

社会背景から見た近代日本における重力ダムの変遷*

Development of Gravity Dams in the Modernized Era in Japan which Saw From the Social Background

樋口輝久**・馬場俊介***

By Teruhisa HIGUCHI and Shunsuke BABA

本論文は、近代日本におけるダム技術史の構築をめざして、社会背景という従来のダム史とは異なる視点で重力ダムの変遷を明らかにしようとしたものである。国策としてのダム造り、経済状況による技術導入の差など社会の動向とダム技術との関連性に着目し、当時、コンクリートダムの大半を占めていた重力ダムについて、その変遷を探ろうとする。したがって、ダムが造られた目的別に上水道、水力発電、砂防・治水、農業土木の4つの分野に分け、それぞれの分野における状況から時代区分を行っている。

1. はじめに

近代日本におけるダム技術史の確立をめざし、筆者らは技術者の言説にもとづいたコンクリートダムの変遷¹⁾、ダム形式別ではバットレスダムの変遷²⁾について発表してきた。本論文は、その一環として重力ダムの技術史を再構築しようとするものである。

重力ダムに関しては、既存の研究^{3),4),5)}で、その技術的な変遷、すなわち、設計理論や施工技術の発展過程についてある程度明らかにされてきている。そこで、本論文では、行政・経済の動向など社会背景に着目し、なぜダムが造られたのか、それらがどのように影響して技術が発達してきたのかという視点から重力ダムの変遷を明らかにしようとする。

以下、重力ダムが登場した分野の順に述べている。すなわち、上水道(2章)、水力発電(3章)、砂防・治水(4章)、農業土木(5章)の順である。なお、表1に主なダムを分野ごとに時系列で示し、本論文で触れた技術の採用状況についても表示している。

2. 上水道分野

(1) 明治期

重力ダム(コンクリートダム)が導入されたのは、上水道の分野からであった。この時代の特筆すべきことは、神戸、長崎といった開港場、舞鶴、大湊といった軍港の水道用ダムとして築造された点である。すなわち、いずれも山が迫り河川に恵まれない土地(逆に言えば、港湾に適していた)という地形的な要因と、居留地を抱える対外国、または軍事目的という国策によってダムが築造された。

a) 開港場の水道用ダム

当初、神戸市水道では武庫川の上流から引水、または淀川の下流からポンプによる送水を検討していた⁶⁾。しかし、経費がかさむため、佐野藤次郎(1869-1929)が『工學會誌』で、「近傍ノ溪谷ヨリ集ルノ得策ナルヲ發見セリ即チ堰堤ヲ築キテ貯水池ヲ作り」⁶⁾と語っているように、わが国最初のコンクリートダムとなる布引ダム(1900年)が築造された。続いて、鳥原ダム(1905年)が造られたが、布引と大きく変わった点は堤軸を曲線形にしたことである。これについては、コンクリートダムの変遷に関する筆者らの論文⁷⁾を参照されたい。

同じく開港場で、丘陵地が海岸部まで迫り、大きな河川がなかった長崎市では、土堰堤による貯水池方式を採用し、1891(明治24)年にわが国最初の水道用ダム・本河内高部ダムが築造されていた。その後は、1903(明治36)年の本河内低部ダム、翌年の西山ダムとコンクリート重力ダムが続けて築造された。設計はいずれも神戸市水道の初代工事長を務めた吉村長策(1860-1928)であった。

b) 軍用水道のダム

近代国家の建設をすすめる明治政府にとって、海軍の整備は必須で、横須賀・呉・舞鶴・佐世保の4鎮守府が1889(明治22)年に再編成された。このうち最初に水道用ダムを建設したのが舞鶴鎮守府で、桂ダム(京都)が布引ダムと同じ1900(明治33)年に完成している。ただし、こちらは9月の竣功で布引ダムより半年遅く、わが国第1号の座を逃した。規模も堤高12.4m、堤長43.6mで布引よりも小さかった⁸⁾。

1910(明治43)年には北方警備の大湊要港部に大湊第一

* Keywords: 近代、技術史、重力ダム

** 正会員 岡山大学助手(環境理工学部環境デザイン工学科)

*** 正会員 岡山大学教授(同左)

(〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)

表1 主な重力ダムと技術の採用状況

完成年	上水道	水力発電	砂防・治水	農業土木	技術の採用状況		
1900(明治33)	布引 桂				曲線形重力ダム	表面石積	粗石混入
1901(明治34)							
1902(明治35)							
1903(明治36)	本河内低部						
1904(明治37)	西山						
1905(明治38)	烏原						
1906(明治39)							
1907(明治40)							
1908(明治41)							
1909(明治42)							
1910(明治43)	大湊第一						
1911(明治44)	藤倉						
1912(明治45)							
1913(大正2)		黒部					
1914(大正3)							
1915(大正4)		飯豊川第一					
1916(大正5)		大又沢					
1917(大正6)	乙原	高原					
1918(大正7)	本庄	野花南 千歳第三	芦安				
1919(大正8)	千苺						
1920(大正9)		千歳第四					
1921(大正10)							
1922(大正11)	美敷						
1923(大正12)	曲淵 桂ヶ谷	小荒					
1924(大正13)		大井 志津川 中岩 帝釈川					
1925(大正14)	久山田						
1926(大正15)	小ヶ倉	落合 吉野谷					
1927(昭和2)		黒又 上来沢			江畑	上田池 山田池	地震力
1928(昭和3)	羽根越 転石	鹿瀬 セバ谷 真壁					
1929(昭和4)		豊実 七番川					
1930(昭和5)		小牧 高敷 芋洗谷 (赴戦江第一)					
1931(昭和6)		女子畑第二					
1932(昭和7)			猿渡				
1933(昭和8)	青下 馬ヶ城		釜ツ沢				
1934(昭和9)	猪鼻	(武界)	太多田川				
1935(昭和10)		王泊 千頭					
1936(昭和11)		笠置 泰阜 大井川 小屋平	宮ヶ谷				
1937(昭和12)			本宮	間瀬			
1938(昭和13)		塚原 蓬莱 尾口		大谷			
1939(昭和14)	頂吉	大橋 立岩 大間 新郷 今渡	白岩				
1940(昭和15)	菰田	仙人谷 神代					
1941(昭和16)		藪神	猪小屋				
1942(昭和17)		三浦 (豊満)					
1943(昭和18)	三永	雨竜第一 (水豊)	貝鐘	深山			
1944(昭和19)		兼山 山郷	濁沢第三				
1945(昭和20)		高暮	仁川狭				

(著者作成)

※ 戦前までに完成した主な重力ダムを示した。
 ※ カッコ () は、外地のダムを示している。

水源地堰堤(青森)が完成している。

(2)大正期

大正期になると地方水道の普及に伴い、多くの都市で水道用のダムが登場した。それらの建設には先進都市の水道ダムに関わった技師が指導に当たった。また、軍事力の増大によって、艦船や各軍事施設への供給量が増加したためダムが必要とされるようになった。

a)地方都市の水道用ダム

この時代は後述するように(3.(2)参照)、発電用のダムが大型化、表面もコンクリート化していったのに対して、水道用ダムでは粗石コンクリートの比較的小規模なダムが地方都市で相次いで建設されていた。松江市の千本ダム(1918年)、鳥取市の美歎ダム(1922年)、福岡市の曲淵ダム(1923年)、長崎市の小ヶ倉ダム(1926年)などは直線形として、大分県別府町(当時)の乙原ダム(1917年)、山口県小郡町の桂ヶ谷ダム(1923年)、尾道市の久山田ダム(1925年)は曲線形の重力ダムとして登場した。これらのダムでは、神戸や長崎など初期の水道用コンクリートダムを手がけた技術者を招き、指導を受けたり、設計を委託していた。

b)軍用水道のダム

呉鎮守府の創設水道(1898年)は、取水堰堤によって河川水を取り込んでいたが、軍備の拡大に伴い給水量が増大したため、安定して供給ができるように本庄ダム(広島, 1918年)が築造された。本庄ダムに見られる技術力の高さは、国家プロジェクトとしての重要性を示している。

(3)昭和期

創設時には近傍の河川に頼っていた都市でも、人口の増加や産業の発達により所要水量が増加したため、安定して給水できるように貯水方式が採用され、ダムが造られるようになった⁹⁾。また、昭和10年代になると水道分野でも、小倉市(当時)の頂吉ダム(1939年)、佐世保市の菰田ダム(1940年)のように型枠にコンクリートを流し込むタイプの重力ダムが登場するようになった。

以下、この時期の時代性を最もよく表している三永ダムと小河内ダム(戦前着工)について述べる。

a)三永ダム

1938(昭和13)年に着工した呉市水道の三永ダム(1943年)は、土堰堤で計画されていたが、1940年に防空上の理由からコンクリートダムに設計変更するよう指導があった¹⁰⁾。そのため、工期を1年延長し、予算も増額して重力ダムが採用された¹⁰⁾。当時の時代背景、鎮守府の設置された呉市の水道という社会的背景を反映している。なお、三永ダムは近代におけるダムの特徴のひとつであった曲線形重力ダムの最後の適用例にもなっている。

b)小河内ダム

東京市(当時)の水道用ダムは、村山上ダム(1924年)、村山下ダム(1927年)、山口ダム(1934年)といずれも土堰堤であったが、1938(昭和13)年着工の小河内ダムでは、重力式のコンクリートダムが採用された。東京の人口増加に対処するためには、150m級のダムが必要で、「堰堤の型式は高堰堤として安定に對し最も信頼の出来る重力式非溢流型コンクリート直線式を採用した」¹¹⁾と建設事務局長であった小野基樹(1886-1976)は述べている。この巨大ダムを実現するため、「セメントはマスコンクリートの目的に對して低熱セメントを使用するか、或は混合セメントを使用するかは目下慎重に研究中であるが何れにしても特殊セメントを使用する計畫である」とも述べている¹²⁾。また、ダムの規模が大きくなるに従って、社会問題になりつつあった移転に関しても、「池底に没する約550戸の人家の移転問題…(省略)…に對しては夫々支障の無い様に適當な處置が計畫」されていた¹¹⁾。なお、戦争により工事は一時中断し、1957(昭和32)年になってようやく完成した。

3. 水力発電分野

(1)大正初期

明治後期になると、近代産業の発展、一般家庭への電灯の普及など電力需要が高まるとともに、石炭の高騰により発電の主力が火力から水力へと移行して、盛んに水力開発が行われるようになった。そして、送電技術の発達で山間部の水力開発地点から消費地への長距離送電を可能にした。しかし、取水堰による水路式発電では、昼夜間調整が不可能なため、需要に応じた発電ができないなどの欠点があった。そこで考え出されたのが、ダムを造り貯水する方法か水路の一部に調整池を設ける方法であった。

a)黒部ダム

そのことを吉村恵吉は『工學會誌』で解説し、「本流を横断し堅牢なる堰堤を築造し河をして一大貯水池を形成せしめ河川の流量多き時期に之に貯水し冬季減水期に之を補充して以て引用水量を増加する方法を定めたり」¹³⁾と、わが国最初の発電用ダムとなった黒部ダム(栃木, 1913年)の建設経緯を報告している。

このようにダムを造ることによって、河川流量の変動に左右されず安定して、かつ尖頭負荷に応じた電力の供給ができるようになった。

b)表面石積と曲線形の重力ダム

その後、発電用の重力ダムでは、後述する1924(大正13)年の志津川ダム(京都)、大井ダム(岐阜)の頃まで、表面石積の粗石コンクリートダムが採用されていた。そのうち、飯豊川第一(新潟, 1915年)、大又沢(神奈川, 1916年)、高原(奈良, 1917年)、中岩(栃木, 1924年)、帝釈川(広島, 1924年)の各ダムは堤軸形状が曲線になっており、現在判

明している限り、この時代に造られたものの約半数が曲線形重力ダムであった。

(2)大正後期

大正後期には、大規模なダム式あるいはダム水路式発電が行われるようになるが、その背景には、河川の急流部など水路式発電に有利な地点はすでに開発しつくされたことや大規模な発電所ほど単位当たりの建設費が割安になるという事情もあった¹⁴⁾。

以下、志津川ダム、大井ダムについてみてゆくと、これらのダムでは、表面石積が廃止されたこと、収縮目地が導入されたことが技術的な特徴であった。

a)志津川ダム

宇治川電気が1920(大正9)年着工、24年1月に完成させた志津川(大峯)ダムが大規模ダムの先駆けであった。ダムの建設にあたって、一番問題となったのは、「當時にありては、我國にて他に類例がなかった…(省略)…何と云つても京都、大阪等の大都市を下流に控えた河川の本流を横断して造る堰堤は、これが濫觴であり」¹⁵⁾と述べられているように、これまで経験のない大規模なダムを下流に大都市を控えた河川に建設することであった。そこで、主任技師であった永井専三が内務省への説得に走りまわり、8年もかかってようやく許可が下りた¹⁵⁾。

b)大井ダム

大井ダムでは、建設地点が木曾川の中流に位置しており、付近の高低差が少ないため、「高堰堤を築き所謂堰堤式発電所とせば此の水路の恒長を短くするを得、従つて建設費を多少共減少し得る外一方相当容量の貯水池を生ずるを以て若干の調整能力をも得る」ことができるとして¹⁶⁾、ダム式発電が選定されている。ちなみに、ダム式発電のわが国第1号は、富士製紙が1918(大正7)年に築造した野花南ダム(北海道)であった¹⁷⁾。

技術的には、コンクリートが十分な強度を有するようになってきたので(表2参照)、型枠も兼ねた表面の石積をやめて、組み立てた木製の型枠にコンクリートを流し込む方法に変更された¹⁹⁾。それに併せて、コンクリートの収縮に起因する亀裂の発生を防ぐために、収縮継目が導入されているが、詳しくは著者らの論文⁷⁾に記されている通りである。

(3)昭和ひと桁代

この時代はさらにダムが大型化して行つたが、それを可能にしたのは、大正末期から昭和初期にかけて、関東大震災や金融恐慌の影響により電力会社の統廃合が進み、高い技術力と大資本を擁する電力会社が誕生したことにある²⁰⁾。需要の面から見ると、満州事変(1931年)以降、軍需工業が勃興したことにより、産業構造が重化学工業へとシフトし、電力需要が高まったこと²¹⁾もダムが巨大化した一因であろう。

表2 セメントの強度

年代	規格	耐張力[kg/cm ²]・規格値		耐圧力[kg/cm ²]・規格値
		7日	28日	28日
1905 (明治38)	農商務省告示 第35号	7 (10~15)	15 (16~25)	110 (130~190)
1909 (明治42)	第1次規格改訂	8	16	120
1918 (大正8)	第2次規格改訂	10	18 (30~40)	140 (250~370)*
1927 (昭和2)	第3次規格改訂	14	21	210 (480~580)
1930 (昭和5)	第4次規格改訂	20	25	300 (550~650)**

(参考文献18)より著者作成)

※ 規格値は、表中の値“以上”。

※ ()内は、実際にあったと思われる強度(実際値)を示す。

* : 実際値は1927年の改訂前の値。

** : 実際値は1935年の値。

また、関東大震災は、その後のわが国と世界のダム設計に大きな影響を与えた。物部長穂(1888-1941)が耐震設計理論²²⁾を確立し、世界で初めて地震力を設計に考慮した小牧ダム(富山)が1930(昭和5)年に完成した。その後、動水圧理論²³⁾も提唱され、1934(昭和9)年着工の笠置ダムから導入された。一連の経緯については、著者らの論文⁷⁾を参考にされたい。

(4)昭和10年代

昭和10年代には、アメリカのフーバー・ダム(Hoover, 1936年)で開発された様々な技術が導入されたことによって、わが国におけるコンクリートダムの施工法がほぼ確立された。そして、次々と100m級の重力式コンクリートダムの建設が着手されてゆくことになる。

塚原ダム(宮崎, 1938年, 87.0m)では、低発熱セメントの使用、硬練コンクリートの採用と粗骨材混入の廃止、骨材の製造からコンクリート打設までの一貫した機械化施工が実現され、わが国のコンクリートダムの施工法が大きく発展したことは周知の通りである。

塚原ダムに続き、大橋ダム(高知, 1939年, 堤高73.5m)、立岩ダム(広島, 1939年, 堤高67.43m)、三浦ダム(長野, 1942年, 堤高83.2m)など発電用の大規模なコンクリートダムが登場した。さらに、1936(昭和11)年には堤高107m(当初予定)²⁴⁾の有峰ダム(富山)など高さ100m超のダムが戦前に着工された。しかし、戦争の影響などで中断し、国内では戦前に堤高100mを超えるダムは完成しなかった。

満州、朝鮮などで日本人技術者の手によって盛んに水力開発が行われていたこともこの時代の特徴であった。満州では堤高91.0m、堤長1100.0mの豊満ダム(1942年)、朝鮮では堤高107m、堤長900mの水豊ダム(1943年)など巨大ダムが戦前に完成している²⁵⁾。

4. 砂防・治水分野

(1) 大正期

a) コンクリートダムへの導入

明治期の砂防工法は河川の最上流部の安定を主眼としていたものであったが、それが功を奏し、次第に土砂の生産源が低山の禿山から急峻な高山地へ移っていったために、生産源の最下部に大規模なダムを造り、順次、上流の安定を図っていく工法が採用された²⁶⁾。そこで要求されたのが大型で強固な砂防ダムで、これまでの高さ数メートル程度の空積砂防ダムに代わり、大正期には高さ10mを超えるコンクリートダムが登場するようになった。

砂防分野で最初にコンクリートを使用したダムは、芦安ダム(山梨, 1918年)で、その理由については、工事を担当した蒲 孚が記した各種の報告書やテキストの中には残念ながら見当たらない。しかし、彼が砂防ダムにコンクリートを積極的に使用するようになった背景には、勝沼堰堤(山梨, 1917年)での反省があったものと思われる(着工は1915年で、芦安の着工よりも1年早い)。勝沼では岩山が左岸側から突出し、流路が右方に屈曲しているため、その流路を堰堤で遮断し、岩山を掘削して水通しにするという大がかりな工事が行われている。堰堤部分は空積としており、この計画自体はこれまでの砂防工事に習った妥当なものであったが、工費が高んだ²⁷⁾。この点に関して彼は、「堰堤を粗石混泥土で築立てたならば別に岩山を切り取って水通とする必要はなかった様である…(省略)…空積堰堤の代りに粗石混泥土堰堤を以てすれば約半額の工費でより安全で且同等の効力ある工事を施行し得たりと信ずる」と述べている²⁸⁾。

(2) 昭和期

予算の面から見れば、(1)で述べたような溪流工事の必要性が認識され、1927(昭和2)年度の補助砂防事業から溪流工事の補助率が高まったことや1938(昭和13)年の阪神大水害により砂防事業の重要性が高まり、予算が大幅に増加されたこと²⁹⁾から砂防ダムの建設に拍車がかかったものと思われる。

a) 石張りの砂防ダム

砂防分野ではコンクリートダムでもほとんどの場合、石張りが施されていた。その理由として、先の蒲 孚は『砂防工学』で、「適當の築石が無い場合には表面造コンクリートとすることがあるが、この場合に於ても天端には成るべく築石を用ふるがよい。コンクリートは磨滅に対する抵抗力が甚だ弱いからである」と述べている³⁰⁾。したがって、戦前を代表する大型砂防ダムの本宮ダム(富山, 1937年, 堤高22.00m, 堤長107.40m)では下流面と天端が³¹⁾、白岩ダム(富山, 1939年, 堤高63.00m, 堤長76.00m)でも天端が石積となっていた³²⁾。

b) 五十里ダム

1931(昭和6)年に基礎工事に着手した五十里ダム(栃木)は、建設目的と地盤の選定ミスで注目される。内務省が鬼怒川改修工事の一環として、男鹿川に計画した五十里ダムは、これまでの水道用、発電用などと違って、洪水調整を目的としたダムであった³³⁾。しかし、掘削開始後、大断層に出くわし、「到底その安全を期し難く堰堤位置としては全く不適当なり」³⁴⁾との判断が下され、1933年に破棄された(現在の五十里ダムは、当時の地点とは異なる)。内務省のメンツが失われたばかりでなく、地盤調査の重要性が認識されるきっかけともなった。

5. 農業土木分野

(1) 昭和と折代

農業土木分野では土堰堤の築造にかなりの実績と経験を持っていたが、昭和期になると江畑ダム(山口, 1930年)、上田池ダム(兵庫, 1932年)、山田池ダム(兵庫, 1933年)など重力式のコンクリートダムが建設された。

a) コンクリートダムへの導入

上田池ダムでは、土堰堤を採用しなかった理由として、「附近は土砂及び鋼土少いに反し石材が豊富であるから」と報告されている³⁵⁾。その他のダムの採用理由については、現段階で見えていないため、想像の域を脱しないが、建設資金とコンクリートダム技術の発達に影響されたものと推測される。1923(大正12)年に耕地の改良事業を容易にする目的で、「用排水幹線改良事業補助要項」が通達され、多額の事業費を要する主要工事は、府県営事業として行い事業費の半分が国庫から補助されるようになった³⁶⁾。灌漑用のコンクリートダムが着工されるのは、この時以降のことであり、高価なコンクリートダムが資金面で実現可能なものになったことを意味している。また、コンクリートダムの技術が進歩し、他の分野ではかなり普及していたことから、安全に対する信頼性もあり、他分野のダムを参考にして容易に技術導入を図ることができたためであろう。

b) 表面石積の粗石コンクリートダム

わが国で灌漑用のコンクリートダムが完成したのは昭和期になってからであった。しかも、この時期には水力発電の分野では型枠にコンクリートを流し込むダムが造られていたのに対して、農業土木分野では表面が石積の粗石コンクリートダムであった。その理由として、牧 隆泰(1887-?)が『農業水利造構學』で、「重力堰堤を築造するために相當の費用を投して、これにより得たる農産利益でその費用を相償ひ得る箇所はそれ程無数に在るべき筈もなく、彼の水力発電事業等と比べものにならぬはいふまでもない」³⁷⁾と述べているように、建設費の多くを地元で負担しなければならない灌漑事業にとって、高価なセメントを大量に使用することはリスクが大きかったためであろう。

(2)昭和10年代

a)表面石積の廃止

昭和10年代になると、施工数自体は少ないが、農業土木分野でも表面がコンクリートになったダムが建設されるようになった。これは発電水力よりもかなり遅いが、発電ダムのようにそれほど大規模なダムが必要とされていなかったことや経済的に厳しかったこの分野でも、ようやく実現可能なほどセメントが廉価になったためであろう。

灌漑用で表面石積を廃止した最初のダムと目されるのが、1937(昭和12)年完成の間瀬ダム(埼玉)で、設計には地震力と動水圧も考慮されている³⁸⁾。また、堤体は6m間隔のブロックで施工し、収縮継目も導入されていた³⁹⁾。

この時代農業土木分野で最も関心が寄せられていたのが、1934(昭和9)年に着工した犬上ダム(滋賀)で、堤高45m、堤長135mと灌漑用としては当時最大規模であった。戦争によって工事は中断され、1946(昭和21)年に完成した。

6. まとめ

本論文の成果を以下にまとめた。

- わが国のダム造りは、上水道分野から始まったが、それは地形要因と国策によるものであった。
- 電力需要の高まりとともに安定した電力を供給するために、大正期に水力発電用のダムが登場した。
- 砂防工法(対象)の変化に伴い、空積堰堤に代わって大型で強固なコンクリート重力ダムが造られるようになった。
- 農業土木分野では資金面から重力ダムの導入が遅れ、国庫補助を受けたことによって昭和期にようやく登場した。
- 大正期から人口の増加や産業の発達に伴い水需要が増加したため、安定給水をめざして地方都市でも水道用ダムが造られるようになった。
- 昭和期には重化学工業の勃興と電力会社の技術力・資金力の集約によって、発電分野でダムの大型化が進んだ。
- セメントの強度が高まったことにより、発電用ダムでは大正後期に表面が石積からコンクリートになったが、灌漑用はセメントの価格が安くなった昭和10年代からであった。一方、砂防ダムでは摩耗防止のため石張りが施されていた。
- 昭和10年代には堤高100m級のダムが着工されていたが、戦争による影響で完成は戦後に持ち越された。
- 外地の朝鮮や満州では、日本人技術者が盛んに水力開発を行い、巨大ダムが建設されていた。

今後は、他の視点から分析を行い、重力ダムの技術史を拡充することが課題となる。また、他の形式(アーチダム等)についても今回のように社会背景に着目するなど、様々な切り口でその変遷を明らかにし、より確かな近代日本におけるダム技術史の確立をめざす必要がある。

参考文献

- 1) 「近代日本におけるコンクリートダム技術の変遷—ダム技術者の発言から」、樋口輝久・三木美和・馬場俊介, 土木史研究(講演集), 23, 2003, pp.251-262
- 2) 「近代日本におけるパットレスダムの変遷」、樋口輝久・馬場俊介, 土木学会論文集IV-63, 2004
- 3) 『水力技術百年史』, 水力技術百年史編纂委員会, 電力土木技術協会, 1992
- 4) 『関西電力水力技術百年史』, 関西電力株式会社建設部, 1992
- 5) 「コンクリートダムにみる戦前のダム施工技术」, 松浦茂樹, 土木史研究, 18, 1998, pp.569-578
- 6) 「神戸水道水源」, 佐野藤次郎, 工學會誌, 16.190, 1897, p.650
- 7) 「ダム技術者の発言から見た近代日本におけるコンクリートダム技術の変遷」, 土木史研究(論文集), 23, 2004(投稿中)
- 8) 『京都府の近代化遺産—京都府近代化遺産(建造物等)総合調査報告書一』, 京都府教育委員会, 2000, p.86
- 9) 『日本水道史 総論編』, 日本水道協会, 1967, p.590
- 10) 『呉市水道史』, 呉市水道局, 1969, p.154
- 11) 「小河内貯水池に就て」, 小野基樹, 土木學會誌, 23.7, 1937, p.698
- 12) 前掲 11) p.700
- 13) 「鬼怒川水力電気工事報告」, 吉村恵吉, 工學會誌, 37.5, 1914, p.415
- 14) 『日本土木史—大正元年～昭和15年』, 日本土木史編集委員会, 土木学会, 1965, pp.1101-1102
- 15) 『宇治電之回顧』, 林安繁, 宇治電ビルディング, 1942, p.139
- 16) 「大井発電所工事に就きて」, 畠山好伸, 電気學會雑誌, 45.7, 1925, p.556
- 17) 『王子製紙社史 合併各社編』, 王子製紙株式会社, 2001, p.9
- 18) 前掲 14) pp.1624-1627
- 19) 前掲 4) p.197
- 20) 前掲 3) p.40
- 21) 前掲 4) p.45
- 22) 「貯水用重力堰堤の特性並に其合理的設計方法」, 物部長穂, 土木學會誌, 11.5, 1925, pp.995-1157
- 23) 「地震に因る動水圧を考慮せる重力堰堤の断面決定法」, 物部長穂, 土木試験所報告, 26, 1934, pp.1-32
- 24) 「有峰堰堤の施工法に就て」, 石井頼一郎, 土木學會誌, 24.5, 1938, p.461
- 25) 前掲 14) p.1502
- 26) 『日本砂防史』, 日本砂防協会, 1981, p.525
- 27) 「日川砂防工事(二)」, 蒲 孚, 工學, 9.6, 1922, p.307
- 28) 前掲 27) pp.307-308
- 29) 前掲 26) p.172
- 30) 『砂防工學』, 蒲 孚, 産業圖書, 1947, p.59
- 31) 前掲 26) p.881, p.887
- 32) 前掲 26) p.875
- 33) 「鬼怒川堰堤問題の真相」, 宮本武之輔, 土木學會誌, 19.8, 1933, pp.615-625
- 34) 「鬼怒川堰堤計畫と斷層」, 工學, 21.9, 1938, p.14
- 35) 『本邦灌漑排水工事圖譜』, 農業土木學會, 1933, p.9
- 36) 前掲 14) p.476
- 37) 『農業水利造構學』, 牧隆泰, 丸善, 1947, p.167
- 38) 「混凝土重力堰堤ノ一事例」, 前川純三, 農業土木研究, 7.4, 1935, p.492
- 39) 前掲 37) p.171