

童話「月夜のでんしんばしら」の工学的考察

加島 篤

The Engineering Consideration on Kenji Miyazawa's "The Telegraphpoles on a Moonlit Night"

Atsushi KAJIMA

Keywords: history of electrical technology, utility pole, railway signaling system

1. はじめに

宮沢賢治の童話『月夜のでんしんばしら』は、1924(大正13)年に刊行された童話集『イーハトヴ童話 注文の多い料理店』に収録された9つの短編の1つで、月夜の晩に線路脇の小径を歩いていた少年が、行軍する電柱の列や電気総長と名乗る電気の精霊と遭遇するファンタジーである。賢治は、『注文の多い料理店』の広告チラシの中でこの作品を「うるこぐもと鉛色の月の光、九月のイーハトヴの鉄道線路の内想です」と紹介し、1921年(大正10)年9月(賢治25歳)の創作と記している¹⁾。同年1月、賢治は父に無断で花巻から上京し、筆耕の仕事に就きながら日蓮宗の街頭布教や奉仕活動をしていた。8月に妹トシ病気の報を受けて帰郷すると、12月には稗貫郡立稗貫農学校(後の県立花巻農学校)教諭に就任している。

これまで本作品は、東北地方における電気事業の急速な発展を背景に賢治の電気技術や鉄道への関心の高さを示す作品²⁾として、また作者自身の幻想体験と新文明である電気に戸惑う人々の逸話を再構成した作品³⁾として論評されている。一方、電柱や鉄道信号の詳細な描写や電気総長のイメージについて、工学的見地から考察した例は少ないと考えられる。本報では、当時の鉄道システムや電気技術に基づいて作品世界を詳細に検証し、この作品が誕生した状況について新たな解釈を試みる。また、賢治が生きた時代の岩手県内の電気事業や、大きな関心を寄せていた電気化学工業、訪問した水力発電所の設備などを調べ、彼の詩や童話に繰り返し現れる電氣的なイメージの源泉について考察する。

賢治の作品からの引用は、主として「新修 宮沢賢治全集(筑摩書房刊)」¹⁾に依った。引用箇所には段落番号を付け、『月夜のでんしんばしら』以外は作品名を記した。また、本文では「でんしんばしら(電柱)」を電柱、「シグナル」を信号機、「停車場」を駅に呼称を統一した。国立国会図書館・近代デジタルライブラリーに収められた明治・大正期の鉄道・電気通信関係の文献からも、多くの引用をさせて頂いた。文献から引用した図については、オリジナルを基本として新たな情報を書き加えた。

2. 作品の背景

2.1 舞台は東北本線

未完成ながら賢治童話の代表作とされる『銀河鉄道の夜』で、ジョバンニとカムパネルラが乗り込む列車は、JR釜石線の前身である岩手軽便鉄道がモデルと言われている。軌間762mmの同鉄道は、岩手県稗貫郡花巻町から上閉伊郡遠野町を経て同郡上郷村仙人峠(杓掛)までの65.4kmを結び、1915(大正4)年に全通した⁴⁾。岩手軽便鉄道の花巻駅は東北本線(鉄道省)の花巻駅の南東に隣接しており、1926(大正12)年に岩手毎日新聞に掲載された賢治の短編

童話『シグナルとシグナレス』では、東北本線の信号機(シグナル)と岩手軽便鉄道の信号機(シグナレス)の恋物語が描かれている。

では、『月夜のでんしんばしら』の舞台はどの路線であろうか。創作された大正10年には、花巻電気軌道(軌間762mmの路面電車、後の花巻電鉄鉛線)も花巻―松倉間で部分開業していた⁵⁾。しかし、作品の終盤に蒸気機関車が牽引する夜行列車が線路上を轟進する場面があり、花巻電気軌道は該当しない。また、物語の序盤には次のような一節がある。

(とつぜん、右手のシグナルばしら、がたんとからだをゆすぶつて、上の白い横木を斜めに下の方へぶらさげました。これはべつだん不思議でもなんでもありません。つまりシグナルがさがったというだけのことです。一晩に十四回もあることなのです。)[1]

当時の鉄道信号の主役は機械式の腕木式信号機(mechanical semaphore signal)で、昼間は細長い腕木の動きで、夜間はランプに取り付けた色付きレンズ(眼鏡)を切り換えて列車に停止や進行を現示(運転士に指示すること)していた。赤や緑の電球が自動で点滅する電気式の色灯式信号機が普及するのは、1925(大正14)年以降である⁶⁾。一つの腕木式信号機が14回作動するには、同一方向の列車14本の通過が必要で、輸送量の少ない軽便鉄道で夜間にこれほどの列車があるとは考えにくい。よって、物語の舞台は東北本線である可能性が高い。

東北本線は、日本鉄道(日本初の蒸気動力による私設鉄道)が東北地方の開発を目的に敷設した路線で、1891(明治24)年に上野―青森間455哩66鎖マイルチェーン(約733.6km)が全通している⁷⁾。1906(明治39)年公布の鉄道国有法により国有化されたが、首都圏など一部区間を除いて昭和30年代まで単線非電化であった。花巻―盛岡間の複線化が完成したのは1964(昭和39)年、翌年に仙台―盛岡間が交流電化されている。写真1は、青森県の浅虫駅(現・浅虫温泉駅)付近の東北本線を撮影した古い絵葉書⁸⁾である。列車進

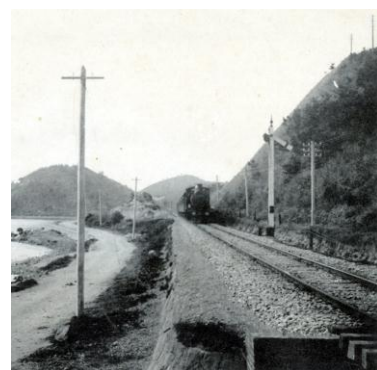


写真1 青森県浅虫海岸付近の東北本線と腕木式信号機⁸⁾

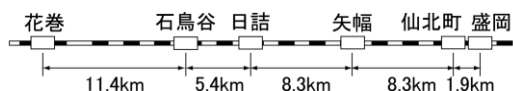


図1 大正9年の東北本線花巻—盛岡間と駅間距離

行方向の左側に腕木式信号機と3本腕木の電柱の列が、斜面の上には5本腕木の電柱も見える。一方、海岸沿いに立つ電柱の列は、電力会社の低圧配電線と考えられる。

2.2 夜歩きの記憶

1909(明治42)年、賢治は旧制盛岡中学校に入学。その後盛岡高等農林学校へ進学し、卒業後は同校研修生として1920(大正9)年まで盛岡市内の学寮や下宿で生活した。盛岡から実家のある花巻川口町まで、汽車に乗らず夜通し歩いて帰ることも多かったという。昼夜を問わず手帳片手に歩きながら詩作を行う習慣は、この時代に始まったと伝えられている⁹⁾。農学校の教員時代も、賢治は観劇のため汽車で盛岡へ行くことと帰りは節約のため夜通し歩き、石鳥谷の駅舎で仮眠をとってから農学校に向かっていたという証言もある¹⁰⁾。

図1は『月夜のでんしんばしら』が創作された1921(大正9)年頃の東北本線花巻—盛岡間35.3kmの路線図¹¹⁾で、盛岡駅から賢治が仮眠をとった石鳥谷駅まで約24kmである。大正初期の地形図^{12,13,14)}を見ると、この区間にトンネルや長い鉄橋はなく、直線的な築堤が田園地帯を貫いている。線路の東には仙台と函館を結ぶ松前道(旧国道4号線)が走っているが、当時は未舗装で街灯もなく、集落の明かりも頼りにならなかったはずである。月明かりの夜は、カーブや起伏の少ない線路沿いを駅の灯りを目印に歩く方が、はるかに効率的だったであろう。その夜歩きの記憶が、『月夜のでんしんばしら』の創作に繋がった可能性がある。

3. 鉄道システムと光の記憶

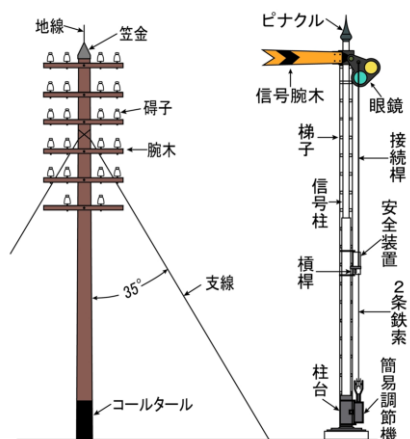
3.1 腕木式信号機と駅的光

段落[1]で信号機の作動を目撃する直前、主人公の恭一少年は幻想的な光景を目にしている。

〈もう向ふに駐車場のあたりがきれいに見えるよこまできました。ぼつんとしたまっ赤なあたりや、硫黄のほのほのようにぼつとした紫いろのあたりやらで、眼をほそくしてみると、まるで大きなお城があるやうにおもはれるのです。〉[2]

これから、恭一は駅を遠望する地点に立っていたと推測される。

一定の場所に設置して列車に停止や進行を現示する常置信号機は、目的により「場内」、「出発」、「閉塞」、「遠方」等に分類されるが、駅から離れた位置に設置されるのは「閉塞」、「遠方」の両信号機である。この内、閉塞信号機は列車運行間隔の短い稠密輸送路線用の信号機で、当時の鉄道省では東京近郊の電車線にのみ設置されていた。よって、作品に登場する信号機は、遠方信号機(distance signal)と考えられる。同信号機は、駅構内への進入の可否を指示する場内信号機(主信号機)に連動する従属信号機で、場内信号機から200m以上手前に建植され、その現示を予告して乗務

図2 鉄道通信線用電柱と腕木式遠方信号機^{15, 24)}

員に注意を促す役割を持つ。遠方信号機の構造を図2に示す¹⁵⁾。信号機は駅構内に置かれた信号梃子(てこ)と二重の鉄索で結ばれ、梃子の機械力で腕木と眼鏡を動かす。昼間は腕木を水平にした「定位」で「注意」、腕木を斜め45°に下げた「反位」で「進行」を、夜間は橙黄色の灯火で「注意」、緑色で「進行」を現示する。基礎面(地表面)から水平にした腕木までの標準高は7.4mである。矢管型の腕木は、表面を橙黄色(大正10年の改正以前は赤色⁶⁾)に背面を白色に塗られ、両面とも黒色の線が引かれている。段落[1]に描かれた「白い横木」は、背面から見た腕木のイメージであろう。『シグナルとシグナレス』にも、信号機が「白い腕木を上げる」という表現が見られる。

写真1のように、初期の信号機は信号柱や腕木が木製であったが、明治後期から耐久性の高い鋼鉄製の信号柱と鉄板珞璃引きの腕木に置き換えられていった¹⁶⁾。『シグナルとシグナレス』には、軽便鉄道の木製信号機が本線の金属製信号機を羨む場面がある。

〈でもあなたは金でできてるでせう。新式でせう。〉[3]

(『シグナルとシグナレス』)

東北本線の花巻周辺でも、大正後期には金属製の信号機が普及していたと推定される。

ここで、恭一が目指していた駅を、単線区間で上下列車の行き違い(列車交換)を行う交換駅と仮定すると、段落[2]の記述は次のように解釈できる。図3に示すように、交換駅の駅端には発条分岐器と場内信号機が設置されている。従って、遠方信号の位置から駅方向を眺めた場合、ホームの手前にある場内信号機の灯火と、分岐器(ポイント)を操作する転轍機の標識灯が見える。夜間、場内信号

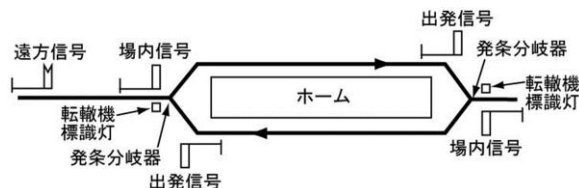


図3 島状ホームの交換駅と分岐器および信号機の配置

機は列車が接近するまで赤色の「停止」を現示し、駅長が「進行」を許可すると緑色に変わり、列車がホームに停車するとまた赤色に戻る。一方、図4に示す転轍機の標識灯は、通常の進行方向にポイントが開いた「定位」で淡紫色、ポイントが逆に開いた「反位」で濃橙色に発光する^{15,16}。つまり、段落[2]に示された赤い光は場内信号機が「停止」で列車の接近がないこと、硫黄の炎色に似た紫色の光はポイントが通常の状態にあることを意味している。

遠方からの視認が可能なように信号機の灯火は投光用レンズを備えており¹⁷、離れた位置からは「ぼつんとしたまっ赤なあかり」に見える。一方、転轍機の標識灯は光りが拡散し「ぼつとした紫いろのあかり」になる。段落[2]は、遠い駅に煌めく色鮮やかな光を目指し夜の線路を歩いた賢治が、実際に目にした光景をそのまま写し取ったものであろう。

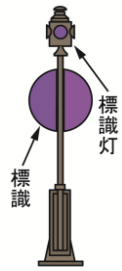


図4 転轍器標識¹⁵⁾

3.2 赤い列車標識

『月夜のでんしんばしら』の終盤に、電気総長と恭一が列車の接近に気づく場面がある。

〈そのとき、線路の遠くに、小さな赤い二つの火が見えました。〉⁴⁾

この赤い灯火は、図5に示す列車標識と考えられる。列車標識は、進行する列車の種類を地上職員や他の列車の乗務員に識別させることが目的で¹⁶、明治・大正期は「列車信号」と呼ばれ、脱着可能な油灯(石油ランプ)が使用されていた。



図5 大正前期の列車標識 (単線区間の臨時夜行列車)¹⁹⁾

現在の鉄道運転規則¹⁸⁾では、夜間走行する列車の列車標識は、最前部の前面には白色の前部標識(前照灯)を1個以上、最後部の後面に赤色の後部標識(尾灯)を1個以上と定められている。また入換作業中の機関車は、前面と後面に各1個以上の赤色灯(入換動力車標識)を掲げることが決められている。よって、図11のように機関車前面に赤い標識灯のみを掲げた夜行列車は、今は存在しない。

しかし、1905(明治38)年に制定された鉄道信号規程¹⁹⁾では、夜間の前部標識は単線区間が「赤色」(対向する列車に停止を現示)、複線区間が「緑色」で、通常列車は「緩衝梁の右側に一個」、臨時列車は「緩衝梁の両側に各一個」の色灯を掲げると定められ、白色の前部標識灯は備えていない。よって、恭一たちが目にした「赤い二つの火」は、「単線区間を走行する臨時列車の前部標識灯」と解釈できる。

全ての夜行列車で、機関車の煙突基部に白色の標識灯が追加されたのは、1920(大正9)年頃と推定される²⁰⁾。列車標識の変更は

その後も行われ、1922(大正11)年施行の国有鉄道信号規定²¹⁾では標識灯に単線区間と複線区間の区別がなくなり、夜間の臨時列車は「機関車前面の中央上部に白色灯、緩衝梁の右側に緑色灯、左側に白色灯を掲げる」と変更され、入換用機関車を除いて赤色の前部標識は廃止されている。

以上を勘案すると、賢治が盛岡で学生生活を送っていた時期(1909~1920年、明治42年~大正9年)の東北本線には、赤色の前部標識を掲げた夜行列車が走っていたと考えられる。よって、接近する列車の「赤い二つの火」は彼の創作ではなく、夜間線路沿いを夜歩きた際に目にした光景に違いない。

3.3 幻想のスイッチ

信号機が腕木を下げた直後に電柱たちの行進が始まる。そして、列車の接近によって行進が止まると信号機は腕木を上げ、月も雲に隠れる。

〈でんしんばしらはしづかにうなり、シグナルはがたりとあがって、月はまたうろこ雲のなかにはひりました。

そして汽車は、もう停車場へ着いたやうでした。〉⁵⁾

遠方信号機が腕木を下げ「注意」に転換したことは、場内信号機が「進行」を現示し、列車が前の駅を発して現場に接近中であることを意味する。よって、恭一が幻想状態にあった時間は比較的短いと推測される。列車が駅に到着すると場内信号機は「停止」に転換し、これに連動する遠方信号機も腕木を上げて「停止」を現示する。賢治が描く信号機の動作は、鉄道システム的にも理にかなっている。

小関和弘²²⁾は、「信号機や電線は安全運行確保の最重要のインフラであり、電柱たちの行進は鉄道システムのルールに縛られた電柱たちの束の間の自己表現である」と解説している。一方、安藤恭子³⁾は月とうろこ雲の状態や信号機の動作が、幻想の起点と終点を表すと指摘している。信号機が幻想モードのON/OFFスイッチだとすると、舞台装置としての役割はジャワ島の影絵芝居ワヤン・クリ(Wayang Kurit)に登場するグヌガン(gunungan)²³⁾に似ている。グヌガンは山を象徴する大きなスペード形の板絵で、物語の始まりと終焉、場面の転換を意味している。

4. 電線路の描写

4.1 電柱とその付属品

腕木信号機の合図で始まった恭一の幻想は、電柱の行軍で幕を開ける。

〈さっきから線路の左がはで、ぐわあん、ぐわあんとうなつてあんでんしんばしらの列が大威張りで一べんに北のはうへ歩きだしました。みんな六つの瀬戸ものエボレットを飾り、つてべんにはりがねの槍をつけた亜鉛のしやつぽをかぶって、片脚でひよいひよいやっていくのです。〉⁶⁾

図2は、作品に登場する6本腕木の電柱を、鉄道省電気局発行「通信線路施設心得²⁴⁾」に従って図案化したものである。電柱の高さは7.5mで遠方信号機とほぼ同じ。四線用腕木の長さは1.2m、腕木間隔0.45m、電線間の距離0.3m(中央部分は0.5m)で、合計22個の通

信用碍子を載せている。また、電線は被覆のない裸線である。

『月夜のでんしんばしら』には電柱の特徴について多くの記述がある。まず、段落[6]の「はりがねの槍」は落雷から電線を保護する地線(ground wire)²⁴を意味する。これは、電柱の頂部から突出させた亜鉛めっき鉄線で雷撃を受け、電柱の表面から大地へ雷電流を逃がす仕組みである。『シグナルとシグナレス』にも、地線についての記述が見られる。

『いや若様、雷が参りました節は手前一身におんわざはいを頂戴いたします。どうかご安心をねがひたう存じます』
シグナル付きの電信柱が、いつかであらめの歌をやめて頭の上のはりがねの槍をぴんと立てながら眼をパチパチさせてみました。〕[7] (『シグナルとシグナレス』)

一方、段落[6]で電柱が被っている「亜鉛のしゃっぽ」は亜鉛めっき鋼板製の笠金(電柱笠)²⁴で、雨水の浸入による木柱の腐蝕を防いでいる。「はりがねの槍をつけた亜鉛のしゃっぽ」は、プロイセン兵の槍付き兜(Pickelhaube)を連想させる。

木柱にはスギ、ヒノキ、トドマツ、エゾマツ等が用いられるが、そのままでは8年程度で腐朽する。防腐剤として、1880(明治13)年に丹礬(硫酸銅)、1905(明治38)年にはコールタールを蒸留したクレオソート油(creosote oil)を注入する方法が実用化された²⁵。これら薬剤注入法が普及する前は、木柱を根焼きして地表付近までコールタールを塗布する方法が一般的であった。

〈あしさが腐り出したんだ。長靴のタールもなにももうめちやくちやになつてんだ。〕[8]

電柱たちの悲痛な訴えは、未熟な防腐技術に苦しめられた当時の電線工夫の声でもある。

電柱には、風圧や電線の張力などの荷重がかかる。その一部を負担するため、図2のように電柱から斜め下に支線(guy wire)を伸ばし、地中に埋設した「根かせ丸太」で固定した。賢治はこの支線を軍刀のサーベルに見立てている。

〈右と左のサーベルは
たぐひもあらぬ細身なり〕[9]

「通信線路施設心得」²⁴は、支線には亜鉛めっき鋼擦線を使用し、架線数17本以上の電線路の場合、全ての電柱の両側(電線と垂直方向)に柱から35°の角度で支線を張ると定めている。また、電柱6本目ごとに電線と平行な方向にも支線を取り付ける。

4.2 通信用電線

1869(明治2)年、本邦初の電信が東京ー横浜間で開通した。当時は電信線を「銅線(はりがね)」²⁶と呼んでいたが、実際に使用されたのは安価で引張強度の高い鉄線で、主として八番鉄線(直径約4mm)が用いられた²⁵。電信機や電話機などの信号電流はmAのオーダーで、抵抗率の高い鉄線でも十分に長距離伝送が可能であった。1890(明治23)年、高速度通信用として十二番硬銅線(直径約2.5 mm)が初めて使用され、津田鋳業、古川鋳業、住友伸銅等の電線製造所の設立もあって²⁷、次第に低損失の硬銅線(hard-grown copper wire)が普及していった。しかし、1916(大正5)年末時点で電

信線の総延長(約17.2万km)の92.4%が鉄線であった²⁵。

〈するとすぐしろから来た元気のいはしらがどくなりました。
「おい、はやくあるけ。はりがねがたるむぢやないか。」〕[10]

『月夜のでんしんばしら』で電柱たちを繋いでいた「はりがね」が、鉄線、硬銅線の何れであるかは分からない。しかし、賢治が1924(大正13)年に自費出版した詩集『心象スケッチ集 春と修羅』には、電線の材質に言及した詩が収められている。

〈おい 銅線をつかったな
とんぼのからだの銅線をつかひ出したな
はんのき はんのき
交錯光乱転
気圏日本では
たうとう電線に銅をつかひ出した 〕[11] (『春と修羅 銅線』)

「とんぼのからだ」とは、アキアカネの赤銅色の胴を指すと考えられる。当時東北地方では、通信用の鉄線を硬銅線に取り替える工事が進んでいたことが分かる。

4.3 絶縁碍子

電柱たちの腕木を飾るエポレット(段落[6]参照)は、フランス語の肩章(épaulette)が転訛したもので²⁸、賢治は磁器製の絶縁碍子を軍服の装飾に見立てている。図6に、通信用二重碍子(double cup insulator)の外形と内部構造を示す^{24,29}。電線とピンの間の沿面距離を長くして絶縁抵抗と閃絡電圧を向上させている。電線を線溝に当て、軟銅線を巻き付けて固定(縛縛)する。材質は長石磁器で、粘土鉱物のカオリナイト($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)、正長石($KAlSi_3O_8$)、珪石(SiO_2)が原料である³⁰。これを混合・成型・焼成し、表面にガラス質の釉薬を施している。ピンは亜鉛めっきした鋼製丸棒で、ピンと磁器の接着のため絶縁性に優れた硫黄(融点112.8°C)が流し込まれている²⁹。

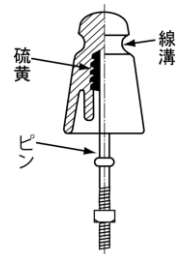


図6 二重碍子²⁹

〈暑さ硫黄をとかすとも
いかでおとさんエポレット〕[12]

作品の中で電柱たちが歌う軍歌から、賢治が碍子の構造を理解していたことが分かる。

『春と修羅』を始め童話や随筆など賢治が遺した作品には、電柱と碍子の組み合わせがたびたび登場する。

〈花巻グランド電柱の
百の碍子にあつまる雀〕[13] (グランド電柱)
〈でんしんばしらの気まぐれ碍子の修繕者
雲とあめとの下のあなたに忠告いたします〕[14] (『電線工夫』)
〈電信ばしらはやさしく白い碍子をつらね
ベアリング市までつづくとおもはれる〕[15] (『一本木野』)
〈インデアンはうれしそうに立ってわらひました。そしてその鶴をもってこつちを見てゐる影も、もうどンドン小さく遠くなり、電しんばしら

の碍子がきらつきらっと続いていて二つばかり光って、またどうもろこしの林になってしまひました。>[16] (『銀河鉄道の夜』)
 <電信柱の瀬戸の碍子が、きらっと光ったり、青く葉をゆすりながら楊がだんだんめぐったり、汽車は丁度黒沢尻の町をはなれて、まっすぐに西の方へ走りました。>[17] (『化物工場』)

賢治が文学活動を行ったのは、岩手県内の電気事業が飛躍的な発展を見せた大正中期から昭和初期にかけてである。彼は、当時の先端技術である電気に強い関心を示し、様々な作品で電気エネルギーのイメージを描写した²⁾。電灯、そして電柱と碍子は、彼を心象世界へ導く重要なアイテムだったのであろう。

4.4 唸る電柱

段落[6]に示すように、『月夜のでんしんばしら』では、幻想が始動する直前まで電柱の列は「ぐわあんぐわあん」と唸っている。また、『シグナルとシグナレス』にも唸る電柱が頻繁に登場する。

<そこで軽便鉄道付きの電信柱どもは、やっと安心したやうに、ぶんぶんとうなり、シグナルの柱はかたんと白い腕木を上げました。> [18]
 <今は風があんまり強いので電信ばしらどもは、本線の方も、軽便鉄道の方もまるで気が気でなく、ぐらんぐらんひゅうひゅうと独楽のやうにうなって居りました。> [19]
 <まわりの電信ばしらどもは山一ぱい蜂の巣を一べんに壊してもしたようにぐわんぐわんとうなってみましたので、折角のその声も、半分ばかりしかシグナレスには届きませんでした。> [20]

以上(『シグナルとシグナレス』)

賢治が表現する電柱の唸りは、低音(ブーン、グーン、グワーン)と高音(ヒューヒュー)の2つに区分される。強風で電線が鳴ることはよく知られているが、『月夜のでんしんばしら』の舞台はうるろ雲がゆっくり流れる静かな月夜で、強風が吹くような気象条件ではない。

図7のように電線が横風を受けると、後方に空気の渦が交互に発生し下流へと流れていく。これをカルマン渦列(Karman vortex street)と呼び、次式のように渦発生時の周波数 f は 空気の平均流速 V に比例する³¹⁾。

$$f = S_t \frac{V}{d}$$

d は電線の直径、 S_t はストローハル数 (Strouhal number) で渦発生体の形状で決まる定数(電線など円柱の場合 $S_t \sim 0.2$)である。渦の発生によって空気が振動し、周波数 f のエオルス音(aeolian tone)が発生する。 V が大きい強風の場合は、音波の周波数が上がってヒューヒューという高音になる。段落[19]がこれに相当する。

一方、電線から渦が離脱する際の気圧変化によって、鉛直方向の揚力が交互に働き電線を励振する。その強制振動の周波数が、電線の長さや張力で決まる固有振動数の n 倍や $1/n$ に等しい場合は、



図7 電線とカルマン渦列

電線は共振を起こして上下に激しく振動し³²⁾、金属疲労による劣化や断線の原因にもなる。この電線振動は、山林などのない平坦な土地で緩やかな風が定常的に吹く場合に発生しやすく、その周波数は数十Hz以下である³³⁾。賢治がブーン、グワーンと表現した低音の唸りは、この電線振動の共鳴音だと考えられる。

風速が変化すると、電線は音階を持つ楽器のように固有振動数の高調波や分数調波で次々と共鳴し、隣り合う電線同士も共鳴状態になる。賢治は、電線が奏でるこの音楽をオルゴールに例えた詩を書いている。

<二つの耳に二つの手をあて
 電線のオルゴールを聴く> [21] (『ぬすびと』)

4.5 配電線と通信線

『月夜のでんしんばしら』では、3列の電柱が軍歌を歌いながら行進する。表1は、軌道(線路)から近い順に各電柱の特徴を整理したもので、腕木の本数によって電線数(碍子の数)も異なっている。後述するように、2本腕木と6本腕木の電柱は低圧の電線路と考えられるため、碍子の色は一般的な白色とした。

恭一が最初に目にした2本腕木の電柱の列は、信号機や駅舎に電灯電力を送る配電線と推定される。配電線は、『シグナルとシグナレス』にも登場する。

<本線のシグナルに夜電気を送る太い電信ばしらさがさも勿体ぶつて申しました。> [22] (『シグナルとシグナレス』)

2本腕木の向こうに見えた6本腕木の電柱は、碍子の多さから鉄道通信線と考えられる。鉄道通信線は多くの種類に分かれ、通常電柱の最上位から①中継線、②長距離電話線、③閉塞線、④電信線、⑤区間電話線、⑥その他の回線の順で架設されていた³⁴⁾。

①の中継線は拠点駅に置かれた電話交換機を相互に接続する線で、②と⑤は駅間を結ぶ電話線である。大正末まで、鉄道省では電話機内部に通話用電源(乾電池)と呼出信号用磁石発電機を備えた磁石式電話機(magnetotelephone)が主流であった³⁵⁾。③は閉塞機用の連絡線である。閉塞は、線路を一定区間(閉塞区間)に区切り、1つの閉塞区間に同時に2本以上の列車が入らないようにして安全を確保する方式で、当時単線区間であった花巻一盛間間は、閉塞機から取り出した砲金製の通票(tablet)を列車乗務員に携行させる通票閉塞方式(tablet block system)¹⁷⁾であったと推定される。

④の電信線には、電鍵の操作によって符号化された断続電流が流れ、相手駅の音響器や印字機を動作させる。鉄道省の電信は、大地を帰線にして1本の電線で一方方向に送信する単信単流式が主流であった³⁵⁾。電信は、明治5年の鉄道開業当時から保安設備や連絡通信として大きな役割を果たしてきた。賢治の作品には、電柱自身が電報を打つ場面もある。

腕木数	電線数	碍子の色	電線路の種類	兵科
2	6	白	配電線	工兵
6	22	白	通信線	竜騎兵
3	不明	赤	高压送電線	擲弾兵

表1 作品に登場する電柱の分類

〈本線シグナル付きの電信ばしらは、すぐ四方に電報をかけました。〉[23] (『シグナルとシグナレス』)

仙台・盛岡間に鉄道電信線が架設されたのは、1889(明治22)年である。翌年には、盛岡、花巻の両駅に電信線が引き込まれ、日本鉄道が上野ー青森間を全通させた1891年には、盛岡ー青森間の鉄道通信線も完成し、通信省が架設した既設の電信線と順次接続された²⁷⁾。

電信や電話の回線数が増すと多くの電線が必要で、幹線鉄道沿いに立つ通信線用電柱は腕木の多さから俗に「ハエタタキ」と呼ばれていた。写真2の絵葉書³⁶⁾には、9本の腕木に30個以上の碍子を載せた大正時代のハエタタキが写っている。画面右隅には、木製の腕木式信号機も見える。撮影場所は、鹿児島本線旧小倉駅(現・西小倉駅)付近と推定される^{注1)}。

4. 6 高圧送電線

3番目の電柱の列を、賢治は次のように描いている。

〈ところが愕いたことは、六本うで木のまた向ふに、三本うで木のまつ赤なエボレットをつけた兵隊があるいてあることです。その軍歌はどうも、ふしも歌もこつちの方とちがふようでしたが、こつちの声があまり高いために、何をうたつてゐるのか聞きとることができませんでした。〉[24]

通常、配電線や通信線用には白色の碍子が用いられる。しかし、彼の作品には赤い碍子や赤い腕木を持つ電柱がしばしば登場し、大きな関心を寄せていたことが分かる。

〈よりそひて赤きうでぎをつらねたる青草山の電しむばしら〉[25]

(『種山ヶ原』)

〈でんしんばしらの赤い碍子と松の森〉[26] (『冬と銀河ステーション』)

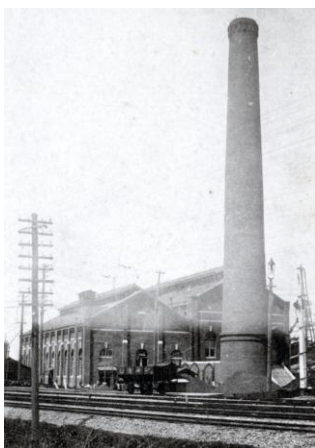


写真2 鉄道通信線用電柱³⁶⁾

注1) 後方の火力発電所は1911(明治44)年竣工の九州電気軌道・小倉発電所(後の大門発電所)³⁷⁾である。線路上の無蓋貨車には、鉄道院九州鉄道管理局の所属を示す「九」のマークが描かれ、鉄道省設置で門司鉄道管理局³⁸⁾が発足する1920(大正9)年以前の撮影と考えられる。

〈遠いギリヤークの電線にあつまる

赤い碍子のうへにみる〉[27]

(『火薬と紙幣』)

〈向うの河岸に二本の電信ばしらが丁度両方から腕を組んだやうに赤い腕木をつらねて立ってゐました。〉[28] (『銀河鉄道の夜』)

電気工作物の技術基準として1911(明治44)年に制定された「電気工事規程」³⁹⁾は、「高圧架空電線ヲ支持スル腕木又ハ碍子ハ、地上ヨリ甄別シ得ル程度ニ於イテ其ノ全部又ハ一部ヲ赤色ト爲スコトヲ要ス」と定めており、赤い腕木や赤い碍子を持つ電柱は高圧送電線の可能性が高い。線路脇の配電線や通信線は鉄道省の管理下にあるが、高圧送電線は電力会社の所有である。よって、段落[24]の「節も歌も違う軍歌」は、電柱の所属の違いを示す暗喩と考えられる。また、段落[25]と[28]に描かれた腕木を連ねた電柱は、『月夜のでんしんばしら』にも登場する。

〈どういふわけか、二本のはしらがうで木を組んで、びつこを引いていつしよにやってきました。〉[29]

これは、2本の木柱をアルファベットの‘A’の字形に組み合わせたA柱を指すと考えられる。A柱やH柱は、径間(柱間距離)が100mを近い時や太い電線を使用する時など電柱に大きな荷重がかかる場合に用いられる^{32,33)}。図8は高圧送電線(三相2回線)用のA柱の例で、赤く塗った腕木に赤い高圧用ピン碍子⁴⁰⁾が取り付けられている。



図8 高圧送電線用A柱³³⁾

4. 7 電柱たちの兵科

電柱たちが歌う軍歌や電気総長の台詞から、電柱たちはその兵科ごとに列を作っていると分かる。

〈二本うで木の工兵隊

六本うで木の竜騎兵〉[30]

〈「それ、その工兵も、その竜騎兵も、向ふのてき弾兵も、みんなおれの兵隊だからな。〉[31]

ここで、工兵は配電線、竜騎兵は通信線、擲弾兵は高圧送電線に相当する(表1参照)。工兵(engineer)は、陣地の構築、鉄条網や地雷原など障害物の設置と破壊、橋や道路の建設、兵站整備などを担当する戦闘支援部隊である。信号機や駅舎の照明など電気設備の維持に必要な配電線を、補給路の確保を任務とする工兵に例えたのであろう。また、竜騎兵(dragoon)は火器を装備した騎兵で、攻撃や偵察を主な任務とする。電気通信の高速性から、スピードを生かして情報収集を行う竜騎兵を連想したのであろう。擲弾兵(grenadier)は手榴弾を武器とする歩兵の精鋭である。高圧送電線が持つ強烈な電撃のイメージを、閃光と爆発で敵を倒す擲弾兵に重ねたのかも知れない。

5. 行軍の意味

5.1 北を目指す電柱たち

〈ある晩、恭一はざうりをはいて、すたすた鉄道線路の横の平らなところを歩いて居りました。〉[32]

〈九日の月がそらにかゝつてあました。そしてうろこ雲が空いっぱいでした。〉[33]

うろこ雲は白い雲片が群れをなす巻積雲(cirrocumulus)のことで、鯖雲、鰯雲とも呼ばれる秋の季語である。また九日の月(九夜月)は、半月(上弦の月)から少し膨らんだ比較的明るい月である。恭一は、秋の夜空にかかる月を眺めながら南に向かって歩いていたら考えられる。図9は、物語の情景を整理した図である。彼が歩いていたのは「犬走り」と呼ばれる保線作業用の小径で、右手の線路脇には遠方信号機が、左手には配電線、通信線、高圧送電線の電柱の列が順に並んでいる。

〈でんしんばしらは、まるで川の水のやうに、次から次とやつて来ます。〉[34]

〈二人の影もぎつと遠くの緑青いろの林の方に行ってしまう、月がうろこ雲からばつと出て、あたりにははかに明るくなりました。〉[35]

「やって来る」という表現から、駅を目指して南に歩いていた恭一と対向するように、電柱たちは北に向かって行進していたと推定される。そして、遠くの林まで見渡せる視界が開けた田園地帯を、線路は続いていたのであろう。

先述のように、賢治自身の夜歩きを経験が『月夜のでんしんばしら』の創作に生かされている可能性がある。この場合、彼は恭一と同様に線路沿いを南に向かって歩いたことになる。大正初期から昭和20年代にかけて測量された盛岡-花巻間の地形図を調べると、図9のように東北本線の東側に高圧送電線が並行する区間が複数存在する。その一つ、石鳥谷駅付近の地形図⁴¹⁾を図10に示す。駅の南方(花巻方向)約4kmの区間で、線路と高圧送電線が約200mの間隔で並行している。但し、1913(大正2)年測量の地形図にはこの送電線はなく、建設された時期は不明である。周囲には田園が広がり、針葉樹林の林が点在している。月明かりの線路沿いで賢治が目にしたのは、このような風景だったのかもしれない。

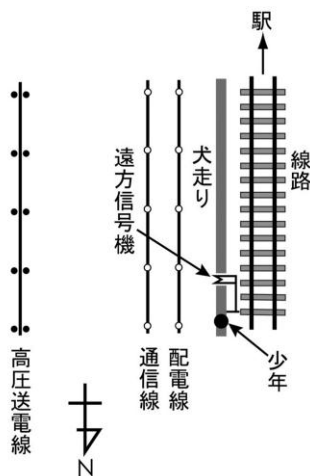


図9 『月夜のでんしんばしら』における線路と電線路の位置



図10 東北本線石鳥谷駅付近と、並行する高圧送電線 (国土地理院発行 五万分の一地形図(花巻 1957年版)⁴¹⁾を使用)

5.2 歩幅と本数の謎

段落[6]には、一本足の電柱たちが跳ねながら行進する様子が描かれている。また、彼らが歌う軍歌には次のようなフレーズがある。

〈タールを塗れるなが靴の
歩はばは三百六十尺〉[36]

この歩幅は、電柱の径間(柱間距離)を指すと考えられる。尺貫法の1尺は0.303mで、360尺は109.1mに相当する。

英国や米国における鉄道電信線路の径間は、60ヤード(54.9m)が標準とされている^{42,43)}。鉄道や電信の技術や資材を欧米に頼っていた明治期の日本では、鉄道電信線も欧米の規格で施設された可能性が高い。では、なぜ賢治は電柱たちの歩幅を標準的な径間の2倍に設定したのであろうか。

歩幅は、左足の踵から右足の踵までの前進距離を指す。一方、歩行の1周期は片方の足が着床(離床)してから再び着床(離床)するまでで、「複歩」と呼ばれている。通常の2歩分となる複歩の歩幅は、古代ローマではパッスス(passus)と呼ばれ長さの単位とされていた。古代中国の周王朝もこの身体尺を使用し、複歩の歩幅を「歩」と呼び、「歩」を一辺とする正方形の面積も「歩」と定めていた。これが、尺貫法の面積単位「歩(坪)」の起源とされている。農学を学んだ賢治にとって農地を歩測することは自然な行為で、複歩を歩幅の基準と認識していた可能性もある。よって、360尺は電柱たちの「複歩の歩幅」つまり径間の2倍を意味し、単なる誇張ではないと考えられる。電気総長も、複歩のリズムで行進するよう電柱たちに号令をかけている。

〈でんしんばしらの列を見まはしながら、「お一二、お一二、」と号令をかけてやってくるのです。〉[37]

電柱たちの軍歌には、電柱の本数も歌い込まれている。

〈いちれつ一万五千人
はりがねかたくむすびたり〉[38]

昭和12年改正の「通信線路施設心得」²⁴⁾に掲載された「架空裸線施設基準」によると、架線数2本以下の電柱の径間は55mで欧米規格(60ヤード)にほぼ等しい。一方、架線数3本以上では通信線路の等級によって径間が異なり、甲(45m)、乙(50m)、丙(55m)の3つに区

分されている(東京-青森間は甲通信路に指定)。また、「雪害常習区間に於ては、甲、乙、丙の線路種別に關せず其の柱間距離は40mを標準と爲すこと」と書かれている。東北本線は沿線に豪雪地帯を含むことから、実際の径間の平均は55mを下回っていた可能性が高い。

ここで、径間の平均値を50mと仮定すると、15,000本の電柱を擁する電線路の総延長は750kmとなる。一方、東北本線は開通後も度々路線変更工事を行っているが⁷⁾、1915(大正4)年時点で上野-青森間(岩切-塩竈間の港湾連絡線を除く)の総延長は456.9哩(735.3km)⁴⁴⁾で、東京-上野間(3.6km)を加えると738.9kmであった。つまり、「一万五千人の電柱の列」は、東京-青森間の鉄道通信線を意味すると考えられる。

『シグナルとシグナレス』には、軽便鉄道の電柱が隣接する本線の電柱に情報を伝達する場面が描かれている。

〈そこで、早速、東京を経て本線シグナルつきの電信ばしらに返事をしてやりました。〉[39] (『シグナルとシグナレス』)

これは、当時の人々が電気通信網が東京を中心に構築されているという認識を持っていたことを示唆している。

6. 電気総長

6.1 発電機の化身

物語の中盤に、ひとさき異彩を放つ人物が登場する。電気総長と名乗るその不思議な老人は、電柱たちの行進を指揮したかと思うと、恭一と握手して彼に電撃を与えてしまう。安藤^{3,45)}は、「鉄道や電信に不可欠な文明の象徴である電気が幻想の中で実体化したものが電気総長であり、近代文明の伝道者として電柱たちの行軍を指揮している」と解説している。

電気総長は、低い身長に暗色のコートに身を纏った姿で電柱たちを統率し、手から電気を発して人を感電させる。総長の黄色い顔と手は白熱電球の明かりを、目から出る青い火花は直流発電機のスパーク(整流子とブラシ間に生じるアーク放電)を連想させる。そして恭一に向かって、高電圧に触れると感電による熱傷⁴⁶⁾で死に至ることを警告する。

〈これでごく弱いほうだよ。わしとも少し強く握手すればまあ黒焦げだね。〉[40]

その容貌と言動から、この電気の精霊は「発電機」を擬人化したものと考えられる。物語の終盤、電気総長が走行中の夜行列車に飛び込んで車内灯を点灯させる場面が、そのことを裏付けている。

〈ところが客車の窓がみんなまっくらでした。するとちいさんがいきなり、「おや、電燈が消えてるな。こいつはしまった。けしからん。」と云いながらまるで兎のやうにせ中をまんまるにして走つてゐる列車の下へもぐり込みました。〉[41]

総長が客車の床下に飛び込んだのは、列車電灯装置の故障を察知したからである。電車と異なり、機関車が牽引する客車は照明用の電力を架線から得ることができない。そこで、列車は床下に発電機と蓄電池を装備した客車(母車)と、そこから電力供給を受ける

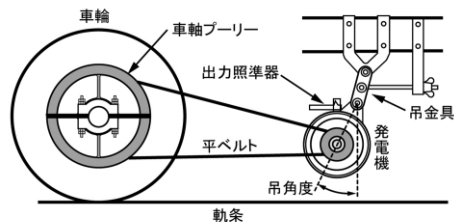


図11 列車点灯用車軸発電機⁴⁸⁾

複数の客車(子車)で編成されていた。「客車の窓がみんなまっくらでした」という記述は、図11に示す母車の電源装置の故障を暗示している。体を丸くして客車(母車)の床下に飛び込んだ電気総長は、発電機に身を変えて車内を明るく照らしたのであろう。「背中を丸めた兎」という表現は、丸味を帯びた車軸発電機の外観を良く表している。

6.2 列車点灯装置

1898(明治31)年、神戸-下関間に路線を持つ山陽鉄道は、専用の蓄電池車を列車に連結し、日本で初めて客車の照明を油灯から電灯に変更した⁴⁷⁾。その後、鉄道国有法によって誕生した鉄道院は、1908(明治41)年に車軸発電機(axle-driven generator)と蓄電池を組み合わせた英国Stone社の列車点灯装置⁴⁸⁾を採用し、同社からsemi-planté式鉛蓄電池を輸入している⁴⁹⁾。これ以降、Stone式の列車点灯装置が全国に普及していった。

同方式では、発電機は母車の床下に吊架され、車軸に取り付けたフランジ付きプーリーから平ベルトで駆動される(図11参照)。発電機は自励分巻形直流発電機で、列車の進行方向が変わり発電機の回転方向が反転すると、自動的にブラシが移動して出力端子の極性を維持する転極器(reversing switch)を内蔵している。また、車軸回転数の上昇分をベルトの滑りによって吸収するため、列車速度と無関係に発電機は定速運転を続ける。また、本方式は母車に搭載した2組の鉛蓄電池(標準電圧24V、12個直列)を充電側(発電機に接続)と放電側(電灯に給電)に分け、停車の度に両者を切り換える複電池式であった。そのため、列車速度に関係なく電灯の明るさを一定に保つことが可能で、電圧調整装置を備えた単電池式が普及する昭和十年代まで、列車点灯装置の主力であった。

列車点灯用semi-planté式鉛蓄電池と電池カタログを写真3に示



写真3 列車点灯用鉛蓄電池とカタログ⁵⁰⁾

す⁵⁰。カタログの内容から、第二次大戦前のもので推定される。semi-planté式鉛蓄電池⁵¹は、溝付の純鉛板(格子)に過酸化鉛PbO₂を希硫酸で練った活物質(ペースト)を充填し化成した正極が特徴である。使用中に格子表面が活物質化し、充填したペーストが脱落しても容量を維持できるため長寿命で、自己放電が少ないことから初期の列車点灯装置に広く用いられた⁵²。蓄電池の外箱はパラフィンを含浸させた櫛材で、内面を鉛張りして電槽としている。

車軸発電機や蓄電池は客車の床下に設置され、外部から容易に観察できる。賢治も鉄道を利用する際に目にしたはずで、それが電気総長の突発的な行動のヒントになったと考えられる。

6.3 英国生まれの逸話

電気総長は、電気まつわる様々な逸話を蒸一に語って聞かせている。それは、ランプと混同して電灯を息で吹き消そうとする新兵など、電気という未知の文明に遭遇した人々の困惑と失敗の話であった。その中に、「都会に住む息子から『靴を送れ』という電報を受けた田舎暮らしの父親が長靴を電線にぶらさげた《逸話A》という英国が舞台のエピソードがある。

電気が登場した明治初頭、市井の人々は電信線を「針金わり」と呼び「電文を記した紙が直接電線上を伝わる」と考えた。手紙や弁当箱、風呂敷包みを電線に吊り下げる者まであったという^{26,53,54}。このような逸話は日本各地に流布していたようで、無線技師の杉目暁⁵⁵は、「ある母親が息子に頼まれた新品の靴を田舎から東京に向かう電線に掛けておいたところ、翌朝履き古した靴が戻ってきていた《逸話B》という笑い話を紹介している。同様の話を耳にした賢治が、舞台を英国に変えて自分の作品に取り入れた可能性もある。

ところが、中国の故事民話に類似の話が存在することが分かった。「中国民間文学集成 遼寧卷撫順市巻下」に収められた『真快呀(本当に早い)』という笑話で、寺内重夫⁵⁶が和訳している。「兵士の息子が農村にいる年老いた父親に『靴を送れ』と手紙を出し、慌てた父親が電信柱に登って靴の小包を電線にかけた。小包を見つけた貧しい男が自分のボロ靴と取替え、それを見つけた父親が『もう古い靴が戻ってきた』と感心する。《逸話C》』という内容で、「落ち」を含む後半部分が日本の《逸話B》と全く同じである。1984(昭和59)年、中華人民共和国文化部の通達によって、中国全土で民間文学の調査、採録、編集が開始され⁵⁷、その成果の一つが「中国民間文学集成」であって。この民話が成立した時期は不明だが、終戦まで多くの日本人が生活していた中国東北部の撫順近郊で収集されたことから、日本の逸話の影響を受けた可能性も否定できない。

A,B,C3つの逸話は、「息子の依頼を受けた田舎の父母が、靴を電線に掛ける」という共通のモチーフを持つ。よって、これらの原型となる逸話が電信の先進地である英国で生まれ、電信技術と共に日本と中国東北部に個別に伝搬したとも考えられる。

1869(明治2)年、明治政府は英国人電信技術者G.M.Gilbertを招聘し、日本の電信事業が開始された²⁶。彼の指導の下で国内の電信網は整備され、若い電信技師が育っていった。また、電気工学の高級技術者養成のためにも、多数の英国人教師が招かれた。その一人が1873(明治6)年に来日したW.E.Ayrton⁵⁸で、東京大学工学部の前身・工部大学校や電信修技校で電信、電気、物理の講義を行った。1978(明治11)年の中央電信局開局の祝宴で、彼は学生た

ちを指揮して50個のGrove電池を接続し、日本初のアーク灯を点灯させている。このように、日本の電気工学の黎明期には多くの英国出身のお雇い外国人が活躍し、彼らの中には日本の若い技術者に母国の逸話を語る者もあったろう。「ロンドン在住の息子と故郷スコットランドの父親」という舞台設定から、『月夜のでんしんばしら』で語られる逸話Aは、英国から伝わった原型に近い形態を保っている可能性がある。

7. 賢治と電気技術

7.1 電気工学への興味

賢治は、専門である農学から動植物学、地質学、鉱物学、更には化学や天文学に至るまで、知的好奇心の網を広げつつ作品に昇華させていった。よって、当時の先端技術である電気工学に、彼が強い関心を寄せたとしても不思議ではない。

大塚常樹²⁾は、賢治が電気エネルギーを様々な形で感じ描写した背景として、①賢治の文学活動が集中した大正十年代から昭和初期に岩手県の電気事業が飛躍的に発展したこと、②父・政次郎が「花巻電気」の常務を務めるなど、電気事業を身近な問題だと認識できたこと、③農業技師として、窒素肥料を合成する電気化学工業に大きな将来性を感じていたこと、④仏教的宇宙観や心霊学への興味から、エーテルが媒介する電気現象と電気エネルギーに強い関心を持っていたことの4点を挙げている。

一方、『月夜のでんしんばしら』を含む多くの作品で、賢治は電気技術者顔負けの豊富な知識を披瀝している。これは、実体のないエネルギーとしての電気からそれを自在に操る電気工学へ、興味の範囲を拡大させていたことを裏付けている。

7.2 発展する電気事業

次に、賢治が生きた時代に花巻周辺で展開された電気事業について概説する。1888(明治21)年、宮城県仙台市三居沢の宮城紡績株式会社は紡績機用動力水車に直流発電機(出力5kW)を接続し、工場内に白熱電灯50灯を点灯させた⁵⁹。これが、日本初の水力発電とされている。岩手県でも、日露戦争後の1905(明治38)年に県下初の電気事業者として盛岡電気が開業し、盛岡、釜石、大船渡、宮古方面に進出して鉱山やカーバイド製造、製鉄(銑鉄)、製氷などを兼営した⁶⁰。また1912(大正元)年に開業した花巻電気は、豊沢川に松原水力発電所(出力50kW)を建設し、賢治の生家がある花巻川口町とその近郊にも電灯がともった⁶⁰。しかし、岩手県内の農村部に電灯が普及したのは大正中期以降であった。その後、花巻電気は松原発電所の出力を100kWに増強し、1915(大正4)年に花巻駅と豊沢川上流の温泉地帯を結ぶ電車(鉛線)の運転を開始している^{60,61}。1918(大正7)年、盛岡電気は盛岡電気工業と改称し、1921(大正10)年に花巻電気を合併した。その後、同社は新たな電車線(花巻温泉線)を建設し、その終点に電飾溢れる温泉リゾート「花巻温泉遊園地」を開業している⁶¹。昭和に入ると、盛岡電気工業は経営合理化のため電鉄など兼業部門を漸次分離し、1927(昭和2)年に盛岡電灯に改称している⁶⁰。

7.3 空中窒素固定と潮力発電

大塚は、電気に対する賢治の関心の高さを示す例として、童話『グスコブドリの伝記』を挙げている²⁾。この作品の中で、イーハトーブ火山局の科学者たちは0潮力発電所(tidal power plant)が生み出す電力で大気中放電を起こし、空中窒素固定(atmospheric nitrogen fixation)による化学肥料の合成を試みている。

「雷が多い年は豊作」という伝承通り、雷放電によって大気中の窒素と酸素が結合して酸化窒素を生じ、硝酸を含む雨が天然の窒素肥料となることが知られている⁶²⁾。高圧放電による空中窒素固定は、1905(明治38)年ノルウェーのK.BirkelandとS.Eydeによって実用化され、生成した硝酸は肥料や爆薬の原料となったが、消費電力が大きいという欠点があった⁶²⁾。日本でも、大正中期に欧米からの技術導入により、高圧放電による窒素固定の試験が行われている⁶²⁾。

高圧放電法に比べ電力消費の少ない石灰窒素法が、1906(明治39)年ドイツのA.FrankとN.Caroによって発明された⁶³⁾。この方法は、まず生石灰CaOとコークスCをアーク式電気炉で反応させて炭化石灰・カーバイド(calcium carbide, CaC₂)を生成し、次に窒化炉で窒素と反応させて塩基性肥料の石灰窒素(calcium cyanamide, CaCN₂)を得る^{64,65)}。石灰窒素を加水分解すれば硝酸の原料となるアンモニアNH₃が変成される。日本でも、1908(明治41)年に日本窒素肥料(現・チッソ)が、水俣でFrankとCaroの特許による石灰窒素の製造を開始している⁶⁵⁾。写真4は、日本窒素肥料が製造した石灰窒素の販促用パンフレットである⁶⁶⁾。表紙には「石灰窒素 空中窒素の電力採取」と書かれ、中には同社が石灰窒素の増産を目的に鹿児島島の川内川に建設した曾木第二発電所(出力6360kW)³⁷⁾の写真と、石灰窒素の詳しい使用方法が記載されている。石灰窒素は毒性を持つため肥料として使用する際に注意が必要である⁶⁶⁾。そのため、加水分解で変成したアンモニアを硫酸で中和した変性硫酸(modified ammonium sulfate, (NH₄)₂SO₄)が代替品として使用されるようになった²⁾。また、中間原料であるカーバイドの製造コストを下げるため、水力発電など安価な電力が求められた。

1913(大正2)年、高温高圧下で窒素と水素を直接反応させるアンモニア直接合成法(Haber-Bosch法)⁶³⁾が実用化され、空中窒素固定の大幅なコストダウンが可能となった。その結果、電力消費量の大きい電気化学的窒素固定法は衰退し、化学肥料も不純物の少ない合成硫酸が主流となった。1923(大正12)年、日本窒素肥料はイタリアから導入したCasale法による日本初のアンモニア合成プラントを延岡工場稼働させている⁶⁷⁾。

一方、潮力(潮汐)発電は潮の干満による水流を利用する発電方

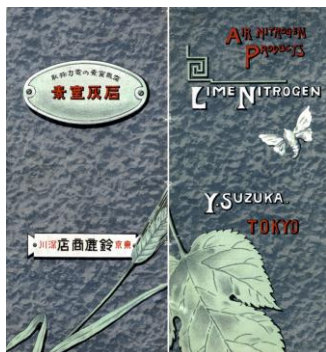


写真4 肥料用石灰窒素パンフレット⁶⁶⁾

式で、第一次世界大戦後の石炭価格高騰を背景に欧米で盛んに研究され、英国は大西洋に面したブリストル海峡のSevern湾、フランスはノルマンディ地方のL'Aber-Vrach川河口、米国はカナダ領ノバスコシアのPassamaquoddy湾、ドイツは北海に面したWilhelmshaven付近で潮力発電所の建設を計画していた^{68,69)}。日本でも、1930年頃に朝鮮半島西海岸の江華島付近で潮力発電所建設の調査研究が行われた⁶⁸⁾。その報告書では、発生電力の用途に電気化学工業による空中窒素固定を挙げている。当時の日本政府が、食糧増産や軍備増強のため潮力発電に大きな期待を寄せていたことが分かる。

『グスコブドリの伝記』が雑誌に掲載された1932(昭和7)年、ブドリが取り組んだ高圧放電による空中窒素固定は、既に時代遅れになっていた。しかし、潮力発電と電気化学を組み合わせ、自然エネルギーを利用した未来の農業を描いた先進性は、『海底二万里』の作者で「SFの祖」ジュール・ヴェルヌに通じるものがある。賢治の死から33年後の1966(昭和41)年、フランス・ブルターニュのRance川河口に世界初の潮力発電所(最大出力240MW)が完成している⁷⁰⁾。

7.4 技術者の眼差し

賢治の電気工学に対する並々ならぬ関心と、専門的知識の深さを示す例として、詩『発電所』を取り上げる。同作品で描かれた水力発電所は、盛岡電気工業の岩根橋発電所と推定されている²⁾。1925(大正14)年4月、当時稗貫農学校の教職にあった賢治は、花巻から岩手軽便鉄道で岩根橋へ行き、発電所のY技師を訪ねたとされている。

《(前略)

わづかに赤い落水管と
ガラスづくりの発電室と
……また余水吐の青じろい滝……
くろい蝸牛水車で
早くも春の雷気を鳴らし
ダイナモコレオプテラ
鞘翅発電機をもって
愉たる夜中のねむけをふるはせ
むら気な十の電圧計や
もっと多情な電流計で
鉛直フズリナ配電盤に
交通地図の模型をつくり
大トランスの六つから
三万ボルトのけいれんを
塔の初号に連結すれば
幾列の清冽な電燈は
青じろい風や川をわたり
まっ黒な工場の夜の屋根から
赤い傘、火花の雲を噴きあげる》[42] (『春と修羅 発電所』)

ここで、落水管は水路式水力発電所で上部水槽から水車へ導水する水圧鉄管(penstock)を、余水吐(overflow)は水槽から溢れた水を流出させる土木設備を指す。発電所の建屋内には、カタツムリのような渦巻状の甲殻(casing)を持つ横軸フランシス水車(Francis turbine)と三相同期発電機が置かれている。賢治は、発電機の丸い外観と回転子の通風羽根が出す騒音から、甲虫類(別名、鞘翅目

Coleoptera)とその羽音を連想したのであろう。

写真5⁷²⁾は、岩根橋発電所と同規模で同じ大正期に建設された水力発電所の建屋内部である⁷²⁾。左手前から水車调速機、同期発電機、間隔を空けて横軸フランシス水車、水車调速機、同期発電機の順で並んでいる。写真の右手奥には、賢治が「鉛直フズリナ配電盤」と呼ぶ白い大理石の配電盤があり、多数の電気計器や開閉器が配置されている。大理石は、古生物の遺骸が堆積した石灰岩がマグマの熱変成作用を受け結晶質石灰岩(crystalline limestone)⁷⁴⁾に変化したもので、有孔虫の一種・紡錘虫類フズリナ(fusulina)の化石を含む石灰岩や大理石は日本国内でも多く産出される。絶縁性や耐熱性に優れた機械加工が可能な大理石は、かつては発電所や変電所の配電盤に広く用いられた^{75, 76)}。

『発電所』の中でも、電圧計と電流計を描写した部分は特に秀逸である。同期発電機の端子電圧や直流励磁機の出力電圧は緩やかに変動するため、それらを指示する電圧計の指針は平衡点の前後をフラフラと揺動する。一方、負荷電流を指示する電流計の指針は、刻々と変わる負荷状態を反映して、激しい変動と静止を不規則に繰り返す。このような電気計器の特徴的な動きは、実務や工学実験で発電機を運転した合に観察される。それを、「むら気な電圧計」、「多情な電流計」と的確かつ詩情豊かに表現した賢治は、旺盛な好奇心と卓越した観察力の持ち主に違いない。水力発電所を訪れた彼は、水車や発電機の運転を見学し、計器を監視する電気技師から詳しい説明を受けながら、専門的な知識を深めていったのであろう。

7.5 岩根橋の発電所と変電所

1907(明治40)年、盛岡電気は宇津野発電所(出力300kW, 岩手県岩手郡築川村)の昼間余剰電力を消化するため、発電所に隣接する工場に6kW単相電気炉3台を設置し、カーバイドの製造を開始した⁷⁷⁾。1917(大正6)年、同社は花巻電気と共同出資で電気化学会社・岩手電気工業を設立し⁶⁰⁾、岩手軽便鉄道の岩根橋駅附近、北上川の支流・猿ヶ石川の右岸に位置する岩手県上閉伊郡宮守村字下宮守(現・遠野市宮守町)にカーバイド工場を開設した。翌大正7年には、対岸の岩手県和賀郡谷内村大字田瀬(現・花巻市東和町)に猿ヶ石川を水源とする岩根橋発電所(出力1760kW)^{60,71)}を完成さ

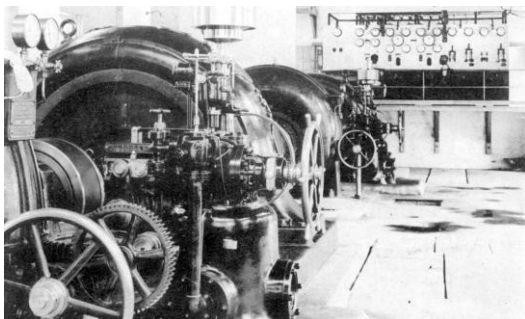


写真5 大正期に建設された水力発電所の内部⁷²⁾

注2) 九州電力の前身・九州電灯鉄道が1914(大正3)年に竣工させた川上川第二発電所(出力1600kVA)⁷³⁾で、Voith社製のフランシス水車と水車调速機、Siemens Schükart社製同期発電機が2組設置されている。

せた。同発電所は、電業社製フランシス水車(1500馬力)と芝浦製作所製三相同期発電機(1100kVA, 3500V, 60Hz)を2組擁していた。主な需用家は^{60,78,79)}、合金鉄(フェロシリコン、フェロマンガ)と砂鉄銑(砂鉄を原料とする鋳物用銑鉄)を製造する日本電化精練(常磐商会系列 大正7年操業開始 1000kW)と電陽社(高田商会系列 大正8年操業開始 700kW)、及び盛岡電気工業のカーバイド工場(60kW)で、3500Vで配電していた⁷¹⁾。交通の便が良く、釜石製鉄所からの鉄の供給も容易で、電気炉用の大電力が供給可能なこの地は、電熱化学工場の立地に最適であった⁷⁸⁾。また、岩根橋発電所は宮守村など周辺地域に電灯電力の供給も行っている⁷⁸⁾。

大正8年、盛岡電気工業は岩手電気工業を吸収合併し⁶⁰⁾、翌9年には谷内村田瀬に黄金山発電所(出力3100kW)⁷⁹⁾を完成させた。電業社製フランシス水車(4500馬力)と芝浦製作所製三相同期発電機(3875kVA, 11kV, 60Hz)⁷⁹⁾が設置され、11kVで岩根橋変電所へ送電した。また、発電所内の変圧器(15kVA)で3500Vに降圧し、周辺への配電も行った⁸¹⁾。同発電所の完成を機に、盛岡電気工業は合金鉄や砂鉄銑の製造に進出している⁷⁸⁾。電業社社史⁸⁰⁾に、黄金山発電所の水車(横軸二輪露出形⁷⁰⁾)の写真が掲載されている。この水車は渦巻状の甲殻を持たず、発電機のある建家と壁を隔てた水槽内に設置され、見学も不可能である。この結果、『発電所』で描かれた場所が岩根橋発電所であることが改めて確認された。

岩根橋変電所は岩根橋発電所と同じ和賀郡谷内村にあり、詩の中に変電設備の描写が含まれることから、発電所に隣接していた可能性が高い⁸¹⁾。1921(大正10)年当時、同変電所には黄金山発電所からの受電用(11kV/3500V, 3900kVA)に加え、33kV特別高压幹線の通降(33kV/2000V, 3000kVA)と通昇(2000V/33kV, 3000kVA)用の3組の三相変圧器が設置されていた⁸¹⁾。盛岡電気工業の電力系統図「盛岡電気工業株式会社供給区域図」⁷⁸⁾と大正11年の「電気事業要覧」⁸¹⁾によると、当時同社の33kV特高幹線は盛岡市の第一変電所から日詰、似内、岩根橋、遠野、仙人峠、大橋の各変電所を経由して釜石町の鈴子変電所まで伸びている。

また、岩根橋変電所の変圧器は全て芝浦製作所製の単相変圧器で、これを三相接続して使用した⁸¹⁾。賢治が『発電所』で「大トランスの六つから 三万ボルトのけいれんを」と描いた通り、33kV幹線には6台の大型変圧器が接続されている。これら通昇・通降変圧器は、低圧側の巻線に複数のタップを有しており⁸¹⁾、負荷時タップ切換器(on-load tap changer)⁸²⁾を操作して、2台1組で33kV幹線の電圧調整を行ったと考えられる。従って、当時の岩根橋変電所の役割は、電力系統の潮流制御と岩根橋・黄金山両発電所の発生電力の周辺への配電で、発電所の余剰電力を33kV幹線で送電する設備は有していない。「塔の初号に連結すれば 幾列の清冽な電燈は 青じろい風や川をわたり」という一節は、高压送電線が遠く離れた町や村に電灯の明かりを届ける様子を連想させるが、賢治が訪れた発電所の電力は長距離送電には使用されていなかったのである。

7.6 電熱化学工場

『発電所』の「まっ黒な工場」とは、同詩の先駆形のカーバイド工場である。一方、発展形の『雪と飛白岩の峯の脚』では合金鉄の製造工場に変化している。なお、後者は1933(昭和8)年に雑誌「詩人時代」に掲載された『詩への愛憎』の定稿(完成形)とされている¹⁾。

〈川の向かうのカーバイト工場

まっ黒な夜の屋根から

赤い傘、火花の雲がたつてみて) [43] (『発電所』先駆形B)

〈まっくろなフェロシリコンの工場から

赤い傘火花の雲が舞ひあがり、) [44] (『雪と飛白岩の峯の脚』^{ギャプロ})

フェロシリコン (ferrosilicon, Fe-Si) は、製鋼用脱酸素剤や電磁鋼板用溶鋼添加剤に使用される合金鉄である。原料は珪石 SiO₂、鉄屑、粉コークス(または木炭)で、カーバイトと同様にアーク式電気炉で製造される⁶⁵⁾。電気炉から排出される炭素を含む黒い煤塵にまみれた工場は、『発電所』やその前駆形、発展形に見られる「まっ黒な工場」と符合する。また、「火花の雲」は稼働中の電気炉が噴き上げる白熱したスケール(酸化鉄の破片)と排煙を、「赤い傘」は煙突に取り付けた雨よけの陣笠が、一酸化炭素の火焰⁶⁶⁾に赤く照らされる様子を表現したと考えられる。

東北地方では、第一次世界大戦中からカーバイトや石灰窒素、変成硫安を生産する電気化学工業が相次いで興り、競争が激化した⁶⁰⁾。また、大正末期には合成硫安の台頭により変成硫安の需用も急減し、東北地方のカーバイト事業は新潟県の電気化学工業(現・デンカ)など大企業による寡占が進んだ。一方、第一次大戦による輸入途絶で国産品の需要が高まった合金鉄は、戦後も国産化の流れが定着し、釜石製鉄所を抱えた東北地方でも、多くの企業が電気炉による合金鉄の製造に進出した⁶⁰⁾。

賢治が訪ねた1925(大正14)年頃、盛岡電気工業の岩根橋工場は競争力を失ったカーバイトの生産を縮小し、合金鉄や砂鉄鉄の生産に傾注していた可能性が高い。詩中の「カーバイト工場」を「フェロシリコン工場」に差し替えた賢治は、電気化学から電気冶金へとシフトする電熱化学工業の状況を知っていたと考えられる。電気による安価な窒素肥料の生産に大きな期待を寄せていた彼は、電気炉が唸りを上げる黒く煤けた工場を前に、何を想ったのだろうか。

岩根橋の電熱化学工場は、第一次大戦後の景気後退とそれに続く昭和恐慌のあおりを受け、次々に閉鎖されていった⁷⁸⁾。1954(昭和29)年、猿ヶ石川に治水、発電、灌漑を目的とする田瀬ダムが完成し⁶⁰⁾、取水域を失った岩根橋と黄金山の両発電所は廃止された。

8. あとがき

2009年3月、筆者は福岡県朝倉市で開催された児童演劇祭で、『月夜のでんしんばしら』の朗読パフォーマンス⁸³⁾を鑑賞した。それは朗読にスライド上映と音楽を組み合わせた作品で、賢治童話の幻想的な世界を巧みに表現していた。しかし、3本腕木の電柱が登場する場面では、右に2本、左に1本の腕をつきだした2本足の電柱が膝を高く上げて行進する絵が映し出されていた。この時感じた小さな違和感が、本報を執筆する契機となった。腕木の意味を誤解した挿絵や電柱を2足歩行に変更する表現は、英語版の絵本⁸⁴⁾にも見られる。『注文の多い料理店』の初版本でも、2本足の電柱が行進する挿絵が使われている⁸⁵⁾。

入沢康夫⁸⁶⁾が指摘するように、童話や詩は素直な心で味わうべきで、作者の意図を深読みしたり、瑣末なことに拘って理屈を捏ね回すのは無粋なことであろう。しかし、『月夜のでんしんばしら』のように

様々な技術要素が散りばめられたファンタジーでは、工学的な検証によって物語が生まれた背景を探る試みも重要だと考える。電気工事士として働いた経験をもつ作家・佐伯一麦⁸⁷⁾も、「賢治の作品は夢か暗号のような象徴ではなく、現実的なものに惹起された心象世界の忠実な記述ではないか」と述べている。筆者も、今回の考察によって、科学者・賢治の純粋で優しい眼差しと作品世界の奥深さを、より強く感じる事ができたと思っている。

9. まとめ

宮沢賢治の童話『月夜のでんしんばしら』を、鉄道工学と電気工学の視点から詳細に検証した。その結果、物語の舞台は東北本線で、月明かりの夜に盛岡から花巻まで線路沿いを歩いた学生時代の体験が元になっている可能性を指摘した。また、大正期における国鉄の鉄道システムを調べ、信号機の位置や駅の明かり、夜行列車の標識灯など作中の描写を、矛盾なく説明できることを示した。行進する電柱たちは配電線、通信線、高圧送電線の3種に分類され、鉄道や電気通信の中心である東京から東北本線の終点・青森を目指して行進していると推定された。更に、電柱の外観や絶縁碍子の構造など電気技術に関連する作者の記述は極めて正確で、電線の唸りの表現も実際の物理現象との整合性が見られた。物語の中盤に登場する電気総長は発電機の化身と考えられ、彼が語る靴と電線の逸話が電信技術と共に英国から伝わった可能性を指摘した。

後半では、盛岡・花巻周辺の電気事業の歴史や、電気化学的空室窒素固定法、潮力発電、電熱化学工業など賢治が目にした電気技術の発展過程を調べ、これらが彼の作品に与えた影響を分析した。賢治の作品にちりばめられた電氣的イメージは、当時の先端技術である電気に対する期待と憧憬に加え、山間部の水力発電所から荒野に立つ電柱まで、電気設備全般に対する強い興味と、詳細な観察による知識の集積によって生み出されたと考えられる。

謝辞 東北本線の歴史や鉄道技術について助言を戴きました、本校電気工学科OBで日本貨物鉄道株式会社九州支社 輸送・運用・指導・検修担当課長 中山 昇氏に感謝致します。賢治の詩『発電所』の素晴らしさを教えて戴いた、本校電気工学科OBでファナック株式会社中央テクニカルセンター勤務の朝井将光氏にも感謝致します。

参考資料

- 1) 新修・宮沢賢治全集(筑摩書房) 第一巻 短歌・俳句(1980)、第二巻 詩 I (1979)、第三巻 詩 II (1979)、第五巻 詩IV(1979)、第十二巻 童話 V (1980)、第十三巻 童話VI(1980)、第十四巻 童話VII(1980)
- 2) 大塚常樹:宮沢賢治 心象の宇宙論(コスモロジー)(朝文社、1993)
- 3) 安藤恭子:月夜のでんしんばしら—幻想と逸話の再構成—、國文學 解釈と鑑賞,51, No.12,p.106(至文堂、1986)
- 4) 村田正博:岩手軽便鉄道、鉄道廃線跡を歩くII JTBキャンブックス、宮脇俊三編著(日本交通公社、1996)
- 5) 村田正博:花巻電鉄、鉄道廃線跡を歩くVII JTBキャンブックス、宮脇俊三編著(日本交通公社、2000)
- 6) 鉄道信号発達史、信号保安協会発行(1980)

- 7) 中川浩一:東北本線成立の歴史過程, 鉄道ピクトリアル No.549(鉄道図書刊行会, 1991)
- 8) 絵葉書 (浅虫名所)浅虫海岸より裸島方面の景(発行元不明)
- 9) 森 荘巳池:宮澤賢治 ふれあいの人々(熊谷印刷出版部, 1988)
- 10) 森 荘巳池:宮澤賢治の肖像(津軽書房, 1974)
- 11) 日本鉄道旅行地図帳 2号 東北(新潮社, 2008)
- 12) 五万分一地形図 盛岡(大正元年測圖同十四年鐵道補入) 大日本帝國陸地測量部(1926)
- 13) 五万分一地形図 日詰(大正元年測圖昭和十四年修正) 大日本帝國陸地測量部(1941)
- 14) 五万分一地形図 花巻(大正二年測圖同十四年鐵道補入) 大日本帝國陸地測量部(1927)
- 15) 平井喜久松:鐵道 岩波全書75(岩波書店, 1936)
- 16) 竹内季一:鐵道信號, 鐵道時報局発行(1912)
- 17) 鈴木嶺夫:信号と保安の話 鐵道新書11, (鉄道図書刊行会, 1956)
- 18) 鐵道運輸規則(昭和六十二年三月二日運輸省令第十五号) 日本都市交通労働組合 都市交小六法 http://www.toshiko.or.jp/law/kotsu/k_10.htm
- 19) 運輸保安信號規程全集, 鐵道講習會編(1913)
- 20) 吉川速男:鐵道物語(極東書院, 1920)
- 21) 松繩信太:運輸取扱心得解説 鐵道時報局発行(1925)
- 22) 小関和弘:解説「月夜のでんしんばしら」 知っ得 宮沢賢治の全童話を読む 國文學編集部編(學燈社, 2008)
- 23) 松本 亮:ワヤン ジャワの影絵芝居 平凡社カラー新書72(平凡社, 1977)
- 24) 通信線路施設心得(大正11年制定, 昭和12年改正版), 鐵道省電氣局発行(1937)
- 25) 本邦電氣史資料, 逓信省通信局工務課発行(1918)
- 26) てれがらふー電信をひらいた人々, 通信協会発行(1970)
- 27) 東北の電氣電話史 東北電氣通信局編, 電氣通信共済会東北支部発行(1967)
- 28) 新潮文庫 宮沢賢治 注文の多い料理店 注解(新潮社, 1990)
- 29) 前川幸一郎:送配電ノート OHM文庫32(オーム社, 1953)
- 30) 鳳 誠三郎:新しい絶縁材料 OHM文庫1(オーム社, 1952)
- 31) 日野幹雄:流体力学 理工学基礎講座16, 朝倉書店(1974)
- 32) 前川幸一郎:送電および配電 共立全書92, 共立出版(1954)
- 33) 送配電工学 改訂版 電氣学会大学講座, 電氣学会(1967)
- 34) 井上利文, 松平乘義:鐵道通信信號技術必携, 川口印刷所出版部(1937)
- 35) 鐵道通信発達史(鐵道通信協会発行, 1970)
- 36) 絵葉書 (小倉名所)小倉發電所(尚美堂発行)
- 37) 九州地方電氣事業史 九州電力株式会社発行(2007)
- 38) 三宅俊彦:九州鉄道〜國鉄〜JR九州 主要幹線の運輸の歩み, 鐵道ピクトリアルNo.557(電氣車研究会, 1992)
- 39) 電氣法令集 電友社編輯部編纂 改訂16版 電友社(1919)
- 40) 電線路 鐵道總局発行(1948)
- 41) 五万分一地形図 花巻(大正二年測圖同十四年鐵道補入昭和二十六年応急修正) 地理調査所発行(1952)
- 42) 松下了平:シャーロック・ホームズの鐵道学, マイロネBOOKS (日本交通公社, 2004)
- 43) 松本栄寿:電氣の世紀へ(瞬時の通信へ ③電信物語), 計測技術, 9,p.55(2004)
- 44) 自驛基本各驛哩程記入表, 大日本鐵道講學會発行(1915)
- 45) 安藤恭子:宮沢賢治<カ>の構造 (朝文社, 1996)
- 46) 大附敏夫:感電予防の実際 OHM文庫95(オーム社, 1960)
- 47) 中村光司:客車の電源方式をめぐって, 鐵道ピクトリアルNo.835 (電氣車研究会, 2010)
- 48) 列車電燈装置 川崎重工業株式会社発行(1942)
- 49) 日本電池100年, 日本電池株式会社発行(1995)
- 50) 特許・列車點燈用GS蓄電池(カタログ) 日本電池株式会社発行 (発行年不明)
- 51) 電池ハンドブック, 佐々木熊三 監修(電氣書院, 1964)
- 52) 山岡景範:据置蓄電池取扱の実際 OHM文庫6(オーム社, 1952)
- 53) 奈良本達也, 左方郁子:読める年表・明治大正編 (自由国民社, 1981)
- 54) 萩野 秀:岡山の電氣電話 岡山文庫61(日本文教出版, 1975)
- 55) 杉目 暁:トンツー談義 わが国の電信のはじまり、(社)目黒会 北海道支部 <http://megurokai-h.jugem.jp/>
- 56) 寺内重夫:ことばとかたちの部屋 “中国の昔話”語り資料500話 <http://homepage1.nifty.com/kotobatokatatachi/index.html>
- 57) 手塚恵子:国家事業としての口承文芸の採集とその出版-中国「三套集成」プロジェクト-, 科学研究費補助金 2004年度研究実績報告書
- 58) 山崎俊雄, 木本忠昭:電氣の技術史(オーム社, 1976)
- 59) 逸見英夫:水力發電は仙台から始まった 三居沢發電所物語, (創童舎, 2000)
- 60) 東北地方電氣事業史, 東北電力株式会社発行(1960)
- 61) 岡村民夫:イーハトーブ温泉学(みすず書房, 2008)
- 62) 清浦雷作, 堀 省一郎:硫酸・硝酸・塩酸 工業化学全書45(日刊工業新聞社, 1961)
- 63) 江崎正直:アンモニア合成, サイエンスネット, No.27(数研出版, 2006)
- 64) 吉沢四郎, 渡辺信淳:電氣化学II 改訂版 共立全書167(共立出版, 1974)
- 65) 武井 武, 小島 武, 友成忠雄:電熱化学工業 工業化学全書16(日刊工業新聞社, 1960)
- 66) 石灰窒素(パンフレット) 日本窒素肥料株式会社特約店・鈴鹿保家商店発行(1912)
- 67) 聞書 水俣民衆史(四) 合成化学工場と職工 岡本達明, 松崎次夫編集(草風館, 1990)
- 68) 潮力發電 朝鮮總督府逓信局(1930)
- 69) 高橋三郎:發電水力 岩波全書55(岩波書店, 1935)
- 70) 電氣学会大学講座 水力發電 改訂版(電氣学会, 1966)
- 71) 第12回電氣事業要覽, 逓信省電氣局編(1920)
- 72) 絵葉書 古湯附近第二發電所機械部(発行元不明)
- 73) 第9回電氣事業要覽, 逓信省電氣局編(1917)
- 74) 都城秋穂, 久城育夫:岩石学II 岩石の性質と分類 共立全書205(共立出版, 1975)
- 75) 鯨井恒太郎:電力輸送配電法(電友社, 1914)
- 76) 伊藤義太郎:自家用変電所の施設と保守 OHM文庫39(オーム社, 1953)
- 77) 電氣事業五十年史, 電氣タイムス社編(1922)
- 78) 宮守村誌, 宮守村教育委員会発行(1977)
- 79) 第13回電氣事業要覽, 逓信省電氣局編(1921)
- 80) 株式会社電業社原動機製造所四十五年史, 株式会社電業社原動機製造所発行(1955)
- 81) 第14回電氣事業要覽, 逓信省電氣局編(1922)
- 82) 後藤文雄:電機概論 第6版(丸善, 1975)
- 83) 演劇キャラバン☆劇列車 「風の音朗誦会」, 第8回杷木国際子ども芸術フェスティバル パンフレット(2009)
- 84) The Telegraph Poles on a Moonlit Night, Sarah M. Strong 翻訳, 二階堂ひろみ イラスト, 国際言語文化振興財団発行(サンマーク, 2000)
- 85) 司 修:電柱の絵 イーハトヴ通信(新修・宮沢賢治全集月報) 11 (筑摩書房, 1980)
- 86) 入沢康夫:宮沢賢治の詩と童話 CD「宮沢賢治の魅力〜月夜のでんしんばしら〜《朗読》長岡輝子」ブックレット(キングレコード, 2003)
- 87) 佐伯一麦:賢治の光る碍子 新校本・宮沢賢治全集月報14 (筑摩書房, 1997)

(2010年10月15日 受理)