



渓谷に現れる巨大な城壁、布引ダム

土木遺産 の香

第43回

FLAVOR OF CIVIL ENGINEERING INNERITANCE

日本初のコンクリートダム 「布引ダム」

いであ株式会社 東京支社
建設コンサルタント事業部水圏グループ グループマネージャー

小澤宏二
OZAWA Koji



1. kobe water「布引ダム」

山陽新幹線新神戸駅の北側にある遊歩道を、生田川の溪流に沿って登っていくと目の前に巨大な石張り堰堤が現れる。この堰堤は俗称を布引ダム、正式には布引五本松堰堤という。水道専用施設として、1900年(明治33年)に建設された、日本で最初の重力式コンクリートダムである。堰堤高33.33m、堰堤頂長さ110.3m、有効貯水容量は約76万 m^3 を誇り、規模は当時最大級で市民35万人に給水する計画であった。堤体の表面は型枠がわりに使用された石積みで覆われ、巨大な城壁を思わせる。堤体の上部にはデンテル(歯飾り)が施されており、ヨーロッパ古典様式の風格ある外観を呈している。

神戸市の水道施設は、東京都、函館市、長崎市、横浜市、大阪市、広島市に次ぐ日本で7番目にできた近代的水道施設であり、その水道水は「赤道を越えても腐らない水」として世界の船舶関係者から称賛されるなど、「kobe

water」の名で親しまれていた。kobe waterの水源となる布引ダムは、阪神淡路大震災にも耐え、100年を経過した現在も神戸市の貴重な水源として活用されている。

布引ダムは1998年に文化庁より登録有形文化財の指定を受け、さらに2006年7月には、布引ダムをはじめ神

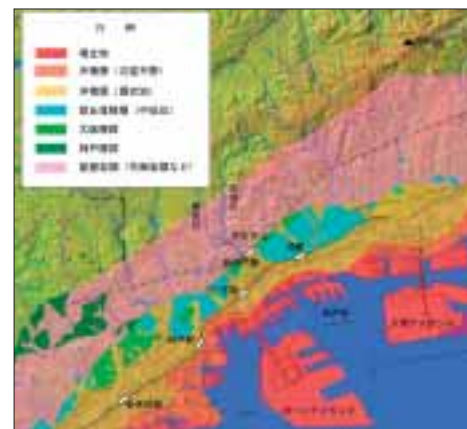


図1 神戸地域の地質図



写真1—ヨーロッパの古典様式を受け継ぐデンテル(歯飾り)



写真2—静寂かつ雄大な布引ダムの湖面

戸市中央区の布引水源の9施設が、国の重要文化財に指定された。なかでも布引ダムは、日本人技師が手掛けた日本初の重力式コンクリートダムとして、土木技術史上の価値があると評価されている。

なぜこの地にダムが建設されたのだろうか。どのような歴史的・地形的要因があったのだろうか。

2. 神戸の水が集積される布引渓谷

神戸市の水道布設計画には、H.S.パーマー案とW.K.バルトン案があり、いずれも布引の溪流利用が含まれていた。布引渓谷を流れる生田川は、六甲山系から神戸の中央部を海に向かって流れる神戸のシンボルともいえる歴史ある川である。

六甲山系の地質は、大別すると六甲花崗岩と布引花崗閃緑岩という二つの花崗岩からなっており、約100万年前に六甲変動と呼ばれる地殻変動によって隆起した山である。六甲山系と扇状地はほぼ直線上に区切られ、南側は海に緩やかに傾斜してできた扇状地であり、背後は急峻な地形となっている。布引渓谷はこの急峻な地形が浸食されてできた渓谷であり、布引ダムの下流には「布引の滝」と称される雄滝、夫婦滝、鼓ヶ滝、雌滝の4つの滝が連なる。落差約43mの雄滝は日光の華厳の滝、紀州の那智の滝とともに日本三大神滝の一つに数えら



写真3—分水堰堤・分水堰堤付属橋(国の重要文化財)



写真4—雌滝取水堰堤・取水井(国の重要文化財)

れ、神戸の名瀑として知られる。

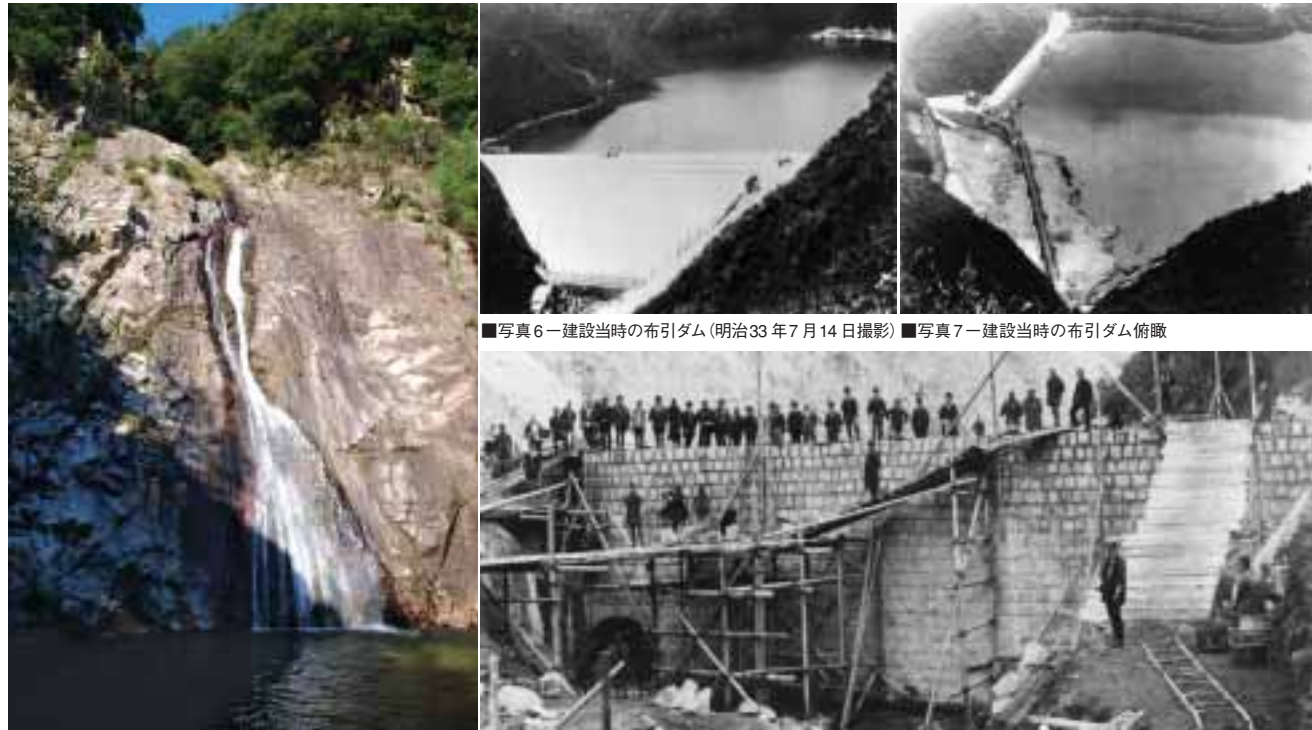
このような地形的特性から、神戸の水が集積される布引渓谷に水道水源を求めたのは、自然の摂理ともいえる。布引溪流の水質は、現在もお清浄に保たれており、その水は環境省の「日本の名水100選」にも選ばれている。

3. 紆余曲折、頓挫を繰り返した計画

神戸の水道は1888年(明治21年)、前年に完成した横浜の水道布設を立案したH.S.パーマーによって計画された。当時の給水人口は13万人、水源を布引渓谷及び再度渓谷とし、濾過池(配水池)は井垣池(堰堤を有しない掘込貯水池)方式として、ここから自然水圧で配水する計画であった。総工費は40万円(現在の約25億円)、当時の一般の人々の水道布設への関心はゼロに近く、関心を持つ者ですら40万円には難色を示し、水道計画には慎重派が大多数を占めた。

1867年(慶応3年)開港の国際貿易港を擁する神戸に市制が敷かれたのは、1889年(明治22年)のことであった。人口増加による飲料水不足が続く中、翌年にはコレラが大流行、1,000人あまりの死者を出すに至り、これを契機として再び水道布設の気運が高まった。この間、神戸の発展はめざましく、かつてのパーマーの計画であった地形的要因から貯水容量の増大を多く見込むことが

土木遺産の香



■写真5—日本三大神滝の一つ、神戸の名瀑雄滝 ■写真6—建設当時の布引ダム(明治33年7月14日撮影) ■写真7—建設当時の布引ダム俯瞰 ■写真8—建設現場の様子(堰堤下流側)

できない井垣池方式は、再検討を余儀なくされた。神戸市は1892年(明治25年)6月、内務省のお雇い工師であったイギリス人技師W.K.バルトンに水道施設の設計を委託した。翌年7月、市議会は水道布設計画を可決し、ようやく事業が動き出したかに見えた。バルトンの計画では、給水人口を15万人、将来推定人口を25万人と見積り、将来を見据えた湯水対策として貯水池建造が盛り込まれた。貯水池は内面石張、外面芝張りの土堰堤で、堤高19.7m、貯水容量は約31万 m^3 である。バルトン案に基づく神戸市水道計画は同年9月、政府の承認を得たが、政府の助成事業予算は国会提出に至らず、日清戦争の勃発により頓挫し、戦争終結後の1896年(明治29年)4月に認可となった。この間、神戸港は横浜と並び内外貿易、物資輸送の拠点としての地歩を確たるものとした。1897年(明治30年)4月、バルトン案をもとに工事を着工するものの、当時の給水人口は35万人に膨れ上がるなど急激な都市の発展と物価高騰に対処するため、水道布設計画は大幅な変更が必要となった。こうして、バルトンの原設計に佐野藤次郎を始めとした技術者が修正を加える形で設計が進められ、1898年(明治31年)5月、内務省は神戸市から出されていた設計の一部変更を認可した。それは堰堤を高くし人口増加による貯水容量の増大に対応するため、土堰堤をコンクリート堰堤に変更し、1900年(明治33年)、布引ダムの原形が完成した。実にパーマー素案から10年の歳月が流れていた。神戸の水道計画は、社会経済情勢による紆余曲折を

経る中、頓挫を繰り返し、その間の急激な都市化による給水人口の増加が、その計画の見直しを容赦なく迫った結果として、今日の本形が出来上がったといえよう。

4. 日本初の重力式コンクリートダム

1896年(明治29年)11月に発足した神戸市水道事務所は、水道計画の変更に備え、大阪市より佐野藤次郎を呼んでいた。1899年(明治32年)3月、工事長となった佐野は布引ダムの本体工事に着手した。1891年(明治24年)に帝国大学土木工学科を卒業した佐野は、大阪市の水道建設に従事し、水道鑄鉄管購入・検査のためスコットランドのグラスゴーに2年間滞在した経験を持つ。帝国大学の衛生工学教師であったバルトンの教え子であり、日本で最初のコンクリートダムを設計・建設した過程には、国際的視野を持ち新技術導入に対する強い執着心だけでなく、その技術を支えたバルトンの尽力が大きかった。明治初め、欧米諸国では、高さ30m前後の重力式コンクリートダムが次々と竣工していたが、1895年(明治28年)4月のフランスのブーゼイダム崩落事故等を経て、設計理論も進化した。布引ダムではこれら最新の理論も取り入れながら、設計及び工事が行なわれた。



■写真9—ダム建設に携わった技術者を標す石造銘板



■図2—堰体内部における過大な水圧を排除する多孔管配置図(工學會誌237巻の十号図) ■写真10—今も昔の地形を残す放水路(右は洪水吐き越流部) ■写真11—布引の水「神戸の水だより」

また佐野は当時、スコットランドやインドで新工法を体験するとともに、アメリカの最新技術であるマルチプル・アーチ構造も学んでいた。最晩年の仕事となった香川県の豊念池ダムでは、巨大な水圧に耐える堅固な堰堤として5個のアーチ、6個の扶壁を配したマルチプル・アーチダムを採用した。優れた景観と独創性を演出する布引ダムは、豊念池ダムと通ずるものがある。それは取りも直さず、バルトンの流れを汲む工学博士佐野藤次郎の卓越した設計思想によるものであった。

5. 布引ダムの特徴

完成した布引ダムの概要は、集積面積10,679,522 m^2 、有効容積759,521 m^3 、貯水池満水面積56,547 m^2 、水深29.81m、堰長110.3m(堰頂幅3.63m)、堰敷幅23.82mの規模を有する。堰堤外面の壁は、割石や切石等で石積みされ、石と石の接合部分にセメントモルタルが埋め込まれた。外面の石積みには控え45~60cmの間知石(前面がほぼ方形で角錐形をした石)が用いられ、堰堤建造時の型枠としても使用された。堰堤内面は厚さ90cmのコンクリートとし、これより外面の石積みにいたる間はコンクリートに現地発生材の粗石を詰め込んでいる。堰堤へ粗石を入れることは、堰堤重量を増すとともに高価なセメントの節約に配慮したものである。また、堰体には小孔をつけた内径3.8cm(1.5インチ)の小鉄管を、縦横各3m(10尺)間隔9段横列の合計157本を埋め込み、堰体内部の浸透水を堤防外面の小孔より排水し、堰体浸透水による揚圧力を防ぐ対策を施した。浸透水による揚圧力対策は、フランスのブーゼイダムの事故原因となったダム底面への浸透水を排除する新しい工夫が盛り込まれたものである。堰堤の中央部内面には半円形の取水塔がある。取水は内径30.5cmの導水管に制水弁付きの支管を取付け、最上部のものは満水面下5.54mのところまで池中に突出し、他の3つの支管も上から6mおきに配置され、その突出の方向をそれぞれ別にした。貯水位の増減に応じ

て取水可能な施設としたものである。洪水吐は最大で毎秒36.2 m^3 の洪水を放流するものとし、全長70.45m、越流部の堤高1.42m、全長を7区分して等間隔に6個の橋脚を立て管理橋を架けた。当時は、ダム本体に洪水吐を設けたり、洪水を越流させる考えは最初から無かったようである。なお、洪水吐は後に、ダム流入口からバイパス放水路が造られたため、その役割を大幅に減じた。布引ダムでは、1995年に発生した阪神淡路大震災の影響により漏水量が増えたことから、2001年から堰体の耐震補強と堆積した土砂の浚渫工事が進められた。これと合わせ、水辺の環境整備や歴史的建造物の保全整備などが進められ、工事は2005年に完成した。

6. 神戸市民の憩いの場として

現在、布引ダムはライトアップも行われ、新幹線新神戸駅横と六甲山上ハーブ園をつなぐロープウェイのゴンドラからも眺めることができる。kobe waterを象徴するこの歴史的土木建造物は、現役の水道施設であると同時に、市民の憩いの場、観光資源としても活用されている。神戸市街地からほど近い布引ダムは、市民が日常的に触れあうことができる日本でも数少ない歴史的建造物である。市民に守り育てられてきた布引ダム、この歴史的建造物は今後も神戸市民の水源として、神戸のまちを支え続けることだろう。

<参考文献>
 1)『神戸市水道誌』神戸市 1891年7月
 2)『神戸市水道70年史』神戸市水道局 1973年
 3)『布引水源地下水道施設記録誌』神戸市 2006年
 4)『ひょうごの地形・地質・自然景観失われつつある貴重な自然 レッドデータ』神戸新聞総合出版センター 1998年9月

<取材協力・資料提供>
 1)神戸市水道局

(写真提供:P58上、1、2、3、5、筆者
 写真4、11、塚本敏行
 写真6、7、8、9、参考文献3より)

図1:ランドサット地図(販売元(財)日本地図センター)を基に作成
 図2:参考文献3より