

## 佐野藤次郎と初期の神戸水道におけるイギリスの影響\*

### Tojiro Sano and the Influence of British Water Engineering on Early Kobe Water System

松下 眞\*\*

By Makoto MATSUSHITA

#### Abstract

Kobe Water started the water service in 1900. The original water system was planned by Mr. W. K. Burton (1856-1899), however, the actual construction design works were done by Japanese civil engineers. In particular Tojiro Sano designed Kobe Water's Nunobiki, Karasuhara and Sengari dam. In this paper the author will focus on the dam designer Tojiro and explore the proto-type of Kobe Water's three dams based on literature review, hearing research from a bereaved family of Tojiro and the information from site visit of classic dams in Britain. Also examined the influence of Victorian Water Engineering on early Kobe Water facilities by comparing actual facilities with text book of water supply.

#### 1. はじめに

神戸市水道は2000年4月に給水開始100周年を迎えた。これまでの水道事業の発展経過において数多くの土木施設が建設され、その中には布引堰堤・烏原堰堤・千苅堰堤・上ヶ原浄水場・水の科学博物館など土木学会の「日本の近代土木遺産」にリストアップされているものもある。このうち創設時の布引ダム(1900)・烏原ダム(1905)、および第1回拡張工事の千苅ダム(1919)はいずれも佐野藤次郎(1869~1929)の設計による重力式ダムである。堤体構造は布引ダムが粗石コンクリート、烏原ダムと千苅ダムが粗石モルタルとなっている。これら3ダムは1998年(平成10年)12月に登録有形文化財に指定され、これからも歴史的建造物として水の大切さを訴えていくことになった。

佐野藤次郎は、神戸水道創設の中心的技術者であり、岡山・佐賀・朝鮮半島等における水道事業にかかわった明治・大正期における代表的水道技術者である。しかし、その功績は十分に評価されているとは言いがたい面がある。

本研究の目的は、関連資料から佐野藤次郎のダム設計や水道計画の思想形成の過程をたどり、その原点とも言えるイギリスの水道技術が神戸水道の施設にどのように反映されているかを具体的に検証し、彼の功績を再評価していくことである。

神戸市の創設水道およびダム建設の経過については、『神戸水道誌』<sup>(1)</sup>、『神戸市水道拡張誌』<sup>(2)</sup>および『神戸水道70年史』<sup>(3)</sup>が基本的な文献である。また布引ダムを始め神戸水道の3ダムに関する既存の研究として、池田・

篠原がダムデザインという観点から佐野のダム設計を紹介した事例<sup>(4)</sup>、五十畑が布引ダム建設に関する佐野藤次郎の未出版論文<sup>(5)</sup>をICE(英国土木学会、Institution of Civil Engineers)のアーカイブスから発見し紹介した事例<sup>(6)(7)</sup>がある。

著者は、これらの論文を踏まえ、佐野藤次郎の遺族から残された資料の提供をお願いし、思い出等の聞き取りを行い、神戸水道のダム群の原点となったダムを訪ねて19世紀イギリスの石積ダムを現地調査した。その結果は第23回土木史研究発表会で発表している<sup>(8)</sup>。また佐野が参考にしたW. K. Burtonの“The Water Supply of Towns”<sup>(9)</sup>と神戸市創設水道の施設竣工図との照合を行い、佐野自身による「英国グラスゴウ市の公共工事」<sup>(10)</sup>の記述と神戸水道計画との比較からイギリスにおける水道工学と建設事業の影響が見られる点について、第24回土木史研究発表会で発表してきた<sup>(11)</sup>。

ここでは、さらに佐野の設計に影響を与えた参考文献について調査範囲を拡大し、当時入手可能であった海外の出版物、19世紀後半のイギリスにおける大規模な水道建設の状況、それに関わる水道技術者の活躍についての調査結果から、佐野がそれらに刺激を受けたことを間接的ながら指摘することにした。従って、本論は著者による過去の発表論文およびそれ以降の調査結果をとりまとめたものである。

#### 2. 神戸水道創設と佐野藤次郎の活動

ここでは、神戸水道創設を振り返り、佐野の神戸における活動とその周辺状況をみていくこととする。

神戸の水道計画は、1887年(明治20)の横浜での水道創設と各地における水道計画の進行に刺激され、兵庫県がパーマー(H. S. Palmer, 1838-1893)に委託して1888年(明治21)に立案された。しかし、この計画は神戸市会

\* Keyword : 神戸水道、佐野藤次郎、石積ダム

\*\* 正会員 工修 神戸市水道局東部センター

(〒658-0081 神戸市東灘区田中町5丁目3-23)

の慎重姿勢により実現することはなく、度重なるコレラの蔓延などにより、水道の必要性が序々に理解されていった結果、ようやく 1893 年（明治 25）になって内務省雇工師バルトン(W. K. Burton, 1856-1899) にあらためて計画立案を委託することになった。バルトンは同年 7 月 13 日に神戸を訪れ、現地調査を行うとともに 8 月 3 日に生田神社において神戸市関係者と協議、講演をおこなっている<sup>(12)</sup>。バルトンの神戸水道計画は 1894 年（明治 26）3 月に成案をみて、7 月に兵庫県を經由して国に提出された。しかし、日清戦争のため頓挫し、下関講和条約締結後の 1896 年（明治 29）4 月ようやく認可を得ることができた。こうして、ようやく工事着工に向けた手続きが整ったが、バルトンの基本計画から 2 年が経過し、神戸市の人口急増や将来的な水需要増も考慮すると、当初計画では不十分であることは明白であった。

この計画を実施に移すにあたり、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(1860-1928)に工事長（陸軍との兼任）を依頼した。吉村は帝国大学の後輩にあたる佐野藤次郎を大阪水道から招聘して 1896 年（明治 29）11 月ようやく実施体制が整った。

佐野藤次郎は 1869 年（明治 2）名古屋に生まれ、帝国大学でバルトンに衛生工学を学び、1891 年（明治 24）に卒業して大阪水道創設に加わっていた。吉村は佐野に拡張計画を担当させ、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おこなわせた。

創設工事については 1897 年（明治 30）5 月 28 日に着工式が挙行されているが、計画拡張の見直し作業も同時に進行し、1898 年（明治 31）に政府に改変の認可を得て、バルトンの基本計画では 18.18m の土堰堤であった水源を 31.81m のコンクリートダムに変更している<sup>(13)</sup>。

わが国初の重力式石積コンクリートダムである布引五本松堰堤（以下、「布引ダム」と略）は、1897 年に着工され、1900 年（明治 33）1 月に竣工している。（写真-1）このダムは佐野によって当初からコンクリートダムとして建設されたが、基礎掘削までは土堰堤工事とも言い訳できる状態で改変の認可を待ったものと考えられる。

佐野が布引ダムを設計・施工したのは、英国からの帰国直後でもあり、視察体験が大いに参考になっていると推測できるが、「神戸水道誌」「神戸水道 70 年史」にはこれに

についての記述はない。池田らは特に全体のプロフィール、細部のデンティル・コーニスなどの意匠デザインは 19 世紀中頃にイギリスで流行していた新古典主義

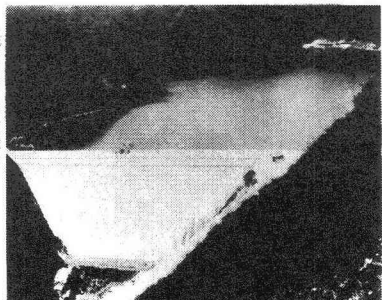


写真-1. 布引ダム（1900 年）

の影響を受けていると指摘している<sup>(14)</sup>。また、デンティルについて五十畑は 19 世紀後半のイギリスの石積橋脚など

にも見られるとしている<sup>(15)</sup>。なお、英国には土堰堤の貯水池が多く、その構造は早くから確立しており、バルトンも神戸水道創設計画にあたり、英国の標準的な土堰堤の構造を説明（明治 25 年 8 月 3 日、生田神社での講演会）し、「堰堤の上流側は石張り、下流側は芝張りとし、けっして堰堤上を越流させないこと。」と布引溪谷に設置予定の土堰堤についての注意事項を述べており<sup>(16)</sup>、布引ダムも堰堤本体からは越流しない構造となっている。

続いて、佐野は創設工事のもう一つの水源である烏原立ヶ畑堰堤（以下、「烏原ダム」と略。写真-2）を 1905 年（明治 38 年）に完成させ、ここに神戸水道の創設工事が竣工することになった。烏原ダムについては、設計にあたりインド視察を行い、その成果を反映させている。その後、1911 年（明治 44 年）、神戸水道の拡張が問題となり、佐野

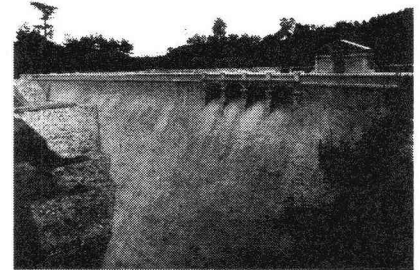
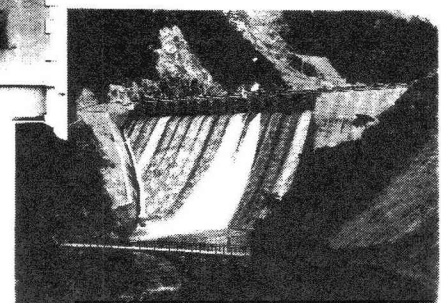


写真-2. 烏原ダム（1905 年）

は千苺堰堤（以下「千苺ダム」と記す。）の建設のため再び神戸市水道課拡張部長として迎えられ、千苺ダムは 1919 年（大正 8 年）に完成する。千苺ダムについては、インド・英国の双方の考え方、場合により朝鮮半島における経験なども念頭にあったと考えられる。これら神戸水道の 3 つの石積ダムの緒元（竣工当時）を表-1 に比較する。



写真-3. 千苺ダム（1919 年）



（野村大正四十四年） 海外建築百景

表-1. 神戸 3 ダムの概要（竣工時）

	布引ダム	烏原ダム	千苺ダム
完成年	1900 (明治 33 年)	1905 (明治 38 年)	1919 (大正 8 年)
高さ	33.3m	30.61m	36.36m
幅	110.3m	122.4m	106.7m
堤体構造	粗石コンクリート・石張り	粗石モルタル・石張り	粗石モルタル・石張り
貯水容量	41.7 万 m <sup>3</sup>	131.5 万 m <sup>3</sup>	1161 万 m <sup>3</sup>
備考		1915 年に 2.72m 高上	1931 年に 6.06m 高上

(写真-3) 1926年(大正15年)以降、佐野は再び千苜ダムの嵩上げ計画に関与するが、完成を待たずに万国工業会議開催中の東京にて胃潰瘍が悪化し東京胃腸病院に緊急入院したものの1929年(昭和4年)11月7日に死去した。葬儀には神戸市水道局からも多数が出席し、神戸の新聞にも「神戸の恩人死す」として大きく取り上げられている。(11月13日の大阪朝日新聞ほかの記事あり<sup>(17)</sup>)

佐野は、神戸水道の拡張計画全般を担当したことからもわかるように、当初、水道工学の専門家として活躍し、大阪、神戸、岡山、佐賀および韓国各地(当時は日韓併合前の大韓帝国)の水道建設にかかわった。また、水道建設以外では発電用の大井ダム(岐阜県)や農業用水の豊稔池ダム(香川県)の形式選定などにも携わっており、布引ダム・烏原ダム完成後はダムの専門家・コンサルタントとしても活躍した。

### 3. 海外文献その他と佐野の水道設計の比較

佐野藤次郎が布引ダムを設計するにあたり、影響を与えた考え方を考えるためには、参考にした文献、イギリスにおける視察体験等から彼の思想形成の過程を追跡していく必要がある。

彼が神戸水道に就職するのは1896年(明29)で年齢的には27歳であり、工事を終えて韓国に渡るのは、1905年(明38)7月であり、35歳であった。

彼の学生時代(1887~91年)の水道工学に関する参考書としては、William Humberの『Water Supply of Cities and Towns』<sup>(18)</sup>(1876年、以下「Water Supply」と略す)がある。工事長の吉村長策が神戸着任前に長崎市の水道創設(1891年)にあたり、この本を参考にして設計し、バルトンを感じさせたという逸話<sup>(19)</sup>もあり、かなり読まれていた本であると考えられる。

またバルトンの指導内容は、彼自身が執筆した『The Water Supply of Towns and the Construction of Waterworks』(1894年、以下「WST」と略す。)に凝縮されていると考えられる。この本が出版されたのは佐野の卒業後であるが、1897年の神戸水道の拡張設計時では最新の出版物であり、1898年には第2版も出ている。

ダムの設計については、Edward Wegmannの『The Design and Construction of Masonry Dam』<sup>(20)</sup>(1888、以下「DCMD」と略す。)を参考にしていると思われる。

さらに実地の経験として大阪水道時代、工事に使用する铸铁管をグラスゴーのD. Y. Stewart社において製造監督・検査をするために渡英(1893年11月~1895年5月の1年半)しており、滞在中にグラスゴー大学で学び、帰国に際してGlasgow, Edinburgh, Manchester, Liverpool, New Castle, Londonなど英国各地の水道施設を視察している<sup>(21)</sup>。

このうちグラスゴーについては、『工談雑誌』の明治29年6月~30年7月に「英国グラスゴウ市の公共事業」<sup>(22)</sup>を連載しており、視察内容を知ることができる。

布引ダム完成後には、イギリス植民地であったインド・

香港のダム視察を行っており、『工学会誌』に「東洋諸国ノ石堰堤概況」<sup>(23)</sup>と題して視察内容を報告している。

以下に、①WST、②Water Supply、③DCMDについて記述内容と実際の構造物との整合性を、④佐野のグラスゴー見聞記、⑤香港・インド視察報告については神戸水道の設計に技術的反映がされているか、について検討する。

### 4. WST

佐野にとってバルトンは、帝国大学における教授であり、水道工学全般について教を受けたと想像される。また、WSTは佐野の卒業後1894年に初版が、1898年には第2版が出版されたが、神戸水道創設工事と時期的に符合し、最も影響を与えたと考えられるのは第2版である。ここでは、第2版と現実の施設設計(竣工図)を照合する。

#### (1) ダム配置と放水路

WSTにはダムに対して補償流量が優先し、放水路によってダムの下流に導くという考え方が示されている。イギリスでは産業革命以降、水力は重要な動力であり、水車所有者(ミルオーナー)の権利が擁護されるとする考え方である。図-1に示すWSTの図では太い流れが放水路で下流に導かれている。布引ではダム完成後に放水路が造られた

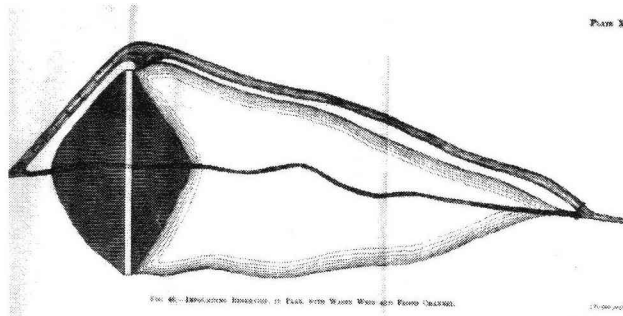


図-1. ダム配置図の模式図(WST, Plate XII, Fig. 46)

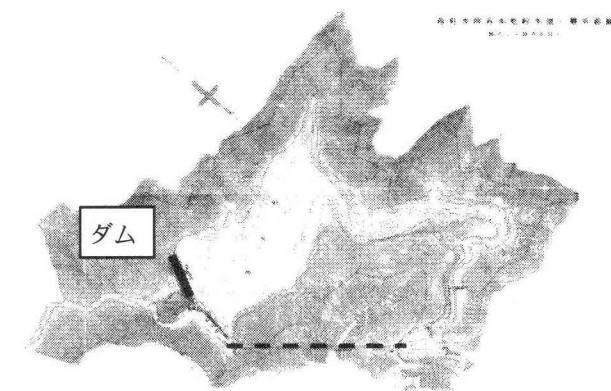


図-2. 布引の配置図(点線:放水路)

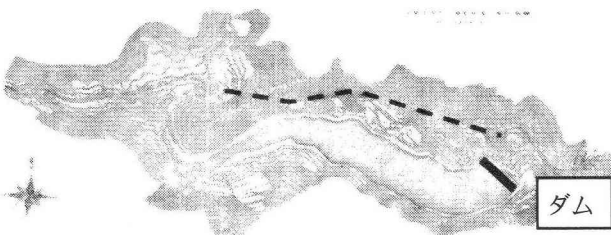


図-3. 烏原の配置図(点線:放水路)

が、平面計画は結果的に布引・鳥原ともにこの考え方を踏襲する形になっている。(図-1はWST、図-2・3は『神戸水道誌・附図』より。ただし布引・鳥原の放水路は著者が記入)

### (2) ろ過池レンガの積み方

緩速ろ過池の底部集水溝はレンガによって構成されるが、昭和54年(1980)に奥平野浄水場の緩速ろ過池の取壊し工事をおこなった際、底部のレンガ積の形式がWSTと同じであったことが確認されている。(図-4、写真-4)

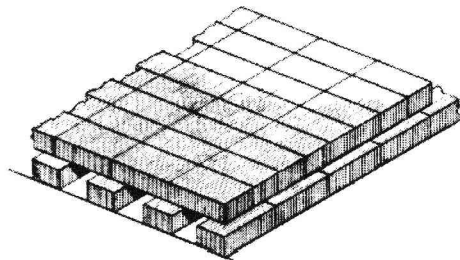


図-4. WST 所載のろ過池底部のレンガ積 (WST, p.101, Fig.95)



写真-4. 奥平野浄水場のレンガ積(著者 1979.)

### (3) 奥平野低層配水池(浄水池)について

奥平野低層配水池は、1900年創設以来の現存施設であり、現在も稼働している。この構造は、WSTに示された構造に酷似している。また、池数は3池とすることが記載されており<sup>(24)</sup>、その通りの池数になっている。また、池内は滞留を避けるため導流壁が設けられており、これは明治25年8月3日の生田神社におけるパルトンの講演でも示されており、WSTにも記載がある<sup>(24)</sup>。(図-5はWST、図-6は『神戸水道誌および附図』より)

## 5. Water Supply

先にも述べたとおり、吉村長策が長崎水道設計にあたりくびっ引きで参考にした水道の教科書である。初版はWSTに較べ18年も古い、内容は水道の計画全般に及び、水道工学に関するひとつの集大成となっている。実例としてイギリス各地における都市水道の実施設設計が図版として収録されており、実務者はこれを参考に設計図を作成することができる。レンガアーチの配水池、ろ過池底部の集水機構などはWSTにも同様の図が載せられており、この

本がもとになっている可能性が高い。ただ、石積(コンクリート)ダムについての記述は少なく、フランス、イタリア等では一般的であり、大きいもので高さ164フィート(約54m)に達するものがあると紹介している<sup>(25)</sup>。理論については、安定に対する基本的な考え方、DelocreやRankineの理論に基づく断面形状を示している。

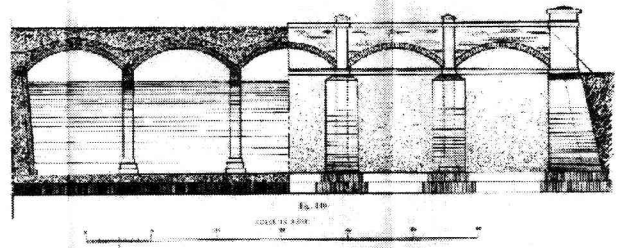


図-5. 配水池断面図 (WST, Plate XXXIII, Fig.141)

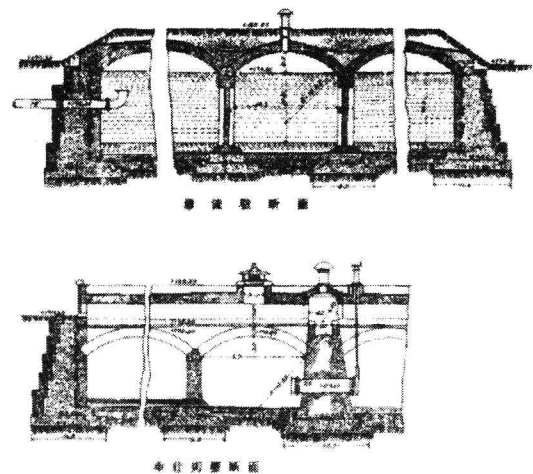


図-6. 奥平野低層配水池の竣工図

## 6. DCMD

この本の著者は、当時世界最大と言われたニューヨーク市水道のクウェーカーブリッジダムの理論計算を担当した技術者であり、佐野も理論計算を大いに参考にしたと思われる。

「東洋諸国ノ石堰堤概況」のペリヤー堰堤の項において、ペリヤー堰堤がクウェーカーブリッジダムを除けば世界最大、即ち東洋一であると記載<sup>(26)</sup>しており、情報源のひとつとしてこの本があったと思われる。また、香港の Tytam Dam やインドの Toolsee (ツルシー) Dam、Tansa (タンサ) Dam も紹介されており、佐野のインド・香港出張に際して視察先選定にも影響していることが伺われる。また、1887年当時建設中ながら Vyrnwy Dam についての記載<sup>(27)</sup>があり、堤体内への浸透水による揚圧力対策として、基礎部分に排水設備を設け中央のトンネルに集めるようになっていることが紹介されており、このダムの注目度が高かったことが伺える。

## 7. 佐野のグラスゴー見聞記

佐野はイギリス滞在中、各地の水道施設を視察しているが、グラスゴーについては帰国後に「英国グラスゴウ市の

公共事業』（『工談雑誌』明治29年6月～30年7月）として、その見聞録を連載している。当時、グラスゴー市において水源拡張工事が進行中であり、連載記事にもかなり詳細にその概念等が紹介されている。以下に、掲載月（以下「M29.6」等と略す。）を追って水源拡張工事に関する記述を簡単に示していきたい。

<M29.6> グラスゴー市の概要と発展経過

<M29.7> 19世紀前半以来のグラスゴーでの民営水道の発展および市によるカトリン湖(Loch Katrine)を水源とする工事の経過について。J. F. Bateman (1810-1889) が設計し、1859年にはビクトリア女王が水路への水門を開いて完成を祝った。

<M29.8> カトリン湖についてロンドンの水質と比較した結果が紹介され、非常に清澄であり軟水となっている。カトリン湖の取水口には花崗岩の額が掲げられている。ここから貯水池がある市郊外のマグドック (Mugdock) まではトンネル、暗渠、鉄管により導水されている。

<M29.9> マグドック貯水池および導水路の構造

<M29.10> 当初のゴウバルス(Gobals)水道と1859年完成のカトリン湖水道拡張工事について

<M29.11> 最近施工中の再拡張工事は、既設水路に平行して新水路を建設し、マグドック貯水池の隣地クレイグマジエ(Craigmaddie)に新貯水池を建設する。カトリン湖の水位を約1.5m高上げする。隣接のアルクレット湖(Loch Arklet)から導水し、この湖も流域に加えること。

<M29.12> 貯水池以降の配水システムについて記述している。民間水道の買い上げを含めグラスゴー市が水道に投資した総額は、29,625,760円。最後にイギリス各地の人口と水道料金について比較表を載せている。

<M30.1～7> これ以降は水道以外の下水処理、築港工事、高圧給水工事（エレベータ等の水力機械に利用）、消防、ガス燈・電気燈、市内馬車鉄道について記述している。

佐野は14回の連載のうち6回を、グラスゴーにおけるカトリン湖からの導水工事に費やしており、彼にとって非常に印象深い建設事業であったことを示している。後に神戸水道の水源選定に関し、パーマー・バルトンの基本設計の時代から布引溪谷等が検討されていたにもかかわらず、佐野は当初に淀川導水や武庫川上流を検討した<sup>(28)</sup>としているのは、イギリス流の大規模水道工事が念頭にあったためと思われる。このうち、武庫川上流からの遠距離導水は第1回拡張工事において千苅ダムとその導水路という形



写真-5. マグドックのトンネル出口(著者 2003.8)

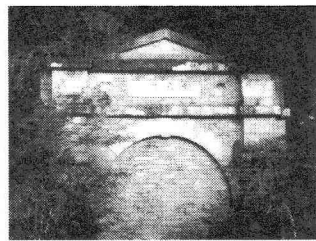


写真-6. 烏原ダム上流の放水門(著者 2003.10)

で実現している。

また烏原貯水池の設計にあたり、貯水池下流側に河川を導く放水路トンネルを作っているが、この放水門はグラスゴーのマグドックにおいてカトリン湖から導水した水を開放するトンネル出口と意匠的に非常に似ている。(図-5、6)

## 8. インド視察の成果と烏原ダム

布引ダムを完成させた佐野は、堤体からの漏水が予想以上に多いことから、烏原ダムの設計にあたり、ハイダムの建設実績の多い英国植民地のインド視察を願った。英国本土は準平原のなだらかな地形から土堰堤が多く、石積コンクリートダムが少なかったからであろうと推察できる。佐野藤次郎は浅見手を伴い、1900年10月～1901年1月(70日間)のインド視察をおこなった。工学会誌に載せられた「東洋諸国ノ石堰堤概況」<sup>(29)</sup>には、インドの5ダム(タンサダム、ツルシーダム、ペリヤーダム、パートガールダム、ムータダム)および香港の1ダム(ティタムダム)の視察結果を述べ、対比する形で布引ダムの建設について記述している。以下に烏原ダムに活かされた視察成果の概要を記す。

### (1) タンサダム (1900年11月14日視察)

このダムはムンバイ市の水源で、粗石モルタル積で漏水に関しては良好である。

### (2) パートガールダム (1900年11月19日視察)

上部に45個のアーチがあり、レイノールド自動扉門により貯水量を増すことができる点は参考になる。

### (3) ペリヤーダム (1900年11月27日視察)

1895年7月にマドゥライ地方の灌漑用ダムとして完成したもので、高さは東洋第1であった。スルキ(燃焼粘土粉末)を混用して漏水防止に好成績をあげている。視察したものの中では最高の堰堤であり、流量調節用のス

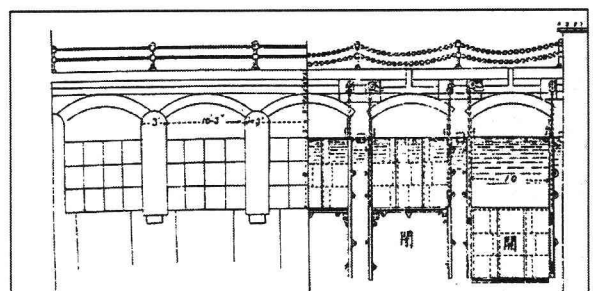


図-7. パートガールダムの扉門(工学会誌)

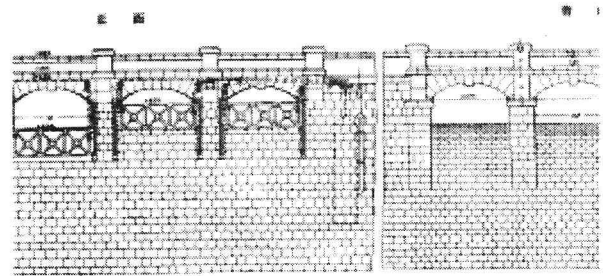


図-8. 烏原ダムの扉門とアーチ

トニー式のローラーゲートはわが国でも参考になる。

鳥原ダムは、このような視察成果を活かして設計された。「神戸市水道拡張水源工事」によると、特徴としては、布引とちがって粗石モルタルとしたうえで、堤体内の温度応力を緩和するために平面的にアーチ形状をしており、さらに「スルキ」を添加している。セメントの乾燥と混合を目的として倉庫を設置しているが、これは「英国りば一ぶ一る市水道ノ水源う一るに一堰堤工事ニ於テ一こん技師ノ採リタル方法ニ倣ヒタルモノナリ（傍点は筆者）」<sup>(30)</sup> という記述があり、実務上のかなり細かい内容であることから佐野自身が Vyrnwy Dam(ビルニーダム)の現場を訪問し、主任技師の George F. Deacon(1843-1909)から直接説明を受けた可能性をうかがわせるものとなっている。平面的にアーチ状になっていることについては、「平面ニ於テ前面頂点ガ半径六百呎ノ弧状ヲナス」<sup>(31)</sup> 「是レ決シテ横拱ノ働キヲ計算ニ加エタルニ非ズ只温度ノ変化ニ抵抗シ易カラシメンガ為ナリ」<sup>(31)</sup> という記述がある。また、越流量の調節に鉄製の自動扉門を設けており、インド視察の成果を反映させている。

### 9. 佐野藤次郎の遺族調査

佐野藤次郎の英国およびインドの視察先についての情報を得るため、遺族調査を実施した。藤次郎には1女4男があり、長女琴子は部下であった鈴木軍蔵に嫁がせており、その子である鈴木輝夫氏・廣氏から聞き取りをおこなった<sup>(32)</sup>。(2001年10月31日と11月1日)一方、佐野家は双子の長男堰一氏が早世したため、堤二氏が本家となった。堤二氏は太平洋戦争当時の神戸气象台長で、空襲により殉職している。その子晶氏は名古屋の藤次郎自宅を継いでおり、聞き取り調査をおこなった。(2002年3月25日)

輝夫氏、晶氏に対し藤次郎に関する資料の提供を求めたが、残念ながら残されているのは、藤次郎死去に関する新聞記事(昭和4年11月13日付、大阪朝日新聞神戸版・名古屋版、神戸又新日報等)や妻への私信がいくつかであった。(表-2)唯一、インド視察に旅立った時に香港から妻はる宛てた手紙が残されており、香港の情景が描かれているが、妻への私信であり、専門家としての観察記録ではない。これ以外には英国やインド滞在に関する記述はなく、視察先に関する手がかりは得られていない。また、名古屋の自宅にはダムに関する資料や文献等があったとのことであるが、今は既に存在しておらず、戦争や家の改装とともに失われた公算が強いということであった。

琴子の夫である鈴木軍蔵氏は京都帝国大学出身で卒業後、神戸水道の拡張工事に参加し千苺ダム造営の初期の工事事務所長であった。軍蔵氏はその後、藤次郎の元上司である吉村長策を頼って海軍技師に転じた。輝夫氏は、祖父藤次郎を直接知っており、思い出として、「藤次郎はオートミールやハムエッグを朝食にし、散歩帰りにアップルパ

イを買ってくるような、当時としてはハイカラな人だった。双子の息子に堰一・堤二と名付けるなど堰堤(ダム)への思いは人一倍強かった。常々『技術者の墓は自分の設計した構造物だ』と語っていた。」と話している。

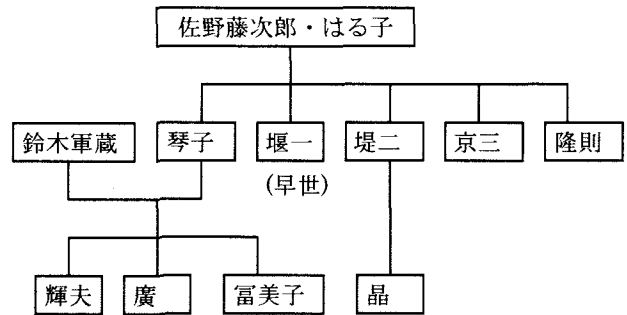


図-9. 佐野藤次郎系図

表-2. 佐野の遺族より提供された資料等

佐野藤次郎デスマスク (石膏製)	1面
佐野藤次郎の訃報記事	大阪朝日、新愛知、神戸又新日報等 (1929年11月13日ほか)
はるへの私信1	(香港より、1900年10月20日頃)
"	2 (観音寺より、病院での療養状況)

### 10. 英国におけるダム調査

佐野の英国水道視察の成果を特定するために、2002～2004年にWales、England中・北部、グラスゴーを対象として石積コンクリートダムの現地調査をおこなった。

大日本博士録<sup>(31)</sup>には視察した都市名は記載されているが、具体的な施設名についての記載はない。また、先にも述べたようにグラスゴー以外の訪問先における詳細な資料(報告書)、個人の日記、メモなどは残念ながら残されていない。そのため、現地調査に先立ち、関連文献から佐野が視察した施設の推定をおこなった。

“A History of Dams”<sup>(33)</sup>、“Early Victorian Water Engineers”<sup>(34)</sup>および「英国上下水道物語」<sup>(35)</sup>から当時の英国のダム事情を推定すると、産業革命後、都市における人口集中が良質な飲料水に対する需要を高め、その確保のため運河ダム建設技術を転用して水道ダムが建設されており、その構造は主として土堰堤であった。しかし、19世紀後半は英国における石積コンクリートダムの創生期でもあり、WalesにあるVyrnwy Damと湖水地方にあるThirlmere Damの二つは佐野藤次郎の滞在中にすでに存在していた。

英国における当時のダム建設状況や佐野藤次郎の興味・関心、社会状況などから、佐野の各訪問都市における視察先は次のように推定できる。

(a)Glasgow : Loch Katrine (『英国グラスゴウ市の公共事業』に詳しい記載がある。ただし、石積ダムはなく、

トンネルによる導水路システムを参考にしている。)

(b)Edinburgh : Glencorse reservoir (T. Telford が設計した土堰堤貯水池)

(c)Manchester : Thirlmere Dam (1894 年完成、Manchester Corporation)、Longendale reservoir (J. F. Bateman が設計した 1870 年代の土堰堤貯水池群)

(d)Liverpool : Vyrnwy Dam (1891 年完成、Corporation of Liverpool)、Rivington reservoir (T. Hawksley が設計した都市水道初期 (1850 年代) の土堰堤貯水池群)

佐野が英国滞在中に訪れた可能性がある石積ダムは、Liverpool の Vyrnwy Dam および Manchester の Thirlmere Dam の二つである。当時、それ以外の都市には石積ダムは存在していない。また佐野の帰国後になるが、20 世紀初頭まで範囲を広げると、Birmingham の Elan Valley ダム群、Derwent Valley ダム群が大規模な石積ダムとして造られている。

(1) Vyrnwy Dam (1888 年、Liverpool への送水のために南西 80km の Wales 中部に築造。)

堰堤上にアーチ状の管理橋があり、千苺ダムとの共通点が見られる。



写真-7. Vyrnwy Dam (撮影：著者、2002.7.22)

(2) Thirlmere Dam (1894 年、Manchester への送水目的で湖水地方に築造。北に 150 km 離れている。)

堰堤上を越流しない点、側面にコーニスのような装飾がある点など布引ダムとの関連性が強い。

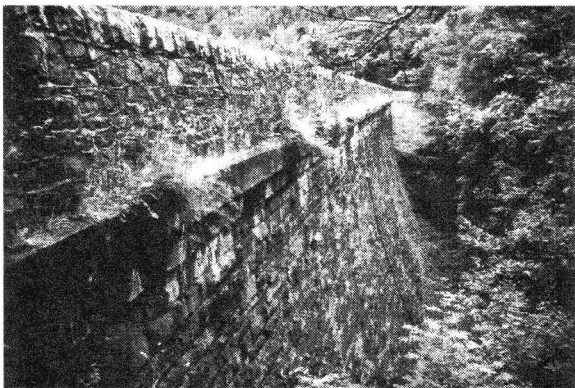


写真-8. Thirlmere Dam  
(撮影：著者、2002.7.24)

(3) Elan Valley Dam 群 (1904 年、Birmingham 市の水源として西に 110km 離れた Wales 地方南部に建設された。) 佐野が直接視察したわけではないが、堤頂部の連続アーチや断面プロフィールなど形状的には千苺ダムの造形に近く、文献的に参考にした可能性が高い。



写真-9. Craig Goch Dam(Elan Valley)

(撮影：著者、2002.7.22)

(4) Derwent Valley Dam 群 (Sheffield の北西 30km)

1912 年築造であり、千苺ダムに先行している。布引ダムより新しいが、前面にデンティル、コーニスが見られ布引ダムとよく似ている。

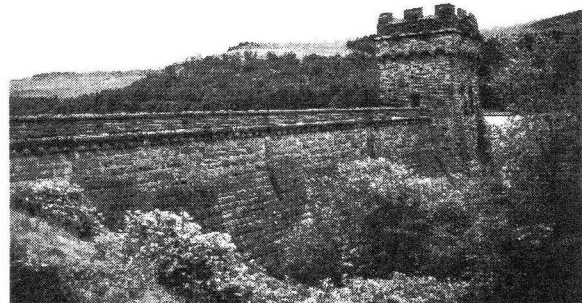


写真-10. Derwent Dam

(撮影：著者、2002.7.24)

表-3. イギリス石積ダムの緒元

	Vyrnwy	Thirlmere	Craig Goch
完成年	1891	1894	1904
高さ	44m	20m	36m
長さ	357m	224m	156m
貯水量	5966 万 m <sup>3</sup>	4071 万 m <sup>3</sup>	922 万 m <sup>3</sup>
供給先	Liverpool	Manchester	Birmingham
設計者	T. Hawksley G.F. Deacon	G. H. Hill	J. Mansergh

・ Early Victorian Water Engineer 巻末データ等より作成  
・ Derwent については、詳細なデータが得られていない。

現地調査の結論として、英国帰国直後に設計された布引ダムの明らかなモデルは見出されず、デンティル・コーニ

スの出所は依然として不明である。しかし、千苺ダムについては Vyrnwy Dam や Craig Goch Dam など非常に類似性が高いダムが存在することが判明した。英国ダムの設計図等が佐野の遺族宅に残されていたわけではないが、デザインを見ると佐野の意識の中に強い影響を与えていると考えるのが妥当であろう。

### 1 1. 千苺導水と Loch Katrine 水源拡張

神戸市では 1905 年の創設工事完成以来、水道の需要が急増し水源確保が緊急の課題となっており、1908 年(明治 41)には、佐野を招いて武庫川上流の調査を行っている。佐野はその後、第 1 回拡張工事が本格的に始まった 1911 年(明治 44)に技師長として再び神戸市に迎えられ、千苺堰堤と上ヶ原への導水トンネル、上ヶ原以降神戸市外までは管路とする拡張計画を推進していくことになる。

特に当初の段階では、浄水場は神戸市内の春日野に設けることになっていたが、用地費が高いことと市域が東に拡大することを見越して、西宮市の上ヶ原新田に確保しよう変更になった経過<sup>(36)</sup>がある。さらに佐野は第 2 回拡張において導水路を増設する際、千苺～上ヶ原の途中からトンネルで現在の神戸大学付近まで直接導水する構想を持っていたことが記録に残されている<sup>(37)</sup>。

この拡張計画については、遠隔地の水質良好な貯水池に水源を求めていること、遠距離を主にトンネルにより導水

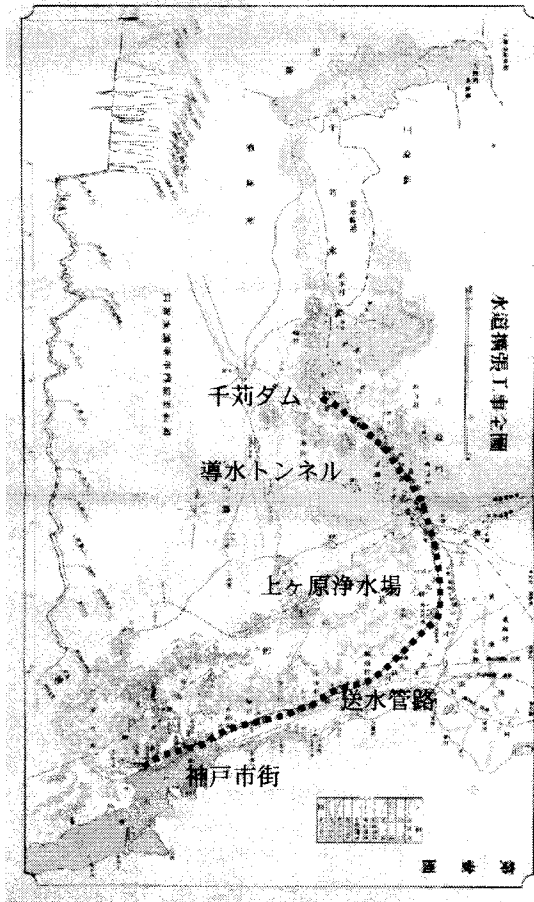


図-10. 千苺ダムの導水計画図(「神戸市水道拡張誌・附図」に著者注を付記)

表-4. 神戸とグラスゴーの水道拡張計画の比較

都市名	グラスゴー	神戸(千苺)
技術者名	J. F. Bateman	佐野藤次郎
完成年次	1896	1919
拡張内容	湖の流域拡大、導水路・調整池の増設	ダムによる水源確保 導水路・浄水場の新設
水源	カトリン湖を嵩上げ 市街地から約 50km	千苺ダム(人工湖) 市街地から約 40km
導水路	トンネル (自然流下)	トンネル (自然流下)
調整池・浄水場	需要地手前の高台に調整池を設置	中間地点の高台に浄水場を設置
下流施設	铸铁管による配水	铸铁管による送水

していること、需要地近くで調整池または浄水場を設け、以降は管路による輸送を行っている、などグラスゴー市の水源拡張工事のコンセプトと類似した点がみられる。表-4に、この計画をグラスゴー市のカトリン湖拡張工事と比較したものを示す。

文書として残されているものはないが、千苺導水は佐野が最初に考えていた大規模水道工事であり、脳裏にはグラスゴー水源拡張があったと思われる。

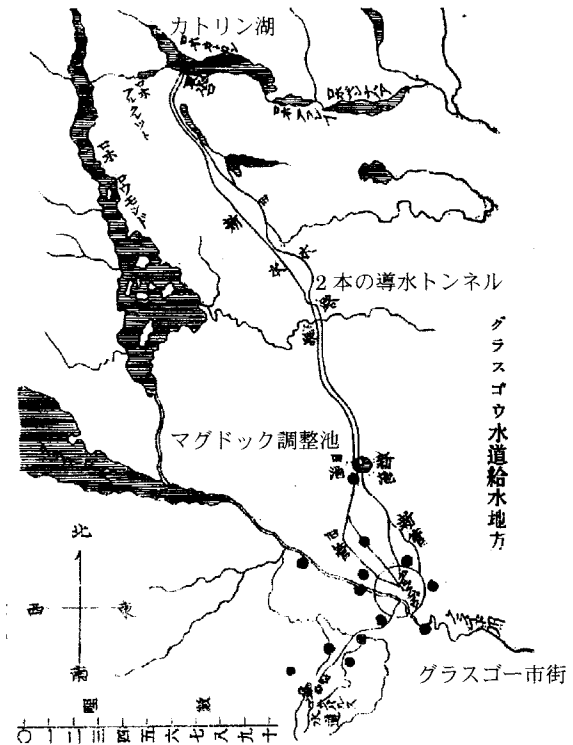


図-11. グラスゴー水道拡張計画(『工談雑誌』明治 29 年 6 月号、著者注を付記)

1 2. 佐野の設計思想形成とイギリスの影響について  
神戸の水道は、バルトンの基本計画に基づいているものの実際の工事について指導監督を受けたという記録はな



く、また拡張を計画しながらの施工であったため、明らかに佐野藤次郎らの日本人技術者により工事实施された。

国づくりに燃える気概があったとはいえ、帝国大学を卒業して間もない若者がいきなり、大規模土木工事を設計・施工し、現場において処理する細かい施工について、適切な指示ができるものであろうか。

本論において、佐野の設計思想の一端を、教科書となった書物、実際の現場視察等から、神戸水道創設工事に反映されている箇所を実例で示した。また実際の施工に際しても、わが国初の重力式コンクリートダムである布引ダムにおいて得られた知識を実践していることが明らかになってきている。<sup>(38)</sup>

一方、イギリスに目を転じると、18世紀後半に水力紡績機に端を発した産業革命は、鉄道、水路橋やダムといった大規模土木工事を可能にした。また、社会的にも産業発展に伴い人口が集中して都市がスラム化し、劣悪な環境を改善する必要性が Edwin Chadwick (1800-1890)により提唱され、公衆衛生や水道事業に関する法制化がされるとともに、水道事業の形態や料金制度などが標準化することになった。その後、各地の都市で法律に基づく水道会社が成立し、大規模水道工事が進むきっかけとなり、同時にヴィクトリア期の水道技術者たちが Consulting Engineer として各地で水道を建設してまわったことも標準化につながった。技術者たちは建設の成果をイギリス土木学会 (ICE) に発表し、書物による技術の体系化も行われ、水道工学のめざましい発展に貢献することができた。

この時期に日本はパーマーとバルトンから直接水道技術を学び、何人かの技術者は渡英して見聞し、文献としてまとまった書物が入手できる環境にあった。結果として、わが国は効率的に水道技術を輸入し、都市の環境改善に役立てることができた。

佐野が勉強し英国に滞在した 1890 年代は、まとまった水道技術をイギリスから輸入するのに良いタイミングであった。佐野に関しては、石積ダムの設計施工がほぼ確立された時期に渡英し、帰国して神戸においてこの技術を実際に活かす機会を得たと考えられる。佐野自身は有名な Victorian Water Engineer である J. F. Bateman (1810-1889)、Sir Robert Rawlinson (1810-1898)、James Simpson (1799-1869)、Thomas Hawksley (1807-1893) などと同じように Consulting Engineer として活躍することを考えていたのではないかと考えられる。実際、大阪、神戸、岡山、佐賀など日本各地および韓国各地の都市水道に関与している。しかしながら、公共工事に関しては、豊稔池ダムでもそうであったように、明治維新以来の官尊民卑の伝統により技術者として十分に名前を残すことができなかった。

### 1.3. おわりに～結論と今後の課題

本研究の結論として、神戸水道創設工事のいくつかの施設において、Water Supply や WST などイギリスの書物、佐野自身のイギリスとインドの視察、バルトンの教えなどを忠実に反映した設計がされていることが具体的に示さ

れた。指導者がイギリス人であり、技術を習得するのに英語が使われたことから、言わば当然の帰結であるが、教科書をよく学習したことが伺える。この背景には、19世紀のイギリスにおいて、水道工学が発展し体系化されていたことも大きな支えになっていたと考えられる。ただし、最初の重力式ダムである布引ダムに関して明確なモデルといったものは、イギリスには存在しないことも明らかになった。ただ、ダム建設などに関し ICE の論文や DCMD などの書物をよく勉強して設計したであろうことは推定できる。

神戸水道百年にあたり、先人の偉大な業績を再確認するとともに、各学会等への発表論文や関連文献を収集整理し、埋もれかかっている史実を掘り起こして保存していくことが重要な課題である。神戸市水道創設に関しては、布引・鳥原・千苺ダムなどの膨大な図面等が浄水場の書庫に眠っており、これらを分類・整理して分析する必要がある。

佐野藤次郎に関しては、明らかになっている都市以外の水道に関する業績発掘、さらに ICE の Library などからも水道施設建設に参考となった関連資料を収集することが望まれる。これらの資料をもとに水道に関して海外からの技術をいかに吸収し、日本の技術として発展させていったか、について後世に伝えていくことが可能になる。

最近になって、韓国・釜山の聖知谷ダム建設に佐野藤次郎がかかわっており、現地の銘板には佐野藤次郎、中島鋭治とともに浅見忠次、友永染蔵という神戸水道創設に関与した技術者名があることを韓国の研究者<sup>(39)</sup>から知らされた。鳥原ダム建設を終えた神戸水道チームが佐野を先頭に韓国へ移り、ダム建設に力を尽くしたのである。その過程で韓国人技師がどの程度かわかり、韓国におけるダム技術として消化していったか、興味あるところである。19世紀末のイギリス水道技術が植民地支配を通じてインド・香港に渡り、同時に日本経由で韓国・台湾に伝播し、その後、アジアでどのように発展していったかという点も今後の課題としたい。

### <参考文献>

1. 神戸市役所、「神戸水道誌および附図」(1910年)
2. 神戸市役所、「神戸市水道拡張誌および附図」(1922年)
3. 神戸市水道局、「神戸市水道70年史」(1973年)
4. 池田大樹・篠原修、「近代古典コンクリートダムのデザインに関する考察」(土木史研究 第18号、pp177-188、1998年5月)
5. T. Sano, "Kobe Waterworks", (ICE Paper No.3552, 1905, 未定稿)
6. 五十畑弘、「神戸布引ダム、および関連施設の建設」(土木史研究 第19号、pp281-292、1999年5月)
7. 五十畑弘、「神戸布引ダムの建設」(水道協会雑誌 第

- 69 卷 2 号、pp24-36、2000 年 2 月)
8. 松下眞、「佐野藤次郎と神戸水道の 3 ダム」(第 23 回土木史研究発表会講演集、pp263-266、2003 年 6 月)
  9. W. K. Burton, "The Water Supply of Towns and the Construction of Waterworks", Crosby Lockwood, London 1898 (今回、第 2 版を参照した。初版は "出版社で 1894 年)
  10. 佐野藤次郎、「英国グラスゴウ市の公共事業」、(『工談雑誌』、1896 年(明治 29) 6 月～1897 年(明治 30)7 月号)
  11. 松下眞、「初期の神戸水道計画におけるイギリスの影響」(第 24 回土木史研究発表会講演集、pp195-198、2004 年 7 月)
  12. 文献 3 の pp.43-46
  13. 文献 3 の pp.87
  14. 文献 4 (池田ら) の pp.181
  15. 文献 7 (五十畑) の pp.26、文献 6 の pp.283
  16. 文献 3 の pp.44
  17. 遺族から提供された資料 (表-2. 神戸又新日報、大阪朝日、新愛知等の訃報記事ほか)
  18. William Humber, "Water Supply of Cities and Towns", Geo. H. Frost, Chicago 1879 (今回、アメリカ版を参照した。初版は Crosby Lockwood, London, 1876)
  19. 吉村長策、「我が四十年間における技術界の回顧」、土木学会誌、第 13 巻第 1 号、昭和 2 年 2 月
  20. E. Wegman, "The Design and Construction of Masonry Dams", John Wiley & Sons, New York 1889 (Second Edition)
  21. 井関九郎編、「大日本博士録 第 5 巻工学博士之部」(発展社 p.221-223, 1921-1930)
  22. 文献 10 の 1896 年 7 月～12 月の 6 回分が水道工事に関する記述。
  23. 佐野藤次郎、「東洋諸国ノ石堰堤概況」(工学会誌第 237 号、p4-46、明治 35 (1902) 年 1 月)
  24. 文献 9 (*WST*) の pp.100-101 (レンガ積およびろ過池構造)、pp.134 (配水池構造)
  25. 文献 18 (*Water Supply*) の pp.100
  26. 文献 23 の pp.17
  27. 文献 20 (*DCMD*) の pp.69-72
  28. 佐野藤次郎、「神戸水道水源」、工学会誌、第 190 号 (明治 30 年 10 月)
  29. 文献 23 の第 237 巻 p.17
  30. 佐野藤次郎、「神戸市水道拡張水源工事」(工学会誌第 285 号、p210-236、明治 39(1906)年 5 月)のうち pp.216
  31. 文献 30 の pp.211
  32. 鈴木輝夫氏は 2004 年 4 月 17 日、鈴木廣氏は 2002 年 3 月 4 日にそれぞれ逝去された。
  33. Norman Smith, "A History of Dams", PETER DAVIS, 1972
  34. G. M. Binnie, "Early Victorian Water Engineers", Thomas Telford Limited, London 1981
  35. H. パーティキング (斎藤博康訳)、「英国上下水道物語」(日本水道新聞社、1996 年)
  36. 文献 3 の p.195, p202
  37. 文献 3 の p.263
  38. 坂下ほか、「布引五本松堰堤 (布引ダム) 建設時の材料および施工について」(日本水道協会、第 55 回全国水道研究発表会講演概要集、2004 年 5 月)
  39. 韓国東亜大学校工科大学都市計画・造景学部の姜榮祚教授からの情報による。