

第3回 島地川ダム水質改善検討委員会

参考資料

平成21年3月18日

国土交通省 中国地方整備局 山口河川国道事務所

現状水質に含まれた重金属溶出対策とは別に、出水時等に貯水池内に流入する重金属類を含む土砂（SS成分）への対策について検討を行った。

また、上流の河川から流入するヒ素は、その4割が高流量時のSS成分として流入すると算定されている。

図 1-1 島地川ダム堆砂状況（平成 19 年度）

1.1 ダムで行われてる土砂管理手法

島地川ダムにおいて、ヒ素は河川水として流入するのではなく、SS成分などとして流入し、底層の嫌気化により底泥より溶出している。

このため、ダムに蓄積されているヒ素を系外に排出するためには、土砂管理の手法に適用できるものがある。

このため、ここではダムで行われている土砂管理手法を整理した。

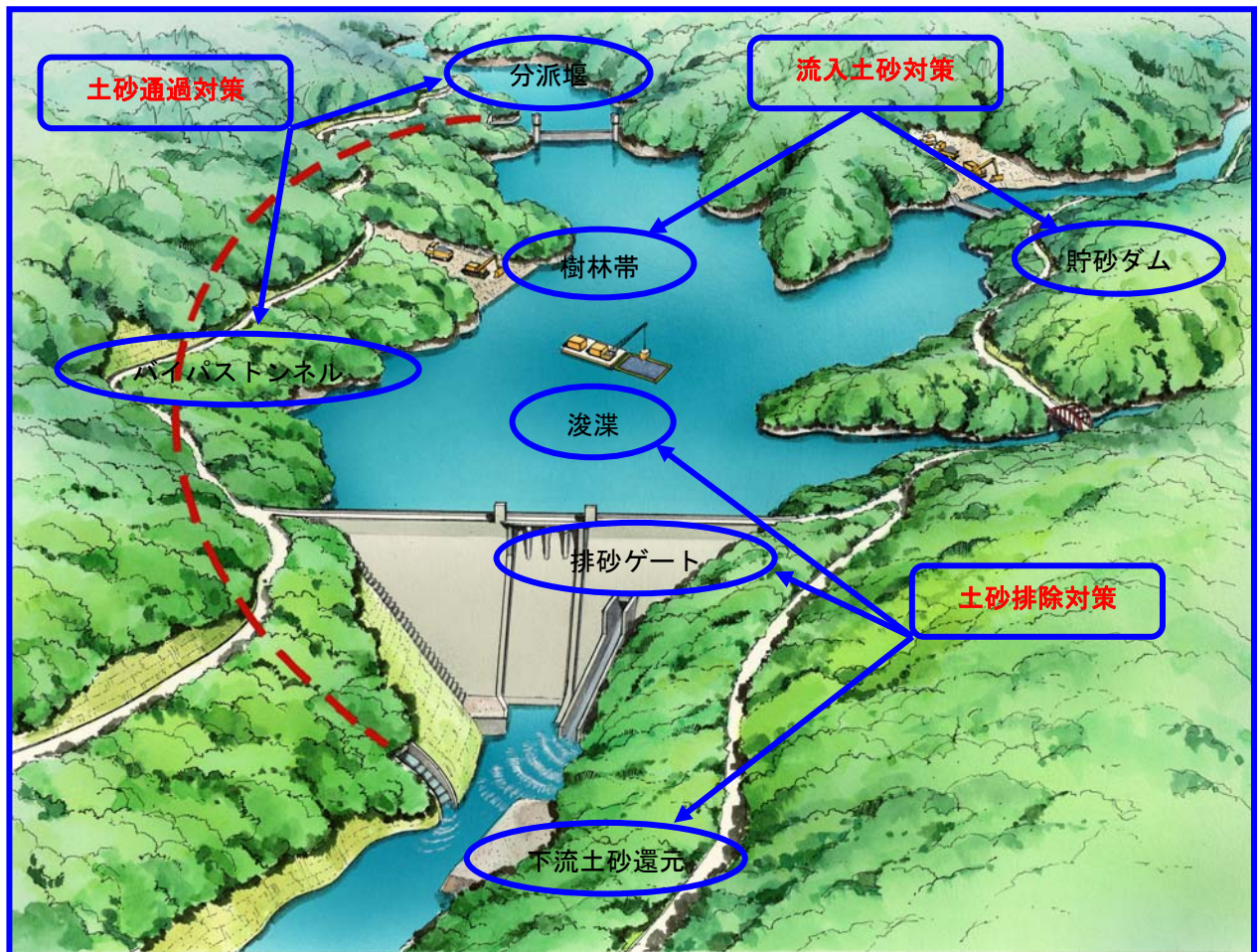
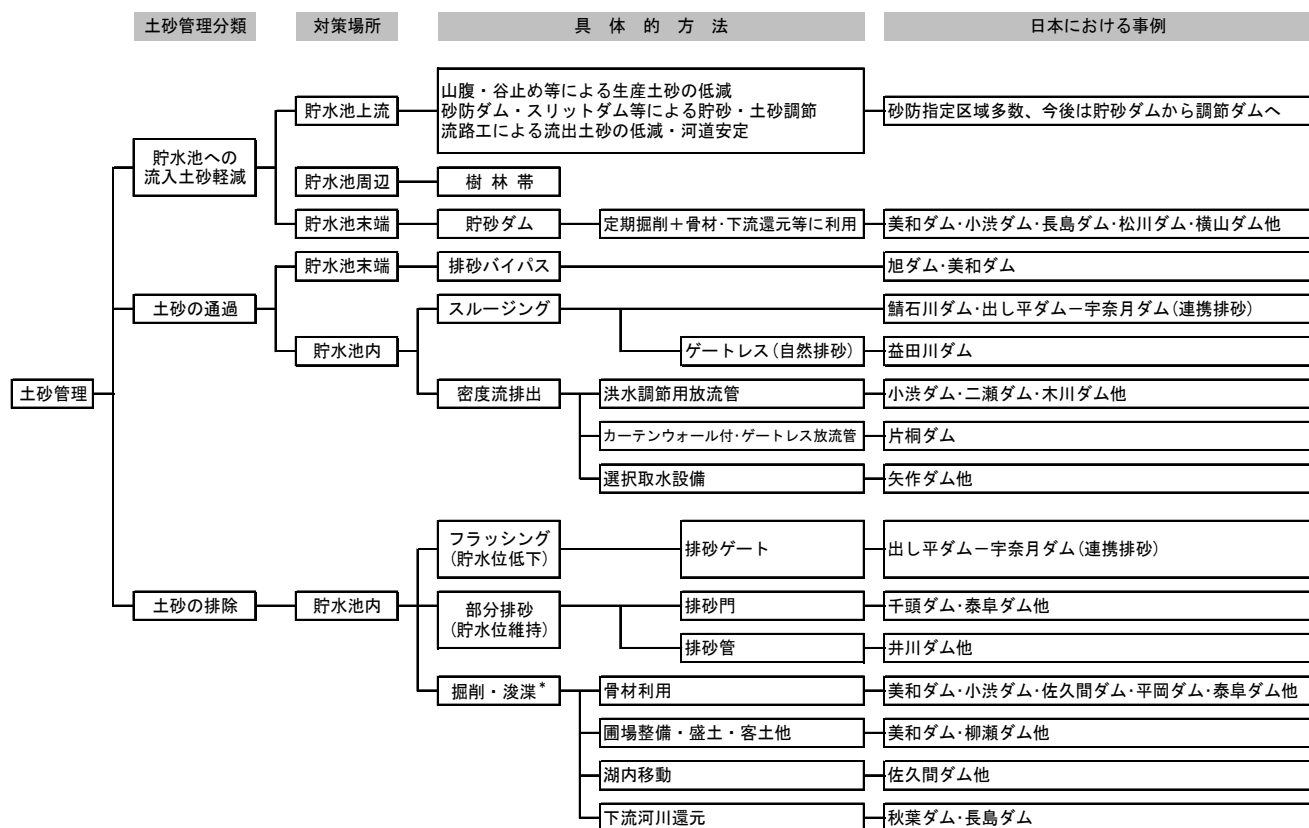


図 1-2 ダムにおける土砂管理手法

以下のとおり、土砂管理対策は

- (1) 貯水池へ流入する土砂量を減らす流入土砂対策
- (2) 流入土砂を貯水池に堆積させない土砂通過対策
- (3) 貯水池に堆積した土砂の排除対策

に分類される。



* 近年、水位差を利用した土砂吸引システム開発が進められている。

※：「平成17年度版 多目的ダム建設 第7巻 p.138」より引用一部加筆

図 1-3 土砂対策方法と事例

このうち、流入するSSの対策になりうる手法の概要を記載する。

1.1.1 流入土砂対策

貯砂ダム

貯水池上流端に貯砂ダムを設置して流入土砂・SSを堆積させ、それを掘削排除する方法である。

1.1.2 土砂通過対策

排砂バイパス

貯水池の上流に堰などの分派施設を設け、洪水時に土砂を含んだ流水の全部あるいは一部を、貯水池を迂回させて下流に放流するのが排砂バイパスである。また、流入土砂のうち堰に堆積する粗い粒子は洪水後掘削排除される。

地形条件の恵まれた場所でないと、バイパスのための水路トンネルが大規模になるなど困難な場合が多い。

ダム堤体における対策

選択取水設備を用いて、出水時に流入するSS濃度が最も高い高さから放流を行う。

既存の施設を用いるため、コストは不要であるが、選択取水設備による放流能力は最大で $12\text{m}^3/\text{s}$ であり、年最大洪水約 $50\text{m}^3/\text{s}$ と比較するとその一部に留まる。

このため、場合によっては、放流管を新設し放流能力を増強する必要がある（ここでは「環境放流管」と呼ぶことにする）。

1.2 島地川ダムにおける計画概要

島地川で適用可能であると考えられる代表的な土砂管理手法について検討した結果、以下の4案が考えられた。

(1) 流入土砂対策 ⇒ 貯砂ダム

(2) 土砂通過対策 ⇒ 排砂バイパス

⇒ 環境放流管の新設

⇒ 選択取水設備（既存）の運用

表 1-1 ヒ素流入対策工法

工法	対策なし	貯砂ダム	排砂バイパス	環境放流管	選択取水設備運用
概要	何もしない	貯砂ダム：h = 7m、 L=40m (貯砂量V=20,000m ³) ※平均2年分	分派堰：h = 15m、L=75m 修理用ゲート：一式 排砂バイパス：幌型3.0m ×3.0m L=2,630m 吐口施設：一式	排砂管：φ1.4m、L=115m 主ゲート：高圧スライドゲート (B1.0m×H1.4m) 副ゲート：高圧スライドゲート (B1.0m×H1.4m) 修理用ゲート：ローラゲート (B2.0m×H2.0m)	取水可能範囲：255 ～ 286.5 (EL. m) 最大放流量：12m ³ /s
概算 工事 費	なし	貯砂ダム：50 進入路：30 ----- 合 計 80百万円	分派堰：300 排砂バイパス：2,100 吐口施設：100 ----- 合 計 2,500百万円	排砂管：110 主ゲート：105 副ゲート：105 修理用ゲート：65 土木・建築：105 仮締切り設備：110 ----- 合 計 600百万円	なし
維持 管理	なし	・堆積土砂を2年に1回除去搬出する。 ・概算費用：30百万円	・2～5年に1回で洗掘による補修工事を行う。 ・概算費用：100百万円	主ゲート、副ゲート：500万円/年 修理用ゲート：350万円/年	既存の維持管理費用は増加しない
特記 事項	比較検討のためのケース	・流入土砂の年変動を考慮して、2年1回の除去計画とした。 ・除去した土砂の処理費用が別途必要である。	・洪水調節計画との調整が必要である。 ・分派堰の分流能力を確認するための水理実験が必要である。 ・吐口施設の減勢機能を確認するための水理実験が必要である。 ・排砂バイパスの摩耗量の評価及び補修方法の検証が必要である。	・放流設備の配置に工夫が必要である。 ・土砂が堆積してくると減勢工内に土砂が堆積する恐れがある。 ・運用は洪水時に限定されるが、50m ³ /s以上（年最大洪水程度）では実施できない。	・運用は洪水時に限定されるが、50m ³ /s以上（年最大洪水程度）では実施できない。

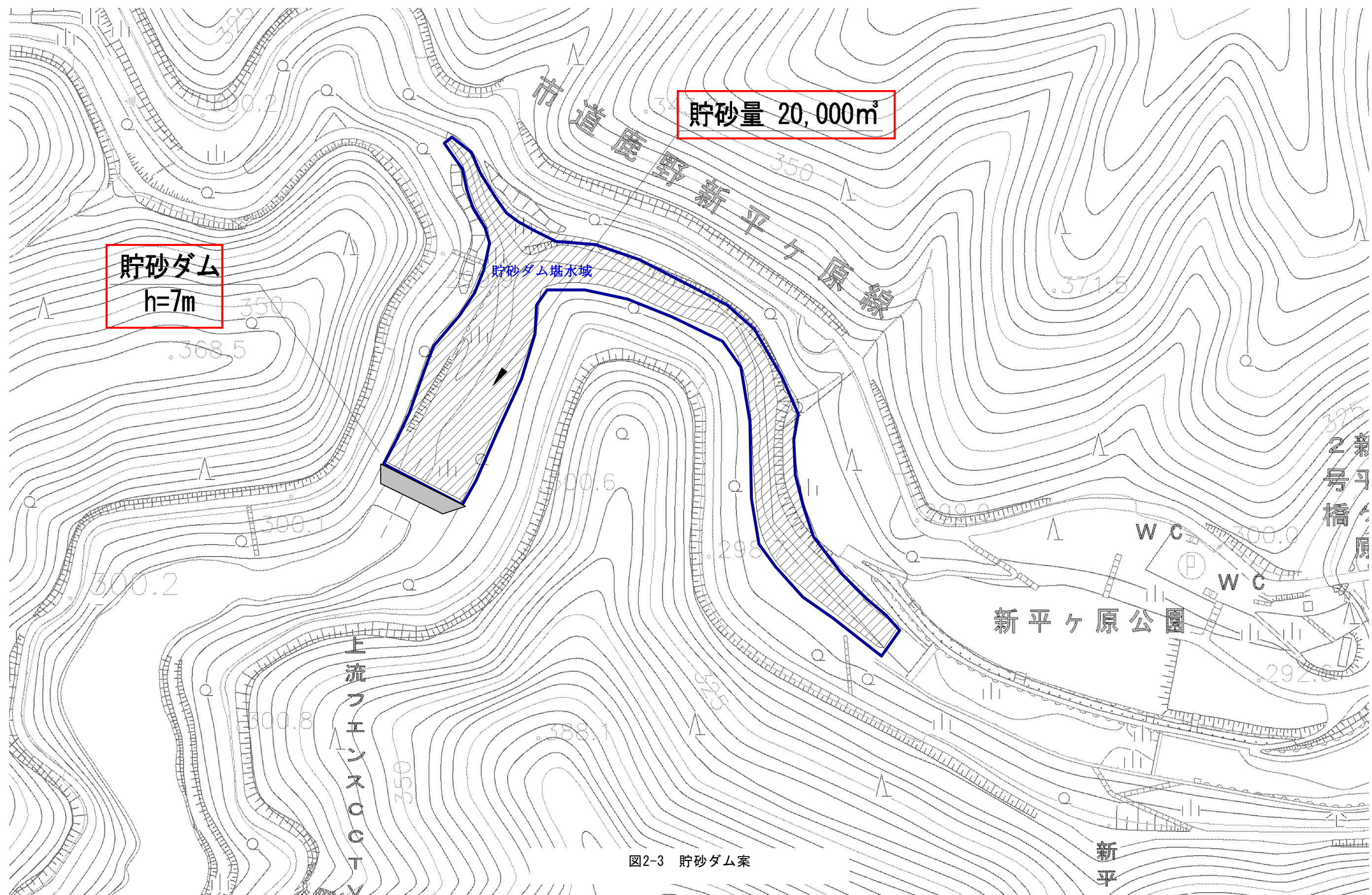


図2-3 貯砂ダム案

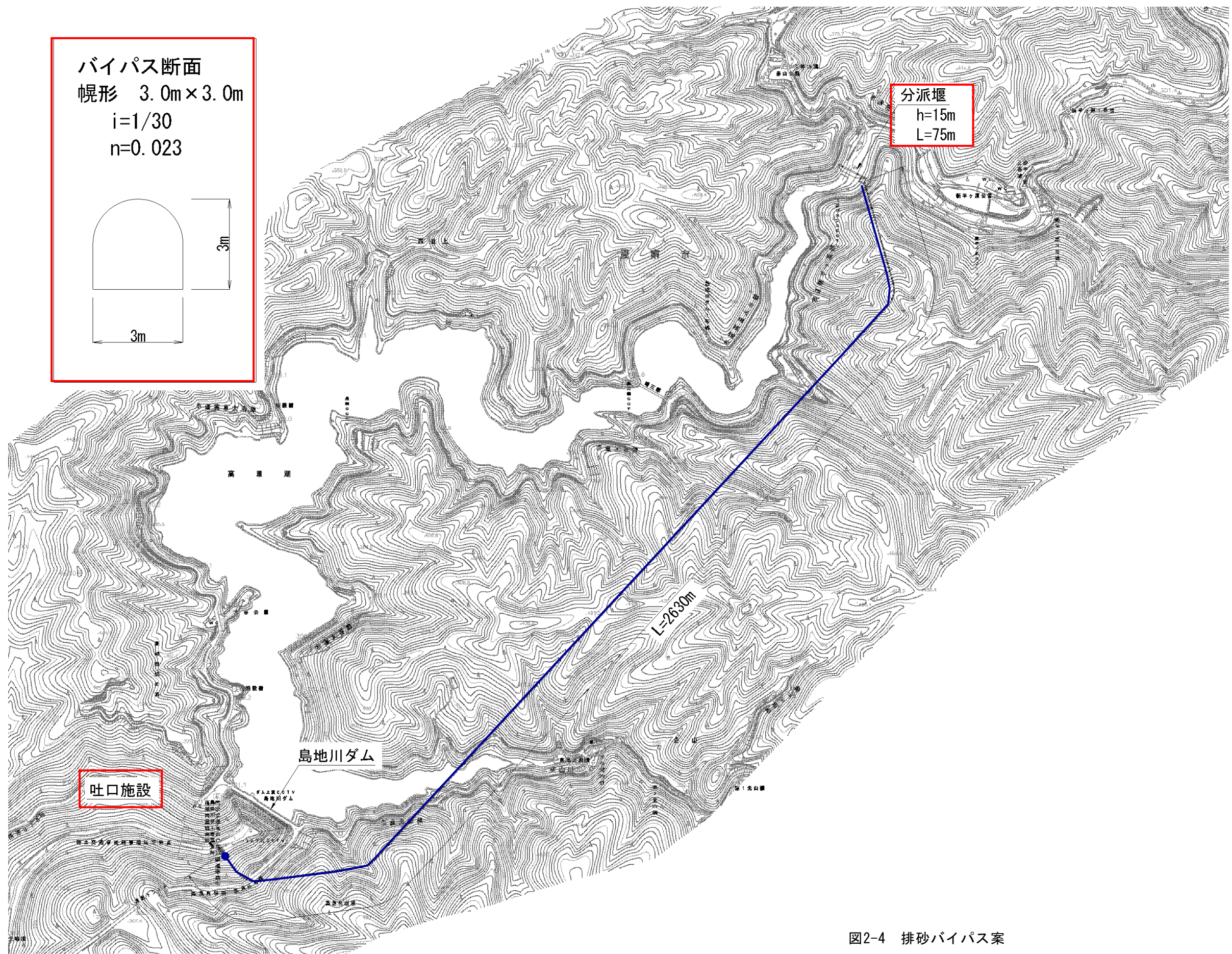


図2-4 排砂バイパス案

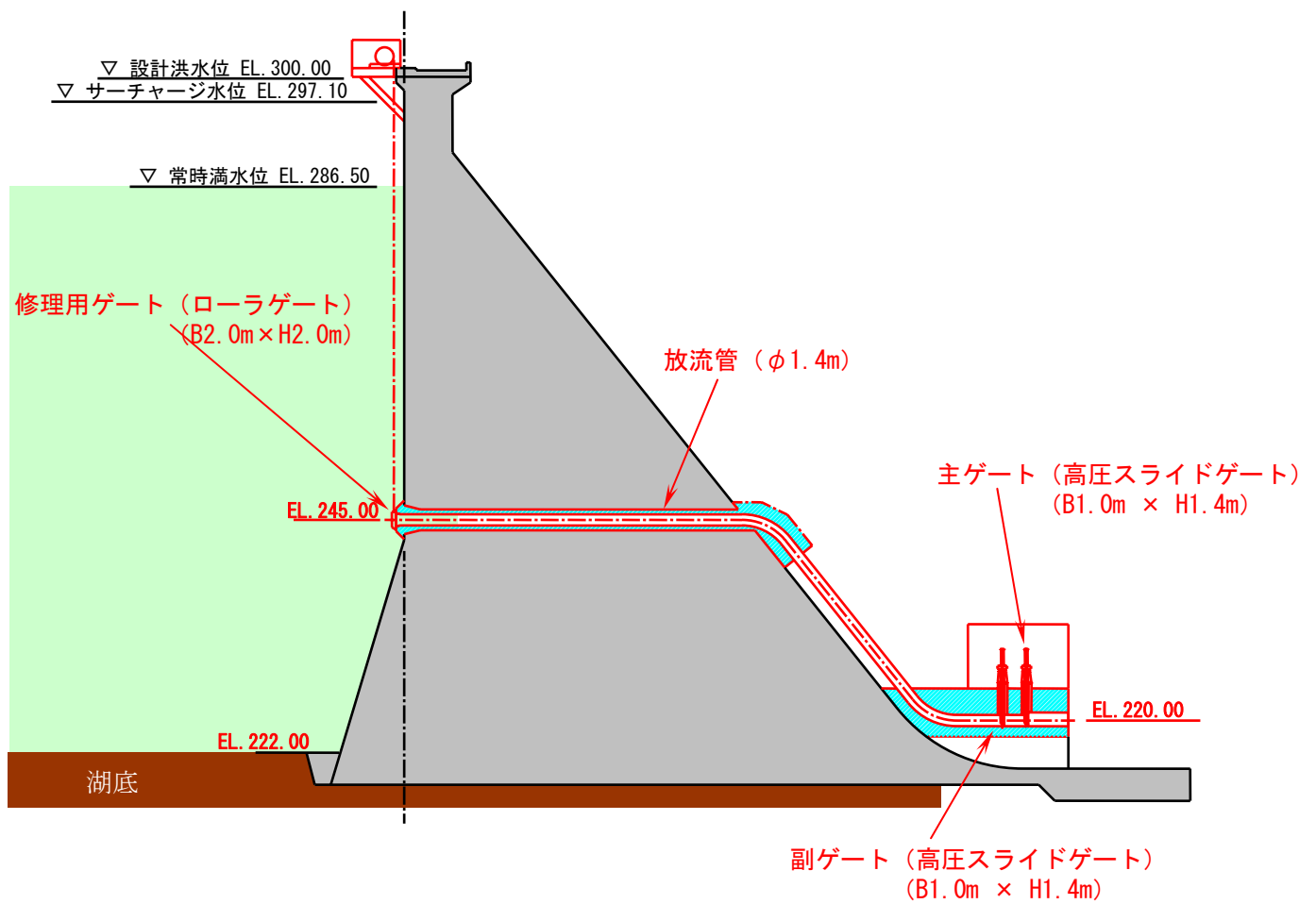


図 1-4 環境放流管



図 1-5 フラッシュ放流の事例

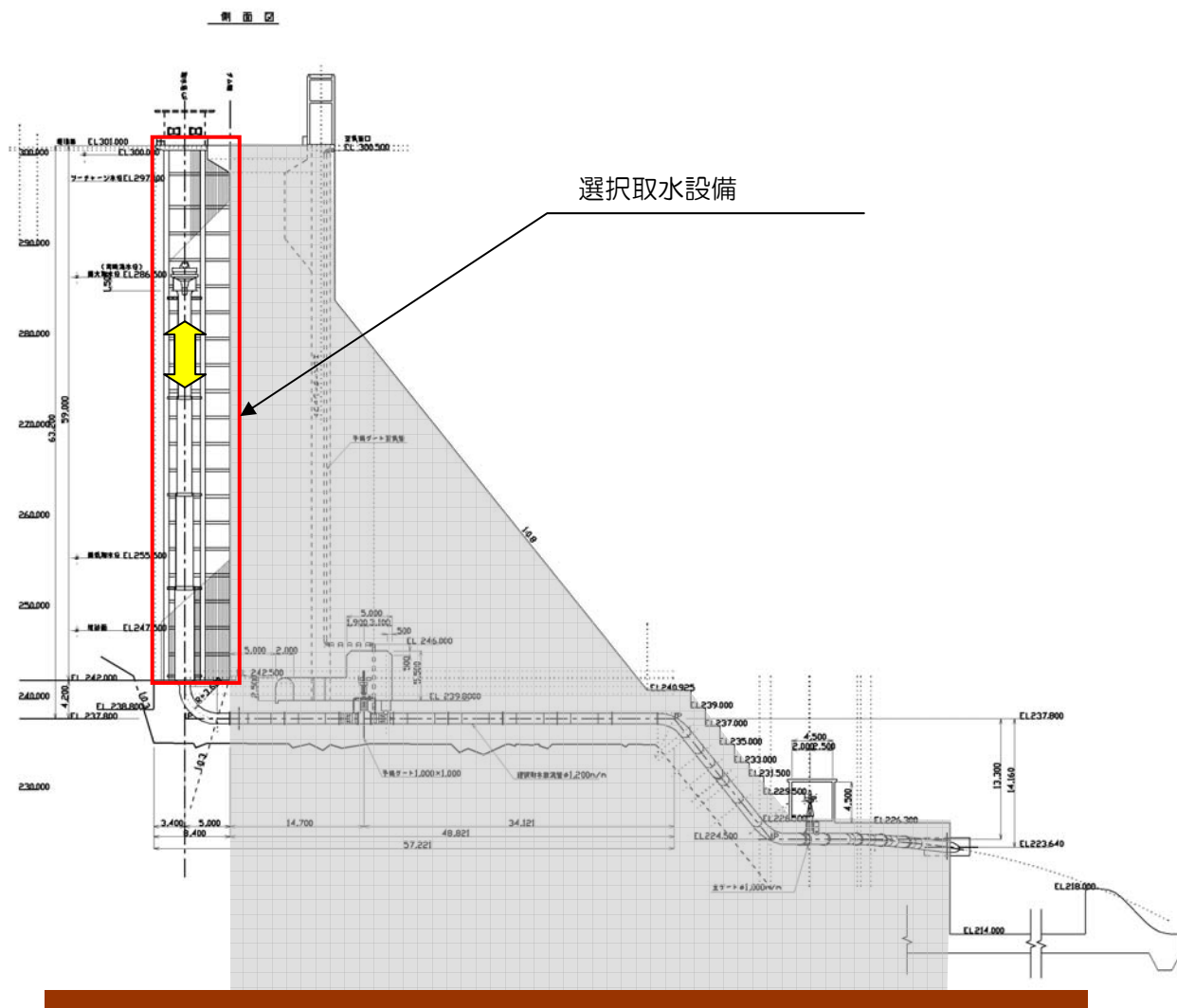
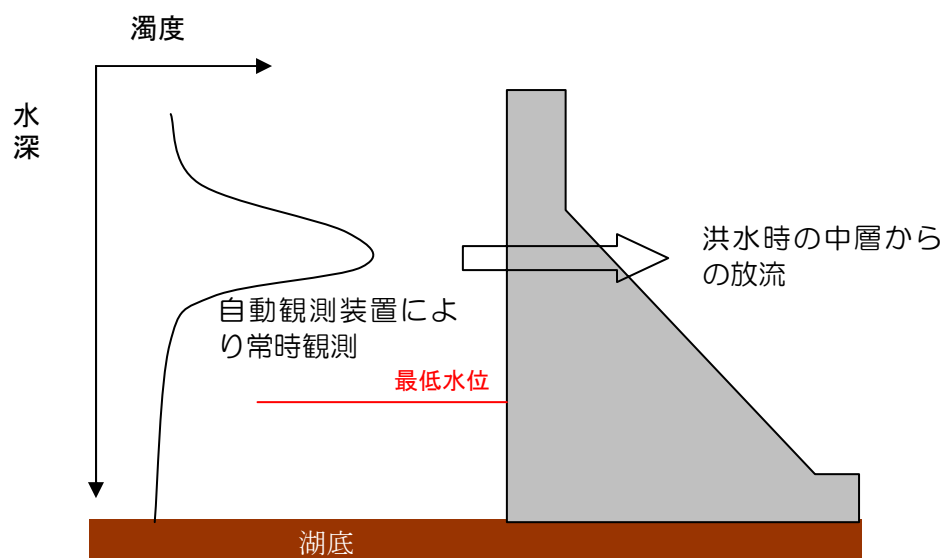


図 1-6 選択取水設備側面図



※ただし、洪水時（流入 $50\text{m}^3/\text{s}$ 以上）には選択取水設備は利用できない。

図 1-7 選択取水による放流イメージ

1.3 流入対策に関するまとめ

流入ヒ素（細粒土砂）対策手法

- ・現在のヒ素流入量調査は、H20年6月の出水時（発生確率 1 / 1 程度）に1回観測したデータのみを使用した検討であり、検討の判断材料としてはデータが不足している。
- ・ヒ素をダムに蓄積させない各手法については、コストや効果の面を再度精査していくことが必要である。
（重金属の対策のためのみで事業化は困難）
- ・今後も出水時の調査を継続して行い、ヒ素対策のみでなく、ダムの堆砂、下流河川の環境保全等の観点からの必要性も踏まえて検討を行う。

2. 貯砂ダムを設置した場合の上流域からのヒ素除去量の算定

島地川ダム上流域から流入するヒ素負荷量に対して、流入土砂対策（貯砂ダム設置）を行った場合の貯砂ダムでのヒ素捕捉量を過去の出水に適用して概略値を算定した。

現在の堆砂状況を勘案すれば、M-1ではほとんど堆砂がされていないため、土砂のうち底泥からのヒ素溶出に關係するものは、M-1付近まで到達する成分、すなわち、粒径の比較的小さなSSに限られると考えられる。

その何割が貯砂ダムで捕捉できるか（貯砂ダムによる＝ヒ素除去量）を以下のとおり算出した

貯砂ダムを設置可能な箇所は新平ヶ原の下流、貯水池流入端となる。

2.1 算定フロー

貯砂ダムでのヒ素捕捉量のうち、SS 成分の以下のフローに基づいて実施した。

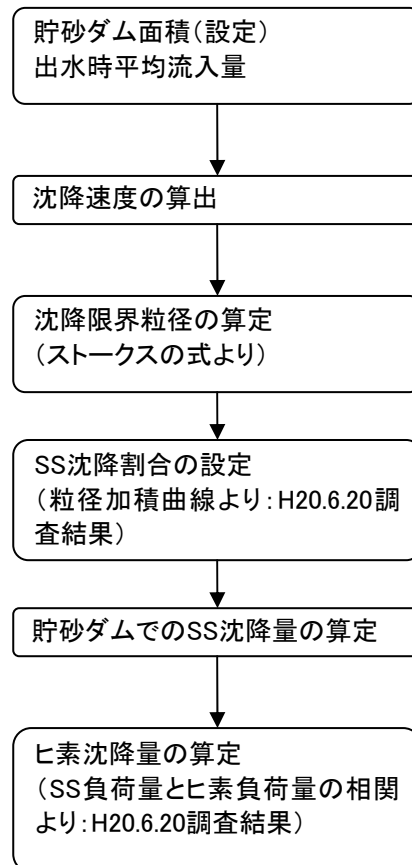


図 2-1 貯砂ダムによるヒ素除去量の算定フロー (SS 成分)

2.2 算定条件

上記の算定フローにおける条件は以下のとおりである。

1) 貯砂ダムの面積

$$\text{貯砂ダム面積} = 20,000\text{m}^3 \div 7\text{m} = 2,857\text{m}^2 \rightarrow \mathbf{2,800\text{m}^2} \text{ と設定}$$



2) 出水時平均流入量

出水時平均流入量は、ヒ素流入量の算定に使用した各洪水の時間流入量から算定した。

対象洪水は以下に示すとおりである。

表 2-1 対象洪水

No.	年月日	原因	総雨量	最大流入量	最大流入量時 放流量	調節量	調節率
			(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(%)
1	S57.7.13	梅雨前線	95	53	2	51	96
2	S57.7.16	梅雨前線	166	90	49	41	46
3	S57.7.23	梅雨前線	204	54	12	42	78
4	S58.6.21	梅雨前線	148	54	20	34	63
5	S58.7.16	梅雨前線	220	52	14	38	73
6	S59.8.22	台風10号	197	100	20	80	80
7	S60.6.23	梅雨前線	214	119	18	101	85
8	S60.6.27	梅雨前線	222	128	30	98	77
9	S61.7.15	梅雨前線	153	71	30	41	58
10	S62.7.19	梅雨前線	143	61	23	38	62
11	S62.8.13	降雨	117	62	8	54	87
12	H1.7.12	梅雨前線	172	207	30	177	86
13	H1.9.10	降雨	53	52	5	47	90
14	H2.6.15	降雨	251	107	25	82	77
15	H3.7.4	梅雨前線	178	65	14	51	78
16	H3.7.29	台風9号	121	59	12	47	80
17	H4.8.8	台風10号	186	85	0	85	100
18	H5.7.2	梅雨前線	139	68	24	44	65
19	H5.7.17	梅雨前線	178	68	21	47	69
20	H5.7.27	台風5号	159	72	16	56	78
21	H7.7.2	梅雨前線	221	73	30	43	59
22	H7.7.22	梅雨前線 台風3号	106	65	9	56	86
23	H9.5.8	低気圧	163	79	11	68	86
24	H9.5.13	低気圧	218	76	30	46	61
25	H9.6.28	台風8号	206	76	0	76	100
26	H9.11.26	前線	202	93	12	81	87
27	H10.10.17	台風10号	175	76	1	75	99
28	H11.6.29	梅雨前線	123	92	11	81	88
29	H11.9.24	台風18号	141	205	26	179	87
30	H13.6.19	梅雨前線	178	105	12	93	89
31	H15.8.28	前線	62	56	6	50	89
32	H16.8.1	台風10号	201	70	8	62	89
33	H16.8.30	台風16号	195	132	13	119	90
34	H16.9.7	台風18号	91	63	7	56	89
35	H17.7.3	梅雨前線	250	64	0	64	100
36	H17.9.6	台風14号	366	158	34	124	78
37	H18.4.11	前線	196	52	28	24	46
38	H18.5.10	前線	149	68	20	48	71
39	H18.6.26	梅雨前線	184	66	28	38	57

注) 調節量は「最大流入量－最大流入量時放流量」

3) 沈降速度の算出

沈降速度は、各洪水の平均流入量、貯砂ダムの有効面積に対して、以下の式により算出した。

$$v = \alpha \cdot v_o = \alpha \cdot \frac{Q}{A}$$

$$\therefore A = \alpha \cdot \frac{Q}{v} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots(3.9)$$

ここに、 v : 粒子の沈降速度 (m/h)
 α : 乱流、偏流などの影響を考慮した係数 ($\alpha \approx 2$)
 v_o : 水面積負荷 (m/h)
 Q : 濁水流入量 (m³/h)
 A : 沈砂池の有効面積 (m²)

出典：新訂版 ダム建設工事における濁水処理（財団法人日本ダム協会）

4) 沈降限界粒径の算定

沈降限界粒径は、上記の沈降速度に対し、以下のストークスの式を適用して算定した。

なお、下記条件のうち、土粒子の密度は2.65t/m³（比重2.65）、水の粘性係数は1.01×10⁻³ Pa・s (20℃) とした。

$$Re < 1 \quad v = \frac{(\rho_s - \rho) g}{18 \mu} \cdot d^2 \quad \text{(ストークスの式)} \dots\dots\dots(3.1)$$

ここに、 Re : レイノルズ数 ($Re = v \cdot d / \mu$)
 v : 粒子の終末沈降速度 (m/s)
 ρ_s : 粒子の密度 (kg/m³) ($\rho_s = \rho_w \cdot G_s$, ρ_w : 水の密度, G_s : 粒子の比重)
 ρ : 液体の密度 (kg/m³) (水の場合, $\rho \approx 1.0 \text{ kg/m}^3$)
 d : 粒子の直径 (m)
 g : 重力の加速度 (m/s²) ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)
 μ : 液体の粘性係数 (Pa・s) (水の場合, 表-3.1に示す)

出典：新訂版 ダム建設工事における濁水処理（財団法人日本ダム協会）

5) SS 沈降割合の設定

上記で算出した沈降限界粒径（貯砂ダムにより沈降する最小の粒径）に対し、下記の粒径加積曲線からSS沈降割合（貯砂ダムによるSS除去率）を設定した。

取り扱いを簡単にするため、設定は下記の3区分とした。

沈降限界粒径： $d \leq 100 \mu\text{m} \rightarrow$ SS除去率：25%
 $: 100 < d \leq 130 \mu\text{m} \rightarrow$: 20%
 $: 130 \mu\text{m} < d \rightarrow$: 10%

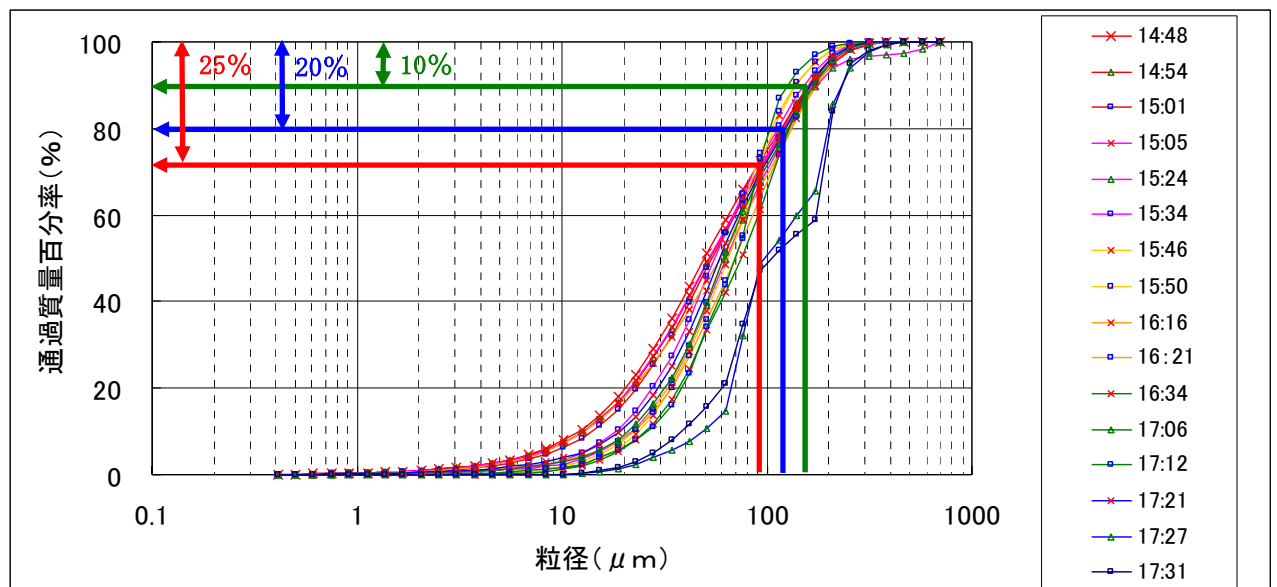


図 2-2 粒径加積曲線

6) SS 沈降量の算定

SS沈降量は、流入SS量に対し、SS除去率を乗じることにより算定した。

SS沈降量＝流入SS量×SS除去率

7) SS量とヒ素量の相関

貯砂ダムにより沈降するSS成分に伴ってヒ素成分も沈降するものとし、以下の相関式によりヒ素沈降量（貯砂ダムによる除去量）を算定した。

SS負荷量とヒ素負荷量の相関

$$LAs(g/s) = 0.0376 \times LSS(kg/s) + 0.0028$$

LAs(g/s) : ヒ素負荷量

LSS(kg/s) : SS負荷量

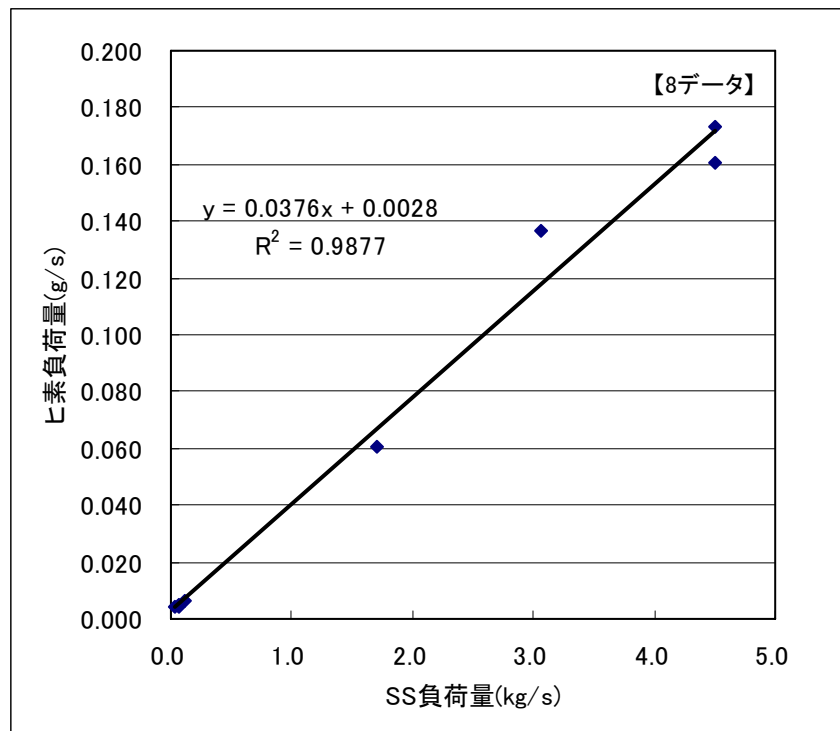


図 2-3 SS 負荷量とヒ素負荷量の相関

2.3 算定結果

貯砂ダムの設置によるヒ素除去量の算定結果を表 2-2 に示す。

過去の洪水（S57～H18 の 25 年間）を例にとると、貯砂ダムにより 35.5kg のヒ素が除去される結果となった。この量は、上流域からの SS 成分によるヒ素流入に対して 6.5%程度（ $=35.5\text{kg}/(452+92)\text{kg}$ ）であり、残りの 93.5%はダム湖に流入するため、出水時の流入削減対策としては、効果が低いと考えられる。

なお、貯砂ダムでは、比較的大粒径の SS 分が除去され、洪水時にはダム堤体から小粒径（ウォッシュロード）が放流されると考えると、洪水により流入（発生）するヒ素のうち、69%（ $((452+92-35.5-133)\text{kg})/(452+92)\text{kg}$ ）程度はダム湖内に蓄積されるものと考えられる。

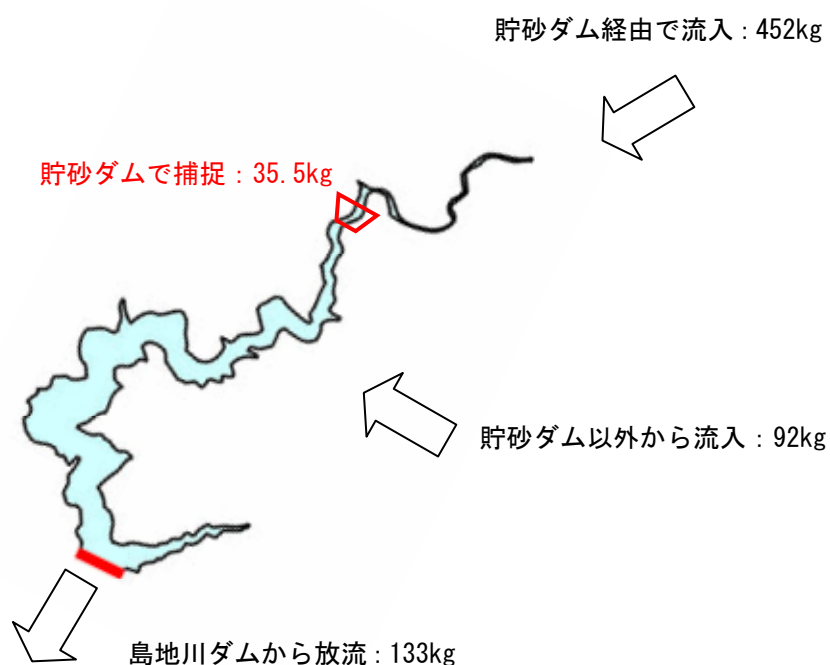


図 2-4 SS 成分によるヒ素の収支モデル（貯砂ダム建設時の 25 年間）

表 2-2 算定結果一覧

No.	年月日	原因	総雨量 (mm)	最大流入量 (m ³ /s)	最大流入量 時放流量 (m ³ /s)	①ヒ素 流入量 (kg)	②ヒ素 放流量 (kg)	③ヒ素 放流割合	④ヒ素 蓄積量 (kg)	(1)上流からの SS流入量 (kg)	(2)洪水時の 平均流入量 (m ³ /s)	(3)SS沈 降速度 (m/s)	(4)沈降限 界粒径 μm	(5)SS沈 降率	(6)SS沈降 量 (kg)	上流からの ヒ素流入量 (kg)	(7)ヒ素沈降 量 (kg)	ヒ素沈降 割合
1	S57.7.13	梅雨前線	95	53	2	7.01	1.39		4.96	141,507	11.4	0.0081	96	25%	17,688	5.8	0.67	11.4%
2	S57.7.16	梅雨前線	166	90	49	12.74	2.95		8.67	297,061	18.7	0.0134	123	20%	29,706	10.6	1.12	10.5%
3	S57.7.23	梅雨前線	204	54	12	14.59	3.38		10.10	298,554	16.1	0.0115	114	20%	29,855	12.1	1.12	9.3%
4	S58.6.21	梅雨前線	148	54	20	12.74	2.95	23.1%	8.81	262,606	20.0	0.0143	127	20%	26,261	10.6	0.99	9.3%
5	S58.7.16	梅雨前線	220	52	14	14.59	3.38	23.1%	10.10	298,554	16.1	0.0115	114	20%	29,855	12.1	1.12	9.3%
6	S59.8.22	台風10号	197	100	20	12.64	2.92	23.1%	8.59	297,784	18.2	0.0130	121	20%	29,778	10.5	1.12	10.7%
7	S60.6.23	梅雨前線	214	119	18	22.51	5.21	23.1%	16.26	556,103	24.4	0.0174	140	10%	27,805	18.7	1.05	5.6%
8	S60.6.27	梅雨前線	222	128	30	23.61	5.46	23.1%	17.04	589,828	32.4	0.0231	161	10%	29,491	19.6	1.11	5.6%
9	S61.7.15	梅雨前線	153	71	30	17.78	4.11	23.1%	12.93	392,029	26.5	0.0189	146	10%	19,601	14.8	0.74	5.0%
10	S62.7.19	梅雨前線	143	61	23	15.31	3.54	23.1%	11.16	327,519	23.4	0.0167	137	10%	16,376	12.7	0.62	4.8%
11	S62.8.13	降雨	117	62	8	6.34	1.47	23.1%	4.27	127,810	10.5	0.0075	92	25%	15,976	5.3	0.60	11.4%
12	H1.7.12	梅雨前線	172	207	30	21.22	4.91	23.1%	15.21	586,145	27.7	0.0198	149	10%	29,307	17.6	1.10	6.2%
13	H1.9.10	降雨	53	52	5	4.87	1.13	23.1%	3.31	92,413	8.3	0.0059	82	25%	11,552	4.0	0.43	10.7%
14	H2.6.15	降雨	251	107	25	23.02	5.33	23.1%	16.65	556,217	32.2	0.0230	161	10%	27,811	19.1	1.05	5.5%
15	H3.7.4	梅雨前線	178	65	14	16.95	3.92	23.1%	12.33	369,684	22.0	0.0157	133	10%	18,484	14.1	0.70	4.9%
16	H3.7.29	台風9号	121	59	12	9.49	2.19	23.1%	6.57	191,603	13.2	0.0094	103	20%	19,160	7.9	0.72	9.1%
17	H4.8.8	台風10号	186	85	0	9.52	2.20	23.1%	6.34	208,232	11.7	0.0084	97	25%	26,029	7.9	0.98	12.4%
18	H5.7.2	梅雨前線	139	68	24	13.57	3.14	23.1%	9.88	293,633	21.1	0.0151	130	10%	14,682	11.3	0.55	4.9%
19	H5.7.17	梅雨前線	178	68	21	14.13	3.27	23.1%	9.70	308,834	18.7	0.0134	123	20%	30,883	11.7	1.16	9.9%
20	H5.7.27	台風5号	159	72	16	11.54	2.67	23.1%	7.97	239,756	18.5	0.0132	122	20%	23,976	9.6	0.90	9.4%
21	H7.7.2	梅雨前線	221	73	30	18.87	4.36	23.1%	13.71	424,537	22.0	0.0157	133	10%	21,227	15.7	0.80	5.1%
22	H7.7.22	梅雨前線 台風3号	106	65	9	6.96	1.61	23.1%	4.69	140,657	11.5	0.0082	96	25%	17,582	5.8	0.66	11.4%
23	H9.5.8	低気圧	163	79	11	10.53	2.44	23.1%	7.16	250,585	20.4	0.0146	128	20%	25,058	8.8	0.94	10.8%
24	H9.5.13	低気圧	218	76	30	17.21	3.98	23.1%	12.47	403,809	25.1	0.0179	142	10%	20,190	14.3	0.76	5.3%
25	H9.6.28	台風8号	206	76	0	10.12	2.34	23.1%	6.91	232,332	17.3	0.0124	118	20%	23,233	8.4	0.87	10.4%
26	H9.11.26	前線	202	93	12	12.74	2.95	23.1%	8.67	297,061	18.7	0.0134	123	20%	29,706	10.6	1.12	10.5%
27	H10.10.17	台風10号	175	76	1	10.22	2.36	23.1%	7.03	218,542	12.6	0.0090	100	20%	21,854	8.5	0.82	9.7%
28	H11.6.29	梅雨前線	123	92	11	10.42	2.41	23.1%	7.17	223,713	16.5	0.0118	115	20%	22,371	8.7	0.84	9.7%
29	H11.9.24	台風18号	141	205	26	16.99	3.93	23.1%	12.19	461,760	22.5	0.0161	135	10%	23,088	14.1	0.87	6.1%
30	H13.6.19	梅雨前線	178	105	12	18.39	6.99	38.0%	10.57	436,309	26.2	0.0187	145	10%	21,815	15.3	0.82	5.4%
31	H15.8.28	前線	62	56	6	6.23	0.84	13.4%	4.83	119,416	10.5	0.0075	92	25%	14,927	5.2	0.56	10.8%
32	H16.8.1	台風10号	201	70	8	11.03	1.80	16.3%	8.31	242,247	16.7	0.0119	116	20%	24,225	9.2	0.91	9.9%
33	H16.8.30	台風16号	195	132	13	14.48	6.80	47.0%	6.33	359,846	20.2	0.0144	127	20%	35,985	12.0	1.35	11.2%
34	H16.9.7	台風18号	91	63	7	7.01	1.39	19.8%	4.96	141,507	11.4	0.0081	96	25%	17,688	5.8	0.67	11.4%
35	H17.7.3	梅雨前線	250	64	0	12.56	0.54	4.3%	11.01	270,357	13.7	0.0098	105	20%	27,036	10.4	1.02	9.7%
36	H17.9.6	台風14号	366	158	34	29.53	17.23	58.3%	10.74	831,574	25.3	0.0181	143	10%	41,579	24.5	1.56	6.4%
37	H18.4.11	前線	196	52	28	15.88	1.16	7.3%	13.46	336,223	19.6	0.0140	126	20%	33,622	13.2	1.26	9.6%
38	H18.5.10	前線	149	68	20	12.84	1.63	12.7%	10.17	273,907	18.7	0.0133	122	20%	27,391	10.7	1.03	9.7%
39	H18.6.26	梅雨前線	184	66	28	18.16	2.56	14.1%	14.87	388,443	23.4	0.0167	137	10%	19,422	15.1	0.73	4.8%
						544.35	132.83	平均 23.1%	376.09	12,488,695				7.5%	942,278	452.5	35.43	7.8%

■ヒ素蓄積量の算出

- ①ヒ素流入量：No.4～No.39については、出水時調査のL-Q式より算出
No.1～No.3については、最大放流量と総雨量が比較的近似している出水の値を適用
(No.1←No.34, No.2←No.26, No.3←No.5)
- ②ヒ素放流量： (No.30～No.39)については、放流濁度とSS、SS負荷量とヒ素負荷量の相関式から算出
 (No.4～No.29)については、No.30～No.39の平均放流割合(23.1%)×流入量として算出
- ③ヒ素放流割合：No.30～No.39()について②／①
- ④ヒ素蓄積量：①－②(7)

上流域から流入するヒ素量(453kg)に対して8%程度が沈降除去される。(92%はダム湖内に流入する。)

ダム流域から流入するヒ素量(544kg)に対して6.5%程度が沈降除去される。

貯砂ダムでは比較的大粒径が除去され、ダム堤体から小粒径が放流されるとする。

出水時には、平均的に69%(376.09÷544.35)のヒ素が蓄積する。

■貯砂ダムによるヒ素除去量の算出

- (1) 上流からのSS流入量：L-Q式により求めたSS流入量を上流域の流域面積比で按分
流域面積 32.0 km²
上流域 26.6 km²
割合 83.1%
- (2) 洪水時の平均流入量：各洪水の時間流入量から算出
- (3) SS沈降速度：洪水時流入量と貯砂ダム有効面積から算定
有効面積 2,800 m²(設定)
係数a 2 (乱流などの影響を考慮した係数)
- (4) 沈降限界粒径：ストークスの式より
土粒子比重 2.65 (仮定)
- (5) SS沈降率：粒径加積曲線(H20.6.20)より3区分を設定
d≤100 → 25%
100<d≤130 → 20%
130<d → 10%
- (6) SS沈降量=(1)×(5)×0.5
堆砂の進行に伴う有効容量(滞留時間)の減少を考慮し、除去率を乗じた量の半分と仮定した。
- (7) ヒ素沈降量=(0.0376×(6)+0.0028)/1000

3. 選択取水設備を運用した場合のヒ素放流量の算定

既存の選択取水設備を運用し、最も濁度の高い層から放流（最大で12m³/s）した場合のヒ素の放流量を算出した。試算の対象は平成20年6月20日に発生したその年で最も大きかった出水（確率規模1／1）である。

平成20年6月20日の流入量のピークは18時の49.4m³/sであるため、平成20年6月21日のダムサイトにおける自動観測結果を見ると、濁度は最も高く6.3度であった。

このように、常に濁度が最も高い高さから放流を全て行ったとして（最大で12m³/s）、濁度－SSの相関式とSS－ヒ素の相関式を基にヒ素の放流量を求めると、4.5kgであった。

表 3-1 平成20年6月21日のダムサイトの自動観測結果

層	水深	E L	水温	濁度
	m	m	℃	度
1	0.5	288.31	21.1	1.9
2	1	287.81	20.5	2
3	2	286.81	17.8	4.3
4	3	285.81	17.6	4.4
5	4	284.81	17.5	4.7
6	5.1	283.71	16.6	5.3
7	6	282.81	14.6	6.3
8	7.1	281.71	12.8	5
9	8.1	280.71	10.4	2.7
10	9.1	279.71	9.7	2.1
11	10.1	278.71	9	1.9
12	11.1	277.71	8.6	2
13	12	276.81	8.2	2
14	13.1	275.71	7.7	2
15	14	274.81	7.3	2
16	15.1	273.71	6.9	1.7
17	16	272.81	6.3	1.6
18	17.1	271.71	6	1.6
19	18	270.81	5.9	1.6
20	19.1	269.71	5.8	1.4

濁度とSSの相関（平成20年6月20日観測値より）

$$SS(\text{mg/L}) = 3.378 \times \text{濁度(度)} - 3.6926$$

SS負荷量とヒ素負荷量の相関（平成20年6月20日観測値より）

$$LAs(\text{g/s}) = 0.0376 \times LSS(\text{kg/s}) + 0.0028$$

LAs(g/s) : ヒ素負荷量 LSS(kg/s) : SS負荷量

表 3-2 選択取水設備によるヒ素放流の算定結果

月/日	時 分	流入量 (m3/s)	放流量(m3/s)		高濁度 層の濁 度(度)	高濁度 層のSS (mg/L)	放流 ヒ素 (g/s)	放流 ヒ素 (g/h)	月/日	時 分	流入量 (m3/s)	放流量(m3/s)		高濁度 層の濁 度(度)	高濁度 層のSS (mg/L)	放流 ヒ素 (g/s)	放流 ヒ素 (g/h)
			全 放流量	選択取水 運用								全 放流量	選択取水 運用				
6/20	1:00	5.44	3.80	3.80	6.3	17.6	0.005	19.1	6/23	1:00	8.86	10.42	10.42	6.5	18.26	0.010	35.84
	2:00	5.50	3.86	3.86	6.3	17.6	0.005	19.3		2:00	7.02	10.26	10.26	6.5	18.26	0.010	35.45
	3:00	3.94	3.94	3.94	6.3	17.6	0.005	19.5		3:00	6.84	10.08	10.08	6.5	18.26	0.010	35.00
	4:00	5.63	3.99	3.99	6.3	17.6	0.005	19.6		4:00	8.38	9.94	9.94	6.5	18.26	0.010	34.65
	5:00	4.01	4.01	4.01	6.3	17.6	0.005	19.6		5:00	6.52	9.76	9.76	6.5	18.26	0.010	34.21
	6:00	5.71	4.07	4.07	6.3	17.6	0.005	19.8		6:00	6.36	9.60	9.60	6.5	18.26	0.009	33.81
	7:00	4.08	4.08	4.08	6.3	17.6	0.005	19.8		7:00	6.19	9.43	9.43	6.5	18.26	0.009	33.39
	8:00	5.74	4.10	4.10	6.3	17.6	0.006	19.8		8:00	7.71	9.27	9.27	6.5	18.26	0.009	33.00
	9:00	4.16	4.16	4.16	6.3	17.6	0.006	20.0		9:00	5.87	9.11	9.11	6.5	18.26	0.009	32.60
	10:00	4.16	4.16	4.16	6.3	17.6	0.006	20.0		10:00	5.72	8.96	8.96	6.5	18.26	0.009	32.23
	11:00	5.82	4.18	4.18	6.3	17.6	0.006	20.0		11:00	7.24	8.80	8.80	6.5	18.26	0.009	31.84
	12:00	10.93	4.37	4.37	6.3	17.6	0.006	20.5		12:00	5.41	8.65	8.65	6.5	18.26	0.009	31.47
	13:00	14.55	4.72	4.72	6.3	17.6	0.006	21.3		13:00	5.26	8.50	8.50	6.5	18.26	0.009	31.09
	14:00	23.33	5.30	5.30	6.3	17.6	0.006	22.7		14:00	6.78	8.34	8.34	6.5	18.26	0.009	30.70
	15:00	36.63	6.59	6.59	6.3	17.6	0.007	25.8		15:00	4.96	8.20	8.20	6.5	18.26	0.008	30.35
	16:00	41.82	8.21	8.21	6.3	17.6	0.008	29.6		16:00	6.50	8.06	8.06	6.5	18.26	0.008	30.01
	17:00	47.19	10.22	10.22	6.3	17.6	0.010	34.4		17:00	4.69	7.93	7.93	6.5	18.26	0.008	29.69
	18:00	49.43	12.46	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		18:00	6.23	7.79	7.79	6.5	18.26	0.008	29.34
	19:00	44.88	14.63	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		19:00	4.40	7.64	7.64	6.5	18.26	0.008	28.97
	20:00	40.48	16.43	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		20:00	5.96	7.52	7.52	6.5	18.26	0.008	28.67
	21:00	36.96	17.83	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		21:00	4.15	7.39	7.39	6.5	18.26	0.008	28.35
	22:00	31.03	18.86	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		22:00	5.70	7.26	7.26	6.5	18.26	0.008	28.03
	23:00	26.51	19.55	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		23:00	3.89	7.13	7.13	6.5	18.26	0.008	27.71
	24:00	25.24	20.02	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		24:00	5.46	7.02	7.02	6.5	18.26	0.008	27.44
6/21	1:00	23.77	20.29	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6	6/24	1:00	5.35	6.91	6.91	6.2	17.25	0.007	26.22
	2:00	20.37	20.37	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		2:00	3.56	6.80	6.80	6.2	17.25	0.007	25.96
	3:00	20.37	20.37	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		3:00	5.12	6.68	6.68	6.2	17.25	0.007	25.68
	4:00	20.37	20.37	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		4:00	5.01	6.57	6.57	6.2	17.25	0.007	25.42
	5:00	16.76	20.24	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		5:00	4.91	6.47	6.47	6.2	17.25	0.007	25.19
	6:00	16.50	19.98	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		6:00	3.13	6.37	6.37	6.2	17.25	0.007	24.95
	7:00	14.44	19.66	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		7:00	4.71	6.27	6.27	6.2	17.25	0.007	24.72
	8:00	14.11	19.33	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		8:00	4.60	6.16	6.16	6.2	17.25	0.007	24.46
	9:00	13.74	18.96	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		9:00	4.56	6.08	6.08	6.2	17.25	0.007	24.28
	10:00	13.36	18.58	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		10:00	4.46	5.98	5.98	6.2	17.25	0.007	24.04
	11:00	11.23	18.19	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		11:00	4.37	5.89	5.89	6.2	17.25	0.007	23.83
	12:00	12.58	17.80	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		12:00	4.28	5.80	5.80	6.2	17.25	0.007	23.62
	13:00	12.19	17.41	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		13:00	4.20	5.72	5.72	6.2	17.25	0.007	23.44
	14:00	10.05	17.01	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		14:00	4.05	5.64	5.64	6.2	17.25	0.006	23.25
	15:00	11.44	16.66	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		15:00	3.92	5.56	5.56	6.2	17.25	0.006	23.06
	16:00	11.11	16.33	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		16:00	3.84	5.48	5.48	6.2	17.25	0.006	22.88
	17:00	12.66	16.02	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		17:00	3.76	5.40	5.40	6.2	17.25	0.006	22.69
	18:00	12.42	15.78	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		18:00	3.69	5.33	5.33	6.2	17.25	0.006	22.53
	19:00	12.15	15.51	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		19:00	3.62	5.26	5.26	6.2	17.25	0.006	22.36
	20:00	10.21	15.24	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		20:00	3.56	5.20	5.20	6.2	17.25	0.006	22.22
	21:00	11.66	15.02	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		21:00	3.50	5.14	5.14	6.2	17.25	0.006	22.08
	22:00	9.71	14.75	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		22:00	3.43	5.07	5.07	6.2	17.25	0.006	21.92
	23:00	11.11	14.47	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		23:00	5.00	5.00	5.00	6.2	17.25	0.006	21.76
	24:00	10.87	14.23	12.00	6.3	17.6	0.011	38.6		24:00	3.30	4.94	4.94	6.2	17.25	0.006	21.62
6/22	1:00	10.68	13.92	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17	6/25	1:00	3.25	4.89	4.89	5.5	14.89	0.006	19.93
	2:00	12.19	13.75	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		2:00	3.19	4.83	4.83	5.5	14.89	0.006	19.81
	3:00	12.05	13.61	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		3:00	4.77	4.77	4.77	5.5	14.89	0.005	19.69
	4:00	11.92	13.48	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		4:00	3.07	4.71	4.71	5.5	14.89	0.005	19.57
	5:00	10.08	13.32	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		5:00	3.02	4.66	4.66	5.5	14.89	0.005	19.47
	6:00	11.63	13.19	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		6:00	2.98	4.62	4.62	5.5	14.89	0.005	19.39
	7:00	11.50	13.06	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		7:00	4.55	4.55	4.55	5.5	14.89	0.005	19.25
	8:00	9.67	12.91	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		8:00	2.86	4.50	4.50	5.5	14.89	0.005	19.15
	9:00	11.21	12.77	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		9:00	2.82	4.46	4.46	5.5	14.89	0.005	19.07
	10:00	11.08	12.64	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		10:00	4.40	4.40	4.40	5.5	14.89	0.005	18.95
	11:00	9.28	12.52	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		11:00	2.71	4.35	4.35	5.5	14.89	0.005	18.85
	12:00	10.82	12.38	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		12:00	2.69	4.33	4.33	5.5	14.89	0.005	18.81
	13:00	10.69	12.25	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		13:00	4.25	4.25	4.25	5.5	14.89	0.005	18.64
	14:00	10.56	12.12	12.00	8.4	24.68	0.014	50.17		14:00	2.58	4.22	4.22	5.5	14.89	0.005	18.58
	15:00	8.74	11.98	11.98	8.4	24.68	0.014	50.11		15:00	4.18	4.18	4.18	5.5	14.5		

4. 環境放流管を新設した場合のヒ素放流量の算定

選択取水設備よりも多くの水を放流できるように環境放流管を設置し、底層部（245EL.m）から放流（最大で20m³/s）した場合のヒ素の放流量を算出した。試算の対象は平成20年6月20日に発生したその年で最も大きかった出水（確率規模1／1）である。

考え方は選択取水設備と同様であるが、高濁度の層を狙って放流ができないため、放流ヒ素濃度は3.8kgと選択取水設備に劣る結果となった。

表 4-1 環境放流管（新設）によるヒ素放流の算定結果

月/日	時 分	流入量 (m3/s)	放流量(m3/s)		高濁度 層の濁 度(度)	高濁度 層のSS (mg/L)	放流 ヒ素 (g/s)	放流 ヒ素 (g/h)	月/日	時 分	流入量 (m3/s)	放流量(m3/s)		高濁度 層の濁 度(度)	高濁度 層のSS (mg/L)	放流 ヒ素 (g/s)	放流 ヒ素 (g/h)
			全 放流量	選択取水 運用								全 放流量	選択取水 運用				
6/20	1:00	5.44	3.80	3.80	6.5	18.3	0.005	19.5	6/23	1:00	8.86	10.42	10.42	3.0	6.44	0.005	19.17
	2:00	5.50	3.86	3.86	6.5	18.3	0.005	19.6		2:00	7.02	10.26	10.26	3.0	6.44	0.005	19.03
	3:00	3.94	3.94	3.94	6.5	18.3	0.006	19.8		3:00	6.84	10.08	10.08	3.0	6.44	0.005	18.87
	4:00	5.63	3.99	3.99	6.5	18.3	0.006	19.9		4:00	8.38	9.94	9.94	3.0	6.44	0.005	18.75
	5:00	4.01	4.01	4.01	6.5	18.3	0.006	20.0		5:00	6.52	9.76	9.76	3.0	6.44	0.005	18.59
	6:00	5.71	4.07	4.07	6.5	18.3	0.006	20.1		6:00	6.36	9.60	9.60	3.0	6.44	0.005	18.45
	7:00	4.08	4.08	4.08	6.5	18.3	0.006	20.2		7:00	6.19	9.43	9.43	3.0	6.44	0.005	18.30
	8:00	5.74	4.10	4.10	6.5	18.3	0.006	20.2		8:00	7.71	9.27	9.27	3.0	6.44	0.005	18.16
	9:00	4.16	4.16	4.16	6.5	18.3	0.006	20.4		9:00	5.87	9.11	9.11	3.0	6.44	0.005	18.02
	10:00	4.16	4.16	4.16	6.5	18.3	0.006	20.4		10:00	5.72	8.96	8.96	3.0	6.44	0.005	17.89
	11:00	5.82	4.18	4.18	6.5	18.3	0.006	20.4		11:00	7.24	8.80	8.80	3.0	6.44	0.005	17.75
	12:00	10.93	4.37	4.37	6.5	18.3	0.006	20.9		12:00	5.41	8.65	8.65	3.0	6.44	0.005	17.62
	13:00	14.55	4.72	4.72	6.5	18.3	0.006	21.7		13:00	5.26	8.50	8.50	3.0	6.44	0.005	17.49
	14:00	23.33	5.30	5.30	6.5	18.3	0.006	23.2		14:00	6.78	8.34	8.34	3.0	6.44	0.005	17.35
	15:00	36.63	6.59	6.59	6.5	18.3	0.007	26.4		15:00	4.96	8.20	8.20	3.0	6.44	0.005	17.23
	16:00	41.82	8.21	8.21	6.5	18.3	0.008	30.4		16:00	6.50	8.06	8.06	3.0	6.44	0.005	17.11
	17:00	47.19	10.22	10.22	6.5	18.3	0.010	35.3		17:00	4.69	7.93	7.93	3.0	6.44	0.005	16.99
	18:00	49.43	12.46	12.46	6.5	18.3	0.011	40.9		18:00	6.23	7.79	7.79	3.0	6.44	0.005	16.87
	19:00	44.88	14.63	14.63	6.5	18.3	0.013	46.2		19:00	4.40	7.64	7.64	3.0	6.44	0.005	16.74
	20:00	40.48	16.43	16.43	6.5	18.3	0.014	50.7		20:00	5.96	7.52	7.52	3.0	6.44	0.005	16.64
	21:00	36.96	17.83	17.83	6.5	18.3	0.015	54.2		21:00	4.15	7.39	7.39	3.0	6.44	0.005	16.52
	22:00	31.03	18.86	18.86	6.5	18.3	0.016	56.7		22:00	5.70	7.26	7.26	3.0	6.44	0.005	16.41
	23:00	26.51	19.55	19.55	6.5	18.3	0.016	58.4		23:00	3.89	7.13	7.13	3.0	6.44	0.005	16.30
	24:00	25.24	20.02	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5		24:00	5.46	7.02	7.02	3.0	6.44	0.005	16.20
6/21	1:00	23.77	20.29	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5	6/24	1:00	5.35	6.91	6.91	2.7	5.43	0.004	15.16
	2:00	20.37	20.37	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5		2:00	3.56	6.80	6.80	2.7	5.43	0.004	15.08
	3:00	20.37	20.37	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5		3:00	5.12	6.68	6.68	2.7	5.43	0.004	14.99
	4:00	20.37	20.37	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5		4:00	5.01	6.57	6.57	2.7	5.43	0.004	14.91
	5:00	16.76	20.24	20.00	6.5	18.3	0.017	59.5		5:00	4.91	6.47	6.47	2.7	5.43	0.004	14.83
	6:00	16.50	19.98	19.98	6.5	18.3	0.017	59.5		6:00	3.13	6.37	6.37	2.7	5.43	0.004	14.76
	7:00	14.44	19.66	19.66	6.5	18.3	0.016	58.7		7:00	4.71	6.27	6.27	2.7	5.43	0.004	14.69
	8:00	14.11	19.33	19.33	6.5	18.3	0.016	57.9		8:00	4.60	6.16	6.16	2.7	5.43	0.004	14.61
	9:00	13.74	18.96	18.96	6.5	18.3	0.016	57.0		9:00	4.56	6.08	6.08	2.7	5.43	0.004	14.55
	10:00	13.36	18.58	18.58	6.5	18.3	0.016	56.0		10:00	4.46	5.98	5.98	2.7	5.43	0.004	14.47
	11:00	11.23	18.19	18.19	6.5	18.3	0.015	55.1		11:00	4.37	5.89	5.89	2.7	5.43	0.004	14.41
	12:00	12.58	17.80	17.80	6.5	18.3	0.015	54.1		12:00	4.28	5.80	5.80	2.7	5.43	0.004	14.34
	13:00	12.19	17.41	17.41	6.5	18.3	0.015	53.1		13:00	4.20	5.72	5.72	2.7	5.43	0.004	14.28
	14:00	10.05	17.01	17.01	6.5	18.3	0.014	52.1		14:00	4.05	5.64	5.64	2.7	5.43	0.004	14.22
	15:00	11.44	16.66	16.66	6.5	18.3	0.014	51.3		15:00	3.92	5.56	5.56	2.7	5.43	0.004	14.17
	16:00	11.11	16.33	16.33	6.5	18.3	0.014	50.5		16:00	3.84	5.48	5.48	2.7	5.43	0.004	14.11
	17:00	12.66	16.02	16.02	6.5	18.3	0.014	49.7		17:00	3.76	5.40	5.40	2.7	5.43	0.004	14.05
	18:00	12.42	15.78	15.78	6.5	18.3	0.014	49.1		18:00	3.69	5.33	5.33	2.7	5.43	0.004	14.00
	19:00	12.15	15.51	15.51	6.5	18.3	0.013	48.4		19:00	3.62	5.26	5.26	2.7	5.43	0.004	13.94
	20:00	10.21	15.24	15.24	6.5	18.3	0.013	47.8		20:00	3.56	5.20	5.20	2.7	5.43	0.004	13.90
	21:00	11.66	15.02	15.02	6.5	18.3	0.013	47.2		21:00	3.50	5.14	5.14	2.7	5.43	0.004	13.86
	22:00	9.71	14.75	14.75	6.5	18.3	0.013	46.5		22:00	3.43	5.07	5.07	2.7	5.43	0.004	13.81
	23:00	11.11	14.47	14.47	6.5	18.3	0.013	45.9		23:00	5.00	5.00	5.00	2.7	5.43	0.004	13.75
	24:00	10.87	14.23	14.23	6.5	18.3	0.013	45.3		24:00	3.30	4.94	4.94	2.7	5.43	0.004	13.71
6/22	1:00	10.68	13.92	13.92	3.2	7.12	0.007	23.49	6/25	1:00	3.25	4.89	4.89	6.1	16.91	0.006	21.28
	2:00	12.19	13.75	13.75	3.2	7.12	0.006	23.33		2:00	3.19	4.83	4.83	6.1	16.91	0.006	21.14
	3:00	12.05	13.61	13.61	3.2	7.12	0.006	23.19		3:00	4.77	4.77	4.77	6.1	16.91	0.006	21.00
	4:00	11.92	13.48	13.48	3.2	7.12	0.006	23.07		4:00	3.07	4.71	4.71	6.1	16.91	0.006	20.86
	5:00	10.08	13.32	13.32	3.2	7.12	0.006	22.91		5:00	3.02	4.66	4.66	6.1	16.91	0.006	20.75
	6:00	11.63	13.19	13.19	3.2	7.12	0.006	22.79		6:00	2.98	4.62	4.62	6.1	16.91	0.006	20.66
	7:00	11.50	13.06	13.06	3.2	7.12	0.006	22.66		7:00	4.55	4.55	4.55	6.1	16.91	0.006	20.50
	8:00	9.67	12.91	12.91	3.2	7.12	0.006	22.52		8:00	2.86	4.50	4.50	6.1	16.91	0.006	20.38
	9:00	11.21	12.77	12.77	3.2	7.12	0.006	22.38		9:00	2.82	4.46	4.46	6.1	16.91	0.006	20.29
	10:00	11.08	12.64	12.64	3.2	7.12	0.006	22.26		10:00	4.40	4.40	4.40	6.1	16.91	0.006	20.15
	11:00	9.28	12.52	12.52	3.2	7.12	0.006	22.14		11:00	2.71	4.35	4.35	6.1	16.91	0.006	20.04
	12:00	10.82	12.38	12.38	3.2	7.12	0.006	22.01		12:00	2.69	4.33	4.33	6.1	16.91	0.006	19.99
	13:00	10.69	12.25	12.25	3.2	7.12	0.006	21.88		13:00	4.25	4.25	4.25	6.1	16.91	0.006	19.81
	14:00	10.56	12.12	12.12	3.2	7.12	0.006	21.76		14:00	2.58	4.22	4.22	6.1	16.91	0.005	19.74
	15:00	8.74	11.98	11.98	3.2	7.12	0.006	21.62		15:00	4.18	4.18	4.18	6.1	16.91	0.005	19.65
	16:00	10.27	11.83	11.83	3.2	7.12	0.006	21.48		16:00	2.49	4.13	4.13	6.1	16.91	0.005	19.54
	17:00	8.46	11.70	11.70	3.2	7.12	0.006	21.35		17:00	4.13	4.11	4.11	6.1	16.91	0.005	19.49
	18:00	9.99	11.55	11.55	3.2	7.12	0.006	21.21		18:00	2.43	4.04	4.04	6.1	16.91	0.005	19.33
	19:00	8.16	11.40	11.40	3.2	7.12	0.006	21.06		19:00	4.07	4.04	4.04	6.1	16.91	0.005	19.33
	20:00	9.67	11.23	11.23	3.2	7.12	0.006	20.90		20:00	2.35	3.96	3.96	6.1	16.91	0.005	19.15
	21:00	7.84	11.08	11.08	3.2	7.12	0.006	20.75		21:00	2.34	3.95	3.95	6.1	16.91	0.005	19.12
	22:00	9.36	10.92	10.92	3.2	7.12	0.006	20.60		22:00	3.92	3.89	3.89	6.1	16.91	0.005	18.99
	23:00	7.51	10.75	10.75	3.2	7.12	0.006	20.44		23:00	2.26	3.87	3.87	6.1	16.91	0.005	18.94
	24:00	7.34	10.58	10.58	3.2	7.12	0.006	20.27		24:00	3.85	3.82	3.82	6.1	16.91	0.005	18.83

3799.67

5. 冬季の水位低下の現実性について

島地川ダムでは渇水が冬季に発生する傾向にあり、循環促進のために冬季水位低下を行うことは困難である。

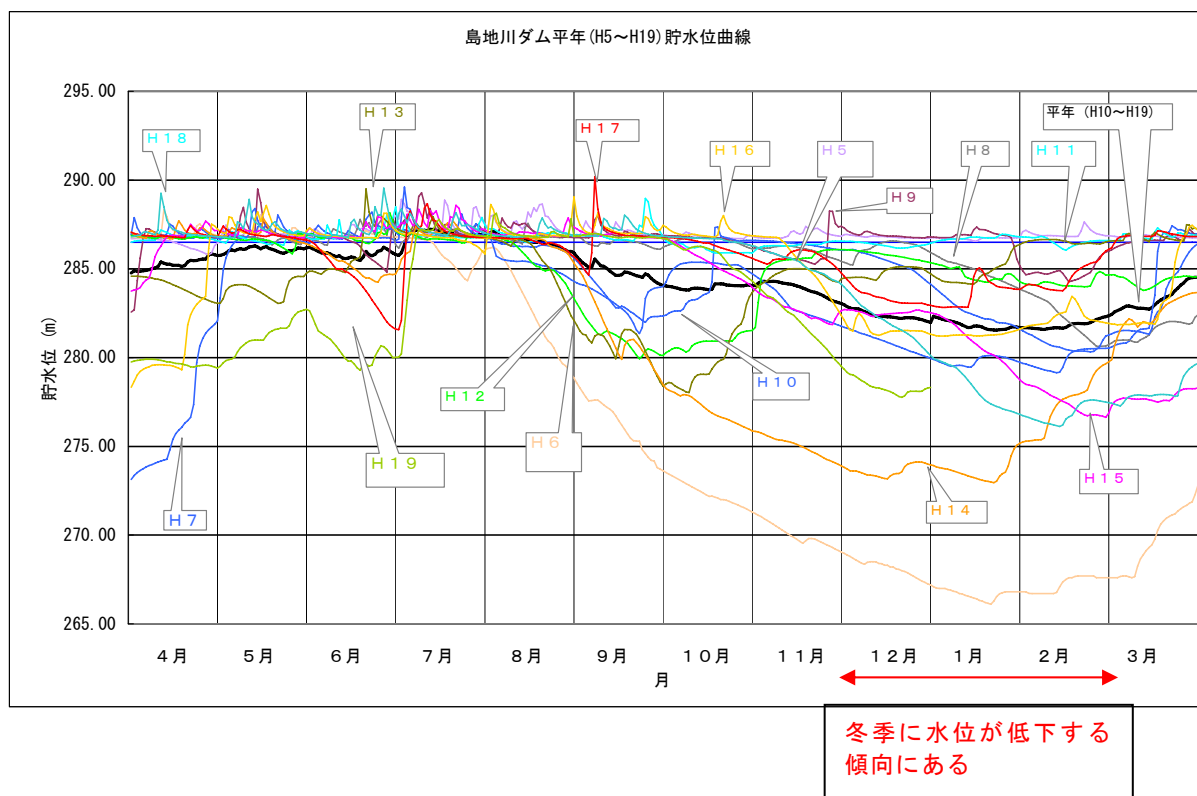


図 5-1 貯水位曲線（平成 5 年度～平成 19 年度）