

北海道における電気事業と 電力技術の発達過程について

A Study on a History of Electrical Works and
the Technology of Electric-Power in Hokkaido

井 原 聰
(Satoshi IHARA)

高 橋 智 子
(Tomoko TAKAHASHI)

相 田 千 恵 美
(Chiemi AIDA)

1 はじめに

われわれはこれまで、日本各地の電気事業と電力技術の展開の過程を調査・分析してきた¹⁾。この小論はそうした一連の調査の一部である。だから北海道地方の電気事業の発達とその歴史的特徴を、わが国の電力産業と電力技術の歴史の中に位置づけることが、この小論の第一の目的である。

さて、北海道は明治期における開拓使から戦後の北海道開発庁にいたるまで、特別な位置を占めてきた。

箱館開港に伴う寄港船舶の補給燃料調達のためにはじまった茅沼炭鉱は幕府の直営からはじまり、明治維新政府による稼行は 1869 年 8 月開拓使岩内石炭山詰所開設を起点としている²⁾。やがて幌内夕張の開発が進められ、九州とならぶ一大石炭産地が形成される。1910 年代に入ると製鉄・製紙業が進出し、これにニシン、サケ、マス、タラ、カニ漁の漁業とその加工業が加わると北海道の産業の基本骨格ができあがる。炭坑や鉱山における納屋制度・友子制度、官業土木事業を中心とした囚人労働、明治末期からはじまる朝鮮人徴用工、漁業における東北・北陸地域の零細漁民の出稼労働と労働力の不断の確保も、労働力緊縛と補給にかかわって他の地域のそれとまさるとも劣らない形態をとった。

こうした特質が北海道地方の電気事業と電力技術発達にどのような影響を与えたかを検出することが、小論の第二の目的である。

また札幌、函館、小樽における電気事業は他の地域と比して遅いものではなかった。上述の北海道の特性はこの最初期の電気事業とどのようなかかわりをもったのか、その特徴を検討するのが第三の目的である。

「津別の町の中はついていましたね。はやくから。だけんど農家の方はついていない。ついたの

は農村電化でぼくが議会に出ている時だからね。」これは網走郡津別町の村上勉の言である³⁾。農村電化とは本州で起きた大正・昭和の初期の話ではない。1969年のことなのである。「その頃まだ電気のないところがあるんでね、ワーワーやって…」電気利用組合をつくって電気を引いたというのである。あるところまでは北海道電力（株）が電線を敷設し、その先は利用組合が引き込むのであるが「やっぱり、そのなんていうのか効率のいいところまでは北電でやってくれるんですがね、あとはもうここから1キロ先、あっちへ1キロ先なんていうのは組合が引くんです」という。「国の補助が6割5分、道が3割、残りが組合・個人もちだった」ともいう。

現代ですらこうした電気事業の隘路のような状況があったのである。いわんや戦前に展開した電気事業ではその「恩恵」にあずかれた人々はどのくらいいたのであろうか、である。戦前156者⁴⁾にもぼる電気事業者（兼業・村営・利用組合・未開業も含む）の離合集散とその意味の検討が第四の目的である。

北海道の電気事業と電力技術の展開に、先述した石炭・製紙・製鉄業の自家発電の果たした役割は大きい。そこで主要な自家発電技術と進出企業の電化の問題を検討するのが第五の目的である。

これまでの日本の電力技術の歴史の多くは、大電気事業者の技術のいわば峰をつらねて書かれてきた。これは電力産業の独占段階への移行過程、いわゆる金融資本の支配力の強化の過程の分析という日本資本主義分析につらなる電力産業の評価という点でゆえあることであった。しかしこのいわば大電力中心史観とでもいうべき見方のために、切り捨てられたわが国の電気事業と技術の諸側面とその評価も少くない。そうした側面に光をあてるためにわれわれは日本各地で展開してきた電気事業とその技術の分析にあたってきた。われわれはこうした作業を通して析出される問題から電力産業の展開とその技術発達⁵⁾の歴史をとらえなおそうとするものである。むろんこの小論でそのすべてが果されるわけではないが分析視点の一つとなっていることを記しておく。

2 北海道における電気事業の特徴

1) 第1期（～1910年）電気事業者の発生

(1) 札幌電燈舎の系譜

北海道における電気事業は札幌電燈舎の1891年10月31日開業にはじまる。これはわが国に開業した電気事業者としては11番目のものであった。その設立は1889年2月のことであり、札幌の資産家後藤半七が独力で資本金5万円を投じてなったものである⁵⁾。

ところが開業後1週間にして北海道電燈株式会社に事業を譲渡してしまうのである。そしてこの譲渡を前提に設立された北海道電燈株式会社は、1891年11月7日に開業している。同社は資本金8万円、社長には岡田昌作（札幌の実業家）、取締役には対馬嘉三郎（開拓使役人から実業家へ転進）、金子元三郎（小樽の実業家）らが就任した⁶⁾。いづれも札幌の政財界に大きな役割を果たす人々である。譲渡の経緯は明らかではないが、個人経営からまがりなりにも株式会社組織へと転換し、後藤半七が撤退したことだけが知られる。

ついで1896年10月北海道電燈株の事業を引継ぐために札幌電燈株式会社が設立され、1896年11月20日引継ぎを完了する（谷七太郎社長、資本金5万円、払込資本金1万3千円）。

1906年2月10日にはこの札幌電燈株は北海電気株式会社に8万5千円で引継がれる。この北海電気株は1905年5月資本金32万円で設立されたもので、さらに1908年11月30日には札幌水力

電気株式会社（1908年11月9日、資本金75万円で設立）に事業が継承される⁷⁾

かくて札幌における電気事業の経営主体は、地元の「名士」間でつぎつぎに変わり、社名もそのたびごとに変更となったのである。この間主任技術者も中山信順、前田武四郎（小樽電燈と兼任）、原口岩吉、斎藤誠一郎、坂本友己知、大圃孝之助、鈴木録三郎と変っている⁸⁾

むろん電力生産設備にも変化があった。当初発電機はエジソン・ダイナモ10号機（125V、200A、25kW）2台、原動機はアーミントン・シムス汽機（35馬力）2台、汽缶はウィリアム・ボザーズ汽缶1缶で1891年170灯供給であった⁹⁾。8年後には点灯数が1300灯を越え、直流配電では供給不能になり、1900年発電機がホプキンソン型単相交流発電機（2.1kV、60Hz、30kW、三吉製）1台、同型機（2.1kV、60Hz、60kW、芝浦製）1台に変更されたが汽機・汽缶は不明という¹⁰⁾

ここで注目されるのは交流発電機にはやくも国産機を採用したことである。三吉とは三吉電機工場のことであり、わが国初の「重電機工場」であった。もっとも同工場は1900年軍需部門から締め出されて閉鎖に追い込まれた会社でもあった。一方芝浦製作所はこれと対照的にこの部門の陣容を強化し電機メーカーとしての国産技術を急激に伸ばそうとしている時代であった¹¹⁾。1915年以後になると北海道の各地に簇生する電気事業者の多くが、奥村電気、川北電業、芝浦、明電舎、日立三菱など創草期にあるわが国電機メーカーの生産設備を導入し、弱小資本を国産の安い設備でカバーするのだが、その原型をここに見出すことになる。

さて、汽機・汽缶の詳細が不明とされているが、加藤木重教の1902年8月の調査¹²⁾が参考となる。これによれば、汽缶はマルチチューブラーボイラー100馬力・3缶、汽機アーミントン・シムス・エンジン35馬力・3台、同50馬力・1台、ユトレライン・エンジン70馬力・1台とある。なお発電機についてはホプキンソン型の前述の交流発電機に加えて、エジソン・ダイナモ3台とある。しかもエジソン・ダイナモ2台は3線式で配電、1台はごく近距離配電用として2線式となっている¹³⁾。これはエンジンとの対応や配電方式の具体的記述からみても信頼性の高い記述といえる。したがって「供給不能」の地域に交流配電を行い、従来の地域は依然として直流配電が行われていたとみるべきであろう。1890年代初頭といえば国際的には、交流技術とその理論の優位性が明らかとなり¹⁴⁾、わが国の発電総出力においても交流は直流をすでに追い越し、53.7%に達していた時代である¹⁵⁾。もっとも全国的には1916年段階でさえ24の電気事業者（兼営を含まず）が合計512.3kWもの直流発電を行っており¹⁶⁾、東京電燈株式会社にいたっては関東大震災まで木挽町・南鞘町・本銀町・新和泉町の各変電所区域では直流配電がなされていたのである。

今回の調査では、1913年以後札幌地域に直流配電がなかったことは明らかであるが、いつどのような形で姿を消したかは判明しなかった。

ところで札幌電燈時代の需要家の特徴を見ておこう。需要総灯数1,018個のうち街頭が95個、需要家の数219戸であったという。主要な需要家を列举すると、電信局200個、第25聯隊200個、病院80個、炭礦会社60個、監獄署56個、ほかに高砂楼の50個を含め遊廓に200個、今井洋服店40個、今井呉服店40個であった¹⁷⁾。わずか8個所の需要家が需要灯数の85%を占めているのである。もっともこれは札幌に限ったことではなく、明治期の電気事業に特徴的なことなのである。それは単に奢侈の性格¹⁸⁾などといったものではなく、優れて治安維持的であり、政財界人の談合空間維持にシフトしたものであったのである。

(2) 小樽電燈舎の系譜

小樽の電灯事業はもともと北海道電燈株が發起し出張所を小樽に設けて創立の事務を開始したことにはじまる¹⁹⁾。営業の許可、電柱の位置等官庁手続きが完備した時点で倉橋大介がこの事業を引き受けたものである。倉橋大介は第四十四銀行の小樽支店詰から日本郵船社員となり、石巻・函館・酒田を経て小樽支店に移り、1894年辞職し電灯事業に乗り出した²⁰⁾。この時倉橋の相談に応じて三吉電機工場が派遣した技師が前田武四郎であった。前田が小樽に到着したのが1894年10月18日、発電所が完成し官庁試験を受けたのが同年12月25日・26日で、営業を開始したのが1895年1月1日²¹⁾で、北海道の晩秋から冬にかけての突貫工事は話題をよんだ。

開業時の原動機は、汽缶チューブラー式20馬力、1缶、汽機ロコモビル型二重汽筒60馬力1台（マザープラット社製）、発電機はホプキンソン型交流発電機（1,000V、30A）1台で三吉工場製と報告されているが、周波数の記述はなく、まもなく発電機1台を増設の予定としている²²⁾。

電柱や腕木用の材木は「東京の市場の半に至らず」、人夫の賃金も安く、その上日清戦争の中で戦地の兵士の苦境を思って人夫たちも良く働いたという。また汽缶・汽機類のベッドのみを煉瓦築造とし建屋は木造であったので工事費総額は約5万円であったという²³⁾。

なお1903年8月の加藤木報告による同社設備は、横置単筒汽機3台（マザープラット社製1台、三吉工場製1台、芝浦製1台）、125馬力チューブラー汽缶2缶（三吉製1缶、芝浦製1缶）、30kW単相交流発電機3台（三吉製2台、芝浦製1台）とあり、また点灯数は白熱灯1,453個（16燭光換算）、弧光灯（2千燭光）2個、煉瓦造煙突一基と一応まずまずの設備と供給状態であったようである。

小樽電燈舎は1907年5月7日に小樽電燈合資会社（資本金8万円）に引継がれまもなく資本金を18万円に増資する。

ついで1911年7月29日小樽電燈株式会社（資本金50万円）に引継がれ、翌1912年火力発電設備が廃止され、王子製紙からの受電に切りかえられる。

(3) 函館電燈所の系譜

1896年1月15日開業した函館電燈所は北海道で3番目の電気事業者である。後に小樽電燈株の社長ともなった園田実徳（開拓使高官、日本郵船函館支店長を経験）が資本金12万円で設立した個人企業である。

創立当初の設備はホプキンソン型単相交流発電機（35kW、2,000V、三吉製）2台、汽缶は横置多管式（石川島製）2缶、汽機は横置凝縮機関（75馬力、石川島製）2台であった²⁴⁾。その後は経営的に微増を続け1907年次節に述べる渡島水電株式会社に40万円で譲渡される。

(4) 小規模電気事業の意義

以上明治期の北海道電気事業の主要な点をひろって見た。

どの場合も電気事業がはまだ資本の投資対象とはならず、地方の資産家が国産による安価で小規模な電力生産設備を設けたに過ぎなかったことが知れる。またそれさえもあまし気味に地方の名士の手から手へ引継がれ、けっして一貫した責任ある事業経営が行われたわけではなかった。こうした事情は全国的にも似たものであったといえるが、それならなぜ経営を放棄しなかったのかである。

いうまでもなく電燈需要が治安の維持と深くかかわっていた点にある。

もっとも北海道に特有な点もある。それは人口に比して需要灯数が著しく少ないことであった。このことが電気学会でも問題にされ、次のような議論が交わされた。「家屋の一体に小さきより電灯を要することも少しと思はるる」「電燈需要の割合に少きは土地の風にて夜見世等もなく概して早く寝に就くにも因るならん」「成程該当の家屋構造は一体によろしからず新開地には免るべからざる事にて永住の念薄ければ普請に金をかけず老人の居らぬ所に綺麗な座敷は建たず一生懸命に稼ぐ一方の人が入こみ居る處なれば随て贅澤の家屋を見ること能はず²⁵⁾」というのである。つまり「近代的都市と市民層の発達が他地域にくらべて著しく遅かったこととかかわっている。先にふれた電灯供給先とこの「庶民」との乖離は大きく、文化的生活要求さえ奢侈的といわざるを得ない「庶民」の生活にこそ問題があったのであり、急造され人口が集中しつつあった北海道の「都市生活者」はまさしく「稼ぐ一方」で眠りにつかなければならなかったのである。

2) 第2期(1910～15年)本格的電気事業者の誕生

(1) 水力発電所の出現

北海道の電気事業の性格を大きく変化させたのは、水力発電所を建設する電気事業者の出現による。それは岩内水力電気株式会社の敷島内発電所であり、北海道水力電気株式会社の定山溪発電所であり、函館水電株式会社の大沼第一発電所であった。

① 敷島内発電所と才賀商会

岩内水力電気株式会社は岩内漁協の有志らの計画によって立案され、才賀商会の全面的協力で、1905年10月10日事業許可、1906年11月1日営業開始され、資本金6万円のうち4万円を才賀商会がもち、その上、才賀商会から派遣された技師三井助作が初代社長になったという²⁶⁾

発電所の概要を示せば、水車はマッコーミック型240馬力モルガンスミス社製1台、発電機は三相交流発電機(120kW, 2,300V, 60Hz)GE社製1台、使用河川・幌内川、有効落差143.8尺、使用水量20個であった²⁷⁾

さてこの才賀商会であるが、大阪に活動拠点をもった電気機器の輸入商で、中国・四国地方を中心に全国各地の小規模発電事業に、岩内水力電気のような方式で参加をしている。たとえば1903年讃岐電気の工事を請負い工事の著しい遅滞でトラブルを起したのをはじめ、1912年北備電気、同年井原電気、1913年牛窓電気などの設立に手を貸し、1914年には倒産した企業である²⁸⁾岩内水力電気の社長が1915年天春又三郎にかわっているが、²⁹⁾これは才賀商会の倒産を反映した人事であり、天春又三郎は才賀商会の役員でもあり1914年牛窓電気の社長にもなっている。

この北海道初の水力発電所は1909年やはり北海道初のガス力発電所(60kW)の支援を受けても1922年には廃止されてしまう水準のものであった。水力発電所としては運転開始後16年の寿命はやはり短命であった。ガス力発電所の急拠建設からみて水力発電所の出力は当初予定の半分位しか出なかったとみられる。幌内川の流量調査、使用水量の見積りに失敗し、渇水期や冬期にトラブルを起していたのであろう。もともと幌内川は発電水利の調査対象にならなかった河川であるから、その利用には高度の技術が必要だったといえる。貿易商としての才賀商会の技術力の低さに加え、水路を木樋、ヘッド・タンクは板張りといった具合に建設費の節約をはかっては満足な機能を果せ

ないとしても無理はなかった。

② 定山溪発電所の場合

定山溪発電所を計画・建設したのは北海電気株式会社の近藤修孝、本郷嘉之助らである。北海電気(株)は1905年5月資本金32万円で近藤が創立した会社である。この北海電気は1908年11月に資本金75万円で設立された札幌水力電気株式会社(社長本郷嘉之助)に引継がれる。つまり定山溪の水力開発でもうけをねらった近藤が北海電気を設立し計画を立て、地元の実業家本郷が建設を実行し、建設費用などの点で資本金を倍額にした札幌水力電気を本郷につくらせ、北海電気をひきとらせて近藤も身を引いたということなのである。近藤はもともと東京の実業家でありこの直後に山梨県に身延電燈株式会社(資本金20万円)を設立しており、いわば開発投資による利ざや稼ぎを行っていたのであろう。

定山溪発電所は1906年に着工され、1907年5月1日運開したという³⁰⁾。この時の概要は不明なので、1909年2月12日営業運転時の設備概要を摘出すると発電所出力800kW、水車(マコーミック型、650馬力、モルガンスミス社製)2台、発電機(三相交流、400kW、11,000V、60Hz、ウェスティングハウス社製)2台、使用河川・豊平川、有効落差120尺、使用水量100個³¹⁾という内容であった。

③ 大沼第一発電所

大沼第一発電所の建設は渡島水電株式会社(1906年9月28日設立・事業認可、資本金100万円)によって行われた。

函館電燈所の計画が七飯村の村民によって反対されて実現しなかったことを知った阿部興人(大蔵省出身、北海道屈指の政財界人)が渡島水電を創設し発電所建設に乗り出したものであった。

その概要を摘出すると発電所出力2,000kW、ヴィクトル型水車(816馬力、デイトン・ブラッドアイオン社製)4台、三相交流発電機(500kW、2,300V、60Hz、GE社製)4台、使用河川・大沼湖、有効落差220尺、使用水量168個であった³²⁾(1909年4月時はこの半分の設備)。

この間渡島水電は函館電燈所を40万円で買収し(1907年1月)、1909年1月には名称を函館水電株式会社と変更した。

(2) 水力発電所の意義

全国の電力水利権を渉猟したいわば電力ブローカーともいうべき才賀藤吉(倒産するまでに岩内水力のような電灯事業を全国数十ヶ所も起している)の敷島内発電所はともかくも、札幌水力電気の線路巨長は約140kmに達したし(1912年)、函館水電のそれは1911年函館馬車鉄道の電化をも成し遂げ約154kmにも達した(1912年)。

火力時代の函館では1906年電灯灯数3,674個(需要家数597戸)だったものが、1912年灯数約24,300個(需要家数9,600戸)へと飛躍し、痕跡程度だった動力利用も約1,760馬力となった。こうした状況の変化は札幌水力電気も同様で1905年の電灯灯数2,018個が1912年には約2万個(需要家数約4,800戸)、動力利用も約550馬力となった。

いずれも規模は小さいものの、水力発電の導入による電力生産設備の飛躍と運転諸経費の安価なことが電力価格の大巾な値下げにつながることはいうまでもない。札幌水力電気の場合1905年の時点で、16燭光終夜灯は月額2円50銭であった。これが1912年には1円(16燭光定額料金)となっ

ている。もっとも北海道の場合、能率の最も悪いロコモビル型蒸気機関であっても安い炭価がカバーしていた点を見落せまい。

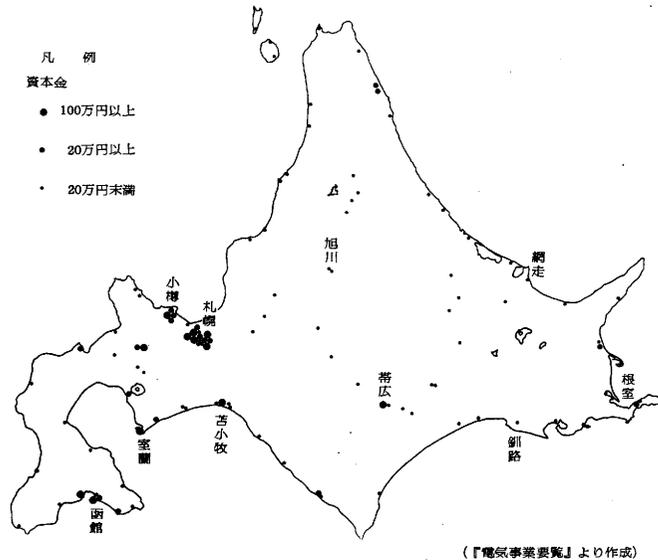
かくて料金の低価格化と送配電範囲の飛躍的拡大が水力発電所建設で達成され、加えてエネルギー変換効率の高いタングステン電球が炭素線電球にとって代る条件が出現し、やがて全国的にもタングステン電球が一大普及の傾向を見せる。北海道でも函館と札幌という大都市にそうした方向の第一歩が踏み出されたといえる。いわば20~30坪の小さな小屋に小規模な火力汽缶・汽機と発電機を据えつけただけの「家内工業」的な発電設備による周囲数kmへの配電が、規模はたとえ小なりといえども立派に「近代的」な電力生産と送電のシステムを備えた電力生産工場へと転換することになる。

一方、1908年には北海道炭礦汽船株式会社が電気事業を開業し、1909年に王子製紙株式会社苫小牧工場が千歳第一発電所を完成させる。これにやや遅れて富士製紙株式会社が江別工場にガス力発電所を建て、この経験から電力開発に積極的に乗り出す。これら企業が開発した電力設備はその資本力からいっても、上に述べてきた電気事業者のそれとは比較にもならない大規模なもので、自家用発電所が電気供給事業に複雑な関係をつくり出す。この自家用発電所の問題は次節で述べられる。

3) 第3期(1915~41年) 群小電気事業者の離合集散

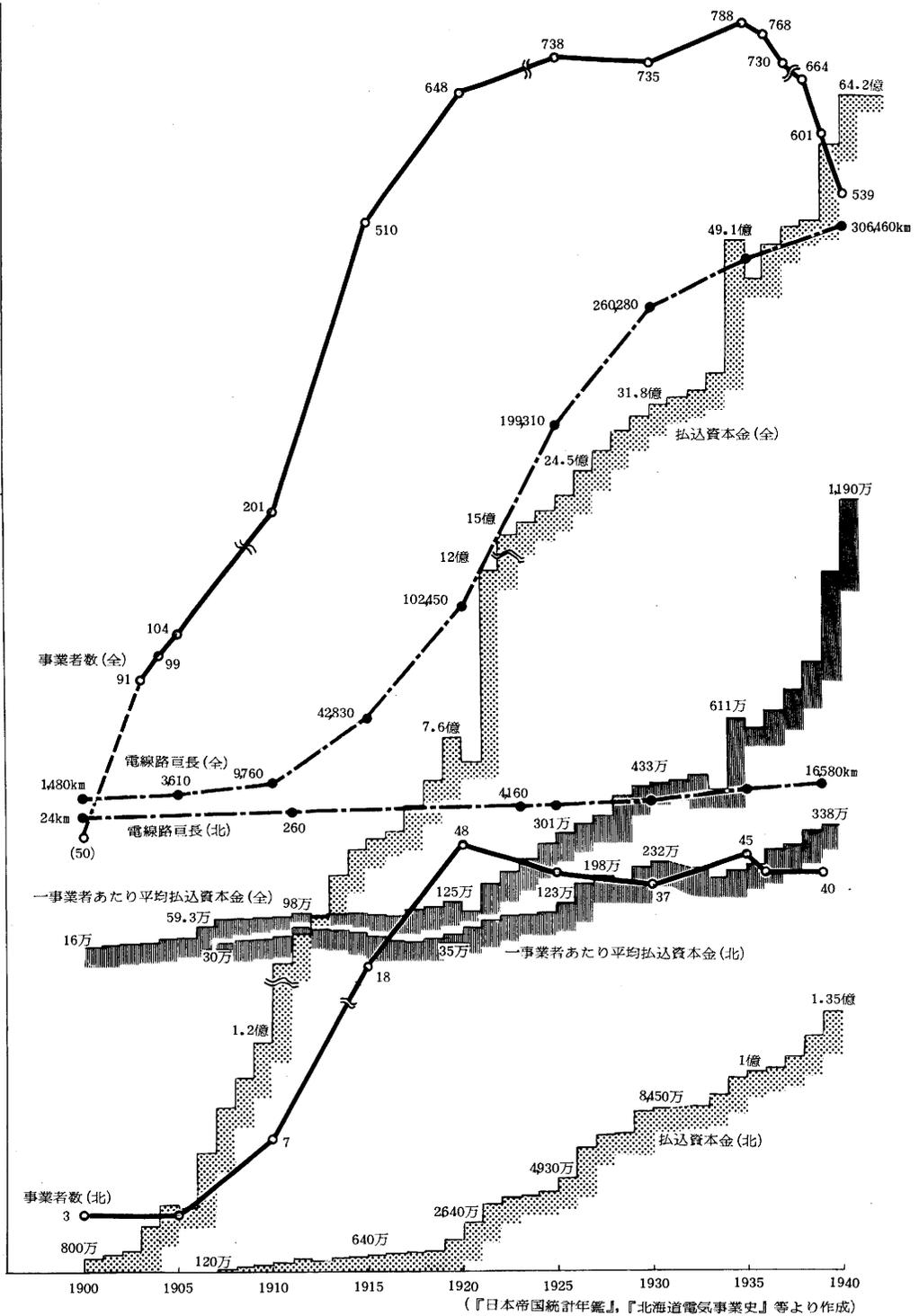
北海道における電気事業者が156者にものぼったと記しておいた。その多数の中小電気事業者の大半はこの期に誕生し消えていったものである。この小論ではその一々を論じるわけにはいかないので、この期の電気事業の特徴について概括する。

第1図は1942年以前に出現した電気事業者の営業区域を資本金の規模別にプロットしたものである。生産設備が変らないような離合集散(経営者と社名だけが変更となるもの)の場合はカウントしていない。したがって資本金も最大のものをもって●印の大きさで表現した。百万円以上の資本金の電気事業者の場合とはもかくもそれ以下の電気事業者の営業区域はこの●印の近傍にわずかに広がる程度である。図より明らかであるが、函館、小樽、札幌、室蘭、苫小牧、帯広という大都市を形成した地域に明瞭にシフト



第1図 電気事業者分布図(1937年以前に存在したことの事業者)

しており、他の地域では電気事業としての資本投下がほとんどなされていないことを見る。



第2図 北海道における電気事業の推移・全国比較(1)

問題はこの時期にこそ電気事業の「公益的」性格が確立されるといわれるのだが、当然のことながら受益者負担の原則が貫かれており、投資効果の薄い所では図のように空白であったことである。この問題の解決こそはじめに述べておいた1960年代の農村電化まで持ちこされたことなのである。いわれるところの「公益的」や「公共性」の歴史的意義が今一度問い直される必要があるといえよう。

第2図は北海道における電気事業と全国のそれとの諸量を対比したものである。わが国における電力資本の成長が明瞭に読みとれる。ここでは詳論しないが、電力がいわゆる消費資料部門の電灯用電力から生産手段生産部門の原動力用電力に転換する時期（1918年前後）から資本の蓄積が著しい。いわば電力産業はこの時期に日本資本主義の基幹産業へと転進したのである。そしてこの期を前後していわゆる五大電力資本（日本電力、東邦電力、宇治川電気、東京電燈、大同電力）を創出するのだが、北海道における電力資本の蓄積は少ない。また電線路巨長の伸びは平原的で事業者数の増大にもかかわらずほぼ一定である。これは第1図の供給範囲がほぼ点状で孤立していることを裏づけている。「電力消費密度」の薄さによって有機的な送電系統を発達させられなかったことと、次節で論じられる生産手段生産部門では自家発電という形で当初よりもっとも有利な水利地点を自社内にビルトインしていたことが、この部門への一般電気事業者の進出を阻止し資本蓄積を妨げたわけである。

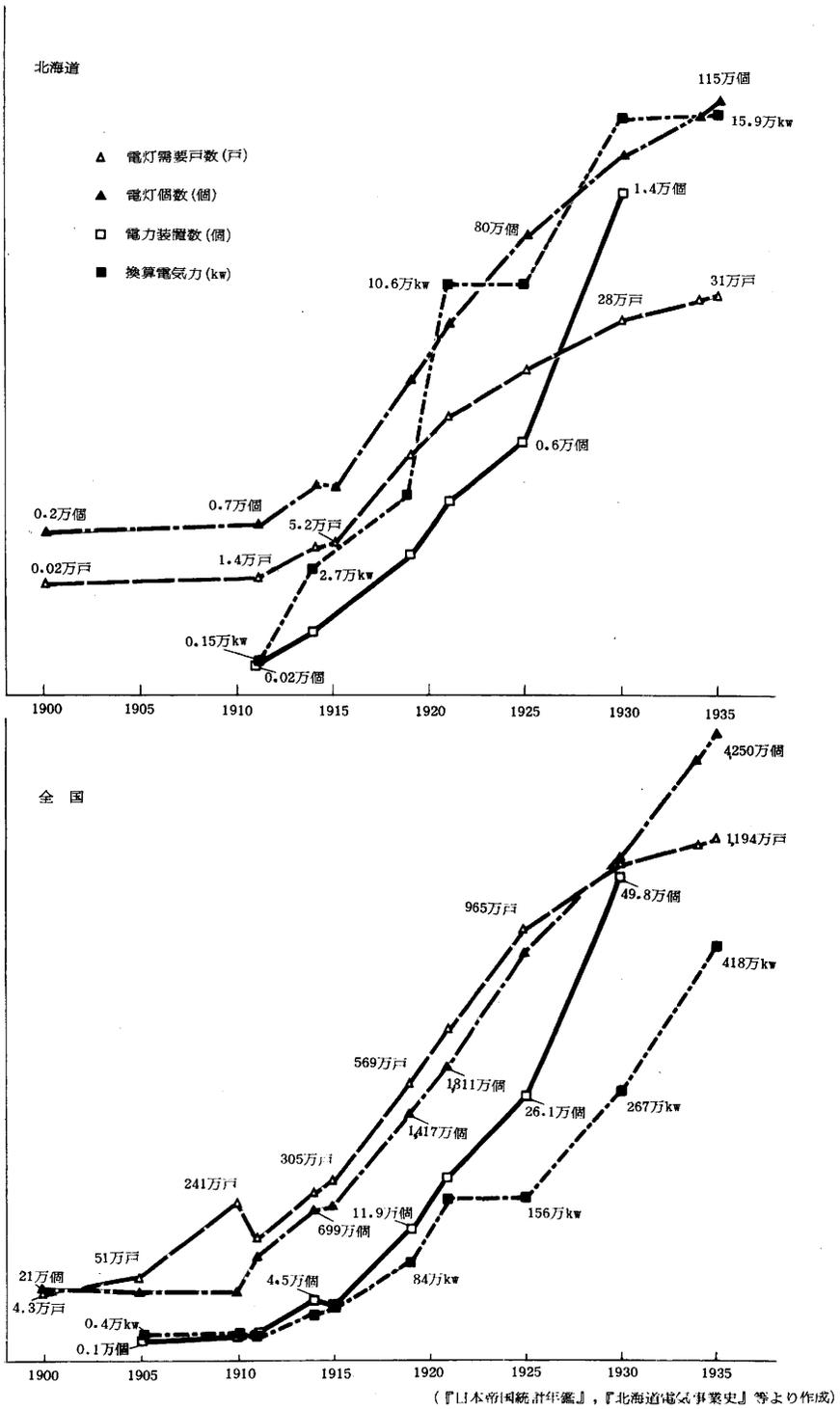
第3図には北海道と全国における電灯、電力需要の推移をまとめた。

第4図は北海道と全国における業種別工場の推移（上段）と業種別従業員数（下段）をそれぞれ構成比の形でグラフにしたものである。また参考までに第4図下段では人口、人口密度ならびに北海道への来住者数の統計を記入しておいた。

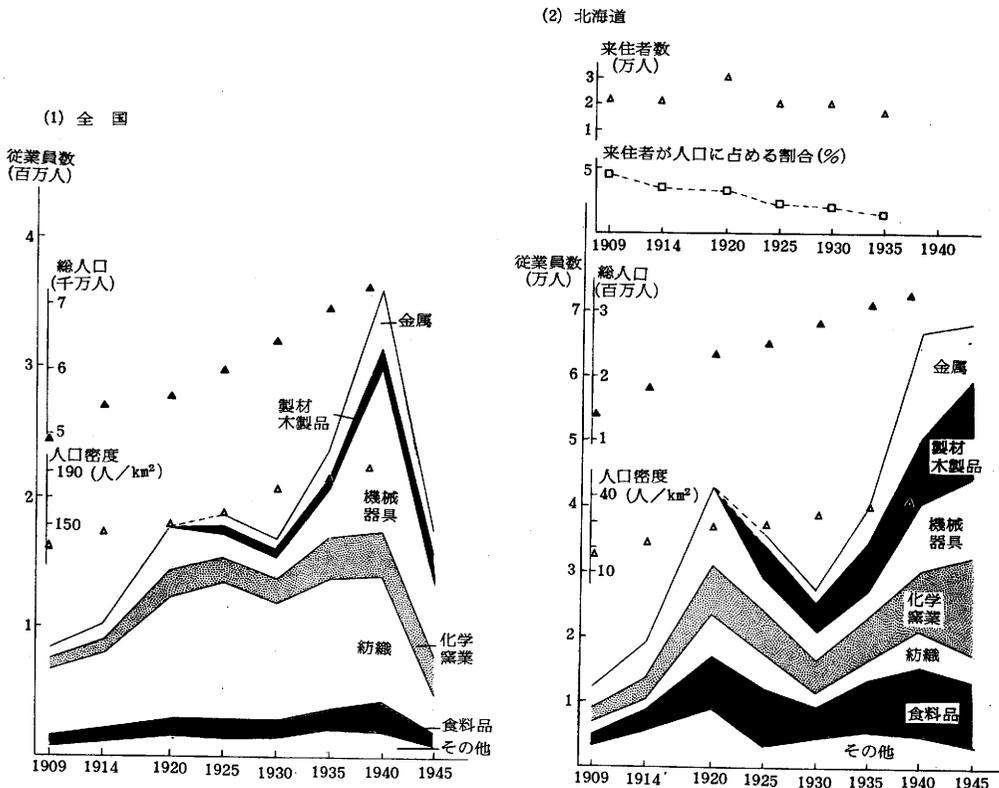
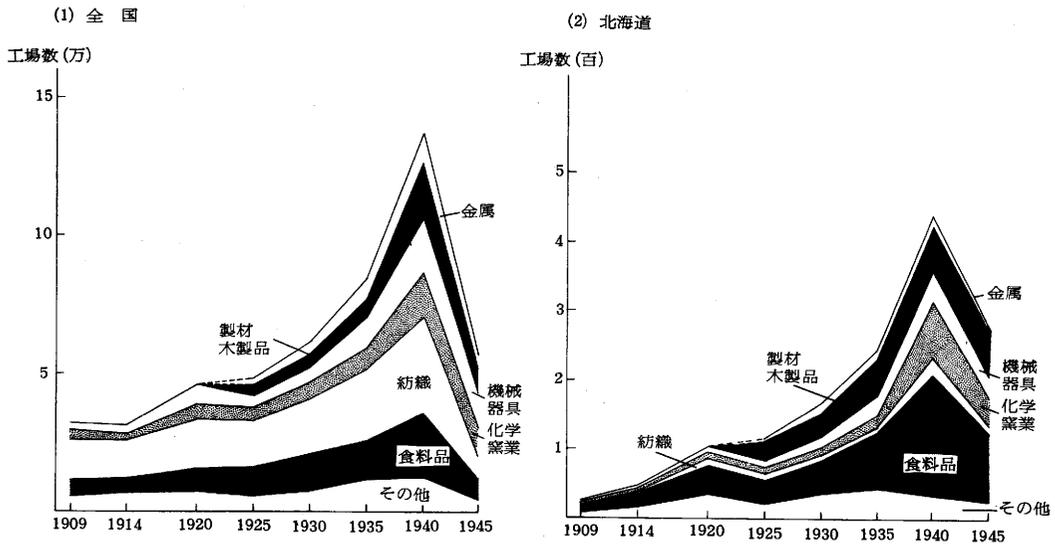
第3図、第4図から北海道も全国的な変化の波はよく類似していることがわかる。当然ながら日本の経済状況を敏感に反映している。北海道における産業構造はよく知られるように「資源生産」にシフトしている。このグラフには石炭部門が入っていないが石炭、製鉄、製紙部門には大資本が進出し、食料生産部門（水産加工、酪農生産）に地元資本が集中する。さらに機械加工部門は大資本の下請部門を構成している。しかもすでにふれたように独占的企業では電源がビルトインされており、電気事業は二重構造の中の軟弱な下部構造の性格を反映することになる。この部分の分析の具体化は今後の課題で基礎データの収集を終えたところである。

第1表は北海道に建設された出力3,000kW以上の発電所の一覧である（1951年12月現在）。第一次臨時発電水力調査の時点からも明らかであったことだが、水力発電所の立地点にめぐまれなかったことが明らかである。最大が雨竜発電所の51,000kWであり、一発電所あたりの平均出力は1万kW弱（水力のみ）なのである。火力発電所の大部分は自家発電所として建設されたものである。

さてこの第3期には特異な条件を内包する北海道にいわゆる電力独占の資本も進出してくる。また王子製紙が千歳川水力の開発を精力的に展開し、富士製紙が工場用電力創出の経験から富士電気を独立させ電気事業へ参入してくる。そして昭和の金融恐慌の中で、すでに各金融資本の支配下におかれた電気事業者と製紙・製鉄・石炭産業の再編劇が展開されるのである。



第3図 北海道における電気事業の推移・全国比較(2)



(『工業統計50年史 資料編1』『日本帝国統計年鑑』より作成)

第4図 業種別工場数推移
業種別従業員数および人口等の推移

第 1 表 発電所一覧（出力 3,000 kW 以上）

① 水力発電所一覧

番号	発電所名	発電所出力 (kW)	周波数 (Hz)	水系・河川名	所在地	有効落差 (m)	運転開始 (年・月)	備考
1	大沼第一	3,410	60	大沼湖・雨齋川	芽部・鹿部村	66.0	1908. 9	
2	千歳第一	18,750	60	石狩川・真狩川	石狩・千歳町	126.0	1910. 9	
3	千歳第三	3,125	60	石狩川・漁川	石狩・千歳町	19.5	1918. 7	
4	野花南	6,000	50	石狩川・空知川	空知・芦別町	19.2	1918. 9	
5	奔茂尻	3,000	50	石狩川・空知川	空知・芦別町	19.4	1919. 10	
6	千歳第四	3,250	50	石狩川・真狩川	石狩・千歳町	17.1	1920. 1	
7	鮑別	7,000	50	釧路川・阿寒川	阿寒・阿寒村	69.8	1920. 9	
8	尻別第一	6,900	60	尻別川・尻別川	後志・狩太村	23.4	1921. 7	
9	磯谷川第一	3,000	60	磯谷川・常路川	茅部・白尻村	190.6	1924. 7	
10	愛別	6,000	60	石狩川・石狩川	上川・愛別村	30.9	1925. 2	
11	蘇牛	3,880	50	釧路川・阿寒川	阿寒・阿寒町	33.0	1925. 12	
12	尻別第二	9,600	60	尻別川・真狩川	後志・狩太村	24.9	1926. 9	
13	一ノ沢	3,000	60	石狩川・豊平川	札幌・豊平町	39.6	1926. 10	
14	安足間	11,964	50	石狩川・石狩川	上川・上川村	45.6	1927. 1	
15	上鮑別	6,000	50	釧路川・阿寒川	阿寒・阿寒村	50.0	1929. 2	
16	上上川	12,000	50	石狩川・石狩川	上川・上川村	72.4	1929. 12	
17	藻岩	12,000	60	石狩川・豊平川	札幌市	97.1	1936. 9	
18	洞布	9,000	50, 60	尻別川・尻別川	磯谷・南利尻村	25.9	1938. 12	
19	洞爺	5,500	50	長流川・長流川	有珠・壮瞥村	43.0	1939. 7	
20	蛇爺	19,500	50	洞爺湖	虻田・虻田町	64.5	1939. 10	
21	比羅夫第二	11,000	?	尻別川・尻別川	虻田・京極村	37.4	1940. 11	
22	巖松	12,600	50	十勝川・十勝川	上川・新得町	41.6	1942. 1	
23	雨龍	51,000	50	石狩川・雨龍川	上川・風連村	139.9	1943. 8	
24	江	18,600	(60)	石狩川・忠別川	上川・東川村	148.8	1945. 8	
25	蘭越	5,700	50	尻別川・尻別川	磯谷・南利尻村	13.0	1951. 10	
26	久保内	7,200	50	長流川・長流川	有珠・壮瞥村	119.4	1951. 12	

1～17は、「電気事業要覧」1932年より作成。18～26は、「わが国の電力設備総観」1952年より作成。ただし、いずれも出力3,000kW以上のものに限定した。

② 火力発電所一覧

番号	発電所名	発電所出力 (kW)	周波数 (Hz)	運転開始 (年・月)	所在地	備考	番号	発電所名	発電所出力 (kW)	周波数 (Hz)	運転開始 (年・月)	所在地	備考
1	夕張炭第一中央	3,000	50	1901. 1	夕張市	1918 廃止	11	輪西第三	8,400	50	1936. 3	室蘭市	
2	亀田	4,000	60	1920. 6	函館市		12	大夕張	3,000	50	1938. 9	夕張市	
3	上磯第一	7,000	60	1923. 2	渡島・上磯町		13	豊里	3,125	50	1925. 5	空知・未平町	？年廃止
4	三井砂川	4,500	50	1923.11	空知・砂川町		14	苫小牧	10,000	60	1940. 1	苫小牧市	
5	日本セメント第三	3,000	60	1924. 4	渡島・上磯町	？年廃止	15	輪西中央	48,000	50	1940. 7	室蘭市	
6	滝ノ沢	9,600	50	1925.12	空知・美唄町		16	国策旭	7,500	50	1940. 7	旭川市	
7	清水沢	49,500	50	1926. 3	夕張市		17	勇弘	3,100	50	1943. 4		
8	御崎	7,000	50	1926.12	室蘭市		18	砂川火力	4,000	50	1949.11	空知・砂川町	
9	札幌火力	7,000	60	1927. 1	札幌市		19	滝川化学	3,000	50	1950. 1	空知・滝川町	
10	江別	50,000	50	1935.12	札幌・江別町		20	東洋高圧砂川第二工場	3,000	50	1950. 4		

「わが国の電力設備総観」1952年より作成。ただし出力3,000kW以上のものに限定。

3. 北海道における電力技術の特質

1) 炭鉱の近代化と電力技術

北海道炭礦汽船株の電気設備の推移を第2表にかかげた。³³⁾

第2表 北海道炭礦汽船株の電気設備の推移

年	事業用電力関係	送電関係	付帯事業用電力関係
1898	幌内礦 直流発電機 7.5 kW		
1900	空知礦 直流発電機 60 kW		
1901	夕張礦 直流発電機 25kW, 12.5kW		
1902	幌内礦 交流発電機 185 kW		
1903	夕張礦 発電所 交流 300kW, 2台		
1907	幌内礦 185 kW		
	空知礦 250 kW		
1908			1908 御崎精米所発電機 70 kW
1909		夕張-万字間 5 km 送電変圧器使用開始, それまで発電電圧 550 V のまま送電	
1910			1910 輪西製材所 75 kW
1913	夕張中央発電所 500kW, 2台 楓発電所 1,000kW		1913 室蘭電灯場を室蘭電灯所に
1915	夕張中央発電所増設 2,000 kW		
1916	夕張中央発電所増設 1,000 kW 幾春別発電所 ?		
1918	富士製紙より受電(最大70 kW)	夕張-真谷地間 18.9 km 22,000V	
1919		夕張-幌内間 20 km 22,000V	
1920			1920 壮警水力発電所 1,200 kW 西紋別水力発電所 ?
1924	滝ノ上水力発電所(竖軸18m) 2,500kW	幌内-幾春別間 8 km 22,000 V	
	北海道電燈より受電	幌内-神威間 46.5 km 22,000 V	
1926	夕張清水沢火力発電所 6,000 kW 室蘭御崎火力発電所 ?	清水沢-夕張間 44,000V	
1928	清水沢火力発電所増設 6,000 kW		
1929		送電線路すべて 44,000V	
1933			1933 室蘭電燈株設立
1934			1934 御崎発電所増設 4,000 kW
1935			1935 洞爺水電組合設立 登別温泉(株)電気部門買収
1938	清水沢火力発電所増設 12,500 kW 清水沢水力発電所 2,000 kW		1938 洞爺水電事業を室蘭電燈に譲渡 御崎発電所増設 6,000 kW
1939	石狩火力発電(株)設立 50,000 kW		1939 洞爺水電組合吸収 虻田発電所 5,500 kW 洞爺発電所 19,500 kW
1942			1942 北海道配電(株)に統合

〔『七十年史』(北海道炭礦汽船株式会社)より作成〕

石炭生産の近代化過程の1つの特徴は運搬、排水、通気部門の機械化が常に採炭部門の機械化に先行するところにある。また動力導入では早くから体系的な水力発電開発を行った金属鉱山とは異なり、³⁴⁾自社の石炭を利用した蒸気力の利用が先行した。

初期の各炭鉱における発電機の設置は「設備の大きな割合に効率低く、採掘区域の拡大に対応し

えない³⁵⁾蒸気動ギーバル型扇風機にかわって「小型で強力な、しかも逆転装置をもつ電動のチャンピオン型³⁶⁾」扇風機を採用したことによる。

一方1908年御崎精米所への発電機設置を契機に室蘭への電灯供給事業を開始するが、これは「北海道という特殊環境への順応と企業リスクの分散を意図し、自給自足を建前として漸次多角経営に移行する³⁷⁾」企業戦略の一環と見ることができる。

炭鉱での電力利用が本格化するのは1913年の夕張中央発電所の建設以降である。第一次大戦下の石炭需要の増大は「堅坑の全盛時代を現出³⁸⁾」させ、それともなうて巻揚機、排水ポンプの導入など急速な機械化が進んだことによる。つまり「人間を頼っても仕方がない³⁹⁾」ほどに労働力確保が困難であった北海道で、九州炭に対抗するには機械化による増産に頼らざるを得なかったわけである。だからこそ送電ロスを少なくする変圧器の使用に加え、負荷に応じた電力配分を可能にする送電線の施設と「発電単価の切り下げ⁴⁰⁾」が徹底的に行われもした。

電力供給が自家用で行われる以上その費用の節約が徹底してなされるのは当然といえるが、第一次大戦後の反動不況とそれに続く昭和恐慌ではより安価な受電に切り替えられるところも出てくる。また自社の石炭を使うとはいえ、当時の火力発電の熱効率の悪さから見れば水力発電所の建設も当然の選択といえる。清水沢火力の新設ともなうて効率の悪い火力発電所は廃止され、夕張中央発電所は予備とし「電力単価を統一的に引下げ⁴¹⁾」ている。夕張発電所の設備は1940年満州東亜興業に払下げられた。

1937年には「もはや鶴嘴掘りの姿はみられなくなった⁴²⁾」といわれるようにこの時代の機械化はようやく採炭部門におよぶ。長壁式採炭法の採用とコール・ピックの導入で、これによって切羽の集約化が進み、総延長7,118mにおよぶ運搬用集団ベルトの設置（第一期1936年、第二期1937年完成）が行われ各坑道から洗炭機まで有機的な連結を実現した。

これを前後して石炭の生産点では共同火力の設立が進められ、一方それまで行われていた供給事業がその生産点と分離され、室蘭電燈のような一般電気供給事業が独立していく。

ところで、先に述べた石炭産業における機械化は全体としてみれば資本集約型でありながらも、もっとも基礎的な採炭部門では依然として労働集約的な状態が続けられている。鶴嘴掘りはいうまでもないがコール・ピックも同様、増産に応じるには人海戦術に頼らざるを得ないのである。明治年代には囚人労働の導入が、大正年代には飯場制度が、戦時体制下においては朝鮮人の導入がなされるのもこうした事情によるものである。1939年から3年間に1万3,018名⁴³⁾、その後の3年間には毎年1万414名、1万3,376名、1万6,940名と合わせて5万3,848名の朝鮮人労働者が「移入」され「総在籍者の50%を占める⁴⁴⁾」に至ったことでもそのことが理解されよう。さらに1942年中国人労働者1,223名が、敗戦間際の1945年6月には「白人」俘虜500名さえ「移入⁴⁵⁾」されたのであった。

2) 近代的製紙工場の進出と発電所建設

未開発森林資源の開発をねらって1902年富士製紙が、また1909年王子製紙が北海道に進出した。前者は地元の北海紙料株を吸収する形でそれを果たし⁴⁶⁾、後者は三井資本をバックに「理想的新工場」を苫小牧に建設した⁴⁷⁾。

富士製紙はいち早くパルプ工場を手に入れ、1908年には江別に製紙工場を完成させて地域一帯の森林をかかえこむ⁴⁸⁾が、工場電化は王子製紙に遅れ、自家用発電所の建設は1917年以降のことに

なる。一方の王子製紙は工場建設と同時に千歳第一発電所を建設し「スチームの力に依らざるを得ざるものを除きては、何も彼も悉く電力の支配を受くる」⁴⁹⁾と評される本格的な工場電化を実現させた。

(1) 千歳第一発電所の建設

千歳第一発電所は1907年5月起工、1909年12月完成し出力1万kW、苫小牧工場まで24km、4万4,000Vの送電が行われた。当時としては東京電燈(株)駒橋発電所(1907年竣工)出力1万5,000kW、75km、5万5,000V送電につぐもので、大容量・遠距離高圧送電のはしりといえる。むろん自家用としてはわが国最初の大容量水力発電所であった。

第3表にこの期の自家用電気事業者の発電力を、また第4表に千歳第一発電所の設備概要を示した。

第3表 自家用電気事業者の発電力 1903年 - 1913年

年	開業数			落成発電力〔kW〕		
	水力	火力	計	水力	火力	計
1903	37	309	346	3,682	10,155	13,837
1904	41	307	348	5,038	12,803	17,835
1905	45	335	380	6,554	14,979	21,533
1906	46	360	406	11,270	18,623	29,893
1907	61	368	429	12,781	24,972	37,753
1908	71	425	496	15,585	33,678	49,263
1909	89	459	548	16,278	41,930	58,206
1910	124	514	638	33,556	49,531	83,087
1911	176	638	814	26,995	60,581	87,576
1912	197	757	954	33,759	69,031	102,790
1913	258	850	1,108	35,444	87,056	122,500

(加藤木重教『日本電気事業史 前編』pp. 624-628)

さて、一般供給事業者は日露戦争後の電力需要の急増をあと追いつける形でロードセンターへの供給を前提に大規模水力開発を行ったものである⁵⁰⁾。ところが一般供給事業者とは違い王子製紙の場合はそもそも電力を消費する工場そのものを発電所に比較的近い所に建設しうる条件をもっていた。したがって工場建設地は「室蘭を距る四十一哩、札幌を距ること七十一哩、鉄道院線が室蘭に向ひ、一折して海岸に出る点にあって、日高、十勝方面交通の坳地」⁵¹⁾苫小牧を選択し、しかも工場総敷地面積16万坪が確保されたのである。そしてそこは発電所水利地点にも近く、天然の貯水池支笏湖を水源とする千歳川という有利な条件を満たしていたのである。さらに支笏湖周辺はトド松、エゾ松の原生林に囲まれた紙料原木の宝庫でもあった。加えて支笏湖から苫小牧までは建設資材はもちろん紙料原木の運搬に利用できる軽便鉄道が北海道炭礦汽船(株)によって施設されてもいたのである。⁵²⁾

ところで1910年7月から1912年3月にかけて通信省臨時発電水力調査局によって実施された

第4表 千歳第一発電所の設備概要（1910年7月現在）

発電所出力	10,000 kW		
有効落差	128 m		
使用水量	3.3 m ³ /秒		
利用河川	石狩川水系, 千歳川, 支笏湖		
(1) 水力土木設備		(2) 電機設備	
堰 堤	位置：支笏湖口より下流 880 m 全長：45m, 高さ 6 m, 堤上流面：黒煉瓦積み 周囲：硬切石, 内部：軟切石	発電機	三相交流同期発電機 3,450 V, 60Hz, 600回転 3,125 KVA GE社製 4台
取水口	ストーンゲート2門 英ゼームス・モリソン社製鋼製扉 巾3.6m, 高さ10.8m, 揚程4.7m	水車	トリプルノズルダブル ランナー型ベルトン 300回転, 4,600馬力 エッシャーウィス社製 4台
放水口	1門, 取水口に同じ	励磁機	直流複巻インターポール式 220 V, 150kW, 1台
溢流門	ストーンゲート 6門 巾3.6m, 高さ6m 鋼製扉 巾3.6m, 高さ0.9m	変圧器	油入水冷式 1次 3,450 V 2次 2万 6,600 V 1,050 KVA 12個
水路	全長 4,262 m 内鉄筋コンクリート管 3,457 m 隧道 807 m	送電線路	特別高圧三相三線式 1回線, 全長 25.6 km
水槽	総面積 165坪		
水圧鉄管	6条（内4条既設） 延長約304 m 上部：芝浦製 下部：独フェラム社製		

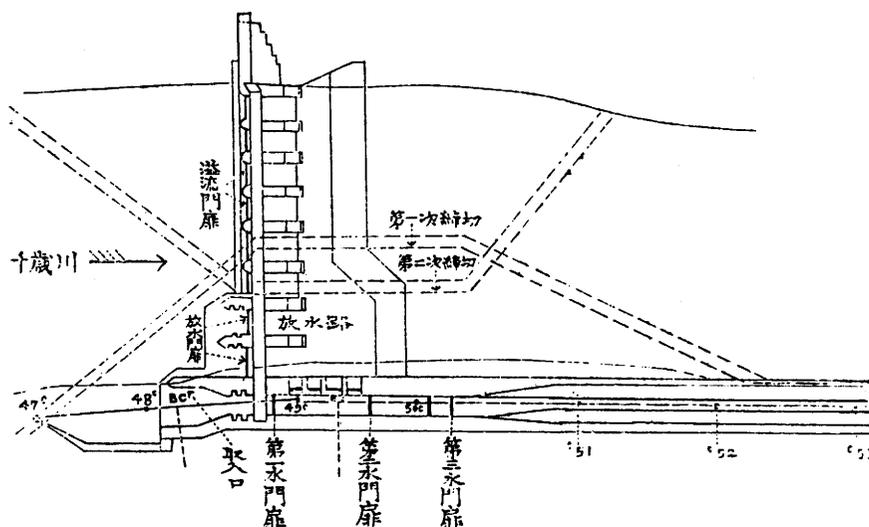
（成田潔英『苫小牧工場建設の思出』等より作成）

第一回発電水力調査報告によれば、北海道内踏査地点数 180, その総出力 20万 4,567 kWが見積られていた⁵³⁾ したがって 1 地点平均出力は約 1,150 kWと小規模な水利地点が多いことが推測された。最大出力地点でも尻別川の水量 18.6 m³, 落差 657 m, 出力 1 万 2,670 kWが見積もられたにすぎない。また千歳川の調査では流域面積 921.6 km², 利用可能面積 248 km²で「良水源地ヲナス」としながらも「上流ニ王子製紙会社ノ発電所アリ猶其レニ続キテ第二発電所ノ水利権ヲ獲得シアレハ他ニ有望ナル地点ナン⁵⁴⁾」と報告され、すでに王子製紙が最適条件をすべて確保してしまっていることを指摘している。

王子製紙の北海道進出は森林資源に加え、「水力電気開発に天恵の好適地⁵⁶⁾」への進出であり、これが三井資本を動かしたともいえる。

一般電気事業者がせいぜい大沼湖にねらいを定めている時代に、電力を消費することを目的とした工場建設をセットで進めた王子製紙の優位性は明らかである。もっとも発電所の立地と工場の立地のみにその優位性が示されたわけではなく、巨大な資本による発電所建設そのものにも、小規

模な地元資本を中心とした一般電気事業者にはなすことのできない優位性をみることができる。たとえば、水土木工事では単なる取水堰堤ではなく、「湖面水位を上げて用水量を平均最小の一倍半乃至二倍にする」⁵⁷⁾設計が取られたことである。第5図に堰堤平面図をかかけておいた。



第5図 千歳第一発電所堰堤平面図

ハイダムの画期とされる大井コンクリート重力式ダム（高さ53.4m、長さ276m）の登場をみるのは1924年のことであるが、ハイダム設計理論の登場前に在来土木技術の延長線上にありながらも、ハイダムにつながる堰堤技術を開発したことは注目に値しよう。

つまり千歳発電所の堰堤工事は「天然岩盤を掘削してコンクリート填充」また「在来地盤を二尺乃至三尺の歯形に掘削しコンクリートを填充」し、堤体下流の河床面は「放水口の処で五十尺其他は二十六尺間を岩盤を二尺通り掘り取り一部は粗石コンクリート打」など洪水、土砂流による破壊力や水流による洗掘、水圧などによる堤体のずれを考慮した近代的な施工法がみられるのである。また土砂流による河床上昇を防ぐため「従来の樋門にては径間小なる為、出水中に流木、塵埃等にて閉塞」⁵⁹⁾する恐れがあるので中約3.6m、高さ約5.5mの「大なる水門」が設けられた。これともなつて従来の木製扉にかわつて鋼鉄製の扉が採用され、「扉の重量を軽く扱ふ為対重を用ひ又水圧に依る扉の摺動部の摩擦抵抗を軽減する為轉子を用ひた」ストーニー・ゲートがわが国ではじめて採用された。⁶⁰⁾このストーニー・ゲートは水位調節用の可動堰としても6門設けられており、規模こそ小さなもので材質、施工法ともに過渡的な技術水準を反映させてはいるが、近代的なダム様式を備えたもので、その後の開発に貴重な経験を残したものと考えられる。工事を請負った大倉土木組は「規模も大きく、技術的にも意義の多かつた」⁶¹⁾工事としてこの千歳工事をあげている。

この時代の土木工事の実体を知り得る資料はあまり残されていないが、土木機械などないに等しかった時代に、まして北海道という自然条件を考えれば、およそその労働内容は過酷を極めただろうことは容易に察せられる。いわゆる「監獄部屋」の発生は逃亡人夫の絶えなかつた北海道にあつ

⁶²⁾たとさえいわれるが、千歳第一発電所の工事に関して次のような話が残されている。

「人夫というのは世間で問題になっている内地から誘拐されて来た者が多く、山方にて使役中も酷使に堪えかねて逃走する者が多いのである。うそかまことか知らぬが、逃亡人夫は他の見せしめのため追跡して捕えた挙句監獄部屋にぶち込んでしまうのが常だという。山方鉄道で行くと方々の山林中にセメントの空樽が山と積んであるのを見るが、それは逃亡人夫が死んだ時に使う棺桶だといわれていたのである」。⁶³⁾もっとも囚人労働の原点は三池炭鉱におけるそれであり、高島炭鉱における非人間的な強制労働システムが存在していたわけだが。

(2) 苦小牧工場における電力利用

製紙工場の生産工程は大きくは紙料製造工程、抄紙工程、仕上工程の3工程に分けられる。第5表にこの3工程にしたがって苦小牧工場の主要な機械設備を示した。この工場は当初から電動機による機械運転を前提に設計され、そのために王子製紙主任技術者の高田直屹は当時王子製紙の顧問技師であった芝浦製作所の岸敬二郎をともなって米国製紙工場の視察調査を行っていた。設置された電動機は56台、合計記名馬力数8,960馬力、その内訳は第6表に示した。また製紙工場における設置電動機馬力数と電化率の推移を第7表に示した。⁶⁴⁾

1910年での8,960馬力の電動機設置は他工場のそれとは比較にならない規模であったことが了解される。なかでもポケットグラインダーの電動機運転実現は米国視察の主要な目的でもあり、GE社や抄紙機製造元のバクレー・シオール社の協力を得て成功したものであった。⁶⁵⁾パルプ・グラインダーは水圧ピストンで短材を砥石に押し付けて碎木して紙料にするもので負荷の変動が激しいのが特徴である。これを750馬力電動機の両側に1台ずつ2台直結して運転し

第5表

苦小牧工場における主要設備一覧

(1910年現在)

調 木 室	原料材引揚及送入装置	7組
	切断用丸鋸装置	2組
	スプリッター及バーカー	14台
	チップパー及チップクラッシャー	各2台
蒸 解 室	蒸解釜（容量10t）	4台
	セントリフューガルポンプ	
	11インチ	1台
	4インチ	1台
	原質輸送装置等	1揃
製 蒸 室	クーリングタンク	2台
	石灰溶解槽、製薬槽	7組
	6インチ、4インチポンプ	各1台
硫 黄 室	硫黄釜	12台
汽 罐 室	宮原水管式汽罐 300 HP	10台
	フューエル式篩炭機	4組
碎 木 室	ポケット・グラインダー	10台
	5トン手動起重機	1台
	三連プランジャー圧力ポンプ	
	180インチ	2台
抄 取 室	蒸解原質流送洗滌装置	1式
	ウェット及デッカーマシン	15台
	8インチポンプ	3台
調 成 室	1,500ポンド入ピーター	16台
	ジョルダン・エンジン	4台
	16インチ乃至3インチポンプ	8台
原質乾燥室	100インチ丸式網抄紙機	1台
抄 紙 室(一)	100インチ長網式抄紙機	2台
	1,000ポンドウエストピーター	1台
	16インチ、4インチポンプ	12台
抄 紙 室(二)	142インチ長網式抄紙機	2台
	1,000ポンドウエストピーター	2台
	16インチ、4インチポンプ	12台
仕 上 室	複式断截機	1台
	巻取クレーン	1組
	圧搾荷造機	1組
	エレベーター	2台
修 繕 室	ロールグラインダー	1台
	ナイフグラインダー	1台
	ミーリングマシン	1台
汽 機 室	18-28インチ不凝単筒汽機	1台
	12-36インチコーリス式	2台
	14-36インチ不凝単筒汽機	2台

『苦小牧工場の思出』pp.83-86より作成

第6表 現在掘付工場電動機の種類及台数

馬力	台数	起動装置の種類		可変速度	定速度	調車		小計馬力
		水	金属			ロープ	ベルト	
750	5		5	5			直結	3,750
350	4		4	4		4		1,400
200	4		1	1	3	3	1	800
150	10	10			10	6	4	1,500
100	4	4			4	4		400
75	7	7			7		7	525
50	2	2			2		2	100
40	3		3		3		3	120
30	6			1	5		6	180
25	1		1		1		直結	25
20	3		3		3		3	60
15	6		6		6		6	90
10	1		1		1		1	10
合計	56							8,960

(『電気之友』明治43年10月15日号, p. 541より作成)

電動機用変圧器の種類及台数

kW	個数	一次電圧(V)	二次電圧(V)	周波数	小計(kW)
30	9	2,000	200	60	270
20	6	2,000	200	60	120
10	12	2,000	200	60	120
7.5	3	2,000	200	60	22.5
合計	30				532.5

第7表 製紙業における電化率の推移

	A 工場数	B 原動機 使用工場	C 総馬力	D 電動機	$\frac{D}{C}$ 電化率	E 汽力	$\frac{E}{C}$ 汽力率	$\frac{D}{E}$
1906年	92	49	10,884	27	0.2	8,473	77.8	0.003
1909年	608	121	31,383	2,478	7.9	10,793	34.4	0.23
1914年	264	168	89,248	25,887	29.0	16,266	18.2	1.59
1919年	736	403	166,905	83,114	49.8	21,256	12.7	3.91
1929年	522	438	224,637	198,203	88.2	-	-	
1937年	744	693	326,728	279,593	85.6			

(上林貞治郎『日本工業電化発達史』より作成)

	電気力	蒸気力		電気力	蒸気力
1905年	—	6,832	1912年	16,064	14,412
1906年	27	8,473	1913年	17,487	16,994
1907年	477	6,431	1914年	25,887	16,266
1908年	1,031	11,487	1915年	28,294	15,205
1909年	2,478	10,793	1916年	26,648	15,639
1910年	11,499	13,834	1917年	45,840	16,926
1911年	13,015	13,674	1918年	52,917	17,666
			1919年	83,114	21,256

（上林貞治郎『日本工業電化発達史』p. 265）

た。電動機は5段変速同期電動機で芝浦製作所製、「当時では世界でも最新式のもの⁶⁶⁾であったという。このポケットグラインダーをのぞけば大半はロープやベルトを使ったグループ運転であった。

王子製紙と芝浦製作所の関係は1902年の東京王子工場の電化時代からあり、1934年にも芝浦製作所は王子製紙向けにマ

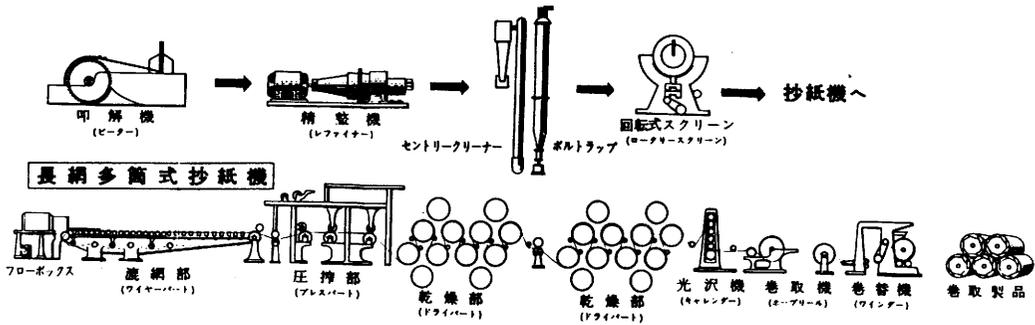
ガジングラインダー用2,600馬力同期電動機2台を製作し、「これによって製紙工業の電気品メーカーとして不動の地位を築く⁶⁷⁾」ことになる。

こうした一方で製紙部門における基本的工程ともいべき抄紙工程の動力は依然としてスチーム・エンジンであったことは注意されてよい。この時代の苫小牧工場には「薬剤を用ひての繊維を蒸解する時と乾燥装置とに蒸気を要することが夥しいのに加えて抄紙機械の動力丈スチーム・エンジンを使用して居るので為めに宮原式水管式汽罐三百馬力のもものが十台も据付け⁶⁸⁾」られていたのである。この宮原式水管式汽罐は1914年以降バブコック汽罐に順次取り替えられることにはなるが、この時代の抄紙機が電動機運転となるのは1940年になってからのことであった。抄紙機の増設では、1925年ウォームスレー社製のものから、セクショナルドライブ方式による電動機運転が行われた。この時の電動機はGE社製である。ちなみに芝浦製作所が抄紙機セクショナルドライブ設備を製作するのは戦後1952年でこれがわが国最初のもものとされている。⁶⁹⁾

こうした点からみれば電化率の向上が主要な生産設備の電化を意味するものでなかったことは明らかである。製紙工場にとって抄紙機こそ主要な設備であってグラインダーなどはそのための紙料を提供するにすぎない。苫小牧工場の電力はこの紙料製造工程で大半は消費されている。一般に紙料製造工程に必要とされる動力は工場全動力の70%とされるが、⁷⁰⁾ここでの動力の特徴は原料木材の運搬、切断、碎木と大きなエネルギー量いいかえれば大出力の電動機を必要とはするが、速度制御などは必要とされない。

ポケットグラインダーのように負荷の変動が激しいものではそれによる力率の低下が問題とはなるが、同期電動機は負荷速度が一定であり「電源設備容量が充分大なる場合には、巻線電圧起動の同期電動機（始動回転力60%、始動電流300%限度）を採用すれば安価で能率良く、工場全体の力率を向上させる⁷¹⁾」ことができる。

一方抄紙機は第6図に示すように漉網部、压榨部、乾燥部、光沢、巻取、巻替と多様な作業工程をもち、各セクション間で、また紙の重量、幅、張力によって回転速度を変える必要がある。しかも「均一なる紙質を得る為2%以上の速度変動は許し難い⁷²⁾」とされる。抄紙機に必要な全エネルギーは決して小さくはないが、ここではそれ以上にそのエネルギーの質、つまり電動機速度制御が重要な問題になるといえる。こうした速度制御がスチーム・エンジンで十分行えたとは信じられないが、後に抄紙機の電動機運転で多用されることになるセクショナル方式によるワードレオナード



第6図

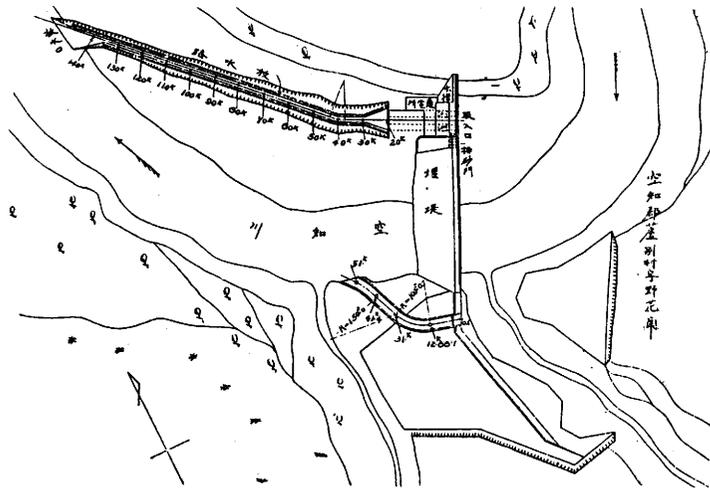
駆動方式の技術的確立（1918年）を見ていない段階では、抄紙機乾燥部や蒸解釜で利用のされられない蒸気によるスチーム・エンジンの採用は当然とも考えられる。

1913年に発表された電気試験所の研究報告によれば、⁷³⁾「製紙工場に於ては其運転は連続的にして各工場多くは昼夜の連続運転をなすものなるを以て電力供給者の供給規則と抵触する所あり故に製紙工場に於ける電力は是等諸点より屢々蒸気力の有利なるを思考せらるゝこと多しと雖も蒸気が生蒸気として必要なるものにして排汽の適当なる利用に非ざる限り電力の利点は為めに減殺せらるゝものに非ざるは明にして適当なる料金を以て給電せらるゝ電力の発展の途充分なるは決して疑ふべきものに非ざるなり」⁷⁴⁾とし、電力利用の利点として運転費の低廉を挙げている。ここで「電力供給者の供給規則と抵触」とあるのは、当時わが国の電気事業は火力発電が中心でその供給のほとんどが電灯にあったため多くが夜間送電のみを行っていたことを指している。東京電燈でも水力による駒橋発電所の運転を開始するまでは昼間の送電を行っていない。このことは電力技術発達の初期において自家用発電所が多く存在した1つの理由といえる。また同時に生産設備に見合った自家用発電設備を創出し得るだけの資本力を持った企業だけがこの時代に「近代的工場」を持つことを許されたとも考えられる。

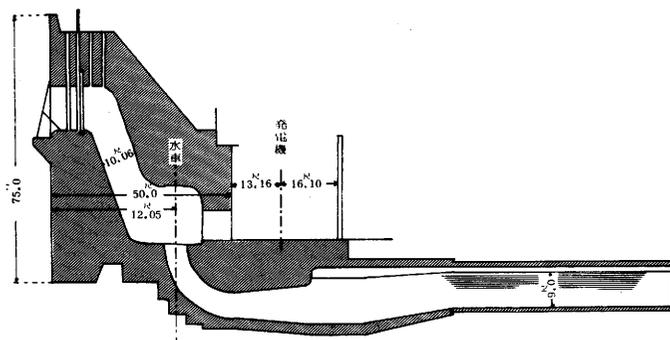
(3) 野花南発電所の建設

富士製紙によって1918年空知川に建設された野花南発電所はきわめて早い時代のダム式発電所⁷⁵⁾として注目される。水路平面図と断面図をそれぞれ第7図、第8図に示した。

ダム式がどういった事情から登場してきたかは興味ある問題であるが、野花南の設計顧問技師森田一雄は当時の電気学会東京支部講演⁷⁶⁾で「普通の場合には或水量を取水口より取入れて、之を水槽に持っ



第7図 野花南発電所堰堤平面図



第8図 野花南発電所堰堤断面図

即水槽即水車室と云ふこととなります、此場合が即ち堰堤式といふものになる⁷⁷⁾とダム式を説明したうえで「勾配少ない川に対して唯一良法⁷⁸⁾と位置づけている。

つまり「低落差のものにありては其水路が長くなればなります程其勾配及摩擦等による損失水頭が全落差に対して割合大きなものになる」が、とくに「川勾配が水路の勾配と大した違ひはないといふ場合」には「全落差が水路の損失によりて零になる⁷⁹⁾ことさえある。したがって川の勾配が少なきときは「普通は千分の一乃至二千分の一のものを五千分の一の水路の勾配を使ふ」必要があるが、その水路が「非常に大きな断面を要する水路」では「工費の点から不可能」だとし、「唯だ堰堤式といふものは斯ういう場合に於きまして総ての要件を解決すべき唯一の方法ではないか⁸⁰⁾というのである。

結果は高さ18m、長さ約160mのコンクリート堰堤が築造され、「上流に及びます背水の終点は約三千六百間約二里程上までズット水を湛へることになり」言いかえれば「水路の長さ約三千六百間、水幅千尺、深さ平均三十尺、其勾配五千八百分の一で、丁度六十尺の深さと幅千尺の水槽を作った⁸¹⁾効果をもち、その貯水量は「一日中の負荷の変化に應ずる位の事は何でもない⁸²⁾と調整池としての役割をも強調している。

ここではダム式発電所が1/360という小さな勾配をもつ空知川の開発を迫られたときに「オープン型」の延長線上に登場したものであったことが理解される。

とはいえ、野花南発電所は富士製紙の自家用として建設されたことを考慮すれば、もっとも建設費のかさむ水路工事を省くことができるという経済的メリットにこそダム式発電所の登場意義があったのである。

堰堤の高さ18mで今日でもハイダム（一般に15m以上をいう）に分類されるが、この高さは平水位をとったものにすぎない。したがって洪水量放流のために左岸150mにわたって溢流面が切り開かれたが、ここには流木路が設けられ、「平水位より増水したる場合は此れを開放し木材を流下せしむ⁸³⁾と雪どけ水を利用した紙料原木の鉄砲流しが行われていたのである。

一方野花南と同時に計画されたその上流奔茂尻発電所でも高さ4mの取水用堰堤に流木路が築かれ、「常時は之に一尺角の角落を施し平水位を保たしむるも必要ある場合には直に之を取外し流材をして支障なからしむ⁸⁴⁾配慮がなされていた。肝心の取水口は堰堤上流200m以上、発電所まで最短距離で導水できる地点に置かれたのである。

て来て更に鉄管を経て水車に達せしむるといふ話になりますが、…（中略）…それから今度は段々落差が減って参りますと段々鉄管も短くなります、其結局は詰りランナーを直接水槽の中に入れて鉄管を省くこととなります（オープン型）、…今度は段々其水路を縮めて行ったと仮定しますれば、水槽と取水口とが段々近くなって来ますし、結局となりますと取水口

結局、富士製紙における水力開発は本来それと拮抗関係にあるはずの紙料原木の流送路を確保したまま進めざるを得ない事情にありながら、一方では、当時すでに大規模一貫生産を行っていた王子に対抗するために低廉豊富な電力を必要としたという矛盾の上にあったものといえる。その結果がダム式発電所の登場に、また奔茂尻での縦軸双輪オープンフランシス水車の採用になって現われたともいえる。また両発電所が1915年から1918年という第一次世界大戦中に建設されたことも水圧鉄管を利用せずにコンクリートで済む設計に影響したとも考えられる。

この発電所の完成後すぐに富士製紙は江別工場でパルプ自給率を高めて、大規模一貫製造を開始するが、一方で電気部門は富士電気株として独立させたことはすでにふれた。⁸⁵⁾

4. 北海道における周波数統一

1946年1月15日、函館地区の50Hz化をもって北海道での周波数統一が完了した。1914年に通信省で組織された「周波数及び配電電圧に関する調査委員会」の審議以来、多くの議論が重ねられてきたにもかかわらず、北海道および北海道より十数年遅れた九州以外では周波数統一は実現されなかった。そこで北海道での周波数統一の経緯を検討しておこう。この問題は北海道電気事業の特徴を映し出す一方、わが国の周波数統一をめぐる問題点を明らかにする一助となるであろうから。

北海道においては1869年の開拓使設置以降、富国強兵政策を支える「天然資源の宝庫」として石炭、金、鉄、木材等の「開発」に重点が置かれてきた。⁸⁶⁾第8表に主要な産業の開業時期を掲げておく。

第8表 初期の産業

工場名	製品	開業年
茅沼炭砵	石炭	元治元年（昭和6年受電自家用）
幌内炭砵	〃	明治13年（明治31年自家発）
夕張炭砵	〃	〃 24年（明治34年自家発）
北海道製麻	製麻	〃 20年（明治22年自家発）
北海道セメント	セメント	〃 23年（明治24年自家発）
大日本麦酒	ビール	〃 20年（明治28年自家発）
三井物産砂川挽材所	製材	〃 36年（明治36年自家発）
函館ドック	造船	〃 37年（明治37年自家発）
新田製渋	製革	〃 40年（大正元年自家発）
富士製紙金山	製紙	〃 41年（明治41年自家発）
輪西製鉄	製鉄	〃 42年（明治42年受電）
王子製紙苫小牧	製紙	〃 43年（明治43年自家発）
札幌製粉会社	製粉	〃 35年（明治36年自家発）
製鋼所	製鋼	〃 42年（明治42年自家発）
富士製紙江別工場	製紙	明治41年（明治41年自家発）
久原鉱業豊羽鉱山	採鉱	大正5年（大正5年自家発）
住友鴻ノ舞	金	〃 7年（大正7年自家発）
富士製紙釧路	製紙	明治34年（明治34年自家発）
北海製糖	製糖	大正10年（大正10年自家発）

すでにみたように人口密度が極端に低く電灯事業成立条件の悪かった北海道においては主要な産業の展開とともに電力設備の導入が行われたといえる。

後に北海道における電力生産設備の骨格をなす大規模な自家用発電所を建設した王子製紙と富士製紙が北海道に進出をはじめた時期から通信省内部には周波数統一の必要性を説く論が出はじめ、やがて大正から第二次大戦前まで数度にわたる周波数統一問題が国家的規模でも議論されていった。⁸⁷⁾しかしそうした議論の枠外で二大製紙会社は自社に適合する電力設備を建設し、それを電気事業一般へと移行させていったのである。

1) 二大製紙会社の電気事業

東京電燈の駒橋発電所とならぶ規模

（『北海道電気事業史』p.3より）

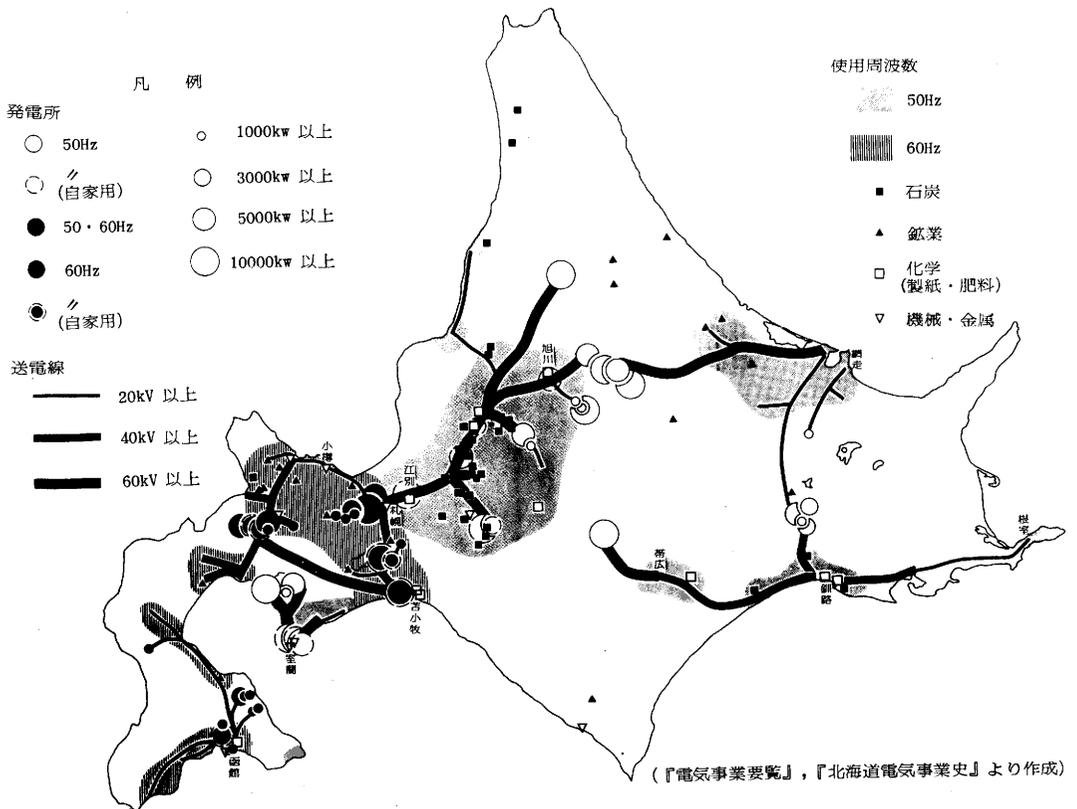
をもつ千歳第一発電所（運開時出力10,000kW，60 Hz）を建設した王子製紙はその電力を用いて、運開の翌年（1911年）苫小牧村へ電力供給事業を開始した。その後王子は次々に自家発電所を建設する一方で小樽・札幌方面へ電気供給区域を広げていった。

札幌地区への電気供給は1926年に札幌水力を合併したことから始まるが、札幌地区の電気供給事業を統合する前提で設立していた北海水力電気に札幌事業所の事業を譲渡すると同時に、同社の取締役や主任技術者などに王子関係者を投入したことでその位置を確固たるものにしたのである。北海水力電気を「子会社」とすることによって王子はその電気事業を独立させ、小樽から札幌、苫小牧にかけての電気事業の主導権をにぎったのであった。こうしてこれらの地域の周波数は王子が自家発電所の設備に採用していた60 Hz となっていくたのである。

一方1908年に完成した富士製紙の江別工場では1914年から7年間王子製紙から60 Hz の電力400kWを受電していた。しかしその間に富士もまた発電所建設をすすめ、電気事業にのりだしていった。

まず50 Hz，出力2,000 kWの火力発電所を建設する一方、やはり自家用施設として1916年に出力5,100 kWの野花南発電所の建設工事に着手した。翌年1月には忠別川発電所を有する旭川電気を合併、12月には野花南発電所による準用電気事業の認可を受けている。

王子製紙から受電していた電力が60 Hz であり、合併した旭川電気の設備も60 Hz であったにも



第9図 周波数統一前の電力系統と周波数分布(1942年現在)

かかわらず、富士製紙が50 Hz の設備を採用したことは興味深い。50 Hz は当時、北海道炭礦汽船系の室蘭電燈の管区、夕張地方の炭鉱の自家発電、函館の一部で比較的小規模に使われていた程度であった。富士がこの時50 Hz を採用した理由は不明であるが、結局このことが北海道の周波数を二分していくことになったのである。

富士製紙は1919年に江別工場の準用電気事業を独立させて富士電気を創立した。そして1941年までに20の電気事業者を買収あるいは合併して道東・道北地方を傘下に収めたのである。したがってこれらの地域の周波数は50 Hz に統一された。

第9図に周波数統一⁸⁸⁾直前の電力系統と周波数分布を掲げておく。北海道での50・60 Hz 並用は二大製紙会社の自家発電所から出発した電気事業の特徴といえるのである。

2) 産金助成制度の廃止と周波数統一

北海道を50「サイクル」で統一するという方針はすでに1925年12月に電気委員会によってだされていた。北海道の50 Hz 化は、その後50 Hz に統一された満州や朝鮮に地理的に近いため軍事政策上からもさらに強く要求されていったと考えられる。

北海道の周波数統一は、実際には三菱鉱業手稲鉱山(金山)の電源問題に始まった。1935年、地元の北海水力電気が60 Hz であるにもかかわらずこの金山の施設が50 Hz 設備で認可されたのである。北海水力電気はこの大口需要を確保するために、当時工事中であった藻岩発電所(12,000kW 60 Hz で計画)の水車速度を落すことによって50 Hz 電力を供給したのであった。これを皮切りに北海水力電気は漸次50 Hz 化をすすめていくようになった。

一方、このような状況の中で王子製紙は1937年10月に千歳第四発電所から小樽変電所までの送電設備を北海水力電気と日本発送電に譲渡して自家発電所を一般供給事業から切り離し、周波数統一問題の波及を回避したのであった。

全国的な電力国家管理政策の一環として札幌通信局に周波数統一委員会が設けられたのは1940年であった。そこで提出された実施案の⁸⁹⁾大要を以下に示す。

昭和17年度実施

- 札幌市の豊平、円山変電所区域
- 小樽市の小樽変電所区域
- 虻田村豊浦村(虻田発電所から供給)

昭和18年度実施

- 17年度実施の札幌・小樽の残分
- 札幌市の藻岩発電所直配区域
- 大江、古平、余市変電所区域
- 日鉱豊羽山鉱山

昭和19年度実施

- 札幌市の元村変電所、札幌火力発電所直配区域
- 小樽市の長橋変電所区域
- 花畔、八ノ沢、手稲変電所区域
- 赤井川、作開変電所区域

昭和20年度実施

北海水力電気の残区域

昭和21年度実施（二次計画）

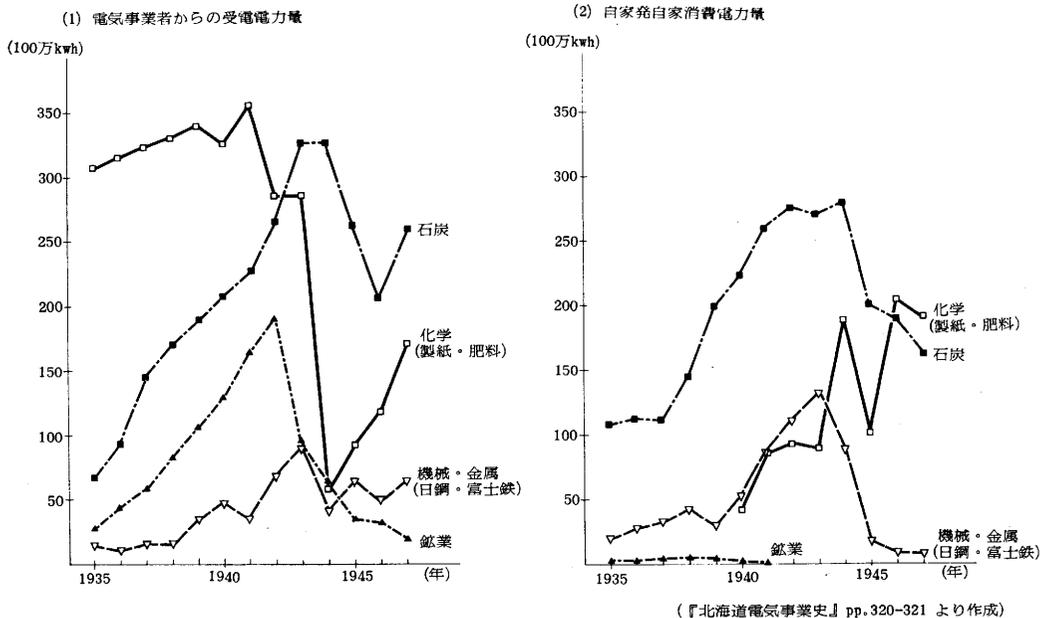
函館地区

また周波数変更にとまなう需要者側の改造費用は約18万円と見積られ、供給事業者の責任において行われることが決められた。

60 Hz 区域の電力の大口需要者は第9図の産業分布からみて王子製紙と鉱業部門であるが、周波数改変に直接関係するのは自家発電所をほとんどもっていない鉱業部門だけであった（第10図⁹⁰）。しかし設備の改造費用の問題に資材入手の困難が加わり、周波数の改変はほとんどすすめられなかったのが実状であった。

そうこうするうちに1943年、戦局の悪化にともない産金助成制度の廃止が決まったのである。これによって金山はほとんど閉山に追い込まれ、即戦力にならない鉱業部門は衰退し、第10図(1)にみられるようにその電力需要は激減したのであった。こうして周波数統一を妨げていた大きな「障害」が取り除かれた結果、統一は完了したのであった。

以上のことから北海道の周波数統一は政府の指導や企業の協力のもとに行われてきたのではなく、周波数の問題の波及を回避するために王子製紙が一般供給事業から自家発電所を切り離したこと、王子以外に60 Hz 電力を用いる大口需要先が国の一時的な戦時政策によって盛衰をみた金山等の鉱山開発にあったこと、さらに電気動力を必要とする産業の発達が停滞していたこと等、もっぱら北



第10図 業種別電力需要量推移

注：昭和18年(1943年)までは王子製紙は供給事業扱。

海道独特の「開発」事情によっていたといえるのである。

5 おわりに

小論では北海道の電気事業と電力技術の歴史的特徴や性格を全国のそれと比較してきた。

いうまでもなく電力技術は単に電気技術の発展に負うばかりでなく、一方では土木建築技術、水利技術を介して深く地理的・気候的な自然条件と交錯する。また送配電技術を媒介にして電力消費部門（生産手段生産部門ならびに消費資料生産部門）の複雑な性格の反映を受ける。したがって電力の生産技術を特徴づけるものは単に電力の生産設備でないことも明らかである。特に自家発電を軸に展開した製紙部門における電化過程、石炭部門での電化過程の検討はこうした視点で全国的な状況を見直す必要を示したと考える。

北海道の特殊性はまた水力発電所工事の状況の中にもあらわれていた。ここでは全てを摘出することはできなかったが、今夏に行われた北海道電力調査の一部分の概略を報告する形となった。北海道の調査に献身的に協力してくれた理学部大学院生富沢容子、同研究生大貫洋美、同研究生中村新二、理学部四年生の堤祐二郎、池田耕、菅家誠の諸君に記して感謝する。また本稿作成にあたって統計表の整理・作成等に協力してくれた池田耕、富沢容子の諸君には重ねてお礼申しあげる。

なお小論は昭和63年度文部省科研費（一般研究B）助成金の一部を活用したものである。

注

- 1) 井原 聰「電気ふるさとを訪ねて」（『新電気』オーム社、1975. 7～76. 3）
井原 聰・高橋智子・相田千恵美他「でんきのふるさと」（『新電気』オーム社、1980. 4～1986. 11）
井原 聰「明治初期電力技術の特質」（『現代技術評論』現代技術評論社、1976. 5）
井原 聰「電力技術の歴史的検討と技術記念物」（『昭和56年度産業技術の歴史的展開調査』財日本科学技術振興財団、1982. 3）
井原 聰「日本の電機工業の成立と電気技術の史的展開」（『昭和57年度産業技術の歴史的展開調査』財日本科学技術振興財団、1983. 3）
井原 聰・沢田克彦・高橋智子・滝 昌夫・小久貫 登「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』第16号、茨城大学教養部、1984）
井原 聰・高橋智子・岩田 廉・小久貫 登「わが国の電力技術史の特質について(2)」（同上第17号、1985）
岩田 廉・井原 聰「日本における電気化学工業の成立と電気技術」（同上第17号、1985）
高橋智子「日本の電力技術の歴史と技術記念物」（『金属』アグネ社、1988. 12. 刊行予定）
- 2) 茅炭炭化礦業株式会社、「開礦百年史」（1956）、pp. 3～6.
- 3) 村上 勉、津別町の津別建設株式会社専務取締役、先代から土建業を営み津別発電所建設にかかわり、現在は水路補修などを北海道電力株から請負っている。1988年6月23日同社でヒアリング。
- 4) 『電気事業要覧各年度版』（通信省）および『電気年鑑』（各年度版、電気の友社）その他から検出、この詳細は1989年3月の報告書印刷の折資料として掲載予定。

- 5) 北海道電気事業史編纂委員会『北海道電気事業史』（北海道電気協会，1978.11）pp.13-14.
- 6) 同上書 p.14.
- 7) 同上書 pp.14-16.
- 8) 加藤木重教「紀行-北海道の電気」『電気の友』第154号，明治37年5月，p.339.
- 9) 5) のp.14.
- 10) 5) のp.15.
- 11) 井原 聰「日本の電機工業の成立と電気技術の史的展開」pp.142-149.
- 12) 8) に同じ.
- 13) 8) p.338.
- 14) P. Vajda, "Wechselstrom oder Gleichstrom?", 'NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss. Technik' Med., 9 (1972) 1, SS. 49-55.
- 15) 井原 他「わが国の電力技術史の特質について(1)」, p.114.
- 16) 通信省『電気事業要覧』（大正5年版）より算出.
- 17) 8) のp.339.
- 18) 豊崎稔・近藤亮吉「我国電気生産の発達過程上」, 『社会政策時報』1942.7., pp.44-48.
- 19) 前田武四郎「北海道電燈の景況」, 『電気学会雑誌』第89号，明治28年12月，p.252.
- 20) 8) のp.342.
- 21) 5) のp.21. によれば開業は1895年1月10日とされている。この部分は前田武四郎の学会講演によるので官庁届出と差違があるのであろう。
- 22) 19) のp.254.
- 23) 19) のp.257.
- 24) 5) のp.32.
- 25) 「質疑応答」, 『電気学会雑誌』第89号，明治28年12月，p.266.
- 26) 5) のp.43.
- 27) 『電気事業要覧』（大正元年版）注5) のp.43によるとかなりの相違がある。手元に明治40年版がないので確認できないが、『北海道電気事業史』のように水車が日立製というのはおかしい。日立製作所の誕生が1911年であり，その前身の修理工場ですら1908年のことである。
- 28) 高橋智子「でんきのふるさと-小規模電気事業者の離合集散」, 『新電気』39巻16号，1985年12月オーム社，井原 聰「でんきのふるさと-四国電気事業のはじまり」, 同上40巻11号，1986年8月.
- 29) 5) のp.44.
- 30) 5) のp.16. しかし『わが国の電力設備総観』（公益事業委員会，1952年）によれば1909年2月とある。また『郷土定山溪』（北出俊夫・町立定山溪小学校，1954年6月）p.94. には1909年とある。もっとも『北海道電気事業史』の中心的執筆者湯口勇は1949年まで札幌通商産業局（電力部施設課長）に在職し，北海道電気協会専務理事に就任してから『電力情報』（同協会）に執筆した経緯からも，資料・典拠が示されていないものの多くを教えられ信頼性も高い一面がある。おそらく一組の水車・発電機が竣工し試運転をなした日が1907年5月1日なのではなかろうか。
- 31) 『電気事業要覧』（大正元年版）.
- 32) 同上，工期がⅡ期にわたりⅠ期工事はこの半分の設備で1909年4月2日に，Ⅱ期は1911年7月26日使

用認可を受けている、と『北海道電気事業史』にある。

- 33) この表は北海道炭礦汽船株の『七十年史』（1958年）より作成した。栗原東洋編、『現代日本産業発達史Ⅲ 電力』（交詢社、1964年）の189ページ表176に「北炭における電化の進展状況」（出所『北炭社史』192ページ）があるが、そこで昭和年代とされている送電線建設、滝の上発電所建設は大正年代の間違いと考えられる。
- 34) 井原他、「わが国の電力技術史の特質について(1)」, pp. 116-118.
- 35) 北海道炭礦汽船株, 『七十年史』, p. 621.
- 36) 同上。
- 37) 同上書, まえがき。
- 38) 同上書, p. 579.
- 39) 同上書, p. 164.
- 40) 同上書, p. 126.
- 41) 同上書, p. 146.
- 42) 同上書, p. 596.
- 43) 同上書, p. 174. ここでの記述によれば全国に「移入」された朝鮮人の合計は14万7,136名その内6割の9万1,809名が各炭鉱に「移入」された。
- 44) 同上書, p. 202.
- 45) 同上書, pp. 203-205.
- 46) 鈴木尚夫編, 『現代日本産業発達史Ⅻ 紙・パルプ』, 交詢社, 1967年, p. 164.
- 47) 成田潔英, 『王子製紙社史』第二巻, 1957年, p. 183.
- 48) 46), p. 172.
- 49) 加藤木重教, 『日本電気事業発達史』後編, p. 1153.
- 50) 井原他, 「わが国の電力技術史の特質について(1)」, p. 121.
- 51) 高柳 勤, 「王子製紙会社苦小牧水力電気事業概況」, 『電気之友』, 第265号, 明治43年10月15日号, p. 529.
- 52) 47), pp. 188-203.
- 53) 逓信省, 『発電水力調査書』, 第二巻, 1914年, pp. 1-105.
- 54) 同上書, p. 50.
- 55) 同上書, pp. 66-67.
- 56) 成田潔英編, 『苦小牧工場建設の思出』, 丸善出版, 1949年, p. 3.
- 57) 51), p. 530.
- 58) 51), pp. 530-531.
- 59) 日本工学会編, 『明治工業史 土木篇』, 丸善出版, 1929年, p. 770.
- 60) 同上。
- 61) 社史発刊準備委員会編, 『大成建設社史』, 1963年, p. 170.
- 62) 土木工業協会他編, 『日本土木建設業史』, 技報堂, 1971年, p. 587.
- 63) 56), p. 55.
- 64) 上林貞次郎, 『日本工業電化発達史』, 伊藤書店, 1943年, pp. 238-277.

- 65) 成田潔英, 『洋紙業を築いた人々』（非売品）, 1952年, p. 104.
- 66) 『東京芝浦電気株式会社八十五年史』, 1963年, p. 643.
- 67) 同上.
- 68) 51), p. 541.
- 69) 66), p. 643.
- 70) 『本邦における最近の電気工学』, p. 308.
- 71) 同上, p. 308.
- 72) 同上, p. 311.
- 73) 電気試験所第三部『我国に於ける各種工業用動力と電気の利用に就て』, 工業雑誌社, 1913年.
- 74) 同上, p. 72.
- 75) 『北海道電気事業史』によれば「日本一早いダム式発電所」(p. 166) とされているが, 森田は「此堰堤式といふものに就ては, 内地に在りては余り大きい水力に採用した例がございませぬ」(注76), p. 320) とある.
- 76) 森田一雄, 「北海道空知川野花南及奔茂尻水力発電工事に就て」, 『電気学会雑誌』, vol. 39, No. 371, 1919年6月, pp. 315-328.
- 77) 同上, p. 316.
- 78) 同上, p. 317.
- 79) 同上, pp. 316-317.
- 80) 同上, p. 317.
- 81) 同上, p. 317.
- 82) 同上, p. 321.
- 83) 森田一雄, 「野花南発電所工事」, 『電気之友』, No. 467, 1919年3月15日号, p. 430.
- 84) 森田一雄, 「奔茂尻発電所工事」, 『電気之友』, No. 468, 1919年4月1日号, p. 506.
- 85) 46), p. 166.
- 86) 5) p. 3.
- 87) 井原他, 「わが国の電力技術史の特質について(2)」, pp. 93-99.
- 88) 『電気事業要覧』, 『北海道電気事業史』より作成.
- 89) 5) pp. 265-266.
- 90) 同上書, pp. 320-321より作成.