

## 日本初のバットレスダム

函館山と赤レンガ倉庫群で有名な函館の市街地から車でおよそ20分。直線状の道路が、平地からゆるやかな起伏の丘陵地へとさしかかる地点で右折し、穏やかな流れの亀田川を渡った先の駐車場に車を置く。桜と広葉樹が整然と植えられた樹林地を抜けると、芝生広場の向こうに、まるで中世の欧州の城郭や古代の水道橋を想起させる、コンクリートの柱が格子状に連なる笹流ダムが姿を現す。このダムは、函館市民の水道水源用ダムとして1923(大正12)年に竣工した日本初のバットレスダムである。

バットレスダムとは、上流面の遮水壁(床版)を扶壁(バットレス)が支えることによって水圧に耐えるという構造を有する。扶壁は河床に垂直に立てる他、垂直扶壁を支えるための扶壁を水平に設置する。従って格子状の外観となる。ダム堤体を正面に見上げる広場の片隅にある由来を記す「石碑」には、日本初の鉄筋コンクリート造りの扶壁式コンクリートダム(バットレスダム)との記述の他に、竣工当時の笹流ダムの写真がはめられている。

外見は現在も確かに当時の格子状の特徴を有してはいる。しかし石碑の写真のように、工事中の団地を思わせる薄いコンクリートの板を組み合わせた形状とは、似ても似つかぬ形状ともいえる。

なぜ、このような形状として今に残っているのだろうか。

## 函館の開港と水道整備

函館は、1858(安政5)年の日米修好通商条約の締結により、横浜や長崎とともに日本最初の国際貿易港の一つとして開港した。そのため日本の西欧文化の受け入れ口として、明治期早々から多くの西欧式近代施設が整備されることになる。

開港当時の函館はしばしば生活用水にも事欠くように水の便が悪く、また津軽海峡に突き出した地形のため、年中風が強く、ひとたび火災が発生するとたちまち大火になり、多くの犠牲者を出していた。加えて1886(明治19)年に発生したコレラの猛威により多数の死者が出たことから、水道敷設の要望が高まり、1889(明治22)年、横浜に次ぐ2番目の近代水道施設が整備された。特筆すべきは、この水道の設計・監督はすべて日本人技術者の手で行われ、資金調達も地方債等の発行により函館市が自力で行った点である。

しかし、その後の商工業の発達等による給水量の増加と、送水管の経年変化による通水量減少も相ま

って水道供給が追いつかなくなり、1916(大正5)年に至っては、初冬を除き毎日6~12時間の断水が行われるようになった。特に水道の末端地域や高台地域においては、給水不能となることが連日のように続き、火災時の消火に必要な水量や水圧を得ることができないなど、慢性的な水不足に悩まされるようになる。そこで、同年、函館市(当時は函館区)は水道拡張事業を行うことを決定した。

しかし、函館市の財政状況は極めて厳しく、幾度か計画は立案されたもののなかなか実現しなかった。翌年6月に、計画給水人口15万人、1920(大正9)年度までの3カ年事業として認可されたものの、第一次世界大戦(1914~1918)下における物価の高

FLAVOR OF CIVIL ENGINEERING INHERITANCE

# 土木遺産の香

第50回

## 日本初のバットレスダム 「笹流ダム」

(北海道函館市)



いであ株式会社  
建設技術事業本部/河川部  
松田明浩 (会誌編集専門委員)  
MATSUDA Akihiro

騰や労力の不足により、着工ができないままその3年が経過し、人口は早くも計画規模の15万人に達しようとしていた。

## バットレスダムの採用

そのような状況の中、1919(大正8)年には、後に東京都にある小河内ダムなどを建設し東京市水道局長ともなる小野基樹が水道拡張事業の技師長として就任した。そして、計画給水人口を20万人とする全面的な計画の見直しに着手していた。

給水量の増加に伴い、従来の亀田川からだけの取水量に不足が生じることから、どうしても流量

調整のための貯水池が必要となった。さらに、給水人口の増加に伴い、事業費の増大は避けられない見込みであったが、事業費に対する国庫補助は既許可額以上見込めず、また冬季には積雪に覆われ工事もできず、一刻も早い拡張事業の完成と事業費の縮減が求められた。その要求を満たすため、基樹は世界中の文献を調べ上げ、当時国内で実例の多かった重力式コンクリートダムやアースダムではなく、日本で初となる「扶壁式中空鉄筋コンクリートダム(バットレスダム)」という形式を採用するに至った。

採用したバットレスダムは、20世紀初頭によくやく実用化された鉄筋コンクリートを用いて、貯水池の水圧を受ける薄い遮水壁と、これが倒れないように

23本の扶壁と6本の横桁で支える形式で、重力式ダムに比べてコンクリートの使用量が圧倒的に少ない特徴があった。結果として、建設費用が安く、資材運搬も容易で工期の短縮にもつながるものであった。

基樹は工費の縮減と工期の短縮のため、さらに工夫を重ねた。例えば、扶壁および横桁にはセメント重量の1/4を火山灰に置き換え、さらに扶壁の下部には、容積の約20%の玉石を混入する等の工費を節約する策が講じられた。

また、ダムの伸縮継ぎ目にも施工性の向上に向けた工夫を行っている。従来は、継ぎ目の間隙から水が漏れぬよう、水を受ける床板とそれを支える扶壁それぞれに複雑な形状が必要で、型枠の施工性



格子状の外観を残す笹流ダム

が悪く、かえって漏水の弱点にもなる懸念があった。その構造を大胆に単純化し、漏水対策として継ぎ目に鋼板とアスファルトを使用することで、品質の確保と施工性を高めた。

こうした工夫により、工費は予定より1割以上を削減し、工事は1921(大正10)年4月の着工から、わずか2年8か月後の1923(大正12)年12月には完成している。

ダムと一連の拡張事業の完成により、函館市は水不足のために慢性的に続けられてきた制限給水に終止符を打つことができた。以後、北洋漁業をはじめとする水産業や商工業の発達など函館市の発

展に伴う需要増に対しても、安定して供給することができたのである。また防火水利が充実し、大火災が急減するとともに、市庁舎にかかる火災保険料の低減など、思わぬ副次効果もみられた。

基樹は、当時世界でも事例が少なかったこのバットレスダムの技術に対して絶対の自信を持ち、「従来のダム建設は、どれも膨大な資材と日数を費やす極めて不経済な工法を採っている」と批判する。「笹流ダムで採用したバットレスダムは、安全堅固なる建築物であり、構成すべき材料を極度に減少し、工費並びに工期を最小限とする優越な工法である」と高らかに記している。

## 露呈したバットレスダム の弱点

従来のダムにないメリットにより、基樹の期待通りに、一気に普及するかと思われたバットレスダムであったが、思わぬ弱点が露呈する。

1936(昭和11)年、第2回世界ダム会議において、北欧のコンクリートダムの凍害事例が報告された。コンクリートの凍害とは、亀裂に入った水が凍結融解を繰り返すことで、亀裂の拡大や表層の剥離等を引き起こし、コンクリート強度の低下を招く。薄いコンクリート扶壁に負荷が掛かる構造のバットレスダムにおいては、ダム強度に致命的なダメージを与えかねない可能性があったのだ。

会議に出席した基樹からの助言と資料をもとに、1940(昭和15)年、函館市によって笹流ダムの風化調査が行われ、扶壁において風化が進行していることが判明した。しかし、折からの日中戦争(1937~)とそれに続く第二次世界大戦(~1945)のため改修が始められず、1948(昭和23)年から翌年にかけて、ようやく堤体風化防止工事が実施された。

堤体風化防止工事によって堤体の風化の進行は食い止められたが、昭和40年代に入ると凍結融解の繰り返しによる、鉄筋かぶり部分のコンクリート剥離現象が発生し始めた。さらに1968(昭和43)年5月には十勝沖地震で、函館地方も震度5の強震に見

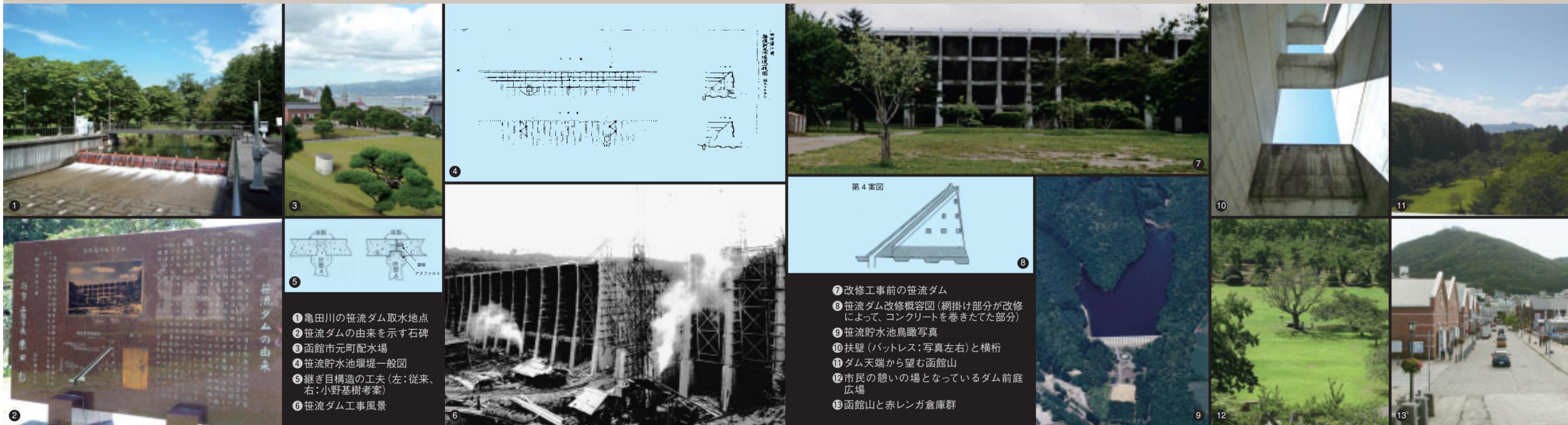
極力バットレス構造を残すという方針に対し、国内では前例もなく、対応は非常に困難を極めた。函館市、コンサルタント、道、国の技術者が知恵を絞り、最終的には風化部分を削り取り、遮水壁を厚くし、扶壁と水平材を鉄筋コンクリートでほぼ倍の太さに巻きたてる構造が採用された。構造的には既設の遮水壁と扶壁に力学的な機能を期待することを止め、新たに下流側に設けた遮水壁と、ほぼ倍の太さになった扶壁と水平材によって全荷重を支えるというものである。当初の細い板を組み合わせたような華奢な外観は姿を消したが、バットレスダムの最大の特徴である格子状の外見は意識して残された

のである。

## ダムを前にして

ダム前の芝生の広場にて、考えてみる。ただ一面のコンクリートの壁となっていたらどうだったのだろうか。それはそれで、時代の要請と理由はつくのかもしれない。しかしそうしなかった意思、そうさせなかったところに笹流ダムの価値と真髄があるように思える。

当初の設計思想とは異なる形式となっており、建設当時の姿を残しているとも言い難く、既に改修された別物のダムと言う向きもあるかもしれない。し



① 亀田川の笹流ダム取水地点  
 ② 笹流ダムの由来を示す石碑  
 ③ 函館市元町配水場  
 ④ 笹流貯水池堰堤一般図  
 ⑤ 継ぎ目構造の工夫(左:従来、右:小野基樹考案)  
 ⑥ 笹流ダム工事風景

⑦ 改修工事前の笹流ダム  
 ⑧ 笹流ダム改修概容図(網掛け部分が改修によって、コンクリートを巻きたてた部分)  
 ⑨ 笹流貯水池鳥瞰写真  
 ⑩ 扶壁(バットレス:写真左右)と横桁  
 ⑪ ダム天端から望む函館山  
 ⑫ 市民の憩いの場となっているダム前庭広場  
 ⑬ 函館山と赤レンガ倉庫群

舞われたことなどから、ダムの安全性についての再調査が進められることになった。

1973(昭和48)年、函館工業高等専門学校に堤体の予備調査を依頼し、その後、水道局独自によるコンクリートの強度調査や建設省による現地調査が行われた。1977(昭和52)年の建設省土木研究所の調査では、部分的な劣化が発見されたことや、当時の設計では地震時の横揺れへの対応がされておらず、抜本的な改修工事が必要なことが明らかとなった。

## 昭和の大改修

ダムの改修に当たっては、凍害への対応と強度

不足の対策として、様々な計画案が考えられた。各扶壁間を全てコンクリートで充填し、重力式や半重力式ダムへの改修などの計画案が挙がる中、函館市は強度と経済性に加え、もう一つの視点を忘れなかった。それは笹流ダムに対する価値観であった。

笹流ダムの下流部は、都市公園のように整備され、長い間市民に憩いの場として親しまれてきた。また、笹流ダムは日本初の、そして北海道で現存する唯一のバットレスダムであり、コンクリート構造物としても歴史的に貴重な価値を有していることを十分に意識していたのである。そのため、できるだけ元の特徴を将来に残していきたいとの強い思いがあった。

かしそこには、函館という地において、バットレスダムの価値が理解され、これからもダムを使い続けること、そしてバットレスダムとしての資産を必ず遺していこうとする、まさに生きている土木遺産としての価値が凝縮しているように見える。

笹流ダムは、2001(平成13)年には土木学会選奨土木遺産に、2009(平成21)年には経済産業省の近代化産業遺産として認定される一方、今なお函館市民の水がめとして機能し続けている。

<参考資料>  
 1)『函館市水道百年史』函館市編 1989年 函館市水道局  
 2)『近代日本におけるバットレスダムの変遷』樋口輝久/馬場俊介 「土木学会論文」 No758. 2004.4

3)『近代日本におけるコンクリートダム技術の変遷—ダム技術者の発言から』樋口輝久/三木美和/馬場俊介 「土木史研究講演集」vol.23 2003年  
 4)『函館市水道貯水池に築造せる中空式鉄筋混泥土堰堤』小野基樹 「土木学会誌」第10巻第4号 大正13年8月  
 5)『土木紀行 笹流ダムと小野基樹エンジニアが送り続けたメッセージ』畑山義人 「土木学会誌」2002年3月  
 6)『笹流バットレスダムのコンクリートの劣化とその対策』柴田功/佐野肇行 「大ダム」No.138 (1991-12) Q.65-R.21  
 7)『笹流貯水池(笹流ダム)日本初の扶壁式中空鉄筋コンクリートダム』高清水宏勝 「ダム水源環境」2007年5月号 (財)ダム水源環境整備センター  
 8)『再興なるか?バットレスダム』伊藤孝 「FRONT」2003.JAN  
 9)『機能と安全性の「用・強・美」』⑤笹流堰堤 読売新聞文化部 「近代化遺産をまん紀行 東日本編」2003年 中央公論新社

<取材協力・資料提供>  
 1)函館市水道局

<写真提供>  
 P55、⑬ 塚本敏行  
 ①、②、③、⑩ 松田明浩  
 ④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨ 函館市水道局  
 ⑪、⑫ 松嶋健太