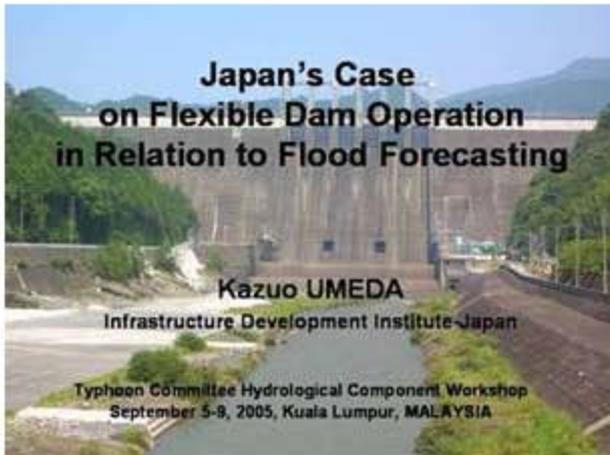


附錄一 參訪各單位資料彙整

- (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

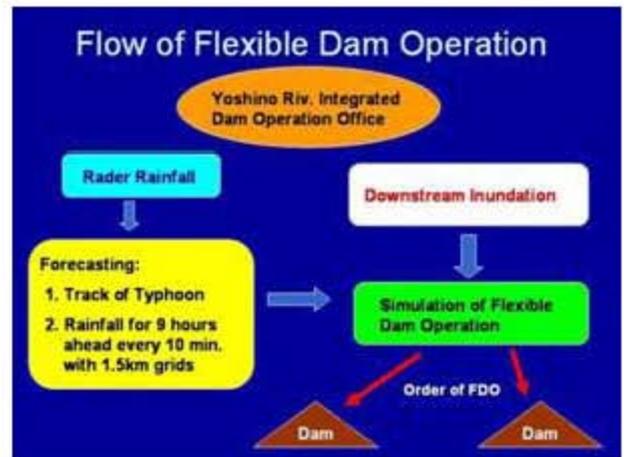
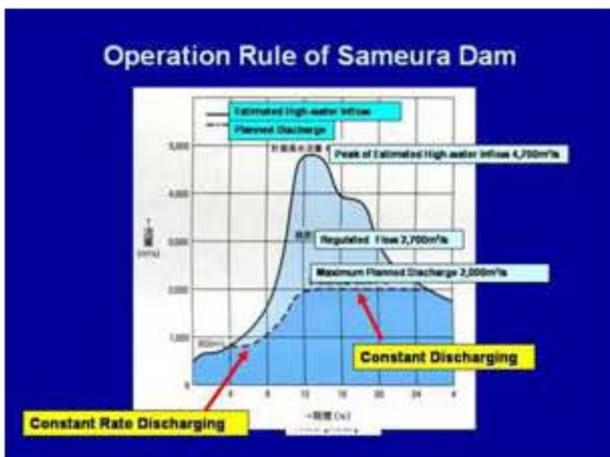
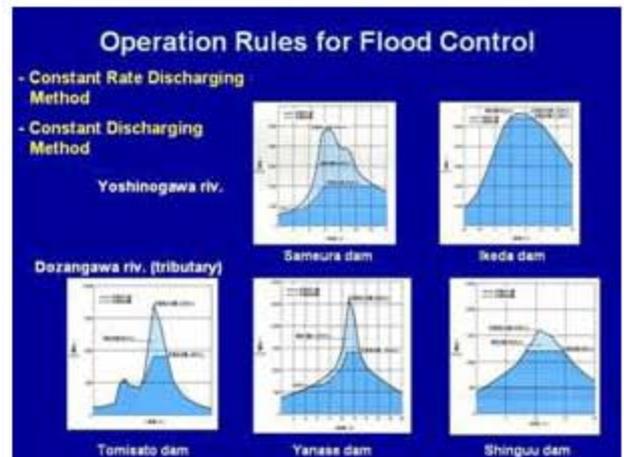
1. Japan's Case on Flexible Dam Operation in Relation to Flood Forecasting



Dam Operation Rule

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

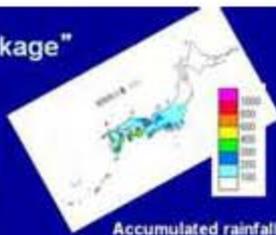
- River Law: covering all dams
- Specified Multi-purpose Dam Law: specified multi-purpose dams (MLIT)
- Japan Water Agency (JWA) Law: dams by JWA



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



Track of the typhoon

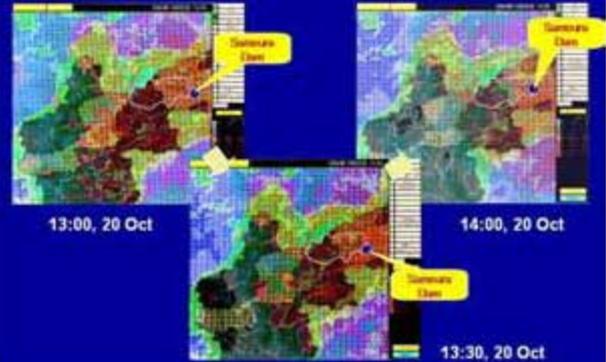


Accumulated rainfall



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

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



13:00, 20 Oct

14:00, 20 Oct

13:30, 20 Oct

Yoshino Riv. Flood Control Simulation System Examples of Forecasting Methods



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

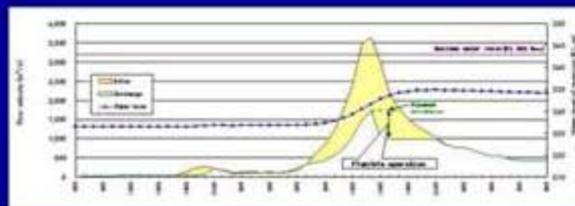


Rainfall Forecasting based on
Radar System
forecasting period : 9 hours
(interval : every 10 minutes)
resolution : 1.5km grid

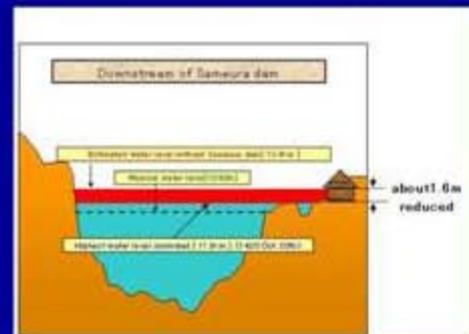
Yoshino Riv. Flood Control Simulation System Simulation of Dam Operation



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:

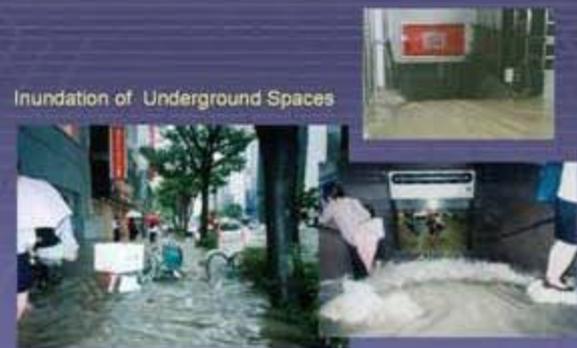
- Frequent Localized Rainfall
- Flood Disasters in Small/Mid Sized Rivers
- Delayed Evacuation
- Concentration of Population and Properties
- Expansion of Underground Areas

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)

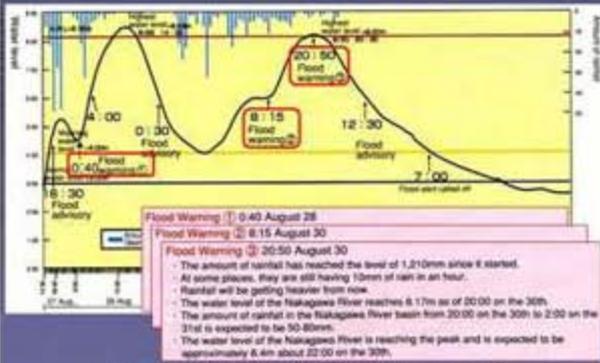
- **Prefecture governors** newly got responsible for flood forecasting for rivers under their jurisdiction:
 - Designation of Rivers
 - Provision of Flood Forecasts

Flood Forecasting

Joint Operation by River Authorities and JMA



An Example of Flood Forecast



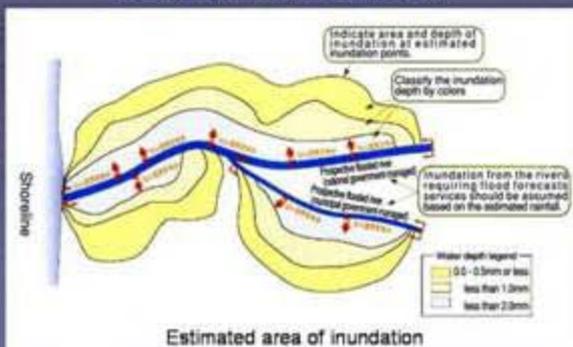
Flood of the Nakagawa River in August 1998

Points of Revision (2)

1. Designation of "Estimated Area of Inundation (EAI)" for RRFSS (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



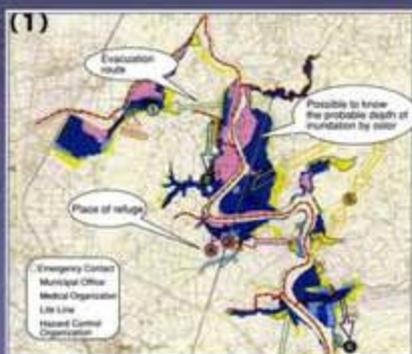
Points of Revision (4)

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

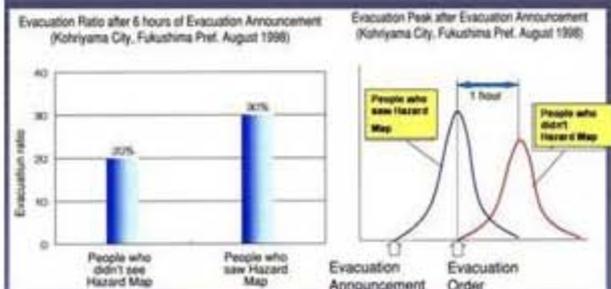
Printed Material (Flood Hazard Map)

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

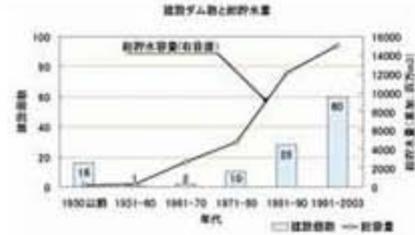


写真1
パチャールダム念仏峠(アロワ)
貯水池側から見た念仏峠

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



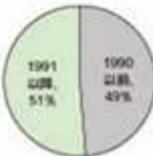
年間降水量 : 1,500~4,000mm/年
1人当降水量 : 24,000mm/年・人



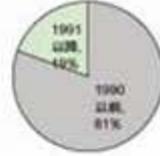
ダム : 117基 総貯水容量 150億m³

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



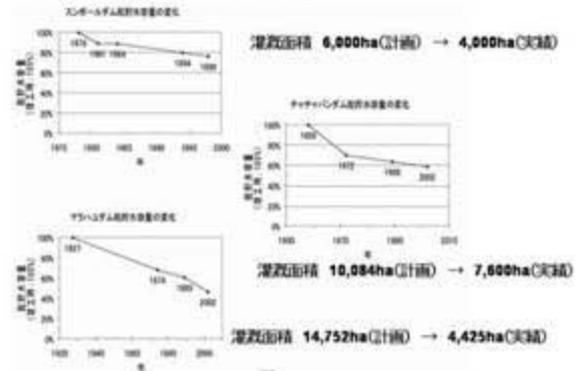
貯水池延命調査対象ダム



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	2.5	5	2.7
ワダスランダム	1.6	2	0.7
タドンサンダム	1.4	2	3.0
チャチャバダム	4.5	5	4.1
マラハスダム	6.3	5	6.3

現地調査実施ダムの現状



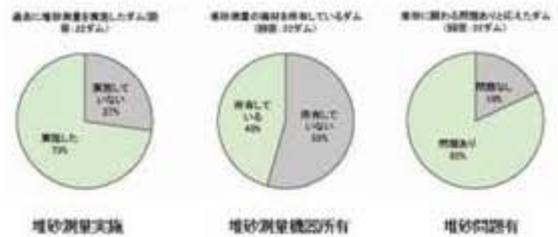
聞き取り調査実施ダムの現状

ダム貯水池名	建設年	貯水容量 (億m ³)	堆砂量 (億m ³)	堆砂率 (%)	調査年	調査者
1	1975	100	10	10	2003	JAICA
2	1978	150	15	10	2003	JAICA
3	1980	200	20	10	2003	JAICA
4	1982	250	25	10	2003	JAICA
5	1985	300	30	10	2003	JAICA
6	1988	350	35	10	2003	JAICA
7	1990	400	40	10	2003	JAICA
8	1992	450	45	10	2003	JAICA
9	1995	500	50	10	2003	JAICA
10	1998	550	55	10	2003	JAICA
11	2000	600	60	10	2003	JAICA
12	2002	650	65	10	2003	JAICA
13	2003	700	70	10	2003	JAICA
14	2004	750	75	10	2003	JAICA
15	2005	800	80	10	2003	JAICA
16	2006	850	85	10	2003	JAICA
17	2007	900	90	10	2003	JAICA
18	2008	950	95	10	2003	JAICA
19	2009	1000	100	10	2003	JAICA
20	2010	1050	105	10	2003	JAICA
21	2011	1100	110	10	2003	JAICA
22	2012	1150	115	10	2003	JAICA
23	2013	1200	120	10	2003	JAICA
24	2014	1250	125	10	2003	JAICA
25	2015	1300	130	10	2003	JAICA
26	2016	1350	135	10	2003	JAICA
27	2017	1400	140	10	2003	JAICA
28	2018	1450	145	10	2003	JAICA
29	2019	1500	150	10	2003	JAICA
30	2020	1550	155	10	2003	JAICA
31	2021	1600	160	10	2003	JAICA
32	2022	1650	165	10	2003	JAICA
33	2023	1700	170	10	2003	JAICA



パチャールダムの現状

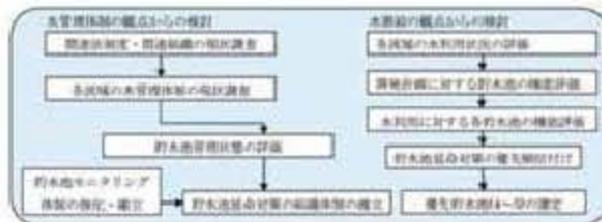
アンケート調査ダムの現状



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



インドネシア ダム堆砂に係る課題の整理(2)

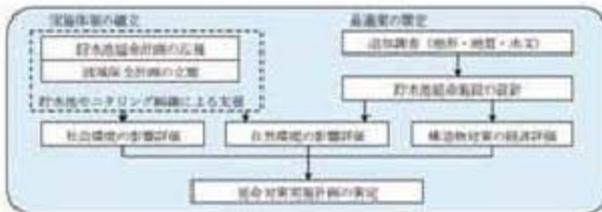
- ▶ 大量の土砂供給
- 非構造物的対策



Phase 2



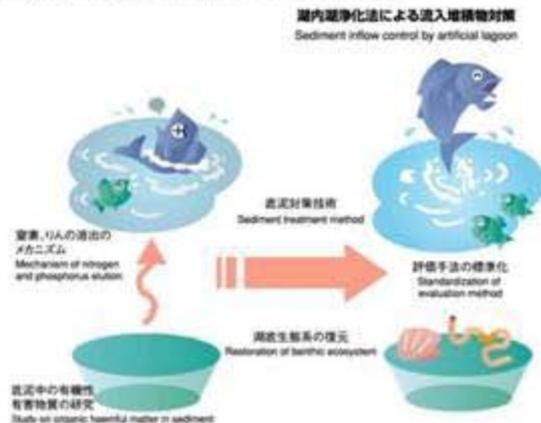
Phase 3



(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.



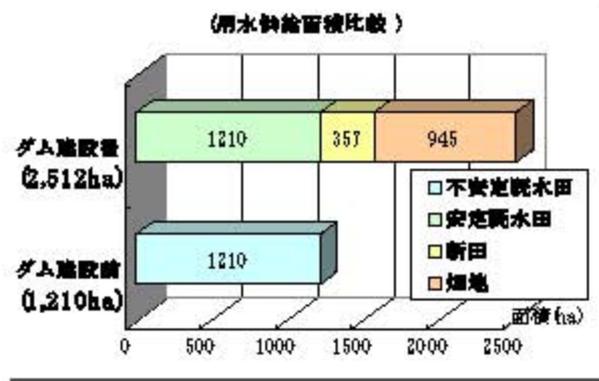
Research on techniques for controlling water quality and soil at dam reservoirs and downstream sections of rivers.

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.



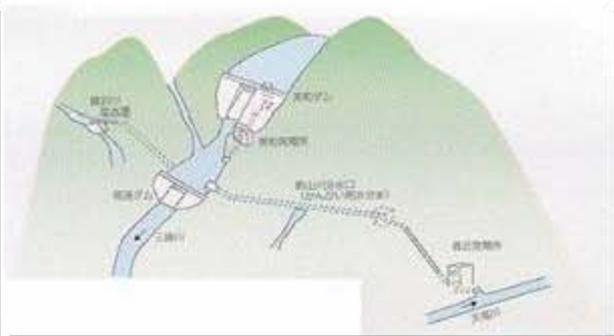
現美和水庫の効果（かんがい）

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

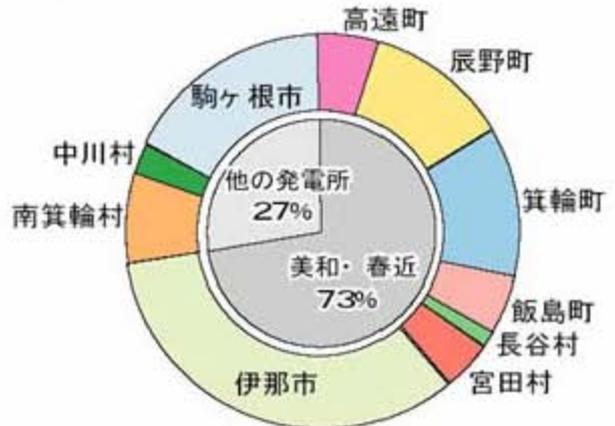
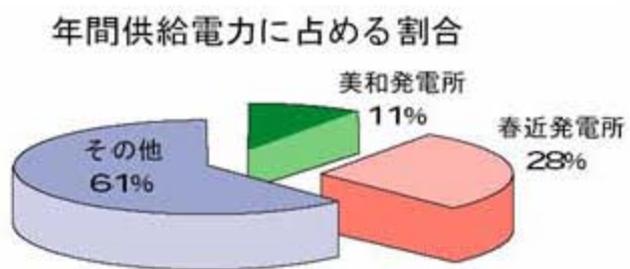


一般家庭年間消費電力の約4万3千世帯分上伊那地域の全世帯数の約7割に相当
電気料金に換算すると年間約34億円



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。

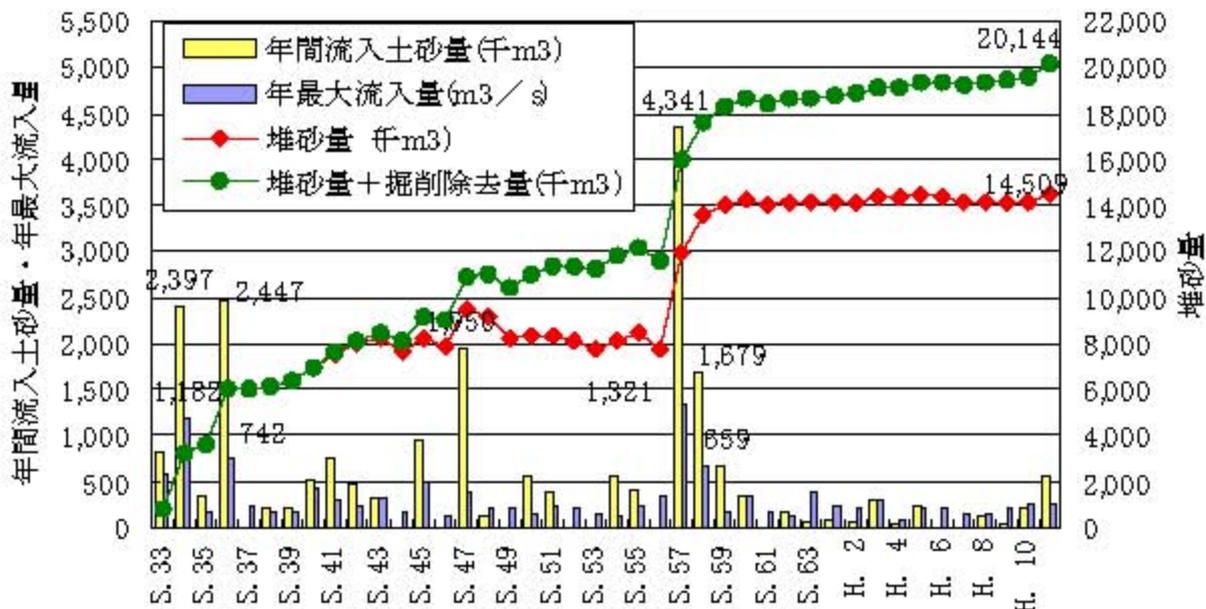
水库湖の堆砂

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)

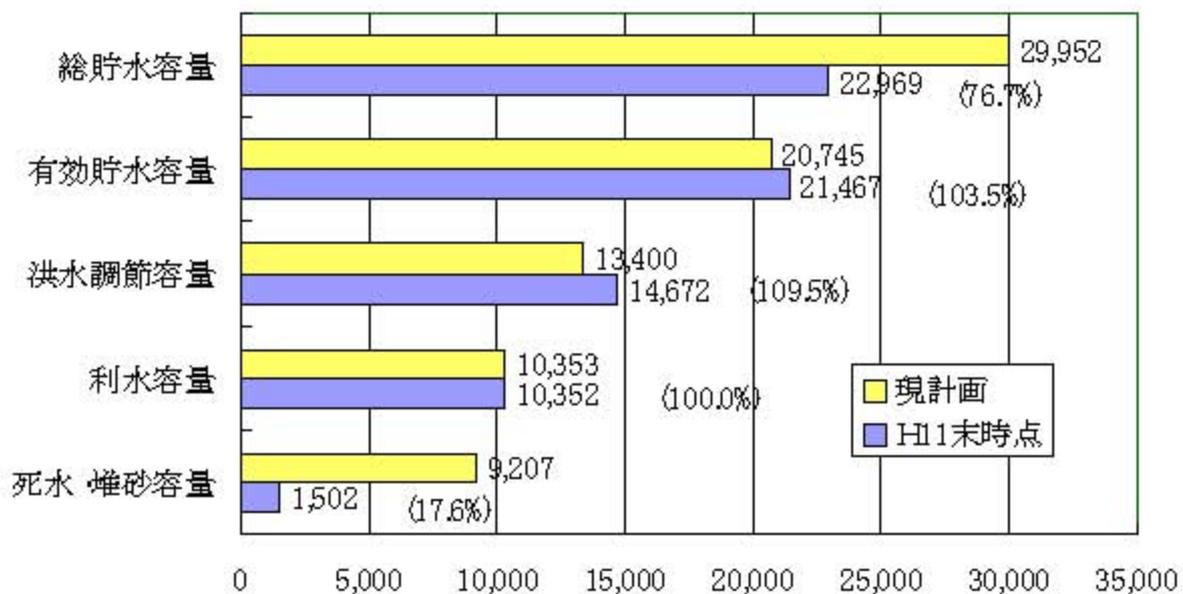
管理工事の爲に水位を低下させた状況(美和水库/平成元年)



美和水庫への堆砂の推移



美和水庫貯水池容量の状況

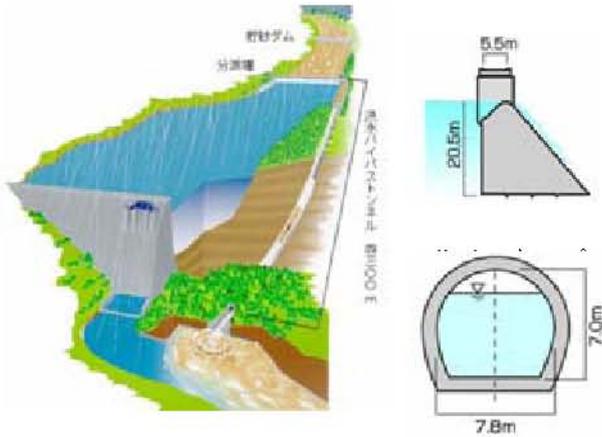


堆砂掘削



恒久堆砂対策

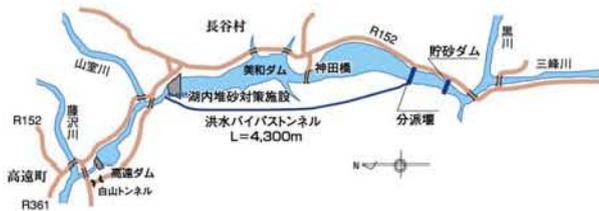
洪水を最大約 300m³/s バイパスする。



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-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6.6%)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、貯水池堆砂抑制及び砂利掘削により、毎年約16万 m^3 の土砂排除を継続的に行っています。

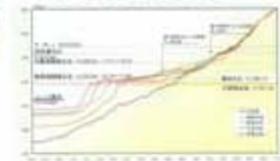
更に、土流域において、堆砂対策による土砂流出抑制を進めています。

一方、現在小澗ダムの堆砂量は、1.4~1.6km付近まで進行(図-1)しており、ダム完成当時、1.6kmの標高が約5.0mだったのに対し、現在は約5.2mと3.0mも土砂が堆積しています。

(1) (2) 小澗ダム堆砂抑制効果による

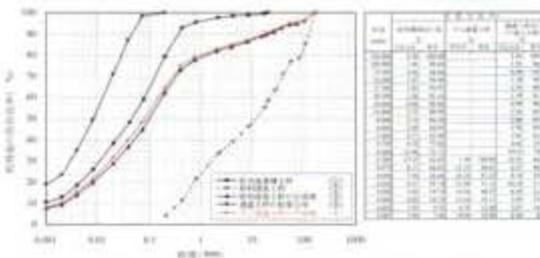


図-1 小澗ダム堆砂状況(平成16年度)



(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、積流砂・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。

積流砂 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 3.3% 流入土砂量の12%



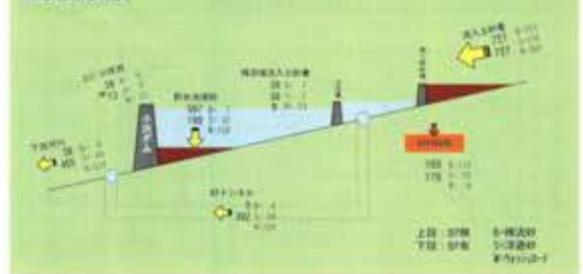
(4) バイパス事業による計画堆砂量

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置することにより、ダム域内の年間堆砂量を約20万 m^3 (これまでより33%低減)とすることができると見込まれます。

平成16年3月現在、堆砂抑制域内の交通容量は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



【現状堆砂量】(計画流入土砂量: 107万 m^3 /年)

計画流入土砂量 107,000 m^3
 実際の流入土砂量 117,000 m^3
 土砂掘削による削減 10,000 m^3 (計画流入土砂量の9%)
 堆砂抑制域による削減 24,000 m^3 (実際の流入土砂量の21%)
 堆砂抑制域による削減 14,000 m^3 (実際の流入土砂量の13%)
 土砂掘削による削減 40,000 m^3 (実際の流入土砂量の37%)

【計画堆砂量】(計画流入土砂量: 107万 m^3 /年)

計画堆砂量 575,000 m^3
 (注)土砂堆積 敷設後(計画)
 堆砂抑制域による削減 715,000 m^3 (計画堆砂量の125%)
 土砂掘削による削減 32,000 m^3 (計画堆砂量の5%)
 バイパスによる削減 30 m^3
 (注)計画(計画)
 堆砂抑制域による削減 4,000 m^3 (計画堆砂量の0.7%)
 堆砂抑制域による削減 31,000 m^3 (計画堆砂量の5.4%)
 バイパスによる削減 40,000 m^3 (計画堆砂量の7%)
 (注)土砂堆積(計画)
 土砂掘削による削減 14,000 m^3 (計画堆砂量の2.4%)

① 第1貯砂場の土砂堆積率

貯水池流入土砂量が、年間約10万 m^3 と見込まれる中、堆砂抑制域(10%)による堆砂抑制等により、約9万 m^3 の土砂が貯砂場に堆積する見込みです。

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。
 河口施設は、バイパストンネルに流入する河床の暴落を抑制し、土砂の付着を防止し、トンネルの安定性を確保します。
 河口施設は、河口の河床を流入する土砂の色、質に合わせた調整を行います。

【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／初期断面積
 ：63.2m²／70.1m²
 埋砂状態：100mm以下
 流速：15.8m/sec
 (施工後：粗度係数=0.015時)



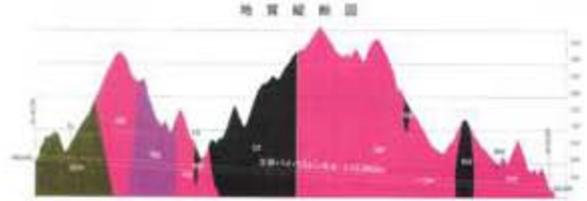
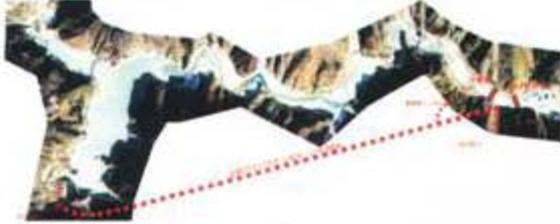
トンネル標準断面図

【河口施設】幅6000mm
 内口形式：まじりフェス+斜流壁

【吐流壁】(第1貯砂ダム区画)
 高さ：7.0m、吐流断面：70,000m²

【河口施設】幅62300mm
 内口形式：自由落下形式

【第2貯砂壁】
 高さ：10.0m、総容量：270,000m³



トンネル区間	トンネル径	トンネル断面積 (m ²)				トンネル断面積 (m ²)			
		初期	中期	後期	平均	初期	中期	後期	平均
1	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
2	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
3	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
4	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
5	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
6	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
7	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
8	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
9	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
10	9.0	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2

1) 初期断面積は、最高土砂含率時、最大断面積を考慮してトンネル径を決定したときの断面積とする。
 2) フェーズの推移 (高水位、高水位、低水位)



トンネル標準断面図

トンネル区間	トンネル径	トンネル断面積 (m ²)	トンネル断面積 (m ²)
1	9.0	63.2	63.2
2	9.0	63.2	63.2
3	9.0	63.2	63.2
4	9.0	63.2	63.2
5	9.0	63.2	63.2
6	9.0	63.2	63.2
7	9.0	63.2	63.2
8	9.0	63.2	63.2
9	9.0	63.2	63.2
10	9.0	63.2	63.2

トンネル平面図

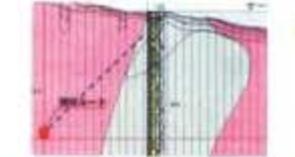
トンネルの平面図は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。

トンネル縦断図

トンネルの縦断図は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。

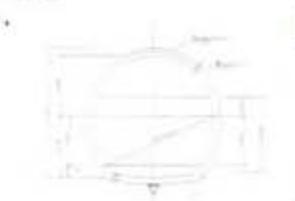
貯水池水の影響

トンネルの貯水池水の影響は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。



トンネル管工・インバート図

トンネルの管工・インバート図は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。



トンネルと管理用トンネルとの配置図

トンネルと管理用トンネルとの配置図は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。トンネルの断面は、トンネルの中心線に沿って描かれています。



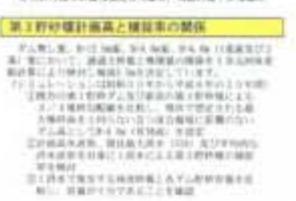
河口工位置

河口工位置は、河口の中心線に沿って描かれています。河口の断面は、河口の中心線に沿って描かれています。河口の断面は、河口の中心線に沿って描かれています。



河口工位置

河口工位置は、河口の中心線に沿って描かれています。河口の断面は、河口の中心線に沿って描かれています。河口の断面は、河口の中心線に沿って描かれています。



施設構造検討 - 河口、吐流壁構造検討 -

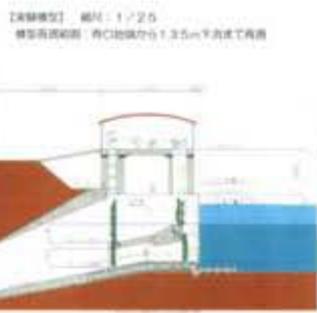
河口施設水理模型実験



実験の様子



実験の様子



(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)

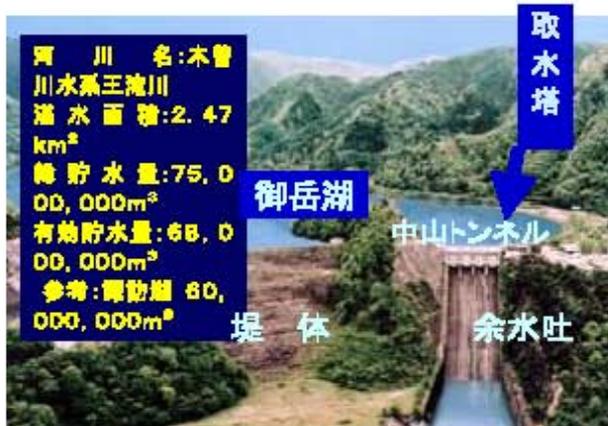
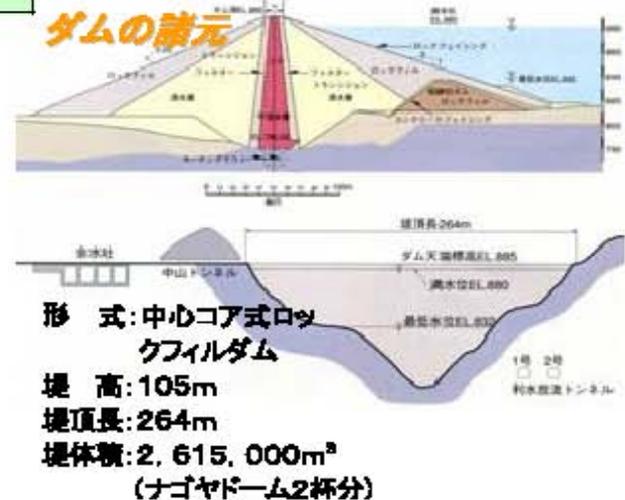
取水塔

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）

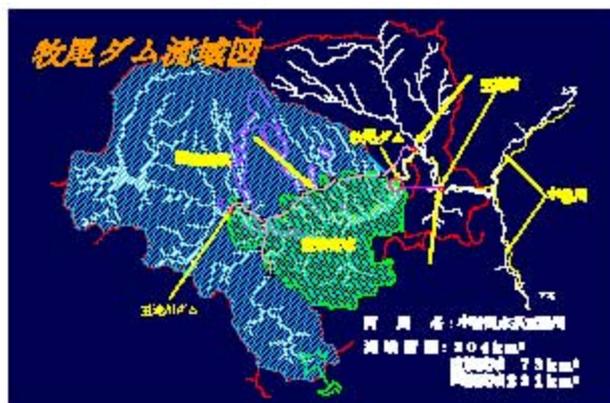
1.池の越	EL.898.5m
2.六段橋	EL.-----m
3.取水塔	EL.832.0m

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）

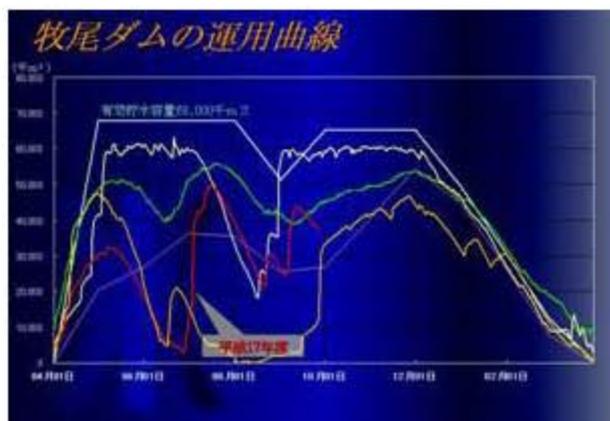
流入量：32.31m³/s

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「氷ヶ瀬峡谷」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

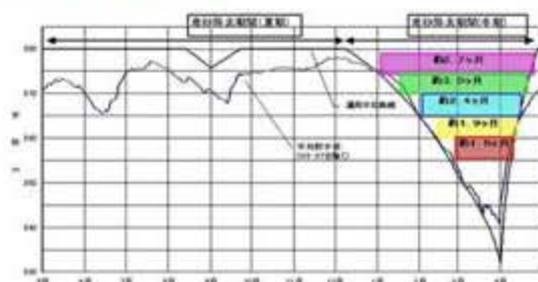
昭和64年 震災後 600万 m^3 増

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・工事中重機械の騒音・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

堆砂除去工事実施状況



牧尾ダム堆砂除去工 施工実績



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。



(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 高	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	長	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㎡

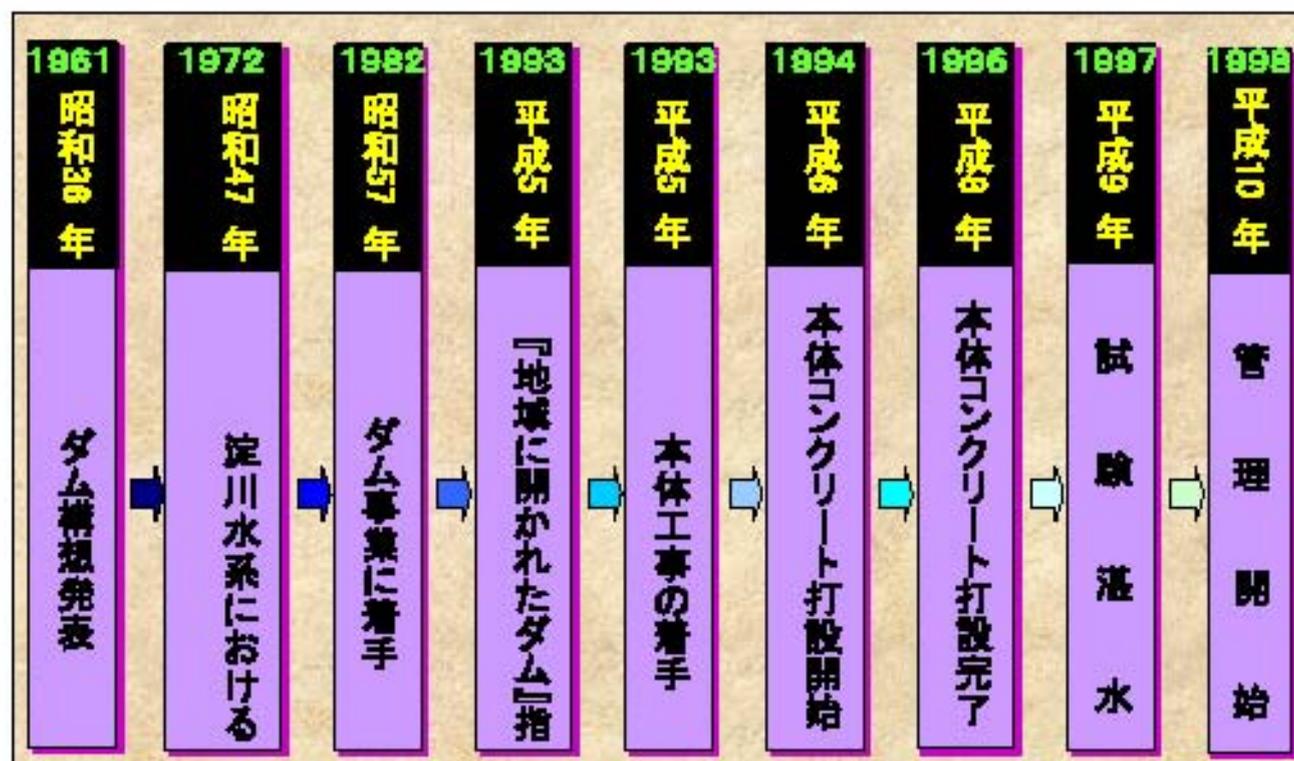
桂川と日吉ダムの位置

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

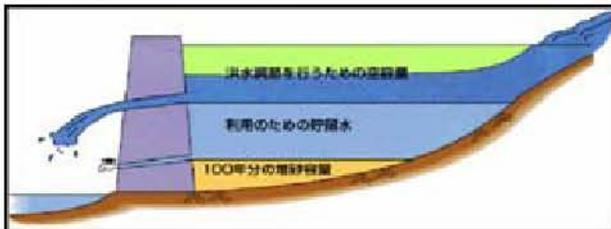
貯水池は日吉町、八木町、京都市(旧



ダムの洪水調節のしくみ

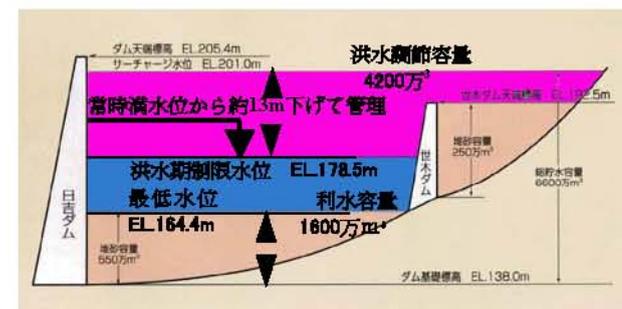
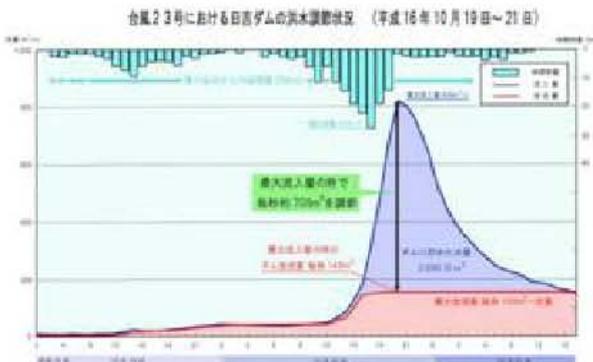
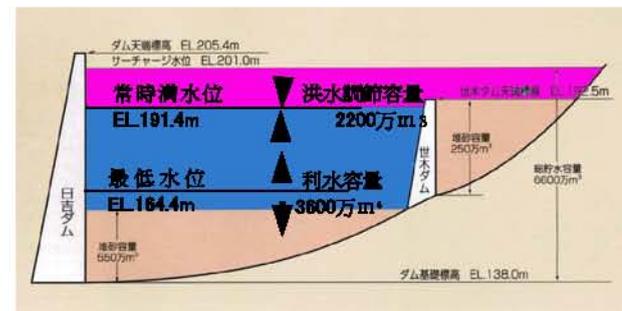


日吉ダムの貯水池の使い方(非洪水期)
10月16日~翌年の6月15日

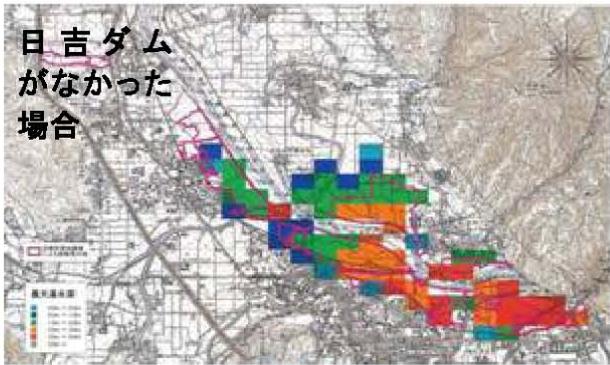


日吉ダムの貯水池の使い方(洪水期)
6月16日~10月15日

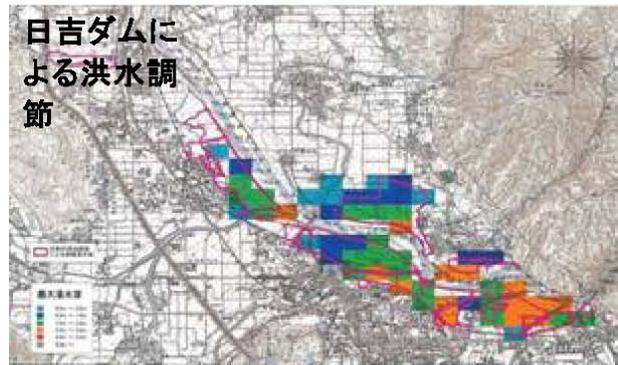
日吉ダムの洪水調節状況(管理開始後最大)



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）



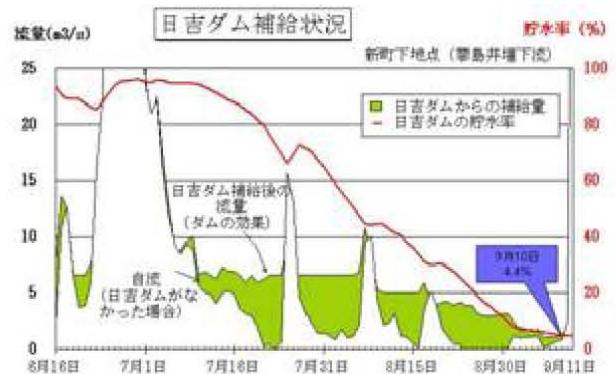
平成12年日吉ダムの活躍（平成12年夏渇水）

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）

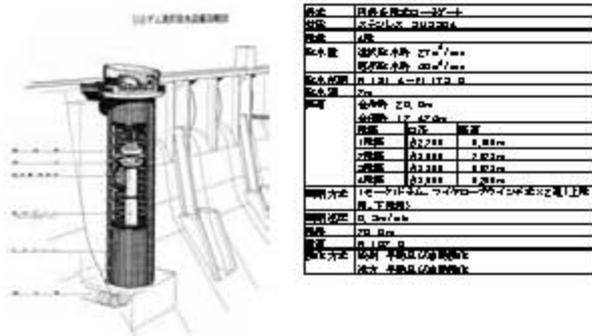


選択取水設備の運用

選択取水設備は夏季の水温上昇に伴う温度躍層により発生する底部の冷水を下流に放流させないため、表層より取水することを目的としています。

利水放流バルブによる放流状況

- ・ 平常時や湯水時に使用して放流しています。
- ・ 洪水期を迎えるための水位低下時にも使用しています。



管理用水力発電設備

日吉ダムでは、放流水を利用して発電を行っています。



機名	日吉ダム放水発電機	
機名	S2000C 2000型	
材質	SUS	
取水量	通常時 27 m ³ /min	
	洪水時 20 m ³ /min	
取水量	0.181 m ³ /s ~ 0.172 m ³ /s	
取水量	0 m	
全高	全高時 20.0m	
	全高時 17.45m	
取高	0.7m	取高
1階高	0.220m	0.80m
2階高	0.220m	2.00m
3階高	0.220m	4.00m
4階高	0.220m	6.00m
説明方法	1. 1階～4階は、ライクローラー式で2階以上は、下取付式	
取水量	0.20m ³ /s	
取高	20.0m	
取水量	0.181m ³ /s	
取水量	0.172m ³ /s	



(八) 黒部河川事務所—宇奈月水庫

1 宇奈月ダムのご概要

宇奈月ダムの目的

洪水調節

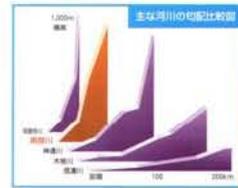
基本基準点の基本洪水流量7,200m³/秒のうち、上流ダム群により1,000m³/秒の洪水調節を行う。このうち宇奈月ダムでは700m³/秒を確保し、ダム下流の黒部川最下流(約150km)の水害を抑制する。

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

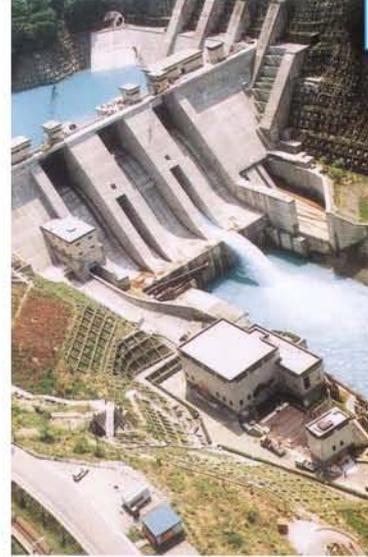
新たに関西電力の宇奈月発電所を建設して、最大出力20,000kwの発電を行う。宇奈月ダム貯水水を逆調整池とする新幹河津発電所において最大出力41,200kwの発電を行う。



「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623km²、流路延長85kmのわが国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	黒部川各河段進行管理定続続
昭和51年3月	黒部川各河段進行管理工事に着手
昭和51年7月	ダム基本設計完了
昭和51年12月	ダム基礎部分掘削(開工工事)
昭和52年12月	ダム基本設計完了
昭和53年2月	ダム地質調査完了(開始)
昭和53年10月	私道工に着手
昭和53年12月	河川管理事務所建設
昭和54年1月	河川管理事務所に着手
昭和54年3月	黒部川各河段進行管理山崎橋完成
昭和54年10月	下流工事開始
昭和55年2月	ダム基礎部分掘削完了
昭和55年10月	ダム基礎部分掘削(多量水)2,207m ³ /秒
平成2年8月	工事進捗管理開始
平成3年4月	新幹河津発電所建設開始
平成3年8月	ダム完成式
平成3年12月	ダム完成式
平成4年5月	ダム完成式
平成4年7月	黒部川各河段進行管理山崎橋完成
平成4年9月	ダム事業調査完了
平成4年10月	黒部川各河段進行管理完了
平成5年6月	黒部川各河段進行管理(多量水)2,207m ³ /秒
平成5年8月	ダム事業調査完了
平成10年9月	ダム完成式(コンクリート)打設完了
平成11年10月	ダム内転流開始
平成12年2月	ダム完成式
平成12年4月	ダム完成式
平成12年6月	開工式
平成13年10月	竣工式

UNAZUKI DAM

UNAZUKI DAM 2

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。黒部川はわが国屈指の急流河川で、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。

- ### 1

ダム上流に設置された雨量観測所(10局)や水位・流量観測所(1局)などのデータを集める。
- ### 2

ダムに流れ込んでくる水量を把握するとともに、ダムからの放流開始などの予測を行う。
- ### 3

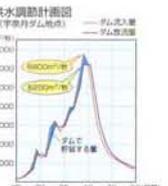
ダム下流の市町村役場や消防署、警察署などに、河川の増水に関する情報を通知する。
- ### 4

ダム下流の警報局(全35局)に設置されたサイレンやスピーカーにより、川の水が増える事を知らせる。それと同時にパトロール車での川の中に入らないかどうかを確認する。

UNAZUKI DAM

3 洪水調節

大雨が降ってダムに流れ込む水量が急激に増加したとき、その一部をダムに貯め込んで安全な水量を放流し、下流の水害を防ぎます。宇奈月ダムは、ダムの流れ込む最大水量6,900m³/秒のうち700m³/秒を調節することができます。



- ### 1 洪水調節容量の確保
- ### 2 洪水の調節
- ### 3 洪水後の措置

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。

<h3>昭和49年洪水</h3> <p>最大流量3,060m³/秒(愛本地点) 各地で堤防が決壊し死者7人、負傷者133人、多数の家屋流失などが発生しました。これを契機に、黒部川では国の直轄事業(河川改修)が着手されました。</p>	<h3>昭和44年洪水</h3> <p>最大流量5,667m³/秒(愛本地点) 入善町で堤防が決壊し、愛本地点が消失。愛本入善間からあふれた濁流が住宅地帯に流れ込むなど、田畑、住宅地を食む約1,050haが泥の海と化しました。これを契機に、宇奈月ダムが計画されました。</p>	<h3>平成7年洪水</h3> <p>最大流量2,378m³/秒(愛本地点) 上流部で大規模な山地崩壊が発生し、黒部川各河段に寸断されました。中央部では約600万m³(10トトラック120万台分)もの土砂が堆積し、工事関係者92名が一時孤立しました。黒部川の土砂流失の恐ろしさを反省しました。</p>
---	---	--

UNAZUKI DAM

UNAZUKI DAM 4

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	
堤止面積	0.873km ²
水面積	8.8km ²
水面積率	81.360.0m
平均水深	81.265.0m
最大貯水容量	15.243.0m ³
有効容量	81.202.0m ³
総貯水容量	24,705,000m ³
有効貯水容量	12,730,000m ³
総貯水容量	13,290,000m ³
最大貯水容量	15,200,000m ³
ダム式発電容量	(洪水期) 300,000kW (平常期) 300,000kW
水力発電容量	(洪水期) 1,000,000kW (平常期) 1,250,000kW
最大出力	8,000MW
計画最大出力	8,000MW
計画速度	700rpm

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
総延長	81,262.6m
堤頂高	87.0m
堤頂幅	8.0m
堤体積	916,000m ³
基礎掘削	上流側1.0、フルリット1.0、下流側1.0
基礎掘削量	

放流設備諸元

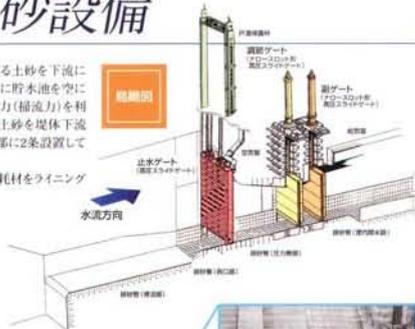
ゲート	17.0m×21.0m鋼製スライドゲート
ゲート幅	17.0m
ゲート高	21.0m
ゲート厚	1.0m
ゲート重	約1,000t
ゲート駆動機	17.0m×21.0m鋼製スライドゲート
ゲート駆動機	17.0m×21.0m鋼製スライドゲート
ゲート駆動機	17.0m×21.0m鋼製スライドゲート

5 UNAZUKI DAM

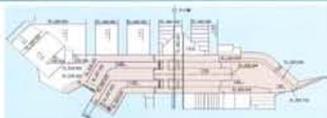
6 排砂設備

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

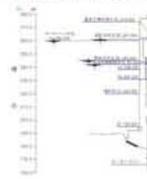
5 宇奈月ダム の構造

ダム平面図

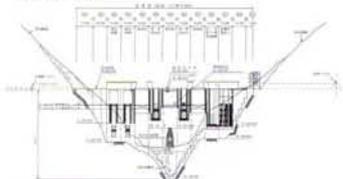


ダム標準断面図

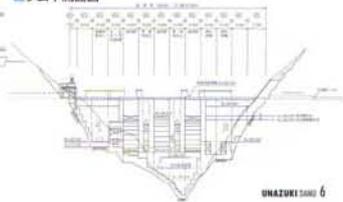
常用洪水吐標準断面図



ダム上流面図

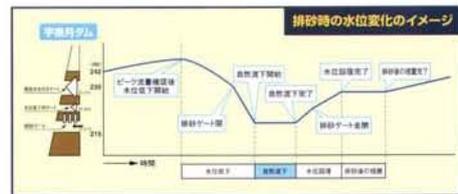


ダム下流面図



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

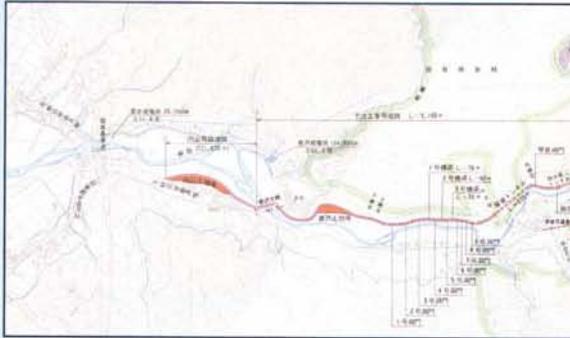
排砂ゲートを開け、自然の定水による掃流力で、貯水池に溜まった土砂を流す。

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 工事用道路及び主な補償

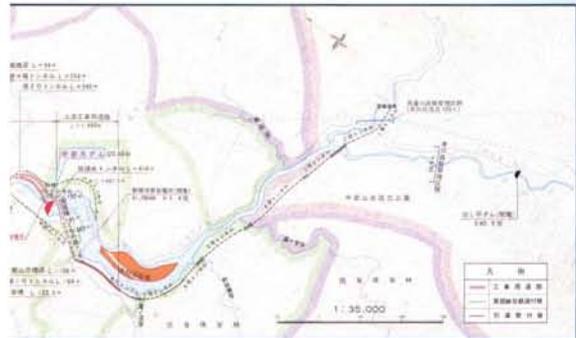


工事用道路

下流工事用道路		上流工事用道路	
区間：霞沢大橋～ダムサイト		区間：ダムサイト～尾ノ沼谷付近	
計画延長	約0.5km	計画延長	約1.0km
トンネル延長	約0.1km	トンネル延長	約0.4km
橋梁延長	約0.4km(霞沢大橋約0.7km)	橋梁延長	約0.2km
舗装延長	約0.4km	舗装延長	約0.2km
橋脚基礎	約2基	橋脚基礎	約2基
道路幅員	約5m～約10m(平均)	道路幅員	約5m～約10m(平均)
車道幅員	約3.0m	車道幅員	約3.0m



9 UNAZUKI DAM



補償

宇奈月温泉引湯補償	
付償区間：ダムサイト下流地点～源流温泉集積槽	
付償延長	約0.2km
トンネル延長	約0.2km
橋脚延長	約0.2km
溝ノ目・灌漑延長	約0.2km

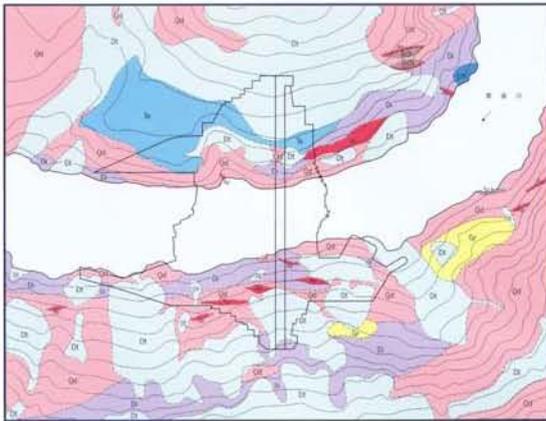
東部峠谷鉄道付償	
付償区間：宇奈月駅～稲成駅手前	
付償延長	約1.7km
トンネル延長	約1.5km(1.2km)
橋脚延長	約0.2km
溝ノ目・灌漑延長	約0.2km(1.0km)

柳川原発電所移設	
有効容量	134.6kW(建設)～92.8kW(運転)
発電出力	34,000kWh～41,000kWh



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と狭いため、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。

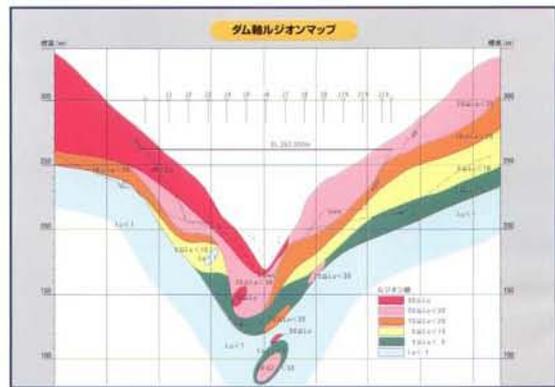
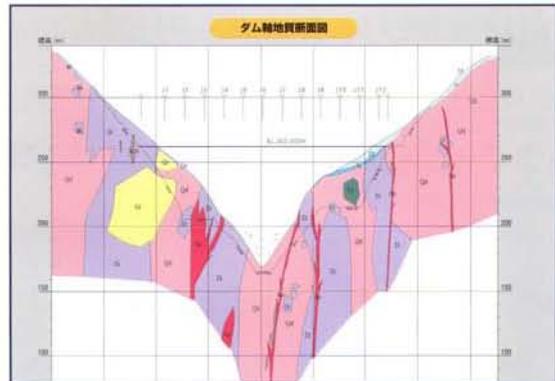
ダムサイト周辺の地質は中生代ジュラ紀(およそ2億年前)に作られた船津花崗岩類を基礎とし、これらを新生代第四紀の段丘堆積物、崖堆積物及び河床堆積物が覆っています。

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。

階層	地質(地層)記号	新案	備考
新案	河床堆積物	A4	第四紀最新期の砂・シルト堆積物
新案	崖堆積物	C4	高位崩壊が崩壊土砂として急斜面に堆積した堆積物
新案	段丘堆積物	Ta	東部の下段丘に形成された堆積物(第四紀最新期の堆積物)
新案	アグマタイト	Aa	船津花崗岩類(石英、斜長石、アルカリ長石)が多い貫入性花崗岩
新案	花崗岩質堆積物	Qa	中層・低層の花崗岩質堆積物、堆積物堆積した堆積物(第四紀最新期の堆積物)
新案	閃緑岩	D	石英閃緑岩に属する有色結晶が多数を占める緑色～褐色を呈する中層・低層の花崗岩質堆積物
新案	片麻岩	Dp	中層・低層の花崗岩質堆積物(片麻岩質堆積物)も含まれる
新案	新案	Sh	地層が一定方向に褶曲した褶曲(片麻岩)層、片麻岩
新案	新案	Lp	変成岩類(片麻岩)と花崗岩質堆積物との混成岩
新案	新案	Sh	花崗岩質堆積物、閃緑岩、石英閃緑岩、片麻岩、斜長石、石英、斜長石、石英、斜長石、石英、斜長石

11 UNAZUKI DAM



12 UNAZUKI DAM



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新構造運動によって急激に隆起したもので、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%）にもなります。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22万トン分、ビックな東京ドーム(124万m³)にも入りきれない量になります。



×220,000台

東京ドームにも入りきれ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、韓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



さらさら水

黒部ダムで出し平ダムは電力利用だけでなく、観光客にも人気のスポットです。黒部川は清流が特徴で、その水質は非常に純粋で、その水質が黒部川の水質を向上させています。黒部川の水質は非常に純粋で、その水質が黒部川の水質を向上させています。黒部川の水質は非常に純粋で、その水質が黒部川の水質を向上させています。

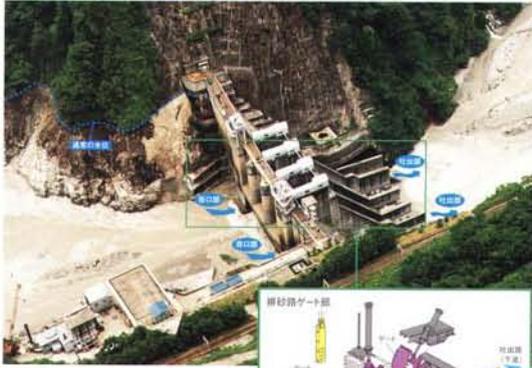


黒部川とダムを取り持つ技術、排砂

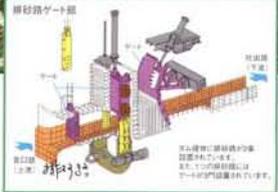
河川とダムが共存するための技術、排砂

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

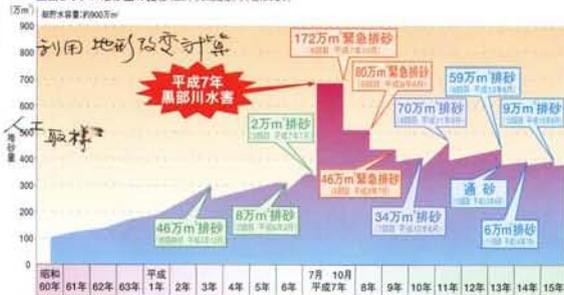
過去の排砂実績をふまえてよりよい方法を今後確立していきます

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顕著となり、土砂の流出に支障をきたす恐れが出てきました。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。

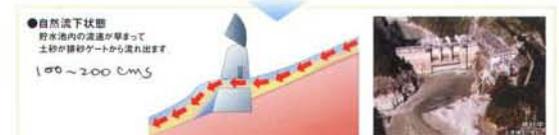
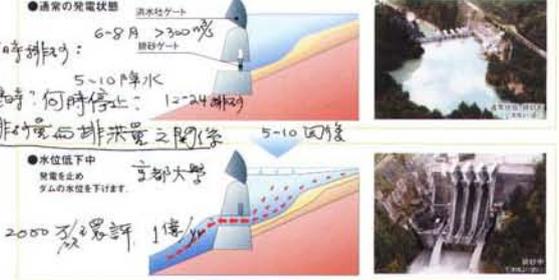
第7~8回排砂 第6回大出水時の緊急排砂として行った出洪水時排砂の経験に基づき、平成10年と11年この方法により排砂を実施しました。出洪水時排砂という自然の力を利用した方法がほぼ確立されました。

第9回連続排砂 国土交通省年度計画と連携して排砂する日本では初めての排砂を行いました(第9回)。また連続排砂、濁水が発生しないため、流入した土砂をダムにためないよう2回連続排砂も実施しました(第10回)。

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水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。

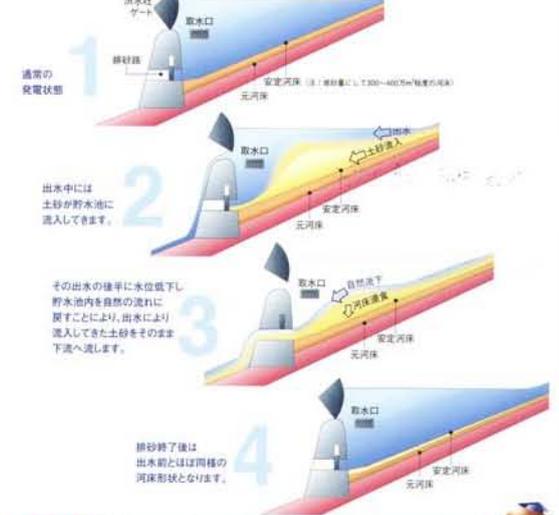


土砂の流れのために

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月の出水時に集中してダムに流入してきます。今後はこの出水時に流入する土砂をダムで貯めずそのまま流すことにより、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。

より自然に近い排砂方法



知るべきこと 出水時の排砂は発電によって手動で停止します。通常時は洪水ゲートを開けて発電を止め、洪水ゲートを開けて放水することにより、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。



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

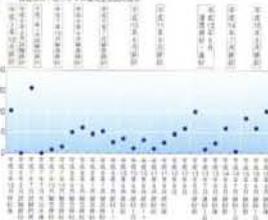
排砂によって流域の環境や富山湾の漁業、さらに黒部川での漁業や農業へ影響を及ぼさないように、徹底した環境調査を実施しています。

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貯めておくことが実質的におそれがあります。恒常的に排砂することが実質的かつ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。



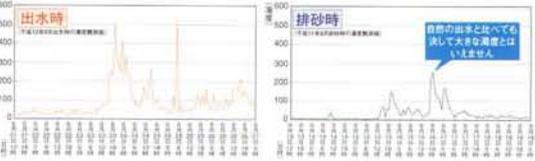
■出し平ダム底質調査(平成3年以降)



■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年に宇奈月町長らなどで構成された「黒部川土砂管理委員会」が設立され、環境調査データの評価だけでなく、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(下流)は平成10年設立
黒部川土砂管理協議会(上流)は平成11年設立
黒部川土砂管理協議会(中流)は平成12年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成13年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成14年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成15年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成16年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成17年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成18年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成19年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成20年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成21年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成22年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成23年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成24年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成25年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成26年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成27年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成28年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成29年設立
黒部川土砂管理協議会(河口)は平成30年設立



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、上流域での土砂堆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。

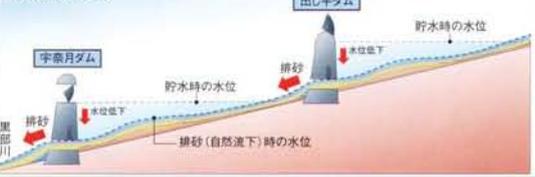


出し平ダム
形式:重力式
高さ:76.7m



黒部川(黒部川 宇奈月川 出し平川 黒部川)

■連携排砂のしくみ



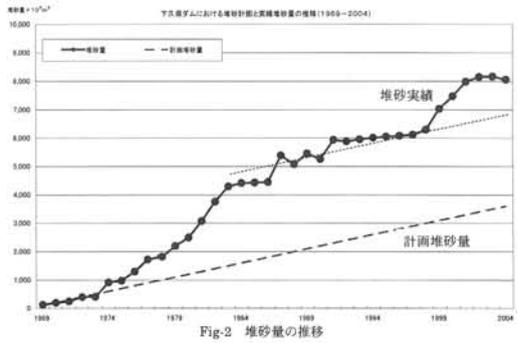
宇奈月ダム
形式:重力式
高さ:37m

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。

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。

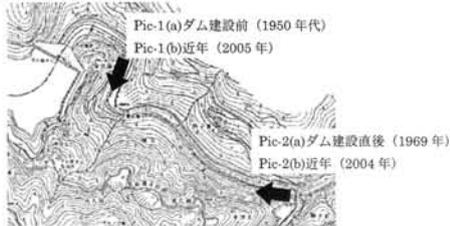


4. 三波石峡の現状と土砂掃流試験の目標

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（河原の再現目標量）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。

せようとすることである。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。

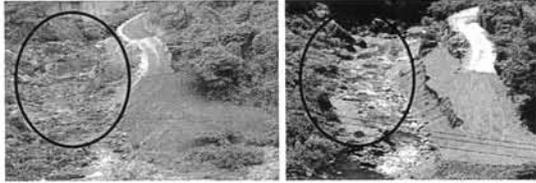
	年月日	投入土砂量	放流要因	最大放流量×時間	流下土砂量
投入	2003. 7. 16	1,000 m^3	前線		
流下	2003. 7. 26		前線	約 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ × 5時間	約 $1,000 \text{ m}^3$
投入	2003. 10. 22	1,000 m^3			
流下	2004. 10. 10～15		台風22号	約 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ × 9時間	約 200 m^3
流下	2004. 10. 19～26		台風23号	約 $300 \text{ m}^3/\text{s}$ × 2時間	約 800 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 岩村川貯留ダムの状況
（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（I1-2地点）



写真-7 味噌川貯砂ダムの状況（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）

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。

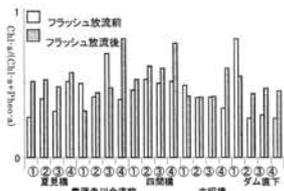


図-4 フラッシュ放流前後の付着藻類活性変化<比奈知ダム>

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
ダム付流の河川状況	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

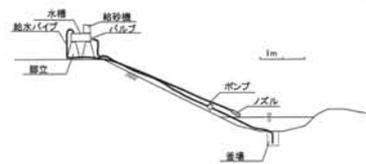


図-5 付着藻類剥離実験装置配置

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。

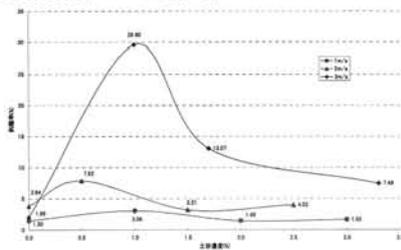


図-6 付着藻類剥離実験におけるクロロフィル a の剥離率

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
ダム付流の河川状況	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)。

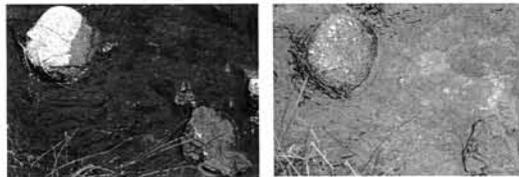


写真-5 フラッシュ放流前(左)と後(右)の下流河床状況変化

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
ダム付流の河川状況	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、出水時に臨時放流するようにした。

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¹²⁾

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:

- 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。
- 金藤: ダム貯水池の堆砂対策の現状, ダム年鑑, 1997。
- 井田ら: ダム堆砂に関する研究, 防災研年報17号B, 1974。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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
- 野野ほか: 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。
- 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。
- 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。
- 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息の場となっている。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 神川支川 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

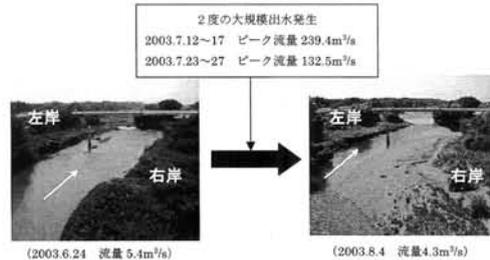


写真-10 出水前後の河道形状および植生の変化

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、放流量のみでの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まって河床低下、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年間の堆砂量を計画する基準は昭和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位に位置する丹波ダム(国土交通省管理)は、経路ダム(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らず、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大別すると以下の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)。

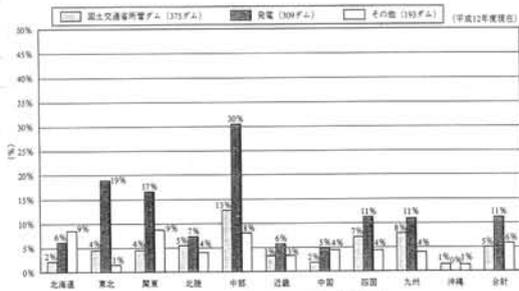
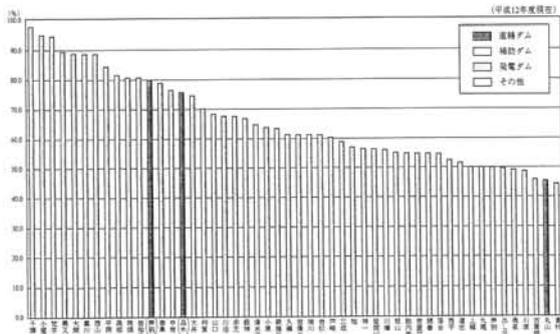


図-1 地方ごとのダム堆砂率(実績堆砂量/総貯水容量) (平成12年度現在)



※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、その中期貯水容量を確保できるためのダムで、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	担当官庁	ダム名	堆砂率	竣工年度	備考
1	中	千 瀬	87.7	昭和10年10月	
2	北	小 瀬	85.0	昭和11年9月	
3	東	北 沢	84.5	昭和8年10月	
4	北	美 濃	83.3	昭和2年2月	
5	中	大 井	82.8	昭和13年12月	
6	近	美 濃	82.7	昭和11年11月	
7	東	新 井	82.6	昭和22年4月	
8	中	新 井	84.5	昭和27年1月	
9	東	新 井	81.7	大正11年12月	
10	東	新 井	80.8	昭和42年3月	
11	北	海 津	80.7	昭和33年7月	
12	北	海 津	79.8	昭和32年10月	
13	中	新 井	78.9	昭和11年1月	
14	東	中 野	76.5	大正13年1月	
15	東	東 品 木	75.8	昭和40年12月	
16	中	大 井	74.7	大正13年12月	
17	北	新 井	70.1	昭和18年11月	
18	中	新 井	68.8	昭和12年11月	
19	近	新 井	67.7	昭和12年11月	
20	北	新 井	67.7	昭和29年9月	
21	北	新 井	66.9	昭和12年6月	
22	北	海 津	64.7	昭和14年10月	
23	北	新 井	63.7	昭和17年11月	
24	北	新 井	63.4	昭和19年1月	
25	中	新 井	61.5	昭和28年8月	
26	北	海 津	61.3	昭和14年9月	
27	中	新 井	61.3	昭和12年3月	
28	北	海 津	61.3	昭和17年1月	
29	九	州 新 井	60.3	昭和18年6月	
30	中	新 井	58.8	昭和28年10月	
31	北	新 井	58.8	昭和12年12月	
32	北	新 井	55.4	昭和29年1月	
33	中	新 井	55.3	昭和16年11月	
34	北	海 津	55.0	昭和28年3月	
35	北	新 井	55.1	昭和5年10月	
36	北	新 井	54.9	昭和12年10月	
37	九	州 新 井	54.7	昭和17年3月	
38	中	新 井	54.7	昭和25年11月	
39	中	新 井	54.7	大正15年12月	
40	中	新 井	52.6	昭和15年12月	
41	東	新 井	51.6	昭和20年3月	
42	東	北 上	50.1	昭和27年2月	
43	近	新 井	50.0	昭和12年9月	
44	北	海 津	49.9	昭和28年2月	
45	北	海 津	49.6	昭和40年9月	
46	中	新 井	49.2	昭和31年2月	
47	九	州 新 井	48.8	昭和15年4月	
48	九	州 新 井	45.9	昭和34年2月	
49	中	新 井	45.3	昭和11年3月	
50	北	海 津	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 既設ダムの堆積土砂を排出するためのシステムの整備
 - ③ 既設利用水ダムにおいて堆積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

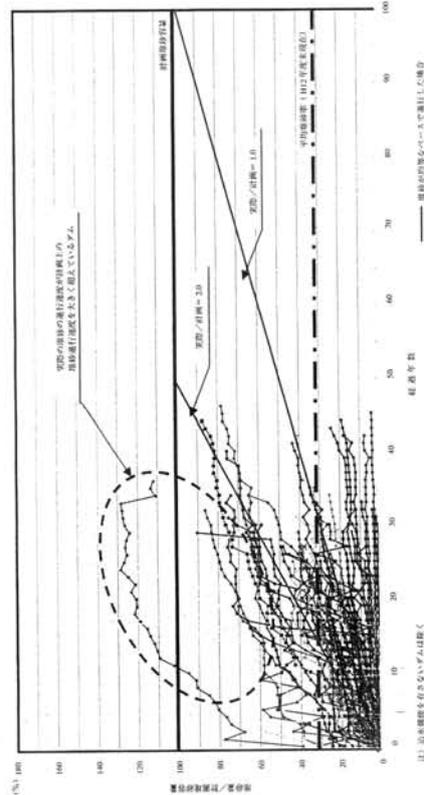


図-3 土砂堆積率の推移(平成12年度現在) (注) 土砂堆積率を有するダムは抜く

ダム技術 No.200 (2003.5)

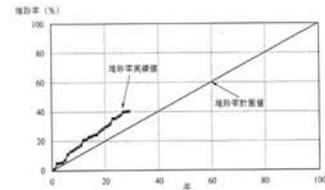


図-4 堆砂進行状況(ケース1)

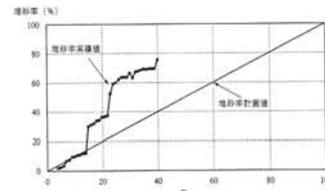


図-5 堆砂進行状況(ケース2)

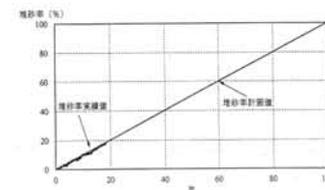


図-6 堆砂進行状況(ケース3)

ダム技術 No.200 (2003.5)

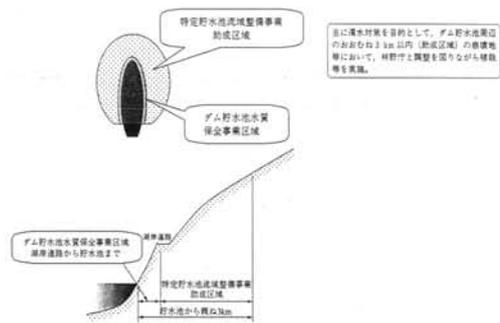


図-11 指定貯水流域整備事業

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粗粒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。

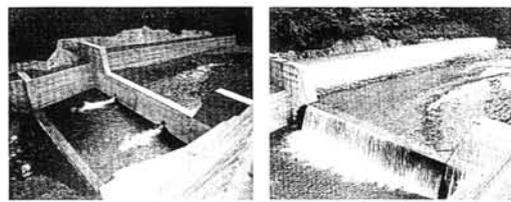


図-12

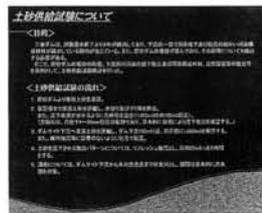


図-13-1

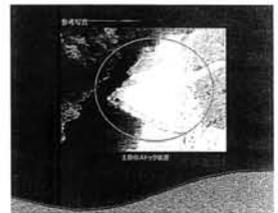


図-13-3

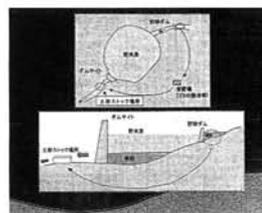


図-13-2

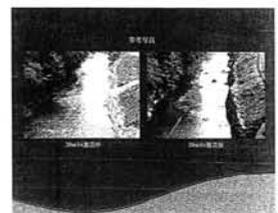


図-13-4

ダム技術 No.200 (2003.5)

i) 下流河川還元実験の結果
ダム下流に堆積した1,000m³はおおむね流下し、トレーサーとして用いた方解石は約1.2km下流まで流下していた。
試験放流中の河川濁度は、降雨時の河川濁度の半分以下で、人工洪水が水生生物に与える影響は少ないと考えられる。試験前後の状況を図-14に示す。

ii) 今後の課題
土砂の仮置場所、仮置量、傾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、アマモトの種相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 フラッシング貯砂(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。このため貯砂ゲート方式によるダム堆積土砂の排砂(以下「フラッシング貯砂」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、フラッシング貯砂においては、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m³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貯砂が行われた。

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300m³/s、宇奈月ダム400m³/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)

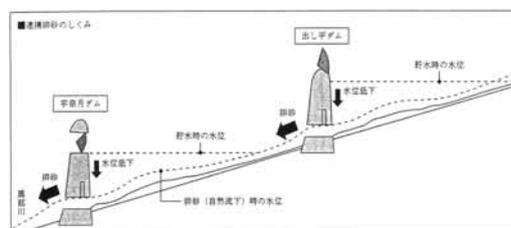


図-15 出し平ダム、宇奈月ダムの連携排砂

入土砂を最大140m³/sダム下流へバイパスさせる。
図-16に排砂バイパスの概要とバイパス運用前とバイパス運用後の濁度計測結果を比較したものを示す。
排砂バイパス運用時には、出水のピークから1週間以上経過した後も下流河川では濁度が50ppm以上であったが、排砂バイパス運用後は、ピーク時から3日目は濁度が5ppm以下まで低減しており、濁水長期化軽減に大きな効果があることが確認されている。
また、平成10年4月から12月までの排砂バイパスの運用で、流入土砂量の約67%にあたる約83,000m³がダム下流へバイパスされたと推定される(図-17)。

(3) 排砂バイパストンネル内の運転状況
排流砂がバイパストンネルを流下することから、トンネルのインバート部分が磨耗で洗掘されていることが確認されている。これらの箇所については非出水期に補修する計画となっている。
(4) 今後の課題
今後の課題として以下の事項が挙げられる。
i) 管理中のダムに排砂バイパスを設置した場合には、ダム下流河川が自然の出水状況に近づいているとはいえず、土砂供給が途絶えていた河川への土砂供給再開を行うため、排砂バイパス設置に伴うダム下流河川の生態系の変化を継続的にモニタリ

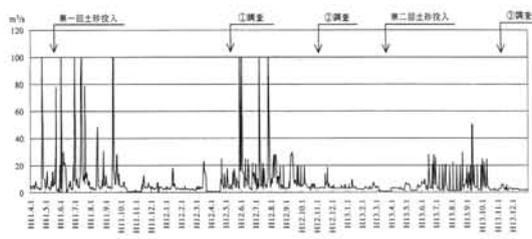


図-14 ダム放流量(日最大)および土砂投入と調査時期

ダム技術 No.200 (2003.5)

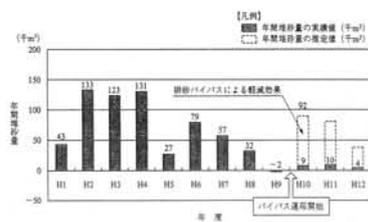
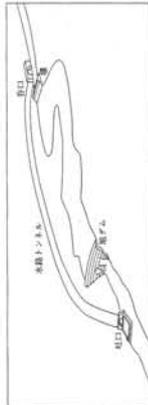


図-17 旭ダムの排砂バイパスは年間堆砂量の90%を軽減

ダム技術 No.200 (2003.5)



1. 図 2
 ① 図 2
 ② 図 2
 ③ 図 2
 ④ 図 2
 ⑤ 図 2
 ⑥ 図 2
 ⑦ 図 2
 ⑧ 図 2
 ⑨ 図 2
 ⑩ 図 2

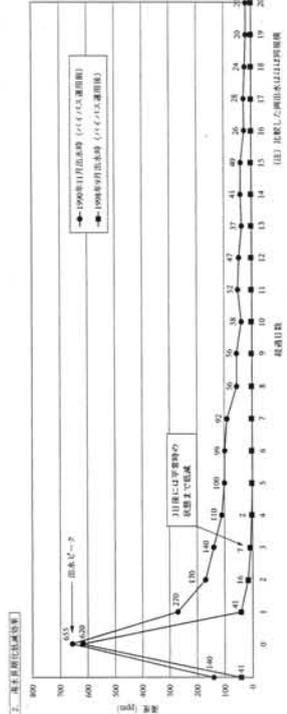


図-19 越ダムにおける排砂（掘削）バイパスの運用効果

ダム技術 No.200 (2003. 5)

ダム技術 No.200 (2003. 5)

シグしていく必要がある。
 ii) 排砂バイパスの対象土砂として積砂の取扱いの検討や、対象とする場合の積砂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、国内の限定された過地においてダムが計画、管理されていること、すなわちダムが有数の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。

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

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探っているが、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、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

表2-3 公園の5ダムの堆積土砂搬出実績 (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	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
採取終了年度	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、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積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、水通しの設計、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(防砂)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(防砂)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定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定式の σ 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、構造上の安全性、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1.0.2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)、計画書中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、洪水調節容量に堆積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、通常堆積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削減するものである。

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積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積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		貯水池諸元		設計		施工	
			深さ(m)	幅(m)	高さ(m)	頂上標高(m)	堤頂積体積(m ³)	水通し積体積(m ³)	下流面勾配	上流面勾配	基礎処理	基礎処理
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	10.76	10.76	無	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	1.0.2	1.0.63	無	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	1.1.0	1.1.0	無	無
草木ダム	容量保全	5.0	280.0	0	0	81,000	81,000	81,000	1.0.20	1.0.85	無	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	1.0.65	1.0.35	無	無
味噌川ダム	容量保全	5.4	39.6	70,000	108,000	108,000	108,000	108,000	1.0.2	1.0.68	無	無
下久保ダム	容量保全	建設中	295.3	-	-	70,000	70,000	70,000	1.0.2	1.0.2	建設中	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	1.0.2	1.0.68	無	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	1.0.4	1.0.26	無	無
阿木川ダム(瀬田川)	水質保全	2.0	8.2	10,041	99,000	99,000	99,000	99,000	1.0.6	1.0.6	無	無
滝沢ダム	容量保全	計画中	83.0	13,500	72,000	72,000	72,000	72,000	1.0.6	1.0.6	計画中	計画中

注: 1)貯砂堆積量は、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、基礎地盤の改良等の費用を示す。
3)容量削減のための施設として計画されており、堆積量は少ない。

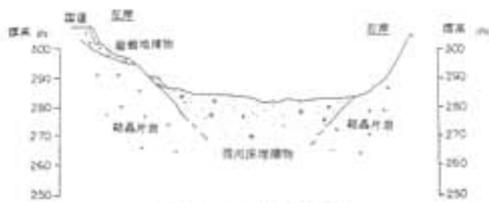


図3-1-2 ダム構造形式断面図

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 下流部ダムの運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 23.294m）とし、土砂採取地点についてはその上流約 400m（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) 「調整貯槽方式」の採用

野砂ダムを設置する野水池と直下流付近には、すでに河床下に 10m 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



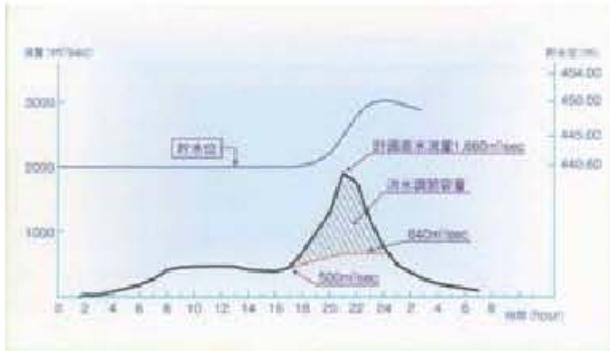
利根川・荒川水系水資源開発計画概要図



草木ダム容量配分図

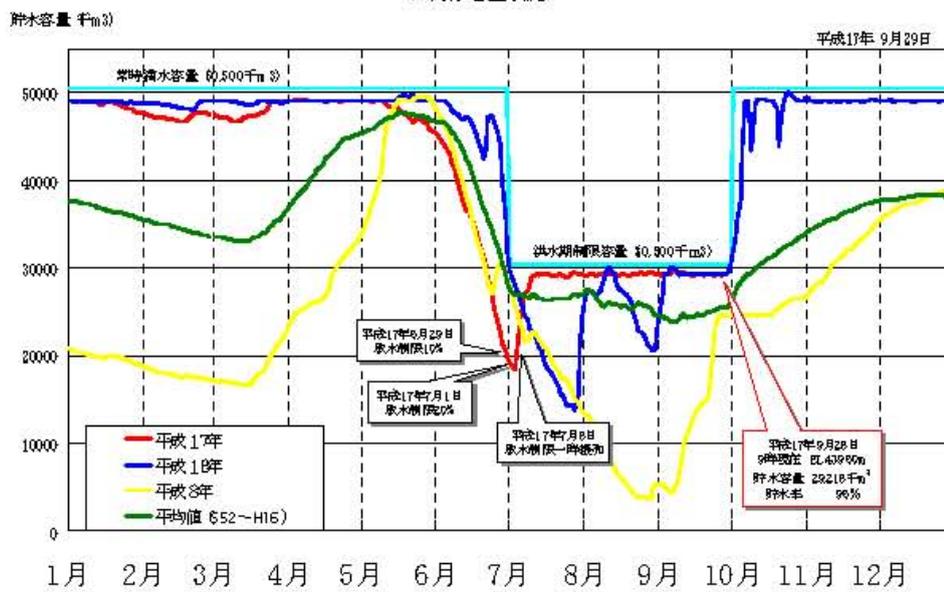


草木ダム洪水調節図



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

