

# 神戸布引ダム、および関連施設の建設\*

—建設記録写真の分析—

Construction of Kobe Nunobiki Dam and Related Facilities  
—The analysis by photographic record of the construction work—

五十畑 弘\*\*  
by Hiroshi ISOHATA

A paper entitled "Kobe Waterworks" was submitted to the Institution of Civil Engineers (ICE) in 1905 by Tojiro Sano(1869-1929) who had been involved in the construction work. This paper was abandoned by the council of ICE two years after. Even though the paper was not appeared on the proceedings, the copy has been keeping in the Archives of ICE with drawings and 20 clear photographs. The photographs, taken during 1898 to 1901 cover Nunobiki dam, Mendaki intake, Tsuzumigataki intake, Kitano cleansing plant, Okuhirano cleansing plant, pipe laying work, a incline and winding engine for the work and a pipe bridge construction work. In this study, the process of the construction work of Nunobiki dam and the related facilities is clarified by the analysis of the photographs.

## 1. はじめに

イギリス土木学会(The Institution of Civil Engineers;以下ICE)のアーカイブスでは、神戸布引ダムおよび、関連施設の建設写真、および図面などの資料が保管されている。

神戸水道の布引ダム建設に関係した技師佐野藤次郎(1869-1929)は、工事の完工後に"KOBE WATERWORKS"と題してICEに論文を投稿した。この投稿論文は論文集には不採用となったが、その後も他の日本関係資料とともにICEアーカイブスで保管されてきた。この中には論文原稿、図面などと共に、1898(明治31)年から1901(明治34)年頃までの工事中の布引ダム、雌滝取水堤、鼓ヶ滝取水堤、北野、奥平野浄水場など鮮明な工事写真20枚が含まれる。

本論文では、主としてこの写真によって布引ダムおよび、関連施設の建設の状況を明らかにする。

## 2. 神戸水道建設の経緯(表1)

神戸の近代水道の建設は横浜、東京、大阪などの主要都市よりも遅く、水道布設議案が市会で可決されたのは1893(明治26)年のことである。この設計を実施したのは内務省雇用のイギリス人技師のバルトン(William K Burton:1855-99)であったが、この5年前の1887(明治21)年には神奈川県雇のイギリス人技師のパーマー(Henry S Palmer;1838-93)により最初の設計案が兵庫県

に提出された。

バルトンの設計は給水人口15万人で将来の25万人給水も考慮に入れた計画であった。これに対し、1896(明治29)年に設計が拡張され、25万人の給水人口に変更されて、その他の点でもバルトンの設計は大幅な修正が加えられた<sup>1)</sup>。

布引を水源とする貯水池は、バルトンの設計では堤高19.7mの大規模な土堰堤であったが実際に着工されたのは、粗石コンクリート堰堤であった。1897(明治30)年3月29日に開始された布引ダムの工事は原設計で変更設計に差し支えない範囲<sup>2)</sup>で進め、平行して内務省に変更設計の承認を得るとされた。しかし、写真などの資料によればすでにコンクリート堰堤として開始された<sup>3)</sup>。

バルトンの原設計は1896(明治29)年に神戸水道の工事長の吉村長策(1860-1928)の推薦で大阪市より神戸市に招聘された佐野藤次郎によって変更が加えられたとされている。

土堰堤から粗石コンクリートへのダム構造の変更を含む変更設計の一部認可を得たのは1898(明治31)年の5月であり全体の変更設計が帝国議会で承認されたのは1899(明治32)年3月末のことである。しかし工事の進捗は、承認の下りる以前の1898(明治31)年の3月末にはすでに堰堤基礎の掘削が90%の終了をみており<sup>4)</sup>、同年6月に撮影された工事写真(写真1)では変更設計のコンクリートダムとして工事が進められたことが分かる。

布引ダムの全体の工事が終了したのは、1900(明治33)年6月で、6月7日より注水が開始され7月14日に満水となった<sup>5)</sup>。

\*Keyword: 水道, ダム, 神戸水道, 建設, 工事写真

\*\*正会員 博士(工学), NKK総合エンジニアリング事業部  
(〒100-8202 東京都千代田区丸の内1-1-2)

表1 神戸水道建設の経緯

年	建設の経緯	年	建設の経緯
1887 (明治20)	5月 大阪出張中の神奈川奥雁のバーマーに水道設計を依頼。 5月18、19日付でバーマーは報告書を兵庫県技師柏谷直譯あて提出 11月6日バーマー設計委託了承。 バーマーの設計案、県に提出(水源:布引・再度溪谷、給水人口:13万1000人)	1896 (明治29)	設計の大変更(拡張設計のポイント:原設計では、水源は布引、再度の2渓流および旧来の溜池。これを25万人給水とし五本松には貯水量29,200,000立法尺のコンクリート堰堤建設) 3月29日堰堤開始(ICE論文,p.6)(3月副長柏谷退任、佐野が後任) 5月 5月28日堰堤工事
1887 (明治21)	3月 市政施行 10月 内務省各府県あて上下水道に関し、内務省雇い技師の相談受付の通達水道条例公布	1897 (明治30)	3月 拡張設計及び国庫補助増額を内務大臣へ提出。 10月 10月号工学会誌に佐野名で掲載。神戸水道水源:工学会誌 190巻(布引2箇所、島原3箇所の貯水池で、五本松堰堤は次の通り:池水最深:100ft、堰堤高:105ft、堰堤長:350ft、貯水池最高水面積:635,159平方ft、水面海面上高:693ft、堰堤種類:コンクリート) 堰堤基礎掘削90%終了。
1888 (明治22)	4月 市政施行	1898 (明治31)	3月 5月9日 内務省へ変更案の認可促進の申請書提出。以下の内容(神戸市→内務省 ①原設計で拡張設計と大きな違いの無い工事を執行して行ける範囲は終了②拡張設計に立ち入らないと工事は止まる③拡張設計の部分的な認可を得たい。) 以上よりコンクリート堰堤への変更の承諾を受領。 6月 布引ダムは堤門下部の石積工(変更設計)が施工中。 1899 (明治32)
1890 (明治23)	12月 市会水道起業の議を確定し水道事業調査委員会を発足。 6月24日、内務省雇い技師に再設計案作成の委託を知事あて提出。 7月5日、内務省はこれを受領。[バルトンの招聘] 7月13日、バルトン神戸出張。柏谷直譯他と机上調査の後現地調査	1899 (明治32)	3月 3月末、変更案が帝国議会で承認 3月号工学会誌、佐野の布引ダム論文掲載。(佐野より草稿を借りて計算の概要を記述し、佐野本人の校閲を受けて投稿。) 3月、数ヶ滝堰取水場堰堤完成。 6月 布引ダムの施工済み堤高さは23mであって約8.5mで頂部に達する進捗。北野堰堤(6月)、濾水池(7月)完成。 8月 8月5日バルトン東京にて死亡。 1900 (明治33)
1891 (明治24)	7月 水道調査員として兵庫技師柏谷直譯を神戸市へ招聘。 4月の調査報告を市会に提出。(7月長崎、8月横浜、東京、大阪)水道事業調査事務所開設(明治27年事務所閉鎖) 10月10日、調査事務所心得を制定し、調査を12月までに終了。	1901 (明治34)	1月 北野堰堤、沈殿池完成。 1902 (明治35)
1892 (明治25)	9月 調査報告を市会へ提出。 7月3日神戸市会水道布設案が可決 7月13日水道布設認可申請を内務大臣へ提出 7月14日水道布設認可の兵庫助を兵庫より内務、大臣大臣へ提出 バルトンの設計(原設計)完成。(水源:布引、再度の2渓流および旧来の溜池および布引溪谷に土堰堤の貯水池を築造。(貯水量:1120万1198立法尺、給水人口:15万人。) バルトン "WATER SUPPLY OF TOWNS AND THE CONSTRUCTION WATERWORKS" を発行。	1903 (明治36)	1月 奥平野堰堤、濾水池および、送水溝完成。 3月 離堰取水場堰堤完成。 6月 6月7日より布引ダム注水開始、7月14日満水。 10月 佐野他1名、インド水道(タンサダム)の調査(70日間) 1901 (明治34)
1893 (明治26)	7月 予算を更生国庫補助金も増額要請。 水道布設認可、費・案兩院を通過。 バルトンの設計を修正(給水人口:25 ⇒35万人、消費水量:55 ⇒831) 内務省より布設認可 バルトン台湾に赴任。 水道調査事務所土木課から独立。 工事長吉村辰長、副長柏谷直譯、事務長心得宮内二朗、他の百数十名吉村の意向で大阪水道から佐野藤次郎を招聘。 佐野はもっぱら拡張設計(設計の大変更)を担当。	1904 (明治37)	1月 奥平野堰堤、濾水池 5-8号完成。 1905 (明治38)
1894 (明治27)		1907 (明治40)	1月 佐野 I C E へ論文 "KOBE WATERWORKS" を提出提出。 5月 鳥原貯水池ダム完成 4月23日 I C E "KOBE WATERWORKS" の掲載を却下。

注) 本表は佐野藤次郎の I C E 論文、工事写真、工学会誌 190巻、明治30年10月、神戸市水道70年史、神戸市水道誌を参照して作成した。

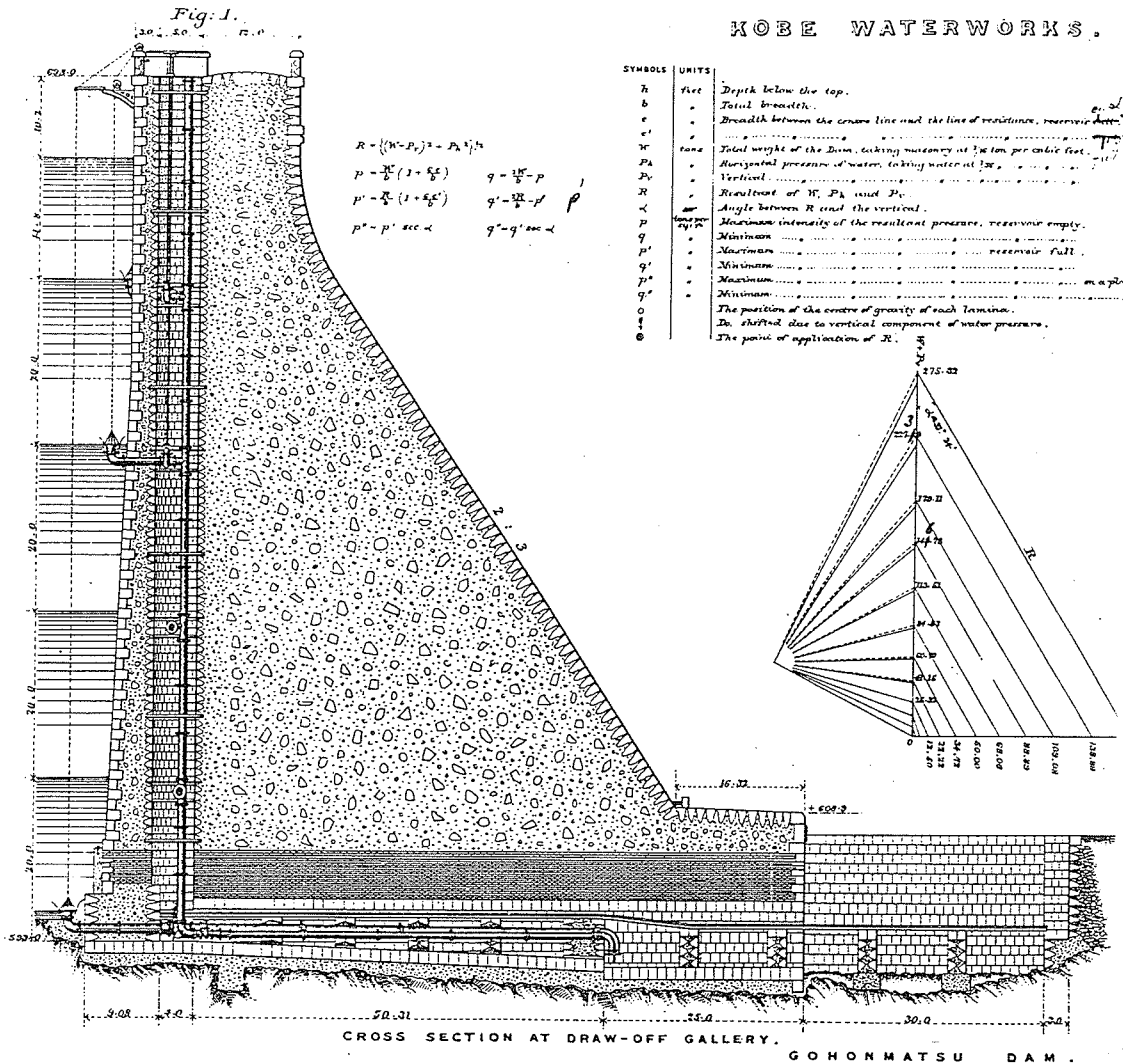


図1 布引ダムの構造図 (佐野藤次郎の I C E 論文原稿の添付図より)

表2 布引ダムおよび関連施設の概要

布引 (五本松) ダム	北野浄水場
<p>1. 基本諸元 集水面積 : 1,0679.522 m<sup>2</sup> 有効容量 : 759.521m<sup>3</sup> 貯水池満水面積 : 56,547m<sup>2</sup> 水深 : 29.81m 堤長 : 110.3 m (364ft.) 堤頂幅 : 3.63m (12ft.) 水準基準上 : 211.53m 高さ : 原河床より105ft., 最深掘削より110ft.</p> <p>2. 堰堤の構造 堰堤上に高さ90cm(3ft.), 厚み30cm(1ft.)の胸壁(高欄) 堤防壁面形状 内面: 垂直に10.9m(36ft) 下り以下微小の勾配(1:22.42) で変化。基礎で1m(3.3ft) 勾配 外面: 垂直に18ft下り以下3:2 の勾配で21.4m、以下更に開き(1:1.317) 勾配 底部の敷幅 : 23.82m(78.61ft.) 堤体底面幅 : 9.08+4.0 +50.31 +25.0=88.39ft. (26.782m) 堤体 : 内外面ともひかえ40~60cmの粗石の布たためでセメントモルタル練積み 内面粗石積の背部は厚さ90cmのコンクリート 外面控え背部から内面背部コンクリートの間は1~2 立法尺の粗石とコンクリート詰込 堤体内部に157 本の1.5in. φ鉄管を埋設(堤内浸透水の内圧を減少化) 基礎 : 右岸側は平均6mの掘削、止水の箱堀幅90cm, 深0.3~1.51m (微細亀裂の花崗岩) 左岸側は平均9.09m, 止水の箱堀深0.9~4.54m、渓流に沿った含粘土の断層部分は平均幅で他よりも6m深く掘削し石灰コンクリートを充填。(亀裂の溶解花崗岩) 全体に亀裂口防止のため厚さ1in. のモルタルを塗布</p> <p>3. 導水管など 中央部の水塔: 堤の中央部内面に半円形の水塔があり直下して下底の洞坑につながる。 水塔内の導水管: 縦管12in×4 の制水弁付き支管を池中に突出。 (溝水面より18ft.+20ft±3 の間隔) 洞坑 : 3×3mの煉瓦造アーチ断面。水塔直下から堤外吐門に連なり導水管、排水 管制水弁の操作用通路。導水管本管は量水池につながる。</p> <p>4. 計算採用数値 自重: 140lb/立法尺 (63.5kg/0.028m<sup>3</sup>) 許容圧縮応力: 8ton/平方尺</p>	<p>南福斜の約1万坪の山腹の内、4,675 坪を3 段の平地に造成。 土工は1897(明治30)年12月に起工して1899(明治32)年完了。</p> <p>1. 原水池: 海拔89.39m, 深さ1.81m, 幅1.21m, 長さ4.28m, 内部は隔壁で2室に分れる。鼓ヶ滝からの8in. 送水管がここに入る。1899(明治32)年7月着工。同年9月完成。</p> <p>2. 沈殿池(沈澱池): 1池, 粗石コンクリート造。 有効容量3005m<sup>3</sup>(のち緩速濾過池に改造)。上端幅: 18.18m, 長さ70.75m。 有効水量: 300.55 立米(2 日分)。1899(明治32)年5月着工, 1901(明治34)年1月完成</p> <p>3. 緩速濾過池(濾水池): 3池, コンクリート造。(濾過面積306m<sup>2</sup>, 流速3.6m) 縦18.18m, 横17.27m, 内面は1/8 の勾配。深さ: 2.39m(壁際)~2.51m(中央) 集水井は直径1.81mの円形。深さ3.63m, 6in. 管で3 個の濾過井の水を受け, 9in. 管で浄水池に送水。1898(明治31)年3月着工, 1899(明治32)年7月完成。</p> <p>4. 配水池(浄水池): 2池, コンクリート造。 有効容量340m<sup>3</sup>(2池合計679.49), 深さ6.63m, 頂上の地盤は濾水池と同じ。 幅4.54m, 長さ27.27m, 側壁内の勾配は1/8。天蓋は厚さ45.45cmの煉瓦積み。 池壁は厚さ90cmのコンクリート、内面のみモルタル仕上。基礎幅45.45cm。 1898(明治31)年3月着工, 1899(明治32)年6月完成。</p> <p>5. 配水量計場 シーメンス式量水器, 配水管口径9cm。1899(明治32)年3月始め着工, 同月末完成。</p>
<p>鼓ヶ滝取水場 海拔98.42m, 堤高3m, 長さ3.66m、反弓形で底部に扉門のついた排水暗渠。 堤体: 粗石入りコンクリートで表面はセメントモルタルで葺石張り。 堤左端に取水口(半径2.48mの4半円形の洞井)で口径12in. の送水管につながる。 264.54m + 816.06m で北野構場に達する。1898(明治31)年着工1899(明治32)年3月完成</p>	<p>奥平野浄水場 もと畑地の傾斜地を北側の天然岩床を削り南方へ2段に1万8330坪の平地地を造成。 1897(明治30)年6月着工し、整地は1900(明治33)年末に終了。並行して濾池、浄水池を築造。</p> <p>1. 原水池、送水溝 原水池は、縦27m, 横4.54m, 深さ2.87m で厚み0.9mの隔壁。一方は布引からの原水を調節計量し他方は鳥原原水流入。1899(明治32)年11月16日起工、同年12月3日完成。</p> <p>2. 濾水池はか 東から西へ1~8号で1~4号、および5~7号は同一周壁でブロックを形成。 1~7号は長さ37.27m, 幅33.63m, 8号は長さ41.21m, 幅37.27m, 深さ東西両端で2.54m 中央部で2.69m, 8号池は土盛地に位置し池床に1割の土法を付し池の周囲を固めた。 1~4号: 1888(明治31)年2月起工, 1900(明治33)年1月完成。5~8号: 1900(明治33)年10月起工, 1902(明治35)年1月完成。 構造: 壁基礎、厚さ45cm, 幅2.48mのコンクリート造。壁との接合は縦溝を嵌合する。 溝幅60cm, 池壁は山土又は細砂のシックイ。池底は山土又は細砂のシックイ上に厚さ7.5cmのコンクリートを施工。8号のみ側壁の表面に煉瓦張り。</p>
<p>雌滝取水場 堰堤 : 平面半径22.72mの彎曲形。表面粗石積み、裏面コンクリート 堤頂高: 海拔62.72m、堤アーチ支持点間: 17m 堤頂下1.81mに内径18inの排水弁3個(操作は左岸の機関による) 円筒下の洞井は内径2.42m、深さ6.06mで2個の流入口。24in送水管で奥平野構場まで延長3173.63mのびる。1899(明治32)年着工、1900(明治33)年3月完成</p>	<p>配水系統と配水管 布引五本松貯水池 ⇒ 鼓ヶ滝取水場 ⇒ (導水鉄管12in管(264.5m) + 8in管(816.1m) 延長: 1088.55m) ⇒ 北野浄水場(沈澱池1, 緩速濾過池3) ⇒ 中層地区へ配水 鼓ヶ滝取水場(余水) ⇒ 雌滝取水場 ⇒ (導水鉄管24in, 延長3173.63m(後使用中止)) ⇒ 奥平野浄水場(緩速濾過池8) ⇒ 配水池(3) ⇒ 低地区へ配水 鳥原谷立ヶ畑貯水池 ⇒ (導水鉄管24in, 延長1987m) ⇒</p>

注) 本表は佐野藤次郎のI C E論文、工事写真、工学会誌 190巻、明治30年10月、神戸市水道70年史、神戸市水道誌を参照して作成した。

関連施設も布引ダムの建設と並行して進められた。雌滝取水場の堰堤は、1900(明治33)年3月に完成し、これよりも規模の小さい鼓ヶ滝取水場はその前年の1899(明治32)年3月に完成した。

鼓ヶ滝取水場から送水される北野構場は、1897(明治30)年に土工が着工され1901(明治34)年に沈澱池の完成をもって浄水場施設全体が竣工した。

雌滝取水場より送水される奥平野構場は、北野構場とはほぼ同時に着工され、設計変更分の濾水池が1902(明治35)年に完成した。

### 3. 布引ダム、および関連施設の概要

表2にそれぞれの概要を示す。

#### (1) 布引ダム

布引ダムは、わが国で最初のコンクリート重力式ダムである。堤防の高さは最深掘削より33m、堤防の長さは頂部で110.3mで満水面積は56,547m<sup>2</sup>になる。

ダム堤体は内外面とも40~60cm厚の粗石のセメントモルタル積みで内部にコンクリートを詰め込んだコンクリート構造である。浸透水の内圧を軽減するために堤体内に1.5インチ径のパイプ157本が埋設されている。

設計では堤体の許容圧縮応力度として8ton/平方尺

(8.9kg/cm<sup>2</sup>) が採用された<sup>6)</sup>。

ダムの中央部の内側に設けられた水塔は、半円形断面の煉瓦造で底部で洞坑に繋がっている。水塔内から制水弁付きの支管が、6m間隔で水中に突き出ている。

意匠面の特徴としては19世紀後半のイギリスの石積橋脚などにも見られる歯飾りか堤体外面の頂部下に見られる。

#### (2) その他の関連施設

鼓ヶ滝取水場は、粗石入りコンクリートで表面をモルタルで葺石張りをした堤体構造である。高さは3m、長さ3.66mで底部に取水暗渠が設置され扉門の開閉は左岸上の踊り場から操作される。

雌滝取水場は、堤体の表面は粗石積みで裏面はコンクリート構造である。平面半径22.72mの幅17mのアーチである。堤体左岸側に3個の排水孔があり、開閉の操作は左岸側の洪台上より行われる。

北野浄水場は、鼓ヶ滝取水場より8インチ管で送水される原水池、および粗石コンクリート造の沈澱池を1池、コンクリート造の緩速濾過池3池、配水池2池を備える。

奥平野浄水場は、当初は布引ダムより、後は鳥原ダムより送水される原水池、および、一期施工で3基、変更設計で5基、合計8基の濾過池が建設された。

#### 4. 佐野藤次郎とICE論文

##### (1) 提出の経緯

ICEには、未掲載の神戸水道に関する論文、図面、および写真が保存されている。この論文原稿は佐野藤次郎によって書かれて提出されたものである(表3)。

佐野は1896(明治29)年に神戸市の土木課から独立した水道事業事務所の工事長(陸軍囑託技師との兼任)の吉野長策の推薦によって大阪市の水道から招聘された。当時進められていた拡張設計を担当した<sup>7)</sup>。

翌1897(明治30)年3月には、吉野工事長の下の副長の粕谷素直に退任によってその任に着いた。同年5月28日には起工式が行われたが、布引ダムの基礎工事はこれより2カ月前の佐野が副長に任についた3月末に開始された<sup>8)</sup>。

論文の提出は1905(明治38)で、1901(明治34)年の布引ダムの完成の段階までの工事についてまとめたものである。論文原稿は、タイプに打たれて印刷原稿となっているが、その1頁目には、『1st Pf Auther 19. 1. 6(著者1回目校正 1906年1月19日)』とあるが、朱書きでOrdered by the Council to be abandoned, 23. 4. 7とあり、1907(明治40)年4月23日付けでカウンシルによって論文集掲載が取り止めとなったことが分かる。原稿には所々に手書きで校正の筆が入れられているが、図も添付されており、ほぼ印刷直前の形となっていた。

表3 イギリス土木学会保存の神戸水道関係資料

No.	資料タイトルなど	説明
1	(Paper No. 3552) "The Kobe Waterworks" By Tojiro SANO, Assoc. M. Inst. C.E.	タイプ清書された論文原稿。1頁目左側に"1st Pf Auther 19. 1. 6", "Ordered by the council to be abandoned. 23. 4. 7"と朱書きメモあり。
2	同上	手書きの論文原稿
3	図面(Kobe City Waterworks)	
- 1	GOHONMATSU DAM	五本松ダムの断面図(A1)
- 2	同上	五本松ダムの応力図(A1)
- 3	General Map (No.1)	A1サイズ地図
- 4	PLAN OF GOHONMATSU DAM RESERVOIR IN THE NUNOBIKI VALLEY (No.2)	五本松ダム貯水池平面図(A1)
- 5	GOHONMATSU RESERVOIR, NUNOBIKI VALLEY (No.3)	五本松ダム貯水池(A1)
- 6	GOHONMATSU DAM, NUNOBIKI VALLEY (No.4)	五本松ダム(A1)
- 7	DETAIL OF THE GOHONMATSU DAM NUNOBIKI VALLEY (No.6)	
- 8	DETAIL OF WASTE WEIR, GOHONMATSU DAM (No.7)	五本松ダム越流堰(A1)
- 9	DETAIL OF THE DRAW-OFF GALLEY, GOHONMATSU DAM (No.8)	五本松ダム吐門
- 10	TSUZUMIGATAKI INTAKE, (No.9)	鼓ヶ滝取水場(A1)
- 11	MENDAKI INTAKE, (No.10)	雌瀧取水場(A1)
- 12	General Plan KITANO CLEANSING PLANT I (No.11)	北野構場設備一般図(A1)
- 13	DETAILS, KITANO CLEANSING PLANT(No.12)	北野構場設備詳細(A1)
- 14	DETAILS, KITANO CLEANSING PLANT(No.13)	北野構場設備詳細(A1)
- 15	General Plan OKUHIRANO CLEANSING PLANT (No.14)	奥平野構場設備一般図(A1)
- 16	DETAILS, OKUHIRANO CLEANSING PLANT (No.15)	奥平野構場設備詳細(A1)
- 17	同上(No.16)	同上
- 18	KITANO WATAER RESEVOIR	北野貯水池(A4長トレベ)
- 19	Experiment for a 6in. Telescopic Pipe	パイプ継手(A3)
- 20	原稿挿入図の縮尺	論文の挿入図の縮尺指示メモ
4	工事写真 20枚(表-5参照)	五本松ダム、鼓ヶ滝、雌瀧取水場、北野、奥平野構場などの工事写真。250mm×200mmおよび210mm×160mm

注) イギリス土木学会アーカイブ保存の日本関係資料のうち"The Kobe Waterworks"に含まれる文献のタイトルをリストアップしたものである。

##### (2) ICEの記録の調査結果

論文受付台帳の記録は表4に示す通りである。

佐野の論文は、1905(明治38)年1月27日に図面18枚、写真20枚、論文要旨を添えられて受付られ、査読会(reading)にかけることが同年2月27日に決定され、3月7、8日に査読会が行われた。しかし、この2年後の1907(明治40)年4月23日付けで掲載却下とされた。

表4 ICE論文受付台帳の記録

-No.	:3552	
-Received	:27 Jan. 1905	
-Subject.	:The Kobe City Water-Works, with 18 drawings, 20 photographs and an abstract.	
-Author	:Tojiro Sano, Assoc. M. Inst. CE.	
-Reference to	:A. W. Bluwic. W. Fox	
-Sent.	: 2 Feb. 1905	16 Feb. 1905
-Returned	:16 Feb. 1905	27 Feb. 1905
-Report	:Approved for Reading	Approved for Reading
-Remarks	:With a similar Paper Read Co. 7. 3. 5 c. 8. 3. 5 Abandon Co. 23. 4. 7	

注) ICEアーカイブ保存されている当時の論文受付台帳を書き写したものである。

査読報告書には次の記録がある。

Paper Abandoned  
That Paper No. 3552 (Sano on the Kobe City Waterworks) ordered in 1905 to be advanced for reading, be abandoned.

佐野の論文は1905年に査読会にかけることが決定されたが、掲載は却下とする、とある。

採用却下の理由は記録上では何も残っていない。査読会にかけることが委員会で決められ、かつタイプ印刷までされた論文が却下されることはまれであるが、当時の他の例では著者がインドなど海外から投稿した場合がある。遠隔地にいることから本人がロンドンで開催される査読会に出席できにくいことによるものであり、佐野の場合もこれと同様による却下とも考えられる。また、論文受付台帳の記録(表4のRemarks)にある同種の論文の存在を却下の理由とした可能性もある。

##### 5. 工事写真の分析

写真は全体で20枚あり、布引ダムのものが最も多い。写真に書かれているタイトルを表5に示す。

ICEに保存されているこの写真は何枚か現像されたものの一つで、サイズは250mm×200mm、または210mm×160mmでマウンティングされ墨で日本語のタイトルとペンで英語のタイトルが付けられているものもある。

これらのうち布引ダムの一部の写真が、日本の土木学会で1996年末に未整理の保存資料の中から発見された。もとのネガは同じものであるが手書きのタイトルの筆跡が少し異なることから同じオリジナルから現像されたものの一つである。しかし日本の土木学会のものは鮮明度が極めて悪い。これに対してICEで保存されていたものは保存状態も良く、拡大鏡によって細部まで識別できる状態にある。以下各写真の分析結果について述べる。

表5 布引ダムおよび関連施設の工事写真

No.	写真に付されているタイトルと説明文	備考
1	布引五本松貯水池工事 明治31年6月24日撮影 The Gohonmatu Dam, during the execution. June 1898	NAKAMURA Kobe 神戸港 中村 のマーク
2	布引五本松貯水池工事 明治31年6月24日撮影 The Gohonmatu Dam, showing the excavation. June 1898	
3	The Gohonmatsu Dam, during the execution	神戸栄町五丁目 中村S. Nakamura No. 5 SAKAENAGHI KOBE のマーク
4	The Gohonmatsu Dam, during the execution. June 1899	
5	布引五本松堰堤工事之内面 明治32年6月29日撮影 The Gohonmatsu Dam, during the execution. June 1899	
6	五本松堰堤内側 明治33年6月撮影 The Gohonmatsu Dam, inside view. June 1900	
7	五本松貯水池満水ヲ外側ヨリ望ム 明治33年7月14日撮影 The Gohonmatsu Dam, outside view after being filled. July 1900.	
8	五本松貯水池新瀧 明治33年7月14日撮影 The Gohonmatsu Dam, bird's eye view shewing the overflow. July 1900	
9	五本松貯水池満水ヲ北側山頂ヨリ瞰下ス、 明治33年7月14日撮影。The Gohonmatsu Dam, bird's eye view after being filled. July 1900.	
10	雌瀧取水堤内側 明治33年4月撮影 The Mendaki Intake, inside view, Apr. 1900.	
11	雌瀧取水堤外側 明治33年4月撮影 The Mendaki Intake, Apr. 1900.	
12	布引谷雌瀧下取水場鉄管布設工事 明治32年11月28日撮影 Laying a 24 inch supply main from the Mendaki Intake	神戸布引凌雲堂 鐘製のマーク
13	The Tsuzumigataki Intake	
14	The Kitano Works, during the execution.	
15	The Kitano Works, the winding engine and the incline	神戸栄町五丁目 中村S. Nakamura No. 5 SAKAENAGHI KOBE のマーク
16	The Kitano Works, the Inlet gauge basin, Settlingpond and a part of Filter bed.	
17	The Okuhirano Works, during the execution.	
18	The Okuhirano Works, Clean water reservoirs during the execution.	
19	The Okuhirano Works: a part of Filter Beds.	
20	A pipe bridge carrying a 24 inch and an 8 inch Supply Mains from the Munobiki Valley.	

注) 表-3 No. 4の工事写真20枚のタイトルをリストアップした。

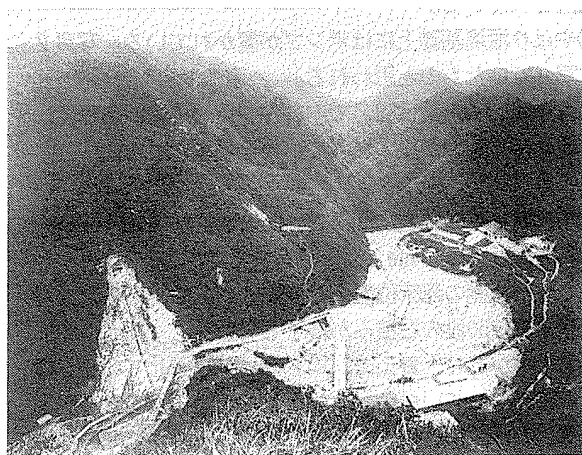


写真1 布引ダム(その1) (撮影1898.6.24)  
掘削工事が開始された直後の様子である。  
下流側から上流側を見る。

(1)布引五本松貯水池工事 明治31年6月24日撮影。The Gohonmatu Dam, during the execution. June 1898 (写真1参照)

堰堤位置の左岸の上部より上流方向を撮影したものである。ダムの基礎の掘削は1897(明治30)年5月28日の起工式に先立つ同年3月29日に開始されているので、着工後15カ月後の状況である<sup>1)</sup>。

写真から分かることは以下の通りである。

- ①堰堤位置の右岸側斜面は岩が露出し、堰堤の基礎の根堀が見られる<sup>1)</sup>。
- ②工事用栈橋が右岸上流から河床を斜めに横切って左岸下流側に設置されている。またこれとは別に、堰堤の上流側に河床をほぼ直角に横切る仮橋が渡されている。
- ③工事資材のヤードが堰堤の上流側に設けられている。上流右岸側には木の柵を設けその内側に骨材をストックし、隣接して大丸石が集積されている。左岸側にも柵が設けられ骨材がストックされている他、建屋が見られる。
- ④堰堤の下流側位置にも、積石用の石材が集積されている<sup>1)</sup>。

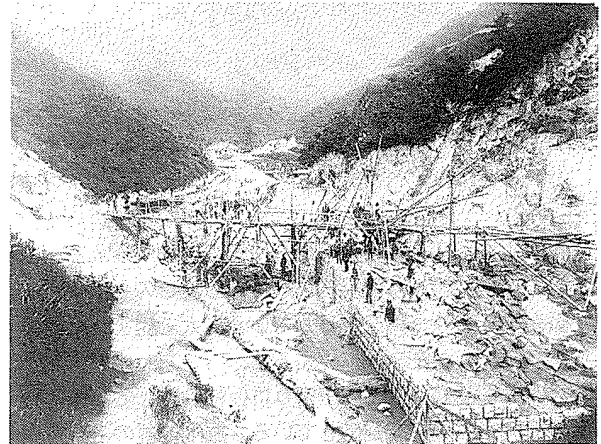


写真2 布引ダム(その2) (撮影1898.6.24)  
下流側から上流側を見る。

(2)布引五本松貯水池工事 明治31年6月24日撮影。The Gohonmatu Dam, showing the excavation, June 1898 (写真2参照)

写真1と同じ時期に堰堤位置を下流側から堰堤にはほぼ直角に見て撮影したものである。堤外吐門の下部の左岸側壁面の石積が施工されている。これからしても明らかに「原設計と変更案とに異なる計画部分だけ」の施工ではなく変更設計に従った施工であることが分かる。この他、写真から分かることは以下の通りである。

- ①堤外吐門の下部の左岸側壁面の石積が施工され、丁張りがみられる。

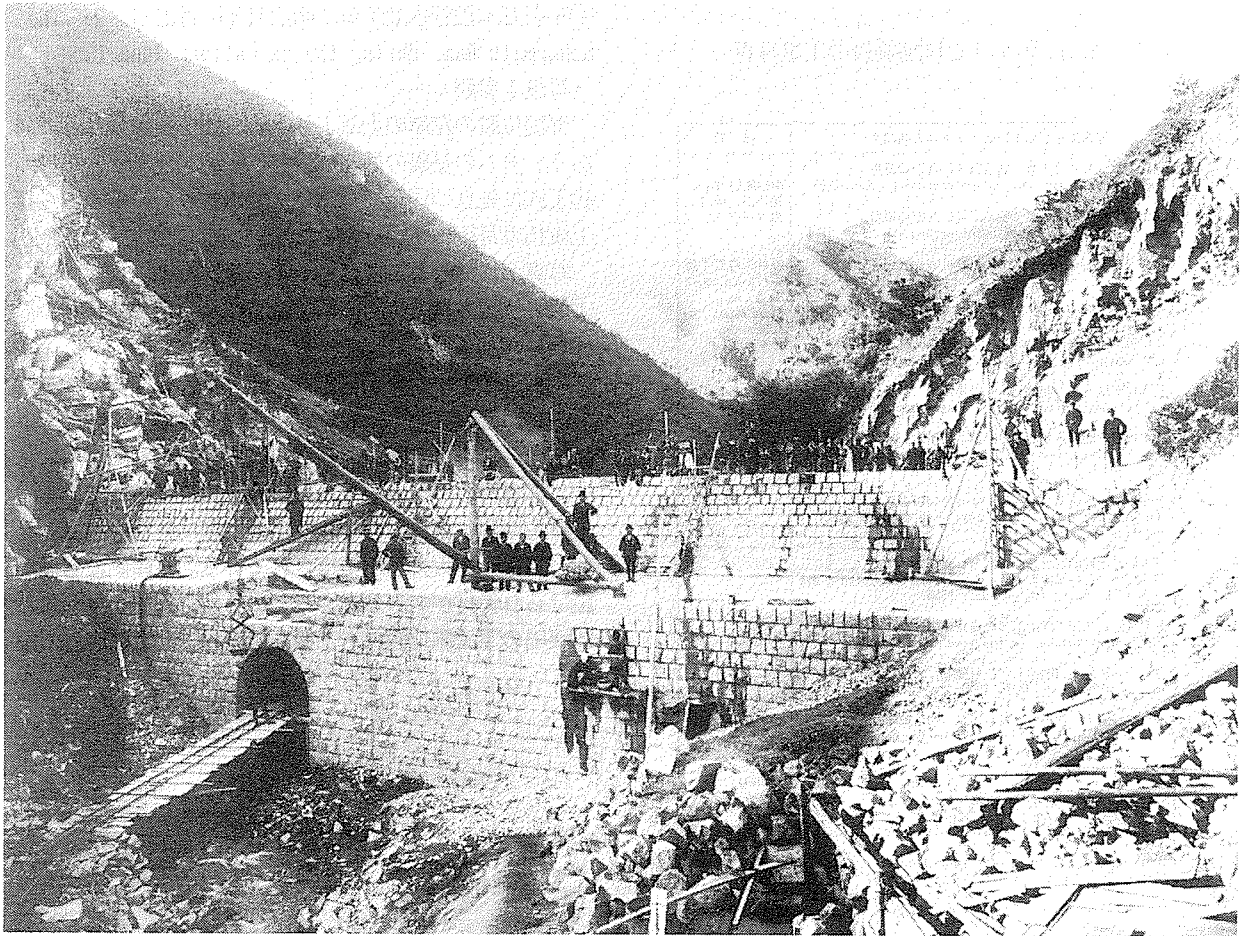


写真3 布引ダム（その3）堰堤の外  
面（撮影年月不詳）

②写真1の河床を斜めに横切る栈橋の詳細がみえる。丸太を不規則に組んだ簡易な構造である。この上には軌条が敷かれており、樽を下ろしている丸太で組まれた三又（クレーン）が左岸側に見える。

③河床を切り盛りして右岸寄りに仮移設置して、堰堤位置の河床をあかりで掘削している。掘削位置の上に丸太で三又が組まれ、その脇に排水用のポンプ(?)とみられる装置が見られる。

④養生用とみられる大量のむしろが左岸側の石積天端上を覆っている。

⑤写真に写っている人数は、70名でこのうち、作業員以外（背広姿）は4名。

⑥右岸側の栈橋上では、資材を軌条によるトロッコで輸送している。

(3) The Gohonmatsu Dam, during the execution (撮影年月日なし) (写真3参照)

堰堤基礎10段の石積み完了した段階で、下流左岸側からやや斜めに堰堤を見ている。日付はないが、June 1899の日付の写真4では、石積み50段ほど終了していること、写真に写っている人の服装（冬服）から推定すると4)より数カ月前の1899年2、3月頃と思われる。

写真からわかることは以下の通りである。

①洞坑内には資材搬入用の軌条が仮設の板床上に敷かれている。洞坑入口の名板が入る部分のみ石積みが未施工である。

②堰堤基礎の上に丸太で組まれた三角デリッククレーンが設置されている。

③やはり堰堤基礎にはポンプが置かれている。写真2に写っていたものと思われる。

④写っている人数は72名で内、作業員以外は8名程度。60余名の作業者が投入されていたと推測される。

(4) 布引五本松堰堤之内面, The Gohonmatsu Dam, during the execution, June 1899 (写真4参照)

堰堤下流側の河床位置より撮影したものである。堰堤基礎はほぼ50段の石積み完了している。「June 1899」の日付があり、着工後2年3カ月が経過している。撮影日は記されていないが、写真5と同じ6月29日の撮影と思われる。写真からわかることは以下の通りである。

①堰堤壁面にそって丁張りが6箇所設置されている。

②洞坑内には資材搬入用の軌条がまだ残っているが、これ以外に機材は見られない。主要な作業場所は、堰堤内側に移っているものと見られる。

(5)布引五本松堰堤工事之内面 明治32年 6月29日撮影。  
The Gohonmatsu Dam. during the execution, June 1899 (写真5参照)

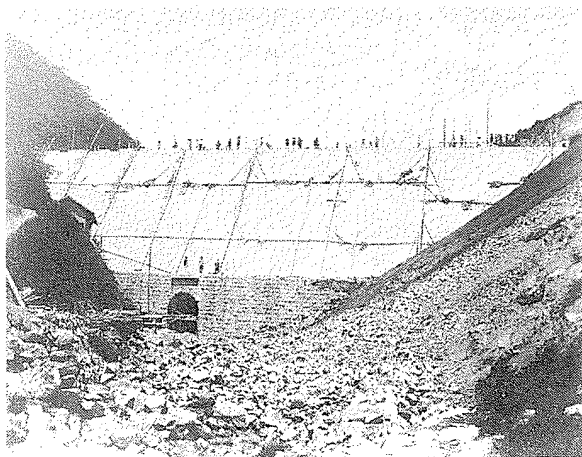


写真4 布引ダム(その4)堰堤の外  
面 (撮影 1899.6)



写真5 布引ダム(その5)堰堤の内  
面 (撮影 1899.6.29)

着工後ちょうど2年3カ月が経過している。堤防の中央部の洞坑位置より立ち上がっている半円形の水塔よりおよその堤高がわかる。この水塔壁面に開けられた12インチ制水弁つき支管が突出する窓は下から3個見え、最上部のものは、完成すると上から2番目のもので、堤頂部より38.2ft.(11.5m)の位置である。写真の石積み天端はこの窓より3m程度上にあるので、この時点の石積み高さはあと完成までおよそ8.5mあり、堤体高さは約23mに達する。

写真からわかることは以下の通りである。

①堰堤の右端および、左岸から1/3程度の場所にそれぞれ丸太により櫓が設けられ、ここから石材などが天端に供給している。右岸の櫓位置までは、軌条が延びている。左岸側は堤内の左岸斜面より斜路の栈橋が堤体少し手前まで伸び、櫓と繋がっている。

②左岸斜面に建物と資材が見える。足場用丸太、セメントの空き樽、山積みされた鑄鉄管、骨材の山などとともに、作業者の休息用と思われる小屋が見える<sup>12)</sup>。

③左岸斜面中腹の斜面で約15名の作業者によって放水路の岩盤掘削、土工が進められている。

(6)五本松堰堤内側 明治33年6月撮影, The Gohonmatsu Dam, inside view, June 1900 (写真6参照)

着工後3年3カ月経過し、工事は完了している。堤内には、水が溜まり始めている<sup>13)</sup>。水塔の窓からは支管が見える。左岸側の放水路位置には、堰堤天端からトラスの歩道橋が見える。

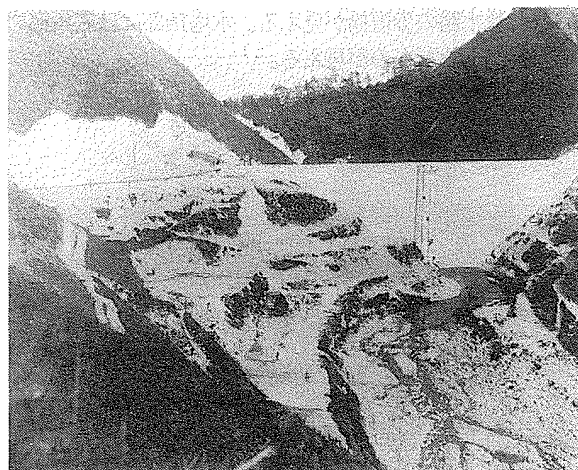


写真6 布引ダム(その6)堰堤の内  
面 (撮影1900.6)

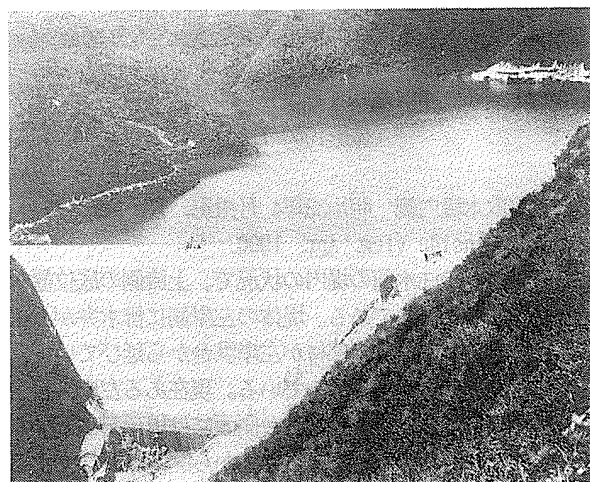


写真7 布引ダム(その7)満水時  
(撮影1900.7.14)

(7)五本松貯水池満水ヲ外側ヨリ望ム 明治33年 7月14日撮影, The Gohonmatsu Dam, outside view after being filled, July 1900. (写真7参照)

堰堤外壁面には漏水のあとがいく筋か見える<sup>15)</sup>。洞坑の外側には作業者が数名見える。

(8)五本松貯水池新瀧 明治33年 7月14日撮影, The Gohonmatsu Dam, bird's eye view shewing the overflow, July 1900. (写真8参照)

放水路より放水され滝となってダム下流に流下している。左岸側の堰堤およびその付近が岩が漏水により湿っている。

(9)五本松貯水池満水ヲ北側山頂ヨリ瞰下ス, 明治33年 7月14日撮影, The Gohonmatsu Dam, bird's eye view after being filled, July 1900. (写真9参照)

放水路の上あたりから俯瞰した写真である。床板が張られた放水路の歩道橋が見える。水塔頂部には三角形の支持材のようなものが見える。



写真8 布引ダム(その8)放水路  
(撮影1900. 7. 14)

(10)雌瀧取水堤内側 明治33年4月撮影, The Mendaki Intake, inside view, Apr. 1900.

完成直後の注水前の堤内の状況で、上流側の底位置から堤体を見たものである。堤体の左岸側に排水弁が3個見え、その開閉操作の部材が左岸洪台から延びている。堤体表面は粗石積みとなっている。現在ある左岸洪台上の塔は出来ていない。左岸洪台側面には堤頂部より少し下の位置に取水口が見え、洪台上から開閉の操作をする手動のレバーが上方に伸びている。左岸洪台最下部の隅角部に沿って口径80cm程度の螺旋状に鋼線を巻いた管が上流側の岩から堤体に這っている。吐水口の位置である

堤体の左岸底部は栗石に覆われて見えない。堤内底部に5名、左岸洪台上に6名が写っている。雨模様の天候と見られ手に傘を持ち、堤体背後は霧で視界が悪い。

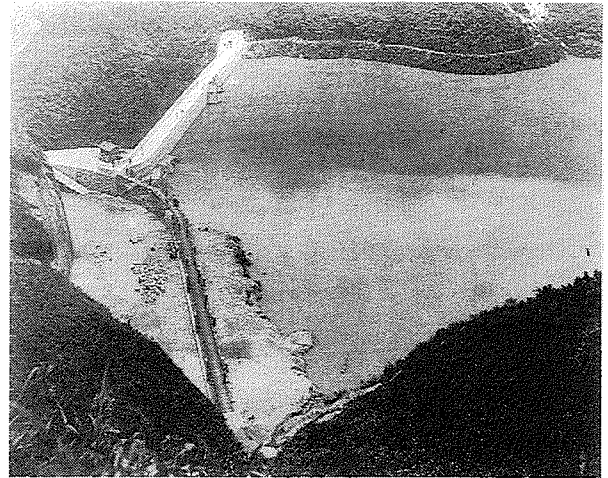


写真9 布引ダム(その9)満水時  
(撮影1900. 7. 14)

(11)雌瀧取水堤外側 明治33年4月撮影, The Mendaki Intake, Apr. 1900.

注水後の写真である。満水面から越流する取水堤を下流側から見る。左岸側の3個の排水管と堤最下部には吐水口が見える。左岸洪台には下流側から手すりのついた階段があり、左岸洪台上に5名、左岸洪台下の斜面岩場に10名、右岸洪台下の斜面岩場に6名が写っている。

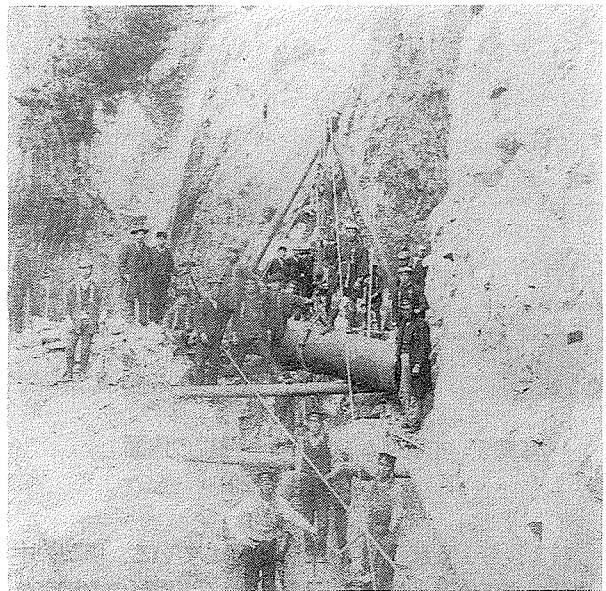


写真10 布引谷雌瀧下取水場鉄管布設工事  
(撮影 1899. 11. 28)

(12)布引谷雌瀧下取水場鉄管布設工事 明治32年11月28日撮影, Laying a 24 inch supply main from the Mendaki Intake. (写真10参照)

雌瀧取水場の直ぐ下流左岸側での取水鉄管の布設工事の状況である。背後に雌瀧が見える。三又で24インチ鉄



管を溝に吊り下ろして布設している。溝には既に布設した鉄管が見える。作業員は印半纏を着ている者が三又を操作し、学生帽風の帽子にちょっぴり、シャツ姿の者が溝の中でハンマーを手に作業をしている。レベルが据えられその傍らには技師と見られる者が2名立っている。印半纏は本工事のユニフォームとみられ、左襟に「神戸水道」、右襟に「××工夫」又は、「××人夫」の文字が読める。合計23名が写っている。

この写真は、「神戸布引、凌雲堂謹製」の文字のあるマンウティングがついている。

#### (13) The Tsuzumigataki Intake (撮影年月日なし)

日付は無いが工事の完了した1899(明治32)年3月頃と思われる。堤からの越流する状況が見える。左岸斜面上には手すり、柵のついた踊り場が設けられており、ここに取水弁の操作のハンドルが見える。ハンドルからは水中の弁まで斜面に沿ってロッドが2本伸びている。

左岸の踊り場には山高帽姿の視察者と思われるものが5名写っており、これに随行者らしき者、1名が踊り場に、4名が堤付近で写っている。

この写真は、写真1～3と同じ写真館の「神戸栄町5丁目、中村、S. Nakamura No. 5 SAKAEMACHIKOBE」のマークがある。また、山高帽姿の5名の視察者が写真3にも写っていることから写真3と同じ日の可能性がある。



写真11 北野浄水場(撮影年月不詳)

#### (14) The Kitano Works, during the execution. (撮影年月日なし)(写真11参照)

北野構場の全体のレベルは北から南へ3段になっており、最上段は原水池、隣接して沈澄池、中段には濾水池、そして最下段に浄水池が位置する。

原水池は最も高い位置である右手奥に見える。周囲のレベルから一段高くなっており昇降の階段が見える<sup>14)</sup>

。原水池の東側には、煉瓦が積まれている施工初期の沈澄池が見える。

写真中央部(原水池と配水池の間)の中段のレベルには、施工中の濾水池3池が見える。側壁は完成しており、側壁の下部はコンクリートでその上に煉瓦が積まれた構造である。東側の池には池底に下りる木造の作業用の仮斜路が見える。濾水池の南側に隣接して円形の煉瓦造の集水井の頭部が見える<sup>15)</sup>。

左端の最下段には、施工中の浄水池が見える。コンクリート造の池の側壁は完成している。2池に分かれており、手前(東側)の池の半分程度はすでにアーチ状の天蓋が施工されている。木の支保工にそって煉瓦が目地モルタルを充填しながら積まれている。

アーチ状の天蓋の支点となる側壁頂部には、側壁を増厚するためのコンクリートが打たれている。

この浄水池は1898(明治31)年3月に着工して翌明治32年6月に完成しているなのでこの写真は32年の2月から3月頃と思われる。

浄水池の南側、および東側には資材輸送用に布設された軌条が見える。写真の背後になる西側には15)の写真にあるインクライン用の蒸気エンジンの煙突のある建屋が見える。

#### (15) The Kitano Works, the winding engine and the incline. (撮影年月日なし)

北野構場の蒸気エンジンの建屋は、写真11から浄水池の西側に位置することが分かる。写真の左側には蒸気エンジンの建屋があり屋根から高い煙突と蒸気用の低い煙突が出ている。建屋の中からインクライン用のロープが出ている。写真右手には軌条の上に4連のトロッコが資材を輸送中である。石炭、煉瓦、セメント樽、石材をそれぞれ一両ずつ、合計4両連結されている。蒸気エンジンの建屋の脇にはインクラインで引き上げたと思われる石材が置かれている。インクラインの後ろの建屋の壁には「運転中乗車を禁ず」の看板が見える。なお、周囲に作業員ら27名が写っている。

#### (16) The Kitano Works, the Inlet gauge basin, Settling pond and a part of Filter bed. (撮影年月日なし)

完成後の北野構場の写真である。原水池の背後のから東方向を撮影したものである。満水の沈澄池(幅18.18m、長さ70.75m)と、手前側には一段高いレベルに原水池(幅1.21m、長さ4.28m)が写っている。北側は切土した斜面が見え、沈澄池、浄水池の背後の遠景は現在の新神戸駅方向である。

原水池は内部が煉瓦積で周囲が石積となっている。バルブ開閉の操作をしている様子が写っている。原水池、沈澄池の周囲は砂利が敷き詰められている。沈澄池の南側には3池ある濾水池の一部が写っている。

沈澄池は明治32年5月に着工され34年1月に完成して

いるので、この写真は、写っている人物が外套を着ていることから推測すればその直後と思われる。

(17) The Okuhirano Works, during the execution. (撮影年月日なし) (写真12参照)

奥平野構場の濾水池の掘削状況の写真である。写真左端には満水の完成後の濾水池が見える。1号から4号の濾水池は同じ周壁に囲まれた一つのブロックで明治31年2月に起工して33年1月に完成しているが、この4号の端が写っているものである。

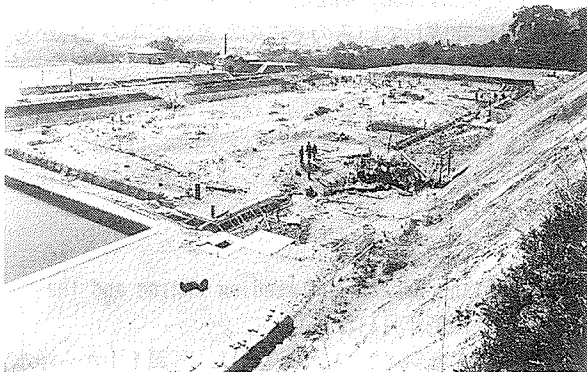


写真12 奥平野浄水場  
(撮影年月不詳)

掘削中の濾水池はやはり一つのブロックである5,6,7号であり、その更に西側には埋土された8号が見える。5～8号の濾水池は拡張設計によるものである<sup>16)</sup>。

周囲の側壁がほぼ終了した状況であるが、まだ、山側(北側)の側壁の頂上の型枠が脱型されておらず、一部の側壁の頂部は未だコンクリートが打設されていない。また、東、および西側の側壁には養生用のむしろがかけられている。

西南隅には側壁を越えて資材搬入の栈橋が池幅の半分ほどまで伸び、そこから東端まで軌条が敷かれている。また南側の側壁の1/3ほどの2箇所が低くなって斜路が池内へとついでおり、掘削土地の搬出、および資材の搬入がここからもされていることがわかる。主な搬入の材料は池底に敷く粘土、およびセメントである<sup>17)</sup>。掘削は南側から北側に向けて行われているようで北側の一部はまだ掘削されていない。

配水本溝の流末となる流出管の埋設溝と思われる掘削が東端で幅方向にされているのが見える<sup>18)</sup>。

独立しているほぼ矩形(長さ41.21m、幅37.27m)の8号の濾水池は、西端に見え、東側の側壁が施工されている。8号は盛土であるので、池床の施工が先行して写真

では既に整地されている。写真左端の南側には、完成している2～3号の浄水池がみえる。

濾水池の5～7号、および8号は明治33年10月に着工され明治35年1月に完成しているため、工事の進捗、および写っている人の服装(春、秋)からして、この写真は明治34年の9～10月頃と思われる。

(18) The Okuhirano Works: a part of Filter Beds.  
(撮影年月日なし)

奥平野構場の濾水池1～4号の完成後の写真である。写真左手(東側)から一列に4池並んで写っている。池の北側には拡張計画で施工される5～7号用の資材と思われる石材が並べられている。池の南側には平屋の木造建屋が見られ、浄水池の屋根の半月形のアーチ施工用の支保工が多数ストックされている。

完成1年半後の明治34年9～10月頃の写真12と同じ時期に撮影されたものと思われる。

(19) The Okuhirano Works, Clean water reservoirs during the execution. (撮影年月日なし)

奥平野構場の1号浄水池の施工中の写真である。写真奥(西側)には明治33年2月に完成した2号および3号があり、2号の東側の開口部のアーチと煉瓦積みの側壁が見える<sup>19)</sup>。

浄水池には導流壁が6条あるが、この写真では1号の施工中の導流壁がみえる。南側からの4条はほぼ終了しており、残りの北側の2条は施工中である。北側から2番目の導流壁はアーチ支保工に沿って煉瓦積みがされており、北端の導流壁では西側よりアーチ支保工が施工されている。池の周囲には資材輸送用の軌条が布設されている。

神戸市水道70年史, p. 125にある「奥平野浄水構場配水池」の写真は完成後のものであるが、この写真とはほぼ同じ場所から撮影したものである。撮影時期は、写真12と同じ時期の明治34年の9～10月頃と思われる。

(20) A pipe bridge carrying a 24 inch and an 8 inch Supply Mains from the Nunobiki Valley.

布引溪谷の送水管は、鼓ヶ滝取水場から12インチ管で発し途中265mの箇所まで8インチ管に変わり北野構場へ達するものと、雌滝取水場から24インチ管で奥平野構場に達するものがある。いずれも溪谷の左岸側を下りきった場所で西へ方向を変える。

この時右岸側へ8インチ、および24インチ管を渡すために建設されたのがこの写真の3連の石造アーチ橋である。アーチ環、および支点部のピラーが石造でスパンドレルおよび高欄は煉瓦積み構造である。

写真は河床に設けられたベント上にアーチ支保工が楔を介して乗せられ、その上にアーチ環が施工され、さらにその上の路面レベル位置まで0.5m程度煉瓦積みがされている状態である。ボルトで連結された支保工の作り、

かさ揚げ調整用の楔の使用など、欧米での石積みアーチの施工方法と同一である。橋の周囲には丸太足場が組まれている。橋の上には材料の煉瓦が積まれている。橋の上に14名、足場上に1名、足場下に1名、橋の上流側河床に5名の合計21名の作業員、および右岸側には監督員と思われる2名が写っている。

この写真は、同じタイトル文字、同じ写真館のネームからして、17)～19)の写真と同じ日に撮影されたものと思われ、撮影時期は明治34年の9～10月頃と推測される。

## 6. 考察 —布引ダムの設計に関する—考察

わが国で最初の粗石コンクリートダムである布引ダムは、バルトンの実施した原設計では、土堰堤であった。拡張設計では、佐野藤次郎によって粗石コンクリートダムに変更設計が実施された。

明治32(1899)年3月工學會誌206巻、論説及報告「神戸市水道布引水源貯水池堰堤」水野廣之進、によれば、『・・・該堰堤は工事副長佐野技師ノ設計ニ係レリ今其草稿ヲ借り計算ノ大要ヲ記述シ更ニ同技師ノ校閲ヲ受け之ヲ本誌ニ寄送ス幸ニ余白ニ掲載セラレンコトを希望ス・・・』とあり、設計は佐野藤次郎によって行われたことが明確に述べられている。また、これに先立つ1897(明治30)年10月の工學會誌190巻、論説及報告「神戸水道水源」では佐野藤次郎自身が水源について述べており、この中で五本松堰堤として粗石コンクリート構造として示している。

佐野藤次郎は、変更設計によって工事が着工された1897(明治30)年3月の前年の11月に大阪市より招聘され本工事に関与を始めている。このことからすれば、拡張設計のうち堰堤については、わずか4カ月余りの期間に設計を行ったことになる。すでに佐野の関与の前に吉野長策によって検討が進められ、佐野の赴任をまって設計変更実務を進めたと思われる。また、大阪と神戸は近傍であることから佐野が赴任前から実質的に変更設計に関与をしていた可能性もありうる。しかし、設計変更への吉野と佐野の関与の詳しいことは不明である。

一方、布引ダムはわが国で最初のコンクリートダムであり、参考とする事例は国内にはなく、設計の実施にあたって何らかの設計のための手引き、手本をどのに求めたかは興味のあるところである。

この設計への影響について以下のことが考え得る。

### (1) 海外の類似事例の参照

当時のアジアでの類似事例としては、インドのタンサダム(Tansa Dam, 1891. 4)、および、香港のティタムダム(Tytam Dam, 1886)がある。これらのダムについては、布引ダムの竣工後の1900(明治33)年10月に、佐野らは立ヶ畑堰堤に先立って70日にわたって実地視察を行っている<sup>20)</sup>。しかしこの視察は、すでに布引ダムの施工が終わった後であり、この後に続く鳥原貯水池の施工に備えてのものである。

香港のティタムダムは布引ダムとは異なり階段状の堤体であるが、表6、図2に示すように、ほぼ同規模の堤体表面を石積みしたコンクリートダムであり、布引ダムの着工の10年前に完成していたことから参考とした可能性が高い。

表6 布引ダムと香港ティタムダムの比較

項目	布引ダム(1901)	Tytamダム(1886)
ダム全高	31.82 m	36.36 m
堤体高	27.00 m	28.79 m
堤体長	110.30 m	146.96 m
堤体厚(頂部)	3.63 m	7.12 m
(基部)	17.87 m	18.94 m
最大水深	29.81 m	33.03 m
集水面積	10,679,522 m <sup>2</sup>	2,832,368 m <sup>2</sup>
貯水面積	56,547 m <sup>2</sup>	109,248 m <sup>2</sup>
貯水量	759,521 m <sup>3</sup>	1,409,260 m <sup>3</sup>

注) ティタムダムのデータは、J. Orange "Tytam Water-Works, Hong-Kong", Minutes of Proceedings, Institution of Civil Engineers, 1890による。

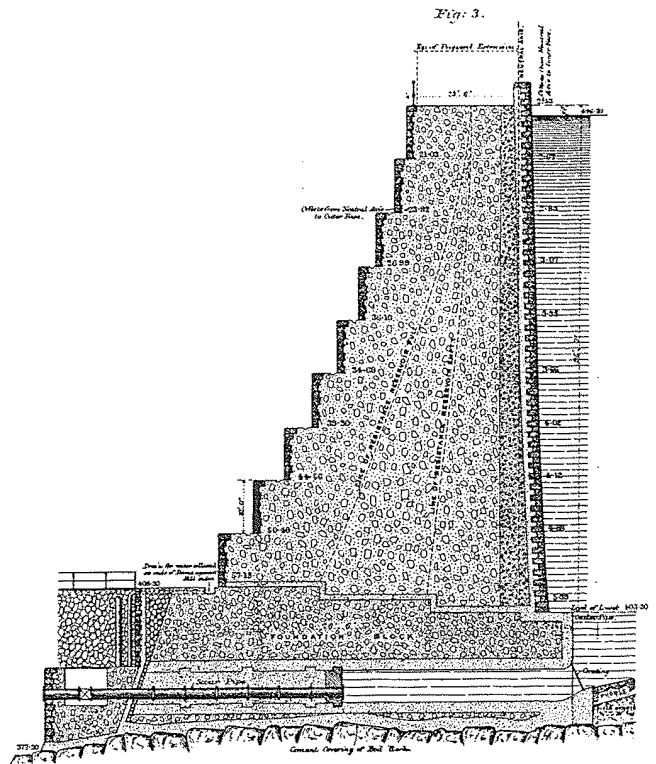


図2 香港ティタムダム(1886)の構造

ティタムダムは当初、曲面の堤体をもつ石造構造で設計されたが、香港における石積構造の経験の短さからコンクリート構造に変更された<sup>21)</sup>。

ダムの全高は120ft.、最大水深、109ft.、ダム堤体高さは95ft.、堤体厚さは頂部で23ft. 6in.、基礎部で62ft. 6in.。堤体の長さは頂部で485ft.ある。堤体の高/幅は他の例よりやや大きい<sup>22)</sup>(表6)。

貯水池面積27エーカー、貯水量は3.1億ガロンである。

外側の堤体表面は粗石で、内側は切石による石積みとなっている。

## (2)バルトンの指導、あるいは関与

外国人技術者の関与として可能性があるのは、原設計を実施したバルトンである。1892(明治25)年の神戸市訪問、翌1893(明治26)年に設計が終了した。この設計では布引ダムは土堰堤の構造であった。しかし、バルトンのその後の関与は希薄である。

この直後の1894(明治27)年にバルトンは水道に関する著書を発行しているが、この本の中で神戸の例は殆ど述べられていない<sup>23)</sup>。

神戸はバルトンが日本、台湾で数多く関与した水道の僅か一部であり、イギリス土木学会の死亡記事の業績にも神戸水道は載っていない。また、バルトンは変更設計が行われた1896(明治29)年に台湾に渡っている。これらのことから、帝国大学で師弟の関係にあった佐野へのバルトンの個人的な指導の可能性は否定できないものの、変更設計へのバルトンの直接的な影響ないしは、関与はないものと思われる。

なお、バルトンは台湾では、台北市などの水道設計にあたり、布引ダムの完成前の1899(明治32)年8月5日に死亡している<sup>24)</sup>。

## あとがき

本論文では主として写真による布引ダムを中心とした神戸水道の建設の状況を調査した。今後さらに、表3に示した文献のうち分析調査をしていないものを実施する必要がある。

本調査のきっかけとなった佐野藤次郎の論文原稿の存在を指摘ご教示頂き、関連資料の提供を頂いたイギリス土木学会図書館長のマイケル・クライム氏、ならびに閲覧の便宜を図って頂いたアーカイブスのアロウスマス氏に感謝に意を表します。

## 【注釈と参考文献】

- 1) 佐野藤次郎: 神戸市水道水源, 工學會誌第 190巻, 論説及報告, p. 651, 661, 明治30年10月。
- 2) 後掲文献4), p. 84では、工事は「変更案の承認がすんでないので原設計の範囲、つまり原設計と変更設計とに不同のない計画部分だけ実施しようというのであり、・・・」とあり、公式には原設計の土堰堤の設計の範囲で開始されたとなっている。
- 3) 佐野のICE 論文では、着工後に構造が土堰堤からコンクリートに変更されたことは触れられておらず、当初よりコンクリートダムとして掘削が開始されたと解釈できる。また、これは写真1からも分かる。
- 4) 神戸水道70年史, 神戸市水道局, p. 85, 昭和48年4月15日。
- 5) 佐野のICE 論文, p. 6、および写真9。
- 6) 水野廣之進: 神戸市水道布引水源貯水池堰堤, 工學

會誌第206 卷, 論説及報告, p. 147, 明治32年 3月。および佐野のICE 論文, p. 4。

- 7) 前掲文献4), p. 84。
- 8) 佐野のICE 論文, p. 6では基礎の掘削は1897年3月29日に開始され翌年5月9日にはほぼ終了したとある。
- 9) 基礎の掘削の終了後の状況である。基礎の掘削の終了の時期と、土堰堤からコンクリート構造への変更の了承が政府からおりた時期はほぼ同じ頃である。
- 10) 右岸側は細かい亀裂の連続する花崗岩石層であり、平均6m(右岸20ft. 左岸30ft)の深さで掘削とある)掘削して、止水の箱堀は幅3ft. 深さ、1~5ft. とされている。(佐野のICE 論文p. 5、および、前掲文献4), p. 118)
- 11) 石材の切り出しは、堰堤下流側 120ヤードの場所、大丸石は上流側 1マイルの河原から集め、粗骨材、細骨材は河原より採取した砂利をふるいにかけて。(佐野のICE 論文p. 5)
- 12) セメントは380lbsの樽詰めを溪谷の下まで軌道で1 1/4 マイル運び、そこから人夫3人で距離1000ヤード、200ヤード上りの道のりを運搬された。(佐野のICE 論文p. 5)
- 13) 1900年6月7日より注水可能となり、7月14日に満水となった。(佐野のICE 論文p. 6)
- 14) 海拔89.39m, 深さ1.81, 幅1.21, 長さ4.28m。(前掲文献4), p. 122.)
- 15) 直径1.81m, 深さ3.63m, 6インチ管で濾水池から流入する水を浄水池に送る(前掲文献4), p. 123.)
- 16) 前掲文献4), p. 124。
- 17) 下層30cmの粘土工にモルタルを敷きその上に7.5cmのコンクリートが敷かれた(前掲文献4), p. 125.)
- 18) 6インチ管が側壁を貫いて濾過井に濾水を送る。(前掲文献4), p. 123.)
- 19) 長さ34.94mで、幅30.94mである。但し、2,3号の幅は31.13mである。2,3号の側壁は煉瓦積みであるが1号はコンクリート造である(前掲文献4), p. 125。
- 20) 神戸市水道誌, 神戸市役所, p. 620, 明治43年7月
- 21) J. Orange, "Tytam Water-Works, Hong-Kong.", Minutes of ICE Proceedings, "In China and Japan", p. 248, 1890.
- 22) Discussion of Water-Works, Minutes of ICE Proceedings, "In China and Japan", p. 299, 1890.
- 23) W. K. Burton, "WATER SUPPLY OF TOWNS, and the CONSTRUCTION OF WATERWORKS, A practical treatise for the use of engineers and students of engineering", London Crosby Cockwood and Son. 1894. (神戸水道に関する記述は2箇所ある。)
- 24) ICE Obituary によれば東京で死亡となっている。