HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	北海道開拓期における鉄道の路線選定に関する考察（凍上に対する挟木作業について）
著者	上浦，正樹；KAMIURA，Masaki
引用	開発論集(106)：33-50
発行日	2020-09-30

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

開発論集　第106号　33-50（2020年 9 月）

北海道開拓期における鉄道の路線選定に関する考察（凍上に対する挟木作業について）

上　浦　正　樹*

1　はじめに

昨年度，北海学園開発研究所による総合研究「地域資源開発の総合的研究―北海道の産業遺産，北海道の歴史遺産，北海道の文化遺産，北海道の自然遺産からの接近と再構築―」（H 30～H 32 総合研究）の一環として前稿[1)]で鉄道建設を取り上げた。そこでは北海道の開拓で最初に建設された幌内鉄道に着目した。この鉄道はイギリスで鉄道が実用化されてから 50 年ほどの明治 16 年に全線開通した日本で 3 番目の鉄道である。よって，当時の最先端であったアメリカの鉄道技術が取り入れられた経緯を考察し，そのころと現在との鉄道技術を土木工学および鉄道工学から比較・検討し，その卓越性について論じた。

これをベースに本稿が扱っている対象は，幌内鉄道を引き継いだ北海道炭砿鉄道とさらにこれを引き継いだ北海道庁鉄道部による官営鉄道である。これらの鉄道の変遷は次に通りである。明治 16 年に開業した官営の幌内鉄道は北海の開拓において石炭を採掘し，この石炭輸送を中心とする貨物輸送から始まったが，鉄道だけの経営では成り立たたない状況であった。そこで石炭発掘も合わせて経営する会社として明治 22 年（1989）に民間の北海道炭砿鉄道が引き継いだ。しかし明治 30 年ころには国策によって全国の鉄道を官営化する一環で，北海道炭砿鉄道から北海道庁鉄道部へ引き継がれた。一方，田辺朔郎[参考1)]により北海道鉄道敷設法に記載された北海道幹線鉄道ルート（1600 km）の路線の測量と路線計画が実施され，そこには北海道炭砿鉄道と北海道庁鉄道部が関係した路線が含まれていた。

ここで路線選定について述べる。北海道の鉄道建設は北海道の開拓と一体化して進んでいった。それは手つかずの自然を相手に経験のない寒冷地で石炭の採掘を行い，鉄道によって輸送することを意味している。よって鉄道の路線選定では本州のような江戸時代にできた町を経由するような政治的な条件があまりない。一方，線路を建設するには土木技術のレベルや蒸気機関車の性能などにより，目的地まで直線とする路線を選定できず，河川の氾濫原や湿地帯の堆積層などの平坦な場所を選び，山越えの際には川の支流を切り崩して盛土する手法が用いられた。これらの表土は粘土・シルトなどの軟弱な地質であり，土壌の中には草木が覆い，これが枯れて層をなして数千年程度しか立っていない場合泥炭も含まれていた。このように川の沿線

*（かみうら　まさき）北海学園大学開発研究所特別研究員

を主体に路線選定する方法は，北海道に限らず全国で行われた路線選定の方法である。しかし北海道の冬は本州とは異なり酷寒であり，線路を支えるこれらの地盤には軟弱な地質であることから大規模な凍上現象が毎冬に現れた。凍上現象とは地盤内にアイスレンズと呼ばれる氷塊が発生し，体積膨張によって鉄道では線路を押し上げるもので列車荷重でも体積は変化しない。このため夏には平らだった線路が冬になって盛り上がった状態になる。これが線路上で不規則に発達するので，レールが曲がり脱線の危険が増すことになる。

このような線路の異常な状態を列車の運転ができる程度に補修するには，最大に盛り上がった地点から列車が円滑に走行できるように，なだらかな曲線で平らな線路のところまで取り付けなければならない。このような作業を行うには線路とまくら木の間に厚さの異なる挟木（木製のパッキンの一種）を順次挿入し，列車が走行してもなだらかな曲線が確保できるように挟木の厚さを調整する。この作業は冬には凍上が発達するために挟木を挿入し，春になると凍上した地盤が融解するのに対処して挟木を外すもので，一連の作業を挟木作業と呼ぶ。これは凍上の発達過程でも挿入数を増やしながら繰り返し行われ，また春の融解期での凍上が下がるにつれてその都度挟木を少しずつ撤去するという手間が掛かる作業である。この作業は 11 月ころから翌年の 5 月ことまで行われ，北海道の保線作業における重要なものとなっていた。これを改善するために昭和 14 年（1938）には鉄道省において担当部署や学識経験者による凍上対策委員会が設置され，原因究明や対策工法の検討がなされた。

ここで，本稿の対象線区では昭和 15 年（1939）において最大平均凍上量は 40 mm で全体の 26％～50％占めていたのに対し，昭和 53 年（1978）ではその比率はあまり変わらないままであった。よって田辺朔郎が測量し，作成した路線計画に従い建設された線路の多くは現在でも使われているが，挟木作業は 50 年以上にわった北海道の保線の冬の重要な作業として，技術的に他の地域にみられない進歩を遂げた。しかし，昭和 60 年代から路盤改良が進み，平成 2 年では最大平均凍上量が 20 mm で全体の 5 ％未満となった結果，挟木作業はあまり用いられなくなった。

次に，本稿が対象にしている線区内に狩勝峠がある。この峠を越えるために線路は急勾配となっていたが，その後，技術力の革新と輸送力増加によりトンネルで狩勝峠を横断する短絡線が新たに作られ，田辺朔郎らの建設した路線は廃止になった。しかし，この廃止線はそのまま実験線として生まれ変わり，日本の鉄道における脱線原因の解明に役立った。この脱線条件を軌道に実現する上で，北海道で独自の進歩を遂げた挟木作業の技術が大いに貢献した。

本稿の目的は，明治時代に前人未踏の北海道で鉄道建設のために田辺朔郎らがどのような視点で路線を計画し測量したかを示し，これに従い建設された線路が北海道という極寒地にあって線路保守にどのように影響したかを明らかにすることする。また，その後の技術の発展などにより田辺朔郎の計画した路線の一部が廃止されたが，この廃止した線路で極寒地で培った挟木作業の技術が使われたが，全国の貨車の脱線防止の基準作りのどのように貢献したかを産業遺産の歴史的視点で検討することする。

2　明治時代における北海道鉄道史の概観

前稿では，日本で 3 番目の鉄道である幌内鉄道を対象に当時で世界の鉄道技術の最先端にあったアメリカの土木技術がどのように導入されたかを考察した。本稿はこれを踏まえ，幌内鉄道を引き継いだ北海道炭礦鉄道および北海道庁鉄道部について考察を進めていく。

2.1　北海道炭礦鉄道

北海道炭礦鉄道は明治 22 年（1989）に設立された。この背景は次による。当時，北海道の官営鉄道を民間へ払い下げもしくは貸付の動向があったが，実際は収益の見込みの薄く投資を引く受けるものがなかった。しかし，北海道庁に籍をおいていた堀基は収益がある石炭産業と採算性の低い鉄道事業の結合による炭礦鉄道構想を示し，これに賛同した渋川栄一ら共に北海道炭礦鉄道を設立した。北海道炭礦鉄道は夕張・空知・美唄の諸炭田を開発し，室蘭～空知太間とこの途中で分岐して夕張に至る鉄道網の構想を取りまとめた。これにより政府と交渉し，以下の理由により幌内・幾春別鉱山と幌内鉄道の払い下げとなった。

「幌内炭鉱掘削や幌内鉄道の軌条の交換には巨額の金を必要とするものであるが，北海道炭礦鉄道が室蘭までの線路を建設し，夕張炭を出炭するようになれば，幌内・幾春別両炭山は著しい影響をうけるであろう。しかも，室蘭は内地にも近いので，内地から移入された貨物は同線を経由し，幌内鉄道を利用して小樽に至るものの数量は減少するに違いない。いま，会社を払い下げれば，軌条は会社が交換するというから，その方が官にも会社にも有利である」[2] のが理由であった。

2.2　北海道庁鉄道部

北海道炭礦鉄道は空知・石狩・夕張の各炭田を採掘し，小樽港と室蘭港の両港に至る鉄道線路を独占したが，これらから私企業が公的な利益を独占しているとの風潮が全国的に広まった。このような背景から明治 29 年（1896）には，北海道鉄道敷設法が公布・施行され，北海道庁に鉄道部が設置された。これにより空知太以北の空知太―旭川間や旭川―帯広の建設は官営で行うこととなった。明治 38 年（1905）に北海道庁鉄道部の業務は逓信省の鉄道作業局に管轄が変わり，北海道庁の管轄を離れ，明治 39 年（1906）北海道炭礦鉄道の路線は北海道官営鉄道として官営の鉄道となった。これにより北海道炭礦鉄道は北海道炭礦汽船株式会社とに石炭産業や製鉄業などの事業を継続して行うこととなった。

3　空知太―旭川間と旭川―帯広間の路線と地質

3.1　建設の経緯

田辺朔郎は明治 27 年（1894）に空知太―旭川間鉄道建設計画書を作成し，明治 29 年

（1896）に空知太―旭川間に加え旭川―帯広間を測量した。明治 30 年（1897） 6 月に北海道庁の臨時北海道鉄道敷設部により空知太―旭川間が着工となり，明治 31 年（1898）に完成した。これに伴い空知太駅の狭いため砂川駅がその機能を引き継ぎ，空知太駅は廃止された。

3.2　路線の地質

a）空知太―旭川間

当時，線路を建設するには土木技術のレベルや蒸気機関車の性能などによりできるだけ平坦なルートが選択された。その結果勾配のゆるい河川の氾濫原などの湿地帯が多く選らばれ，急な斜面の勾配を抑えるために迂回しながら，必要があれば川に隣接する斜面を切り崩し，発生した土砂を用いて川側に盛土とする工法が採用された。

ここで現在の空知太（砂川）―旭川間の路線とその付近の表層の地質図を重ねて比較することとした。

図 3-1 に示すように線路は空知太（砂川）から石狩川に川上へ北の旭川に向かっている（凡例を参考 3）に示す）。この図において鉄道の路線はほぼ東西に石狩川に沿っている。白又は灰色の部分は第四紀沖積層で軟弱な粘土質の表土であり，鉄道の線路はほぼこの部分に敷設されている。旭川付近では第四紀凝塊岩質雨粉台と呼ばれる台地を浸食した石狩川に沿ってさらに鉄道が敷設されている。なお旭川の直前では石狩川と美瑛川の合流点している。以上のように，田辺朔郎が空知太―旭川間の路線を計画してできた北海道炭砿鉄道の 90％以上は地質学的には比較的若い第四紀の沖積層もしくは堆積層で軟弱な粘土質の表土にあることを確認した。

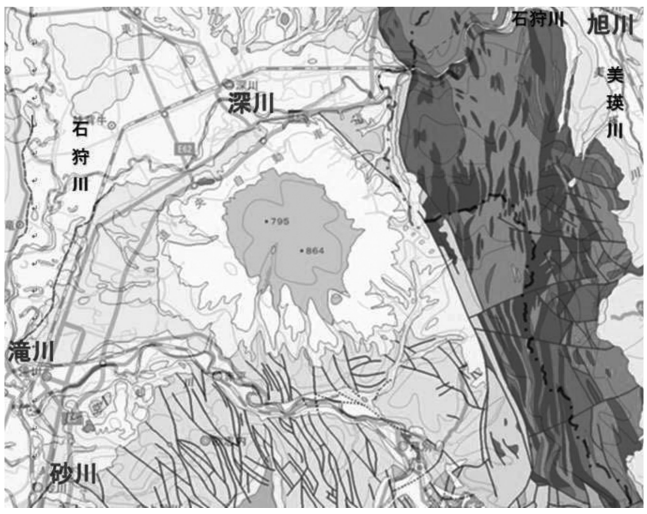

図 3-1　空知太（砂川）―旭川間の路線図と地質[3)]

b）空知太―旭川間（狩勝峠を除く）（図 3-2）

旭川から美瑛川の第四紀沖積層の氾濫原もしくは堆積層の湿地帯に沿って南下し，空知川に沿って富良野に至る。このルートは粘土質に加え第四紀沖積層に加え火山灰による泥岩流の影響を受けている。富良野から落合までは空知川に沿っており，その地層は第四紀堆積物層である。またさらに上流の山岳地帯へ入ると中生代白亜紀安山岩主体の混合層で落合に至っている。一方，帯広から路線選定では，十勝川を上流に向かって上り支流の佐幌川から新得に到達している。以上のように石狩峠の山岳部を除き，残りの路線はほぼ第四紀沖積層もしくは堆積層である。

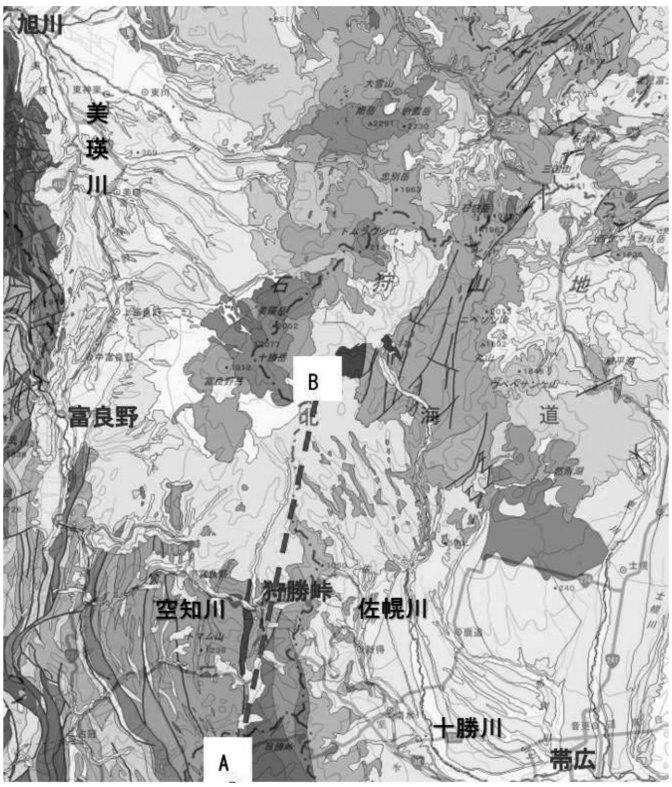

図 3-2　旭川―帯広間の路線図と地質[4)]

c）狩勝峠

図 3-2 においてほぼ南北の断面 AB を図示したものが図 3-3 である。この図は 3 D 地図情報ソフト「KASHIMIR 3 D」から作成した。これを用いて落合から新得に至るルートを考察する。日高山脈を越える地点について，田辺朔郎は 3 つの鉄道建設ルートが検討した。その第①案は日高山脈の北端の佐幌岳の北側の鞍部（くびれた部分）を越える案，第②案は佐幌岳の南 4 km にある鞍部を通過する案，最後の第③案は現在の道東自動車道が通る付近に位置し，当時そこに落合と新得を結ぶ石狩道路の案である。

当時の様子を次のように伝えている。「明治 29 年（1896）4 月上旬，田辺は 2 人の鉄道技師を従えて旭川を出発し，狩勝線を含む十勝線の実地踏査を開始した。草木が繁茂してしまう夏季，低温・雪の厳しい冬季を避けるため，残雪が堅く歩きやすくなり，草木はまだ葉を付けず見通しの良い 4 月上旬の出発となった。当時旭川・帯広間に人はおらず，この区間の土地の地勢を知る者もいなかった。日高山脈界隈では 4 月上旬であっても気温が氷点下 20 度にもなり厳しい踏査となった。20 日間以上の長期にわたった実地踏査により，田辺はこの地点とは別の地点の山陵にひとつの鞍部があることを発見した。当時，トンネル掘削の技術は未熟で，工費と時間は限られており，長大トンネルには挑むことは困難であった。その鞍部は峰の部分が細く，田辺はここに鉄道を通すことで建設に必要となるトンネルの長さ，および工費・建設期間を節約・短期にできると考え，この地点まで山肌に沿って標高を稼ぎながらアプローチし，頂上付近を短いトンネルで通過するルートを考えた。」[5)]

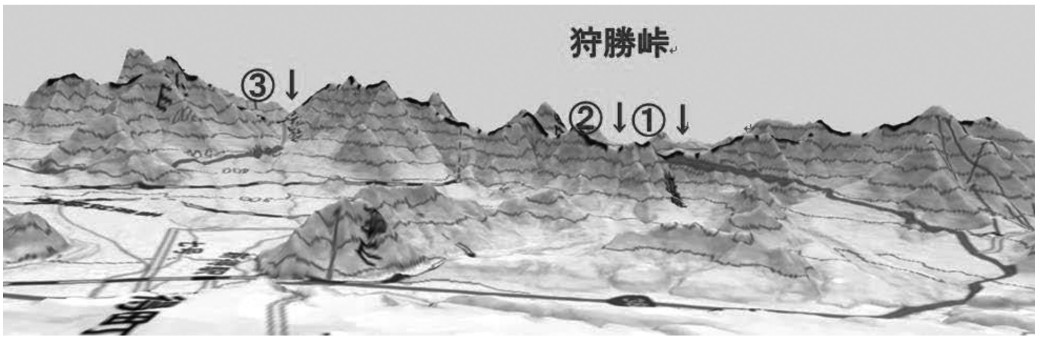

図 3-3　狩勝峠のルート選定案

このルートにより，明治 34 年（1901）から北海道を東西に横断する十勝線の狩勝線区間の建設が開始された。最初に田辺は狩勝トンネル（全長 954 m）を掘削する地点の地質調査を行った。これにより狩勝トンネルの途中からは当時の蒸気機関車が登れる最大の勾配である 25‰を設定し，新内信号場付近を除いて約 15 km もの工事延長となった。翌 1902 年（明治 35 年）度からは落合駅から狩勝トンネルの西口間の路盤工事や狩勝トンネルの掘削工事を開始し，硬岩と湧水に見舞われたが，明治 37 年（1904）にようやく鞍部の掘削を終了した。この鞍部こそが田辺が当時名付けた現在の狩勝峠であった。これにより落合―帯広間が完成し，札幌―旭川―帯広との鉄道路線ができあがった。この結果，北海道の東西を結ぶ鉄道輸送が可能になり，北海道東部の拓殖をより一層促進させることになった。

d）新狩勝トンネル

明治時代は輸送量がそれほど多くなく，全国の鉄道建設において工事費の節減のため最大勾配を 25‰としていた。狩勝トンネルのルートでもこの勾配を採用した。しかし，その後の輸

送力の伸びに従い，狩勝峠の急勾配を上がっていくには機関車 1 両に補助機関車 1 両の 2 両編成が必要となり，輸送効率が落ちる上に所要時分が余分にかかることとなった。そこでトンネル掘削技術の向上を背景に短絡線を計画し，昭和 41 年（1966）に 5790 m の新狩勝トンネルが完成した。これにより落合～新得間で最大勾配 12‰の短絡線線（狩勝新線）ができあがった（図 3-4）。このルートにより機関車 1 両でかつ 1 列車あたりの輸送量が約 1.3 倍に増加し，所要時間も短縮した。このように明治時代に田辺朔郎が測量し計画した狩勝峠を越える旧線は無くなった。しかし，この旧線はその後は狩勝実験線として再度役目を果たすことになった。

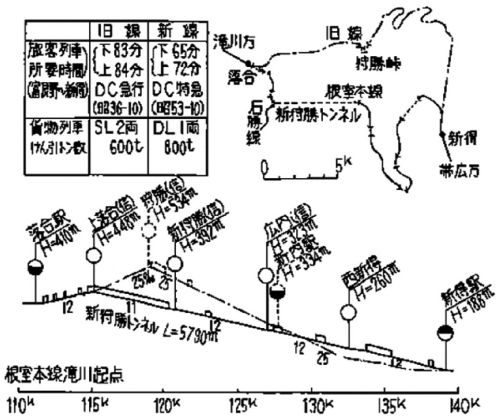

図 3-4　新狩勝トンネル[6]

4　技術的産業遺産としての「挟木作業」

4.1　鉄道における凍上対策の歴史的概観

鉄道がヨーロッパやアメリカ大陸に建設されると欧米の寒冷地において凍上対策が線路保守の重要な問題になった。凍上の理論的または実験的研究は 1900 年に入ってアメリカ，カナダ，ソ連，ドイツなどで活発に行われた。我が国では，昭和 12 年（1936）に満州鉄道総局内に極寒対策委員会が設けられ，線路凍上防止に関する調査，研究が行われた[7]。当時の満州鉄道の資料を見ると「凍上は既述の如く線路保守費が鉄道経費総額の約 20％を占むることを考ふる時，軌道保守費に少かざる影響を有する問題で科学的管理を行う上に於いて慎重考究すべき問題」[8] としていた。昭和 14 年（1938）には鉄道省において凍上対策委員会が設置された。この委員会には，本省工務局，大臣官房研究所，北海道帝国大学理工学部などにより構成されていた。実際に当時の札幌支社（現 JR 北海道）管内の線路で凍上対策を必要とする延長は，38％であり，線路延長で 2500 km にもなっていた。これらの委員会を経て得られた凍上現象の原因は，温度，土質，地下水とした。よってこれらのうち一つでも抑えることができる工法の検討が行われた。

鉄道省凍上対策委員会では凍上の検討で得た結論として，「凍上とは土粒子と水との境界で凍ると氷が上層を持ち上げて隙間ができ，その間に水が浸入する。これが凍るとまた上層を持ちあげる。しかし，水の吸引の原因，機構が不明である」[9] との説を示している。（現在は研究が進み，凍上現象とは「土中の水分が凍土中にアイスレンズと呼ばれる氷層が形成される。この水から氷への体積増加に線路を持ち上がる現象」であり，さらに「その下部からの水が毛管現象により吸い上げられ，その水も凍るので大きな膨張が発生する現象」[10] としている。）

次に，この委員会で現在は鉄道のみならず農業などでも活用されている積算寒度の考え方が確立した。この積算寒度とは，「1 日の平均気温が－0° 以下になった日を最初の日として平均気温が＋0° を最終の日としてその間の毎日の平均気温の絶対値を累積した値」[11] とした。**図 4-1** は北海道支社における昭和 34 年度～昭和 38 年度の 5 年間の積算寒度の平均を示している。これによると滝川 598，旭川 794 である。同時期で本州の寒冷地と思われる以下の 3 か所の積算寒度は，青森 198，盛岡 224，高山 196 であった。これからも北海道炭砿鉄道が敷設した線路の凍上は本州と比較して非常に大きいことがわかる。

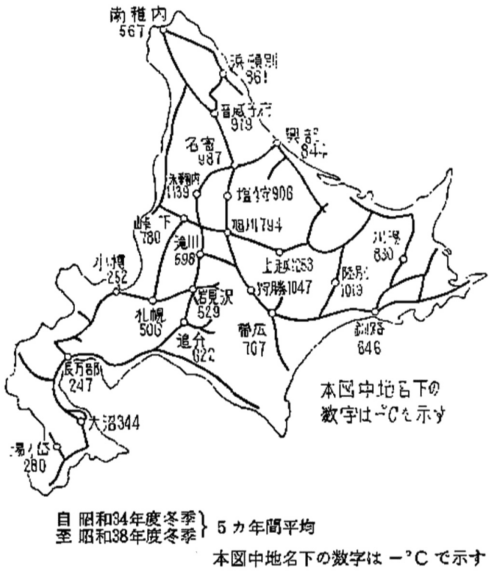

図 4-1　北海道支社における積算寒度の平均

とはいえ，一旦線路ができあがるとその改良には多額の費用を要することから，改良が進まないようであった。この点は昭和 52 年（1977）における旭川鉄道管理局保線課長の随筆[12] によって当時の凍上対策の苦労が想像できる。ここで線路の凍上対策として主に挟木作業を行う。これは冬季にレール下へ挟木を挿入し春季にこれを撤去するもので，詳細は本稿後半で述べる。

「昭和 51 年度冬季では，11 月には凍上が始まり線路の凹凸を補修するためにその都度挟木

挿入作業を行ったが，凍上多発のため挟木作業が廻りきれず，異常動揺対策（筆者注：凍上による線路の凹凸区間を列車が通ると上下動揺や左右動揺が大きくなることから脱線の危険を抑える対策）として 8 線区，35 か所，延 869 日間で徐行措置をとった。また今季は豪雪で降雪処理の繰り返しで降雪処理用車両と機械に負担がかかり故障が多く発生した。また 4 月～ 5 月の融凍期には線路が下がり挟木撤去作業を緊急作業として対応した。そのため本州では 1 年かけて行う材料交換などの線路保守作業を 6 月～10 月の 5 か月で対応せざるを得ない状況であった。」

また，保線区の下部組織である検査班が 4 名で構成され，担当区域を 10 km で平均的な凍上延長を全体の 50% とすると，釧路鉄道管理局の報告[13] からこれにかかる作業員は延べ 108 人，人夫は延べ 61 人で 1 年間の総作業時間のうち約 36% が凍上作業を行っていることになっていた。

4.2　挟木作業

凍上の大小は土質の成分や水分条件に左右される。したがって地盤によって凍上に発生状況は異なる。その結果，**図 4-2** に示すように線路長手方向における凹凸（高低狂い）が発生し，また，まくらぎが傾くと水平方向に移動する軌道狂い（通り狂い）と左右レールの高さが異なる軌道狂い（水準狂い）も発生する可能性がある。これらの軌道狂いが発生して線路に車両が走行すると大きな揺れが発生し，脱線に至ることがある。

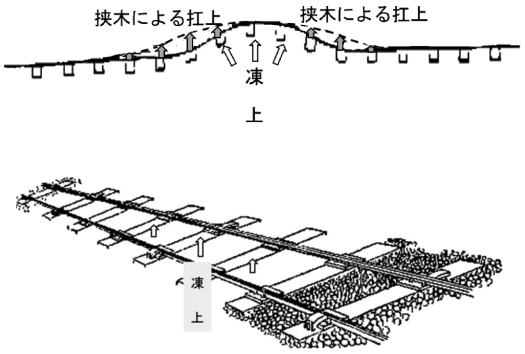

図 4-2　線路の凍上現象

凍上が発生すると，凍上した頂点に合わせてレール・まくらぎを持ち上げ，緩やかな勾配（本線では 1/600[14] など）で取り付ける。この取り付けのために持ち上げたレール・まくらぎにより砕石の間に空隙ができる。**図 4-3**[15] はこのプロセスを段階的に示したものである。この作業は一般的には 2 月から 3 月ごろの凍上の発達に合わせて繰り返し行われた。一方，4 月以降になると凍土が融解して沈下するので，これに合わせて緩やかな勾配を維持しながら挟木の撤去作業が行われた。

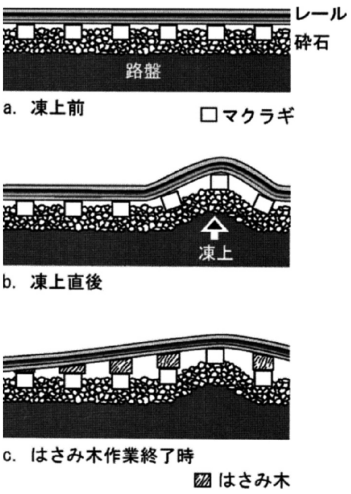

図 4-3　挟木作業の手順

挟木作業で使用される挟木にはレール下面とまくらぎの間に**表 4-1** に示すような「縦はさみ木」と「横はさみぎ」を組み合わせて挿入する。**図 4-4** は「縦はさみ木」と「横はさみ木」の重ねる方法を示している。挟木の厚さは最小は 1 mm であり最大は 50 mm である。過去において全体の厚さが 600 mm に達したものがあったようだが，通常は 0 ～50 mm 程度であり，稀にあっても 110 mm とされていた[16]。**図 4-5** は実際に 50 mm の挟木が挿入された現場の取り付け勾配に合わせて挟木の高さを調整した例を示す。このように凍上量に合わせて 1 mm 単位で線路の高さを調整していた技術は敬意に値する。これは積算寒度の平均が本州よりも極めて大きく，挟木作業を一冬で繰り返し行う必要があることから習得した高度な技術であると考える。

表 4-1　挟木の種類

単位　mm

種　類	寸　法		
	長　さ	幅	厚　さ
縦はさみ木	180	127	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 12. 15.
	180	122	
	180	108	
横はさみ木	250～300	180	15. 20. 25. 30.
	300～350	180	35. 40. 45. 50.

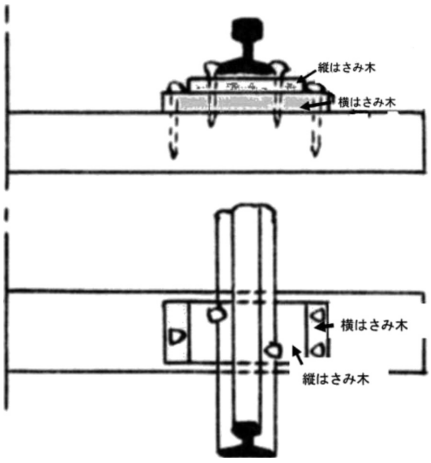

図 4-4 「縦はさみ木」と「横はさみ木」の重ねる方法

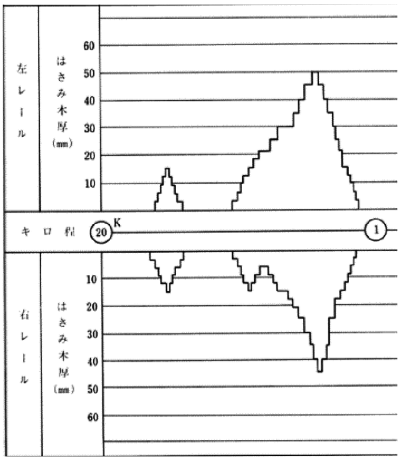

図 4-5　挟木の挿入した例

4.3　凍上による狩勝トンネルの被害

図 4-6 に示すようにトンネル内部を保護する覆工は煉瓦製[参考2)]であった。その目地が列車の振動などで切れた結果，地下水が覆工と地山の間に入り込み凍結して目地が破損する。また地山の凍上によってトンネルに偏圧がかかるなどでトンネルの変状が進んでいく。図 4-7[17)] は覆工の断面を示したもので本来の覆工の面が矢印方向に圧力をうけ変状している様子を示している。

図 4-6　狩勝トンネル[16)]

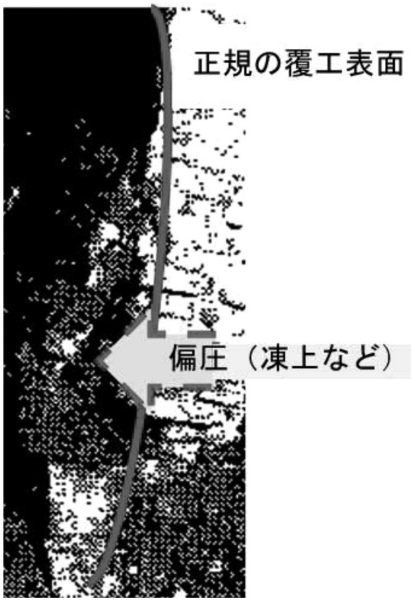

図 4-7　狩勝トンネルの変状[17)] より加工

4.4　路盤改良と挟木作業の減少

図 4-8 は鉄道省において設置された凍上対策委員会で 1939 年に示された，線区ごとの挟木作業の実施割合を図示したものである。この図から本稿の対象路線では砂川―旭川―富良野ではほぼ 26％～50％であり富良野―帯広では 51％～75％で挟木作業がなされていたことが推測できる。

その後，1990 年代に入り従来の木まくらぎは凍上区間用 PC まくら木に交換され，路盤改良などにより挟木作業は激減している。以上により，寒冷地で線路保守の重要な作業であった「挟木作業」は現在では，ほとんど行っていないことが推測される。その意味で挟木作業は技術的産業遺産に位置付けられるものと考える。

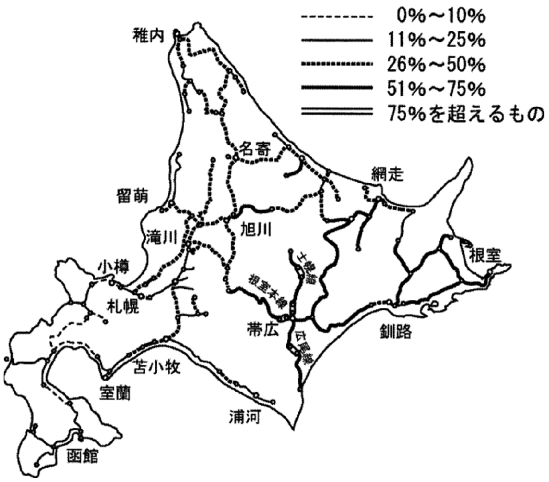

図 4-8　線区ごとの挟木作業の実施割合（1939 年当時）[18]

5　産業遺産としての狩勝実験線

5.1　競合脱線と実験線

戦後の復興期に鉄道貨物は日本の物流の大部分を担ってきた。図 5-1[19] は縦軸の単位（百万トン/年）横軸は年を表す。この図から鉄道貨物の輸送量は昭和 45 年（1970）頃まで多少の増減があるもののトレンドは上昇傾向にあった。これに対応するかのように貨物列車の脱線も輸送量に比例して増加したが，一方で原因の不明な事故も増加した。というのも，車両も線路も保守基準が定められており，脱線の原因はこれらを逸脱している場合原因が特定できるが，車両も線路も保守基準内にあるにもかかわらず，脱線が生じる場合を原因不明としたからである。そこで車両と線路の単独の保守基準では事故原因にはならないが，両方の危険要因を組み合わされる事故に至るとの考え方からこれを競合脱線とした。そこで抜本的な対策が必要であるとして，脱線現象を解明する実験線が必要となった。

5.2　狩勝実験線

昭和 41 年（1966）に落合～新得間で短絡線線（狩勝新線）の開通により，今までの路線は廃線となった。その直後からこの廃線は狩勝実験線に指定され，実物大の車両の走行試験線として活用されることとなった。つまり一般的な廃線に見られるような旧設備で保守が不十分な線路と異なり，営業線とほぼ同じ条件での試験が可能であった。狩勝実験線は図 5-2 に示すように狩勝峠を越えて新得駅に向かう下り勾配を利用して設けられた。実験線の地形的特徴は，新得駅から 6.7 km は 6.2‰の緩やかな直線区間であり，この区間の標高差は先述の通り 42 m である。さらに直線終了地点から標高 334 m の 4.4 km までは曲線区間で標高差 105 m，平均勾配 23.9‰にもなる急勾配であった。この曲線区間では高い地点で実験車両を切り離すとそ

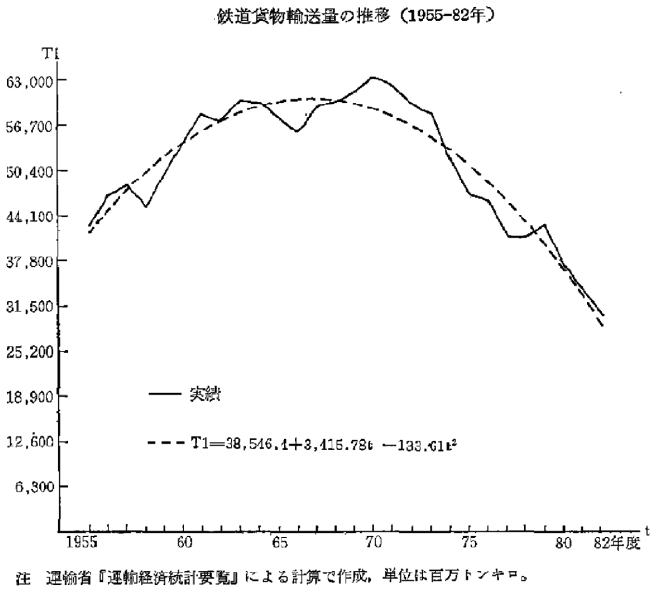

図 5-1　鉄道貨物輸送量の推移（1955-82）

の高さに応じて速度を増すことができる。また試験エリアではそれぞれの試験に応じた観測機器を配備しており，曲線区間を下ってきた車両の運動特性を試験エリアで調査することができた。ここで実物大が走行する実験線の要件は一般の営業線と同等の設備であることと脱線用の無人車両の走行速度を設定でき，安全に停止できるシステムであることである。それを具備しているこの実験線において昭和 56 年（1981）まで，車両関係と線路関係の各安全基準作りに成果を上げた。

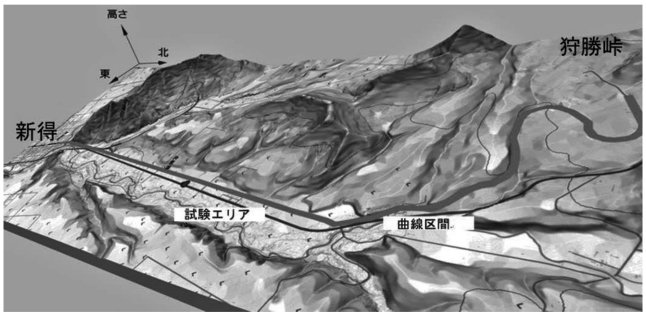

図 5-2　狩勝実験線の試験エリア

5.3　狩勝実験線での速度向上方法

一般的な走行試験では 10 回程度の同じ速度で実験し，少しずつ速度を向上していく。本稿の対象の脱線試験では，10 km/h から始まった。筆者は 1979 年に当時の鉄道総研軌道研究室で脱線実験の一部を担当し，狩勝実験線で試験に立ち会った。そのときの速度段は 5 km/h き

ざみで，最低 10 回のデータを取得し速度向上で最大速度は 50 km/h であった。このような速度を無人で動力源のない貨車で行うには急勾配区間で速度を上げ，停止時は平坦に近い勾配が望ましいので次の方法が採用された。そこでは 3 ステップを 1 サイクルとして試験が行われた。第 1 ステップでは無人貨車が停止した状態から機関車を連結し機関車を前にして牽引で勾配区間を上り，所定の高さまで到達する段階である。第 2 ステップは無人貨車の連結を機関車から開放して，無人貨車を独立させブレーキをかかった状態にする段階である。第 3 段階は無人貨車のブレーキを開放して勾配のある斜面を下り，所定の速度に達したときに測定機器で測定し停車させる段階である。

5.4　複合狂い

軌道の保守項目のうちレールの左右のゆがみを 10 m 弦からの離れ x とし，左右のレールの高さの差 y とすると「x」は通り狂い，「y」は水準狂いと呼ばれている。これらを個別に管理して基準値以内であれば，脱線しないとされてきた。ところが 2 軸貨車（**図 5-3**）などの貨車で脱線がみられた。そこで，実際の軌道に通り狂いと水準狂いを作りそれぞれ基準内であっても貨車が脱線する条件を調べることとした。

図 5-3　2 軸貨車

その結果得られたのは複合狂いという新しい基準の考え方で，狩勝の実験線でえられた結果から次の式が作れた。

$$複合狂い = |x - 1.5y|$$

これが基準となり，現在でも各 JR 鉄道会社の技術基準として使われている。これが全国の線路の基準として採用された 1980 年代以降は，競合脱線の数が驚異的に減った。

ここで挟木作業の技術のレベルの高さは必要なのは，水準狂いを 1 mm 単位で複合狂いを滑らかに作る技術である。そこでは目標の複合狂いを作るために 100 本近いまくらぎに対しレールとまくらぎの間に厚さ 0.5 mm ごとに挟木の厚さを増減しながら挿入，取り外しの作業を行なう。その通りに複合波形ができているかは検測車両の測定によるが，厳密にいえばまくらぎの圧縮量が異なるので，まくらぎの状態をみながら挟木厚を定めるという技術レベルは本州のどの部署でもできないものと思っている。

このように，現在では挟木作業は行われていないので，当時の技術はほとんど受け継がれて

いない。その意味では挟木作業の技術は技術の産業遺産と考えることができる。

6 ま と め

本稿は，田辺朔郎が路線選定した鉄道のルートである空知太（砂川）―旭川と旭川―帯広を対象に，幌内鉄道を引き継いだ北海道炭砿鉄道とさらに北海道鉄道部に関して検討を行った。その結果，次のような結論に至った。

1）空知太（砂川）―旭川と旭川―帯広の各ルートでは，狩勝峠を越えるルートを除き，そこを流れる川に沿った氾濫原や湿地帯などのより平坦な軟弱地盤上に構築されていた。これらの地質は第四紀沖積層や堆積層であった。

2）軟弱地盤に線路が構築されてため，北海道の極寒の気候では大規模な凍上現象すなわち線路を不規則に持ち上げる現象が沿線の多くの箇所で見られた。これを保守するために，凍上量に合わせて 1 mm 単位で線路の高さを調整していた技術である挟木作業を行うが，本州とは寒さのレベルが異っており，挟木作業を一冬で繰り返し行う必要がある。これにより挟木作業は北海道で発展した高度な技術となった。1990 年代に入り従来の木まくらぎは凍上区間用 PC まくら木に交換され，路盤改良などにより挟木作業は激減し当時の技術はほとんど受け継がれないままで現在に至っている。その意味ではこの挟木作業は技術の産業遺産と考えることができる。

3）トンネル掘削技術の向上によって勾配の緩やかな短絡線の開通により，田辺朔郎が路線を定めた狩勝峠のルートは廃線となったが，その直後からこの廃線は狩勝実験線に指定され，実物大の車両の走行試験線として活用されることとなった。そこでは当時問題となっていた複合した脱線原因を解明するため，線路内に軌道狂いを作成するのに北海道で培った挟木作業の技術が活用された。その結果，新たに複合狂いの概念が生まれ，その基準値が定められた。この基準が現在でも各 JR 鉄道会社で使用されている。

参考文献

1）上浦正樹：三枝分岐器を用いた停車場に関する考察（幌内鉄道に関して），開発論集 104 号 2019.9
2）川上幸義：新日本鉄道史，鉄道図書刊行会，p.61，1968.3
3）地層図 Navi（http://gbank.gsj.jp）旭川地区を加工
4）地層図 Navi（http://gbank.gsj.jp）帯広地区を加工
5）田村喜子：田辺朔郎　狩勝峠詳報，財法河川環境，p.4，2005.4
6）祖田圭介：線路のこう配改良，鉄道土木，Vol.22-9，p.20，1980.9
7）成田憲彦：凍上防止対策(1)，鉄道線路，日本鉄道施設協会，15-7，p.329，1967.7
8）軌道の科学的研究：満州鉄道総局，p.445，1938.7
9）小川清：路盤入替と線路の凍上防止，保線協会ニュース，2-4，p.12，1954.4
10）安田進他：土質力学，オーム社，p.30，2014.9

11）成田憲彦：凍上防止対策(1)，鉄道線路，日本鉄道施設協会，15-7，p.331，1967.7
12）高瀬岩男：寒さと闘う旭川局，鉄道線路，日本鉄道施設協会，25-6，p.299，1977.6
13）福井敏行：道東の釧路局から，鉄道線路，日本鉄道施設協会，30-8，p.53，1982.8
14）軌道工事研究会編：軌道工事の施工（在来線），日本鉄道施設協会，p.287，1984.1
15）森淳子：北海道の鉄道のはさみ木作業記録から見る凍上対策の進展，北海道地理，No.18，p.56，2006.7
16）成田憲彦：凍上防止対策(1)，鉄道線路，日本鉄道施設協会，15-7，p.333，1967.7
17）高橋浩二：古い構造物の健全度診断(1) 鉄道土木，Vol.1，No.7　p.10，1959.7
18）森淳子：北海道の鉄道のはさみ木作業記録から見る凍上対策の進展，北海道地理，No.18，p.58，2006.7
19）池上惇，張風波：戦後日本の貨物輸送に関する統計的分析，経済論叢，京都大学経済学会，第135巻，第1，2号，p.7，1985.12
20）小野田滋：煉瓦の製造，日本鉄道施設協会誌，58-7，p.50，2020.7

参　　考

1）田辺朔郎（たなべ　さくろう）

東京大学工学部の前身，工部大学校の学生であった田辺は明治15年（1882）に琵琶湖の水を京都へ引く琵琶湖疎水計画の工事主任として赴き，明治23年（1890）に完成に導いた。その後母校の教授になった。その後に北海道庁長官北垣の要請で明治29年（1896）に北海道鉄道敷設部長となり，北海道鉄道敷設法に記載された北海道幹線鉄道ルート（1600 km）の調査を行った。その間に日高山脈の鉄道ルートで当時の技術で越えられる峠を発見し，狩勝峠と名付けた。

2）北海道炭砿汽船　野幌煉瓦工場

明治時代では，レンガは国産の建設材料として鉄道のトンネル，橋脚などに多く使われた。この期間は鉄筋コンクリートが大正時代に導入されるまで続き，現在でも使用されているものもある。北海道炭砿鉄道では明治31年（1898）において野幌に野幌煉瓦工場を設立した。この責任者は徳島県出身の久保栄三郎である。彼は東海道本線，奥羽本線などの本州の鉄道建設においてレンガを製造する経験があった[20)]。ここで生産されたレンガが鉄道建設に用いられた。また北海道の産業資産に利用された建築に，北海道庁舎，札幌ビールファクトリー，五番館，苫小牧の王子製紙工場，小樽の煉瓦建造物などがある。

本稿で示してきたように，北海道炭砿鉄道は明治39年（1906）に鉄道事業の国有化に伴い，北海道炭砿汽船となった。これにより野幌煉瓦工場も北海道炭砿汽船の傘下に入った。しかし，鉄筋コンクリートの普及により生産量が減少した。そこで大正14年（1925）に独立して北海道窯業となった。その後に事業は継続したが昭和42年（1967）に廃業となった。

3）地質図の凡例
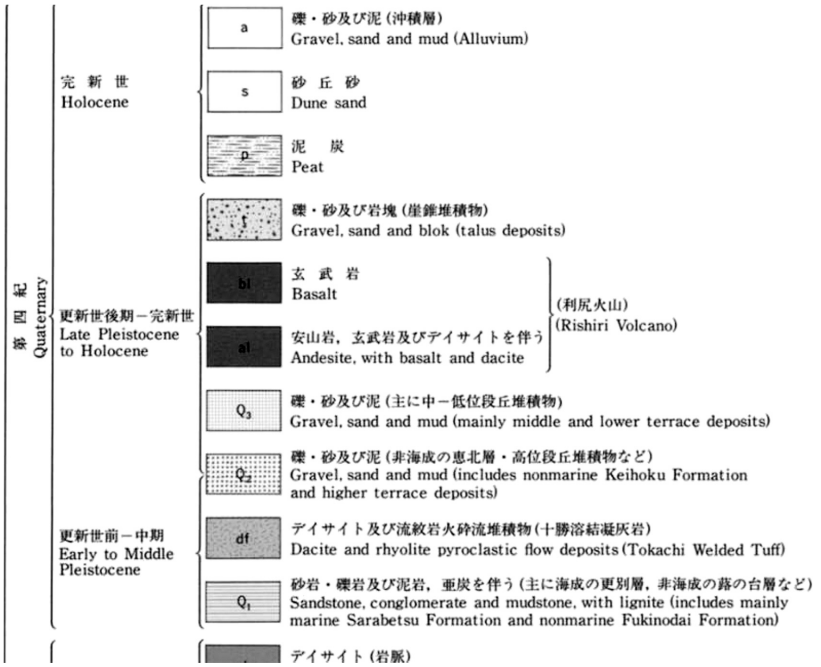
図 3-1 と図 3-2 の凡例を示す