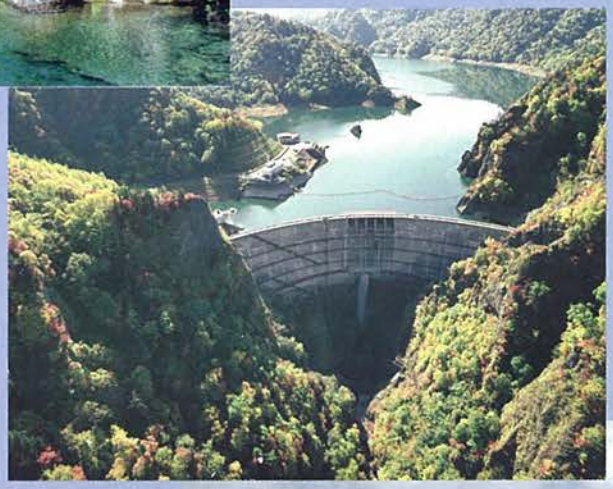
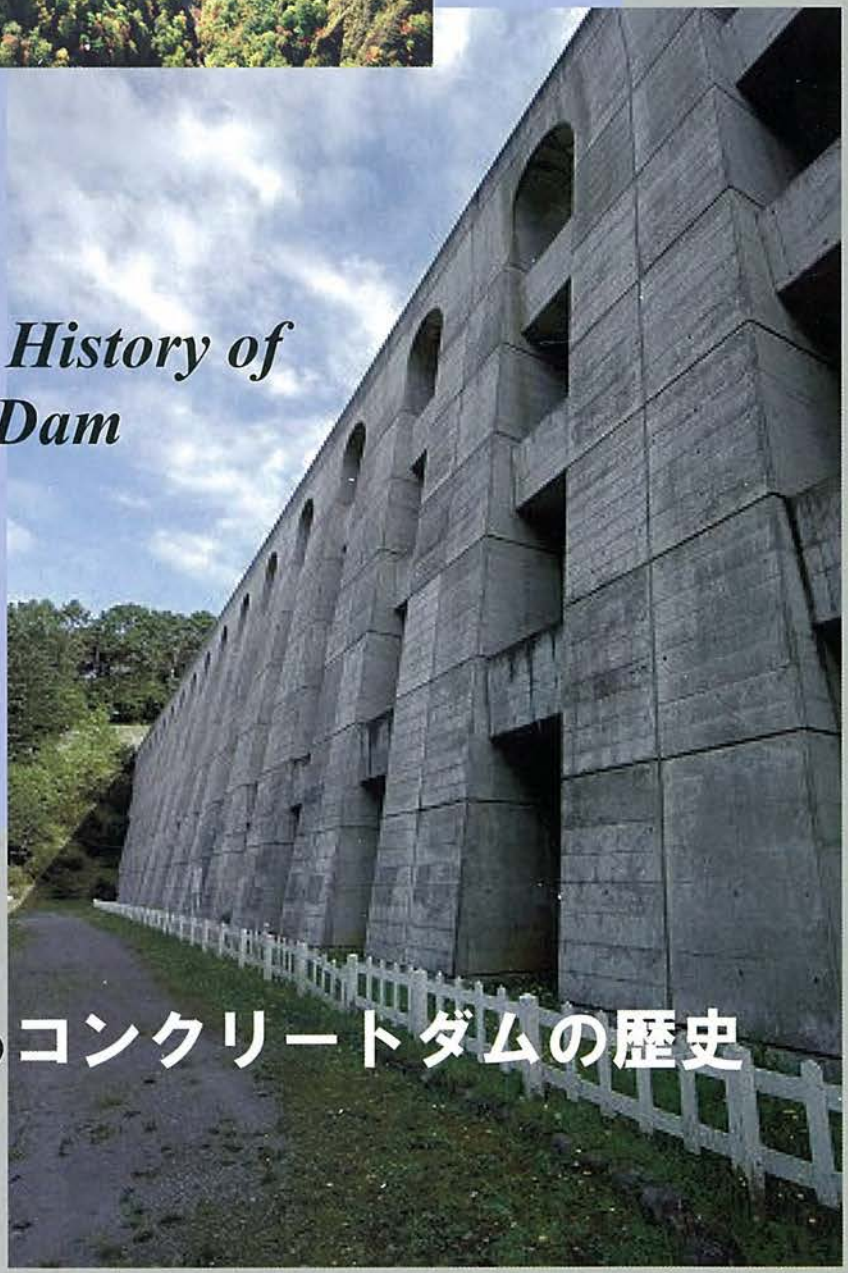




# *The History of Concrete Dam in Hokkaido*



# 北海道におけるコンクリートダムの歴史

北海道土木技術会コンクリート研究委員会
ダム工学会 JAPAN SOCIETY OF DAM ENGINEERS

表紙写真　　上：千歳第三ダム
　　中：豊平峡ダム
　　下：笹流ダム（深田淳一氏撮影）
裏表紙写真　　：雨竜第一ダム（朱鞠内湖）

# 発刊にあたって

有史以来、多くのダムが建設されており、現在我が国には種々の堤体材料を用いた約2,800 基の大ダムが存在する。ダムは、洪水調節、上水道・工業用水用、水力発電用、灌漑用など様々な用途を持っており、我々人類の安全性の確保、生活の向上および経済の発展のために大いに役立ってきた。最近、地球規模の環境問題として温暖化が注目されている。これに伴い降雨量の変化や降雨強度の増大が予想されており、ダムによる洪水調節機能が益々期待される。また、我が国の総発電量の約 9%を占める水力発電は持続可能な自然エネルギーであり、運転中に炭酸ガスを殆んど排出しないので、地球温暖化の防止に貢献するところ大である。

しかし、近年我が国の経済成長は低水準にあること、また国は膨大な債務を抱えていることから、1997 年以降の社会基盤整備予算は減少の一途を辿っている。そのため、コンクリートダムも例外ではなく、その建設が少なくなっているのが現状である。これに伴う問題点の一つに技術継承が挙げられる。これまでに研究・開発された数多くのダム技術を後代の技術者に継承するために、これらを資料に取りまとめて残しておくことが切望され、本冊子を発行することになった。

コンクリートダムの建設に対して、残念なことに一部の自治体首長に誤解があったように思われる。ダムの建設には長期間を要すること、また多額の建設資金が必要であることから、ある一面のみで建設の可否を論ずるのではなく、長期的かつ総合的な展望からの判断が重要である。勿論、環境保全の問題など懸念される課題に対してはそれを克服する対策を講じることは当然のことである。また、公共事業に携わる技術者は、国民とくに地域住民に正確な情報を提供して充分な理解を得ることが肝要である。

「北海道におけるコンクリートダムの歴史」は、これまでに北海道で竣工した堤高 15m 以上の 72 基のコンクリートダムを主に調査したものである。第 1 章と第 2 章は、全世界および北海道に建設されたコンクリートダムの概要を紹介している。第 3 章から第 5 章は、設計、施工およびコンクリート材料の観点から北海道のコンクリートダムの特徴を記述している。最後の第 6 章は、今後のダム建設に向けて、ダムの役割と効果を再確認するとともに、将来のダム管理・運用の在り方ならびに克服しなければならない課題について述べている。ご一読いただければお分かりのように、緒先人の弛まぬ努力によって北海道のコンクリートダムには数多くの新しい構造形式、使用材料および施工法が先進的に採用されている。

末筆ながら、この冊子が、熟年の技術者には回顧の、また若手技術者には勉学の資料としてお役立ていただければ幸いである。

平成 19 年 7 月

北海道土木技術会コンクリート委員会
委員長　　大沼　博志

# コンクリートダムの歴史小委員会
## 委　員　構　成

| | 氏　　名 | 所　　属 |
|---|---|---|
| 委員長 | 大沼　博志 | 北海道大学大学院工学研究科 |
| 幹　事 | 水野　秀行 | 元　北海道開発局　現㈱ドーコン |
| 幹　事 | 小野寺　収 | 北電興業㈱ |
| 幹　事 | 花田　眞吉 | ㈱ドーコン |
| 幹　事 | 福本　哲夫 | ㈱ドーコン |
| 委　員 | 江幡　一男 | 国土交通省北海道開発局 |
| 委　員 | 田村　浩一 | 北海道 |
| 委　員 | 筒井　勇二 | 北海道電力㈱　(H16) |
| 委　員 | 宮永　孝志 | 北海道電力㈱　(H17～H18) |
| 委　員 | 峯田　稔 | 北海道電力㈱　(H19) |
| 委　員 | 山下　弘市 | 元　北海道開発局 |
| 委　員 | 越智　法義 | 日本工営㈱ |
| 委　員 | 小泉　義仁 | 鹿島建設㈱ |
| 委　員 | 上田　勝幸 | 元　大成建設㈱　現㈱ドーコン |
| 委　員 | 岡川　秀幸 | 大成建設㈱　(～H17) |
| 委　員 | 清野　浩一 | 大成建設㈱　(H18～) |
| 委　員 | 大貫　浩幸 | 清水建設㈱　(H16) |
| 委　員 | 西岡　利康 | 清水建設㈱　(H17～) |
| 委　員 | 中川　泰孝 | 岩田地崎建設㈱ |
| 委　員 | 阿部　清 | 日鐵セメント㈱ |
| 委　員 | 眞下　共一 | BASF ポゾリス㈱ |
| 委　員 | 大川　裕 | BASF ポゾリス㈱ |

(敬称略)

# 北海道におけるコンクリートダムの歴史

## 目　　次

第1章　概　説 ..... 1-1
第1節　ダムの起源 ..... 1-1
第2節　日本のダムの歴史 ..... 1-2
1.　有史以前から江戸末期まで ..... 1-2
2.　1868年～1945年まで（近代工業の発展時代） ..... 1-2
3.　1946年～1960年まで(戦後経済の復興期) ..... 1-4
4.　1961年～1975年まで(高度成長期) ..... 1-5
5.　1976年以降のダム(経済安定成長期) ..... 1-7
6.　新河川法とダムの位置付け ..... 1-8
7.　21世紀のダム ..... 1-9
第3節　ダムの形式と特徴 ..... 1-10
1.　ダムの定義 ..... 1-10
2.　ダムの分類 ..... 1-11

第2章　北海道のダム ..... 2-1
第1節　北海道のダムの歴史 ..... 2-1
1.　北海道のダムの変遷 ..... 2-1
2.　北海道開発局のダムの歴史 ..... 2-3
3.　北海道のダムの歴史 ..... 2-4
第2節　北海道のコンクリートダムの歴史 ..... 2-6
1.　第1期(1945年以前) ..... 2-6
2.　第2期(1946年～1960年) ..... 2-7
3.　第3期(1961年～1975年) ..... 2-7
4.　第4期(1976年～1990年) ..... 2-8
5.　第5期(1991年～2005年) ..... 2-8
第3節　北海道に建設されたコンクリートダム ..... 2-11
1.　第1期(1945年以前)に建設されたダム ..... 2-11
2.　第2期(1946年～1960年) に建設されたダム ..... 2-16
3.　第3期(1961年～1975年) に建設されたダム ..... 2-22
4.　第4期(1976年～1990年) に建設されたダム ..... 2-31
5.　第5期(1991年～2005年) に建設されたダム ..... 2-39

第3章　コンクリートダムの設計の歴史 ..... 3-1
第1節　ダム設計基準及び河川管理施設等構造令 ..... 3-1
第2節　設計洪水流量と設計水位 ..... 3-1
1.　ダム設計洪水流量 ..... 3-1
2.　設計水位 ..... 3-4
3.　比越流部の高さ ..... 3-4

第３節　耐震設計 ..... 3-8
1.　設計震度 ..... 3-8
2.　北海道のコンクリートダムの設計震度 ..... 3-9
第４節　ダムの安定評価 ..... 3-10
1.　安定条件に関する考え方の変遷 ..... 3-10
2.　安定計算と安全率 ..... 3-14
第５節　洪水吐 ..... 3-16
1.　洪水吐の設置目的 ..... 3-16
2.　洪水吐の歴史的変遷 ..... 3-17
第６節　その他の設計 ..... 3-20

第４章　コンクリートダムの施工の歴史 ..... 4-1
第１節　河流処理 ..... 4-1
1.　河流処理方式 ..... 4-1
2.　河流処理の事例 ..... 4-1
第２節　基礎掘削 ..... 4-3
1.　掘削機械 ..... 4-3
2.　掘削方法 ..... 4-4
3.　関連法規 ..... 4-6
第３節　基礎処理 ..... 4-7
1.　目的と処理方法 ..... 4-7
2.　基礎処理の変遷 ..... 4-8
3.　グラウチング工法及び注入材料 ..... 4-11
4.　北海道における特殊基礎処理の代表事例 ..... 4-12
第４節　骨材及びコンクリートの製造 ..... 4-21
1.　骨材の製造 ..... 4-21
2.　コンクリートの製造 ..... 4-26
第５節　コンクリートの施工 ..... 4-27
1.　コンクリートの打設工法 ..... 4-27
2.　コンクリート運搬設備 ..... 4-28
3.　コンクリート打設設備 ..... 4-29
4.　締固め ..... 4-30
5.　越冬養生 ..... 4-31
6.　打継目の処理 ..... 4-31
7.　クーリング ..... 4-31
8.　寒中コンクリート ..... 4-31
第６節　品質管理及び安全管理 ..... 4-32
1.　対象としたダム ..... 4-32
2.　コンクリートの品質管理 ..... 4-32
3.　安全管理 ..... 4-35
第７節　環境保全ほか ..... 4-36
1.　建設中の環境保全 ..... 4-36

2.　濁水処理 ..... 4-37
3.　緑化対策 ..... 4-38
4.　魚道の設置 ..... 4-39
5.　観光資源 ..... 4-40
6.　地域とのかかわり ..... 4-40

第５章　ダムコンクリートの歴史 ..... 5-1
第１節　結合材 ..... 5-1
1.　セメント ..... 5-1
2.　ダム用セメントの種類 ..... 5-1
3.　ダム工事におけるセメント検収制度の簡素化について ..... 5-2
4.　ダム用セメントの特徴 ..... 5-3
5.　混和材 ..... 5-4
6.　北海道におけるダムセメントの使用実績 ..... 5-6
第２節　骨　材 ..... 5-6
第３節　化学混和剤 ..... 5-7
1.　我が国の化学混和剤の歴史 ..... 5-7
2.　化学混和剤の種類と性能 ..... 5-8
3.　ダムにおける化学混和剤の使用実績 ..... 5-11
4.　ダムコンクリートにおける化学混和剤の役割 ..... 5-11
第４節　配　合 ..... 5-12

第６章　ダムの役割と効果 ..... 6-1
第１節　多目的ダムの役割と効果 ..... 6-1
1.　河水統制事業から河川総合開発事業へ ..... 6-1
2.　費用負担 ..... 6-2
3.　多目的ダムの貯水池運用 ..... 6-3
4.　ダムの効果 ..... 6-5
第２節　水力発電の役割と効果 ..... 6-6
1.　水力発電とダム ..... 6-6
2.　北海道における水力発電の変遷 ..... 6-6
3.　地球温暖化防止への貢献 ..... 6-9
第３節　新たなダムの建設に向けて ..... 6-10
1.　ダム建設の必要性 ..... 6-10
2.　ダム事業実施に向けての課題 ..... 6-13
3.　課題克服のための方策 ..... 6-14

# 第1章 概　説

## 第1節　ダムの起源

人類の文明はナイル川，チグリス川，ユウフラテス川，インダス川，黄河など大河のほとりを起源としている。すなわち，人類はかんがい用水や飲み水を確保することによって繁栄し，それを物語る水利構造物の遺跡が，古代文明の発祥地に数多く発見されている。これらは石積みダムやアースダムであり，多くは洪水吐を設置していなかったために，その殆どが洪水の越流で破壊されている。

古文書による世界で最古のダムは，ナイル河畔のメンフィス遺跡のダムと言われ，BC5700～2700年メネス王が築いたもので，堤高15m，堤頂長450mの石積みダムであった。しかし，考古学者はカイロの南に遺跡が見られるsadd-el-kafaraダムが最古のものとみている。BC2900年頃に築造されたものと推定され，堤高11m，堤頂長107m，底幅84m，堤頂幅61mに及ぶ大規模なものであった。これも洪水吐がなかったために完成後まもなく越流によって破壊されている。[1-1]

洪水吐が出現したのはBC750年頃シバの女王で有名なサバ王国（現在のイエメン）に，首都マリブの給水用として建設したマリブダムが初めてとされている。当初は堤高4m，堤頂長650mと推定され，その後2度にわたって嵩上げされたようであるが，何度か嵐や洪水による被害を受けその都度補修したことが碑版に残されている。しかし，542～570年頃に地震による崩壊で放置され，住民が離散して豊かなサバ平原は砂漠に変ぼうしたようである。[1-6]

地中海の覇権国家となったローマは征服地に多くのダムを築いている。2 世紀の初め，スペインの町メリダの近くに築いたProserpinaダムは堤高19m，堤頂長427mで，上流と下流の石積み壁によってコンクリートコア（消石灰と土石を混合したもの）をサンドイッチにしたものである。上流側は1：0.1の勾配を有し，下流側は鉛直であるが1：5の盛土をバットレスとしている。1617年から1942年まで4回の修理を行って，ローマ人の水路を用いて現在でもメリダの町に給水している。

13世紀中頃にモンゴル族がバクダットに侵入して略奪・破壊の限りを尽くし，大部分の古代公共物が破壊されてダムや運河も使用不能となり，肥沃な農耕地も砂漠化してしまった。しかし，同じ頃ペルシャのテヘラン南西にモンゴル族がかんがい目的のダムを2基築いている。その一つはSavehダムで，堤高18m，堤頂長46mの粗石積重力式であるが，沖積層の河床上に造られたために一度も湛水することはなく今日まで醜態を継続している。もう一つのダムは，テヘランの南西170kmクム町の南方24km地点に築造された下流面曲線半径38mの定半径アーチダムである。堤高26m，堤頂長55m，堤体厚さ5m（一定厚さ），使用材料はセメント（消石灰）接合の粗石積で，モルタル目地のブロック石張であり，アーチは岩盤に定着させてある。現存する最古のアーチダムと認められている。[1-1]

ダム型式はそれぞれの土地で得られる材料が用いられるのは必然的であり，アースダムも多数の国で築造されている。459年にセイロン島で築造されたKalawevaの貯水池は堤頂長が約19kmのアースダムである。インドでは11世紀に2基のアースダムで湛水面積が650km$^2$にも及ぶ貯水池を出現させている。築造500年後に一つのダムを撤去して肥沃な湖底を農地とし，もう一つのダムは取水ダムとして利用されている。

ダムが近代的科学技術によって築造されるようになったのは19世紀になってからであり，有史以前から近代まで，多数のダムが経験を基に築造されたが，その多くは浸透破壊，洪水越流，地震倒壊，土石流や火山噴火による埋没，戦争等により破壊され，あるいは王国の衰退と共に姿を消していった。しかし，いくつかのダムは1000年を超える寿命を継続しているものもあり，人間の叡智を現代に伝えている。

## 第2節　日本のダムの歴史

### 1.　有史以前から江戸末期まで

我が国には弥生時代早期に稲作が伝来し，当初は河川水を自然流況のまま利用していたため，渇水の年は不作が人々を苦しめていた結果，知恵を喚起して溜め池を作ることになったものか，あるいは稲作の伝来と共に溜め池築造技術が伝来したものかは定かではない。

しかし，弥生時代から徳川政権樹立(1600年)まで，かんがい用溜め池は主なもので約40基[1-10]が築造されたことが分かっており，堤高が15mを超え現在の基準でダムと呼称できるものが27基ある。[1-11]

そのうち主なものを上げると，162年奈良県大和川水系に築造された蛙股池は現存する最古のかんがい用溜め池と言われている。[1-15]

表-1.1　古い時代の代表的な溜池

| | 名　称 | 河川名 | 年　代 | 高さ (m) | 貯水量 (千m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 蛙股池 | 大和川 | 162 | 17.0 | 485 |
| 2 | 一番池 | 石手川 | 460 | 15.0 | 140 |
| 3 | 狭山池 | 大和川 | 616 | 18.5 | 2,800 |
| 4 | 住吉池 | 別府川 | 708 | 20.0 | 2,230 |
| 5 | 満濃池 | 金倉川 | 750 | 32.0 | 15,400 |
| 6 | 風呂谷池 | 紀ノ川 | 920 | 18.0 | 100 |
| 7 | 熊通池 | 紀ノ川 | 920 | 18.0 | 9 |
| 8 | 峰ノ池 | 紀ノ川 | 920 | 16.0 | 15 |
| 9 | 長行池 | 大橋川 | 1,000 | 19.7 | 483 |
| 10 | 入鹿池 | 木曽川 | 1,632 | 25.7 | 18,523 |

616年には，大阪府大和川水系西除川に狭山池（堤高 18.5m）が作られ，何度か改修されながら現在まで使用され，平成の大改修（1980～2001）によって治水ダムとして生まれ変わった。[1-9]

また，750年には香川県高松市，金倉川水系金倉川に満濃池(堤高32m，堤頂長155m)が築造されたが，818年に決壊し，821年に弘法大師によって修築されたと記録されている。その後，何度も決壊したが，その都度修築を重ね，明治に入ってから昭和34年まで三度の嵩上げを行って現役として使用されている。[1-7]

江戸時代にはいると新規開田が広く行われるようになり，それに伴ってかんがい用溜め池の築造が盛んに行われ，代表的なものとして入鹿池（堤高25.7m，堤頂長724.1m）がある。1632年愛知県犬山市，木曽川水系五条川に築造されたが，1868年洪水越流のため決壊して1000人の死者を出したことが記録されている。その後明治の初期と昭和の終期に改修工事を行って，かんがいと観光に利用されている。[1-8]

有史以来明治に至る間に多数(200,000箇所[1-4])の溜め池が作られてきた。そのうち堤高が15mを超えるものは表-1.2に示すとおり482基である。[1-11]

### 2.　1868年～1945年まで（近代工業の発展時代）

明治から大正へと近代工業の発展に伴い，水利用の形態も農業中心から発電，工業用水，水道用水の確保へと多様化し始めた。しかし，築造されるダムの型式は依然としてアースダムが主流であった。

明治6年(1873)東京深川に我が国初の官営セメント工場が建設されたが，作られたセメントは品質が劣っていた。そのため，イギリス・フランスの技術を導入して明治8年(1875)5月19日日本で初めて信頼できるポルトランドセメントの製造に成功した。その後，明治14年(1881)に山口県小野田市に民営のセメント工場が建設され明治16年(1883)から操業されたが，財政難やセメントに対する認識不足から需要は伸び悩んでいた。しかし，明治24年(1891)に起きた濃尾大地震によりコンクリート構造物の耐震性が証明され，また，日清(1894～1895)・日露(1904～1905)の戦勝によってセメント需要が

高まり，生産量も大きく伸びることになった。[1-12]

このような時代背景の下，明治 33 年（1900）に我が国で最初の重力式コンクリートダムとして布引五本松ダム（堤高 33.3m，神戸市水道用水）が誕生した。当時は型枠を用いないで，上下流面に間知石を積み，その間に軟練りコンクリートを打設してから玉石を投入する粗石コンクリートであった。設計に地震力，堆砂圧，揚圧力を考慮していなかったが，その代わりに揚圧力対策の水平排水管を設置していた。平成 7 年(1995)に発生した兵庫県南部地震の際は軽微な損傷で重力式ダムの安全性を立証した。

表-1.2　型式別及び竣工年代別ダム数

型式別・年代別ダム数

| 年　代 | E | R | CF | AF | G | HG | GA | GF | A | MA | B | 合計 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ～ 1602 | 27 | | | | | | | | | | | 27 | 江戸時代以前 |
| 1603 ～ 1867 | 455 | | | | | | | | | | | 455 | 江戸時代 |
| 1868 ～ 1899 | 79 | | | | | | | | | | | 79 | 明治・大正時代 |
| 1900 ～ 1925 | 174 | | | | 17 | | 2 | | | | 1 | 194 | |
| 1926 ～ 1945 | 276 | | | | 116 | | 1 | 1 | | 1 | 5 | 400 | 昭和元年～20年 |
| 1946 ～ 1955 | 116 | 3 | 2 | | 78 | | | 1 | 2 | | | 200 | |
| 1956 ～ 1965 | 103 | 16 | 2 | | 177 | 9 | 3 | 6 | 24 | 1 | | 339 | |
| 1966 ～ 1975 | 109 | 45 | | 7 | 139 | 4 | 5 | 6 | 18 | | | 326 | |
| 1976 ～ 1985 | 69 | 68 | | 1 | 132 | | | 2 | 4 | | | 275 | |
| 1986 ～ 1995 | 46 | 82 | | 2 | 118 | | | 3 | 1 | 1 | | 251 | |
| 1996 ～ | 58 | 101 | | 2 | 286 | 1 | | 5 | 4 | | | 455 | 計画を含む |
| 合　計 | 1,512 | 315 | 4 | 12 | 1,063 | 14 | 11 | 24 | 53 | 3 | 6 | 3,001 | 計画を含む |
| 既　設 | 1,498 | 257 | 4 | 11 | 884 | 13 | 11 | 21 | 51 | 3 | 6 | 2,744 | |

E：アースダム，　R：ロックフィルダム（中央遮水壁型，傾斜遮水壁型），　CF:コンクリート表面遮水型ロックフィルダム，
AF:アスファルト表面遮水型ロックフィルダム，　G：重力式コンクリートダム，
HG：中空重力式コンクリートダム，　GA：重力式アーチダム，
GF：重力式コンクリートダム・フィルダム複合ダム，A：アーチ式コンクリートダム,MA：マルチプルアーチダム，B：バットレスダム
註：「ダム年鑑　日本ダム協会　2005」型式別ダム一覧及び竣工年代～堤高2元分割表から作成した

布引五本松ダムの誕生を契機に大正末期までに発電及び水道用水を目的としたコンクリートダムが全国で 14 基建設された。北海道では大正 7 年（1918）千歳第 3 ダム(王子製紙，堤高 23.6m)，大正 8 年(1919)千歳第 4 ダム(王子製紙，堤高 21.9m)があり，型式は布引五本松ダムと同じように表面は石積みとなっている。

更に，大正 12 年(1923)水道用水を目的としたバットレス型式の笹流ダム(函館市，堤高 25.3m)がある。その後，この型式のダムは全国で 10 基程度建設されたが，倒壊(小諸ダム，長野県，昭和 3 年 8 月 29 日，死者 7 人)したものや安全性の問題から重力式に改築されたものがあり，現存しているものは 6 基である。笹流ダムは 1983～1984 年にかけて表面の老朽化部分を削除して，床版，バットレス，繋ぎ梁に新しいコンクリートを肉付けして美しい姿によみがえっている。

重力式コンクリートダムにおいて石積み方式を止めて，型枠を用いてコンクリートを打設した最初のダムは，大正 13 年(1924)宇治川に建設された志津川ダム(宇治川電気，堤高 35.2m)である。揚圧力対策，通廊設置，グラウチングを実施した最初のダムでもあるが，現在は天ヶ瀬ダムの建設によって水没している。[1-6]

志津川ダムと同年(1924)に完成した大井ダムは(関西電力，堤高 53.4m)木曽川本川を締め切った大

ダムであり，骨材製造に初めてジョークラッシャーを使用した。

この時代においてダムを取り扱う際に法的根拠となるものは，明治29年(1896)に制定された「旧河川法」であり，昭和40年(1965)に改正されるまで旧河川法に基づいて処理されていた。

大正時代に入り，水力発電用ダムが数多く計画されるようになると，農業用水，漁業などとの競合・紛争が深刻になってきた。そのような状況から内務省内部で，単一目的の貯水池が他の利水に与える影響について議論され，多目的貯水池の必要性が提唱され始めた。その最初は大正15年(1926)に発表された物部博士の論文であり，現在の河川総合開発の思想とほぼ同じの基本的なものであった。これらの具体的施策として大正15年に内務省が「河水統制事業調査費」を要求したが実施に至らず，実現したのは昭和12年度からであった。しかし，社会情勢は昭和6年(1931)満州事変を契機とする工業の発達と人口の都市集中，頻発した干ばつに対処しようとするほか，県営電気事業に対する関心が高まってきたことと，軍需産業のための電力増産は国家的使命であったことにより，各県で大蔵省預金部からの融資によって県営事業によるダム建設を行っていた。このようにして昭和2年から昭和20年(1927～1945)までに全国で建設されたダムの総数は400基(表-1.2)を数え，河水統制事業というよりも利水統制事業であったと言っても過言ではない状況であった。ただし，400基のダムのうちコンクリートダムは124基と30%に過ぎなかった。

この頃になるとダム技術も一段と進歩して，昭和4年(1929)に完成した小牧ダム(関西電力，堤高79.2m)は現在とほぼ同じように，ボーリングによる地質調査，耐震設計，横継ぎ目を設けて止水板を配置，内部温度の実測，コンクリート試験を実施したダムである。また，昭和13年(1938)に完成した塚原ダム(九州電力，堤高87.0m)は中庸熱セメントを使用し，初めて固練りコンクリートをバイブレータで締め固めたダムである。それ以前のダムは軟練りコンクリートをシュートで流し込んでいた。

一方，北海道においては昭和4年(1929)古川ダム（北海道電力，堤高23.9m)，昭和5年(1930)相沼内ダム(北海道電力，堤高25.3m)，昭和7年(1932)常路川ダム(北海道電力，堤高24.5m)，昭和15(1940)年清水沢ダム(北海道，堤高25.4m)，昭和16年(1941)旭町第1ダム(夕張市，堤高21.5m)，昭和18年(1943)岩松ダム(北海道電力，堤高37.2m)，昭和18年(1943)雨竜第1ダム(北海道電力，堤高45.5m)，雨竜第2ダム(北海道電力，堤高35.7m)の8ダムが建設されたが，そのうち7ダムが発電ダムであった。

このように発電ダムの建設が盛んに実施されている中，昭和16年(1941)6月7日試験湛水中の幌内ダム(雄武水力電気株式会社，堤高21.1m)が洪水と流木の越流によって倒壊し，一挙に60人の尊い人命を奪ってしまった。資料[1-13]によるとずさんな工事と許可を受けないで湛水を開始したことが原因とされている。ダムは昭和29年(1954)に修築されて発電を開始したが，昭和48年(1973)に発電を停止してゲートを撤去した形状で存在している。

この頃ヨーロッパでは昭和3年(1928)に国際大ダム会議が設立され，ダム関係構造物(付帯する水力発電所を含む)の設計，施工，保守及び運用に関する技術について各種委員会を設置し，調査研究を行っていた。我が国においても同会議日本国内委員会を組織して昭和6年(1931)に加盟したが，太平洋戦争のため昭和19年(1944)に退会した。

### 3.　1946年～1960年まで（戦後経済の復興期）

昭和20年(1945)太平洋戦争が終了し，荒廃した国土に相次ぐ災害や極端な物資の不足と食糧難に人心は疲弊の極限にあった。このような状況から日本を復興するには，食糧増産と工業生産活動のために電源開発が急務であった。しかし，経済の混乱期にあり復興事業は遅々としていたが，戦争で中断

していたダム工事が再開され始めていた。

昭和 21 年(1946)には戦前からコンクリートダムで計画されていた石淵ダム(建設省，堤高 53.0m)は,セメント不足のためコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムに計画変更して工事を再開した。この時代同じ型式として昭和 26 年(1951)小渕ダム（岐阜県，堤高 18.4m)，昭和 31 年(1956)野反ダム（東京電力，堤高 44.0m)，昭和 38 年(1963)皆瀬ダム（1963，建設省，堤高 66.5m）が建設されたが，投石エネルギーによる締固め工法のため，変形が大きく漏水も多かったことから，以後この型式のダムは建設されていない。

一方，コンクリートダムは昭和 23 年(1948)に太平洋戦争で中断していた五十里ダム(1956 完成，建設省，堤高 112.0m)，小河内ダム(1957 完成，東京都，堤高 149m)の工事が再開された。

昭和 22 年(1947)経済安定本部の中に河川総合開発調査協議会が設置され，水の開発と有効利用について検討を始め，昭和 25 年(1950)に国土の保全，食糧増産，水力発電の開発を目的とした「国土総合開発法」が施行され，昭和 25 年(1950)に田瀬ダム(1954 完成，建設省，堤高 81.5m)，猿谷ダム(1957 完成，建設省，堤高 74.0m)，丸山ダム(1955 完成，建設省，堤高 98.2m)等のダム事業が次々に開始された。

昭和 26 年(1951)5 月，太平洋戦争中に電力会社が統制されて出来た日本発送電株式会社が現在の 9 電力会社に解体され，各地域の電力供給を分担することになった。しかし，戦後の産業復旧のために電力開発が急務であり，積極的に進める必要から昭和 27 年(1952)に「電源開発促進法」が施行され，電源開発株式会社を設立して重要な水力地点の開発を専門に行うこととなった。これを受けて，昭和 28 年(1953)には田子倉ダム(1959 完成，電源開発，堤高 145m)，奥只見ダム(1960 完成，電源開発，堤高 157m)，佐久間ダム(1956 完成，電源開発，堤高 155.5m)が着工された。

この頃北海道においては，昭和 28 年(1953)に芦別ダム(北海道電力，堤高 16.5m)，昭和 28 年(1953)に鷹泊ダム(北海道,堤高 35.0m),昭和 31 年(1956)に糠平ダム(電源開発,堤高 76.0m),昭和 32 年(1957)に桂沢ダム(北海道開発局，堤高 63.6m)が完成している。

これまで多目的貯水池の建設は共同施設として施工されてきたが，昭和 32 年(1957)「特定多目的ダム法」が制定され,これ以後多目的ダムとして建設されることとなった。(詳細は第 6 章第 1 節 2. 費用負担を参照)

当時はセメントが高価な時代であったことから，堤体積を少なくできるアーチダムや中空重力式ダムは魅力のある型式であった。しかし，我が国は地震国であり設計上の理論が明確でなかったことから戦前には採用されなかったが，戦後外国の技術や問題点を研究して最初のアーチダムとして，昭和 28 年(1953)三成ダム(島根県,堤高 36.0m)が完成した。次いで昭和 30 年(1955)上椎葉ダム(九州電力，堤高 110.0m)，昭和 32 年(1957)殿山ダム(関西電力，堤高 64.5m)，昭和 33 年(1958)鳴子ダム(建設省，堤高 94.5m)，昭和 38 年(1963)奥新冠ダム(北海道電力，堤高 61.2m)などが建設された。

### 4.　1961 年～1975 年まで（高度成長期）

戦後の経済復興は順調に発展すると共に，都市への人口集中に伴う都市用水需要が激増してきた。更に資産の集中により都市の洪水防御が急務になり，河川総合開発事業による多目的ダムの建設が要望されるようになった。そのため，コンクリートダムの基礎として十分とはいえない条件のところにおいても，大型の建設機械を駆使して経済的な施工が可能なロックフィルダムが脚光を浴びることになった。この時代の代表的なロックフィルダムは昭和 36 年(1961)御母衣ダム(電源開発,堤高 131.0m)，昭和 36 年(1961)牧尾ダム（愛知用水公団，堤高 105m)，昭和 43 年(1968)九頭竜ダム（建設省，堤高

128.0m)，昭和44年(1969)水窪ダム（電源開発，堤高105.0m)，昭和45年(1970)魚梁瀬ダム（電源開発，堤高115.0m)，北海道では昭和49年(1974)新冠ダム（北海道電力，堤高102.8m)，昭和50年(1975)大雪ダム（北海道開発局，堤高 86.5m）などで，何れもゾーン型で十分な転圧を施しているため変形や漏水が少なく，安全性を実証して，以後フィルダムの増加を先導することとなった。

また，振動ローラの出現により堤体の沈下や変形が著しく改善されたことから，アスファルト表面遮水型ロックフィルダムが登場してきた。昭和43年(1968)大津岐ダム（電源開発，堤高52.0m)，昭和45年(1970)二の倉ダム（青森県，堤高37m)，昭和46年(1971)高野山ダム（東京電力，堤高33m)，昭和48年(1973)深山ダム(農林省,堤高75.5m),昭和49年(1974)多々良木ダム(関西電力,堤高64.5m)などである。しかし，制約（P1-17，P1-18に記述）が多いため施工例は少なく現在まで11ダムである。

一方，科学技術の進歩に伴い電子計算機が利用できる時代になり，複雑な計算も容易になったことと,模型実験も行われて,薄肉で堤高の大きいアーチダムが建設されるようになった。昭和38年(1963)黒部ダム(関西電力,堤高186.0m),昭和40年(1965)川俣ダム(建設省,堤高117.0m),昭和38年(1968)一ツ瀬ダム(九州電力，堤高130.0m)などである。しかし，アーチダムの建設条件は地形・地質上の条件が厳しいため，現在まで全国で51ダムが建設されたのみである。

中空重力式ダムも昭和30年(1955)頃から設計法，耐震性などの検討が行われ，昭和32年(1957)井川ダム(中部電力,堤高103.0m),昭和34年(1959)大森川ダム(四国電力,堤高72.0m),昭和37年(1962)畑薙第1ダム(中部電力，堤高125.0m)，昭和39年(1964)横山ダム(建設省，堤高80.8m)，昭和42年(1967)金山ダム(北海道開発局，堤高57.3m)など現在まで全国で13ダムが建設されている。この型式のダムは重力式に比較してコンクリート体積を30%程度少なくできることから，セメントの価格が高価で人件費が安い時代には経済的であったが，型枠面積が多いことから，人件費の高い現在では採用されなくなった。

このように戦後のダム事業は 100m を超える大ダムが建設されるようになった。しかし，これらの技術はU.S.B.R(アメリカ内務省開拓局)，T.V.A(テネシー渓谷開発公社)，U.S.A.E(アメリカ陸軍工兵隊)などの工事報告を参考に設計施工を進める状況であった。[I-14]

戦後の混乱期が落ち着き，大ダムの建設が始まった昭和 28 年(1953)，日本大ダム会議は国際大ダム会議に再加入した。その当時のダム技術基準は「河川堰堤規則(昭和10年)」,「発電用高堰堤規則(昭和10年)」があり，その他に戦後輸入されたアメリカのダム技術がいくつかの流儀として混乱していたことから，ダムの安全性に大きな影響を与える部分について，日本のものとして消化し，統一した設計思想のもとにまとめた基準が「ダム設計基準　(昭和 32 年制定　国際大ダム会議日本国内委員会)」である。この基準は日本で初めての本格的な設計基準であり，それ以前のダムの設計例と比較して大きく変わったことは，①suliding factor からせん断摩擦安全率へ移行したこと，②揚圧力の見直しと排水孔の設置である。しかし，この基準も1～2年後にはアーチダム，中空式重力ダムの設計に不便を感じるようになった。[I-14]

ちょうどその時，昭和 34 年(1959)フランスのマルパッセダムが，基礎岩盤の破壊が原因で決壊するという衝撃的な事故が起きた（死者 396 人)。よって，これまでダム本体の応力のみに着目していた設計技術を，基礎岩盤の安定性を重要視した設計へと変換せざるを得なくなってきた。そのため，昭和35年にはダム設計基準の改訂作業に着手したが，技術の進歩と設計思想の変化が著しく，改訂作業が進捗しなかったことから，昭和39年(1964)「新河川法」の制定後は，「ダム構造基準及びダム構造基準細目(昭和43年河川局長通達)」によって運用されていた。

しかし，マルパッセダムの崩壊を契機に岩盤の諸性質を解明する種々の研究が組織的に行われ，岩盤の特性を加味した安定解析法，基礎処理工法の開発などについて多くの研究が行われた。その結果としてアーチダムでは中心角を小さくした放物線アーチが採用されるようになり，重力式ダムにおいても岩盤のせん断強度が不足する場合に，上流側にフィレットを設ける方法が検討された。これらの研究成果を取り入れた「改訂ダム設計基準」は昭和46年(1971)にようやく制定された。改訂の要点は①アーチダム，中空重力式ダムの設計基準の整備，②設計の着目点がダム本体より岩盤への移行に伴う諸問題，③フィルダム関係の設計基準の整備であり，日本のダム設計基準の骨格はほぼ出来上がったということができる。更に，その後の技術進歩を取り入れて昭和53年(1978)に第2次改訂を行った[1-14]。

放物線アーチのダムは昭和45年(1970)矢作ダム（建設省，堤高110m），昭和47年(1972)新豊根ダム(電源開発,堤高116.5m),昭和48年(1973)豊平峡ダム(北海道開発局,堤高102.5m),昭和52年(1977)真名川ダム（建設省，堤高127.5m）等がこの型式で建設され，以後この型式が主流となっている。

大きなフィレットを有するダムとして昭和52年(1977)早明浦ダム(水資源開発公団，堤高106m)，昭和62年(1987)大渡ダム(建設省，堤高96m)がある。特に，この頃からダムサイトとして良好な条件を有する箇所が減少してきたため，多くの重力式ダムにおいてフィレットを設置するようになった。北海道では平成4年(1992)美利河ダム(北海道開発局，堤高40.0m)，平成12年(2000)滝里ダム(北海道開発局，堤高50.0m)が上流側に1：0.8の大きなフィレットを設置している。

## 5.　1976年以降のダム（経済安定成長期）

昭和20年以来国土の復興に邁進してきた我が国の経済は，世界的に誇れる高度成長を遂げ，社会資本整備も順調に進捗していた。しかし，依然として続く水需要の増加と渇水対策，国土の高度利用を目指した治水安全度の向上のため，治水を主とした多目的ダム建設の要望が高まっていた。そのため，建設省は昭和51年度にダム事業の推進を図るため，ダムの調査設計，施工及び管理に関する技術上の基本的諸問題並びに技術基準等に関し，調査及び審議を行う最高の権威者で構成する『ダム技術会議』を設置した。そして同年，新河川法制定以来の懸案事項であった「河川管理施設等構造令」を制定して，ダムを含めた河川管理施設等についての技術基準を確立した。

この頃になると良好なダムサイトの減少に伴うダムサイトの多様化，地質条件の複雑化によりダムの設計・施工は益々高度の技術的判断が必要になってきた。このような状況を踏まえて，昭和56年度より事業実施の重要段階(新規調査，実施計画調査，本体発注，試験湛水)において，問題点の審議及び確認を行うことを目的として，建設省開発課（現：国土交通省河川局治水課）に『ダム基本設計会議』を設けた。対象となるのは建設省及び北海道開発局（現：国土交通省），水資源開発公団（現：独立行政法人水資源機構），都道府県のダム等である。対象とする事項は①新規実施計画調査，建設要求時の堤体，洪水吐等の主要構造物の基本について，②ダム型式及び座取り決定時の技術的検討，③本体・洪水吐建設工事発注及び変更設計時の主要構造・積算の基本について，④湛水前における技術的確認，⑥特に必要と認められる特殊構造物の設計施工の基本について，⑦利水ダムに関する技術的審査である。

昭和50年代は前述のとおり，多目的ダム建設の要請は依然として根強くある一方で，人件費の高騰と有利なダムサイトの減少により，機械化施工の容易なフィルダムの建設が増加してきた。表-1.2で見られるように1956年から1995年まで10年刻みで見ると,フィルダムの施工数が増加しているのに比べて，コンクリートダムの絶対数は多いが減少傾向にあることを示している。

そのため，フィルダムと同じように機械化施工が可能な新しいコンクリートダムの開発が望まれていた。このような背景のもとに登場したのが，超固練りコンクリートを振動ローラで転圧してコンクリートダムを建設するRCD工法(Roller Compacted Dam Concrete Method)である。その第1号は昭和55年(1980)島地川ダム(建設省，堤高90.0m)である。その後，平成2年(1990)玉川ダム(建設省，堤高100.0m)，平成2年(1990)朝日小川ダム(富山県，堤高84.0m)，平成3年(1991)美利河ダム(北海道開発局，堤高40m)，平成5年(1993)朝里ダム(北海道，堤高73.9m)，平成9年(1997)八田原ダム(建設省，堤高84.9m)，平成10年(1998)札内川ダム(北海道開発局，堤高114.0m)，平成10年(1998)浦山ダム(水資源開発公団，堤高156.0m)，平成12年(2000)宮ヶ瀬ダム(建設省，堤高156.0m)等，数多くのダムがRCD工法で建設され，最近の重力式コンクリートダム施工法の主流となっている。

また，RCD工法における面状工法の利点を生かして有スランプコンクリートを打設するELCM(Extended Layer Construction Method)が開発された。大規模ダムでは下部をRCD工法で打設し，コンクリート打設幅が15m未満となる上部にELCMを用いる場合や，中小規模ダムではすべてELCMを採用するダム等がある。第1号ダムは平成3年(1991)布目ダム(水資源開発公団，堤高72.0m)である。平成6年(1994)栗山ダム(北海道，堤高31.9m)，平成9年(1997)三春ダム(建設省，堤高65.0m)，平成12年(2000)富郷ダム（水資源開発公団，堤高111.0m）等多くのダムがある。

## 6.　新河川法とダムの位置付け

我が国の河川制度は，明治29年(1896)に「旧河川法」が制定されて以来幾度かの改正を経て現在に至っている。特に昭和40年(1965)に施行された「新河川法」では，水系一貫管理体制の導入など，治水利水の体系的な制度の整備が図られ，今日の河川行政の規範としての役割を担ってきた。しかし，その後の社会経済の変化により，河川制度を取り巻く状況は大きく変化している現在では，河川は治水利水の役割を担うだけではなく，潤いのある水辺空間や多様な生物の生息・生育環境として認識されている。また，地域の風土と文化を形成する重要な要素としてその個性を活かした川づくりが求められている。更に，社会経済・生活様式の高度化に伴って，渇水による社会的影響が著しくなるなど円滑な渇水調整の推進などが課題となっている。

こうした変化を踏まえて平成8年12月，河川審議会において「社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について」が提言された。当時の建設省ではこの提案に基づき，河川法の改正の検討を行い，平成9年第140国会に「河川法の一部を改正する法律案」を提出し，同国会において同法案は可決成立した。

主な改正項目は，河川環境の整備と保全，地域の意見を反映した河川整備計画策定制度の導入，渇水調整の円滑化，樹林帯制度である。ここでは特にダム建設に係る河川整備計画について，その概要を国土交通省河川局のホームページから紹介する。

改正前の河川法では，河川管理者は水系ごとに「工事実施基本計画」を策定しておくこととされ，策定手続きは建設大臣が策定する場合に，河川審議会の意見を聴くこととなっていた。また，これまでの「工事実施基本計画」は河川整備の内容が詳細に決められておらず，具体的な川づくりの姿が明らかとなっていなかった。このため，豊でうるおいのある質の高い国民生活や，良好な環境を求める国民のニーズの増大等，最近の動きに的確に応えるため，これまでの工事実施基本計画の制度を見直し，新たな計画制度を創設したものである。具体的には，「工事実施基本計画」で定めている内容を，河川整備の基本となるべき方針に関する事項「河川整備基本方針」と，具体的な河川整備に関する事項「河川整備計画」に区分し，後者については，具体的な川づくりが明らかになるように「工事実施

基本計画」よりも更に具体化するとともに，地域の意向を反映する手続きを導入した。(1-16)

「河川整備基本方針」は，河川管理者（一級水系は国土交通大臣，二級水系は都道府県知事）が定めるものであり，内容は①長期的な視点に立った河川整備の基本的な方針を記述する。②個別事業など具体の河川整備の内容を定めず，整備の考え方を記述する。手続きは社会資本整備審議会（二級水系の場合，都道府県河川審議会がある場合）の意見を聴き，策定後は公表することである。したがって，この段階では「洪水調節設備」という字句は記載されるが「ダム」という字句は記載されない。

「河川整備計画」は，「河川整備基本方針」に基づき河川管理者が定めるものであり，内容は①20～30年後の河川整備の目標を明確にする。②個別事業を含む具体的な河川の整備の内容（ダム名等）を明らかにする。手続きは学識経験者や公聴会等により関係住民の意見を聴く。また，関係地方公共団体の長の意見を聴き，策定後は公表することである。

平成18年12月現在，北海道の一級河川で「河川整備基本方針」が策定されているのは留萌川水系，沙流川水系，天塩川水系，石狩川水系，後志利別川水系，網走川水系，釧路川水系である。また，「河川整備計画」において新規ダム名が明記されているのは留萌川水系チバベリ川留萌ダム，沙流川水系沙流川二風谷ダム，沙流川水系額平川平取ダム，石狩川水系夕張川夕張シューパロダム，石狩川水系幾春別川新桂沢ダム，石狩川水系幾春別川支川三笠ぽんべつダムである。

また，北海道内の二級河川における「河川整備基本方針」は41水系，「河川整備計画」は17河川で策定されている。

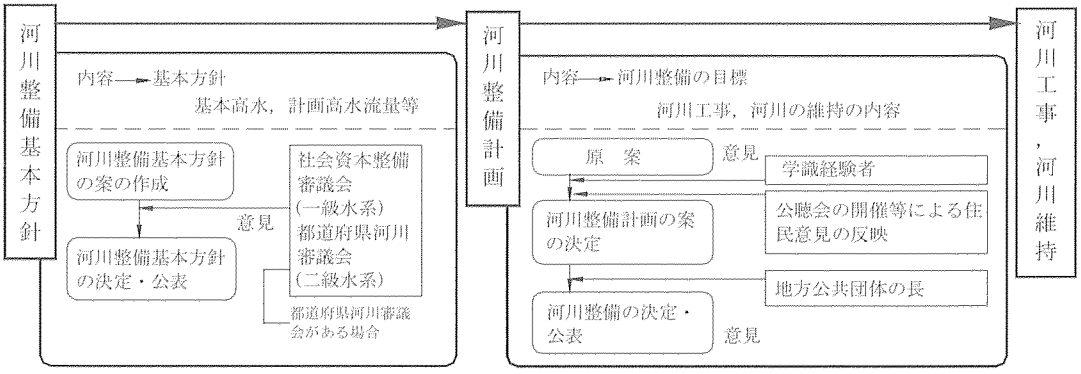



図-1.1　河川整備基本計画及び河川整備計画の流れ

## 7. 21世紀のダム

ダム建設事業は，事業採択から完了まで数十年に亘る長期の年月を要するものがあり，そのため，開始当時に比べて社会・経済情勢が著しく変化して，当初の目的が合わなくなっている場合がある。特に，20世紀後半以降水田の減反政策や後継者難で農家の負担が問題となり，かんがい計画のダム参加を途中から拒否する事例も生じている。

加えて，1994年国際かんがい排水委員会においてアメリカ国務省開拓局ビアード長官が「アメリカに於けるダム建設の時代は終わった」と発言した。これに刺激された国内の自然保護団体等が「アメリカではダムを撤去しているのに日本では何故ダムを作るか」などと主張し，「洪水調節は緑のダムで行える」と政党の党首が誤った発言をしている。

更に，ダム不要論を掲げて当選した知事が工事中のダムを中止したためダムの建設が遅れるなど，

ダムを取り巻く情勢は厳しい状況にある。ダム反対者の論調は、自然環境の破壊、水没に伴う地域社会の疲弊、建設目的が曖昧等であるが、このような意見が出てきた背景としては、社会資本整備に対する住民意識の多様化と環境保全に対する住民意識の高揚である。

一方，地球温暖化の影響と思われる異常気象による洪水被害の多発，あるいは異常渇水による市民生活への影響などから，多目的ダムの要望は依然として高いものがある。日本国内の地形地理的条件からして、多目的ダムは有効な社会資本整備であることに変わりはなく、ダム事業におけるアカウンタビリティ手法の構築が重要な課題となっている。

ダム事業以外の公共事業に於いても同じような世論や課題があることから，建設省（現：国土交通省）は全ての事業を対象として，平成10年3月27日「建設省所管事業の再評価実施要領」を策定し，第3者による委員会を組織して事業を再評価することとした。その目的は以下のとおりである。

「公共事業の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図るため，再評価を実施する。再評価は，事業採択後一定期間を経過した後も未着工である事業，事業採択後長期間が経過している事業の評価を行い，事業の継続に当り，必要に応じその見直しを行うほか，事業の継続が妥当と認められない場合には事業を中止するものである。」

上記にいう一定期間とは，国が行う都市公園事業及び都道府県が行う下水道事業を除く全ての事業で5年としている。再評価後に5年経過した場合は再々評価を実施することになっている。

このような状況にあって，21世紀初頭の2001年には温井ダム(国土交通省，アーチ，堤高156m)，奥三面ダム(新潟県，アーチ，堤高116m)が完成し，平成16年（2004）現在工事中のダムは国土交通省が65ダム，水資源機構が8ダム，都道府県が107ダム，合計180ダムとなっている。

その主なものを挙げると，アーチダムでは川辺川ダム(国土交通省，堤高 107.5m，2008 予定)があるが，農業用水計画が定まらず足踏み状態にある。重力式ダムでは滝沢ダム(国土交通省，堤高 140m，2007 予定)，八ツ場ダム(国土交通省，堤高131m，2010予定)，湯西川ダム(国土交通省，堤高119m，2011予定)，嘉瀬川ダム(国土交通省，堤高97m，2011予定)，長井ダム(国土交通省，堤高125.5m，2010予定)，夕張シューパロダム(国土交通省，堤高 107m，2012)などである。ロックフィルダムは丹生ダム(水資源機構，堤高145m，2010予定)，徳山ダム(水資源機構，堤高161m，2007予定)，胆沢ダム(国土交通省，堤高132m，2013予定)，成瀬ダム(国土交通省，堤高113.5m，2017予定)があり，複合ダムでは忠別ダム(国土交通省，堤高86m，2006)がある。更に，新しい合理化工法である台形CSG (Cemented Sand and Gravel) ダムとして億首ダム(沖縄総合事務局)，サンルダム(国土交通省)，当別ダム(北海道)も本体工事着手を準備している。

## 第3節　ダムの形式と特徴

### 1.　ダムの定義

河川法では特にダムの定義をしていないが，その概念として「河川を横断して流水を貯留する目的で築造され，基礎地盤から堤頂までの高さ15m以上の堰」をダムと呼称し，その設計，施工，管理について各種の法的規制が適用されている。したがって，土砂流出の防止，及び調節を目的とする砂防ダムは含まれない。[1-17]

国際大ダム会議では，堤高15m以上のダムと堤高5m以上で貯水容量3,000,000m$^3$以上のものをダム台帳に登録している。

アメリカでは，堤高 6feet（1.8m）以上で貯水容量が 50acre-feet（61,717m$^3$）以上，又は，堤高

25feet（7.5m）以上で貯水容量15acre-feet（18,515m³）以上をダムとして登録している。

## 2.　ダムの分類

### (1)　使用目的別による分類

1)　水道用ダム

上水道用水や工業用水を蓄えるためのダムで，良質の水が大量に得られる河川に建設される。

2)　かんがい用ダム

かんがい用水源を確保するために造られ，我が国では弥生時代からアースダム型式で多数建設されている。

3)　水力発電用ダム

水力発電のために，河川の流量が少ないときでも安定した水量が得られるように貯水するダムで，大きな貯水量をもつ大規模ダムが数多く建設されている。

4)　治水（洪水調節）ダム

洪水による被害を防止するために，洪水の貯留や放流水量を調節するダム。(農地防災ダムを含む)

5)　多目的ダム

河川水を最大限に利用するために，河川全体を総合的に捉えて，最も合理的に各種の目的に合うように利害を調整して造られるのが多目的ダムである。

### (2)　堤体材料による分類

堤体材料の違いにより，コンクリートダムとフィルダムに分類される。

1)　コンクリートダム

コンクリートダムはその型式によって，重力式ダム，中空重力式ダム，バットレスダム，アーチダム，重力式アーチダム，マルチプルアーチダムがあり，更に重力式ダムとフィルダムを組み合わせた複合ダムがある。

2)　フィルダム

フィルダムはコンクリートダムに比べて基礎岩盤にかかる単位面積当たりの荷重が小さく，基礎の軽微な変形に堤体は破壊することなく順応することができるので，技術的にはほとんどあらゆる種類の基礎の上に建設することが可能である。しかし，基礎の透水性についてはコンクリートダムと同等の配慮が必要である。

また，貯水池からの越流は堤体の破壊に繋がる恐れがあるので，設計洪水流量を大きく採るため洪水吐の規模は大きくなり，堅硬な基礎岩盤上に載せなければならない。そのために長大法面が出来る場合が多く，その安定確保に工費が増大することがある。

フィルダムの堤体積は同じ高さの重力式ダムに比べて4～5倍にもなるので，その経済性は盛立て材料の性質と運搬距離に左右される。

フィルダムは盛り立て材料，設計法，遮水型式によって均一型（アースダム），ゾーン型（中央遮水壁，傾斜遮水壁），表面遮水壁型（コンクリート遮水壁，アスファルト遮水壁）に分類される。

### (3)　型式による分類

1)　重力式コンクリートダム

コンクリートダムの重さで水圧を支えるダムで，コンクリートダムでは最も多く造られている型式である。基礎岩盤のせん断強さがダムの安全に大きな影響を与える。一般に堅硬な岩盤で大きな断層が存在しない場合には問題はない。しかし，堅硬な岩盤でも小さなシームや緩い下流上がりの

断層が存在する場合には安全度が不足することがあるので，十分調査検討する必要がある。基礎地盤のせん断強度が大きいときの断面形状は直角三角形に近似しているが，せん断強度が低くなると上流側にフィレットを付けたり，大きなマットを敷設して載せることがある。施工方法は，レヤー工法，ブロック工法，合理化施工の面状工法（RCD 工法，ELCM）と多様である。最近は合理化施工の RCD 工法，ELCM が主流となっている。（詳細は表-3.12 参照）



図-1.2　重力式コンクリートダム（定山渓ダム・北海道開発局提供）

2）中空重力式コンクリートダム

重力式ダムの内部を空洞にしたもので，コンクリート量が少なくて済むが，構造が複雑で型枠面積が大きいので，セメントが高価で人件費が安かった時代ではコスト縮減となった。しかし，現在ではセメントが安く人件費が高いのでコスト縮減にはならない。また，基礎地盤に生じるせん断応力は同じ高さの重力式にくべて大きくなることから，岩盤強度の大きい箇所でなければならない。現在まで全国で 13 ダムしか築造されていない。



図-1.3　中空重力式コンクリートダム
（金山ダム・北海道開発局提供）

3）バットレス式コンクリートダム

水を堰き止める薄いコンクリート壁（遮水壁）を，コンクリートバットレス（遮水壁を支える扶壁）で支えるダムであり，中空重力式ダムと同様にセメントが高価な時代はコスト縮減となったので，全国で10ダム程度建設された。しかし，構造が複雑で基礎岩盤が強固な箇所でなければならないので現在は築造されていない。また，老朽化によって重力式に改築されたものや，倒壊したものもあり，現在は全国で6ダムしか残っていない。ダムの構造上洪水吐は堤体から離れた地山に設けられる。図-1.4は右岸側地山に側水路式呑み口の中央に朝顔型縦抗を設けたトンネル式洪水吐の例である。



**図-1.4　バットレス式コンクリートダム**
**（改修後の笹流ダム・函館市水道局提供「ダム便覧」）**

4）アーチ式コンクリートダム

上空から見た形状が半円形や放物線を描いたアーチ形状のダムで，アーチの作用で水圧荷重のかなりの分を両岸の岩盤に伝達する構造となっている。そのために，両岸の岩盤は堅硬で丈夫でなければならないが，ダムの厚さを薄くすることができるので，コンクリート量が少なくて済む利点がある。堤頂長が堤高の1.5倍程度のアーチダムのコンクリート量は，同じ堤高の重力式ダムの1/3程度まで少なくできる。しかし，堤高が低い場合には経済的になるとは限らず，一般的には60～70m以上でなければ有利とならない。

ダムサイトは谷幅が狭く急峻なＶ字谷で，下流広がりではなく尾根の厚みが十分あり，谷の上部まで堅硬な地盤が必要である。地質が複雑な場合，河道に平行な断層がある場合，更に下流側で地表に出る弱層がある場合にはダムサイトとしては不適当である。最近はアーチダムの適地が少ないため建設事例は少なくなっている。現在まで全国の建設事例は51ダムである。



図-1.5　アーチ式コンクリートダム（豊平峡ダム・北海道開発局提供）

5)　重力アーチ式コンクリートダム

基礎岩盤の状態がさほど良くないとの理由で，ダムの厚さを大きくした重力アーチ式ダムがあるが，基礎岩盤に作用するダムからのスラストは，下部標高では薄いアーチダムと同じ程度となるので，岩盤の安定条件はさほど良くならないため，1975年以前に全国で11ダムしか建設されていない。

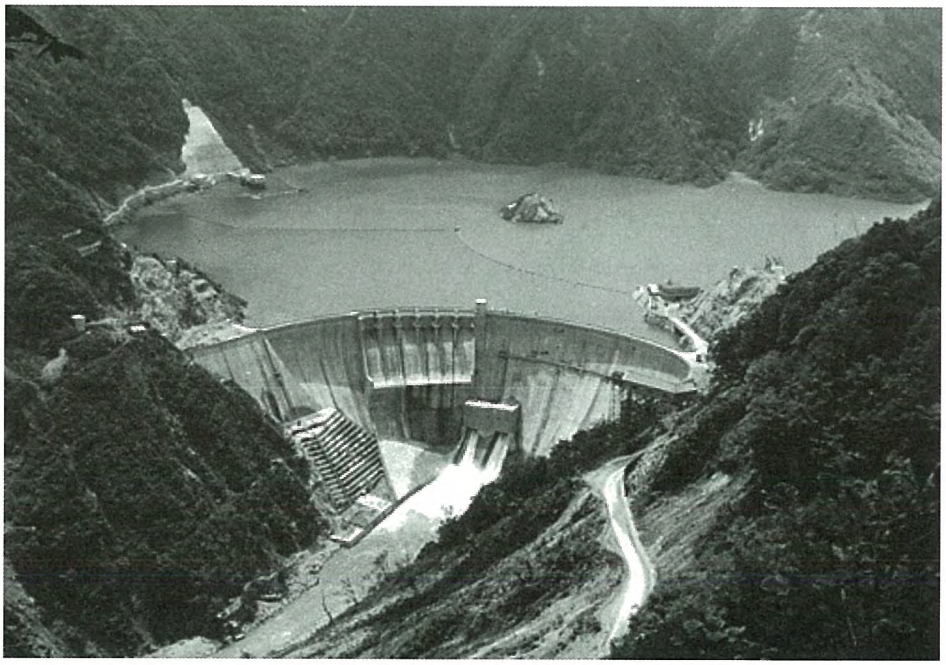


図-1.6　重力アーチ式コンクリートダム（湯田ダム・日本ダム協会「ダム便覧」）

6)　マルチプルアーチ式コンクリートダム

アーチダムとバットレスダムを組み合わせた型式のマルチプルアーチダムがある。アーチを河川横断方向に連続して繋ぎ，スラストはアーチ両端の下流側に配置したバットレスに伝達する方式である。中空重力式ダム及びバットレスダムと同様に現在では経済性に劣る型式で，建設事例は香川県の豊稔池ダム，宮城県の大倉ダムの2例のみである。



図-1.7.(1)　マルチプルアーチ式コンクリートダム
（豊稔池ダム・資料提供安川内孝氏）



図-1.7.(2)　マルチプルアーチ式コンクリートダム
（豊稔池ダム改修工事中上流側から・日本ダム協会「ダム便覧」）

7)　複合ダム

左右岸の基礎岩盤強度が異なり，同じ型式のダムを配置できない場合に，岩盤状態が比較的良好な部分には重力式コンクリートダムを，岩盤状態が良好でない部分にはフィルダムを配置し，地盤強度に見合った型式を組み合わせるダムである。したがって，洪水吐はコンクリート重力式ダム部に設けられる。

北海道では美利河ダムがあり，建設中の忠別ダムもこの型式である。全国の事例は21例である。



図-1.8　複合ダム（御所ダム・日本ダム協会「ダム便覧」）

8)　均一型ダム（アースダム）

我が国では有史以前から築造されていた型式であるが，近年のものは堤体内の排水のためにフィルタやドレーンを設けるので全く均一ということのできるのは稀である。堤体材料は土質材料を使用するので透水経路は長くなるが，せん断強度が限られることからあまり高いダムは造られない。我が国では30mが限界とされている。しかし，堤体材料の殆どが土質材料であって，遮水材料に玉石コンクリート，鉄筋コンクリート，粘土あるいは礫混じり土を用いてゾーンタイプに近い場合でも，アースダムとして分類されているので堤高60m級のものもある。

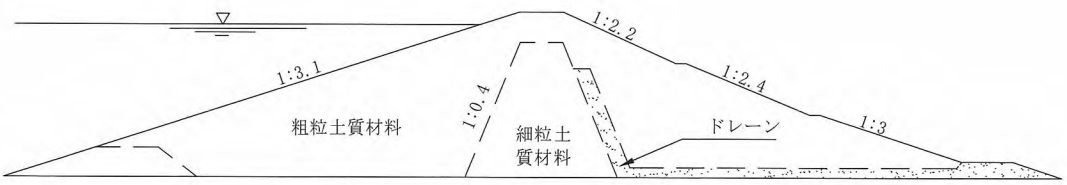



図-1.9　アースダム（新区画ダム）

9)　ゾーン型ロックフィルダム

土質材料と粗粒材料が十分あれば適当な配分で築造が可能となり，堤体が最も安定し強度も期待できるので高さには制限はない。一般に経済的なゾーン型ダムは粗粒材料が70～80%を占めるので，粗粒材料の採取や運搬が経済性を左右する。

洪水吐は地山に設けられるので，大きな掘削となり長大法面が発生するが，掘削土石を堤体材料に流用できれば経費の節減が可能となる。

ゾーン型の施工例の殆どは中央遮水壁型である。傾斜遮水壁型は下流側ロックゾーンの先行盛立てが可能なので，施工工程に自由度を持たせることができること，上流にブランケットを設置する場合に接続しやすい等の利点がある。しかし，コアの浸透経路が短いことや沈下に不利なこと等から建設例は少ない。

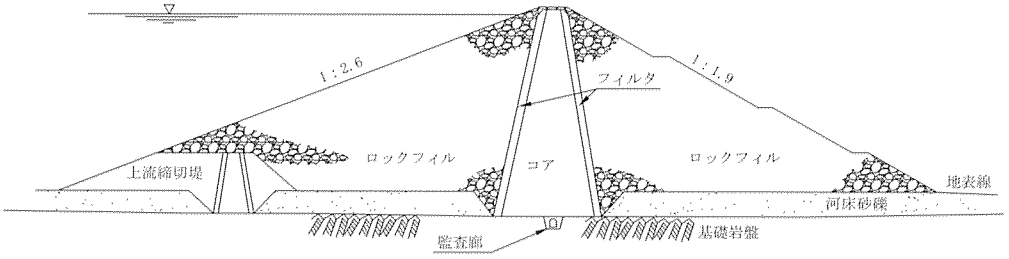



図-1.10　中央コア型ロックフィルダム（大雪ダム）

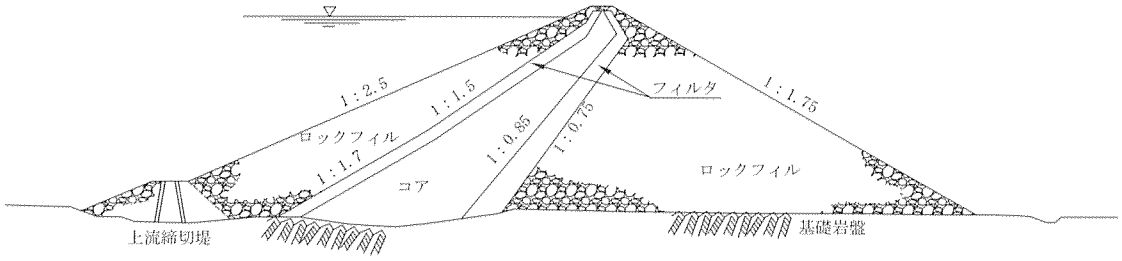



図-1.11　傾斜コア型ロックフィルダム（御母衣ダム）

10)　表面遮水壁型ロックフィルダム

我が国におけるコンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムの実施例は，小渕ダム（岐阜県，1951年，堤高 20.5m），石渕ダム（建設省，1953 年，堤高 53.0m），野反ダム（東京電力，1956 年，堤高 44.0m），皆瀬ダム（建設省，1963 年，堤高 66.5m）の 4 例のみである。この当時の堤体の施工方法は，現在のような振動ローラがなかった時代であり，岩塊を高所から落として落石のエネルギーで締固める方法であった。そために締固めが不十分で水圧による堤体の変形が大きく，遮水壁のジョイントからの漏水が大きいなどの不具合が生じたため，我が国ではこれ以後コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムは建設されていない。

しかし，振動ローラが開発され，1966 年以降世界各地で 100m を超えるコンクリート表面遮水型ロックフィルダムが建設されるようになり，海外に於いてはフィルダムの主流になりつつある。

一方，アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダムは，大津岐ダム（電源開発，1968 年，堤高 52.0m）が最初であり，大型重機械と振動ローラを駆使して十分な締固めを行い，堤体の変形を最小に抑制できる時代になっていた。しかし，最近までこの型式の採用は①適当な天然の遮水材料が得られな

いとき，②貯水池水位急降下頻度が多くあるとき，③貯水池を空虚にして表面遮水壁の修理点検が可能なとき，④ダム高が70m程度以下のときなどの制約条件があった。しかし，平成7年（1955）に八汐ダム（東京電力，堤高90.5m）が建設されているが，建設事例は少なく11ダムのみである。

洪水吐は他のロックフィルダムと同様に堤体外の地山に設けられる。

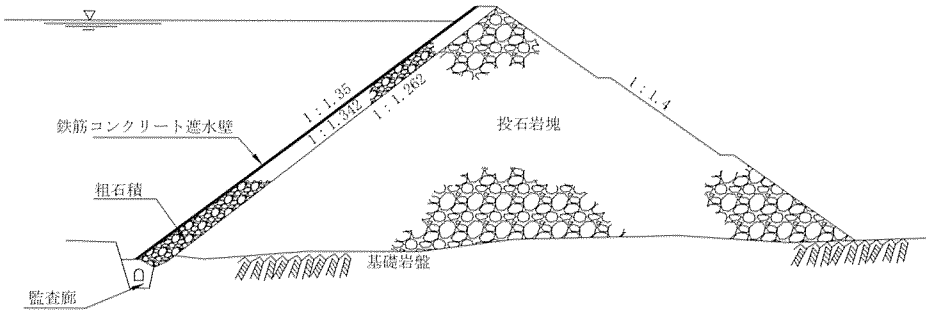



図-1.12　鉄筋コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダム（皆瀬ダム）

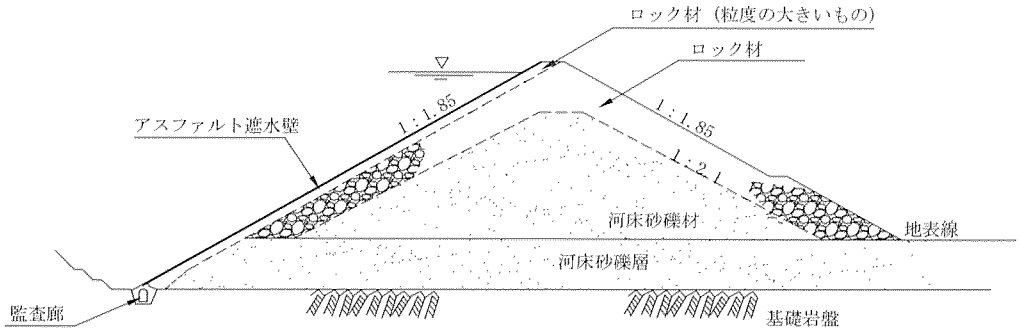



図-1.13　アスファルト表面遮水壁型ロックフィルダム（双葉ダム）

## 表-1.3　アーチ式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 黒　部 | 186.0 | 492.0 | 1,582 | 199,285 | P | 黒部川/黒部川 | 富　山 | 1963 | 関西電力 |
| 2 | 温　井 | 156.0 | 382.0 | 810 | 82,000 | FNWP | 大田川/滝山川 | 広　島 | 2001 | 国土交通省 |
| 3 | 奈川渡 | 155.0 | 355.5 | 660 | 123,000 | P | 信濃川/犀川 | 長　野 | 1969 | 東京電力 |
| 4 | 川　治 | 140.0 | 320.0 | 650 | 83,000 | FNAWI | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1983 | 建設省 |
| 5 | 高根第1 | 133.0 | 276.4 | 330 | 43,568 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐　阜 | 1969 | 中部電力 |
| 6 | 八木沢 | 131.0 | 352.0 | 570 | 204,300 | FNAWP | 利根川/利根川 | 群　馬 | 1967 | 水資源開発公団 |
| 7 | 一ツ瀬 | 130.0 | 415.6 | 555 | 261,315 | P | 一ツ瀬川/一ツ瀬川 | 宮　崎 | 1963 | 九州電力 |
| 8 | 真名川 | 127.5 | 357.0 | 507 | 115,000 | FNP | 九頭竜川/真名川 | 福　井 | 1977 | 建設省 |
| 9 | 川　俣 | 117.0 | 131.0 | 147 | 87,600 | FNP | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1966 | 建設省 |
| 10 | 新豊根 | 116.5 | 311.0 | 348 | 53,500 | FP | 天竜川/大入川 | 愛　知 | 1972 | 電源開発 |
| 11 | 奥三面 | 116.0 | 244.0 | 257 | 125,500 | FP | 三面川/三面川 | 新　潟 | 2001 | 新潟県 |
| 12 | 池　原 | 111.0 | 460.0 | 647 | 338,400 | P | 新宮川/北山川 | 奈　良 | 1964 | 電源開発 |
| 13 | 上椎葉 | 110.0 | 341.0 | 390 | 91,550 | P | 耳川/耳川 | 宮　崎 | 1955 | 九州電力 |
| 14 | 川　浦 | 107.5 | 341.2 | 400 | 17,200 | P | 木曽川/西ヶ洞谷川 | 岐　阜 | 1995 | 中部電力 |
| 15 | 小　渋 | 105.0 | 293.3 | 311 | 58,000 | FNAP | 天竜川/小渋川 | 長　野 | 1969 | 建設省 |
| 16 | 坂　本 | 103.0 | 256.3 | 183 | 87,000 | P | 新宮川/東の川 | 奈　良 | 1962 | 電源開発 |
| 17 | 豊平峡 | 102.5 | 305.0 | 285 | 47,100 | FWP | 石狩川/豊平川 | 北海道 | 1972 | 北海道開発局 |
| 18 | 刀　利 | 101.0 | 229.4 | 148 | 31,400 | FAP | 小矢部川/小矢部川 | 富　山 | 1966 | 農林省 |
| 19 | 矢　作 | 100.0 | 323.1 | 305 | 80,000 | FNAWIP | 矢作川/矢作川 | 愛　知 | 1970 | 建設省 |
| 20 | 下　筌 | 98.0 | 248.2 | 282 | 59,300 | FNP | 筑後川/津江川 | 大　分 | 1972 | 建設省 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 黒　部 | 186.0 | 492.0 | 1,582 | 199,285 | P | 黒部川/黒部川 | 富　山 | 1963 | 関西電力 |
| 2 | 温　井 | 156.0 | 382.0 | 810 | 82,000 | FNWP | 大田川/滝山川 | 広　島 | 2001 | 国土交通省 |
| 3 | 奈川渡 | 155.0 | 355.5 | 660 | 123,000 | P | 信濃川/犀川 | 長　野 | 1969 | 東京電力 |
| 4 | 川　治 | 140.0 | 320.0 | 650 | 83,000 | FNAWI | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1983 | 建設省 |
| 5 | 池　原 | 111.0 | 460.0 | 647 | 338,400 | P | 新宮川/北山川 | 奈　良 | 1964 | 電源開発 |
| 6 | 八木沢 | 131.0 | 352.0 | 570 | 204,300 | FNAWP | 利根川/利根川 | 群　馬 | 1967 | 水資源開発公団 |
| 7 | 一ツ瀬 | 130.0 | 415.6 | 555 | 261,315 | P | 一ツ瀬川/一ツ瀬川 | 宮　崎 | 1963 | 九州電力 |
| 8 | 真名川 | 127.5 | 357.0 | 507 | 115,000 | FNP | 九頭竜川/真名川 | 福　井 | 1977 | 建設省 |
| 9 | 川　浦 | 107.5 | 341.2 | 400 | 17,200 | P | 木曽川/西ヶ洞谷川 | 岐　阜 | 1995 | 中部電力 |
| 10 | 上椎葉 | 110.0 | 341.0 | 390 | 91,550 | P | 耳川/耳川 | 宮　崎 | 1955 | 九州電力 |
| 11 | 二　瀬 | 95.0 | 288.5 | 356 | 26,900 | FNP | 荒川/荒川 | 埼　玉 | 1961 | 建設省 |
| 12 | 新豊根 | 116.5 | 311.0 | 348 | 53,500 | FP | 天竜川/大入川 | 愛　知 | 1972 | 電源開発 |
| 13 | 高根第1 | 133.0 | 276.4 | 330 | 43,568 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐　阜 | 1969 | 中部電力 |
| 14 | 小　渋 | 105.0 | 293.3 | 311 | 58,000 | FNAP | 天竜川/小渋川 | 長　野 | 1969 | 建設省 |
| 15 | 矢　作 | 100.0 | 323.1 | 305 | 80,000 | FNAWIP | 矢作川/矢作川 | 愛　知 | 1970 | 建設省 |
| 16 | 水　殿 | 95.5 | 343.3 | 301 | 15,100 | P | 信濃川/犀川 | 長　野 | 1970 | 東京電力 |
| 17 | 豊平峡 | 102.5 | 305.0 | 285 | 47,100 | FWP | 石狩川/豊平川 | 北海道 | 1972 | 北海道開発局 |
| 18 | 下　筌 | 98.0 | 248.2 | 282 | 59,300 | FNP | 筑後川/津江川 | 大　分 | 1972 | 建設省 |
| 19 | 奥三面 | 116.0 | 244.0 | 257 | 125,500 | FP | 三面川/三面川 | 新　潟 | 2001 | 新潟県 |
| 20 | 坂　本 | 103.0 | 256.3 | 183 | 87,000 | P | 新宮川/東の川 | 奈　良 | 1962 | 電源開発 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 池　原 | 111.0 | 460.0 | 647 | 338,400 | P | 新宮川/北山川 | 奈　良 | 1964 | 電源開発 |
| 2 | 一ツ瀬 | 130.0 | 415.6 | 555 | 261,315 | P | 一ツ瀬川/一ツ瀬川 | 宮　崎 | 1963 | 九州電力 |
| 3 | 八木沢 | 131.0 | 352.0 | 570 | 204,300 | FNAWP | 利根川/利根川 | 群　馬 | 1967 | 水資源開発公団 |
| 4 | 黒　部 | 186.0 | 492.0 | 1,582 | 199,285 | P | 黒部川/黒部川 | 富　山 | 1963 | 関西電力 |
| 5 | 奥三面 | 116.0 | 244.0 | 257 | 125,500 | FP | 三面川/三面川 | 新　潟 | 2001 | 新潟県 |
| 6 | 奈川渡 | 155.0 | 355.5 | 660 | 123,000 | P | 信濃川/犀川 | 長　野 | 1969 | 東京電力 |
| 7 | 真名川 | 127.5 | 357.0 | 507 | 115,000 | FNP | 九頭竜川/真名川 | 福　井 | 1977 | 建設省 |
| 8 | 上椎葉 | 110.0 | 341.0 | 390 | 91,550 | P | 耳川/耳川 | 宮　崎 | 1955 | 九州電力 |
| 9 | 川　俣 | 117.0 | 131.0 | 147 | 87,600 | FNP | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1966 | 建設省 |
| 10 | 坂　本 | 103.0 | 256.3 | 183 | 87,000 | P | 新宮川/東の川 | 奈　良 | 1962 | 電源開発 |
| 11 | 川　治 | 140.0 | 320.0 | 650 | 83,000 | FNAWI | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1983 | 建設省 |
| 12 | 温　井 | 156.0 | 382.0 | 810 | 82,000 | FNWP | 大田川/滝山川 | 広　島 | 2001 | 国土交通省 |
| 13 | 矢　作 | 100.0 | 323.1 | 305 | 80,000 | FNAWIP | 矢作川/矢作川 | 愛　知 | 1970 | 建設省 |
| 14 | 黒又川第2 | 82.5 | 235.2 | 92 | 60,000 | P | 信濃川/黒又川 | 新　潟 | 1964 | 電源開発 |
| 15 | 下　筌 | 98.0 | 248.2 | 282 | 59,300 | FNP | 筑後川/津江川 | 大　分 | 1972 | 建設省 |
| 16 | 小　渋 | 105.0 | 293.3 | 311 | 58,000 | FNAP | 天竜川/小渋川 | 長　野 | 1969 | 建設省 |
| 17 | 新豊根 | 116.5 | 311.0 | 348 | 53,500 | FP | 天竜川/大入川 | 愛　知 | 1972 | 電源開発 |
| 18 | 鳴　子 | 94.5 | 215.0 | 180 | 50,000 | FNP | 北上川/江合川 | 宮　城 | 1958 | 建設省 |
| 19 | 豊平峡 | 102.5 | 305.0 | 285 | 47,100 | FWP | 石狩川/豊平川 | 北海道 | 1972 | 北海道開発局 |
| 20 | 高根第1 | 133.0 | 276.4 | 330 | 43,568 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐　阜 | 1969 | 中部電力 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.4　重力アーチ式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 新成羽川 | 103.0 | 289.0 | 430 | 127,500 | IP | 高梁川/成羽川 | 岡　山 | 1968 | 中国電力 |
| 2 | 阿武川 | 95.0 | 286.0 | 427 | 153,500 | FNP | 阿武川/阿武川 | 山　口 | 1974 | 山口県 |
| 3 | 湯　田 | 89.5 | 265.0 | 379 | 114,160 | FNP | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1964 | 建設省 |
| 4 | 大　鳥 | 83.0 | 187.9 | 160 | 15,800 | P | 阿賀野川/只見川 | 福　島 | 1963 | 電源開発 |
| 5 | 高　山 | 67.0 | 208.7 | 214 | 56,800 | FNWP | 淀川/名張川 | 京都府 | 1969 | 水公団 |
| 6 | 七　色 | 61.0 | 200.8 | 157 | 61,300 | P | 新宮川/北山川 | 三　重 | 1965 | 電源開発 |
| 7 | 鷲 | 45.0 | 277.0 | 113 | 9,650 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 8 | 黒　部 | 33.9 | 150.0 | 81 | 2,366 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1912 | 東京電力 |
| 9 | 石徹白 | 32.0 | 113.6 | 20 | 917 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 10 | 中　岩 | 26.3 | 107.9 | 12 | 1,488 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1924 | 東京電力 |
| 11 | 芋洗谷 | 25.5 | 69.7 | 7 | 61 | P | 五ヶ瀬川/芋洗谷川 | 宮　崎 | 1930 | チッソ |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 新成羽川 | 103.0 | 289.0 | 430 | 127,500 | IP | 高梁川/成羽川 | 岡　山 | 1968 | 中国電力 |
| 2 | 阿武川 | 95.0 | 286.0 | 427 | 153,500 | FNP | 阿武川/阿武川 | 山　口 | 1974 | 山口県 |
| 3 | 湯　田 | 89.5 | 265.0 | 379 | 114,160 | FNP | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1964 | 建設省 |
| 4 | 高　山 | 67.0 | 208.7 | 214 | 56,800 | FNWP | 淀川/名張川 | 京都府 | 1969 | 水公団 |
| 5 | 大　鳥 | 83.0 | 187.9 | 160 | 15,800 | P | 阿賀野川/只見川 | 福　島 | 1963 | 電源開発 |
| 6 | 七　色 | 61.0 | 200.8 | 157 | 61,300 | P | 新宮川/北山川 | 三　重 | 1965 | 電源開発 |
| 7 | 鷲 | 45.0 | 277.0 | 113 | 9,650 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 8 | 黒　部 | 33.9 | 150.0 | 81 | 2,366 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1912 | 東京電力 |
| 9 | 石徹白 | 32.0 | 113.6 | 20 | 917 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 10 | 中　岩 | 26.3 | 107.9 | 12 | 1,488 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1924 | 東京電力 |
| 11 | 芋洗谷 | 25.5 | 69.7 | 7 | 61 | P | 五ヶ瀬川/芋洗谷川 | 宮　崎 | 1930 | チッソ |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 阿武川 | 95.0 | 286.0 | 427 | 153,500 | FNP | 阿武川/阿武川 | 山　口 | 1974 | 山口県 |
| 2 | 新成羽川 | 103.0 | 289.0 | 430 | 127,500 | IP | 高梁川/成羽川 | 岡　山 | 1968 | 中国電力 |
| 3 | 湯　田 | 89.5 | 265.0 | 379 | 114,160 | FNP | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1964 | 建設省 |
| 4 | 七　色 | 61.0 | 200.8 | 157 | 61,300 | P | 新宮川/北山川 | 三　重 | 1965 | 電源開発 |
| 5 | 高　山 | 67.0 | 208.7 | 214 | 56,800 | FNWP | 淀川/名張川 | 京都府 | 1969 | 水公団 |
| 6 | 大　鳥 | 83.0 | 187.9 | 160 | 15,800 | P | 阿賀野川/只見川 | 福　島 | 1963 | 電源開発 |
| 7 | 鷲 | 45.0 | 277.0 | 113 | 9,650 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 8 | 黒　部 | 33.9 | 150.0 | 81 | 2,366 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1912 | 東京電力 |
| 9 | 中　岩 | 26.3 | 107.9 | 12 | 1,488 | P | 利根川/鬼怒川 | 栃　木 | 1924 | 東京電力 |
| 10 | 石徹白 | 32.0 | 113.6 | 20 | 917 | P | 九頭竜川/九頭竜川 | 福　井 | 1968 | 電源開発 |
| 11 | 芋洗谷 | 25.5 | 69.7 | 7 | 61 | P | 五ヶ瀬川/芋洗谷川 | 宮　崎 | 1930 | チッソ |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.5　マルチプルアーチ式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 大倉 | 82.0 | 323.0 | 226 | 28,000 | FNAWIP | 名取川/大倉川 | 宮　城 | 1961 | 建設省 |
| 2 | 豊稔池 | 32.3 | 158.4 | 40 | 1,590 | A | 柞田川/田野口川 | 香　川 | 1930 | 香川県 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.6　コンクリート表面遮水型ダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 皆　瀬 | 66.5 | 215.0 | 581 | 31,600 | FNAP | 雄物川/皆瀬川 | 秋　田 | 1963 | 建設省 |
| 2 | 石　渕 | 53.0 | 345.0 | 442 | 16,150 | FNP | 北上川/胆沢川 | 岩　手 | 1953 | 建設省 |
| 3 | 野　反 | 44.0 | 152.5 | 184 | 28,700 | P | 信濃川/中津川 | 群　馬 | 1956 | 東京電力 |
| 4 | 小　渕 | 18.4 | 53.0 | 14 | 552 | F | 木曽川/久久利川 | 岐　阜 | 1951 | 岐阜県 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.7　重力式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 奥只見 | 157.0 | 480.0 | 1,636 | 601,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1960 | 電源開発 |
| 2 | 宮ヶ瀬 | 156.0 | 400.0 | 2,060 | 193,000 | FNWP | 相模川/中津川 | 神奈川 | 2000 | 建設省 |
| 3 | 浦山 | 156.0 | 372.0 | 1,750 | 58,000 | FNWP | 荒川/浦山川 | 埼玉 | 1998 | 水資源開発公団 |
| 4 | 佐久間 | 155.5 | 293.5 | 1,120 | 326,848 | P | 天竜川/天竜川 | 静岡 | 1956 | 電源開発 |
| 5 | 小河内 | 149.0 | 353.0 | 1,676 | 189,100 | WP | 多摩川/多摩川 | 東京都 | 1957 | 東京都 |
| 6 | 田子倉 | 145.0 | 462.0 | 1,950 | 494,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1959 | 電源開発 |
| 7 | 草木 | 140.0 | 405.0 | 1,321 | 605,000 | FNAWIP | 利根川/渡良瀬川 | 群馬 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 8 | 有峰 | 140.0 | 500.0 | 1,568 | 222,000 | P | 常願寺川/和田川 | 富山 | 1959 | 北陸電力 |
| 9 | 下久保 | 129.0 | 605.0 | 1,345 | 130,000 | FNWIP | 利根川/神流川 | 群馬 | 1968 | 水資源開発公団 |
| 10 | 月山 | 123.0 | 393.0 | 1,160 | 65,000 | FNWP | 赤川/梵字川 | 山形 | 2001 | 建設省 |
| 11 | 弥栄 | 120.0 | 540.0 | 1,550 | 112,000 | FNWIP | 小瀬川/小瀬川 | 広島 | 1990 | 建設省 |
| 12 | 定山渓 | 117.5 | 410.0 | 1,185 | 82,300 | FWP | 石狩川/小樽内川 | 北海道 | 1989 | 北海道開発局 |
| 13 | 鶴田 | 117.5 | 450.0 | 1,119 | 123,000 | FP | 川内川/川内川 | 鹿児島 | 1965 | 建設省 |
| 14 | 厳木 | 117.0 | 390.4 | 1,088 | 13,600 | FNWIP | 松浦川/厳木川 | 佐賀 | 1986 | 建設省 |
| 15 | 境川 | 115.0 | 297.5 | 713 | 59,900 | FAWIPS | 庄川/境川 | 富山 | 1993 | 富山県 |
| 16 | 小里川 | 114.0 | 331.3 | 750 | 15,100 | FNP | 庄内川/小里川 | 岐阜 | 2003 | 建設省 |
| 17 | 札内川 | 114.0 | 300.0 | 770 | 54,000 | FNAWP | 十勝川/札内川 | 北海道 | 1998 | 建設省 |
| 18 | 五十里 | 112.0 | 261.8 | 468 | 55,000 | FNP | 利根川/男鹿川 | 栃木 | 1956 | 建設省 |
| 19 | 富郷 | 111.0 | 250.0 | 510 | 52,000 | FWIP | 吉野川/銅山川 | 愛媛 | 2000 | 水資源開発公団 |
| 20 | 長島 | 109.0 | 308.0 | 861 | 78,000 | FNAW | 大井川/大井川 | 静岡 | 2001 | 建設省 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 宮ヶ瀬 | 156.0 | 400.0 | 2,060 | 193,000 | FNWP | 相模川/中津川 | 神奈川 | 2000 | 建設省 |
| 2 | 田子倉 | 145.0 | 462.0 | 1,950 | 494,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1959 | 電源開発 |
| 3 | 浦山 | 156.0 | 372.0 | 1,750 | 58,000 | FNWP | 荒川/浦山川 | 埼玉 | 1998 | 水資源開発公団 |
| 4 | 小河内 | 149.0 | 353.0 | 1,676 | 189,100 | WP | 多摩川/多摩川 | 東京都 | 1957 | 東京都 |
| 5 | 奥只見 | 157.0 | 480.0 | 1,636 | 601,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1960 | 電源開発 |
| 6 | 有峰 | 140.0 | 500.0 | 1,568 | 222,000 | P | 常願寺川/和田川 | 富山 | 1959 | 北陸電力 |
| 7 | 弥栄 | 120.0 | 540.0 | 1,550 | 112,000 | FNWIP | 小瀬川/小瀬川 | 広島 | 1990 | 建設省 |
| 8 | 下久保 | 129.0 | 605.0 | 1,345 | 130,000 | FNWIP | 利根川/神流川 | 群馬 | 1968 | 水資源開発公団 |
| 9 | 草木 | 140.0 | 405.0 | 1,321 | 605,000 | FNAWIP | 利根川/渡良瀬川 | 群馬 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 10 | 早明浦 | 106.0 | 400.0 | 1,200 | 316,000 | FNAWI | 吉野川/吉野川 | 高知 | 1977 | 水資源開発公団 |
| 11 | 定山渓 | 117.5 | 410.0 | 1,185 | 82,300 | FWP | 石狩川/小樽内川 | 北海道 | 1989 | 北海道開発局 |
| 12 | 月山 | 123.0 | 393.0 | 1,160 | 65,000 | FNWP | 赤川/梵字川 | 山形 | 2001 | 建設省 |
| 13 | 玉川 | 100.0 | 441.5 | 1,150 | 254,000 | FNAWI | 雄物川/玉川 | 秋田 | 1990 | 建設省 |
| 14 | 鶴田 | 117.5 | 450.0 | 1,119 | 123,000 | FP | 川内川/川内川 | 鹿児島 | 1965 | 建設省 |
| 15 | 厳木 | 117.0 | 390.4 | 1,088 | 13,600 | FNWIP | 松浦川/厳木川 | 佐賀 | 1986 | 建設省 |
| 16 | 大滝 | 100.0 | 315.0 | 1,034 | 84,000 | FWI | 紀ノ川/紀ノ川 | 奈良 | 2002 | 建設省 |
| 17 | 大渡 | 96.0 | 325.0 | 1,000 | 66,000 | FNW | 仁淀川/仁淀川 | 高知 | 1986 | 建設省 |
| 18 | 長島 | 109.0 | 308.0 | 861 | 78,000 | FNAW | 大井川/大井川 | 静岡 | 2001 | 建設省 |
| 19 | 札内川 | 114.0 | 300.0 | 770 | 54,000 | FNAWP | 十勝川/札内川 | 北海道 | 1998 | 北海道開発局 |
| 20 | 小里川 | 114.0 | 331.3 | 750 | 15,100 | FNP | 庄内川/小里川 | 岐阜 | 2003 | 建設省 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 奥只見 | 157.0 | 480.0 | 1,636 | 601,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1960 | 電源開発 |
| 2 | 田子倉 | 145.0 | 462.0 | 1,950 | 494,000 | P | 阿賀野川/只見川 | 福島 | 1959 | 電源開発 |
| 3 | 佐久間 | 155.5 | 293.5 | 1,120 | 326,848 | P | 天竜川/天竜川 | 静岡 | 1956 | 電源開発 |
| 4 | 早明浦 | 106.0 | 400.0 | 1,200 | 316,000 | FNAWI | 吉野川/吉野川 | 高知 | 1997 | 水資源開発公団 |
| 5 | 玉川 | 100.0 | 441.5 | 1,150 | 254,000 | FNAWI | 雄物川/玉川 | 秋田 | 1990 | 建設省 |
| 6 | 雨竜第1 | 45.5 | 216.0 | 188 | 224,653 | P | 石狩川/太釜別川 | 北海道 | 1943 | 北海道電力 |
| 7 | 有峰 | 140.0 | 500.0 | 1,568 | 222,000 | P | 常願寺川/和田川 | 富山 | 1959 | 北陸電力 |
| 8 | 糠平 | 76.0 | 293.0 | 460 | 193,900 | P | 十勝川/音更川 | 北海道 | 1956 | 電源開発 |
| 9 | 宮ヶ瀬 | 156.0 | 400.0 | 2,060 | 193,000 | FNWP | 相模川/中津川 | 神奈川 | 2000 | 建設省 |
| 10 | 小河内 | 149.0 | 353.0 | 1,676 | 189,100 | WP | 多摩川/多摩川 | 東京都 | 1957 | 東京都 |
| 11 | 田瀬 | 81.5 | 320.0 | 420 | 164,500 | FNP | 北上川/猿ケ石川 | 岩手 | 1954 | 建設省 |
| 12 | 風屋 | 101.0 | 329.5 | 592 | 130,000 | P | 新宮川/十津川 | 奈良 | 1960 | 電源開発 |
| 13 | 下久保 | 129.0 | 605.0 | 1,345 | 130,000 | FNWIP | 利根川/神流川 | 群馬 | 1968 | 水資源開発公団 |
| 14 | 鶴田 | 117.5 | 450.0 | 1,119 | 123,000 | FP | 川内川/川内川 | 鹿児島 | 1965 | 建設省 |
| 15 | 弥栄 | 120.0 | 540.0 | 1,550 | 112,000 | FNWIP | 小瀬川/小瀬川 | 広島 | 1990 | 建設省 |
| 16 | 湯原 | 73.5 | 194.4 | 219 | 99,600 | FP | 旭川/旭川 | 岡山 | 1954 | 建設省 |
| 17 | 大夕張 | 74.0 | 225.0 | 300 | 84,100 | FNAWIP | 吉井川/吉井川 | 岡山 | 2004 | 建設省 |
| 18 | 苫田 | 74.0 | 225.0 | 300 | 84,100 | FNAWIP | 吉井川/吉井川 | 岡山 | 2004 | 建設省 |
| 19 | 大滝 | 100.0 | 315.0 | 1034 | 84,000 | FWIP | 紀ノ川/紀ノ川 | 奈良 | 2002 | 建設省 |
| 20 | 定山渓 | 117.5 | 410.0 | 1,185 | 82,300 | FWP | 石狩川/小樽内川 | 北海道 | 1989 | 北海道開発局 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.8　複合ダム（重力式コンクリートダム・フィルダム）の堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 竜　門 | 99.5 | 620.0 | 1,074 | 42,500 | FNAI | 菊池川/迫間川 | 熊　本 | 2001 | 建設省 |
| 2 | 大　川 | 75.0 | 406.5 | 1,000 | 57,500 | FNAWIP | 阿賀野川/阿賀野川 | 福　島 | 1987 | 建設省 |
| 3 | 永源寺 | 73.5 | 392.0 | 408 | 22,741 | AP | 淀川/愛知川 | 滋　賀 | 1972 | 農林省 |
| 4 | 御　所 | 52.5 | 327.0 | 1,200 | 65,000 | FNWP | 北上川/雫石川 | 岩　手 | 1981 | 建設省 |
| 5 | 四十四田 | 50.0 | 480.0 | 382 | 47,100 | FP | 北上川/北上川 | 岩　手 | 1968 | 建設省 |
| 6 | 白岩川 | 50.0 | 318.0 | 390 | 2,200 | FNW | 白岩川/白岩川 | 富　山 | 1974 | 富山県 |
| 7 | 美　生 | 47.2 | 350.0 | 201 | 9,400 | A | 十勝川/美生川 | 北海道 | 1999 | 北海道開発局 |
| 8 | 丹生川 | 46.0 | 240.0 | 51 | 2,000 | F | 最上川/丹生川 | 山　形 | 1959 | 山形県 |
| 9 | 宮　川 | 42.0 | 288.0 | 134 | 1,562 | FA | 阿賀野川/宮川 | 福　島 | 1962 | 福島県 |
| 10 | 辺野喜 | 42.0 | 560.1 | 570 | 4,500 | FNWI | 辺野喜川/辺野喜川 | 沖　縄 | 1987 | 沖縄総合事務局 |
| 11 | 美利河 | 40.0 | 1480.0 | 870 | 18,000 | FNAP | 後志利別川/後志利別川 | 北海道 | 1991 | 北海道開発局 |
| 12 | クチスボ | 35.0 | 98.0 | 40 | 1,960 | P | 銚子川/又口川 | 三　重 | 1961 | 電源開発 |
| 13 | 衣川2号 | 34.0 | 251.0 | 80 | 2,360 | F | 北上川/南股川 | 岩　手 | 1971 | 岩手県 |
| 14 | 宇部丸山 | 32.6 | 211.4 | 69 | 4,500 | I | 厚東川/薬師川 | 山　口 | 1978 | 山口県 |
| 15 | 葛　蒲 | 31.1 | 210.0 | 42 | 545 | A | 最上川/葛蒲川 | 山　形 | 1973 | 山形県 |
| 16 | 一の井出 | 21.0 | 120.0 | ? | 136 | W | 東川/東川 | 山　口 | 1927 | 徳山市 |
| 17 | 内　海 | 21.0 | 143.0 | 30 | 140 | FW | 別当川/別当川 | 香　川 | 1958 | 香川県 |
| 18 | 石羽根 | 20.5 | 283.0 | 20 | 4,050 | P | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1954 | 和賀川水力 |
| 19 | 小羽広 | 20.0 | 167.0 | 30 | 1,791 | F | 子吉川/芋川 | 秋　田 | 1972 | 秋田県 |
| 20 | 糠　南 | 18.6 | 312.5 | 62 | 670 | P | 十勝川/美利別川 | 北海道 | 1960 | 電源開発 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 御　所 | 52.5 | 327.0 | 1,200 | 65,000 | FNWP | 北上川/雫石川 | 岩　手 | 1981 | 建設省 |
| 2 | 竜　門 | 99.5 | 620.0 | 1,074 | 42,500 | FNAI | 菊池川/迫間川 | 熊　本 | 2001 | 建設省 |
| 3 | 大　川 | 75.0 | 406.5 | 1,000 | 57,500 | FNAWIP | 阿賀野川/阿賀野川 | 福　島 | 1987 | 建設省 |
| 4 | 美利河 | 40.0 | 1480.0 | 870 | 18,000 | FNAP | 後志利別川/後志利別川 | 北海道 | 1991 | 北海道開発局 |
| 5 | 辺野喜 | 42.0 | 560.1 | 570 | 4,500 | FNWI | 辺野喜川/辺野喜川 | 沖　縄 | 1987 | 沖縄総合事務局 |
| 6 | 永源寺 | 73.5 | 392.0 | 408 | 22,741 | AP | 淀川/愛知川 | 滋　賀 | 1972 | 農林省 |
| 7 | 白岩川 | 50.0 | 318.0 | 390 | 2,200 | FNW | 白岩川/白岩川 | 富　山 | 1974 | 富山県 |
| 8 | 四十四田 | 50.0 | 480.0 | 382 | 47,100 | FP | 北上川/北上川 | 岩　手 | 1968 | 建設省 |
| 9 | 美　生 | 47.2 | 350.0 | 201 | 9,400 | A | 十勝川/美生川 | 北海道 | 1999 | 北海道開発局 |
| 10 | 宮　川 | 42.0 | 288.0 | 134 | 1,562 | FA | 阿賀野川/宮川 | 福　島 | 1962 | 福島県 |
| 11 | 衣川2号 | 34.0 | 251.0 | 80 | 2,360 | F | 北上川/南股川 | 岩　手 | 1971 | 岩手県 |
| 12 | 宇部丸山 | 32.6 | 211.4 | 69 | 4,500 | I | 厚東川/薬師川 | 山　口 | 1978 | 山口県 |
| 13 | 糠　南 | 18.6 | 312.5 | 62 | 670 | P | 十勝川/美利別川 | 北海道 | 1960 | 電源開発 |
| 14 | 丹生川 | 46.0 | 240.0 | 51 | 2,000 | F | 最上川/丹生川 | 山　形 | 1959 | 山形県 |
| 15 | 葛　蒲 | 31.1 | 210.0 | 42 | 545 | A | 最上川/葛蒲川 | 山　形 | 1973 | 山形県 |
| 16 | クチスボ | 35.0 | 98.0 | 40 | 1,960 | P | 銚子川/又口川 | 三　重 | 1961 | 電源開発 |
| 17 | 石羽根 | 20.5 | 283.0 | 20 | 4,050 | P | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1954 | 和賀川水力 |
| 18 | 小羽広 | 20.0 | 167.0 | 30 | 1,791 | F | 子吉川/芋川 | 秋　田 | 1972 | 秋田県 |
| 19 | 内　海 | 21.0 | 143.0 | 30 | 140 | FW | 別当川/別当川 | 香　川 | 1958 | 香川県 |
| 20 | 白　水 | 18.0 | 81.1 | 22 | ? | P | 広川/大白川 | 岐　阜 | 1963 | 電源開発 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 御　所 | 52.5 | 327.0 | 1,200 | 65,000 | FNWP | 北上川/雫石川 | 岩　手 | 1981 | 建設省 |
| 2 | 大　川 | 75.0 | 406.5 | 1,000 | 57,500 | FNAWIP | 阿賀野川/阿賀野川 | 福　島 | 1987 | 建設省 |
| 3 | 四十四田 | 50.0 | 480.0 | 382 | 47,100 | FP | 北上川/北上川 | 岩　手 | 1968 | 建設省 |
| 4 | 竜　門 | 99.5 | 620.0 | 1,074 | 42,500 | FNAI | 菊池川/迫間川 | 熊　本 | 2001 | 建設省 |
| 5 | 永源寺 | 73.5 | 392.0 | 408 | 22,741 | AP | 淀川/愛知川 | 滋　賀 | 1972 | 農林省 |
| 6 | 美利河 | 40.0 | 1480.0 | 870 | 18,000 | FNAP | 後志利別川/後志利別川 | 北海道 | 1991 | 北海道開発局 |
| 7 | 美　生 | 47.2 | 350.0 | 201 | 9,400 | A | 十勝川/美生川 | 北海道 | 1999 | 北海道開発局 |
| 8 | 辺野喜 | 42.0 | 560.1 | 570 | 4,500 | FNWI | 辺野喜川/辺野喜川 | 沖　縄 | 1987 | 沖縄総合事務局 |
| 9 | 宇部丸山 | 32.6 | 211.4 | 69 | 4,500 | I | 厚東川/薬師川 | 山　口 | 1978 | 山口県 |
| 10 | 石羽根 | 20.5 | 283.0 | 20 | 4,050 | P | 北上川/和賀川 | 岩　手 | 1954 | 和賀川水力 |
| 11 | 衣川2号 | 34.0 | 251.0 | 80 | 2,360 | F | 北上川/南股川 | 岩　手 | 1971 | 岩手県 |
| 12 | 白岩川 | 50.0 | 318.0 | 390 | 2,200 | FNW | 白岩川/白岩川 | 富　山 | 1974 | 富山県 |
| 13 | 丹生川 | 46.0 | 240.0 | 51 | 2,000 | F | 最上川/丹生川 | 山　形 | 1959 | 山形県 |
| 14 | クチスボ | 35.0 | 98.0 | 40 | 1,960 | P | 銚子川/又口川 | 三　重 | 1961 | 電源開発 |
| 15 | 小羽広 | 20.0 | 167.0 | 30 | 1,791 | F | 子吉川/芋川 | 秋　田 | 1972 | 秋田県 |
| 16 | 宮　川 | 42.0 | 288.0 | 134 | 1,562 | FA | 阿賀野川/宮川 | 福　島 | 1962 | 福島県 |
| 17 | 糠　南 | 18.6 | 312.5 | 62 | 670 | P | 十勝川/美利別川 | 北海道 | 1960 | 電源開発 |
| 18 | 葛　蒲 | 31.1 | 210.0 | 42 | 545 | A | 最上川/葛蒲川 | 山　形 | 1973 | 山形県 |
| 19 | 内　海 | 21.0 | 143.0 | 30 | 140 | FW | 別当川/別当川 | 香　川 | 1958 | 香川県 |
| 20 | 一の井出 | 21.0 | 120.0 | ? | 136 | W | 東川/東川 | 山　口 | 1927 | 徳山市 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

表-1.9　中空重力式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 畑薙第1 | 125.0 | 275.0 | 597 | 107,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1962 | 中部電力 |
| 2 | 井川 | 103.6 | 243.0 | 430 | 150,000 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1957 | 中部電力 |
| 3 | 内の倉 | 82.5 | 166.0 | 216 | 24,800 | FAWP | 加治川/内の倉川 | 新潟 | 1972 | 農林省 |
| 4 | 横山 | 80.8 | 220.0 | 320 | 43,000 | FAP | 木曽川/揖斐川 | 岐阜 | 1964 | 建設省 |
| 5 | 大森川 | 73.2 | 191.0 | 146 | 19,120 | P | 吉野川/大森川 | 高知 | 1959 | 四国電力 |
| 6 | 畑薙第2 | 69.0 | 171.0 | 155 | 11,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1961 | 中部電力 |
| 7 | 高根第2 | 69.0 | 232.0 | 162 | 11,927 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐阜 | 1968 | 中部電力 |
| 8 | 穴内川 | 66.6 | 251.9 | 219 | 46,260 | P | 吉野川/穴内川 | 高知 | 1963 | 四国電力 |
| 9 | 蔵王 | 66.0 | 273.8 | 276 | 7,300 | FNW | 最上川/馬見ヶ崎川 | 山形 | 1970 | 山形県 |
| 10 | 河本 | 60.0 | 258.6 | 216 | 17,350 | FIP | 高梁川/西川 | 岡山 | 1964 | 岡山県 |
| 11 | 諸塚 | 59.0 | 149.5 | 94 | 3,484 | P | 耳川/柳原川 | 宮崎 | 1961 | 九州電力 |
| 12 | 金山 | 57.3 | 288.5 | 220 | 150,450 | FAWP | 石狩川/空知川 | 北海道 | 1967 | 北海道開発局 |
| 13 | 木地山 | 46.0 | 168.2 | 62 | 8,200 | FNP | 最上川/置賜野川 | 山形 | 1960 | 山形県 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 畑薙第1 | 125.0 | 275.0 | 597 | 107,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1962 | 中部電力 |
| 2 | 井川 | 103.6 | 243.0 | 430 | 150,000 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1957 | 中部電力 |
| 3 | 横山 | 80.8 | 220.0 | 320 | 43,000 | FAP | 木曽川/揖斐川 | 岐阜 | 1964 | 建設省 |
| 4 | 蔵王 | 66.0 | 273.8 | 276 | 7,300 | FNW | 最上川/馬見ヶ崎川 | 山形 | 1970 | 山形県 |
| 5 | 金山 | 57.3 | 288.5 | 220 | 150,450 | FAWP | 石狩川/空知川 | 北海道 | 1967 | 北海道開発局 |
| 6 | 穴内川 | 66.6 | 251.9 | 219 | 46,260 | P | 吉野川/穴内川 | 高知 | 1963 | 四国電力 |
| 7 | 内の倉 | 82.5 | 166.0 | 216 | 24,800 | FAWP | 加治川/内の倉川 | 新潟 | 1972 | 農林省 |
| 8 | 河本 | 60.0 | 258.6 | 216 | 17,350 | FIP | 高梁川/西川 | 岡山 | 1964 | 岡山県 |
| 9 | 高根第2 | 69.0 | 232.0 | 162 | 11,927 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐阜 | 1968 | 中部電力 |
| 10 | 畑薙第2 | 69.0 | 171.0 | 155 | 11,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1961 | 中部電力 |
| 11 | 大森川 | 73.2 | 191.0 | 146 | 19,120 | P | 吉野川/大森川 | 高知 | 1959 | 四国電力 |
| 12 | 諸塚 | 59.0 | 149.5 | 94 | 3,484 | P | 耳川/柳原川 | 宮崎 | 1961 | 九州電力 |
| 13 | 木地山 | 46.0 | 168.2 | 62 | 8,200 | FNP | 最上川/置賜野川 | 山形 | 1960 | 山形県 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 金山 | 57.3 | 288.5 | 220 | 150,450 | FAWP | 石狩川/空知川 | 北海道 | 1967 | 北海道開発局 |
| 2 | 井川 | 103.6 | 243.0 | 430 | 150,000 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1957 | 中部電力 |
| 3 | 畑薙第1 | 125.0 | 275.0 | 597 | 107,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1962 | 中部電力 |
| 4 | 穴内川 | 66.6 | 251.9 | 219 | 46,260 | P | 吉野川/穴内川 | 高知 | 1963 | 四国電力 |
| 5 | 横山 | 80.8 | 220.0 | 320 | 43,000 | FAP | 木曽川/揖斐川 | 岐阜 | 1964 | 建設省 |
| 6 | 内の倉 | 82.5 | 166.0 | 216 | 24,800 | FAWP | 加治川/内の倉川 | 新潟 | 1972 | 農林省 |
| 7 | 大森川 | 73.2 | 191.0 | 146 | 19,120 | P | 吉野川/大森川 | 高知 | 1959 | 四国電力 |
| 8 | 河本 | 60.0 | 258.6 | 216 | 17,350 | FIP | 高梁川/西川 | 岡山 | 1964 | 岡山県 |
| 9 | 高根第2 | 69.0 | 232.0 | 162 | 11,927 | P | 木曽川/飛騨川 | 岐阜 | 1968 | 中部電力 |
| 10 | 畑薙第2 | 69.0 | 171.0 | 155 | 11,400 | P | 大井川/大井川 | 静岡 | 1961 | 中部電力 |
| 11 | 木地山 | 46.0 | 168.2 | 62 | 8,200 | FNP | 最上川/置賜野川 | 山形 | 1960 | 山形県 |
| 12 | 蔵王 | 66.0 | 273.8 | 276 | 7,300 | FNW | 最上川/馬見ヶ崎川 | 山形 | 1970 | 山形県 |
| 13 | 諸塚 | 59.0 | 149.5 | 94 | 3,484 | P | 耳川/柳原川 | 宮崎 | 1961 | 九州電力 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

表-1.10(1)　バットレス式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 丸沼 | 32.1 | 88.2 | 14 | 13,600 | P | 利根川/丸沼川 | 群馬 | 1931 | 東京電力 |
| 2 | 笹流 | 25.3 | 199.4 | 16 | 607 | W | 亀田川/笹流川 | 北海道 | 1923 | 函館市 |
| 3 | 恩原 | 24.0 | 93.6 | 26 | 2,946 | P | 吉井川/恩原川 | 岡山 | 1928 | 中国電力 |
| 4 | 三滝 | 23.8 | 82.5 | 9 | 276 | P | 千代川/北股川 | 鳥取 | 1937 | 中国電力 |
| 5 | 真立 | 21.8 | 61.2 | 4 | 26 | P | 常願寺川/小口川 | 富山 | 1929 | 北陸電力 |
| 6 | 真川 | 19.1 | 105.0 | 8 | 48 | P | 常願寺川/牛首谷川 | 富山 | 1929 | 北陸電力 |

次頁に続く

## 表-1.10(2)　バットレス式コンクリートダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 恩　原 | 24.0 | 93.6 | 26 | 2,946 | P | 吉井川/恩原川 | 岡　山 | 1928 | 中国電力 |
| 2 | 笹　流 | 25.3 | 199.4 | 16 | 607 | W | 亀田川/笹流川 | 北海道 | 1923 | 函館市 |
| 3 | 丸　沼 | 32.1 | 88.2 | 14 | 13,600 | P | 利根川/丸沼川 | 群　馬 | 1931 | 東京電力 |
| 4 | 三　滝 | 23.8 | 82.5 | 9 | 276 | P | 千代川/北股川 | 鳥　取 | 1937 | 中国電力 |
| 5 | 真　川 | 19.1 | 105.0 | 8 | 48 | P | 常願寺川/牛首谷川 | 富　山 | 1929 | 北陸電力 |
| 6 | 真　立 | 21.8 | 61.2 | 4 | 26 | P | 常願寺川/小口川 | 富　山 | 1929 | 北陸電力 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 丸　沼 | 32.1 | 88.2 | 14 | 13,600 | P | 利根川/丸沼川 | 群　馬 | 1931 | 東京電力 |
| 2 | 恩　原 | 24.0 | 93.6 | 26 | 2,946 | P | 吉井川/恩原川 | 岡　山 | 1928 | 中国電力 |
| 3 | 笹　流 | 25.3 | 199.4 | 16 | 607 | W | 亀田川/笹流川 | 北海道 | 1923 | 函館市 |
| 4 | 三　滝 | 23.8 | 82.5 | 9 | 276 | P | 千代川/北股川 | 鳥　取 | 1937 | 中国電力 |
| 5 | 真　川 | 19.1 | 105.0 | 8 | 48 | P | 常願寺川/牛首谷川 | 富　山 | 1929 | 北陸電力 |
| 6 | 真　立 | 21.8 | 61.2 | 4 | 26 | P | 常願寺川/小口川 | 富　山 | 1929 | 北陸電力 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.11　アスファルト表面遮水型ダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 八　汐 | 90.5 | 263.0 | 2,109 | 11,900 | P | 阿賀野川/鍋有沢 | 栃　木 | 1995 | 東京電力 |
| 2 | 深　山 | 75.5 | 333.8 | 1,967 | 25,800 | AWP | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 農林省 |
| 3 | 多々良木 | 64.5 | 278.0 | 1,462 | 19,440 | O | 円山川/多多良木川 | 兵　庫 | 1974 | 関西電力 |
| 4 | 双　葉 | 61.4 | 247.9 | 1,260 | 10,450 | A | 尻別川/ペーペナイ川 | 北海道 | 1987 | 北海道開発局 |
| 5 | 大津岐 | 52.0 | 163.0 | 320 | 1,825 | P | 阿賀野川/大津岐川 | 福　島 | 1968 | 電源開発 |
| 6 | 沼　原 | 38.0 | 1,597.0 | 1,260 | 4,336 | P | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 電源開発 |
| 7 | 二の倉 | 37.0 | 106.0 | 660 | 2,810 | F | 五戸川/五戸川 | 青　森 | 1970 | 青森県 |
| 8 | 高野山 | 33.0 | 380.0 | 325 | 560 | P | 信濃川/中津川 | 新　潟 | 1971 | 東京電力 |
| 9 | 万場調整池 | 28.6 | 370.0 | 320 | 5,390 | AWI | 豊川/神田川 | 愛　知 | 1992 | 農林省 |
| 10 | 時　雨 | 24.2 | 94.0 | 186 | 100 | W | 八ツ瀬川/八ツ瀬川 | 東京都 | 1976 | 東京都 |
| 11 | 東富士 | 22.0 | 1,597.5 | 58 | 1,269 | A | 酒匂川/抜川 | 静　岡 | 1972 | 静岡県 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 八　汐 | 90.5 | 263.0 | 2,109 | 11,900 | P | 阿賀野川/鍋有沢 | 栃　木 | 1995 | 東京電力 |
| 2 | 深　山 | 75.5 | 333.8 | 1,967 | 25,800 | AWP | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 農林省 |
| 3 | 多々良木 | 64.5 | 278.0 | 1,462 | 19,440 | O | 円山川/多多良木川 | 兵　庫 | 1974 | 関西電力 |
| 4 | 双　葉 | 61.4 | 247.9 | 1,260 | 10,450 | A | 尻別川/ペーペナイ川 | 北海道 | 1987 | 北海道開発局 |
| 5 | 大津岐 | 52.0 | 163.0 | 320 | 1,825 | P | 阿賀野川/大津岐川 | 福　島 | 1968 | 電源開発 |
| 6 | 沼　原 | 38.0 | 1,597.0 | 1,260 | 4,336 | P | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 電源開発 |
| 7 | 二の倉 | 37.0 | 106.0 | 660 | 2,810 | F | 五戸川/五戸川 | 青　森 | 1970 | 青森県 |
| 8 | 高野山 | 33.0 | 380.0 | 325 | 560 | P | 信濃川/中津川 | 新　潟 | 1971 | 東京電力 |
| 9 | 万場調整池 | 28.6 | 370.0 | 320 | 5,390 | AWI | 豊川/神田川 | 愛　知 | 1992 | 農林省 |
| 10 | 時　雨 | 24.2 | 94.0 | 186 | 100 | W | 八ツ瀬川/八ツ瀬川 | 東京都 | 1976 | 東京都 |
| 11 | 東富士 | 22.0 | 1,597.5 | 58 | 1,269 | A | 酒匂川/抜川 | 静　岡 | 1972 | 静岡県 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 深　山 | 75.5 | 333.8 | 1,967 | 25,800 | AWP | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 農林省 |
| 2 | 多々良木 | 64.5 | 278.0 | 1,462 | 19,440 | O | 円山川/多多良木川 | 兵　庫 | 1974 | 関西電力 |
| 3 | 八　汐 | 90.5 | 263.0 | 2,109 | 11,900 | P | 阿賀野川/鍋有沢 | 栃　木 | 1995 | 東京電力 |
| 4 | 双　葉 | 61.4 | 247.9 | 1,260 | 10,450 | A | 尻別川/ペーペナイ川 | 北海道 | 1987 | 北海道開発局 |
| 5 | 万場調整池 | 28.6 | 370.0 | 320 | 5,390 | AWI | 豊川/神田川 | 愛　知 | 1992 | 農林省 |
| 6 | 沼　原 | 38.0 | 1,597.0 | 1,260 | 4,336 | P | 那珂川/那珂川 | 栃　木 | 1973 | 電源開発 |
| 7 | 二の倉 | 37.0 | 106.0 | 660 | 2,810 | F | 五戸川/五戸川 | 青　森 | 1970 | 青森県 |
| 8 | 大津岐 | 52.0 | 163.0 | 320 | 1,825 | P | 阿賀野川/大津岐川 | 福　島 | 1968 | 電源開発 |
| 9 | 東富士 | 22.0 | 1,597.5 | 58 | 1,269 | A | 酒匂川/抜川 | 静　岡 | 1972 | 静岡県 |
| 10 | 高野山 | 33.0 | 380.0 | 325 | 560 | P | 信濃川/中津川 | 新　潟 | 1971 | 東京電力 |
| 11 | 時　雨 | 24.2 | 94.0 | 186 | 100 | W | 八ツ瀬川/八ツ瀬川 | 東京都 | 1976 | 東京都 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.12　ロックフィルダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 高瀬 | 176.0 | 362.0 | 11,590 | 76,200 | P | 信濃川/高瀬川 | 長野 | 1979 | 東京電力 |
| 2 | 奈良俣 | 158.0 | 520.0 | 13,100 | 90,000 | FNAWIP | 利根川/楢俣川 | 群馬 | 1990 | 水資源開発公団 |
| 3 | 手取川 | 153.0 | 420.0 | 10,050 | 231,000 | FWIP | 手取川/手取川 | 石川 | 1979 | 建設省 |
| 4 | 味噌川 | 140.0 | 447.0 | 8,900 | 61,000 | FNWIP | 木曽川/木曽川 | 長野 | 1996 | 水資源開発公団 |
| 5 | 御母衣 | 131.0 | 405.0 | 7,950 | 370,000 | P | 庄川/庄川 | 岐阜 | 1961 | 電源開発 |
| 6 | 九頭竜 | 128.0 | 355.0 | 6,300 | 353,000 | FP | 九頭竜川/九頭竜川 | 福井 | 1968 | 建設省 |
| 7 | 岩屋 | 127.5 | 366.0 | 5,780 | 173,500 | FAWIP | 木曽川/馬瀬川 | 岐阜 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 8 | 七倉 | 125.0 | 340.0 | 7,380 | 32,500 | P | 信濃川/高瀬川 | 長野 | 1978 | 東京電力 |
| 9 | 高見 | 120.0 | 435.0 | 5,120 | 229,000 | FP | 静内川/静内川 | 北海道 | 1983 | 北海道電力 |
| 10 | 三国川 | 119.5 | 419.5 | 6,900 | 27,500 | FNWP | 信濃川/三国川 | 新潟 | 1993 | 建設省 |
| 11 | 下小鳥 | 119.0 | 289.2 | 3,530 | 123,037 | P | 神通川/小鳥川 | 岐阜 | 1973 | 関西電力 |
| 12 | 玉原 | 116.0 | 570.1 | 5,435 | 14,800 | P | 利根川/発知川 | 群馬 | 1981 | 東京電力 |
| 13 | 魚梁瀬 | 115.0 | 202.0 | 2,800 | 104,625 | P | 奈半利川/奈半利川 | 高知 | 1970 | 電源開発 |
| 14 | 寒河江 | 112.0 | 510.0 | 10,350 | 109,000 | FNAWP | 最上川/寒河江川 | 山形 | 1990 | 建設省 |
| 15 | 瀬戸 | 110.5 | 342.8 | 3,740 | 16,850 | P | 新宮川/瀬戸谷川 | 奈良 | 1978 | 関西電力 |
| 16 | 水窪 | 105.0 | 258.0 | 2,411 | 30,000 | P | 天竜川/戸中川 | 静岡 | 1969 | 電源開発 |
| 17 | 牧尾 | 105.0 | 264.0 | 2,615 | 75,000 | AWIP | 木曽川/王滝川 | 長野 | 1961 | 愛知用水 |
| 18 | 新冠 | 102.8 | 326.0 | 3,071 | 145,000 | P | 新冠川/新冠川 | 北海道 | 1974 | 北海道電力 |
| 19 | 大内 | 102.0 | 340.0 | 4,459 | 18,500 | P | 阿賀野川/小野川 | 福島 | 1991 | 電源開発 |
| 20 | 阿木川 | 101.5 | 362.0 | 4,900 | 48,000 | FNWI | 木曽川/阿木川 | 岐阜 | 1990 | 水資源開発公団 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 奈良俣 | 158.0 | 520.0 | 13,100 | 90,000 | FNAWIP | 利根川/楢俣川 | 群馬 | 1990 | 水資源開発公団 |
| 2 | 高瀬 | 176.0 | 362.0 | 11,590 | 76,200 | P | 信濃川/高瀬川 | 長野 | 1979 | 東京電力 |
| 3 | 寒河江 | 112.0 | 510.0 | 10,350 | 109,000 | FNAWP | 最上川/寒河江川 | 山形 | 1990 | 建設省 |
| 4 | 手取川 | 153.0 | 420.0 | 10,050 | 231,000 | FWIP | 手取川/手取川 | 石川 | 1979 | 建設省 |
| 5 | 味噌川 | 140.0 | 447.0 | 8,900 | 61,000 | FNWIP | 木曽川/木曽川 | 長野 | 1996 | 水資源開発公団 |
| 6 | 摺上川 | 105.0 | 664.6 | 8,300 | 153,000 | FNAWI | 阿武隈川/摺上川 | 福島 | 2005 | 建設省 |
| 7 | 御母衣 | 131.0 | 405.0 | 7,950 | 370,000 | P | 庄川/庄川 | 岐阜 | 1961 | 電源開発 |
| 8 | 七倉 | 125.0 | 340.0 | 7,380 | 32,500 | P | 信濃川/高瀬川 | 長野 | 1978 | 東京電力 |
| 9 | 南相木 | 136.0 | 444.0 | 7,300 | 19,170 | P | 信濃川/南相木川 | 長野 | 2005 | 東京電力 |
| 10 | 三国川 | 119.5 | 419.5 | 6,900 | 27,500 | FNWP | 信濃川/三国川 | 新潟 | 1993 | 建設省 |
| 11 | 九頭竜 | 128.0 | 355.0 | 6,300 | 353,000 | FP | 九頭竜川/九頭竜川 | 福井 | 1968 | 建設省 |
| 12 | 三保 | 95.0 | 587.7 | 5,816 | 64,900 | FWP | 酒匂川/酒匂川 | 神奈川 | 1978 | 神奈川県 |
| 13 | 岩屋 | 127.5 | 366.0 | 5,780 | 173,500 | FAWIP | 木曽川/馬瀬川 | 岐阜 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 14 | 玉原 | 116.0 | 570.1 | 5,435 | 14,800 | P | 利根川/発知川 | 群馬 | 1981 | 東京電力 |
| 15 | 七ヶ宿 | 90.0 | 565.0 | 5,201 | 109,000 | FNAWI | 阿武隈川/白石川 | 宮城 | 1991 | 建設省 |
| 16 | 高見 | 120.0 | 435.0 | 5,120 | 229,000 | FP | 静内川/静内川 | 北海道 | 1983 | 北海道電力 |
| 17 | 阿木川 | 101.5 | 362.0 | 4,900 | 48,000 | FNWI | 木曽川/阿木川 | 岐阜 | 1990 | 水資源開発公団 |
| 18 | 日中 | 101.0 | 423.0 | 4,886 | 24,600 | FAWP | 阿賀野川/押切川 | 福島 | 1991 | 農水省 |
| 19 | 大内 | 102.0 | 340.0 | 4,459 | 18,500 | P | 阿賀野川/小野川 | 福島 | 1991 | 電源開発 |
| 20 | カッサ | 90.0 | 487.0 | 4,450 | 13,500 | P | 信濃川/カッサ川 | 新潟 | 1978 | 電源開発 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 m | 堤頂長 m | 堤体積 $\times10^3m^3$ | 貯水池容量 $\times10^3m^3$ | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 御母衣 | 131.0 | 405.0 | 7,950 | 370,000 | P | 庄川/庄川 | 岐阜 | 1961 | 電源開発 |
| 2 | 九頭竜 | 128.0 | 355.0 | 6,300 | 353,000 | FP | 九頭竜川/九頭竜川 | 福井 | 1968 | 建設省 |
| 3 | 手取川 | 153.0 | 420.0 | 10,050 | 231,000 | FWIP | 手取川/手取川 | 石川 | 1979 | 建設省 |
| 4 | 高見 | 120.0 | 435.0 | 5,120 | 229,000 | FP | 静内川/静内川 | 北海道 | 1983 | 北海道電力 |
| 5 | 岩屋 | 127.5 | 366.0 | 5,780 | 173,500 | FAWIP | 木曽川/馬瀬川 | 岐阜 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 6 | 摺上川 | 105.0 | 664.6 | 8,300 | 153,000 | FNAWI | 阿武隈川/摺上川 | 福島 | 2005 | 建設省 |
| 7 | 新冠 | 102.8 | 326.0 | 3,071 | 145,000 | P | 新冠川/新冠川 | 北海道 | 1974 | 北海道電力 |
| 8 | 下小鳥 | 119.0 | 289.2 | 3,530 | 123,037 | P | 神通川/小鳥川 | 岐阜 | 1973 | 関西電力 |
| 9 | 十勝 | 84.3 | 443.0 | 3,715 | 112,000 | FP | 十勝川/十勝川 | 北海道 | 1984 | 北海道開発局 |
| 10 | 七ヶ宿 | 90.0 | 565.0 | 5,201 | 109,000 | FNAWI | 阿武隈川/白石川 | 宮城 | 1991 | 建設省 |
| 11 | 寒河江 | 112.0 | 510.0 | 10,350 | 109,000 | FNAWP | 最上川/寒河江川 | 山形 | 1990 | 建設省 |
| 12 | 魚梁瀬 | 115.0 | 202.0 | 2,800 | 104,625 | P | 奈半利川/奈半利川 | 高知 | 1970 | 電源開発 |
| 13 | 奈良俣 | 158.0 | 520.0 | 13,100 | 90,000 | FNAWIP | 利根川/楢俣川 | 群馬 | 1990 | 水資源開発公団 |
| 14 | 高瀬 | 176.0 | 362.0 | 11,590 | 76,200 | P | 信濃川/高瀬川 | 長野 | 1979 | 東京電力 |
| 15 | 牧尾 | 105.0 | 264.0 | 2,615 | 75,000 | AWIP | 木曽川/王滝川 | 長野 | 1961 | 愛知用水公団 |
| 16 | 大雪 | 86.5 | 440.0 | 3,875 | 66,000 | FNAWP | 石狩川/石狩川 | 北海道 | 1975 | 北海道開発局 |
| 17 | 三保 | 95.0 | 587.7 | 5,816 | 64,900 | FWP | 酒匂川/酒匂川 | 神奈川 | 1978 | 神奈川県 |
| 18 | 味噌川 | 140.0 | 447.0 | 8,900 | 61,000 | FNWIP | 木曽川/木曽川 | 長野 | 1996 | 水資源開発公団 |
| 19 | 白川 | 66.0 | 419.6 | 2,233 | 50,000 | FNAI | 最上川/置賜白川 | 山形 | 1981 | 建設省 |
| 20 | 阿木川 | 101.5 | 362.0 | 4,900 | 48,000 | FNWI | 木曽川/阿木川 | 岐阜 | 1990 | 水資源開発公団 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表-1.13　アースダムの堤高・堤体積・貯水池容量の順位

| 堤高順位 | ダム名 | 堤高 | 堤頂長 | 堤体積 | 貯水池容量 | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m | m | $\times10^3m^3$ | $\times10^3m^3$ | | | | | |
| 1 | 清願寺 | 60.5 | 199.0 | 586 | 3,302 | FA | 球磨川/免田川 | 熊　本 | 1978 | 熊本県 |
| 2 | 大久保山 | 55.8 | 170.0 | 491 | 750 | AW | 僧都川/大久保川 | 愛　媛 | 1978 | 愛媛県 |
| 3 | 深　田 | 54.6 | 339.6 | 1,179 | 8,690 | AW | 阿武隈川/多田野川 | 福　島 | 1982 | 農林省 |
| 4 | 長　柄 | 52.0 | 250.0 | 1,455 | 10,000 | WI | 利根川/房総導水路 | 千　葉 | 1989 | 水資源開発公団 |
| 5 | 立　岩 | 48.2 | 175.0 | 367 | 802 | A | 立岩川/大道谷川 | 愛　媛 | 1980 | 愛媛県 |
| 6 | 銚　子 | 47.2 | 142.0 | 311 | 780 | A | 重信川/銚子川 | 愛　媛 | 1977 | 愛媛県 |
| 7 | 朝　倉 | 47.0 | 253.0 | 531 | 1,400 | A | 頓田川/黒谷川 | 愛　媛 | 1981 | 愛媛県 |
| 8 | 中　里 | 46.0 | 985.0 | 2,970 | 16,400 | AWI | 木曽川/三重用水 | 三　重 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 9 | 佐和田 | 45.6 | 129.1 | 931 | 1,656 | A | 石田川/片貝川 | 新　潟 | 1988 | 新潟県 |
| 10 | 大　浦 | 45.0 | 160.0 | 355 | 730 | A | 田古里川/田古里川 | 佐　賀 | 1987 | 佐賀県 |
| 11 | 川　西 | 43.0 | 170.0 | 348 | 1,215 | A | 信濃川/南沢川 | 新　潟 | 1980 | 新潟県 |
| 12 | 重井田 | 43.0 | 170.6 | 279 | 676 | F | 郡川/佐奈河内川 | 長　崎 | 1983 | 長崎県 |
| 13 | 不破北部 | 42.5 | 142.0 | 309 | 1,128 | F | 木曽川/岩手川 | 岐　阜 | 1985 | 岐阜県 |
| 14 | 藤津川 | 41.3 | 142.0 | 389 | 744 | A | 国府川/藤津川 | 新　潟 | 1984 | 新潟県 |
| 15 | 内　日 | 41.2 | 229.0 | 500 | 1,260 | A | 木屋川/山瀬川 | 山　口 | 1990 | 山口県 |
| 16 | 歌　仙 | 41.0 | 120.0 | 122 | 366 | A | 菊間川/霧合川 | 愛　媛 | 1973 | 愛媛県 |
| 17 | 深　谷 | 41.0 | 497.0 | 578 | 1,095 | WI | 武庫川/逆瀬川 | 兵　庫 | 1971 | 宝塚市 |
| 18 | あいのの | 40.8 | 133.9 | 292 | 3,568 | A | 雄物川/山野沢 | 秋　田 | 1961 | 農林省 |
| 19 | 大　杉 | 40.0 | 195.8 | 246 | 877 | A | 由良川/大杉川 | 兵　庫 | 1974 | 兵庫県 |
| 20 | 日　指 | 40.0 | 263.0 | 431 | 4,800 | A | 駅舘川/山蔵川 | 大　分 | 1970 | 農林省 |

| 堤体積順位 | ダム名 | 堤高 | 堤頂長 | 堤体積 | 貯水池容量 | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m | m | $\times10^3m^3$ | $\times10^3m^3$ | | | | | |
| 1 | 中　里 | 46.0 | 985.0 | 2,970 | 16,400 | AWI | 木曽川/三重用水 | 三　重 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 2 | 山　口 | 35.0 | 691.0 | 2,420 | 20,649 | W | 多摩川/多摩川 | 埼　玉 | 2002 | 東京都 |
| 3 | 長　柄 | 52.0 | 250.0 | 1,455 | 10,000 | WI | 利根川/房総導水路 | 千　葉 | 1989 | 水資源開発公団 |
| 4 | 深　田 | 54.6 | 339.6 | 1,179 | 8,690 | AW | 阿武隈川/多田野川 | 福　島 | 1982 | 農林省 |
| 5 | 東　郷 | 31.0 | 975.0 | 1,040 | 9,000 | AWI | 木曽川/愛知用水 | 愛　知 | 1961 | 愛知用水公団 |
| 6 | 菰　野 | 28.4 | 674.0 | 990 | 1,650 | AWI | 三滝川/赤川 | 三　重 | 1989 | 水資源開発公団 |
| 7 | 郡 | 38.2 | 720.6 | 950 | 3,930 | I | 小糸川/郡川 | 千　葉 | 1972 | 千葉県 |
| 8 | 佐和田 | 45.6 | 129.1 | 931 | 1,656 | A | 石田川/片貝川 | 新　潟 | 1988 | 新潟県 |
| 9 | 伊　坂 | 34.5 | 775.0 | 877 | 3,780 | I | 河道外水系 | 三　重 | 1966 | 三重県 |
| 10 | 幕　別 | 26.9 | 335.0 | 868 | 2,300 | A | 十勝川/士別川 | 北海道 | 2004 | 北海道開発局 |
| 11 | 白　川 | 30.0 | 516.0 | 793 | 1,360 | FA | 大和川/高瀬川 | 奈　良 | 1996 | 奈良県 |
| 12 | 東　原 | 21.0 | 303.0 | 742 | 998 | A | 一ツ瀬川/長谷川 | 宮　崎 | 1980 | 農林省 |
| 13 | 矢那川 | 29.3 | 284.0 | 680 | 1,720 | FN | 矢那川/田高川 | 千　葉 | 1998 | 千葉県 |
| 14 | 頓田第1 | 21.6 | 817.0 | 657 | 5,011 | WI | 遠賀川/江川 | 福　岡 | 1968 | 北九州市 |
| 15 | 平荘第1 | 26.0 | 570.0 | 654 | 9,400 | I | 加古川/加古川 | 兵　庫 | 1966 | 兵庫県 |
| 16 | 打上 | 29.7 | 140.0 | 620 | 2,260 | AWI | 木曽川/東谷川 | 岐　阜 | 1989 | 水資源開発公団 |
| 17 | 狭山池 | 18.5 | 997.0 | 605 | 2,800 | A | 大和川/西除川 | 大阪府 | 2001 | 大阪府 |
| 18 | 清願寺 | 60.5 | 199.0 | 586 | 3,302 | FA | 球磨川/免田川 | 熊　本 | 1978 | 熊本県 |
| 19 | 深　谷 | 41.0 | 497.0 | 578 | 1,095 | WI | 武庫川/逆瀬川 | 兵　庫 | 1971 | 宝塚市 |
| 20 | 朝　倉 | 47.0 | 253.0 | 531 | 1,400 | A | 頓田川/黒谷川 | 愛　媛 | 1981 | 愛媛県 |

| 貯水池容量順位 | ダム名 | 堤高 | 堤頂長 | 堤体積 | 貯水池容量 | 目的 | 水系名/河川名 | 所在地 | 竣工 | 事業者名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m | m | $\times10^3m^3$ | $\times10^3m^3$ | | | | | |
| 1 | 羽　鳥 | 37.1 | 169.5 | 318 | 27,321 | A | 阿賀野川/鶴沼川 | 福　島 | 1956 | 農林省 |
| 2 | 山　口 | 35.0 | 691.0 | 2,420 | 20,649 | W | 多摩川/多摩川 | 埼　玉 | 2002 | 東京都 |
| 3 | 中　里 | 46.0 | 985.0 | 2,970 | 16,400 | AWI | 木曽川/三重用水 | 三　重 | 1976 | 水資源開発公団 |
| 4 | 青　山 | 35.5 | 239.5 | 235 | 15,127 | A | 石狩川/当別川 | 北海道 | 1962 | 北海道開発局 |
| 5 | 長　柄 | 52.0 | 250.0 | 1,455 | 10,000 | WI | 利根川/房総導水路 | 千　葉 | 1989 | 水資源開発公団 |
| 6 | 幌　別 | 22.5 | 366.0 | 400 | 9,970 | I | 胆振幌別川/幌別川 | 北海道 | 1967 | 北海道 |
| 7 | 山王海 | 37.4 | 150.0 | 1,049 | 9,590 | A | 北上川/滝名川 | 岩　手 | 1953 | 農林省 |
| 8 | 平荘第1 | 26.0 | 570.0 | 654 | 9,400 | I | 加古川/加古川 | 兵　庫 | 1966 | 兵庫県 |
| 9 | 東　郷 | 31.0 | 975.0 | 1,040 | 9,000 | AWI | 木曽川/愛知用水 | 愛　知 | 1961 | 愛知用水 |
| 10 | 深　田 | 54.6 | 339.6 | 1,179 | 8,690 | AW | 阿武隈川/多田野川 | 福　島 | 1982 | 農林省 |
| 11 | 雨煙内 | 26.8 | 320.0 | 399 | 6,750 | A | 石狩川/雨煙内川 | 北海道 | 1978 | 北海道開発局 |
| 12 | 幌　新 | 27.0 | 283.1 | 284 | 5,705 | A | 石狩川/支川の沢川 | 北海道 | 1975 | 北海道開発局 |
| 13 | 鹿　沢 | 18.2 | 981.8 | 352 | 5,628 | P | 利根川/吾妻川 | 群　馬 | 1927 | 東京電力 |
| 14 | 望　来 | 29.6 | 211.5 | 330 | 5,600 | A | 石狩川/望来川 | 北海道 | 1995 | 北海道開発局 |
| 15 | 新区画 | 32.3 | 274.7 | 482 | 5,600 | A | 石狩川/ﾆﾀﾁﾊﾞｶﾏﾅｲ川 | 北海道 | 1970 | 北海道開発局 |
| 16 | 三　島 | 25.3 | 127.7 | 98 | 5,400 | A | 小糸川/小糸川 | 千　葉 | 1955 | 小糸川土地改良 |
| 17 | 千貫石 | 31.0 | 247.5 | 297 | 5,168 | A | 北上川/宿内川 | 岩　手 | 1934 | 岩手県 |
| 18 | 月　形 | 28.8 | 208.1 | 307 | 4,834 | A | 石狩川/須部都川 | 北海道 | 1976 | 北海道開発局 |
| 19 | 日　指 | 40.0 | 263.0 | 431 | 4,800 | A | 駅舘川/山蔵川 | 大　分 | 1970 | 農林省 |
| 20 | あいのの | 40.8 | 133.9 | 292 | 3,568 | A | 雄物川/山野沢 | 秋　田 | 1961 | 農林省 |

F：洪水調節・農地防災，　N：不特定用水，河川維持用水，　A：かんがい，特定（新規）かんがい，　W：上水道用水，
I：工業用水，　P：発電

## 表 - 1.14(1)　北海道のコンクリートダム一覧

| 番号 | 完成年 | 水系名 | 河川名 | ダム名 | 型式 | 目的 | ダムの規模 | | | 流域面積 | 貯水池 | | | 管理者 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 堤高 | 堤頂長 | 体積 | | 湛水面積 | 総貯水量 | 有効貯水量 | |
| | | | | | | | (m) | (m) | (千$m^3$) | ($km^2$) | (ha) | (千$m^3$) | (千$m^3$) | |
| 1 | 1918 | 石狩川 | 千歳川 | 千歳第3 | G | P | 23.6 | 119.4 | 11 | 243.4 | 54 | 3,648 | 483 | 王子製紙 |
| 2 | 1919 | 石狩川 | 千歳川 | 千歳第4 | G | P | 21.9 | 102.4 | 7 | 294.0 | 39 | 2,298 | 338 | 王子製紙 |
| 3 | 1923 | 亀田川 | 亀田川 | 笹流 | G | W | 25.3 | 199.4 | 16 | | | 607 | 576 | 函館市 |
| 4 | 1926 | 石狩川 | 豊平川 | 一の沢 | G | P | 20.3 | 83.9 | 13 | 452.8 | 13 | | | 北海道電力 |
| 5 | 1929 | 石狩川 | 古川 | 古川 | G | P | 23.9 | 156.4 | 28 | 12.8 | 4 | 307 | 147 | 北海道電力 |
| 6 | 1930 | 相沼内川 | 相沼内川 | 相沼内 | G | P | 25.3 | 90.9 | 16 | 22.0 | 27 | 758 | 739 | 北海道電力 |
| 7 | 1931 | 磯谷川 | 常路川 | 常路川 | G | P | 24.5 | 57.9 | 12 | 17.3 | 1 | 78 | 75 | 北海道電力 |
| 8 | 1940 | 石狩川 | 夕張川 | 清水沢 | G | AP | 25.4 | 91.8 | 16 | 83.0 | 87 | 5,576 | 2,240 | 北海道 |
| 9 | 1941 | 石狩川 | 阿野呂川 | 旭町第1 | G | W | 22.0 | 115.0 | 16 | 7.7 | 0.051 | 325 | 250 | 夕張市 |
| 10 | 1942 | 十勝川 | 十勝川 | 岩松 | G | P | 37.2 | 190.5 | 78 | 605.0 | 102 | 9,026 | 4,131 | 北海道電力 |
| 11 | 1943 | 石狩川 | 大釜別川 | 雨竜第1 | G | P | 45.5 | 216.0 | 188 | 202.5 | 2,373 | 224,653 | 172,119 | 北海道電力 |
| 12 | 1943 | 石狩川 | 宇津内川 | 雨竜第2 | G | P | 35.7 | 230.0 | 93 | 109.7 | 177 | 21,589 | 11,358 | 北海道電力 |
| 13 | 1953 | 石狩川 | 雨竜川 | 鷹泊 | G | AP | 35.0 | 170.5 | 49 | 488.5 | 137 | 21,518 | 15,913 | 北海道 |
| 14 | 1953 | 石狩川 | 空知川 | 芦別 | G | P | 16.5 | 90.8 | 26 | 2,172.0 | 116 | 6,250 | 1,400 | 北海道電力 |
| 15 | 1954 | 幌内川 | 幌内川 | 幌内 | G | P | 21.1 | 161.9 | 15 | 269.9 | 90 | 7,220 | 880 | 北海道 |
| 16 | 1954 | 幌満川 | 幌満川 | 幌満川第３ | G | P | 42.5 | 186.3 | 70 | 147.0 | 121 | 15,379 | 12,813 | 日本電工 |
| 17 | 1955 | 十勝川 | 美利別川 | 活込 | G | P | 34.0 | 185.0 | 44 | 533.0 | 152 | 17,410 | 8,530 | 電源開発 |
| 18 | 1956 | 十勝川 | 音更川 | 糠平 | G | P | 76.0 | 293.0 | 460 | 387.8 | 822 | 193,900 | 160,500 | 電源開発 |
| 19 | 1956 | 十勝川 | 音更川 | 元小屋 | G | P | 32.0 | 86.0 | 31 | 408.8 | 27 | 2,860 | 810 | 電源開発 |
| 21 | 1957 | 石狩川 | 幾春別川 | 桂沢 | G | FAWP | 63.6 | 334.3 | 350 | 298.7 | 500 | 92,700 | 81,800 | 北海道開発局・電源開発 |
| 21 | 1957 | 石狩川 | 芦別川 | 芦別 | G | AWP | 22.8 | 99.5 | 18 | 147.5 | 21 | 1,598 | 206 | 北海道開発局・電源開発 |
| 22 | 1958 | 沙流川 | 沙流川 | 岩知志 | G | P | 33.0 | 92.2 | 29 | 567.0 | 45 | 5,040 | 560 | 北海道電力 |
| 23 | 1959 | 新冠川 | 新冠川 | 岩清水 | G | P | 30.0 | 124.2 | 26 | 222.2 | 19 | 1,814 | 290 | 北海道電力 |
| 24 | 1960 | 古丹別川 | 三毛別川 | 三渓 | G | A | 16.5 | 77.0 | 8 | 7.5 | 11 | 689 | 607 | 北海道 |
| 25 | 1960 | 十勝川 | 美利別川 | 糠南 | GF | P | 18.6 | 312.5 | 62 | | 19 | 670 | 510 | 電源開発 |
| 26 | 1961 | 鵡川 | 双珠別川 | 双珠別 | G | P | 29.0 | 83.0 | 26 | 64.0 | 18 | 1,330 | 300 | 北海道電力 |
| 27 | 1962 | 石狩川 | 夕張川 | 大夕張 | G | AP | 67.5 | 251.0 | 201 | 433.0 | 475 | 87,300 | 80,500 | 北海道開発局 |
| 28 | 1962 | 石狩川 | 夕張川 | 川端 | G | AP | 21.4 | 280.0 | 53 | 780.0 | 87 | 6,155 | 674 | 北海道開発局 |
| 29 | 1963 | 新冠川 | 新冠川 | 奥新冠 | A | P | 61.2 | 110.0 | 30 | 53.1 | 33 | 6,665 | 4,340 | 北海道電力 |
| 30 | 1963 | 静内川 | 春別川 | 春別 | G | P | 27.0 | 90.0 | 23 | 129.4 | 17 | 1,430 | 320 | 北海道電力 |
| 31 | 1966 | 静内川 | 静内川 | 静内 | G | P | 66.0 | 207.5 | 162 | 323.8 | 140 | 29,800 | 6,700 | 北海道電力 |
| 32 | 1967 | 石狩川 | 空知川 | 金山 | HG | FAWP | 57.3 | 288.5 | 220 | 470.0 | 920 | 150,450 | 130,420 | 北海道開発局 |
| 33 | 1969 | 新冠川 | 新冠川 | 下新冠 | G | P | 46.0 | 131.0 | 62 | 212.0 | 49 | 6,550 | 4,276 | 北海道電力 |
| 34 | 1970 | 石狩川 | 阿野呂川 | 旭町第2 | G | W | 25.0 | 122.0 | 18 | 6.5 | 0.07 | 334 | 300 | 夕張市 |
| 35 | 1970 | 余市川 | 小樽川 | 常盤 | G | W | 20.1 | 120.7 | 15 | 23.0 | 8 | 500 | 400 | 小樽市 |
| 36 | 1971 | 茂築別川 | 茂築別川 | 有明 | G | FN | 21.7 | 250.0 | 46 | 19.5 | 33 | 2,440 | 1,840 | 北海道 |
| 37 | 1971 | 石狩川 | 空知川 | 野花南(新) | G | P | 30.0 | 215.5 | 55 | 1,779.0 | 160 | 4,800 | 2,600 | 北海道電力 |
| 38 | 1972 | 天塩川 | 天塩川 | 岩尾内 | G | FAWIP | 58.0 | 448.0 | 394 | 331.4 | 510 | 107,700 | 96,300 | 北海道開発局 |
| 39 | 1972 | 石狩川 | 豊平川 | 砥山 | G | P | 30.0 | 217.0 | 44 | 452.8 | 13 | 1,370 | 530 | 北海道電力 |
| 40 | 1973 | 石狩川 | 豊平川 | 豊平峡 | A | FWP | 102.5 | 305.0 | 285 | 134.0 | 150 | 47,100 | 37,100 | 北海道開発局 |
| 41 | 1974 | 様似川 | 様似川 | 様似 | G | F | 44.0 | 140.0 | 76 | 54.9 | 40 | 6,200 | 4,000 | 北海道 |
| 42 | 1975 | 汐泊川 | 汐泊川 | 矢別 | G | F | 33.6 | 84.0 | 26 | 32.5 | 42 | 3,800 | 2,500 | 北海道 |
| 43 | 1978 | 十勝川 | ﾄﾑﾗｳｼ川 | 富村 | G | P | 37.0 | 106.0 | 37 | 164.9 | 37 | 2,900 | 600 | 北海道電力 |
| 44 | 1979 | 静内川 | ﾒﾅｼﾍﾞﾂ川 | 双川 | G | P | 30.5 | 110.0 | 37 | 338.4 | 25 | 1,620 | 1,200 | 北海道電力 |
| 45 | 1980 | ｺﾀﾝｹｼ川 | ｺﾀﾝｹｼ川 | 牧の内 | G | w | 18.5 | 105.0 | 8 | 5.0 | 18 | 500 | 500 | 根室市 |
| 46 | 1982 | 石狩川 | 美唄川 | 美唄 | G | FNWI | 35.5 | 228.0 | 86 | 24.6 | 15 | 1,500 | 1,090 | 北海道 |
| 47 | 1983 | 天塩川 | 天塩川 | ﾎﾟﾝﾃｼｵ | G | P | 22.3 | 126.2 | 25 | 93.8 | 19 | 870 | 870 | 北海道 |
| 48 | 1984 | 十勝川 | 佐幌川 | 佐幌 | G | F | 46.6 | 255.0 | 199 | 78.0 | 64 | 10,400 | 8,000 | 北海道 |
| 49 | 1985 | 亀田川 | 亀田川 | 新中野 | G | FNWIP | 74.9 | 248.0 | 274 | 17.5 | 18 | 3,340 | 2,820 | 北海道 |
| 50 | 1985 | 石狩川 | 清水の沢 | 清水の沢 | G | W | 25.1 | 96.0 | 19 | | 12 | 860 | 710 | 夕張市 |
| 51 | 1986 | 常呂川 | 常呂川 | 鹿ノ子 | G | FNAW | 55.5 | 222.0 | 204 | 124.0 | 210 | 39,800 | 35,800 | 北海道開発局 |
| 52 | 1986 | 鳥崎川 | 鳥崎川 | 駒ヶ岳 | G | A | 43.6 | 72.0 | 39 | 48.8 | 25 | 3,300 | 210 | 北海道開発局 |
| 53 | 1986 | 石狩川 | 愛別川 | 愛別 | G | FNWI | 39.0 | 370.0 | 155 | 41.8 | 100 | 9,500 | 8,000 | 北海道 |

表 - 1.14(2)　北海道のコンクリートダム一覧

| 番号 | 完成年 | 水系名 | 河川名 | ダム名 | 型式 | 目的 | ダムの規模 | | | 流域面積 | 貯水池 | | | 管理者 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 堤高 | 堤頂長 | 体積 | | 湛水面積 | 総貯水量 | 有効貯水量 | |
| | | | | | | | (m) | (m) | (千$m^3$) | ($km^2$) | (ha) | (千$m^3$) | (千$m^3$) | |
| 54 | 1987 | 静内川 | ｺｲｶｸｼｭﾋﾞﾁｬﾘ川 | 東の沢 | G | P | 70.0 | 140.0 | 130 | 82.1 | 56 | 9,560 | 1,360 | 北海道電力 |
| 55 | 1990 | 石狩川 | 小樽内川 | 定山渓 | G | FWP | 117.5 | 410.0 | 1,185 | 104.0 | 230 | 82,300 | 78,600 | 北海道開発局 |
| 56 | 1992 | 後志利別川 | 後志利別川 | 美利河 | GF | FNAP | G40.0 | 1480.0 | 870 | 115.0 | 185 | 18,000 | 14,500 | 北海道開発局 |
| 57 | 1992 | 小平蘂川 | 小平蘂川 | 小平 | G | FNAW | 42.4 | 475.0 | 274 | 189.1 | 265 | 33,200 | 27,600 | 北海道 |
| 58 | 1992 | 知内川 | ﾐﾅｺﾞﾔ川 | 知内 | G | A | 40.5 | 321.0 | 168 | 15.1 | 46 | 6,500 | 6,000 | 北海道開発局 |
| 59 | 1993 | 朝里川 | 朝里川 | 朝里 | G | FNW | 73.9 | 390.0 | 517 | 33.8 | 43 | 8,800 | 7,700 | 北海道 |
| 60 | 1994 | 石狩川 | 雨煙別川 | 栗山 | G | FNW | 31.9 | 540.0 | 174 | 15.2 | 1 | 3,200 | 2,700 | 北海道 |
| 61 | 1994 | 十勝川 | 札内川 | 西札内 | G | F | 21.0 | 184.0 | 28 | 5.8 | 18 | 946 | 773 | 北海道 |
| 62 | 1994 | 沙流川 | ｳｴﾝｻﾙ川 | 奥沙流 | G | P | 30.0 | 105.5 | 21 | 52.0 | 7 | 530 | 155 | 北海道電力 |
| 63 | 1997 | 沙流川 | 沙流川 | 二風谷 | G | FNWIP | 32.0 | 550.0 | 273 | 1,215.0 | 430 | 31,500 | 26,000 | 北海道開発局 |
| 64 | 1997 | 石狩川 | ｵｲﾁｬﾇﾍﾟ川 | 神居 | G | A | 40.4 | 143.2 | 65 | 37.1 | | 3,900 | 3,900 | 北海道開発局 |
| 65 | 1999 | 十勝川 | 札内川 | 札内川 | G | FNAWP | 114.0 | 300.0 | 770 | 117.7 | 170 | 54,000 | 42,000 | 北海道開発局 |
| 65 | 1999 | 十勝川 | 美生川 | 美生 | GF | A | 47.2 | 350.0 | 201 | 83.0 | | 9,400 | 6,000 | 北海道開発局 |
| 67 | 1999 | 向別川 | 向別川 | 浦河 | G | FN | 42.1 | 296.0 | 189 | 18.0 | 52 | 4,910 | 4,910 | 北海道 |
| 68 | 1999 | 古丹別川 | 三毛別川 | 苫前 | G | A | 34.8 | 155.0 | 41 | 56.4 | | 7,400 | 5,700 | 北海道開発局 |
| 69 | 2000 | 石狩川 | 空知川 | 滝里 | G | FNAWP | 50.0 | 445.0 | 455 | 1,662.0 | 680 | 108,000 | 85,000 | 北海道開発局 |
| 70 | 2002 | 大野川 | 中二股沢 | 大野 | G | AW | 47.5 | 160.0 | 98 | 5.4 | 11 | 1,500 | 1,400 | 北海道開発局 |
| 71 | 2002 | 天野川 | 目名川 | 上ノ国 | G | FNW | 51.3 | 247.0 | 164 | 18.0 | 21 | 3,730 | 3,110 | 北海道 |
| 72 | 2004 | 庶路川 | 庶路川 | 庶路 | G | FNWI | 48.9 | 285.0 | 148 | 145.6 | 280 | 36,500 | 30,500 | 北海道 |

目的　F：洪水調節・農地防災，N：不特定用水，A：かんがい用水，W：上水道用水，　I：工業用水道用水，　P：発電
型式　G:重力式，A:アーチ式，HG：中空重力式，GF:複合式

参考文献

(1-1)　「ダムと公共の安全」　アメリカ内務省開拓局　君島博次訳　東海大学出版会　1983年
(1-2)　「多目的ダムの建設　第1巻」　土木施工管理技術研究会　昭和52年版
(1-3)　「多目的ダムの建設　第3巻」　土木施工管理技術研究会　昭和52年版
(1-4)　「多目的ダムの建設　第1巻」　財団法人ダム技術センター　昭和62年版
(1-5)　「多目的ダムの建設　第3巻」　財団法人ダム技術センター　昭和62年版
(1-6)　「ダムの話」　竹林征三著　技報堂出版　1996年
(1-7)　満濃池ダム：http://www.toun.manno.kagawa.jp/kanko/pond_history.html
(1-8)　入鹿池ダム：http://www.nautis.org/page056.html
(1-9)　狭山池ダム：http://wwwsoc.nii.ac.jp/jdf/Dambinran/binran/All/All_1440.html
(1-10)　ダム築造の変遷
：http://wwwsoc.nii.ac.jp/jdf/Dambinran/binran/TPage/TPSyosi051.html
(1-11)　「ダム年鑑　2005」　財団法人日本ダム協会
(1-12)　「セメントの常識」　社団法人セメント協会　1998.11発行
(1-13)　「わかりやすいダムの話」　社団法人セメント協会　パンフレット第45号　昭和31年
(1-14)　「コンクリートダムの設計法」　飯田隆一著　技報堂出版
(1-15)　蛙股池，「多目的ダムの建設　第1巻　昭和62年版」やその他多くの文献では西暦162年となっているが，奈良観光案内（http//urano.org/kankou/）では，日本書紀に記述さ

れている，推古15年（607年）に築造された「あやめの池」が蛙股池であるとしている。

(1-16) http://www.mlit.go.jp/river/

(1-17) 「解説・河川管理施設等構造令」　社団法人日本河川協会　山海堂　平成9年

文中の建設省，水資源開発公団は現在下記のように名称が変更されているが，変更時以前の年代ではそのまま旧名称を使用した。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 建設省 | → | 国土交通省 | 平成13(2001)年1月6日 |
| 水資源開発公団 | → | 独立行政法人水資源機構 | 平成15(2003)年10月1日 |

発電については，古い時代の電力会社名を調査できないので，現在ダムを管理している9電力会社名で記載した。ただし，志津川ダムと幌内ダムだけは旧電力会社名を用いた。

# 第２章　北海道のダム

## 第１節 北海道のダムの歴史

### 1. 北海道のダムの変遷[2-2]

北海道で最も早く完成したダムは 1913 年（大正 2 年）に竣工した堤高 17.5m の東桜岡第一ダムである。それは我が国最古のかんがい用ため池（蛙股池）が 162 年に築造されてから 1700 年以上経ており，狭山池が 616 年に建設されてから実に約 1300 年後のことである。したがって，北海道のダムは 100 年足らずの新しい歴史である。次いで，1914 年（大正 3 年）に大正池，上幌第三ダム（北海道庁が造ったかんがい用ダム）と小樽市が造った奥沢水道ダム（堤高 22m）があり，いずれもアースダムである。

一方，コンクリートダムは千歳第三ダムが 1918 年に王子製紙㈱によって建設されている。同年に高さ 21.21m の野花南ダム（旧）が富士製紙㈱によって建設されたが，再開発により現在はダム湖に水没している。また，1919 年に堤高 21.9m の千歳第四ダムが王子製紙㈱の手によって重力式コンクリートダムとして完成している。

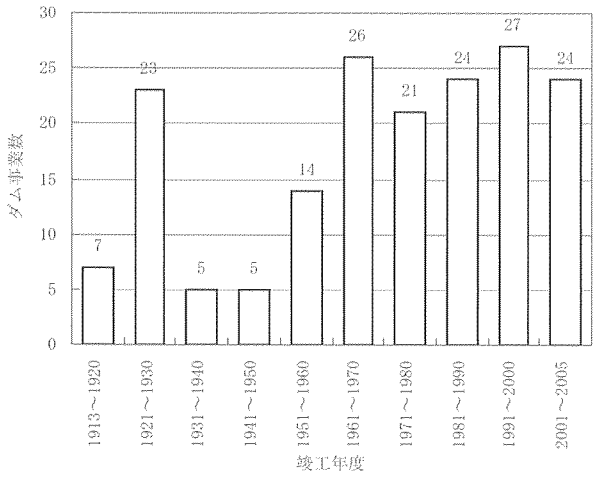



図-2.1　北海道の年代別ダム数(竣工ダム)

図-2.1 に北海道の年代別(10 年毎)ダム数を，表-2.1 に北海道の年代別・事業主体別ダム事業数を示す。北海道の開発は，明治 2 年（1869）の北海道開拓使を設置したことに始まり，土地の開墾，入植策が積極的に図られ，急速な速さで農地開発が進展した。その結果，1920 年代には多くのかんがい用ダムが建設されており，1922 年の江部乙第一号，1923 年の藤沢，金志，千代谷，志文と堤高 15～27m のアースダムが建設された。

表-2.1　北海道の年代別・事業主体別ダム事業数(工事中を含む)

| 事業主体 / 竣工年 | 北海道開発局 | | 北海道 | | 北海道電力 | 市・民間 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 河川 | 農業 | 河川 | 農業他 | 電源開発 | | |
| 1913～1920 | | | | 3 | 1 | 3 | 7 |
| 1921～1930 | | | | 20 | 2 | 2 | 24 |
| 1931～1940 | | | | 4 | 1 | | 5 |
| 1941～1950 | | | | | 4 | | 4 |
| 1951～1960 | 2 | 3 | | 2 | 7 | 5 | 19 |
| 1961～1970 | 2 | 8 | | 7 | 7 | 2 | 26 |
| 1971～1980 | 3 | 6 | 3 | 1 | 6 | 2 | 21 |
| 1981～1990 | 3 | 10 | 4 | 3 | 3 | 1 | 24 |
| 1991～2000 | 4 | 14 | 4 | 4 | 1 | | 27 |
| 2001～ | 7 | 9 | 5 | 6 | 1 | | 28 |
| 合計 | 21 | 50 | 16 | 50 | 33 | 15 | 185 |

注：再開発ダムは 2 事業として整理した。したがって，表-2.1 のダム事業数 185 に対して表-2.2 ではダム数 180 となる。

表-2.2　北海道の年代別・ダム型式別ダム数(工事中を含む)

| ダム形式 | アース | ロックフィル | 重力式 | その他 | 複合型 | 台形CSG | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1913～1920 | 4 | | 2 | | | | |
| 1921～1930 | 20 | | 3 | 笹流(バットレス) | | | |
| 1931～1940 | 3 | | 2 | | | | |
| 1941～1950 | 1 | | 3 | | | | |
| 1951～1960 | 2 | | 12 | | 糠南 | | |
| 1961～1970 | 12 | 4 | 8 | 奥新冠(アーチ)<br>金山(中空) | | | |
| 1971～1980 | 6 | 5 | 8 | 豊平峡(アーチ)<br>武利(AC遮水) | | | 野花南<br>(再開発) |
| 1981～1990 | 1 | 12 | 10 | 双葉(AF遮水) | | | 新中野(再開発)<br>清水の沢(〃) |
| 1991～2000 | 1 | 12 | 12 | | 美生<br>美利河 | | |
| 2001～ | 3 | 12 | 9 | 京極(AF遮水) | 忠別 | サンル<br>当別 | 新桂沢(再開発)<br>シューパロ　(〃) |
| 合計 | 53 | 45 | 69 | 7 | 4 | 2 | |

表-2.2 に北海道の年代別・ダム型式別ダム数を示す。1913 年から 1930 年の 18 年間に 30 基と多くのダムが建設されており，その使用目的別の内訳はかんがい用ダムが 23 基と断然多く，特に石狩川水系に多く建設されている。その他，発電用ダムが 6 基，上水道用ダムが 2 基で小樽市と函館市に建設された。

1923 年には，函館市の水道用である笹流ダムが建設されている。笹流ダムは堤高 25.3m で我が国初のバットレス式コンクリートダムである。

一の沢ダムは，1926 年に札幌水力電気㈱によって発電用ダムとして建設されたが，1972 年の砥山ダムの建設により，現在は砥山ダムの貯砂ダムとなっている。1929 年には，北海道電燈㈱によって，上川発電所の調整池ダムとして，古川ダムが建設されている。また，瀬川一郎氏外 6 名で自家用として相沼内発電所を建設し，その取水ダムとして相沼内ダムを建設している。1942 年には，日本発送電㈱によって岩松ダムが建設されている。いずれのダムも現在は北海道電力㈱に移管されている。

これらのダムは，第 1 次世界大戦時の好景気により，多くの工場が北海道に進出したため，その電力源である発電用ダムとして建設されたものである。

1930 年代 1940 年代は太平洋戦争のため，一時的に減少するが，1950 年代から増加し，近年まで年平均で 2～3 基のダムが竣工し今日に至っている。その原因の一つは，北海道電力㈱がダム建設を開始したことにある。

北海道電力㈱が建設した最初の本格的なダムは，岩知志ダム（1958）である。次いで，岩清水ダム（1959），奥新冠ダム（1963），春別ダム（1963）など日高管内に多くのダムを建設している。特に，奥新冠ダムは北海道初のアーチ式コンクリートダムである。同年代に電源開発㈱が十勝川水系に糠平ダム（1955），活込ダム（1955）などを建設している。

ダム建設が増加したもう一つの原因は，1951 年に北海道開発庁が設置され，河川総合開発計画により治水など目的が多様化したことである。北海道開発局が建設した最初のダムは 1956 年に竣工したかんがい用ダムの上湯内ダムで，次いで 1957 年の当麻ダムがある。コンクリートダムとしては，1957 年に芦別ダム，桂沢ダム，1962 年に大夕張ダム，1967 年には金山ダム，1972 年に岩尾内ダムと続く。市又は民間を事業主体としたダムは，1984 年に竣工した夕張市の清水の沢ダムを最後に建設されてい

ない。1970年代には北海道が治水ダムの建設を開始し，1971年に有明ダム，1975年には様似ダム，矢別ダムが竣工している。

最も多いダム型式は重力式コンクリートダムで全体の40%程度である。次いで，アースダム，ロックフィルダムが多く，3型式で全体の90%以上を占める。建設初期はアースダムが多い。その後，技術の進歩，ダムの大規模化により1980年代以降アースダムは減少し，ロックフィルダムへと移行する傾向にある。建設初期においては人件費が安くセメント等の材料費が高価であったことから，コンクリートダムでは，アーチ式ダム，バットレス式ダム，中空重力式ダム，重力式ダムの三次元安定解析(静内ダム)など堤体積を節減する工夫がなされた。その後人件費の上昇により，近年は重力式コンクリートダム(二次元解析)が多く，汎用機械による合理化施工へと移行している。また，良好なダムサイトの減少に伴い，複合ダムや再開発ダムなどダム型式の多様化が見られる。

## 2. 北海道開発局のダムの歴史 [2-4]

太平洋戦争前の北海道におけるダム事業は，かんがい用，発電用等単独目的で建設されたものであり，治水と利水を併せ持つ多目的ダムの計画は，河水統制事業として1937年の石狩川，十勝川等4河川で調査が開始されたのが最初であった。この中には桂沢ダム，金山ダムの前身となる計画も含まれていたが，これらの調査計画を基に事業が着手されたのは戦後になってからである。

戦後復興期に相次いで発生した大洪水は，当時の社会混乱に拍車をかけ，また，食料増産と工業生産活動の復興のためには電源開発の促進が急務であった。1948年経済安定本部に「河川総合開発調査会」が設立され，北海道庁にも「電源開発推進本部」が発足して鷹泊ダム，桂沢ダムが計画され，まず北海道と農林水産省の共同ダムとして鷹泊ダムの建設に着手した。

1950年北海道開発庁が設立され，最初の河川総合開発事業として治水(建設省)，発電(電源開発㈱)，水道(桂沢上水道組合)の3者による共同ダムとして1951年桂沢ダムに着手し，1957年に完成した。また，1959年には「特定多目的ダム法」に基づく北海道における最初のダム事業として金山ダムが実施計画調査に着手した。当時は人件費が安く，セメント等の材料費が高価であったことから，重力式に比べて堤体積を20%程度節減できる中空重力式コンクリートダムを選定した。

昭和30年代後半になると日本経済は戦後の復興期から高度成長期に入り，北海道におけるダムに対する社会的要請も変化し，都市用水確保の要望が増大してきた。また，1961年，1962年の大洪水の発生や，1964年に制定された新河川法に基づく工事実施基本計画の策定に当たり各水系における治水計画の見直しが行われたが，多くの水系では下流部沿川を中心に都市化が進み新たな堤防用地の確保が困難な状況にあったことなどから，上流に建設されるダムによって洪水調節を行うこととし，洪水を河道とダムによって流域を一貫して処理する計画が策定された。

岩尾内ダム，豊平峡ダム，大雪ダム，漁川ダム，鹿ノ子ダム，十勝ダム，定山渓ダムはこのような背景のもとで建設されたものであるが，ダムサイトは自ら限定されていることから，地質や条件に恵まれない地点にもダムを建設する必要が生じてきた。このため，個々の基礎の条件に適したダム型式，基礎処理方法の開発が大きな課題となり，ダムの設計施工面の中心的課題が，ダム本体から基礎処理へと大きく変換されるに至った。

大雪ダムは，建設省直轄の多目的ダムとしては初めての大型ロックフィルダムである。また，同タイプの漁川ダムは固結度が低く，透水係数の高い凝灰岩が基盤であったため，パイピング等に対する入念な技術検討を踏まえ建設されたものである。

1975年，1981年と全道的に記録的な大洪水が連続して発生し，石狩川においては降雨量，出水規

模ともに観測史上最大であったが，氾濫面積は 1961 年，1962 年の洪水よりも少なかった。これは堤防が暫定断面ではあるが連続していたことと，ダムの洪水調節効果によるものである。

この 2 度にわたる洪水により，流量改定に拍車がかかり，1980 年に十勝川，1982 年 3 月に石狩川の新しい工事実施基本計画が策定された。それに基づき，石狩川水系では滝里ダム，忠別ダム，幾春別川総合開発（新桂沢ダム・三笠ぽんべつダム），夕張シューパロダム，十勝川水系では札内川ダムの建設に着手した。特に，滝里ダムは国道，国鉄の移設等の公共補償に要する費用が膨大であり，水没関係者も多いことから予算面，用地交渉面から実施計画調査に着手できないでいたが，1975 年の洪水を契機に 1979 年度に実施計画調査に着手し，1981 年の洪水を契機に 1983 年に建設事業に着手した。

その他の水系では後志利別川水系で美利河ダム，沙流川水系で沙流川総合開発事業（二風谷ダム・平取ダム），留萌川水系で留萌ダムの建設に着手した。

## 3. 北海道のダムの歴史 (2-4)

### （1）北海道の治水

#### ⅰ）北海道開拓使の設置

北海道の開発の歴史は明治新政府が北海道の重要性を認め，1869 年に北海道開拓使を設置したことに始まる。当時の北海道の河川は，まったくの原始河川で平地部の大部分は氾濫原であったが，このような土地に開墾入植を積極的に図り，多くの人々が新天地の開発に取り組んだ。この点は，氾濫原に治水事業と一体で新田開発などを行う古来の日本の伝統的手法とは異なっていた。これは，北方防備の緊急性や旧幕藩体制の処理，急増する人口の吸収先としての開発などに対処するために止むを得ないものであった。

#### ⅱ）北海道治水調査会の設置と北海道 10 年計画

当時，毎年繰り返される洪水被害を北海道開発の大きな障害と認識し，特に 1898 年水害（死者 248 名）を契機に抜本的な治水対策の必要性から，同年 11 月に北海道庁内（1886 年に北海道開拓使から改組，内閣総理大臣に直属）に北海道治水調査会を設置した。翌 1899 年に治水予備調査費が計上され本格的な治水事業の緒についた。開拓使が置かれてから 30 年前後のことである。それまでの治水事業としては，豊平川，亀田川の築堤工事や流木除去などの応急的な工事が細々となされていたにすぎない。更に，1901 年から実施された北海道 10 年計画にも調査費と治水費が計上され計画的治水事業に取り組むことになった。日露戦争による戦費増大の影響を受けたものの北海道の主だった河川調査は計画に対して 80%程度の進捗を見せていた。一方，治水費は予定額よりも少なく事業内容も主要河川の流木除去を目的とした浚渫が主体であった。また，日露戦争後の不況に遭遇しこの計画は予定の半ばにして一大頓挫を来した。

#### ⅲ）第 1 期北海道拓殖計画

ここで新たな計画を立て直したのが第 1 期拓殖計画であり，1910 年から実施された。治水事業は主要 26 河川について取り組み，このときは第 1 次世界大戦（欧州戦争）時の好景気に支えられ多大の成果を収めた。しかし一方では、森林伐採、農地開発などの流域開発のスピードに治水事業が追いつかず，河岸決壊，耕土流失など河川の状況は次第に悪化していくという新たな憂慮すべき事態ともなった。

#### ⅳ）第 2 期北海道拓殖計画

1927 年より着手した第 2 期拓殖計画においては，治水事業費は主要 26 河川に大幅に増額され再スタートしたが，昭和恐慌，満州事変，太平洋戦争と激動の時代に突入した。しかし，大きな試練のな

かで治水対策は少なからず効果を挙げて現在に至る礎を築いた時代でもある。

ｖ）中小河川の改修に着手

これまで放置されていた中小河川の改修についても，昭和恐慌の不況対策として公債財源により3年間（後に1年延長）の集中投資を行った。1932年より着手し138河川に対し延長150ｋｍ（1河川平均1.1ｋｍ）の改修を実施した。また，1936年からは，町村河川改修（国費）3河川，地方費河川改修（1/2補助）15河川の中小河川の改修が実施された。これらは局部的であるが見るべき効果があった。太平洋戦争後，これらの河川は道費河川として引き継がれていく。

ⅵ）戦後の混乱期

太平洋戦争が終結し，国の機関としての北海道庁は廃止され，地方自治体としての北海道となり，北海道開発法の施行に伴い国の機関として北海道開発庁が置かれた。また，他府県と同じく国の直轄事業と北海道の事業に分離され，北海道はいわゆる補助河川を担うことになった。これまでの歴史からも分かるように，補助河川は大部分が原始河川のままであり，新たなる出発と言うべき状況であった。また，外国からの引き上げ者の多くは悪条件下の山村に入植し，洪水との戦いを強いられた。

ⅶ）北海道総合開発計画

戦後の混乱が落ち着いた1952年には北海道総合開発計画が策定され，国直轄の河川はもとより補助河川の治水事業も軌道にのってきた。一部に戦前の改修区間はあったものの，大部分は平地を思いのままに蛇行する河川に新たに法線を引き，河道を整えていくものであり，ほとんどが暫定計画に対する改修であった。このような状況は昭和50年代まで続いた。これらの河川では現在，完成断面に向けて自然環境に配慮した多自然型の改修計画を実施している。

ⅷ）ダム事業に着手

このような状況下において，当初，補助河川では，ダムによる洪水調節は検討すらされず，資本も人的資源も当面の河川改修に集中させざるを得ない状況にあった。また，利水面においては，都市用水に対する要請は大きな都市以外では少なく，食料基地としての新規開田を含めたかんがい用，電力不足に対応した水力発電用，大都市の水道用が主であり，これらは国直轄の多目的ダム，国直轄のかんがい用ダム，電力事業者の発電専用ダムにより行われていた。そうした事情から，昭和30年代までの補助河川においては，河水統制事業，多目的ダムなどのダム事業は皆無であった。

こうした中で転機となったのが1967年の治水ダム建設事業の創設と高度経済成長時代の到来である。これを機に，ダムサイトが存在し，かつ河川改修だけでは十分な安全度を確保できない河川を選んでダム事業を計画し事業に着手した。したがって，1967年から1971年までに着手された6ダムのうち5ダムが治水ダムである。

その後，都市への人口集中が始まったこと，及び好景気下の大型プロジェクト計画との関連から，都市用水への要望も強まり，1972年以降着手した12ダムのうち11ダムは多目的ダムである。

（2）北海道が建設したダムの歴史

昭和30年代半ばの所得倍増論が現実のものとなり，高度経済成長時代の幕開けとともに，ダム建設の必要性が認識され，30年代後半に至って補助河川のダム築造可能点と水賄存量調査を行い，1968年に全道で100地点を抽出した。また，平行して有明ダム，白老ダムの予備調査を1964年に開始した。そして，治水ダム建設の第1号として1967年に有明ダムの実施計画調査に着手した。

最初の治水ダム事業として有明ダムを選択した理由には，北海道庁が治水ダム建設に未経験であったため，治水対策と併せてダム建設技術の習得という狙いもあったとされる。その後も2治水ダムの実施計画調査に着手したのち，1969年の補助河川としては最初の多目的ダムである美唄ダムの実施計

画調査に着手した。このダム建設の契機は，美唄炭鉱の閉山により産炭地域から美唄市街地への人口流入による水道用水への需要増に加え，閉山対策として造成される工業団地への工業用水の早急な確保に迫られたことであった。このため，未だダム技術の経験が乏しいなかで，また基礎岩盤が挟炭層であるという特殊な条件にも関わらず，果敢に取り組んだ記念碑的なダムである。

この時期は高度経済成長期に後押しされて，1967年からオイルショックの1973年まで7年間に，有明ダムを完成させ，新たに7ダムの実施計画調査に着手するとともに，このうち4ダムが建設に着手している。オイルショック後，日本経済は安定成長期に移行し，北海道経済の浮揚のために計画されたプロジェクトの推進に関連するダム事業に着手した。

1974年からゼロシーリング開始の1981年の前年までに2ダムを完成させ，新たに8ダムの実施計画調査に着手し，このうち4ダムが建設に着手した。これらのうちいくつかのダムは，後にプロジェクトの見直しにより，ダム計画規模を縮小して事業を進めている。また，事業を休止したダムもある。

1981年のゼロシーリング開始以降の5年間は着手済みのダム建設に重点を移し，新規の実施計画調査は抑制し，毎年渇水に悩まされていた江差町が参加した上ノ国ダムを1985年に着手したのみである。1990年のバブル経済最盛期に米国からの内需拡大の要請で公共投資基本計画が閣議決定され，それに沿って小規模な生活ダム2カ所に着手している。それ以降はバブル経済が崩壊し構造不況の中，新たに実施計画調査に着手したダムはなく，1998年以降のダム事業はすべて建設に移行したダムのみとなっている。

## 第2節 北海道のコンクリートダムの歴史

### 1．第1期（1945年以前）

コンクリートダムは我が国最古のダム（布引五本松ダム）が1900年に建設されているのに対して，1918年に千歳第三ダム，野花南ダム（旧）が，1923年には我が国最古のバットレス式ダムである笹流ダムが建設されており，道外との歴史的な差はなく多くの先駆的な役割を担ってきたと考えられる。

最初に建設されたダムのうち野花南ダム（旧）は直下流の開発により現在水没しており，機能を有する最古のコンクリートダムは王子製紙㈱が所有する千歳第三ダムである。なお，堤高の低いダムを含めると，北海道において最も古く完成したコンクリートダムは，1910年に竣工した王子製紙千歳第一ダム(堤高 6.40m)である。当時の重力式コンクリートダムの施工は，コンクリートを石張りで保護する方式であったため，型枠を用いてダムコンクリートを打設した最初のダムは笹流ダムと言うことになる。しかし，ＲＣ構造であるのでスランプの大きなコンクリートを施工しており，現在のように固練りコンクリートによる施工は，1939年にスランプ3㎝のダムコンクリートを打設した雨竜第一ダムが最初である。また，当時はセメントが高価であったため，混和材として火山灰を使用した事例がある（笹流ダム）。

1925年には，震度法による設計を物部博士が提案し，1935年には「河川堰堤規則」が制定されている。

1928年に小諸ダム（長野県：バットレス式）が，北海道においても1941年に幌内ダム（重力式）の倒壊事故が発生している。ダムの品質に関する始めての本格的な基準として「無筋コンクリート標準示方書案第2部重力堰堤」（土木学会）が1942年に制定されているが，ダム設計に関する我が国独自の基準は，まだ整備されていない時期で，コンクリートダムの草創期である。

1945年以前を第1期と呼ぶことにする。千歳第三ダム，千歳第四ダム，笹流ダム，一の沢ダム，古

川ダム，相沼内ダム，常路川ダム，清水沢ダム，旭町第一ダム，岩松ダム，雨竜第一ダム，雨竜第二ダムの12ダムが対象となる。

## 2. 第2期（1946年～1960年）

1945年8月，太平洋戦争が終結した。その後1947年に地方自治法が施行され，国の機関としての北海道庁は廃止され，地方自治体としての北海道になった。1950年に北海道開発庁，1951年には北海道開発局が設置され，荒廃した国土の復興を目指し他府県に例を見ない急速な開発が実施され始めた時期である。北海道における初めての総合開発事業として，鷹泊ダムが，農林省（かんがい用）と北海道（発電用）の共同事業により1953年竣工した。

次いで，幾春別川総合開発事業として，桂沢ダムが1957年に竣工している。

1953年に「特定多目的ダム法」が制定され，その後，1957年には改定され，ダム費用割振りが合理的な分離費用身替り妥当支出法により行われることになった。その結果，関係者間において調整が円滑に行われるようになり，利水専用ダムは減少傾向を示し，ダムの大規模化が始まる。

1957年には，我が国で初めてのダム設計に関する本格的な基準として「ダム設計技術基準」（日本大ダム会議）が制定され，ダムの設計方法が体系化された。しかし，ダム本体及びコンクリートを主眼とした基準であり，基礎岩盤のせん断強度に関する規定はまだ存在しない。1959年のマルパッセダム（フランス，アーチ式ダム）の決壊の原因が基礎岩盤にあったことから，その後コンクリートダムの設計に関する主眼がコンクリートから基礎岩盤へ移行する。

1958年には「河川砂防技術基準（案）」（日本河川協会）が制定されている。この時期には1951年に北海道電力㈱が，1952年には電源開発㈱が設立され，北海道電力㈱の第一号ダムとして岩知志ダムが建設されるなど，多くの発電を目的としたダムが建設されている。

1946年～1960年を第2期とし，鷹泊ダム，芦別ダム（北電），幌内ダム，幌満川第三ダム，活込ダム，糠平ダム，元小屋ダム，桂沢ダム，芦別ダム（開発局），岩知志ダム，三渓ダム，岩清水ダム，糠南ダムの13ダムが対象となる。

## 3. 第3期（1961年～1975年）

1964年10月に東京オリンピックが開催され，その後高度成長期を迎える。急速な経済成長に追従して社会資本整備を行う必要があるため，多くのダムが計画建設された時期である。安全で効率的にダム事業の推進を図るため，更なるダム技術の体系化が求められ，ダムの講習会が開催されるようになり，建設省監修の「多目的ダムの建設」（上下巻）の発刊に至った。

1967年に特定多目的ダム法を最初に適用した金山ダムが竣工している。当時は人件費に比べ，セメントなど材料費が高い時代であったことから，地形・地質条件を勘案して金山ダムのダム形式は中空重力式とし，重力式に比べて約20%のコンクリートを縮減している。1963年には，同様の理由から奥新冠ダムが北海道で初めてアーチ式を採用し，重力式の約30%のコンクリート量で竣工している。

1973年には北海道初の100m級のダムとして豊平峡ダム（堤高101.5m，アーチ式）が竣工している。マルパッセダムの倒壊事故を契機として岩盤力学が急速に進歩していたが，豊平峡ダムでは現位置岩盤せん断試験を北海道で初めて実施し，設計に試験値を採用している。北海道で初めて三次元重力式として静内ダムが1966年に竣工している。その後，高度成長期とともに人件費が高騰したため，アーチ式，中空重力式など堤体積を縮小するために特殊解析を必要とするダム型式は影を潜めることになる。

1960年代には北海道が建設するダム事業が開始された。その第1号として有明ダムが1971年に竣工している。

一方で，再開発ダムが建設されており，旧野花南ダムの直下流に野花南ダム（1971）が，一の沢ダムの下流には砥山発電所の再開発工事として砥山ダム（1972）が建設されている。

1968年には「ダム構造技術基準及び同細則」の河川局長通達があり，その後「改定ダム設計基準」（日本大ダム会議1971),「ダム基礎岩盤のグラウチング施工指針（案)」(国土開発技術センター1972)が制定され今日のダム技術の骨格が確立された時期である。

1961年～1975年の高度成長期を第3期とし，双珠別ダム，大夕張ダム，川端ダム，奥新冠ダム，春別ダム，静内ダム，金山ダム，下新冠ダム，旭町第二ダム，常盤ダム，有明ダム，野花南ダム，岩尾内ダム，砥山ダム，豊平峡ダム，様似ダム，矢別ダムの17ダムが対象となる。

## 4. 第4期（1976年～1990年）

1973年のオイルショック以降，日本経済は安定成長期に移行する。しかし，社会資本は高度成長後の経済に見合った整備状況とはなっておらず遅れていたため，多くのダムが引き続き建設されている。良好なダムサイトの減少，及び地質条件の複雑化により再開発ダム，複合ダムなどダム型式の多様化が始まった時期である。1985年に新中野ダムが道内で初めて下流腹付けによる本格的な嵩上げを実施している。嵩上げは，1969年に旧清水の沢ダム（1954）が夕張市の水需要が増加したため実施している。その後，コンクリートの劣化等によるダム安全性の危惧から取り壊され，1985年に直下流に清水の沢ダムが新設されている。美唄ダムは産炭地の古洞対策として，大規模なコンクリート遮水壁（張りコンクリート）を貯水池内に設置し，1982年に竣工している。

前期までは，材料費に比べ人件費が安価であることからコンクリート量を削減するための検討がなされてきた。しかし，高度成長により人件費が高騰したため，機械化施工によるコンクリート単価の縮減と工期の短縮を図るための方策として，1974年に建設省の「コンクリートダムの合理化施工に関する研究委員会」が設置され，RCD工法などの合理化施工に着手した。その流れを受けて，新中野ダムの減勢工基礎コンクリートにRCD工法の試験施工を実施している。

特徴的なダムとしては，1986年に北海道では初めて全面越流型の洪水吐を有する愛別ダムが，1990年には北海道最大のコンクリートダムである定山渓ダム（堤高117.5m，堤体積1,185,000m$^3$）が竣工している。

1976年に「河川管理施設等構造令」が制定され，同年に「河川砂防技術基準（案)」が改定され，1977年に「多目的ダムの建設」（全4巻）が発刊されている。1970年代後半には，コンクリートダムの細部技術の整備が行われ，設計の統一化が図られている。

1976～1990年の安定成長期を第4期として，富村ダム，双川ダム，牧の内ダム，美唄ダム，ポンテシオダム，佐幌ダム，新中野ダム，清水の沢ダム，鹿ノ子ダム，駒ヶ岳ダム，愛別ダム，東の沢ダム，定山渓ダムの13ダムが対象となる。

## 5. 第5期（1991年～2005年）

経済の成長とともに，住民の社会資本整備に対するニーズも変化し，治水・利水の安全度向上など機能確保の他，環境・景観，ゆとりや豊かさなど，質の高い生活や良好な環境を求められるようになった。

ダム技術の面からは，従来工法に替わり，RCD，ELCMなど合理化施工の開発に伴って新しい工法に

よるダムが多く建設されている。1992 年に美利河ダムが北海道で初めての RCD 工法を採用して竣工しており，同年小平ダムのベルトコンベア工法，1994 年栗山ダムの ELCM，1999 年札内川ダムの高炉スラグによる RCD 工法，2000 年滝里ダムのパイプコンベアがその代表である。

ますます良好なダムサイトが減少し，地質条件の複雑化の傾向が見られ，堤頂が長いダムが多く，複合ダム（美利河ダム，美生ダム）も建設されている。その他の特徴的なダムとしては，環境対策（サクラマス）としてスイングシュート式ゲート（魚道）を設置した二風谷ダム（1997），箱型地下連続壁により低固結度弱層対策を行った美利河ダム(1992)，トンネル置換オープン掘削併用工法による断層処理を行った上ノ国ダム(2002)が挙げられる。

社会資本の整備が進行する一方，高齢化社会へ徐々に移行し財政難が社会問題となり，今日においてはダム事業においてもコスト縮減が大きな課題となっている。庶路ダム(2004)では堤高 48.9m の中規模ダムであるに関わらず，骨材製造設備を設けずにコンクリート骨材をすべて約 80km の遠隔地より購入してコスト縮減を図っている。この時期になると北海道電力㈱のダムは急速に減少し，建設されたのは奥沙流ダム（1994）だけである。

1991 年～2005 年を熟成社会への移行時期と位置付けて第 5 期とし，美利河ダム，小平ダム，知内ダム，朝里ダム，栗山ダム，西札内ダム，奥沙流ダム，二風谷ダム，神居ダム，美生ダム，札内川ダム，浦河ダム，苫前ダム，滝里ダム，大野ダム，上ノ国ダム，庶路ダムの 17 ダムが対象となる。

コンクリートダムに関連する沿革等をまとめて表-2.3 に示す。

**表-2.3　北海道のコンクリートダムに関する沿革年代別**

| 西暦 | 和暦 | 北海道の治水・利水の沿革 | 西暦 | ダムに関する法および基準の制定など | 西暦 | ダム関連の出来事 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1886 | M19 | 北海道庁設置 | 1896 | 「河川法」 | | （太平洋戦争前） | | |
| 1900 | | 北海道治水調査会の設置 | | | 1900 | 日本初のコンクリートダム五本松ダム(H=33.3m兵庫県)完成 | | |
| 1901 | | 北海道10年計画 | | | | | | |
| 1910 | | 第1期北海道拓殖計画 | | | 1910 | 道内初の重力式コンクリートダム，千歳第一ダム(H=6.4m王子製紙)完成 | | |
| 1930 | | 第2期北海道拓殖計画 | | | 1923 | 日本で初のバットレスダム，笹流ダム(函館市)完成 | | 第一期 |
| | | | 1925 | 「震度法」による耐震設計提案(物部博士) | 1925 | 震度法による初のダム小牧ダム(H=79m富山県)が完成 | | |
| | | | 1935 | 「河川堰堤規則」，「発電用高堰堤規則」制定 | 1928 | 小諸ダム(バットレス型式，長野県)倒壊，死者7名 | | |
| | | | 1942 | 「無筋コンクリート標準標準示方書案第2部重力堰堤」：土木学会 | 1941 | 幌内ダム(重力式，北海道)倒壊，死者60名 | | |
| 1947 | S22 | 地方自治法施行 | | | 1943 | 貯水池容量道内第1位の雨竜第一ダム(H= 45.5.m雨竜電力)完成 | | |
| | | 北海道庁→北海道 | | | | | 1945 | |
| 1950 | S25 | 北海道開発庁設置 | 1950 | 「昭和24年制定重力ダムコンクリート標準示方書」：土木学会 | | （戦後復興期） | | |
| 1951 | S26 | 北海道開発局設置 | | | | | | |
| 1951 | | 北海道電力㈱設立 | 1953 | 「電源開発促進法」 | | | | |
| 1952 | S27 | 電源開発㈱設立 | 1953 | 「特定多目的ダム法」制定 | | | | |
| | | | 1957 | 「　〃　」改定 | | | | |
| | | | 1957 | 「水道法」 | | | | 第二期 |
| | | **第1期総合開発計画**<br>・資源開発・産業の振興 | 1957 | 「ダム設計基準」日本大ダム会議(初めての本格的な基準) | | | | |
| | | | 1958 | 「工業用水法」 | | | | |
| | | | 1958 | 「昭和31年制定ダムコンクリート標準示方書」 | | | | |
| | | | 1958 | 「河川砂防技術基準(案)」制定：日本河川協会 | 1959 | マルパッセダム(フランス)が基礎岩盤の破壊が原因で決壊 | | |
| | | | | | | | 1960 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1962 | S37 | | | | | （高度成長期） | | |
| 1963 | S38 | | | | 1963 | 道内初のアーチダム，奥新冠ダム（H=61.2m，北海道電力）完成 | | |
| | | | 1964 | 「新河川法」 | 1963 | バイオントダム（イタリア）貯水池地すべり発生 | | |
| | | **第2期総合開発計画** | 1964 | 「近代式コンクリートダム施工法の要点」君島博次著 | | | | |
| | | ・産業構造の高度化 | 1965 | 「コンクリートダム施工基準」 | | | | |
| | | | 1967 | 「昭和42年度版ダムコンクリート標準標準示方書」 | 1967 | 道内初の中空重力式ダム，金山ダム（H=57.3m北海道開発局）完成（特定多目的ダム　法適用第1号） | | |
| 1967 | | 補助治水ダム建設事業の創設 | 1968 | 「ダム構造技術基準」および「同細則」河川局長通達 | | | | |
| 1970 | S45 | | | | | | | 第三期 |
| 1971 | S46 | | 1971 | 「改訂ダム設計基準」日本大ダム会議（日本ダムの設計基準の骨格完成） | | | | |
| | | | 1971 | 「多目的ダムの建設」上下巻 | | | | |
| | | | 1972 | 「ダム基礎岩盤のグラウチング施工指針（案）」：国土開発技術センター | | | | |
| | | | 1973 | 「水源地対策特別措置法」，「ダム構造物管理基準」日本大ダム会議 | | | | |
| | | **第3期総合開発計画** | | | 1974 | 合理化施工法の開発「RCD工法，PCD工法，拡張レアー工法（ELCM）」 | | |
| | | ・高生産・高福祉の建設 | 1974 | 「昭和49年度版ダムコンクリート標準示方書」 | 1974 | 建設省「コンクリートダムの合理化施工に関する研究委員会」設置 | 1975 | |
| | | | | | | （安定成長期） | | |
| | | | 1976 | 「河川管理施設等構造令」および「施行規則」政令199号（建設省河川局） | | | | |
| | | | 1976 | 「河川砂防技術基準（案）」改定：日本河川協会 | | | | |
| 1977 | S52 | | 1977 | 「ルジオンテスト施工方針」 | | | | |
| | | | 1977 | 「多目的ダム建設」全4巻 | | | | |
| 1978 | S53 | | 1978 | 「第2次改定ダム設計基準」 | 1978 | RCD工法を島地川ダム（山口県）に採用 | | |
| | | | 1979 | 「コンクリートダムの細部技術」 | | | | |
| | | **第4期総合開発計画** | 1981 | 「RCD工法技術指針（案）国土開発技術センター | 1981 | 道内初のRCD工法を減勢工に採用した新中野ダム（北海道を完成） | | 第四期 |
| | | ・安定性のある総合環境への形成 | 1982 | 「ダムの安全管理」土木研究所技術資料 | | | | |
| | | | 1983 | 「グラウチング技術指針（案）」国土開発技術センター | | | | |
| 1987 | S62 | | 1985 | 「建設省河川砂防技術基準（案）」改訂 | | | | |
| 1988 | S63 | | 1986 | 「昭和61年制定コンクリート標準標準示方書「ダム編」 | | | | |
| | | | 1986 | 「改訂ダム構造物管理基準」日本大ダム会議 | 1989 | 北海道開発局が本格的なRCD工法を採用 | | |
| | | | 1988 | 「昭和62年版多目的ダムの建設」全5巻 | | 美利河ダム（北海道開発局）完成 | | |
| | | | 1989 | 「改訂RCD工法技術指針（案）」国土開発技術センター | | | 1990 | |
| | | | 1991 | 「フィルダムの耐震設計指針（案）」 | | （成熟期） | | |
| | | | 1991 | 「コンクリート標準示方書「平成3年版」「ダム編」 | 1992 | 北海道がベルトコンベア工法を採用，小平ダム（北海道）完成 | | |
| | | **第5期総合開発計画** | 1992 | 「河川管理施設等構造令」一部改訂政令5号（建設省河川局） | | | | |
| | | ・我が国の長期的な発展への貢献，国の内外との競争に耐える力強い北海道の形成 | | | 1993 | 北海道がダム本体に本格的なRCD工法を採用　朝里ダム（北海道）完成 | | |
| | | | | | 1994 | 北海道が初めて拡張レアー工法（ELCM）を採用　栗山ダム（北海道）を完成 | | |
| | | | | | 1995 | 建設省「ダムの耐震性に関する評論検討会」発足（「兵庫県南部地震」発生を受け「震度法によって設計されたダムは十分な耐震性を有していることを確認） | | 第五期 |
| | | | 1996 | 「コンクリート標準示方書「平成8年版」「ダム編」」 | | | | |
| 1997 | H9 | | 1997 | 「河川法」一部改定 | | | | |
| | | | 1997 | 「建設省河川砂防技術基準（案）改訂日本技術協会 | | | | |
| | | | 1997 | 「河川管理施設等構造令」一部改訂政令343号（建設省河川局） | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1998 | H10 | **第6期総合開発計画**<br>・国内外に開かれた自立する北海道の実現<br>・恵まれた環境や資源を，誇りを持って次世代に引き継ぐ北海道の実現<br>・多様な生活文化を享受できる安全でゆとりの有る北海道の実現 | | | 1998 | 高炉セメントを使用したRCD工法の札内川ダム(北海道開発局)完成 | | |
| | | | | | 1999 | 我が国で初めてコンクリート運搬設備にパイプベルトコンベアを採用したRCD工法の滝里ダム(北海道開発局)完成 | | |
| | | | 2001 | 「ダム建設における水理地質構造の調査と止水設計」:土木学会 | | | | |
| | | | 2002 | 「改定グラウチング技術指針(案)」 | 2002 | 大規模断層処理にトンネル置換工法を採用　上ノ国ダム(北海道)完成 | | 第五期 |
| 2001 | | 国土交通省設置 | 2002 | 「2002年版コンクリート標準示方書「ダム編」」 | | | | |
| | | | 2003 | 「台形CSGダム技術資料」 | | | | |
| | | | 2005 | 「平成17年版多目的ダムの建設」全7巻 | | | | |
| | | | 2005 | 「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」国土交通省河川局 | | | | |
| 2007 | H19 | | | | | | | |

## 第３節 北海道に建設されたコンクリートダム

### 1.　第１期（1945 年以前）に建設されたダム

#### ①　千歳第三（ちとせだいさん）ダム（1918 年）王子製紙㈱・・・・現存する北海道最古のコンクリートダム

千歳第三ダムは，堤高 23.6m 堤頂長 119.4m の現存する北海道最古のコンクリートダムである。

千歳第三ダムは，1916 年９月工事に着手し，1918 年５月に竣工した重力式コンクリートダムで，堤高 23.6m は当時空知川で富士製紙㈱によって建設された旧野花南ダム（堤高 21.21m，1918 年竣工）と同規模であった。

千歳川は，支笏湖を水源とするため，河川の流況がきわめて安定，良好であり，流砂や堆砂が殆どなく水力発電には非常に恵まれている。



写真-2.1　千歳第三ダム

また，ダム堤体は玉石混じりコンクリート造りであるが，外面に石張りを施しており，竣工後約 90 年を経た今でも凍害を受けず，健全な状態を維持している。

#### ②　千歳第四（ちとせだいよん）ダム（1919年）王子製紙㈱・・・・千歳川の水力発電開発



写真-2.2　千歳第四ダム

王子製紙㈱の千歳川水系の水力発電開発は，1910 年に最上流の千歳第１発電所（当時 認可出力 7,500kW）が運開し，その後 1916 年に第２発電所（当時 認可出力 2,000kW），1918 年に第３発電所（当時　認可出力 2,450kW），1920 年に第４発電所（当時 認可出力 2,648kW）を完成させ，遅れて 1941 年に第５発電所（認可出力 1,600kW）で終了した。

千歳第四ダムは，1918 年 11 月に着手し，1920 年１月に竣

工した重力式コンクリートダムで，堤高 21.9m 堤頂長 102.4m である。

千歳第三ダムと同じく，流砂や堆砂が殆どなく水力発電には非常に恵まれており，また堤体の構造も同一なため，竣工後約 90 年を経た今でも凍害を受けず，健全な状態を維持している。

### ③ 笹流（ささながれ）ダム（1923年）函館市‥‥我が国最古で北海道唯一のバットレス式コンクリートダム

函館市水道局所有の笹流ダムは，亀田川水系笹流川に 1921 年に着工し，1923 年 11 月に竣工した堤高 25.3m 堤頂長 199.4m のバットレス式コンクリートダムである。我が国最古であり，ダム規模は丸沼ダム（堤高 32.1m）に次いで我が国第 2 位である。

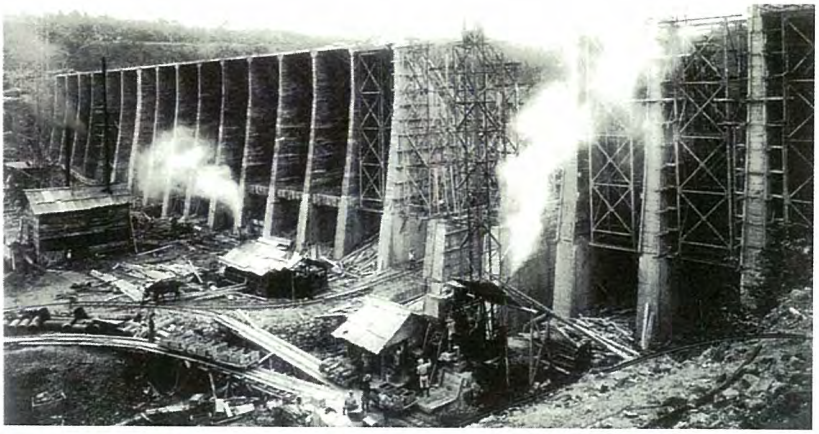


写真-2.3 当時の工事風景

竣工後約 60 年を経た現在に至るまで立派にその機能を果たしているが，経年による劣化，損傷が徐々にあらわれ、1948 年・1949 年には扶壁振止め水平梁等の表面風化部を除去し，モルタル吹付けによる補修が実施された。その後幾度も函館市水道局の独自の調査を経て，建設省土木研究所の抜本的な改修が必要との指導を受け，1983 年・1984 年度に改修工事を行った。

笹流ダムが北海道におけるコンクリート構造物として歴史的な価値を有し，構造型式として非常に珍しいものであることから，補修計画では型式をバットレス式として保存・補強した。2001 年には土木学会選奨土木遺産に指定されている。

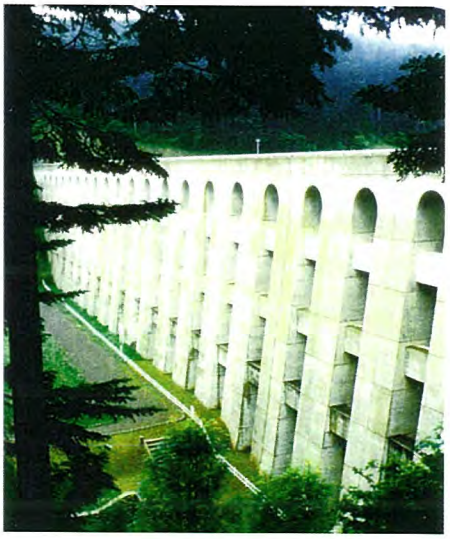


写真-2.4 珍しい構造を残す笹流ダム

### ④ 一の沢（いちのさわ）ダム（1926年）北海道電力㈱‥‥‥‥貯砂ダムとして現存するコンクリートダム



写真-2.5　一の沢ダム

一の沢ダムは，堤高20.3m 堤頂長83.9mの重力式コンクリートダムである。1926年札幌水力電気㈱（後に北海水力電気㈱に合併）によって開発された一の沢水力発電所のダムで，当時電力需要が増加していた札幌圏へ送電した。

一の沢発電所は，日本発送電㈱を経て，北海道電力㈱に移管されたのち，1972年北海道電力㈱の砥山ダムの建設に伴い廃止された。一の沢ダムは砥山ダムの貯砂ダムとして現在に至っている。

### ⑤ 古川（ふるかわ）ダム（1929年）北海道電力㈱・・・・北海道初の調整池式発電所・サイフォン洪水吐

古川ダムは，上川発電所の調整池ダムで，堤高 23.9m 堤頂長 156.4m の重力式コンクリートダムである。1915 年北海道電燈㈱（富士電機，後の大日本電力㈱）により建設された上川発電所は，当時としては珍しい需要に合わせて電力を供給できる調整池式発電所である。発電所は 1915 年 12 月に運開し日本発送電㈱を経て北海道電力㈱に移管され現在に至る。

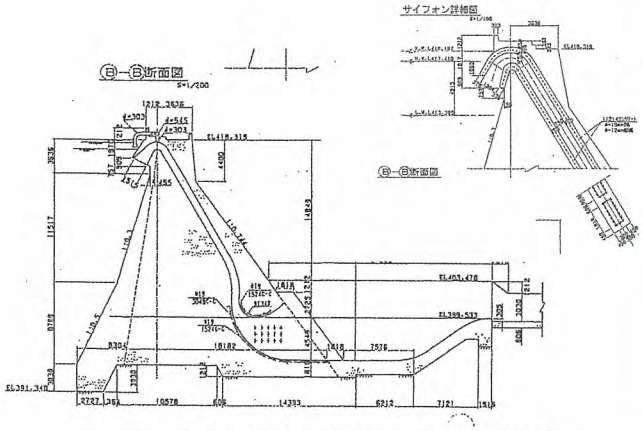



図-2.2　古川ダム サイフォン部の断面図



写真-2.6　古川ダム

### ⑥ 相沼内（あいぬまない）ダム（1930年）北海道電力㈱・・・・ダム工事を未完成のまま竣工したダム




写真-2.7　相沼内ダム

相沼内ダムは，堤高 25.3m 堤頂長 90.9m の重力式コンクリートダムである。相沼内発電所の取水ダムで，瀬川一郎氏外 6 名で自家用発電として水利権を得て竣工したものである。

その後，函館水電㈱が買収し，有望地点と言うことでダムの再開発を行ったが，漏水が著しいことから未完のまま，使用認可を 1930 年に受けている。常時尖頭出力 2,000kW の設備計画だが，常時 300kW しか出力のでない発電所となった。その後，日本発送電㈱を経て，北海道電力㈱に移管され，現在に至る。

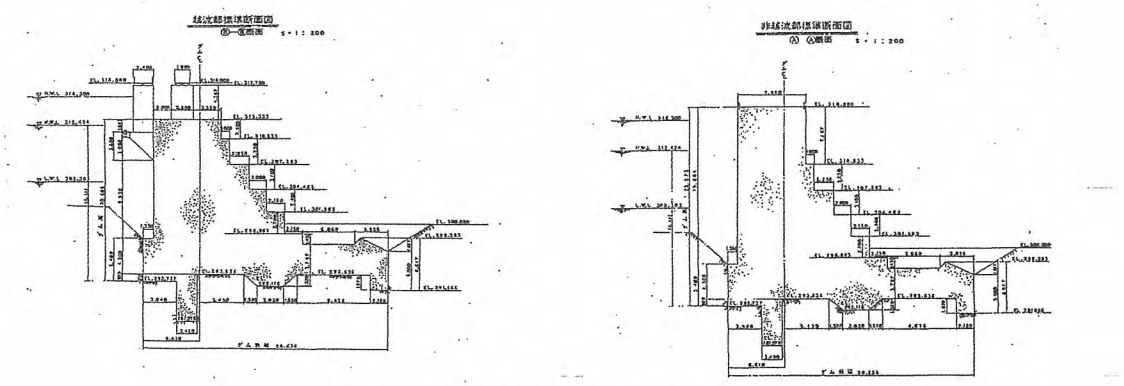



図-2.3　相沼内ダムの非越流部断面図

### ⑦ 常路川（ところがわ）ダム（1931年）北海道電力㈱‥‥函館水電㈱によって建設されたダム



常路川ダムは，堤高24.5m 堤頂長57.9mで，函館水電㈱（のちの帝国電力㈱）によって磯谷川第一発電所（1924年6月運開）の貯水ダムとして1931年に増設された重力式コンクリートダムである。

その後，日本発送電㈱の直轄となり，戦後北海道電力㈱に移管され，現在に至っている。

写真-2.8 常路川ダム

### ⑧ 清水沢（しみずさわ）ダム（1940年）北海道‥‥自家発電用を当初目的として建設

清水沢ダムは，堤高 25.4m 堤頂長 91.8m の重力式コンクリートダムである。1940 年に北海道炭坑汽船㈱が自家発電を目的として建設した。

1953 年から 1954 年に，国営総合かんがい排水事業夕張地区が嵩上げのためにゲートを設置し，貯水量 3,070 千 $m^3$ の増量を図った。嵩上げ高は 4.24m である。

その後，北海道が買収し，以降道営の清水沢発電所のダムとして北海道開発局と共同使用している。




写真-2.9　清水沢ダム

### ⑨ 旭町第一（あさひまちだいいち）ダム（1941年）夕張市‥‥石炭産業を支えた水道専用ダム



写真－2.10 旭町第一ダム

旭町第一ダムは，堤高 22.0m 堤頂長 115.0m の重力式コンクリートダムである。太平洋戦争の最中に夕張炭鉱の水道需要に対処するため，北海道炭鉱汽船㈱はダム事業費の全額負担と夕張市への寄付を前提に，旭町第一ダムを 1939 年に着工し，1941 年に完成した。

その後も更に炭鉱の人口は増加の一途を辿り，渇水期には住民が水汲みに行列する有様となり，特に若菜・清水の沢地区の水需要が高まったので，夕張市は別の水源として清水の沢ダムを 1952 年に着工し，1953 年に完成した。その後，1970 年度から 2 ヵ年計画で，余水吐ゲート，通廊内からの基礎排水ボーリング，カーテングラウト工事，排泥弁新設工事を実施している。

### ⑩ 岩松（いわまつ）ダム（1942年）北海道電力㈱・・・・雨竜第一ダムに次ぐ当時北海道第2位の規模

岩松ダムは，堤高 37.2m 堤頂長 190.5m の日本発送電㈱が北海道に最初に建設したダムである。1940 年 3 月に着工，1942 年 12 月に竣工し，その後，北海道電力㈱に移管され現在に至っている。

当時，本州において大規模な開発が予期されていた只見川の近代的ダム建設を演習するため，積雪寒冷地で流量が多い河川と言うことでこの地点を選び，準直営方式を加味した請負工事で建設が進められた。

戦時下の建設であったため，建設資材，労務者の不足など，悪条件のもとで建設が行われた。ダム型式は重力式コンクリートダムで，堤高 37.2m は，当時北海道で同時期に建設中であった雨竜第一ダムに次ぐものである。



写真－2.11　岩松ダム

### ⑪ 雨竜第一（うりゅうだいいち）ダム（1943年）北海道電力㈱・・・・・・・・・・

### 我が国最大の湛水面積である朱鞠内湖・北海道初の通廊

### ⑫ 雨竜第二（うりゅうだいに）ダム（1943年）北海道電力㈱



写真－2.12 雨竜第一ダムと朱鞠内湖

雨竜第一ダムは，堤高 45.5m 堤頂長 216.0m，雨竜第ニダムは，堤高 35.7m 堤頂長 230.0m の重力式コンクリートダムである。王子製紙㈱が設立した雨竜電力㈱によって建設され，当時北海道で不足していた電力の供給が目的であった。

計画地は，北海道大学の演習林として未開の原始林が広がっていた。その膨大な森林に着目した王子製紙㈱は原始林を製紙原木として伐採するとともに，伐採跡を利用した貯水池と流域変更による大きな落差を活用する発電所を計画した。1928 年に雨竜電力㈱が設立され，10 年余の調査設計を経て，1939 年に着工，1943 年に完成した。

現地は北海道でも特に自然環境が厳しい地域であること，計画規模が当時としては画期的に大きく，技術的に解決すべき諸問題が山積みしていたこと，更には戦時下における建設資材，労務者が不足していたことなどの理由により，その建設はきわめて困難であった。現在は北海道電力㈱に引き継がれている。

朱鞠内湖は，当時我が国最大の貯水量であった。北海道においては現在も第一位である。また，湛水面積は，現在も我が国最大で雄大な景観を誇っている。

基礎岩盤は，ダムの基盤として適しているとはいえない状況であったが，止水壁の設置など，基礎岩盤処理を行なって，地下浸透水の防止対策を実施している。北海道初と思われる通廊を設置し，1 インチドレーンパイプを基礎岩盤線に沿い 4 本埋設している。その先端は岩盤に貫入させモルタルによって先端部が閉塞しないように処置し，終端をグラウトギャラリー内の壁面に出し，湛水後の揚圧力を圧力計により



観測するとともに，軽減させている。

雨竜発電所は，国内初の地下式発電所でその巧みな発電計画により北海道の電力供給の中核を担っている。昭和初期を代表する電力土木構造物として 2005 年に土木学会選奨土木遺産に指定されている。

写真-2.13 雨竜第ニダム

## 2. 第 2 期（1946 年～1960 年）に建設されたダム

### ⑬ 鷹泊（たかどまり）ダム（1953年）北海道・北海道開発局‥‥北海道初の多目的ダム・表層取水

鷹泊ダムは，堤高 35.0m 堤頂長 170.5m の重力式コンクリートダムである。雨竜川下流域の鷹泊地点でかんがい用利水と道営発電の共同事業として建設されることになり，北海道としては初めての多目的ダムとなった。都道府県が直接このような事業を手がけることは全国的にもあまり類例がなく，実施にあたっては技術面や資金面に大きな困難があった。また，朝鮮戦争，炭鉱ストなど社会不安による建設資材や食料不足などの悪条件が山積していた。

このような情勢の中で 1950 年 8 月起工，3 年足らずの工期と延べ 41 万人の汗の結晶により 1953 年 9 月竣工した。ダムサイトの岩質は蛇紋岩であり，節理が相当発達し且つ粘土層を有している。そのため，基礎岩盤に対する止水工法として，カットオフ工法（止水壁）とグラウチングを実施している。貯水池の利用水深が 14m に亘るため，常に高能率運転が可能なカプラン水車を採用した。かんがい期間中（5 月中旬から 8 月中旬）には常に高温の水が得られるように取水塔（半円形多段式ゲート）の構造に考慮を払っている。

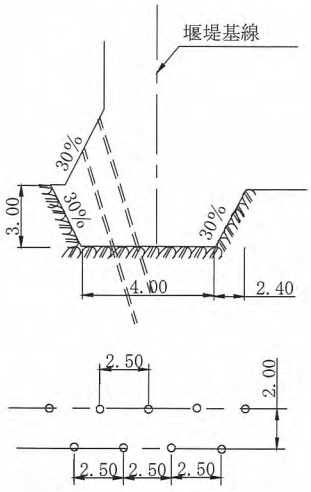



図-2.4　カットオフ詳細図




写真-2.14　鷹泊ダム

1953 年の竣工以来，堤体コンクリートは凍結融解により劣化して，表面にひび割れ，剥離などが見られた。そのため，1999 年から 2002 年にかけて，堤体下流側の越流面全体と減勢工水叩き部のコンクリートを 50～130cm 切削除去して，新たなコンクリートで補修した。

### ⑭ 芦別（あしべつ）ダム（1953 年）北海道電力㈱・・・・当時我が国最大のクレストゲート



写真-2.15　芦別ダム

芦別ダムは，堤高 16.5m 堤頂長 90.8m の重力式コンクリートダムである。

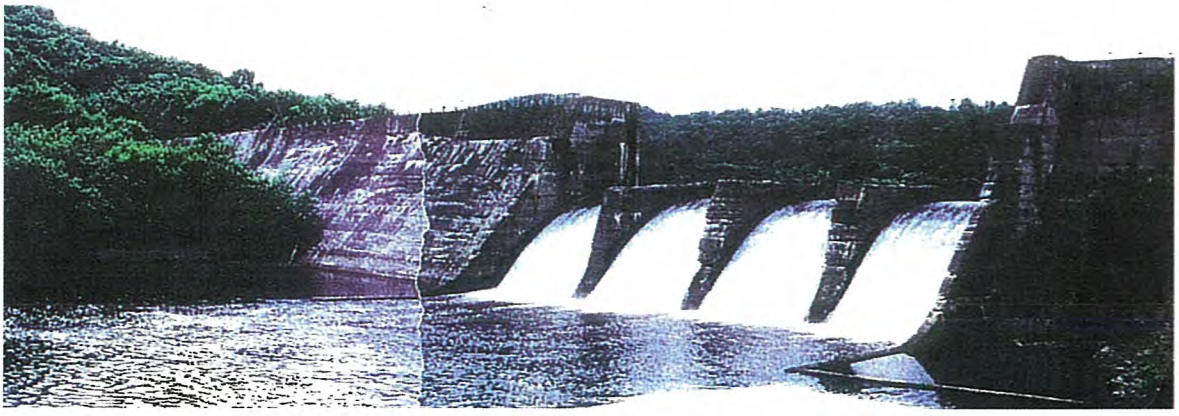
芦別発電所は，1951 年 12 月に北海道電源拡充計画の一環として北海道電力㈱が，然別第一，第二の水力発電所及び砂川（第二期増設工事）の火力発電所と同時に着工した新設の水力発電所で，国鉄根室本線芦別駅から北方約 2km に設けられた最大出力 10,000kW の調整式発電である。芦別発電所は，当時空知川下流部における唯一のダム式発電所で，1917 年富士電気㈱が上野花南発電所に引き続き開発を計画していたが，炭田地帯での補償問題が難航したため断念し，以来北海道電燈㈱（のち大日本電力㈱に改称），日本発送電㈱，北海道電力㈱と継承されて来た経緯がある。

ダム規模の計画に当たり，計画洪水量流下時の水位を常時満水位と一致させ，背水の影響を緩和するためと，調整池内の土砂堆積を防止するために固定堰を低くして，可動堰による堰上げとした。ゲートは幅 18.2m ，高さ 9.3m，捲揚機や戸当を含む 1 門当たりの重量 125.6ｔという当時我が国で初めて造られた大きなものであった。

### ⑮ 幌内（ほろない）ダム（1954 年）北海道・・・・決壊した重力式コンクリートダム

旧幌内ダムは 1940 年に竣工したが，1941 年 6 月の洪水で決壊した。原因は設計及び施工不良とされている。1951 年雄武町電力利用農協組合が修復に着手した。その後に枝幸町電力利用農協組合が再建に加わり共同施工となった。

堤高 21.1m 堤頂長 161.9m の重力式コンクリートダムで，1954 年に竣工し，1955 年営業運転に入ったが，1963 年に廃止された。ダムは現在北海道が管理を行っており，1980 年に洪水吐ゲート及び中間ピアは撤去されている。



写真－2.16　現在の幌内ダム

＜被害の概要＞
死者：60 人
家屋流出破壊：36 戸
耕地被害：80ｈａ
流出物件,其の他
　流出水量：200 万 $m^3$
　流出木材：約 5,000$m^3$
　決壊ダム越流部：80m

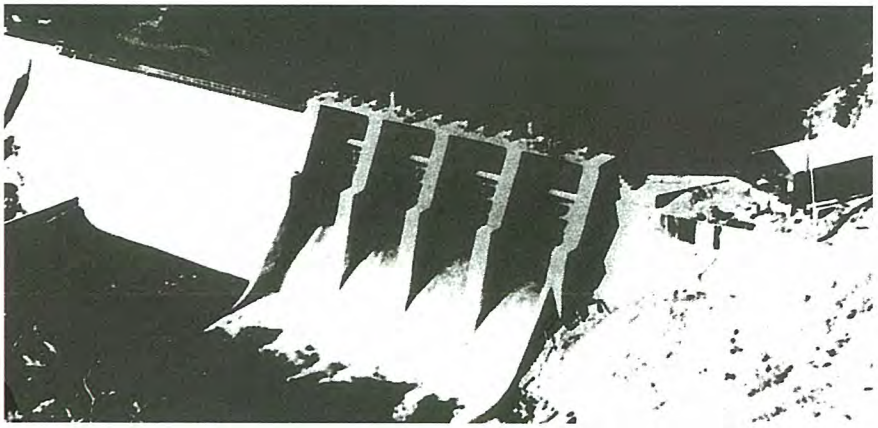


写真-2.17　昭和 30 年当時の幌内ダム

### ⑯ 幌満川第三（ほろまんがわだいさん）ダム（1954 年）日本電工㈱‥‥基礎処理の改良効果を設計に反映させたダム

幌満川第三ダムは，堤高 42.5m 堤頂長 186.3m の重力式コンクリートダムで，日本電工㈱の発電用ダムである。発電の主目的は，日本電工㈱日高工場への電力供給である。余剰電力は，北海道電力㈱に売却しており，その電力は様似町，えりも町などへ供給されている。



写真-2.18　幌満川第三ダム

ダムの特徴としては，基礎処理の改良効果を設計に反映させている点である。カーテングラウチング施工の効果として，当初の揚圧力係数を見直しμ＝1/3 から 0.2 に減少させている。これにより，常時満水位を 1.0m 上昇させた(EL 131.00→EL 132.00)。その他，揚圧力低減を目的として，ダム基盤岩盤の上流端に深さ 3.0m，敷幅 2.5m のカットオフトレンチを設けている。

### ⑰ 活込（かっこみ）ダム（1955 年）電源開発㈱‥‥‥‥ダム基盤岩盤の透水層に止水グラウチング

活込ダムは，堤高 34.0m 堤頂長 185.0m の重力式コンクリートダムである。洪水吐は，高さ 8.85m 幅 8.25m のラジアルゲート 4 門により，設計洪水量 1,580$m^3$/s を流下させ，越流部の全幅 40.2m から水叩部で導流壁によって，30.5m に漸減している。



写真-2.19　活込ダム

10m 以深のダム基礎岩盤には浸透性の火山礫凝灰岩が分布している。浸透流長は 200m 以上となっており，ダム築造による水頭 34m に対して約 6 倍である。活込ダム地点の地質は，下層に浸透性の岩盤が分布することから，止水グラウチング計画は慎重に行われ，特に軟質凝灰岩の止水方法については，種々の検討を行って施工した。その結果，湛水後もダム下流約 200m の火山礫凝灰岩の露頭部に漏水は発生していない。

### ⑱ 糠平（ぬかびら）ダム（1956 年）電源開発㈱・・・・レヤー工法・寒中施工・垂直断層処理

糠平ダムは，帯広から上流約 50 ㎞地点の音更川に築造したもので，堤高 76.0m 堤頂長 293.0m の重力式コンクリートダムである。中央部に幅 8.0m 高さ 9.4m のクレストゲート３門を有する。打設速度を上げる目的でレヤー工法を採用し，このため中庸熱セメントを使用したほか，コンクリートのプレクーリングや打設速度の規制を行っている。

コンクリート打設期間は当初４月から 11 月までとしていたが，地質不良のためコンクリートの全体

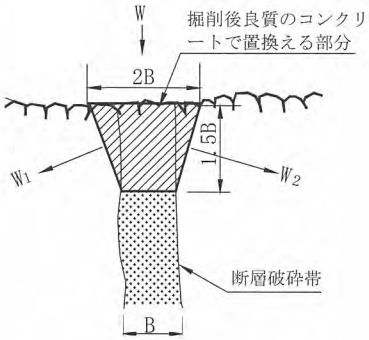



図-2.5　垂直断層の処理




写真-2.20　糠平ダム

量が 50,000m³ 増となったため，打設期間を超えて寒中コンクリートの施工を実施した。周囲のダム基礎掘削が終了した後，図-2.5 に示すように，垂直断層を楔型に切取り，コンクリートで置き換え，上部からの加重Wを切取り斜面$W_1$と$W_2$の方向に伝達させた。断層や破砕帯内に水が浸透した場合，軟弱化することが懸念されたことから，上流側で止水を完全に行うために，上流端の断層に沿って竪抗を設け，新鮮な硬岩まで破砕帯を切取った後，コンクリートを充填し周囲を十分グラウチングしている。

### ⑲ 元小屋（もとごや）ダム（1956 年）電源開発㈱・・・・驚異の短期施工

芽登第一発電所は，当時十勝川水系のうち糠平系電源開発計画の１連をなす四地点のうち上流部から二番目に位置する発電所である。上流の糠平発電所の放水位と音更川東方をほぼ平行に南流するピリベツ川ピリベツ地点との標高差を利用し，糠平発電所の放水とピリベツ川の水を使用して発電するものである。

元小屋ダムは，音更川元小屋に築造された堤高 32.0m 堤頂長 86.0m の重力式コンクリートダムである。有効貯水量 810,000m³ の調整池を設け，残流域 21.0km² の流入量とともに逆調節して，ピリベツ川支流芽登川及び幾品川の流量を取水し，導水路 11,067m によりピリベツ川に流域変更した。

元小屋ダムは，下流音更川流域の十勝土地改良区に対するかんがい用のため，早期完成の必要に迫られ，1956 年６月中旬の湛水開始を目標に工事を開始した。1955 年４月河流を仮排水路に切替えて基礎掘削を開始し，同年７月よりコンクリートを打設した。1956 年６月に湛水を始め，糠平発電所より調節放流を行った。

### ⑳ 桂沢（かつらさわ）ダム（1957 年）北海道開発局‥‥北海道の高炉セメントを使用

桂沢ダムは，堤高 63.6m 堤頂長 334.3m の重力式コンクリートダムである。

戦後の国土開発復興のため北海道における「河川総合開発事業」として鷹泊ダムとともにいち早く採択され，「特定多目的ダム法」の制定以前であったことから洪水調節，水力発電（電源開発㈱），水道水（桂沢上水組合）の 3 者による共同ダムとして事業化された。建設着手後に計画変更があり，堤高を当初より 13.5m 上げたが，すでにケーブルクレーンの走行路が出来上がっていたこと，基礎掘削土量の増加による工事費の増大が懸念されたこと，岩盤の強度に問題があったことから，掘削量を極力抑えて，遮水を目的として両岸のアバット部にコンクリートコアウォールを施工した。

セメントは当初中庸熱セメントを計画したが，北海道内では入手できず，また高価なことから，普通セメントが用いられた。その後，1954 年室蘭に高炉セメント工場が設立されたので，高炉スラグ混合率 40，50，60％の 3 種類のセメントを製造して各種試験を行った結果，混合率 50％のセメントを 1955 年 6 月から使用開始した。以後，大夕張ダム（かんがい用）で高炉スラグ混合率 55％，札内川ダムで高炉スラグ混合率 65％に発展する礎を築いた。




写真－2.21　桂沢ダム

粗骨材はダムサイト下流 600m の原石山から坑道式大発破で砂岩を採取・破砕した。破砕細骨材は原石山のうち比較的品質の劣るものが細分される傾向にあったため，細骨材はすべて幌別海岸の砂を使用した。

### ㉑ 芦別（あしべつ）ダム（1957 年）北海道開発局‥‥索道による資材運搬・現地発生材（木材）の有効活用



写真-2.22　芦別ダム

芦別ダムは，堤高 22.8m 堤頂長 100.5m の重力式コンクリートダムである。

桂沢ダムとともに「幾春別総合開発事業」として事業化された。芦別関係の工事は，芦別川支流のキムン芦別川における取水堰，取水口，導水トンネル，芦別ダム，流域変更のための取水口，共同水路，同放水路と作業箇所が分散していた。営林局の森林軌道以外に連絡路が無いため，28km の連絡道路を新設して自動車輸送によって資材を運搬した。

骨材は桂沢ダムの原石山産骨材を索道にて運搬した。セメントは日本セメント上磯工場製のものを貨車輸送し，更に索道により輸送した。鉄筋その他の資材の一部も索道を利用したが，雑資材は幾春別岐線から熊追発電所地点までトラックで運び，さらにオート三輪車に積替えて芦別ダム地点まで運搬した。

工事写真をみると索道の塔柱はすべて丸太トラスで建造されている。また，コンクリートプラント建屋，ケーブルクレーン固定塔，骨材置場からコンクリートプラントに至るベルトコンベヤの橋体，

及び脚部はすべて丸太を利用したトラス構造であった。

### ㉒ 岩知志（いわぢし）ダム（1958年）北海道電力㈱‥‥日高電源開発計画として建設した最初の本格的なダム

岩知志ダムは，堤高 33.0m 堤頂長 92.2m の重力式コンクリートダムである。

日高山脈の西側斜面を太平洋に向かって流下している鵡川・沙流川・新冠川・静内川の４河川を総合的に一貫開発する日高電源開発は，1 河川の流域面積が 400～1,300 km$^2$ という中小河川を縦横に連繋し，貯水池・調整池群で水力電源ブロックを形成する計画とした。1956 年 10 月に沙流川において岩知志発電所の建設に着手して以来，岩清水・右左府・奥新冠・春別・静内・下新冠・新冠・双川・高見・東の沢・奥沙流及び日高の 13 発電所を完成させ，その総出力は 622,800kW に達している。




写真-2.23　岩知志ダム

岩知志発電所は，北海道電力㈱における日高電源開発計画の第一地点であり，岩知志ダムは，北海道電力㈱が建設した初めての本格的なダムであった。

ダム基礎岩盤は，輝緑凝灰質粘板岩で小亀裂が発達しているが基礎としての強度は十分であることから，遮水のために高圧カーテングラウチング及び急傾斜のコンタクトグラウチングを施工し，コンソリデーショングラウチングは実施していない。

### ㉓ 岩清水（いわしみず）ダム（1959年）北海道電力㈱‥‥河流処理に独自の工夫



写真－2.24　岩清水ダム

岩清水発電所の位置する新冠川は，河川勾配 1/62 と急勾配で，水路式発電所としては有利な条件であることから，調整池を有するダム水路式として計画した。最大使用水量 15.0m$^3$/ｓを取水し，導水路トンネル 3,912m により有効落差 118.5m を得て発電所の最大出力は 15,000kW である。

岩清水ダムは，堤高 30m 堤頂長 124.2m の重力式コンクリートダムで，堤体積 25,514m$^3$ と小規模なダムであるが，流域面積が約 220 km$^2$ 以上で流況の良い地点にあるため，河流処理に大きな仮排水路を必要とした。その対応として，一般的には対象流量相当の堤内仮排水路が必要となるが，岩清水ダムでは仮排水路トンネルは半径 2.3m の比較的小さな断面とし，ダム堤体内の仮排水路は設けないで狭い中止めブロックを設置し，出水時の仮排水路補助水路とした。中止めブロックは洪水期が終わってからコンクリートを打設した。

仮排水路トンネルの閉塞締切りゲートは，閉塞後引き上げて，他の現場に流用した。その後，春別ダムにおいても同様の工法を採用している。

### ㉔ 三渓（さんけい）ダム（1960年）北海道・・・・北海道初のかんがい専用ダム

三渓ダムは，古丹別支川マルシメ沢川にかんがい専用ダムとして建設したものである。型式は重力式コンクリートダムで，堤高 17.0m 堤頂長 77.0m 総貯水量 688,000m$^3$ 有効貯水量 606,000m$^3$ である。ダムの建設によって，農地面積 380ha への給水が可能となった。



写真-2.25 三渓ダム

### ㉕ 糠南（ぬかなん）ダム（1960年）電源開発㈱・・・・北海道初の複合ダム

糠南ダムは，コンクリートダムとロックフィルダムからなる北海道初の複合ダムで，コンクリートダムは堤高 17.7m 堤頂長 161.0m，ロックフィルダムは堤高 18.6m 堤頂長 151.5m である。

糠南ダム及び支水路は，さきに運開した芽登第一発電所主水路の合流槽に接続するもので，利別川の支流幌加ピリベツ川及び糠南川の河川流域面積 277.5km$^2$ の流水を，有効容量 480,000m$^3$ の糠南調整池において調整し，最大 15m$^3$/s の水を導水するものである。これによって芽登第一発電所は最大使用水量が 33m$^3$/s となり，出力を 10,200kW 増加されて，最大出力 27,400kW の運転が可能となった。

糠南ダムの当初計画は堤頂長 147.5m の重力式コンクリートダムであったが，水路のルート変更に伴い，堤頂長 151.5m のロックフィルダムと，堤頂長 161.0m（土砂吐部 7.5m，越流部 70m，非越流部 71m，取水口部 12.5m）の重力式コンクリートダムを合わせた堤頂長 312.5m の複合ダムに変更した。また，下流エプロンの当初設計は水平であったが，岩盤の形状に合わせて 3 段階とした。

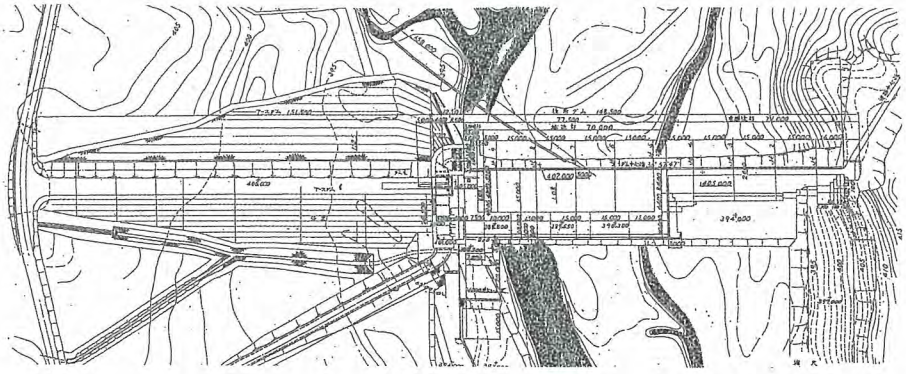


図-2.6　糠南ダムの平面図

## 第 3 期（1961 年～1975 年）に建設されたダム

### ㉖ 双珠別（そうしゅべつ）ダム（1961 年）北海道電力㈱・・・・導水路中心線の測量に航空三角測量を導入

双珠別ダムは，堤高 29.0m 堤頂長 83.0m の重力式コンクリートダムである。

沙流川の流水を鵡川水系双珠別川に流域変更し，最大 15m$^3$/s を取水し，9,784m の導水路トンネルによって 193.9m の落差を得てを発電し，その後 1,988 kmの放水路を経て沙流川に放流する。右左府発電所は最大出力 25,000kW の発電所である。



発電所地点は，国有林内で径 30cm 以上の樹木の密生した原始林である。従来，導水路中心線の座標を決定する際には地上測量で行っていたが，歩道もない標高 500～1,000m の急峻な山岳地帯であったため，中心線測量に初めて航空三角測量を用いた。

写真-2.26 双珠別ダム

### ㉗ 大夕張（おおゆうばり）ダム（1962 年）北海道開発局‥‥建設当時日本一の堤高を誇るかんがい用ダム

大夕張ダムは，堤高 67.5m 堤頂長 251.7m の重力式コンクリートダムである。

戦後の北海道総合開発計画の中の一大事業として北海道開発局が建設した。食糧増産のためのかんがい用水源の確保と発電を目的として建設した利水専用ダムで，建設当時かんがい用ダムとしては我が国第一位（堤高 67.5m）のダムであった。

水和熱が少ないダム用高炉セメント(高炉スラグ 55%)を富士セメント(当時)室蘭工場で製造した。当初（1958 年～1959 年）はビンゾールを使用，1959 年 6 月からポゾリスに変更し，No.8 はセメントの 0.25%，No.114 は 50 倍希釈溶液として使用した。コンクリートを冷却するために，11℃の地下水を使用してパイプクーリングを実施した。

堤体掘削の進行に伴い，左岸一帯に亘る断層の滑動が活発化したことが堰堤建設上極めて重大な問題となった。これら滑動の原因を追究すべく調査は慎重に行われた。亀裂間隙の測定及びフロレッセンソーダ液を注入して亀裂の状態を調査し，また地質図による堤体断面と断層との関連を検討のうえ，掘削剥除すべき断面図を作成し，荷重の軽減のため土量 33,000$m^3$ の剥土を行い，掘削面の安定を図った。



写真-2.27　大夕張ダム

### ㉘ 川端（かわばた）ダム（1962 年）北海道開発局‥‥夕張川流域一帯の開発を目的とするダム

国営大夕張土地改良事業として建設された川端ダムは，1963 年完成した重力式コンクリートダムで，堤高 21.4m 堤頂長 280.0m である。洪水吐ゲートは高さ 6.5m 幅 10.0m のもの 7 門，栗山取水ゲートは高さ 2.6m 幅 3.5m のもの 1 門，由仁取水ゲートは高さ 2.6m 幅 5.0m のもの 1 門が設置されている。



写真－2.28　川端ダム

ダム地点を挟んで夕張川を渡る JR（旧国鉄）夕張線の鉄橋がダムサイト近くの下流に 1 本，上流に 2 本あった。また，道営（旧北炭所有）の滝の上発電所があるために，貯水によるバックウォーターがこれらの構造物に悪影響を及ぼさないようにダム位置及びダム規模が計画され

た。

グラウチングは断層処理グラウチング，遮水（カーテン）グラウチング，及び左右岸取付け部（リム）グラウチングを行った。

### ㉙ 奥新冠（おくにいかっぷ）ダム（1963年）北海道電力㈱・・・・・・・

**北海道初のアーチ式コンクリートダム・導水路延長日本一（当時）**

奥新冠ダムは，堤高 61.2m 堤頂長 110.0m の北海道初のアーチ式コンクリートダムである。

奥新冠発電所は，日高連峰山麓沿いに流域変更しながら，延長 24km の支水路トンネルと延長 6.6km の本流圧力トンネルからなる総延長 30.6km の導水路を持ち，単独の発電所としては当時我が国第一位であった。

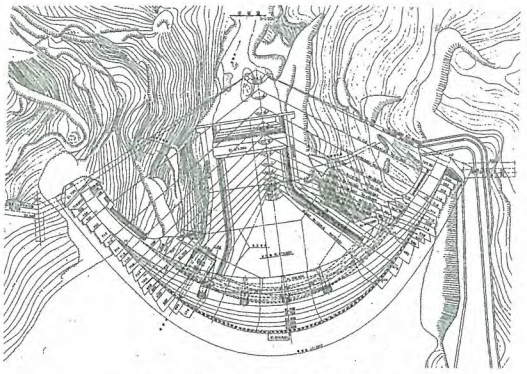


図-2.7　ダムの平面図



写真－2.29　奥新冠ダム

設備の特色としては，上部水室付傾斜型サージタンク及び高張力鋼を使用した水圧鉄管が挙げられる。ダム型式は，計画洪水量が 285m³/s と比較的少ないこと，ダム用骨材の採取予定地としていた湛水区域内の河川堆積砂礫量が少なかったこと，及びアーチ式ダムに適した地形・地質であることから，堤体積が小さく経済的なアーチ式コンクリートダムを採用した。水平アーチ形状は，解析計算を簡略化するため単心円弧アーチとし，アバットメント地山の安定上から各標高アーチとも中心角を大きくしている。

### ㉚ 春別（しゅんべつ）ダム（1963年）北海道電力㈱・・・・・・

**北海道初のフライアッシュセメントの使用・遠隔制御可能な無人発電所**



写真－2.30　春別ダム

春別ダムは，堤高 27.0m 堤頂長 90.0m の重力式コンクリートダムである。春別発電所は，日高一貫開発計画の中継的な役割を占め，すでに完成した岩知志，岩清水，並びに右左府，奥新冠に続き着手した。新冠川の水を延長 4.3km の支水路トンネルで春別川に流域変更し，春別川の水と合わせて延長 8.4km の水路トンネルで導水し，最大使用水量 29.5m³/s，有効落差 104.36m を得て，最大出力 26,000kW の発電所である。ま

た，岩清水開閉所において取水，断水，及び負荷調整を遠隔制御できる当時珍しい無人発電所として計画された。

堤体工事の特徴としては，従来の高炉セメントに代わり，ダムコンクリートにフライアッシュセメント（20%の工場混合）を北海道で初めて使用した。

### ㉛ 静内（しずない）ダム（1966 年）北海道電力㈱・・・・・・・・
### 北海道初の重力式コンクリートダムの 3 次元設計・水中バケット型水叩の採用

静内ダムは，堤高 66.0m 堤頂長 207.5m の重力式コンクリートダムである。

静内ダムの最大の特徴は，重力式コンクリートダムの 3 次元安定解析を行い，経済設計を行ったことである。ダムサイトは狭く，地質は河岸，河床部ともに緑色の輝緑凝灰岩で全般的に安定している。

1960 年度にダム型式について概略の検討を行った。対象とした型式は，2 次元重力式，3 次元重力式及びセミアーチ式であった。検討の結果，セミアーチ式は力学的に優れた点はあるが，引張応力が発生してその対策が必要であること，また基礎処理の難易度など総合的な判断から，工事費を最も削減可能な 3 次元重力式を採用した。当時の重力式コンクリートダムの設計は，2 次元解析が多かった。静内ダムは堤頂長 166.0m（ただし取水口を除く） と堤高 66.0m の比が L/H≒2.5 程度であり，3 次元的作用（捩り抵抗）が期待できるので，各種の地質試験（弾性波，動静弾性係数の測定，岩盤引張り試験）の結果から，3 次元解析による断面が最も安全かつ経済的であると言う結論が得られた。

この重力式ダムは 2 次元的な安定要素に加えて，横方向の捩じりせん断抵抗を考慮した 3 次元解法を行っているため，堤体が最終的な安定温度になるまでクーリングし，ジョイントキー及びジョイント間隙にグラウチングを実施した。ダム洪水吐を流下する放流水はダムクレストから摩擦抵抗のみで流下するため，その大きな内在エネルギーによる洗掘力は，ダム直下の河床を洗掘し，場合によってはダム堤体あるいは，直下流の発電所などの安定に影響を与える。この流下水の射流エネルギーを消散させ，常流の状態に変えさせるため種々の型式の水叩きについて比較検討し，全国的にも珍しい水中バケット型水叩きを採用している。水理特性の基本的な条件をもとに，現地の地形やその他の条件を加味し 2 次元模型でこの種の水叩きに関する基礎的な資料を求め，その結果を参考として 3 次元模型実験によって詳細構造を決定した。




写真-2.31　静内ダム

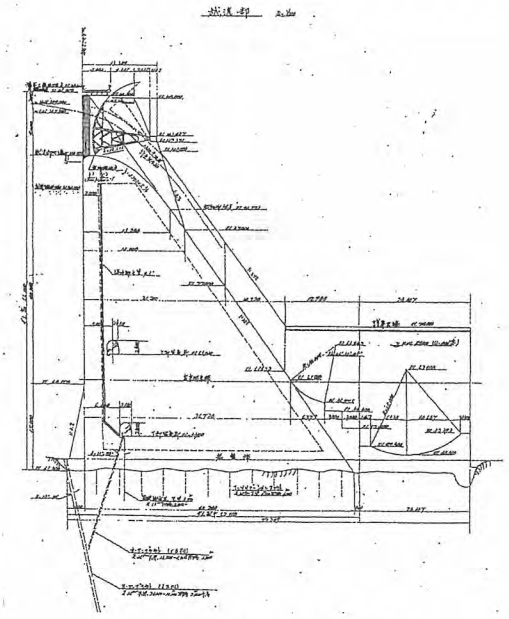


図-2.8　標準断面図

## ㉜ 金山（かなやま）ダム（1967 年）北海道開発局･･･････北海道唯一の中空重力式コンクリートダム

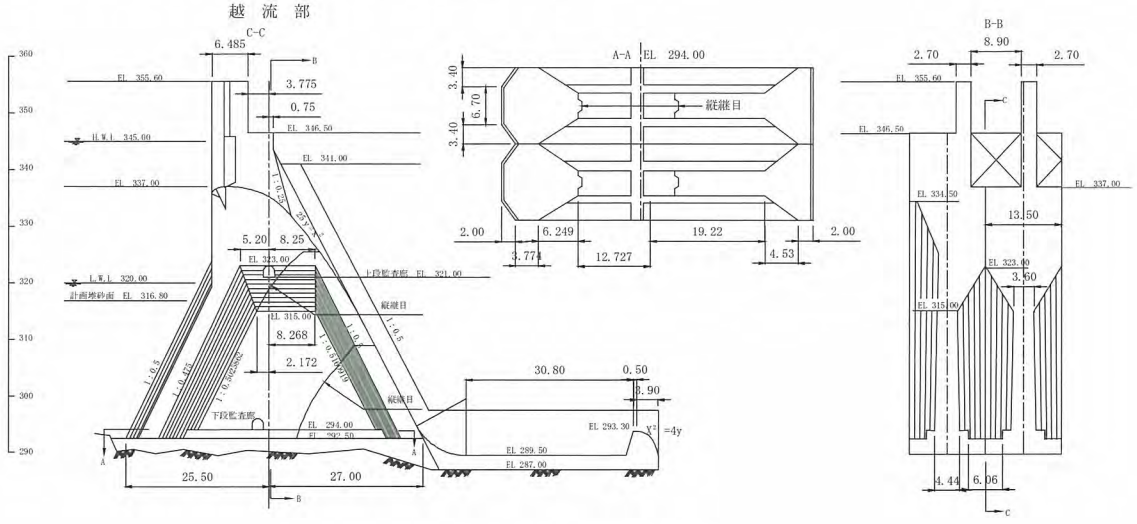
金山ダムは，堤高 57.3m 堤頂長 288.5m の北海道唯一の中空重力式ダムである。

1959 年度に「河川総合開発事業調査」が認められ，1960 年度に北海道における「特定多目的ダム法」適用第１号ダムとして実施計画調査に着手した。基礎岩盤が比較的良好な輝緑凝灰岩で，荷重が集中力として伝達されても十分な強度を持っていたので，重力式に比較してコンクリート量を 23%節減できる中空重力式を選択した。建設当時はセメントが高価な時代で，それに比べて人件費の安い時代であったことから，型枠面積が大きくなっても，コンクリート量を減じることにより工期短縮とともに，コスト を十分軽減することができた。




写真-2.32　金山ダム

高炉セメントの置換率は 55%で，従来の粉末度が 4,000cm$^2$/g であったものを，3,400cm$^2$/g±200 に，1.6%前後だった無水硫酸ＳＯ$_3$ を 2.5±0.2%に変更して，長期強度を抑制し初期の水和熱を引下げる改良を行った。以後，ダム用高炉セメントとして多くのダムで使用された。コンクリートは９ｔと 4.5ｔの弧動形ケーブルクレーンにより運搬し，ダイヤモンドヘッドはパイプクーリングを実施した。




図－2.9　金山ダムの越流部断面図

## ㉝ 下新冠（しもにいかっぷ）ダム（1969 年）北海道電力㈱････寒中コンクリートによる堤体施工

下新冠ダムは，堤高 46.0m 堤頂長 131.0m の重力式コンクリートダムである。このダムは，新冠発電所の逆調整用として，必要最小限の貯水容量を確保するためのダムとして建設された。

ダム堤体のコンクリート打設量は 62,100m$^3$ であるが，このうち約 9%（5,500m$^3$）にあたる河床基礎岩盤部のコンクリートは寒中施工とした。新冠川は洪水時の出水が極めて早い鉄砲水と土砂流出の多



写真－2.33　下新冠ダム

い荒れ川で，ダムサイトは川幅が 30m と狭く，また河床堆積層の深さが 10m 以上の場所にあり，工事中その冠水を防ぐことは経済的にも不可能で，万一災害を受けた場合には多大な損害が発生することが予想された。したがって，河床部の施工時期を非洪水期とし，1967 年 11 月下旬から 1968 年 3 月までに在来の河床面 EL 247.00m まで立ち上げるために 5,500m$^3$ の寒中コンクリートを施工した。この寒中コンクリートブロックを普通ブロックと区別して特殊ブロックと称している。特殊ブロック方式は，静内ダムでも採用した施工方法で，第２次仮締切の役目も有している。特殊ブロックと背面ブロックとの境界面は傾斜継目とした。傾斜継目は一般に満水位時に最大主応力の方向（おおむねダム下流面）に縦継目を設けるのがダムの安定上理想とされ，継目グラウチングを施さないのが普通であるが，下新冠ダムにおいては実施している。

### ㉞ 旭町第二（あさひまちだいに）ダム（1970 年）夕張　‥‥産炭地域の水道用ダム



写真－2.34　旭町第二ダム

旭町第二ダムは，堤高 19.6m 堤頂長 173.0m の重力式コンクリートダムである。

1942 年に完成した旭町第一ダムは築造後の堆砂が多く，貯留量の減少とともに，特に降雨時には水の濁りが著しいので，これを補完するためこのダムの上流に旭町第二ダムを 1970 年に完成させた。炭鉱開発の進展とともに，これらのダムは地域の上水道用水源として建設されたもので，規模・型式ともにほぼ同様のダム群である。

### ㉟ 常盤（ときわ）ダム（1970 年）小樽市‥‥他町村に建設し引水した小樽市の水道用ダム



写真－2.35　常盤ダム

常盤ダムは，堤高 20.1m 堤頂長 120.0m の重力式コンクリートダムである。

小樽市は海岸に面して山地が迫った地形・地勢のため，市内に水源やダムサイトを求めるのが難しいが，奥沢ダムが市内の小河川である勝納川に設けられた唯一のダムであった。その後，小樽市の増大する水需要に対応すべく，隣接する赤井川村，仁木町，余市町を貫流する余市川最上流の一支流にダムを建設・取水し，奥沢ダムに引水することを計画した。

しかし，他町村の水源に依存することは簡単では

なく，長い折衝を経て，赤井川村の常盤に水道用の常盤ダムを建設した。ダムの事業規模は一日最大23,000m³の上水道水を取水し，付属する水路によって奥沢貯水池に注水するものである。

### ㊱ 有明（ありあけ）ダム（1971 年）北海道‥‥北海道が建設した最初の治水ダム



写真－2.36　有明ダム

有明ダムは，堤高 21.7m 堤頂長 250.0m の重力式コンクリートダムで，北海道の治水ダム建設事業の第１号ダムである。

ダムの特色は，ダム基礎が非常に若く決して堅硬とはいえない基礎岩盤（新第三紀中世：古丹別層泥岩，砂岩）に築造されたことである。このため，ダムの基礎岩盤は細心の注意を払って，グラウチングが行われた。カーテングラウチングは薬液注入を主体とした。これ以外は全てセメントミルクの注入であり，コンソリデーショングラウチング，カーテングラウチングの他，主カーテンの全面に浅いプリカーテンを，また主カーテンの補助として斜めのチェックグラウチングを施工した。注入薬液はアクリルアルマイド系のスミソイルＬを２液混合型で使用した。

### ㊲ 野花南（のかなん）ダム（1971 年）北海道電力㈱‥‥北海道初の再開発ダム




写真-2.37　野花南ダム

旧野花南ダムは，日本最古に属するダムで，万一事故が発生した場合には下流域に及ぼす被害影響は極めて大きなものが想定された。1949 年以降ダム堤体に対する組織的なボーリング調査などを実施し，コンクリートの劣化度，漏水，揚圧力等を測定し，耐久性，安全度をチェックしながら運営を続けていた。

野花南ダムは，旧野花南ダムの直下流約 100m の位置に新たに築造した堤高 30.0m 堤頂長 215.5m の重力式コンクリートダムである。常時満水位を EL 99.30m（旧ダム水位に比 2.44m 上昇）とすることにより，有効容量 2,600,000m³，有効落差 20.0m を得て，最大使用水量 175m³/s，最大出力 30,000kW の新野花南発電所として再開発した。これは，金山発電所の逆調整も可能な機能的にも優れた発電所である。ダム工事の特異な点は，既設ダムの直下流に新ダムを築造したこと，建設工事と併行して既設発電所を 1971 年１月まで約 18 ヶ月間運転を続けたこと，北海道の発電地点としては流域面積が大きいことなど，気象，水文，地形的な点から，施工計画に特殊な配慮が必要であった。

### ㊳ 岩尾内（いわおない）ダム（1972 年）北海道開発局‥‥厳寒地における大規模ダムの施工

岩尾内ダムは，堤高 58.0m 堤頂長 448.0m の重力式コンクリートダムである。

天塩川上流の総合開発計画は，戦後の電源開発を背景に北海道庁が 1951 年に調査を開始したのが第一歩である。そのときの計画は奔天塩川と岩尾内の 2 地点にダムを造り，発電所を 3 箇所設け，更に天塩川下流の水田用水と，剣淵地区の新規開田用水を確保しようとするものであった。

1963 年度に実施計画調査を開始し，その後，北海道開発局が洪水調節を柱にかんがい，発電，上水道，工業用水の 5 目的を持つ特定多目的ダムとして，1972 年に竣工した。さらに，岩尾内ダムの竣工後に北海道企業局が奔天塩にダムと発電所を建設したことで，ほぼ当初の計画が完成した。




写真-2.38　岩尾内ダム

コンクリートの打設は 9.6ｔ弧動型ケーブルクレーンに 3.0m³ バケットを装着して行った。ダムの最大敷幅は約 48m であったが，レヤー工法とパイプクーリングで水和熱を制御した。ダムサイトから約 2km 上流の貯水池内畑地跡から砂礫を掘削し，現地で 1 次破砕したものを索道で約 1.1km 運搬し，ダムサイト下流の 2 次ストックパイルに集積して，2 次破砕・分級して使用した。骨材は最大粒径 150mm で珍しく 3 分級としているが，それは配合種別が少ないことと，重力式ダムは単位体積重量があれば良いという理由からであった。セメントは金山ダムと同じ高炉セメント（置換率 55%）を使用した。ただし，凍結融解に対する耐久性を満足させるために空気量を 6%に設定した。

### ㊴ 砥山（とやま）ダム（1972 年）北海道電力㈱‥‥再開発に伴う既設（簾舞，一の沢）ダムの有効活用




写真-2.39　砥山ダム

砥山ダムは，堤高 30.0m 堤頂長 217.0m の重力式コンクリートダムである。

豊平峡ダムの建設に当たり，北海道電力㈱は地域開発協力から参画し，老朽した豊平川，一の沢及び簾舞の 3 発電所を廃止して新たに，豊平峡，砥山の 2 発電所を建設し，豊平川水系の発電所を刷新することとした。

砥山ダムは，豊平峡発電所の放水を逆調整する目的で築造されたもので，既設簾舞ダム（旧ダム）の直下流 30m に位置し，その上流には一の沢ダムが既に建設されていた。ダム計画の特徴は，既設の簾舞ダムを上流締切りとして活用し，既設発電所の運転を工事期間中も実施していること，砥山ダムの竣工後に一の沢ダムを貯砂ダムとして活用することによって砥山ダムの堤高を低くできたことである。

コンクリート用骨材の選定に当たっては，新ダム直上流にある簾舞ダム調整池に堆積している砂礫 20 万 $m^3$ が粒度調整可能と判断して，北電技術研究所で配合試験及び硬化コンクリートの諸試験を行った。ダムコンクリート用骨材のうち粗骨材は，ダム地点から上流 500m 地点の簾舞ダム調整池の堆積土砂とダム下流 2 km地点の豊滝地点から採取して，破砕・水洗・分級ふるい分けを行い，大（150mm～80mm）中（80mm～40mm）小（40mm～5mm）の 3 種の粗骨材として使用している。細骨材は苫小牧錦岡産（海岸砂）を運搬して使用した。

### ㊵ 豊平峡（ほうへいきょう）ダム（1973 年）北海道開発局・・・・・・

**放物線アーチ式ダム・北海道で初めて現位置せん断試験を実施**

豊平峡ダムは，堤高 102.5m 堤頂長 305.0m のアーチ式コンクリートダムである。



写真-2.40　豊平峡ダム

地形は左右岸に露出した岩盤が切立ち，V字形をなしていることから，重力式とアーチ式コンクリートダムのダム型式が検討された。調査がすすむにつれて河床部に弱層部が見つかり，弱層部に全応力が集中する重力式よりも，応力の大半を左右岸に伝達するアーチ式が技術的・経済的にも有利であることから，中心角を小さくしてアーチ推力を地山に向ける放物線アーチ式を採用した。

セメントは中庸熱ポルトランドセメントを使用した。河床の弱層部は肉厚の薄いアーチ幅ではせん断強度に不足が生じるため，河床最低標高 EL 75.00m から EL 400.00m までの範囲をサドルとして別設計を行った。担当者を建設省土木研究所（現国土交通省国土開発技術政策総合研究所）に派遣して，その指導の下に応力解析・模型実験を実施した。マルパッセダムの倒壊事故を契機として，我が国においても岩盤力学の進歩が著しく岩盤の現位置試験が確立したことから，豊平峡ダムにおいては現位置岩盤せん断試験を 8 群 27 点，平板載荷試験を 79 点実施して試験値を設計に採用した。

1957 年のダム設計基準には試験方法が記載されていないので，豊平峡ダム以前のダムでは試験を実施しないで推定値を用いていた。

### ㊶ 様似（さまに）ダム（1975 年）北海道・・・・北海道が建設した魚道を有するダム

様似ダムは，様似川河口より 8km 上流に治水を主目的として，1975 年に建設された堤高 44.0m 堤頂長 140.0m の重力式コンクリートダムである。




写真-2.41 様似ダム

ダムサイトは，細粒砂岩を基岩とし，岩質はおおむね良好で，両岸の山がせりだし絶好のダム地点を形成している。しかし，その下流部において等高線が大きく後退していることから，ケーブルクレーンの設置に問題が多く，経済性，環境保全等で有利な仮称H型ケーブルクレーンを採用した。骨材生産プ

ラントは，サケ・マスの保護河川に隣接しているため，その濁水処理設備は排水基準・敷地条件を考慮して処理水は完全循環方式を，汚泥の処理は脱水機による乾式処理方式を採用した。

様似川はサケ等の遡上河川であり，毎年多数の回帰を確認している。ダムの建設によって川の連続性が分断されたため，1993 年～1999 年度にダム水環境改善事業により幅 2.0m 延長 290.0m の階段式魚道が設置された。魚道は全面越流型の階段魚道で，その構成は入口から 75 段の「階段区間」と，ダム堤体を貫通させた内径 450mm 延長 14.0m の「管路区間」からなる。勾配は 1/10，設計流速は 1.28m/s（切欠部），対象魚はサケ・マスである。

### ㊷ 矢別（やべつ）ダム（1975 年）北海道‥‥北海道初の治水専用ダム

矢別ダムは，汐泊川治水事業の一環として建設された北海道初の治水専用ダムで，堤高 33.6m 堤頂長 84.0m の重力式コンクリートダムである。

矢別ダムは 1975 年の竣工後，適切で効率的なダム管理を目的として，堰堤改良事業・情報基盤緊急整備事業等が適宜実施されている。また，2003 年度には矢別ダムの施設全般（土木構造物全般，ダムゲート，管理設備全般）の状況調査を行い，ダムの管理状況を評価した。




写真-2.42　矢別ダム

## 4. 第 4 期（1976 年～1990 年）に建設されたダム

### ㊸ 富村（とむら）ダム（1978 年）北海道電力㈱‥‥国立公園内に建設した発電用ダム

富村ダムは、堤高 37.0m 堤頂長 106.0m の重力式コンクリートダムである。

富村発電所は、国立公園内に建設する発電所として自然保護、環境保全に十分な配慮した調査・設計検討が行われた。その結果、1975 年 6 月 25 日自然環境保全審議会自然公園部会は、富村発電所の建設を認め環境庁に答申した。その後，関係諸官庁における認可審査が順調に取り進められ，関係諸願・申請の許認可を得て 10 月 9 日着工した。この間，地域住民に環境影響評価結果を事前説明し，新得町をはじめ地元諸団体から建設に対する同意・了承を得た。



写真-2.43　富村ダム

ダムの特徴は，十勝川最上流に位置しているが，相当量の堆砂が予想されたため，6.0m×4.0m の排砂門を設置したことである。ダムコンクリートの骨材には，上岩松調整池の堆積土を浚渫し，3 分級の粗骨材と細骨材に破砕分級して使用した。

### ㊹ 双川（ふたかわ）ダム（1979 年）北海道電力㈱・・・・水中バケット型減勢工を採用

双川ダムは，堤高 30.5m 堤頂長 110.0m の重力式コンクリートダムである。

双川発電所は，静内川水系の最下流に位置し，静内発電所の需要に応じた使用水量の変動を逆調整し，ほぼ日平均流量として流下する目的で建設された。最大使用水量は73m³/s，最大出力は6,000kWの規模である。

ダム地点は，砂礫層が深く減勢工を水平水叩減勢方式にすると敷高が低くなり，跳水に必要な洪水水深よりも下流水深が高くなる傾向にあった。減勢効果を高めるためには水中バケット型減勢工が最も有利となることから，この型式について電力中央研究所で水理模型実験を行い、細部設計に反映した。



写真-2.44　双川ダム

### ㊺ 牧の内（まきのうち）ダム（1980 年）根室市・・・・牧場内にある日本最東のダム

牧の内ダムは，堤高 18.5m 堤頂長 105.0m の重力式コンクリートダムである。

根室市は大きな河川がないため，水利は極めて悪く飲料水は井戸水に依存していた。しかし，水の需要が増加したため，水道事業を拡張して牧の内ダムを建設し，上水道水として最大 7,400m³/日を給水している。

ダムの位置は日本最東にあり，1875 年に開拓した根室牧場の中にあるので，牧の内ダムと名付けられた。コンクリートは生コン工場からトラックアジテータで現場まで運搬し，18MN・m（=180tf・m）の固定式タワークレーンで打設した。

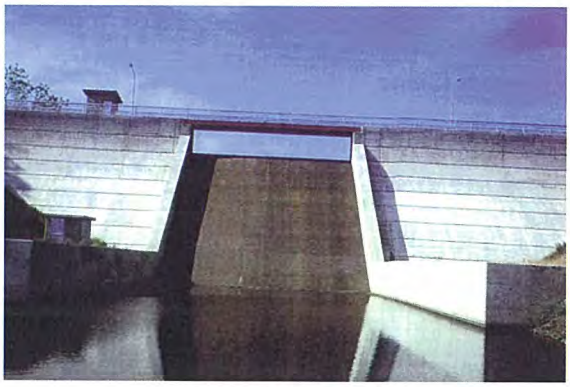


写真-2.45 牧の内ダム

### ㊻ 美唄（びばい）ダム（1982 年）北海道・・・・古洞対策・洪水吐のゲートレス化

美唄ダムは，洪水調節，流水の正常な維持，都市用水の供給を目的とする多目的ダムで，堤高 35.5m 堤頂長 228.0m の重力式コンクリートダムである。

美唄川上流域一帯は，過って空知の名だたる炭鉱地帯として全盛を誇り北海道の石炭産業の一翼を担っていたが，石炭産業の衰勢と共に漸次撤退し，1972 年に全山閉山のやむなきに至った。

炭鉱地帯に築造するダムであるので、建設省土木研究所と調査・打ち合わせの上，調査・建設を



写真-2.46　美唄ダム

進めた。すなわち，ダムサイトは，三菱美唄炭鉱の採掘跡に位置するため，貯水池から古洞への漏洩が大きな問題となった。そのため，漏洩防止対策を検討し，コンクリート遮水壁工法を採用した。建設当初の洪水調節は，ゲート一定開度方式であった。しかし，管理の簡素化，操作遅れの防止，ライフサイクルコストの軽減の観点から竣工後に施設改良事業を実施した。2004 年に洪水調節方式は自然調節方式に変更し，また洪水吐の改良（ゲートレス化）を実施した。



写真-2.47　改良前の美唄ダム

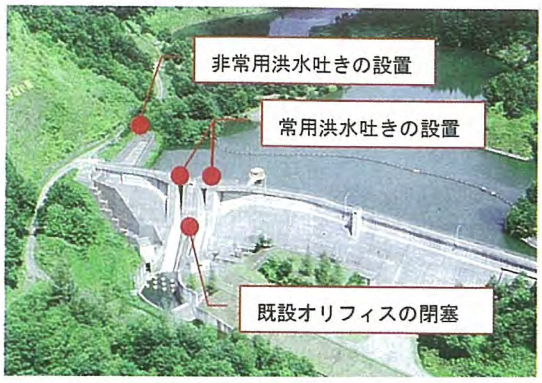



写真-2.48　改良後の美唄ダム

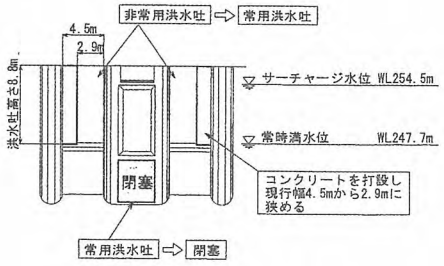



図-2.10 常用洪水吐の形状

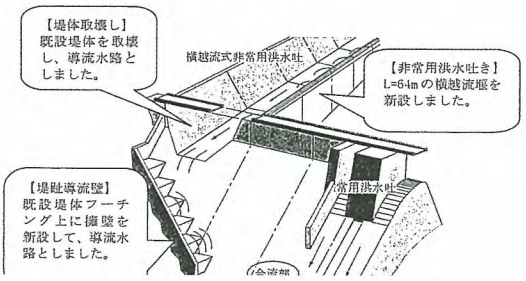



図-2.11　改良前の美唄ダム

### ㊼ ポンテシオダム（1983 年）北海道‥‥我が国で最初に「中小水力開発費補助金交付制度」を適用

ポンテシオダムは，天塩川本流の岩尾内ダム上流約 18km の地点に建設された堤高 22.3m 堤頂長 126.2m の発電を主目的とした重力式コンクリートダムである。



写真-2.49　ポンテシオダム

ダムによって河川の水位を堰あげ，ダム右岸の取水口から最大 8.0m³/s を取水し，延長約 7,800m の導水路トンネル・調圧水槽・水圧鉄管路を経て発電所に導水し，有効落差 197.1m を利用して最大出力 11,000kW，年間可能発生電量 42,181,000kWh の発電を行う。発電後は延長約 2,400m の放水路トンネルによって天塩川に還流する。ポンテシオ発電所の建設は既に運転中の岩尾内発電所の上流における未開発落差を利用するもので，天塩川の支流ポンテシオ川の合流点と岩尾内湖（満水位 320.5m）に，貯水池ダム水路式で計画された。「中小水力開発費補助金交付制度」を適用した全国で最初の電源開発事業とし

て注目された。

ダム工事で最も重要な設備であるコンクリート打設用クレーンの設置に当たっては，最小限度の工事用地の改変に止めた。すなわち，環境保全に配慮して，ケーブルクレーンによる一般的な方法を取らず，減勢工を利用したクローラクレーン（125t）による打設方法とした。

### ㊽ 佐幌（さほろ）ダム（1984 年）北海道‥‥常用と非常用の洪水吐きの分離・小水力発電

佐幌ダムは，超過確率 1/50 でダム地点の計画洪水量 450m³/s の内，365m³/s を調節し，下流基準点（ビタラウシ川合流点直下流）の流量 610m³/s を 290m³/s に低減させる治水ダムで，堤高 46.6m 堤頂長 255.0m の重力式コンクリートダムである。

洪水吐は，完成後の管理を容易にするため，自然調節方式で洪水調節の機能を持つ常用洪水吐と，ダム設計洪水流量を自由越流で流下させる非常用洪水吐とした独立分離型の配置計画とした。また，洪水吐の基本形状が，水理的に支障なくその効果を発揮し得るかどうかについて水理模型実験（1/40 モデル）を行い，最終的な形状決定と維持管理上に必要な水理資料を求めた。



写真-2.50　佐幌ダム

佐幌ダムの小水力発電設備は，ダム管理費の節約などダム管理の合理化を図る目的で，建設途中で構造的に発電が可能かどうかについて検討した結果，すでに堤体に埋設されている非常用低水放流設備を若干改造し設置することとなった。発電方式は，専用の発電容量を持たずに常に変動する取水位に対しての落差を利用して発電するダム従属型の流れ込み方式とした。

### ㊾ 新中野（しんなかの）ダム（1985 年）北海道‥‥我が国最大の嵩上げダム・減勢工基礎部に RCD 工法




写真-2.51　新中野ダム

新中野ダムは，既設中野ダム（函館市上水道専用ダム，堤高 53.0m）の嵩上げを行った堤高 74.9m 堤頂長 248.0m の重力式コンクリートダムである。

洪水調節及び河川維持用水の補給を図るために，北海道ではじめて本格的な嵩上げを行った重力式コンクリートダムで，嵩上げ高は 21.9m で近年まで我が国最大であった。したがって，嵩上げの設計・施工の面で種々の技術検討が行われ，その後の嵩上げダムの規範となった事業である。嵩上げダムの安定解析手法の確立，旧ダムコンクリートの取り壊し，岩盤掘削時の発破振動規制など，種々の検討が行われた。

減勢工の水叩き基礎部には RCD 工法を採用している。水叩き基礎部の必要強度が小さいことに着目し，RCD 工法におけるリフト高さ 1.0m，最大骨材粒径 150 ㎜など，施工技術の開発を行い，その後の RCD 工

法の発展に寄与している。ダムコンクリートの打設には，走行式ジブクレーンを使用した。

新中野ダムは，当時我が国最大の嵩上げダムであり，建設省（現国土交通省）の最初の嵩上げダムということで，建設省土木研究所の指導の基に多くの検討を行い，その結果埋設計器の配置，コンタクトグラウチングの配管など，安全側の計画を行った。新中野ダムの成果（データ）を基に検証・解析が行われ，その後の萱瀬ダム，新丸山ダム（嵩上げ高 24.3m），新桂沢ダムなどの再開発ダムが施工・計画されて今日に至っている。

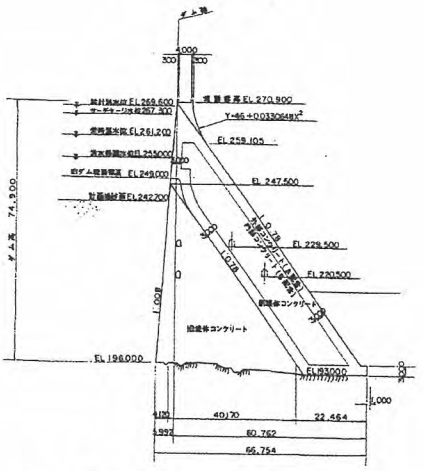



図-2.12　嵩上げ後の標準断面

## ⑩ 清水の沢ダム（1985 年）夕張市‥‥旧ダムの老朽化のため直下流に新設したダム

清水の沢ダムは，石狩川の支流清水の沢川に夕張市が建設した水道専用の重力式コンクリートダムである。

このダムは，1953 年に堤高 15m の重力式コンクリートダムとして建設され，1969 年に 4m 嵩上げされた既設ダムの直下流 20m 地点に建設したもので，新設ダム建設中も水道用水を供給しながら工事を実施した。

新設ダムは，堤高 25.1m 堤頂長 96m 総体積 18 千 $m^3$ と小規模なものであるが，基盤河床部に既設ダムでは避けていた脆弱石炭層が分布しているため，その対策として，大規模な置換工法（幅 10m 厚さ 3m の鉄筋コンクリート）を採用した。



写真-2.52　清水の沢ダム

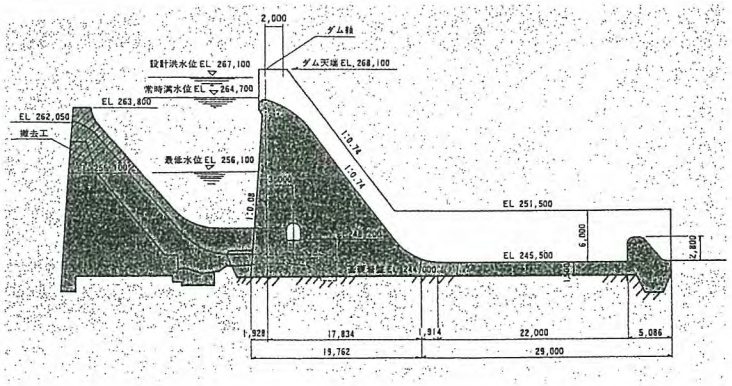



図-2.13　新旧清水の沢ダム
標準断面

## ⑪ 鹿ノ子ダム（1986 年）北海道開発局‥‥ダム管理用水力発電設備・マットケーキを有効活用

鹿ノ子ダムは，堤高 55.5m 堤頂長 222.0m の重力式コンクリートダムである。

1981 年度に建設省所管のダムにおいて合理化，及び包蔵する水エネルギーの適正利用を図ることを目的とした「ダム管理用水力発電設備設置事業」が創設された。既に事業が進行していた鹿ノ子ダムに大規模な発電計画を進めるには，堤体構造の改造は不可能であったが，利水放流管を若干改造することによって，ダムによる落差，常時下流に放流される河川維持用水，及び余剰水を利用してダム管理に必要な電力を生

み出すことは可能であった。そのため，管理用の小水力発電設備を設置して必要な電力を自ら生産し，余剰電力は売電して経費節減を図っている。

セメントは，中庸熱ポルトランドセメントにフライアッシュを 20%混合した。骨材採取場は 12.5km 下流の民有地に賦存している河床堆積層を採取した。原型復旧に際して貯水池内の土砂を下層に，濁水処理のマットケーキを上層に埋戻して，草地を造成して返却した。マットケーキの使用に際しては，有害物質の含有量及び溶出試験，モノマー残留量，物理化学試験，栽培試験等により安全性を確認した上に，各関係機関と協議し，地権者の了解を得て実施した。



写真-2.53　鹿ノ子ダム

## ㊷ 駒ヶ岳（こまがたけ）ダム（1986 年）北海道開発局‥‥基礎処理によるコンクリート打設量の軽減

駒ヶ岳ダムは，堤高 43.6m 堤頂長 72.0m の重力式コンクリートダムである。

ダムサイトの地形は，両岸絶壁をなし，河床幅 20m の狭いＶ字形で，河床部には厚さ 3.5m の堆積砂礫が分布するが，両岸下部の急斜面は岩盤が殆ど露出している。地質は主として第三紀両輝石安山岩よりなり，岩質は堅硬緻密であるが柱状節理の発達が著しく深部まで節理，亀裂が分布する。安山岩の透水係数は $10^{-3}$～$10^{-5}$ cm/s であり，グラウチングによる透水係数の改良が充分期待された。



写真-2.54　駒ヶ岳ダム

図Ⅱ-3-7　●ダム上流面図

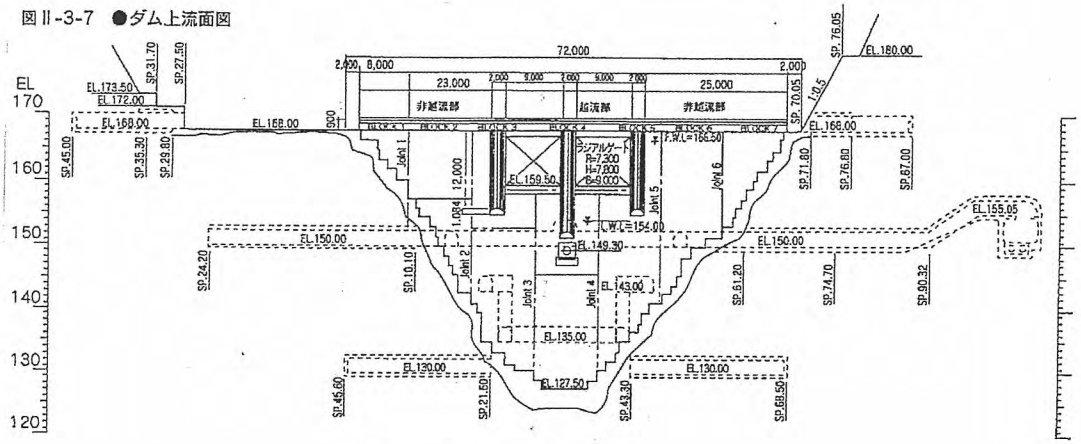



図-2.13 ダム上流断面図

カーテングラウチングの工事を効率的に行うために，左右両岸に３段（ダム天端，中段，河床）のグラウチング用横抗を設け，地山掘削量及びコンクリート打設量の軽減を図った。また，左岸の急斜面に対して，コンクリート打設後コンタクトグラウチングを行い堤体との一体化を図った。

河床幅が狭く急峻なため，工事用道路の建設やベンチカット作業幅の確保ができないことから，斜面部の掘削は人力主体のレックドリルによって削抗し，発破で切り落としを行う片切工法で行った。

### ⑬ 愛別（あいべつ）ダム（1986 年）北海道‥‥北海道初の全面越流洪水吐・一面ベルマウス型式



写真-2.55　愛別ダム

愛別ダムは，堤高 39.0m 堤頂長 370.0m の重力式コンクリートダムである。洪水吐は，流域面積が 41.8km$^2$ と比較的狭いことと，維持管理面からは洪水時における複雑なゲート操作を必要としないなどの理由にから，自然調節方式の常用洪水吐と非常用洪水吐で対応する方式とした。

常用洪水吐の型式として標準的な四面ベルマウスを用いた場合には，常時満水位と越流頂が一致しているので通常は開水路状態で流下し，洪水時においても低水頭であるために管路流とはならないので，流量係数は低下する。これ

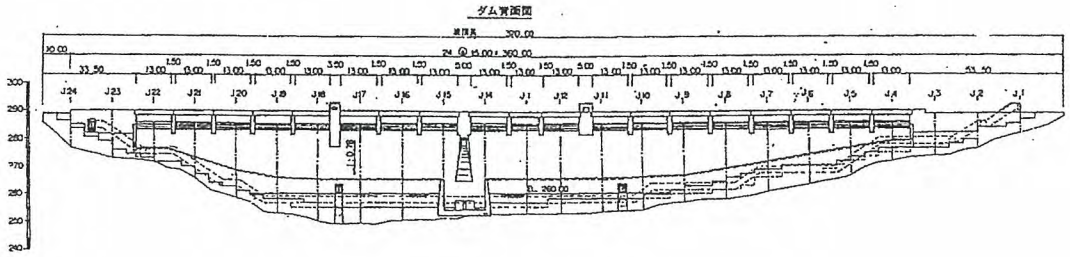



図-2.15 ダム背面図

らの理由から形状が複雑な四面ベルマウスはその特徴が生かされない。そのため，施工の容易さ等から一面ベルマウス型式の放流設備を採用し，水理模型実験により詳細形状を決定した。側水路型減勢工は，越流幅と同一幅で堤体下流面を流下させた後，堤趾部に設ける側水路で減勢し，減勢工の位置まで導水する方法を採用した。側水路型減勢工の場合，その水理現象を明確に捉えることは難しく，水理模型実験によって形状・水理機能を確認した。

### ⑭ 東（ひがし）の沢（さわ）ダム（1987 年）北海道電力㈱‥‥レヤー工法・温度応力解析・プレクーリングを実施

東の沢ダムは，堤高 70.0m 堤頂長 140.0m の重力式コンクリートダムである。

東の沢ダム右岸に設けた取水口から最大 19m$^3$/s を取水し，長さ約 340m の水圧管路によりダム下流約 300m の地下 70m に設置した発電所に導き，有効落差 124.5m を得て最大出力 20,000kW の発電をしたのち，延長約 3.4km の放水路トンネルで下流の高見貯水池（有効容量 149×10$^6$m$^3$）に放流する。

コンクリートの打設は当時としては実績の少ないレヤ



写真-2.56　東の沢ダム

ー工法を採用しており，それに伴う温度応力解析は，電力中央研究所の技術協力を得てシミュレーションを行い，打設速度の抑制，リフト高，ブロック割，打設順順序，打設温度の規制値を決定して施工した。

打設速度は，1リフト5日サイクルとし，総リフトに対して平均20cm/日とした。コンクリートの打設温度の規制から，夏期の最高温度が25℃を超える日は夜間打設で対処した。また，7月上旬～9月上旬はチラーユニット冷却装置によって練混ぜ水を冷却し，骨材に河川水を噴霧状に散水するプレクーリングを行った。打設温度を約5℃降下させることによって，温度応力解析で得られた最高打設温度の規制値（20℃以下）を確保した。洪水吐の特徴として，導流壁の形状が漸縮型である。

### ㊺ 定山渓（じょうざんけい）ダム（1990年）北海道開発局‥‥北海道最大のコンクリートダム・先駆的な環境影響調査

定山渓ダムは，堤高117.5m 堤体積1,185,000m³の北海道最大の重力式コンクリートダムである。

ダムサイトは支笏・洞爺国立公園内に位置する。当時環境調査に関する技術的手法が確立されていない中で，調査方法や影響評価手法の検討に1年間を費やした。学識経験者からなる環境アセスメント委員会を設置して，4年間に亘って水質，植生，動物，景観，生態系循環等の調査・影響予測評価を専門分野ごとに検討し，多くの助言・提言がなされた。

これら提言を受けて，コンクリート打設には地形改変の大きいケーブルクレーンに替えて10MN・m（=1,000tf・m）ジブクライミングクレーン3基を配置し，左右岸の地形改変を大幅に縮小して自然の保全に努めた。また，水没する道道の付け替えルートの自然環境をできるだけ保護するために，付替え延長9kmのうちトンネル42%，橋梁17%とした。なお，建設中及び完成後も環境影響調査を続けて結果を報告し，環境保護団体との相互理解に努めた。

貯水池計画は，オールサーチャージ方式を採り，非洪水期も洪水調節容量を確保した。また，ダムサイトは支笏・洞爺国立公園内であることから，発電をしていないときには0.5m³/sの放流を行い，特に5月

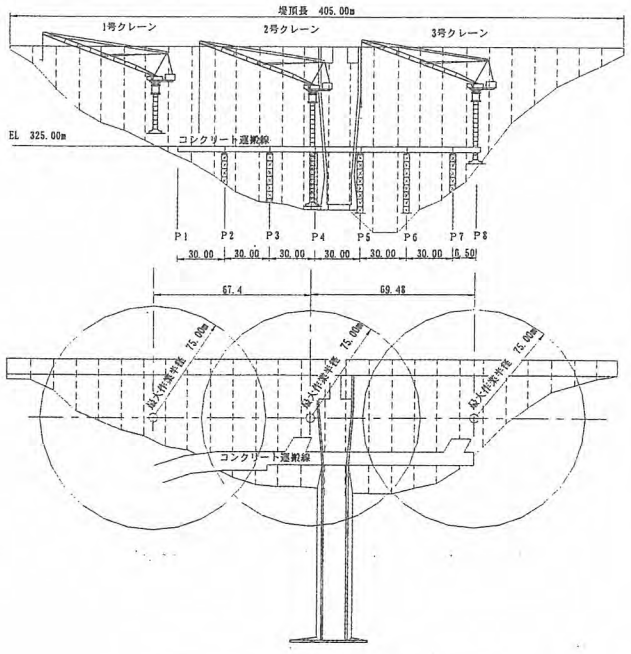



図-2.16　クライミングクレーンの配置




写真-2.57　定山渓ダム

15日から10月15日の9時から16時までは1.0m³/sの放流を行うこととした。

堤高と堤敷が100mを超える大ダムであることから，長大ブロックで打設すると，コンクリートの温度応

力によるひび割れの発生が予想された。そのため，上下流方向に 3 分割した柱状ブロック工法を採用し，パイプクーリングを実施して縦継ぎ目にジョイントグラウチングを行った。

## 5. 第 5 期（1991 年～2005 年）に建設されたダム

### ⑯ 美利河（ぴりか）ダム（1992 年）北海道開発局‥‥北海道初の RCD 工法・箱型地下連続壁による低固結層対策

美利河ダムのダム型式は，複合ダム（重力式コンクリートダム＋ロックフィルダム）である。

ダムサイトは典型的な皿型地形で谷幅は 1,500m と広い。河床部から左岸側には固結度の高い新第3紀中新世のシルト岩・泥岩・頁岩の互層が分布し，右岸側には固結度の低い新第 3 紀鮮新世～第4紀洪積世の砂岩が分布しているため，それぞれの強度に適した重力式コンクリートダムとロックフィルダムを配置した。



写真-2.58　美利河ダム

美利河ダムは，コンクリートダム部は堤高 40.0m 堤頂長 755.0m と長大で，このうち左岸部 200m は河床部に対して128° 30′ の折れ曲がった線形のため，ケーブルクレーン工法を採用できないので，コンクリート打設工法が問題であった。しかし，堤高が低いため進入路が設置しやすく，どこからでも堤体内に重機を進入させることができるので，開発されたばかりの RCD 工法を検討した。その結果，外部コンクリートの厚さと通廊等の内部構造物の配置を工夫することで，工期が短縮され，経済的にも有利となることから 1982 年 5 月に北海道で最初の RCD 工法を採用・着工した。



写真-2.59　堤頂部の打設状況

堤頂は天端幅を 8.0m とし，越流部のポンプ工法と 28～30 ブロックの 4MN・m（=400tf・m）のタワークレーン工法を除き，すべてダンプトラック運搬による直接打設とした。セメントは中庸熱フライアッシュセメント（混合率：30%）を使用した。

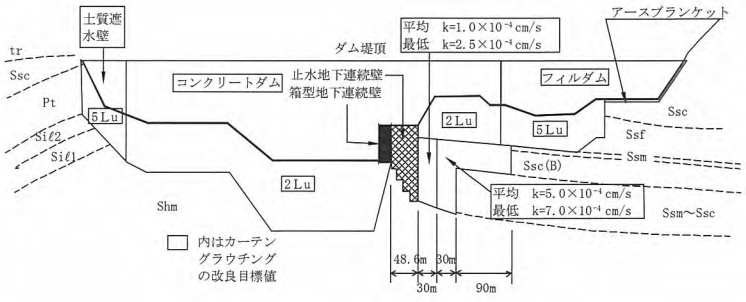



図-2.17　止水工法と改良目標値（上流側）

右岸側の砂岩層に狭在している Ssc(B)層は固結度が低く，被圧地下水(P=0.05～0.1MP=0.5～1.0kgf/cm²)を胚胎し，変形性（変形係数 D=100N/mm²＝1000 kgf/cm²）と透水性（透水係数 k=3×10⁻³cm/s）が極めて大

きいため，基礎掘削でオープンカットすると被圧地下水のボイリングを起こし，上位の Ssf 層を緩めるおそれがあった。そのため，Ssc（B）層を露出させないでダム基盤を下位の Shm 層から上位の Ssf に乗り移らせる必要があった。その対策として，40BL に水平断面が多連ボックス型ラーメン構造となる鉄筋コンクリート箱型地下連続壁を設け，箱型内部にコンクリートを充填して高さ 18m 幅 12m 長さ 70m の大規模な土留擁壁を構築した。これによってボイリングを完全に防止し，左岸側 38,39BL の基礎掘削とコンクリート打設を安全に施工することができた。

なお，土留擁壁はその上にダムコンクリートを打継いでそのままダム堤体とした。

### ㊼ 小平（おびら）ダム（1992 年）北海道‥‥北海道唯一のベルトコンベア工法

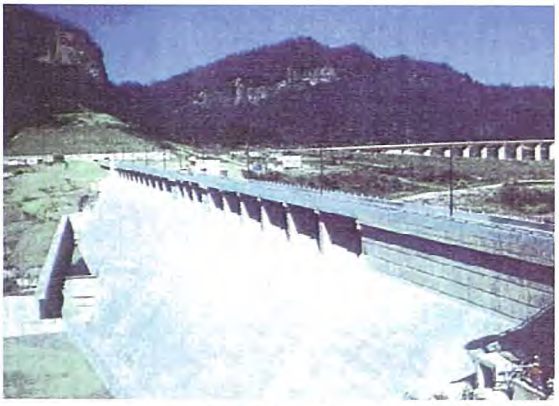


写真-2.60　小平ダム

小平ダムは，堤高 43.0m 堤頂長 475.0m の重力式コンクリートダムである。

小平ダムは堤高に比べ，堤頂長が長いので，傾斜部の勾配も緩く堤体内にベルトコンベアを配置できた。また，コンクリートの水平移動距離も長いのでベルトコンベアの輸送システムに適している。同時期に千葉県高滝ダム（1990 年）がベルトコンベア工法を計画しており，当時，比較され話題となった。ちなみに，ダム本体をベルトコンベアで打設した最初のダムは，相模ダム（1947 年）である。

主打設設備は，ベルトコンベア（幅 600 ㎜）延長 508.8m，スプレダーコンベア 1 台，中継コンベア 2 台で，メインコンベアの配置位置は堤頂部，橋脚部の施工を考慮して堤頂部より下流（ダム軸下流 6.5m）とした。また，スプレッターコンベア，中継コンベアの配置は打設ブロック外とし，1 ブロック毎にレヤー打設を行った。岩着部やスプレッターコンベアが移動できない箇所は補助打設設備（ケーブルクレーン等）で打設を行った。



写真-2.61 ベルトコンベア打設

堤内仮排水路や放流管で左右が分断された場合は，上流部分に渡り桟橋を設置し，堤外を経由し対岸に渡した。堤体上部では打設場は狭小となり，動きに制約が生じたので，打設ブロック内にケーブルクレーンで移動可能な小型のミニスプレッダーを配置して打設した。

### ㊽ 知内（しりうち）ダム（1992 年）北海道開発局‥‥ダムコンクリート用骨材購入の先駆け

知内ダムは，堤高 40.5m 堤頂長 321.0m 堤体積 168,000m³ と中規模の重力式コンクリートダムである。

ダムコンクリート用骨材は，最大粒径が 150 ㎜と大きく専用設備を必要とすること，比較的短期間に大容量の骨材を必要とするため，供給能力との関係及びプラント独占による市場への影響と安定供給への不安などの問題から，現地に専用の骨材製造設備を設けるのが一般的である。しかし，知内ダムでは当時と



しては最大級と思われるV=168,000m³ の骨材を購入している。

堤体コンクリートの打設は，ダムサイトの地形及び工程上などの制約がある中で，打設能力，作業の安全性，自然環境への影響などを比較・検討し，走行式ジブクレーン 9 t を選定・施工した。

写真-2.62　知内ダム

### ⑲ 朝里（あさり）ダム（1993 年）北海道･･･RCD 工法による堤体コンクリートの打設

朝里ダムは，堤高 73.9m 堤頂長 390.0m の重力式コンクリートダムである。

堤体コンクリート打設工法に，北海道のダムでは初めて一般汎用機械を使用した合理化施工である RCD 工法を採用し，施工の効率化を図った。



写真-2.63　完成時の朝里ダム



写真-2.64　コンクリートの打設状況

調査の結果，原石山は表土，崖錘堆積物が薄く地形的に骨材原石として適切な材料が広範囲に分布し，切羽面が南西向きであるため融雪が早いこと，ダムサイトまで 2km 程度と比較的近く，運搬の面でも有利なことから石倉山地域に決定した。

ダム下流に道道付替え路のループ橋と河流処理の開水路が位置しておりダム下流に設置することが難しいため，原石運搬路との取り合いを考慮して，骨材プラントはダム上流右岸側の緩斜面に設置した。また，原石投入は一般車両と原石運搬車両との共用を避け，道道より原石山側に専用道路を配置した。一次破砕工場からサージパイルまではベルトコンベアを用いて，道道を横断させた。コンクリート運搬方法は，ダンプトラック直接運搬，固定ケーブルクレーン＋ダンプトラック，インクライン＋ダンプトラックの 3 工法について比較・検討を行った結果，品質管理，打設量の変動に対応が容易であることから，ダンプトラックによる直接運搬を採用した。また，RCD 工法以外の打設設備は左岸固定の軌索式ケーブルクレーンとし，堤跡導流壁の打設にも供することのできる配置とした。

### ⑳ 栗山（くりやま）ダム（1994 年）北海道････
### 北海道初の拡張レヤー工法（ELCM）・内部コンクリートのセメント量の軽減

栗山ダムは，堤高 31.9m 堤頂長 540.0m の重力式コンクリートダムである。

栗山ダムサイトの地形，地質，工事環境が合理化施工法の導入に適していたことから，試験施工と合理



写真-2.65　栗山ダム



写真-2.66　コンクリート打設状況

化施工委員会の結果を踏まえて，堤体コンクリート打設工法には，底部はダンプトラック直送による拡張レヤー工法，また頂部はクローラクレーンによる拡張レヤー工法が採用された。原石採取地は，ダムサイトから運搬距離にして43.5km離れた夕張市紅葉山地区とし，貫入安山岩を求めた。岩体の規模が厚さ20㎝程度でシート状に分布することから，日量 1,670m³ の表土処理と 380m³ の原石採取を行い，一次破砕（220ｔ/ｈ）後ダムサイトへ搬送した。

堤体コンクリートは，骨材原石として良質な貫入安山岩を使用し，最大骨材粒径150㎜から細骨材までのフルサイズを破砕プラントにより製造した。内部コンクリートはセメント量が140kg/m³ と若干少なく，ダンプトラックで運搬することから，硬化コンクリートの品質管理も重要であった。コンクリートの打設温度管理は，練混ぜ水に工事用貯水池に溜めた循環水を利用するため水温が高く，夏季(7月中旬～8月下旬)は夜間打設を実施して温度規制を行った。

コンクリート打設は，北海道初の ELCM による施工で内部配合のセメント量を140kg/m³に低減したことから，硬化後にコンクリートのコアリング（φ190mm×3.0m）を行い，強度試験，コアリング穴での静水圧透水試験を実施した。

### ⑥1　西札内（にしさつない）ダム（1994年）北海道‥‥農地及び農業用施設の洪水調節ダム

西札内ダムは，堤高 21.0m 堤頂長 184.0m の重力式コンクリートダムである。

西札内ダムは，帯広市より南南西に約30km離れた中札内村の南西部郊外に位置し，十勝川水系札内川支流ヌプカクシュナイ川（流域面積 6.9km²）の札内川合流点から上流に 2.5km に建設された洪水調節専用のダムである。

この流域では，1972年9月の集中豪雨や過去数回の大雨により河川の氾濫を起こし，流域下流に甚大な農業被害を招いてきた。そのため，防災計画の一環として，ダムを設置して河川流量を 16.0m³/s 以下に軽減することにより，農地及び農業用施設の洪水被害を防ぐことを目的とした。コンクリートはレディーミクストコンクリートを使用した。



写真-2.67　西札内ダム

### ⑫ 奥沙流（おくさる）ダム（1994 年）北海道電力㈱・・・・半川締切工法による河流処理

奥沙流ダムは，堤高 30.0m 堤頂長 105.5m 堤体積 22,800m³ の小規模な重力式コンクリートダムである。

奥沙流ダムは，沙流川の支流ウエンザル川に設置された奥沙流発電所（最大出力 15,000kW）の調整池ダムで，沙流川河口から上流約 96km に位置しており，流域面積は 52km² である。



写真-2.68　奥沙流ダム

河流処理計画と施工順序は，河床砂礫を利用して河川を左岸側に転流し，右岸側の切取を行うとともに河川中央部にコンクリートとシートパイルによる中仕切堤を施工し，その後右岸側に転流して左岸側の切取，コンクリート（1BL～2BL）を打設する。次に，左岸側（3BL）に設けた堤内仮排水路に転流して，右岸側のコンクリートを打設する半川締切工法を採用した。半川締切工法の場合，転流に伴って中央の仮締切を盛替えるのが一般的であるが，奥沙流ダムでは減勢工左岸側の導流壁の背面（山側）を仮排水路に利用することでコストダウンを図った。

### ⑬ 二風谷（にぶたに）ダム（1997 年）北海道開発局・・・・北海道環境影響評価条例の適用・スイングシュート式ゲート

二風谷ダムは，堤高 32.0m 堤頂長 550.0m の重力式コンクリートダムである。

沙流川河口から 21km 上流に建設された多目的ダムであり，北海道環境影響評価条例の対象となった第 1 号のダムである。また，ダム周辺はアイヌ文化の発祥の地であるため，各種の保存対策がなされた。基礎岩盤はダムサイト周辺の環境（集落，軽種馬の牧場，小学校，国道，高圧線）を考慮して，火薬を使用せず，機械掘削とした。

サクラマス資源の保護，河川環境保全，生態系の維持及び漁業資源保護を目的として，ダム堤体と貯水池末端の貯砂ダムに魚道を設置した。ダム堤体の魚道（スイングシュート式ゲート）は堤体を貫通する魚道の一部を可動式として，水路そのものを上下に揺動させて有効落差に対応させる当時としては画期的な構造である。

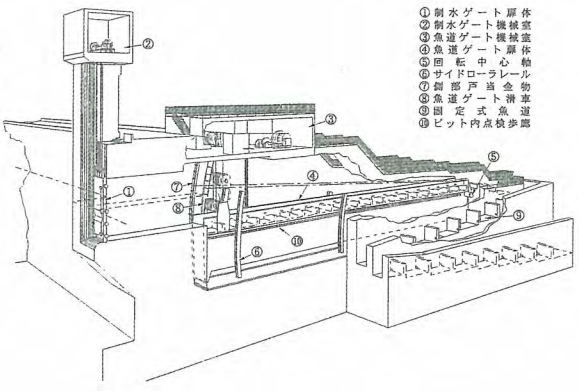



図-2.18　スイングシュート式ゲート魚道




写真-2.69　二風谷ダム

二風谷ダムの洪水吐は，１：６の緩勾配を持つ大規模な減勢工である。そのため，十分な締固めを行い，仕上がり精度と強度を確保することが重要である。その対策として，北海道開発局は1989年に「二風谷ダムの大型アバタ防止型枠による緩傾斜部コンクリート打設工法」を新技術活用パイロット事業として採択し，技術開発が行われた。

河流処理は，半川締切工法を採用した。流量が多いため最初に輪中堤を築き，ダム堤体のNo.24ブロックと上下流の分流壁を先行打設して，これに締切土堤を繋いで，１次締切堤及び２次締切堤として利用した。

### ⑭ 神居（かむい）ダム（1997年）北海道開発局‥‥固定式タワークレーンによるコンクリート打設

神居ダムは，堤高40.4m 堤頂長 143.2m の重力式コンクリートダムである。

神居ダムは，コンクリート打設量が10万$m^3$以下と少ないこと，生コン工場からの距離が 10km であること，及び品質管理を考慮して，購入骨材（川砂利，川砂）による現地混合とした。

コンクリートの運搬方法は，ダムの平面形・運搬距離・作業の円滑性からバンカー線とクレーンの組み合わせによる方法とした。クレーンは，バッチャープラントが低位部に設置でき洪水吐・減勢工もカバーできるなどを考慮した結果，9.5tf クライミング固定式タワークレーン（7.125MN＝712.5tf･m）１台とした。

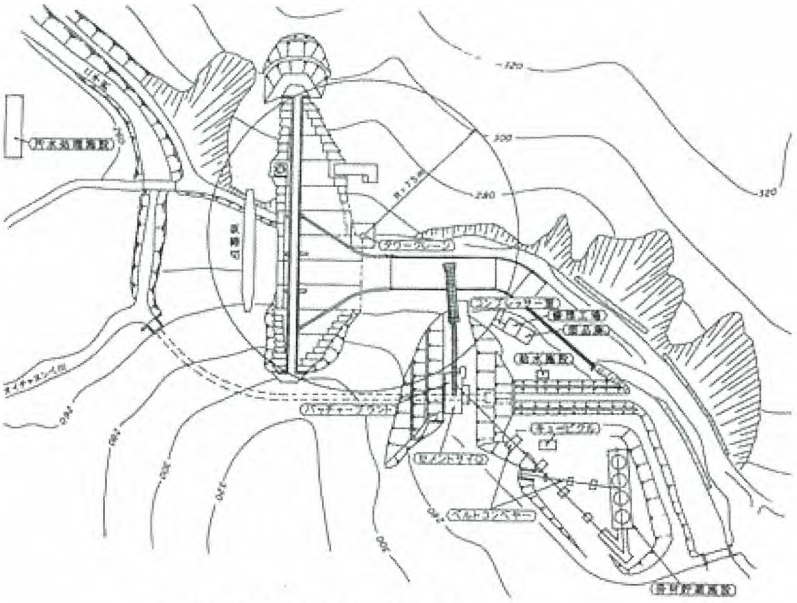


図-2.18　神居ダムの施工設備の配置



写真-2.70　神居ダム

### ⑮ 札内川（さつないがわ）ダム（1999年）北海道開発局‥‥北海道初の高炉セメントを使用したRCD工法

札内川ダムは，堤高 114.0m 堤頂長 300.0m の重力式コンクリートダムで，RCD 工法で施工されたダムとしては北海道最大のダムである。

日高・襟裳国定公園第２種別地域内にあることから，ダンプトラックによるコンクリート運搬道路は地形改変の少ない中腹までとした。中腹より上部は10MN･m（=1,000 tf･m）ジブクライミングクレーンで中継

して，堤体上のダンプトラックに積替えて運搬し，左右岸の地山改変を最小限に止めた。また，付替え道路 8.0km のうち明かり 1.2km（5 箇所 15%），覆道 1.4km（10 箇所 17%），トンネル 4.1km（8 箇所 51%），橋梁 1.3km（15 箇所 17%）として地形改変を最小限に止めた。

堤敷が 109m の長大となることから，既存のセメント以上に低発熱のセメントが必要であった。従来用いられていたセメントは中庸熱フライアッシュセメントであるが，近年国産の良質石炭を燃焼する発電所が減少して，良質なフライアッシュを大量に確保するることが懸念された。このような事情から，中庸熱セメントに高炉スラグ微粉末を 65%混合した低発熱ダム用セメントを開発した。この結果，堤体コンクリートにおけるベースセメントの使用量を 45%（36,000t）低減し，地球環境問題である$CO_2$の排出量を一般的なフライアッシュセメントに比べて約 25%抑制した。

河流処理は仮排水トンネル方式である。しかし，河床部には砂礫層が 40m の厚さで堆積し，上下流の仮締切堤基礎部の止水工法が問題であった。その対策として SMW 工法を採用した。SMW 工法は土質条件によっては，深さ 40m 程度まで掘削し造壁が可能であるが，最大粒径 800mm に及ぶ札内川ダムの建設地点では，深さ 40m の造壁は非常に困難であった。そのため，補助工法として CD（回転式オールケーシングドライバー）工法を併用することで施工を可能とした。



写真-2.71　SMW 工法の施工状況



写真-2.72　札内川ダム

### ⑯ 美生（びせい）ダム（1999 年）北海道開発局･･･重力式コンクリートダムとフィルダムの複合ダム

美生ダムのダム型式は，複合ダム（重力式コンクリートダム＋ロックフィルダム）で，重力式コンクリート部の規模は，堤高 47.2m 堤頂長 187.0m である。

ダムサイトの地形・地質条件から，洪水吐の配置などに課題があったため，経済性を含め総合的に検討を行った。その結果，河床部及び両岸部の基礎岩盤部（日高累層群）は重力式コンクリートダム，右岸伏谷部の砂礫層（光地園礫層の基礎地盤部はロックフィルダムとする複合ダムを選定した。



写真-2.73　コンクリートの打設状況

複合ダムにおいては，接合部の設計が重要である。すなわち，接合部が型式の異なるダムの不連続面となるため，力学特性や遮水機能の違いをどのようにして無理なくスムーズに連続させるかが課題となる。

美生ダム接合部の形状設計については，地質やロックフィルの堤体材料等の調査，試験結果に基づいた応力変形解析，浸透流解析等を行い，コンクリート隔壁にフィルダムとの接合面を有し，さらに遮水ゾーンとの接合面は曲面とするグループジョイント方式に決定した。



写真-2.74　グループジョイント方式による接合部



写真-2.75　打設完了時の美生ダム

### ⑰ 浦河（うらかわ）ダム（1999 年）北海道‥‥騒音，振動など環境に配慮したダム施工

浦河ダムは，日高山脈造山運動に伴い，著しい構造変形をうけた砂岩を主体とする基礎岩盤に築造された堤高 42.1m 堤頂長 296.0m 堤体積約 18 万 $m^3$ の重力式コンクリートダムである。

コンクリート打設工法は，RCD 工法等の合理化施工を含めた工法の検討が行われ，合理化施工による工期短縮効果があまり期待できないことから，ケーブルクレーンを用いた工法が採用された。

ダムサイト及び原石山周辺には日高地方の主要産業である軽種馬の育成が行われており，ダム建設工事に伴う騒音，振動による環境問題が懸念された。また，ダムサイト直下流では井戸水が使用されており，河流及び基礎処理による地下水への影響も懸念された。このため，次のような対策を実施した。

① 転流工‥‥防音堤の設置と発破時間規制
② 基礎掘削‥‥装薬量規制と軽発発破
③ 原石採取及び運搬‥‥装薬量規制と軽発発破，運搬路の防塵処理，監視員の配置
④ コンクリート打設‥‥防音パネルの設置等騒音対策
⑤ 工事全般‥‥軽種馬放牧中は BGM を流し，定期的に騒音，振動測定の実施。地下水観測の実施



写真-2.76　打設状況



写真-2.77　竣工時

### ⑱ 苫前（とままえ）ダム（1999 年）北海道・・・・アジテータ車による生コンの長距離運搬

苫前ダムは，堤高 34.8m 堤頂長 155.0m の重力式コンクリートダムである。

苫前ダムは，国営かんがい排水事業「苫前（Ⅱ期）地区」の基幹施設として，苫前郡苫前町字三渓に建設されたかんがい用ダムである。地山は谷幅が狭く，斜面も急峻なためダム堤体積は 45,000m³ と少なく，総貯水量 7,400,000m³ に対する貯水効率は 127 倍になるので効率のよいダムサイトである。



写真-2.78　竣工時の苫前ダム



写真-2.79　コンクリートの打設状況

ダム規模が小さいことから，生コン工場からダム地点まで（24km）アジテータ車で運搬する計画とした。この運搬工程で以下の対応を行った。プラントからの積荷アジテータ車の出車間隔は，クローラクレーンの打設サイクルと合わせた。古丹別市街の通行は迂回路を使用して混雑を回避した。工事用道路は一車線のため 22 箇所に待避所を設け，積荷アジテータ車の優先走行を原則とした。アジテータ車に搭載した無線機で通過位置情報の周知を徹底し，空アジテータ車が待機することとした。最大打設時のアジテータ車の延べ運搬台数は 90 台/日，3 カ年打設期間で延べ台数は 9,600 台になった。

コンクリート打設は固定式タワークレーン，ベルトコンベア，クローラクレーンを比較・検討し，自然破壊の最小化，作業性と経済性で有利な 150ｔ吊りクローラクレーンを採用した。当初計画では，夏期（気温 25 度以上）は夜間打設としたが，アジテータ車の運搬による地域社会への影響を避けるため，この期間はコンクリート打設量を調整（ハーフ打設に変更）して午前中の気温の低い時間帯に打設した。

### ⑲ 滝里（たきさと）ダム（2000 年）北海道開発局・・・・パイプベルトコンベアによるコンクリートの運搬

滝里ダムは，堤高 50.0m 堤頂長 445.0m の重力式コンクリートダムである。

RCD 工法のコンクリート運搬方法はダンプトラックが直接堤体に進入するのが一般的であるが，滝里ダムの場合は空知川の河道が右岸直上流の崖下に寄っていることや，上流仮締切堤や既設の発電用取水堰があり，上流側からの侵入路の取り付けは困難であった。したがって，新しい技術の応用を目指して，どんな地形条件にも適合して環境の改変がなく，据付撤去費が安くて熟練運転手を必要としないなど，省力化になじむベルトコンベア方式を堤体外に採用し，堤体内の運搬はダンプトラックを用いるベルトコンベア・ダンプ運搬方式とした。

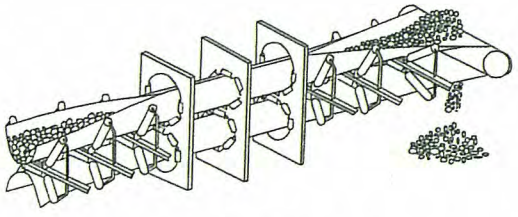


図-2.19　パイプベルトコンベアの一般図

河流処理方式は半川締切工法であり，堤体コンクリートの打設が左右岸に分断されることから，ベルト

コンベアは左岸部・右岸部に設ける 2 系列配置とした。仮設備の配置から，左右岸のコンクリートの品質を極力均質にするため，右岸向けについては乗継ぎによるコンクリートの品質低下を招かないように乗継ぎのないパイプベルトコンベア，左岸向けについては平ベルトコンベアを採用した。ダム用コンクリート運搬にパイプベルトコンベアを採用したのは，滝里ダムが最初の事例である。



写真-2.80　打設状況



写真-2.81　竣工時の滝里ダム

### ⑳ 大野（おおの）ダム（2002 年）北海道開発局‥‥揚圧力係数 100%とした設計・ELCM による短期施工

大野ダムは，堤高 47.5m 堤頂長 160.0m の重力式コンクリートダムである。

大野ダムの特徴は，河床部基礎において被圧地下水が確認され，一般のダムと異なる過剰な揚圧力が発生すると想定されたことから，河床部（5～7 ブロック）は貯水圧 100%とした矩形の揚圧力分布を用いて堤体設計を行った。右岸地山において，高透水地帯が深部まで分布し，地下水位も常時満水位より低いことから，常時満水位と難透水層が交差する地山奥方向に 117m の位置まで，リムグラウチングを実施した。



写真-2.82　大野ダム

堤体規模・工期短縮・経済性・現場条件等を考慮して，合理化施工を含めた工法の比較・検討を行い，工期短縮の効果が著しく，経済性に優れた 4.5m³ 級バッチヤープラントによるコンクリート製造と 13.5tf ジブクレーンによる拡張レヤー工法を採用した。

### ㉑ 上ノ国（かみのくに）ダム（2002 年）北海道‥‥トンネルを用いたコンクリート置換え工法

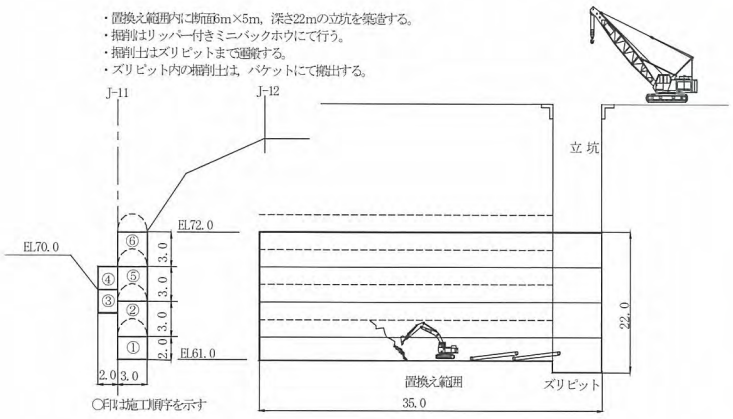
上ノ国ダムは，堤高 51.3m 堤頂長 247.9m の重力式コンクリートダムである。

ダム工事の技術的特色は，断層処理である。ダム敷とその近辺には，17 本の断層が認められた。これらの断層のうち処理を必要とする断層は F7，F9，F10 の 3 本であった。F7 断層はチャート層内に分布する断層で，角礫化が進む強破砕部であり，コンクリートの置換え工法で処理した。また，F9 断層は，粘板岩とチャート層の境に分布する断層で全体に粘土化再固結部を主体とする強破砕部であり，トンネル工法を用いたコンクリート置換え工法で処理した。これは全国的にも前例のない工法である。F10 断層は，粘板岩と

砂岩の境に分布する断層で，F9 断層と同様に粘土化再固結部を主体とする強破砕部であり，コンクリートマット工法で処理した。



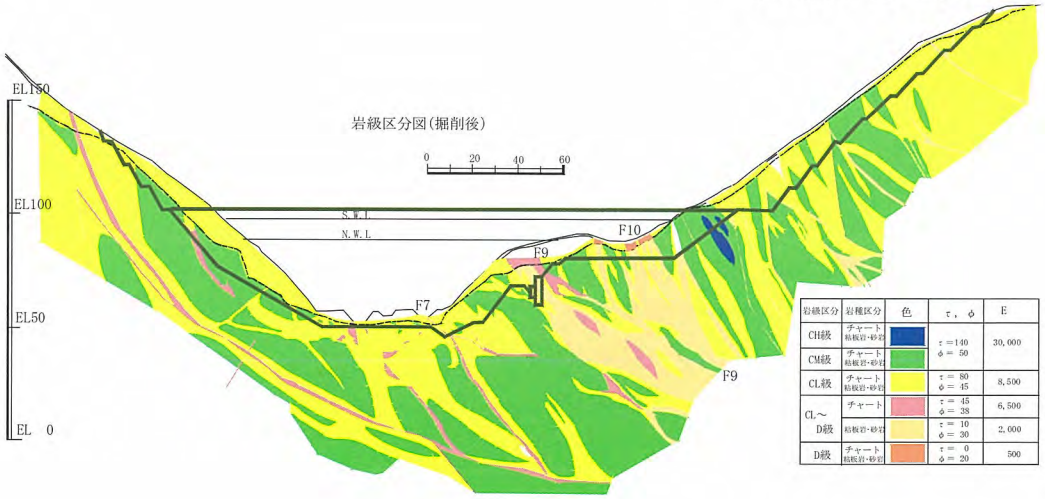
写真-2.83　トンネル置換え工法による断層処理




図－2.20　立坑方式の概要



写真-2.84　上ノ国ダム




図－2.21　上ノ国ダムの断層位置

### ⑫ 庶路（しょろ）ダム（2004 年）北海道‥‥北海道初の 1.5m 追跡 2 層打設を併用した拡張レヤー工法

庶路ダムは，堤高 48.9m 堤頂長 285.0m 堤体積 14 万 $m^3$ の重力式コンクリートダムである。

庶路ダムの堤体コンクリートの打設は，工期短縮によるコスト縮減を図るために，北海道のダムにおいて初めてのリフト高さ 1.5m 追跡 2 層打設を併用した拡張レヤー工法を採用した。

ダムコンクリート用骨材の原石量は，採取から骨材製造までのロスを含めて約 18 万 $m^3$ を必要とする。したがって，当初原石山の計画を進めていたが，環境に影響を与えず，コスト縮減が可能となる約 80km の遠隔地からの購入骨材によるものとし，原石山計画を中止した経緯がある。

コンクリートは左岸上流 600m に設置したコンクリート製造設備から 10ｔダンプトラックで運搬し，堤体積の約 77%に当たる 10.3 万 m³ をダンプトラック直送打設，岩着部及び減勢工底版を 65ｔクローラクレーン打設，通廊上流側及びダム頂部を 14.5ｔ固定式ケーブルクレーン打設とした。また，堤趾導流壁，減勢工擁壁の壁構造部はポンプ打設とした。



写真-2.85 庶路ダム

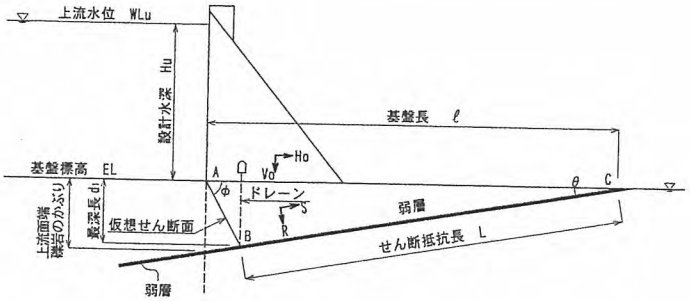



図-2.22　弱層部の安定性の検討

ダムの基礎岩盤は堅岩であるが，深部に上流落ちの弱層（石炭・凝灰岩）が分布しており，ダム築造に際してこの弱層沿いの滑動が当初より問題となっていた。

重力式コンクリートダムの基礎岩盤に上流落ちの弱層が分布する場合の安定性の検討方法（ダム技術No. 98,99 飯田隆一著）が 1994 年に発表された。同様の問題を抱えていた上ノ国ダムはこの新しい手法を採用しており，庶路ダムも同様の手法を採用した。

参考文献

(2-1)「ダム年鑑 2006」財団法人日本ダム協会
(2-2)「北海道のダム」北海道広域利水調査会
(2-3)「多目的ダムの建設」平成 17 年版第 1 巻　財団法人ダム技術センター
(2-4)「ダム技術」No.200　財団法人ダム技術センター

# 第 3 章 コンクリートダムの設計の歴史

## 第1節　ダム設計基準及び河川管理施設等構造令

我が国のコンクリートダムの設計に関する技術基準は，ダム建設の社会的な要請とダム技術の進歩に合わせ，米国開拓局等の外国の設計基準を後追いする形で作成された。ダムに係わる技術基準としては，社団法人日本大ダム会議「ダム設計基準（1957 年)」や「河川砂防技術基準（1958 年)」が最初である。したがって，1957 年以前は我が国のダム設計基準は確立しておらず，ダムを建設するそれぞれの技術集団が各自の考え方でダムを設計していた時期で，本書においては第 1 期から第 2 期（1960 年以前に竣工）のダムが該当するものと考えられる。現在のような設計基準の体系となったのは，1964 年の河川法改正によって「河川管理施設等構造令」（以後構造令と称する。）に技術的基準を定めてからである。

その後，日本大ダム会議の「改定ダム設計基準（1971 年)」が発刊され，おおむね現在の設計基準に近い内容のものとなった。「ダム設計基準」を使って設計を行った時期は，第 3 期（1961 年～1975 年）が該当する。

1976 年 7 月には「河川管理施設等構造令」（政令第 199 号)，同年 10 月に「河川管理施設等構造令施行規則」（建設省令第 13 号）が公付され，同年 10 月 1 日よりいずれも施行され，現在の「構造令」を中心とした設計基準の体系となっている。

「構造令」の制定後も各種技術基準類が作成されたが，「構造令」と整合を図ったものとなっている。例えば，「河川砂防技術基準（案)」は，1985 年に設計編を制定し 1997 年に改定されているが，「構造令」に関係する部分は「構造令」を満たす内容となっている。また，関係協会により各種の技術基準も作成されているが，ダムの構造等基本的な考え方は「構造令」に準じた内容となっている。

本章においては，ダム設計洪水流量，安全率，安定計算の考え方など，ダムの安全性に係わる主要な項目について，期別に実績を整理した。

## 第 2 節　設計洪水流量と設計水位

### 1.　ダム設計洪水流量

ダム設計洪水流量に関する初めての記載として「河川砂防技術基準（1958 年)」の中に設計高水流量や異常高水流量の概念がある。設計高水流量は，ダム本体の安定計算並びに余水吐きの設計に用いる流量で，コンクリートダムでは 100 年に 1 回，ロックフィルダムにおいては 200 年に 1 回起こると考えられる洪水流量，既往最大洪水の流量及び計画高水流量より大きな流量である。異常高水流量は，ダムの安全度を検定するための流量で，設計高水流量より 20%程度大きな流量としている。

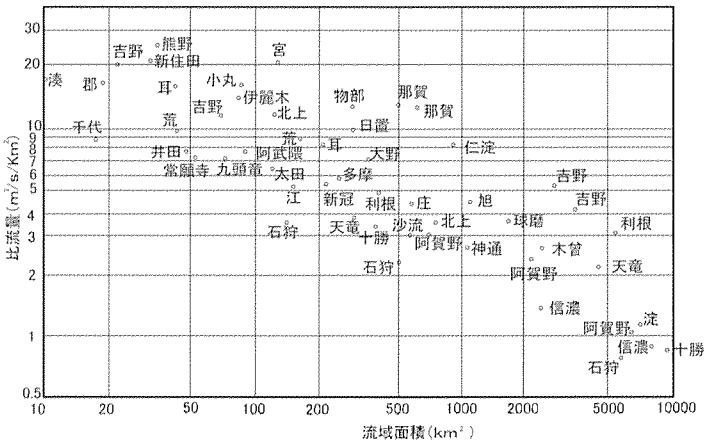



図-3.1　流域面積と比流量の関係

その後，1964 年の河川法改定後において，「ダム構造基準及び構造基準細目（昭和 43 年河川局長通達)」

の中に設計洪水流量や異常洪水流量の概念が示されている。設計洪水流量は，ダム本体の安定計算に用いる流量で，コンクリートダムでは 100 年に1回起こると考えられる洪水流量又は，既往最大洪水の流量のいずれか大きいものをいい，フィルダムではコンクリートダムの 1.2 倍としている。1971 年に改定された河川法に沿った内容で「改訂ダム設計基準」が発刊されており，既往最大洪水に関して比流量と流域面積の関係（図 3-1 参照）を示している。コンクリートダムのダム設計洪水流量は，

① ダム地点において超過確率 200 年につき 1 回の割合で発生するものと予想される洪水の流量
② ダム地点の既往最大洪水の流量
③ ダムの地点の流域と，水象もしくは気象が類似流域のそれぞれで発生した既往最大洪水の水象もしくは，気象の観測資料よりダム地点に発生すると客観的に認められる洪水の流量

上記のうち，いずれかの最大流量で設定される。現在の基準に改定されたのは 1976 年の「河川管理施設等構造令及び施行規則」が制定された後である。

日本大ダム会議の「第2次改訂ダム設計基準(1978年)」には，近傍流域における最大洪水の観測資料を当該流域に適用した場合のダム地点の洪水流量の算定方法として，地域別の比流量包絡線（Creager 曲線）式を用いて定量化を図っている。(図-3.2 参照) その場合，北海道の地域係数は 17 である。

それ以降，ダム設計洪水流量に関する基準は改訂されていない。

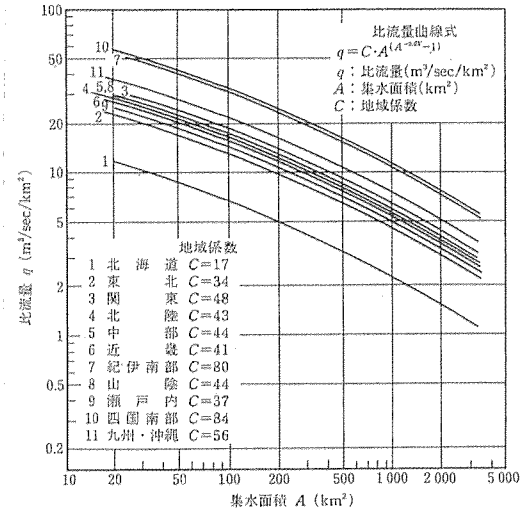



図-3.2 地域別比流量

表－3.1 にダム設計洪水流量の実績と，比流量曲線により算出された流量との関係を示す。表の右側の列に各ダムの設計洪水流量と比流量曲線式により算出される洪水流量（現在の基準において，近傍地域の既往最大流量 ③ として設定される流量）との比を安全度（参考値）として整理する。

その結果，古いダム，特に第 1 期，第 2 期に安全度の小さいダムが多く存在することが分かる。ダム設計洪水流量が基準化されたのが，「河川砂防技術基準　1958 年」であるところから，第 1 期，第 2 期は各ダムにおいて独自で設計洪水流量を設定していることが想定される。

第 3 期においても，安全度の比較的小さいダムが存在するが，当時は異常洪水流量を設計洪水流量とし 100 年確率の 1.2 倍として設定している時期である。しかし，当時は降雨流量資料が十分でなく 100 年確率流量の算出データが地域により不足しており，その結果バラツキが生じているものと思われる。

1976 年以降（第 4 期，第 5 期）は，比流量曲線から算定するように全国的に統一を図ったため，安全度は全て 1.0 以上となっている。1.0 以上でバラツキが見られるのは，北海道の特性として 200 年確率流量が比流量曲線により求まる流量を上回るため，ダム設計洪水流量が 200 年確率洪水流量で決定されているダムが多いためである。また，美利河ダム，美生ダムは複合ダムであるため，ロックフィルダム基準（コンクリートダムの 1.2 倍）を設定している。

安全度が小さい第 1 期から第 3 期のダムは，大半が常時満水位地震時の条件でダムの形状を決定しており，仮にダム設計洪水流量より大きな出水が発生しても，ダムの安全性に関して問題はない。

## 表-3.1 ダム設計洪水流量と比流量曲線により算出される洪水流量の関係

| | ダム名 | ダム設計洪水流量 Q | 流域面積 A | 比流量 Q/A | 比流量曲線 $q=17\cdot A^{(A^{-1})}$ | $Q'=q\cdot A$ | 安全度 Q/Q' | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $m^3/s$ | $km^2$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | | |
| 第一期 | 一の沢ダム | 2,230.00 | 440.00 | 5.07 | 3.44 | 1,513.60 | 1.47 | |
| | 千歳第3ダム | 39.90 | 243.38 | 0.16 | 4.54 | 1,104.95 | 0.04 | |
| | 千歳第4ダム | 35.20 | 294.00 | 0.12 | 4.17 | 1,225.98 | 0.03 | |
| | 笹流ダム | 42.00 | 5.40 | 7.78 | 14.83 | 80.08 | 0.52 | 改修後 |
| | 常路川ダム | 24.60 | 17.28 | 1.42 | 11.64 | 201.14 | 0.12 | |
| | 古川ダム | 42.80 | 12.80 | 3.34 | 12.53 | 160.38 | 0.27 | 間接流域557.2$km^2$除く |
| | 相沼内ダム | 310.00 | 22.06 | 14.05 | 10.91 | 240.67 | 1.29 | |
| | 清水沢ダム | － | 516.00 | － | 3.18 | － | | |
| | 幌内ダム | 1,230.00 | 269.90 | 4.56 | 4.33 | 1,168.67 | 1.05 | |
| | 旭町第1ダム | 63.30 | 7.70 | 8.22 | 13.95 | 107.42 | 0.59 | |
| | 岩松ダム | 1,637.00 | 605.00 | 2.71 | 2.94 | 1,778.70 | 0.92 | 間接流域183.3$km^2$除く |
| | 雨竜第2ダム | 198.00 | 109.70 | 1.80 | 6.36 | 697.69 | 0.28 | |
| | 雨竜第1ダム | 365.00 | 202.00 | 1.80 | 4.93 | 998.33 | 0.37 | 間接流域166.0$km^2$除く |
| 第二期 | 鷹泊ダム | 1,230.00 | 488.50 | 2.52 | 3.27 | 1,597.40 | 0.77 | |
| | 芦別ダム | 3,500.00 | 2,172.50 | 1.61 | 1.47 | 3,193.58 | 1.10 | 北海道電力 |
| | 活込ダム | 1,580.00 | 941.80 | 1.68 | 2.33 | 2,194.39 | 0.72 | |
| | 糠平ダム | 1,300.00 | 378.80 | 3.35 | 3.66 | 1,419.35 | 0.92 | |
| | 元小屋ダム | 1,370.00 | 408.80 | 3.35 | 3.57 | 1,459.42 | 0.94 | |
| | 幌満川第３ダム | 500.00 | 140.00 | 3.57 | 5.76 | 806.40 | 0.62 | |
| | 桂沢ダム | 660.00 | 151.20 | 4.37 | 5.58 | 843.70 | 0.78 | 流域変更147$km^2$を除く |
| | 芦別ダム | 454.00 | 126.00 | 3.60 | 6.02 | 758.50 | 0.60 | 北海道開発局 |
| | 岩知志ダム | 1,758.00 | 567.00 | 3.10 | 3.04 | 1,723.68 | 1.02 | 間接流域77.0$km^2$除く |
| | 岩清水ダム | 1,190.00 | 222.20 | 5.36 | 4.73 | 1,051.01 | 1.13 | 間接流域117.8$km^2$除く |
| | 三渓ダム | 54.00 | 7.50 | 7.20 | 14.01 | 105.08 | 0.51 | |
| | 糠南ダム | 420.00 | 94.20 | 4.46 | 6.75 | 635.85 | 0.66 | |
| 第三期 | 双珠別ダム | 210.00 | 64.00 | 3.28 | 7.79 | 498.56 | 0.42 | 間接流域128.0$km^2$除く |
| | 大夕張ダム | 1,300.00 | 433.00 | 3.00 | 3.47 | 1,502.51 | 0.87 | |
| | 奥新冠ダム | 285.00 | 53.10 | 5.37 | 8.31 | 441.26 | 0.65 | 間接流域126.9$km^2$除く |
| | 春別ダム | 770.00 | 129.40 | 5.95 | 5.95 | 769.93 | 1.00 | 間接流域340.0$km^2$除く |
| | 静内ダム | 1,900.00 | 323.80 | 5.87 | 3.98 | 1,288.72 | 1.47 | 間接流域539.8$km^2$除く |
| | 金山ダム | 1,200.00 | 470.00 | 2.55 | 3.33 | 1,565.10 | 0.77 | |
| | 下新冠ダム | 1,300.00 | 212.00 | 6.13 | 4.83 | 1,023.96 | 1.27 | 間接流域117.8$km^2$除く |
| | 旭町第2ダム | 45.00 | 6.50 | 7.02 | 14.38 | 93.47 | 0.48 | |
| | 常盤ダム | 264.00 | 23.00 | 11.48 | 10.79 | 248.17 | 1.06 | |
| | 有明ダム | 100.00 | 19.50 | 5.13 | 11.28 | 219.96 | 0.45 | |
| | 野花南(新) | 4,000.00 | 1,779.00 | 2.25 | 1.64 | 2,917.56 | 1.37 | |
| | 岩尾内ダム | 1,200.00 | 331.40 | 3.62 | 3.94 | 1,305.72 | 0.92 | |
| | 砥山ダム | 2,300.00 | 452.80 | 5.08 | 3.39 | 1,534.99 | 1.50 | |
| | 豊平峡ダム | 1,000.00 | 134.00 | 7.46 | 5.87 | 786.58 | 1.27 | |
| | 様似ダム | 580.00 | 54.90 | 10.56 | 8.22 | 451.28 | 1.29 | |
| | 矢別ダム | 340.00 | 32.50 | 10.46 | 9.76 | 316.88 | 1.07 | |
| 第四期 | 富村ダム | 840.00 | 164.90 | 5.09 | 5.38 | 887.16 | 0.95 | 間接流域165.1$km^2$除く |
| | 双川ダム | 2,200.00 | 338.40 | 6.50 | 3.90 | 1,319.76 | 1.67 | 間接流域540.0$km^2$除く |
| | 牧の内ダム | 80.00 | 5.00 | 16.00 | 15.01 | 75.05 | 1.07 | |
| | ﾎﾟﾝﾃｵダム | 660.00 | 93.80 | 7.04 | 6.76 | 634.09 | 1.04 | |
| | 佐幌ダム | 650.00 | 78.00 | 8.33 | 7.25 | 565.50 | 1.15 | |
| | 川端ダム | 2,250.00 | 780.00 | 2.88 | 2.58 | 2,012.40 | 1.12 | |
| | 美唄ダム | 390.00 | 24.60 | 15.85 | 10.58 | 260.27 | 1.50 | |
| | 新中野ダム | 305.00 | 17.46 | 17.47 | 11.61 | 202.71 | 1.50 | |
| | 清水の沢ダム | 95.00 | 4.93 | 19.27 | 15.04 | 74.15 | 1.28 | |
| | 鹿ノ子ダム | 750.00 | 124.00 | 6.05 | 6.05 | 750.20 | 1.00 | |
| | 駒ヶ岳ダム | 464.00 | 48.80 | 13.24 | 8.55 | 417.24 | 1.11 | |
| | 愛別ダム | 720.00 | 41.80 | 17.22 | 9.00 | 367.20 | 1.96 | |
| | 東の沢ダム | 600.00 | 82.10 | 7.31 | 7.11 | 583.73 | 1.03 | 間接流域73.6$km^2$除く |
| | 定山渓ダム | 675.00 | 104.00 | 6.49 | 6.49 | 674.96 | 1.00 | |
| 第五期 | 美利河ダム | 1,350.00 | 115.00 | 11.74 | 6.24 | 717.80 | 1.88 | フィルダム適用 |
| | 小平ダム | 1,700.00 | 465.21 | 3.65 | 3.35 | 1,558.45 | 1.09 | |
| | 朝里ダム | 390.00 | 33.80 | 11.54 | 9.63 | 325.49 | 1.20 | |
| | 栗山ダム | 290.00 | 15.20 | 19.08 | 12.03 | 182.86 | 1.59 | |
| | 西札内ダム | 147.85 | 5.76 | 25.67 | 14.68 | 84.56 | 1.75 | |
| | 奥沙流ダム | 440.00 | 52.00 | 8.46 | 8.37 | 435.24 | 1.01 | |
| | 二風谷ダム | 6,200.00 | 1,215.00 | 5.10 | 2.03 | 2,466.45 | 2.51 | |
| | 知内ダム | 330.00 | 15.10 | 21.85 | 12.04 | 181.80 | 1.82 | |
| | 神居ダム | 390.00 | 37.10 | 10.51 | 9.35 | 346.89 | 1.12 | |
| | 札内川ダム | 840.00 | 117.70 | 7.14 | 6.18 | 727.39 | 1.15 | |
| | 美生ダム | 710.00 | 83.00 | 8.55 | 7.08 | 587.64 | 1.21 | |
| | 浦河 | 370.00 | 18.10 | 20.44 | 11.51 | 208.33 | 1.78 | |
| | 苫前ダム | 460.00 | 56.40 | 8.16 | 8.14 | 459.10 | 1.00 | |
| | 滝里ダム | 4,800.00 | 1,662.00 | 2.89 | 1.71 | 2,842.02 | 1.69 | |
| | 大野ダム | 120.00 | 5.40 | 22.22 | 14.83 | 80.08 | 1.50 | |
| | 上ノ国ダム | 210.00 | 17.50 | 12.00 | 11.61 | 203.18 | 1.03 | |
| | 庶路ダム | 960.00 | 145.60 | 6.59 | 5.67 | 825.55 | 1.16 | |

## ２．設計水位

「第２次改定ダム設計基準(1978 年)」には，設計水位を次のように定義している。

第4条　設計水位

ダムの設計に用いる基準水位として常時満水位，サーチャージ水位，設計洪水位を定める。

常時満水位は非洪水時にダムによって貯留するとした貯水池の水位のうち最高の水位とする。サーチャージ水位は洪水時にダムによって一時的に貯留することとした貯水池の最高の水位とする。

設計洪水位はダム設計洪水流量までの洪水流量を対象とした場合に到達する貯水池の最高の水位とする。

「解説」

サーチャージ水位は洪水調節を目的とするダムにおいては洪水調節の計画対象洪水を調節貯留するときの貯水池の最高の水位である。

その他のダムにおいては河川の従前の機能の維持のため，洪水を一時的に貯留するときの貯水池の最高の水位である。このときの対象洪水は一般にダム地点で確率的に 100 年につき一回の割合で発生すると予想される洪水流量以下の流量をピーク流量とする洪水とする。

ただし，河川管理者が当該河川の全体計画においてダム地点について定めた洪水流量が 100 年につき一回の割合で発生すると予想される洪水流量より大きい規模の洪水である場合にはこの洪水流量をピーク流量とする洪水を対象とする。

設計洪水流量の算定では洪水生起時の貯水池の状態，ダムの洪水放流操作方法に基づき貯水池の流量調節機能を考慮するものとするが，洪水の総量が的確に把握されていることが必要である。

## ３．非越流部の高さ

### (1) 付加高さ

コンクリートダムの非越流部の高さは，堤頂の高さをいい，常時満水位，サーチャージ水位，設計洪水位に所定の付加高さを加えたものである。

付加高さは次の３項目を勘案し決定するものとする。

① 貯水池の風波浪

② 地震時波浪

③ 洪水吐ゲートの作動不良等に伴う貯水池水位の上昇

「河川管理施設等構造令（1976 年)」制定前の基準も付加高さの基本的な考え方は同じであったが，「河川砂防技術基準（1958 年)」においては，上記のほか「予想しない大洪水による水位上昇」を加味したものとしており，予想しない大洪水による貯水池の貯留効果や継続時間を考慮して付加高さを決定することになっていた。

「河川砂防技術基準（1958 年)」

設計最高水位が設計洪水位の場合

$$Hf \geq \Delta h_1 + (hw \text{ または } he/2) + ha + hi \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

設計最高水位がサーチャージ水位又は常時満水位の場合

$$Hf \geq hw + \frac{he}{2} + ha + hi \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

ただし，　$\Delta h_1$　：異常洪水流量放流のための水位上昇高
　　hw　：風波高
　　he　：地震波高
　　ha　：余水吐操作上の不慮の事故による水位上昇高
　　hi　：ダムの種類および重要度による加算値

その後，「予想しない大洪水による水位上昇$\Delta h_1$」の算定が困難であったため，1968 年に制定された「ダム構造技術基準」の「同細目」に余裕高の算定法が示されている。

「ダム構造技術基準細目(1968 年)」

| | |
|---|---|
| 計画高水位が設計洪水位である場合 | Hf=$\Delta h_1$+(hw又はhe/2のうちいずれか大なるもの)<br>+hi+0.5<br>(ゲートを有しないダムでは0) |
| 計画高水位がサーチャージ水位である場合 | Hf=hw+he/2+hi+0.5<br>(ゲートを有しないダムでは0) |

hi：フィルダムの場合は1.0メートルでその他のダムの場合は0

(単位：m)

| ダムの高さ | 余裕高 | |
|---|---|---|
| | コンクリート重力ダム及び<br>コンクリートアーチダムの場合 | フィルタイプダムの場合 |
| 50m未満 | 1.0 | 2.0 |
| 50m以上100m未満 | 2.0 | 3.0 |
| 100m以上 | 2.5 | 3.5 |

1976 年に「河川管理施設等構造令」が制定され，その後付加高さに関する基準は改訂されていない。なお，「河川管理施設等構造令」以前の基準は，付加高さのことを余裕高と呼んでいた。

**表-3.2 ダムの堤体の付加高さ（Ｈｆ）**

(単位：m)

| 貯水池の水位 | コンクリートダムの場合 | フィルダムの場合 |
|---|---|---|
| 設計洪水位の場合 | Hf=hw＋ha<br>かつHf≧1 | Hf=hw＋ha＋1<br>かつHf≧2 |
| サーチャージ水位の場合 | Hf=hw＋he/2＋ha<br>かつHf≧2 | Hf=hw＋he/2＋ha＋1<br>かつHf≧3 |
| 常時満水位の場合 | Hf=hw＋he＋ha<br>かつHf≧2 | Hf=hw＋he＋ha＋1<br>かつHf≧3 |

注：ha=0.5　洪水吐ゲートを有する場合
　　ha=0　　洪水吐ゲートを有しない場合

### (2) 北海道のコンクリートダムの付加高さ

表-3.3 にコンクリートダムの付加高さの実績と現在の基準における必要付加高さとの関係を示す。

第1期，第2期に，現在の基準おける必要付加高さが不足するダムが多く存在することが分かる。基準化されたのが第2期の後期であることから，これは当然想定されることである。

また，第3期にも必要付加高さが不足するダムが多く見られる。

第4期においても駒ヶ岳ダム，川端ダムの2ダムが不足している。

これらの2ダムはいずれも竣工は第4期に入るが，着工が第3期で建設に多くの期間を要しており，考え方は1968年制定の「ダム構造技術基準」に従っているものと考えられる。

付加高さが不足する多くのダムは，クレストゲートを有し，常時満水位が設計最高水位となっている堤高50m以下のダムである。現在の基準には，常時満水位の場合に2.0m以上の付加高さが義務付けられている。しかし，1968年制定の「ダム構造技術基準」は，ダム高50m以下の場合，付加高さに1.0mの義務付けしかなく，風波浪高によっては，2.0mを下回る結果となるためである。

当然のことながら，第4期（2ダムを除く），第5期のダムに付加高さが不足するダムは存在しない。風波浪高の算出方法は，記録の確認が出来るダムに限ってではあるが，SMB法における Wilson の改良式，地震による波浪高については佐藤清一の式が「河川管理施設等構造令」制定前より用いられている。したがって，波浪高の数値は現在と大差なく，適正に運用されている。

表－3.3　付加高さの実績と現基準による必要付加高さの関係

| | ダム名 | 付加高さ⊿H<br>m | 越流水深<br>m | ゲートの有無<br>有○，無× | 現法上の⊿Hの要付加高<br>m | ⊿H-h<br>m | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第一期 | 一の沢ダム | － | 5.87 | × | 1.00 | － | 貯砂ダム |
| | 千歳第3ダム | 0.91 | 1.82 | ○ | 2.00 | -1.09 | |
| | 千歳第4ダム | 0.91 | 1.79 | ○ | 2.00 | -1.09 | |
| | 笹流ダム | 0.00 | 0.30 | × | 1.00 | -1.00 | |
| | 常路川ダム | 0.97 | 0.85 | × | 1.00 | -0.03 | |
| | 古川ダム | 0.76 | － | × | 1.00 | -0.24 | サイフォン式越流 |
| | 清水沢ダム | － | － | － | － | － | |
| | 幌内ダム | 1.00 | 6.00 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 旭町第1ダム | 1.00 | 2.40 | ○ | 2.00 | -1.00 | |
| | 岩松ダム | 2.70 | 6.00 | ○ | 2.00 | 0.70 | |
| | 雨竜第2ダム | 1.10 | 4.20 | ○ | 2.00 | -0.90 | |
| | 雨竜第1ダム | 1.50 | 5.00 | ○ | 2.00 | -0.50 | |
| 第二期 | 鷹泊ダム | 1.00 | 7.00 | ○ | 1.00 | 0.00 | |
| | 芦別ダム | 2.20 | 9.00 | ○ | 2.00 | 0.20 | |
| | 活込ダム | 1.50 | 8.50 | ○ | 2.00 | -0.50 | |
| | 標平ダム | 2.00 | 11.00 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 元小屋ダム | 1.00 | 9.20 | ○ | 2.00 | -1.00 | |
| | 幌満川第３ダム | 1.00 | 5.15 | ○ | 2.00 | -1.00 | NWLで決定 |
| | 桂沢ダム | 1.60 | 6.00 | ○ | 2.00 | -0.40 | |
| | 芦別ダム | 1.30 | 8.40 | ○ | 2.00 | -0.70 | |
| | 岩知志ダム | 2.00 | 8.80 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 岩清水ダム | 5.00 | 9.20 | ○ | 1.00 | -0.50 | |
| 第三期 | 双珠別ダム | 1.50 | 6.00 | ○ | 2.00 | -0.50 | |
| | 大夕張ダム | 2.00 | 8.50 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 奥新冠ダム | 2.00 | 3.20 | ○ | 1.00 | 1.00 | |
| | 春別ダム | 1.50 | 8.00 | ○ | 2.00 | -0.50 | |
| | 静内ダム | 2.00 | 9.00 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 金山ダム | 0.10 | 9.40 | ○ | 1.00 | -0.90 | |
| | 下新冠ダム | 2.50 | 9.70 | ○ | 2.00 | 0.50 | |
| | 常盤ダム | 0.70 | 2.40 | ○ | 1.00 | -0.30 | |
| | 有明ダム | 1.00 | 4.20 | ○ | 2.00 | -1.00 | |
| | 野花南(新) | 2.00 | 9.70 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 岩尾内ダム | 2.00 | 13.50 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 砥山ダム | 2.00 | 9.20 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 豊平峡ダム | 2.50 | 6.00 | ○ | 2.00 | 0.50 | |
| | 様似ダム | 2.00 | 19.00 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| | 矢別ダム | 1.60 | 7.90 | ○ | 2.00 | -0.40 | |
| 第四期 | 富村ダム | 2.00 | 5.00 | × | 1.00 | 1.00 | |
| | 双川ダム | 2.00 | 10.90 | ○ | 2.00 | 0.00 | NWLで決定 |
| | 牧の内ダム | 1.20 | 1.80 | × | 1.00 | 0.20 | |
| | ポンテシオダム | 1.00 | 3.30 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 佐幌ダム | 1.10 | 2.00 | × | 1.00 | 0.10 | |
| | 川端ダム | 1.60 | 6.50 | ○ | 2.00 | -0.40 | |
| | 美唄ダム | 1.00 | 7.80 | × | 1.00 | 0.00 | 改修後 |
| | 新中野ダム | 1.30 | 2.30 | × | 1.00 | 0.30 | |
| | 清水の沢ダム | 2.10 | 2.40 | × | 1.00 | 1.10 | |
| | 鹿ノ子ダム | 2.10 | 8.10 | ○ | 2.00 | 0.10 | |
| | 駒ヶ岳ダム | 1.50 | 7.00 | ○ | 2.00 | -0.50 | |
| | 愛別ダム | 1.00 | 1.20 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 東の沢ダム | 1.80 | 3.20 | × | 1.00 | 0.80 | |
| | 定山渓ダム | 2.00 | 7.00 | ○ | 2.00 | 0.00 | |
| 第五期 | 美利河ダム | 1.50 | 1.90 | ○ | 1.00 | 0.50 | |
| | 小平ダム | 1.00 | 2.00 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 朝里ダム | 1.70 | 0.70 | × | 1.00 | 0.70 | |
| | 栗山ダム | 1.30 | 1.00 | × | 1.00 | 0.30 | |
| | 西札内ダム | 1.56 | 1.37 | × | 1.00 | 0.56 | |
| | 奥沙流ダム | 2.10 | 2.90 | × | 1.00 | 1.10 | |
| | 二風谷ダム | 1.70 | 6.90 | ○ | 1.00 | 0.70 | |
| | 知内ダム | 1.75 | 1.95 | × | 1.00 | 0.75 | |
| | 神居ダム | 1.80 | 2.50 | × | 1.00 | 0.80 | |
| | 札内川ダム | 1.50 | 2.50 | | 1.00 | 0.50 | |
| | 美生ダム | 2.50 | 3.00 | × | 1.00 | 1.50 | |
| | 浦河 | 1.00 | 2.20 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 苫前ダム | 1.78 | 2.07 | × | 1.00 | 0.78 | |
| | 滝里ダム | 1.60 | 9.50 | ○ | 1.00 | 0.60 | |
| | 大野ダム | 1.00 | 1.60 | × | 1.00 | 0.00 | |
| | 上ノ国ダム | 1.80 | 1.60 | ○ | 1.00 | 0.80 | |
| | 庶路ダム | 1.10 | 2.50 | × | 1.00 | 0.10 | |

## 第 3 節　耐震設計

### 1．設計震度

ダムの構造計算に用いられる設計震度は，ダムの種類及び地域区分（強震帯，中震帯，弱震帯）に応じて定めている。ダムの堤体に作用する地震時の慣性力は，ダム堤体の自重に設計震度を乗じたものとし，ダム堤体に水平に作用するものと仮定している。この考え方は，1925 年の物部博士の「震度法」による耐震設計の提案による。「河川管理施設等構造令（1976 年）」が制定される前は全国を強震帯と弱震帯に 2 区分し，北海道全域を弱震帯として位置付けていた。「ダム構造技術基準（1968 年）」には表-3.4 のように規定されている。

表-3.4 ダム構造技術基準（1968 年）

| ダムの種類 | 東北（福島，秋田，山形）関東，中部，近畿，南四国 | 北海道，東北（岩手，宮城，青森），北陸，中国，北四国，九州 |
|---|---|---|
| コンクリート重力式ダム及び<br>コンクリートアーチダム | 0.12～0.20 | 0.10～0.15 |
| フィルタイプダム | 0.12～0.25 | 0.10～0.20 |

その後，北海道を大地震の発生頻度により強震帯地域と，弱震帯地域に区分している。日本大ダム会議「第 2 次改訂ダム設計基準(1978)」には，表-3.5 及び表 - 3.6 のように規定されている。

表-3.5 地域別地盤震度

| 区　　分 | 強 震 帯 地 域 | 弱 震 帯 地 域 |
|---|---|---|
| 地　　域 | 北海道，（根室・釧路・日高・十勝）東北，関東，中部，北陸，近畿，南四国，鳥取，宮崎 | 北海道（左記以外），中国（鳥取を除く），北四国，九州（宮崎を除く）　沖縄 |
| 地 盤 震 度 | 0.12～0.20 | 0.10～0.15 |

表-3.6　堤体震度

| 区　　分 | | 強 震 帯 地 域 | 弱 震 帯 地 域 |
|---|---|---|---|
| 重力式ダム<br>中空重力式ダム | | 0.12～0.20 | 0.10～0.15 |
| ア ー チ ダ ム | | 0.24～0.40 | 0.20～0.30 |
| フィルダム | 均一型<br>表面遮水壁型 | 0.15～0.25 | 0.12～0.20 |
| | ゾ ー ン 型 | 0.12～0.20 | 0.10～0.15 |

現在の地域区分は 1981 年 10 月の建設大臣告示により定められており，表-3.7 に示すように，強震帯，中震帯，弱震帯の 3 つに区分されている。

表-3.7 現在の設計震度

| ダムの種類＼地域の区分 | | | 強震帯地域 | 中震帯地域 | 弱震帯地域 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 重力式コンクリートダム | | 0.12 | 0.12 | 0.1 |
| 2 | アーチ式コンクリートダム | | 0.24 | 0.24 | 0.2 |
| 3 | フィルダム | ダムの堤体がおおむね均一の材料によるもの | 0.15 | 0.15 | 0.12 |
| | | その他のもの | 0.15 | 0.12 | 0.1 |

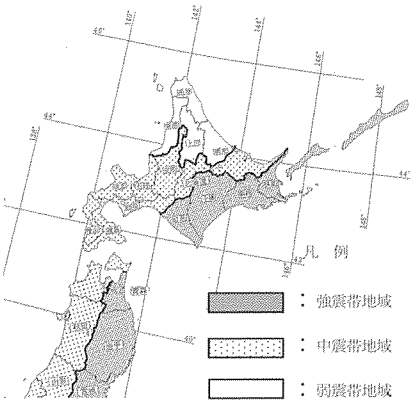



図-3.3 地域の区分図

## 2. 北海道のコンクリートダムの設計震度

北海道におけるコンクリートダムの設計震度の実績を表-3.8に示す。

第1期は設計震度に関する規定のない時期である。古川ダムが0.75と大きな値を採用している以外0.10～0.15の範囲で現在の基準と照合しても問題ない値となっている。

第3期には，アーチ式コンクリートダムが2基ある。豊平峡ダムの0.30に対し奥新冠ダムは0.12と重力式コンクリートダムと同様の小さめの値となっている。現在，アーチ式ダムは重力式ダムの2倍の設計震度を設定する必要があるが，具体的に規定されたのは，「ダム構造技術基準（1968年）」であると思われる。奥新冠ダムと豊平峡ダムの竣工はそれぞれ1963年と1973年であるので，適用する基準によって差が生じたものと考えられる。有明ダムは弱震帯地域に位置するが，0.15と大き目の値を採用している。

第4期の中で，鹿ノ子ダムは中震帯地域に位置するが，0.10と小さめの値を採用している。これは，構造令制定以前は，弱震帯地域に含まれていたためである。

1995年1月の兵庫県南部地震を契機として，大規模地震時に確保すべきダムの耐震性能について調査研究が行われており，2005年3月に「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）」が作成され，試行している。

表-3.8 設計震度の実績と地域区分

| | 強震帯 | | 中震帯 | | 弱震帯 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ダム名 | 震度 | ダム名 | 震度 | ダム名 | 震度 | |
| 第一期 | 岩松ダム | 0.12 | 一の沢ダム | 0.12 | 幌内ダム | 0.10(推定) | |
| | | | 古川ダム | 0.75 | | | |
| | | | 相沼内ダム | 0.12 | | | |
| | | | 常路川ダム | 0.12 | | | |
| | | | 雨竜第1ダム | 0.15 | | | |
| | | | 雨竜第2ダム | 0.15 | | | |
| | | | 笹流ダム | 0.12 | | | |
| 第二期 | 岩知志ダム | 0.12 | 桂沢ダム | 1.02 | | | |
| | 岩清水ダム | 0.12 | 鷹泊ダム | 0.12 | | | |
| | 糠平ダム | 0.12 | 芦別ダム＊ | | | | ＊北海道電力 |
| | 活込ダム | 0.12 | | | | | |
| | 幌満川第3ダム | 0.12 | | | | | |
| 第三期 | 様似ダム | 0.15 | 金山ダム | 0.12 | 岩尾内ダム | 0.12 | |
| | 春別ダム | 0.12 | 豊平峡ダム | 0.30 | 有明ダム | 0.15 | |
| | 奥新冠ダム | 0.12 | 大夕張ダム | 0.12 | | | |
| | 静内ダム | 0.12 | 矢別ダム | 0.15 | | | |
| | 下新冠ダム | 0.12 | 双珠別ダム | 0.12 | | | |
| | | | 野花南(新) | 0.12 | | | |
| | | | 砥山ダム | 0.12 | | | |
| | | | 旭町第2ダム | 0.12 | | | |
| 第四期 | 佐幌ダム | 0.12 | 鹿ノ子ダム | 0.10 | 愛別ダム | 0.12 | |
| | 東の沢ダム | 0.12 | 定山渓ダム | 0.12 | ﾎﾟﾝﾃｼｵﾀﾞﾑ | 0.10 | |
| | 富村ダム | 0.12 | 川端ダム | 0.12 | | | |
| | 双川ダム | 0.12 | 駒ヶ岳ダム | 0.12 | | | |
| | | | 美唄ダム | 0.12 | | | |
| | | | 新中野ダム | 0.12 | | | |
| | | | 清水の沢ダム | 0.12 | | | |
| 第五期 | 庶路ダム | 0.15 | 大野ダム | 0.12 | 小平ダム | 0.12 | |
| | 二風谷ダム | 0.12 | 上ノ国ダム | 0.12 | 苫前ダム | 0.12 | |
| | 札内川ダム | 0.12 | 美利河ダム | 0.12 | 札内川ダム | 0.12 | |
| | 美生ダム | 0.12 | 滝里ダム | 0.12 | | | |
| | 浦河ダム | 0.12 | 朝里ダム | 0.12 | | | |
| | 西札内ダム | 0.12 | 栗山ダム | 0.12 | | | |
| | 奥沙流ダム | 0.12 | | | | | |

## 第4節 ダムの安定評価

### 1. 安定条件に関する考え方の変遷

コンクリートダムは前身の石積ダムを中心に設計理論が提案され，改善されながらダムが建設されてきた。設計体系が現在の形に比較的近い形に整備されたのは1881年のW. J. M. Rankineの提案以降である。

Rankineは，

① middle thirdの条件を満足すること

② 滑動に対して安全な重さを有すること，すなわちsliding factorが所定の値を上回らないこと

③ 最大主応力が許容値を上回らないこと

の3つの条件を重力式ダムの設計の安定条件とすることを提案した。

これらの条件はsliding factorがせん断摩擦安全率に置き換えられ，基礎岩盤に適用されるようになった以外は大きな変化はなく，設計荷重の取り方や，安全率の値に修正が加えられた程度で今日に至っている。

Rankineの提案以降，1895年にフランスのBouzeyダムが破壊し，その原因が設計に揚圧力を考慮してい

なかったためと判明すると，大きな注目が揚圧力に向けられ，同年中にLevyによって揚圧力を設計に取り入れることが提案された。

これらの設計理論の整備とコンクリート工学の進歩とあいまって20世紀に入ると，相次いで高さが100mを超える大ダムが建設されるようになった。この時期には技術の大幅な進歩により設計面では設計安全率の大幅な引き下げ（10から5又は4へ），sliding factorからせん断摩擦安全率へ，揚圧力の取り方の定形化等が行われた。このような時代背景から，北海道のコンクリートダムが1918年以降に建設されていることより，第1期に建設されたダムはRankineの設計理論に基づいていることが想定される。

1957年（昭和32年）に日本大ダム会議は「ダム設計基準」を刊行した。この基準は日本で初めての本格的な設計基準で，その後の設計基準はすべてこの基準を基に改訂されている。この設計基準では，設計対象となる荷重の組み合わせ，各種荷重の計算方法，解析方法，安全率や許容応力の取り方等現在の「構造令」で決められている内容に近い形に整備されている。それ以前のダム設計例と比べ大きく変わった点を要約すると，

① sliding factorからせん断摩擦安全率へ

② 揚圧力の見直しと排水孔の設置

である。

1957年の「ダム設計基準」におけるせん断摩擦安全率に関する記載（原文）は次のとおりである。

第4条

ダムの滑動安定はせん断摩擦安全率を用いて検討する。せん断摩擦安全率は次式で与えられるものとし，地震力などを含む全荷重に対し4より小であってはならない。

$$n=(\tau_0 \ell + fV)/H$$

[解説]

従来コンクリート重力ダムの滑動安定の計算に滑動係数が用いられてきたが，現在重力ダムの施工は基礎岩盤の処理，基礎岩盤上のコンクリートの打継ぎ，施工継目の設計等に関し，せん断抵抗を最も大ならしめるように注意が払われており，これを単なる滑動の問題として取り扱うのは適当ではない。一般に重力ダム礎岩盤上に，せん断抵抗を最も大ならしめるよう注意深く築造するものとし，せん断摩擦安全率を用いて滑動安定計算を行うのが合理的である。

せん断摩擦安全率nの限界値については，文献を参考とする他，現在までの設計実例も参照として4とする。内部摩擦係数fについては，Hennyが引用した実験の例では0.70，米国開拓局の設計基準では0.65となっているが，畑野正の実験によってみても若干これを増大しうるものと思われるので，一般に，0.65～0.80とする。$\tau_0$の値は岩盤とコンクリートのせん断抵抗強度のうち，小さい方の値をとらなければならない。しかし，岩盤がよい場合にはコンクリートのせん断抵抗強度が基になる。

コンクリートのせん断強度は，試験によって求めなければならないが，ダムの基礎水平断面内におけるせん断応力の非一様分布，岩盤の非一様性，施工のむら等を考慮して試験値をかなり割り引いた値をせん断抵抗強度としてとらなければならない。実際には試験値の1/1.5～1/2.0を$\tau_0$の値とした例が多い。試験によらずに$\tau_0$の値を決める場合には，安全のため200～300tf/m$^2$において，コンクリートの配合，圧縮強度を参考にして決めるのがよい。

我が国の二，三の実例によれば，ダム高さに応じた所要のせん断抵抗強度及びコンクリートの単位セメント量は表-3.9の範囲にある。

表-3.9 せん断抵抗強度と単位セメント量との関係

| ダムの高さ (m) | せん断抵抗強度 ($tf/m^2$) | コンクリートの単位セメント ($kg/m^3$) |
|---|---|---|
| 50 | 150 | ～170 |
| 100 | 200 | 180～210 |
| 150 | 380 | 220～240 |

注：佐久間ダムおよび田子倉ダムのコンクリート実験成績より

1957年の設計基準において特筆すべきことは，「コンクリートのせん断抵抗強度を試験により求めなければならない」と規定していることで，設計の主眼点が堤体（コンクリート）に置かれていることが分かる。この時期は，第2期が該当するものと思われ，同時期のダムのせん断抵抗強度はコンクリートにより決定されており，$200tf/m^2$とする実績が多かったようである。

その後，1959年（昭和34年）フランスのMalpassetダムが基礎岩盤の破壊が原因で決壊すると，ダムの安全性にとって基礎岩盤の安全性が極めて重要であることが認識され，それまでダム本体の応力のみに着目し，競って堤体積を減少させていた設計技術は，一転して基礎岩盤の安定性を重視した設計へと大きく変換する。

その流れを受け，1971年（昭和46年）に「ダム設計基準」が改訂されることになる。改訂された「ダム設計基準」のコンクリートダムの部分の主な改正点は次のとおりである。

① アーチダム，中空重力ダムの基準の整備

② 設計の主眼点ダム本体より基礎岩盤への移行に伴う諸問題

改訂「ダム設計基準」のコンクリートダムに関係する条文は次のとおりである。

第2条 コンクリートの強度

コンクリートの強度は，材令91日の強度を基準とする。

コンクリートの所要強度は，設計応力に対し必要な安全率を有するように定めなければならない。

コンクリートの配合強度は，所要圧縮強度に圧縮強度の変動を考慮した割増しを行って定めるものとする。

[解説]

(1)ダムが設計荷重を受けるのは，コンクリート打込み後，長期間経った後であるが，コンクリートを設計する上での便宜のため，コンクリートの所要強度は材令91日の強度を基準とする。ただしその後も強度が漸増し，材令365日で少なくとも91日強度の10%程度を増すような材料を選ぶ必要がある。

(2)標準養生を行った径15cm，高さ30cmの供試体を用いて圧縮強度を試験する場合の安全率は4以上とする。配合強度は所要圧縮強度に変動係数に応じて定まる割増係数を乗じて，次のように定めるものとする。

（配合強度）＝（設計圧縮応力度）×（安全率）×（割増係数）

設計においては，割増係数は，施工設備，既往の実績等を考慮して仮定するが，着工後の施工実績に基づき早期に検討し，必要な修正をしなければならない。

なお，引張強度は所要圧縮強度から決められた配合のコンクリートの引張強度を基準とする。

(3)コンクリート水平打継面のせん断摩擦安全率の検討を必要とする場合のコンクリート打継面のせん断強度及び内部摩擦係数の値は，打継面の状態によって異なり，理論的に求めることは困難である。しかし，一般に打継面の強度低下を考慮して，せん断強度は堤体コンクリートの圧縮強度の1/7～1/10

の値を用い，また，内部摩擦係数は0.65～0.80が用いられている。

(4)地震荷重の場合は，標準試験の場合に比べて，そのひずみ速度が著しく大きく従って，圧縮強度も大きくなるから，標準試験値にその30%を増加したものを強度の基準として差し支えない。

第4条　基礎岩盤の安全率

堤体と基礎岩盤との接触面及び基礎岩盤内の弱点と考えられる面のせん断摩擦抵抗力は，せん断力に対して必要な安全率を有するものでなければならない。

[解説]

(1)　重力ダムの堤体と基礎岩盤との接触面における滑動に対する安定は，せん断摩擦安全率によって検討するものとする。

$$n = \frac{fV + \tau_0 \ell}{H}$$

n：　せん断摩擦安全率

f：　内部摩擦係数

V：　単位幅当りのせん断面に作用する垂直力（揚圧力を含む）（$t/m^2$）

$\tau_0$：　せん断強度（$t/m^2$）

$\ell$：　せん断抵抗を考える長さ（m）

H：　単位幅当たりのせん断力（地震の場合を含む）（t/m）

上式の$\tau_0$の値は，岩盤とコンクリート及びその接触面におけるせん断強度のうち小さい値をとる必要がある。堤体と基礎岩盤との接触面におけるnの値は4以上でなければならない。もし接触面に弱い部分が存在する場合は，その部分の応力についても安全率を検討することが望ましい。

中空重力ダムでは，上式の$\ell$はせん断抵抗を考える断面に，また，V及びHをその断面積に対応する垂直力及びせん断力に，それぞれ置換えて準用する。

(2)　岩盤内部の断層，節理等の弱点と考えられる面の滑動安定についての安全率は，堤体より伝達される力，岩盤の自重，間隙圧及び地震力を考慮して検討しなければならない。

1957年の「ダム設計基準」と異なる点は次のとおりである。

① コンクリートのせん断強度を試験により求めなければならないと書かれていたのが，堤体コンクリート圧縮強度の1/7～1/10としていること（これは主眼がコンクリートから基礎岩盤に移行していることを示す)。

② 基礎岩盤内の弱層に関する記載があること。

この時期は第3期のダムが該当するが，岩盤の現位置せん断試験が定着しておらず，岩石強度から推定しているダムが多い時期である。この改訂された「ダム設計基準」において，日本のダムの設計基準の骨格はほぼ出来あがり，その後の技術的進歩を取りいれて，昭和51年（1976年）制定の「河川管理施設等構造令」へと移行して行く。その後大きな設計思想の変更はなく，現在に至っている（第4期，第5期が該当する)。

## 2. 安定計算と安全率

表-3.10に北海道のコンクリートダムの安定計算に使用したコンクリート及び基礎岩盤の物性値，揚圧力係数の実績を示す。表-3.10より第1期のダムでせん断強度に記載がないのは，当時はまだ，せん断摩擦強度の考え方は無く，計算方法がsliding factorによるからである。揚圧力はすでに北海道の全てのダムで考慮されていることが分かる。当時無筋コンクリートに関する基準が無いため，コンクリートの単位重量で雨竜ダムが小さい値となっている。

第1期のダムはRankineの設計理論に基づき，

① middle thirdの条件を満足すること

② 滑動に対して安全な重さを有すること，すなわちsliding factorが所定の値を上回らないこと

③ 最大主応力が許容値を上回らないこと

の3つの条件により設計されているものと考えられる。

sliding factorにおけるSの考え方は，水平力をH，鉛直力をV，せん断摩擦係数をfとすると次式で表される。

$$S=H/V$$

$$S< f$$

これはsliding factorであるSより抵抗力fが大きい場合，ダムの滑動に対する安全性は保たれると言う考え方に基づく。

第1期のダムでは，笹流ダム（改修前の旧ダム）など，第2期のダムでも桂沢ダム，旭町第一ダムなどが同様の手法で計算を行っていることを確認している。検討の結果，滑動条件を満足しない場合，基礎接触面に凸凹をつけ，対応している事例（笹流ダム，旭町第一ダム）がある。

sliding factorは静摩擦抵抗という観点からのマクロ的な安全性の検討であるため，一般の構造物の設計に用いられる安全率の概念は含まれておらず，安全率の概念は③の許容応力度の設定のみに適用されていたとみることができる。sliding factorはせん断強度τを考慮していないため，見方によれば極端に安全側の仮定であるが，堤高が大きくなると不十分な検討になる。すなわち，sliding factorにより検討された場合には$\tau_0=0$と仮定しても安全率は1.0以上あることを意味しているが，断面内の応力が不均一性を考慮すると，断面の平均の安全率が1.0以上でも部分的には1.0以下の所が生じ，その部分に破壊が生じ，静摩擦係数の値の低下をきたす可能性がある。特にダムの高さが大きくなるとこのような現象が生ずる可能性は高くなり，$\tau_0$に実際の値を用いて，部分的にも破壊に対して余裕があるかを確かめる必要が生ずる。

1934年にHennyによりせん断摩擦安全率が提案され，アメリカの大規模な重力ダムの設計に取り入れられ，戦後日本に導入された。せん断摩擦安全率が正式に設計基準に採用されたのは1957年（昭和32年）制定の「ダム設計基準」からである。Hennyによるせん断摩擦安全率nは次式による。

$$n=\frac{fV+\tau_0\ell}{H}\geqq 4$$

表-3.10 コンクリート及び基礎岩盤の物性値，揚圧力係数の実績

| | ダム名 | 単位重量 | 備考 | せん断抵抗強度 | 備考 | 内部摩擦係数 | 備考 | 揚圧力係数 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | t/m³ | | tf/m² | | | | 堤体 | 基礎 | |
| 第一期 | 一の沢ダム | 2.35 | | 〃 | | 0.65 | | | 0.4 | |
| | 笹流ダム | | | 55 | 改修後 | 0.84 | 改修後 | | 0.2 | 改修後 |
| | 常路川ダム | 2.40 | | 〃 | | 〃 | | | 〃 | |
| | 古川ダム | 2.30 | | 〃 | | 〃 | | | 0.17～0.50 | |
| | 相沼内ダム | 2.30 | | 〃 | | 〃 | | | 〃 | |
| | 幌内ダム | 新2.31，旧.44 | | CM150，CL50 | | CM0.839，CL0.700 | | | 〃 | |
| | 岩松ダム | 2.30 | | 〃 | | 〃 | | 0.3 | 0.4 | 岩0.4コン0.3 |
| | 雨竜第2ダム | 2.25 | | 〃 | | 〃 | | 0.3 | 0.5 | 堤0.3基礎0.5 |
| | 雨竜第1ダム | 2.20 | | 〃 | | 〃 | | 0.3 | 0.5 | 堤0.3基礎0.5 |
| 第二期 | 糠平ダム | 2.35 | | 200 | | 〃 | | 0.3 | 0.4 | 0.35内部0.3 |
| | 幌満川第３ダム | 2.30 | | 15 | | 〃 | | | 0.2 | |
| | 桂沢ダム | 2.35 | | | | 0.794 | 滑動係数 | | 0.4 | |
| | 岩知志ダム | 2.35 | | 200 | 20kgf/cm² | 0.65 | | 0.3 | 0.4 | 基礎0.4内部0.3 |
| | 岩清水ダム | 堤体2.35橋脚2.4 | | 200 | 20kgf/cm² | 0.65 | | 0.3 | 0.4 | 岩0.4コン0.3 |
| 第三期 | 大夕張ダム | 2.35 | | 200 | | 0.65 | | | 0.3 | |
| | 金山ダム | 2.35 | | 200 | | 0.65 | | | 上流0.5，河流端0.0 | |
| | 有明ダム | 2.30 | | 70 | | 0.70 | | | 0.2 | |
| | 野花南(新) | 内2.36外2.38 | | 200 | | 0.65 | | 0.3333 | 〃 | コンクリ1/3 |
| | 岩尾内ダム | 2.35 | | 200 | | 0.65 | | | 0.3 | |
| | 砥山ダム | 2.32 | | 200 | | 0.65 | | 0.3333 | 1.0 | 内1/3基礎1.0 |
| | 豊平峡ダム | 2.30 | | 120～250 | | 1.20 | | | 〃 | |
| | 様似ダム | 〃 | | 〃 | | 〃 | | | 〃 | |
| | 矢別ダム | 2.35 | | 150 | | 0.65 | | | 0.2 | |
| 第四期 | 富村ダム | 2.30 | | 200 | | 0.65 | | 0.3333 | 〃 | 内部1/3 |
| | ポンテシオダム | 2.30 | | 150 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 佐幌ダム | 2.30 | | 120 | | 0.80 | | | 〃 | |
| | 川端ダム | 2.30 | | 200 | | 0.65 | | | 0.4 | |
| | 美唄ダム | 2.30 | | B90～120，CH90，CM50，CL0 | | 0.70 | | | 0.3 | |
| | 新中野ダム | 2.35 | | 200 | | 〃 | | | 0.2 | |
| | 清水の沢ダム | 2.35 | | 100 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 鹿ノ子ダム | 2.25 | | 155 | | 0.65 | | | 0.2 | |
| | 駒ヶ岳ダム | 2.30 | | 150 | | 0.65 | | | 0.2 | |
| | 愛別ダム | 2.30 | | 120 | | 1.00 | | | 1.0 | |
| | 東の沢ダム | 2.35 | | 250 | | 0.46 | | 0.333 | 〃 | 内部1/3 |
| | 定山渓ダム | 2.30 | | 200 | CM | 1.00 | | | 0.2 | |
| 第五期 | 美利河ダム | 2.30 | | 50 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 小平ダム | 〃 | | 〃 | | 〃 | | | 〃 | |
| | 朝里ダム | 2.30 | | CH80，CM(vb)100，(Pd)150，CL60 | | CH1.0，CM(vb)1.0，(Pd)0.8，CL0.6 | | | 1.0 | |
| | 栗山ダム | 2.30 | | CH80，CM60，CL50 | | CH0.84，CM0.70，CL0.70 | | | 0.2 | |
| | 西札内ダム | 2.35 | | 38.50 | 0.37N/mm² | 0.84 | | | 〃 | |
| | 奥沙流ダム | 2.30 | | 120 | | 0.78 | | 0.333 | 1.0 | 堤1/3基礎1.0 |
| | 二風谷ダム | 2.30 | | 85 | CM | 0.80 | | | 0.333 | ドレーンなし |
| | 神居ダム | 2.30 | | 110 | | 0.80 | | | 0.2 | |
| | 札内川ダム | 2.30 | | 200～250 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 美生ダム | 2.35 | | CH200，CM50 | CM～CH | CH1.0，CM0.839 | | | 0.2 | |
| | 浦河 | 2.30 | | 70 | | 0.60 | | | 0.6 | |
| | 苫前ダム | 2.35 | | CH160，CM90 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 滝里ダム | 2.35 | | 50～200 | | 0.58～1.0 | | | 0.2 | |
| | 大野ダム | 2.35 | | CM1.83，CL1.21(N/mm²) | | CM0.781，CL0.577 | | | 1.0 | |
| | 上ノ国ダム | 2.30 | | 80 | | 1.00 | | | 0.2 | |
| | 庶路ダム | 2.30 | | 180 | | 1.00 | | | 0.2 | |

しかし，当時は$\tau_0$として岩盤強度ではなく，コンクリートの強度を与えていた。この時期は第２期のダムが該当するが，北海道の実績としては，コンクリートのせん断強度$\tau_0$を200tf/m²，内部摩擦係数fを0.65としているダムが多い。

その後，$\tau_0$として基礎岩盤のせん断強度を与えるようになる。しかし，岩盤現位置せん断試験の方法が開発されていない時期は，岩石強度から岩盤の物性値を推定せざるを得ない時期があった。また，岩盤状況がよく，ダム規模との関係から，現位置せん断試験を行わないで，せん断強度を少なめに設定しても十分に安全なダムが多かった。その時期が第３期に該当する。北海道で現位置せん断試験を最初に実施した

ダムは豊平峡ダム（1973年）である。

第4期に入ると，基礎岩盤状況の悪いダムが出現し，大半のダムで現位置せん断試験を実施するようになる。試験により内部摩擦係数fも第3期までは，0.65が多かったが，試験値を採用し0.80～1.00が多くなっている。

表-3.11に滑動に対する安全率と許容応力に対する安全率の変遷を整理する。

第1期のダムの安全率が小さく，安全性に問題があるかのような錯覚にとらわれてはいけないので，再度記述すると，第1期のダムは岩着しているにもかかわらず，岩盤のせん断強度$\tau_0$を0としており，ダム規模も比較的小さいことから極端に安全側の設定であるとも言える。現在のダムと同等の形状を有していることから，所要の安全性は確保できているものと考えられる。

ダム完成後の管理に関する基準は，「ダム構造物管理基準」（1973年 日本大ダム会議）が最初である。その後1986年に改訂している。また，1982年には建設省土木研究所が「ダムの安全管理」（技術資料）を作成し，今日に至る。

表-3.11 安全率の変遷

| | 転換となる基準類 | 滑動に対する安全率 | 許容応力度に対する安全率 |
|---|---|---|---|
| 第1期<br>（1945年以前） | 1942年： 無筋コンクリート標準示方書 | 1.0以上 | ――― |
| 第2期<br>（1946年～1960年） | 1957年： ダム設計基準 | 4.0以上 | 5.0以上 |
| 第3期～第5期<br>（1961年以後） | 1971年： 改訂ダム設計基準 | 4.0以上 | 4.0以上 |
| | 1978年： 第2次改訂ダム設計基準 | 4.0以上 | 4.0以上 |

## 第5節 洪水吐

### 1. 洪水吐の設置目的

ダムの放流設備の機能は，以下のように大別される。

① 流水に対するダム堤体の安全性を確保する機能
② 貯水池を適切に利用する機能
③ 河川の従前の機能を維持する機能
④ ダム堤体，貯水池などを点検・補修するための水位低下機能

一般的なダムの放流設備としては，洪水を処理する洪水吐と利水放流を行う利水放流設備（取水設備）で構成され，洪水吐には，①を目的とする非常用洪水吐と②に属する洪水調節を主目的とする常用洪水吐に区分される。なお，常用洪水吐には，③の洪水調節の他，④で示す水位低下機能を有する目的や貯水位を保持する目的と兼用される場合がある。

古い時代の洪水吐は，天端付近に設置したクレストゲートの開閉によって洪水を処理していたが，昭和40年代中頃から堤体中腹に放流管を埋設して（常用洪水吐），コンジットゲートあるいはバルブの開閉で計画規模の洪水処理を行うようになった。計画規模を超える洪水は，天端付近に設けた非常用洪水吐のゲー

ト開閉によって放流する構造となった。その後，非常用洪水吐はゲートを有しない型式や，常用洪水吐にゲートを有しない型式のダム（治水ダム）も建設されている。

しかし，比較的古い時代の大夕張ダム（北海道開発局：農業）などのように堤体内に，コンジットを設けた事例や，発電専用ダムに排砂設備を設置した事例もある。

## 2. 洪水吐の歴史的変遷

### (1) 洪水吐の放流能力

「河川管理施設等構造令（1976 年 10 月施行）」には，洪水吐（減勢工を除く）はダム設計洪水流量以下の流水を安全に流下させることができる構造とすることと，ダム設計洪水流量の算出方法は下記①，②，③の最大値を採用することが記載されている。

① ダム地点において超過確率 200 年につき 1 回の割合で発生すると予想される洪水の流量

② ダム地点の既往最大洪水の流量

③ ダム地点の流域と水象若しくは気象が類似する流域のそれぞれで発生した既往最大の水象若しくは気象の観測資料よりダム地点に発生すると客観的に認められる洪水の流量（地域別比流量図）

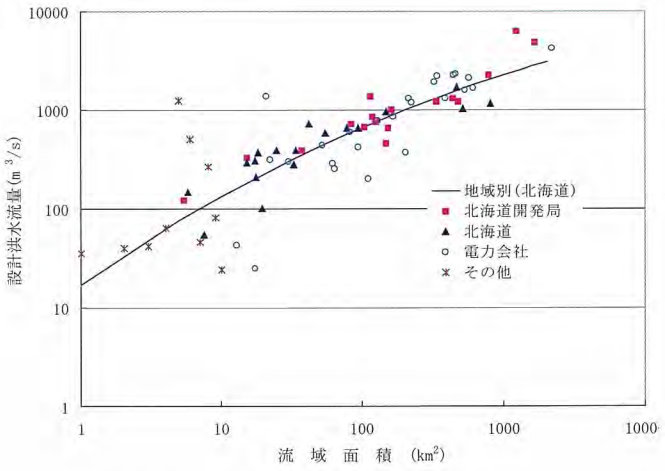



図-3.4 設計洪水流量と流域面積の関係

北海道のコンクリートダムの設計洪水流量と流域面積の関係を図-3.4 に示す。図の実線は地域係数 C=17 のクリーガー曲線から得られるダム設計洪水流量である。「河川管理施設等構造令」が施行される 1975 年以前のダムでは，クリーガー曲線で定められるダム設計洪水流量を満足しないものもあるが，ダム流域面積 10km² を超えるダムの洪水吐は，概ねクリーガー曲線によるダム設計洪水流量以上の能力を有している。

### (2) 洪水期

北海道開発局が管理するコンクリートダム(多目的)の洪水期は以下のように 2 区分できる。

① 6/15 ～ 10/31

② 7/01 ～ 9/30 あるいは 10/31

日本海側に面するダムの洪水期は①6/15～10/31，一方，太平洋側に面するダムでは②7/01～9/30 あるいは 10/31 となっている。

一方，建設年次に着目すると，1986 年竣工の鹿の子ダム以降は②7/01～9/30 あるいは 10/31，それ以前のダムでは①6/15～10/31 となっており，気象特性の影響が考えられる。

なお，北海道開発局が管理する多目的ダムの貯水池容量配分は，1986 年に完成した鹿の子ダム以降，年間を通して洪水調節容量を確保するオールサーチャージ方式，及び非洪水期にも洪水調節容量を持つ制限水位方式が用いられている（図-6.1 多目的ダムの貯水池容量配分を参照）。

北海道が管理するダムは，有明ダム(1971 年)以降オールサーチャージ方式である。

### (3) 洪水調節方式

洪水調節方式には下記①～③がある。

① 一定量方式
② 一定率一定量方式
③ 自然調節方式
④ 自然調節一定量方式

北海道開発局が施工したダムでは，①の一定量方式は桂沢ダム(1957 年)のみである。滝里ダム (2000 年)は①と③を組み合わせた自然調節・一定量方式である。③の自然調節方式は，二風谷ダム(1998 年)と札内

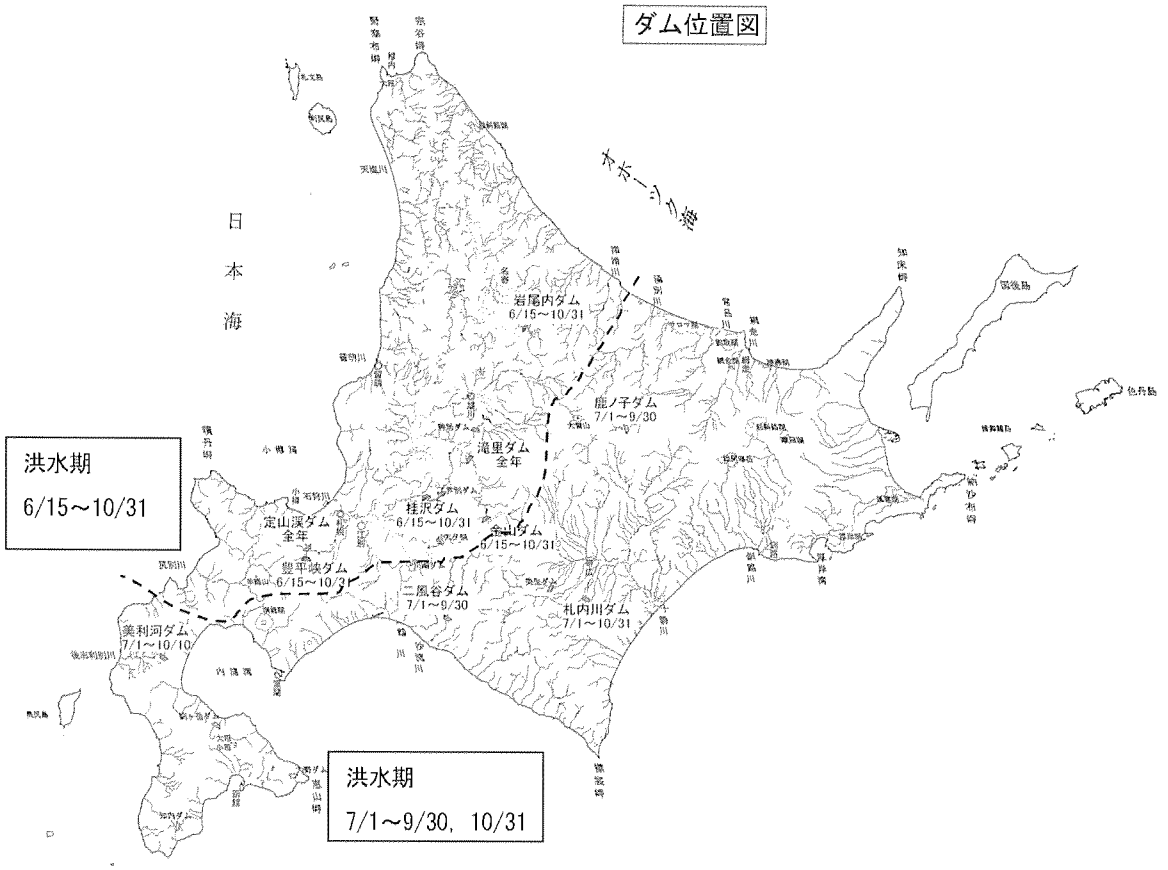



図-3.5 北海道のコンクリートダム（直轄「河川」）の洪水期

川ダム(1999 年)がある。

札内川ダムでは，オリフィスを堤体内に上下 2 段に設置して，洪水期には上段を全閉，下段を全開とし，非洪水期には下段を全閉，上段を全開として自然調節を行っている。また，二風谷ダムでは洪水期にクレストのフラップゲートを倒伏して自然調節を行っている。これ以外のダムでは，ゲートによる②一定率一定量方式が採用されている。

北海道が施工したコンクリートダムでは，有明ダム(1971 年)からの美唄ダム(1982 年)まではゲートによる洪水調節であり，それ以降の佐幌ダムはゲートレスの自然調節方式が採用されている。このうち，美唄ダムは 2004 年に洪水吐の改築工事を終了し，ゲートレスの自然調節方式に変更している。

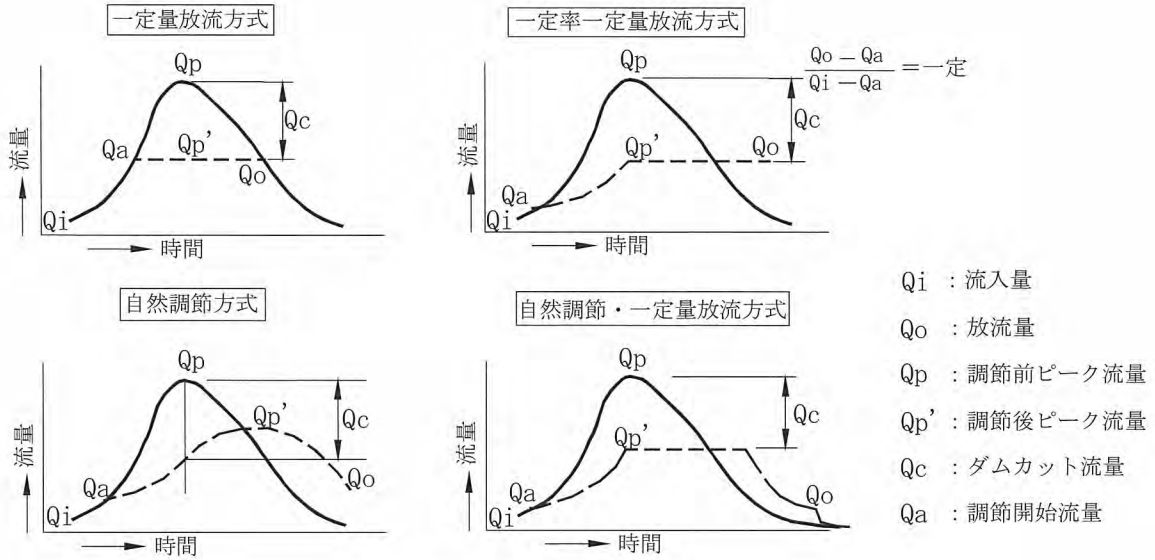



**図-3.6　洪水調節方式**

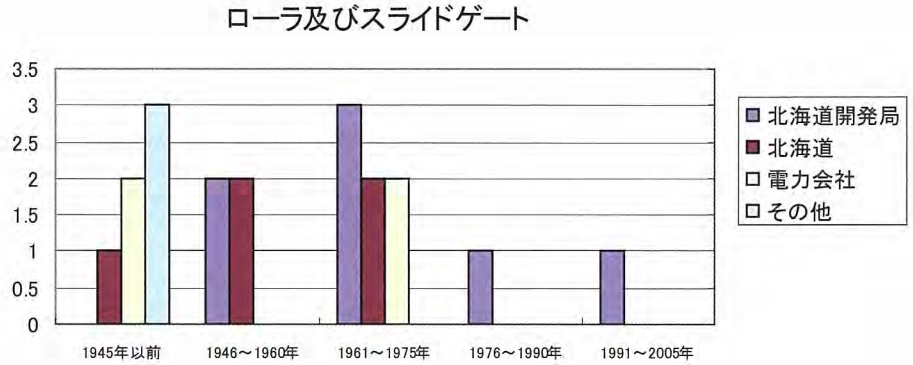
### (4) 洪水調節用ゲート

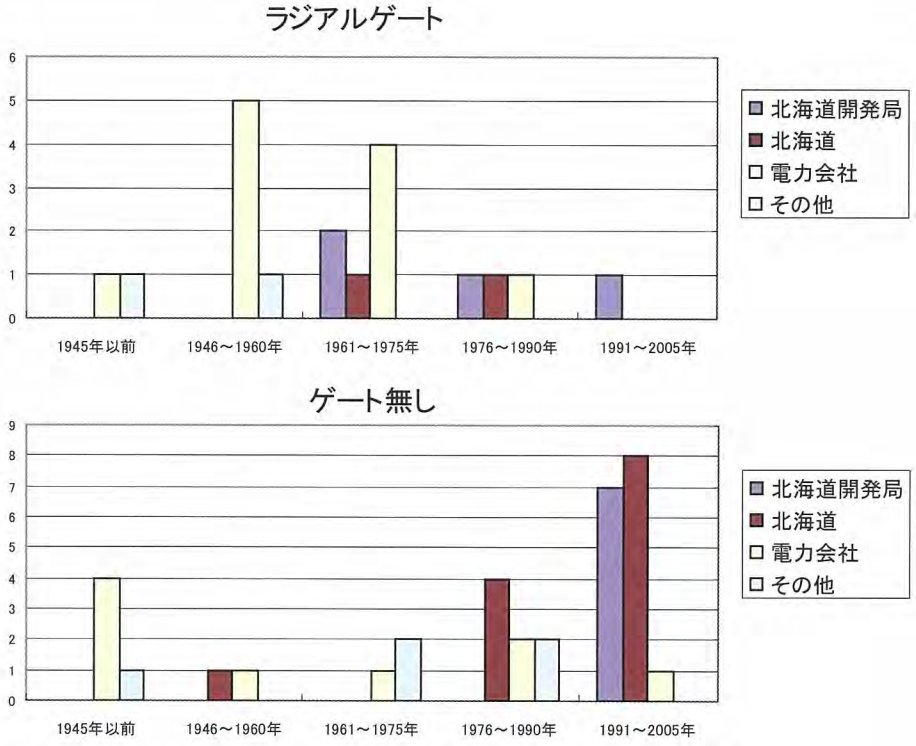
洪水吐には，流量コントロールのため，ゲートを設置する場合も多い。クレストの一般的なゲート型式として，ラジアルゲートやローラーゲートがある。

図-3.7 に北海道のコンクリートダムの洪水吐ゲート型式の変遷を示す。

北海道で最も古い千歳第三（1918），第四（1919）ダムには，スライドゲートが設置されている。その後，笹流ダム（1923），一の沢ダム（1926），古川ダム（1929），相沼内ダム（1930），常路川ダム（1931）まで，クレストゲートを有しないダムが続く。ローラーゲートが最初に設置されたのは清水沢ダム（1940）である。さらに，旭町第一ダム（1941 スライドゲート），岩松内ダム（1942，ラジアルゲート）と続き，それ以降，クレストゲートを有するダムが主流となり，クレストゲートを有しないダムは三渓ダム（1960），糠南ダム（1960）まで存在しない。

近年においては，時代の変遷とともに，洪水時の管理が容易になるよう，非常用洪水吐にはゲートを設置しない自由越流方式（クレスト自由越流方式）への移行が進んでいる。






図－3.7　北海道のコンクリートダムの洪水吐ゲートの型式の変遷

## 第6節その他の設計

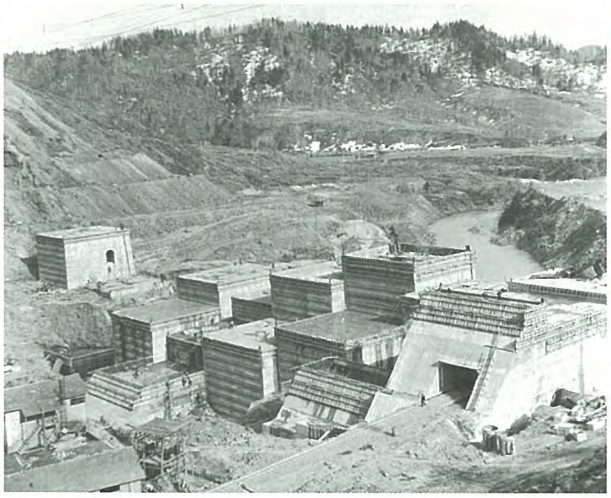
### 1.　打設工法と収縮継目

#### (1)　打設工法

我が国のコンクリートダムでは，マスコンクリートの打設による温度応力対策として，継目を設置している。横継目の間隔は一般的に 15.0m を標準としている。洪水吐ブロックや特殊なブロックは，13m～18m 程度に調整することもある。ブロック工法の縦継目は，横継目間隔の1～3倍程度に設定されることが多い。継目工はコンクリートダムの打設工法と密接な関係にあり，打設工法は，表-3.12 のように分類される。

表-3.12　コンクリートダムの打設工法

| 打設工法 | 内　容 |
|---|---|
| ブロック工法 | 継目は，ダム上下流方向に設置する横継目とダム軸に平行に設置する縦継目により構成され，堤体を柱状に打設する方法である。縦継目は打ち込み終了後，コンクリート温度が低下した時点でグラウチングより一体化を図る。柱状に打設されたブロックの温度規制は，パイプクーリングにて行われるのが一般的である。 |
| レヤー工法 | ダム上下流方向に設置する横継目のみで構成される。温度規制は，気温が低下する夜間打設の他，練混ぜ水や粗骨材，細骨材を冷却するプレクーリングにて行われるのが一般的である。横継目にはキー形状の型枠が用いられることが多い。 |
| ELCM（拡張レヤー）<br>［面状工法］ | 基本的には，レヤー工法と同じであるが，レヤー工法が横継目で構成された1ブロックを打設するのに対し，ELCMは複数のブロックを一度に打設する工法で，RCD工法と並ぶ面状打設工法のひとつである。横継目の上流側3m程度は埋設目地板を設置するが，それより下流（通常，内部コンクリート部）は，目地版をコンクリートに振動で圧入する方法が一般的に用いられている。 |
| RCD工法<br>［面状工法］ | 前記3工法で使用するコンクリートは，スランプを有するが，RCD工法ではゼロスランプコンクリートを，振動ローラ等の外部からのエネルギーで締固める工法である。横継目に関しては，ELCM工法と同様で面状打設のひとつである。 |



写真－3.1 ブロック工法（桂沢ダム）



写真－3.2　レヤー工法（岩尾内ダム）

北海道では，昭和 30 年代にレヤー長が長く堤高が高いダムではブロック工法が用いられ，堤高が低いダムではレヤー工法が用いられている。

面状工法である ELCM や RCD 工法は，北海道開発局や北海道が 1985 年以降に施工している。



写真-3.3　面状打設工法（RCD 工法・札内川ダム）

### (2)　収縮継目形状

ブロック工法，レヤー工法で施工されるダムの横継目には，一般に歯型が設けられる。このような歯型は，横継目を通しての荷重の伝達，特にせん断力の伝達を確実にするために設置される。また，アーチ式コンクリートダムのような 3 次元構造物では，横継目の歯型は不可欠とされている。

一方，重力式コンクリートダムは 2 次元構造物として設計されるため，理論的には横継目に歯形を必要としないが，ダムの一体性を期待しその安全性をより確実にするために，横継目に歯型を設けることが一般的である。

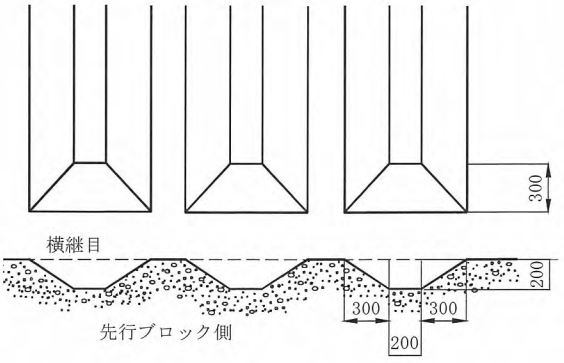



図-3.8　横継目の歯型形状

しかし，RCD 工法や ELCM では，横継目を振動目地切機（ジョイントカッター）で設置する場合には，歯型を設置することは困難であるため，横継目の歯型は省略している。

### (3) 横継目部の止水処理

横継目は貯水池からの漏水の経路となるため，横継目には止水処理を施してダム堤体の水密性を確保しなければならない。このため，横継目の上流面付近には止水板を設置する。横継目の岩着面付近に止水板を設置し，基礎岩盤からの漏水が横継目内に侵入することを防止する。

止水板に用いる材料は，銅，ステンレス，塩化ビニール（PVC）などがある。従来は，銅製の止水板が多かったたが，最近では，塩化ビニール製，またはステンレス製の止水板が広く用いられている。

継目排水孔は，止水板の下流側に設けられ，止水板を通して流れてきた漏水を集めて通廊内の側溝に導くもので，止水板による止水性の監視と横継目内に侵入した漏水の排除を目的として設置する。継目排水孔の一般的な配置を図-3.12に示す。

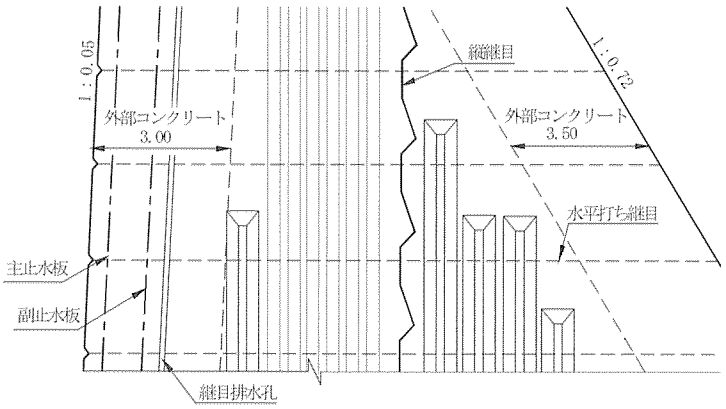
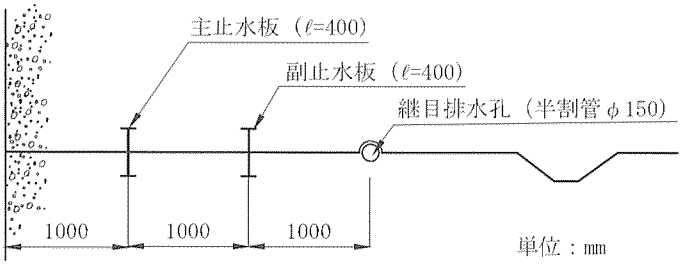



図-3.9 上下流面付近の詳細図




図－3.10 止水板と継目排水孔

横継目の上流面付近に設置する止水板は，重力式コンクリートダムの場合，主止水板，副止水板の２枚で構成する事例が多い。しかし，アーチ式コンクリートダムの場合，ジョイントグラウチングによって横継目の止水性が確実になることから止水板は１枚とするのが一般的である。

ブロック工法，レヤー工法では，横継目の型枠を利用して止水板，継目排水孔を設置する。RCD工法やELCMは，拡張レヤー打設となるため，横継目に沿って埋込み型枠を建て込み，これを利用して止水板と継目排水孔を設置する。横継目の止水板は，その岩着部において基礎岩盤の内部まで延長し，止水の確実性を確保する（図-3.11参照）。

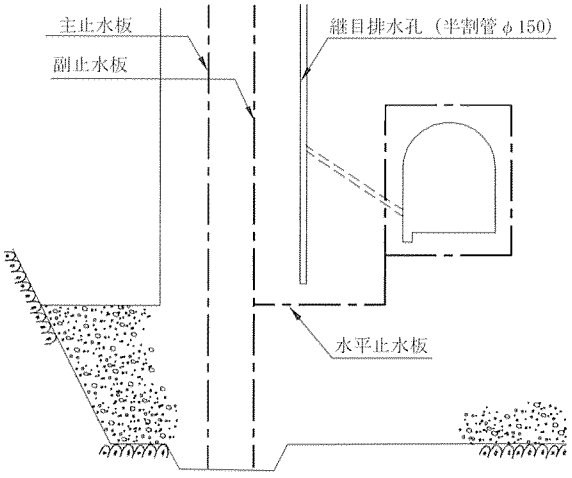



図-3.11 岩着部における水平止水板の設置例

## 2. 通廊 (3-8)

### (1) 通廊の種類と目的

ダムの堤体内部には，完成後の放流設備の操作，堤体放流設備などの点検，各種の計器による測定，継目などからの漏水を堤体内より外部へ排水するため，また建設中におけるグラウチング作業，ゲート据付

作業，基礎排水孔の設置，電気計器の配線などのために通廊が設置される。

通廊の目的とその設置位置は次のとおりである。

① 基礎通廊

基礎通廊は堤体上流側岩着部付近に設置されるもので，目的は基礎グラウチングの施工，基礎排水孔の設置及び排水溝の設置，堤体の巡視・点検通路，操作用通路などである。

② 上段通廊

堤頂直下に設置されるもので，その目的は堤体の巡視・点検，操作用通路，プラムライン，天端地震計等計器類の設置，計器類及び動力用配線のダクトなどである。

③ 中段通廊

堤体の中位標高に設置されるもので，その目的は操作用通路，堤体の巡視・点検，縦継目消去などである。

④ 上下流通廊

基礎通廊などから下流に向けて設置されるのもので，その目的は操作用通路，堤体の巡視・点検，排水溝の設置，まれには基礎グラウチングの施工がある。

### (2) 通廊の形状

通廊の設置位置，断面形状は昭和初期の重力式コンクリートダムでは，カーテングラウチングを通廊から実施する事例が多かったため，基礎処理工の遮水効果の向上を目的として堤体上流側に設置され，ボーリングやグラウチングの施工性などに配慮して，図-3.12 に示すように，現在で用いられている標準断面より，やや大きな断面で設置する事例が多い。

この後，コンクリートダムの細部技術等などによるマニュアル，施工事例などで通廊断面の標準化が進められ，図-3.13 の標準断面形状が多く用いられている。

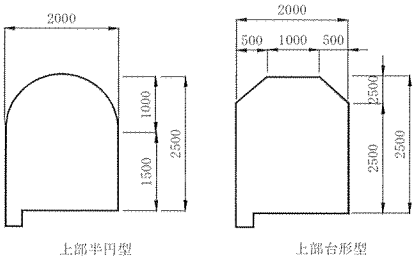



図-3.12 通廊の標準断面形状

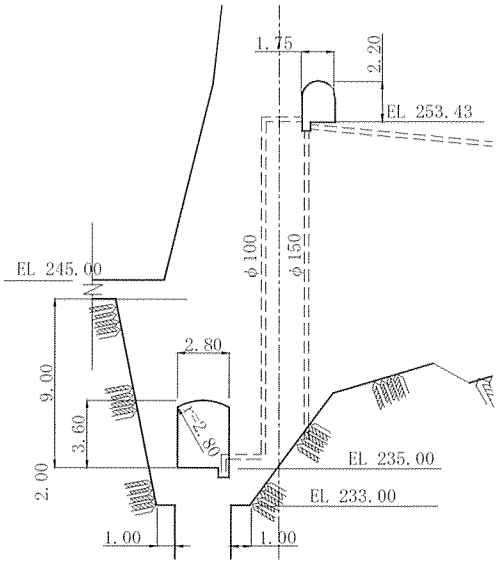



図-3.13 雨竜第1ダムの通廊

## 3. 計測設備

ダムの安全管理を行う計測項目は，1976年10月施行の「河川管理施設等構造令」の第13条に記載されている。計測項目は，表-3.13に示すように，ダムの種類，堤高によって区分されている。また，堤高100mを超えるダムについては，表-3.13で示す項目以外にも，管理上必要とされる計測を実施する旨の記載されている。

一方，国土交通省（旧：建設省）が所管するダムでは，「河川管理施設等構造令」の他，「河川砂防技術基準（案）計画編（1997年）」[3-9] にダムの種類，堤高によって区分されている。「河川管理施設等構造令」と比較すると，地震時加速度が付け加えられている。地震計を設置しているダムとその台数を表－3.14 に

示す。

表-3.13 地震計の設置台数

| ダム名 | 台 | ダム名 | 台 | ダム名 | 台 | ダム名 | 台 | ダム名 | 台 | ダム名 | 台 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 桂沢ダム | 2 | 定山渓ダム | 5 | 知内ダム | 2 | 様似ダム | 2 | 栗山ダム | 1 | 常路川ダム | 1 |
| 金山ダム | 2 | 美利河ダム | 3 | 神居ダム | 3 | 矢別ダム | 2 | 浦河ダム | 2 | 双珠別ダム | 1 |
| 岩尾内ダム | 2 | 二風谷ダム | 2 | 美生ダム | 4 | 新中野ダム | 1 | 上ノ国ダム | 2 | 糠平ダム | 3 |
| 豊平峡ダム | 3 | 札内川ダム | 8 | 大野ダム | 2 | 愛別ダム | 1 | 庶路ダム | 2 | 清水の沢ダム | 1 |
| 鹿ノ子ダム | 3 | 滝里ダム | 3 | 苫前ダム | 2 | 朝里ダム | 2 | 相沼内ダム | 1 | | |

令第13条　ダムには，次の中欄に掲げる事項を計測するための装置を設けるものとする。

| 項 | 区分 | | | 計測事項 |
|---|---|---|---|---|
| | ダムの種類 | | 基礎地盤から堤頂までの高さ(m) | |
| 1 | 重力式コンクリートダム | | 50未満 | 漏水量　揚圧力 |
| | | | 50以上 | 漏水量　変形　揚圧力 |
| 2 | アーチ式コンクリートダム | | 30未満 | 漏水量　変形 |
| | | | 30以上 | 漏水量　変形　揚圧力 |
| 3 | フィルダム | ダムの堤体がおおむね均一の材料によるもの | — | 漏水量　変形　浸潤線 |
| | | その他のもの | — | 漏水量　変形 |
| 基礎地盤から堤頂までの高さが100m以上のダム，又は特殊な設計によるダムには，前項に規定するもののほか，当該ダムの管理上特に必要と認められる事項を計測するための装置を設けるものとする。「河川砂防技術基準(案)」では，上記の計測事項の外に地震時加速度を計測することになっている。 | | | | |

また，「土地改良施設管理基準（ダム編：1993年6月）」によると，計測項目は，「河川管理施設等構造令」とほぼ同じ内容となっているが，100mを超えるコンクリートダム，あるいは構造上必要があると認められたものについては，必要に応じてひずみ又は応力，内部温度，継目の開き，基礎地盤の変形を追加する旨の記載がある。

この他，コンクリートダムに用いられる一般的な埋設計器の種類を表-3.15に示す。

表-3.14 埋設計器の種類[3-8]

| 計器 | 計測目的 |
|---|---|
| 温度計 | コンクリートの温度管理，ジョイントグラウチング時期の決定，完成後の挙動解析用 |
| ひずみ計 | 完成後の挙動観測と解析用 |
| 無応力計 | ひずみ計の解析用（自己成長ひずみの補正） |
| 応力計 | 完成後の挙動観測と解析用 |
| 継目計 | 継目の開閉測定，ジョイントグラウチング時の挙動観測 |
| 鉄筋計 | 構造解析用 |
| クラック計 | クラックの挙動観測 |
| 間隙水圧計 | 基礎岩盤中の間隙水圧の挙動観測 |

参考文献

(3-1)「多目的ダムの建設」平成 17 年版 第 4 巻 財団法人ダム技術センター
(3-2)「ダム構造技術基準」1968 年
(3-3)「改訂ダム設計基準」1971 年 財団法人日本大ダム会議
(3-4)「第 2 次改訂ダム設計基準」1978 年 財団法人日本大ダム会議
(3-5)「コンクリートダムの設計法」飯田隆一著 技報堂出版
(3-6)「多目的ダムの建設」平成 17 年版 第 4 巻 財団法人ダム技術センター
(3-7)「改訂ダム設計基準」1971 年 財団法人日本大ダム会議
(3-8) 改訂「コンクリートダムの細部技術」平成 4 年 3 月，発行:(財)ダム技術センターを参考に 記載
(3-9)「河川砂防技術基準（案)」は，昭和 33 年に調査，計画，設計，施工，維持管理編の全 4 編の構成とし，調査編，計画編の 2 編が制定された。その後，昭和 51 年，52 年と 2 年にわたり，調査計画編の 2 編が改訂されている。更に，昭和 60 年に調査編，計画編について制定，昭和 61 年には調査編が改訂されている。ここで記載した表-2 は，平成 9 年時点に記載されている内容で，昭和 60 年時の資料[計画編]では，「河川管理施設等構造令」と同じ記載内容となっている。

# 第４章　コンクリートダムの施工の歴史

## 第１節　河流処理

### 1.　河流処理方式

河流処理型式は，一般に表-4.１に示す３区分に分類され，コンクリートダムの型式，ダムサイトの地形，地質，河流処理対象流量などを総合的に勘案して決定する。

表-4.１　河流処理の型式

| | 概　　要 |
|---|---|
| 堤外仮排水路トンネル方式 | ダムサイト上流に締切り堤を設け、ダムサイトを迂回するトンネルにより河流処理を行う方式 |
| 半川締め切り方式 | ダムサイトを通る河川に締め切り堤を設置し、その中をドライにして基礎掘削、コンクリートの打ち込みを行い、堤体ブロックに内に堤内仮排水路を設置後、次にこの堤内仮排水路で河流処理を行い、対岸部の施工（基礎掘削、コンクリート打設）を行う方式。 |
| 開渠方式 | ダムサイトの流量が少ない場合に用いられる方法で、河川を段丘面などに設置した開渠にて河流処理を行う方法。半川締め切り方式に属する河流処理である。 |

河流処理に関して，工事誌等の技術資料で確認できる北海道開発局が施工したダムと北海道が施工したダムを対象に調査した。

半川締め切り方式の採用事例は，金山ダム，岩尾内ダム，美利河ダム，二風谷ダム，滝里ダム，小平ダムが挙げられる。これらのダムは，岩尾内ダムを除き，概ね流域面積が 500km$^2$ 程度以上となっており，北海道のダムにおけるひとつの目安になるものと考えられる。

また，北海道のコンクリートダムの河流処理の対象流量は，図-4.１のとおりである。

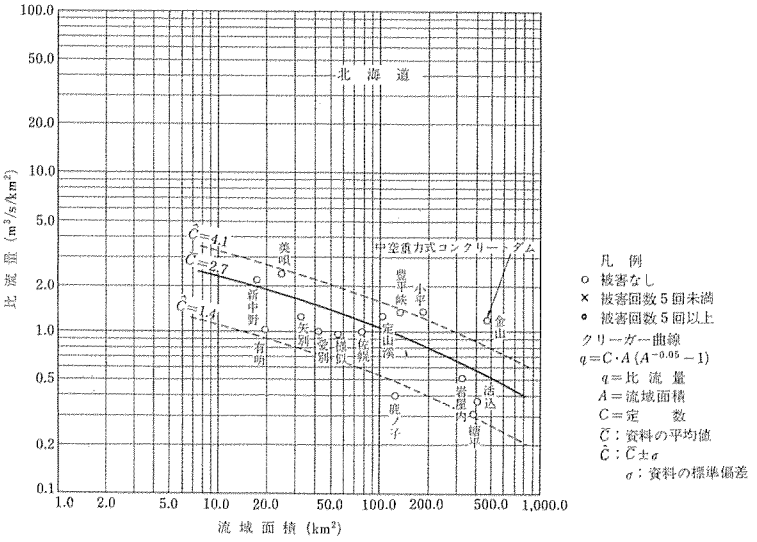



図-4.１　北海道のコンクリートダムの河流処理の対象流量[4-1]

### 2.　河流処理の事例

ダム建設工事において河流処理はダム本体工事の工程や安全を左右する重要な役目を果たすもので一般的にダムの掘削工事開始までに行う。これにより所定の出水から河床部における作業が安全にでき，また発生する濁水が河川に流出しないようにダム工事が施工できる。河流処理は仮設備工事の一種であるため，工事が容易で安く合理的であることが求められ，出水の危険度との妥協点を見つけて行われている。河流処理の構成はダム堤体の上下流に設

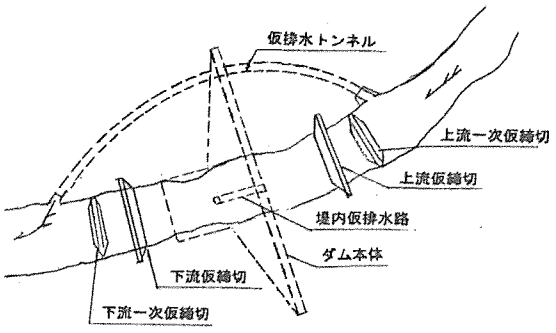



図-4.２　河流処理の事例

ける仮締切りと，この間を結ぶ仮排水路から成り立っている。仮排水路は仮排水トンネル，仮排水開渠，及び半川締切りがある。河流処理方式の選定には河流の状況や地形，ダムの型式や堤高，及び事業の緊急性や下流の安全性等種々の条件を検討して決定されている。

北海道では豊平峡ダムなどのように図-4.2の仮排水トンネル方式が主であるが，ダムサイトの河床幅が広く河流対象流量の大きな二風谷ダムや滝里ダムは半川締切りを採用している。

河流処理対象流量はダムの形式や規模，ダム建設地域固有の事情等により異なるが，現在一般的にフィルダムでは15～20年確率洪水量，コンクリートダムでは年1～2回確率洪水量としている。北海道における特殊な例として，金山ダムでは，列車の運行に支障がないように，根室本線仮付替の鉄道橋地点における河流処理の対象流量を国鉄の規定である70年確率としている。

上下流仮締切りは，施工前に一次仮締切りで仮排水路へ素早く河川を転流した後，河流処理の対象流量に対応した仮締切り（二次）を行う。現在一次仮締切りは大型重機を使い河床に土砂を盛立て短時間に河川を締め切るのが一般的であるが，高性能で大型の重機類のなかった昭和30年代の大夕張ダムでは，木製の川倉やむしろを使い，土のう及び土砂を組合せて，少ない土量で一次仮締切りが計画・施工されている。

通常，仮締切りは盛土やコンクリート等により築造するが，フィルタイプのダムの場合は土質材料を使用してダム本体の一部として築造することが多い。札内川ダムでは川の堆積層が40mと厚く，V字形の谷なので堆積層をSMW工法で遮水し，上部に砂礫を盛立て仮締切りを造成した（図-4.3）。

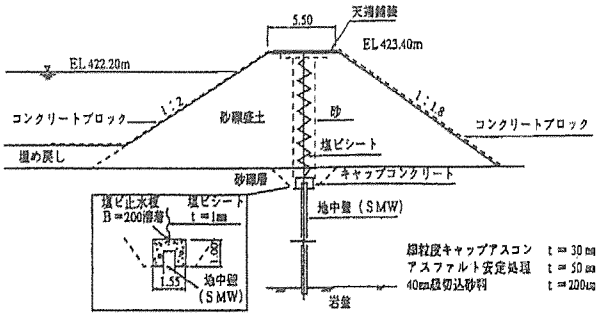



図-4.3 札内川ダムの上流仮締切り

仮締切りがコンクリートの場合，昭和30年代の大夕張ダムでは，軌条を敷設してコンクリートをトロッコで運搬し，鉄板製シュート上に落としてコンクリートを滑落させ打設している(図-4.4)。

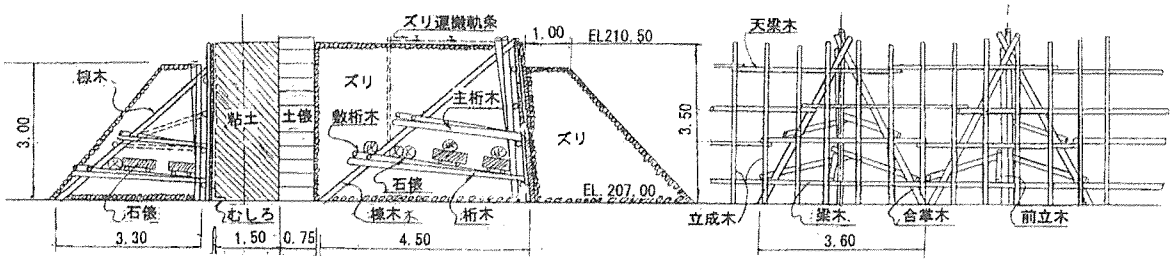



図-4.4 大夕張ダムの上流一次仮締切り

昭和40年代に入ると索道を架設し，コンクリートをバケットで運搬したり，打設場所に配管して性能が劣るコンクリートポンプで打設している。現在では長いブームのついたポンプ車による方法や，ダム本体の打設に新工法が採用された場合の試験施工の場として仮締切りが利用されている。

## 第2節　基礎掘削

### 1. 掘削機械

ダム工事は戦前から昭和20年代までの人力主体から，昭和30年代に入り人力と比較的小型機械の組合せ，そして現在の大型高性能機械施工と変遷した。我が国でダムの掘削に大型機械が使用され始めたのは，昭和30年代前半の国家的プロジェクトである黒部ダムからである。この頃は一般的なダムではまだ小型の重機が使われ始めたところである。

北海道では昭和20年代後半に桂沢ダムで、写真-4.1に示すような電気パワーショベルやディーゼル機関車が使用されている。これらは発注者の貸付機械で，通称官貸機械と呼ばれ，請負業者はこの機械をかりて工事を行った。請負業者は機械の貸与を受けた後，指定場所に返納するまでの間，運転費や維持修理等の負担をすることになっており，機械の使用状況は日報で毎日報告する義務があった。桂沢ダムの設備や機械の一部を譲り受けた大夕張ダムでは，掘削機械の官貸機械には電気パワーショベル（1.2 m³）が該当する(表-4.2)。

表-4.2　大夕張ダムの基礎掘削で使用した主な掘削機械

| 名　　称 | 規　格・仕　様 | 数量 | 官貸機械 | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 電気パワーショベル | 1.2m³級 | 1 | ○ | |
| 〃 | 0.6m³級 | 1～3 | 請負者 | |
| ブルドーザ | 30ｔ級（D-8） | 1 | 〃 | 掘削量 |
| 〃 | 20ｔ級（D-80） | 1 | 〃 | 普通土：　68,000m³ |
| 〃 | 13ｔ級（D-50） | 1～3 | 〃 | 軟　盤：　85,000m³ |
| ダンプトラック | 5ｔ | 5 | 〃 | 硬　岩：　28,000m³ |
| 〃 | 7.5ｔ | 3～7 | 〃 | 計：　181,000m³ |

この頃の重機には油圧が使われておらず，ブルドーザの土工板やパワーショベルのバケットはワイヤーによって操作されおり，下方へ掘込む場合は土工板やバケット等の重量しか力が下方にかからないため大変能率が悪かった。掘下げを得意とするのはバックホウであるが，当時は台数が少なく，ダム掘削で使用されるのは珍しかったようだ。また，国産の重機の履帯は旋回走行時に頻繁に離脱していたため，ジャッキ・玉掛ワイヤー・金テコを常時用意しておき，履帯離脱時の対応に備えた。

火薬を使用して岩盤掘削を行う方法はかつて大変盛んに行われた。火薬装填のための削孔には削岩機が使用された。小発破の削孔には手持ち式削岩機のシンカー，レッグハンマー等が，ベンチカット用の長孔削孔には搭載式削岩機が使用された。この搭載式削岩機は昭和30年代には，空圧のドリフタを搭載したワゴンドリル(写真-4.1)やクローラドリルが使われていた。搭載式削岩機は進化がめざましく，現在はコンピュータ制御でプログラムを選択すれば，エアコン装備のキャビンの中にいてワンレバー操作で誰にでも簡単に操作し，油圧式でロッドの脱着も自動にできるようになっている。

1994年度から1996年度に施工した忠別ダムの基礎掘削は，この機械を使い-30℃の極寒の中で昼夜施工を行うことができた。以前の空圧式ドリフタであれば，コンプレッサの吸気部で空気をジェットヒータで加温しても，-10℃程度より寒い場所では削岩機の排気口が氷結し作業ができないところであった。機械の進化に伴い厳しい自然環境にも拘わらず，よい作業環境で確実に作業ができるようになりつつある。

電気パワーショベル（左 0.6 ㎥，右 1.2 ㎥）　　ワゴンドリルによる削孔

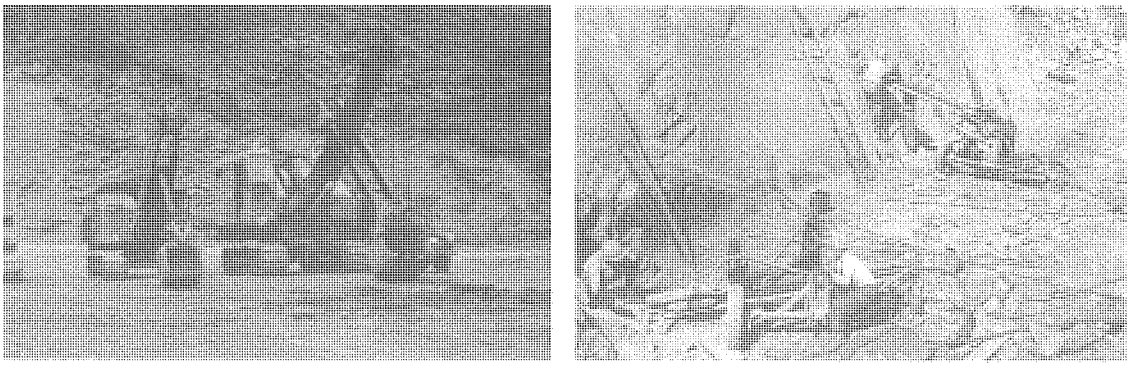


写真-4.1　昭和 30 年代に使用された掘削機械

## 2. 掘削方法

基礎掘削の施工は，昭和 30 年代頃では安くて豊富な作業員と，高価で貴重な重機類の組合せであったが，現在は高性能な大型機械を中心に，作業員はできるだけ少なくする方法で実施されている。

人力によるズリの掻き下ろし　　河床部の掘削

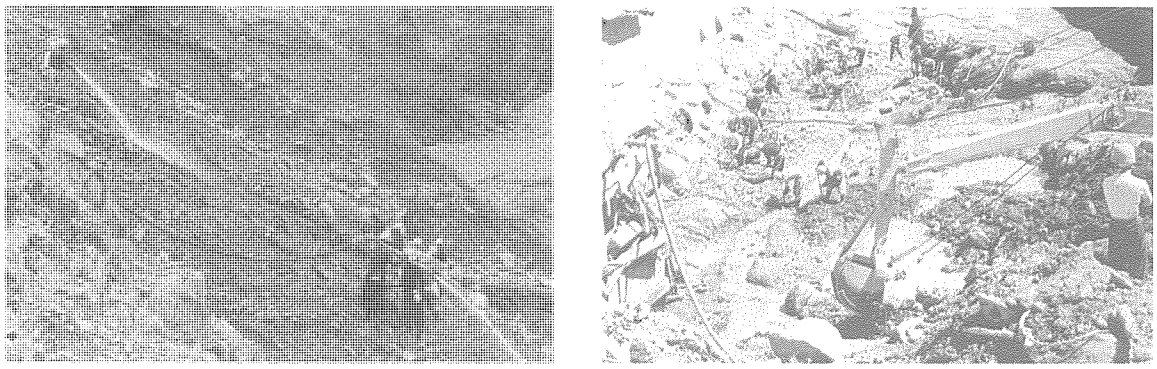


写真-4.2　昭和 30 年代の大夕張ダム等の掘削状況

重機土工が本格的でなかった時代においては，掘削土工量を少なくする事が経済的であったので，薄い表土除去で重機土工ができない掘削断面があった。法面勾配は現在と比べ相当急であることが多く，この部分の掘削作業は人力や道具類による方法であった。現在は堤体基礎掘削断面の決定は横断面のほか縦断面も考慮し，掘削勾配の急変を避ける等の他，ダム工事全般の施工計画を考慮した上で掘削断面が設計されている。結果的に掘削数量は以前の設計と比べ多いが，重機土工が可能な設計となっているので工期は短縮され，コスト面でも有利で工事の安全の面では格段に優れている。

表土や河床堆積物の掘削は，昭和 30 年代頃においては人力や道具を使用する他，機械掘削が可能な部分は 13～30 t 級のブルドーザで掘削・集積し，ワイヤー式パワーショベル（0.6，1.2 ㎥級）で積み込む方法が一般的で，補助的にクローラ式トラクタショベルが使用されていた。

岩盤の粗掘削の工法は発破を使用したベンチカットが相当以前から標準的であり，昭和 30 年代頃ではベンチの足元に水平孔を削孔し，発破をかける方法が多く行われていた。これは掘削する岩石の自重を利用する方法で，節理が鉛直にある場合は効果的である。当時の口径 76㎜ のワゴンドリルは最大削孔長が 6～7m で，現在のクローラドリルの削孔能力 20～30m と比べ能力が低いので，削孔長が短く，少ない火薬量で発破効果を期待する方法であった。しかし，この方法は熟練の特殊作業員によらなければならないし，時折発破で岩石の大塊が出現し，小割りする必要が生じた。現在では一般的に

ベンチの上部から下に向かって削孔し装薬する方法が多く，この方法は発破効果が確実で失敗が少ない(図-4.5)。

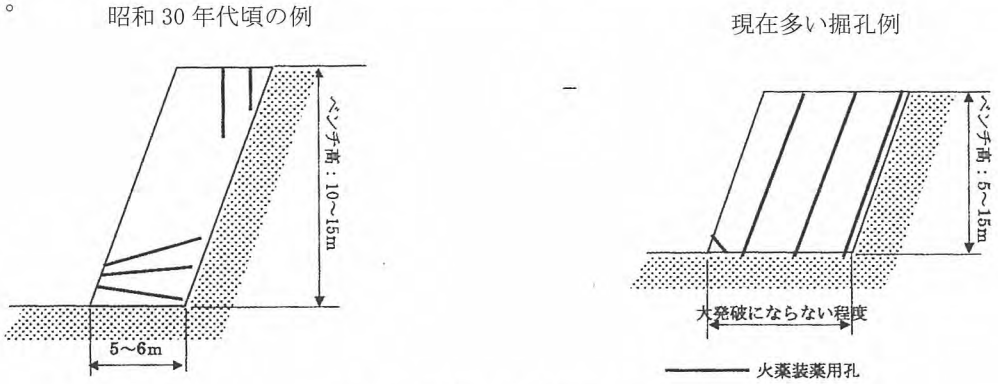



図-4.5 ダム掘削のベンチカット例

また，かつては発破による掘削効率を高めるため，基礎掘削において一度に大量の火薬を使った坑道発破が行われていたが，現在はダム基礎を傷める恐れがあるので大発破は殆ど行われていない。仮に大発破を行う場合は周辺への影響をも考慮し実施する必要があり，予め試験発破で振動を計測して得たデータをもとに綿密な計画を立て，万全の態勢の下でないと実施するべきでないと思われる。ベンチ発破と大型重機と組合せの方法が確実な発破が期待でき，安全の確保も容易でコストも安くなると思われる。



写真-4.3 発破による岩石掘削



写真-4.4 多数の作業員による岩着面処理

従来から長く土木工事に使用されてきた火薬類は，現在ダムの基礎掘削では徐々に使用量が減少してきている。ダム基礎は必要な岩盤強度があれば基本的には良いので，現在は本格的に火薬を使用しなければ掘削できない岩石の比率は少ない。大型ブルドーザは弾性波速度2km/sec程度までリッピング掘削が可能であり，ジャイアントブレーカはそれ以上に硬い岩掘削が可能である。現在はこれらの機械を使用することで火薬類の使用量が標準より少ない制御発破を行い，大型ブルドーザでリッピングを行い，能率的に基礎掘削を行っている。また，火薬はその性質上取り扱いが厄介であり保安上の責務等も大変厳しく，コストも安くならないので，少量の硬岩掘削であれば多少能率は低いがジャイアントブレーカによっている。なお，ベンチカットは掘削と並行して法面仕上げを同時に施工するためと，ベンチ盤の安定を保ち易い等の理由から，現在ではベンチ高さを3～6m程度にし，発破は制御発破を行う方法が多く行われている。

発破に関して種々の制約がある中で，発破による掘削を全く行わなかった事例として二風谷ダムと

美利河ダムがある。

二風谷ダムの場合は，村落に近い里ダムであり，ダム軸と交差して国道が通り，小学校や民家及び高圧線が近接している。また，周辺には多くの軽種馬牧場が存在する非常に厳しい工事環境にあった。このような状況の中で，当初は爆破工法を採用する計画であったが，近接する住家や住民への影響，国道通過車両の安全確保，軽種馬に対する影響等について検討した結果，全てに対して最も適切な対策を見出すことは困難であった。そのため，大型ブルドーザ（60t 級，90t 級）によるリッピングと，割岩機と大型ブレーカ併用による掘削を行った。

美利河ダムの場合は堆積軟岩を基礎としているため，全てブルドーザによるリッピングで掘削し，法面の整形は油圧ショベルのバケットで行った。また，仕上げ粗掘削においてはロードヘッダを使用して機械化を図った。

仕上げ掘削では，現在も大部分のダムは高密度の作業員が投入されている。それは基礎岩盤が不規則な割れ目の多い岩盤であるうえ，重要なダムの基礎であるので完全な作業を期していることによる。仕上げ掘削の方法はコールピックやツルハシ等を使い昭和 30 年代頃も現在も大して変化はない。岩盤清掃の基本は変わらないが，清掃の程度を決める岩盤判定の方法や作業に使用する工具や機械の面では以前と比べ大変発達した。具体的に岩盤清掃は昭和 30 年代頃のゴミや泥気が全く無く，見た目で美しい等の目視による判定から，現在は岩盤をハンマーで叩き，岩盤の良し悪しは音で判定し，除去すべき岩盤をペンキ等でマーキングしておきこの部分を除去する方法に変更したことである。工具の面では以前では缶詰の空き缶を腰にぶら下げ小石や砂粒を拾い，バケツの水を柄杓で汲み岩盤に水をたらし布のウエスを使って泥気を拭き取り岩盤を徹底してきれいにすることであったが，ウエスからスポンジそして小型のバキュームポンプ，大型のバキュームカーへと進化した。この岩着面処理は今後何らかの方法で清掃の程度を工学的に数値化し自動的に判定できれば，清掃の程度を落とさず，過大になり易い作業が修正されコストダウンを図ることが可能となる。

掘削ズリの積込・運搬は昭和 30 年代頃では，パワーショベル（0.5，1.2㎥）やクローラショベル（13ｔ級）でダンプトラック５ｔ，7.5ｔによる運搬が桂沢ダムや大夕張ダムで行われていた。以後積込機械は油圧の発達と共に機動性や能率の面でクローラショベルはタイヤショベルに，パワーショベルはバックホウに，ワイヤー式は油圧式へと改良進化した。また，ダム規模や時代に合わせ大型化し，昭和 50 年代の定山渓ダムでは 10㎥級タイヤショベルによって積み込み，運搬には 46ｔダンプトラックを主に使用した。しかし，現在一般公道を通行する場合には，地場汎用機械である 11ｔダンプトラックを多くのダムで使用している。

## 3. 関連法規

現在ダムの基礎掘削を行う場合実に多くの関連法規を遵守しなければならない。公害関係では「公害対策基本法」が 1967 年に制定され，騒音，振動，大気汚染，水質汚濁に関する法律や条令が次々に制定され 1994 年には「環境基本法」へと発展した。騒音関係では低騒音工法や低騒音機械を採用し極力発生側で対策を行い，振動関係では発破作業や重機作業，工事用車両走行等により人に対する影響を小さくし地盤沈下，家屋，施設の損傷を起こさないように行わなければならない。大気汚染に対しては使用する重機，車両の排気ガス対応や道路に散水する等して走行時の粉塵対策を行う。水質汚染関係では雨水・沢水処理を行う等，掘削作業による濁水の排出を抑え，排出する場合の排水基準を守らなければならない。

廃棄物は 1970 年に「廃棄物処理法」が公布され産業廃棄物と一般廃棄物に区分され産業廃棄物処

理体制の確立，事業者の産業廃棄物処理責任が明確になった。ダムでは掘削に先立ち樹木の伐採が行われるが昭和 40 年代前半までは伐根や木の葉は現場内で野焼き処分していた。2000 年に法が改訂強化され事実上焼却処分は管理，コストの面でできなくなりチップ化，堆肥化等するため専門の中間処理業者に手続きし処分することになった。一方，濁水処理により発生した汚泥で高分子等の薬剤を使用した汚泥は管理型処分場で処分をするようになっている。

労働環境では「労働安全衛生法」(1972 年制定) により細かく工事が規制されているが，「労働基準法」と共に事業の遂行上これを守らなければならない。作業開始から作業終了までこの法を守り安全を確保するため，工事の施工計画を立てこれに基づき作業を行っている。戦前では「労働者災害扶助法及び労働者扶助責任保険法」が 1931 年に制定され，さらに 1937 年に「土木建築工事場安全及衛生規則」が成立したが，太平洋戦争によりあまり機能はしなかったようである。

## 第3節　基礎処理

### 1.　目的と処理方法

基礎処理は，基礎岩盤の力学的特性と遮水性の改良を目的として実施するもので，表-4.3 に示すように，通常の基礎岩盤に施工されるグラウチングとそれ以外の特殊基礎処理に区分される。

表－4.3　コンクリートダムの基礎処理

| 目　的 | 区　分 | 工　法 | 工　法　の　説　明 | 実施例 |
|---|---|---|---|---|
| 力学的特性改良 | グラウチング | コンソリデーショグラウチング | 基礎岩盤の亀裂を圧入した注入材料で充填する工法。 | 戦後建設のダム |
| | 特殊基礎処理 | コンクリート置換(断層プラグ) | 基礎部の断層等をコンクリート置換する工法。 | 糠平ダム，清水の沢ダム，滝里ダム，庶路ダム |
| | | ダウエリング | 基礎深部の断層の一部をコンクリート置換する工法。 | 北海道に実施例はない |
| | | ストラット，レジデンスブロック※ | コンクリートの壁や柱で基礎深部の硬岩に応力を伝達する工法。 | 上ノ国ダム<br>※北海道に実施例はない |
| | | 岩盤PS工 | 断層の一部をコンクリート（トランスミスティングウォール）で置換えて，岩盤の緩みをアンカーで引き締める工法。 | 豊平峡ダム |
| | | コンクリートマット | 基礎岩盤のせん断摩擦抵抗力が小さい場合に，コンクリートマットを敷設して，底面積の広さを利用してせん断力に抵抗させる工法。 | 美利河ダム，上ノ国ダム |
| 遮水性改良 | グラウチング | カーテングラウチング | 基礎岩盤の亀裂を圧入した注入材料で充填する工法。 | 戦後建設のダム |
| | 特殊基礎処理 | カットオフウォール(止水プラグ)又は止水マット※ | パイピング等の浸透破壊を防ぐことを目的としたコンクリート置換工法。 | 千歳第三ダム，雨竜第1ダム等，※美唄ダム |
| | | コンクリート遮水壁 | 遮水目的の，坑道方式又は穿孔方式によるコンクリート連続地中壁。 | 桂沢ダム，美利河ダム |

遮水性の改良を目的とする基礎処理方法は，ダム上流端部をカットオフによる方法から，基礎浅部の変形性の改良と浸透水の抑制を目的とするコンソリデーショングラウチングと，貯水池からの浸透水を遮断するために，基礎岩盤内にほぼ鉛直方向な遮水ゾーン幕を形成するカーテングラウチングの組み合わせへと移行している。

これは，ダムの設計技術の進歩や，ダムサイトの地質等によるものと思われる。飯田隆一氏[4-4]によれば太平洋戦争の技術的鎖国状態によってダム技術は著しく遅れ，現在一般に用いられる設計や施工になったのは 1955 年に完成した丸山ダム以降とされており，それ以前は旧来の日本のダム技術に準

拠して建設されている。

現在ではダム基礎岩盤の遮水性の改良，掘削時の岩盤の緩み，断層等の変形性改良のために，基礎グラウチングがほとんどのダムで実施されている。

特殊基礎処理は，断層，破砕帯，石炭層など基礎岩盤として強度等が不足する場合や，基礎岩盤の安定性に悪影響を及ぼす場合に施工されることが多い。特殊基礎処理方法は規模が比較的小さい場合には，弱層部分の上部を除去し，コンクリートと置き換える(プラグ)方法が行われる。程度によりグラウチングも行われる。規模が比較的大きくなると，断層の一部をコンクリートで置き換えるダウエリング工法やストラット工法などがある。その他に，断層の一部置換え(トランスミスティングウォール)とPSアンカーを組合せた岩盤PS工法，レジデンスブロック工法，マット工法がある。

また，遮水性の改良を目的としたコンクリート地下連続壁が施工されたことがある。

## 2. 基礎処理の変遷

### (1) カットオフウォール

昭和30年代以前では，グラウチング技術が確立されておらず，堅岩をダム基礎とすることを優先し，千歳第3ダム(1918年)，雨竜第1ダム(1943年)，芦別ダム (1953年) などのようにダム上流端基礎をカットオフする掘削形状としている(図-4.6)。

雨竜第1ダムでは,カットオフコンクリート内に通廊を設置し，カーテングラウチングを実施する等の工夫が見られている(図-4.7)。

しかし，近年ではカットオフによる掘削時の岩盤の緩みの影響，施工の煩雑さ，カットオフコンクリートを始端とする基礎岩盤内のせん断破壊線が，カットオフがない場合と比べ大差がないこと，グラウチング技術が確立されたことから，カットオフウォール工法が用いられることはほとんどない。

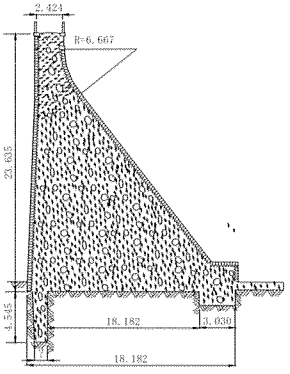



図-4.6 千歳第3ダム

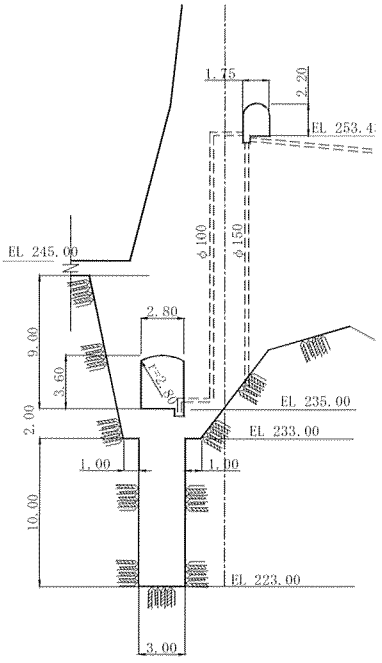



図-4.7 雨竜第1ダム

### (2) グラウチング

1)グラウチングの指針

グラウチング施工が確認されている北海道のコンクリートダムは，昭和15年頃以降[4-1]であり，それ以前のコンクリートダムではセメントミルクを主体としたグラウチングによる基礎処理は確認されていない。太平洋戦争後に建設されたほとんどのダムは，外国の新しい技術を取り入れ，基礎岩盤にグラウチングを実施している。しかし，責任技術者の判断によったため，ダム毎に考えが異なりグラウチングの程度は相当異なっている。1983年に建設省の「グラウチング技術指針」[4-6]が制定されて以降，この指針に基づき一律的に，コンソリデーショングラウチングとカーテングラウチングが行われた。グラウチング技術指針は基礎岩盤が深部では透水性が低くなる亀裂性の岩盤を想定して，施工実績を標準化したものである。基岩盤が多様化し，改良効果があがりにくい地盤では改良目標値に達するまで孔間隔を詰めた密な施工が行われ，施工数量が増大し基礎処理に要する工事費が増加する

ケースが生じてきた。2002年にダムの安全性を損なわないことを前提に，グラウチングの合理化を図るため「グラウチング施工技術指針（案）」が国土交通省河川局より出され，2003 年から実施されている。この指針のポイントは，本来の目的・施工範囲の明確化や地盤の多様性の考慮等である。図-4.8 に示すように，コンソリデーショングラウチング関しては、ダムの堤敷全域における実施から，動水勾配の大きい部分と断層や破砕帯等の弱部に実施するように変更している。

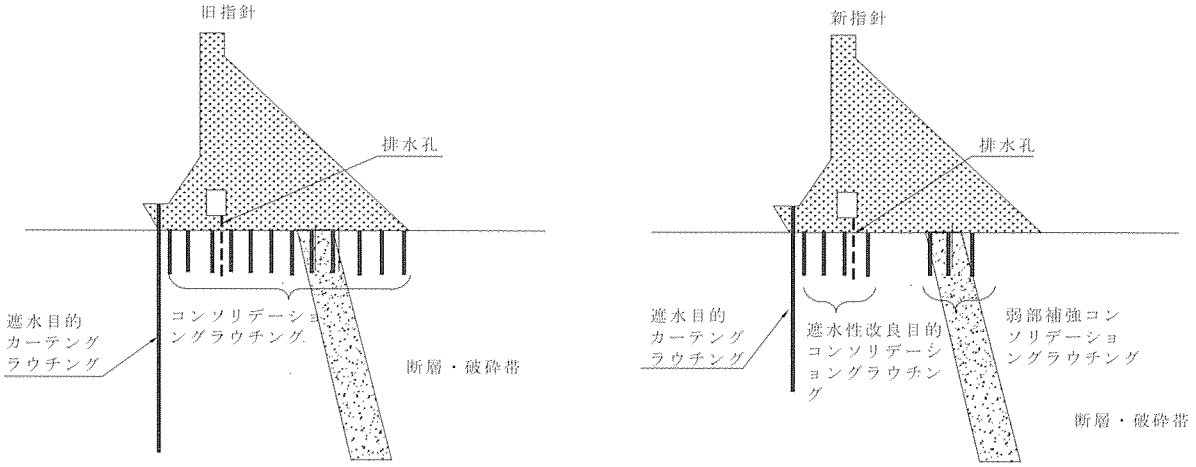



図-4.8 グラウチング指針の新旧比較

コンクリートダムでは，カーテングラウチングによる改良目標値を1～2Luから深度方向に緩和し，最大堤高（H）のH/4までを2Lu程度，H/4～H/2の範囲を2～5Lu程度，H/2～Hの範囲は5～10Lu程度としていることのほか，施工範囲も見直されている。

2) カーテングラウチング

北海道開発局が施工したコンンクリートダムの工事誌を見ると，グラウチングに関わる技術は，昭和40年頃を境に大きく変化していることがわかる。昭和40年初期の岩尾内ダムと豊平峡ダムを比較すると，表-4.4のようにまとめられ，昭和初期より昭和40年頃まで，グラウチング技術は試行錯誤のなかで実施され，グラウチングに関する期待，信頼性は低い評価であったと考えられる。

1967 年に着手した豊平峡ダムのグラウチングは，表-4.4に示すように近年の施工技術，基礎の評価と同等であり，これ以降より，グラウチング技術が確立されたものと考えられる。

表-4.4 岩尾内ダムと豊平峡ダムのグラウチング

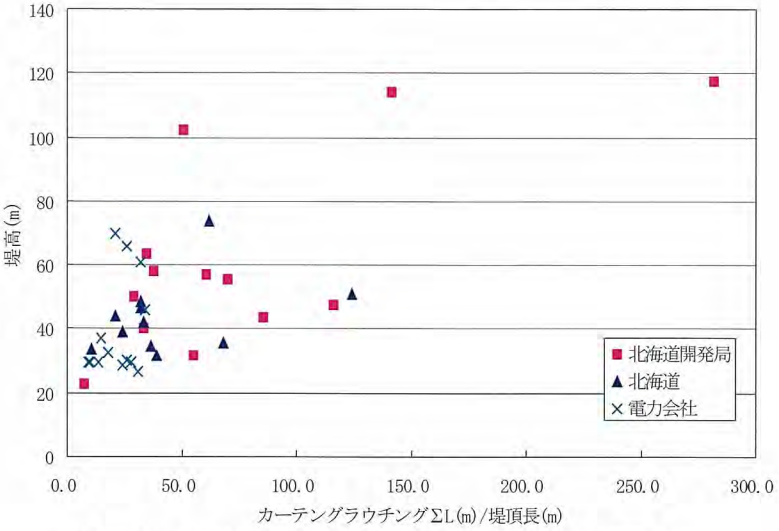
| 項　　目 | 岩尾内ダム | 豊平峡ダム |
|---|---|---|
| ダム型式 | 重力式コンクリートダム | 薄肉アーチダム |
| 完了基準 | 単位セメント注入量 | ルジオン値 |
| 改良目標値 | 無 | 1Lu |
| 建設着手年度 | 昭和40年 | 昭和42年 |
| 注入方式 | バイステップ注入方式 | ステージ注入方式 |
| 注入順序 | 片押し | 中央内挿法 |
| チェック孔 | 無 | 有 |

カーテングラウチングの施工位置を見ると，北海道開発局が施工した鹿の子ダム（1975年建設着手）が上流フーチングより施工をしており，それ以前のダムでは通廊より施工されている。北海道が施工したダムを見ると，有明ダム（1969年）では上流フーチングより施工されている。

したがって，昭和初期のコンクリートダムでは注入圧力を高めるため通廊よりカーテングラウチングを施工していたが，昭和40年代以降では，施工性の観点より上流フーチングで施工する例が多くな

り，注入圧力を高くできない美利河ダム（基礎岩盤：新第三紀～四紀の砂岩，頁岩，砂泥互層），嵩上げダムである新中野ダム等，特殊な事情を有するダムで通廊から施工している。

施工範囲を見ると，昭和 40 年代前半のダムでは，河床部でのカーテングラウチングは堤高に拘わらず深度 30m 程度，左右岸袖部は明かり施工，ファンカーテンの事例が多い。それ以降のダムでは河床部においては最大でダム高程度，左右岸袖部では地下水位線と貯水位の交点，あるいは地山の難透水部まで施工する事例が多くなり，リムグラウチングトンネルが 80～100m を超える事例も増加している（定山渓ダム，札内川ダム）。昭和 40 年代以降で改良目標値が設定されているダムは，複合ダムのフィル部を除き，2Lu の事例が多く，その他は 1Lu となっている。

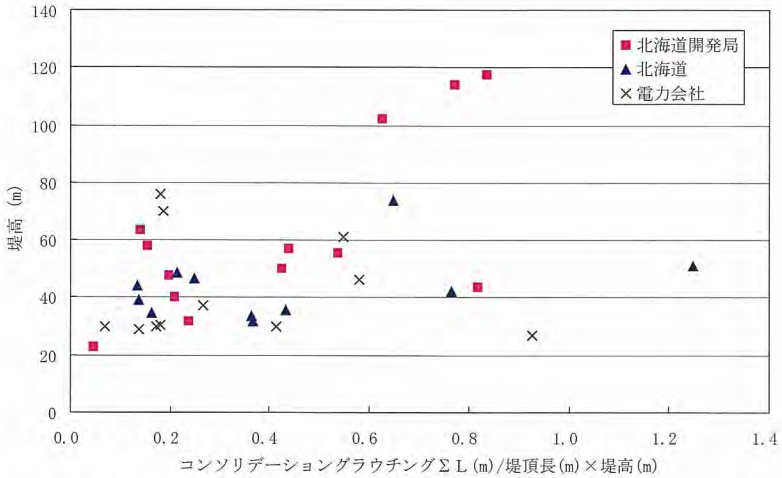



図－4.9 堤高とカーテングラウチング施工延長／堤頂長

高とカーテングラウチング施工延長／堤頂長との関係を図-4.9 に示す。この図は，孔間隔 1m とした場合の平均施工深度を概ね表すもので，北海道開発局と北海道が施工したダムは 50 を超える事例が多く見られるものの，発電ダムは殆んど 50 以下の値であり，発電ダムの建設工事着手年が昭和初期以前であることから，前述した傾向が現れているものと考えられる。

3) コンソリデーショングラウチング

桂沢ダム工事報告書(1959 年)によると，当時のコンソリデーショングラウチングは，床固工グラウチングと称し，深度 10m/1 ステージで断層等が分布し，基礎岩盤の性状で劣ると評価された 4 つのブロックを対象に施工されている。なお，工事誌では孔間隔(2.5m)，列間隔(2.5m あるいは 5m)，千鳥で施工という記載になっており，1 次孔，2 次孔の順序はあるものの，片押しで現在の列状施工がされていたと考えられる。




図－4.10 堤高とコンソリデーショングラウチング延長／（堤頂長×堤高）

コンソリデーショングラウチング工は北海道開発局と北海道が施工したダムを見ると，昭和 40 年後半以降は，敷全体を対象にして実施されており，格子間隔は 3～5m であった。施工深度は，一般には 5m，堤高 100m を超える定山渓ダム、札内川ダムでは 10m の施工が実施されている。

堤高とコンソリデーショングラウチング延長／（堤頂長×堤高）との関係を図-4.10 に示す。この図は，格子間隔 1m とした場合の平均施工深度を概ね表すもので，北海道開発局と北海道が施工した

ダムは 0.8(深度 5m 換算で４本)を超える事例が見られる。

一方，昭和初期のダムでは，この値が 0.2（深度 5m 換算で１本）程度以下となっている。

## 3. グラウチング工法及び注入材料

### (1) 施工方法

1) バイステップ工法

掘進長に関係なく，パッカーは孔口に設置し，インジェクションパイプを孔底まで降ろして，グラウトミルクを注入する方式である。グラウトミルクは，孔底から孔口へと循環途中に亀裂内に注入するため孔内循環方式とも呼ばれる（図-4.11 参照)。

桂沢ダムや岩尾内ダムの基礎処理工で用いられており，当時パッカーの構造が未熟で，現在のように孔内奥深く降ろして操作できるものがなかったためと考えられる。

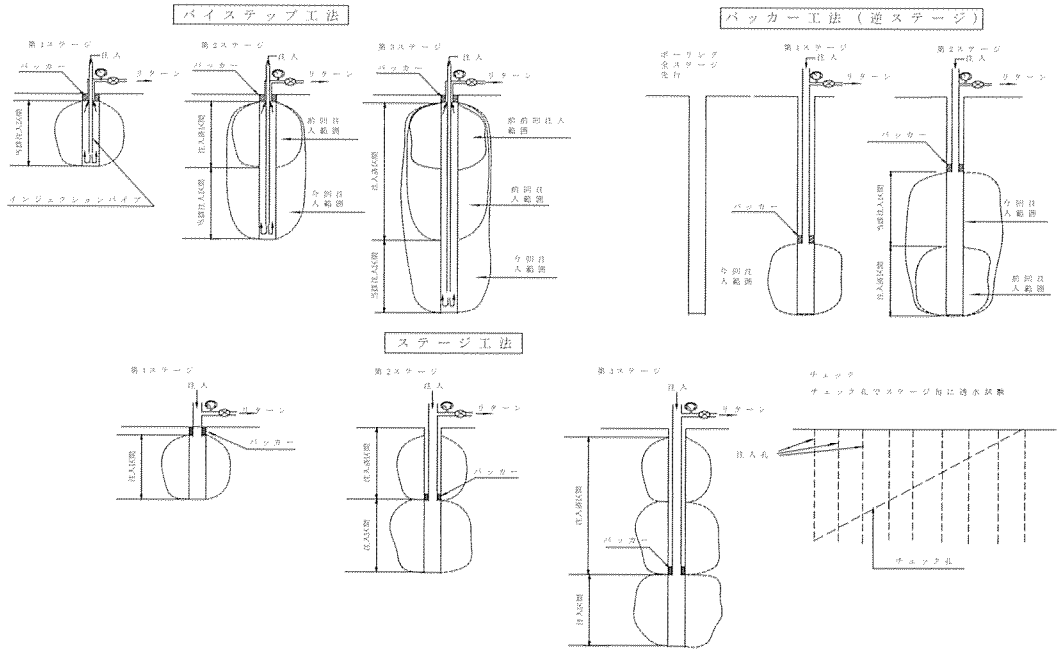
この方式は，パッカーが孔口にあることから上位のステージは何度でも注入されることになるので，各ステージの注入量を正確に把握できないため，注入量によるグラウチングの評価は難しい。また，チェックの方法は注入孔の孔底まで清掃し，孔口パッカーで孔長全体を一回の透水試験で行うので途中に不良箇所があっても確認できない欠点があった。

2) パッカー工法

最終予定深度はまで一挙に削孔し，最下段のステージ（通常 5m）直上にパッカーを設置し，掘進長に関係なく，グラウトミルクを注入し，その後順次上段のステージのグラウチングを実施していく方式である。ステージグラウチングで必要な追い切りがないため，施工時間，工事費で有利であるが，上部へのリークが懸念され，注入圧力を高く設定することが難しく，近年の施工実績はほとんどないと考えられる。

3) ステージ工法

上段のステージより順に岩盤の削孔，グラウトミルクの注入施工を繰り返しながら，最終予定深度まで施工する方式である。パッカー方式に比べて，施工時間，工事費で劣るが，施工の確実性があり，近年のダムの基礎処理で用いられる一般的な工法である。

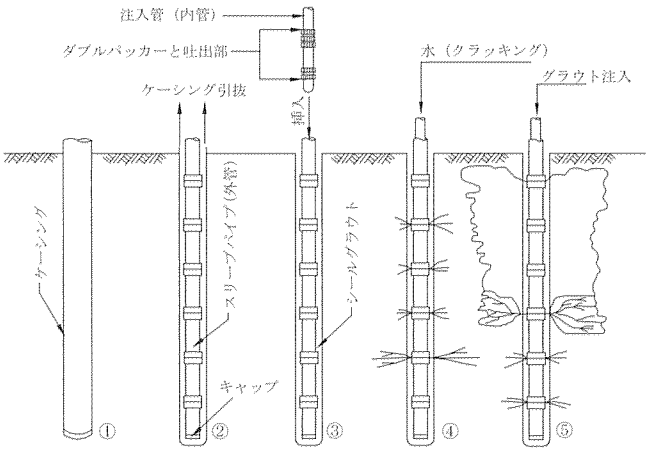



図－4.11 バイステップ工法，パッカー工法，ステージ工法

4) 二重管式ダブルパッカー工法

基礎の限界圧力が小さく，ボーリング孔の自立が困難な場合やパッカーを十分に効かせられない未固結層に対して行われる。施工手順は図-4.12 のとおりである。

① 孔の掘削及びケーシングの挿入
② シール用グラウトの充填及び注入用外管の挿入並びにケーシングの抜き取り
③ シールグラウトの固結を待って，注入用内管の挿入
④ 水押しによるシールグラウトのクラッキング
⑤ 任意の注入箇所にパッカーをセットし注入




図－4.12 二重管ダブルパッカー工法の施工順序

道外では大川ダム(1971～1987)や寒河江ダム(1972～1990)で試験施工された経緯があり，北海道では，美利河ダム(1975～1991)や上ノ国ダム(1985～2002)で実績がある。

### (2) 注入材料

「グラウチング技術指針・同解説」[4-6]によると，グラウトの材料は，原則としてセメントを使用する旨の記載があり，通常は普通ポルトランドセメント，高炉セメント B 種，早強セメントなどが，ダムのグラウチングセメントとして用いられている。多くのダムでは，基礎岩盤の改良は，普通ポルトランドセメントや高炉セメント B 種で満足できる改良が得られており，価格の安い高炉セメント B 種の利用が広がっている。しかしながら，これらのセメント材料で改良が不十分な場合には，セメント粒子の団粒化を抑えるために減水剤，流動化剤等の分散剤を混和する程度の場合や，高価なコロイドセメントや超微粒子セメントなどグラウト専用に開発されたセメントを用いることもある。微粒のセメントは反応性が高く凝集し易いため，分散剤と併用して用いられる。

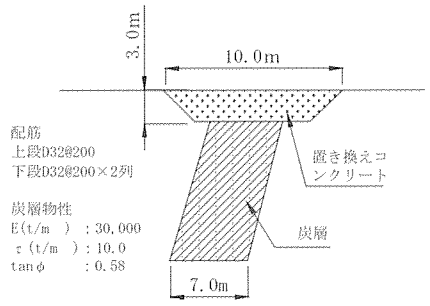
普通ポルトランドセメントの最大粒子径は 100μm 程度であり，透水性の原因となっている空隙が微細な場合には，空隙がセメント粒子により充填されず，改良が進まない場合がある。このような場合には超微粒子セメント（最大粒子径 10μm 以下）を用いた改良が行われる。超微粒子セメントは普通ポルトランドセメントと比較してブレーン値が 3 倍以上である。超微粒子セメントによるダムグラウチングは，1985 年頃より実績があり，北海道では美利河ダムや上ノ国ダムで施工実績がある。

## 4. 北海道における特殊基礎処理の代表事例

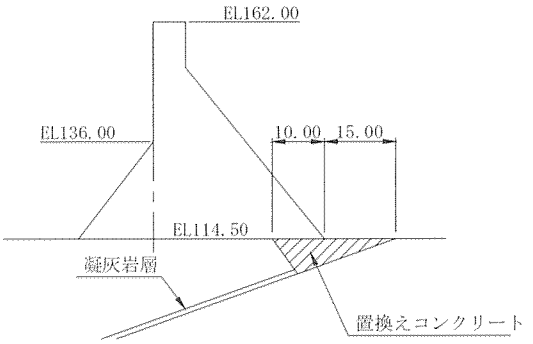
### (1) 置換え工法（清水の沢ダム，滝里ダム）

特殊基礎処理は断層，破砕帯，石炭層など基礎地盤として強度等が不足する場合や，基礎の安定性に悪影響を及ぼす場合に施工されることが多い。それらの処理方法は規模や程度により異なるが，弱層部分の上部を除去し，コンクリートと置き換える方法が通常行われ，程度によりグラウチングも行われる。

清水の沢ダムでは河床部に幅約 7m の炭層があったため，図-4.13 のように処理を行っている。




図－4.13 清水の沢ダムの炭層部置換え工法



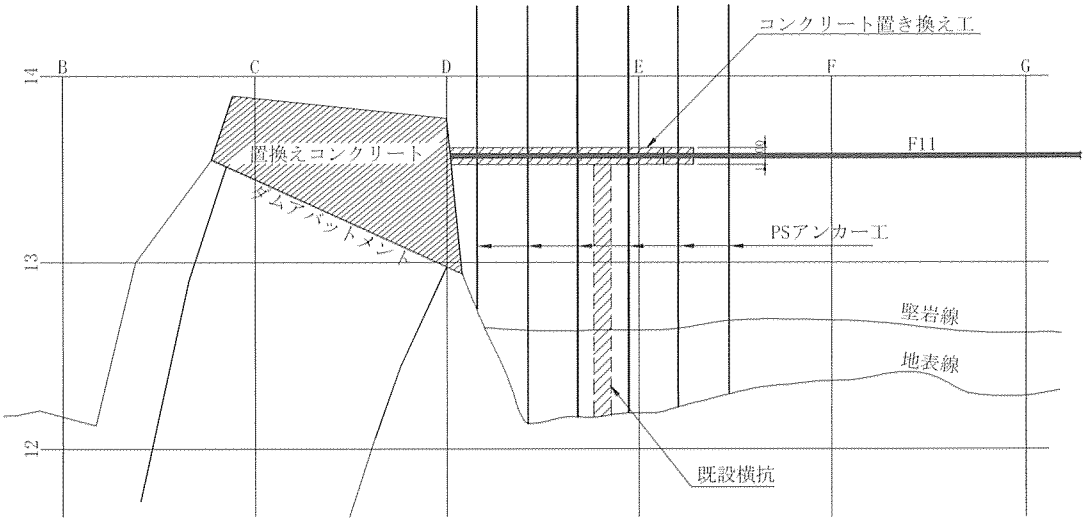

図－4.14 滝里ダムの凝灰岩層の置換え工法

滝里ダムでは J9～J11 の趾部に上流落ち低角度（20°）で厚さ 2m の凝灰岩層が分布しており，現位置せん断試験の結果 $\tau=5tf/m^2+\sigma\tan20°$ と CL 級岩盤より小さな値であった。そのため，せん断摩擦安全率が不足していたので，「重力式ダムの基礎上に上流落ちの弱層が分布する際の安定性の検討方法：ダム技術№98，99，飯田隆一」に基づいて，図-4.14 に示すコンクリート置換え工法を実施した。庶路ダム（第２章⑰）及び上ノ国ダム（後述）も同様の工法を用いている。

(2) PS アンカー工法（豊平峡ダム）

PS アンカー工法は亀裂やせん断破壊が懸念される岩盤の一体化を目的として施工することが多い。

北海道では豊平峡ダム左岸アバット部に存在する断層（F-11）沿いのせん断摩擦安全率が不足していた。そのため，ダムが岩着する部分は L カットを行ってコンクリートで置換え，更にダム下流側は断層の一部をコンクリートに置換えて PS アンカー24 本（総緊張力 220tf）で引締め，せん断安全率を改善する対策を実施した。



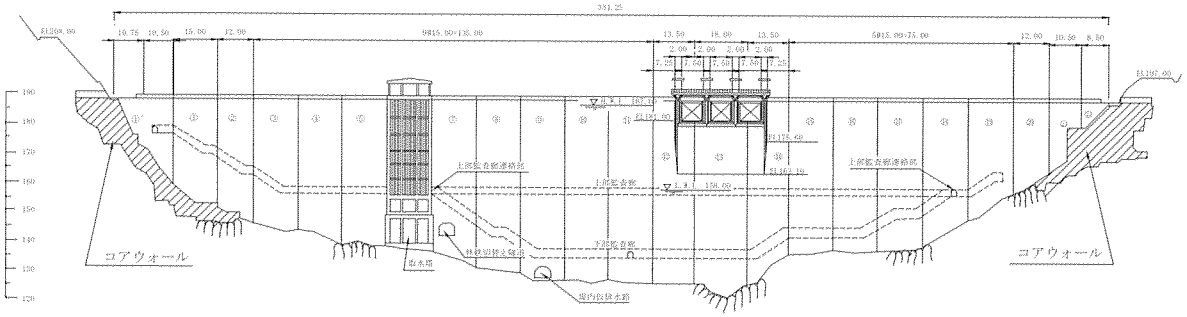

図－4.15 豊平峡ダムの PS アンカー工法による断層処理

(3) コンクリート遮水壁工法（桂沢ダム）

坑道方式あるいは穿孔方式によるコンクリート壁と矢板方式がある。コンクリートダムで用いられるのは通常コンクリート壁である。

坑道方式のコンクリート壁としては，桂沢ダムの左右岸基礎に設置されたコアウォールがある。

このコアウォールは，建設途中における堤高の変更を，掘削線を変更することなく対応するために設置されたもので，主として止水を目的としている。左右岸袖部にはコンクリート運搬設備であるケーブルクレーンやバンカー線が設置されており，掘削線を地山方向に追い込むことができなかったことと，グラウチングに対する技術が確立されていない時代であったため，コアウォールで遮水機能を確保したと考えられる。




図－4.16　桂沢ダムのコアウォール（上流面図）

### (4)　箱型地下連続壁，止水地下連続壁，（美利河ダム）[4-7]

美利河ダムの基盤は新第三紀中新世の泥岩・頁岩，シルト岩（八雲，黒松内層）及び鮮新世の砂岩（瀬棚層）で主に構成される。泥岩・頁岩，シルト岩（Shm, $Sil_1$, $Sil_2$）は，特別な基礎処理は必要ないと判断される岩盤であり，一般的な基礎処理が施工された。しかし，瀬棚層の砂岩は細粒砂岩（$Ssf_1$）を除き，粗粒砂岩（Ssc(B)）と中～粗粒砂岩（Ssm, Ssm～Ssc）は固結度が低く，変形性と透水性が大きいため，設計･施工で下記の課題があった。

① Ssc(B)層は未固結で被圧地下水を有しダムの基盤とはなり得ない。また，オープンカットすると被圧地下水の影響でボイリングが発生し，上位の$Ssf_1$層を緩めてしまう。

② ダム基盤を$Ssf_1$層としても，下位に分布するSsc(B)層の変形性(Es=1,000kgf/cm$^2$)が大きく，点安全率が２を下回る部分があった。

③ Ssc(B)層に対するカーテングラウチングは，注入前の透水係数K=3×10-3cm/sをK=1×10-4cm/s程度に改良するのが限度であった。

④ Ssc(B)層は上流から下流まで分布しているため，貯水池の水圧の影響でダム下流の地山にヒービング現象の生じる恐れがあった。

⑤ フィル部に分布する砂岩層（$Ssf_2$, $Ssc_2$）はグラウチング効果を期待できなかった。

上記の課題に対する対策は表-4.5と図-4.17に示すとおりである。

① Ssc(B)層を露出させないで，ダム基礎をShmから直接$Ssf_1$に乗り移らせる工法として，40BLに箱型地下連続壁を設置し，箱型内部をコンクリートと置換えて，大規模な土留擁壁を構築して39BL掘削時のボイリングを防止した(図-4.18)。更に，土留擁壁の上にダムコンクリートを打ち継いでそのままダム本体とした。

② 41～43BLのSsc(B)層の変形性を改良することが，ダムの安全上最も重要な事項であった。よって，変形応力解析を行い弾性係数の改良目標値をEs=5,000kgf/cm$^2$として二重管ダブルパッカー工法によるコンソリデーショングラウチングを実施した。

③ 40BLの箱型地下連続壁の垂直壁にグラウトカーテンを接合した場合，地震時における接合部の挙動が不明確で遮水効果に疑問があった。そのため，箱型地下連続壁から施工可能な位置まで

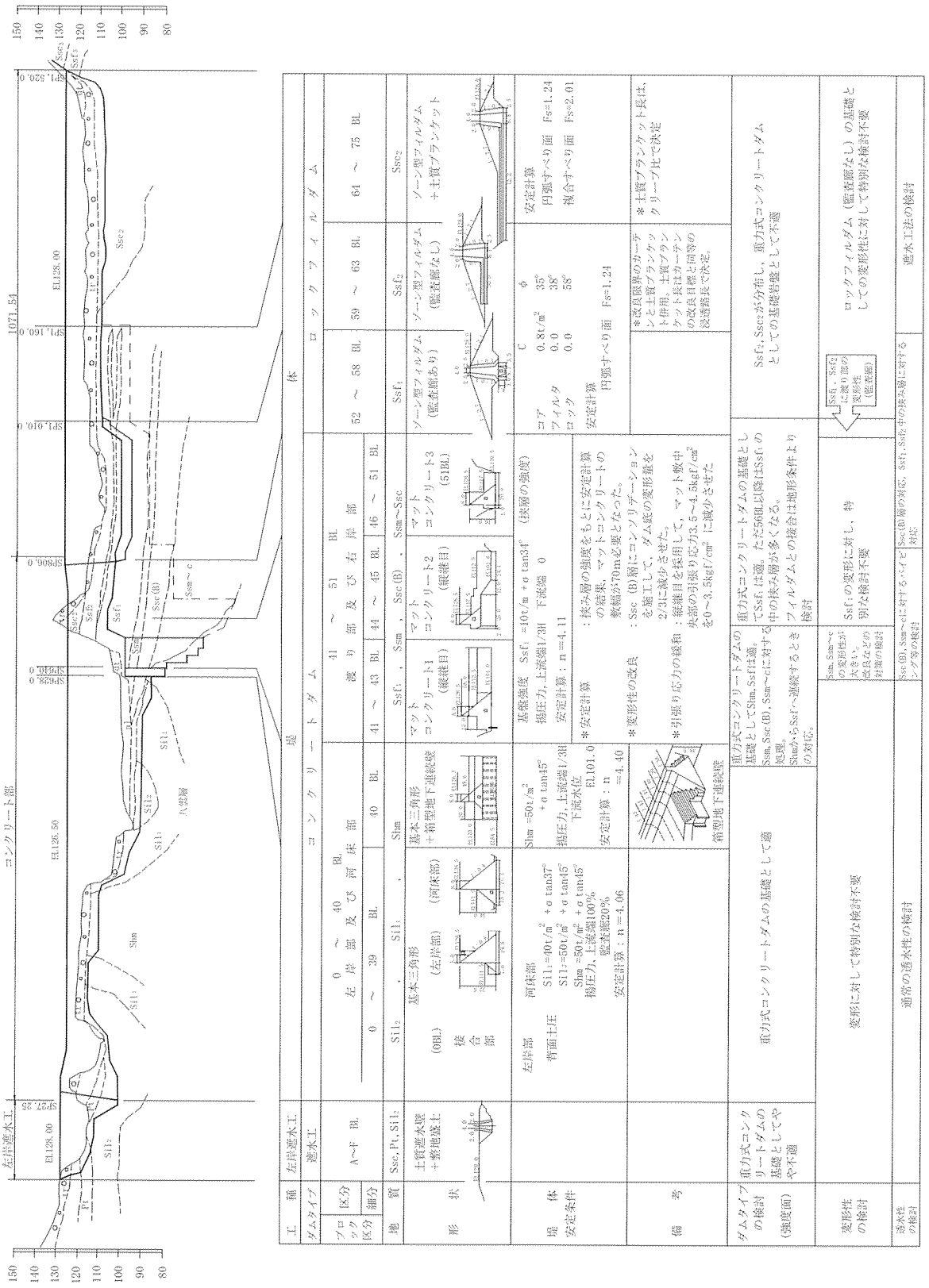
(45m が限度)止水地下連続壁を設置した(図-4.19)。また,止水地下連続壁の先端に流線の集中を避け，合わせて浸出点の安全率を向上させるために，止水壁先端から右岸側にカーテングラウチングを施工した。そのグラウチングは施工深度と改良目標値を漸次低減して地山に摺り付けた。

④ ダム下流地盤の被圧地下水によるヒービングに対する安全率は，ダム築造前は Fs=1.5 であったが，ダム築造後は Fs=1.1 に低下することになった。そのため，基礎掘削で発生した土砂を盛土して，周辺整備と兼ね築造前の安全率を確保した。

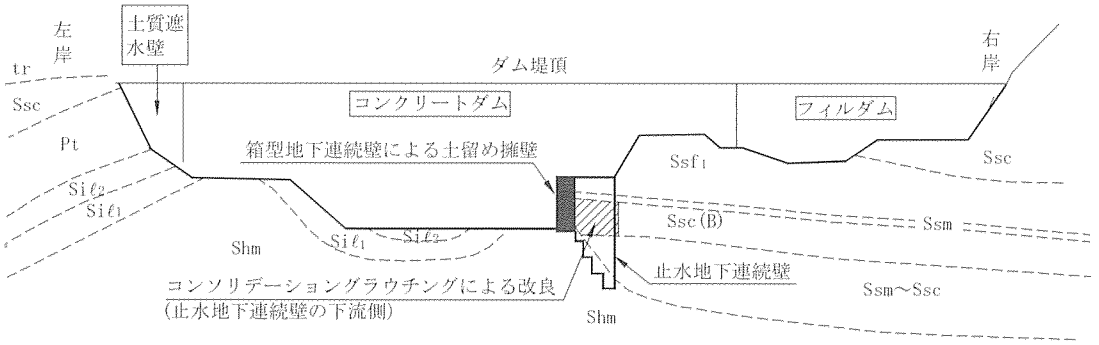
⑤ フィル部通廊終点から右岸アバットまで480m区間をアースブランケットで対応した。

**表－4.5 美利河ダムの基礎処理概要**

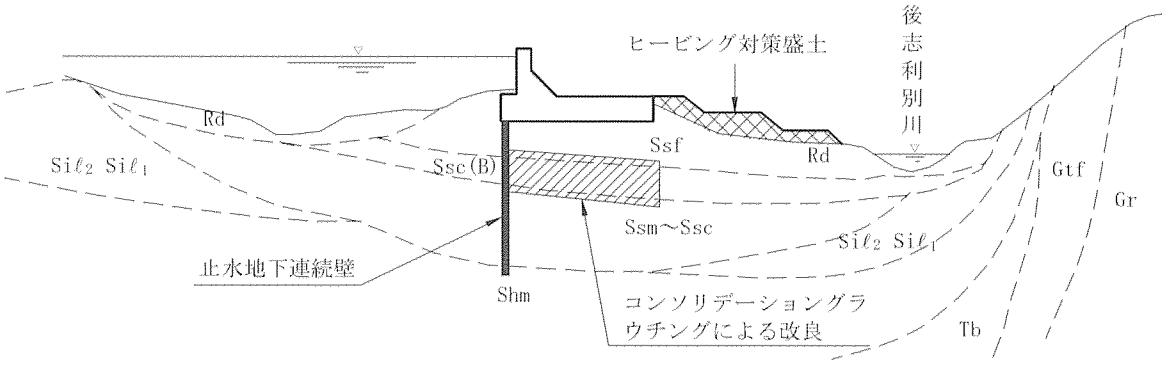
| 基礎処理工区分 | | 施工箇所 | 注入材料 | 孔配置，工法 |
|---|---|---|---|---|
| コンソリデーション グラウチング (改良目標値10Lu) | | コンクリートダム部 (八雲層) | 高炉B種セメント | L=7.0m 5.0×5.0m格子 ステージ工法 |
| | | コンクリートダム部 ($Ssf_1$) | | L=7.0m 4.0×4.0m格子 ステージ工法 |
| | | コンクリートダム部 (Ssc(B)) 41～45BL | 超微粒子セメント | 変形性の改良も考慮した二重管ダブルパッカー工法 |
| ブランケットグラウチング (改良目標値10Lu) | | 右岸フィル部 (52～58BL) | 高炉B種セメント | L=5.0m 1.5m千鳥 ステージ工法 |
| 補助カーテングラウチング | | 右岸フィル部 (59～63BL) | 高炉B種セメント | L=5.0m, 1.5m千鳥 ステージ工法一部で二重管ダブルパッカー工法 |
| | | 左岸遮水工 | | L=5.0m, 1.5m千鳥 ステージ工法 |
| コンタクトグラウチング (改良目標値10Lu程度) | | 右岸フィル部 (51～58BL) | 高炉B種セメント | 水平L=4.0m ステージ工法 |
| | | | 超微粒子セメント | 斜L=3.0m 二重管ダブルパッカー工法 |
| カーテングラウチング<br><br>カーテングラウチングの深さはクリープ比の検討を基本に計画した。<br>また，八雲層および瀬棚層の$Ssf_1$，$Ssf_2$はルジオン値で，Ssm，Ssc(B)，Ssm～Sscは透水係数で管理 | | コンクリートダム部 (八雲層及び$Ssf_1$) (改良目標値2Lu) | 高炉B種セメント | L=H/3+12m ステージ工法 |
| | | コンクリートダム部<br>44～47BL：八雲層まで<br>48～51BL：Ssc(B)下限まで<br><br>Ssm，Ssc(B)，Ssm～Sscの改良目標値<br>44～45BL：$1\times10^{-4}$cm/s<br>46～51BL：$5\times10^{-4}$cm/s | 超微粒子セメント | Ssm，Ssc(B)<br>二重管ダブルパッカー工法<br><br>Ssm～Ssc<br>ステージ工法 |
| | | フィルダム部 (瀬棚層$Ssf_1$，$Ssf_2$) (改良目標値5Lu) | 高炉B種セメント一部で超微粒子セメント | L=H/3+8m ステージ工法一部で二重管ダブルパッカー工法 |
| 特殊基礎処理 | 箱型地下連続壁 | SP628～640間 (ダム軸方向12m，ダム横断方向69.6m，深度八雲層まで) | 掘削によりゆるみやすいSsc(B)層に対する土留壁もかねた40ブロック堤体の基礎工 | |
| | 止水地下連続壁 | 41～43BL 深度八雲層まで | グラウチングによる改良が困難なSsc(B)層及びSsm～c層に対する遮水工法 | |
| | 土質ブランケット | フィル部通廊終点から右岸アバットまで480m区間 | グラウチングによる改良が困難な$Ssc_2$層に対する浸透流抑制工法 | |
| | 下流地山対策工 | 下流氾濫原部，盛土 | ヒービング対策，ダムアップによるSsc(B)層の被圧地下水圧の増大で下流地山が持ち上がるヒービング現象への対策工として実施した押え盛土工 | |




図－4.17　美利河ダムの基礎処理施工箇所毎の概要図




図－4.18　美利河ダムの箱型地下連続壁の設置




図－4.19　美利河ダムの止水地下連続壁と粗粒砂岩(Ssc(B))のコンソリデーショングラウチング

### (5)　トンネル工法によるコンクリート置換え工法及びマット工法（上ノ国ダム）[4-8]

1)　概　要

ダムサイトの基盤岩は，チャートが主体で，右岸部の中位標高以上に粘板岩，粘板岩－細粒砂岩－粗粒砂岩が分布し，堤敷及び近傍には，17 本の断層が確認された。これらの断層のうち，特殊基礎処理を必要とする箇所は，Ｆ7，Ｆ9，Ｆ10 の 3 本の断層であることが基礎掘削により判明した。上ノ国ダムの基礎処理工に関わる技術的特色は下記のとおりである。

①　粘板岩層内に分布し，粘土化再固結したＦ9 断層を対象に，トンネル工法によるコンクリート置換え工法を実施した。

②　粘板岩と砂岩の境に分布し，Ｆ9 断層と同様に粘土化再固結部を主体とする強破砕部である F-10 断層を対象にコンクリートマット工法を実施した。

③　チャート層内に分布する F7 断層を対象にコンクリート置換え工法を実施した。

④　グラウチング注入材料に超微粒子セメントを使用した。ダムサイト河床部を構成するチャート層は細かい開口亀裂（幅 1mm 以内）が発達し，高透水性を示すため透水性の改良に難点があると判断された。そのため，テストグラウチングを行い，注入材料を通常使用される普通セメント（高炉Ｂ種）から超微粒子セメントへ変更した。

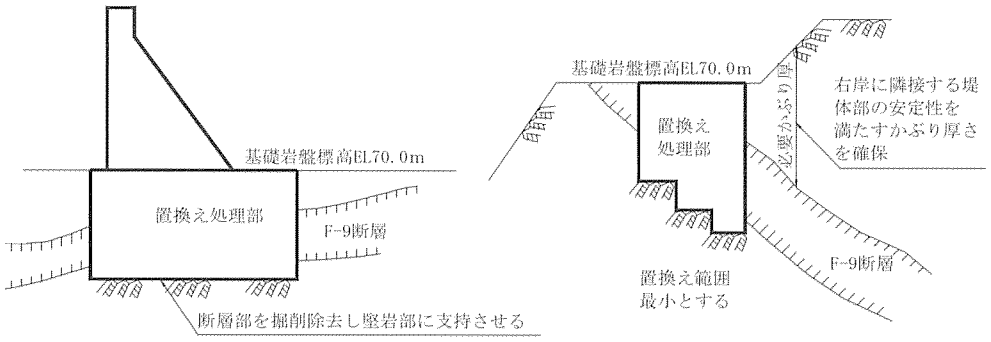
2)　トンネル工法によるコンクリート置換え工法

右岸中腹部の段丘面（GH=80.00 付近）に出現する F9 断層は，最大幅約 15m の大規模な断層で，変形係数や支持力が極めて小さいため，堤体の滑動及び変形に対し非常に大きな問題となり，堤体の安全性を確保するため断層処理による対策が必要となった。

F9 断層はダムサイトにおける粘板岩層に属し，全体に粘土化再固結部を主とする強破砕部であり，岩構造をほとんど残さない状況にある。また，断層部の下盤には最大 15m 程度の幅で破砕部が形成されており，葉片状～粘土化再固結部の劣化した粘板岩で構成されている。

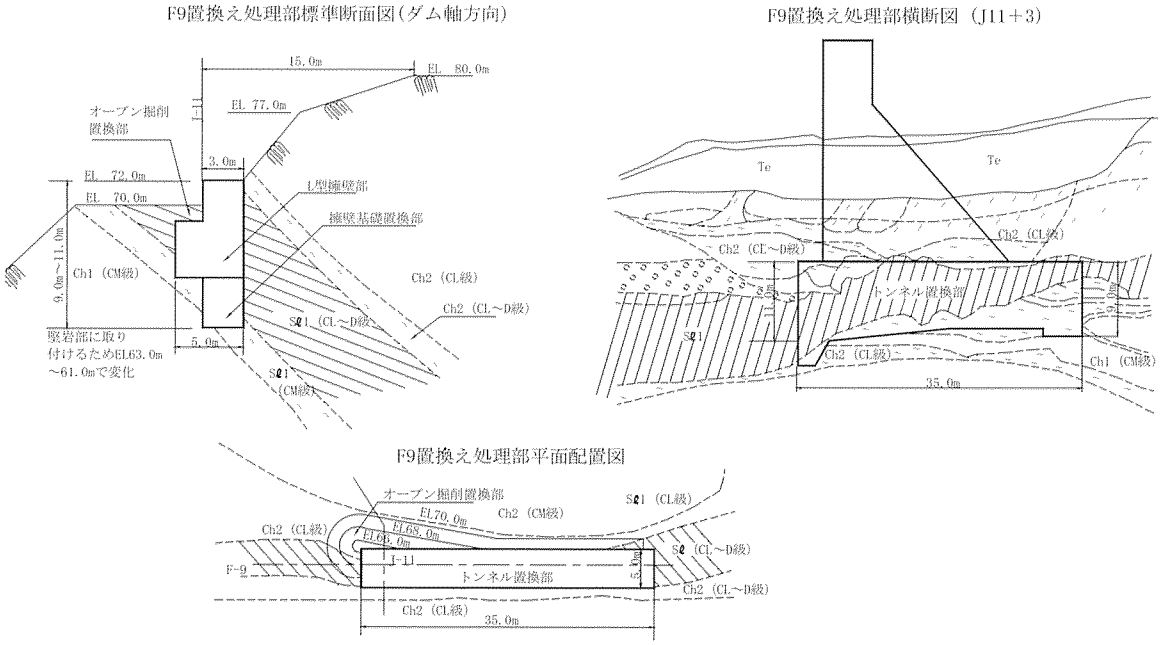
F9 断層を処理しない場合について断層沿いの堤体安定性を検証した結果，堤体 12 ブロックの安全率は所要の安全率（Fs=4.00）を満足しないことがわかった。

通常の断層であれば悪い部分をオープン掘削にて除去した後，コンクリートにて置換えることが普通である。しかし F9 断層は分布深度が深く，かつ右岸下がりで分布しているため，オープン掘削による置換えを行うと断層上盤の良好な堅岩部も相当量掘削してしまい非常に不経済となるほか，F9 断層との必要なかぶり厚も確保できないこととなる。




図－4.20　置換え工法の模式図

トンネル置換え部の施工範囲は，前述した課題及び以下に示す事項を考慮し，図-4.21 に示す形状とした。




図－4.21　F9 断層の置換え処理形状

① F9断層を確実に遮へいするため，トンネル置換え部の上段はF9上盤境界部まで延長する。
② オープン掘削時に右岸地山から作用する土圧荷重に対して，擁壁として安全な構造を確保するためには，置換えトンネル部の基礎は堅岩部（CL～CM級岩盤）にとりつけるものとする。
③ トンネル置換え深度及びオープン置換え部の規模を極力小さくするために，置換え幅はB=3mとする。
④ ダム上・下流方向の置換え範囲は，置換えコンクリート部も含めた堤体の安定性及びオープン置換え部の掘削形状の取り合いを考慮し，上流側はフーチング幅程度（3.0m），下流側は堤趾より5.0m程度以上を確保することとし，全延長でL=35.0mとした。

3) コンクリートマット工法

F10断層は図-4.22に示すとおり堤体14～15BLにかけて上下流に連続して分布している。断層の全破砕幅は13m内外であり，15BLの滑動安全率が所要の安全率を満足しない結果となった。滑動，及び変形性に対する安全性確保の観点から，断層処理による対策を検討した。

F10断層は上流右岸方向に高角度に分布している。断層部は上盤のチャート，砂岩粘板岩互層との境界部に最大幅3m程度で含水し，軟弱粘土状を呈する箇所がある。破砕部は全破砕幅が13m内外で上・下盤側に葉片状～粘土化再固結部が卓越し，その間に亀裂発達部をブロックとして不規則に介在する。破砕部の下盤側には亀裂の発達を伴う周辺劣化部が存在している。

F10断層の処理対策工は，①基礎岩盤をコンクリートにより置換えする「置換え工法」，②基礎岩盤上にマットコンクリートを配置する「マット工法」の2案の比較・検討から選定した。

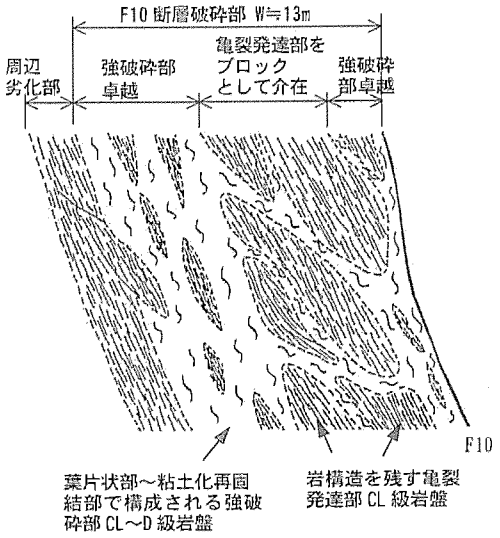
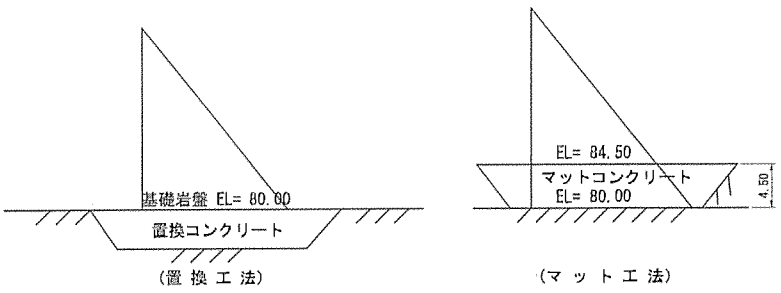


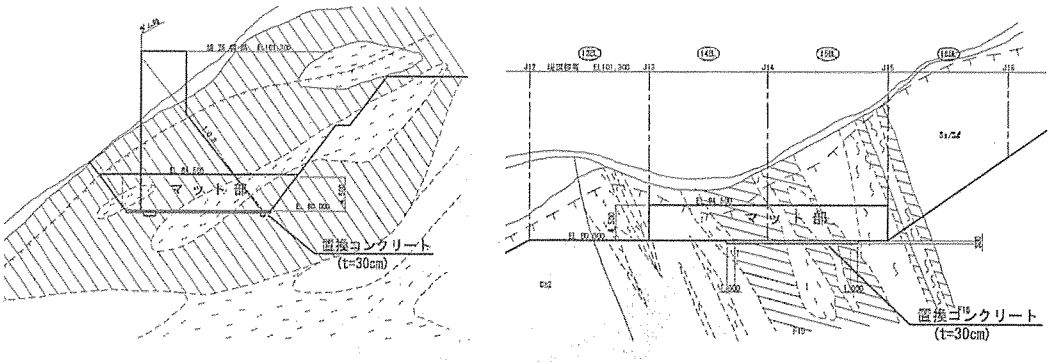

図-4.22 F10断層の模式図

F10断層は堤体横断面に対し高角度に，かつ右岸側に傾斜して分布しているため，基礎岩盤を置換えする「置換え工法」は堤体の安全性の増大に効果が期待できない結果となった。




図－4.23 置換え処理形状の比較

そのため，マット工法を採用した。図-4.24 に示すように，EL80m 以上にマットコンクリートを配置することによって所要の安全率の確保を図るとともに，堤体に有害な変形を生じさせないためのマット厚を確保した。




図－4.24　マット工法の形状

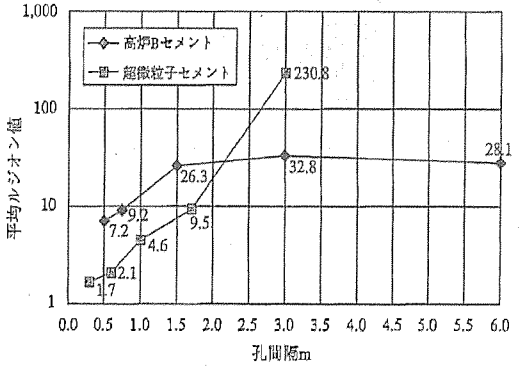
4)　グラウチング注入材料に超微粒子セメントの使用

上の国ダムは亀裂の発達したチャートが基礎岩盤の大部分を占めており，グラウチングによる岩盤の改良が困難であることが予想された。そのため，事前にテストグラウチングを実施し，基礎岩盤を効率良く改良する仕様を検討することとした。テストグラウチングは，ダムサイトで最も透水性の高い河床部チャートで実施した。

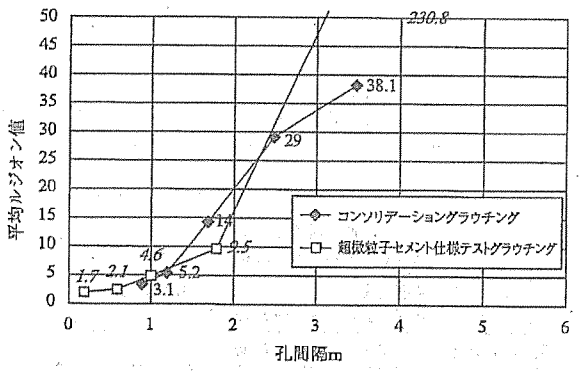
その結果，注入圧力 5kgf/cm$^2$，孔間隔 1.0m で平均 Lu 値 5Lu を満足する結果が得られた(図-4.25，図-4.26)。また，テストグラウチングの結果より，孔間隔 1.00m（3 次孔）では，殆んどが 5Lu 以下（平均 4.6Lu）となってしまい，実施では格子施工による周辺孔からの相乗効果もあることから，テストグラウチングにおける１段階大きい孔間隔程度の 1.77m（3 次孔）までを規定孔とした。

テストグラウチング（超微粒子セメント）結果と，河床部における通廊上流側の Lu 値逓減図を示すが，当初期待していた格子施工による周辺孔からの相乗効果は認められず，テストグラウチングとほぼ同程度の改良傾向となった。

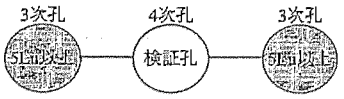
なお，上ノ国ダムでは，追加孔の工事数量を低減させるため，追加孔のＮ次孔と N＋１次孔の Lu 値の改良特性を施工実績データより整理し，３次孔で 10Lu の以下の場合，４次孔を施工すれば 5Lu を満足できるといった関係を整理し，追加孔の施工完了基準を別途定めた。



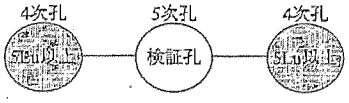

図－4.25　テストグラウチングデータ



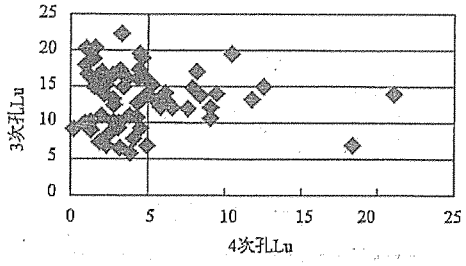

図－4.26　ルジオン値(Lu)と孔間隔(m)河床部



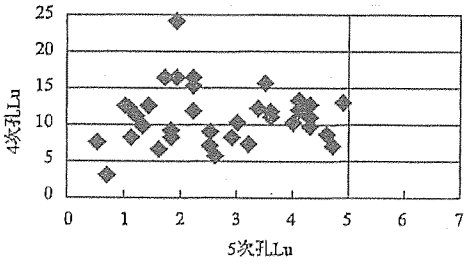

図－4.25　調査孔配置図




図－4.26　調査孔配置図




図－4.27　3 次孔－4 次孔(検証孔)ルジオン値(N＝88)




図－4.28　4 次孔－5 次孔(検証孔)ルジオン値(N＝82)

## 第４節　骨材及びコンクリートの製造

### 1.　骨材の製造

#### (1)　骨材採取

骨材源の採取に関しては，堆積砂礫を利用する場合と原石山から採取する場合がある。堆積砂礫を利用する場合にはあまり問題が無い。堆積砂礫を利用した例としては，金山ダム・岩尾内ダム・鹿ノ子ダム・美利河ダム・二風谷ダム・滝里ダム・札内川ダム・愛別ダム・鷹泊ダム・奥新冠ダム・静内ダム・富村ダム・東の沢ダム・活込ダム等がある。しかし，河川堆積砂礫については，高度成長期に全国的に需要が急増し，乱掘による河川への被害が懸念された。採掘による河川被害を防止するために建設省は 1960 年頃から河川堆積砂礫の採取量を規制した。これにより河川砂利の使用が減少し，砕石の採用が増えた。また，このころから良質な河川堆積砂礫も得難くなり密度や吸水率などの骨材品質が低下した。

原石山から採取する場合は，地形・地質が現場により異なるため，色々な採取方法が考えられる。採取方法は，明り方式とグローリホール方式の二つに分けられ，明り方式は爆破の方式により坑道発破方式とベンチカット方式に分けられる。

1950 年代頃は坑道発破方式がかなり採用されていた。採用例として，桂沢ダム・糠平ダムが挙げられる。この方式は，発破効率が良く発破回数も少なくて済み大規模な掘削に適するが，大塊が発生して小割が必要となることや，大塊の転落により事故を生ずる可能性が高いことから安全性・安定性に欠ける面がある。また，大型機械の進歩によりベンチカット発破の長孔・大型化が可能になったため，大雪ダム（ロックフィルダム）において 1973 年に実施された後の採用例は無い。

ベンチカット方式は，1960 年代初頭から採用され始めた。不良岩の選別が容易であり，岩の亀裂状態・硬度に応じて穿孔の間隔を加減することにより，小割発破の回数を大幅に減少させることができるため，工事を機械化する面からも有利であった。我が国においては，急峻な山に原石山を選定せざるを得ないことが多いので，採用に際してはかなり工夫が必要となるが，いろいろな面で長所を有するため採用されることが多く，現在はほとんどこの方式である。施工例としては，豊平峡ダム・定山渓

ダム・大夕張ダム・有明ダム・美唄ダム・佐幌ダム・新中野ダム・小平ダム・朝里ダム・栗山ダム・浦河ダム等がある。

また，原石を採取しない，又は骨材を製造せず，製品を購入した例もある。以下のようなケースである。

①原石山や堆積砂礫がダム近傍に無いか少ないため必要量が確保できない。

②ダムの規模が小規模で骨材製造のためのコストが購入する場合より割高になる。

などの理由で製品骨材を購入した例は駒ケ岳ダム・神居ダム・知内ダム・美生ダム・大野ダム・矢別ダム・庶路ダム等がある。川砂利を購入した例もあり，ポンテシオダム・岩清水ダム・双川ダム・奥沙流ダム・野花南ダム等である。また，粒度の調整がうまくできない場合や耐凍結融解など品質性能が落ちる等の理由で，粗骨材を製造し，細骨材のみを購入したなどの例としては，桂沢ダム・大夕張ダム・豊平峡ダム・美唄ダム・芦別ダム等がある。

桂沢ダムでは原石のうち比較的品質の劣るものが細分される傾向にあったため砂を購入した。豊平峡ダムでは天然砂に比較して砕石はワーカビリティが悪く，しかし単位水量を増加させるとセメント量を増加せざるを得ないこと，また大容量の骨材製造設備が必要になること，さらに製砂工程で発生する濁水の処理技術が未熟であり河川汚濁等の問題が生じると懸念されたことから山砂を購入した。

北海道ではグローリホール方式が骨材の原石採取に採用された例はない。この方式の特徴は，

① 原石の積込に大型機械を必要としない。
② 岩石が硬く目が少ない場合，費用が掛かり安全度も低い。
③ 採取が天候に支配され，積雪地域での採取期間は短くなる。
④ 段取りに時間を要し，採取範囲も狭く不良岩等の選択採取が困難。
⑤ 一度設備をすると採取個所の変更が困難で事前調査に時間と費用が掛かる。
⑥ 立坑下端の積込設備は岩質により支配され，設備が全面的に稼動するまでにかなりの期間を要し，建設工事の仮設備には適当でない。
⑦ 現場の条件さえ整えば，安価に原石が採取できる。
⑧ 原石をベルトコンベヤ等により直接骨材プラントまで運搬できる場合は費用的に有利である。

などがあるが，準備に時間を要することや採取個所の変更が困難などの理由により北海道では採用事例がない。

### (2) 使用機械

河床堆積砂礫を利用する場合は，通常ショベルとブルドーザの組合せで行われるが，地下水位の高い場合は，ドラッグショベルやドラグラインが用いられる。60年代はパワーショベルを用いた例が多く金山ダム・岩尾内ダム・糠平ダム・奥新冠ダム・下新冠ダム・砥山ダム・活込ダム等で使用され，70年代になるとトラクタショベルやバックホウに変ってきた。トラクタショベルを使用した例としては美利河ダム・二風谷ダム・下新冠ダム・砥山ダムがある。また，鹿ノ子ダム・滝里ダム・双珠別ダム・富村ダム・東の沢ダム等はバックホウを用いた。

原石積込作業においては，1950年代は電気ショベル（桂沢ダム・大夕張ダム）が用いられ，60・70年代に入るとパワーショベル（糠平ダム・豊平峡ダム），80 年代からはトラクタショベルやバックホウに変わってきた。

ベンチカット方式の場合は穿孔機械を必要とする。時代の推移と共に長穿孔を可能とするドリルの出現によりベンチ高を30m程度まで高くできるようになった。

最近までに使用されてきた主な穿孔機械は表-4.6に示すとおりである。

〔ワゴンドリル〕

軽便で取り扱い易く，小規模の原石採取には便利である。ただし，1 台あたりの容量が小さく移動に時間がかかる。大量の原石を採取するためには機数を著しく多くする必要がある。ベンチの高さも7m が限度である。原石採取費が高くなるので，大規模な原石山においては補助的に用いる以外は不適当である。

〔チャーンドリル〕

穿孔可能な深度がかなり大きく，かつ孔径も150～225mm と大きくとることができる。しかし，穿孔速度が遅い。また，チャーンドリルは電動式が有利であるが，この場合長いキャップコードを引っ張っているため機動性に乏しく，パーカッションドリルやロータリドリルに替わられた。

〔ロータリドリル〕

パーカッションドリルと並んで，大容量の原石山に適している。ビットを回転させて穿孔するもので石灰岩，白雲石などの岩石には適するが，磨耗性の大きい岩石の場合はビットの消耗が大きく穿孔費がかさむ欠点がある。

〔パーカッションドリル〕

磨耗性の大きい硬岩の掘削に適する。ドリルとコンプレッサを組合わせてエアモータで動くキャタピラの上に載せたもので，ドリルのパーカッションを与える機構がビットに近接し，穿孔が進むにつれて孔の中を下っていくので，ダウンホールドリルと呼ばれ，その機動性及び高性能のゆえに広く使用されている。

〔クローラドリル〕

パーカッションドリルを小型化し軽便化したものである。ビットの径は87.5mm 程度で，普通の現場条件ではパーカッションドリルの約1/2 程度の費用で済み経済的であるといわれているが，穿孔長に限度があって，一般にはベンチ高さが10m 以下に制限される。

**表-4.6　穿孔機械の種類**[4-9]

| 名称性能 | ワゴンドリル | クローラドリル | チャーンドリル | パーカッションドリル | ロータリドリル |
|---|---|---|---|---|---|
| 穿孔方式 | 衝重式<br>2000回/min | 衝撃式 | Drop hammer<br>45回/min | 衝撃式<br>1000回/min | 回転式 |
| 移動方式 | 人力又は<br>ウィンチ | キャタピラ | キャタピラ自走 | キャタピラ自走 | キャタピラ自走 |
| 動力 | 圧縮空気<br>200cfm前後 | 圧縮空気<br>400cfm前後 | 電動20～30HP | 圧縮空気<br>600cfm | |
| ビット径<br>(標準孔間隔) | 2″前後<br>(1.5m×1.8m) | 3″前後<br>(2.5m×3m) | 6～9″<br>(4m×5m～<br>7m×8m) | 6″<br>(4m×5m) | 6～9″<br>(4m×5m～<br>7m×8m) |
| 穿孔深限度 | 7.0m/hr | 10.0m | 6″で20m程度<br>9″では無限 | 普通30m程度<br>(但し100以上<br>のものも有り) | 左に同じ |
| 純穿孔速度<br>(花崗岩の場合) | 7.0m/hr | 7.0m/hr | 1.0m/hr | 5.0m/hr | |
| 自重 | 0.7t程度 | 3.0t程度 | 20～10t | 15t程度 | 15～25t |
| 備考 | | | 孔壁が荒れる繰粉は水で除去 | 200HPコンプレッサ搭載，ロータリドリルにも使用可能 | |

「ダムの工事設備」（社団法人　日本建設機械化協会編　より）

原石の運搬方法には一般的に以下のようなものが考えられる。

① 明り原石山の場合

採取方法や採取場所の環境等により運搬方法もかなり影響を受ける。工事用道路が整備されている場合はダンプトラックの使用が可能であり，それが困難な場合に鉄道・ベルトコンベヤ・索道等が利用される。各運搬方法の特徴等は以下である。

〔ダンプトラック〕

・ダムの基礎掘削機械と供用が可能である。
・機械の故障による危険が分散される。
・輸送量の伸縮性が大きい。
・運搬距離が長い(数 km) と経済的に不利な場合が多い。
・運搬道路を各種の材料運搬や他の工事と供用できる。

〔鉄道・ベルトコンベヤ・索道等〕

工事規模が大きい場合は，鉄道を利用するかまたは原石山の近くに1次クラッシャを設けて，一度破砕した後，ベルトコンベヤや索道の使用を考慮する必要がある。骨材プラント全体を原石山の近くに造って半製品または製品骨材にして運搬すれば輸送機器の損耗が少なく，効率が良くなる。ベルトコンベヤを使用する場合は，見掛け容積を減少させて輸送効率を向上させるとともに，各粒度別の区分け運転の繁雑さを避けるため粗骨材は混合する。このため，バッチャープラント付近にふるい分けプラントを設ける必要がある。再ふるい分けに要する費用は一般に少ない。しかし，運搬距離があまりに長い場合や逆に短い場合には，かえって不経済となる。

骨材生産費における運搬費の占める割合がかなり大きいので，運搬方法を決めるには詳細な比較検討を行う必要がある。索道は，道路などの設置が困難な山間峡谷で凹凸の激しい場所や，河川等を横断する必要がある場所等に用いると便利である。運転経費は比較的安いが，積込に必要な貯蔵・引出し設備に多大な設備投資が必要となる。公害は少なく，自然環境破壊の程度も比較的少ない。

一般的にはダンプトラックによる運搬が多いが，金山ダム・岩尾内ダムは索道を利用した。また，定山渓ダムでは製品の運搬にベルトコンベヤを利用した例がある。

② グローリホール方式

エンドレス・鉄道等があるが，道内における採用例はない。

### (3) 骨材生産

採取された原石は，骨材プラントで選別，破砕，洗浄などを行い所定の粒度，品質を持った粗骨材，細骨材に仕上げられる。骨材プラントには乾式と湿式があるが，ダムコンクリート用骨材においては強度・耐久性・水密性等の要求度から高い清浄度が必要とされるため湿式が多い。骨材プラントの構成は①原石を受入れ破砕処理する1次破砕設備，②ふるい分け及び破砕の組合せにより所要の粗骨材を生産する2次，3次破砕設備，③粉砕・分級によって所要の細骨材を生産する製砂設備，④生産された製品を貯蔵する貯蔵設備，⑤プラント内における各種機械への供給及び貯蔵された各製品を引出し，他の運搬機械又はコンクリートプラントに供給する輸送設備に区分される。また，必要に応じて専用の洗浄設備を設ける場合がある。

① 1次破砕設備

2000mm 位までの大塊を 100～500mm 程度に破砕する。代表的なものとしては，ジョークラッシャ，

ジャイレートリクラッシャがあり，通常ジョークラッシャが使用される。

ジョークラッシャを使用した例は，桂沢ダム・金山ダム・岩尾内ダム・豊平峡ダム・鹿ノ子ダム・定山渓ダム・美利河ダム・札内川ダム・滝里ダム・大夕張ダム・美唄ダム・愛別ダム・小平ダム・朝里ダム・奥新冠ダム・糠平ダム・双珠別ダム・富村ダム・東の沢ダム・活込ダム等であり，ほとんどのダムで使用されている。糠平ダム・双珠別ダム・活込ダムではブレーキ式（ダブルトッグル型)が，美唄ダムではシングルトッグル型が使用された。ジャイレートリクラッシャについては使用例が見当らなかった。その他，ハイドロコーンクラッシャ（奥新冠ダム)，チャレントリークラッシャー（静内ダム)，インペラー型クラッシャ（元小屋ダム)等の使用例がある。

② 2次・3次破砕設備

40～500mm程度の中塊を10～150mm程度に破砕する中砕機が使用される場合が多い。代表的なものとしてコーンクラッシャ，インパクトクラッシャなどがあり，ジャイレートリクラッシャが使用される場合もある。2次・3次共コーンクラッシャを使用した例としては，定山渓ダム・美利河ダム・札内川ダム・滝里ダム・小平ダム・朝里ダム。2次にのみコーンクラッシャを使用した例は，金山ダム・豊平峡ダム・愛別ダム・奥新冠ダムがあり，ジョークラシャを使用した例は双珠別ダム・活込ダム(ブレーキ型)，静内ダムがある。その他の例では，桂沢ダム・糠平ダム（2次：ジャイレートリクラッシャ，3次：コーンクラッシャ)，岩尾内ダム（2次：ジョークラッシャ・コーンクラッシャ)，鹿ノ子ダム・二風谷ダム・美唄ダム（2次：ジョークラッシャ，3次：コーンクラッシャ)，糠平ダム・大夕張ダム（2次：ジャイレートリクラッシャ・コーンクラッシャ）となっており，早い時期のダムにおいては2次にジョークラッシャやジャイレートリクラッシャを使用した例が見られる。

③ 製砂設備

10～40mm程度の小塊を10mm程度以下の砕石や砕砂に破砕する細砕機(粉砕機)が通常使用される。通常使用される機械は，ロッドミル・インパクトクラッシャ・ダブルロールクラッシャ・コーンクラッシャなどがある。実際に使用されているのはほとんどがロッドミルで，使用例としては岩尾内ダム・定山渓ダム・美利河ダム・二風谷ダム・滝里ダム・愛別ダム・小平ダム・朝里ダム・糠平ダム・奥新冠ダム・静内ダム・下新冠ダム・東の沢ダム等がある。

④ 貯蔵設備

貯蔵設備は，1次破砕設備とふるい分け設備の間に設置されるサージパイル，ふるい分け設備から送り出された製品骨材を種別ごとに貯蔵する製品ストックパイル，ふるい分け設備と製砂プラントの間に設けられる原砂プラント，製品ストックパイルとコンクリート製造設備が離れている場合にコンクリート製造設備近傍に設けられる骨材調整ビン等がある。用地が十分にある場合は，高低差を利用した野積みとするが，狭隘な場合は貯蔵槽にすることもある。貯蔵槽は，円錐形と角錘形があり，円錐形はコルゲートパイプが多い。細骨材の貯蔵については，表面水量の管理上3槽以上とする。

貯蔵設備からコンクリート製造設備へ製品骨材を送り出すために引出カルバートを設ける。一般にコンクリート構造とコルゲートパイプ製が用いられる。

⑤ 輸送設備

骨材プラントにおいては，骨材の輸送機械として，フィーダやベルトコンベヤが使用される。また，骨材製造設備における各機械への供給，2次・3次破砕設備からのリターン用や貯蔵設備への輸送にもベルトコンベヤが多く使用される。

## 2. コンクリートの製造

建設工事特にコンクリートダムにおいて使用されるコンクリートは，強度，耐久性などの各種の品質性能が厳しく要求される。これらの要求に対し十分に応えるには，コンクリートの製造設備の適切な選択と有効な活用が重要である。

コンクリートプラントの形式には定置式，可搬式，移動式があり，ダムの本体コンクリート用は定置式である。また，貯蔵部の形態から塔型と横置型とに分類されるが，定置式では塔型が多い。他に，ミキサの形式，容量，生産能力により分類される。コンクリートミキサには，重力式（可傾式と不傾式）及び強制練り（パン型とパグミル型）とがある。重力式では，可傾式がほとんどで，強制練りではパグミル型２軸式ミキサが増加している。また，ミキサはバッチ式が多い。初期のダム用ミキサは重力式ミキサが使用された。1960 年代からパン型強制練りミキサが普及しだし，1970 年代後半からはパグミル型の水平２軸強制練りミキサが導入され始めたが，この形式のミキサが現在ダム用ミキサの主力になっている。重力式ミキサを使用した例では，桂沢ダム・芦別ダム・豊平峡ダム・知内ダム・有明ダム・様似ダム・矢別ダム・愛別ダム・佐幌ダム・栗山ダム・浦河ダム・鷹泊ダム・ポンテシオダム等があり，ワンマンコントロール式全自動型は大夕張ダム・糠平ダム・大野ダム・美唄ダム・朝里ダム・小平ダム等がある。また，パグミル型２軸式ミキサの使用例としては，美利河ダム・二風谷ダム・札内川ダム・滝里ダム・庶路ダム・美生ダム・新中野ダム・上ノ国ダム等が挙げられる。

しかし，体積が少ないなどの理由から，西札内ダムや苫前ダムでは購入とした。ミキサの容量及び生産能力，打設設備を表－4.7 に示す。

表－4.7（1） コンクリート混合設備・打設設備一覧

| ダム名 | バッチャープラント型式・容量・生産量 | | | 打設設備型式・吊能力 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 桂沢ダム | 重力式 | 56切(1.5m$^3$)×3（1台は予備） | 60m$^3$/h | ケーブルクレーン | 両端可動型 9t，4.5t |
| 芦別ダム | 重力式 | 28切(0.75m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 弧動型 4.5t |
| 金山ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 56切(1.5m$^3$)×2 | 60m$^3$/h | ケーブルクレーン | 弧動型 9t，4.5t |
| 岩尾内ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×3（1台は予備） | 60m$^3$/h | ケーブルクレーン | 弧動型 9.6t |
| 豊平峡ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 56切(1.5m$^3$)×3 | 90m$^3$/h | ケーブルクレーン | 両端可動型 9t，4.5t |
| 鹿ノ子ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×2 | 60m$^3$/h | ケーブルクレーン | 軌索式 9t |
| 定山渓ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×3×2基 | 90m$^3$/h×2 | タワークレーン | 固定式 13.5t×75m，3基 |
| 美利河ダム | 2軸強制式 | 2.25m$^3$×2 | 120m$^3$/h | ダンプトラック<br>タワークレーン | 11t<br>固定式 10t×40m，1基 |
| 二風谷ダム | 2軸強制式 | 2m$^3$×1 | 45m$^3$/h | ケーブルクレーン<br>トラッククレーン<br>クローラクレーン | 軌索式 9.5t<br>100～120t<br>100t |
| 札内川ダム | 2軸強制式 | 2.25m$^3$×2×2基 | 135m$^3$/h×2 | ダンプトラック<br>タワークレーン | 11t<br>固定式 13.5t×75m，1基 |
| 滝里ダム | 2軸強制式 | 2.25m$^3$×2 | 135m$^3$/h | ダンプトラック<br>ベルトコンベヤ<br>タワークレーン | 11t<br>平213.6m，パイプ319.6m<br>固定式 13.5t×75m，1基 |
| 大夕張ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 両端可動型 9t |
| 知内ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×2 | | ジブクレーン | 走行式 9t |
| 神居ダム | | 56切(1.5m$^3$)×2 | | タワークレーン | 固定式 9.5t×75m，1基 |
| 美生ダム | 2軸強制式 | 1.5m$^3$×1 | | ジブクレーン | 走行式 9t×35m |
| 大野ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 2.25m$^3$×2 | | タワークレーン | 固定式 13.5t×75m，1基 |
| 有明ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 軌索式 4.5t |
| 様似ダム | 重力式(傾胴式) | 36切(1.0m$^3$)×1 | | ケーブルクレーン | H型 6t |
| 矢別ダム | 重力式(傾胴式) | 0.8m$^3$×1 | | ケーブルクレーン | H型 4.5t |
| 美唄ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.0m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 軌索式 6t |
| 佐幌ダム | 重力式(傾胴式) | 56切(1.5m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 9.5t |
| 新中野ダム | 2軸強制式 | 56切(1.5m$^3$)×1 | | ジブクレーン | 走行式 9.5t |
| 愛別ダム | 重力式(傾胴式) | 1.5m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 軌索式 片側走行 4.5t |
| 小平ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 3.0m3×2 | | ベルトコンベヤ | ベルト幅600mm，延長508.8m |
| 朝里ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 3.0m$^3$×2 | | ダンプトラック<br>ケーブルクレーン | 11t<br>軌索式 片側走行 6.2t |

表－4.7 (2)　コンクリート混合設備・打設設備一覧

| ダム名 | バッチャープラント型式・容量・生産量 | | | 打設設備型式・吊能力 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 栗山ダム | 重力式(傾胴式) | 2.25m$^3$×2 | | ダンプトラック | 11t |
| | | | | クローラクレーン | 50t，200t |
| 浦河ダム | 重力式(傾胴式) | 1.5m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 軌索式　10.5t |
| 上ノ国ダム | 2軸強制式(パグミル型) | 2.25m$^3$×2 | | ダンプトラック | 10t |
| | | | | ケーブルクレーン | 固定式　6.5t |
| | | | | トラッククレーン | 120t |
| 庶路ダム | 2軸強制式 | 2.25m$^3$×2 | | ダンプトラック | 10t |
| | | | | ケーブルクレーン | 固定式　14.5t |
| 鷹泊ダム | 重力式(傾胴式) | 21切(0.6m$^3$)×3 | | ケーブルクレーン | 片側走行　4.5t，6t |
| 芦別ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | | 不明 | |
| 雨竜第一ダム | 重力式(傾胴式) | 21切(0.6m$^3$)×2＋14切×1 | | シュート | |
| 雨竜第二ダム | 重力式(傾胴式) | 21切(0.6m$^3$)×2＋オーセクリーター×2 | | ケーブルクレーン | 不明 |
| 岩知志ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | 30m$^3$/h | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t |
| 岩清水ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | 30m$^3$/h | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t |
| 双珠別ダム | 重力式(傾胴式・簡易型式) | 28切(0.78m$^3$)×2 | 15m$^3$/h×2 | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t |
| 春別ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | 30m$^3$/h | ケーブルクレーン | 4.5t |
| 奥新冠ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t，簡易型3.5t |
| 静内ダム | 重力式(傾胴式) | 56切(1.5m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 弧動型　13.5t |
| 下新冠ダム | 重力式(傾胴式) | 56切(1.5m$^3$)×2 | 54m$^3$/h×2 | ケーブルクレーン | 弧動型　13.5t |
| 野花南ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(0.75m$^3$)×2 | 20～30m$^3$/h | ケーブルクレーン | 軌索式　片側走行　6.2t |
| 砥山ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 28切(0.75m$^3$)×2 | 30m$^3$/h×2 | ケーブルクレーン | 軌索式　片側走行　4.5t |
| 富村ダム | 重力式(傾胴式) | 28切(1.0m$^3$)×2 | 72m$^3$/h | ケーブルクレーン | H型　4.5t |
| 双川ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 36切(1.0m$^3$)×2 | 70m$^3$/h | ケーブルクレーン | 弧動型　6.0t |
| 東の沢ダム | 重力式(傾胴式) | 56切(1.5m$^3$)×2 | | ケーブルクレーン | 軌索式片側走行　9.5t<br>固定式　4.5t |
| 奥沙流ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×2 | | クローラクレーン | 100t |
| 糠平ダム | 重力式(傾胴式・全自動) | 1.5m$^3$×4 | 120m$^3$/h | ケーブルクレーン | 両端可動型　18t，4.5t |
| 元小屋ダム | | 0.78m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t |
| 活込ダム | | 0.8m$^3$×2＋0.6m$^3$×2 | | ケーブルクレーン | 弧動型　4.5t，簡易型4t |

## 第５節　コンクリートの施工

### １．コンクリートの打設工法

昭和の初期から今日に至るまで打設工法の主流は，ブロック工法またはレヤー工法である。

ブロック工法はアメリカ内務省開拓局を中心に発達してきた工法である。重力式コンクリートダムに見られるように，上下流方向の収縮継目と，これに直角方向の収縮継目でコンクリートを分割して打設する方式をいう。セメントの水和熱と外部拘束の影響で，不規則なひび割れが発生し，ダムの安全性，水密性，耐久性に重大な影響を及ぼすので，この対策として，ダムを適当な大きさに分割してコンクリートを打設して，人工のひび割れを予め設ける方式である。これを収縮継目といい，上下流方向のものを横継目，これに直角方向のものを縦継目という。

レヤー工法は，上下流方向の横継目のみで分割し，縦継目を設置しないでプレクーリングをおこなって打設する工法で，アメリカ工兵隊を中心に発達した工法である。ダムの継目の位置，間隔は，ダム地点の気温，ダム堤高，コンクリートの品質，温度規正の方法などのひび割れ防止要因，ダムの施工設備の能力などを総合的に勘案のうえ決定しなければならない。パイプクーリング用の配管を設置する必要がないので省力化ができ経済性で有利といえるが，ひび割れを制御するための温度管理が重要である。

収縮継目には，止水板並びに継目キイを設けるのが一般的である。特に，アーチ式コンクリートダムとブロック工法のダムは，各ブロックが結合し一体とした構造にするため，ジョイントグラウチングを施工しなければならない。その場合，自動的にパイプクーリングが必須となるが，配管設備が複

雑になりジョイントグラウチングが必ずしも完全とは言えない面がある。

コンクリートをケーブルクレーン，ダンプトラックなどにより所定の位置まで運搬し，振動ローラで転圧することによって，ダムを建設する一連のシステムを RCD 工法と呼んでいる。RCD 工法は，貧配合のコンクリートをローラで締固める方法で，経済的に有利である。1975 年の新中野ダムの減勢工基礎コンクリートに RCD 工法が導入されて以来，美利河ダム・朝里ダム・滝里ダム・札内川ダムで採用されている。

RCD 工法の特徴は次のとおりである。

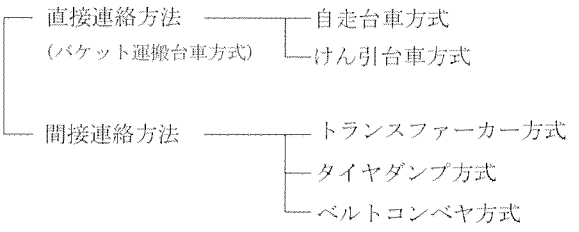
① 面状施工法を採用し，リフト差を設けず平面的にコンクリートを打設する。
② RCD 用コンクリートはブルドーザで敷均し，振動ローラによる締固めを行なう。
③ RCD 用コンクリートは，ゼロスランプの超硬練りコンクリートを用いる。
④ コンクリートの配合は温度応力を低減するため，単位セメント量を極力少なくする。
⑤ 耐久性・水密性が要求される外部コンクリート（上下流側約 3.0m の部分）には，富配合の有スランプコンクリートを用い，内部振動機による締固めを行なう。
⑥ 打継目を入念に処理した後，モルタルを敷均してから第1層目のコンクリートを敷均す。
⑦ ダム軸方向には収縮目地を設けない。ダム軸に直角する収縮目地は，最終層コンクリート敷均し後に振動目地切り機を用いて設ける。

RCD 工法は施工の合理化を図るシステムとして国土交通省によって開発され，世界に先がけて島地川ダム（高 90m，1980 年）に採用された。それ以来，多くのダムがこの工法によって建設されている。

ダムの打設工法は，ダムサイトの形状及びコストに大きく左右されるが，プロジェクト毎に最良の工法が検討され採用されている。

## 2. コンクリート運搬設備

バッチャープラントのウェットホッパーからクレーンの位置までのコンクリートの運搬には，トランスファーカーまたはコンクリートバケット運搬台車を走らせるのが一般的であり，この運搬路のことをバンカー線と呼んでいる。ここでは，バンカー線をコンクリート運搬設備とする。コンクリート運搬設備としては，一般的に図－4.29 に示すようなものがある。




図－4.29 コンクリート運搬設備

バケット運搬台車方式は，バッチャープラントから，直接台車上のバケットへコンクリートの供給を受けたバケットをのせてクレーン作業範囲まで運搬し，所定の位置でバケットを吊り替えるものである。台車の移動には自走式とけん引式とがある。自走台車式はディーゼル機関車と電気機関車の両型式がある。けん引台車式はウィンチによって台車をけん引する型式である。

トランスファーカー方式は自走するのが一般的で，バッチャープラントからトランスファーカーのホッパー内へコンクリートの供給を受け，所定の位置で待っているクレーンに吊られたバケット内へコンクリートを投入するものである。バケット運搬台車方式の場合はバケットの吊りかえが必要であり，時間と人手がかかり危険でもあるが，トランスファーカー方式ではその必要がなく安全性も高い。ただし，バケット運搬台車方式にくらべ設備費は高いものとなる。

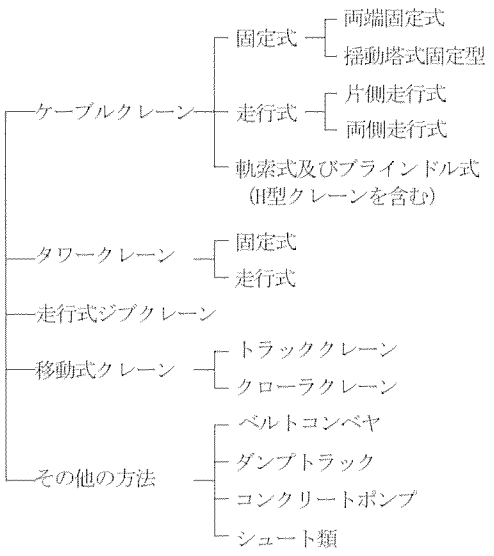
この作業は打設期間を通じて繰返し行う単純作業であり，全面的な自動化の試みが以前からなされ

ており，コンクリートダム施工の中で自動化が最も進んでいる設備である。
特異な実施例として、パイプベルトコンベアを採用した滝里ダムがある。

## 3. コンクリート打設設備

### (1) 打設設備の特徴

コンクリート打設設備は，ダムサイト周辺の地形や環境特性によって選定される。従来，ダムコンクリートの打ち込みは，バケット方式によるのが一般的で，その運搬にはクレーンが使用されることが多い。クレーン型式は，図－4.30 に示すようにケーブルクレーン，ジブクレーン，タワークレーン，移動式クレーンの四種類があり，さらに移動方法等により多種類に区分される。




図－4.30 ダム用打設設備の分類

① ケーブルクレーン

ダム建設のコンクリート打設用設備としては最も歴史があり，現在も主力の設備で実施例は最も多い。

特に走行式ケーブルクレーンは高能率でダム堤体を広くカバーできることから多く用いられる。最大の問題点は走行路の造成に要する費用の増大と地山掘削による環境破壊の２点である。

軌索式も走行軌索ワイヤー下の地山の掘削が地形によっては非常に大きくなり，環境破壊の点で問題がある場合もある。また，吊り荷のバウンドが大きく安全性にも問題がある。

② ジブクレーン

ダム用ジブクレーンは，日本国内においては下久保ダムで初めて本格的に使用され，その後そのクレーンを転用して土師ダム，草木ダム，大町ダム，弥栄ダムといずれも国土交通省のダムで使用された。いずれのダムも全域をケーブルクレーンでカバーできない地形であった。

このジブクレーンは，組立，解体が容易であり，頻繁に移設しても狂いが生じないように構造上の配慮がなされていた。しかし，ジブクレーンの購入価格は特注のために高価であり，クレーンが走行するトレッスルガーダーの鋼材の加工，組立にも費用と期間がかかるため，特別な例を除いて一般的な工法としては採用されなかった。道内においては、新中野ダム、知内ダム、美生ダムの実施例がある。

③ タワークレーン

建設工事では古くから使用されていたが，土木工事のように重作業を連続して行う条件で大型（70m×9.5t）のタワークレーンを主力機械として初めて使用したのは，1979 年北陸電力の小口川ダムであった。ダム工事への大型タワークレーンの適用は，ダム用打設設備の選択の可能性の幅を大きく変えた。その後，固定式タワークレーンが，大型ダムでの環境破壊防止等の目的から多く使用されている。道内においては、定山渓ダム、神居ダム、大野ダムの実施例がある。

④ 移動式クレーン

移動式クレーンは機械に汎用性があり，操縦性に優れ環境保全上も好ましいが，作業半径が小さ

いため高の低い小規模ダムに使用されている。道内においては、奥沙流ダム、栗山ダム、上ノ国ダム、苫前ダムなどの実施例がある。

⑤ ベルトコンベア工法

ベルトコンベア工法で堤体コンクリートを打設した最初のダムは相模ダム（1947年）であるが合理化施工の一環としてダム建設のコンクリート打設に本格的に使用されたのは，浅瀬石川ダムの減勢工のコンクリート打設が最初であり，以後数ダムがこの工法により打設されている。道内においては、小平ダムなどの実施例がある。

この工法の検討課題は，粗骨材の分離，運搬中のエアー及びスランプロス，ベルトに付着したモルタル分の除去，段取替えの簡素化である。また，コンクリートが連続して運ばれてくるため，十分な締固め能力を確保する必要がある。

⑥ コンクリートポンプ工法

コンクリートポンプ工法は汎用性の高い設備であり，ダム建設の合理化を進めていく上では有望な施工法であるが，現在では最大骨材寸法 80mm までが限界である。一般のダムコンクリートよりも大きなスランプが必要とされる点に課題が残っている。

⑦ ダンプトラック

近年，コンクリートダムの新しい施行法としてRCD工法，ELCMの開発に伴い，ダンプトラックをコンクリートの運搬設備の全部（バッチャープラントから打設現場までをすべてダンプで行うダンプ直送方式）または，その一部に利用する例が増えている。北海道開発局の美利河ダムは，高が40mと比較的低いことから，天端まで取付道路をつけ，天端幅をダンプトラック作業が可能な 8m まで広げ，全コンクリート量36万$m^3$をダンプトラックで運搬した。北海道においては、美利河ダムの他、札内川ダム、朝里ダムなどの実施例がある。

### (2) 既設ダムの打設設備

ブロック工法及びレヤー工法は，殆んどがケーブルクレーンを使用している。特に，工事用道路を設置することが難しい急峻な地形ではこの方法が採用されている。

RCD 工法は経済性からもダンプトラックあるいはトランスファーカーでの運搬が主であり，ダンプトラックが入れない箇所では補助的にクレーンまたはベルトコンベアが使用されている。滝里ダムでは，ダンプトラックの堤体への乗り入れが困難な箇所で，ベルトコンベアを使用している。工事用道路を設置して，堤体内に直接コンクリートを運搬する方法が経済的ではあるが，ダムサイトの地形で道路をつくるほうが高コストになるような場合，クレーンを使用しているのが現状である。

また，特殊な事例としては小平ダムのように主打設にベルトコンベアを採用している場合もある。高に比べ堤頂長が長く，傾斜部の勾配も緩かったので，はじめて可能となった。

美生ダムでは無人走行トランスファーカー車が採用されて，無線により走行し，外部信号により減速・微速・停止するようになっている。また，コンクリートバケットも開閉を遠隔操作するようにしている。道外のダムでは自動化がある程度採用されているようだが，北海道ではまだ少なく，完全な自動化ではないが，自動化の試みが確実に始まっている。

打設設備の実績は，混合設備とともに表-4.7に記載した。

## 4. 締固め

有スランプコンクリートの締固めにはバイブレーターを使用する。バイブレーターは1本 30kg 程度となるので，4～5本のバイブレーターをバックホウのアームに設置した締固め機械（バイバック）

を使用し，機械化を図っている。ただし，型枠，止水板，その他埋設物がある箇所ではその周りは人力による締固めとなる。

RCD コンクリートでは，ダンプトラックから降ろした超硬練りのコンクリートをブルドーザで敷きならし，ブロックの区切りに振動目地切り機により鉄板を圧入し，目地（継ぎ目）を入れた後で振動ローラによって締め固めている。試験打設を行って最適な振動ローラの機種を選定する必要がある。

## 5. 越冬養生

一般的には，砂養生・マット養生であるが，美生ダムではそれらに替えてコンクリートの温度ひび割れ制御を目的として断熱材（エアパック，スタイロフォーム）による養生を採用している。

北海道では，夏季と冬期の温度差が 60 度になるような箇所もあるので，コンクリートの温度ひび割れ制御は重要な項目となっている。

美利河ダムでは，打設開始当初でまだ養生する面積が小さかったので，一部にエアーモルタルを採用している。

## 6. 打継ぎ目の処理

ダムコンクリートの 1 回の打設厚さは 1.5m 程度が一般的であり，その都度水平打継面のレイタンス処理（グリーンカット）が必要となる。従来この作業はウオータージェット等を利用しての人力作業であり，泥水や石等の飛散が生じる苦渋作業であった。作業時間が長時間にわたり，作業開始時刻がコンクリートの凝結時間に左右されるため不規則となり，作業員の健康管理上も問題となる作業であった。近年，このような作業環境の改善を図るため，グリーンカット作業の機械化が進んでおり，各所で積極的に研究開発されている。しかしながら，従来の機械は大型で価格も高価となり，その反面，隅角部や構造物周囲の作業には人力に頼らなければならないという問題を残している。

美利河ダムでは，耕運機をベースにしてジェットノズルを取り付け，グリーンカット機能を持たせたものを製作使用している。この機械の特徴は人力時の作業動作と全く同じ動作をベースマシンの油圧機構を利用して再現した点にある。

## 7. クーリング

クーリングにはパイプクーリングとプレクーリングとがある。

パイプクーリングは，コンクリート内に埋め込まれたパイプに，冷却水などを通水することで内部温度の上昇を抑える工法である。金山ダム，豊平峡ダム，岩尾内ダム，鹿ノ子ダム，定山渓ダム，佐幌ダム，静内ダム等でパイプクーリングが行われている。施工に当たっては，パイプの径や間隔，通水の温度，通水量，通水期間等を十分に検討しておく必要がある。

プレクーリングは，コンクリートの練り上がり温度を所定の温度になるように，予め骨材及び練り混ぜ水を冷却しておくものである。東の沢ダムでは練り混ぜ水を冷却装置により冷却し，骨材は河川水を霧状に散水して温度降下を図っている。コンクリートの打込み温度を下げ，また温度変化を小さくすることで温度ひび割れを抑制する工法である。

また、最近は骨材貯蔵所全体に屋根をかけて直射日光を遮ることによって骨材の温度を下げる工夫がなされている。

## 8. 寒中コンクリート

北海道では冬期の温度は寒いところで－30℃程度まで下がる箇所があるので，一般的には施工しないが，工期の関係から桂沢ダムと糠平ダムでは寒中コンクリートを打設している。実際の施工では，打設現場のほか仮設備も養生しなければならない。そのため，バッチャープラントで温水を用いてコンクリートを製造するだけでなく，骨材プラントのベルトコンベアまで暖房することで対処している。

## 第６節　品質管理及び安全管理

### １．対象としたダム

品質管理・安全管理について，桂沢ダム，大夕張ダム，駒ヶ岳ダム，定山渓ダム，札内川ダムの５ダムの工事仕様書を整理し，ダム建設初期の工事と近年の工事の管理について比較した。表-4.8 に，各ダムの簡単な諸元を示す。

表-4.8　各ダムの諸元

| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| 施工年代 | 1951年～1957年 | 1953年～1962年 | 1970年～1985年 | 1978年～1990年 | 1985年～1999年 |
| 堤　高(m) | 63.6 | 67.5 | 43.6 | 117.5 | 114.0 |
| 堤頂長(m) | 334.25 | 251.70 | 72.00 | 410.00 | 300.00 |
| 堤体積($m^3$) | 350,000 | 200,572 | 40,000 | 1,185,000 | 770,000 |
| 施工方法 | ブロック工法 | ブロック工法(ﾊﾟｲﾌﾟｸｰﾘﾝｸﾞ) | レヤー工法 | ブロック工法(ﾊﾟｲﾌﾟｸｰﾘﾝｸﾞ) | ＲＣＤ工法 |

### 2．コンクリートの品質管理

#### (1)　工事仕様書からの比較

各ダムで発注者が提示している工事仕様書を表-4.9 に示す。

表-4.9　各ダムにおける工事仕様書

| ダム名 | 施工年代 | 工事仕様書 |
|---|---|---|
| 桂沢ダム | 1951年～1957年 | ①工事仕様書，②コンクリート標準仕様書，③注入コンクリート施工要領④工事用設備及び機械類貸付要領 |
| 大夕張ダム | 1953年～1962年 | ①工事仕様書，②コンクリート標準仕様書，③堤体打設工事原石山採取砕石製造工事仕様書，④建設工事機械等貸付要領 |
| 駒ヶ岳ダム | 1970年～1985年 | ①工事特記仕様書 |
| 定山渓ダム | 1978年～1990年 | ①工事仕様書，②セメント仕様書，③混和剤仕様書，④コンクリート品質管理，⑤レデーミクストコンクリート，⑥ボーリンググラウト工事仕様書，⑦コンソリデーショングラウチンｸﾞ工事管理基準⑧カーテングラウチング工事管理基準，⑨継目グラウチング工事管理基準，⑩主放流設備製作・据付工事仕様書，⑪非常放流設備製作・設備据付工事仕様書，⑫利水放流設備製作・据付工事仕様書 |
| 札内川ダム | 1985年～1999年 | ①工事特記仕様書，②ｾﾒﾝﾄ仕様書，③混和剤仕様書，④コンクリート品質管理基準，⑤グラウチング特記仕様書 |

各ダムの工事仕様書から品質管理において以下のことが読み取れる

① 全体的な構成をみると，年代に関係なく工事仕様書で全体的な仕様を定め，細部の品質管理に関してはそれぞれの項目ごとの仕様書で定めている。

② 各ダム工事において工事仕様書とは別にコンクリート標準仕様書またはコンクリート品質管理基準が設けられている。

③ 年代が新しくなるほど仕様書の項目も細分化され，より細かくなってきている。特に，定山渓ダムにおいては，グラウチングに対して細分化し管理基準を設定している。

次に，上表からコンクリートの管理に着目し項目毎に比較を行う。

### (2) 骨材の品質管理

1) 最大粒径及び分級について

表-4.10に，各ダムの最大粒径及び分級を示す。最大粒径は，全てのダムで150mmとなっている。また，粗骨材の粒度分布は大夕張ダム以外4つに分級して管理している。細骨材は全てのダムで5mm以下となっている。

表-4.10 最大粒径と分級

| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| 最大粒径 | 150mm | 150mm | 150mm | 150mm | 150mm |
| 粗骨材 | 大砕石（150-80） | 大砕石（150-80） | 大砂利（150-80） | 特大砂利（150-80） | 特大砂利（150-80） |
| | 中砕石（80-40） | 中砕石（80-40） | 中砂利（80-40） | 大砂利（80-40） | 大砂利（80-40） |
| | 小砕石（40-20） | 小砕石（40-5） | 小砂利（40-20） | 中砂利（40-20） | 中砂利（40-20） |
| | 細砕石（20-5） | | 細砂利（20-5） | 小砂利（20-5） | 小砂利（20-5） |
| 細骨材 | 5mm以下 | 5mm以下 | 5mm以下 | 5mm以下 | 5mm以下 |

2) 品質管理試験について

施工年度が比較的新しい札内川ダムで行った試験項目と他のダムの比較を行う。表-4.11に札内川ダムの試験項目を示す。

各ダムについては，詳細な試験項目の記述はないものもあり，正確には把握できないが，仕様書を見る限りほかのダムにおいてもほぼ同じ試験を実施していたものと思われる。

ただし，札内川ダムから⑩塩化物含有量試験，⑫骨材のアルカリ反応性試験が新たに追加されている。これは，昭和61年（1986年）「コンクリート標準示方書」（施工編）が改訂され，コンクリート中の塩化物含有量が規定された。

また，JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」もほぼ同様の内容が記述されたことを受けて新たに追加されたものと思われる。

表-4.11 札内川ダムの試験項目

| No | 試験項目 | No | 試験項目 | No | 試験項目 |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 細（粗）骨材の比重・吸水率 | ② | 細（粗）骨材のふるい分け試験 | ③ | 細（粗）骨材の洗い試験 |
| ④ | 骨材の粘土塊量試験 | ⑤ | 粗骨材の有機不純物試験 | ⑥ | 骨材の単位容積重量試験 |
| ⑦ | 粗骨材の軟石量試験 | ⑧ | 骨材のすりへり試験 | ⑨ | 骨材の安定性試験 |
| ⑩ | 塩化物含有量試験 | ⑪ | 細（粗）骨材の表面水率測定 | | |
| ⑫ | 骨材のアルカリ反応性試験 | ⑬ | 石炭・亜炭等で比重1.95の液体に浮くものの量の試験 | | |

### (3) セメントの品質管理

桂沢ダム，大夕張ダムではセメントは支給であり，セメントの品質管理に関しては発注者で管理していたことから特に仕様書等では使用量（空袋）についての記述はあるものの品質管理については記述されていない。

これに対して，定山渓ダム，札内川ダムではセメント仕様書を作成しており，使用セメント，品質，管理試験，貯蔵等について記載され，施工業者が行う管理を明確にしている。

表-4.12 使用セメントと調達方法

| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| セメントの種類 | 普通セメント<br>↓<br>高炉セメント<br>(スラグ50%) | 高炉セメント<br>(スラグ55%) | 中庸熱セメント<br>(フライアッシュ30%) | 中庸熱セメント<br>(フライアッシュ20%) | 中庸熱セメント<br>＋高炉スラグ<br>(外部55%)<br>(内部65%) |
| セメントの調達 | 支給 | 支給 | 施工業者 | 施工業者 | 施工業者 |
| 関係仕様書 | — | — | 工事特記仕様書 | セメント仕様書 | セメント仕様書 |

### (4) 混和剤の品質管理

セメントと同様に初期に建設された桂沢ダム，大夕張ダムでは混和剤は支給であり，混和剤の品質管理に関しては発注者が行っていたことから，仕様書に品質管理についての記述はされていない。また，駒ヶ岳ダムでは支給ではないが混和剤の材料（ポゾリス又はプラスクリートR）を指定している。

これに対して，定山渓ダム，札内川ダムでは混和剤仕様書を作成しており，施工業者が行う混和剤の品質管理について明確にしている。

表-4.13 使用混和剤と調達方法

| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| 使用混和剤 | ビンゾール | ビンゾール | ポゾリスNo.8 | ポゾリスNo.8 | ポゾリスNo.8 |
| | | ポゾリスNo.8 | ポゾリスNo.202 | | |
| 混和剤の調達 | 支給 | 支給 | 施工業者 | 施工業者 | 施工業者 |
| 関係仕様書 | — | — | — | 混和剤仕様書 | 混和剤仕様書 |

### (5) コンクリートの品質管理

1) コンクリートの品質管理に関する仕様書

各ダムにおけるコンクリートの品質管理に関する仕様書を表-4.14 に示す。ダムごとにコンクリート標準仕様書を作成し管理されている。コンクリート標準仕様書の目次を対応できるように並びかえると表-4.15 に示すようになる。表－4.15 から，初期のダムから現在まで項目は変わっていない。

表-4.14 コンクリートの品質管理に関する仕様書

| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| 関係仕様書 | コンクリート標準示様書 | コンクリート標準示様書 | — | コンクリート標準示様書 | コンクリート標準示様書 |

表-4.15 コンクリート標準示様書目次一覧

| 仕様書名 | コンクリート標準示様書 | | | |
|---|---|---|---|---|
| ダム名 | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
| 目 次 | 1. ｺﾝｸﾘｰﾄの品質 | 1. ｺﾝｸﾘｰﾄの品質 | 1. 総則 | 1. 総則 |
| | 2. 材料 | 2. 材料 | 2. 骨材管理 | |
| | | | 3. ｾﾒﾝﾄ及び混和剤の管理 | 2. ｾﾒﾝﾄ及び混和剤の管理 |
| | | | 4. 水の管理 | 3. 水の管理 |
| | 4. 材料の計量 | | 5. ﾊﾞｯﾁｬｰﾌﾟﾗﾝﾄの管理 | 4. ﾊﾞｯﾁｬｰﾌﾟﾗﾝﾄの管理 |
| | 3. 配合 | 3. 配合 | 6. ｺﾝｸﾘｰﾄの品質管理 | 5. ｺﾝｸﾘｰﾄの品質管理 |
| | 5. 現場試験 | 4. 品質管理 | | |
| | | | 7. 管理図及び報告 | 6. 管理図及び報告 |

2) コンクリートの試験項目について

各ダムにおけるコンクリートの試験項目を表-4.16 に示す。試験項目に関しても初期のダムから現在まで変わっていないことがわかる。ただし，札内川ダムだけは，RCD 工法であることから，スランプ試験の変わりにコンシステンシー試験（VC）で管理がなされている。

表-4.16 コンクリートの試験項目

| 試験項目＼ダム名施工方法 | | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 定山渓ダム | 札内川ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ブロック工法 | ブロック工法 | ブロック工法 | ＲＣＤ工法 |
| ① | スランプ試験 | ○3.0 | ○3.0±1 | ○3.0±1 | |
| ② | 空気量試験 | ○3.0±1 | ○4.0±1 | ○4.0±1 | ○1.5±1 |
| ③ | 単位容積質量試験 | ○2.35 t /m$^3$ | ○2.35 t /m$^3$ | ○2.3 t /m$^3$ | ○2.3t/m$^3$ |
| ④ | 温度測定 | | ○ | ○ | ○ |
| ⑤ | 圧縮強度試験 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ⑥ | コンシステンシー試験（VC） | | | | ○20±10（sec） |
| ⑦ | 現場密度試験 | | | | ○ |

3) 材料の計量管理について

材料の種類による計量許容誤差を表-4.17 に示す。各ダムともほぼ同じであり，現在まで変わっていない。

表-4.17 材料の種類による計量許容誤差

| 材料＼ダム名 | | 桂沢ダム | 大夕張ダム | 駒ヶ岳ダム | 定山渓ダム |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 水 | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% |
| ② | 混和剤 | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% |
| ③ | セメント | ±1.0% | ±2.0% | ±1.0% | ±1.0% |
| ④ | 細骨材 | ±3.0% | ±2.0% | ±2.0% | ±2.0% |
| ⑤ | 粗骨材 | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% |

## 3. 安全管理

工事仕様書から安全管理に関する記述をみると，表-4.18 のようになっている。

表-4.18　安全管理に関する記載内容

| ダム名 | 仕様書 | | 記載内容 |
|---|---|---|---|
| 桂沢ダム | 工事仕様書 | 第11章その他<br>第89条 | 乙は本工事の施工に当って，法規の示す安全と，工事の順調な進捗を期するために適正な事故防止手段及び設備を講じなければならない。 |
| 大夕張ダム | 工事仕様書 | 第12章その他<br>第72条 | |
| 定山渓ダム | 工事仕様書 | 12. 安全衛生管理 | ①（通則）第93条，②（一般）第94条，③（掘削工事）第95条④（発破工事）第96条，⑤（打設工事）第97条<br>⑥（火薬類の取扱い）第98条<br>⑦（事故及び災害の発生）第99条 |
| 札内川ダム | 工事仕様書 | 第10章<br>安全衛生管理 | ①（一般）第50条，②（掘削工事）第51条<br>③（工事現場管理）第52条 |

表から分かるように，桂沢ダム，大夕張ダムまでは，安全に対する項目は工事仕様書のその他の中に記載されており，その内容も安全と工事の順調な進捗のために事故防止の手段及び設備を講じなさいとなっており，安全管理に関する具体的な記述はなされていない。

それに対して，定山渓ダム，札内川ダムでは安全衛生管理をひとつの章として取り上げており，その中の条文でさらに細かく記述されている。例えば，札内川ダムの（掘削工事）第59条では「ベンチ工法を行う場合は下段に危害を与えぬよう必要な措置を講じること。」と記されている。

以上のことから，桂沢ダム，大夕張ダムの時代は，まだ安全管理という考え方がなかったのではないかと推察される。

## 第7節　環境保全ほか

### 1. 建設中の環境保全

昭和40年代に入り環境に対する関心が高まり，ダムの建設に先立ち事業者は環境影響の予測を行い，対策を立て環境保全に努めている。ダムの目的の中に流水の正常な機能を維持するため河川維持用水が加えられているが，道内では漁川ダム（1980年竣工）が最初である。以後の多目的ダムの多くは河川維持用水が目的に含まれ，河川の渇水を防止し河川の動植物など生態の維持を図っている。

一方，昭和40年代以後では里ダムが多くなり，地域住民に対する配慮が特に必要となった。工事中の環境保全では地元事情に対処して，深夜作業時間の制限や通勤及び資材運搬時に通行する道路を選定して，地元民の交通安全の確保を図っているダム現場がある。更に，年代が平成に入り猛禽類や昆虫等に対しても多岐にわたり対応を求められた工事をするようになった。

工事用道路は散水の実施や道路の舗装等で粉塵対策を行う他，道路整備をして車両走行時の騒音を小さくしている。また，掘削では発破による振動や音を極力小さくする工法の採用や低公害型建設機械及び重機を使用している。ダム用仮設備では大きな音の出る骨材プラントやバッチャープラントは，防音壁を施工するなどして騒音対策を実施しているダムが多くなった。

ダムコンクリートの運搬は戦前のトロッコによる方法等から，戦後の桂沢ダム（1951年着工）ではケーブルクレーンが使われている。この工法はクレーン移動塔の走行路やバンカー線の設置に大きな掘削法面が出現する。このため，ジブクレーン（新中野ダム・1975年着工）やタワークレーン（定山

渓ダム・1978年着工）を使った工法や，ダンプトラック直送のRCD工法（美利河ダム・1979年着工）を採用して，掘削土量や法面積の低減が図られている。



写真-4.5　仮設備基礎の撤去



写真-4.6　貯水池の伐採

滝里ダムや忠別ダムのように貯水池に河床堆積物が多いダムではこれを骨材原料に使用しており，原石山が無いので湛水後は掘削法面や裸地が残らず環境に対し優れた工法と言える。

仮設備は貯水池内に多く設けられているが，2000年に「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」の制定や「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」が改訂され，仮設備は全部撤去し再資源化を図る他，土地は原状復帰が基本となっている（写真-5.1）。これにより渇水時に貯水池の仮設備基礎や廃屋等が露出している様子がテレビ等で報道される場合があるが，今後造るダムではこのような光景は見られないことになる。

昭和40年代以前は貯水池の樹木を伐採することなく湛水する場合が多かったが，写真-5.2のように，貯水の入れ替わり回数が少ないダムもあり貯水池の富栄養化を防止するため伐採を行うようになった。伐採の範囲は現在常時満水位以下付近にするなど，出来るだけ伐採範囲を小さくして緑を残す工夫をしている。

伐採時に発生する伐根や枝葉の処理は昭和40年代までは貯水池内で焼却による方法が一般的であったが，「ダイオキシン類対策特別処置法（1999年制定）」や「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（2000年制定）」により，現在では焼却せずにチップ化，堆肥化等有効利用する方法が採られている。

## 2. 濁水処理

ダム工事中に発生する濁水の処理は，昭和30年代頃まで山岳ダムが多かったこともあり，小さな沈砂地を設け粒子の大きい砂や泥の除去程度であったが，1967年「公害対策基本法」が制定され，濁水処理は本格的に行うようになった。これは昭和30年後半頃から高度経済成長期になり，日本経済は飛躍的な成長を遂げたが，一方では公害が発生し生活環境の保全が必要となったためである。豊平峡ダム（1967年着工）では，濁水に凝集剤を添加して浮遊物質（SS）を沈殿地に沈殿させ上水を河川に放流したが，スラッジの処理は自然硬化させる方法であった。機械処理による脱水方式の採用は鹿ノ子ダム（1975年着工）で採用されており，以後に建設されたダムではこの機械処理方式が多い。

セメント中のアルカリ成分は，コンクリート製造やコンクリート打継目処理のグリーンカット時等に溶出し，発生する濁水は強いアルカリ性を示す。この水素イオン濃度（ｐH）処理は昭和50年前半頃から行うようになった。

ダム工事で現在行われている一般的な濁水処理方法は，ダムサイトの沢水や工事用道路の雨水を別処理する等，発生する濁水量を少なくしている。発生した濁水は前沈殿地で粗粒分を沈殿させ，除去された濁水を凝集沈降槽で沈降分離し，スラッジを機械処理で脱水している。スラッジは含水率35%程度に脱水したものを，廃棄物の最終処分場を設けて処理するようになった。



写真-4.7　忠別ダムの濁水処理設備

浮遊物質（SS）は100mg/ℓ以下（日間平均），水素イオンの処理濃度はpH5.8～8.6程度にする場合が多い。なお，pH処理は炭酸ガス（$CO_2$）を用いる方法が管理上容易で安全なので多く使われるようになった。処理された水はコンクリート練混ぜ水以外の骨材洗浄や堤体工事用水に使用する等，河川環境に対して影響を少なくするため循環使用するようにしている。

## 3. 緑化対策

ダム工事の掘削や盛土により発生する裸地の緑化は，昭和40年代までは工事完成時点に合わせて実施していたダムが多かったが，昭和50年代頃からは計画的に早期に実施されるようになった。この緑化の対象は広範囲になり，ダム仮設備や短期の裸地でも仮緑化が実施されるようになった。

また，貯水池の水位変動部分の裸地に対して，以前は殆ど対策がとられていなかったが，平成に入り滝里ダム等で緑化が試みられている。

昭和30年代まで切盛土の土砂部緑化は，主として基材吹付工による方法が行われていた。岩盤緑化は昭和40年代に入り，軟岩に植穴を掘り基材を詰め植生する方法や，金網を張りファイバー類を吹付け緑化する方法が行われた。昭和50年代に入り環境に対する認識の一段の高まりにより，岩盤部も客土を施し，本格的に緑化を行うようになった。岩盤緑化の工法は，法枠内に植生土ノウを設置することや植生基盤材を吹付けることが主流である。地山の滑動を防止するため，法面はアンカーによって固定若しくは緊張されてる。この法枠には地山に馴染むフリーフレームが十勝ダム（1970年着工）で開発・使用され，その後多くのダムや道路等の現場で使用されている。切盛土の緑化は主として外来種を含んだ草本類によるものであるが，長い時間の経過と共に在来の草木が繁り，工事施工以前の自然林へ復帰が進んでいる。



写真-4.8　忠別ダムの左岸側上部の緑化



写真-4.9　滝里ダムの生態学的混播法による緑化

貯水池の裸地に関して，滝里ダムでは自然林の再生を目的とした方法である，生態学的混播法を一部実施している(写真-5.5)。この方法は地表を厚さ10cmの砕石で覆い，草本類の侵入を抑制するとともに，この砕石の上に開目40mmの金網を張り，斜面に打ち込んだ丸太杭と水平胴木で金網を固定させ，砕石のずり落ちと波浪や氷雪による法面の崩壊を防止している。この斜面に直径1mで深さ20cmのボイド管で箱抜きし，この中に北海道在来種の樹木22種をランダムに植栽している。

常時満水位以下の冠水時間の短い裸地に対して，サンルダムでは生態学的混播法，柳埋枝工及びポット植樹を選択し緑化中である。しかし，全体の緑化対象面積が約130haと広く，苗の生産から植樹そして維持管理は大変な労力を必要とする。このため，地域の住民が参加する高齢化社会対応公共事業として実施する予定となっている。

## 4. 魚道の設置

河川構造物である魚道は，下流部の頭首工などでは早くから設置されているが，北海道のコンクリートダムでは，二風谷ダム建設（1982年～1997年）以前には設置されていなかった。これは，ダムの建設場所が山間部で高が高いことや，貯水池水位の変動が大きい等の他，治水，利水，発電，など特定の目的をもったダムが多かったからと思われる。現在，魚道を持つダムは，表-4.19に示すように，北海道では3ダムであり，二風谷ダムは当初からダム本体に魚道が計画され建設された。残りの2ダムはダム工事終了後に魚道工事が行われている。様似ダムはダム完成17年後の，1993年から平成1999年にかけダム水環境改善事業により魚道が建設された。美利河ダムはダム完成8年後の，2000年からダム周辺環境整備事業として現在も工事中である。この内，ダム直下～チュウシベツ川区間の 2.4kmは完成し機能している。

これらの魚道は現在，特定の魚種を対象としているが，河川環境の多様性とその保存が社会的に重要視されている。今後は多魚種に対応できる魚道や高の高いダムに対しての魚道も，設置が要求されてくると思われる。河川構造物の魚道の型式は現在まで階段式が多いが，落差の大きいダムでは魚道の長さが大きくなってしまう。二風谷ダムでは基本的には階段式であるが，ダム湖入口側の魚道上部はダム湖の水位に合わせ自動で上下に動くスイングシュート式で，下部の方は固定階段式でダム直下流の河川に接続している(図-4.31)。一方，美利河ダムでは5魚種を対象としているためダム下流側河川から，貯水池に流入する上流側の河川を接続するバイパス方式を採用している。魚道は多自然型水路（勾配：1/2,000）と緩勾配の階段式水路（勾配：1/15）の組合せとなっている。

表-4.19　北海道のコンクリートダムの魚道施設

| ダム名 | 魚道 | | | | | 対象魚種 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 型式 | 落差 (m) | 勾配 | 流量 ($m^3/s$) | 延長 (m) | |
| 様似 | 階段式 | 22 | 1/10 | 0.34 | 288 | サケ，マス |
| 二風谷 | 階段式+セクタ式 | 16 | 1/10 | 0.25～0.33 | 164 | サクラマス |
| 美利河 | 階段式+多自然型 | 30 | 1/15<br>1/2,000 | 0.50 | 全体6.0kmの内2.4km完成 | サクラマス，アメマス，ウグイ，カワヤツメ，アユ |

＊魚道のデータ出展：(財)ダム水源地環境整備センターの魚類保全対策［ダムの魚道の問題点と解決策］1.10　表-1　より

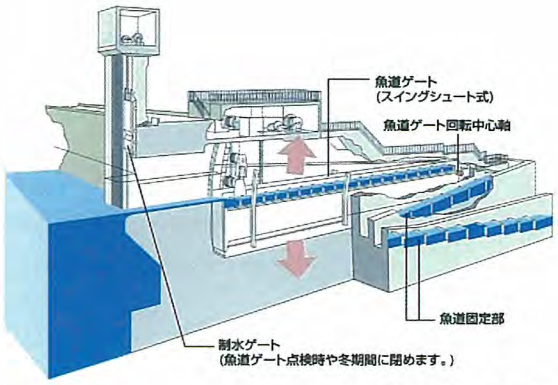





図-4.31　二風谷ダムの魚道

## 5. 観光資源

ダムは治水や利水等の本来目的の他に，二次的効用の一つとして観光がある。観光資源はダム，ダム湖，周辺の原生林，山並等でダム付近まで整備された道路も素晴らしい観光資源である。これらの資源をもとに，ハイキングコース，宿泊施設，娯楽施設等が作られている。これらの施設を利用して多くの人々が，ダム付近からの美しい眺望や，ダム湖でのボート漕ぎや釣り，ダム周辺でのハイキング，テニス等のレクレーションを楽しんでいる。豊平峡ダムでは年間 10 万人弱（2005 年度）がダム湖を中心とした観光に訪れている。ダムは美しい線形のアーチで，ダム湖と緑が織りなす雄大な自然の景観美にあふれており，札幌近郊という立地から札幌有数のレジャー・スポットとなっている。特に紅葉の季節の峡谷は美しく，林野庁の「水源の森 100 選」，林野庁・厚生労働省の「ダム湖 100 選」に選ばれている。

表-4.20　北海道の主なダム観光資源・施設

| ダム名 | ダム湖 | 観光資源・施設 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 雨竜第一ダム<br>雨竜土堰堤 | 朱鞠内湖 | 朱鞠内湖の複雑な湖岸や島々，原生林，チシマザクラ，カヌー，ボート，釣り（イトウ，わかさぎ） | 道立自然公園 |
| 札内川ダム | とかちリュータン湖 | ピョウタンの滝，清流，ダムギャラリー | |
| 佐幌ダム | サホロ湖 | スキー場，ゴルフ場，キャンプ場 | サホロリゾート開発 |
| 桂沢ダム | 桂沢湖 | 宿泊施設，公園，キャンプ場，ボート，テニスコート，わかさぎ | 道立自然公園 |
| 豊平峡ダム | 定山湖 | アーチダム，紅葉，岩肌，レストハウス，電気バス，定山渓温泉， | 国立公園 |
| 朝里ダム | オタルナイ湖 | 公園，ハイキング，ループ橋，ダム堤頂からの小樽方面眺望 | |

## 6. 地域とのかかわり

ダムの建設は通常 6～10 年程度の長期にわたり行われ，ダム固有の技術や技能が必要である。このため工事に多くの技術者や作業員を長期にわたり使用するが，このための設備としてダムサイト近くに事務所や宿舎を設けている場合が殆んどである。

昭和 40 年代より以前は，技術者や技能作業員は全国から集まり，家族長屋的な宿舎に住まいした。その結果，ダム従業員の子弟が地域の学校に通ったので，学校や PTA 活動等を通じて地域との連携や

繋がりが生まれた。昭和50年代頃以降も技術者は全国から赴任してきたが，作業員の大部分は北海道内の人で，単身赴任者がほとんどとなった。その結果，地元住民をはじめ多数の北海道内の人達でダム工事に対応できるようになり，作業員間では仲間として親睦を深めている。また，忠別ダムでは全国各地から来たダム技術者と，地元女性が職場等を通じて 10 組結ばれ，新しい家庭と多数の子供に恵まれ幸福な生活を送っている。

ダム工事に伴う用地や家屋等の補償の問題は，昭和 40 年代半ば頃から里ダムが多くなるにつれダム建設の大きな課題となった。このため，ダム建設には地元の理解がなにより必要となり，事業者が中心となって，地域と友好を保ち増進する努力を行うようになった。忠別ダムでは開発局がダムサイトに見学場所を設け，5月から10月の間は案内嬢を配置し，多くの見学者を毎日受け入れている。毎年1回地域の人達が参加する親子見学会やダムの広報活動を通じて，ダム事業や工事に理解を深めて貰う努力をしている。

工事の請負業者でも地場産のお米を使い，近くの小学校の児童や地域の住民と共に餅つき大会を実施している。この餅つき大会にはダム工事の理解を深めて貰うために工事の説明会があり，児童からはソーラン踊りや学校歌が演じられ，地域の中心的な役割も果たしている。

また，地域の行事やお祭り，ソフトボール大会等にも出席して地元との親善に努めている。広くダム工事の紹介はインターネットで紹介されているが，請負業者では広報紙を年間2回発行し地域や全国の人々及び関係機関に送付している。

ダム工事が地元地域に寄与する経済面では，地元地域に対して工事発注による工事費の支払いや物品の購入，及び工事に従事している作業員へ賃金の支払い等，これらの金銭が地域経済の発展と安定に長期にわたり関わりあっている。また，技術的にはダム工事が総合土木工事なので地域の人がダムで働くことによりダムの最新の特殊技術や幾種もの職能が地域の人に伝授されている。



写真-4.10　忠別ダムの案内所



写真-4.11　餅つき大会

参考文献
(4-1)「多目的ダムの建設・第5巻32章，4河流処理」：財団法人ダム技術センター
(4-2)「札内川ダム工事誌」（平成13年）：国土交通省北海道開発局帯広開発建設部
(4-3)「大夕張二股堰工事記録」：大成建設㈱札幌支店大夕張作業所
(4-4)「コンクリートダム設計の歴史」（ダム技術 2003 No.200）：飯田隆一
(4-5) 例えば，岩松ダム（北海道電力建設着手昭和15年）など。
(4-6)「グラウチング技術指針･同解説」建設省河川局開発課監修:（財）国土開発技術センター，1983

(4-7) 「美利河ダムの基礎処理」北海道開発局
(4-8) 「上ノ国ダム工事誌」北海道
(4-9) 「ダムの工事設備」：社団法人日本建設機械化協会編
(4-10) 「ダム施工機械設備設計指針（案）」：社団法人ダム技術センター編集
(4-11) 「コンクリート施工法」（最新土木施工法講座 8）山海堂：小林　泰・望月邦夫
(4-12) 「現場技術者のためのダム工事ポケットブック」山海堂：相原信夫
(4-13) 「ダム施工の実際」㈱全日本建設技術協会：志水茂明
(4-14) 「コンクリートダムの細部技術」：(財)ダム技術センター
(4-15) 「最新コンクリート工事ハンドブック」：建設産業調査会
(4-16) 「コンクリートダムの施工の効率化に関する研究」：嶋田　洋
(4-17) 「滝里ダム建設の記録」（平成 14 年発行）：国土交通省北海道開発局石狩川開発建設部
(4-18) 「サンルダム湖岸緑化について」（開発局技術発表会）：旭川開発建設部サンルダム建設事業所

# 第5章　ダムコンクリートの歴史

## 第1節 結合材

### 1. セメント

JIS に規定されているセメントの種類を大別すると，ポルトランドセメントと混合セメントに区分される。

ポルトランドセメントは普通，早強，超早強，中庸熱，低熱，耐硫酸塩の6種類，これらの低アルカリ形6種類合計12種類に区分されている。

フライアッシュセメント，高炉セメント，シリカセメントは，混合する混和材の量により，A種，B種，C種に区分される。

フライアッシュセメント，シリカセメントのA種は，5%を超え10%以下，B種は10%を超え20%以下，C種は20%を超え30%以下と規定されている。

また，高炉セメントのA種は5%を超え30%以下，B種は30%を超え60%以下，C種は60%を超え70%以下と3種類のセメントが規定されている。

表-5.1　各種セメントの特徴 (5-1)

| セメントの種類 | 特徴 |
|---|---|
| 普通ポルトランドセメント | 土木・建築構造物の建設用として、全国どこでも入手できるもっとも汎用性の高いセメントで国内で使用されているセメントの約70%がこのセメントである。 |
| 中庸熱ポルトランドセメント | 体積の大きな構造物の工事用として、水和熱を低くするためにエーライト$C_3S$、アルミネート相$C_3A$の含有量を少なくし、ビーライト$C_2S$を多くしたセメントである。ダムや大規模な工事に用いられる。 |
| 高炉セメント | 水砕スラグを混合材に用いたセメントで潜在水硬性を有し、海水に対する抵抗性に優れ、水和反応によってできる組織が緻密であり、おもに土木工事に使われている。 |
| フライアッシュセメント | フライアッシュを混合材に用いたセメントで流動性が良く、ポゾラン反応を有し、水和熱及び乾燥収縮を小さくできる特徴をもつため、ダム工事や水密性を要求される構造物に使用される。 |

### 2. ダム用セメントの種類

ダム用セメントは通常，フライアッシュセメント，高炉セメント，中庸熱ポルトランドセメントまたは普通ポルトランドセメントが用いられる。中庸熱ポルトランドセメントを用いる場合は，その一部をフライアッシュでおきかえて使用する場合もある。また，札内川ダムでは，中庸熱ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を混合して用いられた。

平成10年7月建設省はダム用セメントについて以下の4種の検収制度の簡素化を認めることとした。

①中庸熱フライアッシュセメント　(MF30)：中庸熱ポルトランドセメント70%，フライアッシュ30%
②高炉セメント　(MB50)：中庸熱ポルトランドセメント50%，高炉スラグ50%
③高炉セメント　(NB55)：普通ポルトランドセメント45%：高炉スラグ55%
④中庸熱ポルトランドセメント　(M)　：中庸熱ポルトランドセメント100%

表－5.2 各種セメントのJIS規格[2003]

| 項目＼種類 | | JIS R 5210 | | JIS R 5211 | JIS R 5213 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ポルトランドセメント | | 高炉セメント | フライアッシュセメント |
| | | 普通 | 中庸熱 | B種 | B種 |
| 比表面積($cm^2/g$) | | ≧2500 | ≧2500 | ≧3000 | ≧2500 |
| 凝結 | 始発(min) | ≧60 | ≧60 | ≧60 | ≧60 |
| | 終結(h) | ≦10 | ≦10 | ≦10 | ≦10 |
| 安定性(パット法) | | 良 | 良 | 良 | 良 |
| 圧縮強さ($N/mm^2$) | 3日 | ≧12.5 | ≧7.5 | ≧10.0 | ≧10.0 |
| | 7日 | ≧22.5 | ≧15.0 | ≧17.5 | ≧17.5 |
| | 28日 | ≧42.5 | ≧32.5 | ≧42.5 | ≧37.5 |
| 水和熱(J/g) | 7日 | — | ≦290 | — | — |
| | 28日 | — | ≦340 | — | — |
| 酸化ﾏｸﾞﾈｼｳﾑ (%) | | ≦5.0 | ≦5.0 | ≦6.0 | ≦5.0 |
| 三酸化硫黄 (%) | | ≦3.0 | ≦3.0 | ≦4.0 | ≦3.0 |
| 強熱減量 (%) | | ≦3.0 | ≦3.0 | ≦3.0 | — |
| 全アルカリ (%) | | ≦0.75 | ≦0.75 | — | — |
| 塩化物イオン (%) | | ≦0.035 | ≦0.02 | — | — |
| けい酸三カルシウム (%) | | — | ≦50 | — | — |
| けい酸二カルシウム (%) | | — | — | — | — |
| アルミン酸三カルシウム (%) | | — | ≦8 | — | — |
| 混合材の分量 (%) | | ≦5 | — | 30を超え60以下 | 10を超え20以下 |

注：低アルカリ形ポルトランドセメントは、これら規格のほかに全アルカリ0.6%以下の規定が加えられる。

## 3. ダム工事におけるセメント検収制度の簡素化について

### (1) ダム工事における検収制度の簡素化について [5-2]

平成10年7月23日付建設省河川局から「ダム工事における検収制度の簡素化について」の通達が出された。通達の内容は，ダム用セメントについては，ダムが重要構造物であることから，28日強度及び水和熱を確認してから，セメントを納入させる検収方法を基本として慎重な対応が行われている。一方，コスト縮減の一環として，技術レベルの向上に対応した品質検査等の見直しを行うことにより，資材調達のための環境を整備し，コストの縮減を行う必要がある。また，セメント工場の品質管理の向上，過去のダム用セメントの実績を考えると，検収制度についても簡素化が可能であると考えられる。

これまでの検収制度については，セメントが生産されてから28日間保管が必要であり，保管に係わる設備費，管理費等がセメントのコストを引き上げ，ひいてはダム事業費増大の原因となっていることから，検収方式を簡素化することとした。 その基本的な考え方は下記のとおりである。

①：検収制度の簡素化の対象とするセメントは，これまでに使用実績の多いこと（なお，ダム用セメントの品種の簡素化を図っていく必要もある）から，上記に記述した４種類のセメントとする。

②：過去にダム用セメントとしての使用実績があり，なおかつ同一仕様のセメントの出荷実績がある場合には，セメントの検収を簡素化することができる。

③：セメントの品質管理基準について，従来の28日強度，水和熱等に代わり，これらの品質を確保するための組成材料のブレーン値，$SO_3$，$C_3S$，$C_3A$ 等の目標値，許容変動幅を定め納入時の条件とする。

材料の目標値等については，実績等に基づき請負者が提出し，発注者の承諾を得るものとする。なお，混合率の許容変動幅については，±2%以内とする。

④：請負者は，納入セメントの品質確認試験とその結果報告を速やかに行う。試験結果が規格値を満足していないことが確認された場合，発注者は改善措置を請負者の負担により講ずることを命ずることができる。

⑤：JIS 規格が定められているセメントで，ダム用セメントとして当該規格以上の規格を必要としない場合には，検収制度は適用しない。

⑥：上記セメント以外の場合には，従前どおり検収を実施するが，使用実績，出荷実績があり発注者として必要とする規格を確保することが確実に認められる場合には，発注者と請負者で協議して検収方法を簡素化することができる。

### (2) ダム工事における検収制度の簡素化適用ダム

「ダム工事における検収制度の簡素化について」の通達以降に簡素化が適用されたダム施工の 1998 年～2000 年適用実績を表-5.3 に示す。

表-5.3　検収制度の簡素化適用ダム

| 事業主体名 | ダム名 | 所在都道府県 |
|---|---|---|
| 建設省中国地方建設局 | 苫田ダム | 岡山県 |
| 建設省中部地方建設局 | 小里川ダム | 岐阜県 |
| 建設省近畿地方建設局 | 大滝ダム | 奈良県 |
| 建設省東北地方建設局 | 摺上川ダム | 福島県 |
| 北海道開発局 | 忠別ダム | 北海道 |
| 水資源開発公団 | 滝沢ダム | 埼玉県 |
| 広島県 | 四川ダム | 広島県 |

## 4. ダム用セメントの特徴

ダム用セメントはその使用量が多く，その品質がコンクリートの強度，水和熱，耐久性などに及ぼす影響が大きいので，その選択には十分な検討を要する。

ダム用セメントの特徴は，所定の強度及び耐久性を確保するとともに，温度ひび割れを抑制するためにも，水和熱が低くコンクリート温度上昇が少なくなるものでなければならない。表-5.4 に各セメントの水和熱の目安を示す。セメントが水と反応して水和物生成する化学反応は発熱反応でありこの発熱量がセメントの水和熱である。

また，ダムの構造の安全性をより確実なものにするため，セメントはその強度が長期間にわたって漸増するものであることが望まれる。表-5.5 にモルタル強さを含め各セメントの代表的な物理試験結果を示す。

表-5.4　各種セメントの水和熱測定例　　単位：(J/g) [5-1]

| 材令 / セメント種類 | 7日 | 28日 | 91日 |
|---|---|---|---|
| 普通ポルトランド | 293～335 | 335～377 | 377～419 |
| 中庸熱ポルトランド | 230～272 | 293～335 | 314～356 |
| 高炉セメント B種 | 230～293 | 314～356 | 335～377 |
| フライアッシュ B種 | 230～272 | 293～335 | 314～356 |

表-5.5 各種セメントの物理試験結果[JIS R 5201 JIS R 5203] (5-3)

| セメントの種類 | | 密度 ($g/cm^3$) | 粉末度 | 圧縮強さ ($N/mm^2$) | | | | 水和熱 (J/g) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 比表面積 ($cm^2/g$) | 3日 | 7日 | 28日 | 91日 | 7日 | 28日 |
| ポルトランドセメント | 普通 | 3.15 | 3410 | 28 | 43.1 | 61.3 | - | - | - |
| | 中庸熱 | 3.22 | 3220 | 21.6 | 30.3 | 56.8 | - | 267 | 322 |
| | 低熱 | 3.21 | 3470 | 16.2 | 25.3 | 49 | 79.1 | 226 | 275 |
| 高炉セメント | B種 | 3.05 | 3970 | 21.2 | 35.1 | 62 | - | - | - |
| フライアッシュセメント | B種 | 2.95 | 3500 | 26.1 | 39.3 | 60.6 | - | - | - |

## 5. 混和材

### (1) ダム用混和材の種類

コンクリートの高性能化や要求性能の多様化あるいは産業副産物の有効利用などの観点から，多くの混和材が利用されている。混和材は，使用量が比較的多く，それ自体の容積がコンクリートの練上り容積に算入されるものである。

ダムコンクリートに用いられる混和材の使用目的は，コンクリートの品質改善，単位水量の低減，水和熱の低減などであり，フライアッシュや高炉スラグ微粉末が多い。フライアッシュや高炉スラグ微粉末の品質にはJISが制定されている。

表-5.6 混和材の作用機構と性能 (5-3)

| 種類 | 主成分など | 作用機構 | 付与される性能 | 規準 |
|---|---|---|---|---|
| フライアッシュ | ガラス<br>($Al_2O_3$-$SiO_2$系)<br>α-石英、ムライト | ポゾラン反応 | ・水密性<br>・長期強度増進<br>・水和熱低減<br>・アルカリシリカ反応抑制 | JIS A 6201 |
| 高炉スラグ微粉末 | ガラス<br>(CaO-MgO-$Al_2O_3$-SiO2系) | 潜在水硬性 | ・硫酸塩抵抗性<br>・海水に対する抵抗性<br>・アルカリシリカ反応抑制<br>・高強度化<br>・高流動化 | JIS A 6206 |

### (2) フライアッシュ

コンクリート用混和材としてフライアッシュは，1940年代後半アメリカのダムにおいて実用性の高さが実証されてから急速に普及した。

我が国においてコンクリート構造物にフライアッシュが最初に用いられたのは，建築物としては，1952年の鉄道会館，土木構造物としては，1953年の須田貝ダム（群馬県）が最初とされている。北海道では，1962年に春別発電所ダムと静内ダムでフライアッシュが初めて使用されている。(5-4), (5-5)

フライアッシュを混和材として用いたコンクリートは，ワーカビリティーの改善，水和熱の低減，長期材齢における強度の増進，水密性の改善，塩害抵抗性の改善，アルカリシリカ反応を抑制するなど多くの利点を持ち合わせている。

フライアッシュは，石炭火力発電所から排出される副産物で，その品質は原料炭の品質，燃焼条件，捕集方法によってかなり異なる。フライアッシュはそれ自体に水硬性はないが，これに含まれる二酸化珪素がセメントの水和の際に生成される水酸化カルシウムと常温で徐々に化合して，不溶性の珪酸

カルシウム水和物が生成する。この性質をポゾラン反応と呼んでいる。普通ポルトランドセメントの一部と置き換えて使用した場合,セメントの水和熱が緩和されるのでダムコンクリートに適している。フライアッシュの置換率は，原則としてポルトランドセメントの10～30%とする。

なお，フライアッシュⅠ種を用いる場合は40%まで置換してもよいとされている。[5-6]

1958年にJIS A 6201「フライアッシュ」が制定されて以来，数回のJIS改正が行われ1999年の改正で従来1種類であったフライアッシュの品質が4種類に等級化された。このうちフライアッシュⅡ種は，標準的なフライアッシュとして位置付け，基本的に旧JIS規格を踏襲する品質として規定された。JIS R 5213「フライアッシュセメント」は1960年に制定されている。

表-5.7 コンクリート用フライアッシュのJIS規格[JIS A 6201:1999]

| 項目＼種類 | | フライアッシュⅠ種 | フライアッシュⅡ種 | フライアッシュⅢ種 | フライアッシュⅣ種 |
|---|---|---|---|---|---|
| 二酸化けい素 (%) | | 45.0以上 | | | |
| 湿分 (%) | | 1.0以下 | | | |
| 強熱減量(注1) (%) | | 3.0以下 | 5.0以下 | 8.0以下 | 5.0以下 |
| 密度 ($g/cm^3$) | | 1.95以上 | | | |
| 粉末度(注2) | 45μmふるい残分(注3) (網ふるい方法) (%) | 10以下 | 40以下 | 40以下 | 70以下 |
| | 比表面積（ブレーン方法） ($cm^2/g$) | 5000以上 | 2500以上 | 2500以上 | 1500以上 |
| フロー値比 (%) | | 105以上 | 95以上 | 85以上 | 75以上 |
| 活性度指数 (%) | 材齢28日 | 90以上 | 80以上 | 80以上 | 60以上 |
| | 材齢91日 | 100以上 | 90以上 | 90以上 | 70以上 |

注1：強熱減量に代えて、未燃炭素含有率の測定をJIS M 8819又はJIS R 1603に規定する方法で行い，その結果に対し強熱減量の規定値を適用してもよい。

注2：粉末度は、網ふるい方法又はブレーン方法による。

注3：粉末度を網ふるい方法による場合は、ブレーン方法による比表面積の試験結果を参考値として併記する。

### (3) 高炉スラグ微粉末

日本における近代製鉄は，1901年官営八幡製鉄所で始まり，高炉スラグを利用した高炉セメント（スラグ混合量60～70%）の製造が1910年に開始され，当初は主として鉄鋼業の建設に用いられていたが，1918年から一般に販売されている。北海道における製鉄所の発祥は，1909年北海道炭礦汽船の輪西製鉄場（現在の新日本製鐵㈱室蘭製鐵所）である。1914年に1.8t/日の生産が行われ市販された記録が残っている。当時の高炉セメントはスラグ量70%のものであった。[5-4), (5-7]

北海道で最初に高炉セメントを大量に使用したのは桂沢ダムであり，その後金山ダム，大夕張ダムなど多くのダムでも使用された。

高炉スラグは，高炉から取り出した高温の溶融スラグを大気中で自然冷却する徐冷スラグと圧力水で急激に冷却する急冷スラグ（水砕スラグ）がある。徐冷スラグは，結晶質の塊状で主に，道路用路盤材，コンクリート用粗骨材，セメント原料などに使用される。一方，水砕スラグはガラス質の粒状で潜在水硬性を持ち，これを粉砕した高炉スラグ微粉末はセメントと水が共存すると，スラグそのものがセメントと同じような水和反応を示す。水砕スラグは，このような性質を利用して，高炉セメントの原料やコンクリート混和材料として用いられている。

高炉スラグを混和材として用いたコンクリートの特徴は，長期材齢における強度の増進，塩害抵抗性の改善，化学抵抗性に優れ，アルカリシリカ反応を抑制するなどが挙げられる。

高炉スラグ微粉末を普通ポルトランドセメントの一部と置き換えて使用した場合，水和熱は，20℃以下で養生し，粉末度が小さく，置換率が大きいときには普通ポルトランドセメントに比較して小さくなるが，養生温度が高くなると水和熱が大きくなる場合がある。

1950年にJIS R 5211「高炉セメント」が，また1995年にはJIS A 6206「コンクリート用高炉スラグ微粉末」が制定され，基本的には比表面積で3種類に区分されている。

表-5.8 コンクリート用高炉スラグ微粉末のJIS規格[JIS A 6206:1997]

| 項目＼種類 | | 高炉スラグ微粉末4000 | 高炉スラグ微粉末6000 | 高炉スラグ微粉末8000 |
|---|---|---|---|---|
| 密度 | ($g/cm^3$) | 2.80以上 | 2.80以上 | 2.80以上 |
| 比表面積 | ($cm^2/g$) | 3000以上 | 5000以上 | 7000以上 |
| | | 5000未満 | 7000未満 | 10000未満 |
| 活性度指数 (%) | 材齢 7日 | 55以上(1) | 75以上 | 95以上 |
| | 材齢 28日 | 75以上 | 95以上 | 105以上 |
| | 材齢 91日 | 95以上 | 105以上 | 105以上 |
| フロー値比 | (%) | 95以上 | 90以上 | 85以上 |
| 酸化マグネシウム | (%) | 10.0以下 | 10.0以下 | 10.0以下 |
| 三酸化硫黄 | (%) | 4.0以下 | 4.0以下 | 4.0以下 |
| 強熱減量 | (%) | 3.0以下 | 3.0以下 | 3.0以下 |
| 塩化物イオン | (%) | 0.02以下 | 0.02以下 | 0.02以下 |

注1:この値は,受け渡し当事者間の協定によって変更しても良い。

## 6. 北海道におけるダム用セメントの使用実績

北海道のダム用セメント使用実績の一例を表-5.9に示す。

表-5.9 セメントの使用実績 (5-8)

| ダム名 | 品種 | 納入実績(t) |
|---|---|---|
| 大夕張 | 高炉セメント(スラグ混入量55%) | 40,000 |
| 金山 | 高炉セメント(スラグ混入量55%) | 47,000 |
| 岩尾内 | 高炉セメント(スラグ混入量55%) | 73,000 |
| 朝里 | 中庸熱フライアッシュセメント (FA混入量20%) | 30,249 |
| 滝里 | 中庸熱フライアッシュセメント (FA混入量30%) | 97,287 |
| 二風谷 | 中庸熱フライアッシュセメント (FA混入量30%) | 47,895 |
| 札内川 | 中庸熱高炉セメント (スラグ混入量 55、65%) | 139,021 |

## 第2節 骨材

ダムコンクリート用骨材の品質に対する要求については種々なされてきたが，RCD工法などの採用による土木建設技術の進歩により一層多様化・高度化している。特に，粒径・不純物・アルカリ骨材反応・塩分等に対してますます厳しい要求がされるようになってきた。ダムのコンクリート用骨材の分級は通常粗骨材4種類，細骨材1種類で構成されることが多い。しかし，岩尾内ダム・奥新冠ダム・静内ダム・下新冠ダム・砥山ダム・双川ダムのように粗骨材を3分級で，また岩知志ダム・岩清水ダム・双珠別ダム・春別ダム・活込ダム等では2分級で使用した例があるが，河床堆積砂礫を使用した

場合に多い。

また，骨材の最大寸法については150㎜としているダムが多いが，美利河ダム・二風谷ダム・滝里ダム・活込ダム・苫前ダム・元小屋ダムでは80㎜，富村ダム・双川ダム・奥新冠ダムでは100㎜，有明ダム・様似ダム・矢別ダム・奥沙流ダムが120㎜で使用した。河床堆積砂礫を使用しているダムにおいては骨材の最大寸法を100㎜程度にしていることが多いようである。

鹿ノ子ダムでは，使用した河床砂礫の品質にバラツキが多く，比重が2.6を下回るもの，吸水率が3.0%を上回るもの，耐久性指数で60%未満のものがあったため，凍結融解試験を行いながら施工した。結果として耐久性指数が60%を下回る場合もあったようであるが，建設完了後20年近く経過した現在もコンクリートの表面劣化はまったく見当たらない。

また，庶路ダムのように骨材の吸水率及び安定性損失重量が小さかったことから，コンクリートの凍結融解試験を実施しなかった例もある。

滝里ダムでは骨材に緑泥石が含まれており，コンクリートの品質確保が困難であった。これに対し砕砂量を増加させ自然砂を抑制する等の配合変更，骨材の泥分除去等の対策を実施した。また，忠別ダムにおいても緑泥石が含まれていて，骨材の泥分除去のために設備の増設をするなどの対策を実施した。

苫前ダムにおいては，粗骨材の玄武岩にスメクタイト[5-9]の含有(含有率 20%以下)が確認されたため，打設期間中はX線回折試験，薄片鑑定測定などの定量分析を行いスメクタイトの含有量を管理しながらコンクリートを打設した。3カ年の管理結果は，含有率11%～17%の範囲であった。

## 第3節　化学混和剤

### 1. 我が国の化学混和剤の歴史

我が国で化学混和剤が使用されたのは，1948年にAE剤が，1950年にAE減水剤（当時は減水剤）がそれぞれアメリカから導入されたことに始まるといわれている。AE剤は，空気連行によるワーカビリティーの改善や耐凍害性の付与，AE減水剤はAE剤の効果の外にセメントを分散させることによる単位水量の低減，コンクリートの凝結時間の調節などの作用を持ち，現在までレディーミクストコンクリートに広く使用されている。

昭和30年代後半，ナフタリンスルホン酸を主成分とする高性能減水剤が開発された。欧州では，ドイツ（西ドイツ）を中心にメラミンスルホン酸を主成分とする高性能減水剤が使用されており，施工性の改善のために使用された。高性能減水剤の特徴は使用量の増加に伴い減水性も増加するが，AE減水剤とは異なり使用量を増加しても極端な空気量の増加がなく，また凝結もそれほど遅延しないところにある。ただし，経時によるスランプの低下が大きいため，生コン工場での使用は困難であり，この特徴を生かしてコンクリート製品工場で使用されている。

1975年頃から硬練りコンクリートの性能をそのまま保ち，施工性だけを改善できる流動化コンクリートが施工され始めた。ただし，経時によるスランプの低下が大きいために流動化は工事現場で打設直前にする必要があり，アジテータトラックのかくはんによる騒音，投入者の確保など多くの問題をかかえていた。そこで現場で流動化する手間を省き，生コンプラントで流動化剤を添加する手法が求められていた。

昭和60年代，スランプ保持性能を付加する反応性高分子[5-10]が発表され，高い減水性と良好なスラン

プ保持性能を併せ持った高性能AE減水剤が開発された。このことにより，流動化剤の代替，高強度コンクリートの現場打ちも可能となった。その後，主成分の異なる数多くの高性能AE減水剤が開発・実用化され，新しい混和剤として注目されてきている。

## 2. 化学混和剤の種類と性能

### (1) 化学混和剤の種類

化学混和剤にはAE剤，減水剤，AE減水剤及び高性能AE減水剤などの主として生コン工場で通常のレディーミクストコンクリートの練混ぜ時に使用されるもの，流動化剤，鉄筋コンクリート用防せい剤，収縮低減剤などのようにレディーミクストコンクリートに補助的な性能を付与するために使用されるもの，及び起泡剤・発泡剤，急結剤などのようにレディーミクスクリートとはあまり関係なく使用されるものなどに分けられる。

表-5.10は代表的な混和剤と機能を，表-5.11はコンクリート用混和剤のJIS A6204:2006を示す。

表—5.10 化学混和剤とその機能

| 化学混和剤 | 用途 | 効果 |
|---|---|---|
| AE剤 | コンクリートなどの中に，多数の微細な独立した空気泡を一様に分布させ，ワーカビリティー及び耐凍害性を向上させるために用いる化学混和剤。 | ワーカビリティーの改善，単位水量の低減，耐凍害性の改善 |
| 高性能減水剤 | コンシステンシーに影響することなく単位水量を大幅に減少させるか，又は単位水量に影響することなくスランプを大幅に増加させる化学混和剤 | 単位水量の低減，単位セメント量の低減，高強度コンクリート，コンクリート製品 |
| 硬化促進剤 | セメントの水和を早め，初期材齢の強度を大きくするために用いる化学混和剤。 | 初期凍害の防止，低温時の強度増進 |
| 減水剤（標準形，遅延形，促進形） | 所要のスランプを得るのに必要な単位水量を減少させるための化学混和剤。 | ワーカビリティーの改善，単位水量の低減， |
| AE減水剤（標準形，遅延形，促進形） | 空気連行性能をもち，コンシステンシーに影響することなく単位水量を減少させる化学混和剤。 | ワーカビリティーの改善，耐凍害性の改善，単位水量の低減，単位セメント量の低減，凝結時間の調整 |
| 高性AE能減水剤（標準形，遅延形） | 空気連行性能をもち，AE減水剤よりも高い減水性能及び良好なスランプ保持性能をもつ化学混和剤 | ワーカビリティーの改善，耐凍害性の改善，単位水量の低減，単位セメント量の低減，スランプロスの低減，凝結時間の調整，高強度コンクリート，高流動コンクリート |
| 流動化剤（標準形，遅延形） | あらかじめ練り混ぜられたコンクリートに添加し，これを撹拌することによって，その流動性を増大させることを主たる目的とする化学混和剤 | 同一単位水量でスランプ増大，施工性の改善 |

### (2) AE剤

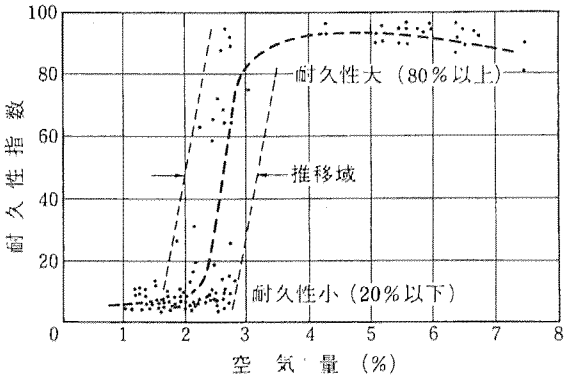
AE剤は，無数の微細な空気泡を連行し，コンクリートのワーカビリティー及び耐凍害性を向上させる。AE剤は，水溶液中の電離性によって陰イオン系，陽イオン系，非イオン系及び両性系などに分類され，現在，樹脂系，アルキルベンゼンスルホン酸，高級アルコール系などの陰イオン系と非イオン系のものが使用されている。その構造は，分子内を二極化して水に濡れやすい部分（親水基）と水から離れようとする部分（疎水基）からなっている。

表－5.11　化学混和剤の性能：（SISA 6204:2006）

| 試験条件及び試験項目 | | AE剤 | 高性能減水剤 | 硬化促進剤 | 減水剤 | | | AE減水剤 | | | 高性能AE減水剤 | | 流動化剤 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 標準形 | 遅延形 | 促進形 | 標準形 | 遅延形 | 促進形 | 標準形 | 遅延形 | 標準形 | 遅延形 |
| 減水率 | (%) | 6以上 | 12以上 | － | | 4以上 | 4以上 | 10以上 | 10以上 | 8以上 | 18以上 | 18以上 | － | － |
| ブリーディング量の比(%) | | － | － | － | － | 100以下 | － | 70以下 | 70以下 | 70以下 | 60以下 | 70以下 | － | － |
| ブリーディング量の差($cm^3/cm^2$) | | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 0.1以下 | 0.2以下 |
| 凝結時間の差(分) | 始発 | −60～＋60 | +90以下 | － | −60～＋90 | ＋60～＋210 | +30以下 | −60～＋90 | ＋60～＋210 | +30以下 | −60～＋90 | ＋60～＋210 | −60～＋90 | ＋60～＋210 |
| | 終結 | −60～＋60 | +90以下 | － | −60～＋90 | 0～＋210 | 0以下 | −60～＋90 | 0～＋210 | 0以下 | −60～＋90 | 0～＋210 | −60～＋90 | 0～＋210 |
| 圧縮強度比% | 材齢1日 | － | － | 120以上 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 材齢2日(5℃) | － | － | 130以上 | － | － | － | － | － | － | － | － | － | － |
| | 材齢7日 | 95以上 | 115以上 | － | 110以上 | 110以上 | 115以上 | 110以上 | 110以上 | 115以上 | 125以上 | 125以上 | 90以上 | 90以上 |
| | 材齢28日 | 90以上 | 110以上 | 90以上 | 110以上 | 110以上 | 110以上 | 110以上 | 110以上 | 110以上 | 115以上 | 115以上 | 90以上 | 90以上 |
| 長さ変化 | % | 120以下 | 110以下 | 130以下 | 120以下 | 120以下 | 120以下 | 120以下 | 120以下 | 120以下 | 110以下 | 110以下 | 120以下 | 120以下 |
| 凍結融解に対する抵抗性(相対動弾性係数　%) | | 60以上 | － | － | － | － | － | 60以上 | 60以上 | 60以上 | 60以上 | 60以上 | 60以上 | 60以上 |
| 経時変化量 | スランプ　cm | － | － | － | － | － | － | － | － | － | 6.0以下 | 6.0以下 | 4.0以下 | 4.0以下 |
| | 空気量　% | － | － | － | － | － | － | － | － | － | ±1.5以内 | ±1.5以内 | ±1.0以内 | ±1.0以内 |

界面活性剤は，水と空気の界面に集まりやすい性質を持っており，水を攪拌する事によって多くの気泡を生じさせる[5-11]。

AE 剤の効果は，凍結融解に対する抵抗性を改善することにある。AE 剤によって微細な独立した空気泡を連行し，コンクリートの間隙水が凍結する時（約１割膨張といわれている）の膨張圧を緩和するといわれている[5-12]。空気量と耐久性指数との関係[5-13]は図－5.１に示すように，微細な独立した空気量が 4%以上あると（気泡間隔係数が 200μｍ以下）耐凍害性が改善される。ただし，空気量を連行すると圧縮強度は低下し，同じ単位セメント量では空気量が１%増すごとに約 3～5%低下するといわれている。




図－5.1　コンクリートの凍害と空気量[5-13]

したがって，土木学会コンクリート標準示方書ではコンクリートの空気量を 3～6%とすることが推奨されている。現在，AE 剤は単独では単位セメント量の少ない貧配合コンクリートやダムコンクリートに使用されているにすぎないが，AE 減水剤や高性能 AE 減水剤の空気連行不足を補うための空気量調整剤として使用されている。

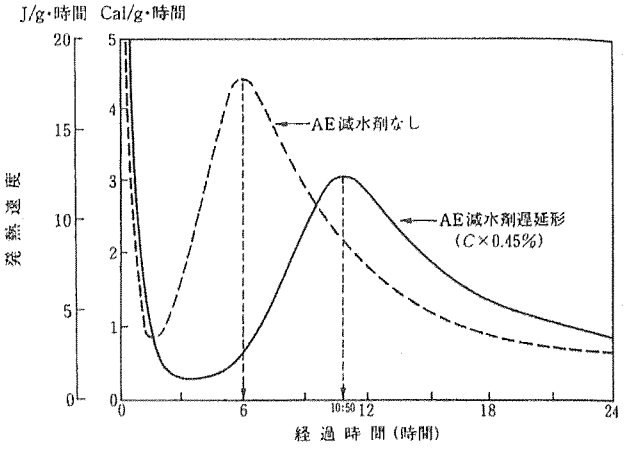
また，未燃焼カーボン量の多い低品質のフフイアッシュの使用も検討されており，これらフライアッシュ専用のAE剤も開発されている。

### (3)　AE減水剤

AE減水剤は，空気連行性とセメントの分散作用の両方の機能を持ち，ごく一般的にレディーミクストコンクリートに使用され，リグニンスルホン酸塩やオキシカルボン酸を主成分とするAE減水剤が長い間使用されてきている。

セメントと水が接触すると，凝集作用により塊になろうとする性質があるが，分散剤がセメント粒子表面に付着すると，セメント表面に負の電荷を生じさせ，セメント粒子を反発させる。AE減水剤は表－5.11に示すように，JIS A 6204ではその凝結特性により促進形，標準形及び遅延形に分けられている。コンクリートに対する効果は，AE剤の効果の外に単位水量の減少とコンクリートの凝結時間を調整することである。即ち，寒中や暑中コンクリートなどの打込む時期により混和剤を使い分け，セメントの水和反応を調節することができる。混和剤の遅延形を使用したときの水和特性[5-15]を図－5.2に示す。

最近，海砂の微粒分の不足を補うための混和剤，低セメント量のポンプ圧送性を付与した混和剤，超硬練りコンクリートのワーカビリティー確保のために湿潤性を付与した混和剤，モンモリロナイトなどの粘土鉱物を含む骨材を使用したコンクリートの過早凝結を防ぐための混和剤など，一般のAE減水剤の特性に特別な機能を付与したAE減水剤も開発されている。




図－5.2 普通ポルトランドセメントの初期水和発熱速度に及ぼすAE減水剤遅延剤の影響[5-15]

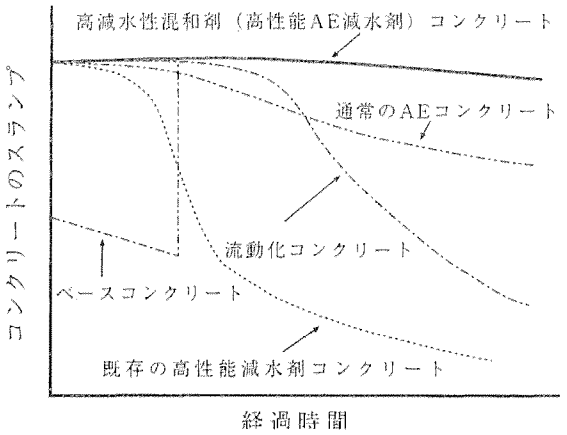
### (4) 流動化剤

あらかじめ練り混ぜられたコンクリートに，化学混和剤をあと添加すると流動性が増大する。流動化工法はこの化学混和剤の性質を利用したもので，流動化剤は空気連行性が少なく，凝結にあまり影響しない高性能減水剤を主成分として構成されている。流動化剤にはナフタリリン系，メラミン系が主流であったが，最近ではポリカルボン酸系の液状流動化剤に加え，ポリスチレン系の粉末流動化剤を特殊な紙で包装したものも開発されている。

### (5) 高性能AE減水剤

1986年頃からナフタリン系の高性能AE減水剤が使用され，反応性高分子によりコンクリートのスランプ保持が調節できるようになった。

同じ頃，ポリカルボン酸系の高性能AE減水剤も開発されている。高性能AE減水剤が開発された当初は，高性能AE減水剤を用いたコンクリートのスランプ保持目標は，通常使用されているAE減水剤と同程度であったが，それが比較的容易に達成できるようになるにつれて90分あるいは120分までスランプが保持できる高性能AE減水剤が開発されてきている。




図－5.3 各種混和剤とスランプの経時変化[5-16]

図－5.3は各種混和剤を用いたコンクリートのスランプの経時変化[5-16]を示す。

現在，高性能AE減水剤は多数市販されているが，その主成分によって便宜上ナフタリン系，ポリカルボン酸系，アミノスルホン酸系及びメラミンスルホン酸系に大別されている。開発当初はナフタリ

ン系の高性能AE減水剤が主流であったが，最近ではポリカルボン酸系の高性能AE減水剤が主流である。

### 3. ダムにおける化学混和剤の使用実績

日本最古のコンクリートダムは，概説でも述べられているように，兵庫県神戸市にある布引五本松（ぬのびきごほんまつ）ダムである。竣工が1900年ということで，化学混和剤は使用されていないようである。

化学混和剤を使用したダムの実績に関しては，正確な集計データがない。化学混和剤製造会社の資料[5-17), (5-18)]によれば，AE剤(ヴインソル)が使用された最初のダムは，長野県下伊那郡にある平岡ダム（1951年）である。同様に，AE減水剤（ポゾリス）が使用された最初のダムは，新潟県岩船郡にある三面（みおもて）ダム（1953年）である。化学混和剤が国内に導入されてから2，3年後には耐凍害性の確保を目的に使用されている。

一方，北海道でAE剤(ヴインソル)が使用された最初のダムは，北海道三笠市桂沢にある桂沢ダム（1957年）である。同様に，AE減水剤（ポゾリス）が使用された最初のダムは，北海道夕張市にある大夕張ダム（1962年）である。

### 4. ダムコンクリートにおける化学混和剤の役割

ダムコンクリートは，ダム堤体断面内の用いられる位置によって，内部コンクリート，外部コンクリート，岩着コンクリート，構造用コンクリートに区分される。また，施工性を考慮したRCD工法などに従来のコンクリートから変わりつつある。或いは施工が困難な場所には高流動コンクリートの使用も検討されている。これらのコンクリートの種類と化学混和剤の役割は次のとおりである。

① 内部コンクリートでは，強度，質量及び低発熱性が要求され，一般的にはAE減水剤の遅延形が使用され，ワーカビリティーの改善や水和発熱速度の調整の目的で使用されることが多い。

② 外部コンクリートは，内部コンクリートに要求される性能に加えて水密性や凍結融解作用に対する抵抗性，化学的作用による劣化，すりへり作用に対する抵抗性などが要求される。特に，凍結融解作用に対する抵抗性を高めるために，40mmでウエットスクリーニングしたコンクリートの空気量が5±1%を標準としている。このため，AE剤やAE減水剤が使用される。

③ 通廊や放水管などの周辺は鉄筋で補強されており，構造用コンクリートは，鉄筋との付着性や強度が要求される。このため，幾分スランプを大きくし，施工性を考慮したコンクリートであり，一般的にAE剤やAE減水剤が使用される。

④ RCDコンクリートは，水和熱を極力抑えるため，単位水量を極力少なく，セメント量を抑えた貧配合コンクリートとなる。施工は，ブルドーザによる敷均し，振動ローラによって締め固められる。現在はAE減水剤遅延形が使用されているが，湿潤性を付与させた超硬練りコンクリート用混和剤なども開発されている。

⑤ モンモリロナイトを含有する骨材をコンクリートに使用すると，コンクリートの凝結が著しく早くなり，コンクリートの締固めが十分に行えない状況が生じる。特に，RCD工法においてモンモリロナイトを含有する骨材を用いた場合には，過早凝結により振動ローラによる十分な締固めが困難となる。この原因については，モンモリロナイトはその分子層間にイオン粒子($Ca^{2+}$)を取り込んでおり，セメント水溶液中の$KK^{+}$とモンモリロナイト中の$Ca^{2+}$とが交換しあい，溶液中に$Ca^{2+}$が吐き出されることで，セメントの凝結調整材である石膏($CaSO_4$)の分解が抑制されるために，$C_3A$の水和が進行するためとされている。このようなモンモリロナイトを含む骨材に対しては，

AE減水剤遅延形を増量使用,若しくはAE減水剤遅延形と超遅延剤を併用することにより対処[5-19]している。

⑥ 高流動コンクリートは，自己充てん性と材料分離抵抗性を併せもったコンクリートであり，施工性の不具合を改善する目的で考えられたコンクリートであり，LPG地下タンクなどに利用されている。近年では，ダムコンクリートの放水管の下部など鉄筋が過密な箇所での使用が検討[5-20]されている。

既設ダムでの使用事例は二風谷ダムと滝里ダムにあり，工事記録に報告されている。いずれも常用洪水吐放流管の下部で，リングガーダ（環状補剛桁）によって打設空間が仕切られ，更に鉄筋が蜜に配置されているために，コンクリートの移動が困難で締め固め作業ができない箇所に使用されている。その配合は表－5.12のとおりである。

表－5.12 高流動コンクリートの実施例[5-21]

| ダム名 | 記号 | Gmax | スランプ | 空気量 | W/C | S/a | 単位量(kg/m³) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 水 | ｾﾒﾝﾄ | 細骨材 | 粗骨材 | 混和剤 |
| | | mm | cm | % | % | % | W | C+F | S | G 5～20 | |
| 滝里ダム | C-4 | 20 | 55±5<br>(フロー値) | 6±1 | 45.7 | 50.7 | 160 | 350 | 886 | 881 | 増粘剤/高性能AE減水剤<br>0.5/5.25 |
| 二風谷ダム | E | 20 | 18±2<br>(23±2) | 6±1 | 51.9 | 47 | 153 | 295 | 863 | 998 | 混和剤 1.180<br>流動化剤 1.833 |

ダムコンクリートでは，レディーミクストコンクリートほど積極的には化学混和剤を使用していない。しかしながら，化学混和剤を有効に使用することにより，コンクリートの性能を大きく変えることが可能となっている。特に，高性能AE減水剤が開発されたことにより，高流動コンクリートが比較的容易にできるようになっている。また，ポリカルボン酸塩系の化学混和剤は，性能目標を明確にすることにより，開発・改良が可能である。今後，再生骨材の利用や産業廃棄物の低減などの課題もあり，混和剤のはたす役割がより重要となってくる。

## 第4節 配合

コンクリートの配合については，打設後の発熱抑制のため，使用するセメントや混和材の選択を慎重に行うとともに，その組合せに各ダムとも工夫を凝らしている。桂沢ダムでは，温度応力を考慮して中庸熱セメントの使用を予定していたが，北海道内で入手できず，コストを考慮してブロック工法で打設間隔を長く取るようにし，普通ポルトランドセメントを使用した。しかし，昭和29年室蘭に高炉セメント工場が設立されたので，以後高炉セメント（スラグ置換率50%）を使用した。

金山ダムにおいては，配合強度を検討し，初期の水和熱を引き下げることによりクラックの発生をできるだけ防止する目的で，セメントに混入する高炉スラグの量を桂沢ダムの混入率実績 50%から55%に増加させた。また，粉末度や無水硫酸量を変更して長期強度を抑制し，初期の水和熱の引下げと初期強度の発現が増加するよう改良した。しかし,凍結融解試験結果で良い結果が得られなかった。これは，骨材の影響によるものであったが，他所に骨材を求めるとコストアップとなるので，AE剤による空気連行量を標準よりやや多めの4±1%とすることで改善した。

岩尾内ダムでは，中庸熱セメントにフライアッシュを混入したものと高炉スラグを混入したものを比較し，凍結融解試験結果が良かった高炉スラグセメント（置換率55%）を採用した。ただし，凍結

融解試験による耐久性を満足させるために空気量を6%とする必要があった。

豊平峡ダムでは，普通ポルトランドセメント，フライアッシュセメント，中庸熱セメント，中庸熱フライアッシュセメント，高炉スラグセメント等について試験した結果，中庸熱セメントを単身で使用した。

鹿ノ子ダムでは，発熱量の少ない中庸熱フライアッシュセメントを使用した。

定山渓ダムでは，中庸熱セメント，中庸熱フライアッシュセメント，高炉スラグセメントそれぞれにおける凍結融解試験・断熱温度上昇試験・圧縮強度試験を実施した結果から中庸熱フライアッシュセメント（フライアッシュ置換率 20%）を使用した。骨材にモンモリロナイトが多く含まれており，クロスギャラリーに乾燥収縮によるひび割れが発生したため，シリカヒュームを用いた配合（6%）に変更し効果が得られた。

札内川ダムではRCDコンクリートに中庸熱セメントを採用し，高炉スラグを混和材として用いるダム用低熱高炉セメント（置換率：外部コンクリート55%，内部コンクリート65%）を開発した。これにより，セメントの使用量45%，二酸化炭素排出量を25%低減させた。

次に代表的なダムの配合例を示す。

表-5.13　桂沢ダムの示方配合

| 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 | スランプの範囲 | 空気量の範囲 | 水セメント重量比 | 単位セメント量 | 単位水量 | ピンヴァールレンジン2%液 | 粗細骨材比 | 骨材重量(kg) | | | | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 全量 | 細骨材海岸砂 | 粗骨材 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 細砕石 | 小砕石 | 中砕石 | 大砕石 | 計 | |
| | cm | cm | % | % | kg | kg | cc | G/S | | | 5～20 | 20～40 | 40～80 | 80～150 | | |
| A | 150 | 3～5 | 3±1 | 48 | 230 | 110 | 3,300 | 3.00 | 1,975 | 494 | 311 | 311 | 385 | 474 | 1,481 | 練上温度25℃<br>比重：<br>ｾﾒﾝﾄ3.04,<br>海砂2.72,<br>砕石2.54 |
| B | 150 | 3～5 | 3±1 | 50 | 220 | 110 | 3,100 | 2.97 | 2,035 | 512 | 320 | 320 | 396 | 487 | 1,523 | |
| C | 150 | 3～5 | 3±1 | 57 | 180 | 102 | 2,100 | 2.80 | 2,082 | 548 | 322 | 322 | 399 | 491 | 1,534 | |
| D | 150 | 3～5 | 3±1 | 60 | 190 | 102 | 2,000 | 2.80 | 2,109 | 555 | 326 | 326 | 404 | 497 | 1,553 | |

A：外部（上流面），B：外部（下流面）及び通廊周囲，C：内部（堤趾部），D：内部

表-5.14　金山ダム示方配合

| 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 | スランプの範囲 | 空気量の範囲 | 単位セメント量 | 単位水量 | 水セメント比 | 細骨材率 s/a | 細骨材量 | 骨材重量(kg/m³) | | | | | 混和剤 | 摘要箇所 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 5～20 | 20～40 | 40～80 | 80～150 | 計 | ヴィンゾール20%液(cc) | |
| | mm | cm | % | kg/m³ | kg/m³ | % | % | kg/m³ | mm | mm | mm | mm | | | |
| A | 150 | 4±1 | 4±1 | 220 | 105 | 47.7 | 26.4 | 546 | 447 | 432 | 463 | 256 | 1,598 | 210 | A：ダイヤモンドヘッド<br>B：ウエブ |
| B | 150 | 4±1 | 4±1 | 180 | 104 | 57.8 | 27.4 | 583 | 447 | 432 | 463 | 256 | 1,598 | 150 | |

表－5.15　岩尾内ダムの示方配合

| 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 | スランプの範囲 | 空気量の範囲 | 単位水量 | 単位セメント量 | 水セメント比 | 細骨材率 s/a | 骨材重量(kg/m³) | | | | 混和剤 | 摘要箇所 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 細骨材量 | 粗骨材 | | | AE減水剤遅延型 12.5%液 | |
| | | | | | | | | | 150～60 | 60～20 | 20～5 | | |
| | mm | cm | % | kg/m³ | kg/m³ | % | % | | mm | mm | mm | kg/m³ | |
| A | 150 | 4±1 | 5±1 | 103.0 | 160 | 64.4 | 24 | 500 | 652 | 543 | 436 | 3.2 | 内部 |
| B | 150 | 4±1 | 6±1 | 103.0 | 210 | 49.0 | 23 | 465 | 642 | 534 | 429 | 4.2 | 外部 |
| C | 150 | 4±1 | 6±1 | 102.5 | 250 | 41.0 | 22 | 434 | 637 | 531 | 425 | 5.0 | 流水面 |
| D | 60 | 6±1 | 6±1 | 138.0 | 300 | 46.0 | 31 | 559 | | 748 | 565 | 6.0 | 導流壁 |
| M | 5 | | | 300.0 | 505 | 59.4 | | 1,370 | | | | 10.1 | |

表-5.16　定山渓ダムの示方配合

| 年度 | 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 | スランプの範囲 | 空気量の範囲 | 水セメント比 | 細骨材率 (s/a) | 単位量(kg/m³) | | | | | | | | 混和剤 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 単位水量 | 単位セメント量 | シリカヒューム | 単位細骨材量 (s) | 粗骨材(a) | | | | AE減水剤遅延型 | 流動化剤 | |
| | | | | | | | | | | | 150～80mm | 80～40mm | 40～20mm | 20～5mm | | | |
| | | (mm) | (cm) | (%) | (%) | (%) | | | | | | | | | (kg) | (□) | |
| S57～59 | A | 150 | 3±1 | 3±1 | 50.0 | 26 | 110 | 220.0 | － | 517 | 371 | 371 | 356 | 386 | 0.88 | － | A：外部 B：内部 C：マスコン鉄筋部 D：薄壁鉄筋部 打設量 S：57～59 542,272m³ S：60 255,580m³ S：61～63 305,561m³ |
| | B | 150 | 3±1 | 3±1 | 70.0 | 26 | 112 | 160.0 | － | 529 | 380 | 379 | 364 | 394 | 0.64 | － | |
| | C | 80 | 5±1.5 | 3.5±1 | 55.0 | 29 | 128 | 233.0 | － | 556 | － | 412 | 480 | 480 | 0.93 | － | |
| | D | 40 | 8±1.5 | 4±1 | 55.0 | 38 | 170 | 309.0 | － | 660 | － | － | 543 | 542 | 0.77 | － | |
| | M | 5 | － | － | 50.0 | － | 260 | 520.0 | － | 1,427 | － | － | － | － | 2.08 | － | |
| S60 | A | 150 | 3.5±1 | 4±1 | 46.3 | 24 | 110 | 220.0 | 17.6 | 470 | 373 | 373 | 359 | 388 | 0.88 | － | |
| | B | 150 | 3±1 | 4±1 | 64.4 | 25 | 103 | 160.0 | － | 512 | 385 | 385 | 370 | 401 | 0.64 | － | |
| | C | 80 | 5±1.5 | 5±1 | 48.5 | 27 | 122 | 233.0 | 18.6 | 510 | － | 415 | 485 | 484 | 0.93 | 2.33 | |
| | D | 40 | 8±1.5 | 5±1 | 49.4 | 36 | 165 | 309.0 | 24.7 | 614 | － | － | 549 | 548 | 0.77 | 30.9 | |
| | M | 5 | － | － | 46.3 | － | 247 | 520.0 | 12.5 | 1,456 | － | － | － | － | 2.08 | － | |
| S61～63 | A | 150 | 3.5±1 | 4±1 | 46.3 | 24 | 106 | 206.8 | 13.2 | 487 | 373 | 373 | 359 | 388 | 0.88 | － | |
| | B | 150 | 3±1 | 4±1 | 64.4 | 25 | 103 | 160.0 | － | 515 | 385 | 385 | 370 | 401 | 0.64 | － | |
| | C | 80 | 5±1.5 | 5±1 | 48.5 | 27 | 116 | 219.0 | 14.0 | 649 | － | 415 | 485 | 484 | 0.93 | 2.33 | |
| | D | 40 | 8±1.5 | 5±1 | 49.4 | 36 | 157 | 290.5 | 18.5 | 601 | － | － | 549 | 548 | 0.77 | 3.09 | |
| | M | 5 | － | － | 46.3 | － | 248 | 509.6 | 10.4 | 1,504 | － | － | － | － | 2.08 | － | |

表-5.17　札内川ダムの示方配合

| 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 | スランプの範囲 | VC値 | 空気量の範囲 | 水セメント比 | 高炉スラグ置換率 | 細骨材率 | 単位量 (kg/m³) | | | | | | | | 摘要箇所 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 水 | セメント | 細骨材量 | 粗骨材量 (mm) | | | | AE減水剤遅延型 | |
| | | | | | | | | | | | 150～80 | 80～40 | 40～20 | 20～5 | | |
| | (mm) | (cm) | (sec) | (%) | (%) | (%) | (%) | W | C+F | S | | | | | | |
| $A_1$ | 150 | 3±1 | － | 3±1 | 47.3 | 55 | 23 | 104 | 220 | 487 | 465 | 397 | 331 | 464 | 0.55 | 外部 |
| $A_2$ | 150 | 3±1 | － | 3±1 | 64.4 | 55 | 25 | 103 | 160 | 543 | 463 | 397 | 331 | 462 | 0.40 | 内部 |
| $B_1$ | 150 | － | 20±10 | 1.5±1 | 69.2 | 65 | 28 | 83 | 120 | 641 | 471 | 404 | 337 | 471 | 0.30 | RCD |
| $C_1$ | 40 | 8±2.5 | － | 4.5±1 | 57.3 | 55 | 36 | 149 | 260 | 689 | － | － | 620 | 620 | 0.65 | 鉄筋部 |
| M | 5 | － | － | － | 54.5 | 55 | － | 300 | 550 | 1,381 | － | － | － | － | － | |

## 表－5.18　大夕張ダムの示方配合

| 配合区分 | 粗骨材の最大寸法 (mm) | スランプの範囲 (cm) | 空気量の範囲 (%) | 単位水量 (kg) | 単位セメント量 (kg) | 水セメント比 (%) | 絶対細骨材率 (%) | 単位骨材量 (kg) | 単位細骨材量 (kg) | 単位骨材量 全体 (kg) | 150～80 (kg) | 80～40 (kg) | 40～5 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 150 | 4±1 | 3±1 | 100 | 210 | 47.6 | 26.9 | 2,064 | 516 | 487 | 465 | 397 | 331 |
| B | 150 | 4±1 | 3±1 | 98 | 160 | 61.2 | 27.5 | 2,114 | 542 | 543 | 463 | 397 | 331 |

単位混和材料　No.8：セメントの0.25%　　ポゾリスNo.8溶液(1)　A:2.625　B:1.212
No.114：セメントの2/100,000　　ポゾリスNo.114溶液(kg)　A:2.000　B:0.606

## 表-5.19　糠平ダムの示方配合

| 種別 | 粗骨材の最大寸法 (mm) | スランプの範囲 (cm) | 空気量の範囲 (%) | セメント量 (kg) | 水量 (kg) | 水セメント比 (%) | ダレックス cc | 粗細骨材比 | 単位骨材量 細骨材 (kg) | 粗骨材 5～20 (kg) | 20～40 (kg) | 40～80 (kg) | 80～150 (kg) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 150 | 3～5 | 3.2±1 | 230 | 113 | 49 | 120 | 2.8 | 549 | 308 | 323 | 416 | 492 | 注1 |
| C | 150 | 3～5 | 3.2±1 | 170 | 110 | 65 | 100 | 2.8 | 561 | 314 | 330 | 424 | 502 | |

注1：外部及び水叩き，導流壁水平部コンクリート

## 表-5.20　岩清水ダム

| 種目別 | W/C % | G/S % | 種別 | セメント kg/m³ | 水 kg/m³ | 砂 kg/m³ | 大砂利 kg/m³ | 小砂利 kg/m³ | AE剤 kg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A配合 | 50 | | 示方 | 250 | 125 | 696 | 279 | 1,115 | 0.1 |
| | | | 現場 | 250 | 68 | 660 | 268 | 1,219 | 0.1 |
| B配合 | 60.7 | | 示方 | 180 | 109 | 644 | 533 | 988 | 0.08 |
| | | | 現場 | 180 | 61 | 675 | 445 | 1,093 | 0.08 |

A配合：露出部および接岸部，B配合：内部

## 表－5.21　朝里ダムの示方配合

| 配合区分 | 使用箇所 | Gmax mm | スランプ cm | VC値 sec | 空気量 % | 水セメント比 % | フライアッシュ混合率 % | 細骨材率 % | 単位量 水 kg | セメント kg | フライアッシュ kg | 細骨材 kg | 粗骨材 150～80 kg | 80～40 kg | 40～20 kg | 20～5 kg | 計 kg | 混和剤 No.8 | 混和剤 No.202 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A種 | 本体外部 | 150 | 4±1 | - | 3±1 | 53.8 | 20 | 23 | 113 | C+F=210 | 168 / 42 | 480 | 387 | 387 | 387 | 389 | 1,550 | 0.525 | 7A (0.0294) |
| A種 | 岩着部 | 150 | 4±1 | - | 3±1 | 62.2 | 20 | 24 | 112 | C+F=180 | 144 / 36 | 506 | 388 | 388 | 388 | 389 | 1,553 | 0.450 | 7A (0.0252) |
| B種 | 内部RCD部 | 80 | 0 | 20±10 | 1.5±1 | 85.8 | 20 | 30 | 103 | C+F=120 | 96 / 24 | 659 | - | 536 | 459 | 536 | 1,531 | 0.300 | - |
| B種 | 内部柱状部 | 150 | 4±1 | - | 3±1 | 69.4 | 20 | 25 | 111 | C+F=160 | 128 / 32 | 533 | 387 | 387 | 387 | 388 | 1,549 | 0.400 | 7A (0.0192) |
| C種 | 本体鉄筋部 | 40 | 8±1 | - | 4±1 | 56.0 | 20 | 38 | 157 | C+F=280 | 224 / 56 | 713 | - | - | 562 | 564 | 1,126 | 0.700 | 4A (0.0224) |

参考文献

(5-1) セメントの常識：セメント協会，2002年3月
(5-2) 建設省河開発第78号「ダム工事におけるセメント検収制度の簡素化について」抜粋，平成10年7月23日
(5-3) コンクリート技術の要点05：日本コンクリート工学協会，2005年9月
(5-4) 北海道におけるコンクリートの歴史：日本コンクリート工学協会 北海道支部，2003年9月
(5-5) 石炭灰ハンドブック：環境技術協会・日本フライアッシュ協会，平成17年5月
(5-6) フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)：土木学会，平成11年4月
(5-7) 鉄鋼スラグの高炉セメントへの利用について：鐵鋼スラグ協会，昭和60年3月
(5-8) ダム年鑑2004：日本ダム協会，平成16年3月
(5-9) モンモリロナイトとよく似た結晶構造及び特性を示す鉱物には，バイデライト，ノントロナイト，サポナイト，ヘクトライトの粘土鉱物があり，これらを総称してスメクタイトという。
(5-10) 「反応性高分子によるコンクリートのスランプコントロール,セメント技術年報， 39巻, pp.81-84. 1985」藤生明他
(5-11) 「全改訂版・界面活性剤入門，三洋化成工業，pp.1-24,1985」藤本武彦
(5-12) 「AE剤ヴィンソルについて」山宗化学」
(5-13) 「コンクリート技術の要点 ’82,p.44,」日本コンクリート工学協会
(5-14)「混和材料(2)やさしいコンクリートの基礎知識，コンクリート工学，Vol.16,No.11,pp.74-82,1978」西林新蔵
(5-15) 「暑中コンクリートの施工指針・同解説，pp.60-64，2000，日本建築学会」
(5-16) 「コンクリートの新技術の動向，生コンクリート関連JIS改正及び技術動向講習会テキスト,日本規格協会,1989，10」福士勲他
(5-17) 山宗化学ダム使用実績
(5-18) ポゾリス物産ダム使用実績
(5-19)「宮ヶ瀬ダムにおけるＲＣＤ工法の試験施工(6)，ダム技術，No.86，pp.23-34，1993」永山功，片平博
(5-20) 「忠別ダムにおける高流動コンクリートの設計と施工について，第45回北海道開発局技術研所発表会，2002.2」山本重樹他
(5-21) 「二風谷ダム建設の記録」，「滝里ダム建設の記録」北海道開発局

# 第 6 章　ダムの役割と効果

## 第 1 節　多目的ダムの役割と効果

### 1. 河水統制事業から河川総合開発事業へ

我が国の河川行政は，明治 29 年(1896)に制定された旧河川法であり，これによって治水と利水の概念が整理されたということができる。しかし，農業以外の近代産業が発展するとともに，大正時代に入ると水力発電の開発が進み，これと従来からのかんがい，漁業，流筏などとの河水利用に関する競合・紛争が深刻な様相を呈するようになった。また，水力発電のみではなく，都市化の発展とともに都市用水の需要が大きく伸び，こうした現象を更に悪化させる状態であった。

このような社会的背景の下に 1920 年頃から内務省内部に河水統制事業（現在の河川総合開発事業に相当）が提唱され始め，大正 15 年(1926)に発表された物部博士の論文にその考え方が下記のとおり記述されている。

① 河道が全能力を発揮する期間は極めて短いので，貯水による河川水量の調節は洪水防御上有利である。

② 発電が渇水に苦しむのは冬季であり，その季節には洪水の心配がないので，洪水調節容量は発電に利用できる。夏季渇水に対しては多目的として貯水池を多少大きくしておけばよい。

③ 貯水池地点は，我が国では一般に有利なところが少ないので多目的に利用するべきである。治水，かんがい用のものはなるべく平地の近くに設けるべきであり，発電用には上流部のものが有利である点から，水系的に効率的・有機的に運用すべきである。

④ 大規模貯水池の下流には小規模貯水池（逆調整池）を設けるべきである。

⑤ 貯水池埋没策として，将来，砂防工事を大規模に施工する必要がある。

⑥ 計画については，河川全般に通暁した人々によって計画すべきである。

⑦ 耐震設計法によれば，地震にも心配する必要はないと思う。

更に，「我が国としては，一刻も早く河川湖沼について水量調節による治水上の効果，種々の利水の増進などを調査して，これに関する大体の方針を定め，今後実施されるべき治水及び利水事業において，河川水量に関しては事情の許す限りこの方針に則り，また，単独目的の貯水池を設置する場合も，治水又は他の水利事業にも有益なよう工事を実施させるようにし，これに対して何らかの助成の方法を講じなければならないと考える。」と事業の緊急性並びに方策に触れている。

これらの具体的施策として内務省は調査費を要求したが認められなかった。そのため，各県土木部長宛に 28 河川について共同貯水池建設可能地点を示して調査を依頼した。その結果，一部の河川で共同貯水池の調査が実施され，河水統制事業の第 1 歩が踏み出された。

内務省はその後も度々調査費を要求したが実現しなかったので，昭和 9 年(1934)に河水統制事業を急速に立案するため，関係府県に委員会を設置するよう指令し，実質的な活動を促進することとなり，一部に系統的な調査が発足するに至った。この当時の社会情勢は，満州事変（1931）を契機とする工業の発達と人口の都市への集中，頻発した干ばつに対処しようとするほか，軍需産業のための電力増産は国家的使命であったことから，県営電気事業に対する関心が高まっていた。よって，各地で大蔵省預金部の融資による県営事業として利水を主とした共同貯水池が多数着手されていた。したがって，河水統制事業と言うよりも，利水統制事業であったと言っても過言ではない状況であった。その結果，昭和元年～20 年(1926～1945)までに全国で建設されたダムの総数は第 1 章表-1.2 に示すとおり 400

基を数える。

1937年度に河水統制事業調査費が予算化され，ようやくその緒に就いたとき盧溝橋事件(1937)を発端として日中戦争が始まり，戦争の拡大とともに各種の事業は殆ど中止となった。

1945年太平洋戦争が終了し，荒廃した国土に相次ぐ災害や極端な物資の不足と食糧難に人心は疲弊の極限にあった。このような状況から日本を復興するには，食糧増産と工業生産活動のために電源開発が急務であった。しかし，経済の混乱期にあり復興事業は遅遅としていたが，戦争で中断していたダム工事が再開され始めていた。

1947年経済安定本部の中に河川総合開発調査協議会が設置され，水の開発と有効利用について検討を始め，各府県に河水統制事業調査費の補助を行った。その後，1950年に国土の保全，食糧増産，水力の開発を目的とした「国土総合開発法」が施行され，戦後再開されていた石淵ダム，田瀬ダム，猿谷ダム，五十里ダム等は1951年度より「河川総合開発事業」と改称した。

1951年5月，太平洋戦争中に電力会社が統制されて出来た日本発送電株式会社は，現在の9電力会社に解体され，各地域の電力供給を分担することになった。しかし，戦後の産業復旧のために電力開発が急務であり，積極的に進める必要から1952年に「電源開発促進法」が施行され，電源開発株式会社を設立して重要な水力地点の開発を専門に行うこととなった。

## 2. 費用負担

河川総合開発事業発足当時のダムは洪水調節，農業用水，水力発電を主目的としたものが多く，それぞれの目的に応じて費用を持ち合って一つのダム（共同施設）を建設するという考え方が支配的であった。この費用配分の基本をなす「電源開発促進法費用負担」の政令が1953年に制定され，1967年に改正されるまでの間，原則として「身替り妥当支出法」により費用負担が行われていた。

この支出法による実際の費用支出は，河川工事に係る費用は河川法に基づく河川事業費として国が支出し，それ以外の発電・上水道・工業用水などの費用はそれぞれの事業主から委託を受けて工事を施工していた。したがって，出来上がったダムもそれぞれの費用の出し分に応じて財産を所有する「共同施設」であって，その維持管理に関する費用もそれぞれの所有者から委託を受けて管理していた。そのため，委託契約が終わらなければ工事が出来ず，施工工程に影響が生じ，維持管理にも支障が大きかった。

よって，1957年に「特定多目的ダム法」を制定し，国が所管する多目的ダムについては建設大臣自らの施行とし，完成後も河川工作物として自ら維持管理することとなった。このため，従来委託を受けていた費用は，事業参加者より国庫に納入することとし，ダムの財産に変わるものとして事業参加者にダム使用権を与えることとなっている。ただし，都道府県が所管する多目的ダムについては，その法律の適用はなく，依然として共同事業を施行することとなっている。

昭和30年代中期の高度成長期に入ると，制定当時には合理的な費用負担法と考えられていた方式も，社会経済の変化によって以下に掲げるさまざまな問題があり見直しが必要になってきた。

① 昭和29年当時の経済評価を基にした妥当投資額の評価方法が，昭和30年代の社会経済の急速な変化を反映できないこと。

② 物価の著しい上昇に対して，それまで行われてきた昭和29年度価格へのスライドバック方式が運用上の限界に達していた。

③ 経済の成長と都市への人口集中の結果，工業用水と合わせて都市用水の需要が急速に伸びて，多目的ダムへの参加が増加したが，これ等の効用の算出方法が一定の基準によらず個別に協議

して定めることとしていたこと。

④ 効用の低い事業に参加した場合，共同事業費の増分を当該参加者が負担しないケースもあった。

以上のことから，1965 年経済企画庁を中心として「アロケーション問題協議会」を設置して１年余りの審議の末，1967 年に「分離費用身替り妥当支出法」を採用した新アロケーション方式要項が決定され，近年まで運用されてきた。

しかし，経済が安定成長期に入り社会情勢が変化していく中で，大きな水需要の伸びが見られなくなり，事業の途中で利水者の一部が撤退して事業を縮小する事例や，場合によっては事業そのものを中止する事例が見られるようになってきた。このような場合，引き続き事業に参加する者に，本来なら負担する必要のなかった費用を，余分に負担させることになるなどの多くの問題がある。このため，従来のアロケーション方式に加えて，事業の縮小，又は廃止の場合の費用負担方法を「特定多目的ダム法施行令」，「河川法施行令」に定めて 2004 年２月 25 日より施行した。

## 3. 多目的ダムの貯水池運用

### (1) 貯水池容量の配分

多目的ダムは，常時は空にして洪水調節のための容量を待機しなければならない。一方，利水のためには流量の豊富なときに計画量を貯留しておかなければならない。この競合関係を調整する貯水池運用には図-6.1 に示すように，オールサーチャージ方式と制限水位方式がある。

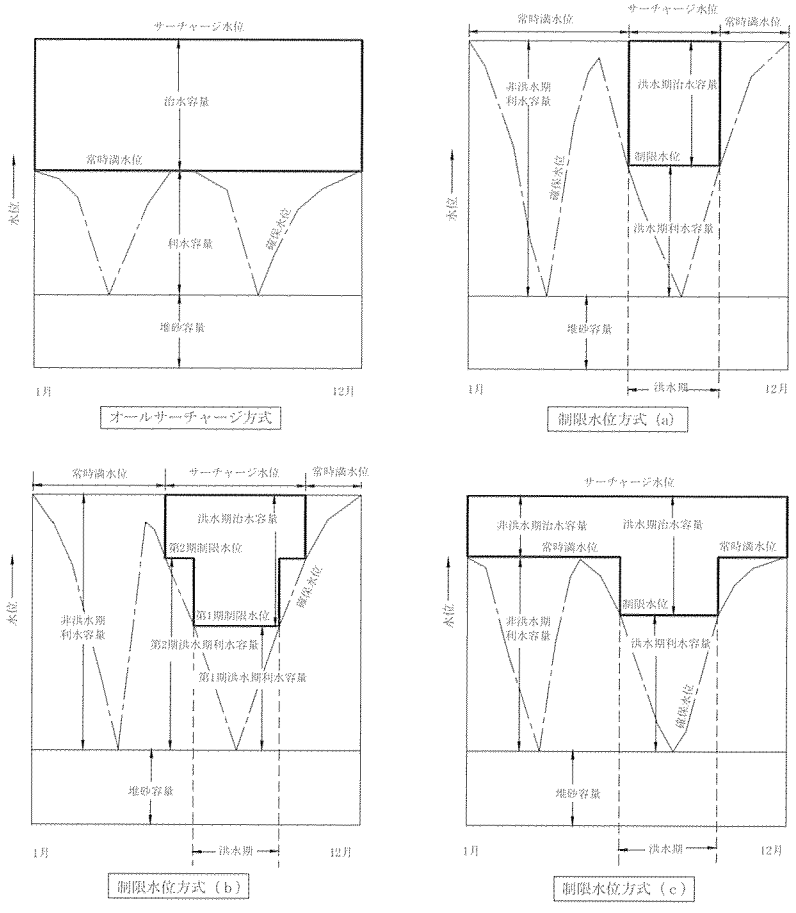



図-6.1 多目的ダムの貯水池容量配分

オールサーチャージ方式は比較的小流域に於いて用いられていた方式で，管理が容易であるが利水計画と競合する要素を持っている。しかし，非洪水期に於ける異常出水などに対応可能なこともあり，最近は流域が大きくても採用されるようになった。定山渓ダム，滝里ダム，有明ダム，美唄ダム，新中野ダム，愛別ダム，小平ダム，朝里ダム，栗山ダム，浦河ダム，上ノ国ダム，庶路ダムがオールサーチャージ方式である。

制限水位方式は洪水期間に必要な調節容量を確保するため，貯水池の水位を一定の水位まで下げておく方法である。梅雨，台風あるいは融雪の各時期によって洪水規模が明らかに異なる場合には，その時期毎に制限する水位を変えて，1 段制限あるいは 2 段制限にすることにより利水計画との調整を図ることもある。これに相当するのが桂沢ダム，金山ダム，岩尾内ダム，豊平峡ダムで，2 段制限水位方式（b）を採用している。

しかし，上記ダムが計画された時代と最近の気象状況は変化しており，非洪水期に貯水池水位が常時満水位付近にあるとき，異常出水（急激な暖気による融雪出水など）があった場合には対応が困難である。このような事態を考慮して，非洪水期の出水についても必要に応じて調節容量を確保し，管理が容易な洪水調節計画とすることが望ましい。これに相当するのが鹿ノ子ダム，美利河ダム，二風谷ダム，札内川ダムで，制限水位方式（c）を採用している。

### (2) 貯水池の運用

洪水調節容量は洪水時以外には常に空にして次の洪水に備えておかなければならない。したがって，利水は常時満水位以下の水量を利用することになるが，利水目的は複数（流水の正常な機能の維持，かんがい，上水道，工業用水）あるので，一定のルールに従って運用される。そのルールは確保水位であり，ダム基本計画及び操作規則に明示されている。確保水位は，それぞれの水利権量と，ダムがなかったときの自然流量との差し引き不足量を累計して，貯水池水位に換算したものである。

北海道の多目的ダムの確保水位は，図-6.1 に示すように，融雪出水直前と夏季渇水期のかんがい用水補給終了時に最低水位となり，融雪出水時と秋雨出水時に水位回復を図るよう決められている。

多目的ダムの場合には電力は独自の容量を持たないので，常時満水位あるいは制限水位と確保水位との間の水量を用いて発電することになる。

利水計画を上回る異常渇水が生じた場合の対応について，河川法第 53 条は「異常な渇水により，許可に係る水利使用が困難となり，又は困難となるおそれがある場合においては，水利使用の許可を受けた者は，相互にその水利使用の調整にについて必要な協議を行うように努めなければならない。この場合において，河川管理者は，当該協議が円滑に行われるようにするため，水利使用の調整に関して必要な情報の提供に努めなければならない。」と定めている。

利水目的のうち「流水の正常な機能の維持」とあるが，河川砂防技術基準では「維持流量」と「水利流量」とに分けて，これを合わせて「正常流量」としている。すなわち，「流れの正常な機能を維持するために必要な流量とは，舟運，漁業，景観，塩害の防止，河口閉塞の防止，河川管理施設の保護，地下水位の維持，動植物の保存，流水の清潔の保持等を総合的に考慮し，渇水時において維持すべきであるとして定められた流量「維持流量」，及びそれ（河川管理施設）が定められた地点より下流における流水の占用のために必要な流量「水利流量」の双方を満足する流量であって，適正な河川管理のために定めたものをいう」と定義している。

したがって，ダム計画以前から水利権を有していた上水道用水，工業用水，かんがい用水等は「水利流量」に含まれるので，新たにダム計画の目的としての上水道用水，工業用水，かんがい用水とは別に優先的に取り扱われるものであり，通常は「不特定」という言葉で扱われている。

## 4. ダムの効果

我が国の気象は大陸性気流と海洋性気流が交わる低気圧の経路となっていることから，降雨には恵まれているが，その反面集中豪雨が起こりやすく，6月から7月にかけては梅雨前線が，8月から9月にかけては台風が各地に大きな洪水と被害を引き起こしている。年平均降水量は1,750mmと多いが，人口一人当たりでは世界平均の1/6にすぎない。降雨の季節及び地域ごとの変動が大きく，水資源利用の面からは不利な自然条件となっている。また，国土面積の10%に過ぎない河川氾濫区域に人口の50%と資産の約75%が集中しており，一旦洪水が起こると大きな被害が発生している。

このように厳しい自然条件から生命の安全と財産を守り，豊かな社会基盤の整備を目指した河川総合開発事業は，発足以来2003年までに454基のダムを完成させ，我が国の経済社会に多大の成果を上げてきた。その概要は，表-6.1に示すように，治水容量として58億4千万$m^3$確保したほか，都市用水173億$m^3$/年，農業用水34億$m^3$/年を新規に開発するとともに，ダム事業に参加した電気事業により最大出力898万kWの電力が開発されている。

国土交通省河川局はこれ等のダムがどのような効果を発揮したかについて，次のように公表している。治水上の効果として1987年から2001年までの15年間にダムによる洪水調節と下流河道改修により，全国で約4兆2千億円の洪水被害を軽減した。この試算を基に100年間のダム洪水被害軽減額を推定すると約28兆円となる。なお，2001年度までにダム等建設事業に投資した総額は約4兆円である。(6-1)

個別の例では荒川に於ける1999年8月の出水では，二瀬ダム，荒川調整池，浦山ダムによる洪水調節で約7,300億円の洪水被害を軽減したと推定される。また，裾花川（長野県）では1995年7月の出水では，奥裾花ダムと裾花ダムの洪水調節効果は約2,500億円規模になるものと推定される。

表-6.1 完成ダムによる整備効果（平成15年まで）

| 所管区分 | | 国土交通省 | 水資源機構 | 都道府県 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|
| ダム数 | | 103 | 26 | 325 | 454 |
| 治水容量（百万$m^3$） | | 2,340 | 1,927 | 1,581 | 5,848 |
| 発電最大出力（万kW） | | 568 | 70 | 260 | 898 |
| 開発水量 | 水道用水（億$m^3$/年） | 34.6 | 49.7 | 29.0 | 113.3 |
| | 工業用水（億$m^3$/年） | 11.6 | 29.7 | 18.1 | 59.3 |
| | 農業用水（億$m^3$/年） | 16.5 | 9.7 | 7.4 | 33.7 |

利水上の効果として，首都圏では1963年から64年にかけての東京五輪渇水で513日の給水制限を行ったが，その後のダム等の整備により，より厳しい少雨であった1996年の首都圏渇水では給水制限が41日に減少した。また，近畿圏では1978年の渇水により161日の給水制限があったが，その後のダム等の整備により，より厳しい少雨であった1994年の列島渇水での給水制限は44日に減少した。

更に，ダムによる水力発電量は約9,500MWhで原油消費量に換算すると2,216万$m^3$となり，甲子園球場の約37個分に相当する。日本の$CO_2$排出量の25%は電気事業者によるものであるが，水力発電がなかったら$CO_2$排出量は5.5%増加している。(6-2)

国土交通省は以上の外に，個々のダムにおける効果の評価方法として，2002年度から「ダム等の管理に係るフォーローアップ制度」を導入して，5年毎に「定期報告書」を作成して公表することとしている。「定期報告書」とは，ダム管理開始以降の洪水調節，利水補給，堆砂，水質，生物，水源地域動態，景観の状況を取りまとめ，適切な管理運用が行われていたかを評価するものである。

国土交通省北海道開発局では札内川ダム及び滝里ダムの結果を報告している。

## 第2節　水力発電の役割と効果

### 1. 水力発電とダム

1870年頃ドイツで発電機が実用化され，電力が産業界に利用されるようになると，水車で発電機を駆動する水力発電が始められ，ダムの役割に新たに水力発電が加えられた。かんがい用水や水道用水などに安定した水量を得るという役割を果たしていたダムに，水位落差を得るという水力発電特有の役割が付加されたのである。

水力の発電形式は，時代とともに“流れ込み式”から“水路式”，“ダム水路式”，“ダム式”へと発展しており，取水機能もしくは貯水機能のほかに，水の位置エネルギーを得る機能が加えられた。流れ込み式及び水路式発電とは，河川の自然流量を調整することなく，そのまま発電する方式で自流式発電とも呼ばれている。ダム式発電とは，ダムに水を湛水させ，その落差を利用して発電する方式であり，貯水池の水の使用を調整することにより，電力需要の変動に対応することができる。ダム水路式発電とは，ダム式と水路式を併用した方式であり，ダムと水路の両方から落差を得ることができる方式である。

### 2. 北海道における水力発電の変遷

#### (1)　水力発電のはじまり（流れ込み式発電の開始）

明治維新から明治中期に至る時代は，我が国が近代国家の形成を急いだ時代であり，エネルギーとしては，石炭を燃料とする火力発電が主流となっていた。水力発電は，明治中期頃から石炭火力の代替エネルギーとして登場し，紡績業（1888年，宮城紡績会社：三居沢発電所）や鉱山業（1890年，足尾銅山：間藤原動所）における自家用として開発されていった。

電気事業用として最初に開発されたのは，京都市による琵琶湖疎水を利用した蹴上発電所（1892年）で，この電力が我が国で初めて市街電車を実現したものである。琵琶湖疎水事業は，田辺朔朗が中心となって計画された事業で，当時の日本の土木工事がほとんど海外の技術者に頼らざるを得なかった時代に，日本人だけで完成した記念すべき事業あり，『京都インクライン物語』（田村喜子著，新潮社，1982年）に詳しく描かれている。このように，水力発電のはじまりは，小規模な流れ込み式発電の開発からはじまったといえる。

日露戦争後，日本経済は大きな成長を遂げ，電力需要の大きな拡大をもたらした。石炭火力を主力とするエネルギー構成であったが，戦争による炭価の高騰や保安規制が厳しくなる中，水力開発を積極的に進める事業者が出現した。更に，高圧送電や遠距離送電が実現したため，大容量の水力開発が可能となった。この頃から，低い取水堰から，ゲートを有する可動式ダムへ，更に調整池を有するダムへと拡大されながら，大容量のダム式あるいはダム水路式発電に発展した。1912年に完成した下滝発電所（現鬼怒川発電所）の黒部ダム（堤高 33.9m）は，我が国最初の発電用の重力式コンクリートダムとして建設された。

1911年から，我が国の電源構成は，火力発電が水力発電よりも構成比率が高い“火主水従（かしゅすいじゅう）”から“水主火従（すいしゅかじゅう）”へと大きく変化した時代である。水力発電が火力発電を上回ったのは1911年であり，この年から我が国の電気事業は，1960年頃までの約半世紀に亘る“水主火従”時代となる。

この時代に道内で開発された水力発電所は表－6.2のとおりである。

表－6.2　明治時代における北海道の主な水力発電所

| 発電所名 | 水系・河川名 | 運開年 | 運開時最大出力 | 発電方式 |
|---|---|---|---|---|
| 千歳第一 | 石狩川・千歳川 | 1910年 | 10,000　kW | 水路式 |
| 岩内 | 幌内川 | 1906年 | 120　kW | 水路式 |
| 定山渓 | 石狩川・豊平川 | 1909年 | 400　kW | 水路式 |

(2)　大容量水力発電の開発（ダム式，ダム水路式発電の開始）

大正時代に入り我が国経済は，世界的な経済動向の影響を受けながら順調な拡大が図られた。こうした中，長距離送電の成功により大容量水力発電の開発が可能となったことにより，低廉な余剰電力を利用する工業が起きたため，水力開発が盛んとなったのであった。

高圧による長距離送電の成功と発達は，水量豊かな山岳電源地帯の開発を促進し，特に大正後期からの大容量水力発電の開発は目覚しいものがあった。また，大容量水力発電の開発は，大正末期から平水量基準と渇水補給に火力を使用する方式を背景に，昭和に入ってからも継続された。

この時代に道内で開発された水力発電所は表－6.3のとおりである。

表－6.3　大正～昭和初期の北海道の主なダム・発電所

| ダム名 | 発電所名 | 水系・河川名 | 運開年 | 運開時最大出力 | 発電方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一の沢 | 一の沢 | 石狩川・豊平川 | 1926年 | 945　kW | ダム水路式 |
| 古川 | 上川 | 石狩川・石狩川 | 1929年 | 12,000　kW | ダム水路式 |
| 相沼内 | 相沼内 | 相沼内川・相沼内川 | 1930年 | 300　kW | ダム水路式 |
| 常路川 | 磯谷川第1 | 常路川・常路川 | 1931年 | | |

一方，戦時体制下においては，水力発電が電力供給の主力となり，国の発電設備計画は水主火従を原則とし，主として大規模な水力発電所が開発された。

この時代に道内で開発された水力発電所は表－6.4のとおりである。

表－6.4　戦時中の北海道の主なダム・発電所

| ダム名 | 発電所名 | 水系・河川名 | 運開年 | 運開時最大出力 | 発電方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 岩松 | 岩松 | 十勝川・十勝川 | 1942年 | 12,600　kW | ダム水路式 |
| 雨竜第1，第2 | 雨竜 | 石狩川・太釜別川他 | 1943年 | 51,000　kW | ダム水路式 |

終戦を迎えたころ，戦時被害を受けた発電設備は火力に比べ水力の被害は軽微で，発電出力はほとんど減退していなかった。当時の発電設備計画が水主火従であったこと，また水力発電所がほとんど戦災を受けず補修・修繕によって発電力を回復したことが，戦後の復興に如何に役立ったか計り知れないものがあった。前述したように，当初の水力発電は初期投資が比較的小さい流れ込み式発電所が主たるもので，渇水期の水力減退分を火力発電で補う方式であった。

ところが，戦後復興期の石炭火力は，石炭供給の不円滑，炭質の低下，炭価の高騰などから能率及び経済性が著しく低下したため，水の利用率を高め，季節的アンバランスを克服するためにダム式発電所の建設が重要視されるようになった。また，昭和20年代後半から，増大する電力需要を背景に新鋭火力発電所の建設が進みこれらをベース電源として，ピーク需要をまかなう供給力として大規模なダム式発電所の重要性が増してきた。

北海道においては，十勝地方の水力開発が脚光を浴び，十勝川での然別系と糠平系の流域変更計画による電源開発が早急に進められ，逼迫した電力事情の緩和に貢献した。

この時代に道内で開発された水力発電所は表－6.5のとおりである。[6-3), (6-4)]

表－6.5　十勝川水系の主なダム・発電所

| ダム名 | 発電所名 | 水系・河川名 | 運開年 | 運開時最大出力 | 発電方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 糠　平 | 糠　平 | 十勝川・音更川 | 1956年 | 42,000　kW | ダム水路式 |
| 元小屋・糠南 | 芽登第1 | 十勝川・音更川 | 1958年 | 27,400　kW | ダム水路式 |
| 活込 | 足　寄 | 十勝川・美里別川 | 1955年 | 40,000　kW | ダム水路式 |

### (3)　日高一貫開発

高度経済成長期を迎え，電力需要は急激な増大が見られた。1955年頃から10年間は貯水池・調整池式の一般水力が大幅な進展を遂げ，ダム式水力発電所の開発がこの時期の経済成長を支えていたといえる。水主火従の電源構成は，1962年頃まで続き，その後火力・原子力発電が進展したが，貴重なピーク電源として貯水池・調整池式発電所も継続開発された。その流れは，河川一貫開発を呼ばれ，それまでの上流大規模貯水池開発を受け，1960年以後に取り組まれた中流水力開発である。

このような背景の中，北海道の水力発電において特に重要な電源開発は日高一貫開発計画であった。北海道の背骨といわれる日高山脈から太平洋側に向かって南西に広がる日高地方は，降水量は道内で最も多いものの，地域を流れる鵡川，沙流川，新冠川，静内川の各河川は平行に流れており，しかも各流域面積が小さい。また，地質構造が変化に富み，表土も薄いため水持ちが悪く，豊水量と渇水量の差が大きいなどの特徴があるため，水力開発には必ずしも理想的とはいえない地域である。

日高一貫開発は，4河川の本格的な一貫開発として計画され，その最大の特色は，中小河川を徹底的に利用するため，河川流域の大胆な変更・統合を行い，このようにして集めた水を大小の貯水池・調整池に貯留し，系統全体を大きなピーク電力ブロックにつくりあげたことにある。

このように徹底した流域変更方式を採用した例は，我が国の発電技術史でも珍しく，更に最上流の奥新冠貯水池から最下流の双川調整池までの中に放棄（無効）落差が生じないようにして，徹底的な水力資源の活用を図っていることも大きな特色である。

計画に実施にあたっては，4段階にわたり戦略的に展開された。

第1段階は，本格開発に必要な前進拠点（工事用電力の供給基地も兼ねる）として，交通の便がよく，比較的短期間で完成できる地点として，岩知志ダム・発電所（新冠川，1958年），岩清水ダム・発電所（沙流川，1959年）が建設された。

第2段階では，鵡川→沙流川→新冠川→春別川（静内川水系）の河川連携が行われ，双珠別ダム・右左府発電所（沙流川，1961年），奥新冠ダム・発電所（新冠川，1963年），春別ダム・発電所（春別川，1963年）が相次いで完成するとともに，開発の大きな特徴である流域変更が完了した。

第3段階は，大規模貯水池の建設とピーク電源開発の時期であり，日高開発の目玉となった新冠，高見の揚水発電所建設期となる。この時期には，静内ダム・発電所（静内川，1966年）及び下新冠ダム・発電所（新冠川，1969年）が完成し，各々高見，新冠両発電所の下部調整池として重要な役割を果たすダムとなった。

第4段階は，系統全体の完成時期であり，東の沢ダム・発電所（静内川，1987年），更に奥沙流ダム・発電所（沙流川，1994年）が完成し，日高一貫開発計画がほぼ完了したといえる。[6-5)]

日高一貫開発の主要なダムと発電所を表-6.6に示す。

表－6.6　日高一環開発における主なダム・発電所

| ダム名 | 発電所名 | 水系・河川名 | 運開年 | 運開時最大出力 | 発電方式 |
|---|---|---|---|---|---|
| 岩知志 | 岩知志 | 沙流川・沙流川 | 1958年 | 13,500　kW | ダム水路式 |
| 岩清水 | 岩清水 | 新冠川・新冠川 | 1959年 | 15,000　kW | ダム水路式 |
| 双珠別 | 右左府 | 鵡川・双珠別川 | 1961年 | 25,000　kW | ダム水路式 |
| 春　別 | 春　別 | 静内川・春別川 | 1963年 | 27,000　kW | ダム水路式 |
| 奥新冠 | 奥新冠 | 新冠川・新冠川 | 1963年 | 44,000　kW | ダム水路式 |
| 静　内 | 静　内 | 静内川・静内川 | 1966年 | 46,000　kW | ダム式 |
| 下新冠 | 下新冠 | 新冠川・新冠川 | 1969年 | 20,000　kW | ダム式 |
| 双　川 | 双　川 | 静内川・静内川 | 1979年 | 7,300　kW | ダム式 |
| 東の沢 | 東の沢 | 静内川・ｺｲｶｸｼｭｼﾋﾟﾁｬﾘ川 | 1987年 | 20,000　kW | ダム水路式 |
| 奥沙流 | 奥沙流 | 沙流川・ｳｴﾝｻﾞﾙ川 | 1994年 | 15,000　kW | ダム水路式 |

### 3. 地球温暖化防止への貢献

日本の一次エネルギーは，第一次石油ショック直前に石油の割合が最も高くなり，全エネルギーの77%に達した後，石油ショックで原子力，液化天然ガス（LNG），石炭等の導入が進み，2004年度の石油への依存度は約50%となっている。[6-6]

発電における電源別構成では，かつては水力発電が中心であったが，1962年頃から火力発電が水力発電を上回るようになった。火力発電の燃料は，石油，石炭等が使用されており，最も多い時期で全発電電力量の6割以上を石油が占めていた。

表－6.7　発電設備の構成比率および発電電力量比率（2004年度）

| | 発電設備容量（万kW） | | 発電電力量（億kWh） | | $CO_2$排出量 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 平成16年度 [6-4] | | 平成16年度 [6-4] | | g－$CO_2$/kWh [6-5] |
| 水　力 | 4,526 | 19.10% | 970 | 10.00% | 11.3 |
| 火　力 | 14,517 | 61.10% | 5,860 | 60.40% | |
| 石　炭 | 3,784 | 15.90% | 2,397 | 24.70% | 975.2 |
| LNG | 5,993 | 25.20% | 2,491 | 25.70% | 519～608 |
| 石　油 | 4,333 | 18.20% | 798 | 8.20% | 742.1 |
| その他 | 407 | 1.80% | 174 | 1.80% | |
| 原子力 | 4,712 | 19.80% | 2,824 | 29.10% | 21.6～24.7 |
| 新エネルギー | － | － | 51 | 0.50% | |
| 合　計 | 23,755 | | 9,705 | | |

その後，二度の石油ショックを契機に原子力，石炭，LNG等を使用する電源の開発が進み，表-6.7に示すように，2004年度の発電設備の構成比率及び発電電力量比率では，原子力発電が約20%（設備）及び約30%（電力量）を占めているのに対し，水力発電は約20%（設備）及び10%（電力量）となっている。[6-7]

一方，$CO_2$排出量をみると，水力発電は火力発電など他の電源と比較して大幅に少ないことがわかる。

水力発電は，この極めて少ない$CO_2$排出量のうちの約8割が発電設備の建設に伴う$CO_2$排出量であることから，発電運転中においてはクリーンな純国産エネルギーであり環境負荷の軽減に大きな効果を発揮しているといえる。

世界エネルギー消費量は今後大幅に増加することが想定される。これに伴う二酸化炭素の排出が地球規模の環境問題となっており、その対策としては，先進国が化石燃料の消費を抑制すること、省エネルギーに努めること，循環型自然エネルギーを開発・実用化することなどが考えられる。

水力発電の利点は，再生可能な純国産の循環型自然エネルギーであり，発電運転中の二酸化炭素の排出が殆んどない、耐用年数が長い，地域開発に大きな貢献している，技術的に確立されているなどが挙げられる。一方，欠点は，コストが高い，自然環境に影響を及ぼすとされている点がある。

水力発電の利点を活かして、新たな開発が期待されている。しかし，大規模な開発に適したダムサイトの建設は現在ほぼ完了している。今後の開発にあたっては，環境に配慮しつつ経済性の向上を図りながら，低落差や小流量に適応した技術の導入などによって，発電ダム以外のダムを含めて未利用落差を活用した中小水力発電の開発が考えられる。また，中小水力の開発は，貴重な国産エネルギー確保の面から大きな力を発揮し，発電のみに留まらず，水力発電を核とした地場産業の創出など地域の自立的な発展に貢献することも期待されている。

純国産の循環型自然エネルギーである水力発電は，人類の貴重な財産として次世代に受け継いでいかなければならない。これからの水力発電は，地球環境問題などの観点から時代に要請されたエネルギーとして開発されていくこととなる。(6-8)

## 第3節 新たなダムの建設に向けて

### 1. ダム建設の必要性

#### (1) 社会的な背景

ダム型式別の道外と北海道の最古ダムを表-6.8に示す。道外と北海道を比較すると，アースダムは1800年以上の大きな歴史の差がある。これに対して，コンクリートダムは，我が国最古のコンクリートダム（布引五本松ダム）の建設が1900年に対し，北海道では1910年に千歳第一ダム（低ダム），1918年に千歳第三ダムが建設されているので，その差は殆んどない。その後，今日までの90年足らずの期間に72のダムが建設されていること，また，それぞれのダムが特徴的であり技術的な変革が著しいことから，改めてダム技術はオーダーメイドであることを認識するとともに，特に北海道のダムに関係した諸先輩に敬意を表すものである。

これは，北海道は道外と比べて，歴史が短いという歴史認識を変えさせられるもので，むしろ北海道のコンクリートダムは，全国のコンクリートダム技術の先駆的な役割を担っていたのではないかと感じさせる。

表-6.8 ダム型式別の道外と北海道の最古ダム

| 型　式 | 道外最古のダム | | | 北海道最古のダム | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ダム名 | 堤高 | 竣工年 | ダム名 | 堤高 | 竣工年 |
| アースダム | 蛙股池 | 17.0m | 162年 | 東桜岡第一 | 17.5m | 1913年 |
| 重力式コンクリートダム | 布引五本松 | 33.3m | 1900年 | 千歳第三 | 23.6m | 1918年 |
| バットレスダム | 笹　流 | 25.3m | 1923年 | 笹　流 | 25.3m | 1923年 |
| ロックフィルダム | 小　渕 | 18.4m | 1951年 | 幌　加 | 32.0m | 1965年 |
| アーチダム | 三　成 | 36.0m | 1953年 | 奥新冠 | 60.0m | 1963年 |
| 中空重力式ダム | 井　川 | 103.6m | 1957年 | 金　山 | 57.3m | 1967年 |

北海道のダム建設の急速な進展には，北海道特有の次のような背景があったことによるものである。

① 石炭など地下資源開発に伴うエネルギー開発，農地開墾に伴う水需要など急速な水資源開発への要望があったこと。

② 山間地は国有地が多く，民地においても風土文化が根強くなく，用地問題が少ないこと。

③ 補助率の特例措置など，国家をあげて財政的支援があったこと。

④ 道外に比べ，社会資本整備の遅れから治水利水開発促進への要望が高かったこと。

その結果，治水，利水の両面から整備が進み，十分とはいえないまでも今日においては数十年確率洪水における安全性と，数年に一度の渇水に対する安全度を確保するに至っている。また，社会資本が整備された近年においては，環境保全の重視，人口減少社会，財政難などの社会情勢変動の中で新たなダム建設は世論から理解され難い状況にある。

社会資本整備が現状で十分であるという訳ではなく，さらに充実するためには，現状の社会的背景を理解した上で，どのような方策があるかという点について論ずる必要がある。

### (2) 気象変動による異常出水頻度の増加

2005年10月に気象庁が取りまとめた「異常気象レポート2005」によると，1998～2004年の5年間における日本の気象の特徴は，以下にように記載されている。

① 全般に顕著な高温であった。最高気温の記録更新が続出した。熱中症，酷暑害の報告が増加した。とくに春期が顕著な高温であった。

② 一方，北日本を中心に気温変動が大きかった。2003年は10年ぶりの冷夏であった。農業被害額は2,500億円を超えた。

③ 異常な少雨よりも，異常な多雨の発生が顕著であった。

図-6.2は異常気象レポートに報告された浸水害規模の推移である。ここ20数年の大きな傾向として近年は水害が小康状態であるように見える。一方，平均降水量については，日本では1950年代以降わずかながら

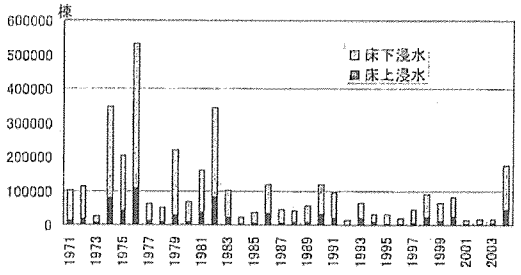



図-6.2 日本の浸水害(1971～2004年)[6-9]

地方自治体や公共機関が取りまとめた報告物をもとに気象庁が集計

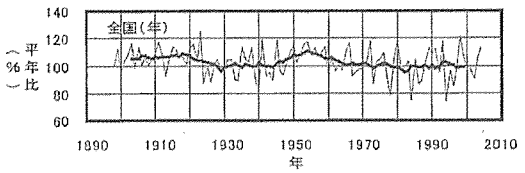



図-6.3 日本の降水量の平年比の経年変化(1898～2004年)[6-9]

平均値の期間は1971～2000年

ら減少傾向が見られる（図-6.3）。また，20 世紀の 100 年間，大雨の頻度が増加傾向にあるという統計も出てきている。（図-6.4）。従って，浸水害の小康傾向は対策の充実と考えることができる。

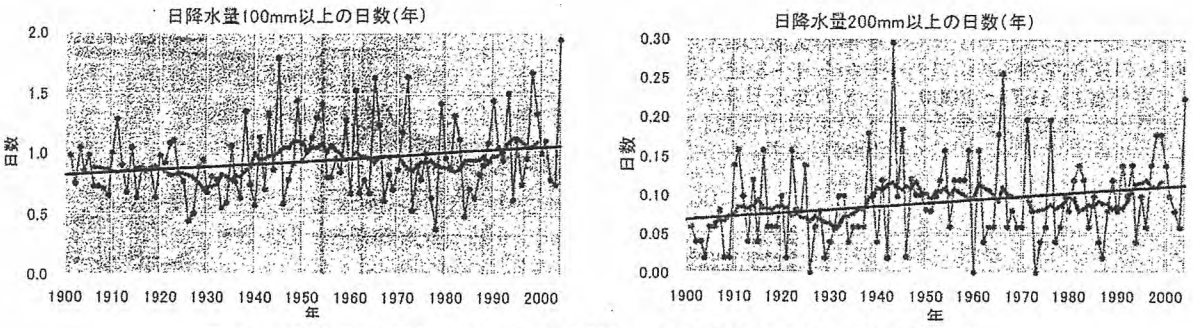



**図-6.4 日降水量 100mm 以上および 200mm 以上の年間日数の経年変化**[6-9]

均質な長期データのある日本 51 地点の統計。縦軸は 1 地点あたりの年間出現数。
細線は年々の値。太線は 11 年移動平均値。直線は長期変化傾向。

2004 年日本に 10 個の台風が上陸し，梅雨末期の豪雨に伴う大雨，洪水，高潮などの被害が相次ぎ，死者・行方不明者が 326 人に及び歴史的にみても最も特異な年であった。今後このような災害が発生する可能性は少ないのだろうか。

気象庁が地域対象システム（アメダス）を開始した 1976 年からのデータに着目して，1 日の雨量が 400mm を越える降雨の発生回数を整理すると図-6.5 のとおりとなる。図-6.5 から，近年大雨発生回数が増加傾向にあることが分かる。

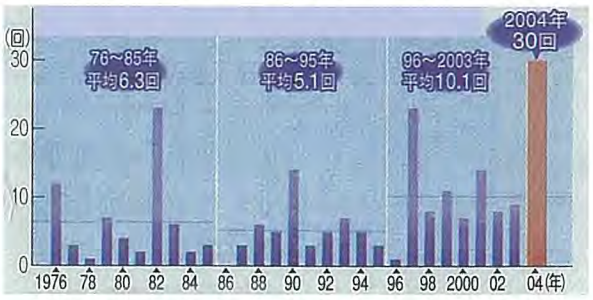



**図-6.5 日雨量 400mm 以上の降雨の発生回数**

道内においても 2003 年 8 月台風 10 号と低気圧の前線の影響で日高地方に大雨被害が起きたほか，2004 年 9 月には台風 18 号が猛威を振るっている。特に 2003 年 8 月の台風は，日高管内で降り始めからの総雨量が 389mm（平取町旭）を観測するなど，観測史上最大の記録的な豪雨となった。この大雨で，二級河川の厚幌川などが氾濫し，死者 10 名，行方不明者 1 名の犠牲者のほか，住宅や田畑，道路など総額 821 億円の被害を出した。

沙流川の二風谷ダムは，計画をおよそ 3 割上回る 2580 万 $m^3$ の水量をためこむことにより，約 900$m^3$/s の水量を減少させ河川水位を約 1m 低減する治水効果を発揮した。もし二風谷ダムがなければ，堤防を越水して破堤氾濫を引き起こし大災害になっていたものと考えられる。近年台風や集中豪雨による風水害が全国的に目立っているが，北海道も例外ではない。

前述（図-6.2）のとおり，社会資本整備の充実により浸水害が減少した傾向を示す。一方，大雨の頻度は増加傾向にあり，水災害の危険性は増加しているという一見矛盾した分析結果となっている。これは社会資本整備を継続して整備してきた結果であり，その結果が近年に現われてきていると考えられる。したがって，整備を休止した場合には，大雨の頻度が増加傾向にある所から，治水安全度が年々減少することが懸念される。

## 2. ダム事業実施に向けての課題

ダム事業に関る重要な課題として，「社会的合意」をどのように合理的に得るかという問題がある。社会資本の有効性を測る指標として，Benefit(便益)と Cost（工事費）の比があり，当然ながら年々有効性の大きな社会資本から重点的に整備されるため，北海道においてはB/C が減少傾向にあり，そのことが公共事業の妥当性について論ぜられる要因となっている。公益を地域毎に公平に分配する一つの手法としてB/C は有効であったと考えられる。しかし，都市部を中心として社会資本がある程度整備された今日においては，公益の恩恵を過去に受けていないB/C の小さな地域についても方策を考える時期にきているのではないだろうか。

ダム事業の場合，環境保全への対応が最大の問題となっており，環境への影響が大きいために，事業を休止又は中止する場合も少なくない。ダム建設が環境保全と相反する以上，必要かどうかの判断を誰がするのか，ということが問題である。河川整備計画の策定にあたり，流域住民の意見が反映されるようになった現在，基本的には流域住民が不要だと判断した施設を無理に作る必要はない。しかし，治水の恩恵を受けるのは氾濫地域に住む住民に限られ，ダムによって利益を受ける住民が少数である場合もあるため，多数決の取りかたによっては少数者が切り捨てられる可能性があり，また大渇水や大洪水のリスクが的確に理解されることなく施設の要，不要が判断される懸念もある。

ダム建設の合意形成を難しくしている原因は，自然環境や景観が地球的，国民的規模であるのに対して,ダム機能の恩恵はダム下流地域周辺に限定され,前者に比べ極めて一部に限られることにある。そこが地震災害と異なるところである。水災害による死者，被害額は地震によるものと同等程度の大きさであると言われているが，地震防災への理解が深いのに対し，治水への理解が浅いのは，そのためである。これからの事業は，民意が重要となり，恩恵を受ける住民（被災対象住民）の強い要望がない限り，事業の実施は難しくなっている。現状の治水，利水の安全性に関するさらなる情報開示，事業の要望等に関するアンケートの実施など，行政主体から民意主体へ移行することが必要である。

社会資本整備の結果，水不足による生活障害や旱魃被害などの恐れはなくなりつつあり，人口が今後緩やかに減少することを考えると，気候変動を考慮したとしても，水需要が近未来に逼迫する可能性は低い。しかし，長期的には数十年に一度の深刻な渇水は全国どこかで必ず生じ，整備を怠ることによりその頻度は増すものと考えられる。

治水についても洪水被害のおそれは少なくなり，近未来に大災害が発生するとは考えにくいが，気候変動傾向が示すとおり，長期的には大災害は必ず発生し，整備を怠ることにより被災を容易に誘発し，被害を大きくすることが考えられる。したがって，地球温暖化など異常気象の原因となる根本的な問題が解決しない限り，継続した治水，利水施設整備が必要となる。

しかし，納税者及び利水者のコスト意識の高まり，国民の環境意識の高まり，国，地方の財政状況の悪化，水需要の伸びの鈍化等の社会経済情勢の変化により，ダム事業への批判は多い。批判は大きく，計画内容（ダム規模，事業費，工期等）に関する批判と自然破壊，社会環境を悪化させるとの批判に分けられる。

前者は，治水の必要性や利水の需要見込みに対する疑問，不信のほか，事業途中における大幅な事業費の増大，工期の延長に対する批判であり，後者は，希少動植物の生息，生育環境への批判である。これらの批判に答えるために次の３つの視点から改革を試みる必要があると考えられる。

① 事業マネジメントの徹底・透明性の確保

事業の長期化やそれに伴うコストの増大等を回避するため，各ダムのコスト・工程に関する情報を，関係者で共有し事業管理を徹底する。

社会経済情勢の変化に対応するため，これまでの定期的な事業評価に加え，事業の節目における事業評価を厳格に実施する。

国民や利水者等のダム事業に関する疑問・不信感に答えるため，事業途中のアカウンタビリティーの更なる向上を図る。

② 計画・設計・施工等あらゆる段階でのコスト削減

限られた予算をより効率的に活用するとともに利水者等の負担の軽減を図るため，全てのダムでコスト縮減の取り組みを一層徹底する。

③ 社会のニーズ・批判に応える取り組み

環境問題に関連する様々な批判，国民や利水者などのコスト意識の高まりなどに応えるため，環境影響評価の高度化や既存ストックの有効活用に向けた取り組み等を推進する。

①と②は，新規事業に対する取り組みである。③は既存ダムの有効活用であり，現実にはあまり実施されていないが，本来，①と②に優先して行うべきものである。水需要が増加傾向にある時には，③はあまり意味のある方法でなかった。しかし，利水需要が安定し社会情勢が新設のダム建設を行う環境にない現状においては，既存の施設の効果を再評価し，再編等有効活用に向けた取り組みが必要であり、2002年度から「ダム管理に係るフォーロアップ制度」が実施されている。

## 3. 課題克服のための方策

### (1) 既存ダムの再開発

北海道のダムは，1910年代よりかんがい用水の供給，石炭，工場の動力資源としての水力発電，その住民への水道用水の供給などを目的としたダム建設が急速に進展した。その後，太平洋戦争により一時減少するものの，戦後国土の復興とともにダム建設が再開され多くのダムが建設されている。その間，ダムを効率的に建設するために，洪水調節，かんがい，上水道，発電等を目的とする多目的ダムが建設され，ダムの大規模化が図られた。一方でかんがい，発電を目的とした専用ダムも多く建設されている。

ダムの目的はそれぞれのダムが計画された時点における社会的要請を反映している。しかし，ダムの供用期間は100年以上にも及ぶ事を考えると，計画時点の目的が常に時代の要請と合致しているとは限らない。ダム計画に当っては目的に合った，構造及び型式を選択し，地形，地質及び社会的条件から最も開発効率の高いダムが先取り方式で建設されている。

従って，同一流域内でダム建設をする場合，後行ダムは同一水量を開発するために，先行ダムに比べ大きなダムを建設しなければならなくなるなど開発条件が悪化することになる。また，ダム建設の進展とともに，地形，地質の条件に恵まれたダムサイトは減少してきている。このような場合，新しいダムサイトに新規にダムを建設するよりも，既設ダムを改築したり，嵩上げした方がより開発効率が高くなることがある。

また，北海道は近年急速な高齢化が進行しており，社会資本への投資余力が減少してきていることや，近年に自然環境保全に対する社会的要望の高まりから，新規にダムを建設することが困難になってきている。このため，将来の治水，利水の需要に対応するため，貴重な社会資本ストックである既設ダムを効率的に利用し，新規ダムの建設から再開発へ移行する方向へ進展すべきであると考えられる。

既設ダムの再開発は，基本的には2つの方法に大別される。

① 貯水池容量を増大させる方法

② 現行の貯水池の運用を変更させる方法

①の具体的な方法としては，ダムの嵩上げ及び貯水池の掘削などがある。②については，取水設備，放流設備の新設あるいは，改造による貯水池運用を変更する方法，あるいは貯水池容量の再配分による貯水池の運用を変更する方法が挙げられる。

嵩上げによる再開発の北海道の事例としては，新中野ダム，新桂沢ダム（計画中），夕張シューパロダム（計画中）がある。ダムの嵩上げは新設ダムに比べ施工方法など，新たな問題を伴うが，当然のことながら環境に与える影響が少なく，新設に比べ住民の理解が得られ易い特徴をもつ。しかし，嵩上げも，新設ダムに含まれ補償工事の発生など事業が大規模化するので，ここでは，既存ダムの有効活用（②現行の貯水池運用を変更する方法）について考える。

ダムの規模（総貯水量）を変更しないで，ダムの機能をより効果的に発揮させるための方法としては次の方法が考えられる。

a. 洪水調節における操作ルールの変更
b. 貯水池容量の再配分による貯水池の運用変更
c. ダムの弾力的運用に伴う利水容量の確保

a. は降雨予測技術の進展に伴い，実施が可能となるもので，利水容量を洪水の発生前に安全に放流することで新たに治水容量を確保する方法である。この方法について，2005 年から直轄のすべてのダムについて，事前放流等について検討しており，その結果に基づき，操作規則の変更も含めて随時実施する外，一定以上の補助ダムについても同様に実施する予定で進められている。

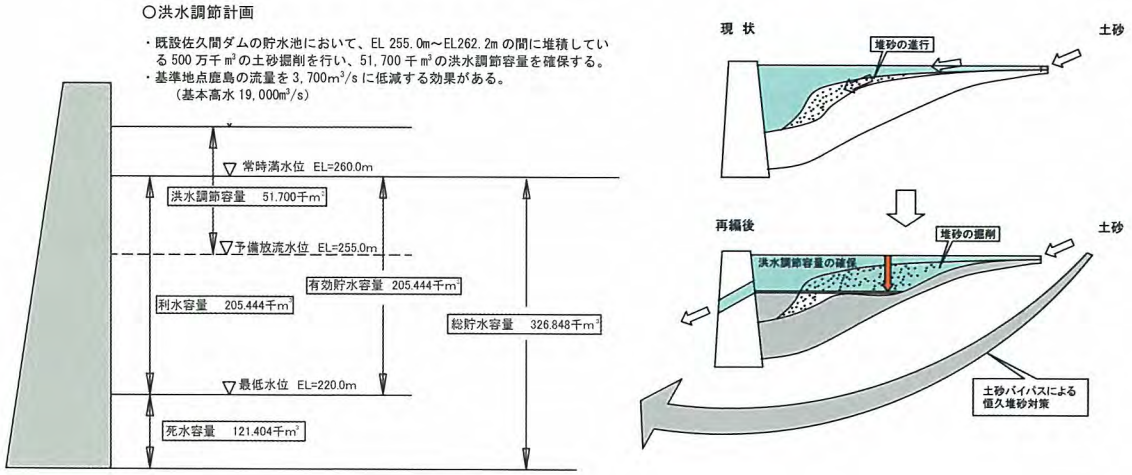
b. はダム機能の目的を変更することにより，新たに容量を確保する方法である。類似事例として，天竜川ダム再編事業がある。天竜川ダム再編事業は，利水専用既設ダム（佐久間ダム）を活用（既存ストックに活用）し，治水機能を新たに確保するとともに，恒久堆砂対策を実施することにより，土砂移動の連続性を確保する事業である。

c. は洪水調節容量内の一部を活用して，ダム直下流無水区間の維持流量や，環境保全のためにフラッシュ放流の利水容量を確保する方法で，直轄の各ダムで検討されている。利水容量の一部をダム直下流の維持流量用として変更した類似事例として，大雪ダム，金山ダムがある。

しかし，個々のダムの運用変更には限界があり，より効率的な運用を図るため，水系統におけるダムの最適容量配置を視野に入れたダム再編について次に検討する。




図-6.6 洪水調節における操作ルールの変更




図－6.7 天竜川再編事業の概要

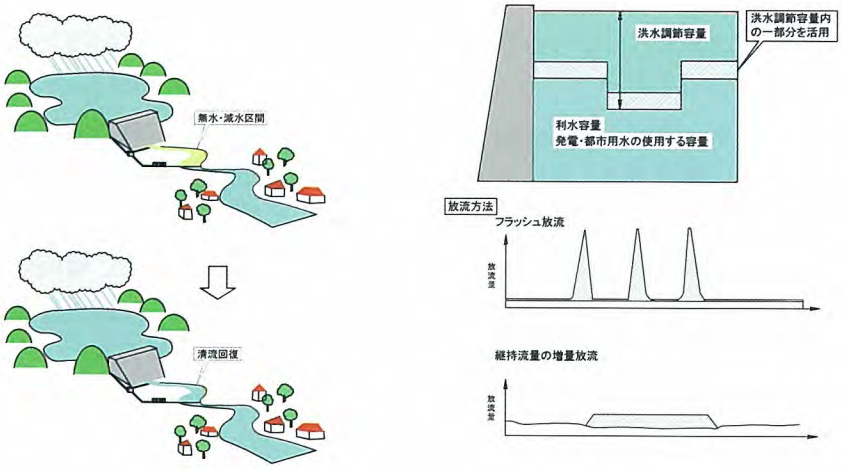



図-6.8 ダムの弾力的運用の概念

### (2) 流域全体を対象としたアセットマネジメントによる河川施設の効率的運用

北海道には，2005 年度現在 180 のダムが存在し，その内約 100 のダムはかんがい用ダムである。北海道のがんがい期は5月初旬から8月下旬であるため，かんがい用ダムの貯水池の運用は融雪水を貯水し，8月末頃までに水位を下げながら取水するが，その後空にしているダムが多い。

流況により渇水期は冬季が多く，洪水期は７月から

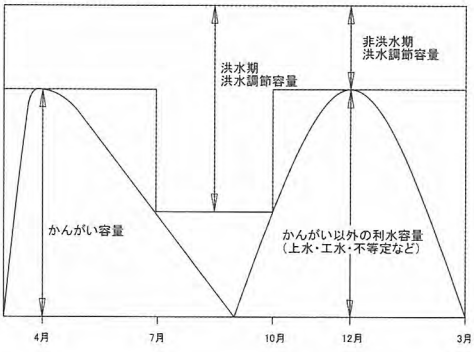



図-6.9 多目的ダムの貯水池運用

10 月頃に設定する場合が多いことから，図-6.9 が示すとおり，全ての水需要がある時，多目的ダムは貯水池運用上非常に効率の良い自然条件にあるといえる。

しかし，専用ダムの場合には，一時期しか運用しないこととなり，非効率的な運用となっているはずである。従って，図-6.10 に示すように，流域全体を対象としてダムの再編を含めた効率的な運用を検討することにより，新規ダムの建設の軽減を図りながら新たな機能の確保することが可能になる。

治水……ダム間の容量振替により，水系全体として治水機能の向上を図る。具体的には，里ダムの方が効率が高いことから，洪水調節効率の高い地点のダムに洪水調節容量を振替える。

利水……近年の水文データにより，ダムの供給実力を考慮しダム容量の再編（適正配置）を実施することにより，水利用の安定化（利水安全度の向上）を図る。

環境……減水区間の解消，維持流量，フラッシュ放流などのための不特定容量を確保する。

管理……管理体制の統合，再編も検討する。将来のダム再編の最終形に，向けて段階的に整備を行う。

ダムを再編した事例としては，利根川上流ダム群再編事業がある。利根川上流ダム群の再編事業は，奈良俣ダム，藤原ダム，相俣ダム，薗原ダム，下久保ダムの 5 ダムの治水，利水容量の振替を行うことにより，治水機能の向上と環境の改善を図るものである。

容量の振替えにより非効率的なダムは管理施設の更新時に撤去することも可能となる。ダム撤去の事例としては，荒瀬ダム，（熊本県発電用ダム）が老朽化のため撤去を予定している。

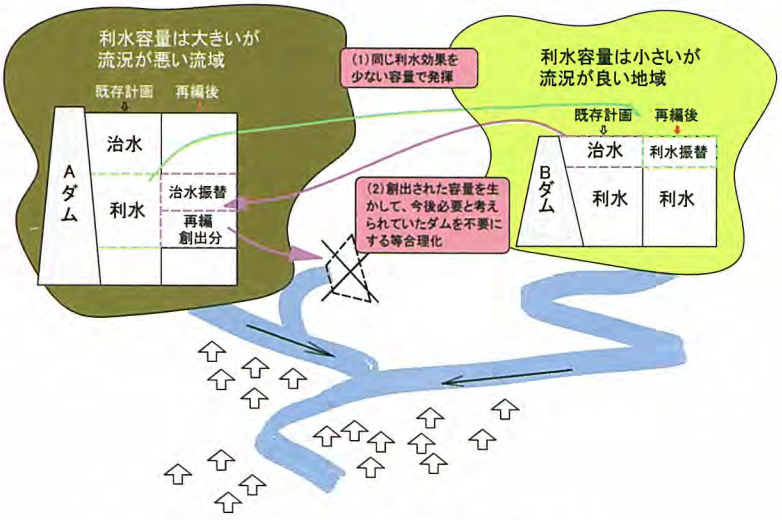



図-6.10 容量振替による既存ダムの再編成

将来の施設撤去・更新・改修を前提として，流域全体を対象とした河川施設の将来ビジョンを持ち，検討した計画をベースとして，予算，社会機構など，社会の実態との調整により，将来にわたる管理，運用・改修計画の立案と，段階的な実施が必要と考えられる。

非かんがい期において貯水池を空にしていたかんがい用ダムが出水に対し治水効果を発揮したとの記事を目にすることがある。しかし，本当に効果があったのか疑問が残る。

非かんがい期のがんがい用ダムは管理性から低標高の放流設備ゲートを全開にして放置している場合が多いが，ゲートの大小により治水効果が異なるからである。洪水に対して自然に洪水調節を行うことになるが，中小洪水の場合，ダムの調節を期待しなくても下流河道単独で安全は確保されているから，ダムで調節を行っても治水効果を発揮したことにはならない。したがって，大洪水（計画規模洪水）の洪水調節が対象となるが，ゲートが小さい場合，洪水初期において水位が上昇するため，ピーク流量時（治水効果を期待する時）には満水状態となり洪水吐からの越流状態となる。したがって，

治水効果は極めて少ない。放流設備ゲートが大きい場合には，放流量が多くダムで貯留しないため治水効果は少なくなる。したがって，治水効果は，適正なゲート開度と操作（管理）により生まれるものである。

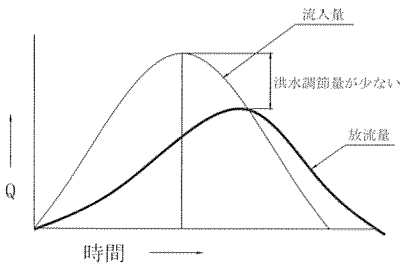



図-6.11 放流設備ゲートが大きい場合

ダムは運用期間（100 年が多い）を限定として計画するがダム本体は半永久構造である。北海道においても 100 年を経過するダムが徐々に発生しつつある。専用ダムを使い捨てするのではなく，施設を有効に運用し管理することによって永続的に機能が発揮できるよう対策を講ずる必要があると考える。

### (3) 穴あきダム（治水専用ダム）の推進

北海道の治水に対する安全性は十分とはいえない。

我が国は国土の 7 割が山地で，残り 3 割の平地のうち多くは氾濫原である。古来より，平地を効率的に活用するため，河道改修やダム建設を中心とした社会資本の整備を実施してきたが，近年，環境保全への意識の高まりによりダムが敬遠され，ダムに変わる方策として遊水地による河川整備計画が増えている。

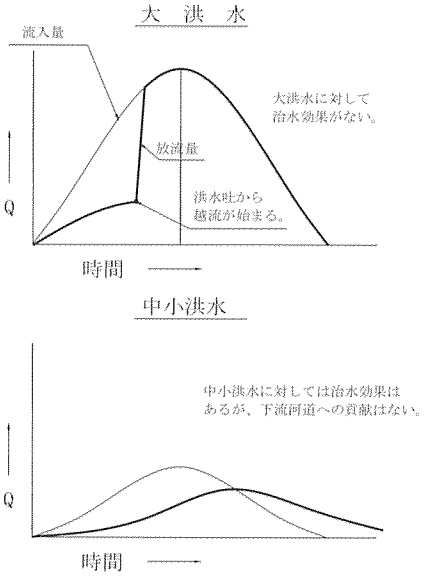



図-6.12 洪水調節機能を持たないダム

一方，ダム建設への新しい動きとしては，平常時においては水を全く貯留しない治水専用ダムが全国で計画され始めている（益田川ダム（鳥取県），立野ダム（九州地方整備局）など）。平常時に水を貯留しないことからダムの最大の課題である流水と堆砂の上下流分断が回避され，洪水時に一時的に貯水するだけであるから貯水による環境への影響が軽減される。したがって，環境に配慮したダム計画として，今後推進されるべき一つの方策であると考えられる。（以下平常時において水を全く貯留しない治水専用のダムを「穴あきダム」という。）

穴あきダムは，本川に設けた遊水地とも考えられる。遊水地は地形的に大きな水深の確保は困難であるため，その効果を発揮するためには，広い面積を必要とする。これに対して，ダムは高さ方向にも貯留できるため，湛水面積は遊水地に比べ小さく，北海道の場合には山間部は林野が多いことから，土地利用の面からも優れている。したがって，地形，地質条件，社会的条件などによっては，遊水地に比べ穴あきダムの方が有利となる場合も想定される。また，段丘地形や山間部など，左右岸地山と計画高水位とに余裕が十分にある場合，河道内に穴あきダム（または堰）を建設することにより，河道内貯留を有効に活用することとなる。

ダムが敬遠される最大の理由は，河川水を貯留することによる環境への影響を払拭できないことにある。穴あきダムの出現は，地域によっては治水対策の選択肢を広げるものであり，新しいダム技術として，今後推進されるべき技術であると考える。

まず，既存の施設を有効活用すること，次いで自然的条件，社会的条件により，河川整備，穴あき

ダム，遊水地など考えられる方策の中から環境及び経済社会への負荷が少ない治水対策を検討することとなるが，ここでは我が国の治水対策の歴史を整理する。

これまで水害被害を極力小さくして国民が安心して住める国土開発を推進してきた経緯がある。昔は水害の起こるところには人は住まなかった。次に水害を防御する方法として，霞堤や氾濫場所を限定する方法（遊水地）を考えた。その後人口の増加，用地の高度利用により氾濫源の用地開発が促進されたため，その対応が必要となった。我が国の河川の特徴として天井川で氾濫面積が大きいことから連続堤防による内水全域を対象とした国土保全が実施された。堤防の設置・嵩上げよりも地形地質・社会的な条件によってはダムの方が効率が良い場合には，ダムとの併用を計画した。以上が我が国の治水に対する歴史である。

堤防の延長は膨大であるため，整備には長い期間を要するが，その間にも社会経済は発展し，異常気象（多雨，小雨）の影響も受けたため，当初の計画による治水安全度は整備過程において減少し，計画規模の変更を必要とする現象が生じた。その場合既設した堤防を嵩上げしなければならないが，その影響は全川におよぶため，用地問題など大きな財政負担となる。その対応として当初の計画規模を超える大洪水を，ダムが負担することにより整備が進行したとも考えられる。

今までの連続堤防とダム併用への流れは社会経済の発展と気象の変化がもたらす社会的自然的要請を受けたものである。しかし近年，ダムに替わり遊水地で計画する場合が多くなっている。これは治水の大きな歴史に逆行するものと考えることもできる。

### (4) ゼロエミッションダム

大型公共事業，特にダムは，環境破壊のシンボルのように言われており，環境問題を抜きにダムの建設はありえない社会情勢となっている。したがって，ダムが環境を破壊するという悪いイメージを払拭しなければならないが，そのためには早期の段階から環境保全を徹底的に追及した計画が必要である。

ダムが環境に与える大きな要因は，ダムにより川の流れが遮断されることと，大きな地形の改変である。つまり，環境に影響を与えない究極のダムとは，川が連続し，地形の改変を最小限とする計画である。川が連続するダムとは，治水専用ダムを穴あきの構造にしたもの（前述の穴あきダム）を意味しており，穴あきダムについては前述しているのでここでは地形改変について記述する。地形改変および残土搬出を最大限に抑制したダムをゼロエミッションダムと言う。

札内川ダム（北海道開発局）は日高山脈襟裳国定公園内に位置し自然環境の保全がダム建設上のメインテーマであった。その対策として付替道路は，地形の改変を最小限にするためにトンネルを主体とし，水位変動により枯死する可能性のある樹木だけを伐採するなど自然環境の保全に努めた。その結果あたかも自然の湖のようなダム湖が出現している。

ゼロエミッションは，このような考え方をさらに押し進めたもので，自然環境の改変をダム本体と貯水池など最小限の範囲にとどめ，徹底的な環境保全を図ったダムのことである。堤体材料は貯水池内から調達し，残土は貯水池外に一切持ち出さない。

近年北海道においては，ダムの新型式である台形 CSG（Cemented Sand and Gravel）ダムによる計画が増えている。台形形状とすることにより所要強度が小さくなるため，コンクリート骨材として不適当な廃棄岩も有効利用でき，材料選定の幅が広がることによるものである。この特徴を利用して，貯水池内から堤体材料を全て調達すれば，環境保全の効果が大きくゼロエミッションに向けた取組が可能となる。

北海道のダム建設計画においては，良質な原石を確保するために大規模に地形改変が行われている

場合も少なくない。したがって，台形CSGダムの技術開発は，今後のダム技術の切り札となるものである。

参考文献

(6-1)「多目的ダムの建設　第1巻」　財団法人ダム技術センター　平成17年版
(6-2) http://www.mlit.go.jp/river/
(6-3)「水力技術百年史」　1992年　(社)電力土木技術協会
(6-4)「北海道電気事業史」　1978年　北海道電気協会
(6-5)「日高をひらく　電源開発の30年」　1988年　北海道電力株式会社
(6-6)「EDMC　Energy　Trend」　2005.7月号　日本エネルギー経済研究所
(6-7)「平成17年度電源開発の概要2005」　経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部編
(6-8)「ダムの役割」　2006.1月号　大ダムNo.194
(6-9)「異常気象レポート2005」　2005年気象庁
(6-10)「多目的ダムの建設」平成17年版　第5巻 財団法人ダム技術センター
(6-11)「　〃　」平成17年版　第6巻　〃
(6-12)「ダム工学会15周年記念シンポジウム」国土交通省河川局治水課
(6-13)「北海道新聞」2006年8月27日朝刊
(6-14)「沙流川平成15年8月台風10号出水について」国土交通省北海道開発局パンフレット
(6-15)「水利マネジメントの課題と提言：沖大幹」河川2005年10月号
(6-16)「ダム無用論を憂う：竹林征三」ダム工学会15周年記念特別講習会テキスト
(6-17)「転換期を迎えたダム技術：吉田等」ダム技術2006年1月号


日本海
野寒布岬
宗谷岬
稚内
礼文島
大沼
利尻島
クッチャロ湖
天塩川
幌内ダム
有明ダム
名寄
雨竜第二ダム
雨竜第一ダム
三渓ダム
告前ダム
岩尾内ダム
小平ダム
ポンテシオ
留萌川
鷹泊ダム
愛別ダム
古川ダム
留萌
旭川
神居ダム
大雪山
積丹岬
小樽湾
芦別ダム
野花南ダム
滝里ダム
富村ダム
美唄ダム
芦別ダム
元子屋ダ
小樽
石狩川
桂沢ダム
佐幌ダム
岩松ダム
旭第二ダム
旭第一ダム
常盤ダム
朝里ダム
札幌
江別
栗山ダム
金山ダム
定山渓ダム
大夕張ダム
双珠別ダム
砥山ダム
清水の沢ダム
清水沢ダム
奥沙流ダム
尻別川
豊平峡ダム
の沢ダム
川端ダム
羊蹄山
支笏湖
千歳第四ダム
岩知志ダム
美生ダム
千歳第三ダム
洞爺湖
二風谷ダム
奥新冠ダム
下新冠ダム
春別ダム
鵡川
沙流川
岩清水ダム
東ノ沢ダム
美利河ダム
後志利別川
双川ダム
静内ダム
内浦湾
室蘭
浦河ダム
様似ダ
奥尻島
相沼内ダム
駒ヶ岳ダム
幌満川第
常豊川ダム
大沼
小沼
大野ダム
新中野ダム
矢別ダム
上ノ国ダム
桂流ダム
函館
恵山岬
知内ダム

# ダム位置図

：北海道開発局のダム

：北海道のダム

：発電用のダム

：市・民間のダム

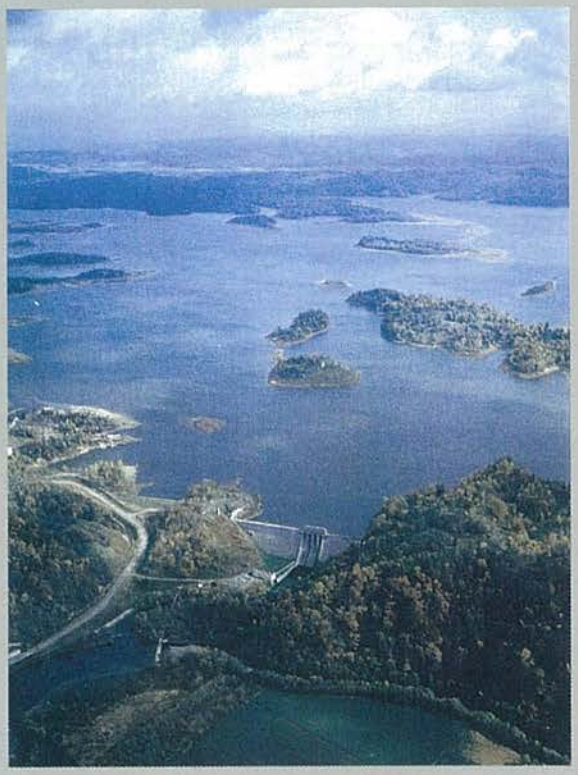


北海道土木技術会コンクリート研究委員会資料
第156号

# 北海道におけるコンクリートダムの歴史

発行日　平成19年7月
発行者　北海道土木技術会コンクリート研究委員会
ダム工学会　北海道地区連絡会
ISBN-978-4-938676-56-8
分類　C3051
事務局　㈱ドーコン　水工部内
札幌厚別区厚別中央1条5丁目4-1
TEL(011)801-1530
FAX(011)801-1531
印刷　㈱パインサービス

# *The History of Concrete Dam in Hokkaido*



北海道土木技術会コンクリート研究委員会
ダム工学会 JAPAN SOCIETY OF DAM ENGINEERS