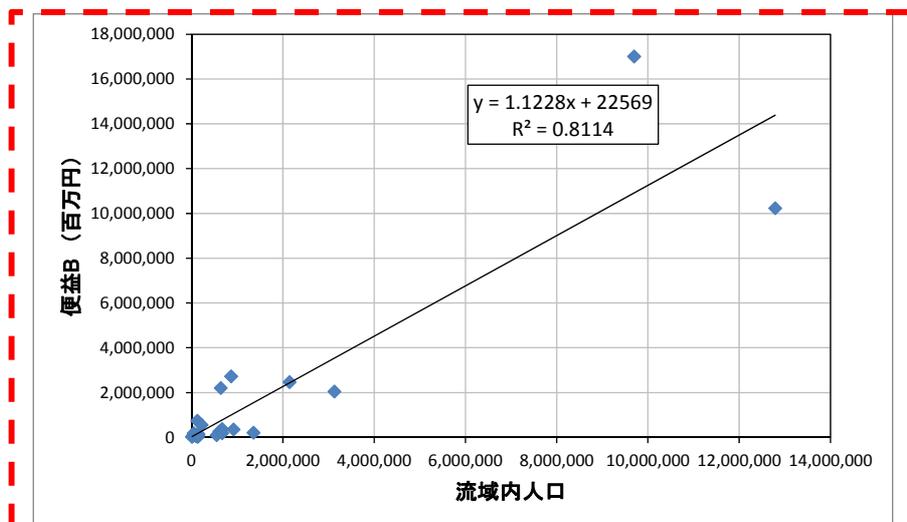
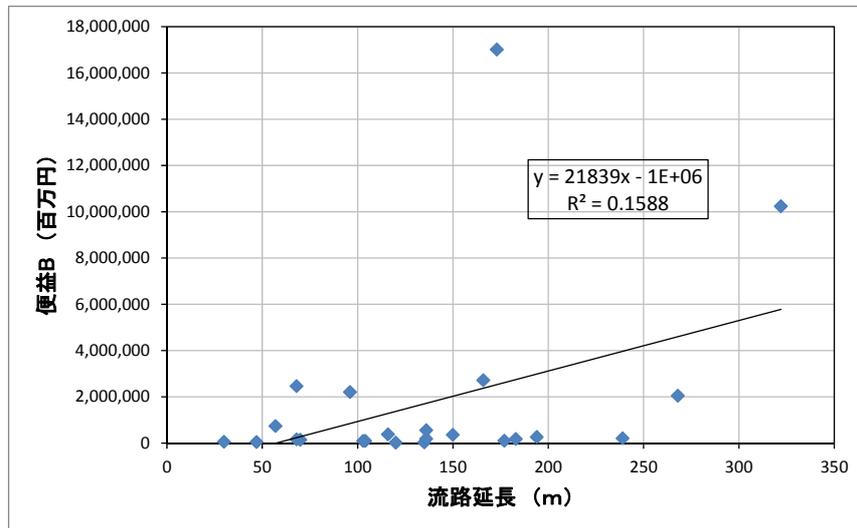
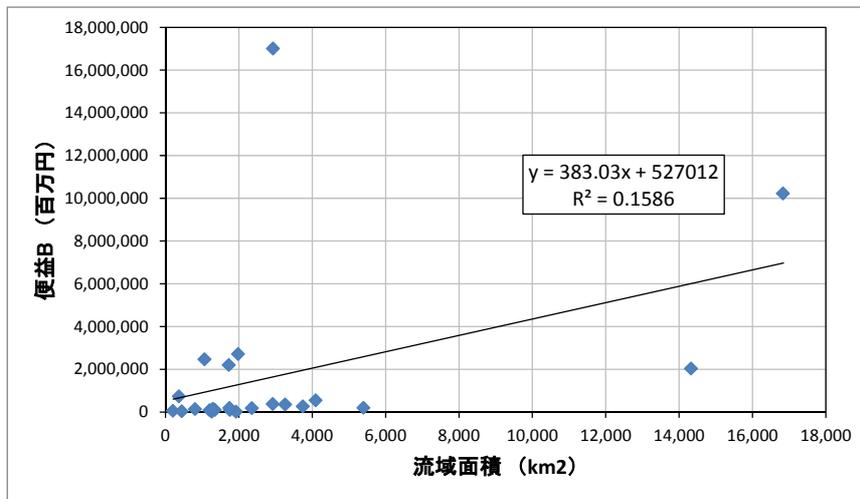


図 添付資料-4-15-2 総便益 (B) との相関



添付資料-5-1

洪水対策技術基準（案）



**ペルー国  
災害復旧スタンバイ借款に係る  
案件実施支援調査**

**洪水対策案技術基準（案）**

**平成 29 年 11 月  
（2017 年 11 月）**

**株式会社 建設技研インターナショナル**

通貨交換レート:

US\$ 1.00 = S/. 3.35 = JPY 111

本報告書では、ペルー国通貨単位（ソル）を全て「S/.」、  
米ドル単位は全て「US\$」と数字の前に表記した。

# ペルー共和国



調査対象地域位置図



## 目次

プロジェクト位置図

目次	i
略語表	x
第1章 はじめに	1
1.1 洪水対策案技術基準（案）作成の背景	1
1.2 洪水対策案技術基準（案）作成の目的	2
1.3 洪水対策案技術基準（案）の範囲	2
1.3.1 含められるべき内容	2
1.3.2 作成手法	2
第2章 河川流域管理において防御すべき災害及びその基本的対策方針	4
2.1 はじめに	4
2.2 水害（洪水）対策の基本	4
2.3 土砂災害対策の基本	5
2.4 地震災害対策の基本	6
第3章 河川流域における災害リスク管理の基本	8
3.1 洪水防御（河川計画）の基本	8
3.1.1 計画基準点	8
3.1.2 計画規模の決定	9
3.1.3 対象降雨	9
(1) 対象降雨の降雨量の決定	9
(2) 既往洪水の検討	10
(3) 対象降雨の継続時間	10
(4) 対象降雨の時間分布及び地域分布の決定	10
(5) 実績降雨と対象降雨との継続時間の調整	10
3.1.4 基本高水及び基本高水決定の手法	11
(1) 基本高水の決定	11
(2) 対象降雨の流量への変換	11
(3) 洪水流出モデルの定数の決定	12
(4) 内水の考慮	12
3.1.5 計画高水流量	12
(1) 計画高水流量の決定に際し検討すべき事項	13
(2) 超過洪水対策	13
3.2 河川の適正利用及び清浄機能維持並びに河川環境整備・保全のための配慮	13
3.2.1 正常流量	14
(1) 維持流量	14

(2) 水利流量 .....	14
3.2.2 河川環境整備と保全に関する基本的考え方 .....	15
(1) 動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元 .....	15
(2) 良好な景観の維持・形成 .....	15
(3) 人と河川との豊かなふれあい活動の場の維持・形成 .....	15
(4) 良好な水質の保全 .....	15
3.3 土砂災害対策計画 .....	16
3.3.1 河川土砂災害等対策（砂防）基本計画 .....	16
(1) 水系砂防に関する基本事項 .....	17
(2) 土石流対策に関する基本事項 .....	21
(3) 流木対策に関する基本事項 .....	23
(4) 火山砂防計画に関する基本事項 .....	24
(5) 天然ダム等移譲土砂災害に関する基本事項 .....	25
3.3.2 地すべり防止計画 .....	26
(1) 地すべり防止に関する基本事項 .....	26
(2) 対策の基本 .....	26
3.3.3 急傾斜地崩壊対策計画 .....	27
(1) 急傾斜地崩壊対策に関する基本事項 .....	27
(2) 対策の基本 .....	27
3.3.4 雪崩対策計画 .....	28
(1) 雪崩対策に関する基本事項 .....	28
(2) 対策の基本 .....	28
3.3.5 総合土砂災害対策計画 .....	28
(1) 総合土砂災害対策に関する基本事項 .....	28
(2) 都市山麓グリーンベルト整備計画 .....	29
3.3.6 自然環境等への配慮 .....	31
3.4 海岸保全計画 .....	31
第 4 章 洪水氾濫リスク削減方策の基本 .....	32
4.1 河道並びに河川構造物 .....	32
4.1.1 河道計画 .....	32
(1) 河道計画策定の基本 .....	32
(2) 河道計画の策定基準 .....	34
(3) 計画高水位 .....	34
(4) 河道の平面形、縦横断形 .....	35
(5) 河道の維持管理 .....	39
(6) 河口部の計画 .....	40
4.1.2 捷水路及び放水路 .....	40
(1) 捷水路及び放水路の計画 .....	40
(2) トンネル構造による河川 .....	41

4.1.3	貯水池（ダム）	42
(1)	ダムの洪水調節計画	42
(2)	流入土砂対策に関する計画	43
(3)	貯水池周辺の地すべり防止計画	43
(4)	貯水池周辺の漏水防止計画	43
(5)	管理用水力発電計画	43
(6)	環境に関する検討事項	44
4.1.4	遊水地等	44
(1)	遊水地の位置の選定	45
(2)	遊水地の洪水調節計画	45
4.1.5	堰、水門、樋門	45
(1)	堰の湛水位	46
(2)	堰の魚道	46
4.1.6	流況調整河川計画	46
4.1.7	河道の制御施設	46
(1)	堤防	47
(2)	護岸の計画	47
(3)	水制の計画	47
(4)	床止めの計画	48
4.1.8	河口処理	48
4.2	内水処理施設	49
4.2.1	内水処理方式の検討手法	49
4.2.2	検討対象内水の選定	51
4.2.3	確率評価手法の検討	51
4.2.4	内水処理施設規模の決定	51
4.3	砂防等施設配置計画	51
4.3.1	河川砂防施設配置計画	52
(1)	土砂生産抑制施設配置計画	52
(2)	土砂流送制御施設配置計画	59
(3)	流木対策施設配置計画	62
(4)	火山砂防施設配置計画	64
4.3.2	地すべり防止施設配置計画	65
(1)	地すべり防止施設配置計画の基本	65
(2)	工法の選定	66
(3)	抑制工	67
(4)	抑止工	67
4.3.3	急傾斜地崩壊対策施設配置計画	68
(1)	急傾斜地崩壊対策施設配置計画の基本	68
(2)	工法の検討	69
4.3.4	雪崩対策施設配置計画	69

(1) 雪崩対策施設配置計画の基本 .....	69
(2) 雪崩対策施設工法の選定 .....	69
(3) 予防工 .....	70
(4) 防護工 .....	70
4.3.5 総合土砂災害対策施設配置計画 .....	70
4.4 海岸保全施設配置計画 .....	70
第 5 章 洪水氾濫防止のための構造物設計の基本 .....	71
5.1 堤防/護岸 .....	71
5.1.1 堤防設計 .....	71
(1) 堤防設計の基本 .....	71
(2) 堤防の断面形状 .....	71
(3) 堤防の構造 .....	75
(4) 堤防の設計 .....	79
5.1.2 護岸・根固め工の設計 .....	80
(1) 護岸設計の基本 .....	80
(2) 護岸の根入れ深さ .....	81
(3) 護岸の設計 .....	82
5.2 橋梁 .....	89
5.2.1 計画の基本 .....	89
5.2.2 橋梁の計画・設計・建設において洪水対策に関連し留意すべき事項 .....	90
(1) 橋梁の高さ .....	90
(2) 橋台 .....	90
(3) 橋脚 .....	91
(4) その他 .....	92
5.3 水制工 .....	93
5.3.1 水制工の目的 .....	93
5.3.2 水制工の設計 .....	93
(1) 水制工の分類 .....	93
(2) 水制工の設計 .....	94
5.4 床止め工（落差工） .....	95
5.4.1 床止め工の目的 .....	95
5.4.2 床止め工の設計 .....	96
(1) 床止め工の種類 .....	96
(2) 床止め工の構成 .....	96
(3) 床止め工の構成部の留意事項及び設計 .....	97
5.5 その他（河川の下流域における対策） .....	100
5.5.1 樋門（Sluice Gate） .....	100
(1) 樋門の構造 .....	101
(2) 樋門の設計上の留意点 .....	102

5.5.2	水門 .....	102
5.5.3	排水機場 .....	103
第 6 章	洪水氾濫防御のための事業の評価 .....	105
6.1	ペルー国における公共事業評価の基本 .....	105
6.2	洪水氾濫防御事業の評価の基本 .....	105
6.2.1	MEFによる洪水氾濫防御事業計画策定ガイドライン .....	105
6.2.2	RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 006-2014-EF/63.01 の公布による CME25 の改定内容 .....	106
(1)	CME25 の位置づけ .....	106
(2)	治水計画の基本 .....	106
(3)	事業実施機関 .....	106
(4)	治水計画のレベル .....	106
(5)	現在の洪水被害リスクの明示 .....	106
(6)	事業の概要 .....	107
(7)	事業の技術的検討 .....	107
(8)	事業形成と評価 .....	108
6.2.3	その他洪水氾濫防御事業の評価に関する補足事項 .....	110
(1)	事業便益算出方法について .....	110
(2)	事業評価指標算出方法について .....	111
(3)	評価指標の感度分析について .....	111
(4)	被害額の算出方法について .....	111
6.2.4	洪水氾濫防御事業を評価するための今後の課題 .....	115
(1)	ストック効果における高度化効果の評価 .....	115
(2)	人命等の人的被害 .....	115
(3)	リスクプレミアムの評価 .....	115
添付資料	本調査で実施した洪水氾濫リスク削減方策の検討 .....	3
添付 1.	本調査で検討した 4 つの構造物対策の検討手法の紹介 .....	3
添付 1-1.	浸水防御工（堤防及び護岸）の概略設計数量決定手順 .....	3
(1)	堤防 .....	3
(2)	護岸 .....	5
添付 1-2.	遊水地の必要規模概略検討手法 .....	6
(1)	遊水地の位置の選定 .....	6
(2)	遊水地の洪水調節計画（Biabo 川を事例として） .....	7
添付 1-3.	既存ダムのルール変更における調節容量規模決定の方法 .....	10
(1)	ダムの必要容量の算定方法（簡易方法） .....	10
(2)	Mantaro 川での必要容量 .....	11
添付 2.	水制工設計検討手法の紹介 .....	14
添付 2-1.	堤防及び河岸の浸食防止を図る水制工の分類及び設計上の留意点 .....	14
添付 2-2.	河岸防御水制設計の手順 .....	14
(1)	セグメント I の河川における河岸線防御水制工の設計 .....	15

(2) セグメント II 及び III の河川における河岸線防御水制工の設計 .....	16
--	----

## 図目次

図 2.1.1 適切な河川流域管理によって被害を軽減できる自然災害 .....	4
図 2.2.1 洪水被害例 .....	5
図 2.2.2 洪水のタイプ別被害軽減対策例 .....	5
図 2.3.1 主要な 3 つの土砂災害 .....	6
図 2.4.1 地震により被災した日本の河川堤防事例 .....	7
図 3.1.1 計画基準点の位置の事例 .....	9
図 3.3.1 Medidas de Mitigación y Prevención.....	17
図 3.3.2 水系砂防計画の概念図 .....	18
図 3.3.3 土石流対策における河床勾配別対策分類図 .....	19
図 3.3.4 土石流氾濫の概念図 .....	22
図 3.3.5 土石流対策の効果例 .....	23
図 3.3.6 地すべり対策の基本的方策 .....	26
図 3.3.7 急傾斜地崩壊対策の基本的方策 .....	27
図 3.3.8 都市山麓グリーンベルト整備の基本的構想 .....	29
図 3.3.9 都市山麓グリーンベルト整備の対策位置 .....	30
図 4.1.1 各セグメントとその特徴（日本の河川） .....	33
図 4.1.2 河川改修事例 .....	33
図 4.1.3 堤防の役割と Canete-Chincha-Pisco 川の計画堤防標準断面図.....	36
図 4.1.4 輪中堤及び地盤嵩上げによる洪水被害軽減対策の概念 .....	36
図 4.1.5 堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインの概念 .....	37
図 4.1.6 河道の断面形状 .....	38
図 4.1.7 樹林帯断面図 .....	39
図 4.1.8 日本の捷水路建設事例 .....	41
図 4.1.9 遊水地による洪水流低減の概念図 .....	44
図 4.1.10 日本の導流堤の事例 .....	48
図 4.2.1 内水対策の分類 .....	50
図 4.2.2 内水対策の検討フロー .....	50
図 4.3.1 日本の山腹保全工 .....	54
図 4.3.2 砂防えん堤の役割（1） .....	55
図 4.3.3 砂防えん堤の役割（2） .....	56
図 4.3.4 日本の砂防えん堤の事例 .....	56
図 4.3.5 日本の溪流保全工の事例 .....	58
図 4.3.6 日本の砂防水制工の設計事例 .....	60
図 4.3.7 日本の山岳地を流下する河川における水制工の事例 .....	61
図 4.3.8 遊砂地工のイメージ .....	61
図 4.3.9 日本の砂防導流工の事例 .....	62

図 4.3.10	流木補足施設の事例 .....	64
図 5.1.1	一般的な堤防構造 .....	71
図 5.1.2	堤防の余盛 .....	73
図 5.1.3	堤防の小段の配置（従来） .....	74
図 5.1.4	特殊堤（コンクリートパラペット堤） .....	74
図 5.1.5	特殊堤（コンクリート擁壁堤） .....	75
図 5.1.6	耐浸透機能堤防建設の事例（遮水シート） .....	76
図 5.1.7	耐浸透機能堤防建設の事例（ブランケット工法） .....	76
図 5.1.8	堤防堤脚部のクイックサンド・パイピング現象 .....	78
図 5.1.9	護岸の適切な根入れ深さ .....	82
図 5.1.10	「活動-単体」構造として設計される護岸のタイプ .....	83
図 5.1.11	「活動-群體」構造として設計される護岸のタイプ .....	84
図 5.1.12	「めくれ-単体」構造として設計される護岸のタイプ .....	84
図 5.1.13	「掃流-群體（一体性弱い）」構造として設計される護岸のタイプ .....	85
図 5.1.14	「掃流-群體（一体性強い）」構造として設計される護岸のタイプ .....	86
図 5.1.15	「掃流-籠詰め」構造として設計される護岸のタイプ .....	87
図 5.1.16	根固めブロックのタイプ .....	88
図 5.3.1	水制の向きと河床堆積・洗掘の関係性 .....	94
図 5.4.1	日本の落差工の事例 .....	95
図 5.4.2	床止め工（落差工）の概略構造 .....	97
図 5.4.3	緩傾斜とした床止め工（落差工）の縦断構造 .....	97
図 5.4.4	下流護床工の設計 .....	99
図 5.4.5	強制跳水のためのエンドシル・バップルピアの事例 .....	99
図 5.4.6	護床工に利用するコンクリートブロック事例 .....	100
図 5.5.1	樋門の役割（排水樋門） .....	101
図 5.5.2	樋門の概略構造 .....	101
図 5.5.3	日本の樋門の事例（排水樋門） .....	102
図 5.5.4	日本の水門の事例 .....	103
図 5.5.5	水門の概略構造 .....	103
図 5.5.6	日本の排水機場の縦断図の事例 .....	104
図 6.1.1	SNIP におけるプロジェクトサイクル概念図 .....	105
図 A.1	遊水地容量の算出比率（Biabo 川 100 年確率洪水時） .....	7
図 A.2	遊水地容量の算出比率（Biabo 川 50 年確率洪水時） .....	8
図 A.3	遊水地容量の算出比率（Biabo 川 25 年確率洪水時） .....	8
図 A.4	遊水地容量の算出比率（Biabo 川 10 年確率洪水時） .....	9
図 A.5	遊水地容量の算出比率（Biabo 川 5 年確率洪水時） .....	9
図 A.6	洪水調節容量算定手順 .....	11
図 A.7	Mantaro 川_100 年確率洪水時 .....	11
図 A.8	Mantaro 川_50 年確率洪水時 .....	12
図 A.9	Mantaro 川_25 年確率洪水時 .....	12

図 A.10	Mantaro 川_10 年確率洪水時.....	13
図 A.11	Mantaro 川_5 年確率洪水時.....	13
図 A2.1	各セグメントとその特徴（日本の河川）.....	15
図 A2.2	水理模型実験に基づく水制工の長さ・流向・影響範囲の関係.....	15

## 表目次

表 3.1.1	洪水流出モデルの定数（例）.....	12
表 4.1.1	堰の種類.....	45
表 4.2.1	内水処理方式の検討における考慮すべき事項・対策概要.....	49
表 4.3.1	主な河川砂防施設配置計画と砂防の工種.....	52
表 4.3.2	砂防えん堤のタイプ.....	56
表 4.3.3	流木発生抑制施設のタイプ.....	63
表 4.3.4	流木補足施設のタイプ.....	63
表 4.3.5	地すべりの素因と誘因.....	66
表 4.3.6	地すべり防止施設の種類.....	66
表 4.3.7	急傾斜地崩壊対策施設配置計画の基本.....	68
表 4.3.8	雪崩対策施設工法.....	69
表 4.3.9	雪崩対策施設工法選定に係る確認事項.....	70
表 5.1.1	堤防の安全性に係る外力.....	71
表 5.1.2	堤防の余裕高.....	72
表 5.1.3	計画洪水流量と天端幅.....	73
表 5.1.4	堤防の浸透に対する設計と必要安全率.....	79
表 5.1.5	堤防の地震時の沈下量と円弧滑りの安全率の関係.....	80
表 5.1.6	護岸の設計で考慮すべき条件等.....	80
表 5.1.7	護岸・根固め工本体の設計手法.....	82
表 5.1.8	法勾配が 1:1.5 より緩な護岸・根固め工本体の設計.....	82
表 5.1.9	「滑動・転動一層積」根固め工の設計のための定数・係数.....	88
表 5.3.1	水制設置の目的と水制のタイプ.....	94
表 5.4.1	本体・水叩き工の設計.....	98
表 6.2.1	治水の計画レベル.....	106
表 6.2.2	Simons y Albertson 式における K1 と K2 の値.....	107
表 6.2.3	年平均被害軽減額の算出方法の一例.....	110
表 6.2.4	評価指標定義式と指標の特徴.....	111
表 6.2.5	感度分析の最小検討ケース.....	111
表 6.2.6	直接被害の対象資産（案）.....	112
表 6.2.7	一般建物被害算定のための被害率（案）.....	112
表 6.2.8	家庭用品被害算定のための浸水深別被害率（案）.....	113
表 6.2.9	事業所償却・在庫資産の被害額算定のための被害率（案）.....	113
表 6.2.10	農産物の被害額単価参考表.....	114
表 6.2.11	農産物の被害額単価参考表.....	114

表 6.2.12	公共土木施設被害額算定のための一般資産被害額に対する比率 (%)	115
表 A.1	堤防の断面設計の最低基準 (Perfil レベル)	4
表 A.2	本調査で設定した優先 6 河川の堤防の断面(50 年確率洪水対応時)	4
表 A.3	本調査で設定した優先 6 河川の自然石護岸必要径(50 年確率洪水対応時)	5
表 A.4	遊水地による洪水対策を実施している日本の代表流域と遊水地の規模	6
表 A.5	遊水地建設における最低必要容量の算出	10
表 A.6	ダムが必要洪水調節容量まとめ	14

略語表

略語	正式名称（上段英語 下段西語(斜文字)）	日本語訳
AAA	<i>Autoridades Administrativas del Agua</i>	流域水資源局
ACC	<i>Adaptación al cambio climático</i>	気候変動適応
ALA	<i>Administraciones Locales de Agua</i>	地方水資源局
ANA	<i>Autoridad Nacional del Agua</i>	農業灌漑省国家水利庁
ANP	<i>Áreas Naturales Protegidas</i>	保護地域保全
BM	WBの項参照	世界銀行
CCTV	<i>Circuito Cerrado de televisión</i>	監視カメラ
CENEPRED	<i>Centro Nacional de Estimacion, Prevencion y Reduccion del Riesgo de Desastres</i>	国家災害リスク予防研究センター
CEPIG	<i>Centro de Procesamiento de Informacion Geoespacial</i>	地理空間情報処理センター
CEPLAN	<i>El Centro Nacional de Planeamiento Estratégico</i>	国家戦略企画庁
CONAGERD	<i>El Consejo Nacional de Gestion del Riesgo de Desastres</i>	国家防災会議
COP	Conference of Parties	気候変動枠組条約締約国会議
C/P	Counterpart	カウンターパート
CPS	Country Partnership Strategy	国別パートナー計画（世銀：BM）
CRHC	<i>Consejo de Recursos Hidricos de Cuenca</i>	流域水資源委員会
CSP	Country Strategy Paper	国別戦略ペーパー
DB	Database	データベース
DDO	Deferred Drawdown Option	繰延べ引出しオプション
DEE	<i>Declaratoria de Estado de Emergencia</i>	国家緊急宣言（国家災害宣言）
DesInventar	<i>Sistema de Inventario de Desastres</i>	南米を中心とした 災害履歴管理システム
DGAAA	<i>Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios</i>	農業灌漑省環境問題審査局
DGIAR	<i>Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego</i>	農業灌漑省 農業灌漑インフラ局
DGIP	<i>Dirección General de Inversión Pública</i>	経済・財務省 公共投資局
DGOT	<i>Dirección General de Ordenamiento Ambiental</i>	環境省環境管理局
DHN	Directorate of Hydrography and Navigation <i>Dirección de Hidrografía y Navegación</i>	水路・航行部
DS	<i>Decreto Supremo</i>	大統領令
DSE	<i>Declaratoria de Situación de Emergencia</i>	緊急事態宣言
ENFEN	<i>Estudio Nacional del Fenómeno "El NIÑO"</i>	国家“エル・ニーニョ”現象調査 （SENAMHIによって実施）
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
PBI	<i>Producto Bruto Interno</i>	
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GLCC	Global Land Cover Characterization, USGS	世界土地被覆分類
GNI	Gross National Income	国民総所得
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	米国静止実用気象衛星
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation	衛星全球降雨マップ
IGP	Peru's Geophysical Institute <i>Instituto Geofísico del Perú</i>	環境省地球物理庁
INDECI	<i>Instituto Nacional de Defensa Civil</i>	国家防災庁
INEI	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática</i>	国家統計情報庁
INGEMMET	<i>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico</i>	エネルギー鉱山省 鉱業冶金地質 研究所
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MEF	<i>Ministerio de Economía y Finanzas</i>	経済・財務省
MEM	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>	エネルギー鉱山省
MINAGRI	<i>Ministerio de Agricultura y Riego</i>	農業灌漑省

略語	正式名称（上段英語 下段西語(斜文字)	日本語訳
MINAM	Ministerio del Ambiente	環境省
MODIS	MODerate resolution Imaging Spectroradiometer Espectrorradiómetro de imágenes de media resolución	NASAの衛星に搭載されている36バンドの観測波長帯を持つ光学センサー
NHC	National Hurricane Center	米国国立ハリケーンセンター
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	アメリカ海洋大気庁
OPP	Oficina de Planificación y Presupuesto	農業灌漑省 計画・予算室
OSITRAN	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público	公共交通施設投資監督庁
OSSO	Observatorio Sismológico del Sur Occidente	OSSOコーポレーション
PBI	GDPの項参照 Producto Bruto Interno	国内総生産
PCM	Presidencia del Consejo de Ministros	首相府
PDO	Planes de desarrollo concertado	承認済開発計画
PERPEC	Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación	河川流路整備及び取水構造物防御プログラム
PIP	Proyectos de Inversión Pública	公共投資プロジェクト
PLANAGERD	Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres	国家災害リスク管理計画
PLANGRACC-A	Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático el Sector Agrario, Período 2012-2021	農業セクター気候変動のリスク適応管理計画（FAOとMINAGRIが作成）
PNRH	Plan Nacional de Recursos Hidricos	全国水資源計画
PNUD	UNDPの項参照	国連開発計画
POA	Planes Operativos Anuales	年度運営計画
POT	Plan de Ordenamiento Territorial	土地利用（管理）計画
PPRRD	Plan de Prevencion y Reducción del Riesgo de Desastres	災害リスク防御削減計画
PREVAED	Programa de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencia y desastres	緊急及び災害に関する脆弱性削減プログラム
PRONAMACHIS	Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos	全国流域・土壌保全管理計画
PSI	Programa Subsectorial de Irrigaciones	農業灌漑省灌漑サブセクタープログラム
PVC	Pacific Vision Co.Ltd.	パシフィックヴィジョン(株)
RRI	Rainfall-Runoff-Inundation model	日本の土木研究所 (ICHARM) が開発した降雨流出解析ソフト
SENACE	Servicio Nacional de Certificación Ambiental	環境省国家環境承認局
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología	環境省 気象・水文国家サービス局
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre	農業灌漑省森林・野生動物国家サービス局
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas	環境省自然保護地区国家サービス局
SINAGERD	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres	国家災害リスク管理システム（現防災行政システム）
SINADECI	Sistema Nacional de Defensa Civil	国家市民防衛システム（旧防災行政システム）
SINANPE	Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado	国家保全地域システム
SINPAD	Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres	災害予防緊急情報システム
SNIP	Sistema Nacional de Inversión	国家公共投資システム
SNIRH	Sistema Nacional de Información de Recursos Hidricos	国家水資源情報システム
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación	情報通信技術
UN	United Nations	国際連合（国連）
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	
UNESCO	UN Educational, Scientific and Cultural Organization	国際連合教育科学文化機関

略語	正式名称（上段英語 下段西語(斜文字)）	日本語訳
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator	統一資源位置指定子
<b>USGS</b>	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
<b>WB</b> <b>BM</b>	World Bank <i>Banco Mundial .</i>	世界銀行
<b>WMO</b> <b>OMM</b>	World Meteorological Organization <i>Organisation Météorologique Mondiale</i>	世界気象機関
<b>WRF</b>	Weather Research and Forecasting Model	アメリカ大気研究局新局地気象予測モデル
<b>W/S</b>	Workshop	ワークショップ

# 第1章 はじめに

---

## 1.1 洪水対策案技術基準（案）作成の背景

ペルーは国内に海岸地域、山岳地域、熱帯雨林地域と多様な自然環境を有していることから、地震、津波に加え洪水、土砂災害等の様々な自然災害に対して高いリスクを抱えており、これらリスクへの対策は喫緊の課題となっている。このうち洪水被害は最も発生頻度が高く、2003年～2011年にかけて毎年200件以上発生し、累計で数万人から数百万人もの被災者が生じている。特に、エル・ニーニョ現象の発生年は大規模な洪水被害が発生する割合が高く、人的被害に加え、経済的にも数十億ドル規模の被害をもたらしている。直近では本調査年の2016年に強いエル・ニーニョ現象の発生が予測されていることから、ペルー政府は2015年7月に非常事態を宣言した。

ペルー政府は、エル・ニーニョ現象等の負の影響を緩和し、持続的経済成長を達成するため、洪水被害に対する脆弱性の改善と災害リスク管理強化の方針を打ち出し、取組みを進めている。具体的には、国内の水資源管理を所管する同国農業省（2013年に農業灌漑省に変更）が、浸水リスク地域を洪水被害から守るため「河川流路整備、取水構造物保護プログラム（Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación、PERPEC）」（1999-2009年、投資額126百万ドル）による資金支援を地方自治体に対して実施した。しかし、2000年代に推進された地方分権化により、洪水対策案にかかる計画・設計・実施のすべてを、中央政府から河川が位置する地方自治体へ権限移譲し、河川流域単位で洪水対策案を推進する体制となったため、国内の全ての流域全体を俯瞰した洪水対策案の計画、実施が難しい状況となった。

このような状況を受け、2008年に世界銀行の支援により、流域内の統合的水資源管理を目的とする国家水利庁（Autoridad Nacional del Agua、以下、「ANA」という）が設立された。ANAは、2010年3月にANAの下部組織として設置された、14の流域水源局（Autoridad Administrativa del Agua、以下、「AAA」という）とAAAの下部組織である地方水資源管理局（Administraciones Locales de Agua、以下、「ALA」という）、さらにAAAと並立する組織で各流域における管理方針、政策及び計画の決定機関である流域水資源委員会（Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca、以下、「CRHC」という）と共に、全国159流域の水資源管理を開始した。

このような状況の下、ANAでは、現在洪水対策に係る基礎的な資料の収集と蓄積を開始し、一部の河川では洪水リスクの確認、危険地区の確認等調査を開始しており、今後洪水リスクの高い河川・地域に対して洪水対策の早急な計画な策定とその実施が求められている。

しかしながら、ANA ではペルー全国に標準的に利用することが可能な、河道計画ガイドラインまたは河川施設計画マニュアルのようなものがなく、プロジェクトごとにこれらを現在は決めている。

## 1.2 洪水対策案技術基準（案）作成の目的

本技術基準は、JICA 調査『災害復旧スタンドバイ借款に係る案件実施支援調査（以降、「本調査」とする）』における調査実施項目の1つとして作成された。

本調査では、ペルー国における河川改修が必要であると確認された5つの優先流域における治水対策の提案とペルー国における159流域を地形や自然条件、地域特性等によって類型化し、その類型化された流域ごとに必要な洪水対策案内容、概略事業費、事業期間を算出する。

しかしながら上述したように、ペルー国では、標準化された治水河川構造物の計画策定指針がなく、簡便には洪水対策案内容を確定し、各構造物の概略の諸元を決定し、概略事業費を算出することは困難である。

よって、本技術基準は、特に洪水対策に必要な河川構造物の設計のための標準的な構造物の計画及び設計のための技術基準（案）を取りまとめたものである。

## 1.3 洪水対策案技術基準（案）の範囲

### 1.3.1 含められるべき内容

本技術基準に含めている内容は、以下の通りである。

- 河川流域管理において防御すべき災害及びその基本的対策方針
- 河川流域における災害リスク管理の基本
- 洪水氾濫リスク削減方策の基本
- 洪水氾濫防止のための構造物設計の基本
- 洪水氾濫防御のための事業の評価

以降、本技術基準（案）は、上述の各項目を章立てにし、主に、本調査の主たる目的である洪水氾濫リスク削減・軽減対策に必要な基本的考え方を示している。また、洪水氾濫リスク削減に密接に関連する各河川流域の上流で頻発する土砂災害対策はペルー国で洪水と同様に頻発しており、日本でも流域一貫の災害管理として洪水と土砂災害を連携し対策を実施していることから、特に、「3章 河川流域における災害リスク管理の基本」及び「4章 洪水氾濫リスク削減方策の基本」では洪水対策と同様に対策の基本的考え方を詳述している。

### 1.3.2 作成手法

本技術基準（案）は、以下の資料を基本に作成した。

- 日本：国土交通省：河川砂防技術基準
- また、参考資料として、以下の資料を利用した。
- ペルー：ANA：河川構造物計画設計テキスト集

- ペルー : ANA : 河川工事標準単価資料集
- ペルー : MEF : Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Areas Agrícolas o Urbanas
- ペルー : MEF : Guía Simpleficada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil
- ペルー : MEF : Anexo CME 25: Contenidos Mínimos Específicos De Estudios de Preinversión A Nivel De Perfil de Proyectos de Inversión Pública de Servicios de Protección Frente A Inundaciones
- 日本 : 河川管理施設等構造令
- JICA : 溪谷村落洪水対策事業準備調査
- リマック川防災対策計画調査

## 第2章 河川流域管理において防御すべき災害及びその基本的対策方針

### 2.1 はじめに

河川流域管理における災害対策は、脆弱な国土条件のもとで安全で安心して暮らせる生活の確保、及び持続的な社会の発展、国土の有効利用及び環境の保全を実現するため、長期的な視点で計画的に行わなければならない。

災害対策に当たっては、一定規模の外力による災害の発生を防止するとともに、それを超える規模の外力が生じた場合においても、被害を最小限に止めることを考慮しなければならない。

流域における自然災害及びその対策活動とは以下の図に示すように、水害・洪水（対策）、地すべりや土石流等の土砂災害、河口・河道対策（洗掘）、河川構造物の地震被害（対策）、雪崩・氷河湖決壊洪水（GLOF）、及び旱魃等が挙げられる。



図 2.1.1 適切な河川流域管理によって被害を軽減できる自然災害

特に、河川流域管理として河道の計画及び改修事業で防御されるべき主たる災害としては、以下の3つの災害を考慮することが必要である。

- 水害（洪水）
- 土砂災害
- 河川構造物の地震災害

本技術基準（案）は、主に上述の3つの考慮すべき災害の中で、水害（洪水）に対するリスク削減・軽減策を述べている。

以下に、河川流域管理として考えるべき上述した3つの災害に対する基本とすべき対策の基本を示す。

### 2.2 水害（洪水）対策の基本

水害とは、洪水や高潮等による氾濫により、人命や財産及び社会経済活動等が被る被害をいう。

水害対策に当たっては、降雨量など一定規模の外力を対象として水害を防止又は軽減することを基本とし、あわせて一定規模を超える現象が発生した場合においても被害をできるだけ少なくするよう

配慮することが重要である。

また、水害対策は、河川の特徴や洪水の特徴、水害の形態、氾濫域の状況などを十分に考慮し、上下流・本支川間のバランスなど、水系全体として適切にバランスのとれたものにすることが重要である。



図 2.2.1 洪水被害例

水害・洪水には、河川工学上2種類のタイプがあり、主要河川の水が溢れて発生する洪水と、支川の河川水や雨が主要河川に流入できずに低平地に湛水して発生する洪水がある。これら2つのタイプの洪水は、その要因によって別個の対策が以下の図に示すように必要となる。

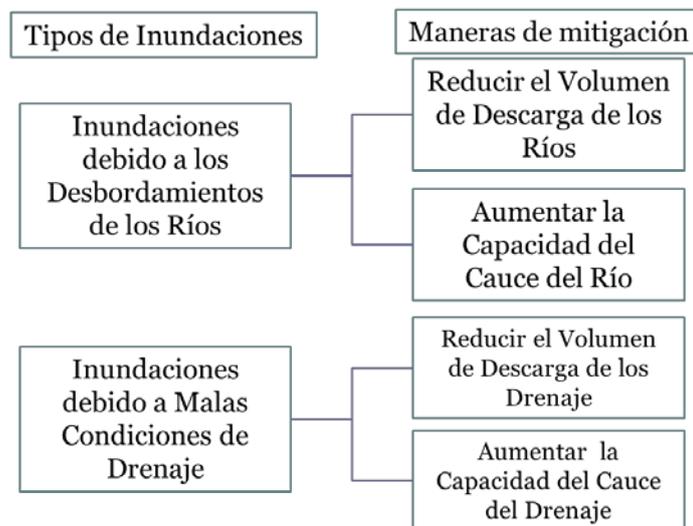


図 2.2.2 洪水のタイプ別被害軽減対策例

### 2.3 土砂災害対策の基本

土砂災害等とは、山腹や斜面の崩壊・侵食、土石流、地すべり等の土砂等の移動現象によって、生命、財産及び公共施設等が被る災害をいう。

土砂災害等対策は、土砂等の移動現象とその災害発生機構等を踏まえ、施設整備によるハード対策と警戒避難体制の整備等によるソフト対策を適切に組み合わせ、効率的かつ効果的に実施するものとする。その際、必要に応じて海岸域も含めた流砂系全体の土砂移動のバランスについても考慮するよう努めるものとする。

また、土砂災害等対策を進める上で、計画規模の災害を防止するとともに、超過する規模の災害においても、被害を最小限に止めるよう努めるものとする。

以下に河川流域において頻発する3つの土砂災害を図化して示す。



出典：特定非営利活動法人 土砂災害防止広報センター  
NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center (SPC)

図 2.3.1 主要な3つの土砂災害

## 2.4 地震災害対策の基本

地震災害対策とは、地震動によりもたらされる河川管理施設、砂防設備、海岸保全施設等の被災及びこれらにより発生する水害・土砂災害等の二次災害を防止・軽減すること及び津波による被害を防止・軽減することをいう。

地震動に対しては、河川・砂防・海岸の各施設の特性を考慮して、必要な耐震性を確保するとともに、津波に対しては、沿岸域における施策を含めた対策を講じるものとする。



出典： 写真左：国土交通省土木研究所 <https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/webmag/wm023/kenkyu.html>  
右：国土交通省関東地方整備局 (<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h24giken/program/kadai/pdf/shitei/shi2-03.pdf>)

図 2.4.1 地震により被災した日本の河川堤防事例

## 第3章 河川流域における災害リスク管理の基本

### 3.1 洪水防御（河川計画）の基本

河川計画の策定に当たっては、河川の有する治水機能、利水機能、環境機能の調和に配慮しつつ、総合的な土砂管理等についても必要に応じて配慮するものとする。

河川計画の策定に当たっては、降雨量、流量等の水文諸量のほか、環境に関するデータ等、各種データを使用するが、それらデータの精度を十分考慮する。

洪水防御計画は、河川の洪水による災害を防止又は軽減するため、計画基準点において計画の基本となる洪水のハイドログラフ（以下「基本高水」という。）を設定し、この基本高水に対してこの計画の目的とする洪水防御効果が確保されるよう策定するものとする。

このため、洪水防御計画は、基本高水に対してこの計画により設置される施設が水系を一貫して相互に技術的、経済的に調和がとれ、かつ十分にその目的とする機能を果たすよう策定されなければならない。

また、洪水防御計画の策定に当たっては、河川の持つ治水、利水、環境等の諸機能を総合的に検討するとともに、この計画がその河川に起こり得る最大洪水を目標に定めるものではないことに留意し、必要に応じ計画の規模を超える洪水（以下「超過洪水」という。）の生起についても配慮するものとする。

河川整備基本方針においては、計画基準点における基本高水のピーク流量とその河道及び洪水調節施設への配分、並びに主要地点での計画高水流量を定め、河川整備計画においては、段階的に効果を発揮するよう目標年次を定め、一定規模の洪水の氾濫を防止し、必要に応じそれを超える洪水に対する被害を軽減する計画とする。その際に、既存施設の有効利用やソフト施策を重視するとともに、流域における対応を取り込むものとする。

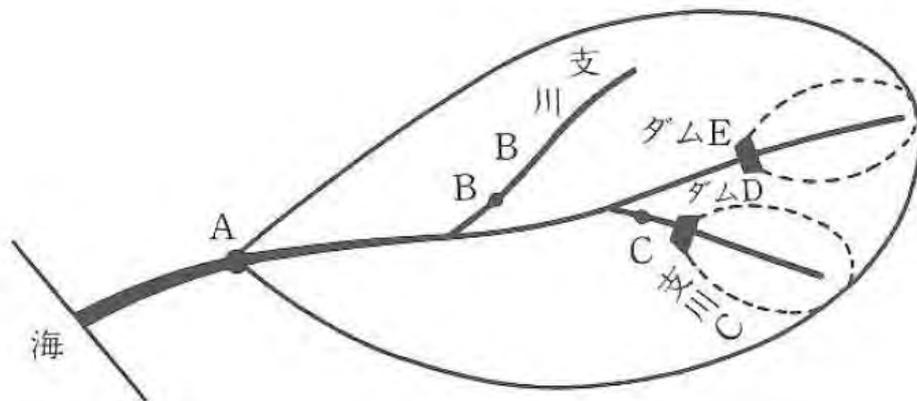
#### 3.1.1 計画基準点

計画基準点は、既往の水力、水文資料が十分得られて、水力、水文解析の拠点となり、しかも全般の計画に密接な関係のある地点を選定するものとする。計画基準点は、計画に必要な箇所に設けるものとする。

解説：

計画基準点は、洪水防御計画において、目標とする安全度を評価する地点であり、ダム等の主要な河川構造物や守られるべき地域の上流等が適している。

対象降雨や流量の確率規模は、これらの各地点において異なっても良い事とする。



(上図の A, B, C が基準点位置の例)

出典：国土交通省河川砂防技術基準同解説—計画編—

図 3.1.1 計画基準点の位置の事例

### 3.1.2 計画規模の決定

計画の規模の決定に当たっては、河川の重要度を重視するとともに、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

同一水系内における洪水防御計画の策定に当たっては、その計画の規模が上下流、本支川のそれぞれにおいて十分な整合性を保つよう配慮するものとする。

解説：

ペルー国における治水計画規模は、本技術基準（案）の第6章 6.2.2 項を参照。

### 3.1.3 対象降雨

対象降雨は、計画基準点ごとに選定するものとする。対象降雨は、降雨量、降雨量の時間分布及び降雨量の地域分布の3要素で表すものとする。

#### (1) 対象降雨の降雨量の決定

対象降雨の降雨量は、本章 6.2.2 項によって規模を定め、さらに、降雨継続時間を定めることによって決定するものとする。

解説：

実際の計画降雨の設定手法事例は、

「Estudio Básico de la Demanda de Control de Inundaciones en la República del Perú」の最終報告書を参照の事。

## (2) 既往洪水の検討

既往洪水の検討は、その洪水の原因となった降雨の性質、雨量の時間分布及び地域分布、その洪水の水位、流量等の水理・水文資料、洪水の氾濫の状況及び被害の実態等について行うものとする。

## (3) 対象降雨の継続時間

対象降雨の継続時間は、流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態、計画対象施設の種類、過去の資料の得難さ等を考慮して決定するものとする。

## (4) 対象降雨の時間分布及び地域分布の決定

対象降雨の時間分布及び地域分布は、既往洪水等を検討して選定した相当数の降雨パターンについて、その降雨量を本章 3.2.1 によって定められた規模に等しくなるように定めるものとする。

この場合において、単純に引き伸ばすことによって著しく不合理が生ずる場合には、修正を加えるものとする。

## (5) 実績降雨と対象降雨との継続時間の調整

本項 3.1.4 (3)及び(4) において選定された実績降雨の継続時間が対象降雨のそれと異なる場合には、その長短に応じて次のように調整するものとする。

1. 実績降雨の継続時間が対象降雨のそれよりも短い場合  
実績の継続時間はそのままにして、降雨量のみを対象降雨の降雨量にまで引き伸ばす、ただし、この場合において、本項 3.1.4 (4)で述べたような不合理が生ずる場合には、その範囲において修正を加えるものとする。
2. 実績降雨の継続時間が対象降雨のそれよりも長い場合
  1. と同様の取扱いを原則とするが、引き伸ばし後の一連の降雨量が対象降雨の降雨量に比較して相当に大きくなる場合には、対象降雨の継続時間に相当する時間内降雨量のみを引き伸ばし、それ以前の降雨は実績の降雨をそのまま用いることを原則とする。

### 3.1.4 基本高水及び基本高水決定の手法

基本高水を設定する方法としては、種々の手法があるが、一般には対象降雨を選定し、これにより求めることを標準とするものとする。

基本高水は、計画基準点ごとにこれを定めるものとする。

#### (1) 基本高水の決定

基本高水は、本節 3.1.4 項で選定する対象降雨について、適当な洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め、これを基に既往洪水、計画対象施設の性質等を総合的に考慮して決定するものとする。

解説：

実際の基本高水の設定手法事例としては、

「Estudio Básico de la Demanda de Control de Inundaciones en la República del Perú」の最終報告書に実際の基本高水の決定事例が示されているが、上記の調査では、日本で開発された RRI モデルを用いて算出している。

#### (2) 対象降雨の流量への変換

対象降雨の流量への変換は、その対象とする河川の特性に応じた流出計算法を用いるものとする。なお、洪水の貯留を考慮する必要がない河川においては合理式法によることができるものとする。

解説：

合理式法とは以下の式を言う。

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A \cdot (1 + \alpha)$$

ここに、

Q: 計画高水流量 (m<sup>3</sup>/sec)

f: 流出係数

r: 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/hour)

A: 流域面積 (km<sup>2</sup>)

α: 土砂混入率 (一般には考慮していなくとも良い。)

### (3) 洪水流出モデルの定数の決定

対象降雨を流量に変換するための洪水流出モデルの諸定数の決定に当たっては、次の事項について十分配慮しなければならない。

1. 実績と計画の洪水規模の相違
2. 開発等による流域条件の変化

解説：

実際の基本高水の設定手法事例としては、

「Estudio Básico de la Demanda de Control de Inundaciones en la República del Perú」の最終報告書に実際の基本高水の決定事例が示されているが、上記の調査では、日本で開発された RRI モデルを用いて算出しており、この手法を用いれば、諸条件から自動的に定数を決定される。

一般的な流出係数及び初期流入時間は以下の表に示す値が利用されている。

表 3.1.1 洪水流出モデルの定数（例）

流出係数		流入時間	
密集市街地	0.9	山地流域	2km <sup>2</sup> : 30 min
一般市街地	0.8	特に急傾斜面流域	2km <sup>2</sup> : 20 min
畑原野	0.6	下水道整備区域	2km <sup>2</sup> : 30 min
水田	0.7		
山地	0.7		

出典：国土交通省河川砂防技術基準同解説－計画編－

### (4) 内水の考慮

内水の影響が大きいと考えられる場合には、別途その影響を考慮しなければならない。

#### 3.1.5 計画高水流量

洪水防御計画においては、基本高水を合理的に河道、ダム等に配分して、主要地点の河道、ダム等の計画の基本となる高水流量を決定するものとする。これを計画高水流量という。

## (1) 計画高水流量の決定に際し検討すべき事項

河道、ダム、遊水地等の計画高水流量を決定するに際しては、次の各事項について十分検討するものとする。

1. ダム、調節池、遊水地といった洪水調節施設の設置の技術的、経済的、社会的及び環境保全の見地からの検討。
2. 河道については、現河道改修、捷水路、放水路、派川への分流等についての技術的、経済的、社会的及び環境保全の見地からの検討。
3. 河川沿岸における現在及び将来における地域開発及び河川に関連する他事業との計画の調整についての諸問題の検討。
4. 著しく市街化の予想される区域については、将来における計画高水流量の増大に対する見通しとその対処方針の検討。
5. 超過洪水に対する対応の技術的、経済的、社会的検討。
6. 事業実施の各段階における施設の効果の検討。
7. 改修後における維持管理の難易についての検討。

## (2) 超過洪水対策

計画の規模を越える洪水により、甚大な被害が予想される河川については、必要に応じて超過洪水対策を計画するものとする。

## 3.2 河川の適正利用及び清浄機能維持並びに河川環境整備・保全のための配慮

河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する基本的な事項は、河川の適正な管理を行うために定めるものであり、流水の正常な機能を維持するために必要な流量を設定するとともに、この流量を確保するための方策を、治水機能との整合を図りながら定めるものとする。

### 3.2.1 正常流量

正常流量とは、舟運、漁業、観光、流水の清潔の保持、塩害の防止、河口の閉塞の防止、河川管理施設の保護、地下水位の維持、景観、動植物の生息・生育地の状況、人と河川との豊かな触れ合いの確保等を総合的に考慮して定められた流量（以下「維持流量」という。）及びそれが定められた地点より下流における流水の占用のために必要な流量（以下「水利流量」という。）の双方を満足する流量であって、適正な河川管理のために基準となる地点において定めるものをいう。

なお、正常流量は必要に応じ、維持流量及び水利流量の年間の変動を考慮して期間区分を行い、その区分に応じて設定するものとする。

#### (1) 維持流量

維持流量は、河川を類似した特性を持つ区間に区分し、各区分ごとに設定するものとする。  
なお、維持流量は、必要に応じ、期間区分を行い、その区分に応じて設定するものとする。

解説：

維持流量の設定に当たっては、以下の項目を考慮する必要がある。

1. 舟運
2. 漁業
3. 流水の清潔の保持
4. 塩害の防止
5. 河口閉塞の防止
6. 河川管理施設の保護
7. 地下水位の維持
8. 景観
9. 動植物の生息・生育地の状況

#### (2) 水利流量

水利流量は、河川の水利使用の実態を踏まえて、適正な地点を選定し、それぞれの地点ごとに設定するものとする。

なお、水利流量は、必要に応じ、年間の水利使用の形態を考慮して期間区分を行い、その区分に応じて設定するものとする。

### 3.2.2 河川環境整備と保全に関する基本的考え方

河川環境の整備と保全に関する基本的な事項は、動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元、良好な景観の維持・形成、人と河川との豊かな触れ合い活動の場の維持・形成、良好な水質の保全について、総合的に考慮して定めるものとする。

#### (1) 動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元

河川の整備・管理に当たっては、河川の生物群集及びそれらの生息・生育環境の現状と過去からの変遷及びその背景を踏まえ、その川にふさわしい生物群集と生息・生育環境が将来にわたって維持されるよう努めるものとする。

#### (2) 良好な景観の維持・形成

河川の整備・管理に当たっては、その川の自然景観や地域の歴史的・文化的な背景を踏まえ、河川が本来有する水を基調とした良好な景観が維持・形成されるよう努めるものとする。

#### (3) 人と河川との豊かなふれあい活動の場の維持・形成

河川の整備・管理に当たっては、自然との共生のもとに、人と河川との豊かな触れ合いが図られるよう、河川環境の保全及び場の整備等に努めるものとする。

#### (4) 良好な水質の保全

河川の整備・管理に当たっては、河川が適正に利用されるとともに、流水の正常な機能が維持され、河川環境の保全が図られるよう、良好な水質の保全に努めるものとする。

### 3.3 土砂災害対策計画

土砂災害等対策計画には、流域等における土砂の生産及びその流出に起因し発生する土砂災害を防止・軽減するための土砂災害等対策（砂防）基本計画、地すべり防止計画、急傾斜地崩壊対策計画、雪崩による災害を防止・軽減するための雪崩対策計画及び土石流、地すべり、急傾斜地の崩壊などが輻輳し発生する土砂災害を防止・軽減するための総合土砂災害対策計画がある。

解説：

土砂災害等対策（砂防）計画の策定に当たって、検討すべき観点としては、以下の点が挙げられる。

- 流域等の土地利用等の社会環境
- 既往の災害履歴と事業の変遷
- 土砂災害に対する所用の安全度の確保
- 流砂系における総合的な土砂管理
- 良好な自然環境の保全・復元
- 良好な景観の維持・形成
- 流域等の利活用

#### 3.3.1 河川土砂災害等対策（砂防）基本計画

河川における土砂災害等対策（砂防）計画は、流域等における土砂の生産及びその流出による土砂災害を防止・軽減するため、計画区域内において、有害な土砂を合理的かつ効果的に処理するよう策定するものとする。

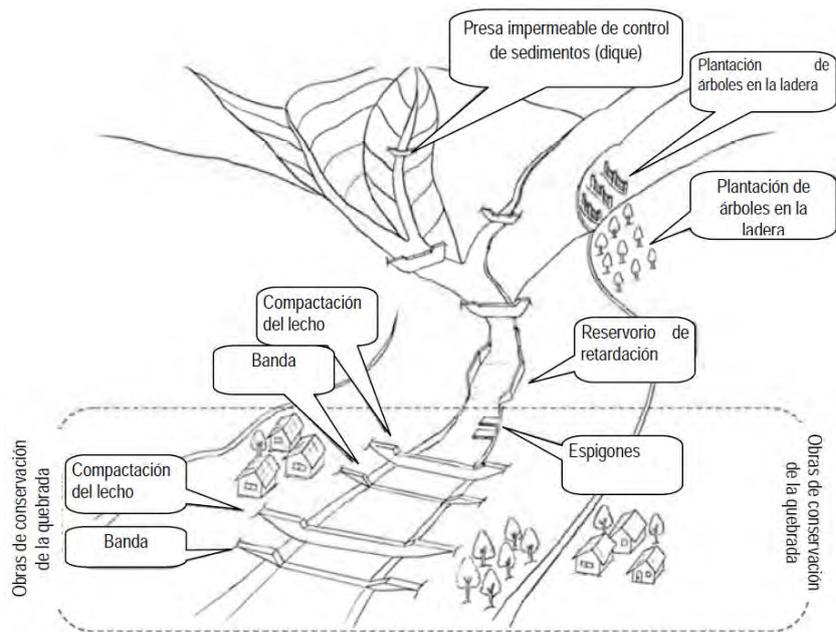
河川砂防基本計画には、発生する災害の現象、対策の目的に応じ、

- 水系砂防計画、
- 土石流対策計画、
- 流木対策計画、
- 火山砂防計画及び
- 天然ダム等異常土砂災害対策計画

がある。

解説：

上記5つの計画は、発生する災害の現象、対策の目的によっては、地域的に重なり合う事がある。このような場合は、発生する災害の現象等に応じ、計画として分けて策定するが、各々の計画間の整合が図られるよう相互調整を行う必要がある。



出典：Figura 4.3.2.2-1 Obras de control de sedimentos Informe Final Estudio Preparatorio sobre El Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales y Vulnerables Ante Inundaciones

### 図 3.3.1 Medidas de Mitigación y Prevención

#### (1) 水系砂防に関する基本事項

水系砂防計画は、水系を対象に土砂生産域である山地の山腹、溪流から河川までの有害な土砂移動を制御し、土砂災害を防止・軽減することによって、河川の治水上、利水上の機能の確保と、環境の保全を図ることを目的として策定するものとする。

水系砂防計画では、計画土砂量等に基づき、有害な土砂を合理的かつ効果的に処理するための土砂処理計画を策定するものとする。

また、土砂移動に関する問題が顕在化している水系等においては、総合的な土砂管理の推進に配慮し計画を策定するものとする。

解説：

水系砂防計画の策定に当たっては、

- 土砂量のみならず、
- 土砂の質（粒径）及び
- 土砂移動で対象とする時間

の 3 要素を考慮して設定することが望ましい。参考までに、土砂量及び質（粒径）、土砂移動で対象とする時間の 3 要素による構成された水系砂防計画における土砂移動概念図を以下に示す。

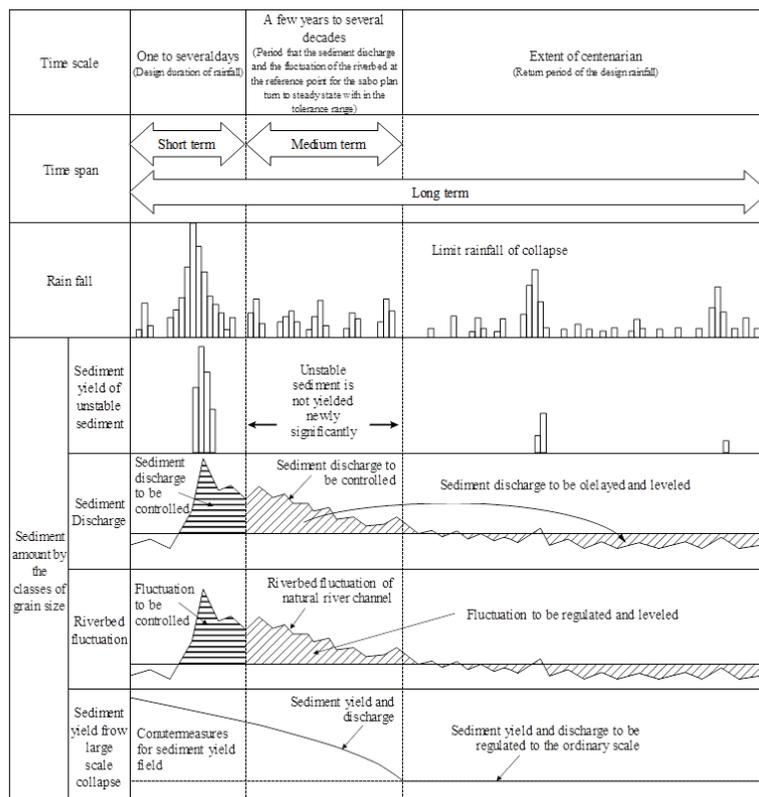


図 3.3.2 水系砂防計画の概念図

(a) 計画規模

水系砂防計画における計画規模は、水系ごとに既往の災害、計画区域等の重要度、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般的には対象降雨の降雨量の年超過確率で評価して定めるものとする。

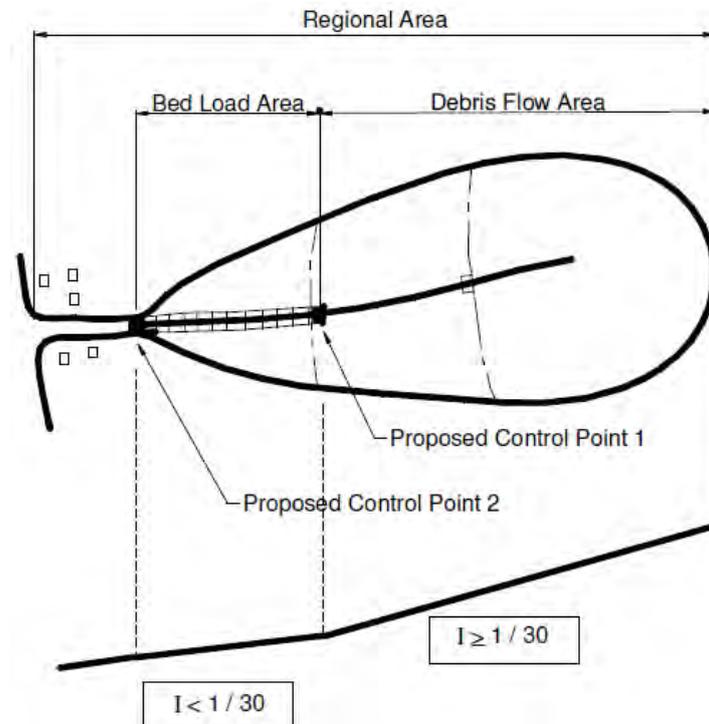
(b) 計画基準点等

計画基準点は、砂防基本計画で扱う土砂量等を決定する地点である。  
 計画基準点は、水系砂防計画で対象としている計画区域の最下流地点又は河川計画との関連地点、保全対象の上流地点、土砂の生産が見込まれる地域の最下流地点などに設けるものとする。  
 なお、土砂の移動形態が変わる地点、支川内の保全対象の上流地点、本川と支川との合流点等の土砂移動の状況を把握する必要がある場合には、補助基準点を設けるものとする。

解説：

砂防計画の計画基準点は、

- 土石流が発生する区間の平均溪流勾配が 1/30 となる地点
- 土砂災害から防御される地区の上流端、または平均河床勾配が 1/100 となる地点とすることが一般的である。



出典: Technical Standards and Guidelines for Planning and Design (Vol.III: Sabo (Erosion and Sediment Movement Control) Works, March 2002, Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH, JICA

図 3.3.3 土石流対策における河床勾配別対策分類図

(c) 計画土砂量等

水系砂防計画における土砂処理計画を策定するために必要な計画土砂量として、

- 計画生産土砂量、
- 計画流出土砂量、
- 計画許容流出土砂量

を定めるものとする。

解説：

計画生産土砂量とは、山腹及び溪岸における新規崩壊土砂量、既崩壊拡大見込み土砂量、既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するもの及び溪床等に堆積している土砂量のうち2次浸食を受けるものをいい、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等を基に定める。

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち、土石流又は計画規模の降雨による流水の掃流力等により、運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節能力等を考慮して定める。なお、掃流力の算出に際しては、山地河川の

流出特性を考慮した流出計算により算出した流水の流量を用いることが望ましい。

計画許容流出土砂量とは、計画基準点等から下流河川、海岸に対して無害であり、且つ必要な土砂として流送されるべき土砂量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して、河道の現況及び河道計画等を踏まえ定める。なお、土砂移動に係わる問題が顕在化している水系等にあっては、計画許容流出土砂量は総合的な土砂管理等に配慮し定める必要がある。

これら計画生産土砂量、計画流出土砂量、計画許容流出土砂量は、土砂移動の対象とする時間的変化に応じ、土砂の量及び質（粒径）で表現される事が望ましい。その場合、計画生産土砂量については、土砂の量及び質（粒径）に加えて、土砂生産の携帯、清算される場所、発生タイミングを想定して設定するように努める必要がある。

#### (d) 土砂処理計画

土砂処理計画は、計画基準点等において、土砂処理の対象となる、計画流出土砂量から計画許容流出土砂量を差し引いた土砂量について、合理的かつ効果的に処理するために策定するものである。

土砂処理計画は、

- 土砂生産抑制計画 及び
- 土砂流送制御計画

からなり、これらの計画はいずれも相互に関連するものである。

解説：

土砂処理計画の策定に当たり、当該計画基準点（あるいは補助基準点）において、次式を満たす土砂生産抑制計画に必要な計画生産抑制土砂量と、土砂流送制御計画に必要な計画流出抑制土砂量及び計画流出調節土砂量を定める。

$$E = (Q + A - B)(1 - \alpha) - C - D$$

E: 計画許容流出土砂量 (m<sup>3</sup>)

Q: 当該計画基準点（あるいは補助基準点）の直上流の補助基準点における計画流出土砂量(m<sup>3</sup>)

A: 計画生産土砂量(m<sup>3</sup>)

B: 計画生産抑制土砂量(m<sup>3</sup>)

$\alpha$ : 計画基準点（あるいは補助基準点）から下流に流出しない河道調節される土砂量の

( $Q + A - B$ )に対する割合

C: 計画流出抑制土砂量(m<sup>3</sup>)

D: 計画流出調節土砂量(m<sup>3</sup>)

なお、 $\alpha$ については、流域の状況等を踏まえ定める。

(e) 土砂生産抑制計画

土砂生産抑制計画は、降雨等による山腹の崩壊、地すべり、溪床・溪岸の侵食等を砂防設備で抑制することによって、土砂生産域の荒廃を復旧するとともに、新規荒廃の発生を防止し、有害な土砂の生産を抑制するための計画である。

計画の策定に当たっては、土砂生産域の状況、土砂の生産形態、土砂の流出形態、保全対象等を考慮し、計画生産抑制土砂量を山腹工、砂防えん堤等に合理的に配分するものとする。

(f) 土砂流送制御計画

土砂流送制御計画は、捕捉・調節機能等を有する砂防設備によって有害な土砂の流出を制御し、無害であり、かつ下流が必要としている土砂を安全に流下させるための計画である。

計画の策定に当たっては、土砂の流出形態、土砂量・粒径、保全対象、地形、河床勾配、河道等の現況等を考慮して、計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量を砂防えん堤等に合理的に配分するものとする。

(2) 土石流対策に関する基本事項

土石流対策計画は、土石流による災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

解説：

土石流とは、山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象を言う。

土石流によって発生する災害は、土石流の直撃による災害と土石流の後続流等が氾濫することによる災害とに分けられる。

土石流の直撃による災害とは、先端部に集中して流下する巨礫等が直接人家等に衝突し発生する災害を言う。

土石流の後続流等が氾濫することによる災害とは、土石流等の先頭部が堆積した後、後続流流が流下する際、周辺域へと氾濫する事により浸水被害等が生じる災害を言う。

上記の災害種概念を図示すると下図の通りとなる。

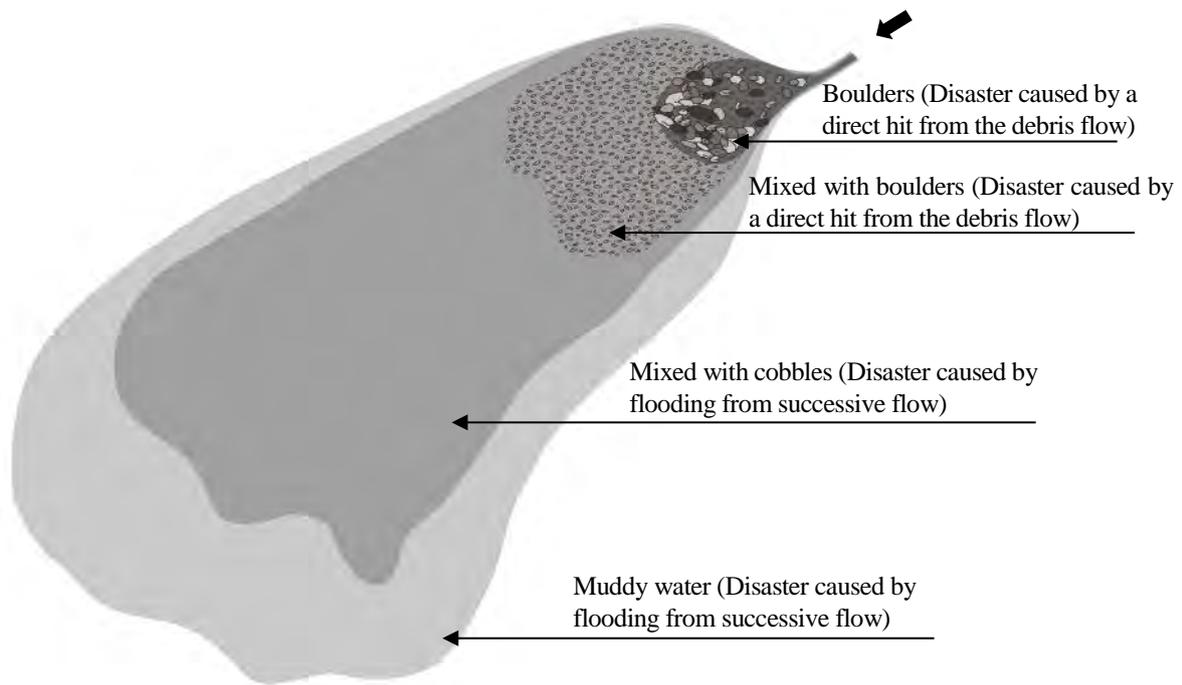


図 3.3.4 土石流氾濫の概念図

(a) 土石流の計画規模

土石流対策計画における計画規模は、流域の特性、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般に土石流による流出土砂量あるいは対象降雨の降雨量の年超過確率で評価して定めるものとする。

(b) 計画基準点等

計画基準点は、土石流対策計画で扱う土砂量等を決定する地点である。よって、計画基準点は、一般に保全対象の上流等に設けるものとする。なお、土砂の移動形態が変わる地点等の土砂移動の状況を把握する必要がある場合には、補助基準点を設けるものとする。

解説：

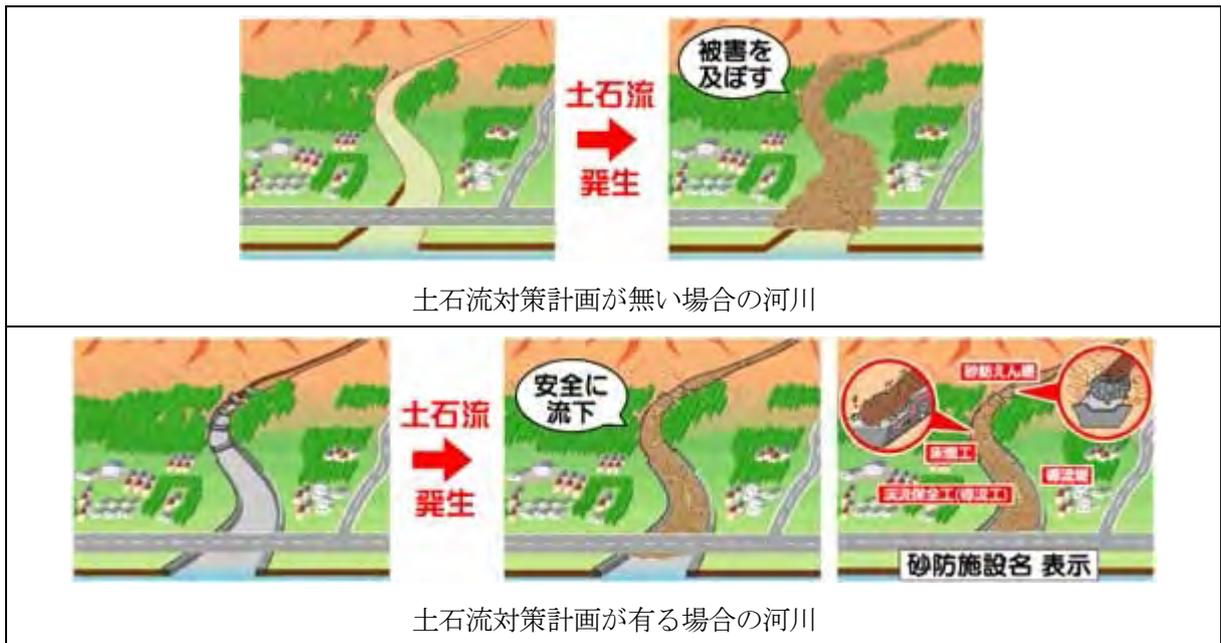
3.3.1 項(1)(b)で述べているように、平均溪床勾配が 1/30 となる地点が土石流対策計画での基準点とするのが一般的である。

### (c) 対策の基本

土石流対策計画は、土石流による災害の防止・軽減を目的として、土石流の発生の抑制や流出の制御を行うための砂防設備等の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

解説：

土石流対策計画の策定による構造物対策実施の効果は以下の図に示す通りである。



出典：国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所

<http://www.qsr.mlit.go.jp/osumi/contents/jigyosand/prevention/equipment.html>

図 3.3.5 土石流対策の効果例

### (3) 流木対策に関する基本事項

流木対策計画は、土砂の生産、流出に伴い、流木の発生・流出が予想される流域を対象に、土砂とともに流出する流木による災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

#### (a) 流木対策の計画規模

流木対策計画における計画規模は、流域の特性等を踏まえ、計画基準点等に流出する流木量等を考慮して総合的に定めるものとする。

## (b) 計画基準点等

計画基準点等は、一般に保全対象のある地域の上流に設けるものとし、水系砂防計画、土石流対策計画等の計画基準点等と同一となるように設けるものとする。

解説：

3.3.1 項(1)(b)で述べているように、平均溪床勾配が 1/30 となる地点が土石流対策計画での基準点であり、砂防計画の一般的基準点位置は平均河床勾配が 1/100 の地点または、防御地区の上流端である。

## (c) 対策の基本

流木対策計画は、水系砂防計画、土石流対策計画等において定めた計画土砂量等を踏まえ、土砂処理計画と整合を図り、砂防設備等を適切に配置し、合理的かつ効果的に処理するよう計画するものとする。

## (4) 火山砂防計画に関する基本事項

火山砂防計画は、火山砂防地域において降雨及び火山活動に起因して発生する土砂災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

### (a) 対象とする現象等

火山砂防計画で対象とする土砂移動現象は、火山砂防地域において、降雨等により発生する土石流等及び火山活動に起因して発生する火山泥流とし、必要に応じ溶岩流等も対象とする。

計画で対象とする土砂移動現象の規模は、火山砂防地域の自然・社会的特性、火山活動と既往の災害、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

また、計画基準点等については、本節 3.3.1 項「(1) 水系砂防」(b) に準じて定めるものとする。

**(b) 対策の基本**

火山砂防計画は、火山砂防地域において、降雨等により発生する土石流等及び火山泥流を対象とし、砂防設備等の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。この場合、本節 3.3.1 項「(1) 水系砂防」(c)計画土砂量に準じて定めるものとする。

なお、火山の活動履歴等を考慮し、必要と判断される場合は、噴火時の溶岩流等を対象とした計画を策定するものとする。

**(5) 天然ダム等移譲土砂災害に関する基本事項**

天然ダム等異常土砂災害対策計画は、天然ダムの決壊等による土砂災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

**(a) 対象とする現象等**

天然ダム等異常土砂災害対策計画で対象とする現象は、降雨や地震等により発生した崩壊に伴い、河道が閉塞して形成された天然ダムによって引き起こされる天然ダム上流域の保全対象の水没や天然ダムの決壊による大規模な土石流、地震等による大規模な崩壊に伴い発生する土石流等である。

計画で対象とする土砂移動現象の規模は、天然ダムの決壊により下流へ流出する土石流の現象等を総合的に考慮して定めるものとする。

また、計画基準点等については、本節 3.3.1 項「(1) 水系砂防」(b)計画基準点等に準じて定めるものとする。

**(b) 対策の基本**

天然ダム等異常土砂災害対策計画は、天然ダム等異常土砂災害による被害を防止・軽減するため、天然ダムの湛水を抜くための排水路をはじめとする砂防設備等の整備によるハード対策と災害拡大予想区域の設定、天然ダムの監視等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

### 3.3.2 地すべり防止計画

地すべり防止計画は、地すべりによる災害から、国民の生命、財産及び公共施設等を守ることを目的として策定するものとする。

#### (1) 地すべり防止に関する基本事項

地すべり防止計画で対象とする現象は、一定範囲の土地が地下水等に起因してすべる現象又はこれに伴って移動する現象とする。

計画の対象とする規模は、地すべりの現象、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

#### (2) 対策の基本

地すべり防止計画は、地すべり防止施設の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

解説：

地すべり防止計画に基づく、ハード対策の概要は、以下の図に示す通りである。



特定非営利活動法人 土砂災害防止広報センター  
NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center (SPC)

図 3.3.6 地すべり対策の基本的方策

### 3.3.3 急傾斜地崩壊対策計画

急傾斜地崩壊対策計画は、急傾斜地の崩壊による災害から、国民の生命及び身体を保護することを目的として策定するものとする。

#### (1) 急傾斜地崩壊対策に関する基本事項

急傾斜地崩壊対策計画で対象とする現象は、急傾斜地において、降雨又は地震等の自然現象を誘因として発生する崩壊とする。

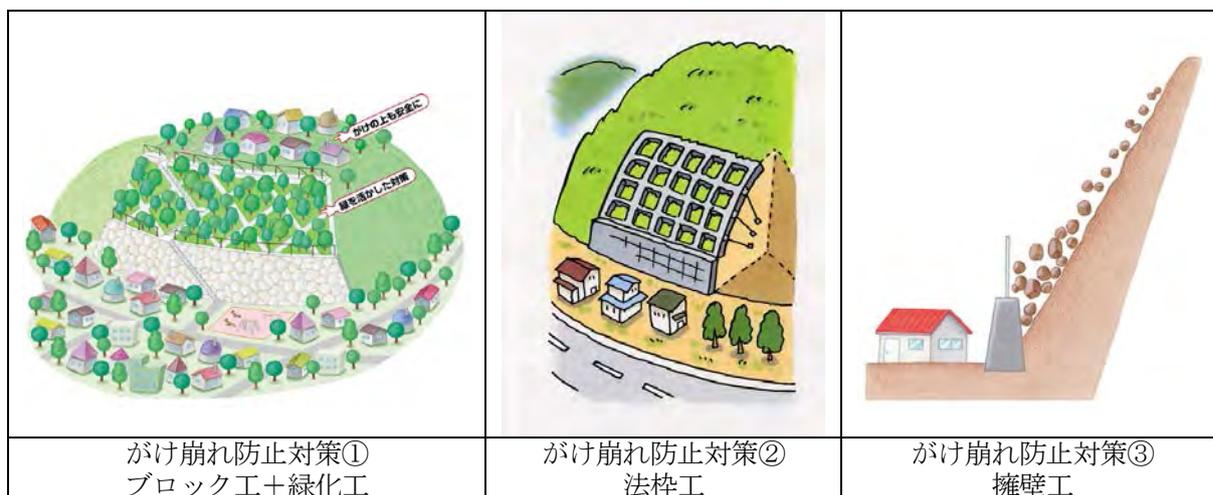
計画で対象とする規模は、急傾斜地において想定される崩壊の現象、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

#### (2) 対策の基本

急傾斜地崩壊対策計画は、急傾斜地崩壊防止施設の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

解説：

急傾斜地崩壊対策は以下の図に示す3つが基本である。



特定非営利活動法人 土砂災害防止広報センター  
NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center (SPC)

図 3.3.7 急傾斜地崩壊対策の基本的方策

### 3.3.4 雪崩対策計画

雪崩対策計画は、雪崩による災害から、国民の生命及び身体を保護することを目的として策定するものとする。

#### (1) 雪崩対策に関する基本事項

雪崩対策計画で対象とする現象は、表層、全層等の雪崩及び斜面上の積雪移動現象（クリープ、グライド）とする。

計画で対象とする規模は、想定される雪崩の現象、保全対象の重要度、事業の緊急性、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

#### (2) 対策の基本

雪崩対策計画は、雪崩防止施設の整備によるハード対策と警戒避難体制の整備等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

### 3.3.5 総合土砂災害対策計画

総合土砂災害対策計画は、流域等における土砂の生産及び流出による災害、地すべりによる災害、急傾斜地の崩壊による災害等が輻輳して発生する土砂災害の防止・軽減を図るため、ハード対策とソフト対策を組み合わせ策定するものとする。

#### (1) 総合土砂災害対策に関する基本事項

総合土砂災害対策計画は、地域の特性・土地利用状況等を踏まえ、計画の対象とする現象、規模、範囲等を設定し、施設整備等によるハード対策と警戒避難体制の整備、土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

## (2) 都市山麓グリーンベルト整備計画

### (a) 都市山麓グリーンベルト整備構想

都市山麓グリーンベルトとは、土砂災害の発生の恐れがある都市山麓の市街地周辺地域において、土砂災害の防止・軽減、良好な都市環境や風致・景観の形成、生態系の保全・育成等を目的として、市街地周辺に隣接する山腹斜面・溪流部及び山麓部の斜面を形成する一連の樹林に着目し設定される斜面緑地帯である。

都市山麓グリーンベルトにおける基本構想とは、当該主旨を踏まえ、市町村が主体となり、関係機関との連携、各種法令による土地利用規制等との調整を図り、都市山麓グリーンベルトの構想に従った整備の目標や対策の考え方等について総合的に定めたものであり、緑を活かした広域的な防災空間マスタープランとしての役割を担うものである。

解説：

日本では、土砂災害から守られるべき都市（住宅地）の上流において、土砂災害の発生確率を減らすための整備を「都市山麓グリーンベルト」事業として実施している。本事業の概要は以下の図に示す通りである。



出典：国土交通省

[http://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/yosan/gaiyou/yosan/h14budget/010829p25.html](http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/yosan/gaiyou/yosan/h14budget/010829p25.html)

図 3.3.8 都市山麓グリーンベルト整備の基本的構想

## (b) 都市山麓グリーンベルト整備計画

都市山麓グリーンベルト整備計画は、都市山麓グリーンベルトの基本構想を踏まえ、土砂災害に強い地域づくりを行うために、地域計画等と整合を図り、樹林の持つ様々な機能や効果を活かすとともに、砂防設備、地すべり防止施設、急傾斜地崩壊防止施設等の整備による対策と土地利用規制等によるソフト対策を適切に組み合わせ、総合的な対策となるように計画するものとする。

## (c) 都市山麓グリーンベルト整備計画の基本

都市山麓グリーンベルト整備計画は、樹林が有する表面侵食などによる土砂生産や土砂流出の抑制等の機能の維持・増進を図るために行う樹林の保全・育成、樹林構造の改善等を実施するとともに、砂防設備等による対策等を一体的に実施することによって、面的な防災空間の創出と保全が図られるように計画するものとする。特に、都市山麓グリーンベルト整備計画では、無秩序な市街化の防止を図り、当該地域の安全を確保するために、他事業や各種法令に基づく土地利用規制等と連携を図ることが重要である。

また、計画の策定に当たっては、良好な都市環境や風致・景観の形成、生態系の保全、健全なレクリエーションの場の提供等に十分配慮するものとする。

解説：



国土交通省

[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/05/050331\\_3/05.pdf](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/05/050331_3/05.pdf)

図 3.3.9 都市山麓グリーンベルト整備の対策位置

### 3.3.6 自然環境等への配慮

砂防基本計画，地すべり防止計画，急傾斜地崩壊対策計画，雪崩対策計画及び総合土砂災害対策計画の策定に当たっては，計画区域及びその周辺における自然環境・景観等に十分配慮するものとする。

## 3.4 海岸保全計画

海岸保全計画は，海岸の有する機能を保全・復元・増進することにより，海岸防護，海岸環境の整備と保全及び公衆の海岸の適正な利用の確保を図り，これらが調和した海岸空間を創出することを目的に策定するものとする。

本節は，海岸防護に関する基本的事項，海岸環境の整備と保全の基本的事項及び海岸利用に関する基本的事項から構成されており，海岸保全計画の策定に当たって，それぞれの観点から検討すべき基本的な事項を示したものである。

海岸保全計画においては，これらを総合的に取り扱うものとする。

## 第4章 洪水氾濫リスク削減方策の基本

### 4.1 河道並びに河川構造物

洪水氾濫リスクを削減するためには、以下の箇条書きに示す対策が基本となる。

- 河道改修（河道計画）
  - 河道拡幅
  - 堤防建設（連続堤・輪中堤）
  - 河床掘削・浚渫
- 捷水路及び放水路
- 貯水池（ダム）
- 遊水地等

また、上述した方策を適正・安全に運用するためには、以下の河川構造物が必要である。

- 堰、水門、樋門
- 堤防、護岸
- 水制
- 床止め、及び
- その他河川管理に関連する構造物（橋梁等）

以下に上述の洪水氾濫リスク削減方策と河川構造物を計画・設計する場合の基本を示す。

#### 4.1.1 河道計画

##### (1) 河道計画策定の基本

河道は、計画高水流量以下の流量を安全に流下させるとともに河川環境の整備と保全を考慮し計画するものとする。また、計画策定に当たっては河岸に沿う地域の土地利用の状況等についても配慮するとともに、総合的な土砂管理についても必要に応じて配慮するものとする。

解説：

河道計画は、本来ならば流下する地域の気候及び地形・地質等の条件を主要な変数として考慮するべきであり、さらに、流域の気候及び地形・地質等の条件が同じならば、以下の基本式が成り立つはずである。

$$Y_i = f_i(Q_m, d_R, l_b)$$

ここに、

Y<sub>i</sub>: 河道特性の諸構成要素

Q<sub>m</sub>: 平均年最大流量 (m<sup>3</sup>/s)

dR: 河床材料の代表粒径 (m または mm)

Ib: 河床勾配

である。

さらに、上述の式が成り立つ場合の同一区間、つまり河床勾配が同一で似たような特徴を持つ区間ごとに河道を区分することを“セグメント区分”といい、区分された各区間を“セグメント”と呼ぶ。日本では、各セグメントを以下のように関係づけている。各セグメントでは河道の状況が異なるため、詳細な部分で河道計画と河川構造物の設計が本来は異なるはずである。

特徴項目	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	← 山間地 →	← 扇状地 →			
		← 谷底平野 →			
			← 自然堤防帯 →		
				← デルタ →	
河床材料の代表粒径dR	さまざま	2cm以上	3cm~ 1cm	3cm~ 0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物。		シルト・粘土
勾配(目安)	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5 000		1/5 000 ~ 水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは8字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。
河岸浸食程度	非常に激しい	非常に激しい	中程度。河床材料が大きい方が水路は良く動く。		弱い。殆ど水路の位置は動かない。
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m		3~8m

図 4.1.1 各セグメントとその特徴 (日本の河川)

ペルーでも上図と同じような傾向はあるが、よりペルーの河川に合わせたセグメント分けをすることにより、各セグメントでの適切な河道計画と河川構造物の設計に資する資料となるため、更新が必要である。



図 4.1.2 河川改修事例

## (2) 河道計画の策定基準

河道計画の策定に当たっては、現況河道の課題、周辺地域の状況、地域の自然環境、社会環境及びそれらの歴史的な変遷を踏まえて、次の手順によって具体的な検討を進めるものとする。

1. 計画高水位を設定する。
2. 改修を必要とする理由に応じ計画区間を設定する。
3. 計画の法線、河道の縦断形・横断形について複数の検討ケースを設定する。
4. 河川構造物などの案を設定する。
5. 治水・利水・環境への効果及び影響について総合的に評価を行う。

総合的な評価をもとに、必要に応じて計画全体が均整のとれた計画となるまで必要な修正を繰り返すものとする。

## (3) 計画高水位

### (a) 計画高水位設定の基本

計画高水位が定められている河川で河道計画の見直しを行う場合には、原則として既往の計画高水位を上回らないよう定めるものとする。やむを得ず部分的に計画高水位を上げることが必要となる場合においても、その範囲はできるだけ小さくするものとし、できるかぎり既往洪水の最高水位以下にとどめることが望ましい。

捷水路及び放水路などの新川の整備のように過去に計画高水位の定められていない河川や全面的な河川改修を行う河川で新たに計画高水位を定める場合には、接続する河川の計画高水位や地域の特性等を考慮しつつ、沿川の地盤高を上回る高さが極力小さくなるよう計画高水位を定めるものとする。特に、計画の規模の小さい河川で、下流河道の条件を考慮しても十分に水面勾配がとれる場合には、計画高水位を地盤高程度に設定するものとする。

**(b) 本川背水区間内における支川の計画高水位**

本川の背水区間内の支川の計画高水位は、次の水位のいずれか高いほうを基準にして定める。

1. 本川が計画高水位であって支川は本川のピーク流量に対応する合流量が流下する場合に、背水計算によって求められる水位
2. 支川から計画高水流量が合流するときの本川流量に対応する本川水位を出発水位として背水計算によって求められる水位

ただし、本川の計画高水流量に対して支川のその比が比較的小さいような場合には、2. の水位に代えて支川の計画高水流量に対応して等流計算によって求められる水位とすることができる。

**(c) 河口部の計画高水位**

河口部の計画高水位の設定は、河口付近の河川・海域の水理・気象特性を把握し、河口及び河口付近の河道特性並びに河口処理の方策を考慮して定めるものとする。

**(4) 河道の平面形、縦横断形**

**(a) 河道の平面形の基本**

改修を必要とする計画区間において、現河道の平面形を中心にして、治水・利水・環境についての目指すべき方向性を踏まえ平面形の設定を行うものとする。放水路、捷水路を計画する場合には、環境への影響等を検討し、適切な河道平面形とするものとする。

**(b) 堤防法線**

堤防の法線（掘込河道等の区間を含む）は、計画高水流量、沿川の土地利用状況、自然環境、洪水時の流況、現況の河道、将来の河道の維持、経済性等を総合的に勘案し、必要な川幅の確保を基本として設定するものとする。

解説：

堤防は、基本的には、地域全体を均一に洪水から防御するために左右岸同一の高さを持つ連続した堤防の建設を標準とする。

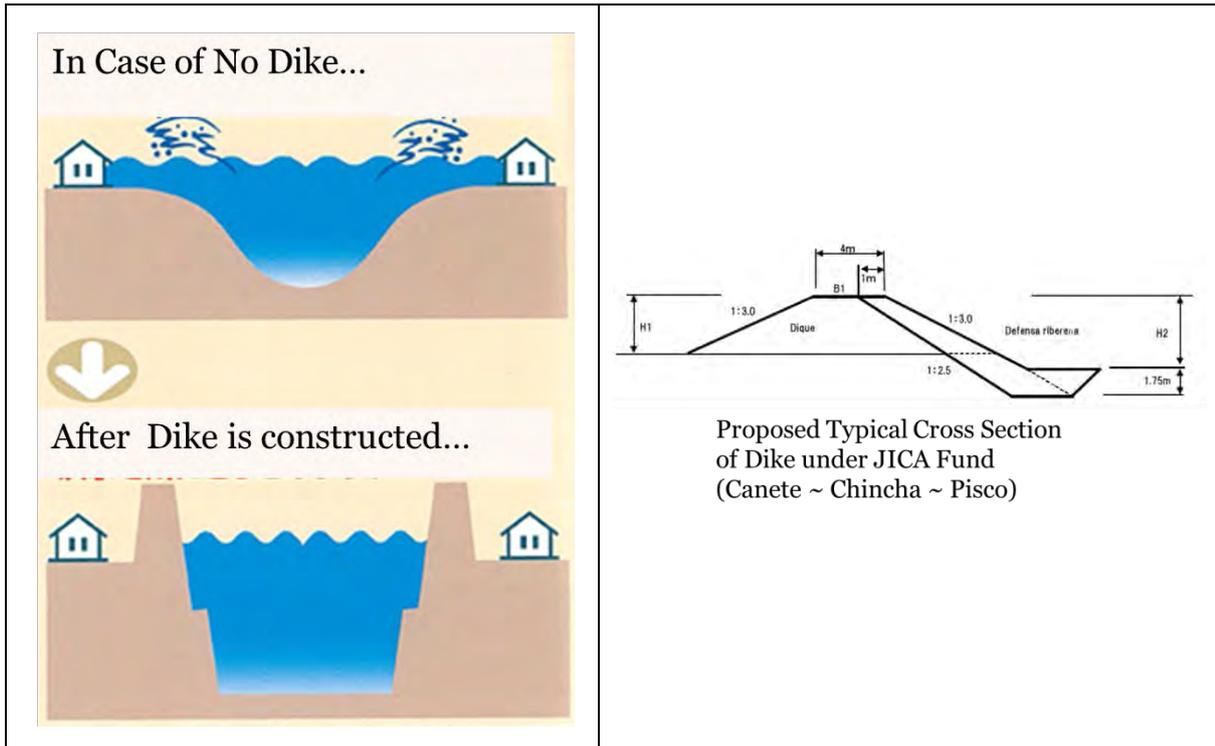
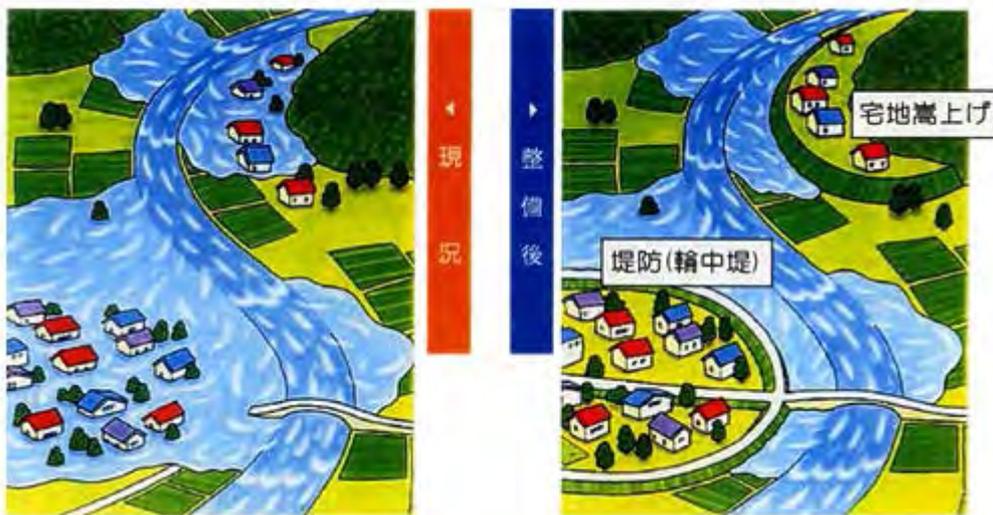


図 4.1.3 堤防の役割と Canete-Chincha-Pisco 川の計画堤防標準断面図

しかしながら、河川沿いに農地や住宅地といった洪水から防御する地域と、森林・湿地・砂漠等洪水から守る必要の無い地域が近接して位置している場合、河道を連続する堤防で囲む必要のない地域がある。このような場合、河道沿いに連続して建設すると事業の経済性が低くなる。従って、資産を有する地域のみを洪水から守る「輪中堤」方式の堤防法線を計画することがある。また、堤防を建設せずに住宅地や農地の地盤面を河川の洪水位より嵩上げすることもある。



出典：宮崎県延岡市 (<http://www.city.nobeoka.miyazaki.jp/contents/toshi/kenchiku/kikenkuiki/>)

図 4.1.4 輪中堤及び地盤嵩上げによる洪水被害軽減対策の概念

(c) 支川の合流点形状

支川の合流点の形状は、合流点の流況と洗掘・堆積状況を踏まえ、原則として本川になめらかに合流する形状とするものとする。ただし、支川の計画高水流量が本川に比して極めて小さく、本川に対する合流の影響が小さい場合にはこの限りではない。また、合流部の縦断形状の設定に当たっては、水生生物の自由な移動にも配慮するものとする。

(d) 河道の縦断形状

河道の縦断形は、堤防法線及び河道の横断形と関連させて堤内地盤高、河川環境、河床の安定、経済性等を考慮して定めるが、一般には現況河道の縦断形を重視して定めるものとする。一般の河川では河床勾配が上流から下流に向かって急から緩となるように変化させるが、地下水水位、用水の取水水位、既設の重要構造物の敷高などにも配慮するものとする。

解説：

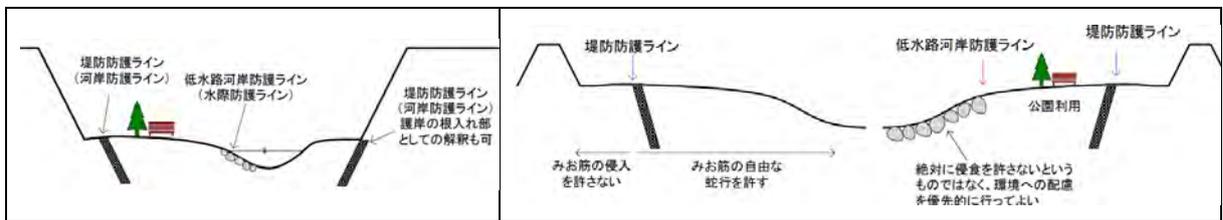
計画の川幅を狭めるために無理な河床の掘削等を行う計画は、河道が安定せず、堤内地の安定にも悪影響を及ぼすため、出来得る限り、現況河道の縦断形を重視することが望ましい。

(e) 河道の横断形状

河道の横断形は、河道の縦断形、地形、地質、動植物の生息・生育環境等を含む河川環境、沿川の土地利用状況等を勘案し、また長期的、局所的な河床変動を十分に考慮して定める。低水路のある場合には堤防防護のために必要となる低水路河岸位置（堤防防護ライン）や必要に応じて高水敷利用等のために必要となる低水路河岸位置（低水路河岸管理ライン）を基にして計画上の低水路河岸の位置を定めるものとする。

解説：

堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインの概念は以下の図に示す通りである。



出典：山梨県治水課 <https://www.pref.yamanashi.jp/chisui/documents/5syou.pdf>

図 4.1.5 堤防防護ラインと低水路河岸管理ラインの概念

(f) 低水路の水路幅及び高水敷の高さ

低水路の水路幅及び高水敷の高さは、河道の維持、高水敷の冠水頻度、利用、動植物の生息・生育環境等を考慮して定める。

解説：

河道は、常時の流量と洪水時の流量が大きく違うため、

- 必要河川幅；
- 水位；
- 流速；
- 流送されてくる河床材料；

等が違ってくるため、管理が難しい（流況係数が大きい）。この常時と洪水時の管理をできるだけ安定させるためには、複断面とする事が望ましい。日本の主要な河川の下流区間は殆どが複断面形状を採用している。

しかしながら、ペルー国における太平洋流域の河川や山岳部の急流河川は通常は単断面河川であることが多い。扇状地より上流の河川の断面形は、河川の上流の状況（流送土砂の状況）等を確認し決定する必要がある。

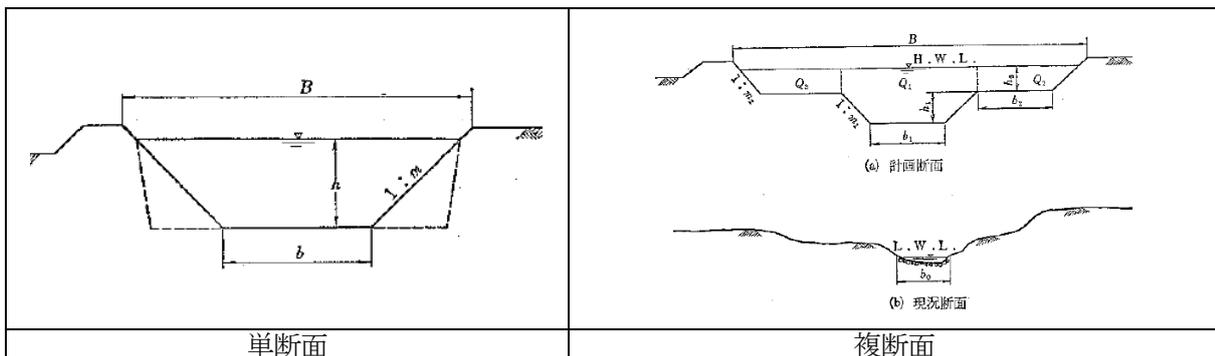


図 4.1.6 河道の断面形状

(g) 堤防に沿って設置する樹林帯

堤防に沿って設置する樹林帯は、破堤・氾濫により著しい被害を生ずるおそれのある区間に、必要に応じて設置する。

解説：

Canete、Chincha 及び Pisco 川の洪水対策計画を策定した「溪谷村落洪水対策事業準備調査」においても、堤防を越える超過洪水時に保全地区の被害を軽減する目的で堤防沿いに植林帯が計画されている。以下に、「溪谷村落洪水対策事業準備調査」において提案されている樹林帯の計画断面図を示す。



出典：「溪谷村落洪水対策事業準備調査」最終主報告書「Figura 4.3.2.1-1 Diagrama Conceptual」

図 4.1.7 樹林帯断面図

## (5) 河道の維持管理

目標とする河道流下断面を確保するため、定期的又は出水後に行う縦横断測量あるいは点検等の結果を踏まえ、流下能力の変化、施設の安全性に影響を及ぼすような河床の変化、樹木の繁茂状況を把握し、河川管理上の支障となる場合は適切な処置を講じるものとする。

解説：

河道は水と土砂、植生の相互作用で形成されており、そもそも自然河川は安定しているものではなく、出水等により比較的容易に変化するため、河川の河床変動の特性や、河床掘削等に伴う河川の応答特性等を十分に考慮しながら、河道計画の内容を踏まえて河川維持管理として河道流下断面をどのように確保するか検討することが重要である。

河道計画では、河川改修の経済性だけでなく、改修後の河川維持管理を含めた総合的な経済性から見て妥当な流下断面としていくことが重要である。また、維持管理での対策は、目先の対処療法とならないよう、河道変化の原因を十分に考慮して、当該河道区間の河道特性に適した方法とすることを基本とする。

### ➤ 河道の堆積土砂対策について

出水等に起因し、土砂堆積による洪水流下の障害、砂州の一方的な発達による堤防前面の河岸洗掘等、河道の土砂堆積により治水上の支障を生じる場合がある。このため、定期的又は出水後の縦横断測量結果により、変動の状況及び傾向を把握し、一連区間の河道流下断面を確保するよう、河川環境の保全に留意しながら河床掘削等の適切な対策を行うことを基本とする。

また、勾配の急変箇所等、河床の上昇が生じやすいと想定される箇所をあらかじめ把握し、重点的に監視しつつ、予期せぬ河床変動も起こり得ることに留意し、河床変化の調査を積み重ねて河道計画等に反映していくことが望ましい。

### ➤ 河床低下・洗掘対策について

上流域からの土砂流出の変化等に伴い、護岸や構造物基礎周辺の河床が低下すると災

害の原因となるので、早期発見に努めるとともに、河川管理上の支障となる場合には適切な対策を行うものとする。

河床低下には河道の全体的な低下と局所的な洗掘があり、それぞれ対策の考え方や工法が変わるので留意する必要がある。河床が全体的に低下したために基礎が露出した護岸では、根固工の追加的な対策では不十分な場合がある。また、沖積堆積層が侵食されて土丹層等の洪積層が露出すると従来の対策が効果を持たない場合もある。それらのような場合には河道計画の見直しについての検討が必要である。

## (6) 河口部の計画

河口部の計画に当たっては、河川及び海の両方の条件を十分考慮し、以下の事項に留意した上で縦断形、横断形等を慎重に決定するものとする。

1. 計画高水流量の処理に十分なものであり、必要に応じて高潮・津波に十分対応できるものであること。
2. 将来の維持が容易なものであること。
3. 低水時において河口付近の利水に支障を与えないものであること。
4. 河口部の自然環境を十分に考慮したものであること。

### 4.1.2 捷水路及び放水路

#### (1) 捷水路及び放水路の計画

捷水路（あるいはショート・カット）とは、著しく屈曲した河道を、新川の整備により短絡する水路をいう。

放水路（あるいは分水路）とは、洪水の一部又は全部を河川の途中から分岐して、直接海、ほかの河川あるいは元の本川等に放流する水路をいう。

捷水路及び放水路などの新川の設定に当たっては、洪水の安全な流下を図るとともに、新川及び周辺の環境、現在及び将来の社会環境、周辺の地下水位、地下水の水質、用排水路系統、堤内地の内水対策、新川の整備後の河道維持等を考慮するとともに、放流先水域の環境への影響や分流元河川の環境への影響についても検討し、適切な計画を策定するものとする。

解説：

日本における捷水路の建設事例を以下に示す。

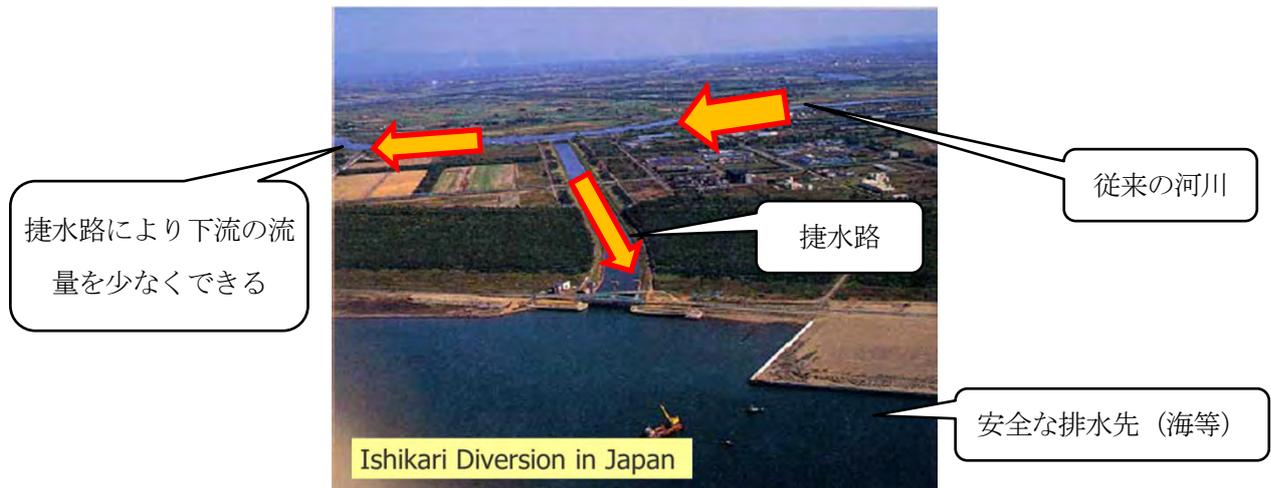


図 4.1.8 日本の捷水路建設事例

## (2) トンネル構造による河川

### (a) 計画の基本

トンネル構造による河川は、地形の状況、そのほか特別の理由によりやむを得ない場合に限り設けるものとし、ルートは、地形・地質条件、地上の利用条件、地下埋設物等の調査を行って決定するものとする。なお、線形は著しい屈曲を避けるよう定めるものとする。また、特にやむを得ない場合を除き現状河道は確保するものとする。

### (b) 断面及び縦断形状

トンネルの断面は、設計流量の流下に必要な断面積のほか、原則として十分な空面積を確保するものとする。

さらに、トンネルの縦断勾配は、洪水処理機能の確保、水理的な安定性、維持管理上の観点から適切な勾配を決めるものとする。

### 4.1.3 貯水池（ダム）

#### (1) ダムの洪水調節計画

##### (a) ダムの計画高水流量

ダムの計画高水流量は、第3章 3.1.4項で決定された基本高水に対応するダム地点のハイドログラフ、及びダム地点を計画基準点としている場合はダム地点におけるハイドログラフのピーク流量、洪水調節容量について検討し、合理的に決定するものとする。

##### (b) 洪水調節方式

ダムによる洪水調節方式は、下流計画基準点に対し目標とする洪水調節効果を確実に挙げる方式の中から、洪水流出の特性、調節効率、操作の確実性、維持管理の容易性等を考慮して決定するものとする。

解説：

ダムによる洪水調節の方式には以下のものがある。

##### 1. 一定率放流方式

洪水調節開始流量以上の流入量に対し、ピーク流量に達する流量までは流入量の一定割合を、ピーク流量に達した流量以降は一定量を放流する調節方式で、中小洪水にも大きな調節考課が期待できる。一般に、ダム下流の洪水量が下流計画基準点の洪水量の大部分を占めるような河川、河道の整備があまり進んでいない河川等に適する。

##### 2. 一定量放流方式

洪水波形等にかかわらず一定量の放流を行う、いわゆるピークカット方式であって、一般に河道の整備が進んだ河川では高い調節効果を発揮できる。中小洪水には相対的に調節効果は小さい。

##### 3. 自然調節方式

洪水調節ゲートを有さないか、若しくはゲートがあっても一定開度保持等により調節操作を行わない方式ある。必要な洪水調節容量は大きい、人為的操作がないため、管理が容易な方式であり、一般に、流出の速い小流域のダムを中心に用いられている。

##### 4. 不定率調節方式

下流域からの流出との間に時間差があり、洪水の前半部あるいは後半部において特に調節を要する場合や最大流量付近を特に貯留する必要のある場合に採用される。

### (c) 洪水調節容量

洪水調節のための貯水容量（洪水調節容量）は、洪水調節計画で対象とするハイドログラフ及び調節方式から設定するものとする。この場合、原則として2割程度の余裕を見込むものとする。

### (2) 流入土砂対策に関する計画

貯水池の機能保持、総合的な土砂管理及び河川環境等の整備と保全を図るため、必要に応じて流入土砂対策に関する計画を策定するものとする。

解説：

河川環境に与える影響についても十分に検討しつつ、ライフサイクルコストを考慮した流入土砂対策に関する計画を策定する必要がある。

主な対策は以下の通り：

- 貯水池への流入土砂の抑制（貯水池直上流の貯砂ダムの設置、貯水池周辺の法面对策等）
- 貯水池内土砂の浚渫・掘削
- 排砂管・排砂ゲート、排砂バイパス等の設置

### (3) 貯水池周辺の地すべり防止計画

貯水池内又は貯水池に近接する土地において、流水の貯留に起因する地すべりを防止するため、必要がある場合には、適当な地すべり防止工を計画するものとする。

### (4) 貯水池周辺の漏水防止計画

貯水池に近接する土地において、流水の貯留に起因する貯水池からの漏水に対し、貯水池の機能を保持することを目的として、必要に応じて貯水池周辺の漏水防止工を計画するものとする。

### (5) 管理用水力発電計画

ダム管理の合理化及びダムの包蔵する水力エネルギーの適正利用を図るために、管理用水力発電施設の設置を検討するものとする。

## (6) 環境に関する検討事項

ダムを計画するに当たっては、水・土壌等の環境、動植物の良好な生息・生育環境、人と河川との豊かな触れ合い、環境への負荷の視点から環境への影響を十分に考慮するものとする。

特に、ダム建設後の流況の変化等による下流河川の環境への影響等を十分勘案する必要がある。

また、流域の自然環境及び社会環境を踏まえ、環境への影響を極力、回避・低減するとともに、新たな環境の創出についても考慮するものとする。

### 4.1.4 遊水地等

遊水地とは、平地部において、洪水の一部を貯留して主として下流のピーク流量を低減させるために設けられるもののほか、主として内水処理や支川処理の一環として設けられるものもある。遊水地等の計画に当たっては、地形、土地利用の状況、地下水位、河川の状況、自然環境、流量調節条件、越流頻度、経済性、維持管理などを考慮するものとする。

解説：

遊水地等の型式としては、自然の地形を利用し、周囲堤、圍繞堤、越流堤などで囲む型式や土地を掘り込んで貯留機能を確保する型式、または地下空間に貯留機能を確保する型式等がある。

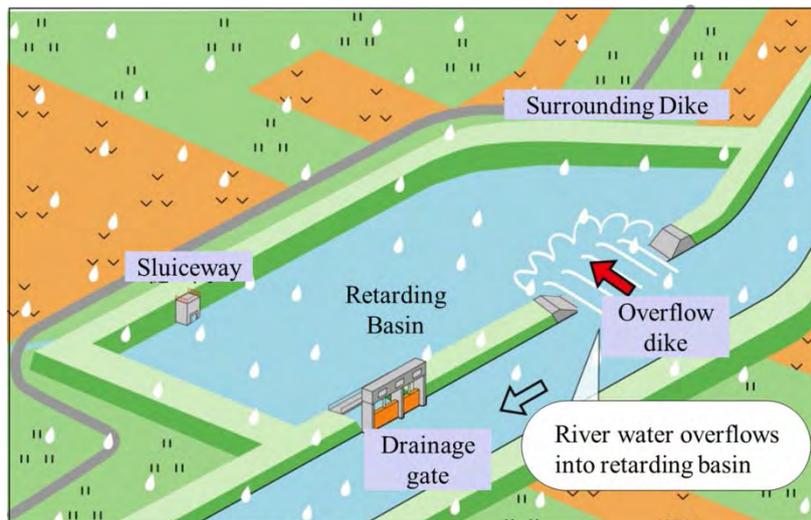


図 4.1.9 遊水地による洪水低減の概念図

## (1) 遊水地の位置の選定

遊水地等は、洪水防御の対象地域に対する洪水調節効果が確実に貯水容量の確保が有利である地点に設けなければならない。

## (2) 遊水地の洪水調節計画

### (a) 調節施設の計画

遊水地等の調節施設は、調節の目的に応じた効果を確実に挙げるような十分な調節機能を有するように計画するものとする。

解説：

遊水地等調節施設の計画でまず、考慮すべき事項は以下の通りである。

1. 越流堤の高さ及び長さ
2. 越流堤付近の河道計画

### (b) 調節開始流量

調節開始流量は、調節の目的、洪水流出の特性などを考慮して、所期の効果を確実に挙げるよう決定するものとする。

## 4.1.5 堰、水門、樋門

堰・水門・樋門（以下「堰等」という。樋管を含む）の設置位置は、その設置目的に応じて選定し、治水・利水・環境面を総合的に勘案し、河道の湾曲部や河道断面の狭小な箇所、河状の不安定な箇所等はできるだけ避けるものとする。また、これらは極力統合に努め、設置箇所数を少なくするものとする。

解説：

堰は、目的・構造によって、以下のように分類できる。

表 4.1.1 堰の種類

分類手法	堰の種類
設置目的	分流堰
	潮留堰
	取水堰
構造	固定堰
	可動堰
	複合堰

水門・樋門は、河川又は水路を横断しても受けられる施設であり、堤防の機能を有しているものを

言う。

#### (1) 堰の湛水位

堰の計画湛水位は、原則として高水敷高より 50cm 以上低くするとともに、堤内地盤高以下とする。  
ただし、盛土等適切な措置を講じた場合にはこの限りではない。

#### (2) 堰の魚道

堰の建設により遡上・降下する魚類等への影響が懸念される場合には、魚道を設置するものとする。

### 4.1.6 流況調整河川計画

流況調整河川は、2 以上の河川を連絡することによって、洪水処理、河川相互の余剰流量を利用した維持流量の導水、新規利水の開発及び別途施設による開発水の導水等を行うものである。計画の策定に当たっては、新川及び周辺的环境、現在及び将来の社会環境、周辺の地下水位、地下水の水質、用排水路系統、堤内地の内水対策を考慮するとともに、導水先水域の環境への影響や導水元河川の環境への影響についても検討し、適切な計画を策定するものとする。

### 4.1.7 河道の制御施設

堤防や河岸の侵食、河床の洗掘や堆積を制御するための施設の計画に当たっては、河道の縦横断面形、河道特性、洪水流の流況、土質、河川環境などを踏まえ、長期的あるいは局所的な河床変動を十分に考慮して施設の種類、設置する法線、設置箇所及び延長等を定めるものとする。

## (1) 堤防

川幅（低水路・高水敷幅）及び堤防等は、対象とする河川区間の縦横断形や河道特性及び洪水流の流況を踏まえて、浸食・洗掘・堆積という河川の変動特性を把握し、その他、必要な各河川施設の特性を十分理解した上で、設置する施設あるいはその組み合わせ、施工箇所及び延長等について検討する必要がある。

解説：

堤防や河川を維持管理する上で必要な制御施設としては、以下の構造物が挙げられる。

- 護岸
- 水制工
- 床止め（帯工、落差工）
- その他

## (2) 護岸の計画

護岸は、高水敷やほかの構造物とともに流水による侵食作用から堤防等（掘込河道に当たっては堤内地）を保護するために設けるものである。護岸の配置に当たっては、高水敷幅等の河道の横断形、洪水時の流水状況、みお筋の変化等を十分に把握して、その必要性（設置箇所）、法線、延長を定めるものとする。また、護岸は河川環境の整備と保全とも強く関連するので、動植物の良好な生息・生育環境の保全・復元等に配慮した計画とするものとする。

解説：

堤防は一般に土砂で構築されるので、堤防を流水による浸食に対して防御するために必要に応じて護岸を設ける。

護岸設計の基本方針は第5章5.1節を参照すること。

## (3) 水制の計画

水制は、高水敷やほかの構造物とともに流水による侵食作用から堤防（掘込河道にあっては堤内地）、河岸を保護するために設ける。また、航路維持や河川環境の整備・保全等のために設けることもある。

水制の計画は、河川の平面及び縦横断形状、河道特性、河川環境等を踏まえ、動植物の生息・生育環境、景観、流下能力への影響、上下流や対岸への影響等を十分に考慮して定めるものとする。

解説：

水制の設計の基本方針は第5章5.3節を参照すること。

#### (4) 床止めの計画

床止めは、河床の安定を図るためにやむを得ない場合に設置するものであり、周辺の河岸や河川管理施設への影響、維持管理、魚類等の遡上・降下等に十分配慮して計画するものとする。

解説：

床止めの建設により遡上・降下する魚類等への影響が懸念される場合には、魚道を設置するものとする。

床止めの設計の基本方針は第5章5.4節を参照すること。

#### 4.1.8 河口処理

河口処理計画においては、河川及び海の両方の条件を十分考慮し、河口閉塞等に対して洪水を安全に流下させ、高潮による災害を防除するとともに必要に応じて河川の利用を増進させ、河口と海岸の自然のバランスを保った処理方式を決定するものとする。

河口処理方式の決定に当たっては、次のような事項を考慮して行うものとする。

1. 全体の河道計画の中で機能的、経済的にバランスのとれたものであること。
2. 舟航等に支障を与えないこと。
3. 将来の維持ができるだけ容易であること。
4. 河口あるいは海岸の自然のバランス（河川から海岸への土砂の供給等）を崩して2次的被害を発生させたりしないこと。
5. 河川及び河口周辺海域の動植物の良好な生息・生育環境、良好な景観、人と河川との豊かな触れ合い活動の場を損なわないこと。

解説：

河口処理に用いる工法の決定に当たっては、流量の変化等河川特性、漂砂や潮流等河口部付近の海特性、河口部の自然環境、経済性、将来の維持等を考慮して決定するものとする。



出典：国土交通省木曾川下流工事 <http://www.cbr.mlit.go.jp/kisokaryu/kisomaps/win/023/map.html>

図 4.1.10 日本の導流堤の事例

## 4.2 内水処理施設

内水処理計画は、対象内水河川流域の内水特性や内水被害の状況を十分考慮して策定するものとする。

### 4.2.1 内水処理方式の検討手法

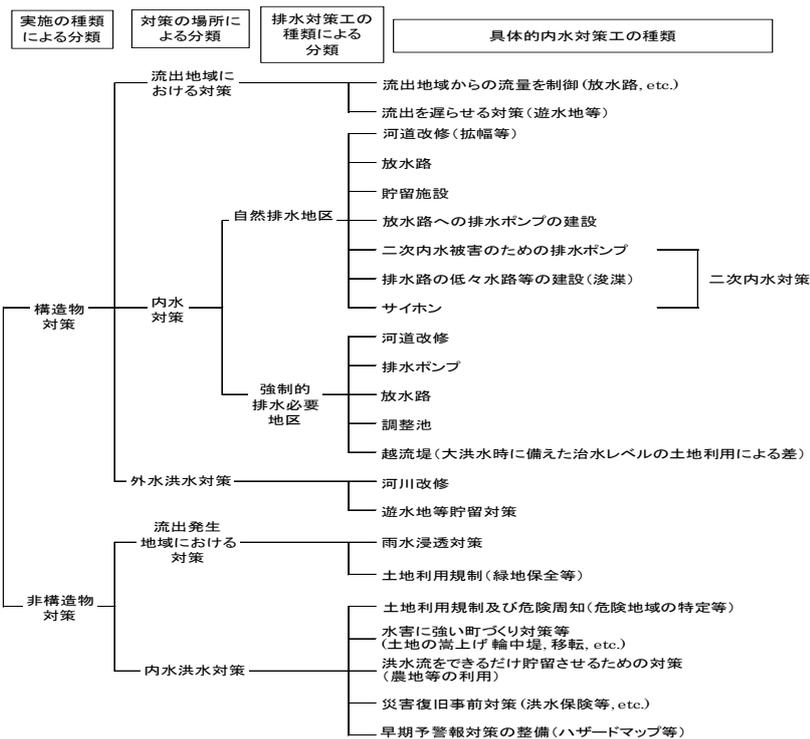
内水処理方式の選定に当たっては、対象内水河川流域及び想定湛水区域の地形、土地利用、排水状況、内水河川・本川の洪水対策案、関連諸事業の計画、内水湛水特性、内水被害特性等から効果が見込め、かつ経済性、社会性の観点から実現可能な代替案の中から施設の維持管理、超過洪水時における被害の程度等について総合的に評価するものとする。

解説：

内水処理方式の検討における考慮すべき事項、対策概要は、以下の表に示す通りである。

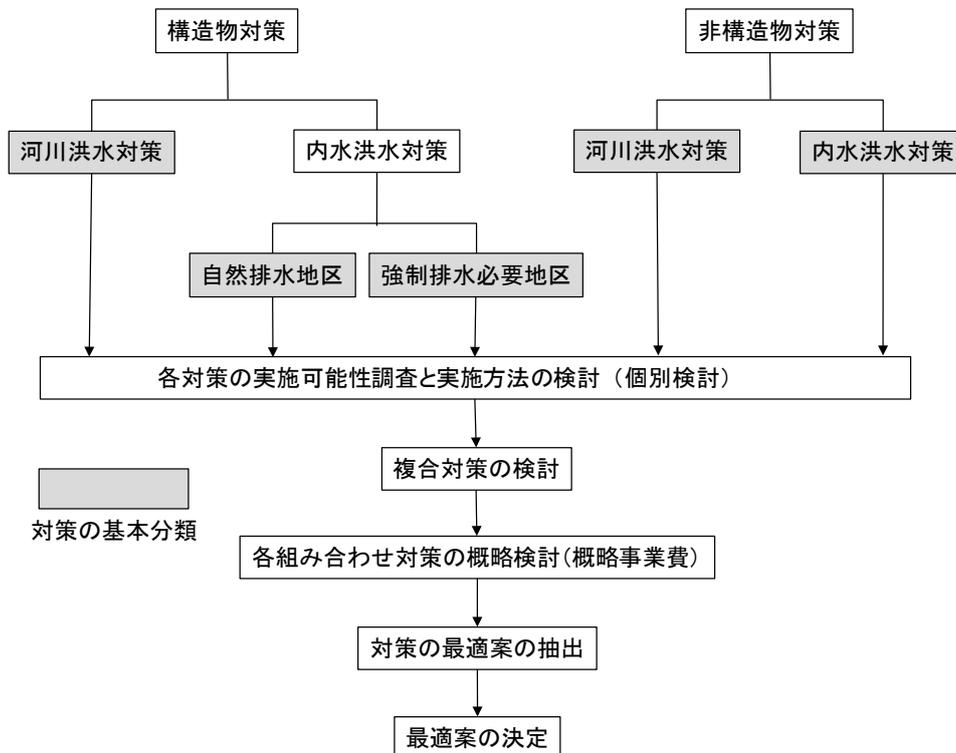
表 4.2.1 内水処理方式の検討における考慮すべき事項・対策概要

項目		内容
内水処理方式の決定に当たって考慮すべき項目		山地流域の占める割合
		内水河川の河床勾配
		排水先河川までの距離
		排水先河川の流下能力
		想定氾濫区域の土地利用、水深、湛水時間
内水処理方式	対策手法による分類	ハード対策
		ソフト対策
	対策を行う場所による分類	流出域における対策
		内水区域における対策
		本川における対策
	排水方式による分類	自然排水方式
		水門締切方式



出典：国土交通省資料（調査団編集）

図 4.2.1 内水対策の分類



注記 1:対象地区においては不適切な基本対策もある。

注記 2:効果のある様々な対策を単独または組合せで検討し、最も効果の高い対策を選定する。

出典：国土交通省資料（調査団編集）

図 4.2.2 内水対策の検討フロー

#### 4.2.2 検討対象内水の選定

検討対象内水は、過去の降雨実績、外水位及び湛水状況を考慮して、既往最大の被害をもたらした内水を含み、被害状況、水文資料の整備状況に応じて数個選定するものとする。

#### 4.2.3 確率評価手法の検討

内水処理計画における内水規模の確率評価手法は、検討対象地域の内水特性及び水文資料の整備状況に応じて選定すべきものであり、以下に示す確率評価手法の中からその手法の特性を踏まえて選定するものとする。

1. 内水河川流域降雨量による確率評価
2. 内水時間帯降雨量による確率評価
3. 湛水量による確率評価

#### 4.2.4 内水処理施設規模の決定

内水処理施設の規模は、内水区域の重要度、既往内水による被害の実態、本川計画規模とのバランス、近傍内水地域の計画規模とのバランス等を総合的に考慮して計画規模を決定の上、計画規模に相当する内水区域の治水安全度が確保できる施設規模を決定するものとする。  
ただし、ポンプ排水については、原則として費用便益計算を踏まえ規模を決定するものとする。

#### 4.3 砂防等施設配置計画

砂防等施設配置計画は、河川砂防基本計画に基づき策定する河川砂防施設配置計画、地すべり防止計画に基づき策定する地すべり防止施設配置計画、急傾斜地崩壊対策計画に基づき策定する急傾斜地崩壊対策施設配置計画、雪崩対策計画に基づき策定する雪崩対策施設配置計画及び総合土砂災害対策計画に基づき策定する総合土砂災害対策施設配置計画からなる。

なお、施設の配置に当たっては、自然環境や景観への影響等について十分配慮するものとする。  
また、土砂移動に関わる問題が顕在化している流域などにあつては、流砂系における総合的な土砂管理の観点から、適切な施設配置となるように留意し計画を策定するものとする。

### 4.3.1 河川砂防施設配置計画

砂防基本計画に基づき策定する砂防施設配置計画は、土砂生産抑制施設配置計画、土砂流送制御施設配置計画、流木対策施設配置計画及び火山砂防施設配置計画からなる。

砂防基本計画における水系砂防計画及び土石流対策計画に基づき策定する河川砂防施設配置計画は、それぞれ土砂生産抑制施設配置計画及び土砂流送制御施設配置計画の組み合わせからなる。

解説：

主な河川砂防施設配置計画と砂防の工種は、以下の表に示す通りである。

表 4.3.1 主な河川砂防施設配置計画と砂防の工種

水系砂防計画及び土石流対策計画に基づき策定される砂防施設配置計画の区分	土砂生産・流送の場	砂防の工種
土砂生産抑制施設配置計画	山腹	山腹保全工 山腹工 山腹基礎工、山腹緑化工、山腹斜面補強工 山腹保育工
	溪床・溪岸	砂防えん堤 床固工 帯工 護岸工 溪流保全工
土砂流送制御施設配置計画	溪流・河川	砂防えん堤 床固工 帯工 護岸工 水制工 溪流保全工 導流工 遊砂地工

#### (1) 土砂生産抑制施設配置計画

土砂生産抑制施設配置計画は、水系砂防計画及び土石流対策計画に基づき、土砂の生産源において山腹・溪岸・溪床を保護し土砂の生産を抑制することを目的として、砂防設備の配置について計画するものとする。

土砂生産抑制施設配置計画の策定に当たっては、各施設の配置目的を明確にし、各施設の機能が有効に発揮されるように計画するものとする。

(a) 山腹保全工

山腹保全工は、治水上砂防の見地から山腹保全のため、崩壊地又はとくしゃ地などにおいて切土・盛土や土木構造物により斜面の安定化を図り、また、植生を導入することにより、表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大の防止又は軽減を図る山腹工と、導入した植生の保育などによりそれらの機能の増進を図る山腹保育工からなる。

山腹工は山腹基礎工，山腹緑化工，山腹斜面補強工からなる。

解説：

崩壊地とは、山腹崩壊に起因した裸地などのことを言う。

「とくしゃ地」とは、全面的若しくは部分的植生が消失若しくは衰退した山腹斜面などのことを言う。

山腹工

山腹工は、

- ① 「山腹の斜面の安定化や斜面の侵食の防止を図る山腹基礎工」，
- ② 「崩壊地又はとくしゃ地において表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大を防止又は軽減するため植生を導入して緑化を図る山腹緑化工」，
- ③ 「崩壊地や崩壊のおそれのある山腹の斜面においてコンクリートのり枠工や鉄筋挿入工などを施工することにより，斜面そのものの崩壊抵抗力を高める山腹斜面補強工」

に分けられ，これらを単独若しくは適切に組み合わせて施工することによって，土砂生産の抑制を図るものである。

計画に際しては，計画区域及びその周辺の地形，地質，土壌，気候，植生及び他の砂防設備との関連などを十分に調査し，適切な工種を選定するものとする。特に，導入植生の選定に当たっては，周辺植生などとの調和に十分配慮するものとする。

解説：

1. 山腹基礎工

山腹基礎工は、

- 切土、
- 盛土や
- 谷止工などの構造物の設置

により山腹斜面の安定を図るとともに、

- 水路工などで表面流による斜面などの侵食を防止する

ことにより、施工対象地を将来山腹緑化工若しくは山腹斜面補強工を施行するための基礎作りを行うものである。

## 2. 山腹緑化工

山腹緑化工は、施工対象地に植生を導入して緑化を図るものである。なお、山腹緑化工には、表土の移動を抑制するとともに植生を導入する

- 柵工、
- 積苗工、
- 筋工など

の工法も含まれる。導入植生の選定に当たっては、経年的な変化を考慮して、周辺植生との調和に十分配慮する。

## 3. 山腹斜面補強工

山腹斜面補強工は崩壊地や崩壊の恐れがある山腹に置いて、斜面の安定化を早急に図る必要がある場合や山腹基礎工、山腹緑化工のみでは崩壊の発生・拡大の軽減・防止が困難な場合に、山腹斜面にコンクリート法枠工や鉄筋挿入工などにより、斜面そのものの崩壊抵抗力高めるものである。



出典：「これからの山腹保全工の整備に向けて」国土交通省砂防部保全課  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tmn/tmn0544pdf/ks054403.pdf>

図 4.3.1 日本の山腹保全工

### 山腹保育工

山腹保育工は、山腹工施工後の山腹の斜面などにおいて、表面侵食や表層崩壊の発生又は拡大の防止又は軽減機能の増進を図るために、植生の適正な生育を促す保育などを行うものである。

計画に際しては、山腹工計画時の目標とその実施内容に応じて保育の方針を設定するものとする。

(b) 砂防えん堤

土砂生産抑制施設としての砂防えん堤は、

- ①「山脚固定による山腹の崩壊などの発生又は拡大の防止又は軽減」、
- ②「溪床の縦侵食の防止又は軽減」あるいは
- ③「溪床に堆積した不安定土砂の流出の防止又は軽減」

を目的とした施設である。

計画に際しては、施設を設置する目的に応じて、施設の規模及び構造などを選定し計画するものとする。

土砂生産抑制施設としての砂防えん堤の設置位置は、砂防えん堤に期待する効果と、地形、地質、不安定土砂の状況を勘案し、

- ①については原則として崩壊などのおそれがある山腹の直下流、
- ②については原則として縦侵食域の直下流、
- ③については原則として不安定な溪床堆積物の直下流

に配置するものとする。

解説：

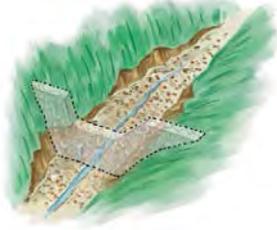
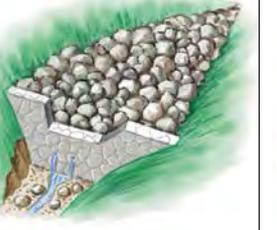
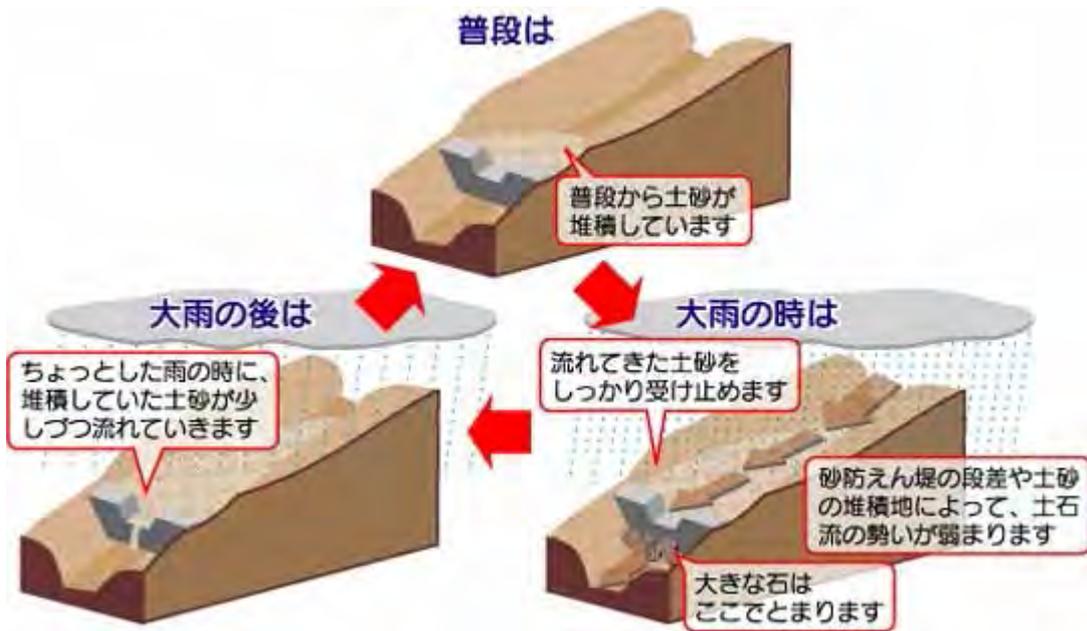
			
砂防堰堤が無い状態	上流からの土砂を捕捉	大雨などにより流れて来た土砂を更に捕捉して貯める	余分な土砂は徐々に下流へ

図 4.3.2 砂防えん堤の役割 (1)



出典：国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所  
<http://www.qsr.mlit.go.jp/osumi/contents/jigyo/sand/prevention/equipment.html>

図 4.3.3 砂防えん堤の役割 (2)

土砂生産抑制施設配置計画における砂防えん堤は、土砂生産抑制の目的に加えて土砂流送制御も目的として計画される場合が多い。

表 4.3.2 砂防えん堤のタイプ

項目	形式	構造	材料
タイプまたは適用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 透過型</li> <li>● 不透過型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 重力式</li> <li>● アーチ式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● コンクリート</li> <li>● 鋼材</li> <li>● ソイルセメント等</li> </ul>

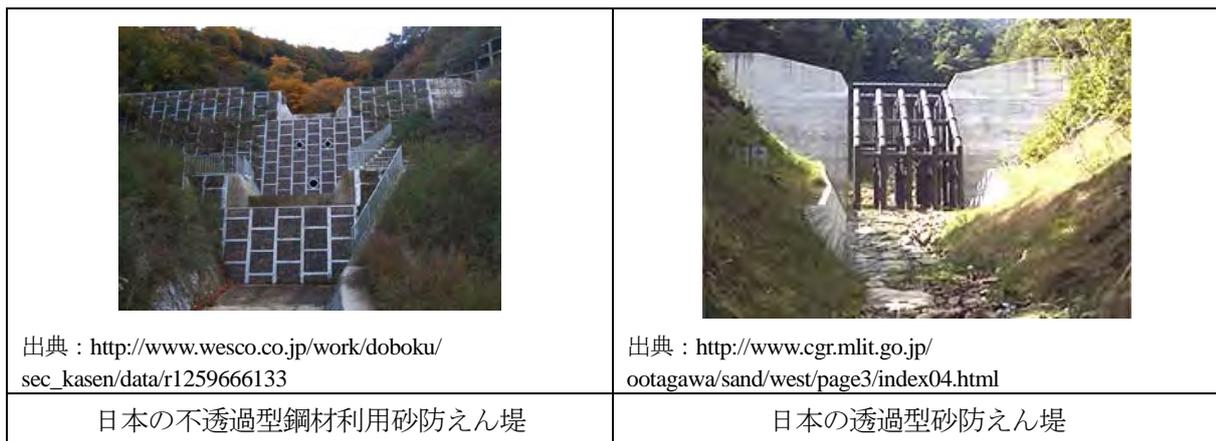


図 4.3.4 日本の砂防えん堤の事例

### (c) 床固工

床固工は、溪床の縦侵食防止、溪床堆積物の再移動防止により溪床を安定させるとともに、溪岸の侵食又は崩壊などの防止又は軽減を目的とした施設である。なお、床固工は、護岸工などの基礎の洗掘を防止し、保護する機能も有する。

床固工の配置位置は、次の事項を考慮して計画するものとする。

1. 溪床低下のおそれのある箇所に計画する。
2. 工作物の基礎を保護する目的の場合には、これらの工作物の下流に計画する。
3. 溪岸の侵食、崩壊及び地すべりなどの箇所においては、原則としてその下流に計画する。

解説：

床固工の高さは、通常の場合 5m 程度以下である。

床固工は、

- 流水の掃流力などによる溪床の低下を防ぐとともに、
- 不安定土砂の移動を防ぎ土石流などの発生を抑制する機能や
- 溪床勾配の緩和
- 乱流防止による溪岸の侵食・崩壊を防止・軽減する機能を有する。

### (d) 帯工

帯工は縦侵食を防止するための施設である。

帯工は、単独床固工の下流及び床固工群の間隔が大きいところで、縦侵食の発生、あるいはそのおそれがあるところに計画する。

帯工の計画に際しては、その天端を計画の溪床高とし、落差を与えないことに留意するものとする。

(e) 護岸工

護岸工は、溪岸の侵食・崩壊などの防止を目的とした施設である。

護岸工は、土砂の移動若しくは流水により、水衝部などの溪岸の侵食又は崩壊が発生、あるいはそのおそれがあるところや山脚の固定あるいは侵食防止が必要なところに計画するものとする。

(f) 溪流保全工

溪流保全工は、山間部の平地や扇状地を流下する溪流などにおいて、乱流・偏流を制御することにより、溪岸の侵食・崩壊などを防止するとともに、縦断勾配の規制により溪床・溪岸侵食などを防止することを目的とした施設である。溪流保全工は、床固工、帯工と護岸工、水制工などの組み合わせからなる。

溪流保全工は、多様な溪流空間、生態系の保全及び自然の土砂調節機能の活用の観点から、拡幅部や狭さく部などの自然の地形などを活かし、必要に応じて床固工、帯工、水制工、護岸工などを配置するよう計画するものとする。

解説：

溪流の溪床勾配は、流量即ち流速及び推進と溪床の抵抗力によって定まる。従って床固工の上流溪床の計画溪床勾配は、これらを考慮して、浸食と対策の発生状況を勘案のうえ定め、流出土砂の動的平衡勾配と静的平衡勾配を参考として設定する。また、溪流保全工を計画するに当たっては、自然の地形を生かしつつ必要な箇所だけに砂防設備を適切に配置するように計画する必要がある。



出典：新潟県上越地域振興局

[http://www.pref.niigata.lg.jp/jouetsu\\_sabou/sabou\\_intro2.html](http://www.pref.niigata.lg.jp/jouetsu_sabou/sabou_intro2.html)

図 4.3.5 日本の溪流保全工の事例

## (2) 土砂流送制御施設配置計画

土砂流送制御施設配置計画は、水系砂防計画及び土石流対策計画に基づき、土砂の流送区間において流出する土砂を制御することを目的として、砂防設備の配置について計画するものとする。

土砂流送制御施設配置計画の策定に当たっては、各施設の配置目的を明確にし、各施設の機能が有効に発揮されるように計画するものとする。

解説：

土砂流送制御施設は、土砂生産抑制施設と同じ以下の構造物が計画される。

- 砂防えん堤
- 床固工
- 帯工
- 護岸工
- 遊砂地工
- 溪流保全工

土砂生産抑制施設としては含まれていない土砂流送制御施設の構造物は以下の2つである。

- 水制工
- 導流工

### (a) 砂防えん堤

土砂流送制御施設としての砂防えん堤は、

- ①「土砂の流出抑制あるいは調節」、
- ②「土石流の捕捉あるいは減勢」

を目的とした施設であり、その形式には、不透過型及び透過型がある。

計画に際しては、施設を設置する目的に応じて、施設の形式、規模及び構造などを選定するものとする。土砂流送制御施設としての砂防えん堤の設置位置は、砂防えん堤に期待する効果と地形などを勘案し、狭窄部でその上流の谷幅が広がっているところや支川合流点直下流部などの効果的な場所に設置するものとする。

### (b) 床固工・帯工・護岸工・溪流保全工

床固工・帯工・護岸工・溪流保全工の配置の検討に当たっては、土砂生産抑制施設配置計画の考え方、検討方法に準拠する。

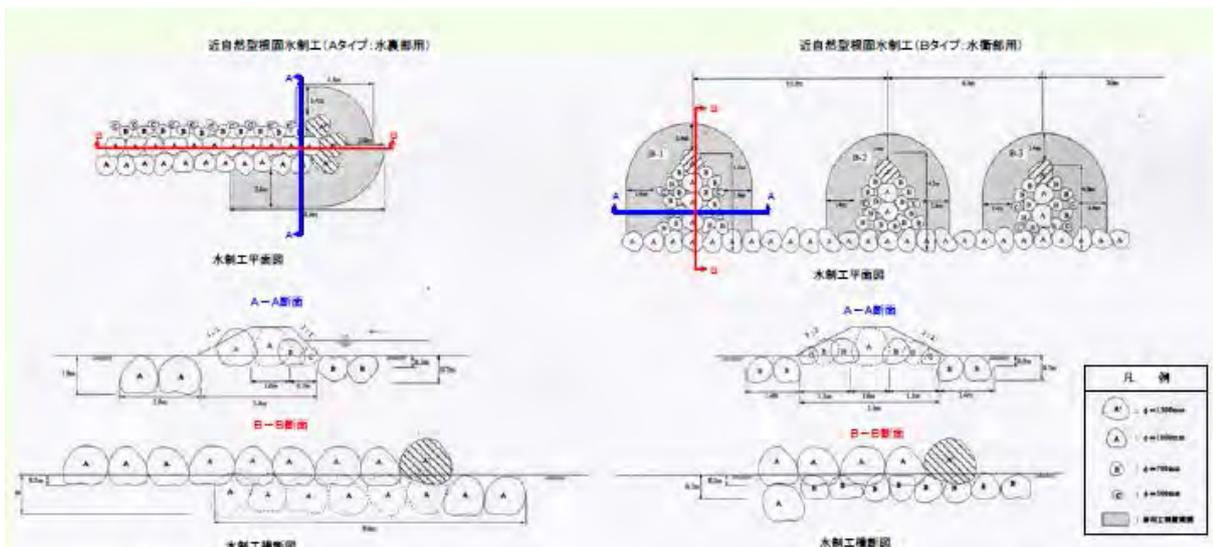
(c) 水制工

水制工は、流水の流向を制御したり、流路幅を限定したりすることにより、溪岸の侵食・崩壊を防止する施設である。なお、水制工は流勢を緩和して土砂の堆積を図り、溪岸を保護する機能も有する。

水制工は、原則として溪流の下流部、あるいは砂礫円錐地帯、扇状地などの乱流区間で、溪床勾配が急でないところに計画するものとする。ただし、溪流上流部においても、流水の衝撃に起因する崩壊の拡大などを防止するため、必要な場合には崩壊地の脚部などに設けるものとする。

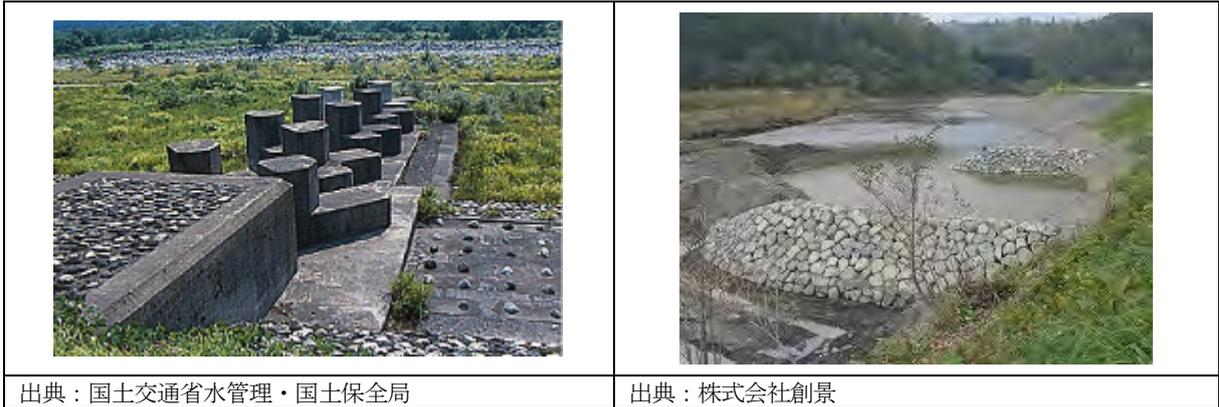
解説：

崩壊の脚部など、片岸に水制を設ける場合には、対岸が水衝部になることが多いので対岸の状況などに留意する必要がある。



出典：溪流空間の多様性を保全する溪流保全工整備の手引き国土交通省国土技術政策総合研究  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0580pdf/ks0580.pdf>

図 4.3.6 日本の砂防水制工の設計事例



出典 URL：[http://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kasen/jiten/nihon\\_kawa/84039/84039-1\\_p1\\_1.html](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/84039/84039-1_p1_1.html)  
<http://www.so-kei.net/kasen-suisei-ntas.html>

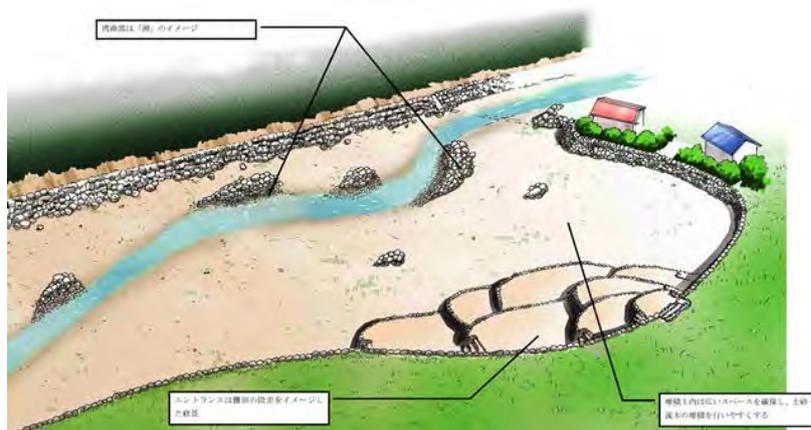
図 4.3.7 日本の山岳地を流下する河川における水制工の事例

(d) 遊砂地工

遊砂地工は、掘削などにより溪流の一部を拡大して土砂などを堆積させることで、流送土砂の制御を行う施設である。遊砂地工は、一般に谷の出口より下流側において土砂を堆積する空間を確保できる区域に設置するものとする。

また、遊砂地工は、上流に砂防えん堤、下流端に床固工などを配置するほか、低水路、導流堤、砂防樹林帯などを適切に組み合わせて計画するものとする。

解説：



出典：国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所  
[http://www.kkr.mlit.go.jp/kiisanchi/committee/pdf/nachi\\_03\\_02.pdf](http://www.kkr.mlit.go.jp/kiisanchi/committee/pdf/nachi_03_02.pdf)

図 4.3.8 遊砂地工のイメージ

### (e) 導流工

導流工は、土石流などが氾濫して保全対象を直撃することがないように、土石流などを安全に下流域に導流する施設である。土石流などは保全対象の上流側において捕捉・堆積させることが原則であるが、地形条件などによりそれにより難しく、下流域に安全に土石流を堆積させることができる空間がある場合には、導流工を計画するものとする。

導流工は原則として掘り込み方式とし、土石流などの捕捉のための砂防えん堤又は遊砂地工を設けた後、それらの下流側に接続し、土石流などを安全に堆積させることができる空間に導流するように計画するものとする。

なお、現地条件により掘り込み方式とすることが困難な場合には、土石流などの流向を制御し安全に下流域に導流するため、導流堤を設置することができる。

解説：

	
出典： <a href="http://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/hakusansabo/04outline/hard01.html">http://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/hakusansabo/04outline/hard01.html</a>	出典： <a href="http://www.cbr.mlit.go.jp/etsumi/archive/houkai/houkai3.html">http://www.cbr.mlit.go.jp/etsumi/archive/houkai/houkai3.html</a>
日本の導流工（落差式）柳谷導流落差工 （国土交通省北陸地方整備局）	日本の導流工（落差式）徳山白谷 （国土交通省中部地方整備局）

図 4.3.9 日本の砂防導流工の事例

### (3) 流木対策施設配置計画

流木対策施設配置計画は、流木対策計画に基づき、土砂の生産・流送に伴い流木が発生、流下する区間において、土砂の発生やその流下形態に応じた流木の挙動を考慮し、計画流量に応じて、流木対策施設を適切に配置するように策定するものとする。

流木対策施設は、大別して、流木の発生防止を目的とする流木発生抑制施設及び発生した流木を溪流などで捕捉し下流への流出防止を目的とする流木捕捉施設からなる。

なお、流木対策施設は、土砂生産抑制施設配置計画、土砂流送制御施設配置計画などで配置する砂防設備との整合を図るものとする。

(a) 流木発生抑制施設

流木発生抑制施設は、山腹、溪岸、溪床などを保護して土砂の生産を防止することにより、土砂とともに流出する流木の発生を防止・軽減する施設であり、土砂及び流木の発生源に計画するものとする

解説：

流木発生抑制施設の対策分類及びその適切な設置場所例は以下の表に示す通りである。

表 4.3.3 流木発生抑制施設のタイプ

対策工名	設置場所
山腹保全工	主に崩壊地などの流木・土砂の生産源地域に設置
山腹保全工 砂防えん堤 床固工 護岸工	土石流が発生、流下する区間に設置
溪流保全工 護岸工	溪流の土砂が掃流形態で運搬される区間に設置

(b) 流木補足施設

流木捕捉施設は、土砂とともに流出する流木を捕捉する施設であり、倒木が堆積した山腹の斜面、あるいは土砂及び流木の流下する溪流において計画するものとする。なお、土石流区間と掃流区間とでは、施設の捕捉機能に違いがあることに留意し計画するものとする。

解説：

流木補足施設は以下のような基本的考え方の下、施設配置を計画する。

表 4.3.4 流木補足施設のタイプ

場所	捕捉のコンセプト	具体的対策工名
山腹	流木を補足	流木止工
土石流区間	流木と土砂を一体で捕捉	透過型砂防えん堤 部分透過型砂防えん堤
掃流区間	流木と土砂を分離して捕捉	不透過型砂防えん堤の副えん堤 遊砂地工下流端などに設置される流木止工 透過型砂防えん堤



図 4.3.10 流木補足施設の事例

#### (4) 火山砂防施設配置計画

火山砂防施設配置計画は、火山砂防計画に基づき、火山砂防地域において降雨及び火山活動に起因して発生する土砂災害を防止・軽減することを目的として、砂防設備等の配置について計画するものとする。火山砂防施設配置計画の策定に当たっては、対象としている土砂移動現象の特性、地域計画などを考慮して、工種・工法、施設規模を定め、砂防設備等を適切に配置するように策定するものとする。

降雨などに起因して発生する土石流等については、本項 4.3.1 項 (1) 土砂生産抑制施設配置計画、(2) 土砂流送制御施設配置計画、(3) 流木対策施設配置計画 に準じて策定するものとする。

火山活動に直接起因して発生する火山泥流については、火山泥流対策施設配置計画を策定するものとする。噴火時において緊急な対応が必要な場合には、状況に応じて無人化施工などの活用により、砂防えん堤などの堆砂地内の除石、導流堤、遊砂地等を計画するものとする。

解説：

火山砂防施設とは、火山砂防災害の軽減のため、他の土砂災害対策でも配置検討を行う以下の施設等のことを言う。

- 砂防えん堤
- 溪流保全工
- 床固工
- 帯工
- 護岸工
- 遊砂地工、及び
- 山腹工

#### (a) 火山泥流対策施設配置計画

火山泥流対策施設配置計画は、火山泥流が流下・堆積する区間において、侵食による火山泥流の発達を防ぐ生産抑制のための砂防設備、流出土砂の捕捉やピーク流量の減少といった流送制御のための砂防設備、また、導流や流木捕捉などの機能を有する砂防設備等を適切に組み合わせて策定するものとする。

なお、火山泥流対策施設配置計画は本本項 4.3.1 項 (1) 土砂生産抑制施設配置計画, (2) 土砂流送制御施設配置計画, (3) 流木対策施設配置計画に準じて策定するものとする。

#### (b) 溶岩流対策施設配置計画

溶岩流対策施設配置計画は、溶岩流の規模、人為的な制御の実効性、事業の効率性等を踏まえ、必要に応じて、溶岩流の流出抑制、流向制御、導流等の機能を有する砂防設備等を適切に組み合わせ策定するものとする。

解説：

溶岩流の流出抑制とは、溶岩流の貯留によってその流出量を減少させることである。そのため溶岩流の流下区間に当たる溪流では、溶岩の貯留を目的とした砂防えん堤を計画する。また、溶岩流の流下・堆積区間では遊砂地等を計画する。

溶岩流の流行制御とは、溶岩流の流下方向を人為的に制御することであり、また、溶岩流の導流とは、溶岩流を安全なところまで導くことであり、これらの流行制御、導流のための主な工法として導流工等がある。

#### 4.3.2 地すべり防止施設配置計画

地すべり防止施設配置計画は、地すべり防止計画に基づき、地すべりに起因する災害からの安全を確保することを目的として、地すべり防止施設の配置について計画するものとする。

##### (1) 地すべり防止施設配置計画の基本

地すべり防止施設配置計画は、地すべりの規模及び発生・運動機構等に応じて、各施設の効果を勘案し、地すべりによる災害の防止が図られるように適切な配置となるよう策定するものとする。

解説：

地すべり防止施設配置計画の規模は、一般に計画安全率で示され、一体となって移動していると考えられる運動ブロックごとに、安定解析によって定められる。計画安全率の決定に当たっては、地すべりの現象と規模、保全対象の重要性、地すべりによって生ずることが想定される被害の程度、緊急性等を総合的に考慮する必要がある。ただし、計画安全率は、地すべりの運動状況に応じて現状の安全率を仮定して設定されることが多い。この場合、計画安全率は防止工事による相対的な安全率の向上を示すものであり、必ずしも工事実施後の斜面の安定後そのものを示すものではないことに注意する必要がある。

## (2) 工法の選定

地すべり防止施設配置計画においては、地すべりの規模及び発生・運動機構、保全対象の状況、工法の経済性等を勘案し、 <ul style="list-style-type: none"><li>● 抑制工 と</li><li>● 抑止工</li></ul> を適切に組み合わせて工法を選定するものとする。
---

解説：

地すべりの素因と誘因は、以下の表に示す通りである。

表 4.3.5 地すべりの素因と誘因

素因	誘因
地形	降雨・融雪等の気象条件
地質	地下水条件
土質	切り土等の人為行為
	地震

地すべり防止施設の種類の種類は以下の表に示す通りである。

表 4.3.6 地すべり防止施設の種類の種類

対策工	対策の概要	選定時の留意点
抑制工	地すべり地の地形、地下水の状態などの支川条件を変化させることによって、地すべり運動を緩和又は停止	1. 抑制工と抑止工の持つそれぞれの特性を合理的に組み合わせた計画 2. 地すべり運動が継続している場合には、原則として抑止工は先行せず、抑制工によって地すべり運動が緩和または停止してから抑止工を導入
抑止工	設置した構造物の持つ抵抗力を利用して、地すべり運動を停止	

### (3) 抑制工

抑制工は、地すべり斜面の地形、地質、地下水などの自然条件を変化させることによって、地すべり運動を効果的に抑制することができるように計画するものとする。

解説：

抑制工には以下の種類がある：

1. 地表水排除工（水路工、浸透防止工）  
降雨や地表水の浸透や湧水、沼、水路等、地すべり地域内外からの再浸透によって地すべりが誘発されるのを防止するために計画
2. 浅層地下水排除工（暗渠工、明暗渠工、横ボーリング工）  
浅層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近への地下水供給を抑えるために計画
3. 深層地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工）  
深層部に分布する地下水を排除することによって、すべり面付近の間隙水圧（地下水位）を低下させるために計画
4. 排土工（切土工）  
地すべりが活動しようとする力（地すべりの活動力）を低減させるため、原則として地すべり頭部に計画。地形条件の変化により新たな地すべりが誘発されないように留意する必要がある。
5. 押え盛土工  
地すべりの活動力に抵抗する力を増加させるため、原則として地すべり末端部に計画。排土工と同様に地形条件の変化により新たな地すべりが誘発されないように留意する必要がある。
6. 河川構造物等による浸食防止工（法面保護工、砂防えん堤、護岸工等）  
河川や雨水等の流水による浸食や崩壊が地すべり発生誘因となる場合に、浸食や崩壊の防止を図るために計画。地すべり地域の直下流部に砂防えん堤等を設けると、その堆砂によって地すべり末端部の崩壊や浸食が防止され、押え盛土と同様の効果が期待できる。

### (4) 抑止工

抑止工は、構造物の抵抗によって、地すべりの抑止が図られるよう地すべりの滑動力に対して安全な構造とし、移動土塊に対して十分な効果を発揮できるように計画するものとする。

解説：

抑止工には以下の種類がある：

1. 杭工

杭を不動地盤まで挿入し、付加された杭のせん断抵抗力や曲げ抵抗力によって地すべりの活動力に直接抵抗させる。

2. シャフト工（深礎工）

径 2.5~6.5m 程度の縦杭を不動地盤内まで掘削し鉄筋コンクリートを打設したもの。地滑りの活動力が大きく、杭工では所定の計画安全率の確保が困難な場合で、不動地盤が良好な場合に計画。

3. アンカー工

不動地盤内に定着させた鋼材等の引張強さを利用して、地すべり活動に抵抗しようとするもので、引き止め効果、締め付け効果あるいはその両方が効果的に発揮される地点に計画。

### 4.3.3 急傾斜地崩壊対策施設配置計画

急傾斜地崩壊対策施設配置計画は、急傾斜地崩壊対策計画に基づき、急傾斜地の崩壊に起因する災害からの安全を確保することを目的として、急傾斜地崩壊防止施設の配置について計画するものとする。

#### (1) 急傾斜地崩壊対策施設配置計画の基本

急傾斜地崩壊対策施設配置計画は、想定される崩壊の規模、現象等に応じて、急傾斜地の崩壊による災害の防止が図られるように適切な配置となるよう策定するものとする。

解説：

急傾斜地崩壊対策施設は以下のような考え方を基に計画する。

表 4.3.7 急傾斜地崩壊対策施設配置計画の基本

工事の種類	工事によって実施される事項	検討及び留意事項
斜面の安定度を現状より高めるために斜面に対して実施する工事	<ul style="list-style-type: none"><li>● 不安定土塊の除去</li><li>● 崩落又は滑動する力の低減</li><li>● 崩落又は滑動に抵抗する力の付加</li></ul>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 従来の経験、斜面の実態、標準法面勾配との対比による安全度の検討</li><li>2. 現地調査による崩壊形態の予想に基づく検討</li><li>3. 安定解析による安全度の検討</li></ol>
斜面崩壊が発生した場合においても保全対象への崩壊土砂の到達を防止・軽減し、保全対象の被害を軽減させるために実施する工事	<ul style="list-style-type: none"><li>● 斜面から崩落する土砂を安全且つ確実に受け止める抵抗力</li></ul>	

## (2) 工法の検討

急傾斜地崩壊対策施設配置計画においては、想定される崩壊の原因、形態、規模、保全対象の状況、工法の経済性等を勘案し、斜面の地形、地質、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、斜面の崩壊又は滑動の抑制を図る工法と、構造物の抵抗によって、斜面の崩壊又は滑動の抑止を図る工法等を適切に組み合わせて計画するものとする。

解説：

### 4.3.4 雪崩対策施設配置計画

雪崩対策施設配置計画は、雪崩対策計画に基づき、雪崩災害からの安全を確保することを目的として、雪崩防止施設の配置について計画するものとする。

#### (1) 雪崩対策施設配置計画の基本

雪崩対策施設配置計画は、想定される雪崩の規模、現象等に応じて、雪崩による災害の防止が図られるように適切な配置となるよう策定するものとする。

#### (2) 雪崩対策施設工法の選定

雪崩対策施設配置計画においては、雪崩の原因、形態、規模、保全対象の状況、工法の経済性等を勘案して、予防工と防護工を適切に組み合わせて工法を選定するものとする。

解説：

工法の基本的種類は以下の表に示す通りである。

表 4.3.8 雪崩対策施設工法

工種	細別	目的
予防工	発生予防工	斜面上の積雪移動現象（クリープ、グライド）により移動を開始することを防止
	雪庇予防工	雪崩発生の要因である雪庇の形成を防止
防護工	阻止工	流下してきた雪崩が保全対象に到達するのを防止
	減勢工	雪崩の勢力を分割したり、その速度を低減
	誘導工	雪崩の方向を変更

適切な工種選定のための配慮・確認事項は以下の表に示す通りである。

表 4.3.9 雪崩対策施設工法選定に係る確認事項

周辺環境の確認事項	選定工種に求められる確認事項
想定される雪崩の種類	安全性
発生位置	耐久性
到達範囲	施工性
保全対象の状況	周囲の環境

**(3) 予防工**

予防工は、発生区に設置し、雪崩の発生の防止が図られるように計画するものとする。

**(4) 防護工**

防護工は、走路や堆積区に設置し、発生した雪崩から保全対象の防護が図られるように計

**4.3.5 総合土砂災害対策施設配置計画**

総合土砂災害対策施設配置計画は、総合土砂災害対策計画に基づき、輻輳して発生する土砂災害の防止・軽減を図ることを目的として、砂防設備、地すべり防止施設、急傾斜地崩壊防止施設等の配置について適切な施設配置となるよう計画するものとする。

都市山麓グリーンベルト施設配置計画においては、都市山麓グリーンベルト整備計画に基づき、樹林の整備・保全等を推進するため、砂防設備、地すべり防止施設、急傾斜地崩壊防止施設等の配置について適切な施設配置となるよう計画するものとする。

**4.4 海岸保全施設配置計画**

海岸保全施設配置計画は、海岸保全計画における海岸保全施設の種類の種類、規模及び配置を定めるものとする。

海岸保全施設配置計画は、海岸防護、海岸環境の整備・保全及び公衆の海岸の適正な利用の3つの目的に適合したものでなければならない。

海岸保全施設配置計画においては、総合的な土砂管理の観点を踏まえ、海岸の沿岸方向の連続性等を考慮するとともに、砂浜の有する防護・環境・利用の機能を十分に生かさなければならない。

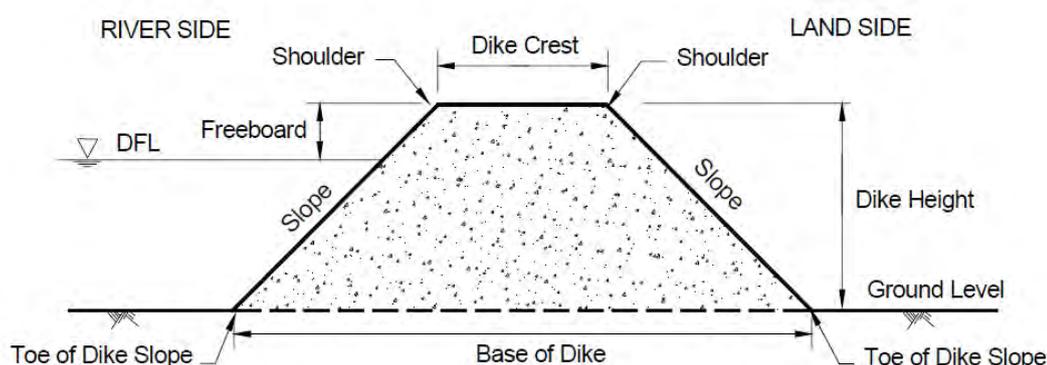
## 第5章 洪水氾濫防止のための構造物設計の基本

### 5.1 堤防/護岸

堤防は堤内地を河川の洪水が浸水しないように、盛土等によって河川沿いの地盤面に建設された構造物である。また、完成堤防とは、

- ✓ 計画高水位に対して必要な高さで断面を有し、
- ✓ 安全に洪水流を河道内で流下させるもの

を言い、さらに、必要に応じて護岸、根固め工等を施したものである。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.1 一般的な堤防構造

#### 5.1.1 堤防設計

##### (1) 堤防設計の基本

堤防は、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造となるように設計するものとする。

また、平水時における地震の作用に対して、地震により壊れても浸水による二次災害を起こさない事を原則として評価し、必要に応じて対策を行うものとする。

堤防の設計にあたり、考慮すべき事項は以下のとする。

表 5.1.1 堤防の安全性に係る外力

作用	確保すべき機能	安全性に係る外力
降雨及び流水	耐浸透（材質・幅・締固め度）	降雨及び流水の浸透
流水	耐浸食（表面の材質・根入れ）	流水による流体力
地震	必要に応じて耐震（材質・締固め度）	地震動による液状化、慣性力
河川水位	高さ	越流・水圧

##### (2) 堤防の断面形状

###### (a) 基本

上述したように、堤防の断面は、外力（降雨・流水・地震）に対して個別の河川・流域毎の計

画洪水・計画降雨・地震等に対し安全又は機能を確保することを原則とするため、プロジェクトごとに設計することを基本とするが、以下の(b)~(f)に示す形状を最低限確保するものとする。

### (b) 堤防の材質・材料

堤防は土堤とすることを原則とする。土堤とする場合、以下の利点がある。

- ▶ 材料の入手が容易
- ▶ 構造物としての劣化現象が起きない
- ▶ 地震によって被災しても復旧が容易

しかしながら、市街地または重要な施設に近接する堤防で用地取得が極めて困難な場合等においては、やむを得ず、コンクリート等によって胸壁を設けることがある。この場合、再建設することに多大なコストと時間を要するため、地震等に対する安全性を確保する。また、超過洪水時にも壊れない構造物とすることも考慮すべきである。

### (c) 堤防の高さ

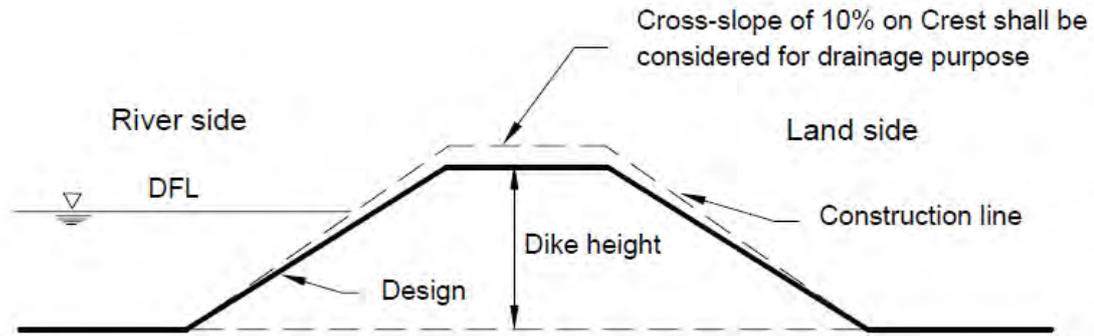
堤防の高さは、計画高水流量に応じ、計画高水位に以下の表 5.1.2 に掲げる値を加えた以上とするものとする。

表 5.1.2 堤防の余裕高

流量(m <sup>3</sup> /s)	200 未満	200 以上 500 未満	500 以上 2,000 未満	2,000 以上 5,000 未満	5,000 以上 10,000 未満	10,000 以上
余裕高(m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0

上記の規定は、日本の河川施設等構造令に従って、事業技術基準として提案した。上記の余裕高は、日本における治水の歴史の中で、過去の事例等を基に規定されている。(b)で規定したように、堤防は土堤を原則とすることによって、またはコンクリート等の特殊堤としても、一般的には越水のような大きく且つ長時間継続する水の力に対しては極めて弱い構造である。堤防は、洪水時の風浪、うねり、跳水等による一般的な水理解析では解析されない一時的な水位上昇に対し、しかるべき余裕を取る必要がある。さらに、その他洪水時の巡視や水防活動を実施する場合の安全性の確保、流木等流下物への対応等種々の要素をカバーするためにもしかるべき余裕の高さが必要である。表 5.1.2 はこれらの余裕高を計画高水位に加算すべき高さとして規定したものである。したがって上記の余裕高は堤防の構造上必要とされる高さの余裕であり、計画上の余裕は含まれていないことに注意すべきである。また、計画上予想すべき河床変動による水位上昇、湾曲部の水位上昇、水理計算の誤差については計画高水位を決定するときに考慮されるべきものであるため、余裕高には含めないものとする。

さらに、堤防は建設後、基礎地盤及び土堤の場合は堤防自身が圧密沈下を起こすため、これらの将来の圧密沈下分は余裕高に含めず別途考慮すべきである。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.2 堤防の余盛

ペルー国において、今後洪水対策案の策定が進みペルー国における経験や設計が蓄積されてきたときに上記の値をペルー国独自の余裕高値を決定することを推奨する。

(d) 堤防の天端幅

堤防の天端幅は、計画洪水流量に応じ以下の表 5.1.3 に掲げる値以上とする。

表 5.1.3 計画洪水流量と天端幅

計画高水流量(m <sup>3</sup> /s)	天端幅 (m)
500 未満	3
500 以上 2,000 未満	4
2,000 以上 5,000 未満	5
5,000 以上 10,000 未満	6
10,000 以上	7

上記の天端幅の規定も、日本の河川施設等構造令に従って、事業技術基準として提案した。余裕高の考え方も同じであるが、本来的には個々の河川、個々の区間について重要度、堤体材料、洪水の継続時間等の特性に応じて決定することが必要であるが、天端幅が区間によって異なることとなることは堤防の断面の大きさが異なることと同じであり地域住民に与える心理的影響も大きいので、

- 常時の巡視用通路、及び
- 洪水時の水防活動等

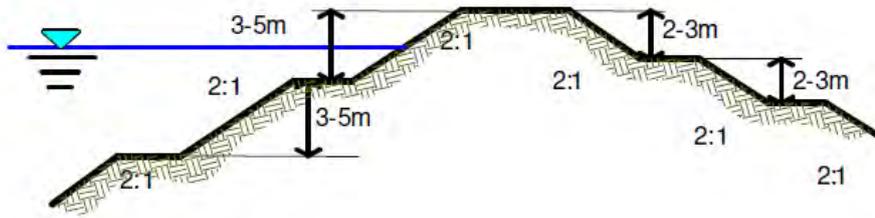
の河川管理用の必要幅も含めて、余裕高と同様に計画高水流量に応じて段階的に最低限の天端幅を規定したものと認識すべきである。

(e) 堤防の法勾配

堤防の法勾配は 2 割以上の緩やかな勾配とする。河床から 6m 以上及び河岸高から 4m 以上の堤防となる場合は、3 割以上の勾配とすべきである。

従来、堤防には多くの場合、小段が設けられてきた。しかし、小段は雨水の浸透をむしろ助長する場合もあり、浸透面から見ると緩やかな勾配（緩勾配）を継続した断面の方が有利である。また、除草や法面整形の実施といった維持管理面や堤防法面の利用面からも緩やかな勾配を継続させた法面の堤防が望ましい。しかしながら、堤防の安定上、小段を設けた場合や経済的に有利

な場合等においては必要に応じて小段を最小限で設けること検討する。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.3 堤防の小段の配置 (従来)

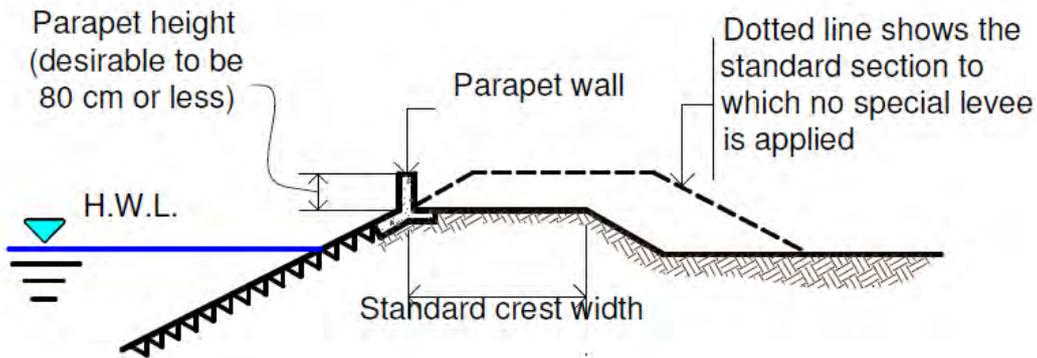
上述したように堤防の断面は、2割以上の勾配をとることを原則とするが、都市域を河川が流下する区間等において、コンクリートその他これに類する材料で法面を被覆する場合には、この限りではないが、必ず、表 5.1.1 に示す外力に対して安全なように設計を行うものとする。

#### (f) 特殊堤防

地形・周辺環境の状況等により、上述した標準的堤防の計上を適用することが著しく困難な場合は、上述した規定にかかわらず以下に示すような特殊な構造とすることができる。

1. 計画高水位以上の高さをコンクリート等の胸壁にする構造

また、さらに堤防の建設が困難な場合は、以下に示すような特殊な構造とすることができる。

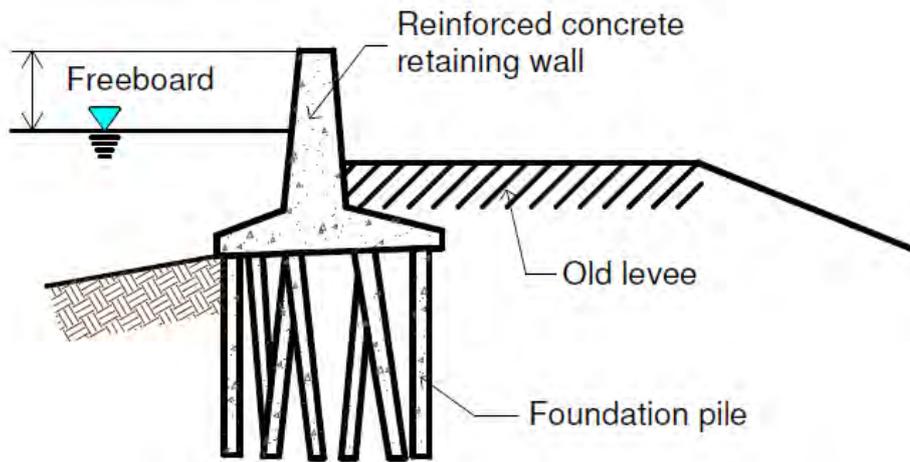


出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.4 特殊堤 (コンクリートパラペット堤)

2. 自立式のコンクリートまたは鋼矢板を利用した構造

特殊堤は、河川の特長、地形、地質等を考慮してその形式を選定するとともに堤防としての機能と安全性が確保される構造となるように設計するものとする。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.5 特殊堤（コンクリート擁壁堤）

上記のうち、2. で示される構造は、土堤を原則とする堤防における特殊堤の中のさらに特例であり、Lima や地方の大都市や潮位に影響される洪水に対する区間等において限定して築造されるべきである。

### (3) 堤防の構造

#### (a) 堤防の構造

堤防の構造は、本項 5.1.1 の(1)堤防の断面形状を最小限守るべき構造諸元とし、過去の被災履歴、地盤条件、背後地の状況等を勘案して設計するものと市、必要に応じて安全性の照査などを行い定めるものとする。また、地震対策が必要な場合には液状化等に対して所用の安全性を確保できる構造とする。

##### 1. 耐浸食機能を確保する構造について

堤防はその基礎部も含めて、水による浸食作用に対して、高水敷や護岸、根固め等と一体となって十分な安全性を有する構造とする必要がある。4.1.1 項に示した河道の平面、縦断及び横断計画に基づき、堤防に作用する流水の状況や洪水時の河岸浸食の状況を勘案しながら適切に護岸、水制等を計画し、堤防の耐浸食性を検討する必要がある。特に急流河川や高水敷のない河川区間、構造物周辺では浸食に対する十分な安全性を確保する必要がある。

上述したように堤防本体は、芝等による被覆、護岸、水制などにより保護することが一般的である。それぞれの型式や材料については、洪水時の流速を考慮し、適切に選定する必要がある。

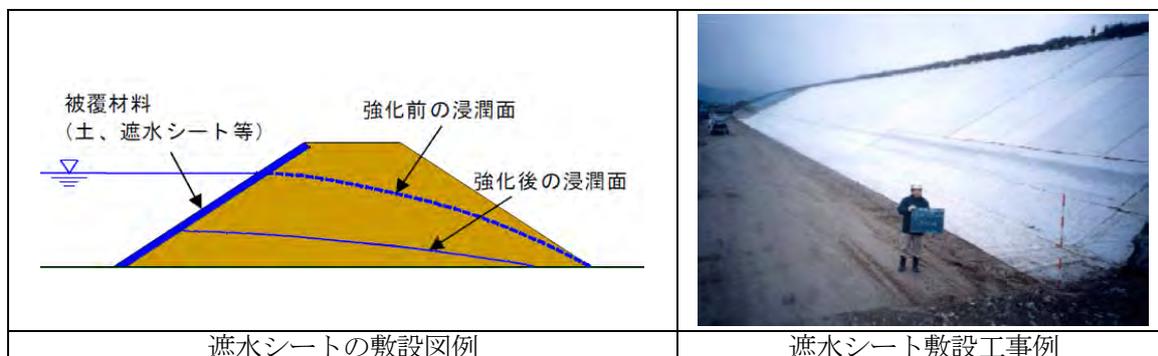
##### 2. 耐浸透機能を確保する構造について

###### (1) 降雨と河川水の浸透を抑制する構造

降雨および河川水の浸透を抑制する堤防の堤体構造としては、主として降雨の浸透を

防止するために、十分に締め固めた粘性土等で堤体の表面を被覆する方法や堤防天端を舗装して雨水の浸透を防ぐ方法がある。

また、川側の堤防法面を遮水シート等により遮水する方法もある。

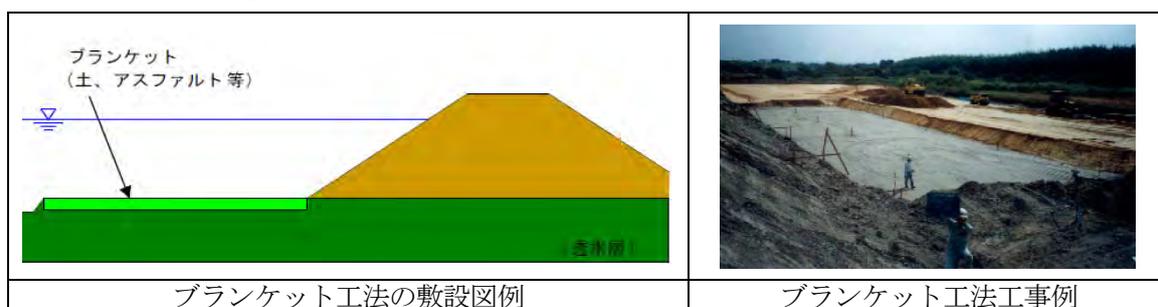


出典：国土交通省徳島国道河川事務所

[http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/yoriyoi/yoriyoikawa/teibou/tei050817/tei050817\\_5.pdf](http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/yoriyoi/yoriyoikawa/teibou/tei050817/tei050817_5.pdf)

### 図 5.1.6 耐浸透機能堤防建設の事例 (遮水シート)

一方、基礎地盤の浸透を抑制し、浸透浸食を防止するためには①矢板等による遮水構造や、②土質材料または人工材料にブランケット構造が適用されている。①の遮水構造では、上述しているように日本では従来から鋼矢板が多用されているが、他の国ではスラリートレンチカットオフ工法や止水グラウト工法も利用されている。②のブランケット構造についてはその機能を発揮させるために必要な幅を確保する。土質材料を利用する場合は十分に締め固めた厚さのある粘性土を利用するが、アスファルト等の人工材料を利用する場合もある。人工材料を利用する場合は環境に十分配慮した構造とする。



出典：国土交通省徳島国道河川事務所

[http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/yoriyoi/yoriyoikawa/teibou/tei050817/tei050817\\_5.pdf](http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/yoriyoi/yoriyoikawa/teibou/tei050817/tei050817_5.pdf)

### 図 5.1.7 耐浸透機能堤防建設の事例 (ブランケット工法)

#### (2) 浸透水を速やかに排除する方法

堤体内に浸透した河川水や降雨は、裏法尻を容易に不安定化させる。従って、浸透水を速やかに排除する必要があるが、その代表的な構造が裏法尻にせっちするドレーン工である。

堤防材料は主として河床材料とするために、ペルー国における太平洋流域の河川では、その殆どの堤防の主材料が砂礫であることが多いと想定される。そのような場合は、

堤防自体が透水性が高いため、ドレーン工法は適用できない。

一方、基礎地盤の浸透水を排除する構造としては、リリーフウェル、透水性トレンチ等があるが日本では、あまり施工されていない。

### 3. 耐震機能を確保する構造について

堤防の地震による大規模な被害事例は、その殆どが基礎地盤の液状化に起因するものである。従って、耐震性を確保するためには、主として、基礎地盤に対して液状化を防止するような構造を採用する必要がある。液状化対策としては、

- 締め固め工法、
- 固結工法、及び
- ドレーン工法

等がある。または液状化、あるいは液状化による変形を抑制する対策としては、

- 抑え盛土工法、
- 高水敷の造成、及び
- 矢板工法等

がある。

## (b) 堤体材料の選定

盛土による堤防の材料は、原則として近隣において得られる土の中から堤体材料として適当なものを選定し、建設する。堤防の盛土の設計時には、以下の点を検討し、適切な堤体材料を選定する。

1. 湿潤、乾燥等の環境変化に対して安定している事；
2. 腐植土等の高有機質分を含まない事；
3. 施工時の締め固めが容易な事、高い密度を与える粒度分布であり、かつせん断強度が大ですべてに対する安定性があること；
4. できるだけ不透水性であること、河川水の浸透により浸潤面が裏法尻まで達しない程度の透水性が望ましい。

適切な、堤体材料を得ることが困難な場合には、土質改良、2種類以上の土の適当な組み合わせに等によって対応する。

ペルーの堤防、特に太平洋流域の河川は砂・礫系を材質とする堤防となることが想定されるため、浸透に対して弱い構造となるため、浸透（漏水）に対する検討を流速による浸食の検討に合わせ、必ず実施する必要がある。

## (c) 護岸

盛土による堤防の法面が降雨や流水等による法面崩れや洗掘に対して安全となるように、芝・護岸等によって法面を覆うものとする。

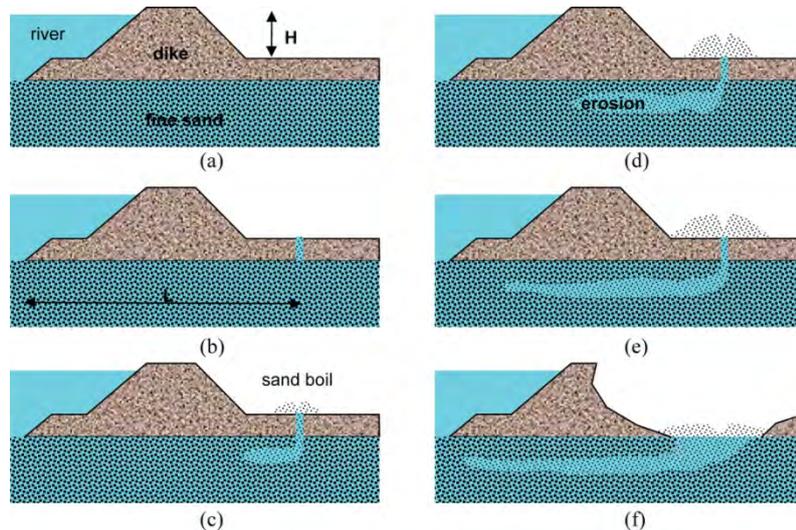
芝程度の覆工か護岸を設置するかは河川の流速によって決定する。

#### (d) 漏水防止工

堤防は、堤体材料、基礎地盤材料、水位、高水の継続時間等を考慮して、浸透水の遮断及びクイックサンド、パイピング現象を防止するため、必要に応じて漏水防止工を設けるものとする。

堤体の漏水に対しては、次のような対策を考える必要がある。

1. 堤体材料は、浸透性の小さいものを選ぶ必要があるが、砂質土を材料とする場合は、表面だけでも浸透性の低い材料を利用する、不透水性の材料で覆う等の対策を実施するとともに、締固めを十分に行う。
2. 堤防断面を最小断面とせず、大きさを十分にとる。
3. 盛土の締固めを確実、均一に行う。
4. 堤内側の法面に透水性の材料を用い排水をよくして、裏法尻を補強する ((e) ドレーン工参照)。
5. 川表側に、遮水対策 (矢板・ブランケット工法等) を行う。
6. 堤内側に排水用井戸を設けて、浸潤線の低下を図る。



Fuente: Some Comments on the Entropy-Based Criteria for Piping

Emöke Imre, Laszlo Nagy, Janos Lőrincz, Negar Rahemi, Tom Schanz, Vijay P. Singh and Stephen Fityus  
<http://www.mdpi.com/1099-4300/17/4/2281/htm>

図 5.1.8 堤防堤脚部のクイックサンド・パイピング現象

#### (e) ドレーン工

堤防の浸透水を安全に排水する場合には、必要に応じてドレーン工を設けるものとする。

ドレーン工は、

- 堤防内の浸透水を速やかに排出する事；
- 堤防、特に川裏側の法尻部の強度を増加させる事

を目的にした堤防強化工法である。

ドレーン工は主に砂質土を主体とした堤防に設置され、礫質土の堤防や粘土質の堤防には適用することが少ない。

#### (4) 堤防の設計

##### (a) 浸食に対する安全性

浸食に対する安全性を検討する場合には、堤防前面の状況、堤防付近の洪水流の水力条件、護岸・水制等計画を考慮して実施する。

通常、洪水流の浸食作用によって堤防が浸食する可能性は、今後のペルー国における被災事例や研究成果などを参考に定めることが望ましいが、一般には、堤防法尻部の鉛直平均流速が2.0m/sよりも大きくなる箇所を目安に設置を考慮する。

詳細な検討は、本技術基準の5.1.2項を参照する事。

##### (b) 浸透に対する安全性の照査

浸透に対する安全性を照査する場合には、水位、降雨、堤体の土質、基礎地盤等を考慮して実施するものとする。

河川堤防の浸透に対する安全性の照査は、一般的に次の手順による。

###### 1. 検討断面の設定

各条件が最も厳しい状況にある断面を検討断面とする。

###### 2. 初期条件の設定

計算条件の初期状態としての既降雨量、地下水位を設定する。

###### 3. 堤体及び地盤条件の設定

浸透に対する堤防の安全性の照査に用いる堤体材料及び基礎地盤の土質定数は、適切に設定する。

###### 4. 外力の設定

外力として河川水位（時間-水位曲線）及び降雨量を考慮する。

###### 5. 安全性の評価

浸透に対する堤防の安全性照査は、法面の滑り破壊と基礎地盤のパイピングについて行うものとする。滑り破壊については円弧滑りによる計算、基礎地盤のパイピングについては浸透流計算によって、それぞれ以下の安全率を満足する堤防を建設する。

表 5.1.4 堤防の浸透に対する設計と必要安全率

必要な安全性照査項目	算定手法	必要な安全率
法面の滑り破壊	円弧滑りによる計算	$F > 1.2$
基礎地盤のパイピング	浸透流計算	$i < 0.5$ ( $i$ : 裏法面付近の局所的動水勾配)

##### (c) 地震に対する安全性

日本では、過去の地震被害の軽減から、堤防の地震時の安全性に対して、最小要求断面を標準としながらも確認を行い、安全性が不足する場合は、断面を大きくしたり、補強対策を行ったりしている。日本では強震帯地域においては、慣性力の設計震度  $K_h$  は0.20、液状化の検討においては設計震度  $K_h=0.18$  を標準として設計する。

以下、堤防の構造を土堤と特殊堤に分けて設計手法を示す。

### 1. 土堤構造の場合

土堤の場合は、想定地震に対して損傷を起こさない構造にすると、極めて建設費が高くなる。また、土堤の場合は、多少想定地震によって損傷を受けても、盛土構造はコンクリートや鋼材による構造物に比べ、極めて廉価に復旧が可能である。よって、土堤構造は、背後地の重要性、洪水時の水位等に鑑みてどの程度の耐震性を持たせるか、個別に考え、日本では設計を行っている。

日本では、土構造物の安定性評価に一般的に用いられている震度法を用いた円弧滑り法による安定計算により、地震時安全率を算出し、堤防天端の沈下量と地震時安全率の関係をを用いて地域地域で決定している。

表 5.1.5 堤防の地震時の沈下量と円弧滑りの安全率の関係

円弧滑りの地震時安全率		沈下量 (想定 Max.)
FSD(kh)	FSD( $\Delta u$ )	
1.0 < FSD		0
0.8 < FSD < 1.0		堤防の高さが最大 25% 沈下
FSD < 0.8	0.6 < FSD < 0.8	堤防の高さが最大 50% 沈下
-	FSD < 0.6	堤防の高さが最大 75% 沈下

上表において、

FSD(kh) : 地震慣性力のみを考慮した円弧滑り計算の安全率

FSD( $\Delta u$ ) : 過剰間隙水圧のみを考慮した場合の円弧滑り計算の安全率である。

### 2. 特殊堤（自立構造堤防）の場合

自立式構造の特殊堤は、地震被害を受けた場合に早急な復旧は困難であり、且つ多大な復旧コストが必要である。よって、想定地震時の慣性力と地盤の液状化の双方に対して安全な構造とする必要がある。

## 5.1.2 護岸・根固め工の設計

### (1) 護岸設計の基本

護岸は、水制等構造物や高水敷と一体となって、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して堤防を保護する、あるいは堤防の背後地を安全に防護できる構造とする。護岸の設計には、以下の表に示す各条件を考慮する。

表 5.1.6 護岸の設計で考慮すべき条件等

項目	考慮すべき条件
堤防・堤防背後地の安全性	流水の作用による外力、土圧等の外力、洪水時の河床変動 流砂や礫の衝突等による摩耗・破損・劣化 流水や降雨の浸透による吸出し等
堤防機能の確保	浸食防止・軽減 河川環境の保全・整備
設計の合理性	経済性・施工性

今後ペルーでも護岸に対する知見が蓄積され、安全性とコストの関係からより合理的なペルー

の河川に適した護岸構造が選定されていくべきである。

特に、今後蓄積されるべき知見としては、護岸の被災形態の把握が重要であり、既往の被災事例を調査し、被災部位別の主な被災原因や護岸構造ごとの被災形態の特徴について十分に今後把握していく必要がある。以下に、主な被災部位とその特徴を示す。

#### (a) 河床洗掘による被災

護岸が被災する事例で最も多い被災形態である。護岸基礎工前面の河床洗掘を契機として、護岸が被災する。

この対策としては、護岸の根入れを十分な深さとして、護岸前面に根固め工を設置する。

#### (b) 護岸端部の被災

護岸設置区間と未設置区間の境界、護岸の端部が被災する形態である。この被災形態も多く発生する。

この被災を防ぐ対策としては、端部に設置する護岸は、連続した構造物としては考慮せずに単体の構造物として設計し、且つ未設置区間との粗度を連続的に変化させるような構造とすることが挙げられる。

#### (c) 護岸本体の被災

護岸は流水からの力によって、揚力等が発生し、この力が自重や粘着力を超えると「めくれ」等の被害が発生する。または、堤防が雨水の浸透等によって、護岸下で吸い出され、護岸が空中に浮くことにより自重で活動や損傷を起こすこともある。

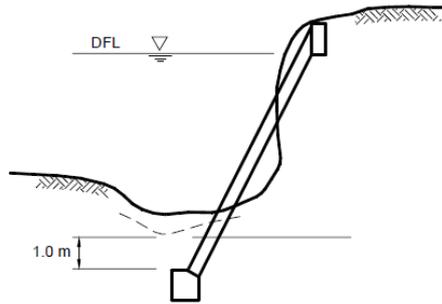
このような被災は、護岸の設計を確実にを行うこと、吸出し防止材の護岸下への設置等で、被災は起こさない構造とできる。

### (2) 護岸の根入れ深さ

護岸の根入れ深さは、通常、

- 現況河川の最深河床高または計画河床高の低い方から更に1~1.5m程度根入れをした深さを前提とする。また、
- 流水によって移動されない根固め工を設置する場合は、護岸の根入れ深さを浅くすることを可能

とする。但し、上流にダム等が建設され、流砂量が減少したり、現時点において最深河床が経年的に変化したりしている河川に対しては、最深河床の評価が困難な場合がある。この場合、国内・諸外国内の既往研究成果からの評価等を確認し、設定することが望ましい。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.1.9 護岸の適切な根入れ深さ

### (3) 護岸の設計

#### (a) 護岸及び根固め工本体の設計手法

護岸の安全性の照査は、護岸本体、護岸の基礎工及び根固め工について、流水の作用、土圧、河床変動等を考慮して行う。

護岸・根固め工の設計を行う場合は、以下の表に示す護岸・根固めの種類によって、設計対象を変えて行う。

表 5.1.7 護岸・根固め工本体の設計手法

護岸の傾斜	設計手法
法勾配が 1:1.5 より急な場合	背面からの土圧・水圧に対する安定計算
法勾配が 1:1.5 より緩な場合	河川の洪水流による流体力に対する安定計算

#### (b) 法勾配が 1:1.5 より緩な護岸及び根固め工本体の設計

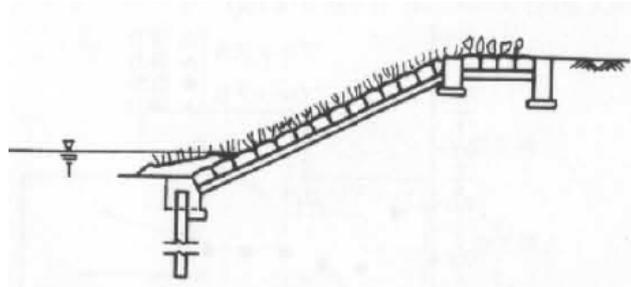
法勾配が 1:1.5 より緩な護岸及び根固め工は、以下の種類の破壊機構を持ちそれぞれに 1~5 の設計手法で判定する。

表 5.1.8 法勾配が 1:1.5 より緩な護岸・根固め工本体の設計

構造名	破壊形態	設置状態	標準的なタイプ	計算手法
護岸工	滑動	単体	自然石を整列して設置した護岸	本項 1. 参照
		群体	コンクリート等によって一体化された護岸	本項 2. 参照
	めくれ	単体	護岸の上流端	本項 3. 参照
	掃流	群体 (一体性弱い)	自然石を積んだ護岸	本項 4. 参照
			人工的な形の石・コンクリートブロックを噛み合わせて設置した護岸	本項 5. 参照
		籠詰め	布団籠等の護岸	本項 6. 参照
根固め工	滑動・転動	層積み	規則正しく敷き並べたブロック等による根固め工の上流端	本項 7. 参照
		乱積み	不規則に積み上げられた根固め工の上流端	本項 8. 参照
	掃流	乱積み	捨石による根固め工	本項 9. 参照

構造名	破壊形態	設置状態	標準的なタイプ	計算手法
		籠詰め	ほぼ同一粒径の根固め材料（石等）が面的に籠状のものの中に詰められた根固め	本項 10. 参照
		中詰め	ほぼ等しい径の根固め材料（人工的に切り出された石等）がかみ合わせ効果を持ちながら、格子枠状のものに詰められた根固め	本項 11. 参照

## 1. 「滑動-単体」護岸の設計



出典：護岸の力学的設計法（国土開発技術研究センター）

図 5.1.10 「活動-単体」構造として設計される護岸のタイプ

一体性が無く、個々の部材が流れの中に単独で置かれた状態の護岸は以下の式で、滑動を想定した護岸の安定上必要な重さを設計する。

$$\mu (W_w \cos \theta - L) \geq ((W_w \sin \theta)^2 + D^2)^{1/2}$$

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_b V_d^2 \text{ (kgf または N)}$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \text{ (kgf または N)}$$

ここで、

$\mu$ : 摩擦係数（一般的に  $\mu = 0.65$ ）、

$W_w$ : 法覆工の部材水中重量 (kgf または N)、

$\theta$ : 法面勾配、

$\rho_w$ : 水の密度 (102 kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> または 1,000 kg/m<sup>3</sup>)、

$L$ : 揚力 (kgf または N)

$D$ : 抗力 (kgf または N)

$C_L$ : 部材の揚力係数、

$C_D$ : 部材の抗力係数、

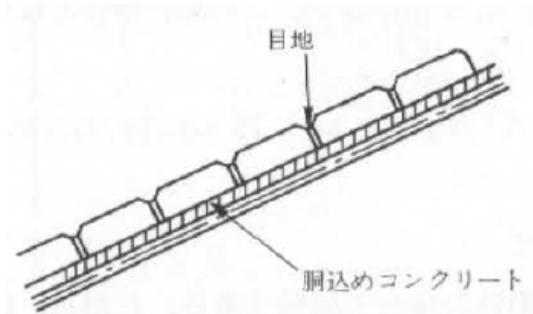
$A_b$ : 部材の上方投影面積 (m<sup>2</sup>)、

$A_D$ : 部材の流下方向投影面積 (m<sup>2</sup>)、

$V_d$ : 護岸近傍流速 (m/s)

である。

## 2. 「滑動-群体」護岸の設計



出典：護岸の力学的設計法（国土開発技術研究センター）

図 5.1.11 「活動-群体」構造として設計される護岸のタイプ

護岸の構造間に護岸同士が接着するようにコンクリートまたは連結され一体性が保たれる護岸構造は以下の式で、滑動を想定した護岸の安定に必要な重さを設計する。

$$\mu (W_w \cos \theta - L) \geq ((W_w \sin \theta)^2 + D^2)^{1/2}$$

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_g V_d^2 \text{ (kgf または N)}$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \text{ (kgf または N)}$$

ここで、

$\mu$ : 摩擦係数（一般的に  $\mu = 0.65$ ）、

$W_w$ : 法覆工の部材水中重量 (kgf または N)、

$\theta$ : 法面勾配、

$\rho_w$ : 水の密度 (102 kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> または 1,000 kg/m<sup>3</sup>)、

$L$ : 揚力 (kgf または N)

$D$ : 抗力 (kgf または N)

$C_L$ : 部材の揚力係数、

$C_D$ : 部材の抗力係数、

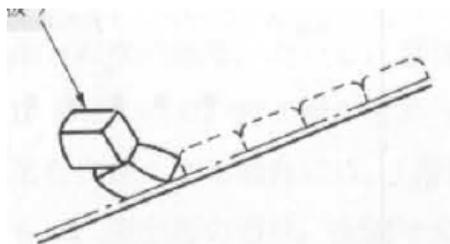
$A_g$ : 部材の突出部の上方投影面積 (m<sup>2</sup>)、

$A_D$ : 部材の突出部の流下方向投影面積 (m<sup>2</sup>)、

$V_d$ : 護岸近傍流速 (m/s)

である。

## 3. 「めくれ-単体」護岸の設計



出典：護岸の力学的設計法（国土開発技術研究センター）

図 5.1.12 「めくれ-単体」構造として設計される護岸のタイプ

護岸の特に上流側の端部に用いる安定計算であり、上流端に置かれた護岸が流体力によつ

て回転しないように、以下の式を用いて確認を行う。

$$W_w \cos \theta l_b / 2 \geq L l_L + D l_D \quad (\text{kgf または N})$$

$$L = \frac{1}{2} \rho_w C_L A_b V_d^2 \quad (\text{kgf または N})$$

$$D = \frac{1}{2} \rho_w C_D A_D V_d^2 \quad (\text{kgf または N})$$

ここで、

l<sub>b</sub>: 上流端の部材の流下方向長さ (m)

l<sub>L</sub>: 上流端の部材の揚力に対する回転半径 (m)

l<sub>D</sub>: 上流端の部材の抗力に対する回転半径 (m)

θ: 法面勾配、

ρ<sub>w</sub>: 水の密度 (102 kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> または 1,000 kg/m<sup>3</sup>)、

L: 揚力 (kgf または N)

D: 抗力 (kgf または N)

C<sub>L</sub>: 部材の揚力係数、

C<sub>D</sub>: 部材の抗力係数、

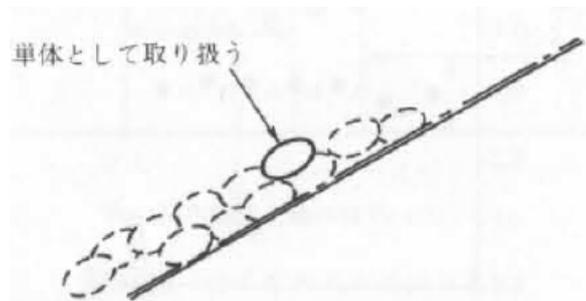
A<sub>b</sub>: 部材の上方投影面積 (m<sup>2</sup>)、

A<sub>D</sub>: 部材の流下方向投影面積 (m<sup>2</sup>)、

V<sub>d</sub>: 護岸近傍流速 (m/s)

である。

#### 4. 「掃流-群体 (一体性弱い)」護岸の設計



出典：護岸の力学的設計法 (国土開発技術研究センター)

図 5.1.13 「掃流-群体 (一体性弱い)」構造として設計される護岸のタイプ

隣接する護岸との一体性が弱く、個々の護岸が敷き並べられている捨て石を置いているだけの護岸のタイプの設計においては、以下の式を利用する。なお、この式はアメリカ工兵隊の基準を基に日本で規定されている。式の原理は、護岸として利用する自然石に作用する掃流力が自然石の移動限界を超えないものとして流速と自然石の大きさ (重さ) の関係式から求められている。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left[ \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right]} V_0^2 K \quad (\text{Unit: m})$$

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}}$$

ここに、

Dm: 石の平均粒径 (m)

ps: 石の密度 (kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> または kg/m<sup>3</sup>: 日本では通常 ps/pw = 2.65 程度)

E1: 流れの乱れの強さを表す実験係数。

通常は E1=1.2 が用いられることが多い。

乱れが大きい流れの場合は、E1 = 0.86 を使う。

g: 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)

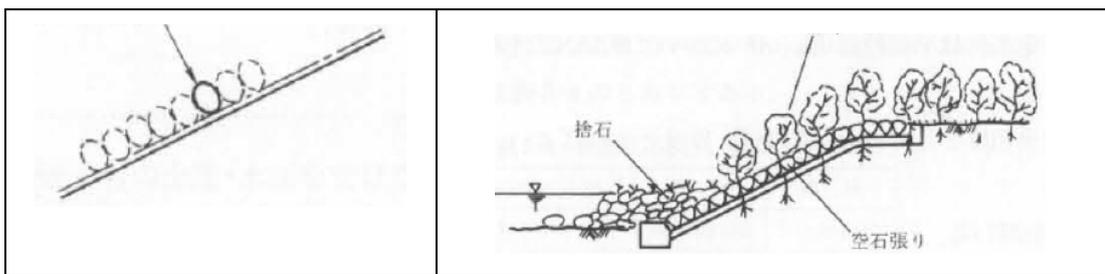
K: 捨て石を斜面に置く場合の係数

θ: 斜面の角度 (°)

φ: 捨て石の水中安息角 (自然石で 38°、砕石では 41°程度) (°)

V0: 設計地点の代表流速 (m/s)

#### 5. 「掃流-群体 (一体性強い)」護岸の設計



出典: 護岸の力学的設計法 (国土開発技術研究センター)

**図 5.1.14 「掃流-群体 (一体性強い)」構造として設計される護岸のタイプ**  
 ほぼ等しい大きさの部材 (人工的に切り出した石等) がかみ合わせ効果を期待できるように整然と設置されている護岸。コンクリート等は使用しなくても良い。

この護岸の安定は、掃流力が限界掃流力を上回った場合に移動が生じる。限界掃流力は、シールズなどの水平床上での実験式を基本に以下の式で設計する。

$$D_m \geq \frac{V_0^2}{\{6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/ks)\}^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g} \quad (\text{Unit: m})$$

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \cdot \cos \theta \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}$$

ここに

Dm: 護岸の必要径 (m)

V0: 代表流速 (m/s)

Hd: 設計水位 (m)

ks: 相当粗度 (ks = Dm とする。)

$\tau_{*sd}$ : 角度  $\theta$  の斜面に護岸を配置した時の護岸に作用する無次元せんだん力

$\tau_{*d}$ : 護岸に作用する無次元せんだん力 = 0.05 とする。

s: 材料の水中比重 (日本では通常 1.65)

g: 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)

$\varphi$ : 護岸の水中安息角 (自然石で 38°、碎石では 41°程度) (°)

## 6. 「掃流－籠詰め」護岸の設計



出典：護岸の力学的設計法 (国土開発技術研究センター)

図 5.1.15 「掃流－籠詰め」構造として設計される護岸のタイプ

ほぼ同一の粒径の材料 (石など) が籠状の枠の中に詰められている状態であり、布団かご護岸、蛇かご護岸等が相当する。これらの護岸は、以下の式で設計する。

$$D_m \geq \frac{V_0^2}{\{6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/ks)\}^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g} \quad (\text{Unit: m})$$

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \cdot \cos \theta \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}$$

ここに

$D_m$ : 護岸の必要径 (m)

$V_0$ : 代表流速 (m/s)

$H_d$ : 設計水位 (m)

ks: 相当粗度 (ks = 2.5  $D_m$  とする。)

$\tau_{*sd}$ : 角度  $\theta$  の斜面に護岸を配置した時の護岸に作用する無次元せんだん力

$\tau_{*d}$ : 護岸に作用する無次元せんだん力 = 0.10 とする。

s: 材料の水中比重 (日本では通常 1.65)

g: 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)

$\varphi$ : 護岸の水中安息角 (自然石で 38°、碎石では 41°程度) (°)

## 7. 「滑動・転動－層積」根固め工の設計

規則的に並べられた根固め工の一番の弱点部は上流端であるため、このタイプの根固めは上流端の安定を確認し設計を行う。根固め構造 1 個当たりの重量が河川の流れの力以上となれば、根固めは安定するので、以下の式で設計を行う。

$$W > a \left( \frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left( \frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (\text{Unit: kgf or N})$$

ここで;

W: 根固め工 1 個当たりの必要重量 (kgf または N)

a: 根固め工の形状等に係る無次元定数

$\rho_w$ : 水の密度 (102kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> or 1,000kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_b$ : 根固め工 1 個当たりの密度 (kgf·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup> or kg/m<sup>3</sup>)

g: 重力加速度 (9.8 m/s<sup>2</sup>)

Vd: 代表流速 (m/s)

$\beta$ : 根固め工の形による割引係数

である。よって、根固め工の密度、形状に安定性が依存されるので、通常は根固め工のタイプごとに、以下の定数・係数を利用する。

表 5.1.9 「滑動・転動一層積」根固め工の設計のための定数・係数

根固め工のタイプ	根固め工の比重	a	$\beta$
対象突起型	$\rho_b/\rho_w = 2.22$	1.2	1.5
平面型	$\rho_b/\rho_w = 2.03$	0.54	2.0
三角錐型	$\rho_b/\rho_w = 2.35$	0.83	1.4
三点支持型	$\rho_b/\rho_w = 2.25$	0.45	2.3
長方形	$\rho_b/\rho_w = 2.09$	0.79	2.8



図 5.1.16 根固めブロックのタイプ

8. 「滑動・転動一乱積」根固め工の設計

不規則に積み上げられた根固め工もその弱点は上流端にある。この形式の根固めの設計は上述した「滑動・転動一層積」根固め工の設計と同じ以下の式で設計する。

$$W > a \left( \frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left( \frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (\text{Unit: kgf or N})$$

根固め工の各定数・係数も  $\rho_b/\rho_w$  及び a は根固めの形によって決まるので、「滑動・転動一層積」根固め工の設計と同じ値を使用する。ただし、割引係数  $\beta$  は「滑動・転動一層積」根固め工に比べ一体性が弱くなるので、このタイプの根固めは、

$$\beta = 1.2$$

として設計を行う。

9. 「掃流一乱積」根固め工の設計

面的に設置された、捨石を敷き並べた乱積の根固め工は、河川の流れによる掃流によって破壊される。設計に使用する式は、アメリカ工兵隊の基準にある捨石径の算定方法に基づき以下とする。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left[ \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right]} V_0^2 K \quad (\text{Unit: m})$$

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}}$$

この式は、上述している、護岸の「掃流—一体性弱い」と同じ式である。

#### 10. 「掃流—籠詰め」根固め工の設計

面的に設置されたほぼ同一粒径の球状な材質の石等が籠状のものの中に詰められた根固め工（Gabion 等）は、中詰めされた石等が掃流によって移動して破壊する。

このタイプの根固め工の設計は、上述した「掃流—籠詰め」護岸と同様に設計して良く、以下の式によって設計する。

$$D_m \geq \frac{V_0^2}{\{6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/ks)\}^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g} \quad (\text{Unit: m})$$

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \cdot \cos \theta \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}$$

（各諸数値は、上述の 6. 「掃流—籠詰め」護岸を参照。）

#### 11. 「掃流—中詰め」根固め工の設計

ほぼ等しい径の部材（人工的に切り出された石等）がかみ合わせ効果を持ちながら、格子枠状のものに詰められているもので、このタイプの根固めは部材が流体力で掃流され破壊される。この破壊過程は、「掃流-群体（一体性強い）」護岸と同じであり、設計も同様に以下の式で行う。

$$D_m \geq \frac{V_0^2}{\{6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/ks)\}^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g} \quad (\text{Unit: m})$$

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \cdot \cos \theta \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}$$

（各諸数値は、上述の 5. 「掃流-群体（一体性強い）」護岸を参照。）

## 5.2 橋梁

### 5.2.1 計画の基本

橋梁は、道路、鉄道、水道及びガス管等が河川と交差する場合に河川を空中で横過するものを言うが、その目的に合わせ、各実施機関が建設するのが一般的である。

これらの河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。

よって、流域を洪水対策も含めて管理を行う ANA、AAA 及び ALA は、各機関が橋梁を建設する場合は、その構造が、洪水対策や土砂災害対策に影響を与えないか審査を本来行わなければならない。

さらに、河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに橋台又は橋脚に接続する河床及び高

水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とするものとする。

以下、日本が橋梁の計画、設計及び建設において、洪水対策に関連し、どのような配慮を行っているかを参考にしてペルーにおいても配慮すべき事項を取り纏め提案する。

## 5.2.2 橋梁の計画・設計・建設において洪水対策に関連し留意すべき事項

### (1) 橋梁の高さ

「橋の桁下高」は、ANA、AAA、ALA が設定した各河川の計画洪水位に計画高水流量 に応じ表 5.1.2 で示した値を加えた以上且つ、高潮区間においては計画高潮位を下回らず、その他の区間においては当該地点における河川の兩岸の堤防（計画横断形が定められている場合において、計画堤防の高さが現状の堤防の高さより低く、かつ、治水上の支障がないと認められるとき、又は計画堤防の高さが現状の堤防の高さより高いときは、計画堤防）の表法肩を結ぶ線の高さを下回らないものとするものとする。

背水区間に設ける「橋の桁下高」は、治水上の支障がないと認められるときは、前段落の規定にかかわらず、次に掲げる高さのうちいずれか高い方の高さ以上とすることができる。

(1) 当該河川に背水が生じないとした場合に定めるべき計画高水位に、計画高水流量に応じ、表 5.1.2 に掲げる値（余裕高）を加えた高さ

(2) 計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）

地盤沈下のおそれがある地域に設ける可動堰の可動部の引上げ式ゲートの最大引上げ時における下端の高さは、前条第 1 項及び前項の規定によるほか、予測される地盤沈下及び河川の状況を勘案して必要と認められる高さを下回らないものとする。

橋面（路面その他建設省令で定める橋の部分をいう。）の高さは、背水区間又は高潮区間においても、橋が横断する堤防（計画横断形が定められている場合において、計画堤防高さが現状の堤防の高さより低く、かつ、治水上の支障がないと認められるとき、又は計画堤防の高さが現状の堤防の高さより高いときは、計画堤防）の高さ以上とするものとする。

### (2) 橋台

#### (a) 橋台の位置

堤防に設ける橋台（前項の橋台に該当するものを除く。）は、堤防の法肩より表側の部分に設けてはならない。橋台が堤防または河川の標準幅より前面に突出すると、計画洪水流量を安全に流下させることが出来なくなると共に、橋梁の橋台の基礎が洗掘等により被害を受ける可能性が高くなる。

#### (b) 橋台の方向

堤防に設ける橋台の表側の面は、堤防の法線に平行して設けるものとする。ただし、堤防の構造に著しい支障を及ぼさないために必要な措置を講ずるときは、この限りでない。

### (c) 橋台の根入れ

堤防に設ける橋台の底面は、堤防の地盤に定着させるものとする。橋台の基礎底版の高さは、堤防法尻の河床高よりも低く建設する。

## (3) 橋脚

### (a) 橋脚の形状

河道内に設ける橋脚（基礎部（底版を含む。次項において同じ。）その他流水が作用するおそれがない部分を除く。以下この項において同じ。）の水平断面は、できるだけ細長い楕円形その他これに類する形状のものとし、かつ、その長径（これに相当するものを含む。）の方向は、洪水が流下する方向と同一とするものとする。

円形の橋脚は、渦流を多く発生させる傾向があり、洪水時、周囲に異常な洗掘等を発生させることから極力建設しないことが望ましい。

ただし、橋脚の水平断面が極めて小さいとき、橋脚に作用する洪水が流下する方向と直角の方向の荷重が極めて大きい場合であって橋脚の構造上やむを得ないと認められるとき、又は洪水が流下する方向が一定でない箇所には、橋脚の水平断面を円形その他これに類する形状のものとするができる。

### (b) 橋脚の設置による河道断面の障害率

#### 一般規定

橋脚を河川内に建設すると、洪水時の流れを障害する。よって、河川内にはできるだけ橋脚を建設しない事が原則である。やむを得ず、橋脚を建設する場合は、河道の断面の障害率を 5%以内に抑えるべきである。

日本では、通常の道路の橋梁は、5%以内に抑えている。

橋脚を河道内に設ける場合においては、当該箇所において洪水が流下する方向と直角の方向に河川を横断する垂直な平面に投影した場合における隣り合う河道内の橋脚の中心線間の距離（河岸又は堤防（計画横断面が定められている場合には、計画堤防。以下この条において同じ。）に橋台を設ける場合においては橋台の胸壁の表側の面から河道内の直近の橋脚の中心線までの距離を含み、河岸又は堤防に橋台を設けない場合においては当該平面上の流下断面（計画横断面が定められている場合には、当該計画横断面に係る流下断面）の上部の角から河道内の直近の橋脚の中心線までの距離を含む。以下この条において「径間長」という。）は、山間狭窄部であることその他河川の状況、地形の状況等により治水上の支障がないと認められる場合を除き、次の式によって得られる値（その値が 50m を超える場合においては、50m）以上とするものとする。

$$L = 20 + 0.005Q$$

この式において、L 及び Q は、それぞれ次の数値を表すものとする。

L 径間長（単位 m）

Q 計画高水流量 (単位 m<sup>3</sup>/s)

例外規定

a. 中小河川の径間長は、河川管理上著しい支障を及ぼすおそれがないと認められるときは、前項の規定にかかわらず、以下に掲げる値以上とすることができる。

(1) 計画高水流量が1秒間につき 500m<sup>3</sup> 未満で川幅が 30m 未満の河川に設ける橋：12.5m

(2) 計画高水流量が1秒間につき 500m<sup>3</sup> 未満で川幅が 30m 以上の河川に設ける橋：15m

(3) 計画高水流量が1秒間につき 500m<sup>3</sup> 以上 2,000m<sup>3</sup> 未満の河川に設ける橋：20m

b. 基準径間長が 25m を超えることとなる場合においては、上述の「一般規定」にかかわらず、流心部以外の部分に係る橋の径間長を 25m 以上とすることができる。この場合においては、橋の径間長の平均値は、これらの規定により定められる径間長以上としなければならない。

c. 河道内に橋脚が設けられている橋、堰その他の河川を横断して設けられている施設に近接して設ける橋の径間長については、これらの施設の相互の関係を考慮して治水上必要と認められる範囲内において ANA の規則令で特則を定めることができる。

**(c) 橋脚の根入れ**

河道内に設ける橋脚の基礎部は、低水路（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る低水路を含む。以下この項において同じ。）及び低水路の河岸の法肩から 20m 以内の高水敷においては低水路の河床の表面から深さ 2 m 以上の部分に、その他の高水敷においては高水敷（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る高水敷を含む。以下この項において同じ。）の表面から深さ 1 m 以上の部分に設けるものとする。ただし、河床の変動が極めて小さいと認められるとき、又は河川の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められるときは、それぞれ低水路の河床の表面又は高水敷の表面より下の部分に設けることができる。

また、橋脚部には異常な洗掘を防止するための根固め工等を設置する。

**(d) 橋脚の位置**

橋脚は堤防から 15m 以上離して建設しなければならない。橋脚による洪水流の乱れが堤防に影響を与えないようにすべきである。また、橋脚はできるだけ洪水流の流心には建設しない事も原則とする。

**(4) その他**

**(a) 橋梁横断部の堤防**

橋梁が横断する河川断面は、橋台と堤防の挙動の不一致、橋脚による洪水流の乱れ、橋桁からの落水、落下物等が考えられるため、必ず護岸を建設する。

**(b) 橋梁建設の承認制度の導入**

上述したように、橋梁は河川の洪水を安全に流下させる目的に対して、負の影響を与える事が

想定される。日本では、各橋梁を建設する機関は必ず河川を管理する、中央または地方自治体から洪水流下のための安全性の確認承認を取ってから設計・建設を開始する。ペルー国においても、このような治水上の配慮に基づく承認制度の導入を検討すべきである。

## 5.3 水制工

### 5.3.1 水制工の目的

水制工は、4.1.7 項の(3)で示した通り、高水敷やほかの構造物とともに流水による侵食作用から堤防(掘込河道にあっては堤内地)、河岸を保護するために設けられる。

水制の設置目的は様々にあるが、水理的な働きから考慮すると以下の2つに纏められる。

- 流水に対して粗度要素となり、流速を軽減させる。
- 流水に対して直接障害となり、流水の方向を変化させる。

利用目的別では、以下の箇条書きに纏められる。

- 河岸浸食防止用水制
  - 流水の障害となり、流れの中心に戻す河岸防御水制
  - 河岸付近の流速を軽減させ、浸食・破壊を防ぐ根固め水制
- 航路維持用水制
- 景観改善型水制
- 生態系保全

以上のように水制は主な役割としては、4 つに分類できるが、ここでは、一番最初の「河岸浸食防止水制」のための設計を主に詳述する。

### 5.3.2 水制工の設計

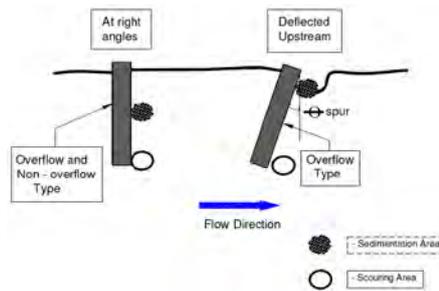
#### (1) 水制工の分類

##### (a) 配置による分類・タイプ

水制の方向によって以下の3つに分類できる。

- 上向き水制
- 直角水制
- 下向き水制

通常は、河川のながれに直角または10~15°上向きにすることが多い。



出典: Manual on Design of Flood Control Structures (Dike, Revetment, Spurdike and Groundsill)  
Project for the Enhancement of Capabilities in Flood Control and Sabo Engineering of the DPWH (JICA)

図 5.3.1 水制の向きと河床堆積・洗掘の関係性

(b) 透過度による分類・タイプ

水制には流水の透過度により

- 透過水制
- 不透過水制

の2つに分類される。透過水制は流水が透過する構造のもので、水制が粗度要素となって流速を減じて洗掘を防ぎ、適切に配置すれば土砂を堆積させる効果を持つ。

一方、不透過水制は流水を透過させないものである。

(c) 高さによる分類・タイプ

不透過水制は、

- 水制上を越流させる（高さが低い水制）
- 水制上を越流させない（高さが高い水制）

かで越流型水制と非越流型水制に分けられる。不透過水制は、流水を流れの中心に押しやる効果が大きい。水制先端部や水制下流部が洗掘されやすいので、5.1 節で詳述した根固め工を設置する必要があることが多い。

(2) 水制工の設計

(a) 基本

水制の設計にあたっては、設置目的、設置個所の河道特性、外力条件、洪水特性など様々な要因が関係する。水制は、それらの要因を考慮して、類似河川や近隣区間での実績を参考にしながら、設置目的に適し、かつ計画高水位以下の水位の通常の流水作用に対して、護岸等の構造物や他の施設と一体となって堤防・堤内地を安全に保護・防護する構造となるように設計する。

基本的には、各水制工の働き・目的に対応して、以下の表に示すようなタイプが選ばれることが多い。

表 5.3.1 水制設置の目的と水制のタイプ

目的	透過度	高さ	向き
流速軽減 (根固め)	透過型	—	直角 等
	不透過型	低い (越流型)	直角 等

目的	透過度	高さ	向き
河岸防御 (流水方向の変更)	不透過型	高い (非越流型)	直角等 またはやや下向き

#### (b) 流速軽減のための水制工の設計

以下の構造を基本とする。

- 水制工の配列長：川幅の 10%以下
- 高さ：計画高水位時水深 (H) の 0.2~0.3H  
主たる河床堆積物が砂の河川は、根付付近で平水位に 0.5~1.0m 高くした程度が多い。
- 水制間の間隔：水制配列長さ (L) の 2~4L 及び水制の高さ (h) の 20~30h  
河川の湾曲部では、1.5~2L
- 水制の上面標高の勾配：川の中心に向かって 1/20~1/100 の下り勾配を付ける。

#### (c) 河岸防御のための水制工の設計

以下の構造を基本とする。

- 透過度タイプ：「不透過タイプ水制」とする。
- 高さ：河岸・堤防との根付部分は、計画高水位程度まで高くする。  
(護岸が有る場合は、練石護岸等の堅固なものとする。)
- 水制間の間隔：水制が設置される区間において形成されている砂州長さの 1/2~1/3 とする。

#### (d) 水制工の安定計算

水制工の各部材は、5.1.2 項に示した、根固め工の設計手法に準じて必要重量等を設計する。

### 5.4 床止め工 (落差工)

#### 5.4.1 床止め工の目的

河床は、河川の流水の影響で低下を続けると、根固め工では対処できないような堤防・護岸の安定に影響を与え、河岸浸食を促進する。

床止め工は、上記のような河床低下を防止して河床を安定させ、河川の縦断及び横断形状を維持するために設置される横断構造物の事を言う。



図 5.4.1 日本の落差工の事例

## 5.4.2 床止め工の設計

### (1) 床止め工の種類

床止め工には、落差のあるものと無いものがあるが、ここでは、以下、落差のある落差工に関する設計諸元を示す。

また、床止め工の本体は、

- コンクリート構造
- 根固めブロック等を用いた構造

の2つの方式があるが、ブロック構造のものは、施工はし易いものの、日本の事例では安定性に課題が見られるためにコンクリート構造の本体工とするのが一般的である。ブロック構造を利用する場合は、流水の作用によってブロックが移動・変位をしないこと、必ずブロック下に吸い出し防止材を敷設する事等設計に細心の注意が必要である。

### (2) 床止め工の構成

床止め工は、基本的に以下の構成が上流側から一連となって設置される。

- 上流側護床工 (Upstream Riverbed Protection)
- 本体 (Main Body)
- 水叩き (Apron)
- 下流側護床工 (Downstream Riverbed Protection)

また、両岸には、

- 護岸・保護工

が設置される。

床止め工の本体と水叩きは一体構造としてコンクリート構造とするのが一般的である。

以下に図として床止めを構成する概略構造を示す。

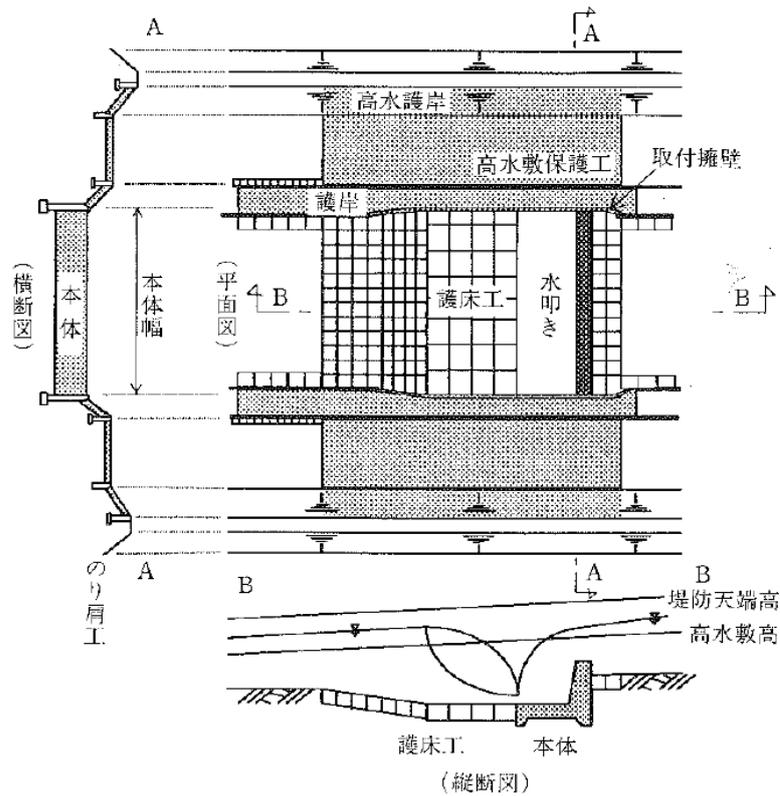


図 5.4.2 床止め工（落差工）の概略構造

床止めに落差がある場合、上図のように、一挙に落差を付ける場合と、魚道の機能を持たせる目的で緩傾斜とする場合がある。

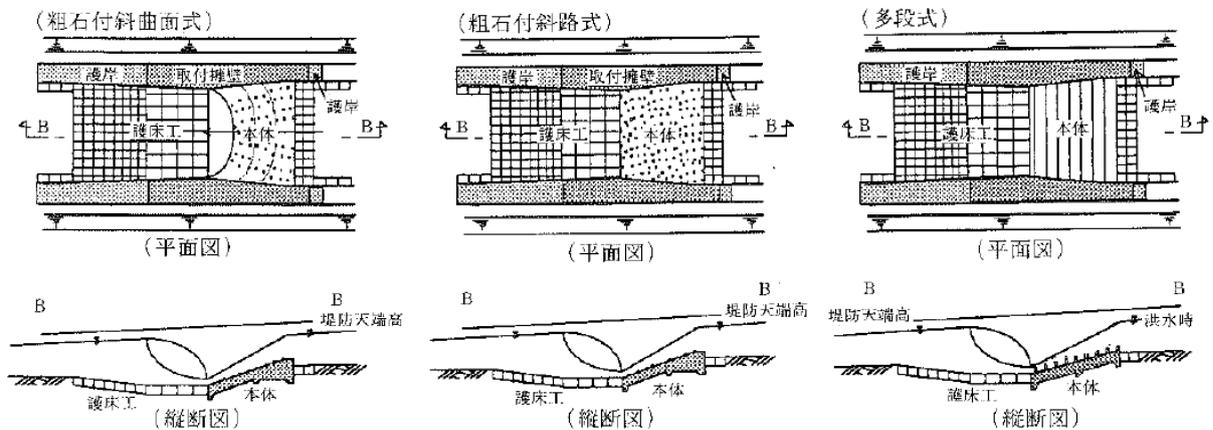


図 5.4.3 緩傾斜とした床止め工（落差工）の縦断構造

### (3) 床止め工の構成部の留意事項及び設計

#### (a) 本体・水叩き

床止め工の縦横断形状は、計画河床縦断、計画横断に従って決定する。

水叩き長は、床止め工を流下する河川水の落下距離の計算が簡便に算定できる以下の RAND (1955) の公式によって求める。

$$W/D = 4.3 \left( h_c/D \right)^{0.81}$$

ここに、

W: 必要水叩き長 (m)

D: 落差高 (m)

hc: 限界水深 (m)

である。乾季の常時の流れから計画洪水時までの各状態において、上流からの流れてくる流量と下流水位の関係において最も高い限界水深が発生する状態で長さを決定する。

また、床止め工の本体・水叩き部の構造的厚さや重量は、水理的条件及び基礎の土質条件から、以下の荷重を考慮して、転倒・滑動に対して安全な構造とし、構造計算を行って部材厚等を決定する。ただし、各部材の最小厚は 35cm 程度にすることが望ましい。

表 5.4.1 本体・水叩き工の設計

設計において考慮すべき荷重	安定計算	構造計算
自重 静水圧 揚圧力 地震時慣性力 土圧等	基礎の支持・転倒・滑動に対して安全な構造とする。	全ての構造部は、圧縮、曲げ、引張応力に対して、安全な構造とする。
	安全率は、一般的にペルー国において採用されている基準を使用する。	
	日本の場合の安全率： 基礎支持力：常時 3、地震時 2 転倒：(常時：合力の作用点が中央 1/3 以内)、(地震時：合力の作用点が中央 2/3 以内) 滑動：常時 1.5、地震時 1.2	計算手法、安全率、係数、許容応力度等は、ペルーの構造物設計基準に従う。

#### (b) 上流側護床工

床止めの上流側護床工は、床止め直上流で生ずる局所洗掘を防止し、本体及び河岸部の取付擁壁を保護するために設けるものである。上流側護床工の長さは、日本での水理実験や既設事例によれば、最低でも計画高水位時の推進程度以上の長さが必要である。

また、5.1.2 項での根固め工の設計に準拠して上流側護床工の重量等を床止め上流河川の平均流速によって設計する。

#### (c) 下流側護床工

床止め下流側の護床工は、水叩き下流での跳水の発生により激しく流水が減勢される区間であり、且つ減勢された流水を整流する区間も必要である。これらを検討して長さを決定する。

これらを式にすると以下となる。

$$L = L1 + L2 + L3$$

$$L2 = 4.5 \sim 6 h2$$

$$L3 = 3 \sim 5 H_{d \max}$$

ここに、

L: 下流側護床工の総必要延長 (m)

- L1: 落下後から跳水発生までの斜流で流下する区間 (m)
  - L2: 跳水発生区間長 (下流区間の水深の 4.5~6 倍)
  - L3: 整流区間 (m)
  - h2: 下流区間の水深 (下流区間の計画高水位の 3~5 倍) (m)
  - H<sub>dmax</sub>: 下流区間の計画高水位 (m)
- である。

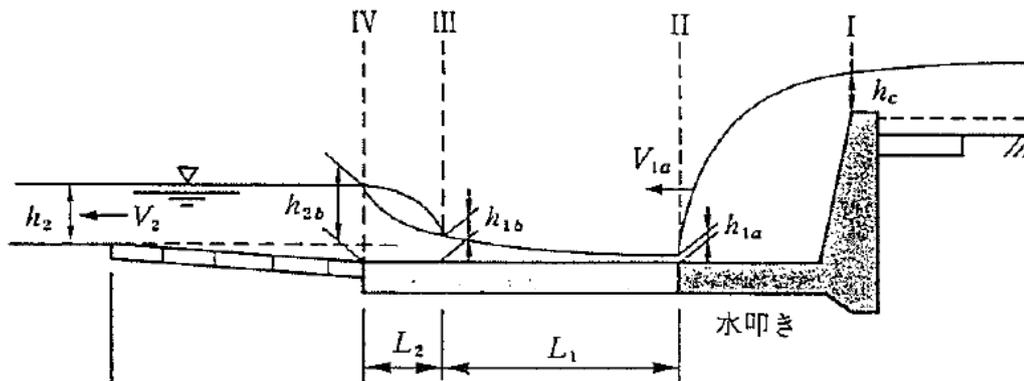


図 5.4.4 下流護床工の設計

落下後から跳水発生までの斜流で流下する区間 L1 の算定は、上流からの流量により床止め工本体直下流の越流落水水深 h1a を求め、エネルギー保存式または斜流の不等流計算から h1a からの距離 L1' とその地点における水深 h1b を求める。この h1b が下流の河道の水深 h2 と共役な水深となった地点で跳水を開始するのでその地点までを L1 とする。上流からの流量と下流の水深の関係から最も L1 が長くなる水理条件で L1 を決定する。ただし、急流な河川では跳水発生前の L1 が長くなりすぎ、護床工の延長が長くなってしまふことがある。この場合には、エンドシル、バップルピア、段上がり等による強制跳水で L1 の長さを短くする。



図 5.4.5 強制跳水のためのエンドシル・バップルピアの事例

下流側護床工の設計において、跳水発生区間の護床工は、流れが激しく乱れ高速流となる場所であるから、設置するブロック等を鉄筋等で連結し、ブロック全体で群体として抵抗できるような構造とする。下流側護床工も、5.1.2 項での根固め工の設計に準拠して本体直下流流速及び下流側河川の平均流速それぞれの必要重量等を設計する。



図 5.4.6 護床工に利用するコンクリートブロック事例

## 5.5 その他（河川の下流域における対策）

### 5.5.1 樋門（Sluice Gate）

樋門は、大きな河川に小さな河川または排水路が流入する箇所において、開水路でそのまま接続すると、

- 小さな河川の接続のために、大きな堤防が小さな河川のために必要となる、
- 直接接続すると、小さな河川に大きな河川水の洪水が逆流する

ことになり、直接は合流させられない個所に、「堤防の機能」も備えた施設である。

また、農業灌漑等のために、河川からの取水を目的として設置されるもの、及び舟運のために設けられるものがある。

	<p>平常時や川の水位が低いときは、排水樋門の扉は開いており、生活排水や雨水を川に流す。</p>
	<p>洪水により川の水位が高くなると、川の水が樋門を通して住宅側に流れ込み（逆流）、浸水被害が発生するため、樋門の扉を閉める。</p>
	<p>樋門の扉を閉めると、住宅側の水の行き場所がなくなり、住宅地が浸水する（内水被害）場合がある。そのため、内水被害が発生する場所には排水機場を設置したり、排水ポンプ車で排水したりするなどの対策を講ずる。</p>
	<p>川の水位が低くなり、住宅側への逆流の心配がなくなったら、樋門の扉を開け、住宅側に貯まった水を川に流す。</p>

[http://www.thr.mlit.go.jp/shinjyou/02\\_kasen/kanri/himon.html](http://www.thr.mlit.go.jp/shinjyou/02_kasen/kanri/himon.html)

図 5.5.1 樋門の役割（排水樋門）

(1) 樋門の構造

樋門の構造は、水位、流量、地形、河床の状況等を勘案し、逆流を防止し、目的に合わせよう排水の機能の確保を図らなければならない。

以下の図に樋門の概要を示す。

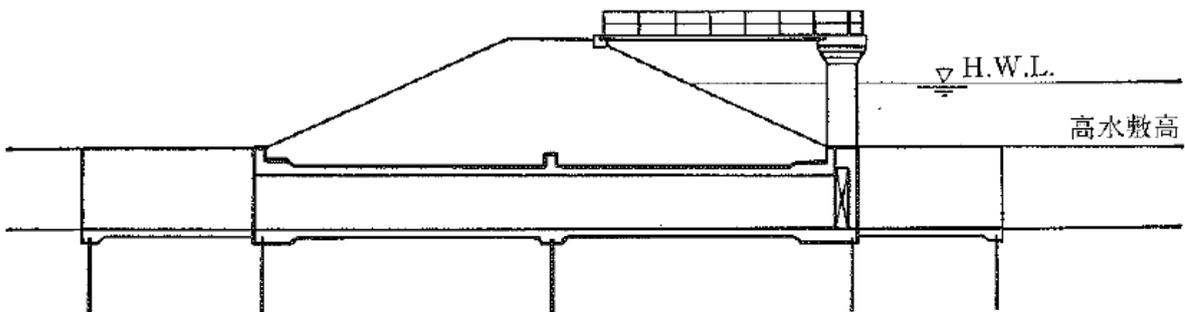


図 5.5.2 樋門の概略構造



図 5.5.3 日本の樋門の事例（排水樋門）

## (2) 樋門の設計上の留意点

### (a) 堤防としての機能の確保

樋門は堤防を横過するため、堤防としての機能、

- 河川の計画洪水を安全に流下させる

ことを第一に考え、堤防の弱点となつてはならない。よつて、漏水や地震時も考慮し安全に設計する。

### (b) 最小断面

樋門の断面は、計画排水量または計画取水量に従つて断面が決定されるが、維持管理面から、最低断面径を 60cm 以上（管の場合は管径 60cm、矩形の場合は 60cm x 60cm 以上）とする。

### (c) ゲート

樋門のゲートは、高水時に確実に開閉ができ、且つ十分な水密性を有するものとする。

## 5.5.2 水門

水門は、比較的大きい支川の合流点で、樋門と同様、本川の背水の影響を軽減する事等のため、堤防を分断し、その部分が一連の堤防の機能を確保できるようにするためゲートを設置した工作物である。樋門との違いは、水門は比較的大きな支川が大きな河川に合流するために、ゲート上部に堤防がないことであり、このため、水門のゲートは、大きな河川の計画洪水位以上の高さが必要である。

樋門か水門の選定は、コスト比較によつて決定するのが望ましいが、その場合、樋門も水門も無しで支川側にも大きな河川の洪水が溢れないように堤防を建設する案も合わせて検討し、最適な合流方式を決定する。



出典： <http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/chisui/jigyuu/suimon/sisetu/shinonagi.html>

<http://www.pref.osaka.lg.jp/nishiosaka/river/small-gate.html>

図 5.5.4 日本の水門の事例

(a) 水門の構造

水門の概略構造を以下の図に示す。

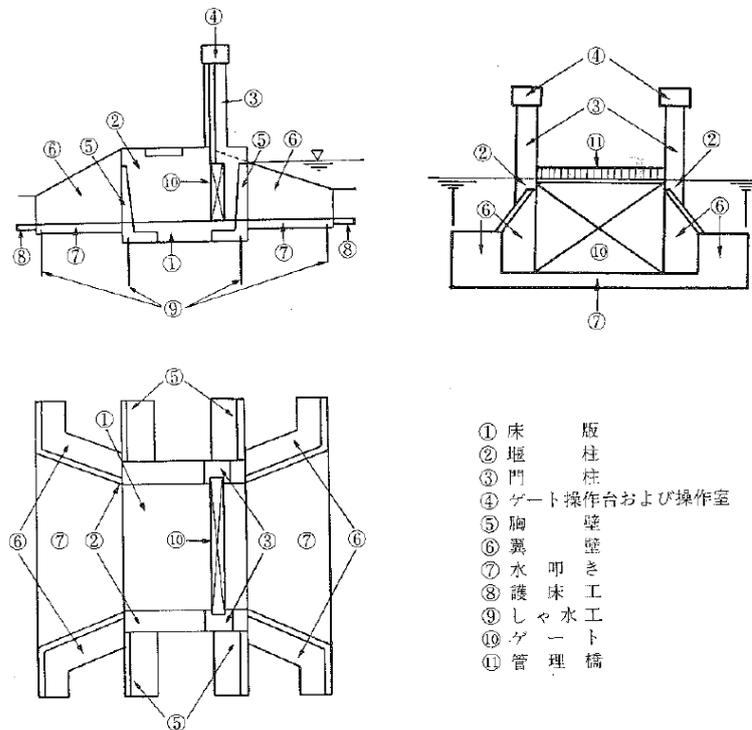


図 5.5.5 水門の概略構造

(b) ゲート

水門のゲートは、高水時に確実に開閉ができ、十分な水密性を有し、高水時の流下に著しい支障を与える恐れのない構造となるように設計する。

5.5.3 排水機場

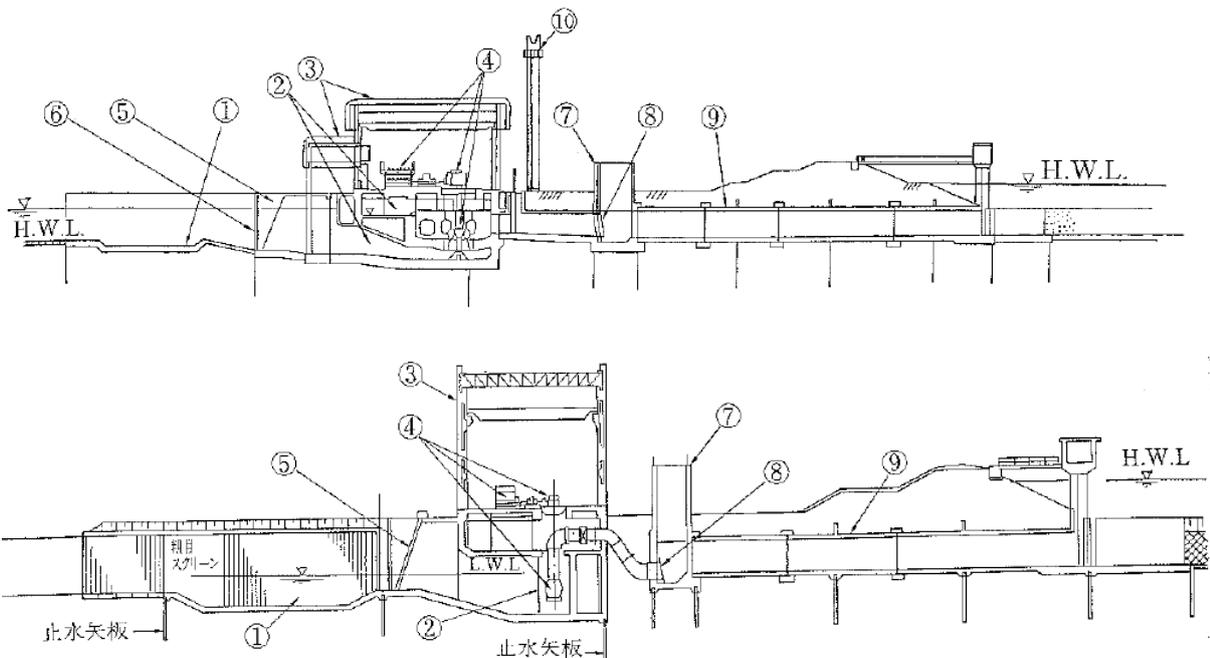
排水機場は、ポンプにより堤防を横断して、河川水位より低い町や農地に溜まった雨水（内水）または河川の水をより大きな河川に排水するために設けられる施設である。元来の低平地に溜まる雨水

に加え、支川の合流点の上述した樋門や水門のゲートが閉じられた場合に必要となる。

排水機場の主な施設・構造物は、

1. 沈砂池
2. 排水機場本体
3. 排水機場操作室
4. ポンプ設備
5. スクリーン
6. メンテナンス用ゲート
7. 吐出し水槽
8. 逆流防止弁
9. 樋門（5.1.1 項参照）
10. 排気煙突

からなり、一般に図 5.5.6 のように配置されている。



出典：国土交通省河川砂防技術基準同解説—計画編—

図 5.5.6 日本の排水機場の縦断図の事例

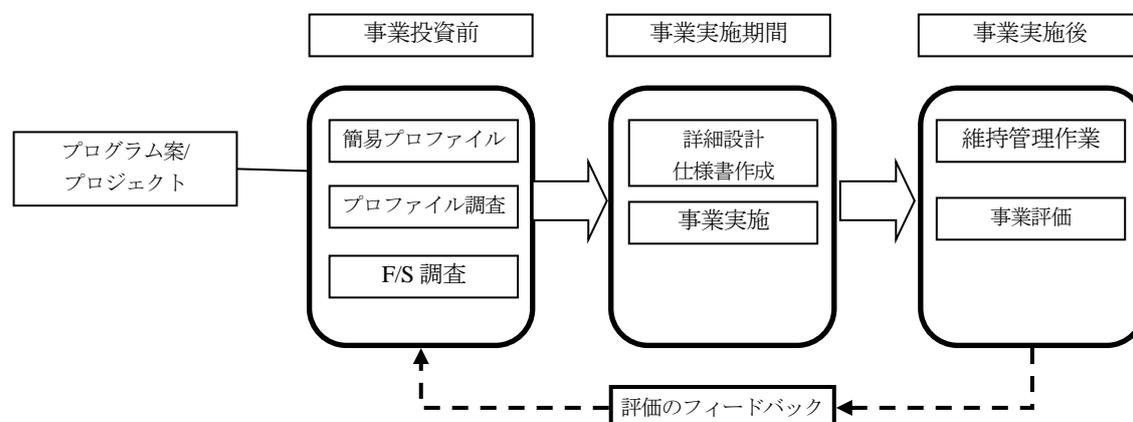
## 第 6 章 洪水氾濫防御のための事業の評価

### 6.1 ペルー国における公共事業評価の基本

洪水氾濫防御事業は、計画された事業を実施すべきかどうかを検討する必要がある。

ペルー国では、公共投資事業の妥当性・実施可能性を審査する公共投資国家システム（Sistema Nacional de Inversión Pública : SNIP）が法律第 27293 号により制定され Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública Resolución Directoral N°002-2009-EF/68.01 に基づいて 2004 年 1 月より運用されている。この SNIP によりすべての公共事業は、その実施前に審査を受けることが義務付けられている。SNIP に関連する上記の法律やガイドラインにおいて、公共投資事業に使われる公共資源の効果的な使用を目指すため、中央政府/地方政府等が立案・実施する公共投資計画・事業の遵守すべき原則、プロセス、方法、及び技術上の規則が定められている。また、この SNIP では、プロジェクトそのものの建設に関する実現可能性に加え、運営管理、維持管理等の後年度負担といった観点からもチェックが行われる。

SNIP では、公共事業は、プロフィール調査（事業の概略調査：Perfil）、F/S という 2 段階の調査を行い、事業の規模等に応じてこの 2 段階のそれぞれにおいて必要な調査項目（EIA 等）が規定されており、事業の実施には経済財務省（MEF）の公共投資局（Dirección General de Inversión Pública, : DGIP）での承認を義務づけている。



出典：JICA 調査報告書「溪谷村落洪水対策事業準備調査」巻号 1-2 第 4 章 図-4.11-1 より抜粋  
図 6.1.1 SNIP におけるプロジェクトサイクル概念図

### 6.2 洪水氾濫防御事業の評価の基本

#### 6.2.1 MEF による洪水氾濫防御事業計画策定ガイドライン

6.1 節に記述したように、ペルー国では、全ての公共事業は SNIP に基づき承認され実施されるが、MEF では、基本ガイドラインの ANNEX 25 として洪水氾濫防御事業実施のための事業計画策定のための基本ガイドライン（Anexo CME 25 CONTENIDOS MÍNIMOS ESPECÍFICOS DE ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA DE SERVICIOS DE

PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES : 以下 CME 25) を策定している。

また、事業計画策定の手引きとして、以下の別途 2 つのガイドラインを策定している。

- Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Prpyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil (Junio de 2012)
- Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Areas Agrícolas o Urbanas (2006)

特に、後者の 2006 年に MEF が作成したガイドラインは詳細に洪水氾濫防御プロジェクト策定のための順序が示されており、このガイドラインに従って計画を策定することによって SNIP が要求する資料を作成することが可能である。

## 6.2.2 RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 006-2014-EF/63.01 の公布による CME25 の改定内容

MEF は上述したように 2014 年 9 月 3 日、首相府 (PCM) 及び ANA と共同で、洪水氾濫防御事業のための基本ガイドラインを改定した (CME 25)。この CME 25 は、SNIP に基づく、洪水氾濫防御事業の概要計画書策定のためのガイドラインとなっている。以下に CME 25 に示される概要を示す。

### (1) CME25 の位置づけ

CME25 は、事業の事前投資計画 (estudio de perfil) の策定に必要な資料及び概略の計画作成方針のために準備されている。

### (2) 治水計画の基本

提案される洪水対策案は、ANA が策定する「Tratamiento de Cauce para el Control de Inundaciones」に基本的には従う。ANA が「Tratamiento de Cauce para el Control de Inundaciones」を策定していない河川、地区については、個別に必要な資料を準備しなければならない。

### (3) 事業実施機関

洪水氾濫防御事業を実施する機関は、指定されておらずどの機関でも事業は実施できることになっている。

### (4) 治水計画のレベル

計画される事業の治水レベルは、以下を基本とする。

表 6.2.1 治水の計画レベル

対象地域 (地区)	洪水防御レベル
都市	100 年確率
農地	50 年確率
地方	

### (5) 現在の洪水被害リスクの明示

洪水防御計画では、現在の洪水被害リスクを数量として明示しなければならない。

- El área de influencia y el área de Inundaciones; (洪水影響地区及び氾濫地区)
- Bienes y servicios públicos expuestos (ubicados en el área inundable) y su propensión a sufrir daño por inundación; (洪水被害を受ける資産・サービス)
- En caso exista población y/o viviendas en el área de influencia, determinar cuántas son y sus perspectivas de crecimiento, es posible que puedan constituirse como beneficiarios indirectos del PIP; (洪水の被害・影響を受ける家屋数及び人口)

## (6) 事業の概要

事業提案者は、事業の概要として建設または設置される構造物の諸元（目的、効果、場所、高さ、幅、延長、深さ、等）をできるだけ詳細に明示する。

また、気候変動に対する事業の持続可能性についても言及する事。

## (7) 事業の技術的検討

事業案の作成においては、代替案の提案を行い、最適案を提案する事。代替案の検討においては、河川水理、流送土砂、水文解析、地形・地質学に基づいて実施する事としている。

### (a) Hidráulica Fluvial (河道計画)

CME25 では、安定的な河道断面を設定するために、「Simons y Albertson」（レジーム論）を推奨している。以下に「Simons y Albertson」による式を示す。

$$P = K1 \cdot Q^{0.512}$$

$$R = K2 \cdot Q^{0.361}$$

$$A = K1 \cdot K2 \cdot Q^{0.873}$$

ここに、

P: 河道の潤辺 (m)

R: 河道の径深 (m)

A: 河道の断面積 (m<sup>2</sup>)

Q: 河岸満杯流量（設計流量） (m<sup>3</sup>/s)

K1, K2: 河床材料によって決まる、以下の表に示す係数

表 6.2.2 Simons y Albertson 式における K1 と K2 の値

No.	河床及び河岸材料	K1	K2
1	砂河床・砂河岸 Fondo y orillas de arena	6.30	0.41
2	砂河床・粘着物質河岸 Fondo de arena y orillas cohesivas	(4.74)	(0.47)
3	粘着物質河岸河床及び河岸 Fondo y orillas cohesivas	3.96	0.56

No.	河床及び河岸材料	K1	K2
4	粗粒物質河床及び河岸 Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	(0.27)
5	2と同じ、但し多量の流送土砂 Igual que 2 pero con mucho transporte, 2000 < C < 8000 ppm	3.09	0.36

**(b) Transporte de Sedimentos (流送土砂量)**

CME25 では、河川の生産土砂と流送土砂に分け、それぞれに分けて分類する事が示されている。また、Fleming の実験式を用い、河川の維持管理費を想定することを要求している。

**(c) Profundidad de socavación (洗掘深)**

CME25 では、洗掘深に対する検討を求めており、その算定式としてペルーで良く知られ使用されている式として、L. L. Lischtván-Lebediev の理論を使用することを推奨している。

**(d) Canteras (土取場)**

CME25 では、CIRA を取得した土取場から適正な骨材及び材料を入手することを要求している。

また、河川工事は一般的に 4~11 月に実施する工程で計画することを推奨している。

**(8) 事業形成と評価**

**(a) 事業評価期間**

事業の投資期間後の事業評価期間の基本は 10 年とするとしている。

**(b) 事業の費用**

概略事業費は市場価格を利用して積算し見積ることとしている。

また、概略事業費は以下のコストを考量して積算することを原則としている。

- 直接建設工事費
- 事業詳細計画策定費 (Costos de estudios definitivos o expediente técnico)
- 環境社会配慮調査費 (Costos de Estudios de impacto ambiental)
- 事業に含めるべき洪水リスクを削減するための活動費 (Costos de las medidas de reducción de riesgos (MRR) del PIP)
- 土地収用費または補償費 (Costos de adquisición de terrenos y/o compensación de terrenos)
- 準備費用 (Costos de preparación o habilitación del terreno)
- 施工管理費 (Costo de supervisión de obra)
- 事業管理費 (Costos de gestión de la fase de inversión)

また、事業における投資後の維持管理費も概略事業費として見積もる。ただし、維持管理費は、「事業無し時 (sin proyecto)」に掛かるコストと「事業実施時 (con proyecto)」に掛かる維持管理コストを比較し、後者の増分だけを計上することとしている。

(c) 概略事業費用の社会価格への変換 (Costos sociales)

上述した、市場価格で積算した想定概略事業費は、変換係数を乗じて社会価格へ変換する。維持管理費も含めて、CME25 では、0.85 の変換係数を掛けて社会価格への変換をすることを可としている。または、Anexo 10 - Parámetros de Evaluación, de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública, aprobada mediante Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01.に従って個別の財ごとに固有の係数を利用して詳細に計算しても良い、としている。

(d) 事業の便益

事業の便益として以下の効果を見込むことを要求している。

- a) 洪水による緊急対応費 (costo evitado de atención de la emergencia) ;
- b) 事業機関の資産・サービス財の洪水による復旧・復興費 (costo evitado de rehabilitación y reconstrucción de la UP) ;
- c) 洪水による直接被害額 (beneficios directos no perdidos) ;
- d) サービスの停止やその他の間接的被害額 (病気による医療費等) (costo evitado por efectos indirectos de la interrupción del servicio (gastos en tratamiento de enfermedades)) .

事業によって効果がある氾濫地区に住んでいる住民や家屋被害、さらには、それらの緊急対応費、復旧復興費、治療費等も間接被害に含むものとする。

上記の想定便益を洪水の生起確率 (洪水リスク) の考え方をを用い、想定被害額率を以下の式で算定する。

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

ここに :

R: 事業実施被害額期待値率 (riesgo o falla o probabilidad de ocurrencia)

T: 被害額を算定した洪水の生起確率 (período de retorno (50 o 100 años))

n: 便益発生期間 (事業評価期間) (CME25 では 10 年としている。) (vida útil del proyecto (se asume igual al horizonte del proyecto))

この R を算定された T ごとに計算して算出した便益と掛けて便益とする、としている。

(e) 事業の評価指標

CME25 では、事業の評価指標として、

- 社会的純現在価値 Net Present Value (NPV) (Valor Actual Neto Social (VANS))
- 社会的内部収益率 (Tasa Interna de Retorno Social (TIRS))

の 2 つを確認する事を求めている。また、TIRS に関しては、SNIP において現在指定されている収益率 (社会的割引率) を超えていることが求められており、感度分析によって指標に幅を持たせ前提条件、仮定による変化を確認する事を要求している。

(f) その他

CME25 では、その他以下の検討・調査をして事業の効果を確認することを要求している。

- 持続可能性分析 (Análisis de Sostenibilidad)
- 環境影響評価 (Impacto Ambiental)
- 事業管理方法 (Gestión del proyecto)
- プロジェクトデザインマトリックス (PDM) の作成 (Matriz de Marco Lógico)
- 結論及び提言
- その他

6.2.3 その他洪水氾濫防御事業の評価に関する補足事項

6.2.2 項に示した、CME25 に示されている事業評価手法によって、洪水氾濫防御事業の評価をすることが基本であるが、以下に、CME25 を補足する事項を示す。

これらは、2013年にJICAが実施した、「溪谷村落洪水対策事業準備調査 (Estudio Preparatorio Sobre El Programa De Protección De Valles y Poblaciones Rurales y Vulnerables Ante Inundaciones)」での調査結果、検討結果及び日本の「治水経済調査調査マニュアル (案)」を参考にしている。

(1) 事業便益算出方法について

洪水氾濫防御事業は、事業を実施しない場合の洪水氾濫による被害額期待値の削減であるので、CME25 に示す通りではあるが、事業が対象とする最大規模 (何年確率までの洪水を守るか?) の洪水被害のみを確率評価 (リスク評価) とすると、事業の規模を過小評価することがある。例えば現況の河川は、事業対象洪水よりも小さな洪水でも被害を受けている可能性があり、そのような中小の洪水時の被害も事業による工事は効果があり、便益を算定する必要がある。これら中小洪水の被害軽減を便益に入れると、例えば100年洪水を守る事業は以下の表のように算定できる。

表 6.2.3 年平均被害軽減額の算出方法の一例

洪水 生起確率	被害額			平均 被害軽減額	確率	年平均 被害軽減額
	事業無	事業有	被害軽減額			
1/1			$D_0=0$			
				$(D_0 + D_1) / 2$	$1 - (1/2) = 0.500$	$d1 = (D_0 + D_1) / 2 \times 0.500$
1/2	L1	L2	$D_1 = L1 - L2$	$(D_1 + D_2) / 2$	$(1/2) - (1/5) = 0.300$	$d2 = (D_1 + D_2) / 2 \times 0.300$
				$(D_2 + D_3) / 2$	$(1/5) - (1/10) = 0.100$	$d3 = (D_2 + D_3) / 2 \times 0.100$
1/5	L1	L4	$D_2 = L1 - L4$	$(D_3 + D_4) / 2$	$(1/10) - (1/20) = 0.050$	$d4 = (D_3 + D_4) / 2 \times 0.050$
				$(D_4 + D_5) / 2$	$(1/20) - (1/30) = 0.017$	$d5 = (D_4 + D_5) / 2 \times 0.017$
1/10	L1	L6	$D_3 = L1 - L6$	$(D_5 + D_6) / 2$	$(1/30) - (1/50) = 0.013$	$d6 = (D_5 + D_6) / 2 \times 0.013$
				$(D_6 + D_7) / 2$	$(1/50) - (1/100) = 0.01$	$d7 = (D_6 + D_7) / 2 \times 0.010$
1/20	L1	L8	$D_4 = L1 - L8$			
1/30	L1	L10	$D_5 = L1 - L10$			
1/50	L1	L12	$D_6 = L1 - L12$			

洪水 生起確率	被害額			平均 被害軽減額	確率	年平均 被害軽減額
	事業無	事業有	被害軽減額			
1/100	L1	L14	D7=L1-L14			
年平均被害軽減額合計			d1+d2+d3+d4+d5+d6+d7			

## (2) 事業評価指標算出方法について

CME25 で規定されている事業の評価指標、VANS 及び TIRS は以下の表に示す意味及び定義式を持つ。

表 6.2.4 評価指標定義式と指標の特徴

評価指標	定義式	指標の特徴
純現在価値 (VANS)	$VANS = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 事業実施による純便益の大きさを比較できる。</li> <li>● 社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
社会的内部収益率 (TIRS)	$\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+R)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+R)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 単位投資額当りの便益の大きさにより事業の投資効率性を比較できる。</li> <li>● 社会的割引率によって値が変化する。</li> </ul>
費用便益費 (B/C)	$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 社会的割引率と比較する。</li> </ul>

ここに；

B<sub>i</sub>: 第 i 年目の便益、 C<sub>i</sub>: 第 i 年目の費用、 r: 社会的割引率、 n: 評価年数

R: 内部収益率

## (3) 評価指標の感度分析について

評価指標の感度分析は、以下の表に示すような条件を組み合わせ実施することを最低限実施する。

表 6.2.5 感度分析の最小検討ケース

項目	検討ケース
建設費	建設費が 5% 及び 10% 上昇した場合
便益	便益が 5% 及び 10% 下落した場合
社会的割引率	社会的割引率が 5% 上昇した場合及び 5% 下落した場合

## (4) 被害額の算出方法について

CME25 では、詳細な洪水による直接被害額の算定方法は解説されていない。被害額の算出方法は、日本でも過去の被害額算出の蓄積や調査研究に基づき、何度か見直しを行ってきている。また、これまでの JICA の洪水対策計画調査結果でも被害額の積算を提案してきている。これらを取り纏め、基本的にはデータの蓄積と共に改定していくことを前提に、以下の算出方法を提案する。

(a) 直接被害額の算定項目

直接被害額を算定する項目は最低限、以下の表に示す項目とする。

表 6.2.6 直接被害の対象資産 (案)

資産大分類	直接被害対象資産	資産の説明	被害額算定方法
一般資産	一般建物	事業所等も含めた建物被害	資産額に水深に応じた被害率を乗じて算出
	家庭用品	家具・家電・衣類・自動車等の被害	
	事業所償却	工作機械・事務用機器などの被害	
	事業所在庫資産	製品・商品等への被害	
	農漁業施設	農業機械等の被害	
農作物	農作物	水稻及び畑作物の被害	資産額に浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて算出
公共土木施設	道路	道路等の被害	一般資産被害額の比率を乗じる。
	橋梁	橋梁等の被害	
	上下水道・その他都市施設	対象施設の復旧費等	
	農業用施設	頭首工等の被害	一般資産被害額の比率を乗じるか、既往の報告書等から算定する。
	農地	農地の損失、農業用施設の損傷による収穫高の減収等	
公益事業施設	電力	対象施設の復旧費等	一般資産被害額の比率を乗じる。
	鉄道	対象施設の復旧費等	
	ガス・水道・電話等	対象施設の復旧費等	
公共機関による応急・復旧活動	INDECI や地方自治体の活動費		既往の洪水被害時の活動費を確認し、算定する。

(b) 間接被害額の算定項目

CME25 で記載されているように、洪水被害に伴う、

- 疾病の発生による医療費・治療費等
- 一般家屋における住民の清掃活動
- 営業停止損失

も過去の事例を基に一般資産に対する被害率等でできるだけ算定するようにする。

(c) 一般建物被害

ペルー国における一建物当たりの洪水被害用資産評価額に以下の表に示す河川勾配及び浸水深別被害率を掛けて被害額を算定する。

表 6.2.7 一般建物被害算定のための被害率 (案)

地盤勾配	浸水深(m)					想定体積土砂厚さ	
	< 0.50m	0.50~0.99m	1.00~1.99m	2.00~2.99m	>3.00m	>0.50m	< 0.50m
< 1/1,000	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834	0.43	0.785
1/1,000~1/500	0.126	0.176	0.343	0.647	0.870		
>1/500	0.144	0.205	0.382	0.681	0.888		

上記の被害率は、日本の「治水経済調査マニュアル (案)」に示されている被害率であり、今後ペルー国において、

- 一建物当たりの洪水被害算出のための評価額、  
と合わせて、
- 被害調査に基づく、被害率設定の更新  
が求められる。

**(d) 家庭用品被害**

ペルー国における一世帯当たり家庭用品評価額に以下の表に示す浸水深別被害率を掛けて被害額を算定する。

**表 6.2.8 家庭用品被害算定のための浸水深別被害率 (案)**

項目	浸水深(m)					想定体積土砂厚さ	
	<0.50m	0.50~0.99m	1.00~1.99m	2.00~2.99m	>3.00m	>0.50m	<0.50m
被害率	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991	0.43	0.785

上記の被害率は、日本の「治水経済調査マニュアル (案)」に示されている被害率であり、今後ペルー国において、

- 一世帯当たりの洪水被害算出のための家庭用品評価額、  
と合わせて、
- 被害調査に基づく、被害率設定の更新  
が求められる。

**(e) 事業所償却・在庫資産の被害額**

洪水が氾濫する地域に位置する事業所の数を把握し、その洪水被害額算出のための評価額に以下の浸水深別被害率を乗じて被害額を算出することを基本とする。

**表 6.2.9 事業所償却・在庫資産の被害額算定のための被害率 (案)**

資産項目	浸水深(m)					想定体積土砂厚さ	
	<0.50m	0.50~0.99m	1.00~1.99m	2.00~2.99m	>3.00m	>0.50m	<0.50m
償却	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995	0.54	0.815
在庫	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982	0.48	0.780

上記の被害率は、日本の「治水経済調査マニュアル (案)」に示されている被害率であり、今後ペルー国において、

- (産業別) 事業所 1 箇所当たりの洪水被害算出のための評価額、  
と合わせて、
- 被害調査に基づく、被害率設定の更新

が求められる。日本では、事業所の評価額算出の単価として、産業別事業所従業員 1 人当りの償却単価と在庫単価を算出している。これにより、洪水氾濫地区においては、事業所の数とその従業員数が確認できれば、大よその洪水被害額を浸水深別に算出できるようになっている。

**(f) 農作物の被害算定**

農産物被害は、被害額単価に浸水深及び浸水日数に応じた被害率を乗じて算定する。農産物の被害額単価は以下の表を参照して、事業ごとに決定する事。

表 6.2.10 農産物の被害額単価参考表

作物	項目	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
コメ	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	9,882	9,764	9,785	9,588	9,753
	取引単価 (S./kg)	0.81	0.93	1.12	0.76	0.81
バナナ	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	44,406	41,787	41,608	42,453	43,984
	取引単価 (S./kg)	0.40	0.55	0.63	0.67	0.63
サトウキビ	単位面積当たり収穫量(kg/ha)				138,969	139,859
	取引単価 (S./kg)				0.07	0.07
レモン	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	31,856	42,454	38,238	31,034	31,500
	取引単価 (S./kg)	0.36	0.43	0.64	0.46	0.58
トウモロコシ	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	5,216	5,177	5,266	5,320	5,141
	取引単価 (S./kg)	0.55	0.77	0.76	0.78	0.85
マンゴー	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	25,000	28,855	26,550	26,570	28,292
	取引単価 (S./kg)	0.42	0.29	0.71	0.65	0.44
豆類	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	1,399	1,480	1,743	1,780	1,589
	取引単価 (S./kg)	1.77	1.87	1.98	2.04	2.00
とうもろこし	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	7,313	7,363	6,996	7,010	7,543
	取引単価 (S./kg)	0.64	0.68	0.80	0.84	0.82
牧草	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	45,824	57,169	46,442	77,790	75,268
	取引単価 (S./kg)	0.15	0.19	0.15	0.20	0.20
ウメ・モモ	単位面積当たり収穫量(kg/ha)	3,519	3,056	3,131	2,867	3,667
	取引単価 (S./kg)	0.40	0.35	0.33	0.49	0.44
調査対象地域全体	作付面積(Ha)	31,128	35,666	37,275	35,524	37,837
	売上高 (S./)	264,515,787	373,008,615	465,716,915	362,308,113	405,029,984

出典：「渓谷村落洪水対策事業準備調査」主報告書表 3.1.3-2 より

浸水深及び浸水日数別被害率は以下の表を参考に決定する。

表 6.2.11 農産物の被害額単価参考表

条件		冠浸水(m)												土砂埋没		
冠水水深		0.5m				0.5~0.99m				> 1.0m				地表からの土砂堆積深		
浸水日数		1~2	3~4	5~6	>7	1~2	3~4	5~6	>7	1~2	3~4	5~6	>7	<0.5	0.5~0.99	>1.0
田	水稻	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74	70	100	
畑	陸稲	20	34	47	60	31	40	50	60	44	60	72	82	68	81	100
	甘しょ	11	30	50		27	40	75	88	38	63	95	100			
	白菜	42	50	70	83	58	70	83	97	47	75	100				
	蔬菜	19	33	46	59	20	44	48	75	38	44	71	84			
	根類	32	46	59	62	43	57	100		73	87	100				
	瓜類	22	30	42	56	31	38	51	100	40	50	63	100			
	豆類	23	41	54	67	30	44	60	73	40	50	68	81			
	畑平均	27	42	54	67	35	48	67	74	51	67	81	91			

「蔬菜」：ねぎ、ホウレンソウ、その他 「根菜」：大根、サトイモ、ゴボウ、ニンジン 「瓜類」：きゅうり、瓜、スイカ  
 「豆類」：小豆、大豆、落花生、玉ねぎ等

土砂埋没の被害率は、河川の氾濫土砂によるもの。「土石流」の場合は実情に応じて修正。

上記の被害率は、日本の「治水経済調査マニュアル(案)」に示されている被害率であり、今後ペルー国において、

- 農産物の被害評価額、  
と合わせて、
- 被害調査に基づく、農産物被害率設定の更新  
が求められる。

### (g) 公共土木施設等の被害算定

公共土木施設等の被害算定は、個別に算出する事は困難に近いと見られ、表 6.2.6 で示した直接被害のうち、「一般資産」に対する以下の表に示す、比率で算出するものとする。

表 6.2.12 公共土木施設被害額算定のための一般資産被害額に対する比率 (%)

施設	道路	橋梁	下水道	都市施設	公益	農地	農業施設	小計
被害率	61.6	3.7	0.4	0.2	8.6	29.1	65.8	169.4

上記の被害率は、日本の「治水経済調査マニュアル(案)」に示されている被害率であり、今後ペルー国において、

- 被害調査に基づく、公共土木施設等の被害率設定の更新が求められる。

### 6.2.4 洪水氾濫防御事業を評価するための今後の課題

洪水氾濫防御事業の経済的評価は上述した 6.2.1~6.2.3 項に示した手法・考え方及び係数で算定することを基本とするが、今後以下の項目に関する情報を収集し、現在は算定できない便益を考慮できるようにしていく事が望ましい。

#### (1) ストック効果における高度化効果の評価

洪水氾濫防御事業は、本来、氾濫原内資産の被害防止効果としてフロー効果とストック効果があり、さらにストック効果には被害防止効果と高度化効果がある。上述した評価手法による被害軽減期待値の算出はおもに、被害防止効果を算定しているが、全てを数値として算出できてはならずさらに高度化便益を算定することは現段階では技術的には容易ではない。

今後は事業の効果・便益をできるだけ全て算定できるような研究とその成果の利用が求められる。

#### (2) 人命等の人的被害

人命被害については逸失便益を評価する手法等により一応の算定は可能である。しかしながら、死者の数は洪水の発生時刻等の自然的要因や避難勧告等の社会的要因に左右されるため、その推計は困難なため、日本では洪水対策案の評価には含めていない。

しかしながらペルー国において、ANA 及び MEF 等の関連機関において同意できる人的被害率とその評価額が設定出来れば、洪水氾濫防御事業の便益として評価すべきである。

日本では、洪水氾濫防御事業の効果には含めていないが、津波避難ビルの建設等の評価には、人的被害軽減効果を既に含めて事業の評価を行っている。

#### (3) リスクプレミアムの評価

洪水氾濫防御事業は物的被害や人的被害を防止するだけでなく、「水害が発生したら大きな被害に遭うかもしれない」という不確実な状態に対して感じる不安を取り除く効果がある。

例えば住民は洪水被害の可能性に対し、土嚢を準備したり、何かの保険制度に加入をしたりし

て不安の解消を図っている。治水整備によって不安感が減じられるのなら、その分を貨幣換算し期待被害軽減額に加えて便益評価する必要がある。これがリスクプレミアムであるが、現時点ではこのリスクプレミアムの評価方法としては以下のような方法があり、今後ペルー国において導入を検討する必要がある。

- 一般の公共投資よりも低い社会的割引率を用いる事、
- 期待被害軽減額を一定割合で割りますこと、または、便益算定において通常の価格よりも高いシャドー・プライスを用いて評価する事

## 添付資料



## 添付資料 本調査で実施した洪水氾濫リスク削減方策の検討

### 添付 1. 本調査で検討した4つの構造物対策の検討手法の紹介

本章では、本調査で対象とする10モデル流域（12河川、内6河川が優先流域）の流出・氾濫解析を利用して実施した、氾濫による洪水被害を防御する洪水対策案の策定手順を示す。

本調査では、

- 堤防と護岸による洪水の河川からの溢水の防止策；

を基本とし、上述の堤防建設に合わせ、以下の2つの案：流域上流部における洪水量低減策を代替案として検討した。

- 遊水地による洪水流量の下流への低減策；及び
- 既存のダム運用ルール変更による洪水流量の下流への低減策

上記の検討において、以下の4つの構造物対策についてそれぞれ適正な施設規模及び概略の断面を設定するに至った経緯を本章では示す。

- 堤防の構造的諸元の決定方法
- 護岸の構造的諸元の決定方法
- 遊水地の規模決定方法
- 既存ダムルールの変更における調節容量規模決定の方法

また、『水制の構造的諸元の決定方法』に関しては、本調査の中では具体的には取り扱わなかったため、7.2節として日本等における設計資料を基に水制構造の諸元を決定するための具体的事例を紹介する事とする。

#### 添付 1-1. 浸水防御工（堤防及び護岸）の概略設計数量決定手順

##### (1) 堤防

###### (a) 河道の水理計算の実施

本調査では、流出・氾濫解析モデル（RRIモデル）を用いて確率規模別の洪水時の河道水位を計算し、この計算結果に基づいて河道から堤内地への越水を防止するために必要な堤防の高さおよびその延長を算定した。具体的には以下に示す式のとおりである。この際の河道の条件として、現況の堤防または河岸上に水理モデルに壁を立て、モデル上の氾濫が無くなり、河道内を流下する現象を確認する、いわゆる壁立て方式による計算を実施し、諸元を決定した。

$$\text{必要な堤防高} = \text{壁立て計算による河道水位} - \text{周辺地盤高}$$

###### (b) 堤防断面の諸元決定

さらに上式で算定した堤防高に対して、流出・氾濫計算の水位・流量及び流速に基づき5.1節で示した余裕高及び天端幅を決定する。

堤防の断面は第5章の5.1節で記述しているように本来ならば、

- ✓ 降雨に対する耐浸透性能
- ✓ 流水に対する耐浸食性能
- ✓ 洪水位に対して溢水しない性能及び
- ✓ 地震動に対する耐震性能

を個別に基礎データを収集し設計を行わなければならない。しかしながら、本調査では最低限守られるべき堤防の基準を基に Perfil レベルでの検討としては、以下の表に示す堤防断面を確保すべきである。

堤防の法勾配は、日本のこれまでの事例及び護岸として使用する自然石の径をできるだけ小さくするように、

- 計画流量が 1,000m<sup>3</sup>/s を超えるような大河川、または
  - 計画洪水時の流速が 3.0m/s を超えるような勾配が急な河川
- は、浸透対策及び浸食対策から 1:3.0 以上とすることが望ましい。

表 A.1 堤防の断面設計の最低基準 (Perfil レベル)

計画高水流量(m <sup>3</sup> /s)	余裕高 (m)	天端幅 (m)	堤防の法勾配
200 未満	0.6	3	流速が 3.0m/s 未満の場合 ; V: H = 1:2.0 流速が 3.0m/s 以上の場合 ; V: H = 1:3.0
500 未満	0.8	3	
500 以上 1,000 未満	1.0	4	V : H = 1:3.0
1,000 以上 2,000 未満			
2,000 以上 5,000 未満	1.2	5	
5,000 以上 10,000 未満	1.5	6	
10,000 以上	2.0	7	

出典：調査団

以下に今回検討を実施した優先 6 河川の 50 年確率洪水対応時の堤防断面を以下に表にして示す。

表 A.2 本調査で設定した優先 6 河川の堤防の断面(50 年確率洪水対応時)

河川名	区間*1	水理モデルによる結果		設計値		
		計画洪水流量 (m <sup>3</sup> /s)	流速(m/s)	余裕高(m)	天端幅 (m)	堤防の法勾配
Piura	Target-1: Cura Mori~El Tallan	3,020	3.0m 以上	1.2	5.0	1:3.0
Chira	Target-1: Querecotillo ~Vichayal	3,580	3.0m/s 以上	1.2	5.0	1:3.0
Rimac	Target-1: San Mateo	90	3.0m/s 以上	0.6	3.0	1:3.0
	Target-6: Chacacayo	470	3.0m/s 以上	0.8	3.0	1:3.0
Ica	Target-5-1: Ocucaje	520	2.4m/s 程度	1.0	4.0	1:2.0
	Target-5-8: Bautista	470	2.4m/s 程度	0.8	3.0	1:2.0
Huallaga	Target-1: Juanjui~Picota	6,500	1.1m/s 程度	1.5	6.0	1:3.0
	Target-2: Jose Crespo y Castillo ~ Tocache	3,300	0.8m/s 程度	1.2	5.0	1:3.0
	Target-3: Awajun~Moyobamba	1,250	0.7m/s 程度	1.0	4.0	1:3.0
	Target-4: Yurimaguas~Santa Cruz	11,500	1.5m/s 程度	2.0	7.0	1:3.0
Mantaro	Target-1: Matahuasi~Yauyos	550	2.4m/s 程度	1.0	4.0	1:2.0
Urubamaba	Target-1: Maranura~Santa Ana	1,320	3.0m/s 以上	1.0	4.0	1:3.0
	Target-2: Huayllabamba~Urubamaba	420	1.1m/s 程度	0.8	3.0	1:2.0

河川名	区間*1	水理モデルによる結果		設計値		
		計画洪水流量 (m3/s)	流速(m/s)	余裕高(m)	天端幅 (m)	堤防の法 勾配
	Target-4: Urcos	520	1.5m/s 程度	1.0	4.0	1:2.0

出典: 調査団

Note: \*1: 全ての区間ではなく抽出データ

## (2) 護岸

護岸は、第5章の5.1節で示しているように対象河川区間の流速により、以下の式によって、必要な護岸に利用する石径等の設定を行う。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left[ \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right]} V_0^2 K \quad (\text{Unit: m})$$

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}}$$

ここに、

$D_m$ : 石の平均粒径 (m)

$\rho_s$ : 石の密度 ( $\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$  または  $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$E_1$ : 流れの乱れの強さを表す実験係数。

通常は  $E_1=1.2$  が用いられることが多い。

乱れが大きい流れの場合は、 $E_1 = 0.86$  を使う。

$g$ : 重力加速度 ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$K$ : 捨て石を斜面に置く場合の係数

$\theta$ : 斜面の角度 ( $^\circ$ )

$\varphi$ : 捨て石の水中安息角 (自然石で  $38^\circ$ 、碎石では  $41^\circ$ 程度) ( $^\circ$ )

以上の式に今回対象とした優先河川6河川の必要自然石径を算定すると以下の表に示す、算定値が求められる。

表 A.3 本調査で設定した優先6河川の自然石護岸必要径(50年確率洪水対応時)

河川名	区間*1	水理モデル 計算結果	堤防断面設 計	算定値	
		流速(m/s)	堤防の法勾 配	必要自然石の径 (m)	備考
Piura	Target-1: Cura Mori~El Tallan	3.0m 以上	1:3.0	0.9	*2
Chira	Target-1: Querecotillo ~Vichayal	3.0m/s 以上	1:3.0	0.6	
Rimac	Target-1: San Mateo	3.0m/s 以上	1:3.0	1.2	*2
	Target-6: Chaclacayo	3.0m/s 以上	1:3.0	1.7	*2
Ica	Target-5-1: Ocucaje	2.4m/s 程度	1:2.0	0.4	
	Target-5-8: Bautista	2.4m/s 程度	1:2.0	0.4	
Huallaga	Target-1: Juanjui~Picota	1.1m/s 程度	1:3.0	0.3	
	Target-2: Jose Crespo y Castillo ~ Tocache	0.8m/s 程度	1:3.0	0.3	
	Target-3: Awajun~Moyobamba	0.7m/s 程度	1:3.0	0.3	

河川名	区間*1	水理モデル 計算結果	堤防断面設 計	算定値	
		流速(m/s)	堤防の法勾 配	必要自然石の径 (m)	備考
	Target-4: Yurimaguas~Santa Cruz	1.5m/s 程度	1:3.0	0.3	
Mantaro	Target-1: Matahuasi~Yauyos	2.4m/s 程度	1:2.0	0.4	
Urubamaba	Target-1: Maranura~Santa Ana	3.0m/s 以上	1:3.0	0.5	
	Target-2: Huayllabamba~Urubamaba	1.1m/s 程度	1:2.0	0.3	
	Target-4: Urcos	1.5m/s 程度	1:2.0	0.3	

出典: 調査団

Note: \*1: 全ての区間ではなく抽出データ

\*2: 流速が早く、自然石を並べただけの護岸だと自然石の必要径が非常に大きくなる。

よって、実際の設計時には、セメントグラウトした護岸の採用及び河道を拡幅することを検討する。

## 添付 1-2. 遊水地の必要規模概略検討手法

### (1) 遊水地の位置の選定

本調査では、現地踏査、Aster などの衛星地形データ、人口分布データ Landsat 及び Google Earth などの空中写真データを基に、以下の点に留意して遊水地の位置を選定した。

- 防御対象地区の上流に位置していること
- 支川の合流点直下等、大きな流量低減が期待できる地点であること
- 平地が確保できること
- 人口密度が低いこと

また遊水地の用地面積の設定にあたっては、日本の代表的な河川流域の面積およびその流域に設置されている遊水地の総面積との比率を参考とし、結果的に、検討対象とする各優先対策流域 /モデル流域の流域面積の 0.18% を遊水地の最大用地として設定した。

表 A.4 遊水地による洪水対策を実施している日本の代表流域と遊水地の規模

流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	遊水地名 (面積)	遊水地総面積 (ha)	面積比率 (遊水地総面積 / 流域面積)
利根川	16,842	渡良瀬遊水地 (3,300 ha) 菅生調節池 (592 ha) 田中調整池 (1,175 ha) 稲戸井調節池 (448 ha) 母子島遊水地 (160 ha)	5675	0.0034
石狩川	14,330	北村遊水地 (950 ha) 千歳川遊水地群 (1,150 ha) 発寒川遊水地 (5.5 ha) 砂川遊水地 (180 ha)	2285.5	0.0016
北上川	10,150	一関遊水地 (1,450 ha) 蕉栗沼遊水地 (582 ha) 南谷地遊水地 (256 ha)	2288	0.0023
淀川	8,240	上野遊水地 (249 ha) 寝屋川緑地 (50 ha) 恩智川治水緑地 (40 ha) 打上川治水緑地 (13 ha)	352.3	0.0004
最上川	7,040	大久保遊水地 (200 ha)	200	0.0003

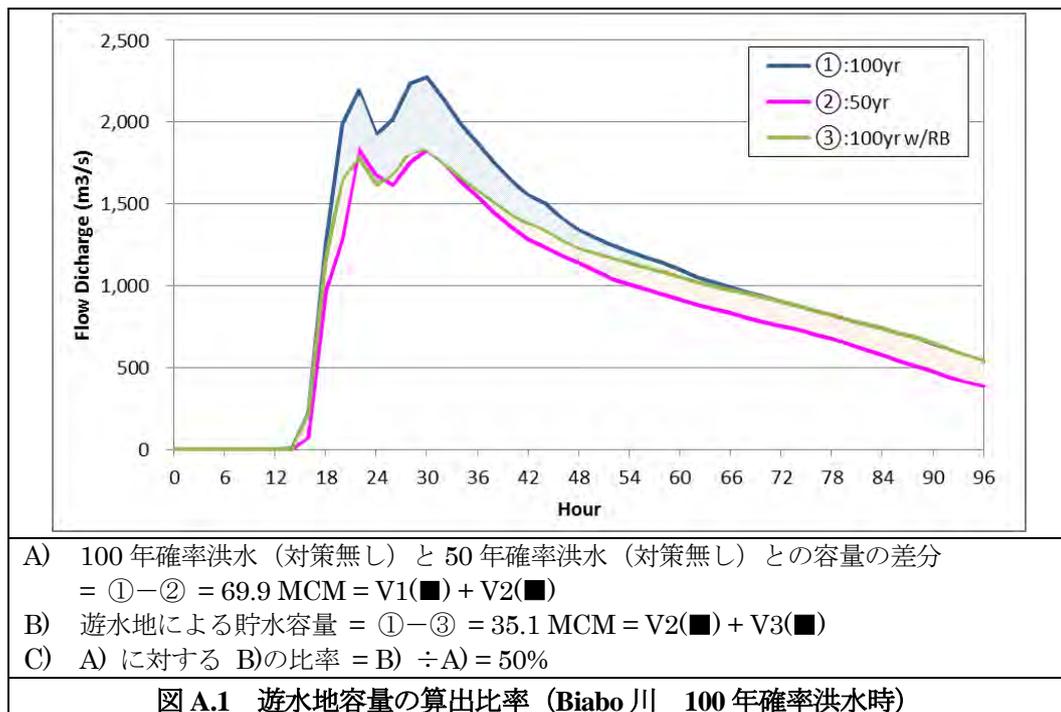
流域名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	遊水地名 (面積)	遊水地総面積 (ha)	面積比率 (遊水地総面積／流域面積)
荒川	2,940	荒川第一調整池 (580 ha) 芝川第一調整池 (92 ha) 荒川第七調整池 (15 ha) びん沼調整池 (86 ha) 上谷沼調整池 (18 ha)	794.1	0.0027
平均				0.0018

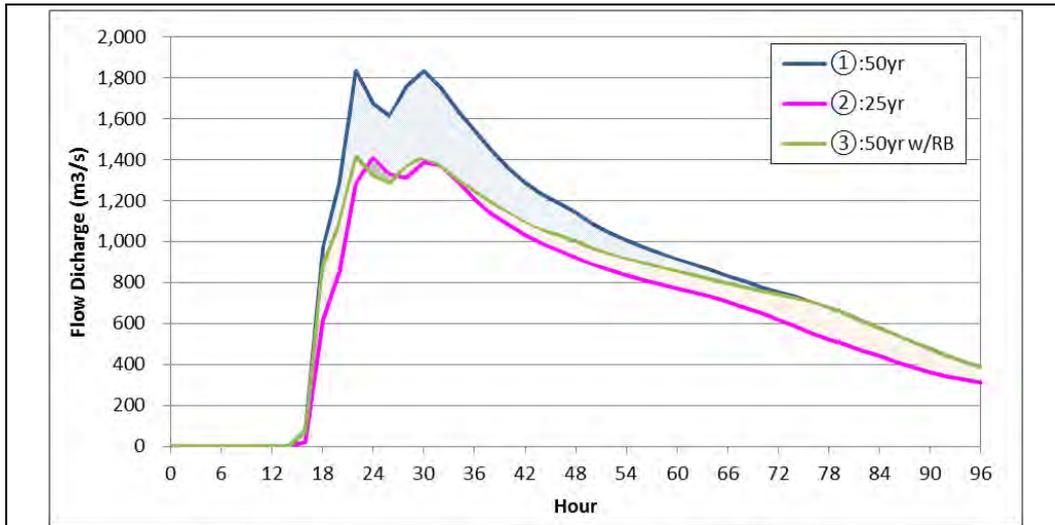
出典：国交省資料を基に調査団が作成

## (2) 遊水地の洪水調節計画 (Biabo 川を事例として)

本技術基準では、Biabo 川での検討を事例として遊水地設置後の流量ハイドログラフを一次元不定流計算により算定した上で、洪水対策無しの場合の流量ハイドログラフから遊水地設置後のハイドログラフを推定する場合の洪水ボリュームの比率を計算した。ソフトウェアはデンマーク水理・環境研究所 (DHI) が開発、保守を行っている MIKE11 を利用した。

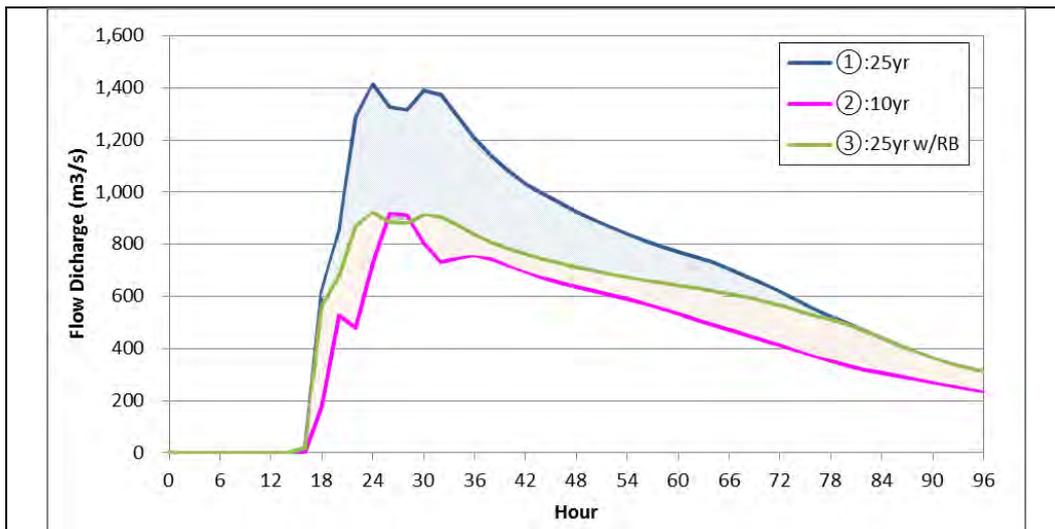
この容量比率を用いて、各確率規模洪水をより小さなスケールの洪水に低減するために必要な遊水地の容量を算定している。具体的には下記図 A.1～図 A.5 のとおりとする。





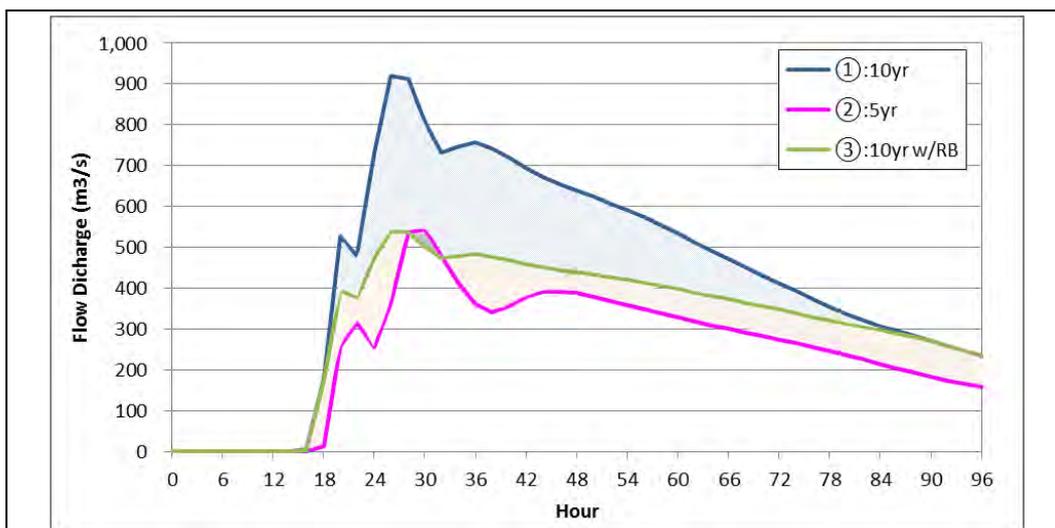
- A) 50年確率洪水（対策無し）と25年確率洪水（対策無し）との容量の差分  
 $= ① - ② = 62.7 \text{ MCM} = V1(\blacksquare) + V2(\blacksquare)$
- B) 遊水地による貯水容量  $= ① - ③ = 36.3 \text{ MCM} = V2(\blacksquare) + V3(\blacksquare)$
- C) A) に対する B) の比率  $= B) \div A) = 58\%$

図 A.2 遊水地容量の算出比率 (Biabo 川 50年確率洪水時)



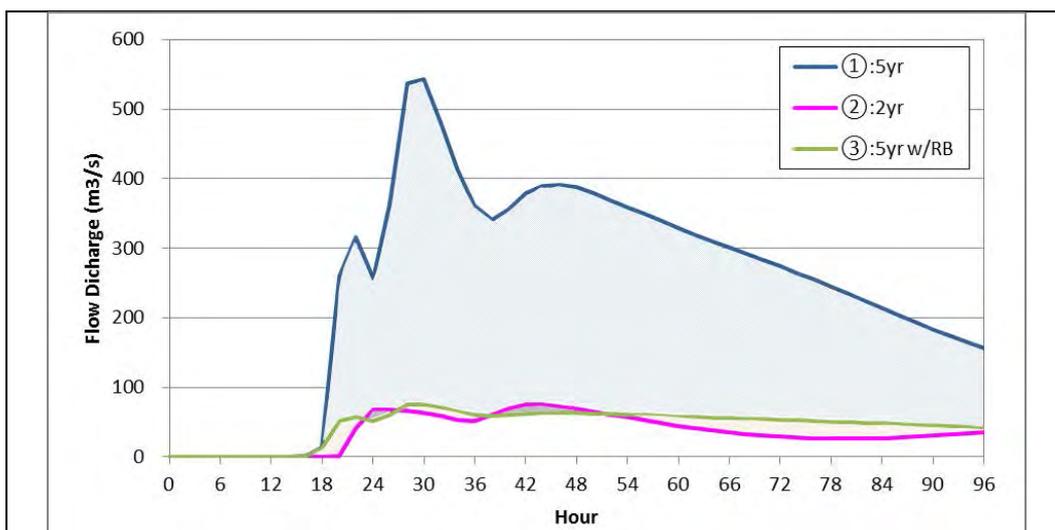
- A) 25年確率洪水（対策無し）と10年確率洪水（対策無し）との容量の差分  
 $= ① - ② = 84.2 \text{ MCM} = V1(\blacksquare) + V2(\blacksquare)$
- B) 遊水地による貯水容量  $= ① - ③ = 49.6 \text{ MCM} = V2(\blacksquare) + V3(\blacksquare)$
- C) A) に対する B) の比率  $= B) \div A) = 59\%$

図 A.3 遊水地容量の算出比率 (Biabo 川 25年確率洪水時)



- A) 10年確率洪水（対策無し）と5年確率洪水（対策無し）との容量の差分  
 $= ① - ② = 62.1 \text{ MCM} = V1(\blacksquare) + V2(\blacksquare)$
- B) 遊水地による貯水容量  $= ① - ③ = 39.4 \text{ MCM} = V2(\blacksquare) + V3(\blacksquare)$
- C) A) に対する B) の比率  $= B) \div A) = 63\%$

図 A.4 遊水地容量の算出比率 (Biabo 川 10年確率洪水時)



- A) 5年確率洪水（対策無し）と2年確率洪水（対策無し）との容量の差分  
 $= ① - ② = 75.1 \text{ MCM} = V1(\blacksquare) + V2(\blacksquare)$
- B) 遊水地による貯水容量  $= ① - ③ = 71.9 \text{ MCM} = V2(\blacksquare) + V3(\blacksquare)$
- C) A) に対する B) の比率  $= B) \div A) = 96\%$

図 A.5 遊水地容量の算出比率 (Biabo 川 5年確率洪水時)

上述した確率規模別の容量比率を表 A.5 に示すが、5年確率洪水以下の洪水においてはそれ以外の確率規模に比べて、「洪水対策なし」の場合の hidrograph を「遊水地あり」の場合の hidrograph に換算する際の比率が極端に大きくなる。これは hidrograph が扁平であるために、ピークカット量に対して必要となる貯水容量が大きくなることを意味する。

このことから、5年確率規模以下の洪水においては、単位貯水容量（もしくは単位用地面積）当たりの洪水ピークカット量が小さく、経済性および土地利用の面から非効率であると考えられるため、遊水地を設置するのは10年確率を上回る規模の洪水対応事業とし、5年確率および2年確率規模の洪水に対する事業では、河道改修による対策のみを実施することとした。

また遊水地の深さについては、設置地点に隣接する河道の想定深さ以下にはならないように、1m単位で設定した。

表 A.5 遊水地建設における最低必要容量の算出

確率規模 (year)	確率規模別の必要容量算出条件	確率規模別の必要容量の推定式	対象流域における最低必要容量の算出条件
100	主要な洪水防御地点の100年洪水を50年洪水流量に低減するために必要な容量	【100年洪水（対策無し）の容量 - 50年洪水（対策無し）の容量】 x 0.50	左記の条件時におけるそれぞれの必要容量の内、最大となる容量を対象流域における遊水地の最小必要容量と設定する。
50	主要な洪水防御地点の50年洪水を25年洪水流量に低減するために必要な容量	【50年洪水（対策無し）の容量 - 25年洪水（対策無し）の容量】 x 0.58	
25	主要な洪水防御地点の25年洪水を10年洪水流量に低減するために必要な容量	【25年洪水（対策無し）の容量 - 10年洪水（対策無し）の容量】 x 0.59	
10	主要な洪水防御地点の10年洪水を5年洪水流量に低減するために必要な容量	【10年洪水（対策無し）の容量 - 5年洪水（対策無し）の容量】 x 0.63	
5	主要な洪水防御地点の5年洪水を2年洪水流量に低減するために必要な容量	【5年洪水（対策無し）の容量 - 2年洪水（対策無し）の容量】 x 0.96	経済性および土地利用の面から非効率であると想定されるため、遊水地の設置は考慮せず、河道改修による対策のみを検討する。

### 添付 1-3. 既存ダムのルール変更における調節容量規模決定の方法

洪水調節容量については、流出・氾濫解析で求められる規模別の流量ハイドロから、所定の規模のピーク流量以上をカットする、いわゆる『ピークカット方式』にて算出した。

この簡易的にダムによる洪水流量低減に必要な容量を計算する方法を、以下に（1）として示す。また、簡易的に求める必要容量の算定方法を利用して Mantaro 川のハイドログラフからダムによる洪水流量低減のための必要容量を求めた事例を（2）として示す。

#### (1) ダムの必要容量の算定方法（簡易方法）

洪水調節容量の算定手順を下図に示す。

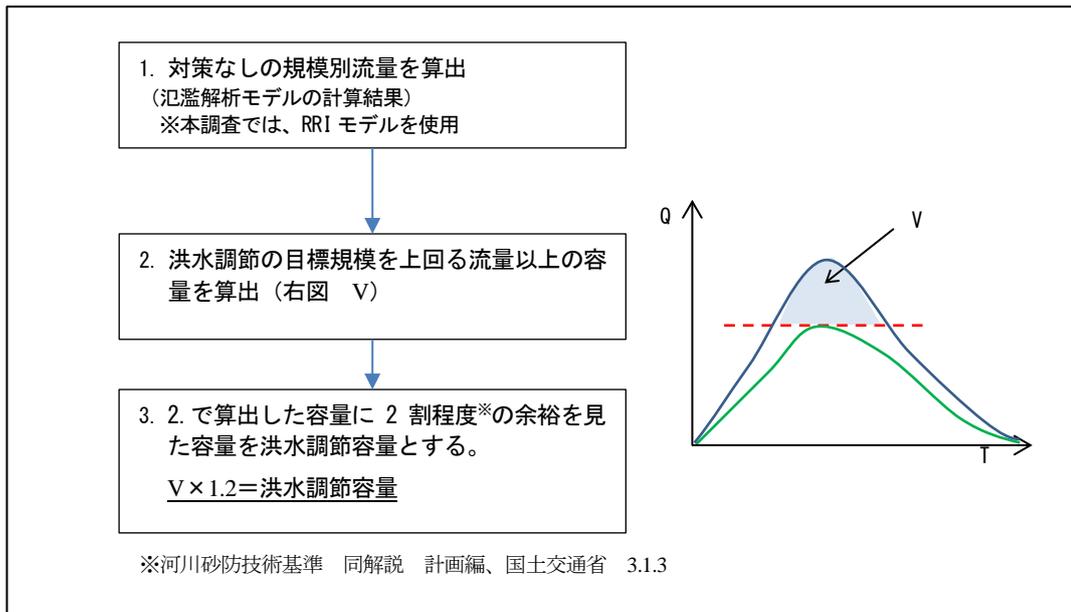


図 A.6 洪水調節容量算定手順

(2) Mantaro 川での必要容量

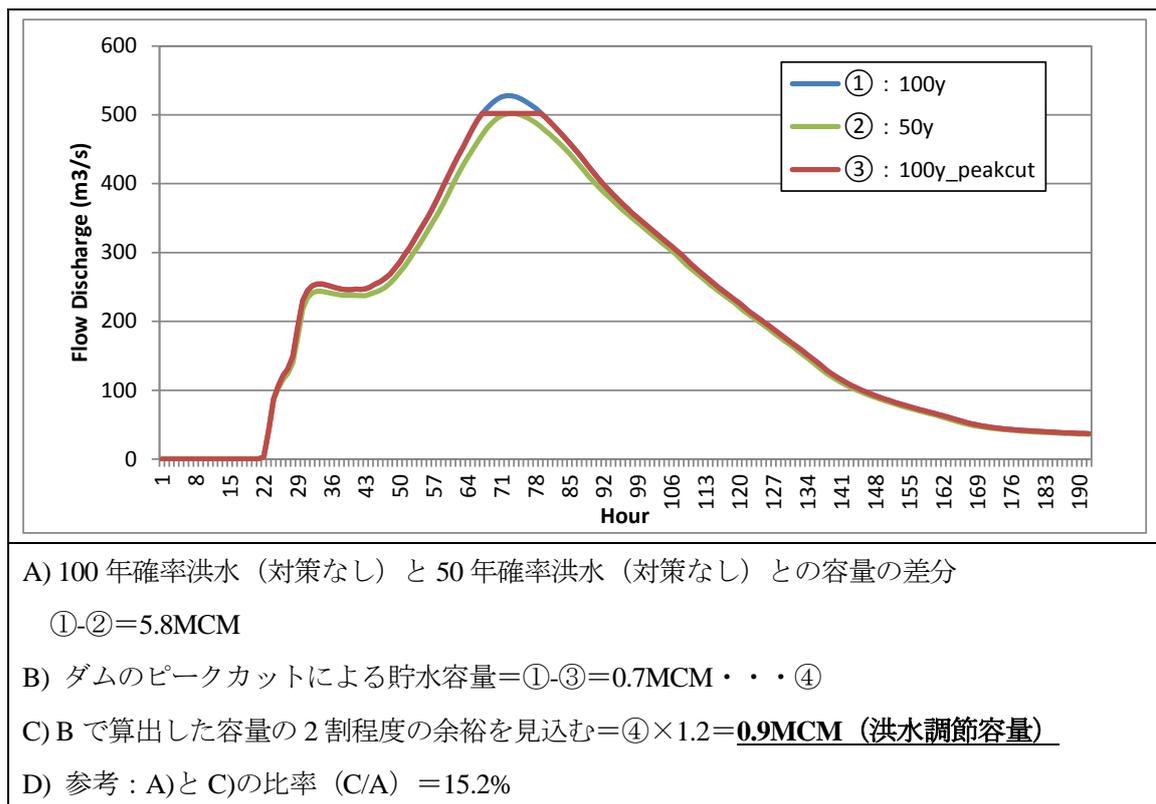
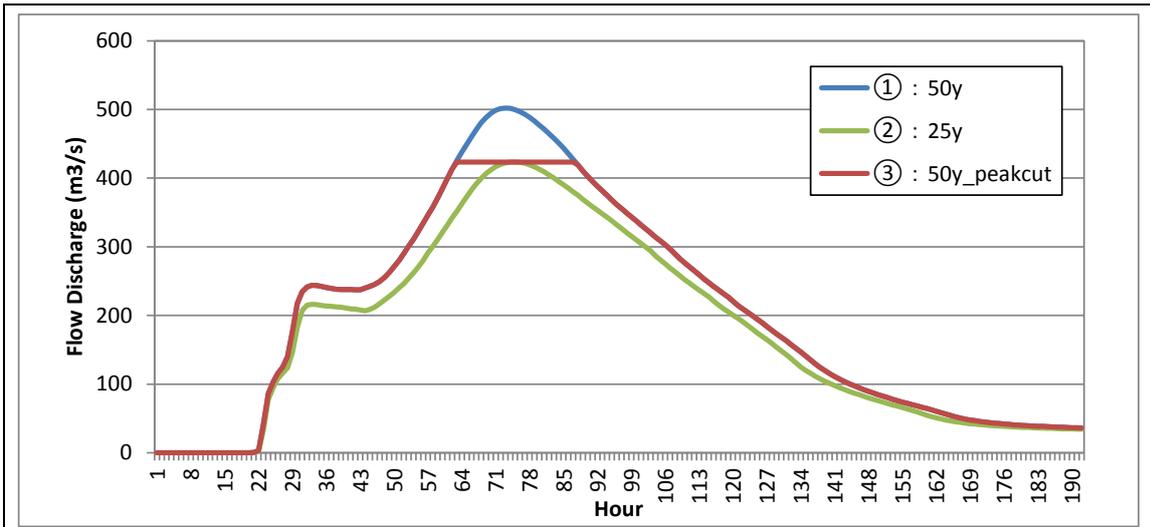


図 A.7 Mantaro 川\_100 年確率洪水時



A) 50年確率洪水（対策なし）と25年確率洪水（対策なし）との容量の差分

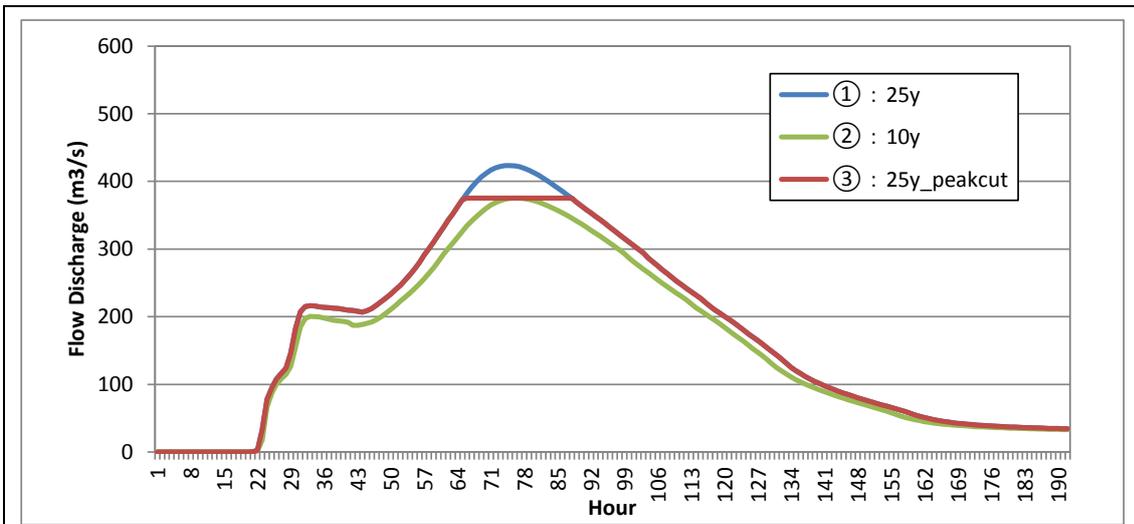
$$\text{①}-\text{②}=17.8\text{MCM}$$

B) ダムのピークカットによる貯水容量 $=\text{①}-\text{③}=4.4\text{MCM} \cdots \text{④}$

C) Bで算出した容量の2割程度の余裕を見込む $=\text{④} \times 1.2 = \underline{5.2\text{MCM}}$  (洪水調節容量)

D) 参考：A)とC)の比率 (C/A)  $=29.4\%$

図 A.8 Mantaro 川\_50年確率洪水時



A) 25年確率洪水（対策なし）と10年確率洪水（対策なし）との容量の差分

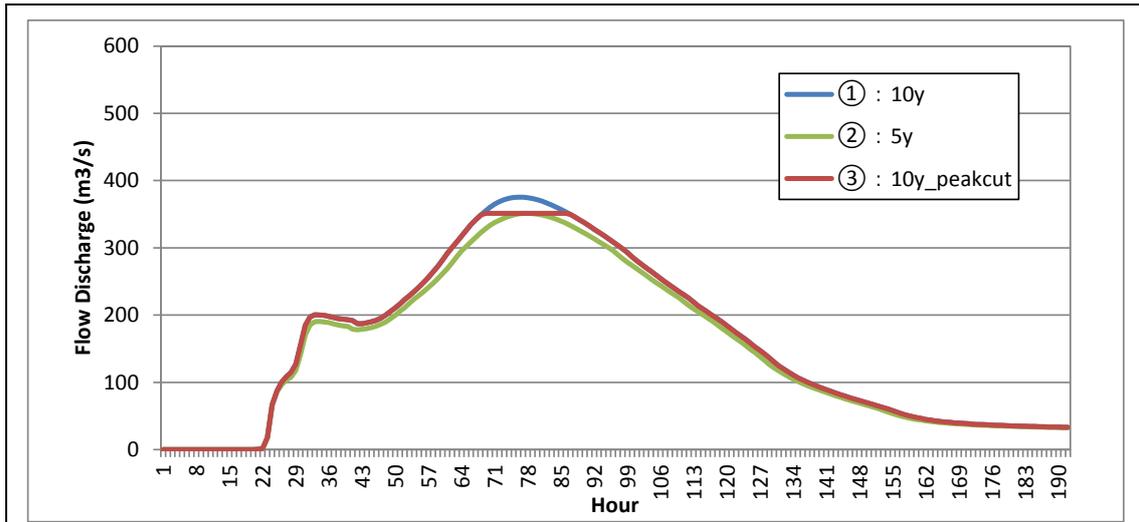
$$\text{①}-\text{②}=12.1\text{MCM}$$

B) ダムのピークカットによる貯水容量 $=\text{①}-\text{③}=2.5\text{MCM} \cdots \text{④}$

C) Bで算出した容量の2割程度の余裕を見込む $=\text{④} \times 1.2 = \underline{3.0\text{MCM}}$  (洪水調節容量)

D) 参考：A)とC)の比率 (C/A)  $=24.9\%$

図 A.9 Mantaro 川\_25年確率洪水時



A) 10年確率洪水（対策なし）と5年確率洪水（対策なし）との容量の差分

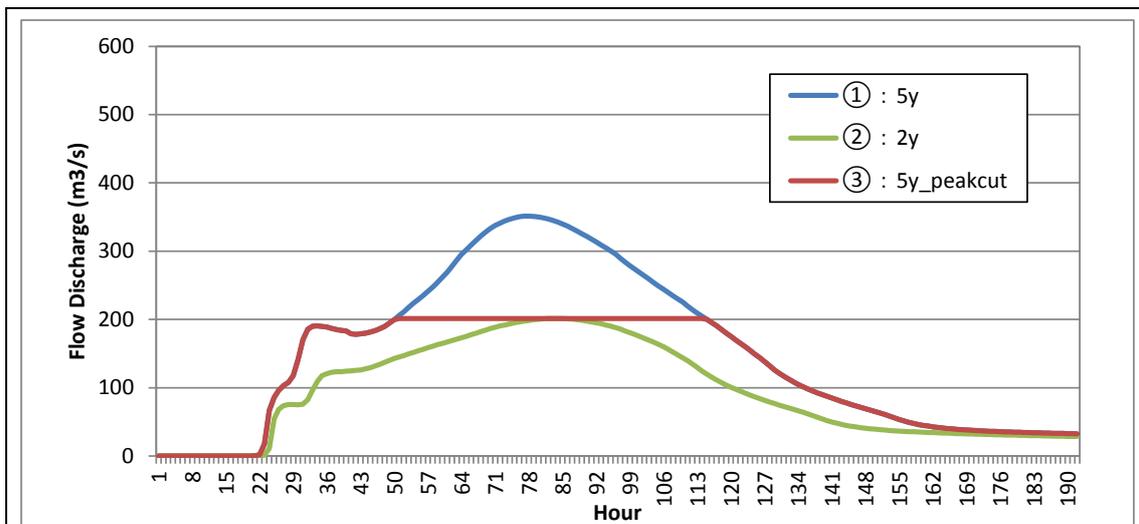
$$\text{①}-\text{②}=6.2\text{MCM}$$

B) ダムのピークカットによる貯水容量 $=\text{①}-\text{③}=1.0\text{MCM} \cdots \text{④}$

C) Bで算出した容量の2割程度の余裕を見込む $=\text{④} \times 1.2 = \underline{1.2\text{MCM}}$ （洪水調節容量）

D) 参考：A)とC)の比率（C/A） $=20.0\%$

図 A.10 Mantaro 川\_10年確率洪水時



A) 5年確率洪水（対策なし）と2年確率洪水（対策なし）との容量の差分

$$\text{①}-\text{②}=41.0\text{MCM}$$

B) ダムのピークカットによる貯水容量 $=\text{①}-\text{③}=20.2\text{MCM} \cdots \text{④}$

C) Bで算出した容量の2割程度の余裕を見込む $=\text{④} \times 1.2 = \underline{24.2\text{MCM}}$ （洪水調節容量）

D) 参考：A)とC)の比率（C/A） $=59.0\%$

図 A.11 Mantaro 川\_5年確率洪水時

表 A.6 ダムの必要洪水調節容量まとめ

規模	A) 流量ハイドロの差分 (MCM)	B) ピークカットによる貯水 容量 (MCM)	C) 2 割程度の余裕を見込む (MCM)
100 年	5.8	0.7	0.9
50 年	17.8	4.4	5.2
25 年	12.1	2.5	3.0
10 年	6.2	1.0	1.2
5 年	41.0	20.2	24.2
2 年	0.0	0.0	0.0

## 添付 2. 水制工設計検討手法の紹介

本調査では、具体的な水制工の検討は実施していない。しかしながら、ペルー国の河川では多くの水制工が河岸の維持及び洗掘防止のために設置されている。

よってここでは、日本の水制工の設計参考書を基に、特に、日本国内で実施された水制の実験データ等を紹介し、ペルー国において水制を設計・設置する時に参考とすべき数値及び考え方を示す。

### 添付 2-1. 堤防及び河岸の浸食防止を図る水制工の分類及び設計上の留意点

堤防及び河岸浸食の防止を図る水制工は、その機能から基本的には次の 2 つに分類される。

#### A. 河岸線防御水制

水制の高さを高くして流水に対して障害物となることによって、流水を河岸（堤防）から遠ざけ、河岸（堤防）の破壊を防ぐもの。この場合、護岸工と一体となって目的を達成させるものと、水制工のみによって目的を達成させるものがある。

このタイプの水制は、通常、平均最大流量時の水位程度以上ある不透過水制タイプである。

#### B. 根固め水制

水制の高さが低く、平均年最大流量程度の洪水時には水制上を流水が流下するもので、一連の郡として機能することによって流速を軽減し、かつ水ハネ作用により法覆工と一体となって河岸浸食防止を図るもの。

\*法覆工前面に根固め工を敷設しさらに根固め水制を設置するもの、と

\*根固め水制のみもの

がある。

「A.河岸線防御水制」と「B.根固め水制」は、設置目的、設計思想が異なるので、明確に意識化して設計しなければならない。

### 添付 2-2. 河岸防御水制設計の手順

ペルー国において各河川に設置されている河岸防御水制の設計の手順、考え方について以下にポイントを纏めて整理した。

まず、河岸防御水制工を設計する場合、設置される河川の特徴を踏まえて検討する必要がある。日本では、第 4 章の図 4.1.1 に示した河道のセグメントによって設計の考え方を整理しているためこれ

を以下で紹介する。

特徴項目	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	←山間地→	←扇状地→	←谷底平野→		←自然堤防帯→
					←デルタ→
河床材料の代表粒径dR	さまざま	2cm以上	3cm~ 1cm	3cm~ 0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物。		シルト・粘土
勾配(目安)	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5 000		1/5 000 ~ 水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは8字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。
河岸浸食程度	非常に激しい	非常に激しい	中程度。河床材料が大きい方が水路は良く動く。		弱い。殆ど水路の位置は動かない。
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m		3~8m

図 A2.1 各セグメントとその特徴 (日本の河川)

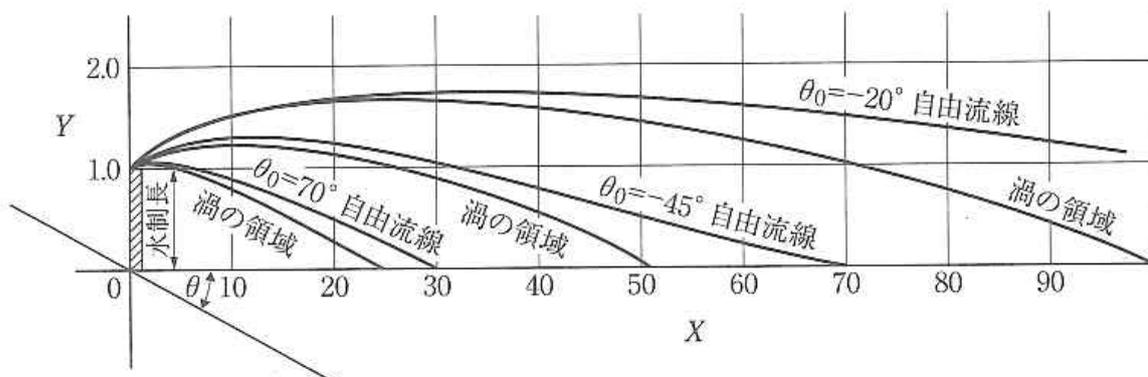
(1) セグメント I の河川における河岸線防御水制工の設計

(a) 水制の配置

セグメント I の河川において、重要な農地または住宅地が堤防の背後地にある場合は、堤防には護岸のみならず、水制工を設置すると堤防がより安全になるために設置を検討する。

水制工の長さ“lg”は、低水路幅の 5%程度を超えないようにすることを目安とするが、最大でも 10%程度を超えない長さとする。日本の場合は、通常の水制工の長さは長くても 20~30m である。

水制工の間隔“Lg”の設定については、日本のセグメント I を対象とした水理模型実験結果をここで紹介する。



出典：秋草 et al ( 図 7.2 護岸・水制の計画・設計 (山本晃一著) )

図 A2.2 水理模型実験に基づく水制工の長さ・流向・影響範囲の関係

よって、セグメント I の通常の直線部では、水制工の間隔“Lg (m)”は、フルード数がセグメン

ト II または III に比べ大きいので水制工の長さの 7 倍程度以内とする。また、河岸線が曲がり、主流が河岸に向かってくる場合や河道の砂州の長さが短い場合の水制工の間隔“Lg (m)”は、水制工の長さの 5 倍程度以内とする。

水制の方向は、セグメント I の場合、河岸に直か多少下向きにする。(下向きにすると、水制先端部の洗掘深が小さくなる。)

水制の高さは、護岸と一体化する付け根部は計画高水位程度とし、先端は低くしても良いが、3 年確率洪水位以上にはすることが望ましい。

## (b) 水制の構造と安定

セグメント I における河岸線防御水制工は、「流体力に対して許容される変形の範囲内に留まり」且つ「流下物の衝撃にも耐えられる」ような構造とする。

第 5 章で述べているように、基本的には護岸・護床工の設計と同じ方法で設計する。

この時、水制工の材料選定の決定に使用させるべき設計流速は、河道の代表流速の 1.6 倍とする。また水制工の根固めのための設計流速は河道の代表流速の 1.5 倍程度とする。

一方、水制を設置した場合の護岸の設計は、代表流速の 0.4 倍程度とすることができる。

## (2) セグメント II 及び III の河川における河岸線防御水制工の設計

基本的に河岸線防御水制工は、その高さが高くなり河道を狭めることになり、水制設置のために河道を広げなくてははいけなくなる。水制の構造自体も工事費が高くなり、一般的には護岸と根固め工により堤防や河岸を防御した方が経済性も高い事が多くまた効果も確実にでる。よって基本的には水制工の設置ではなく、まずは連続的な護岸と根固め工の建設を考えるべきである。

ただし；

- 地方自治体が事業を実施し、予算が限定されていること；
- 河川計画が決定されておらず、護岸の位置が決まっていないこと

等によって水制工の設置がペルー国にとって将来の投資を勘案した場合において、経済性が高い場合には、暫定的に水制工による河岸線防御水制工の設置をセグメント II 及び III の河道で設置する事も良いこととする。

日本では、200 年以上前に、セグメント II または III の河川で水制工が設置された。その事例を以下に示す。



図 A.9 セグメント II の河川に 200 年以上前に設置された水制工 (川内川)

出典:鹿児島県及び土木学会

以上の日本の水制工の事例が示すように、構造的に安定している水制工は極めて高価に建設されており、現在では堤防または河岸に護岸を設置していく方が洗掘に対しては確実性が高く、よって経済性も高い場合が多い。

