

ひょうご 水百景

No.13 布引五本松堰堤（神戸市中央区）

～六甲の自然に溶け込んだ わが国初のコンクリートダム～



写真-1 布引布引五本松堰堤（平成24年5月撮影）

■ わが国初のコンクリートダム

山陽新幹線・新神戸駅北側の登山道を登っていくと、わが国三大神滝^{※1}のひとつである布引の滝（下流から雌滝、鼓ヶ滝、夫婦滝、雄滝）が見えてきます。昔から、稀代のプレイボーイ在原業平をはじめとして、貴族や歌人などが訪れ数多くの歌を詠んでいます。ほかにも『小倉百人一首』の撰者・藤原定家や、定家の父・藤原俊成、従兄の寂蓮法師、『土佐日記』を書いた紀貫之、江戸時代の国学者で歌人の賀茂真淵といった著名人が訪れています。

明治の初め、「花園社」という市民団体が、布引の滝を詠んだ名歌の碑36基を建てました。これらは、その後散逸していましたが、神戸市が順次復旧を進め、平成19（2007）年にすべての歌碑の復旧が完了しました。滝への登山道脇や生田川沿いに建てられています（神戸市が『歌碑のみち～布引三十六歌碑』というマップを作成している）。

布引の滝を過ぎさらに進んでいくと、整然とした石張りの堰堤が見えてきます。水道専用施設として明治33（1900）年に完成した布引五本松堰堤（一般に貯水池は「布引」、堰堤は「五本松」としているが、ここでは堰堤を「布引五本松堰堤」と呼ぶ）です。堤高33.3m、堤頂長110.3m、堤体積22千 m^3 、わが国初のコンクリートダムであり、近代的な水道施設として人口が急増する神戸市の衛生環境を大きく改善するとともに、コンクリートダム施工技術の発展に寄与しました。

完成後120年余りが経過し、すっかり六甲の自然に溶け込んだ石張堰堤は、緑に映える貯水池とともに多くのハイカー達に親しまれています。当堰堤は、平成18（2006）年7月に国指定重要文化財に、さらに平成20（2008）年度には経済産業省の近代化産業遺産に指定されています。

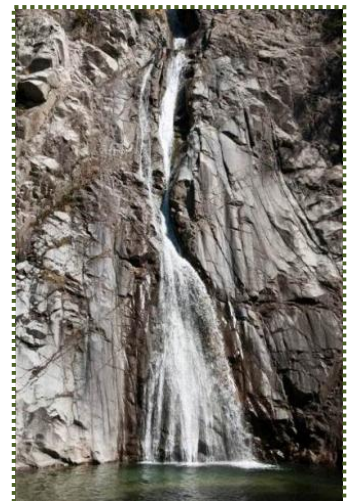


写真-2 布引の滝（雄滝）

※1 三大神滝：那智の滝（和歌山県）、華厳の滝（栃木県）、布引の滝

■ 衛生環境の改善に向けて水道布設の内務省認可を得る

慶応3(1867)年開港し、都市の近代化に向けて歩み始めた神戸の街の人口は、市制施行の明治22(1889)年には13万7千人余と20年間で約6倍に急増しました。急激な人口増加によって生活用水として使用していた井戸水の水質悪化が進み、明治10年代になると、毎夏コレラ、赤痢などの伝染病が流行して、多数の市民が罹病(りびょう)するようになりました。因みに、明治21(1888)年4月、神戸区内の井戸、総数10,912ヶ所を検査した結果、飲めば害のあるものが2,719ヶ所に上り、沸かすなり濾過すれば飲めるものが8,020ヶ所、そのまま飲めるものはわずかに173ヶ所に過ぎませんでした。

このような衛生環境を改善するため、明治20(1887)年11月県及び神戸区は、上水道施設整備の調査設計を英国陸軍工兵中佐 Henry Spencer Palmer に依頼しました。明治21(1888)年3月 Palmer から設計書が提出されましたが、「水道布設費概算40万円」に区民はただ驚くばかりで、巨額の経費が壁となって水道布設の世論は一向に高まりませんでした。

明治23(1890)年コレラの大流行により千人を超える死者が出るに至ってようやく市議会も動き始め、明治24(1891)年9月水道布設計画調査の再実施が議決され、内務省の雇技師である英国人 William K Burton^{※2}に設計を委託しました。委託相手の変更に際して、Palmer には、国の支援を受けるためとの事情を説明し、Palmer も快くこれを了承したそうです。

明治26(1893)年7月水道布設の認可を国に申請し、日清戦争(明治27年7月~明治28年4月)等の事情により認可に相当の時日を要しましたが、明治29(1896)年4月ようやく内務省認可を得ることができました。

■ 土堰堤からコンクリート堰堤に計画変更

認可を得た神戸市は計画の実施に際し、当時水道工学家として知られていた陸軍嘱託技師の吉村長策^{※3}に工事長を依頼しました。吉村は、佐野藤次郎^{※4}を大阪市水道から招聘し、明治29(1896)年11月、実施体制が整いました。しかし、Burton の設計着手時からすでに5年余りが経過、時代は大きく変化し、計画を大幅に変更しなければならぬ状況になっていました。Burton の作成した水道布設計画の拡張計画作成を担当することとなった佐野は、給水量の計画から、水源、浄水場、配水計画まで全般について見直しを行うことになります。

この時点の人口が当初計画の給水対象人口15万人をすでに上回っていたことから、これを25万人に置き換え、1人1日当たりの平均給水量も69.5ℓから83.4ℓに変更するとともに、布引五本松堰堤は、堤高18.18mの土堰堤から堤高31.81mの重力式コンクリート堰堤(最終的には堤高33.3m)に変更することに。

また、資材の高騰もすさまじく、大幅なコスト縮減を強いられるなど財源面での苦労も多々あったようです。ともあれ明治30(1897)年5月、国に計画拡張の認可を申請するとともに、同月28日待望の起工式を奥平野浄水場予定地で挙行し、水道布設工事が本格的に始まりました。

吉村が明治31(1898)年8月、神戸市水道工事長を辞します。翌明治32(1899)年3月、工事長となった佐野は、布引五本松堰堤の本体工事に着手します。一方、明治28(1895)年4月に起きたフランスのプゼイダム決壊事故^{※4}等を経てダム設計理論も進化しており、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ました。

計画変更の作業と併行して、支障のない範囲で工事を進めるなど、まさに綱渡り的な経緯を経て、布引五本松堰堤とこれに関連する取水施設、浄水施設が完成し、明治33(1900)年3月24日奥平野浄水場で待望の通水式が挙行されました。

※2 Burton (バルトン) : 明治20(1887)年イギリスより来日、帝国大学で衛生工学を教える傍ら、内務省顧問技師として日本各地の上下水道建設に携わり、佐野藤次郎はじめ多くの日本人技術者に影響を与えた。明治22(1889)年、内務省は全国の主要都市に上下水道の普及を図ろうと諮問すると、仙台、大阪、名古屋、神戸、広島、下関、門司、福岡などから調査の依頼が来た。その都度バルトンは現地を視察し、適切な案を提案した。バルトンは御雇の契約を2回更新し、満9年の長きにわたってわが国の上下水道整備に多大な業績を残した。明治29(1896)年契約満期となって解任されたとき、日本政府はバルトンに勳四等旭日小綬章を贈って功績を称えた。「日本衛生工学の父」、「日本上下水道の父」といわれた。

しかし、彼に帰英する日は来なかった。日清戦争に勝利して領有した台湾では悪疫が流行していて、衛生設備の完備が台湾統治の要諦と見た政府は、内務省の衛生局長・後藤新平を通じてバルトンに尽力を要請した。バルトンは家族を伴い、一番弟子の濱野弥四郎を帯同して台湾に渡り、同地の衛生工事顧問技師として3年間、熱心に職務に精励したが、ついにマラリアと赤痢に罹ってしまった。全快の宴を開くほど回復し、60日の休暇を得てロンドンに帰省しようとする途中、明治32(1899)年8月、肝臓アブセス(膿瘍)により東京にて43歳で没した。



写真-3 W.K.バルトン
(Wikipedia から引用)

※2 吉村長策：1860～1928。万延元（1860）年に大阪で生まれる。明治 18（1885）年工部大学校土木工学科を首席で卒業後、1年間助教を務めた後、明治 19（1886）年に長崎県に勤務し、わが国初の貯水池式の水道専用ダム（アースダム）である本河内高部ダムを手掛ける。その後、大阪、広島、神戸、岡山各市の水道計画に参画。明治 32（1899）年 12 月海軍技師に任官、佐世保鎮守府建築科長、明治 44（1911）年臨時海軍建築部工務監、大正 9（1920）年海軍建築本部長、大正 12（1923）年退官。海軍施設のほか、門司、小倉、福岡、佐世保、長野など各市の水道拡張工事の顧問として水道界に功績が大きい。近代日本の水道普及に尽力し「水道の父」と称される。

※3 佐野藤次郎：1869～1929 年。明治 24（1891）年に帝国大学工科大学土木工学科を卒業し、同年大阪市技師となる。明治 30（1897）年神戸市水道工事副長、明治 32（1899）年には水道工事長となる。布引五本松堰堤竣工後、次の立ヶ畑堰堤の建設に向けて水源貯水池堰堤視察のため、明治 33（1900）年英国領インドに出張して明治 34（1901）年に帰国、同年 6 月立ヶ畑堰堤工事に着工、同 38（1905）年 5 月に竣工する。明治 44（1911）年に神戸市技師長、大正元年（1912）年から水道拡張部長を兼ねた。神戸水道創設の中心的技術者であり、烏原堰堤や千刈堰堤の設計・施工にも関わり、その半生を神戸水道の建設に捧げた。大正 8（1919）年米国土木工師会会員に推される。その後、日本水道衛生工事社長などを務めた。昭和 4（1929）年 11 月万国工業会議に列席のため上京中に病没した。



写真-4 佐野藤次郎
（『日本の土木を歩く』から引用）

※4 フゼイダム (Bouzey) 決壊事故：事故原因は揚圧力（ダム底にかかる上向きの水圧）の存在で、これを設計に採り入れるとともに、対策として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ことで、ようやく重力ダムの近代的な設計体系が確立された。

■ わが国初のコンクリートダムの設計・施工

布引五本松堰堤は、横越流型式の洪水吐を持つ直線重力式コンクリートダムで、佐野藤次郎がイギリス・グラスゴーでの視察経験や海外の文献を頼りに設計したものだそうです。

設計においては、自重、静水圧、波浪余裕高のみを考慮し、揚圧力、地震力等は考慮されていません。そのため、下流面勾配 1:0.67、上流面は上部が鉛直、下部が 1:0.02 の勾配を持つ比較のスレンダーな堤体となっています。

なお、ダムサイトの地質は、中生代白亜紀の布引花崗閃緑岩です。

当時の施工法は、概略下記のようなようです。

岩盤掘削に際しては、発破による基礎岩盤のゆるみを懸念して、表層部のみ火薬を使用し、着岩部に近いところは手ノミを用いて掘っています。今で言う「粗（あら）掘削」と「仕上げ掘削」で、今日においても仕上げ掘削は、掘削面から 0.5m 程度は発破を使わず、人力やピックハンマーなどにより岩盤を傷めないよう丁寧に掘削しています。

堤体は全面レア打設ですが、横継目は設けられていません。まず表面に長さ 45～60cm の粗石を練積みして型枠代わりとして、その中にコンクリートを流し込みます。1 日のコンクリート打設高さは 60cm 程度で、打設したコンクリートの配合は、上流面の厚さ 90cm の部分は、セメント：細砂：砂利＝1：2：4（最大粗骨材寸法 40mm）とし、それより下流側の部分は 1：3：6（最大粗骨材寸法 50mm）で、耐久性が要求される上流面に比べて貧配合としています。打設した翌日にモルタルを 3cm の深さまで掻き取り（今でいうグリーンカット：レイタンスを除去する）、7 日後の打設時に新たにモルタルを敷き、打ち継ぐコンクリートとの接着に配慮しています。また、堤体には、多数の小孔をあけた直径 4cm の鍛鉄管を水平、垂直ともに 3m 間隔に配置して浸透水を排除し、打ち継ぎ面にかかる揚圧力の軽減を図っています。

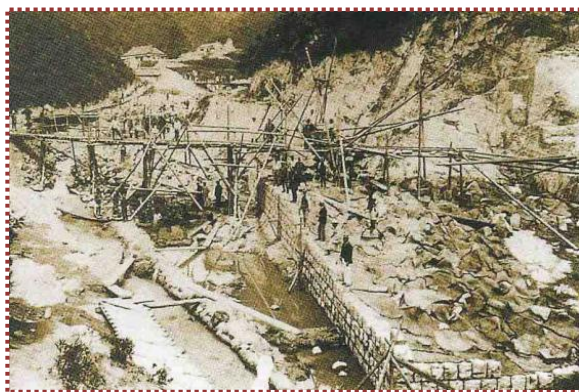


写真-5 堰堤下流より上流を見る。堤内仮排水路の側壁石積が施工されている。

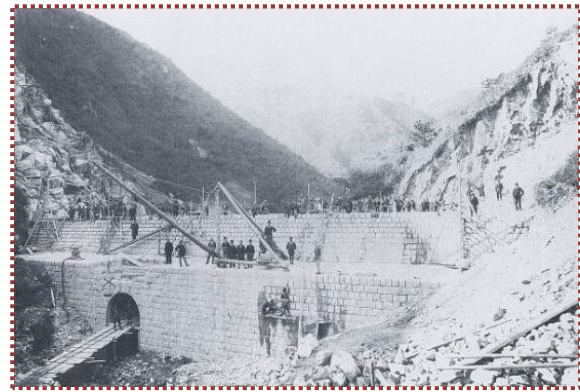


写真-6 堰堤基礎上 10 段の石積みが完了している。堰堤基礎上でクレーンが作業している。

（平成 12 年 4 月神戸市水道局発行のパンフレット「神戸水道創設」から引用・加工）

なお、ダム築造に必要な細砂・粗石は現地採取でしたが、セメント・砂利（明石、舞子、淡路島の海砂利）・鋼材などは新生田川の河口で陸揚げして臨時に布設した軌道により運搬、軌道終点の芋川（おがわ）谷からダムサイトまでの700m間は馬力及び人力により運搬しました。セメント樽（173kg）は人夫3人で担ぐか、あるいは分割して袋に詰めかえ背に負って急峻な坂を登ったそうです。

■ 洪水および流入土砂対策は放水路（隧道）で対応する

洪水吐は、布引五本松堰堤本体上ではなく、堰堤左岸部に横越流型式の洪水吐が設けられています。当時は、技術導入元のイギリスでも、まだフィルダムの考え方を踏襲し、洪水吐はダム本体と切り離して別個に岩盤上に設けるようにしていたと思われます。



写真-7 縮切堰堤



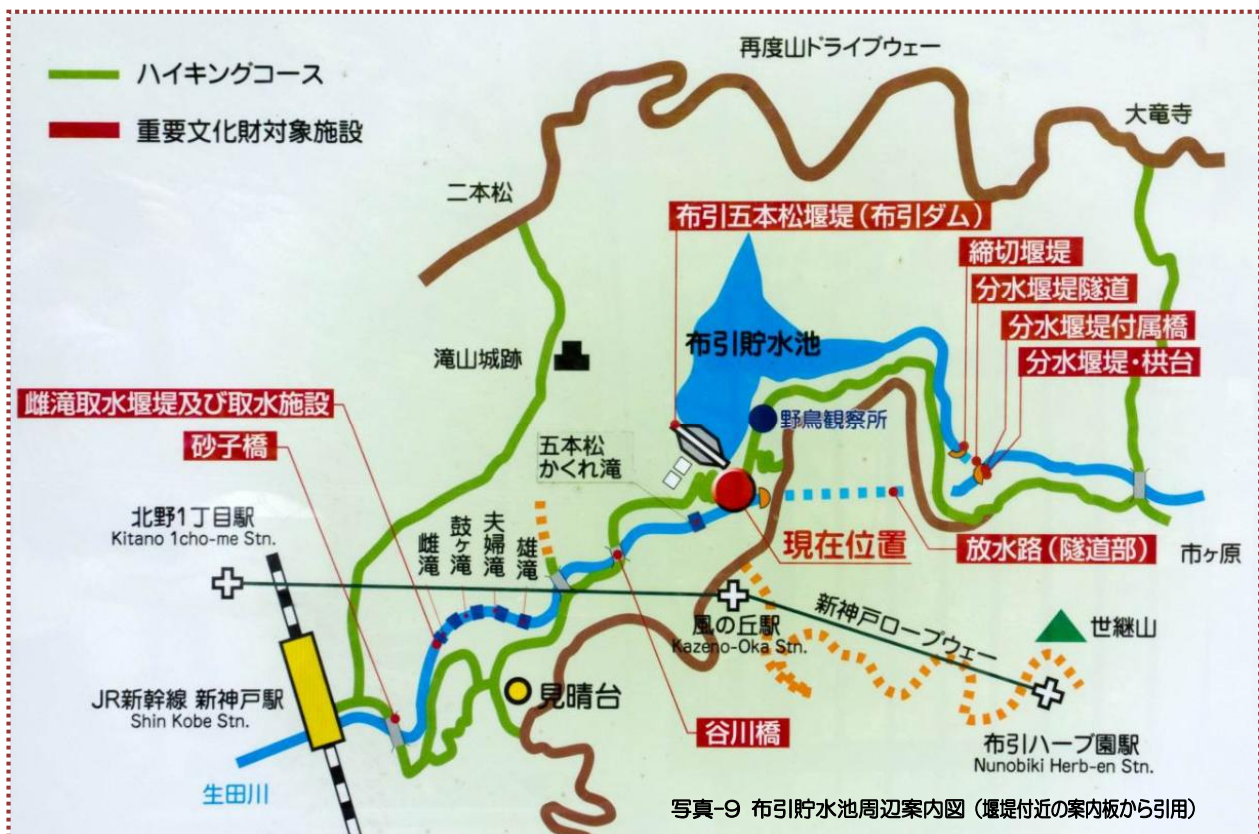
写真-8 分水堰堤

この洪水吐は、越流部の堤高1.42m、越流長70.45mで、

越流部に7径間の管理橋を架け、堰堤側の2径間は切り下げてゲートを設置、満水時の平常流を放流できるようになっています。なお、今はゲートも切り下げもない状態です（残念ながらこの部分の状況や経緯が把握できていません）。

明治33（1900）年に完成した布引五本松堰堤ですが、集水域はまだ禿山の状態で、大雨が降るたびに大量の土砂が貯水池に流入する有様だったので、貯水池への土砂流入を抑制するため明治41（1908）年に放水路（隧道）を掘っています。明治39（1906）年に貯水池末端から少し上流に分水堰堤（写真-8）を設け、そこで1.11m³/sを超える水は放水路を通して布引五本松堰堤横の洪水吐放水路に接続し、堰堤下流に流すようにしています。

この放水路によって大量の土砂を含む洪水は、貯水池をバイパスして洪水吐放水路から堰堤下流に流すことができ、併せて洪水吐の役割も大幅に減しました。



下記の写真-10と11は、土木図書館所蔵の明治33（1900）年に撮影された竣工直後の写真です。

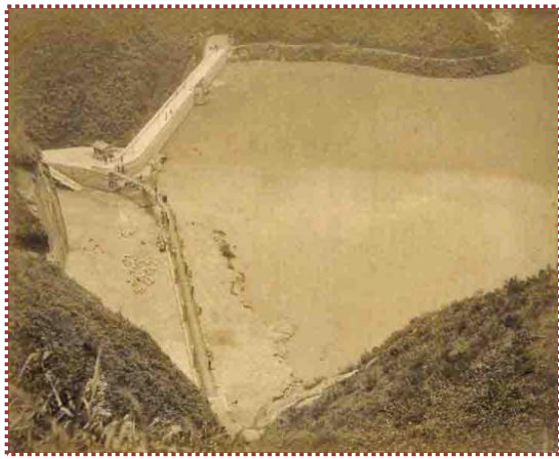


写真-10 布引貯水池満水を上より望む (明治33年7月14日撮影)

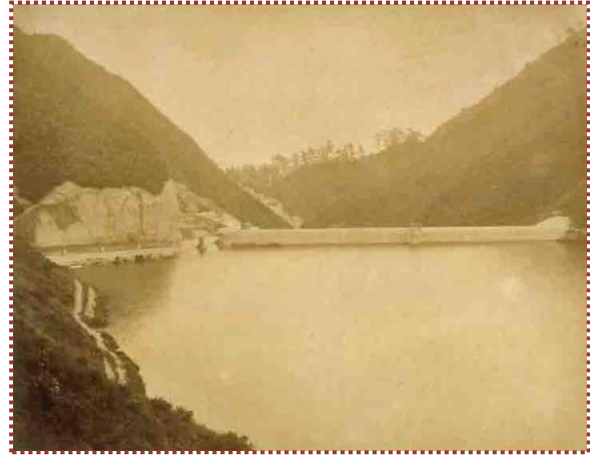


写真-11 布引貯水池満水状況 (明治33年7月14日撮影)

(『旧蔵写真館～「神戸水道 布引ダム」』から引用)



写真-12 放水路呑口



写真-13 横越流型式の洪水吐と放水路

■ モノローグ

現在、神戸市は日量 90 万 m^3 の供給能力をもつ水源を確保していますが、その約 75% は琵琶湖・淀川に依存しており、布引貯水池の占める比率はわずか 2% に過ぎません。しかし、不純物が少ないため赤道を越えても腐らないといわれる「布引溪流」の水は、環境省の名水百選に選ばれるなど今でも良好な水質を維持しています。

量的な面では、神戸市水道の供給能力に占める比率はきわめて低くなってきていますが、質的な面では、良質な「神戸ウォーター」の象徴であるとともに、市民に「水と緑の憩いの場」を提供しています。

近代化が進む神戸の街の衛生環境の改善に大きく貢献した「布引五本松堰堤」は、百年の時を経た今、市民の「心の衛生環境」の改善にも貢献しているといえます。

この布引五本松堰堤を設計した佐野藤次郎は、その後、日本各地や韓国での水道建設にも関わり、とりわけ“堰堤”への思いは人一倍強かったそうです。そして、常々『技術者の墓は自分の設計した構造物だ』と言われていたそうです。読者の皆さん、ご自分の墓はもうできていますか。

さて、6月1日から7日の1週間は「水道週間」です。今どこ蛇口をひねれば清浄な水が出るのが当たり前になっていますが、これは、先人の数々の苦勞の積み重ねの賜物なのです。時には、「水づくり」に懸けた先人の思いや苦勞の数々に思いを馳せてみるのも有意義なことではないでしょうか。



写真-14 五本松かくれ滝

五本松かくれ滝 (写真-14)

布引五本松堰堤が完成した当時にダム放水路としてできた滝で、愛称を募集し、平成19(2007)年6月に「五本松かくれ滝」に決定した。滝の周辺は昔から「五本松」と呼ばれており、洪水吐(写真-13)からオーバーフローした時や放水路を流れる時などに限って流れる滝であることからこのネーミングになった。

【参考文献】

- 1 『神戸水道誌』 神戸市 明治43年
- 2 『神戸市水道70年史』 神戸市水道局 昭和48年
- 3 『神戸市水道百年史』 神戸市水道局 平成13年3月
- 4 『20世紀日本人名事典～佐野藤次郎』 日外アソシエーツ 平成16年
- 5 『六甲山緑化100周年記念～六甲山の100年そしてこれからの100年』 神戸市 平成15年3月
- 6 『「神戸水道創設」パンフレット』 神戸市水道局 平成12年4月
- 7 『土木史研究 論文～佐野藤次郎と初期の神戸水道におけるイギリスの影響』 松下 眞 平成17年4月
- 8 『日本の土木を歩く～布引ダムの話』 峯岸 淳
- 9 『Civil Engineering Consultant Vol.237～土木遺産の香 第43回：日本初のコンクリートダム「布引ダム」』 小澤宏二 平成19年10月 https://www.jcca.or.jp/kaishi/237/237_doboku.pdf
- 10 『土木学会初代会長 古市公威 旧蔵写真館～1。神戸水道 布引ダム』 神吉和夫・土木図書館 http://library.jsce.or.jp/Image_DB/human/furuichi/lib01.html
- 11 『世界大百科事典(旧版)～「ダム」』 平凡社 https://kotobank.jp/word/%E3%81%B6%E3%81%9C%E3%81%84%E3%81%A0%E3%82%80-1405670#goog_rewarded

※発行：平成24(2012)年6月 『ひょうご水百景』 No.13

改訂：令和8(2026)年4月 『ひょうご水百景』 No.13