益 田 川 ダ ム の コ ス ト 縮 減

島根県益田県土整備事務所　ダム建設グループ

課長　　**安部　徹**
主任技師　田中健司

キーワード　治水専用ダム，自然排砂，劣化帯利用，止水計画，コスト縮減

1. はじめに

益田川治水ダム建設事業は，洪水調節を目的とする益田川ダムの建設と，既得取水の安定確保や河川環境の保全等を目的とする既設笹倉ダムの再開発からなる。

益田川ダムは島根県益田市を流下する２級河川益田川の中流，益田市久々茂（くくもちょう）町地内に建設する堤高 48.0m，堤頂長 169.0m，総貯水容量 6,750,000m^3，有効貯水量 6,500,000m^3 の治水専用の重力式コンクリートダムである。

一方，笹倉ダムは島根県益田市美都町笹倉地内の支川波田川にある既設ダムを再開発する堤高 36.2m，堤頂長 92.5m，総貯水容量 480,000m^3，有効貯水量 200,000m^3 の不特定用水補給の重力式コンクリートダムである。

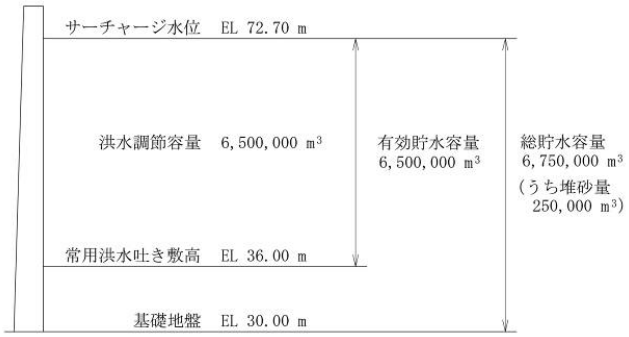
図－1 にダムの位置，写真－1，2 に益田川ダムと，笹倉ダムの現状，表－1 にダム及び貯水池の諸元，図－2 に益田川ダムの構造、図－3 に貯水池容量配分を示す。

図－１　位置図

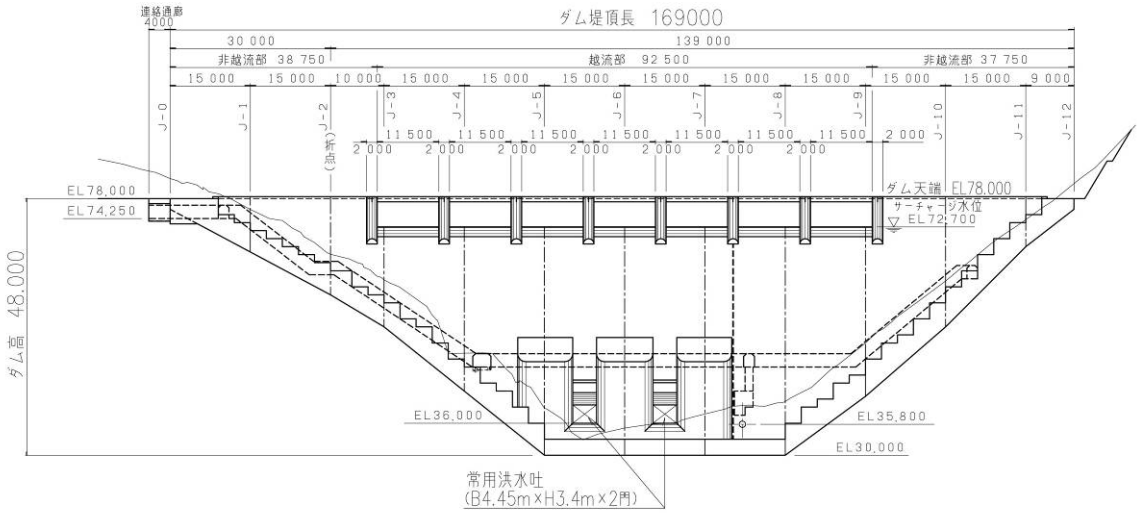
写真－１　益田川ダム

写真－２　笹倉ダム

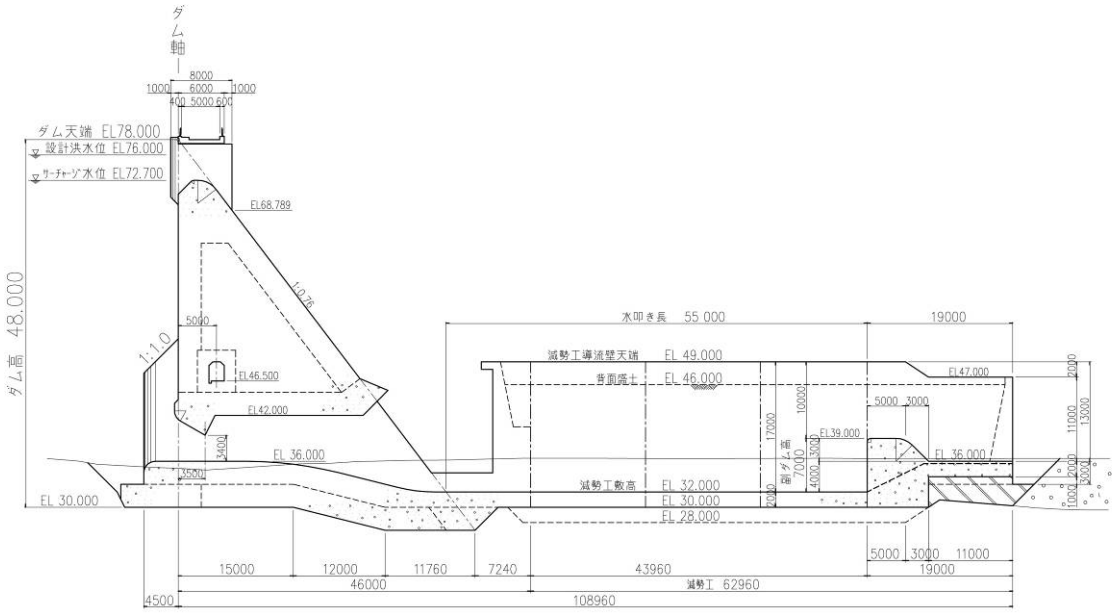
本報告では，益田川ダムの貯水池容量を再配分し治水専用ダムの建設と既設ダムの再開発によるコスト縮減事例と益田川ダムのダムサイト左岸に連続する劣化帯を利用した止水処理によるコスト縮減事例について紹介する。



図－３　貯水池容量配分図



図－２－１　益田川ダム構造図（上流面図）



図－２－２　益田川ダム構造図（標準断面図）

表－1　ダム及び貯水池の諸元

	益田川ダム	笹倉ダム再開発 (　)内は既設諸元
(1) ダムの諸元		
形　式	重力式コンクリートダ	重力式コンクリートダム
堤　高	48.0 m	36.2m(36.3m)
堤頂長	169.0 m	92.5m(82.8m)
堤体積	106,400 m^3	31,800m^3(28,000m^3)
常用洪水吐	一面ベルマウス B4.45m×H3.4m×2 門	－
非常用洪水吐	自由越流頂 B11.5m×H3.3m×7 門	自由越流頂 B14.0m×H2.5m×2 門 B11.6m×H2.5m×2 門
(2) 貯水池の諸元		
集水面積	87.6 km^2	13.5km^2
総貯水容量	6,750,000 m^3	480,000m^3(555,790m^3)
有効貯水容量	6,500,000 m^3	200,000m^3(555,790m^3)
洪水調節容量	6,500,000 m^3	0m^3(555,790m^3)
不特定容量	－	200,000m^3(　－　)
堆砂容量	250,000 m^3	※280,000m^3(　－　)
設計洪水流量	1, 580 m^3/s	440m^3/s(136 m^3/s)
計画高水流量	950 m^3/s	160m^3/s(62 m^3/s)

※笹倉ダムの計画堆砂容量は、流入土砂量 350,000m^3 の内、70,000m^3 を浚渫することとし、280,000m^3 とする。

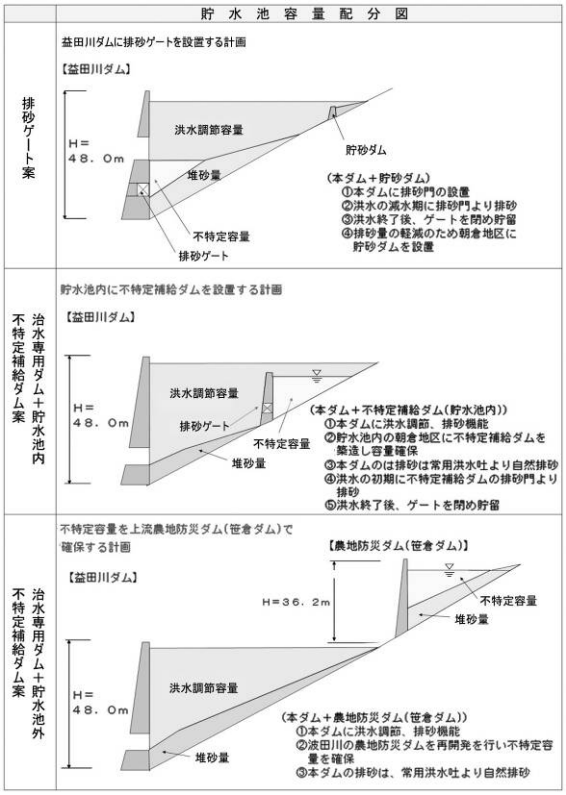
2. 貯水池容量の再配分（治水専用ダム化）によるコスト縮減

(1) 貯水池容量の再配分に至った経緯

益田川ダムは，昭和 47 年の災害を契機に，洪水調節容量 253 万m^3（ダム高 42.0m）で事業を進めていたが，昭和58年7月の梅雨前線豪雨による洪水が計画規模をはるかに上回る大洪水であったため，計画を見直した結果洪水調節容量は674 万 m^3 になった。

益田川ダムでこの洪水調節容量を確保するにはダム高を 10.1m 高く（ダム高 52.1m）する必要があったが，上流益田市美都町朝倉地区において新たに家屋および水田が水没することになり、地元の同意を得ることができなかった。

そこで、ダム高を家屋および水田等に影響を及ぼさない高さ（ダム高 48.0m）とし、不足する洪水調節容量は，排砂による堆砂容量の削減と不特定容量の振り替え等による貯水池容量の再配分を行い確保することとした。



図－4　ダム計画の比較

(2) 貯水池容量の再配分

再配分に当っては，流入する土砂を益田川ダムから下流に排砂させ貯水池内に極力堆砂させないこと，不特定容量 20 万m^3 を確保することを条件とし，図－4 に示す 3 案で検討を行った。

排砂ゲート案

洪水末期に益田川ダムに設置する排砂ゲートを開き排砂することで堆砂容量を減少させ，洪水調節と不特定の各容量を確保する。

しかし、これは以下の問題があり計画の変更が必要となった。

- ●排砂ゲート操作が複雑
- ●ゲート操作による排砂の不確実性，堆砂による不特定容量減少の懸念
- ●貯水池内に溜まった微粒土砂の放流による高濃度濁水の発生

治水専用ダム＋貯水池内不特定ダム案

益田川ダムを治水専用ダムとし，河床標高に設置する常用洪水吐きより自然排砂を行い，堆砂容量を減少させ，排砂ゲート付き貯水池内ダムで不特定容量を確保する。

しかし、排砂ゲートを有しているため前出の問題が解決されず再度計画を見直すこととなった。

治水専用ダム＋貯水池外不特定ダム案

益田川ダムを治水専用ダムとし，河床標高に設置する常用洪水吐きより自然排砂を行い，堆砂容量を減少させ，また確実に不特定容量を確保するため，貯水池外（支川）の既設笹倉ダムを再開発する。

この案は上記２案と比較し以下の点で有利であり，これを最終計画とした。

●ゲート操作が無く管理が容易

●農地防災用の既設笹倉ダムは，下流農地のほとんどが益田川ダムの貯水池となり，本来の目的が減少したことから，所管換えして不特定補給ダムとして改造可能

●経済性の優位性

(3) 治水専用ダムの堆砂容量

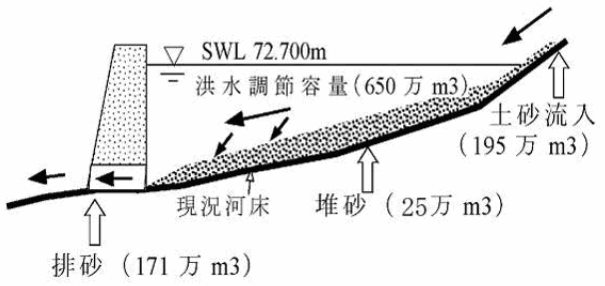
益田川ダムは常用洪水吐きからの排砂を基本としているが貯留に伴う流速の低下や中小洪水により河道内に堆砂することが考えられる。

益田川ダムの計画流入土砂量 230 万m^3については、上流にある不特定用水を補給する笹倉ダムにおいて，笹倉ダム流域分の 35 万m^3が貯留されることから，残りの 195 万m^3 を計画流入土砂量と設定して河道内堆砂検討を行った。

解析モデルによる 100 年間のシミュレーションを実施した結果，計画流入土砂量 195 万m^3のうち約 171 万m^3がダムから排砂され，貯水池には 24 万m^3が堆砂することが分った。

さらに，安全側の検討として，最大堆砂 24 万m^3の発生直後に計画洪水が流入したと想定し，シミュレーションを実施した。その結果，洪水中に最大約１万m^3の堆砂が発生し，この増分も含め堆砂容量 25 万m^3を計画堆砂量とした。（図－5）

また、併せて 25 万m^3堆砂形状の貯水位～有効容量曲線で洪水調整計算を行い、洪水調節容量 650 万m^3確定した。



図－５　貯水池土砂収支

(4) 笹倉ダム再開発

笹倉ダム再開発工事は、流水の正常な機能の維持を目的として既設ダムを再開発して不特定容量を確保するものである。

笹倉ダムは、昭和 35 年度から昭和 41 年度にかけて農地防災ダムとして建設され、常時貯水しないダムであるため、本工事により河床付近の常用放水口を閉塞し、取水放流設備を設け、不特定用水補給ダムに再開発する。

笹倉ダム再開発におけるダム本体の主な改造箇所は、堤体頂部と右岸取付部及び減勢工であり、主要な改造箇所とその目的は以下のとおりである。（図―6）

なお、既設ダムの基本形状は、全てのブロックにおいて転倒、滑動のダムの安定条件を満足していることから、基本形状の改造は行わないものとした。

①堤体頂部

越流部は、既設笹倉ダムの設計洪水流量 136m^3/s に対して、地域別比流量図より求めたダム設計洪水流量 440m^3/s が流下可能な非常用洪水吐とする。

非越流部は、維持管理を目的として現況の堤頂幅 2.0ｍを 4.0ｍに拡幅する。

②右岸取付部

右岸地山の止水性向上を目的として堤体を延長する。

右岸取付部は、ダム天端以上の法面規模の抑制と堤体積の縮減を目的として、ダム軸を右岸地山斜面と直交する方向に屈曲させるとともに最右岸部を造成アバットとする。

③堤趾導流壁・減勢工

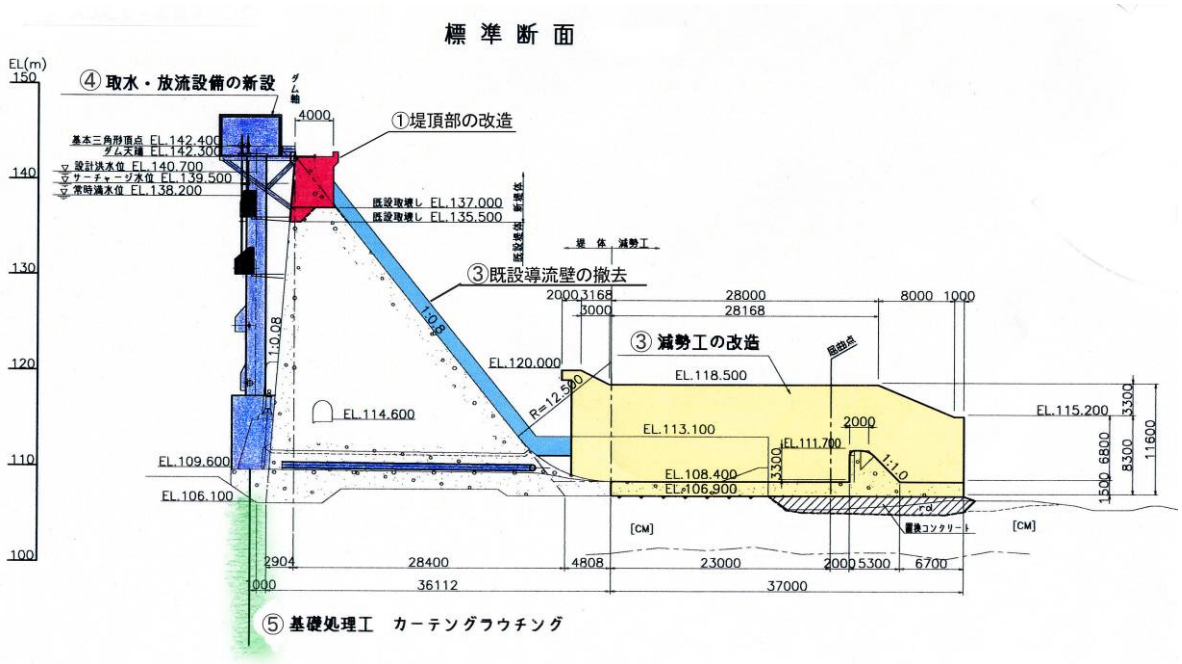
堤頂部非常用洪水吐の改造に伴い、堤趾導流壁を設置する。また、非常用洪水吐の改造とあわせて減勢工を改造する。

④取水放流設備の新設

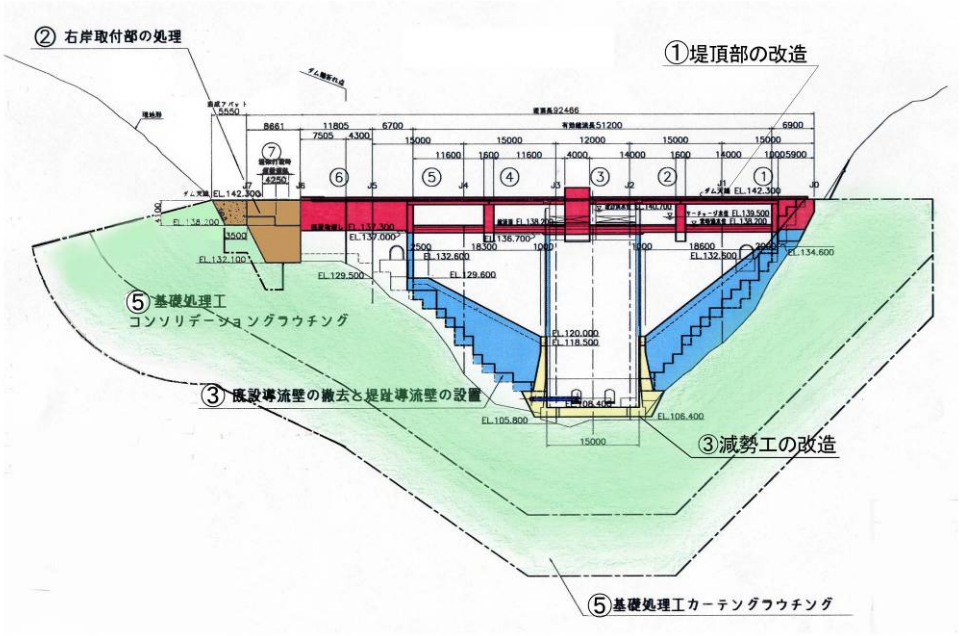
既設ダムは取水放流設備を有しないためこれを新設する。

⑤基礎処理工

右岸取付部にコンソリデーショングラウチングを実施するとともに、既設堤体部を含む全体にカーテングラウチングを実施する。



図－６－１　笹倉ダム標準断面図



図－６－２　笹倉ダム下流面図

（5）貯水池容量の再配分（治水専用ダム化）によるコスト縮減

益田川ダムではダム高を上げることが困難なため貯水池容量の再配分を行い、益田川ダムを治水専用ダムとし笹倉ダムを再開発することとした。

今回の貯水池容量を再配分（治水専用ダム化）した場合とダム高の制限がなく益田川ダムのダム高を 10.1m 高くして洪水調節容量と不特定容量を確保した場合を比較すると、総工事費で約 80 億円のコスト縮減（総工事費に対するコスト縮減率は 27%）となった（表－2 参照）。

貯水池容量の再配分（治水専用ダム化）によってコスト縮減が図られた要因として，次の特徴があげられる。

①不特定容量を他のダムに振り返ることによって、常時水を貯める必要がなくなり、貯水池に流入した土砂を下流に放流することが可能となった。

②下流への排砂により、貯水池内の堆砂容量は 100 年間の流入土砂量の 13%に減少し、ダム高を低く抑えることができた。

③常時水を貯める必要がなくなったことで排砂ゲートを設けずに自然排砂が可能となった。

④不特定容量は、支川の既設笹倉ダムを再開発することによって確保できた。

⑤支川（波田川）に不特定容量を確保することによって、この支川の集水面積分（13.5km2）の堆砂容量を本川（集水面積 87.6km^2）から控除できるため、堆砂容量は少なくなった。

また、治水専用ダム化は、コスト縮減のほかに常時水を貯めないことから、次に示すとおり環境に与える影響は常時水を貯めるダムに比べ小さいといえる。

①常時水を貯めないことから、貯水池の富栄養化、放流水の冷温水化、洪水時の濁水の長期化が生じない。

②自然排砂によって下流への土砂供給が図られることから、河床構成材料の変化は少なくなり底生動物などの生態系への影響は小さい。

③常用洪水吐きを河床標高と同一標高とすることで上下流の連続性が確保され魚類等の生態系を保全できる。

表－2　貯水池容量再配分としたことによるコスト縮減

項目		ケース1：1ダムに全ての容量を確保(H=52.1m)	ケース2：治水専用ダム(H48.0m) ＋不特定補給ダム(既設ダムの再開発 H=36.2m)
		ダム高を高くして貯水容量を増加させた計画	益田川ダムは治水専用ダムとし、不特定容量を上流笹倉ダム(農地防災ダム)で確保する計画
規模	益田川ダム	高さH=52.1m、長さL=215m、体積V=124千m^3	高さH=48m、長さL=169m、体積V=106.4千m^3
	不特定ダム	益田川ダムで確保	高さH=36.2m、長さL=92.5m、体積V=31.8千m^3
容量配分		（益田川ダム） 堆砂量 Vs= 2,300 千m^3 不特定 Vn= 200 千m^3 洪水調節Vp= 6,740 千m^3 総貯水容量= 9,240 千m^3	（益田川ダム）　（不特定補給ダム） 堆砂量 Vs= 250 千m^3　280 千m^3 不特定 Vn= 0 千m^3　200 千m^3 洪水調節Vp= 6,500 千m^3　0 千m^3 総貯水容量= 6,750 千m^3　480 千m^3
特　長		① 益田川ダムのダム高を高くし、洪水調節容量、不特定容量、堆砂容量の全てを確保する。 ② ダム高が4.1m高くなるため、新たに水没する家屋(50戸)及び水田(4ha)が生じ問題である。	① 益田川ダムに洪水調節、排砂機能を持たせ、不特定補給は貯水池外の既設笹倉ダム(農地防災ダム)を再開発して容量を確保する。 ② 益田川ダムの排砂は常用洪水吐きを通じて洪水時の掃流力により、下流河道に自然排砂する。 ③ 笹倉ダムは、不特定容量と自己流域の堆砂容量を確保する。
①経 済 性		380 億円	300　億円 **（内笹倉ダム再開発30億円）**
②コスト縮減		0 億円	80 億円
③コスト縮減率 (②／①)		0 %	27 %
総合評価		① 益田市美都町の家屋及び水田が多く水没するため問題である。 ② 経済性に劣る。 ×	① 排砂ゲートの操作がないため、管理が容易である。 ② 既設施設を有効利用できる。 ③ 経済的である。 ○

３．劣化帯を利用した止水処理

(1) 劣化帯の概要

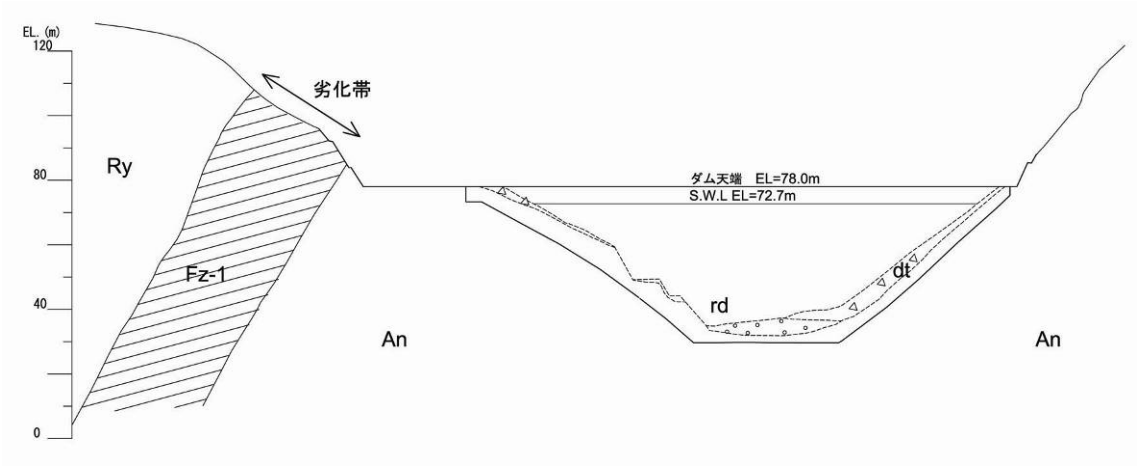
ダムサイトの地質は新生代古第三紀の火山岩類であり，安山岩，流紋岩及びそれらに貫入するひん岩から構成される。

地質構造は，ダムサイト左岸に幅約 30m の劣化帯が，上下流走向，左岸山側傾斜 70°で存在しており，これを挟んで上盤側に流紋岩，下盤側に安山岩が分布している（図－７及び写真－3)。

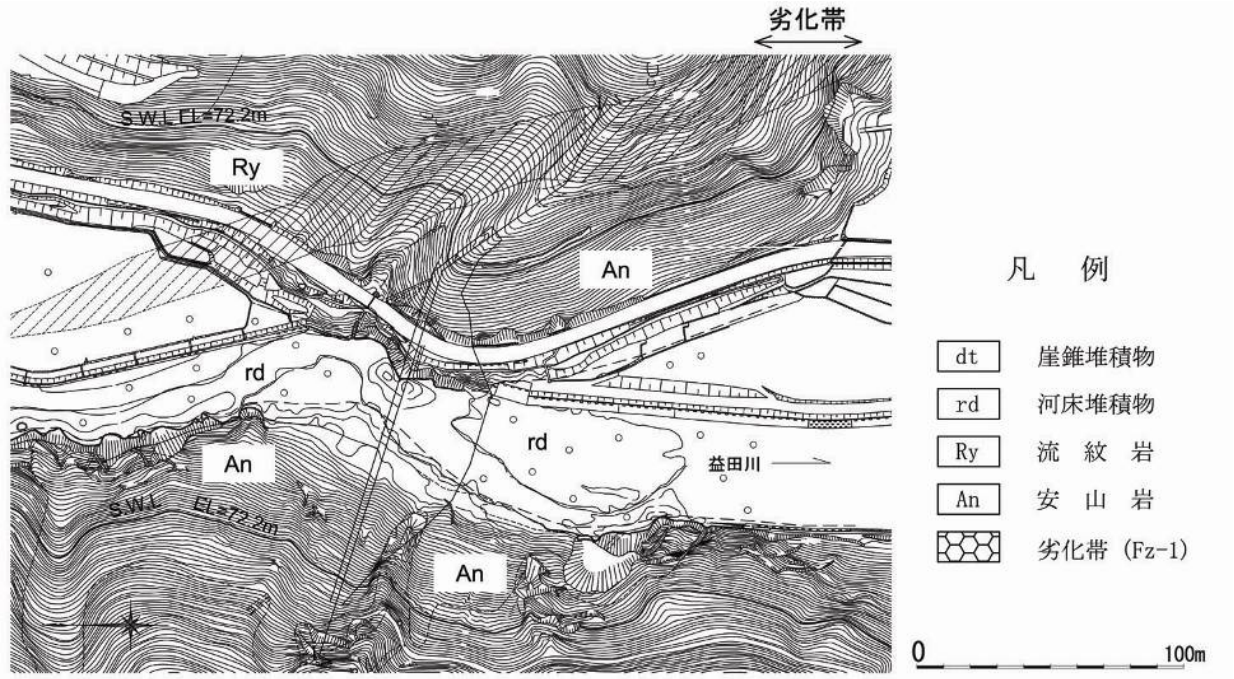
この劣化帯は，安山岩に流紋岩体が貫入することによりその境界部に初期の劣化帯が形成された。その後，ひん岩の貫入等によりさらなる変質や風化が加わり，現在の規模，性状へと拡大したものである。

当初の劣化帯の止水対策は、周辺の地下水位分布や劣化帯の内部の透水性から、劣化帯を含めた範囲をグラウトの対象範囲としていた。劣化帯のグラウチングによる止水は、通常のグラウチングによる改良では難しいことが多く、劣化帯の規模、性状から判断して技術的、経済的に大きな課題となることが予想された。(図－12)

しかし、地下水位の経年観測や劣化帯の詳細調査により地下水の遮水機能等、劣化帯が持つ特異的な性状が判明した。

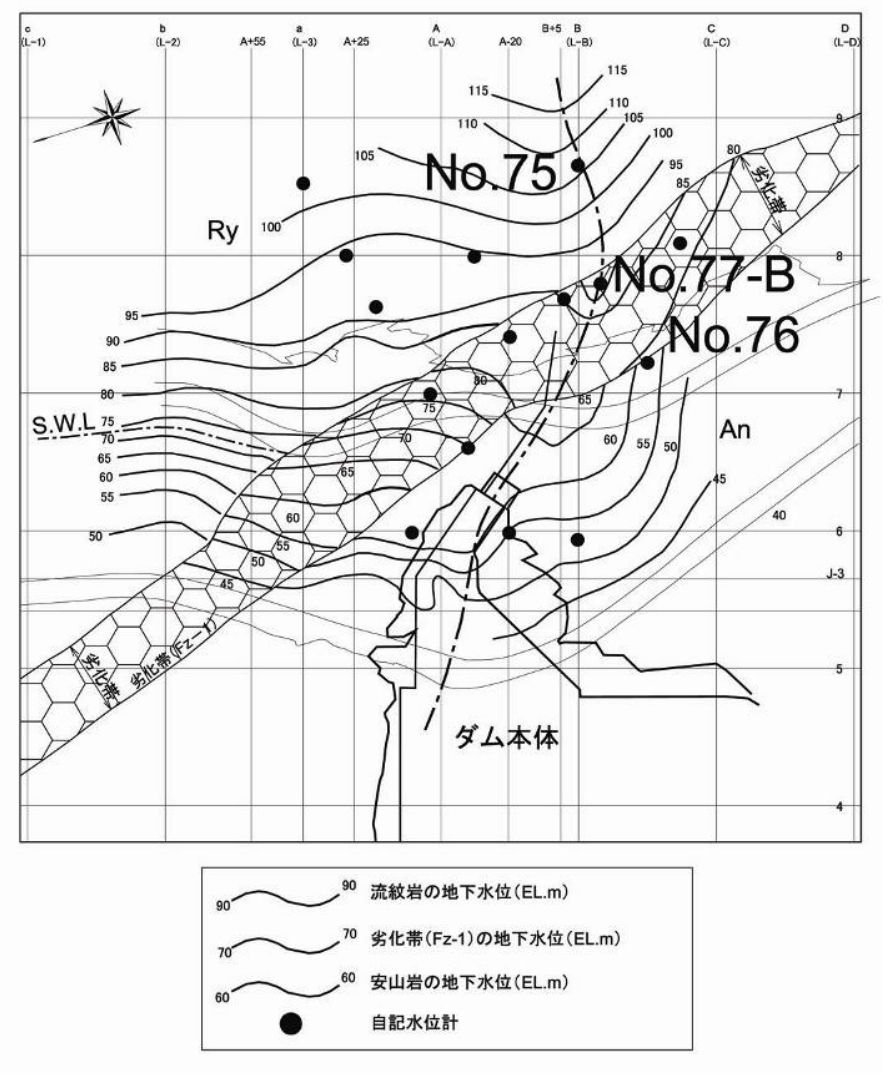


図－７－１　断面図



図－７－２　平面図

写真－３　ダム軸付近の劣化帯



図－８　地下水コンター

(2) ダムサイト左岸の水理地質的検討

ｉ）ダムサイト左岸の地下水位分布

地下水位は，掘進に伴う孔内水位の変化と，既存孔での過去５年間にわたる観測結果から次のことが確認できた。(図－8,9)

①地下水位は劣化帯上盤側の流紋岩（WL-1）が最も高く，以下劣化帯内部（WL-2），劣化帯下盤側の安山岩（WL-3）の順に低くなっている。

②ダム軸付近では，流紋岩と劣化帯内部の地下水位はサーチャージ水位（EL72.7m）より高い。

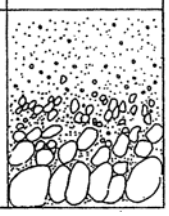
③安山岩の地下水位は，ダム軸下流の尾根に向かって徐々に高まっているが，サーチャージ水位には達していない。

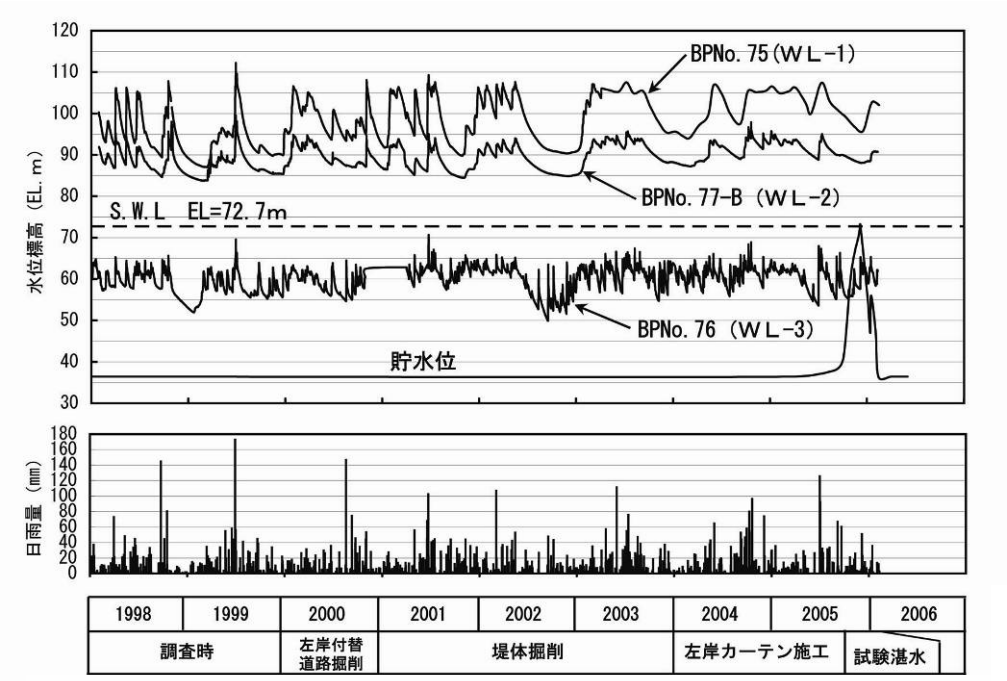
ⅱ）劣化帯の性状

劣化帯は，調査横坑，トレンチ及びボーリングコアの観察からＤ級岩盤を主体とする上盤・下盤境界部，CL 級岩盤を主体とする中央部の３ゾーンに区分される（劣化帯区分　図－10)。

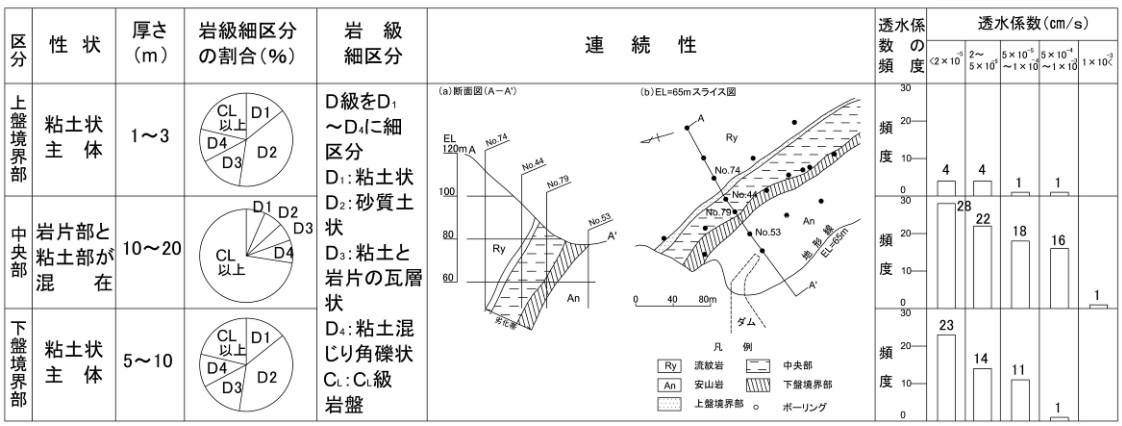
このうちＤ級岩盤を主体とする境界部は，劣化の程度によって透水性に著しい差異があると考えられることから，性状ごとの正確な透水性を把握するため，粘土化の状況や小れき化の程度で表－3 岩級細区分によりD1～D4 に区分した。

表－３　岩級細区分図

岩級細区分		性　状	劣化状況	模　式　図
D	D1	粘土状～小礫混り粘土状	粘土化 小礫化 ↑	
	D2	砂質土状～粘土質砂礫状		
	D3	粘土と岩片の互層状		
	D4	粘土混り角礫状		
CL		角礫状		



図－９
地下水位変化図



図－10　劣化帯の性状と透水性

劣化帯区分の性状は，各区分に存在する岩級細区分の割合をもとに次のとおり評価できる（図－10)。

①上盤境界部はD級が卓越し，上部全体の約78%を占めている。

②中央部はCL級が多く，中部全体の約70%を占めている。CL級はトレンチ部での観察では粘土が岩片を取り囲む性状を示す。

③下盤境界部については，D級が下部全体の約88%を占めている。上盤以上に粘土分が多く礫分は少ない。

また，劣化帯を横断する断面図及びスライス図を作成して劣化帯区分の連続性を検討した結果，上盤境界部，中央部，下盤境界部の３区分は，左岸アバット部付近で上下流方向に途切れることなく連続していることが確認できた（図－10)。

ⅲ）劣化帯の透水性

上盤境界部，中央部，下盤境界部の透水性は，以下のようにまとめられる（図－10)。

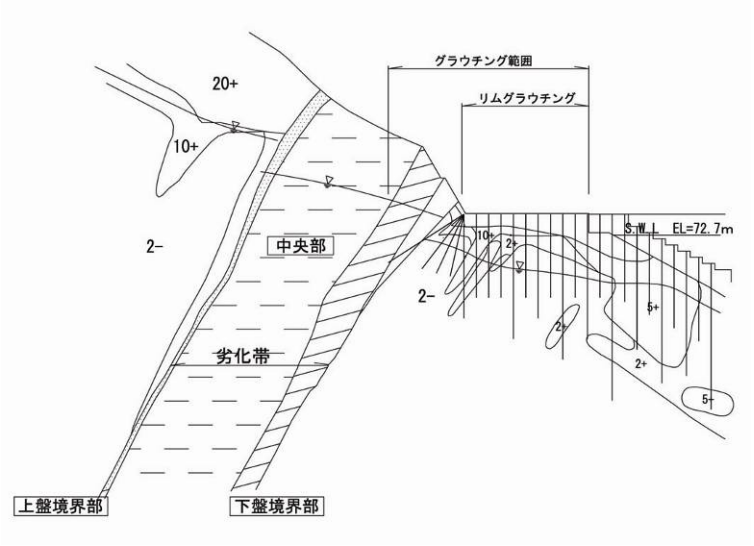
①上盤境界部は，透水係数 5×10^{-5}cm／ｓ以下が主体の低透水ゾーンである。

②中央部は，透水係数 5×10^{-5}cm／ｓ以下の透水性が低い部分と，5×10^{-4}cm／ｓオーダーのやや透水性が高い部分が混在する。

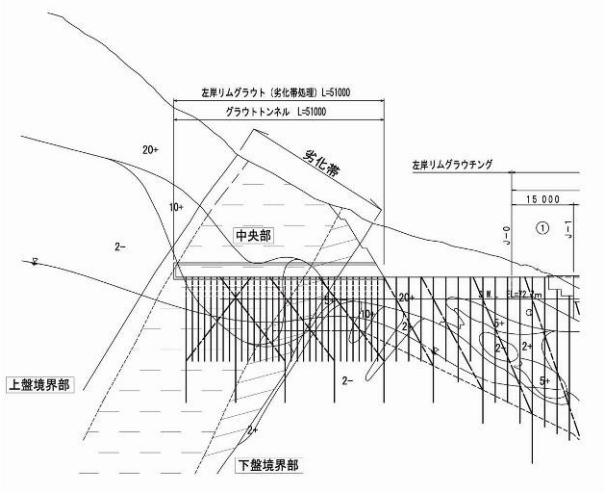
③下盤境界部は，透水係数 5×10^{-5}cm／ｓ以下が主体の低透水ゾーンである。

ⅳ）劣化帯下盤境界下の透水性

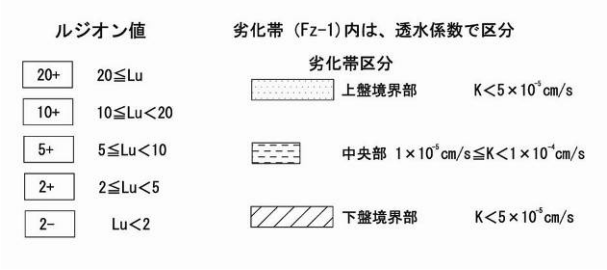
劣化帯下盤境界下の安山岩の透水性は，各断面のルジオンマップをもとに水平ルジオンマップを作成して検討した。その結果，安山岩の透水性はダム軸下流の尾根に沿って２ルジオン以下の高まりがあり，標高60m以深は概ね２ルジオン以下となっていることが判明した（図－11)。



図－11　劣化帯利用後の止水計画



図－12　劣化帯詳細調査前の止水計画



(3) 劣化帯の遮水機能と止水範囲

劣化帯は，粘土を主体とする上盤境界部，下盤境界部と岩片を主体とする中央部の 3 ゾーンに区分され，各ゾーンは左岸アバット部で上下流方向に途切れることなく連続していることが確認された。

透水性は,上盤境界部と下盤境界部は透水係数が5×10^{-5}cm/s 以下が主体の低透水ゾーンであり，また，ボーリング掘進中に劣化帯上盤，下盤境界で孔内水位の低下が生じることから，確実に遮水機能を有していると判断できる。加えてダム軸付近において，劣化帯内部及び流紋岩の地下水位が恒久的にサーチャージ水位より高いことから，劣化帯を利用した止水計画は十分可能であると判断した。(図－8,9)

その結果，劣化帯内部の止水処理は不要となり，劣化帯下盤の安山岩のみをグラウチング対象とした止水処理が可能となった。(図－11)

(4) 劣化帯を利用したコスト縮減額

劣化帯の性状を詳細に把握することで(3)で述べたような合理的な止水処理が可能となり、表－4 に示す、約 150 百万円のコスト縮減で達成できた。(図－11,12)

表－４　劣化帯を利用したことによるコスト縮減額

項　　目	劣化帯詳細調査前	劣化帯利用後
ボーリング(m)	1,817	478
透水試験(st)	358	92
注入工(h)	1,529	367
リムトンネル(m)	51	—
経済性(百万円)	178	33

(5) 止水処理の効果

益田川ダムは，平成 17 年 10 月試験湛水を開始し、平成 17 年 12 月にサーチャージ水位に到達したが，左岸地山を含むダム全体からの大きな漏水は，認められなかった。また，左岸の地下水位分布は，試験湛水前後もほとんど変化が認められないことから，劣化帯の遮水機能が現在も十分保持されており，止水計画に基づく基礎処理工は妥当であったと判断している。

4. おわりに

益田川ダムは、治水専用ダムの先駆けとして今年 3 月に完成した。

今後、治水・利水計画の見直しや利水の撤退などによって貯水池容量の再配分を計画するダムにおいては、コスト縮減が図られ環境への影響が小さい治水専用ダムは有効なダム計画といえる。

また、益田川ダムの止水処理によるコスト縮減は，益田川ダムの水理地質構造の特殊性により成り立っており，他ダムへ普遍的に適用できるものではない。

しかし，改訂されたグラウチング技術指針（案）等に方向性が示されるように経済的，かつ合理的な基礎処理が望まれており，当ダムの事例が参考となれば幸いである。

参考文献

1) 益田川治水ダム建設事業について，安部 徹，和田純一：ダム日本№720(2004.10)

2) 益田川ダムにおける排砂施設の設計と施工，和田純一：ダム技術№229（2005.10)

3) 益田川ダムの劣化帯を利用した止水計画について，川西敏英：平成 10 年度ダム技術研究発表会（全国大会）論文集（1999.1)