

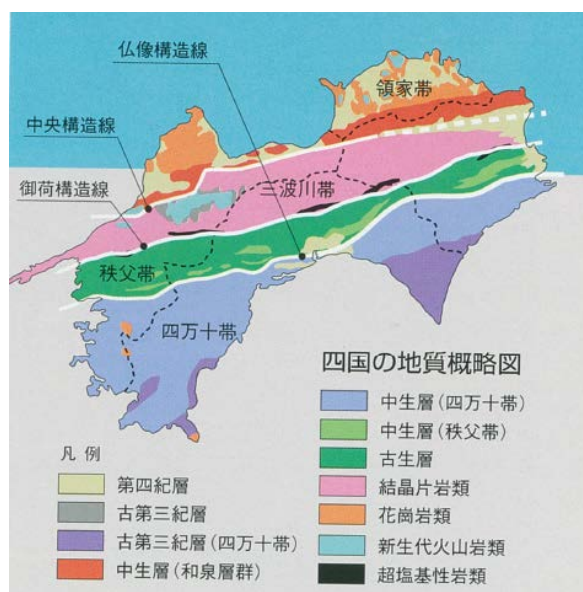
四国の山を貫く

はじめに

四国は海底が隆起して作られた陸地であり、ほぼ東西に急峻な四国山地が連なり四国の脊梁を形成している。また、火山活動に伴う地殻変動により四国山地の造山とともに「中央構造線」、「御荷鉾構造線」、「仏像構造線」の三本の地溝が東西に走り帯状に四国を分割しており、区切られた4つの地帯はそれぞれ非常に違った地層、岩類から成り立っている。

四国では瀬戸内海側と太平洋側の間には中央に四国山地があることから、古くは海路による交通が主に活用されていたが、山地部へは徒歩により峠を越えて交通がなされていた。

本格的に道路整備が進められることとなったのは明治時代になってからであり、さらに車に対応した道路整備については、戦後の一次改築工事からで、本格的な工事により山を越えることとなった。



▲四国の地質

山を越える峠

四国は中央を東西に山がちなことから、旧来より峠越えにより交通路を確保していた。社会の変化による道路整備に伴い峠道は改良され、昭和41年には国道11号、32号、33号の四国を南北に横断するVルートが完成し、桜三里、猪ノ鼻峠、根曳峠、赤土峠、三坂峠などの峠道が完成した。昭和47年には四国の外郭道路である国道55号、56号のWルートが完成し、国道56号の犬寄峠、法華津峠が整備され四県都が結ばれることとなり、四国の一体化が進んだ。

愛媛県と高知県の県境をまたぐ主要な国道である194号、197号、440号においても、峠を越えるために長大なトンネルを必用とする大規模な道路改良工事が国の権限代行業として実施された。



▲旧194号寒風山トンネル
(愛媛県側から高知県を望む)

■ 四国におけるトンネル工事

四国のトンネル工事について四国地方建設局の取り組みとして、直轄国道である国道 32、33、55、56 号の本格改修に伴い数多くのトンネルが施工された。

施工方法はほとんどの箇所が地質不良であったことから、側壁導坑先進上部半断面工法が採用されている。また、比較的地質の良いトンネルでは、大半が上部半断面掘削先進工法で施工されている。

昭和 42 年より道路の幅員構成が定められ、トンネルにおいても標準断面を定め設計・施工の合理化が図られた。トンネルの施工については本体の施工に加え、トンネルに併せた照明、換気設備、防災設備が一体に施工されています。

トンネル施工における大きな変化は、従来の木製支保工から鋼製支保工の使用へと転換されたことで、作業の安全性、迅速性に加えて、トンネルの強度が増大し安全性が高まりました。現在施工されるトンネルでは H 型鋼の支保工が使用され、掘削はドリルジャンボが使用され積み込み、コンクリート打設にいたるまで機械化され安全性の向上と施工速度が大きく向上した。

また、従来のトンネル施工の考え方を大きく変えた工法としては NATM 工法が 1950 年代後半にオーストリアで実施された。この工法はロックボルトにより地山の抵抗力を増すことにより地山の支保能力を利用する方法で、現在では標準工法として使用されている。

■ 県境を結ぶトンネル

四国の山を抜く幹線の中でも、愛媛県と高知県の国道 194 号、197 号、440 号においては、現道は幅員狭小 (3.0m) に加えて小半径のカーブが連続し、急勾配箇所も多く冬季の降雪による路面の凍結、夏期の豪雨による地滑り崩壊等により交通遮断を起し幹線道路としての機能を果たせない状況が見受けられ、機能を確保するには長大なトンネルを含む大規模な道路建設工事が必要なことから、国による権限代行事業により事業がなされた。



▲冬季の国道 194 号

各工事においては、197 号 高研山トンネル、194 号寒風山トンネル、440 号地芳トンネルなどが大規模長大トンネルとしてある。

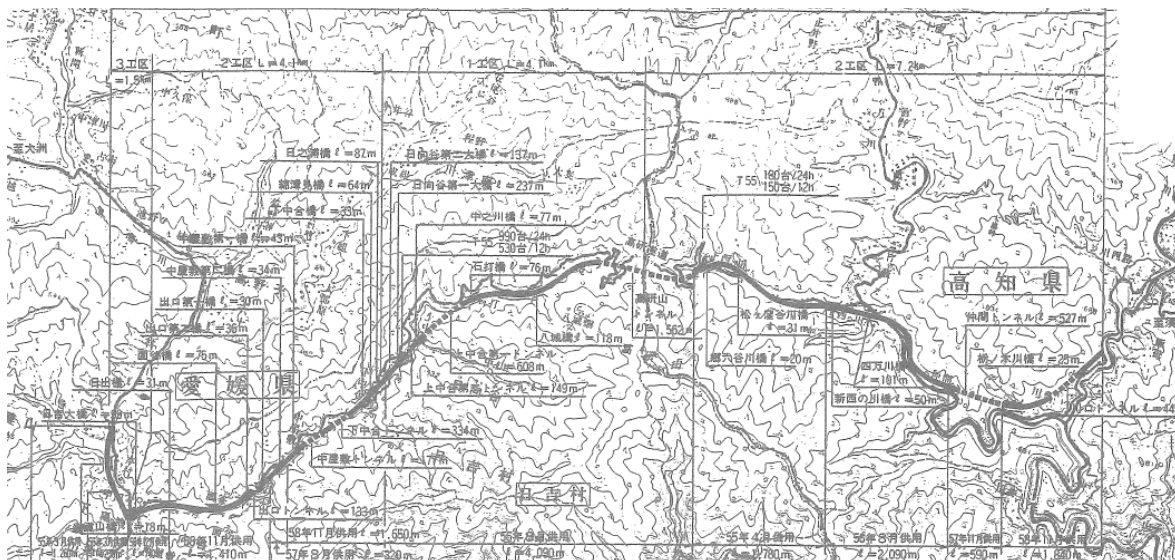
1. 高研山トンネル(197号)

197 号は高知市を起点として大分県に至る知事管理の国道であり、路線は急峻な山岳路線であって別名イクナ (197) 道路と言われる大変な悪路であった。

愛媛県と高知県間の峠として、高研峠があり藩政前から伊予と土佐を結ぶ連絡路として大勢の人が行き来していた。幅員が 3m 程度。急勾配、急カーブが多く、更に標高が 630m で冬季には積雪、凍結で夏場には豪雨により通行止めとなることが頻繁にあった。

国道となる前は、県道宇和島・須崎線として昭和 39 年 12 月に主要地方道として指定

を受け、昭和44年12月に国道197号に昇格した。昭和47年4月に国道197号高研地区工事の調査が開始され、昭和49年4月に国道改良工事が建設省による直轄代行区間として県に代わって着工された。昭和53年8月に高研山トンネル(1,562m)が貫通、昭和55年4月に下鍵山～上鍵山間が開通、昭和56年8月に下中谷～梶原町仲間間が開通、昭和57年12月に日吉大橋が開通し、昭和58年11月に高研地区全線(16.87km)が開通した。



▲高研地区路線図

高研山トンネル

延長	1,562m (高知県側 762m, 愛媛県側 800m)
幅員	全幅 8.0m 車道 6.5m
工期	自 昭和51年3月16日から 至 昭和54年3月30日
構造規格	道路構造令、第3種3級
工法	側壁導坑先進工法 581.1m 上部半断面先進工法 976.9m

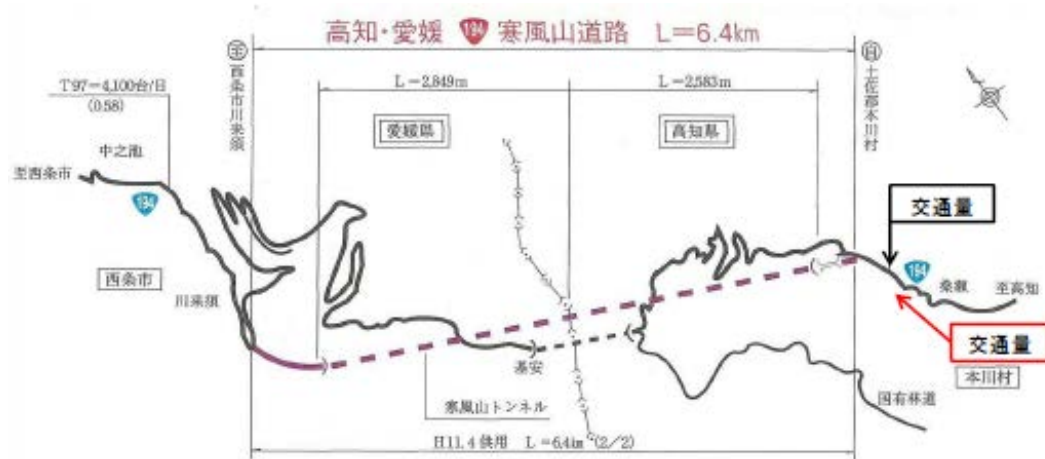
高研トンネルの地質は、四国を東西に走る仏像構造線の南に形成された四万十層群の著しい褶曲地帯にある。地質は頁岩及び砂岩が互層をなし、いずれも不規則な割れ目が発達していた。工事にあたっては、0.3t/min から 4.5t/min の湧水が7箇所から発生、高知側の破砕帯では崩壊に対する薬液注入や愛媛県側の破砕断裂帯では膨圧現象発生区間が続くなど出水、落盤など困難な状況であった。土かぶりの最大は270mである。

高研山トンネルを初めとする新しい道路により、高研地区の現道(区間26.2km、所要時間50分)を、トンネル8箇所(計3.9km)、橋梁20箇所(計1.2km)によって(区間延長16.9km 所要時間20分)に短縮すると共に、標高も140m下がり冬期における交通障害も大幅に改善された。

この事業により、四国西南部における高知県と愛媛県間の峠越えは解消され、両県の交流はより一層緊密になり、買い物、通勤、通院などが便利になった。

2. 寒風山トンネル(194号)

国道194号寒風山道路は高知県本川村と愛媛県西条市を結ぶ6.4kmの道路で、その大部分は寒風山トンネル(延長5,432m)が占める。



▲寒風山道路

昭和39年の寒風山隧道の開通によって明治中期以来の予土連絡が実現し、昭和40年には一般国道194号となったが、県境付近の寒風山地区は地形が急峻な山岳道路で幅員狭小、曲折数多く、急勾配のうえ、冬期100日間は通行不能が続き、瀬戸内側との経済文化の交流には十分に機能しない状況であった。

昭和47年度から高知県本川村と西条市の延長約30kmの間の調査を四国地方建設局で始め、建設省は取付道路を含めて新トンネル工事を直轄事業で行うこととし、昭和53年度に事業化、昭和56年に建設工事を開始したが、昭和57年10月に西条市藤之石で工事用道路を埋め尽くす地すべりが発生したため工事は2年間中止、現道も通行不能となった。



▲地滑りで崩落した工事用道

そのため新寒風山トンネルの計画は変更を余儀なくされた。昭和61年度に、設計の見直しを行ったうえで工事を再開し、昭和63年10月に新寒風山トンネルを起工、平成8年11月貫通、平成11年4月開通した。

寒風山トンネル

延長 5,432m (高知県2,583m, 愛媛県2,849m)

幅員 全幅 9.0m 車道 6.5m

工期

愛媛側工事 3,439m 自 昭和63年9月23日から 至 平成10年2月20日

高知側工事 1,993m 自 平成4年1月17日から 至 平成9年3月25日

構造規格 道路構造令、第3種3級

工法 本坑 NATM、ショートベンチ工法

作業坑 NATM、全断面工法 ※完成後避難坑として使用

不良地山区間についてフォアポーリング工法

寒風山トンネルの地質は中央構造線の三波川帯にあり、山地は泥質片岩を主体(90%)としており、地山掘削に伴う応力解放による著しい岩質劣化や、34条もの断層破砕帯が

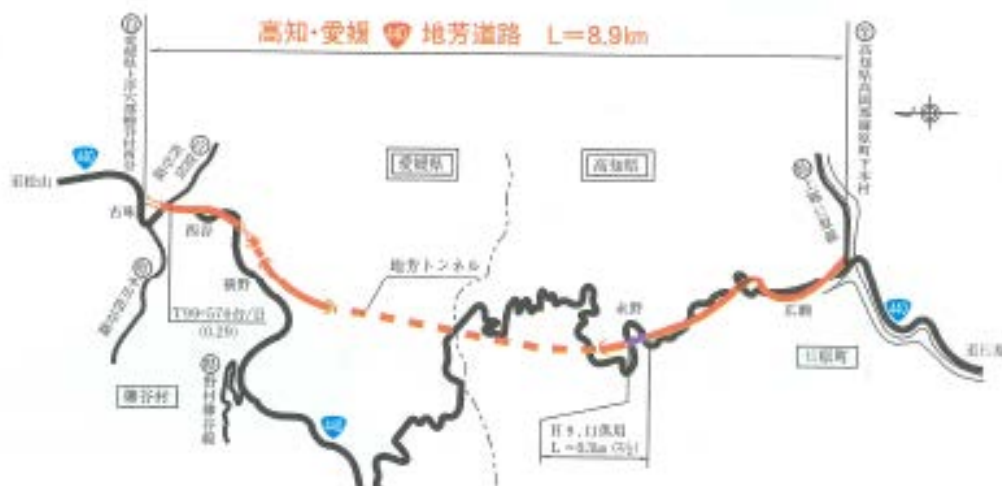
確認されていたことから難工事となり、愛媛坑口から 1,600m 付近から支保工の変状がみられるようになり、最大で 900m にもなる土被りの地山応力は、鋼鉄の支保工を曲げ、吹きつけコンクリートにひび割れを起こし、ロックボルトを吹き飛ばした。

この地山応力に対応するため支保工パターンの変更、トンネル底部にインバートを施工しました。更に様々な断層への対策、ひび割れ、水漏れの発生する難工事を最新の技術で施工し、平成 6 年 10 月に作業坑、平成 8 年 11 月には本坑が貫通し、当初の計画から 27 年の歳月をかけた寒風山道路が平成 11 年 4 月 17 日に全線開通となった。

寒風山道路の現道延長は 21km で所用時間 50 分でしたが、四国最長のトンネルの開通により 6.4km となり所用時間は 5 分の 1 に縮められ 10 分になった。また、標高（現道 1,100m）が約 400～500m 下がったため冬季の積雪の影響がほとんど無くなり、1 年を通じ安全な通行が確保されることとなった。

3. 地芳トンネル(440号)

地芳峠（じよしとうげ）は、愛媛県と高知県との境にあり、古くから伊予国柳谷村と土佐国檮原町を結ぶ峠道で近隣の村民に利用されてきた。国道 440 号が通っているが、峠の前後では山肌を縫うように走る曲がりくねった林間の区間が続いており、1964 年（昭和 39 年）3 月、峠をはさむ地域一帯が四国カルスト県立自然公園に指定され、道路整備と観光地整備が並行して進められてきた。峠は標高 1,084m 四国カルストのほぼ中部、鞍部をなす位置にあり、峠の前後は急峻な山岳地帯を縫うように通過しているため、道路が狭く急カーブや急勾配が多い。冬季には積雪、凍結により通行規制があり交通の信頼性が損なわれていた。



▲地芳道路

地芳トンネル（L=2,990m）は、平成 2 年度に県に代わり権限代行直轄事業として国土交通省が事業化し整備を行った地芳道路（8.9km）の一部であり、中村河川国道事務所が担当した。施工は愛媛側 1,387m の第 1 工事と高知側 1,603m の第 2 工事に分割して行われた。第 1 工事においては高圧湧水への対応が、第 2 工事においても、3 度断層に見舞われて難工事となったが、平成 12 年 1 月に着工以来、10 年の歳月をかけ竣工した。

地芳トンネル

延長 2,990m （高知県 1,630m, 愛媛県 1,387m）

幅員	全幅 9.25m 車道 6.0m
工期	愛媛側工事 自 平成12年1月19日から 至 平成22年4月30日 高知側工事 自 平成12年1月22日から 至 平成15年12月20日
構造規格	道路構造令、第3種3級
工法	本坑 NATM、上半ベンチカット工法 大湧水部については中央導坑先進工法 不良地山区間について補助工法として AGF、フォアパイリング工法

地芳トンネルの地質は秩父帯に属し、砂岩、粘板岩、緑色岩類、石灰岩、チャート蛇紋岩からなり、3箇所断層や巨大な石灰岩ブロックが予想されていた。愛媛坑口から701.2m地点において、毎分20tに及ぶ突発湧水が発生した。湧水の水圧は2.0～2.65MPa（海底トンネルの代表といえる青函トンネルに匹敵する水深265mに相当する水圧）の高圧で区間もTD（トンネル距離程）700m-1300mに達する大規模なものであった。



▲湧水の状況

また、TD770m-840mでは毎分6tの湧水のほか2度の支保工及び地山崩壊が発生した。さらにTD1,130m-1,190mでは湧水の発生とともに100m³に及ぶ切羽・天端の崩落があるなど工事は困難を極めた。

この湧水に対応するため、本坑から分岐した水抜き坑や2本の調査坑、迂回注入坑の設置、調査坑による前方地質確認、止水注入工法により難工事を最新の技術で施工し、平成22年4月に、10年4ヶ月という非常に長期に渡る高圧湧水との戦いを終えトンネル工事を完了。当トンネル工事は予想を超える難関に幾度も遭遇し我が国のトンネル工事において屈指の難工事となった。

第二工事においても坑口部が地滑り地形を有し、土被りも小さいことから注入式長尺先受け工法を採用し施工した。また計3度の断層に見舞われ、これらの断層部では大きな土圧変形が発生し、難工事となったが補助工法と二重支保工を併用し工事を実施した。

地芳道路の整備により、地芳道路を通過する所用時間は29分短縮され、冬季の交通も確保され現道沿線の集落の孤立化が解消されると共に、四国カルストの観光振興を初め、高知西南地域と松山市広域交流が促進されることとなった。

■ 地域の努力が実った道路整備効果

経済社会の進展に伴い、車社会が進み、交通量の増加や車両の大型化により道路の改良整備は地域の要望となった。紹介した高研、寒風山、地芳道路と四国の山地を抜く代表的なトンネル事業を紹介したが、事業の完成をみるまでには行政の働きかけや、地域住民の協力、工事を可能にする高い技術力が必要であった。取り上げたトンネルはいずれも広域的な道路ネットワークを形成する要となっているもので、施工の困難さから高い技術力、莫大な建設費を必用とすることから国（直轄）が県に代わり権限代行事業として実施する

こととなった。

高研地区の道路整備については3代に渡り歴代の日吉村村長は地域の代表として道路整備に努力して約20年の歳月をかけて、関係市町村の協力を得、国道昇格期成同盟会を結成し、県道を国道に昇格させ、国道として高研地区の整備を要望し完成させている。

このような先人の努力により整備された道路は線形や道路勾配を改良し、旧道を短縮することにより時間短縮効果や、安全性の確保特に冬季の積雪、凍結による通行禁止期間の解消により一年を通じ安全な通行が確保され、沿道地域では日常の生活圏が拡大し、医療、教育面ではより豊かな生活環境となりました。また、広域的な交通の利便性向上は地域全体の産業、観光にも影響をあたえています。また、トンネルにより結ばれた道路は瀬戸内から太平洋に抜ける主要な路線であり、予想される南海トラフ地震の際には、道路啓開に重要な役割を期待されている。

<参考文献>

- ・香川県編「香川県史 第七巻 通史編現代」(香川県、1989年)
- ・香川県土木史編纂委員会編「香川県土木史 第Ⅱ巻」(香川県建設技術協会、1994年)
- ・四国の建設のあゆみ編纂委員会編「四国の建設のあゆみ」(四国建設弘済会、1990年)
- ・建設省四国地方建設局監修「四国地方建設局三十年史」(四国建設弘済会、1988年)
- ・建設省四国地方建設局監修「四国地方建設局二十年史」(四国建設弘済会、1978年)
- ・建設省四国地方建設局土佐国道工事事務所監修「土佐国道事務所二十年史」(1983年)
- ・建設省四国地方建設局中村工事事務所編「六十年のあゆみ」(1991年)
- ・建設省四国地方建設局大洲工事事務所編「大洲工事五十年史」(1994年)
- ・一般国道440号地芳トンネル工事誌(国土交通省四国地方整備局、2011年)
- ・寒風山道路一般国道194号(四国地方建設局土佐国道工事事務所、1999年)
- ・道路ポケットブック1992.(建設省四国地方建設局)