

## 交通用トンネルの発達小史

—歩行用と運河用—

村上良丸\*

トンネルは使用目的から、交通用、通水用、地下室用に大別される。ここでは、各時代の社会的要請に応じて登場した交通用トンネルのうち、歩行者と運河のものをとり上げ、それらが文明社会の発展に寄与した過程の一端を概説する。併せて、トンネル技術の現状から将来展望を試みる。

### A Brief History of Tunnels for Pedestrian and Canal

Yoshimaru MURAKAMI\*

By the purpose of using, tunnels are divided into main three categories ; for transportation, for water-way and for underground room. This paper describes the tunnels for pedestrian and canal out of the transportation-tunnels which had been built according to the social demands at that era. I summarize the role of these tunnels how they contributed to the development of civilization, and try to prospect the future tunnel-technology.

#### 1. はじめに

英語の funnel (漏斗) の類似語 tunnel は、広義には「地下への進入路」の意であるが、天然洞穴やパイプライン、立坑や斜坑、鉱山の坑道、工事段階の導坑などと区別するため、「両端に出入口があり、大気と隔絶されて、少なくとも人間が通れるだけの断面積をもつ人工空間の、ほぼ水平な線状構造物」と定義されている。これをわが国で「トンネル」と訳し、洞門、洞道、隧道などの用語に代えたのは、昭和40年頃である。そのトンネルは使用目的から、交通用、通水用、地下室用に大別され、掘進、開削埋戻、沈埋の3工法があるが、ここでは、交通用トンネルのうち、歩行用と運河用のものの発展過程だけを概説する。

#### 2. 歩行用トンネル

歩行者と馬車を対象とした古代の交通用トンネルは、採光が最大の難点だった。これを照明と換気の技術で解決した現代では、自動車交通の安全化と高速化をはかる目的で、自動車の走行空間から、歩行者や自転車などの緩速交通群を分離するため、都市内の地下道の建設や、丘陵地、水底などの大交通量

トンネルに専用の別チューブを併設する方法が普及しつつある。

#### 2-1 バビロン水底トンネル

最初の交通用トンネルは、古代世界最大の都市バビロンを貫流していたユーフラテス川の水底に、3,700年の昔に建設されたと信じられている。パベルの塔や空中庭園と共に、この水底トンネルの伝説を紹介したのは、〈歴史の父〉といわれる小アジア出身のギリシア人史家ヘロドトス(484?~424? BC)である。アケメネス朝ペルシアのクセルクセス1世(在位486~465BC)によって大破壊され、廃墟となっていたバビロンをBC460年頃訪れたヘロドトスは、土地の古老の話として、「この水底トンネルは、ユーフラテス川大石橋の橋脚をつくるために、流路を一時的に付け替えた時、建設された」と述べている。

シチリア生まれのBC1世紀のギリシア人史家ディオドロスは、この話を敷えんして、「一時的に付け替えた流路跡に掘った溝の中に、幅4.6m、高さ3.7mの馬蹄形断面が確保できるように、焼成レンガを3~4層の厚さで積み上げ、この地方に豊富な天然アスファルト・ピッチで水密にした後、土を埋戻し、流路を復旧した」としている。彼と同時代のポントス(黒海南岸)出身の地理学者ストラボン(BC64~AD21)は、当時のユーフラテス川のバビロン付近の平水路の幅が、1スタディア(≒190m)だったことから、このトンネルと大石橋の全長は共に、洪水時

\* 宮崎大学教授  
Professor, Miyazaki University  
原稿受理 昭和59年1月6日

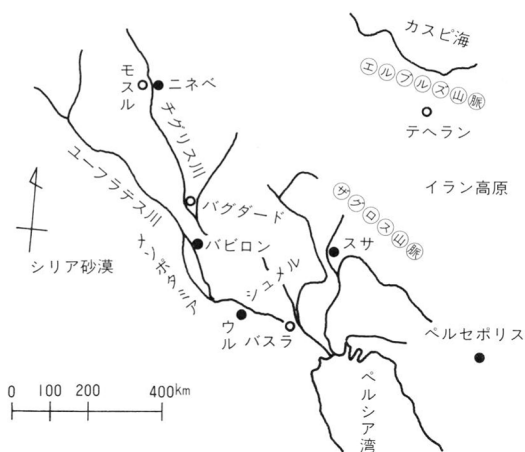


Fig. 1 メソポタミア地方  
Mesopotamia

を考へて5スタディア(950m)にしたであろうと推定している。

密林だったバビロン地方を開発して「古巴ビロニア王国」とよばれた「バビロン第1王朝(1950~1531 BC)」を建てたのは、シリア地方を故地とした狩猟民のセム族である。その6代目の大王ハンムラビ(在位1728~1686BC)は、東方のウルからスサに至るシュメル地方(Fig.1)を支配していたエラム人の「ウル王朝」を倒して、メソポタミア地方に統合し、「古巴ビロニア」とした。世界最古の法典制定者として有名なこの大王は、チグリス川の治水と舟運振興のため、ペルシア湾までの運河をつくり、王都バビロンでは、ユーフラテス川東岸にジググラト(聖塔 Ziggurat)の名で知られる大城塞を築いてエラム人の反乱に備え、王宮は西岸においた。そして、両者を結ぶために、ユーフラテス川を横断する最初の橋が、石造橋脚をもつ木橋として架設されたことが、出土石板から知られている。水底トンネルは多分、この時に建設されたのであろう。それは東方からのエラム人の攻撃で、東岸の聖塔が陥ちた時の秘密の退路に予定したものと思われる。ここでの東西戦争は、現代のイラン・イラク戦争にまで続いているといえよう。

### 2-2 ローマ道トンネル

ドイツ、ロシア、北欧を除くヨーロッパ全域と小アジア、中東、北アフリカを版図とし、6,000万人以上の異民族を統治したローマ人は、100万人にすぎなかった。このため、軍隊の迅速移動を不可欠とした彼らは、支配地までの道路の建設と維持に精力を傾注した。その結果、馬車が疾駆できる敷石舗装をし

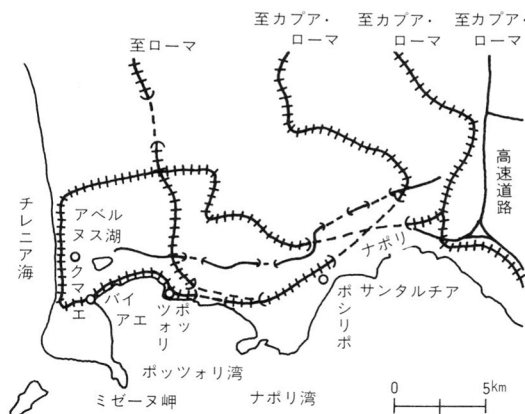


Fig. 2 ナポリ周辺  
Around Napoli

た直線状の公道は、372路線 8万2,000kmに達した。「すべての道はローマに通じる」といわれたように、イタリア本土内だけでも、彼らは1万9,000kmの舗装公道を有していた。その整備の良さは、AD68年のネロ帝の死を、スペインにいた次帝ガルバに伝えた使者が、アペニン、アルプス、ピレーネの3大山脈を越える535kmの道程を、わずか36時間で走破した事実で、十分に証明されよう。

軍事面だけでなく、交通、通信の便を飛躍的に改善し、古代世界最高の経済活動をローマ帝国に行わせる原動力となったこのローマ道の建設は、共和政時代に始まっている。アルプスを越えて、ローマ道をスイスからフランス(ガリア)へと延ばしたのはシーザーで、BC52年1月の厳冬に、「ガリア反乱」の報をうけた彼は雪のアルプスを越え、わずか8日間で、北イタリアからベルギーまでの1,300kmを馬車で走破したという。そのルート上のシンプロン峠(標高2,005m)には、彼がつくったといわれる石橋やスノーシェッドが残っているし、スイスのビール湖近くのハグテク(ベルン北方)では、19世紀の中葉に、50~60m間隔で採光用の多数の小立坑を有する長さ約900mのローマ道トンネルが発見されている。

また、ポシリポ丘陵の岩山でナポリ市街と分離された同市西郊のポッツオリ港は天然の良港で、同名の湾の西岸にある景勝地バイアエは、歴代のローマ皇帝が好んだ保養地であり、貴族たちの多数の別荘があった所である(Fig.2)。ローマ帝国の創始者オクタヴィアヌスは、ここをローマ海軍の本拠と定め、政敵ポンペイウスの艦隊をシチリア島沖で撃滅した

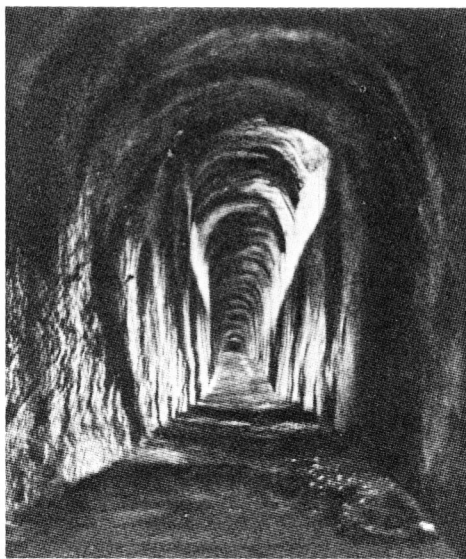


Fig.3 ナポリ西方にあるローマ道トンネル  
(採光用立坑に注意)  
A Roman Tunnel near by Napoli

BC36年から、技師コッセイウスに命じて、ここの岩山に、数本の軍用トンネルを掘らせた。

ボシリポ丘を横断したその1つは、公共用に当てられ、当初は1.2kmの長さで幅7.6m、高さ9mの断面があったことをストラボンが伝えている。これをクリプタ・ネアポリタン (Crypta Neapolitane=ナポリの穴倉) と呼んだ1世紀のローマ哲人セネカ (BC4?~AD65) は、「牢獄でも、この穴倉より暗いものはない……。風が全く通らないため、中のほこりはすさまじいもので、どんなトーチ・ランプでもお互いの顔の識別にすら役立たない」と述べている。このため、何度も改修されたこのトンネルは、採光のため、入口を高さ23mまで切り上げ、長さは900mに減らした。そして、今日では内部断面も拡大して、市電と道路を通してしている。

このトンネルと平行して、軍用かつ皇帝専用につくられたセイアノ (Seiano) と呼ばれる長さ約1kmのトンネルは、採光用立坑を有していた。完全に埋没していたこのトンネルが発見されたのは1840年で、現在は遺跡として復原されている (Fig.3)。

ポッツオリ港西方の岩山にも、アヴェルヌス (Avernus) 湖に通じる長さ180mのローマ道トンネルがあり、やはりコッセイウス技師の建設と見られている。この湖の西方の遺跡クマエ (Cumae) に向けて、高さ5m、長さ130mの非常に古いトンネルが、軟らかな石灰華 (凝灰岩) 地層に掘られている

という。BC1世紀のローマ詩人ヴェルギリウス (70~19BC) が、「クマエの巫女シビル (Sibyl) のほら穴」と呼んだこのトンネルは、BC5~6世紀頃、ここを開いたギリシア人の建設と推定され、ダンテ (1265~1321年) が『神曲』の中で、“地獄の入り口”に比定した所といわれる。

### 2-3 青の洞門

わが国にも「洞道、穴道、くりぬき」などと呼ばれた歩行用の小トンネルが各地にあったが、最も有名なのは、菊池寛の小説『恩讐の彼方に』で知られる〈青の洞門〉であろう。それは山国川 (大分県) の奇勝、耶馬溪の入口に聳える競秀峰の断崖下に、手ノミで掘られたトンネルで、歩行者から4文、牛馬から8文の通行料をとったわが国最初の有料道路である。

このトンネルの建設者、禅海 (1687~1774年) は、越後高田藩士、福原家の生まれで、若くして江戸に出、浅草に住したのち、六十六部行者として諸国を遍歴、37歳のとき (1724年)、豊後湯布院の龍雲山興禅院で得度、真如禅海の法名を得た。そして享保20 (1735)年、49歳のとき耶馬溪の羅漢寺に詣で、途中にあった「樋田~青」間の〈鎖渡し〉の難所の除去を決意したといわれる。

この年、中津藩主 (奥平氏) からトンネル掘削の許可をえて、独力で着工し、近在の人びとから奉加をうけ、さらに長州府中の石工、岸野平右衛門の合力の下で、長さ308歩 (約220m)、4か所に明り窓のある高さ1丈 (3m)、幅9尺 (2.7m) のトンネルを有料で、寛延3 (1750)年に暫定開通し、その収益をもとに、西側にも長さ6mのトンネルを追加した。そして、取り付け道路の整備を進めるとともに、明和元 (1764)年までに、トンネル断面を幅9m、高さ6mに拡大して、騎馬のまま通れるように完成したといわれる。時に禅海78歳で、一念発起以来、30年近くを要した (このトンネルは明治20年、同40年に大改修され、昭和36年にモルタルが吹き付けられ、現在は県道として管理されている)。

### 2-4 万世大路

今は廃道になっている米沢~福島間の〈万世大路 (50km)〉には、長さ876.4mの栗子隧道を筆頭に、福島側の二ツ小屋 (353.6m)、高平 (140.3m)、大桁 (29.1m)、山形側の刈安 (65m)の全部で5本の道路トンネルが残っている。その栗子隧道・米沢口の石碑には、内務卿大久保利通 (1830~78年) が、山形県令着任時の三島通庸 (1835~88年) に与えた7施

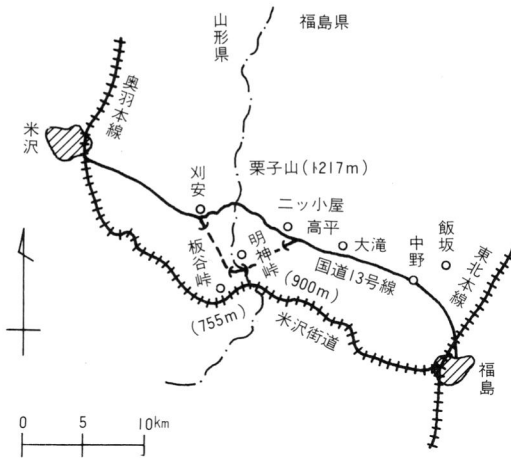


Fig. 4 福島～米沢間の奥羽山脈横断交通路  
Traffic routes of trans-Ohu Mountains  
between Fukushima and Yonezawa

策の第一に上げた〈道路改修〉のことが、大約、次のように刻まれている。

「……屏風のような天然の障壁に囲まれ、急坂悪路に加えて、厳寒時の積雪は6～7丈に達するため、牛馬の県外への往来は、夏秋だけに限られるのが山形県である。昔はこれが、外敵を防ぐ天嶮と考えられたが、結果は、知識が遅れ、頑迷固陋で因習にとらわれた県民性と産業の窒滞を招いている。この打破を目途とする良道の建設こそ、三島君の仕事の第一である……。」

このように明治新政府は、鉄道の建設とともに、幕政時代に抑圧、無視された道路の整備にも力を入れたが、歩行者と人力車に配慮して、線形よりも勾配の緩和に重点をおき、幅員も2間(3.6m)を基準にし、重要路線のみ3間(5.4m)としたため、後年の自動車交通をうけ入れることができなかった。

ところで、福島～米沢間の奥羽山脈越えには、板谷峠(標高755m)を通る難路、米沢街道が天文年間(1532～57年)以来使われていた。しかし、大同2(807)年に弘法大使の親友、徳一上人が、また、元慶2(878)年には陸奥征討のため、小野朝臣春風鎮守府将軍が500人の軍兵を率いて越えたといわれる明神峠(標高900m)～刈安ルートの記録もあった(Fig.4)。

福島県は、後者のルートを明治7年以来、数次にわたって調査していたが、明治9年10月に着任した山形県令・三島通庸は、同月13日に高木秀明技師を山形側ルートの調査に出発させ、わずか2週間の踏査からの復命で、標高890mの所で栗子山(標高

1,217m)を貫通する栗子隧道を決定し、福島県令・山吉盛典に通告して、同年12月18日には米沢側坑口と刈安隧道に着工した。

困ったのは福島県である。標高400m以下の大滝部落から5kmたらずで、標高889mの栗子隧道東口まで上る路線の選定には1年近くを要し、オランダ人技師G.A. エスセルの指導をうけて、前述の二ツ小屋などの3本の隧道と、23橋(延べ467m)の橋梁を含む急カーブの連続した無理な線形を選んだ。それでも道路幅員は3～4間(5.4～7.2m)、トンネルの断面は素掘りで幅3間(5.4m)、高さ2間(3.6m)とした。

明治天皇から〈万世大路〉という見事な呼称を頂戴しながら、明治32年に米沢街道沿いの奥羽本線開通と同時に、わずか18年の寿命で廃道状態となったのは、この無理な線形からの冬期積雪時の交通途絶のためで、それは乱暴なルート決定に由来したといえよう。

栗子隧道西半(米沢側)の地質は非常に硬かった。その掘進が軌道にのったのは、米国から輸入したわが国最初のエア・ドリルが稼働しはじめた明治11年2月からで、同時にダイナマイトも本格的に使用され、これらは坑夫20人分の威力を発揮したと記録されている。同年5月には、福島口からの手ノミ掘進も始まり、13年10月19日午前1時に、西口から約470m地点で、エア・ドリルが残っていた厚さ1.5mの岩壁を貫通し、大歓声の中で両坑道が合したという。

43台のトロ台車、延べ15,000人を投入し、高木技師が陣頭指揮した明治初期最大のこの大トンネル工事は、12万6,900円の工費(福島側30kmの全工費は13万6,600円)で、明治14(1881)年9月28日に竣工した(ちなみに、この年の元旦にヨーロッパでは、長さ15kmのサン・ゴタール鉄道トンネルが開業し、スイス領内のアルプス横断鉄道の運行が始まっていた)。

明治14年10月3日午前6時半に、325名の供奉員と馬300余頭で、米沢行在所を出発した明治天皇は、午前10時に栗子隧道西口に到着した。30発の花火が打上げられて、盛大な開通式が始まり、高木技師に金100円が下賜された。そして、お召車に乗られた明治天皇は、三島県令の先導で、無数のランプで照明されたトンネルを無事通過して福島県に出た。山吉・福島県令が二ツ小屋隧道西口で引き継ぎ、数度の休息をとりながら福島医学校の行在所に着かれたのは、午後7時と記録されている。この夜、桂一品淑子内



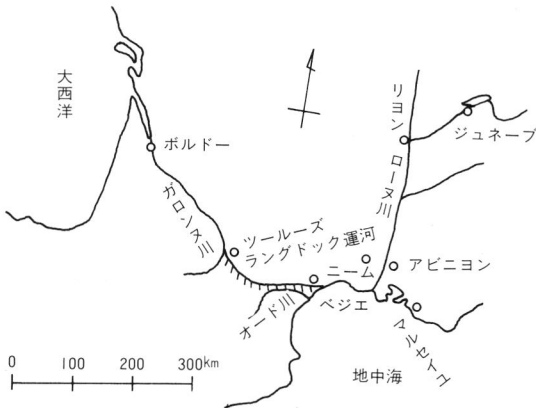


Fig. 5 ランゲドック運河  
Languedoc Canal

親王御逝去の悲報が入り、せっかくの慶事も、福島では通夜の悲愁に変わった。

前述の通り、わずか18年後の明治32(1899)年に廃道状態となったこの万世大路の蘇生工事が、失業対策事業として昭和8年から12年までの4年間、実施された。トンネル部分は、約2m盤下げされ、平均厚30cmのコンクリート覆工をして、幅員6m、有効高さ4.5mを確保し、自動車を通れるようにした。長さ870mのこの新生栗子隧道は、昭和33年に3,461mの関門国道トンネルが開通するまでの21年間、日本最長の道路トンネルだったが、前述の理由で、冬期の交通確保は出来なかった。そして、明神峠まわりで標高を約300m下げた長さ2,376mと2,675mの東・西栗子トンネルからなる現在の国道13号線が開通した昭和41年に、栗子、二ツ小屋両隧道の旧万世大路は再び廃道になった。

### 3. 運河トンネル

#### 3-1 マルパス (Malpas) トンネル

大量の重量物の長距離運搬に平底のハシケを使うため、数100kmの運河を掘ったのは、古代エジプト人である。ピラミッドの石材を運んだこの運河は、やがてナイル川と紅海を結び、ハトシェプスト女王時代の「ブント交易」に使われた。前述のハンムラビ大王やローマ人、隋の煬帝(在位604~614年)なども運河を建設したが、近世初頭のヨーロッパで、内陸交通用に運河を唱導したのは、万能の天才、レオナルド・ダ・ヴィンチ(1452~1519年)である。晩年の彼が熱中した大西洋と地中海を結ぶ大運河構想を150年後に実現したのが、ピエール・ポール・リキュー(Pierre Paul Riquet)という素人技師だっ

た。

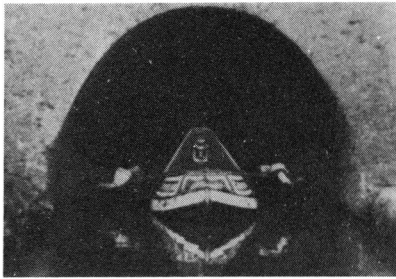
中年まで徴税官だったリキューは、退官後、南西フランスのガロンヌ(Garonne)川とオード(Aude)川を結ぶダ・ヴィンチの運河構想に興味をもち、現地を詳細に踏査し、自宅の庭に地勢模型をつくって研究したのち計画をまとめて、1662年、58歳のとき、太陽王ルイ14世(在位1643~1715年)の宰相J.B. コルベールに提出した。

ツールーズ市の所のガロンヌ川で始まり、南への51km間に32個のロックをつくって62m上り、標高186mの頂上水平区間5kmを経たのち、地中海までの184km間には64個のロックを設けて下がる全長240kmのこの壮大なランゲドック(Languedoc)運河の計画は、コルベールとルイ14世を魅了した(Fig. 5)。早速、技術委員会が設置された。その専門家たちから出された疑問点に答えるため、リキューは自費で、幅6m、深さ2.7mの運河43kmを、1665年5月から10月までのわずか5か月間で掘った。日本では徳川4代將軍家綱(在位1651~80年)の時代だった。

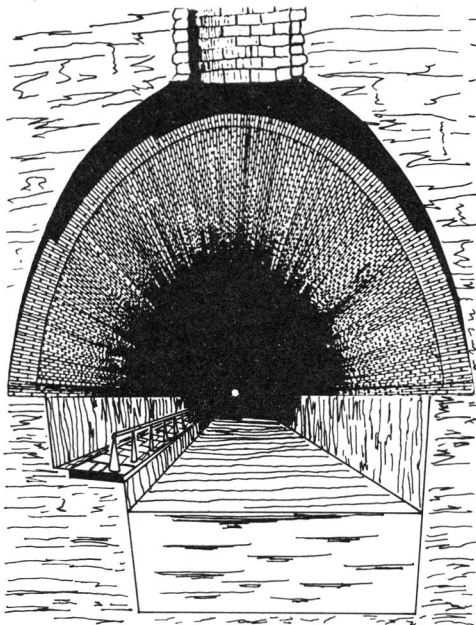
かくしてこの運河は、フランスの国営工事として翌66年暮に正式に着工されたが、そのルート上に奇妙な経緯で世界最初の運河トンネルが誕生し、それが現代のトンネル技術発展の口火となった。すなわち、この運河の地中海側の町ベジエの西の8番目のロックの上流10kmの所にあるマルパス(Malpas)丘の通過ルートを変更して、切土量をへらすように技術委員会から命令されたりキューは、それを無視して、ここの全作業員を別の工区に移し、少数の選抜員だけを使って、秘密裏に、長さ155m、幅6.7m、高さ8.2mの当時の史上最大断面のトンネルを1679~81年の間に掘った。この時、残っていた坑外の隔壁地山を黒色火薬で破碎して通水したため、一般には発破を使った最初のトンネルといわれている。この年、ルイ14世はこの運河の開業を宣言したが、工事自体は1692(元禄5)年まで続いた。

#### 3-2 イギリスの運河トンネル

産業用運河を最も精力的につくったのは、18世紀中葉から19世紀初めにかけての英国で、最盛時の全長は19,200kmに達し、その横断に約25,000橋が架設されたという。今日では大半が消滅して、70本約72kmのトンネルを含む3,360kmが国営管理されているが、それらはすべて、民間企業が建設したものである。したがって、資金不足から安く造ることが英国では至上課題だったため、幅3m程度の狭くて



(a) 人足がトンネル壁を蹴ってハシケを推進した



(b) 片側に曳行路あり

Fig. 6 英国の運河トンネル  
Canal tunnels in England

浅い水路を地形等高線沿いに掘り、その岸沿いに馬でハシケを曳行した。

大きな切土は避けて、小断面のトンネルを掘り、そこでは馬の代わりに、legger と呼ばれた人足が、ハシケの両舷から張り出した翼状架台の上に、仰向けに寝て、足でトンネル壁をけりながら、ハシケをジグザグに推進した(Fig. 6-a)。空荷の時は竿を使ったが、それをあてる凹所が壁にあり、水底はささなかつた(ぬかるみのため、抜くのが容易ではなかつた)。後には、トンネル断面をやや大きくして、片側に1.5m 弱の曳行路を設けたものもつくられ、チェーン曳行ができるようにした(Fig. 6-b)。

こうした運河とトンネルを初めて造ったのは、マ

ンチェスター東部のワーズレー炭坑所有者のブリッジウォーター公3世(the third Duke of Bridgewater、1736~1803年)の技師ジェームズ・ブリンドレー(James Brindley、1716~71年)だった。貧しい小作人の息子で、小学校も出ていなかった彼は、水車大工から機械工となり、蒸気エンジン付きのポンプ(1752年)や織機(1755年)を発明して有名になった。

1759年の国会でワーズレーの選炭場からマンチェスターまでの運河17kmの建設認可をうけたブリッジウォーター公は、その建設技師としてブリンドレーを採用した。原計画を検討したブリンドレーは、谷の横断に、ローマ式の高架水路橋(約180m)を架けることで、すべてのロックをなくし、さらに、起点側の採炭坑道にも水を入れて水路にし、切羽で石炭を直接ハシケに積み、それを舟溜りに集めて一列につなぎ、マンチェスターまで馬で曳行することにした。そして、終端でも丘の下に水路坑道を掘り、丘の上から下ろした立坑で、積荷の石炭を引き上げることにした。両端を坑道とした袋状の、この奇想天外な運河は、1761(宝暦11)年7月17日に開業され、間もなく、マンチェスターの石炭価格をそれまでの半分に下げた。かくして、イギリスで最も安い燃料の得られる町として、マンチェスターは工業の中心となり、産業革命を推進した。

このワーズレー運河をブリッジウォーター公は、リバプールまで延ばしたが、大出費のため、ブリンドレーの計画通りには実施できなかった。しかし、1766年(この2年前に「青の洞門」が完成)には、ジョン・グルンディ(John Grundy)が計画し、ヨシア・ウェジウッド(Josiah Wedgwood)という陶器業者がスポンサーになり、ブリンドレーが施工したマージー川とトレント川を結び、バーミンガムを経て、セバーン川につながる全長225kmのグランド・トランク・カナル(Grand Trunk Canal=大幹線運河)とよばれた当時の英国最大の土木事業に着手した(Fig. 7)。

ワーズレー運河終点の丘の下の Preston Brook トンネル(1,133m)で始まり、Hermitag(118m)、Barnton(520m)、Saltersford(386m)の諸トンネルの他に、当時の世界最長のトンネル、Harecastleでトレント川の流域に出た、長さ2,650mのこのトンネルは、多数の立坑の底をつなぐのに、せん孔(手ノミ)・発破(黒色火薬)掘進法を、英国で初めて採用した。そして、換気のために、立坑の

下で火をたいたといわれる。出水にも悩まされたこの大トンネルの施工中に、ブリンドレーは過労のため、1771年9月27日に急逝した（55歳）。

Grand Trunk 運河は、このハレキャスル・トンネル（幅2.7m、全高3.7mで水面上は1.8m）が出来た1777（安永6）年に開業され（平賀源内が電気の研究をしていた）、パーミンガムからリバプールまでの運賃が $\frac{1}{6}$ になったといわれるが、leggerによって2時間以上の通過時間を要したこのトンネルが最大のネックだった。それを解消するため、平行に23.5m離して、全高4.9m、幅4.3m（うち1.5mが曳行路で、水路幅は2.8m、水面上の高さは2.7m）の第2トンネル（長さ2,676m）を掘ったのは、英国土木学会の初代会長になったトーマス・テルフォード（Thomas Telford, 1757～1834年）で、47年後の1824（文政7）年である。この翌年に、わが国では「異国船打払令」を出した。

英国最長の運河トンネルは、マンチェスターからハダースフィールドに出る途中のペニン山脈横断部分に掘られた Standedge トンネルで、これによってブリテン島は、東の北海と西のアイリッシュ海が運河で結ばれた。長さ4,950mのこのトンネルも多数の立坑（最深は66m）の底を結ぶ方法でつくられ、1794年の着工以来、17年間に要して1811（文化8）年4月4日に開業された（徳川11代将軍家齊の文化・文政時代）。途中4か所に“wide”と呼ばれたハシケすれ違い用の拡幅部をもつこのトンネルの幅と水面上の高さは、共に2.8mで、水深は2.4mに選ばれていた。133年後の1944（昭和19）年12月21日に、このトンネルが閉鎖されたときの水深は、落岩やシルトの沈澱で、1.5mに減っていたという。なお、運河交通を Inland Navigation と呼んでいた時代の英国では、運河の建設技師は Navigator、略して Navy と呼ばれた。それが海軍軍人を指すようになったのは、同国が運河から鉄道建設に移った19世紀の前半からであるといわれる。

### 3-3 運河用大トンネル

ヨーロッパ大陸での運河建設が本格化したのは、19世紀の初頭で、蒸気船の誕生に一致していた（ロバート・フルトン発明の外輪式蒸気船が、バリのセーナ川で公開実験に成功したのは1803年である）。英国とは異なって、公営で建設・管理されたこれらの運河は、トンネル部分でも水路幅8mを基準とし、レンガで覆工された。

ナポレオン1世の命令で、1802年に着工されたパ

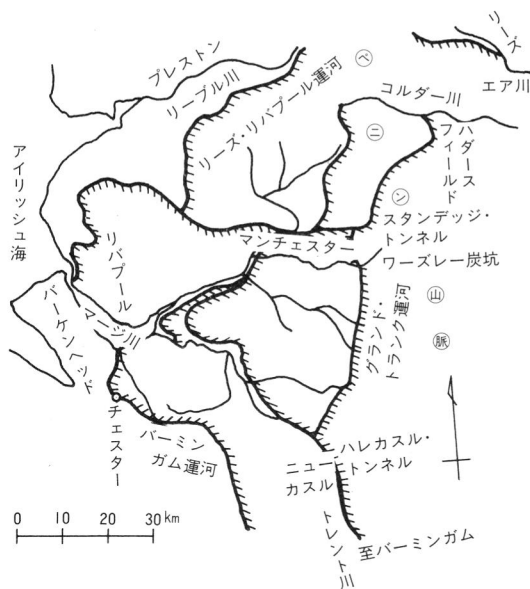


Fig. 7 Grand Trunk 運河網  
The Grand Trunk Canal system

リとブリュッセルの中間点サンカンタン（St. Quentin）へ向けての全長96kmの運河には、3本の大トンネルがあり、その累計は18.4kmに達している。最も短いトロンコイ（Tronquoy）トンネル（1,081m）では、遭遇した砂地盤の克服にクリングカット工法が開発され、長さ5,460mのリケヴァル（Riqueval）トンネルと共に1810（文化7）年に開通した。さらに1822（文政5）年には、運河トンネルとしては今日でも世界最長のノワリュエ（Noirieu）トンネルが完成した。しかし、当時はすっかり小型蒸気船運行になって、長さ11,810mのこのトンネルを通ることは排煙上、危険だとしてすべての船長が拒否した。困った運河当局は、このトンネルを最初に通ってくれた船には、通行料金の永久免除をすと公表した。やっと1人の船長が、おっかなびっくりでこのトンネルに入り、無事に通り抜け、自分の船をグラン・ソーテラン（Grand Souterrain）号と改名した。その船は19世紀末まで、無料でこのトンネルを通り、大いに稼いだといわれる。

このサンカンタン運河を延長して、ベルギー領内に入った所のシャルロイ（Charloroi、ブリュッセルの南約30km）付近にも、1828年（日本でシーボルト事件があった年）に、1,290mのトンネルが掘られた。ここの軟弱地山の克服に開発されたのが、トンネル断面の上半分を先進覆工し、後方をベンチ状に切り下げ、逆巻きで側壁覆工する「ベルギー法」で

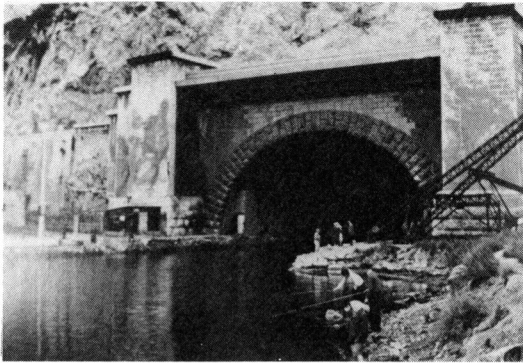
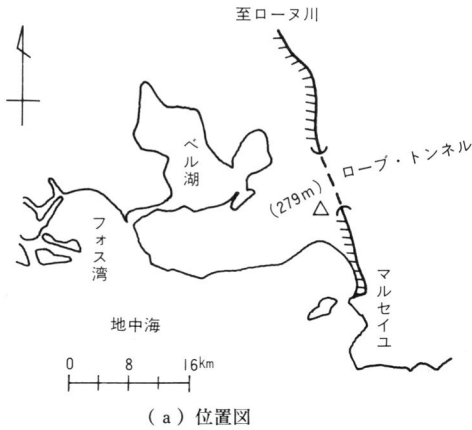


Fig.8 ローブ・トンネル  
Rove Tunnel

あり、それは今日でも、フランス、イタリア、日本でのトンネル掘進方式の主流になっている。

現在の世界最大断面の運河トンネルは、マルセイユ港北郊のローブ (Rôve) トンネルである (Fig. 8)。ローヌ川との舟航のため、標高279mの硬石灰岩の丘をくり抜いたこのトンネルは、長さ7.3km、断面の全高15.4m (水深3m)、水面での横幅22m、切石覆工厚はアーチ部で0.7~1.2m、側壁部で0.6m、内空断面積は240m<sup>2</sup>、総掘削量は172万m<sup>3</sup> (延長20kmのシンプロン鉄道トンネルの1.25倍) と記録されている。1911 (明治44) 年に着工されたが、第1次大戦のため遅れて、公式開業は1927 (昭和2) 年4月25日になった。航路部の両側に幅2mの曳行用通路があり、船幅8mのものが2隻同時に通れるし、排水量1,200tまでを通してはいる。

計画だけの大運河トンネルとしては、1879 (明治12) 年に発表されたパナマ地峡横断トンネルがある。当時の世界最大の船舶を対象としたこのトンネルは、

全高51.2m (水深8.5m)、幅30.5mの内空断面をもち、長さは約11km、掘削量は1,500万m<sup>3</sup>と見込まれた。わが国でも昭和30年代後半に、自民党副総裁の大野伴睦議員の発案で、日本海の敦賀港から琵琶湖をへて、伊勢湾に出る〈日本横断運河〉構想を、1万t級船舶を対象に検討したことがある。幅50m、高さ60mのトンネル断面積は、2,500m<sup>2</sup>をこえた。

原子力エネルギーの実用化が見込まれる21世紀には、こうした運河トンネルなしで、第2パナマ運河やマレー半島のクラ地峡の開削などが実現するであろう。

#### 4. まとめ

狭い水路幅のため、蒸気船が通せなかった英国では、ジョージ・スチーブンソン (1781~1848年) が蒸気機関車の実用化に成功すると同時に、リバプール~マンチェスター間を1830 (天保元) 年9月15日に開業し、運河の建設時代に入った。それは山岳地帯には長大トンネル、都市内では、激しい騒音と煤煙対策のため地下化を要求した。当然、換気問題の解決と路面交通に大障害を与える開削工法に代わる技術の開発が求められた。その結果、シールド工法が誕生し、19世紀末には電車も登場して、地下鉄が都市交通問題解決の新生面をひらいた。また、山岳トンネルでは、エア・ドリルとダイナマイトの発明が技術革新をもたらし、10kmをこえるアルプス横断鉄道トンネルが相次いで誕生した。

20世紀に登場した自動車は、いつでも、どこにでも行けて、戸口から戸口への運送ができる便利さから爆発的な普及を見ている。このため広幅員かつ往復を分離した車道ならびに歩道の整備、交差点の立体化、駐車場と水路横断施設の増強に追われているのが、現在の姿である。そして、大都市での地下利用の緊急性が認識されている時代といえよう。

一方、トンネルの建設技術面では、沈埋工法が誕生し、人類が月面に足跡を印した1969 (昭和44) 年には、アントワープ港内に、6車線道路一複線鉄道一歩行者・自転車道を一体に収容した総幅48m、総高10mという大断面水底トンネルが建設された (Fig. 9)。また、青函トンネルの貫通は、朝鮮海峡下の日韓ハイウエー・トンネル構想や、シブラルタル海峡下のヨーロッパ~アフリカ大陸連結の夢を現実化に近づけている。そして、チューブに錠りをつけて任意の水深位置に固定する〈水中浮遊トンネル〉技術も間もなく実現しようとしている。それは、日本列島

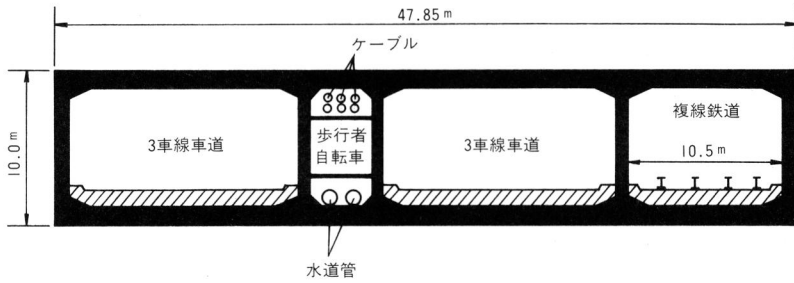


Fig. 9 E3-シェルデ・トンネル断面  
Cross-Section of E3-Sheldt Tunnel in Antwerp

の島々を連結し、上海～長崎間に21世紀のシルクロードを建設したり、北海道を樺太、沿海州につないだり、さらに千島からカムチャッカ半島をへて北米大陸に至る陸路をも可能とするものであろう。そのときこそ、はじめて「世界は一つ」になったといえよう。

#### 参考文献

- 1) Drinker, H.S.: Tunneling, Explosive Compounds and Rock Drills, 1878
- 2) Durant, W.: The Story of Civilization, 1935
- 3) Black, A.: The Story of Tunnels, 1937
- 4) Gies, J.: Adventure Underground, 1962
- 5) Goldberg, V.: Canal Tunnel (Pequignot: Tunnels and Tunnelling), 1963
- 6) Standström, G.E.: The History of Tunnelling, 1963
- 7) 東北地方建設局福島工事事務所編：栗子トンネル工事誌, 1968
- 8) 村上良丸：土木と100人・禅海, 土木学会誌, 1983年8月号