日本の水力発電黎明期における知のネットワーク
―先駆者たちの強い探求心と旺盛な起業家精神―

The Knowledge Networks of Japanese Hydroelectricity in the Early Days:
The Strong Quest Heart and Vigorous Entrepreneurial Spirit of Pioneers

北嶋 守*
Mamoru Kitajima

********** 目　　次 **********

1. はじめに
2. 先行研究レビュー
3. 日本の水力発電黎明期における小水力発電の普及状況
4. 日本の水力発電黎明期における5人の先駆者たち
5. 考察：先駆者たちによる知のネットワークの構造とその特質
6. 結論にかえて

****

1. はじめに

2012年7月にわが国において再生可能エネルギー（以下、再エネと表記）の固定価格買取制度（FIT：Feed-in-tariff、以下、FITと表記）が制定されてから既に10年が経過したが、その間、事業者の質のばらつきによる再エネ機器の安全性や持続性の問題に加え、防災面や環境面などを理由とする事業者と地域住民との関係悪化など様々な問題が発生した。そこで、国は2016年6月に再エネ特別措置法を改正し、再エネ発電事業計画を認定する新たな認定制度を設け、事業者が計画策定を行う上で必要なガイドラインを定めた。また、2021年10月に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」では、世界的に取り組みが加速している気候変動問題への対応とわが国のエネルギー需給構造が内包している課題の克服の2つが柱として設定された。さらに、2022年4月からは電力市場と価格を連動した発電を促す目的からFeed-in Premium、通称FIP制度も導入された。一方、こうした再エネを取り巻く状況がわが国でも進展する中、2022年2月24日にロシアによる首都キーウ近辺を含むウクライナ各地で砲撃や空襲が開始され、ロシアとウクライナは戦争状態に入り、その状態は現在（2022年12月）も続いている。この戦争の長期化に伴い世界のエネルギー事情は急速に悪化し始めており、そのため各国では再エネ政策の見直し

* 一般財団法人機械振興協会経済研究所所長代理、E-mail: kitajima@eri.jspmi.or.jp

なども検討され始めている。しかしながら、エネルギー（電力）の自給自足化という意味から「従来のエネルギー源」に乏しいとされるわが国にとって、非常にポテンシャルの高い「新しいエネルギー源」である再エネの利用促進は、エネルギー安全保障上の観点からも停滞させてはならないことは自明である。

再エネは大別すると太陽光発電、風力発電、水力発電（特に小水力発電）、地熱発電、バイオマス発電の5分野であるが、その中でもバイオマス発電や中型陸上風力発電と共に分散型電源としての可能性を有しているのが小水力発電であり、これはエネルギー安全保障上の観点のみならず、人口減少が加速している地方自治体の地域活性化や財源確保の面からも期待される再エネ分野であると考えられる。そして、実は小水力発電はわが国では120年程前から地域電源として国内各地で活用されてきた長い歴史があることから「古くて新しい電力」とも言われている。

そこで、本稿では、地域社会との親和性の高い電源である日本の小水力発電の歴史に焦点を当て、先行研究のレビューを行った上で、第一に、日本の水力発電黎明期における小水力発電の普及状況、第二に、水力発電黎明期における5人の先駆者の概要、第三に、水力発電黎明期における知のネットワーク（Knowledge Networks）の形成状況、第四に、以上の分析を踏まえて、日本の水力発電黎明期における先駆者たちと知のネットワークの特質について考察する。

2. 先行研究レビュー

本稿の問題意識と関係の深い先行研究については、西野の長年に亘る地域電化史に関する研究がある。西野は第二次世界大戦前後に農山村で展開された官民一体の内発的な「地域電化」の地域的成立条件について、全国各地でフィールドワークを綿密かつ体系的に実施し、地域に残る史料及び聞き取り調査に基づいてその解明に努めている。その成果は西野（2020）に纏められており、また、これまでの西野の地域電化史に係る拙稿論文の多くは高崎経済大学学術機関リポジトリで全文検索が可能である。一方、本稿のテーマである小水力発電については、小林（2015）による桂川流域の小水力発電及び電燈会社の歴史的展開に関する研究、永井ほか（2009）による中国地方の小水力の歴史に関する研究、伊藤（2012）による小水力発電の現状・意義と普及のための制度面での課題に関する研究、清水（2012）による小水力発電の現状と普及課題に関する研究などがある。さらに、小水力発電による地域活性化の視点に基づく研究については、査蕾ほか（2016）による小水力発電が農山村地域の課題解決に果たす役割に関する研究、井上ほか（2018）による日本における小水力発電の普及に係る障壁と課題に関する研究、豊嶋（2022）による小水力発電の導入に向けた民間企業と地域の関係構築プロセスに関する研究などがある。

3. 日本の水力発電黎明期における小水力発電の普及状況

3-1 本稿における小水力発電の定義

明治期から昭和初期における小水力発電の普及プロセスについて述べる前に、本稿にお

ける小水力発電の定義を明確にしておきたい。実は、現在、小水力発電に関する世界共通の定義は存在していない。ERN（European Rivers Network）では2,000kW以上1万kW未満を小水力発電と定義し、20kW未満をピコ水力、20kW以上500kW未満をマイクロ水力、500kW以上2,000kW未満をミニ水力と分類している[1]。これに対して、環境省地球環境局地球温暖化対策課では小水力発電についての厳密な定義はないとしつつも、一般に10,000kW以上30,000kW以下を中小水力発電と呼ぶことが多く、また、新エネ法[2]の対象のように出力1,000kW以下の比較的小規模な発電設備を総称して小水力発電と呼ぶこともあるとしている[3]。一方、全国小水力推進協議会（以下、J-WatERと表記）のホームページでは、日本の法律では1,000kW以下と1,000kWを超える水力が明確に区分されており、1,000kW以下の水力発電は新エネ法の施行令改正（2008年4月施行）により「新エネルギー」に認定され、またRPS法[4]では1,000kW以下の水力発電がRPS法の対象となっていると解説している[5]。そして、以上の法律上の区分や今後の水力開発の在り方などを踏まえた上で、J-WatERでは1,000kW以下を小水力発電と定義している。そこで、本稿では、このJ-WatERの定義に従い、1,000kW以下の水力発電を小水力発電とみなして論考を進めることとする。

3-2　小水力発電の歴史

(1)　水力発電の歴史に包含されている小水力発電の歴史

上述のように、本稿では発電能力1,000kW以下を小水力発電とみなすが、周知のように、この定義は現代社会における小水力発電の定義であり、少なくとも明治期から昭和初期までの時期、水力発電では小規模という表現はあるものの、特に小水力発電という用語は使用されていない。つまり、小水力発電の歴史は水力発電の歴史に包含されているものと考えられる。

(2)　日本の水力発電の普及プロセス

図表1は、「水力ドットコム」[6]の資料及び小竹（1980）に基づいて、日本の水力発電の普及プロセスについて、1888（明治21）年から1943（昭和18）年までに日本国内で設立された発電所の累積数と日本の水力発電の歴史上重要とされる主な発電所をプロットした

---

[1] ERN（European Rivers Network）https://www.ern.org/en/small-and-micro-hydropower/#:~:text=Globally%2C%20the%20term%20%E2%80%9Csmall%20hydropower%E2%80%9%20is%20used%20for,and%2019%25%20of%20total%20electricity%20generation%20in%20Europ（2022年10月1日閲覧）。

[2] 新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法、1997年6月施行。

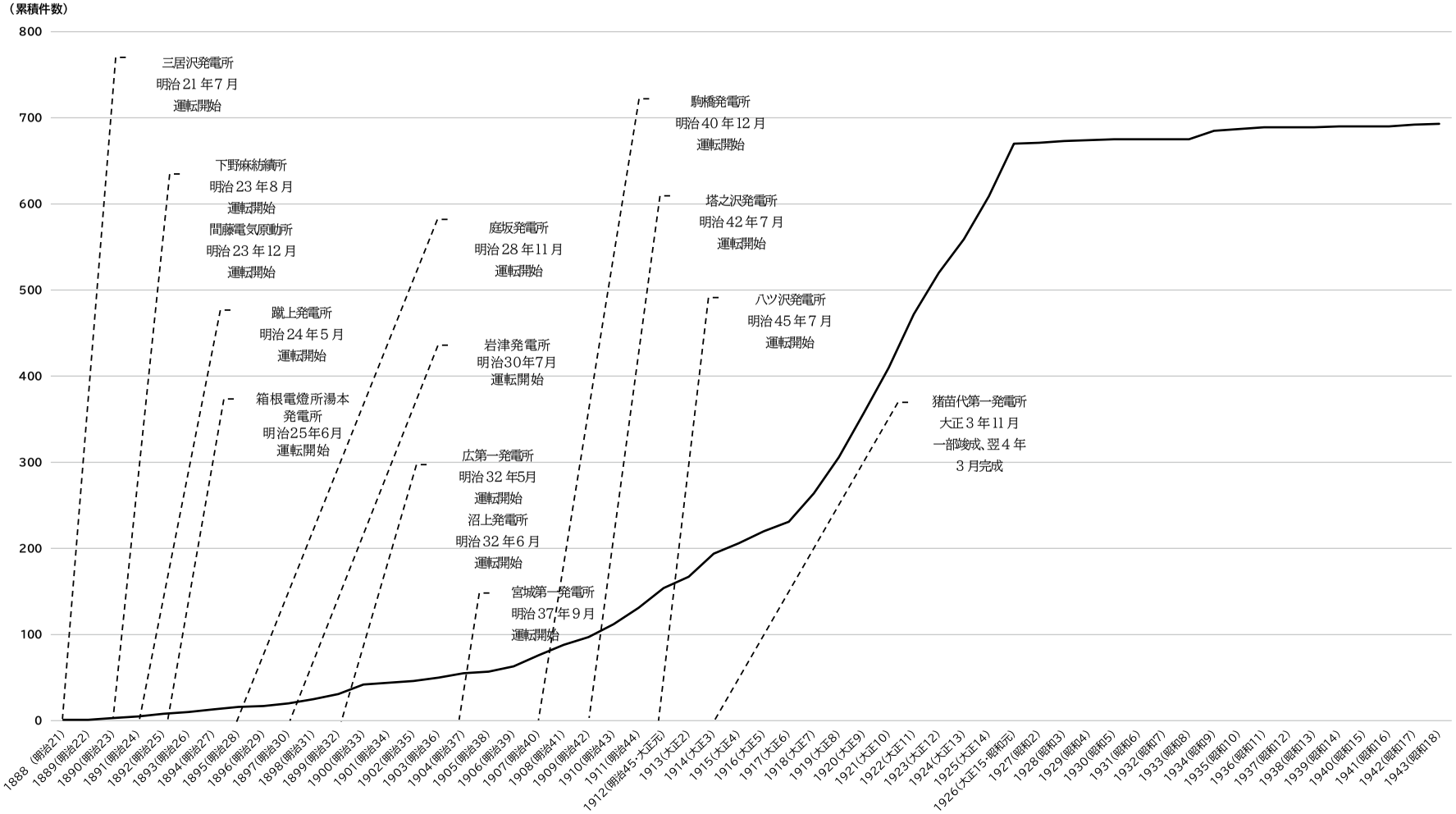
[3] 環境省地球環境局地球温暖化対策課ホームページ https://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page01.html（2022年10月1日閲覧）。

[4] 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法のことで、2003年4月に施行されたが、2012年7月に廃止されている。

[5] 全国小水力推進協議会ホームページ https://j-water.org/about/（2022年10月1日閲覧）。

[6]「水力ドットコム」では、水力発電の方式と水力発電の仕組み、日本の水力発電に関する書籍やイベント等の最新情報に加え、歴史に関する貴重な調査結果が掲載されている。詳細については、以下のホームページを参照。http://www.suiryoku.com/index.html#HISTORY（2022年10月12日閲覧）。

図表 1　日本の水力発電所の累積件数と黎明期の主な発電所（1888-1943）



出所：「水力ドットコム・日本の水力発電の歴史」の各年データに基づいて作成。また、主要な水力発電所のプロットについては、小竹（1980）等を参照。なお、昭和 9 年（1934）から昭和 11 年（1936）までのの累積件数については、小竹（1980）p. 361 の水力発電所の完成年月に基づいてデータを追加。

ものである。この図表から窺えるように、日本で最初の水力発電所が運転を開始したのは1888（明治21）年で、その後、1906（明治39）年頃までは水力発電所の数は緩やかな増加を示している。そして、1907（明治40）年以降は増加傾向が顕著となり、その傾向は1917（大正6）年まで続き、さらに1918（大正7）年から1926（大正15・昭和元）年にかけて水力発電所の数は急拡大している。そこで、本稿では、1888（明治21）年から1906（明治39）年までを日本の水力発電の「黎明期」、1907（明治40）年から1917（大正6）年までを日本の水力発電の「成長期」、1918（大正7）年から1926（大正15・昭和元）年までを日本の水力発電の「躍進期」とみなした上で、特に「黎明期」に焦点を当てることとする。

(3)　日本初の水力発電

わが国の水力発電は、1888（明治21）年7月に仙台市三居沢の宮城紡績が工場動力用の水車を利用して三吉電機製の5kW直流発電機を運転し、白熱電燈10燭光150燈を点燈し深夜作業用に使用したのが最初とされる。次いで、1890（明治23）年8月には下野麻紡績所（後の帝国製麻鹿沼工場）が水力を利用し56馬力竪軸水車でエジソン式4号型15kWによって16燭光、176燈を点火し作業用に使用している。さらに、同年12月には足尾銅山がドイツ・シーメンス社製の機器により間藤電気電動所において400馬力横軸水車と3台の発電機（揚水用直流450V80馬力、捲揚用直流220V25馬力、電燈用6馬力）を運転し、揚水、送風、圧搾、捲上げ、電燈の各用途に電気を使用している[7]。

一方、わが国初の事業用水力発電所は、京都市の蹴上発電所とされる。同発電所は琵琶湖疎水工事の一環として建設されたもので、1890（明治23）年2月に起工、翌1891（明治24）年5月に完成し、京都市営蹴上発電所として電燈のほか西陣織等への電動力供給を開始している[8]。発足当初の同発電所の概要については、使用水量200立方尺（5.6立方メートル）、有効落差118尺（36メートル）、水車はペルトン式、発電機はエジソン社製の直流55V・80kW2台であったと記録されている[9]。なお、この蹴上発電所の歴史的意義について、小竹（1980）は以下の3点を挙げている。すなわち、第一に、琵琶湖疎水及び蹴上水力は当時としては珍しい多目的な総合開発であり、その目的の1つが電燈供給よりは動力供給を重点とした産業振興であったこと。第二、この水力発電の技術的・経済的な成功が後の長距離高圧送電技術の発達と石炭価格の高騰とが相まって、1897（明治30）年以降の大規模かつ本格的な水力発電の建設と産業利用への途を開いたこと。第三に、水力発電の建設がわが国の土木技術（閘門、竪坑、水路橋、電話利用等）に画期的な前進をもたらしたこと。以上である[10]。

---

[7] 小竹（1980）p. 133を参照。

[8] この疎水完成までに要した人員（人夫）は延べ400万人と言われ、当時の京都市の人口の14倍強にのぼった。工事完成後は、恒久的なインフラとして機能し、水力発電による電気動力・照明に寄与し、特に発電事業の収入は、疎水事業自体の収益増をもたらして事業の安定的発展に大いに役だったとされる。以上については、筒井（2022）pp. 52-53を参照。

[9] 小竹（1980）pp. 134-137を参照。

(4) 水力発電の黎明期

蹴上発電所の水力開発の成功や日清戦争後の経済的好況を背景にして、明治20年代には全国各地で水力発電を計画する電気事業者（所謂、電燈会社）が出現する[11]。図表2は、明治20年代に開業した水力発電（電気事業者）の一覧であるが、この図表から明らかなように、この時期の水力発電の出力はいずれも小規模なものであり、本稿の定義に従えば、これらは小水力発電とみなすことができる。つまり、明治20年代は日本の水力発電の黎明期であると同時にそれは日本の小水力発電の黎明期でもあったと言える。

図表２　明治20年代の水力発電（電気事業者）

会社名	出力	開業年月	摘要
箱根電燈所	20kW	明治25年6月	在来水車場利用（湯本、塔ノ沢温泉場に200電燈供給）
日光電力株式会社	30kW	明治26年9月	大谷川で発電、日光町に供給
豊橋電燈株式会社	15kW	明治27年3月	豊川支流利用
前橋電燈株式会社	50kW	明治27年5月	天狗岩用水路利用
桐生電燈株式会社	50kW	明治27年5月	渡良瀬川支流利用
仙台電燈株式会社	30kW	明治27年7月	広瀬川宮城紡績用水路利用
福島電燈株式会社	60kW	明治27年11月	須川利用

出所：小竹（1980）p. 138に基づいて作成。

(5) 長距離高圧送電の嚆矢

既述のように、明治20年代に開業した水力発電所は、蹴上発電所を除けば殆どが出力60kW以下の極めて小規模な水力発電所で、それらは電源付近における電気供給を目的とし、初期「市内配電」時代の火力発電に対応する程度の小規模なものであった。しかし、いずれも小水力発電の範疇ではあるものの、明治30年代には出力が比較的大きな水力発電所が登場し始める。この時期、市内配電的な小規模発電の枠を超えて遠隔地の水力発電を開発し、これと消費地を結びつける遠距離高圧送電を実現する先駆的な水力発電所となったのが、広島水力発電会社の広第一発電所と郡山絹糸紡績会社の沼上発電所である（前掲図表1を参照）。

① 広第一発電所の概要

広第一発電所は、1897（明治30）年5月に設立された広島水力発電会社によって、1899（明治32）年5月から運転が開始された水力発電所である。その水力電気は5.5里離れた呉に送られ、呉港内に電燈を点じた。さらに16里離れた広島までの送電線路建設工事も5月に完成し、12月からは広島市内へ電気供給が行われた。送電々圧は当時としては画期的な1万1,000Vで「当時他に類例なく、実に本邦に於ける遠距離送電の嚆矢にし

[10] 前掲書 p. 137を参照。

[11] この背景については、後述する東京電燈などの成功が影響したとされ、明治20年代には神戸、大阪、京都、名古屋だけでなく、各地で電燈会社設立の動きが活発になった。明治29年末には33社の会社が設立されている。但し、原動力については、火力が23社、水力が7社、併用が3社であった。以上の設立数については、中部電力電気事業史編纂委員会（1995）pp. 22-23を参照。

て我国電気事業界の発展に貢献せる所甚大」と称された[12]（広第一発電所の設備概要については、図表３を参照）。

②　沼上発電所の概要

沼上発電所の建設は、1897（明治30）年２月に郡山絹糸紡績会社によって計画された。発電所の出力は300kWで、その電源には安積疎水の水路、特にその途中にある沼上瀑布が活用された。沼上発電所は、1899（明治32）年６月から運転を開始し、郡山までの14里の遠距離高圧送電を行い自社工場の動力に利用され、残りは付近の電燈需要の供給に充てられた。送電々圧は、広島水力と同様に、当時としては最高の１万1,000Vであった。当時、同社の技師長であった野口遵[13]は、当時の工事の状況について次のような報告を行っている。

「（前文略）……工事の中で面倒なのは線路を家から十間、道路から十間隔てるのであるから、何うしても民有地へ樹てなければならぬので、人民の承諾を得るのが一番困難で御坐いました。土地収用法を利用することが出来ないから、一々地主に対して承諾を求めえるの外はないのですが、地主は随分無理なことを云ふので、時と金とを非常に費ったのであります」[14]

この報告から当時の水力発電所建設が如何に大変なものだったのか、先駆者たちの労苦が伝わってくると言えよう（沼上発電所の設備概要については、図表４を参照）。

図表３　広第一発電所の設備概要（明治32年）

設備	容量	台数	製造会社	摘要
発電機	250kW	3	米ゼネラル・エレクトリック会社製	三相、交流一、150V、60サイクル
水車	300馬力	3	米国製	ペルトン型
変圧器	（発電所）		米ゼネラル・エレクトリック会社製	一次1、150V、二次11、11,000V、95kW9個

出所：小竹（1980）p. 187に基づいて作成。

図表４　沼上発電所の設備概要（明治32年）

設備	容量	台数	製造会社	摘要
発電機	150kW	2	米ゼネラル・エレクトリック会社製	三相交流、2,000V、60サイクル
水車	440馬力	1	米マッコーミック会社製	マッコーミック型横軸
変圧器	（発電所）		米ウェスチングハウス会社製	一次2,000V、二次11,000V、50kW3個

出所：小竹（1980）p. 189に基づいて作成。

[12] 小竹（1980）pp. 186-187を参照。
[13] 野口遵（1873-1944）の詳細については、後述する。
[14] この報告内容は、「郡山水力電氣談」『電氣學會雜誌』第140号、明治33年３月）に掲載されたものである。詳細については、小竹（1980）pp. 188-189及び野口（1900）p. 150を参照。

4. 日本の水力発電黎明期における5人の先駆者たち

明治20年代から明治30年代は日本の水力発電の黎明期であり、同時にそれは日本の小水力発電の黎明期でもあった。この時期、来るべく電力利用社会の到来を見据えていた複数の先駆者たちが登場する。そこで、以下では、日本の水力発電（小水力発電）の黎明期において、その開発と普及に尽力した5人の先駆者を取り上げる。

4-1 田邊朔郎

田邊朔郎（1861-1944）は、1861（文久元）年に幕臣田邊孫次郎の長男として東京市根津愛染町（東京都文京区根津）に生まれた[15]。田邊は関門海底トンネルの提言や北海道官設鉄道敷設部長として北海道の幹線鉄道開発に尽力し、日本の近代土木工学の礎を築いた人物として知られる。1873（明治6）年、岩倉遣欧使節団の一等書記官として洋行していた叔父の田邊太一の帰国に合わせ横浜港へ迎えに行った際、外国汽船ゴールデンエイジ号の機関室で蒸気エンジンを見たことで工学に興味を抱き科学者を志し、1877（明治10）年より工部大学校で土木工学を専攻した[16]。1881（明治14）年に卒業研究のため京都へ調査旅行に赴き、卒業論文「琵琶湖疎水工事の計画」を完成させるが、この時期、田邊は以下の2つの困難に直面していた。一つは、親代わりである叔父田邊太一が負債を抱えたことにより、経済的困窮が彼を襲ったこと。もう一つは、実習中に利き手である右手を負傷したため、製図作業を伴う卒業論文を左手で執筆せざるを得なくなったことである。

しかし、田邊はこうした困難を乗り越え当時の工部大学校のお雇い外国人が驚嘆するほどの優れた卒業論文を執筆し、それが基となって実際に琵琶湖疎水工事が実施されることになる[17]。1883（明治16）年、卒業と同時に京都府御用掛に採用された若干23歳の田邊に琵琶湖疎水工事が一任され、工事は1885（明治18）年から開始された。

実は、田邊が日本の水力発電に果たした役割はこの直後からである。田邊は米国で水力発電の機械があることを知り、工事期間中の1888（明治21年）に渡米し、世界初の水力発電を実現したアスペン鉱山を視察する。この田邊の視察が契機となり、琵琶湖疎水で当初予定されていた直接水車利用が疎水を利用した水力発電に変更された。具体的には、1888（明治21）年10月から1889（明治22）年1月にかけて米国で調査を実施した田邊と高木文平（疎水事務委員）が纏めた「水力配置方法報告書」によって水力発電の重要性が指摘されたのである[18]。その結果、わが国初の事業用水力発電所となる蹴上発電所の建設が実現する[19]。それはまさにそれまで製糸業をはじめ日本の様々な産業分野の動力源として利用されていた水車動力の終焉と同時に水力発電の幕開けを意味していた[20]。

---

[15] 西川（1924）pp. 9-15を参照。
[16] 前掲書 pp. 34-35を参照。
[17] 前掲書 pp. 41-44を参照。
[18] 小竹（1980）pp. 133-137、西川（1924）pp. 88-91を参照。
[19] 吉田（2004）pp. 3-5を参照。
[20] 明治時代の水車動力（生の水力）の意義と衰退については、末尾（1957）を参照。

4-2　三吉正一

三吉正一（1853-1906）は、1853（嘉永6）年に周防国岩国（現在：山口県岩国市）に生まれた。1875（明治8）年に官営富岡製糸場の伝習生として機械技術を学び、その後、1877（明治10）年に工部省内局の電信寮に入学し技手となる。同年、内国勧業博覧会に踏転繰糸機を出品し褒状を受け、1883（明治16）年には神戸電信局の辞令が発令されるが、三吉は独立して電気技術の研究を続け電気機械を造りたいと辞職し、1886（明治19）年に東京都芝区南佐久間町（現在：東京都港区西新橋）の自宅で三吉電気機械製造工場（後の三吉電機工場）を創業する[21]。1884（明治17）年に後述する工部大学校教授の藤岡市助が設計したアーク灯用直流直巻発電機を製作、次に雷管爆発用の手回し発電機を製作し、これは鉱山の発破や道路岩石開削に採用された[22]。翌1885（明治18）年には長崎紡績所の発電機なども製造している。

その後、業務拡大に伴い1887年（明治20）年には芝区三田四国町（現在：港区芝5丁目）に工場を移転し、三吉電機工場を設立した。三吉電機工場が製作した機器は、発電機、電車用諸機械、各種電線、電気計器、変圧器、電気試験機、点火用諸器具、電灯装飾品、電話機、電信機、電鈴、避雷針、汽缶、水管、煙突など多岐に亘った[23]。三吉電機工場が設立される前年の1886（明治19）年には、日本で最初の電燈会社である東京電燈[24]が設立されたが、これを契機に全国各地で電燈会社の設立が計画され電気機械の需要が増大する。

当時、日本では、発電設備は専ら小規模な火力発電に依存していたが、水力資源の豊富な日本では水力発電開発が国の工業化と繁栄にとって重要であるといった認識が徐々に広がり始めていた。しかし、水力発電に必要な水車や発電機器は海外製品に頼る傾向にあった。そうした状況の中、三吉は発電機器の国産化技術を独立独歩で推し進めたのである。その結果、三吉電機工場で製造された発電機器は、名古屋電燈、豊橋電燈、岐阜電燈、津電燈、伊勢電気鉄道など多くの電燈会社で採用された。

4-3　藤岡市助

藤岡市助（1857-1918）は、1857（安政4）年に岩国藩士藤岡喜介の長男として周防国岩国（現在：山口県岩国市）に生まれた。藤岡は「日本のエジソン」、「電力の父」と評される人物で、東京電気㈱（㈱東芝の前身）の創業者である[25]。1875（明治8）年に工部省工学寮電信科に入学し、在学中に英国のお雇い外国人ウィリアム・エドワード・エルトン

---

[21]（一社）日本電気協会中部支部編「中部のエネルギーを築いた人々　わが国初の電気機械会社を設立した三吉正一」https://www.chubudenkikyokai.com/archive/syswp/wp-content/uploads/2017/05/155fc9c56230e9027cbff7172e0a8160.pdf（2022年11月1日閲覧）。

[22] 河西（1917）pp. 23-27を参照。

[23]「電気のゆかりの地を訪ねて vol. 11　わが国初の電気機器製造会社　三吉工場」https://www.kandenkyo.jp/pdf/yukari%20vol11.pdf（2022年11月1日閲覧）。 河西（1917）pp. 23-27を参照。

[24] 東京電燈は1886年（明治19）年、藤岡の提言により日本で初めての電力会社「東京電燈」（東京電力㈱の前身）として開業した。「日本初の電力会社『東京電燈』を立ち上げた男・“藤岡市助”の偉業」https://www.denki-annai.com/mansion/10008（2022年9月14日閲覧）。日本工学会（1928）pp. 322-324を参照。

（William Edward Ayrton、1847-1908）教授[26]に学び、学生として1878（明治11）年3月25日の銀座木挽町での日本初のアーク灯点灯実験に参加した（この日は電気記念日となっている）。1880（明治13）年には電信技術の教科書『電信初歩』を著し、1881（明治14）年に工部大学校（工部省工学寮の改称）を首席で卒業し、工部大学校の助手に就任する。1884（明治17）年には工部大学校教授に就任し物理学及び電信学を担当した。同年、フィラデルフィア万国電気博覧会を視察した後、藤岡はニューヨークのエジソン電燈会社（Edison General Electric Company、後のGE社）を訪問し、トーマス・アルバ・エジソン（Thomas Alva Edison、1847-1931）と出会うが、その時、エジソンから「電球を海外から輸入すればいいと考えてはいけない。自分の国でも作ろうという気概がなければその国は亡ぶ」と忠告されたと言われる[27]。

帰国後、藤岡は電気で照らされる日本を実現するためには電球の国産化に加え、それを広く普及させるための事業会社が必要と考え、1886（明治19）年に藤岡の提言により日本で初めての電力会社となる東京電燈（東京電力㈱の前身）が開業すると、同年、藤岡は工部大学校から改称された帝国大学工科大学の助教授職の職を辞し、東京電燈の技師長に転身する。1889（明治22）年、藤岡は京橋にある東京電燈の社宅で白熱電球の試作・研究を開始し、1890（明治23）年に三吉正一と共同で合資会社白熱舎（後の東京電気㈱）を創設し本格的な電球製造に着手している[28]。

一方、藤岡は電気研究に関する豊富な経験と知識に基づいて、蹴上発電所建設の際には資料提供を行い、郡山絹糸紡績の沼上水力発電所の工事の際には野口遵を指導するなど全国各地の水力発電事業の発展に貢献した[29]。また、前述のとおり、藤岡が三吉と二人三脚で開発・製造した発電機等の電気機器の多くが各地の水力発電所で使用された。

4-4 大岡 正

大岡正（1856-1909）は、1855（安政2）年に旗本鳥山僖右衛門の子息として江戸牛込（現在：新宿区）に生まれた。大岡は1872（明治5）年に逓信省電信寮に入り電信技師として全国の電信線建設に15年間従事した後、1887（明治20）年に海軍省に移り水雷研究に関わった。しかし、大岡は米国で水力発電事業が勃興していることを知り水力発電に生涯を賭けることを決意し、1889（明治22）年8月には水力地点を求めて箱根山中を探索し、

---

[25]「日本で初めて電球を作った偉人・藤岡市助（前編）-電気事業の発展に尽力した“日本のエジソン”-」https://emira-t.jp/ejinden/3271/（2022年9月30日閲覧）。

[26] エルトンは工学寮開校直後に招聘され物理学と電信学の教官となった。彼は学生に対し暗記模倣を戒め、基礎科学に立脚して電気技術の発展をはかるよう指導し、実地に役立つことを極めて重んじたとされる。以上については、小竹（1980）pp. 52-54を参照。なお、Ayrtonについては「エアトン」と表記する場合も散見されるが、本稿では小竹（1980）に倣い「エルトン」と表記している。

[27]「日本初の電力会社『東京電燈』を立ち上げた男・“藤岡一助”の偉業」
https://www.denki-annai.com/mansion/10008（2022年10月2日閲覧）。
「藤岡市助ものがたり」
https://toshiba-mirai-kagakukan.jp/history/toshiba_history/ichisuke.htm（2022年10月1日閲覧）。

[28] 河西（1917）pp. 14-16、pp. 23-27、pp. 52-57、中部電力電気事業史編纂委員会（1995）p. 6を参照。

[29] 河西（1917）pp. 52-57を参照。

地元旅館「萬翠楼福住」当主の福住九蔵[30]の協力を得て箱根電燈所を起こすなど水力発電所の建設に取り組み始める。そして、1892（明治25）年2月に海軍省を辞し水力技師に転じ[31]、同年6月にわが国の事業用水力発電所としては2番目となる箱根電燈所湯本発電所（以下、湯本発電所と表記）を完成させる[32]。湯本発電所の完成以降、大岡は浜松電燈富塚発電所（1893）、豊橋電燈梅田川発電所（1894）、熱海電燈熱海発電所（1895）等を手掛けるが、大岡の水力事業にとって画期となったのが岡崎電燈の岩津発電所である。これは1897（明治30）年7月、中部地方で成功した最初の水力発電所である[33]。岡崎電燈は、1896（明治29）年に愛知県岡崎市の呉服商「沢津屋」の杉浦銀蔵（1847-1899）、醸造業「伊勢屋」の近藤重三郎（1852-1910）、「丸藤旅館」の田中功平（1845-1916）の3名[34]によって設立されたが、1895（明治28）年に大岡が岡崎市を訪れて水力利用の発電事業の重要性を説いたことが同社設立のきっかけとされる[35]。

この岩津発電所の成功によって大岡の水力技師としての評価が高まり、明治30年代後半からの水力ブームの中、大岡には全国各地の水力発電事業者から相談が寄せられ、大岡が生涯に関わった発電所は18か所に及んだ。日本の水力発電の黎明期において、大岡はまさに“水力発電の伝道師”とも言える役割を果たしたのである。

4-5　野口　遵

野口遵（1873-1944）は、1873（明治6）年に旧加賀藩士野口之布の長男として石川県金沢市に生まれた[36]。野口は日本窒素肥料（現在のチッソ㈱）を中核とする日窒コンツェルンを一代で築きあげたことで知られる。野口は1896（明治29）年に帝国大学工科大学電気工学科を卒業後、福島県郡山絹糸紡績会社沼上発電所の技師長として赴任し水力発電事業に取り組んだが父親の死去に伴い東京に戻り、1898（明治31）年から3年間、シーメンス・シュッケルト日本事務所に在職した。この間、野口は支社長のヘルマン・ケスラーの知遇を得て水力発電事業のコンサルタント、エンジニアリング、電力利用設備のマーケティングを担当した。1902（明治35）年には宮城紡績電燈会社初代社長の伊藤清次郎、帝国大学工科大学電気工学科同期の市川誠次、帝国大学工科大学電気工学科後輩の藤山常

---

[30] 萬翠楼ホームページ「萬翠楼の歴史」https://www.2923.co.jp/history/（2022年10月25日閲覧）。
[31]「中部のエネルギーを築いた人々　中部各地の水力発電に関わった草創期の水力技師　大岡　正」https://www.chubudenkikyokai.com/archive/syswp/wpcontent/uploads/2015/09/6901cfae6f50b3e4f2dc05b5230bea6a.pdf（2022年8月11日閲覧）。
[32]「日本水力発電発祥地跡」https://www.hamadayori.com/hass-col/ele_gas/SuiryokuHatudenHakone.htm（2022年10月20日閲覧）。
[33] 豊橋市史編集委員会（1983）pp. 709-710、中部電力電気事業史編纂委員会（1995）pp. 36-38、p.61、p.101を参照。
[34]「中部のエネルギーを築いた人々　岡崎電灯を創設し岩津発電所建設に家財を傾けた杉浦銀蔵」https://www.chubudenkikyokai.com/archive/syswp/wpcontent/uploads/2015/09/2e537e9a402fc2858697779c163aad73.pdf（2022年9月1日閲覧）。浅野伸一（1997）pp. 43-70を参照。
[35]「八丁味噌を愛した著名人-杉浦銀蔵（2代目）-」https://www.kakukyu.jp/view_archives.asp?id=27（10月21日閲覧）。
[36]「“ノーベル化学賞”を支えた「旭化成」はどう誕生した？創業者・野口遵の人生とは」https://www.sbbit.jp/article/cont1/37149（2022年10月15日閲覧）。

一[37]らと共に三居沢カーバイド製造所を設立し、翌1903（明治36）年から日本で最初となるカーバイドの生産を開始、1906（明治39）年には曾木電気を設立し鹿児島県の曽木滝を利用して水力発電を起こしている[38]。1908（明治41）年には日本カーバイド商会を設立し、同年、曾木電気と日本カーバイド商会を合弁して社名を日本窒素肥料と改称し、石灰窒素及び硫安の製造を開始し、電気化学工業と水力発電を結び付けることで同社を世界有数の電気・化学企業に成長させた[39]。

野口は郡山絹糸紡績会社沼上発電所や曾木電気会社曾木発電所以外にも安曇電気会社宮城第一発電所及び名古屋電燈会社長良川水力発電所の建設にも関わり、駿豆電気会社平井発電所では取締役兼技師長、宇治川電気㈱では技術顧問を経て取締役などを歴任し、広島電燈会社や出雲電気会社でも経営に携わった。

さらに、野口の水力発電における特筆すべき貢献としては、朝鮮半島における大規模な水力発電の建設を挙げることができる。野口は1924（大正13）年に朝鮮進出を決定し、翌1925（大正14）年の朝鮮水力電気会社赴戦江（ふせんこう）水力発電所（25万kW）の開発を皮切りに、その後、生涯に亘り朝鮮半島において、長津江（ちょうしんこう）水電会社長津江発電所（33万kW）・虚川江（きょせんこう）発電所（34万kW）、朝鮮鴨緑江（おうりょくこう）水力発電会社・満州鴨緑江水力発電会社の水豊ダムの建設などに尽力した[40]。

以上、文献・資料調査に基づいて5人の先駆者の略歴ついて、特に日本の水力発電の黎明期にあたる明治20年代から明治30年代の活動を中心に整理したが、その結果、非常に興味深いファインディングスを得た。それは、この時期、彼ら先駆者たちによって水力発電に関する知のネットワーク（Knowledge Networks）が形成されていたことである。そこで、次節では、この水力発電黎明期における知のネットワークの構造とその特質について考察する。

5. 考察：先駆者たちによる知のネットワークの構造とその特質

5-1 知のネットワークにおける中心的アクターと結節点

図表5は、日本の水力発電黎明期における先駆者たちの知のネットワークの構造を描出したものである。この図表では、知のネットワークを構成する人物をアクター（actor）と呼びサークルで示している。また、アクターには5人の日本人先駆者以外の人物も含まれており、彼らは直接的あるいは間接的に5人の先駆者に影響を与えた人物たちである。

---

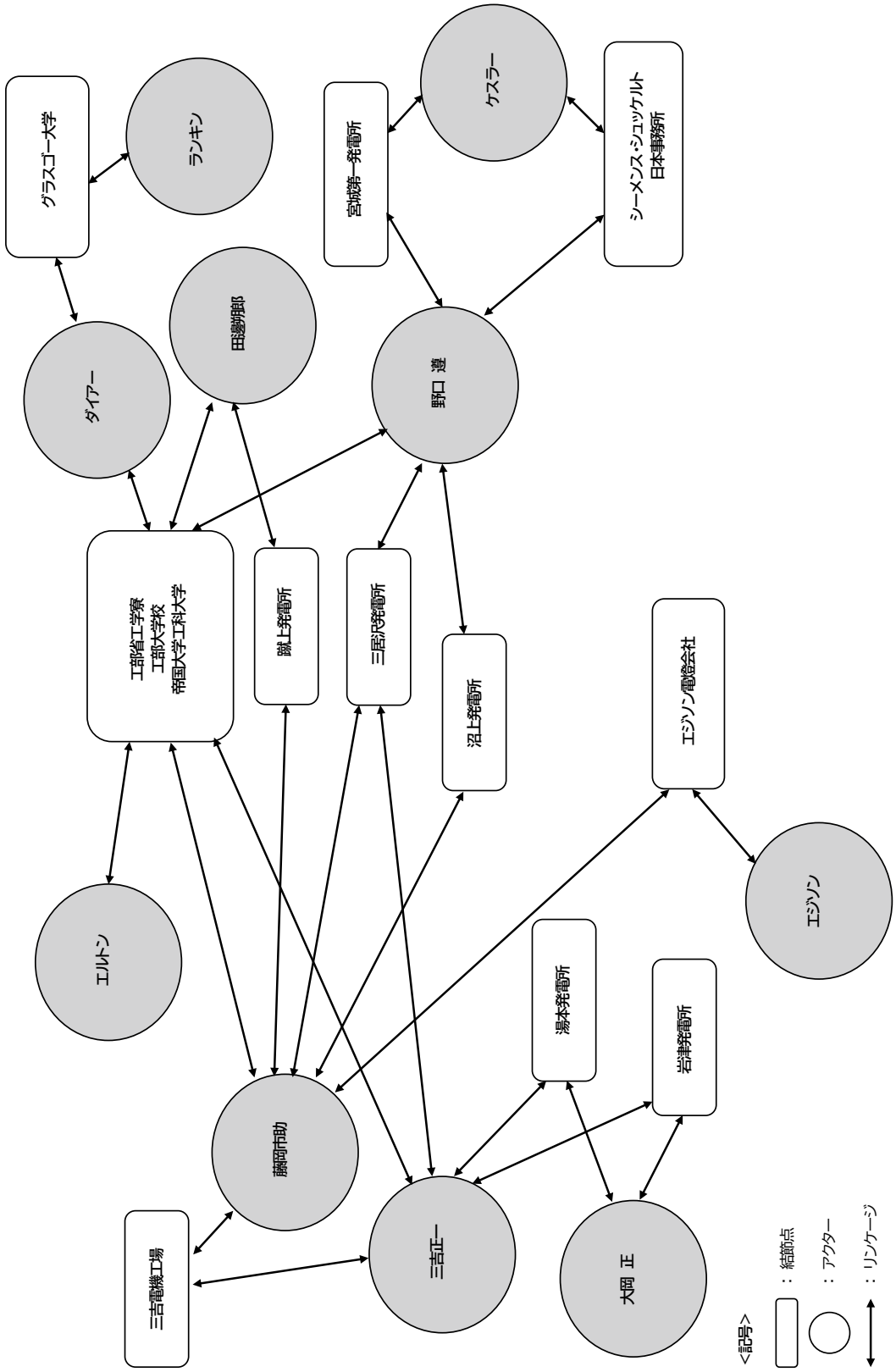
[37] 藤山常一（1871-1936）は、伊藤清次郎に招かれて宮城紡績電燈会社の技師長となり、1902（明治35）年、電気炉を用いて日本初となるカーバイドの製造に成功し、日本電気化学工業生みの親とされる。この記述については、渡辺（2010）を参照。

[38] この一連の経緯については、大塩（2017）を参照。

[39]「中部のエネルギーを築いた人々　水力発電開発から電気化学工業の父　野口　遵」https://www.chubudenkikyokai.com/archive/syswp/wpcontent/uploads/2015/09/ea68ab6e9b1500f5cf850265ff671ac3.pdf（2022年10月15日閲覧）。

[40] 財団法人野口研究所「創設者 野口遵について」https://www.noguchi.or.jp/about_noguchi.php?lang=ja（2022年10月20日閲覧）。山本（1940）pp. 106-109を参照。

図表５　日本の水力発電黎明期における先駆者たちの知のネットワーク



出所：各先駆者に関する資料に基づいて筆者作成。

一方、各アクターが関係を持ち得た場所（出会いの場所、知の拠点となった場所）はボックスで示し、これはアクター同士を繋ぐ結節点（node）を意味している[41]。

本稿では、この結節点を高等教育機関、発電機関連企業及び黎明期の水力発電所に限定している[42]。この図表から明らかなように、アクターと結節点の数は少数ではあるが水力発電黎明期において複雑な知のネットワークが形成されていたことが窺える。その構造的特質の要点を整理すると以下のようになる。第一に、リンケージ数が比較的多い人物は藤岡市助、野口遵及び三吉正一であることから、彼らが日本の水力発電黎明期における知のネットワークの中心的アクターであったと推察される。第二に、リンケージ数が最も多い場所は、工部省工部大学校関連であり、この高等教育機関が日本の水力発電黎明期における知のネットワークの中心的結節点であったと推察される。そこで、以下では、水力発電黎明期の中心的アクターと中心的結節点の特質について記してみたい。

5-2 水力発電黎明期の中心的アクター：藤岡・野口・三吉の特質

初めに、藤岡市助については、既に触れたように帝国大学工科大学助教授という要職を自ら辞し東京電燈の技師長となり、その後は三吉正一と二人三脚で三吉電機工場において発電機を始めとする革新的な製品開発を行い日本の水力発電の発展に民間企業の立場から大きく貢献した人物であるが、大学助教授というエリートコースを捨て利益追求の民間企業に転身した藤岡に対して、当時、同僚や世間の目は冷ややかであったとされる。しかし、藤岡はそうした批判を気にすることはなかったとも伝えられる。下記は、そうした藤岡の行動力を高く評価した記述の一節である。

「大學辞任の翌日、東京電燈株式會社に入りて其技師長となり、居る數日、年も暮れの三十日といふに、機械購入、電氣事業視察の用務を帯び、歐米に向ひ出發せり、閃電風發、君が面目を發揮して痛快の感を禁ぜず」[43]

次に、野口遵については、水力発電事業のコンサルタントとして、いち早く水力発電における高圧電源の必要性を察知しその開発・普及に努めた人物であるが、前述の藤岡市助とも深い交流があった。例えば、「郡山水力電気談」には、野口の講演と共に質疑応答及び論評も記録されており、司会は藤岡が担当している。そして、質疑の冒頭、野口の功績を讃える藤岡の以下のような記録が残されている。

「唯今野口君のお述べになったことは、野口君が自ら従事して非常に勉強された事業であって、又我邦には一萬『ウオルト』の設計は澤山ありますけれども、實地に見るのは

[41] かつて、筆者は、このようなネットワークを履歴網分析（Career-Net Analysis）と名付け、幕末期における西洋医学の選択について統計的な分析を試みたことがある。詳細については、北嶋（1994）を参照。
[42] 結節点には、これら以外にも、例えば、電燈会社、水車関連企業など様々な種類が存在していたものと考えられるが、本稿では、ネットワークの複雑性回避と歴史的データの限界性から３つの種類に限定した。
[43] 河西（1917）pp. 16-17 より抜粋。

初めてのことでありまして、是から我邦に於いても益々此特別高壓の事業が旺盛になることでありますから野口君の御演説は學会員の爲めに誠に幸いで御坐います」[44]

このように、野口が郡山絹糸紡績会社沼上発電所の技師長として赴任していた時期は、日本でも高圧送電が構想されるようになった時期でもあったが、広島水力発電会社広第一発電所（1897）と共にまさにその魁となったのが郡山絹糸紡績の事業であり、当時の電力事業界における野口の先端的な働きを窺い知ることができる[45]。

最後に、藤岡市助と二人三脚で三吉電機工場を起業した三吉正一もまた藤岡と同様に官職に拘泥することなく民間企業を通じて自らの研究と製品開発に万進した人物である。1879（明治12）年に細銅線渦巻器械を発明したことにより工部省は三吉に金30円を下賜し三吉は9等技手となった。しかし、既述したように1883（明治16）年に神戸電信局勤務の辞令が発令されると三吉はこれを断り「たとえ局長の栄転であろうと東京で電気技術の研究を続け、独立独行して電気機械を造りたい」と発奮したとされる。ここに藤岡と同じく三吉の電気技術に対する強い探求心と旺盛な起業家精神を垣間見ることができる。また、三吉は近代日本の電気産業創成期において活躍した多くの人材を育成したことでも知られる。三吉は同郷の優秀で学費に乏しい子弟を世話して工場に勤務させ、熱心な青年は夜学に通わせ、寄宿舎を設け夜間に英語、数学、電気の初歩を学ばせた。さらに、工場内に電気試験所を設置し機材を揃え研究の機会を与えたとされる。その結果、三吉電機工場からは、例えば、重宗放水（1873-1917、明電舎の創始者）、才賀藤吉（1870-1915、才賀電気商会の開設者）、加藤木重教（1857-1940、電友社の創設者）などの人材が輩出した[46]。

5-3　水力発電黎明期における中心的結節点：工部大学校の特質

日本の水力発電黎明における知の中心的結節点である工部大学校の前身は、1871（明治4）年に設置された工部省工学寮で、1873（明治6）年から工学寮工学校として教育が開始されている。工部省はその初期から工業技術は英国に倣えという路線で一貫しており、伊藤博文工部卿から委嘱を受けて、当時、近代工学の建設者として著名だったグラスゴー大学のウィリアム・ランキン（William John Macquorn Rankine、1820-1872）の弟子、ヘンリー・ダイアー（Henry Dyer、1848-1918）が、弱冠24歳の身で工学寮の組織づくりを担当し、彼は英国にも未だ存在していないようなフランスやドイツの学理面と英国の実際面を総合した新しい工科大学づくりを意図したとされ、1877（明治10）年の管制の改革にあわせて名称は工部大学校に変更される[47]。工部大学校は理論と実践の統合を目指

---

[44] 野口（1900）p. 150より抜粋。
[45] 大塩（2017）p. 148を参照。
[46] （一社）日本電気協会中部支部編「中部のエネルギーを築いた人々　わが国初の電気機械会社を設立した三吉正一」https://www.chubudenkikyokai.com/archive/syswp/wp-content/uploads/2017/05/155fc9c56230e9027cbff7172e0a8160.pdf（2022年11月1日閲覧）。
[47] 工部大学校の特質については、中山（1978）pp. 77-88を参照。

して、土木、機械、電信、造家、実地化学、採礦（さいこう）、鎔鋳（ようちゅう）の７科を構え、当時の英国はもとよりフランスをはじめとする欧州諸国にも類を見ない革新的な学校であった。６年制で官費・全寮制を原則とし、学生は入学後２年間の予科学（普通学）の後、２年間それぞれの専門学を学び、最後の２年間を「実地修行」にあてる実践重視の教育を受け卒業生には工学士の称号が与えられた。また卒業後は７年間の奉職義務という形で「工業士官」としてのポストが約束されていた[48]。

田邊朔郎と藤岡市助はこうした総合的な工学教育機関で学び、田邊は工部大学校より改称された帝国大学工科大学で教授を、藤岡は同大学で助教授を務めた。工部大学校がダイアーの理想どおりの大学であったか否かについては、近年の研究において再検討が行われているが、少なくとも工部大学校が実践的教育を重視する学校であったことは確かであろう[49]。故に、そうした学風は田邊や藤岡にも十分刷り込まれたものと推察される。特に琵琶湖疎水工事において水車動力から水力発電の時代に変わる歴史的端緒をつくり、日本の近代土木工学の礎を築いた田邊はダイアーを恩師として慕っていたことが、以下の記述から推察することができる。

「博士の氏に師事するの厚き[50]、又こゝに重ねて記すまでもない。博士は世界的名聲を馳するに至りし後も、事ごとに恩師を思慕して止まず。（中略）顧ればダイヤー氏の重任を帯びて來朝せる歳僅に二十有四、博士の疎水大工事に着手せるや二十三歳を出でず。兩者が非凡なる處世の徑路の自ら相一致せるものあるを知らば、教育家としての博士が、如何にダイヤー氏のそれに神會默契するところ多きやも類推するに難くないであらう」[51]

6. 結論にかえて

以上、本稿では、日本の水力発電黎明期における水力発電の普及過程とこの時期に日本の水力発電の開発と普及に貢献した５人の先駆者を取り上げ、そこに形成されていた知のネットワークの構造の析出を試みた。しかし、この知のネットワークは先駆者５人と限られた結節点に基づくものであり、当然のことながら黎明期の水力発電の知のネットワークは、より広範囲かつ複雑に張り巡らされていたものと推察される。故に、本稿で示した知のネットワークはその一断面に過ぎないが、少なくとも水力発電黎明期における知のネットワーク構造の骨格部分は明らかにできたのではないかと考えている。

ところで、この時期、日本の電力技術史上では、1888（明治21）年に配電に関する直流・交流論争が起こり、それが尾を引いて、各地で異なった周波数が採用されることになる。直流交流論争は長距離高圧送電には交流が適していることで解決に至るが、周波数につい

[48] 天野（2009）p. 34を参照。
[49] 工部大学校に関する近年の研究については、例えば、和田（2018）、恒川（2019）を参照。
[50] 博士とは田邊のことであり、氏とはダイアーのことである。
[51] 西川（1924）pp. 435-436。

ては、1897（明治30）年に大阪電燈[52]が60Hzを採用したことで西日本では60Hzが標準周波数として採用される。一方、東京電燈の供給区域内では50Hzが広く使われていたため東日本では50Hzが標準周波数として採用され、所謂、“ダブル・デファクト・スタンダード”とも言える状態が定着する。周知のように、この“ダブル・デファクト・スタンダード”は120年以上経った現在でも続いており、本州中央部を境にして西側が60Hz、東側が50Hzに二分されたままである[53]。なお、この周波数問題については、以下のような記述が残されている。

「本邦の二大需要中心地たる京濵地方及び阪神地方に於て明治30年頃初めて火力発電所を施設した際に、発電機の供給先が前者は欧州であり、後者は米国であった為に、供給先の標準周波数に従って夫々50サイクル及び60サイクルを採用したことに端を発し、両地域に於て異る周波数が漸次擴大した」[54]

以上のように、様々な課題に直面しつつも、水力発電黎明期には各地に小水力発電による電燈会社が誕生し地域産業の発展に寄与した[55]。しかし、黎明期が過ぎ大正時代に入ると、1914（大正3）年から始まった第一次世界大戦により産業用電力需要増大に対応するため、火力発電及び水力発電は共に大幅な拡大期に入って行く。ちなみに1912（大正元）年から1925（大正14）年までに水力発電の発電力は23.3万kWから181.4万kWへと大きく拡大している[56]。こうした発電力の増大の過程で、電燈会社は吸収合併を繰り返しながら徐々に集約化され、第一次世界大戦後には5大電力と称される大手電力会社の誕生に至る[57]。

翻って、今日、脱炭素社会への移行やエネルギー安全保障の観点から、大規模集中電源だけでなく小規模分散電源の必要性が高まる中、日本の水力発電の歴史の中に埋没してきた小水力発電の重要性が再認識され始めている。近年、国内各地で小水力発電に取り組む小規模電力事業者が相次いで誕生したり、廃れていた小水力発電所を復活させる動きなどが活発化しているのはその証左と言えよう。本稿が、そうした日本の小水力発電の歴史の一断面を多少なりとも描出できたのであれば幸いである。なお、今後は、本稿で触れるこ

---

[52] 大阪電燈は、1889年（明治22）年に国内3番目の電力会社として開業。詳細については、萩原（1925）及び日本工学会（1928）pp. 325-327を参照。
[53] この一連の経緯については、門井（1991）を参照。
[54] 日本電気学会（1938）p. 501を参照。なお、井原他（1985）によれば、こうした見解は、加藤（1925）p. 492、日本工学会（1928）p. 329、日本電気協会（1953）p. 16など多くに見受けられ、いずれにしても大阪・東京電燈会社の輸入先による偶然の相違として描かれているとされる。
[55] 電燈会社は1887年（明治20）年の1社から1899（明治32）年には46社に達し、需要戸数も1887（明治20）年の83戸から36,788戸に達した。詳細については、内閣府統計局『日本帝国統計年鑑』（1890-1897）に基づく井原ほか（1984）p. 111を参照。
[56] 小竹（1980）p. 294を参照。
[57] 第一次世界大戦後、東京電燈、東邦電力、大同電力、日本電力、宇治川電気の5大電力は、積極的に合同運動を展開し、大正末までには他の電力会社を圧して巨大化した。詳細については、橋本（1977）p. 140を参照。

とができなかった水力発電黎明期におけるペルトン水車やフランシス水車といった水力タービンにも焦点を拡げ、テクノヘゲモニー[58]の概念なども参考にしながら、日本の水力発電黎明期における西洋技術の導入過程に関する研究を進めたいと考えている[59]。

いずれにしても、本稿で取り上げた黎明期における5人の先駆者たちは、非常に強い探求心と旺盛な起業家精神によって近代日本の水力発電や電気産業の発展に貢献したことは確かであり、そうした彼らのエートス（ethos）こそ、現代日本の産業に必要とされているのではないだろうか。まさに「歴史とは現在と過去との間の尽きることを知らぬ会話（An unending dialogue between the present and the past）」なのである[60]。

―付記―

大岡正の協力を得て岡崎電燈の設立に携った近藤重三郎は、筆者の義父近藤肇の祖父であり、義兄近藤哲也は近藤重三郎の曾孫にあたる。既に二人とも鬼籍に入ってしまったが、生前、義父は近藤重三郎の生い立ちについて嬉しそうに筆者に説明してくれたことがある。本論文を二人の墓前に捧げたい。

参考文献

浅野伸一（1997）「岡崎電燈事始め」『シンポジウム中部の電力のあゆみ』第5回講演報告資料（矢作川の電源開発史）、中部産業遺産研究会：43-70。

天野郁夫（2009）『大学の誕生（上）』中央公論新社。

伊藤康（2012）「小水力発電の現状・意義と普及のための制度面での課題」『科学技術動向』5・6：10-20。

井上博成・Alexander 竜太 KEELEY（2018）「日本における小水力発電の普及に係る障壁と課題―事業主体の視点から―」『日本エネルギー学会誌』97(8)：245-251。

井原聰・沢田克彦・高橋智子・滝昌夫・小久貫登（1984）「わが国の電力技術史の特質について（1）」『茨城大学教養部紀要』16：105-136。

井原聰・高橋智子・岩田廉・小久貫登（1985）「わが国の電力技術史の特質について（2）」『茨城大学教養部紀要』17：93-106。

内丸最一郎（1917）『水力タービン』丸善。

大塩武（2017）「黎明期カーバイドビジネスの系譜と野口遵―三居沢カーバイド製造所から日本窒素肥料に至る道筋―」『明治学院大学経済研究』153：133-154。

加藤木重教（1925）『日本電気事業発達史（前編）』。

門井龍太郎（1991）「電気の周波数と電圧（世界・日本）」『電学誌』111(12)：1011-1014。

[58] この概念の詳細については、薬師寺（1989）を参照。

[59] 例えば、内丸最一郎（1877-1969）は、水力タービンに関する著書を出版し、欧米の水車に関する知識の国内への普及・啓蒙に貢献した。詳細については、内丸（1917）を参照。

[60] Carr（1962、清水訳）p. 40を参照。

河西璞（1917）『工学博士藤岡市助君伝』藤岡博士寿像建設事務所。
北嶋守（1994）「歴史・科学社会学的研究における社会調査法の開発―履歴網分析の手法と適用事例」『社会学評論』45(2)：236-250。
小竹即一（1980）『電力百年史 前篇』政経社。
小林久（2015）「地域の電気事業と地域の持続性―桂川流域の電源開発とオーストリアの電力システムから考える―」諸富徹編著『再生可能エネルギーと地域再生』日本評論社：55-78。
清水徹朗（2012）「小水力発電の現状と普及の課題」『農林金融』2012 年 10 月号：2-20。
末尾至行（1957）「明治時代、特に明治末期における水車動力の意義について」『人文地理』9(4)：243-566。
中部電力電気事業史編纂委員会（1995）『中部地方電気事業史 上巻』：36-38、61、101。
査　蕾・竹歳一紀（2016）「小水力発電が農山村地域の課題解決に果たす役割―岐阜県郡上市石徹白地区と奈良県吉野町を事例として―」『農林業問題研究』52（4）：247-252。
筒井正夫（2022）「新・琵琶湖疎水成立史（3）―明治十七年一月、内務省への管轄移行から二十三年四月、疎水竣工まで―」『彦根論叢』433：51-69。
恒川清爾（2019）「東京大学と工部大学校の帝国大学工科大学への継承とそれを支えた人たち」『技術文化論叢』22：1-18。
豊嶋尚子（2022）「小水力発電の導入に向けた民間企業と地域の関係構築のプロセス」『農村計画学会論文集』2(1)：54-61。
豊橋市史編集委員会（1983）pp. 709-710。
中山茂（1978）『帝国大学の誕生』中央公論社。
永井健太郎・中村 修・畑中直樹・中島 大・友成真一（2009）「中国地方の小水力の歴史」『長崎大学総合環境研究』12(1)：97-119。
西川正治（1924）『田邊朔郎博士六十年史』山田忠三。
西野寿章（2020）『日本地域電化史論』日本経済評論社。
日本工学会（1928）『明治工業史（電気篇）』工学会明治工業史発行所。
日本電気学会（1938）『本邦に於ける輓近の電気工学』。
日本電気協会（1953）『三十年史』。
野口遵（1900）「郡山水力電氣談」『電氣學會雜誌』20(140)：143-158。
萩原古壽（1925）『大阪電燈株式會社沿革史』。
橋本寿朗（1977）「『五大電力』体制の成立と電力市場の展開（2）」『電気通信大学学報』28(1)。
薬師寺泰蔵（1989）『テクノヘゲモニー』中央公論社。
山本登美雄（1940）『日本窒素事業概要』日本窒素肥料会社。
吉田英生（2004）「琵琶湖疎水と田辺朔郎」日本機械学会『RC196 資源環境問題に調和した熱･エネルギーシステムとその基盤技術に関する調査研究分科会研究報告書･

Ⅱ（2004年8月』。
渡辺弘子（2010）「TOPICS　三居沢水力発電所―水力発電発祥の地―」『コンクリート工学』48（3）：3。
和田正法（2018）「工部大学校の終焉と帝国大学への移行をめぐる評価」『科学史研究』57：186-200。
Carr, Edward Hallett（1962）*What is history ?*, University of Cambridge & Penguin Books.（清水幾太郎訳『歴史とは何か』岩波新書。）