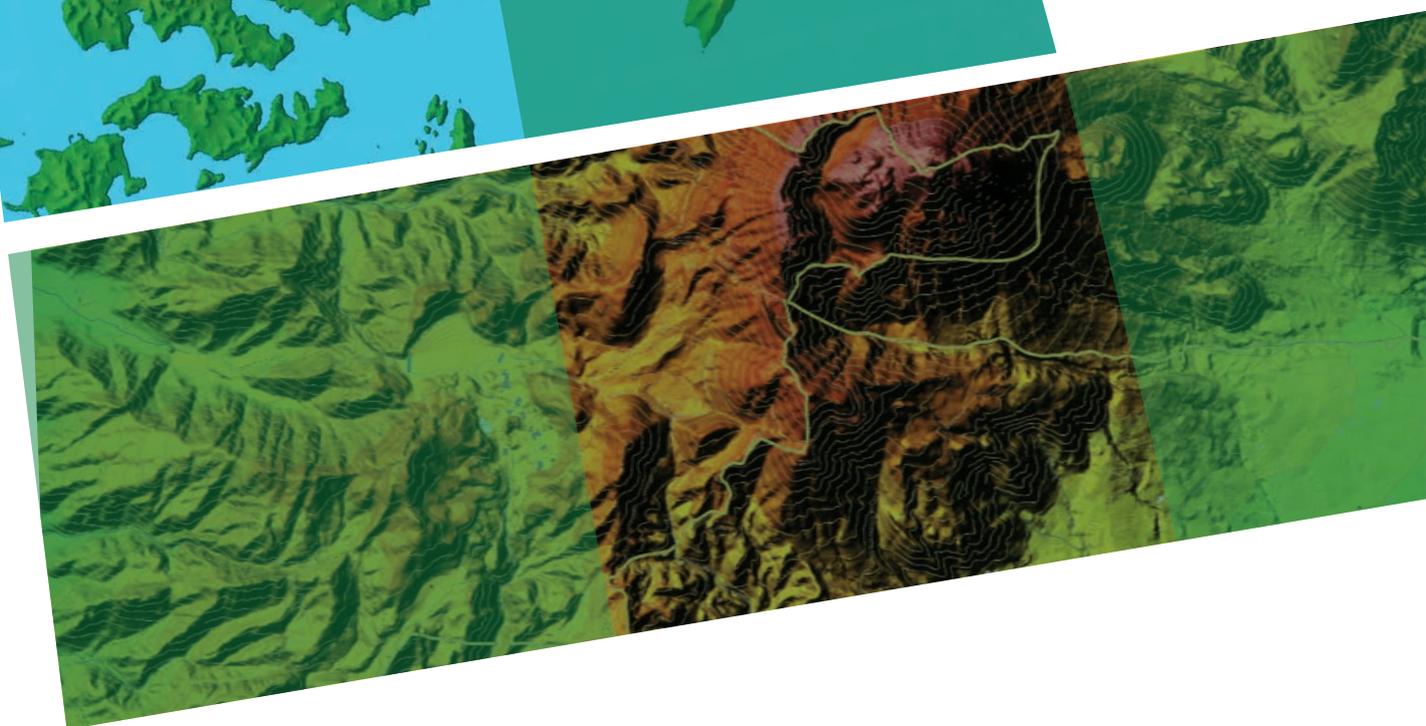
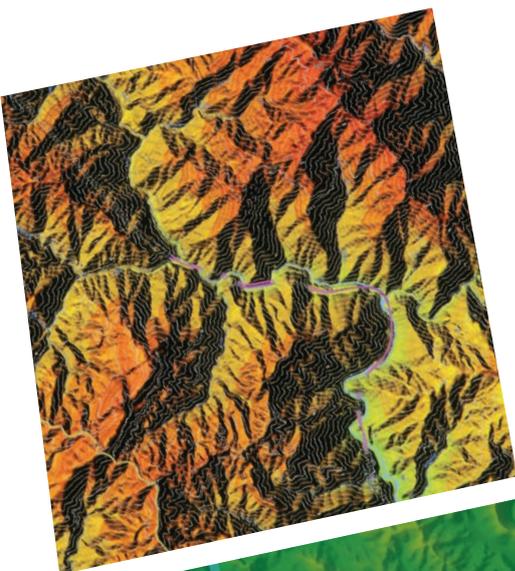


新・土木遺産

プロジェクト・九州Ⅱ

— 人と技術と情熱の物語 —



発刊にあたって

(社)九州建設弘済会では、平成17年より創立40周年記念事業の一環として、土木遺産の発掘調査に取り組みを始め、九州地域における近世から昭和期までの土木施設を対象とし、その立地や年代の他、構造諸元、設計施工者等について土木遺産目録として取りまとめ、平成23年6月に「土木遺産 in 九州」として当会のホームページに公表いたしました。

さらに、この土木遺産の中から主要なものを選んで、建設に携わった先人達にスポットをあてた取り組みを試み、これまでの技術的な観点だけでなく、これらの施設に係る長年にわたる構想、携わってきた担当技術者等の努力、地域の方々の大きな協力等々により成し遂げられた実現のドラマを「プロジェクト九州」として平成23年度6月に発刊いたしました。

今回は、その第2巻として、九州を南北に分断する所謂中央構造線周辺における自然との戦いの記録に焦点を当てています。この一帯は著者の前書きにもあるように、急峻な地形や活断層、活発な火山活動等、技術的に克服すべき課題は極めて多く、歴史的にも孤立した生活圏が点在する等、南北九州を連携し九州地域の一体的発展を図る上で、大きなネックとなる地域がありました。ここに取り上げられたプロジェクトは、时期的にもまた事業目的もそれぞれ異なるものですが、九州地域の交流連携の活性化や地域の振興に必要な重要なものと思われ

ます。

近年の社会資本整備に対する社会的評価は、残念ながら必ずしも高いものとは言えません。この度の東日本大震災による未曾有の大災害を見ても、脆弱で狭隘な国土にあって安全で快適な生活を支えていくためには、今後ともなお一層の努力が必要であることは明らかです。

この取り組みが改めて、多くの方々の方々の社会資本整備の重要性の再認識に繋がり、また携わる人達の仕事への志を高め、若い土木技術者の教育啓発の一助となることを祈念し、発刊のご挨拶といたします。

平成24年6月

九州建設弘済会理事長 熊谷恒一郎

日本の橋の原点 天草五橋

天草五橋―「橋は西から」
魅力的な形式、橋梁技術の原点

① 天門橋 (1号橋)

データ 下曲弦連続トラス橋、橋長502m、中央支間300m

説明 強度の高い高張力鋼を高力ボルトで接続した我が国初めての連続トラス橋。世界記録の中央支間300mを達成するため、精密な張り出し工法で施工を行い、トラス橋の教科書的な存在。



天草は東シナ海、有明海、不知火海に囲まれた約120もの島々だ。天草四郎が生まれ、キリシタン殉教の歴史を持ち、「離島苦」に耐えてきた。島民の「夢の夢」だった天草五橋が着工から4年の歳月を経て昭和41年完成した。孤絶した島を5つの橋で結び「本土並み」にする島民待望の、パルライン。真珠のように美しい島と海と橋は、観光を



② 大矢野橋 (2号橋)

データ ランガートラス橋、橋長249.1m、中央支間156m

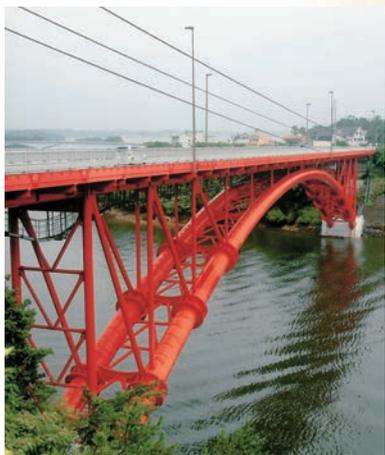
説明 黄色のアーチ橋として親しまれている。アーチがトラスの桁を吊り上げている型式では日本1だった。



③ 中の橋 (3号橋)

データ PCラーメン橋、橋長361m、中央支間160m

説明 ドイツ生まれの、橋脚からヤジロベイのように張り出す「デビダーク工法」で架橋、日本で最長の支間距離（当時世界2位）を達成した。コンクリートで造られ、中央での閉合時のたわみをあらかじめ計算して「上げ越し」を行い架橋した。



はじめ離島振興に貢献している。5つの橋はそれぞれに個性的な型式を持ち、かつ、当時の橋梁技術では「世界一」「東洋一」「日本一」となる水準を実現した。「日本の橋梁技術の原点」と呼ばれる由縁である。

スト・コンクリート橋の中の橋と前島橋（3、4号）も支間は日本一、最後の赤いパイプアーチの松島橋（5号橋）も我が国で初めての挑戦だった。天草五橋は技術を育てただけでなく「技術者」も育てた。橋梁技術の最先端を天草で切り開いた技術者たちは全国に広がり、世界最高水準の本州四国連絡橋を作り上げるまでに日本の橋梁技術を高めた。ある技術者はこう言った。「橋は西から、日は東から」。



④ 前島橋 (4号橋)

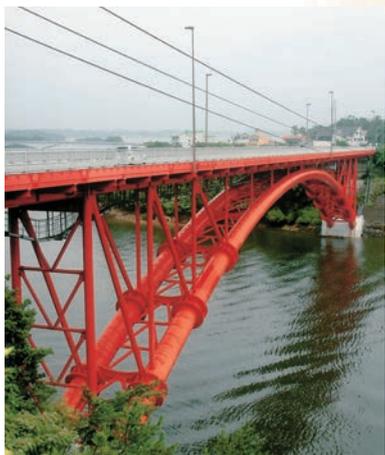
データ PCラーメン橋、橋長510m、中央支間146m

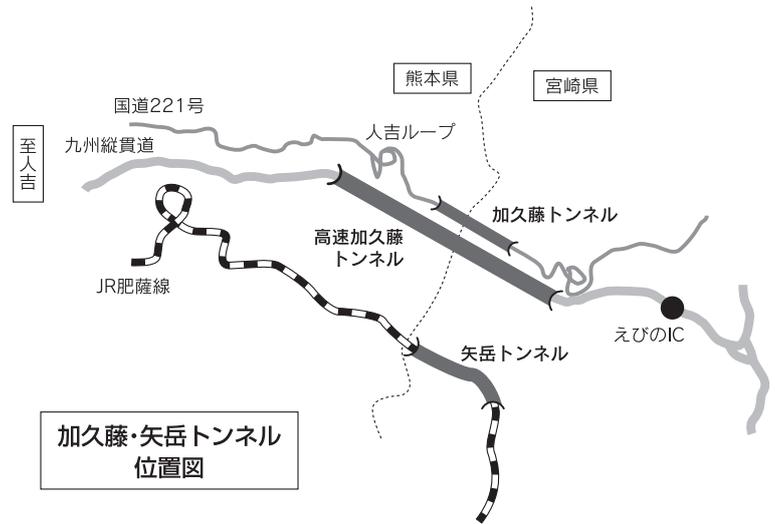
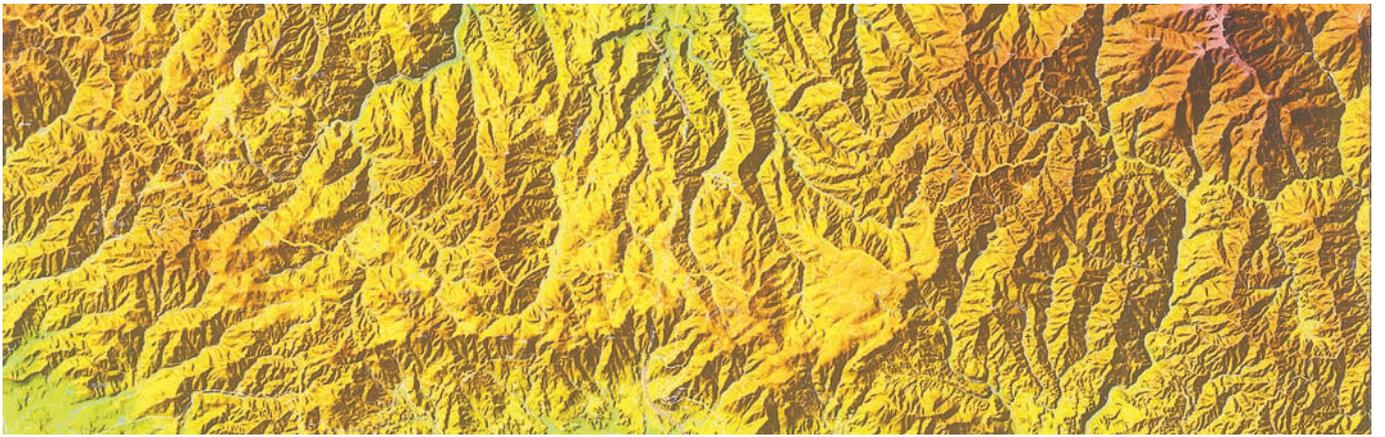
説明 3号橋と同じデビダーク工法で架橋、中央支間は当時世界4位。天草5橋で最も長い橋。美しい曲線が魅力的。

⑤ 松島橋 (5号橋)

データ パイプアーチ橋、橋長177.7m、中央支間126m

説明 我が国初めてのパイプアーチ橋。鋼鉄製のパイプを繋ぎ、橋の下部でアーチ形式で支え、船舶の航行を可能にしている。真っ赤な橋で印象的。





加久藤・矢岳トンネル位置図



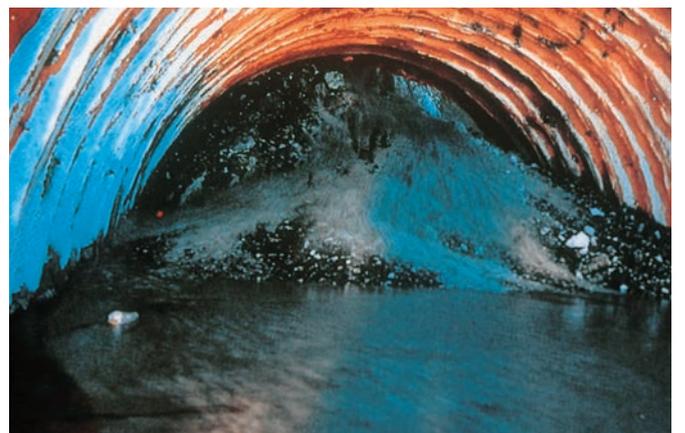
登俣第1橋 タワークレーン/インクライン/ケーブルクレーンなどでの施工



加久藤トンネル えびの側坑門
えびの蘭のデザインが「旅のはじまり」を告げる



肥後トンネル人吉側坑口



加久藤トンネルは大量出水に悩まされ続けた

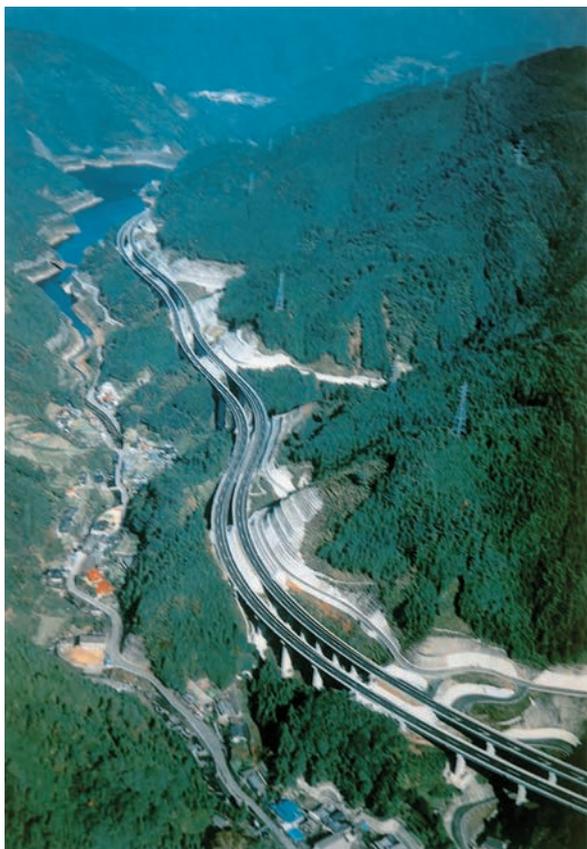


九州自動車道 肥後・加久藤トンネル

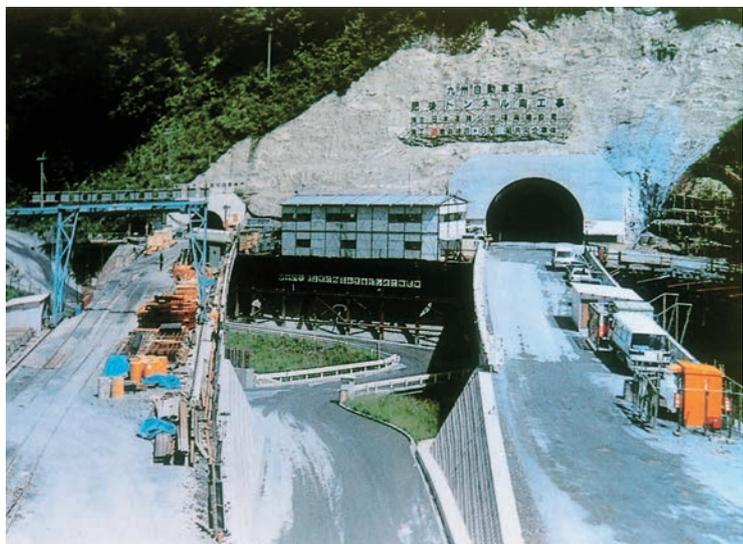
九州自動車道は八代から、全国でもまれな、急峻な山岳道路に入る。人吉を経て、宮崎県えびのに抜けるには我が国、有数の長さ6kmを超える肥後トンネルと加久藤トンネルなど計24トンネルと70近い橋を渡る。この急峻な山と谷を貫く山岳道路の建設によって、日本列島を縦断する鹿児島・宮崎に至

る高速道路が完成した。このルートには九州を南北に斜断する中央構造線（臼杵―八代構造線）があり、ほか幾つもの構造線が重なっており、断層破砕帯や大出水、そして石灰岩空洞、火山噴出岩など、厳しい自然条件との苦闘の末、開通した。悪戦苦闘の中で、大型トンネル掘削工法のNATMのためのさまざまな技術、工法が開発され、その後のトンネル工事に大きく貢献した。

九州自動車道 八代一人吉間路線概要図



坂本村・賁地区付近



肥後トンネル南口工事



水無川下流から、導流堤、砂防えん堤、床固めなど防災施設が完成している



山あいを流れ下る火砕流。時速は100km、1000度に近い高熱で襲いかかる



無人の重機—ダンプトラック、ブルドーザーなどを遠隔操作する

雲仙・普賢岳 防災の闘い20年



普賢岳頂上の巨大な溶岩ドーム。地震や大雨による浸食で、崩落が心配されている(右は防災施設群 上部は眉山、島原市街、有明海)

長崎県・雲仙の仁田峠に立つと、足下に普賢岳から流れ出た火砕流や土石流の跡が大きく広がる。見上げると、山頂に巨大な溶岩ドームが不気味な姿で眼前に迫る。火山活動という「自然の猛威」に立ち向かった決死の防災工事が行われた。

その中で生まれた、作業者を危険にさらさない「無人化施工」の遠隔操作などの技術は、排土作業から大型砂防えん堤の建設など次第にその水準を上げ、重機に直接取り付けるロボット「ロボQ」の開発につながった。「ロボQ」は、全国の、危険な災害現場に派遣、復旧工事ができるよう約25kgのユニットに分解でき、緊急対応が可能になっている。

外国の災害現場からも問い合わせが多く、将来的には人が近づけない原子力発電所などでの活動も期待され、雲仙普賢岳の防災工事の中で生まれた貴重な技術となった。



「スリット」の据え付けを無人化施工で行う。高度の技術が必要となる

新・土木遺産

「プロジェクト九州」Ⅱ——人と技術と情熱の物語

目次

「プロジェクト九州」Ⅱの発刊に寄せて(国土地理院長 岡本 博) 3

はじめに——「活きている九州島」との生々しい戦い 4

第1章 天草五橋・「世界水準の技術」に挑む

第1節 夢の橋・実現す

インタビュー①中島英治氏「世界水準への挑戦」 10

②那須野幸明氏「トビと鍛冶が架ける橋」 13

第2節 渡海橋への挑戦

インタビュー①八尋勇次氏「ドイツ架橋工法を導入」 21

②吉本信一氏「パイプアーチに挑戦」 23

第3節 海中の難工事(黒之瀬戸大橋)

証言 中原康氏「神様、助けて」と祈る」 27

第4節 新天門橋の着工へ

座談会「真珠の五橋を造る」 30

座談会を終えて——小林一郎氏 32

第2章 九州山地、最大、最後の難関を突破する

——九州自動車道、肥後・加久藤トンネル 41

第1節 肥後トンネル

①厚い壁は破られた——土木史に残る23のトンネル掘削 42

②中央構造線を突破する——未知との遭遇 46

③急峻V字谷に挑む——54本の橋脚建設 50

インタビュー 藤井崇弘氏「肥薩貫け大いなる道」 54

第2節 加久藤トンネル

①最後の壁に挑む——「水がめの底を抜く」 57

インタビュー 財津勝氏「大量湧水との格闘」 61

証言 原田一男氏「水が大雨のように」 62

第3節 自然との闘い

①安全快適のために——雨と風との見えざる苦闘 65

②快適さの追求——旅の演出 68

第4節 進化したNATM——東九州自動車道 ルポ①② 72

第5節 座談会 肥後・加久藤トンネル「中央構造線を突破する」 78

第3章 雲仙・普賢岳 防災の闘い20年

第1節 雲仙・防災の闘い20年 87

①噴火災害と闘う——1998年ぶりの大噴火 88

証言 鐘ヶ江管一氏「悩み抜いた末の決断」 92

インタビュー 古賀省三氏「無人化技術の進歩めざましく」 96

②平成噴火と「防災の記録」 99

第2節 無人化施工とロボQ 105

①無人化施工への決断——「ロボQ」登場 108

インタビュー 須郷茂夫氏「17年間、無人化に取り組む」 112

②桜島の無人化施工を見る 115

インタビュー 松永勝也氏「NASAも驚いた」 118

③無人化施工技術の歩み 119

第3節 安全安心の故郷へ 124

①安全へ苦難の道——安中三角地帯のかさ上げ 126

インタビュー 大町辰郎氏「夢んごたる計画を実現」 128

②溶岩ドームの恐怖——崩壊5つのシナリオ 130

インタビュー 杉本伸一氏「被災体験を世界に伝える」 139

第4節 座談会「雲仙噴火20年を語る」 130

あとがきに代えて——芝を植えた人々の「情熱と志」を 139

「プロジェクト九州」IIの発刊に寄せて

国土地理院長 岡本博

九州地域で近世から昭和期に知恵と努力を結集して築き上げられ、今なお人々の暮らしに貢献する歴史的な遺産である土木施設について、建設に携わった先人達の苦勞を語り継ぐ取り組みとして「プロジェクト九州」が刊行されました。先人たちの誇りは、「地図に残る仕事」をすること

「地図に残す仕事」の記録と発信を

だったとされています。私も、道路関係の業務に30年以上携わり、九州地方整備局の道路部長、整備局長をさせていただいた経験からも、そのことを誇りに皆が力を合わせてきていることが実感され

ます。

現在私は、国土地理院におります。国土地理院の任務は、国土の測量と地図の調整であり、国土の現状に関する正確な情報を国民にお届けすることです。土木施設との関係でいうと、「地図に残る仕事」を「地図に残し」、施設の存在を広く伝えるとともに、施設ができたことによる周辺地域への効果を記録する仕事になります。

1年後、10年後、100年後、さらに続くものでしょう。これらの情報を整備・提供することは極めて重要です。

さて、「地理空間情報」という言葉をご存知でしょうか。空間上の特定の地点または区域の位置を示す情報（時点に関する情報を含む）およびこれに関連付けられた情報です。従来の「紙に印刷された地図」が、対象物の位置を示す情報と関連情報を併せて各種ソフトで扱えるように、新しい「電子データ化された地図」に拡張されたと言えるでしょう。少

でも同様なものが開発されれば、喜ばれることでしょう。

今回のプロジェクト九州では、雲仙の防災工事、中央構造線突破の難工事だった肥後、加久藤トンネル、離島への架橋である天草五橋の3プロジェクトが取り上げられます。いずれも、地理地形、あるいは防災工事への挑戦です。こうした難工事、危険な防災工事に関して、どのような時代を背景として何を目的に計画され、どのような問題を克服して整備されたか等の情報発信が、電子化された地図も活用して、一層進むことが期待されます。また、

効果は、橋がかかった島、トンネル前後の町、ダム周辺と下流域、場合によっては九州全体に及ぶものもあるかと思えます。時間的にも、



岡本 博氏

(おかもとひろし)

プロフィール

昭和28年(1953)生まれ、昭和52年(1977)東京大学工学部道路工学科卒業、同大学院修了後、昭和54年、建設省入省、国土交通省九州地方整備局道路部長、国交省企画課長、同九州地方整備局長から国土地理院長。道守九州会議創立のほか九州の防災体制の整備に尽力。工学博士。

し前までは、空間の位置を表す道具の主たるものは、紙に印刷され、ところどころ書き込みのある地図でした。現在では、PCやスマートフォン等で、地理空間情報(電子化された地図)が飛び交っています(地図に添付された写真やお店の案内もその一部と言えるでしょう)。今後、電子化された地図の活用はますます進んでいくものと思われます。九州建設弘済会の「土木遺産 in 九州」でも、各遺産の位置が電子地図で紹介されています。明治から現代までの時間を軸に、東京の変遷を知ることが出来る地図アプリ(東京時層地図)が人気を呼んでいるそうです。九州

整備されたトンネルも橋も利用されることで効果が発揮されます。利用促進のための最も基本は地図ではないでしょうか。土木施設整備に携わる方々が、自分の仕事を国民に広く伝えるためにも、背景情報も含めて電子化された地図に残すことを意識することが大切だと思います。

土木遺産に関する一連の取り組みにより、幅広い国民の社会資本整備・管理の重要性に関する理解が得られるとともに、整備・管理に携わる方々にとって、自身の仕事の意義を再確認し、志を高めることにつながることを祈念します。

はじめに

私たちが住む九州島をランドサットから撮影した国土地理院の大きな衛星写真を数年前にいただいた。部屋の壁に架け、飽かずに毎日、眺めていると、噴煙を上げる活火山群があり、複雑に入りくんだ海と島々、そして九州島を斜断している中央構造線と1000m級の九州中央山地の険しい山群。日本列島の中でも、複雑で特異な地形と地層を持った美しく、巨大な島であることを、改めて強く認識させられる。

中央構造線（白杵

―八代構造線）北側の九州島を南北に二分している幅広く、長い「別府―島原地溝帯」の上には、活発に噴火活動を続けてきた阿蘇山や雲仙などの活火山がある。国土地理院の測量によると、この構造線を境に、北部九州と南部九州がそれぞれ引き裂かれるように、南北に離れる方向に動いているのだという。その割れ目から、地下のマグマが地表に上昇して、活発な火山活動になって現れている、と聞かされると、「九州島は生きている」という実感が生まれてくる。

新土木遺産「プロジェクト九州」第Ⅱ巻で取り上げる天草五橋、九州

自動車道の「肥後トンネル・加久藤トンネル」、そして大噴火から20年を経た雲仙普賢岳の防災工事の3プロジェクトは、「生きている九州島」の自然との生々しい戦いの記録であるといえよう。行く手を阻む活断層の突破、潮流と干満の激しい海を渡り離島を繋ぐ橋梁群、恐怖の火砕流と土石流を防ごうとする砂防ダム群――。

私は鹿児島県出身で、大学生活、その後の新聞記者生活の50年以上を福岡を中心に暮らし、毎年数回、「九州縦断の里帰り」をしてきた。勿論、

台風や、火山爆発などの自然災害から水俣病、土呂久鉱害など事件・事故での現地取材は数えきれないほどの回数に上る。

しかし、九州自動車道や九州新幹線が建設され、熊本・八代から鹿児島や宮崎・えびのに抜ける山岳地帯を突破して、北部九州と南部九州を結び時間距離が短縮されていく実感はあっても、そこに秘められた「苦闘の物語」には、うかつにも、関心を持つことはなかった。火山噴火や台風、集中豪雨などの現場に駆けつけて自然災害の恐怖を感じても、日常の多くは雲仙などの活火山や天草や長崎など離島の素晴らしい自然景

観に魅せられるだけであった。

いま、高速道路や新幹線などの高速交通網を利用して九州を縦断し、「離島苦」からの脱出のため架けられた天草五橋を渡り、雲仙普賢岳の大火砕流で43人の命が奪われた現場に立って、幾重にも重ねられた巨大な防災施設群を見るとき、そこに人知れず展開された「人と技術と情熱の物語」を、現場技術者から生で聞き取り、記録に残すことの出来たことに、「九州記者」として小さな安堵感を抱いている。と同時に、厚い壁を突き破った「人と技術」によって、今日の九州の国土基盤があるこ

とを、多くの人に知っていただきたいと願っている。

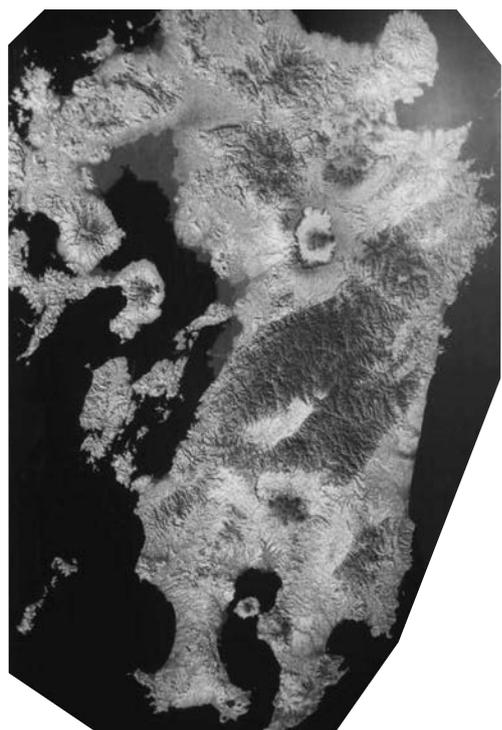
表紙に使用した衛星写真は、今回取り上げた中央構造線南側の九州山地と天草諸島、噴火跡も生々しい雲仙普賢岳。国土

「生きていく九州島」との生々しい戦い

地理院九州測量所の制作による3枚を組み合わせて、久富正美氏にデザインをお願いした。また東日本震災での国土の変動解析にお忙しい中、国土地理院の岡本博院長に寄稿をお願いした。岡本院長は前国交省九州地方整備局長を務められ、この「プロジェクト九州」についてご教示いただいている。今回も約100人にのぼる方々の「物語」をお聞きすることが出来たが、ご高齢のため、インタビューを断念せざるを得なかった人も、亡くなられた方も多い。ご協力いただいた各プロジェクトの最前線に立った皆様に心からお礼申し上げたい。

平成24年初夏

玉川孝道



第1章

天草五橋・「世界水準の技術」に挑む

「島痛(ちや)び」という言葉がある。離島の生活の苦しさ、厳しさが込められている。天草五橋は「パールライン」と呼ばれた、真珠を繋ぐ首飾りのような美しい5本の橋。国立公園内の、青い海に浮かぶ島々に架けられた、色彩も型式もそれぞれに個性的な橋梁群は人々を魅了し、観光客が殺到した。離島振興にこれほど大きな役割を果たした渡海橋は類を見ない。

同時に、この5本の渡海橋は当時の橋梁技術の限界に挑戦、新たな可能性を切り開いた。支間距離300mの連続トラス橋(1号橋)、ランガートラス橋(2号橋)、コンクリート橋として未知の支間150m超え(3、4号橋)、初めての挑戦だったパイプアーチ橋(5号橋)など、近くの長島に架けられた黒之瀬戸大橋と共に、若戸大橋、関門橋、そして世界一の大橋「本四架橋」への橋梁技術の扉を押し開いた。

第1節 夢の橋・実現す

コラム①「出島橋―最長寿のトラス橋」
インタビュ―

①中島英治氏「世界水準への挑戦」

②那須野幸明氏「トビと鍛冶が架ける橋」

③「鉄と橋と近代化遺産」

第2節 渡海橋への挑戦

コラム①「別府明礬橋―巨大なアーチ橋」

②「石橋技術者のルーツ」

③「山の五橋(五家荘)」

インタビュ―

①八尋勇次氏「ドイツ架橋工法を導入」

②吉本信一氏「パイプアーチに挑戦」

コラム④「牛深ハイヤ大橋―イタリア人建築家が

設計」

⑤「唐津の4コンクリート橋」

第3節 海中の難工事(黒之瀬戸大橋)
証言 中原康氏「神様、助けて」と祈る」

第4節 新天門橋の着工へ

第5節 座談会「真珠の五橋を造る」

コラム「長六橋―都市の門としての橋」

座談会を終えて―小林一郎氏



パイプアーチ橋の5号橋



プロジェクト九州

第1節 夢の橋・実現す

天草五橋①

天草1号橋「鉄の橋」―海峡を渡る 世界最長のスパン300mに挑戦 正確な架橋技術、誇りに

熊本県・宇土半島の最西端、三角西港の埠頭に立つと、天草・大矢野島に渡る天草1号橋（天門橋、橋長502m）が見える。連続トラス橋で、建設当時には世界最長の支間距離300mを誇っていた。

三角西港は明治20年開港し、宮城県野蒜港、福井県の三国港と並ん

で、明治の三大築港として知られ、現在も当時の岸壁―石積み埠頭、建物が残る。NHKテレビの大河ドラマ「坂の上の雲」のロケも行われた。

三角西港と天草1号橋の建設には、同じ自然条件が背景にあった。水深の深さである。

強いトラス橋を選択

明治時代、熊本県は西南の役後の荒廃から立ち直り、地域振興のため「良港」を必要とした。最初の候補地は

天草諸島 ― 上島と下島。天草五橋が離島をつなぐ

熊本市近郊、坪井川河口の「百貫石港」の改修をめぐり、内務省に技師派遣を要請した。赴任してきたのはオランダ人のローウエンホルスト・ムルドルであった。この外国人技師は百貫石港に反対した。問題は、船舶が入りうる水深が確保できないことに尽きた。ムルドルは水深が深く、大矢野島の島影に位置し、暴風や荒い波から守られたこの三角港を推薦し、ここでの築港が決定したのだった。

悪条件の克服へ

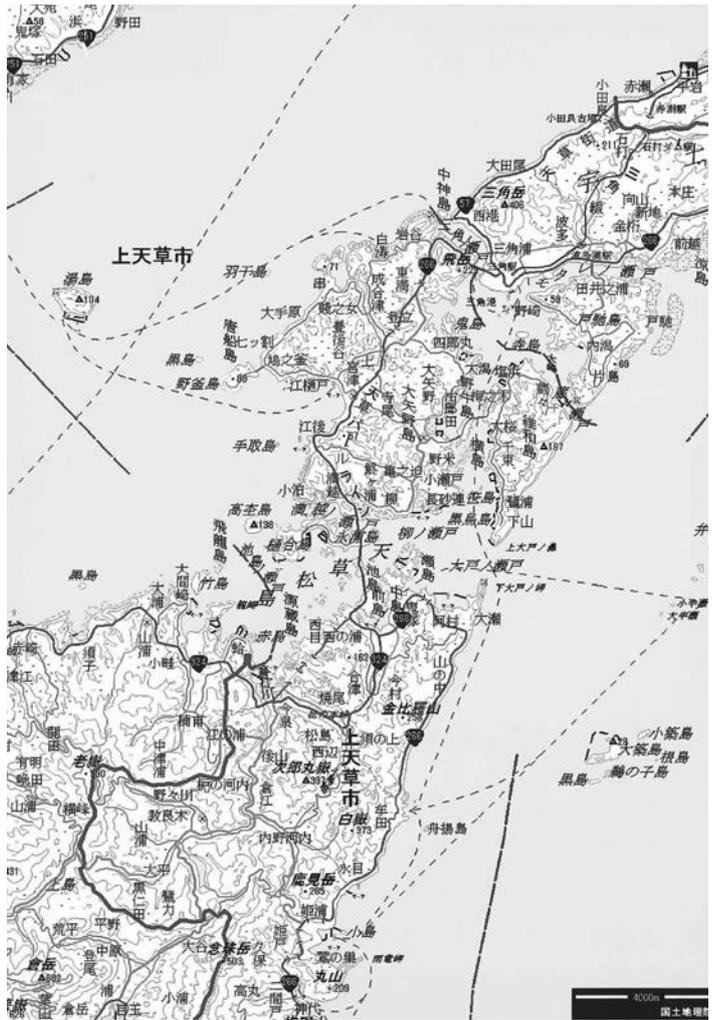
天草島への渡海橋がなかなか実現しなかったのは、港湾としては有利な水深の深さと、海峡の幅を克服する架橋技術が十分ではなかったためだ。港建設では有利に働いた自然条件が、架橋では逆に、実現を阻む悪条件となる。深い海には橋脚を立てられず、支間距離が長くなると、橋を渡せない。「あちらがたてば、こちらがたたず」である。天草1号橋の架橋工事は、深い海峡をひとまたぎする架橋技術の限界への挑戦であった。

橋脚を海中に、しかも潮流に抗して建設すれば、膨大な事業費となり、技術的にもむずかしい。それを避け



天草への「門」― 天門橋(1号橋)

るためには、橋脚位置を水際の岩盤の上に置けばよい。そうなると海峡幅そのものが支間距離となる、「長さ」というもう一方の難題が生じる。全長502m。それを101m+300m+101mの3つに割る連続トラス。兩岸とも101mまでは、陸上橋脚で出来る。中央の支間300mをどう渡すか。橋脚と橋脚を渡す支間距離は、長ければ長い程、架橋技術の高さを示す。橋梁建設の技術レベルの一つのメルクマールである。アーチ橋の西海橋は216m（昭和30年完成）、吊り橋の若戸大橋は376m（昭和37年完成）を実現した。いずれも我が国初めての記念



天草五橋は三角から島々を結ぶ

天草への道、天門の橋

碑的な橋となっている。しかし、支間300mのトラス橋は世界に前例がない。当時、米国のデューク橋の257mが世界最長だった。

なぜ、トラス橋に

吊り橋は若戸大橋で実績があるのに、なぜ、トラス橋なのか。天草1号橋建設の課題は、なにより台風や潮流に耐える「強い橋」をつくるこ

とにあった。それに離島の渡海橋の交通量を考えれば車道を2車線(7.5m)と幅員は狭くし、鋼材を約100tも節約出来るなど事業費を軽減出来る。強く、かつ狭い橋を安く実現することを可能にする「トラス橋」が選ばれた。

設計は幅員の変更などで予定の2倍、6か月もかかった。狭い幅員の橋は風が弱く、たとえば、人だけが渡る狭い吊り橋は大きく揺れる。長い設計期間は、橋へ吹き上げる風力と橋に架かる重力などをみっちり検討することにあてられた。のちに、大型台風に見舞われたが、この設計時の慎重な検討が「強い橋」という大きな成果を生んだといえよう。

トラス橋は三角形に鋼材を組み立て繋いで



美しいシルエットを描く天門橋

ゆくため、極めて頑丈になる。東日本大震災の経験から耐震補強の強化が叫ばれて、建物にトラス構造を取り入れているのも、「三角形の強さ」に着目してのことだ。しかも、「曲げ」に強く、設計は極めてシンプルになる。鉄道の橋は、トラス橋がほとんど。重い列車を走らせるには、トラス橋のこの頑丈さが必要なのだ。鉄



天草島への入口にあたる「天門橋」。交通量は増大している

橋は川を渡る。日本の河川は比較的、川幅が狭く、また、海と違って水深は浅い。船の航行も考えなくてよい。渡海橋のような長い支間距離は、鉄橋には必要なかったのである。

支間距離300mへの挑戦

しかし、天草1号橋は、トラス橋で海を渡るため、300mの支間距離を実現しなければならぬ。挑戦するのは、この天草1号橋が初めてであった。鋼材の総量は2512t、八幡製鉄で製造し、横河橋梁大阪工場に運び込んだ。

強い橋をつくるため

には、「強い鋼材」が必要になる。選ばれたのは、60^キ鋼である。長い支間距離の橋をトラスで可能にするには「引張る力」（高張力）が強い鋼材が求められる。60^キ鋼は西海橋でも若戸大橋でも、まだ実用には使われていなかった。高品質は高価格を意味する。それでも1号橋では全体の30%が60^キ鋼の大量使用となった。初めて試す鋼材だけに、計算通りの「強さ」を持っているのか、未知の品質に不安があったのも確かであろう。鋼材製造にあたって、厳しい品質管理が行われた。架橋現場の監督員が製造工場に常駐して徹底管理を行ったのである。その努力が、その後の架橋で、さらに70^キ鋼、80^キ鋼への道を開いた。

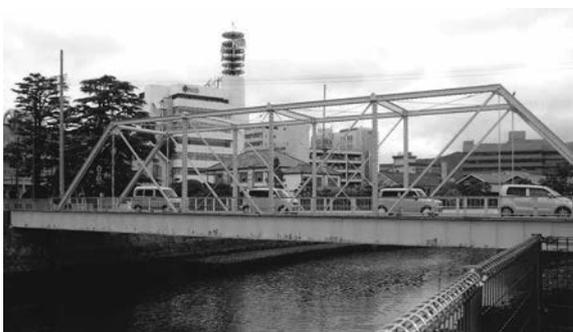
もう一つの挑戦

「高力ボルト」

トラス橋は、鋼材を三角形に繋いでゆく。支間距離300mを、両側の橋脚から150mずつ張り出して、中央で最後の一つを繋ぐのだが、途中に下から支える工事的支柱が

江戸時代、外国との唯一の窓口であった長崎の出島。来航したオランダ船がこの出島に南蛮文化を運んできた。出島と長崎の地を結ぶ橋は「一の橋」と呼ばれ最初、木の橋だったが、その後、頑丈な石橋となった。日本と海外を果敢と「架け橋」の役割を果たしてきた。

現在、出島にかかる橋はその名も「出島橋」。現役で活躍している最も古い鉄の橋だ。鉄橋で最初の橋は「くろがね橋」。慶



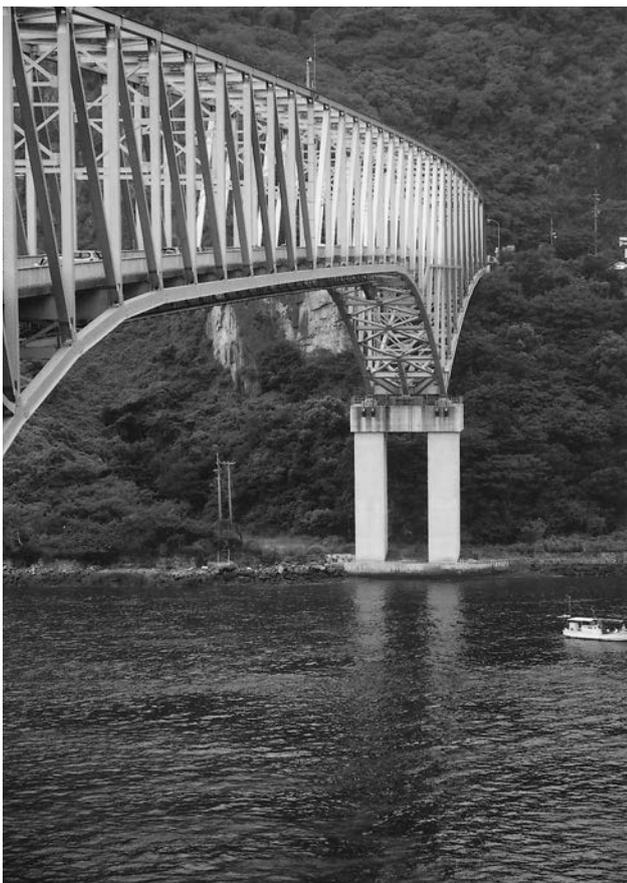
トラス橋の元祖。今も、働き続けている

出島橋（長崎市） 日本最長寿のトラス橋

応4年（明治元年、長崎市）だが、残念ながら現存しない。出島橋は、古さでいえば3番目、明治23年（1890）に造られたから、120歳を超える最長寿のトラス橋で、老齢ながら、今もひっきりなしの車の往來を支えている。

長さ36・2m、幅5・5m、歩道もある。うすいブルーで、細い部材を細かく組み上げたトラス橋。中国でめだたい生き物とされるコウモリを形どった銘板に「出島橋明治43年」とある。そのわけは、「新川口橋」として造られたものを20年後の明治43年に、移設したからだ。初代の出島橋が老朽化したため、新川口橋をそのまま移した。

橋づくりの経過はよく分かっていないが、アメリカ輸入のプラツトトラス構造、被爆にもよく耐え、戦後、大修理を行っている（昭和25年）。元祖トラス橋、しかも現役の鉄の橋として、九州の土木遺産の中でも異彩を放っている。



岸边ぎりぎりに建てられた橋脚。このため300mのスパンとなった

建てられれば、工事はスムーズに行く。しかし、天草の海の深さと潮の流れはそれを許さない。そして三角港。船が離島・天草の動脈であってみれば、船舶の運航に支障があってはならない。工事用の仮支柱は使えないのだ。選択は張り出し工法しかない。

仮支柱なしで、橋を伸ばしてゆく（カンチレバー・エレクション、張り出し架橋工法）ためには、鋼材の強さに加え、11万本もある部材を繋ぐ「継ぎ目」の強さ、特に「孔ずれ」を防ぐことが極めて重要になる。

高張力ボルト11万本でつなぐ

ペットを打って繋いでゆく工法が中心だったが、天草1号橋で初めて「高張力ボルト」（摩擦接合用ボルトF11）が使用された。これも「強いが、高価格」であり、担当技術者を悩ませた。さらにボルトが正確にナットに対して締め付けられているか。歪みはないか。11万本のボルトの1本1本の締め付け状況が検査された。その対価は、完成後45年、「一本の抜け落ちもない」事実で、報われている。

架橋の勲章

施工の山場は、中央径間の閉合である。兩岸の橋脚から張り出してきたトラスが、中央でピッタリと合って、結合できるかどうか。原寸から始まる鋼部材の1本1本が正確にくられ、継ぎ

目も正確で、さらに、たわみは計算通りだったかなど設計施工のすべてが問われる瞬間である。万一に備えて、橋全体を動かして調整する装置も用意された。設計でのたわ



航行に支障がないよう橋脚を陸上に、橋の高さも配慮した（工事中に撮影）



三角港での「坂の上の雲」ロケ風景。地元の人180人がエキストラになって出演

み、通りとも「±50mm」を大幅に下回り、それぞれ9.5mm、1.5mmにとどまった。それほど、精度の高い橋づくりを行った延べ1万7000人の技術者、労務者への勲章でもあった。昭和41年1月23日であった。

THE 土木技術者

第1節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 天草五橋②

天草五橋で
「世界水準へ挑戦」した

中島 英治氏

——土木技術者を志した動機からお話を伺います。

中島氏 昭和28年に熊本・白川が氾濫して600人以上の犠牲者が出ま



中島 英治氏

(なかしまえいじ) プロフィール

昭和12年8月11日生まれ、熊本出身。熊本大学工学部土木工学科卒、昭和35年4月日本道路公団入社、若戸大橋工事事務所、昭和37年3月天草架橋事務所へ、完成の41年まで勤務後、本社構造設計課。広島建設局で広島大橋建設、仙台建設局、姫路工事事務所長などを経て本社技術部構造技術課長、福岡建設局長。この間土木学会、日本道路協会ほか各技術委員会委員を歴任、測量士、技術士。

橋人生の出発点

した。そういうことがあって、河川技術者になりたかった。高校2年生の時でした。土木技術者になろうと。——若戸大橋の工事事務所に赴任されたのは、大学を卒業して、すぐ現場へ、ですか。

中島氏 ちょうど若戸大橋建設の最盛期でしてね、ケーソンやケーブルアンカーの橋台が着々と進行してゆき、現場は活気がみなぎっていました。主塔が高く立ち上がると洞海湾を最初にまたぐ、パイロットロープの渡海作業がメディア注視の中で進み、私も小さな役目をもらい緊張して参加した記憶があります。最初の配属は、戸畑側と若松側から吊り橋部へプレートガーダーとトラスで接続する高架橋の上部工事を担当、工

事が進むに伴い、床版工事にも携わりました。何しろ新卒の実習生のようなもので「橋はこうしてできるのか」と。工場から現場まで、全て未知の世界。見るもの、聞くもの初めてのことばかりでした。

——土木技術は「経験工学」と言われますよね。

中島氏 現場の仕事は、工事の各段階での品質管理、各種の検査が若手技術者の大きな役目でした。いま、思い出すのは、(西海橋架橋にたずさわった)吉田巖さんから教わったリベットの検査の仕方です。リベットが締まっているかどうか1本1本チェックするのですが、「左手の人差し指で抑えながら、テストハンマーで打診すれば、ゆるみがないか分かるよ」と手ほどきされました。上空20mから次第に40mの高所まで、今のように命綱もなく、簡易な足場で身の危険を感じながら、1本たりともゆるがせに出来ないと頑張った、10数万本のリベットたちが懐かしいですね。

床版のコンクリート打設日はすべて立会い、配筋のゆるみや表面仕上げを監視し、作業員と口論になったこともありました。

連日の検査や監督づくめで、休日出勤が続いたりすると、「仕事の選択を間違えたかなあ」と思ったりして、期待と不安が同居したこともありましたね。

りましたね。しかし「一人前になるには、からだで仕事を覚えることが大事なのだ」と、それを学んだのが一番です。天草では11万本のリベット打ち。足場が揺れる高所の作業で、「自分で注意しろ」と。こうして、「チャレンジする精神」を教え込まれました。自分たちの力で作る情熱、それを学びました。

——若戸大橋は東洋一のスパンを誇りました。

中島氏 当時、世界では若戸のスパンは367mで29位。しかしアジアでは最長でした。我が国が世界の吊り橋ランキングに初めて仲間入りするビッグプロジェクトですから、土木研究所をはじめ官、学、民の総力を挙げて取り組んだ橋でした。事務所は川崎偉志夫所長以下、素晴らしい技術者の集まりでした。事前の調査・計画にも人念な検討がなされましたが、川崎所長は、当時、吊り橋分野では独占的に展開していたアメリカの長大吊り橋現場を訪ねて回り、若戸吊り橋の設計を最終判断されました。台風への安全確保を最も大きな課題にした訪米だったとずっと後になって聞きました。

——素晴らしいプロジェクトでしたね。

中島氏 当時の長大橋のスパンをどこまで伸ばせるかがその国の国力を

表す尺度。ですから世界29位のスパンの若戸大橋のレベルでは、まだまだ（橋梁技術の）後進国だったといえますが、それでも私にとっては「橋人生の出発点」。それが明石海峡大橋で日本の橋梁技術が世界の頂点に達したわけです。

若戸大橋が開通して7年後の1973年、スパン712mの関門橋が完成。そして36年後の1998年、明石海峡大橋がスパン1991mで世界ランキングの頂点に立ちました。本四公団でその推進力となったのは若戸大橋を完成に導かれた川崎さんをはじめ乙藤憲一、下川浩資、池田哲夫、吉田巖、今中靖雄さんら、当時、少壮気鋭の若戸吊り橋出身の方々であることはいまでもありません。そんな「若戸学校」の最後の新入生だった2年間、恵まれた橋人生の出発点でした。その後も、私は新たな仕事で教えをいただいたことがたくさんあります。



天草五橋・天門橋
軽くて強い鋼材で作るのが大きな命題だった

——天草五橋へ転勤されたのは、いつですか。

中島氏 三角に工事事務所が開設された37年7月だったと思います。若戸大橋開通の半年前の転勤です。天草は私の郷里（熊本）でもありました。一年ぐらいいかけて天草1号〜5号橋の橋梁形式と海中基礎工法の検討と選定に全力を注ぎました。

次第に、具体的課題が整理されていき、5橋すべてが構造、規模とも「世界水準への挑戦」だと、決定したのは38年4月、熊本市での審議委員会でした。元西海橋所長の村上永一氏、元若戸大橋所長の川崎偉志氏、元土木研究所の田原保二氏、国鉄設計事務所長の友永和夫氏の皆さんで構成された特殊設計審議委員会であり事業許可形式の変更のお墨付きをいただいたのです。これらの方々が天草五橋の生みの親です。

——天草架橋についての、5橋の型式が決まりました。いよいよ実施設計ですね。

中島氏 赴任2年目は事業費の積算、発注。何より「経済性」について上から強い指示がありました。有料道路としての採算性が厳しくチェックされ、西海橋で経験を積まれた栗原利栄所長からは「金はないのだから、頭を使え」と檄を飛ばされましたね。懐かし、思い出され

ます。

事務所の技術陣も徐々に充実し、吉本信一さんから若戸の先輩方と、また、天草で一緒に仕事をすることになりました。市川紀一君、八尋勇次君ら優秀な新卒も入ってきました。担当が配置され、私は1号橋上部工事担当となり、沼田耕一工事長のもとで連続トラス解析上の諸問題の検討や工事発注の実施計画作成・積算業務にかかりましたが、いずれも未経験のことで、これも一苦労でした。

「頭を使え」と檄

——1号橋（天門橋）は中央スパンが300m。トラス橋では未経験の世界でした。

中島氏 当時、日本では西海橋（アーチ）が216m、若戸大橋（吊り橋）の376mが最長で、トラス橋での300mへの挑戦は我が国の橋梁技術の飛躍をかけたプロジェクトでした。下路下曲3径間トラス形式を採用した背景には海峡の両岸から支保工なしでトラスを突き出して、張り出したトラスを中央で閉合させる張り出し工法（カンチレバー工法）の採用が前提にあったのです。トラス部材を1本1本、海上で組み立てて、伸ばして、首尾よく中央で結合させるための、いろいろな方策が最も大きなポイントで、設計、部材の

工場製作、品質も、製作も極めて高い精度が求められ、あの時代の先端技術を精いっぱい駆使して現場架橋する、それぞれの段階で綿密な検討が加えられました。本場に挑戦的なプロジェクトでした。

——部材の品質管理のため、製造工場に泊まり込まれたと聞いています。

中島氏 当時は民間では鋼材が入手にくく、公団で一括して注文、施工者に支給していました（支給材）。工場では、トラス部材ごとの寸法精度と品質管理の基準を設定し、これに従って、原寸から組み立てまで寸法精度が厳しく求められます。当時は監督員が製作過程で工場に常駐するのは異例のことでした。横河橋梁大阪工場は工場長をはじめ製作スタッフの全社的なバックアップもあり、好結果が得られました。（工場製作要領の詳細及び諸データは土木学会「橋1966〜1967」に詳述）

——部材については、高張力鋼を天草が初めて採用していますね。

中島氏 天草では「軽くて強い鋼材」を使うことが大きな命題でした。高張力鋼の採用は長スパン橋梁の死荷重軽減という経済性の向上だけでなく、現場の仮設部材をコンパクト化するメリットもあります。西海橋や



橋をがっちり支える橋脚(天門橋)

べてリベット打ちで極めて高度な技術が必要で、安全、騒音、品質管理などに課題があり、相当の苦労があったのです。
天草1号橋では、工場継手用の穴をあけ、現場でボルトで接合する工法がとられました。11万本すべてが高張力ボルトです。天草1号橋は、両岸からの張り出し工法(カンチレバエレクション)ですから、穴ずれなどが多少でもあると、閉合時の狂いを大きくします。架設が誤差なしに中央でドッキングできるように、接合面がずれない摩擦接合用のボルトを採用したのです。

感激——閉合の瞬間

若戸大橋では50^キ鋼でしたが、天草1号橋計画段階ではまだ開発されていなかったが、溶接性のよい高張力の60^キ鋼の開発が進んでおり、高炉メーカーの協力によって、本格的にこれを使うのは天草が初めてでした。ですから、当時は60^キ鋼にはJIS規格がまだなく、天草での実績が契機となってJIS製品となったわけです。SM60としてその後、一般化し普及しました。

——西海橋、若戸大橋では鋼材と鋼材を繋ぐ方法として「リベット」でしたが、天草では「ボルト」、しかも、高張力ボルトを採用されましたね。

中島氏 若戸では、各部材の接合は工場では溶接構造でしたが冒頭でも話題になりましたが、現場継手はす

ボルトの規格は60^キ鋼に見合う高張力ボルト(F11T)を採用したのです。60^キ鋼と同じく高張力ボルトもまだJIS化されていませんでしたが、品質規格を細かく定め対応しました。

単材を1本1本繋いでゆくやり方は、現在ではあまり見られなくなりました。現在では、工場で作成した部材を海上から大型クレーンで釣り上げて架橋する工法など「一括架設」で短い工期で、安全で、経済的に橋を架けるのが中心となりました。また、長いスパンの長大橋は、斜張橋でやるのが多く、天草1号は手作業、手作りの歴史的遺産となりましたね。架橋から45年、1本のボルト

の抜け落ちもないと聞くと誇らしくなります。

——部材を高品質でしかも精密な加工を行い、その1本1本を繋いで張り出してゆく。両岸から150mずつ伸ばしてきて、最後、中央での「閉合」が狂いなく行われときは、皆さん、感激されたでしょう。

中島氏 栗原所長をはじめ、関係者30数名が閉合の瞬間に立ち会いました。その閉合のために、みんなが力

栗原利栄氏
日本道路公団天草架橋工事
事務所長

「日本」「東洋」「世界」。当時の橋梁技術の最先端を集めた天草五橋建設の陣頭指揮を執った。栗原所長が最も神経を使ったのは2、4号橋の海中基礎工事だった。水深20m近くある海中で、複雑な海底を掘削して平らにし、その上に巨大な鋼枠を置き、海水を排水しないで、コンクリートを打ちこむ難工事。栗原さんは「結果確認」に厳しかった。苦勞の多い、経験のない工事だが、全てが設計通り施工されたか、海中に潜らせ写真を撮影、

忘れてはならない人

を合わせ、頑張ってきたのだから、感謝の気持ちでいっぱいになりました。本当に誇らしい気持ちになりました。その感激を分かち合うため、設計や工場製作にあたった皆さんも天草にやってきて、閉合の瞬間に立ち会いました。勿論、現場架設を指揮した横河橋梁の那須野幸明所長も。時がたつにつれ、みんなが力を合わせ頑張った、エキサイティングな(心が躍る)このプロジェクトに参加できた感謝の気持ちですが、ますます強くなっています。

細かくチェックした。

デイビダーク工法や、トラスを張り出す「片持ち式工法」など技術上の難しさだけでなく、自然条件との闘いがあった。複雑な海底や、大きな干満の差、離島ゆえの水不足や船での資材運搬、何より台風の襲来など離島、渡海橋の難しい条件も克服しなければならなかった。

そうした作業の厳しさから栗原所長は労働者宿舎に気を使い、労働条件、特に日曜日は必ず作業を休ませた。「工期内に完成するか」の声もあったが、「突貫工事するより能率は上がる」と譲らなかつた。素晴らしい指揮官だった。

THE 土木技術者

第1節 インタビュー 「人と技術と情熱と」

天草五橋③

天草1号橋(天門橋)を
施工した

那須野 幸明氏

——天草五橋とのかかわりは。

那須野氏 予定されていた上司が、赴任できなくなつて私が架橋工事事務所長、会社の現場代理人として赴



那須野 幸明氏

(なすのゆきあき) プロフィール

昭和6年9月30日生まれ、東京出身、日大短期大学(夜間)卒業。昭和25年横河橋梁入社、皇居・二重橋鉄のアーチ建設、天草五橋の横河橋梁架橋工事事務所所長として、1号橋建設、2号橋架設計画にかかわる。東名浜名湖大橋、広島大橋などの「メタル橋の現場」を中心にこれまで38か所の工事現場を歩んできた現場の人。

任を命ぜられたのです。32歳でした。

若い自分が「こんなに多くの人間を使えるのか」と正直思いました。橋梁技術を豊富に身につけているわけでもなく「盲人、蛇におじず」の言葉通り、やったことがない、しかし「知らないから面白い」という気持ちで先に立っていました。今考えると、相当おっかないことですね(笑い)。しかし、さらに他の人から「橋は西から、陽は東から」という言葉があるように、九州に(ルーツを持つ)橋梁技術は多いし、九州大学の卒業生、研究者が中心的存在でした。戦後、飛行機が作れない時代、九大の航空の学生が大量に土木に移籍して、優秀な人が多いから安心して行けといわれましたね。

——天草1号橋を主に施工されました。長い中央スパン(300m)のトラス橋を、新しい技術、施工法に挑戦しながらでしたね。

トビと鍛冶が架ける橋

建設は経験工学的な要素が高く、経験の積み重ねが重要なのです。それは今も変わらない。「こういう橋をつくりたい」という方針が示されると、それに向かって、国内、世界から資料と技術を集めてくる。

——橋の先進国に学ぶわけですね。

那須野氏 今でこそ、日本(の橋梁技術)は、世界のトップ、と言っています。例えばドイツ、フランスはPC橋、イギリスは鉄の橋、アメリカは吊り橋等とそれぞれ素晴らしい技術の蓄積がある。日本人がその(外国の)現場に行つて、技術を学んで、日本に持ってきているのです。

先日もヨーロッパの橋梁を見に行ったのですが、トラス橋でいえば、イギリスのフォース鉄道橋、アイアンブリッジには100年、200年の重みがありますね。

——トラス橋は鋼材を繋ぎ合わせて架橋するわけですが、鋼材の伸び縮みや、鋼材の継手が大変だったと聞いています。

那須野氏 鋼材は温度によって伸縮しますから。「1号橋は、夕方になると(跳出し架設中)、熊本の夜の灯に向いてくる」といったものでした。日中に南面が日射で、北面との温度により、北を向く。

継手は、若戸大橋までは、リベットでしたが、天草のころからHTボルト、さらに現在は溶接へと進んできました。リベットはもう、打つ人がいせんし、都市部では騒音があるし。昭和30年代から、溶接が使われ始めましたが、施工管理が不十分だと欠陥が生じるなど、それぞれ長所と短所があるものです。現場に合ったやり方を選ぶしかありませんね。

——天草での架橋で一番心配されたことは何ですか。

那須野氏 風です。架設中の橋は横揺れに弱いのです。米国のタコマナローズ橋などはご存じのように、20m以下の風に揺れ、共振して、ねじ

もつとチャレンジ精神を

れが起こり、落橋しました。さらに、九州、天草は台風の通り道ですから台風が強風に、本当に耐えられるか。

——実際、2号橋などは閉合前に、台風が襲来している。「落橋するかもしれない」と心配された人も多かった。

那須野氏 あの時台風は、瞬間風速50mと言われました。その時は「天命を待つ」の心境でした。とはいっても、対策は立ててありました。架設鉄塔には、横風に備えて、側面をトラスで補強するなど、出来ることはやってありました。大丈夫でした。風速50mと言っても、それが長時間、橋が全面的に（風圧に）晒されたわけではなく、強風はある部分に吹き付けるといことなのでしょう。台風が通りすぎると、今度は「吹き返しが怖い」という天草の漁師の声が耳に入る。不安で心配でしたね。

——天草五橋も完成から45年。これからは管理、維持の時代だともいわれます。

那須野氏 管理、維持



300mの中央スパンを見学する外国人技術者も（天門橋）



チャレンジ精神豊かな技術者たちだった

の時代と言っても、それはそれで重要な技術が必要です。たとえば、若戸大橋は交通量の増大で、

2車線から4車線に拡幅しました。通常は、その横にもう1本橋を架けるのが普通ですが、若戸大橋は、交通量を維持しながら、拡幅工事をやり遂げました。橋は荷重に耐える力に限界があります。交通量の増加はその荷重が増大しているわけですから、例えば重いコンクリートの床版を軽い鋼材に代えるなどの工夫と努力、その技術などは本当に素晴らしいと思います。もつと評価すべきでしょう。

——天草五橋がその後の橋梁建設に与えた影響について。

那須野氏 何より、橋梁技術者の数を増やしたことはないでしょうか。5つのタイプの橋を一齐に建設したわけですから、トラス、コン

クリート、パイプ橋への挑戦によって人が育った。その人たちがまた次の現場で多くの技術者を育てた。コンピュータの発達で計算技術は大変進歩したが、本当の橋の現場を知らないのが気になりますね。それに各

鉄の橋として、連続トラス橋「天草五橋の1号橋（天門橋）」はスパン（支間）300mを超えた。日本で最初の鉄の橋は長崎市の中島川河口付近に建設された「くろがね橋」（明治元年、1868）。長崎製鉄所（現三菱重工）主任、木本昌造の建議により、オランダ人技師、フオーゲルの設計によって国産鋼材によって作られた。橋長21・8m、幅員6・4m。

世界で最初の鉄の橋は、英国のアイアンブリッジで、くろがね橋をさかのぼること100年以上、1779年に完成（供用は81年、橋長30・5m、アーチ橋）。くろがね橋は撤去されたが、アイアンブリッジは世界遺産として保存されている。国際産業遺産保存委員会事務局長、スチューアート・スミス氏は「産業革命発祥の象徴として大切にされている。橋などの建造物だけでなく、当時

鉄と橋と近代化遺産



アイアンブリッジ(英国)

の住居、教会、鉱山施設なども保護されています」と個別の建造物の保存から視野を広げる必要性を強調。また、同氏は日本の産業遺産について「20年近く調査を行い、「日本の近代化は英国の企業家たちのように利益追求が動機ではなく、外国の脅威に直面、国力の強化を目指した建造物が多い」と、日本の社会資本の特性を指摘している（田川市で開催されたシンポジウムの発言）。日本の土木遺産保護についてあり方への貴重な提言といえよう。

社とも研究開発費が少なくなつて、「挑戦する姿勢」が薄くなつていようと思われま。先にも言いましたように、橋梁技術は経験の積み重ねですから「現場へのチャレンジ精神」を養つて欲しいと思います。

プロジェクト九州

第2節 渡海橋への挑戦

天草五橋①

世界最先端の技術を結集 パールライン——天草の島々を繋ぐ 「夢の橋」実現、離島苦からの解放

紀行文「五足の靴」。与謝野鉄幹

をリーダーに、北原白秋、吉井勇ら若い文学者5人が明治40年、九州を巡った旅日記である。長崎から波の荒い千々石灘を渡って天草・富岡へ、そこから「八里の道」を大江に向ふ。難道だと聞いた。

当時の天草の道がどのようなものであったか「五足の靴」は実体験を書いて



大矢野島に立つ森氏の銅像の前には天草五橋のミニチュアが作られている

いる。

「天草島の西海岸を北より南へ、外海の波が噛みつきがりがりの石多き径に足を悩ましつつ行くのである」

「或る処は川が路である、点点たる石を伝ふて辛うじて進む。その多くは累々として砂礫作るなり荒礫左に聳つ嶮山の裾を伝ふてゆく」。

彼ら5人は、途中、道に迷いながら大江にたどり着く。道なき道に懲りたのか、大江からは船で、牛深へ、そして本渡へと回った。島と島をつなぐ橋は勿論のこと、都会人の彼らに歩ける道はほとんど、なかったのではないか。

離島苦からの脱却

天草の道は、5人が周遊した時から60年余、天草五橋が完成する昭和41年9月24日まで「はなはだ険道」であり続けた。沖縄には「島痛(ちや)び」という言葉がある。天草は「五

橋開通」によってその「島痛び」

離島苦からようやく解放されたのである。島原の乱も、キリシタン弾圧への抵抗と同時に、困窮からの一揆の側面が強い。明治以降も「三食が甘諸(五足の靴)」という暮らしは変わらず、「からゆきさん」を生んだ、悲劇からの脱出のための道を島民は願ひ続けてきた。

波が噛みつく石の道

宇土半島の西端・三角から天草四郎の生まれた大矢野島に架けられた天草1号橋は「天門橋」と呼ばれる。「天草への門」はもちろん人々には「天国への道」の意味が込められていると思われる。それほど、天草五橋は夢の橋であり、島民の悲願だったのだ。

大矢野島には森慈秀氏の大きな銅像が立っている。その前に、天草五橋のミニチュア。島民悲願の天草五

橋建設のため、県議になり、町長として建設運動に奔走した「天草の恩人」である。森氏が熊本県議会で「天草架橋」の必要性を切々と訴えたときは、誰もが「夢の橋」とその実現を本気にしなかった。「夢は夢に過ぎない」と。彼が県議会で演説して30年、この間、太平洋戦争があり、敗戦・戦災で国力は衰え、夢は遠のいた。しかし、昭和41年9月24日、正夢となつて、天草五橋は彼の目の前に実現した。

夢、実現のための技術

島民(当時約24万人)の悲願を実現させるためには、当時の橋梁技術の限界を超えた挑戦が必要だった。長崎県佐世保市の、西海橋は初めての渡海橋、「夢」を実現させた橋として、天草の人々を勇気づけた。「夢は夢でない」ことを実感させたのである。しかし、西海橋は橋長316mであり、宇土半島・三角と天草の大矢野島をつなぐには500m以上の橋でなければならぬ。少なくとも橋脚を渡す支間距離は300mを超える必要がある。当時の橋梁技術としては、かなりの難題であった。支間を短縮するためには、海中に橋脚を建てる必要がある。それも潮流の速さと深さによる。長い支間のためには鋼材はより強靱でなければならぬ。橋の強敵である風などへの耐久力、何より施工の高い技術が求められる。設計、施工ともに最先



支間距離300mを超え、世界一のトラス橋になった天門橋(1号橋)

端の技術と技術者を結集、事業費も膨大だ。実際、完成まで4年2か月、ピーク時の労働者1000人以上(1日)事業費は31億7000万円、予定を7億円以上、上回った。

工事事務所開設後も 調査続行

工事事務所の開設は昭和37年3月27日。当初、認められた事業費は22億4000万円。しかし、工事関係者に自信があったわけではない。最大の課題である、橋脚を建てる海中での基礎工事の設計も施工方法も、従って建設費も必ずしもはつき

未知への挑戦 —海中の基礎工事

り詰められてはいなかったからだ。日本に先例がなかったし、技術も幼い。この「未知への挑戦」に一体どのくらいの工事費がかかるのか、積算のしようがなかったというのが現実だった。技術陣も本当にミスなく施工できるかどうか、「不安がなかったといえ、うそになる」と関係者は一様に振り返っている。

工事事務所開設と同時に着工しているわけではない。海中基礎工事をするように進めるか、調査にその年いっぱいをかけている。異例のことだ。基礎工事の在り方が決まれば橋の形式が自然に浮かび上がってくる。検討の末、1号橋と5号橋は水際ぎりぎり橋脚を建て、水中工事避けることにした。その結果、1

号橋(連続トラス橋)の中央支間(スパン)は300mとなり「世界一の挑戦」することになったし、5号橋(松島橋)はパイプアーチとしては「日本初に挑む」ことになった。すでに西海橋がトラスアーチ、スパン216mで完成させていたが、パイプアーチでは経験がなかった。天草五橋は「手さぐり」で作られた「最先端」の橋架群であった。

湯けむりがもうもうと噴き上がる別府・明礬温泉。波静かな別府湾から急坂を登りつめ坊主地獄の上にある別府八湯の一つ。老舗・温泉宿の露天風呂からながめると、美しいコンクリートアーチ橋が眼前に、弧を描いて大きく広がる。大分自動車道・別府明礬橋、橋長411m、アーチスパンは235mもある。東洋

この巨大なアーチ(RC固定アーチ)には、わけがある。明礬谷は、明礬温泉は勿論、観光客で賑わう「地獄」群の源泉となる温泉脈があるため、橋脚基礎工事で温泉脈を絶ち切ることにでもなれば大変なこと。高さ50mのこの谷をアーチで、ひとまたぎすることになったのである。

橋の下から、湯けむりがモクモクと立ち上る。噴出口に「湯の花」小屋が建っている。入浴剤として使われる「湯の花」を採取するため、江戸時代の昔から製造されて、重要無形民俗文化財に指定されている。人間にとっては薬用だが、橋の健康には良くない。明礬温泉は酸性度が高い。煙も温泉水も硫化水素を含んでいるため、鉄の橋でも作ろうものなら、たちまち腐食してしまう。

巨大なアーチ橋 別府明礬橋



美しいアーチを描く明礬大橋 観光名所にもなっている

だから、西海橋などのように鋼材は使えず、コンクリート橋が選択された。そのコンクリートでさえ傷みが激しい。約10年間、現地で酸性に強いコンクリートの暴露試験が繰り返された上で、腐食を防ぐ工法が実施された。設計施工に5年の歳月を要している。平成元年7月に開通。

明礬谷は急坂で、橋の上

からも、下からもこの美しい橋全体が一望でき、特に上からはアーチの弧の中に別府温泉、遠くお猿さんで有名な高崎山、別府湾が収まって見え、別府の新名所になっている。景観と橋梁技術がマッチし、土木学会・田中賞、プレストレスコンクリート技術協会賞のほか国際的な賞も受賞している。

海中の橋脚基礎工事

2号（大矢野橋）、3号（中の橋）、4号橋（前島橋）では海中に橋脚を建てる方針が決定された。14～16mの海底の岩盤を水平にならし、その上に橋脚を建てる。もともと深いところで17m掘削した。まず、傾斜のある岩盤を平らにするためには、海中で発破をかけて粉碎しなければならぬが、漁業補償が膨大になる。

事業費はできるだけ抑えるという日本道路公団の基本方針から到底、巨額の漁業補償には耐えられない。発破は一日一回に限ることになった。そこでスチームハンマーと発破の併用となった。スチームハンマーはクレーン船から打ち込む。ところが、水中用のハンマーは開発されておらず、やむなく陸上工事用のハンマーを使わざるを得なかったため、すぐ故障する。「故障期間と実働時間は半分半分」のありさまだった。発破

も思わぬ障害があった。火薬を詰めるとためボートルングを行うが、有明海は干満の差が大きい。上下する水面に合わせて、脚が伸縮できる小型のプラットホームを考え出した。基礎岩盤の荒削りまではこれでよい。しかし、橋脚を乗せるには、細かい仕上げが絶対条件だ。コンクリートと岩盤が水平に密着しないと橋脚は傾く。傾いては橋は架けられない。今では水中ビデオで、精密な画像を撮影できるが、当時は水中カメラしかなかった。潜水して工事を行い、撮影し、また潜水する、の繰り返し

型枠を海中に

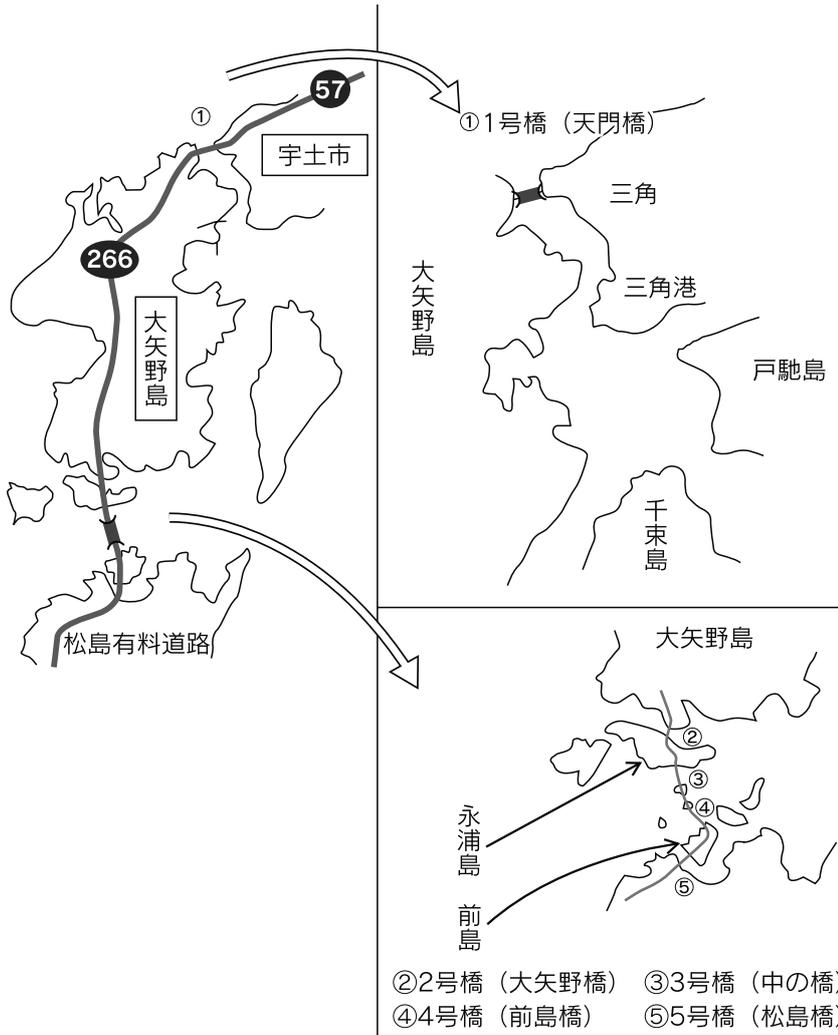
しだった。

海底の岩盤が奇麗に削られると、その上に橋台、橋脚を建てる。鋼鉄製の型枠を海中に沈め、骨材となる岩石や砂、コンクリートを流し込む。問題は設計通りの「強度」が得られるかどうかだ。水中だけにひび割れが生じても致命的だ。本工事に先立ってプレパッドコンクリートの模型試験が行われた。モルタルが流れ込み、しっかりと充填されるか、型枠から漏れがないかなどを調べ、

初めての海中橋脚

潮の干満に苦闘

さらに本工事後の後もコンクリートのコア採取、強度を確かめた。こうして頑



②2号橋（大矢野橋） ③3号橋（中の橋）
④4号橋（前島橋） ⑤5号橋（松島橋）



2号橋（大矢野橋）は海中に橋脚を建てる難工事だった

丈夫な橋台、橋脚が完成すると、次は橋桁など上部の工事に入る。長い支間距離を渡すとしても、工事用の支保が建てられれば、工事は楽になるが、深い海では、限られた予算や技術上の困難さから簡単ではない。何より船の航行に支障をきたす。

1号橋の張り出し工法

工事用の支保が建てられない。両岸からせり出す工法か、ヤジロベイのように、海に建てられた橋脚から両手を伸ばすように架橋してゆくディビダーク工法を導入するしかなかった。限られた予算や技術上の難しさ、海上工事の



3、4号橋ではドイツで開発されたディビダーク工法が導入された

困難さは橋桁を架ける上部工の施工にも大きく影響した。

両岸の水際ぎりぎりに建てられた橋脚から張り出してゆく架橋工法は天草1号橋でとられた。両岸からそれぞれ101mの地点に建てられた橋脚から組み上げられた三角形の鋼材がしっかりと高力ボルトで締められ、順次、移動クレーンを使いながら、張り出してゆく。垂直か、水平か、ねじれはないか、1パーツごとに調整される。最後に、中央で両者

張り出しPC工法 微妙な角度で閉合

が「閉合」され、支間距離300mがつなげられるのである。二つの橋脚から伸びてきたトラスは大矢野側トラスが、三角側からのトラスよりわずか9・5mm高く、想定50mmの5分の1以下の正確さ。想定を大幅に下回る「誤差」であった。4台の120tジャッキを使いながら、垂直、水平、ねじれが調整され、閉合は終了した。鋼材を接合したボルト10万7000本。極めて高い精度の施工であった。

コンクリートの弱点克服

3号橋(中の橋)、4号橋(前島橋)はコンクリート橋(PC橋)である。特に4号橋は天草五橋で最も

熊本県は長崎と並んで、石橋のルーツ的存在で、現在でも緑川水系に名橋と呼ばれる石造アーチ橋の通潤橋、霊台橋(いずれも国重要文化財)など数多い。

緑川の上流は急流が多く深い渓谷となっているため、丈夫な石橋が必要だったこと。また、種山石工と呼ばれる石橋建造の技術者集団の存在がある。種山石工は鹿児島市の甲突川に石橋5橋を造った岩永三三郎や通潤橋、霊台橋を手がけた橋本勘五郎とその一族などだ。

霊台橋には、すぐ上流に新橋が架けられ負担を軽減しているが、今でもがっちりした基礎を持ち、美しいアーチを描いて存在感がある。江戸中期までは、橋はなく、小船の渡しだった。水かさが増すと交通途絶、渡ろうとした人が「波におぼれ、巖にとりつき助けてと叫ぶ」光景が古文書に見える。木橋が渡されたが「幾としも経ず

石橋技術者のルーツ

して朽ちける」ため、土地の庄屋らが資金を集め石橋を造ることになった。勘五郎ら石工が呼ばれ、一年がかりで完成した。弘化4年(1847)である。橋長約90m、幅員5・45m、アーチ径間28・4m。

これを知った矢部の庄屋が通潤橋建設を種山石工に依頼した。通潤橋は農業用水のための水路橋で、橋から吹き出すダイナミックな放水が有名だ。

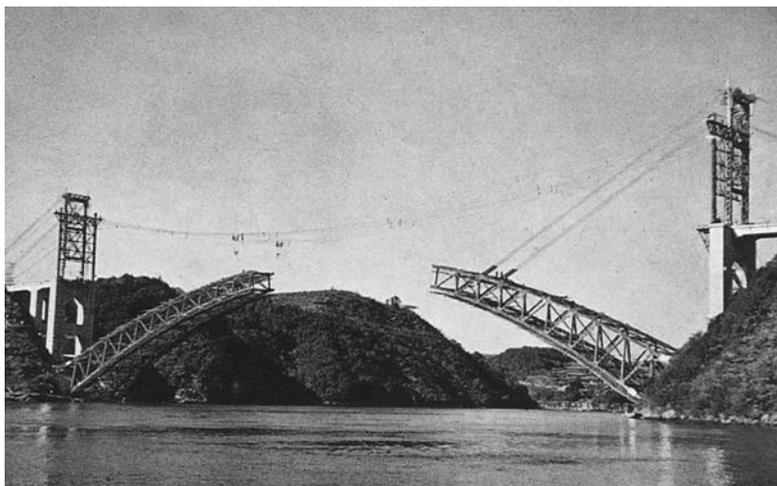


霊台橋。がっちりした構造で、しかも美しい

長い511m、松島町池島と前島を結ぶ。

コンクリートはトラス橋に使われる鋼材に比べて、それ自身の重量(自

重)は1mあたり2・5t(鋼は7・825t)で軽い。そのため、長いスパン(支間距離)が必要な長大橋には



2号橋は閉合直前に台風に襲われ、「落橋」も覚悟したが…

敬遠されてきた。天草3、4号橋建設までの最も支間の長いコンクリート橋は九州電力が宮崎県・五ヶ瀬川に架橋した越野尾橋で、1000mを超えたのが最長であった。

ところが天草3、4号橋は150〜160mの支間距離を必要とする。勿論、橋脚を多くすれば、支間は短くなるが、海中工事を伴い建設費は膨大になる。安く強い橋を架けるため、高張力の鋼材を使ってコンクリートの弱点を補うPC（プレストレストコンクリート）工法を導入して支間距離を伸ばすことになった。

強い橋を造るためには、全てのコンクリートの品質が均質でなければならぬ。ばらつきがあれば、ひび割れなどが生じ致命的なことになる。コンクリートの品質管理が「橋の命」を制するのだ。通常、一人の監督員なのだが、若く優秀な監督員が2人選抜され、3、4号橋ともに3人体制がとられるなど嚴重な品質管理体制が敷かれた。それぞれの現場にミキシングプラントが作られ、1日ごとに自動的に計算できるデジタルプリントの記録をチェックした。

3、4号橋の ヤジロベイ架橋

さらに、海中に橋脚を建てられないため、架橋の工法に新技術を導入することになった。デイベーク工法。ドイツで開発された架橋方法で、一つの支点からバランスを取りながら両側に張り出してゆく工法だが、二つ問題点がある。

一つはコンクリート。大量のコンクリートが使われるPC橋は、張り出しにもよって、自分の重さで「たわみ」が生じる。橋桁が垂れ下がってしまうのだ。もう一つは、伸縮温度の高低によって伸び縮みするうえ、コンクリートの乾燥によっても収縮する。たと

天草五橋は離島を繋ぐ渡海橋だが、熊本山地には深い溪谷を渡り、山村集落を結ぶもう一つの「五橋」がある。

NHK大河ドラマでブームになった平家物語。壇ノ浦の戦いで敗れた平家の落人が暮らしたという九州脊梁山脈の熊本県・五家荘（熊本県八代市泉町）。清盛の孫にあたる平清経が、この五家荘の白鳥山に住み着いたという伝説がある。五家荘、その昔、籐の蔓を使った大小の「吊り橋」が作られていた。山間の深い谷を渡る「暮らしの橋」だったが、歳月を経て老朽化し、新しい人道吊り橋として蘇って、今、行楽時期にはひそかな人気スポットになっている。

その一つが「樅（もみ）木吊り橋」。メイケンケーブルの上を直接、横桁と丸太の床版を載せ、風による揺れを抑えるためにケーブルで引張

「山の五橋」熊本・五家荘 平家落人をしのばせ、溪谷を渡る

がある。

り安定させている。その姿から「あやとり橋」とも呼ばれ、人々から愛されている。土木学会田中賞受賞。この樅木吊り橋のすぐ下流にやや小ぶりの「しゃくなげ橋」があり、親子橋となっている。

「梅の木轟公園橋」（橋長116m）、高低差50mの急峻な溪谷にかかる吊り床版橋。近くには梅の木轟（滝）がある。両岸に渡らせたPC鋼材をコンクリートでつみ床版とした橋で、谷を渡る細く長く、軟らかい、白い曲線が人の目を奪う。

白岩戸公園吊り橋は水川ダムの上流にあり朱色のつり橋である。平家の朱色、X型の塔はかがり火をイメージしたという。この橋からは水川ダムを見るこ

とが出来、せんだん轟（滝）が落ちる公園には、「せんだん轟橋」

えばコンクリートの表面は日射で高温になって伸び、陰となる裏面は温度が下がり縮む。そのため橋が垂れ下がる。そうした橋桁の変化をあらかじめ綿密に計算して、わずかながら「太鼓橋」のように、張り出し角度を持ち上げて伸ばしてゆく。綿密な設計と精度の高い施工によって「日本初」のPC橋の支間距離が実現した。完成から45年、現在も「垂れ下がり」は見られないという。

こうして支間距離を伸ばしたPC橋は、張り出し工法と共に、その後、橋梁の主役となる基礎を天草で固めたのである。

昭和40年8月6日、台風15号が天草を襲った。中心気圧94.0ミリバール、最大風速約50mと予想される大型台風が天草を直撃。気象台の発表では、最大瞬間風速49.1m。天草五橋工事が最大の試練に直面した。

橋は、風に弱い。米国のタコマナローズ橋のように、風に橋が揺れ、その揺れは次第に多くなり、ねじりも加わって落下する悲惨なケースもある。細くて長い橋は、当然のことながら揺れやすい。設計通りで、大丈夫か、模型実験が繰り返される。特に台風が常襲する九州では「強風は橋の大敵」である。だから、台風シーズン前の七月中には架橋工事は終える予定になっていた。その大

落橋も覚悟、 台風を試される

敵が天草五橋に襲い掛かる。特に、2号橋（ランガートラス橋）は工事が遅れ、まだ、中央の閉合が出来ていなかった。「誰もが（落下を）覚悟した」という。

2号橋は中央径間155m。150mを超えるランガートラス橋はわが国では初めての架橋であった。斜張橋など11の型式が検討され、最終的に、高くアーチが弧を描き、美観に優れ、かつ銅重の点からも有利と評価され「ランガートラス橋」が選定された。

台風15号が襲来したときは、アーチリブを4パネル架設したところで、まだ閉合を終えていなかった。完成していれば、台風を想定した設計がされているが、工事途中

での襲来は予想外のことだった。本来なら台風シーズン前に架橋は終えているはずだったのだが――。

台風の予想進路が、天草を直撃することが分かった4日午後から緊急の対策会議が開かれた。通過は6日午前4時過ぎと予想された。それまでにできるだけの防御措置を取らなければならない。アーチの、上、下弦材のすべての本

締めを徹底し、考えられる補強作業もすべて行った。

予想通り、猛烈な風を伴った台風が天草を直撃する形で襲来した。強風に激しい波浪。船では、到底、現場に近づけない。橋は大丈夫だろうか、「落下を覚悟した」技術者もいたし、落下に至らないまでも、鉄塔など相当の損傷を覚悟せざるを得なかった。

台風一過、足場用のワイヤーのずれによって、下塗りの塗装の膜がはがれた程度で、橋、本体への損傷はなかった。誰もが、胸をなでおろした。「あの時の緊張と安堵感は今でも残る」と関係者は一様に語る。台風襲来は、「天」が行った天草五橋

建設の「中間試験」であったかもしれない。設計、材料や橋の型式の選択、下部・上部工など施工の完璧さを問うたのである。

ひそかな勲章

天草五橋が完成すると、この橋の建設で、挑戦的に試みられた橋梁技術に対して、建設大臣賞、土木学会賞、全建賞など数多くの表彰が行われ、称賛と島民の喜びの声が上がった。天草五橋は5橋とも見物客が殺到、「パールライン」としてブームを呼ぶほどの観光資源となった。それぞれ斬新な橋の型式を選定したと、有明海、不知火海、東シナ海の三つの海を巡る激しい潮流の中の海中基礎工事や、海中に橋脚が建てられない海峡では、我が国の橋梁技術が経験したことがない、長い支間距離での架橋に挑み、見事に完成させたことなどが評価された。

天草五橋で数多くの新しい橋梁技術にチャレンジした技術者にとつて、ひそかな「勲章」がある。完成から45年（平成23年現在）、定期的に言う塗修のほかは、ほとんど大規模な補修は必要ない（公団から、天草五橋の管理を受け継いだ熊本県）という事実である。



3号橋一太鼓橋のように張り出し角度をつけて架橋された

THE 土木技術者

第2節 インタビュー 「人と技術と情熱と」

天草五橋②

天草五橋、 3、4号を担当した

八尋 勇次氏

——日本道路公団に入られて、すぐ天草五橋の建設現場に赴任された。橋梁建設技師、特にコンクリート橋の専門技師としてスタートされたと聞いています。



八尋 勇次氏

(やひろゆうじ)

プロフィール

昭和39年、九州大学工学部土木学科を卒業後、日本道路公団入社、天草架橋工事事務所(熊本県・三角)に赴任、同41年9月の天草五橋完成まで勤務、同42年公団本社へ、2年間、天草五橋工事誌編集に携わる。以後、福岡支社、福岡工事事務所、東京、大阪などで高速道路の橋梁建設にタッチ、太宰府・水城の高架橋建設等に従事。本州四国連絡橋公団道路課長として出向後、人吉工事事務所長として、九州縦貫道の肥後トンネル建設や加久藤トンネルのルート選定にあたった。

八尋氏 ええ。九州大学を卒業して、入社、2週間の研修を終え、急ぎよ、天草架橋工事事務所勤務を命ぜられました。当時、私は地質に興味があり、橋をやるとは思いませんでした。そのため、期待と不安の船出でした。PC橋の3、4号橋を担当技師となつたのです。三角の工事事務所の寮に入りましてね。

——工事はすでに始まっていたのですか。

八尋氏 5橋とも、下部工は前年の昭和38年、全部始まっています。当時、九大ではPC橋の講義は少なかったですね。京大では一講座あったと聞いていますが。赴任して工事が本格化してゆきましたが、「橋はこうして作るのか」という思いが正直なところでした。先輩技師から「日本一のスパン(支間)を持つPC橋

ドイツのPC架橋法導入 コンクリート鋼棒で強化

に次ぐ、世界第2位となるのです。わからない、ということとは、怖いものなしということでしたね。本当に100mを超えるのか。模型実験、打設実験など、様々な実験をやりました。私にとって天草架橋は、理論と現場を勉強するという技術者としての原点となりました。

——ドイツ方式のPC架橋と聞いています。

八尋氏 ドイツのデイビダーク工法です。土木研究所から国広哲男さんが課長として天草に出向されておられ、大変な理論家でした。国広さんはフランス留学のご経験もあり、文献だけでなく、ご自身、ドイツに

だぞ」と言われても、ピンとこない。実感はなかなか湧きませんでした。ね。

——それまでのPC橋のスパンは100m(宮崎県、越野尾橋)が最長でした。

八尋氏 それを3号橋で一気に160m、4号橋で146mに伸ばすのですから、大きなチャレンジですね。完成すれば、ドイツのライン川にかかるベンドルフ橋(支間204m)

派遣され、その工法を研究。「大丈夫、日本でもやれる」と自信を持たれ、それが我々の自信にもなったのです。残念なことに、国広さんは土研復帰後、ビルマ(現ミャンマー)での技術指導中、飛行機事故でお亡くなりになりました。残念で、惜しまれます。この工法については、日本では住友建設(3号橋)と鹿島建設(4号橋)の2社が施工実績も豊富で、優秀な専門技術者が張り付いてやってくれました。彼らの力も大きかった、と思います。

——コンクリート製の長大橋の建設のためには、コンクリートそのものの強さが必要ですね。

八尋氏 PC橋の施工で、求められるのはまず均質で、良質なコンクリートの施工と、プレストレスを導入するPC鋼材の緊張力の管理です。通常、PC橋では早強コンクリート(3、4日で普通のコンクリートの1か月の強度が出る)を使用しますが、コンクリートが固化する際に熱を発生します。これをどう、おさめるか。そのままだと打ち継ぎ目などにひび割れが生じてしまう。継ぎ目のヒビは先に打設したコンクリートと新しく打ったコンクリートの温度差から生じますから、天草PC橋では新しいコンクリートの中に循環パイプで冷水を循環させ冷やす方法をとりました。ヒビは強敵で、ここから入った水が鋼棒を錆びさせ、一

層ひび割れを大きくし、橋の強度まで問題を引き起こすことがあります。

——コンクリートそのものの強度のほか、プレストレスを入れ、強度を高める必要がありますね。

八尋氏 何しろ世界規模のP.C巨大橋です。スパンを長くするため、より大きなプレストレスを導入できる材料が欲しい。これには通常、ピアン線を入れるのと、鋼棒を入れる工法があります。ここではディビダーク工法の基本となる鋼棒を使うことになったのです。

が、長いスパンに耐えられ

るプレストレスを得るための鋼棒の大きさをどうするか。数年前に架けられたスパン100mの宮崎の越野尾橋の場合、直径27ミリの鋼棒を使ったのですが、天草では我が国初めて33ミリの鋼棒を使うことになりました。

——工事誌を見ると、橋脚を作り、その両側に張り出してゆくヤジロベイのような工法ですね。

八尋氏 張り出し工法（俗称ヤジロベイ工法）です。ここでもう一つ問題がある。コンクリートにはクリープという現象が生じることです。こ

45年後も美しい曲線、 今も正確な「上げ越し」の成果

れはコンクリートが一定の応力を受け続けると年月が経つと時間とともに。変形が生じる。一方、鋼棒はリラクゼーションと言って、逆に、少し緩むのです。2〜3mずつコンクリートを張り出して、繋いでゆく工法ですから、長大スパンになるとつなぎ目が多いため、こうした変化をあらかじめ計算しておかなければならない。「上げ越し」と呼びますが、両側から張り出してきて、双方が閉合する頂点が少し下がる。どのくらい下がるのか、その「上げ越し計算」をあらかじめ行って、想定した位置に収まるように、施工してゆく。こ

の計算が、当時はコンピュータがまだしりの時期で十分に使いこなせず、手計算でやりました。上げ越しは18cm程度だったと思います。

——計算通りゆきましたか。

八尋氏 クリープによるたわみは、工事中は勿論のこと完成後の3年間は毎年チェック、そして5年後、さらに10年後まで観測を続けました。結果はほぼ計算通りに下がっており、ホッとした次第です。45年後経った現在でも高欄が奇麗な曲線を描いています。実は「上げ越し」の中に、コンクリートは熱せられて少し伸び

るといふ、もう一つの悩みがありました。橋の上と下の温度差により上が伸び、下が縮み、橋中央で5cmぐらい「たわむ」のです。それも頭に入れなければなりません。天草五橋完成後、公団、熊本県、施工業者で天草会を作り、親睦を兼ねて集まり、ボランティアで合同点検を行いました。完成後も、技術者にはそれぞれ「気になる個所」があるのです。

——コンクリートで橋を作る難しさですね。

八尋氏 そうですね。さきほど申し上げたように、P.C橋の建設は設計、材料、施工の各段階で十分な検討がなされますが、施工段階では、コンクリートとP.C鋼材の品質と施工管理がいかに大事かを思いました。当時の道路公団では、施工管理は直営でやっていました。が、私自身、大いに勉強になりました。

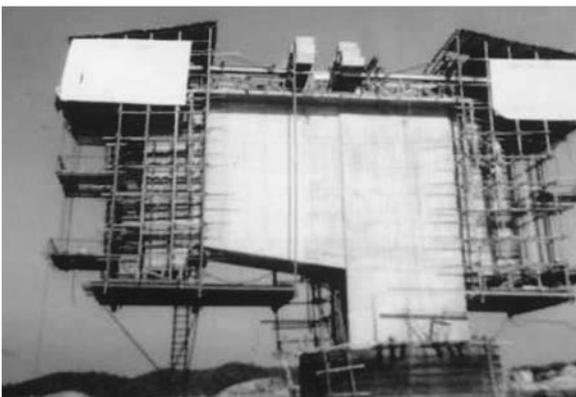
——天草五橋が完成して平成23年で45年になりますね。

八尋氏 コンクリート橋はがっちりした構造で、強い。維持管理費も鋼橋の塗装の塗り替え費用の10分の1ぐらいで済むと思います。これから、橋をはじめ公共構造物は維持管理の時代に入ります。コンクリート橋の優れた点がこれからも生かされるのではないでしょう。また、浜名大橋のようにスパンが240mにも伸

びてきています。これらも天草五橋の建設で培われた技術がその素地となっていると思います。



ヤジロベイのように両側にバランスをとりながら張り出して行く



ディビダーク工法による架橋

THE 土木技術者

第2節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 天草五橋③

天草5号橋(パイプアーチ)に挑戦した

吉本 信一氏

——西海橋、若戸大橋、天草五橋、と重要な渡海橋建設に携わってこられたわけですが、天草へは若戸大橋が完成して、そのまま天草へ転勤されたのですね。



吉本 信一氏

(よしもとしんいち) プロフィール

昭和9年生まれ、77歳。昭和27年建設省職員として、西海橋工事事務所勤務、続いて昭和30年、若戸大橋の調査事務所、昭和31年8月、日本道路公団の発足と同時に公団職員となり、若戸大橋の建設に携わる。昭和36年、天草五橋の建設へ。主に、5号橋建設。その後、福岡建設局、広島建設局に移り、山口県の大島大橋、高速道路関連の橋梁建設などに携わった。

吉本氏 若戸では建設に入る前の調査段階から開通まで。主に、鉄塔建設にかかりました。若戸も、天草も「日本で初めて」の形式の架橋ということなので、それまで我が国ではやったことのない架橋技術でしたから、いろいろな事前に予想していなかったことがあります。天草では、三角事務所から船で現場に通ったことも、想い出ですね。

——日本で初めての橋となると、事前に相当勉強しなければならぬ。

吉本氏 文献は勿論、たとえば、若戸大橋では吊り橋の技術の蓄積があるアメリカを現地調査している。若戸の所長をされた川崎偉志夫さんは米国調査の体験から「なんで、アメリカと戦争をしたのか」と言われていました。資源、技術などアメリカの実力を知っておられたのでしょうか。

——メタル橋は1、2、5号橋ですが、それぞれ異なる型式が採用されました。5号橋はパイプアーチ橋になりました。理由があったのでしょうか。

吉本氏 天草5号橋の場合、初めてのパイプアーチ橋でした。パイプを選択したのは①圧縮ねじれに対して強い②風圧を考えれば抵抗係数が小さい③等方向性があるなど、風に強いということからでした。当初の計画で風から受ける圧力(風荷重)を計算していたのですが、パイプ構造設計指針が制定され、鋼材の重量を10tも増やさざるを得なかった。それでありパイプの特性を生かすことが出来なかった。外国では、もう少し重量を軽くしているようですが、安全第一ということだったでしょう。

——パイプアーチ橋は施工が難しい、と言われていますが、施工段階ではどうだったでしょう。

吉本氏 現地は船の航行が頻繁で、また水深も深いためケーブル式の架橋工法を採用しました。両岸からケーブルを渡し、橋の部材をつり上げて架橋してゆくのですが、2号橋は全部「吊り下げ」工法、西海橋は「斜め吊り」工法。両方の特性を生かした「併用」工法を取りました。

パイプは、通常、工場で作成して、建設現場に運んでくるのですが、パ

イプとパイプの接合用に両方にいくつも穴をあけるのです。工場では片端だけ穴をあけ、もう一方は現場で施工時にあけるのです。パイプは鋼材ですから、熱によって膨張する。そうすると高温の日にはパイプは膨張して長くなるから、ずれが生じる。あらかじめ両方に穴をあけていると、接合時にはピタリと合わないことになりかねない。到着したパイプには、どういうわけか両端ともすでに穴があけられていた。随分心配したのですが、閉合の日は、珍しく天候がよく、鋼材の温度が30度となつて、架設基準温度と同じになった。現場に行ったら、事前の穴がピタリと「合ったぞ」と言うではありませんか。偶然でしょうが、うまくいきました。架設には38日かかっています。

——それはヒヤヒヤものでしたね。パイプとそれをつなぐ鋼板の穴がピタリと合うのはよほどのこと。穴にボルトを通して締め付けて、リベットで繋ぐのですから、橋の強度に係する。

吉本氏 見られるとわかりますが、現場継手は西海橋、若戸大橋、天草2、5号橋はすべてリベットです。ボルトは1号橋で強度を高めたボルト(高力ボルト)が使われました。1号橋では300mのスペンをせりだして繋いでゆくの継ぎ目の「孔ずれ」防止と作業性を考えて採用し



パイプアーチ橋の5号橋。パイプの接合に苦心した

たのです。

若戸大橋は、戸畑側のタワー（主塔）はリベットで施工しましたが、作業スペースが狭く、非常に熱く、作業環境が悪く施工が困難なため、若松側の鉄塔では、途中から、ボルトに変えました。しかし、関門橋以降はすべて高力ボルトになりました。そのように施工技術が次第に改善されていったのです。また、高所でのリベット打ちは危険ですし、厳しい仕事なので最近は打つ人もいなくなりましたね。（注1）

——製作についてはどうでしょう。

吉本氏 当時は民間会社では鋼材が入手しにくく、公団が支給していましたが。それを工場でパイプに加工するので。造船工場ですから、パイプの微妙な曲げなどは、造船技術がしつかりしていますから、きちんとしたものが出来ました。それを工場であらかじめ仮の組み立てを行いいますから、あまり間違いはありませんね。

——パイプの長さが、思ったより短いという印象を受けました。もっと長ければ、接合作業が少なくて済むのではと素人は考えるのですが。

吉本氏 それはもっぱら架設工程に合わせた「運搬」の問題ですね。使用するトラック、船、はしけなどの積載能力などの条件から、部材の長さ、重量を決めるのです。鋼材は重量がありますから、工場から架橋現場に運ぶのが（費用的にも、時間的にも）大変です。それに架橋工事の時もクレーンの「吊り能力」部材の吊り上げをケーブルでやりやすから、やはり重量には制限がでてくるのです。勿論、作業性もあります。

——海峡を渡ると、どうしても海中に橋脚が必要になります。支間の長さも、長くなる。天草五橋の第1橋（天門橋）

（注1）接合技術の変遷

トラス橋（天草1号橋）やパイプアーチ橋（天草5号橋）など鋼材を繋いで架設する橋梁の場合、鋼材を繋ぐ接合作業が、橋の生命にかかわることが多い。1か所の接合が不具合だとそこから橋の崩壊が始まることもある。1994年、韓国ソウルの聖水大橋（トラス橋）が完成後わずか15年で落橋したのは、吊り部材の溶接不良が原因と考えられている。

また2007年、米国ミネアポリスのミシシッピー側にかかる高速道路橋（インターステート35号）が落橋したのは、やはり鋼材を接合しているガセットプレートの厚さが必要とされる厚さの半分しかない



1号橋の高力ボルト

技術の変遷

橋名	鋼種	部材組立	現場継手
西海橋	SS41	リベット	リベット
若戸大橋(吊り橋部)	SS41	リベット	リベット (塔の一部ボルト)
天草五橋(1、2、5号)	H.T.60	溶接	1号高力ボルト 2、5号リベット
黒之瀬戸橋	H.T.60	溶接	高力ボルト
関門橋	H.T.60	溶接	高力ボルト

く、崩落の原因になった。我が国では若戸大橋でリベットが使われたが、現場作業が厳しく、また騒音問題もあって、以後の橋梁ではボルトや溶接に替わっている。また、困難を伴う現場での接合作業をできるだけ避け、工場内で接合を行うようになっていく。その場合、現場で架橋する部材が大きくなるため、海上からの大型クレーンの活用などが必要になる。

は世界最長（当時）の支間300mをとって、ぎりぎり水際で橋脚をつくることが出来ましたが、黒之瀬戸大橋では海中作業になりました。

吉本氏 天草でも海中に橋脚を建てた2、3、4号橋があります。海中の基礎作りも、初めての経験で鋼製の型枠を作り、あらかじめフラットにした岩盤の上に直接基礎をつくる。潮流に型枠が流されないように、干満の潮が止まる間を狙って据え付ける。そして骨材の石、砂利とモルタルを流し込む。このプレパックスコンクリートも初めての経験でしたから、海中でうまく固まるようにモルタルの濃度などの実験を行っています。コアを抜いて、圧縮試験をして確認するなどね。

——そうした材料、工法の技術の積み重ね、挑戦が国家プロジェクト・本四架橋につながっている。

吉本氏 渡海橋はできるだけ海峡幅が狭いところにつくることになりまますから、どうしても潮流の速い所になります。工事が難しくなる。ですから、経験の積み重ねが必要です。黒之瀬戸大橋は潮流の速さは最大9ノットです。そこで鋼製の型枠で直接基礎を建設していますし、山口の大島大橋も相当、潮流の速いところで架橋して、本四架橋に備えています。

——「鉄の橋」の場合、どうしても「錆（さび）」の問題がある。パイプアーチの場合、塗装はどのような工夫がされたのでしょうか。鉄の橋の「命取り」になりかねません。

吉本氏 鋼板に傷があったりしてはいけませんし、汚れも困る。相当入念にやっています。最初の塗装は、工場（2回）でやり、現場でパイプの中を1回、上塗り2回塗り重ねる。特にパイプの内側の塗装は大変だったようで、非常に暑いからです。換気も悪いので随分注意してやりました。パイプと橋台との接合部分、つまり、パイプは根元のところは（鉛筆のように）尖らせている。ここには水がたまりやすく、錆が発生しやすいため特別の耐水塗装を行っています。

——天草は国立公園でもあり景観が命ですね。5号橋の真っ赤なパイプは印象的です。

吉本氏 審美委員会を作り委員たちの協議を経て、色が決められました。1号橋は銀白色、2号橋は薄黄色、5号橋は朱色となりました。若戸大橋の赤は有名ですが、当時の北九州工業地帯の灰色の空にくっきり赤がさえていました。天草の青い海と空にも似合いますね。（注2）

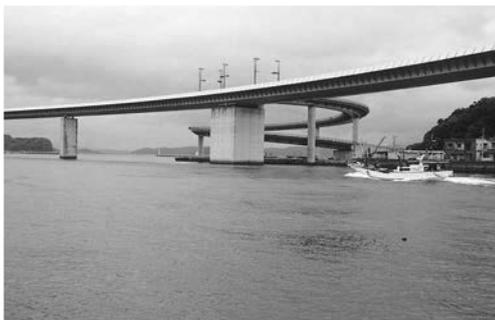
——色もさることながら、形式にしても1号から5号まで、トラス橋あ

天草・牛深港にフェリーが入ってくる、眼前に、天空に大きく弧を描いて、牛深ハイヤ大橋が海峡をまたいでいる。海の藍、空の青に描かれた一本の曲線は、橋を形作る側面パネルの白さで、一段と鮮やかだ。橋を支える一本の橋脚にむけて、緩やかな弧が兩岸から伸びて、結ばれ、もう一本、らせんのループ橋が登ってきて、合流する。橋というより建築アート。

イタリアの建築家・レンゾ・ピアノが、構造エンジニアのピーター・ライスらと「共同作品」。レンゾ・ピアノはルーブル博物館のピラミッドを手掛けている。第1回土木学会景観デザイン賞、同学会田中賞を受賞している。約6年かけて、1997年8月、完成した。

橋は、当然ながら構造が軸となるが、この橋の場合、「構造」は控えめで、デザインに主役を譲っ

イタリア人建築家が設計 牛深ハイヤ大橋



ている。下部工は中空壁式コンクリートで、上部工は7径間連続鋼床版曲線箱桁。

ハイヤの名称は、ここ牛深の民謡・ハイヤ節からとっている。ハイヤは、南の風を「ハエ」と南の鳥々で呼ぶが、海の道を伝って牛深にやってきて「ハイヤ」となまった、と言われる。「牛深に三度いきや三度裸、鍋釜売っても酒盛りやして来い戻りや本渡瀬戸徒歩渡り」とにぎやかだ。

り、アーチ橋あり、PC橋ありと、多彩ですね。パイプアーチ橋のその後はどうでしょう。

吉本氏 公団発足して間もなくであつたこともあり、みんな「挑戦の心」があつて、それが反映したのでしよう。パイプは新西海橋で使われています。パイプの中にコンクリートを充填した新工法を採用しています。そうそう、今話題の東京スカイツリーがパイプです。パイプを縦につないで、世界一の高さを実現するまでに、技術が向上したということでしょうか。

(注2)「当時は透視図もまだ手書きであり、その画の出来具合が、構造形式やディテールの評価や判定に際して多少のまごつきを生じさせた。塗色の決定経緯については、専門家(故岸田日出刀東大教授)特有の直観力というか、公団提案を尻目に1号橋の連続トラスは銀白色、2号橋ランガートラスは薄黄色、5号パイプアーチは朱色と、極めて明快な即断即決に終始した」(当時工事事務所長・栗原利栄氏「橋梁と基礎」)

唐津地方の4コンクリート橋 技術と景観の素晴らしさ

天草五橋の3、4号橋はコンクリート橋(PC橋)として、支間距離の延長、景観との調和など技術と景観形成に新しい地平を開いたが、その遺産を受け継いだPC橋(プレストレストコンクリート橋)が唐津市に四

つある。斜張橋、ラーメン橋、アーチ橋、箱桁橋とそれぞれ型式は異なるが、技術的な挑戦があり、新しい景観を作り出して地域の大きな資産になっている。

朝市とイカの活き作りで人気の唐津市・呼子港と向かいの加部島に呼子大橋が架けられたのは平成元年4月(1989)。

呼子港は壱岐などの島々への船とイカ釣り漁船の基地として船舶の往来が激しい。このため二本の主塔からケーブルで吊る斜張橋によって日本最長級の支間距離250m(橋長728m)をとって、海峡をひとまたぎした。車道

は5.5m、歩道2mと狭く、薄い桁となつている。加部島に「風の見える丘」があるように、玄界灘をわたる風は強く、揺れへの対策も取られた。なんといつても「ハーブのような美しさ」が訪れる人々を魅了している。

呼子大橋から曲線が美しい名護屋大橋(同市鎮西)を遠望できる。呼子から豊臣秀吉が朝鮮出兵の基地とした名護屋城跡へ向かう橋だ。天草3、4号橋と同様、両方から張り出してゆくディビダーク工法を採用、当時、日本一の中央径間176m(橋長258m)を実現、昭和42年(1967)完成した。

しかし、外津橋を有名にしたのはその橋のかけ方で、両岸からアーチと床版を同時に張り出してゆくユニークな工法がとられた。最後に、唐津市中心部の「舞鶴橋」を歩こう。唐津城のたもとに、周辺景観に十分配慮されて架けられたPC箱桁橋(橋長268m)。松浦川の広く穏やかな河口と青い唐津湾、そして空を舞う白鶴にもたとえられる舞鶴城・唐津城。この橋からの景観を生かすため、舞鶴橋は色も形もすべてが控えめに、それでいて、橋自身には、自然石を使い、灯籠や高欄、中央のバルコニーなどぞろぞろ歩く人々への細かい配慮がなされている。平成3年(1992)完成。味わい深い橋だ。



呼子大橋。美しい斜張橋が海を渡り島と結ぶ

第3節 海中の難工事

黒之瀬戸大橋

9ノットの潮流に、橋脚を建てる 本四架橋への大きなステップ 黒之瀬戸大橋（鹿児島県）の挑戦

世界最長を誇る本四架橋を目指して、日本の橋梁技術は九州を舞台に多くの実験を行った。本州と四国を、瀬戸内海をまたいで結ぶこの巨大な渡海橋の建設には、鳴門海峡などの渦潮と速い潮流の中に、橋脚を



本四架橋を意識した海中工事が行われ成果を挙げた

建てるための海中工事の成否が架橋の「カギ」となる。渡海橋建設の歴史は、海中工事の苦闘史といふことも出来る。その実験橋の一つが黒之瀬戸大橋（鹿児島県）であった。黒之瀬戸大橋は、鹿児島県阿久根市と天草群島の間に位置する長島とをへだてる黒之瀬戸の海峡幅350mに架けられた連続トラス橋（架橋区間502m）である。

本土と島、あるいは島と島をつなぐ橋を架けようとする場合、場所の選定は限られてくる。当然、最も海峡幅が狭いところが候補に上る。短い距離で橋が架かる。使う鋼材やコンクリートなどが少なく済み、事業費の上からも、また支間距離が短く、海中工事などがなければ、技術面からも「適地」となる。ところが、海峡が狭ければ狭いほど、そこを流れる潮流はスピードを増している。架橋技術がぎりぎりの選択を求められる。

三大潮流の一つ

天草1号橋（天門橋）と黒之瀬戸大橋は双子の連続トラス橋として知られている。型式は鋼3径間連続トラス（101m+300m+101m）で橋長はともに502m。「黒之瀬戸は、天草1号橋のコピー」と呼ばれる。

天門橋とウリ二つ

違いは2本の橋脚が海中（黒之瀬戸大橋）に建っているか、陸上（天草1号橋）かである。この海中の下部工が「黒之瀬戸大橋の技術的挑戦」だった。

天草1号橋は、トラス橋としては建設当時（1966年）世界一の300mもの支間距離を架橋する技術への挑戦だったが、8年後建設（1974年）の黒之瀬戸大橋の上

部構造は全く同じながら、海峡幅は約50m広く、橋脚の位置が海中にならざるを得なかったのである。しかも、潮流が天草1号橋の1ノットに対し、黒之瀬戸は、比較にならないほど速かった。

不知火海と東シナ海の潮流が、この狭い黒之瀬戸を流れて流れる。最大潮流は約8ノット、干満の差最大約3.5m、古来から海の難所として有名だ。不知火海から流れ出る、あるいは流れ込む潮流は、白く、激しく波立ち、万葉の昔から、船乗り達を恐怖させてきた。

「一じゃ玄海、二じゃ千々石灘、三じゃ薩摩の黒之瀬戸」。また玄海、鳴門、黒之瀬戸の三大潮流を挙げる場合もあるようだ。

双子のトラス橋

名だたる急流の海峡に橋を架けようとするとき、いくつもの条件に制約される海中は避け、出来るだけ橋脚は陸上に建てるのが望ましい。しかし、スパン（支間距離）には限界がある。黒之瀬戸大橋の場合、中央のスパンは300mで、この300mのスパンは建設当時（昭和41年）、トラス橋で世界一のスパンを誇った天草1号橋（天門橋、連続トラス橋、橋長502m）と同じ距離である。

黒之瀬戸大橋も天草1号橋と同様、両端から約100m地点にそれぞれ橋脚を建て、3径間連続トラスに設計された。本来であれば、海中

工事は避けたい。しかし、橋脚を陸上にすると、中央スパンはさらに長くなる。やむなく、橋脚の位置を潮の流れ、海底の岩盤の状況などの条件から、施工可能な海中に位置取りした。それでも、潮流の速い、干満の大きい海中工事にならざるを得なかったのである。

実験の橋、夢つなぐ

海中の難工事

天草1号橋の場合、橋脚は海面ギリギリとはいえ、陸上部に橋脚を建設することが出来たが、黒之瀬戸大橋は、海中に橋脚を建てることになった。そこに黒之瀬戸大橋の難しさと挑戦があつたが、将来、本四架橋建設の際は、鳴門海峡など潮が渦巻く海中に橋脚を建てることになる。その先行事例としてどうしても成功させなければならなかった。ここでの技術の積みかさねが、本四架橋の成功につながるからである。黒之瀬戸大橋の下部工が、本四架橋の「実験工事」と呼ばれるのは、そのためだ。

天草五橋の2、3、4号橋も海中に橋脚を建設した。しかし、天草での潮流は0.8ノットから1.3ノット程度であるのに対して黒之瀬戸海峡の潮流は最大9ノット。鳴門海峡でも8ノットだから、黒之瀬戸海峡の潮流の速さは並ではない。ここでの技術はそのまま本四架橋建設に生かすことが出来る。

速い潮の流れ、高い波、深い海中という悪条件の中で橋を支える基礎となる橋台、橋脚を完成させるにはどうすればよいか、工事のスピードも求められる。これが設計から

連続トラス橋で橋長もスパンも天門橋とそっくり



証言 「神様、助けて」と祈る



中原康氏

福岡県出身、九州大学工学部土木学科卒業（昭和36年）
鹿島建設土木技術部技術課長などを経て、九州テクノリサーチ（株）社長、九州建設技術管理協会技術顧問（コンクリート構造物）

黒之瀬戸大橋は本四架橋をかけるための海中工事の「予行演習」のようなものだった。鋼殻ケーソンで施工するのだが、海中の工事だから急速施工で、強いもの（下部工）を造らなければならぬ。そのため骨材を大きくして（最小の寸法で50mm以上）、コンクリートが隅々まで入り込むように、確か15本の注入管、パイプクーリングしながらの徹夜工事だった。急速施工が必要だったからだ。当時

の施工スピードの5倍くらいの速さで施工した。

ところが、12月だったと思うが雷が鳴り始めた。落雷、停電ということになる。コンクリート注入工事がストップして、全部やり直さなければならぬ。「神様、助けて」と祈りました。幸い、停電にならず、事なきを得た。

コンクリートは圧縮には強いが、引張りには弱い。それで「鉄筋」を入れて、鉄とコンクリートの欠点を補い合いながら強くして橋を造る。プレストレストコンクリート橋（PC橋）で、黒之瀬戸大橋に先立って天草3、4号橋で長い中央スパンと海中工事に挑戦したわけだ。PC橋も経年劣化でひび割れ、浮き、剥落が起こり、鋼材の腐食も起こる。沖縄のPC橋は潮風にさらされて痛みが激しいし、阪神淡路大震災が起こり、名神高速道路で橋脚が倒れて、コンクリート橋の今後の課題が浮き彫りになったように、まだまだ課題は多い。

施工に至る技術的な焦点だった。検討の末、出された結論は「陸上で組み立てた型枠を一気に据え付ける」

こと、しかも「型枠が潮流や荒波に揺るがないような構造」でなければならぬ。

型枠転倒の危険

まず、海中の基礎づくりである。水深約15mに、橋脚を乗せる橋台をつくるため、海中斜面の岩層を削り、水平な土台をつくる。海上の砕岩船から重錘を打ち込み、岩盤を破碎し、クラブ式浚渫船で岩石をつかみあげるように海底から排除する。潜水夫が潜り、ズリの処理と設置面の仕上げを行う。この受台の上に鋼鉄製の型枠を乗せるのである。

毎秒3mの潮の流れ、しかも水深14・5mという条件の中で、型枠がずれたり、最悪の場合、転倒の危険さえある。このため慎重な試験工事が行われた。

本四架橋の基礎工の試験施工はほかにも、施工を確実にするため、本四架橋公団などを中心にプレバックドコンクリート工法を研究していた。この研究成果を踏まえて、黒之瀬戸大橋ではモルタルプラントの能力や注入方式を確認するための試験施工も行つて、本四架橋に生かされている。

潮止まりを狙つて

いよいよ鋼枠受台と鋼製型枠の設置である。過去の気象データから風速7m以下で晴天の日が多い10月の小潮時を選び、据え付け工事を行うことになった。まず受台は三井造船玉野造船所で製作したものを現場に

運び、上げ潮が引き潮に変わる「潮止まり」時間を待つて沈設、岩盤と密着させた。その上に鋼製型枠を据え付ける。

型枠も玉野造船所から現地に運び、1200t吊りの起重船団による据え付け作業である。このため玉野造船所を9月中旬出航したが玄界灘の強風とうねりのため、博多港に一時避難、現地到着は予定より10日も遅れ、同月下旬にずれ込んだ。型枠が大きく、突風に弱いため慎重な運搬を期したためである。

いよいよ、据え付け工事に入った。受台同様、潮止まりを待つて、釣り上げた型枠を海中におろし据え付け

本四架橋に生かされる

るのだが、潮流の速さに押されて、位置の修正が出来ず、次の潮止まりを待たざるを得ない事もあった。波は風の強弱に比例する。風と波が強い、例えば台風や低気圧の通過時には、クレーン船など作業船が揺れ、大きな影響を受ける。そのため施工期間の短縮が求められる。

こうして昭和47年5月20日に起工、2年後の同49年4月9日、黒之瀬戸大橋は開通式を迎えた。長崎の平戸大橋も同時着工していたが黒之瀬戸大橋ははるかに早く完工した。

平戸大橋のケーブルも

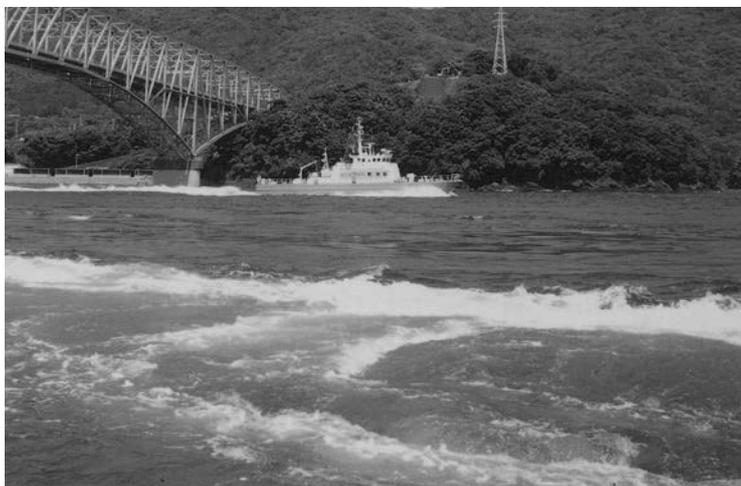
その平戸大橋も、鋼製ケーブルなど、本四架橋をにらんだ吊り橋技術の「実験」を兼ねた架橋工事であった。黒之瀬戸大橋は厳しい条件の中で海中に橋脚をつくる下部工の実験、平戸大橋は吊り橋の鋼製ロープなど上部工の実験と役割分担していたのである。九州の橋が本四架橋の原点といわれる所以がここにある。

日本だけでなく、世界で、渡海橋を中心に、長大化してゆく。橋梁技術の流れに注目している熊本大学の研究グループ(小林一郎教授)

によると、本四架橋までに建設された大阪以西の海峡連絡橋は九州・山口地方で21橋。深

水、潮流、波浪、船舶の交通などによって、支間距離、橋脚の位置、基礎の形式選定、橋桁の高さにそれぞれ材料、工法の技術を改善、向上させながら対応しなければならなかった。その一つ一つの技術の向上が、本四架橋という頂点に向かって積み重ねられていく。「ですから、個別の橋に注目するだけでなく、技術の発展を通して橋梁建設を、(一連の)群としてとらえ、評価する視点が必要なのです」と同教室で技術調査にあ

たった井芹絵里奈・国土交通省下関港湾事務所係長は指摘する。黒之瀬戸大橋は天草1号橋のコピーではなく、天草の橋梁技術の到達点の上に立つて、本四架橋に向けて、多くの挑戦を行った橋なのである。



急流渦巻く海峡での架橋工事は困難をきわめた

第4節 新天門橋の着工へ

天草五橋

天草五橋完成から45年、 新天草五橋建設が重い課題 補修時代を迎えて、財政の壁厚く

「新天門橋の完成予想図を見ましようか」。熊本県・宇土半島と天草・大矢野島を結ぶ天草1号橋(天門橋、トラス橋)を完成させた橋梁技師、

中島英治さんは、東京の自宅のパソコンで、海峡を大きな弧を描いて渡るアーチ橋・新天門橋を興味深く見ている。

天草五橋建設に携わった橋梁技師たちは、昭和41年に完成して以来、45年の歳月を経てなお、大きな交通量を「支えて」きた天草五橋の負担を軽減するための「新橋」の早急な建設を



新天門橋完成予想図(後方)

心待ちにして。長崎県の西海橋には、すぐ横に新西海橋が架橋され、若

戸大橋は2車線を4車線化する画期的な改修工事と沈埋トンネルの建設で車社会の進展に対応している。

技術者の「心残り」

天草五橋の建設が開始された昭和30年代後半は日本が高度成長の道を力強く登り始めた時代だ。担当した橋梁技師たちも、チャレンジ精神にあふれ、「日本で最初の技術」へ挑戦した。1号橋の中央スパン300m、PC橋の中央スパン160m、そして海中に橋台、橋脚を立てる基礎工事など、その後の日本の橋梁建設に大きなステップとなった「挑戦的な橋梁群」と言えよう。

しかし、当時の技術者には、心残りがある。事業費の節減に努力するため、歩道をはじめ橋の幅員を狭め、橋全体の軽量化に努めたことだ。離島に、5本もの渡海橋を一度につくる。それも有料道路制度を活用している以上、採算性の優先順位は高くならざるを得なかった。新技術に挑

みながら、一方で「安く、強い橋を造ろう」「金は使えない。頭を使え」と叱咤激励され、やりあげた仕事なのだ。

直面する経年劣化

地域社会への経済効果、島民生活の利便性の向上など、架橋の効果は非常に大きいものがあつた。しかし、構造物は、「経年劣化」に直面する。「生病老死」の言葉通り、人間が高齢化によって、病氣し、弱り、必ず終焉を迎えるように。橋もまた、点検、補修、架け替え、あるいは新橋の建設によって、旧橋の負担を軽くして、長寿化を図る道しかないのが現実である。

日本道路公団から天草五橋の管理を引き継いだ熊本県の負担は決して軽くはない。しかも、国も地方公共団体も財政難にあえいでいる。その中で、天草1号橋の横に「新天門橋」が建設されることになった。平成19年から3年間、技術検討委員会(委

員長・大塚久哲九州大学教授)が検討を重ねた結果、新天門橋は、三角と大矢野島を一気にアーチで渡る、橋長463m、アーチ支間350m、基礎は両岸ともに陸上に置くことにしている。

新旧の「天門橋」

新天門橋は、天門橋に並んで、建設されるため、新旧の橋が対比されることになる。トラス橋が描く直線と三角形の幾何学的な形式に対し、新天門橋は、天空に大きく弧を描き、対称の妙を見せる。トラスの堅く強い男性的なイメージとアーチの軟らかく女性的なイメージの対照性もあり、2本の橋が一つの構図を描くことになるだろう。これは、まず何より「周辺環境との調和、現天門橋との対比に配慮した橋梁デザインとすることにした」こと、そして「現天門橋の繊細でありながら緊張感を内在する力強さを損なわず、対比的に技術的進歩が見て取れる」(大塚教授)ような橋にしたいという設計思想が強く働いているためである。

西海橋(長崎県・佐世保市)に対して、新西海橋建設の時、新旧の対比、特に名橋として存在する西海橋の美しさを損なわないよう「そばに控える」橋として設計された。が、同時に新橋の存在感も主張しなければならぬ。ある種、ジレンマでもある。当初、9つの橋梁案が提出され、6橋に絞り、さらに、3橋が残

された。鋼トラス橋、複合エキストラードブリッジ、複合アーチ橋である。アーチ橋案は「三角瀬戸をひとまたぎする姿」、その美しさがより優れていると評価され、最終決定された。勿論、景観だけでなく、経済的、技術的優位が重視されたことは言うまでもない。

鉄とコンクリート―「三つの歩み」

特に、現天門橋が数々の新技術への挑戦を行っている以上、新天門橋は、45年間で成長した橋梁技術が込められなければならない。それは新橋が背負う技術的な責任でもあり、宿命でもあろう。

技術検討委員会は、新旧橋梁の比較として、「三つの歩み」として、次のように述べている。

「設計技術の歩み―永年にわたる数多くの実験と、研究の積み重ねにより、新技術や新工法の採用が可能になった。たとえば鋼部材とコンクリート部材を適材適所に使用した複合構造の採用により、力学合理性に優れ、初期建設コストを縮減できる橋梁を設計できた。また、風洞実験を活用して、主桁形状そのものの工夫で、耐風安定性に優れる構造とすることが出来た」

天草五橋は、3本の「鉄の橋」と2本の「コンクリートの橋」で構成されている。新天門橋は、1本の橋を「鉄とコンクリート」のそれぞれ

の特性を生かして、一つの橋が造られる。勿論、アーチ部は鋼材で作られる。コンクリートは、両端の接岸部分の、ラーメン構造の橋に使われる。鉄とコンクリートの組み合わせで1本の橋を造る。それは技術的に5橋の融合を象徴しているのかもしれない。

問題は、アーチとの「交差部」である。交差部は力の伝達に無理がなく、かつ、ある特定の局所に応力が集中するのを避けなければならぬ。しかし、実験の結果はやはり橋の仕口部に、力は集中してしまい、構造的にどう対応するか大きな課題となった。このため新しく「フィット部」を試行錯誤を重ねながら、その形を決め作ることがよって、力の集中に対応することが出来た。また、交差部の板厚は最大46mmとなつていく。接合部は26本のPCケーブルで桁と連結される構造だ。

耐震性の重視

橋の強さという点からは、最も重視されたのは「耐震性」であった。1995年の阪神淡路大震災で、高速道路の橋脚が並んでひびを屈したように崩壊した光景は、日本の安全神話の崩壊であり、土木技術の大敗北であった。その教訓は、生かされなければならぬ。地震に揺れがどのように橋梁に影響を与えるか。耐震設計はどのようにあるべきか。「震災後」の大きな変化である。

「解析技術面での歩み―ハード・ソフト両面におけるコンピュータの発達により、高度な解析が可能になった。例えば大規模地震を予測、評価して解析できるようになり、長周期化により地震力を緩和し、柔軟性を高めて、長周期化により地震力を緩和し、柔軟性を高めて耐震性に優れた構造を提案できた。これにより、現時点では日本一長いソリッドリブアーチ橋を設計できた」

第3の歩みはメンテ技術の向上である。

現天草五橋が直面しているのは、完成から45年の歳月を経て、さまざまな維持管理を迫られていることである。永年、膨大な交通量を支え続け、現在もその「老いの身」に重荷を背負っている。その姿からも、新橋は健康で長寿を全うできる新天門橋を造らなければならない。寿命(目標耐用年数)は100年である。そのためには、耐久性のある構造をもち、お色直し(塗装)をできるだけ少なくするため、最先端の「金属溶射」(吹き付け)で下地を作り、フッ素系の塗装を行い、色あせない工夫が提案されている。さらに、塗装の総面積を約5分の1に減らした造りにしている。

「保全技術のあゆみ―新材料や防食技術の進歩により、将来の維持管理費の削減を可能にした。例えば、橋を構成する部材数をなるべく少なくし、部材形状を単純化して、潮害

等に強く、維持管理しやすい構造を設計した。ちなみに、再塗装等の100年間の維持費は、トラス橋(現橋)と比べ1/5・6(67億円を12億円)に削減できる予定である」

しかし、経年劣化、特に、腐食は完璧に防ぐことはできない。このために、「水回り」をよくする構造を随所に考え、「管理維持マニュアル」を作成している。設計書と管理書が同時に作られていることは、今後の橋梁の設計技術にとって示唆するものが大きい。

新たな苦悩を背負って

高度成長期が終わり、経済は沈滞し、国も、地方も財政難にあえぐ。経済社会の基盤である橋梁など社会資本づくりでも「ムダ」論議が広がる。その中で、長大橋の架橋技術への最大の圧力は「経済性」、いかに安く建設するかである。新天門橋建設の技術検討委員会の委員長として、大塚教授は土木学会(平成22年5月)で「橋梁は他の産業製品のよりにコスト削減を何処まで達成できたかを判断するのは難しい。労働者の安全を確保すること、周辺環境に配慮すること、地球にやさしい材料を使用することなど、架橋コストはむしろ割高になっているかもしれない」と述べながら、それでもなお経済性を追求せざるを得ない、今日の橋梁技術者の苦悩を語った。



左から、戸塚氏、小林教授、八尋氏、田原氏、中山氏（後ろ姿）

天草五橋座談会

第5節 「真珠の五橋」を造る

- ◎出席者 小林一郎氏（熊本大学教授（コーディネーター））
八尋勇次氏（元日本道路公団福岡管理局調査役（天草4号橋担当技師））
田原義教氏（元住友建設九州支店土木担当部長（天草3号橋担当技師））
戸塚誠司氏（熊本県土木部長）
中山義晴氏（熊本県土木部道路整備課・課長補佐・橋梁担当）

はじめに

熊本県の天草の島々を結ぶ「天草五橋」が開通して、45年になる。孤絶した離島を本土に結ぶ渡海橋として、社会的な意義は大きい。連続トラス橋やランガートラス橋、PCラーメン橋、パイプアーチ橋など、バラエティに富んだ橋の形式はパールラインと呼ばれ、天草の美しい島と海を繋ぐと共に、5つの橋自身が観光資源となり、離島振興に貢献している。

同時に、この5つ架橋で試みられた技術的挑戦は、当時としては、「世界」「東洋」「日本」を誇り、世界一となる明石海峡大橋など本四架橋建設への重要なステップでもあった。我が国における橋梁の技術的展開、土木遺産の研究を続けている熊本大学工学部・小林一郎教授、天草五橋の建設に携わった八尋勇次氏、田原義教氏、さらに現在、天草五橋の維持管理に当たり、新たな天草への渡海橋、道路建設にあたって熊本県土木部長・戸塚誠司氏、同橋梁担当中山義晴氏に天草五橋の過去、現在、未来について話し合っていた。



八尋 勇次氏
(やひろゆうじ) プロフィール

元日本道路公団福岡管理局調査役。
天草五橋のPC橋3、4号橋の架設工事を担当。コンクリートの品質確保、ディビダーク工法による架橋などPC橋建設の先端技術を使って、完成させた。

トッピクラスの橋梁技術者が 天草に結集しました

当時の北九州高速道路4号線の奥田高架橋(門司、橋長443m)、RC(鉄

小林教授 平成23年で、天草五橋は建設から45年を迎えました。当時のトップレベル技術を駆使した橋梁群で大きな注目を浴びました。以来、45年の歳月が流れ、現在でも天草の主要橋梁として使命を果たしています。しかし当然のことながら、経年劣化や新たな課題にも直面している一方、新天門橋の建設に向けての歩みが始まっています。
こうした流れを踏まえて、本日は当時、天草五橋の建設を担当された方々、現在、橋の維持、管理をし、かつ新橋建設に向けて努力されている熊本県土木部幹部の方にご出席いただき、お話を伺いたいと思います。まず、自己紹介とご自身の天草五橋とのかかわりから話を始めさせていただきます。

八尋氏 私は昭和39年、大学を出て、

日本道路公団に入り、天草架橋事務所に配置されました。当時は下部工の工事が始まり、上部工の準備に取り掛かっている時期でPC橋の3、4号橋の担当を命ぜられました。途中から、4号橋専任になりましたが、まだ、ほんの駆け出しでしたが、上司、先輩に恵まれ現場と橋梁理論を学び、天草五橋は私の橋梁技術者としての「原点」になりました。その後、九州自動車道路の水城高架橋(太宰府市)など全国の高速道路の工事に携わり、一時期、本四架橋公団に向向、陸上部を担当しました。本日の座談会には当時の栗原利栄所長や幹部の方々に出席していただきました。ありがとうございます。多くの方々が故人となられ、またご高齢のため若輩の私が出席させていただきました。

田原氏 昭和32年、住友建設に入社、

筋コンクリート橋)を担当、その後、26、27歳だったと思いますが、天草五橋3号橋を担当。担当と言っても、命ぜられたことを走り回って、こなすのが精いっぱいでしたが、下部工、上部工、高欄の基礎まで造って、転勤。41年の開通式には出られませんでしたが。しかし、天草で「橋は面白い」ことを知り、その後多くの橋の建設に当たりましたが、一番の思い出の橋は、やはり天草ですね。

戸塚氏 熊本県庁に入り37年になりますが、その4分の3は橋梁にたずさわってきました。県庁、土木部でも、橋を中心にやっていた職員は少ないのではないのでしょうか。天草五橋に関しては、最初の出会いは小学4、5年だったかと思いますがNHKテレビで「虹の架け橋」という番組を見た記憶があります。そして中学の時、開通。遠足などで遊覧船から五橋を下から仰ぎ見たことを覚えています。

熊本県庁に入って、道路維持課にいた昭和50年8月、天草五橋が無料化になり、熊本県に移管されることになりました。建設省土木研究所の国広哲男室長(編集注:公団出向時に天草PC橋の責任者)がおおいでになり引き

継ぎの指導をされながら、設計図など1次資料を引き渡され、その時、目を通しました。その後、県内の橋梁の建設に携わり、また直接の担当ではありませんでしたが天草五橋の管理維持には関心を持ってきました。本日は中山道路整備課課長補佐(橋梁担当)も出席していますので、現状についてお話しできればと思っています。また、熊本天草幹線道路、(天草の)第2架橋の検討計画についても携わってきましたので、お話しできればと、思っています。



天草1号橋(天門橋)建設にたずさわった人々。(左上部に張り出し用クレーン)「橋人生の原点だった」と多くの技術者が回顧する



田原 義教 氏
(たはらよしのり) プロフィール

昭和13年5月18日生まれ、福岡県筑紫野市出身。福岡県立福岡工業高校土木学科卒業、昭和32年住友建設入社、以来、数多くの橋梁建設に携わる。ディビダーク工法などPC橋架橋での先駆的な施工を実施してきた。主な橋梁は天草五橋(3号橋)のほか、美々津大橋、球磨川下流(金剛橋、前川橋、南川橋)九州高速自動車道水城高架線建設に携わる。元住建道路取締役九州支店長。

「プロなのだから、仕様書以上のことをやれ」と言い渡されて

の橋が突然、5橋も登場したことは、地元のイメージを超えるもので、びっく

小林教授 戸塚さんは、熊本県の橋梁史のご専門で、(工学)博士号もお持ちです。熊本の橋の「生き字引」のような存在ですので、天草五橋建設まで熊本県下にどのような橋があり、天草五橋が建設されるまでの状況について、概略、お話しただけませんか。

戸塚氏 敗戦後、昭和20年代から30代は戦後復興のための資材輸送の必要性からRC橋が架橋されていきます。ところが、昭和28年の大水害で、白川をはじめ県北の橋梁は壊滅的な打撃を受けます。その災害復興の過程で、白川をはじめ県下の橋はRC橋、とりわけゲルバー橋へ、また、熊本市内はメタル橋と、一新されていきます。特に昭和30年代前半はメタル橋が中心で、アーチ(下路式)が造られています。しかし、大水害な

どの痛手から、熊本県は財政再建団体となり橋梁の整備は遅れます。橋梁だけでなく社会資本全体が九州各県の中で後れを取る状況で、大きな橋架橋は多くありませんでしたが、昭和38年に東洋一の中路アーチといわれた内大臣橋(これは林野庁の事業でしたが)が登場し、昭和39年には国直轄で国道3号(八代市)にPC橋「夕葉橋」が架けられました。そして天草五橋建設となっていきました。

小林教授 天草五橋がそうした状況の中で登場するのですが、1号橋がトラス橋で中央スパン300mで世界一位、2号橋がランガートラスで日本一位、3、4号橋がPC橋で特に3号橋は世界二位のスパン、5号橋は本格的なパイプアーチ橋で日本一位と、熊本に世界一位、日本一位

りしたと思います。このようにバラエティに富む橋の形式が選ばれたのは、どういいういささつがあったのでしょうか。

八尋氏 まず、天草架橋の経緯ですが、戦前から、離島であるための不便さから、何とか本土と結びたいという願望、希望がありました。昭和11年に当時の森慈秀県議(のちの大矢野町長)が、議会で天草架橋の提案をしたものの、笑い話、夢の話としか受け取られなかったということです。しかし昭和28年離島振興法が出来、同29年から30年に熊本県が調査に入れられ、同31年から発足直後の公団がそれを引き継いだ。その結果、昭和37年に着工に漕ぎつけ、41年に完成することが出来たのです。

橋の型式の選定ですが、何本かの想定されたルートから、その選定にあたっての種々の問題点などが検討されました。橋脚の位置の選定、航路の障害にならないよう、例えば1号橋は42mの高さを確保するなど各橋の条件がありますし、台風など氣象条件も考慮しなければなりません。それに、2号橋から5号橋は国立公園内ですから、景観の問題がある、などなどの諸条件が考慮され、それぞれの形式が絞られていった。

さらに、着工するには、国の事業認可が必要になります。ですから、最も安い案で考えざるを得なかった。当初、認可時には1号橋はトラス橋、2号橋もトラス橋、3、4号

橋もトラス橋、5号橋はPC橋という具合です。その後、村上永一さんから当時の日本のトップクラスの橋梁技術者による委員会や九州大学、熊本大学などの先生方で技術検討委員会を作り詰めてゆき、最終的に現在の橋の型式が決まったと聞いています。余談ですが、事業変更で、予算(事業費)が増えるのは厳しかった。当時、大蔵省の担当官の話では、人口1万人につき1億円が限度で、それ以上になると大蔵省は認可しないということでした。当時、天草島民は約24万人と聞いていましたので、24億円程度ということ、厳しい面がありました。

小林教授 有料道路方式で、しかも、ざりざりの予算の中で先進的で、斬新な形式の橋を5つ並べる、しかもスパンをこれまで以上に伸ばしたい。そのような技術的冒険にも挑戦している。今では安全第一で、なかなか冒険をやらなくなっていますがね。

八尋氏 当時、スパンが10m伸びたら工事は2割がた難しくなる、と言われていましたし、大学の講義でもPC橋のスパンは100mぐらいが限度と教えられていたのです。それを160mに、一気に飛躍して伸ばし、それをドイツのディビダーク工法を使ってやる。この工法は当時我が国では、住友と鹿島の2社だけが特許を使える権限を持っています

た。この工法のベテラン専門技術者が天草にやってきて、施工したのです。

田原氏 当時の（住友建設の）所長の今井勤さんは「コンクリートの標準仕様書通りやれば、この工法を知らない素人でもできる。君たちはプロなのだから書いてあること以上のことをやらなければならない」と言い渡されていました。ともかく、このPC橋は長くもたせるため、亀裂や腐食などを起こさせてはならないと厳しく言われていました。そのためには、コンクリート自身の品質もですが、何よりコンクリート打設に苦労しました。

上部工では鉄筋、鉄骨が張り巡らされ、その隙間に固練（かたねり）コンクリートを入れ、締め固める。大変な作業でした。しかも、橋脚の

新天門橋は先端技術を 使って架橋すべきです

と、特製の強制攪拌プラントを設置しました。そのプラントから200mまで



張りめぐらされた鉄骨の間にコンクリートを入れるのは大変な作業

ところでは桁高が10mもあり、投光器で照明して、ともかく丁寧に施工しました。当時は、固練りコンクリート用のミキサーは普及しておらず、特製の強制攪拌プラントを設置しました。そのプラントから200mまで



戸塚 誠司氏
(とつかせいじ)

プロフィール

熊本県土木部長。熊本大学土木工学科卒業、昭和50年熊本県庁入庁、道路建設課橋梁係長、道路整備課長など。この間野釜島離島架橋、奥阿蘇大橋、大浜橋などの架橋工事、熊本天草幹線道路、御所浦架橋、新天門橋などの架橋事業に携わる。

熊本市が政令指定都市に昇格（平成24年4月1日）した。人口73万4000人。福岡市、北九州市に次ぐ3番目。

その熊本市には「都市の門」ともいうべき橋があった。市のシンボルの存在だった。ここに一枚の絵葉書がある（写真）。昭和2年（1927）完成の旧長六橋で、「熊本市の門」にふさわしく、極めて装飾性が高く、凱旋門的だという評もある。昭和28年の大水害でも白川に架かる橋で唯一、生き残り「流れない橋」として市民の信頼を得ていた鋼アーチ橋（トラスドリブ・タイドアーチ）。平成4年（1992）解体され現在はコンクリート橋に様変わりしている。当然、保存運動がおこったが、老朽化による廃橋の運命をたどった。市民に惜しむ声が大さかったのはこの橋が熊本市の歴史を物語る「シンボルの存在」だったからだ。加藤清正によって、初代の長六橋は慶長6

長六橋（熊本市）—都市の門、 シンボルとしての橋



ゲートのデザイン、旧長六橋。現在はコンクリート橋に

年（1601）に架けられた。熊本城下町から薩摩街道、日向往還に通ずる「南の口」として造られ（木橋）、西南戦争では西郷隆盛率いる薩軍がこの橋を突破して、城下に攻め入り、攻城戦を繰り広げた。

しかし、木製の長六橋は白川の氾濫のたびに流失、流れない橋を目指して「鉄の橋」として新しく造られた。絵葉書にあるように電車が走り「熊本の門」として、また軍都・熊本の門として存在感のある橋となっていた。



中山 義晴氏
(なかやまよしはる) プロフィール

熊本県土木部道路整備課課長補佐
 (橋梁担当)
 佐賀大学土木工学科卒業、昭和57
 年熊本県庁入庁、天草地域振興局
 維持管理課など。天草5号橋補修
 工事、県橋梁長寿命化修繕計画策
 定、新天門橋などの架橋工事に携
 わる。

メタルアーチとPC橋の接合 をちゃんと造るかがポイント

田原氏 ドイツ
 の会社(デッ

小林教授 PC橋のデイビダーク工

はレールを敷設して、台車の上にバ
 ケットを乗せ、手押しで移動して架
 橋部まではケーブルクレーンで運搬
 しました。ところが、固練りのため
 コンクリートがバケットから落ちな
 いため、パイプレーターを併用する
 など改良を重ねようやく成功しまし
 た。パイプレーター(径75mm)はメー
 カーと共同開発し、シャフトも自由
 に伸縮できるように改良され、スミ
 ずみまでコンクリートが十分、充填
 できるようにになりました。これに
 よって強度、耐久性、水密性にすぐ
 れたコンクリートの施工が出来たと
 いう自信がありますね。

法では張り出してゆくとときの「たわ
 み」をどう勘定に入れるかが重要で
 すね。

田原氏 施工にあたってはコンク
 リートの打設時、プレストレス導入
 時ごとに測量し設計通り「上げ越し」
 が出来ているかどうかチェックしま
 した。PC工法については、神奈川県
 の「嵐山橋」が皮きりです。とに
 かく、この工法で「橋梁の住友」と
 言われるように実績を積み上げ、力
 を入れていました。本社にプロジェ
 クトチームを作り、天草五橋後にな
 りますが「PC施工の手引き」を作
 成しました。各支店に設計担当が来
 て問題を洗い上げてゆく。特に「上
 げ越し」については、現場では神経
 を使いました。

八尋氏 施工者は、経験豊かな人々
 で安心していま

カーホフ・ウント・ブイドマン社)の
 技術導入にあたっては条件があった
 そうです。PCに使用する鋼棒が日
 本で製造できるかどうかでした。住
 友電工に試作研究を依頼し、PC鋼
 棒(27mm)の製品化に成功し「嵐山
 橋」が第1号のPC橋になったので
 す。それまでの鉄筋コンクリート橋
 の最大径間40mをはるかに超える51
 mを実現しました。天草架橋では33
 mmの鋼棒を使い径間をさらに伸ばし
 たのです。

八尋氏 1ブロック(約2〜3m)
 張り出すごとに、「たわみ」を計算
 して、最終的に「結合」に持ってゆ
 くのですが、その「たわみ」は橋自
 身の重量(死活重)とクリップ等によ
 る「たわみ」を計算して、あらか
 じめ上方に「上げ越し」してゆく。
 クリップ量はスパンの中央で計算
 上、3号橋では18cm、4号橋は17cm。
 さらに、陽に照らされると橋の上下
 に温度差が生じ、桁が下がる。最高
 で10度差があると、5cm位下がります。
 このため、計算上の上げ越しに
 「美観上の上げ越し」として、10cm(4
 号橋)〜15cm(3号橋)加算して決
 めました。橋の中央が下がると美感
 上も見苦しいし、車の走行上も支障
 が出てきますからね。

橋の完成後、10年までは「たわみ」
 の測定を行ってきましたが、計算値
 よりやや大きめに出ていますが、現
 在でもきれいなカーブを描いており
 安心していきます。なお、高速道路で

は中央の継ぎ目があると、走行車両
 に衝撃がありますから、あまり採用
 されていません。速度40km程度の一
 般道路なら支障は少ないと判断され
 ました。

小林教授 両方から張り出して、中
 央径間で「結合」するとき、「自信」
 はありましたか。

田原氏 私たちが、最後の中央径間
 の結合作業をしているとき「地震」
 がありましたね。落橋するのではな
 いかとボックスの中を逃げました。
 鉄筋がガタガタと大きな音を立て、
 上下に10cmは揺れたのではないで
 しょうか。震度3〜4だったと思っ
 ます。

小林教授 「自信」ではなく、地震
 があったのですね(笑い)。

田原氏 熊本県さんに伺いますが、
 3、4号橋の現状はどうでしょう。

中山氏 3号橋は全く問題はありま
 せん。4号橋は一部に塩害が見られ
 たため対策がとられています。4号
 橋に普通セメントが使われたと聞い
 ています。

八尋氏 PC橋では通常早強セメン
 トを使いますが、コンクリートの継
 ぎ目に小さな(1mm程度の)ひび割
 れが出来たので、一部は普通セメン
 トに変えたと思います。なお、開通



小林 一郎氏
(こばやしいちろう) プロフィール

昭和51年(1976)熊本大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻修了、同助手、フランス国立リヨン中央工科大学客員研究員、平成9年、熊本大学大学院教授。熊本駅周辺地域都市空間デザイン専門会議委員、九州整備局・景観検討システム委員、白川「緑の区間」利用検討委員会委員長、国交省・曾木の滝分水路景観検討委員会委員長、主な著書「風景の中の橋」「建物の見方、しらべ方」「風景のとらえ方・つくり方—九州実践編」ほか多数。

挑戦的、献身的、牧歌的。 モノづくりに必要な技術です

者として手前
味噌な話です
が「いい監督
員と施工者が

後も建設関係者でつくる「天草会」
で2〜3年おきに点検し、移管前の
10年目にもやりました。



45年たった現在も「全く問題なし」の3号橋

中山氏 4号橋についても大きな問題は今も生じていません。以前は、点検管理と熊本県弘済会が、清掃もかねて実施しており、県はその点検結果を確認していました。検査路に入った県職員は私が最初と言われたほどで、それほど安心していただけのことです。「たわみ」についても、当初より、施工者の方で定期的に観測しており、平成10年にも行われたと記憶しています。コンクリートは非常に良い状態で、ち密に打たれていると感じました。

八尋氏 PC橋ではなんとといってもコンクリートの品質が命ですから。ドイツ製の強制攪拌型のミキサーを導入したのですが、なかなか強力で早く、安定性がありました。また、骨材は、球磨川の天然砂利を使っています。発注



床版のためのコンクリート打設 4号橋

いれば、良い橋ができる」と先輩たちには言われましてね。天草は100年もたせる。本四架橋は2000年と言っています。

田原氏 当時は、生コン車も普及していなかったし、今のようにJIS検査がやかましいわけではない。自分で管理をきちんとやることでした。コンクリートをきちんと打つ、「かぶり」をとり、隅々までしっかり、コンクリートを充填しました。塩害を防止し、錆が起きないように、またメンテの手間を少なくするようにする。何しろ初めての仕事でしたから、労務者まで徹底したのです。

小林教授 天草では、海中基礎づくりをおやりになっています。川と



海中での爆破。10m以上の水煙が上がった

違つて、離島架橋の場合、潮の流れがあり、干満がある。深さ10〜20mの場所でしたが、そこにどのようにして基礎を建てるか。幸い、潮流は比較的緩やかだったようですね。

八尋氏 潮流は2〜3ノットでした。しかし、干満の差がプラスマイナス2.5m。これが大きかったですね。それに基礎を置く岩盤が傾斜しておりその岩を水中で掘削して、ケーソン、プレパクトコンクリートで行うということが最終的に採用された工法です。

田原氏 傾斜している岩盤を水平にするため、掘削するのですが、岩盤に掘削槽上から削岩機(エアトラックドリル)で穴をあけ、径5cm、長

さ30cmのダイナマイトを削孔の深さごとに縦に数本連結して、一斉に爆破する。それでも「小発破」でしたが、10m以上の水煙が上がりが、びっくりしました。その時、漁船が爆破と共に浮きあがってくる魚を狙って、あっちこちから集まってきていた。発破をかける時間は海上保安庁が厳しく制限していますね、爆破の間は当然、船の航行は全面ストップです。

八尋氏 何しろ日本で初めての工事で、初めて作った移動足場装置ですが、移動が難しかったようで、2、3回ひっくりかえりましたね。また、今のように海中ビデオは撮影できませんから、海中の工事の出来上がりがどのようなになっているか心配の種でしたが、測量、潜水夫の目による確認、写真で確認しました。



エアトラックドリルでの海底掘削

小林教授 岩盤を水平に削って、ケーソンを置き、プレパクトコンクリートを打って行く作業になりますね。

田原氏 ケーソン枠はフロートリングクレーン（70t吊り）で、据え付け橋脚位置に水平に置くのが、難しく傾かないように、びったりといかななくてはならないのです。プレパクトは、砂利を入れてモルタルを注入するのですが、モルタルが海中に逃げないように、鋼枠底の周囲に土のうを積みました。陸上で何度も試験を行って、施工しました。モルタルが、均等に、充分、充填されることが大切で、私はその検測係をしました。モルタルの中に検知器を入れ、監視するのです。

小林教授 天草五橋で使われた技術は、さらに上を目指すことを視野に入れて使われた技術と、誰もが使えるものとなった、広げる技術があると思うのですが、プレパクトコンクリートは中小の橋梁で広く使われ、貢献していますね。さて、天草五橋は完成から45年。メンテの現状について、うかがいます。

中山氏 PC橋についていえば、いいコンクリートを打っていると思っっています。特に肝心なところはしっかりやっています。メタル橋に比べれば、PC橋はこれまでのメンテ費用が少ない。特に3号橋は

優等生です。が、鋼橋は、例えば1号橋では塗装費用が1回当たり2億5000万円程度に上る。パイプアーチ橋の5号橋は点検で側径間のゲルバー部等に亀裂が見つかり、これを機会に耐荷力と耐震性向上のため大規模改修を行いました。パイプの中に新規以来、30年ぶりに入った時の事ですが、まだペンキのにおいが残り、とてもきれいで、土足で入るのがためらわれ、靴を脱いで入ろうと思っただけです。

田原氏 3、4号橋共にメンテ費用があまりかかっていないと聞いて、うれしく思います。しかし、重いコンクリート橋が100年近く、同じように骨材を入れてコンクリートを造り、架橋してゆく同じような施工が行われていて、ちつとも進んでいない。橋の荷重（重量）の85%を占めるコンクリートをもう少し軽くして、費用も安く上がるような技術の革新を期待したいですね。

小林教授 天草五橋はその後の離島架橋にどのような影響を残しましたか。

戸塚氏 天草五橋の完成後、昭和40年代に天草には橋梁建設が一気に広がりました。勿論、五橋はあれだけの規模ですから、それを追い越す橋はありませんが、それまでは渡海橋の経験はなかったもので、その実践データは役に立ちましたし、有力な



連結部でのコンクリート打設

ヒントにもなりました。何より、やれるという気持ちがあぐつと前に進んだと思います。また、離島振興法上の橋として全国に架橋が広がり、離島に元気を与えたと思います。

八尋氏 親戚が天草に隣接する鹿児島県の長島にいます。あそこに黒之瀬戸大橋が出来て本土と結ばれ「(台風の時でも)いつでも本土に行け、気持ちが一体化した」と話していました。島原半島と結ぶ3県架橋の実現は現時点では問題が多いようです。私はず長島と天草の下島を結ぶ2県架橋を先行すべきだと思います。今、大矢野島は天草五橋で大きく開発されていますが、下島はまだまだ。2県架橋で地域おこしが活性化し、地域格差の解消、観光

振興につながると思います。

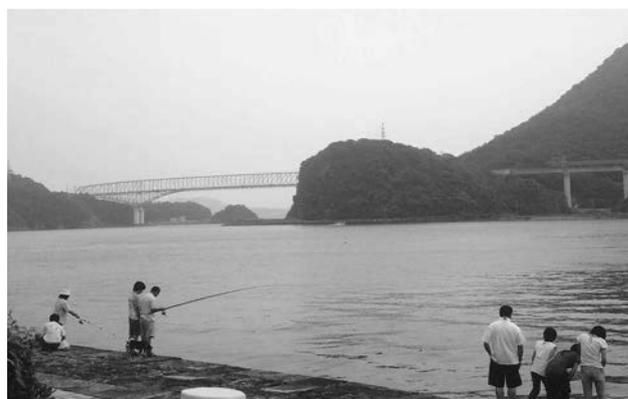
小林教授 天草五橋は国立公園の中に架けられた橋ですから、十分な景観配慮が必要でした。

八尋氏 景観の問題については、デザイン、意匠の権威、岸田日出刀東大教授を委員長とする審美委員会での検討をされたのです。

小林教授 天草五橋は国立公園内に2号橋から5号橋が一つのライン上に収まり、一連で島を繋ぎ、よく考えられた橋梁群と言えます。熊本方面から来る人は1号橋である天門橋の「門」をくぐり、庭に入り、2号橋の玄関を通過する。そのままスーと天草に入る「流れ」はとても良い。赤いパイプアーチ橋の5号橋はとても強い。自然が主役というより、橋が主役で、もつと自然に合わせた方がよいと思う。決して批判するわけではないが。ところで、戸塚部長から新天門橋の建設について、お話を伺いたい。

戸塚氏 熊本天草幹線道路計画というのがあって、熊本市と本渡間は現在では2時間半かかりますが、これを県都・熊本市まで90分で結ぶ構想が出ました。すでに、約70kmを地域高規格道路としての指定を受け、宇土半島の32kmは、国が国道57号として整備、天草の38kmは熊本県の施行

ものづくりの教科書に



国立公園の中。景観とマッチした1号橋

となつていきます。天草5号橋を渡つて、松島から旧有明町までのうち3.3kmは有料道路としてすでに供用、残りは無料の道路として供用しています。新天門橋は橋長463m、中央スパン350mを予定しています。2号から5号橋までは調査区間にもなつておらず、事業費の確保が難しく、財源も含めてこれらの第2架橋をどうするか悩んでいるところです。

小林教授 新天門橋は事業化されるのですか。

戸塚氏 これから工事に入つてゆくところです。我々は現橋(天草五橋)の技術的なチャレンジ精神を忘れてはならない。新天門橋は先進技術を使つて架橋すべきだ、と考えています。ソリッドタイプのメタルアーチ橋で、両端をPC橋で作る「複合橋」としていることが大きな特徴と考えています。5年間程度で完成させたいと。その5年分の予算の裏付けが見通せる段階で第一歩を踏み出したと考えています。

中山氏 メタルアーチとPC橋の複合構造をはじめ新技術が使われまくる。コンクリートの重さと軽くて粘り強い鋼橋との複合で、この2つの素材の特徴を活かすことが重要だと思います。その接合部分をいかに、ちゃんと造るかがポイントです。

小林教授 天草五橋完成から50年目に、新天門橋が完成するとうれしいですね。新天門橋も天草への「門」ですから、天草に来たぞという感じをどう出すかですね。

八尋氏 長崎の西海橋と新西海橋はお互いに見える距離に離れており、それが技術的にも景観上からもよいといわれていますね。新天門橋はどうなりますか。

戸塚氏 三角側から逆八の字に並びます。2つの橋が並ぶと、風の影響

が変化しますが、模型を実験で監査しこの問題はクリアしています。2号橋から5号橋についても並行して架橋するとき、その構造形式、景観との調和などが大きな課題となります。新旧の天草五橋の構造的なバランスをどうするかも、大切なことだと思います。

八尋氏 第2の天草五橋も我々が生きていく間に完成するといいたいですね。船乗りは帆船(操作)から始めています。天草五橋は、過去の一時代の橋梁技術の古典的な存在になつてきて、若い人たちは天草五橋が橋梁技術のチャレンジ精神で造られたことをあまり知らない。新天草五橋は、思い切ったチャレンジ精神でやってほしいですね。

小林教授 天草五橋が一時代の良質な土木技術の集積であり、コンピュータもなく手計算で、構造解析にも苦労された。また、職人のリベット打ちやコンクリートの打設など、いい意味で「人間力」の集積でもある。決して簡単にできた橋ではない。「挑戦的であること」「献身的であること」「牧歌的であること」。すべて現在の土木から絶滅しそうな、モノづくりに必要な技術であると思いません。若い人はこの天草五橋を「モノづくり」の教科書として勉強の対象とすべきだと思いますね。

座談会を終えて

司会をしていただいた小林教授に今後の展望を含めて聞いた。

熊本大学工学部教授

小林一郎氏

——天草五橋が完成して45年、その橋梁技術は、その後の日本の橋梁技術の展開に大きな役割を果たしました。

小林教授 確かに天草五橋が果たした橋梁技術の起点としての役割は大きいと思いますが、その後の技術の展開について必ずしも「長期的展望のもとで」技術展開が出来たかと言えば、必ずしもそうとは思えない。例えば、フランスでは世界一の橋梁技術を役所内で引き継いでいる。およそ10年単位で技術の成長をストックしてゆくため、技術者、職人労働者に仕事を与えて技術の断絶を防いでいる。一方、日本はその意思がぼんやりして、明確な筋道になっていない。確かに若戸大橋は我が国の吊り橋の起点ではありますが、本四架橋を最初から意識してはいないと思います。関門橋でようやく、明確にその先のイメージに本四架橋ができてきたはずです。

——しかし、海を渡る橋として、天

草五橋はさまざまな新技術を試している。

小林教授 1号橋（天門橋）で連続トラス橋として世界一の支間に挑戦しているし、2号橋（大矢野橋）のランガートラス、3号（中の橋）、4号（前島橋）のPC橋、5号橋（松島橋）のパイプアーチなどいずれも、それぞれの形式で、当時世界有数の長さです。渡海橋として試せるものは最初に試そうとした気概は感じますね。当時の道路公団の組織が先兵として、挑戦的な技術開発を進めていた。各橋とも「世界有数（の技術）」橋をやりたいという戦後の「夢の実現が出来た時代」の作品と言えるでしょう。技術者集団としての道路公団の価値を再評価すべきではないかと思えます。

——具体的には。

小林教授 1号橋の連続トラスでは高強度鋼材のほか、リベットだけでなく高張力ボルトの使用など、地味ですが、着実な技術革新をやっていますし、2号橋では、スパンが長くなると横だおれの危険があるアーチを狭い幅員でどこまで可能かを探っていますし、3、4号橋ではコンクリート橋を渡海で架けられるか、つまりどこまでスパンを長く取れるかに挑戦していますし、5号橋では橋にとって一番怖いねじれに強いパイ

プを使っている。しかも運搬しやすいうように短いパイプをつないでいる。

——3、4号ではドイツの架橋技術を試していますね。

小林教授 フォルバウワーゲンによる施工ですね。橋脚の両端から「ヤジロベイ」式に桁を伸ばして、最後に閉合する施工法です。おそらく都市部での橋梁施工が今後多くなることを見越して、万一、何かが落ちても大丈夫な海上での架橋で実験したのでしょう。

未来への確かな道筋を

——下部工、基礎工事ではどうでしょう。

小林教授 海中の基礎部分の地形が傾斜しており、それをどう「更地」にするか。海中での工事ですし、海流もある、船も航行する。そうした条件の中での工事なので、いろんな挑戦をしている。潜水夫をもぐらせ、海上のフロートと共同作業で発破の穴を掘り火薬を詰める。そして発破をかけるなど、細かい工夫を挑戦的にやっている。その他、いろいろな施工法を工夫している。これらのことは、直接的ではなくても、世界一の吊り橋実現のための「広くて細かな」技術力養成に繋がっています。

教科書さえあれば橋が架かるのではありません。まずやってみて、それぞれの技術の得失を体感し、共有することが大事です。

——若戸大橋、関門橋、本四架橋へと続く吊り橋と共に、その他の橋を建設する技術の原点が天草五橋にあるわけですが、本四架橋の後は日本ではなかなか架橋のチャンスがない。

小林教授 架橋のチャンスは作らねば、ありません。フランスでは30年くらい前から、橋梁は「輸出品」です。橋の形式だけでなく、施工法も新しい工夫をしるなど努力目標を示してチャレンジさせる。そのためなら設計変更も認める。いろんなタイプの新形式橋を造って、展示場にして外国の顧客を招いて、形式の新しさ、コストの安さ、デザインの美しさを売り込む。当時の技術者には「これだけやれば、日本に勝つ」と檄を飛ばしていました。

日本では、本四架橋で沸き立っていた時代。よその国では、冷静に「次の一手」を考えていました。本四架橋以降、橋についての戦略がなく、技術開発も表に出てこない。世界一だけが技術革新に繋がるのではなく、足腰を鍛錬するような「広くて細かな」技術の開発は極めて重要です。橋にとっては、世界で一番でなくても構わないと思います。この意味でも、天草五橋の回顧は大変有意義なものだと思います。

第2章

九州山地、最大、最後の難関を突破する —九州自動車道、肥後・加久藤トンネル

九州自動車道の最大、最後の難関は、八代—えびの間の山岳道路建設であった。肥後トンネルなどでは中央構造線をはじめ、多くの断層、破碎帯、石灰岩層との悪戦苦闘が、加久藤トンネルでは「水瓶」のような火山岩層などからの大量の湧水との「格闘」が続き、合計24のトンネル、54の橋梁建設に、昭和42年の基本計画の決定から、突破まで37年の歳月と、2000億円もの事業費を要している。それは、まさに「人と技術と情熱の物語」であった。

九州自動車道の4車線全面開通は、平成16年12月。これで、北九州—鹿児島・宮崎間の約350kmが高速道路で結ばれ、青森から鹿児島までの2150km、日本列島縦貫高速道路が完成したのである。九州自動車道は昭和46年6月、植木IC—熊本IC間が開通、平成23年で40年を迎えた。全区間交通量は一日約4万台、鳥栖—福岡間は同10万台に近く、基幹高速交通網となっている。

第1節

肥後トンネル

- ① 厚い壁は破られた—土木史に残る23のトンネル掘削
- ② 中央構造線を突破する—未知との遭遇
- ③ 急峻V字谷に挑む—54本の橋脚建設
- ④ インタビュー

藤井崇弘氏「肥薩貫け大いなる道」

コラム①「忘れてはならない人々」

②「日本道路計画の歩み」

第2節

加久藤トンネル

- ① 最後の壁に挑む—「水がめの底を抜く」
- コラム①「貫通から102年—矢岳トンネル」
- ②「世界でも珍しいループ」
- インタビュー 財津勝氏「大量湧水との格闘」
証言 原田一男氏「水が大雨のように」

第3節

自然との闘い

- ① 安全快適のために—雨と風との見えざる苦闘
- ② 快適さの追求—旅の演出

コラム①「現在も続く霧島の火山活動」

第4節 進化したNATM—東九州自動車道 ルポ①②

コラム①「小説の中のトンネル掘削」

②「人柱」ゼロへの挑戦」

第5節

座談会 肥後・加久藤トンネル「中央構造線を突破する」



鮎尾トンネル登俣第1橋の工事現場
左下には大口径の深礎(直径10m)と高い橋脚を建設中。ダイナミックだ



プロジェクト九州

第1節 厚い壁は破られた

肥後トンネル①

土木史に残る苦難の掘削 23の山岳トンネルをNATMで施工を貫く 断層、出水、石灰岩洞穴との「技術の戦い」

「プロジェクト九州」であった。

日本列島を縦断する中央構造線。紀伊半島から四国の吉野川、そして周防灘を渡り、大分県・臼杵から九州を斜断、熊本県・八代に至る「大断層」（臼杵―八代構造線）を形成している。この臼杵―八代構造線に加えて、幾重もの構造線が走っており、1000m級の高い山がそびえ

沖繩・山口9県の選手たちは、この道を前半戦の勝負どころとして、必死の挑戦を行ってきた「心臓破り」のコースなのだ。

また、八代から人吉に抜ける球磨川沿いの道路（一般国道219号）は狭く、川岸すれすれを縫うように、落石と急流・球磨川に神経を使いながら、走らねばならなかった。しかも、台風や集中豪雨

たちはだから中央構造線

る九州山地と幾つもの深い谷川を支流に持つ急流・球磨川が山々を裂いて流れている。

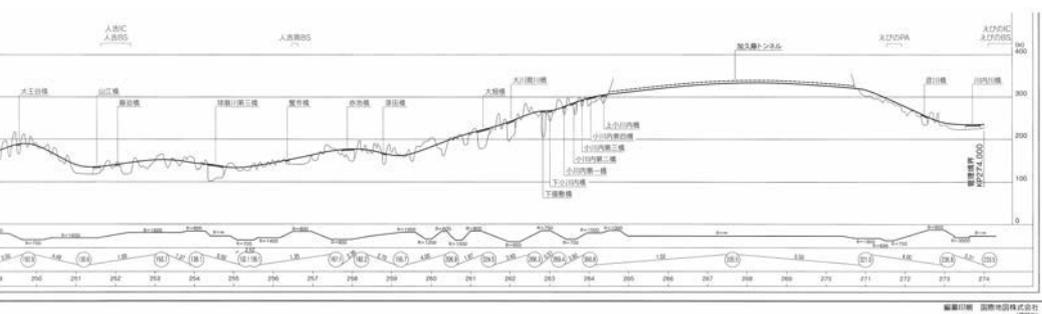
かつては熊本から鹿児島に抜ける道路（国道3号線）は「三太郎峠」と呼ばれる厳しい3つの峠（赤松太郎、佐敷太郎、津奈木太郎）を上り下りする難所だった。昭和30年代、新しくトンネルや橋が架けられ、大きな道路改修が行われたが、それでも、毎年秋、九州一周駅伝で九州・

いた。

九州南北を分断する障壁

鉄道、一般道路に加えて、高速交通網の主役である、九州縦貫自動車道を求める声は九州南北の人流、物流の強化の上から切実であった。関東、関西の市場により早く九州の物産を運び、かつ北部九州と一体的に発展するには、欠かせない社会資本

構造線位置図





上からは豪雨のように、切羽からは大量の水

なのである。北九州と鹿児島、宮崎まで九州を縦断する高速道路建設には、八代―人吉間を遮るこの九州山地を、全国的にもまれな急峻な山とV字谷にトンネルと橋梁を主体にした山岳高速道路を建設して、突破しなければならなかった。しかし、通常の山岳道路を建設する以上の「障壁」がここには存在した。地質構造である。

地層はほとんどが中生紀の砂岩、頁岩、礫岩からなる四十層群、それに、古生代の粘板岩、砂岩、チャート（注1）、石灰岩からなる秩父層からこの九州山地は出来ている。秩父層にはかつて海洋プレート移動時代に、海底で生長していたサンゴ礁などの石灰質堆積物が沈み込んで出来た石灰岩（注2）が隆起、造山している。その石灰岩は九州の東側で

大分県・津久見で採掘とセメント生産が行われ、中央部では宮崎県・五ヶ瀬町の白岩山などの山頂を形成、さらに肥後トンネルが掘削される西側の山地には球磨川沿いの観光スポットとなつている鍾乳洞（熊本県球泉洞）がある。「自然が掘削した」石灰岩の洞穴である。

八代―人吉間（38.5km）を抜けるには、こうした複雑な地形と地質を克服して23のトンネル（総計約18.3km）の建設が必要だった。九州縦貫道は総計32のトンネルを持つがこの区間を除く約300kmでは9トンネルしかない。約35kmに1本の計算だ。同区間に、いかにトンネルが集中しているかが分かる。全国的にも例のないトンネル山岳ロードと呼んでもよい。

23本、どのトンネルもそれぞれ厳しい条件をもち、難工事だったが、特に肥後峠（標高840m）を抜く「肥後トンネル」の掘削工事は、難関中の難関だった。トンネルを掘削する場合、最も大きく影響されるのは地層である。断層や、横圧力を受け地層がひだのように曲がる「褶曲」などの地殻変動によって地山は強度が非常に低かったり、地下水を大量に溜めこんでいたり、軟弱地層だったりする。

肥後トンネルの場合、中央構造線のほかにも多数の構造線が集中、地層の横転、逆転まで見られた。最大の問題は軟弱な地層と石灰岩の空洞、

そして湧水である。延長6340mに及ぶこのトンネルルートは中央構造線による断層で破碎されているほか、大小さまざまな断層が重なっている。断層による破壊面に沿う岩石は強度が非常に弱くなり、粘土状に

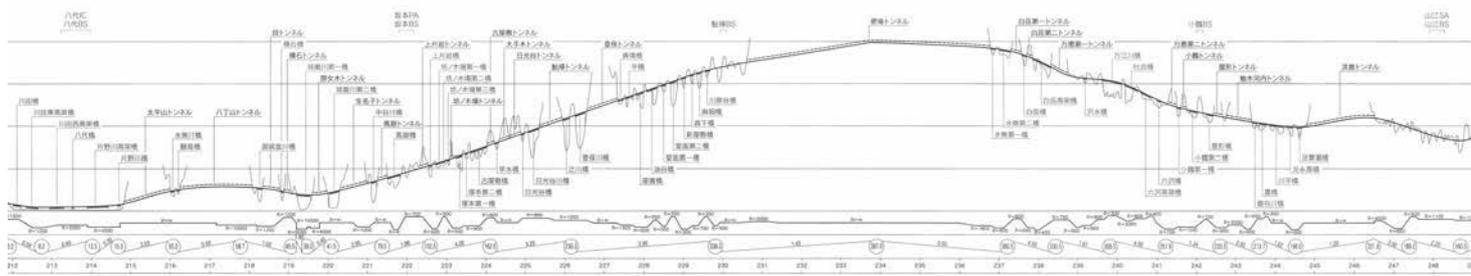
断層破碎帯との苦闘

○地図の説明

八代―人吉間の山岳道路ルート距離は、38.5kmだが、ほとんどが険しい山地と急峻な谷で、23本のトンネルが建設され、その総延長は18kmにも及んでいる。地質は、当初予想された以上に複雑な断層、地質が交錯して非常に悪く、事前に計画された設計、工法は次々と変更を迫られた。

トンネル掘削だけでなく、54もの橋梁架設も深い谷間での下部工、急斜面での道路建設など難工事の連続だった。難関克服のため開発され、改良され、磨き上げられた掘削、架橋の技術は、その後の山岳高速道路をはじめ第2東名、名神高速道路建設へと引き継がれ、また環境保全、事業費の縮減を実現した世界に誇る日本の技術として継承されている。

トンネルと





堅固さを強調する肥後トンネルの坑門

なったり、角礫状になるなど、一層軟弱になる。こうした不安定さのほか地下水の「通り道」となりやすい。掘削工事は、ほぼ全長にわたって、断層破砕帯を中心にした大量の湧水との闘いだった。肥後トンネルの八代側工事は本坑とパイロット坑を同時掘削でスタートした。先行させたパイロット坑は地層調査だけでなく、水抜きも期待しているのだが、本坑でも大量の湧水に見舞われた。1分間に最大25tが噴き出てくる突発湧水など、異常な量の出水が続き、切羽が崩れることもしばしばだった。

大量の湧水に遭遇した場合、「水抜きボーリング」を、まず行う。パイロット坑、本坑共に水抜きボーリングがおこなわれた。それでも出水が続く場合、新たに「水抜きトンネル」を掘らなければならない。肥後

トンネルでも航空写真撮影も含めた詳細な調査を行った結果、行く手にはいくつもの大規模な破砕帯が待ち受けていることが分かったため、地質確認と水抜きを合わせて行う小トンネル（小断面先行導坑、延長約1700m）を掘削することになった。パイロット坑、ボーリング、さらに水抜き用トンネル。これによって、湧水処理がようやく可能になるのである。

湧水は掘削作業の「難敵」である。湧水が多いと地山が当然のことながら劣化する。劣化すると、切羽が崩れやすくなり、トンネル崩壊につながりかねない。吹き付けコンクリートやロックボルトなどの地山を安定させるための支保

も効果を挙げにくくなる。吹き付けコンクリートはがれたり、崩落もする。ロックボルトの充填コンクリートも固まりにくい。このため、薬剤配合を工夫して混入させ、凝結を早めるなど、苦闘の中で、多くの技術的進展が見られた。

断層破砕帯をはじめ変化の激しい特殊地山に加えて、地質の中でも特に難しい岩層がある。石灰岩層である。秋吉台、平尾台など石灰岩地帯には、鍾乳洞が存在するように、掘進を進めれば「空洞」と遭遇する可能性は大である。石灰岩は水に溶け空洞ができやすく、出水することが予想され、厳しい工事となることを

空洞と湧水の石灰岩層

覚悟しなければならぬ。この肥後トンネルの人吉側も坑口から1300m付近まで石灰岩を中心とした地質だった。文字通り、空洞であればともかく、大量の地下水を溜めこんでいると、突発的な湧水、土砂の流出に拠って作業中断、悪くすれば事故につながりかねない。

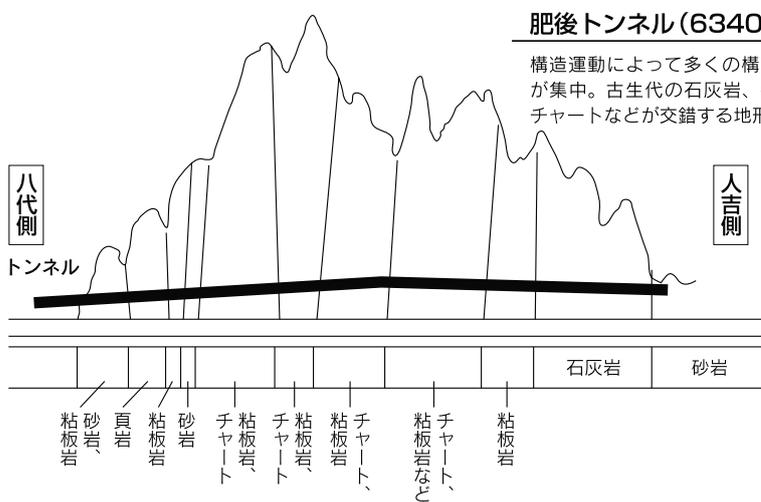
実際、肥後トンネル南側（人吉側）では本坑で21か所、パイロット坑で24か所、計45か所の空洞が見つかった。最大の空洞は坑口から800

m地点で、高さ5m、奥行き20mもあり、下を川のように水が流れていた。

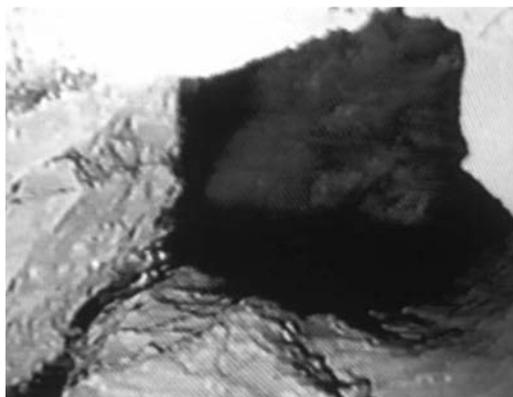
現われてくる空洞は一様ではない。空洞の存在を調査ボーリング等で事前に確認し、作業カードを確保しながら、なにより作業員の安全を第一に進めていった。空洞の処理には、それぞれの形態に合った対応メニューを作り、遭遇するたびにその空洞の形態に対する適切な工法を検討、実施した。基本的には、空洞が再び水をためこまないように、入り口にコンクリートを打設し、エアモルトを注入して、塞ぐのである。それでも、不安は残る。どこに空

肥後トンネル(6340m)

構造運動によって多くの構造線が集中。古生代の石灰岩、砂岩チャートなどが交錯する地形。



洞があるかもしれない。完成した後、自動車が出たトンネルを走行中の路面が空洞によって陥没したら大変だ。当時は、路面下の空洞を発見する確立した調査方法はなかった。検討の結果、電気探査法と地下レーダー法を採用して実施、17の空洞と推定される箇所が発見され、うち、規模が大きく対策が必要な1箇所が埋められた。空洞が出現する地山にトンネルを掘る工事は当時、日本では数が少なく、この処理方法はその後、活かされる技術となった。



ぽっかりと開いた石灰岩層の空洞

試行錯誤の末、「NATMを水に強くする工法」開発

現在、トンネルでは、通常、「NATM」(ナトム・New Austrian Tunneling Method)と呼ばれる掘削工法が採用される。

八代一人吉間の23のトンネル、および加久藤トンネルの建設は、はじめに全てのトンネルにNATMが採用された。この工法だと、掘削後、直ちに、鋼鉄支保工を建てて、吹き付けコンクリートで素掘り面をすぐ覆い固めることが出来、さらにロックボルトでトンネル周辺の地山を補強、固めるため、緩い地山であつても掘削工事には非常に有効だ。掘削、鋼鉄支保工、吹き付けコンクリート、ロックボルトの作業を繰り返して前進してゆくのので安全性は高く、大断

面を一気に掘れる。

NATMは山岳トンネル工法として、完成度を高めてはいたが、基本は固い岩盤を掘る工法として採用さ

成果残した技術の闘い

れてきた。しかし、肥後トンネルほど大量の湧水があるところでは、NATMを持ち込むだけでは対応できない。NATMによる掘削が出来るように、事前に地山を固め「水に強くする」工夫が必要だった。肥後トンネルは、湧水との闘いであり、そこでNATMを適用するための地盤強化工法の模索でもあったのだ。

吹き付けを行ったコンクリートが、大量の湧水によって、はがれたり、崩壊する。付着しても、コンクリートの品質低下がみられたり、作業時間が大幅にかかる。どうすれば湧水に耐え得るコンクリートを付着させることが出来るのか。粘性を強化するための試験施工が繰り返行われた。ようやく適正な使用材料と配合割合にたどり着き、分離防止剤を加えたコンクリートの吹き付けを行い、効果を高めることが出来た。また、ロックボルトも激しい湧水によって挿入が難しかったり、水圧によって押し出されたりするなど難題が多く、様々な改良を加えた特殊なロックボルトの開発や充填コンクリートの工夫など、誠に、必要は「開

発の母」である。このような試行錯誤の繰り返しの上、最後まで「NATM」が貫かれて施工された。肥後トンネルは、「NATM」を出水の多い長大トンネルでも使

える、前処理の工法技術を進歩させたのである。あまりの水量のため一部パイロット坑では、NATMで掘進ができず、在来の矢板工

法に切り替えざるを得なかった。それでも、本坑掘削ではNATMが全面的に採用、施工されたことは記念碑的であつたと言ふことが出来るだろう。

肥後トンネル後もさらなる改良が行われ、軟弱地盤や湧水の多い地層、地質であっても、また地下鉄など都市部における土砂地層でも施工される事が多くなっている。肥後トンネルに始まる「技術の闘い」は多く



崩れた切羽。土砂と水が行く手をはばむ

の成果を残しているのである。

肥後トンネルの完成は平成元年4月、着工以来6年の歳月が流れていた。勿論、九州の高速道路で最長、全国でも3番目の長大トンネルが完成したのである。総工費は約300億円(当時)に膨れ上がったが、完成から20年の歳月を経ても、1件の崩落事故もない。

幾重にも構造線と断層が重なり、軟弱で、空洞が多く、膨大な水を抱いた地山に、堅固なトンネルが建設されたことは、日本のトンネル技術の水準の高さを示している。トンネル屋と自称する土木技術者たちは述懐する。「トンネルはやっぱり経験の積み重ねだよ。トンネル一本一本の性格が違うから、不動の工法はあり得ない。それがトンネルの醍醐味だよ」と。

注1「チャート」

微生物物である「放散虫」の遺骸が海底に沈殿、たまることよって形成された地層。それが押し上げられ、山地を形成する一つの地層となっている。

注2「石灰石」

サンゴ礁などの石灰質堆積物が沈み込んでできた石灰岩が押し上げられ九州の山地に存在する。セメントの材料となり、カルスト台地を形成し、露出した石灰岩群は秋吉台、平尾台などの、羊群原(ようぐんばる)として、また、洞窟は鍾乳洞など大きな観光資源にもなっている。

プロジェクト九州

第1節 中央構造線を突破する

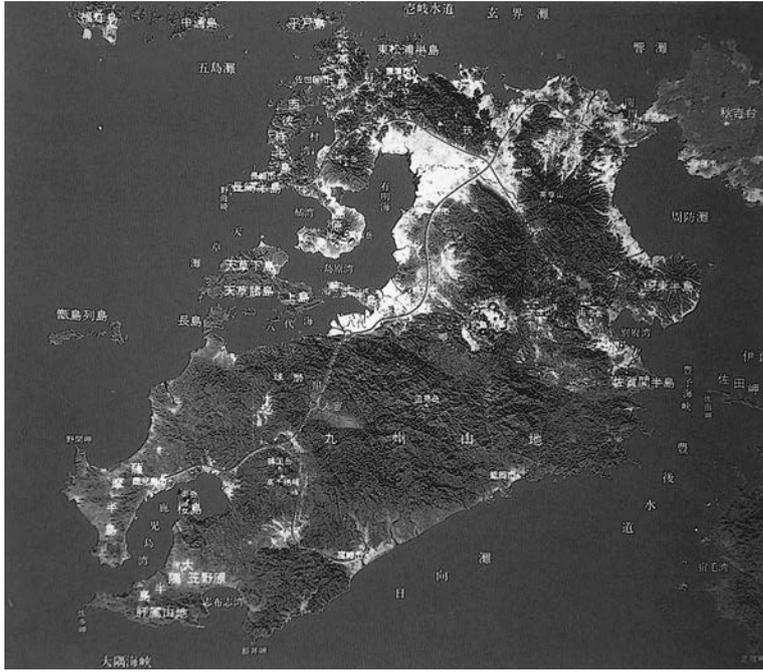
肥後トンネル②

九州自動車道の40年、「縦貫」の闘い
未知との遭遇——二重の壁を突破して
総延長18kmのトンネル掘削を完工

現在、一日約10万台（鳥栖―筑紫野間）の車が走る九州の大動脈・九州自動車道は昭和46年6月、植木―熊本間の開通でスタートした。平成23年6月は開通から40年の記念すべき年に当たる。九州自動車道は福岡から鹿児島、宮崎まで、九州の北から南まで「貫き通す」ことでゴールすることができる。あらゆる事業がそうであるように、最後のコースが最も苦しく厳しいものだ。

九州自動車道にとって、最後の難関が八代―人吉間の九州山地を抜く38・5km。八代平野（標高15m）からスタートして、急こう配のしかもカーブの多い道路をひたすら登り、肥後トンネル（6340m）など23のトンネルを抜け、球磨川の支流が作る急峻なV字谷を渡る54の橋梁を経て、人吉盆地（標高150m）にたどり着く。

さらに人吉―えびの間に立ちほだかる難所・加久藤峠がある。火山噴火によって形成された地層は、大量の水瓶となって、工事をさえぎり、

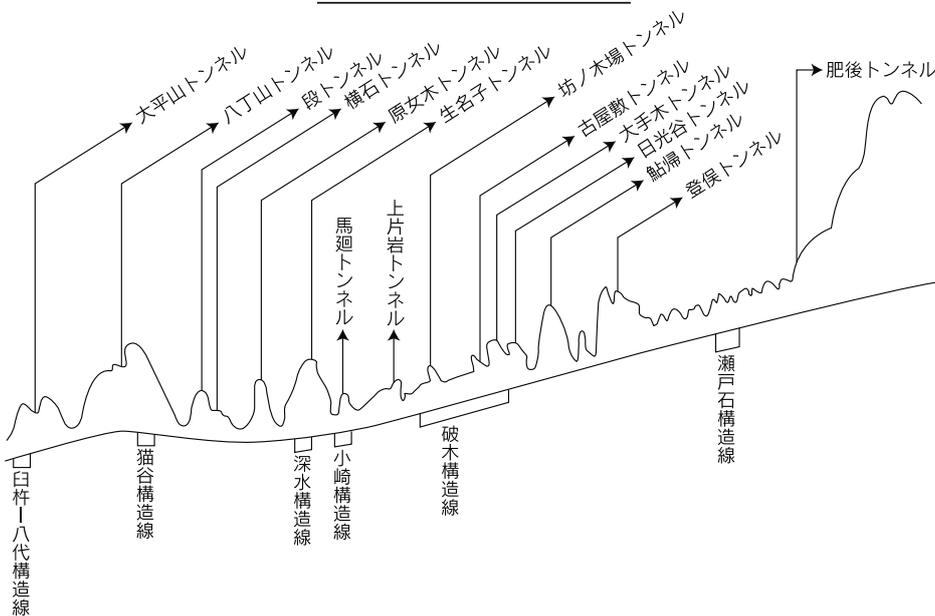


九州を縦断する九州自動車道

まれにみる難工事を強いた。この二重の壁を破って、福岡から鹿児島まで4車線全面開通したの

が平成16年12月11日。山岳高速道路の建設としても異

トンネルと構造線位置図



中断、設計変更、幾度も

例の長期間を要している。行く手を土砂崩壊と、大湧水で阻む二つの難所突破にしばしば工事を中断。設計、工法変更を強いられ、予定した完成が大幅に遅れただけでなく、総工費は2000億円にも上ることになったのである。

23のトンネルと54の橋梁

激流で有名な球磨川が、やがて緩やかな流れになる八代平野。九州自動車道の八代ICから人吉に向かう登坂道路に入ると、次々にトンネルを通過する。人吉までの38.5kmの間に、23のトンネルをくぐり、54の橋梁を渡る、全国でもまれな険しい山岳道路である。一つのトンネルを抜けると一瞬、右に深い谷を見る。高所を走行しているのを実感するが、また、すぐ正面に山腹が現われ、次のトンネルに入る。プツン、プツンと切れた映画フィルムを見ているようだ。やがて、巨石を組み上げたような坑門から、長い長い肥後トンネルに入る。八代から約30分で、人吉盆地が眼前に広がる。緊張の運転からようやく解き放たれる。

九州自動車道は長期間、八代ICで終わり、鹿児島方面に向かう人は、急流の「川下り」で有名な球磨川に沿った国道219号を廻り、崖と急流に挟まれた、カーブの多い細い道を約1時間かけて走らねばならな

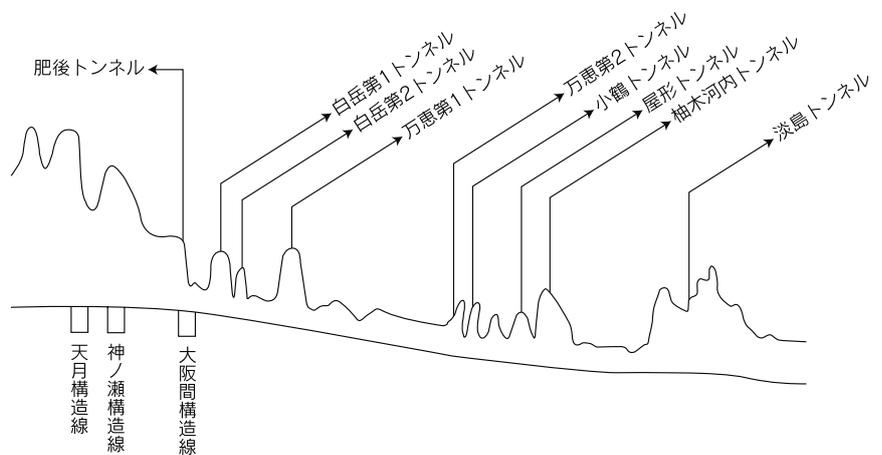
かった。途中、「落石注意」の看板を何度も横目で見ながらの神経を張りつめた運転を強いられた。土砂崩れで通行止めになると、八代から難所で有名な「三太郎峠」が待ち受ける国道3号線で八代―水俣―阿久根―出水と大きく迂回することになる。そうした過去を知る運転者にとつて、八代―人吉―えびの間の高速道路は待望のものだった。

一方、鹿児島市からの高速道路は鹿児島空港を経て、霧島連山の西側を走り、えびのICまでは、ひと足早く完成、宮崎市からの宮崎道とともに、八代からの延伸をひたすら待っていた。えびのICからは眼前に加久藤峠を中心にした国見山地の山並みが大きな障壁となつて立ちほだかっていたのである。えびの―人吉間を隔てるこの国見山地・加久藤峠越えと、さらに人吉―八代間には1000m級の九州山地が連なり、二重の厚い壁が行く手を阻んでいた。

その突破は福岡から鹿児島までの縦軸の高速道路の完成、さらには青森―鹿児島日本列島縦断高速道路の完成という大きな意味を持っていた。加久藤峠には国道221号に世界一といわれるループ橋が建設さ

れ、トンネルも高速道路クラスの大きさを持つていた。あるいは加久藤峠を高速道路トンネルで抜くのは無理との判断があったのかもしれない。それほど難事業が予想されたのだ。さらに八代―人吉間の九州山地の突破は、けわしい山々での山岳高速道路建設のむつかしさと言う以上、地形、地層が複雑で、日本列島の誕生にもかかわる「中央構造線」の大断層に加え、いくつもの断層群があり、工事は断層破砕帯の軟弱地盤や湧水との闘いであった。

トンネルと構造線位置図



まるで「地底旅行」

ようやく、九州で最長の上り線の肥後トンネルが完成（平成7年）、一刻も早く高速道路の開通を、という要望に応え、上り下り各1車線で開通させた。その時、長大トンネルの運転経験のない運転者が「地底に引き込まれていく」ような感覚を覚

えて「怖かった」と述懐している。一本トンネルに上下線を走らせる「狭さ」、そして、多くの九州人には未経験の「6340m」の長大トンネルを走る時「地底旅行」のような錯覚を覚えたのかも知れない。下り線トンネルの完成は平成16年、9年後のことである。

「地底旅行」という以上に「地底探検」の実感が、この八代―人吉間



加久藤峠には世界最大のループ橋が建設された

の高速道路建設に携わった技術者、作業者に強かった。モグラのように、細い坑道を掘り進む彼らは、未知との遭遇を常に覚悟させられた。地球規模のプレート移動による大断層、断層運動によって岩石が砕かれた破砕帯、石灰岩層など空洞を伴う複雑な地質、大量の水が噴き出し、工事は一歩進みまた後退させられる。しばしば作業中断も強いられた。一体、この「中央構造線」と断層帯はどのようにして生まれたのだろうか。

日本列島の誕生

構造線とは、何か。平成23年3月11日の東日本大震災に見られるように太平洋側のプレートが、日本列島

が乗る大陸プレートの下へもぐりこんで、地震と津波を引き起こした。地球規模の地殻運動によって、地殻が変形、破壊され、大規模な断層が形成される。「数100km」にわたる大断層の場合、構造線と呼ばれる。中央構造線は日本列島最大の構造線で、列島が誕生する過程の、様々な地殻運動の中で断層の変位が複雑に入り組んでいる。

日本列島は大陸側の内帯と太平洋側の外帯に分かれるが、その分離線が中央構造線。1億8千万年前（ジュラ紀）大陸の東端に内帯が出来た。その5千万年後（白亜紀前半）に外帯が南方で出来、イザナギプレートに乗って北上、内帯とくっついて、日本列島が形成されたと考えられている。中央構造線はそのつなぎ目ともいえる。諏訪湖南から紀伊半島、四国の吉野川に延び、四国から九州にわたり、大分・臼杵から九州を斜断、八代に至っている。

構造線の突破

九州を斜断するこの構造線は吉野川などのように明確でなく、現在に至

るも、必ずしもはっきりしない。九州は活火山が多く、火山岩などに覆われているため地溝が1000m以上も深く埋められたと推測されている。九州自動車道を鹿児島、宮崎まで延伸するためには、地層が「見えにくい」臼杵―八代構造線とその南側に位置する八代―人吉間の山地を抜かなければならない。

肥後トンネルはトンネルの長さが



肥後トンネル 大型アーチボックスの支柱

九州最長6kmを超えることもあって、行く手に幾つもの構造線が重なり、大量の湧水が発生した断層破砕帯、45個もの石灰岩層の空洞などと直面した。肥後トンネルのほか22本のトンネルが掘削されたが、構造線上に存在する破砕帯での大量の湧水と軟弱な地質に悩まされ、工事はしばしば中断するなど苦闘に苦闘を重ねたトンネルが多い。

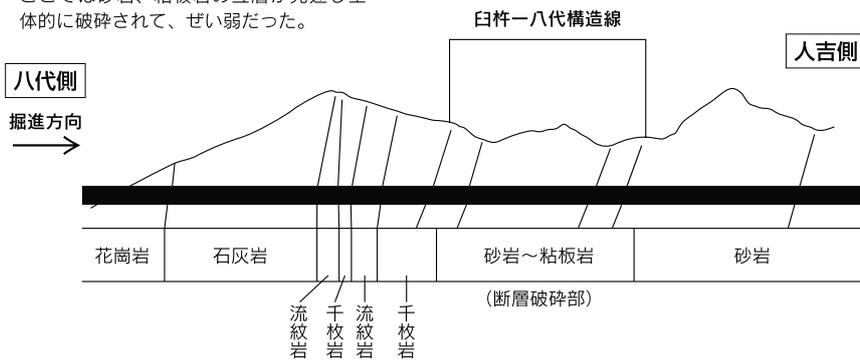
肥後トンネル以外のいくつかのトンネル工事を振り返ってみる。

「大平山トンネル」―最初に中央構造線を突破

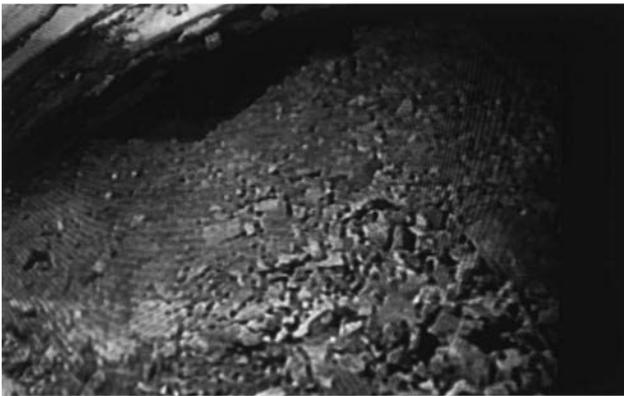
標高212mの大平山を南北に抜く1195mのトンネルである。八代側から掘削を進め、約429m地

大平山トンネル(延長1195m)

臼杵―八代構造線を横断するトンネル。
ここでは砂岩、粘板岩の互層が発達し全体的に破碎されて、ぜい弱だった。



点で中央構造線の一部とみられる臼杵―八代構造線の断層破碎帯にぶちあたった。砂岩と粘板岩の互層が発達して、全体的に破碎が起こっていた。切羽において、崩落や吹き付けコンクリートのひび割れなどが発生。約100m区間で調査ボーリングを行い薬液注入をして地山を改良、縫地ボルトや仮インバートの施工など補助工法を実施、ようやく断層を突破した。

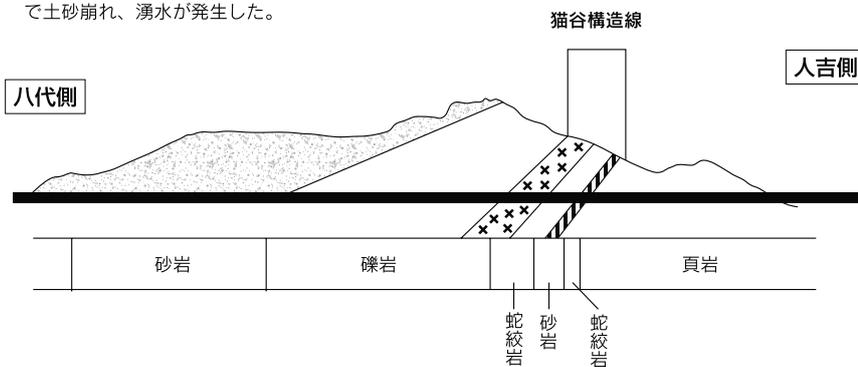


切土からの土砂崩壊。断層破碎帯の掘進中

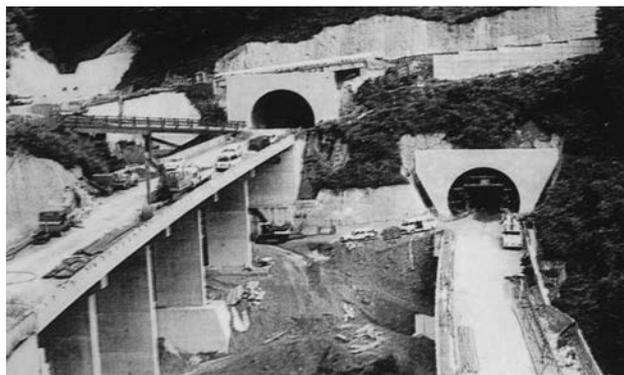
「八丁山トンネル」―猫谷構造線と、湧水、崩落
このトンネルは標高3000mの八丁山を貫く全長2030m。掘削は人吉側からスタート。坑口から650m、風化が激しく、土砂化した蛇紋岩を主体とする断層である猫谷構造線の断層破碎帯を掘進中、切羽天井部分から3〜4mにわたって崩壊、続いて2度目の崩壊が起き、岩、土砂の崩落と共に大量の湧水が出てきた。突発湧水量は毎分最大20t、300mの土砂、さらに3日後、12日後にも崩壊が起き、2か月間も切羽に近づけないほどの湧水が続いた。
やむなく、水平ボーリングを行って地層を調査、帯水層を特定した。

八丁山トンネル(延長2030m)

猫谷構造線は蛇紋岩を中心とした断層帯で土砂崩れ、湧水が発生した。



それによると断層粘土が遮水層となっていたが、掘削突破したことによって、その奥の破碎部分に大量にたまっていた水が出水したと推定された。10本の水抜きボーリングを行ったが、水の勢いは弱まらない。調査の結果、このまま、湧水は5か月も続くことが予想されたので、新たに水抜き導坑を施工、崩壊箇所薬液を注入して、ようやく掘削再開にこぎ着けた。



トンネルと橋を連続させる工事。
早水橋および大手木トンネルの八代側から坑口をのぞむ

「坊ノ木場トンネル他」
中央構造線、臼杵―八代構造線のほか坊ノ木場トンネルのように小崎構造線、破木構造線などの構造線に苦闘したトンネルは多い。また、馬廻トンネルの坑口部は崩れやすく、鉄筋垂直縫地工法、白岳第2トンネル、万恵第1トンネルでは厚さ10mの崖錐に注入工法などを施工している。

プロジェクト九州

第1節
急峻V字谷に挑む

肥後トンネル③

54本の橋、総延長9.1kmを架ける
急斜面の山腹をつなぐ難工事
橋脚を支える「深礎」は総計15kmも

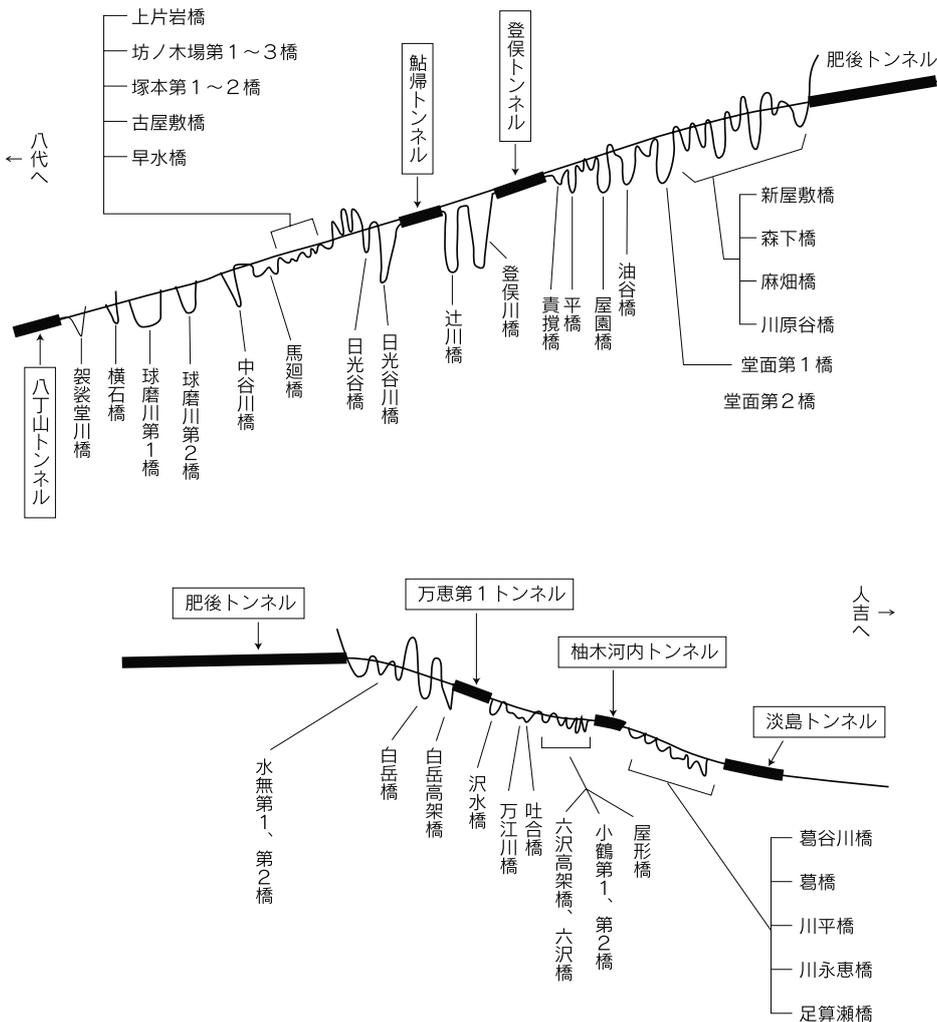


登保第2橋の橋脚施工
林道から仮棧橋で進入路を確保して施工

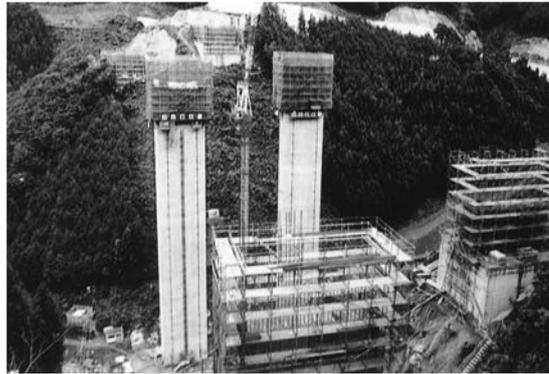
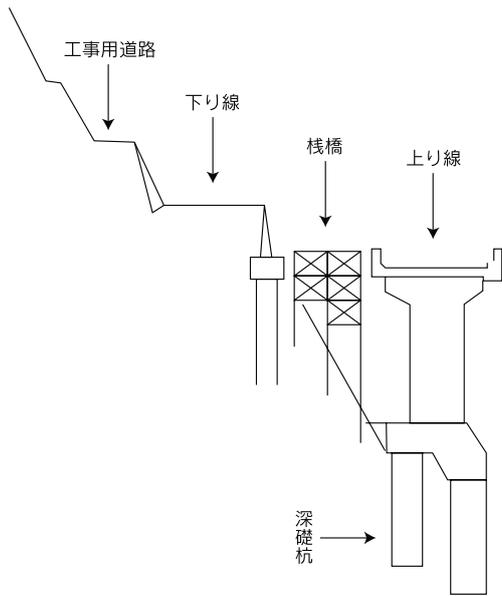
九州自動車道・八代—人吉間(38.5km)はトンネルと橋梁の2本の柱で構成された1つの構造物ということができる。23のトンネルと54の橋梁を合わせると、この区間の延長約70%にも上る。中央構造線とその南の九州山地を突破した高速道路は橋を渡り、トンネルを抜けて走る、世界的にもまれな山岳建造物ともいふべき高速道路である。

トンネルをはじめ23のトンネルを次々と通過する。主役はトンネルだけではない、影の主役「橋梁」が存在する。この八代—人吉区間にはトンネルに倍する54の橋梁が架けられている。上り下り線、それぞれ橋が必要な谷

八代—人吉間の主な橋梁図



急峻地形での高架橋建設



日光谷第2橋 人吉側橋脚 橋台の施工
ケーブルクレーンとタワークレーンの使用

も多く、合わせると、実に76の橋梁になる。しかし、橋梁の存在は走行車両からはほとんど意識されない。吊り橋や斜張橋のように高々とそびえる橋塔や橋を釣り上げる巨大な

ケーブルなどはなく、どの橋も道路（上部工）を下から支えるアーチやラーメン構造で、橋を意識させない「造り」になっているため、通常の道路走行と変わらない感覚で「橋を渡る」。

視界に入らない影の存在であっても、その架橋工事には、高度の橋梁技術を要求され、急峻なV字谷を渡るため工事用道路の建設、仮設栈橋の建設、切土やのり面の処理から深礎工を含む基礎工事まで難渋を極めた。一級河川の球磨川を3度もわたる、その支流・万江川と15回交差、深く浸食されたV字谷の架橋に挑む難工事の連続。54の橋の総延長は約9.1km、この区間の23%に及んでいる。

難工事の「前作業」

急傾斜の山腹間を渡る橋梁建設のためには、作業員や機材がその現場に取り付くための工事用道路をまず、造らねばならない。既成の県道を使って、工事用の機械や資材を運び、そこからクレーンで釣り上げる場合もある。工事で発

生した膨大な排土を降ろし、搬出にも使う。橋の位置は、時に下を走っている道路から高さで70〜80m上になる。

70%に及ぶ橋とトンネル

橋の下に立つと谷川から垂直に近いと思えるほど、鋭いV字に崖が切り立っている。その両側の山腹に橋を架けるのだから、架橋の本工事もあることながら着工のための「前作業」が難工事だった。坊ノ木場地点の工事用道路建設では、梅雨の降雨で約3000m²ののり面が崩れ、約80m下の県道に崩れ落ちた。この事故のため予定した工期より3か月も

遅れたのだった。他の地点でも地すべりなどに悩まされ、工事は大幅に延長、設計変更を強いられることもあった。

切り立った山腹に沿って、工事を行うには、まず、橋脚を立て、その上に橋を渡らせる。施工する前に、作

業の足場として急傾斜の山腹に沿って「仮設の栈橋」を設置しなければならぬ現場も多かった。栈橋を建設して、その上からケーブルクレーンなどを使って、建設工事を行うのである。油谷2、3橋のように上り線と下り線の間仮設栈橋を築き工事を進めた例もあった。「仮設」とはいえ、重機を使い、資材を搬入し、何より作業員の安全のためには頑丈な構造物でなければならぬ。こうした仮設栈橋のために16000tもの鋼材が投入されたのである。

現場を見ると、山の傾斜が強く（平均斜度40度、最高70度）なるほど、安全確保のために、補強工事を十分しなければ、危険だ。しかも確保できる作業スペースは限られている。重機など大型機械が使える場所が少ないので、小型機械と人力に頼るしかない。まるで、足場の狭い高層ビルの屋上で、道路建設作業をおこなっているようなものだ。

工事現場で生まれる排土の運び出しも大仕事となった。高いところで発生した排土はクレーンで降ろし、下で待ち受けるダンプカーで運び出



坊ノ木第1、2橋 仮栈橋を利用してトラッククレーンでの橋架工事

す。一方、工事現場に入る作業道は狭く、クレーンやモノレールなどによる資材搬入などもあって、搬出、搬入が交錯し、異常に込み合った現場風景を作り出していた。

深礎工で斜面に強い基礎

工事用道路ができ、仮設栈橋が完成して、いよいよ、本線工事に入る。深く削られた「V字谷」と呼ばれる、急峻な渓谷のうへ、崖錐層が厚い。こうした地形に橋を架ける場合、橋の基礎となる下部工を直接基礎とすると、膨大な土と岩石を削りとなければならない。その結果、のり面が長大となるため、完成後の保全管理に様々な課題を残すことになる。安定した地山に手を加えないことが、むしろ崩壊の可能性を小さくする。

谷が深く、急斜面ではあるが、できるだけ地山を生かしながら、強い基礎を作るには、深礎工を選択するほかはない。橋を支える橋脚の下に、さらに橋脚を支える基礎にするため、直径約3mから10mもの巨大な深礎を掘り込んでゆく。こうした現場は予想以上に多く、掘削した深礎の総延長は15kmにもなった。ようやく、橋の基礎の基礎が固められ、こうした基礎工事が完工した上で、本格的な架橋工事に入る事ができるのだ。

八代―入吉区間全体で、54本の橋梁、上り下り線に分かれているため、



日光谷第2橋
日本で最大の大口径 楕円形深礎(12.5×8m)と67mの高橋脚をもつ

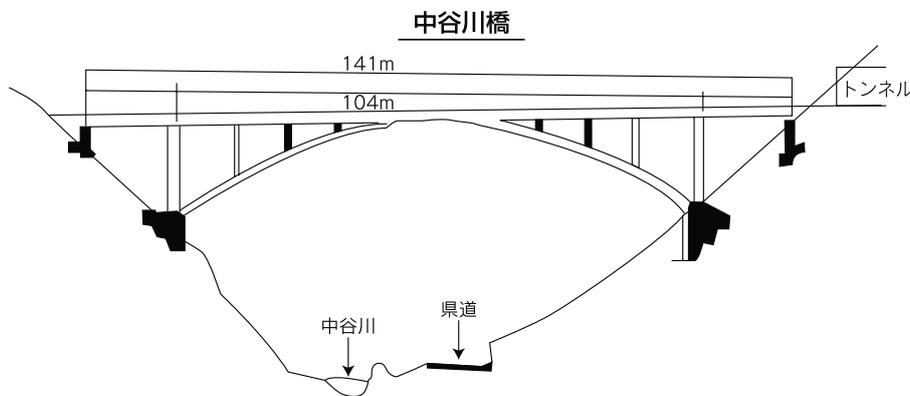
実際の橋の数は76橋にもなる。それぞれに、複雑な地形や崩れやすい地形、地質、そしてトンネルの坑口と直接橋梁をつなげるなど、現場環境に合わせた設計施工を行った「特殊橋梁」をいくつか紹介する。

中谷川橋

―トンネルと橋を直接結合

八代ICから8^キ地点に架けられた中谷川橋は、象徴的な架橋工事だったといえよう。谷間の50m上空に全長141m(アーチ支間104m)の橋をかける。しかも両側がトンネルの坑口である。トンネルが開通した後でなければ、直接、現場に入れない。しかし、トンネル完成を待っていたのでは工期は大幅に遅れ

る。
まず、橋台を両側の岩盤に固定しなければならぬ。絶壁の山腹に橋台を創るため山壁を削り、捨て土は下の県道までケーブルクレーンで落とし処理する。急斜面のため大型機械の投入などはできず、工事はなかなか進まなかった。ケーブルクレーンは橋の下部工の施工で主役であった。



アーチリブ(アーチ橋の弦部分を構成する部材)、吊りPC鋼棒、補剛桁を両側から張り出してゆき、最後にスパンの中央で連結させる。道路橋では初めて試みられた工法で、わが国最大のランガー橋(RC逆ランガーアーチ橋)としてPC技術協会の作品賞(昭和63年度)を受賞した。中谷川橋を、その下の県道から見上げると、美しいアーチが「V字の谷」をまたいで見事だ。



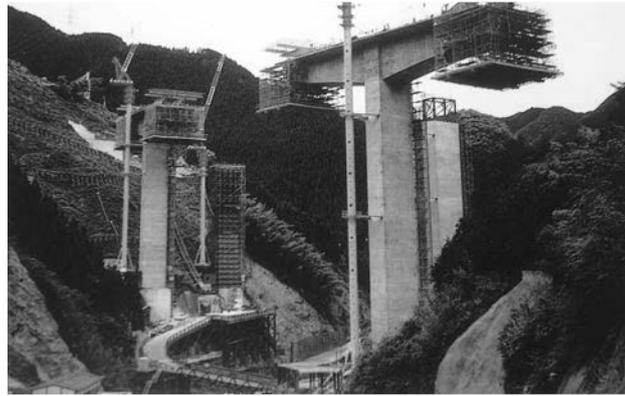
中谷川の架橋―両側から張り出して連結

登俣第2橋

―PC連続ラーメン橋

深い谷底に、日本でもまれにしか見られない高さ71mもの橋脚が一本

立ち、橋長200mを「やじろ、べえ」のように、バランスを持って、支えている。見上げるとビル20階建ての高さにもなるうか。もし、福岡市の繁華街・天神の高層ビル群（高さ約65m）に、この橋を立てるとすると、ビル群を突き抜けて、天空の高さになる。



登俣第2橋 ヤジロベイのように両側に橋を延ばしてゆく

白岳第1橋

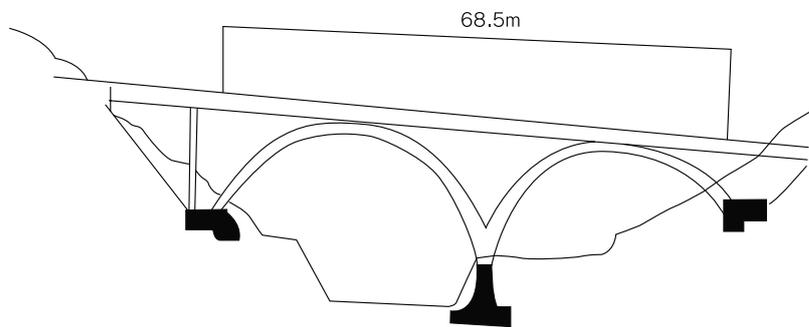
— 排土を活用した眼鏡橋

白岳第1橋は、「RC充腹式アーチ橋」。2連のアーチが県道と川をまたぐ、上下線双子のアーチ橋だ。八代—人吉間の架橋工事では、大量に出る排土の処理に頭を悩ませた

が、この橋は逆にその排土を利用したユニークな橋だ。

アーチリブの両端に側壁を設け、その中に排土を詰めるのである。アーチリブと側壁は一体として作られるため、やや構造が複雑になるが、土砂を側壁の間に詰めることによって、排土量は減り、路面凍結防止、橋の下の騒音を抑えることができるなどの効果を生んでいる。

白岳第1橋 (RC充腹式アーチ橋)



登俣第1橋

— 最長支間113m

球磨川第2橋や中谷川橋などが、最長は登俣第1橋。PCラーメン橋で113mの支間を持つ。谷の両側に山留アンカー工を行った大きな深礎工を施し、その上に40mと45mの2本の橋脚を立て、支間距離を最長に伸ばしたのである。



白岳第1橋



登俣1橋、2橋の工事

THE 土木技術者

第1節 インタビュー 「人と技術と情熱と」

肥後トンネル④

元建設省九州地方建設局
企画室建設監督官

藤井 崇弘氏

九州縦貫自動車道の八代―人吉間(38.5km)は、九州の屋根と言われる九州山地を貫き、熊本以北とえびの・鹿児島・宮崎を結ぶ要の区間。この八代―人吉は急峻な山岳を抜き、



藤井 崇弘氏

(ふじい たかひろ) プロフィール

昭和10年1月生まれ。八幡高校から京都大学工学部土木学科、昭和36年建設省入省(技官)。昭和40～42年九州自動車道調査担当官としてルート選定に当たる。日本道路公団企画調査部計画調査課長、建設本省地域計画官、宮城・兵庫両県の土木部長などを歴任。平成3年、退官後、(株)橋梁コンサルタント社長、会長。平成5年「地域計画」で工学博士。(社)土木学会名誉会員。

V字形溪谷を渡って行く山岳高速道路であり、さらに、人吉―えびの間は加久藤峠という難所が待ち構えている。しかし、日本列島を貫く高速道路網の南の終点として、どうしても実現させなければならぬ区間であった。経済性は勿論、建設技術面、安全確保などの観点から真剣な検討が加えられた。

―九州縦貫自動車道のルート調査に携わられたのは、いつからですか。

藤井氏 昭和40年10月からです。昭和36年度から九州道は基礎的調査に着手され、5万分の1の地形図を基に路線の概略から、ICの位置、工費の概算など全体計画が検討されました。そして、昭和40年から本格的

三本の候補ルートから選択 「肥薩貫け大いなる道」

形、土地利用の状況、人口集積の方向、産業立地を調べる。どこで川を渡り、トンネルを

掘るか。学校や文化財を避け、都市の発展を考えるなど、社会的考察を加え、ルート選定、IC選定に当たりました。何本も比較線を引いた5万分の1の地形図から、さらに5000分の1の平面図で精度を上げ、また航空写真などで細かくルートを絞っていききました。翌41年に整備計画を策定し建設大臣から、施工命令が出され、日本道路公団による待望の着工となったのです。

な調査に入るため、企画室に調査チーム(4人体制)が設けられ、私がリーダー(当時、建設監督官)に任命されました。何しろ、調査は現地主義ですから、門司から福岡、熊本、鹿児島・宮崎まで歩いて調べねばならない。それには車がいる。当時、異例なことですが、調査費でライトバンを購入してもらい、それを「足」にして、計画線を踏査するため、未知の現地に入った次第です。

―九州道のスタートは昭和40年10月の基本計画(福岡―熊本間、95km、4車線)ですね。

藤井氏 はい。基本計画の次は整備計画の策定です。約2年の調査作業でした。現地を実際に歩き、地

―ルート決定には、地元の要望をうけた政治家などの動きがありましたか。

藤井氏 我々はルート原案を各県の土木部や企画部、振興部などに集まってもらって説明しました。勿論、地元の要望に耳を傾け、微調整もしましたが、ほぼ最適ルートを選んでいきますので、基本は変えませんでした。調査官はぐらついてはいけません。調査官はぐらついてはいけません。政治家の方々への説明は東京の朝食会で、ルート地図を壁に大きく張って行いました。建設推進へ、こちらから応援をお願いする形でした。

―ルート選定上のポイントはどこにあったのでしょうか。

藤井氏 いろいろありますが、路線代替性と言いますか、道路が災害などで通行不能になった時、他の一本、代わりのルートが存在することが肝要です。例えば門司―小倉間は、市街地を北九州有料道路(のち都市高速道路)に走っていましたが、ルートを企救山系の東側に通す。八幡までは福知山山系をトンネルで抜き、八幡ICで都市高速機能と連結させる。さらに福岡までは国道3号線と離し、若宮、古賀の丘陵部の発展性を考え見坂峠を選定するといったように。また史跡・太宰府の水城を壊さないように、高架橋にするなど、地域に応じ、配慮しました。

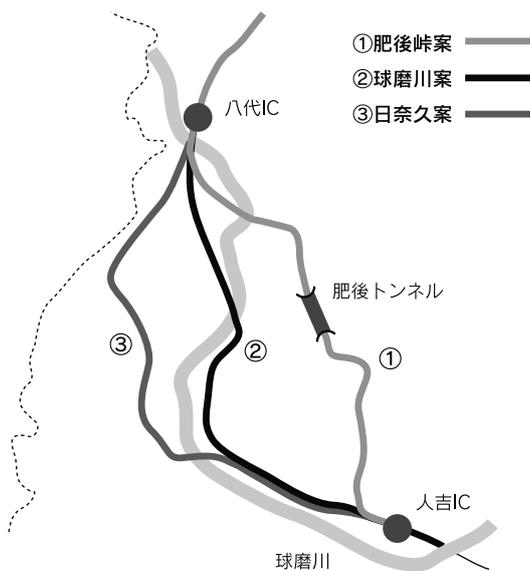
——難関はやはり八代—人吉—えびのルートの選定でしょう。どうして、鹿児島へのルートを水俣—川内など海岸ルートにしなかったのですか。

藤井氏 それは宮崎道がすでに幹線自動車法で決まっていたからです。そのために人吉からえびのに入り、ここでJCTにより、鹿児島線と宮崎線を分岐する。ここはあまり議論の余地はありませんでしたね。

——八代—人吉間を結ぶルートは3案が検討されたと聞いています。

藤井氏 そうです。一つは八代から日奈久に南下して、そこから球磨川沿いを遡るルート(49・5km)。二つ目は球磨川沿い案(50km)。三つ目は案が八代—人吉をほぼ、直線で結

八代—人吉間ルート計画



ぶ山岳ルート(38・5km)です。山岳コースは何と言っても距離が短いのが魅力でした、「1対0・77」の距離の差があり、かつ工事費も川沿いルートとほぼ同等でした。それに、4車線必要ですから、川沿い案では、それだけの道路幅が取り難い。何より、災害などで道路閉鎖の事態が起ったときの代替確保策です。交通はAルートとBルート、2本を持っていることが必要です。靴を2足用意しておく発想です。ですから、既存の国道219号線と鉄道(肥薩線)を温存して活かし、高速道路は、最短距離で新ルートを開拓しようという将来への布石でした。

——しかし、中央構造帯を貫くわけですから、長大トンネルの建設が必要になります。

藤井氏 確かに。しかし、その頃、関越自動車道(水上—湯沢)の関越トンネルは調査に着手していましたし、中央道の恵那山トンネル(約8・5km)は着工も間近で、長大トンネルは実現可能だったのです。トンネル掘削に当たっては、じん肺発生や落盤、爆発の危険

などに対する安全性や作業環境の整備が必要ですが、支保工さえしっかりやれば、距離は長くとも掘削機械は発達していましたし、八の字型の「拌み勾配」で掘りますから、将来維持の換気は堅坑を掘って行う。地質にも問題はありましたが、技術でカバーできると。掘っていけるとい判断です。当時、私は調査の決意と建設の願望も込めて一首作っています。

九州自動車道の八代—えびの間で作られた、肥後トンネルと加久藤トンネルは多くの苦難を乗り越えて建設されたが、それに立ち向かった技師群像の中に二人の故人、長友成樹氏と田川秋夫氏がいる。

長友氏は昭和56年以降、肥後トンネル建設の技術検討委員会委員として、豊富なトンネル技術に裏打ちされた技術的助言、指導を行った。九州内の高速道路で建設されたトンネルの多くは長友氏の指導を受けている。

昭和31年九大工学部大学院卒業、対核地下建造物の研究を自衛隊で行った異色のトンネル技術者で恵那山トンネル建設の

忘れてはならない人々 —長友氏と田川氏

「桜島に向かい山こえ踏査せし肥薩貫け大いなる道」

——しかし、難工事でした。肥後トンネルは、昭和55年着手、57年本体工事に入り昭和62年度完工予定でしたがが予定より2年遅れて完成しました。

ため、請われて日本道路公団に入り、以後、不良地山のトンネル建設には必ず、長友氏の姿があった。「新技術・新材料の採用には積極的であれ」「悪い地山は良くして掘れ」などの言葉が今もトンネル技術者への教訓として生きている。平成16年10月死去。

田川氏は道路公団1期生、トンネル建設一筋。建設省に入り、関門国道トンネル建設に5年間携わり、関越トンネル南工事長として、大量湧水と格闘。その体験を肥後、加久藤トンネル建設に生かした。トンネル工事の最前線に立ち続け、平成22年死去された。



ルートを検討する調査チーム

藤井氏 平成元年12月に肥後トンネル(下り線、2車線対面通行、延長6340m)が完成(上り線は同11年完成)。さらに最後の難関、加久藤トンネル(上り線延長6255m)が平成7年に完成(下り線は同16年完成)。この2大トンネルの完成によって九州の南北はつながったのです。門司―鹿児島間345kmと宮崎道85km、1兆円余に上る建設費でした。「九州をひとつ」にしたこの高速自動車道は、今、地域の交通需要を支え、九州の一体的発展に大きな役割を果たしていると思います。

日本の道についての最も古い記述は「魏志倭人伝」であろう。朝鮮半島から対馬・壱岐に到着。「海を渡ること、千余里で末盧国に到着する。4千余戸があり山裾や海岸に沿って住んでいる。草木が茂り道を行くのに前の人が見えないくらいである」。

原文では「草木茂盛行不見前人」。高くおい茂った草をかき分けながら歩く道だったのだから。

4世紀半ば大和朝廷が成立、前方後円墳のような巨大な墳墓を造成する土木技術が生まれ、そこから馬具が出土することから少なくとも馬と人が利用できる道づくりが行われていたと想像できる。7

日本の道路計画の歩み (明治以前)

8世紀には幹線的な道路や「道の駅」が作られ文書には大路、中路、小路、駅伝の記述がみられ、整備が計画的に行われたことをうかがわせる。

そのハイライトは平城京建設である。本格的な都市計画と言える

この都づくりは、まず道路計画から始まっている。唐の都・長安を模して宮城を北端に置き、縦の中心線に朱雀大路、その東西(条)に各4本、南北(坊)に10本の大路を引いて、格子型の道路網を計画している。

「遠の都」大宰府もこの条坊制をとっている。政庁からの朱雀大路を中心線とした都市計画に基づいた都市づくりを行っている。大宰府には九州各地を結ぶ官道が敷かれ、物流、人流に大きな役割を果たした。佐賀の吉野ヶ里遺跡の北側の「切通し」に見られるように、官道は直線的で、現在の高速道路と並行している。こうした地方道にも、8世紀半ばには道路の両側に果樹を植栽することが義務付けられている。東大寺の僧普照の提言によるという。旅人ののど

を潤したことだろう。

鎌倉時代、八幡宮参道の中央分離帯や切通し、戦国時代を経て天下統一が進むにつれ、織田信長、豊臣秀吉らによる道路整備が進んだが、本格的には江戸時代になってから。主要街道は幅員9mとし、一里塚を置き、樹木を沿道に植えさせた。江戸中期には幅員3.6mと両側に並木敷き2.7mを取るように指示している。奈良時代から、江戸時代まで、並木を大切にする道路づくりが進んでいたことには、現代の道路計画も学ぶべきことが多いように思われる。

(久保平)



吉野ヶ里遺跡北側の「切通し」-大宰府政庁に向かう官道



朱雀大橋の高欄と政庁への道。平城京と同じ条坊制をとっている

第2節 最後の壁に挑む

加久藤トンネル①

「格闘」―膨大な湧水、行く手はばむ 5か月半に及ぶ工事中断―「水がめの底」を抜く 最後の関門を貫き、日本縦断完成

九州自動車道八代ICから肥後トンネルなど23のトンネルを抜け、カーブの多い急こう配を登り詰めて、約38・5km、ようやく人吉ICにたどり着く。人吉盆地に入り、球磨川第3橋を渡り、ゆるやかな坂道を標高約300mまでのぼる。そこから加久藤トンネル。肥後トンネル



加久藤トンネル えびの側坑門

に次ぐ延長6265mの長大トンネル（全国で4番目）である。道路はほぼ平坦で走りやすい。えびの側坑口を出ると眼下に加久藤カルデラの高原が大きく広がる。目を上げると、「南九州によくこそ」と霧島連峰の美しい山並みが迎えてくれる。鹿児島、宮崎への扉が大きく開き、南の太陽がまぶしい。

走行の快適さに比べて、九州高速道路の南九州への「最後の関門」であった加久藤トンネルの建設は文字通り「格闘」であった。いや、走行の速さと快適さを生み出すための格闘、と言えるかもしれない。南九州（鹿児島、宮崎）への交通ルートでは、加久藤峠の南、矢岳を鉄道トンネル（矢岳トンネル）が明治末に、また、国道221号・加久藤トンネル（延長1808m）が峠の北側に昭和54年8月に完成している。矢岳トンネル開通から、実に70年後のことである。高速道路「加久藤トンネル」はさらに25年後の平成16年、悪戦苦闘の末の、3番目の関門突破のトンネ

ル貫通である。「格闘」した土木技術者には忘れがたいトンネルとなっている。

行く手を阻む断層破砕帯

2番目、3番目に掘るトンネルは「楽なものだ」といわれる。地質状況ははっきりとわかっており、トンネル工事を進めるにあたって直面するであろう事象はおおむね想定できる。大量の湧水があるとしても、対処は可能という自信が工事担当者にはあったと思われる。しかし、現実には甘くはなかった。

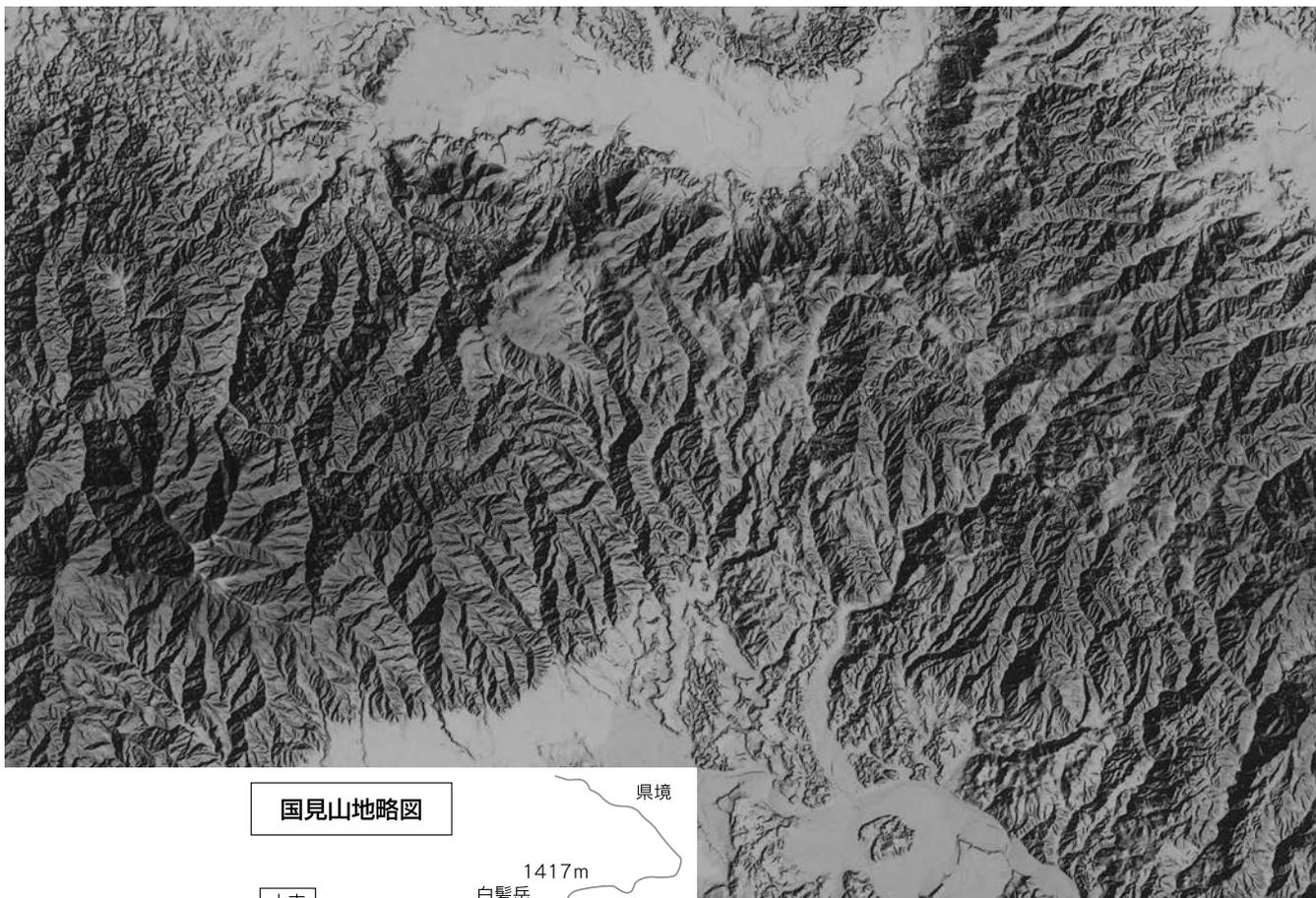
鉄道と国道の二つの先輩トンネルの掘削で、地層もわかり、工事の難しさもある程度、覚悟しての高速道路トンネルの着工だったが、想像を超える大湧水と断層破砕帯の軟弱土質に苦闘を強いられ、しばしば工事中断、完成は大幅に遅れ、事業費も膨れ上がった。

高速道路・加久藤トンネルは人吉側とえびの側の南北両方の坑口から

掘り始めた。それぞれ約3000m掘削を担当、中央で出合って貫通させるのだ。人吉側坑口からは「四万十層群」が待ち構える。肥後トンネルと同様、中央構造線（白杵―八代構造線）沿いに、四国から伸びてきた地層群。中生代の砂岩、粘板岩からなる古い地層だが、肥後トンネルと同様、断層破砕帯が実に厄介だ。坑口を入れて、早速、断層破砕帯が現れ、計5か所の破砕帯を通過しなければならなかった。泥土化した土砂と大量の出水が発生した。切羽から10m後方で800㎡もの崩落が起こり、湧水は1分間に最高40tにも及んだ。

「水瓶」の下を掘り進む

一方、えびの側からの掘進はさらに厳しかった。人吉側からトンネルの約半分を掘り終えた段階でも、原田氏が述懐（コラム・掘進夫の証言・62頁）しているように、えびの側は「なかなか到着しなかった」。なお、



立ちほだかる最後の関門

悪戦苦闘が続いていたのである。断層破砕帯による出水に苦勞した人吉側と同様に、えびの側も大量の湧水に行く手を阻まれていたが、おなじ「水」でも、桁違いの水量であった。それは、底の割れた水瓶の下を掘り進むのにも似て、トンネル内は、時に「豪雨のよう」でもあったという。この水瓶はどうしてできたのだろうか。

加久藤峠を含む国見山地の中央から南へ、えびのにかけては人吉側から続いている四万十層群の上に覆いかぶさるように、加久藤カルデラと呼ばれる霧島山を中心とする大規模な噴火による溶岩層（新生代、えびの層群）の凝灰角礫岩があり、さらにその上に火山灰岩（人吉層、肥薩火山岩類）が乗っている。火山岩層は割れ目が多く、水を通しやすい。加久藤峠の場合、雨量1000mmを超える降雨はしばしばある。白髪岳など国見山地に降った雨は、川内川を幾度もはん乱させ、大きな被害をもたらしている。

南からの湿った風が上昇して雨を降らせ、さらに、台風や梅雨末期の集中豪雨に見舞われやすいのだ。それが火山灰岩を通り、凝灰岩層などに大量にたまり「水瓶」となっている。その水瓶の下を掘削してゆく形となった。トンネル内の豪雨はこうして生じたのである。

想定以上の「水量」に直面して「水抜きボーリング」で、水量を減らす手立てを講じたが、1分あたりの最高湧水は61tを記録している。このため、トンネルを強化しているロックボルトが壊れたり、吹き付けコンクリートがひび割れたり。しばしば工事ストップに追い込まれた。

「水せめ」だけではなかった。地の凝灰角礫岩などが膨張して、トンネルに40cmもの変位が生じた。硬い四万十層岩えびの層の安山岩

に挟まれた凝灰岩、凝灰角礫岩が強い土圧によって坑内に押し出されたことによるものだった。

工事はしばしば中断せざるを得なかった。人吉側からの工事中断は計3か月を超え、109日。一方、えびの側からの工事はさらに中断は長く総計163日、5か月半近くに及んだ。関門国道トンネルを掘った住友彰さんが「関門トンネルは、水瓶どころか、上は海だった。掘って掘れないトンネルではない」と激励したという。

斥候役のトンネル

えびの層群の凝灰角礫岩層を掘り進むトンネル本坑の前を、もう一つのトンネルが平行

して掘り進んでいた。「パイロット坑」が本坑の掘進に先行して、地質、出水などの状況を探りながら掘り進んでいたのだ。いわば、本坑が遭遇するであろう「難敵との闘い」を前に、斥候役を果たすのである。と同時に、あらかじめ大量の湧水を事前に抜いて、本坑の水を減らし、その掘進をサポートする役割りだ。

しかし、重大な現象が起こった。パイロット坑が変形を始めたのだ。後続の本坑が変形を起こし、先行するパイロット坑も連動するかのように変形、吹き付けコンクリートのひ

び割れ、支保工のゆがみなどが生じたのである。

2本のトンネルを同時並行して掘るとき、後続のトンネルの影響を先行するトンネルが受けるのは、軟弱な地山では、よくあることだという。掘削によって地山の重力の変化が引き起こされる。その重力変化が同じ地山内の他のトンネルに影響を及ぼすのだ。

加久藤トンネルは上下2本のトンネル（各2車線）が掘られた。すでに上り線は2車線のまま1車線ずつを上下線として開通させていた。もし、後から掘る下り線のトンネルの影響を、供用されている上り線トンネルが受けて、変位を起こすことにもなれば、大事となる。

列島縦貫、2150 km 青森〜鹿児島・宮崎が開通

3本のトンネル

隣接するトンネルの場合、互いの影響を防ぐため、二つのトンネルの間隔を広くとる。通常、トンネルの直径の3倍の距離（3D）をあけて掘られる。加久藤トンネルの場合、水瓶となった、えびの側の軟弱地層（凝灰角礫岩層）の影響を避けるため、1区間については、両者をさらに引き離して、間隔をトンネル直径

の5倍（5D）の距離をとった。

加久藤トンネルは、平成7年7月、第1期工事（将来上り線となる）が完成し、一つのトンネルを上下1車線（暫定2車線）で供用開始した。1期工事に施工したパイロット坑は2期工事において拡幅して下りトンネルとなるのだが、その拡幅掘削中に、すでに車が走っている第1期トンネルに万一、影響が出ないとも限らない。このため、下り線用本線トンネルは、上り線との間隔を取るためトンネル内でカーブを入れ、3Dから5Dの距離に変更し、危険地帯を抜けると3D間隔に戻している。トンネルの坑口は変更しにくいので、坑口の位置は変えずに、トンネル内で線形を変えたのである。

パイロット坑は、この引き離された区間では、上下線のトンネルの間に位置する「避難用のトンネル」としての役割を果たすことになった。供用後に一方のトンネル内で火災事故などが発生した場合、16か所ある連絡道を通じて、直ちに、この避難坑と（通行止めにした）本坑トンネルから脱出できるという二重の避難路が用意されることになった。この間は下り本線と避難坑トンネル、上り線トンネルの3本が並行して存在している。

経験則から外れ、工事難航

高速走行の維持が基本条件の九州自動車道は、急傾斜を上り下りする

ことなく、山の低い位置を、ほぼ水平にトンネルを建設しなければならなかったため、6000mを超える長大トンネルとなり、かつ、水瓶化した地層の下をくぐることになった。しかも、大断面で、上下2本必要だ。国道・加久藤トンネルに比べて、高速道・加久藤トンネルは約3倍の長さになる。それだけ工費は膨大になり、地質の変化や水との闘いが続く難工事となったのである。

膨大な湧水に苦闘した鉄道・矢岳トンネル、高速道・加久藤トンネル。そこから北へ500m離れた国道・加久藤トンネルはほとんど出水がなかった。この差はどこから来ているのか。矢岳トンネルと国道・加久藤トンネルはほぼ同じ標高だが、同じ肥薩火山岩類でも、水を含みやすい



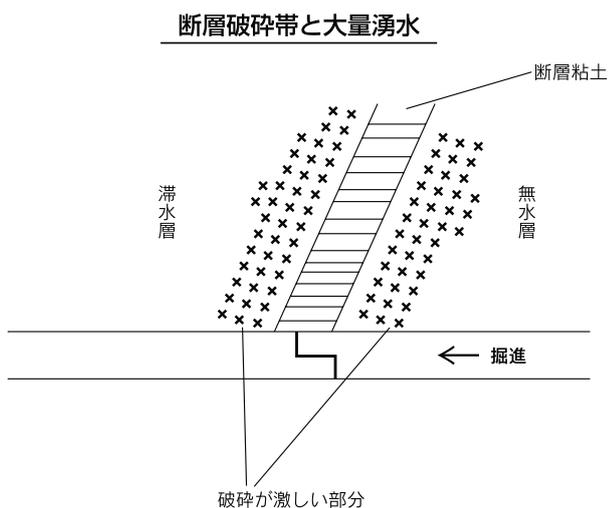
加久藤トンネルで日本縦貫した（えびのIC付近から）

地質と通過させてしまう地質の違いによるものと考えられる。同じ地質に分類されていてもその性格は大きく違うのだ。

しかし、国道・トンネルと高速道・加久藤トンネルの違いは、基本的には高低差であると考えられる。高い位置の国道トンネルは、水がしみ抜けた火山岩層で「水瓶」の上を通り、高速道・トンネルは水をためこんだ凝灰岩の下を掘進したためと推測される。

記念碑的な事業

九州縦貫道、最後の区間となった人吉―えびの間、22・3km、その最後の関門となった加久藤トンネル。



○岩層(蛇紋岩、粘板岩)が風化して土砂化し、無水層と滞水層をしゃ断しているが掘進でしゃ断している断層粘土部分を突破し突発湧水が発生する。

昭和42年11月基本計画決定から調査を重ね、施工命令が6年後。苦難の第1期工事が完成して暫定2車線が開通したのが平成7年7月。延長6kmを超える長大トンネルを対面通行しなければならぬ状況が続いた。平成11年ようやく4車線化が決定され、完成したのが、2車線開通から9年後の平成16年12月だった。九州自動車道も着工(昭和46年、植木―熊本間)から34年ぶりに「縦貫」全面開通。青森から鹿児島、宮崎間の2150kmが4車線高速道路で直結されたのである。鉄道、一般国道、そして高速道路が日本列島を貫くことになり、我が国の国土整備にとつて記念碑的事業の完成であった。

九州道・加久藤トンネルから南へ2・5km地点のJR肥薩線の矢岳トンネルの掘削工事は資材運搬用の「馬が流され溺死する」ほどの大湧水に苦しんだ。

矢岳トンネルは門司―鹿児島を結ぶ鉄道・旧鹿児島本線(現在のJR肥薩線)の最後の難関・矢岳を抜くトンネルである。これで、鹿児島本線が全通し、関門海峡の船舶連絡を挟んで、青森から鹿児島までの在来線鉄道がつながった。この矢岳は肥薩カルデラの外輪にあたり、火山噴出でできた凝灰岩質で大量の水を含み、豪雨のような出水との闘いを闘い抜いて明治42年完成した。

矢岳トンネルの宮崎側駅である真幸駅のホームには、巨大な石が展示されている。昭和47年7月、矢岳で大規模な土石流が発生、真幸駅を呑み込んだ。矢岳の宮崎側を覆う肥薩火山岩類は水を含みやすいシラスなど火山灰地が中心で、豪雨によって一気に崩れ落ちたのである。

この災害が示すように、矢岳か

貫通から102年、矢岳トンネル「馬も流された」大出水

ら加久藤峠に連なる地質は大量の水を抱えているため、崩れやすく、水があふれ、土石流常襲地帯だった。大量の出水を利用して、発電、工事用の電力を供給した、というエピソードも残されている。NATMなど最新技術を駆使した高速道路・加久藤トンネルの苦闘を考えれば、100年以上前の施工技術で、このトンネルを掘削することは容易ではなかった、と想像されるが、日本列島を鉄道で貫こうとする強靱な技術者たちの意志があつての貫通だった。



黒煙をあげて、矢岳トンネルに入るSL。なつかしい光景だ。

THE 土木技術者

第2節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 加久藤トンネル②

肥後、加久藤トンネル建設に取り組んだ

財津勝氏

——肥後トンネルの掘削では石灰岩層と苦闘されましたね。

財津氏 人吉側からのトンネル掘削にあたりましたが、坑口から



財津勝氏

(ざいつまさる)

プロフィール

昭和23年8月18日生まれ。昭和42年4月日本道路公団入社、平成5年宮崎道の天神トンネル、片野野トンネル建設担当から昭和60年肥後トンネル工事人吉側担当、同工務課長となり平成4年加久藤トンネル工事長などを務め、平成5年の貫通まで両トンネル建設にたずさわったのち、東京第一建設局トンネル担当調査役に。横浜新道のトンネルなどにかかわった。現在NEXCOエンジニアリング九州調査設計第1部長。

1300m地点までの石灰岩地帯では40数か所、本坑掘削中に20数か所の空洞がルート上に、突然現れてくる状況でしたから、空洞の存在を確認しながら掘り進む状態でした。空洞は石灰岩の溶蝕できたもので、トンネルの上にあたり、側面や下にあたり。大きさも人が立って歩けるものから、小さくまで、それぞれ処理、対策に時間がかかり難渋しました。下部の空洞は供用後、陥没したら大変ですから、電気探査法や地下レーダーなどで詳細に探査しました。1か所、3m下に発見、充填しました。また4か所の空洞からは大量の湧水が見られ、下部の水がゴウゴウと音を立てて流れていまし

大量湧水との「格闘」の連続 NATMの発展に貢献 より良いトンネルへ

た。中にはトンネル横方向に長大な空洞があり、「探検隊」を編成して120mも探査した空洞もありました。

——事前調査では、空洞や「水みち」はつかめないのですか。

財津氏 例えば、水無川では地上から水の流れが消えて「水なし状態」になっていきますから、地下にもぐって「水みち」を作って流れていることは想像できるのですが追跡調査しても判然としないケースが多い。しかし、万江川では上流で水が地下にもぐり（本坑から約400m離れた地点）、白嶽神社と鍾乳洞（本坑から約250m地

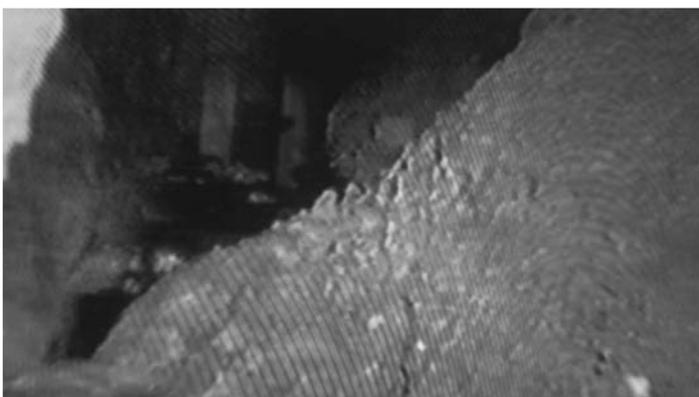
点）から水がわいているようなところでは地下の水路で連結していることは分かる。しかし約1000m離れて流れている水無川と万江川が本坑を挟んで地下水路で連結していたりして、こうした場合は掌握するのに苦労します。勿論、空洞が連鎖しているわけではなく、空洞や割れ目などでつながって流れているでしょう。

——空洞を発見した場合、その処理はどのような対策を講ずるのですか。

財津氏 空洞のタイプによりますが通常は、入り口に1m以上のコンクリートで塞ぎ、その上に1〜2mの軟らかく軽量のエアモルタルを充填します。水がたまる空洞ではあらかじめ水抜きパイプを設置して、水がたまらないようしています。

——石灰岩層を抜けたら、断層破砕帯の大量湧水に遭遇していますね。

財津氏 石灰岩層から砂岩、粘板岩層に入るのは坑口から1500m地点だったと思います。次第に湧水が多くなり、本坑の200〜300m前方を掘進していたパイロット坑が



砂岩層が作る空洞。大量の水をためていることが多い

大量湧水に見舞われた。1分間に0.1tから最大で15tが1か所から噴き出てきたこともありました。坑口全体では25tにも。粘板岩で遮断されていた大量の水が、その粘板岩にトンネルが突入、突破したため、噴き出てきたのです。

掘削工事はしばしば中断していただきますね。

財津氏 吹き付けのコンクリートが付着しなくなったのです。ロックボルトも打てなくなった。この湧水で、パイロット坑ではNATM工法が使えず在来の矢板工法に切り替えました。

八代側からの掘進はもつと難渋し、約700m地点で湧水に遭い、パイロット坑が前進できず、後から本坑に追いつかれてしまった。パイロット坑は水抜きと地質をあら

じめ確認するために先行して掘るのだが、それが出来なくなってしまうのです。

肥後トンネルも加久藤トンネルも、NATMで行くという最初の方針を変更せざるを得なかった。

財津氏 しかし、それ以外のパイロット坑、すべての本坑はその後もNATMで進められました。

湧水が激しい中でNATMを続けるために、どのような対策をとったのですか。

財津氏 まず、湧水をどう減らすか、です。先行しているパイロット坑から本坑の前方の掘削予定コースに水抜きボーリングを行い、湧水量を減らす。本坑切羽の上部から行った水抜きボーリングに役割を果たさせることにしました。

またコンクリートの吹き付けができるように、コンクリートの厚さや配合を変えたり、急結剤の増量、粘り強化のための増粘剤の添加など現場で試験施工しながら、いろんな試みをし

ドライモルタルの流動試験

証言 「水が大雨のように」

原田 一男氏

加久藤トンネル工事、掘進夫、77歳、日向市

「平成2年3月から平成4年5月まで、人吉側から加久藤トンネルを掘りました。パイロット坑を貫通地点の約3000mまで。最初から出水が多くてね。岩が割れ目が多く水が大雨のように降って。潜水用のスーツを着て作業をしました。加久藤は雨が多いところだから。鉄砲水が出るようなことはなかったが、ダイナマイトを仕掛けるのに穴をあけるとそこか

ら水がどんどん出てくる。それで竿の先にダイナマイトをつけて押し込んだりしました。悪いところはセメントの吹き付けができないくらいだった。1000分の1の上り傾斜で掘るので、水が猛烈な勢いで流れてくる。3000mも掘ると、ズリ運搬車の車輪がすり減って脱線が多かったのを覚えている。私は13番目に雇われた坑夫だったが、終わった時には10人はやめていたなあ。水が多い現場だから、と辞めていくんだ。わしらのようなトンネル専門の坑夫は貫通までやり抜くけれどね」

ました。勿論、鋼製の支保工を大きくしたり、吹き付けるコンクリートを厚くしたり、考えられる対策をすべてやった、という感じですよ。

ロックボルト用の穴からも湧水が激しく、充填コンクリートが流れ出てしまい、ロックボルトが打てない。その横にロックボルト用の水抜き穴を掘ったり、こうした対策でようやく湧水が収まっていて、NATM工法で施工できるようになりました。

八代側の断層破砕帯も厳しかった。

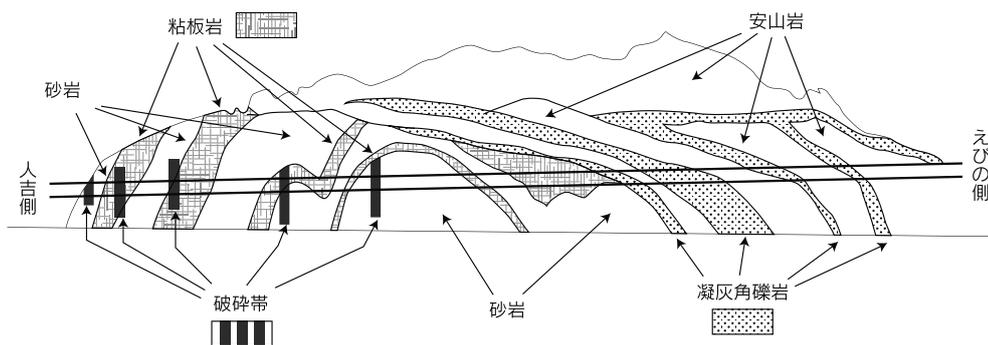
財津氏 坑口から700m、先行していたパイロット坑が本坑に追いつかれてしまった。パイロット坑が断層破砕帯と遭遇し、湧水が激しくて（坑口の総湧水量は毎分10〜25t）掘り進められなくなったのです。そこで本坑に水抜きと地質確認のための導坑を掘り、人吉側で行った湧水対策のほか、定着剤がいらぬ新型のフリクシオン式ボルトを使った箇所もありました。これでNATMを可能にしたのです。

どうして、そこまでNATMに

執着されたのですか。

財津氏 なんといつても高品質のトンネルを建設できるからです。矢板工法では、時にトンネルと地山の間に隙間ができ、地山がゆるみ、トンネルの安定性を脅かします。そのために、後で充填しなければならぬ

加久藤トンネル地層断面図



ことになる。その点、NATMは掘削するとすぐ吹き付けコンクリートで地山と密着させ、ロックボルトを打ちつける。そしてトンネルとなる壁面をコンクリートで覆い固めるので、岩盤との付着力が高いトンネルになる。特に悪い地山の場合、さらに高品質のトンネルが求められます。それを可能にするNATMで進めるのが良いのです。肥後トンネル、加久藤トンネルもですが、こうした湧水対策を行いながら、NATM工法を進めたことが、それ以後のトンネル建設NATMの発展につながっていった、と思っています。

やはり、工事が難航した加久藤トンネルでは工事長として建設にあたられました。

財津氏 恐ろしい経験をしました。本坑が崩落したのです。人吉側坑口から700mの地点と1100mの地点の2か所で突発湧水（毎分15〜40t）と共に天盤が崩れ、大量の土砂が崩れ出すという大崩壊でした。切羽から後方で発生したり、大変危険な状況でしたが、たまたま、作業中でなく作業員に被害はありませんでした。

「トンネル工事は「一寸先は闇」なのです。」

財津氏 全く予想していませんでした。突然の大崩壊で、トンネル工事

の難しさを改めて、思い知らされました。これへの対策で、工事が4か月中断のやむなきに追い込まれました。

続いて、えびの側坑口から1600m地点でパイロット坑が大量出

人吉市から南へ17kmに、国道221号加久藤トンネルはある。標高583m。また、高速道・加久藤トンネルより280m高い。谷沿いの坂道からやがて円形の人吉ループ

(R95〜130m)に入る。雲海橋を渡り、上から見ると二重の道路のリンク(環)を重ねたように見え、車が円を描きながら上り下りしている。標高55mを一気にかせぐのだ。



世界でも珍しい 二つのループ

て、出水を最少に抑えようとしたためである。この設計意図は見事に成功したといえよう。

トンネル延長1808mを抜けるとはるか下に、えびのICに一直線に向かう高速道が見える。坑門を出て、えびのループに入る。えびの側出口は人吉側入り口より20m低い。そこから、えびのループ(標高差75m、R150〜400m)が山腹の突出部を卵形に巻いて下ってゆく。

14か年の歳月と167億円の巨費を投入して、世界にもあまり例のない二つのループまで建設しなければならなかったのは、トンネルの長さを3分の1以下に短くし、トンネル内の車の排ガス量を削減し、さらに、高度を高くして、高速道・加久藤トンネルを悩ませた水瓶の上部を走

水(毎分最大12t)に見舞われました。それによって切羽が崩壊し、支保工が歪み事態は深刻でした。パイロット坑の4倍もの断面の本坑がこの大量出水の地点に来ると、どうなるのか予想もつかない。そこで徹底



トンネル工事は地層をよく調査することが重要だ

した水抜きボーリングをパイロット坑で行うことになった。それによって、豪雨のような大量の水が吐き出され、最高毎分61tにも達した。作業員は「濡れ」となり、大変な作業となりました。これから先、大丈夫だろうかという不安もよぎりましたが、この湧水区間は約100mでしたが、様々な対策を行って、約2か月後にはようやく湧水も落ち着き、水位も下がり、NATMでの施工が可能になりました。

——予想以上の事態だったのですね。

財津氏 ある程度の工事の難航は覚悟してはいたのですが、予想以上に、

地質構造が複雑でした。人吉側は四万十層群の砂岩、粘板岩で、一方、えびの側は火山噴出岩の凝灰角礫岩の上に、地下水をたっぷり含んだ安山岩や凝灰角礫岩（肥薩火山岩層）その下には、いたるところに破砕帯がある崩れやすい地層（えびの層群）が存在する、極めて複雑な地層から成り立っていました。この断層破砕帯にぶつかると大量の湧水と崩壊を覚悟しなければなりません。慎重な上にも慎重に工事を進めていきました。



加久藤トンネル掘削中、掘り出された300万年前の古木。えびの側坑口から1600m掘り進んだところで発見。加久藤カルデラ形成期に噴火によって燃えた大木が炭化、埋蔵されたものと思われる。

——大崩壊、大量湧水に続いて、風化や劣化が進んだ軟弱地層の崩壊や、切羽の「押し出し」にも苦労された。

財津氏 坑口から1700m地点で発生しました。地山の圧力が、切羽を押しつぶすように変形させ、鋼鉄製の支保工さえ大きなゆがみが生じました。このため、切羽自体を補強

日本列島を「縦貫する」自動車道は昭和32年の「国土開発縦貫自動車道建設法」で、列島を貫く約5000kmが決まり、最初に着工されたのが名神高速道路の小牧・西宮間191km、同38年7月開通している。これ以外の路線はその後の法律で決められることになった。

路線を巡っては、列島の中央部、つまり脊梁を貫きそれから櫛の歯のように海岸沿いの都市に伸ばす案と、海岸沿いに主要都市を結ぶ案とがあり、大きな議論になった。その典拠は「中央道」と「東海道」、九州でも福岡から熊本を抜けて八代へ

日本を縦貫する自動車道

するためのリングカット掘削や切羽にコンクリートを吹き付け「鏡吹き付け」を基本としたあらゆる補助工法を使って、ようやく突破できました。

びの間を結ぶ九州山地縦貫か、海岸回りかの選択があったが、法律ができる前から「宮崎」を繋ぐ「中央路線」が強く主張されていた。昭和41年「国土開発幹線自動車道建設法」が制定され32路線7600kmの全国ネットワークの骨格が決まった。この中に長崎―大分を結ぶ横断自動車道も含まれ、八代からえびの、そこから分岐して鹿児島、宮崎を結ぶ「九州縦断自動車道」が決まった。その後、再編成が進み最終的には本四連絡道路3路線を含め総計14000kmとなった。

第3節 自然との戦い

安全快適のために①

異常気象―雨と風との見えざる苦闘 日本有数の山岳道路―緊張の日々 「危機一髪」を教訓に地道な警戒

平成23年6月、日本でも有数の山岳高速道である八代―人吉―えびの間に担当する熊本高速道路事務所は緊張した空気に包まれた。同月10日から降り出した雨は、熊本・宮崎の県境にある加久藤峠で異常な降雨量が記録された。加久藤南で353.5mmを記録した11日、人吉―えびの間に通行止め、16日には累積降雨

量が1000mmを超え、19日には1235mmを記録した。降り続く大雨によって地盤は崩れやすくなり、通行車も視界が悪く、カーブも多いこの区間は厳しい運転を強いられる。同事務所はこの間、4回の「交通止め」を余儀なくされた。南九州（鹿児島、宮崎）と中、北九州、さらには本州との大動脈を止めることに

1000mmを超える雨量

よる経済的、社会的影響は甚大だ。しかし、安全には代えられない。警戒パトロール繰り返し、水路や山肌の異常に目を光らせる緊張の日々だ。

異常降雨と強風

同高速道路事務所はこれまでも異常降雨に悩まされ続けてきた。台風襲来、梅雨期の集中豪雨、強烈な風。最近では、異常気象のせいかわ、過去に比べ風力、降雨も強く激しくなった。特に狭い地域に集中するスポット的な豪雨が多いと事務所スタッフの多くが感じている。

八代―人吉間38.5kmは中央構造線、九州山地の複雑な地形と地質に挑んで建設された山岳道路だけに、23のトンネルと54の橋梁で全路線の

70%を超える。トンネルと橋の間の道路は急峻な斜面を切り土して建設された。その上「のり面」には亀裂の入った巨岩も多い。崩壊に対処するため落石防止柵、防止網で道路を守っているが、柵や網には落石がたまり、それを超えて道路近くまで落ちてくるのも、しばしば発見される。

最長のIC間距離

この38.5kmの距離は、もう一つ、重要な意味を持つ。山岳高速道路として八代―人吉間のIC間の距離が全国で最も長い。九州縦貫道路の場合、平均IC間の距離は10km程度だから4倍近い距離がある。山と谷を渡るため、途中でICが設置できない。しかし、危険な、かつ長距離の山岳道路の安全確保はそれだけ困難な業務となる。たとえば、事故発生の場合、IC間の距離が短ければ、最も近いICから車両を避難させるこ



崩落した登俣トンネルの入り口付近。今は頑丈に保全

とができる。危険ルートから通行車両をできるだけ早くなくすことが、一番の危険回避策である。さらに事故対応のための救急車、警察車両、作業車の緊急派遣も迅速かつ効率的に行われる。ICが多いということは、このように対応能力を高めることになる。

求められる機敏な対応

しかし、八代―人吉IC間の距離の長さはそれらの緊急対応をきわめてむずかしくすることを意味している。勿論、非常用の一般道との連絡出入り口を設けてはいるが、数は限定されるし、狭く避難容量も少ない。それだけに、事故の危険が高まったり、実際に発生した場合、他の路線より、はるかに機敏な緊急対応措置が求められる。それには、まず、頻繁なパトロールによる「発見」と「情報伝達、共有」そして「対処力」にスピードが求められるのだ。

西日本高速道路(株)のスタッフが、現在でも肝に銘じている災害がある。この山岳道路に自然が襲い掛かったらどうなるか。

平成11年9月24日、熊本・天草の牛深に上陸した台風18号の襲来に備えて早朝午前3時から全面交通止めを行っていた。前日の午後7時頃から雨が降り始め、翌早朝から強い雨(時間最大雨量28mm)に加え、瞬間最大風速は50mと推定される強風が吹き荒れた。台風が九州を斜断して

周防灘に抜けたため、熊本高速道路事務所は通行止め解除へ向けての道路点検に入った。すでに交通止めは30時間を超えようとしていた午前9時。パトロール中の助役から登保トンネルの北口(八代側)の上で「のり面崩壊」が発生しているとの報告が入った。このトンネルは八代ICから最長の肥後トンネルの手前、14番目トンネルで、八代―人吉のほぼ中央にある。

「現場状況はどうか。現場点検は行ったか」(浅田一博副所長)

「行ける状況にありません」
「では、私が現場に行きます」(副所長)

登保トンネル北口から高さ約150mの頂上にある九州電力の送電線付近から約50m下までの管轄外の斜面が崩壊しているのが現認された。

浅田副所長は崩壊斜面を見上げたが、とても現場に行ける状態ではないことから、天気回復後に再度、点検を行うことにし、そのまま南下、約30分走り、Uターンして上り線の登保トンネルに入った。トンネル内を走行中、前方の南出口に樹木が垂れ下がっているように見えた不思議に思いながら、走り抜け、振り返ってみると、頂上から150mの傾斜のり面が全面崩壊しており、危機一髪だった。約30分前には人吉方面に走るエイジパトロール車が走り去る

今でも、肝に銘じている災害



坑口付近は地滑りなど問題を多くかかえている

のを見ており、彼らもまた危うく難を逃れたのだ。

崩壊原因は、頂上付近の植林されたスギに、台風の強風が直接当たり、倒木、そこへ雨水が侵入して、斜面崩壊と、スギが将棋倒しに倒れ、崩壊が拡大したものと推察された。

九州山地では主に植林されたスギなどの風倒木が大量に発生、甚大な被害を出している。異常な強風ではあるが、同時に山林不況で、間伐、枝払いなど手入れが行き届かず、根が浅くなっている一斉林が多い。八代



山を削り道路を建設してゆく。切土の高所作業、危険がいっぱいだ

―人吉間を見ても、スギなどの植林が多くみられ、登保トンネルと同様の斜面崩壊の危険が拡大していることは間違いない。

本来、樹木は深く、広く根を張り、地盤を固くして風水害から、山地を守る機能が期待されているが、登保トンネルの場合、逆に、植えられたスギ林が崩壊を助長、拡大したことになる。

もともと、トンネルの坑口付近は斜面崩壊、地滑りなどの問題が生じやすい。斜面の表面には転石をはじめ石混じりの土砂などが堆積しており、なおかつ構造線によって基礎の岩盤に亀裂が多い。この亀裂は水に弱く、補強が必要になる。通常、コンクリートの吹き付けなどで坑口周辺を補強している。

のり面崩壊の危険症状

登保トンネルの崩壊した斜面は、手を加えていない地山が崩れたケースだが、山岳ルートは、当然のことな

がら山を削り、道路を建設しなければならぬ。八代―人吉間の地山の勾配は、35〜45度の急勾配が多い。これを緩やかな勾配にするため、山を削ると大量の土砂が生まれ、膨大な工事量となる。特に構造線が存在する山岳道路においては、できるだけ地山をそのままにし人工を加えないことが崩壊の危険回避につながる。つまり、のり面の切土をできるだけ少なくするためには、「のり面」を急勾配のままにし、崩れないように補強工法を総動員することになる。ブロック積み、プレキャスト枠工、崩壊事故防止のため雨水のしみこみを止めるため、のり面にモルタル、コンクリートを吹き付け、それとPCAアンカーを組み合わせるなどして斜面を強化、地滑りを防止していくのである。

しかし、今回のような1200mmを超える異常降雨に耐えられず、ひび割れなど「地すべり性の変状」が発生する場合がある。

平成5年8月1日に発生したのり面崩壊は、その前月7月の降水量は観測史上稀な1238.5mmにも達し、八代―人吉IC間の肥後トンネルを出て人吉側の小鶴地点で幅40m、高さ50mにわたる長大のり面で崩壊の危険が発生した。吹き付けたコンクリートに大小の亀裂が発生して、地山の表面が滑り、吹き付けコンクリートが押し出されている。

地すべりが、さらにのり面崩壊、

土砂崩れとなって高速道路に大量の土砂、岩石が崩れ落ちる事態となれば、事故につながるがねない。1日正午前には最大時間雨量80mmに達し、直ちに交通止めを行って事なきを得たものの事態は深刻だった。

悪い地層がさらに劣化

ここでも、八代―人吉間に分布する地層の悪さ、弱さが露わになった。小鶴地域ののり面は、四国に多く分布する四万十層群で砂岩、頁岩が中心。トンネル掘削で苦闘を強いられた崩れやすい岩質が、道路管理面でも管理者を苦しめているのだ。実際、調べてみると、表層部分は特に劣化がひどく、特に砂岩と頁岩が入れ混じっている地層は、風化して土砂状、小石（礫）混じりの粘土化して、ハンマーでたたいてみると、簡単に崩



「危機一髪」のり面の岩石は「落石」しやすい

れる状況になっていたのである。

地質の弱さは平成7年3月30日の上り線でのり面崩壊が最も象徴しているかもしれない。3月の月間降雨量は84mm程度で少なかったがそれでも、のり面崩壊が起こったのは地質の悪さ、劣化の急速な進行以外考えられないケースだった。この崩壊地点も四万十層の粘板岩が中心で、のり面の寒暖差や長年の降雨地盤が徐々に悪化、少しずつ動き、それが崩壊につながったと考えられている。集中豪雨や台風風の風雨など「強い自然の力」を受けなくとも、自然崩壊の危険にも目を光らせなければならぬのが、この八代―人吉ルートなのだ。

トンネルと橋の補修

23のトンネルと54の橋梁が約70%を占める八代―人吉間(38.5km)も開通から20年をすぎ、傷み(損傷箇所)もかなり始めている。特にトンネルのコンクリート版(約10m)のつなぎ目(目地)の落下破片が発見され始めている。目地は合計5081か所あるが補修手当が必要な場所は3分の1に及び計画的な補修が進んでいる。そのほか取り付けられた照明、内装版の老朽化による落下にも目を光らせなければならない。

トンネル以上に風雨にさらされる橋梁の老朽化、傷みも激しい。車両が走る床板の改良をはじめ予防保全

の必要性は高まっている。

予防保全の専任役設置

西日本高速が直接管理している地域での土砂崩れなどのほかに、西日本高速の管轄外の地域で発生した斜面崩壊などが、高速道路まで及ぶ恐れも多い。倒木や崩れた岩石が防護堤まで押し寄せて砂防施設の容量をすでに埋め尽くしているケースも見られる。オーバードローした土砂が道路本線へ流入し交通止めになったこともある。

このため「予防保全専任役」のポストが新設された。熊本県など地方自治体が管轄する砂防ダムについても定期点検を行い、土砂排除などを要請しているが、自治体の財政難もあり十分には対応できていないのが現状だ。そのため保全の目を管轄外にも広げざるを得なくなっている現実があるのだ。

見えざる

「道路保全」の戦い

難工事の末、完成した八代―人吉間の山岳高速道路だが、開通して20年を超え、利用者が安全に走るための道路保全、管理、点検、補修、改良などの作業はますます重要度を高めている。地道で根気のいる毎日の積み重ね、その「見えざる戦い」こそが道路の安全を守っているのだ。

第3節 快適さの追求

安全快適のために②

旅の始まりと終わりの演出
カラフル四色のアーチで「わくわく感」を
「安全、快適に走る」ための工夫と努力

トンネルが長いほど、安全確保のための設備を充実させなければならぬ。トンネル内の事故、特に火災事故は、恐ろしい。モウモウと坑口から吐き出される煙、いったん火災になれば、トンネルが煙突となり、重大な被害を出す可能性を常に秘めて



「えびね蘭」をイメージした加久藤トンネルの坑門。下り線の坑門は少し前に

いる。煤で顔を黒く塗られた脱出者がトンネル火災のすさまじさを語るテレビ映像から、人々はその恐怖を実感する。

九州縦貫道の八代―人吉間の肥後トンネルと、人吉―えびの間の加久藤トンネルは北・中九州と南九州をつなぐ長大トンネルで、きわめて厳しい地形、地質条件を克服して貫通した。長さにおいて肥後トンネル（6340m）が全国3番目、加久藤トンネル（6265m）が同4番目。それだけに、緊急事態が発生した場合の、安全のための避難経路の確保など、両トンネルとも配慮されているが、加久藤トンネルは安全とともに「快適な走行」について、特別な工夫が施されている。

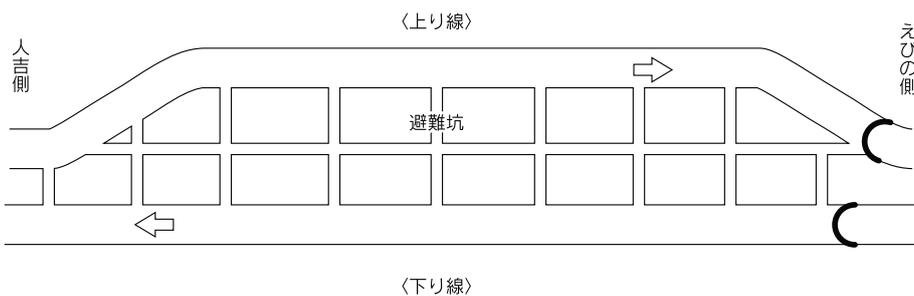
拒絶反応に対応

一般的にトンネルはある年月が経過すれば掘削した地山との重力のバランスが取れて安定する、という。通常、地山は形成期からきわめて長

い歳月をかけて「安定」を保っている。そこにトンネル掘削が行われると、ちょうど、人体が「異物」に対して拒絶反応を起こすように、重力のバランスを取り戻すため、様々な現象がトンネルに対して起こる。

東日本大震災後、余震が続いたが、それは最初の大地震によって発生したプレートのバランスの崩れを取り戻そうとする「自然な作用」といってよく、やがてはバランスを取り戻して安定する。トンネルもほぼ同じと考えてよい。

肥後、加久藤トンネルのように、断層破砕帯や、大量の湧水に直面して、難工事だったトンネルでも、地層が安定すれば「どんな構造物より安全」だし、「難しい工事だと設計施工ともに、より安全を考えて行われるから、油断がない。簡単と思われるトンネルに問題が生じている」という経験則を語るトンネル技術者は多い。



トンネル間隔を広げて

たとえば、加久藤トンネルの、えびの側は火山噴出物が堆積、層をなしているため、崩れやす、大量の水を抱えている。このため特に脆弱な区間は、上下線のトンネルの間隔は大きく引き離されている。第2期工事によって引き起こされる、重力のバランスの変化の影響を、先行して掘られ、供用が始まったトンネル（下り線）が受けないようにする判断である。

6 kmを超える肥後、加久藤トンネルをやや注意して走ると、トンネルの側面に非常用の避難口が設置されているのに気付く。



集塵のための大型パイプ



集められたばい煙を脱水処理する

トンネル内の保安機能

通常、上りトンネルと、下りトンネルとを、ちょうどはしごのよう通路でつなぎ、万一、事故が発生した場合、他の一方のトンネルを避難用に使えるようにしている。加久藤トンネルの場合、一部、上下2本のトンネルの中間に、もう一本避難用のトンネルが用意されている。上下線の間隔が通常より広く開けているための特別の措置といえる。

トンネル内を「快適に走る」ための基本は、何と言っても「安全」である。肥後トンネルは最高級の「A A」（トンネル等級）の安全基準を



噴火する新燃岳（平成23年1月）

九州縦貫道・加久藤トンネル工事を苦しめた火山噴火で形成された地層は、約53万年前に噴火による小林カルデラと34万年前の加久藤カルデラで、以来、幾度も繰り返された霧島山の大規模な噴火によって堆積したものである。現在も、新燃岳は活発な噴火活動を続けている。新燃岳は平成23年1月26日、52年ぶりに噴火、火山灰と噴石を吹き上げ、火砕流も確認された。周辺地域に降

現在も続く霧島の火山活動

り注ぎ、以来、活動が続き、土石流発生の危険から、周辺道路は交通止めがされている。また、新燃岳の火口には溶岩がフタをするようにたまり「危険度」が高まっている。

加久藤トンネル、矢岳鉄道トンネル工事で見られた大量の湧水は霧島周辺の豊富な降水量とそれを水瓶のようにため込む火山岩層によるものだが、一方で、霧島周辺は古くから良質の温泉地、湯治場として有名で、また、地熱発電のほか灌漑用水、美しい滝など自然景観も素晴らしい。

こうした地形、地質、美しい自然景観などを生かし保護・活用を進める世界ジオパークへの認定が進められている。世界ジオパークはユネスコが支援する世界ジオパークネットワークが推進。日本からは雲仙・島原半島や山陰海岸、北海道の有珠山などが指定されている。

満たす非常用施設、設備が備わっている。

鉄道トンネルと違って、道路トンネルは自動車の排出ガスを排除しなければならぬ。

その中には一酸化炭素、窒素酸化物などの有害物質が存在し、トンネル内に滞留するようなことがあつてはならないのだ。肥後、加久藤両トンネルともに大型の換気装置（縦流換気方式）を備えている。ジェットファン、立坑送排風機のほか大型トラックのディーゼルエンジンが排出する煤煙やほこりを集めて空気を浄化し、再びトンネルに送り込む電気集塵設備も備えている。

肥後トンネル中ほどにU字形に掘られたトンネルの中に集塵設備があつた。「最近では煤煙が規制されて



トンネル内は安全のため常時モニターされている(八代管理事務所)

いますので、煤煙量は相当、減りました」と担当者は、箱に集められた煤煙の黒い粒を指差した。汚れた排出ガスや煤煙が高電圧の集塵機の中を通過すると帯電させられ、集塵機の極板に吸い寄せられ除去される。煤煙が取り除かれてクリーンになった空気は送風機によって再びトンネル内に送り込まれる仕組み。

また、立坑送排気設備は、トンネルの上部に掘られた立坑に備えられた排風機と送風機が、空気の入替えを自動的に行う。その操作は遠隔操作室からのコントロールによるが、風量を自由に制御できる「優れもの」だという。

肥後、加久藤トンネルともに、ほとんど同じ能力を持つ装置が備えられている。

暗い地底の恐怖

長大トンネルを安全でかつ「快適に走る」とはどういうことをいうのだろうか。長いトンネルの走行には、照明があるとはいえ「暗い地底」に入る恐怖感が付きまとう。スカイラインと呼ばれるドライブコースは大きな空や広大な景観の中を走る「快適さ」を持つている。トンネルは、それとは対照的に、閉鎖的で、心理的な圧迫感が付きまとう。たとえば、トンネルの入り口でドライバーは無意識にブレーキを踏み、速度を落とす。そのことよって、渋滞が起ることがしばしばだ。トンネルはそ

れほど、心に抵抗感を持たせる。快適にトンネルを走るとは、それらトンネルの持つ「悪条件」をいかに克服するか、である。

「ハード」そのものといえるトンネル掘削に対して「快適走行」の工夫は、ドライバー心理に配慮した「ソフト思考」を求められる。

加久藤トンネルはえびのICから加久藤峠を抜け、中・北九州さらには本州への「旅」の始まりに位置するトンネル、続く人吉―八代間、肥後トンネルをはじめとする23の連続トンネルの始まりでもある。

圧迫感の解消のために

何事もスタートとゴールが大切だ。加久藤トンネルの上り、下り線は全国の高速度道路への出発、入り口のトンネルとなる。異例なことだが、下り線開通を前に、より快適な高速走行のための「加久藤トンネル快適走行研究会」が設置された。熊本大学の小林一郎教授を中心に6kmを超える長大トンネルの圧迫感や退屈感をどう解消するか、またトンネルを出た時、そこに展開する霧島連山の素晴らしい景観をどう生かすかを中心に論議された。

旅の始まりと終わり

そのスタートの上りのトンネル入り口(坑門)は「えびね蘭」がデザインされている。鹿児島北部地方と



長大トンネルの安全情報が常時提供されている

宮崎はこの地味だが愛らしい山野草の産地でもある。坑門は、高速度道路が日本列島を縦断して、北端の青森まで続く旅の物語の始まり。旅立ちのわくわくする気持ちを誘い起させる。肥後トンネルの坑門(下り線・八代側)は堅固さと安心感を抱かせる。土木技術者の大先輩・加藤清正が築いた熊本城の石垣をイメージした作品ともいう。

加久藤トンネルの入り口からややカーブしてトンネルに入る。進入時にトンネル奥の照明がまぶしく見えないように、その照明は外から内に次第に明るくなる。運転者の目を照度に慣らしてゆく工夫だ。

逆に、下り線の出口(えびの側)は至ってシンプルだ。運転者の目は、抜ける瞬間から、すでに眼前に広がる

るえびのの町と遠く霧島連山に吸い寄せられている。それが「南九州に入った」ことを実感させるための演出で、出口の坑門部分は上り路線に比べて、やや延長されており視野の広がりへの工夫がほどこされている。長い旅の末に、たどり着いた別世界。川端康成の小説「雪国」では「トンネルを抜けるとそこは雪国だった」だが、加久藤トンネルでは「南の国だった」の感覚であろうか。

動画アニメーションの ように

下り線の演出はトンネル内で始まっている。トンネルを走行中の運転者は、動画アニメーションイメージで出口までの距離感を知る。出口まで4キロ地点で黄色、3キロで緑、2キロでブルー、出口1キロで紫色の照明がトンネルの天井を円型に彩る。カラフルな4色の門をくぐって出口へ、そしてトンネルを出ると「さわやかな開放感」が待っている。開放感を作り出すためには、視覚的な障害物があつてはならない。上り線と下り線の分離帯にあつたガードレールなど諸施設はわざわざ取り払われ、運転者は広角の視野を楽しめるのだ。

こうした照明、出口周辺の修景のコンセプト、トンネル内の距離表示などについて「快適走行研究会」は平成12年8月から同15年9月までの間に7回の会合を重ねている。トン

ネル建設にあたって、ここまで演出が可能だったのは、青森から鹿児島、宮崎まで日本列島を貫く高速道路のターミナル的意味を持たせたいという関係者の、日本縦貫の高速道路を建設してきた先人への敬意、事業完成の達成感がそうさせたのだろう。



「旅立ち」のシンボル坑門(加久藤トンネル上り線)

日本風景街道は全国で127ルート登録されている。九州では11ルート。唐津から福岡に至る玄界灘風景街道、日南海岸を楽しむ「きらめきライン」、久住、阿蘇の大草原を走る「九州横断の道・やまなみハイウェイ」など、いずれも、九州ならではの自然景観が満喫できる「道」だ。道を旅しながら、次々と展開する風景の楽しみは、北斎の「富嶽三十六景」や安藤広重の「東海道五十三次」などの浮世絵の風景画が愛され続けているように、今も変わらない。旅絵という移動による絵葉書めくり、居ながらにして満喫するとともに、実際に出かけてみたいという「憧憬」の心も動かしたのだから。

風景街道は一般道のウォーキングやドライブの道だが、疾走するハイウェイの車窓からの景観と楽しみ方は、極めて現代的と言えるだろう。高速道の高架の高い視点から瞬時に展開する景観は、細部を楽しむことは出来ないが、広大な景観の中に身を置く一瞬があり、また、パーキングやサービスエリアからゆっくり眺望を味わうことも出来る。

大草原と阿蘇、久住の山岳風景が展開する「やまなみハイウェイ」のような観光道路の素晴らしさは言うまでもなく、鳥栖から佐賀、長崎に走る高速道路「長崎道」からは、春

風景街道 — 景観を創造する道

の麦秋、秋の黄金色の稲穂の広がり、そして高層ビルのない穏やかな地方都市の姿が遠望できる。この長崎道にほぼ並行して、奈良時代の官道が一直線に太宰府に向かって走っていた。脊振山系からの舌状丘陵地に発掘された弥生時代の吉野ヶ里遺跡の北側を「切通し」し、側溝が設けられる程の完成度の高い道路だった。

おそらく、有明海の渚がすぐ近くに見られ、道行く人はその静かな海の風景を、汗をぬぐいながら眺めたに違いない。

高速道路はそのスピードによる時間短縮が最大の利点だが、短い時間での景観の楽しみ方は、昔からあった。例えば熊本市の水前寺公園は、疑似の富士山、海や川を、回遊しながら東海道「写し」の旅を楽しめる藩主・細川家の庭園だった。四国巡礼を短縮したミニコースも各地にある。

その国の国土の見せ方には幹線道路からの景観が最も重要だと言われる。残念ながら、現代の

自動車道には、買い物とレストランのサービスエリアはあるが、そこに展開する景観の新しい楽しみませ方の工夫がもっと欲しい。
(久保平)



日本風景街道口ゴマー

第4節 進化したNATM

東九州自動車道ルポ①

現場報告―「変わらぬ苦闘と揺るがぬ自信」 東九州自動車道の工事、着々と トンネルと橋の連続で、難所を突破

八代―人吉間23のトンネルで、補助工法で強化され掘削に威力を発揮したNATMはいま、どのよう
トンネルを建設しているの
か。その格好の実例を現在建設中
の東九州自動車道に見ることが出来る
のではないか。そう考えて、工事現

場に向かった。

肥後トンネルが苦しんだ中央構造線といくつもの構造線、断層帯を持つ山岳を形成する秩父層。それは大分県・臼杵から九州を東西に斜断、八代に抜ける臼杵―八代構造線の「西端」にあたる。この構造線の

九州の「東端」を現在、建設中の東九州自動車道は走ることになる。こ

のため、「西端」の八代―えびの間で九州自動車道が直面したNATMによるトンネル掘削時と同じ困難と立ち向かう「生の現場」と東九州道建

設の「現在の進捗状況」を見ることが出来た。

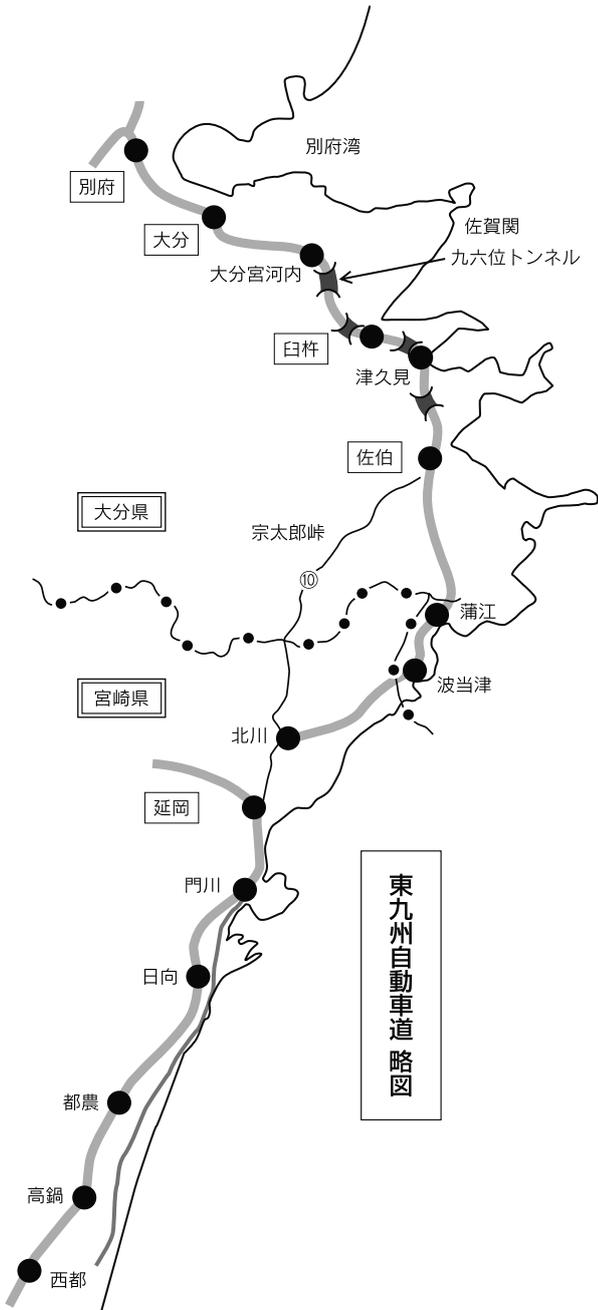
「大分から宮崎へ」

厳しかった九六位トンネル

東九州自動車道は大分ICから以南になると、臼杵―八代構造線に該当する地域に入る。佐伯までの間はNEXCO西日本高速(株)が、すでに完成させている。やはり、難工事ではNATMでは突破できないトンネル工事があった。

大分市街を流れる大野川を渡ると、自動車道は大分宮河内IC。ここから臼杵ICの間に2本の長いトンネル、九六位トンネル(2285m)と臼杵トンネル(1921m)を掘削した。

九六位トンネルは中央構造線によって構成された三波川変成帯の変



成岩群。その主体となっている黒色片岩などの間に石灰石が溶けて混入、破碎帯や、小断層が予想以上に存在していた。このため、地山は軟弱となり、トンネル工事中に崩落や変形、出水が頻繁に起こった。

特に平成10年12月、北坑口から約960m地点では、大崩落が発生（約200m）、また翌年4月、1130m地点では大量の出水（最大湧水毎分1300L）に見舞われた。トンネルの変位は、ほぼ中央部で左右の押し出しが最大30〜40cmにもなった。北坑口から九六位山山頂の下にあたる1200m地点までは黒色片岩と破碎帯が続き、剥落と崩壊、さらに大量湧水を引き起こしたのである。このため約1か月間で掘り進んだのはわずか10m。



切羽付近は清浄な空気が流れ、気持ち良い

この間の工事日誌をめくると、連日のように集中湧水と剥落、崩落が頻発。水抜きボーリング、地山補強のための薬剤、コンクリートの吹き付け、モルタルによる空洞閉鎖・充填など懸命の作業が続いている。

しかし、水抜きボーリングや薬剤注入は期待したほどの効果はなく、工事は遅々として進まない。ここで在来工法である矢板で掘進前方に「屋根」を造り、破碎された岩、土砂の流出を防いだ。しかし、崩落が続く切羽で、矢板を差し込む在来工法には、NATMに慣れてしまった作業員は、経験も少なく、危険度も高くなることが危惧された。

最大の難関は乗り切ったが、さらに最後の難関が待っていた。南坑口にあと200m地点で、切羽の崩落が数回起きた。泥質片岩の破碎帯層に遭遇したのと、坑口付近の地山の高さ（土かぶり）が100m以下になったためと考えられた。これに対する補助工法は、注入式や非充填フォアボーリングなどを地質状況に合わせて行い崩落を防いだ。

工事長を務めた鈴木正範氏は「このような変成岩類の地層での施工は、十分な前方探査と切羽天端崩落対策、及び後荷への対処を想定し、十分な用意をしていくことが必要で



劇面に登場しそうなトンネル用アーム取り付け重機（飯谷第2トンネルで）

あることと、脆弱な地質において、NATMに頼らない工法の採用が重要であることを頭に置いておくことである」と総括提言している。

進化する補助工法AGF

脆弱な地山への対応は、現在はAGF工法（鋼管長尺先受け工法）を使っている。「切羽」の上部から、斜め上に向けて、ロックボルト同様に、鋼管（12・5m）を打ち、「ちょうど、屋根の梁のように、トンネル上部に並べて差し込み、ウレタン系の注入剤で固めた上で、NATMで掘削してゆく」のだという。これま

では、トンネル側面にロックボルトを打ち、断面を吹き付けコンクリートで固めながら、掘削してきたが、新方式による安全性の向上と作業能率のアップは目覚ましいものがあり、「現在ではこのAGF工法を約50%程度使用している」（中西隆夫前田建設土木部長）という。AGF工法を施した切羽を約9m掘進して「尺取虫」のように、また次のAGFを行う。勿論、この鋼管の長さはケースバイケースで、地層の状況によって長短が決められる。

石灰岩層の広がり

白杵から南下、津久見を過ぎ、佐伯の手前までが白杵―八代構造線の東端部を走る帯状の秩父層。それは、ほぼ同じ幅を持って、西端部の八代―人吉まで帯状に西下、分布している。津久見に入ると車からセメント工場が見え、肥後トンネルと同様、石灰岩層が存在している地層であることが分かる。また大分県境からやや南、熊本県と宮崎県の県境にある向坂山―白岩山（霧立越え）は九州では珍しいスキー場があり、新緑、紅葉時には多くの登山客で賑わう。「白岩」の名前の通り、尾根から山頂にかけて石灰岩が見られ、氷河期の生き残りであるイワギク、ホタルサイコなどの希少植物の保護地域でもある。

白岩山（標高1646m）の頂上の石灰岩の上に立つと、文字通り「九



爆薬を詰めるため、切羽に穴をあけてゆく

州の屋根」と言われる九州中央山地が一望される。石灰岩は太古の昔、海底のサンゴ礁によって、形成されたといわれるが、山頂までせりあがった造山運動は想像を絶するものだ。この山地を南北に抜いて、高速道路が建設され、北九州と南九州が結ばれ、九州島をぐるりと一周する高速道路が出来るのだと思うと、感動すら覚える。

宗太郎峠を避けて

佐伯から、延岡まで（約47km）の区間は八代から鹿児島に抜けるとき「三太郎峠」が立ちほだかるように、ここでは難所「宗太郎峠」が待ち受ける。九州一周駅伝では往路（国道3号）が三太郎峠、復路（国道10号）

の宗太郎峠などの山越えが心臓破りのコースと言われ、学生時代、箱根駅伝の箱根の山登り区間を受け持った、山岳走行に強い選手が選ばれた。

東九州自動車道は、難工事が予想される「宗太郎峠」を避けて、海側にコースを取り、特に蒲江ICから北川・延岡IC間の完成を急いでいる。佐伯から蒲江間は新直轄事業で、すでにトンネル工事を発注。蒲江から延岡までは、直轄事業で、一部約16kmは平成24年度に開通の予定だ。この間には11のトンネルが掘られ、12の橋が架けられる。現在、工事が進行中。事前の地質調査では、砂岩と頁岩が中心で、一部、断層は見られるものの「それほど難しい地山ではない」と見通している。

佐伯から延岡までには、幾つものトンネルと橋の建設が必要になっている。八代―人吉間で23のトンネルが掘られ、54の橋が架けられたのと同様に、トンネルは白杵―佐伯間で5本（橋梁は21）、佐伯―延岡間で20本。NATMが全面採用されている。

北九州市から、大分、宮崎を結ぶ東九州自動車道は、こうして開通実現へ向け、一步一步進んでいる。現在、白杵―八代構造線の東側・白杵―津久見―佐伯は開通、工事は、さらに蒲江―北川を通って延岡へ向かって南進中だ。ここを高速道路が走ることになる、一気に時間距離は短縮され、その利便性は計り知れないほど向上する。

菊池寛の短編小説「恩讐の彼方に」で有名になった、大分県・耶馬溪の「青の洞門」は約30年をかけて禅海和尚が、槌とノミで掘ったと伝えられる（江戸時代中期、1764年完成）。現在は全長342mで自動車が通行できるように拡大、改良されているが、禅海和尚が掘ったのは144m、

現在もその一部は残され、我が国の最初の本格的トンネルとして国の史跡となっている。山国川沿いの断崖絶壁の岩山にうがたれたトンネルで、人々の難渋を救おうと、禅海が托鉢した資金で、石工を集めて完成したという。ダイナマイトも削岩機もないトンネル掘削がどんなに困難を極めたか、青の洞門の明り取りの窓近くに残されている無数のノミの跡が250年近くたった今日に伝えている。

関門国道トンネルについては、古川薫著「夢の道―関門海底国道」



青の洞門をノミで掘る禅海和尚像



青の洞門。ノミの跡が苦闘をしのばせる

小説の中のトンネル掘削

ンネル」がある。「魔海と言われた」関門海峡、早瀬の瀬戸の海底を掘り抜いた、鉄道、国道、新幹線の3つのトンネルが走っている。最初の鉄道トンネル（下り線、昭和16年7月貫通）は、海底の地殻変動による断層に遭遇、異常、大量出水との闘いであり、ほぼ同時に始まった関門国道トンネルは

戦争、戦後の社会情勢の困難さが加わって、21年間をかけて貫通（昭和33年貫通）。例のない悪条件に耐えながら、執念を燃やし「手作りによる長大トンネル」という点でも記念碑的工事だった」と古川は書いている。

犠牲者3000人を超えたといわれる関西電力の黒部第3発電所のトンネル工事（昭和15年11月完成）。撰氏175度にも達した地熱の中の掘削は多くの犠牲者を出した。吉村昭は小説「高熱隧道」で、完成後（工事課長の）「藤平は、絶えず薄暗い坑道を、背後から人の足音が追ってくるような予感におびえた。坑道いっばいに、人夫たちが無言で追ってくる。彼らは死者の怨嗟をその背に負っている」と迫真の描写をしている。

プロジェクト九州

第4節 進化したNATM

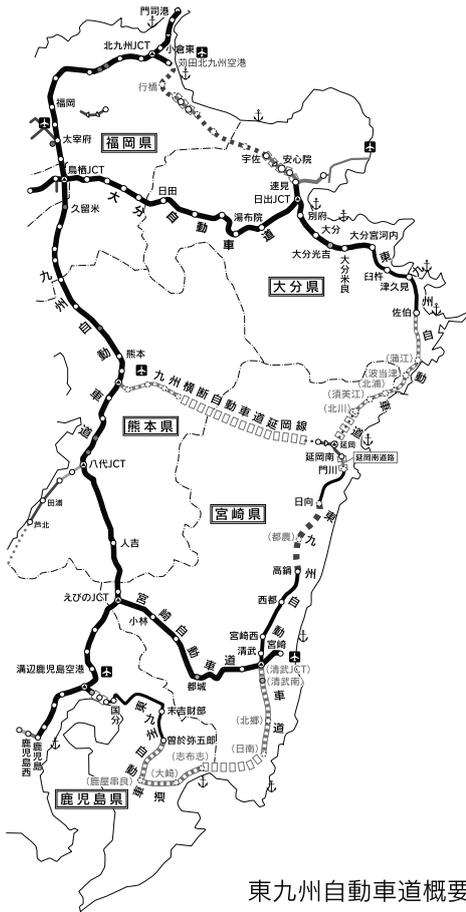
東九州自動車道ルポ②

「延岡から宮崎へ」 NATMが実力発揮 橋梁も、新工法を採用、工事は順調

延岡からさらに南下中

東九州道はいよいよ宮崎県に入る。

延岡・日向都市圏は、大分と宮崎両市の中間に位置する拠点都市だが、大分、熊本各都市圏とも高速道路では直結されていない。また、福岡都市圏から延岡・日向都市圏への



東九州自動車道概要図

時間距離（約4時間）は、実際の距離が1.5倍以上の最南端、鹿児島・指宿までとほぼ同じである。

この延岡から高速道路が大分、宮崎都市圏に、両手を伸ばすように、工事が進められている。北の「佐伯—延岡間」（約59km）は国土交通省九州地方整備局が担当、南への「日向—高鍋間」（約33km）はNEXC O西日本高速（株）が建設工事を受

け持っている。

延岡—宮崎間のうち既に完成している延岡南—日向（17.6km）から、さらに高鍋まで工事は伸びている。NEXC Oが担当するこの間は、最も長い鹿場第1トンネル（923m）や本村トンネル（901m）をはじめ6か所のトンネルを掘削中だ。八代側と同じ地層（秩父層、四万十層）でありながら、幸いなことに断層帯がほとんど存在していないため、NATMが実力を発揮、トンネル工事は比較的、スムーズに進んでいる。トンネルの坑口をはじめ一部だが、風化や地殻運動によって「もまれて」、土砂化など軟弱になっているところもある。

削岩機も巨大に、 能力アップ

前方探査によって崩落の危険が予想される箇所では、SGM工法が先受け工として採用され、NATMの登場となる。



NATMで順調に掘削工事は進む（鹿場第2トンネル）

トンネルの上部断面と下部を別々に掘削してきたこれまでの掘削と違って、NATMは、大断面を同時に掘り進む。掘進現場では7〜8段階あった様々な作業工程が大幅に改善され、加えて掘進機械の大型化、ロボット化が進んで掘削はスピードアップしていた。

切羽に向かって、アームが3本伸び、削岩してゆく。巨大な怪獣ロボットのが、岩面を3本の手で崩してゆくように見える。コンピュータ制御で、事前にインプットした掘削箇所、その作業順番に従ってアームは働く。「子供たちがよろこびそうですわ」と現場の作業員は笑った。また、トンネルの天井部分（天盤）のコンクリート充填作業の改良も相当すすんでいる、という。

トンネルの最先端断面を「鏡」と技術者は呼ぶが、発破をかけ、ズリが運び出され、すでに、コンクリートの吹き付けとロックボルトが充分に打ち込まれ、地山は安定している。見上げるような大型機械が、恐竜のあばら骨を思わせるアーチの鋼支保を軽々と持ち上げ、トンネル切羽の後方に、次々と、はめ込んでゆく。こうして、トンネル掘削は、余程の出水や崩落がない限り、順調にいけば一日約4m、月間50〜60m、年間1kmも進む。「従来の50%増しのスピード」と工事関係者は言う。

切羽の前に立つと、岩石が斜めに柱状しており、硬い。上部に横の亀裂が入り、岩塊が崩れやすい状況だが「切羽は比較的安定している」と工事担当者は自信を見せている。工事は順調のようだ。また、国土交通省が担当した大分、宮崎県境をまたぐ、最も長い「陣が峰トンネル」(2751m)は平成23年7月貫通するなど、着実に進んでいる。



着々と進む東九州道工事

「豊後土工」の故郷で

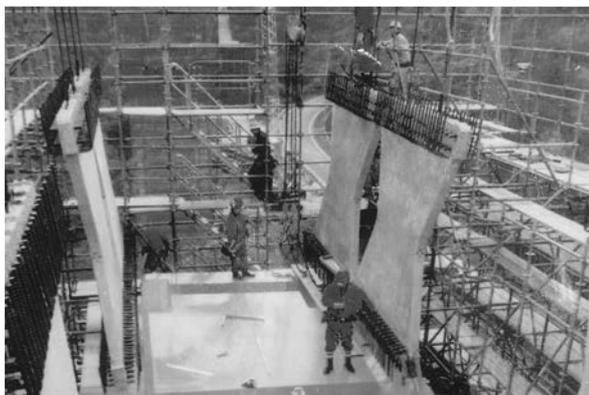
切羽に向かう。「鏡」の前に立つと、何より作業空間の大きさに驚かされる。大型の掘削機が長い腕を伸ばし、壁面では、リフトに乗って作業員が打ちこまれたロックボルトの点検を行っていた。空気清浄のマシーンがうなり、ひんやりと心地よい。作業環境の改善も大幅に進んでいるのを実感する。かつて、トンネル作業員が珪肺に苦しんだ苦い経験から、集塵機の導入をはじめ、吹き付けコンクリートに鋼・ビニロン繊維を混入し、さらに石炭焼却時に生まれる「フライアッシュ」を入れるなど、急結剤の改良などによって、粉塵の発生が抑え込まれている。

大分は「豊後土工」と呼ばれるトンネル掘削夫の故郷だ。今も、珪肺

で苦しむ人々も多い。そうしたトンネル工事の苦い経験の積み重ねの上で、この作業環境があるのだと思うと、重い感慨が生まれてきた。

新しい「蝶の橋」も登場

延岡から日向―都農―高鍋へと、工事はさらに南下し宮崎に向かっていく(平成23年度現在)。この区間では五ヶ瀬川、耳川をはじめ、いくつもの川を渡り、計14橋が建設される。田久保川橋(713・5m)はバタフライウエブ箱桁橋でチョウの羽のような形のコンクリート版を現地で組み立ててゆく新しい工法が採用されている。日本オリジナルの工法で、新しいコンクリート橋の可能性を秘めている。工場で作られた



「蝶の羽根」の形にして軽量化した田久保川橋

コンクリート板が現場に運ばれ、クレーンで組み立てられてゆく。これまでの架橋工事とは全くちがう作業風景がそこにあった。

コンクリート橋は丈夫だが、重い。何とか軽くできないか。軽くて強い橋にするためにはコンクリートの量を減らし、鋼線を入れて「強さを増す」工夫がいる。考え出されたのが、桁の側面(ウエブ)をチョウの羽(バタフライウエブ)のような形まで削り込み、薄くして重量を30%落とす。すべて工場で作成、現地で組み立てるなど、工費全体のコストダウンを目指しているのである。

延岡南から都農ICまでは合計15のトンネルと28の橋が架けられることになる。この区間のトンネルと橋の合計距離は40%に上る。山あり谷ありの険しいコースであることが分かる。

大分―宮崎間の高速道路が開通すると九州のすべての県庁所在地都市を直結することになり「九州はひとつ」が現実になる。風景街道などに登録されている日豊海岸、日南海岸などの国・県道や市町村道とネットワークを結び、観光、物産など地域資源が一層、生かされ、九州の交流人口は大きく増えるだろう。

宮崎以南に、最後の大きな壁

しかし、宮崎市以南になると、工事状況は一変する。



坑内の空気を浄化するため大きな換気パイプが装置されている
(鹿場第1トンネル)

宮崎から日南海岸沿いを走る「風景街道」は宮崎交通の岩切章太郎氏が先頭に立って沿道に樹木や花を植え、海風や海岸風景、南国情緒を楽しむ施設をつくり、かつては新婚旅行のメッカになった道だ。南下すれば、鶴戸神宮や野生の馬が駆け回る都井岬がある。この日南海岸の内陸側に建設される東九州自動車道（宮崎―鹿児島間約150km）は地元住民の長い夢だ。ようやく工事着工にこぎつけたものの、大きな壁が待ち受けていた。

着工から間もなく地滑りのため工事がストップ。すでに2年間が過ぎている。平成20年4月から同トンネルの掘削は開始されたが早くも、5月にはトンネルが50cm沈下する異変が始まり、近くを走る市道にひび割れが生じ始めた。その他、悪条件が次々と発生、翌年の6月22日、とうとう掘削中止に追い込まれてしまった。坑口から321.7m地点であった。ここは宮崎・日南層群だが、海底から造山活動で隆起した堆積土層が「地すべり」しやすい地質になっているのだ。航空写真やボーリング調査によって、芳の元トンネルのルート上だけで、13か所も地滑りの危険箇所が存在することが分かっている。地すべりはこれまで想定してきた規模より大きく、深く、また、広範囲に存在する可能性があり、追加調査や、すでに掘削したトンネルの補強対策の必要性が指摘されている。国交省九州地方整備局は宮崎大学、土木研究所などと今後の施工方針を検討、地すべりの影響を避けるため先進導坑掘削工法による調査掘削を行うことになっている。九州自動車道と同様、最後に、大きな壁が立ちほだかっている。

トンネル工事は、さまざまな自然がもたらす困難と闘ってきた。それは自然が人間の「侵入」に対する激しい拒絶反応にも似た、ある技術者はそれを「黒い力」と言った。予想もつかない不気味な力がいつ、どこから襲ってくるかわからない恐怖感を表現している。トンネル掘削は、その「いつ、どこから」を予測し、地山という自然の力をいかにさばくか。怪力の大型力士に小兵が相撲技術の粋を尽くして挑む姿にも似た戦いである。

肥後トンネル、加久藤トンネルが体験した膨張性地山や破砕帯、大量の湧水、石灰岩の洞穴など、自然との闘いである掘削技術は一歩ずつ、技術改良、開発が進んできた。特に安全面で、犠牲者も出してはならない。「人柱ゼロ」への挑戦でもあった。

関門国道トンネルでは殉職者53人、病没を合わせると94人に上る。ここでは我が国で初めて、シールドマシンが採用された。地山を抑える支保工も木製から、日鋼の鋼アーチ支保工になり、支保工と支保工の間は矢板で地山を抑えた。抑えたうえでコンクリートを「巻く」のだが、その巻き方も、まず上半分を、次に下半分を完成させることで、

「人柱」ゼロへの挑戦

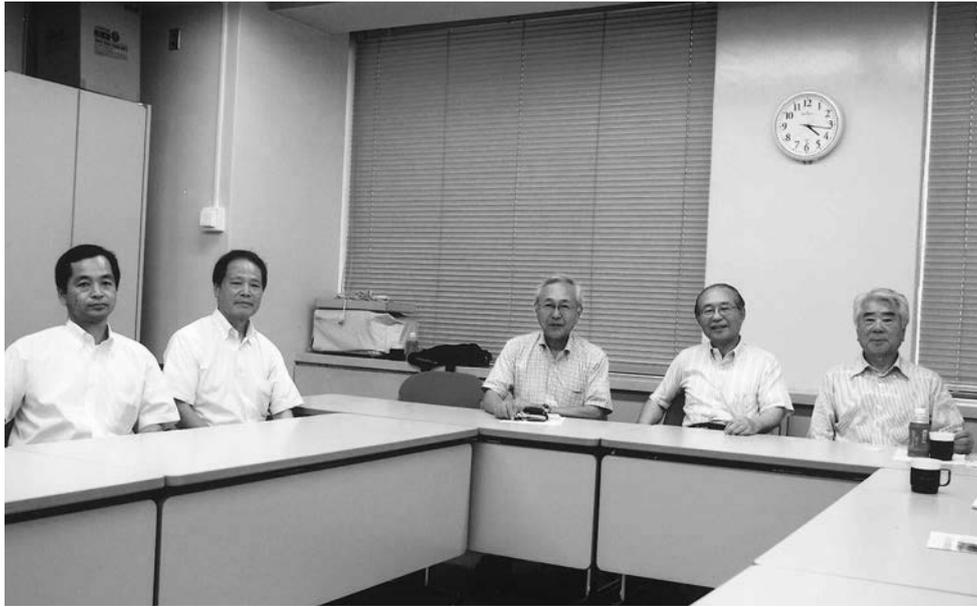


「安全第1」をスローガンに。東九州道のトンネル

て、NATMは一層、強力なトンネル工法として定着した。八代―えびの間のトンネル工事では一人の犠牲者も出していない。

悪戦苦闘したこの二つのトンネル掘削での、泥と水の闘いで得たロックボルトや水抜き、吹き付けなどの技術的発達によって、NATMは一人の犠牲者も出していない。

工法は飛躍的に進んだ。肥後、加久藤トンネルをはじめ八代―えびの間に建設された24のトンネル。1980年代から登場したNATM（NEW AUSTRIAN TUNNELING METHOD）が全面採用された。掘進断面・側面を鋼支保工、吹き付けコンクリートとロックボルトで支え、地山自身の耐力を利用しながら上部、下部の断面を一気に掘削し、コンクリートを「巻く」。これによってトンネル全体が均質な強さを持つ「良質なトンネル」が効率的、経済的かつ安全に完成させることが出来るようになった。



写真右から、藤田氏 樗木氏 大島氏 河野氏 城間氏

肥後トンネル、加久藤トンネル座談会

第5節 中央構造線を突破する

◎出席者 藤田筆司氏 (鹿島建設)
大島洋志氏 (国際航業)
城間博通氏 (日本道路公団)

樗木武氏 (九州大学教授・技術検討委員会)
河野正博氏 (日本道路公団)

(カッコ内は当時の所属)

◎司 会 玉川 孝道

はじめに

九州自動車道の全線345kmが完成するためには、八代―人吉―えびのと続く、九州山地、国見山地の険しい山々を抜き、急峻な溪谷を渡らなければならなかった。山岳に肥後トンネル、加久藤トンネルなど日本有数の長大トンネルを抜き、高速自動車道を建設する厳しさに加え、中央構造線のほか多くの構造線がルート上に存在し、断層崩壊、大量の出水、石灰岩層の空洞など、想像以上の苦難が待ち受けていた。技術陣はトンネルをより堅固にする工法・NATMを全面採用する決意で工事に臨んだ。長期間の工事中断、設計変更を重ね、パイロット坑の一部ではNATMをあきらめざるを得なかった。しかし、その苦闘の中から多くの補助工法、技術が改良、開発され、その後のトンネル掘削に大きな貢献を行った。これによって、九州縦貫のみならず、青森から鹿児島・宮崎に至る日本列島縦貫高速道路が「貫通」、我が国の道路建設史上、記念碑的な事業となった。

座談会には工事事業者である旧日本道路公団の河野、城間両氏、技術検討委員会委員長を務めた樗木九州大学名誉教授、トンネル掘削にあたった施工者側から鹿島建設の藤田氏、そして地質学的なアドバイスを行った大島氏の5氏にトンネル建設で直面した様々な難問、解決のための技術上の対処、今後の課題などを話し合ってもらった。

——今回は九州縦貫道の八代—人吉—えびの間に横たわる九州山地、国見山地を突き抜けた「肥後トンネル」と「加久藤トンネル」工事を中心に、お話を伺いたいと思います。まず、自己紹介と、このトンネル工事とのかわりから。

樗木氏 九州大学には関門鉄道トンネルや丹那トンネルで苦勞された先生がおられ、その指導や工事現場を見学したりして、関心をもち、以来学問的な立場で研究をしてきた。そのうち岐阜と長野間の安房トンネルにかかわり、トンネル予定ルート上にあった湿原を「空にしてはいけない」ということで「水を抜かない（掘削）工法」を考えたりで、トンネルとの関係が深まった。肥後トンネルには技術検討委員会と呼ばれ、前任者の住友彰委員長の後をついで、委員長としてかわり、加久藤トンネルにもかかわりました。

河野氏 私は旧道路公団福岡建設局の建設第二部の担当課に在籍し、八代—えびの間は昭和61年から4年間、一期工事に、最初のかかわりをもちました。次いで平成8年から4年間、同区間の2期工事にかかわりました。ここでは加久藤トンネルの技術問題の解決について、特に、平成8年加久藤トンネルの拡幅に伴う1期線への影響対策などについて検討を進めていた技術検討委員会に携わることになりました。本区間と私

のかかわりは通算8年でしたが、現場をどう進めるかの立場からのかわりでした。

私は平成10年から旧道路公団試験研究所に室長として在籍し、樗木先生が委員長をされた、加久藤トンネルの2期線工事の技術検討委員会に携わりました。

藤田氏 私は鹿島建設で、東名高速道路、東海道新幹線などの、古くは丹那トンネルをはじめ多くのトンネ

中央構造線など難所を抜く

でした。

変更に次ぐ設計変更で、様々な工夫や対策を強いられる難工事

ル工事にかかわってきました。九州では新幹線の関門トンネルの門司側からの工事が第一歩（昭和45年）で、その後、台湾鉄道トンネルでの工事（4年間）、三瀬トンネルでの最初の工事事務所長を務め、その後昭和58年、肥後トンネル、そして加久藤トンネルと11年間、人吉の工事事務所に勤め「人吉の人」になっていました（笑い）。この二つのトンネルには施工業者として大変苦勞しました。地質の条件変化が激しく、設計



肥後トンネル—上り線の坑門 肥後ツバキなどのデザインが心をなごませる

大島氏 九州大学理学部地質学科を出まして、昭和40年国鉄に入り、国鉄本社、並びに工務局鉄道総合技術研究所を経て、国際航業（株）に入っています。18年になります。福岡県では山陽新幹線の若宮の福岡トンネル他3つのトンネルの工事区長を務め、工事の技術的難しさだけでなく地元協議の難しさを経験しました。福岡トンネルで、ものすごい出水を経験したことがきっかけで、以来トンネル工事でも水問題が出たら、大島を呼べということ、そういうこともあって加久藤トンネルの委員会に呼ばれたのだろう

と思います。

——肥後、加久藤トンネルは中央構造線をはじめいくつもの構造線が走り、非常に厳しい工事が予想されなかったのですか。

大島氏 中央構造線と呼ばれる一帯は地質が破碎質でして、さらに南にある仏像構造線部分まで含めて、この区間を突破するには難航が伴うものです。代表的な不良地質として蛇紋岩を挙げることができません。蛇紋岩は掘った空間（内空）側に滑り出してくるというか、押し出してくる性格が問題なのです。その他、この構造線には鍾乳洞を伴った石灰岩が分布するとか、破碎質の砂岩・頁岩につきものの膨張とか湧水などトンネル工事を困難にする不良地質が広く分布しているのです。ルート選定にあたっては、過去にこんなケースがあります。九州新幹線の鹿児島ルートのうち八代より南の三太郎峠に代表される中央構造線部分をどこで越えるかを検討していました。あの峠の一つ佐敷トンネルの横に「白岩」という集落で湧水が出ている。あるときその湧水に泥水が混じって、濁った、なぜだろうと調べたのですが、そこから東北方向に約8キロ地点に球磨川の支流、吉尾川があり、その上流の銅山（かなやま）で河川水が潜り込んでいる。そこでの工事の泥水が佐敷まで来ているので

はないか。調べてみると、石灰岩があつて、地下の川で白岩につながっていることが分かった。それを避け、さらに日奈久温泉への影響、蛇紋岩など不良地質の問題等を考慮して現在の九州新幹線のルートを球磨川沿い選定してもらつたという経験があります。

河野氏（九州縦貫道の場合）ルートの候補は3ルートあつたのですが、どこのルートを選んでも、構造線を選ばないことは困難で、突破しなければならぬ。断層位置は物理探査で分かっていたのですが、あれほどの水があるとは。高速道路供用後の管理のことを考えて、3ルートのうち最短距離を選んだということです。

藤田氏 長大トンネルを掘削する場

構造線をどう抜けるか 路線選択の難問です



大島 洋志氏
(おおしまひろし) プロフィール

九州大学理学部地質学科卒業、国鉄時代、九州新幹線若宮の福岡トンネル工事の工事区長を務め、その後、国際航業に入り、加久藤トンネルや東海・北陸自動車道飛騨トンネルの委員会ほか、一貫してトンネルを中心とした地質工学を専門に携わる。昭和18年生まれ。

合、事前の地質調査で分かるものは限界があります。

構造線も掘つてみて、初めて、これが構造線かなとわかる。肥後トンネルの場合、石灰岩層の中に「空洞」があり、多量の水や泥を抱えているなど、トンネル工事には未知的なものも多く、苦労しました。

突発湧水、空洞―手ごわい工事だった

樽木氏 トンネル地質状態は事前に予知することが厳しく、掘つてみなければ分からないことが多いのです。それがトンネル工事のつらいところであり、大変なところですよ。

―地底の「未知との遭遇」というわけですね。

藤田氏 肥後トンネルの人吉市側入り口にある水無川は名の通り、川はあっても水がない。水は地底

に潜って流れている。ちょうど大きなプールの上を掘っているようなもので、トンネル下盤の空洞は上から石を投げると、しばらくしてポチャという音が聞こえる。最終的には45か所の空洞が発見されました。探検隊を入れて調査しましたが、いろんなパターンの空洞がありました。

ね。重機や作業員が下に落ち込んだら大変ですから、前方を確認しながら進めました。それだけに安全施工には力を入れました。

―設計段階から、そのむつかしさは想定されなかったのですか。

河野氏 ある程度の想定により設計はしますが、実際に掘ってみると設計から1から2ランクは条件は悪くなりますね。水の条件、岩の亀裂の状況などは、設計段階には一切、想定できませんから。八代―人吉間の建設の場合、地形が険しいから、昭和55年の工事着工から平成元年の完成まで約9年を要する難工事でした。一般的な高速道路建設については、平均で5年で開通していることを思えば、いかに手ごわい工事であったか分かります。

また工事着手までの各種調査には、昭和48年の施工命令から同55年着工ですから、工事着工するまで9



行く手には、巨大な空洞が待ちかまえていた(肥後トンネル)

年もの歳月をかけています。当該区間で発生する諸問題に対応する施工計画・工法の決定など「前捌き」に多大の時間を要したということです。

城間氏 当該区間は断層も多く、石灰岩地山の水の問題では、空洞があると、突発湧水となり、泥と一緒に水がどつと出てくる。

大島氏 九州新幹線の場合も、北側の白杵―八代構造線から南側の仏像



樗木 武氏
(ちしやぎたけし) プロフィール

九州大学名誉教授、元同大教授、福岡アジア都市研究所理事長。昭和14年生まれ、肥後、加久藤トンネル技術検討委員会委員長。

日本式NATMに技術改良 したと言うべきでしょう

削孔機を開発して、持ち込んだのですが、新鮮な石灰岩区間では有用

河野氏 肥後トンネルの人吉側から1キロの地点までが石灰岩が多く、空洞も数多くあって、現場施工を担当された鹿島建設さんは大変苦労された事と思います。

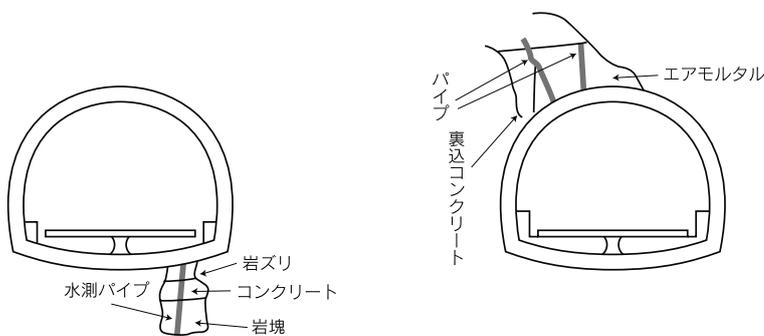
構造線までをどう抜けるかが路線選択の難問でした。ここを横断するため地質状況を把握することに努めました。ここでは蛇紋岩の悪い地山をたどる限り短距離で抜ける、水をたためこんでいる石灰岩の洞穴を避けるなどのため、当初予定していた路線から、球磨川をややさかのぼって、南下、「吉尾」地点から南西にカーブする路線に変更しました。それでも大量の湧水に遭遇したり難航しました。石灰岩が分布する地域にはそのような鍾乳洞などがもたらした地下河川がありますので、十分な調査が必要です。

藤田氏 パイロット坑の作業員の後ろのほうで、泥と水が一気に落ちてきて、トンネルがふさがったこともあった。空洞には苦労しました。

大島氏 空洞に、赤い泥が詰まっていたのでしよう。大雨のために、掃除してくれているようなものですね。空洞は小さいのも大変ですが、肥後トンネルでは空洞の大きいところでは「地下橋梁」みたいな構造にした区間もありましたよね。

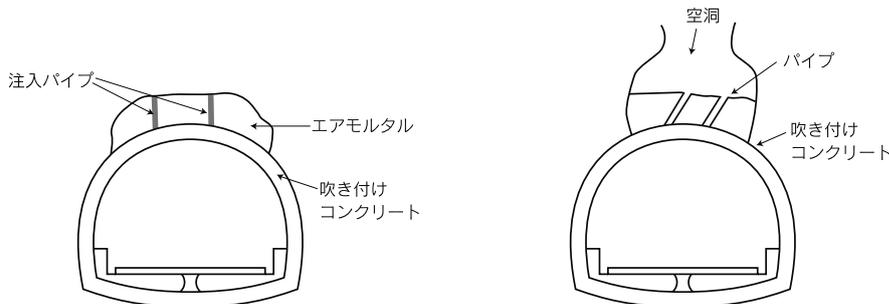
藤田氏 空洞にはいろいろな形があり、それぞれに応じた対策を講じましたが、下盤の空洞には大きな石なので埋めて、橋梁構造で対処した所もありました。石灰岩の山は、空洞など何もないければ、どちらかといえば掘りやすい地質です。コンピュー

石灰岩層の空洞への対処



①水位測定パイプを設置して水路を遮断しないよう岩塊で埋め戻し、補強コンクリートを打設して、岩ズリで埋め戻す

②排水パイプ、注入パイプを設置して吹き付けコンクリートを施工する。支保の補強として裏込コンクリートを打設し他の空隙には水路を残して、エアモルタルを注入



③吹き付けコンクリートで数回に分けて吹き付ける。空隙はエアモルタルで充填する

④吹き付けコンクリートで数回に分けて吹き付ける。水抜き用パイプを設置する

でしたが、空洞が多く出た区間や、地質の良くない区間ではあまりその能力を発揮できませんでした。

——肥後トンネルの場合、空洞―出水で苦労されたのですが、加久藤トンネルではやはり、出水、湧水に悩まされ、大変な工事だったようです

が、その原因は肥後と全く違っていたと聞いています。

大島氏 加久藤峠の北と南は地質の性格が全く異なっているのです。南側は溶岩や火山礫や火山灰などの火山性の噴出堆積物層をなして分布している。そして「加久藤カルデラ」

と呼ばれる陥没化に
よると思われます
が、南側に向かって
階段状に落ち込んだ
亀裂帯を形成しています。これらの
地質や地質構造は水を大量に蓄える
ことができるのです。

難工事は「獣のたたり」?!

した難工事でした。

藤田氏 それで思い出したのです
が、掘削中、炭化した大木が出てき
ました。直径1〜2m、年輪も残ってい
ました。300万年前の噴火で埋
まったのだろうと推定しました。す
ぐ、ボロボロになるのでコーティン
グして記念品として配りました。そ
れにしても難工事、前に進まない。
思い余って、お祓いをして占っても

らうと、「獣のたたり」という御宣
託でした。逃げ遅れた野獣が多く死
んだのですかね（笑い）。それにし
ても、崩落、湧水、地山膨圧が連続

大島氏 火山岩を中心とした、その
層には割れ目が多く、空隙が多い。
地層そのものが「水持ち」している
のです。雨が降るとシラス層のよう
に、水がスーと中に入り、山裾に出
てくる。カルデラの場合、同心円の
層となり、その割れ目に水をため
こんでいる。石灰石の場合、空洞に
たまりますが、この場合、割れ目に封
じ込められている。

藤田氏 水が出て、崩落する、逃げ
るのが精いっぱいということもあり
ました。本坑では合わせて工事が9
か月も止まった。水の出が半端でな

下りトンネルの変状を 心配して間隔を離しました

く毎分60tとい
う大出水で、3
か月たっても20
〜30tも出てく
る。トンネル工

事で一番嫌なことは、脆弱な岩
盤に水が出てくることで、重機
は使えず、人力で掘った区間も
ありました。

河野氏 加久藤峠からの水は伏
流水となつて、人吉市民の約8
割をまかなう大水源となつてお
り、本源を枯渇させないことが
至上命題になっておりました。

しかしながら、人吉側への「水
道」が分からない中で、加久藤
トンネルの上部に水を大量に含
んだ地層がありその地層の下部
を掘削することになった。この
ため、委員会では「水を抜くの
ではなく」、「水を止めなさい」
と言われる。「海底を掘った関
門トンネルでは、水を止めなが
ら掘っている。山の下を掘るの
だから、簡単なはずだ」と言わ
れましてね（笑い）。

藤田氏 同じ地質であった現在のJ
R肥薩線の矢岳トンネルも鹿島が
掘っている（明治44年）のですが、
記録によると矢岳トンネルの掘削中
の出水で、「馬が流され、おぼれて
死んだ」という記録が残っている。

大島氏 矢岳は、川の下を掘ってい
るようなもの。毎分20tの水が出て
いる。加久藤峠には、今回の高速
道路の前に国道・加久藤トンネルを
掘っているが、これは高速道路の
200m上部、つまり水瓶の上をト



滝のように降ってくる大出水

ンネルで抜いている。そのために
ループでその高さまで上がってい
る。水は一滴も出ないトンネル工事
でした。

——八代—人吉間の23のトンネル、
それに加久藤トンネルはすべてNA
TM工法で掘削されたと聞いていま
す。当時のNATMは水に弱かった
とか。

大島氏 「水に弱い」というのは、
どうでしょう。それまでのNATM
工法は、導坑など小さな穴（坑道）
を先行的に掘り、水を抜いてから着



藤田 筆司氏
（ふじたふでじ）

プロフィール

鹿島建設、ケミカルグラウト（株）
から福岡大学、九州産業大学など
の非常勤講師。（社）九州建設技術
管理協会顧問。新幹線関門トンネル、
三瀬トンネル、肥後、加久藤ト
ンネル工事施工責任者。昭和11年
9月生まれ。

手していました。

樗木氏 肥後トンネルや加久藤トンネルは導坑という2期線のトンネルともなるトンネルを水抜き目的とかねて掘っていた。日本では諸外国と比べて、地質が悪く、地下水を探りながら、水平ボーリング、パイロット坑で水抜きしながら掘ってゆく。このためコンクリートの吹き付けとロックボルトの打ち方など様々な補助工法を工夫して、いわば「日本式NATM」へ技術改良した、というべきでしょう。

NATMで初めて全面掘削

防止剤を用いた吹き付けコンクリートの採用など「日本式NATM」といえますね。

藤田氏 どうしても、ロックボルトが打てない状況があり、吹き付けを厚くしたり、支保工を強化するやり方に変えて、掘削を進めました。

大島氏 それで思い出しましたが、作業員が吹き付けだけでは安心して仕事ができないというので、矢板を立てて吹き付け訓練をさせたことがありました。山陽新幹線の広島―山口県下ではそういうところが多かったです。

「ひよどり越え」のような山岳道路 慎重に作っています



河野 正博氏
(かわのまさひろ) プロフィール

旧日本道路公団九州支社建設1課課長、同長崎事務所長、西日本高速道路エンジニアリング九州(株)土木管理部長。九州自動車道八代―えびの間建設のほか東京湾横断道路の建設、長崎自動車道建設。昭和23年4月生まれ。

河野氏 NATMは最初、(吹き付けコンクリートが)「薄肉」で経済的ということが入ってきたので(不安を抱かせたのでしょうか)。やがて、NATMに定着してきました。

藤田氏 実際、この工法で加久藤、肥後トンネルとも、あれだけの難工事でありながら、重大災害は起きていません。

城間氏 昭和60年以降、高速道路のトンネル工事ではNATMに全面移行になりましたが、そうした肥後、加久藤の経験が生かされた、といえましょう。

――加久藤トンネルの上りの南口から入ると、下り線のトンネルからやや離れた迂回コースをとっていますね。相当、地山の条件が悪かったのでしょうか。

藤田氏 先進しているパイロット坑が、後から掘ってくる本坑掘削の影響を受けてレール盤が盛り上がった、支保工が激しく変形する状況でしたので、このパイロット坑を拡幅して作る上り線の施工時に、供用している下りトンネルに変状があるのではと考え、下り、上り線間隔(30m)を外側に離すように設計変更すべきと提案しました。

大島氏 四万十層砂岩、頁岩とえび

の層の安山岩の二つの固い岩盤に上からはさまれている凝灰岩など風化した軟弱な地層が、坑道掘削でちょうど歯磨きのチューブに穴をあけたように中身がニユルニユルと出てくる。一般的には上下線のトンネルは30m程度離して平行に走らせるのが普通ですがそうした膨張が上り線に影響を与えないように、あの地点だけは50mは離さざるを得なかったのです。

チューブのように出てくる

――現在もトンネルに異変はありませんか。

河野氏 完成して、もう約20年たっていますが、何らの異常もなく、まったく問題は発生していません。

大島氏 トンネルは坑口付近を注意すれば、トンネル自体は全く大丈夫です。東日本大震災でもトンネルは壊れていません。トンネル本体は地震に強い構造物なのです。地震が起きた後の点検では、坑口付近を除けば施工時に苦労した断層破砕帯部分を調べてみなさいと言われています。

藤田氏 蛇紋岩は将来、悪さをしがちですから、そうしないよう対応した工事をしています。

城間氏 建設時に苦労したトンネルは、供用後には何も起こっていない。むしろ掘りやすいトンネルの方が、建設時に、安心して不注意にならず、供用後に変状が活性化している事例が多い。

大島氏 トンネル内は大丈夫だが、大雨の際トンネルの路面が盛り上がり、交通止めせざるを得なかったという特殊な変状がありました。これは、地下水に浸透した大雨がトンネル路盤の下の部分から坑内に水圧を伴って噴き上がってくるという特殊な地形・地質条件に起因していたようです。こうした地形・地質条件に気を付けて対処しておけばトンネルは災害に強い構造物であると考えるとよいのです。

河野氏 トンネル自体は問題はありませんが「ひよどり越えのような」あれほどの急峻な山岳地帯を走る高速道路であることから、山を痛めないように慎重に作っています。このため供用後約20年がたっていますが本線ののり面に起因する災害は人吉側の「小鶴バス停」付近で供用まじかに発生した土砂崩れの1回だけとなっています。

榎木氏 あれだけ急峻な山岳工事でしたがしっかりと施工をされ、現在まで全くの無事故というのは評価されていいのではないのでしょうか。

河野氏 傾斜勾配30〜40度という長大のり面なので、吹き付け、アンカー共にきっちり抑えが有効に効いているのだと思います。高速道路の反対側斜面はこの20年間でかなり崩落が見られますが――。

地質を見て、トラブルを経験して技術力を上げてゆく

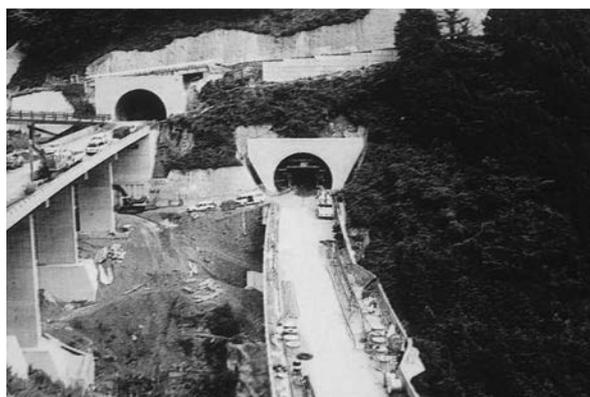
――新幹線のトンネルなどでコンクリートが



城間 博通氏

(じょうまひろみち) プロフィール

旧日本道路公団試験研究所トンネル研究室長、NEXCO総合技術研究所トンネル研究担当部長、西日本高速道路メンテナンス九州(出向。)北陸自動車道トンネル建設、新東名名神トンネル委員会ほか各種委員会委員。昭和33年11月生まれ。



深い谷に橋をかけ、険しい山にトンネルを掘る

「剥離」(平成11年6月)し、落下事故が発生しましたよね。ああした事態は肥後、加久藤トンネルでは大丈夫ですか。

大島氏 山陽新幹線福岡トンネルのコールド・ジョイント事件ですね。福岡トンネルの東工区は私が担当していたので、その事件を耳にしたときは心臓がコールドしそうになるほど心配しましたが、幸い私の受け持ちの東区間ではなく、西工区であることが分かって、ホッとしましたものでした(笑)。トンネルは施工上、コンクリートのジョイント構造にならないを得ないものですが、一つの型枠内では、打ち継ぎ目を作らずに、連続してコンクリートを打つのを原則としているのです。しかし、生コ

ンの輸送距離が長くなる奥のほうになると連続して打設できない事態に陥る可能性がゼロとはいかない状況にあったと思います。

河野氏 八代からえびのまでのトンネルでも継ぎ目の小さな剥落は生じていますが、定期的な点検を実施し、早めの手当てに努めています。

藤田氏 山陽新幹線建設当時は骨材も限られ、海砂を使用したり。

大島氏 ともかく、山陽新幹線博多開業で急げ急げでね。それにものすごい人手不足で、セメントなども韓国から輸入したり。

榎木氏 急激な高度経済成長の中で「異物」が混じり、それが悪さをしたケースや、海砂が悪いのではなく、きれいに洗っていないなど、工事が拙速すぎるとあつたことになる。

――最後に、肥後、加久藤トンネル工事を通して得た教訓とは。

藤田氏 トンネル工事は一寸先は闇であり、経験工学だとつくづく思っている。100のトンネルがあれば100通りの性格がある。施工業者としては、地質の変化への適切な早期対応が「経験者」といわれるゆえんではないでしょうか。

データを集め、数字化、標準化することも大事なことはあるが、そ

それをいかに有効に使うかが求められる。NATMの導入以来、日本のトンネル技術も大きく変わってきて、今では日本式のNATMといっても良いような技術開発がなされてきました。どのような悪条件の中でもそれに対応した新技術にチャレンジして生み出してゆく。それが今日、世界と肩を並べる日本のトンネル技術につながっているのだと思う。これからも、日本の技術は進化してゆくでしょう。この仕事を担当出来たことは「トンネル屋」冥利につきます思いです。

大島氏 偶然ですが、私が大学時代、父は国鉄の加久藤駅の駅長でした。私が加久藤トンネルの委員会に携わったのも何かの縁なのでしょう。地質専門家の立場から言うところ、トンネル十訓というのがあって、その中に「地層相は、人相、山の性状（タチ）」というのがある。人間に人相や表情があり、それによってある程度人の性格や体質が分かるように山にも山の相がある、この山の相を地層と呼ぶのですが、これをよく観察すれば山の性格が分かるというものです。よく地相（地形、地質）を観察してルートを決めなさいといった類のことを、若い技術者に語り継いでゆきたい。

河野氏 八代―人吉間の23本のトンネルと54橋の橋梁を含む38.5kmの

高速道路は2000億円もの膨大な予算をかけて完成させたものです。トンネルでは23本全部をNATMで全てやり、その過程で水抜きややり方などトンネル掘削で発生した諸問題への対応措置がその後の教訓となる技術を残したと思っています。現在、当該区間の管理については、西日本高速道路（株）でかわっておりませんが、建設当時の資料が散逸してはいないか少々気になっています。

八代―えびの間の建設当時、私は30代後半で、現場で派生した問題について様々な論議を重ねて、その困難さを解決してゆくパワーがありました。ぜひ後輩の若手技術者にも、日頃より、論議を重ねて、その中で生まれた技術をうまく引き継いでほしいと思います。

地層相は人相なり

城間氏 トンネル研究に携わって、NATM導入初期の肥後や加久藤トンネルなどの技術が積み重ねられ今日に至っていることを実感している。最近、若い技術者が現場に出ることが少ないと聞くと、トンネル技術者は、切羽を観察して、「切羽観察記録簿」を作成し、今施工している支保や補助工法が妥当なのか、事業者、施工者双方で論議をして欲しい。トンネルは経験工学ということもあって、地質を見て、トラブルを

経験して、その経験がエンジニアとしての腕を、技術力を上げてゆくと思う。これからは、肥後、加久藤トンネルのような現場は少なくなると思われますが、基本的な地質をよく見て、調べて、論議から導かれた工法をどう使うか、ぜひ経験を積み重ねてほしいと思います。

樗木氏 トンネルは経験が大きなウエートを占めて、理論が役立たないジャンルであり、土木学の中でも珍

生き物として観測せよ

しく学問の体系を組み立てるのが難しいジャンルです。NATMにしても肥後、加久藤トンネル工事を通して、日本で活発化した。コンピュータで解析すれば大抵のものが解明できるといふ信仰があるが、必ずしもそうではないところに、トンネルの面白さがある。土の中、岩盤の中、断層の形状、湧水の量など現場でも、十分観測し、生き物として調べなければならぬ。現場経験を十分積んだトンネル技術者が求められるが、大きな現場が少なくなってきた。切羽が九州でなくなってきた年もあった。今は東九州道があるが、若い人がトンネルに興味をもち取り組んでゆく仕組みが必要ではないか。トンネルもいずれ老朽

化し、管理維持が主になり、やがて作り変えを行う時代が来る。これまでの経験を生かし、学問体系をもう一度組み立てなおし再構築が必要だと思っている。

それに土木と理学、特に地質との連携が少なかつた従来の在り方を反省する必要もある。地質をチェックし、観察し、判断をする学問体系の組み立てなおしが必要であり、新世代の人に引き続き、トンネルに目を向けてもらうような努力を重ねなければならぬと思えます。そうしないと本当の技術者は育たない。



完成した加久藤トンネルえびの側入り口

雲仙・普賢岳 防災の闘い20年

平成2年11月、雲仙・普賢岳は噴火活動を始めた。火山灰、土石流から始まった被害は、火砕流が発生し始め、平成3年6月3日には死者行方不明43人を出す大災害となった。その後、繰り返し、火砕流、土石流が水無川、中尾川流域を襲い、家屋の炎上、流失など地域に甚大な被害を引き起こした。この間、緊急避難、応急対策に追われ、本格的な防災工事は不可能であった。国は雲仙復興事務所を設置したが、警戒区域内の工事は出来ず、我が国初めての「試験フィールド制度」による無人化施工に踏み切った。最初は碎石、排土に限られていたが、砂防えん堤建設、床固め工などでのGPS使用の遠隔操作や施工精度の向上、さらにはロボット操縦を行う「ロボQ」開発など「九州発」の画期的な技術に発展。各地の災害現場への出動、今後は原発事故などにもその可能性を広げている。

第1節 雲仙・防災の闘い20年

①噴火災害と闘うー1998年ぶりの大噴火

証言 鐘ヶ江管一氏「悩み抜いた末の決断」

②インタビュー

古賀省三氏「無人化技術の進歩めざましく」

コラム「ロボQ」の活躍

○平成噴火と「防災の記録」

第2節 無人化施工とロボQ

①無人化施工への決断ー「ロボQ」登場

コラム「世界で注目・ロボット化」

②インタビュー 須郷茂夫氏「17年間、無人化に取り組む」

コラム ①「女性も遠隔操作」

②「桜島噴火、1000回も」

③桜島の無人化施工を見る

第3節 安全安心の故郷へ

④インタビュー 松永勝也氏「NASAも驚いた」

コラム「油断したポンペイ市民」

○無人化施工技術の歩み

第4節 座談会 雲仙噴火20年を語る

①安全へ苦難の道ー安中三角地帯のかさ上げ

②インタビュー 大町辰郎氏「夢んごたる計画実現」

③溶岩ドームの恐怖ー崩壊5つのシナリオ

④インタビュー 杉本伸一氏「被災体験を世界に伝える」



水無川の砂防施設ー砂防えん堤や導流堤が地域の安全を守る



第1節 噴火災害と闘う

雲仙・防災の闘い20年①

198年ぶりの大噴火、島原を襲う 威力発揮した「無人化施工」技術 なお残る溶岩ドームの恐怖

九州島を東西に斜断する中央構造線（臼杵―八代構造線）を挟んで、北側には別府―島原地溝帯、南

側には九州の屋根とも呼ばれる標高1000m級の九州中央山地が連なる。中央構造線の北側に並行する帯状の別府―島原地溝帯の上には、西から雲仙岳、阿蘇山、久住、由布・鶴見と活火山が並ぶ。世界でも珍しい火山帯であり、活動も活発な火山が多い。

火山は癒やしの温泉、広大な景観、おいしい湧水、そして眼鏡橋など石文化を作り出した「恵み」の一方で、激しい噴火による災害で人々を苦しめてきた。約20年前の平成2年に、江戸時代以来、198年ぶりに噴火が始めた雲仙・普賢岳は火砕流が人命を奪い、家屋を焼き、土石流が家屋、田畑を押し流したように「災い」の源ともなっている。

住家を襲う火砕流

火山災害から、人々の命と暮らしをどう守るか。雲仙をはじめ、今も警戒が必要な霧島・新燃岳、平成23年に996回を数え最多の噴火数となった桜島で展開されている防災事業、無人化施工をはじめ、そこで蓄積された砂防技術は、北海道の有珠山、三宅島などの噴火防災にも使われてきた。そうした火山防災のため

人命、家屋、田畑を奪う

の「プロジェクト九州」―雲仙・普賢岳（注1）を中心に展開された砂防事業を現地に見てみよう。

雲仙の平成噴火災害史（別掲の「防災の記録」）を見ると、「島原大変肥後迷惑」の寛政4年の大噴火以来198年ぶりに噴火した雲仙・普賢岳「平成噴火」に対する防災対策の流れは、おおよそ三つに区分される。初期は噴火後の住民避難のための緊

急対応期、第二期は長崎県、島原市、そして自衛隊主導による緊急防災工事期であり、第三期が国による本格的な防災事業と復興である。これらは当然のことながら重なり合いながら、進み、現在は国土交通省・雲仙復興事務所や長崎県などによる防災工事が最終局面に向かっていく。

本格的な砂防事業は、建設省が現地・島原市に「雲仙復興事務所」を開設した平成5年4月から始まっている。噴火開始当初は、災害に対する人命、財産を守る避難や緊急措置は現地市町村、都道府県が一義的に行うが、雲仙・普賢岳のような大きな自然災害では、国の出番が期待される。緊急的には自衛隊であり、砂防工事、社会インフラの復旧、復興には国土交通省を中心とする国の行政機関となる。

しかし、火山噴火という予測の難しい自然災害に対する対応は、実施する責任機関の間の境界が明確に分かれていくわけではなく、重なり合い、同時進行的、かつ総合的に進めな

れば、国民の人命と財産は守れないのだ。

例えば、自衛隊の緊急出動要請は県知事によって行われるが、雲仙・普賢岳の噴火の際は、県との連絡が取れず島原市が先行している。また警戒区域の設定は市町村長の権限だが、県知事の強い要請があり、現地市町村との協議の上で行われており、火山噴火情報を掌握する九州大学の島原地震火山観測所が時期設定、範囲などについて実質的にリーダーシップを取っている。

警戒区域内での事業は、自衛隊のように緊急対応能力に優れ、統制のとれた練度の高い行動組織で初めて可能だが、民間に現場施工を委託する国土交通省など一般行政機関に、強いことはできない。

同九大観測所の所長、太田一也教授は、被害を最小限に抑えるため、



土石流に埋まった家屋(深江町)

発足当初の雲仙復興事務所「応急的な防災工事」を依頼した。しかし、警戒区域内での工事はできない。施工者を危険にさらすわけにいかないからだ。土石流、火砕流(注2)は、いつ襲ってくるかわからない。何より安全確保が重要なのだ。防災工事と安全のはざままで当事者の苦悩が続いた。

平成3年に入って普賢岳は再び活動を活発化させ、マグマの供給量は最大1日30万m³となり、溶岩ドームはみるみる大きくなってきた。6月3日の大火砕流は43人もの犠牲者を出し、平成5年6月26日には、さらなる大火砕流が発生、ついに国道57号を超えた。警戒区域は広域農道地点まで拡大され、有効な防災対策が打ちにくくなった。応急対策として仮設の導流堤や土石流(注3)〔図解〕

の被害を抑えるための除石工事程度しか実施できない状況だった。とはいえず、火砕流や土石流の甚大な被害を目の前にして、手をこまねいているわけにはいかな

い。その脅威を可能な範囲でコントロールするための緊急のえん堤や矢板による防壁の施工は、島原市、自衛隊、雲仙復興事務所も参加しておこなわれた。専門技術集団である同事務所が「他人任せ」に出来るわけがない。

生々しい悲劇の跡

平成3年6月3日、大火砕流の熱風に巻き込まれ、報道関係者、消防団員等、死者行方不明者43人を出した。しかし、火砕流の危険がある中で、その直後に設定された警戒区域内の工事にはなかなか踏み切れない。白い三角観測地点付近で、今も焼けただれた自動車の黒い残骸が残って、火砕流のすさまじさを伝えている。「避難区域」内ではあったが、普賢岳を猛スピードで駆け下る火砕流などの絶好の撮影場所であり、マスコミ各社のカメラの砲列が並んでいた。フランス人火山研究者の姿もあった。救援のため被災後ただちに、現場に到着した自衛隊員たちも、続いて発生した火砕流に危うく巻き込まれるところであった。

人命尊重のために、警戒区域の設定と立ち入り禁止などの厳重規制は必要ではあったが、一方で、住民の家屋や家畜、農地を保全したい気持ちも、否定することはできない。そうしたジレンマの中で、警戒区域が設定されたが、状況に応じて、規制時間・期間や区域も変えざるを



平成3年6月の大火砕流で43人が犠牲となった。車の残骸が今も残る

得ないのが現実だった。

砂防工事を行う側も、警戒区域内だからと言って、工事を放棄するわけにはいかないが、さりとて、安全施工の保証もなく、作業員を危険にさらすわけにはいかないという苦しい立場に立たされたのである。火山活動が休止して、警戒区域が解除されるのを待つだけでなく、被害拡大を防ぐため何とか安全に工事を行う道はないのか。誰しも、胸に去来した思いであつたらう。

防災の使命を果たすため

特に緊急対策として計画された水無川4号遊砂地には着工できず、すでに建設されていた3号遊砂地は土石流で流されてきた土石で埋め尽く

され、土砂をため込む能力は極度に落ちていた。

この状況を放置しては、下流住民の不安は解消できない。せめて除石工事だけでも

という要請も。警戒区域の一部解除（区域や時間）を待ちながらの、区域外の工事だけでは防災の使命は果たせない。警戒区域という壁をどう越えて、砂防工事を実施できるのか。水無川3、4号遊砂地は警戒区域の中にあるとはいえ、新しい土石流を受け止める（捕捉）能力回復のた

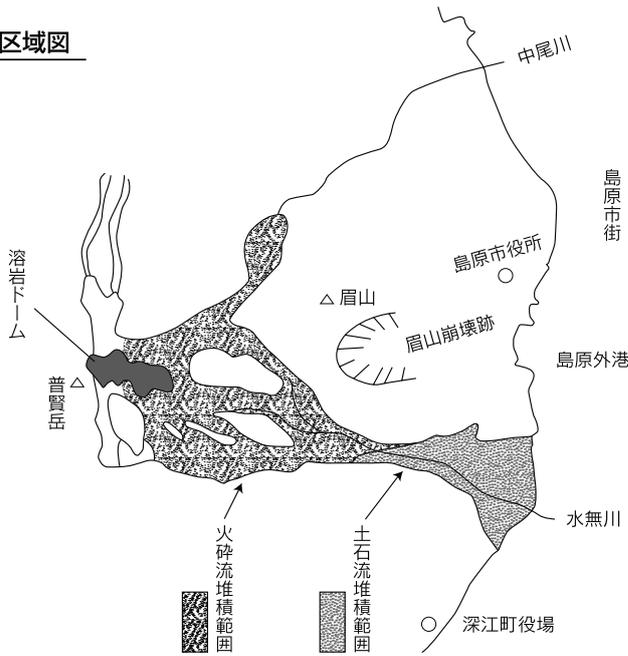
無人化施工への決断

め遊砂地から土砂を運びだし、捕捉量を確保したい。しかし、3、4号遊砂地ともに警戒区域内にあり、「有人」工事はできない。

考え出されたのが「無人化施工」であった。雲仙復興事務所が現地、島原市に開設されたのは平成5年4月、無人化施工の募集を始めたのが同7月。この間に、導入の決断から、作業内容、安全基準、公募の技術条件などの詰めが行われたことになる。極めて迅速な作業と言えるだろう。さらに「火砕流が発生した場合においても、作業が可能である」ことが公募条件とされた。

これによって「建設省は警戒区域設定の有無に係なく、独自の安全管理で工事を進めることにしました。あえて警戒区域から解除しないと本格工事が出来

被災区域図



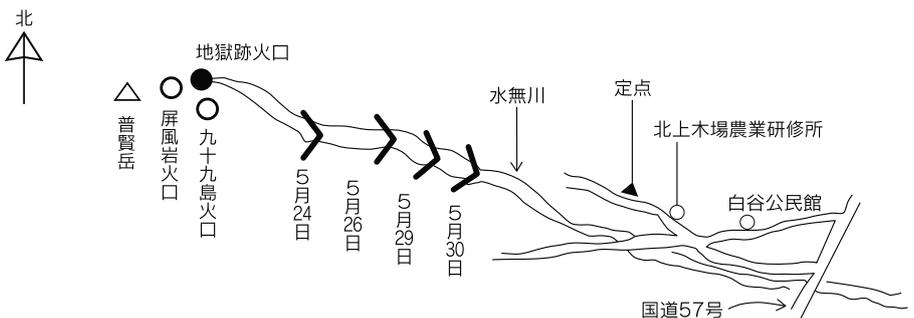
なかった普賢岳災害では画期的なことです。火砕流から避難可能な場所では有人作業を始め、難しい場所では重機を無線で遠隔操作する無人化工法を（平成6年）4月から本格的に導入しました」（太田一也氏聞き書き―西日本新聞）

世界で初めての無人化施工

民間の土木建設会社への公募条件は①直径2〜3m程度の礫の破砕が可能②一時的には温度100度、湿度100%の状況下でも運転可能③100m以上の遠隔操作が可能――などの技術と施工であった。これに応募、技術提案したのは民間35社（45件）、審査によって6社の提案に絞り込まれた。応募された技術内容は、書類審査だけで判断はできない。「試験フィールド制度」（注4）の適用第1号として、現地で実地試験され、試された。

「雲仙における無人化施工に関する委員会（塚本良則委員長）」を中心に、その評価・分析が行われた。岩石の破砕、掘削、運び出しは、「有人」に比べ効率が悪く、約50%程度と評価されたが、遠隔操作のための画像モニターについては相当有効と判断され、作業員の「目視」に近い情報が得られ、今後GPSなどの活用で一層の施工技術の成長が期待できる、との「評価」がまとめられた。こうして、世界で初めて火山災害

火砕流の到達地点図



での砂防工事の無人化施工がスタートしたのである。着工は平成6年3月である。無人化施工のための技術開発は、ステップを踏んで進化、除石など緊急対策から、砂防えん堤建設等の恒久構造物建設工事へ進んでゆく。それは火山活動の拡大と対応する砂防工事の変遷にそっていった。

無人でえん堤建設に挑む

土石流堆積土砂の

「無人」排土

土石流は火口から噴出した火山灰土や岩石が大雨などによって、流れ下るもので、家屋を押し流し、田畑を埋め尽くす。南九州などに広がる「シラス」様の、水に流れやすく、崩れやすい堆積土砂と違って、雲仙・普賢岳の場合、直径数メートルに及ぶ岩石を多数含んだ土石流で、それだけ破壊力が大きい。噴火開始から、約半年後、赤松谷で土石流が発生し



水無川1号砂防えん堤—無人化施工によって初めて造られた

たのを皮切り（平成3年4月）に大小の土石流の発生が相次ぎ、堆積していった。土石流の被害を抑

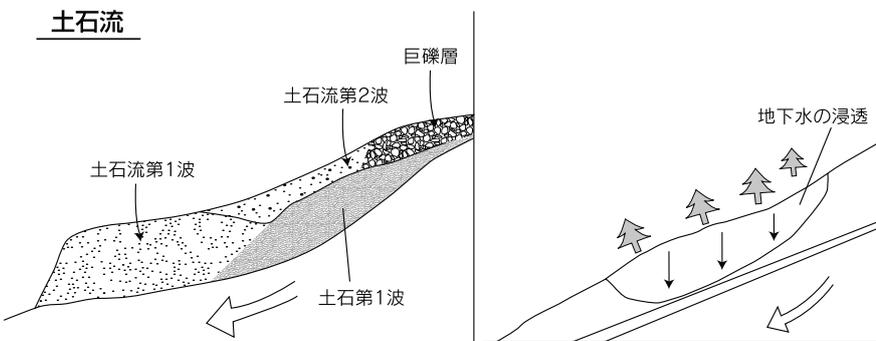
えるには、土石流がこれまで押し流し、堆積した土砂の除去—堆積土砂を掘削し、大きな石を砕き、搬出しなければならぬ。ブルドーザーで土石を押し集め、バックホウによって掘り出し、砕き、ダンプトラックに積み込み、運び出す一連の作業を、安全地帯からの画面を通しての遠隔操作で行う。人間は直接作業に、一切、かかわらない。その「無人化施工」が可能になれば、警戒区域内でも防災工事が進められる。

実際、ブルドーザーにしても、バックホウ、ダンプトラックも巨大な重



山頂に残る溶岩ドーム。崩壊、落下が心配される

（注3）土石流発生のメカニズム



（注1）雲仙普賢岳の特徴
雲仙岳は複数の山体から構成される火山群で、噴出物は粘り気の多い安山岩—デイサイト質の溶岩であるため、そのため頂上に溶岩ドームを造りやすい。粘りの強い溶岩は急傾斜の山体を造り、「島原大変肥後迷惑」と言われた眉山のような山体崩壊や、岩石なだれが発生する。活動停止状態までに2億110万㎡の溶岩が供給され、現在も約1億㎡の溶岩ドームが残っている。

（注2）火砕流

今回の噴火では、ピーク時の溶岩供給量は1か月40万㎡におよび、最高1日68回の火砕流発生を記録した（平成6年8月25日）。火砕流は溶岩ドームの一部が崩壊して発生する。火砕流は高温の岩石が崩れ落ちる本体と気体と個体が混合した300〜400度の熱風からなり、時速約70〜100kmで流れ落ちる。

（注4）試験ファイルド制度

将来にニーズが高く、技術レベルを高める必要があると思われる土木技術について、現場に試験ファイルド（新技術の実施工現場）を設けて、技術検証を行う制度。実物大の構造物を設けいろいろな試験を行って評価する。平成5年に創設され、雲仙普賢岳の砂防工事がその第1号。

機であり、操作はむずかしい。それを無人で作動させ、遠隔操作できるのか。しかし、巨大な重機は、高台に設置された「移動遠隔操作室」からの指令通り、見事に働いた。

最大の難関 — 無人の砂防えん堤建設

土石流が押し流し、堆積した土砂や岩石の除去は、被害を軽減する重要な防災作業ではあったが、より恒久的な砂防えん堤の建設によって、流下を食い止め地域の安全度を高めなければならぬ。その下流域、水無川河口から国道57号上流2.5km付近まで、片岸に15基、両岸計30基の導流堤を逆八の字に重ねて並べて建設し、土石流の流れを制御して海に流し込む。

問題は、火砕流の危険がある警戒区域の最初の砂防えん堤。この日本一長い水無川1号砂防えん堤（長さ870m、高さ14.9m、計画貯砂量約100万 m^3 ）は、山頂から約5km地点に造られ、土石流に対する「最後の砦」の役を担わなければならないだけに、巨大であり、頑丈でなければならぬ。このダムを無人で施工するには、一層高度な技術が求められる。

過去の土石流発生データから1回の土石流量を200 m^3 /秒と想定し、えん堤の中央部に「水通し」を造り、土石流の土砂と共に流れる巨石の打撃にも耐えられる強度の高い

証言 「警戒区域」の設定—悩み抜いた末の決断



鐘ヶ江 管一氏
(元島原市長)

雲仙・普賢岳が噴火して、半年。「噴火活動はいつまで続くのだろう」「市民の命をどうしたら守れるだろう」。心を痛め、悩む毎日、毎日でした。ついに、心配していたことが起こりました。平成3年6月3日、大火砕流が襲い掛かり、報道関係者、警察官、消防団員などの方々43人が死亡行方不明になる大惨事が起きました。

避難勧告を行っていた区域内でのごとくでした。災害対策基本法に基づくもので、避難勧告は、しかし「勧告または指示」であってそれを強制することは出来ません。6月6日、消防団員の葬儀が行われた後、当時の高田知事から突然、「ホテルに来てくれ。報道陣に気づかれないように」との連絡が入りました。知事が切り出しました。

「警戒区域を設定してくれ」。これ以上、犠牲者を出すわけにいかない、と言われるのです。避難区域も警戒区域も法律によって市町村長権限です。私は即答しました。

「ダメです。出来ません」。避難区域には強制力はありませんが、警戒区域は区域内への立ち入りを禁止し、立ち退きを強制的に命じることが出来ます。三宅島など全島民が避難のため離島、脱出しました。それも避難勧告によるもので、警戒区域設定によるものではありませんでした。

「水無川流域には住宅密集地もあります。そこでは人々が住み、仕事をしています。住民に出ていけ、などと命令はできません。自然災害に対しては国も県も補償義務はないとしています。では、誰が住民の暮らし、財産を守るのか。「全国の被災地で、どこに人が住んでいるところに警戒区域を設定した所がありますか」数時間、押し問答が続きました。当時、私は（それまでの心労もあって）精神的にたまたらん（限界）状態にありました。私はホテルの窓際に行き飛び降りようと思いました。「何をするか」と

知事。「市長は市民のお世話をするのが役目ではないか。最後は知事が



上流から水無川2号えん堤、同1号えん堤が完成。土石流の流れを止め、下流の安全を守っている

「国と県は最大限の支援をする」と約束してくれ、警戒区域設定に踏み切りました。重い決断でした。そのあと、大火砕流が発生、住家を焼き尽くしました。誰一人、犠牲になりませんでした。（決断して）良かった、と思いました。

警戒区域内は警察官が立ち入りを禁止、強制退去もさせます。それほど強制力を持ったものですから、（あとで問題になる）区域内の工事施工のことなど、当時は頭にありませんでした。「市民を守る」ことで精いっぱいでした。

国は雲仙復興事務所を設置してくれました。復旧でなく「復興」と名付けられ、本当に良かったと思います。スーパードラム、導流堤など防災施設を建設していただき感謝しています。無人化施工の技術開発など素晴らしいですね。

それでも、他県から見学に来た人々は「よく、こんな（危険な）所に住んでいますね」と言われます。今回の東日本大震災で分かるように、どんな防災施設も自然にはかなわないのです。どんな巨大な施設でも限界があります。絶対、大丈夫ということはないのです。ですから、私はよく言うのです。「夜、家族そろって懐中電灯を持って避難する練習をしてください」と（談）。

コンクリートで「貯砂」するのである。

そうした構造物の強度と共に、安定性を確保しなければならない。えん堤は強くても、地盤がその重さに耐えられず沈下しても困る。土石流の強力な流れに押されて動いてもだめだ。安定性確保には何より基礎地盤が堅固でなければならないのだ。果たして、普賢岳の火山噴出堆積物は基礎地盤として使えるのか。桜島などのシラス台地のように土粒子が細かく、水に流れやすい基盤では困る。その地耐力の有無を確かめなければならぬ。

無人で地耐力測定

地耐力の試験も無人で行った。「無人平板載荷実験」である。無人の重機に搭載した加圧器で加重し、地耐力を測定する。幸い、普賢岳の噴出物は砂岩系であり、岩石（礫）も多く、十分な地耐力を持っていた。

砂防えん堤建設にあたって、検討委員会では、安全確保のため、いろいろなアイデアが出された。火砕流発生に備えて、「空港でジェット噴射に対して設置されている熱風遮蔽フェンスを設置」したり、「あらかじめ避難路（コルゲートパイプ）を作って有人で工事をする」。さらには、「ヘリコプターで生コンを空中投下する」など。しかし、最終的には、無人除石作業で積み重ねられた経験と技術を踏まえ、その延長線上

で無人工法を選択することになった。無人化技術が、実

戦の中で向上し、土木事業が「経験工学」と言われる原則がここでも適用出来ることになったのである。

日本で一番長い砂防えん堤

水無川1号砂防えん堤は、日本一長い、えん堤となる。特にその中央部（320m）は土石流が直撃するため、より頑丈に造らなければならぬ。強度の高いコンクリートの打設が必要であり、コンクリートに混入させる骨材は高品質のものを使うことになった（RCC工法→ローラー転圧コンクリート工法）。これに対して、その両側の袖にあたる部分のえん堤は、土石流が直撃することとは少ないと判断、土石流が堆積させた現地の土砂を骨材として使うこととした（CSG工法）。普賢岳の火砕流堆積物は土木構造物の材料として、（袖部えん堤には）十分に良質だったし、できるだけ現地の素材を活用することは、経済的にも、能率的にも重要である。

2つの工法は骨材とセメント量に違いはあるものの、共に作業は固く練ったコンクリートを無人のダンブトラックで現場に運び、ブルドーザーで押して敷き、振動ローラーで締め固める。その「無人化」作業を

恐怖―頂上に巨大溶岩ドーム

繰り返して、層状にコンクリートを重ね、高さ14・9mのえん堤を完成させる。

コンクリートの「無人化」打設作業はこうして実現可能になったが、問題はコンクリートの型枠であった。通常のコンクリートでは鋼製の型枠に流し込む。型枠がなければ、コンクリートは流れ出て、打てないし、えん堤という一定の高さを持つ構造物は造れない。では、RCC工法の中央えん堤建設ではどうするか。

型枠だけは有人施工で行うか。型枠なしでコンクリートが自立する勾配で施工するか。土のうやブロックを型枠代わりにするか。最後に浮かんだのは「土砂型枠」である。コンクリートの構造に影響がない範囲で埋戻しを先行して型枠代わりにする。

エジプトのピラミッドは巨石で築かれていたが、一般に考えられているのは、本体の周りに土砂を積み上げ、その斜面を使って、巨石を運び上げ、積んでゆき、完成時点で、積み上げられた土砂を取り払ったのではないかと推定されている。それに似た工法が考え出されたのが土砂型枠工法である。また、次に登場した型枠専用のコンクリートブロックの

積み上げは、無人では不可能とされてきたが、その「常識」を破り、水無川2号砂防えん堤で行い、成功している。

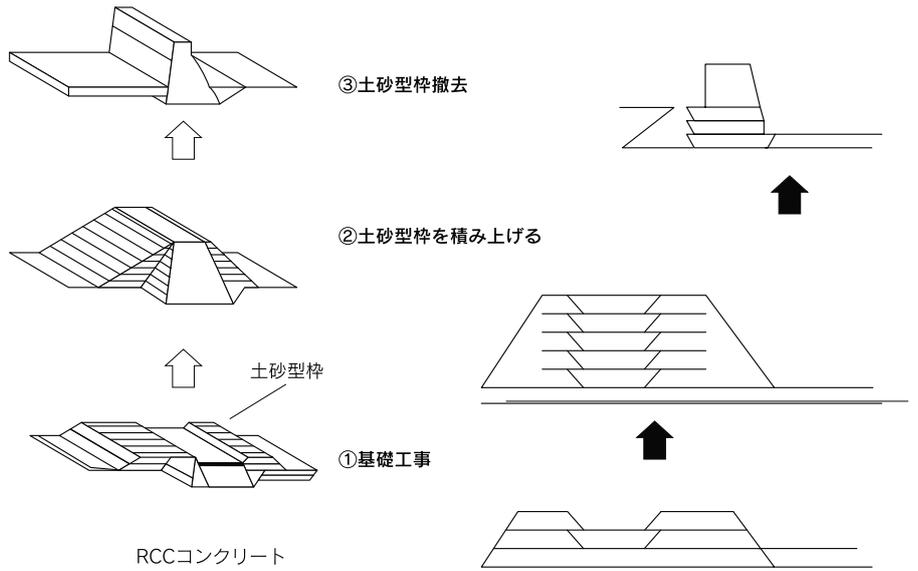
進化する無人化工法

土砂型枠を使ってコンクリートは層状（一層50cm）に打設され、積み上げられてゆくが、その高さごとに土砂を両側に積み、型枠とするのである。ちょうど台形の上の中央で、コンクリートを打設する形となり、無人で運転、操作するダンブなどの転落の危険も大幅に減る、大きなメリットもあった。

ダンブで運ばれてきたコンクリートを均等な厚さで敷き均し、締め固めしなれば、コンクリートのえん堤ダムの強度は落ちる。乗用車のナビゲーターと同様に、ブルドーザーにGPSを搭載して「その位置データをもとにコンクリートの厚い部分と薄い部分を色分けして、均等なコンクリートの施工管理を行った」（雲仙復興事務所）という。完成は平成10年2月であった。

土砂の型枠では滑らかなコンクリート表面を作り出すことはできない。しかし、見方を変えれば、その凹凸はかえって、自然石の雰囲気をもち、植物も生え、通常の砂防えん堤のように平板なむき出しのコンクリートえん堤より景観上、優れた構造物になるかもしれない。また、山腹に長大な砂防堤が幾重にも重なっ

土砂型枠 (RCC工法)



で見えることは、たとえ安全のための構造物であっても、自然景観に異物を加え、損なうことになりかねない。桜島に建設された防災えん堤群もそうした議論から引ノ平川の砂防ダムは表面は溶岩でかため、景観に配慮した。桜島も、雲仙も国立公園である。景観と砂防施設のかね合いは、今後も議論を呼ぶだろう。

水無川1号砂防えん堤に続いて、その上流に2号砂防えん堤（長さ

画されている。

第4世代への挑戦

排土、除石に始まった「無人化施工」は、「現在、第4世代に挑戦している」（雲仙復興事務所）という。1代目がダンプなどの重機を安全な地点から目で見ながら（目視）遠隔操作する初期段階。次いでカメラ映像による遠隔操作（モニター操作）、

653m、高さ14.5m）3号砂防えん堤（長さ265m、高さ14.5m）が引き続いて無人施工された。現在（平成24年）までに、砂防えん堤は5か所に建設され、最上流にあと2か所などの他計10か所に計画されている。

この画期的な無人化工法は進化を続け、岩石の流下を防ぐ「鋼製スリット」の運搬、据え付けのほか、無人測量なども可能になった。このほかに、山腹が削られるのを防ぐ多数の床固め工事や導流堤1か所が計



スリットが据えられた水無川2号えん堤

第3世代が人工衛星を使ったGPSで位置を正確に測り、それに合わせて施工する（情報化施工方式）。現在は光ファイバー網などを使った超長距離遠隔操作への挑戦中だとい

雲仙ではいきなり第3世代から始めた。GPSで正確な位置取りをし、機械それ自身を思い通りに操縦して、精度の高い構造物建設作業を行う。「自動追尾システム」を使った出来上がりのチェック、管理を無人で行う。つまり測定から施工（操作支援、自動化）まで総合的な施工を無人で行ったのである。

今後は、大規模災害など危険な現場から数km離れた安全地帯から遠隔操作（ネットワーク型遠隔操作方式）

仕上りの点検など、より高度の技術開発が期待されるのだ。

少ない施工現場

しかし、課題はまだ多い。何より、無人化施工の現場が少ないことだ。土木技術は現場で磨かれるのに、雲仙で開発された無人化施工を使い、進化させる現場は限られてくる。そのために、高額投資した重機が「遊んでいる」期間が長く、投資効率が悪く、民間会社にとって、経営的に重荷になれば、どうしても新たな投資には躊躇する。目指すべき小型化、遠隔化、汎用化などさまざまな機器の高度化のチャンスは少なくなってしまう恐れがある。

また、操作するオペレーターには、習熟が必要だが、鍛えられる現場が少なくて腕は上がらないし、後継者育成もままならない。低成長下で事業が減ってゆく技術立国ニッポンの厳しい現実だ。

まだ残る危険性

平成8年、当初の砂防計画（同5年策定）は見直されることになった。繰り返された土石流、火砕流の流出、堆積で水無川流域をはじめ中尾川流域なども地形が大きく変わり、河床も高くなり「導流堤」の高さの変更、「砂防えん堤」などの強化、流れによって削られた「河床の安定化」、そのほかの構造物の改善も必要にな



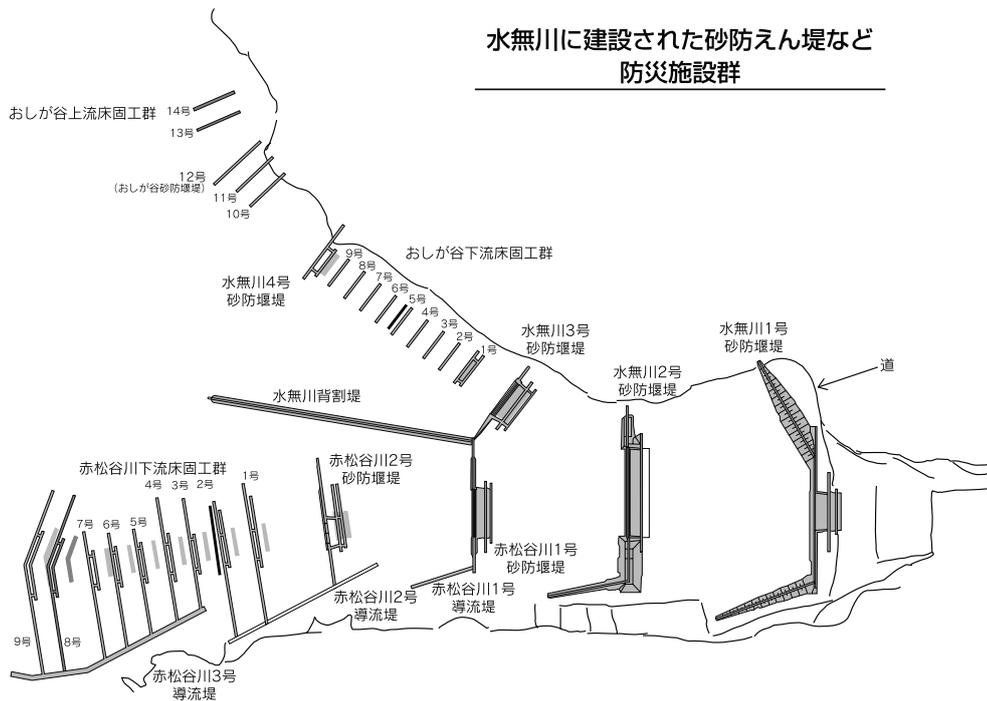
雲仙・普賢岳。噴出土石がたまり土石流の危険にさらされている

るなど、多角的に砂防計画を練り直さざるを得なくなったのである。

雲仙・普賢岳は平成8年6月3日、噴火活動終息宣言が出され、小規模の土石流は発生するものの、安定した状況が続いている。しかし、安心はできない。橋湾のマグマだまりの動向には精密な観測で「監視」が続けられており、普賢岳が198年ぶりに噴火したように、この後の噴火も長期間ないだろうと予測されている。しかし、山頂には1億mに及ぶと推定される溶岩ドーム(注5)が残り、地震や風雨による浸食でその根元の地山が崩れ、溶岩ドームが崩れ落ちる恐れは、これからも残る。防災に、油断は禁物だ。

学会技術賞を受ける

平成12年3月31日の北海道・有珠山噴火、続く同年6月26日の火山性地震から始まる三宅島(東京都)の噴火などの砂防工事に、この無人化工法は活用された。九州は二つの火



山帯を持つ火山島であり、阿蘇、霧島、新燃岳、桜島など噴煙を上げる活発な火山活動が続いている。そこでの無人化工法の活用だけでなく、地滑り、特に深層崩壊など危険地帯での砂防工事も使われている。こうした土木工事の他にも、東京電力・福島原子力発電所内での補修工事でもロボットなどによる放射能測定、遠隔操作による補修工事が注目されており、今後の技術開発が期待される。無人化施工のルーツとなった雲仙・普賢岳の無人化工法は、噴火砂防が残した貴重な「置き土産」と言ってもよいかもしれない。

水無川1号砂防えん堤は、平成9年の日本土木学会賞(技術賞)を授与された。

(注5) 山頂の溶岩ドーム形成(約1億m)により、普賢岳の高さがこれまでの火口より280m高くなった。溶岩ドームは粘り気の強い溶岩でできており、不安定な形で山頂に存在している。地震や大雨などで、ドーム下部の土砂流出によって、ドームが不安定になり、崩壊、落下が懸念される。

THE 土木技術者

第1節 インタビュー 「人と技術と情熱と」

雲仙・防災の闘い20年②

無人化施工にたずさわった
元雲仙復興事務所長

古賀省三氏

——雲仙・普賢岳は平成7年、火山活動の終息宣言が出され、本格的な復興期に入ります。古賀さんは砂防工事の最中、雲仙復興事務所長に赴任されています。



古賀 省三氏

(こがしょうぞう) プロフィール

元雲仙復興事務所所長、元国土技術政策総合研究所・危機管理技術研究センター長。

昭和28年10月10日生まれ。大牟田市出身。鹿児島大学農学部から九州大学大学院工学研究科（水工土木）修了。同53年国土交通省入省、鹿児島県・大隅工事事務所で桜島防災、その後、関東地方整備局で防災専門官として利根川や浅間山防災に携わる。同62年からJICA長期砂防専門官としてインドネシア・火山砂防技術センター勤務などを経て平成11年から雲仙復興事務所所長、無人化施工技術の開発に尽力。退職後、(財)砂防・防災センター勤務、現在(株)建設技術コンサルタント副社長。

古賀氏 激しい噴火、火砕流、土石流の頻発などから状況が変わり、火砕流の発生は勿論、土石流発生もかなり少なくなり、堆積土にも水が浸透するようになって緑化が始まりました。ですから、それまでの砂防基本計画の見直し（平成13年）作業に入りました。火山活動が沈静化して、その後数十年は火山災害がかなり減るわけですから、その状況に見合った計画にしなければならぬ時期にきていました。

——具体的には。

古賀氏 それまでの砂防基本計画のまま突っ走ると、過大な公共投資にならざるを得ない。下流地域の安全確保のための必要最小限の防災施設として事業費の削減を図りました。

災害現場で技術進歩めざましく

古賀氏 当時は土石流の流れは勿論、火

砕流の恐れがありましたから、それらが襲う場所で作業を安全に行うため、必要に迫られての「無人化施工」採用でした。それで水無川1号砂防えん堤の建設が行われ、私の雲仙勤務は、水無川2号砂防えん堤建設の途中からで、えん堤建設のためのコンクリート打設を無人で行うための土砂型枠はすでに1号砂防えん堤で行われ、それに

噴火によって堆積した土砂の移動も少なくなったのでそれに見合う計画の見直しを行ったわけです。

——危険は去ったと考えられたのですか。

古賀氏 いや危険は残っています。何より、山頂には溶岩ドームが不安定な形で残っており、地震でも発生すると崩壊の恐れは十分にある。降雨による土砂の浸食によって出来たガリー（谷）も深く大きくなっています。落石も今なお頻繁に起こります。危険は去ったわけではなく、そのために無人化施工に力を入れました。

——平成5年、国土交通省が試験フィールド制度を起用して「無人化施工」を公募しました。



完成した水無川1号えん堤(手前)。後方は2号えん堤

——除石や排土はともかく、えん堤建設など構造物を無人化施工しようという発想はユニークですね。

古賀氏 土石流が直撃する砂防えん堤の中央部は強くなければなりません。無人化施工を考える場合、それに合わせた施工方法は勿論のこと、材料の選択なども行います。砂防えん堤中央部はセメント使用量を少なくした超硬練コンクリートをあらかじめ作り、ダンプロラックで現場に運び、ブルドーザーで押し広げ、振動ローラーで締め固め、50cmずつ重

加え、さらに2号砂防えん堤で「ブロック型枠」を使って行うことになりました。そのように、工法の選択にしてもその現場の条件に合った無人化施工を前提として行い、工夫もしました。

ねてゆく（RCC工法）。一方、土石流の打撃が少ないダム of 袖の部分は現場にある土石流の堆積物を使い、セメントと混ぜ、あとはRCC工法と同様に施工してゆく（CSG工法）といったように、です。

——コンクリートで構造物を造るときは型枠が必要ですが、土砂型枠を考えたしていますね。また、GPSの活用で施工の精度が上がりました。

古賀氏 土砂型枠は水無川1号砂防えん堤で始めています。施工精度を上げるのに一番貢献したのはGPSの活用です。現場での人による測量は危険なためできませんし、動かしつつ重機の正確な位置情報を得るためにGPSを利用し、さらに掘削深度など3次元情報をパソコン画面に映し出しながら、重機を遠隔操作できるようにしました。このGPSによる施工管理によって、設計値に対して±50mmの精度にまで無人化施工で可能になったのです。また、世界で初めてのスリット（透過型砂防えん堤）の据え付けなど高い精度が求められる施工もやっています。

——無人化施工は確かに雲仙で「進化」してきましたが、その活用の現場が限られているのが悩みです。また、コスト高という問題もある。

さらなる進歩への意識改革

古賀氏 総合評価方式による発注のテーマとしてできるだけ「無人化施工」でやるといって設定が必要でしょう。その可能性は広がっており、無人測量や地耐力を測定する平板載荷試験もできるようになりました。数年続けると汎用性のある技術に進化してゆくと考えます。また、「有人施工」とコスト比較は出来ないものだと私は考えます。危険地帯で住民の安全を守るため、作業員の安全を守るための工法ですし、機械も大型にならないを得ない。効率化のための技術の高度化は勿論必要ですが、コスト面からの「有人」「無人」の比較は出来ないと思います。

——火山だけでなく、いろいろな災害現場に「無人化施工」の技術は活用されますね。雲仙のような広大な現場は、むしろ少なく、状況も変化する。それに適合する「無人化施工」の選択が必要になります。

古賀氏 確かに、広い現場ばかりとは限らない。平成9年7月11日、鹿児島県・出水市の針原川で深層崩壊による地すべりが発生、21人の犠牲者を出しました。砂防えん堤が1基あり、その上流の崩壊した土砂に亀裂が生じており、その後も雨が続き、一日も早く除石を行わなければなら



水無川2号砂防えん堤。無人化施工の新技术が駆使されている

年）によって道路沿いで地滑りが発生、車で走っていた一家3人が巨石と共に流された事故がありました。あの時の、中学生を救出したレスキューの活躍は知られています。現場へのアクセスが出来ず、自衛隊のヘリコプターしかない。持ち込めるのはミニバックフォールしかない。そういう状況では「有人」でやらなければなりません。「ロボQ」が小型機械にセットできるようにするのも課題ですね。

——雲仙で開発された「無人化施工」が活躍する場をもっと作ってほしいという現場の声があります。そうしないと機械の更新や技術の開発も進まない

ません。災害発生直後は、崩壊土砂は水を含んで、重機を入れても沈んでしまう。そのために「ロボQ」を使いました。重機が入らない、あるいは現場が狭いなどの条件下では「ロボQ」が有効です。

——北海道・有珠山の噴火の時、雲仙で開発された「無人化施工」が活躍しました。

古賀氏 有珠山でも、現場近くに安全な場所がなく、まさに遠隔操作しなければならなかった。そのため、中継局を設置して「無人化施工」を行いました。また中越地震（平成16

古賀氏 自動車は今日のハイブリット車製造など高いレベルまで達するに要した年月は、ただか100年です。やはり「需要」があるから技術は発展してきた。石油資源には限界がありますから、もっと、自動車技術は進んでゆくと考えます。「雲仙方式」の無人化施工もかなり施工機会が確保されて来ましたが、鹿児島・南大隅の深層崩壊にも使われていません。災害列島と言われるように、災害が多い国ですが、その安全性を高めてゆくのは勿論のこと、復旧作業者が犠牲になるといような2次災害は絶対出さなければいけません。また、

桜島のような火口から2 kmが入山禁止区域となつて、すぐ住家があるところでは即無人化が進むと思います。災害があつて、安全を考えるのではなく、平和な時に、いかに技術開発を進めてゆくか。そのためには意識改革が必要でしょう。

——雲仙で計画された砂防工事は終わりに近づいています。今後の防災体制の在り方が議論されています。

古賀氏 山頂の溶岩ドームの不安定さ、土石流の発生など誰が見ても、



緊急派遣された「ロボQ」は危険な現場で活動した(沖縄・地すべり現場)



運転席に装着された「ロボQ」

完全に安定している状況ではないのは明らかです。住民の危機意識も強い。地震でも起こればとんでもないことになる。国が主導的に対応せざるを得ないのではないのでしょうか。これまでの発想を変えて、雲仙・普賢岳の「全山管理」、つまり観測から住民への情報提供、施設管理、防災事業までを総括する、新しい制度が必要です。国土交通省の河川局も「国土保全局」と名称を変更したように、災害対応型から国土保全型へ変わらなければなりません。

雲仙で生まれ、開発された「無人化施工」技術は全国で生かされてきました。その拠点的な機能をはたしてきたのが雲仙です。日本は災害列島です。火山をはじめ、地震、豪雨、地滑りなど災害が多い。しかもそうした場所に、住民が住んでいるのも現実です。総合的な防災体制づくりと並行して、雲仙のような防災拠点が全国に数か所必要ではないでしょうか。

雲仙・普賢岳の警戒区域内で活動する無人のダンプやバックホウなどの重機の巨大さに驚く。パワフルで土砂の大量処理などに効果的だ。それを遠隔操作する技術は雲仙で飛躍的に進んだ。

台数が少なく、大型すぎて、他の災害現場への緊急移動が難しい。しかも、出動を要請される災害現場は遠隔地であつたり、雲仙のように広大な現場は少なく、むしろ狭く複雑な地形の方が多い。

「ロボQ」は、小型で、簡単に運べて、かつ一般的に使われている建設機械に装着するため開発された。開発には、九州地方整備局・九州技術事務所と(株)「フジタ」が共同で当たり、現地ですぐに装着できる遠隔操作ロボット「ロボQ」を誕生させた。平成10年、まずバックホウ用のロボQ、次いで同12年、ブルドーザー用、同16年には不整地運搬車用と開発を進めてきた。

ロボQの特徴は、①建設機械の操作レバーをロボQが動かす方式を取り、その機械の運転席に取り付けることが出来る②取り付けは

「ロボQ」の活躍

ボルト締めと配管配線の接続だけで簡単③8個のユニットに分けられ、運搬が簡単④150 m以上離れた安全な場所から遠隔操作できる——など「優れもの」だ。

これまでの災害出動は大分県塩見川土砂災害(平成12年) 桜島野尻川4号ダム土石流処理(同14年) 耶馬溪ダムのり面補修(同15年) 沖縄中城村土砂災害(同18年) などがある。

今後の課題としては、数ヶ離れた所からの遠隔操作や混信防止のため無線LANの活用などがある。



「ロボQ」の操縦盤。人間の判断を重機に伝える

雲仙・普賢岳、 平成噴火と「防災の記録」

平成2年(1990) 11月の雲仙・普賢岳噴火から、20年(平成23年)が経過した。噴火による火砕流や土石流は44人の生命を奪っただけでなく家屋や田畑など財産に大きな損害をもたらした。このため政府は雲仙復興事務所を現地・島原市に設置、平成5年以來、砂防えん堤や導流堤、床固め工事など一連の砂防工事を進めてきた。

噴火、その後の土石流、火砕流による被害拡大への緊急対応は①長崎県が中心となった土砂災害対策から始まり、除石のほか遊砂地造成、河道工事が行われた。次いで②国が直轄砂防事業に乗り出したが、警戒区域内の工事を阻まれ、除石や仮設導流堤の建設にとどまった。③本格的な防災工事は同区域内でも可能な無人化施工導入からで、砂防えん堤、導流堤、床固め工事など、恒久的防災施設の建設が進んだ。

これによって島原地域の安全性は飛躍的に進展したが、堆積した膨大な土砂、不安定な形で山頂に残る溶岩ドームなど、なお、多くの危険をはらんでいる。このため、新たな火山砂防計画が策定され、それらの危険に対応する今後の事業計画が作られた。完成は平成20年代後半とされている。この年表では、噴火から計画策定時点までの「主な砂防工事」をまとめた。それ以後の砂防工事は水無川関連施設の完成時期に絞って付け加えた。



島原城をおおう雲仙の噴煙

●普賢岳、1998年より噴火、不安が現実に

平成2年
(1990)

5月27日 火山性微動を初めて観測。
11月17日 雲仙岳測候所が噴火を確認。普賢岳山頂から東方約600mにある九十九島火口と地獄跡火口から噴煙、寛政4年(1792)から1998年ぶりの噴火。
午前8時

橘湾での火山性微動を予兆に始まった雲仙・普賢岳の噴火活動は、土石流、火砕流が規模を拡大しながら、次第に住家を襲い始め、ついには、大火砕流で死者行方不明43人を出す大災害となった。避難勧告が繰り返され、警戒区域が設定されて、住民は避難生活を余儀なくされた。当初、寛政の噴火「島原大変肥後迷惑」と同様、眉山の崩壊が懸念されたが、水無川での土石流、火砕流が島原市、深江町を襲い被害を拡大していった。長崎県は土石流などにより土砂が堆積した河道の拡張、砂防えん堤の除石、遊砂地3基を建設するなどの緊急対策を行った。

2月12日 午前8時 普賢神社西側の屏風岩から噴煙を500m吹き上げ、再噴火。
ごろ

3月11日 長崎県は雲仙岳緊急火山対策検討委員会を設置、砂防、土木工学などの学識経験者10人で構成、初会合。

3月29日 九十九島、地獄跡、屏風岩火口噴火、大量の火山灰。

4月9日 赤松谷上流で土石流発生。

4月26日 赤松谷で砂防えん堤起工式。

5月15日 初めて水無川で土石流発生、北上木場町などに避難勧告。

5月19日 土石流発生、前野橋などが流失。安中地域に避難勧告。

5月20日 地獄跡火口に溶岩ドーム出現。

5月24日 火砕流続発、作業員が負傷。長期避難へ。
26日



普賢岳山頂の溶岩ドーム

平成3年(1991)

平成3年(1991)

6月3日午後4時8分	大火碎流発生、住宅、山林が炎上、負傷者続出。自衛隊出動。翌日から行方不明者捜索、遺体収容。死者行方不明43人、負傷9人。
6月8日	大火碎流発生、国道57号近くまで接近、207棟焼失、安中地域が警戒区域に。
6月11、12日	爆発的噴火、車両、家屋に被害。
6月30日	水無川、湯江川で大土石流発生、有明海まで到達。安中の鎌田、北安徳地区で家屋流失、倒壊134戸。水無流域148棟、湯江流域51棟被災。
7月6日	自衛隊、国道251号の復旧作業。
8月26日	北東斜面で火碎流続発、熱風が南千本木の民家に約700mに迫る。31日までに千本木地区に避難勧告。
9月6日	北東斜面で火碎流、6合目まで達する。島原市に大量の火山灰。
9月14日	台風17号が島原半島に大接近。
9月15日	大火碎流発生。上木場、大野木場で民家、大野木場小学校が炎上。
9月27日	台風19号で電柱が倒れ、学校などに被害。
10月9日	国土地理院と国土交通省は、火碎流による堆積土量は東京ドーム25杯分、3000万㎡に達したと、発表。
11月4日	島原鉄道の復旧工事が始まる。
11月9日	高田知事、鐘ヶ江市長が水無川にスパー砂防えん堤の建設場所の選定開始を表明。
12月1日	火山性地震の回数が1日500回を超え、噴火開始以来、最多を記録。



火碎流で炎上した大野木場小学校



火碎流で犠牲者を出した三角地点

平成4年(1992)

9月24日	建設相、国道57号のバイパス高架道路を建設することを表明。
8月11日	水無川に土石流で、民家に被害。(8日から15日までの被害全半壊など244棟)赤松谷川に火碎流頻発。
8月8日	水無川流域に土石流と火碎流。住家が流れ、炎上のダブル被害。
6月17日	長崎県が建設省直轄事業化を陳情。(平成5年度より直轄事業化)
5月28日	第2遊砂地完成。翌29日火山噴火予知連絡会は「引き続き嚴重警戒」を呼びかけ。
5月13日	土石流対策の遊砂地と放水路が国道251号と広域農道間に完成。
4月28日	国道251号の土石流対策のため、緊急連絡橋の建設開始。
3月11、12日	噴火、溶岩塊の崩落やまず、降灰。続いて水無川で土石流(15日)、地震多発(23日、586回)続く。
2月22日	長崎県が水無川砂防計画の基本構想。(27基の砂防えん堤、下流部に導流堤を計画)
1月1日	火山活動は収まらず1460避難世帯、5526人が避難先で正月を迎える厳しい事態が続いた。溶岩ドームが次々と出来(平成3年末までに第6ドームまで出現)、火碎流、土石流が頻発、噴火活動は長期化する見通しとなった。自衛隊が主力になって行ってきた緊急対策から、本格的な防災対策の必要性が求められる状況となり、新砂防計画の策定作業が始まった。当面、流れ下る土石流を受け止める遊砂地造成が急がれた。しかし、土石流、火碎流は民家を襲い被害が拡大。火碎流が中尾川にも流れ込み始め、緊迫した事態となった。このため、本格的な砂防計画がたてられ、国の直轄工事で行われることになった。



家は巨石に直撃された

●土石流、火碎流が頻発、民家を襲う

平成3年(1991)

12月16日	国土地理院は溶岩噴出量が、東京ドーム約47杯分の5800㎡に達したと発表。
12月22日	長崎県は土石流で流された鎌田町などに遊砂地建設表明。

平成4年
(1992)

10月13日 水無川砂防計画の基本構想変更。(砂防えん堤を40基に増)

11月22日 火砕流本体が垂木台地を超え、中尾川に入る。

12月3日 溶岩ドームが第9まで増える。

12月23日 防災事業の建設省直轄事業の施工が決定。

●被害深刻、警戒区域内で無人化施工へ

平成5年になって、被害は一層、深刻となり、被害地域も拡大した。水無川では国道57号を土石流が越え、安中地区に襲いかかり、中尾川の火砕流は千本木地区全域を炎上させた。砂防計画では大規模えん堤の建設、小学校移転企画など千本木防災の基本計画がたてられた。雲仙復興事務所が発足したが、水無川の警戒区域が拡大され、工事着手すら困難を極めた。それでも矢板による仮設導流堤建設など懸命の努力が続けられた。人命第一の立場から、画期的な無人化施工が発案され、公募された。また、不通となった国道57号のバイパスとして最下流に「島原深江道路」建設が始まった。土石流対策として高架方式を採用。

平成5年(1993)

1月8日 国道57号バイパス「島原深江道路」建設へ調査開始。

1月26日 公開水理模型実験。

3月6日 第10溶岩ドーム出現(2月2日)、最高の標高1420mに成長。

3月9日 火砕流発生、市内に降灰。

3月28日 国道57号から海側の導流堤建設の説明会。

4月12日 雲仙復興事務所開設。

4月28日 大雨洪水警報、水無川の土石流、続く。579棟被災。

5月1日 中尾川の土石流路に、火砕流が流れ込んでいるのを確認。

5月2日 水無川で土石流、松橋流失、中尾川でも土石流。安中地区は壊滅的ダメージ。

5月20日 自衛隊による上木場地域で土石流対策として矢板打ちこみ開始。

5月21、23日 火砕流が中尾川へ、火口から3km流下。23日にも流下、山火事。火砕流が千本木全域を埋没、焼失。

平成5年(1993)

6月18日 水無川、中尾川に土石流発生、207棟被災。(13日には81棟)

6月21日 水無川に大火砕流が発生、22日22回の火砕流、土石流で78棟被災。23日大火砕流、山林、民家が火災。千本木地区では187棟が炎上。(死者1人)

6月26日 大火砕流が国道57号を越えて流れ下る。



溶岩ドームから火砕流が発生

7月4日 水無川で土石流発生、25棟被災。中尾川で土石流。国道57号、251号とも交通止め、島原市孤立の恐れ。

7月13日 建設省、水無川遊砂地での無人化工法導入、募集。



据え付けられるスリット。土石流の大石などを食い止める

7月19日 大規模火砕流発生、国道57号を越える。

7月30日 無人防災工事で無人シヨベルカーの公開実験。

8月5日 火山性地震回数、過去最高、7日には2604回、仮設導流堤に着工。8月31日4基が完成。

10月4日 中尾川の緊急堤防の建設。

10月16日 建設省が2号遊砂地にコンクリートシェルター2基設置。

10月28日 仮設導流堤5か所増設。

10月29日 中尾川緊急連絡橋完成。

11月11日 国道57号島原深江道路に着工。

11月18日 仮設導流堤の一部完成、その外側に680mの導流堤建設を発表。

12月3日 国道57号のバイパス「島原深江道路」の橋脚工事に着手。

12月13日 自衛隊の協力で、第3号の遊砂地北側の応急堤防が完成。

12月20日 建設省、中尾川砂防計画の基本構想発表。

●遠隔操作で、除石、排土作業

平成6年になると、溶岩ドーム第12まで出現、標高1494m（4月4日）に成長。溶岩ドーム崩落が北東に移動、湯江川にも火砕流が発生。堆積物総量は2億5000万m³を超えた。森林被害は2640haに拡大。試験フィールド制度での、無人化施工の現地試験が始まり、その有効性が認められた6社が国道57号周辺まで土石流が流してきた岩石などの無人除石作業に入った。遠隔操作によって巨大なブルドーザー、バックホウ、ダンプトラックが、大石を砕き、河床から運び出した。また、工事を急いでいた仮設の導流堤も完成、本設導流堤建設にも着手されるなど、砂防工事が本格化した。

平成6年(1994)

- 1月25日 試験フィールドによる無人化施工試験工事を実施。
- 2月6日 湯江川で初の火砕流。(溶岩ドームの崩落方向が北北東に移動)
- 3月1日 建設省、遠隔操作による無人除石施工(土砂除去)開始。
- 3月19日 湯江川に火砕流続く。
- 5月13日 長崎県が中尾川砂防事業の砂防えん堤2基の工事に着手。
- 6月11日 安中三角地帯かさ上げ事業に着手。
- 6月20日 水無川の警戒区域内での土砂除去に着手。
- 7月30日 水無川下流の仮設導流堤完成。
- 8月25日 火砕流68回の最多記録。
- 10月24日 水無川流域で本格的な導流堤の工事開始。
- 12月26日 湯江川砂防計画。(治山事業も含め流域全体で計画)

平成7年(1995)

●火山活動、ようやく終息へ

平成7年、雲仙・普賢岳の火山活動はようやく、終息に向かった。火山予知連絡会が「マグマの活動の停止状態」を発表、防災工事が本格化した。しかし、阪神淡路大震災が発生するなど、火山活動だけでなく日本列島が常に大きな自然災害にさらされていることを国民に認識させた。治山ダムや警戒区域内での水無



噴火活動は終息したが、溶岩ドームの危険は残る

平成7年(1995)

- 川1号砂防えん堤が無人化施工されるなど、急ピッチの防災工事が進んだ。水無川1号砂防えん堤は、遠隔操作によって、無人でえん堤という大型建造物を建設する高度な技術が注目された。
- 1月5日 赤松谷に火砕流(最終)。
- 1月12日 長崎県は湯江川の土石流対策として、日本最長のスーパージ山ダム(延長548m)に着工。
- 1月17日 阪神淡路大震災が発生。
- 3月30日 「噴火活動は停止」の見解(太田一也九大教授)。
- 4月11日 国道251号の水無川橋架け替え工事完了。
- 4月25日 林野庁の湯江川上流の治山ダム2基が完成。
- 5月25日 火山予知連絡会は「マグマの供給と噴火活動はほぼ停止状態にある」と発表。防災会議協議会も「終息」(6月3日)。
- 6月27日 導流堤内に4号遊砂地の建設開始。
- 8月25日 水無川除石作業着手。
- 9月4日 湯江川上流のスーパージ山ダムが完成。
- 9月19日 水無川上流で無人化工法による遊砂地建設に着手。
- 9月30日 水無川1号砂防えん堤着工。



水無川1号砂防えん堤

●導流堤、砂防えん堤など次々着工

平成8年には「噴火活動の停止」が正式発表され、行政機関各レベルの対策本部も解散された。新しい道路、導流堤や砂防えん堤が次々と着工、完成を迎えた。平成9年には水無川2号砂防えん堤が無人化施工され、島原深江道路が完成、土石流で壊された橋梁も完成、噴火から10年を迎え、復興への新たな出発を誓い合った。

平成8年(1996)

- 2月10〜13日 赤松谷で火砕流発生。人的被害なし。

平成11年(1999)					平成10年(1998)		平成9年(1997)					平成8年(1996)					
11月17日	9月22日	9月15日	9月11日	3月16日	2月20日	2月1日	2月27日	2月19日	11月12日	11月11日	10月	3月12日	3月8日	9月	6月3日	5月30日	5月20日
雲仙・普賢岳噴火10年記念式典。	湯江橋着工。	溶岩ドーム一部崩壊。	2年ぶりに土石流発生、水無川2号砂防えん堤まで到達したが、補捉。	水無川大橋完成。	島原深江道路完成。	水無川2号砂防えん堤「無人のコンクリートブロック型枠技術採用」。	広域農道導流堤横断橋着工。	水無川1号砂防えん堤完成。	中尾川横断橋河原橋着工。	千本木1号砂防えん堤着工。	水無川3号砂防えん堤着工。	国道251号橋着工。	水無川2号砂防えん堤着工。	土石流は続いたが、中尾川に建設された治山スリットダムが抑制(7月、9月)するなど砂防施設が有効に働く。	「噴火活動の停止」見解(太田教授)長崎県、関係市町の災害対策本部解散、4日には政府の雲仙岳噴火非常災害対策本部も解散。	建設省、中尾川の導流工に着手。	中尾川導流堤着工。平成新山と命名(1486m)。

●新砂防計画で、新たに砂防えん堤、導流堤など建設へ

平成18年(2006)		平成17年(2005)		平成15年(2003)	平成13年(2001)			平成12年(2000)	
11月1日	9月30日	7月29日	7月29日	3月28日	12月27日	3月20日	3月17日	3月26日	2月29日
赤松谷川1号、4号床固め完成。	赤松谷川砂防2、1号えん堤完成。	赤松谷川砂防2、1号えん堤完成。	赤松谷川砂防2、1号えん堤完成。	水無川3号えん堤完成。	雲仙・普賢岳火山砂防計画策定。この計画は、噴火は一応収まったものの、大量の噴火堆積土砂が大雨などによって流れ出す危険や、山頂に存在する溶岩ドームが地震や大雨によって崩壊、火砕流や土石流発生が懸念されているため策定されたもので、新たに水無川上流に砂防えん堤10基と導流堤3基などが計画されている。	水無川導流堤完成。	水無川市道橋完成。	水無川2号砂防えん堤完成。	国道251号安徳橋一部開通。

●工事は水無川上流へ、無人化施工の効果大

平成18年からは赤松谷川上流、おしが谷での床固め工事が次々と完成していった。溶岩ドームがある山頂へ向かっての工事であり、避難時間はごく短く「無人化施工」が大きな効果を上げている。



中尾川砂防施設群

平成24年 (2012)	平成23年 (2011)			平成22年 (2010)		平成21年 (2009)	平成20年 (2008)	平成19年 (2007)
10月 赤松谷川8号床固め、おしが谷13、14号床固め完成予定。	11月30日 おしが谷10、11号床固め完成。	5月31日 赤松谷川3、6号床固め完成。	3月30日 おしが谷1、2、3号床固め完成。	3月 10月 おしが谷6、9号床固め完成。	3月 15、30日 赤松谷川2、9号床固め完成。	12月25日 おしが谷12号砂防えん堤完成。	3月15日 水無川4号砂防えん堤完成。	3月30日 赤松谷川7号床固め完成。

プロジェクト九州

第2節

無人化施工への決断

無人化施工とロボQ①

「ロボQ」登場―災害現場への急行 小型化、軽量化―いつでも、どこでも「実現へ NASAも驚嘆、技術輸出の可能性も

桜島に始まる

鹿児島・錦江湾にどっしりと浮かぶ桜島。九州新幹線の開業で桜島で



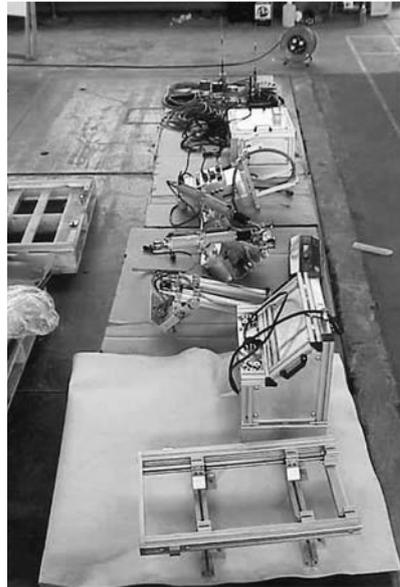
無人で動く大型ブルドーザーとダンプ。安全、効率的に排土作業が進む(雲仙で)

も観光客が増えたが、火山活動は活発になっている。平成23年には過去最高の996回(前年は896回)1日3回近い噴火を行っている。火山予知連絡会は「今後、マグマの供給が増え、さらに噴火活動が活発になる恐れがある」としている。1000m以上に吹き上がる噴煙は多量の噴石や火山灰を降らせ、土石流となって流れ下る。雲仙・普賢岳と同様、砂防えん堤建設をはじめ、防災工事が進められている。作業員を危険にさらす工事箇所も多く、「無人化施工」は桜島の土石流堆積物を排土するため試みられた。桜島に始まり、雲仙で育った火山防災のための「無人化施工」は、技術的な改良が加えられ、ロボット操作にまで進化してきた。無人化施工は、北海道・有珠山、三宅島、霧島・新燃岳など火山活動の激しい現場で行われ、その有用性が認められ、世界的にも注目されてきたが、同時に今後に向けて、様々な課題が浮かび上がっている。

雲仙でより高度に

富山県・常願寺川の災害復旧工事でスタートした無人化施工は活火山では桜島に始まっている。河口付近にたまった土石流堆積物を、水陸ブルドーザーを遠隔操作して、取り除いた。当時は機械の動きを近くの安全な場所から目で追いながらの目視(約50m程度)操縦だった。

しかし、雲仙の砂防工事は、より高度な「無人化施工」が求められた。



分解され、運搬しやすく工夫された「ロボQ」

術は最先端でなければならぬ。また、無人化施工に使われるバックホウやダンプトラック、ブルドーザーなどの重機も多種類で、施工内容が複雑になるにたがって操作も高度の熟練技術が必要となり、高性能が求められた。さらに、雲仙の場合、工事現場が広大で、堆積した土砂量も膨大。使われる重機も大型化している。

雲仙で能力を発揮した無人化重機が、必ずしも全ての被災地に適合するわけではない。雲仙の無人化施工

を他地域で行うために、まず、関門になったのは「運搬」である。災害対応は常に緊急である。雲仙の重機は大型で、重い。小型化、軽量化して、各地の災害現場に迅速に運ばないか。それが切実な課題として浮かび上がったのが、熊本県・坂本村の土砂崩れであった。

どうする輸送の壁

平成9年7月、九州自動車道の肥後トンネル北口から上流300mで発生した土砂崩れは、高さ約200m、幅約100mにわたり、崩れた土砂が油谷川をせき止めた。このため自動車道は全面交通止めとなり、59世帯172人に避難



大型ダンプは効率的だが、緊急派遣には難問が残る

今や、切り札的存在に

勧告が出された。事態は緊迫しているが、重機を雲仙から運ぶのに、重量が重すぎ、高速道路での運搬は規制があつて、出来ない。大型すぎてトンネルを通過できないことも考えられた。超法規的措置ともいふべき特別の許可を得て、高速道路を使つてバックホウやブルドーザーが被災現場に運ばれた。ようやく現場に届いた、これらの重機を遠隔操作して、せき止められた川の水を下流に流す導水路の開削、河道工事が行われた。しかし、工事終了後は「緊急性は無い」との理由で、重機は解体して運

ぶほかはなかった。

また、平成8年、北海道・豊浜トンネル（国道229号）が、大崩壊、トンネル内の自動車救出に「無人化施工」が要請されたが、重機類はそのままで高速道路で輸送できず、九州から北海道への運搬に1週間が必要とされ、結局、見送られた。

こうした苦い経験もあつて、国土交通省が小型化して運搬できるよう、ロボットによる建設機械の遠隔操作の研究に入ったのが平成9年のことである。同省九州技術事務所（久留米市）と（株）フジタとの共同開発がスタート、2年後に「ロボQ」（簡易遠隔縦横装置）が完成した。名付けられたロボ「Q」には九州生まれ

雲仙の無人化施工技術は、世界的な注目を集めている。無人化施工がまだ初期段階の平成8年（1996）に現場を

訪れた米国・ロボット工学のローレンス・スターク教授（カリフォルニア大学）は「スペーシシャトル並みの水準」とその高技術と今後の可能性を評価した。鳥原で開かれた第5回火山都市国際会議（2007年11月開催）では、さらに進化した無人化施工の現地公開が行われ、外国からの出席者を「驚嘆」させたといい。

旧ソ連のチェルノブイリ原発、中国・四川省の地震被災地、イラクの不発弾処理など無人化技術への

世界で注目、ロボット化

問い合わせがあつた。実際の施工までには至らなかったが、「技術輸出」の可能性を十分に示している。

大きな壁だった重機の大型さや重量については、小型化、汎用性向上の技術開発が進んでいるし、とくに「ロボQ」などロボット化への技術展開は注目されるよう。

すでに自動車の生産ラインでのロボット化は日本の自動車産業の国際競争力を大きく高めたが、防災工事の「無人化施工」は現場が常に変化し、巨石、土砂など障害物も多く、工事中の二次災害の恐れもある。それだけに、安全で、高度な技術開発が求められる。

のキュウと救急のキュウを重ねた。

桜島を主舞台に、各地で活躍

現在、「ロボQ」が活躍している舞台が桜島だ。南岳噴火口を中心に、半径2km以内は立ち入り禁止区域となっており「無人化施工」が普賢岳同様求められるのである。平成23年だけで過去最高の1000回近い噴火を繰り返し、マグマが溜ま

り、これからも噴火が多発する可能性が高い。

昭和49年、鹿児島県が行ってきた桜島の砂防工事中、8人の工事関係者が土石流に巻き込まれて亡くなる悲惨な事故が発生した。膨大な事業費、危険な作業環境、特殊な砂防技術の必要から、県の力を超える事業とされ、国の直轄事業となった。現在も国土交通省九州地方整備局（大隅河川国道事務所）が砂防えん堤、導流堤などを整備している。

雲仙で開発された「無人化施工」技術はたびたび桜島で実施され、その中で開発された新技術がISM工法（現位置攪拌混合固化）。雲仙・普賢岳で建設された水無川1号砂防えん堤の無人化施工の応用編と言つてよい。

幸いなことに雲仙と違って、桜島の噴出堆積物は、コンクリートの骨材として使える。バックホウで掘り起こして、えん堤の基盤を作り、その上に掘削土砂とセメントミルクを混ぜたコンクリートを打設してゆく。型枠は現地にある土砂を使うなど雲仙と同様、合理的な機械化施工を行っている。ここでは進化した「無人化施工」として「ロボQ」がバックホウに装着され、遠隔操作がおこなわれた。「ロボQ」は水無川の治山工事で初めて使われた（平成11年）。その後改良され、桜島の黒神川砂防えん堤工事が、ISM工法で実施された（平成15年）のである。

沖縄にも「遠征」

このロボQ操作で注目されたのが、沖縄での「無人化工事」。沖縄県・中城村で発生（平成18年）した、幅約200m、長さ400mにわたる地すべりが住宅に迫り48世帯174人に避難指示が出された。連続する沖縄の地すべりに、海を渡って運ばれたロボット3台が無人の重機を動かす、土砂撤去や仮設道路、排水路工事などにあたった。もし、「ロボQ」

がいなければ、九州から沖縄への重機の緊急運搬はできず、中城村での安全な無人化工事は不可能だったろう。

「ロボQ」の最大の特徴は建設機械の運転席に組み立てられること。現場で使われている一般の建設機械が遠隔操作（150m）出来るようになり、重量も180kg〜250kg。持ち運べるように分解して1ケース

立ち枯れる(?) 技術

（ユニット）25kg程度と軽くした。組み立てても約3時間で済む。バックホウから始まった「ロボQ」取り付け技術はブルドーザー、クローラーダンプ用にも開発されている。

技術発展の正念場

ロボQも含めた「無人化施工」の災害出動は四国、中国地方などの災害現場でも行われ、その活動範囲は次第に広がり、今や「切り札的な存在」になっている。しかし、雲仙・普賢岳のような大規模で長期にわたる砂防工事は多くはないのが現実だ。現在は、民間建設会社が重機をそろえ、オペレーターをはじめ技術者を抱えているが、「持続した発注」がなければ、無人化施工機械の維持だけでなく、専門技術者、研究者の育成、確保も難しくなる。

日本は残念ながら、災害列島である。東日本大震災、阪神淡路大震災などの地震や津波による大被害を体験したばかりだ。特に九州は毎年台風が襲う「台風銀座」であり、集中豪雨も頻発する。地形も複雑で多様な地質が存在しているうえ、地殻変動による断層、活断層も多く、大規模な地滑りも多く発生する。何より、活火山が活動する島である。阿蘇・九重から島原に至る九州を横断する火山帯と、霧島から桜島、さらに南西諸島へ、南に伸びる火山帯がある。その活動は日本列島の中でも活発で、被害も大きい。

安全、安心への戦略

我々は災害と隣り合わせで暮らしているだけに、防災工事の重要性を強く認識しなければならぬ。その危険の中で、九州で開発された無人化施工の技術を、継承、発展させる責任もある。

平成19年に島原で開催された火山都市会議で日本の無人化施工技術は高く評価され、チェルノブイリ原発のほか、イラクの地下不発弾処理、中国での地震災害などにも



地すべりの危険地帯で活動する「ロボQ」操作の大型機械（沖縄・中城）

使えないか、問い合わせもあったという。東京電力福島原発事故での今後の復旧工事や、核廃棄物の処理から高濃度の放射線区域など有人作業が不可能な現場での活躍の場は、大いにあると思われる。

急速な進歩を遂げたとはいうものの、無人化施工技術はまだ技術の開発途上にあり、これからが正念場だ。ロボットなど汎用化のための一層の小型化、軽量化、機能の高度化などの研究開発には長期的な視点が必要であり、また操作技術向上には「施工現場」を確保しなければならぬ。しかし、現実には機械の老朽化、技術者不足が懸念されている。安全、安心、さらに技術立国への戦略にかかわる問題とも言えよう。せっかく開発された「世界レベルの土木技術」が、立ち枯れてしまうようなことが、あってはならない。

THE 土木技術者

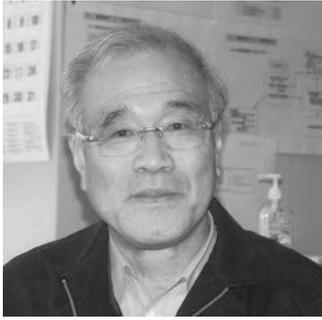
第2節 インタビュー 「人と技術と情熱と」

無人化施工とロボQ②

無人化施工技術と共に

須郷 茂夫氏

17年間、雲仙で無人化施工に 取り組む



須郷 茂夫氏

(すこうしげお)

プロフィール

昭和19年4月6日生まれ。
昭和43年藤田組（現在のフジタ）入社後、橋梁、トンネル、ダム建設工事などに従事。同九州支店土木部機電課長、機材センター所長から平成6年九州地方建設局・雲仙岳無人化施工試験工事現場代理人に就任、以後、水無川2号砂防えん堤越流部建設工事、同上流除石工事、赤松谷川2号砂防えん堤、水無川砂防えん堤およびスリット工事、赤松谷川床固め工事、眉山トンネル工事など、約17年間雲仙・普賢岳「無人化施工」に携わり、現在（株）みらい施設管理業務部長。

——無人化施工を手掛けられたきっかけから、お話を。

須郷氏 昭和54〜55年ころから、会社が自動化に関心を持ち、首を突っ込むことになりました。そして、建設省が平成6年に試験フィールド制度を使った、雲仙の砂防工事での「無人化施工」の公募を行いました。実施検証を行い業者が選定されました。それで「お前、行け」と。以来、今日まで17年、

関わり続けています。6社がその有効性を認められたのですが、その頃はリモコン（遠隔操作）のメーカー頼りが実情で、映像もテレビアンテナを使う時代でした。

有人並みの作業効率を実現

径2〜3m程度の礫の破碎から始まっていますね。

須郷氏 ええ、ダンプトラック、ブルドーザー、バックホウの3種類の大型機械を使って、1社約7000㎡の除石の発注でした。国道57号と同251号の上、下流の地域を、6社が分担して施工しました。無線通信のトラブルが多く、機械が思うように操作できなかったり、他社の機

——土石流で河床にたまった土砂の除石、直

械が勝手に動いたり。我が社は先行して、自動化や映像・通信と遠隔操作技術に取り組んでいました。その研究開発プロジェクトが担当して成果をあげました。また、映像を見ながら遠隔操作するのですが、立体感がないので最初はオペレーターは苦労していました。それでオペレーターは3Dメガネをかけて、立体感をだしたりしていましたが、メガネが高価で重いこともあって、次第に習熟してくると、メガネなしで操作するようになりました。

——何しろ世界で初めての無人化施工ですから、試行錯誤も多かったらうと推察します。



厳しい作業 現場で無人化施工の排土作業

須郷氏 現場の河床は石だらけですから、タイヤのダンプでは走れないだろうと考えていましたが、火山噴出の土石は排水も良く、土質も固く、しかも、広い場所だったので、無人化施工には適した現場でした。その一方で、給油とかカメラのセットなど、重機を現場からいったん警戒区域外に出して、やらねばならないことも多く、機械も有人のように、全速力で動かせず、作業効率は必ずしも良くなかった。しかし、1か月もたてば、次第に効率が上がり、その頃1か月かかっていた作業が、今は一日3000㎡にまでアップし、

「有人」と変わらないところまで来ています。また、礫の破砕にしても、その大きさの測定のため破砕機械に20cm間隔で赤白を明示し礫の大きさを映像で確認し施工するなど、次第に進化してゆきました。

——初期のご苦労はありましたが、除石は比較的、単純作業と言えますね。しかし、次の段階では砂防えん堤の建設等、構造物を無人で造ることなど、より複雑な、高度の作業になりました。

須郷氏 構造物は高い精度の作業によって、より高い品質が求められます。コンクリートの無人打設で、しかも設計通りの強度が求められま



GPSの採用でより正確に作業が進む

す。平成8年に水無川1号砂防えん堤の建設に取り掛かりました。私どもは2号砂防えん堤でした。コンクリートでえん堤を造るのですから、無人で機械を動かし、それを平坦にならし、固めるという作業には変わりはない。問題は精度です。これに一番貢献したのがGPSです。米國が軍用のGPSを一般に開放したのが、平成5年。最初は誤差を含んでいましたが、次第に精度が上がっていき、平成8年時には相当、よくなっていました。東京大学工学部の指導、支援を受けながら研究開発が進んでゆきました。ただ、5機以上の人工衛星を使うのですが、衛星の周回軌道により、3、4機になると精度が落ちましたがね。

——それにしても、えん堤を造るのですから。測量から施工、検査まで「無人」ですからね。

須郷氏 ご存じのように、コンクリートは型枠で打設しますが、危険区域内では有人ではできません。それで土砂で型枠作り施工することになりました。次第に土砂型枠用ライン引きから、土砂枠の整形など細かい作業が出来るようになり、現在では平板載荷試験も行うことが出来るようになりました。

——どういう方法ですか。

須郷氏 砂防えん堤という重いコン

クリート製の建造物を乗せる基礎地盤の支える力を測定するジャッキで押し、その反力を測定するのです。装置は載荷版、ジャッキ、反力を測定する機器などで、ブルドーザーやバックホウの下部に装着します。赤松7号床固めで初めて使いました。雲仙・水無川の場合、堆積土石は十

雲仙・普賢岳で大きな技術進歩がみられた「無人化施工」を象徴する話題に、女性オペレーターの登場がある。男性でも操作に技術と体力が求められるダンブやブルドーザーなどの大型重機を女性が遠隔操作する姿は、「無人化施工」の技術の進化をアピールした。現場から距離を置いた事務所にある、暗幕を張った操作所からテレビ画面を見ながら重機を操縦して、巨大な石を砕石したり、土砂を運び出したりするには、繊細さと忍耐力が必要だ。

操作には20代の女性が男性操作員と共同であたったが、力量にそん色は全くなかったという。画面による遠隔操作といえども、動かす重機の運転経験なしではできない。実際、二人はダンブ

女性も遠隔操作

分に基礎地盤に使用できる強度を持っていきます。

——コンクリートの骨材としてはどうですか。

須郷氏 現地発生材は圧縮強がないため骨材としては無理です。それに

カーの免許取得者であり、運転経験もあった。面白い話がある。「重機をバックさせるとき、遠隔操作のオペレーターは実際に重機を後退させるように、後ろを向いて操縦する」のだそうだ。

そうして培った技術と経験が、今後とも災害現場や危険個所での工事に生かされ、さらに発展させるための努力が求められている。



女性が画面を見ながら大型重機を操作する



世界で初めてのスリットの据え付けを「無人」で行った。
「難しい仕事だった」

世界初のスリット据え付け

——流れてくる大きな岩石や流木を止める鋼製の「スリット」の据え付けも無人でおやりになりました。難

最大8cm大の骨材が求められますから、島原近辺の骨材では調達が難しい。そこで、大分県津久見から石灰石を、船で運び使いました。石灰はセメントの原料ですから骨材としては最高です。コンクリートの強度は18ニュートンが求められますが、30数ニュートンの強度を持つコンクリートが出来上がりました。出来の良い砂防えん堤だと自信を持っています。

しい作業だったと聞いています。

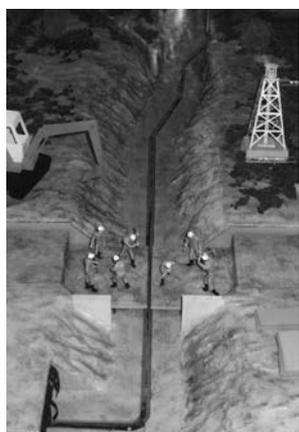
須郷氏 スリットは砂防えん堤の越流部などに格子状の切れ目を設けた施設で、重さ10t以上の鋼製のパイプ（高さ6m）で造られています。まず、据え付けの「位置出し」ですが、据え付け位置のマーキング、脚部の位置の高さなどを無人測量機で図りながら、バックホウを操作して据え付け目標値内（±50mm）に収まるように据え付けを行います。

パイプの上流側が強く厚く出来ているため、バランス悪く、無人で釣り上げるとき傾きます。釣り上げる

ときの、その微妙な力加減の調整に苦勞しました。また、塗装が剥げな

いように、ホテルから古いバスタオルを大量に購入して巻きつけ、傷がつかないようにと。それに基盤となるコンクリートの打設、その上に平行に打つために高流動コンクリートを使ったリ、カメラ車を配置したり、モニター映像でやるのですが、品質精度を確保するのに難しい仕事でした。世界でも初めての工事でしたから。

——ここまで開発された「無人化施工」技術は、被災地や危険個所での工事に幅広く使われま



土石流の流路を確保する作業（桜島―模型）

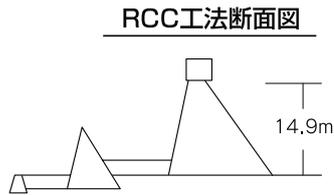
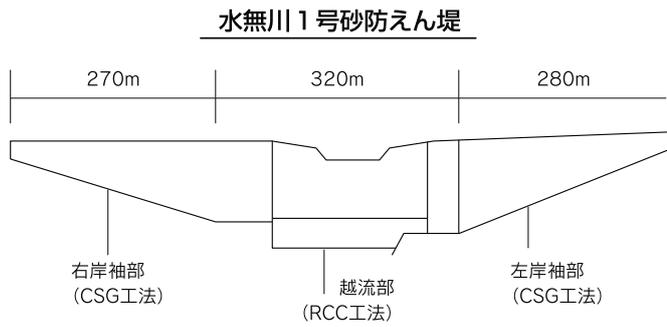
雲仙・普賢岳と桜島は活火山として、好対照である。雲仙は水無川を中心に土石流、火砕流が流れ下り、広大な地域に被害をもたらした。現在、噴火活動は終息している。一方、桜島は19本の「水無川」が流れ下り、土石流が島内各所で起こり、被災は深刻だが限定されている。ただ、降灰被害は鹿児島市、大隈半島など広域に広がっている。このため、砂防工事

桜島 1年間噴火1000回も

口から半径2kmの立ち入り禁止区域では発生源対策としての砂防工事は不可能で、中、下流域での土石流の流れを制御し、海へ流出させ、さらに河口、海中にたまった土砂の掘削が中心となっている。このため土石処理船「さくらしま号」が活躍している。

桜島の活動は異常なほどの噴火爆発回数を記録しており、平成21年548回、同22年896回、同23年には996回、同24年には月平均100回を超過すペース（4月現在）、年間1000回を超えるおそれがある。被害者も昭和30年以来死者を出してきている。この中には防災作業中の人も含まれ「無人化施工」の必要性が高い。

過去の噴火状況を示すものとして溶岩原、埋没した黒髪の鳥居などが、観光資源にもなっている。

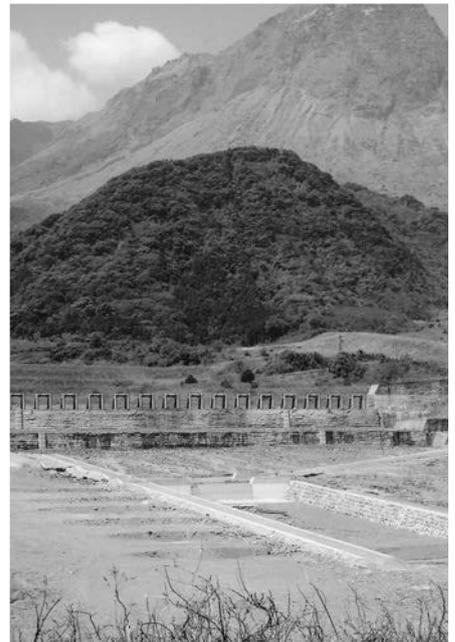


て決死の覚悟で作業をやる人が多い。無人化でやれる作業について法整備を行い、無人でやれるところは積極的に無人でやる土壌をつくること
が、雲仙で生まれ、この世界に誇る技術をさらに発展させることになるのではないだろうか。

須郷氏 水無川周辺の砂防工事は最上流地域に進みます。それだけ危険な地域になるわけで、無人化施工は重要度を増すと思います。一層の高度化を期待しています。

雲仙の砂防工事はやがて終わります。雲仙ほど大規模な工事はありませんが、これまでも、噴火活動を続けている霧島・新燃岳や桜島などで、無人施工が行われてきました。沖繩の住宅地での土砂崩れなどでも。また旧ソ連のチェルノブイリ原発の炉心をコンクリートで埋め固める工事についても米国のコンサルタント会社から相談を受けました。実際には施工はされませんでした。人が近寄

れない原発事故での作業はこの無人化技術が有効です。しかし、日本では、どうしても「決死隊」が突入して



無人化施工で完成した水無川2号えん堤とスリット

プロジェクト九州

第2節ルポ 桜島の無人化施工 を見る

無人化施工とロボQ③

「灰の雨」の中、噴火口直下で続く防災作業 ヘルメット、ゴーグル、防塵マスク姿で 遠隔操作で、大量の土砂を運び出す

鹿児島市内から見る桜島はコニーデ活火山らしく錦江湾にどっしりと座り、朝日を背から受ける夜明けの桜島は、巨大な黒い台形の輪郭直線を引き、徐々に山体を染めてゆく。桜島は一日七色に変化するといわれ



噴煙を上げる桜島・南岳

る。噴火、響く爆発音、夜は仕掛け花火のように赤い火山弾を噴き上げ、島の人々を恐怖させる。桜島の平成23年の爆発回数は996回、過去最高を記録した。平成24年は月、100回を超えると予想されるほど毎日、数回の爆発を繰り返している。フェリー発着所近くの、桜島ビジターセンターが表示する平成23年の噴火回数は1355、火山予知連絡会は、マグマの活動が活発化していると発表した。「996回は爆発音を伴う噴火回数で、1000m近く噴煙を上げた噴火は1355回も。怖いですね」と女性係員。しかし、九州新幹線全面開通もあって、生きている火山の体験旅行で桜島を訪れる人も多くなった。中国、韓国の言葉も飛び交う。ドーン。音に驚いて見上げると、南岳火口周辺からモクモクと噴煙を上げている。南岳とその近くの昭和火口が爆発を続けているのだ。

噴き上げる黒煙、 積もる火山灰

フェリーターミナルがある桜島。袴腰から、奇岩だらけの中に松が根を張った大正溶岩原を抜け、東へ約10km、有村溶岩展望所に着く。真上が、爆発を続ける昭和火口と南岳。入山禁止ラインから3kmほどの距離しかない。昭和21年の大爆発で流れ出した溶岩原の道を歩くと、小さく顔に刺さるものがある。先ほどの爆発によって噴き上げられた火山灰が降り注いでいるのだ。頭上を噴煙が黒く覆い、黒灰色の灰の雨が降っている。みるみるうちに、黒い灰が積もってゆく。

ドーン。また、昭和火口から黒煙が噴き出して、こちらに向かってくる。足元がおぼつかない。ズル、積もった灰で靴が滑るのだ。道路わきには「スリッパに注意」と、車への警告板が立っていた。大隅河川国道事務所副所長の榎田



深く積もった火山灰土(桜島・有村川で)

範夫さんの案内で有村川をさかのぼる。火山灰が覆う川沿いの山道を灰を舞い上げながら車は登ってゆく。川沿いと言っても、水無川だ。雨のたびに、灰と岩石と水が黒い奔流。土石流となって流れ下る。川には

監視ワイヤーが3本張られている。1・8m、1・2m、そして最も低い60cmに赤、黄色、緑と交通信号機のように、3色分けされている。土石流が発生するとその流量の大きさをキャッチ出来るのだ。

南岳、昭和火口から半径2kmの入山禁止ライン境界線のすぐ下、河口から約1・5km地点に3号えん堤、その500m下流に1号えん堤がある。この間の、約250m、幅約20mの排土作業を「無人化施工」で行う（平成24年2月から2か月間）。川沿いに10mの標識柱が数本、立っている。赤と白に塗り分けられたポールは高さ7mまで火山灰によって埋め尽くされている。膨大な量の土石流でえん堤内が埋まり貯砂量が減少しているのだ。風が吹くと火山灰が舞い上がる。「ここでは、上から降る灰と、巻き上げられて下からの灰も降るのです」と無人化作業所の児島智恵美さん（監理技術者）が



噴煙を上げる桜島昭和火口。黒髪川から

笑う。

「砂の雨」が降る中で

現場には大石が転がり、その除去作業が続いていた。作業担当者が説明してくれる。ヘルメットをかぶり、大きなゴーグルで目を覆い、防塵マスク姿だ。絶え間なく降り注ぎ、舞い上がる火山灰、砂の雨の中での作業なのだ。いつ爆発が起こるかかわからない火山現場での危険な作業である。雨が降れば土石流が襲ってくる。「無人化施工」の必要性を実感させられる。小高い丘の上にプレハブ指揮所があり、そこから重機を遠隔操作して排土作業を行うのだという。

排除する土砂量は2万4000m³、遠隔操作室で8人が、移動固定カメラ6台から送られてくる画像を見ながら、バックホウ2台、ダンブ6台を動かす。無人ダンブで運び出した土砂を安全なところで有人ダンブに積み換え、土捨て場へ運び出す。

桜島で火山防災の「無人化施工」は始まった。河口に堆積した土砂を取り除くため「目視」で重機を動かし、作業を行った。それが雲仙普賢岳で大型化し、

火山弾、降灰、火山雷―猛威の中で

技術もGPSを使うなど進歩、精度も上がっていった。また、桜島の砂防現場は、雲仙に比べてフィールドが狭く、比較的、小回りの利く機械が求められる。土石流が発生した場合、急斜面を激流となって駆け下るため、避難の時間的余裕がない。そのため、立ち入り禁止区域以外でも、無人化施工への期待は大きい、と言えよう。

活発化する噴火活動

平成21年から桜島の火山活動は活発化している。同年の噴火回数755回（うち爆発回数548回）翌22年には噴火1026回（爆発896回）23年には噴火1355回（同996回）。降り積もった噴火土砂によって土石流は同22年42回も発生している。

桜島山頂からの水無川は19本、うち11河川が国の直轄河川となっている。南岳南面にはこの有村川と第1古里川、第2古里川（いずれも水無川）があり、流れ下る土石流への防災施設としてえん堤、床固めなど約20の構造物が建設され、流域を土石流から守っている。

通常、砂防えん堤など防災施設の建設が終わると、その後の管理は地



土石流の岩石でこわれた野尻川の砂防えん堤

方自治体に移管される。しかし、桜島のように噴火が続発し、噴出土砂が堆積し続ける火山では排土をはじめ、えん堤などの管理を国が継続しなければならぬ。平成20年、黒髪川と野尻川を全国ではじめて「直轄管理」することになった。実際、野尻川の砂防えん堤は中央の水通し部分で土石流で流れ下った巨大な岩石の衝突で壊れ、その白い傷跡が河口付近からも遠望される。土石流の破壊力は想像を超える。

災害弱者を守る

桜島（鹿児島市）には現在約5500人が暮らし、桜島大根や果実栽培、錦江湾沿いの古里温泉には「放浪記」の作家・林芙美子の「花の命は短くて苦しきことのみ多かりき」の記念碑がある。この古里地区には江戸時代・安永溶岩（1779年）が流れ下り、その西側約4kmの持木川、野尻川には同じく文明溶岩原（1471年）。二つの溶岩原の間の三角地帯に住家群、中学校、港がある。

1月12日、（平成24年）桜島で避難訓練が行われた。防災施設の防御力には限界があ

まぎまぎと「火山の猛威」

重要だ。

土石流の流速は毎秒10〜20m（波高2m）と速く発生時には間髪を置かず関係機関、地域に伝達されなければならない。災害発生情報もだが、火山活動そのものを常時観測するため、有村川近くの山腹に「観測坑」を設置。坑道内に地震計、伸縮計、傾斜計を配置、京都大学の観測坑と合わせて、観測、分析して観測精度を上げようとしている。

野尻川の堤防沿いに桜島国際火山防災センターがある。3階部分は、桜島の各地点に設置



モニターにうつし出された桜島の激しい噴火活動

る。まずは、避難。逃げることだ。鹿児島市街と桜島を往復するフェリーを使つての訓練だったが「住民が高齢となり」素早い避難は年々、厳しくなっているという。

高齢化の進行は山村、離島で急速に進んでいる。火山に限らず災害弱者を作らないための手立てが求められるのだが、災害はいつ発生するか分からない。予知のための観測体制、監視体制、災害発生時の緊急対応策、減災のための防災施設、そして何より災害弱者を守る地域ネットワーク構築と事前訓練から「心の備え」まで、ハード、ソフトともに



火山灰で埋まった鳥居（桜島・黒髪）

された観測カメラから送られてくる画像を常時、見ることが出来る集中観測センター機能を担っている。そこで見た大噴火、大型火花のように降り注ぐ火山弾、降灰、火山雷、空震、大雨の後の土石流などの映像は「火山の猛威」をまぎまぎと実感させる。平成21年3月10日には巨大な噴石が麓の2合目付近まで、吹き飛ばされてきた。また、噴きあげる煙の中で稲光が走る火山雷は、まるで雷神が山頂にいるような錯覚にとらわれるほどだ。

雲仙・普賢岳では、火砕流で44人の死者行方不明者を出した。火砕流は発生すると猛スピードで流れ下ってくる。現在のところ、防ぐ手だてがないのが現実だろう。だが、土石流は対応する手立ては十分可能だ。

しかし、ひとたび火山活動が始まると、映像が写し出したように多様な災害が住民に襲いかかる。

雲仙岳、桜島だけではなく、霧島・新燃岳も活動は活発で、桜島と同レベル3に位置付けられている。全国で活火山は108（気象庁）を数える、火山国なのだ。その中でも九州の活火山は17にも上る。我々は火山島に暮らしているのだ。さらに台風、地震、集中豪雨、高潮といった自然の猛威にさらされている。火山から学び、もたらす猛威を知り、その中で生まれた知恵と「無人化施工」に象徴される防災技術を高め、様々な災害に対してハード、ソフト面での「備え」を十分にしなければならぬ。桜島は爆発という警鐘を鳴らしながら、それを教えるようとしている。



集められた土石は順次、運び出される（桜島・有村川で）

THE 土木技術者

第1節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 無人化施工とロボQ④

無人化技術開発に取り組む

「無人化施工」の研究開発、取り組みはいつからですか。

松永教授 1986年米国・チャレンジャーが爆発事故を起こし、大きな衝撃を世界に与えました。NASA（米航空宇宙局）がカリフォルニア大学バークレー校に、宇宙開発を遠隔操作で行うためのシステムについての研究開発を依頼していました。その基礎研究に携わったのがスタートです。

——具体的にはどのような研究でしたか。

NASAも雲仙のレベルの高さに驚いていました

松永教授 いま3D映画が登場していますね。遠隔操作は画像を通して行うわけですが、3次元の立体画像

でない精度の高い操作は出来ません。いかに人間の「目視」

と同じような画像装置を開発するかが目標でした。スペースシャトルや宇宙ステーションのクレーン（ロボットアーム）は画像で操作します。現在、宇宙飛行士の若田光一さんの操作技術が高い評価を受けていますが、あのような状況で使用する画像装置などの開発です。

——当時の日本の「無人化施工」のレベルはいかがでしたか。

松永教授 日本企業では「フジタ」がいち早く社長直轄タスクフォースを結成（1978年）、土木工事の無人化を目指して研究開発に取り組んできています。はじめは自動化を進めていたようですが、解決困難な問題がいくつもあり、徐々に無線通信機器を使つての遠隔操作システムの開発に進んでいったようです。遠隔操作のための無線通信の研究も進められており、このことが鳥原の無人化施工の立ち上げ期間を短縮できた大きな要因となったといえます。

——雲仙で初めての「試験フィールド」制度で「無人化施工」が始まりました。

松永教授 火山では雲仙の無人化施工が、日本の「事始め」です。一社

を除くと、当初は「目視」で遠隔操作するレベルでしたので、土砂掘削・搬出のようなそれほど精度を要しない水準の工事から始まりましたが、徐々に水準が高くなり、建築物解体や、ブロック積みによるダム建設など、今は相当高度になり、「ロボQ」やブルドーザーの遠隔操縦ロボットの開発にまで至りました。

——先生はNASAの研究者を雲仙に案内されていますね。

松永教授 はい。「日本では遠隔操縦による土木工事の実用段階に入っている」と話しますと、「本当にやっているのか」とNASAで遠隔操作システム開発にかかわっている遠隔操作のための高度映像機器開発室長のステイブン・エリスさんが雲仙にやってきて、実際に操作してみました。レベルの高さに驚いていました。その後、米国は戦場での無人飛行機や兵士に代わるロボット兵士の研究など軍事技術として急速な発展をみているので、学会での発表も沢山あります。NASAでは衛星の故障修理、部品の取り換えなどの「無人化」を狙っています。JPL（木星探査）でも。

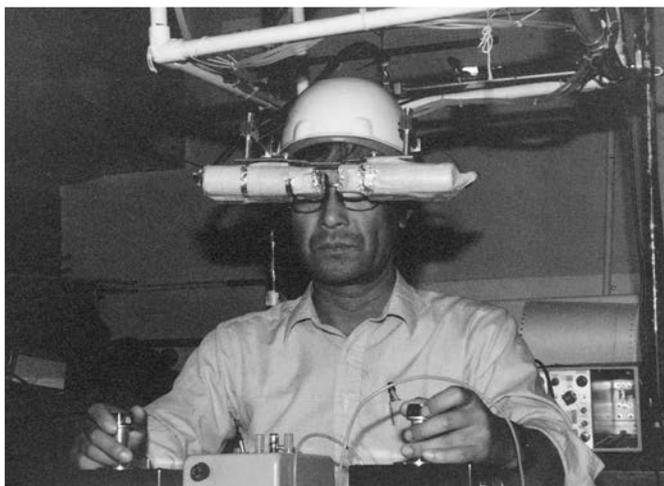
——排土、除石作業の「無人化」から、砂防ダム建設へと進みますが、その「飛躍」させる技術の発展があったのですか。



松永 勝也 氏
(まつながかつや) プロフィール

昭和16年長崎県生まれ。九州大学文学部実験心理学専攻、同大文学部助教授、カリフォルニア・パークレー校客員研究員（主に遠隔操作システム）九州大学教授（実験心理学）同大大学院システム情報科学研究科教授、同大名誉教授。雲仙普賢岳防災工事における遠隔操作による工法の実証実験、装置の開発に関与、見やすい立体画像の要件に関しても種々の解明、提案を行っている。

九州大学名誉教授、九州産業大学教授（大学院情報科学研究科長）
松永 勝也 氏



米国・パークレー校で「無人化」試験運転の研究に取り組む松永教授

松永教授 当初は故障があり、さまざまな品質の向上が図られました。と同時に、操作技術面での人的レベルが相当高くなったのが大きな要素だと思えます。また、通信技術の能力アップがあります。水無川1号砂防えん堤では、ユニークな土砂型枠がつかわれ、同2号えん堤ではブロック型枠が行われました。これはブロックの据え付けの精度が高くなければなりません。九州大学でさまざまな裏付け実験と、作業効率を高める映像装置の開発なども行いました。かなり、精度の高い作業も可能であることが確かめられていたことが、ステップアップをもたらしたと考えられます。他にも、ブル

ドーザーの遠隔操作では水平にならずことは出来ないと思われていたのですが±25mmの範囲で「ならし工事」が可能な技術も開発しました。

——無人化施工が雲仙で大規模で行われて、大きな進歩をみせ、ロボット化に進みます。「ロボQ」の開発のきっかけになったものは何でしょうか。

松永教授 すべて自動でやろうとしても、土木事業は自然が相手で、作

人の目を持つ映像装置の開発へ

ですが、そのための技術開発は。

仙が無人化施工の拠点になっていましたが、北海道・有珠山の噴火で、無人化施工を行うことになりました。ところが重機は大型で重量がある。分解して運んで組み立てるのに1週間はかかる。どこにでもある重機に据え付けられ、それを操作できるロボットを開発、手持ちで、即日、運べるようにしたい。そうした必要がありました。

——ロボット操作には「人間の脳」、つまり人的な要素が大きいわけですが、

業現場の地盤は常に化する。そのたびにプログラムを作り直さなければならぬ。(全自動化は)そこに問題がありました。例えばバックホウは人間と同じようなアーム(腕)を持たせ、レバーで動かす。そのレバーをロボットが動かす。ロボットは「人間の脳」で遠隔操作する。また機械づくりも重要で

す。バックホウなどのアームを正確に制御しなければ腕が折れる恐れがある。制御は大変難しい。空圧を使ったアクティエータ採用が成功の鍵にもなっています。

それに、もう一つ、重機の運搬の問題がありました。雲

松永教授 「目視」と同じような画像、つまり作業空間を直接目視したときに得ていると同じ情報を操縦者に与えられる映像装置の開発が作業を効率的に行うには重要です。また、必要な数の無線チャンネルを必要とするような通信体制づくり、そして技術者の育成。3Dのような立体画像で操作するのですが、操作に習熟し、素早く操作できる腕を持った人の育成なども必要です。

——精度向上の面からは、砂防ダムの中央、越流部へのスリット据え付けなどは、精度が高くなければ不可能ですね。

松永教授 GPSによる高精度の位

置計測やレーザーによる測量システムなどが遠隔操縦機器で使用可能になったのが大きいですね。GPSによる高精度の位置計測は近々、更に容易に行いえるようになると思われます。センサーの整備も進みました。

——今後の技術的課題について。

松永教授 直に見た(目視)ままと同じ位置情報を得ることのできる映像装置の開発。現状ではまだまだ人間(操作者)の脳への負担が大きい。人間の目もつ能力を十分に引き出す映像装置はまだ利用可能な状況にはないといえます。画面はハイビジョンTV画像に見られるように、相当、解像度が高くなりましたが、まだまだ粗い。遠隔操作のための画面は、全作業環境を一画面で表示し、かつ、人間の目が見ることのできる細かさまで表示できるものである必要があります。

——そうした技術開発と技術維持のためには、継続的な遠隔作業の現場が用意されなければなりませんね。将来に向けて、どのようなことが必要だと思われますか。

松永教授 災害列島ニッポンといえども、遠隔作業技術の現場が継続的に用意されているわけではありません。雲仙では(政府は)いい判断をし、いい仕事をしたと思います。世界でトップを行く技術を持ち、それ

を海外輸出する高レベルに育てるに

「二足ロボットは役立ちません」

は、将来を考えた政治判断によって（研究開発に）国家予算が投下される必要があります。（民間）マーケットはまだまだ小さいし、技術は日常的に使わなければ進みません。政府が、そうしたマーケットを政策的に作ってゆく必要があります。米国はNASAの宇宙開発の名目で、いろんな面で先端技術の開発を国家プロジェクトで進めています。日本にも展望が欲しいのです。



開発された「無人化施工」のロボQ。雲仙の防災技術は大きく進歩した

——不幸にも、原発事故が起こりました。今後は「無人化施工」の活躍の場が増えるのではないでしょう

か。そのためにも、さらなる技術開発が求められます。

松永教授 私は、当初から原発には無人化技術が必要だと強調してきましたが、当時、「原発には事故はないことになっていて」と無人化施工機器の継続的な開発には予算を付けてもらえない状況とのことでした。今後、原発が老朽化し、廃炉が現実になると「遠隔操作・工事」の技術を使わざるを得ないと思います。

福島原発事故で最初に動いたのは米国とフランスでした。日本の原子力研究所でもロボット開発を進めていたのですが、さらなる改善と維持のための予算が継続されず、研究開発がストップ、役立たなかった。人間のようなアーム（腕）をもち、どんな「不整形」なところでも移動できるロボット（今ブームの2足ロボットは不安定でいざというとき役に立ちません）。そして人間の目を持ち、それにより状況判断、正確な位置認識が出来るロボットの開発に向かって、技術を開発してゆかなければなりません。

イタリアのナポリは、鹿児島市と姉妹都市である。南国のまぶしい陽光、美しい内海と

コニーデの活火山、桜島とヴェスヴェオス山を持つ観光都市、確かに「姉妹」に値する。

ポンペイはこのヴェスヴェオス山の裾野に広がる溶岩台地に建設された古代都市。記録によると紀元62年、大地震がポンペイを襲う。都市は大きく壊れたが、一過性の災害と受け止められ、特段の対策もなく、復旧工事が行われていた。しかし、地震は人々への重大な「警告」だった。同79年、ヴェスヴェオスは山体を吹き飛



噴火による犠牲者。石こうでかたどりされ展示されている

油断したポンペイ市民

ばすような大爆発を起こす。膨大な火山灰と火山弾がポンペイを襲い、都市とそこに住む人々を一瞬のうちに埋め尽くしてしまった。

2日間の噴火活動でポンペイは完全に地下に埋没してしまった。現在、3分の1ほど発掘された街を歩くと、石膏で固められたポンペイ市民の姿が残されている。横たわる人、しゃがんだまま、手で顔を覆う人など逃げる間もなく犠牲になった姿がそこにあつた。



遺跡の後方にヴェスヴェオス火山が見える

雲仙普賢岳を中心とした 「無人化施工」技術開発の歩み

○前史

平成5年、雲仙復興事務所が開設され、無人化施工委員会が作られた。それ以前から、民間企業においては「フジタ」などが研究所を設立して、無人化、省人化、安全などの視点から技術開発を開始（1978）。移動体通信、画像通信、自動搬送システムの開発、パワーショベルなどを1km離れた地点からの遠隔操作開発および実証試験を行っていた。

○平成5年（1993）―米国、軍事衛星を民間へ解放

①「試験フィールド」を利用した雲仙における無人化施工（土砂掘削、搬出）無人化施工委員会による技術評価が行われる。

②移動式操作室、立体映像の導入、操作・映像無線、クローラードンにGPSを搭載した自動測量システムなどの技術開発進む。

○平成6年（1994）―緊急除石工事、本格開始

・水無川1号砂防えん堤建設。土砂型枠などの無人化進む。

○平成7年（1995）―阪神淡路



「ロボQ」は分解され、ケースで災害現場に運搬される

大震災、雲仙・普賢岳噴火活動が沈静化

①水無川1号砂防えん堤越流部建設工事

②RCCコンクリート敷均ソフト開発

③ブルドーザー自動敷均システム

④振動ローラー遠隔操作技術の導入

⑤土砂型枠の採用

⑥水無川2号砂防えん堤で、ブロック積み無人化施工システムの開発

⑦無人化建設遠隔制御のための無線LANシステム開発

○平成8年（1996）―噴火終息

宣言、溶岩ドームを「平成新山」と命名。
複合画面型立体視システム開発

○平成9年（1997）―雲仙普賢岳利活用整備計画検討委員会を設置

①振動ローラーにGPS搭載した転圧管理システム

②パワーショベル、ブルドーザー対応型の簡易遠隔操縦装置の開発

③建設無線導入、重機遠隔操作のため遠隔操作電波実験（2km）

④RCCコンクリート敷均・転圧の遠隔操作（1.2km）

○平成10年（1998）―水無川1号砂防えん堤完成

・水無川2号砂防えん堤にブロック型枠採用

○平成11年（1999）―安中三角地帯に最初の住宅建設

①通信中継車採用

②無人測量機の開発

○平成12年（2000）―有珠山噴火、三宅島噴火

・水無川2号砂防えん堤完成

○平成13年（2001）―鹿児島・出水市針原川土石流災害

○平成14年（2002）―「雲仙みらい館」オープン

①3号砂防えん堤でスリット据え付

け工事
②高流動コンクリート運搬打設機械の開発
③スリット据え付け、把持装置の開発・運搬台車の開発

○平成15年（2003）―平成新山に火災
・遠隔操作平板積荷機導入

○平成16年（2004）―新潟・中越地震
・無線LAN通信システム導入

○平成18年（2006）

①3次元バックホウ誘導システム導入

②ブルドーザー排土板制御システム導入

③無人植栽工事

○平成19年（2007）―火山都市国際会議

①土砂専用着工機測量

②着工前測量（航空レーザースカン）

○平成21年（2009）
・カルバートボックス設置用把握装置、運搬台車の開発導入

○平成22年（2010）

・コンクリート先行打設施工導入

○平成23年（2011）―東日本大震災

第3節 安全へ苦難の道

安全安心の故郷へ①

安中三角地帯の「ふるさと再生」目指し 6m高台へ——かさ上げ工事、官民協力で実現 高台へ防災事業への大きな教訓

普賢岳の火山活動は、約2万年前にさかのぼる。噴火によって妙見カールデラが生まれ、そのカルデラの中に普賢岳、九十九島などの溶岩ドームが噴出した。今回の平成噴火では、地獄跡火口の中に溶岩ドームが出現、次々と11の溶岩ドームが形成されてきた。

火口からの火山灰や火山ガスが噴出して、流れ出るのが通常の火砕流だが雲仙・普賢岳の火砕流は独特で、山頂の溶岩ドームが崩壊して火砕流となり、流れ落ちた。

噴出した火山灰や火砕流が堆積すると、表面が固くなり、水が浸み込みにくくなる。その上に、新たな噴火によって、降り積もったばかりの火山灰や岩などは、雨が降ると流れ落ち始め、土石流となって下流地域を襲う。その土石流の先頭を流れ下るのは直径1〜2mもの岩石群で、さまざまの破壊力でおそいかかるのだ。

火山防災工事の難しさ

火砕流は発生を止めることが出来ないのももちろん、えん堤で防ぐこともできない。43人の死者行方不明者を出した大火砕流（平成3年6月3日）が教えるように、何より素早い避難であり、警戒区域に入らないことだ。繰り返される噴火と火砕流による約2億㎡と推定される堆積物には、雨のたびに土石流になって繰り返し流れ下る。長期戦になるのだ。

しかし、火砕流と違って、土石流は砂防工事によって、被災を最小限に抑えることが可能だ。土石流の勢いを削ぎ、せき止め（砂防えん堤）、流れを誘導する（導流堤）のである。どの程度の規模の土石流を想定し、対応できる砂防施設をどう造るか。安全性を高めるには、事前に用地を確保し、砂防区域を最大に広げることが、そこには住民の暮らしがあり、財産が存在する。事業費も無制限ではない。噴火活動が短期なのか

長期に及ぶのかで対応も「緊急」的か、恒久的か、想定する土石流の規模、形態、流路によっても、建設する構造物は変わってくる。しかも、地域と住民の納得なしでは進められない。雲仙・普賢岳では、防災工事の難しさが幾重にも重なっていた。

6・30土石流の教訓

平成3年6月30日の集中豪雨によって発生した土石流は38万㎡の土砂がほん流となって、148戸の建物を流失、全半壊させる甚大な被害を残した。総雨量266mmにも達した大雨のため、大土石流が生まれ、直下降で流れ下って、水無川のカーブの堤防を突き破り、火口から約7km下流の有明海海岸近くまで達した。これによって、堤防から400mも離れた鎌田町、北安徳町にまで被害が及び100戸を超える家屋が全半壊したのだ。

水無川の導流堤はこの6・30大土石流の氾濫が35万㎡に広がったこと



土石流被害にぼう然とする住民

を教訓として建設されることになった。直線的に流れ下った土石流のコース沿いに導流堤を並べて氾濫の広がりをおさえ、有明海に誘導しようという計画である。

水無川での土砂災害の歴史は古い。最大の被害は寛政4年の眉山崩壊による1万5000人に上る犠牲者を出した「島原大変肥後迷惑」だが、それ以前、江戸時代初期（1664）にも土石流で30余人の犠牲者を出した記録もある。「水無」の名前の通り、普段、水は流れておらず、台風や集中豪雨のたびに、土石流が発生、水無川を流れ下ってきた。

川幅約30mのこの2級河川の川底には次第に土石が溜まり、浅くなる。その都度、堤防が高く積み増されてきた。やがて、川底が周囲の土地より高い「天井川」となって、大雨のたびに土石流が氾濫、広い範囲にわたって被害を出してきたのだ。

4段階の砂防工事

水無川下流の流路を二つに分岐して、新たに直線化し導流堤を建設する計画がすんなり実施されたわけではない。それには新たな用地が必要だし、住民の移転も伴う。永年、耕してきた田畑を手放すことになるかもしれない。

「水無川の拡幅では対応できないのか」

全員一致の合意形成

「上流の砂防ダムの建設を」などの代替案が住民から出された。何とか現在の暮らしを守ろうとする住民の切なる気持ちがかもつていた。しかし、土石流は容赦なく襲い続けた。土石流に対する自衛戦ともいえる下流の防災工事は、曲折を経ながらも、4段階に分けられて進んでいる。初めは遊砂地の造成であり、次いで仮設導流堤、そして恒久的な砂防えん堤、床固め工、導流堤の建設、安

中三角地帯のかさ上げ工事である。建設途中であつても、それぞれの防災施設は、被災を軽減させる大きな役割を果たしている。

遊砂地が埋まる

平成4年3月19日、これまでの土石流で堆積した水無川の除石作業が始まり、第1号遊砂地（土砂補捉量6万 m^3 ）が着工された。水無川での初めての防災工事であった。次いで2号遊砂地（同）の建設が着手され、除石工事が間断なく、連続して行われた。これらの建設工事の間も土石流は続き、遊砂地が土石で埋まり、機能低下の恐れが出てきた。今度は遊砂地の除石、排土に取り組みなけ

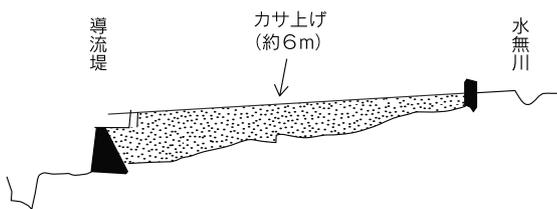
ればならなかった。

2号遊砂地の上流、国道57号（河口から2・1km）から、水無川が分岐する地点付近までの間に3号遊砂地を建設することになった。一部地権者の合意が得られず、計画説明から2か月半後の着工となったが、建設途中で発生した大土石流（平成5年3月15日）に対しては、遊砂地の中央に建設された鋼製のスリットが巨石や流木を食い止め、総土石流量の約半分をこの遊砂地で捕えることが出来た。

仮設導流堤を急げ

しかし、遊砂地が受け止められる土石流量を超えると、周辺部にあふれ出て、大きな被害を出す恐れは十分にあつた。氾濫防止のためには、遊砂地の外側に導流堤を建設する必要があつたが、土地買収などでその時間的余裕はあまりなかつた。そこで、

水止め工事などで使われる鋼製の矢板を張り巡らせ、その背後に土盛りをして



「仮設導流堤」を急ぎ建設することになった。土盛り部分は自衛隊が緊急対策として造った仮堤防が活用された。

鋼製の矢板（7m）を地下4・5m打ちこみ、地上の2・5mを導流壁とする簡易の導流堤である。恒久的ではないが、緊急装置としては十分、氾濫を防ぐことが出来ると期待された。また、本設導流堤建設時には、仮設導流堤が工事の防護堤となつて、施工期間を大幅に短縮できるのではないか、とも考えられた。

平成5年6月6日説明会が行われたが、事は思い通りには進まない。普賢岳の活動が活発になり、火砕流が頻発し始めたのだ。同26日には大火砕流が発生、国道57号を初めて越え流れ下つた。当然のことながら、警戒区域は拡大され、仮設導流堤の建設予定地をはじめ遊砂地の除石工事などの緊急防災工事もストップせざるを得なくなつた。

7月中旬に入ると、追い打ちをかけるように、大雨による土石流が遊砂地の左岸にまで広がり、島原市街地に被害が及ぶ恐れが出てきた。雲仙復興事務所をはじめ関係機関には危機感がみなぎつた。

仮設導流堤に着工できたのは説明会から3か月後の平成5年8月5日。月末には4基が完成、警戒区域の解除に伴い同10月からは順次、残りの導流堤建設に取り掛かった。工事は順調に進み、着工から約1年、平成6年7月30日、総延長4834

mの仮設導流堤が完成した。

本設導流堤、 そして砂防えん堤建設へ

これまでは、火砕流、土石流への緊急対策、仮設備工事、除石作業に追われていたが、いよいよ本格的な砂防工事に着手することになった。その第一歩が本設導流堤の建設、着工は平成7年1月9日であった。



導流堤が土石流の流れをコントロールする



水無川は土石流で河床は上がってきた



再びふるさとでの生活を取り戻した

火口付近で発生した土石流は、降雨によって「引き金」を引かれ、これまで噴火によって堆積した土砂、岩石を巻き込み、流れを大きく膨らませながら、時速約50kmのスピードで、下流に駆け下ってゆく。これを上流からいくつもの砂防ダムで勢いを抑制し、流量を減殺、最終的には導流堤で海に誘導、流し込む。これが計画された総合的な砂防システムの仕組みである。

導流堤は想定以上の土石流が、最下流の砂防えん堤を超えて、流れ下ってきた場合に、あふれた土石流を安全に「導流」する役目を担う最終関門である。両岸に30基（片側15基）のえん堤が、逆八の字型に、縦に約2.5km並ぶ。その内側には仮設の導流堤の基礎部分が残され、導流堤の基礎が流失しないよう防護する役割を担っている。完成は平成13年3月。

安中三角地帯を襲う

山頂から直線で降りてくる水無川は、火口から約6kmで右折して、河口に至る。今回の砂防工事では、その右折地点から直線で有明海に土石流を流し込む導流堤が建設され水無川との間に93.4haの三角地帯が出現した。

国道57号を頂点とし、現在の中安徳ICと道の駅（土石流被害家屋保存公園）を結ぶ島原深江道路を底



辺とする安中三角地帯。ほぼ中央を横切る国道251号沿いを中心に、鎌田町、中、南安徳町、浜の町の324世帯が暮らしていたが、水無川を流れ下る土石流などの最大の被害地となり（流失・全壊・半壊531、床上、下浸水、土砂侵入129戸）、壊滅的な打撃を受けていた。

雲仙・普賢岳の被災史を見ると、水無川の上流、上木場地域と下流の安中三角地帯に被害が集中している。

前野橋が流失した平成3年5月19日の土石流で安中地区に避難勧告が出され、同6月8日には火砕流が国道57号まで流れ下り、立ち入りを禁止される警戒区域に指定。翌平成4年3月からは、さらに頻発した土石流が流れ込んだ。8月になると土石流は一層、激しく襲い39戸が全半壊する。平成5年4月には大土石流によって全半壊174戸という壊滅的な打撃を受けた。家屋は巨石に打ち壊され、土砂に埋まる悲惨な光景が広がった。

高台移転の先行事例

かさ上げへ、住民決意

住民はこの地域の未来を考えると、立ちすくんでばかりはいられなかった。水無川の、長い期間にわたる土石流の流れ込みによって、南側の川沿いの安徳地区などが高くなり、北側の島原市街地に向かって下り降りる地形となっていた。そこに導流堤（高さ3～5m）が建設されたため、安中三角地帯が窪地となつて土石流の「受け袋」の地形となるのではないかという不安が生まれた。

ふるさと再生を実現

安中三角地帯（約93ha）には324世帯が農業を中心に暮らしていたが、大土石流の度重なる流れ込みで、家屋も農地もほとんど消失していた。

再生を願う住民の提案もあつて、島原市は「かさ上げ事業計画」を立てた。底地となつた三角地帯を土砂で埋め立て「高台」にしようという計画である。国も支援をおしまなかつた。必要な土砂は330万m³という膨大なものであつた。普賢岳から流出してきた土砂捨て場として見

積もつても、それを超える大量の土砂である。ダム工事の残土なども運び込まれ平成12年3月26日、工事着工（平成7年6月11日）か

ら6年がかりの事業であつた。

普賢岳が噴出した土砂を使って、かさ上げの高さ約6mの高台を造成して、土石流に対する安全性を確保、家屋と農地を再生させる構想は、復興まちづくりのシンボルとなつた。東日本大震災後、「高台への移転」がクローズアップされているが、安中三角地帯のかさ上げ工事は、その先行事例となつた。住民の合意形成のための地道な努力、行政の柔軟な対応の合作と言える。

住民合意の形成と、安全を守る砂防工事との両立は、決して易しい作業ではない。災害列島ニッポンなのに、ダム建設をはじめ多くの事業が



かさ上げ工事で造成された安中三角地帯

住民とのはざまに行き悩んでいる中で、住民と行政が幾重にも重なつた難問を解きほぐし、連携し、信頼関

「大津波警報が発令されました。高台に避難してください」。宮城県三陸町の防災対策庁舎から防災無線で「高台への非難」を呼びかけ続けた同町職員、遠藤未希さん（当時24歳）。多くの町民の命を救つたが、残念なことに、ご本人はなくなつた。

防災対策庁舎は3階建てだったが、津波はその屋上2mの高さまで押し寄せ、遠藤さんら多くの職員の命を飲み込んでしまった。建物の外壁などごとごとくが流されてしまひ、鉄骨だけが残つた。

この悲劇の教訓から、一時も早い高台への避難が必要とされ、避難高台の整備が急がれることとなつた。高台への避難への案内看板や高齢者向けの手すりや階段なども必要とされている。同じ宮城県気仙沼市では行政と市民が協力して、そ

東日本大震災の教訓—避難高台の整備 先駆的だった安中三角地帯の高上げ工事

係を構築して、事業を成し遂げた島原・安中三角地帯の物語は多くの示唆を与えている。

うした避難高台の整備を行っている。

安全安心のため、高台に住宅造成を積極的に、という意味では島原市の安中三角地帯の6mものかさ上げによる宅地造成工事は先駆的な施策として注目されてよい。土石流から住宅地や農地を「高台」にして守るのである。

一方、国土交通省は津波防災まちづくり法を作り、市町村が推進計画作成して、高台に逃げるのが難しい地域住民が緊急避難する「避難ビル」を建てやすくするための容積率の緩和などの特別措置も行うことになった。今回の東日本大震災の教訓から、堤防だけによる防災は困難との判断から、高台への避難、避難ビルなど多重の自衛措置を持つ街づくりを推進することにして



爆発を続ける新燃岳

九州の活火山

現在も活動—18活火山 雲仙、阿蘇、霧島、桜島など 8火山が「要監視」

マグマがたまり噴火の危険

九州は火山島である。現在も活動している活火山は全国で108（火山予知連絡会選定）。そのうち18の活火山が九州島とその周辺の島々に存在する。
気象庁が常時観測・監視を行っているのは全国で25火山。うち、

九州には8火山（地図中の丸印）、約3分の1を占め、いかに九州が活動が活発な火山島であるかを示している。その中で「活動的で特に重点的に観測研究を行うべき活火山」とされているのが4火山—阿蘇、雲仙岳、霧島山、桜島である。

このうち霧島・新燃岳、桜島が噴火警戒レベル3になり、入山規制が行われている。桜島南岳の火口近くの山腹に出来た昭和火口には今後マグマの供給量が増え、火砕流などの危険性があるとしている。新燃岳は地下のマグマだまりの膨張が見られ、爆発的な噴火の可能性が高く警戒されている。



●印は
常時観測・監視中
の火山

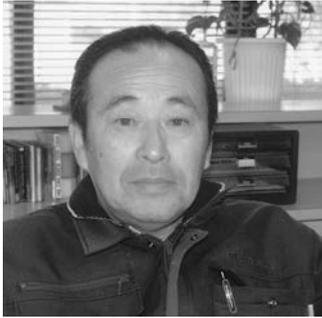
THE 土木技術者

第3節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 安全安心の故郷へ②

安中地区まちづくり推進協議会会長

大町 辰郎氏

——雲仙・普賢岳の噴火から20年が過ぎました。安中地区は水無川の下流にあって、家屋の焼失、流失によって大きな被害を受けました。そんな中で、安中地区の嵩（かさ）上



大町 辰郎氏

(おおまちたつろう) プロフィール

1952年生まれ、島原市出身、島原工業高校卒業、1991年発生の土石流で自宅、会社建物を失い、避難生活を送る。安中三角地帯の嵩上げ事業の推進役を務める。NPO法人島原普賢岳会長、安中街づくり推進協議会会長、昭和技研工業代表取締役。

げ事業などで地域再生に取り組みれてきました。安中地区には現在、どの程度の住民が戻ってこられていますか。

大町氏 20%程度でしょうか。嵩上げ、住宅の区画整備事業、農地の基盤整備事業など完成したのが10年後でしたから、やはり歳月がたちすぎたままです。警戒区域が設定され、強制的に立ち退かざるを得ませんでした。やはり5年が限界かと思えます。10年もたてば、毎日、毎日の暮らしがあり仕事がある。生活再建のためには

「生活拠点」も作らなければなりません。新しい拠点を作ったばかりなのに、また戻るはなかなか。しかし、安中は自分たちの土地ではあるわけで、いずれは皆、戻って行くと思いますよ。故郷です

「夢んごたる計画」を実現

——嵩上げて地域を再生するといふ「復興まちづくり」発想はどうして生まれたのですか。

大町氏 平成3年6月の大土石流の後、導流堤の建設や水無川の堤防の嵩上げなどの計画が持ち上がりしました。そうすれば導流堤と堤防に挟まれた三角地帯は窪地になる。そんなところに住むわけにはいかない。そこは93ha、324世帯が住んでいました。私は町内会長を務めていましたが、導流堤と堤防が嵩上げされる

なら、地域全体を嵩上げて、土地区画整理し、農地は基盤整備するほかないと思いましたが。しかし、多くの人は「夢んごたる計画」という反応でした。むしろ、埋まった土砂（約100万 m^3 ）をどかしてから、という声もありました。

——その局面がどうして変わったのでしょうか。

大町氏 やはり平成5年に連続した土石流が決定的でした。この地域の大半を消失させ、島原市街地にも被害が及びました。地域再生のためには、嵩上げしかないと思われ、大方の人が思い定めたのです。

——と言っても、住民は自分では

きない。

大町氏 土石流、火砕流で溜まった土砂の捨て場としてもらうのです。溜まった土砂を取り除かなければ、その上に土石流が来ると被害はそれだけ大きくなります。区域外に捨て場を確保しなければならぬ。佐賀空港や伊万里湾などに土捨て場を確保するつもりだったと聞いています。そこで安中三角地帯を利用してもらえないかという提案をしました。行政はどこを土捨て場にするにしても土砂廃棄料を払わなければなりません。とすれば、安中に捨ててもらえば、地域の再生資金に出来る。

——嵩上げに必要な土砂量はどのくらいでしたか。

大町氏 嵩上げされる堤防と導流堤の高さから、5mの嵩上げと考えました。実際には6mになりました。それに必要な土砂量は460万 m^3 という計算でしたがすでに流れ込んでいた土砂量もあり330万 m^3 となりました。1 m あたり料金は、我々の要求に対して回答は3分の1程度でした。それでは地域再生資金にはなりません。しかし、考えてみれば、土捨て料を支払い、遠くまで大型ダンプで何10kmも、何回も運び、さらに沿線住民への（騒音、振動）補償を考慮すれば、我々の要求は決して法外なものではないことが行政にも理解できたのでしよう。最終的には、



溶岩ドームの形成。粘り気が多い溶岩は山頂の火口付近でかたまってゆく

両者が歩み寄り決着しました。行政側も良く理解してくれたと思います。行政はともすれば「先例がない」を理由に柔軟な対応はしないものですが、雲仙復興事業では違っていたと思います。互いに譲歩したのです。

——しかし、住民説得はなお残っている。

大町氏 住民発案の事業だから、住民合意は我々（住民）がやる、といったもののはそれが大変だった。地権者の同意は100%、全員の合意が必要でした。いろいろ説得する、行政も働きかけてくれたのですが、最後の10%の合意が取り付けられない。そこに阪神淡路大震災です。今、

やらないと嵩上げは出来なくなるという危機感が全員の合意につながりました。

——区画整理などで、それぞれの土地は相当の減歩がありましたね。それは支障になりませんでしたか。

大町氏 確かに30%の減歩でしたが考えてみれば、より安全な土地に生まれ変わったので、価値は大きく上がっています。住民の「ふるさとに帰りたい。そこで生活を再建したい」という思いを行政が受け止めてくれた。

——「復興まちづくり」は完成したと。

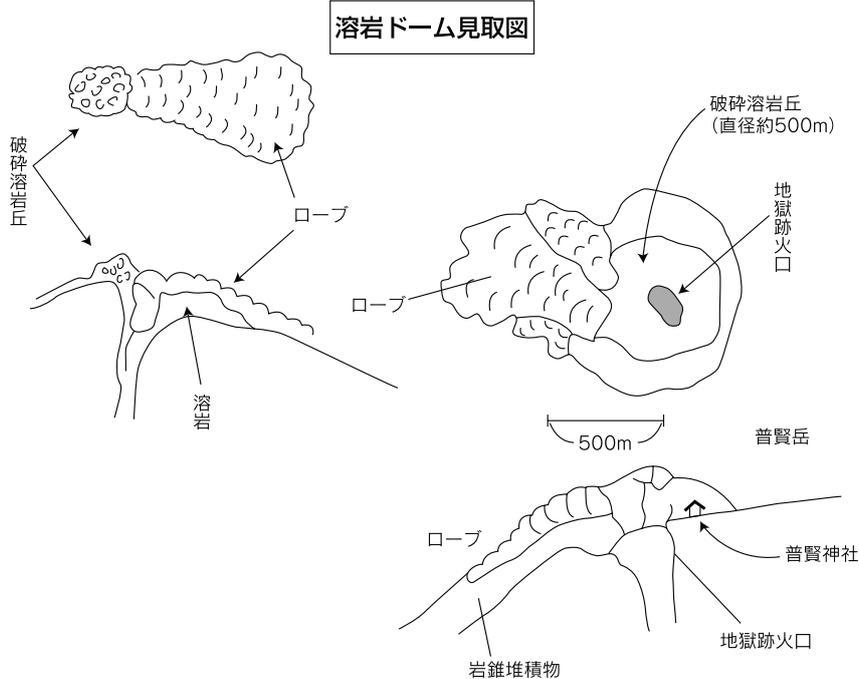
大町氏 復興にはまだまだです。溶岩ドームは崩壊の恐れがあり、土石流は続くでしょう。雲仙復興事務所はぜひ残してほしい。噴火から20年、島原市の人口は1万人も減っています。復旧工事も減るでしょう。観光振興もなかなかです。やはり、諫早への道路整備が復興のカギになります。島原半島の住民が総力を挙げて推進しなければなりません。

溶岩ドームの形成

雲仙岳は複数の山体から構成される火山群で、噴出物は粘り気が多い安山岩—デイサイト質の溶岩であり、頂上は溶岩ドームを造りやすい。粘りの強い溶岩は

山のような山体崩壊や、岩石なだれがおきやすい。活動停止状態までに2億110万m³の溶岩が供給され、現在も約1億立方mの溶岩ドームが残っている。

急傾斜の山体を造り、「島原大変肥後迷惑」と言われた眉



第3節 溶岩ドームの恐怖

安全安心の故郷へ③

溶岩ドーム崩壊、5つのシナリオ 地震や浸食が引き金に住民の不安大きく 観測、防災事業、「新たな仕組みを」

復興記念館の前庭から見上げると、雲仙・普賢岳がそそり立っている。平成新山と呼ばれる溶岩ドームがまるで、小さな帽子をかぶっているかのように、頂上に座っている。噴火は終息している。山頂付近から、すそ野まで荒野のように広がる土石



崩壊が心配される溶岩ドーム

雲仙温泉から、仁田峠に車で登る。眼下に有明海が広がり、見上げると「平成新山」。噴火から5年間でできた溶岩ドームが、鳥うち帽子をかぶったように黒く重く見える。

①溶岩ドームは現在、1億㎡（長さ約700m、幅650m）、東京ドーム122個分もの巨大モンスターに成長しており、その足場は不安定で、いつ崩壊するかわからない

②火砕流、土石流が運んできた土砂が水無川などに沿って、総量1億7000万㎡も堆積して

巨大溶岩ドームが動いている

流跡、その砂防工事も90%終わっている、という。もう、危険はないのか。住民の安全安心は確保されているのか。「完全にYESとは言えない」というのが、関係者のそろった答えである。なぜか。

おり、それに対する砂防えん堤など構造物の管理体制が定まっていない

③何より、今後の火山活動に対する観測・監視体制も未定である、なご不安の背景にある。

巨大に成長した溶岩ドームによって、雲仙・普賢岳（平成新山）は150m高くなっている（標高1482.7m）。いつ、崩壊するかわからないので、国土交通省・雲仙復興事務所は砂防工事を安全に進めるため、ドームの上に反射プリズムを8基設置して、その動きを監視している。

これまでの観測によると、ドームは最大1m南東方向に動いていることが分かっている（平成9〜23年）。溶岩ドーム自身の重さが下向きに引っ張る力として働いたための変位とみられている。溶岩ドームは自身の動きによって、不安定さを増しているわけだが、一番懸念されているのは、地震によって、崩れ落ちる危

険性である。

崩壊の5つのケース

同事務所は反射プリズムによる観測に加え、航空・地上レーザ計測を行い、工事の万全を期して「監視」を継続している。もし、溶岩ドームが崩壊したらどうなるか。溶岩ドーム崩壊に関する危険度評価委員会は5ケースの崩壊規模を想定し、予想される危険度について影響する範囲をシミュレーションしている。

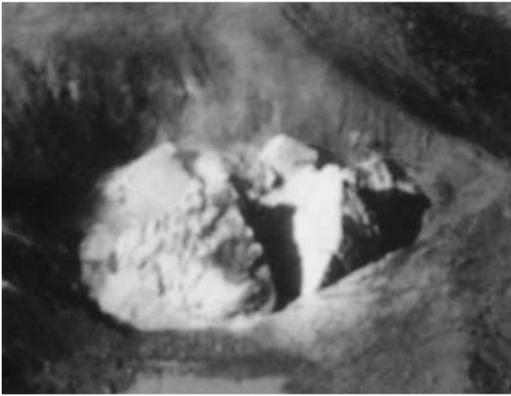
崩壊の引き金になるのは、地震発生や、溶岩ドームの下にたまっていく堆積物が雨などによる浸食で、ドームが不安定になって崩れ落ちる場合が想定される。もし、崩壊が起こったらどうなるのだろうか。検討委員会の見解はこうだ。

噴火前の地山の上には現在も全体で5376万㎡もの溶岩ドームがあるが①その溶岩ドーム全体が崩壊した場合、土石流は導流堤を越えて氾濫、海岸まで達する②次の規模の

1792万㎡(3200万㎡)の崩壊の場合は砂防えん堤を超えて、国道57号にまで達する③最小の768万㎡(1024万㎡)の崩壊の場合のみ国道57号より上流の砂防施設が食い止めることが出来る。

移管される砂防施設

雲仙・普賢岳の噴火、火砕流、土石流に対する砂防えん堤、導流堤、最上流の床固めなどの工事は、平成20年代の後半には全て完成する予定だ。完成すれば、砂防法に基づいて、約570haに及ぶ砂防指地域内にある、これらの施設はすべて長崎県に移管され、それ以後は長崎県が管理する施設となる。土石流が発生した場合、その観測、砂防えん堤やその他の砂防施設が想定通りの機能を発揮するか、その機能を保つため



火口にせり上がって2つに割れた溶岩ドーム

雲仙「ホームドクター」不在も

の土砂撤去、除石、施設管理など膨大な砂防事業が長崎県の肩にのしかかる。

現に、水無川上流では土石流がやまず、雨による浸食もあってガリと呼ばれる深い谷が形成され、危険度は徐々に増しているという見方が有力だ。一方で、国土交通省は組織の簡素化を求められており、砂防法に従って、県への移管を進めざるを得ない立場にある。すでに、島原深江道路などの道路は完成、砂防工事が残っている現在でも雲仙復興事務所の縮小、あるいは改変を迫られている。

ホームドクター不在へ

太田一也前九州大教授が所長を務めてきた九州大学島原地震火山観測センターの組織改編も浮上している。太田所長はじめ同センターは「雲仙・普賢岳のホームドクター」と呼ばれ、その火山観測と判断は国・自衛隊、長崎県、市町村の絶大な信頼を得てきた。しかし、今後、国の支援は少なくなり、大学の自力で観測を進めてゆくことになりそうだ。現地観測は継続されるとしても、データ解析、研究などは大学本部キャンパスに集約される方向が検討されて

いる。すでに氣象庁は雲仙測候所を無人化してお

り、機能は管区気象台に移された。観測機器は設置されていても、火山ガスの噴出など表面現象の観測は不十分となりそうだし、太田教授が行ったような素早い情報伝達や指導など「ホームドクター」機能は失われる恐れは十分ある。

新しい観測、防災組織を

溶岩ドームはなお、いつ崩壊するかわからない不安定な状況にある。また、土石流の発生は依然続いており、ガリーの浸食が今後も進むと土石流の多発が予想される。防災工事の期間は、作業の安全のため雲仙復興事務所の「監視」活動は継続されるが、工事が終了すれば、監視も終了する。さらに、広大な砂防指定地の管理や、砂防えん堤、導流堤、床固めなど一連の防災施設群が機能してゆけるようなチェック体制は今後も必要だが、長崎県がすべて担えるかどうか。住民、地域の安全・安心を確保するには、現在の雲仙復興事務所が果たしてきた役割をどこが果たすのか。地元諸団体は、国の直轄管理が望ましいと口をそろえ要望している。

噴火と土石流発生が続いている鹿児島県・桜島の防災工事は国交省九



溶岩ドームを監視する「みらい館」(左)

州地方整備局の大隅河川国道事務所が行い、直轄管理費も確保されている。しかし、すでに火山活動が終息し、さらに近い将来、砂防工事が終了した段階になった雲仙・普賢岳で、桜島と同様な国の管理体制が継続され、維持できるかどうか。

高橋和雄長崎大学名誉教授はこう提案する。「砂防工事を伴わない場合、国の直轄管理事務所を維持継続することは出来ないだろう。しかし、阿蘇、雲仙、霧島(新燃岳)、桜島など九州の活火山を総括的に管理する九州事務所を設置して、そのもとに雲仙復興事務所と大隅河川国道事務所の機能を継続させることは考えられないか。また、地元も国への要望を繰り返すだけでなく県、市町村、住民が連携、連帯して新たな仕組みの構築に努力すべきだ」。

THE 土木技術者

第3節 インタビュー 「人と技術と情熱と」 安全安心の故郷へ④



杉本 伸一氏
(すぎもとしんいち) プロフィール

1950年生まれ。島原市出身。島原工業高校卒業。雲仙噴火当時、島原市社会教育係長として安中公民館に勤務して住民の避難対応にあたる。島原半島ジオパーク世界認定に携わり、平成24年5月開催の第5回ジオパーク国際ユネスコ会議事務局長を務めた。内閣府火山防災エキスパート。

第5回ジオパーク国際ユネスコ会議事務局長
杉本伸一氏

——世界自然遺産などと比較して「ジオパーク」は一般には知られていません。なぜ、雲仙がジオパークに認定されたのか、どんなものからご説明をお願いしたい。

杉本氏 「ジオ」は地形・地質です。パークは公園です。大地の成り立ちを物語る野外公園と言ってよいでしょうか。中国や米国などの大陸のジオパークは「太古の大地」を見せる静的なジオパークが多いのですが、雲仙の場合は北海道・有珠山もそうですが、活火山で「動いている大地」のジオパークという点で新しさがあると思います。第5回ジオパーク国際ユネスコ会議を平成24年5月12日～15日開催しました。

——雲仙・普賢岳の噴火が終息し、砂防工事もほぼ終わりに近づいています。今後、ジオパークの活動がかなり重要になってくるといふ指摘がありますね。

杉本氏 そうだと思えます。火山の「恵み」を受けながら日々を暮らし、その一方で、防災の手立てを講じながら「火山との共生」をしてゆかな

被災体験を世界に伝える

ければならない。「恩恵」と「共生」の両面から防災を考えてゆかなければなりません。それは火山の本質を議論するということにも通じます。

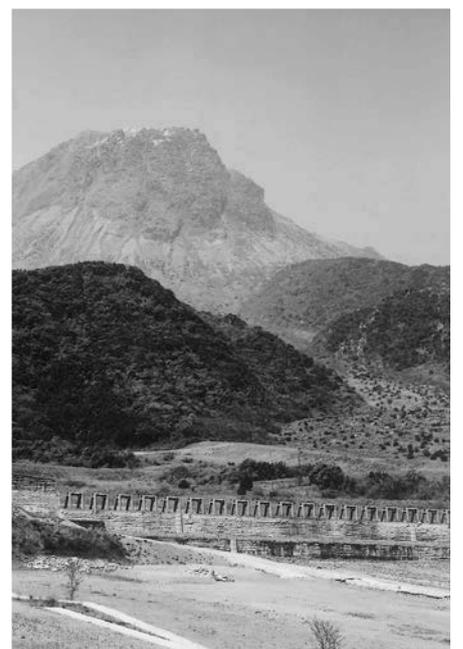
被災体験は

歳月と共に

風化してゆきます。いつまでも関心を呼び、興味を引くことは出来ません。被災体験の伝承が必要なのです

が、そのためには、被災現地を見に来てもらわなければなりません。ジオパークでは単に、地球の動きを示す地形や地質、その素晴らしい自然景観を保護するだけでなく、科学振興や教育、観光事業など地域経済の活性化にも役立つ「活動」が重要だと考えています。そうした観点から、このジオパーク活動が今後、被災体験の伝承や防災教育に役立つと考えられます。

——事務局が置かれている雲仙岳災害記念館の規模も野外の砂防施設も大きいですね。



雲仙は火山と共存するためのジオパーク活動の大きな舞台になる

杉本氏 「こんなに大きな施設がないのか」という声も聞きます。必要なのか、と。必要なのです。火山の近くで「安全に暮らす」には、火山活動について十分学ぶ必要がありますし、そのための展示施設、説明者も必要なのです。記念館の展示だけでなく、野外には火砕流で焼失した校舎や土石流に埋まった家屋があり、被災状況が一目でわかります。「生を見る」大切さ、その体験が風化を防ぐのだと思います。雲仙では火山災害の遺構や巨大な砂防施設など火山学習が「まるごと」できるのです。

——砂防施設、構造物それ自身もさることながら、「無人化施工」技術が雲仙で開発されました。

杉本氏 2007年開催の火山都市国際会議で「無人化施工」の現地見学会を開きました。あの会議の目玉

になりましたね。特別のツアーを組み、見学するだけでなく、実際に重機を遠隔操作してもらい、最新の防災技術を体験してもらいました。大変な興味を持ってもらいました。ジャイカ(JICA)も雲仙の研修を組み込んでほしいとの希望が多く、実施することになっています。今後とも海外を含めた研修センター機能を充実させ「受け皿」となりたいですね。

——海外の方々が「雲仙の防災」に関心を持ってもらい、自国に役立ててもらえばいいですね。

杉本氏 活動している火山のふもとで、安心して暮らせる、その「火山との共生」を実現している雲仙・島原の姿にジオパークの英国審査員も「大地と人間が近い距離に暮らしている」姿に関心を示し、評価してくれました。

——これまで雲仙のホームドクター的役割を果たしてきた九州大学の島原火山観測センターも、無人化された気象庁の雲仙岳測候所と同様、大学本部キャンパスに集約される可能性が浮上しています。ジオパーク活動と火山研究との関連について。

杉本氏 雲仙では九州大学だけでなく、多くの研究者との連携を大切にしてきました。その中で、火道(マダマの通り道)までボーリングして

調査しようという「火山科学掘削プロジェクト」が世界で初めて行われました。火道まで掘削して、再噴火などの心配はないかなど住民の心配の声も上がりました。もちろん、そんなことは起こり得ないのですが、地元の同意、協力は必要です。そうした火山活動についての調査研究の推進、協力もジオパークの活動の一環となるでしょう。掘削は賢岳の北側斜面から掘削開始され、2004年、火道のサンプル採取に成功しました。この世界的プロジェクトについて、現在、記念館の展示コーナーでその様子を説明していますが、東京大学や産業技術総合研究所などの協力を得て、これからさらに充実させたいと思います。

——ジオパークが世界遺産並みの認知を得るために、今後、どのような活動をされますか。

杉本氏 世界遺産も最初から現在のような、知名度の高さ、一般の方々の関心と呼んでいたわけではありません。今日に至るまでには、数十年の努力の積み重ねがありました。一つのポイントは、世界遺産が国との条約が締結されていることです。ジオパークでも自然保護、研究、さらには観光に役立つように、国としての取り組みが求められていくような条約化が必要です。ユネスコでは2年がかりで「条約に値するかどうか」の調査を進めています。

——雲仙だけでなく、九州には活火山が多い。

杉本氏 火山で世界ジオパークに認定されているのは雲仙と有珠山ですが、日本ジオパーク認定は阿蘇、霧島があり、鹿児島島の指宿(開聞岳など)それに恐竜化石の熊本・天草など火山活動と太古の大地を示す資源が豊富です。これらとの連携が重要だと考えています。

世界ジオパーク認定



ジオパークに認定された島原半島(模型)を前に杉本氏

また、地質遺産を保護しながら同時に科学や防災教育、観光なども活用する活動が推進連絡協議会を中心に行われている。事務局は島原市・雲仙岳災害記念館内。電話0957(65)5540。



左から高橋氏、田中氏、豊福氏、清水氏、松井氏、横田氏

雲仙・普賢岳座談会

第4節 雲仙噴火20年を語る

- ◎出席者 横田修一郎氏 (島原市長)
高橋 和雄氏 (長崎大学名誉教授)
清水 洋氏 (九州大学教授、地震火山研究センター長)
松井 宗廣氏 (砂防エンジニアリング(株) 技師長、国交省雲仙復興事務所・初代所長)
田中 育穂氏 (国交省・雲仙復興事務所副所長)
◎司 会 豊福 健一郎 (西日本新聞長崎総局長)

はじめに
安全安心をどう守る

平成3年11月、雲仙・普賢岳が噴火して20年が経過した。すでに火山活動の終息宣言が出され、大型砂防えん堤、導流堤など防災施設は計画のほぼ90%が完成した。長期にわたる避難生活を強いられた住民はいつ襲ってくるかもしれない火砕流、土石流の恐怖から解放されたかに見える。しかし、山頂には1億mもの溶岩ドームが不安定な形で残り、堆積した土砂がいつ、土石流となるか分からない不安が残る。これからの島原半島の「安全安心」をどう守るのか、砂防指定地の利活用は、ジオパーク活動の今後は―雲仙・普賢岳に深くかわってきた方々で話し合っていた。



次の世代に被災体験をどう伝えてゆくか大きな課題だ

「噴火から20年が過ぎ、現在の普賢岳の活動状況はどうか、清水先生にお話を。」

清水教授 噴火活動は現在は終息しています。表面的には水蒸気が上がっていますが噴火前、噴火中、噴火後に比べると火山活動は、地下も含めて低レベルにあると思います。火山噴火予知連絡会も「活動レベル1」と位置づけており、私もそう判断している。しかし、将来も安心できるかと、と言えばゼロではない。

数年に1回、地面の高さを測定していますが、噴火前は「ふくらんでいた」が、次第に縮んで、沈降して低くなっている。雲仙の西側、旧千々石町、小浜町では10cm位下がっていたが、噴火後、2cm位戻っていますが、その後、ここ数年間は、その回復傾向は止まったままで長期的

雲仙の苦労は他の火山で生かされています



松井 宗廣 氏
(まついむねひろ) プロフィール

砂防エンジニアリング (株) 技師長。

1948年生まれ大阪府出身、愛媛大学林学科卒業、専門は砂防工学。建設省入省、九州地方建設局(雲仙復興工事事務所初代所長)ほか、インドネシア公共事業省、砂防・地すべり技術センター理事。

には「休み」に入っているといえます。もともと、それは人間スケールでの話で、火山的には「ひとねむり」に過ぎず、数10年、数100年で次の噴火の恐れは十分にあると考えるべきです。今後とも、火山、そのれもたらず災害と付き合っていく宿命からは逃れられないと考えるべきでしょう。ですから島原半島の長期計画、土地利用計画、開発については、火山噴火を想定して計画、あるいはビジョンを作っていく必要があります。

——松井さんは雲仙復興事務所の初代所長として、砂防計画に基づいて、現地での砂防施設の建設にご苦労されました。計画の内容と特徴は。

松井氏 雲仙の砂防計画の基本構想は、100年に1回程度の大雨により流出する土砂と、噴火活動の沈静

雲仙は現在「ひとねむり」中

後の10年間に流出する土砂に対して災害を発生させないという計画であり、それらの土砂流出に対応する砂防施設計画となっていていわけです。具体の施設計画では、大型えん堤の建設と逆八の字の導流堤の二つがあります。逆八の字の導流堤は大変珍しいものですが、これは水無川流域が扇状地形に広がっており、土石流



噴火は終息したが溶岩ドームと土石流の危険は残る

こういった計画面での特徴のほか除石や矢板を使った仮設導流堤の建設などの緊急対策、応急対策を1、2か月の短期間で作り、基本計画に基づく本格的な砂防施設建設に先駆けて、現場で展開したのも大きな特徴です。雲仙での対策実態と教訓は、その後の国土交通省の新しい施策、火山噴火時の緊急対策の効率化を目指した施策に反映され、全国の主要火山で、緊急時の対応計画が検討されてきました。間もなく、計画だけでなく本格的な事業実施が全国に先

の被害の広がりを防ぐため、導流堤で(土石流の)流れの方向を規制しつつ、減勢する必要があるため計画されたわけです。計画は通常1回つくりられるとそのままですが、雲仙の場合、途中で見直しが行われました。平成4年2月に長崎県が基本構想を発表しましたが、火砕流が続き不安定な土砂量が増えたため同年10月見直され、さらに平成13年に、その後の土砂流出状況を反映させて、再度、見直しが行われています。

駆けて浅間山で第1号として展開されることになると思います。雲仙の苦労が実際の施策の実施に生かされてきました。

——計画についての住民合意の取り付けが重要ですね。



清水 洋氏
(しみずひろし) プロフィール

九州大学教授、付属地震火山観測研究センター長。
1956年生まれ、群馬県出身、東北大学理学部大学院（地球物理学専攻）理学博士。雲仙普賢岳の火山観測にあたり、日本地球惑星科学連合など学会員のほか地震調査委員会や火山予知連絡会などの委員。

雲仙は将来も安心できるか といえば、そうではない

松井氏 水無川流域の土石流の被害砂防を見て分かる通り、とにかく「時間がない」のです。「とにかく早く」防災施設を作らなければなりません。計画論ですつたもんだすればそれだけ時間がかかるため、土石流



雲仙で開発された「無人化施工」は全国の災害現場に広がっている。(沖繩・地すべり現場で)

による住民の被害、ダメージは大きくありません。また、早く着手するために

は計画への理解だけでなく、用地の確保も必要です。直轄の事務所が出来た平成5年には、火砕流が中尾川・千本木地区を襲いましたので、新しく中尾川でも急いで砂防計画を作る必要があります。このため、1回こっきりの計画説明ではなく、計画発表前に住民の声を聴くというスタンスを取り、何回も公民館に足を運び、それぞれF A C E T O F A C Eで話をさせてもらい一刻も早く工事着手できるように理解を深めてもらいました。正式な発表の時は一人の反対もありませんでした。

高橋名誉教授 噴火当初の土石流に対する遊砂地などの応急対策では、被害拡大に対処できなかった。その後、抜本的な砂防施設建設が必要という事で、直轄の事務所が設置され、砂防えん堤の無人化施工などが

行われ、安全確保が復興のかなめになった。地域の信頼を得て行われた雲仙の経験は公共事業の見本として全国に誇ってよいと思います。

「無人化施工」は、これも雲仙が初めてでした。

松井氏 高温のまま流れ下ってくる火砕流は、非常に危険で平成3年6月には43人の方々が火砕流でなくなっています。火砕流の危険がある警戒区域内では人が入って作業は危険です。短期間で避難できる一部区域の作業は有人で行いましたが本格的な工事は出来ません。「有人」で出来ないといすれば「無人」でやらざるを得ない。これが雲仙で「無人化施工」が生まれた背景です。除石から始めています。遊砂地にたまつた土砂の排土です。当初は施工効率がなかなか上がらなかったのですが、次第に上がり、スーパース砂防ダムと呼ばれた水無川1号砂防えん堤を建設するまでになりました。無人化施工はその後、有珠山などの噴火災害や平成23年に紀伊半島を襲った台風12号によって発生した深層崩壊による天然ダムへの応急対策などでも活躍しています。施工時の「安全確保」のために、無人化施工技術は雲仙が出发点になっていると言えます。

田中副所長 (無人化施工は)警戒区域内での作業の安全確保のため、

無人化施工の原点

くれるガイダンスシステムなどの技術も開発され施工性も高くなっています。技術開発については、GPSなどを利用した測定技術も進んでおり、今後はネットワークによる超長距離の遠隔操作など次世代の施工法として発展して行くでしょう。

高橋名誉教授 無人化施工は危険な地域での工事にしか一般活用されない。無人化施工を民間任せにするだけでは育たない。(いざという時に)機械の台数が不足したり、さらなる技術開発もできない。ぜひ国の責任で制度として発展させてほしい。今は(構想が)立ち消えになっている

が大野木場砂防「みらい館」周辺には砂防現場があり、無人化施工の拠点にする構想がありました。雲仙を無人化施工の拠点とすれば、現場があるので、JICAなど国内外でもっと使えるようにしなければならぬと思います。雲仙は（無人化施工の）原点ですから。

——山頂に存在する巨大な溶岩ドームにどう対応するかが今後の課題です。すね。

横田市長 山頂には1億mもの溶岩ドームが不安定な状態で残っており、しかも、平成9年から比べると南東方向に1mもズレている。今後崩落の危険があり「想定外の想定」を含め市民の不安を解消してほしい。ハード面を含めた対策をお願いしたい。そのためには、国土交通

省には溶岩ドームの監視、観測、調査対策委員会を立ち上げてもらったが、現在の高度で専門性を有した監視・観測体制、防災体制を継続してほしいのです。

松井氏 大きな問題の一つは、市長さんがおっしゃる通り溶岩ドームだと思います。その動きをしっかりと見ていかなければならない。今では、より精密な自動計測がされるようになり、すぐに、崩壊の危機が迫っている状況ではないかもしれないが、大規模な地震が発生した場合に相当規模程度の崩壊の可能性があるとすれば、砂防事業として、どういふ対応が可能か、技術面、行政面を含めて十分検討して行く必要があります。

溶岩ドームなど継続的な監視が第一です

田中副所長 住民アンケートでも、溶岩ドームへの関心が高い。崩落した場合、その影響範囲はどのようなものなのか、自治体からも検

討要望が出ています。防災、火山の専門家による「雲仙普賢岳溶岩ドーム崩落に関する危険度評価委員会」を設置、検討していただいています。現在、1億mの溶岩ドームが存在しているわけで、この委員会の指摘では沈静化後14年でドームは移動し、崩落の可能性があり、その挙動について継続的な取り組みが必要という提言を受けています。

問題は溶岩ドーム

高橋名誉教授 継続的なモニタリングが、第一です。現行の平成13年度の火山防災計画を見直して、溶岩ドームの監視とその対策を砂防事業として位置づけてほしい。高度な技術が必要で、地元の県や市では対応できません。厳しい地方の財政事情を考慮すると、砂防事業終了後の維持管理も長崎県では無理と判断している。溶岩ドームの監視・対策と雲仙防災施設の維持管理は直轄管理で行うのが妥当と判断しています。



高橋 和雄氏
(たかはしかずお) プロフィール

長崎大学名誉教授。
工学研究科総合実践教育研究支援センター（安全工学教育部門）1945年生まれ、大分県出身、九州大学工学部大学院、専門は橋梁工学、防災科学。雲仙普賢岳では災害資料の収集、保存、復興計画策定支援、災害以降の保存、砂防指定地の利活用などに関わる。日本災害情報学会、日本災害復興学会。

清水教授 地震学、火山学を専門とする立場、観点から事前に噴火予測をすることが本来の仕事なのですが、大変難しい。難しいけれども努力しているところです。大規模な噴火は数100年に一度でしょうが、妙見岳、普賢岳が噴火や崩壊を繰り返しながら今日の状況となっている

わけです。今後の発生は、極めて低頻度でしょうが事前に、前兆現象をとらえて情報を出して行きたい。地震はさらに予測が難しいのですが、江戸時代の眉山崩壊の場合もそうだったようですが、事前に群発地震があり、それを繰り返している。それをモニタリングして事前情報が出せるのではないかと考えています。研究の成果を踏まえてシナリオを描き、行政など防災機関に伝えたいと考えています。

横田市長 噴火活動は今のところ安定しているが、活火山であり、災害時には九大観測センターで常時観測してもらい即情報を伝えてもらったことが大変有効であったと聞いてい



溶岩ドームの動きは常に監視されている。雲仙「みらい館」



横田 修一郎氏
(よこたしゅういちろう) プロフィール

島原市長。
1946年生まれ、島原市出身、中央
大学法学部卒業、長崎県に奉職、商
工労働部長、地域振興部長、長崎県
教育委員会教育長など歴任、平成
3年の噴火災害時には保健環境部
県立病院課長として県立島原病院
(当時県立島原温泉病院)を担当し
た。

火山と共生した心豊かな 島原にしたい

る。市民の「安全安心」のためには、九州大学地震火山観測センターがリアルタイムで、常時観測情報を流してもらい、連携してゆることが重要です。また、火山についての研究は島原だけでなく、世界の学術研究レベルアップに貢献します。ぜひ、島原に常駐して観測を続け九大の地震観測センターを存置して、現地で観測、研究を存続してもらおうことが大切です。

清水教授 平成新山の溶岩ドームについては、まだ、萌芽的な段階ですが、東京大学と協力して内部構造を調査研究している。宇宙線を使ってドームの密度構造を調べるのですが、石が詰まっているところは、ぶつつかって消滅するが、隙間があると通って行く。レントゲン写真を撮影するような手法ですが、我が国の萌

芽的な研究として、すぐ利用できるわけではないが改良を重ねて行きたい。(溶岩ドームの内部に)亀裂が見えてくれば、防災対策に役立ちます。

田中副所長 溶岩ドーム崩壊の危険に対するハード対策、ソフト対策の検討をお願いする対策検討委員会を今年度(平成23年度)設置して学識経験者、長崎県、国交省、三市長に参加してもらい、対策を検討してもらっています。

高橋名誉教授 溶岩ドームの崩壊の予知について限界はあっても、情報を出してもらえば、避難計画を立てることが出来る。ぜひ、継続的な観測をお願いしたいと思います。

清水教授 確かに、雲仙のような休息期間の長い火山では長期間の継続的な観測が必要で

大学連携で監視、観測を

す。しかし、大学は法人化され、短期間で研究成果を出すことが求められています。観測研究の効率化と学生の教育対応のため、遠隔の火山観測施設の研究者をメインキャンパスに集約してゆく動きがあり、大変、危機感を持っています。国立大学法人の6年間の目標設定の中で成果を上げていかなければならないことになっており、(雲仙のような)長い休みに入っている火山の観測は大変厳しい。研究者の人員も予算も削減され、今活動している桜島、浅間山などに人と金が集中され、霧島・新燃岳の東大の観測センターも無人化されました。宮崎県の現地の声は、相談する研究者がいなかったため「きめ細かい対策がたてられない」ということです。雲仙の場合も観測体制を続けて危機管理体制を維持したい現地の意向と、大学が求めているものとの折り合いをつけ着地点を見出すか。あまり時間をおかずには解決策を見出したいものです。

高橋名誉教授 噴火活動の最盛期、人的物的な集中投資がされていた時と同じ体制をそのまま維持できるわけがありません。無理なく観測・研究体制を維持できる方策を抜本的に考えて行く必要があります。研究拠点を島原に残すために九州大学だけでなく、長崎大学、長崎県立大学とが連携して行くことを考えるのも一つの方法だし、雲仙災害記念館に研究者を配置して、研究機能を維持することも考えられます。現実的に例えば、研究者の活動費(研究費、旅費)が出る仕組みを考える。雲仙復興事務所も、九大の火山観測研究センターも「閉鎖」「移転」の問題がオープンになったのはこの1年ほどのことです。地元も存続をただ要望するだけでなく、自分たちに何が出来る



再び、このような災害を起こさないために――

かを考え、体制を再構築する時期が今なのです。

——次に、砂防事業と地域振興に話題を移したいと思います。その象徴は水無川と導流堤に挟まれた安中三角地帯の嵩（かさ）上げ事業です。噴火による土捨て場の確保と住宅地の嵩上げ、区画整理事業、農地の改良事業など住民と行政が協働してやりあげました。

松井氏 嵩上げ事業は住民自らの発想で動き出した事業です。勿論、災害対策、地域づくりの専門家からのヒントはあったでしょうが、横田市長も被災者のお一人ですが被災住民として当然の発想だと思えます。しかしながら、国民の税金を使う行政の立場からすれば、「無駄遣いだ」と会計検査から指摘をされない

ヤギの放牧など砂防地域の 利活用を進めます

ような枠組みをどう作るかが課題でした。また嵩上げ事業が安中三角地帯だけでおさまるのか、際限なく拡大してゆくのではないか。それに、住民全体が一致団結して、事業に全員合意出来るかどうか。1軒でも反対が出ればそこが嵩上げできないわけで「穴」になってしまふ。そのことを住民に「きつい顔」で申し上げたのを覚えています。線引きについては島原市から「三角地帯で収まりません」と言われたのと、住民合意も地域のリーダーの献身的な努力で全員合意にこぎつけてもらいました。実は、行政としても、どんどん掘らなければならぬ土砂の捨て場に困っていました。安徳海岸の埋め立て地はすでに満杯状態でしたし、遠隔地に土捨て場を確保するのも非効率的です。三角地帯は近くで「助かった」のです。あとは会計検査院

をクリアできる理論武装でした。今考えると精一杯協力したつもりですが、被災者の皆

様は完成までに時間がかかりすぎだと感じられたと思います。

——砂防指定地域の利活用について。

田中副所長 相当、広大な土地ですからどのように利活用するか島原市、南島原市、長崎県振興局などで構成する懇談会を作りました。ゾーニングをして利活用のための具体的な組織づくり、役割分担を検討しています。また、除草コストの削減もあって、導流堤内でヤギと羊を放牧し島原農業高校のクラブ活動の一環としてやっています。また、刈った草はいりませんかと一般から引き取りを募集していましたが、本年度（23年度）から、自分で草刈りをし

て持つて行ってもらおう試みを行っています。

高橋名誉教授 砂防指定地域の利活用は地域住民が行うもので、運営や維持管理も住民が主体となります。県と市が連携をうまくやらないと利活用は進みません。砂防指定地では利益を生むような活用は出来ないが、利活用が進むにつれて除草代、肥料代など運営費がかかるのが現実です。それと実態がない中での構想段階から利活用を始めるとアブローチできる場所が少ない、土砂が溜まるところなので、側溝の設置や多目的広場の排土など、実際に運用してみて生ずる課題をどうするか考えてほしい。現在、水無川と中尾川の上、下流を四ブロックに分けてそれぞれ利活用を検討しているが、今後、行政の窓口の一本化、利活用の団体をまとめるなど、仕組みを検討していただきたい。住民は嵩上げと利活用など国が支援してくれ、それが復興の原動力になっており感謝している。これからNPOを作って利活用するシステムづくり、情報提供や支援制度の紹介など、無理なく長続きするよう関係者で知恵を絞ってほしいと思います。砂防指定地利活用は、国の主導で始まった取り組みではなく地域の災害遺構の保存、地域再生の強い願いから始まっています。また、広大な砂防指定地の維持管理に利活用がコスト削減に役立ちます。もし、将来、砂防指定地の管理が長



田中 育穂 氏

(たなかいくほ)

プロフィール

国土交通省雲仙復興事務所副所長。

1954年12月27日生まれ。昭和48年建設省入省、熊本、長崎、佐伯河川国道事務所、九州国道事務所などに勤務。この間、中九州横断道路、黒崎バイパス工事等に携わり、九州地方整備局道路工事課から雲仙復興事務所で砂防工事や島原中央道路建設にあたっている。



砂防施設の管理は誰が…

崎県に引き継がれた場合でも利活用は継続すべきです。

——今後、活発なジオパーク活動を展開するためには。

横田市長 噴火活動が活発な時は、被災地は「不毛の地」に見えたかもしれませんが、実際には水通しも良く大変肥沃な土地で、年中いろんな農作物が収穫できる「大地の恵み」を受けている。復興後は農地の基盤整備も行い、生産性も高まっています。世界ジオパークの認定（平成21年）を受けましたが、火山の恵みである「湧水」は貴重な島原の観光資源となっており、健康維持、医療・治療にも使えます。

この湧水を使って「水産業」

の展開が出来ないかとも考えているところですが。ジオパークは観光、産業、市民生活などいろんな面につながっている。私は、火山と共生した心豊かに暮らせる地域にしたと考えているのです。また、ジオパークは火山学習として理科教育に役立ちます。理科の現地教育を受ける修学旅行のメッカにもなりうる。ジオパークを通して交流人口の拡大を図り、雇用を増やすことが出来るのではないかと考えています。

清水教授 私たちはジオパークの立ち上げの時から大きく期待もし、支援もしてきました。ジオパークは「ハコもの」ではない。「活動」なの

です。アクションプランが達成できなければ、4年間で認定取り消しになる。現に取り消されたところもあります。防災活動が盛んな雲仙には向いていると思います。我々火山研究者として、今後、二つの面から貢献できると考えています。まず、地学の側面から価値あるところを見つけ、ジオパークに付加価値を与えることが出来る。見どころを提供できる。もう一つは、火山研究の結果、より高い防災対策を提言することによってジオパークの価値を高めることが出来る。これまでは危険なことは言わない傾向があったが、火山と

ジオ活動を活発に

共生している以上、危険なこともある。しかし、研究機関があつて、防災対策をきちんと立てている。安心してきてください、と。

田中副所長 ジオパークは火山との共生がテーマですから防災事業も重要な要素になります。中尾川・千本木地区には火砕流堆積物の露頭を見ることが出来ますし、水無川では、繰り返された噴火の歴史を物語るものがあります。これらを保全することで協力できると考えています。5月には第5回ジオパーク国際ユネスコ会議が島原で開催されました。訪れた人たちに砂防事業の重要性を伝え、理解してほしいと思います。

横田市長 国際会議には、世界26か国のジオパークから科学者をはじめ、多くの観光客が訪れました。世界的にも珍しい雲仙の地質、景観、科学的な観測体制など島原PRの絶好の機会ととらえています。会議では、地質、火山の学術的討論に加え、初めて「観光セッション」を取り入れてもらいました。観光政策に活かして行きたい。また、一過性のイベントに終わらないように市民と一緒に取り組み、ジオパークへの理解を深める努力をして行きたい。

高橋名誉教授 大野木場砂防「みらい館」も雲仙災害記念館もジオパークに認定される前に開設されている。ジオパーク活動と一緒にやって取り組んでゆく必要がある。大野木場砂防「みらい館」は砂防工事が終われば、作業安全確保のための火山「監視」の必要がなくなるわけで、今後の維持管理・存続をどうするか、一番の問題です。ジオパーク活動を含めて、それぞれの施設が役割分担して、うまく機能し、存続してほしいと思います。また、三市の地域づくりの団体や観光組合などを含めて島原半島全体で取り組む一元化された体制づくりが必要です。市長さんにリーダーシップを取ってもらいたい。

横田市長 同じ温泉郷でも、小浜、雲仙、島原では泉源が違うように、共通の認識を持つのはなかなか難しい。

い。それが一番の課題です。完全な一元化はなかなか難しい。半島の観光連盟にリーダーシップのある人物を配置して、共通の研究課題のもとに、PRなどを強化することから始めたい。それぞれが自らのテーマとしてやっていけるか、意識改革が必要だ。

——被災の体験伝承、いかに語り継ぐかも大きな課題です。

田中副所長 復興事務所では水無川、中尾川、湯江川流域の住民の意識調査を行い1200人から回答を得ました。その回答の中で「後世への伝承」が強く出ています。具体的には被災した農業研修所跡地、定点（報道関係者などが被災した地点）の保存、清水川の一部復元など被災箇所を保存、復元して次世代に伝えて行くこと。それがジオパーク活動の一環になると思っています。

横田市長 被災体験を風化させないため、島原市では「噴火災害記録集」、災害義捐金についての「義捐金基金実績報告集」をまとめていますが、20年を経て貴重な体験教訓を次の世代にどう伝えて行くかという視点で被災遺構の保存や記録集の作成などを検討しています。実際、あの時生まれた赤ちゃんが20歳になるわけで、一世代交代すると「何も知らない」となりがちで、被災体験も風化して行く。記憶を書き物として

残り後世に語り継いでゆくことが重要です。

田中副所長 復興事務所では「安中防災塾」を平成23年8月に開催し、安中地区住民で災害当時のことをご存知の方を中心に、九州大学、地元小学校、島原市、国土交通省が連携して実施しました。子供たちも、この塾のことを夏休みの自由研究として学校に提出するなど興味を持って参加したと思います。地元の継続要望もあり、協力してゆきたいと思っています。また雲仙復興事務所ホームページに「雲仙WEB図書館」ページを作って防災や事務所で行っている検討資料を載せています。今後も防災や災害伝承に役立つ資料を充実させて行きます。

清水教授 防災はなんといつても「人」です。火山活動終息後、間もなく始めたのが「防災登山」です。我々の調査登山に防災関係の行政、警察官、自衛隊消防関係者など防災の最前線に立つ方々に参加してもらい、現場を見て、現状認識を共有し、共通の言葉で、顔の見える関係を築くことが目的で年2回開催しています。転動する人もあり、継続的にを行っています。また、ジオパーク活動の一つとして「親子登山」も行っています。火山を楽しんでもらう、火山への関心を高め、家族の対話の話題にしてもらう。災害のマイナスイメージでなく、火山の面白さの関心を

持つてもらいたい。その中で防災情報を正しく判断する力を付けてほしいのです。数10年にわたる伝承は大変ですが、重要です。

火山の面白さにも関心を

横田市長 体験や教訓を伝えるということは大切なことで、霧島・新燃岳の噴火に際して、島原市がどのようにに噴火に対応したかをまとめた記録集を宮崎県・高原町長に送りました。町長は「(どうしてよいのか)不安でたまらなかったが、(厚い記録集を)一晩で読んだ。(防災対応の)バイブルをいただいた」と感謝されました。我々の体験の「伝承」が、経験されていない人々にとつて、こんなに役立つかと実感しました。

——雲仙の体験を、いかに東日本大震災へ伝えて行くかについて。

横田市長 島原の被災後、復旧した農地で作られた白菊1万本を被災地に送り災害は必ず復興できるといふメッセージを送りました。その他、義捐金や東京島原半島会と3市一体と

なつての炊き出しやボランティア活動の支援、職員の長期派遣などの支援が今後とも必要だと考えています。

高橋名誉教授 地域全体が被災するといふ経験は、安中地区全域をはじめ島原が

最初です。その復旧復興は長丁場になり、5〜10年かかる。東日本の被災地の方々へ、被災から立ち上がったことも悪かったことも「伝えて行くことが我々の「貢献」の一つです。電子図書館などで(東日本の方々が)雲仙の情報を取り出しやすいような工夫も必要です。

清水教授 地震と火山の違いはあるにしても、(原発など)どちらも被災が続く中で、復旧復興するのは共通しています。東日本大震災はマグニチュード9という全く未経験な



被災体験をいかに伝承していくか。大きな課題だ

もので、国全体のバランスがくずれってしまった。ここ数10年で、さらに広域的な地震、火山現象が発生する可能性がある。雲仙の経験は津波、地震にどう対応するか参考になるわけで、長い間継承して行くことが重要です。また、プラス面も復興の中で学術的な地学現象を学べるよう、また災害にめげず、それを逆手に取って観光面などで持続可能なことを考えてほしいですね。

松井氏 人家の背後にある危険な急斜面を切り取って安全にし、切り取ってできた平坦地を有効利用できる「特定利用斜面保全事業」という事業があり東日本大震災の復興に役立つことが期待されます。宮城県・女川町で第1号として採択され、昭和63年に着手され平成9年に完成したのですが、海拔16mの高台に造成された地盤に、町立病院と地域福祉センターが建設された。病院の事務局長さんのお話では、この病院ですら1階2m位のところまで津波が押し寄せ、ベッドともども流された患者さんを、泳いで助けた、とのことでした。この高台は津波からの避難場所として大変役立つ、近所から避難者、病院、センターの人々約1000人の命が守られた。地山を切り取って、高いところに平坦地を確保することは、今回のような津波への対策として大変効果的と考えられ、公共事業のメニューにあるので、積極的に防災事業に取り込んでいた



桜島砂防センター 3Fのモニター室から常時監視している

だきたい。

また、高台でなくとも、基礎のしっかりした高層ビルも有効です。この高台から町役場が見えるのですが、津波が押し寄せ、役場の建設課長さんは町長さんと一緒に屋上に逃げ、さらに給水塔に上って難を免れたということですが、いかに高い所を確保することが重要かということです。高い空間を作るという意味では、約6m嵩上げた安中三角地帯がよい例になると思います。(注・女川町は死者行方不明者830人、家屋の全半壊など4500戸に上る壊滅的な被害を受けた)

田中副所長 技術の発展もあって、雲仙でもいろいろな(防災)施策に取り組んでいる。防災教育に関する

ことも積極的に情報発信して行きま
すので参考にさせていただきたい。

松井氏 防災施設などハードにはやはり一定の限界がある。ハード対策の限界を補うためソフト対策をしっかりと構築する必要があります。例えば高台や高層ビルなどの高所に短時間でどう避難するのか。避難の際、年寄りや災害弱者は車で、健常者は自転車や徒歩などと避難方法の多重化などを含めて、地区ごとに住民自らがルールを創ってゆくことが重要であると思います。

高橋名誉教授 東日本大震災を機に、地域防災計画が見直されています。大規模災害の教訓としてハードに加えてソフト面の強化が中心となっていくと思います。そのキーワードは「防災教育」です。島原はこの20年間噴火災害の伝承、災害遺構保存、避難訓練、ジオパーク活動などを積極的に進めてきており、防災教育のツール、場所、環境は整っており、先進地域です。恩返しという意味では、島原の取り組みを東日本や、長崎県の取り組みになるようにして行く。島原の役割と貢献は大きいと思います。

お礼

写真、地図、年表作成にあたって、多くの関係機関、工事担当者の方々のご協力をいただきました。

第一章「天草五橋」については、西日本高速道路(株)をはじめ、建設当時の旧日本道路公団、横河橋梁、住友建設など施工会社、九州大学など関係者の貴重な写真提供を受け、国土地理院九州測量所には写真提供のほか地図作成にご協力をいただきました。

第二章「肥後、加久藤トンネル」では西日本高速道路(株)、鹿島建設(株)はじめ施工会社、九州大学、国土地理院九州測量所などから写真、ビデオ提供、作図についての助言を。また、第三章「雲仙普賢岳」については、国土交通省九州地方整備局、同雲仙復興事務所、島原市、(株)フジタをはじめとする施工会社、九州産業大学などの関係者から、写真、地図、年表関連資料の提供をいただきました。心から、お礼申し上げます。

(玉川)

あとがきに代えて

拝啓

厳寒が過ぎ春となりました。東日本大震災から1年が経ったというのに、震災の傷口はなお深く、治療（復旧、復興）に専念すべき医師団（政治）はドタバタ劇を続けています。預言者のように「日本沈没」を書いた小松左京さんが逝きました。彼は、日本沈没から「日本民族の流亡記」へ展開する予定でした。その著作構想をなぞるように、日本の現実が漂流、流亡を始めています。

芝を植えた人々の「情熱と志」を

敗戦、震災のダメージから65年。東日本大震災の「震後」の光景は、私には、焼夷弾の絨毯爆撃を受け、焼け跡の中にビルがポツン、ポツンと立つ故郷・鹿児島島の「戦後」の原風景と、そこをさまざまう浮浪児の群れが重なりました。

河川技術者だった父は、満州・北朝鮮から復員後、内務省技師をやめ、焼け野原の故郷に帰り、復興土木の仕事に就きました。ある日、突然、「仕事についてくるか」と声をかけてくれました。小学校に入ったばかりの「洩たれ小僧」は遠足気分、トラックの助手席に乗り込みました。がたがた道を走り、着いたところは特攻基地・知覧飛行場跡でした。

夏草の茂る滑走路と兵舎、格納庫や飛行機の残骸。一面、米軍爆弾投下の大きな穴が、月のクレーターのように無数にありました。チビの私の背丈を超える深さでした。その穴の周辺の固い芝を四角に切り取ってトラックに積み込む現場指揮のため訪れたものだったと、かすかに記憶しています。

芝生を積み込んだトラックは、大きな川に着きました。四角の芝は、一枚一枚降ろされ、堤防に張り付けられてゆきます。当時、鹿児島は台風銀座と呼ばれ大型台風が、毎年毎年、襲来し、家屋を倒壊させ、堤防

が決壊して、濁流がわずかな家財を流し去りました。

台風襲来や大雨の予報ニュースと共に、父はいつも家を出ていきました。おそらく、被災現場に駆け付けていたのでしょう。残された母と私、妹と弟の4人は、焼け野原に建てられたバラックのような自宅の中で息をひそめて猛烈な風と雨が通過するのを、停電の真っ暗闇の中で、ひたすら待ち続ける。突風が来ると、戸や窓が弓のようにそりかえる。それを残された家族4人、両手と体で支えるのです。

堤防に一枚一枚張り付けられる芝生が、やがて人を守り、家を守り、町を守るのだ、と幼い心に刻まれました。おそらく、それは戦後復興、防災工事その第一歩の光景だったのでしょうか。

東日本大震災の「震後」復興も、芝を張る人々のような仕事から始まるのではないのでしょうか。

日本は戦後の復興、そして「もはや戦後ではない」と経済白書が宣言、高度成長を経て、経済大国の今日に至っています。その発展の基盤となった「社会資本」の形成にかけた「人と技術と情熱の物語」としての新・土木遺産「プロジェクト九州」

の第2巻が皆様のご協力でご覧になりました。ここでは渡海長大橋の原点ともいえるべき「天草五橋」、九州縦貫道の最後の難関「肥後トンネルと加久藤トンネル」、そして「雲仙普賢岳」の大噴火から20年、その防災工事、の3プロジェクトを取り上げています。今も噴煙を上げる火山や多くの断層などを持つ中央構造線、複雑な地形で海中工事を伴う離島架橋などいざいざ、九州の自然の壁に「技術」で挑んだプロジェクトです。そこには被災者や離島や近地の悲しみや苦しみにより添う人としての「情と熱と志」が感じられます。

大地震をはじめ自然災害の猛威にさらされる日本は彼らの「安全安心」の国づくりへの志を蘇らせなければ

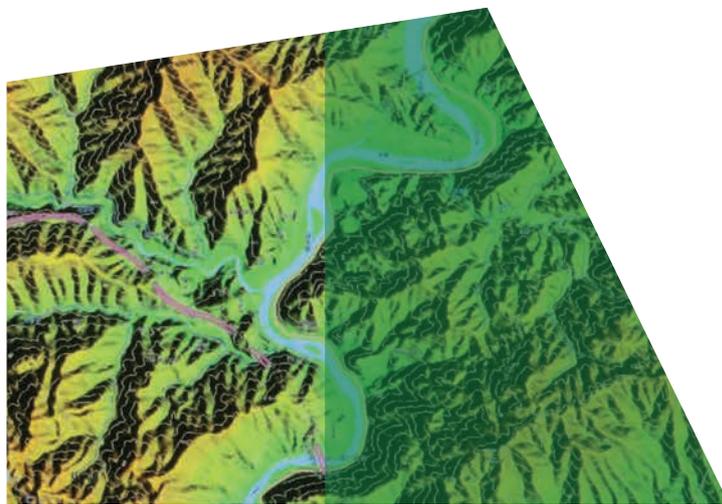
なりません。第1巻で登場願った関門国道トンネル建設に生涯をかけた住友彰さんが九十九歳の長寿を全うして、インタビュ後、お亡くなりになりました。住友さんは父の一歳下、今年で百歳になられているはず。住友さんの張りのある声は今も耳に残り、遺言インタビュともいえるべき、そのお話は多くのことを伝えていきます。戦火に「志」を焼かれ、焼け野原の中で、技術立国に志をたて直し、技術を育て磨き、継続技術を育てられました。敗戦からの復旧、復興そして経済大国への基盤づくり。戦後から今日に至る、現場を生き抜いた土木技術者が伝えるものを、「プロジェクト九州」から感じ取っていただければ、筆者としてこれ以上の幸せはありません。

平成24年 初夏

玉川 孝道 敬具

◎玉川孝道略歴

1940年生まれ、鹿児島県出身。1963年九州大学法学部卒業、西日本新聞社（編集局）入社、ワシントン特派員、地域報道部長、東京編集長、編集局長、副社長、西日本新聞会館社長。日本風景街道戦略委員、九州風景街道推進会議副代表、道守九州副代表世話人。著書、共著に「誰が一億の命を守るのか」「我が紙つぶて」「常識を超える」「命を守る」他多数。



2012年7月15日 第1刷発行

2019年12月1日 第2刷発行

発行 一般社団法人九州地域づくり協会

〒812-0013

福岡市博多区博多駅東2丁目5番19号

TEL 092-481-3781

印刷 株式会社西日本新聞印刷