



写真-1 神戸布引ロープウェイから布引五本松堰堤を撮影（平成24年6月）

■ 数々の試練に耐えて堰堤は今なお健在で、その機能を発揮している

上の写真-1は、神戸布引ロープウェイから五本松堰堤を撮ったものです。日本人が設計し日本人の手で築造されたわが国初のコンクリートダム・布引五本松堰堤も、完成後すでに120年以上が経過しました。この間、昭和13(1938)年の阪神大水害や昭和42(1967)年の豪雨災害、平成7(1995)年の阪神・淡路大震災など、いくつもの試練に耐えて、今なお堰堤は健在で、その機能を発揮しています。

しかし、これは結果として耐えてきたのではなく、大きな災害を経験するたびに、専門家による診断を受け、適切な治療や予防策を講じてきた賜物なのではないでしょうか。

今回は、当堰堤完成からこれまでの調査・研究や補強の足跡をたどってみました。

■ 完成した貯水池に荒廃した水源域から泥水が流入

明治14(1881)年4月、「日本の植物学の父」とも称えられている牧野富太郎^{※1}は、高知から船で上京の途上、海上から六甲の禿山を眺めて「はじめは雪が積もっているのかと思った」と露出した白い花崗岩の山肌の様子をその著書に書き残しています。

また、明治32(1899)年神戸市の招きで布引貯水池の水源域を視察した造林学者で東京帝大教授の本多静六は、その著書で「地面はほとんど露出して水源まったく涸れ、降雨のたびに土砂を流出し、(中略)河床ますます高くなり洪水や干ばつの害は年々ひどくなるばかり」と述べています。

このように布引貯水池の水源域は荒廃が著しく、貯水池は完成したものの大雨のたびに泥水が流入する状況でした。

※1 牧野富太郎：1862～1957年。高知県高岡郡佐川町出身。旧制小学校中退でありながら理学博士の学位を取得、94歳で死去する直前まで、全国をまわって膨大な数の植物標本を作製した。多数の新種を発見し命名も行った近代植物分類学の権威である。令和5(2023)年度前期のNHK連続テレビ小説「らんまん」の主人公・槇野万太郎のモデルである。

■ 荒廃した六甲山に植林をして緑を回復させる

このような中、明治 29 (1896) 年に河川法、明治 30 (1897) 年に砂防法、森林法が制定され、国土保全に必要な法整備が進んだことを受けて、神戸市は水源域を保全し、貯水池への土砂流入を防止するために砂防植林を実施することとします。

明治 35 (1902) 年 2 月から 3 月にかけて、再度山修法ヶ原においてクロマツやヤシャブシの試験植栽を行い良好な結果を得たことから、同年 11 月 13 日、神戸区所有の山林（現在は北区内の神戸市有林）45ha を対象に植林作業に着手しました。これが、荒廃した六甲山に緑を回復させる大規模かつ計画的な植林のはじまりとされています。

植林の開始から 120 年あまりが経過した今、六甲山は豊かな緑におおわれています。また、阪神大水害を契機に国・県は治山・砂防事業を進め、その結果、六甲山はそれなりに土砂災害に強い山になりました。しかし、阪神・淡路大震災で緩んだ山体は、今なお土砂災害の危険性をはらんでおり、治山・砂防施設整備や災害に強い森づくりが引き続き進められています。



写真-2 砂防植林が始まった明治 36 年の再度山
（『六甲山緑化 100 周年記念誌』から引用）

■ 関東大震災を機に堰堤の耐震性を調査する

大正 12 (1923) 年 9 月 1 日^{※2}11 時 58 分、相模湾北西沖 80km を震源とするマグニチュード 7.9 の「大正関東地震」が起き、東京府、神奈川県を中心に甚大な被害が発生しました。死者・行方不明者 10 万 5 千人余り、建物の全壊は 10 万 9 千余棟、全焼が 21 万 2 千余棟、わが国の災害史上最大級の被害となった「関東大震災」です。

『ひょうご水百景』No.13「布引五本松堰堤」で述べているように、当堰堤は地震力を考慮していません。そのため、神戸市は関東大震災の翌年、震災予防調査会委員で土木耐震学の草分け的存在であった物部長穂博士に当堰堤の耐震性調査を依頼しています。調査の結果は以下のとおりです。

- ① 過去の地震史から水平震度を 0.15 とした場合、地震時に鉛直または水平の亀裂が発生する恐れがある。
（ちなみに、「河川管理施設等構造令」では、当地域は「強震帯」に属し設計震度は 0.12。）
- ② 補強工事は工費に比べて効果が小さいので、今すぐ補強する必要はない。
（どのような補強工事を想定したかわからないが、貯水池を一旦空にしての対策工事であれば、当時の神戸市水道の需給状況を考えると難しかったことは容易に想像がつく。）
- ③ 万一の場合を考えて、奔流を海に導く設備を設けることは有効である。

※2 9 月 1 日：昭和 35 (1960) 年、内閣は閣議了解によりこの日を「防災の日」とした。関東大震災の教訓を忘れない、という意味と、例年 9 月 1 日は台風の襲来が多いとされる二百十日にあたり、「災害への備えを怠らない」との戒めも込められている。

■ 阪神大水害では大量の土砂・流木が貯水池に流入

阪神大水害は、昭和 13 (1938) 年 7 月 3 日から 5 日にかけて降り続いた雨が、神戸市や阪神間の広い範囲にもたらした土砂災害です。災害のすさまじさは、『ひょうご水百景』No.2（「住吉川」）で述べたとおりで、死者・行方不明者は 695 名にのぼり、被災家屋数は 15 万戸を超えました。

この時、布引貯水池には大量の土砂や流木が流入し貯水容量が大幅に減少（75 万 m³⇒50 万 m³）したため、神戸市は昭和 15 (1940) 年に原口委員会（委員長：原口忠次郎内務省神戸土木出張所長、後の神戸市長）を設置し、利水機能の回復について調査検討を行っています。

検討結果は以下のとおりです。

- ① 洪水放流能力確保のため、越流堤を 1.42m 低下させる。
⇒昭和 40 年代に、放水路断面の拡大と併せて実施している。
- ② 貯水容量復元には、上流に新ダムを建設するのが有利。新ダム完成後、堰堤の漏水防止が必要である。
⇒昭和 17 (1942) 年 12 月、布引貯水池上流において極楽谷貯水池貯水池築造工事を開始したが、第二次世界大戦下の資材不足等のため、昭和 19 (1944) 年 12 月、調査工事と一部仮設工事に着手した段階で工事は中止となる。
- ③ ダム上流で砂防工事をする事。
⇒これまでに六甲砂防事務所が 19 基の砂防堰堤を整備している。（平成 23 年 3 月時点）



写真-3 布引貯水池に堆積した流木（昭和 13 年 7 月）
（『神戸市水道百年史』より引用）

■ 戦後の事情により布引貯水池の有効活用へと方針変更

昭和 26 (1951) 年、神戸市は米田委員会 (委員長：米田正文近畿地方建設局長) を設置し、原口委員会の答申にあった「新ダム建設」の再開を図ろうとしましたが、戦後の資材不足や経済的理由その他から困難となり、既設の当堰堤を補強して有効活用することとなりました。調査検討の結果は以下のとおりです。

- ① 上流面にセメントガンでモルタルを吹き付けて漏水を防止する。
⇒ 昭和 26 (1951) 年に、堤体上流面の堆砂面 (常時満水位-15.3m) より上部にモルタル吹付工事を施工している。その結果、施工前は、満水時で 1,000m³/日 (毎分約 700ℓ) を超える漏水があったが、施工後約 250m³/日に減少している (ダムの安全性を判断する上で重要な指標は「漏水量が増加傾向にあるか否か」であって量そのものではない。ただ、それにしてもこの規模のダムで毎分 700ℓ は多い)。
- ② 下流側にロックフィルなどの押さえ盛土を施工して安定度を増す。⇒ H13~16 年度に代替策として上流面に補強コンクリート (フィレット) を実施 (図-1 参照)。

■ 昭和 42 年の豪雨災害で大量の土砂が貯水池に流入

昭和 42 (1967) 年 7 月 8 日から 9 日にかけて、西日本にかかっていた梅雨前線は台風 7 号崩れの熱帯低気圧の影響を受けて各地に集中豪雨をもたらし、神戸における雨量は、24 時間最大 319mm、1 時間最大 75.8mm でした。

当堰堤の北、約 600m にある世継山では、造成されたゴルフ場^{※3}の北側斜面で大規模な斜面崩壊が発生し、約 5,200m³の土砂がふもとの市ヶ原集落を襲いました。この崩壊により、多くの人家とともに駐在所や茶店までが土砂に飲み込まれ、21 名の尊い命が失われました。

(この災害を契機に、昭和 44 (1969) 年に「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」が制定されました。)



写真-4 六甲砂防事務所現地説明板から引用

この災害では、貯水池に大量の土砂とともに 11 体の遺体が埋没したため、貯水池を空にする必要が生じました。そこで、神戸市はこの機会に丹羽義次・京都大学教授の指導を受けて、昭和 42 (1967) ~43 (1968) 年にかけて以下の対策を実施しました。

- ① 堤体上流面に近いところにグラウトカーテンを形成する。
⇒ 堰堤天端からボーリングを行い、セメントミルクを注入。ボーリング延長 2,731m に対してセメント 605t を注入。
- ② 基礎岩盤にもカーテングラウチング (岩盤の割れ目にセメントミルクを圧入) を行い漏水を防止する。
⇒ ボーリング延長 1,224m に対してセメント 214t を注入。
- ③ 堤体の挙動観測のために、たわみ計、温度計、漏水量測定設備を設置する。

※3 ゴルフ場：ゴルフ場側は神戸市に土地を売却し、その費用で被災住民らに賠償。恐らく、ゴルフ場に賠償する資力がないため、市が土地を買収することで結果的に賠償資金を提供した形にしたと思われる。世継山周辺の大部分を買収した神戸市は、その活用を検討し、平成 3 (1991) 年、世継山南東斜面に「神戸布引ハーブ園」を開園させている。世継山も放置すれば再度災害の恐れもあったし、「官」が所有しておいた方が…ということか。

■ 河川管理施設等構造令の適合性を照査（第1次ダム調査研究会）

昭和51（1976）年7月、河川法第13条（河川管理施設等の構造の基準）に基づく河川管理施設等構造令が施行されました。この構造令に規定されている設計基準に照らすと、明治時代に完成した当堰堤が適合していない点があり、ダムの安全性について専門家の意見を聴くため、神戸市は昭和52（1977）年に「ダム調査研究会」（委員長：田中茂神戸大学名誉教授）を設置しました。

検討結果は以下のとおりです。

- ① 地震力や揚圧力を考慮していない布引五本松堰堤の安定性について、二次元設計では堤趾部に引張応力が発生するが、兩岸の拘束も考慮した三次元のFEM解析を実施した結果、直ちに危険とは判定できない。
- ② 今後、時宜を得て堤体・岩盤への入念なグラウト工事を追加する。
- ③ 揚圧力を低下させるよう努める。
- ④ 昭和44（1969）年に設置した堤頂部のたわみ計は、応答が過敏であるため、下方に移設して観測を続ける。
⇒昭和55（1980）年に、堤頂-6.5mにたわみ計を増設している。

■ 阪神・淡路大震災後に第2次ダム調査研究会を設置

平成7（1995）年1月17日5時46分、淡路島北部を震源とするマグニチュード7.3の地震が発生しました。

この地震により、当堰堤も堤体にクラックが生じ、漏水量も増加がみられたことから、神戸市は平成7～8年度に第2次布引ダム調査研究会（委員長：田中茂神戸大学名誉教授）を設置し、阪神・淡路大震災時の被害調査と漏水対策の検討を行いました。検討結果は以下のとおりです。

- ① ダム基礎岩盤は漏水が増加しており、かなり損傷を受けたものと考えられる。
- ② この地点における地震の最大加速度は150～200gal程度とみられる。
- ③ 地震時には水位が満水面から5.6m低下していたので、「転倒」に対する安全性は満足していた。
⇒この頃は、いわゆる「平成6年湧水」の真只中で、布引貯水池の水位もかなり低下していたことが幸いした。

検討結果を踏まえて、平成7（1995）～8（1996）年度に災害復旧工事として漏水防止のためのグラウチングが実施されました。

■ 恒久的な耐震補強対策に向けて第3次ダム調査研究会を設置

平成11（1999）～12（2000）年度に、第3次布引ダム調査研究会（委員長：田中茂神戸大学名誉教授）が神戸市により設置されて、堤体の恒久的な耐震補強対策と景観への配慮が検討されました。その検討結果を踏まえて、平成13（2001）～16（2004）年度にかけて、堤体補強および堆積土砂の撤去工事が実施されました。

コンクリートダムの安定条件として、予想される外力に対して必要な強度を有し、滑動しないこと、転倒しないことの三つがあります。そのうち、当堰堤で問題となるのは「転倒」に対する安定性です。重力式ダムの場合、堤体を倒そうとする水圧等に対して、堤体の重さで抵抗するものですが、当堰堤の場合、地震時動水圧や揚圧力を考慮すると重さが不足するという事です。

耐震補強対策は、上流面に補強コンクリート（フィレット）を打ち、フィレットにかかる水圧で堤体を重くして転倒に対する抵抗力を大きくする工事で、平成16（2004）年度に完成しています。

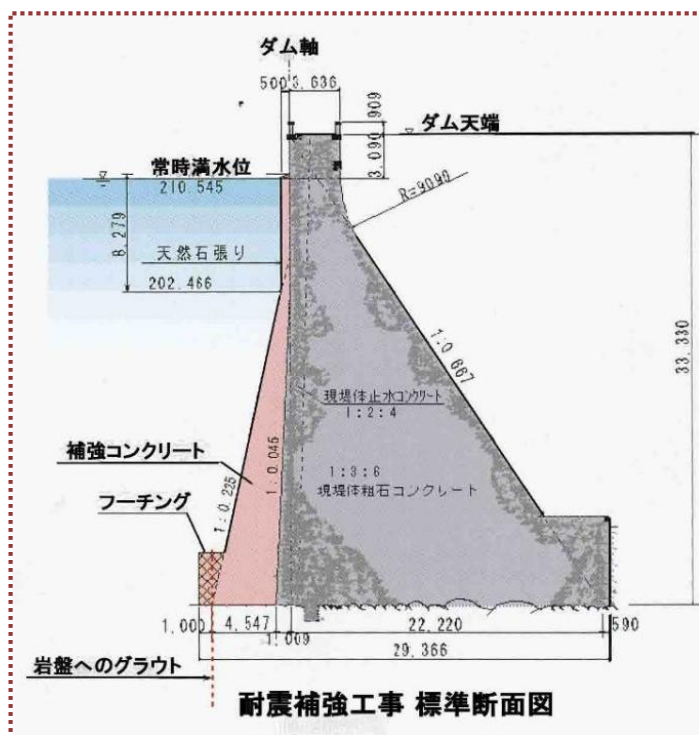


図-1 「布引五本松堰堤耐震補強」パンフレットから引用・加工

また、貯水池機能を回復させるため、貯水池内に堆積した土砂約20万m³を撤去しました（処分先は主に神戸空港島）。これにより、有効容量759千m³の55%にまで落ち込んでいた貯水容量が80%にまで回復しました。

■ モノローグ

布引五本松堰堤は、120年を超える歳月を経た今も健在です。その間、大水害や大地震を経験し、かなりの痛手を負ったこともありましたが、その都度適切な治療を受けてきました。

地震後の一時期、大手術のため休んでいましたが、平成17(2005)年度から水道水源としての仕事に復帰し、今なおわが国最古のコンクリートダムとして働き続けています。

右の図-2を見るとよくわかりますが、砂防堰堤の地図記号(図-2)がたくさん記されています。六甲山系が風化花崗岩でできていることに加えて、五本松堰堤のすぐ北の沢と対岸の沢を結んで右横すれの布引断層が東北東-西南西方向に走っていて、花崗岩が破砕されている影響も考えられます。

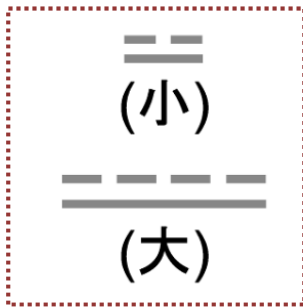


図-2 砂防堰堤の地図記号
(川であれば「堰」)

六甲の緑に溶け込んで悠然と佇む布引五本松堰堤。これからもケアに努めながら、わが国のコンクリートダムの長寿記録を更新し続けてほしいものです。



図-3 布引貯水池周辺の地図



写真-5 布引ハーブ園 (平成23年4月)



写真-6 ハーブ園上空をロープウェイのゴンドラが… (平成23年4月)



写真-7 神戸布引ロープウェイ (平成24年6月)



写真-8 布引ハーブ園 (平成24年6月)

チューリップ

ユリ科チューリップ属の植物。和名の鬱金香（ウツコンコウ）は、この花の香りがスパイスまたは食品を黄色く染めるのに使われるウコンのような、埃臭いことに由来する。原産地は中央アジアとされる。日本には、江戸時代後期に伝来したが普及するに至らず、大正時代に入って、ようやく小合村（現：新潟市秋葉区）で本格的な球根栽培が始まった。このことから、新潟地域の栽培農家は新潟が「日本チューリップ発祥の地」と自負しており、道の駅「花夢里にいつ」には記念碑が建てられている。



写真-9 布引ハーブ園に咲いていたチューリップ

【参考文献】

- 1 『神戸市水道百年史』 神戸市 平成 13 年
- 2 『土木史研究 Vol.25～神戸布引ダム改修と建設時の工法・材料について』 中西敬次郎・中川広志・坂下良一・松下 眞 平成 17 年 6 月
- 3 『布引ダム（五本松堰堤）の耐震補強』パンフレット』 神戸市水道局
- 4 『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
- 5 『布引水源地下水道施設記録誌』 神戸市 平成 18 年
- 6 『牧野富太郎、チューリップ』 フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

※発刊：平成 24 (2012) 年 7 月 『ひょうご水百景』 No.14

改訂：令和 8 (2026) 年 4 月 『ひょうご水百景』 No.14