

青函トンネル



津軽半島・竜飛から北海道までのぞむ



写真提供：北海道旅客鉄道(株)

津軽半島の最北端、竜飛岬。ここは「竜が飛ぶ」と表現されるほど風が強い厳冬の地だ。岬に立つと、荒波の向こうに北海道の大地が見える。どれほどの人がこの場所で豊かな北の大地へ通じる鉄道を夢見たことだろうか。その執念は40余年の歳月をかけて海の下に世界一の鉄道トンネルをつくり上げた。開業から今年で20周年を迎えた青函トンネル。難工事から生まれた技術はその後多くのトンネルに採用されている。

海底を走る世界最長の鉄道トンネル

青函トンネルの総延長は53.85km、1988年の開業から20年間、世界一長い鉄道トンネルとして未だ記録は破られていない。海底部は23.30km、陸上部は30.55km、最も深いところで海面下240mを走る。調査開始から42年、工事に24年、延べ作業員約1,400万人、総工事費6,900億円をかけて完成された。いったい、これほどの事業はどのような経緯で成し遂げられたのだろうか。

驚くことに調査が始まったのは1946年で、敗戦後まもなく、国民がまだ明日の食糧を心配していた頃に壮大な計画がスタートしたのである。かつて本州と北海道を結ぶ交通手段は青函連絡船しかなかった。北海道は石炭や木材、食糧等が豊富に存在していたため、本州と鉄道でつなぎ戦後の復興を図ろうと、政府の強い意志が働いたのである。1954年には青函連絡船・洞爺丸の沈没事故が起こり、早期実現が強く望まれるようになった。

しかし調査は容易に進まなかった。原因は津軽海峡の荒波である。日本海から太平洋へ向かう6ノット（約11.1km/h）を超える潮の流れが、海上からの調査を極めて困難にし、調査開始から工事着工まで実に18年も費やすこととなった。

調査結果を受けて、関門海底トンネル（1942年開通）を参考に掘削計画がねられた。特徴的なのは「先進導坑」を設けたことである。これは長大な海底部における地質状況を探り、施工技術開

発を行うトンネルだ。先進導坑が貫通すればすなわち、後から掘削する「本坑」の開通も実現可能となる重要な役割を担う。この他、陸部から海底部へ向かう「斜坑」、本坑に平行する「作業坑」、エレベータで資材を運搬する「立坑」が設けられた。レールが走る本坑の勾配は当初は20/1,000であったが、後に新幹線が走ることを想定し12/1,000とし、断面も新幹線複線型となった。

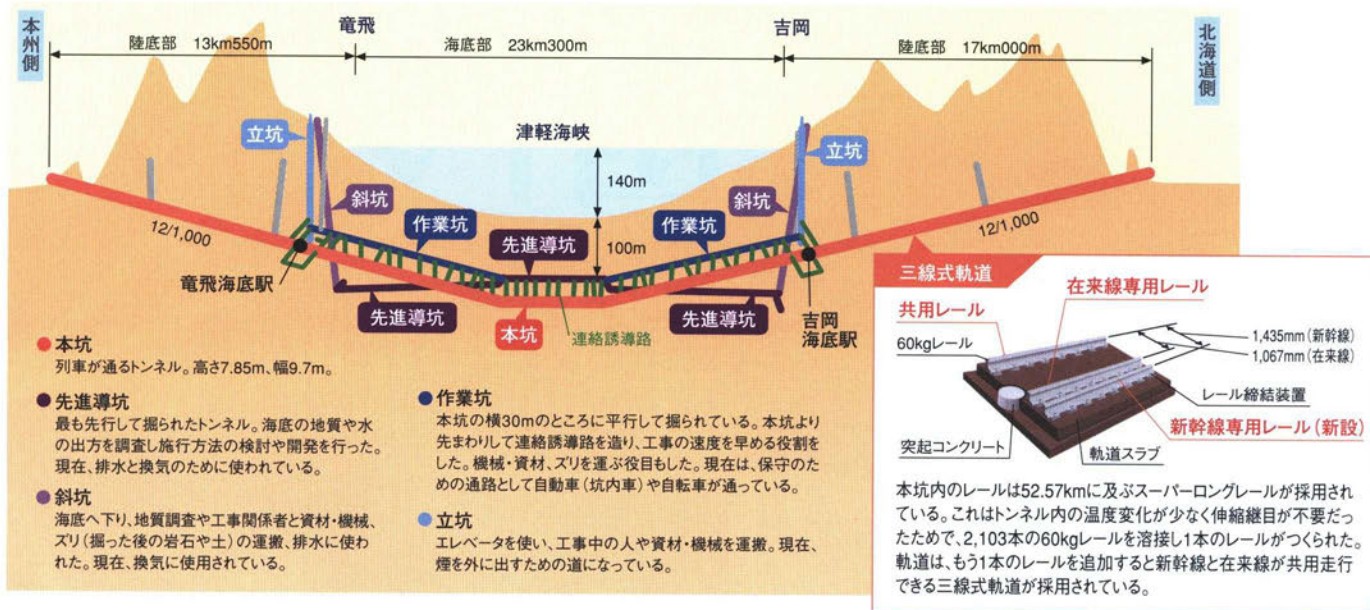
軟弱な地盤との戦いから生まれた技術

工事は1964年に北海道側の吉岡地区から始まり、次いで本州側の竜飛地区からも掘削が始まった。施工法は山岳工法で、掘削には当初、掘削機が導入されたが、軟弱な地盤に合わず早々に断念し、火薬による発破で掘削が進められた。掘削後は支保部材を建て込み、コンクリートを吹き付けた後、覆工コンクリートで坑壁を形成した。支保部材は鋼アーチ支保工、鉄矢木、ロックボルト等が使用され、鋼材総使用量は約17万トン、東京タワー57基分に及ぶ。

実際に掘り進めると、軟弱な地質と湧水の多さが予想をはるかに超えた。試行錯誤のなかで数々の技術が開発され、導入された。なかでも先進水平ボーリング、注入、吹付コンクリートの3つは大きな成果を取めた技術である。

先進水平ボーリングは、トンネル前方で湧水や地質の状況を

■ 青函トンネルの構成



探るために実施された。水平ボーリングは通常の垂直ボーリングに比べ重力により孔が下に曲がり易く長尺化は困難であるが、工法の開発により、2,150mという水平ボーリング掘進長の世界記録をつくっている。

注入は、海底トンネルで必要不可欠となる技術だ。通常湧水を伴う山岳トンネルは水抜き坑を設け、水圧、水量を減少させてから掘削するが、青函トンネルは上部に海という無限の水源地が存在するため、止水しなければ出水事故に繋がる。またトンネルにかかる最大水圧は24kgf/cm²に達し、支保工では支えきれない。そこでトンネル周囲にセメントと水ガラスを混合した注入材を圧入して止水域を形成し、ここで膨大な水圧を受ける仕組みとした。実際に掘り進めながら工法が改良され、出水事故に見舞われながら注入技術が確立されていった。注入材に使用するセメントは、高炉スラグ微粒子を50%程度混入したセメントの耐久性が高いことがわかり、多量に使用された。その後、多くのトンネルの止水や地盤改良にこの技術が生かされている。

吹付コンクリートは、地山を早期に安定させるため、掘削後にコンクリートを壁面に吹き付ける技術だ。この技術を採用したのは日本初であり、新しい工法も開発された。現在、山岳工法の掘削方式の主流となっているNATM*工法は、吹付コンクリートとロックボルトを使用するが、青函トンネルで得た多量の施工実績は、その発展の礎となっている。

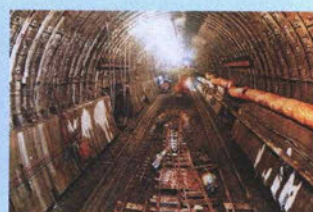
*NATM: New Austrian Tunneling Method, トンネルを掘り進みながら壁面にコンクリートを吹き付け、ロックボルトを打ち込むことで、地山が持っている保持力を有効に利用する工法。オーストリアで開発された。

自然の脅威に立ち向かった、不屈の執念

世紀の難工事と呼ばれるほど、青函トンネルの工事は困難を極めた。4度の出水事故を起こし水没の危機に瀕することもあった。膨張性の地質に苦戦し1km進むのに3年半かかった区間もあった。それでもトンネルは掘り進められ、ついに1983年、先進導坑が貫通した。北海道側、本州側から掘り進めたトンネルが19年かけて



NATM工法の先駆けとなった吹付コンクリート。ただし青函トンネルでは土圧は支保工で支えたため、地山の保持力を利用するというNATMの概念は生かされていない。



掘削の後、壁には多数の鋼アーチ支保工が建て込まれた。膨張性があり土圧の高い地盤では高強度モルタル充填鋼管が支保工に採用された。鋼材総使用量は約17万トンに及ぶ。



吉岡作業場で発生した出水は毎分85トンの水が押し寄せ、水没の危機に瀕した(昭和51年5月6日発生)。排水が終わったのが発生から2か月後、出水地点をう回して掘削し元の位置まで戻するのに約半年かかった。



先進導坑の貫通(昭和58年1月27日)貫通点の誤差は距離19mm、高低196mm、左右644mmと極めて小さく、世界を驚かせた。これは地球の曲率をも考慮した高度な測量技術が導入されたことによる。

繋がったのである。翌々年には本坑が貫通し1988年に開業を迎えた。海底トンネルの貫通は世界にインパクトを与え、特に200年間眠っていた英仏海峡トンネル事業に大きな影響を与えた。青函トンネル関係者が英仏海峡トンネルの技術指導に携わるなど、実現に貢献したのである。

青函トンネルは今、2015年の北海道新幹線開通に向けて、レール敷設工事の真っ最中である。開業から20年を経たトンネル本体の状況は、調査の結果、海底部含めて健全な状態であるということがわかっている。困難を克服して撃げられた世界一のトンネルである。新幹線の開通によってその真価を発揮する日がいち早く訪れることを切に願う。

● 取材協力 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構、北海道旅客鉄道(株)
● 文 藤井 美穂