



第18回

写真提供：高山市（安房峠）

# 長野県の峠を貫くトンネル －安房峠と権兵衛峠－

- 1.はじめに
- 2.安房トンネル
- 3.権兵衛トンネル
- 4.まとめ

講演者略歴



**谷口 博昭**  
芝浦工業大学客員教授



**松居 茂久**  
中部地方整備局  
道路部長



**石河 信一**  
(公社) 雪センター  
理事長



**西村 清亮**  
(株) 熊谷組



**松山 政雄**  
元鹿島建設(株)



写真提供：(一社) 塩尻市観光協会（権兵衛峠）

## 1. はじめに

長野県歌「信濃の国」の1番に「信濃の国は十州に、境連ぬる国にして、聳ゆる山はいや高く」とある様に、長野は日本を代表する山々に囲まれた内陸県である。しかし、続いて「海こそなけれ物さわに、万ず足らわぬ事ぞなき」とあり、人馬や舟運を活用し物資が行きかう街道とその周辺を中心に長野県は大いに発展した。また、島崎藤村の「木曾路はすべて山の中である。」の書き出しで始まる「夜明け前」第二部下第11章に“交通の持ち来す変革は～、人間社会の盛衰を左右する。歴史を織り、地図をも変える。”とある様に、明治に入り鉄道が走りだし木曾路周辺も大きく変化した。

戦後、物資輸送が鉄道から道路へ転換する時代に入り、県境における道路交通不能区間の解消が大きな課題となってきた。本稿では、交通不能区間解消で大きな効果のあった長野県の峠越えトンネルを代表する事例として、安房峠と権兵衛峠について紹介させていただく。

## 2. 安房トンネル

### (1) 経緯と整備の必要性

国道158号は、福井から高山を経て松本に至る延長約260kmの道路であるが、このうち長野県と岐阜県との県境にある安房峠を越える区間が、「安房峠道路」であり、延長は6.3km、峠の標高は約1,790mとなっている。

この道路は、飛騨・高山と信州・松本を結ぶばかりでなく、広域的には、図1のように富山・石川・福井県と関東地方・首都圏を結ぶ、最短のルートでもある。

しかしながら、急峻な地形と火山地帯独特の脆弱な地質のため、つづら折りの急カーブと急勾配が連続した狭い1車線道路が続き、写真1の通り大型バスのすれ違いが困難で、観光シーズンには大渋滞が発生し、また降雨による通行止めも頻発していた。さらに、北アルプスを横断する豪雪地帯にあるため、11月中旬～5月上旬の半年は閉鎖され、北陸の富山・石川県からは、上越を経て長野から関東・首都圏へ、高山からは、下呂を経て中津川から中央道で関東・首都圏へと、大きく迂回したルートを通らざるを得な

い状況にあった。

このような障害は、地域の発展の大きな妨げとなり、周辺には、岐阜県の奥飛騨温泉郷・飛騨高山、長野県の上高地、北陸の富山・金沢等の観光資源がありながら、これらを有効に活用できない状況にあった。

このため安房トンネル建設のための調査が行われていたが、早期着工への要望は強く、長野・岐阜・富山3県の関係者が多数参加して、「早期着工総決起大会」が開催されていた。

しかしながら、1964（昭和39）年に調査が開始されてから1997（平成9）年の完成まで33年、1978（昭和53）年に事業化されてからでも19年を要している。これは、このトンネルが多くの問題を抱え、その対応・対策の検討に長期間を要したからである。



図1 安房峠道路が結ぶ広域ルート



写真1 大型バスがすれ違う様子

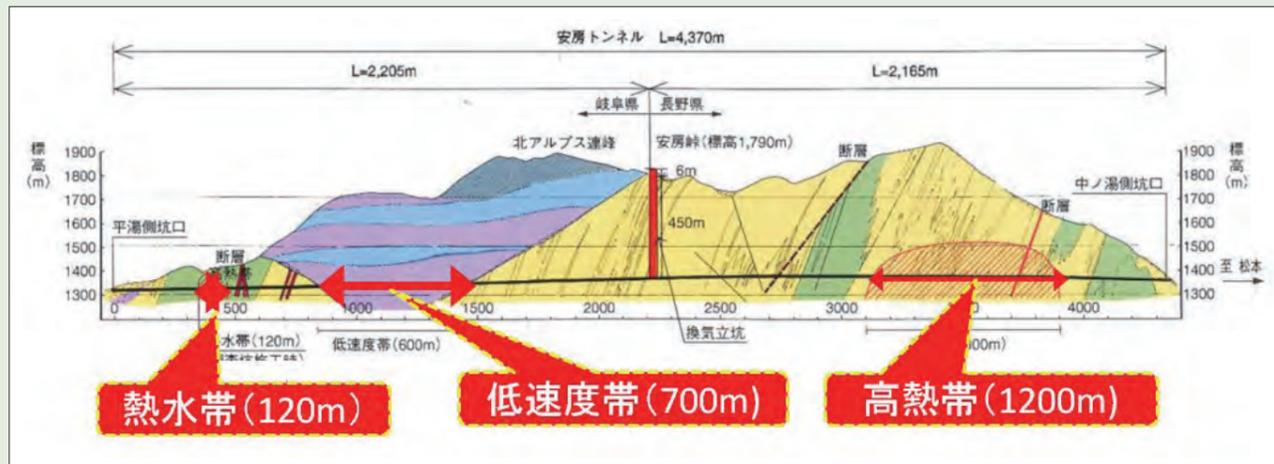


図2 地形・地質の3つの問題

## (2) 問題と課題

トンネルの建設に当たっては、以下のような問題と課題とがあった。

地形・地質については、図2のような3つの問題があった。1番目は、北アルプス（飛騨山脈）の山岳地帯の急峻な地形である。2番目は、焼岳等火山活動が行われている地域であり、熱水が湧出する「熱水帯」と、岩の温度が高く、有毒な火山性ガス噴出の恐れのある「高熱帯」と呼ばれる区間である。3番目は、火山噴出物が堆積した脆弱な地質の堆積層である「低速度帯」と呼ばれる区間があるという事である。

近くには優良な温泉のある観光地があり、また国立公園特別地域内にあることから、トンネル建設による自然環境への影響も大きな問題であった。

## (3) 路線の選定

路線選定では、オープン案と長大トンネル案の比較が行われた。オープン案については、急峻な地形からヘアピンカーブとなり、脆弱な地質のため、のり面の崩壊等の恐れがあり、冬期には雪対策等の管理が困難であり、また自然保護上の問題もあった。一方、長大トンネル案については、火山活動地域のため、高熱・温泉地熱、高圧湧水、脆弱な地質等の問題があった。

両案の抱える問題への対策を比較検討し、1973（昭和48）年、延長4.3kmの長大トンネル案に決定した。次に、長大トンネル案について、坑口の位置と標高の検討が行われた。長野県中ノ湯側では、坑口の現道への取り付けと、標高を低くすると岩温が高くなることが問題で、ボーリング調査のデータをもとに、3案について比較検討し、1974（昭和49）年に、標高を1,350mとする案が選定された。

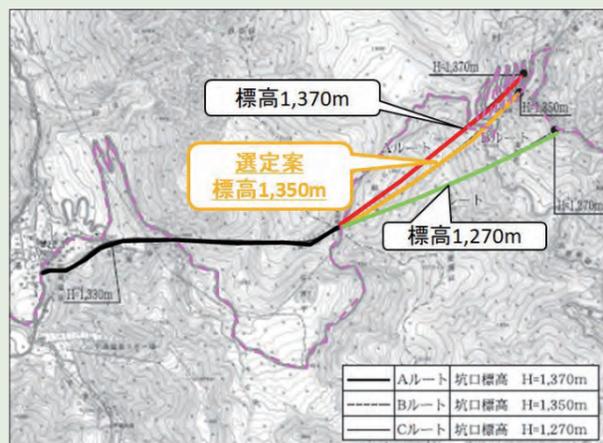


図3 検討された3つの標高案

更に水平ボーリング調査を行い、平面線形について、岩温が低く（100℃以下）、火山ガス（硫化水素）が少ない路線を選定し、1979（昭和54）年に標高1,360mとなるルートが確定した。

## (4) 調査坑による調査と施工法の検討

施工法の検討については、1977（昭和52）年、トンネル施工・地質・高温・火山ガス・温泉等、各専門分野の委員からなる「施工法検討委員会」を設立し、掘削可能性・施工性・労働作業環境・安全管理・材料耐久性等についての検討が始められた。

本坑掘削に先立って、両県側から調査坑を掘削し、そこで得られた調査結果に基づいて、委員会で検討を行う事となった。

### イ) 岐阜県側の調査と検討

岐阜県側については、熱水帯（120m）と低速度帯が問題であり、1983（昭和58）年より調査坑による調査

が開始された。

熱水帯については、薬液注入工法を採用する事により、熱水を抑えて掘削を進める事が出来た。

低速度帯は、その後の調査結果から坑口より800mの地点から800mに及び、火山噴出物がV字型の谷に堆積した脆弱な地質であり、大量の水が溜まり、水深200mで20気圧の高圧帯水区間である事が解った。弾性波速度が2.5km/secと低いことから低速度帯と呼ばれ、掘削においては、大量の湧水、切り羽崩壊が予想された。この区間を、薬液注入工法によって掘削することは、建設費の面から実現不可能である事から、水を抜いて水圧を下げて掘削する水抜き工法以外ないと判断され、その可能性の検討が行われた。

水抜き工法による掘削については、以下の3つの問題があった。水抜きにより、水圧を下げる事が出来るのか？水圧を下げれば掘削が出来るのか？水抜きによる周辺への影響、特に温泉への影響があるのか？という問題であった。

このため、低速度帯に長尺の水抜き水平ボーリングを行い、水抜きによる水圧低下の効果、地質の確認、水圧低下による掘削の可能性の検討のための調査が行われた。これと併せて、水抜きによる温泉への影響を把握するため、温泉の湧出量・流路・温度等の調査を行った。

これらの調査結果を基に、「施工法検討委員会」で、検討した結果、水抜きにより水圧を低下させる事が出来、これにより掘削が可能であるとの判断がなされた。また温泉への影響も問題がないとされた。以上の検討結果から、1986（昭和61）年、水抜き工法による掘削が決定された。この方針に基づき本格的な水抜きボーリングが開始された。

### ロ) 長野県側の調査と検討

長野県側については、1980（昭和55）年より調査坑の掘削に着手し、高熱対策と火山性ガス対策についての調査が行われ、その調査結果を基に、委員会での検討が行われた。

高熱における作業環境については、送風管による換気、冷却水により作業環境の改善を図る事が出来た。高温地点の火薬については、耐熱用火薬の使用により、またコンクリートについては、高温、温泉水に耐久性のあるコンクリートの使用により、高熱帯における施工が可能であると判断された。

火山性ガス対策としては、ガス検知器によりガス濃度を常時観測し、緊急時の通報装置・防災施設・緊急避難設備を設置して対応したが、観測の結果からガス噴出の可能性が少ない事が確認された。

### ハ) 自然環境への対応

国立公園の特別地域内にある事から、環境庁と密接な連絡・協議を行い、自然環境に配慮した計画・施工面について検討を行い、その結果自然環境へ対応した対策を見出す事が出来た。

## (5) 本坑着工へ

以上の様な長期に渡る検討結果を踏まえ、1988（昭和63）年12月に、「施工法検討委員会」から、「本坑は技術的に掘削可能」との結論が出された。

これを受けて、岐阜県平湯側は1989（平成元）年10月に、長野県中ノ湯側は1991（平成3）年2月に本坑に着工した。その後、1997（平成9）年12月に完成に至った。

## (6) 施工現場の状況

### ① 岐阜県・平湯側の施工現場

#### イ) 調査坑の掘削

前述のとおり、平湯側の問題点は、「高圧滞水帯にある低速度帯」の存在と「平湯温泉への影響」であり、これら問題点の把握を目的に、1983（昭和58）年より平湯側調査坑の掘削を開始した。

#### ロ) 低速度帯での施工

低速度帯を調査坑で掘削するにあたり、1986（昭和61）年より、調査坑の左右に水抜き坑を掘削、水抜きボーリングを長さ145～178mで左右各6本施工し、水抜きを実施した。低速度帯に到達したボーリング孔からは、水圧22kgf/cm<sup>2</sup>、湧水量6m<sup>3</sup>/minに達し、調査坑が低速度帯の手前50m到達したときには、トンネル湧水量は70m<sup>3</sup>/minになった。



写真2 水抜きボーリングの状況



写真3 大出水時の支保工圧壊状況

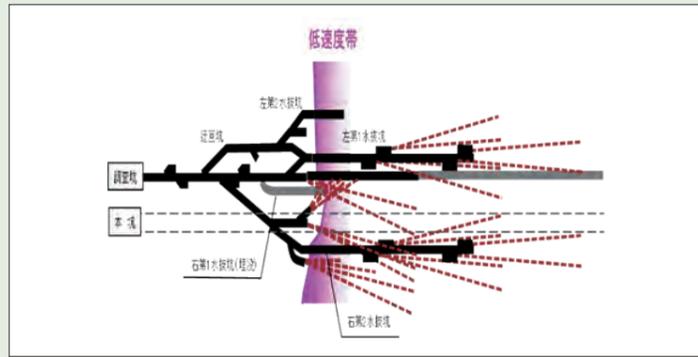


図4 調査坑の掘削延長図

#### ハ) 大出水と土砂の流出

水抜工法を開始して1年後（1987（昭和62）年7月）、地下水位は110m低下した。

切羽全面が低速度帯となった7月27日、切羽天端より2m<sup>3</sup>/minの異常出水が発生、その後湧水量の増加とともに土砂流出が始まり、6時間後に最大180m<sup>3</sup>/minに達した。12時間後にピークは越えたが、3,000m<sup>3</sup>の土砂が流出し右第1水抜坑と調査坑TD700m以奥が埋没した。5日後には、調査坑と右第1水抜坑の分岐付近の支保工が圧壊し、再び出水した。

結果的に、水抜工法と大出水により、地下水位を下げることができ、調査坑を掘削することが可能となった。最終的に水抜坑の掘削延長は1,500mを超えることとなった。

#### ニ) 本坑工事への着手

調査坑の掘削結果を踏まえて、「施工法検討委員会」では、本坑掘削が可能であると判断された。

調査坑と水抜坑の掘削は約9年かかったが、本坑掘削は調査坑と水抜坑による水抜き効果により、約5年半で順調に掘削を終えることができた。

最後に、当初から問題とされていた平湯温泉への影響は、調査坑・本坑の掘削期間で湧出量に変化はなく、平湯温泉に対するトンネル掘削の影響は殆ど無かったと判断された。



写真4 左が本坑、右が調査坑

施工を終えた今、安房トンネルのような高圧多量湧水の条件下では、調査坑・水抜坑に矢板工法を採用したことで、経済的（工期や工事費など）に施工が行えたと考える。

#### ②長野県・中ノ湯側の施工現場

坑口は急峻な地形にあり、国道158号から取り付けた鋼製棧橋から調査坑に着手した。

地質は美濃帯中生層が基盤であり、砂岩、粘板岩、チャートの互層であった。坑口から1,000mの間は基盤岩に貫入した花崗岩や石英斑岩などに割れ目が多く、熱エネルギーの通り道となっていた。

岩盤温度は坑口付近から急激に上昇し、300m地点で50℃となり、650m地点で70℃に達した。300～1,200m間が50℃以上の「高熱帯」であった。

#### イ) 高熱区間の施工

調査坑では坑口に換気設備を設置し、2,400m<sup>3</sup>/minの風量を切羽に送った。岩盤温度が70℃を超すと、送風量を最大にしても発破直後のズリの放熱により送風が遮られ、切羽付近は無風状態となった。プースターファンの増設などで対処することにより、坑内気温30℃、湿カタ度12前後を保つことができた。

本坑工事では坑口部の急峻な地形のため、調査坑の190mの地点から斜め連絡坑を掘り、本坑上半部を切り抜けた。ここから坑口までの280m間を掘削した後、高熱区間に向け掘削を開始した。

本坑の換気設備は調査坑の実績をもとに計算すると、切羽への送気量3,000m<sup>3</sup>/minを含めて全体換気量が4,000m<sup>3</sup>/min、さらに送気の冷却と、切羽を局所的に冷房することが必要となった。しかし冷却水の確保が難しく費用も膨大となるので、高熱区間の施工を冬季に行うよう工程を調整した。

大容量の換気量を確保するため、調査坑を給気導坑とする坑道換気方式とし、連絡坑に置いた送気設備は切羽

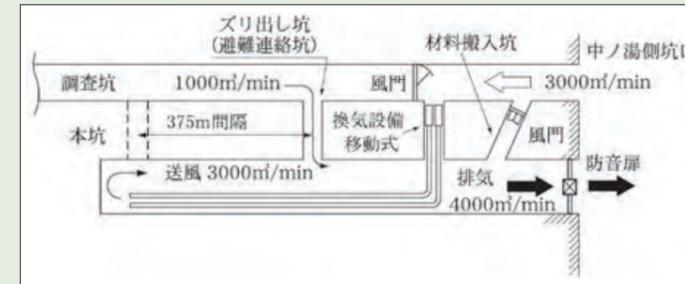


図5 本坑換気設備

の進行にあわせて移動したので、送気距離は750m以内と短くすることができた。

発破後もズリの温度は高く、切羽後方の作業環境が悪くなるので、ズリを坑内に仮置きせず、積み込んだズリを調査坑に待機するズリトロ（6m<sup>3</sup>）に積み込み、平湯側へ搬出する方式とした。運搬には6m<sup>3</sup>積のロードホールダンプを用い、バックホウ、ブレーカーなどズリ出し作業に使用する重機の運転席をすべて冷房付きのキャビンとした。

#### ロ) 火山性有毒ガス対策

有毒な硫化水素、可燃性のメタンガスなどが予想されたので、調査坑では30m毎に先進ボーリングを行ったほか、切羽にセンサー台車、坑内は200m毎にセンサーを設置し、硫化水素10ppm以上、メタンガス1%以上、酸素18%以下に達すると避難と立入禁止を指示する自動ガス警報装置を設置した。切羽後方には、作業員を乗せて郊外へ運ぶ避難台車（16人乗り、防爆型、蓄電池式）を常駐させるなど安全の確保には万全を期したが、探りボーリング孔内で微量の硫化水素を検知したものの、その他の火山性ガスはほとんど検知されなかった。本坑でも同様の対策を行ったが検知されず、大容量の換気によって問題となることはなかった。

#### (7) 安房トンネルの整備効果

安房峠道路全体の事業費は約860億円であり、その直接効果、波及効果等について種々の試算がなされているが、いずれも大きなものがある。

観光を例にとってみると、周辺の観光施設で観光客数が急増し、開通直後の1年（H9→H10）で、安房峠道路周辺の観光客は、平湯温泉で1.6倍、新穂高ロープウェイの利用者が1.4倍、高山市内の観光客は1.3倍となっている。

高山市の外国人宿泊者数については、鉄道、東海北陸道、中部縦貫道の整備の進捗もあり、1995（平成7）年の2.3万人から2009（平成21）年には14.8万人、2017（平成29）年には51.0万人と急増し、観光消費額も940億円にまで増加した。



写真5 冷房付きのロードホールダンプ

### 3. 権兵衛トンネル

#### (1) 権兵衛峠道路の概要と経緯

権兵衛峠道路は、中央アルプスの東に位置する伊那地方と、西に位置する木曾地方を繋ぐ道路である。このルートには、権兵衛峠道路が出来る以前より道路があったが、峠の林道を国道編入して辛うじて繋がっていて、急勾配、急カーブが連続するような走りにくい道路であった。

さらに、冬期には通行閉鎖されたため、伊那地方と木曾地方の間を移動する際は、北回りならば塩尻、南回りならば南木曾へ、大きく迂回を余儀なくされていた。そのため、権兵衛峠道路が出来るまで、伊那地方と木曾地方の間を、住民が日常生活のなかで交流することはとても大変なことであり、権兵衛峠道路の開通は、この2つの地域の振興を望む地域の人々の長年の悲願でもあった。

権兵衛峠道路は1980（昭和55）年から調査を開始し、1993（平成5）年に直轄権限代行事業として事業化された。工事着手は1995（平成7）年である。権兵衛トンネルの工事は、1998（平成10）年9月から始まったが、いきなり翌年に本坑の切羽が崩落して、「施工検討委員会」が発足するなど、決して順調ではなかった。

そして2003（平成15）年11月、調査開始から23年後にトンネル本坑が貫通、2006（平成18）年2月に権兵衛峠道路が開通した。

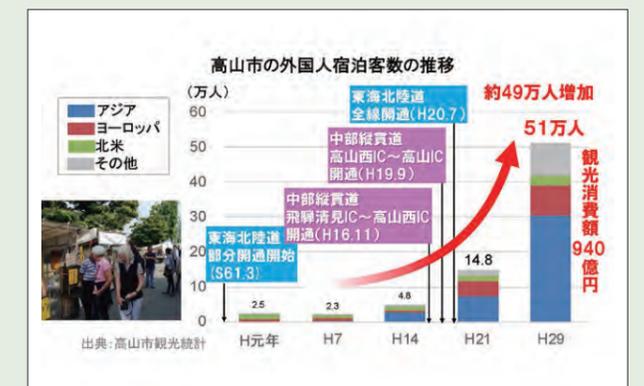


図6 高山市の外国人宿泊客数の推移

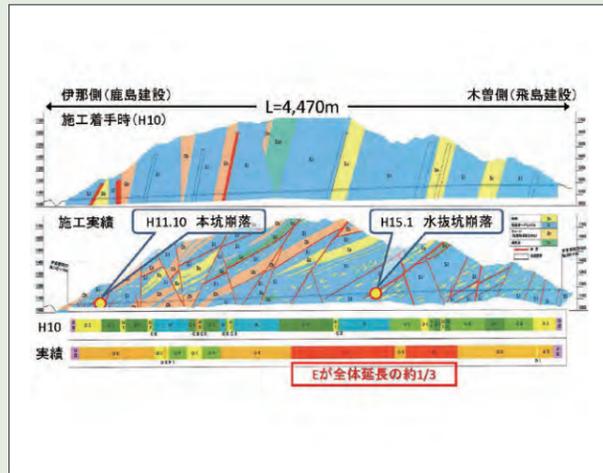


図7 権兵衛トンネルの地質特性

## (2) 工事概要

権兵衛トンネルの地質特性についてであるが、施工着手前はBからCⅡ地山と想定していたが、実際は、Eが全体延長の1/3も占める、掘削が困難な地山であった。岩相は、粘板岩を基質として、大小のブロック・レンズ状の岩体を含むメランジュ層である。

このルートに隣接する活断層「境峠断層」の破碎帯幅が大きく、地山には細かい断層が入っていた。図7に多くの赤線が入っているが、これらが断層を示している。とくに「境峠断層」に近い木曾側では、破碎の影響がひどい状態であった。このため、独自の支保パターンの設定、鋼繊維混入による覆工コンクリートの補強、切羽の自立を促す補助工法の採用により、施工を行った。

## (3) 天端の崩落と水抜坑の施工

工事開始から1年後の1999（平成11）年10月、伊那側の坑口から310m付近で大崩落が発生した。地山が押し出して、鏡吹付けと、前夜施工した吹付けコンクリートにクラックが発生して剥落したため、増し鏡吹付けを実施したところ、その施工の途中で切羽の左肩部から崩落が発生したものであった。原因は、地山に含まれる大量の地下水であった。

この崩落を契機に、学識経験者等による「権兵衛トンネル施工検討委員会」を1999（平成11）年12月に設立し、効果的な施工方法について検討を開始することとなった。その審議の結果、水抜坑を施工して、トンネル全線の確実な水抜きと地質情報の収集を行う事により、補助工法の軽減、工期短縮、工費節減を図ることが決まった。

水抜坑と本坑との離隔については、水抜き効果を考慮すれば、出来るだけ近接していることが望ましいのであるが、これまでの本坑施工にあったような地盤の緩み度合いを勘

案すれば、本坑と一定の間隔を空ける必要があった。

本坑と水抜坑相互の影響、水抜き効果、施工性、将来に水抜坑を避難坑として利用すること等を考慮した結果、本坑の壁面と水抜坑の壁面との離隔は、本坑の1Dと水抜坑の1dを加えた18mとし、各トンネルのセンター間を約25mにした。

水抜坑の支保については、集水面積が多いことから、矢板工法を基本としたが、E級地山や、拡幅部、連絡坑交差部といった複雑な断面の場所では、NATMを採用した。

## (4) 水抜坑の施工と効果

水抜坑の施工によって、本坑の湧水量が実際に減少したかどうかについては、図8で示す通りである。

グラフの横軸は、右から左に向かって年月の経過を示している。縦軸は切羽の位置や湧水量を表しており、茶色と青色の折れ線で、それぞれ本坑と水抜坑の切羽位置の時間経過を、赤色と緑色の折れ線で、それぞれ本坑と水抜坑の湧水量の時間経過を示している。

年月は右側から左側に進んでおり、グラフの右側は「本坑が水抜坑を先行、または水抜坑が無い時期」、2000（平成12）年8月から左側は「水抜坑が本坑よりも先行している時期」となる。

右側の時期と、左側の時期の赤の折れ線を比較すると、「水抜坑が本坑を先行している時」の方が、本坑の湧水量が減っていることが分かる。また、左側の緑の折れ線（水抜坑の排水量）を見ると、大量の水が排水されていることが分かる。つまり、水抜坑を先行させて積極的に排水することにより、本坑からの湧水量を低下させた事が分かる。

この水抜坑の施工により、伊那側は掘進速度が急激に改善され、従来の1.3倍の速度となった。

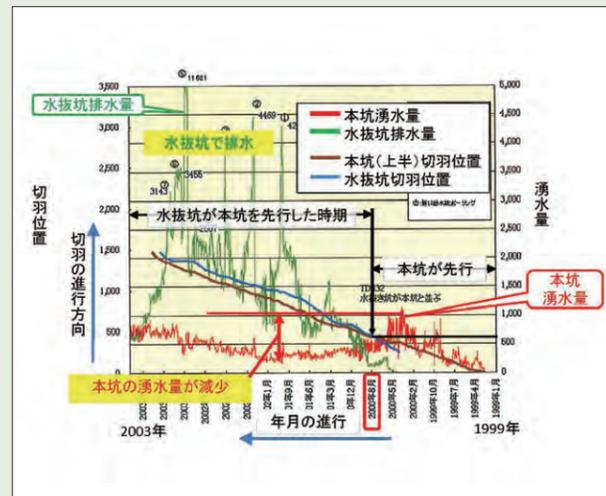


図8 本坑の湧水量と水抜き効果

## (5) 権兵衛トンネルの整備効果

2006（平成18）年2月、伊那木曾連絡道路、権兵衛峠道路が開通。2月4日の立春と重なった開通式の日、伊那市長は、立春になぞらえて、「まさに春が来た」と表現した。また、国道19号へアクセスする国道361号権兵衛峠道路が開通したこと、361号の平方根、つまりルート361が19であることを掛けて、「361ルートを開けば19号」という句を詠んだ。

権兵衛峠道路の整備効果について、まず挙げられるのが、災害・事故に強い道路機能の確保である。木曾地方を貫く唯一の幹線道路である国道19号は、豪雨や雪崩等の災害、交通事故による通行止めが、年平均

18回発生しており、権兵衛峠道路が整備されるまでは、その都度木曾地方の交通が寸断されてきた。とくに2006（平成18）年7月の豪雨では、国道19号の脇の斜面が崩れ、約54時間の全面通行止めが発生し、地域の生活が麻痺した。しかし、この道路の開通によって新たな迂回ルートが確保され、国道19号のみならず、伊那地方を貫く国道153号、中央自動車道が通行止めとなった場合でも、多様な迂回路が設定できるようになったのである。

次に、新たな観光ルートの形成である。この道路の開通により、木曾地方と伊那地方との間の時間距離が短縮され、その効果として、JR中央本線木曾福島駅から権兵衛峠道路を経由して南アルプスなど伊那地方の観光施設へ、逆に、中央自動車道の伊那ICや駒ヶ根ICを降りて、そこから権兵衛峠道路を経由して奈良井宿などの木曾地方の観光施設へ行くことが可能となった。

これにより、木曾地方と伊那地方は一体的な日帰り周遊観光エリアとなり、観光客が増加。木曾地方の奈良井宿では、観光客が1.9倍に増加した。

さらに、権兵衛峠道路の開通は、木曾地域と伊那地域間の通勤による就業を可能とし、木曾地域・伊那地域相互の通勤圏が拡大した。

## 4. まとめ

インフラストラクチャーとは、暮らしや経済社会活動を支える下部構造であり、時代のニーズの進化・高度化に応じてイノベーションを促進しながら適切に整備・保全する事が肝要である。大出水や高熱の問題を克服して

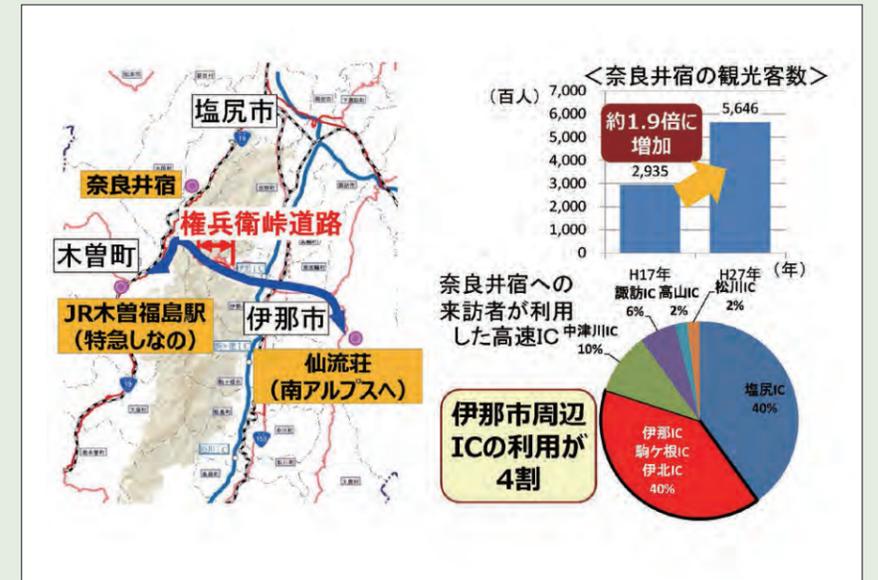


図9 権兵衛トンネルの整備効果

の両トンネルの事業や他事業の経験を振り返り、時代のニーズと技術の進化を適切に反映すると共に高規格幹線道路・地域高規格道路の重要性・必要性を再認識した。

また、縁を大切に多くの良い人と交わっていると良い結果に恵まれるとの意である「縁尋機妙 多逢聖因」（えんじんきみょう たほうしょういん）という事を痛感した。と同時に、技術はシステム体系、それ故に技術を生かす人の信頼あるつながり、ネットワークが肝要であり、大事業を完遂・成功させるには、高い見識と先見性に基づく決断とそれを活かす多くの方々の支援・協力と連携が必要不可欠であるとの想いを強くしたところである。

次に、現場は時々刻々変化するACTUALな生産現場であり、複雑な地質状況下のトンネル施工はポーリング等事前調査に加え然るべき調査坑が必要不可欠である。トンネル技術も時代の変化に適切に対応する事が肝要であり、知識を知恵に高め現場で活かす現場経験に基づく応用力、現場力が求められる。

本トンネルの様なプロジェクトは、調査・計画から設計・施工、管理に至るまで長期間を要し多くの人々が参画するため、ミッションと設計コンセプトを共有し、コミュニケーションの向上を図りつつ、時にはフィードバックをしながらの柔軟なマネジメント力を発揮し、強い意志をもって困難を超えやり抜くことが肝要である。

## < 図表・写真の提供 >

写真1、図1～3、6～9 国土交通省 中部地方整備局  
写真2～3、図4 (株)熊谷組  
写真4～5、図5 鹿島建設(株)