

# 1章

## 総論 —鉄道は巨大なメンテナンス産業—

鉄道線路のメンテナンスを学ぶにあたっては、まず、なぜそれが必要とされるのかを考えることが重要である。鉄道は交通インフラの中でも歴史が古く、早い段階からメンテナンスに取り組んできた巨大な産業である。本章では鉄道の歩みを概観し、その社会における役割や特徴について整理する。日本のインフラは世界的にも高水準であり、それは高度な技術のみならず、細部にまで目を配る現場の不断努力によって支えられてきた結果である。列車を時間通りに運行することは、決して当たり前のことではない。インフラの持続的な価値と、それを支える技術や経験知の継承の意義について、改めて考える契機としたい。

### 1.1 生活と産業を支えるインフラにはメンテナンスが不可欠<sup>1)~3)</sup>

私たちの生活や産業活動は、道路、鉄道、電力、通信、水道、学校、病院といった社会インフラ(infrastructure)に支えられている。これらのインフラは、都市機能や生活の質を維持するための「社会の土台」と言える存在である。誰もが日々当たり前のように利用しているが、その機能が安全かつ安定して保たれているのは、不断のメンテナンスの賜物である。

インフラは、完成直後には高い健全性を保っているものの、時間の経過とともに劣化が進行する。適切なメンテナンスが行われなければ、次のような深刻な問題が生じる可能性がある。

- 安全性の低下：構造物の老朽化により、倒壊や破損といった事故のリスクが高まる。
- 交通障害の発生：鉄道や道路の不具合が、遅延や渋滞を引き起こし、経済活動や日常生活に支障をきたす。
- 経済的損失：劣化が進んだ設備の突発的な故障は、修復費用やサービス停止による損害を増大させる。
- 環境への悪影響：老朽化した水道管や下水管の破損は、土壌や地下水の汚染につながる恐れがある。
- 災害への脆弱性：耐久性が低下したインフラは、地震や豪雨などの災害時に被害を拡大させ、復旧も困難となる。

このように、インフラは建設された時点で完成ではなく、その後のメンテナンスを通じてはじめて、長期間の機能維持が可能となる。日本では戦後から高度経済成長期にかけて、生活水準の向上と経済発展を支えるためにインフラ整備が急速に進められた。当時建設された多くのインフラは、

今なお現役で使用されているが、築後50年を超え、老朽化の兆候が顕著になってきている。また、自然災害の頻発や過剰利用によって、インフラの疲弊も加速している。

これらの問題が広く注目されるようになった契機のひとつが、2012（平成24）年に発生した中央自動車道・笹子トンネルの天井板落下事故である。約138mにわたり天井部のコンクリート板が落下し、3台の車両が巻き込まれ9名が死亡した。この事故は、老朽化インフラの管理不備が重大事故を招く現実を突きつけ、国民に大きな衝撃を与えた。

平成期の、バブル経済の崩壊によって建設投資は縮小し、人口減少・高齢化の進行に伴い、社会は縮小均衡へと転じた。こうした背景から、インフラ政策は「新設中心」から「維持管理（メンテナンス）中心」へと大きく転換しつつある。

今や、インフラは「作る時代」から「守る時代」へと移行しており、限られた資源の中で、持続可能な社会を実現するためにも、メンテナンスの役割は一層重要となっている。

## 1.2 インフラを支える仕事

インフラを支える仕事は、大きく分けて3つに分類される。第一にインフラをつくる仕事、第二にインフラを守る仕事、そして第三にインフラサービスを提供する仕事である。

「つくる仕事」とは、新たな道路、橋、発電所、水処理施設、通信ネットワークなどを設計・建設する業務を指す。これらのプロジェクトは、設計から施工、試験を経て供用に至るまで一連の工程を伴い、社会の発展を物理的に支えてきた。

「守る仕事」は、既存のインフラを点検・補修し、その安全性と機能を長期的に維持するものである。インフラの寿命を延ばし、故障や災害による被害を未然に防ぐという観点からも、社会にとって極めて重要な役割を果たしている。

「サービスを提供する仕事」は、整備されたインフラを活用し、公共交通、電力供給、通信サービスなどを国民や産業界に提供する業務である。日常生活や経済活動を支える根幹をなしており、これもまた欠かすことのできない仕事である。

いずれの仕事も社会を支える上で欠かせない。バランスの取れた役割分担と連携によって、インフラの安定的かつ持続的な運用が実現している。

わが国では、明治以降、特に第二次世界大戦後に人口が急増し、1967（昭和42）年には1億人を突破、2008（平成20）年には1億2800万人を超えてピークを迎えた。この間、社会の急速な発展に対応するため、全国各地でインフラの整備が急ピッチで進められた。設計と施工の効率が重視され、「早く」「安く」つくることが優先された時代である。

大学などの教育機関でも、長年にわたりインフラを「つくる技術者」の育成が主流であった。このため、インフラを「守る仕事」は相対的に軽視されがちであった。

しかし、人口減少と少子高齢化が進む現在、新たなインフラの整備ニーズは相対的に減少し、む

しる既存インフラの維持・更新の重要性が急速に高まっている。老朽化対策や災害への備えとしても、インフラを守る仕事はますます不可欠な存在となっている。本書では、既にインフラが存在することを前提に、その設計思想を理解し、メンテナンスを通じてその機能を長く発現させることに重点を置いている。

インフラを守る仕事には、多くの魅力がある。点検や補修の現場には多様な技術的課題が存在し、新技術の導入や老朽設備の改修など、技術者にとっては挑戦や成長の機会がある。これらの作業は多くの場合チームで行われ、仲間と協力して問題を解決する過程には、大きな達成感も伴う。

近年では、持続可能性や環境配慮が重視されており、再生可能エネルギーの導入や省エネ対応、廃棄物管理など、より良い社会の実現を目指した取組みに関わる機会も増えている。こうした活動を通じて、将来世代に責任を果たすという点でも、インフラを守る仕事には大きな意義がある。

インフラは社会の基盤であり、その需要が突然なくなることはない。このため、インフラを守る仕事は安定性が高く、専門性を磨くことで長期的なキャリア形成が可能な分野でもある。人々の安全と暮らしを支えるという使命感とやりがいのある技術者としての成長に直結する分野といえる。

### 1.3 メンテナンスと向き合い続けてきた鉄道システムの特徴

本書は、鉄道線路のメンテナンスに焦点を合わせている。そこで、はじめに鉄道というシステムの構成と特性について概観する。

鉄道とは、陸上交通機関の一種であり、一定の敷地を専有してレールやまくらぎ、その他材料を用いて線路を敷設し、その上を動力によって線路に適合した車両を走行させて、人々の移動や物資の輸送を担うものである。

鉄道は、車両のみならず、駅、線路、発電所、信号・通信設備、橋やトンネルなどの構造物、安全運行を支えるルール、そしてそれらを統括する組織によって成り立つ。これらの多岐にわたる要素が相互に連携することで初めて、安定かつ継続的な運行が可能となる。鉄道は、交通機関であると同時に、複雑に構成された巨大な社会システムでもある（図1-1）<sup>3)</sup>。

鉄道の基本構造は、「鉄の車輪が鉄のレールの上を走る」というシンプルな仕組みであり、その物理的特性には多くの利点がある。鉄の固さにより車輪とレールの接触面積は小さく（10円玉程度の大きさ）、転がり抵抗が少ないため、動力の損失が小さく高効率である。このことは一人当たりのCO<sub>2</sub>排出量の少なさにつながり、鉄道は環境負荷の低い移動手段としても高く評価されている<sup>4) 5)</sup>。

また、鉄は摩耗・腐食・疲労に対して比較的強く、耐久性に優れている。鉄製のレールは高い信頼性と長寿命を実現しており、保守の面でも経済性に優れている。

鉄道は専用の軌道を使用し、ダイヤに基づき計画的に運行するため、道路交通と異なり渋滞がなく、定時性が高い。進路が固定されていることから外部電力との相性も良く、電化による高速走行や大量輸送も可能である。車両を連結することで柔軟に輸送量を調整できる点も、他の交通機関に

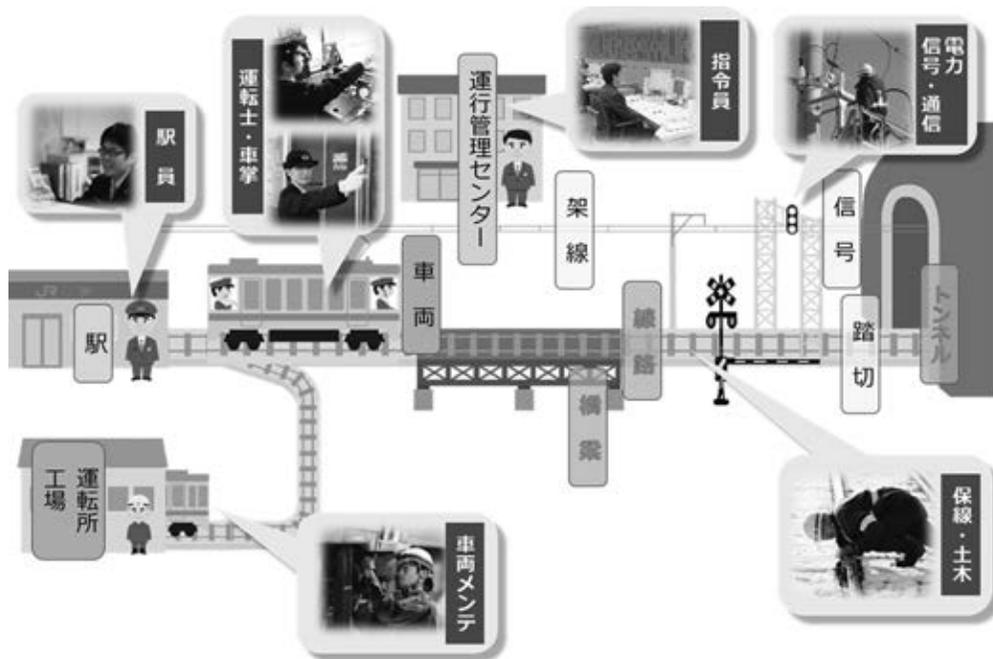


図1-1 鉄道はチームワーク（提供：北海道旅客鉄道株式会社）

はない大きな利点である。

一方で、鉄道車両は重量が大きく、車体も長いため、急勾配や急曲線を避ける必要がある。そのため、路線選定には技術的な制約が多く、設計・施工に高度な知見が求められる。この制約を克服する過程で、その時々最先端技術が積極的に導入され、鉄道の発展が土木技術の進歩を牽引してきた側面もある。明治・大正・昭和を通じて全国に鉄道網が広がった背景には、こうした技術革新の積み重ねがあった。

その集大成のひとつが、1964（昭和39）年に開業した東海道新幹線である。世界初の高速鉄道として、鉄道の持つ特性を最大限に活かし、2025（令和7）年現在では最高時速285km/h（東北新幹線では320km/h）の列車が、多いときには約5分間隔で安全かつ正確に運行されている。これを支えているのは、車両や線路（軌道・路盤）だけでなく、トンネル・橋梁・駅施設・送電設備・信号通信装置、さらにはそれらを維持管理する（各種のシステムや現場）作業の存在である。鉄道は、これらすべてが一体となって機能することで、初めて高い安全性と快適性を提供できるのである。

鉄道は、交通インフラの中でも船舶に次ぐ長い歴史を持ち、日本でも150年以上の運用実績を誇る。言い換えれば、鉄道は老朽化という課題にいち早く直面し、長年にわたりメンテナンスと向き合ってきた分野でもある。とりわけ、車両と直接接する線路は、メンテナンスを前提とした構造で設計されており、その保守技術の発展は鉄道のみならず、他の社会インフラにも応用可能な知見として蓄積されてきた。鉄道のメンテナンスの歴史は、まさに技術と制度の進化の歴史でもある。

なお、本書で扱う「メンテナンス」とは、「特定の目的のために、時間的な劣化に対して人為的な保全行為を行うこと」と定義しており、この点については第2章以降で詳しく述べる。

## 1.4 鉄道システムの黎明期からこれまでの歩み<sup>6)~14)</sup>

本節では、1章の結びとして、鉄道というシステムがどのように誕生し、どのような歴史を経て現代の姿に至ったのか、その変遷を概観する。

### 1.4.1 鉄道の発明と発展

近代交通の発展は、機械技術の進化と深く結びついており、その先駆けとなったのが鉄道の誕生である。

人類の歴史は、異なる地域や文化圏同士の交流の歴史でもある。この「交流」には、物資や文化のやりとりに加え、戦争や移住といった側面も含まれてきた。人やモノ、情報の移動を可能にする交通手段は、古くから社会の存続と発展に不可欠なものであり、現代でも私たちの生活の基盤を支えている。

人間社会では、人の往来に伴って道が生まれ、交通路が形成された。そして道が整備されることで人の移動や物流が活性化し、文化や経済の発展が促された。このようにして交通は、交流の「量」と「質」を高める原動力となってきた。

紀元前3500年頃のメソポタミア文明では、人類史上最古の発明のひとつとされる「車輪」が誕生したとされている。これは、馬や牛の力を借りて荷物を運ぶ「車両」につながった。車両は人力では運べない重く大きな荷物を効率的に移動させることを可能にした。しかし運搬物の大型化に伴い車両も重量を増し、柔らかい土の道では車輪が沈み込み、走行に支障をきたすようになった。また、繰り返し通行することで轍（わだち）ができ、それが車輪の動きを妨げるという新たな課題が生じた（図1-2a）。

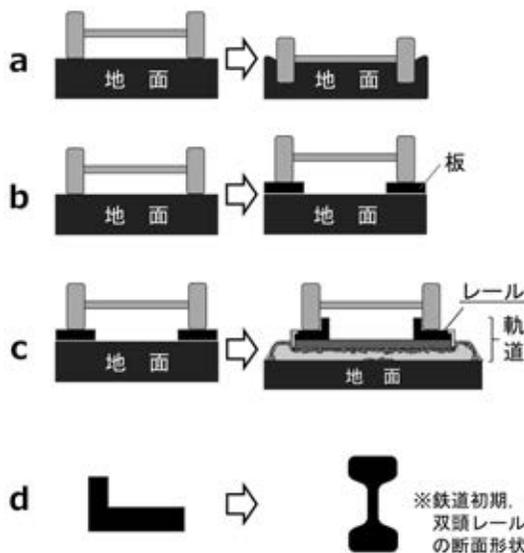


図1-2 轍（わだち）の克服と脱線を防ぐ方法の歩み

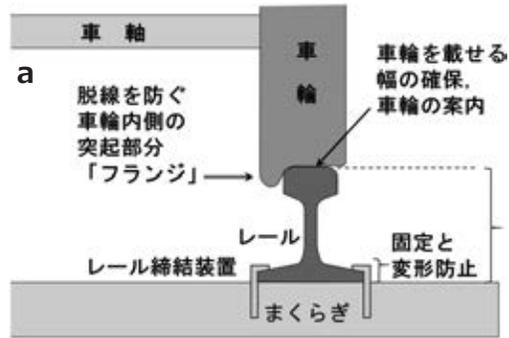


図1-3 車輪とレールの関係  
 ((b) は車両のフランジがレール内側と接触している (図中矢印))

この問題に対処するため、16世紀のヨーロッパでは、車輪の下に木板を敷いた「専用の道路」が考案された。木板は摩耗や腐食に弱く、長期利用には不向きであったため、やがて素材は木から鉄へと移行し、耐久性が格段に向上したことで、轍の問題はほぼ解消された(図1-2b)。しかし、依然として車輪が鉄板から外れてしまう「脱線」という問題は残されていた。

18世紀後半になると、脱線防止のために鉄板をガイドレールとして加工し、車輪の動きを制御するという発想が生まれた。鉄板は木材(まくらぎ)に固定され、断面を凹字形またはL字形とすることで、車輪が外に逸れることを防いだ。この鉄板が後に「レール」と呼ばれるようになり、「軌道」が発明された(図1-2c)。当時のレールには、脱線防止のための突起であるフランジが内側に設けられていた。この時点では左右の車輪の間隔さえ合えば、一般の荷車でもこの軌道上を走行することが可能だった。しかし、さらなる大型化と高荷重化への対応のため、レールは横置きから縦置きに変更され、曲げ剛性が強化された。加えて、まくらぎへの固定性を高めるためレール下部を平らに、車輪を安定して載せるために上面も幅広に加工する必要が生じた(図1-2d; 付録2参照)。これに伴い、フランジの機能はレール側から車輪側へと移されるとともに、レールと車輪がいずれも鉄製の構造になった(図1-3)。これが現在の鉄道システムの原型であり、このときから、鉄道は、道路から独立した「案内路上を走る専用の車両による交通機関」としての道を歩むこととなった(図1-3)。

このようにして誕生した鉄道は、その後さまざまな技術革新と社会的要請を背景に、次のような発展を遂げてきた。鉄道発展の主要トピックを次に示す。

a. 初期の鉄道

18世紀後半から19世紀初頭にかけて、鉄道は炭鉱や工場における物資輸送の手段として利用されていた。1825（文政8）年にはイギリスにおいて、ストックトンとダーリントン間で石炭輸送を目的とした最初の公共鉄道が開通した。

b. 蒸気機関車の登場

1829（文政12）年、ジョージ・スティーブンスンが開発した「ロケット号」は、世界初の商業的に成功した蒸気機関車であり、鉄道交通の実用化に大きな転機をもたらした。蒸気機関車は以後、19世紀の鉄道発展を牽引する存在となった。

c. アメリカ大陸横断鉄道の開通

1869（明治2）年に開通した大陸横断鉄道は、アメリカ東西を結ぶ物流・人流の大動脈として機能した。この鉄道の存在により、西部開拓や資源開発が促進され、国内市場の拡大、産業構造の変化、そしてアメリカ工業化の基盤形成が進んだ（コラム1を参照）。

d. 電化とディーゼル化の進展

20世紀初頭から中期にかけて、電気機関車の導入により、鉄道は速度・運行安定性・環境性能を向上させた。また、ディーゼル機関車は、非電化区間における運用の効率化を実現し、鉄道輸送の柔軟性を高めた。

e. 高速鉄道の登場と拡大

1964（昭和39）年に開業した東海道新幹線は、世界初の高速鉄道として、鉄道の可能性を大きく広げた。その後もフランスのTGV、ドイツのICE、中国の高速鉄道網など、世界各国で高速鉄道が発展し、都市間輸送の主力として定着している。

f. 技術革新と未来志向の鉄道

近年では、自動運転技術や磁気浮上式鉄道、AIによる運行管理システムなど、先端技術の導入が進んでいる。加えて、環境負荷の低減や持続可能な社会への貢献が求められ、鉄道はクリーンでスマートな交通手段としても評価されている。

このように、鉄道は単なる交通手段にとどまらず、時代ごとの技術的・社会的要請に応えながら進化してきた。さらに鉄道は、巨大かつ長寿命なインフラシステムを維持する必要があることから、極めて高度なメンテナンス技術が要求される分野ともなった。

これまでの歩みの中で蓄積された鉄道の設計思想やメンテナンス技術は、道路、橋梁、上下水道、電力設備など、他のインフラにも広く応用可能なものである。鉄道という巨大システムが歩んできた歴史は、今後の持続可能なインフラ運営にとって、重要な教訓と示唆を与える存在でもある。

## 1.4.2 わが国の鉄道の歩み

### (1) 鉄道技術の導入と初期の建設

明治維新により近代国家として歩み始めた日本にとって、鉄道の建設は単なるインフラ整備ではなく、「富国強兵・殖産興業」を実現するための国家的な基幹事業と位置づけられた。鉄道は、文

明開化の象徴として人々に親しまれたと同時に、日本社会に「何時何分」という正確な時間の観念を根付かせる契機にもなった。こうした社会文化的な影響は、単に技術導入にとどまらない鉄道の意義を物語っている。

わが国の鉄道についても、その起源と発展を簡潔に整理しておきたい。

1853（嘉永6）年、アメリカ合衆国東インド艦隊を率いたマシュー・ペリーが、浦賀（現在の神奈川県横須賀市）沖に来航した。ペリー一行は測量を名目に江戸湾深くに侵入し、久里浜への上陸が認められた。このとき、アメリカ大統領からの国書が幕府に手渡され、翌1854（嘉永7）年の日米和親条約の締結へとつながった。

このペリー来航を受け、ロシアも外交交渉の一環として軍艦を長崎に派遣した。彼らは蒸気車の模型を持ち込み、艦上で幕府の役人にその運転を披露したとされる。後にこの模型は佐賀藩によって模倣され、精煉方により再現された。この模型を目にした当時の佐賀藩士・大隈重信は大きな感銘を受け、後の日本の近代化に影響を与えることとなる。さらに、ペリーの再来日時にはアメリカ大統領からの献上品として、横浜でも蒸気車の模型が走行した。その後、1865（元治2）年にはスコットランド出身の貿易商トーマス・グラバーが長崎に600mの軌道を敷設し、現地の人々を乗せて蒸気車を走らせている。これは日本人に鉄道を紹介する目的で行われたデモンストレーションといわれている。

明治維新後の1869（明治2）年、新政府は東京～神戸間に官営鉄道を敷設する方針を決定した。この計画の実現に向けて、イギリスから鉄道技師エドモンド・モレルを招き、工事が本格的に開始された。これに深く関わったのが、幕末に長州から英国に留学し、鉄道技術を学んだ井上勝である。彼は鉱山頭兼鉄道頭として実務を担い、「日本鉄道の父」と称される人物である。

こうして、1872（明治5）年10月14日、日本初の鉄道が新橋～横浜間（延長約29km）で開業した。鉄道の平均速度は約32km/hであり、当時の馬と同程度であったが、大きな話題を呼び、翌年には黒字運営が報告された。蒸気機関車は、海上の蒸気船に倣って「陸蒸気」と呼ばれ、すべてがイギリスから輸入されたものであった。この開業は、日本が欧米の先進技術を積極的に受け入れ、近代国家としての一歩を踏み出す象徴的な出来事であった。

なお、鉄道技術の導入に際しては、地域ごとに異なる国の方式が採用された点も特徴的である。本州ではイギリス式が主流であり、北海道ではアメリカ式、九州・四国ではドイツ式が導入された。これらは単なる技術移転にとどまらず、各地域における鉄道構造や車両設計、運行方式などに影響を与えた。

## （2）全国展開と国有化への転換

その後、1874（明治7）年には神戸～大阪間、1889（明治22）年には東京～神戸間が全通し、わが国の鉄道網は全国へと拡大していく。

当初、日本の鉄道は国による建設と運営が原則であったが、1877（明治10）年の西南戦争によって財政が逼迫したことから、一部幹線は民間による建設が進められた（例：日本鉄道）。しかし、日清・日露戦争を経て軍事輸送の重要性が高まると、鉄道を国の管理下に置くべきという「鉄道国

有論」が台頭し、1906（明治39）年に鉄道国有法が制定された。以後、日本の鉄道網は原則として国家の手で整備・運営される体制となった。

戦前から戦後すぐの時期までは、政府が国有鉄道を直接運営していたが、1949（昭和24）年に「日本国有鉄道（国鉄）」が発足し、公共企業体へと改組された。さらに1987（昭和62）年には、国鉄が分割・民営化され、現在のJRグループ7社に継承されている。

### （3）現代鉄道の多様化と課題

民鉄（民営鉄道：民間企業等が経営する鉄道のことで、私鉄とも呼ばれる）では、都市圏における大手・準大手の民鉄が都心と郊外を結ぶ通勤路線を中心に展開している。また、地方都市では中小規模の民鉄が、JRとの接続や地域の移動を担う重要な役割を果たしている。この他、地下鉄やモノレール、新交通システム、さらには第三セクター鉄道（旧国鉄のローカル線を継承した公設民営型鉄道）など、各地では多様な運営形態が見られる。さらに一部都市では、軌道法に基づく路面電車も運行されている。

日本は世界でも人口密度が高く、都市内および都市間輸送において鉄道の果たす役割は極めて大きい。世界銀行の調査（2021年時点）によれば、日本の鉄道による旅客輸送人キロ数は中国に次いで世界第2位であり、定時運行性の面では世界最高水準を維持している。一方で、鉄道インフラの多くは老朽化が進行しており、十分な公的支援が行き届かない中で、大量の旅客輸送が継続されているのが現状である。とりわけ、人口減少や自家用車の普及によって利用者が減少した地域では、経営の厳しさが深刻化している。中には廃線に追い込まれた事例もあり、鉄道が地域にとって不可欠なインフラである一方で、その維持には困難を伴うのが現実である。このため、多くの鉄道会社は鉄道単体での収益確保が難しい事実を踏まえ、不動産、小売、観光、宿泊などの関連事業を組み合わせた多角的経営を展開している。このことで沿線価値を高め、利用者との接点を拡充することで、持続可能な運営を模索しているのである。

最後に、新幹線について触れておきたい。1964（昭和39）年に開業した東海道新幹線は、東京と新大阪を結ぶ高速鉄道として、世界で初めて200km/h超の営業運転を実現した。この成功を皮切りに、山陽、東北、上越、北陸、九州、北海道へと新幹線網は拡大し、日本各地を高速かつ快適に結ぶ大動脈となった。新幹線は、空気抵抗を低減する流線形デザイン、軽量かつ高性能な車両、高速走行に適した軌道構造、最新の制御・安全技術など、多くの革新技术によって支えられている。これらの技術は世界的にも高く評価されており、日本は海外への技術供与や鉄道システムの輸出にも積極的に取り組んでいる。このように、新幹線は単なる高速交通手段にとどまらず、日本の鉄道技術の象徴であり、国際競争力の源泉ともなっている。

## 【コラム1】

### 北海道の鉄道小話（幕末～明治期：線路の歴史を知る）

北海道で初めて鉄道が開業したのは、1880（明治13）年11月28日、官営幌内鉄道による手宮（小樽市）～札幌間である<sup>15)</sup>。これは日本の鉄道史のなかでも早い時期にあたる。ただ、その目的は都市間の交通というよりも、明治政府が北海道の開拓を進める上での必要性にあった<sup>17)</sup>。

本州では鉄道にイギリス式、九州・四国ではドイツ式が導入されたのに対し、北海道の開発（鉄道を含む）にはアメリカ式が採用された。政府はアメリカから技師を招聘し、資源調査を実施した。その結果、空知地方・幌内川上流（現：三笠市）に大規模な炭田が存在することが明らかとなった。この石炭は、日米和親条約で開港した箱館港（現：函館港）にて外国からの蒸気船に燃料として供給することが期待された。

当初は幌内炭田から室蘭港まで鉄道を敷設し、室蘭港で船へ積み替える計画が立てられたが、工費の面から断念された（図1-4a）。代替案として幌向太（現在の岩見沢市付近）まで鉄道を敷き、そこから石狩川の舟運で小樽港を経由し、箱館港へ運ぶ案が検討された（図1-4a）。

この案を検証するために招聘されたのが、アメリカの鉄道技師ジョセフ・ユーリー・クロフォードである（図1-5）。彼は現地調査を行い、幌向太付近の湿地、石狩川の冬季結氷などの問題を指摘した上で、幌内炭田と小樽港を鉄道で直接結ぶ新ルートを提案した（図1-4b）。さらに、小樽港に手宮棧橋を設け、列車をそのまま棧橋に乗り入れさせて石炭を貨車から直接船に積み出す方式も合わせて提案した。

ちょうどこの頃、西南戦争の影響で九州の炭田の出炭量が減少し、幌内炭田の需要が高まっていたことも追い風となった。開拓使長官であった黒田清隆（後の内閣総理大臣）はクロフォード案（図1-4b）を承認し、1880（明治13）年より建設が開始された。

北海道における初期の鉄道は、旅客輸送を目的とした本州の鉄道とは異なり、石炭輸送を主目的とする産業鉄道であった。さらに、農林水産業や鉱山開発のための開拓鉄道としての性格、ロシア

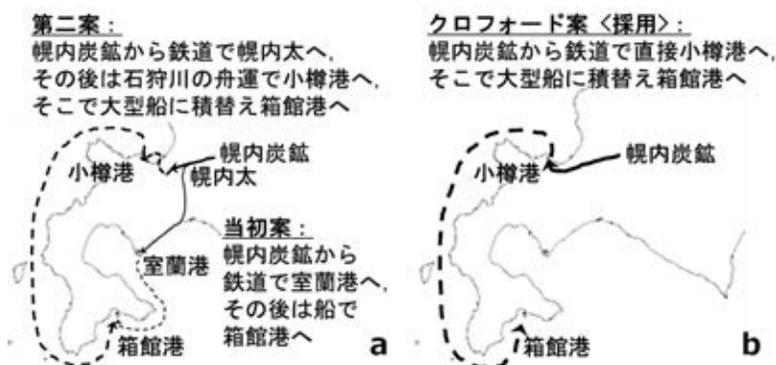


図1-4 幌内炭鉱の石炭を箱館港（現：函館港）まで運ぶルート  
(a)当初案と第2案、(b)クロフォード案（これが採用）



図1-5 「北海道鉄道の父」  
クロフォード  
(小樽市総合博物館  
2015年9月撮影)



図1-6 官営幌内鉄道で使用されていた7100形  
蒸気機関車「しづか」号  
(小樽市総合博物館, 2015年9月撮影)



図1-7 1909(明治42)年、官営八幡製鉄所製  
のレール。2006(平成18)年に廃止され  
た旧北海道ちほく高原鉄道ふるさと銀河線  
で使用されていた。現在は北見ハッカ記念館(北  
海道北見市)の敷地内で照明柱として再利用  
されている(2023年10月撮影)

の南下政策に対する国防的観点からの鉄道整備という国家的使命も課せられていた。鉄道開業を契機に、歌志内・夕張など空知の炭田開発が進み、太平洋側の積み出し港である室蘭港までの鉄道路線も順次整備され、石炭の生産と輸送体制は急速に拡大した。

前述のように、手宮～札幌間の鉄道はアメリカ方式で整備され、車両もアメリカ製が導入されている(図1-6)。しかし、当時アメリカ国内では西部開拓が進行中で(1.4節参照)、レール需要が逼迫し、新品の入手が困難であった。そのため、日本はやむなくイギリスから中古の15kg/m規格のレールを購入した。これは標準的な30kg/m規格と比べて断面が小さく、高さもわずか79.4mmであった。加えて、まくらぎの本数や道床の厚さも不足しており、26トンの蒸気機関車の荷重に対して線路構造は脆弱であった。このように、北海道の鉄道は開業当初から、メンテナンス上の問題を抱えた状態で出発したのである。

なお、国内で国産レールが製造されるようになったのは、1901(明治34)年の官営八幡製鉄所(現:日本製鉄九州製鉄所八幡地区)操業開始以降である(図1-7)。それ以前、日本の鉄道レールはすべて外国からの輸入に依存していた。各地で古い外国製レールが発見されるのは、こうした背景によるものである。

## 引用・参考文献

- 1) 土木学会メンテナンス工学連合小委員会 編：社会基盤メンテナンス工学，東京大学出版会，2004.
- 2) 浅野祐一，木村駿：2025年の巨大市場ーインフラ老朽化が全産業のチャンスに変わるー，日経BP社，2014.
- 3) 山之内秀一郎 編：鉄道とメンテナンス，交通新聞社，2000.
- 4) 宮本昌幸：図解 鉄道の科学ー安全・快適・高速・省エネ運転のしくみー，講談社ブルーバックス，2006.
- 5) 青木栄一：鉄道の地理学，WAVE出版，2008.
- 6) 東京大学交通ラボ，家田仁 編：それは足からはじまったーモビリティの科学ー，技報堂出版，2000.
- 7) 湯沢威，小池滋，田中俊宏，松永和生，小野清之：近代ヨーロッパの探究 14 鉄道，ミネルヴァ書房，2012.
- 8) 老川慶喜：日本鉄道史 幕末・明治篇ー蒸気車模型から鉄道国有化までー，中公新書，2014.
- 9) 林田治男：エドモンド・モレルー鉄道御普請最初よりー，ミネルヴァ書房，2018.
- 10) 小島英俊：時速33キロから始まる日本鉄道史，朝日文庫，2012.
- 11) 小松芳喬：鉄道の生誕とイギリスの経済，清明会叢書〈9〉，1984.
- 12) 高松良晴：もうひとつの坂の上の雲 鉄道ルート形成史，日刊工業新聞社，2011.
- 13) 守田久盛，坂本真一：鉄道路線変せん史探訪V 北海道の鉄道，吉井書店，1992.
- 14) 小野田滋：鉄道構造物発見. JTBキャンブックス，2002.
- 15) 北海道保線史編集委員会（編）：北海道保線のあゆみ、日本鉄道施設協会，1972.
- 16) 太田幸夫：北の保線ー線路を守れ，氷点下40度のしばれに挑むー. 交通新聞社新書，2011.
- 17) 北海道博物館編：北海道博物館 第10回特別展 みんなの鉄道ーがんばれ！鉄道 地域の交通ー」展示図録，北海道歴史文化財団，128pp，2024.

## 2章

# 鉄道線路のメンテナンスとは

本章では、前半において鉄道線路の構成およびその役割、さらに敷設に必要な設計や曲線管理の基本的な考え方について説明する。後半では、鉄道線路のメンテナンス（保線）の目的と業務内容、加えて災害時における対応について、知っておくべき事項を述べる。本章は、1章（総論）と3章以降（各専門分野）をつなぐ中核的な章として重要な位置づけにある。

## 2.1 線路の構成とその役割<sup>1)~3)</sup>

鉄道線路は、鉄道車両が走行するための基盤となる構造物である。地域や国によって仕様は異なるが、通常、列車は2本のレールに沿って車輪が進むことにより走行する。鉄道は道路交通とは異なり進路を自由に選べないものの、他の交通機関からの影響をほとんど受けずに、人や物を大量かつ高速に輸送できる利点を持つ。本節では、鉄道システムが線路を採用する利点とその構成について概説する。

### 2.1.1 鉄道システムが線路を採用する利点

鉄道システムが線路を採用する利点として、以下の点が挙げられる。

- ・鉄道は、鉄製の車輪が鉄製のレールの上を走行する仕組みであり、大きな荷重を支えながら車両および乗客・貨物を輸送できる。
- ・鉄は硬質であるため、車輪とレールの接触面積が小さく、結果として転がり抵抗が小さい。これにより推進効率が高くなる。
- ・鉄は摩耗・腐食・疲労に強く、安全性および信頼性に優れる上、寿命が長い。保守やコストの面でも有利である。
- ・鉄道は専用の軌道を用い、あらかじめ計画された列車ダイヤにより運行するため、渋滞がなく定時性に優れる。さらに、高速走行が可能である。進路が固定されていることから外部からの電力供給が容易であり、電気との親和性も高い。
- ・鉄道は車両を連結することが可能であるため、少ない要員でも大量輸送を実現できる。

これらの利点は、1章で述べた鉄道の発明と発展の成果であるが、その本質は現代でも有効である。したがって、これらの利点を十分に発揮できる環境下では、線路を敷設し鉄道システムを積極的に導入・活用することが効果的である。

## 2.1.2 線路の構成

### (1) 線路構造の概要と定義

線路は、列車荷重をレール、レール締結装置、まくらぎ、道床（バラスト）の順に分散させながら、その下にある路盤へと伝える構造物である（図2-1）。レールとまくらぎはレール締結装置によって固定され、上から見るとはしご状の形状を成す。この部分は「軌きょう」と呼ばれる。軌きょうと道床を合わせたものが「軌道」である。さらに軌道を支持するための路盤や構造物を加え、列車または車両の走行に必要な通路として構成された地帯を「線路」という。

線路は、列車の荷重によりレール面の不整や材料の劣化が発生するため、補修や材料交換を前提として設計されている。この点が、一般的な土木構造物とは大きく異なる。さらに、線路は車両走行時のガイドとしての役割も担っている。そのため、車輪に対して適度な摩擦力を与えつつ、円滑な回転が可能となるよう、平滑な走行面を確保する必要がある。

わが国では、多くの線路が土で構成された路盤上に道床を設ける形で敷設されている（図2-2）。この構成は鉄道創成期から続くものであり、その理由は、線路が長大な構造物であることから初期建設費の抑制が常に求められていたことによる。

### (2) 軌道材料の機能と特性

以下に、軌道を構成する代表的な材料について概説する。

まずレールに求められる条件としては、(a)すわりが良く、まくらぎへの据え付けが容易であるこ

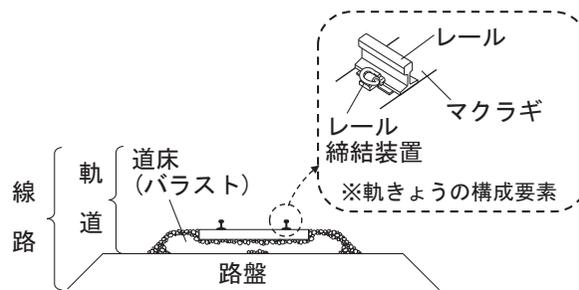


図2-1 線路の基本的な構成



図2-2 一般的にみられる線路（有道床軌道）の構成

と、(b)摩耗が少なく、多少摩耗しても使用に耐え得ること、(c)同じ重量の鋼材の中で最も強い断面を持っていること、(d)製造が容易であること、などが挙げられる。

レール締結装置は、左右2本のレールをまくらぎ等に締着する部材であり、軌間（左右レールの頭部内面間の最短距離）を保持する。また、レールのふく進（長手方向への移動）に抵抗するとともに、車両から伝わる上下左右の荷重や振動を適切に分散し、まくらぎ、道床、路盤へと伝える役割を果たす（図2-3）。締結装置には多くの種類が存在し、現地の使用目的や条件に応じて最適なものが選定される。

まくらぎは、レールを固定して軌間を正確に保持するとともに、レールから伝達された列車荷重を広く道床へ分散する機能を持つ（図2-3）。まくらぎには、十分な強度を備え、レールの取り付けが容易であり、優れた支持力を持ち、量産が可能で耐用年数が長いことが求められる。わが国の鉄道開業当初には、イギリス製の鉄まくらぎが使用される予定であったが、1章で紹介した鉄道技師モレルが「森林資源の豊富な日本では木材を用いた方が良い」と提案し、国産木材の使用が決定された。この方針は外貨の節約および国内産業の育成に貢献したが、後に耐久性や資源保護の観点から、コンクリート製のPCまくらぎが普及するに至っている。

道床は、路盤とまくらぎの間に位置し、列車荷重を路盤に対して広く均等に伝達する役割を果たす（図2-3）。また、軌道に弾性力を与えて乗り心地を向上させるとともに、排水性の確保にも寄与する。近年では、コンクリート製のスラブ軌道に代表される省力化軌道の採用が進んでいるが、有道床軌道は引き続き広く使用されている。

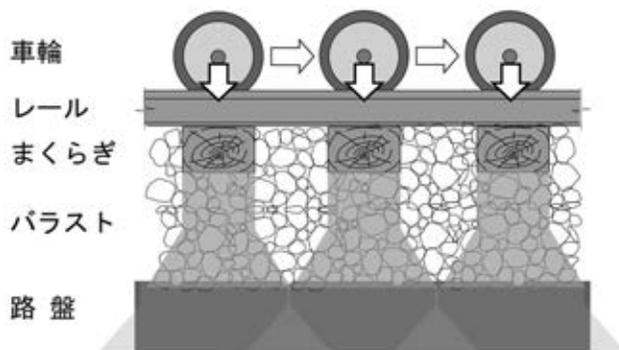


図2-3 線路が列車荷重を分散させる仕組み

### (3) 分岐路の構造と課題

本書は主に一般部の軌道について述べており詳細には触れていないが、列車の進路を切り替えるために不可欠な構成要素として「分岐器」がある。分岐器とは、1本の軌道を複数に分岐させ、多数の車両を連結した状態でも短時間で必要な方向へ通過させるための装置である（図2-4）。鉄道線路の運用効率を高める上で不可欠な装置であるが、構成部材が多く複雑であり、その構造上、急曲線や欠線部が存在するといった構造的な弱点を有する。このため運転時には速度制限が課され、列車の高速化の妨げともなっている。分岐器のメンテナンスには多大な労力が必要であり、過去には分岐器に起因する信号トラブルや脱線事故もたびたび発生している。このような背景から、鉄道事業者、研究機関、軌道材料メーカーなどは、分岐器のさらなる安全性向上、保守の省力化、乗り心地の改善に向けた研究開発を継続している。



図2-4 分岐器の一例（片開き分岐器）

## 2.2 線路の設計と曲線管理<sup>4)~7)</sup>

### 2.2.1 線路の設計その1（軌間、建築限界と車両限界、軌道中心間隔、設計荷重）

#### (1) 軌間

軌間（ゲージ）とは、鉄道線路を構成する左右のレールの間隔、すなわちレール頭部内側間の最短距離（レール上面から鉛直方向に14mm以内）を指すものである（一部鉄道事業者では16mm以内としている）。列車は使用する軌間が異なると相互乗り入れができないため、軌間は鉄道における各種仕様を規定する最も基本的な設計基準といえる。わが国における軌間は表2-1に示すとおり7種類存在するが、主に使用されているのは762mm、1067mm（JR在来線）、1372mm、1435mm（JR新幹線；世界的にも広く採用されており「標準軌」と呼ばれる）の4種類である。残る3種類はいずれも鋼索線（ケーブルカー）である（鋼索線は片側車輪が両フランジ構造、他方がフランジなしであり、軌間の概念を有さない）。

また、わが国には軌間の異なる車両が相互に乗り入れる区間が複数存在する。これらの区間では、3本のレールを用いる「三線軌条」が採用される。三線軌条は、片側のレールを共用し、もう片側を狭軌と標準軌で使い分ける構造で、北海道新幹線、秋田新幹線、京急逗子線、箱根登山鉄道線の、いずれも一部区間で用いられている。

表2-1 主なゲージ構成の軌間、単位系、適用線区

軌間	単位系	適用線区
762 mm	2 フィート 6 インチ	四日市あすなろう鉄道（内部線，八王子線），三岐鉄道北勢線，黒部峡谷鉄道
800 mm	メートル法	鞍馬山鋼索鉄道（鋼索線：ケーブルカー）
914 mm	3 フィート	青函トンネル記念館（鋼索線）
983 mm	メートル法	箱根登山鉄道（鋼索線）※基本は 1000 mm（レールを太くした結果）
1049 mm	3 フィート 6 インチ	御岳登山鉄道（鋼索線）※基本は 1067 mm（レールを太くした結果）
1067 mm	3 フィート 6 インチ	JR 在来線，民鉄多数
1372 mm	4 フィート 6 インチ	京王電鉄（井の頭線以外），都営新宿線，都電荒川線，東急世田谷線，函館市電
1435 mm （標準軌： 世界標準）	4 フィート 8.5 インチ	JR 新幹線，JR 奥羽本線（山形新幹線），JR 田沢湖線（秋田新幹線），民鉄多数

日本における軌間の決定には複雑な経緯がある。明治初期の段階で、世界標準の軌間は既に現在と同じ1435mm（4フィート8.5インチ）であったが、政府は全国への鉄道網の早期整備を優先し、建設費の抑制を目的として1067mm（3フィート6インチ）の狭軌を採用した。島国である日本では他国との直通運転の必要がなかったため、当初は問題とならなかった。しかし輸送量の増加に伴い、標準軌への変更による輸送力の向上、あるいは狭軌のまま軌道を強化する方法について、たびたび論争が発生した（いわゆる改軌論争）。とはいえ、既に広範に敷設された狭軌鉄道網の軌間を改めることは困難であり、結果として旧国鉄が標準軌を正式に採用したのは、1964（昭和39）年の東海道新幹線が初めてであった。

## （2）車両限界と建築限界

鉄道車両が構造物と接触せずに安全に走行するためには、車両の最大寸法（車両限界）および建造物が存在できる範囲（建築限界）をあらかじめ定めておく必要がある。両者の差、すなわち余裕は、車両の動揺、電車線との離隔、乗客の安全（窓から顔や手足を出した場合）、軌道の変位等を考慮して設定される。曲線部では、車両の偏倚（へんい：軌道中心からのずれ）に応じて建築限界を拡大するとともに、カント（左右レール面の高低差）に応じた傾斜を設ける必要がある。

前述のように、日本の鉄道では多くの路線で1067mmの狭軌が採用されているが、車両限界は輸送力の増強を目的に建築限界に近いところまで拡大している。結果、日本の狭軌線鉄道は軌間に対して車体幅が広いという特徴を有することとなった。このため、軌道は後述する水準変位や平面性変位の管理が重要である。そして列車走行時は横風に対する転覆リスクに特段の注意が必要となっている。<sup>5)</sup>

## （3）軌道中心間隔

複数の線路が並行して設置されている場合には、列車の行き違い時における旅客および乗務員の安全確保を目的として、軌道相互の中心間隔（軌道中心間隔）が規定されている。さらに、三線以上の軌道が並行する区間では、保守作業時の安全性にも配慮した設計が求められる。

## （4）設計荷重

軌道およびその上部構造物の設計にあたっては、運行する列車に加え、想定されるその他の荷重も含めて考慮する必要がある。旧国鉄では、重連の蒸気機関車とそれに連結された2軸貨車を基準とした「KS標準活荷重」と呼ばれる値が採用されていたが、現在では実際の運行計画に応じた車両仕様に基づいて設計荷重が定められている。

## 2.2.2 線路の設計その2（平面線形、縦断線形）

線路線形は、鉄道の「安全・高速・大量輸送」機能を支える根幹であり、設計方針や運行性能に直接影響を与える。本項では、平面および縦断線形の基本事項と、それが鉄道の建設背景とどのように関わってきたかを概説する。

### （1）平面線形

鉄道の平面線形は、可能な限り直線に近い方が望ましい。しかし、地形的・社会的制約から、現

実には曲線の採用が避けられない場合が多い。

平面曲線の設計に際しては、曲線半径、カント、スラック（急曲線で軌間を内方に拡大する場合の拡大量）、緩和曲線、縦曲線との競合条件など、複数の要素を総合的に検討する必要がある。特に曲線半径は、路線の高速性や輸送容量を左右する重要な設計要素であるため、曲線は極力回避するか、採用する半径は大きいことが望ましい。

### (2) 縦断線形

縦断線形では、こう配およびこう配変更点に設置される縦曲線が検討の対象となる。こう配は高速運転や大量輸送の障害となるため、できる限り小さく設定することが望ましい。しかし実際の設計では、建設費の制約から一定範囲内でのこう配が容認される。

近年は車両の動力性能が向上しており、上りこう配に対する運転上の制約は相対的に小さくなっている。一方、下りこう配についてはブレーキ距離が長くなるため、現在でも大きな制約要因となっている。

### (3) 建設時期と線形

わが国の主要幹線鉄道の大半は、第二次世界大戦（1945（昭和20）年終戦）以前に建設された。これらの路線は、全体の約90%が土構造区間で構成されており、その多くは現在も継続して使用されている。

明治から昭和初期にかけて敷設された路線は、当時の技術的・財政的制約のもと、橋りょうやトンネルをできる限り短く抑え、主力であった蒸気機関車（SL）の走行性を考慮して急勾配を避けることを最優先として路線選定が行われた。

山岳部を横断する路線では、河川浸食によって形成された谷地に沿って登り、中央部の最も高い地点のみを短距離のトンネルで通過し、再び谷地に沿って平野部に至るルートが選定された。この結果、河川沿いに切土や盛土（土構造）で構成された曲がりくねった線形が生じることとなった。図2-5は、こうした線形が地形に沿ってどのように配置されたのか、視覚的に理解しやすい例である。

土構造区間は水に対する耐性が弱く、降雨期には各所で崩壊が発生しやすい。また、河川の上流部や渓流部では、構造が単純かつ安価である短径間径りょう（橋脚数が多い）が多用された（図



図2-5 河川に沿って敷設された路線は曲線が多い