

附錄一 參訪各單位資料彙整

- (一) 國際建設技術協會
- (二) 土木研究所
- (三) 三峰川綜合開發工事事務所—美和水庫
- (四) 三峰川綜合開發工事事務所—小澁水庫
- (五) 牧尾水庫管理所—牧尾水庫
- (六) 豐川用水綜合事業部—琵琶湖開發綜合管理所
- (七) 日吉水庫管理所—日吉水庫
- (八) 黑部河川事務所—宇奈月水庫
- (九) 關西電力株式會社—出之平水庫
- (十) 水資源機構本部
- (十一) 草木水庫管理所—草木水庫

(一) 國際建設合作協會

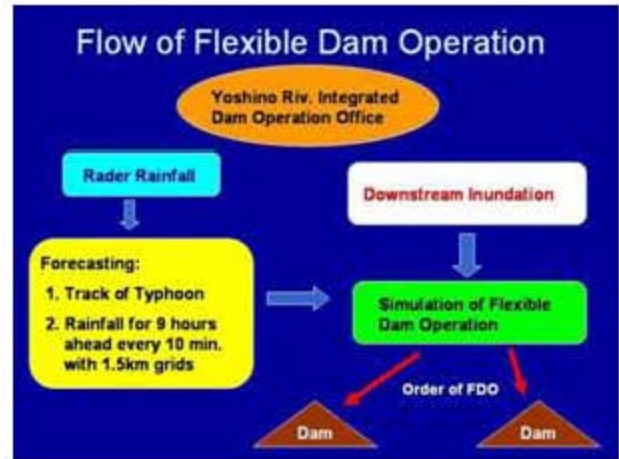
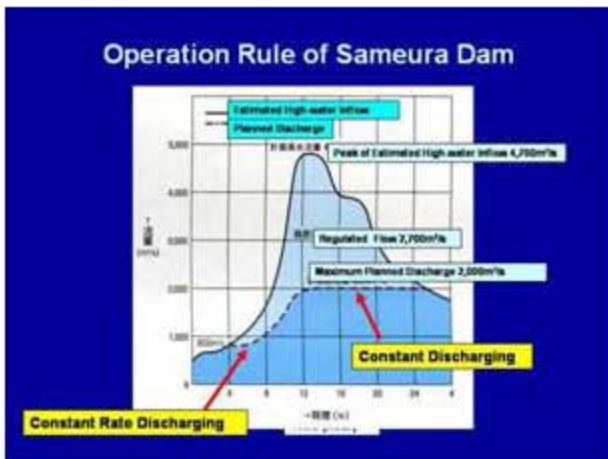
1. Japan's Case on Flexible Dam Operation in Relation to Flood Forecasting



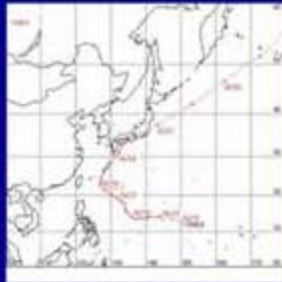
Dam Operation Rule

Dam owners have to establish operation rules by the provisions of following laws:

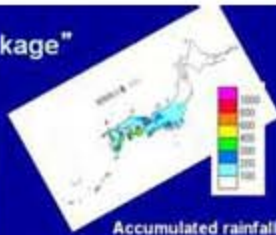
- River Law: covering all dams
- Specified Multi-purpose Dam Law: specified multi-purpose dams (MLIT)
- Japan Water Agency (JWA) Law: dams by JWA



Track of typhoon "Tokage" (23rd in 2004)



Track of the typhoon

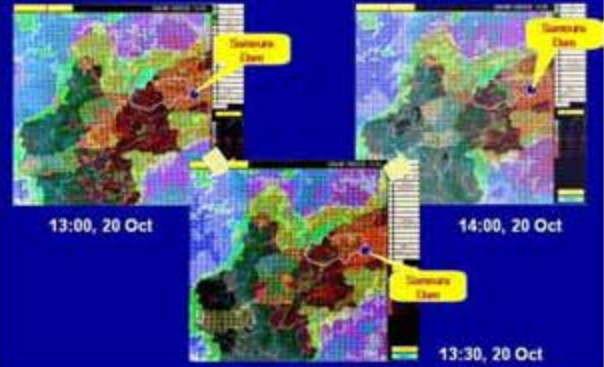


Accumulated rainfall



Forecast of the track
8:00 am, Oct. 20th

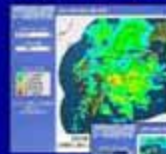
Time Series of Radar Rainfall at the time of Typhoon Passing by



Yoshino Riv. Flood Control Simulation System Examples of Forecasting Methods



Rainfall Forecasting based on
Correlation between Track of
Past Typhoon and Rainfall

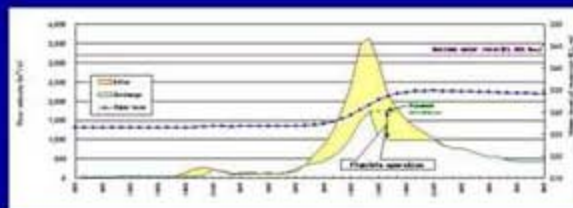


Rainfall Forecasting based on
Radar System
forecasting period : 9 hours
(interval : every 10 minutes)
resolution : 1.5km grid

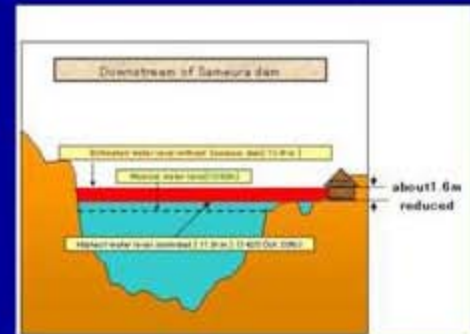
Yoshino Riv. Flood Control Simulation System Simulation of Dam Operation



Flexible Operation of Sameura Dam



The Effect of Flexible Operation



Flexible Dam Operation in the case of Typhoon "Tokage"

● Flexible dam operation is carried out under the following setting:

1. Necessity
 - ✓ Downstream Inundation (Emergency)
2. Prerequisite Conditions
 - ✓ Rainfall Forecasting
 - ✓ Reservoir Simulation to Secure the Dam Safety
 - ✓ Patrols and Report of Hazardous Situation
 - ✓ Prompt and Appropriate Decision Making

2. Flood Hazard Maps in Flood Disaster Prevention System

Flood Hazard Maps in Flood Disaster Prevention System

Amendment to Flood Fighting Act
in 2001 and 2005

Infrastructure Development Institute-Japan (IDI)

Background

Necessity to enhance local ability of
fighting floods against:

- Frequent Localized Rainfall
- Flood Disasters in Small/Mid Sized Rivers
- Delayed Evacuation
- Concentration of Population and Properties
- Expansion of Underground Areas

Flood in Tokai Area (Sep. 2000)



Dyke Break of the Shinkawa river
12th Sep. in Nishiwajima town

Flood in Fukuoka City (June 1999)



Inundation of Underground Spaces

Points of Revision (1)

Expansion of the system of designating
"Rivers Requiring Flood Forecasting
Services (RRFFS)" to rivers managed by
prefecture governors (2001)

- **Prefecture governors** newly got responsible for flood forecasting for rivers under their jurisdiction:
 - Designation of Rivers
 - Provision of Flood Forecasts

Flood Forecasting

Joint Operation by River Authorities and JMA



An Example of Flood Forecast



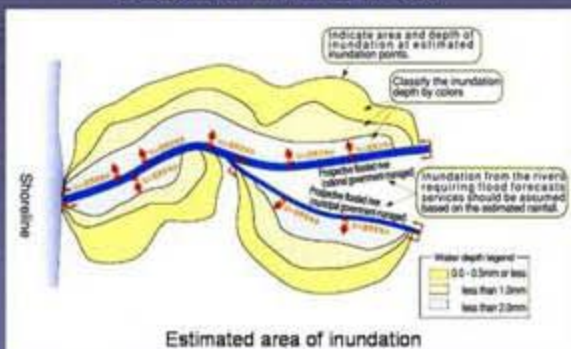
Flood of the Nakagawa River in August 1998

Points of Revision (2)

1. Designation of "Estimated Area of Inundation (EAI)" for RRFs (2001)
2. Expansion to main small/medium rivers (2005)
 - **Designation** of estimated area of inundation
 - **Publication** of the estimated area of inundation and probable depth of water
 - **Notification** to the cities, towns and villages concerned

Designation of "Estimated Area of Inundation"

Designation by Area and Depth



Points of Revision (3)

Incorporation of EAI into the regional disaster prevention plan (2001, 2005)

- **Communication method** of flood forecast
- **Place of refuges**
- Locations and names of **underground spaces** requiring quick evacuation (Owner/manager has to make plan for visitors' safety (2005))

Plan by Owner/Manager of Underground Spaces

For the safety of people at risk



Points of Revision (4)

Dissemination to the public (Head of Municipalities)

- **2001: Mayor makes efforts** to disseminate way of communication, refuges and evacuation routes etc.
- **2005: Mayor has to deliver printed material (FHM)** and take necessary measures to disseminate to the public

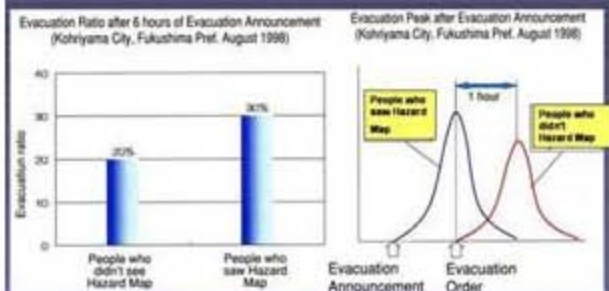
Printed Material (Flood Hazard Map)

Designation of estimated area of inundation



Flood Hazard Map
Kohriyama City,
Fukushima Pref.

Effect of Hazard Map



Kohriyama City, Fukushima Pref.

3. ダム貯水池延命対策調査

・ダム貯水池延命対策調査

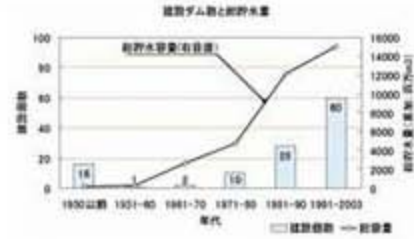


写真1
パチャールダム念仏峠(アロワ)
貯水池側から見た念仏峠

写真2
パチャールダム貯水池
(アロワ)
上流側から見た貯水池



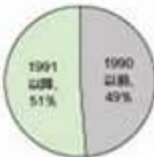
年間降水量 : 1,500~4,000mm/年
1人当降水量 : 24,000mm/年・人



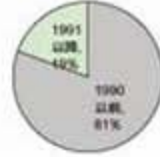
ダム : 117基 総貯水容量 150億m³

年代別 ダム基数 総貯水容量

年代別ダムの割合—基数



年代別ダムの割合—総容量



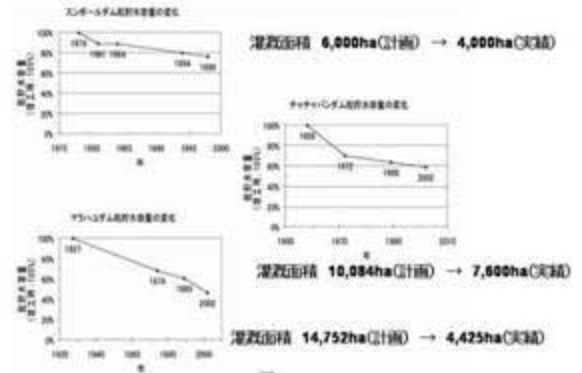
貯水池延命調査対象ダム



現地調査実施ダムの現状

ダム貯水池名	建設後年数 (年)	深さ(層) 回数 (回)	総容量に対する堆砂量 (%)
スンボールダム	25	5	2.7
ワダスランダム	16	2	0.7
タドンサンダム	14	2	3.0
チャチャバダム	45	5	4.1
マラハスダム	63	5	6.3

現地調査実施ダムの現状



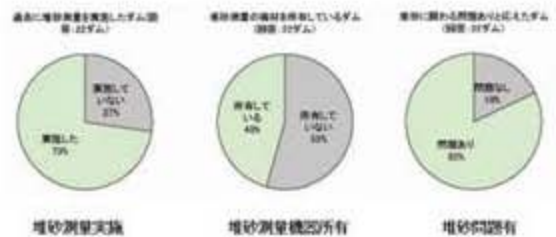
聞き取り調査実施ダムの現状

ダム貯水池名	建設後年数 (年)	深さ(層) 回数 (回)	総容量に対する堆砂量 (%)
1	10	1	0.5
2	15	2	1.0
3	20	3	1.5
4	25	4	2.0
5	30	5	2.5
6	35	6	3.0
7	40	7	3.5
8	45	8	4.0
9	50	9	4.5
10	55	10	5.0
11	60	11	5.5
12	65	12	6.0
13	70	13	6.5
14	75	14	7.0
15	80	15	7.5
16	85	16	8.0
17	90	17	8.5
18	95	18	9.0
19	100	19	9.5
20	105	20	10.0
21	110	21	10.5
22	115	22	11.0
23	120	23	11.5
24	125	24	12.0
25	130	25	12.5
26	135	26	13.0
27	140	27	13.5
28	145	28	14.0
29	150	29	14.5
30	155	30	15.0
31	160	31	15.5
32	165	32	16.0
33	170	33	16.5
34	175	34	17.0
35	180	35	17.5
36	185	36	18.0
37	190	37	18.5
38	195	38	19.0
39	200	39	19.5
40	205	40	20.0
41	210	41	20.5
42	215	42	21.0
43	220	43	21.5
44	225	44	22.0
45	230	45	22.5
46	235	46	23.0
47	240	47	23.5
48	245	48	24.0
49	250	49	24.5
50	255	50	25.0
51	260	51	25.5
52	265	52	26.0
53	270	53	26.5
54	275	54	27.0
55	280	55	27.5
56	285	56	28.0
57	290	57	28.5
58	295	58	29.0
59	300	59	29.5
60	305	60	30.0
61	310	61	30.5
62	315	62	31.0
63	320	63	31.5
64	325	64	32.0
65	330	65	32.5
66	335	66	33.0
67	340	67	33.5
68	345	68	34.0
69	350	69	34.5
70	355	70	35.0
71	360	71	35.5
72	365	72	36.0
73	370	73	36.5
74	375	74	37.0
75	380	75	37.5
76	385	76	38.0
77	390	77	38.5
78	395	78	39.0
79	400	79	39.5
80	405	80	40.0
81	410	81	40.5
82	415	82	41.0
83	420	83	41.5
84	425	84	42.0
85	430	85	42.5
86	435	86	43.0
87	440	87	43.5
88	445	88	44.0
89	450	89	44.5
90	455	90	45.0
91	460	91	45.5
92	465	92	46.0
93	470	93	46.5
94	475	94	47.0
95	480	95	47.5
96	485	96	48.0
97	490	97	48.5
98	495	98	49.0
99	500	99	49.5
100	505	100	50.0



パチャールダムの現状

アンケート調査ダムの現状



堆砂測量実施 堆砂測量機2台所有 堆砂機1台所有

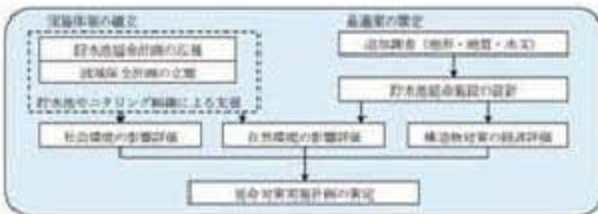
インドネシア ダム堆砂に係る課題の整理(1)

- ▶ 関連法制度・関連組織整備
 - ▶ 流域管理・水資源管理体制
 - ▶ 貯水池管理体制・管理情報の蓄積共有
- 対策組織・体制の確立
- ▶ 貯水池延命対策資金調達
- 対策実施優先順位設定

Phase 1



Phase 3



インドネシア ダム堆砂に係る課題の整理(2)

- ▶ 大量の土砂供給

→ 非構造物的対策



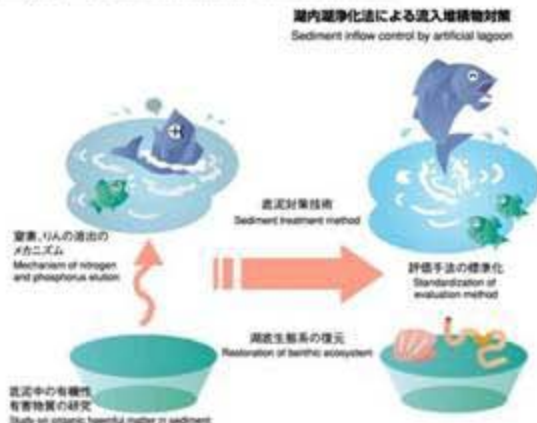
Phase 2



(二) 土木研究所

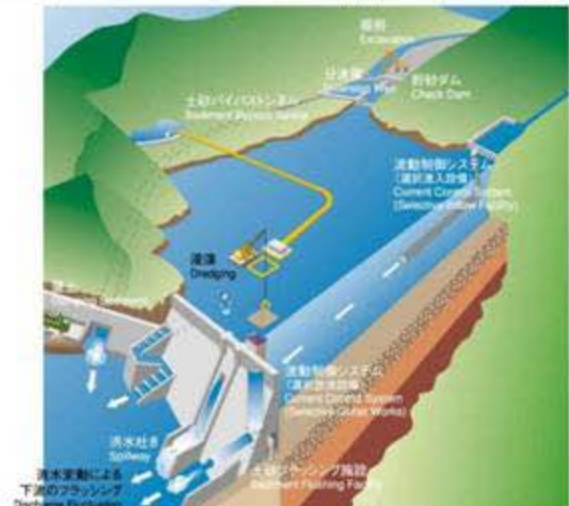
Research on techniques for treating bottom sediment at enclosed water areas.

Contaminated sediment in a eutrophic lake causes elution of nitrogen and phosphorus, and is one of the major causes of water pollution. In Japan dredging is a main countermeasure against contaminated sediment. However, due to new problems such as endocrine disruptors, toxic substances, and conservation of biodiversity, the development of new sediment treatment methods is required. In this project we study a sediment treatment method that causes less damage to the benthic ecosystem, risk management and stabilization of bottom sediment, standardization of the method for evaluating sediment treatment techniques, and countermeasures for inflow sediment from rivers.



Research on techniques for controlling water quality and soil at dam reservoirs and downstream sections of rivers.

Dams, which are constructed to store water, also store sediments. Dams affect the temperature and quality of water in reservoirs and downstream rivers. Technologies are being developed to discharge sediment downstream, control the water temperature and turbidity distribution in reservoirs, and intake water of appropriate temperature and quality.



(三) 三峰川総合開発工事事務所—美和水庫

美和水庫概要

水庫型式：重力式混泥土壩

堤高：69.1m

総貯水容量：34,300千m³

【目的】

- ①洪水調節
- ②かんがい
- ③発電

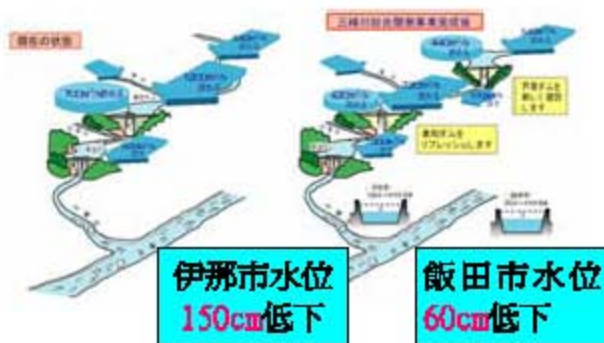


美和水庫再開発

貯水池容量の増加と土砂流入の対策を講じることにより、

- ①洪水調節能力を向上
- ②工業用水の新規供給
→参加取下を申請されている
- ③既得かんがい用水の安定的補給及び既設発電所の発電機能維持・向上

三峰川総合開発事業の洪水調節効果



現美和水庫の計画（かんがい）

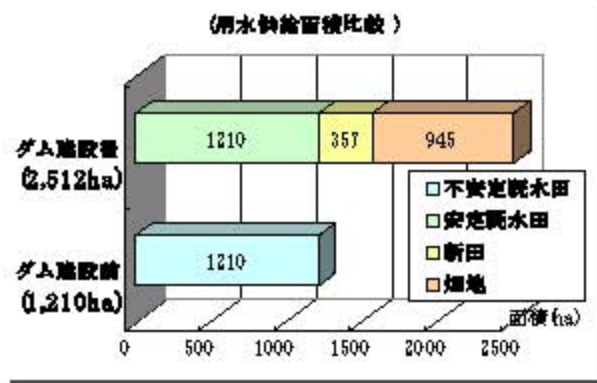
三峰川沿川（伊那市・高遠町）の農地 2,512ha にかんがい用水を補給

（かんがい区域比較図）



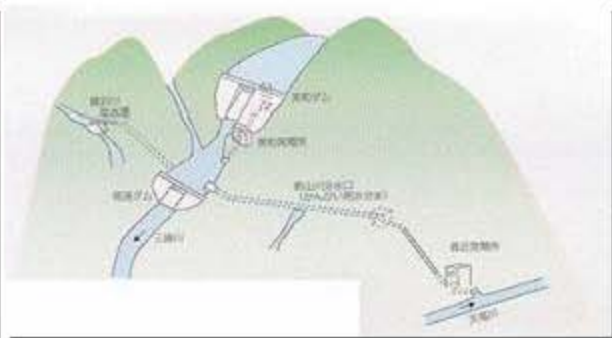
現美和水庫の効果（かんがい）

用水供給区域の拡大（面積比2倍強）伊那市の水田の約5割に用水を安定供給



現美和水庫の計画（発電）

美和発電所及び春近発電所（共に長野県企業局所管）において、それぞれ最大出力 12,200kw 及び 23,600kw の発電を行う。



美和、春近 両発電所の
平均年間発生電力量供
給量約150,000MWh

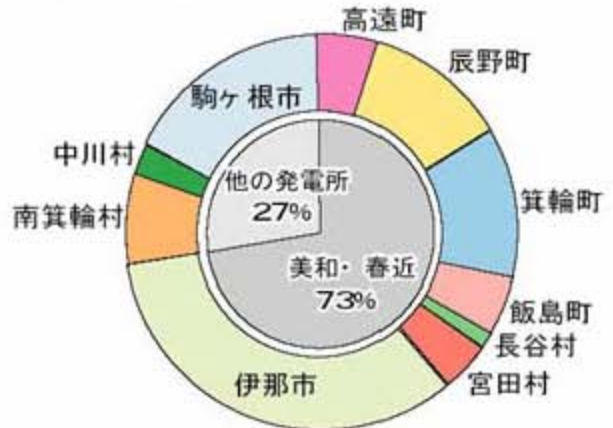
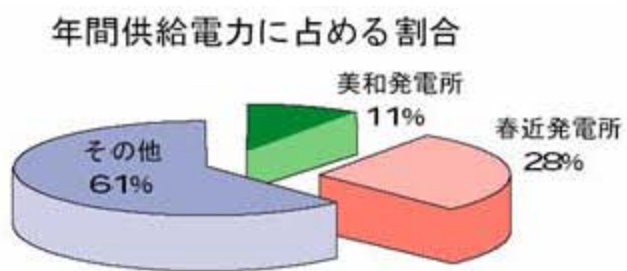


一般家庭年間消費電力の約4万3千世帯分上伊那地域の全世帯数の約7割に相当
電気料金に換算すると年間約34億円



県の主力発電所県企業局が行う発電供給量の約4割

発生電力に相当する
上伊那地域の世帯割合



事業の必要性（利水）

これまでも美和水库は地域の発展に寄与

- 農業生産性の向上
- 電力の供給

三峰川総合開発事業により、既得かんがい用水の安定的供給・既設発電所の機能維持を図り、今後も地域の発展に寄与し続けることが必要

現美和水库の効果（風倒木の捕捉）



風倒木の流出により橋梁が破壊された例

堆砂掘削

美和水库貯水池内に堆積している土砂を掘削し、新たな容量を確保することにより、治水・利水機能の増進を図るとともに、今後必要な堆砂容量を確保する。

恒久堆砂対策

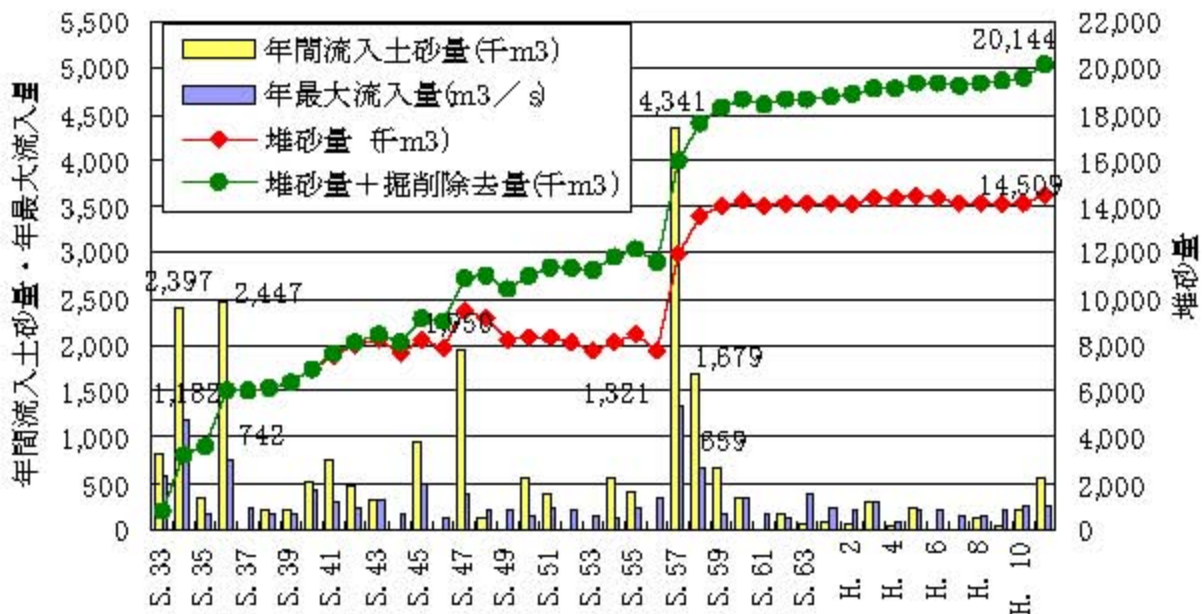
洪水をパイパストンネルにより水库下流に迂回させ、洪水時の土砂流入による貯水池容量の減少を防止し、治水・利水機能の安定的維持を図る。

水库湖の堆砂

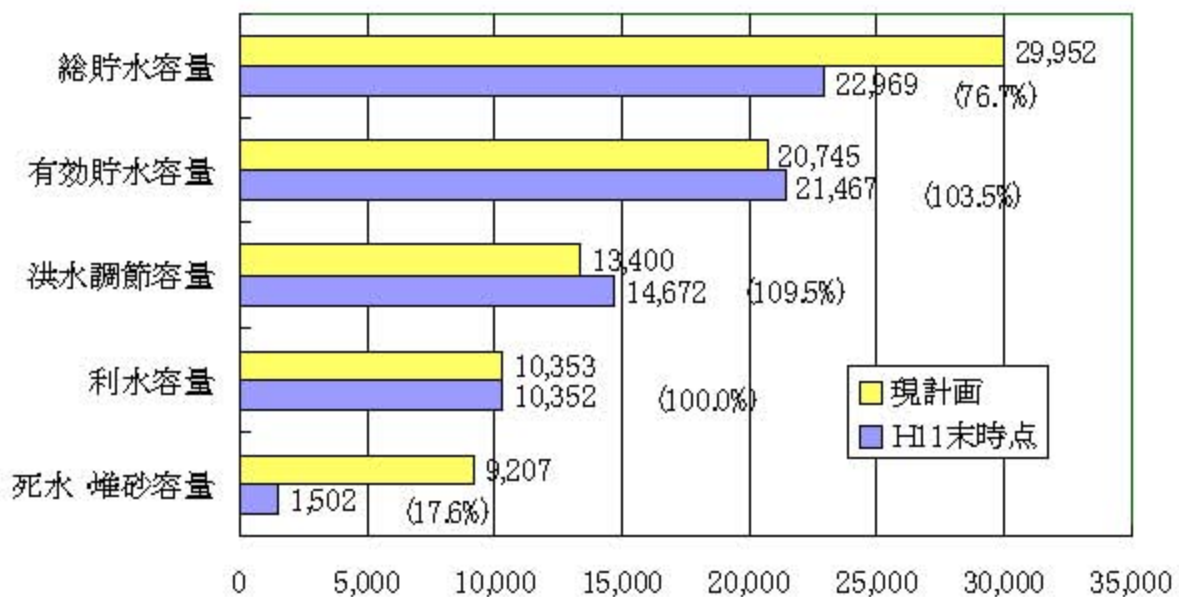
予想をはるかに超える 20,144 千 m³(H11 年度末時点)の土砂流入（当初予想の約3倍）
管理工事の爲に水位を低下させた状況（美和水库/平成元年）



美和水庫への堆砂の推移



美和水庫貯水池容量の状況

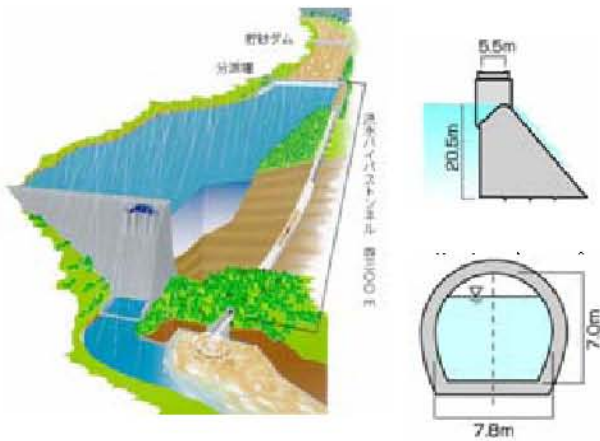


堆砂掘削

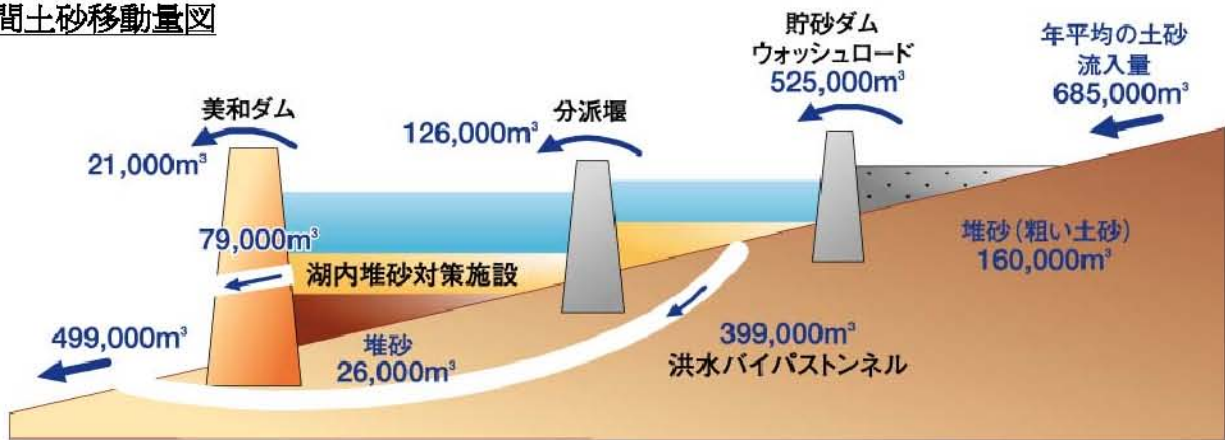


恒久堆砂対策

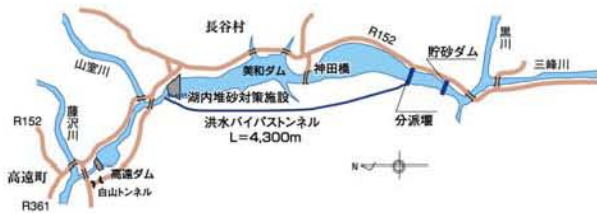
洪水を最大約 300m³/s バイパスする。



年間土砂移動量図



美和水庫再開発施設配置図



分派堰のしくみ



貯砂水庫（下流面）（平成5年暫定完成）



分派堰（平成16年度完成）洪水バイパストンネル（平成16年度完成）



初試験運用(H17.7.5)



呑口(主ゲート)午前11時にゲートを開け、
毎秒20tの水をトンネルに流しました

初試験運用(H17.7.5)

吐口ゲートを開けてから約30分後、トンネル
を通った水が吐口から流れ出し、三峰川に合
流しました



(四) 三峰川総合開発工事事務所—小澗水庫

小澗ダム 直轄堰堤改良事業



国土交通省中部地方整備局
天竜川ダム統管理事務所

小澗ダム貯水池の堆砂概要

(1) 貯水池堆砂の進行
小澗ダムにおける貯水池堆砂は、計画堆砂量以下の傾向であるが、有効貯水容量内への堆砂も進行しつつあります。



図一-1 小澗ダム概要

平成16年度までの堆砂量は14,586千 m^3 (実績)であり、このうち約80%の12,150千 m^3 が有効貯水容量内であり堆砂率は約58%です。また、有効貯水容量内堆砂は約17%の2,436千 m^3 (有効貯水容量内堆砂率6%)が堆積しており、治水・利水・発電容量の基本計画値を減少させています。

(2) これまでの堆砂対策

これまでの貯水池保全事業は、昭和52年度に第1貯砂ダムを、平成元年に第2貯砂ダムを完成させています。

また、貯水池堆砂削減及び砂利掘削による年率約16万 m^3 の土砂排除を継続的に行っています。

更に、土流域において、砂防事業による土砂流出抑制を進めています。

一方、現在小澗ダムの堆砂量は、1.4~1.6km付近まで進行(図一-1)しており、ダム完成当時、1.6kmの標高が約5mだったのに対し、現在は約5mと3.0mも土砂が堆積しています。

(1916 小澗ダム堆砂削減効果による)

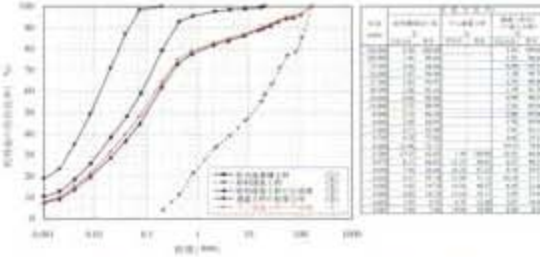


図一-1 小澗ダム堆砂状況(平成16年度)



(3) 流入土砂の評価

貯水池流入土砂の粒度分布を、①貯水池堆積土砂、②砂利掘削土砂、③ダム通過土砂に分類して検討し、これらを作成することにより算出しました。



【貯水池流入土砂の配分】

小澗ダムにおいては、土砂輸送形態に着目し、掃流砂・浮遊砂・ウォッシュロードをそれぞれ以下の割合で区分しました。

掃流砂 4.8% 流入土砂量の17%
浮遊砂 1.9% 流入土砂量の7%
ウォッシュロード 8.3% 流入土砂量の31%



(4) バイパス事業による計画堆砂量

小澗ダムへの流入土砂量に対し、流出能力500 m^3/s の土砂バイパスを設けることにより、ダム域内の年間堆砂量を約20万 m^3 (これまでより33%削減)とすることができると見込まれます。

平成16年3月現在、堆砂削減率の交通容量は785万 m^3 です。計画堆砂量が減少になるまでの期間は約40年後となり、(無対策では14年で満杯状態となる)約26年の延命が図られます。



土砂バイパスによる堆砂対策の概念と土砂収支



Table with 2 columns: '計画堆砂量 (計画流入土砂量 - 10万 m^3 /年)' and '削減堆砂量 (計画堆砂量 - 削減効果)'. It lists various sediment types and their respective volumes and percentages.

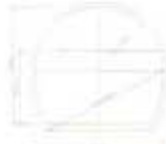
⑤ 計画堆砂量の土砂削減率
計画流入土砂量が、年間約10万 m^3 と仮定した場合、土砂削減率(33%)による年間堆砂削減率(33%)は、計画堆砂量の約1/3に削減している。

小波ダム土砂バイパストンネルの概要



土砂バイパストンネルは、基本と土砂含有率を調整バイパスして小波ダム下流に放流します。
 西口側は、バイパストンネルに流入する洪水の暴発を抑制します。
 付添道（砂防砂防工事）で集った土砂をせき止めてバイパストンネルに蓄積させます。
 洪水が抑圧（溜り）し、洪水が流入する土砂の色、細いものを放流します。

【土砂バイパストンネル】
 径及び形状：2R9.0m 標準高規格
 延長：4,000m
 縦断勾配：1/50
 計画最大放流量：500m³/sec
 トンネル断面積／掘削断面積
 ：63.2m²／76.1m²
 掘削寸法：100mm以下
 流速：15.8m/sec
 (施工後：粗度係数=0.015時)



トンネル標準断面図

【西口施設】φ6000mm
 内口施設：まじろス+斜度機

【付添道】(第1砂防ダム区画)
 延長：7.0km、吐水容量：70,000t

【付添道】φ602300mm
 内口施設：回転落下形式

【第2砂防ダム】
 延長：10.0km、吐水容量：270,000t



地質縦断面図



トンネル	トンネル	トンネル掘削区画				トンネル掘削区画				トンネル	トンネル
		掘削	掘削	掘削	掘削	掘削	掘削	掘削	掘削		
1	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

11. 掘削区画の区分は、掘削区画区分、掘削区画区分を考慮してトンネル掘削区画区分として掘削区画区分とする。
 12. フェアウェイの掘削区画区分は、掘削区画区分とする。

地質凡例

凡例	説明	備考
1	地質	地質凡例
2	トンネル	トンネル
3	掘削区画	掘削区画
4	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
5	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
6	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
7	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
8	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
9	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
10	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
11	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
12	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
13	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
14	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
15	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
16	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
17	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
18	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
19	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画
20	トンネル掘削区画	トンネル掘削区画



トンネル標準断面図

トンネル平面図

トンネルの平面図は、掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。

トンネル縦断図

トンネルの縦断図は、掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。

貯水池水の影響

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。



トンネル掘削・インポート

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。



本質と管理用トンネルとの整合

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。



西口工務

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。



付添道工務

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。



第3野村設計事務所と建設者の関係

トンネル掘削区画区分、掘削区画区分を考慮して掘削区画区分として掘削区画区分とする。

施設構造検討 -西口、吐口施設構造検討-

●西口施設水理模型実験



(五) 牧尾水庫管理所—牧尾水庫

牧尾ダム

「愛知用水」の水源施設

- ① 愛知用水公団を設立
- ② 外資導入(世銀借款)
- ③ 一貫施工(ダムから末端水路、水道・発電施設)
- ④ 米国コンサルタントの技術協力
- ⑤ 全面的な機械化施工
- ⑥ 5年という短期間で事業が完成



- ★ 速やかな効果の発現
- ★ その後の土木技術への多大な貢献



昭和30年 10月	愛知用水公団設立
昭和32年 8月	世界銀行借款契約 及び政府保証契約締結
昭和32年 10月	工事に着手
昭和36年 10月	建設工事完了・放流開始

平成14年5月28日「NHKプロジェクトX」で放映

余水吐

最大 3,200 m³/sec

形 式：シュート式余水吐

ゲート：テンダーゲート 4 門 (10m×10m)

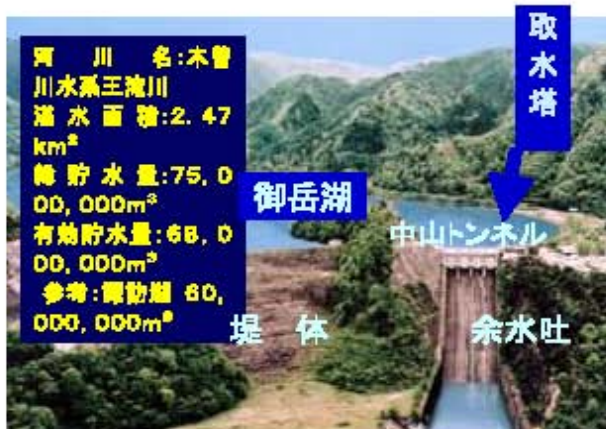
取水塔

高 さ：69.4m

構 造：鉄筋コンクリート造

制 水 門：連動バイパス弁付鋼製
キャタピラゲート

スクリーン：鋼製 1 連 7 段



形 式：中心コア式ロックフィルダム

提 高：105m

提 頂 長：264m

提 体 積：2,615,000m³

流域面積：304km² (直接 73km²、間接 231km²)

湛水面積：2.47 km²

総貯水量：75,000,000 m³

有効貯水量：68,000,000 m³

計画堆砂容量：7,000,000 m³

着 工：昭和 32 年 11 月

完 工：昭和 36 年 3 月 (41 ヶ月間)

工 事 費：9,766,000 千円

移 転 家 屋：184 戸（王滝村 141 戸・三岳村 43 戸）

ダムのおきさ：ダムにたまる水の量は、ナゴヤドームの約 55 杯分

ダムのかたち：牧尾ダムは、土と石や岩を積み上げてつくられています。こうした作り方のダムをロックフィルダムといいます。材料の石や岩は近くで採取しています。

雨量計

1.三笠山	GL.2,130m
2.ウグイ川	GL.1,600m
3.ウグイ川（仮説）	GL.1,600m
4.池の越	GL. 970m
5.管理棟	GL. 889m

水位計（基準高）

1.池の越	EL.898.5m
2.六段橋	EL.-----m
3.取水塔	EL.832.0m

水質調査

- 1.ダム湖（10m×4）
- 2.濁沢川（濁沢川）
- 3.松原（ダム湖流入口）
- 4.三尾発電所（放流口）
- 5.木曾ダム（取水口）

積雪量観測

- 1.八海山（五合目）標高 1,500m



1. 管理の状況（管理開始以来 40 年目）平成

12 年 7 月 25 日の実績

貯水量：38.789 千 m³（貯水率 57.0%）

平年の時期 56,000 千 m³

水 位：869.63m（満水から約 10.18m）

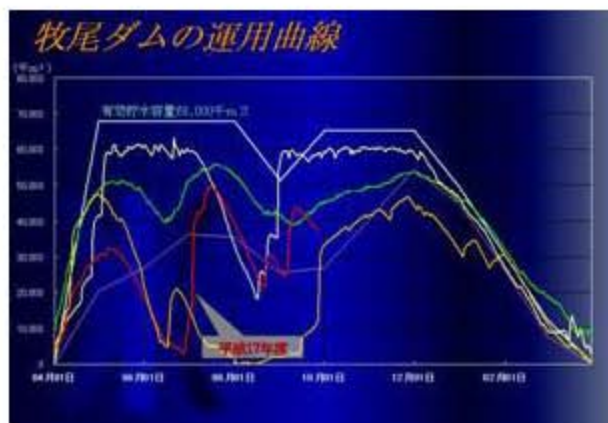
流入量：32.31m³/s

放 流：21.09m³/s

降雨量：4 月からの累計 624mm

（水道 1m³ 約 20 万人）

（名古屋市 1 日分約 100 万 m³）



2. 流域

全体では 304km²であるが直接流域 73km²・間接流域 231km²となっており、間接流域には関西電力の溪流取水施設が 11 カ所（現在は濁川が破損しているため 10 カ所）あり、少量の降雨（40mm 以下の降雨）ではダムへの流入はない。

3. 流況

・牧尾ダムへの年間流入量・降雨量等

牧尾ダム地点：	（平均）	2,161mm
	（11 年）	2,400mm
	（6 年）	1,241mm

日本の平均雨量： 1,714mm
 東海地方：2,084mm 北陸：2,447mm 南九州： 2,440mm
 インドネシア：2,620mm エジプト：65mm

- ・流入量 年平均：約4.9億 m^3
 11年：約5.7億 m^3
 6年：約2.2億 m^3
- ・積雪量 平成12年4月上旬：83cm（最近10年間では多い記録）
- ・放流量 年平均：利水・発電 3.9億 m^3 無効（洪水）1.0億 m^3
 11年：利水・発電 4.0億 m^3 無効（洪水）1.7億 m^3
- ・洪水調整
 ダム流入量が毎秒400 m^3 以上の発生回数は年平均3から4回程度であるが、平成11年は5/27 6/27 6/30 7/3 9/15 9/20 11/1 の7回発生。

渇水時の貯水池状況(1)



1984年9月14日午前8時48分。信仰の山「木曾御嶽山」一帯を襲った長野県西部地震はM6.8の直下型でした。山岳地震としては未曾有の被害をもたらした大震災は、風光明媚なこの地の名勝にも大打撃を与えました。土石流でせき止められた王滝川は天然ダムを出現させ、林道王滝線は水没。絶景「水ヶ瀬峡谷」はその絶壁にかかる吊り橋とともに流出し、往時の美しい景色を失いました。しかしながら、牧尾ダムはこうした烈震にも耐え、専門家の調査により、その安全性は確認されました。



堆砂対策事業の概要

工事の概要 ①堆砂の掘削除去 (475万 m^3)
②構造物: 床止工1ヶ所 / 貯砂ダム2ヶ所

工期 ◆平成7年度～平成18年度(12年間)

事業費 ◆300億円

御嶽山南麓を震源とした長野県西部地震は内陸型としてはかなり大きなもの。御嶽山の山腹及びその周辺にわたって大規模な斜面崩壊・岩屑なだれや土石流が発生し、29名の尊い人命が失われました。また、道路の寸断や河川の遮断など、被害の様相は多岐にわたり、山岳地帯における内陸型地震の被害について、従来の科学的常識を改めさせるような問題が提起されました。

牧尾ダム堆砂対策事業

堆砂対策事業の経緯

- 5.30.10 牧尾ダム運用開始
- 5.34.10 新設増大
- 5.59.8 長野県西部地震発生 マダニチューンR3.1
- 5.59～ 応急対策の実施
 - 水・公 国→次管復旧工事 ○東林等→山岳地帯事業用防災復旧工事
 - 民・野 第一河川災害復旧等 ○王滝村→公共土木、農林関係復旧工事
- 7.6.7 牧尾ダム堆砂対策事業認可(愛知県中二府事業に追加)

堆砂の推移

昭和54年 新設増大

昭和59年9月14日 長野県西部地震

昭和61年 震災前 300万 m^3

昭和62年 震災後 230万 m^3 増

昭和63年 震災後 420万 m^3 増

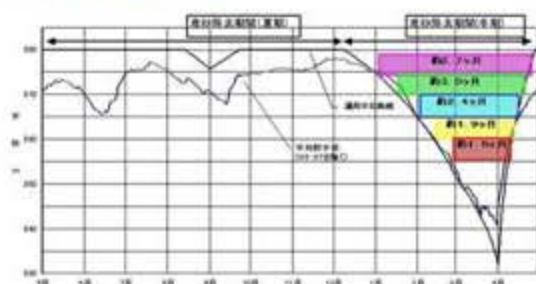
昭和64年 震災後 600万 m^3 増

昭和65年 震災後 1,000万 m^3 増

牧尾ダムの流域内に位置する御岳山(標高3,063m)が昭和54年10月28日に噴火、昭和59年9月14日(午前8時48分)に発生した長野県西部地震(M6.8の直下型)により、御岳山腹及びその周辺にわたって大規模な斜面崩壊が発生、その面積は580ha、推定崩壊土量3,600万 m^3 で、そのうち2,100 m^3 が王滝川に流入した。29名の尊い命が失われた(行方不明者15名)(濁川・柳ヶ瀬地区15名 滝越地区1名 東地区13名 計29名)

ダム上流からの土砂の流入防止策を講じるとともに、すでにダム湖内に流入している堆積土砂を除去することにより、牧尾ダムの貯水機能の回復と保全及び災害の未然防止を図ることを目的として平成7年度に事業に着手した。

堆砂除去の施工時期



現在まで25件の工事を実施、現在7件の工事が実施中
この工事を実施するために、王滝村・三岳村の人たちには土捨場確保のための家屋移転・工所用重機械の騒音・塵芥・ダンプ等の通行などについて多大な協力をいただいている。

松原土捨場へ(BH4.0m³+重ダンプ)



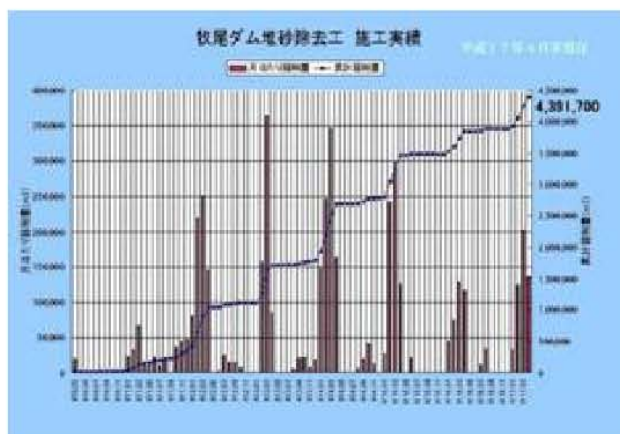
小島土捨場へ(BH1.2m³+10tダンプ)



堆砂土除去の工事時期：ダム水位が低いとき



現在まで 25 件の工事を実施
現在 7 件の工事が実施中



この工事を実施するために、王滝村、三岳村の人たちには土捨場確保のための家屋移転、工事用重機械の騒音、塵芥、ダンプ等の通行などについて多大な協力をいただいている。

堆砂土除去の工事時期：ダム水位が低いとき

緑の再生基盤づくり

濁沢などの土石が再移動し、二次災害を引き起こさぬようカラマツ丸太の土留工による森林の基盤づくり、治山ダムによる流路固定・溪床の安定が図られた。(林野庁、長野県等) また、災害直後からボランティア等も参加し植栽が行われ、森林の早期復元が図られている。



(六) 豊川用水総合事業部—琵琶湖開発総合管理所

琵琶湖開発事業

琵琶湖用水未来

琵琶湖・水未来

LAKE BIWA
A Reservoir for the Future



独立行政法人 水資源機構 琵琶湖開発総合管理所

琵琶湖・淀川流域の自然環境の保全と治水、利水を目的として行われた「琵琶湖開発事業」において、その基幹を構成する「琵琶湖開発事業」では、湖岸堤・管理用道路および内水調整施設等を新設または改良し、湖田川洗濯の操作と併せて、琵琶湖周辺と下流淀川の水質改善の促進をはかる治水対策を行いました。さらに湖田川洗濯を改良し、大湖内および湖岸域内に対して新規に都市用水として水道用水最大増秒30.16㎧、工業用水最大増秒33.21㎧の供給を可能にする治水対策（水位低下対策を含む）を行いました。

治水対策

- 湖岸堤・管理用道路の新設 — 総延長約0.46km
- 内水調整施設の設置 — 14施設
- 湖田川洗濯の改良 — 約133万㎧
- 琵琶湖への流入用設備 — 13施設
(湖岸堤増秒10.5増秒)

利水対策

- 湖田川洗濯バイパス水路により下流への放流量（水質）を高め続ける計画
- 水位低下対策
 - 農業用水増秒 — 約16,800㎧
 - 上水道増秒 — 50施設
 - 工業用水増秒 — 17施設
 - 水産増秒 — 150施設
 - 漁業増秒 — 71施設
 - 河川増秒 — 54施設

●事業の経費

琵琶湖開発事業	約1,000億円
湖岸堤・管理用道路	約100億円
内水調整施設	約100億円
湖田川洗濯の改良	約100億円
琵琶湖への流入用設備	約100億円
水位低下対策	約100億円
農業用水増秒	約100億円
上水道増秒	約100億円
工業用水増秒	約100億円
水産増秒	約100億円
漁業増秒	約100億円
河川増秒	約100億円

琵琶湖の開発は、環境を守りながら

琵琶湖開発事業は、自然環境への影響の低減や持続可能な発展、農業などに伴う工夫をしながら進められています。

- 自然の保全と創出

北湖では、自然豊かな湖岸を湖岸環境の創出に、再緑の推進です。自然を守りつつ、新たに広い湖岸環境をつくり出す取り組みを進めています。
- 治水機能

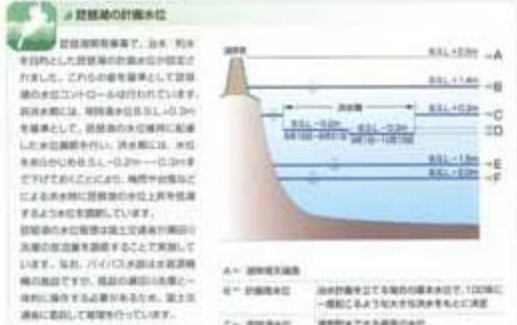
湖岸堤設置時にやむを得ず失ってしまった一面の森林について、湖岸堤建設と同時に植林を実施し、その復元を行っています。
- アユ養殖用人工湖川

琵琶湖の豊かな水産資源であるアユを保護するため、湖の水位が低下したときの養殖場として、養殖用湖川と湖川河口に人工湖川をつくりました。

琵琶湖開発総合管理業務

琵琶湖開発事業で設置した施設の操作及び維持・修繕等の管理を行い、上下流の水質・水量のバランスを考えた治水並びに水道用水・工業用水の供給をしています。また、施設の適切な操作のために、水位、雨量、水文等のデータ収集、琵琶湖の水質調査、水位変動に伴う生物への影響等を調べるとともに北湖植物等の環境調査・モニタリングを行っています。

水位のコントロール



施設のメンテナンス

- 湖岸堤の点検・修繕
- 湖田川洗濯・水門・治水調整施設の点検・修繕
- 湖岸堤の植樹維持管理

付近で応急し、さらに治水被害が広がります。湖岸堤や内水調整施設が、このような浸水による被害を最小限に抑えています。

治水時：琵琶湖の水を有効に利用し、治水による被害を軽減します。

- 湖田川洗濯のバイパス水路の操作による積極的な流量調節
- 給水機能、水位保持等の操作による内湖の環境保全

琵琶湖水位の低下時には、水を有効に利用するため、湖田川洗濯に設置したバイパス水路から必要な流量を積極的にコントロールして下流へ放流します。また、琵琶湖開発事業で湖中に漁業場をつくったことにより新たに人工的な内湖が誕生しましたが、この湖中の湖岸堤の区画には、内湖と琵琶湖をつなげるため、開口部を設けて、水門や、水位保持等および給水設備等を設置しました。通常時は水門を閉じておくことにより、自由な水の流れを確保し、治水時には水位保持等と給水設備等の操作により、内湖の水位を保ち、水質の悪化を防いでいます。

琵琶湖流域環境情報の収集

● 水文・気象情報

雨量、水位、水質、流量等のデータが琵琶湖流域に設置した観測所から刻々と送られてきます。これらのデータは治水時や治水時における施設の操作に役立てられます。

● 総合自動観測所による琵琶湖情報

琵琶湖の水質を監視するため、南湖の琵琶湖沖と北湖の安曇川沖等に総合自動観測所を設置し、水位、流量、水質、風向流速、気流等の観測を行っています。

● 沈水植物等の琵琶湖水環境調査

水資源機構では、水位低下による琵琶湖周辺の生物への影響を把握するため、沈水植物等の定点調査を毎年実施するとともに、数年に1回定期的に、琵琶湖全域を対象に沈水植物の調査を行う湖の水環境に関する各種調査を実施しています。

琵琶湖総合開発事業と琵琶湖開発事業

琵琶湖総合開発事業は、わが国で初めて水資源開発と水源地域開発を一体的に進めた事業であり、水資源開発と併せて、水源地域開発が実施される「琵琶湖総合開発事業」として、国、市町村が実施する「琵琶湖開発事業」で構成されています。

琵琶湖総合開発事業は「琵琶湖総合開発計画」に基づく「琵琶湖総合開発計画」により、1973年から1997年までの25年間にわたって実施されました。

琵琶湖総合開発事業	琵琶湖開発事業
水資源開発	水資源開発
水源地域開発	水源地域開発
琵琶湖総合開発事業	琵琶湖総合開発事業

事業の効果

琵琶湖総合開発事業で実施した治水および利水対策の効果によって、治水や利水の被害が大きく軽減されるようになり、被害の軽減率に比べて1994年の治水で、1995年の利水に比べても、以上のような増加傾向が確認されました。

R.S.I. 1994年 治水
R.S.I. 1.00
治水被害の軽減率は、治水被害の発生率に比べて1.00を上回りました。

R.S.I. 1995年 利水
R.S.I. +0.93
利水の発生率は、利水の発生率に比べて+0.93を上回りました。

琵琶湖の自然と文化を堪能できるスポットや観光地を地図上で紹介します。

- 近江八景
- 琵琶湖八景
- 近江商人
- 琵琶湖の自然と文化



湖国の自然と文化

琵琶湖は、わが国最大の淡水湖であり、動植物の宝庫です。四季それぞれに桜・紅葉・雪などに彩られて人びとを誘い、夏はマリンスポーツのメッカとして賑わいます。「都に近く淡水のある国」として名づけられた近江地方は、湖をめぐる豊かな自然と美しい風景、数々の歴史や文化財に恵まれています。



自然・景勝地	歴史・文化
生物 ニゴロブナ、ガンゴロブナ、ホシモロコ、ビワコオナマスなどの琵琶湖でしか見られない固有種をはじめ、約100種類の魚介類が生息しています。鳥類ではカツアザリ、カモ、マガシ、コハクチョウ、ヒシクイなどの水鳥で賑わい、人びとに親しみと安らぎを与えています。	城跡・史跡 井伊道徳（後の道徳）が完成させた多岐根、織田徳長城跡の安土城跡など、また類ヶ島、類ヶ島の古戦場などが戦国時代の歴史を物語ります。
湖辺 近江舞子などの自然青松の浜辺、海津大橋、竹生島、西の湖などの内湖と水郷地帯などが、美しく変化に富んだ湖辺の風景をつくっています。	湖国の祭り 重慶新民俗文化財の長月八幡宮の生山祭り、多賀大社の万灯籠、日吉大社の三王祭などが有名です。
周辺の山々 比叡、比叡、伊吹、野嶽の山々が周辺に連なり、登山に、ハイキングに、スキーにと親しまれています。	寺院 湖を囲み、多くの寺院が点在しています。十一面観自在菩薩の如意輪寺のほか、琵琶湖に佇む西明寺・金剛輪寺・百済寺は、いずれも天台宗の名刹で、湖東三山と呼ばれており、紅葉の名所としても有名です。源氏の館で知られる石山寺、三井の楼閣で有名な三井寺などがあります。
近江八景・琵琶湖八景 室町時代の奠定といわれる近江八景は、江戸時代になって、安藤忠房の「近江八景」で有名になった。その名を正した。琵琶湖八景は、昭和25年、琵琶湖が国立公園に指定されたのを機に制定されました。	近江商人 近江には、古来から北陸道、中山道、東海道など主要な街道が集まっていたことから商賈が栄え、全国にその名を馳せた近江商人が生まれました。近江八幡市の朝野や野並みなどに当時の面影がしのべられます。



水資源機構では

治水性、利水性、環境性、自然性、遊憩性、多目的性

治水性：治水対策の推進と治水効果の向上を図ります。治水効果の向上を図ります。

利水性：利水対策の推進と利水効果の向上を図ります。利水効果の向上を図ります。

環境性：環境対策の推進と環境効果の向上を図ります。環境効果の向上を図ります。

自然性：自然保護の推進と自然効果の向上を図ります。自然効果の向上を図ります。

遊憩性：遊憩対策の推進と遊憩効果の向上を図ります。遊憩効果の向上を図ります。

多目的性：多目的対策の推進と多目的効果の向上を図ります。多目的効果の向上を図ります。

琵琶湖総合開発事業の概要と目的を説明しています。

琵琶湖総合開発事業の目的は、治水、利水、環境、自然、遊憩、多目的の向上を図ることです。

琵琶湖総合開発事業の推進は、治水、利水、環境、自然、遊憩、多目的の向上を図ることです。

琵琶湖総合開発事業の推進は、治水、利水、環境、自然、遊憩、多目的の向上を図ることです。

(七) 日吉水庫管理所—日吉水庫

日吉ダム概要

- 周辺の山とダムが調和し、威圧感のない見た目に優しいダムです。
- 日吉ダムは「地域に開かれたダム」に指定されており、ダム湖周辺の整備の促進と、地域の活性化を目指し、水源地域と一体となって取り組んでおります。
- 貯水池周辺には毎年約90万人の来訪者があり、安らぎと憩いの場として利用していただいております。



日吉ダムの位置
琵琶湖の西方に位置しており
京都市内から車で約1時間程度です。



日 吉 ダ



ム 全 景

ダム諸元			
位 置		式	京都府 船井郡 日吉町 字中
形 式			重力式コンクリートダム
堤 高		高	67.4m
堤 頂		長	438m
堤 体		積	約67万㎡
天 端		標 高	EL. 205.4m
貯水池諸元			
集 水 面	積		290km ²
港 水 面	積		2.74km ²
総 貯 水 容 量			6,600万㎡
有 効 貯 水 容 量			5,800万㎡

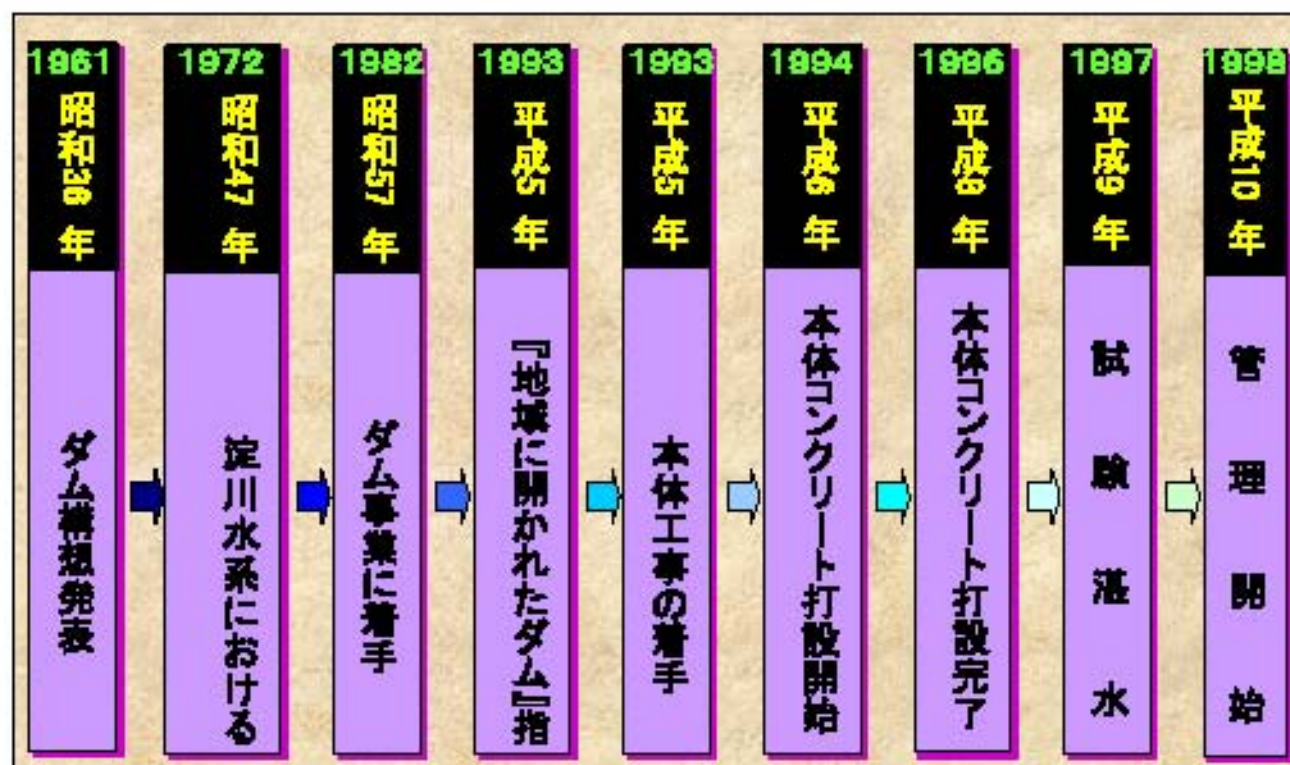
桂川と日吉ダムの位置

桂川の総延長は114 kmあり、日吉ダムの位置は桂川の中流部で三川（桂川、宇治川、木津川）合流地点から上流に約55 kmのところに位置しています。
桂川の源流は、京都市左京区広河原で、亀岡市で大きく迂回し、嵐山付近でまた京都市内に戻ってくる珍しい川となっております。

日吉ダムの概要

事業の経緯

日吉ダム建設事業費 総額1,836億円（H6P）



日吉ダムの目的

- 洪水調節を行い、洪水被害を軽減する。
 - ・洪水を一時的に貯めて、洪水による下流域の被害を低減します
- 河川環境の維持・農業用水の安定取水及び舟運の確保を図る。
 - ・貯水池の水を計画的に流すことにより河川環境の維持を図ります
- 新たな水道用水（3.7 m³/s）を供給する。
 - ・京都府を始め、阪神地区の水道用水として供給しています

日吉ダムの役割

水道用水の供給(河川からの取水)



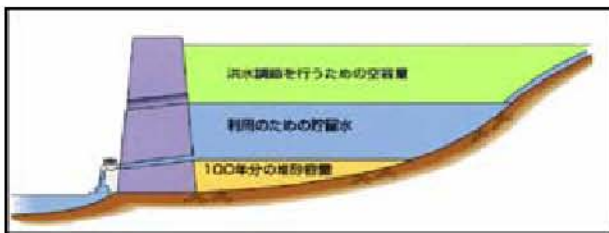
京北町)の一市二町にまたがっています。貯水池の90%は日吉町になります。名称は、水没した地域の名前をいただき『天若湖』と名付けられております。

貯水池について

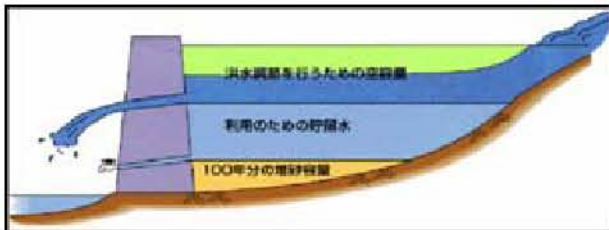
貯水池は日吉町、八木町、京都市(旧



ダムの洪水調節のしくみ

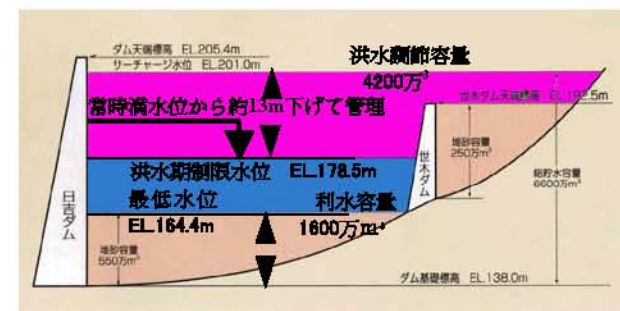
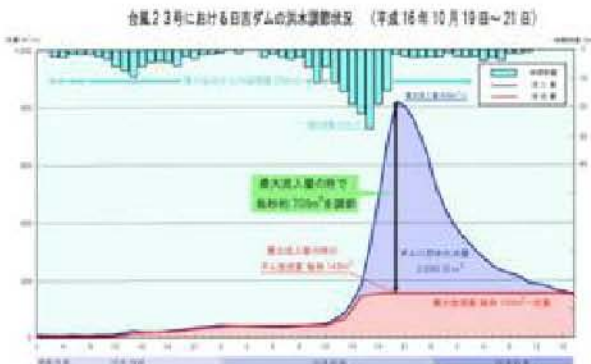
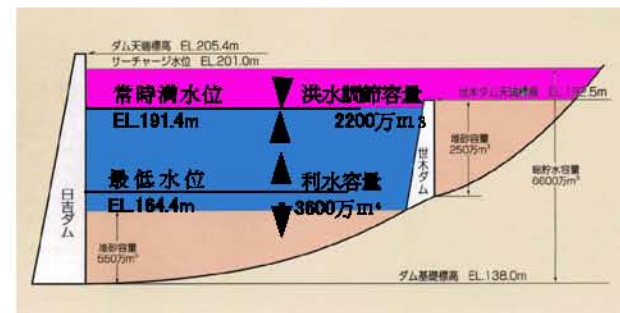


日吉ダムの貯水池の使い方(非洪水期)
10月16日~翌年の6月15日

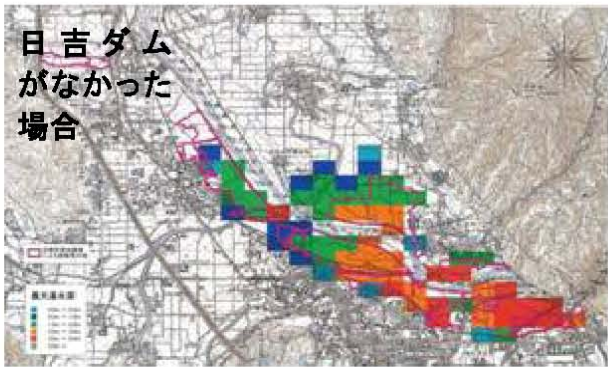


日吉ダムの貯水池の使い方(洪水期)
6月16日~10月15日

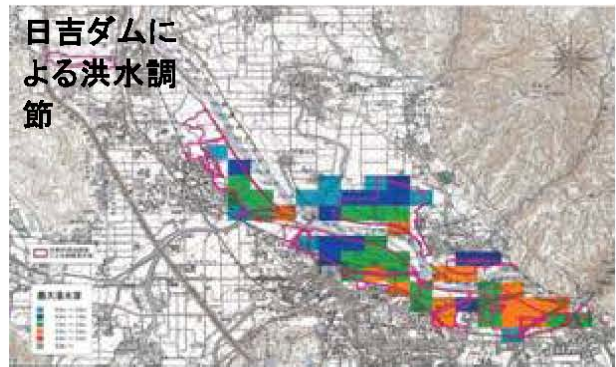
日吉ダムの洪水調節状況(管理開始後最大)



日吉ダムの洪水調節による下流河川の水位低減効果
台風23号（平成16年10月19日～21日）



日吉ダムの洪水調節による下流河川の水位低減効果
台風23号（平成16年10月19日～21日）



亀岡市の洪水（平成7年5月の出水）



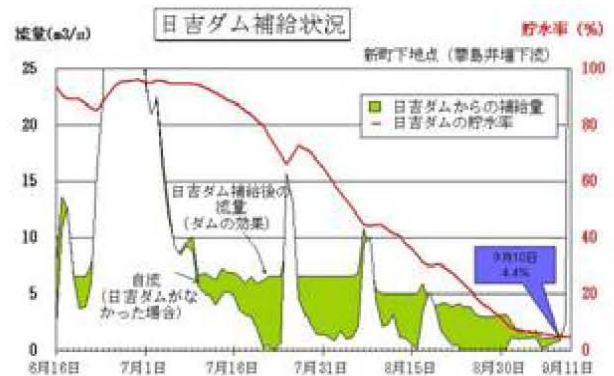
平成12年日吉ダムの活躍（平成12年夏渇水）

平成6年渇水と平成12年渇水との比較
 平成6年渇水（日吉ダム完成前）の桂川月読橋上流部（平成6年8月16日 京都新聞掲載記事）



日吉ダムから補給しない場合は、7月21日～7月24日及び8月23日～8月31日などには瀬切れ（川の流れが途切れる状態）が生じたものと考えられます。

平成12年渇水（日吉ダム完成後）の同地点（平成12年9月7日撮影）



(八) 黒部河川事務所—宇奈月水庫

1 宇奈月ダム概要

宇奈月ダムの目的

洪水調節

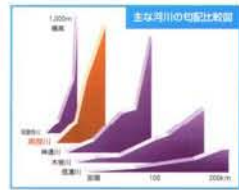
基本基準点の基本洪水流量7,200m³/秒のうち、上流ダム群により1,000m³/秒の洪水調節を行う。このうち宇奈月ダムでは700m³/秒を確保し、ダム下流の黒部川最下流(約15km)の水害を抑制する。

水道用水

富山県東部地区(魚津市、黒部市、宇奈月町、入善町、朝日町)に1日最大58,000m³(毎秒0.66m³)の水道用水を供給する。

発電

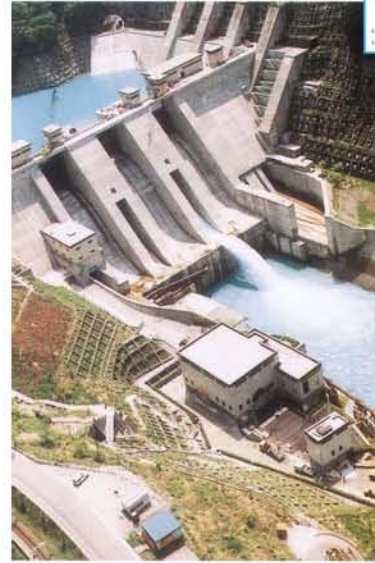
新たに黒部電力の宇奈月発電所を建設して、最大出力20,000kwの発電を行う。宇奈月ダム貯水水を逆調整池とする新黒部湖発電所において最大出力41,200kwの発電を行う。



「黒部渓谷」として有名な黒部川は、富山県の東部に位置する。流域面積82km²、流路延長85kmのわが固有数の急流河川です。霧ヶ峰に源を発する黒部川は、南北方向の扇形状流域を放り下し、下流部は、愛本地先を扇形とする典型的な扇状地形を形成しています。年間降雨量は、3,000mm～4,000mmと非常に多く、さらに夏まで続く融雪水のため、水量は年間を通じて豊富であり、急峻な地形と相まって、古くから水力発電が開発されてきました。

黒部川は、昭和12年から国の直轄事業として、治水の努力が続けられ、昭和45年(黒部川川二)指定されました。昭和50年には、上流ダム群による洪水調節を取り入れた工事実施基本計画に改定されました。

この工事実施基本計画に基づき、宇奈月ダムは、洪水調節を主目的とし、水道用水の供給、発電を合わせた多目的ダムとして昭和54年度建設に着手しました。



宇奈月ダム建設のあゆみ

昭和44年 8月	黒部川最大水(愛本地点5,667m ³ /秒)
昭和45年 3月	黒部川を4橋脚に指定
昭和45年 4月	予備調査に着手
昭和48年 4月	実施計画調査に着手
昭和50年 2月	黒部川治水工事実施基本計画改定
昭和50年 4月	建設工事に関する「宇奈月基本計画」
昭和50年 12月	黒部川各河川事務所建設事務
昭和51年 3月	ダム基本計画完了
昭和51年 11月	ダム事業推進計画(暫定工事)
昭和50年 12月	治水大綱改定
昭和50年 2月	ダム地質調査完了(実施)
昭和50年 10月	仮設工事着手
昭和50年 3月	予備設計開始調査と地質調査
昭和51年 9月	黒部川各河川事務所建設事務開始
昭和51年 10月	下流工事推進計画完了
昭和52年 10月	実施設計(ダム)工事開始(仮設工事)
平成2年 8月	工事推進計画改定
平成3年 4月	新黒部湖建設推進計画完了
平成3年 8月	ダム建設完了
平成5年 12月	治水大綱改定
平成6年 5月	ダム完成式
平成7年 7月	治水大綱改定(愛本地点5,378m ³ /秒)
平成7年 9月	ダム事業推進計画改定
平成8年 4月	黒部川各河川事務所建設事務完了(治水大綱)
平成9年 6月	ダム事業推進計画完了
平成10年 9月	ダム事業推進計画完了
平成11年 10月	ダム内湖完成式
平成12年 2月	ダム建設完了
平成12年 4月	ダム完成式
平成12年 6月	新黒部湖
平成13年 10月	竣工式

2 宇奈月ダムの防災対策

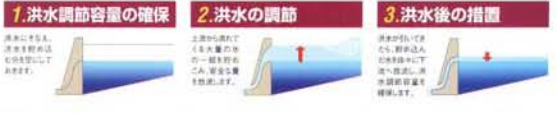
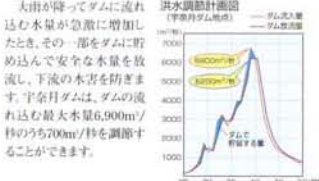
ふだんはおどやかで、優しい表情を見せている自然も、時にはその大きなエネルギーによって、人々の暮らしを脅かします。

黒部川はわが固有種の急流河川で、上流でひとたび大雨が降ると、短時間で宇奈月ダムに流れ込

む水量が増加します。ダムからの放流量が急激に増加するときは、役場などの関係機関に通知するとともに、ダム下流の河川利用者へ周知を行うなど、地域の安全を守るために適切な対応をとります。



3 洪水調節



水害の歴史

昭和44年8月、黒部川は観測史上最大の洪水を記録しました。この洪水では、河川の水位が堤防より低かったにもかかわらず、急峻な地形を一気に流れ下った凄まじい水の勢いにより堤防が破られ、下流域に大きな損害をもたらしました。

宇奈月ダムが計画された背景には、急流河川の洪水対策として「大雨で増水した川の水をダムに貯め、水の勢いを減らし、堤防の決壊を防ぐことが最も効果的な手段である」という教訓があったのです。



4 宇奈月ダム の諸元



貯水池諸元

河川名	奥羽山系奥羽川
ダム座標	E17.36m
貯水池	
堤上面積	0.873km ²
水面積	8.8km ²
水面積率	81.3603%
平均水深	81.2653m
最大貯水容量	15,243.5m ³
有効容量	81,329.5m ³
総貯水容量	24,710,000m ³
有効貯水容量	12,730,000m ³
総貯水容量	13,290,000m ³
ダム貯水容量	11,200,000m ³
ダム式発電容量	1機容量 300,000kW 総容量 300,000kW
水力発電容量	1機容量 1,200,000kW 総容量 1,200,000kW
最大洪水流量	0.800m ³ /s
計画最大洪水	0.200m ³ /s
計画流量	70m ³ /s

貯水池容量配分図

ダム諸元

型式	重力式コンクリートダム
堤頂高	81.2653m
堤頂長	87.0m
堤厚	8.0m
堤面積	916,000m ²
基礎掘削	上流側10.5m、下流側10.5m
基礎掘削量	

放流設備諸元

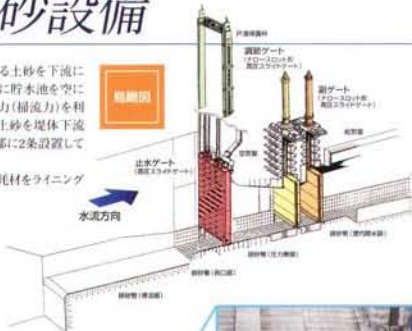
ゲート	17.0m×12.0m鋼製スライドゲート
ゲート高	17.0m
ゲート幅	12.0m
ゲート厚	17.0m
ゲート重量	約1,200t
ゲート駆動機	17.0m×12.0m鋼製スライドゲート
ゲート駆動機	17.0m×12.0m鋼製スライドゲート
ゲート駆動機	17.0m×12.0m鋼製スライドゲート

5 UNAZUKI DAM

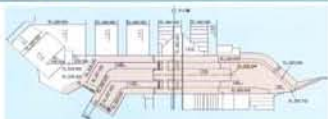
6 排砂設備

貯水池内に流入してくる土砂を下流に排出するため、洪水末期に貯水池を空にして、流れが土砂を運ぶ力（掃流力）を利用して、貯水池に溜まった土砂を堤体下流へ排出する施設で左岸部に2条設置しています。

また、排砂路には耐磨耗材をライニングしています。



排砂設備平面図



排砂設備標準断面図



排砂時水位低下用放流設備標準断面図



7 UNAZUKI DAM

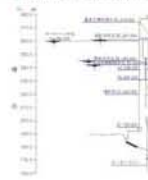
5 宇奈月ダム の構造

ダム平面図

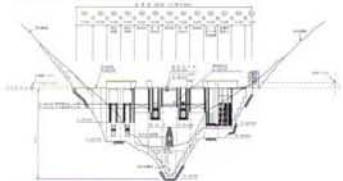


ダム標準断面図

常用洪水吐標準断面図



ダム上流面図

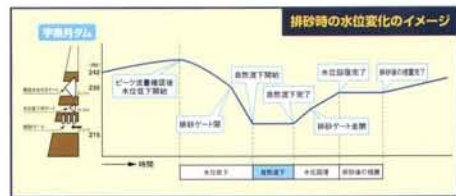


ダム下流面図



UNAZUKI DAM 6

7 排砂の方法



貯水位低下

洪水の後、すぐに貯水池内を一時的に空にする。

排砂

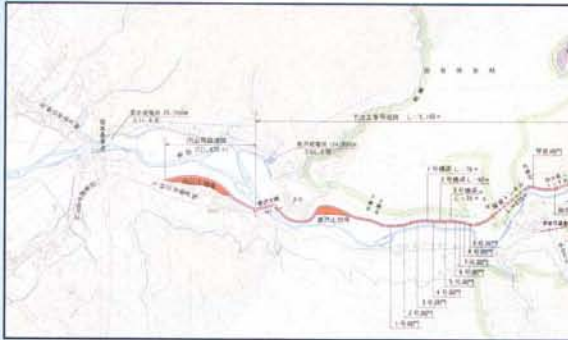
排砂ゲートを開け、自然の定率による掃流力で、貯水池に溜まった土砂を流す。

貯水位回復

排砂ゲートを閉じ、貯水位（貯水容量）を回復する。

UNAZUKI DAM 8

8 工事中道路及び主な補償

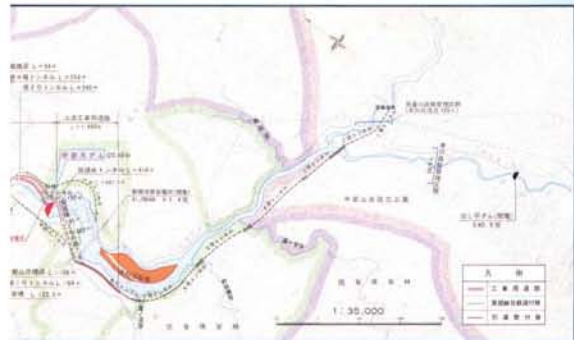


■ 工事中道路

下流工事中道路		上流工事中道路	
区間：霞沢大橋～ダムサイト		区間：ダムサイト～尾ノ沼谷付近	
付帯延長	約0.5km	付帯延長	約1.0km
トンネル延長	約0.1km	トンネル延長	約0.4km
橋脚延長	約0.4km(霞沢大橋約0.2km)	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.1km	橋脚延長	約0.2km



9 UNAZUKI DAM



■ 補償

宇奈月温泉引湯補償	
付帯区間：ダムサイト下流地点～源流温泉集積地	
付帯延長	約0.2km
トンネル延長	約0.2km
橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.2km

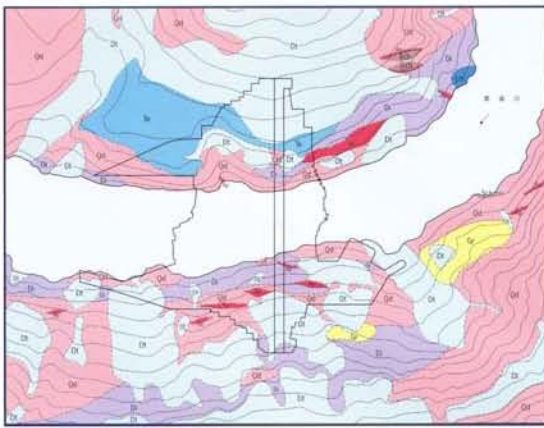


東部峠谷鉄道付帯	
付帯区間：宇奈月駅～稲成駅手前	
付帯延長	約1.7km
トンネル延長	約1.0km(1.0km)
橋脚延長	約0.2km
橋脚延長	約0.2km(1.0km)



10 UNAZUKI DAM

9 ダムサイトの地質



ダムサイトの地形は、V字谷の様相を呈し、急峻かつ河床幅も約40mと狭い。河床堆積物の厚さは最大30mにも及びます。また、右岸部には発達した段丘面が見られます。

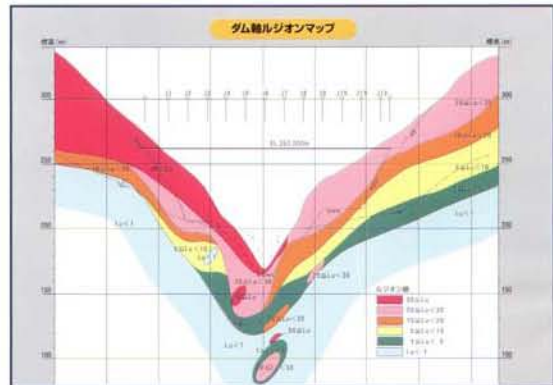
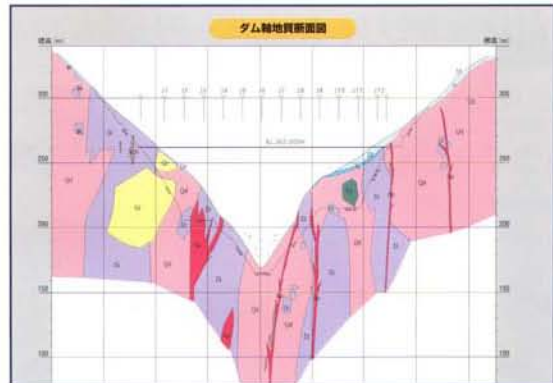
ダムサイト周辺の地質は中生代ジュラ紀(およそ2億年前)に作られた船津花崗岩類を基礎とし、これらを新生代第四紀の段丘堆積物、崖堆積物及び河床堆積物が覆っています。

ダム基礎岩盤は、船津花崗岩類に属するアグマタイト状(花崗岩質岩と変成岩との混成岩)の石英閃緑岩であり、一般に堅固です。

風化による岩盤の軟弱化、劣化は表層に限られ、風化帯は概ね地表面に沿って、薄く分布しています。なお、活断層は、ダムサイト付近において存在していません。

地質	地質(地質)記号	新案	備考
第四紀	河床堆積物	A4	第四紀新案の新しい地質
第四紀	崖堆積物	C4	第四紀新案の新しい地質
第四紀	段丘堆積物	Ta	第四紀新案の新しい地質
中生代	アグマタイト	Aa	船津花崗岩類に属するアグマタイト状(花崗岩質岩と変成岩との混成岩)の石英閃緑岩
中生代	花崗岩質岩	Ca	船津花崗岩類に属する花崗岩質岩
中生代	閃緑岩	Ca	船津花崗岩類に属する閃緑岩
中生代	片麻岩	Ca	船津花崗岩類に属する片麻岩
中生代	結晶岩	Ca	船津花崗岩類に属する結晶岩
中生代	結晶岩	Ca	船津花崗岩類に属する結晶岩
中生代	結晶岩	Ca	船津花崗岩類に属する結晶岩
中生代	結晶岩	Ca	船津花崗岩類に属する結晶岩

11 UNAZUKI DAM



UNAZUKI DAM 12

10 宇奈月ダム周辺環境

地域に開かれたダム 【宇奈月ダム周辺の環境整備】

荒削りの自然が残された北アルプスの山々——雄大な黒部渓谷の入口には、美しい湖の街、宇奈月。宇奈月ダムの周辺整備は、ダム周辺をゾーン分けして、それぞれのゾーンごとにテーマを決め、そのテーマの基境をめざしています。



★環境整備計画 4つのテーマゾーン



13 UNAZUKI DAM

【宇奈月ダム情報資料館】

大夢来館「だむこんかん」

宇奈月ダム管理所上流棟2F

操作室にあるいろいろな機械は、通称「ダムコン」(ダムコントロールシステム)と呼ばれています。

大夢来館は、黒部川流域に大きな夢が来るようお願い、また、ダムに来てほしいという願いも込め、ダムコンにかけて名付けたものです。



UNAZUKI DAM 14

(九) 関西電力株式会社一出之平水庫

自然と地域とダムの豊かな共存をめざして

——黒部川「出し平ダム」の排砂について——

関西電力

暴れん坊将軍、黒部川

厳しさと豊かさ。数字が実証する黒部川の素顔

雄大な北アルプス連峰から富山湾まで一気に流れ下る黒部川。豊富な水量をたたえた清流は豪大な深谷を削り運ばれた土は日本を代表する扇状地を形成し、豊かな農産地等として流域の人々の暮らしを潤してきました。しかし、ひとたび暴雨となると手のつけられない暴れ川と化し、大きな災害を引き起こしてきました。

平均勾配1/40、日本有数の急流河川

北アルプスの野村岳(2,924m)を源に立山連峰と後立山連峰の間を縫って日本海に注ぐ黒部川は、平均勾配1/40、源流から中流域にかけては1/20〜1/35という値をみない急流です。約80kmの流路の大半をV字型の谷が占め、日本一深い「黒部峡谷」として人々を魅了しています。しかし、その美しい清流もひとたび暴雨に見舞われると「暴れ川」と化してしまいます。

主な河川の河床勾配比較図

河川	平均勾配
黒部川	1/40
庄川	1/20
木曾川	1/35
信濃川	1/40
セー川	1/40

年間降水量4,000mm、日本最大級

黒部川流域はまれにみる多雨多雪地域で、山岳地帯では年間降水量が4,000mm以上もあり、流域平均降水量としては日本でも最大級に属します。

黒部川流域の雨量と気温

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
雨量 (mm)	100	150	200	250	300	350	400	450	400	350	300	250
気温 (℃)	5	6	7	8	9	10	11	12	11	10	9	8



自然エネルギーの宝

崩壊箇所約7,000、国内トップランク

黒部川の源となる山々は第三紀以降に断層活動によって急峻に隆起したもので、浸食作用が著しいのが特徴です。さらに基盤がもろく保水能力の低い花崗岩類でできているため、平常に崩れやすく、上流域の崩壊面積比率はおよそ9%（通常は1~2%）にのびます。豪雨時には新堆した多量の土砂が川に流れ込み下流域一帯に多大な被害を与えてきました。

■崩壊面積率比較図



とどまるところを知らない黒部川の土砂

上流域に多くの崩壊地が存在する黒部川では、豪雨や融雪により大量の土砂が流出、その量は年間約140万m³と国内でも最上位にランクされ100トンに換算すると22万トン、ビックな東京ドーム(124万m³)にも入りきらない量になります。



＝ × 220,000台

東京ドームにも入りきらない黒部川の年間流出土砂量



黒部川の豊かな水量を利用した水力発電

エネルギー資源の80%以上を輸入に頼る日本、しかもその資源の石油・石炭・天然ガスなどには限りがあります。こうした中、純国産として貴重なエネルギーが水力発電です。流量が豊富で河川勾配が急な黒部川はまさに水力エネルギーの宝庫といえます。

エネルギーの安定供給に欠かせない水力

雨水や融けた雪が川へ流れ込む自然の原理を利用した水力発電は、輸入に頼ることのない純国産のエネルギー。そして電力需要への即応性や安定性にも優れているという特長があります。今後、電力の安定供給に向けて、水力や原子力など各発電の割合をベストに組み合わせる中で、高橋に架けられた信頼の高い水力発電は引き続き大きな役割を担っています。



黒部川本流最大のダム、黒部ダム

地球温暖化防止にも貢献しています

発電時にCO₂を発生しない水力発電は、他の発電方法と比べても地球温暖化防止という点で優れているといえます。水力発電所を適切に維持・管理・運転することによりCO₂を発生しない電気を少しでも多く発電することが、地球環境の保全にもつながるというわけです。



庫、黒部川

黒部川は水力資源の宝庫

黒部川は水力エネルギーを利用した電源開発に絶好の地形として早くから注目され、ダムや発電所が数多く建設されてきました。関西電力でも黒部川水系発電所をはじめ10発電所において発電し、その電気の一部を地元のお客さまにもお使いいただいております。

■黒部川水系にある関西電力のダム



■黒部ダム

黒部ダムは電力供給が主で、治水も兼ねて建設された。その建設にあたっては、当時の技術で建設された。その建設にあたっては、当時の技術で建設された。その建設にあたっては、当時の技術で建設された。



黒部川とダムを取り持つ技術、排砂

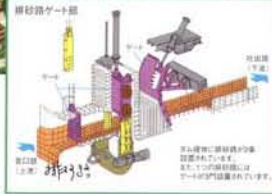
河川とダムが共存するための技術、排砂

黒部川のような土砂の流出が多い河川では、ダムにより土砂をせき止めてしまうことにより色々な問題が発生します。これを解決するための技術が排砂ゲートによる排砂です。

出し平ダムの排砂設備



出し平ダムでは大規模な排砂ゲートを2基あり、貯水体内の堆積土砂を流下させる構造になっています。ただし、排砂ゲートを開けるだけでは土砂は流れ出ていきません。スムーズな排砂には、河川本来の流れという自然の力を巧みに使う必要があります。



限りなく自然に近い

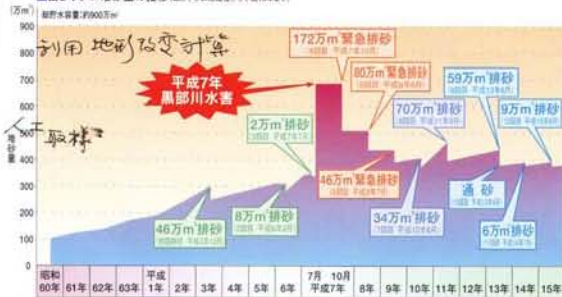
過去の排砂実績をふまえてよりよい方法を今後確立していきます

現在まで大雨などの出洪水時に排砂を実施することで、自然の出水状態とほとんど変わらない方法を確立してきました。今後は土砂を貯めないよう適切に排砂を行うことで、限りなく自然に近い土砂の流れを黒部川において実現していきます。

出し平ダムの排砂実績

昭和60年のダム完成以降、出し平ダムでは平成15年までに計12回の排砂を行っています。

■出し平ダム堆砂量の推移(出し平ダム完成後から平成15年まで)



第1~3回排砂 水を貯めた約6年が経過した平成3年に2回排砂を実施しました。しかし、長年の間に溜まった土砂の蓄積の増えが原因で、溜まった土砂の排出に困難が生じました。これらを受けて、下流域への影響を少なくする方法を検討するため、平成5年と7年に3回排砂を行いました。

第4~6回排砂 平成7年7月1日、豪雨による黒部川大出水により、大量の土砂が流出し、周辺地区では河床が10m以上、崖崩れや道路が寸断されるなど、多大な被害が発生しました。このため上流域の安全確保と、このダムに貯まった土砂を大出水以前の状態に戻すため、平成8年と9年に2回排砂を行いました。

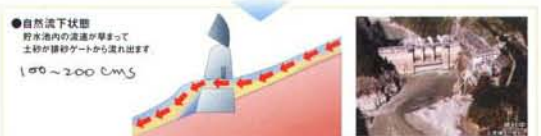
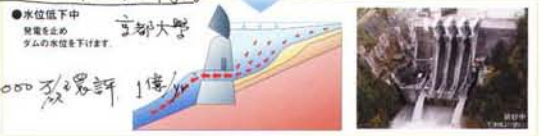
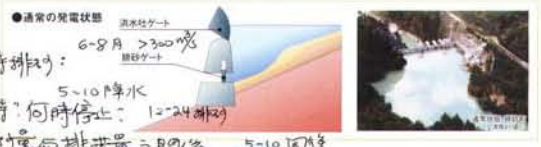
第7~8回排砂 第6回・第7回の緊急排砂として行った出洪水時排砂の経験に基づき、平成10年と11年この方法により排砂を実施しました。出洪水時排砂という自然の力を利用した方法がほぼ確立されました。

第9回連続排砂 過去最高連続年月間10連排砂として排砂する日本でも初めての排砂を行いました(連続)。また連続排砂、濁水が発生したため、濁水流入による土砂増量にたいへん注意する排砂(連続排砂)も行いました(連続)。

技術、排砂

自然の力を使う排砂のしくみとは

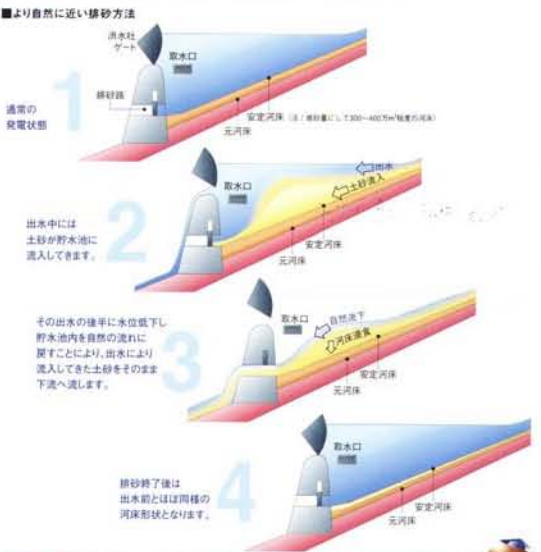
排砂を行うには、発電を止めて洪水ゲートや排砂ゲートから放流することによりダムの水位を下げて、水を貯めた状態では排砂ゲートを開けたとしても貯水体内の流速が非常に遅く土砂が動かないためです。そこでダムを空っぽにすることで、河川本来の流れをとりもどし、この力により土砂を排砂ゲートから流下させます。



土砂の流れのために

土砂を貯めないための排砂をめざします

黒部川流域では大量の土砂が発生しますが、その90%以上は5-8月の出洪水時に集中してダムに流入してきます。今後はこの出洪水時に流入する土砂をダムで貯めずそのまま流下させることにより、貯水体内の安定河床を維持していくことをめざします。いったん貯めた土砂を排出するより従来の排砂に比べ、環境への負荷もより軽減されることが予想されます。



知っ得コラム 出洪水時の排砂は発電によって手番合では? 通常時は洪水ゲートが閉じられ、発電機が運転されています。出洪水時は洪水ゲートが開かれ、発電機は停止して発電機が運転されず、洪水ゲートから洪水が放流されます。このとき、洪水ゲートが開かれることで、洪水ゲートの両側に設置された排砂ゲートから土砂が排出されます。



環境を見守るまなざし

排砂にあたっては徹底した環境モニタリングを実施

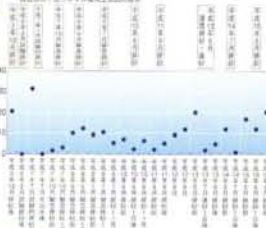
排砂によって流域の環境や富山湾の漁業、さらに黒部川での漁業や農業へ影響を及ぼさないように、徹底した環境調査を実施しています。

恒常的な排砂で環境への影響を少なく

ダム底に堆積した土砂は長い年月経たると変質するおそれがあります。恒常的に排砂することが変質を防ぐ最良の方法といえます。そしてもちろん、ダム湖底質の調査も入念に行っています。



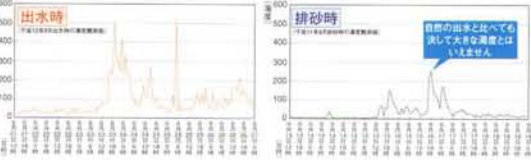
出し平ダム底質調査 (平成30年排砂時)



自然の出水と変わらない濁り具合

排砂時には河川や海域の水の濁り具合も、きめ細かくモニタリングしています。たとえば河口200m沖合の濁り具合をみると、排砂時の濁り具合は自然の出水時と比較しても大きなものとはいえないことがわかります。

河口200m沖合の濁度比較 (実測)



もしっかりと

豊富な調査地点で詳細にチェック

環境への影響をきめ細かく把握するために、下流域の水路において数多くの調査地点を設置。川・海の水質や底質、水生生物の生育状況、地下水にいたるまで詳細にチェックし、調査データを蓄積しています。



客観的な評価のために専門機関も設立

平成10年に学識経験者などで構成された「黒部川ダム排砂評価委員会」が設立され、環境調査データを提供いただくなど、排砂による影響について客観的な立場から助言をいただいております。また黒部川の土砂管理のあり方について総合的に把握し、地元と協議しながら適切に行っていくために「黒部川土砂管理協議会」も設立され、宇奈月ダムとの連携排砂など今後の課題について協議や調整が行われています。



黒部川土砂管理協議会
黒部川土砂管理協議会
黒部川土砂管理協議会
黒部川土砂管理協議会



総合的な土砂管理の視点から

出し平ダムと宇奈月ダム 2つのダムが手をとりあって

利水や治水を行いながら、黒部川において川から海にいたるまで環境を保全していくためには、ダム個別の対策でなく、黒部川全体の総合的な土砂管理が必要となります。こうした観点から出し平ダムと宇奈月ダムでの連携排砂が行われます。

連携排砂のしくみ

出し平ダムと約7km下流の宇奈月ダムが、出水時に連携して排砂を行うので、出し平ダムで排砂された土砂をそのまま宇奈月ダム下流へと通過させるしくみです。出し平ダムと宇奈月ダム双方の機能を維持するとともに、上流域での土砂増積を解消するだけでなく、下流域での河床低下や海岸の浸食などを防ぎます。

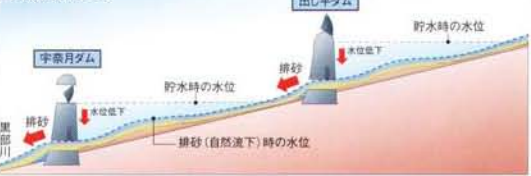


出し平ダム
形式:重力式
高さ:76.7m



黒部川(黒部川 宇奈月川 黒部川 黒部川)

連携排砂のしくみ



宇奈月ダム
形式:重力式
高さ:37m

バランスのとれた土砂管理をめざして

関西電力では出し平ダムで培ってきた排砂技術を駆使しながら、今後もダムと川とのよりよい関係を追求してまいります。また世界的にも誇れるような貯水池の土砂管理に向けて一層努力してまいります。

(十) 水資源機構本部

2005年10月5日
水資源機構

資料一覧

(文 献)

- 水資源開発公団：ダムの堆砂の現状と対策，1999.11。（抜粋）
- 谷田：ダムの堆砂対策に関する取り組みと今後の課題，ダム技術 No.200，2003.5.
- 久保田・木戸：ダム下流の流砂系保全に向けた取り組み事例と今後の方向性，土砂管理とダムに関する国際シンポジウム，2005.10.
- 小川・金山：土砂掃流試験によるダム下流河川環境改善の取り組み，土砂管理とダムに関する国際シンポジウム，2005.10.

(補足資料)

- 地質調査所：日本の先新第三紀地質構造図，日本地質アトラス，1982.9.
- 水資源機構資料：管理ダムの堆砂状況（2005年4月現在）

* : 貯砂ダムの例（写真）

以上

土砂掃流試験によるダム下流河川環境改善の取り組み

独立行政法人水資源機構下久保ダム管理所 小川 浩^{*1} 金山明広^{*2}

1. はじめに

下久保ダムは独立行政法人水資源機構が管理する多目的ダムで、洪水調節、流水の正常な機能の維持、新規利水（生活用水、工業用水）、発電を目的としている。ダム管理開始から36年が経過しており、ダムに流入する堆砂対策として実施する貯水池機能維持対策と、ダムの土砂捕捉によるダム下流河川の河床低下対策などが課題となっている。

特に下久保ダム下流の約1.5km区間は、国の文化財「名勝及び天然記念物 三波石峽」に指定される景勝地で、この区間において河床低下や砂州の消失、クレンジング効果（流砂が当たり石を磨き削る効果）の低下等による景観変化が顕在化していた。

本報文は、2003年から実施してきたダム下流河川の景観対策としての土砂掃流試験と、ダム下流河川の環境保全対策及び貯水池機能維持対策としての土砂掃流試験の取り組みについて報告するものである。

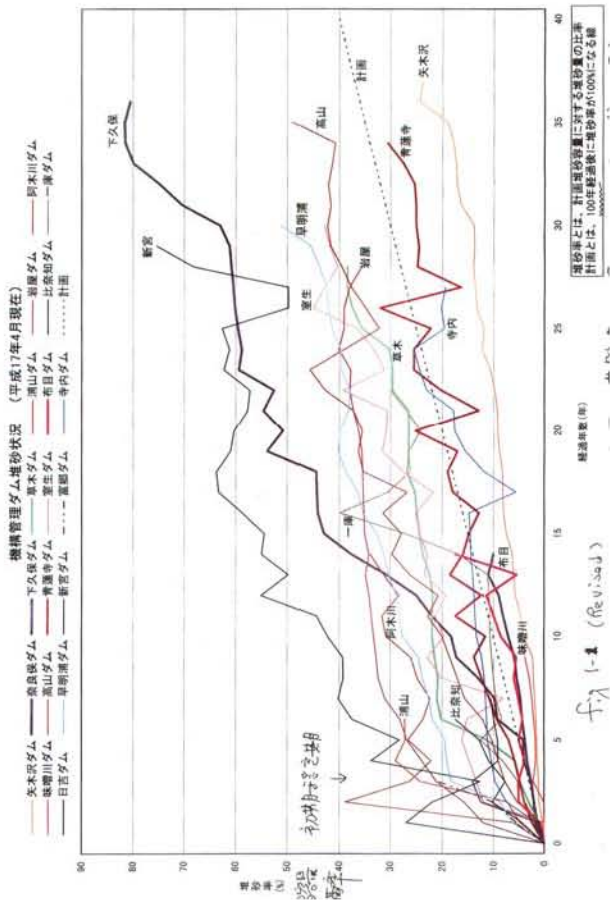
2. 下久保ダム運用による神流川流砂系への影響

下久保ダムは利根川水系右支川神流川に位置し、ダムの流域面積は323km²と神流川全体の流域407km²に対し79%を占めている。また、河床材料を生産する山地部の流域面積は374km²で、実にその86%をダム流域が占めていることとなる。

下久保ダム貯水池への堆砂によりダム上下流の流砂系の連続性が失われ、下久保ダムへ扇状地扇頂部までの区間では激しい河床低下現象が生じており、ダム建設前の写真から判読すると約5mほど河床が低下している区間もある。また、ダム直下流では河床材料の粗粒化がみられ、三波石峽では河原が消失するなどの景観障害が生じている。



Fig-1 神流川と下久保ダム流域図



識者の指導・助言を得ながらモニタリング調査を実施する。

1.1. モニタリング調査計画

土砂掃流試験による下流河川への影響を評価するため、平面形、横断面、河原、河岸植生、魚類、底生動物について次のモニタリング調査を実施する予定である。

平面形については、ヘリコプターによる空中写真撮影を実施し、この写真上にみお筋、河原、河岸植生（相模植生）などを集約して、視覚的かつ経年的な変化を捉えることのできる環境基礎情報図（写真）を作成し、総合的な資料とする。

また、治水上の安全性の観点から溢水に対して監視を要する断面については、横断測量を実施し河積の変化を把握する。

インパクトレスポンスの生物指標として、魚類及び底生動物について調査を実施する。魚類は、有識者及び漁協関係者へのヒアリングを行った結果、アユ、ウグイ、カジカ、底生魚を調査すべき種として選定した。底生動物については、定性的な調査結果をもとに水生昆虫類の生活型区分並びに摂食方法による分類を行い、底生動物の棲み場環境の変化から河床環境の評価を試みる。

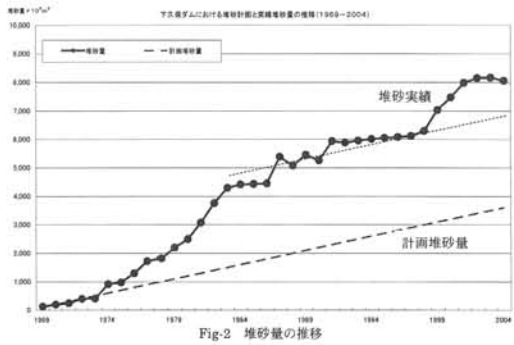
1.2. おわりに

貯水池機能維持のための堆砂対策は多くの管理ダムにおける課題となっている。堆砂をコンクリート骨材としてリサイクル活用を図るなどの従来対策に加え、堆砂を活用してダム下流の河川環境改善に資する取り組みは、ダム管理における堆砂対策として極めて有効な手段と考えている。

*1 下久保ダム管理所 所長
*2 下久保ダム管理所 主幹

3. 下久保ダム貯水池への堆砂の状況

下久保ダムは1969年の管理開始後36年が経過し、比較的大規模な出水時に貯水池の堆砂量が急激に増加する傾向を示しており、2004年末の堆砂量は $8,057 \times 10^3 \text{ m}^3$ で、計画堆砂容量 $10,000 \times 10^3 \text{ m}^3$ に対し81%、2.2倍の進行速度となっている。

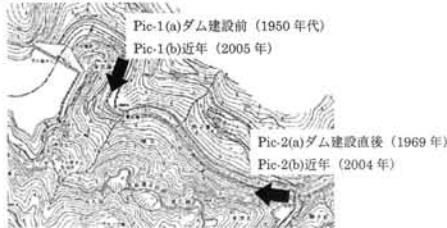


4. 三波石峡の現状と土砂掃流試験の目標

下久保ダムが流砂系を遮断したことにより、三波石峡に景観障害が生じている。

- ① 河床低下、河床材料の粗粒化、河原の消失
- ② クレンジング効率の低下

河原が失われた状況や河床低下量を把握して景観改善目標を設定するため、ダム建設前後の写真を比較した。



ダム建設前の三波石峡 Pic-1(a)は河原が存在しているが、ダム完成後は出水時に河床材料が補給されず河床低下を続け、近年 Pic-1(b)では河原が失われている。また、ダム完成直後 Pic-2(a)と近年 Pic-2(b)を比較すると、巨石の比較と現地調査により河床低下量は2m程度と推定することができる。これらのことから、河原の消失に対しては河原の再生を、河床低下に対しては2m程度の河床の回復を景観改善目標（河原の再生目標量）とする。

なお、クレンジングについては土砂掃流試験前後の写真撮影によりその効果を把握する。

5. 土砂掃流試験方法

2003年度から実施している土砂掃流試験は、下久保ダム貯水池内の貯砂ダムにおいて堆砂土砂を採取し、ダンプトラックでダム下流まで運搬・投入、ダムからの放流時に流下させる。

せようとするものである。なお、貯砂ダムは下久保ダム上流8.5kmに位置し、洪水期（7月～9月）に制限水位（E.L.283.8m）を迎えると堆砂の採取が可能となる。



6. これまでの土砂掃流実績

第1回目（2003年7月16日投入）は、2003年7月の前線による出水に伴うゲート放流（7月26日夜半から最大放流量約 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ＝約5時間）により、約 $1,000 \text{ m}^3$ の土砂が流下した。

第2回目（2003年10月22日投入）は、2004年台風22号の出水に伴うゲート放流（2004年10月10日～10月15日、最大放流量約 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ＝約9時間）により、約 200 m^3 の土砂が流下した。その後、2004年台風23号の出水に伴うゲート放流（2004年10月19日～10月26日、最大放流量約 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ＝約2時間）により、前回の放流時に残存していた約 800 m^3 の土砂が流下した。

第3回目（2005年3月25日投入）は、約 $2,000 \text{ m}^3$ の土砂を投入した。今回は小規模の放流でも土砂が流下するよう、河道中心まで押し出す投入形状とした。その後、2005年5月8日のクレストゲート点検放流（約 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ＝約1時間）により、若干ではあるが流下している。

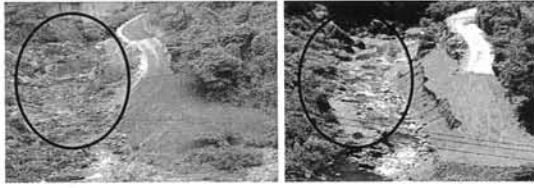
	年月日	投入土砂量	放流要因	最大放流量×時間	流下土砂量
投入	2003. 7. 16	1,000 m^3	前線		
流下	2003. 7. 26		前線	約 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ × 5時間	約 $1,000 \text{ m}^3$
投入	2003. 10. 22	1,000 m^3			
流下	2004. 10. 10～15		台風22号	約 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ × 9時間	約 200 m^3
流下	2004. 10. 19～26		台風23号	約 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ × 2時間	約 800 m^3
投入	2005. 3. 25	2,000 m^3			
流下	2005. 5. 8		点検放流	約 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ × 1時間	若干

Fig-4 土砂掃流試験の経過



7. 河原の再生

これまで下流した土砂により、土砂投入地点から下流にかけて河原の再生が認められる。しかしながら、再生した河原も現在の投入量と投入方法では洪水量～計画最大放流量(500m³/s～800m³/s)を経験した場合、再び流失してしまうと懸念される。今後は、ダム放流量と放流継続時間に対応した土砂の投入形状及び投入量を検討する必要がある。



Pic-9 土砂掃流開始前の河道 (03.07) Pic-10 現在の河道 (05.07)
※ 河道内に河原の再生が認められる。

8. クレンジング効果

土砂掃流により流水に砂礫を混入させたため、クレンジング効果が向上したものと考えられる。写真(Pic-11,12)は、土砂掃流試験前後の写真である。黒ずんでいた三波石がクレンジングにより新鮮な表面を表している状況が判る。



Pic-11 1997年の三波石映 Pic-12 2004年の三波石映

また、クレンジング効果は水衝部となる巨石の上流側より、不規則な流れにより流砂を巻き込む下流側の方が大きい。写真(Pic-13,14)は、巨石の上下流面の状況であり、クレンジング効果が格段に異なることが判る。写真(Pic-15)は、同石を側面から写したものである。



Pic-13 下流面 Pic-14 上流面



Pic-15 側面

9. 土砂掃流試験の効果

2003年から実施している土砂掃流試験は、三波石映の一部で河原の再生及びクレンジング効果により景観の改善が認められる。

しかしながら、河床低下対策については、ダム放流量と放流継続時間によっては再生した河原が再び流失してしまうことが懸念されるため、今後も引き続き検討が必要である。クレンジングは、土砂掃流を継続することによって恒久的な効果が期待できるものと考えられる。

なお、この試験結果は定期的に地域住民に対し報告しており、地域住民からは景観改善効果について理解と好評を得ている。

10. 貯水池機能維持対策としての土砂掃流試験

下久保ダムでは、2005年度から継続かつ恒久的な貯水池機能維持対策も視野に入れた土砂掃流試験の実施を予定している。この土砂掃流試験実施にあたっては、総合的な土砂管理対策としてダム下流河川の環境保全(流水の正常な機能の維持、動植物の保全、人と自然の豊かなふれあい)を目的とした河川管理とダム貯水池機能維持の両面からの必要性と課題を整理し、この課題を関係者間で共有するため、「神流川土砂掃流会議」を設置し河川管理者、沿川利水者、漁業関係者等との緊密な連携を図ることとしている。

また、この会議に提供する資料として、土砂掃流による効果を定量的に把握するため

ため、河床に岩着させずに堆積土砂を基礎とする「フローティングタイプ」の設計を行うものとし、基礎の変形に対する耐久性、施工性及び建設費等について比較検討し、「鋼製枠構造方式」を採用するものとした。比較検討の内容については表3-4に示す。なお、鋼製枠構造方式の設計については、鋼製砂防構造物設計便覧の不透過型ダム設計に基づいて行った。

(9) 魚道の設置

下久保ダム貯水池を含む神流川沿川はアユ等の釣りのスポットになっており、平成7年度に公団がダム貯水池内で実施した調査(河川水辺の国勢調査)においても、アユをはじめ多くの魚類の生息が確認されている。下久保ダムでの貯砂ダムの設置にあたっては、貯水池が貯砂ダムに分断されることに伴う魚類の上下流の往来への影響を最小限にするため、魚道を設置するものとした。設置位置は河川のみお筋である右岸側とし、平面形状は現地形に合わせた。魚道型式は、実績の多い「階段式」を採用することとした。また、魚道内が土砂で埋没したときに土砂の排除を容易にするため、各プール間の隔壁を木製とし、土砂除去時には壊せる設計としている。

6) 堆積土砂の材質

昭和55年3月に貯水池上流部で行った堆積土砂の粒度試験結果は表3-5のとおりであり、コンクリート用骨材として使用しても問題のないものである。

表3-5 堆積土砂の粒度分布

テストピット	玉石 %	礫 %	砂 %	3分粘土 %	最大粒径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	粗粒率	備考
1 上部	5	39	55	1	80	5.7	0.42	13.6	4.99	
1 下部	11	37	50	2	256	7.0	0.42	16.7	5.31	
2 上部	48	31	19	2	283	5.0	0.58	86.2	7.41	
2 下部	37	38	23	2	203	35.0	0.64	54.7	6.96	
3 上部	23	22	54	1	224	8.0	0.40	20.0	5.39	
3 下部	21	27	51	1	213	8.0	0.37	21.6	5.38	
4 上部	29	47	22	2	216	23.0	1.50	15.3	6.90	
4 下部	26	42	31	1	303	21.5	0.86	25.0	6.60	
5 上部	11	40	49	0	207	7.8	1.30	6.02	5.86	
5 下部	40	40	18	2	199	40.0	1.60	5.0	7.34	
6 上部	21	30	47	2	175	9.3	0.52	17.9	5.69	
6 下部	30	32	37	1	306	20.0	0.66	30.3	6.40	
平均	25	35	39	1	222	-	-	27.5	6.19	

(玉石:40mm以上、礫:5.0~40mm、砂:0.15~5.0mm、3分粘土:0.15mm以下)

7) 工事の概略工程

工事は、まず進入路工事を実施した。その後、H8~9年度に設計を行い、H10~11年度には枠部分のみ工場製作を行い、H12年度にダム本体工事を一式を実施する計画である。



写真-1 浦山貯砂ダムの状況(下流から上流を望む)

1999建



写真-2 浦山貯砂ダムの採取試料(U1-2地点)



写真-3 阿木川貯留ダム状況（下流側左岸から上流を望む）



写真-5 岩村川貯留ダム状況
（貯留ダム直上流の陸化箇所、写真上方の吊り橋付近が貯留ダム）



写真-4 阿木川貯留ダムの採取試料（A2地点）



写真-6 岩村川貯留ダムの採取試料（11-2地点）



写真-7 味噌川貯砂ダム状況（上流左岸側から右岸を望む）



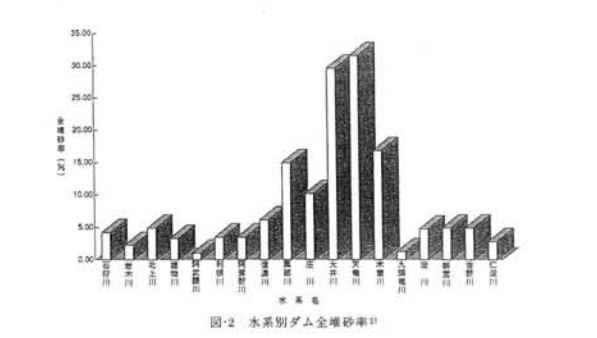
写真-9 布目副ダムの状況（上流から副ダム堤体を望む）



写真-8 味噌川貯砂ダム採取試料（M2地点）



写真-10 布目副ダム採取試料（N1地点）



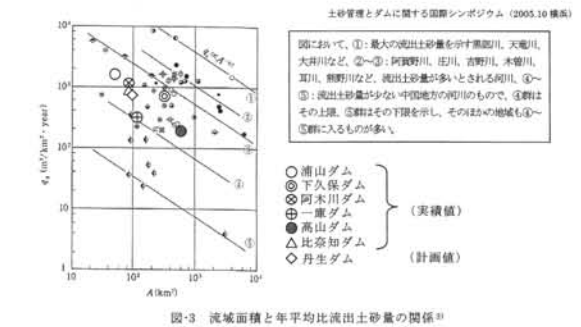
土砂管理とダムに関する国際シンポジウム (2005.10 横浜)
ダム下流の流砂系保全に向けた取り組み事例と今後の方向性

久保田明彦^{※1}
木戸研太郎^{※1}
^{※1} 独立行政法人 水資源機構 総合技術推進室

1. はじめに
 一般に、ダム建設による流砂系への影響として、以下の点が指摘されている。
 ・ダム上流域での河床上昇による洪水氾濫の危険性の増大
 ・流砂の遮断によるダム下流での河床低下の進行
 ・貯水池内の水の濁水長期化現象
 ・河床低下や河床上昇による河川構造物の機能低下
 ・ダム下流における河床構成材料の粗粒化や礫筋の固定化による河川環境への影響
 ・貯水池内の堆砂問題を単なる貯水機能維持の観点だけではなく、生態系も含めた河川の保全・復元を目標とした土砂管理と捉える必要がある。その対策として、貯水池内の土砂の質と量を定量的に管理し、これをダム下流域に適切に供給するなどの方法が実施されている。^{①)}

本報告では、水資源機構の管理するダムにおけるダム下流の流砂系保全のための試験的取り組み事例、および建設中のダムにおける将来の流砂系保全に向けた調査や解析の事例について紹介する。また、それらの事例から、今後の流砂系保全に向けた具体的方策の検討における課題の整理・考察を試みる。

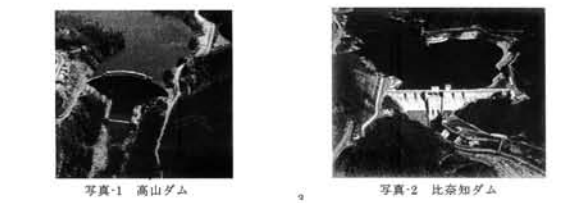
2. 検討対象とするダム
 今回対象とするダムは、水資源機構が建設・管理するダムのうち、下流河道の土砂環境改善を目指した取り組みを行っているダムである。それらの位置を図-1に示す。
 一般に、ダムの堆砂状況は地域要因が強く、糸魚川-静岡構造線や中央構造線などの大きな地質構造線の周辺地域において多い傾向がある。図-2^{②)}は、ダムの全堆砂率（総貯水容量に対する堆砂量の比率）を水系別に見たものである。天竜川水系、大井川水系が特に多く、次いで木曾川水系、黒部川水系が多い。
 図-3^{③)}は、わが国のダムの堆砂実績より、その流域面積と年平均比流出土砂量の関係をまとめたものである。図中には本報告で検討対象とするダムを加筆した。図中、①は最大の流出土砂量を示す河川、②～⑤は流出土砂量が多いとされる河川、④～⑥は流出土砂量が少ない河川である。
 天竜川水系や黒部川水系などの土砂流出が多い河川のダムでは、排砂ゲートや土砂パイパス等の大規模な貯水池堆砂対策が採用されている。
 一方、本報告での対象ダムの位置する河川は、全国的にみて流出土砂は中程度ないし少ない部類に属する。
 そこで本報告では、土砂流出の激しい河川の貯水池堆砂対策ではなく、むしろ土砂流出の穏やかな河川における流砂系保全対策という観点から整理する。
 水資源機構の管理ダムにおいては、現在、次の2つの方法を試行している。
 ①ダム下流河道への土砂供給は行わず、ダムからの放流量を一時的に増加する操作（以下「フラッシュ放流」という）により河床材料の移動、攪乱を行う方法（高山ダム、比奈知ダム）
 ②ダム下流河道に人為的に河川内土砂を供給し、フラッシュ放流あるいは自然出水により下流への土砂供給および河床材料の移動、攪乱を行う方法（阿木川ダム、一庫ダム、浦山ダム、下久保ダム）
 次章以降にこれらの概要を示す。また、建設中のダムにおける調査事例を紹介する。



3. フラッシュ放流のみによる効果事例（高山ダム、比奈知ダム）^{⑤)}
 3.1 ダムの概要および実施目的
 高山ダムおよび比奈知ダムの概要を表-1に示す。ダム下流の木津川は典型的な砂河川である。地域住民や学識者からは、ダム下流の河川環境に関して、次のような意見が出されている。
 ・ダム建設に伴い下流河川の流況が平滑化している。
 ・アユの餌となる藻類が新鮮なものへ入れ替わりにくい。
 ・藻類に土が付着してアユの餌として良質ではない。
 そこで、洪水期制限水位に向けてダムの貯水位を低下させる時期（以下「ドロウダウン時」という）にフラッシュ放流を実施した。

表-1 高山ダム・比奈知ダム流域概要

ダム名	高山ダム	比奈知ダム
河川名	木津川系 木津川支流 名瀬川	名瀬川
名瀬川の流域面積		619km ²
ダム管理開始からの経過年数	35年	16年
ダムの位置(注:木津川各河川系までの距離)	3.9km	約 37m
ダムの集水面積	619km ²	75.9km ²
ダム付近の河川状況		
河床勾配	約 1/250	約 1/200
ダム流入量(平水期)(2002年)	8.5m ³ /s	1.43m ³ /s
ダム放流量(平水期)(2002年)	10.18m ³ /s	1.58m ³ /s



3.2 調査方法

高山ダムにおけるフラッシュ放流の最大放流量は 40m³/s (調査地点における流速 0.78~0.87m/s)、比奈知ダムにおいては 20m³/s (調査地点における流速 0.94~1.10m/s) で行った。調査内容は、砂礫移動調査、付着藻類調査等である。高山ダムにおける調査範囲は下流約 10km まで、比奈知ダムは下流約 5km (青蓮寺川合流地点) までとした。

3.3 調査結果

高山ダムにおける調査結果は次のとおりである。
 ・土砂移動調査では最大粒径約 26 mm の砂礫の移動が確認された。
 ・クロロフィル a の測定結果は特に大きな変化は見られず、フラッシュ放流による藻類の剥離は確認できなかった。但し、藻類をタイプ別に観察すると、覆占種の入れ替わりが見られ、河川環境の変化が起きていることが分かった。
 比奈知ダムにおける調査結果は次のとおりである。
 ・土砂移動調査では最大粒径約 10 mm の砂礫の移動が確認された。
 ・クロロフィル a の測定結果は、高山ダムと同じく特に大きな変化は見られず、フラッシュ放流による藻類の剥離は確認できなかった。但し、図-4 に示すように、放流前後でクロロフィル a とフェオフィチン a の割合を調査した結果、クロロフィル a の占める割合が増える傾向がみられた。これは、藻類が死ぬとクロロフィル a はフェオフィチン a に変化するところから、藻類が活性化したことを意味すると考えられる。

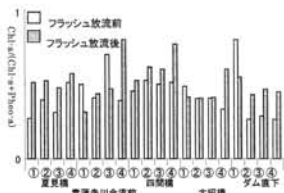


図-4 フラッシュ放流前後の付着藻類活性変化<比奈知ダム>

4. 土砂掃流による効果事例 (阿木川ダム、一庫ダム、浦山ダム、下久保ダム)

4.1 阿木川ダム⁹⁾

4.1.1 ダムの概要および実施目的

阿木川ダムの概要を表-2 に示す。ダム下流の河川環境に関し、地域住民や学識者から次のような意見が出されている。

- ・ダム直下流における河床構成材料の粗粒化
- ・鮎の育成のために付着藻類の更新が行われるよう砂を掃流すること。

以上より、2004 年から貯留ダム (阿木川ダム貯水池上流に位置する水質保全用ダム) に堆積した土砂をダム下流河川に還元する取り組みを開始した。また、これに先立ち、現地に、図-5 に示す付着藻類剥離実験装置を、石礫に付着している藻類に砂礫混入水を衝突させ、その剥離に関する定量的な資料を得ている。ここではこの実験結果について紹介する。

表-2 阿木川ダム流域概要

ダム名	阿木川ダム
河川名	木曾川水系 阿木川
阿木川の流域面積	123km ²
ダム管理開始からの経過年数	14年
ダムの位置(木曾川合流点までの距離)	8.0km
ダムの集水面積	81.8km ²
ダム付近の河川状況	河床勾配 約 1/80
河床勾配	約 1/80
ダム流入量(平水量)(2002年)	1.81m ³ /s
ダム放流量(平水量)(2002年)	1.74m ³ /s



写真-3 阿木川ダム



図-5 付着藻類剥離実験装置配置

4.1.2 付着藻類剥離実験

実験ケースは、流速 1m/s、2m/s、3m/s に対して土砂濃度を変化させ、その時の付着藻類の剥離率を比較した。今回の実験結果を図-6 に示す。このことから以下の傾向が見られる。

- ① 流速ごとに見ると、流水のみ (土砂濃度 0%) の時より土砂を含んだ時の方が藻類を剥離している。
- ② 流水のみであると、剥離率は流速の大小にあまり影響していない。
- ③ ある土砂濃度で剥離率のピークが見られる。

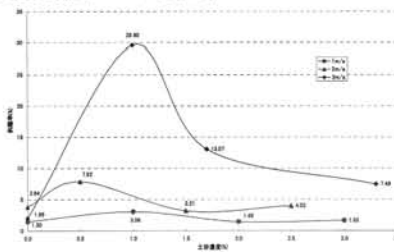


図-6 付着藻類剥離実験におけるクロロフィル a の剥離率

4.2 一庫ダム¹⁾

4.2.1 ダムの概要および実施目的

一庫ダムの概要を表-3 に示す。猪名川は、かつては都市に近い数少ないアユ釣り場として有名であった。そのため、ダム下流住民からは、かつてのように魚が多く住む川へ還元したいという強い要望がある。そこで、ダム下流に魚類の産卵場所となる土砂を供給し、河床に付着している藻類等を更新するため、土砂投入とフラッシュ放流を実施している。なお、この取り組みは、ダム下流の漁業協同組合、地元NPOや自治会および学識者、関係機関、一般住民も参加した意見交換会の中で議論しながら進めている。

表-3 一庫ダム流域概要

ダム名	一庫ダム
河川名	深川水系 猪名川 一庫大谷川
一庫大谷川の流域面積	132.3km ²
ダム管理開始からの経過年数	22年
ダムの位置(猪名川合流点までの距離)	5.0km
ダムの集水面積	115.1km ²
ダム付近の河川状況	河床勾配 約 1/200
河床勾配	約 1/200
ダム流入量(平水量)(2002年)	0.95m ³ /s
ダム放流量(平水量)(2002年)	1.43m ³ /s



写真-4 一庫ダム

4.2.2 調査方法

ドローダウン時の放流を利用し、フラッシュ放流により最大 20m³/s 放流を行った。投入土砂は下流の河川工事から排出された河床砂礫とし、放流量が 20m³/s で冠水するように敷き均した。調査範囲はダム下流約 5.0km (猪名川合流地点) までとした。主な調査内容は、付着藻類調査である。

4.2.3 調査結果

ダム下流では、フラッシュ放流により繁茂している藻類等を剥離する効果が得られた (写真-5)。

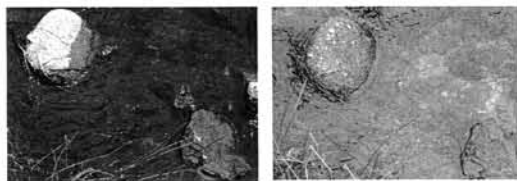


写真-5 フラッシュ放流前(左)と後(右)の下流河床状況変化

4.3 浦山ダム¹⁰⁾

4.3.1 ダムの概要および実施目的

浦山ダムの概要を表-4 に示す。ダム下流の浦山川には、ウグイ等の魚類が生息し、川沿いのキャンプ場等では釣りの対象となっている。また、ウグイは粒径 2~4cm のきれいな砂礫のある河床を産卵場として好む。

そこで、浦山ダムの下流河川における河床構成材料の粗粒化を防止し、魚類の生息・生育環境を保全するため、貯水池上流端の堆積土砂をダム下流に投入した。

表-4 浦山ダム流域概要

ダム名	浦山ダム
河川名	深川水系 浦山川
浦山川の流域面積	59.8km ²
ダム管理開始からの経過年数	6年
ダムの位置(深川合流点までの距離)	約 2.3km
ダムの集水面積	51.6km ²
ダム付近の河川状況	河床勾配 約 1/80
河床勾配	約 1/80
ダム流入量(平水量)(2002年)	1.01m ³ /s
ダム放流量(平水量)(2002年)	0.72m ³ /s



写真-6 浦山ダム

4.3.2 調査方法

投入土砂が魚類の産卵場の河床構成材料として利用されているか、トレーサーを用いて調査した。また、投入土砂は貯水池上流端に堆積したものを、出水時に臨時流下するようにした。

調査範囲はダム下流 2.3km (荒川合流地点) までとした。

4.3.3 調査結果

投入土砂の混入した河床でウグイの産卵場が確認された (写真-7)。産卵場を維持するためには土砂投入が有効な対策と考えられる。



写真-7 投入された砂礫で形成されたウグイの産卵床

4.4 下久保ダム¹¹⁾

4.4.1 ダムの概要および実施目的

下久保ダムの概要を表-5 に示す。ダム直下流約 1.5km は、国の名勝及び天然記念物に指定されている「三波石峡」である。この区間は、ダム運用による無水区間の発生や土砂移動の遮断による河床低下が生じるなど景観が変化した。そのため、2001 年から維持流量放流を開始し、

2003年から土砂掃流試験を開始した。この目的は、河原の再生やクレンジング効果による三波石の景観復元である。なお、この取り組みは、地域住民や行政との意見交換や、有識者の指導・助言を得ながら実施している。

表-5 下久保ダム流域概要

ダム名	下久保ダム
河川名	利根川水系 神流川
掃流川の流域面積	407km ²
ダム管理開始からの経過年数	36年
ダムの位置(利根川各支流までの距離)	約 30km
ダムの洪水規模	322.82m ³ /s
ダム付近の河川状況	
河床勾配	約 1/130
ダム流入量(平水量)(2002年)	3.02m ³ /s
ダム放流量(平水量)(2002年)	3.00m ³ /s



写真-8 下久保ダム

4.4.2 調査方法

河床材料を貯砂ダムにて採取し、ダム直下流に運搬・投入し、ダム放流時に掃流させる。調査内容は定期的な景観調査(写真撮影)等である。調査範囲はダム下流約3.0km(登仙橋地点)までとした。

4.4.3 調査結果

クレンジング効果により三波石に輝きが戻るなど景観改善に対する一定の効果が確認された(写真-9)。また、一部に河原の再生も確認できた。



写真-9 クレンジング作用のイメージ及び河部のクレンジング状況

4.5 管理ダムにおける取り組みの成果

- 以上の取り組みについて、評価できる点を整理すると以下のようになる。
- ①高山ダム・比奈知ダムでは、付着藻類の優占種の変化や活性化に着目し、フラッシュ放流のみで一定の効果を得た。また、一庫ダム・阿木川ダムでは、土砂掃流により付着藻類の剥離効果が確認された。
- ②瀧山ダムでは、川に生息する魚の産卵場の維持に着目し、土砂掃流により産卵場への土砂供給が確認された。
- ③下久保ダムでは、地域特有の観光資源(名勝、天然記念物)に着目し、土砂掃流による景観の復元等の効果を得た。
- ④阿木川ダムでは、土砂掃流試験に先立ち、流速・土砂濃度と付着藻類の剥離率に関する基礎的実験を行っており、本施工時の評価に際して重要な資料を得ている。
- ⑤下久保ダム、一庫ダムでは、地域住民や学識者等との意見交換会を開催し、その中で議論しながら進めている。

(2) 目標に応じた土砂掃流方法の選定

ダム下流の限られた範囲の河川環境の改善であれば、ダム直下地点への土砂供給とダムのドローダウン操作等により十分実施可能である。しかし、ダムの放流設備能力および貯水容量の制約等から、ダムにより生み出すことのできる掃流力には限界がある。

したがって、より大規模な土砂移動のためには、河道および流況の特性に応じて、土砂供給地点および供給量を順応的に設定することが望ましい。

(3) きめ細かいモニタリング

ダム放流は気象条件に依存する。したがって、その時々々の河川の状況に即して、モニタリングを行いながら土砂の供給、掃流を実施し、計画立案、変更を繰り返していくこととなる。このような順応的な土砂供給のためには、常時よりダム下流の河川環境のきめ細かいモニタリングを継続し、データベース化することが有効である。

(4) 様々な方面からの協力・理解

実際に河川環境のモニタリングや土砂供給、放流操作を行うにあたっては、下流の河川を管轄する行政、河川取水を行っている利水者、河川を直接利用している漁業者や観光業者、地域住民等との連携、協力が重要である。

(5) 経済的で効果的な手法の開発

以上の取り組みによって、土砂掃流が河川環境に与える影響についての科学的知見を積み重ねていく必要がある。それらの成果により、更に経済的で効果的な手法の開発を目指すことが重要である。

○参考文献:

- 1) 財団法人 河川環境管理財団: 流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究, 2004年12月。
- 2) 金藤: ダム貯水池の堆砂対策の現状, ダム年鑑, 1997。
- 3) 井田ら: ダム堆砂に関する研究, 防災研年報17号B, 1974。
- 4) 渡部ほか: 高山・比奈知ダムフラッシュ放流について(中間報告), 水資源機構関西ブロック技術発表会, 2004。
- 5) 渡部ほか: 高山・比奈知ダムフラッシュ放流の実施報告について, 近畿地方整備局管内技術発表会, 2005。
- 6) 水資源機構中部支社ほか: 平成16年度中部地方ダム等フォローアップ委員会生物調査検討会, 阿木川ダム下流河川環境調査資料, 2005年1月。
- 7) 前田ほか: 一庫ダム下流河川環境復元に向けた取組, 水の技術, No12, 2004。
- 8) 国土交通省関東地方整備局ほか: 2003年度関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 ダム・河川分科会資料
- 9) 野村ほか: 瀧山ダム下流に投入した土砂がウグイスの産卵にもたらす効果について—ダム下流河川における土砂投入の効果—応用生態工学6(1), 2003。
- 10) 中嶋ほか: ダム下流河川の景観復元に向けて地域と連携した諸対策の報告及び技術評価手法の試み, 水資源機構関東ブロック技術発表会, 2004。
- 11) 雪本ほか: 「川が動く!？」—出水が引き起こす河川状況の変化に対する一考察—, 水資源機構技術発表会, 2004。
- 12) 木戸ほか: 高時川流砂系における丹生ダムの影響, 河川技術論文集, 第11巻, 2005年6月。

5. 建設中のダムにおける流砂系保全に向けた検討事例^{11), 12)}

丹生ダムの概要を表-6に示す。丹生ダム(淀川水系)を建設中の高時川は、アユ等魚類の重要な産卵生場の場となっている。そこで、高時川の土砂動態を把握し、ダム建設後の流砂系保全対策の基礎資料を得るため、以下の調査、解析を行っている。

河川の地形(河道、流路、砂州、河床等)、植生の変化を視覚的に把握するとともに、ダム建設前の河川状況のデータベースを作成するため、主として平野部(河口〜約14km)において、継続的に定点写真撮影を行っている。撮影位置はおおむね1〜2kmごとに橋梁上から、撮影頻度はほぼ週1回以上である。これにより、河川流況と河床の変化の関係を継続的に把握することができる(写真-10)。

また、高時川における流砂系一貫した土砂流出予測モデルを用いて、丹生ダムが高時川流砂系に与える影響と効果、具体的には河床変動、掃流土砂の量および質の変化を定量的に予測している。

表-6 丹生ダム予定地流域概要

ダム名	丹生ダム
河川名	淀川水系 高時川
高時川の流域面積	212.0km ²
ダムの位置(河口からの距離)	約 30km
ダムの洪水規模	93.1km ³
ダム付近の河川状況	
河床勾配	約 1/130
流量(平水量)(2003年)	8.50m ³ /s

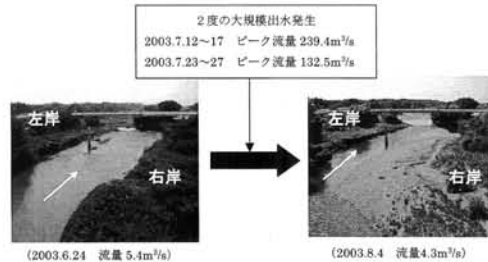


写真-10 出水前後の河道形状および植生の変化

6. まとめ: 今後の流砂系保全の取り組みに向けて

以上の事例から得られた知見をふまえ、今回対象としたような、特に土砂移動の激しくない河川のダムにおける今後の流砂系保全の取り組みに向けて、次の5点が重要と考えられる。

(1) 目標の設定

目標としては、河床低下の防止、流路の固定化防止、河床材料の粗粒化防止、付着藻類の剥離更新、景観保全・復元等が挙げられる。今回の事例から、付着藻類の剥離作用という点では、放流量のみをコントロールでもある程度有効であったが、土砂供給も組み合わさることで、藻類剥離効果の向上、河道への細粒分の供給、小規模な砂州の回復にもつながる。

【特別企画1】

ダムの堆砂対策に関する取り組みと今後の課題

国土交通省河川利根川流域課 谷田 広樹* 2003

877座水庫

1. はじめに

ダムは水を貯留するとともに土砂も捕捉する。このため、多目的ダムでは、原則として100年間値まる堆砂堆積量をあらかじめ確保することにより対応している。しかしながら一部のダムでは、当初の計画に比べて著しく堆砂が進行することによって有効貯水容量の減少、貯水池末端付近での河床上昇などが起こっている。また、ダム下流では河川からの砂利採取等さまざまな要因ともあわせて河床低下、海岸の侵食などが生じている場合もある。

堆砂による貯水容量の減少については、従来、貯水池の復原、掘削などの対策が実施されてきた。しかし、最近では、山地から海岸までの土砂の運動領域の全体を考え、ダムに堆積した土砂を掘削、浸透しダム下流河川へ供給したり、水理的排砂技術として排砂ゲート、排砂バイパス等でダム下流河川へ土砂供給を行う堆砂対策が計画、実施されている。

本稿では、ダムの堆砂の現状および堆砂対策の現状と課題について述べる。

2. 堆砂の進行状況

2.1 ダム堆砂の現状

877ダム(総貯水容量がおおむね100万m³以上)。そのうち、国土交通省直轄管理ダム73ダム、水資源開発公社管理ダム(特定施設)20ダム、国土交通省管営河川管理ダム282ダム、利水専用ダム502ダム)について平成12年度末現在で調査した結果、総貯水容量約183億m³に対する総堆砂量は約13.5億m³となっており、877ダムの平均値として、総貯水容量に占める実績堆砂量の割合(堆砂率)は7.4%である。

図-1に地方別、ダム管理種別に各ダムの堆砂率を示す。堆砂率は中部地方が高く、中国地方や沖縄地方では低い。

堆砂の多い中部地方は、急峻で地質的にも中央構造線や糸川静岡構造線など大きな構造線を有し、土砂生産活動が活発な地域を流域に多く抱えている。

図-2に堆砂率の大きいダム上位50を示す。50ダム中で発電ダムが45ダムを占める。これは、「堆砂」がダムの安定計算および応力のな設計の位置づけの時代(昭和32年以前)(ダムに100年間の堆砂量を計算する基準は昭和32年のダム設計基準以降である)に、発電ダムが多く建設された結果と推定される(表-1)。なお、13位に位置する丹生ダム(国土交通省管理)は、桂沢ダム(国土交通省管理)へ導水を目的とする高さ22.8mのダムであり、また、15位に位置する品水ダム(国土交通省管理)は、酸性河川を中和するための、河川に投入する中和剤から発生する中和生成物を堆積させる目的で設置されている。どちらのダムも治水や都市用水の需要を満たす「量」をダム機能として有しており、多目的ダムとは性格を異にするものであり、堆砂が問題となるダムではない。

図-3に国土交通省管営直轄ダムおよび水資源開発公社管理ダム(合計84ダム)の堆砂の進行状況を整理したものを示す。調査ダム全体では、堆砂の進度(進)は計画で見込んだものに対し約9割となっている。これらの進行状況を傾向別に分けると以下の4ケースに大別される。

※堆砂の進度 = 実績堆砂量 / (計画堆砂量 × ダム完成経過年数 / 100年)

・ケース1: 初期から計画時に想定した平均的な堆砂の進度(以下、「計画堆砂進度」という)を上回るケース—ダム運用初期段階より、実績の堆砂進度が計画堆砂進度を上回り、その増加傾向に変化が認められないダム(図-4)。

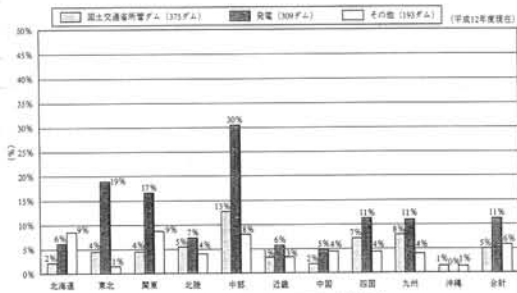
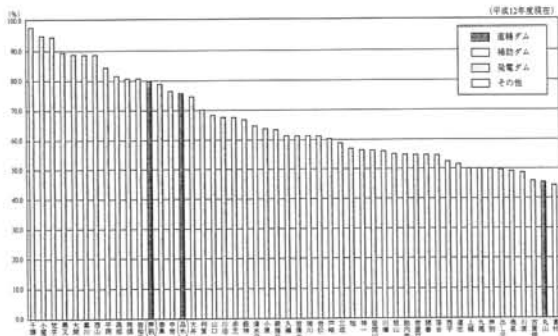


図-1 地方ごとのダム堆砂率(実績堆砂量/総貯水容量) (平成12年度現在)



※重力ダムは、洪水の分流を目的としたダム、洪水ダムは、管渠川上流の本流改善(閉性河川を中流)のために、中短期を投入し、その中期貯水を増強させるためのダムで、いずれも堆砂が構造的な問題となるものではない。
図-2 総貯水容量10万m³以上のダムに関する堆砂率(堆砂量/総貯水容量) トップ50

ダム技術 No.200 (2003.5)

表-1 直轄等別トップ50

番号	担当官署名	ダム名	堆砂率	竣工年度	備考
1	中 野 千 雄	87.7	昭和10年10月		
2	北 藤 小 豊 守	85.0	昭和11年9月		
3	東 北 児 子 川	84.5	昭和8年10月		
4	北 藤 美 文	83.3	昭和2年2月		
5	中 野 大 岡	82.8	昭和13年12月		
6	近 藤 義 典	82.7	昭和11年11月		
7	野 村 隆 一	82.5	昭和22年4月		
8	中 野 千 雄	84.5	昭和7年1月		
9	野 村 隆 一	81.7	大正11年12月		
10	野 村 隆 一	80.8	昭和42年3月		
11	北 藤 道 徳 忠	80.7	昭和33年7月		
12	北 藤 道 徳 忠	79.8	昭和32年10月		
13	中 野 千 雄	78.9	昭和11年1月		
14	野 村 隆 一	76.5	大正13年1月		
15	野 村 隆 一	75.8	昭和40年12月		
16	中 野 大 岡	74.7	大正13年12月		
17	北 藤 利 実	70.1	昭和18年11月		
18	中 野 千 雄	68.8	昭和12年12月		
19	近 藤 義 典	67.7	昭和12年11月		
20	北 藤 道 徳 忠	67.7	昭和29年9月		
21	北 藤 道 徳 忠	66.9	昭和12年6月		
22	北 藤 道 徳 忠	64.7	昭和14年10月		
23	北 藤 小 豊 守	63.7	昭和17年11月		
24	北 藤 新 雄 吉	63.4	昭和19年1月		
25	中 野 大 岡	61.5	昭和28年8月		
26	北 藤 道 徳 忠	61.3	昭和14年9月		
27	中 野 千 雄	61.3	昭和12年3月		
28	北 藤 道 徳 忠	61.3	昭和17年1月		
29	九 州 野 村 隆 一	60.3	昭和18年6月		
30	中 野 三 成	58.8	昭和28年10月		
31	北 藤 道 徳 忠	58.8	昭和12年12月		
32	北 藤 道 徳 忠	55.4	昭和29年1月		
33	中 野 三 成	55.3	昭和10年11月		
34	北 藤 道 徳 忠	55.0	昭和28年3月		
35	北 藤 道 徳 忠	55.1	昭和5年10月		
36	北 藤 道 徳 忠	54.9	昭和10年10月		
37	九 州 野 村 隆 一	54.7	昭和17年3月		
38	中 野 三 成	54.7	昭和25年11月		
39	中 野 三 成	54.7	大正15年12月		
40	中 野 三 成	52.6	昭和15年12月		
41	野 村 隆 一	51.6	昭和20年3月		
42	東 北 上 郷	50.1	昭和27年2月		
43	近 藤 義 典	50.0	昭和12年9月		
44	北 藤 道 徳 忠	49.9	昭和28年2月		
45	北 藤 道 徳 忠	49.6	昭和40年9月		
46	中 野 三 成	49.2	昭和31年2月		
47	九 州 野 村 隆 一	48.8	昭和15年4月		
48	九 州 野 村 隆 一	45.9	昭和34年2月		
49	中 野 三 成	45.3	昭和11年3月		
50	北 藤 道 徳 忠	44.4	昭和13年9月		

□: 昭和12年以前の竣工ダム

ダム技術 No.200 (2003.5)

- ・ケース2: 変化点のあるケース…堆砂の速度が年によって大きく異なるダム(図-5)。
- ・ケース3: 計画通りのケース…ダム運用当初段階より、実績の堆砂速度が計画堆砂速度とはほぼ等しいダム(図-6)。
- ・ケース4: 計画を下回るケース…ダム運用当初段階より、実績の堆砂速度が計画堆砂速度を下回っているダム(図-7)。

84ダムの堆砂進行状況を現段階で評価すると、約1割弱のダムがケース1、ケース2に分類される。なお、個別のダムごとに堆砂の速度をみる場合、堆砂が大きな出水時に一気に進むことがあることを踏まえれば、ある時点で、堆砂の速度が計画堆砂速度を越えたことが直ちに堆砂上の問題となるものではない。

2.2 水系一貫した土砂管理 上流を→下流

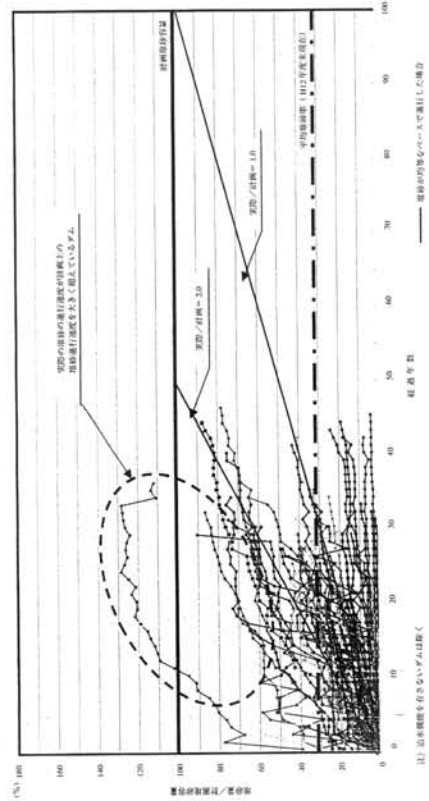
従来、土砂の問題は山地、山麓部、扇状地部、平野部、河口・海岸部等のそれぞれの領域での対応で解決が図られ、成果が得られてきたが、平成11年3月の河川審議会から「流域の源頭部から海岸の堆砂域までの一貫した土砂の運動領域を「流砂系」という概念でとらえ、一貫した土砂移動の実態把握とともに適切な土砂流出の抑制および下流への土砂供給などの取り組みを一体的に行うべき」旨の答申が出された。現在、土砂の移動による災害の防止、生態系、景観等の環境保全、河川等の適正な利活用を図るため、この答申を踏まえ土砂移動の実態把握に努めている。

これらの施策を推進していくため、ダムにおける新たな土砂管理システムの構築に向けて、次の項目について今後さらに検討していく必要がある。

- ① 新たなダム計画において土砂を下流へ流すための土砂管理システムの確立
 - ② 既設ダムの堆砂土砂を排出するためのシステムの整備
 - ③ 既設利用ダムにおいて堆砂土砂を排出するための施策
 - ④ ダム下流の土砂移動を考慮したダム放流の検討
- また、技術開発の推進として、適正な量と質の土砂をダムから排出する新たな技術の開発が必要である。総合土砂管理小委員会の報告の概要を図-8に示す。

3. 堆砂対策の現状

3.1 ダムの堆砂対策方法
ダムの堆砂問題は、地域特性、ダムの運用、貯水池規模等により、その性格を異にするものである。あるダムで有効と考えられている対策でも、そのままの形で他ダム



全国ダム堆砂進行状況(平成12年度現在)
国土交通省河川管理課(平成12年度現在)による水資源開発公団管理ダムにおける堆砂の進行状況【説明】
注) 出水規模を異なるダムは比較

ダム技術 No.200 (2003.5)

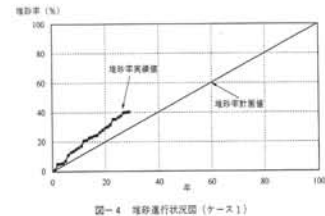


図-4 堆砂進行状況(ケース1)

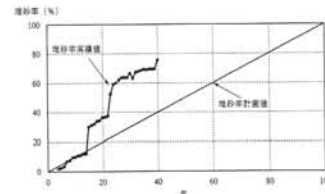


図-5 堆砂進行状況(ケース2)

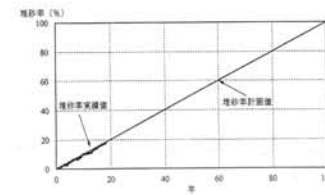


図-6 堆砂進行状況(ケース3)

ダム技術 No.200 (2003.5)

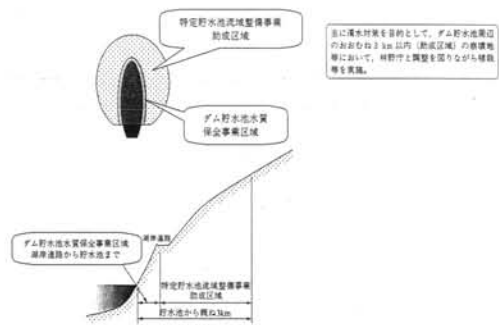


図-11 指定貯水流域整備事業

することとなるが、掘削土砂の一部は骨材として有効利用したり、ダム下流河川の河床低下の抑制や脆弱化防止を目的として下流河川に土砂を還元している。
貯砂ダムの計画堆砂量はダムへの年平均流入土砂量の1-3年分程度の事例が多く、定期的に貯砂ダムからの土砂搬出が必要である。掘削土砂を建築資材として活用したり、ダム下流への河川還元を図るなどして出水期前には貯砂ダムの容量を確保しておくなど、貯砂ダムを恒久的な堆砂対策として位置づけしていく姿

勢が大切である。貯砂ダムの事例を図-12に示す。
(2) 貯砂ダムに堆積した土砂のダム下流河川還元(三巻ダム)
三巻ダムでは、ダム直下流河川の河床低下を防ぐための、貯水池末端の貯砂ダムに堆積した土砂の一部をダム下流の河川へ搬出し、フラッシュ放流により土砂を流下させ土砂を還元する実験を行っている。
実験の全体像を図-13に示す。

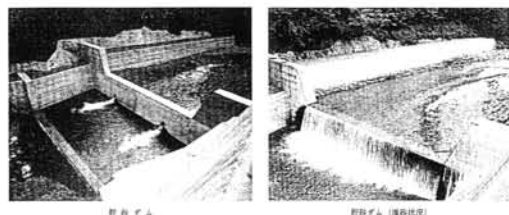


図-12

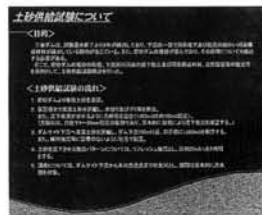


図-13-1

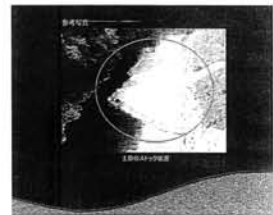


図-13-3

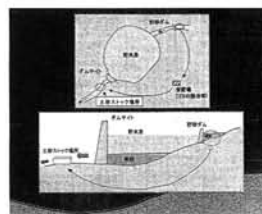


図-13-2

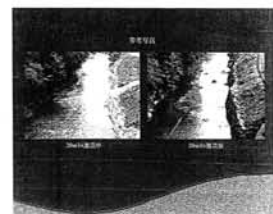


図-13-4

ii) 今後の課題
土砂の仮置場所、仮置量、程度および仮置土砂の粒径やフラッシュ放流との組み合わせについて、より効果的な方法を検討する必要がある。
また、アマモド化の緩和に伴う底生動物等の生態環境の向上確認を目的としたモニタリング手法の確立が必要である。

3.2.4 フラッシング排砂(宇奈月ダム、出し平ダム)
黒部川は、日本で有数の土砂生産量を有している河川である。また、年平均降水量が3,800mmと多く、貯水量の回復が比較的容易である。このため排砂ゲート方式によるダム堆積土砂の排砂(以下「フラッシング排砂」と呼ぶ)が出し平ダム(関西電力管理)と宇奈月ダム(国土交通省管理)で計画された。また、この2ダムが同一河川に位置することから、フラッシング排砂時においては、2ダムを連携して行う計画とした。
出し平ダムでは、平成3年12月から、平成11年末まで、計8回、458万 m^3 の排砂を実施しており、宇奈月ダムが完成したことに伴い、平成13年6月に初めて連携したフラッシング排砂が行われた。

排砂実施期間は、6月-8月でダム流入量がそれぞれ定められた一定規模(出し平ダム300 m^3/s 、宇奈月ダム400 m^3/s)以上の出水時にフラッシュ排砂を実施する。
連携して排砂する際には、漁業、農業関係者をはじめとする地元関係団体から広く意見を聴取し、宇奈月ダムから構成される「黒部川排砂評価委員会」の技術審査を経て計画が決定され、地元関係機関等で構成される「黒部川土砂管理協議会」で承認されるという手法がとられている。
土砂の移動が生物の生育環境に与える影響や効果については、これまで種々の調査が行われており、「黒部川ダム排砂評価委員会」での審議の結果、近年のダムの排砂による影響は特に認められていない。今後も、排砂時のモニタリング調査を実施し、生物の生育環境に与える影響について引き続き検討を行っていくこととされている(図-15)。

3.2.5 排砂バイパス(旭ダム)
(1) 概要
旭ダムは、昭和53年に完成した関西電力高吉発電所の下部調整池である。上流域における崩壊地の増大などにより、出水時に貯水池へ流入する土砂が増加し、濁水の長期化現象が顕著となった。こうした濁水長期化問題の解消や堆砂の進行を抑制するため、貯水池を迂回する排砂バイパスが平成10年に設置された。
(2) 排砂バイパスの効果
排砂バイパスは、出水時に排流砂を含むダムへの流

ダム技術 No.200 (2003.5)

ダム技術 No.200 (2003.5)

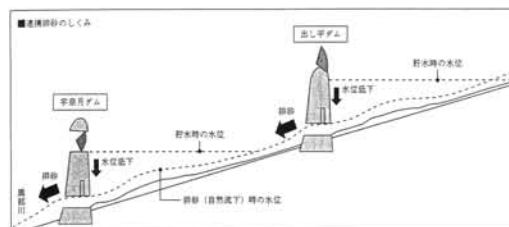


図-15 出し平ダム、宇奈月ダムの連携排砂

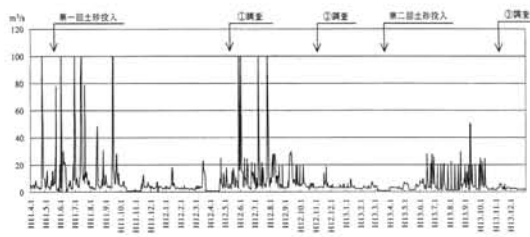


図-14 ダム放流量(日最大)および土砂投入と調整時期

ダム技術 No.200 (2003.5)

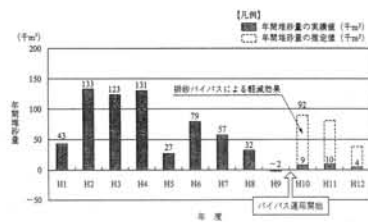
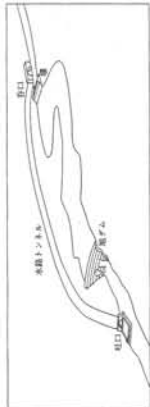


図-17 旭ダムの排砂バイパスは年間堆砂量の90%を軽減

ダム技術 No.200 (2003.5)



1. 図 2
 ① 図 2 示す 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ② 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ③ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ④ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑤ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑥ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑦ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑧ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑨ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、
 ⑩ 100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)は、

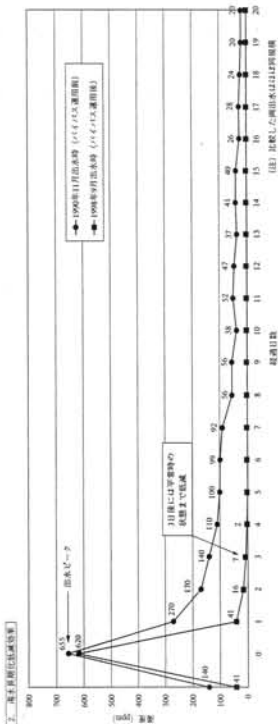


図-10 堆砂率(ダム貯水容量150万m³)の推定値(比較) (注)比較した堆砂率は100年計画貯水容量(100年計画貯水容量)の推定値(比較)として示す。

ダムの堆砂の現状と対策 (摘要)

平成11年11月

水資源開発公団

1999年以前

シグしていく必要がある。
 ii) 排砂パイプの対象土砂として堆砂砂の取扱いの検討や、対象とする場合の精度の推定を行う必要がある。また、排砂トンネルの選別対策と管理後の点検、補修を検討する必要がある。

4. おわりに

多目的ダムの計画では、ダム貯水池内に流入する土砂量(原則として100年分)に相当する容量を堆砂容量として確保することとしている。このため、堆砂の進行が著しいダムなどを除くと、当面、堆砂対策等の土砂管理の必要性は低いと考えられている。しかし、国内の限定された適地においてダムが計画、管理されていること、すなわちダムが有価な貴重なストックであることを考え

ると、貯水池を将来にわたって有効かつ持続的に使用していくことは、きわめて重要である。一方、流砂系における総合的な土砂管理の視点に立ててダムを眺めた場合、ダムは土砂管理の要としてその役割がますます重要となってくるとともに、土砂を流すダムの実現が必要となってくる。このように、堆砂容量を確保している100年間は、ダム運用上の1通過点としてとらえ、堆砂対策を推進していく必要がある。

今後、ダムの堆砂対策に関する取り組みを積極的に進めていくためには、ダムへ流入する土砂の量と質を十分に把握し、ダムから下流河川への適正な土砂供給量を設定する手法、土砂供給の新技術や堆砂土砂のリサイクル等に関する調査、研究を実施し、ダムにおける新たな土砂管理システムを確立していく必要がある。

はじめに

ダムは、治水、利水、発電等の用途を持って建設され、社会基盤を構成する重要な施設であるが、一方で、貯水池に経年的に堆積する土砂によって、その機能が低下しているものも相当数みられ、良好な状態でダムを機能させ後世に残すには、このダムの堆砂対策は現在解決すべき緊要な課題となっている。

現在、ダムを計画する際には、将来貯水池に堆積する土砂を予測して、ダムの機能に支障とならないよう貯水池の容量の中に見込んでおく手法を採用しているが、この予測精度は必ずしも十分ではなく、水資源開発公団が現在管理しているダムにおいても本報告書に述べるように、計画を上回る速度で堆砂が進んでいるものもあり、将来に備えて有効な対策を行っておく必要がある。

この様な背景から、技術管理委員会の下部組織として、ダム堆砂対策検討分科会を組織して、公団管理ダムにおける堆砂の状況を把握するとともに、現在管理しているダムや建設するダムの堆砂・排砂対策の検討を進めてきた。現在のところ、公団が管理しているダムについては牧尾ダムを除いて利水容量や治水容量内に土砂が貯まっているような致命的な状態にあるものはなく、浚渫等の高コストの対策が必要な状態はない。いくつかのダムで計画を上回る速度で堆砂が進行しているが、順次貯砂ダムの建設とここからの土砂の排出でダムの機能に支障とならないよう対策しているところである。また、今後建設するダムにどのような堆砂対策が有効であるかを検討するため、全国的に展開されている取り組み状況についてもレビューしたが、現在のところ、低コストで効率よく目的を達成できる抜本的な対策はなく、継続して研究すべき課題である。

分科会では、堆砂は一方で建設資材としての性質を持つものであるから、資源としての価値を高め、これを利用することによって、低コストで堆砂対策が成立しないかという点について時間を割いて検討した。

それには、①貯水池末端に貯砂ダムを建設すること、②貯砂ダムに堆積する土砂の資源として利用できる割合を高めるように工夫すること、③堆砂の採取コストを低下させるよう工夫すること等が必要である。

貯砂ダムは従前、本報告書に述べるように、ダム建設事業時に設置したのものについては特別な条件下にある場合に限って設置してきたが、今回ダム建設事業時にすべてのダムでこれを建設したときの経済性(コスト・ベネフィット分析)について、検討を初めて試みた。(第4章参照)その結果、貯砂ダムの建設にイニシャルコストはかかるものの、堆砂の進行を遅らせることによって、ダムの耐用年数が延びるため、経済的にはペイできるという興味深い結論を得た。

分科会で調査・検討した成果を本報告書に取りまとめた。今後の業務執行に参考となれば幸いである。なお、今後検討すべき課題は本報告書に述べたとおりであるが、いずれも長期間の検討を要するため、今後は試験研究所等で取り組むのが適当と考える。

平成11年7月
 常務参与 水野光章

第1章 公団管理ダムの堆砂の現状

(1) 公団管理ダムの堆砂実績とその評価

1) 公団管理ダムの堆砂実績

平成10年4月現在、公団で管理する主なダムの堆砂状況は、表1-1、表1-2及び図1-1、図1-2のとおりであり、下久保ダムをはじめ多くのダムで計画以上の速度で堆砂が進行している。これらのダムの中には、「貯水池保全事業」により「貯砂ダム」を建設し土砂搬出を行っているダムもあり、また最近では、ダム建設時に貯砂ダムを建設しているダムも多くなっている。

表1-1 公団管理ダムの堆砂状況 (その1)

ダム	堆砂状況	貯砂ダム等
末永沢ダム	計画の半分程度の堆砂速度。	
奈良保ダム	管理初期、流入土砂量は少ない。	
下久保ダム	管理開始から29年で堆砂率が41.2%。堆砂速度は計画の2倍以上になっている。	H7~12年度で、貯砂ダムを建設中。
粟本ダム	管理初期に流入土砂が多かったが、近年は落ち着いている。	H3に貯砂ダム設置。
岩屋ダム	管理初期、流入土砂が多かったが、近年は落ち着いている。	H23及びH23に貯砂ダム設置。
阿木川ダム	管理初期、流入土砂量が多いが、近年は落ち着いている。	建設中に貯砂ダム設置。
榊原川ダム	管理初期、流入土砂量は極めて少ない。	建設中に貯砂ダム設置。
高山ダム	計画より堆砂量や少ない。堆砂量の増減が目立つ。	
青蓮寺ダム	計画と同程度の堆砂量。堆砂量の増減が目立つ。	
粟生ダム	計画より堆砂量や多い。堆砂量の増減が目立つ。	
加賀川ダム	管理初期、近年は落ち着いている。	建設中に貯砂ダム設置。
一庫ダム	平成8年から堆砂量急増。原因は不明。	
日吉ダム	管理開始後速く、データなし。	
池田ダム	計画堆砂量 84万 m ³ に対して、23年経過時点で215万 m ³ と約260%の堆砂率となっているが、容量配分上 825万 m ³ の死水容量が確保されており、また、近年堆砂速度が減速してきていることから、貯水消濁上問題ない。	
早明浦ダム	管理初期に流入量大。近年は計画と同程度の堆砂速度。	
新宮ダム	管理開始から23年で堆砂率が57.2%。堆砂速度は計画の2倍以上になっている。	
寺内ダム	計画と同程度の堆砂量。堆砂量の増減が目立つ。	
宇津ダム	計画の1/3以下の堆砂量。	
江川ダム	計画と同程度の堆砂量。堆砂量の増減が目立つ。	

(※管理開始10年未満を管理初期とした。)

表1-2 公団管理ダムの堆砂状況 (その2)

ダム名	管理開始年月日	経過年数	竣工年度	竣工時貯水容量 (万m ³)	竣工時貯砂容量 (万m ³)	計画貯砂容量 (万m ³)	実績貯砂容量 (万m ³)	堆砂率 (%)	堆砂速度		計画堆砂率 (%)	実績堆砂率 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差の絶対値 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差の絶対値の平方 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差の絶対値の立方 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差の絶対値の4乗 (%)	計画堆砂率と実績堆砂率の差の絶対値の5乗 (%)
									年毎 (万m ³ /年)	累計 (万m ³)								
末永沢ダム	547.10.1	31	1973	1054,200	14,700	2,004	19.3	378	292	65.4	193	-	-	-	-	-	-	-
奈良保ダム	532.4.1	7	60.1	90,000	5,000	231	4.6	850	549	33.0	145	-	-	-	-	-	-	
下久保ダム	544.1.1	29	322.9	130,000	10,000	6,118	61.2	210	653	211.0	18	計画中	-	-	-	-	-	
粟本ダム	552.4.1	22	254.0	40,500	10,000	2,594	25.9	394	464	117.9	63	計画中	-	-	-	-	-	
岩屋ダム	553.4.1	23	264.9	175,000	13,300	8,139	37.3	520	863	233.4	27	計画中	地	-	-	-	-	
阿木川ダム	543.4.1	7	81.1	48,000	4,000	898	22.4	489	1,577	127.9	34	計画中	-	-	-	-		
榊原川ダム	548.12.1	2	58.1	61,000	6,000	5	6.1	1,089	45	2.5	2388	計画中	-	-	-	-		
高山ダム	544.8.1	29	378.0	36,800	7,600	3,007	39.6	200	274	103.7	44	-	-	-	-	-		
青蓮寺ダム	545.7.1	28	100.0	27,200	3,400	339	16.4	340	290	20.0	142	-	-	-	-	-		
粟生ダム	549.4.1	24	126.0	16,200	2,400	413	31.3	190	249	33.9	53	-	-	-	-	-		
加賀川ダム	544.4.1	8	78.0	17,300	1,900	80	4.3	250	182	13.7	133	計画中	-	-	-	-		
日吉ダム	558.4.1	15	118.1	33,300	2,500	678	27.1	217	393	45.2	40	-	-	-	-	-		
池田ダム	510.4.1	10	260.0	86,000	8,000	-	-	-	-	-	-	貯砂ダム	-	-	-	-	-	
早明浦ダム	556.4.1	23	404.0	12,050	480	2,184	25.4	80	49	82.1	-	貯砂ダム	-	-	-	-		
新宮ダム	550.1.1	23	44.2	13,000	900	515	57.3	200	507	22.4	17	-	-	-	-	-		
寺内ダム	553.10.1	20	51.0	18,050	2,000	353	17.7	392	346	17.7	80	-	-	-	-	-		
宇津ダム	533.12.1	39	26.3	29,110	600	49	8.4	263	37	1.3	425	-	-	-	-	-		
江川ダム	550.4.1	29	30.0	25,320	1,272	321	26.2	424	412	12.3	77	-	-	-	-	-		

*池田ダムの計画堆砂量は堆砂配分表(2,000~5,000m³/年)時の堆砂形状から包括線で最終堆砂形状を求め、これと計画時点の河床形状の差より算出している。

2) 公団管理ダムの堆砂状況の評価

一般にダムの管理初期は、付け替え道路のブリヤその他の工事に伴う流出土砂の助長も含め堆砂速度の大きい時期とされており、公団ダムにおいても、管理初期に堆砂速度が計画より大きくなっているダムが多い。例えば、岩屋ダムでは管理開始(昭和52年)の時点で約165万 m³、昭和58年度までに約450万 m³が堆砂し、計画の約4.5倍の速さで堆砂が進行したが、その後の堆砂量は計画の約1/3の5万 m³程度に落ち着いている。これは、大出水が少なかったことや昭和61年以降、堆積土砂の一部を貯水池外に搬出したこと、貯水池周辺からの土砂流入量が落ち着いたことによるものと思われる。

また、流入土砂はダムに捕獲されるため、毎年堆砂量が増加していくと考えられるが、堆砂量の結果では経年的に大きな増減を示すダムもみられ、これについては堆砂量の手法(特に深淺測量)に起因する問題であると考えられる。これについては(2)で考察を行った。

(2) 堆砂量の精度に関する考察と提案

ダム貯水池における堆砂量は、建設者河川局開発課が制定した「ダムの堆砂状況調査要領(案)」に基づき毎年実施している。一般に、ダム貯水池に流入する土砂の多くはダム湖内に捕獲されるため、堆砂量は毎年単調に増加していくと考えられるが、堆砂量の結果をみると、高山ダムのように大きな増減を示しているものもあり、その原因として、深淺測量における種々の誤差が関与していると考えられる。現行の堆砂量の詳細を示すと次のとおりである。

1) 堆砂量の手法

現行の堆砂量の手法は、図1-3に示すように、ダムの堆砂状況調査要領(案)に基づき、貯水池内においては、湖線間隔400m毎に20mピッチで、貯水池上流の堆砂影響範囲においては、湖線間隔200m毎に5mピッチで河川横断面測量を行っている。水中部では音響測深器により、陸上部では通常の直接測量により測量を行っている。

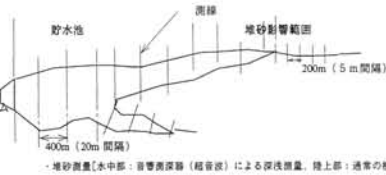


図1-3 現行の堆砂測量の方法

陸上部の直接測量の測定誤差は無視できるほど小さいと思われるが、音響測深器による水中部の測量では、以下に列挙する種々の誤差が含まれていると考えられる。

- ① 器械誤差
- ② 音響測深器記録紙の読み取り誤差
- ③ 現場測定誤差
- ④ 測量中の水位変化による誤差
- ⑤ 水温変化による誤差
- ⑥ その他

各誤差の状況を示すと、表1-3のようになる。

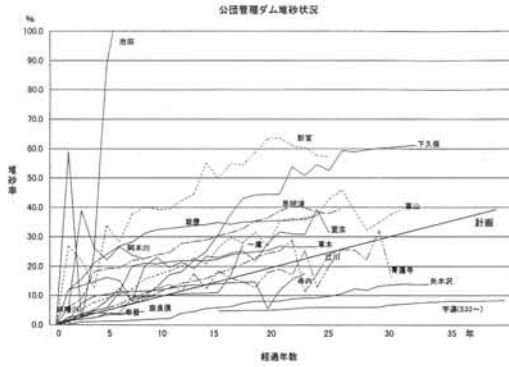


図1-1 公団管理ダムの堆砂状況 (池田ダムを除く)

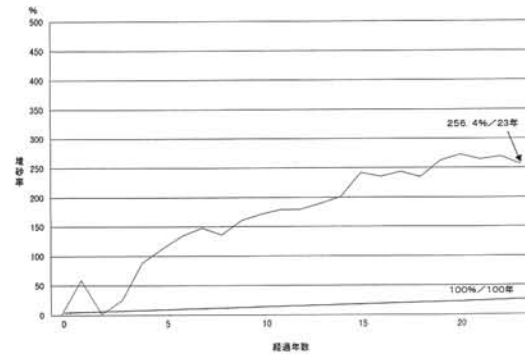


図1-2 池田ダムの堆砂状況

(2) 公団における堆砂・排砂対策に関する取り組み

1) 現在までの公団における取り組み

公団がこれまで山地区に建設し、管理している18ダム(房総導水路、三重用水、福岡導水の各事業で平地部に建設したダムを除く)のうち、貯水池上流部に堆積した土砂を貯水池外へ搬出した実績のあるダムは5箇所あり、これらのダムの土砂搬出量の年別の実績は表2-3のとおりである。また、この5ダムにおける堆積土砂搬出の主体、搬出方法等を比較して、表2-4に示す。これらの5ダムのうち、下久保ダムを除く4ダムには貯砂ダムが設置されており、下久保ダムにおいても、現在、貯砂ダムの設置を計画している。この下久保ダムの計画については第3章(3)でその概要を記述する。

ここで、上の2つの表から、公団における堆積土砂の搬出に関する現状を概観すると、ダム湖の上流端付近に河床に降りる進入路が存在し、堆積土砂がコンクリート用骨材に適した特性を有しており、かつ、ダムの近傍にコンクリート用骨材の需要が存在する場合には、運搬距離が2.0km程度までであれば民間等が主体となって、公団からの資金的な援助なしに堆積土砂が搬出され、建設資材としての利用に供される状況が出現するものと考えられる。また、量的には、コンクリート用骨材の需要や仮置場の空き容量との関係も考慮する必要があるが、年間、2km³~3km³程度の土砂が搬出されている。

一方、公団が自ら搬出している布目ダムの場合には、堆積土砂の特性からコンクリート用骨材としての使用が不可能であり、予め確保されていた5万m³程度の容量を有する土捨て場に、年間数km³のペースで搬出しており、すでに、土捨て場の7割程度の容量を満たしていることから、別途、一般土木工事で発生する建設発生土と同様に建設資材としての活用方法を見出す必要がある。

ダム貯水池に堆積する土砂の利用に関する検討として、現在、試験研究所及び徳山ダム建設所において、掛妻川の徳山ダム建設地点の下流約1.0kmに位置する横山ダムの貯水池に堆積した土砂を盛立材料あるいはコンクリート用骨材として使用できないという観点から、堆積土砂の堆積位置と堆積材料の粒度分布、凝固の特性、凍結融解特性等の物理的特性との関係を調査している。横山ダムを管理している建設者の平成3年度の調査によると、最低水位であるEL18.0m以上に堆積している土砂でフィルダムの盛立材料として利用可能な数量は43.0万m³程度あると見込まれていることから、この大量の堆積土砂の使用は徳山ダム建設事業費の削減に大きく寄与するものと考えられる。現在、公団が実施している調査については、次の(2)の(2)で詳細に記述する。

表2-3 公園の5ダムの堆積土砂搬出実績 (1999年6月) (単位: m³)

(搬出主体)	下久保ダム (財団)	草木ダム (民間)	岩屋ダム (民間)	阿木川ダム (民間)	布目ダム (公団)
昭和60年度	11,867		850		
昭和61年度	11,574		880		
昭和62年度					
昭和63年度		89,000			
平成元年度					
平成2年度					
平成3年度		4,000	3,199		
平成4年度	9,321	2,000	1,937	14,690	5,780
平成5年度			2,067	13,000	7,470
平成6年度	6,821		2,650	8,240	4,400
平成7年度	21,236			4,820	10,000
平成8年度	30,520		1,972	8,750	4,000
平成9年度	30,930	5,700		6,000	3,000
合計	122,269	100,700	13,555	22,990	32,510
				55,500	34,650

表2-4 公園の5ダムの堆積土砂搬出状況の比較

ダム完成年度	下久保ダム	草木ダム	岩屋ダム	阿木川ダム	布目ダム
採取開始年度	昭和44年度	昭和52年度	昭和52年度	平成3年度	平成4年度
採取開始年度	昭和60年度	昭和63年度	昭和61年度	平成4年度	平成4年度
土砂搬出主体	(財)神流湖整備協会	東毛砂利協同組合	岐阜県砂利協同組合	恵那砂利協同組合、公団	公団
使用機械	11t ³ ツツ、0.6m ³ ツツ	11t ³ ツツ、0.6m ³ ツツ	11t ³ ツツ、0.6m ³ ツツ	11t ³ ツツ、0.6m ³ ツツ	11t ³ ツツ、0.6m ³ ツツ、200PS ⁴ ツツ
搬出土砂の用途	コンクリート骨材	コンクリート骨材	コンクリート骨材	コンクリート骨材及び捨土	捨土
進入路の有無	有	有	有	有	有
仮置場の有無	無	有	無	無	有
運搬距離(km)	6~19	15	8~17	20	5.5

1) 公設? 専土場
2) 粗骨材、細骨材?
3) 搬出機設置: 不會超出搬出区

2) 貯砂ダムの設計

(1) 貯砂ダムの設置位置

貯砂ダムの設置位置はサーチャージ水位と制限水位の間に貯砂ダム天端が位置し、制限水位までの間に適当な堆砂容量を有するように決定する。
これは、サーチャージ水位より上位標高に天端を設けると上流端の買収範囲が貯砂ダムにより広がること、また、制限水位より低位標高に天端を設けると土砂搬出に貯水の影響を受けるためである。

(2) 貯砂ダムの構造設計

貯砂ダムの構造設計は、河川防砂技術標準(案)の防砂ダムに依っている。この中で、安定計算に用いる荷重及び数値、ダム形式の選定、水道の設計、堤体の設計、基礎の設計、袖の設計、前庭保護工の設計、付属物の設計の各章を設けて構造設計の詳細が規定されている。
これらの規定について、通常の貯水ダムの設計との相違という観点から整理してみると次のようになる。

- 貯砂(砂防)ダムについては、貯水ダムと異なり、堤高1.5m未満のダムについても規定されることとなっているが、荷重の組み合わせは明記されていない。(堤高1.5m以上の貯砂ダムに対する荷重の組み合わせが準用されているものと考えられる。)
- 貯砂(砂防)ダムを建設する地点の基礎地盤については、岩盤基礎を原則としているが、砂礫基礎あるいは特殊な基礎処理を施すことにより土砂基礎も対象としている。
- ダム形式としてコンクリートダムに加えて、鋼製ダム、枠ダム等も対象としている。
- 貯砂ダムの水通しは貯水ダムの洪水吐きとは異なり、その通水断面を決めるための対象流量に関する詳細な規定が設けられていない。
- 堤体の天端幅については、流出土砂等に対する耐衝撃性や水通し部での通過砂礫に対する耐摩耗性から定められる。
- ②で述べたように、貯砂ダムの基礎地盤は岩盤基礎を原則としているが、できる限り堤高を1.5m未満とすることで計画上やむを得ない場合には、砂礫基礎も許容している。ここで、貯砂ダムの安定条件として、コンクリート重力式の貯砂ダムでは基礎地盤が岩盤基礎の場合には貯水ダムと全く同じ判別式を用いて滑動に対する安全率も4を確保することとしている。一方、砂礫基礎においては、まず、滑動に対する安定性の判別式中的αを無視し、安全率は堤高1.5m未満に対して1.2、堤高1.5m以上に対して1.5としている。また、堤体底面の最大圧縮応力度が基礎地盤の許容支持応力度を超過しないこと、クイックサンド及びパイピングに対する安全性を有することも求められる。
- コンクリート重力式貯砂ダムの断面形状は、構造的な安全性、施工性等を考慮して決定される。特に、越浪部の下流面勾配は落下砂礫の衝撃及び摩耗を考慮して1.02を標準とすることとされているが、流出土砂の粒径が小さく、かつ、その量が少ない場合には必要に応じてこれより緩くできるものとされている。また、非越浪部の断面は越浪部断面と同一とすることが標準とされているもの、地震時、非満砂状態で下流側からの地震時慣性力に対する安定性を検討した上で、非越浪部の断面を越浪部の断面と一致させないことも許容されている。公団における貯砂ダム等の設置目的、諸元等を表3-1に示す。

第3章 貯砂ダム(副ダム)の計画及び設計

(1) 貯砂ダムの計画及び設計

1) 貯砂ダムの計画(設置目的)

公団の多目的ダムの貯水池内に設けられる貯砂ダム等は完成9ダム(内訳:岩屋ダム2ダム、布目ダム1ダム、阿木川ダム3ダム、草木ダム1ダム、浦山ダム1ダム、味噌川ダム1ダム)、計画2ダム(内訳:下久保ダム1ダム、滝沢ダム1ダム)がある。

これらのダムにおける貯砂ダムの設置目的を整理すると次のようになる。

- ①本ダム貯水池の容量保全(8ダム/11ダム)
- ②貯水池水質保全(4ダム/11ダム)
- ③ダム湖活用(2ダム/11ダム)

このうち、布目ダムの副ダムは上記3つを目的として設置されている。次にこれら3つの設置目的について整理する。

(4) 本ダム貯水池の容量保全

ダム事業の貯水池の全容量は一般に必要な利水容量、洪水調節容量に堆砂容量を加えて決定され、これによって必要な買収標高が確定し、用地取得を行っている。

その後、ダム本体や貯水池周辺の保全策について調査や設計が進捗し、実施設計が確定すると、例えば、ダム位置の相当の家や貯水池周辺の地すべりの押入盛土の対策等によって、上記の貯水池容量が不足する場合は生じる。この場合、買収標高を上げて対応することが考えられるが、実際には用地の追加買収は困難な場合が多く、しばしば用地交渉の難航等により、後述する貯砂ダムによる対応より不経済となる場合が多い。

貯水池の容量が不足した場合、利水容量や洪水調節容量の変更はダム事業の基本計画に影響を及ぼすため、通常堆砂容量を減らす対策によって、貯水池計画に影響を及ぼさない措置が取られる。すなわち、貯水池の上流端に貯砂ダムを設置して、貯水池に流入する土砂をこの貯砂ダムによって、一時滞留させて排出することによって調整するものである。

公団が実施した建設事業において、上記のような事情から貯砂ダムを設置したダムには味噌川ダム、浦山ダム、滝沢ダム(計画)がある。

また、管理段階において計画より速く堆砂が進んでいるダムについては、貯水池保全事業によって貯砂ダムを設け排出する対策が制度化されており、これによって貯砂ダムを設置している。これらのダムには岩屋ダム、草木ダム、下久保ダム(計画)がある。

(5) 貯水池の水質保全

ダムの上流域に畜舎等が有って、流入水質が悪い場合には、貯水池内の対策では十分な効果が得られない。そのため、貯水池上流端の副ダムに汚濁物質を沈降させて貯水池内への流入水の水質を改善させるものである。副ダムの上流側に土砂とともに葉菜、リンを沈降・堆積させることにより水質を改善し、土砂を排出することによって、域外に汚濁物質を排除するものである。阿木川ダムではこの目的のために3基の副ダムを建設段階で設置している。布目ダムでも同様の目的で副ダムを設置している。

(6) 湖面利用

洪水制限水位を有するダムの湖面をボートや釣り等のレジャーに利用する場合、次の問題が生ずる。

- ・最も利用が期待できる夏期に貯水位が制限水位まで低下し、湖岸に裸地の法面が露出して景観の上で好ましくない。
 - ・制限水位の上流末端部の堆砂が流入水により洗掘されて濁水が濁る。
- このような貯水池の上流端部に副ダムによる貯水池を設けることで副ダム上流湖面の水位を一定にして、景観の確保、汚濁防止を行って、湖面利用の価値を高めることが出来る。布目ダムの副ダムはこの目的も兼ねて設置している。

表3-1 水資源開発公団における貯砂ダム等一覧表

ダム名	建設目的	建設費(億円)	基礎地盤			堤体諸元			貯水池諸元			設計	施工
			基礎地盤	堤体	天端	堤高	堤頂	堤頂	堤頂	堤頂	堤頂		
布目ダム	容量保全、水質保全、湖面利用	2.8	72.0	63,000	283,000	283,000	283,000	283,000	283,000	283,000	283,000	10.76	無
岩屋ダム(高瀬川)	容量保全	4.4	167.9	28,460	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	10.2	無
岩屋ダム(弓削)	容量保全	4.7	64.9	12,259	70,300	70,300	70,300	70,300	70,300	70,300	70,300	11.0	無
草木ダム	容量保全	5.0	280.0	0	0	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000	10.20	無
浦山ダム	容量保全、湖面利用	2.9	36.0	2,600	15,240	15,240	15,240	15,240	15,240	15,240	15,240	10.65	無
味噌川ダム	容量保全	5.4	39.6	70,000	108,000	108,000	108,000	108,000	108,000	108,000	108,000	10.68	無
下久保ダム	容量保全	建設中	295.3	-	-	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	10.2	建設中
阿木川ダム(阿木川)	水質保全	1.7	34.8	12,000	52,800	52,800	52,800	52,800	52,800	52,800	52,800	10.2	無
阿木川ダム(旗行川)	水質保全	2.7	25.5	15,300	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	10.4	無
阿木川ダム(津島川)	水質保全	2.0	8.2	10,041	99,000	99,000	99,000	99,000	99,000	99,000	99,000	10.6	無
滝沢ダム	容量保全	計画中	83.0	13,500	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	10.6	計画中

注: 1)貯砂容量は、水通し高さから算出しているダムと同床勾配の1/2を仮定して算出しているものがある。
2)建設費は、基礎地盤の算出に用いた諸元を基に算出している。
3)容量削減のための地盤改良として計画されており、堆砂量は少ない。

表3-1 水資源開発公団における貯砂ダム等一覧表

ダム名	設置目的等	建設費用 (億円)	建設期間 (年)	建設状況	貯砂ダムの計画及び実績		堆砂の用途			
					貯砂ダム設置計画 (m ³ /年)	貯砂ダム設置実績 (m ³ /年)				
布目ダム	容量保全、水質保全、湖底利用	H1.11	2.9	貯砂ダム建設中	18,750	5,000	16,600	5,700	23,600	コンクリート製
岩屋ダム (馬淵川)	容量保全 (完成後7年で堆砂31.1%)	S80~H1	4.4	貯砂ダム建設中 (管理アロケ)	137,748	170,000	1,835	1,478	無	無
岩屋ダム (月形)	容量保全 (完成後16年で堆砂35.3%)	H5~H8	4.1	貯砂ダム建設中 (管理アロケ)	137,748	不明	測定無し	無	無	無
車水ダム	容量保全	S82.9	5.0	貯砂ダム建設中 (管理アロケ)	100,076	81,000	120,000	5,050	無	建設費材 ¹⁾
湖山ダム	容量保全、湖底利用	H7.12	2.9	湖山ダム建設中	20,640	10,000	実績無し	無	無	未定
榑崎川ダム	容量保全(河床土追加に起因) ²⁾	H5.3	5.4	榑崎川ダム建設中	55,100	55,100	20,000	5,810	無	利用心土 (土留路あり)
下久保ダム	容量保全	H12.10	建設中	貯砂ダム建設中 (管理アロケ)	100,000	150,000	300,000 ~400,000	9,400	建設中	無
阿木川ダム (阿木川)	水質保全(床層の沈降除去)	H2	1.67	阿木川ダム建設中	40,000	19,000	計画無し	4,427	12,360	コンクリート製
阿木川ダム (岩村川)	水質保全(床層の沈降除去)	H2	2.70	阿木川ダム建設中	400,000	14,000	計画無し	11,510	2,302	利用心土 (管脚に不可)
阿木川ダム (蓮野川)	水質保全(床層の沈降除去)	H2	2.03	阿木川ダム建設中	400,000	1,500	計画無し	4,333	9,239	利用心土 (管脚に不可)
滝沢ダム	容量保全			計画中のものである		26,000	26,000			計画中

注: 1) 車水貯砂ダム側面に対して進入路の埋戻し(車水ダム)、土留路等の許可(建設費、建設期間)の計画がとられている。
2) 黒石山に施工した砕石工により堆砂容量の75%の増量(貯砂容量)を確保することになったため、貯砂容量を計画として50,000m³/年を算出する計画とした。

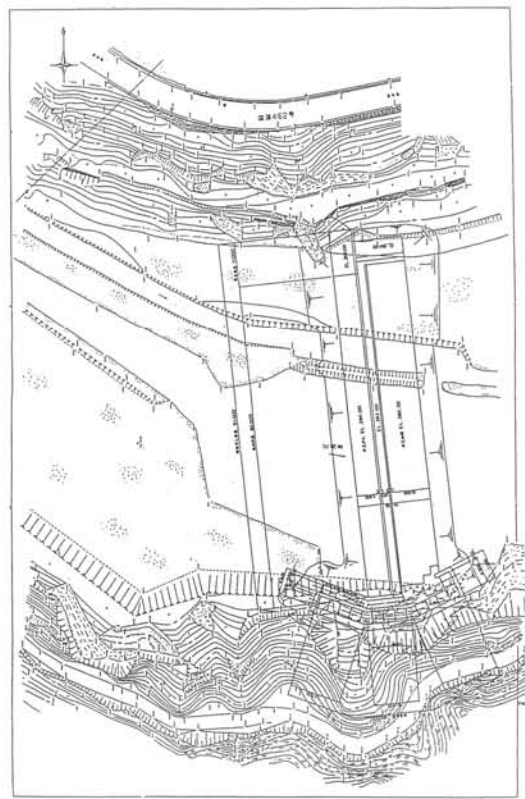


図3-10 下久保ダムの貯砂ダムの平面図

(3) 下久保ダムの貯砂ダムの計画概要
1) 堆砂の状況
下久保ダムは昭和44年の管理開始から約30年を経過したが、平成10年4月現在における総堆砂量(6,117,710m³)はすでに計画堆砂量(1,000万m³)の61.2%に達し、計画の約2.1倍の速度で堆砂が進行している。このため、貯水池深部への流入土砂の抑制と有効活用を図ることを目的として、貯水池上流部に貯砂ダムを設置する「貯水池保全事業」を、平成7年度から実施している。貯水池の堆砂状況は、図3-9の堆砂量経年変化図に示すとおりである。

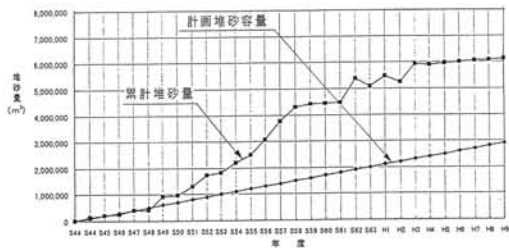


図3-9 堆砂量経年変化図

2) 貯砂ダムの諸元
下久保ダムの貯砂ダムの諸元を表3-3、貯砂ダムの平面図、断面図を図3-10、図3-11に示す。

表3-3 下久保ダム貯砂ダム諸元

位	置	群馬県多野郡万場町大字柏木地先
地	質	古生代結晶片岩類
形	式	縦型特工ダム
堤	高	5.0 m
堤	頂長	91.0 m
ダム	基礎標高	EL.279.0 m
水	通し天端標高	EL.284.0 m
埵	部天端標高	EL.286.0 m

3) 地形・地質
貯水池周辺は、中央構造線と御前崎構造線に挟まれた三波川帯に属し、主として結晶片岩類の分布する地帯で、泥質片岩、塩基性片岩等を基盤岩としている。これらの岩石には著しい節理が発達しており、薄く板状に割れやすい性質をもっている。貯砂ダム付近の地質も古生代の岩層が変成したいわゆる御前崎変成岩が発達しており、珪質片岩、緑泥片岩あるいは石炭片岩等の異種により基盤が構成されており、その上を河床堆積物が厚く被覆している。

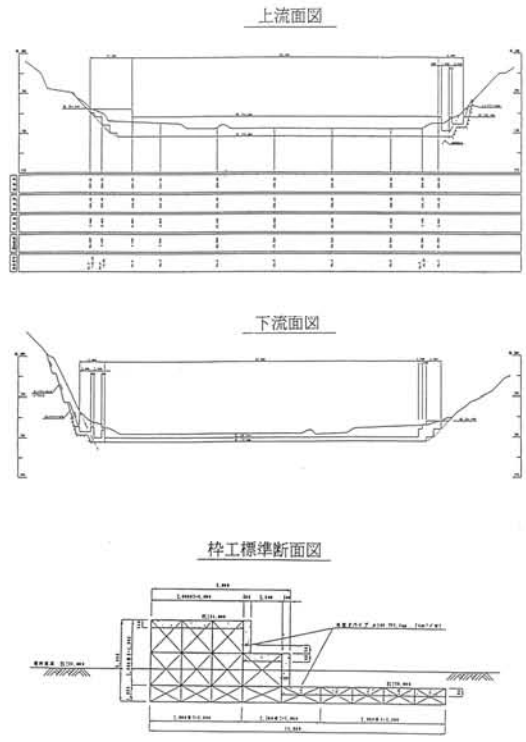


図3-11 下久保ダムの貯砂ダムの三面図

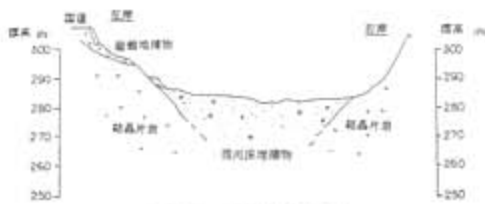


図3-1-2 ダム基礎横断式断面図

4) 野砂ダム設置地点の検討

当野砂ダム設置地点の条件として考慮されたのは、次の事項である。

- ① 予圧ダムに適用に大きな支障を及ぼさない。
- ② 地すべり領域等の危険地域からはずれている。
- ③ 河床の安定度がよい。
- ④ 設計高水流量を安全に流下できる河床面積がある。
- ⑤ 環境整備地域（お嬢ヶ穴周辺）の機能を損なわない。
- ⑥ トリイ湖で土砂溜めが可能なおこと。
- ⑦ 採掘にあたり、適切な野砂量を確保できる。

これらを検討した結果、野砂ダムの設置位置を夏期前流水位付近（普通し天海標高 33.294m）とし、土砂採取地点についてはその上流約 400 m（お嬢ヶ穴の直下流）までを対象とした。



図3-1-3 野砂ダム設置地点

5) 設計上の特徴

(1) 「観望型構造方式」の採用

野砂ダムを設置する野水流と直線付近には、すでに河床下に 10 m を超える土砂が堆積している

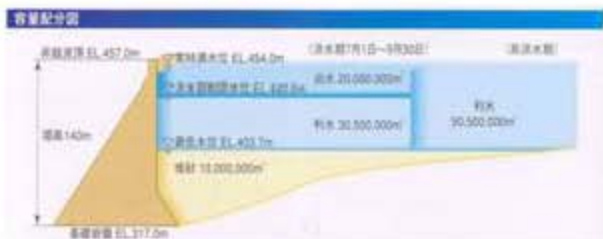
(十一) 草木水庫管理所—草木水庫



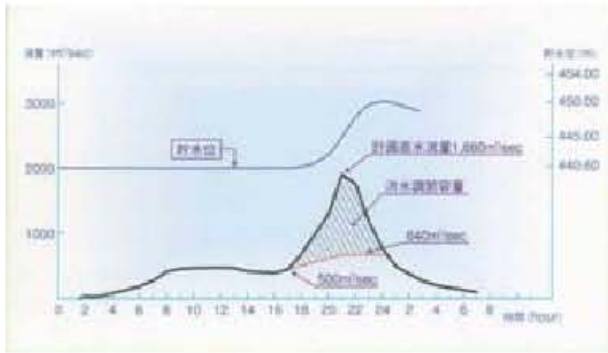
利根川・荒川水系水資源開発計画概要図



草木ダム容量配分図

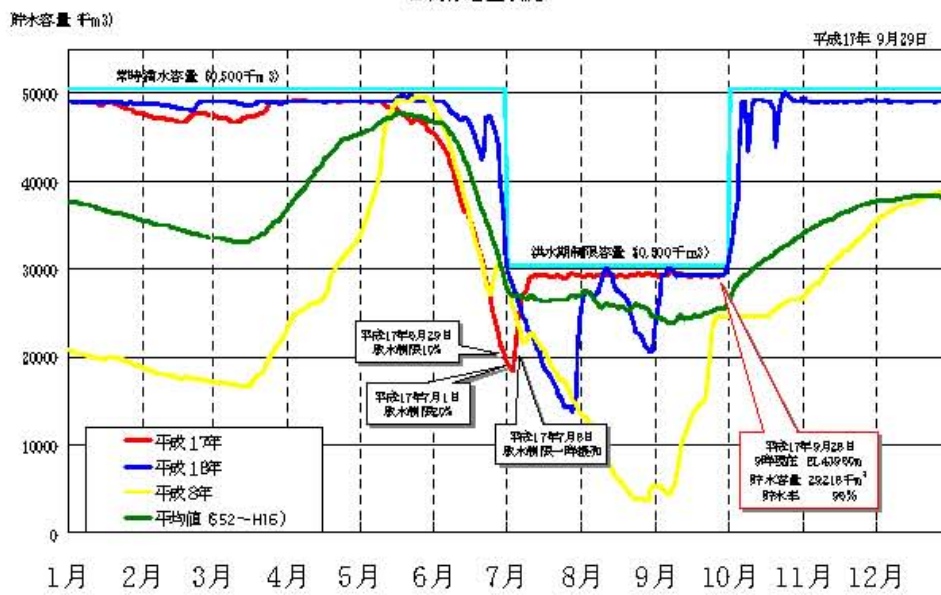


草木ダム洪水調節図



草木ダムの流況について

2 貯水容量状況



草木ダム堆砂経年変化

