

明治末期における岐阜県下2つの水力発電用水路橋について
—湯之洞水路橋（美濃市）と旅足（たびそこ）川水路橋（八百津町）—

山根 巖

概要 1891年（明治24）5月、京都市蹴上水力発電所の成功以後、これに刺戟されて国内各地で小規模の水力発電所が多数建設された。

明治末期には岐阜県下で、当時としては比較的大規模な2つの水路式水力発電所が建設されて、名古屋へ高圧、遠距離送電が行われた。

名古屋電燈株式会社は、1910年（明治43）長良川水力発電所を建設し、導水路には湯之洞水路橋が、煉瓦構造5径間連続アーチ橋として架設された。

一方、名古屋電力株式会社（工事途中の1910年名古屋電燈に吸収合併）は、1911年（明治44）木曾川水力発電所を建設したが、導水路には旅足川水路橋として鉄筋コンクリート構造、最大径間23.6mのアーチ橋を完成させた。

長良川水力発電所は現在も稼働中であり、古いドイツのジーメンス社製の発電機が保存され、水路橋も補修して利用されている。

一方、木曾川水力発電所は1917年（大正6）に、「八百津水力発電所」と改称され、1974年（昭和49）まで稼働した。

旧八百津発電所の建物は、県の文化財に指定されて保存されているが、旅足川水路橋は1954年（昭和29）の丸山ダム建設に伴い湖底に水没している。

これ等の水路橋は、明治末期日本の構造物が煉瓦構造から鉄筋コンクリート構造への変換の過渡期に建設された。この報文では、これ等の水路橋が略同時期に、相異なる構造で競争して建設された歴史的背景と意義について調査結果を報告する。

1. 長良川及び木曾川水力発電所建設の経緯

(1) 長良川水力発電所の建設

名古屋電燈は、1887年（明治20）名古屋市内の電燈用電力の供給を目的として、旧尾張藩土を中心として設立され、主として火力発電により営業して来た。1905年（明治38）頃の日露戦争後の不況や、石炭価格の昂騰に対応して、我国の電気事業は、多くの電燈会社の競争の中で火力から水力へと大きな転換期にあった。

1891年（明治24）京都市蹴上水力発電所（

当初160KW）の成功により、これに刺戟されて国内各地で1000KW以下の小規模水力発電所が多数建設され、電燈事業の他に工場や、鉱山で動力源として使用され始めていた。

技術面では、1899年（明治32）広島水力電気の広水力発電所（750KW）と郡山絹糸紡績の沼上水電（300KW）が、11KVの高圧、遠距離送電に成功した。¹ 電気は工場立地の制約が少ない事で大容量水力発電所の建設の機運を促進した。

資料によれば、1909年（明治42）の全国電気事業社数は232社であり、その内水力発電を行っている社は、135社もあったと言われる。²

最初に長良川水力発電に着目したのは、岐阜県恵那郡の旧岩村藩士で、事業家の小林重正であった。

1895年（明治28）京都市蹴上水力発電所を視察して感銘を受け、岐阜には水量豊かな河川が多く、急流で水力発電の好適地が多い事と、電力の将来性に着目して、自費を投じて長良川筋を熱心に踏査研究した。当時ドイツの機械商社ジーメンス・シュッケルト社の技師として、各地で水力開発に活躍していた野口遵等の協力を得て測量と設計を行い、美濃市立花に発電所を建設し3000KWを発電する計画を立てた。1897年（明治30）には、岐阜水力電気㈱を設立し、岐阜県知事の水利権の承認を得ていた。しかし、当時日清戦争後の不況で株式の募集に手間取り、事業化出来ずに水利権を失った。

後に日本窒素肥料㈱の社長となり朝鮮の電力開発でも活躍した野口遵は、この水利権を引き継ぎ、ジーメンス社の発電機械と共に名古屋電燈に売り込んだ。当時水力電気開発の計画を進めていた名古屋電燈は、これお受けてこの地点に出力4200KWの発電計画を立て、水利権を譲受けて発電の許可を得た。1908年（明治41）6月に水路工事から着手し、1910年（明治43）1月に全工事が竣工して、検査をうけて同年3月から名古屋へ送電を開始した。³

長良川水力発電所及び、水路橋の位置を図-1に示す。

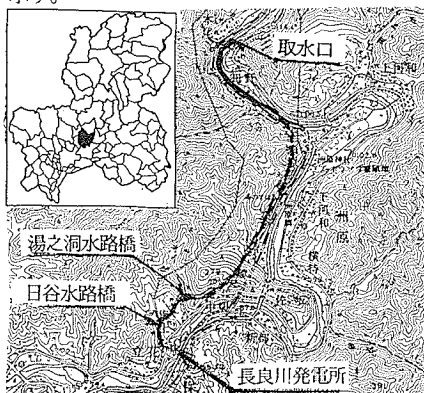


図-1 長良川水力発電所（長良川水電）位置図

送電開始は、名古屋市で1910年3月開催される「関西府県連合共進会」（愛知県主催、3府28県連合共催）の開会式で、最新式の白熱電球を点灯して共進会を盛り上げる為と言われた。名古屋電燈はこの事業に成功し、発電所の模型や発電機を展

示して、大いに名声を博したと伝えられる。⁴

（2） 木曽川水力発電所の建設

木曽川水系の水力発電についても、1896年（明治29）頃より八百津町の先覚者真野謹兵衛の紹介で、名古屋の事業家関信賢がこの開発を計画し、衆議院議員兼松熙（岐阜県加茂郡選出、後名古屋電力常務取締役）がこの計画を取り上げて、積極的に東京や名古屋の財界有力者に働き掛けて推進した。

1906年（明治39）6月八百津町諸田に木曽川水系最初の木曽川水力発電所（出力7500KW）を建設する水利権を県知事から得て、同年11月名古屋商工会議所会頭奥田正香を社長として、東京名古屋及び地元有力者の協力を得て「名古屋電力株式会社」を設立した。

しかし、日露戦争後の不況に遭遇して株式が集まらず、ようやく1908年（明治41）1月に水路工事に着工した。当時としては工事が大規模で、トンネル延長も長く難工事であった為と、資金不足の為に、工事が8割方完成していたが、1910年（明治43）7月、後に電力界で大活躍する福沢桃介が、名古屋電燈の新任常務取締役として手腕を発揮し、名古屋電力を吸収合併した。

工事は引き継いで進められ、1911年（明治44）6月には全ての土木工事を完成させて、通水試験を合格した。しかし、同年11月の電気工事検査で、発電機の調速機試験中に、ウォーター・ハンマーによる覆板破壊の事故を起こし、2名の犠牲者を出した。再検査に合格した結果、1912年1月より名古屋に送電を開始した。³

木曽川水電の工事費は、当初400万円の予算が、難工事のため670万円を要したと言われる。⁵

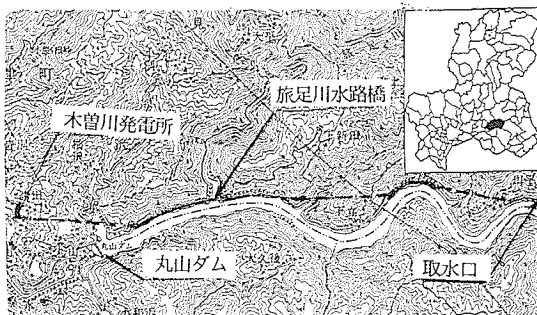
木曽川水力発電所及び旅足川水路橋の位置を図-2で示す。

又、両発電所の主要事項を纏めて表-1に示す。

2. 水力発電水路工事及び水路橋

（1）長良川発電所水路工事

長良川水力発電所は、名古屋電燈が自力で手掛けた最初の水力発電工事であり、土木工事の責任者として、当時内務省技師、工学士安藤光太郎が技師長



図一2 木曽川水力発電所（木曽川水電）位置図

を委嘱されて監理に当たった。³ 氏の前職は資料で見ると、1906年（明治39）埼玉県技師として行田市の利根川右岸に、取水用煉瓦造り制水門（見沼代用水元坑）6連アーチ型水門を建設した河川技術者であった。⁶

実際の工事施工者は不明であるが、資料によると野口邊が現場事務所を設けて、設計及び工事に深く関係していた事が伺える。⁷

工事は東京や、長野方面から大勢の作業員が集められたと言われ、工事写真から見ると、人力を主とした工事であった事が分かる。⁹（写真一1参照）

水路は玉石を外面にしたコンクリート造りであるが、制水門や水路橋は煉瓦造りであり、水衝部や要所には白御影石が使用されて、それが調和した意匠となっている。使用煉瓦は岐阜県赤坂町（現大垣市）の青墓煉瓦工場の製品、セメントは浅野セメントで、共に武藤商店を通じて納入された。⁸

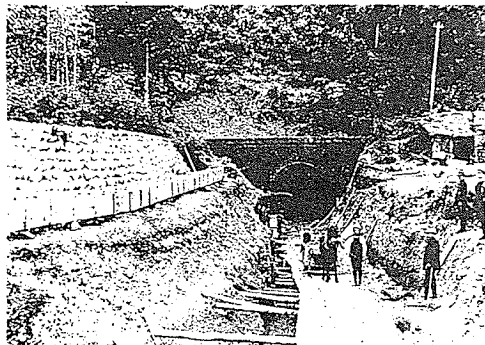
（2）湯之洞水路橋と日谷水路橋

長良川水力発電所の水路橋としては、湯之洞水路橋（橋長約60m）と日谷水路橋（橋長約55m）があるが、概略図を図一3及び図一4に示す。

両橋は共に、谷川を渡る煉瓦造り5径間連続アーチ橋であるが、径間割がやや異なっている。中央渓流部は共に約7mの大径間であり、両側斜面部は約4.5mの小径間と使い分けており、セントル等の転用する為の計画である。平面線形は、アーチ部は直線であるが、斜面の煉瓦積み部分でゆるやかにカーブしており、幅員は水路幅約6m、全幅約8mである。構造としては、基礎にはコンクリートが使用されている様であるが、橋脚には耐震性を高める為に、起拱部に白御影石が使用されて居て、修景上

表一1 長良川水電及び木曽川水電の比較表

発電所名	長良川発電所	木曽川発電所
建設会社名	名古屋電機株式会社	名古屋電力株式会社
会社設立及び合併年	明治20年（1887）9月	明治39年（1906）11月 1910年名古屋電機に吸収合併
取水口位置 発電所位置	郡上部・美並村・木尾 美濃市・立花・木の末	恵那市・川平 加茂郡・八百津町・下屋敷
工事着手年月 工事竣工年月 送電開始年月	明治41年（1908）6月 明治43年（1910）1月 明治43年（1910）3月	明治41年（1908）1月 明治44年（1911）6月 明治45年（1912）1月
発案計画者 計画推進者	小林重正（旧岩村藩士） 野口 邊（独学エンジニア・技師）	関 信賢（名古屋・企業家） 森松 熊（地元・衆議院議員）
取締役社長 技師長	三浦忠民（旧尾張藩士） 安藤光太郎（内務省・河川技師）	奥田正吉（名古屋商工会議所会頭） 塩屋益次郎（元京阪電気・技師長）
発電出力 落差 送電圧（送電距離） 発電機	4200KW→4800KW 27.53m 33KV（名古屋へ54km） 独学・メンス社製	7500KW→10800KW 47.87m→62.4m 66KV（名古屋へ43.5km） 米ジェネラル・エレクトリック社製
導水路延長 利水量	約4.0km 13.95 m ³ /s	約9.7km 27.8 m ³ /s
水路橋及び形式 橋長又は径間長	湯之洞水路橋 5径間連続煉瓦造り・アーチ橋 橋長、約60m、最大径間約7m 日谷水路橋 5径間連続煉瓦造り・アーチ橋 橋長、約55m、最大径間約7m	旅足川水路橋 開閉型鉄筋コンクリート固定アーチ橋及び 開閉型鉄筋コンクリート連続固定アーチ橋 橋長65m最大径間、23.63 安濃川及び湯谷川水路橋 開閉型鉄筋コンクリート固定アーチ橋 最大径間、6.06m



写真一1 長良川水電 導水路工事（トンネルのスリ出し）

のアクセントとしても効果的である。

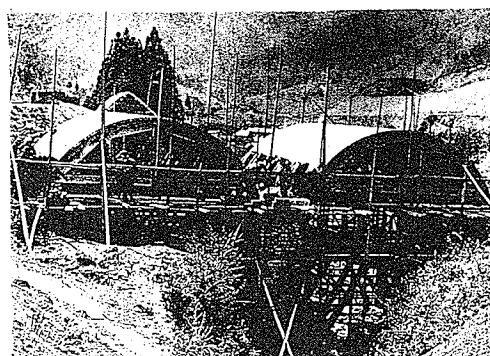
写真一2は日谷水路橋の橋脚基礎工事の状況であり、写真一3は湯之洞水路橋セントルの施工状況である。

写真一4は水路橋の施工中、写真一5は湯之洞水路橋の完成時の状況である。⁹

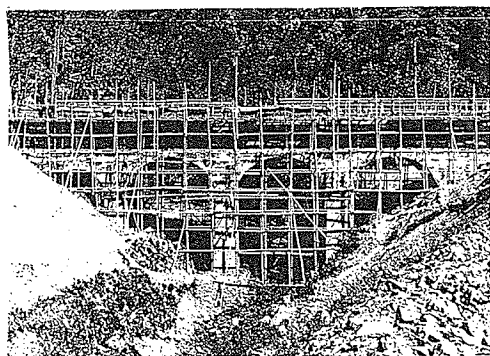
基本的な煉瓦アーチ橋の構造は、1891年（明治24）京都市南禅寺境内に完成した水路橋「水路閣」の13連の煉瓦造りアーチ橋と同じである。



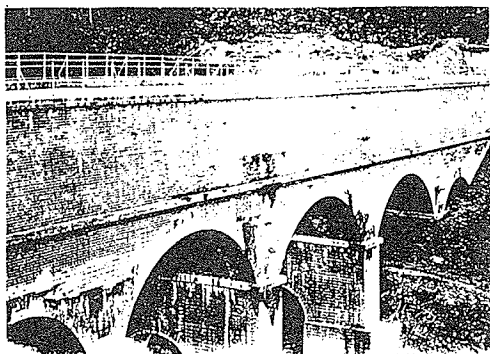
写真一 日谷水路橋 橋脚基礎工事



写真二 湯之洞水路橋 アーチ用セントル及び支保工



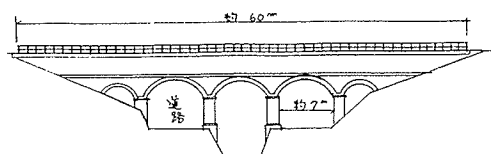
写真三 湯之洞水路橋 水路部築造



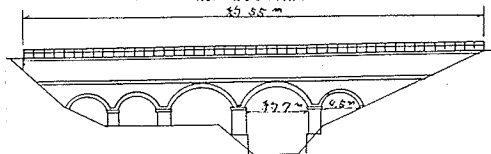
写真四 湯之洞水路橋 完成時

アーチ環は小口積みで、大径間は5段、小径間は4段積みであり、側壁部分はイギリス積みである。

上の水路部分もイギリス積みであるが、「水路閣」が都市内の為複雑な意匠を施しているのに対して、両水路橋は山の中の為アーチと水路の境界に凸部があるだけで、殆ど意匠を施していない。しかし、付近の自然の山並みに良く調和した美しさを保持していて、制水門、トンネル坑口等と共に、煉瓦と白御影石を巧みに配置した歴史を感じさせる造形を成している。



図一 湯之洞水路橋 概略図



図二 日谷水路橋 概略図

(3) 木曽川水力発電所水路工事

長良川及び木曽川発電所は、略同時に建設されたが、工事規模や発電出力は、木曽川水電が約2倍の大きさであり、当時としては、東京電燈の1907年(明治40)完成の駒橋水電(桂川水系15000KW)と1910年(明治43)北海道の千歳水電(10000KW)に次ぐ大きさであった。

計画段階の1906年(明治39)土木主任加茂熊二の案内で、当時京都帝大教授の田辺朔郎や、大藤高彦が、別々に現地視察されて、「名古屋に近く水量豊富で有望な水力開発」と報告され、2箇所の取水口候補の内、出力の大きい現設計に近い案を推奨され、両博士の意見が計画に大幅に取り入れられている様である。¹⁰

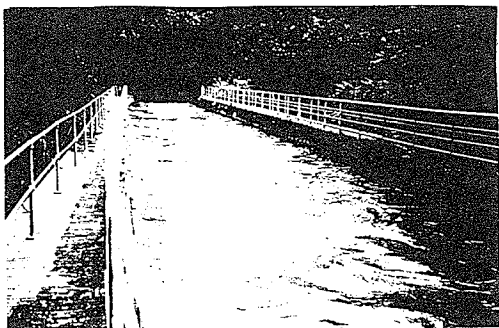
工事には、水力発電専門の技術者は居らず、全国から河川、鉄道、港湾等の技術者が集められたと言はれ、京都帝大土木科教授、大藤高彦が中心として指導し、その他田辺朔郎(土木科)青柳栄司(電気科)の教授も技術指導に当たられている。³



写真一六一

湯之洞水路橋 現況

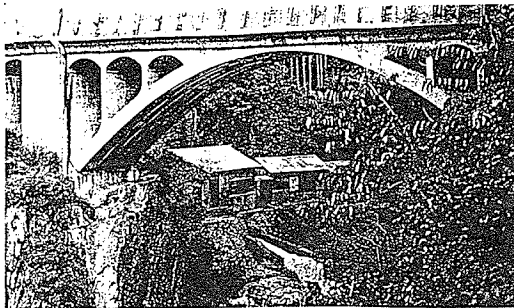
(著者撮影)



写真一六二 湯之洞水路橋 導水路現況

技師長は塩屋益次郎（元京阪電気鉄道技師長 京都帝大電気科非常勤講師）¹¹土木主任加茂熊二（京都帝大明治3卒）等が工事を担当していた。¹²

発電に利用する水量は、木曽川の平均流量 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ の約 $1/3$ を利用する様に計画されており¹³今日の考え方と異なるが、地元の重要産業である木曽木材の流下の障害とならない様配慮したものと考えられる。



写真一七 旅足川水路橋と町営旅足川発電所（1920年頃）

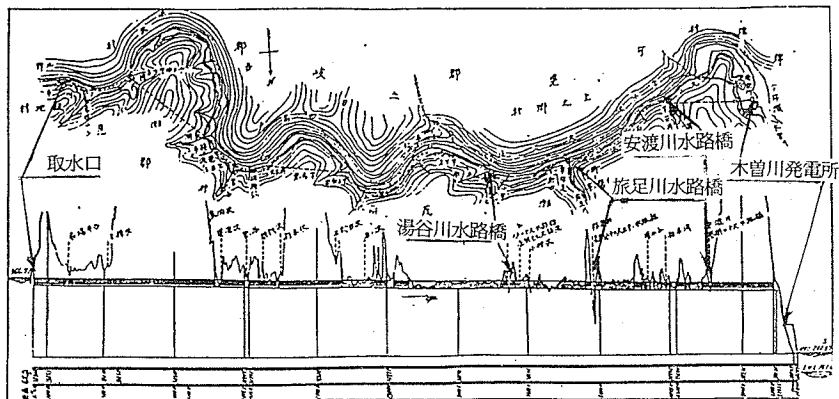
本工事に先立ち、主としてトンネル堀削用工事電力を得る目的で、旅足川に旅足川水力発電所（出力 94.7 KW ）を建設したが、これは全工事完了後の1912年4月八百津町の要望により町に売却され、町営発電所として使用された。³（写真一七）

全体の導水路は、図一五に示す通りである。工事の規模は、トンネル29箇所、延長 6.2 KM で全延長の 64% と言う難工事であった。水路橋は3橋で、延長 86 m 、最大の旅足川水路橋は、最大径間 23.63 m の鉄筋コンクリート・アーチ橋で、1910年（明治43）の完成であり、我国では極く初期の採用であった。¹⁴（写真一八）

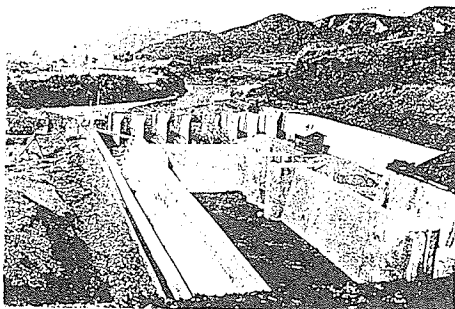
導水路は玉石コンクリート造りであったが、制水門や函梁にも積極的にコンクリート構造が使用されている。¹⁵（写真一八）¹⁷

制水門のゲートには、国産のストーニー・ゲートが、現地状況に合わせて我国で始めて使用されている。¹⁶

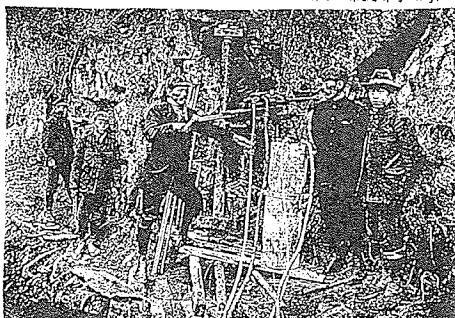
導水路工事は、地山の岩質が堅固な粘板岩で、水路は度々の出水に襲われて埋没した。³トンネルも岩盤が固いので、当時の最新のレーナー式圧搾空気



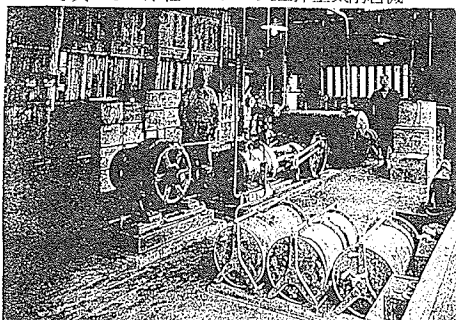
図一五 木曽川発電所 導水路工事図



写真一8 木曾川水電 調整池工事及び制水門工事



写真一9 米社レーナー式圧搾空気削岩機

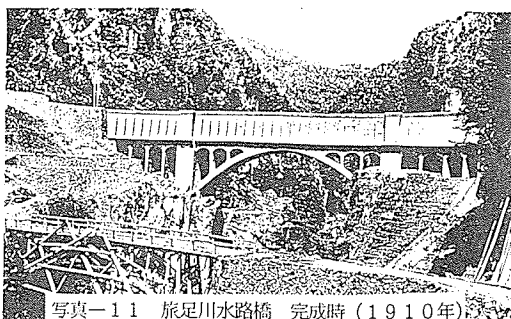


写真一10 電動式空気圧搾機（30馬力石油発動機による）型削岩機や、30馬力石油発電機及び電動式空気圧搾機を導入して、火薬とレーナー式削岩機によるトンネル掘削を行ったが、一日に30cmしか進まない事もあったと記録されている。¹³（写真一9及び10参照）¹⁷

（4）旅足川水路橋

旅足川水路橋の設計図が公表されていないので、詳細については不明であるが、工事概要¹⁵や工事写真¹⁴¹⁷が有るので、これ等から推定する。図一6で現地の平面図を示す。

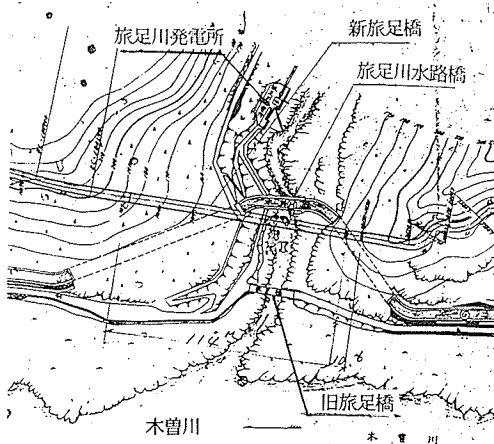
渓流を越えて9径間の橋で、橋長は約65m中央径間23.63m、両側に径間4mの4径間ずつの側径間を有する鉄筋コンクリートの連続アーチ橋である。（写真一11）中央径間と側径間との間に大



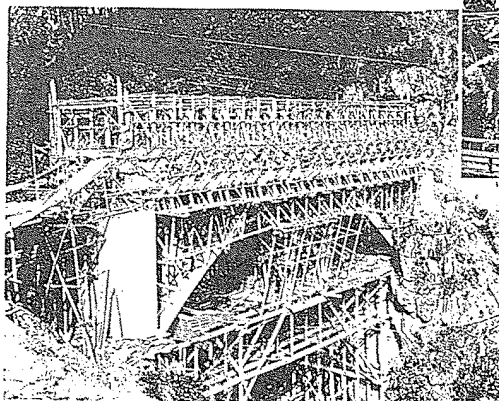
きな橋脚があるが、これは橋台土圧とのバランスの為と見られ、中央径間と側径間とは、構造上切り離されていたと考えられる。中央径間のアーチ橋は、拱矢 $f=6.3\text{m}$ 、 $1/f=1/3.8$ であり、アーチ軸線は写真から測定すると、3心円が採用されている。平面線形は、アーチ部では直線であり、取り付け擁壁部で折り曲げられている。

当時の鉄筋コンクリート構造は、石橋絢彦が述べているが、鉄筋として各種の形状の鋼材が欧米から輸入して使用されており、モニエ式、エンネビック式、カーン式等¹⁸どの形式が、旅足川水路橋で採用されたか、明らかでない。工事中の写真一12を見ると、アーチのセントルは既に撤去されているが、橋の下に全面的な支保工が組まれており、鉄骨を利用したメラン式ではない。

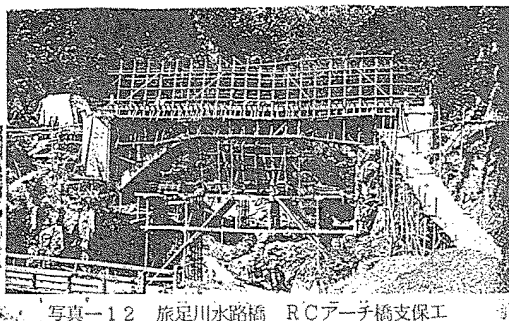
参考として、1912年（明治45）京都府静市野村市原（京都市、市原）に架設された、RC開側アーチ橋「市原橋」の施工状況を示す。¹⁹（写真一13）作業足場は簡単で、剛な鉄骨が有り、アーチの下にはセントルは見られず、メラン式アーチであ



図一6 旅足川水路橋 平面図



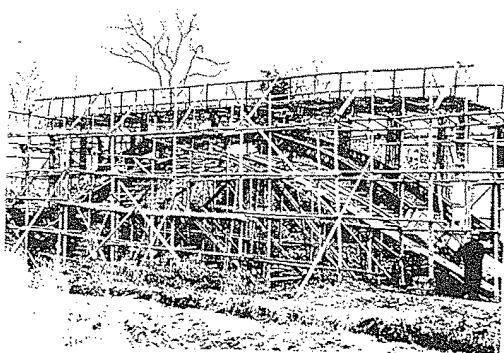
写真一12 旅足川水路橋 支保工



写真一12 旅足川水路橋 RCアーチ橋支保工

る。日本の鉄筋コンクリート構造に大きな影響を与えた、E. Mörschが設計し、1908年完成したスイス国道のRCアーチ橋の支保工を示す。²⁰ 類似した支保工であるが、橋梁設計図では既に丸鋼のフック付き重ね継ぎ手が採用されている。(写真一14)

アーチ橋全体の造形は、側壁（スパンドレル）部分に小アーチを有する中央径間と、やや太目の橋脚の安定感、それに連なる小径間の連続アーチの形状の整合性と言い、全体的に均整の取れたヨーロッパ風、特にスイスの鉄道に見られる造形である。更に



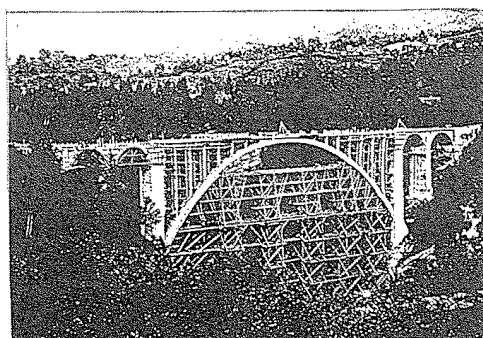
写真一13 市原橋 RCアーチ橋施工中

、水路部の巨大な壁は、三角錐状の扶壁を外面の意匠に利用した斬新なものである。(写真一11)

工事全体として、全面的なコンクリート構造の採用、アーチ橋の斬新な設計及びデザイン、最初のス

トニー・ゲートの採用、そして技師長が電気技術者であった事を考慮すると、大藤高彦の指導が可なり働いており、アーチ橋も支保工を含めて、本人自身が設計されたものと推定される。

発電所の建築を含めて全工事の施工は、早川組（本社名古屋市中区正木町、社長早川昇策、顧問石川文治郎、支配人深見周三郎）が請負い、5工区に分割して施工している。早川組は、1903年（明治36）国鉄中央西線の矢田川橋、庄内川橋の下部工事を、国鉄の指導の下で施工しており、橋梁工事にも実績がある会社であった。木曽川水力発電工事の後、鬼怒川水力発電工事にも参加している。²¹



写真一14 グミュンデル・トーベル橋
(スイス国道RCアーチ橋) 支保工

3. 両発電所及び水路橋についての考察

(1) 両発電所の先駆的意義

前述の通り、明治末期は火力発電から水力発電への転換期であり、我国の全発電出力について、水力が火力を越えたのは、1911年（明治44）で、これから1955年（昭和30年）までは水主火従の時代が続いた。²

当時は石炭の昂騰で、火力発電の原価が水力の2

倍にも達し、しかもサービス競争が激しく、小電燈会社は大電燈会社へ合併されて行ったと言う。繊維産業を始め工場生産も発展して、大電力の安定的な供給が必要になり、発電に有利な地点を求めて水利権の獲得競争が行はれ、小規模水力から大規模水力開発へと急速に発展して行った。²²

木曽川、長良川の両発電所も、1897年（明治30）頃より調査計画が始められ、1908年（明治41）に着工している。東京電燈は、最初の大規模水力発電所の駒場水電（導水路、4.5km）を1899年（明治32）に調査開始し、1906年（明治39）1月に着工し、比較的工事が容易な為1907年11月には完成しているが、¹⁰これ等に続いて早期に完成したものである。

これ等水力発電を先駆として、明治末期から大正初期に掛けて、表一2の様な大規模水力発電所が建設されている。いずれも水路式の発電所であり、ダム式の本格的な発電所は、1921年（大正10）着工、1923年完成の木曽川水系大井ダムの建設を待たねばならなかった。¹

しかし、水路式発電所の建設でも、取水方法、落差の効果的取り方、調整池、制水門等の土木技術を始め、高圧、遠距離送電、発電機械等にも、両発電所の技術は後続の発電所に継承され、発展されている。²

（2）当時の両会社の性格の相違と工事

名古屋電燈は、旧尾張藩士を中心として、1887年（明治20）設立され、火力発電を主とし、明治末には、巴水電（矢作川、750KW）と、小原水電（田代川、200KW）の2水力発電所を有していたが、堅実経営の会社であった。大規模水力開発の経験は無く、水力発電の有利さや、電力技術の進歩に応じて、特に、野口遵の強力な勧めもあって、長良川水力発電の開発に乗り出した。⁴

技師長には、内務省の河川技術者、安藤光太郎を委嘱し、当時としては一般的な煉瓦と石を主とする制水門や、水路橋を建設している。水力発電の先発性と確実性を重視したものと考えられる。

名古屋電燈の資本金は、名古屋電力の半分程度で、計画発電出力も半分程度であったが、両社は強力なライバルとして、木曽川水系の水利権の先行取得等

表一2 1907（明治40）年～1914（大正3）年頃完成の大規模水力発電所

会 社 名	発 電 所	着工及び竣工年月	発電 出力	送電圧	距離
東京電燈	駒場水電	1906年1月	15000 KW	55 KV	75 KM
		1907年11月			
名古屋電燈	長良川水電	1908年6月	4200 KW	33 KV	54 KM
		1910年1月			
名古屋電燈	木曽川水電	1908年1月	7500 KW	66 KV	44 KM
		1911年6月			
東京電燈	ハツ沢水電	1910年6月	35000 KW	55 KV	75 KM
		1912年7月			
鬼怒川水電	下流水電	1911年4月	31000 KW	66 KV	125 KM
		1912年12月			
桂川電力	鹿留水電 （宮下）	1911年10月	17300 KW	77 KV	95 KM
		1913年6月			
宇治川電気	宇治水電	1908年12月	29000 KW	55 KV	46 KM
		1913年7月			
九州水力電気	女子畑水電 （めこはた）	1911年3月	12000 KW	66 KV	77 KM
		1914年4月			
精苗代水力 電気	精苗代第一 水電	1912年4月	37500 KW	115 KV	225 KM
		1914年11月			

で張り合っていた。当時名古屋市内で既に堅実な経営をしており、名古屋電力の経営困難を機に、福沢桃介の手腕で、増資による吸収合併を行った。³

一方、名古屋電力は、明治政府に連なる東京及び名古屋の財界人と、地元有力者の出資が中心の会社であった。全国から河川、港湾、鉄道の技術者を集めて、計画段階から京都帝大の教授の指導を仰ぎ、技術的にも進取の気風があった。

鉄筋コンクリート・アーチ橋や、ストーン・ゲートの採用、高圧、遠距離送電や、送電柱に全面的鉄塔の採用等、その気風が伺える。新技術の導入で大規模発電所の建設を重視したものと考えられる。

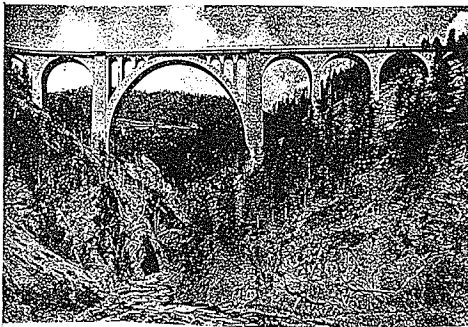
（3）煉瓦構造からRC構造への過渡期

明治の始めより、建築や土木施設には、煉瓦積み構造が多く使用されていた。1891年（明治24）完成の琵琶湖疎水の京都市南禅寺の「水路閣」や、1893年完成の国鉄旧信越線碓井峠の鉄道橋等の、大規模な煉瓦積み連続アーチ橋が建設されている。1906年（明治39）の利根川右岸の行田市「見沼代用水・制水門」等の河川構造物も、煉瓦積みであり、明治末期頃までは、大支間の鋼橋以外は、国産の煉瓦積み構造が広く採用されていた。

東京電燈の駒場水電の建設においても、1907年（明治40）11月に完成しているが、河川や溪

谷を渡る落合水路橋（6径間）沢井第1（4径間）沢井第2（3径間）は、全て煉瓦積み連続アーチ橋であった。²³長良川水電の2つの煉瓦積み水路橋は、当時としては常識的な設計であったと言える。木曽川水電の旅足川水路橋も、計画段階では煉瓦積みアーチ橋として計画されていたと推定される。実施設計の段階に入り、当時の我国のRC構造の採用機運の中で、大藤高彦の指導が行き渡り、欧米では既に常識となっていたRC構造が採用されたものと推定される。

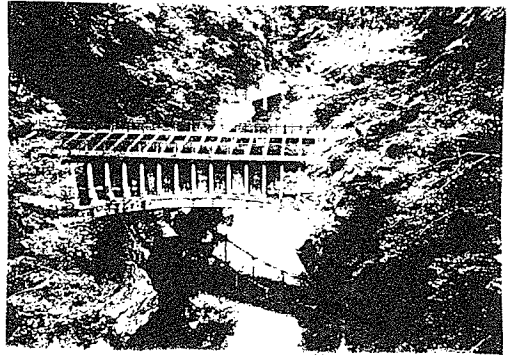
この推定の根拠は、旅足川水路橋のアーチ橋の造形が、スイス鉄道に多い石造又は煉瓦積みアーチ橋のものであり、頭初煉瓦積みのアーチ橋をRC構造に変更した時に、少しの修正でそのままの造形を採用したものと推定される。一例としてスイス鉄道の石造アーチ橋を写真－15²⁵で示す（最大径間55m）



写真－15 ヴィゼネル高架橋 スイス鉄道石造アーチ橋

旅足川水路橋の後、1912年（明治45）7月には、東京電燈ハツ沢発電所の建設に伴い、導水路が桂川を渡る地点に、RC開側固定アーチ橋の猿橋水路橋（ $l=32mf=3.6mf/l=1/9$ ）が完成してをり、²⁶ 写真－16で示す。

欧米でのRCアーチ橋としては、H. Straubによれば、1890年（明治23）スイスのAngau州で、ビッドクの運河に支間37.5mのRCフラット・アーチが架設されたのが、最初とされている。²⁴それ以後、施工中の落橋事故の例もあるが、実験と実績を通じて、中小支間の橋梁として着実に増加していた。1903年のスイスを始め欧州各国は、RC構造の設計及び施工基準を制定して始めている。1902年（明治35）には、スイス連邦工科大学のE. Morsch教授が、最初の基本的な鉄筋コンクリートの教科書を発表して、RC



写真－16 猿橋水路橋（東京電燈1912年）

構造の普及に努めていた。²⁷この本は、数次の改訂版が我国にも紹介されて、長くRC構造の古典的な教本となった。

日本では1894年（明治27）田辺朔郎が造家学会において「地震と迫持との関係及び耐震迫持の考案」と題して、RCアーチ構造の耐震性について講演し、RC構法の紹介を行っている。²⁸

1903年（明治36）6月には、広井勇が「工学会誌」上で、「鉄筋コンクリート橋」と題して、欧米では、鉄筋コンクリート構造がもはや普通の構造であり、鉄材が少なくセメントが国産されている日本では、工費節約と耐久性向上のため、鉄筋コンクリート構造を積極的に採用すべきと主張し、桁やアーチの設計、施工法を解説している。²⁹

1904年（明治37）には京都市山科の琵琶湖疎水、日の岡第二トンネル東口に、我国最初のRCアーチ橋「山の谷橋」が架設されている。³⁰

1905年3月には直木倫太郎が、工学会誌上で「鉄筋コンクリートの価値」として、設計理論上の精密でない点や、施工上注意を要する点はあるが、鉄筋コンクリート構造は、亀裂が発生しても破壊までには、他材料に比較して大きな耐荷力があり安全である、としてRC構造の採用を勧めている。³¹

1909年大河戸宗治は、鉄道院における実績や、欧州各国の規定を参考にして、我国最初の「鉄筋コンクリート設計施工示方書案」を発表している。³²同年、大阪市役所、土木課は、やはり欧州各国の規定を参考に「鉄筋コンクリート計算規定」を制定してRC構造の採用を始めている。³³

1910年11月には、工学会誌上で石橋綱彦が「鉄筋コンクリート通俗解説」として、横浜市の吉

田橋（旧かねの橋）の改築で、RCアーチ橋を採用した理由をのべている。また、鉄筋コンクリートの性質や、モニエ式、エンネビック式、メラン式、カーン式等各種形式の鉄筋の紹介を行っている。¹⁸

こうして日本では、1903年頃（明治36）より鉄筋コンクリート構造の導入の必要性が論ぜられ、「工業雑誌」等でも、欧米のコンクリート試験法や、設計施工基準の解説や紹介が盛んに行はれる様になった。

（４）鉄筋コンクリート・アーチ橋の採用

我国において、鉄筋コンクリート構造の紹介は、1903年頃より講演や、工学雑誌等で行はれ、国鉄等でも教育が実施されたが、1910年頃までは全国的な普及は、今一つ進まなかった。

その理由として、挙げられる点は、

- （a）鉄筋コンクリート構造の理論と実験値が、一致せず、鋼橋と比較して完全でない。
 - （b）設計計算法が完全でなく、信頼される正確な公式が未完成である。
 - （c）コンクリートの品質を均一にする事が困難で、正確な強度が判定できない。
 - （d）配合や型枠等の施工上の配慮や熟練を要する
 - （e）コンクリート構造には、亀裂が避けられない
- 鉄筋コンクリート構造が、鋼橋に比較して信頼性に欠けている事が、採用を躊躇される状況であつた。しかしながら、欧州各国の規定や新技術に学び、我国への導入の為の小規模コンクリート工事の経験を積んで、1907年頃以降に全国的に普及を始めた。1909年の大阪市役所・土木課の「鉄筋コンクリート計算規定」では、オーストリア内務省の規定（1907年）を参考に材料の安全強度が定められ、許容応力度法が導入されていた事が伺える。³³

旅足川水路橋での鉄筋コンクリート・アーチ橋の採用は、次の理由が考えられる。

（a）架設地点の溪谷が深く、幅が広く、当初は煉瓦アーチ橋で計画されたが、大藤高彦の指導で、鉄筋コンクリート・アーチに変更されたものと、推定される。

（b）RCアーチ橋としては、基礎岩盤も固く、地形及び支間の大きさも適当であつた。耐震性も良好

（c）富配合とすれば、コンクリートの防水性が良

好で、水路橋として適切である。

（d）制水門等、他の構造物にもコンクリート構造を採用しており、コンクリート工事には熟練しているので、施工が完全出来る。

明治末期（1907～1912）は、煉瓦構造から鉄筋コンクリート構造への変換期であり、RC構造の利点が認識されてからは、徐々に全国へ普及し始めた。明治時代の鉄筋コンクリート橋は43橋であり、大部分は、明治末期に集中している。¹⁶

４．まとめ

最後に、本報文の要点を纏めると、次の通りである。

（１）長良川、木曽川水力発電所の開発は、岐阜の水力発電に対する好条件の地点に恵まれ、高圧、遠距離の送電技術と、社会的需要、供給の条件に合い、優れた人物の協力により、我国大規模水力発電開発の先駆となった。

（２）新技術導入の時代の対応の仕方では、当時の両社の性格の違いにより、重点の置き方で、相違が出た。堅実経営で、水力発電の先発性と確実性を狙った名古屋電燈に対し、進取の性格の名古屋電力は、各種の新技術の導入で大規模化を狙ったが、経営が追付かず吸収合併された。

（３）木曽川水力発電所は、京都帝大の土木及び電気科の教授の指導が広く行渡っており、新技術の導入もこうした背景で、積極的に行はれた。

（４）明治末期は、煉瓦構造から鉄筋コンクリート構造への変換期であり、鋼橋に比べて鉄筋コンクリート橋の信頼性が低かったが、コンクリート工事の実績を積み、1907年（明治40）頃より徐々に全国に普及し始めた。

（５）湯之洞水路橋は、当時の常識的な橋梁構造として、技師長安藤光太郎の設計で煉瓦構造の連続アーチ橋が架設された。

旅足川水路橋は、現地の地形条件が鉄筋コンクリートアーチ橋に適合し、我国のRC構造採用の機運の中で、1910年（明治43）完成した。RCアーチ橋としては、極く初期のものである。設計者は、京都帝大、土木科教授の大藤高彦と推定される。

（６）アーチ橋の造形は、湯之洞水路橋は、煉瓦アーチの古典的な造形であり、旅足川水路橋は、スィ

スの山岳鉄道のアーチ橋を思はせる欧風の造形であるが、共に現地の地形や環境に適合した、美しい橋である。旅足川水路橋は、当初煉瓦アーチ橋としてスイスの山岳鉄道風の造形で計画されたが、大藤高彦の指導で少し修正した形で、鉄筋コンクリートのアーチ橋に変更された可能性が強い。

5. 謝辞

本報文の作成に当たっては、名古屋大学名誉教授 成岡昌夫博士に、各種の御教示を頂いた。最後ではあるが、心から感謝の意を表します。

参考文献

1. 関西電力KK、建設部、「関西電力水力100年史」1992年4月
2. 電力土木技術協会、「水力技術100年史」1991年6月
3. 編者未定、復刻書「名古屋電燈株式会社社史」1928年頃
4. 中部電力株式会社、「中部電力史略」16頁 昭和62年6月
5. 高橋伊佐夫「長良川発電所の歴史と技術」「中部の電力のあゆみ（中部地方の電力技術史）」1993年
6. 是永定美、「関東地方における煉瓦水門の研究」「土木史研究NO16」1996年
7. 三春生 「雑纂」「電気友」第228号、501頁 明治42年4月
8. 斎川康二「木曾川水系の水力発電開発史」「中部の電力のあゆみ（中部地方の電力技術史）」1994年
9. でんきの科学館、「名古屋電気の今昔展」平成5年
10. 「雑録」「工業雑誌」第350号 工業雑誌社 31頁 明治39年10月
11. 「電気界」第4号 電気界社 明治41年4月
12. 「名古屋電力木曾川水電工事」「電気友」第232号 電気友社 766頁 明治42年6月
13. 日本動力協会「八百津及び放水口発電所」「日本の発電所」535頁 1932年
14. 古田平一郎、横山住雄「写真集一八百津」創文出版社 67頁 昭和60年11月
15. 「名古屋電力会社の水力電気工事」「電気界」第32号 電気界社 296頁 明治43年7月
16. 日本工学会、「明治工業史」土木編、771頁 1929年
17. 名古屋電燈株式会社「木曾川第一水路工事写真帳」
18. 石橋純彦「鉄筋コンクリート通俗説明」「工学会誌」第334巻、日本工学会 明治43年11月
19. 京都府 「京都府橋梁帳」
20. E. Mörsch「Die Gmündertobel-Brücke bei Teufen」「SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG」s-81 13. Feb. 1909.
21. 日本建設業協会 「日本土木建設業史」77頁 昭和46年1月
22. 高橋智子「日本の電力技術の歴史と技術記念物」「日本文化技術史」産業考古学会111頁1993年
23. 東京電燈株式会社「水力電気事業実況」 明治41年
24. H. シュトラウプ 藤本一郎訳 「建設技術史」 鹿島出版会 252頁 昭和51年11月
25. 「Der Wiesener Viaduct」「SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG」S-189 8. April 1911
26. 日本工学会 「明治工業史」土木編 774頁 1929年
27. E. Mörsch 「Der Eisenbetonbau Seine Theorie und Anwendung」 Konrad Wittwer 1902
28. 田辺朔郎「地震と迫持との関係及び耐震迫持の考案」建築雑誌、第96号、造家学会、明治27年
29. 広井勇、論説及び報告「鉄筋コンクリート橋梁」「工学会誌」第253巻、285 明治36年6月
30. 松村 博「京の橋物語」 松籟社 183頁 1994年9月
31. 直木倫太郎、抜粋「鉄筋コンクリートの価値」「工学会誌」第272巻 164頁 明治38年3月
32. 藤井郁夫「橋梁史年表」（財）海洋架橋調査会 466頁 平成4年9月
33. 大阪市役所、土木課「鉄筋コンクリート計算規定」 明治42年4月