

岐阜県の小里川発電所と与運橋
—— 大正期の堅固な石造水力発電施設群 ——

山根 巖¹ 井上 肇² 松島秀夫³

要旨 岐阜県瑞浪市と山岡町の境を流れる庄内川水系の小里川には、中部電力の前身の一つである「多治見電燈所」が大正時代に建設した、連続した3つの小規模水路式発電所がある。これ等の水力発電所の土木施設には、「与運橋」を始め九州以外では珍しい6つの石造アーチ構造や、多様で見事な石造構造物が残っている。

これ等の水力発電所は、1906（明治39）年土岐市に建設された土岐川発電所と共に、多治見地方の製陶業等の地場産業の発展や、地域社会と住民生活の近代化を進めた近代化遺産である。

これ等の4つの発電所を建設された初代加藤乙三郎は、製陶原料を製造していた事業家であり、技術者ではないが、独力で土木技術を習得し、堅固な石造構造物で水力発電所を造った人である。

資料が公表されておらず、それ等の技術の詳細や源流も不明であるが、建設省が庄内川水系の防災を目的とした小里川ダムの建設に当たり、これ等の施設の一部が水没するので、簡易な調査を実施した。この結果土木施設には、田辺朔郎の初期の小著「水力」の影響が見られる等、他の小規模発電所に比して幾つの特徴が見られた。

この報告は、これ等の発電所が建設された歴史的技術的背景と、土木施設の調査結果及び、それ等についての若干の考察と評価を述べる。

1. 小里川発電所建設の背景

(1) 土岐川発電所建設の経緯

小里川水力発電所（以下水電と呼ぶ）の建設の背景としては、1906（明治39）年に同じく初代加藤乙三郎によって、土岐津町（現在土岐市）の土岐川に建設された土岐川水電まで遡らねばならない。小里川水電は土岐川水電から発展したものであり土木施設や石積も、同じ考え方で一貫して造られている。

多治見市等の資料^{1) 2)}によれば、初代加藤乙三郎は、兄加藤喜平と共に多治見町下沢で、生田川の流水を利用して製陶原料の製造業を営んでいたが、1895（明治28）年兄喜平と謀って水力発電事業を企画し、京都市蹴上発電所を視察するとともに、

1902（明治35）年完成した愛知県西加茂郡小原村大平の小原水電を熱心に研究されたと言われている。²⁾ 当時の製陶原料は、「千本きねつき」と呼ばれる木造和式水車により、陶土を粉碎して生産していたが、洪水時には水車や水路が破壊され、渇水時には停止に悩まされ、これを電動機により能率化する事を意図された様である。¹⁾

1895（明治28）年には、琵琶湖疎水や蹴上、発電所の完成に続いて、日本最初の電車の運行開始を記念して、京都市岡崎で、「第四回内国勸業博覧会」が開催された。これは明治政府の「文明開化」「殖産興業」の政策に沿って開かれたものであるが、日本の水力発電の発展に大きな影響を与えた。

この博覧会を契機に、日本全国各地で多数の水力発電事業が開始され、1911（明治44）年には

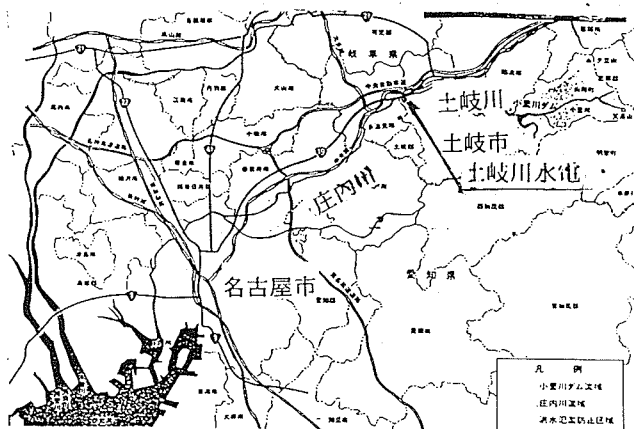
【キーワード】 大正時代 石造水路式発電所 与運橋（3連非対称石造アーチ橋） 初代加藤乙三郎

【所属】 1. 正会員 大日コンサルタント(株) 岐阜市 藪田南 3-1-2 1

2. 正会員 岐阜大学名誉教授 岐阜市 西改田 字川向 7 7

3. 正会員 大日コンサルタント(株) 岐阜市 藪田南 3-1-2 1

全国の水力発電出力の合計が、石炭火力発電のそれを越え、水主火従の時代に入った。³⁾



図一 土岐川水電 位置図

(2)土岐川発電所の建設

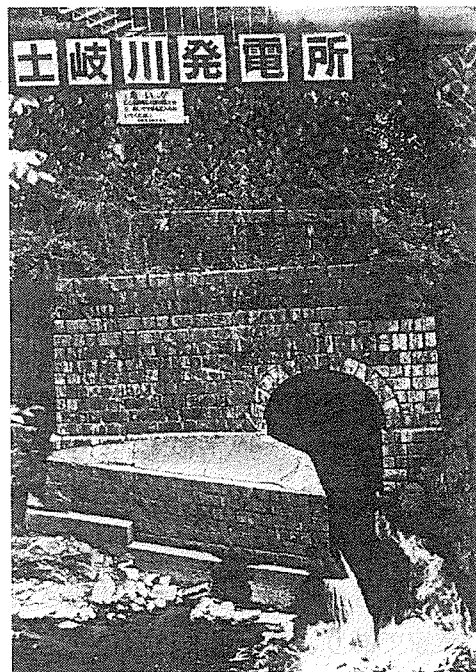
加藤兄弟は技術者ではないが、事業家として熱心に水力発電の事業や技術を研究し、1902（明治35）年4月には「合名会社多治見電燈所」として水力発電事業を申請し、同年9月には逓信省の許可を得ている。その後私財を投じて土岐川水電の工事に着手し、1906年10月には完成している。

兄喜平が主として財務や対外交渉部門を、弟乙三郎が主として技術や建設部門を分担されていた様である。⁵⁾

土岐川水電の建設位置は、土岐市土岐口の川戸峽と呼ばれる溪谷で、土岐川と妻木川との合流点近くに取水堰堤を設け、トンネルを含む1093mの導水路で山中に発電所を設けている。図一にその位置を示す。発電出力は当初150KWで、後に260KWに増設されたが、最大利用水量3.23m³/sと豊富であり、有効落差12.1mと小さく、水圧鉄管の無い珍しい低落差の発電所であった。⁴⁾

土岐川水電では2連の石造アーチ水路橋が1橋あるが、小里川水電と同様に水路橋、導水路、河川護岸、発電所基礎が、構造物によって石積形式を使い分けて、見事な石積模様を呈している。土岐川発電所は、平成に入り発電を一時休止していたが、現在は電力のピーク時には無人発電所として稼働している。（写真一参照）

この発電所の設計及び工事監督は、加藤乙三郎と考えられるが、1903（明治36）年8月には、東京帝大電気工学科卒の太田国馨が多治見電燈所に



写真一 土岐川発電所の現況

入社し、工事監督に参加している。⁵⁾

2. 小里川発電所の建設と石造構造物

(1)小里川発電所の建設

1906（明治39）年10月土岐川水電が完成して、多治見町と豊岡町（現在多治見市）の全戸数の半分に当たる1030灯に送電され、人々は「文明開化」の恩恵に浴する為点燈の申込みが殺到し、極めて好評であったと言われる。1914（大正3）年には、送電区域も中央線沿いに拡大され、電燈は3724灯、動力86馬力に躍進して、製陶業に小型モーターが導入されて「ろくろ」も電動化され、次いで大型電動機も導入された。¹⁾

多治見電燈所は、こうした電力事業の成功により、1909（明治42）年には既に土岐川支流の小里川の右岸において、山岡町田代地区で取水し、川折地区に発電所を設けて750KWの発電計画を立て、事業の許可を得て測量を完了していた。⁶⁾

1914（大正3）年に欧州において、第一次世界大戦（1914～1919）が勃発し、欧米からの製品輸入が停止し、日本各地で各種の製造業が盛んになり、好景気に見舞われた。多治見の製陶業も空前の好景気に恵まれ、深刻な電力不足に陥って大問題となり、土岐郡として交渉して愛知県の小原水電（出力200KWに増強）から電力を融通して貰

う程であった。^{1) 20)} 小里川水電の位置を図-2に示す。

小里川水電の建設計画も、こうした極端な電力不足の状況に合わせて、工期短縮の必要に迫られた。

検討の結果、取水や導水路のルートを左岸側に変えて3つの発電所に分割し、その内で工事の比較的内容易で、工期の短い第二発電所の建設から工事が始められた。⁷⁾ 小里川水電の全体施設図を図-3に示す。⁸⁾

第二発電所が1918(大正7)年に完成し、引き続き工事が進められて、第一発電所が1922(大正11)年、第三発電所が1925(大正14)年に完成している。これ等一連の3つの発電所の諸施設の諸元は表-1の通りである。⁷⁾

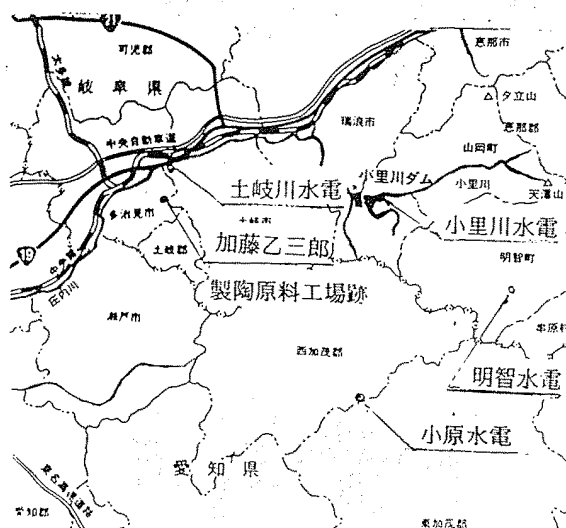


図-2 小里川水電 位置図

3つの発電所の諸元を合計すると、有効落差は約130m、導水路延長は約2.65km、その内トンネル延長は約1.72km、常時出力460KWの発電所である。導水路に占めるトンネル延長の割合が65%にも上り、これは1912(明治45)年完成した名古屋電燈の木曽川第一発電所(八百津発電所、出力7500KW)のトンネル延長の割合と略同じである。⁹⁾ 地山の岩質は粗粒花崗岩でしかも風化岩であり、かなりの難工事であったと思われる。

最初に着工した第二発電所では、一部の水路橋や導水路が檜材で造られた様であるが、経営成績良好のため間もなく石造に改築された様であり、第一及び第三発電所は始めから石材で造られた様である。

表-1 小里川発電所 諸元

中部電力(株)「水力発電所概要」より				
現在の呼称		小里川第3	小里川第2	小里川第1
多治見電灯所時代の呼称		第4発電所	第2発電所	第3発電所
出力(常時) [kw]		150	130	180
使用水量(常時) [m³/s]		0.417	0.584	0.584
有効落差 [m]		51.97	32.79	41.58
ダム高さ [m]		3.64	1.60	1.21
導水路	総延長 [m]	1005.60	668.35	973.45
	隧道延長 [m]	662.95	407.80	647.20
	蓋渠延長 [m]	49.00	41.30	162.55
	開渠延長 [m]	337.75	131.40	163.70
	水路管延長 [m]	0	87.85	0
水管	管長 [m]	149.732	54.109	78.884
	内径 [m]	0.755 ~ 0.43	0.76 ~ 0.46	0.76
	管厚 [mm]	6.4 ~ 7.9	6.0 ~ 8.0	6.0 ~ 11.10
	条数	1	1	1
水車	形式	横軸単輪串流うず巻形フランシス水車		同左
	出力 [kw]	224	160	220
発電機	製造者(台数)	ベルトン(1)	ベルトン(1)	ベルトン(1)
	電圧 [kv]	3.5	3.5	3.5
	容量 [KVA]	250	200	250
	回転数 [rpm]	900	900	900
	製造者(台数)	GE(1)	GE(1)	日立(1)※

[注]・数値は現在の値であるが、建設当時と大略変化はないものと考えられる
* 当初はGE製、昭和22年、日立製中古品に取り替え

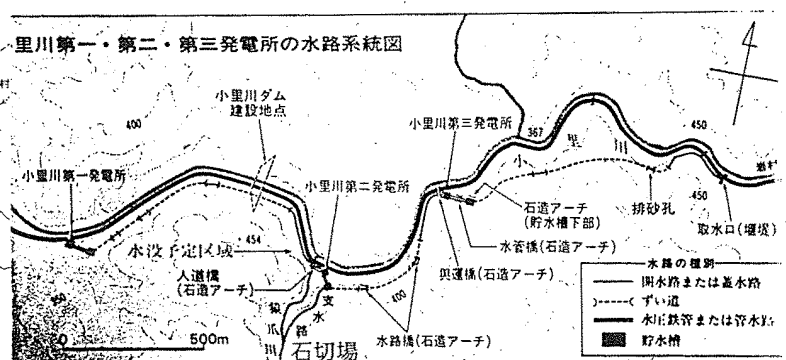


図-3 小里川水電 諸施設位置図

10) 11)

多治見電燈所は、1924(大正13)年には、中部電力(株)(多治見)と改称され、1930(昭和5)年には中部電力(岡崎)と、同年東邦電力(豊橋)に合併し、更に中部合同電気に分離し譲渡された。1942(昭和17)年には国策に沿って中部配電と所属を変え、1951(昭和26)年電力再編成により発足した中部電力(株)へと変遷した。建設省の小里川ダム建設に伴って、1993(平成5)年に建設省に譲渡されて、発電は停止されている。

(2)石造構造物の現況と特徴

小里川発電所群の特徴は、大正時代に建設した発電土木施設が、全て堅固で見事な石造構造で造られ、更にそれ等が河川の流れや地山の状況に良く順応して、目的に合った優れた配置を行っていて、最近まで大きな改築もなく稼働していた事である。

土木施設としては、取水堰堤3ヶ所、導水路、水路トンネル10ヶ所、水路橋3ヶ所、人道橋2ヶ所、貯水槽3ヶ所、制水門及び排砂門7ヶ所、倉庫2ヶ所、発電所3ヶ所が残っている。この内発電所の建屋が木造である以外は、基礎を含めて全て地元産の粗粒花崗岩を使用した石造構造物である。この内の特徴あるものについて、簡易調査結果を説明する。

a) 与運橋

第三発電所の側で、県道から小里川を渡って発電所に通ずる人道橋であるが、工事中は水圧鉄管や発電機等を搬入するために使用された。この橋は九州以外では珍しい(4.5+8+3.5)の径間を有する、橋長約20.22mの3連非対称石造アーチ橋である。橋の幅員は2.8mであり、拱環は半円形で、その厚さは33cmである。

この橋は小里川水電を代表するものとして、唯一名前を付けられている。第三発電所が「多治見電燈所」の第4番目の発電所であり、「四運橋」とされる所を、四を避けて「与運橋」としたと言われている。与運橋の測定結果を図-4に示す。¹²⁾ また写真-2及び写真-3に、上下流からの状況を示す。

与運橋の特徴は

- ① 3連の非対称構造の石造アーチであり、発電所に使用された石造アーチは非常に珍しい。
- ② 石材は花崗岩が使用されており、目地材としては、「長七たたき」が使用されている。
- ③ アーチ橋の側面の石積の形式は、「乱れ積」が採用されている。
- ④ 河川内の自然石を移動させ、これ等を巧みに利用して橋脚の一部や、水切りに使用している。この自然石の基礎には、「長七人造石」が使用されている。
- ⑤ アーチの半円形はやや変形している所もあるが、全体として橋のバランスが良く、環境に良く調和して安定感があり、優れた個性的なデザインとなっている。

ここで「長七たたき」「長七人造石」とは、愛知県碧南市新川の出身の服部長七が、1876(明治

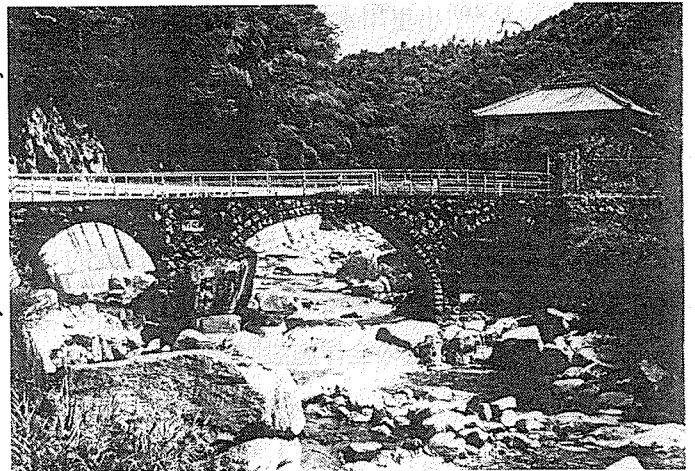


写真-2 与運橋と第三発電所(上流側より望む)

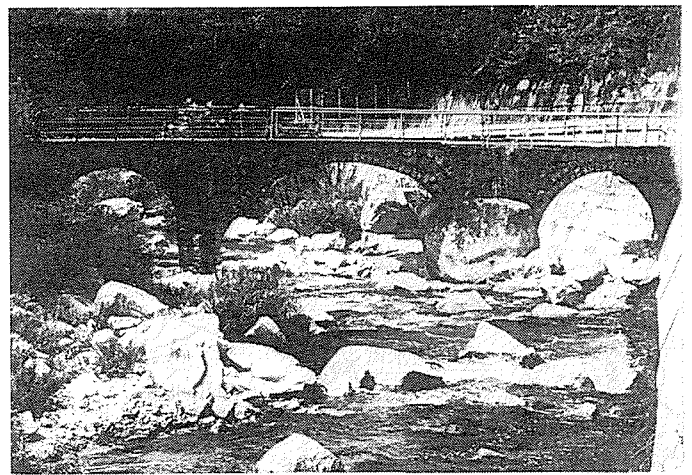
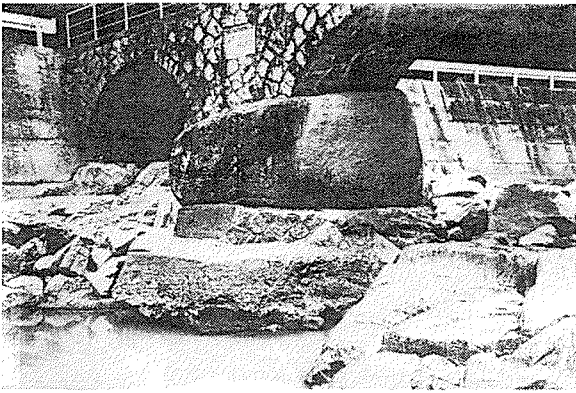


写真-3 与運橋と第三発電所(下流側より望む)



写真-4 与運橋の石造アーチと目地材(長七たたき)

9)年「三州たたき」にヒントを得て発明したもので、消石灰、風化花崗岩(まさ土)と粘土又は砂利に水を加えて、たたき仕上げで造られる。明治大正時代に、東海地方を始め岡山、広島県等でも、高価なコンクリートが普及していない時代に使用されて



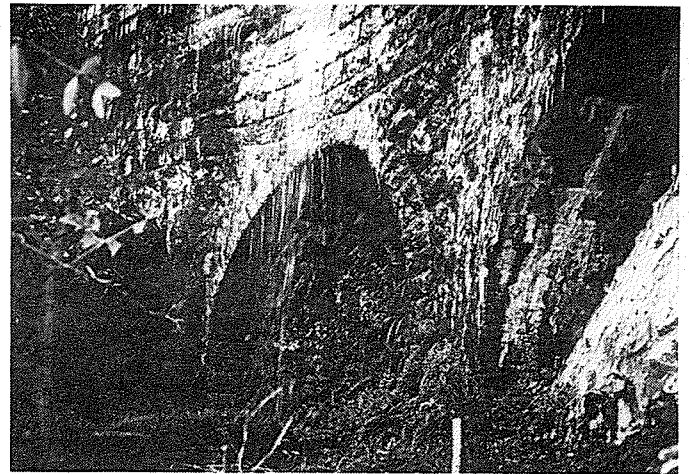
写真一5 与運橋の自然石の基礎（長七人造石）

おり、特に水中構造物に広く使用されている。¹³⁾

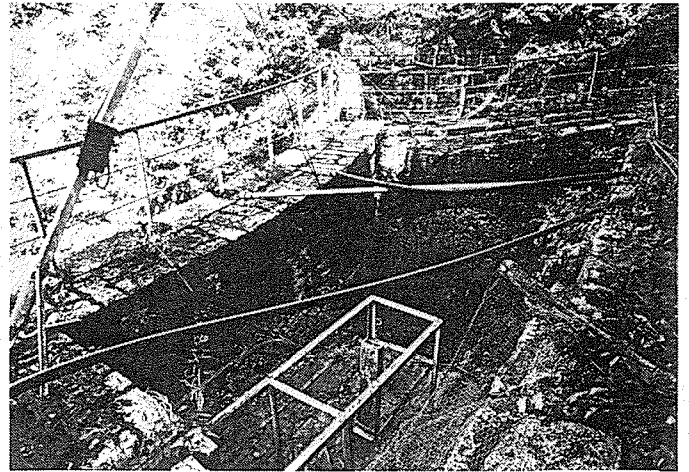
与運橋でも拱環石の目地に「長七たたき」が使用され、橋脚部の自然石や水切石の基礎には「長七人造石」が使用されている。（写真一4及び写真一5参照）

長七人造石は砂利を含み、表面は経年変化で黒ずんでおり、コンクリートと見分け難いが、内部は砂色を帯びている。コンクリートは型枠の稜線が明瞭なのに対して、たたき仕上げで割石を含んでおり、写真一5で見る様に見分けは付く様である。

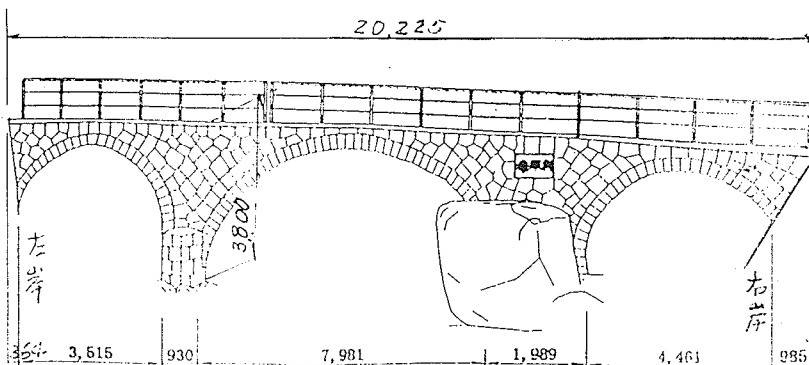
また、橋側面の石積の形式は扇積の様に見えるが、石橋の専門家である山口祐造の鑑定では、「乱れ積」であり、石工の技量レベルは高いと言われている。この橋は他の橋が流失する様な大洪水を受けて、幾度か橋面まで浸水したが、びくともせずに町民達を驚かせ、かつ永年町民に親しまれてきた。



写真一6-1 貯水槽アーチ橋（乱れ積アーチ橋）



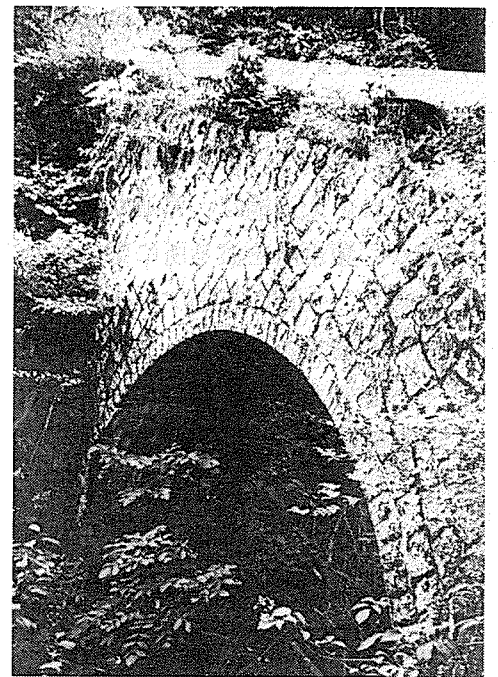
写真一6-2 石橋型貯水槽（水路直角方向アーチ構造）



図一4 与運橋 測定結果（上流側）

b) 石橋型貯水槽（貯水槽アーチ橋）

第三発電所の水圧鉄管の上手にある石橋型貯水槽を写真一6に示す。径間4.5mの3連アーチ橋であり、東側は水路トンネルに、西側は発電所への水圧鉄管に連っており、図一5に示す珍しい構造で



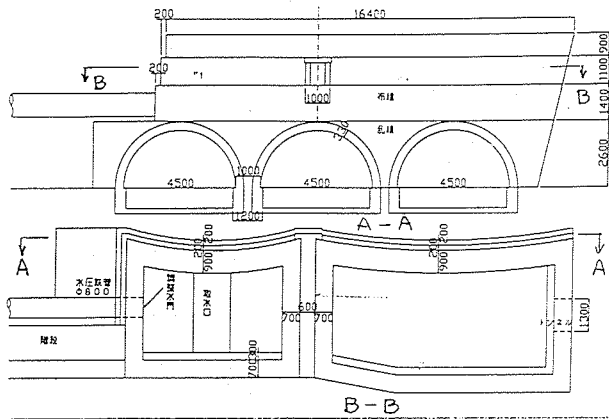
写真一7 水圧鉄管水路橋（綾織積アーチ橋）

ある。

付近の岩山を切るのを止め、沢に栈道形式のアーチ橋を架設して、その上に貯水槽と余水吐が設けられ、沢水と余分な水が貯水槽中央の横断方向のアーチ型水路橋を通して排水される様になっており、言

わば、直交した立体的アーチ橋である。（写真一6及び図一5参照）

3連アーチ橋側面の石積形式は乱れ積であるが、貯水槽部分は布積であり、側壁の厚さは深さにより2段に変えている。目地には粘土を含む「長七たたき」を使用して漏水を防止している様である。

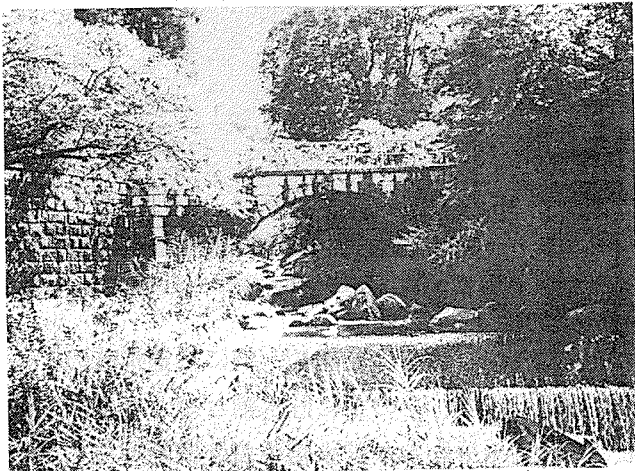


図一5 石橋型貯水槽一般図

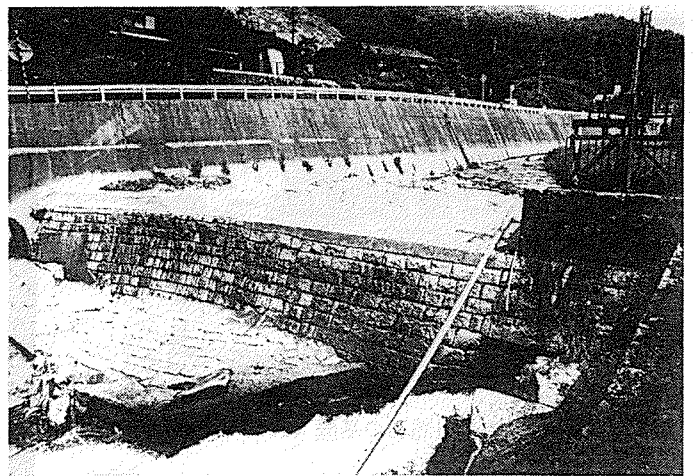
c) 水圧鉄管水路橋及び人道橋

第三発電所の水圧鉄管（直径約80cm）が沢を渡る所に架設された、径間約8m幅員1.8mの半円形のアーチ橋である。急傾斜した水圧鉄管と検査路を支え、中央で最小3mの高い土かぶりを有しており、橋側面の石橋は美しい綾織積（谷積とも呼ぶ）を呈している。（写真一7参照）土かぶりが大きく安定の為に橋側面の石積は、綾織積を採用したものであり、条件により石積形式を変えている。

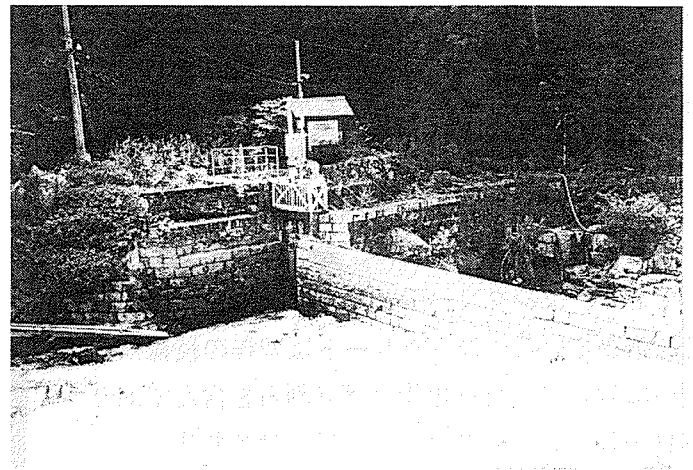
もう一つの人道橋は、県道から第二発電所に通ずる歩道が、猿爪川を渡る所に架設された径間7.2m、幅員2.8mの石造アーチ橋である。この橋は取り付けの護岸を含めて、橋側面の石積形式が、整然とした布積であり、溪谷に良く調和していて美し



写真一8 猿爪川人道橋（布積アーチ橋）



写真一9 第三取水堰堤及び制水門（堰堤下流側より）

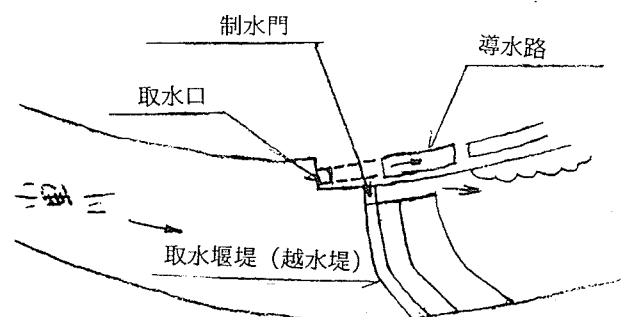


写真一10 第三取水堰堤及び取水口（堰堤上流側より）
い。（写真一8参照）

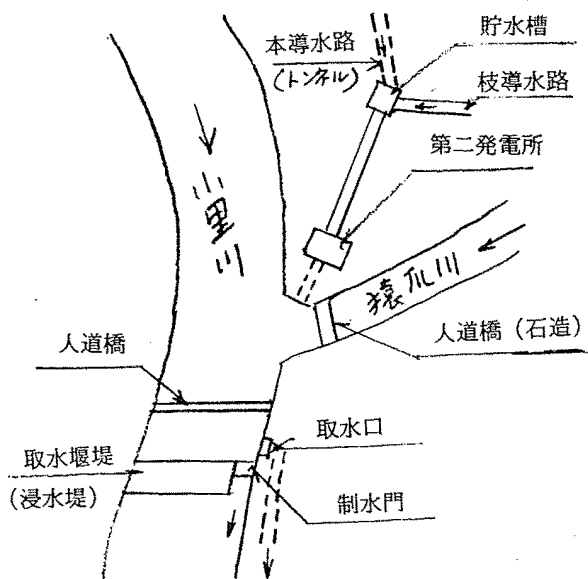
この他に2橋のアーチ型水路橋があるが、いずれも橋側面は乱れ積であり、水路部分は布積となっている。

d) 取水堰堤と制水門

小里川水電には表一1に示す様に、3つの石造取水堰堤がある。最上流の第三取水堰堤から取水して、それを3つの発電所で連続的に利用する合理的な方式であり、第二と第一の堰堤は、流量調節用の低堰堤である。第三取水堰堤は、第三発電所から約1km上流の小滝の岩盤の上に築かれた、高さ約3.6



図一6 第三取水堰堤 平面見取図



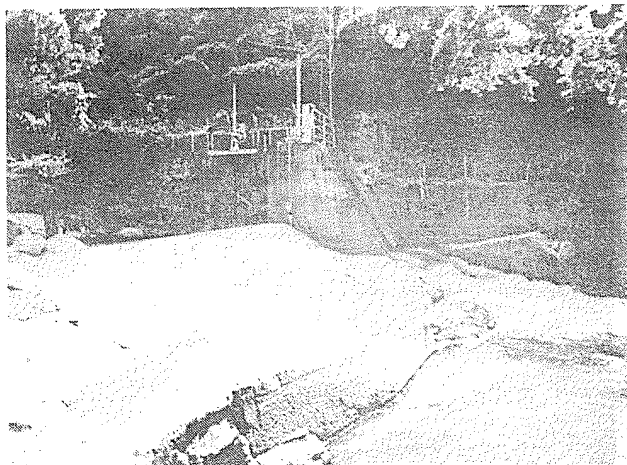
図一7 第一取水堰堤 平面見取図

mの堰堤である。(写真一9及び写真一10参)

河川の流れはゆるやかに左側に彎曲し、流れの内側に取水口があり、堰堤の左岸側に排水用の制水門が設けられている。堰堤自体が右岸側でゆるやかに折れており、洪水時の激流部をさけて、同時に渇水時の取水にも備えた配置である。(図一6参照) 堰堤の本体の外形は、流れに沿って越水堤を成しており、激流に対応して基礎岩盤にしっかりと据え付けられている。

堰堤外面は布積であり、内部は調査不能だが、破壊した第二堰堤の内部を見て判断すると、長七人造石によって造られているものと見られる。堰堤頂部の滑らかな仕上げも、長七人造石によるたたき仕上げと見られ、河川の激流にも永年にわたって良く耐えており、水中構造物に強い事を示している。

第二、第一堰堤は、それぞれ第三、第二発電所の近傍に取水のために設置されたものである。堰堤の



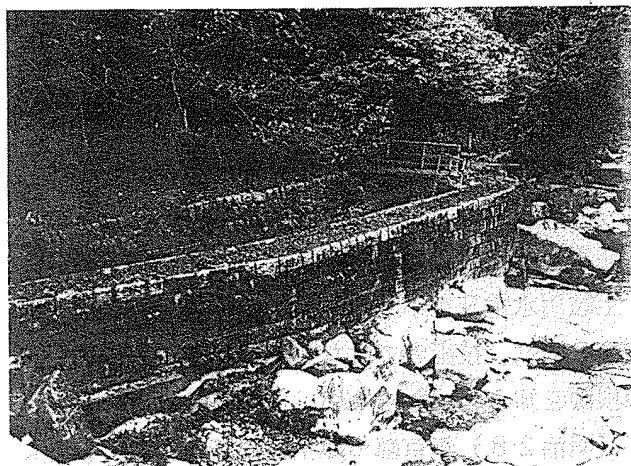
写真一11 第一取水堰堤及び取水門

高さは低いが、堤頂はゆるやかな曲面の浸水堤を成しており、石積形式は谷積で、表面は長七人造石で滑らかに仕上げられている。(写真一11参照) 第一堰堤の取水口は、河川本流の流れに直角方向を向いており、猿爪川との合流点であり、これは水量の豊かな場合の取水構造を示していると見られる。

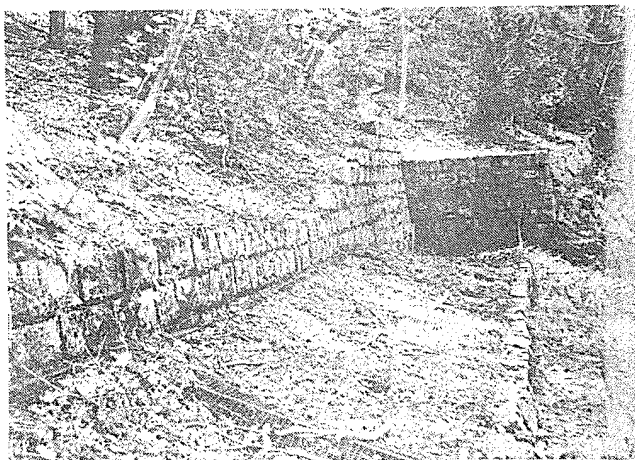
(図一7参照)

e) その他の石造構造物

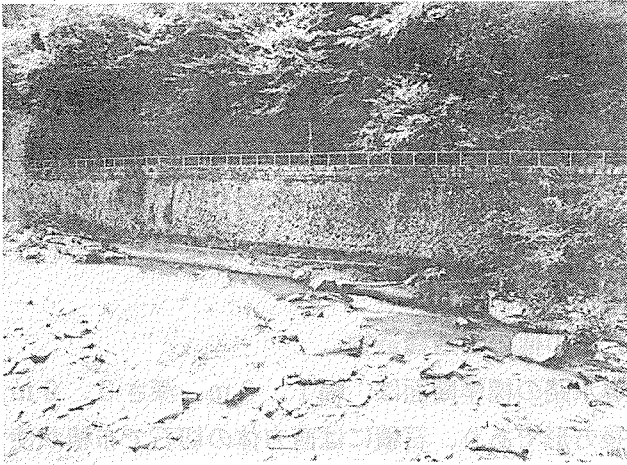
導水路の標準断面は、幅1.3m、深さ0.9mの長方形であり、石積には直方体の切石で布積が使用され目地には長七たたきを使用して漏水を防止している。(写真一12参照) 河川の護岸や高い石積には綾織積を使用し、常に水に接する導水路や発電所基礎には布積を使い分けており、石積形式の採用は土岐川、小里川水電で一貫した考え方で採用されている。導水路は山の斜面の裾を通ってるが、切土はトンネル坑口付近と水圧鉄管部分が主であり、それも緩い斜面に坑口を設けてトンネル延長を長くしているのが特徴である。(写真一13参照) トンネル内は坑口同様に布積の石張りで被覆されている様



写真一12 調整池(布積)



写真一13 第一トンネル東坑口(導路上の金網)



写真一 14 河川護岸（綾織積）

であり、⁸⁾ 導水路に対する慎重な姿勢が窺える。

河川に沿う傾斜地では、河川側に高い綾織積の護岸を築き、その上に布積の導水路を設けている。

（写真一 14 参照）これ等は洪水時に土砂崩れで、導水路が埋まるのを極力避けた構造としている事が窺える。因みに、第三発電所に通ずるトンネル内の一部が崩落し、代わりに河川沿いに局部的に鉄管水路が設けられているが、これが唯一の大改築である。

なお、これ等の石造構造物に使用された花崗岩の石切場は、猿爪川上流にあり、図一 3 の中で示す。

3. 石造の発電土木施設についての考察

(1) 発電土木施設の配置と構造についての考察

土岐川水電及び小里川水電の土木施設について考察するには、技術者ではない初代加藤乙三郎の技術の根源を知らねばならない。伝記によれば、1895（明治28）年京都市蹴上発電所を視察し、更に1902（明治35）年完成した愛知県小原村の小原水電を熱心に研究された様である。²⁾

小原水電は1891（明治24）年6月蹴上発電所の半年後に、箱根湯本において箱根電燈の箱根水電（25KW）を建設した電気技術者、大岡正によって建設されたものである。彼は国産の水車と発電機を採用して建設しているが、死去した1909（明治42）年迄に、西日本で18ヶ所の小規模水電を建設している水力発電の先駆者である。¹⁴⁾

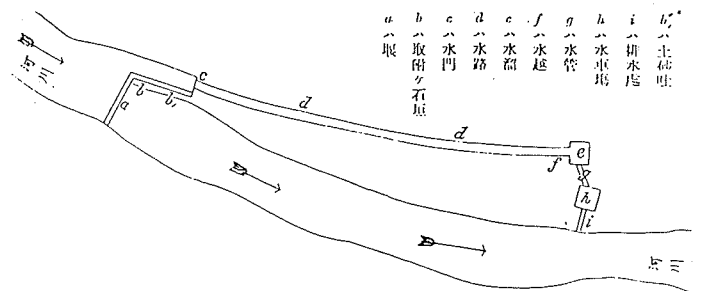
小原水電と小里川水電とは、発電土木施設の配置は似ているが、施設の構造や石積は異なっている。

この違いは何処から来たものであろうか。

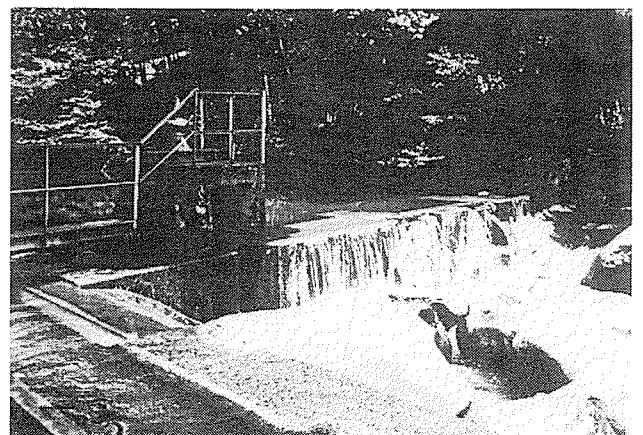
京都大学教授田辺朔郎は、1896（明治29）年と1912（明治45）年に、同じ「水力」と言う小著を出版している。前著は、1895年の京都での「内国勸業博覧会」以後、全国で急増した水力発電計画について、教授の元に同種の質問が多数集まり、これ等に応じて教授が、水路式発電の要点を概説された小著である。河川流量調査、発電施設計画、発電出力計算等より成る入門的なものであり、土木施設については僅かしか述べていない。特に強調されているのは、水路式発電では定常的発電を行うために、渾水流量を基準にして発電計画を行う事である。¹⁵⁾

後著は、1911（明治44）年大学の夏休みに、京都帝大夏期講習会として、土木工学科田辺朔郎教授と、電気工学科金子登教授が「水力」と題して、各々15時間の講演を行った講義録である。田辺朔郎は主に河川流量調査、発電計画、土木施設について論じており、金子登は主に水力機械及び発電機等について紹介しており、希望者が多いため別々に「水力」として出版された。^{16) 17)}

田辺朔郎の著書には、各分野について参考にするべき欧米の文献が挙げられており、意欲のある者には好都合であった。水力発電に関する類書が少ないた



図一 8 発電土木施設 配置図



写真一 15 小原水電取水施設の現況

め、当時の水力発電技術者や事業家に読まれ、大きな影響を与えた様である。

図一8は田辺朔郎の第一の「水力」に示された、標準的な発電所の土木施設の全体配置図である。

¹⁵⁾ 小里川水電では、図一8のb地点に排水門を設置し、それよりやや上流に取水口を設けている。

(図一6参照) 取水口からそれに続く調整池までの導水路は、洪水に備えて堅固な布積で閉断面の構造に造られている。(写真一10)

因みに、大岡正が設計した小原水電の取水施設が、田辺朔郎の第一の「水力」の図一8に近い構造であるのは、関心が持たれる。(写真一15参照)

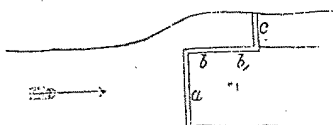
同じ田辺の著書で、取水堰堤の平面形として図一9が示されているが、最上流の第三堰堤では乙の形が採用されており、河川の左岸側への彎曲に対して、洪水時の右岸堤防の洗掘への対応と考えられる。

第三取水堰堤の堤体の断面形は不等辺四角形であるが、第二の「水力」に示された図一10の様な、Lowell-damの外形をしており、石積の形は異なるが、越水堤としての形は同じである。¹⁶⁾

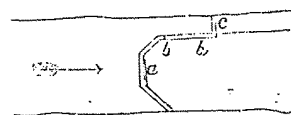
第一及び第二取水堰堤の外形は、写真一11に示す通り浸水堤の形をしており、第二の「水力」に示されたHolyoke-dam¹⁶⁾、又は第一の「水力」に示された様な、越流部の滑らかな曲線を有するのが特徴である。¹⁵⁾ (図一11-1、及び図一11-2参照)

小里川水電の土木施設の調査結果から考えると、田辺朔郎の著書の影響が見られるが、加藤乙三郎は製陶原料の製造所で、取水や用水路の建設や維持を通じて、かなりの土木技術を習得されていたと考え

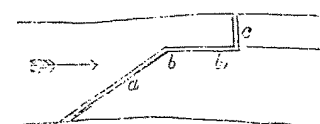
甲 圖七十第



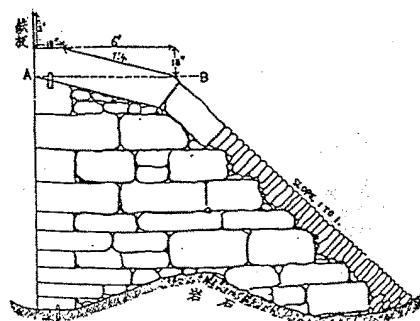
乙



丙

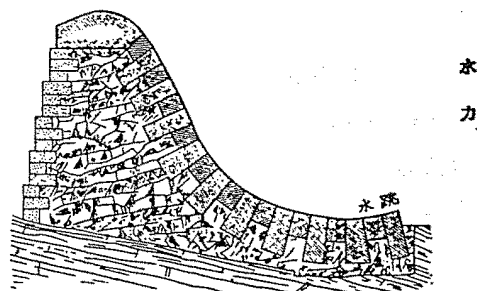


図一9 取水堰堤の各種平面形状



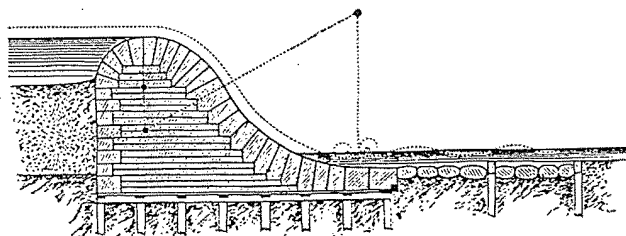
Lowell dam

図一10 取水堰堤(越水堤)断面図



Holyoke dam

図一11-1 取水堰堤断面図



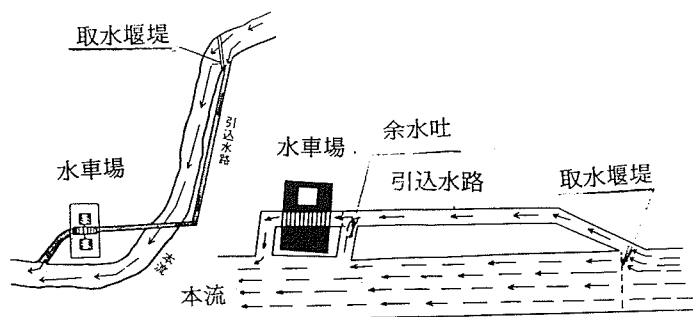
図一11-2 取水堰堤断面図

られる。小里川水電の建設に当たっても、土木工事が好きで、トランシットを担いで率先して現場の工事監督に当たられたと言われている。⁸⁾

導水路は山の斜面を半切り、半盛りで築造するのが常識であり、小原水電もこの常識に従っている。これに対して小里川水電では、河川の流れや、地山の性質を良く観察して巧みに対応しており、洪水や山崩れを避けて自然に順応し、地山を極力切らない独自の考え方で建設されている。取水施設、貯水槽や余水吐等の土木施設にも、洪水や渇水に対応する独自の工夫が見られる。

考えて見ると、製陶原料を製造する水車を回すための取水や用水の技術は、規模こそ違え水路式水力発電の土木技術と同じ原理であり、加藤乙三郎は製陶原料の製造を通じて、土木施設の配置計画などかなり経験を積み、独自の考え方を持っておられたと考えられる。

その基礎には、多治見を中心とする東濃地方で発



図一 1 2 東濃地方の用水路と水車場

達していた、製陶原料製造のための水車技術や、取水及び用水の土木技術があったと見られる。この地方には、製陶原料製造用水車（直径約 6 m）が、最盛期には 400 台にも達していたと言われている。

¹⁸⁾ 河川からの取水や、用水路の土木技術も小規模ではあるが発達しており、用水路の延長が 1 km を越えるものもあったと言われる。¹⁸⁾（図一 1 2 参照）

多治見市下沢の生田川には、現在も加藤乙三郎が使用した製陶原料工場の取水堰堤、用水路や新旧 3 つの水車場の破壊された遺跡が残っているが、これ等を見てもこの事が窺われる。（写真一 1 6 参照）



写真一 1 6 加藤乙三郎製陶原料製造工場跡（新旧水車場跡）

(2) 与運橋及び他の石造アーチ橋についての考察

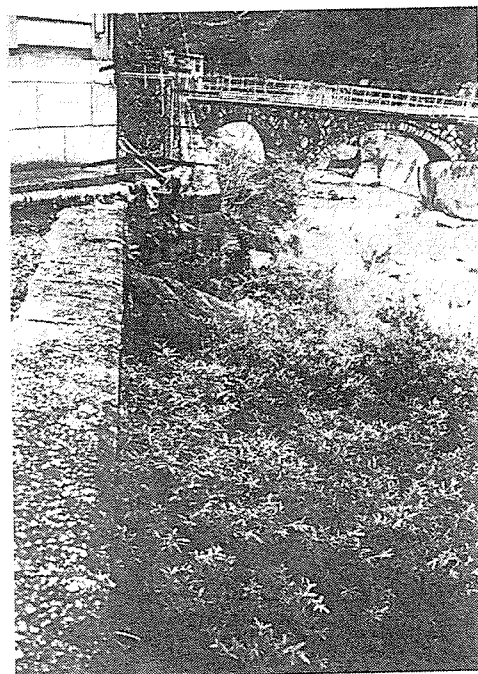
小里川発電所の石造アーチ構造は 6 ケ所あるが、これ等を機能から分類すると、水路橋 2、人道橋 2、水圧鉄管橋 1、貯水槽 1 である。また、橋側面の石積形式から分けると、乱れ積 4、綾織積（谷積）1、布積 1 となるが、いずれも丁寧な仕上げで、見事な

石積模様を呈している。

石造アーチの径間は、最大約 8 m から最小 3.5 m であり、拱環石の厚さは、すべて 33 cm と一定している。この厚さは通常径間により変わるが、施工上からの利点と、これ以上小さくすると、橋側面の石と比べて見て、橋全体の安定感が失われるためと見られる。

これ等の石造アーチ構造群を代表する橋は「与運橋」であるが、その第一の特徴は非対称構造である。その理由を考えると次の通りである。

与運橋の約 30 m 上流左岸側の発電所護岸から巨岩が突出しており、河川の流れからして護岸はこの位置で約 1 m 河川側に出ている、石積形式も布積から綾織積に変化している。このため余運橋の橋長は、上流の川幅よりも約 1 m 短くなっている。（写真一 1 7 参照）この度の調査によると、与運橋の中央径間は、第三発電所の水圧鉄管橋のアーチ径間と同じ約 8 m であり、右岸側アーチの 4.5 m は貯水槽アーチ橋の径間と同じであり、アーチ・セントルが転用されている可能性が高い。このため左岸側の側径間は約 1 m 短くなって、橋全体として非対称構造になったと考えられる。



写真一 1 7 第三発電所横の護岸工と与運橋

なお、与運橋中央径間の拱環の半円形が右岸側（自然石の側）でやや変形しているが、これは手慣れない花崗岩と長七たたきを目地材に使用し、更に自然石を利用したアーチで、手違いを生じた為とも

見られる。他のアーチ橋ではこの様な変形は見られないので、与運橋は火薬貯蔵用石造倉庫へ渡るために、最初に造られた可能性が高い。

また、与運橋の造形については色々な評価があるが、標準的な石橋のデザインではなく、橋脚や水切石に巧みに自然石を利用し、非対称構造を取り入れる等技量レベルが高く、余裕や遊びの感じられる近代的で個性的なデザインであると言える。

もう一つの特徴ある構造物は、直交したアーチ構造を有する立体アーチ橋の貯水槽である。3連アーチ構造の中央で、直角方向にアーチが設けられており、当時どの様な考え方で設計したのであろうか。この様に複雑な構造を有する石造アーチ橋は、日本では他に例がなく、極めて特殊なものと言える。

与運橋の非対称3連アーチ構造での、自然石の巧みな利用と言い、貯水槽の複雑な立体アーチ構造と言い、また、第二発電所の人道橋の整然とした布積のアーチ橋と言い、施工した石工の技量の高さを示すものと思われる。

(3)堅固な石造構造物が造られた理由

上述の通り、1906（明治39）年の土岐川水電から、1925（大正14）年の小里川水電までの一連の水力発電所は、熟慮された施設の配置と、堅固に仕上げられた見事な石造構造物で造られている。

明治期に岐阜県下で建設された水力発電所は表-2の通りであり、長良川水電及び木曾川水電を除いた小規模発電所は、殆どすべて電気技術者の設計であり、工事監督も彼等がやっている。土木施設は殆どすべて石造構造であり、取水堰堤や、導水路には長七人造石が使用されている。

岐阜県では、日本における水力発電の先駆者として有名な大岡正及びその影響下の電気技術者により設計し、工事監督されている。¹⁴⁾

初期の水力発電では、流量の調査不足から失敗した例もあり、取水堰堤、導水路、トンネル等の土木施設では、洪水や渇水に対する配慮に乏しい。石積も貧弱であり、大部分は後年コンクリートで改築されたり、洪水や山崩れで破壊されたりしている。

考えてみると、水力発電には、当初巨額の先行投資が必要であるが、初期投資を節約して料金が入る

表-2 明治時代の岐阜県下、電気事業用水力発電所

会社名	発電年月	発電所名	頭初出力	河川名	設計者、その他
八幡水力電気	明31-11	八幡第1	25kW	乙姫滝	電気技師大岡正、水火併用
飛騨電燈	明37-6	下切	75	小八賀川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正
中津川電気	明39-1	大西	60	中津川	電気技師大岡正
多治見電燈所	明39-10	土岐川	150	土岐川	加藤乙三郎
岩村電気軌道	明39-12	小沢	60、90	岩村川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正
八幡水力電気	明40-1	八幡第2	60	吉田川	芝浦製作所
岐阜電氣	明40-12	小宮神	300	粕川	電気技師大岡正
明智町営	明41-2	八伏	65	明智川	電気技師大岡正
板取川水力電気	明42-3	安毛第1	300	板取川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正
名古屋電燈	明43-3	長良川	4200	長良川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正
木曾川(木曾動力)	明45-1	木曾川	7500	木曾川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正
八百津町営	明45-4	旅足川	95	旅足川	大岡正、大岡正、大岡正、大岡正

様になってから、土木施設を改良し、発電施設を増設するのが、会社の経営上得策と考えられた様である。¹⁴⁾

これに対して土岐川、小里川水電の土木施設の考え方は、洪水や山崩れにより土木施設が破壊されたり、渇水により取水出来なくなる事を恐れて、自然を良く観察して、自然に順応した構造物を造っている。小原水電等の他の水電の状況を視察して、洪水や渇水に対応した構造物配置を研究して、堅固な石造構造物を造っており、これが今日まで大きな改築もなく、土木施設が機能してきた理由と考えられる。

土岐川、小里川水電は、何故この様な堅固で見事な石造構造物を造ったのであろうか。明治時代でも、既に木曾川水電では全面的にコンクリート構造を採用しており、意志さえあればコンクリート構造を採用する事が出来たはずである。⁹⁾

産業遺産研究者の飯塚一雄によれば、これは初代加藤乙三郎の「伝統的な美意識」によるものであろう、と言っている。⁸⁾ 筆者の一人の意見によれば、初代加藤乙三郎が目標とされたのは、最初に視察された京都の琵琶湖疎水や、蹴上発電所の堅固な石造構造物であったと考える。加藤の考えでは、一時的に導水路に木樋や、木橋を使用しても、最後は永久に残る堅固な土木施設を、地元産の花崗岩で造りたいと考えられたと思う。勿論、会社の経営も大切ではあるが、電気事業の将来の発展拡張を考え、絶えず補修を繰り返し、お客に迷惑を掛ける安上がりの

物でなく、洪水や渇水に対応した信頼性のある堅固な発電所を造ろうとされたと思う。

この為に地元だけでなく、他所の優れた石積技術を有する石工を呼び集めて、堅固な石造構造物を造らせたと考えられる。土岐川、小里川水電で同じ考え方で一貫しており、当時の水力発電技術の進歩を追うよりは、むしろ自己の習得された独自の土木技術を貫かれたと考えられる。

小里川第一発電所（多治見電燈第三発電所）の庭に、1922（大正14）年石造の竣工記念碑が建てられている。（写真18参照）これには設計監督、社長加藤乙三郎と刻まれているが、土岐川水電の協力者工学士太田国馨の名はない。石工、岡田九一郎、石積、池田佐次郎、田口竹次郎、池田久吉等と刻まれているが、これ等の石工の棟梁達の身元は不明である。石橋の専門家の山口祐造によれば、明治期以後は石工の技術交流が盛んになり、流派による技術の特徴が消失しており、石工の身元を見分けるのは困難と言われている。

多治見電燈所が、こうした多数の見事な石造構造物の建設が可能となった経済的な基礎は、当時の多治見を中心とした東濃地方が、水力発電による電燈の普及と、製陶業等の産業開発で大いに発展し、

「多治見電燈所」の経営が成功していた事が背景となっている。特に、1914（大正3）～1919（大正8）年の第一次世界大戦の勃発の影響により日本全体が好景気に見舞われ、東濃地方も地場産業

が発展する好機に恵まれた事が大きいと考えられる。

(4)電気技術者大岡正と加藤乙三郎

前述の通り、大岡正は日本の水力発電の先駆者であり、岐阜県下の他の水力発電所の建設では、大きな影響を与えている。しかしながら、加藤乙三郎は、土岐川水電の建設において、小原水電の影響を受けながら、大岡正との直接接触の記録は見いだせない。

大岡正は1898（明治31）年岐阜県郡上八幡町の乙姫滝で、岐阜県最初の八幡第一水電を建設したが、予定通りの発電が出来ず、水火併用の発電となった。1906（明治39）年の中津川電気の大西水電の成功まで、暫く岐阜県から遠のいており、この間に土岐川水電が建設されている。¹⁴⁾

加藤乙三郎は、大岡の1902年に建設した小原水電を参考にしながら、それを批判的に取り入れ、しかも製陶原料製造の経験で得た土木技術と、田辺朔郎の著書等の研究により、独自の考え方で土岐川水電等を建設されたものと考えられる。

水車や発電機等の発電施設は、土岐川水電ではドイツ製、小里川水電ではアメリカ製を採用しており、発電施設では欧米の技術に依存している。この為土岐川、小里川水電は、岐阜県下の他の小規模水電とは異なった独自の構造や、石積を有していると考えられる。

4. 小里川発電所についての評価

今まで述べて来た通り、土岐川水電から小里川水電までの一連の小規模水電は、土木技術上から見ると最先端を行く物でもなく、後続の発電所に大きな影響を与える程の物でもない。非技術者である初代加藤乙三郎の絶えざる技術の研鑽と、水力発電の将来に対する高い見識によって築かれたものと言える。

技術上からは特別に論ずる程の事はなく、忘れ去られている様であるが、次の点で評価する必要がある様に思われる。

(1)自然順応型の土木施設と独自の工夫

水力発電所の土木施設は、河川の流れや地山の状態をよく観察して、自然に順応した構造物を建設している。洪水と渇水の両方に備えた構造で、これ等

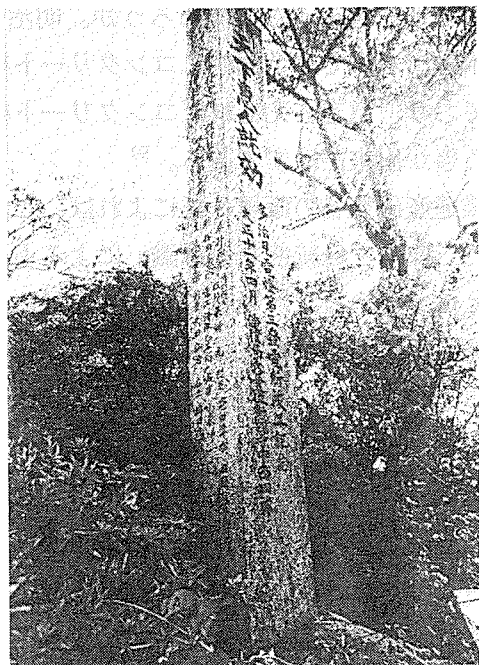


写真18 第一発電所竣工の記念碑

が長年にわたり大改造もなく、稼働し続けられた理由と考えられる。

土木施設の一部に田辺朔郎の小著「水力」の影響が見られるが、独力で土木や水力発電の技術を習得すると共に、小原水電等の先発発電所の技術を、独自の考え方で取捨選択して採用している。その基礎には、多治見を中心とする東濃地方で発達していた、製陶原料製造のための水車技術や、取水及び用水の土木技術があったと考えられる。

こうした水力発電の土木施設の全体的配置計画が優れているばかりでなく、自然に順応した構造物は、人工と自然との調和を保った、「共生」の設計となっている事は注目される。

(2)堅固で見事な石造構造物群

石造構造物群は堅固で見事な仕上げで、石積形式は構造物の目的や、現地条件に合わせて使われている。特に、九州以外では珍しい花崗岩のアーチ構造や、取水堰堤が優れている。こうした堅固な石造構造物を造ったのは、京都の琵琶湖疎水や、蹴上発電所の様な信頼性のある、永久に残る堅固な石造構造物を目標とされたからと考えられる。

また、こうした見事な石造構造物を造る事が可能になった経済的基礎は、定常的な発電により地元民の信頼を得て、多治見電燈所の経営が成功していた事であり、これにより他所の優れた技術を有する石工を呼び集める事が出来たからと思われる。

(3)優れた小規模発電所の全体計画

小里川水電は当初は、小里川右岸側に一箇所の大落差の発電所を建設する計画であったが、早期発電の必要から計画全体を左岸側に移し、3ヶ所の発電所に分割する様に変更された。これは工事の困難性や、工期が長くかかる点から決断された事であるが、結果的には優れた決断であった。

建設費の低下の面だけでなく、維持管理の上でも3つの発電所が独立して、しかも相補う様に運営出来て、経営上からも好結果であったと考えられる。

(4)地域の文化及び産業発展への貢献

小里川発電所は、多治見を中心とする東濃地方の社会や文化そして製陶業等の発展の文字通りの源動

力となった。製陶業や製陶原料の製造業だけでなく、製糸業や他の産業等にも電動機が導入されて、生産力も増大し地域産業発展の推進力となった。

また、地域住民の文化生活のための電燈も広範囲に普及して、地域社会や文化の近代化を促進した。

(5)岐阜県下の小規模水力発電所の隆盛

岐阜県は水量豊かな急流河川が多く、日本では長野県、山梨県と共に、最大の水力発電の隆盛地であった。明治時代(1911年)までの県下の資本による小規模発電所の数は9ヶ所であり、1913(大正2)年に14ヶ所、1923(大正12)年に46ヶ所、1928(昭和3)年には62ヶ所、1937(昭和12)年には70ヶ所と急速に増大している。¹⁹⁾

木曾川、長良川水系では大資本による大規模発電所の建設が進められ、その電力は名古屋、大阪に送電されたが、地元には何ら恩恵も与えられなかった。このため地元とのトラブルも発生していた様である。

²⁰⁾ 地方の先覚者達はそれに危機感を持って、各地で力を合わせて小規模水電の開発を進めている。

水力発電は、岐阜県に取っては地場産業であり、小規模発電所が多数建設されて、地域の生活や産業の発展を支えていた。それ等は個人経営、合資合名会社、株式会社、産業組合、市町村営等の多様な形態であったが、多数の事業家により運営されていた。土岐川、小里川水電は、こうした事業家による水力発電の成功例の一つであり、小規模発電所の手本と見做され、県下の小規模発電所隆盛の基となった。

一方では、多数の起業家による水力発電所が建設されたが、河川流量調査の不十分や、施設計画の杜撰さから定常的な発電が出来ず、信頼を失って経営に失敗した例も多数あると言われている。^{21) 22)} しながらこうした実例も、今日ではその旺盛な意欲と活力は、評価すべき点があると認められている。

こう言う意味からも、小里川水電は岐阜県に取っては、「近代化の産業遺産」として高く評価すべき施設であると言える。

5. 与運橋についての評価

前述の通り、与運橋は小里川発電所の顔として造

られたものであり、唯一の名前の付いた構造物である。小里川水電の他の施設と同様の歴史的及び技術的評価が出来るが、更に次の点で重要である。

(1)花崗岩の3連非対称アーチ橋

九州以外では珍しい3連非対称石造アーチ橋であり、本州での3連石橋としては、与運橋以外には、千葉県白浜町「白浜めがね橋」（県指定文化財）と、金沢市の尾山神社内に残る「図月橋」（旧前田藩邸の庭園橋）の2橋しか存在しない。²²⁾特に花崗岩を使用した石橋は少なく、実用されている3連石橋はない。

(2)個性的な石橋の造形

橋梁のデザインとして自然石を巧みに取り入れており、非対称ではあっても全体として程よい安定感があり、自然環境に良く調和している。通常の石造アーチ橋と違って、余裕と遊びが感じられる個性的なデザインで、近代性を帯びている。

(3)「山岡町のめがね橋」と呼ばれる。

与運橋は県道の傍らにあり、山岡町民が渡る橋ではなく、眺める橋である。幾度も他の橋が流される様な大洪水に出会い、橋面まで水を被ってもびくともせず、町民を驚かせて信頼を与え、町民に「山岡町のめがね橋」として親しまれている。現在は山岡町の近代化遺産として、文化財に指定されている。

以上の通り、小里川水電は、岐阜県下の小規模水路式発電所の発展の上で、重要な近代化の産業遺産であり、その代表としての「与運橋」は、町民にも「山岡町のめがね橋」として親しまれており、近代化遺産としての価値が高く、文化財として保存する必要があると考える。

6. まとめ

小里川発電所と与運橋についての、この報告文を取りまとめると、次の通りである。

(1)大正時代に建設された3つの一連の小里川発電所は、1906（明治39）年建設された土岐川水電から一貫した技術の考え方で、堅固な石造構造物により建設されている。その中には、6つの石造アー

チ構造、3ヶ所の石造取水堰堤や、総延長2.6kmの導水路の65%を占める石造トンネルが含まれている。

(2)これ等の小規模水電を建設された初代加藤乙三郎は、技術者ではないが、製陶原料製造の為の取水堰堤や用水路を建設し、維持管理した経験を基に土木技術を習得している。更に電気技術者大岡正の建設した小原水電等の施設を研究し、田辺朔郎の小著「水力」等の著書による技術の研鑽により、慎重に現地調査し、独自の考え方で建設されたもので、当時の他の小規模発電所とは異なる特徴を有している。

(3)これ等の水力発電の堅固な石造構造物は、京都の琵琶湖疎水や、蹴上発電所の様な信頼性があり永久に残る堅固な石造構造物を目標として、技量の優れた石工達を集めて造らせたと考えられるが、石工達の出身は不明である。加藤乙三郎は、当時の新しい水力発電技術に追従する事なく、土岐川水電から小里川水電まで、自己の習得した土木技術を貫かれたと言える。

(4)土木施設は定常的な発電を維持するため、洪水や渇水に備えて計画的に配置されている。導水路は山崩れ等の災害に備えて、半切り半盛りの土工でなく、切土を少なくしてトンネル延長を伸ばしている。発電土木施設計画が優れており、これが今日まで破壊や、大改築もなく稼働して来た理由と考えられる。

(5)与運橋は、小里川発電所の石造構造物を代表する、唯一名前を付けられた橋である。この橋は3連の非対称石造アーチ橋であり、地元産の花崗岩を使用し、橋脚や水切石に自然石を巧みに利用する等特殊な石橋である。自然に良く調和し、造形も余裕や遊びを感じさせる近代的なデザインである。小里川発電所の近代化遺産を代表する石造構造物として相応しい。

(6)その他石造貯水槽（貯水槽アーチ橋）は、3連石橋上に直角方向にアーチを設けた珍しい立体アーチ構造である。使用した石積形式も乱れ積、綾織積、布積を構造物により使い分けている。この他田辺朔郎の小著の影響を受けた石造取水堰堤も見られる。

(7)小里川水電は土岐川水電と共に、多治見を中心とした東濃地方の製陶業を始め、他の地場産業の発展の源動力となった。第一次世界大戦期の日本全体の好景気にも恵まれて、水力発電事業が順調に発展し、こうした見事な石造構造物を建設する経済的な基礎

が拡大した。一方、地域住民の文化生活のための電燈も行渡り、地域社会と文化の近代化を促進した。(8)岐阜県は水量豊かな急流河川が多く、長野県、山梨県と共に、最も水力発電事業の盛んな県であった。木曾川、長良川等では大規模水力発電所が建設され名古屋、大阪に送電したが、地元には何ら恩恵を与えなかった。土岐川、小里川水電等を模範として、県下各地の先覚者による地場産業としての小規模発電事業が盛んになり、大正末期には46ヶ所を数える程となった。¹⁹⁾

7. 謝辞

この報告文は、小里川発電所と与運橋の価値を一般に周知し、地域活性化のために山岡町で開催された「石橋シンポジウム97」に際し実施した、簡易調査を基に作成したものである。

調査を承認して頂いた建設省小里川ダム工事々務所長の杉浦宏氏、調査に協力して頂いた岐阜大学土木工学科卒業生有志等による稲葉会（会長杉浦健次氏）の方々に、感謝の意を表します。

〔参考資料〕

- 1) 多治見市「多治見市史（通史編下）」531頁、昭和62年3月
- 2) 杉浦秋二編「岐阜県郷土偉人伝」947頁、昭和8年
- 3) 関西電力株式会社建設部「関西電力水力技術100年史」1992年4月
- 4) 建設省庄内川工事々務所「庄内川 — その流域と治水史」同事務所、226頁、平成元年11月
- 5) 三春生（加藤木重教）「紀行」『電気之友』181号電気之友社、680頁、明治39年8月
- 6) 時報「電気之友」223号電気之友社、142頁、明治42年1月
- 7) 田口憲一「小里川発電所調査報告」「シンポジウム第7回日本の技術史をみる眼」愛知産業遺跡遺物調査保存研究会、1988年1月
- 8) 飯塚一雄「石工と発電所」「日立」第49巻4号、日立製作所、11頁、1987年4月
- 9) 山根巖「明治期における岐阜県下2つの水力発電用水路橋について」土木史研究第17号、1997年
- 10) 時報「多治見電燈所第二発電所工事概況」「電気之友」414号電気之友社119頁、大正6年1月
- 11) 時報「多治見電燈所の盛況」「電気之友」491号電気之友社、461頁、大正9年3月
- 12) 近藤昇「与運橋の現況」「石橋シンポジウム97」石橋シンポジウム実行委員会平成9年10月
- 13) 石田正治「人工石工法（たたき）の遺産調査とその保存」土木史研究第11号、1991年6月
- 14) 浅野伸一「水力の夜明けに —— 評伝、技師大岡正」自費出版、1997年10月
- 15) 田辺朔郎「水力」丸善株式会社、1896（明治29）年7月
- 16) 田辺朔郎「水力」丸善株式会社、1912（明治45）年12月
- 17) 金子登「水力」弘道館、1912（明治45）年2月
- 18) 伊野重幸「東濃の水車」瑞浪陶磁資料館研究紀要第2号、瑞浪陶磁資料館、1984年
- 19) 岐阜県「岐阜県史、通史編、近代下」601頁、昭和47年3月
- 20) 加藤昇編「土岐郡電気事業の真相」土岐郡電気事業並びに実業学校組合、昭和8年3月
- 21) 山岡町史編纂委員会「山岡町史、通史編」山岡町、943頁、昭和59年3月
- 22) 山口祐造「石橋は生きている」葦書房、328頁、平成4年6月