
矢部川大橋・有明海沿岸道路

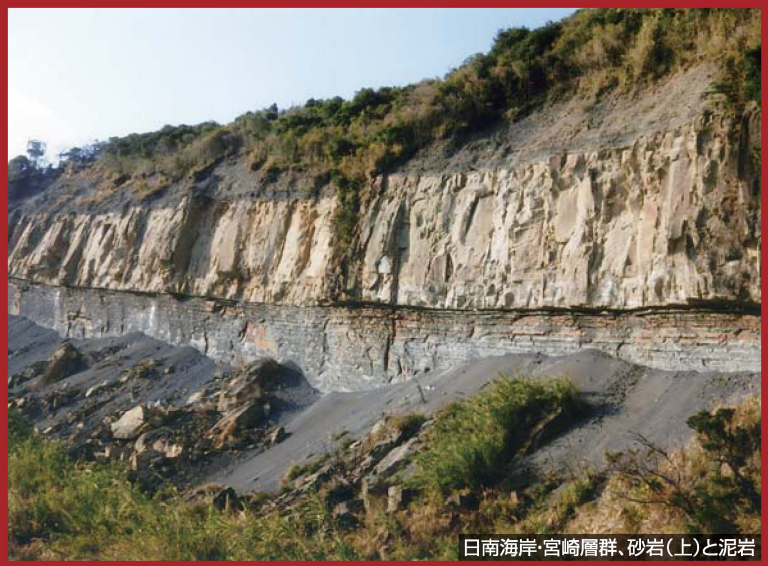
New Civil Engineering Heritage in Kyushu

プロジェクト九州 Ⅴ

人と技術と情熱の物語

特殊土壌への挑戦
― 地の底の戦い ―

有明粘土層、宮崎・日南層群、北松地すべり地帯


日南海岸・宮崎層群、砂岩（上）と泥岩



北松地すべり地帯・地すべりでゆがんだ排水トンネル

プロジェクト九州Ⅴ「発刊にあたって」

（一社）九州地域づくり協会では、その前身の（社）九州建設弘済会の時代から、公益事業の一環として土木遺産の発掘調査の取り組みを始め、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、構造諸元、設計施工者等について調査し、平成二十三年六月までに順次土木遺産in九州として、当会のホームページに公表してきました。

さらにこの土木遺産の中から主要なものを選び、建設に携わった先人たちにスポットを当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、長年にわたる構想、携わってきた担当技術者の努力、地域の方々の大きな協力等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、第一巻を皮切りに第四巻を平成二十六年十月と毎年発刊してきました。

今回発刊します第五巻は、土木遺産建設の中で九州に存在する特殊土壌と闘う土木技術者達を取り上げています。地の底で不屈の闘いをしている土木技術者の実像、「人と技術と情熱の物語」です。

九州地方は、全国の中でも特殊土壌が多い所です。シラス、黒ぼくなどの火山性のもの、沖積平野で干陸化または干拓によってできた超軟弱粘土層、堆積岩が隆起した層群で複雑な地層構成をしたものなどです。

第五巻では、その中でも、①構造物を支持できずにすぐ滑ってしまう超軟弱・有明粘土層②岩石が空気に触れると砂状になっていく宮崎・日南層群③山が崩れ大規模な地滑りを引き起こす北松型地すべり地帯で使命感を持って望んだ土木技術者に焦点を当て、多くの関係者に精力的に取材して取りまとめたもので、少しでも読む人に伝えられればとの筆者の熱い思いが伝わってきます。

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とものとは言えませんが、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、発刊のご挨拶と致します。

（一社）九州地域づくり協会

理事長　佐竹　芳郎

CONTENTS

「プロジェクト九州」・V―人と技術と情熱の物語
「特殊土壌」への挑戦―地の底の戦い

目　次

はじめに　九州の特殊土壌―地の底の不屈の戦い

第1章　超軟弱・有明粘土層に挑む

第1節　①潮と泥との苦闘　住之江橋（国道444号）
②インタビュー百武文雄氏「ケーソンが倒れた」
③無人ケーソンへの長い道のり
④試練の六角川
エッセイ「有明海の時代」
コラム「東名遺跡」「白石多士郎」「リアルト橋」ほか

第2節　①成冨兵庫の仕事と謎―「佐賀平野の治水、利水、干拓」
②インタビュー荒牧軍治氏「成冨兵庫に学ぶもの」
③決壊しない堤防を（有明干拓史）
④インタビュー三浦哲彦氏「軟弱地盤と戦う技術開発」
⑤治水、利水の400年project・嘉瀬川ダム
コラム「オランダ・デレーケを生んだ国」「石井樋の仕組み―天狗の鼻と象の鼻」「葉隠武士の手本、成富兵庫」ほか
○世代を繋ぎ開いた干拓　樗木武　九州大学名誉教授

第3節　①沈まない道路づくり―有明海沿岸道路
佐賀平野の有明海沿岸道路
②インタビュー横峯正二氏「コスト縮減と新技術と」
③超軟弱土壌に向き合う「黒崎堤と沿岸道路」
④提起されたローカルルール「沈下を許す新基準」
⑤インタビュー落合英俊　有明海軟弱土壌対策技術検討委員長（九州大学教授）「自然と共生する技術」
コラム「32kmの防潮堤・慶長本土居」「柳川掘割物語」「有明海の干拓事業と技術」ほか
○有明海沿岸道路の整備　樗木武　九州大学名誉教授

第4節　①「沈下」と苦闘したサンドマークの橋「矢部川大橋」
②インタビュー彦坂熙　九州建設技術管理協会理事長（九州大名誉教授）「矢部川大橋、沈下が教える教訓」
③有明海沿岸に架かる橋梁群「有明粘土層と橋」
④筑後川をいかに渡るか「二つの長大橋と遺産保護」
コラム「デレーケ導流堤・百年現役の土木遺産」「佐野常民と三重津海軍所の建設」ほか

第2章　宮崎・日南層群―土砂災害と安全、景観

第1節　宮崎層群と土砂災害
①日南・国道220号の戦い
②美しさが「鬼」と化して
③軌跡の復旧工事
④インタビュー矢ヶ部秀美氏「宮崎層群と土砂災害」
コラム「群発地震の巣」「砂岩と奇岩―二つの表情を持つ宮崎の海岸」ほか
○地震の予知について　樗木武　九州大学名誉教授

第2節　難敵・日南層群に向き合う
①芳の元トンネルの苦闘
②インタビュー　瀬崎満広宮崎大学准教授「複雑極まりない地層」
コラム「ヒ素汚染」「鰐塚山周辺の大崩壊」ほか
○難所克服の道路トンネル　樗木武　九州大学名誉教授

第3節　大地に絵を描く
①二人の先駆者「大地に絵を描く」
②インタビュー桑田博文氏「野菊を残して草を刈る」
コラム「道、文化、景観論」・長谷川如是閑「道路芸術の日本的形式」「コート・ダジュール（南仏）花で大地を描く」ほか

第3章　北松型地すべり―地表と地底の戦い

第1節　北松型地すべり地帯
①山が田畑が、命が消える
②ルポ　鷲尾岳の地すべり対策を見る
コラム「松浦党の兜、海をにらむ」「にあんちゃんの里と豪華な高取旧宅」
○岩盤内不連続面　樗木武　九州大学名誉教授

第2節　苦難の西九州道路
①ハウステンボスへの道
②インタビュー　藤田守弘氏　「ゴルフ場のバンカーが抜けた」
③地すべり地帯へ挑戦（北ルート）
④インタビュー　藤田壽雄氏　「研究者とコミュニケーションを」
コラム「高取伊好と杵島炭鉱」「空中からの地質、地形探査」ほか
○九州の地質について　樗木武　九州大学名誉教授

おわりに　「幸田文と自然を見る目」

はじめに

邪馬台国時代の「クニ」・吉野ヶ里遺跡（佐賀県神埼市）は、現在、広大な国営公園となって、弥生時代の建物が復元され、多くの考古学ファンを集めている。邪馬台国ブームの火を燃えあがらせた吉野ヶ里遺跡の発掘当時、西日本新聞佐賀総局に勤めていた。取材の中で知ったのは、有明海の豊かさ、そこに、はぐくまれた弥生文化の高さと、我が国の干潟の約43％にも及ぶ広大な干潟（約2万6300ha）の存在の大きさ、超軟弱な有明粘土層の手ごわさだった。

○徐福伝説と吉野ヶ里遺跡

深い堀に囲まれた環濠遺跡の全面発掘前から、佐賀では、銅鐸の鋳型（鳥栖市）をはじめ弥生文化のレベルの高さを示す発掘成果が相次いでいた。吉野ヶ里遺跡自身も、多くの学者、研究者が注目、甕棺群、そこから発見される銅鏡、銅剣、銅矛など青銅器類や稲作に関連する農耕器具―数多く出土物が人々の好奇心を刺激していた。同遺跡発掘の主役の一人、七田忠昭さん（佐賀城本丸歴史館長・佐賀県教委）は親子二代、地道にこの遺跡発掘に人生をかけてきた。

なぜ、これほど高度な弥生文化が佐賀に生まれたのか。秦の始皇帝が不老不死の妙薬を求めて、徐福に命じ東海に探し求めさせた。徐福は『平原広沢』に童男童女と共に住み付き、帰国しなかった。その平原広沢こそ佐賀平野で、稲作を伝えたという徐福伝説が物語るように、早くから稲作が発達し、高い生産力を可能にする自然条件がある。吉野ヶ里遺跡は脊振山地から舌状に突き出た丘陵地。この「クニ」のすぐ近くまで有明海の海岸線が来ており、そこから鉛色の干潟が大きく広がっていた。「海の幸」「山の幸」に恵まれた上に、栄養豊かな潟土が生産性の高い稲作を可能にしたと思われる。今は吉野ヶ里遺跡から海岸線まで約30km。低平地―低くひたすら平らな風景が広がる。山地から流れ下る真水と土砂に、干満の潮に運ばれてくるミクロン級の泥土が混ざり干潟を作って行く。

○超軟弱・有明粘土層

広大な平坦地なのに、高層ビルなど高い建物はほとんど見ることが出来ない。佐賀では長く「建物は二階建てまで」とされてきた。高速道路も鉄道も国道34号も、交通インフラは全て山地沿い。奈良時代の官道も鳥栖・太宰府まで山寄りを、現在の高速道路と並行して走っていた。

超軟弱といわれる有明粘土層が沈下や滑りなど工学的な難問を突き付けてきたためである。吉野ヶ里遺跡発掘のハイライトは「巨大墳丘墓」と呼ばれた円墳の発掘調査であった。歴代のクニの首長、指導者たちが埋葬された集合墳墓で円墳が幾つも重なる形で一つの大きな墳丘墓となり、水銀で内部が赤く塗られた甕棺からは銅鏡、銅剣・鉾、美しい管玉が次々と出土してきた。墳丘墓は幾層も土を叩き締めた「版築」技術が使われ、考古学者が「トレンチを入れるのに四苦八苦した」とこぼすほどの堅さだった。この技術は中国・江南の墳墓に見られる土木技術だ。

現在で言えば道路の基礎固めのため「転圧」が行われるが，版築はその元祖的な技術で、大宰府を守る1350年前の水城でも使われている。吉野ヶ里遺跡のすぐ南側を走る国道34号の拡幅工事などでも強度強化のため2層の転圧（8回）が行われている。その下をさらに土質改良して、沈下による変位を抑制している。唐津焼の叩き技法も似ている。陶土を強くこね、板でたたいて、空気を抜き、空隙を出来るだけなくし、堅く焼き上げる。道路、堤防から陶器まで広範に使われる技術だ。

○沈下を防ぐ工法・粗朶沈床

古墳だけでなく、太宰府・四王寺山の山城や水城にも版築工法は用いられている。水城の基礎には上部構造を安定させ沈下を防ぐための軟弱土壌対策に「敷粗朶」が使われていることが分かっている。佐嘉神社の肥前鳥居の石柱の基礎は砂層、粘土、石を積んで基礎としているし、吉野ヶ里遺跡の掘立家屋は柱を建てた地中に横木を置いて基礎として沈下防止策を取っている。

水城は現在築堤1350年を記念した調査が始まった。約100年前、水城を切って国鉄鹿児島本線を造った時以来の調査である。

○デレーケ導流堤を調査

同じ100年前、筑後川河口にオランダ人技術者、ヨハネス・デレーケの名を取った「デレーケ導流堤」が約6kmにわたって築堤された。有明海沿岸道路は筑後川橋梁の建設のため、この導流堤の上に橋脚を建てる計画で、一部、解体する。デレーケは福井県・三國港などで粗朶沈床を駆使して、軟弱土壌に築堤しており、筑後川でもこの工法を使っているとみられている。100年の歳月を経てなお現役のこの導流堤の基礎がどのような工法であったか、注目である。

有明海へ流れ込む筑後川など河川

九州の特殊土壌―地の底の不屈の戦い

の沖積作用と干陸化によって広大な佐賀平野が生まれ広がっていったが、特に干拓による新田開発に負うところが大きい。江戸時代初頭から、成富兵庫茂安によって本格化した干拓では一部「粗朶」で基礎を安定させ、堤体は版築によって突き固め潮止め堤防を築堤していった。

奈良時代の水城から江戸時代を通じて築堤に使われた敷粗朶などの工法と明治初期、オランダ土木技術として導入、施工された粗朶沈床―１００年ぶりの二つの調査が同時進行的に行われようとしている。

○住之江橋の苦闘

戦後の食糧難時代の大規模な国営干拓によって、潟土は埋められ、有明海を南へ押しやり、広大な水田地帯を造成していった。佐賀段階、新佐賀段階と呼ばれるように、佐賀平野はコメの反当たり生産高・日本一を誇り、肥沃な穀倉地帯になった。

しかし、有明粘土層は土木技術者にとって、手ごわい相手であり続けた。干拓堤防は沈下や円弧すべりなどに悩まされ、台風による荒波に打ち破られることがしばしばであった。特に、湾奥の六角川河口流域の粘土層は厚く、架橋は不可能で渡し舟が人々を運ぶ風景が昭和30年ごろまで見られた。

有明海沿岸道路は、そうした有明粘土層への現代土木の本格的な挑戦といってよい。戦後最初の挑みが六角川河口の住之江橋架橋（国道４４４号）だった。住之江橋は日本道路公団の発足時、一般有料道路（橋）、第1号として架橋された。ニューヨーク・ブルックリン橋で本格的に始まったケーソン工法は、関東大震災で落橋した東京・隅田川の橋梁建設を通して米国技術者から日本人技術者が学び取った。

しかし、住之江橋が基礎を据える有明粘土層はさらに深く軟弱で、潮の干満にも影響され、橋脚基礎のケーソン沈設中、音を立てて倒壊した。取り付け道路の盛土による周辺滑りや変形など、苦闘の連続だった。有明粘土層の上に構造物を建設するにはいくつもの越えられない壁があった。そのため、有明海沿岸での高規格道路の建設は長く、見送られてきた。

○矢部川大橋の沈下

それから約60年。有明海沿岸道路の建設が始まり、高さ87・５ｍの主塔を持つ斜張橋・矢部川大橋が工事中、想定以上の沈下を起こした。約1年かけて強制的に圧密沈下を起こさせ、現在、23㎝の沈下で一応の安定を見せている。支持層の下部にある軟弱地層の構造変化による沈下とみられている。多くの関係者に取材、率直に矢部川大橋の建設の過程と沈下後の対応を話していただいた。「失敗は技術者として、話すのはつらいのですが、有明粘土層への挑戦、そして今後への教訓として、伝えなければと思いました」と取材の後、心情を綴った手紙をいただいた。

矢部川大橋についてのこの手紙から「技術者の節」「太い背骨」が伝わってきた。「記録に残すこと」の重要性を改めて認識し、土木技術者としての誠意が込められていた。逆に、工事誌が書かれていない大事業もある。最近では予算難を理由に、工事誌が書かれていない事業がむしろ多いようだ。

「地球の腹の中」の不可解

工事誌は、成功話だけを綴るものではない。失敗や、苦闘が正直に語られ、はじめて「技術の伝承」は出来るのではないだろうか。安全神話を語るだけでは社会の理解も得られないだろう。若戸大橋の調査報告書に米国・タコマナローズ橋の落橋後、再び同じ技術者たちが新橋に挑戦した経緯とそのことへの敬意が述べられている。失敗を経験した者にこそ成功のカギは渡されるのだ。

北松地すべり地帯（長崎県松浦半島地域）を訪ね、長崎県の技術者の案内で「地球の腹の中」に潜った。集水と排水のための井戸とトンネルが張り巡らされて「地すべり」を食い止めている。技術者たちの永年の「地の底の努力」の積み重ねによって現在の「平穏」が保たれていることに感動するとともに、排水トンネルが歪み、支柱が重圧で変形、壊れているのを目の前にすると、自然の動きを完璧に封じ込めることの「限界」が身に染みた。この地方に「鬼突（おんつき）」という言葉があるのを知った。地中の鬼が地底を突いている不気味な地鳴り。それが地すべりの前兆となる。鷲尾山の麓に並ぶ直径５・５ｍのコンクリートの円柱群は地すべり防御の最後の壁だが、現在もミリ単位で変形しているという。

日南層群の深層崩壊に苦闘する東九州道の宮崎・芳の元トンネル建設工事ではガスが発生し、砒素を含み、さらに掘削された岩石が、空気に触れて砂状になって行く、信じられない「変化」を見せられた時、正直、自然に対して、心がひるむのだった。矢部川大橋主塔の基礎・地下約50ｍで起こった地層の構造変位、東松浦半島地すべり地帯や宮崎・東九州道・芳の元トンネルなど特殊土壌を持つ、地の底の技術と工事―失敗と成功の繰り返しの中で、前進して行くものなのだろう。

社会に、読者に、見えることのない「地の底の不屈の戦い」を進める土木技術者たちの努力と誠実さが伝われば、と願っている。

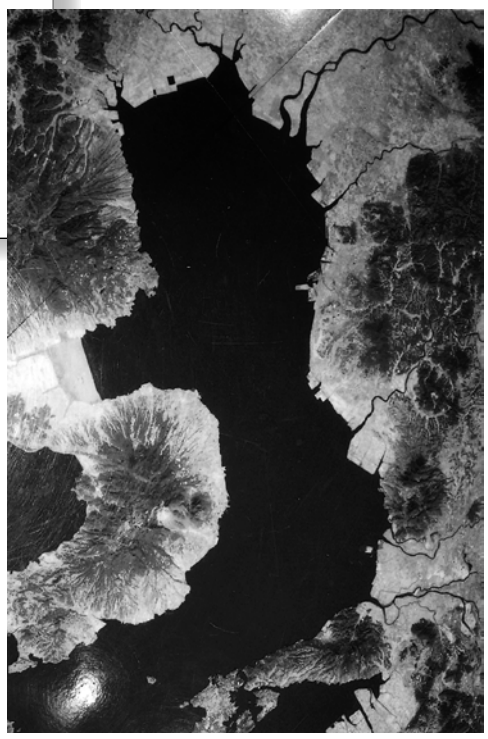
平成27年夏

玉川　孝道

第１章

超軟弱・有明粘土層に挑む

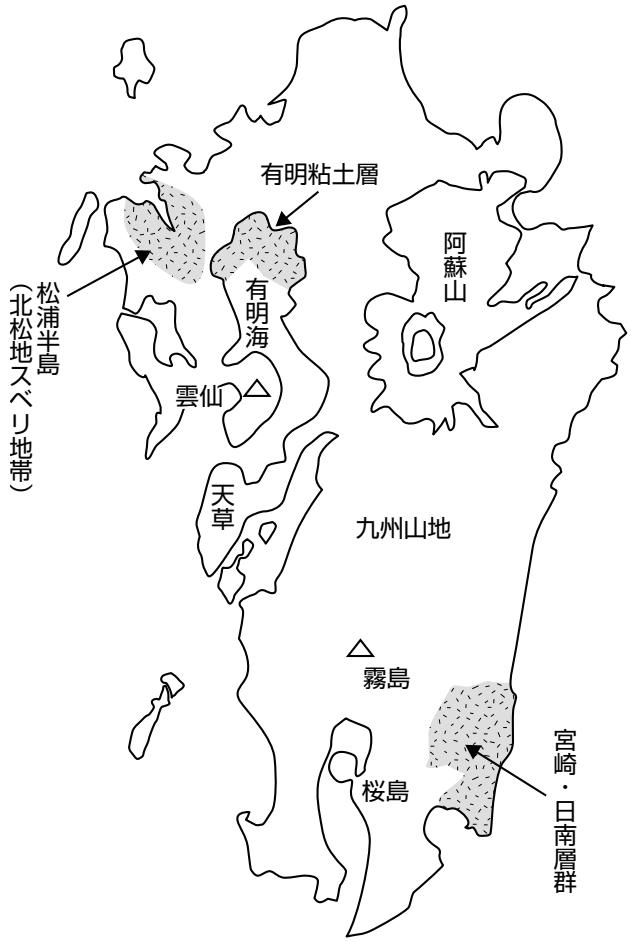
全国の干潟の43％を占める有明海。その豊かな海は、縄文・弥生時代から人々の暮らしと文化を育んできた。徐福伝説に始まり、吉野ヶ里遺跡、平家一族の日宋貿易、成冨兵庫茂安の治水・利水事業と干拓、戦後・日本一のコメ生産、そして今、超軟弱土壌に挑む有明海沿岸道路建設が進んでいる。有明粘土層は過去に蓄積されてきた技術と新開発技術をもってしても、手ごわい相手に変わりはない。有明海沿岸で、土木技術者の挑戦は続く。



ムツゴロウの住む有明海は、日本の43％の干潟を持つ豊かな内海

第１章　超軟弱・有明粘土層に挑む
第１節　①潮と泥との苦闘、住之江橋（国道４４４号）
②インタビュー百武文雄氏「ケーソンが倒れた」
③無人ケーソンへの長い道のり
④試練の六角川
エッセイ「有明海の時代」
コラム「東名遺跡」「白石多士郎」「リアルト橋」ほか
第２節　①成冨兵庫の仕事と謎―「佐賀平野の治水、利水、干拓」
②インタビュー荒牧軍治氏「兵庫に学ぶもの」
③決壊しない堤防を（有明干拓史）
④インタビュー三浦哲彦氏「軟弱地盤と戦う技術開発」
⑤治水、利水の４００年ｐｒｏｊｅｃｔ・嘉瀬川ダム
コラム「オランダ・デレーケを生んだ」「石井樋の仕組み―天狗の鼻と象の鼻」「葉隠武士の手本」ほか
第３節　○世代を繋ぎ開いた干拓　樗木武　九州大学名誉教授
①沈まない道路づくり―有明海沿岸道路
佐賀平野の有明海沿岸道路
②インタビュー横峯正二氏「コスト縮減と新技術と」
③超軟弱地盤に向き合う「黒崎堤と沿岸道路」
④提起されたローカルルール「沈下を許す新基準」
⑤インタビュー落合英俊　有明海軟弱土壌対策技術検討委員長（九州大学教授）「自然と共生する技術」
コラム「32㎞の防潮堤・慶長本土居」「有明海の干拓事業と技術」「柳川掘割物語」ほか
第４節　○有明海沿岸道路の整備　樗木武　九州大学名誉教授
①「沈下」と苦闘したサンドマークの橋「矢部川大橋」
②インタビュー彦坂熙　九州建設技術管理協会理事長（九州大名誉教授）「矢部川大橋、沈下が教える教訓」
③有明海沿岸に架かる橋梁群「有明粘土層と橋」
④筑後川をいかに渡るか「二つの長大橋と遺産保護」
コラム「デレーケ導流堤・百年現役の土木遺産」「佐野常民と三重津海軍所の建設」ほか

第五巻「特殊土壌」への挑戦―地の底の戦いで取り上げる有明粘土層、北松地すべり地帯、宮崎・日南層群の分布図



４００年の泥と潮との闘い

佐賀藩・成富兵庫茂安が「石井樋」など利水・治水の土木工事を推進して、４００年。平成27年（２０１５）、シンポジュウムなど記念行事が行われる。戦国時代が終わり「戦後」の江戸時代に入ると社会インフラの整備が一気に始まる。筑後川の築堤、河川改修や山地での水源確保、特に超軟弱な有明粘土層の干拓など、その数は１００事業に及ぶとされる。「戦後」（太平洋戦争）の食糧難を背景に、さらに干拓、利水事業は進み、反当たり日本一に輝いた「新佐賀段階」へ。高度経済成長期の高速道路（長崎道）、大型ダム（嘉瀬川ダム）の建設を経て、今、有明海沿岸道路の工事が軟弱地盤に対する土木技術を総動員して進行中だ。

手強い軟弱地盤に対する新技術には、成功と失敗が伴う。同時に、厳しくコスト抑制を貫き、地域の暮らしと環境への配慮も求められている。現実的で、かつ、最良の計画、技術の模索は、都市土木、アジアでの技術展開など、将来への、多くの可能性を秘めている。

４００年にわたる「泥と潮との闘い」、その軌跡を辿る。

プロジェクト九州

第1節①
潮と泥との苦闘

住之江橋

六角川河口、深さ30ｍの軟弱地盤に近代橋
木製枠ケーソン、音をたてて倒れる
沈下、隆起、傾き、滑り次々と

麦秋の初夏・5月、佐賀市から西へ白石平野を走って、「住之江橋」（3連続トラス橋）に向かった。有明海沿岸の軟弱地盤の中のこの橋の建設は橋脚基礎・ケーソンの転倒、滑りなど「潮と泥にまみれた苦い経験の連続」（東島栄氏・当時佐賀県土木部の論文）であった。

麦の穂が風に揺れて黄金の波を造り、名産のタマネギの収穫に人々が忙しく働いている。圃場整備され、整然とした耕地が広く広く、続く。夕陽に照らされた住之江橋は六角川の川面に3連アーチの曲線とトラスの三角形の対称が美しく映し、多くの画家やカメラマンを魅了してきた。かつては海岸線で、江戸時代初期、成富兵庫茂安（１５６０―１６３４）の指揮のもと造られた干拓堤防でもあった県道４４４号を走って、小城市芦北からこの橋で六角川を渡って白石平野に入る。白石平野は全国でも有数の干拓地であり、穀倉地帯となっている。人々が有明海沿岸に住みついて以来、豊かな干潟は、干拓地造成、営農のための長い年月と軟弱土壌と闘う労苦が積み重なっている。


軟弱地盤に挑戦した住之江橋

干満差、６ｍも

有明海の干満の差は最大６ｍにも及ぶ。筑後川や矢部川、嘉瀬川、そしてこの六角川を、脊振山地などからの風化した花崗岩や玄武岩などが有明海に流れ降りてきて泥土化、湾を「反時計回り」に西進する潮流が浮泥・微細なヘドロ粒を運び、このあたりの地先に分厚く堆積して、鉛色に広がる干潟を造ってきた。ムツゴロウなど独特の生態を観察できる干潟公園が六角川河口にある。盛り上がるように堆積した潟土の上をムツゴロウが穴から、ドングリ眼の愛嬌のある顔を出し、「領地」を犯すほかのムツゴロウを威嚇し、時に飛び跳ねて、威を示す。その横にはシオマネキが大きなハサミを振り上げている。栄養価たっぷりの「潟土」を何とか田畑に出来ないか。多くの人が、それを願い、挑戦してきた。だが、その「異常なほどの軟弱土壌」は幾度も人々の、干拓による新田づくりの願望を台風や高潮が押し流し、泥土の中に飲み込んできた。

本格的な干拓工事は佐賀藩による１５９０年代末に始まると言われる。以来、新田開発のための干拓は江戸時代初期から、明治、昭和にかけて営々と続けられ、干拓技術を開発、発展させ、今日の大穀倉地帯を出現させているのだ。その中で3連アーチの住之江橋は訪れる人々の目を引いている。

潮と泥にまみれて

住之江橋は、白石平野を流れる六角川を渡る県道４４４号の曲弦トラス橋だ。橋長２４９・７ｍ、3連のトラス、４本の橋脚を持つ鋼橋。現在は歩道橋が車道橋とセットで並行して架けられている。

橋への取り付け陸橋１００・３ｍ、取り付け道路７７０ｍ。工事の総延長は１１２０ｍ。調査・着工から約５年、昭和29年3月完成した。鹿島―佐賀を結ぶ、住民の暮らしにとって不可欠の橋で、車が次々と渡り、渋滞することも多い。しかし、軟弱

で深い有明粘土層の上に、重量のある橋という建造物を造るのは至難の事業だったろう。橋が開通するまでは、六角川を2隻の小さな渡舟が人と荷を渡していた。

「日本でもまれな、深さ30mにも及ぶ軟弱地盤に、鉄とコンクリートの長大な橋が架けられるだろうか」。多くの土木技術者の、強い関心の目が注がれる中での工事だった。

工事は昭和26年に始まった。白石平野は、広大な有明海沿岸の干潟の中でも、最も手ごわい超軟弱地盤である。住之江橋の上流、海岸から5㎞に、トラス橋（ワーレントラス）でコンクリートの橋脚を持つ六角橋が昭和6年に完成している。国道207号、六角川の支流・牛津川を渡る、住之江橋の約半分の橋。明治時代に架けられた木橋が3代の架け替えを経て、ようやく「流れない橋」が実現している。さらにその前年の昭和5年、上流には長崎本線の鉄橋（六角川橋梁）が架橋されている。下流の住之江橋に比べ、橋脚は両岸に造られ、スパンも短い。

しかし、住之江橋はより海岸・河口に近く、有明沿岸幹線道路建設の最初に架ける、当時としては長大橋だった。川幅も広く、軟弱地盤も分厚い。福岡県の有明沿岸では干潟を構成する沖積土は地表から深さ約10mだが、この六角川周辺では約15mにも及ぶ。その下に小さな砂層と軽石混じりの交互層が8m、さらに3mの粘土層と続き、ようやく橋脚の基礎に出来る粗砂層（3―6m）に届く。

教室の窓が音をたてる

「運動場で40、50名の生徒が走れば、教室の窓ガラスがガタガタ音をたてる」「鉄道から100m以上も離れている家でも、列車が走るたび、ミシミシと揺れる」（白石町史）。これだけの軟弱地盤の上に、重量のある鉄鋼製のトラス橋を建設すると、当然のことながら沈下する。一体、どのくらいの支持力がこの土壌にあるのか、本当に架橋は可能なのか、架橋を可能にするには、どのような対策技術が必要なのか。慎重な事前の実験が行われた。

有明海沿岸の広大な干潟に建物や道路、堤防などの建造物を建てる場合、沈下防止に、低部に材木と石などが敷かれ、松杭が打ちこまれる基礎工法が伝統的に行われてきた。

江戸時代、佐賀平野で多くの防潮堤工事や河川工事を手掛けた成富兵庫が指揮した石井樋（佐賀市）など分水路の石垣堤防の基礎には松杭が打ちこまれ、石を載せる横木を並べて「底床」とし沈下を防ぎ、石を積み上げている。水中の木材は腐敗せず、極めて有効な基礎部材となることを十分知っての工法だ。

例えば、巨勢川調整池（佐賀市）建設時、地下5mから発掘された縄文前期の貝塚・東名（ひがしみょう）遺跡の網かご（ドングリの水漬け用の籠と推定されている）は7000年の歳月を経てもほとんど原型を保っている。この遺跡は、縄文海進で海中に沈み込んだもので、川が運んできた土砂と満ち潮が巻き上げる浮泥に埋もれて、「完全保存」されていた。

また、成冨兵庫が建設した「五千間堤防」はここ住之江から有明町までの約9㎞、約300町歩もの干拓地を広げるための長大な防潮堤。松土居とも呼ばれ、松の木を堤防の内側に植え、「成長を待って堤防の補強材やさらに干拓を前進させるときの堤防づくりに使うためだったと思われる」（荒巻軍治・佐賀大学名誉教授）。水中の木材の「不朽性」が基礎工事にいかに有効か、「当時の土木技術者は経験的に知っていた。その上に現在の土木技術がある」（荒巻名誉教授）。

泥中の基礎工事

住之江橋建設当時、六角川の堤防は年間2―3㎝沈下すると言われていた。沈下が続けば橋はもたない。沈下を抑えるためには橋脚基礎を安定した地盤まで掘り下げ、安定させることが必要だ。そのためにはケーソン（潜函）据え付け以外に方法はない。「その選択しかなかった」と当時の技術者は書き残している。

住之江橋は4本のコンクリート橋脚を持つ。橋脚を支える基礎づくりは泥土の中にケーソンを深く降ろさなければならない。一体、どの程度の深さまで行けば、安定した地盤が得られるのか。伝統的な基礎杭にならって、コンクリート杭（直径40㎝、長さ20m）の打ちこみ試験が行われた。深さ14m迄は軟弱粘土層で抵抗がなく、支持力はほとんど期待できないことが分かった。地表から18―19mの深さの軽石混じり細砂層に達して初めて支持力が得られた。橋脚基礎はその下の粗砂層（深さ28m、厚さ3―6m）とすることになった。従って基礎は約28mの深さまで必要だった。

もう一つの試験は、橋脚基礎を造る場合、この軟弱地盤がどの程度、沈下するか、である。沈下試験は盛土で行われた。木板で造った箱（底面積1・5m×4・5m）に土を積み重ねて行く。盛土が2・6mに達したところから、盛土の箱は傾き始め、さらに盛土を続け、高さ3mになったところで急激に傾き、「メリメリ」と大きな音をたてて、崩れ落ちた。このことから、この地の干潟の上に道路を建設する場合、高さ2・6mの盛土が限界であることも分かった。

悪戦苦闘のケーソン

しかし、これらの現場試験によって、橋という重量物を支える橋脚の安定した基礎の作り方・施工法が明確に解明されたわけではなかった。

住之江橋を支える橋脚は4本（P

1からＰ４）。両岸のＰ１とＰ４は堤防際（満潮時には川の中となる）に、Ｐ２とＰ３は川の中に建てられる。橋脚を支える基礎はｐ３が32ｍ、そのほかの３つのＰは27・５ｍ深さまで掘り下げて建設されることになった。泥土中に地上７―８階建ての高さのコンクリート製の小ビルを建てるのに似た工事となる。

コンクリート杭の場合は比較的抵抗なく、打ちこむことになるが、橋脚基礎は重量も、体積もあり、当然、沈下の度合いが異なる。安定を得るための実験と解析が行われたが、技術者たちに「確たる自信」があったわけではなかったようだ。変位は起こるだろうが、それに必要な対策をして行けば何とかなる。それが自然を相手にする土木技術と言うものだ、と。実際、関東大震災後、隅田川に架け替えられた橋梁群は米国技術者の指導の下、ケーソンが使われ、その工法の安定性は確認されていた。

しかし、軟弱土壌での沈下に加えて、有明海では潮の干満による大きな力も加わる。ここでの干満差は最大６ｍ近い。毎日２回、満ち潮が押し寄せ、引き潮も強い。このため約30ｍ近く掘り下げて、橋脚基礎を造ることになると、地盤の沈下と潮による横揺れ、つまり「縦と横の力」が働く中での工事となる。

橋脚基礎は木枠ケーソン（木造潜函）による有明海沿岸での初めての建設（圧気潜函工）であった。当時は鋼製のケーソンはなく、近くの住之江港・造船所船台で木枠の箱型ケーソン（高さ16ｍ）を造り、船で曳航して建設現場に据え付け、コンクリートを流し込んで、次第に沈下させて行き、橋脚基礎を造る計画であった。

大音響と共に、ケーソン転倒

河床の地耐力はごく弱く、安定させるためケーソン底面は２段刃口の構造とし、さらに潮が川をさかのぼり、あるいは流速の速い引き潮、その干満差が作用（水平移動）する。満潮時には木製ケーソンは浮き上がり、干潮時には河床のせん断破壊が起こる懸念があった。傾斜は据え付け工事の最初から始まり、倒壊の不安の中、作業は干満の間の時間を使った「悩ましい作業であった」。

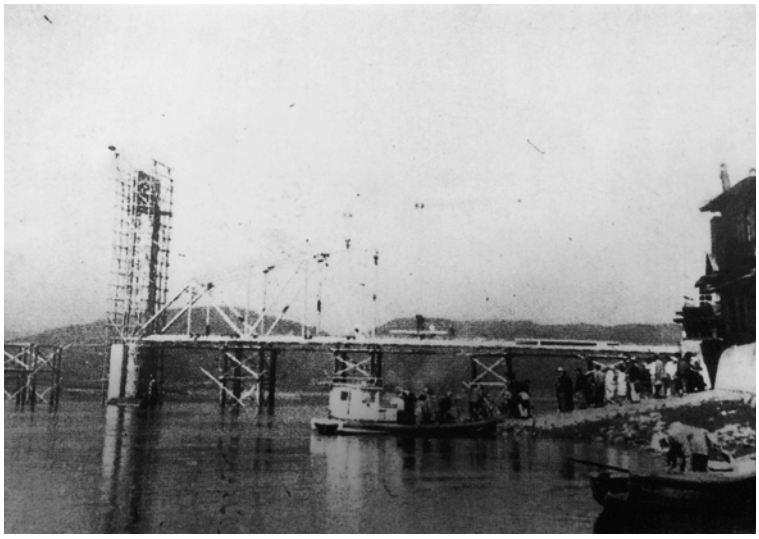
「河床の極限地耐力は３―４ｔ／ｍに過ぎず、この上に５―６ｍの潮汐差が作用するために、満潮時に浮上する木函も、干潮時には河床の剪断破壊を起こす恐れが多い」（当時佐賀県土木部・東島栄氏執筆・「土質基礎的に見た住の江橋工事」）。実際、その不安は現実となった。

昭和28年３月17日午後６時、ちょうど年間で最大の干潮時だった。水中に沈下させたＰ２基礎の木造ケーソンが音をたてて転倒してしまった。

根入れ1・3ｍ、コンクリートは５・７ｍまで打設が進み、総重量４９７ｔにまでなっていた。ケーソンに少し傾きが出たため、反対側から、コンクリート打設・注入してバランスを取ろうとしたが、「一瞬のうちに転倒してしまった」。「メリメリ」という大音響と共にケーソンは、横倒しに近い約40度まで倒れ、打設の足場となっていた桟橋も倒壊、作業員がウインチなど作業機器と共に川の中に転落、落下したが、奇跡的に、けが人はなかったのが幸いだった。



有料道路として開通した住之江橋


ケーソンが倒れた工事中の住之江橋

た。

工事概要書（佐賀県土木部作成）は倒壊の原因を①大潮前に送気掘削が出来ず時期を失った②年間で最干潮期であった③コンクリート打ち上げを急ぎすぎた④潮流のため河床が不均等に洗掘されていた、などを挙げている。

ケーソン立て直し

ケーソンを壊して新しく作り直すか、復旧させるか。技術陣は無残に壊れ、傾いたケーソンを前に検討を続けた。ケーソンは40度もの傾きとなっているものの、浮力が大きく働くことに着目、これを利用して、ワイヤーで右岸側から引っ張って立て直すことになった。浮力が大きくなるのは当然、大潮時だが、干満の流速が早くなると危険だ。このため作業は小潮満潮時とし、浮力を増すため、２ｍほど外壁を継ぎ足した。

ケーソンは木製であることもあって大きくゆがみ、破損個所もあり一度は排水に失敗、補強した後４月20日から本格的な復旧工事に入った。40度から７度まで引き起こすのに５日間かかったが、その後の大潮時には５度から10度程度「浮遊状態が続いた」。危険な干潮期は引っ張り続けて切り抜け、ようやく立ち直らせた。その後の橋脚基礎工事では「傾き」に神経を使い、満潮期に限ってケーソン内の掘削を行った。こうしてＰ２の基礎工事は２２０日もかかる長期工事となった。

根入れ深さ11ｍ迄は大きな傾斜に悩まされたが、幸いなことにその傾きの調整も超軟弱土壌ゆえに、容易に出来た、という。12ｍ以下の粘質砂土まで下りると、かなり安定してきたが、逆に、小さな傾きでも修正が難しくなっていった。

沈下、隆起、滑りが次々に

ケーソンの「変位」は両堤防沿いに造られるＰ１とＰ４にも現れた。Ｐ２の沈下に伴う傾き変位に対してＰ１とＰ４ケーソンは横への滑り（水平変位）に悩まされ続けた。「不可解であったことは斜面上にあったＰ１潜函が短手方向で終始護岸側に傾斜して直らず、対称の位置にあったＰ４潜函が反対に流心側に傾き続けたことであった」（東島・同）。Ｐ１は護岸側にＰ４は川の中央に傾いてズレ、最終的には、１・７ｍもの変位となり、支間距離を変更せざるを得なかった。

軟弱地盤ゆえの「異変」は思わぬ現象を生んだ。ケーソン作業のための送気用コンプレサーの振動で半径10ｍ以内の多数の井戸（深さ約32ｍ）が破損したり、水質変化などが起こり、13カ所の井戸が汲み上げ不可能となった。また工事現場周辺の家屋でも瓦がずれ落ちたり、壁が崩れ、家全体にゆがみや、狂いが生じた。

また、護岸擁壁は１・３ｍ沈下、１ｍの水平移動が起こった。これによって斜面に大きな地滑りが起こってしまった。堤防の上に設けられた仮設物の重量とケーソンの重さと据え付けのため斜面の一部を削り取ったことなどが、安定を失った原因と考えられた。擁壁に空間を造り、土圧を少なくする工夫も行われた。

取り付け道路建設は、盛土で造成する（７７０ｍ、１７５００㎥）。陸橋取り付け部で両側20ｍにわたって隆起（高さ80㎝、幅６ｍ）した。盛土の重量で滑りが発生、隆起したのである。干拓のための堤防づくりでもこうした「滑り」に苦しんできた。堤防を造るため、盛土を行うと、その重量によって盛土が「滑る」。この滑りを抑えるため堤防の側面に「押さえ盛土」工法が施されている。

陸橋取り付け部だけでなくほかの盛土道路沿いにも隆起が起こったが、これを抑えるため、隆起個所に「抑え盛土」（高さ１ｍ－０・５ｍ）して、それ以上の隆起を防止、さらに杉丸太を打ち込んで横への滑りを止め、補強した。それでも約１カ月は、道路部分の盛土工事は中止せざるを得かった。

大きな技術進展

六角川河口近くの橋長２５０ｍの住之江橋は、潮の満ち引きの大きい、かつ深い超軟弱土壌の上に建設された有明沿岸での初期の近代橋である。架橋によって、渡し船での「渡河」の不便は解消され、住民待望の有明海沿岸道路の「先駆」となった。有料道路制度を活用した建設であったため事業資金１億９１２０万円は通行料金（バス１５０円、普通乗用車１００円、自転車５円）によって３年据え置き15年間で償還することになった。

住之江橋建設は有明粘土層での基礎工事技術に多くの教訓を残した。それまでの軟弱地盤での潮止め堤防建設で積み重ねられてきた松杭や沈床など伝統的な対策工法に加えて、橋脚基礎の設置では、経験したことのない30ｍ近い深さの木枠ケーソン据え付けで、傾きや滑り現象に苦しみながら完成させることによって、軟弱土壌での橋梁建設技術に大きな歩みを印すことが出来た。

住之江橋の上流（六角川）には江北と福富をむすぶ「新渡大橋」（広域農道整備事業）がある。橋長１８９・８ｍ。高い主塔を持つＰＣ斜張橋で、橋の重さを軽減するため、桁の厚さ１・２ｍとし、軟弱地盤を意識した橋である。平成６年（１９９６）、住之江橋から41年後に完成した。

住之江橋完成から60年近くを経

て、有明沿岸道路が佐賀市から鹿島市へ向かう佐賀福富道路（10㎞）、福富鹿島道路（9㎞）の建設計画が進んでいる（一部供用）。超軟弱土壌の白石平野、さらに、住之江橋の下流で六角川を渡る橋梁建設は、大きな技術的ポイントになるだろう。危険なケーソン作業が無人化され、さらに高度化された橋梁技術を駆使して、平成24年に完成した有明海沿岸道路の矢部川大橋でさえ、軟弱地盤に建てられた主塔基礎の沈下に悩まされてきた。「潮と泥にまみれた苦闘」は、これからも、なお、続いていくのである。

◇　◇

さが水ものがたり館

佐賀市の石井樋公園内にあり、成富兵庫の治水利水事業を紹介。ビデオや展示で学ぶ。バスツアーや感謝祭も行われている。



有明海　黒田達也

こんな長閑かな日には
遥かな時間をたぐりよせるのも悪くはない
親しい地質学者の証によれば
古代筑紫の有明海は陸地であった
一万年もむかしの話だ
これは地球の温度に関係がある
鬱蒼とした　原生林　あるいは
やさしい沼のほとりを
ナウマン象の群れがのし歩く光景を思うのは
たのしい幻想である
（黒田達也・「ホモサピエンスの嗤い」昭和63年8月）

黒田は島原へのフェリーで「渡っているこの海が、ある調査によれば、かつて象の住処だった」ことに突然、気が付いた、という。「しかも、その原始林にアフリカ系のナウマン象が群れを成して歩くことを加えれば、百万年という気の遠くなる時間が生き物のように蘇ってくる」と書いている。

黒田達也　詩人。（１９２４～２００８）大牟田市生まれ。詩集「硝子の宿」「時間の岸辺」「北極上空」「ホモサピエンスの嗤い」のほか「西日本戦後詩史」がある。

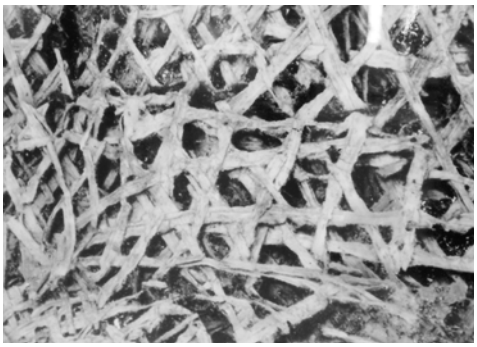
奇跡の発見、東名遺跡（佐賀市）
7000年前、不朽の縄文遺跡

高速道路・長崎道の佐賀大和ＩＣを降りて，福岡側へ佐賀平野を走ると水門そばの「東名遺跡」資料館に着く。東名遺跡は国土交通省の「巨勢川調整池」（約55ｈａ）造成工事で貝塚遺跡として発掘された。平成５年から同８年にかけて、詳細な調査が行われ、縄文時代前期、約７０００年前の国内最古の湿地性貝塚遺跡として注目され「奇跡の発見」とも呼ばれた。

調整池建設のため約５ｍ掘り下げたところ、南北50ｍに６カ所の貝塚群が現れた。高さ３ｍほどの小さな丘に集落跡があり、近くの谷沿いに貯蔵穴や炉の跡、墓地、多数の土器、石器が発掘された。佐賀平野では吉野ヶ里遺跡など弥生遺跡は数多いが、縄文時代の遺跡は少なかっただけに、考古学者の注目を浴びたのである。

しかも、縄文人の暮らしぶりが、タイムカプセルに保存されていたように、ほとんど、そのまま出現した。約６０００年前、縄文海進と呼ばれる、海が陸地深く浸入してくる現象が起こった。海岸沿いに暮らしていた「東名」の縄文人は集落を放棄して、内陸に移動したものとみられる。海中に没した集落と貝塚は有明海特有の大きな干満によって潟土に埋もれた。約５ｍの粘土層に覆われた東名遺跡は、通常は残らない動植物性遺物が完全保存される「奇跡の遺跡」となった。

特に、ドングリを貯蔵した「網かご」や木製の皿類、さらには珍しい髪飾りや「竪櫛」がほとんど原型で発掘された。これらの木製品は泥土によって腐ることなく７０００年の命を長らえることが出来た。ワラビを素材とした３本組の縄やツヅラフジの「撚り縄」などから数々の加工品までその技術を知るうえで、極めて貴重な出土品だ。


貯蔵用（?）の網かご

THE CIVIL ENGINEER

第1節②
インタビュー
百武文男氏

ケーソンが倒れた

30～40ｍもの有明粘土層と潮の干満
住之江橋―予想外のことが次々と
「逃げろ」―大音響と共に、ケーソン傾く

――住之江橋架橋工事に初期から携わられました。

百武氏　それが奇妙なきっかけでして。高校3年生の時、バスケットの佐賀代表として国体に出場することになりましてね。旅費稼ぎのアルバイトで、生家の近くの住之江橋の地質調査に雇ってもらったのです。ケーシングで採取したコアを調べ、橋脚基礎の地層を調べる仕事でした。深さ30―40ｍもあったでしょうか、基盤となる砂層にたどり着きました。あのあたりの軟弱な有明粘土層はそれほど深いのです。

――工事関連の記録を読むと、「有明沿岸幹線県道」に位置付けられていますね。住之江橋はそのスタートだったのでしょう。

百武氏　翌28年高校を卒業して佐賀県庁に入りますと、すぐ住之江橋の現場にやられました。入庁したばかりの新米ですから道路計画の詳細は分かりませんでした。しかし、橋が出来るまでは、その下流で人々は六角川を「渡船」で渡っていました。夜、渡船が終わると、泳いで川を渡るほかなく、住之江橋は住民にとって、待望の橋でした。

――上流に六角橋が既に完成していましたが、支間は住之江橋の半分ぐらいで、住之江橋のスパンは長く、川の中に橋脚・基礎を作らねばなりませんでした。

百武氏　終戦間もないころでしたから、当時はまだまだ物資不足で、コンクリート打ちも、貴重なセメントを使うわけですから、現場監督の私は施工の監督のみならず、ミキサーの前に立って、セメントが盗られないように徹夜で監視する役でした。終戦直後でいろいろな建設資材が不足していましたからね。

――橋脚基礎は当時珍しかったケーソンで造ることになりました。

百武氏　ケーソン専門の「白石基礎（ＫＫ）」が施工しましたが、白石基礎にとっても、これほど柔らかく深い有明粘土層で施工するのは初めての経験だったろうと思います。すぐ下流の住之江港に造船所がありましてね、そこで木製のケーソンを作って、船で曳航して現場に持ってきたのです。半分ぐらいまで作って、現場に運び、さらに付け足して、随分、背の高いケーソンだなーと見上げた記憶があります。

――そのケーソンが工事途中で傾き始めた。

百武氏　私はケーソンの横に造られた工事用桟橋からコンクリート打設作業を監督していました。陸の上でミキサーにかけたコンクリートをトロッコで桟橋を使って現場に運び、打設するのです。突然、「危ない。逃げろ」の声がしました。ケーソン



百武 文男 氏

（ひゃくたけふみお）**プロフィール**

昭和8年5月28日生まれ、佐賀県杵島郡福富町住之江出身。佐賀農業高校卒業後、昭和28年佐賀県庁（土木部）に入り、直ちに住之江橋架橋工事事務所赴任。以後、昭和43年伊万里水害復旧工事、国道３２３号・雄淵トンネル工事など佐賀県の土木事業に携わる。平成４年県庁退職。



橋がなく、渡し舟で川を渡る住民

が1・3ｍぐらい根入れしたところで、傾き始め、「メリメリ」と大きな音をたてながら40度ぐらいまで傾いたのです。桟橋も壊れ始め、私は命からがらで逃げました。危なかったですね。

――原因は何だったのでしょう。

百武氏　まだケーソンの根入れが浅い段階で、潮が引き始めたためです。干潮時の潮は早いですからね。４本の橋脚基礎を造らねばならなかったのですが、大きく傾いたのは河道に基礎を置いたＰ２とＰ３のうち、Ｐ２で、音をたてて傾き、倒壊したのでした。こんなことは、ケーソン専門の白石基礎にとっても初体験だったでしょう。他の３本の橋脚基礎もＰ２ほどではなかったとしても、傾いたり、滑ったりしましたので、両岸から太いワイヤーロープで引っ張り、出来るだけ傾かないように、安定させるようにしました。

――傾いたＰ２を引き起こすのにも苦労された。

百武氏　引き起こすか、壊すかいろいろ論議され、結局、引き起こして復旧することになりました。意外に浮力が大きかったのです。まだ根入れが浅く粘土層が非常に軟弱でそれを利用して、引き起こそうというわけです。対岸からワイヤーをケーソンに懸け、ウインチで引くのです。途中に、錨を降ろして固定した船に支柱を立てましてね。同時に、ケーソンを引き起こす側の片側にコンクリートを打設して、引き起こしやすいように重量をかけ、ゆっくりゆっくり引き起こしたのです。事故から３日後の午後１時頃から作業をはじめ、復旧工事４日目の午後９時頃までかかりました。引き起こしてからは、ケーソンの横に杭を打って安定させ、コンクリート打設もゆっくりと、しかも平衡がうしなわれないように、慎重にやりました。

――ケーソンの下部の掘削作業の多くの現場で、潜函病が発生していますが、そうしたことは起こりませんでしたか。



住之江橋架橋工事の関連書類

百武氏　30ｍ以上も深いところの作業ですから、私自身も現場監督のためもぐっていましたから、ケーソン病の症状が出ました。４本の橋脚基礎のいずれのケーソンの作業現場にも入ったのですが、５気圧もの高圧の現場でしたから、肘など節々が痛みはじめるのです。減圧ロック室で12―20時間入ってジワーッと戻って行かなければならない。そうすると痛みが取れ、平常気圧に戻れるのですが、命がけの仕事でしたね。それでも作業員たちは減圧が長くかかり面倒くさがっていましたね。

――ようやく掘削工事が終わり、下部構造が出来、上部工事となりますね。

百武氏　トラス橋ですから、鋼材を繋ぐのは「リベット」でした。その１本１本をハンマーでたたいて、その打音で検査するのですが、橋のアーチをよじ登っての点検でした。引き潮の時はアーチの上は水面から随分高くなって、トラスアーチの頂上から30ｍもあったでしょうか。怖いくらいでした。リベットの打ち方が不十分だと、やり直させたり、大変でした。塗装の検査も作業服はペンキだらけになっての検査でした。

――住之江橋は有明粘土層での最初の本格的な架橋工事でした。

百武氏　現場はムツゴロウやカニがはい回る干潟そのものでした。そこに橋という重い構造物を造るのですから、本当に難しい工事でした。今、つくづく思うのは土木技術は「経験工学」だな、という事です。パソコンから出てくるデータ、数値のみで設計や施工は出来ない。そんなことをすると、大ごとになる。現場でやって見て、それに一つ一つ対応して経験を積み上げて行く。それが土木と言うものです。全国にもまれな軟弱さを持つ有明粘土層で、30ｍ以上も掘り下げて橋脚基礎を造るのですから、何が起こるか分からない。ケーソンが倒れたり、傾いたり、滑ったり、工事現場周辺の土地が隆起や滑りなど異変が起こったり、予想していなかったことが次々に起こりました。それが土木なのです。

――架橋工事で、今、最も記憶に残っているのは何でしょう。

百武氏　昔のことで、多くは忘れてしまいましたが、忘れられないのは、大被害を出した昭和28年、西日本大水害の時、六角川も濁流に洗われ、多くの流木が流れ下ってきました。ちょうど、住之江橋は工事用の桟橋を作っていた時でした。鳶の親分格のＡさんが流木に巻き込まれて流されました。みんなで何とか助けようとしたのですが、ダメでした。60年以上も前のことですから、多くのことは忘れていますが、あの光景、彼の名前だけは鮮明に記憶に残っています。

プロジェクト九州

第1節③ 無人ケーソンへの道

長大橋への道拓く

画期的なニューマチックケーソン工法 関東大震災で、日本に技術導入 扉を開いた白石多士郎（1887～1954）

ケーブルが優雅に曲線を描く吊り橋であれ、弦楽器ハープを思わせる斜張橋であれ、人々がその美しさに感嘆して橋を見上げるとき、その橋を支える、水中のあるいは地中の基礎工事にまで思いをはせる人はほとんどいないだろう。「縁の下の力持ち」という言葉あるように、目に見えることのない橋の基礎は橋自体の重量に加えて、橋を渡る車、人びとの重さを支え切る頑丈さが求められる。重さだけではない地震や大型車両の振動、さらには地下水や潮の干満など水の動きにも耐える物でなければならない。

橋の歴史は、その基礎づくりのための橋梁技術者の苦闘を綴った戦記でもある。特に、水中や軟弱地盤の上に、橋を架けようとするとき、その基礎技術と施工の難しさは倍加する。水あるいは土という自然を相手に、それに抵抗、あるいは制圧しようとする人間の傲慢な行いは、時として大きな代償を支払うこともしばしば生じた。そうした「人柱」ともいえる犠牲の上に、今日の橋梁基礎技術はある、といえよう。

このような中で誕生した橋梁基礎工事技術の一つが、ニューマチックケーソン工法である。数々の難題を克服して、今、「無人化」を実現したニューマチックケーソン工法が展開されている。工事に当たる人びとを危険に晒すことなく、かつ効率的に工事を進め、建造物の巨大化、大深度での工事を可能にし、社会、経済的に大きなメリットをもたらしている。

ニューマチックケーソン工法とは

どうすれば、地中や海底での作業が可能になるか。何より海底の作業空間から水を排除しなければならない。水槽の水面にお椀をかぶせて水中に押し込むと、お椀の中に空気が入ったまま、中に空間が確保される。「潜函」と呼ばれるようになったコンクリートで出来たその空間に、水圧に見合う高い気圧で圧縮空気を送り込むと、その空気圧で地下水の浸入を防ぐことが出来る。

このニューマチック工法での潜函作業を最初に開発したのは、フランスの炭鉱で、地下水面下20ｍに鉄製ケーソン枠を沈め、立坑をつくった（1841）。約30年後、その技術を長大橋建設に使ったのはニューヨーク・ブルックリン橋を架橋した技師長のローブリング親子だった。父ジョンは基礎工事のための測量中、事故で命を落とし、息子ワシントンによって大深度の潜函作業が進められた。その多くが手作業であったが、当時とすると極めて効率的であった。ブルックリン橋の中央には今でも潜函作業の様子を伝える銅板がはめ込まれている。木製のケーソン（平面寸法52・4×31・1ｍ）でその最下部の作業室天井は角材をボルトで締め、鉄板が張られ、角材の上に石積みした構造で22・8ｍ沈められている。

その後、長大橋の建設には水中基礎・ケーソン設置のニューマチック工法が必須のものとなった。直接、地質、岩質を確かめられ、橋梁安定のための精度の高い作業が出来るのは魅力的だったからだ。ブルックリン橋に続いて、同じニューヨーク、イーストリバーにマンハッタン橋、ウイリアムズバーグ橋が建設され、カナダのセントローレンス橋、英国のフォース鉄道橋など次々と架けられた。世界の長大橋はこの工法抜きでの建設は考えられない。

橋梁だけではない。パリのエッフェル塔（1885）もそうだったし、20世紀に入るとマンハッタンには超高層ビルが林立するように建てられるが、その基礎もニューマチックケーソン工法で行われた。

この工法に強い関心を持って見ていた日本人がニューヨークにいた。白石多士良。東京帝大土木学科を卒業、鉄道院に入ったが、辞職し、2度目の米国留学中だった。「この工法を日本に導入できないか」。

運命的なタイミング

米国からヨーロッパを回って帰国、横浜港に着いた白石の目に入ったのは関東大震災（大正12年9月）による帝都・東京の荒涼とした焼け野原だった。隅田川に架かる橋群は地震と火災で落橋、多くの犠牲者を出した原因の一つとされていた。復興事業の中で、橋梁再建で特に強い基礎を造るため注目されたのが、高い施工性と信頼性を持つニューマチックケーソン工法だった。そこに白石が帰国してきた。運命的なタイミングであった。

米国に人脈を持つ白石が、復興局

嘱託となり、その技術導入の一切を任された。米国から必要な工事用機械を購入、技術指導のため3人の米人技師が派遣されることになった。永代橋を最初に、清洲橋が、次いで、蔵前橋、言問橋などがニューマチックケーソン工法で架けられていった。招かれた3人の米人技術者の指導を受けながら、日本人技術者は現場作業を通して、技術を身につけ、その後、様々な建設現場で活躍した。この工法は、橋梁だけでなく、ビルの基礎、地下鉄建設、火力発電所など大型工事には欠かせない工法に成長していった。

戦後、九州での架橋工事で最初にニューマチックケーソン工事が行われたのは佐賀県・六角川を渡る住之江橋（昭和27年から同29年）だった。厚さ約50ｍにも及ぶ有明粘土層に橋脚基礎をケーソンで造る工事だったが、その軟弱な地質、６ｍもの差のある干満潮に苦しめられた。福岡県の大川橋（昭和28年）、宮崎県の高松橋（同29年）が続いている。白石は、ニューマチックケーソン工法を日本に定着させ、橋梁技術を大きく高め、昭和29年7月6日、死去、66歳だった。

数々の実績があるニューマチックケーソン工法だが、そこに至る道のりは決して平坦ではなかった。特に技術者の頭を悩ましたのが「減圧症」と呼ばれる高気圧作業独特の職業病である。この症状は、高気圧の作業室から通常気圧に戻る時に生じる。きちんと決められた時間をかけて減圧を行えばそのような状態は起きないのだが、当時はその時間も定められたものがなく多くの作業者がその痛みに苦しんだとされている。

この分野の研究は、１９０７年、英国人医師のホールデンが減圧理論を提唱し、大きな転換点を迎えた。日本では、埼玉医科大学の研究を中心にして、１９６１年に高気圧作業安全衛生規則が制定され、公的な減圧表が初めて公の場に登場した。40年以上の歳月を経て、今、東京医科歯科大学の眞野教授を座長として規則の改正作業を行っている。

無事故、無人化への長い道のり

減圧症の発症過程を考えると、その作業内容に大きな影響、要因があることがわかる。工法導入当時の掘削作業は、ツルハシ、スコップによる人力作業に頼らざるを得なかった。強い作業負荷がかかる掘削作業は、高気圧のみならず、高湿度下の閉塞空間で、過酷な労働であった。

戦後、日本は急速な高度経済成長時代を迎え、道路、鉄道等でニューマチックケーソン工法の需要も大きく増加した。大規模な工事も多くなり、急速な効率化が求められ、必然として掘削作業は人力から機械に変遷することになる。当初は、函内ブルドーザーと呼ばれた土の集積作業機械が活躍し、その後、バックホウ型の掘削機械が主流となった。

消えたスコップを持った作業員

１９７０年代に入ると画期的な掘削機械が開発された。天井走行式ケーソンショベルである。高気圧作業室の天井に設けられたレールを走行し、そこを反力として、掘削地盤の影響を受けずに作業ができる。それゆえ飛躍的な効率の向上が実現できたのである。スコップを持った潜函内の作業者の姿はなくなった。それ以外では未だ人力にたより。効率を阻害するもう一つの大きな要因は解決されないままである。それは深度が深くなるほど作業時間が減り、また、水深30ｍを超える気圧では減圧症の発症率が３％程度、生じてしまうことであった。

日本はアメリカに次ぎ、世界第二位の経済大国に成長し、バブルを迎える頃になる。日本のお家芸と呼ばれる製造業、特に自動車、家電を中心に技術立国として日本ブランドが定着し、エレクトロニクス技術が急速に進化する。

大断面、大深度の時代へ

車社会の到来と利用者の急増により、道路橋は大規模化、長大橋時代に入る。基礎としての安定性とあらゆる地盤に対応できるニューマチックケーソン基礎は、その要求に応じ性能をあげて社会ニーズに対応すべく技術開発を進める。

１９８６年、東京のランドマークの一つとなっているレインボーブリッジの巨大なアンカレイジ（70・1×45・1ｍ、世界最大級）、主塔基礎の建設にニューマチックケーソン工法が採用された。断面積が３１５７㎡、着底深度が海面から46・5ｍとなり、まさに大断面、大深度工事であった。

遠隔操作が進行

この頃は、電子機器がかなり活用できるようになり、ケーソンショベルの遠隔操作開発が進行していた。レインボーブリッジのアンカレイジ工事では、高気圧作業室に大気圧カプセルを投入し、作業者が高気圧作業に入ることなく掘削作業を行う「カプセル式遠隔操作」を実施した。無人化ケーソンの第一歩であった。

しかし、掘削作業は無人化を実現したが、機械のメンテナンス、トラブル等には、人の手が必要となり、完全には解決されない。１９９５年、名港西大橋のニューマチックケーソン基礎工事で、ヘリウム混合ガスを呼吸しながら高気圧作業を行う初めての工事が実現した。ヘリウム混合

ガスを呼吸すると、分子数の小さいヘリウムの効果により、呼吸抵抗が緩和され、減圧症の発症確率が大幅に低減される。

60年後の再挑戦

有明海沿岸道路にかけられた矢部川大橋は、無人化ニューマチックケーソン工法が採用された基礎工事である。全国有数の軟弱地盤・有明粘土層の中に主塔基礎を構築する難工事は、橋梁技術者を悩ませ続けてきた。ケーソン工法が九州で最初に使われた佐賀県・住之江橋では分厚く、軟弱な有明粘土層と大きな潮の満ち引きでケーソンが傾くなど、苦戦が続いた。それから約60年、無人システムに進化させた最新のニューマチックケーソン工法の有明粘土層への再挑戦である。

矢部川大橋は有明海の河口から約4㎞。基盤層となる洪積層の上に、沖積層の地下水を多く含む「有明粘土」が積もっており、その中間には砂質土層が挟まっている。ここに深さ49・5ｍ、ビルの高さで言えば14、15階建てに相当するケーソン（長さ22・5ｍ、幅13ｍ）を主塔基礎として2基、設置する。橋の規模からは考えられない、有明粘土層ゆえのケーソンの大きさであった。ケーソン下部の作業室が5気圧にもなるため、陸上からのモニターによる遠隔操作で掘削する無人化ニューマチックケーソン工法が採用されることになった。無人化工法によって、安全が確保され、作業時間の制約はなく、工期の短縮、コスト削減にもつながっている。

しかし、機械の点検修理、工事終了後の解体・撤収、さらに地耐力の試験機設置撤去など、どうしても人でなければ出来ない作業が残る。これには、ヘリウム混合ガスシステムを利用し、減圧症の抑制対策を行い、一人の発症者も生じることなく工事を完了させた。

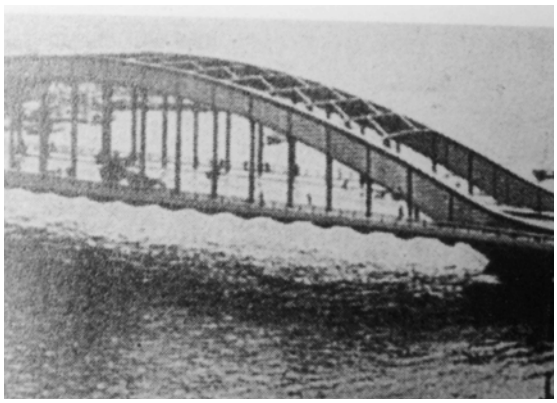
2007年、東京都環状2号線豊洲大橋のP4工事で、ニューマチックケーソン工事の沈下掘削が完了した。掘削機械の解体を行うため、2台のケーソンロボットが高気圧作業室に投入された。ロボットを使用した更なる無人化への挑戦である。本工事では地耐力試験機の設置、試験、試験機の解体を無人作業で行っている。

◇　◇

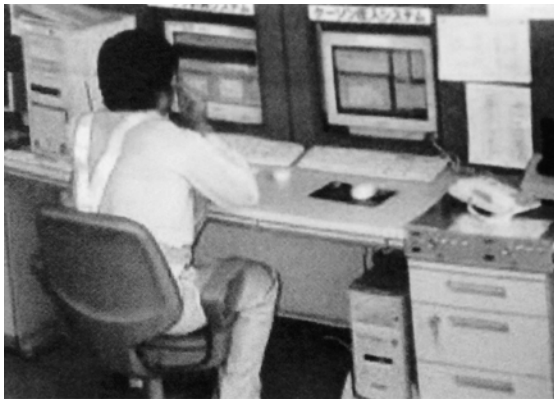
ニューヨーク・ブルックリン橋を訪れる多くの米国観光客は、必ず、当時の潜函作業を描いた銅板の前で足を止め、厳しい作業に取り組んだ献身的な土木技術者たちに思いをはせているように見える。ブルックリン橋はアメリカ文明を築いた技術と力を象徴する歴史のランドマークなのだ。

米国で本格的に長大橋の主塔基礎

無事故、無人化への道拓く



関東大震災後、隅田川に架けられた言問橋



無人化ケーソンのコントロール室



世界最大級のレインボーブリッジの橋脚と橋台



海上を運ばれるケーソン

に使われて約１３０年、ニューマチックケーソン工法は関東大震災（１９２３年）という未曽有の災害からの復興に立ち上がるとき、日本に渡ってきた。以来１００年、様々な試行が重ねられ、大きく成長、より深く、より大規模な建造物の基礎工事を、より安全に行う時代を作り上げている。＝敬称略

白石多士郎氏（1887―1954）
ニューマチックケーソン工法を日本に導入


白石多士郎氏

橋梁の基礎工事に欠かせないニューマチックケーソン工法を、最初に日本に導入したのは白石多士良である。明治20年、東京帝国大学教授・直治（帝国土木学会会長）の長男として生まれ、東京帝大卒業後、鉄道院に入り、米国に留学。ここで先進的なニューマチックケーソン工法など多くの土木技術を学び帰国。関東大震災によって壊滅した隅田川に架かる橋梁の新設・復興に取り組んだ。この時、永代橋や清洲橋の基礎工事を日本で初めてこの工法で行った。

米国ではニューヨーク・ブルックリン橋をはじめミシシッピー川での橋梁基礎工事から始まったニューマチックケーソン工法が、多くの試行錯誤と苦難を重ねながら発達していた。隅田川に架かる橋梁群の再建のため、白石は米国からこの工法に精通した3人の技師を招き、その指導を受けながら工事を進め、成功させた。大正13年のことである。これによって、多くの技術者が育ち、この工法は日本に根付いたといえよう。

白石は次々と難工事を手掛けて行く。木曽川と揖斐川を渡る橋（大正15年）を建設、橋だけでなく大阪の地下鉄工事とも取り組む。隅田川の最初の橋梁基礎工事から10年後の昭和８年、この工法の専門会社を立ち上げた（現在の株式会社「オリエンタル白石」）。橋梁だけでなく大型ビルや火力発電所、地下鉄などニューマチックケーソン工法は活躍の場を広げ、大型建造物、大深度工事になくてはならない工法となっていった。

白石と九州の縁も深い。鉄道院時代から、久大線、日豊線などの建設工事に取り組み、九州鉄道会社取締役にも就任している。戦中から敗戦直後まで、建設投資が激減したこともあって、会社は苦難の時代が続いたが、昭和24、5年ごろから復興工事が多くなり、その中で九州では住之江橋（佐賀県、昭和27年）大川橋（福岡県、昭和28年）高松橋（宮崎県、同）などのケーソン工事を手掛けている。同社は、日本で初めての長大吊り橋・若戸大橋の基礎工事に携わり、世界最長の吊り橋・明石海峡大橋の基礎工事も行い、長大橋時代を切り開いている。

東大野球部、ゴルフの手引書「正しいゴルフ」を出版するなど多趣味、かつ幅広い活躍でも知られた人である。惜しまれて、昭和29年死去、66歳だった。（敬称略）


隅田川に架けられた橋梁群

プロジェクト九州

第1節④ 試練の六角川

軟弱土壌との長い戦い

400年にわたる治水・利水の工夫重ね

灌漑用水確保の失敗と模索

洪水調整の遊水池、築堤の基礎工事など難題山積

佐賀県・大町町の聖岳（標高416m）を登ると、有明海に向かって広がる佐賀平野が一望できる。一直線に引かれた海岸線は干拓の潮止め堤防、整然と区割りされた田畑が広がる。秋、黄金色の稲田、タマネギの名産地でもある白石平野。その中を大きな弧、というより幾つかの円形を描いて有明海に注ぐ川が陽光に光って見える。この短く、おおらか、穏やかに見える六角川は土木技術に多くの試練を与えてきた「難しい川」なのだ。

六角川（幹川流路延長47km）とその支流・牛津川（流路延長同29・1km）。一面、稲田の長方形模様のじゅうたんに、六角川は大胆な曲線を描いて流れている。九州ではほかに見られない低平地を流れる特異な河川だ。武雄市の西端・神六山（標高447m）が水源で、武雄川、牛津川など支流をあわせて、住之江河口で有明海に流れ出ている。神六山を下るとほとんど標高ゼロメートルの低平地。古い地図で見ると、六角川は、幾つもの大きな「こぶ」を持つ川だった。くねくねと蛇行していた河道は、これまでに幾つもショートカットされ現在、目の前にある風船のような巨大な「こぶ」は二つ。しかし、蛇行による河道の長さは、水をゆっくり流し、灌漑用水として、田畑をくまなく潤す水を供給するのに役立ってきたといえる。蛇行には、大きな意味が含まれている。

アオ取水で灌漑

曲がった流路だけではない。地元の人に言わせると、この川は有明海から山地に向かって流れるのだという。有明海の干満の差は6mもある。満潮の時、満ち潮が河口の住之江から武雄市へ約29kmも遡上して、川幅いっぱいに水を満たす。水門で川を見ると、周辺の田畑の水路から、数メートルも水位が高く、天井川となる。高潮や堤防が決壊すれば、田畑はアッと言う間に水浸しになるだろう。

遡上する海水は比重が重いため、川を流れ下ってきた淡水の下に潜り込む。表面の淡水（アオ）を取水して、灌漑用に使ってきた。低平地の干拓水田を潤す独特の工夫だった。川は蛇行しているため、ゆっくり遡上してくる。アオ取水の時間がそれだけ長くなる。

佐賀平野での独特の灌漑用水確保のシステムを作り上げる努力は、400年以上もさかのぼる。

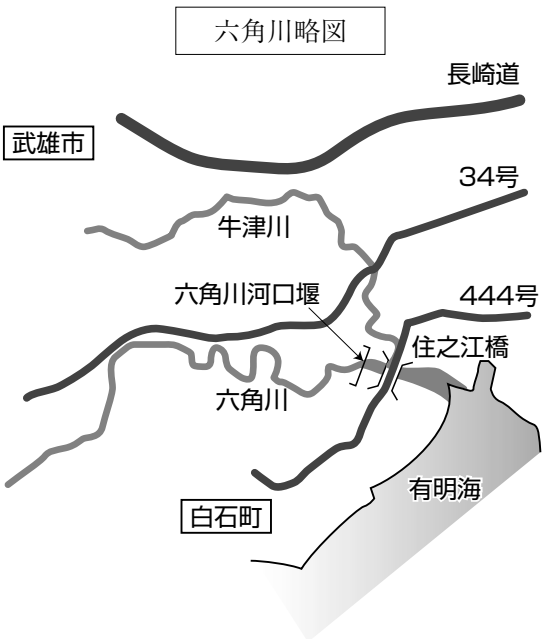
石井樋を建設して、佐賀城下を潤した成冨兵庫茂安（1560―1634）は当時、単なる干潟だった六角川流域の「三法潟」を新田に変えるため六角川に「大日堰」、牛津川に「波佐間堰」を建設、上ってくる潮水を止めると同時に、上流側に淡水を溜め農業用水として使い，洪水時には遊水池にあふれさせて治水の役割を果たさせた。

彼の仕事に、西芦刈水路がある。背後の山地からの小河川の水を、この水路にすべて集め、牛津川に流し込む仕掛けだ。無駄なく灌漑用水が確保される。六角川、白石平野の治水利水の努力は江戸時代初期より続いていることになる。

開門のままの河口堰

白石平野は、低平地でありながら慢性的水不足に悩まされてきた。灌漑用水を確保するため、ため池を数多く造り、田畑では「高畝（こうね）うち」が行われていた。冬場に、水田の半分ぐらいを高い畝に造り、ムギを作った。掘り起こされた低いところに雨水がたまるようにする工夫だった。大変な重労働で、それほど水確保に苦労してきた。戦後、深井

六角川略図



戸を掘り揚水ポンプで地下水を汲み上げて灌漑用水に使うようになって、水不足解消の決め手と思われた白石平野だったが、今度は地盤沈下という代償を払わなければならなくなってしまった。

長くに悩まされ続けてきた水不足。ダムは出来ないか。しかし、六角川は延長47㎞に過ぎない、低地を蛇行する短い川。それも29㎞も満潮時に潮水が遡上するように、ほとんどが平坦な、かつての干潟、干拓地を流れており、上流部の浅い山地にはダムの適地はなかった。

そのために、六角川河口堰が建設され、遡上する潮水を止め、淡水を溜めようとしたが、堰は完成したものの、水質変化を懸念する、有明海で海苔養殖を営む漁民の強烈な反対で、開門したままになっている。わずかに、高潮被害を防ぐため、これまで50回、防災的閉門が行われただけだ。

このため六角川・牛津川の隣・嘉瀬川の上流に新設された嘉瀬川ダムから、水を引く計画が立てられた。しかし、流域外利水に反発する地元民の強い抵抗に遭い、昭和43年調査スタートから44年、昭和63年の工事着手から24年たった平成25年に、嘉瀬川頭首工から白石平野へようやく灌漑用水が送られるようになった。

洪水と高潮、難題重なる川

低平地のため、洪水と高潮が重なった場合、たびたび浸水被害を出してきた。昭和28年6月の西日本水害時は旧杵島郡だけで１４２０００戸の浸水被害が出て、昭和55年8月の豪雨では約４８００戸、その後も平成2年7月の梅雨の大雨で約８７００戸、平成5年8月約８７０戸、同21年にも約４００戸の浸水、大きな洪水被害が発生している。

氾濫だけでなく、低平地だけに六角川の堤防の外側の「内水域」の浸水被害もある。六角川にポンプアップするため52カ所の排水ポンプ場が設置されているが、くみ上げが大量になると、今度は六角川が溢れる恐れがあり、その水量調整が必要になる。

平成21年の洪水では牛津川に設置された29台の排水ポンプ場と4台の排水ポンプ車を動員、福岡ドーム15杯分を牛津川にポンプアップして浸水被害を防いだが、川の水位が高くなり、川があふれる恐れが出たため、急いでポンプの運転を一時停止するなどの調整が必要だった。

また、六角川水系の堤防はほぼ整備されているが、軟弱土壌だけに「沈下」が起こっている部分もある。また遡上してくる満潮時、潮は泥土を運んでくるため河道にガタ土が堆積、河床を浅くしたり、高水敷にヨシが広く繁茂、川の洪水処理能力を低下させてしまうなど六角川特有の難題もある。

泥炭層、関東ロームと並ぶ軟弱性

有明粘土層との長い闘い

軟弱な土壌としては、北海道・泥炭層、関東ローム、そして有明海沿岸の有明粘土層があげられる。なかでも有明粘土は①強度の低い、圧縮性に富む軟弱な性質を持ち②自然含水比が、土が流動化する含水比（液性限界値）とほぼ同じで、攪乱などによって流動化を起こし、地盤強度も低下しやすい特徴を持っていて、土木技術としても「難敵」と言ってよい。

その有明粘土層の上に重量のある堤防や橋を架ける場合、想像以上の沈下や滑り、さらに周辺隆起が起こりやすいため、その施工、基礎対策には、長い苦闘の歴史がある。江戸時代初期、新田開発のため有明海沿岸の干潟を水田に変える干拓工事が本格化した。干拓堤防（五千間堤）の建設を行った成冨兵庫は、木材と「そだ」を基礎とし、杭を打ち込み、その上に堤防を造った。以後、長く、この工法が引き継がれてきた。

戦後、食糧増産の必要性から干拓事業が国営で進められ、急ピッチで土壌の研究や築堤工法の開発が行われた。六角川の築堤の場合、昭和35年から同55年までは、盛土して沈下させ、さらに土盛りして次第に高くする築堤法（緩速施工）が採用され、さらに排水、締固めのためサイドドレーン工法、滑りなど変形を抑止するため鋼矢板を並べて打ち込む工法などが中心だった。

発想の転換―地盤改良へ

昭和55年8月の豪雨による大水害は、六角川流域で約４７００戸の浸水被害を出し、激特事業に指定、緊急対策が行われることになった。これをきっかけに技術検討委員会が設置され、大規模な試験施工も行われ新しい工法が研究された。

当初は堤防の基礎として、堅い地



蛇行して２つのコブを持つ六角川

盤に届くまで20―30ｍもの基礎杭を打ち込んで堤防を安定させる工法が行われた。さらに北海道の泥炭層（ピート層）でも使われた工法で、長い木杭を打ち込み、その上部を鉄筋で繋いでネット（ジオグリッド）を作り、堤防の重さを杭に伝えて支える補強工法（パイルネット工法）も施工された。しかし連結作業は複雑で、工期も長く、一層の改良が求められていた。

有明海「面白し」と昭和天皇

昭和60年以降は、完全に発想を転換した「深層混合処理工法」と呼ばれる地盤改良（固結）工法が六角川で実証実験が行われ、開発されて、現在、工事が進められている有明沿岸道路建設でも使われている。欠点が全くないわけではない。改良部と非改良部で不同沈下が起き、かつ事業費が高いなど、課題は多い。

不同沈下が生じた場合、段差が生まれ、堤防に隣接して設置された堤防内の水路を通して取水や排水の機能を果たす「樋管」などの構造物に大きな影響を与える。樋管の基礎は支持地盤まで基礎杭を打ち込み安定させているが、堤防が沈下した場合、堤防に割れ目や空洞が生じ、樋管にも割れ目が生じる恐れがある。このため、軟弱層の中―上部だけを地盤改良して改良体の上部にジオグリッドを敷き、不同沈下を小さく抑える工法（フローチング固結改良工法）も進められている。

さらに二つの遊水池

ダムなどによる洪水調整が出来ないため、遊水池が現在1カ所、牟田辺遊水池（牛津川、多久市）があり、下流の増水を防いでいる。平成2年7月洪水で9カ所の堤防が切れ被害額が約５００億円に上ったことを教訓に平成14年6月完成させている。さらに、牛津川（小城市）と六角川上流（武雄市）に2カ所の遊水池が



開門されたままの六角川河口ゼキ

有明海 天皇が愛した生き物たち

私を乗せた小さな漁船は、海面から突き出た竹ザオを道標に沖に出た。「このエゴ（竹ザオ）がなければ、有明の海には出入りできん」と漁師さん。エゴは、干潟に流れ出る澪筋に沿って、数ｍ間隔で立てられている。干潮時には、澪筋（みおすじ）は干潟の川として、目にはっきり分かるが、満潮となると、最高６ｍもの満ち潮の底に沈んで見えなくなってしまう。漁船は満ち潮で沖に出て、帰りも満潮を待つ。干潮では、鉛色の潟土が現れて、船底が潟土に着き身動き出来ない。この海の名物・潮干狩りも同じ、次の満ち潮までが貝堀り時間となる。干潟は約２万６３００㎢、日本前部の干潟の43％を占める。くの字に曲がったひょうたんの壺のような内海のため、外海との海水の交換は弱く、潟土が堆積しやすい湾形が広大な干潟を作ってきたのだ。

昭和天皇が絶滅を心配されていたヒチメンソウは今では保護され、秋には赤紫のじゅうたんをなぎさ（といってもコンクリート堤防に囲まれた保護区だが）に広げる。古代生物シャミセンガイのほか愛嬌物のムツゴロウ、シオマネキ、トビハゼなど珍奇な生物の楽園だ。吉野ヶ里遺跡に調査に来られた哲学者・梅原猛氏をムツゴロウなどを料理した有明海料理店に誘った。「いかがですですか」と顔を覗くと、苦い顔で答えはなかった。美しい京料理に親しんだお口には向かなかったようだ。

「潟というものを見たことのない人には到底不可解なものであろう」と北原白秋は書いた（「思い出」）が、味もまた不可解なものだったのだろう。柳川のウナギか、筑後川のエツ料理なら満足されたかもしれないが。しかし、ムツゴロウの甘露煮を始め、多くの人が郷土料理として有明海料理を愛してやまない。

沖に出ると、西に多良岳と雲仙岳、東は大牟田の街だ。有明海の潮は、島原半島の早崎瀬戸を出入り口に逆時計回りに入ってくる。一番奥が六角川河口の住之江や干拓のため水門で閉ざされた諫早湾。湾奥まで約１００㎞。幅は平均約20㎞。水面積は約17万㎡で、東京湾より2万㎡も大きい。

帰り舟から諫早湾干拓の水門が見えた。締め切りの時、鉄の扉が水しぶきを上げて次々と落ち、首切り「ギロチン」と呼ばれた。その開閉を巡って、裁判所の判断が正反対に分かれ「わけは分からん」と漁師さんはつぶやいた。（久保平）

計画されている。小城市のそれは牟田辺遊水池と同じ水田活用だが、武雄市のは石切り場の大きな窪地を活用するユニークな遊水池となりそうだ。

牟田辺地区は牛津川とその支流石原川の合流地点で、もともとこの一帯は低地水田で堤防がなかったため、洪水時には川をあふれた水が流れ込んで自然の洪水調整の役割を果たしていた。この地理的な特性を利用して造られたのが牟田辺遊水池（53・4ha、洪水調整容量90万t）で、中小の洪水時には遊水地内の水をポンプアップして牛津川に流し、大洪水になったらポンプ場横の越流堤から遊水池に流し込み、貯水する構造となっている。普段は水田だが、洪水時には、国が遊水池として使う「地役権」が設定されている。

天皇の心配―希少生物の保護

低平地を大きな弧を描いて、ゆっくり流れる六角川。厚い有明粘土層、水害が起きやすく、その一方で灌漑用水が不足して、沈下も発生するなど、難問を多く抱えるためさまざまな対策工が行われてきた。

しかし、この特異な環境の中で生息する〝生きもの〟たちに影響を与えてはならない。六角川河口には、愛敬のあるムツゴロウなど〝生きもの〟の楽園・干潟公園がある。

面白し　沖へはるかに汐ひきて　鳥も蟹も見ゆる　有明の海

植物学者でもあった昭和天皇は有明海の生物を愛しておられた。最後の行幸となった佐賀・東与賀海岸で群生するシチメンソウを観察された。干潟にしか自生しない塩生植物で、秋には紫赤色に紅葉する。さらに、歌に詠まれたように、ムツゴロウ、シオマネキなど干潟の貴重な生物が多く、環境保全が求められている。

有明海の水質保全は、ノリ漁業のためだけでなく、こうした希少生物の生存にも大きくかかわっている。なかでも、六角川は有明海の深奥部にあり、有明粘土層も深く、軟弱度も大きい。筑後川に比べると、小河川に過ぎないが、日本でもまれな軟弱土壌・有明粘土層での利水、治水施設の建設と対策工の技術的な難しさに、「環境」保全が加わり、現在でもなお、大河川の土木技術にも勝るとも劣らぬ難しさを持っている、と言えよう。

水の都の「リアルト橋」基礎は、木杭６０００本

水の都・イタリア・ベネチアの街を散歩すると、無数の石橋・太鼓橋を渡る。石で護岸された埋め立ての街を、橋が結び、運河を走るゴンドラが通りやすいようアーチ橋になっている。ゴンドラで運河を巡ると、橋の上から人々が手を振ってくれる。

観光客のお目当ては「リアルト橋」だ。白い石垣のアーチ橋で橋長48m、橋の上はアーケードとなって、商店が並んでいる。分厚くいかにも重量がありそうだが、橋の基礎は６０００本の木杭だ。10年もかけて１５９１年にようやく完成した。もう、４１０年以上前に建設されたことになるが、水中の木杭は腐ることはなく基礎としての役割を立派に果たしている。橋だけでなく、建物などあらゆる建造物の基礎は木杭で、カシやカラマツが使われている。

ガイドによると、この水の都市は防衛のために、半島沖の小島とその周辺の干潟の上に造られた。干潟だと巨大で重い軍船が近寄れず、複雑に迷路のようにめぐらされた運河と共に防御に役立つ。しかし、軟弱地盤の上に都市を造るのだから、沈下しないように基礎をしっかりしなければならない。木杭の基礎はそのために開発、技術を発展させてきたのだろう。

しかし、今でもベネチアの沈下は進み、高潮に悩まされている。中心広場・サンマルコ広場がしばしば水浸しになるニュースが繰り返されている。軟弱地盤への対策はこれからも続くのだろう。



ベネチアのリアルト橋

エッセイ
「有明海の時代」

有明海沿岸で、本格的な社会インフラ整備が行われるのは、明治23年（１８９０）の「デレーケ導流堤」以来のことであり、現在進行中の有明海沿岸道路（大牟田～鹿島、約55㎞）の建設は、１３０年ぶりの大事業である。この二つの事業が筑後川河口で「クロス」することになった。大牟田ＩＣから延伸してきた有明海沿岸道路が筑後川を渡り、佐賀に向かう筑後川橋梁の橋脚がデレーケ導流堤の上に建設され、明治と平成のインフラが交差するのである。共に、超軟弱な有明粘土層の上に築かれる、技術的に厳しい条件を克服しての建設であった。

明治時代、その初期から有明海沿岸は、国家主導の臨海ベルト地帯として開発が進められた。九州の中心都市の熊本港、良質の石炭を産出する大牟田・三池鉱、そして筑紫平野のコメを中心とする積み出し港・若津港、この3港を国際港湾として整備、臨海部に興業を集積する有明海沿岸開発が構想され、国家予算が集中する。財政に苦慮する新政府にとって石炭、農産物の輸出は、「外貨獲得」の最重要課題であり、そのための港湾整備は国家プロジェクトとして展開された。

立ちはだかったのは、有明海特有の「潟土」である。官営三池石炭で始まり、次いで三井財閥傘下で採掘された三池の石炭は、三池港から長崎・口之津港に運ばれ、積み替えられ輸出（明治11年、海外直輸出許可）されていた。三池港が潟土で浅く、浚渫しても大型貨物船の航路のための水深が確保出来なかったため、小型船でいったん湾口の島原半島・口之津港まで輸送せざるを得なかったのである。それほど有明海の潟土の堆積は速く大量であった。

最初に整備が進められたのが、熊本港。百間港を大型港湾に整備するため、政府はオランダ人技師、ローウェンホルスト・ムルデルを現地に派遣（明治14年）、調査、検討させた。



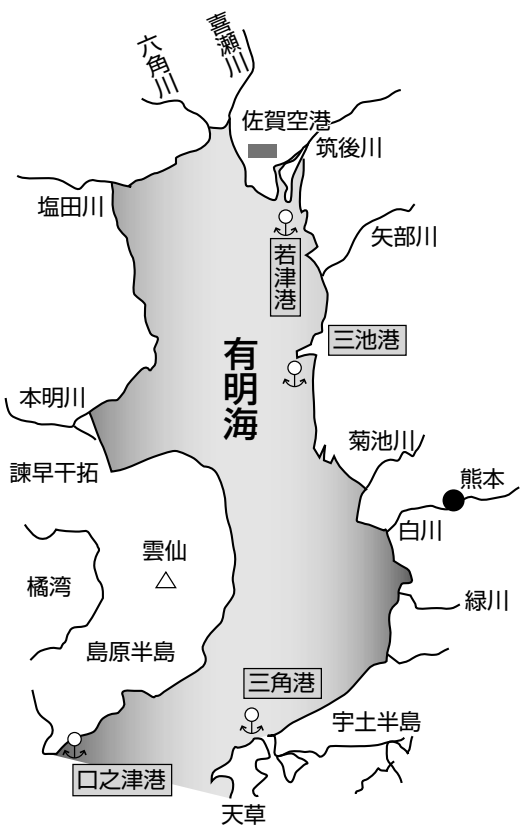
三角港の築港を指揮した
ローウェンホルスト・ムルデル

有明海沿岸道路とデレーケ導流堤
１３０年ぶり、技術の「出合い」

ムルデルは、百間港では有明海の潟土が堆積、「大型船航路のための水深は確保できない」と反対、宇土半島と天草間海峡、三角でその水深が得られるとして、三角港整備を進言（明治15年・ムルデル報告書）。三角港は2年後着工、明治20年完成、明治政府はここからの石炭海外「直輸出」を許可している。三角港（現在の三角西港）は三國港（福井県）などと並んで、「明治の三大築港」と呼ばれる大プロジェクトだった。

ムルデルに続いて新政府はヨハネス・デレーケを筑後川に派遣（明治16、17年）。河口の若津港整備計画を立案させるためである。同じ潟土の堆積はあるが、百間港と違って、筑後川は大河川であり、流量も大きい。デレーケの提案は6㎞を超える導流堤を川中央に築堤、２０００t級の貨物船の航路を確保するものであった。「三池炭鉱からの石炭積み出しに若津港を使えば、効率が良く導流堤の採用で潮汐により土砂を掃流出来る」（デレーケ書簡）としている。実設計に当たった石黒五十二（内務省技師）も、若津港が三池炭の積出港としても役割を果たせる、と説いている。明治20年着工、起工式には2万人が参加したという。いかに、若津港への期待が大きかったかが分かる。明治23年完成。筑後川河口地帯には造船所、セメント会社などが次々と進出していった。

しかし、貨物船の大型化が進む中



有明海と四つの港

で、若津港は国際港湾としては限界を見せ始めた。

団琢磨、三池港を築港

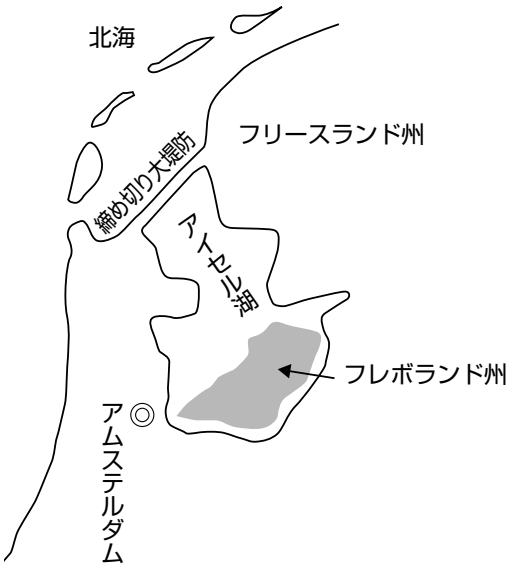
三池鉱の払い下げを受けた三井・団琢磨は、採炭の機械化、大型化を進めると同時に、三池港に閘門を建設、有明海の満潮時に港内に海水を溜め、1万t級の貨物船の入港を可能にした（明治41年完成）。干潮時に石炭を積み込み、満潮を待って出航するのである。また、昭和10年代になると、三池炭鉱は三川坑を開削、採炭はより深く有明海の海底へと進んでゆく。海底もまた有明海の時代だったのである。

三角港、若津港共に、その歴史的役割を終え、現在は三池港のみが役割を果たしているが、三池炭鉱が閉山（平成9年）、石炭積み出し港としての役割は失われている。物流は外国との輸出入では海運の役割は大きく、変わらないものの、国内は海運から鉄道輸送、さらにトラック陸送へと主役は変わり、港湾・海運は後退して行く。

有明海の港湾機能は、平安時代にさかのぼる。平家は神崎を拠点に明との貿易を始め、その資金と武力で武家の時代を切り開いた。有明海の大きな干満と潮の流れは有明海貿易ルートの大きな武器だった。やがて、主役は博多港に移り、現在も博多港は隆盛を誇っている。

いったん、花開くかに見えた明治からの「有明海の時代」は約50年で幕を閉じた。平成の有明海沿岸道路が再び「有明海時代」を築けるかどうか。

オランダの大堤防（略図）



オランダ・デレーケを生んだ国

「雨の中を運河づたいの道路を走った。運河が、地面より上を流れているのが、いつ見ても面白い。地面は、海面下にある。人間の偉大さを知りたければ、オランダにくるべきかとおもったりした」。

司馬遼太郎は「街道を行く・オランダ紀行」にそう書いている。海面より低い低平地のこの国は、大堤防を作って、干拓を進め、国土を作ってきた。「世界は神が作り給うたが、オランダはオランダ人が創った」。その間、洪水や土砂災害に苦しみ続け、そのため、防災技術を発展させた。

オランダは鎖国・日本にあって唯一、交易を認められ、欧米技術の紹介者となった国である。明治新政府が河川改修、港湾整備のため、まずオランダ人を「お雇い外国人」として招聘したのは、オランダの土木技術の実力を知っていたためだろう。

来日したオランダ人技術団の中心人物はファン・ドールン。ドールンが名指し招いたのがヨハネス・デレーケ（1842―1913）だった。デレーケは小学校卒の4等技師だったが、現場叩き上げのデレーケの技術力、実力を知っていた。大学卒業の来日技師団の中では、異色の存在だったが、ドールンの人物評価は正しかった。

現場主義をモットーとするデレーケは、実によく日本各地の河川を歩いた。その実力が日本人を驚かせたのが、木曽川三川の改修工事であった。木曽川、長良川、揖斐川の改修工事には、江戸時代、薩摩藩の平田靭負ら約千人が「お手伝い普請」として動員され、悲劇の治水工事として今も語り継がれているが、それを完成させたのがデレーケであった。山奥の水源から河口まで丹念に現地調査、流速、流量から割り出した改修計画で、治水工事を進め、洪水から流域を守った。「治水の恩人」として愛知県・船頭平公園にデレーケ像が建てられている。

木曽川改修以外にも、淀川、常願寺川、筑後川などの改修を指導している。しかし、彼は起工式にも竣工式にも招待されることはなかった。筑後川の「デレーケ導流堤」の命名は、工事に携わった石黒五十二たち若き土木技術者の、せめてものデレーケへの尊敬の念の表れと考えられる。デレーケは30年近く日本に滞在、技術指導にあたった。

プロジェクト九州

第2節① 成冨兵庫の仕事と謎

佐賀平野の治水、利水、干拓

武将から、土木技術者に大転身 数々の偉大な事業、記録に残さず 自然のシステム取り入れた利水、治水

有明海沿岸の土木事業を語るとき、佐賀藩の成冨兵庫茂安を挙げない人はいないだろう。成冨兵庫が約400年前の江戸初期、造り上げた石井樋（佐賀市）など治水、利水の河川事業から新田造成のための干拓堤防をはじめとする農業土木まで、その技術的な水準の高さは現在でも、驚くばかり。自然との共生、流域全域を視野に入れた彼の土木技術を現在に生かそうとする研究者も多い。また、佐賀藩の人々から敬われ、神社や「水功之碑」が建てられ、「茂安」や「兵庫」などの地名として残っている。



葉隠発祥の地（佐賀市）

武将の契りと転身

成冨兵庫は何より戦国武将であった。秀吉による朝鮮出兵、関ヶ原の戦い、大阪城冬の陣、夏の陣など多くの合戦で武功を上げた。同じ土木事業を展開した勇猛な武将・加藤清正とは、朝鮮の役で明軍に包囲された清正を助け、生涯、互いに尊敬し、強い契りで結ばれていた。

戦国の世が終わり、幕藩体制が確立すると、成冨兵庫、加藤清正共に、それぞれの領土を豊かにするため、一転して土木事業家となる。成冨兵庫は築城の名手として名を馳せ、駿河城、江戸城、そして清正に請われて熊本城の築城にも参加する。清正は佐賀藩家老格だった成冨兵庫の人品・人柄、その土木技術にほれ込み、1万石で肥後に招請しようとする。が、「武士は二君に仕えず」として断られ、その潔さに感涙した、と伝えられている。

二人とも、戦国期の終えんを見るや、いち早く領土経営・富国のため土木事業家に転身する。成冨兵庫は藩主・勝茂に、領内開発を進言、「郷普請」、今で言う地域づくりのためのインフラ整備である。同じ佐賀出身の久米邦武（歴史学者、東京帝国大学教授）によると、成冨兵庫の心中には戦国期に活躍した「土工兵が解散せぬうちに」普請を行うべきだ、という思いがあったのではないか、という。藩内には経験豊かな石工集団（塩田、玄海）も存在しており、各地の城づくりなどで培った土木技術が四散しないうちに組織的、かつ集中的に推進しようというのである。合戦時と同様、機を見るに敏であった。

佐賀藩の貧窮

佐賀藩にはお家の事情があった。朝鮮出兵では、名護屋城（佐賀県鎮西町）築城で膨大な資材を供出すると共に、加藤家と共に大量の兵を朝鮮へ派遣せざるを得なかった。江戸時代に入っても、幕府から各地の城つくりのほか土木事業に出費を強いられた。成冨兵庫の「水利、土木事業もこうした（佐賀藩の）貧窮が背景にあった」（佐賀県干拓史）のである。

筑後川の氾濫は佐賀城下を水浸しにするほど藩内の被害は甚大であった。この暴れ川の右岸に、長大な千栗土居（堤防）の築堤を始め、藩内の中小河川など利水、治水事業、福岡藩との藩境に蛤水道を造り、水源を確保したほか各地で利水事業、佐賀城下への導水のため石井樋建設。新田造成のための干拓堤防や灌漑用水の確保の永年池など数え切れないほどの事業を、成冨兵庫は「自ら杖を持って、普請所を回って」指揮をとり、推進した。この結果、佐賀郡内だけで1万2000石の増産を実現したと言われ、「領国経営」を軌道に乗せることが出来た。

成冨兵庫の事業は「佐賀平野全体を視野に収めた治水利水」（大串浩一郎・佐賀大学教授）のシステム的な展開、ため池造成による水源確保（永池堤など）、佐賀城下への上水及び灌漑水路（石井樋）、用・排水対策としての佐賀江など、乏しい用水と大きな干満差、軟弱土壌など困難な条件下での事業であった。

成冨兵庫の事業は、現在も佐賀平野を潤している。永池堤（貯水量

事跡、知ることあたわず

１３３万㎥）は３つのため池が、山間に３段式に重ねるように造られている。その堰堤強化のため遮水材として粘土質の「はがね」壁を造り、その上から土を打ち付け（版築）ている。灌漑水路は約２・２㎞。永池には、戦後の改修に当たり、彼の業績をたたえる記念碑が立ち、古い石仏も置かれていた。ここに立つと、貴重な灌漑用水を「永年」に渡って確保してくれた永池堤に対する人々の感謝と、兵庫に対する畏敬の念を感じ取ることが出来る。



大正時代撮影の千栗土居（筑後川）

なぜ、記録は消されたか

暴れ川の筑後川の治水（千栗堤など）、佐賀平野の中小河川の用・排水ネットワーク、軟弱な有明粘土層が相手の干拓などいずれも難事業で高度の技術が求められた。不思議なことに、そうした大事業でありながら、当時の事業内容、技術、施工内容を記録した文書は見当たらない。わずかに、約２００年後の江戸末期、南部長恒が著した「疎導要書」（１８３４年）があるだけ。これほど佐賀藩を富ませ、領民を災害から守ることに尽力した成冨兵庫の事業の成果を享受しながら、佐賀藩として正式記録はなく、当時、人々の伝承として伝えられるだけだった。



石井樋の「象の鼻」―（嘉瀬川）

「疎導要書」を書くに当たって南部長恒は文献を探し歩くが「悉く其の事跡しることあたわず」。これでは、いたずらに歳月を送るだけと、あきらめて「国の隅隅山川の形成を見巡り村老野人の云伝る事も拾い集め（中略）終にこの書に及ぶ」と書き残している。

なぜ、記録は消されたのか。あるいは書かれなかったのか。大きな謎だ。

成冨兵庫の仕事を古文書、史料を通じて検証、解明を試みている金子信二氏（前・さが水ものがたり館長）は「不思議なことですが、幕府に新田開拓など情報が漏れるのを恐れたのかもしれない」と推測するのだが―。実際、佐賀藩はたとえ浪人になろうとも、藩外に出ることを許さなかったとされる。その厳しさをうかがわせる話が武士道を説いた「葉隠」本にある。熊本藩に脱藩した女性を成冨兵庫自身が渋る清正と掛け合い、連れ戻し、処罰したというのである。

金子氏によると、石井樋の近くに「成冨兵庫水功之碑」がある。明治初年、岩倉具視を団長とする欧米使節団の見聞を記録した「遣米欧回覧実記」の著者で、東京帝大教授となる久米邦武（佐賀出身）はこの碑のために筆を執っているが、後に「石井樋は成冨兵庫によって造られたものではない」との趣旨の講演を行っている。裏付ける史料が見当たらず、実証できないからだという。現在では石井樋建設が彼の指揮下で行われたことを疑問に思う人はほとんどいないが、正式な記録の不在が招いた混乱と言えるだろう。

成冨は粗朶沈床を使ったか

有明海沿岸道路はいよいよ筑後川橋梁の建設に入る（平成27年）。筑後川河口には推奨土木遺産・デレーケ導流堤があり、導流堤の上に橋脚を置くことになり、建設から約１００年、初めてこの導流堤の構造が検証できる。デレーケは三國港（福井県）などでオランダ技術の「粗朶沈床」を使って軟弱土壌での沈下を抑えたとされる。

その３００年近く前、成冨兵庫は五千間土居など大規模な干拓堤防を築堤している。使われた築堤技術、堤の構造は伝えられていない。築堤時の記録がなく、また新田拡大のため干拓堤防が沖に出るたびに旧堤防の土石を再利用して築堤、そのあとは道路（例えば国道４４４号）として使っているが、基礎部分の構造は必ずしも明らかではない。

築城の基礎としては材木をはしご状に組み、その上に巨石を組み上げている。石井樋など石造の構造物でも同じ基礎工法が使われて、石井樋復元に当たっても粗朶工法が用いられた。しかし、江戸初期、干拓堤防のような長大な土盛り堤でそれが可能だったかどうか。

「佐賀干拓史」に、基礎には杭を

打ち込み「粗朶、竹葉」をからませ、柵を作って「数年間放置して自然に茅、葦、浜葉が生じる」のを待って土盛りするなどの記述があるが、成冨時代の技法がそうだったかどうか、必ずしも、はっきりしない。

築堤の技術、工法として「搦工法」があった。「初め土居心として松の丸太を概ね五尺間隔に打ち込み、これに粗朶や竹材を搦めつけて柵を造り、そのまま五年、十年放置すれば、柵内は游泥の堆積が促進され、干潟が浜菜や葦が生ずる程度に成長すれば、小潮時を見計らって、総動員で築堤に当たった」（「白石往来」の福島築堤記述から）。この工法が用いられたのは江戸中期からと見られ、それ以前の干拓堤防には「土居心」はみられないという。

しかし、粗朶沈床は、成冨兵庫以前から使われてきた基礎工法。古くは日本最古のため池とされる奈良の永代池（６１６年築堤）や、築堤１３５０年を迎えた大宰府の水城にも「敷粗朶工法」として使われている。軟弱地盤で堤防、土塁の安定性を得るためだ。

粗朶工法の二つの流れ

水城（太宰府市）の築堤１３５０年を記念した調査が行われ、多層の敷粗朶工が発掘され、地盤の状況と盛土の高さに応じて層数を変えて施工されていたことが確認された。発掘直後の葉はまだ緑の色彩を失わず、腐食が防止されていた。これは粗朶の上を粘土で覆い、かつ地下水位以下に敷設しているため、敷粗朶の耐久力が持続できているものとみられる。築堤から10年後に発生した「筑紫の地震」（６７９年）では「地裂くること広さ2丈、長さ三千余丈」の大地震でありながら水城には大きな損壊の跡は見られない。「敷粗朶が堤体へのダメージを軽減できたためではないか」（林重徳・佐賀大学名誉教授）と見られている。

構造物の基礎に粗朶を敷く工法は、古代から使われ、ため池や堤防、古墳での必須の土木技術として施工されてきた。そうした国内の「敷柴」技術の流れと、明治初期、オランダ技師が指導した導流堤や港湾施設の基礎技術として輸入された「粗朶沈床」はほぼ同じ構造を持っている。最初の調査から１００年を経た水城の再調査と、築堤後、１００年、初めてのデレーケ導流堤の「発掘調査」が同時期に行われることになった。同じ軟弱地盤に堤防を築いてきたオランダと有明海沿岸で「同じような、敷粗朶工法が生まれても不思議はない」（三浦哲彦・軟弱地盤研究所所長）のかもしれない。

総合的、システム的思考に学ぶ

流域全体で、治水利水

個々の事業のレベルの高さと共に、成冨兵庫の視野の広さ、に注目する研究者が多い。佐賀大学の大串浩一郎教授は、流域全体で治水・利水をシステム的に考えた一つの例として西芦刈水路と市の江水路を上げている。西芦刈水路は南北に流れ下っている6本の川を東西に横切るように開削され、上流の水が全てこの水路に流れ込み集められる。水路は右岸（北岸）が低く造られ、大雨の時、上流側が遊水池化するように工夫されている。下流の田畑、住家を守るためである。

山王川の場合、水路の交差点では、天井井樋と呼ばれる穴が造られ、流れは地下を通過する西芦刈水路に落とし、導いている。豪雨によって水路の水位が上がると、普段は「から川」となっている下流に越流させる。同様に、東平川、西平川などにも水路に野越堤や河渉路が造られ流量に合わせた治水、利水システムを構築している。「成冨兵庫は流域の特性を十分考え、（洪水など）リスクを分散して集落を守り、総合的に治水、利水を考えている。これから（異常気象などで）豪雨、干ばつなど災害外力が大きくなることが予想されるが、こうした成冨兵庫の総合的、システム的な考え方を現代に生かすことが必要ではないか」と、大串教授は、成冨兵庫の仕事を、高く再評価している。

生きている水利システム

成冨兵庫の土木事業は70カ所とも１００カ所とも伝えられる。その分野は治水、利水、干拓、貯水池建設や都市計画・道路建設にまで及ぶ。現在で言えば国交省や農水省、地方自治体の各専門部局が、縦割りに、それぞれ担当している各種インフラ整備を一手に引き受けている。筑後川からの配水システム・佐賀導水、北山ダムに続いて嘉瀬川ダムが完成、佐賀の治水・利水システムは



太宰府の水城築堤に使われている敷粗朶工法

ほぼ完成したと言われる。その中で成冨兵庫が行った土木事業の多くは４００年以上も社会インフラとして役割を果たし、今も機能を分担している。

成冨の事業と言えども、土木、構造物の老朽化はまぬかれない。また千栗堤防のように昭和28年の大洪水で破壊され、干拓堤防のように有明海沖に干拓が伸び道路に代わったものある。しかし、利水に係る蛤水道や石井樋などの水源確保や灌漑水路、生活用水路は、随時、改築、補強されてきた。その維持管理は地域住民が継続的に「共通の利益」を享受するため、総出で行ってきた。補修や改築によってより機能を高められ、拡大強化されてもいる。

成冨兵庫が作り上げた石井樋など佐賀の水利システムが現代にも「生



成冨兵庫の沈下を防ぐための横杭と縦杭
（江戸時代のものを再現＝さが水ものがたり館）

石井樋の仕組み―天狗の鼻と象の鼻

「佐賀ではスズメバチほどの蚊が襲ってくる」と脅されたのを本気にして、新聞社佐賀総局に赴任するとき、仕舞い込んでいた蚊帳を持っていった。佐賀市内のクリークの水がよどみ，蚊を大量発生させているのだという。それほど大げさなものではなかったが、蚊には悩まされた。

赴任早々、当時の西村佐賀市長の声掛けで「水の美しい街」を造る懇談会に入り、国交省・武雄河川事務所の「河川の親水性」を進める委員会のメンバーにもなった。そのこともあって、市民一斉の川掃除に参加、松原川の水の中に入って一日がかりで、ゴミを拾い上げ、雑草を引き抜いた。

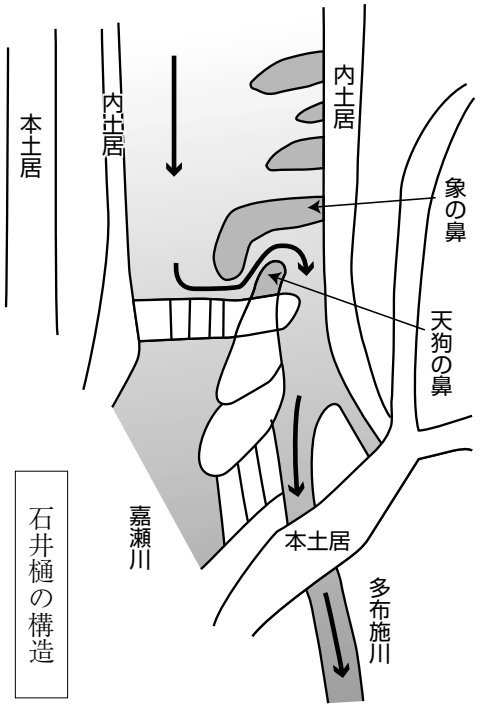
川掃除をしながら、この水はどこから来るのだろう、とふと思い、多布施川堤防を散歩がてらにさかのぼり、嘉瀬川の石井樋、頭首工を見、古湯温泉の上流に建設予定の嘉瀬川ダムを知った。

そんなきっかけで「成冨兵庫」への関心を持つことになった。彼の傑作とされる石井樋に立って見ても、その仕組みはすぐには合点がいかなかった。象の鼻、天狗の鼻と名づけられた突堤があり、多布施川への水門、本流には音を立てて水が流れる石組みの堰があった。

嘉瀬川を管理する武雄河川事務所の技術者が、丁寧な説明をしてくれた。嘉瀬川の流れは、まず本流に築堤された堰（大井手堰）で、勢いをいったん止められる。緩やかになった流れは天狗の鼻と象の鼻の間をUカーブを描いて、石組みの水門・石井樋から多布施川に流れ込む。二つの鼻は流れを緩やかにして、砂を沈殿させる役割もある。脊振山地からは花崗岩の風化した砂が大量に流れ下ってくるのだ。

多布施川は佐賀城下に嘉瀬川の水を導く大動脈のようなものだ。途中、26もの水門があり、そこから毛細血管のように街の隅々まで水を供給するシステムになっている。水門は洪水の時、街を守るために締められるが、通常は開いたまま、掘割の幅などで流れを調整しながら自然の流れを利用して配分している。家々には川に降りる石段があって、水をくみ、野菜を洗うなど生活用水として使っていた。

高度経済成長と共に「モダンな暮らし」が求められ、上水道、下水道整備が進むと、人々の暮らしは川から遠くなって、やがて掘割やクリークは蚊の発生源のどぶ川になってしまった。それが、今、護国神社前の掘削など、子供たちが泳げるほどの「清流」になっている。柳川の「掘割物語」ほど有名にはならなかったが、佐賀の掘割物語は４００年もさかのぼり、今に生きている。（久保平）



石井樋の構造

きている」のは、自然を生かした知恵と技術が駆使されていることにある。自然の動きを詳細に観察、その力と地形を生かすと共に「自然との折り合い」を付ける知恵が際立っている。そのことによって、水源地から河川流域、城下町整備、さらには有明海に至るまで佐賀平野全域を視野に入れたシステム的な事業の展開を可能にしている。

人と自然の共生

例えば洪水に対して巨大な連続高堤防の築堤によって、力ずくで抑え込むのではなく、山間にため池を造り、川を分流、あるいは他の川と繋ぎ、低い堤防や野越で低地や水田に流し込み、遊水池を設けて水を溜め、網の目のように張り巡らされたクリークに流し込むなど、自然の猛威をなだめ、すかし、やり過ごす工夫が随所に見られる。個別の構造物ではなく自然と地域全体を俯瞰し、人と自然の共生をはかっている。

成富が行った事業が長寿なのは、自然の働きを組み込んだシステムであり、住民、受益者が常に維持管理を行ってきたことが大きい。佐賀には成富兵庫茂安への感謝の気持ちを込めた神社や祭り。「茂安」「兵庫」などの地名が残っている。その中で、人々は自然の動きを知り、自然との付き合い方を学び、次代へ治水、利水の意義を語り、体験を引き継ぐ。

葉隠武士の手本、成富兵庫

金立山の細い山道を辿って、ようやく「葉隠発祥の地」の標識の石碑を見つけることが出来た。佐賀市・金立、脊振山地の麓を走る高速道路（長崎道）の高架をくぐってすぐの山麓。薄暗い雑木林の階段を登ると、大きな石碑が現れる。「武士と云うは、死ぬ事と見付たり」から「恋の至極は、忍ぶ恋」まで武士道を説いた山本常朝が隠居後、庵・朝陽軒を結んだゆかりの地。7年間に渡って田代陣基（つらもと）が常朝の聞書きを編集したのが「葉隠聞書」（享保元年、1716年）。「葉隠」の書名は草庵、木の陰、木の葉隠れでの語りを書き留めたことから付けられたとされ、11巻に及ぶ。

「私心を捨て、その時代、時代に良きようにするが肝要なり」

関ヶ原の戦いから100年以上が経ち、泰平の世が到来していた。赤穂浪士の主君の仇討はその15年前。武士道か暴徒か、忠義か治安か、幕府はさんざん迷った挙句、切腹という名誉の死を与えることで事態を乗り切った。武士たちは活躍すべき戦さ場はなく、価値観の転換、新しい人生観、処世術が求められていた。

世は戦国から近世へ。武士の覚悟、本分の中身も変化しつつあった。そんな時代に、「葉隠」は登場してくる。その手本として常朝が挙げた一人が成富兵庫茂安。信長、秀吉から家康の戦国時代、各地の戦さ場で名を上げながら、江戸幕府の成立、泰平の世が来るや領国のための土木事業家に変身する。「その時代、時代によきようするが肝要なり」と時代の変化に対応して素早く認識を変えて奉公したが、そこには一切の私心を捨てた、変わらぬ武士の覚悟がある、というのである。時代に合った「積極的な滅私奉公の強調」を実践した手本になる人物として成富兵庫をあげた、と読むことが出来る。成富兵庫は、常朝のひと世代前の戦国激動と泰平の始まりを生きて、まだ、熱い体温を伴って佐賀藩士に語り継がれていた人物だったのだろう。

佐賀藩は大雨や高潮の災害に苦しみ続けたが、葉隠聞書にはそうした被害と治水灌漑事業には一切、触れていない。石井樋、千栗堤防、蛤水道など数々の救民、治水・利水事業を成し遂げた成富兵庫茂も、藩主の信頼が厚い「武人」としのみ取り上げられている。常朝は藩主の小姓・側役で、「奉公」の在り方のみに関心が集中していたのかも知れない。

成富兵庫の墓は本行寺（佐賀市）にある。白石鍋島家を創設した直弘の菩提寺で、兵庫は藩主・勝茂の四男・直弘を養子として養育した。

74歳で死去、同市尼寺築山と本行寺に分祠された。本行寺の兵庫の墓は意外に小さい。



佐賀市・本行寺の「成富兵庫茂安の墓」

第2節②
インタビュー
荒牧軍治氏

成冨兵庫に学ぶもの

自然の摂理を生かした「減災の思想」秀いでた全体設計―再評価を

――成冨兵庫茂安が石井樋を建設して、平成27年（２０１５）で４００年。さが水ものがたり館では様々な記念イベントを計画されていますね。

荒牧氏　「石井樋４００年」で記念シンポジウムや「兵庫祭」の開催、佐賀平野の利水事業など永年に渡って研究されてきた宮地米蔵先生と現場で事業の指揮を執られた正木裕美元佐賀県農林部長の「聞き書き」出版などを予定しています。佐賀平野での治水利水、干拓など社会インフラと人々の安心安全のために努力した成冨兵庫の業績たどり、彼の思想信条とその防災減災技術などを学び、子供達にも分かる形で纏め、冊子として刊行することで次世代に伝承したいと考えています。

――現代のわれわれが成冨兵庫に学ぶものは何でしょうか。

荒牧氏　いろいろありますが、何といっても流域全体で利水、治水を構想していることでしょう。洪水で言えば、例えば城原川には「野越」が９カ所あります。野越は堤防を低く造り、洪水の時、そこから越流させて堤防決壊による大被害から流域を守る仕掛けです。堤防を越流した洪水は田畑などに流れ込みますが、野越を地形に合わせて造り、平野の中を溢れた水が薄く広くゆっくりと流れて行くようにします。洪水の力を散らすことによって、冠水などの小さな被害を許容して、堤防決壊による大被害を防ぐという理にかなった治水事業を行っています。

――しかし、近代になってからは、高い連続堤防によって、洪水を川から溢れさせない努力が行われてきました。

荒牧氏　確かに明治以降、高度成長期を経て最近まで、強い堤防づくりに努力が払われてきました。洪水を封じ込めるため頑張ってきたとも言えるでしょう。成冨兵庫の思想はいったん後退した時期が続きました。しかし、最近、「想定を超えた」台風の大型化や集中豪雨など異常気象が頻発し、東日本大震災では巨大堤防が脆くも崩れた体験をしています。そうしたことから成冨の「減災の思想」が再評価されているのです。大きな治水施設の建設が可能になりましたが、いったん破壊されると大災害になる。そうした経験を通して、野越しや遊水池、分水路などによって洪水を散らし、被害を薄くする、つまり「減災の思想」に戻ってきた。地球温暖化による「想定以上の災害」が今後、進むことが考えられますが、佐賀平野ではクリークが多く残り、また田んぼを遊水池として貯水池代わりにする成冨兵庫の時代からのシステムを再評価しなければなりません。また彼の利水と治水をセットとして展開する技術にも学ぶべきものが多くあります。

――嘉瀬川ダムの建設によって、成冨兵庫以来４００年を経て、佐賀平野の治水利水システムはほぼ完成した、と話されていますね。

荒牧氏　佐賀平野での課題は白石平野の地盤沈下と多久・小城地区の水源確保でした。嘉瀬川ダムの完成によって、地下水くみ上げで沈下が続いていた白石平野は嘉瀬川ダムから導水することによって平野での沈下問題は解消されましたし、水源として不安定なため池頼りだった山裾地域の水源確保も出来ました。古来から続いてきた慣行の水利から「新しい水体系」が生まれつつあると言えるでしょう。問題はその新しい水体系を創造的に、いかに作り出せるかにあるでしょう。



荒牧 軍治 氏

（あらまきぐんじ）　**プロフィール**

昭和 18 年（1943）９月４日生まれ。長崎県出身。
昭和 41 年九州大学工学部土木学科卒業、九州大学大学院工学研究科博士課程（土木工学科専攻）工学博士。昭和 43 年佐賀大学理工学部土木工学科講師、助教授、教授。佐賀大学学生部長、評議員、副学長。佐賀大学有明海総合研究プロジェクト長。大川佐賀道路軟弱地盤対策技術基準検討委員会委員長、デレーケ導流堤に関する検討会委員長、有明海・八代海総合調査小委員会委員長。平成 22 年から、さが水ものがたり館長。

――確かに佐賀平野では「アオ取水」など独特の利水方式が筑後川（筑後大堰）からの佐賀導水によってなくなりました。新しいダムの貯水力とこれまでのクリークなどの活用をどう組み合わせるか。また水を利用する側の意識改革も必要になってきます。

荒牧氏　北山ダム、嘉瀬川ダム、それに城原ダムが出来ればダム連携によってさらに供給力は上がり、しかも安定します。大きな基盤が出来たのです。しかも水質は極めて良質です。それに治水面からみても、最近は集中豪雨についても台風並みの予測が可能になりつつあります。豪雨が襲来する前に、クリークなどの水路を空にして（遊水池的に）豪雨に備える可能性が生まれます。クリークを空にして乾燥させ、水を入れ替えたりできればさらに良質な水が確保されます。そうした新しい水体系の有効性を我々が、説得力のある数値で具体的に示せるかどうかが鍵だと思います。

――佐賀平野は有明粘土層という軟弱土壌によって形成されています。土木構造物を整備するとき、基礎をどう作るか。成冨兵庫は五千間堤防など長大な干拓堤防を作っていますが、どのような技術と工法だったのでしょうか。

荒牧氏　新田開発のため干拓堤防の建設に力を注いでいますが、彼の仕事としてはその前の時代まで営々と行われてきた素朴な「搦」（からみ）など鱗状に干拓してきた新田の沖に「土居」、つまり干拓堤防を造る事業でした。当然、堤防安定のため基礎工事を重視したと考えられます。

――筑後川橋梁の建設に当たって「デレーケ導流堤」の一部解体、調査が行われます。デレーケのもたらしたオランダ技術の「粗朶沈床」など基礎構造が注目の的ですが、成冨兵庫の「粗朶」工法はどのようなものだったのでしょうか。

自然、地形、歳月を俯瞰する目を

荒牧氏　五千間土居などは干拓堤防がさらに沖に建設されるとき土堤は再利用され、跡を国道４４４号として使っていますが、その基礎工法がどのようなものだったのか、必ずしもはっきりしません。灌漑用水を確保する「永池堤」などでは粗朶工法が使われた可能性はあります。「敷粗朶」は大宰府の水城に使われており、奈良時代から版築とともに古来の土木技術ですから、成冨の時代にも当然あったと思います。

――石井樋などの基礎では、材木を杭、梯子状の胴木（横木）とした構造になって、「さが水ふるさと館」で模型再現されています。しかし、成冨兵庫の土木関連史料はほとんどありません。

荒牧氏　佐賀城の南側の石垣の基礎が調査され、胴木などが基礎に使われていました。石組みの工法は織田信長の安土城建設で活躍した穴太衆（あのう衆）団などの技術を習得した石工集団が佐賀にも存在していました。しかし、徳川幕府の一国一城令によって城の建設がなくなり、わずか30～50年ぐらいで滅んでゆきます。その後は棚田の石垣作りなどで細々と技術が継承されたと思われます。佐賀藩は細かく「記録」を残す藩ですが、経験、技術の継承の必要がなくなり、技術史料を残す必要がなかったのではないでしょうか。実際、２００年後の「疎導要書」が書かれるまで、ほとんど史料は残されていません。

――そのほか成冨時代の土木技術について、どのようなものがありますか。

荒牧氏　千栗堤防や永池堤などでは、水の浸透を防ぐための土堤の芯に粘土質遮水材の「はがね」を使っており、強い構造の堤防づくりをしています。私が感心するのは千栗堤に見られるように、堤防の両側に竹や樹木を植え、根を張らせて堤防強化に使うと同時に、補修や補強材に使えるようにしていることです。老朽化、災害に建設当初から備えている。また、水路と道路の間などには柳を植えています。「二本柳」や「三本柳」といった地名にも残っていますが，歯ブラシや生薬の材料にも使っています。また柳は根が石垣の石にからみ付き、崩れを防ぐ役割もあることを知っていますね。

――そのような幅広い視野と将来も考えた土木技術はどのようにして身に着けたのでしょうか。

荒牧氏　成冨家はそうした土木技術を蓄積してきた家系だったと思われます。父・信種も現在の佐賀市川副の海岸堤防の建設に当たったという記録があります。兵庫自身も算術に非常に優れていたと思われますが、「子飼い」の技術者を多く抱えていたと記録にあります。個人技では到底できる土木事業ではありません。また、個別技術だけでも無理です。海、山、平野の水など自然の動き、地形などを組み合わせ「全体設計」に成冨兵庫は秀でていた。全体を料理する考え方に抜きんでていたと思います。現在の土木技術はこうした自然全体、あるいは流域、地形全体、歳月の流れと変化、さらには生き物など「全体を俯瞰する目」を成冨兵庫に学ぶ必要があると思います。

プロジェクト九州

第2節③ 決壊しない堤防を

有明干拓史

台風、高潮…自然災害に向き合って 軟弱な有明粘土層―有明干拓の苦闘の歴史 干拓堤防の被災と築堤技術の進化

有明海沿岸の干潟を農地にする干拓工事や筑後川をはじめ、この海に流れ込む河川の治水堤防にとって、「決壊しない堤防」の建設は、長い間、「叶わぬ悲願」だった。台風や高潮によって堤防決壊がしばしば起こり、農作物被害から田畑そのものが流される大被害を出してきた。自然災害とはいえ、それに耐える築堤技術の未熟さ、特に軟弱な有明粘土層を地盤とする堤防の支持力不足、基礎工法の開発が求められてきた歴史でもあった。

有明海の干拓は、それまで農民による細々とした干拓から、藩の主導による干拓が成冨兵庫らの手で組織的に始められた。加藤清正の肥後藩で潮受け堤防（小田牟田新地）に石垣が使用され始め、柳川藩、佐賀藩も続いた。しかし、台風・高潮はしばしば堤防を乗り越え、打ちこわし、壊滅的な被害を出してきた。堤防基礎の強化、安定性を得るために、江戸中期からは敷粗朶など堤防基礎工事が行われ始めている。軟弱な有明粘土層の上に、堤防など構造物を造る技術は、沈下や変位防止、自然災害などの被害に遭いながら、不屈の精神によって積み重ねられた干拓堤防の築堤技術と共に発展してきた。有明海沿岸道路の軟弱な有明粘土層への対策技術も、長い干拓事業の失敗と成功の積み重ねの上にあると言えよう。

拡大する干潟

佐賀平野の干潟は古来「１００年に１㎞の割合で拡大した」と言われる。筑後川や矢部川、嘉瀬川などが脊振山地など山地から運ぶ花崗岩など風化しやすい土砂が河口から流れ出て、海岸線を沖へ沖へと押し出して行った。また、いったん、海に出た微細な泥土流は有明海の６ｍにも及ぶ干満差による堆積作用で干潟を広げて行く。こうしてできた有明粘土層はせん断強度が弱く、全国的にも稀な軟弱さを持っている。

弥生時代の環濠遺跡・吉野ケ里遺跡の周辺に見られるように山水を利用した水田稲作から次第に干潟に広がり、奈良時代の律令体制（条里制）から平安～鎌倉時代に入ると荘園領主、寺社などによる干拓が進んだ。神崎の庄だけで３０００ｈａを越え、川副の庄１０００ｈａなど新田開発が進んだ。「有明干拓史」（昭和１６年発行）によると戦国時代末期までに６０００ｈａが干拓された、という。



低平地の佐賀市は浸水災害に悩まされる

干拓技術は、干潟に木杭を並べて立て、葦など植物を絡ませ、泥土の堆積を待つ潮の干満を活用した「搦（からみ）」などの工法で行われ、魚の鱗状に広がっていった。その名残が、現在も地名となって残っている。

成冨兵庫の登場

関ヶ原の決戦を経て、幕藩体制が確立すると、各藩は新田開発にまい進する。コメの生産を高め、領内の経済的、社会的な安定を目指したのである。加藤清正の肥後藩、田中忠政の柳川藩、そして成冨兵庫の佐賀藩などが有明海干拓に精力的に取り組んだ。干拓と共に、築城、河川改修、道路整備など土木事業が盛んに行われた。



有明海岸（芦刈）宝栄搦に押し寄せる大波（昭和60年８月31日）

抜きん出た佐賀藩の技術

特に、軟弱な有明粘土層での構造物建設の基礎構築技術は、まさに「土台」にあった。「さが水ものがたり館」（佐賀市）には、成富兵庫の石井樋の基礎部分の構造が模型的に再現されている。河床に打ち込まれた杭の間に、横木（はしご胴木）を並べて基礎とし、その上に石垣を組み上げている。

こうした基礎技術は、干拓堤防にも生かされていった。まず堤防の基礎（土居心）として、丸太を5尺（1・5m）間隔で打ち込み、竹材や樹木の枝葉（粗朶）を直径15―20cmに束ね、2、3層に重ねる（搦め手柵）。そのまま5～10年放置して游泥を堆積させ、浜菜や葦が茂るのを待ち、総出で一斉に土寄せ、盛土を行う。その後、ある程度乾燥させ、突き固めた（「白石往来」天明4年、1784年）築堤工法が確立した。

長い歳月と苦労の末、やっと築いた干拓堤防も台風や高潮によってしばしば決壊、干拓地は壊滅的被害を受けた。盛土に使う有明粘土層そのものが軟弱で、越流、越波すると脆くも崩れてしまう。堤防を高く築くと沈下や「滑り」を引き起こす。

より強く、石垣堤防へ

盛土による干拓堤防の弱点を解消するため、登場したのが石垣堤防であった。石垣堤防は肥後藩・加藤清正の、横島・久島間（小田牟田新地）が初めてで、佐賀藩、柳川藩でも一部行われている。捨石を1―2m積み、さらに丸太を並べた「胴木」や間知石を整然と並べて基礎とし、その上に石組みして堤体を造る。裏側には土盛りして支え、石垣の前面（海側）には波止めとバランスを取るため、捨石を置く「直立型」だった。

徳川幕府は、各地の有力大名に江戸城、名古屋城などの築城、修理をさせた。その中で豪雨のたびに崩れる城壁に悩んだある大名が清正に教えを請うた。清正が築いた石垣は巨石の裏側の壁に、びっしりと小石を詰めて補強されていたのを見て納得した、という。

佐賀藩の干拓技術は抜きん出ていた。干拓堤防は、粘土の強度、地盤の支持力、潮の干満、波高と強弱など海岸水理が解析されてはじめて安定する。有明海での干拓堤防で経験した技術的な長い苦闘の末、蓄積された土木技術が佐賀藩にはあったのだ。幕末、長崎警護の任にあった佐賀藩が外国船の砲撃に備えて、砲台の建設にかかる前に、まず大量の石を海中に投げ入れる光景を他藩の武士たちが、いぶかしそうに見守った、というエピソードが残っている。軟弱土壌や海底の基礎づくりの重要性についての認識が他藩には十分なかったのであろう。

明治期までの築堤技術は、江戸時代までの経験と勘によるところが大きかった。明治5年、オランダ人土木技師ファン・ドールン（1837～1906）が「お雇い外国人」として、日本に招かれ、各地でオランダが蓄積した技術を使って土木事業を行った。有名な安積疎水（福島県・猪苗代湖からの延長52kmの導水で2800haの水田開発）は彼の「代表作」だ。ドールンはさらにヨハネス・デレーケ（1842～1913）を呼び寄せ、淀川、木曽川などの治水・利水のための河川改修や港湾整備に当たらせる。筑後川河口のデレーケ導流堤もそのひとつ。しかし、干拓堤防についての実績は多くはない。新政府はまず殖産興業のための港湾整備と洪水対策を進めるのが精いっぱいで本格的な干拓堤防まで手が及ばなかったようだ。



干拓堤防を安定させるため緩傾斜に築堤されている。

軟弱土壌に築堤された干拓堤防の沈下は大きく、台風、高潮などの災害に弱く、安定性も悪い。決壊しては造り直しを繰り返す忍耐の時代が続いた。かつての干拓堤防跡を辿ると、神社が多い。荒ぶる神を鎮める祈りが行われていた。

大正時代の米騒動もあって、大規模な干拓が構想、計画され始めた。昭和8年、佐賀県営干拓工事として、有明干拓が始まったが、自然災害もあって、着工から幾度も堤防決壊が起こり中断、工事ははかばかしく進まず、財政逼迫、戦争による資材不



松土居。松の木が植えられ、堤防基礎の材料として、使われた。

足、人不足でも行き悩んだ。

戦後の食糧不足解消のため、昭和21年同県の干拓事業は、県営から国営事業（有明干拓）として引き継がれた。事業開始から36年もの悪戦苦闘の末ようやく昭和44年に有明工区分が、また福富工区が同47年に完成する。

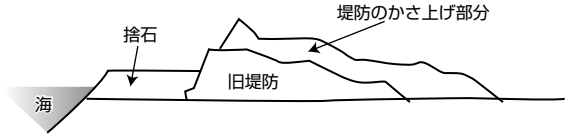
築堤方法は、まず厚さ18cmの敷き砂を行い、その上に粗朶を敷き（連柴）、捨石をしたうえで石垣を表裏の両面に築く。両石垣の間に栗石を詰め、背面に盛土して安定させた。

直立堤防から「傾斜型」へ

戦争による中断もあって、干拓堤防の技術の歩みは、戦後の大災害と軟弱地盤の壁に跳ね返され、遅々たるものであった。昭和29年、オランダの築堤技術が導入され、ようやく昭和30年代以降の福富工区などでは有明粘土層の土質、傾斜の安定が解析され、より災害に強い干拓堤防が築堤される。

それまでの直立型の築堤から、緩やかな傾斜を持つ（緩傾斜）築堤が進められ、安定感とバランスの良い堤防が築かれた。

それでも、有明海は台風常襲地帯であり、この間も高潮が頻繁に発生してきた。昭和31年8月の台風9号、同34年9月の台風14号、昭和60年8月の台風13号では佐賀県だけで死者行方不明者3人、重軽傷者10人、住宅損壊350戸、床上・下浸水約580戸、船舶の破損1000隻以上を出し、干拓堤防の欠損は43カ所に及んでいる。



こうした被害に加え、昭和34年の伊勢湾台風の大被害を契機として、国直営の海岸保全事業が翌年からスタートした。海岸保全事業は筑後川右岸から鹿島に至る約62kmの内、約25kmで事業が行われた。各海岸の延長は東与賀海岸の7・1km、芦刈海岸の約4・2km、鹿島の約3・6km、有明の約2・4kmで、平成23年3月に完成している。

地盤改良型へ

この間、干拓堤防の築堤技術は一歩一歩進んできた。

有明海の干拓堤防は、戦後、コンクリート三面張りの構造で、直立型から「傾斜型」へと進んでいる。干拓の先進地・オランダからヤンセン教授らを招請、「傾斜型」の指導を受けた。堤防の基礎を幅広くとり、堤防前後の傾斜をある程度、抑えられる。しかし、堤防幅が100mから200mにも及び、干拓地が大幅に削り込まれる問題点があった。

昭和35年の事業開始当時は盛土作業を、時間をかけて行い、地盤の強度を高めながら盛り立てて行く「緩速盛土載荷工法」がとられ、堤防前面（海側）には押さえ盛土・捨石工法が合わせて行われた。その後、干拓堤防の重量分、盛土して地盤の強度を高めたうえで本工事に入るプレローディング工法などで施工された。

地盤改良型の工法が本格的に登場したのは昭和50年代後半からである。

崩れない堤防ために地盤となる有明粘土層の土質改良によって、地盤を安定させる道が模索された。諫早干拓で「サンドドレーン」工法の実験が昭和29年に始まっている。堤防の幅をあまりとらず、かつ堤防を安定させるため、軟弱地盤自身を改良する工法である。有明海沿岸道路でも多く採用されている浅層、あるいは深層混合処理工法で、セメントミルクを圧搾空気で地中に噴射させて軟弱土と混合させ、円柱状の改良体を造るものだ。浅層の場合、石灰が改良剤として使われる場合もある。

コメの需要縮小、減反政策などで新規の干拓の時代は終わり、堤防の維持管理―「海岸保全の時代に」に入ったが、培われた技術は有明海沿岸道路建設に受け継がれ、また東南アジアでのインフラ整備・軟弱地盤への対応など海外での技術貢献に今後も生かされるだろう。



400年にわたる干拓事業は豊かな穀倉地帯をつくり出した。

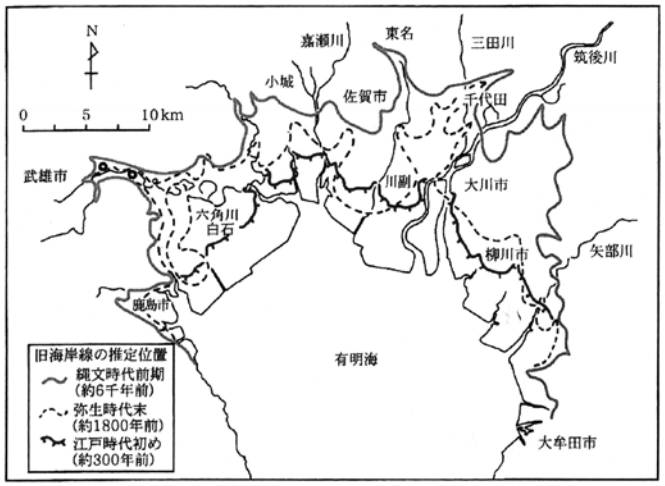


図2-11 有明海北岸低地における縄文海進ピーク時期以降の海岸線の変化．縄文時代前期，弥生時代末，江戸時代初めの3つの海岸線の推定位置と，現在の海岸線を示す．**下山正一氏作成**

有明海の海岸線の変化

国指定重要文化財・玉名干拓堤防

まるで城壁――５・２㎞もの潮受堤防
圧倒される重厚さと長大さ
新田造成の意気込み、今に伝える

温泉で有名な玉名市。市街地を抜けて一級河川・菊池川の堤防に出ると、ハゼの葉が少し紅葉して、車のフロントガラスにハラハラと飛んできた。菊池川河口は、たっぷりと水をたたえ、穏やかに有明海に運んでいる。

橋を渡って、左岸堤防の細い道を走り下ると、眼前に、太宰府の水城を思い起こさせる緑の樹木が茂る堤防が南へ延々と伸びている。明治初期、最初に手掛けられた潮受堤防「末広開」だ。菊池川河口の左岸堤防から熊本市側に向かって築かれている。

堤防下に立つと、高さ約５ｍもの石積みの壁が、東南へ、海に反り出すように弓形に延びている。日本が日清戦争に勝利、国中が歓呼にわいた明治28年（１８９５）に完成・幅約15ｍの二段構造、地上からやや傾斜を付けて約10段の基礎部分が積まれ、その上に垂直に４段、さらにコンクリートで波返しを突き出している。延長約１・３㎞という。堤防沿い、水路横を石壁に沿って歩く。海岸側はすでに国営干拓によって広大な田畑となり黄金色の稲穂が一面揺れている。ところどころに休耕田なのか、雑草が大地のしみのように茂っているのが悲しい。「末広開」はすでに潮止めの役割を終えて巨大な「遺構」になっているのだ。

藩政時代に築かれた干拓堤防は小規模で弱かった。台風や高潮のたびに壊れ、農地は壊滅的な被害を受けてきた。このため、さらなる新田開発もあって、国営事業によって大規模な干拓のための築堤が進められた。「粗朶沈床（連柴）」の上に捨石をして基礎とし、その上に表裏二つの石垣を築き、間に栗石を詰めて立ち上げてゆくのが当時の築堤工法だ。途中、幾度も堤防決壊に苦しんだ有明干拓堤防は多い。

それにしても見事な石垣だ。加藤清正の入府以来、菊池川河口は有明海に向かって営々と干拓事業が続けられ、新田を造成してきた。肥後藩には武者返し熊本城壁を築き、薩摩の五石橋をはじめ多くの名橋を残した石工集団とその技術は、あるいは干拓事業で養われ、確かな技術として蓄積されたのかもしれない。

石垣の基礎は、佐賀平野で用いられている工法と同じで、横木と粗朶（そだ）を敷きを基礎として軟弱土壌での沈下を防ぎ、その上に積む石垣を安定させている。



末広開の樋門

堤防沿いの道は、やがて末広開の樋門に着く。樋門の海側は、墓所となって黒い墓標が並び、小さな広場に樋門の由来がかかれた説明板が立っていた。石垣横の梯子を登り樋門の上に立つと、「末広開」が造成した水田が大きく広がり、大穀倉地帯を創り出している。

明治期の、この末広開までには、清正、それを継いだ細川藩の江戸時代、特に幕末の約50年間を通じて、干拓が大きく沖に延びてきた。樺島干拓の九番堤防は家老の有吉家が中心となって築いたもので、現在も２―３ｍの高さでところどころに見ることが出来る。その石積みの厳しい苦役に動員された女性の「労働歌」が残っている。

ドンドン梯子の真ん中もとで　アラヨー
辛抱なさいと　目に涙
ツンコ　ツンコ　ツンツン
重（おぼ）かろ　ぶ出せ
どっちも日雇い　親方金持

末広開の樋門の上の石畳をそろりと歩く。全面石組みの樋門は西側から２つ水門を持つ二枚戸樋門と、三枚戸樋門が２つ並行に並ぶ六枚戸の計八水門。水門は長い石材で縦横に組み立てられている。樋門は堤防内側の干拓地にたまった水を海へ排水する重要な施設で、有明海の大きな干満差が利用された。

末広開樋門からは「明丑開」と呼ばれる潮受堤防となる。完成は明治26年（１８９３）で末広開の２年前。大がかりな玉名干拓の最初の潮受堤防だ。

驚くべきことは、末広開も明丑開、さらに続く明豊開、大豊開の４堤防とも複数の地主によって次々と築堤されていったことだ。これほどの大干拓事業を完成させる地主の財力、構想力、そして事業を完成させる強い意思力は、これらの見事な石積みの４つの大規模な堤防に込められている。

頑強に見える４つの潮受堤防だが、大正から昭和初期にかけて来襲した台風によって幾度も決壊し、干拓新田は塩害を手ひどく受けた。そのたびに復旧工事に新しい築堤工法が動員され、その技術の積み重ねで、今日の姿に至っている。現在の堤防そのものが築堤の歴史を物語っているわけだ。

熊本市の北辺に当たる唐人川まで続く大豊開堤防を見終わって、さらに沖合まで干拓地を延ばした国営干拓事業の潮受堤防まで車を走らせる。この国営堤防建設で４つの旧干拓堤防は役割を終えた。

第2節④ インタビュー 三浦哲彦氏

軟弱地盤と戦う技術開発

――有明海の干潟は全国の干潟の43％にもなる広大さを持ち、有明粘土層と呼ばれ、非常に軟弱な特徴を持っています、構造物や道路が沈下するなど苦労の多い地盤ですが、なぜでしょうか。

三浦氏　沖積粘土の大部分を占める有明粘土層の軟弱性は、通常の粘土より高い含水比と圧縮性を持ち、乱されると強度が大きく低下するという高鋭敏な構造からきています。粒子、といっても、葉っぱに似た形をしていて、面部と端部は－と＋とに帯電しており、くっつきあっています。これは綿毛構造と呼ばれており、隙間が大きく、その間に水分（間隙水）が溜まっていますから、極めて軟弱な性格となっているのです。

――上げ潮の時、底土がはぎ取られ、巻き上げられて、陸側に運ばれ堆積する（逆流浮泥）、筑後川では28㎞、六角川では30㎞も逆上り堆積するとされ、川と海からの泥土が混ざるわけですが。有明粘土層（海成層）と蓮池層（非海成層）の2層があるとされていますが、性質に違いあるのですか。

複雑な有明粘土層の生成と地質

三浦氏　大まかですが有明粘土は圧縮性と鋭敏性が高く、蓮池粘土は圧縮性と鋭敏性は低いと言えます。堆積過程は次のように異なります。海面の深さが現在より約30ｍも低かった時代、有明海を囲む河川から流れ出た細かい土粒子が堆積して形成されたのが現在の下部蓮池層。およそ1万年前からの縄文海進で海面が上昇し、ある時期は現水面より5ｍほど高くなり、渚は背振山系金立近くまで進みました。その後、海面は少し下って現在の高さに落ち着きました。海面上昇のなかで堆積したのが有明粘土層。河川の流れや潮の干満作用によって粒子は浮遊しつつ堆積して海成の有明粘土層が形成されました。堆積層は次第に厚くなりついには自然干陸化し、また築堤によって海と隔てられました。その後に山側から運ばれた土粒子が表面に堆積したのが上部蓮池層。上下蓮池層と有明粘土層をひっくるめて沖積粘土層と呼んでいます。それらの堆積速度は1年に1ミリ程度、1万年で厚さ10ｍの軟弱な沖積粘土層が形成される計算になります。

――同じ沖積粘土層でも海岸堤防付近で厚さが増していますね。

三浦氏　湾奥に当たる佐賀や福富間で沖積粘土層は厚さ12―13ｍ、鹿島で約20ｍの層もあります。沖積層の下には砂・礫・粘土の互層からなる洪積層（更新統）が続いています。基盤（古第三系）までの深さは海岸付近で２００から３００ｍ、大川付近で最深７００ｍという調査結果があります。

沖積粘土層は大牟田から鹿島付近までの有明湾岸地帯に分布しており、佐賀市周辺に限って言えばＪＲ長崎本線から海岸線までと考えてよいでしょう。その軟弱地層が沈下などいろいろ困った状況を造りだしているのです。

――そうした厄介な沖積粘土層の上に高規格道路を建設するのですから



重量のある高架橋を支えるため、深く杭が打ち込まれている



三浦 哲彦 氏

（みうらのりひこ）　**プロフィール**

1937年7月9日生まれ、唐津市出身。九州大学工学部土木工学科卒業、同大学助手、山口大学助教授、同大学教授。1964年から佐賀大学教授、同大学低平地防災研究センター長、理工学部長、全学教育センター長、佐賀県都市計画審議会委員、国土審議会専門委員、社会資本整備審議会専門委員。佐賀大学名誉教授。

世界に広がる低平地技術と対策工

ら、ルート設定に悩むことになりますね。

三浦氏　現場は頭を悩ませていました。何度もルートを引き直して検討をしていたようですが、佐賀空港へのアクセスなどもあり、現在の線形になったようです。

――佐賀空港や空港アクセス道路、有明海沿岸道路などの建設に先だって、実際に盛土を行って実験が行われています。

三浦氏　軟弱地盤の上に、高く、つまり重い土盛りをすると、当然沈下したり破壊したりします。佐賀空港の滑走路建設に先立って行われた盛土試験（鉛直ドレーン工法＝注1）では、3m高さの盛土がドレーンの作用で間隙水が抜けペチャンコになりました。

アクセス道路では、杭支持されたボックスカルバートは沈下しないのに、道路部では沈下が生じ、大きく波打ちました。道路舗装の重さによる影響だけでなく、工事用トラック荷重の作用が合わさって沈下が進みました。この調査で交通荷重による沈下を予測する手法を開発しました。杭支持構造物と道路が接する付近では大きな段差が発生したし、周辺の田圃にも引き込み沈下が生じました。

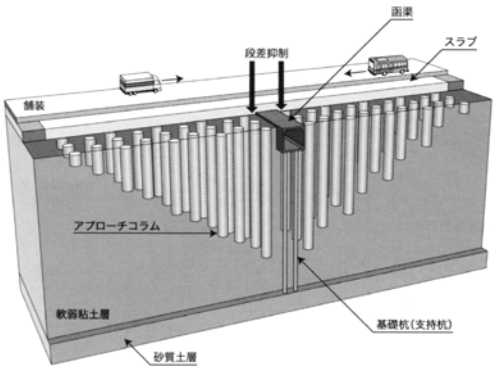
有明海沿岸道路のように8m近くも盛土すると沈下のほか周辺の地盤にも大きな影響を与えます。地域の人々は工事に伴う沈下現象にはとても敏感です。それは地下水揚水に伴う広域地盤沈下に長く悩まされてきたことも影響しているでしょう。佐賀県としては、道路工事区と周辺民間地との境界における変位（工事中の隆起、水平変位、盛土後の沈下）をいずれも5cmという厳しい条件を課すことにしました。実証盛土などを通して変位の問題は解決できることを示して地域の理解が得られました。

地盤改良で沈下防止

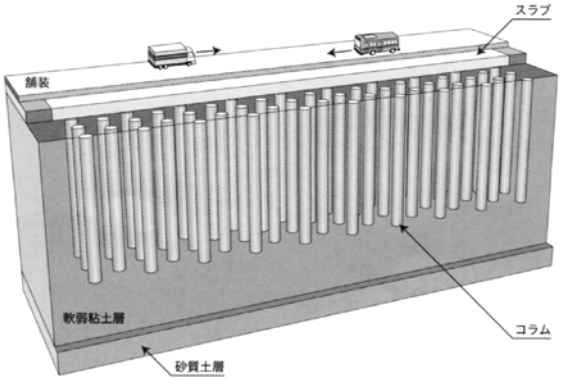
実証盛土では、地盤改良して沈下や変位を抑える対策工が試され、提案されました。成果として、盛土下の軟弱地盤を1m厚さ改良（セメントを混ぜる浅層混合処理によるスラブ＝注2）する工法、スラブの下に深層混合処理工法で直径1―1・2mの円柱形（コラム＝注3）に地盤改良する基礎工が有効であることが分かりました。地盤改良機の発達で深部までコラムを伸ばすことが出来るようにもなりました。実証盛土の結果を参考にして盛土工事が実施され、技術上の大きな問題や地域とのトラブルもなく進捗しているようです。

――国道34号の拡幅工事（許容沈下量5cm）で初めてコラムスラブ工法（注4）が採用され、試験的に工事が行われたと聞いていますが、地盤改良はどのように行われるのですか。効果や影響はどう現れたのでしょうか。

三浦氏　コラムについては、沖積粘土層にセメントを15％ほど混入させて上から深部へ円柱形に造って行きます。その軟弱度など地盤の条件によって、混入率も違いますが、このコラム群とスラブのさまざまな組み合わせを行い、その土地の条件に適合した基礎を構築します。これによって沈下を抑えるだけでなく、振動、騒音も相当程度、抑えることが出来ました。また地下水の流れに影響を与えないようにコラムの先端を支持層まで定着させず軟弱粘土層内で止めて（フローティング方式）、許容沈下量内におさまるようにしています。コラムの長さはトラック交通荷重による沈下が許容値に収まるよう設計しました。本工事で交通荷重の影響を考慮した提案設計法の実用性が確認できました。また、コラムスラブ工法および、段差緩和工法としてのコラムアプローチ工法（注5）が確立できたと考えています。



コラムアプローチ工法



コラムスラブ工法

軟弱地盤対策工法略図

これらは佐賀発の技術といってよいでしょう。

――国道４４４号などでは、盛土の高さは低いのに路面が緩やかな波状に起伏する、不同沈下による波打ち現象がみられますね。

三浦氏　不同沈下の主な原因は、地下水揚水、舗装や盛土の表面荷重、交通荷重の３つがあげられます。地下水揚水に伴う広域地盤沈下は稲作増産の負の面として昭和30年代から地域の社会問題でしたが、嘉瀬川ダムの完成で鎮静化しました。

道路の波打ち現象は、沈下対策がとられたところや、そうでないところがあり、結果、路面に起伏が生じてしまうのです。走行に問題があれば補修されています。コラムスラブ工法、コラムアプローチ工法などを使った最近の道路では、そうした現象は見られません。

――それらの工法は、例えれば、天井盤を、幾本もの柱で支える形の地中の構造物を造るわけですが、コストが相当高くなりますね。有明海沿岸道路建設でも、常にコスト削減が言われています。

三浦氏　確かに、通常の道路建設に比べると初期建設費は高くなります。しかし、軟弱地盤に重い構造物を造ると引き込み沈下を始め周辺に様々な影響を与えます。そうした周辺対策費、沈下などへの補償、振動騒音対策費などを含めたライフサイクルコスト、あるいはトータルコストから考えなくてはなりません。結果的には、明らかに安くなることが実証されました。

――道路のほか、軟弱地盤に橋梁を架ける場合、橋脚の基礎を据える安定した支持層が必要ですが、支持層はどのようにして決めるのですか。

トータルコストでは〝安価〟実証

三浦氏　地盤の強さを表す指標としてＮ値がありますが、一般的にはそれが30以上あれば支持層とされます。確実な支持層としては50以上とされています。支持層の下部に軟弱層が堆積していることがあり、そのような場合には高度の地盤工学的判断が求められます。

――矢部川大橋の二本の主塔基礎の一つが、工事中に沈下しました。深さ約50ｍの支持層に下にあったレンズ形の軟弱層が塩分溶脱によって構造変化を起こしたのではないかとされていますが、そのような変化は起こりやすいのですか。

三浦氏　私はこの調査に直接関わっていませんが、説明を受けた時の資料によると塩分を含んだ粘土が支持層の下に挟まっていたようですね。その軟弱層が重量物によって生じる圧密圧力に耐えられなかったため設計値を超える沈下が生じたと推測されます。矢部川大橋の場合、先に施工したＰ１では問題はなかったのに、Ｐ２で大きな沈下が発生しました。これには支持層下方に堆積する海成粘土の塩分溶脱、ケーソン沈設時の摩擦低減工法の採用などＰ１の場合とは異なる条件が関与したと思われます。これらの経験は、今後の工事に活かされると確信しています。

――橋など構造物は、沈下を抑える基礎工が行われ、取り付け道路ではそれがされていないので、橋と道路のつなぎ目に段差が生じ、しばしば補強工事が必要になっていますね。

三浦氏　段差緩和のためにはオーバーレイ工法（注６）、踏み掛け版工法（注７）、コラムアプローチ工法などが使われています。コラムアプローチ工法は橋などの道路構造物とのつなぎ部分に最長のコラムを設置、距離的に離れるにつれ短くして行き、構造物を中心に逆三角形にコラムを並べる。両端ではコラム長が短いために沈下が大きくなっても、橋に向かっての緩やかな勾配を造ることになりますから走行上は問題がなくなることを狙っています。他の工法と比べてメインテナンスフリーであることが特徴だと考えています。

――干拓（潮止め）堤防は台風や高潮の被害を受け、決壊したり、沈下したりしてきましたが、道路の沈下対策と違いはあるのですか。

三浦氏　昔の干拓堤防は壊れない程度の高さまで盛土材料を積み上げて時間をかけて沈下させ、地盤が少し強くなってから嵩上げを繰り返すという段階施工法がとられてきました。海岸線ですから干満差で水圧が変動し堤防は小さいが脈動現象を呈します。河川堤防では嵩上げ時に円弧滑りによる破堤が起きやすかった。そのため法尻部を深層改良して安定を確保しています。軟弱で有名な六角川の堤防でも同様な対策工がとられてきました。

――筑後川橋梁の橋脚をデレーケ導流堤の上に置くことになりました。導流堤は沈下抑制にオランダ流の粗朶（そだ）沈床工法が採用されたと言われています。しかし、江戸初期の成冨兵庫の指揮下で造られた干拓堤防などの沈下対策では似た基礎工法がすでに行われていますね。

三浦氏　佐賀平野同様、オランダも低平地の国であり、干拓で土地を造成して国土づくりを進めてきました。低平地の内水排除、軟弱地盤対策という二重苦に悩まされた土地ではそれぞれの知恵を絞り、講じた対策・技術が似てくるのは当然と言えば当然でしょう。幕末、佐賀藩が海防のために長崎の神の島・四郎島に砲台を造る際に海中に膨大な石を投げ込んでいるのを他藩が奇異の目で見ていたと言われていますが、それだけ佐賀藩は軟弱地盤での基礎づくり、基盤の大切さを認識していたといえるでしょう。

――筑後川、早津江川を渡って、いよいよ沖積粘土層の厚い佐賀県内の本格工事になります。盛土中心ですか、高架となりますか。

三浦氏　早津江川から佐賀までの約８㎞までは国土交通省が担当、それから先は佐賀県が施工してすでに４・５㎞が完成（平成27年現在）しています。確かに、有明粘土層は厚いし軟弱ですが、先にお話した地盤改良技術を駆使して延伸して行くのだと思います。高架方式だと景観的な利点がありますが、コスト高であること、50年、１００年の長寿命を保つにはメンテナンスが大変です。盛土工法は地域を分断するのが問題ですが、佐賀平野の大水害の際には幹線輸送路として、また緊急避難の場として機能することが期待されます。10ｍ程度の盛土であれば技術的に対応できます。

世界に輪を広げよう

――オランダ、中国、メコンデルタなど東南アジアの学者研究者との交流、共同研究などを積極的に進めておられます。

三浦氏　オランダは地盤対策だけでなく低平地での総合水管理など知恵と技術を積み重ねてきています。デルフト工科大学などの先進技術を導入し、佐賀低平地特有の技術を発掘・開発し、アジア諸国にも広めたいという強い思いがありました。それが実って１９９１年に佐賀大学低平地防災研究センターが認可され、１９９３年に低平地研究会をスタートさせ、１９９８年に国際低平地研究協会を設立しました。平成26年秋にも2年ごとの国際シンポが開催されました。

　世界各国の海岸近くで災害が発生しています。低平地を抱える諸国との研究交流が進み、災害の予知、対策、復興に寄与できることを期待しています。研究仲間、教え子たちがカナダ、インド、バングラデシュ、フィリピン、中国、韓国、タイ、ベトナムなどで活躍しています。これらの輪が一層広がることを願っています。

◇　◇

注１【ドレーン工法】含水比が高い粘土層に砂柱やプラスッチック製の排水材（ドレーン）を打ち込み、その上に盛土することで水分を抜き取り粘土地盤の強化を図る工法。

注２【スラブ】表層付近の地盤にセメントを混合して締固め、厚さ１ｍ程度の版状固化体（スラブ）を築造する。その上に盛土・舗装することで沈下をある程度、抑えることが出来る。

注３【コラム】表層から10数ｍの深さまで、機械撹拌によってセメントを地盤に混合して、直径１ｍ程度の固化体（コラム）を千鳥状に作り、地盤全体の強化を行う。

注４【コラムスラブ工法】軟弱地盤にコラムを２・５ｍ程度の間隔で鉛直打設し、その上にスラブを敷設して、盛土や交通荷重による引き込み沈下や不同沈下を抑え、また盛土による地盤破壊を防止する。

注５【コラムアプローチ工法】杭などで支持された橋などの道路構造物と周辺道路との間に発生する段差を許容範囲内に収める工法。橋のそばには長いコラムを設け、離れるにしたがって段階的に短くして、段差を短縮する。

注６【オーバーレイ工法】道路構造物と道路との間に発生する段差に定期的にアスファルトをかぶせて修復する従来工法。たびたび施工せざるを得ない場合はメンテナンス費が高くつく。

注７【踏み掛け版工法】延長数10ｍの版状体を橋と道路の間に架け渡すことで段差発生を抑える工法。段差が限度を超えると版の下に空間を生じ危険となる。

プロジェクト九州

第2節⑤ 治水、利水の400年project

嘉瀬川ダム

計画から39年、治水利水の総仕上げ 西九州、最後の大型ダム建設 「水と泥との戦い」――際立つ成冨兵庫の事業

変更されたダムの目的

佐賀市富士町にようやく完成した特定多目的・嘉瀬川ダム建設ほど、建設可か否か、長く論議が続いたダムは珍しい。ダム建設計画が発表されて、平成24年の完成まで実に39年。洪水調節、灌漑用水・上水確保、発電などを行う重力式コンクリートダムだが、高度経済成長期にたてられた当初計画は、あまりに長い歳月による「時代と社会状況」の変化によって、変更を余儀なくされ、建設反対運動も長く続いた。

江戸時代初期、佐賀藩では成冨兵庫茂安が進めた大規模干拓事業や佐賀城下への上水確保のための石井樋建設、洪水防止のための築堤などがスタートとする、佐賀平野、白石平野で営々と今日まで繰り広げられた４００年に及ぶ「水と泥との闘い」。嘉瀬川ダムは、その治水、利水事業の総仕上げとなる大型プロジェクトに位置付けられるものであった。

日本の原風景が消える

嘉瀬川は、背振山地の福岡県と佐賀県県境付近を水源とする支流の水が嘉瀬川ダムで合流、三瀬町、富士町など山間の渓谷を通って、一気に佐賀平野に流れ込む。古湯温泉など古くから、渓谷の温泉地として親しまれ、斉藤茂吉、郭沫若など内外の歌人、文人がくつろぎの時を過ごした。ニヒルな流れ者「木枯紋次郎」シリーズで流行作家になった笹沢佐保も川沿いに居を構え執筆活動にいそしんだ。

映画「男はつらいよ」第42作撮影のため、佐賀市富士町の嘉瀬川ダムサイトを訪れた山田洋一監督は、「日本の原風景がここにある」と話した。故郷に別れを告げざるを得ない人々とさびれゆく山里。ダム建設によって消えて行く山村の人々の暮らしと風景を映画フイルムに残す気持ちをそのように表現したのだった。

山田監督がここをロケ地にしたのは、主演の渥美清に届いた「ぼくの村がダムに沈む」という一少年の手紙。渥美と山田の心が動かされ、人気シリーズ映画「男はつらいよ　ぼくの伯父さん」のロケ地として選んだのだった。ダム建設・水没によって、富士町住民１６０戸が移転を迫られた。住み慣れた故郷への愛着、将来への不安から、反対運動は計画発表直後から起こり、補償交渉は遅々として進まず、大筋妥結したのは22年後の平成7年（１９９５）。着工にはさらに歳月が必要だった。

この間に、若者の人口流失は止まらず、街の過疎化は進み、温泉湯治客も減っていった。特に、佐賀市など下流地域が期待した工業用水は、事業拡大を目指していた製紙会社が、計画縮小。1万t（日）取水予定量のうち７０００tを返上するという事態が起こった。建設が長引き、社会需要の変化によって、ダムの目的や規模を当初計画から変更せざるを得ない「長期ダム事業」の典型的なケースとなった。しかし、隣接する城原川ダム（神埼市脊振）のように、最初の多目的ダムから治水ダムへの大きな目的変更は、嘉瀬川ダムの場合はなかった。城原川ダムは地元に賛否両論あり、いまだに未着工の状態が続いている。

成冨兵庫茂安の大事業

嘉瀬川も城原川も天井川である。佐賀平野に入ると、河床より沿岸周辺が低地で、いったん豪雨となれば洪水が起きやすい。山地を流れ下って、急に低平地に出るため、河床に土砂が堆積しやすく、河口から約20㎞周辺は古くからの干潟の干拓地で、極めて水はけが悪いうえ、有明海の大きな干満で潮が河口から逆流して川を遡り、海からの泥土も運んでくる。筑後川や佐賀平野、白石平野を流れる嘉瀬川や六角川など特有



たっぷりと貯水した嘉瀬川ダム

考え抜かれた石井樋の構造

の現象だ。

有明海沿岸の低平地の、複雑で特殊な条件の中で、先人たちは治水と利水のため努力と工夫を重ねてきた。嘉瀬川ダムの下流、流れが平地に出る佐賀市大和地点に「石井樋（いしいび）」と呼ばれる「いぜき」と取水門が、成冨兵庫茂安によって造られた。山地を流れ下ってくる水の勢いをいったん抑え、象の鼻と呼ばれる突堤で、迂回させて流砂を沈殿させ、取水門に導く。そこから多布施川と呼ばれる導水路で、佐賀城下町に流す。

今でいう都市用水の確保。本川の流れは「いぜき」で食い止め、減勢。大量の水が一気に流れ下り、洪水にならないように越流堤や水門で調整する。こうして治水と利水を兼ね合わせた「石井樋」が造られている。農業用水にはクリーク網を、洪水対策には、二重堤や遊水池、水勢を抑える植栽など、ダムだけに頼るのではない治水、利水の総合対策がすでに、模索されている。

成冨兵庫の治水利水土木事業は、佐賀藩全域に展開され、東は筑後川の治水のための2段構えの千栗堤防（12㎞）を12年間かけて造り、西は白石平野干拓のための「5千間堤防」と干拓には37年間を要した。治水、利水、干拓など広範多岐にわたり、扇状地、平野部、河口部のそれぞれの状況に合わせ、広域水利システムの構築が行われている。その原点というべき事業が「石井樋」で、現在は江戸時代の石組み様式で復元されている。水を学び、親しむため「石井樋公園さが水ものがたり館」も建設され、周辺の遊水池は広い水辺公園になっている。

216もの遺跡、遺構群

石井樋の近くには、奈良時代の肥前国府跡があり、東に進むと古墳時代の久保泉丸山古墳（現在は約500m離れた佐賀市・金立サービスエリア近くに移設）、縄文貝塚として有名な名越遺跡、そして弥生時代の環濠遺跡・吉野ケ里遺跡と遺跡や遺構群が並ぶ。脊振山地の麓を走る九州横断道（長崎道）の鳥栖ICから武雄北方ICまでの約70㎞の建設に当たって、縄文から弥生、古墳時代にかけて遺跡・遺構が216カ所もあり、発掘調査された。当時の有明海の海岸線沿いに、人々が集落を造り、「海の幸、山の幸」に恵まれた暮らしてきたことをこれらの遺跡群は物語っている。

脊振、天山、多良山系から筑後川、城原川、嘉瀬川、六角川、塩田川によって、有明海に向かって土砂が有明海沿岸に運ばれ、堆積する。海底にたまった泥土は干満の潮流によって海岸に向かって押し返される。数千年かけた繰り返しによって堆積した土砂は海岸線を海に押し出して、広大な干潟を形成していった。有明海沿岸でのこうした自然現象に加え、人間の知恵と力による干拓で広大な平野が造成されていった。「50年に1干拓」と言われるように、干潟の広がりと分厚い堆積は、干拓を必然のものとした側面もある。干拓は平安末期に始まるといわれるが、本格的に進んだのは関ヶ原の戦いが終わり、徳川幕府が開かれてからである。

「富国の道、講ずべきなり」



計画から39年で完成した嘉瀬川ダムの全景

水と泥との闘い始まる

成冨兵庫（1560―1634）は、戦国武将として関ヶ原の合戦をはじめ数々の「戦さ」に参戦、平和の時代が到来すると、殖産振興―新田開発という「水と泥との闘い」に取り組む土木技術者に変身した。「乱すでに定まりぬ。富国の道専ら講ずべきなり」（成冨君水功之碑）。その時代と社会状況の変化に合わせて、自らの職責を転換するリーダーとしての生き方は見事というほかはない。「富国」のためには、新田を造成し、稲作生産力を上げる道しかなく、柳川、肥後など沿岸の各藩共に新田開発に取り組んでいる。

佐賀藩は干拓による新田開発にどこよりも強力に取り組んだ。厚く積もった干潟の海抜2m線に沿って、稀に見る軟弱土壌とされる有明粘土層での潮留堤防と干拓は難事業である。流れ下り、かつ逆流する河川を制御し、最大6mにも及ぶ干満の差、時に襲いくる高潮に耐える防潮堤を築造すると共に、灌漑用水の不足に対処するためクリークのネットワークを張りめぐらさなければならない。

用水確保のネットワーク

成冨兵庫は六角川の河口から西地域に約９㎞に及ぶ「５千間堤防」建設（１６２４―１６６１）に取り組んだ。35年を超える干拓事業、広大な新田の造成である。１・５ｍごとに堤防を支える松杭を打ち込み、木の枝や葉で「粗朶沈床」を造る。泥土が堆積するのを待って盛土して、堤防を完成させる。松土居とも呼ばれ、土居（えん堤）に沿って松を植えていった。松はさらなる新田開発や補修用の木杭、「粗朶沈床」の材料として現地に備えるためである。堤防が決壊して、補修材を探す「泥縄」な対応では、新田は守れない。

築堤による土地造成だけでは「新田」とはならない。問題は灌漑用水の確保である。水源の山地が浅い六角川は水量が豊富なわけではない。その上、潮は満潮時、約29㎞さかのぼる。干拓前の海岸線まで川を逆流するのだ。逆流する潮水は流れ下ってくる真水の下に潜り込むようにさかのぼって行く。上層は真水、下層は比重の重い塩水の２重構造になる。この上層の真水（アオ）だけを新田に汲み上げる「アオ取水」とそれを溜めるクリーク（掘割）を張り巡らす貯水事業が有明沿岸の干拓地では行われてきた。足踏み水車で真水を汲み上げ、クリークに溜め、循環させ、反復利用する。

オランダ人医師・シーボルトは高畔（とうね）打ちと呼ばれる、水をリサイクル的に使う、労苦に耐えかつ合理的な農作業を記録している。「晩秋になると土を積み重ねて３フィートの畔を造り、山木のハダカムギかコムギを横の列にまく」「このコムギは６月初めに実る。それから掘り返され（中略）すぐコメがつくられ、やがて第２の収穫をもたらす」（江戸参府紀行）。

しかし、「アオ取水」とダムの役割を果たすクリークだけでは水量に限りがあり、しばしば襲ってくる日照り、渇水に対応できる灌漑用水として十分でない。

安定供給のため成冨兵庫茂安は六角川上流に、上段、中段、下段の３段階の堤防を持つ大型のため池（永池堤、貯水量１３３万㎥）を造り２・２㎞の水路で導水する。現在のダムと水路建設である。大型貯水池、アオ取水、クリークと合わせた大きな発想と緻密に構成された利水システムによって、白石平野は佐賀藩を支える穀倉地帯に変貌していった。

食糧増産のために

戦中、戦後、食糧増産が時代の要請になった。全国一の反収を誇った「新佐賀段階」と呼ばれるコメ増産運動も進み、佐賀、白石平野は稲作を拡大して行った。

そのためにはさらなる灌漑用水が確保されなければならない。筑後川から西、六角川までの佐賀平野では北山ダム、嘉瀬川の中流に農業用取水施設「川上頭首工」を建設して、そこから水路を延ばし、また、筑後川下流土地改良事業によって用排水水系を、さらに筑後大堰によって佐賀導水も完成、不安定な「アオ取水」から解放された。

一方、六角川から西の白石平野でも成冨兵庫の「五千間堤」を越えて、さらに沖合に堤防が築造され大規模な干拓が行われた。昭和８年、干拓は県営事業として始まり、さらに昭和21年からは国営事業で進められた。干拓工事は、有明工区から、福富、廻里江工区へと順次広げられ、昭和54年ようやく完工。新たに１７０８ｈａ（うち農地は１３２６ｈａ）が造成された。当然、さらなる灌漑用水の調達が必要になる。



川上頭首工（嘉瀬川）は佐賀平野をうるおす。

深刻化する地盤沈下

六角川の流量は筑後川の９分の１（年間約５億ｔ）に過ぎない。灌漑用水は、六角川の水量だけでは賄いきれず、打開策として「深井戸」が掘られた。２００ｍという地下深層の地下水を強力な揚水ポンプで汲み上げるのである。これだけ大深度の地下水汲み上げであれば、地盤沈下は起こらないと誰もが見込んだ。だが、現実は、予想を上回る地盤沈下であった。

昭和40年ごろから始まった地盤沈下によって道路は波打ち、亀裂が生じ、学校の校舎が沈み床下の鉄パイプが「タケノコのように」床を突き出てきた。水田にも大きなひび割れが出来、ポンプ小屋は浮き上がった。沈下は平成に入っても大きく急激になるばかりであった。

第２の永池堤、嘉瀬川ダム

六角川の水を高度利用するため「六角川河口堰」（河道貯水量３３０万㎥）は昭和43年度着工、５年後に本体工事が完工、同57年に完

成している。深井戸汲み上げによる沈下被害を抑制し、満潮時の潮を止め、六角川そのもので真水を貯水する狙いだった。しかし、貯水する六角川沿岸の水田が湿田化する恐れがあると強い反対が起こり、現在も水門は閉じられないまま。「堰」の役割は放棄された状態になっている。

白石平野現地での問題解決の道は閉ざされてしまった。嘉瀬川ダムの建設は、こうした地盤沈下に悩む白石平野への灌漑用水供給の大きな目的があった。しかし、白石平野は六角川の流域であり、嘉瀬川ダムにとって「流域外への水供給」となる。成冨兵庫は六角川上流に永池堤を造り水瓶とした。今回は嘉瀬川ダムを第2の永池堤・水瓶として流域外へ灌漑用水を供給するのだから、ダム建設地住民に抵抗感が生まれるのは当然であったろう。筑後大堰建設によって、渇水に悩む流域外の福岡都市圏への上水供給（福岡導水）が有明海漁民を中心にした激しい反対運動に直面したのと同様、流域外への水供給のため、自らの生活を脅かす大きな犠牲を払うことになるからだ。住民の合意を得るために長い歳月が必要だった。



川上頭首工が建設されている嘉瀬川の美しい川上峡付近

「水だけでなく資源は地域的な偏りがある。筑後川と福岡都市圏と同様、嘉麻川流域と白石平野の関係も同じだ。権利主張から譲り合いへ」とダム推進派は言うものの、富士町住民の心情は複雑だった。悩みに悩んだ末、「流域外供給」を受け入れる。嘉瀬川中流の「川上頭首工」から取水、パイプで白石平野に送ることになった。白石平野の水源転換は実現した。東の筑後川からの佐賀導水、西の嘉瀬川からの導水など広域的な水利用体系が整うことになった。「成冨兵庫から400年、ようやく完成形となった」（荒牧軍治佐賀大学名誉教授）のである。

〈嘉瀬川ダム〉

▽総貯水量7100万㎥（うち白石平野用かんがい用水2930万㎥、都市用水・電力用水30万㎥）

▽えん堤（幅456m、高さ99m）

灌漑から治水へ役割変更
—六角川河口堰—

六角川の河口近くの住之江橋（国道444号）から、六角川河口堰が見える。水門は、常時、開けたままで、河口堰としては異例の風景だ。灌漑用水確保のため建設されたが、水質の変化を懸念する有明海のノリ漁業者の反対で閉門できず貯水は見送られたのである。

当初の計画では、六角川から「アオ取水」している約4400haへ灌漑用水を送るため330万tの貯水を計画していたが、平成11年6月、常時、締切りを行わないことになった。貯水湖の機能を捨てたのである。

河口堰は干拓農業のために造られた。灌漑用水が不足するため、地下水を汲み上げていたが、地盤沈下が発生。河口堰で遡ってくる満ち潮を止め、上流からの河川水を貯めて、灌漑用水とする目的だった。諫早干拓の開門を巡って、長い間、開門を主張する漁業者と干拓農民とが対立しているが、その原型がこの六角川河口堰にある。

現在の河口堰の機能としては、台風などによる高潮対策だ。ゲートの操作実績を見ると、昭和58年9月の台風襲来時に閉門、以来平成25年10月までに50回、年平均1・6回、閉門されている。有明海は干満の差が6mにも達し、台風による高潮が発生すれば、大きな被害を出す。

最近では平成24年9月の台風16号が通過した時、河口堰のゲートを閉門、有明海からさかのぼってくる潮流を止め、河口堰から上流の水位を4・67m下げることが出来た。

戦前から戦後にかけて、杵島炭鉱などから掘りだされた石炭は、六角川岸・土場から船積みされ、河口の住之江港まで運ばれ、各地に送られた。住之江港は明治38年特別積み出し港に指定され、大正8年には特別輸出入港になっている。杵島炭鉱の閉山（昭和44年4月）と共に、その港湾機能も終わりを告げた。



開門されたままの六角川河口堰

世代を繋ぎ拓いた干拓

海と陸の境界にある干潟

〝春潮の底まで見ゆる日ざしかな〟（今井千鶴子、ホトトギス）。一方、オフコースが歌う歌謡曲「汐風のなかで」の出だしは〝汐風に頬染めた君の髪がゆれている〟だ。潮と汐。ともに「しお」と読むが、**潮**は朝方の、**汐**は夕方の「しお」を意味する。これは、「しお」の満ち引きが1日に2回あることに由来する。したがって、海水現象の「しお」を代表する言葉は、正式には潮汐（ちょうせき）であるが、一般に潮を代表させることが多い。

さて、陸と海との境界部では潮の満ち引きで地表面が水の上に現れたり、水面下に沈んだりしている。この海陸の変動部分がいわゆる潮間帯である。その中で、朔（さく。新月）および望（ぼう。満月）の日から5日以内の各月最高満潮面、最低干潮面の一年以上にわたる平均水位による潮間帯が干潟（ひがた）である。

干潟は、波浪の影響が少なく、こう配が緩やかな海域で、河川水や海水に交じる砂や泥が沈殿して堆積し、できあがる。したがって、懐の深い湾奥などの河口やその近辺でよく発達するが、環境庁によれば、干出幅１００ｍ以上で干出面積１ha以上を**干潟**と定めている。

表1に、九州に関わりある干潟の一覧を示す。その中で、有明海はわが国最大の干潟である。五島灘から島原湾の狭窄部を介して懐深く入り込んだ海域であり、そこに火山灰などの微細な泥土を含む河川水が流れ込み、干潟が形成された。干満差は６ｍ（ちなみに東京湾は２ｍ、博多湾は２．２ｍ）に及び、干潟面積は約2万haである。

次いで、一部九州に関わる周防灘西や面積４千haの八代海があり、さらに、唐津伊万里、日向灘、大村湾、別府湾、天草灘などがある。九州いたるところに干潟がみられるが、それらは土砂の性質にもとづいて泥質土と砂質土に大別される。

干潟では、海と陸が交わることから、その多くで多様かつ独特な生物が生息している。あるいは、そのこともあって多彩な鳥類の飛来がある。また、人々が干潟固有の漁や水産業にいそしみ、潮干狩りなどを楽しむ親水空間でもある。

有明海でいえば、ムツゴロウやシオマネキなどが生息する。また、佐賀県鹿島市でガタリンピックが、１９８５年から毎年開催されている。

ガタリンピックは干潟とオリンピックを合わせた造語だが、干潟を競技場にしてさまざまな競技を行うイベントである。ガタスキー（干潟の移動のため用いられている伝統的な道具）競技や、潟上に並べた板の上を走る自転車競技が催されている。一種の地域おこしで、国内外から多くの参加があり、開催当日は大変な賑わいである。

表１ 各海域の干潟面積

海域名	干潟面積(ha)
有明海	20,391
八代海	4,083
唐津伊万里	662
日向灘	612
大村湾	460
別府湾	438
天草灘	430
博多湾	256
長崎	222
鹿児島湾	192
奄美諸島	134
五島	126
響灘	78
薩摩	77
対馬	36
大隅	34
大隅諸島	22
周防灘西*	6,532
周防灘東*	841
豊後水道*	94
伊予灘西*	92

*:九州以外の対岸を含む

環境庁：第５回自然環境保全基礎調査・海辺調査による

農地確保のための干拓工事

ところで、人々は生きるための食を安定的に確保するために農業を発達させてきた。その際、山を開墾し棚田を切り開く一方で、沿岸域でも農地を確保するために陸域の拡大がはかられてきた。その方法の一つが干拓である。これは前項に述べた人工的な土地造成の埋立てとは全く異なる事業目的と手法である。

図１の上段に示すように、干潟の前面に**潮受堤防**（干拓堤防）を構築し、合わせて水門を設ける。このとき、干潮時には水門を開けて排水し、そのうち閉鎖すれば干潟を干しあげることができる。干拓とはこうした内容を基本とする工事である。

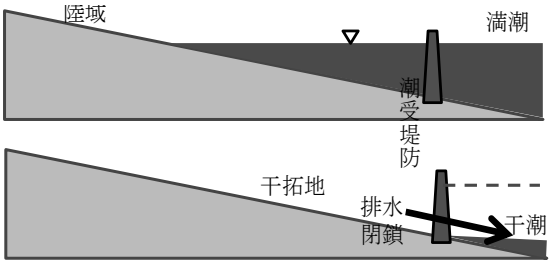


図１　干拓の原理

干拓で得られた土地を**干拓地**と呼ぶが、一般にその標高は海面よりも低く、塩分を多く含み、軟弱である。このため宅地としての利用は難しいが、塩分を除去すれば農地として十分に活用できる。したがって、わが国では、干拓といえば農地を確保し拡大することが主目的であり、農業土木事業の一環として各地で推進されてきた。

世界的にはオランダの干拓が有名だが、最大となれば韓国の全羅北道・黄海岸の干潟におけるセマングム干拓である。１９９１年に工事に着手し、２００６年に、３３kmにおよぶ防潮堤を完成させた。堤内部の総面積は４万haに及び、土地利用は、当初、農地と淡水湖の計画であったが、今後どうなるかは明らかにされていない。

これに対し、わが国では、セマングム干拓ほどの規模はないが、干拓史の中で有明海の干拓が最も長い歴史をもち、また、前述のように規模も大きい。そこで、これを事例に取り上げて

干拓事業の概略を述べればつぎのとおりである。

有明海に堆積する土砂は、地元ではガタ土（潟土）と呼ばれ、シルト混じりの粘土である。このガタ土の供給源は有明海を取り巻く九重・阿蘇、筑紫、雲仙と連なる山々であり、それらから流入する多くの河川がある。本明川、塩田川、六角川、嘉瀬川、筑後川、矢部川、菊池川、白川、緑川などだ。これらから泥土が流れ込み、潮汐作用によって休むことなく土砂の堆積が続いている。

湾奥では、多いところで年に５㎝の堆積があり、古代からこうした堆積による干潟の発達がある。このため、有明海の干拓は推古天皇の頃（７世紀）に始まったとの説もある。

加えて、干拓は一度行えばそれで終わりではない。潮受堤防を設けても、時間がたてばその前面に再びガタ土が堆積し、干潟が形成される。したがって、再度干拓が行われるというように、過去から幾度となく繰り返されてきた。

年５㎝の堆積とすれば数十年もすると２、３ｍの堆積となる。このことから、数十年に一回程度の干拓、そして干潟の発達、再び干拓と繰り返されてきた。こうした状況を、地元では「１世代１干拓」と称し、人の生涯にわたるリズムに合わせて干拓事業を受け継いできた。

農水省九州農政局のホームページにもとづいて、江戸、明治、大正、昭和の各年代の干拓の概況を示せば図２のとおりである。有明海の総面積は約１７００㎢だが、過去の干拓の総面積は約２．７万haである。佐賀市全面積の約２／３に相当するが、湾奥の塩田川から矢部川までの佐賀、福岡両県沿岸域にかけて干潟が発達し、干拓が繰り返されてきた情況が理解できよう。また、菊池川や白川、緑川といった有明海東よりの熊本県側河口部にも干拓が進んでいる。これに対し、西寄りの長崎県側は、諫早湾に面し窪んだ湾地形をなす本明川河口部に干潟、干拓がみられるにとどまっている。

戦後に限れば、有明干拓・福留干拓（佐賀県白石町、１９３８～１９７８年）がある。当初、県営事業として行われたが、後に国営事業として実施された。ついで、昭代干拓、三池干拓・大和干拓（福岡県大牟田市・みやま市・柳川市、１９４３～１９７０年）があり、基本的には国営事業として推進された。さらに、次の参考で述べるように、１９８９～２００７年に、国営事業として実施された諫早干拓（長崎県諫早市）がある。

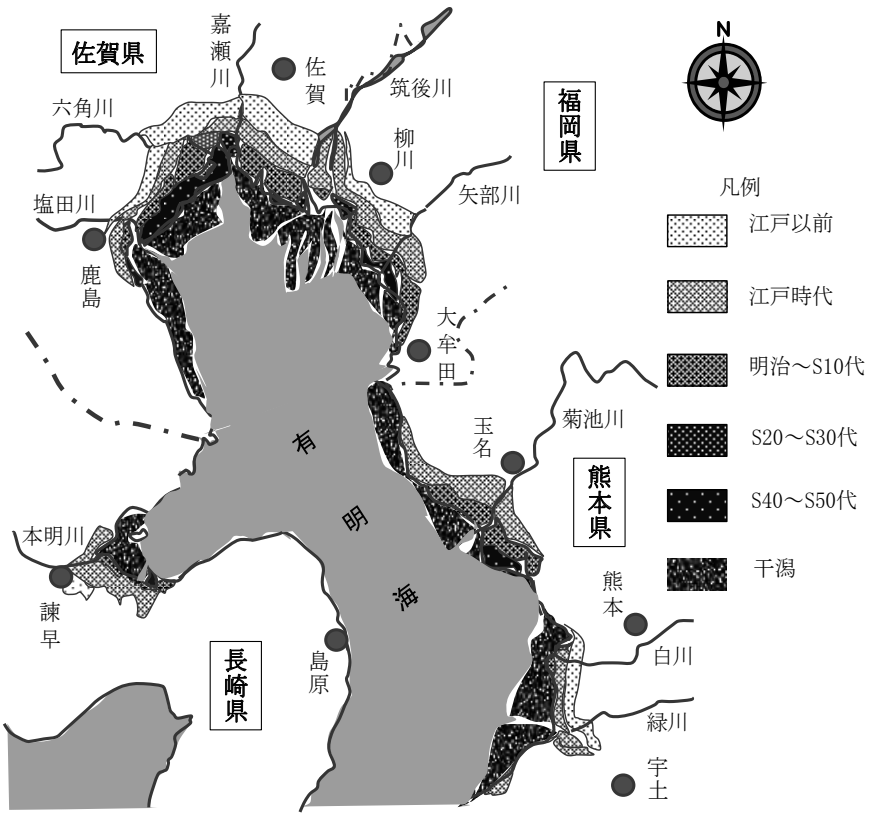


図２　有明海の干拓の歴史

（図は、九州農政局ホームページ「有明海と諫早湾の干拓の歴史」を簡略化して作成した）

表２　有明海における戦後の干拓事業

1 有明干拓（白石町　1708ha、うち農地1326ha）
有明工区 1933年　県営事業として着手
1946年　国営事業として再発足
福富工区、廻里江工区を追加
1979年　完成
2 有有明海東;有明海東部.有明海東部.有明海東部地区
昭代干拓（柳川市　120ha）
1943～1963年　農地開発営団により
着手し、1948年に県の代行事業
三池地区（みやま、大牟田市　541ha）　1952～1967年
大和地区（柳川市　331ha）　1958～1970年
3 諫早干拓（諫早市　3500ha, うち造成942ha, 調整池2600ha）
1989～2007年



堤防に守られた農地(有明海東部三池地区)

参考

干潟の保存か、干拓か

すべての干潟が干拓されるものではない。多くは保存されるが、その効果としてつぎのことがいえる。

○干潟は、海水と淡水が入り混じる汽水域であり、多様な生物が生息し、あるいは集まる場として機能する。つまり、生物の多様性に貢献する。

○川の流れがあり、干満が繰り返されるなどから水質浄化の役割を果たす。

○緩い勾配で波を消す効果があり、波が陸域に押し寄せる力をいささかなりとも弱める。

○潮干狩りやバードウォッチングなど、人々に貴重な親水空間をもたらす。

○人々に豊かな海の産物をもたらす。

その一方で、干拓もまたさまざまな便益が期待できる。

☆陸域が拡大し、肥沃な土壌により農業生産の増大に大きく寄与する。

☆潮受堤防などが、台風時などの高潮を防止する効果がある。

☆堤防内の水位をさげ、あるいは、維持し調整することができ、その分河川の氾濫が防止できる。

干潟の保全か、干拓かは、これら両者からの便益をどう評価し比較するかに関わる。また、便益を経済的な価値だけでなく、文化的価値をも含めて、市民の総合的な意識をどう理解するかに関わる。自然との共生をめざす干潟の保存。これに対し、棚田と同様に、文化的、風土的価値を持つ干拓があり、にわかには判断できない。それぞれの地域で様々な角度からの検討が望まれる。

そうした中で、前述の干拓事業の一方で、干潟の保存を目指す動きがあり、その１つがラムサール条約である。

ラムサール条約とは、カスピ海に面するイランの都市ラムサールで調印されたことに由来するネーミングである。１９７１年に制定、１９７５年に発行した。正式には、「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」であり、その中に海洋沿岸域の湿地である干潟が含まれている。

２０１５年現在では、世界１６８か国が条約を締結し、２１８６の湿地が登録されている。日本は５０か所の登録だが、九州は表３のとおり６か所がある。そのうちの３つは干潟であり、今１つがそれに類する砂浜である。

干潟は、荒尾、東よか、肥前鹿島干潟であり、何れも有明海に面する。その中で、荒尾は７５４haに及ぶ指定であり、国内有数の規模である（図３）。海岸沿いに松並木があり、その前面の干潟にゴカイ類、貝類などの多様な生き物が生息し、干潟を利用したノリの養殖やアサリ漁が行われている。あるいは、シギやチドリなど全国有数の渡り鳥の飛来地でもある。さらに、毎年夏になると、荒尾マジャク釣り大会の催しがある。マジャクとはアナジャコのことで、毛筆を用いて釣る伝統漁法を体験する楽しい大会である。

また、東よか、肥前鹿島干潟は、ともに佐賀県の有明海湾奥の干拓地先にあり、その意味では、荒尾と類似の生態系をなす。

さらに、屋久島永田浜は島内最長の海浜で、面積は１０haである。永田川河口を挟んで２つの部分に分かれ、南側に延長約１km、北側に約２kmの範囲が指定されている。アカウミガメの産卵地として有名で、北太平洋で最も多く上陸するとのことである。

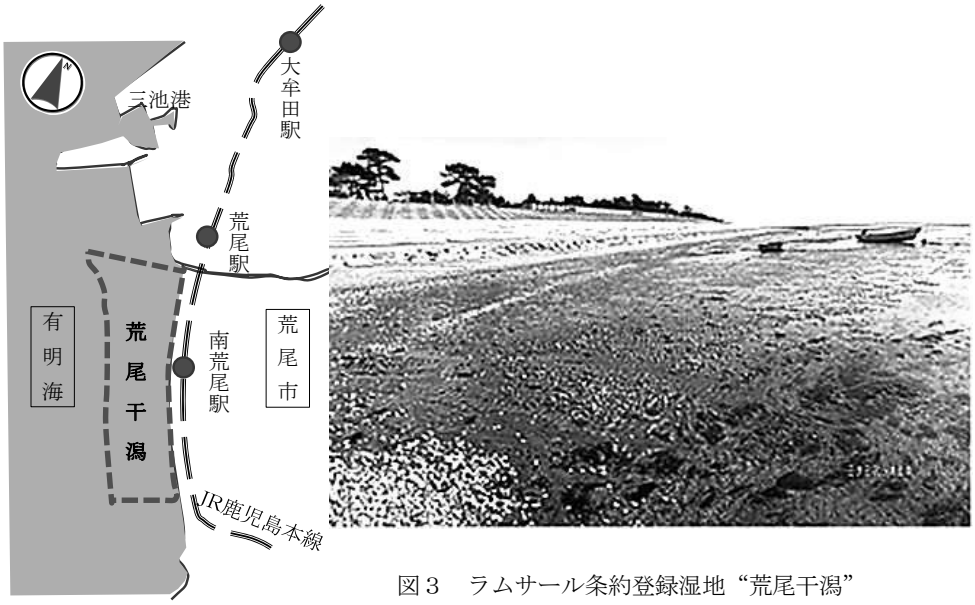


図３　ラムサール条約登録湿地“荒尾干潟”

表３　九州のラムサール登録地

登録地	面積	所在地	登録年	内容
くじゅう坊ｶﾞﾂﾙ・ﾀﾃﾞ原湿原	91ha	大分県竹田市、九重町	2005	坊ガツル、タデ高原の中間湿原
藺牟田池	60ha	鹿児島県薩摩仙台市	2005	標高300mの火口湖。ベッコウトンボ生息地
屋久島永田浜	10ha	鹿児島県屋久島町	2005	永田川河口で、南1km、北2km。アカウミガメ産卵地
荒尾干潟	754ha	熊本県荒尾市	2012	有明海東部に位置。単一干潟として国内有数の広さ
東よか干潟	218ha	佐賀県佐賀市	2015	有明海北岸に位置。ムツゴロウ、ズグロカモメなど
肥前鹿島干潟	57ha	佐賀県鹿島市	2015	有明海北岸に位置。シギ、チドリ、ズグロカモメなど

参考　平成の諫早湾干拓事業

諫早湾は、有明海の湾奥で、島原半島の付け根に窪むように入りこんでいる(本文図2)。その面積は約１１０㎢（博多湾１３３㎢の約０．８倍）であり、有明海の総面積１７００㎢（東京湾１３２０㎢の約１．３倍）からすれば７％である。

この諫早湾にあって、長崎県唯一の一級河川・本明川と、それに加わる田古里川や船津川、境川、深海川、二反田川、有明川、西郷川、神代川、土黒川といった小河川の河口部に発達しているのが諫早干潟である。ガタ土は泥質で、シチメンソウ(ミルマツナ)、バイガイ、タイラギ、シオマネキ、ムツゴロウなどが生息する。

諫早湾も、佐賀や福岡地域と同様に古くから干拓が繰り返されてきた(図)。過去６００年の間に、いわゆる地先干拓を繰り返し、３５００haの干拓地がつくられてきた。本明川沿いの地域から島原湾全域へと展開され、明治以降は島原よりの森山、愛野、吾妻へと広がりを見せた。

そして、現代の干拓だ。中央干拓地、小江干拓地と調整池を整備する内容である。当初、諫早湾全域を締め切り、農地の確保はもとより、農業用水の確保、田畑の冠水被害(塩害)の防止という一石三鳥の構想が発表された。しかし、予算上の問題から事業規模は約１／３、有明海の２%に縮小され、その内容が図とその付表である。

本干拓は、むろん農地の確保が目的である。しかし、それに加わる問題点は、本明川の延長が極めて短く（約２８km）、かつ流域面積が２４９㎢と小さいことである。九州最大の筑後川からすれば約１１分の１の規模に過ぎない。しかも、水源の標高が７９６mと高い。このため、降雨があると、平均こう配１／３５を一気に流れ下ることとなる。河川氾濫の防止とともに、農業用水の確保が地域の悲願だが、それが２６００haの調整池である。

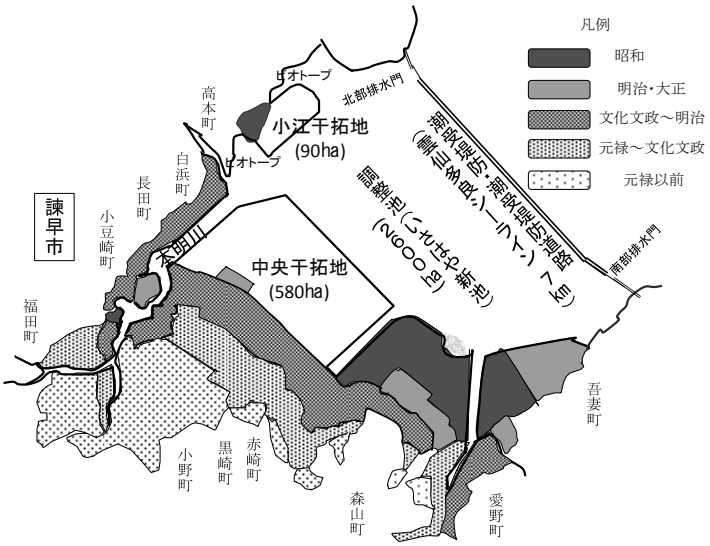
また、海の側からは台風時の高潮被害の心配がある。昭和２年の台風時には三池港で７．３mの最高潮位が観測されている。あるいは、島原大変肥後迷惑の津波や、強風による風浪で発生する波しぶきがあり、これらによる農産物への塩害があった。

しかし、こうしたことは、当然ながら完全な防止は不可能で、結局は、減災概念による対策が求められ、潮受堤防（７m）および内側の護岸が、他地域の防潮堤と同様に機能することとなる。幸いに、潮受堤防完成後の１９９９年に直撃した台風１８号では、八代湾で高潮被害が発生したものの、湾奥のため、より一層懸念された諫早湾での被害は免れた。

他方、干拓地以外の有明海では漁業への影響、つまり海苔の色落ち、アサリやタイラギ漁の減少が心配された。確かに一時そうした現象もあったが、現在では、タイラギになお問題があるものの、海苔やアサリは回復の傾向がみられる。

こうした漁業への影響は諸説がある。干拓による締切り説（諫早湾の水質や底質変化、水流の変化など)、海苔の酸処理説、赤潮の発生や自然条件の変化、有明海およびそれとかかわる河川等の諸工事の影響、さらにはそれらの複合など。そこで、原因を探るために、一度締め切った水門を開いて調査をしてはとの問題提起もある。

ただその場合、逆に干拓地への悪影響が懸念され、あるいは現在の漁業への影響も心配される。つまり、有明海の水産業者と諫早湾地域の農業者の間で、開門調査を巡る対立があり、これに対する裁判も相反する判決が下され、混迷している。漁獲量や農業生産量の推移を十分に見極め、自然環境、社会条件の変化と照らし合わせ総合的に判断することが大切で、早期解決が期待される。



最終事業費　2530億円　（漁協・漁連への補償279億円）					
流域面積	249km^2	締切面積　3542ha			
	かんがい面積	672ha　（中央干拓地581ha、小江干拓地91ha）			
	道・水路・宅地等	144ha	堤防用地	126ha	
	かんがい面積	2600ha　（有効調整容量　79000m^3）			
工事概要	潮受堤防	延長	7050m	天端標高	EL(+)7.0m
	内部堤防	延長	11070m	天端標高	EL(+)3.5～4.0m
営農計画	露地野菜、施設野菜、施設花き、酪農、肉用牛				

		備考(有明海関連の自然災害等)
干拓事業の経緯		1976　台風17号で横島干拓等で稲作被害
1988	工事着手(潮受堤防・排水門工事)	1982　長崎水害による小野平野の冠水
		1990　雲仙普賢岳噴火
1997	潮受堤防締切(1999　完成)	1991　再噴火、火砕流発生
2000	中央干拓地で営農試験を開始	1995　噴火活動休止
2008	事業完成、営農開始	1999　台風18号通過(八代の高潮被害)

注）長崎県ホームページ「諫早湾干拓事業」により作成

図　諫早湾の干拓の経緯と現代の干拓（1988～2008）



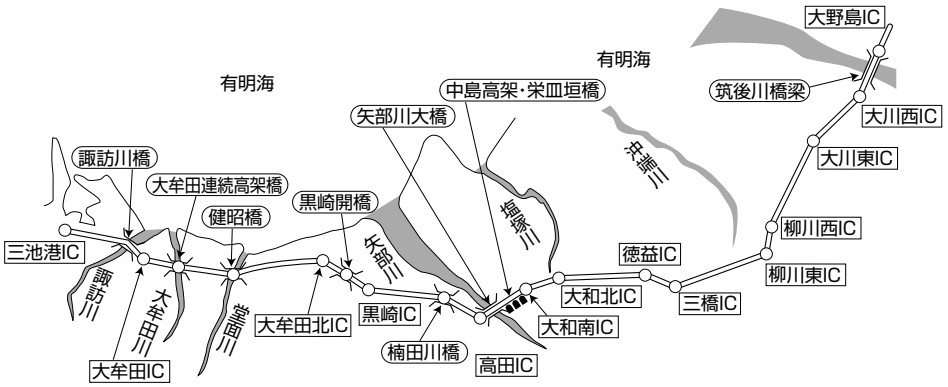
諫早湾干拓の堤防道路

プロジェクト九州

第3節① 沈まない道路づくり

有明海沿岸道路

沈下しない道路と「地域」を造る
全国有数の軟弱地盤「有明粘土層」に挑む
コスト縮減と技術開発を目指して



有明海沿岸道路略図

有明海沿岸道路は、全国有数の軟弱地盤地帯に造られている地域高規格道路である。この自動車専用道路は大牟田市を起点に、佐賀県鹿島市までの約55㎞。有明海沿いの福岡県側・大牟田ー柳川ー大川の沿岸都市を結んで、さらに西へ、佐賀県へ延伸のため筑後川・早津江川を渡るところまで工事は進んでいる。この間、矢部川大橋の沈下を始め、有明粘土層との格闘が続いてきた。全国にも例のない超軟弱地盤の上に、高盛土と橋梁など構造物で造られる大重量の高規格道路建設は最新土木技術の挑戦であると同時に、海と軟弱な特殊土壌という自然との「折り合い」が模索される事業でもある。

有明海は、湾口の早崎瀬戸（島原半島と天草間）から湾奥の佐賀県・住之江（六角川）まで約１００㎞、平均幅は約20㎞、東京湾より約２万ｈａも広い約17万ｈａの水面積を持っている内海。熊本、福岡、佐賀、長崎の４県にまたがる約２万６３００ｈａという、日本一の広大な干潟（全国の干潟の約43％を占める）が特徴で、古代生物シャミセンガイや愛嬌のあるムツゴロウらが生息するなど、特別な生態系・環境を保っている。

外海（東シナ海）とのつながりは早崎瀬戸１カ所、海水の交替はおだやかで、水質から生物環境まで極めて厳しい状況が進行しているため、諫早湾干拓の水門開閉を巡って漁業者と農民の間の激しい法廷での争いが続いている。これまでも筑後大堰（福岡導水）、六角川河口堰などの有明海沿岸の施設建設を巡って環境悪化を懸念する有明海の漁業者の強い抵抗にあってきた。

それだけに有明海沿岸道路は、特に日本一の海苔生産を誇る漁業、有明海の環境に悪影響を及ぼさない技術と設計、施工方法が求められている。

泥干潟の道路建設のため

有明海の干満の差は最大約６ｍに及び、干潮時には潮干狩りや独特のガタスキー漁法によるムツゴロウ釣り、鹿島のガタリンピックなどが有名だ。

干潟（潟土）の土質構成は独特で、湾奥は泥干潟、湾口へ向けて次第に砂干潟となって行く。有明海沿岸道路はこの泥干潟・干拓地のルート上に造成されるため、最大30ｍ以上にも達する部厚い超軟弱土壌「有明粘土層」を道路基盤とすることになり、「沈まない」安定した道路建設にするためには、地盤改良を始め、構造物の軽量化、環境保全の新技術開発が必要となり、一般道路に比べ建設事業費は非常に高くなる。膨大な事業費の投入によって、あるいは「沈下しない道路」は可能になるかもしれない。しかし、財政事情、公共投資に対する国民の厳しい目から許されるはずはなく、コスト縮減とそれ



鹿島に向かって延伸する有明海沿岸道路
（芦刈IC付近で）

を実現する技術課題とも直面することになる。

「砂上の楼閣」と言い、「豆腐の上に建造物を造る」と例えられるが、有明海沿岸道路がつくられる湾奥部の潟土・有明粘土層はミクロン級の粒の粘土からなっており、「沈まない道路」建設は極めて難しい。これまでも、盛土を中心にした「重量ある」長崎自動車道の佐賀県内区間は有明海から大きく引き離して、脊振山地の南麓に沿って造られている。ＪＲ長崎本線、国道34号も弥生時代の吉野ヶ里遺跡の丘陵地の麓・南ぞいを走っている。主要道路は、いずれも有明粘土層を避けて造られてきた。これに対して、有明海沿岸道路はより湾岸に沿って建設され、非常に軟弱な有明粘土層が地盤となる。地域高規格道路、しかも、高さ８ｍの高盛土と橋梁など構造物が総延長のほぼ２分の１ずつで構成（大牟田―大川間）される大重量の道路の建設は、有明海沿岸道路が初めてだ。軟弱土壌にいかに対処するか、土木技術的にも「挑戦」と言えるだろう。

江戸時代以来、戦後、昭和30年ごろまでは、干潟に造成された構造物は干拓、新田開発のための高さ３ｍ程度の盛土の潮留止め干拓堤防が中心。それ以上の高さになると沈下が激しく「滑り崩壊」が起きやすい。台風・豪雨による堤防決壊、水田冠水、住宅浸水の被害も続いてきた。

有明海沿岸での高規格道路の建設は例がなく、有明粘土層の手ごわさを知る研究者からは建設に対して慎重な意見が聞かれた。国道４４４号を始め、道路については、干拓が沖合に進むにつれて、これまで堤防に使われた盛土が新堤防に再利用され、排土された旧堤防の跡が道路として使われる独特の「道路史」を重ねてきた。現在では、潮止め堤防は台風時の高潮などに耐え得るコンクリート堤防だが、その安定のために幅広い「押さえ床」が造られている。

干拓が沖合に広がると共に、湾岸沿いの本格的な道路整備の必要性が強くなってきた。道路橋がないため、昭和30年ごろまで、例えば湾奥の六角川河口では手漕ぎの渡し船が使われるなど、生活上からも不便さが訴えられてきた。これを解消するため国道４４４号に「住之江橋」（昭和29年完成）が架橋されることになったが有明粘土層が厚く、軟弱で橋脚基礎のためのケーソン、工事中に倒壊するなどの苦闘が続いた。

昭和30年代から40年代初頭にかけて、穀倉地帯・佐賀平野は特に稲作の先進地として、「佐賀段階」また、「新佐賀段階」と呼ばれ、反当りのコメの収穫量日本一を誇った。佐賀県が長崎自動車道を市街地や稲作地帯から引き離し距離を置いた脊振山地の麓を通し、長崎新幹線の建設にこれに福岡県南地方の大牟田、筑後地方の市町村が呼応する形で、建設要請の声が大きく強くなっていった。実際、福岡―佐賀両県の大牟田市、柳川市、大川市、佐賀市をはじめ有明海沿岸市町は、九州縦貫道や長崎道の高速道路ＩＣから遠く、一般道路も拡幅は遅々として進んでいなかった。

求められた湾岸の交通インフラ

慎重だったのも、それによって水田を始め農耕地が広範囲に潰されることへの強い抵抗感があったためだった。減反政策が進み、稲作面積は大きく減少していったが、佐賀平野の国道３４号改築など一部を除いて道路整備がほとんど進まなかった。

稲作など農業生産だけでなく、新たに地域を支える振興策が求められる時代になった。基幹となる交通インフラの整備が重要で、まず、佐賀空港が有明海沿いの干拓地（川副町）に建設された（平成10年７月開港）。九州国際ハブ空港候補地として福岡県の新宮・津屋崎沖と共に有明海のほぼ中心部に有明国際空港建設構想が浮上したのも、この頃であった。

しかし、アクセス道路の未整備もあって、佐賀空港の利用者は思うように伸びず、飛行機の便数も増えなかった。着陸料の半減、団体客優遇、無料駐車場の整備などの支援策が次々と打ち出された。特に、佐賀市街地からのアクセス道路をはじめ、福岡県南からの利用客を獲得するための有明海沿岸を走る自動車道整備が強く求められるようになった。

昭和60年代初期、香月熊雄佐賀県知事が有明海沿いの福岡、佐賀、長崎３県知事サミットで有明海沿岸道路の建設要望を大きく打ち出した。

波打つ道路

例えば、佐賀県の最も有明海沿いを走る「国道４４４号」は、江戸初期、成富兵庫茂安が建設したと言われる干拓堤防の跡を一部、活用している。この道路を走ると、橋の位置が高く、取り付け道路部分にところどころ段差が生じ、平坦な道路も波打っている。高い位置の橋は天井川が多く、その堤防を越えて渡るためだが、段差が生じ、たびたび緊急補修される。平坦な灌漑用水路を渡る小さな橋や暗渠でも同様に、時には橋との段差があり、道路によって沈下も見られる。

沈下抑制のため橋は基礎を固めた上で造られる。対策工がとられていない橋の前後の道路より沈下量が相対的に少なくなることによって「高い橋」となり、橋と道路の継ぎ目に段差が生まれる結果を招いてしまう。道路の沈下状況は、走行中にも気が付く。前方の直線道路が凹凸に波打っている箇所があるのだ。道路が沈下、段差が生まれる現象は、佐

賀市街から佐賀空港へのアクセス道路で顕在化した。空港に向かう交通量の増大がもたらしたものだった。佐賀空港建設でも沈下対策が大きな課題であった。

新技術の基準づくりへ

有明沿岸道路は盛土、橋梁など構造物でより重くなり、沈下対策が重要になる。このため「軟弱地盤対策工法検討委員会」（委員長＝落合英俊九州大学教授）が組織された。新技術・新工法の提案を受けたり、試験盛土の実施やその結果解析などを行って効果を検証、有明海沿岸道路建設に向けた独特の「技術基準」（案）を新たに作られ、設計・施工を行っている。

採用された対策工法は4つ。①補強盛土②補強盛土＋浅層混合処理③浅層混合処理＋低改良率深層混合処理④軽量盛土―だった。これらの工法は、実際に盛土を作り、その沈下程度と対策工を実証的に検討を重ねたものだ。

沈下は完全には止められない。「或る程度の沈下」を許容する技術基準（案）で工事は進められ、完成後の有明海沿岸道路にも、安全走行に問題はないのだが、想定内ながら沈下が見られる、という。

工法	補強盛土	補強盛土＋浅層混合処理	浅層混合処理＋低改良率深層混合処理	軽量盛土
	タ強にりるキど土てさテなる盛しオルをジイ材敷を設安定	安めよる層た補をせ浅しと土さに理盤敷設。	加混下響に層理。地影処理、深への層て、処理。流えるを抑	に盛軽面合を背圧の混台泡土。土減する。

矢部川大橋の異常沈下

しかし、橋梁など構造物の基礎の場合、盛土以上に重量がかかる。地層が複雑で薄い互層があり、干満による地下水位の変動の影響も大きくなることが予想されていた。特に有明海北岸は粘土層に加え砂層、礫層の互層からなる第四紀層が約１００ｍも厚く堆積、基盤岩は４００ｍ―５００ｍといわれており、橋の支持地盤を何処に求めるか。有明粘土層は誠に厄介な地盤で、設計・施工には難問が多い。その支持層も複雑な構成で、事前調査でも動態を完全には解明できないことが多い。

実際、矢部川大橋の主塔・橋脚基礎では最大23㎝もの異常沈下が発生、開通を1年遅らせて、対策を講じざるを得なかった。矢部川大橋の場合、ケーソン基礎・現場打ちだったが、ケーソン以外の杭基礎、鋼矢板基礎、地中連続基礎などでも大きな沈下が起こる可能性があった。

有明沿岸道路は平成25年度までに大牟田市の大牟田ＩＣから福岡県境・大川市までの25・7㎞が国土交通省・九州整備局によって建設されている。この間、矢部川、その支流・沖端川、筑後川、早津江川などが有明海に流れ込んでおり、計19本の橋梁が建設され、すでに矢部川大橋など主な橋梁は完成、供用されている。

教訓をどう生かす

沈下した矢部川大橋は約４０００ｔもの鉄板を橋の上に載せ「沈むところまで沈ませて」それ以上の大きな沈下が生じないよう対策を講じ、完成させた。

矢部川大橋での橋脚基礎の異常沈下という苦い体験を生かすため「有明海沿岸道路橋梁検討委員会」（彦坂熙委員長・九州大学名誉教授）は長大橋梁の基礎構造物の建設での「留意事項」をまとめている。矢部川大橋の主塔（Ｐ2）で発生した異常沈下は橋脚基礎となるケーソンの支持地盤にレンズ状の粘土層があり（Ｐ1にはなかった）、橋の重さによる圧密沈下と干満による水位の変化から塩分が抜け、構造変化を起こし、異常沈下を生じさせたとみられる。

支持層（洪積層）が予想以上に複雑な地層構成と層相であったことから、今後の橋梁建設に向けて①さらに綿密な地質の事前・追加地質調査を求め②大深度ケーソンで、ケーソンを沈下を速めるために摩擦を減らす工法がとられる場合、沈下完了後、周面地盤の（摩擦）強度回復の

橋　名	橋長	支間長	構造形式	架橋工法	鋼重	開通
諏訪川橋	210m	207・7ｍ	鋼ニールセンローゼ橋	ケーブルエレクション斜め吊り工法	3100ｔｆ	平成24・1
大牟田連続高架橋	354m	5径間―最大支間150m	連続鋼・コンクリート混合箱桁橋	支間工架橋他片持ち張出工法他	1428tf	平成20・3
健昭橋	201m	199m	鋼ニールセンローゼ橋	ケーブルエレクション斜め吊り工法	1721tf	平成20・3
矢部川大橋	517m	中央支間261ｍ	PC3径間連続斜張橋	片持ち張り出し工法	20400㎥コンクリート	平成21・3

	筑後川橋梁	早津江川橋梁
主橋梁型式	鋼４径間連続中路アーチ橋（２アーチ）	同（１アーチ）
主橋梁延長	450 m	448 m
アプローチ橋	159 + 200 + 149 m	96 + 168 + 142 m

手立てが必要―などを柱とする「留意事項」をまとめ提案している。

また、様々な技術的な工夫によって、もう一つの課題「コスト縮減」にも取り組んだ。この橋も、コスト縮減のため、極力、軽量化と小型化を迫られた。高強度コンクリートによって部材を小型化して主桁を12％軽量化、それによってケーブル張力を低減させケーブル断面を縮小出来た。地震などに備えるため大型化しがちな主塔基礎については、免震支承、主塔ダンパー、ストッパー構造で対応、主塔の小型化に成功している。

今後、有明海沿岸道路工事は佐賀県内に入り、筑後川や早津江川、さらに佐賀県内の嘉瀬川、六角川などの架橋に当たって、その地質調査、設計、施工に至る全過程で矢部川大橋の教訓（留意事項）を生かそうとしている。

有明海沿岸道路工事は、現在（平成27年６月）、この工事のハイライトとなる福岡県から佐賀県へ渡る筑後川とその支流・早津江川への架橋工事にかかっている。筑後川は矢部川より川幅は広く、筑後川橋梁（仮称）はより長大橋（総延長１００８m、早津江川橋梁は８５４m）にならざるを得ない。

筑後川橋梁の主橋梁（４５０m）は二つのアーチを持つ中路アーチ橋で川を渡り、両側のアプローチ橋で繋ぐ。架橋場所は河口の新田大橋と元国鉄鉄橋・昇開橋（筑後川橋梁）の間となる。

ここでも矢部川大橋が直面した難問と向き合わなければならない。大

工事のハイライト　筑後川渡河へ

河を一跨ぎするには通常「吊り橋」が考えられるが、そのためには巨大な主塔、アンカレイジが必要になり、矢部川大橋と同様、軟弱な有明粘土層に巨大な主塔とその基礎を両岸に置く困難さが生じることになる。

それを避けるため、中央に橋脚が欲しい。橋の真ん中に「支柱」を建てることが出来れば、橋は吊り橋や斜張橋のように大型化せず、二つの鋼アーチ橋で渡河出来、橋全体の軽量化が可能になる。川のほぼ中央部に、航路を確保するため建設された「デレーケ導流堤」（明治23年完成）に橋脚が置けないか。

矢部川大橋の建設はノリ漁業に影響を与えないため、河川部分に架橋工事用の支柱を建てる工事が出来なかった。このため主塔を両岸（堤防の内側）に建て、中央支間を大きくとるため、橋自体は大型化した。

筑後川の両岸堤防間の距離は約４００mだが、両岸と川中央（デレーケ導流堤）の３カ所に橋脚の建設が可能となれば、二つのアーチで繋げる（主橋梁は鋼４径間連続中路アーチ橋）。また橋脚基礎はケーソンの矢部川大橋とは異なる鋼管矢板（深さ約42・7m）で建設されることになった。



風が通りやすいよう、大きなアーチ
栄皿垣高架橋

遺産と景観に配慮

問題は土木遺産のデレーケ導流堤の歴史的価値を損なわない方策だ。このため導流堤の上に造られる橋脚（長さ約20m）の幅は、導流堤の幅を超えないよう小型化し、総延長６kmの堤体の連続性を断ち切らないようにする工夫する。

早津江川は、筑後川に比べて川幅は狭く、主橋梁筑後川橋梁と同じ鋼４径間連続中路アーチ橋だが、一つのアーチ（約１５０m）で渡れる。

筑後川に架けられる新橋は有明海沿岸道路工事のハイライト。矢部川大橋の教訓もあって軽量化、小型化を進め、橋の色調も「控えめ」にする。その選択がまた、歴史的価値と筑後川河口の「風景」となっている導流堤や昇開橋の存在感を損なわない選択となるのだろう。

その後、有明海沿岸道路は佐賀空港に向かって建設が進む。

佐賀平野の有明海沿岸道路（佐賀市嘉瀬～鹿島市）

大牟田市と鹿島市を結ぶ有明海沿岸道路（総延長55㎞）が筑後川橋梁と早津江川橋梁を越えると大川市から佐賀市に入る。佐賀県内での有明海沿岸道路は国道４４４号のバイパスとして建設中だ。佐賀県内の東西を結ぶ基幹道路である九州横断自動車道、西九州道と並んで、有明海沿岸道路は３番目の基幹道路として、有明海最深奥部沿岸を走り、沿岸地域の振興、佐賀空港への東西両方面からのアクセス道路としても期待されている。

佐賀県内の有明海沿岸道路は３つに区分される。大川市（大野島）から佐賀市嘉瀬までの約９㎞は、国土交通省が大川佐賀道路として建設、同嘉瀬から白石町福富までの約10㎞（佐賀福富道路）、さらに白石町深浦までの約９㎞（福富鹿島道路）を佐賀県が建設することになっている。

軟弱な深奥部の地質

早津江川から鹿島までの有明海沿岸は佐賀平野の中心部で九州最大の沖積平野、コメ、麦、タマネギなどを産出する穀倉地帯として知られる。有明粘土層と呼ばれる超軟弱な粘土層が厚く存在している。筑後川までの沿岸地帯の有明粘土層は深さ10ｍ程度だが、佐賀県沿岸の西南部へ向けて次第に厚さを増し、白石平野では30ｍを超える。こうした粘土層は有明粘土層と蓮池層に分かれて分布している。

有明粘土層は海成土で貝殻を含み厚さ平均10～15ｍ、最も深いところで30ｍにも及ぶ。蓮池層は淡水域で川を流れ下って生成された非海成土で、厚さ６から10ｍ、最大20ｍ。どちらの地層も軟弱で含水比が非常に高いのが特徴だ。

特に、有明海沿岸道路のルートとなる湾奥部の南側平野は軟弱で、工事に先だって行われた試験盛土（高さ2・5ｍ）の総沈下量は1・15ｍ（約６００日経過）に及んだ。実際に建設される道路の高さは４～８ｍの盛土の予定で、沈下や滑りなど軟弱地盤対策が最大の課題となる。

◇　◇

軟弱土壌対策と環境、コストが課題

供用されている4・5㎞

佐賀県側の軟弱地盤対策の実施設計では大牟田～筑後川までの道路建設で基準とされた福岡県側と同様に、①残留沈下量を30㎝以下にする②盛土法尻（のりじり）の変位を５㎝程度以下とする③地盤改良体は透水層の１ｍ上（フローチング）までとして地下水への影響を避けるなどの技術基準を決め、平成21年３月から着工、佐賀市市街地に近い嘉瀬南ＩＣから事業着手している。

さらにこの区間は、嘉瀬川、六角川などの架橋工事が行われる。すでに嘉瀬川橋梁は工事が先行的に行われ、その姿を現し、嘉瀬南ＩＣから芦北ＩＣまでの約4・5㎞が供用されている。さらに延伸して、現在、芦北ＩＣから福富ＩＣまで６㎞の建設工事が進行中だが、六角川橋梁建設地から鹿島市までのこの区間が有明粘土層が最も深く（10～30ｍ）軟弱度も高い。また白石平野では地下水くみ上げによるものとみられる建造物の激しい沈下が発生してきた苦い経験もある。このため慎重な地質調査が行われ、大川佐賀道路軟弱地盤対策技術基準委員会（荒牧軍治委員長＝佐賀大学名誉教授）で検討の結果、これまで開発施工されてきた深層混合改良工法等の技術で十分対応できると判断された。

しかし、深層改良の場合、浅層改良に比べると約20倍のコストがかかるとされており、コスト縮減が大きな課題だ。また地下水が流れる砂層まで深層改良したコラム（円柱形の改良材）は地下水に影響を与えないため、着底させないのが基本方針だが、その可否についても改めて検討を加えることにしている。



嘉瀬川を渡る有明海沿岸道路の橋梁

六角川橋梁の軽量化

六角川は特別な性格を持つ川だ。白石平野を大きく蛇行し、延長47㎞と短いが、満潮時には29㎞も潮水が遡ってくる。内水による浸水被害に悩まされ、排水機が数多く設けられ

ている。ムツゴロウをはじめ干潟独特の生き物が観察できる。有明海の最深部に当たるため軟弱な有明粘土層が厚く分布し、長崎道・武雄北方ＩＣ付近の構造物、住之江橋の橋脚基礎などの建設には多くの困難が伴った。

特に六角川橋梁（連続鋼床板桁橋、橋長４８６ｍ、幅18・５ｍ）は「ムツゴロウ公園」のすぐ下流に架けられ、国道４４４号の住之江橋からさらに河口に近く川幅も広い。このためボーリングによる地質調査も深さ60ｍ以上の深さまで行われた。有明沿岸道路では矢部川大橋の主塔基礎が沈下、供用を１年遅らせざるを得なかった経験がある。沈下は支持地層の下部に特異な軟弱層が存在し、構造変化を起こしたのが原因とみられ



佐賀県で下で初めて供用された有明海沿岸道路
（嘉瀬南IC付近）

32㎞の防潮堤・慶長本土居

関ヶ原の戦いで、西軍の石田光成を「生け捕り」して功名を上げた田中吉政（１５４８―１６０９）は筑後32万５０００石を与えられ、柳川に入った（１６０１年）。西軍に着いた旧藩主・立花氏の居城・柳川城を受け取り、５層の天守閣を持つ大城に拡張。天守閣はすでにないが、石垣の道から入って柳川城址に立てば、隣接の中、高校から元気な声が聞こえてくる。

徳川家康から筑後と豊前のどちらを選ぶか、と問われ、筑後を取った。筑後を選んだのは、有明海の干潟を干拓すれば新田が生まれ、実質の禄高は大きく高まり、豊かな領土になるからである。先見の明があった。

入国するや、吉政は現在の柳川市大和町から大川市まで潮留堤防―慶長本土居の築堤を命ずる（１６０２年）。さらに、柳川からみやま市高田町まで延ばし、総延長は32㎞。新しく築堤し、また、既成の堤防を繋ぎ、干潟を「新田」にする努力を重ねていった。築堤工事は土砂を突き固めて、高さ２ｍほどの堤防（土盛り堤防）を造って行くもので、竜神の祠や地蔵を立て、堤防と人命の安全を祈願している。

その跡を、有明海沿岸道路・大和南ＩＣを降りたところで見つけた。新田神宮と、古い石灯籠が立っている「灯台公園」。この石灯籠は、当時の海岸際に建てられ、漁船のための燈台の役割を果たしていた。その公園に「慶長本土居跡」を記した石柱と説明板が建っている。江戸初期の干拓堤防と現在の高規格道路、４００年間の歴史がここにある。

慶長の本土居のほか、吉政は柳川城下の掘割、現在でも「田中道」と呼ばれる久留米・篠山城への直線道路（久留米―柳川往還、現在の県道23号）など、利水、治水、道路建設を積極的に進めた。幅員約３・６ｍ、中央を高くして側溝を設け、水はけを良くするなど道路管理にも気を配っている。吉政の社会インフラ整備は住民から感謝され、田中神社を建て、祭りも行われてきた。

本土居の盛土は、有明海のさらに沖へ潮止め堤防が新築された時に再利用され、本土居あとは道となって行く。その道は道路として現在も使われているところも多い。そして今、自動車専用の高規格道路に「進化」して行く。そうした有明沿岸の干拓と道路の歴史をこの公園に立てば実感できる。



慶長本土居跡と有明海沿岸道路



灯台公園と有明海沿岸道路

しかし、2代目忠政病死（１６２０年）、跡継ぎはなく、久留米は有馬藩、柳川は立花藩となって、明治維新を迎えるまで続いた。

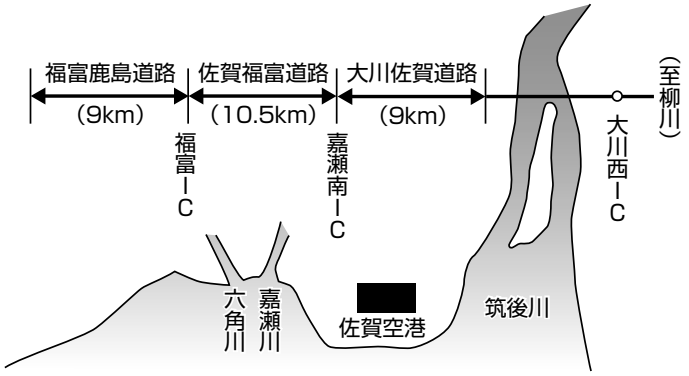
れているが、幸い、六角川橋梁予定地の地質は均質で、矢部川大橋のような懸念は必要ないとみられている。

軽量の鋼橋へ

しかし河口の川幅は住之江橋の約2倍、約350mと広く、海苔養殖の漁船が往来する航路幅は約100mある。軟弱な地盤対策としては橋梁（上部工）の重さを出来るだけ軽量化し、かつ橋脚間が短いほどコスト縮減の上からも望ましいことから鋼床版桁橋の形式が選ばれた。地元協議と技術的な検討の結果、4本の橋脚のうち3本を堤防内に置き、航路が通る中央径間は190mとする設計方針が固まっている。

佐賀平野の有明湾岸道路は、すでに供用されている嘉瀬南ICと芦北ICと工事中の芦北～福富（約6㎞）までの佐賀福富道路（10・5㎞）を挟んで東西両側の大川佐賀道路、福富鹿島道路は未着工の状態だ。

佐賀県内の有明海沿岸道路



柳川掘割物語

記録映画「柳川掘割物語」を柳川市の柳川アメンボセンターで鑑賞した。アニメ映画「風の谷のナウシカ」や「魔女の宅急便」など数々の名作を世に送り出した高畠勲と宮崎駿のコンビによる製作（昭和60年）。

矢部川河口の平野・柳川市は「水郷の街」として有名だ。ウナギ料理、有明海の珍しい海産物、何より掘割を巡る川下りは、北原白秋が愛してやまなかった柳川の四季折々の風景を楽しむことが出来る。掘割を流れる水は、透き通って、川岸の緑を映し、石組みの護岸やかつて洗い物など暮らしに欠かせなかった水との共生の日々をしのばせ、「もたせ」など利水、治水の知恵を学ぶ。

だが、この掘割はゴミと悪臭を放つ、どぶ川と成り果てていた。柳川市は再生をあきらめ、暗渠にしたり、コンクリート護岸による再整備事業に取り組むことを決め、国庫補助も決まっていた。市議会も賛成した。

その時、一人の水道課の係長（都市下水路）が「掘割再生」を訴え始めた。広松伝。「掘割を失えば、柳川の街は沈んでゆく」。子供のころから掘割で遊び育った広松には、掘割を失うことの大きさが直感的に分かっていたのだろう。行動開始。水道課の同僚を説き、市民にも直接訴えたが、既定路線は動かない。

残された道は一つ。市長への直訴、である。当時の古賀杉夫市長は広松の熱弁に耳を傾けた。「よし、半年の時間を与えよう。その間に、掘割再生案を持ってきなさい」。同時に広松は市民にも訴えた。「市民の力で、掘割をよみがらせよう」。ゴミを捨てるのも市民、汚濁水を流すのも市民。勝手に掘割を渡る小屋などを建てるのも市民。市民の意識改革なしには柳川にきれいな水と掘割は戻ってこない。100回を超える市民懇談会が持たれた。多くの市民の心に掘割への愛着がよみがえった。

市民の掘割清掃活動が始まった。岸辺の生い茂った雑草を刈り取り、溜まったどぶをすくいあげる「泥だらけの市民活動」が続いた。泥土を溜める場所もその多くが市民からの無償提供であった。

映画は、そうした市民一人一人の「掘割物語」を淡々と映して行く。広松は平成14年5月15日、敗血症で突然、亡くなった。64歳。

第3節②
インタビュー
横峯正二氏

コスト縮減と新技術と

――大牟田から佐賀県・鹿島までの延長約55㌔の有明海沿岸道路建設の初代出張所長として、「潟土」と呼ばれる軟弱土壌で、自動車道という重量のある大型道路の建設に取り組まれました。

横峯氏　大きな課題は建設コストの縮減でした。建設する地域高規格道路の事業費をどうしたら安く出来るか。有明海沿岸部の道路をご覧になれば、道路が波打っているところがある。国内でも有数の軟弱地盤ですから、盛土で道路を造れば大きな沈下が予想されます。膨大な事業費をかけて沈下対策を行うのであればともかく、近年の我が国の経済事情を考えれば、そんなことは出来ないわけですから、どうしたらコスト縮減が出来るか。それに、難しい工事だからと言って、だらだら工事を続けるのではなく我々が担当した大牟田IC―大川中央ICまでの23・8㎞を平成29年度春までに、約5年間で仕上げるという目標を立てて建設にまされてきています。

最大の課題はコスト縮減

横峯氏　通常の道路建設の技術基準では、道路の沈下を許さない基礎を造ったうえで道路建設を行うのですが、ここではある程度の沈下が起こり得るという軟弱な地盤を考慮した特別の「技術基準（案）」を作成しました。（ゴルフでいえば）ローカルルールです。その地域の条件に合った道路を造る。具体的には、①盛土部分は、開通させて3年間で生じる沈下を10㎝―30㎝以内とする②橋梁や横断構造物（カルバートなど）との取り付け部は、3年間で生じる段差を10㎝以内とするなどです。有明海沿岸の地方では、住民の方が家を建てる場合でも、基礎を造り、造成してから約1年間は、雨ざらしして沈下を待ち、沈下が落ち着いて、その上で建屋を建てると聞いています。

――そうは言っても、中央支間が日本最大級と言われる斜張橋の矢部川大橋などは「想定以上」の沈下が発生、ずいぶん話題となりました。

横峯氏　担当責任者として、厳しい事態でした。矢部川大橋の橋脚の場合、約3000㎡の底辺面積で深さ約50ｍの大きなニューマッチケーソンで造り、堅固な洪積砂礫層を基礎地盤としたのですが、P2橋脚で過大な沈下が生じる結果となってしまいました。当該地区でこれほどの重量建造物を建設した事例は過去になく、改めてこの地域で大規模構造物の建設の難しさを痛感しました。過大な沈下の原因はいろいろ考えられましたが、特定にはいたらず様々な要因が複雑に絡んで生じたものと考えられます。私は「地下水のくみ上げによる土質変化」が主要因と考えています。

――対策はどうされました。

横峯氏　開通後に沈下が起こらないようにするため、開通後に加わる荷重を開通前に橋脚に加えて、前もって沈下を生じさせました。荷重は橋脚の上に鉄板を乗せて加えました。鉄板をあちこちからかき集め、総計40000t程度の荷重を加えました。橋脚に沈下が生じ始めてから現在まで沈下計測をしていますが、沈下は収束しています。

――有明沿岸道路の場合、高架ではなく盛土が多いのですが、その盛土部分の沈下対策はどうされているのですか。潟土の場合、沈下のほか、周辺地盤の「盤ぶくれ」や、「引き込み沈下」が起こると言われていますが。



横峯 正二 氏

（よこみねまさじ）　**プロフィール**

昭和30年12月27日生まれ、鹿児島県出身。名城大学理工Ⅱ部土木工学科卒。昭和49年建設省中部地方建設局・名古屋国道工事事務所に入省、平成2年本四連絡橋公団・今治工事事務所、佐伯河川国道事務所第2調査課長を経て、初代の有明沿岸道路出張所長に就任、軟弱土壌での道路建設に取り組む。平成18年九州地方整備局道路部道路工事課長、延岡河川国道事務所長から、道路部道路調査官。福岡国道事務所長。

横峯氏　道路幅13m、高さ10mの盛土で長さ1mの道路を造りますと約500tの重量が地盤にかかりますから、軟弱地盤では沈下をはじめ様々な変化が起こるのは当然です。この地区では未経験な道路建設でしたから、本線予定ルート（昭和開地区および高田地区）に種々の軟弱地盤対策を施した様々な盛土を7つ試験的に造り（我々はそれをピラミッドと呼んでいましたが）どのような軟弱地盤対策が当該地区の地盤条件に効果的であり、どの程度の沈下が生じるかなどを調べました。盛土試験は平成13年から2年間行いました。試験盛土の結果等をもとにした、学識経験者や有識者による有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会の検討のもと、対策工など技術基準を詰めていきました。

また試験盛土で実際に生じた沈下状況などを見ると、当初想定したよりも現地の地盤条件は良く、試験盛土の結果をもとに地盤物性値を見直すことで、実施工では、さらに合理的な設計・施工を行うことが出来ました。

――地下地盤といっても、場所によりケースバイケースでしょうが、どのような対策工法が実施されたのですか。

横峯氏　盛土の場合、3つです。まずある程度の沈下が許され、盛土を急こう配にしたい場合などは、樹脂で出来た網（ジオテキスタイル）を補強材として盛土の安定を図ります。この方法で安定が確保できない個所では第2段階として、補強材の上に、セメントと地表面の土砂を混合した改良土で固化板を造り、盛土の安定を図ります。

橋台の取り付け部分など盛土の高い箇所や近くに構造物があるような個所ではセメントと現地土を撹拌混合して造成した改良杭と、改良土で構築した固化版を組み合わせた軟弱地盤対策で、盛土の安定と沈下、周辺地盤の変形抑制を図ります。改良杭は直径約1m、深さ約10m（盛土6mの場合）の円柱形で、地表から地中に掘り進みながら先端部分からセメントを噴出させ、現地土と混合し、所定の深度に達したら、掘進時と反対方向に回転させながら引き揚げて造成します。勿論、深さは場所によって変わりますが。

――有明海沿岸の干潟は、沖積土、洪積土が積もって約50mもあると聞いていますが、10m程度で大丈夫なのでしょうか。まるで、豆腐（軟弱地盤）の中に、中間ぐらいまで箸を何本も差しているような状況ですよね。

横峯氏　堅固な地盤まで着底していないのですが、そこまでやると膨大なコストがかかります。盛土試験で、全体の安定性の確保、変位や沈下を抑える効果が大きい事が分かっています。勿論、過去に施工した例が少ないのですが、地下水への影響も少なく有効な新工法だと思います。当然、これからの道路管理が重要になってきますが―。

――盛土のお話が出ましたが、現地の干潟の土をそのまま使えませんよね。その調達はどうされましたか。

「一つ目」で、コストと新技術を見るCM制度



平成29年完成を目指す有明海沿岸道路

横峯氏　ちょうど九州新幹線工事が大牟田や熊本県・玉名へ向かっているところで、トンネル掘削で出る排土「ズリ」を使いました。全体で136万㎥の土砂が必要でしたが、うまくお互いの工事間の調整を行いながら、約100万㎥はこのズリでまかないました。コスト節減になりました。残りは圃場整備や近隣の農政局事業で発生する土砂の改良土や三井グリーンランドなどから改良土を入手しました。トータルで予算より約27億円節減できています。

――当初の設計を随分、変更されています。設計に問題があったのですか。

横峯氏　設計に問題があったわけではありません。何よりコスト縮減を進めるため、いろいろ工夫をしました。勿論、設計変更ですから、地元の皆さんに事前に説明したのと違うわけですから、地元理解を求めました。例えば、当初、橋梁で設計していたところを、盛土やカルバート構造に変えました。比較的小さな川や水路を橋で渡るのではなく、水路カルバートで代替すれば、半額近くまでコストが縮減できるといった柔軟対応をしたのです。このために、全体の道路計画、設計、施工を統括するCM（コンストラクション・マネジメント）制度を採用したのが、大きいと思います。新技術とコストの両面を「一つの目」で見て工事を進めることが出来ました。

プロジェクト九州

第3節③ 超軟弱地盤に向き合う

黒崎堤と沿岸道路

匠たちの見事な有明粘土対策 江戸時代から積み上げられた盛土工法 沿岸道と「黒崎堤」―新旧技術が交差

文化財堤防と交差

有明沿岸道路は、福岡県みやま市高田の黒崎開（ひらき）地点で江戸時代の干拓堤防・黒崎堤と交差することになった。

黒崎開には柳川藩が行った最大規模の干拓地（約２００ｈａ）造成の潮止めのための堤防（黒崎堤）が築造されていた。江戸時代・貞亨２年（１６８５）完成した歴史的にも文化的にも貴重な堤防で、保存が求められた（福岡県指定文化財）。大宰府の水城（国指定史跡）が一部取り壊され、鉄道や道路を通過させたような、もはや新道建設最優先の時代ではない。

有明海沿岸道路は、黒崎堤にクロスする形で建設ルートが設定されていたため試掘調査が行われた。黒崎堤が通常の古い堤防であれば、切り取って新しく道路を築造する。しかし黒崎堤は貴重な文化財、そのまま保存しなければならない。有明海沿岸道路を高くして、高さ３ｍの黒崎堤の上に盛土して保存、通過することになった。

事前の文化財としての調査では江戸時代、黒崎堤が盛土の重みに耐えるため、どのような軟弱地盤対策が施され、基礎工事が行われているか、関心を呼んだ。黒崎堤の海側は緩やかな傾斜とし、試掘調査では、のり面の先端には「滑り止め」に木杭が一列に打ちこまれ、その内側は、松の枝や葉を敷いた上に木材を横たえて置かれていた。「粗朶（そだ）沈床」と呼ばれる沈下防止工法で、枝や葉、木材のどれもはっきりと残っており、木杭は堤防の重みを受けて傾いてはいたが、枝、葉、材木のいずれも全く腐食しておらず、沈下防止の機能を果たしていた。

水中では腐らない木材

有明海の干拓堤防は歴史的に、様々な軟弱地盤対策がとられてきた。まず「搦（からみ）」工法がとられる。干拓堤防の予定ルート上に「そだ（粗朶）」と呼ばれる木の枝や葉を敷き、木杭で固定する。これを長期間放置すると、泥土や貝殻が絡まり、潮の干満によって堆積して行く。数年後、厚く積もった泥土の上に「そだ沈床（粗朶敷）」、さらに木材を横たえ，木の杭で止めるなど伝統的な基礎工事が行われ、緩やかな傾斜で築堤されてゆく。斜面には松が植えられた。松は、さらに沖合に干拓地を延ばすとき新築堤防の木杭などに使われる材料になった。

水中では植物性の素材は腐らない。木材腐食菌は好気性で酸素がなければ成長できないため、水中の木材は命を長く保ち、基礎素材として有効で、木杭とそだ沈床は構造的にも優れた基礎工法だった。貯木場が水上に造られるのも、水中で木材内の空気を追い出し腐食を防ぐためだ。水分が70％以上の有明粘土層は水中とほとんど変わりはない。

また、松を堤防に植えて置けば基礎部材として、補修や、さらに沖に干拓堤防を造るとき、現地ですぐ入手しやすく輸送費もかからない。盛土も旧堤防の土を使った。それだけに原型を残す黒崎堤は貴重だった。試掘調査で、築堤、松杭と「粗朶沈床」で固めた基礎を「実物観察」した土木技術者たちは「匠たちの知恵を積み重ねた工法」に驚いた、という。

江戸時代の干拓史を物語る「黒崎開」の黒崎堤の上を盛土で越え、保存にも配慮した工事を行った有明海沿岸道路。現地を訪ねても、完成した道路の外見からは見えないが、その内部では新旧の盛土工法が交錯しているのだ。

匠の知恵と伝統技術の応用

有明海沿岸の干拓は13世紀末（平安時代後期）から始まり、本格化した江戸時代の新田開発まで潮止め堤防は伝統的な工法で築かれてきた。堤防はその重みで沈み、高潮によっ



沿岸道路の半分は橋梁、高架だ

て壊される苦い経験の中で、築造の技術開発が進んできた。今日の道路、空港など大型構造物建設の際の軟弱土壌に対する土木技術は、干拓のため試行錯誤の長い苦労と、苦い経験の上に積み重ねられてきた防潮堤の基礎工法をもとにしている。その伝統的な技術を応用したユニークな工法を改良して有明海沿岸道路は採用している。

有明海沿岸道路を大牟田ＩＣから西へ走るとすぐ、「昭和開」と呼ばれる干拓地に入る。健昭橋で渡る堂面川から３つの水路の間の基礎工事として、約８００ｍに渡って長さ４ｍの木杭を盛土底面に95㎝間隔で無数に打ち込み、その木杭同士はテトロン糸繊維のロープで堅く連結されている（パイルネット工法）。まるで巨大なクモの巣のように一面に白いロープが張り巡らされ、細い枝を幾重にも重ねて泥土を絡め安定させた伝統的な滑り止め工法の「そだ沈床」の役割を果たすのだ。その上に砂土（サンドマット）を敷き詰め、これを基礎として沈下と滑りを防ぎ、盛土を行っている。

木材は杉の「間伐材」を使っており、自然材使用で「環境にやさしい」。コスト削減と環境保全を両立させたユニークな工法といえよう。ただ高い盛土や深い有明粘土、構造物周辺などでの採用には限界がある。

7つのピラミッド

有明海沿岸での盛土堤防は通常２・５ｍから３ｍ程度の高さまでが限界と考えられてきた。農林省の国営干拓事業での潮止め堤防、建設省の防災堤防も最大７・５ｍの高さがあり、一部沈下が発生している。潮止めの堤防ではある程度の不同沈下は許されても、道路はそうはいかない。まして有明海沿岸道路は自動車専用道であり、沈下によって生じる凹凸は最小限に抑えなければならない。高さ４ｍから８ｍ、さらに橋梁取り付け道路では10ｍ以上、13ｍにも及ぶ高盛土による道路建設となる。自動車道のため一般道路との交差を避け、スピード走行（時速80㎞）を可能にする地域高規格道路だからだ。高い盛土は重量がそれだけ増し、沈下（圧密沈下）は大きくなるし、変形も引き起こしやすい。

黒崎堤―匠たちの知恵を積み重ねた工法

事業者の国土交通省は、盛土による有明粘土層の「動き」を細かく解析、対策技術を開発するため盛土試験を実施した。大牟田市、みやま市高田町の予定ルート上（昭和開地区）７カ所で、沈下など軟弱な有明粘土層に対する新しい基礎工法や土壌改良のための実物試験を行った。１カ所は未処理試験、３カ所はこれまで実施されてきた工法、残り３カ所は新工法。盛土したいずれの「ピラミッド」でも、沈下量は計算値より最大20％も大きかったという。土木技術は現在の解析技術でも、人智の及ばない動きをする自然が相手の技術であることを教えている。

佐賀空港アクセス道路の沈下

有明沿岸道路のように高く盛土する道路でなくても沈下に悩まされてきた。佐賀県が白石平野などで実施した試験では、対策を何もしていない無処理地盤に２・５ｍの盛土を行った場合、２年近くも沈下が続いた、という。当然、有明粘土層の土質、厚さによって、沈下度、変位も変わってくる。

佐賀平野をドライブすると、前方の道路が波打っていることがある。これも道路沈下によるものだ。佐賀市内から佐賀空港に向かう「佐賀空港道路」（約９㎞、車道・歩道で幅員20ｍ）は、深さ約20ｍの軟弱な有明粘土層の上に築造された約１ｍの低盛土道路だが、自動車が走るだけなのに沈下に悩まされてきた。空港建設中は１日３００台の土砂運搬トラックが走ったこともあって、供用後約８００日で沈下は50㎝を越えた。

しかし支持杭で基礎を固めたカルバート・「暗渠」部分の沈下はほとんどなく、大きく沈下した盛土部分と段差が生じてしまった。自動車の重量量や走行時の振動が影響。特に、段差が引き起こす衝撃が沈下を促進するとみられている。このため、逆ピラミッド型に（コラムアプローチ）地盤改良を行って沈下防止を行った。事後の補修工事は高くつく。

佐賀空港（滑走路２０００ｍ）も建設時には、沈下を防ぐための対策工が大規模に施された。沈下は粘土層に含まれる水分が盛土など上からの重量による圧力（圧密）で押し出され、発生する。事前に、基礎となる地盤から水分を抜いて、固めるための工法（圧密工法）がとられた。予定地に約３ｍの盛土を行い、透水性の高いプラスチック製「カードボード」を粘土層約30ｍにさし込み、



有明海沿岸道路には多くの地盤対策が行われている

これを水道（みず道）として、水抜きを行っている。唐津焼は粘土を板でたたいて空気と水分を抜く叩き技法で作られるが、外力を加えて土を固める原理はそれと似ている。

盛土部分が５０％

有明海沿岸道路は全延長の約50％が５ｍ以上の高盛土道路となる。さらに橋梁は40％を超えるが、その取り付け道路などはさらに高くなる。高い盛土になればなるほど、重量が重くなり、基礎地盤への対策がそれぞれに必要になる。また、有明粘土層の厚さも違い、その地盤に適した工法が必要だ。大牟田市の昭和開地区での計7種類の試験盛土実験で盛土の高さを７ｍから最高10ｍと変え、のり面の勾配や天端幅など盛土の形状も変化させ、地盤改良・基礎工法は3種類の従来工法と3種の工法を行って、比較、検討した。

基礎地盤対策なしで盛土した場合（無処理盛土）、1年で１ｍ以上沈下し、最大18㎝も水平変位する。盛土の高さに対応する基礎技術を試験で探るのだ。

技術担当者たちが「ピラミッド」と呼んだ台形の試験盛土は、底辺が43ｍ、高さ12ｍ、路面部に当たる台形の頂辺は13ｍ。長さ１ｍで約５００ｔの重量となる。実際の道路建設の盛土には有明粘土は使えないから、新幹線トンネルの排土など他地域から運び込まざるを得ない。大量の盛土になればなるほど大きな沈下と変位が生じる。通常の盛土による道路建設と違って、軟弱地盤対策のため事業費は膨大になることが予想され、工法の有効性と共に、いかに工費を安く出来るか、「コスト縮減」が大きな課題になった。

円柱形の地盤改良

試験盛土で6種類行われた工法のうち、実際に採用された軟弱地盤対策の新工法は4種類（うち1工法は橋台のための盛土）である。

まず盛土の基礎地盤（軟弱層）が比較的浅いところでは、地盤の上に樹脂で出来ている面状補強材（ジオテキスタイル）を敷き、盛土する。これによって盛土が滑らないよう「抵抗力」を付けておく工法。周辺が田畑など多少の沈下や変形が起こっても許される場所で使われる工法で、伝統的な「粗朶（そだ）沈床」の応用といえる。

第2はその補強材だけでは不十分な地盤の場合、１―２ｍ程度、掘り下げてセメントと土を混合した（浅層混合処理）改良土を面状補強材の上に敷設する組み合わせで基礎とし、盛土する。

第3は軟弱地盤が厚く、沈下や変形が起こりやすい場所や橋梁の橋台など相当程度の強度が必要な個所では、第2の「浅層混合処理」を行った地盤の基礎強化のために、セメントを混合して改良した「円柱形の杭（コラム・直径1・2ｍ）」を造成する。幾つもの円柱で建物を支える形に似ているが、橋梁のアンカーレイジのように全体をコンクリートで固めるのではなく、セメントを混ぜた改良土の円柱だからコスト縮減となる。それも安定地盤まで届かない（非着底）程度の深さに短くしている。

砲台づくりに苦労、佐賀が積み重ねた技術

東京・レインボーブリッジを渡れば、若者に人気スポット「お台場」。幕末、黒船に脅かされた江戸幕府は、江戸防衛のために大砲を備えた品川台場を東京湾に築造することになった。

ところが、海上に砲台を造る技術は幼く、頭を悩ませた。湾の底には軟弱な泥層が堆積しており、その上に大きく重い構造物を建設するのだから、そのままでは沈下してしまう。欧米ではすでに港湾サルベージや潜函による海底工事が初歩的ながら進んでいた。

工事の指揮を執ったのは江川太郎左衛門。大砲鋳造の技術者だったが、大砲配備の前に「急ぎ台場を造れ」という命令である。何しろ、海上の軍事基地づくりなど未経験。オランダの技術書をめくり、干拓技法を応用して工事を始めた。成冨兵庫の有明干拓と同様、松丸太を海底に打ち込み、捨石を沈めて基礎を構築、その上に石垣を組み積み上げて完成させた。わずか8カ月の急ぎ働き。当時の幕府の危機感がうかがえる。

砲台でいえば、長崎がはるかに先輩だ。しかし、山地がいきなり海に落ちる長崎の地形では、海上台場は必要なく山腹を削って造った。江戸初期に初めて台場が築かれ、南蛮船が寄港するようになって本格的に築造されている。有名な「フェードン事件」がきっかけで、オランダ国旗を掲げた英国船フェードン号が出島から出迎えに来たオランダ人を人質に、薪水を要求した。海賊行為そのものだが、出兵を命ぜられた佐賀藩が兵の数をごまかしたりして、奉行が切腹する大騒ぎになった。その台場の一つが魚見岳台場。美しい斜張橋・女神大橋のたもとから上り、火薬庫などが残っている。

幕府は列強に対抗すべく、防備を急いだが、大砲製造にせよ、砲台づくりにせよ、佐賀藩の技術に頼らざるを得なかった。それほど、佐賀は科学技術、土木技術を持つ、先進的テクノポリスだったと言えよう。

セメントと土を混合

コラムを安定地盤まで定着させれば、当然、道路の沈下を防ぐ可能性は大きくなる。その場合、二つ問題が生じる。まず、コストである。有明海沿岸の有明粘土層は深さ10mから白石平野などでは30m以上を越える。その深さに合わせた長い「コラム」では費用は膨大になる。短く、本数が少ないほどコストは安い。どの程度の長さのコラム、何本で、道路を安定させ、支えられるのか。

短いコラムだと、有明粘土層の途中で止まる。この場合、道路を支える力は、その基礎のコラムの周面と土壌との摩擦で生まれる力だから、綿密な解析と実験が必要になる。コラム自身も直径1・2m、長さ10mで、18tもの重量を持っている。



黒崎堤の上を通る沿岸道

水質、環境保全とコストとのバランス

第二に環境、特に地下水への影響だ。コラムはセメントと砂、粘土を混合して造られる。粘土層の深部でセメント材を噴出させながら、次第に深くして行き、今度は逆回転させながら上昇させて円筒形に土質を改良して行く。その時、セメント材が流れ出たり、地下水の流れに影響を与えてはならない。コラムの先端を、安定地盤である砂層の上で止め、「非定着」とするのは、砂層が地下水の水脈となるためで、環境保全の意味も大きい。



橋脚の建設の基礎固めが重要となる

高度経済成長期に行われた「列島改造」による臨海部の埋め立て、開発で日本の干潟はどんどん姿を消していった。今や、有明海の干潟は全国の干潟の43％にも当たり、1700㎢の広さを持つ浅い内湾（深度約20m）。干潟をほとんど見ることがない東京湾（1400㎢、深度約20m）より広い。そこにムツゴロウやトビハゼ、シオマネキなど希少生物が生息し、ワラスボ、オオシャミセンガイなど今や有明海だけにしか見られない生物が7種類もいる。1万年前、大陸と陸続きだった日本列島は海進によって離れ、有明海には大陸干潟の生物と類似の独特の生物が生息し続けることになった。大陸沿岸性遺存種だ。

生物学者だった昭和天皇は佐賀を訪れたとき、秋に紅葉する干潟の植物・ヒチメンソウの絶滅を気にされていた、という。有明海は干潟とその生態系を代表する貴重な自然である。環境の変化は海苔養殖や、アサリなど漁獲量にも影響する。

また、日本一の生産高と品質を誇る有明海のノリ養殖漁民は水質に敏感にならざるを得ず、道路、橋梁工事が養殖の支障にならないよう強く要求している。

それだけに有明海沿岸道路の建設は、自然の生態系、特に土と水に影響を与えないような工法が求められた。セメントで地盤改良した円柱コラムを非定着にして地下水の動きに影響を与えないようにし、かつ、本数を抑えようとしている。過去には部分的だが木杭など環境に影響を与えない素材を使用、配慮してきた。有明海沿岸道路は、構造物としての道路や橋の安定性と環境保全のバランスを試みる土木技術の大きな舞台として注目されてよいだろう。



風を通し、環境を変えない努力が重ねられた

プロジェクト九州

第3節④ 提起されたローカルルール

沈下を許す新基準

石炭と農業に代わる地域振興のためにコスト削減と新技術開発の両立を「沈下許容」のルールで軟弱地盤へ挑戦

有明海沿岸に広がる超軟弱の「有明粘土層」は土木技術にとって、長い間「難敵」であり続けた。現在も、なお手ごわい特殊土壌であることに変わりはない。干拓事業は江戸時代初期に本格化し、明治から戦後の食糧難の時代まで続き、完成期に至っている。その後、住之江橋、佐賀空港などの構造物―社会インフラ建設時代に入った。軟弱な地盤の上に重量ある構造物を建設するには安定した基礎地盤が必要だが、支持基盤までの深度が50ｍを超えるところもあり、新技術と膨大な事業費が必要になる。有明海沿岸地帯に高層建造物や地域高規格道路など社会インフラの整備が進まなかった背景には、こうした社会的、技術的な「壁」が立ちはだかっていたためである。有明沿岸道路はその意味でも、挑戦的事業、と言える。

求められるコスト縮減と新技術

高度経済成長と社会の基盤的条件である食糧とエネルギー構造の変化は、石炭産業と農業に大きな影響を与えた。とりわけ有明海沿岸地域は、かつて生産額で日本一だった三池鉱山の閉山と新佐賀段階など稲作収穫量を誇った佐賀・筑後平野地域は衰退と縮小の道を辿った。

大牟田―柳川―大川―鹿島の有明海沿岸４市は人口減に悩み、一方企業誘致も順調に進んでいない。鳥栖―佐賀―武雄間を結ぶ高速道路・長崎道沿線には企業立地が進み、長崎新幹線も着工されるなど着実な歩みが見られる。長崎新幹線の建設に伴うＪＲ長崎線の改廃に、鹿島市が激しく抵抗したのは「沿岸部」の一層の立ち遅れへの危機感からだとされる。

新しい振興策のための社会インフラの整備は、佐賀空港の建設が行われたものの、軟弱地盤に阻まれアクセス道路網の未整備もあって空港経営も財政支援を受けるなど厳しい状態が続いている。

福岡県南などからの利用客を伸ばすためにも、沿岸道路は必要なのだ。米軍・新型オスプレーの訓練空港としての利用問題が浮上したのもこうした地域事情が背景にあるのだろう。

有明海沿岸道路は、地域から強く期待された自動車専用の高規格道路であり、大牟田（三池港ＩＣ）から、筑後川橋梁、将来的には鹿島市に至る有明海の深奥部を走る55㎞の長大道路である。平坦な干拓地と水路、河川上をルートとするため、高盛土・高架と、橋梁などを建設しなければならない。いずれも大重量であり、軟弱土壌の上に構築するには、技術、予算面から難問が多く整備は「困難」とする声も少なくなかった。

財政難が叫ばれ、社会資本、特に道路関連の社会インフラには、厳しい目が向けられている。有明粘土層がいかに難しい特殊土壌であったとしても、厖大な事業費と新技術を投入すれば、沈下しない地域高規格の有明海沿岸道路は建設できるだろう。

だが、コスト縮減はこの道路建設の最大の課題となる。課題解決にはコストを抑えた新技術・施工方法の開発が必要になる。コスト縮減と新技術は一体として進めなければならない「盾の両面」なのだ。

道路建設には、必ず満たさなければならない「技術基準」がある。これは標準的な地盤条件や設計施工技術が対象で、全国共通の基準となっている。しかし、有明海沿岸道路を「技術基準」通り建設しようとすれば、全線にわたって軟弱地盤対策が必要となり膨大な事業費となる。道路にせよ橋梁などの構造物にせよ、最も重要なのは基礎であり、支持層だが、有明粘土層下部の、構造物を支え得る堅い地層・岩盤まで10ｍから最大50ｍを超える深さもあり、構造物基礎から支持層まで杭やケーソンで繋ぐと極めてコスト高となる。



佐賀空港―アクセス道路が課題だった

ローカルルールの技術基準

そこで検討されたのが有明海沿岸道路のための特別の「技術基準」（案）である。ゴルフで言えば、そのゴルフ場だけに適用されるローカルルール。有明海沿岸道路の建設のためだけに適用される技術基準（案）を決めることになった。

有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会（委員長・落合英俊九州大学教授）が設置され、検討が行われた。この道路では盛土部は5―9m程度、橋梁取り付け道路部で10mを超えることになるが、どの程度の高さの盛土を行えば、沈下、変形がどの程度起こるか。それに対するどのような対策工を行えば、沈下はどの程度抑制されるか。堂面川と矢部川の間（大牟田市・昭和開から高田地区）に、人々がピラミッドと呼んだ7つの試験盛土を造って、無処理の盛土から数種の土地改良を行った盛土まで、その違いを調べた。

例えば、盛土で道路建設すると、その重量で道路は沈下する。当初、盛土の高さは5mまでが限界とされていたが、試験盛土の結果、対策なしで7・2m盛土は可能であった。試験盛土で行われた実験では、対策は何もせず（無処理）高さ7・2m盛土を行った場合、13カ月で125cmの沈下（水平変位は18cm）が発生したが、約50日でそれ以上の沈下はほぼ収まり、安定が確保された。このように試験盛土と「時間の経過」を要素に入れた実証試験によって設計基準、従来の軟弱土壌に対する工法が見直された。

同委員会が決めた基準（工事中の沈下は除く）では、供用後3年を目途として一般盛土道路で沈下量を10―30cm以内とし、ボックスカルバートや橋梁の取り付け盛土部分の沈下によって生じる段差を10cm以内とすることになった。設計段階から「沈下を許す」のである。

それは設計水準を下げ、道路の品質が劣ることを必ずしも意味するのではない。橋やボックスカルバートなどの構造物と盛土部分の連結部に生じる「段差」は「時間の経過」と共に生じる。構造物は支持層近くまで、深く改良され、盛土部分に比べて沈下が少ない。この沈下量の差のため段差が生じるのだが、それぞれの沈下速度を考慮した対策を講じれば、ほぼ均一した沈下によって、段差の発生を抑え、あるいは縮小させることが期待できる。供用後の補修、補強などを考慮すればトータルコストも縮減できるわけだ。

こうした軟弱地盤対策が施されたボックスカルバートと盛土間の段差についての調査では、堅い地盤まで改良対策（着底）を行った13か所のうち5か所で段差が発生したが、非着底式改良では38カ所のうち1か所だけだった。

「非着底」の対策の方が「時間」を加味した技術・施工によって、段差を抑え、自動車走行にとって安全、快適な道路が供用出来ることになる。

「時間」を考慮した沈下対応技術

コスト縮減効果

主塔支持層の下の想定外の地層が、矢部川大橋の沈下をもたらしたように、有明粘土層といっても、地層の厚さも地質も均一ではない。大きくは蓮池層と有明粘土層に分けられるが、他にも様々な地層が介在し、複雑に入り組んでいる。湾内に流れ込む潮流は熊本県側を通って福岡県―佐賀県へと湾奥部へ、逆時計回りに流れる。潮流に加えて、約6mにも及ぶ干満の差もあって、比較的砂層が多い熊本県沿い、福岡県・大牟田地域から矢部川―柳川―大川へ湾奥部に向かって次第に有明粘土層は厚く深さを増してゆく傾向にある。

それぞれの地盤の軟弱度など各地質にあった軟弱地盤対策が検討された。①盛土下面と軟弱土の間にジオテキスタイルを敷き（補強盛土工法）②補強盛土工法に加えて1～2mの軟弱粘性土を改良した浅層混合処理③浅層改良工法にさらに周辺建造物への影響を避けるため、下部の軟弱土を低改良率深層混合処理したコラム（改良土の円柱）―の3対策工をそれぞれの条件に合わせ、あるいは組み合わせて採用することになった。

地質、地層に合わせて、これまで行われた軟弱地盤対策は、①50％、②10％、③は40％の割合とされている。施工費はジオテキスタイルだけの場合に比べて深層混合処理は約20倍に跳ね上がる。それでも、盛土は橋梁など構造物建設に比べて、施工費はるかに低コストになる。延長1mたりの施工費は橋梁で約600万円だが盛土構造だと150万円、25％程度に押さえられる。道路構造



新鳥栖駅―長崎新幹線は新鳥栖駅から西へ長崎に向かう

の選択が、コスト縮減には決定的に重要となる。

だが、橋梁など構造物と盛土の割合は、それぞれ50％にとどまる。盛土の道路は地域、集落、市街地を分断する〝壁〟となって風や水の流れ、強弱を変化させ、農作物や海苔の乾燥に影響を与えかねない。

コスト縮減の上からは、盛土構造の道路が望ましいが、地域の暮らしや環境に許容されるか、どうか。

橋梁や高架あるいはボックスカルバートなど構造物にするか、盛土構造にするかの選択は主に地元協議の結果に関わってくる。当初、橋梁計画だったものを盛土方式に変更できればコスト縮減効果は大きい。

例えば柳川市から大川市への境界地域では当初７６９ｍの橋梁を予定していたが、地元と再協議を重ね１２４ｍの橋梁とし、約25億円のコスト圧縮。またランドマークとなった矢部川大橋も当初の橋長５８５ｍを68ｍ短縮させ事業費を圧縮している。一方で、盛土構造を予定していた同橋の右岸側の盛土道路は、海苔の乾燥に支障が出ないよう連続アーチ型に変え、通風を良くした例もある。

CM制度による推進

堂面川を渡る健昭橋では橋台の背面に軽量盛土が使われているが、その体積量が少ないほど経済的となる。このため補強土壁を新たに造り橋台との間の軽量盛土を行うことになった。これによって天端の幅を約17ｍから約６ｍに短縮でき，体積を約１２５４㎥から約５４０㎥に減らし、57％も事業費を縮減出来た。

コスト縮減と新技術を効率的に組み合わせて、プロジェクトをすすめるには、設計から施工、新技術、コストなど総合的な視点が必要となる。軟弱地盤対策と橋梁建設の設計から工事価格の算出、施工まで一貫してみるＣＭ（construction management）担当者が置かれた。ＣＭは大きな役割を果たしており、今後のプロジェクト展開の先行事例となるだろう。



さが水ものがたり館―成富兵庫の技術を展示、解説、社会の理解を深める

有明海海底の石炭を掘る

大牟田・三池炭鉱の最後の砦となった「三川坑」は、有明海の海底から石炭を掘削する戦後の主力坑であった。現在、有明海沿岸道路（三池港ＩＣ）に沿って、三川坑跡があり、坑口、斜坑、繰込み場、コンプレサー室、巨大な巻揚機など残っている。廃坑時のままに、坑口には、採炭夫を運ぶトロッコ、機械類が赤く錆びついたまま、当時の姿を残している。

採炭は大牟田市西港町から西に向かって有明海海底へ２本の斜坑を11度の傾斜角で、約２０００ｍ開削、深度３５０ｍレベルを基準坑底として、石炭採掘を行った。坑底には貯炭槽が６槽造られ、用途別に貯炭されていた巨大な海底炭鉱だった。昭和12年に斜坑の掘削開始、昭和14年に第１斜坑が坑底に達し、翌年第２斜坑が完成して、戦後、石炭需要に応え、三井鉱山の主力となった。

最大の誉れは、昭和天皇の行幸。昭和24年５月29日、天皇は白い作業着に、キャップランプ付きのヘルメット姿で、トロッコ（炭車）で下り、坑底に降り立った。前年、坑道をドイツから輸入した鉄柱で絶対安全を期していた。この鉄柱で採炭能率の高い「カッペ採炭法」を可能にし、増産に次ぐ増産を重ねて日本のエネルギーを支えて行く。

海の底のつらきにたへて炭ほるといそしむ人ぞ尊かりけり

昭和天皇のヘルメット姿の写真が現在も、隣接する旧三井港倶楽部に掲げられている。晴れやかな、素晴らしい笑顔だ。

海底で採炭された石炭はベルトコンベアで三川坑に揚炭され、すぐ、三池港から積み出された。鉄道が港を囲むように馬蹄形に敷設され、採炭、運搬，積み出しと極めて効率的な体制がとられていた。三池港は圍琢磨が、有明海の大きな干満を利用して築港、三池炭鉱閉山から17年、現在も活躍している。

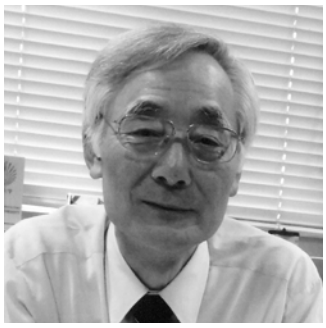

昭和天皇も坑底に降りた三川坑の坑口跡

第3節⑤ インタビュー 落合英俊氏

自然と共生する技術

――軟弱な粘土層が厚く堆積する有明海沿岸に建設が進められている「沿岸道路」の技術基準作成に当たられましたが、一般の見方からすれば、完成後の道路の沈下を許容するという技術基準はなかなか理解しがたい。「沈下しない道路」はできないのか、と。

落合氏　自然が本来持つ機能と役割を十分に活かした環境配慮型の技術、すなわち、「自然と共生する技術」を開発して、沿岸道路を建設するということです。この場合、対象となる自然は地盤ですが、地盤は土粒子と呼ばれる様々な大きさの粒子が無数に堆積してできています。大きさの異なるパチンコ玉が無数に積み重なっている状態と同じです。積み重なったパチンコ玉の間に「すき間」ができるように、実際の地盤でも、堆積した土粒子同士の間には「すき間」が無数に在り、地下水面より深いところでは水で満たされています。



落合 英俊 氏

（おちあいひでとし）**プロフィール**

昭和 19 年4月 23 日生まれ、唐津市出身、九州大学工学部土木学科卒業、長崎大学工学部助教授、九州大学助教授、九州大学教授（工学部水工土木学科）。平成 15 年より同大総長特別補佐、副学長を歴任。現在九州大学理事・副学長。国交省・有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会委員長、新北九州空港・地盤基礎工部会委員長、土木学会理事，地盤工学会副会長，同九州支部長、鹿児島豪雨災害調査委員会委員長などを務めた。

自然と向き合う「柔軟な発想と転換」

有明海沿岸は軟弱な粘土層が厚く堆積しており、その粘土層地盤は、すき間が全体の約七割程度以上を占めています。地盤はすき間だらけであるため、自身の重さ（自重）によっても、すき間は押し潰され、減少していきます。地盤の沈下は、地盤内のすき間が減少することによって起きますので、地盤内にすき間があれば、沈下は長期にわたって続きますし、建物や道路等を建設すると、沈下の量が増大します。それが自然の挙動です。

有明海沿岸に「沈下しない道路」を造ろうとすれば、道路の全長にわたって地盤を深い位置まで人工的に改良しなければなりません。放っておいても沈下が起きる地域ですので、長期にわたって沈下が起きないことの保証はありませんし、むしろ、地下水の流れを阻害するなど、地盤が有する機能・役割を損なうことが懸念されます。自然と共生する技術的工夫が必要です。

――そうは言っても、最初から「沈下を許容する道路」を建設する技術基準というのは、安全性より、建設コスト削減のためではないかと。

落合教授　そうではありません。地盤に力が加わったとき、その力（外力）は、土粒子同士が接触している箇所（接点）で受け持たれ、接点力として地盤内に伝わっていきます。その過程で、繋がりの弱いすき間が崩壊し、それに伴って接点力の大きさや伝わり方も変わり、地盤内で力の再配分が起きます。この地盤の変位・沈下に伴う力の再配分は、土粒子接点における力（接点力）を結果として減少させます。地盤が持つ緩衝機能です。すなわち、地盤の変位・沈下を許容することによって、地盤内に伝わる力をゆるめ、やわらげることができます。「沈下を許容する」ということは、発想の転換です。自然と共生するためには、人間の働きかけと自然の挙動をどこかで折り合いをつける柔軟な姿勢と発想が必要です。安全性の向上にも、建設費の削減にもつながります。

――矢部川大橋は、「想定以上に」橋台が沈下して、供用が1年遅れました。

落合教授　地盤は自然の生成物であるために、地域に依存した特性を本質的に有しており、不確定な要因を数多く含んでいます。地域性と不確実性が地盤の特徴です。有明海沿岸は有明粘土と呼ばれる軟弱な粘土層が厚く堆積しており、橋梁のような重要な構造物を建設する際には、標準的な地盤調査だけでなく、地域の地盤特性を詳細に把握するための調査が必要です。そのためには関る専門分野の技術者、研究者、実務者による調査が十分でなかったということでしょう。連携し、チームとして検討することが重要です。

事前の構造物基礎の沈下予測は難しい課題です。加わる荷重（外力）と地盤の特性だけでなく、基礎の形式や施工方法にも大きく影響されるからです。矢部川大橋の経験は、計画、調査、設計、施工の連携の重要性を再認識させたものであり、これからの技術開発にとって、すごく貴重な現場であったと思います。

地盤は様々な大きさの土粒子が無数に堆積してできており、土粒子の大きさに比べると無限の広がりを持っています。地盤を鋼製の橋梁とみなしたとき、橋梁を構成している鋼材に相当するもの、つまり、地盤を構成している材料を「土」と呼んでいます。材料としての「土の力学」と構造体としての「地盤の力学」を理解しておくことも大切です。

――想定以上の沈下が起こった矢部川大橋では、橋上に重い鉄板を重ねて1年間放置、沈下を促進して、安定を求めました。

落合教授　矢部川大橋の橋台はケーソン基礎で、深さ約50ｍの位置にある砂礫層を基礎地盤として設計されていました。想定以上の沈下が起こった事態への対策工として用いられたのは、原始的ですが、確実に効果が期待される「プレロード工法」と呼ばれるものです。

橋梁の建設によって実際に加わる荷重よりも大きな荷重を地盤に加えることによって、地盤の沈下を事前に促進させておくという工法です。ほぼ完成した橋梁の上に重い鉄板を載せて一年間放置したのは、そのためです。橋梁の重量と鉄板の重さによって、沈下を起こさせていますので、鉄板を撤去すれば、その分、荷重が減り、沈下はそれ以上に生じないと考えられます。

――海水だけでなく南九州のシラス土壌、宮崎の日南層群にしても「雨が大敵」です。有明海には阿蘇台地から大量の地下水が浸透しており、その水の動きも重要になりますね。

落合教授　地球上の淡水の大部分は地下水として地盤内のすき間に蓄えられており、地盤は地球の水瓶として生物の生存を根源で支えています。その一方で、地表や地中を流れる水は、地盤の安定性にきわめて大きな影響を与えます。地盤に手を加えると、水の流れが必ず変わります。どのような変化が起こるかを予測して対処することが基本ですが、自然の法則に従った水の動き・流れに無理に逆らわないことが重要です。

有明海沿岸は軟弱な粘土層が厚く堆積していますので、道路盛土や河川堤防等を築造する場合には、軟弱な粘土層地盤を長い距離にわたって人工的に改良する必要があり、地下水の流れを阻害する恐れがあります。有明海沿岸道路は、文字通り、沿岸に沿って建設するので、地下水の流れとほぼ直交する向きに、連続して改良体を築造することになり、その影響が懸念されます。

このような問題に対処するため、高下駄の構造をした改良体を検討しています。盛土の重量と交通荷重を高下駄の台木にあたる浅層の改良体で受け持ち、高下駄の歯にあたる深層の改良体を介して力を地盤の深い位置に伝える工法です。歯の間隔を広げることによって、地下水の流れに及ぼす影響を大幅に軽減することができるし、歯の高さ、すなわち改良深さを変えることによって、地盤内に伝わる力の再配分効果を制御することができ、結果として変位・沈下を軽減することができます。自然を相手にして、万能の工法はありませんので、対象に応じて適切な工法を選択する仕組みが必要です。



沈下して供用が１年遅れた矢部川大橋

――「水と土」、両者の動きは複雑に絡み合っている。そこに人工物が入っていくわけで、自然との「共生の技術」が必要なのだと―。

落合教授　災害を議論する場合、素因と誘因という言い方がされます。抵抗力と外力と言い換えることもできます。災害を防止（防災）、軽減（減災）する場合、抵抗力を強化し、外力を減じることが有効ですし、そのどちらか一方でも効果的です。

「土と水」の関係で言えば、一般的には、土が素因で、水が誘因ですが、お互いの関係は複雑・多様です。ある場所で防災工事のため地盤に手を加えると、水の流れが変わり、自然の法則に従って周辺の流れやすい場所に水が集まり、地盤を弱化させ、潜在的な危険箇所となる恐れがあります。これに対して、斜面崩壊や地すべりなどによって、水に土砂や土石が混じると、土砂流や土石流となって災害外力を増大させ、被害を拡大させる恐れがあります。前者は水が抵抗力を減少させる例、後者は地盤が外力を増大させる例です。

「構造体としての地盤」と「その構成材料としての土」を理解しておくことも重要です。地盤の弱点は、水によって、バラバラの土になり、水と一緒に挙動することです。しかし、土を袋に詰めると、水によって土はバラバラにならず、袋のままで挙動します。古くから使われている

「土嚢」です。土嚢を積み重ねて構造体にすれば、水に対しても安定性を確保できます。このように、土の動きを拘束することによって、言い換えると、材料としての土の特性を活かすことによって、構造体としての地盤の安定性を確保することができます。

――「有明粘土」に対する様々な技術は、今後どのように活用され、進むのでしょうか。

落合教授　地盤に関わる学術は、学問として体系化された当初の土質工学から、対象を拡大させて地盤工学へと発展してきました。これからは自然との調和・共生を目指す技術が求められ、人文社会科学とも連携する地盤学へ展開すると考えています。その意味で、有明海は貴重な技術開発の現場といえます。

昨今、地球の温暖化に伴う気象変動による集中豪雨などが頻発していますし、また、経済発展が著しい東南アジアでは、例えば、メコンデルタ地帯は、深さ約百ｍにも達する厚い軟弱な粘土層が堆積する地盤です。今後、経済の発展とともに、高速道路等の社会基盤整備が急速に進展すると予想され、有明海沿岸道路建設で開発された「自然と共生する技術」、「変位を許容する技術」が大いに役立つと考えています。

有明海の干拓事業と技術

有明海沿岸での干拓事業の歴史は長い。その始まりは、鎌倉時代にさかのぼるとされるが、本格的な干拓、新田開発は江戸時代からだ。戦国時代が終わり、幕藩体制が確立すると、有明海沿岸の佐賀藩、柳川藩、熊本藩など沿岸諸藩は一斉に干拓工事をスタートさせる。鎌倉時代の小規模な干拓とは違って、藩も積極的に干拓を奨励、米の増産をはかろうとして干拓規模は拡大、干拓技術も進んだ。筑後・佐賀平野など有明海沿岸の広大な穀倉地帯はその技術の結晶でもある。

佐賀平野の干潟は「１００年に１㎞の割合で拡大した」と言われる。筑後川などの河川が山地から土砂を運ぶ。特に風化しやすい花崗岩が中心の脊振山地からは大量の土砂が流れ込む。有明海の６ｍにも及ぶ干満差による沖積作用も大きい。そうしてできた有明粘土層はせん断強度が弱く、沈下が激しい。しかも10ｍを超える厚さを持っている。

吉野ヶ里遺跡の周辺にみられるように、山水を使った水田栽培は次第に干潟に延びて行き、律令体制（条里制）から平安～鎌倉時代に入ると荘園領主、寺社などによる開墾が進んだ。神崎庄だけでも３０００ｈａを越え、川副庄１０００ｈａなど新田開発が進んだ。「有明干拓史」（昭和19年発行）によると戦国末期（約８００年間）までに６０００ｈａが干拓された。

成冨兵庫が活躍した江戸時代になると、干拓・築堤技術も進歩を見せる。堤防の基礎（土居心）として松丸太を５尺（１・５ｍ）間隔で打ち込みこれに粗朶や竹材を搦め手柵を造り、そのまま５～10年放置して遊泥を堆積させ、浜菜や葦が茂るころ、総出で土寄せ、盛土する。ある程度、乾燥させ、突き固めた（「白石往来」天明４年・１７８４年より）築堤工法が確立した。

苦労の末、築いた干拓堤防は台風、高潮などによって、しばしば決壊、耕地は壊滅的被害を受けた。盛土の有明粘土層そのものが水に流されやすく、越流、越波すると脆くも決壊してしまう。堤防を高く築くと、沈下や「滑り」を起こす。

粘土の強度、地盤の支持力、潮の干満、波やその高さなど海岸水理が解析されて初めて、安定した堤体構造や高さが決まる。有明海の干拓堤防では長い技術的な苦闘が繰り返された。石垣を使った干拓堤防は加藤清正の、横島・久島間（小田牟田新地）の堤防が初めて。佐賀藩、柳川藩でも一部始まっている。

明治に入り、さらに米騒動が起こった大正になって大規模干拓が計画され有明干拓（有明工区）は昭和８年に佐賀県営事業として着工され、戦後の食糧不足と共に国営事業（同21年）となった。着工から幾度も堤防決壊が起こり中断、36年間もの悪戦苦闘の末、ようやく同44年に完成した。築堤方法は、まず厚さ18㎝の敷き砂を行い、その上に粗朶を敷き（連柴）捨石を行いその上に石垣を表裏に築帰、その間に栗石を詰めて、背面に盛土して安定させる。

昭和29年、オランダ築堤技術が導入され、昭和30年代以降の福富工区などの築堤では、有明粘土層の土質、斜面の安定性が解析され、災害に対処する堤防づくりが進んだ。それまでの直立型から堤防の基礎幅を広くとり、「緩傾斜」の築堤によってバランスの良い堤防出来るようになったが、それだけ干拓耕地の造成面積が減るわけで、効率の悪さが残った。

コメの需要縮小、減反政策などで干拓は縮小されたが、有明粘土層との闘いは、有明海沿岸道路建設などで続き、東南アジアの軟弱土壌への対応など海外での技術貢献も期待されている。

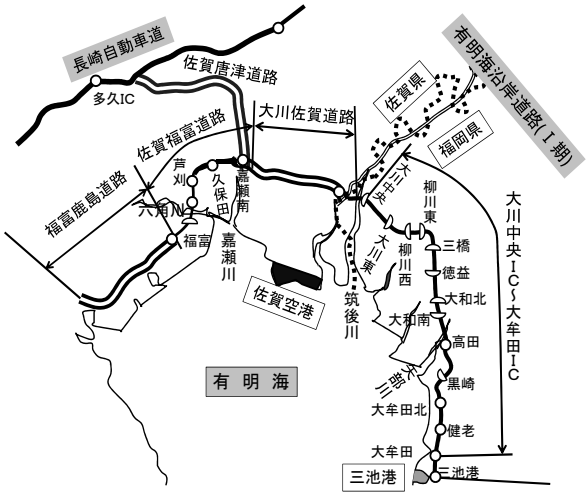
有明海沿岸道路の整備

有明海は、熊本、福岡、佐賀、長崎の４県にまたがる九州最大の湾であり、沿岸域がまた九州最大規模の平野である。阿蘇、九重、耳納、脊振、雲仙など。周辺の山地からさまざまな河川が流れ込み、平野ができた。その一方で、我が国最大の干潟と干満差が、多様かつ独特の生き物による豊饒の海をもたらしている。

この広がる平野と豊かな自然の中の人々の営みにより、沿岸域に多くの都市が生まれた。玉名、荒尾・大牟田、柳川・大川、久留米、佐賀、鹿島、諫早、島原などである。

しかし、こうした沿岸域も、それを循環する交通体系は必ずしも十分でない。新幹線にしても、高速道路にしても、沿岸域が便利に利用できる状況にない。あるいは、佐賀空港、大牟田港などの交通拠点を沿岸諸地域が効率的に利用できないでいる。これらから地域内で互いのつながりを欠いているともいえよう。つまり、地域高規格道路の機能に該当する交通体系が不備で、その打開策にと有明海沿岸道路の整備が強く求められている。

下図は、現在、整備が進む有明沿岸道路の全体計画である。福岡県大牟田市から佐賀県鹿島市までの５５㎞の自動車専用地域高規格道路だ。この沿線に福岡県南の諸都市と佐賀県の佐賀市や鹿島市が連なり、また、大牟田港および佐賀空港が立地する。加えて、県道を介し九州自動車道南関ＩＣと大牟田北ＩＣとが、また、佐賀唐津道路（地域高規格道路）を介し長崎自動車道の多久ＩＣと嘉瀬南ＩＣとがつながり、高速交通のネットワーク化がはかられる予定である（図参照）。



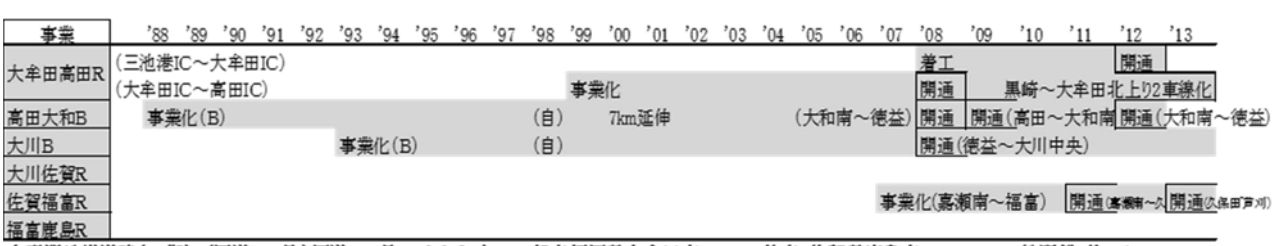
工事は、福岡県の大川中央ＩＣ～大牟田ＩＣ区間から始められた（表）。大牟田高田道路、高田大和バイパス、大川バイパスに３区分され、高田大和バイパスを一般バイパスとして、１９８８年に事業化したのが始まりである。以降、大川バイパス、大牟田高田道路の整備に着手し、そして、２００８年に至り漸くに大牟田ＩＣ～高田ＩＣ間、大和南ＩＣ～大川中央ＩＣ間の約２２㎞が開通した。

高田ＩＣ～大和南ＩＣ間は一年遅れの開通となった。これは、この間の矢部川大橋（斜張橋、全長５１７ｍ、主塔高８７・５ｍ、主塔間距離２６１ｍ）の建設に際し、主塔が沈下したためである。コンクリート製の斜長橋として日本一を誇るが、２００７年３月に主塔が完成した。施工中、計測したところ、想定（４㎝）を上回る１０㎝の沈下が確認された。有明海特有の軟弱地盤のせいである。直ちに検討委員会が設置されたが、２００８年５月に沈下はほぼ収束したと判断された。工事は再開され、同年の１１月に主桁が連結し、２００９年３月の開通となった。

その後も、２０１１年に嘉瀬南ＩＣ～久保田ＩＣ間が、２０１２年に三池港ＩＣ～大牟田ＩＣ間および大和南ＩＣ～徳益ＩＣ間が順次完成し開通した。

この後、福岡県側は暫定区間などの拡充や筑後川を渡る区間の整備がある。一方、佐賀県側はむしろこれからで、完成までにいましばらく年月を要する。

現在の整備区間はⅠ期のものである。その先に、Ⅱ期として大牟田―荒尾―長洲―熊本の区間があり、地域高規格道路の候補路線にあげられている。また、島原、天草、長島をつなぎ、有明海、八代海を巡る８の字型循環や３県架橋の構想もある。



有明開沿岸道路（Ⅰ期）（国道208号と国道444号のバイパス）　起点福岡県大牟田市　終点:佐賀県鹿島市　総距離:約55km

大牟田高田道路(国道208号のバイパス)	大牟田市新港町～みやま市高田町	8.6km	設計速度80km/h	4車線
高田大和バイパス	みやま市高田町～柳川市大和町	8.9km	設計速度80km/h	4車線
大川バイパス(国道208号のバイパス)	柳川市大和町～大川市大野島	10.0km	設計速度80km/h	4車線
大川佐賀道路	大川市大野島～佐賀市嘉瀬町	10.0km	設計速度80km/h	4車線
佐賀福富道路	佐賀市嘉瀬町～白石町福富	10.5km	設計速度80km/h	暫定2車線
福富鹿島道路	白石町福富～白石町深浦	9.0km	設計速度80km/h	暫定2車線

主な構造物　　堂面川橋 201m　矢部川大橋 517m　皿垣連続高架橋 423m　有明嘉瀬川大橋 710m

プロジェクト九州

第4節①「沈下」と苦闘したランドマークの橋

矢部川大橋

国内最長支間、美しい斜張橋の苦い経験
軟弱地盤の「複雑さ」知らされる
鉄板乗せ、開通1年延長

有明海沿岸の軟弱土壌（有明粘土層）は、土木技術、特に長大橋建設の手ごわい相手となる。六角川の「住之江橋」の建設（昭和30年）では、橋の基礎用のケーソンが沈み、傾く「泥と潮との闘い」だったが、それから多くの技術進歩にもかかわらず、約60年後、有明海沿岸道路の矢部川大橋の建設もまた厳しい「沈下との闘い」を強いられた。供用は予定より1年も遅れ、改めて、有明粘土層の難しさを土木技術者たちが思い知らされた橋だった。

矢部川大橋は平成16年（２００４年）10月着工、主塔が完成、両岸から伸びてきた橋桁を連結させる直前、架橋する間際の平成19年（２００７年）４月、橋を支える右岸主塔基礎部分が、想定の４㎝を大きく超えて９㎝も沈下していることが分かった。急きょ工事を中止、原因の解明と対策が検討され、開通は１年延びて平成21年（２００９年）３月にずれ込んだ。全国的にも稀な軟弱地盤の「想定外の沈下」とはいえ、公表していた開通日が1年も延期され、追加工事が必要な橋梁建設は、異例の「事件」と受け止められ、マスコミも大きく報じた。

どう生かす「苦い教訓」

大牟田ＩＣから西へ向かうとみやま市を抜け、柳川市との境となる矢部川にさしかかる。福岡県・矢部村と熊本県・中津江村の山峡を水源として、筑後平野を約55㎞流れ下ってみやま市と柳川市の間の河口から有明海に注ぐ。平成24年（２０１２年）の北部九州豪雨では、堤防が決壊、柳川市などが水浸しになり、大きな被害を出した。矢部川を渡って、有明海沿岸道路は柳川市、さらに筑後川へと向かう。有明海沿岸道路は盛土部分と橋梁の延長はほぼ同じ。道路の半分は橋梁（約14・５㎞）で、矢部川大橋は主役的存在だ。

筑後川と早津江川を渡る橋はようやく着工段階に入った（平成27年６月現在）ところ。福岡側の有明海岸道路（大牟田―佐賀・諸富間29・２㎞）に建設された橋梁は高架橋、ランプ橋も含め29本あるが、これまでの完成橋の最長はこの矢部川大橋。橋長がさらに伸びると思われる筑後川橋梁（橋長１００８ｍ）と早津江川橋梁（同８５４ｍ）はこれから着工だ。いずれの橋も矢部川大橋と同様、軟弱地盤と直面せざるを得ない。

矢部川大橋は田園地帯の中に、ランドマークとなる二つの主塔から斜めに張られたハープのような美しさを持つＰＣ斜張橋・矢部川大橋（橋長５１７ｍ、ＰＣ３径間連続斜張橋）が残した「苦い教訓」が筑後川を渡る橋の建設にどのように生かされるのだろうか。

矢部川大橋の建設に当たって、大きな問題があった。まず，矢部川河口から有明海一帯は、全国にも名を馳せた「海苔」の大規模栽培の海であり、養殖用の漁船が多数、架橋地点を往来する。現在も矢部川大橋の周辺には漁船が多く係留され、工事中も、完成後も漁船の航行を妨げないためには、川をひとまたぎする長大橋にならざるを得ない。河川を渡る橋は通常、海峡と違って船舶の航行は少なく、橋脚の間隔（支間距離）は短くてよい。幾つもの橋脚を建てて橋を支えることが出来る。矢部川



主塔建設中の矢部川大橋



美しい斜張橋　矢部川大橋

大橋ではそれが出来ない。
　また、架橋工事も、物理的、時間的に漁船の往来を妨げないためには川の中に支柱をたてての工事は難しい。大型の移動作業車を使って、両岸から張り出し、中央で連結するスピード工法（片持ち張り出し施工）がとられた。

想定以上の沈下発見

　矢部川河口では海苔養殖の漁船が頻繁に往来するため、川をひとまたぎする橋が求められ、橋長が５１７ｍ（中央支間２６１ｍ）にまで伸びる長大橋となり、吊り橋か、斜張橋にならざるを得ない。橋台を内陸部に置き、両岸に高い主塔を建て、ケーブルで橋を吊り上げる。橋が長大になればなるほど、橋自身の重量は大きくなり、主塔と、その基礎は当然、巨大になり、大重量となる。開通後は橋を渡る車両の重さも加わる。加えて、ルート上の理由から「曲線橋」（Ｒ・１１５０ｍ）となったため、斜張橋が選ばれた。２本のケーブルで吊り上げる吊り橋は「直線橋」になるため、曲線には対応できないし、橋台も大きく、重くなる。
　斜張橋では、吊り橋と同様、橋全体をケーブルで吊り上げる主塔が主役となる。しっかりした地盤で架橋するのならともかく、矢部川大橋ではその主塔を支える地盤となる有明粘土層は超軟弱層で、それによって引き起こされる「沈下や滑り」を抑えるためには、どのような基礎対策工をとればよいのか、最大の課題であった。種々の対策工を行ったとしても、最大４㎝の沈下発生は「やむなし」として設計が行われた。設計時から軟弱な有明粘土層の特異性から、その程度の沈下が発生したとしても「許されていた」のである。

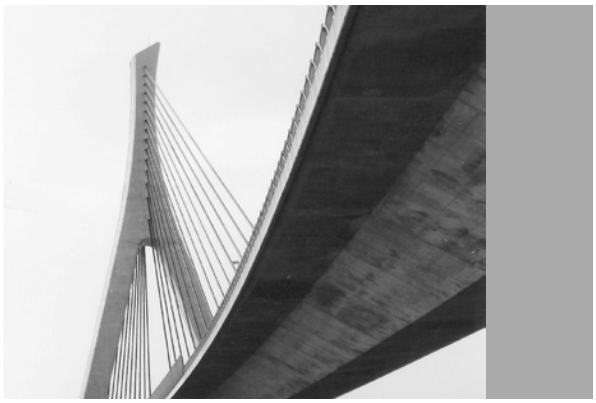
大深度の遠隔操作工事

　想定を超える大きな沈下が発見されたのは２００７年４月中旬。両岸の主塔のうちＰ２と呼ばれる柳川市側の橋脚が９・２㎝も沈下しているショキングな事実を測量中の施工関係者が見つけ、国交省・有明海沿岸道路出張所に届け出た。調査時のデータでは、このような想定の２倍を超える沈下は予想できなかった。直ちに検討委員会（彦坂熙委員長・九州大学名誉教授）で、原因究明と対策を協議、検討が始まった。


大きな基礎、橋脚の上に主塔が建てられた。

　主塔基礎は縦横22・５ｍと13ｍの長方形で深さは49・５ｍもあるコンクリート製の矩形ケーソン（大深度ニューマチックケーソン）。幅は狭いが、高さは10階建てのビルにも匹敵するコンクリートの塊だ。これを基礎として、その上に橋脚と高さ87・５ｍの逆Ｙ字形の巨大な主塔が載る。
　深度50ｍまで降ろすケーソンを安定させるため支持地盤となる砂礫土を平らにする工事は、ほとんど海中作業と同じ泥と水の作業となる。通常、大深度のケーソン下部の作業は高圧の「潜函」に作業員が入り、行うが、人体への影響も大きく作業能率も落ちる。そこで矢部川主塔基礎の工事は、陸上で50ｍ地下の作業現場をテレビカメラで見ながら、重機を遠隔操作して行う新工法（無人ケーソン）が採用された。危険な現場に作業員をさらすことなく順調に作業は進んだ。
　こうして、基礎、橋脚、主塔を重ね、全体の高さは基礎底辺から１３７ｍの大構造物になった。主塔は逆Ｙ字で、両足を広げた巨人が両岸に立っているように、極めて安定性が高い斜張橋となった。
　主塔の頂上から斜めに張り出した複数のケーブルが三角形を描いて両側に降り、橋の中央両端から内側へまるで大きなハープの絃のように橋桁を引っ張り上げている。吊り橋のように大きな橋台を必要としないのも軟弱土壌での斜張橋の建設は合理的だ。そうは言っても、橋台が沈下、あるいは動いて、橋の安定性を揺るがしてはならない。橋台周辺は、粘土層を固める改良が念入りに行われている。
　吊り橋はメインケーブルからハンガーロープを垂れ下げて、橋桁を吊り上げるため、全ての荷重がメインケーブルにかかり、それを主塔と、橋台が分担する。斜張橋は主塔から直接、斜めに降ろされた複数のケーブルで橋桁を引っ張り上げるので、主塔の負担がより大きくなる。
　橋自身の重量（自重）の大半は橋桁。軟弱地質への対応―軽量化のため、中を空洞にした逆台形の箱桁が選ばれ、63ブロックが繋がれ橋桁となる。そ


逆Ｙ字型の主塔



矢部川大橋の主塔と桁
軽量化のため、空洞の箱桁が選ばれた。

れでも1ブロックは長さ8m、重さは約300tもある。橋全体の重さと通過する車両の重さ（活荷重）は3万8500tにもなった。

複雑な有明粘土層

橋脚とその基礎の沈下量が予想を超えた原因は、有明粘土層の「複雑な地層構成」にあった。有明粘土層といっても、均一の地層ではない。矢部川大橋の主塔予定地となる地盤の詳細なボーリング調査では、質、厚さの違う地層が深さ60mまでに約20種類が積み重なっていた。この中で基礎地盤は砂礫層（地表から約50mの深さ）とし、その上にケーソン（深さ49・5m）を乗せ、基礎とすることになった。ところが、沈下後の調査で右岸側のP2橋脚・基礎とした砂礫層の下に、「D4C」と呼ばれる粘土層が存在し、その沈下量が想定を上回ったことに橋脚沈下の原因があると委員会は判断した。

なぜ、事前の解析による想定を上回る沈下が発生したのか。調査と室内実験が行われた。その結果、P2支持層下の「D4C」粘土層に含まれる塩分が地下水などの影響で塩分溶脱が生じ、この地層の「構造」が変わり地層の強度が低下してしまったことによって、沈下量が大きくなった可能性が指摘された。有明粘土層の一筋縄ではいかない複雑さを、技術者たちは思い知らされた。

橋桁に、鉄板を乗せ強制沈下へ

3つの対策

対策は、三つ行われている。まず沈下を促進して、安定させるため、「かき集められた」鉄板をP2主塔真下の桁の上に乗せ「圧密沈下」を強制的に行った（プレロード）。橋脚をグラウンドアンカーで引っ張りながら沈下スピードと量を調整する慎重な作業が約3カ月間も続いた。また、ケーソン周辺の軟弱地盤をより堅く改良して、ケーソン沈下を抑える補強工事も行われた。この二つの対策で、P1が4・1cmの沈下で「ほぼ安定」と判断された。これで沈下が完全に収まるかといえばそうとは言えず、収まらない場合、斜材ケーブルの高さを調整するなどの対応を行う考えだ。

そのため三番目の対策としてPC主桁外ケーブルの高強度化が必要になる。両岸の地層の違いによって引き起こされた場合の「不同沈下」への今回の対応策で、完成後10cm程度の不同沈下には対応できるという。

沈下は、重量だけでなく、振動によっても起こる。地震の揺れが液状化現象を起こし、地盤沈下を招く事例は、東日本大震災で、海岸沿いの田畑が低地化したり、都市部の住宅団地が沈下する被害が出たことは広く知られている。矢部川大橋は軟弱地盤だけに地震対策がより重要だ。加えて、「曲線橋」という構造上の問題もある。



矢部川大橋の岸壁には多くの漁船が係留されている。

主塔をやや傾けて

軟弱地盤は動きやすい。有明海の潟土は潮の干満によっても動く。地震によって橋の地盤である有明粘土層が振動すれば、巨大な橋だけに、大きく揺れる可能性がある。さらに矢部川橋一帯は地表から約12mまでが軟弱な有明粘土層で地震の時、深さ4―5mは液状化するとみられている。そのためには主塔基礎周辺の地盤改良が必要となる。

この橋を通過する車の運転者はほとんど意識することはないが、路面は内側に傾いている。注意深いカメラマンなら、路面の傾きに沿って主塔がやや傾いて造られていることに気付くだろう。曲線（R1150m）を描いて橋が川を渡っているため、主塔頂上から橋桁を引き上げるケーブルが、橋の中央線に並ばない。外側のケーブルほど主塔の中心線からズレてしまう。このカーブのため、主塔には橋とは直角方向に水平力が常に働くことになる。橋桁が常に横から押されている形となるのだ。主塔をわずかだが弓なり傾けて（傾斜主塔）、橋桁を水平に押す力を弱め、

橋桁との間にストッパーを取り付けて、横への動きを止めている。

地震の揺れを抑えて

免震支承の働きと合わせて、平時はこれで対応できるが、地震が発生すると、曲線外側に強い力が働き、横揺れが大きくなり橋桁が主塔に衝突する恐れが出てくる。

このために主塔と橋桁の間に、桁の外側の「ストッパー」だけでなく、内側に「ダンパー」を装置して、揺れを抑えようとしている。平時の外側に働く力は「ストッパー」で抑えられるが、大規模地震になると、左右へ大きく揺れる。このため揺れを吸収するため伸縮する「ダンパー」を取り付けた。揺れが大きくなると、充填剤を詰めたダンパーの中でピストンが働き、そのスプリング効果で、揺れを緩やかに戻す働きをする。

地震が発生すると、ストッパー、ダンパー、免震支承が総合的に働き、矢部川大橋を守ることになる。曲線橋であることと、地震に弱い軟弱地盤に対応した独特の免震装置である。

軟弱地盤に19の橋梁 挑戦的な技術と工夫

有明海沿岸道路には、矢部川大橋など川を渡る橋のほか、陸上で空中にアーチを描く諏訪川橋（ニールセンローゼ橋、橋長２１０ｍ）や健昭橋（同、２０１ｍ）などユニークな形をした連続高架橋が多い。中島７連続高架橋（長さ１３６ｍ）はローマ時代の水道橋に似て、幾重にもアーチが連なり人の目を引く。

この沿岸道路を高い盛土で建設すると、人と風の流れを止める壁となって地域を分断することになる。そのため盛土にトンネル（暗渠、カルバート）で通路を開けることになるが、それだけでは風の通り道にはなりにくい。風の強弱や風向きに変化が生まれると、海苔の自然乾燥や農作物にも影響が出かねない。有明海沿岸は穀倉地帯でもあり、高架橋やアーチカルバートを連続させ風通しを出来るだけ妨げない構造が選択された。陸上橋は橋梁全体の総延長の半分を占める。

アーチは重い道路の重量を地盤に伝え、支える構造だが、軟弱地盤には厳しい。道路面の盛土を軽くするため気泡を混入した軽量盛土を使う工夫をしている。さらに、矢部川大橋につながる栄皿垣連続高架橋（長さ４２３ｍ）では地盤の負担を軽減するため、路面をアーチに建てた柱で支え（ＲＣ開腹アーチ構造）、同時にこの構造を連続させることで地震などでの横揺れを抑えることが出来る、と期待している。

有明粘土層は、橋梁技術者にとっては、恐らく「鬼門」なのだろう。「佐賀県から有明海沿岸道路の計画を相談された時、私は、それは素人の発想だ。土木技術者ならそんなことを計画しないと言ったことを覚えている」と荒牧軍治佐賀大学名誉教授は苦笑しながら、振り返っている。軟弱地盤・有明粘土層と長く研究し、それに対応出来る構造を求め続け、手ごわさを知っている人たちにとって共通する感想であったろう。それだけに、有明海沿岸道路は、橋梁、高架橋、あるいは盛土にせよ、特に巨大な建造物となる橋梁の建設は「挑戦的な技術」と工夫があらゆるところに求められている。

平成25年までに、有明海沿岸道路（大牟田―大川間25・7㎞）には矢部川大橋を含め、計画された19橋のうち16橋が架けられてきた。残る最大の事業は筑後川河口での渡河橋梁の建設となる。筑後川は矢部川の川幅を大きく超える。架橋地点は新田大橋と旧国鉄佐賀線の昇開橋（旧筑後川橋梁）の間になるが、ここには明治初期、オランダ人・デレーケ、石黒五十二が建設した導流堤があり、川のほぼ中央に石組みの堤防が造られている。おそらくデレーケも石黒も軟弱土壌との闘いを繰り広げただろう。導流堤の基礎がどのように造られているか、関心を集めている。デレーケ堤に橋脚を置き、その上を通る新橋は、矢部川大橋の教訓を生かし、軟弱地盤対策の１５０年間の進歩の技術を見せることが出来るだろうか。



佐賀・嘉瀬川付近の高架橋

第4節②
インタビュー
彦坂　熙 氏

矢部川大橋、沈下が教える教訓

――矢部川大橋の設計段階での技術検討委員会委員長、また橋脚の沈下後の対策工を検討した同委員会委員長として、この橋の建設を技術的に見てこられました。超軟弱土壌とされる有明粘土層に大きな斜張橋を建設したのですが、軽量の橋を架けることは検討されなかったのでしょうか。

彦坂氏　当初の有明海沿岸道路のルート設定の時、もっと、重量の軽い橋で矢部川を渡るのがベターだと考えていたようです。ところが、矢部川沖の有明海は海苔の養殖業が盛んで、その基地が河口にあるため、頻繁に漁船が出入りする。海苔養殖は9月下旬から冬場（2―3月）が漁期で、この期間は川が汚れるような工事は困る、という事でした。となると、この期間は川に橋脚や工事のための支柱を建てる工事は出来ない。梅雨期から夏、さらに秋には集中豪雨や台風が来て出水のおそれがある。工事期間がほとんど、取れないのです。川の中の工事を避けるためには陸地部、堤防近くに橋脚を建て、中央径間を大きくとる斜張橋にならざるを得なかった事情があったようです。

入念な地質調査こそ重要

――そのため斜張橋としては日本1の中央径間261m、高さ87・5m（全長）もある主塔の大型PC斜張橋になったわけですか。鋼製でなく、重いコンクリート橋を選んだのはなぜでしょうか。

彦坂氏　地盤があれだけ軟らかいところですから、「鋼の橋」にすれば、軽くなるのですが、コンクリート橋と比較すれば工費がかなり高く、相当、差がありました。それでなくとも有明海沿岸道路は地盤改良など総工費（福岡県内27・5㎞だけで約2300億円）が巨額で「コスト縮減」が大きな課題でした。コンクリート斜張橋を選択せざるを得なかったのではないでしょうか。

――確かに、有明海沿岸道路は有明粘土層の上に造る「高い道路」で、工事関係者は「コスト縮減」のためあらゆるところで苦慮したと聞いています。

彦坂氏　中央径間（261m）が日本一と言われますが、当初は300mで架橋する計画だったのです。それもコスト削減で可能な限り短くし、50N／㎟高強度コンクリートを使い、断面も小さくしてコスト縮減を行っています。主塔をあまり堤防に近く建てると、洪水時に堤防そのものに悪影響が出る恐れがありますし、と言って川の中には先の海苔漁業の事情から建てられない。現在の位置がギリギリの選択だった、ということでしょう。

――吊り橋の選択はなかったのですか。

彦坂氏　吊り橋は、現在では支間距離が1000mを超える長大橋の場合が多いですね。それに吊り橋だと、主塔のほかメインケーブルを定着するアンカレイジを置かなければなりません。巨大なコンクリート塊は、有明海沿岸の田園地帯には、景観上、



張り出し架橋中の矢部川大橋



彦坂 熙 氏

（ひこさかひろし）　**プロフィール**

昭和17年3月12日、京城生まれ。昭和39年、九州大学工学部土木工学科卒業、建設省入省。昭和40年、九州大学助手、助教授から、昭和59年に教授。平成17年退職。九大名誉教授。九州建設技術管理協会顧問から、平成25年理事長。有明海沿岸道路の矢部川大橋、新北九州空港連絡橋、ＪＨ今別府川橋（いずれも土木学会田中賞受賞）などの技術検討委員会で橋梁構造面からの技術指導を行ってきた。

問題が出てくるのではないでしょうか。

――矢部川大橋を見ると、直線の橋ではなく、カーブを描いています。随分、難しい架橋工事になったのではありませんか。

彦坂氏　斜張橋の場合、カーブはそれほど構造的に問題は生じません。有明海沿岸道路の線形は（通行車両の走りやすさもあって）あらかじめ決まっていて、橋を直線に架けると新たな用地買収が生じることになる、という事で、当初の線形通りで架橋することになりました。カーブのため路床面（橋桁）に「ねじれ」が生じる力がかかりますので、それに対応、力学的に安定するよう主塔をわずかに傾斜させましたが、その計算はなかなか難しいものがありました。

――いろいろな事情から、コンクリート橋になったわけですが、ユニークな逆Y字型の主塔で、その橋脚は相当、巨大になっています。コンクリート打設については？

彦坂氏　コンクリート打設では、コンクリートが固まる過程でセメントと水が化学反応を起こし80度にも達する高熱が出ます。ひび割れを防ぐためには冷却しなければなりません。あまり発熱しない低熱セメントを使い、さらに人為的に冷やすため細いパイプに冷却水を通し「パイプクーリング」を行っています。結果的にはこれが成功して「ひび割れ」などは生じていないようです。

――その橋脚を支える箱型基礎として、ケーソンを深さ50ｍもの地底に据え付けています。それだけ深くしないと有明粘土層ではしっかりした支持層がなかったという事でしょうか。

四千ｔもの鉄板で一気に沈下
圧密沈下を起こした支持層

彦坂氏　50ｍものケーソンは、日本国内の橋梁基礎でもこれまでに経験のない、最も深いものになりました。有明粘土層と言えども深部になれば堅く締まった支持層があります。事前に地質調査を行い、複雑に重なった地層であることは分かっていました。どこを支持層として取るかの判断なのですが、深度30ｍ付近の地層を支持層とする選択も考えられました。それだとケーソンの断面はずいぶん大きくなるしコストも膨らむ。より深く50ｍの支持層（Ｄ３ｇ）が橋を支え切る十分な堅さを持っている、として選ばれたのです。

――結果として、それでも「沈下」したわけですが、事前の地質調査が不十分だったのでしょうか。

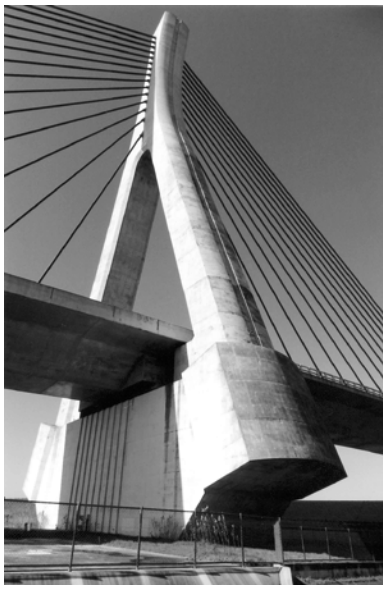
彦坂氏　結果論としてはそうかもしれません。しかし、深さ50ｍにある支持層の上にケーソンを設置すれば、橋梁の重量による力は分散され、ある程度の沈下は起こったとしても十分余裕を持った設計だったと思います。

――最大で23㎝もの異常沈下となり、開通を1年延長する事態となりました。

彦坂氏　最初に橋Ｐ２の「沈下」に気が付いたのは２００７年４月17日でした。沈下量は９㎝。工事は２本の主塔（Ｐ１、２）からヤジロベイのように橋桁を張り出しているところでしたが直ちに工事をストップしました。工事を進めると橋は重くなり沈下が進むからです。しかし、沈下は続きました。ボーリングによる地質調査が行われました。しかも、同じ地層なのに、もう一本の主塔（Ｐ１）には沈下は見られず、正常なのです。沈下したケーソン（Ｐ２）の下は地層構成が非常に複雑で、例えば支持層の中にレンズ型の薄い粘土層が分布し、また、塩化物が溶け出して、圧密沈下を引き起こした要因になり得ると指摘されています。ある程度の沈下の可能性はあるとは思っていましたが、これほどの沈下が起こるとは、予想の範囲外でした。

――予想外の沈下。先生は橋梁検討委員会の委員長として、この沈下にどう対応するかを検討されることになりました。

彦坂氏　沈下はどこで止まるか分からない。沈下した主塔Ｐ２は勿論、今は沈下していない主塔Ｐ１にも将来、沈下が起こるかもしれない。沈むところまで、先に沈めてしまおう


重い主塔、橋台を支える基礎工が重要だ

という事になりました。一気に完成時相当の荷重をかけて沈下を促進する。同じ地質なのだから、Ｐ１の方も加重するとガクンと沈下するかもしれない。それが止まってから、残りの工事に入ろう―と。それで鉄板を重ね４０００ｔの荷重をかけることにしました。そんな大量の鉄板が用意できるのかと思いましたが大手の施工業者でしたから、かき集めてきました。最終的に23㎝まで沈下して止まりました。

幸運だった〝閉合〟前の沈下

――このような沈下現象は過去にあったのでしょうか。また沈下によって橋全体への影響はあったのでしょうか。

彦坂氏　過去に例はありました。有名な沈下は関西国際空港です。関西国際空港の場合、埋め立てた土砂の重みで沈下し、沈下すればまた土砂で埋め立てまた沈下するといった繰り返しで苦労されました。

　矢部川大橋も同じ、幸運だったのは二つの主塔から、それぞれ橋桁を張り出す工事中で、両側から伸ばした橋桁を繋いで「閉合」する前の段階でしたから、大事には至りませんでした。閉合が終わっていた段階で沈下が起きていたら、影響は出ていたでしょう。阪神淡路大震災の時も明石海峡大橋は建設中で、橋桁、路床は完成していませんでした。地震で主塔基礎は水平に１ｍ動き、中央支間が広がりましたが、橋全体に大きな影響は受けずに済んでいます。

――主塔の一方が沈下したのですから、高さが違ってきます。不等沈下をどのように修正、対応し、閉合されたのですか。今後、さらなる沈下はあるのでしょうか。

彦坂氏　斜材ケーブルの張力を調整して、不等沈下を吸収し、また主桁外ケーブルの強度を上げ、主桁の長期沈下に対応できるようにし、一方、沈下した方の路床のアスファルト舗装を厚くすることによって高さを調整し、走行が滑らかなるようにして、完成させました。これから先の見通しは難しいのですが、Ｐ２橋脚で将来７―８㎝程度の沈下（Ｐ１は３―５㎝）は起こるかもしれません。それに備えて、橋桁の補強のため、強いＰＣ外ケーブルを使い安全性を確保しています。

――沈下という縦への変位と同時に、地震では横揺れもあります。有明粘土層では揺れは大きいと思いますが、地震対策はどうでしょう。

彦坂氏　阪神淡路大震災で高速道路の高架橋の橋脚が多数損傷しました。その後、橋脚自体を強くする対策がとられました。が、矢部川大橋は橋脚や基礎を太く、大きくすることは出来ませんから、地震が発生しても橋自体に横揺れの力が強くかからないよう免震構造を採用しています。軸方向に対する揺れには「免震ゴム支承」で、横揺れにはダンパーとストッパーで揺れを吸収するのです。

――有明粘土層の複雑さ、工事の難しさを痛感された事でしょうが、有明海沿岸道路はこれから筑後川や早津江川に架橋する工事に入ります。矢部川大橋が残した教訓、あるいは留意事項はどのようなものでしょうか。


多くの教訓を残した矢部川大橋

彦坂氏　委員会として、今後の類似工事においての「留意事項」をまとめました。なんといっても事前の入念な地質調査の実施が一番の教訓でしょう。ケーソンの設計では一般に摩擦抵抗を考慮しません。ケーソンは周面の摩擦力で沈下が抑制されます。ケーソン設置工事の沈設速度を上げるため摩擦低減工法を使ったＰ２で大きな沈下が起こりました。この沈下促進工を使った場合、沈設を終えた段階でケーソン周面地盤の強度回復などを行う必要があるかどうか十分な検討が必要でしょう。少なくとも設置後は周面摩擦力を回復するため、ケーソンと地盤の間にセメントペーストなど充填材を注入するなどの手立てが必要と思われます。

◇　◇

〈矢部川大橋〉

▽橋長５１７ｍ、ＰＣ３径間連続斜張橋。中央支間２６１ｍ、

▽主塔基礎＝縦横22・５深さ49・５ｍ矩形ケーソン

▽基礎底辺からの高さ１３７ｍ。（主塔87・５ｍ）

▽曲線橋（Ｒ１１５０ｍ）

プロジェクト九州

第4節③ 有明沿岸道路に架かる橋梁群

有明粘土層と橋

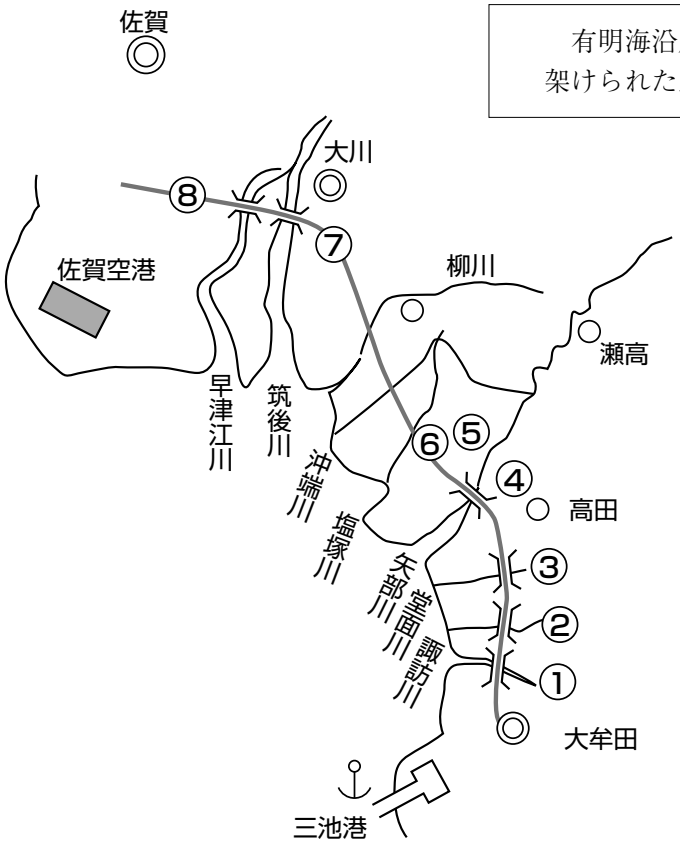
個性豊かな18の「苦心の橋」 コスト削減と沈下対策など新技術 海苔養殖、環境にこまかく配慮

有明海沿岸道路には、ランドマークにもなっている斜張橋・矢部川大橋（橋長５１７ｍ）のほか、アーチ橋の健昭橋（橋長２０１ｍ）諏訪川橋（同２１０ｍ）、地上部の特異な連続アーチの栄皿垣高架橋（同４２３ｍ）、鋼橋とコンクリート橋を合体させた大牟田連続高架橋（同３５４ｍ）、など個性豊かな橋梁が続いている。矢部川大橋同様、超軟弱地盤の有明粘土層に立ち向かい、コスト削減と沈下対策、基礎構造や上部構造の軽量化などに新技術を動員して設計、架橋した、いずれも「苦心の橋」であった。

平成29年度（同30年3月）までに開通する予定の三池港ＩＣから大川東ＩＣまで23・8㎞のうち、18橋梁の総延長は10・7㎞。河川を渡るだけでなく、陸上部で高架橋が多用されているためで、最後のハードル、筑後川橋梁、早津江川橋梁を含め、三池港ＩＣから佐賀市・諸富ＩＣまでの29・2㎞の事業区間では、盛土と橋梁など構造物は、ほぼ2分の1ずつとなる。これは軟弱な有明粘土層への基礎構築、地域社会を盛土によって分断しない配慮、また、有明海と干潟など環境を重視し、日本一の生産量を誇る「有明のり」養殖業への影響を最小限に抑えるための設計、施工の工夫も重ねた結果でもある。各橋について、工事を担当した有明海沿岸道路出張所の橋梁担当技師との「Ｑ＆Ａ」も行った。

地域を分断しない配慮を

有明海沿岸道路に
架けられた主な橋梁群



①諏訪川（アーチ橋）
②大牟田連続高架橋（鋼とコンクリート混合橋）
③健昭橋（アーチ橋）
④矢部川大橋（ＰＣ斜張橋）
⑤中島連続高架橋（アーチカルバート）
⑥栄皿垣連続高架橋（連続アーチ橋）
⑦筑後川橋梁（アーチ橋）
⑧早津江川橋梁（アーチ橋）

諏訪川橋と健昭橋

「大牟田の門」―アーチで川をひとまたぎ
海苔栽培と環境を守る



大牟田のゲート諏訪川橋
（アーチ橋・橋長210m）



堂面川を渡る健昭橋
（鋼ニールセンローゼ橋・橋長201m）

有明海沿岸道路は起点である三池港ＩＣから始まる。三井鉱山の近代化に尽くした團琢磨が築港した三池港、総資本と総労働の対決・三井炭鉱争議、戦後最大の炭鉱事故など日本の炭鉱史の舞台となった三川鉱坑口のすぐ近くだ。沿岸道路は諏訪川に架かるアーチ橋「諏訪川橋」（橋長２１０ｍ）を渡る。同じアーチ橋（鋼ニールセンローゼ橋）で堂面川を渡る健昭橋（同２０１ｍ）と共に「大牟田のゲート」、ランドマークになっている。

大牟田高架橋を渡ると間もなく、緑若葉色のアーチ橋、健昭橋が現れる。堂面川をひとまたぎするために選ばれた橋の形式だ。川を渡る橋の建設は通常、川の中に橋脚を建てて造られる。河川は、海と違って水位が浅く、船舶の運航も多くはないため、設計上、通常、長い中央スパンは必要なく、工事を進めるうえでも、工事用支柱が使える。

しかし、有明海沿岸道路の場合、有明海に近い河口を渡るルートであり、有明海沿岸では海苔栽培が盛んだ。健昭橋を架橋する堂面川河口の場所は、海苔養殖業を営むための漁船係留地と重なっているため、養殖の漁船の出入りが激しい。また、海苔の成育、品質には水質、気象など環境が大きく影響するため、漁民は環境変化に極めて敏感だ。

健昭橋のたもとに立って見ると、橋の上、下流の両岸に海苔漁船がびっしりと係留され、海から白波を作ってさかのぼってくる漁船が多い。両岸がまるで小さな港となっている。

このため、橋自身の形式も、また架橋工事も漁船の出入りに支障を起こさず、かつ河川環境に影響を与えないためには堂面川を「ひとまたぎ」する必要があった。川の中に橋脚を立てることなく、堤防外側の橋脚であっても、河川環境を現状のままに維持するのが望ましい。

軟弱な有明粘土分布地域に架けられる橋は、基礎部分にコストがかかる。沈下を防ぐ対策工が必要になるからだ。さらに、上下だけでなく、阪神淡路大震災の教訓から、上下および水平への揺れに対処することが求められ大きな教訓となった。有明粘土層の軟弱さから一層重要な条件となっている。橋台基礎では橋と交通の重量に対する縦の支持力と共に、地震など縦横の力にいかに対応するかで、橋の形式、構造など基本工法が決まってくる。しかもコストを抑えなければならない。

リサイクル型盛土の開発

地震などによる橋台の水平の動きに対し、橋台背面に架かる土圧を軽減をするための対策として通常、「気泡混合軽量盛土」が使われる。これは水、セメント、気泡材、砂の混合で重量が軽く、橋にかかる土圧が比較的少なく、また締め固めが不要なため多く採用されている。

従来の軽量盛土工法では、大量の盛土材が必要になる。出来るだけコスト縮減の工夫が求められた。高い購入砂の代わりに現地の土を使い、ペットボトルから再生した短繊維を混入したリサイクル型「気泡混合軽量盛土」を開発、試験・実験を重ねて実用化した。また補強土壁を併用することで従来の軽量盛土工法と比較して軽量盛土量を60％も大幅に減らすことが出来た。この工法は、有明海沿岸道路の橋梁のほとんどの橋台背面に採用されている。

水平の動き（水平変位）と共に、橋の荷重に対処するため、有明海沿岸道路の橋台基礎工法には、さらに工夫が重ねられている。通常、橋台を支えるための基礎には、鋼管を地盤に対して直角に打ち込んでゆくが、水平変位を抑えるため、鋼管を斜めに打ち込む工法がとられた。同じアーチ形式の諏訪川橋（スパン２００ｍ）では「斜杭」を打ち込んで安定性を増している。家屋に「八の字」形につっかえ棒を立てるのに似ている。斜杭は横揺れを押さえ、かつ、橋の重量を支えるにも有効だが、一定の角度で鋼管を打ち込むには高い精度が求められた。この斜杭鋼管を採用することによって、杭自身の本数も減らすことが出来、コスト縮減を可能にしている。

軽い上部工の選択

基礎部分に負担をかけないためには、上部工・床版が軽くなければならない。これまでの床版は橋脚と橋脚の間（支間長）が長い場合、鋼床版、短い場合はＲＣ床版が使われるのが一般的だった。軟弱な有明粘土層を地盤とするだけに比較検討、選択も慎重に行われた。その結果、ＲＣ床版に比べて軽い鋼床版（合理化鋼床版）が選ばれた。床版が軽くなったことで、基礎部分に打ち込む基礎杭の本数を減らすことが出来、コスト縮減と共に、環境への負担を減らすことが出来た。

健昭橋は堂面川を渡るための、１９９ｍの支間に架けられたアーチ（半円頂点で高さ31ｍ）から60本のケーブルを斜めに張り、床版を吊り上げる構造になっている。ケーブルには「ＰＣ鋼より線」が使われた。従来のケーブルに比べて40％も低コストになる。本四架橋の新尾道大橋で使われ、前例はあったものの、「ＰＣ鋼より線」は定着部での疲労度合いが必ずしもはっきりせず、新尾道大橋ではいろいろな実験が行われた。健昭橋でも慎重な検討が行われ、これまで使われてきたケーブルの強度と耐久性に大きな差はないことが確認され、採用された。

橋を架ける工法も、海苔養殖の漁船の出入りに影響が出ないよう、両側の工事用鉄塔からケーブルでアーチリブの部材を吊り上げながら、空中で溶接、繋いでゆく工法（ケーブルエレクション斜吊工法）で架橋工事が行われた。

［Q＆A］

Q　諏訪川橋は鋼床版を採用しましたが、コンクリート床版に比べて合理化されたものはどのようなことですか。

A　川をひとまたぎするため、橋脚間（支間距離）が長くなり、橋自体の重量（死荷重）が重くなります。小さい橋ですとコンクリート床版の方が安くなるのですが、この橋のように長大になると鋼床版の方が安価となる場合があります。どちらを選択するか、橋の形式、自動車の走行、地震や強風による荷重の変化など様々な試算を行い、鋼床版が選ばれました。橋の上部構造が軽くなるとケーブル、補鋼桁、アーチ部材など小さくなり、それを支える橋台、橋脚、基礎工などが小さく出来、経済的になりますし、架橋工事も約7カ月短縮できました。



健昭橋の下は「小さな港」。
びっしりと漁船が係留されている。

Q　これまで鋼橋のケーブルには高強度亜鉛メッキ鋼線が使われてきましたが健昭橋と諏訪川橋で使用された「ＰＣ鋼より線」は、桁との接合部の疲労度が高いとされていますが、この材料を採用した理由は。

A　諸外国ではすでに「ＰＣ鋼より線」を使っていますが、我が国ではＰＣ橋では実績がありますが、鋼橋ではありませんでした。これは桁との接合部の疲労特性が必ずしも明確でなかったためです。しかし、新尾道大橋（３径間連続鋼斜張橋、橋長３８５ｍ）での実験や、各種疲労試験が行われ、その結果と経済性で優れている「ＰＣ鋼より線」が選ばれました。有明海沿岸道路ではまず、健昭橋で採用され、次いで諏訪川橋となりました。

Q　同じアーチ橋（鋼ニールセンローゼ橋）ですが諏訪川橋のアーチは上部が内側に傾けてあります。健昭橋はそうなっていません。理由があるのですか。

A　諏訪川を渡る地点までの道路はカーブを描いており、渡り終えると大牟田ＩＣのＯＮランプが入り、上下線一体の幅員となります。道路は曲線、橋は直線となるため、道路幅は19・５ｍですがアーチ基部の幅は29ｍと10ｍ近く広い。そのためアーチ上部を内側に傾けることによって両側のアーチを繋ぐ部材が小さく軽

量化でき、構造的にも安定も増しました。

Q　諏訪川橋の橋台では基礎部分の鋼杭を斜めに打ち込んであると聞きました。どうして斜杭なのですか。

A　橋の水平への動き（変位）を抑えるためです。斜杭はまっすぐに打ち込んだ直杭比べて「ツッパリ」として機能しますから水平変位を抑制することが可能です。海苔の養殖期［10月から翌3月］にはコンクリートで発生する余剰水が海苔の生育に影響を与える恐れがありますから、コンクリート打設ができないのです。その点、鋼管杭はコンクリートを使わないため、工期の制約がなく、工期短縮も出来ました。また、鋼管杭（回転杭）は場所打ち杭に比べて12本も少ない24本で済ませることが出来ました。



三池鉱業所三川坑正門。
世界遺産に登録される炭坑施設など、石炭採掘の歴史を物語る。

デ・レーケ導流堤を設計した内務省技師　石黒五十二（1855―1922）

「筑紫次郎」と呼ばれた筑後川は、その名の通り「暴れ川」であった。流域住民は、明治新政府に河川改修を幾度も陳情してきたが、本格的に動き始めたのは明治16年、内務省が河口から日田までの筑後川の測量調査がスタートである。この年と翌年の連続2回、デ・レーケが現地調査を行っている。

治水もさることながら、デ・レーケの主眼は、河口の若津港整備にあったと思われる。若津港は当時、筑後、佐賀平野の農産物の主要出荷港で、元国鉄佐賀線の昇開橋付近にあり、現在では往時を偲ぶことはほとんど出来ないが、筑後川の河口港として、博多港や若松港をはるかにしのぎ福岡県下随一の取扱高を誇っていた。

しかし、有明海は干満の差が最大6mもあり、満ち潮で潟土が河床に堆積しやすく、大型貨物船が出入港出来る水深の確保が優先課題であった。潟土の堆積を抑えるために発想されたのが導流堤である。オランダの技術で、川に流れを二分して、港側の流れを早くし、泥土が溜まらないようにする。

設計は石黒五十二である。石黒は東京帝国大学理学部（土木）卒業、イギリス留学後、内務省に入り、土木局勤務の時、福岡、熊本、佐賀、大分4県の直轄工事監督官となって、特に筑後川改修計画の立案、施工に尽力した。「暴れ川」筑後川の近代的河川改修に取り組んだ最初の土木技師であり「忘れてはならない人」の一人と言えよう。

明治19年、筑後川第1期改修工事計画を立案、その中に導流堤建設が含まれている。「デ・レーケ導流堤」は明治20年着工、同23年に完成している。デ・レーケがどこまで具体的に関与したかは、記録が乏しく、必ずしも明らかではないが、デ・レーケの名前を冠したのは、彼の発想に基づいて石黒が設計、深い敬意を払っていたことが、読み取れる。

導流堤が完成すると、「遺憾なる出来事」が、関係者にショックを与えた。いよいよ筑後川の治水事業が本格的に始まろうとした矢先、石黒に転勤命令が出たのである。

石黒はその後、海軍技監、初代海軍工務監となって佐世保軍港の整備の指揮にあたる。退官後は、三井港、若松港、門司港など九州の港湾整備を進め、九州に尽くした。その人生を貫くものはシビル・エンジニア（土木技術者）。貴族議員になっても、一人一党、技術者議員であり続けた。



デレーケが提案、石黒が設計した導流堤

大牟田連続高架橋

（橋長 354 m）
鋼橋とコンクリート橋の合体橋
風洞実験で風に強い橋



大牟田連続高架橋―鋼とコンクリートをつなぎ合わせた桁橋



150mの中央径間を持つ大牟田高架橋



連続一体化で接合された大牟田橋

諏訪川橋と健昭橋の中間、大牟田川を渡る「大牟田連続高架橋」は橋長３５４ｍもあるが、二つのアーチ橋を結ぶ「渡り廊下」のように、控えめな橋だ。走行車両は、あまり橋であることを意識しないかもしれない。

だが、この高架橋の下に立って見上げると、高く大きな、黒い線が弧を描いて、大牟田川を渡っている。中央支間は１５０ｍ、側径間の３倍もある。両岸には、ほぼ50ｍ毎に６つの橋脚が立ち、５径間。鋼橋とコンクリート橋を繋いだ合体の桁橋だ。空中に大きな弧を描く巨大な建造物で、この形式の橋としては国内最大級、という。

大牟田川の川べりから見ると、川を渡る部分の橋は桁が黒く、鋼鉄製で出来ていることがはっきり分かる。その黒い桁は、両岸から伸びてきた地上部の白いコンクリート橋の両端でつながっている。鋼製の橋とコンクリート橋の黒と白の橋の合成橋なのがすぐわかる。

異質の橋を接合

大牟田川河口も、有明海での海苔養殖の漁船基地となっており、この川を航行する漁船に影響が及ばないように、川水面に橋脚を建てず架橋することになった。川をひとまたぎするため中央径間を広くとる。中央径間とのバランス上、両側の高架部分（側径間）の長さや構造をどのように設計するかが重要なポイントとなった。

川を渡る中央径間は当然長くなるため、軽い鋼桁を使い、両側の側径間は短く重いコンクリート桁で鋼橋部分とのバランスと安定性を確保している。

こうした鋼橋部分とコンクリート高架橋を合体させた桁橋は高松自動車道の新川橋、吉田川橋で採用されているが、大牟田連続高架橋は中央径間が１５０ｍ、側径間がそれぞれ50ｍ、両側計１００ｍもあり、しかも船の航行に影響が及ばないように「張り出し」で架橋するのは前例がなかった。

構造上、また技術的にも課題となったのは、接合位置―鋼製の箱桁とコンクリート製の箱桁という異質の橋を、どの位置で、どのように接合させるか、であった。中央径間の橋脚と橋脚の間が長いと橋自身の重量とその上を走行する車両の重量で、中央部分が垂れ下がる（曲げモーメント）。つまり上部（辺）は圧縮する力が、下部（辺）は伸びる力が働き、弓形にたわむのである。

鋼桁とコンクリート桁を接合する場所には複雑な力が働く。このため、曲げモーメントが小さくなる位置、また構造上、弱点とならない位置取りが必要になり、側径間の両外側から2番目の橋脚寄りの内側（３分の１）の位置が選ばれた。

鋼製桁とコンクリート桁は当然ながら「剛性」が異なるから、両者の

桁、主ケーブル（ＰＣ鋼材）でつなぎ、鋼殻で枠を造り、中詰コンクリートで充填（中詰めコンクリート後面プレート方式）を行って連続一体化を行った。

風に強く―風洞実験

有明海には台風がしばしば通過する。１５０ｍもの長い中央径間を持つ橋には「強風対策」が必要だ。高架橋が高く、しかもカーブしているため、台風など強風を強く受けた場合、橋周辺にどのような風の流れが生じ、橋にどのような影響を与えるのか、慎重な検討が必要だった。強風によって、橋は縦横に、振動し、大きく揺れる。

強風が吹き付けた場合、大牟田連続高架橋がどのような動きをするか、40分の1の模型を使った風洞実験が土木研究所実験室で行われた。その結果、耐風対策なしでは、「たわみ振動」が大きくなり橋の安定性が得られないことが分かった。さらに、橋全体の模型を造り、風洞実験を繰り返し、橋の両側に小さな翼のようなフラップ（抑流板）の採用で風の影響を抑えることとし、その取り付け位置などが慎重に検討され、耐風安定性を確保している。

【Q＆A】

Q　どうして、大牟田連続高架橋はコンクリート橋と鋼床版箱桁橋との混合橋になったのですか。

A　漁協、河川管理者との協議で、大牟田川内には橋脚は設置しないことになりました。１５０ｍもの中央径間を取り、かつ道路の中心線が曲線を描いていることから鋼床版箱桁橋が最も経済的です。１５０ｍの中央径間の連続桁とした場合、（バランスを取るため）陸上部になる側径間を１００ｍも取らなければなりません。しかし、陸上部ですから側径間をそんなに長くとらなくても、橋脚は立てられるわけですから、重量の重いコンクリート箱桁橋を採用してバランスをとり、中央径間と側径間の上部工の重さ（荷重）が釣り合うようにしました。

Q　その接合工事に苦労したと聞いています。また接合の位置決めはどのように行ったのですか。

A　接合位置は両者の釣り合いがとれる場所で位置決めしています。鋼とコンクリートの接合は斜張橋では先例がありますが、大牟田高架橋のような桁橋では経験（施工実績）が数例しかありませんでした。このため鋼桁とコンクリート桁を繋ぐと、どのような応力伝達になるのか詳細な解析、検討が必要でした。

Q　橋が強風にどの程度耐えられるか、風洞実験をおやりになっています。風に強い橋の形式を選択するのであれば、トラス橋など別の形式の選択もあったのではないかと思いますが。

A　風によって起こる振動は「たわみ」や「ねじれ」などが大きくなり、繰り返されると橋の部材が次第に疲労してきます。そうすると寿命が短くなったり振動が大きくなって想定以上の荷重が作用し、非常に危険になります。

吊り橋や斜張橋、そして鋼桁橋については耐風性の検討が必要（道路橋耐風設計便覧）と定められています、実際、大牟田高架橋は鋼・コンクリート混合箱桁橋で、許容値を超える振動発生が懸念されるため、風洞実験を行って、安全性を確認しました。その結果中央支間にフラップ（風に対する抑流板）を設置することになりました。トラス橋やアーチ橋など風に強い形式では、非常に高価な建設費となってしまいます。

三池港

有明海沿岸で、デレーケ導流堤と並んで、１００年を超えて活動しているのが、三池港（大牟田市）。三井の大番頭・団琢磨が４年がかりで明治41年完成させた。三井鉱山で産出した石炭輸出港。有明海の満潮時に満ちてくる潮で、港内の水位を上げ、船を着岸させ、閘門を閉め、水位を維持する。造船用ドックと同じ原理だ。

当時、採掘された石炭は小舟で長崎・島原半島の口之津港まで運び、そこから大型貨物船に乗せていた。三池港の登場で、輸送効率は一気に高まった。三池鉱山が閉山した後も、三池港は現役だ。「石炭がなくなっても、この港は大牟田の地に役立つ」との、団琢磨の言葉は１００年たって証明された。



有明海の干満を利用した三池港の閘門。

栄皿垣高架橋と中島高架

地域分断を避ける配慮
リズムある連続アーチ橋
海苔乾燥のため、風通し良く



多連アーチカルバート橋の中島連続高架
（全長136m）



18径間連続開腹アーチ橋の栄皿垣連続高架橋
（橋長423m）

健昭橋を渡り、大牟田の工場群が過ぎると、対照的に平坦な広い干拓地。やがて、目の前に矢部川大橋の高く少し弓形に反った主塔が見えてくる。2本の主塔から、ハープの琴線のようなケーブルが伸びる。この斜張橋の美しさを撮影しようと望遠レンズを構えたカメラマンの姿も多く見る。

矢部川大橋を渡り、すぐの大和南ICから降り、振り返ると、そこに、18ものコンクリートアーチが連なる高架橋が現れる。「栄皿垣連続高架橋」（RC18径間連続開腹アーチ橋、全長423m）だ。有明沿岸道路に乗り降りするため、矢部川大橋に近接して大和南ランプ（柳川市大和町）が設置された。橋への取り付け道路は、通常、高盛土で造られる。

ランプを降りると、矢部川大橋へのアプローチ道路だが、幾つものアーチが重なっている。アーチ上にはコンクリートの支柱が立てられ、道路面を支えている。空間が多くとられ、風が通りやすくするため、盛土されていない。盛土で造られると風をさえぎる「壁」となる恐れがあるからだ。

矢部川大橋の大和町側（矢部川右岸）は、橋の袂から海苔漁業者を含め住宅が密集、集落を形成している。海苔生産のため、自然の風による乾燥が必要で、それに影響を与えない道づくりが地元住民から求められた。このため、出来るだけ風の流れに変化を及ぼさないこの「開腹型」の連続アーチ高架橋が選ばれた。

アーチ群の基礎に工夫がある。通常、単一のアーチ橋ではその基礎に上部工や通行車両の全重量がかかり「堅固さ」が要求されるが、アーチリブが連続することによって、水平力が相互に打ち消され、また耐震力も向上するメリットがある。また経済性からも連続RCアーチ橋が採用された。

この地域は河口に近い干拓地であり、有明粘土層は厚く、良好な支持層は40―50mと深い。幸い、深度約20mに砂層（厚さ約7m、平均N値28）があり、ここに支持杭を立てアーチの橋台を支えることとした。地震の揺れに強い連続アーチ構造を選ぶことによって、軟弱地盤での基礎の負担が軽減されたのだ。

多連アーチカルバート橋

栄皿垣連続高架橋から矢部川大橋に向かってさらに進むと、中島連続高架（長さ136m）が現れる。7つのアーチが連なり、栄皿垣連続高架橋と似ているがアーチ間は盛土されていて、「アーチ橋ではない」という。もともと矢部川大橋のこの右岸部分は盛土構造で栄皿垣高架橋に繋ぐ道路建設が行われる予定だったが、地元民から集落が分断されないよう、また海苔乾燥に風通しを阻害しないよう栄皿垣連続高架橋と同様「橋にしてほしい」と求められた。

橋に続く道路は盛土によって、連続した道路となるが、地元の要望に対応するため、アーチ橋のように道路下部に「トンネル」を幾つもあける構造が果たして可能なのか。様々な検討の上、アーチカルバート（アーチ式暗渠）を連続して並べ、通風を確保すると共に、アーチ間に盛土する構造が選ばれた。隣の栄皿垣高架橋と同じように連続アーチの「強み」を生かしているのだ。

半円形の蒲鉾型暗渠（プレキャスト性アーチカルバート）を7個横に連続して並べ、その上を盛土（気泡軽量盛土）して道路を建設して行く。気泡軽量盛土にはペットボトルを再生して作った短繊維を混入し粘りと耐久力を強化する工法を編み出し、品質向上コスト削減に繋げている。

アーチカルバートは工場で製作されたコンクリートの側壁を立て、その上に同じように既成のアーチリブを大型クレーンで吊り上げ、ボルトで側壁に繋ぎ固定して、最後にコンクリート底部（現場打ちインバート）を造る。

また、インバートの厚さは40㎝程度と薄く、その基礎部分は深さ10ｍの砂層を支持層（Ｎ10―15）とし、深層混合処理工と浅層混合処理工の二種類を組み合わせ、合理的な地盤改良を行っている。

高盛土で堤防の壁のように造られた道路に比べて、こうしたアーチ様式と盛土を組み合わせた「高架」道路は、景観に優れ、街を分断することも少ないし、環境への影響も最小限に抑えられた道路構造物として評価されている。



栄皿垣連続アーチ橋



美しい斜張橋の矢部川大橋

【参考】有明海沿岸道路の粘土層

有明沿岸道路の起点・三池港ＩＣから筑後川橋梁まで、有明粘土層が厚く存在する。湾口からの潮の流れもあって、東から西にかけて、約10ｍから30ｍへと、その堆積層は次第に厚くなってゆく。

［三池港ＩＣから堂面川］三井鉱山の三川鉱が三池港近くにあるが、ここから掘り出されたボタを中心に、大牟田市内地域は有明粘土層の上に盛土されている。その下の粘土層は3～9ｍ程度で、諏訪川橋、大牟田高架橋、健昭橋のための支持層は比較的浅いところに位置取りされている。

［堂面川～高田ＩＣ］ボタではないが、既成盛土が薄く存在しているが粘土層はそれほど厚くはない。

［高田ＩＣ～沖端川］有明粘土層は間に砂層を挟んで2重構造となっている。上部の粘土層は3―5ｍ、下部粘土層は約5ｍ。表面から約30ｍには比較的堅い砂礫層がある。

［沖端川～筑後川］10―30ｍの粘土層が厚く堆積している。他区間に比べて複雑な地層を有している。

プロジェクト九州

第4節④ 筑後川をいかに渡るか

二つの長大橋と遺産保護

有明海沿岸道路、最大のヤマ場へ 「デ・レーケ導流堤」保存に配慮 筑後川河口の景観、遺産との調和模索

軟弱・有明粘土層との格闘が続いている有明海沿岸道路は、筑後川河口を渡る橋梁の建設に入った。三池港（大牟田）ＩＣをスタートした道路建設は、矢部川大橋の沈下対策を始め、軟弱地盤との技術的な厳しい戦いを重ねながら、大川中央ＩＣまでの25・7㎞。福岡県側の建設をほぼ終え、最大の難関、筑後川・早津江川を渡る二つの長大橋の建設に取り組んでいる。

筑後川の中央に延びる土木学会推奨土木遺産・デ・レーケ導流堤に橋脚を置かざるを得ない「苦しい選択」、赤い鉄道昇開橋や世界遺産暫定リストに追加された旧佐賀藩三重津海軍所跡（早津江川右岸）への景観的配慮、広々とした河口風景との調和など設計、施工にあたって幾つもの難問の方程式を解いて、「解」として橋の形式は「鋼アーチ橋」と決まった。

矢部川大橋で生じた想定外の大きな沈下、その教訓を生かして、筑後川橋梁、早津江川橋梁工事が進められている。平成27年度に筑後川橋梁に着工、引き続き早津江川橋梁にも工事に入る予定である。二つの橋梁ともに6年以上の大工事だ。有明海沿岸道路建設はヤマ場を迎えている。

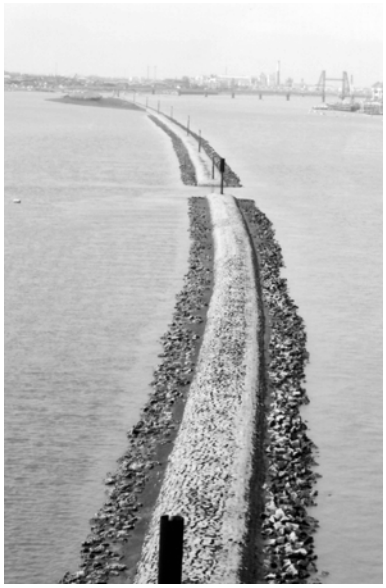
「生きている遺産」デ・レーケ導流堤

昇開橋を訪れる人は鉄道、橋のファン、土木遺産・デ・レーケ導流堤の見学者、そして筑後川の広々した河口風景やエツを楽しむ人たちだ。人波にまじって、昇開橋の中央まで歩くと、ゆったりとした筑後川の流れが右へ早津江川、左の筑後川本川へと二つに分かれ、有明海に流れ出て行く。その中間に中洲の大野島があり、大河らしい広々とした河口風景が広がる。

川面に目を落とすと、筑後川本川の中央に1本の線が見えた。かと思うと、それは次第にかまぼこ型の長い、長い石造堤防の姿となって現われてきた。潮が引き、水中に沈んでいた「デ・レーケ導流堤」が水面に姿を見せたのだ。延長約6㎞、遠く有明海近くの河口まで伸びている。「土木学会推奨土木遺産」のプレートが大川市側の岸辺にあった。明治初期、オランダ人技師ヨハネス・デ・レーケはこの筑後川のほかに木曽川、揖斐川に約5㎞の導流堤建設を指導したが、現在、残っているのはいずれも2・8㎞ほど。筑後川の導流堤が最も長く6㎞、築堤から１００年以上がたつのに完全な姿を残して、今も機能し続けている。「生きている土木遺産」なのだ。

導流堤は川の流れを分岐（背割り）して流速を早め、河口に土砂が堆積しないようにする、水深維持のための港湾装置といってよい。筑後川は阿蘇、久住山地を水源とし幾つもの支流の流れを集める延長１４３㎞の大河。「筑紫次郎」と呼ばれる暴れ川だが、広大な筑紫平野を潤し、豊饒の海・有明海に注ぎこむ。満潮時には逆に、有明海の潮が河口から28㎞上流の筑後大堰まで遡る。干満差約６ｍ、日本最大の潮位変化が起こる。このため筑後川河口には海と川の両方から土砂が運ばれ、潟土が堆積して、水深は浅くなりやすい。今でこそ海苔養殖の小型漁船が往来する若津港だが、かつては博多港や若松港などの出荷量に倍する九州の主力港で、筑紫平野産出のコメ、麦など農産品のほか日本酒、日田の材木などが船積みされ、この港から出荷されていった。

筑後川を直轄河川とした明治政府は、筑後川改修をまずこの若津港整備・導流堤建設から始めた。大型貨物船が出入り出来る水深の確保が求められたからである。デ・レーケがもたらしたオランダの導流堤技術で造られたデ・レーケ導流堤は今も、姿、機能は変わることなく、百歳の長寿を保っている。維持管理の時代に入った現在、社会インフラの長寿化、「１００年現役」が目指されているが、その手本ともなる「貴重な土木遺産」なのである。



干潮によって、水面に姿を現す導流堤

明治初期、有明海沿いには、三大港湾が整備された。同じオランダ港湾技師ムルデルの指導の下で整備された熊本・三角港、デ・レーケの筑後川河口の若津港、そして石炭積み出し港として三池港である。官営鉱山として、後に三井財閥に払い下げられた三池炭鉱から産出する石炭は有力な外貨獲得の輸出品であり、殖産興業の主力バッターであった。鉱山に西洋技術を導入、生産拡大を図った団琢磨が採炭の近代化と共に、閘門を備えた三池港を整備（明治40年）、有力な港として地位を高めていった。若津港はコメの積出港として全国的にも抜きんでた存在で、鉄道が引かれ、造船、セメント業が集積、臨海工業地帯への道を歩んでいた。後に、九州電力、西鉄の源流の一つとなる地場資本による発電会社、電鉄会社も創立、あるいは進出してきた。

「百年現役」導流堤と架橋のジレンマ

土木遺産の破壊にならないか

柳川市を抜けた有明海沿岸道路は木工の街・大川市に入り、この若津港近くで筑後川を渡って大野島、佐賀県に向かう。岸壁に立って見ると、眼前に導流堤が横たわり、その向こうに平坦な大野島が見える。島まで一気に架橋するには約３２０ｍ以上の支間距離（スパン）を持つ長大橋となる。若戸大橋の支間距離は３６７ｍ。それに比肩する長大橋となってしまう。

これほどの長大橋となると、瀬戸内海を島づたいに渡る本四架橋群のように吊り橋か斜張橋しかない。巨大な主塔とアンカレイジを両岸に建てることになるが、超軟弱な有明粘土層の上に、その大重量、高さを支える主塔・基礎の建設、沈下を起こさない橋梁建設が可能だろうか。中央スパン２６１ｍの矢部川大橋（斜張橋）の場合、高さ87・５ｍの主塔を建て、深さ約50ｍのケーソン基礎としたが、それでも想定以上の沈下を引き起こした。

有明粘土層の軟弱さは、構造物の建設にとってそれほど難敵なのだ。まして、筑後川橋梁を吊り橋にすると３２０ｍ以上の中央スパンが求められ、矢部川大橋より相当大きな規模の橋となる。出来るだけ長大になるのを避け、重量を落とした型式の橋にして、軟弱地盤に対応したい。そのためには、一気に川幅を渡るのではなく、橋脚を１基ないし複数、途中の河川内に置くことも考えなければならない。

複数の橋脚を川の中に建てるのでは、漁船が頻繁に出入りするこの河口では船舶往来の障害になる恐れがあるし、ノリ養殖やエツ漁などの漁業関係者から川中の橋脚を避けて欲しいとの要望も強い。河中橋脚によって、洗掘や流れが変化して、導流堤が果たしている潟土の堆積防止機能に影響を与えることになる懸念もぬぐえない。

となると、導流堤の上に、橋脚を置く選択にならざるを得ない。それが可能なら支間距離は概ね半分の１５０ｍと１７０ｍとなり、橋全体の大幅な軽量化が可能となり、かつ事業費も大幅に縮減できる。しかし導流堤―「土木遺産の破壊」にならないか。特に、文化財関係者から設計、施工に慎重な判断を強く求められた。

「建設と保存」は両立するか

「建設と保存」の両立はどのように可能になるのだろうか。

デ・レーケは河川土木技術者にとって「河川工学では神のような存在」であり、導流堤は「土砂を海深い場所に流す」―彼の河川工学理論を具現化し、しかも現在も機能している貴重な「生きている土木遺産」なのだ。有明海沿岸道路筑後川・早津江川橋梁設計検討委員会（日野伸一委員長・九州大学工学部研究院教授）の中では、単に、導流堤を守るだけでなく、導流堤が果たしている潟土の堆積を防ぎ、河道を維持し、航路を確保するその機能を守り、維持することも「導流堤保存」になることが強調された。止むを得ず橋脚を導流堤上に置くとしても、取り壊し部分を最小限とし、導流堤全体の姿を維持、保存するだけでなく、機能保存（航路の維持や筑後川水文化を受け継ぐ）しなければならない。

橋梁設計検討委員会では様々な意見が交錯したが、論議の末、出された結論は、導流堤の連続性と景観性を保つため、橋脚幅（４・５ｍ）を導流堤の幅（５・７ｍ、下部幅11・５ｍ）の中におさめ、かつ長さ（縦）を20ｍ程度と小型にする、であった。

この結論にデ・レーケ導流堤を選奨土木遺産とした土木学会西部支部・選考委員会も「導流堤上の橋脚設置はやむを得ない」とし、橋脚設



筑後川河口新田大橋の下ではしゅんせつ作業でヘドロを除去する

置後の復旧について「西田橋（鹿児島市・石橋、移転保存）のように寸分違わず復元する必要はないが、使用された石などを用いる配慮」を求めた。また、橋梁設計検討委員会も「導流堤の改変を最小限にしつつ、機能保全が重要との認識に立ち、橋梁計画における合理性や河川利用に配慮した結果」導流堤上に橋脚を建てる設計を了承、そうすることで「貴重な土木遺産であるデ・レーケ導流堤に対する尊敬の念を持って関わる」ことが出来る、とした。導流堤の解体部分は、移転保存、展示が予定されている。

教訓は生かされたか

矢部川大橋は、両岸に高さ約87ｍの主塔から楽器のハープのようにケーブルを伸ばして橋を吊り上げる斜張橋である。主塔の基礎は深さ約50ｍのケーソンで造り、沈下を最小限にとどめようとした。しかし、想定以上の沈下が生じた。支持層とした砂礫層下部の地層が構造変化を起こしたと推定された。急遽、鉄板を橋上に約４０００ｔも重ね、23㎝の沈下させて安定させた。これによって、開通は1年間延長させざるを得なかった。

その苦い経験から、矢部川大橋の検討を行った橋梁検討委員会は、今後の橋梁建設に当たって①事前に綿密な地質・地盤調査を行う②ケーソン沈設促進工に伴って減少した周面摩擦力の回復を行う―などを「留意事項」として残した。超軟弱な有明粘土層の手強さを改めて教えられた事象であった。

教訓をどう生かすか。慎重なボーリング調査が行われた。深さ約15ｍまでは沖積層で、その下は洪積層となっている。橋脚基礎の支持層を約40―45ｍの深さにある、洪積層の砂礫層「中原層下部層（Ｎｌｇ2）」とした。その支持層の下には、矢部川大橋と同様、粘性土層の存在が推定されるため追加調査を求められた。計17カ所のボーリング調査が重ねて行われ、導流堤部分は3カ所、詳細設計に向けてボーリング調査と、長期の沈下特性を直接、計測できる杭の「鉛直載荷試験」が行われることになった。

矢部川大橋の沈下は、支持層の下の地層の変位が原因だったが、筑後川・導流堤下の地層は①支持層が厚く②支持層下の粘土層との間に距離があり危険度は低い、と判断した。変位には水位変化が影響すると考えられているが、水位観測の結果から水位変動も少ない、としている。


昇開橋（筑後川河口）

沈下の少ない鋼管矢板基礎

どのような形式の橋脚基礎を造るか。矢部川大橋の場合、ケーソンを支持層まで沈下させて造った。ケーソンはコンクリートの巨大な塊のようなもので重量があり、その底辺での荷重支持が大きい。また沈下を促進する工法も必要になる。前述の矢部川大橋の橋梁検討委員会は「留意事項」に、沈設後、ケーソンの周面摩擦の回復、を強調している。周面の摩擦力は沈下を防ぐ大きな力となるからだ。

選択されたのは、鋼管矢板基礎。直径１ｍの円筒形の杭を小判形（縦22ｍ、幅12ｍ）に52本（早津江川橋梁は48本）を打ち込み、カギ式の継手で連結させる。これによって同規模のケーソンに比べて周面摩擦を拡大させ、重量は大幅に軽量化が可能になる。この基礎の上に底辺約15ｍ、上辺約20ｍ、高さ17ｍの逆台形の橋脚を乗せる。逆台形にすることによって、橋脚自身の重量も削ることが出来る。

こうした設計の下で、工事に入るが、まず、導流堤の解体前に調査と測量が必要で、導流堤の移転・保存・展示のため、組み石一つひとつに番号を付ける。デ・レーケ導流堤は、設計書が残されておらず、その構造、特に１００年間、沈下を防いできた「粗朶沈床」は技術史的にも注目される。このため調査、解体には慎重さと期間を要する。工事は導流堤周辺を締め切り、「ドライの状態」にして両側に台船を置いて構台を作って進める。

変形に対応できる橋の形式

有明粘土層に橋脚の基礎を築く場合、綿密な事前の地質調査とそれに基づく設計が行われたとしても、その軟弱さから、想定外の沈下が起こることをあらかじめ許容せざるを得ない。工事中、あるいは工事後に起こり得る変形量は、10㎝として、上部工で吸収、対応することにした。


新田大橋の下のとデレーケ堤。満潮時の標識が立てられている。

10㎝程度の沈下は止むを得ない、と認めて、工事にかかるのである。有明粘土層だからこその判断である。矢部川大橋の最大沈下量は23㎝だがそれでも「対応可能」としている。

橋の形式は、経済性や構造性、景観などの総合的な見地から絞り込みを行うことになるが、重要な選定要素の一つとして沈下影響を取り上げた。重量が重く沈下量が大きくなるコンクリート橋や橋体としての剛度が高く沈下影響度が大きいと考えられる「鋼トラス橋」が対象からまず外された。鋼床板箱桁橋や鋼斜張橋、鋼アーチ橋は、沈下影響が小さいことに加え、ジャッキアップやケーブル張力調整によって事後対応も可能な形式である。もう一つ、長大橋の場合、風への強さが求められる。まして、有明海にはしばしば台風が襲来する。橋（桁・床板など）は強風によって共振、急激に振動が大きくなり（発散振動）、上下の「たわみ」も生じる。かなり過去の例ではあるが、他の橋で発散振動により落橋したケースも記録されている。落橋原因にもなり得る発散振動が起こる可能性が極めて低い鋼斜張橋と鋼アーチ橋は、構造面においても高い評価が得られた。

斜張橋か、アーチ橋か

鋼斜張橋も鋼アーチ橋も、沈下など変形に対する対応力、風への耐風性などはほぼ互角の評価だが、斜張橋の場合、主塔を立て、基礎も大規模とならざるを得ない。これに対して鋼アーチ橋は橋脚を小さく出来る。アーチ橋は路床（面）をアーチの弧の上に置く上路形式（西海橋など）、下に置く下路型式（天草２号橋など）、その中間の中路形式が選択できる。筑後川橋梁で中路形式をとれば橋脚の高さは７ｍ程度（斜張橋では18ｍ程度）と小さくなり、それだけ重量が軽くなって、地盤への圧力も軽減され「圧密沈下」は小さくて済む。

また、鋼アーチ橋の橋脚幅は、４･５ｍとし、導流堤の幅に収まり、縦の長さも20ｍとコンパクトに設計出来る。橋脚が導流堤をはみ出して、川の流れに変化を与えることはなく、導流堤の機能（潟土の堆積を許さない）はそのまま働くことになる。

もう一つ、鋼アーチ中路橋が有利なのは、周辺景観と橋の高さのバランスのよさである。中路形式の採用によって橋脚は低くなり、アーチ部は高さを抑えることが可能となる。その結果、下流の新田大橋とほぼ同じ高さとなり全体景観として、「横への広がり感」を阻害しないですむ。アーチ自身も緩やかな単弦（１本アーチ）として「横への広がり」を印象付け、高々と主塔を上げる斜張橋のように自己主張せず景観的にも導流堤や昇開橋から主役の座を奪うことはない。「準主役」が役どころの存在となる。

早津江川橋梁・「場所の記憶」と向き合って

こうしたデ・レーケ導流堤・昇開橋など歴史遺産への「敬意」、軟弱な有明粘土層への対応できる構造、筑後川の河口風景との調和など総合的に見て筑後川橋梁は「鋼アーチ中路橋」に決定した。

「控え目」の橋を選択

有明海沿岸道路は筑後川橋梁で大野島に渡り、早津江川に向かう。ここに架かる早津江川橋梁は両岸堤防内側の陸地部に３基の橋脚および橋台を建て、川を渡る支間はアーチ部で約１５０ｍと桁橋で１３９ｍ。筑後川橋梁は２連アーチとなったが、早津江川は一つのアーチで川を渡れる。

ここでも問題は「遺産」であった。早津江川を渡ると、右岸には佐賀藩「三重津海軍所」跡が川沿いに広がる。この造船所で日本初めての蒸気船「凌風丸」（木造、外輪蒸気船、全長約18ｍ）が建造され、我が国の近代化産業遺産群にもリストアップ（世界遺産）されている。造船主任として指導した佐野常民の記念館もあり、歴史的価値の高い場所である。

幕命で長崎警護に当たっていた佐賀藩は、いち早く外国文化・技術に接触できた。藩主・鍋島直正の強い意思もあって、積極的に欧米技術を導入、築地反射炉（佐賀市）を建設して、日本で初めて鉄製大砲（アームストロング砲）の製造に成功している。ペリー来航以来、緊迫する情勢の中で防備を迫られた幕府が大砲50門を発注したのも佐賀藩だった。当時の先端技術を蓄積したテクノポリス的存在だった、といえよう。

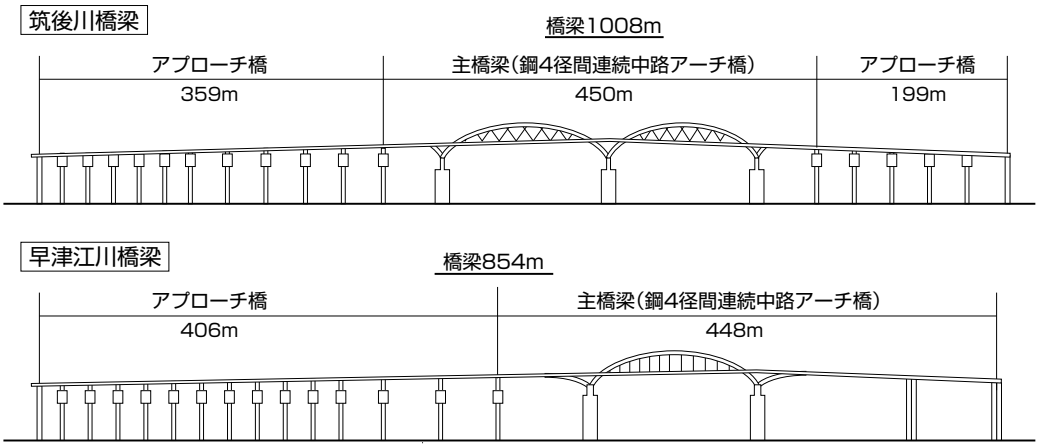
早津江川の畔に立って、そうした歴史的な「場所の記憶」を辿るとき、隣接して造られる早津江川橋梁はどのような存在として向き合わなければならないのか。特に、海軍所跡からの景観的視点での「橋の見え方」、「橋の形」が問題となった。

記念館から海軍所跡地を歩くと、上流に赤い昇開橋の鉄塔が見え、広々とした景観にゆったりした気持ちとなる。目の前の河口に外輪蒸気船が数隻係留され、ドライドッグでは造船や修理が行われ、その隣では日本海軍創設を目指す若者たちの厳しい訓練ぶりが目に浮かぶ。早津江橋梁はその海軍所跡地のすぐ上流を渡ることになる。

ここに、筑後川橋梁と同じ２連アーチでは、三重津海軍所跡地、あるいは佐野常民記念館からの景観が煩雑となり違和感が強い。橋梁設計検討委員会の考えは「景観への配慮

を考えるうえでは、三重津海軍所跡近傍からの視点が特に重要である。周りの風景に負担をかけないようにできるだけ圧迫感を軽減可能で軽快な印象を与える橋種を優位に評価して行く」だった。自己主張をしすぎることのない「控えめ」な橋の形、歴史遺産に「寄り添う」形で、新橋が現在の景観の中に入って行くことが求められた。こうして、1連のアーチと桁橋の組み合わせが決定された。

もう一度，昇開橋に戻って、二つの橋をイメージしてみる。左岸から筑後川橋梁が導流堤に橋脚を置いて2連のアーチで渡り，次いで平坦な大野島を低めの高架橋が走り、早津江川は一つのアーチで渡る。3アーチとも水平基調で、単弦の穏やかな曲線と低い直線で二つの河口と大野島を走って行く。こうした全体景観について橋梁設計検討委員会も「広々とした周辺環境に調和し、歴史遺産への圧迫感も軽減される」（「推奨橋種の選定」）という判断だった。



佐野常民（1823—1902）と三重津海軍所の建設

日本が生んだ最先端技術者の一人として、佐野常民を上げるのに異論はないのではないだろうか。佐野は旧佐賀県・川副早津江（現在は佐賀市）に生まれ、藩医・佐野家の養子となる。幼くして，英才の誉れ高く、11歳で緒方洪庵の適塾さらに華岡青洲、伊東玄朴らに蘭学を学び、頭角を現す。

時は幕末。佐賀藩主・鍋島直正に見いだされ、勝海舟が主催する長崎海軍伝習所の伝習生に加わった。伝習所には坂本竜馬をはじめ薩長両藩、福岡藩、幕府からも日本の近代化を目指す気鋭が集まっていた。常民は佐賀藩「精錬方」（理化学試験所）としてリーダー的存在だった。

彼の眼は佐賀藩の範囲を超えて人材を求めていた。藩外から田中近江（からくり儀右衛門）、中村希輔らを4人を招き精錬方の主力メンバーとした。藩外からの招聘には抵抗が大きかったが、藩主・鍋島閑叟を説得。オランダ人が指導する長崎海軍所などで理化学、通信、蒸気船の運用術から、造船技術、さらには砲術まで幅広く、熱心に学んだ。当時の最先端技術者集団が形成されたのである。

藩主・閑叟が三重津海軍所の設立を早津江川河口に計画するや、海軍所創設の建白書を出した常民はその中心人物となった。早津江は、彼の故郷でもあった。オランダ人技師の指導を受け、その多くを吸収しながら、海軍所建設の設計に当たって行く。造船所やドッグエリア、調練場、船入場、海軍寮を配置して、船舶の建造・修理、航海術や測量術の教育・実習までの総合施設を作り上げ、日本初の蒸気船「凌風丸」の建造を行った。

明治維新となり、佐賀藩は三重津海軍所を新政府に献納、常民は兵部省に入り、日本海軍の創設に尽力、同海軍所は日本海軍発祥の地となった。明治10年、西南戦争が始まるや、本来は医師の常民は官軍、薩摩軍に関わらず傷病兵の救護に当たり、博愛社、後の日本赤十字社の創設者となった。常民の、波乱の人生は海軍所跡の佐野常民記念館で辿ることが出来る。大蔵卿、元老院議長。


佐野常民像（佐野記念館）

百年現役の土木遺産

生きている土木遺産・デレーケ導流堤
「粗朶沈床」と石組み、その土木技術と施工

筑後川河口に建造された「デレーケ導流堤」（土木学会推奨土木遺産）は築堤から１００年を経て、現在も潟土の堆積を抑え、航路のための推進を確保する機能を果たし続けている。また、築堤当時の姿を全てとどめ、沈下はほとんど見られない。驚くほどの堅固さ、安定性を持っている。

しかし、デレーケ導流堤の築堤の技術と施工を伝える記録は現在のところ、ほとんどない。明治16、17の両年、ヨハネス・デレーケが筑後川を現地調査、内務省技師・石黒五十二が設計施工、64万円以上の、当時としては巨額の工事費で明治23年に完工しているものの、石黒の提出した工事計画要略以外、実際に行われた詳細な工事内容、技術を伝える正式資料はない。

本間雄次氏（大川未来塾会員）はわずかな断片的資料を様々に集め組み合わせて、実像に迫ろうとしている。築堤は、沈下を防ぐ基礎づくりと石積みによって行われる。「基礎は松杭を打ち其の中に粗朶（ソダ）を詰め、棕櫚縄で結束し、その上に蒲鉾上の石積みをした」（旧大野島村史）。粗朶沈床工は明治初期、オランダ人技師によって指導、導入された。「クヌギやナラの小枝を束ねたものを深さ約１m基礎部分に敷き詰め築堤するもので、筑後川に先だって福井県・三國港（九頭竜川河口）の突堤で行われている」。三國港は熊本・三角港と共に「明治の３大築港」の一つ、デレーケの指導で整備されている。

三國港の突堤は「エッセル堤」と呼ばれ、河口を活用した三國港を守るように、海に突き出している幅９m、長さ５１１mの突堤。筑後川のデレーケ導流堤は６kmに及ぶ。距離も規模もけた違いだ。突堤は、荒波を受けやすいため、基礎工事が重要で、幾重にも重ねられた「粗朶沈床」が使われている。オランダ人技師・エッセルが計画し、施工はデレーケが当たったとされる。

デレーケ導流堤がどのような構造を持つか、特に基礎部分は、台風などによる破損を受けたことはなく「百年現役」であり、学術的な解体調査も行われたこともないため、不明だ。今回、筑後川橋梁の橋脚を建てるため、一部解体されることから、その構造が初めて明らかになる。

デレーケ導流堤は粗朶沈床の上に、石を乗せ川底まで沈下させて行き、石組みで築堤する。下堤部分は幅約11・53mで、上堤部分は幅約５・７m、さらに周辺に捨石を敷き詰め、安定させている。これには佐賀、福岡などの石工集団ら延８万人が当たり、使用した被覆石47万個、と本間さんは推測している。

堤体に使う大量の石材（玄武岩質安山岩）は長崎県・小長井産で、帆船で筑後川河口まで運びこんでいる。三國港の突堤の粗朶沈床は４段に重ねられ、木枠骨組みを仮設、その上に沈下させるための石を積み上げ、表面を石工の技で組み合わせ被覆、築堤したとみられている。筑後川の導流堤の工法についての詳細は建設予定の有明海沿岸道路の橋梁工事進捗に合わせ、明らかになるだろう。筑後川橋脚建設のため、導流堤の一部が解体される過程で、その構造が築堤から百年、初めて解明される。



デレーケ導流堤の両側を石積して安定させている



デレーケ導流堤の土木遺産プレート

120年のナゾ解明へ
デ・レーケ導流堤、解体調査
張り石一つ一つに番号、移転展示へ



120年ぶりに発掘された「ソダ沈床」



筑後川橋梁の完成予想図。
右側の橋脚が、導流堤の先に建設される。

筑後川河口のデ・レーケ導流堤（土木学会推奨土木遺産）の解体調査が平成27年10月から始まった。有明海沿岸道路の筑後川橋梁の橋脚を導流堤の上に建てることになり、一部解体されることになり、それに伴って、調査が行われることになったのだ。

導流堤は総延長約６㎞、明治20年着工、３年間で完成した。導流堤によって流れを速くし、有明海特有の渦土の堆積を防いで、水深を深くして船の出入りに支障が生まれないようにするのが目的だ。

この導流堤は、完成以来１２０年の歳月を経ながら、台風などで表面の張り石などが一部損壊したことがあるものの、現役を保ち、内部構造は解明されることはなかった。また建設当初の設計図や資料もなく、破壊されず、また沈下することもなかった頑強な構造はどうなっているのか。デ・レーケは三国港などで突堤を築堤しているが、すでに壊れた部分が大きいだけに、今回の調査結果に専門家は注目している。



デレーケ導流堤

解体現場は、鉄骨のビルの様に構台が組み上げられ、鋼矢板で囲まれ「ドライの状態」になっていた。約６ｍの干満の差がある有明海の影響を直接受けるため、排水して作業を行うためだ。構台内に入ると、クレーンで張り石が次々と吊り上げられ、運び出されていた。解体される張り石は一つ一つ番号が打たれ、保存、展示のため移設される。

表面の張り石や周りを抑える捨石の状況は分りやすい。しかし内部の構造はどうなっているのか。特に注目は沈下を防ぐ「粗朶（そだ）沈床」だ。半円形に組み上げられた張り石の内部は石混じりの土砂が詰められ、その下に胴木が横に並べて土台となっている。その下に粗朶沈床に使われた木の枝が顔をのぞかせていた。胴木も粗朶も全く腐敗しておらず、導流堤の基礎の役割を果たしていた。平成27年10月現在では、粗朶沈床が束が三国港（福井県）の堤防より多い八層も重ねられていた。

移設先は、筑後川橋梁の上流に架かる旧国鉄の昇開橋展望公園内と研修施設「大川市ふれあいの家」の予定。

調査が終了すれば、鋼管杭（直径１０００㎜）を繋いで、楕円形の基礎として、その上に橋脚（Ｐ６）を立て、順次、筑後川橋梁を建設してゆく予定だ。



張り石の一つ一つにナンバーが打たれ、
解体される。



クレーンで運び出される張り石



デレーケ導流堤の上に橋脚を建てるため
「ドライ状態（水抜き）」にしている。

第2章

宮崎・日南層群―土砂災害と安全、景観

風光明媚な宮崎・日南海岸は大きく広がる太平洋と押し寄せる波が作る奇岩、「鬼の洗濯板」と呼ばれる波状岩、ワシントンヤシ、フェニックス、ビロウと花々が沿道を飾り、独特の景観を造りだしている。「大地に絵を描く」ことを志した宮崎交通の岩切章太郎と黒木博宮崎県知事、二人の先人は「沿道修景と景観保全」に生涯をかけた。土木と観光の事業融合をすすめ、道路と景観の「新しいモデル」を創造、「美しい国土づくり」への道を開いていった。

一方で宮崎層群、日南層群と呼ばれる「海で生まれた地層」は土砂災害を引き起こしやすく、住民に多くの苦難をもたらし、災害復旧や防災工事、さらには深層崩壊を伴うトンネル工事（東九州自動車道）で土木技術者たちに悪戦苦闘を強いている。

第1節　宮崎層群と土砂災害
① 海岸国道220号の闘い
② 美しさが「鬼」と化して
③ 奇跡の復旧工事
④ インタビュー　矢ヶ部秀美氏
「風化の時間軸を意識せよ」
コラム　「群発地震の巣」「砂岩と奇岩―二つの表情を持つ宮崎の海岸」
○地震の予知について（樗木武）
第2節　難敵―日南層群
① 芳ノ元トンネルの苦闘
② インタビュー　瀬崎満広宮崎大学准教授
コラム　「ヒ素汚染」「鰐塚山周辺の大規模崩壊」
○難所克服の道路トンネル（樗木武）
第3節　大地に絵を描く
① 二人の先駆者
② インタビュー　桑田博文氏
「大地に絵を描く」
コラム　「道、文化、景観」
「コート・ダジュール（南仏）花で大地を描く」
「全国初の沿道修景美化条例」
「ゴッホ、マチス、シャガール。」
「鞆の浦景観と道路の対立」



道路をふさぐ巨石（国道220号）



宮崎層群。上が砂岩、下部が泥岩（日南海岸）

プロジェクト九州

第1節① 日南海岸国道220号の闘い

宮崎層群と土砂災害

土砂災害多発の日南道路を行く
台風、豪雨、地震にさらされる国道220号
美しい海岸線を山・崖崩れが襲う

広々と広がる太平洋岸、日向灘に沿って続く宮崎・日南海岸。ビロウなど亜熱帯性植物が風に揺れ、その向こうに青い海、隆起した海床が波に削られ「鬼の洗濯板」と呼ばれる奇岩が特異の海岸風景を造りだしている。宮崎交通社長・岩切章太郎氏は南フランスのコート・ダジュールなどミノザが黄色く咲き誇る海岸道路に感激、この日南道路（国道220号）を南国の木々が茂り、花々が咲き乱れる観光ロードづくりに生涯をかけた。かつて、新婚旅行など多くの人が訪れ、青島から鵜戸神宮、野生馬が走り回る都井岬などを巡る日本風景街道「日南海岸きらめきライン」に登録され、観光客を魅了している。この美しい道には土砂災害から人々を守り、同時に沿線景観をつくり、保とうとする息の長い「志」がある。



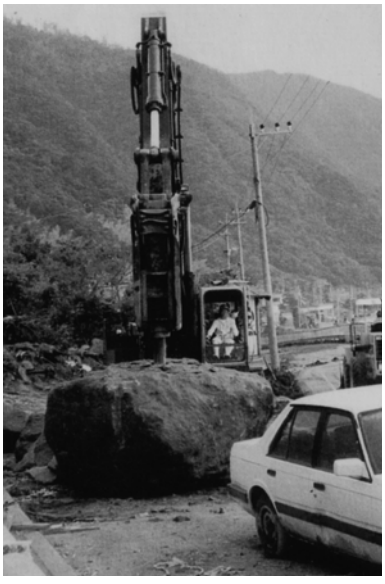
美しい海岸道路と土砂災害

山が海に迫る美しい風景が見られる観光地は、しばしば地滑りなど災害危険地帯となる。国道220号も例外ではない。海岸沿いの山地には宮崎層群と呼ばれる地すべりを起こしやすい地層が広がり、台風などで幾度も崖崩れや地滑りを繰り返してきた。崩れた土砂や巨石は道路を塞ぎ、交通をストップさせる。

海岸沿いの山腹を走るこの国道220号は、宮崎市と日南市、串間市、さらには鹿児島県・志布志市をむすぶ唯一の「基幹道路」でもある。「命の道」として急病の場合、宮崎市内の中枢病院に走らなければならないし、物流道路として暮らしを支えている。

海に迫る山地は南那珂山地と呼ばれ、大きな土砂崩れを起こしてきた鰐塚山（1119m）が最も高い。何より地層・地質が複雑。海岸沿いは宮崎層群、それに接して内陸側に日南層群が広がり、崖崩れ、地すべり、深層崩壊を引き起こしてきた。

海沿いの日南道路（国道220号）を走ると、山側の斜面が格子状のコンクリート枠で抑えられている風景が連続して目に入る。観光客の目は、海と海岸線に注がれ、あまり意識されることがないが、この斜面は「堅い地盤」とボロボロに「崩れやすい地盤」が入れ混じり重なった複雑な地層で、台風の襲来や集中豪雨でたちまち崩壊して道路を塞いでしまう恐れがあるのだ。



巨大な落石。危険がいっぱいだ。（国道220号）

飫肥街道から日南道路へ

宮崎市から南へ向かう道路は、国道220号が改築されるまでは、日南市の広瀬川をさかのぼった飫肥城下とむすぶ内陸側の飫肥街道（日向街道）が中心で、宮崎市から椿山峠、山仮屋を通り、川沿いに北郷、飫肥へと下った（現在の県道27、28号）。

海岸沿いの国道220号が改築されたのは昭和30年代後半からで、観光名所「いるか岬」から鵜戸神宮を巡るフェニックスロードを行き交う新婚旅行のカップルを乗せた観光バスが急カーブと砂ぼこりの中を走っていた。舗装が完了したのは昭和47年になってから。鵜戸神宮付近の道路幅は狭く、「次から次にやってくる観光バスの流れを止めないで工事を進めるのが大変だった」と当時の工事関係者。また油津以南は砂岩互層であり、切土で道路を通すほかは

なく、地すべりが起こりやすいため橋梁を架けるなど、海に山が迫る狭いところの道路工事には予算的も、技術的にも苦心したようだ。

相次ぐ落石、土砂崩れ

それ以上に苦闘を強いるのが台風や集中豪雨による土砂災害の復旧工事であった。観光が命の宮崎である。「新婚さんのメッカ」と呼ばれた日南海岸の道路が交通止めになっては魅力はなくなる。地域住民は、急病人が出ても、宮崎市の病院へ救急搬送できない。命の道とも呼ばれ、被災個所の早期復旧、安全確保が強く求められた。

昭和54年から10年間の国道220号の主な災害被害を見ると同54年・宮崎市内海での交通止め701時間（のり面崩壊）、同55年日南市大浦で交通止め2231時間、同56年日南市で同時多発したのり面崩壊、切土崩壊、土砂流出など6カ所の交通止め（3―7時間）同62年には同市富士の土砂崩壊で14日間の交通止めに追い込まれている。

しかし、この道路は豪雨時だけでなく、また好天の時でさえ落石、土砂崩れに悩まされた。落石が路線バスや一般車両、時には県警のパトカーに当たり、また、交通規制をするには事前に釣り人への告知と避難誘導が必要だったし、鮮魚運搬トラックや、宮崎空港へ急ぐ人々からの苦情処理に追われることもあった。

「災害が起こってからでは遅い」とはよく言われる警鐘だが、危険防止と安全交通のための事前点検、維持修繕、防災工事が特に国道220号では求められた。しかしジレンマもあった。通常、崖崩れを防止するため、崖や道路のり面など急斜面にはコンクリートの吹付が行われるが、宮崎では強い抵抗にあってきた。道路わきの斜面を安全のためとはいえ「セメントで白く塗る」のは景観上問題ありという反対論だ。

こんなエピソードも残っている。昭和48年、霧島で開かれた植樹祭に臨席された昭和天皇が日南海岸沿いの国道220号を通って、鵜戸神宮を参拝されることになった。警察当局から、「一個の石も落ちないよう



道路を寸断する土砂崩れ
（国道220号）

安全措置を講じてくれ」との要請が道路管理者に出された。道路管理者は道路用地内であれば、極力対応するが、管理地以外の、例えば民地からの落石まで責任は持てない。「それは出来ない」「安全措置をしてくれ」のやり取りの末、陛下の車は上り下りとも海岸寄りの車線を走らせることで落ちついたという。当時の道路管理者は「石が当たったら、責任を取るつもりだった」と振り返る。

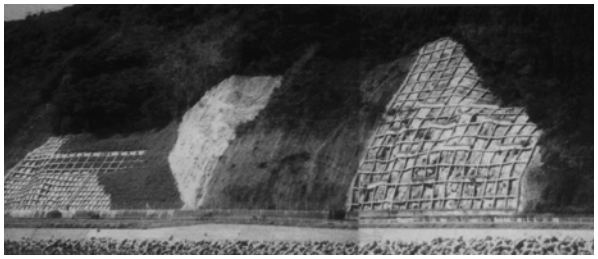
全国初の沿道修景美化条例

製造業、工場群の少ない宮崎県は畜産などの農業と観光が県の柱だ。観光は南国情緒と景観が売り物となる。ドライブ、特に、観光バスの車窓からの沿道景観づくりには、力を


バックホワによる排土作業
（国道220号）

入れなければならない。

岩切章太郎（宮崎交通社長）と黒木博知事のコンビによる「沿道修景美化条例」が制定されたのは昭和46年4月だった。自然景観保護、修景植栽地区と沿道修景樹木を指定して、この3本柱で、国道220号の沿道が公園のような道路づくりを進める「パークロード」を目指すものだった。沿道自然景観地区は海岸、山岳、森林、田園、河川渓流、湖沼など沿道周辺で保存したいところ（沿道景観地区）を指定、沿道の色とりどりの花木や植栽が行われている地区や将来、植栽を進めていきたい地区を市街地や宅地化しない沿道修景植栽地区の指定（62カ所）、さらに古木や樹姿が美しいものを指定（57本）した。


大浦地区の吹き付けのり面と緑化（国道220号）

パークロードのシンボルとなったのが昭和54年の国体開催を目指して作られた宮崎南バイパス。宮崎市から青島に向かうこの道路は、4車線、沿道はワシントンヤシ、フェニックス、サンゴシドウなどの植栽によって景観づくりが行われ、今では「宮崎の顔」となっている。

平野部を盛土で道路を通す造成だったが、思わぬ問題が起こった。盛土によって、水はけが悪くなると農作物に影響が出る。このため橋梁や暗渠が多くなり、また、盛土にも宮崎層群特有の軟弱土壌が工事関係者悩ませた。

城下跨線橋では橋台が工事途中で動きだし、あわてて排土、盛土を締め直した。せっかく植えた亜熱帯植物が何故か、丈夫に育たない。調べてみると、盛土に使った宮崎層群の土壌が水はけが悪く、粘土のようになり、根腐れを起こしやすいことが分かった。「土壌がたっぷりと水を含んでいるのに驚いた」という。砂岩と泥岩が風化して粘土化する宮崎層群の特有の性質によるものだった。このため植栽用土は全面客土とし、スプリンクラーが中央帯に取り付けられた。吹き出される水が、新たな景観を創り出すという黒木知事のアイデアだった。「逆の効果」もあった。道路用地内の山地の自然樹木を運動公園に移植することになったが、宮崎層群のため根が浅く、大きな樹木といえども、比較的簡単に移植が進んだという。



コンクリート枠に景観上、疑問の声も


砂岩と泥岩が重なり、くずれやすい宮崎層群

トンネルとビューポイント

青島から南下、堀切峠、日南へ続く道路造成、維持工事は、特異な性質を持つ宮崎層群との闘いだった。砂岩、頁岩、泥岩の地層が、厚い板を重ねたように海に迫り、落石、土砂崩れが頻発する。落石防護施設を大規模に行う必要があり、同時に環境保全・観光資源にも配慮する必要があった。

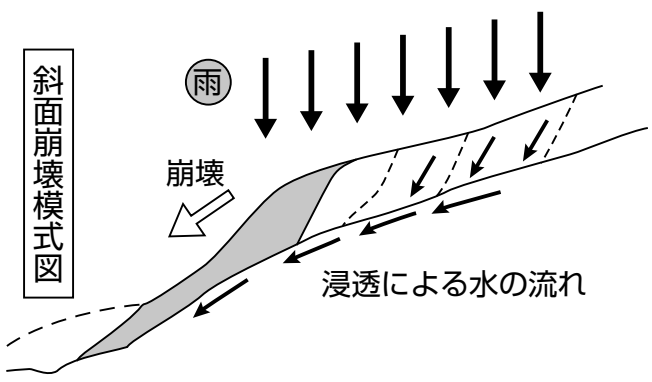
どうしても、安全と景観が両立できないことも起こった。絶景は、海に突き出た岬にある。岬には海沿いを迂回して行く。車を降りて、海の風景を楽しむ人々が、さらに足を運ぶサボテンハーブ園などの施設づくりも行われていた。

宮崎層群が堆積する堀切峠とその沿岸部では昭和54年3月、山・がけ崩れが大規模に発生、平成16年10月の台風23号でサボテンハーブ園の南側斜面が崩壊、国道220号は200mに渡って埋没した。日南海岸での災害の歴史は古く、鵜戸山で文政8年（1825）の地すべりによって仁王門が海にズリ出したり、大光坊が地下に埋まったりした記録が残っている。

海に突き出た舌状の地形はこうした土砂災害を受けやすく、安全と時間短縮のため、トンネルでショートカットすることになる。道路の安全確保のためのトンネル掘削によって、岬の観光スポットが素通りされやすい。堀切峠やサボテンハーブ園、鵜戸神宮など優れた景観、ビューポイント、名所、施設をドライバー、観光客が立ち寄ることなく通過してしまうという懸念が持ち上がった。特に鵜戸神宮では強い反対論が出て、220号近くから参道用トンネルの建設まで行われた。しかし、サボテンハーブ園のように閉鎖に追い込まれる事態も、また現実だった。

通行規制と防御施設

国道220号には通行規制用のゲート（遮断機）がところどころに見られる。台風や豪雨の時、事前にゲートを閉め、交通をストップさせるためだ。勿論、道路災害への「万全な備え」が必要だが、全ての異常



気象に耐え得る防御施設を完備することは、現実には不可能だ。台風が大型化し、局所的な集中豪雨など異常気象が頻発するようになっており、事前規制は安全確保のため、やむを得ない措置でもある。

現在、通行規制区間は3区間、総延長18・6㎞。堀切峠付近（宮崎市折生迫―内海。但しバイパストンネルは通行可）いるか岬付近（同市小内海―日南市富士）鵜戸神宮付近（同市宮浦―風田）で、連続雨量が170㎜に達し、なお、降雨が続くと予想されたり、落石の兆候が見られたりする場合、「閉門」される。昭和50年代は、規制総雨量120㎜、総延長32・4㎞だったから、道路の改築によって、雨量は引き上げられ、規制区間は短縮された。

山側を見ながら走ると、地滑り防止のため、様々な抑止工法が試みられていることが分かる。切り立った崖には四角形のコンクリート枠が張り巡らされている。コンクリート枠の下は、アンカーを打ち込んで地盤を締め付け「崩壊」を抑えている。アンカー工と呼ばれるこの工法は地すべり斜面、のり面にしばしば使われている。斜面から横や斜めにボーリングして底部に堅い岩盤を探し、そこにアンカーを固定させ、ワイヤーでコンクリート枠と連結、地盤を締め付けるのである。堅い岩盤が見つからない場合はワイヤーとアンカー共に長くして、深く埋め込み、締め付け効果を高める。

南海トラフの恐怖

東日本大震災は地震と津波の恐ろしさを教えたが、日南道路から眺める日向灘の青い海の底ではフィリピン海プレートが沈み込んでおり、この南海トラフ（海溝）付近を発生源とするプレート境界型の巨大な地震と津波が想定されている。この地震は90―150年間隔で発生する。

宮崎県の想定では震度7、津波の高さ17mによる被災は死者35000人から21000人、負傷者27000人から19000人、家屋全壊89000戸、半壊129000戸。九州で最大の被害を受けると予想されている。特に国道10号、220号沿いは大きな被害となる。

これまでも、日南海岸沿いは日向沖地震による土砂災害を受けてきた。これは宮崎県の海岸から約50㎞沖に発生する日向灘でのプレート境界型地震。10数年から数十年の間隔で、マグニチュード7から7・6の地震が発生、津波と土砂災害を引き起こしてきた。昭和に入って6回の大きな地震が起きている。マグニチュード7前後のもので、最近では1996年12月（M6・8）地震だが、2010年に入って活動期を迎えているとの予想もある。ここ30年以内ではM7・1程度の地震の発生確率は70―80％、M7・6前後は10％程度と予想されている。また日向灘地震が南海トラフ地震と連動すれば宮崎県内で最悪4万2000人の犠牲者が出るとの想定もある（内閣府）。加えて、えびの地震（昭和43年2月）のような霧島山のマグマ活動によって発生する火山性地震もある。九州は、他地域に比べて地震が少ないといわれているが、宮崎は例外だ。

地震による土砂災害は、昭和36年の日向灘沖地震のように山・崖崩れを引き起こすだけでなく、過去の地震によって緩んだ斜面が、数カ月後に崩壊したり、降雨によってより大きな土砂災害を引き起こしたりする。

台風、豪雨、大地震に耐え得る「強靭な道路」づくりは至難のことだ。それでも国道220号は、減災のため一歩一歩、前へ進まなければならない。

群発地震の巣 ―日向灘

宮崎県の沖合50～70㎞の日向灘は「地震の巣」と呼ばれる。九州では震源が深さ20㎞程度の比較的浅い地殻とそれ以上の深さ300㎞までの二つの巣があるとされている。日向灘の震源は深さ20―50㎞とみられている。これは太平洋の南海トラフに関連するフィリピン海プレートの先端か、その上部に位置するとみられ、そこから九州本島の中央部に向かって約35度の傾斜で、次第に深くもぐり込み、深度を増して100㎞程度まで深くなる。

その最西端が霧島―桜島、さらにトカラ列島まで続く火山帯に当たる鹿児島地溝帯。ジオパークに指定された霧島から錦江湾やその湾口・開聞岳までのカルデラのつながりで形成された特別な地形となっている。霧島山麓・宮崎県えびので発生した「えびの地震」（昭和43年2月）は火山性の直下型地震で、死者3、傷者44、家屋全半壊1770戸を出した。

日向灘沖地震は昭和に入ってからも12回記録され、マグニチュード7程度が多く、これまでの最高はM7・6。震源域が浅い場合、津波も発生し、人的被害も含め大きな被害を出してきた。プレート間地震としては寛文2年（1662）M7・6の地震が発生、山崩れ、4、5mの津波で犠牲者・家屋倒壊など多数を出し、日向那珂郡の沿岸7カ村、周囲32㎞の田畑が没して海となり、青島付近で約1m沈下した、と伝えられている。昭和43年（1968）4月の地震では大分から宮崎にかけて1mから2・4mの津波が押し寄せた。

この日向灘地震と南海トラフの巨大地震が連動して、大地震、津波が発生、災害をもたらすのではないか懸念されている。



日南海岸ぞいの国道220号線は土砂災害や地震被害が多い

プロジェクト九州

第1節② 美しさが「鬼」と化して

宮崎層群と土砂災害

美しい海岸と、もろい岩壁の共存 繰り返される崩落、地くずれ 災害・交通止め、観光客激減に直結

サボテンハーブ園のある岬に立って驚いた。峠を少し下ると大崩壊の跡が生々しく残っている。まるで米国・コロラド州やグランドキャニオンで見たような大絶壁が眼前に、そそり立つように広がっていた。ここでは平成16年10月と翌同17年9月に連続して地すべりが起こった。

平成16年災害は台風23号、平成17年災害は台風14号の通過にともなう豪雨で、サボテンハーブ園の南側約300m、日南市富土地区で大規模な地滑りが発生した。

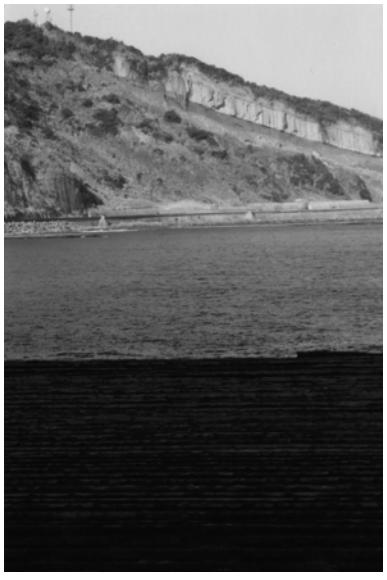
1回目の地すべりは幅350m、高さ20―60mにわたり、道路が約200mにわたって海岸護岸もろともに破壊された。続く翌年の地すべりは前の地すべりで堆積して土砂をさらに滑らせ、道路の規制区間は500mにも広がった。

2回の地すべりによって、堅い砂岩の崖の下の泥岩が高さ30mにわたって滑り落ちたため、絶壁はそれまでの高さの倍の60mにもなった。連続した地すべりは、宮崎層群の泥に、斜面がコンクリートで固められ、落石防止用の金網が張り巡らされ、道路際にはコンクリート防護壁が続いている。南の太陽に照らされる広いのどかな海とは対照的に、痛々しい光景の連続だ。

鬼の洗濯板が海岸沿いに続く観光スポット・堀切峠で平成10年2月、集中豪雨による高さ約100m、幅約50mの土砂崩壊が起こり、国道220号を約100mにわたって埋め尽くした。土砂は道路を越えて海岸までなだれ出て全面交通止めとなった。片側相互通行にこぎつけたのは11日後。日南海岸への観光バスの乗り入れが出来なくなり、観光客は20%に激減、観光施設は大きな打撃を受けた。

2回にわたる地すべり

堀切峠から南下、かつて、日南海岸の観光スポットとして新婚旅行の若いカップルで賑わった



鬼の洗濯板（下部）と宮崎層群（日南海岸で）

ビロウなど亜熱帯植物が青々と茂る宮崎県・青島。渡った島の入り口に「天然記念物」指定の説明板がある

「隆起海床と奇形波浸食。新第三紀（3000万年―100万年前）堆積した砂岩と泥岩の規則的互層が傾き」―。

波打ち際から砂岩がまっすぐ伸び、砂岩と砂岩の間に挟まった泥岩が波と潮水に削り流されて、その幾重にも重なった互層が凹凸を形作る。「鬼の洗濯板」とは、うまく名づけたものだと感心する。

地層的には「宮崎層群」と呼ばれ、青島だけでなく、ここから南に向かう日南海岸のいたるところで見られ、日向灘の荒波を受けて美しい景観をつくりだし、日南海岸国定公園にもなっている。



土砂と落石が道路を埋め尽くす（国道220号）

美しい景観の裏側で

この特異な地層は海岸からすぐそばに連なる崖やさらに山地にまで広がり、時として恐ろしい「鬼」と化して、人々を苦しめてきた。

宮崎層群は、堅い砂岩と水にもろい泥岩が、交互に重なる堆積層で、いったん大雨が来ると、砂岩と泥岩の境目が「すべり面」となってその上の岩石や土砂崩れを引き起こす。

日南海岸を走る国道220号をドライブすると、普段は目の行かない山側は、まるで傷だらけの体に、張り薬で痛みを抑えているかのよう

岩の特徴をよく表していた。最初の地すべりの時のボーリングの調査に比べて、2回目では泥岩の滑り盤が5―20㎝も厚くなっており、1年足らずで、風化が進み、強度が急速に弱まって、再度、地滑りを引き起こしたとみられている。

橋も飲み込む

2回にわたる地すべりで約500mにわたって、道路数か所が土砂に埋まり、うち1カ所は180mも土砂で埋め尽くされた。「崩れ」は幅約150m、長さ約600mにわたっており、斜めに滑り落ちて、道路、橋を破壊した。高さ約30mの山腹部分から見上げると薄茶色の砂岩が60mを超える厚さで層を作っている。その下は灰色の泥岩と思われる地層が広がり、「鬼の洗濯板」とは比べ物にならない巨大な互層を創り出している。

道路から急斜面を登ろうとすると、最初の1歩から、ズルリと滑り、靴が埋まる。草をつかみながらしか登れない。10m近く登ると、そこは台地状になって緩い斜面の平地になり、絶壁の端まで続いている。台地部分が崩れた土石の堆積部で、滑って下の国道を埋め尽くし、海まで達したのだろう。3回目の地すべりも警戒しなければならないと実感した。

見下ろすと土砂崩れ部分の道路が小さな丘を越えるように造られている。あまりに膨大な土石量のため、旧道を覆った土石の排土をあきらめて、その上を乗り越える形で道路を新しく造っているのだ。また、破壊された橋は撤去され、新たに山側に道路線形を変えて拡幅している。

トンネルと観光と

この岬を回る日南市富土から小目井までの2・3㎞は、大雨が降ると危険なため、日南富土トンネル（1386m）が建設され、安全度は大きく高まったし、距離も短縮された。しかし、ここで難問が起こった。サボテンハーブ園や岬の景観を楽しむ観光客が、トンネルを通って素通りしてしまい激減してしまった。園入り口付近は鉄線が張り巡らされ、コンクリート建ての観光施設は廃屋となり、サボテンが植えられた斜面には雑草が茂って全体が「廃墟」の印象が強く、物寂しい。


サボテンハーブ公園裏の土砂崩れ跡

トンネルと観光。同じような事例は、堀切峠などにもある。ここでは土砂災害のため、住民40人以上が出勤や通院が出来ず、避難生活を強いられた、という。トンネルが完成してようやく安心できる暮らしが戻ったのだ。安全と観光の両立の難しさを目の当たりにした思いだった。それは住む人と訪れる人の、求めるものの違いでもある。被災した人々は何より安全第一、命と暮らしを守ることを優先したい。が同時に、観光業を営む人々もまた被災者である。道路が途絶することは、観光客が「立ち入り禁止」状態になる事であり、道路が復旧しても風評被害も予想され、被害期間は長引く。

大浦の実験場

奇岩と洞穴に造られた本殿で有名な鵜戸神宮に参拝する。ここでも土砂崩れが起こり、コンクリート柵と植栽で由緒ある神殿の雰囲気を壊さないよう配慮された防災工事が行われていた。背後の鵜戸山では江戸時代（1825年）の地すべりで仁王門が30m近く海側にズレたとの記録もあるという。

本殿から太鼓橋を渡り、人道トンネルを抜けて国道220号に戻って、南下。大浦地区に着いた。ここの急斜面は、崖崩れ、土砂崩壊に対する防護工事の実験場でもある。よく見られるコンクリートの吹付け、落石防止用の金網、大小間隔の格子型コンクリート壁やアンカー工（鉄筋挿入工）などが並んで施工され植栽地（オオイタビ）も設けている。歳月をかけてその効果を観察しようとしているのだ。よく見るとモルタル吹付け面の一部に小さな割れ目が黒くのぞいていた。

「宮崎層群」では防災技術、その施行、さらに維持のどれもが難しい事業となる。いかにこの地層が難敵であるかを思い知らされたのだった。


土砂くずれで、亜熱帯植物も被害

想定される巨大地震と津波

最近、不気味なニュースが人々を恐怖させている。日南海岸の沖合い、日向灘を震源とする「日向灘地震」はこれまでもマグニチュード7程度の地震が発生、特に九州内で地震の多いところ。政府の地震研究推進本部は30年以内にM7・1程度の地震になると70―80％、M7・6程度の強い地震は10％の発生確率としている。

さらに、日向灘沖の地震は南海トラフと連動する恐れがあり、宮崎県下で最悪4万2000人の死者が出る可能性を想定、公表している（内閣府）。M9も有り得る、ともいう。海溝性の南海地震の記録は古く、今日まで8回の被災記録があり、90―150年程度の間隔で発生している。

日南海岸を走ると、電柱などに「標高○○m」など津波の高さ示す青色の標識が目につく。津波と地震に襲われた時、宮崎層群はどう動くのだろうか。地震の振動によって地盤に亀裂が生じたり、緩みが進み、降雨によって土砂崩壊をまねく恐れが大きくなる。

砂浜と奇岩――二つの表情を持つ宮崎の海岸

宮崎の海岸は、北から南へ、二つの表情を持っている。亜熱帯樹が茂り「鬼の洗濯板」の奇岩が波打つように海面に広がる観光スポット・青島をほぼ境に、北はまっすぐな海浜海岸と松林、リゾートホテルやゴルフ場が続く。青島の南側は海岸沿いに「鬼の洗濯板」と呼ばれる「波食棚」が海面に顔を出し、さらに南に下ると砂岩層が海岸まで迫りしばしば土砂崩れを引き起こし、人々を悩ませる。



日南海岸の鬼の洗濯板

鬼の洗濯板は，波状岩と呼ばれ、堅い岩層（砂岩）と軟らかい岩層（泥岩）が交互に重なっている。軟らかい岩層が波に洗われて風化が進んで浸食されて凹み、波のような海岸風景を造りだす。サボテンハーブ公園のある辺りまで来ると波状岩はなくなり、一転して奇岩が続く岩石海岸となる。同じ砂岩なのだが、風化に強い部分と弱い部分があり、波状岩と同様軟らかい部分が浸食され、様々な形を持つ奇岩が出来ている。

鬼の洗濯板が南に下ると見えなくなるのは、隆起の大きさが原因だ。青島の西側の海成段丘は8―9m程度もあるが、南に行くほど次第に低くなる。日南海岸は南ほど、隆起が小さかったことが読み取れる。海底の地層が隆起した「宮崎層群」は貝殻などを含んでいる。

その地質は、地表に近いほど固く、下部の泥岩が風化して大量の雨水を含んで軟弱化すると、大きな砂岩石が崩落したり、土石が崩れ落ちるため国道220号に被害を及ぼすことになる。

宮崎層群が分布する海岸沿いは岩坪山（738m）を頂点とする鵜戸山地を形成するが、その西側、内陸にはさらに複雑な性格を持つ日南層群が分布して、深層崩壊など東九州自動車道のトンネル建設を難しくしている。



亜熱帯植物におおわれる美しい青島と海岸

プロジェクト九州

第1節③ 奇跡の復旧工事

宮崎層群と土砂災害

二次災害の危険がいっぱいの緊急復旧工事
国道220号（宮浦）が48時間で開通
「ヘドロ化した土砂」昼夜兼行、必死の作業

地震、豪雨、台風など被災地の道路は1日でも1時間でも早い復旧が求められる。しかし、豪雨と土砂崩れによって復旧工事現場は、地盤が「脆弱」となり、落石など二次災害の危険がいっぱい、復旧作業も困難を極める。そんな中で、斜面崩壊によって、深さ13mもの土砂に埋まった国道220号を通常より24時間も早い「48時間復旧」をやりあげた「奇跡の復旧工事」がある。宮崎県日南市宮浦、洞窟の中に本殿がある鵜戸神宮の宮崎市側の海岸沿いの道路地点だ。

遮断機で規制

宮崎市から日南、串間市に向かう国道220号は、観光宮崎のシンボルロードで、九州風景街道の代表的な景観地だ。しかし、ここ宮浦から風田間11・2kmは雨量170㎜で交通をストップさせる「異常気象事前交通規制区間」。大雨で道路斜面が崩れやすく、安全通行のため、事前規制される。この区間の南北両側に遮断機が設置されている。

事故は平成20年9月18日深夜に起こった。台風13号の接近によって18日午前5時ごろから雨が降り始め、道路規制に入った同1時から1時間に58㎜、同2時から78㎜の時間雨量を記録する豪雨となった、その後も10㎜から40㎜の雨が降り続き、19日午前零時までの累加雨量は358㎜にのぼった。

大崩壊が発生

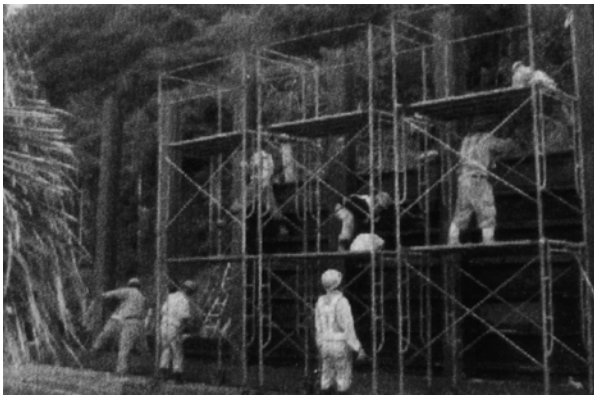
深夜のため斜面崩壊の正確な時間は特定できないが、それまで急斜面で浸食・小さな崩壊が繰り返され、19日午前2時40分（推定）の大崩壊につながった。幅90m、高さ60mにわたって土砂が崩れ落ち、その一部は道路を越えて海にまでなだれ落ちた。道路は樹木を乗せたまま滑り落ちた土砂で埋まり、踏み入れると足がずぶずぶと沈んだ。

過去にも崩落した痕跡があり、その上部がさらに滑り落ちたもので、段差地形が連続していた。青島周辺や日南海岸ぞいにいたるところにみられる「鬼の洗濯板」と呼ばれる砂岩と泥岩が幾重にも重なりあう宮崎層群と呼ばれる特殊な海底堆積層が隆起したものだ。

この特殊な岩層に大量の雨が降りそそぎ、互層（流れ盤）の上の崖錐層（約10m）に地下水がその隙間に流れ込み、強い水圧で斜面のバランスが失われて滑り落ちたのだった。崩れ落ちた起点には渓流のように水が流れ、斜面からは水が湧き出ていた。さらに雨が続くと2次崩壊の恐れがあったが、幸いなことに、秋台風の特徴で「台風一過」、雨は完全に止んだ。

午前3時、作業チームが現場到着、安全確認の上、夜が明ける午前5時から作業が開始された。土砂の上の雑木類をより分け、土量の測定。特に地下水の流れの確認が重要だった。水抜きをしないと、再度、土砂崩壊が起こりかねない。地下水は崩壊面を上から流れ下っており、パイプを打ち込んで水抜きを行った。

崩壊面の右斜面（北側）に落石防



土砂止めの作業は昼夜続けられた



ダンプ80台が動員された排土作業



かった。燃料（軽油）を届けるため作業者が登ろうとすると足元から50―60㎝も沈んだ。

危険が伴ったのは、事故以前に斜面中腹にかけてあった落石防止用のネットの切断だった。９段のネットの横綱は、土砂崩れで下方に弓形に伸びており、その状態で切断すれば、張り詰めた綱は切断と同時にはね飛んで危険だ。そこで、バックホウで綱を持ち上げ、緩めて切断する手順を取った。



崩壊後の危険な斜面で、排土作業が続く

ダンプ８０台で搬出

崩壊斜面中腹に落石防護用の木柵を造り、道路上の作業の安全を確保したうえで、道路上のバックホウによる排土作業と搬出を行った。ダンプトラック計80台が両側から運び出す。道路の山側には通行一般車両の安全を守るため、仮の落石防護柵を50ｍにわたって立てた。長さ７ｍのＨ鋼を２ｍ根入れし、地上の高さ５ｍとし、その背後に矢板を張り巡らせた。

この間、斜面の動きを観察するため地表面の伸縮計を３カ所に配置、湧水箇所や地表水に流下チェック、など厳重な監視体制をとっている。こうして実際の作業開始から48時間後の21日午前８時に片側通行、夕方には全面通行が可能になった。通常、復旧工事は土砂崩壊の規模、現場の地形、地盤にもよるが、最短で３日間、72時間は必要とされている。同じ国道２２０号堀切峠での土砂崩壊の復旧には１週間かかっており、この宮浦災害の道路復旧は記録的な短時間で成し遂げられた。また、２次災害の危険にさらされながら、多数の重機が動き回り、かつ狭い作業ヤードでの昼夜兼行（12時間交代制）の作業でありながら、一つの事故、１人のけが人もなく仕上げたことに、多くの賞賛が寄せられた。

「奇跡」を可能に

「奇跡」とも呼ばれるこの短時間の国道復旧を可能にしたものは「まずダンプトラック80台など大型機材が国土交通省九州地方整備局などの協力で九州一円から動員できたこと、急斜面でのバックホウの運転操作などベテランの存在、作業者全員の緊張の中、昼夜兼行での懸命な働きなどがある。そして災害後の好天などでしょうか」と工事関係者は振り返っている。

道路はライフラインの中でも、最重要である。道路が土砂崩れなどで寸断され被災地が「孤立」してしまい、救援、復興を遅らせるだけでなく、負傷者、急病者の救急が出来なくなる「命綱の切断」になりかねない。長崎水害（１９８２年）や鹿児島水害（１９９３年）では道路が土砂崩れで被災、都市部が孤立に追い込まれたのは記憶に新しい。

宮崎市を起点として日南、串間市を経て、鹿児島県鹿屋市に通ずる国道２２０号は地域の暮らし、産業経済にとって代替のきかない基幹道路だ。

それだけに、緊急復旧工事期間の短縮は住民の強い要望で「短期間での復旧」が強く求められる。現在、台風や大雨のたびに事前に交通をストップさせる事前通行規制区間が３カ所、うち中ほどの日南防災（北区間、宮崎市内海から日南市藤までの２・６㎞）は異常気象時に事前通行止めを解消するための改良工事が行われている。また、清武南から日南市まで、東九州道の延伸工事が進んでおり、住民は早期完成を待っている。



大雨になると通行止め（国道220号）

第1節④ インタビュー 矢ヶ部秀美氏

宮崎層群と土砂災害

――国道220号・日南海岸沿いの宮崎層群のこれまでの災害現場を観察して、堅い砂岩に挟まれた泥岩の風化スピードがあんなに速いとは驚かされました。

矢ヶ部氏　宮崎層群泥岩の特殊な性格は、長い間さまざまに研究されてきました。この泥岩は風雨に曝すと乾湿の繰り返しで、短期間で岩だったものが砂状になる、極端な風化が進みやすい特殊な岩層です。これ程、乾湿の繰り返しで風化し、激しく変質するは、他には沖縄の島尻泥岩ぐらいでしょうか。スレーキングと呼ぶ現象です。日南海岸ではサボテンハーブ園の裏側を見ると良く分かるのですが、大きな泥岩が1年もたないうちに風化、細粒化してしまう。この現象が大規模な地すべりや崩壊の原因になっています。

――また、東九州道の芳の元トンネルが通過するルート上には日南層群があり、この地層はもっと複雑で、深層崩壊などの恐れからトンネルのルートを変更せざるを得なかったり、大変な苦労を工事関係者に強いています。日南層群は宮崎層群に接し、その内陸側に分布していて、隣同士の地層なのにどうしてこうも違うのでしょうか。

海底で形成された宮崎・日南層群

矢ヶ部氏　宮崎層群も日南層群も海底に堆積した土砂が固まったものですが、日南層群は海底の斜面での「地すべり」の堆積物と考えられており、褶曲や、断層などが発達し、砂岩の塊に泥質岩（頁岩や粘板岩など）が不連続に取り込まれている構造など複雑な地形です。一方、宮崎層群は海底の堆積盆地で形成された堆積土で比較的、整然と地層が重なっています。いずれも海底で出来た地層が「付加体」として陸地化したものですが、生成する過程の違いが両者の性格の違いとなっていると考えられているのです。

――そのスレーキングのほか、深層崩壊の発生も心配されています。設計する前の調査では、把握できないものでしょうか。

矢ヶ部氏　地表踏査や空中写真の判読から、清武ICから南の、南郷にかけては日南層群の地すべり地帯と分かっていました。影響が出ないルートを探して、設計、工事に入ったのですが、工事そのものによって、地表にひび割れや段差などが発生、地すべりを誘発、または再活動しかねない事態になったと思われます。堆積軟岩が持つ潜在的な問題で調査には限界があります。通常の工法では対応できないという認識が必要だと思います。例えば、日南層群の高速道路・宮崎道の都城―田野IC間ののり面の勾配は通常よりはるかに緩くなっています。そうしなければ安定が得られない地質なのです。

――日南海岸の国道220号を走ると、「流れ盤すべり」のほか様々な崩壊の形があるようですね。

矢ヶ部氏　最も規模が大きくなるのは、風化した岩の、流れ盤すべりでそのほか4種類に分類できると思います。①堅く厚い砂岩が剥離して崩壊②砂岩優勢の互層の崩壊③泥岩優勢の互層崩壊④岩錘堆積物の崩壊などですが、その複合型も発生します。

――この国道は宮崎層群の高い崖が続き、モルタル吹付けなど防護工事が行われています。道路のり面の地すべりや崩壊、落石が怖いですね。

矢ヶ部氏　昭和40年代から宮崎層群の崖の風化による土砂災害を防ぐため、吹付けによる対策工が有効と考えられ施工されてきました。ところが昭和60年代になると、吹付け壁がひび割れしたりして、老朽化が目立つようになり新たな対策が求められました。しかし、高さがあり勾配が



矢ヶ部 秀美 氏

（やかべひでみ）　**プロフィール**

昭和 26 年9月 26 日生まれ、福岡県みやま市出身。九州大学工学部採鉱学科卒、同大大学院修士、博士課程を終え、（株）ダイヤコンサルタントに入社。日本技術士会九州本部防災委員会委員長、地盤工学会九州支部・九州北部豪雨災害調査団幹事などを務め、研究実績としては「九州・沖縄の特殊土地盤の設計と施工」（地盤工学会）「2008 年四川大地震」（九大西部地区自然災害資料センター）などがある。

きつい吹付面をはぎ取り、再吹付けするのは通行車両に対しても、施工上も非常に危険ですから、はぎ取らずその上からコンクリートの枠と鉄筋挿入工で縫い付けるように補強する工法が考案されました。試験施工として、通常の約2倍の4m四方コンクリート枠工が採用されましたので「大間隔吹付け枠工」と呼ばれています。

「風化の時間軸を意識せよ」



崖の上の危険なのり面作業

――国道220号の大浦地区では、様々な対策工が高い崖に施され、どれが有効か試験が行われています ね。

矢ヶ部氏　崖の中央部は30年前の吹付けのり面、右側が「大間隔吹付け枠工」さらに階段状に造られたボックスに植栽を施した工法、左側は古い吹付をはぎ取って再吹付けを行ったものです。

　宮崎層群の泥岩は硫酸基を発生させ、その強酸性がコンクリート構造物をボロボロにして、老朽化を早める厄介な性質を併せ持っています。どうしたら老朽化を遅らせ、防ぐか。土木研究所をはじめ、ここ20年くらい様々に研究が行われていました。しかも吹付けのり面の背後の泥岩層の風化が進んで、約30年ぐらいでのり面がバラバラに崩れる。現在のところ、標準勾配で切土したら表層を風化にさらさないよう、出来るだけ早く吹付を行い、密閉し、風化の速度を弱めているところです。

――対策工事が行われていても、宮崎層群の特殊性から、なかなか防護できないのが現実ですね。

矢ヶ部氏　宮崎層群の性質、崩壊のメカニズムの解明など難しい問題があり、長い間試行が行われてきました。のり面工事は昭和45年から50年ごろ施工されています。40年以上たっており、当時は地山を切土整形せずに、いきなりコンクリート吹付けが行われています。当然、老朽化しますから、傷んだところを部分的にはぎ取り、再吹付けを行ってきました。それで、パッチワークのようにつぎはぎののり面になってしまった。また、標高100mの崖、中には日南市風田地区のように150mに及ぶ高い崖やのり面もあり、その老朽化部分の剥ぎ取りや吹付工事はより危険が大きくなるなどの問題があります。

　これまでの泥岩の風化速度の調査では、吹付け工を実施していても30年間で厚さ1m程度の風化が起こっている。これを考慮して吹付け工の寿命を50年まで伸ばせるように挿入する鉄筋を設計するなど、風化の時間軸を意識した対策工をすべきだと思っています。

――沿道の景観づくりに努力された宮崎交通の岩切章太郎元社長は「白い壁」は日南海岸にふさわしくないと。

矢ヶ部氏　確かに、国道220号は観光道路でもありますから、コンクリートむき出しののり面吹付では景観を損ないます。緑化修景の努力が求められます。その一方で、安全確保は必ずしなければならない。試験施工ではオオイタビというツル科の植物の導入を検討しました。繁茂すると緑の壁を作るのですが、生育が遅いのが悩みです。安全と景観の両立は難しいが、どこまでも追究しなければなりませんね。



泥岩は風化しやすく細粒化する

――過去、日向灘沖地震が何度も起き、津波にも襲われています。最近は南海トラフのプレート境界型の大地震も想定されています。

矢ヶ部氏　地震と津波が起こった場合、大規模な斜面崩壊を引き起こす危険は大きいと思います。サボテンハーブ園裏の地すべりは台風の波浪によって斜面下の道路が洗掘されたことを起因として大規模化しました。日南海岸には似た様な地形・地質があり、大規模な津波などで斜面先が破壊された場合、地滑りが活発化する可能性が指摘されています。これらの発生メカニズムなどまだまだ研究すべき課題は多くあります。

地震の予知について

はりに曲げる力を加えて徐々に強めれば、曲りが次第に大きくなり、あるところでポキット折れる。一方、軸に沿う力を柱に加え圧縮すれば、当初はさしたる変形もせず、ある段階に至り突然の変形でグシャッとつぶれる。当然、前者は徐々に進む曲がり具合を観察すればいつ折れるか、およその見当がつく。しかし、後者は瞬時の崩壊だから、外観だけでいつ押しつぶされるか予知は難しい。

地震はまさに後者に類し、その予知は極めて難しいといわざるをえない。これまでさまざまな試みがある。しかし、当らない、精度が得られない、後になって前兆を唱えるに過ぎないなどが実際である。はては〝ナマズが暴れれば地震が起こる〟〝地震の前に特異な地震雲が出現する〟などの俗説も流布している。ただ、これらも、地震の前、あるいは地震時に地中の電磁波が放射され、それと関係があるのではとの研究もあり、真偽を含め結論はえられていない。

地震の予知を少しでも根拠あるものにするための科学的アプローチがいくつかある。その一つは、地形の変化や地中のひずみ、岩盤内の応力などを観測し、その状況と推移を追跡し、異常性などの発見によって判断する試みである。しかし、そのために多くの地点の精度ある観測が必要である。また、それらの膨大なデータを集めて分析・解釈する専門知識や組織が求められ、容易でない。

いま一つは、過去の地震記録を集め、その統計分析によって地震の大きさと周期の関係、発生間隔とそのばらつきの度合い、距離減衰などを解析する試みである。しかし、大きな地震の発生は、１００年、１０００年といった長期にわたる中で1度のことが主題であり、そうした期間で繰り返される精度あるデータはえられていない。

あるいは、気候変動等を踏まえると、単に統計上のことが、厳格な意味で自然現象に当てはまるかは疑問との指摘もある。さらに、東日本大震災のように、地域でみれば過去に経験したことがない地震の発生であり、そうしたことを過去の記録から読み取ることは極めて困難である。

これら以外にも、地磁気や電磁波の変化、地下水位の変化、微細な地震の観測から大きな地震を予知する研究がある。

わが国では、活断層による地震発生の可能性が、地形の変化や地中のひずみ、応力の観測体制を整備し、過去の地震と突き合わせて検討されている。その結果が、文部科学省のもとに設置された「地震調査研究推進本部地震調査委員会」から公表されている。

つまり、その一部だが、九州における海溝型地震の発生確率を抜粋すれば表のとおりである。これによれば、特に日向灘でのひとまわり小さい地震（Ｍ７．１前後）の発生確率が大きく、１０年以内で３０～４０％、３０年以内になると７０～８０％との推測である（２０１３年版）。

あるいは、２０１４年版によれば、今後３０年間に震度６弱以上の揺れに見舞われる確率は、総合的に見て長崎市が５％で、福岡、佐賀、熊本市８、鹿児島市１７、宮崎市４４、大分市５４％との予測である。

しかし、これらの予測は、「地震発生の可能性は否定できないが、現在の学問では、地震の規模やその発生日時を予測することはできない」と断ってのことである。加えて、阪神淡路大震災、福岡県西方沖地震、東日本大震災のいずれもが事前に根拠をもって予知できなかったことも事実だ。

あるいは、アメリカのバークフィールド（カリフォルニア州）では、これまで概ね２２年周期でたびたびＭ６程度の地震が発生。そこでアメリカ地質調査所は、１９６６年の次の地震予知を地質調査で試みたが、２００４年のＭ６の地震発生は予測できなかった。

いま一つ。イタリア・アブルッツォ州のラクイラ地震（死者３０９人、２００９年）では、事前に発生した群発地震を観測しながらも防災庁の委員会が大地震の可能性は低いと判断。その発表が被害拡大につながったとし、委員会メンバー７名全員が裁判にかけられた。委員の過失致死が問われ、一審は禁固６年の判決、つづく高裁では、うち６名が無罪とされた。ともあれ予知に関し裁判になったのはこれが世界初めてである。

要するに、地震の予知は我々の暮しや活動に重大な影響がある。予知できずに被る犠牲や損失があり、その一方で、予知に従い避難したものの外れた場合にも休業損失の問題などがある。いずれにしても予知を巡る深刻な課題がある。それだけに突然見舞われることは避けたいとの願いがあり、予知に強く期待している。

しかし、具体になれば、現時点で、どんな内容を、どこまで的確に予知できるか疑問である。精度ある予知は必要だが、現在の学問や技術では応えられず、各々の国で総力を挙げて必死に取り組んでいるにとどまる。（樗木 武）

長期評価における地震発生確率値(海溝型)

地震	長期評価予想の地震規模	地震発生確率 10年以内　30年以内　50年以内	平均発生間隔(年)
安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震	6.7～7.4M	10%程度　40%程度　50%程度	約67
日向灘のプレート間地震	7.6M前後	5%程度　10%程度　20%程度	約200
日向灘のひとまわり小さいプレート間地震	7.1M前後	30～40%　70～80%　80～90%	約20～27
南西諸島周辺の浅発地震	地震特性に関し十分な知見が得られていないなどのことから評価されていない		
九州から南西諸島周辺のやや深発地震			
与那国島周辺の地震	7.8M前後	10%程度　30%程度　40%程度	約100

地震調査研究推進本部の発表（2013/2/1改訂）による

プロジェクト九州

第2節① 芳ノ元トンネルの苦闘

難敵―日南層群

東九州道のトンネル掘削に難題 地すべり、ガス、そしてヒ素 異例のルート変更で工事再開、続行

東九州自動車道で最も難しいと言われる、宮崎県・芳の元トンネル（延長約1・9㎞）の前に立った。このトンネル工事は日南層群と呼ばれる地層に直面し、多発する地滑りのため一年半の工事中断に追い込まれた。地すべり地帯を避けて、新しいトンネルルートを決めようやく工事再開へ動き始めたところだ。

土砂崩れのためしばしば交通規制が行われる日南海岸沿いを走る国道220号の、内陸側西約10㎞。宮崎道・清武ICから南へ、日南市（IC）へ向かって、南那珂山地と鵜戸山地の間を走る東九州道で、住民の長い間の宿願「命の道路」の実現がかなった「延伸」工事だった。だが、最初から「日南層群」という厄介な地層の壁が立ちふさがった。

尋常でない地層

この地層の難しさは尋常ではない。雨にもろく崩れやすい。特に泥岩は湿ったり乾いたりすることによって、極めて短期間に風化する。土砂化による地すべりの多発が最大の問題だが、加えて、メタンガスが発生するし、ヒ素を含む硫化物も存在する。これらを一つ一つ解決しながら、掘り進んでいるのだ。清武―日南間の28㎞の間に12ものトンネル建設を進めているが、芳の元トンネルはその北側から2番目の位置に当たる。

宮崎自動車道・田野ICを降りて、南へ約3㎞、山地に入って行く。工事用道路を登り、芳の元トンネルの工事現場に着いた。振り返ると谷間の向こうに最初に掘削された丸目トンネルが口を開けていた。このトンネルはNEXCO西日本高速が担当、日南層群に悩まされたが、何とか完工している。ここから南へは国交省九州地方整備局の新直轄工事、その最初のトンネル工事がこの芳の元トンネルだ。

ガス排気用の4本のパイプ

ポッカリ空いた坑口に、大きな換気用パイプが4本も設置されている。「坑内のメタンガスを抜くためです」と現場工事監督者は説明した。日南層群はメタンガスを含んでいることで有名だという。プロ野球・福岡ソフトバンクがキャンプを張る球場近く「生目」地区では昭和30年代からガス採掘調査のためのボーリングが行われてきたが、残念ながら事業化には至らなかったと聞いた。

大きな4本のパイプは、坑道の奥へ向かっている。だが、これまでに現地見学した掘削現場に比べると粉塵が多い。マスクをはめた作業者の顔が汚れている。かつて筑豊の炭鉱の採炭現場で、「炭塵」で真っ黒になった顔の坑夫を一瞬思い出した。それほどの粉塵ではないが、ヘルメットは灰をかぶったように見えた。これも「日南層群」の風化しやすい地質からきている。

坑内取材を終えて、坑口に出ると、作業者が布袋に入れた岩石を持ってきてくれた。黒い色で、薄い岩層を持つ塊。「触ってみてください」。手で引っ張ると岩層は簡単に外れた。「切羽で削岩したものですが、激しいスピードで風化してゆくのです」。採掘して1カ月も立つとボロボロに崩れ、やがて砂のように粒状に変化するのだという。



芳ノ元トンネル工事現場

宮崎・日南層群の誕生

「この地層が海の底で堆積したものとは信じられませんでした。しかし、貝の化石が出てくると納得せざるを得ないですね」と猪八重トンネルを担当する黒木敏郎建設監督官（宮崎河川国道事務所）。宮崎層群は、約800万年から150万年前、日本列島の太平洋側（西南日本外帯）の海の底に堆積した「海成層」で、宮崎市北から南へ日南市、南郷町へと海岸沿いに約90㎞続いている。その中には貝類や有孔虫、ウニ、サンゴ類の化石がしばしば発見されている。

宮崎層群は青島の「鬼の洗濯板」



芳ノ元トンネル坑口―換気装置が並ぶ

のように砂岩と泥岩の互層だが、その層の厚さは場所によって、様々に変化する。青島から約３㎞南の堀切トンネル（国道２２０号、長さ１４８９ｍ）は砂岩と泥岩の互層で堅い砂岩に泥岩がはさまれており、掘削中、切羽での天井からの抜け落ちなどが見られたが、全体としては安定しており、平成20年には完成。「比較的問題なく掘削できた」と現在、芳の元トンネルの施工を行っている蔭山正美さん（間組・現地代理人）は振り返る。

同じ地域なのに、芳の元トンネルは、宮崎層群に隣接する日南層群の、主に泥岩層に行く手を阻まれた。日南海岸沿いに宮崎層群は分布するが、日南層群はその内陸側に広がる。堀切トンネルは宮崎層群、芳の元トンネルは日南層群。蔭山さんは60歳、芳の元トンネルが現役最後の挑戦、その相手が難敵となった。

芳の元トンネル周辺の日南層群は海底で堆積していた時に急斜面で発生した地すべり（海底地すべり、約３２００万年前）の激しい力で宮崎層群のような整然とした互層が「もまれた」ため崩れ、乱泥流となって乱雑（混在）層になったとみられる。海洋プレートに堆積した日南層群は、海洋プレートが、大陸プレートに潜り込むとき、九州本島に「付加体」として押し付けられる形で、隆起して山地を形成したものとされる。岩質は軟らかく、大小の砂岩ブロックを含んだ厚い泥岩層で、極めて風化しやすい。このため、一帯は地すべり、あるいは深層崩壊が多発する地帯となってしまった。芳の元トンネルを掘削する地山の地表に造られたミカン畑や道路には、しばしば割れ目が出来、地盤が滑り「移動」していることを現している。芳の元トンネル付近の地層図と地すべりした位置図を見ると、西に向かって無数に巻石を置いたように「すべり跡」がマークされている。



掘削された岩石は風化してゆく

「異常続発」工事中止に

この厄介な日南層群を通過するのは、北から丸目、芳の元、九平、椿山、北河内の５トンネルと最長の猪八重トンネルの北側半分である。猪八重トンネルは（４８５８ｍ）は南北両側から掘進している。南側は宮崎層群で「比較的順調に掘削は進んでいる」（黒木監督官）が北側は日南層群で苦闘を重ね、ようやく平成25年春に貫通している。

当然、トンネルの掘削ルートは、こうした地すべりの影響を避けるか、あるいは十分な対策工が検討されて設定されなければならない。芳の元トンネルでも「地すべり検討委員会」（奥園誠之委員長・九州産業大学教授）で平成13年から約四年間にわたって、ボーリング調査、試験切土、対策工（アンカー工）の検討が幾度も行われたものの、トンネル本体に影響が出るような大規模な地滑りは想定できずにルートが決定、設計された。

平成20年（２００８）４月掘削開始。掘進して約３２１ｍ地点で、切羽面が剥げ落ちたり、２ｍもあろうかと思われる大石が崩落、掘削現場を支える鋼製のアーチ支保工が大きく曲がるなど「異常が続発」、約１年後の翌年（２００９）６月22日、工事中止に追い込まれた。

切羽の崩れやトンネルの地上の市道、ミカン畑に地すべりの兆候と思われるひび割れが発生しているのが見つかり、このほか、メタンガスの発生、掘削土含まれているヒ素対策など難問が文字通り山積。「トンネルの位置取りの難しさは十分認識して調査していたが、やはり地中の工事はやって見なければ分からないことが多すぎる」と、初期の掘削に当たった技術者は唇をかんだ。

地すべり土が地山全体に

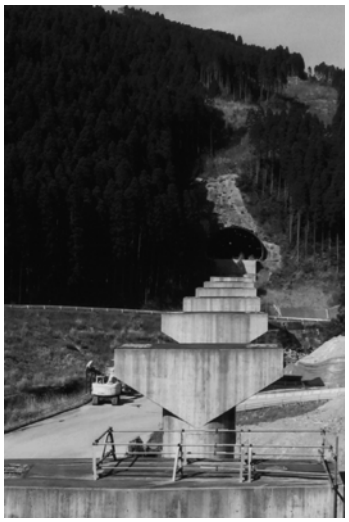
工事再開を目指して「芳の元施工検討委員会」（横田漠委員長・宮崎大学教授）で再検討が始まったのは平成22年11月。地質調査もやり直され、芳の元トンネルの周辺には13カ所も地すべりの可能性が高い地点があり、規模も大きいことが確認された。ボーリング調査によって、地表から最大で約90ｍ地下まで分厚い、地滑りの原因となる脆弱な日南層群の混在層（砂岩頁岩の地すべり）が地山全体に存在することが確認された。

地すべりが起こりやすい梅雨期にその13カ所について調べたところ、11カ所で地滑りの動きが見られた。

現時点では比較的浅い地すべりだが将来的には、深さ60ｍでの深層地すべりが起こる可能性が指摘された。

このまま掘り進めれば、さらに地すべりを引き起こす可能性があり、トンネルの線形（ルート）変更を行うことになった。それまでのトンネル線形は地すべり面から約５ｍ離れた位置だったものを、最大で約１００ｍ引き離し、トンネルの形をより強固な円形に近づけ、底面にはインバート工を行い強化することになった。

また施工方法についても変更が行われた。切羽の崩れを抑えるため天井の地山をロックボルトで補強していたが、押し出されており、これをやめて、長いパイプを差し込み（注入長尺ＧＦＲＰ管先受工）安定させ、切羽面（鏡）にもパイプ管を差し込み（長尺ＧＦＲＰ管鏡ボルト）で崩れを抑え、コンクリートの吹付を30㎝厚さまで増加、同時に、底部インバートでトンネルの底部を早期に固め閉合することによってトンネル自体の強化を図り、この難所を乗り切ることになった。地すべりは降雨によって浸み込んだ地下水が引き起こす。このため本坑の横に排水トンネルを造り、水抜きトンネルも作られている。



日南ICに向けて工事は進む

九平、椿山トンネルも

平成25年１月、宮崎河川国道事務所は清武ー北郷（19㎞）での地すべり対策などのため、当初予算の約1・7倍、１２９８億円となる見通しを発表した。

芳の元トンネルに続くトンネルは８本あり、九平トンネル（４２２ｍ）、椿山トンネル（１０９８ｍ）も日南層群を抜けることになっており、芳の元トンネルと同じような切羽の抜け落ちなどが予想されるため、芳の元トンネル同様の地質調査、地滑り状況の観測、施工方法を取ることになった。

この二つのトンネルを通ると北河内トンネル、次いで５㎞近い長大トンネル・猪八重トンネルに入る。工事が進んでいる同トンネルの南側坑口から見学することになった。トンネル断面は１２０㎡と通常より大きく造られ、すぐそばに避難坑が建設されている。

清武南ＩＣ―北郷ＩＣ間19㎞には山を抜け、谷を渡る12のトンネルと13の橋梁が建設され、全体の70％が構造物となる。芳の元トンネルでの日南層群での地すべり、地割れなどへの対策で事業費が当初より約５６２億円膨らんだ。

こうした難所を通過して到着する北郷ＩＣは、日南市を流れる広瀬川の上流で、さらに最上流には猪八重自然公園などもあり、渓谷美で知られている。谷川が宮崎層群特有の互層の上を流れ下るため、渓流が階段状の大小無数の滝を流れ落ち、その白い水が息をのむほど美しい。人里離れたこの渓谷にも、東九州道が北郷ＩＣまで延伸すれば、大勢の観光客を迎えることになるだろう。

また、土砂崩れなどによってしばしば通行規制が行われる国道２２０号だけに頼っていた日南市など宮崎南部地域にとって、社会、経済的にも大きな効果を生み出す。「トンネルから抜けて、行く手に大きな光明が見えてくるような心境です」（日南青年会議所）と、長年、東九州道の延伸運動を続けてきた人々は期待を寄せる。その日は近づいている。

ヒ素汚染

ヒ素汚染で大きな問題になった宮崎県・土呂久鉱害がある。高千穂町土呂久の鉱山が採掘した亜ヒ酸鉱を焼き、亜ヒ酸製造を１９２０年から62年まで行っていた。その時の煙や排水が周辺住民の健康を蝕んでいたことが分かり社会問題になった。ヒ素中毒は皮膚の色素沈着や内臓をおかし、がん発症の原因となる。73年に公害病認定、認定患者は１９０人に上る。

現在のヒ素汚染では、自然に存在するものと工場排水や農薬など人為的なものによるものとがある。自然的要因としては、ヒ素を含んだ温泉や地熱水の存在やヒ素が沈着した滞水層、そこから流れ出た地下水から発見されることが多い。その場合、温泉水の水質調査や周辺の地下水など広範囲にわたる調査が必要になる。また帯水層へのボーリング調査によって地質構成と滞水層ごとの綿密な調査になる。１９９４年２月、大川市の地下水からヒ素が検出され大がかりな調査が行われた事例がある。また、戦争中の日本軍の毒ガス製造や敗戦時の処分などによって、環境汚染の原因となっている。

土呂久鉱害をきっかけにその教訓を生かすため「アジア砒素（ひそ）ネットワーク」（代表・横田漠宮崎大学名誉教授）がバングラデシュに治療と活動拠点を置いている。ガンジス川流域には自然界のヒ素を含んだ土壌があり、汚染水を暮らしに使ってきた住民が中毒やガンを発症している。

第2節②
インタビュー
瀬崎満広宮崎大准教授
日南層群と芳ノ元トンネル

――東九州自動車道の宮崎から日南に抜けるルートの芳の元トンネルなどで難工事が続いています。日南層群の難しさからくるものですが、工事中断に追い込まれたり、トンネルルートの変更などが行われています。工事前の調査では想定できなかったのでしょうか。

瀬崎氏　約20年前、最初の計画に携わった人たちの話を聞くと、様々な条件から、このルートを通らざるを得なかったと聞いています。有名な地滑り地帯ではあったのですが、当時は日南層群について必ずしもはっきりその性格が分かっていなかった。宮崎県が同じ日南層群を掘った「都井トンネル」でも事業費は当初計画より30―50％増の難工事でした。しかも、東九州道のルートは宮崎層群と日南層群が重なっているところで、一層複雑になっている。調査不十分と言うより、この地層の複雑さ、未知の部分が多かったと思います。

「シラス」以上に難しい掘削

――宮崎層群が多い日南海岸でも国道220号が土砂災害が頻発、寸断されてきました。日南層群との大きな違いはどこにあるのでしょう。

瀬崎氏　宮崎層群は日南海岸を走って見ると良く分かりますが、砂岩の堅い層と軟らかい泥岩層が重なっていますが、日南層群は第3紀後半の堆積層で「海底地すべり堆積物」といわれ、もまれ、破砕帯や風化していたりで、実にくずれやすい地層で、「もろい土砂のような地層」なのです。成層はほとんどなく、複雑極まりない。このためトンネル工事では掘削に伴って地すべりを誘発したり、切羽の崩壊、天端の崩落など様々なトラブルが起こっている。

――それにしても、事前の調査では分らなかったのでしょうか。

瀬崎氏　日南層群のように複雑で、連続性もなく、均質でない地盤の性質を事前に、全て調査したり試験を行ったりすることは不可能でしょう。膨大な費用も掛かる。たとえ、詳しくボーリングコアの調査を行って見てみても実際にトンネル工事を行うことによる地盤の動きを十分に予測できないし、予測したとしても、予測通りに地盤が動くことはほとんどない。ですから、工事をやりながら、その挙動に応じた設計の修正をせざるを得ないのです。土木工事、特にトンネル工事の宿命といえましょう。芳の元トンネルでは78カ所のボーリング調査をやって、取り出した地質を調べています。これほど多数行ったトンネル工事はないでしょう。

――それにしても掘り出された岩石が見る間に、砂のように脆くなっていくのには驚きました。

瀬崎氏　日南層群の破砕帯は、砂岩や頁岩から構成されているものが多いのですが、岩石が粒状になってゆく細粒化（スレーキング）が極めて早い。すぐ、土砂化するのは、地山の中に存在する（密封）ものが空気や水に触れるためです。例えば、宮崎道の田野付近では、道路両側の盛土、切り土ののり面では20度以上の傾斜面は造れていない。容易に、崩れて、傾斜を維持できないのです。



芳ノ元トンネル―排気パイプが坑口からのぞく



瀬崎 満広 氏

（せざきみつひろ）　**プロフィール**

昭和28年10月30日生まれ。鹿児島県出身。宮崎大学工学部卒業。同大学で宮崎層群、日南層群をはじめとする土質調査、研究を40年近く続け、そこでの道路、トンネルなど土木工事での技術検討委員会に参画、アドバイスを行っている。

それほど日南層群は脆弱な地質を含んでいるのです。日南層群の風化・破砕帯は岩盤というより土砂的であり、芳の元トンネルなども「土砂トンネル」と考えた方がよいのです。

――鹿児島の武岡トンネルなどシラス土壌と同じに考えていいのでしょうか。

瀬崎氏　シラス土壌の場合、坑口付近や土かぶりの薄いところ、二次シラス、地下水などを除けば、トンネルは比較的掘りやすいと言えますが、日南層群はシラス以上に難しい。しかも、高速道路のトンネルは通常より断面が大きい。日南層群でこれほど大きなトンネル工事はこれまで経験がなかった。天端が30―40㎝沈下すると、地盤の支持力がないため、底部もそれだけ沈下するといった大きな変形を生じています。

――それにしても脆弱さに加え、メタンガスが発生したり、ヒ素が岩石に含まれていたりで、悪戦苦闘の連続ですね。

瀬崎氏　通常、1日7―8m掘進できるのに、芳の元トンネルは1m程度しか進まない。それだけ事業費もかさむ。ようやく、地滑り面からルートを引き離して建設を再開できました。当初、高速道路のため横長の扁平なトンネル断面だったのを、円形にして、さらに底部にはインバートで沈下を抑えながら工事が進められています。

メタンガスの発生はすでに佐土原などではガス採掘が行われているほどです。（トンネル内工事現場の）換気が充分であれば安全です。ヒ素も岩石に含まれているものの、岩石自体が有毒ではありません。宮崎県ではもともと多く見られます。

トンネル工事は地下の構造物建設ですから、どういう事態に直面するか分かりませんが、日南層群の知識、調査、試験、そして工法についても、ようやく問題点が分かり、その状況に適応した対応をして行く所まで来たと言うべきでしょう。苦労はしていますが、ヒ素については東南アジアで宮崎の研究成果が生かされていますし、「土砂トンネル」については、これから都市部での地下工事にその経験が役に立つでしょう。



日南層群はもろい岩質
（芳ノ元トンネル近くで）

巨大な天然ダム、10か所で崩壊が同時発生

鰐塚山周辺の大規模崩壊

宮崎県南部を覆う、脆弱地盤の代表格・日南層群の大規模な「地すべり型崩壊」（深層崩壊）が平成17年9月6日、鰐塚山（標高1181m、宮崎市）山腹周辺で発生した。同市では最も高い山、その名も海彦山彦の神話に由来するともいう。山頂には宮崎各局のTV塔が立っている。

南九州を襲った台風14号で、鰐塚山では、3日から降り始めた大雨は6日までに1000㎜を越えた。この長雨のため鰐塚山北側では深層崩壊、土石流、地すべり的崩壊によって1万㎡を超える斜面10カ所が崩れ、総土石量560万㎥を超えたといわれる。山腹が崩れ、3つの渓流から流れ出た土石は、合流点の「わにづか渓谷いこいの広場」に達した。災害の後、宮崎自動車道・田野ICから県道343号をさかのぼって行くと、広場は厚く土砂に埋もれ、トイレなど各種施設は壊滅状態になっていた。広場から上流・清滝川の支流別府田野川には推定63万㎥の土石が流れ込み、河道を5m以上埋めてしまい、植林されていた杉、ヒノキなどの残骸が大石に混ざって無数に残っていた。

また、この山の南側（北郷町）でもさらに大きな土砂崩壊が発生した。6万㎡もの斜面崩壊で、流れ下った土砂は広瀬川の河道を埋め、天然ダム（堰止湖）を造った。広瀬ダムの上流に当たり、河道は一面、崩れ落ちた土砂と樹木で埋まってしまった。

台風14号による宮崎県下の土砂災害は139カ所に及んだ。鰐塚山は、最大の土砂災害だったが、幸い人的被害はなかった（台風14号関連の死者は11人）ものの、深層崩壊が引き起こす災害規模の大きさは、人々を恐れさせた。

日南層群は新生代第3紀の地層、砂岩と頁岩の互層で、極めて複雑な構造を持っている。清滝川、広瀬川の上流は共に30度もの急傾斜面を持ち、砂岩層には割れ目が多く見られ、その下部は崩れやすく粘土化する泥層、互層となっている。風化も激しく、それまでも大規模な土砂崩壊、それも深層崩壊が続いてきたと推定されている。

難所克服の道路トンネル

道路トンネルとは

山国川の中流右岸にそそり立つ競秀峰（きょうしゅうほう）の断崖絶壁。そこに作られた鎖渡しの桟道（さんどう）で、多くの人の命が失われた。この惨事を見かねた禅海和尚は、３０年の歳月をかけてノミで穴を穿ち、トンネルを掘った。全長３４２ｍ、うちトンネル区間１４４ｍで、「青の洞門」と呼ばれている。いまから約２５０年前、１７６３年のことだ。九州はもとより、わが国でみても道路トンネルの草分けであり、現地の看板によれば有料道路の元祖とのことだ。

さて、わが国ではトンネルを**隧道**（ずいどう）とも呼ぶが、戦後になり、**トンネル**が正式名となった。このトンネルについて、ＯＥＣＤトンネル会議では、「計画された位置に、所定の断面で設けられた地下構造物で、仕上がり断面積２㎡以上をトンネルという」と定めた。むろんこれは、鉄道、水路、水道、通信などを合わせてのことである。

当然ながら、道路トンネルはその一部であり、交通の難所を克服し、人や車が往来するために建設される地中の交通路のことである。その延長や断面形状、線形はさまざまだが、断面については馬蹄形、円形、長方形が主である。安全な交通のための空間（建築限界）を確保するとの観点で形状や内空の幅、高さが定まる。また、軸方向については、地形を考慮し、人や車の交通を円滑にするために、水平・上り・下りの勾配や直線・曲線による立体形状が定められ、見通しが良いことが大切である。

道路トンネルの施工法

道路トンネルの施工では２つのことが重要である。一つは、硬軟さまざまな性質の地盤や岩盤（これらを**地山**という）をどのように掘削するかである。いま一つは、掘削時および掘削後にトンネルをどう安定させるかである。「山の緩みは気の緩み」。掘削十訓ではないが、慎重な準備と工夫が求められる。

ところで、掘削時に地山を一時的に支える仮設の構造物による仕組みを**支保工**と呼ぶ。

また、恒久的に地山の崩落を防ぐため、トンネル内側に、ある厚さでコンクリートなどを巻き立てるが、これを**覆工**または**ライニング**という。

当然ながら、地山の地質や湧水状況に応じ、掘削法、支保工、覆工は相互に関係し、その組み合わせによる施工上のさまざまな工夫がある。その中で、これまで提案された主なものは、在来工法、ＮＡＴＭ、シールド工法および開削工法である。

在来工法は、まず地山をダイナマイトで爆破する。あるいは、削岩機で掘削する。そして、その直後に鋼アーチ支保工を建て込んで支え、壁面に矢板（木板または鋼矢板）等をあてがい、セントル（型枠）を設置してコンクリートを流し込み巻きたてる工法である。矢板工法とも呼ばれ、断面を一度に掘削する場合（全断面工法）もあるが、地山が悪いときはいくつかに分割して細切れに掘削することとなる。あるいは、小さなパイロットトンネル（先進導坑）を掘り、これを切り拡げる工夫もある。

２つ目の**ＮＡＴＭ**は、オーストリアで開発された工法であり、New Austrian Tunneling Method の頭文字を連ねた略称である。在来工法と同様に爆破やトンネルボーリングマシーン、油圧ショベルなどで地山を掘削する。その後、直ちに吹付けコンクリートで掘削断面を固め、ロックボルトを地山内に挿入し、あたかも地盤を縫い付けるようにして山の自立能力を引き出す工夫を行うものである（図１中）。なお、地山の状況が悪く、吹付けコンクリートだけで抑えきれない場合は、鋼アーチ支保工等を追加する。これらで地山を仮押えし、覆工をまき立てることもある。

要するに、ＮＡＴＭは、山がもつ自立能力を生かす点で合理的である。また、施工上の汎用性があり、多様な地質に応用ができ、大断面で一気に施工することも可能である。加えて、覆工を薄くでき、経済的に施工できるなどの利点がある。したがって、１９８０年代のわが国への導入以来、ＮＡＴＭは在来工法に代わり広く活用されるに至った。

ただ、本法も万能でない。湧水が多

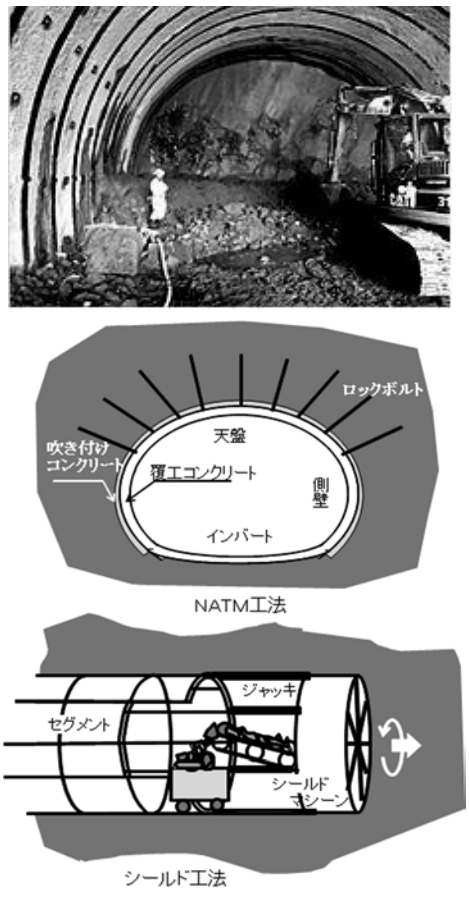


図　トンネルの切羽と主な施工法

いと吹付けコンクリートが固まる前にロックボルトの接着剤が流出し、うまくいかないことがある。あるいは地質状態が悪い山（破砕されている地山、膨張性の地山等）にはロックボルトが十分に効かないなどがある。このため、鋼アーチによる地山の補強、天盤部や掘削最前線の地山（**切羽**または**切端**という。図中上段の写真参照）内にパイプを打ち込む工夫、止水や水抜きなどの補助工が併用されることがある。

シールド工法は、土砂層などの軟弱な地盤、未固結な地盤を施工するために開発された工法であるが、むろん硬い岩盤でもボーリングマシンなどと併用して用いることができる。完成した覆工で反力を取りながら、鋼製筒を掘削方向へとジャッキで押し込む(図1下)。その後に、土砂をかき出し、セグメント（組み立てれば円筒状の覆工になるように分割されたブロックの1つ1つ）を組みたてて、つぎの段階へと掘り進むこととなる。

いま一つは**開削工法**である。これは、地表から地盤を溝状に掘り、そこに箱状のトンネル構造物を構築して埋め戻す施工法である。オープンカット工法とも呼ばれ、地表から浅い位置の土砂層トンネルの施工に適している。

以上の他にも、水底トンネル建設のための沈埋工法、地下水の湧出を抑える圧気工法などがある。

九州における道路トンネル

(1)九州全体のトンネル概況

九州における現代の道路は、その多くが戦後に整備された。その際、急峻な地形であることから数多くのトンネルが建設され、それらを道路統計年報から、道路の種類別、規模別、県別に区分し、拾い出せば表1のとおりである。

集計すると、２０１５年４月現在の九州全体におけるトンネルのストックは１５８４か所である。このうち、高速道路では９６か所、一般国道５２８、県道４２４、市町村道等５３６か所である。

これらのほとんどは戦後７０年の間に建設されたものであり、毎年２０本程度が完工した計算となる。

その中で、高速道路トンネルは、１９７０年代から９０年代の３０年間に多くが集中している。特に８０年代がピークで、半数近くが集中的に建設されている。これはトンネルが多い九州自動車道や宮崎自動車道、長崎・大分自動車道などの建設が並行したことによる。

一方、国道は１９６０年代から今日まで建設が続き、比較的なだらかな推移だが、これらはバイパス整備に伴う建設である。また、県道および市町村道等は、国道より一層早い１９５０年代からのスタートである。

ところで、道路の種別および県別に拾い出せば表上段に示すとおりである。トンネル総延長は約５３万kmである。その中で高速道路のトンネル延長が１８%、国道トンネルが４５%を占めている。

あるいは、高速道路の総延長９．６万kmに占めるトンネル延長の割合は９．７%。大半は１００m以上３０００m以内だが、３０００mを超えるものが3か所ある。また平均すれば、1か所のトンネル延長は約1kmとなり、高速道路約１０kmを走行するごとに一か所の割合でそうした長いトンネルに遭遇する勘定となる。

一方、国道は、延長１００～５００m未満のものが最も多く、全体の半数以上を占める。あるいは一か所を除けばすべてが３０００m未満であり、一か所の平均延長は４５３mと高速道路の約半分である。

県道は、トンネル箇所の総延長はわずかで、全延長の1%にも満たない。また、大半は５００m未満の短いトンネルで、1か所の平均延長は２７０m、国道のさらに半分近い値である。

市町村も同様で、２４６kmに一か所の計算となる。短いトンネルが多く、平均延長は１４５m／箇所で、国道の約1／3に過ぎない。

つまり、幹線道から非幹線道になるに従いトンネルの存在はまばらとなり、平均延長も半分、さらに半分と短くなる。これは地質的関係に加えて、身近な道である程建物へのアクセスが求められ、トンネルを避け、勾配や曲線などが地形に応じてその線形が定められることによるものである。

(2)都道府県等における状況

表1の下半は各県および政令市における道路トンネルの分散状況である。政令市では、北九州市の４８か所

表1　九州における道路トンネルの状況(平成25年4月現在)

トンネル長	100m未満		100～500未満		500～1000未満		1000～3000未満		3000m以上		合計		平均長
	箇所	延長m	箇所	延長m	箇所	延長m	箇所	延長m	箇所	延長m	箇所	延長m	延長m
高速道	2	168	40	11141	23	16686	28	51525	3	16202	96	95722	997
一般国道	95	6419	288	74027	86	61293	58	93360	1	3945	528	239044	453
県道	133	6798	236	55736	37	24466	17	24089	1	3308	424	114397	270
市町村道	289	14133	230	50942	15	10194	2	2346			536	77615	145
道路合計	519	27518	794	191846	161	112639	105	171320	5	23455	1584	526778	333
福岡県	30	1487	23	6372	5	3400	5	8424			63	19683	312
佐賀県	7	406	24	6002	9	5908	5	8218			45	20534	456
長崎県	22	1312	130	32391	25	18156	17	30829			194	82688	426
熊本県	100	4942	135	32262	23	16318	12	21314	2	12605	272	87441	321
大分県	250	13406	247	54818	37	25403	28	44344			562	137971	246
宮崎県	63	3213	107	28462	35	24830	17	25968			222	82473	372
鹿児島	40	2312	91	21650	17	11423	18	27414	2	7253	168	70052	417
北九州	7	440	29	7914	8	5564	3	4809	1	3597	48	22324	465
福岡市			4	806	2	1637					6	2443	407
熊本市			4	1169							4	1169	292

が目立つ。これは山で分割された都市の地形条件に基づいていることはいうまでもない。

各県等の状況は、トンネルの箇所数および延長から見て大分県が群を抜いて多く、５６２か所を数える。ついで熊本の２７２か所である。

これらを道路延長１００㎞当りの密度でみれば、大分県は３．１か所で最も大きい。つまり、１０㎞走行するうちに平均３つ以上のトンネルに遭遇する計算である。逆に、福岡県０．２、佐賀０．４、鹿児島県０．６か所であり、これらの県ではたまにトンネルに出会う程度といえる。

あるいは、熊本、鹿児島の両県および北九州市を除けば、３０００ｍを超える超長大なトンネルはなく、いずれも３０００ｍ未満である。とくに大分県は５００ｍ未満が多く、箇所数で全体の８８％、延長で５１％を占め、小さなトンネルが大半を占めることが理解できる。

因みに、最長のトンネルは高速道路の肥後トンネル６３４０ｍである。最短は宮崎県日之影町の町道・矢筈第一トンネルの４ｍで、１０歩にも満たない長さである。

主なトンネルの整備状況

国道２号の関門道路トンネルを除けば、２０１５年現在で延長２０００ｍ超の長大トンネルは、九州内に３６か所ある(表2)。そのうち２１か所が高速道路のトンネルであり、一般国道１１、県道2、その他2である。

ところで、福智山、金剛山トンネルは、福岡県下で最も長大であり、両者ともに九州自動車道の北九州市域の区間にある。小倉南ＩＣから福岡市方向に走ると、３５９０ｍの福知山トンネルがあり、それを抜けるとわずか１００ｍ足らずの明かり区間を瞬時に通過して２２００ｍの金剛山トンネルに突入する。したがって、５㎞強にわたりトンネルが続く状態であるとみてよい。

周知のように、日本坂トンネルの火災事故を機に５㎞以上のトンネル入り口に信号機がつけられるようになった。その際、事故を教訓にして、九州では、肥後、加久藤トンネルと同様に、福智山、金剛山トンネルを合わせて５㎞以上の扱いとし、トンネル入口に信号機が設置されている。

高速道路以外の道路で、最長は久七トンネルである。国道２６７号の旧道で、熊本県と鹿児島県の県境にある久七峠の区間は、道幅が狭く、急カーブ、急勾配であった。また、夏は土砂崩れ、冬は路面凍結でしばしば交通規制が行われた。こうしたことから、バイパスとして久七峠の地下を貫くトンネルが整備された。それが九州における無料区間最長の久七トンネル３９４５ｍであり、２００４年に供用が始まった。

表２　長さ約2000mを超える長大トンネル

名　称	路線名	車線数	延長	竣工年	所在地
肥後T	九州自動車道	下り2	6340	1989	球磨郡山江村
肥後T	九州自動車道	上り2	6330	1999	球磨郡山江村
加久籐T	九州自動車道	下り2	6255	1995	人吉市～えびの市
加久籐T	九州自動車道	上り2	6260	2004	人吉市～えびの市
久七T	国道267	上下2	3945	2004	伊佐市
福智山T	九州自動車道	上り2	3597	1986	小倉南区～八幡西区
福智山T	九州自動車道	下り2	3590	1986	小倉南区～八幡西区
国見T	県道玉神之川内之浦線	上下2	3300	2002	肝付町
臼津T	東九州自動車道	暫定2	2990	2001	臼杵市～津久見市
オランダ坂	国道324	上り2，下り2	2923	2004	長崎市
新佐敷T	南九州西回り	暫定2	2919	2010	田浦～芦北
冷水T	国道200	上下2	2894	1987	筑紫野市～飯塚市
野々河内T	東九州自動車道	暫定2	2819	2015	佐伯～蒲江
葛原T	東九州自動車道	暫定2	2778	2012	佐伯市蒲江
国見T	国道265	上下2	2777	1996	五ヶ瀬町～椎葉村
俵坂T	長崎自動車道	上り2	2656	1997	東彼杵町
俵坂T	長崎自動車道	下り2	2610	1989	東彼杵町
高尾野T	国道504	上下2	2605	2003	出水市
尺間山T	東九州自動車道	暫定2	2593	2008	津久見市～佐伯市
西山T	国道34	上下2	2466	1991	長崎市
中山T	ふるさと林道中山・夜狩内線	上下2	2452	2003	椎葉村
新和瀬T	国道58	上下2	2435	2001	奄美市
三瀬T	国道263	上下2	2407	1986	早良区～佐賀市
代太郎T	大分自動車道	上り2	2311	1994	玖珠郡玖珠町
代太郎T	大分自動車道	下り2	2300	1999	玖珠郡玖珠町
九六位T	東九州自動車道	暫定2	2290	2001	大分市～臼杵市
金剛山T	九州自動車道	上り2	2200	1986	八幡西区
金剛山T	九州自動車道	下り2	2177	1986	八幡西区
赤松T	国道3(南九州西回り)	上下2	2140	2005	八代市
新津T	東九州自動車道	暫定2	2074	2015	苅田町～行橋市
俵山T	主要道熊本高森線	上下2	2057	2002	西原村～南阿蘇村
不動山T	長崎自動車道	上り2	2046	1997	嬉野市
鳴鼓T	長崎漁港臨港道路畝刈時津線	上下2	2046	1986	長崎市～時津町
八丁山T	九州自動車道	下り2	2026	1988	八代市
三太郎T	国道58	上下2	2025	1989	奄美市
不動山T	長崎自動車道	下り2	2006	1990	嬉野市

県道で、最も長いものは３３００ｍの国見トンネルである。肝付（きもつき）町の高山と内之浦を結ぶ。１９９６年に、国土交通省の〝交流ふれあいトンネル・橋梁整備事業〟に選定され、翌年着工、２００２年に開通した。これにより鹿屋市と内之浦町間の交通が９㎞、２５分短縮され、大隅半島の観光や地域間交流に寄与している。

通常の市町村道は、長いトンネルでもせいぜい１㎞だが、農道や林道に長大なものが含まれている。宮崎県椎葉村のふるさと林道（柏原中山林道）における中山トンネルの２４５２ｍ、長崎県の漁港臨港道路畝刈時津線における鳴鼓（なづみ）トンネルの２０４６ｍ、広域農道で大分県中津市の深耶馬渓トンネルの１５２９ｍがある。これらは、交通というよりも、それぞれの産業振興のための道路として建設されたことはいうまでもない。（樗木　武）

プロジェクト九州

第3節① 二人の先駆者

大地に絵を描く

景観づくり―全国に先駆けた沿道修景条例
土木行政と観光を融合―ロードパークの道拓く
宮崎で「日本の新モデルつくり」に挑戦

「大地に絵を描く」。岩切章太郎（1893―1985）の終生変わらぬ仕事と志であった。日南海岸を南国情緒あふれる風景に変え、そこを走る国道220号を「パークロード」とする事業に生涯をかけた。33歳でバス会社・宮崎交通を興し、女性バスガイドの案内で、定期遊覧バスを走らせ、宮崎を「新婚旅行のメッカ」と呼ばれる観光王国に育て上げた。

それを政治・行政的に支えたのが黒木博同県知事。土木部観光課を設置、全国に先駆けて「沿道修景美化条例」を制定して、美しい県土づくりの先頭に立った。国道220号、同10号の改築に当たっては、建設省（国）との間で、宮崎県や宮崎交通などとの協議を行うことを求めた「協定」を交わし、国、地方自治体、民間の3者による道路づくり、維持管理など推進体制を作る。その後の景観緑3法の制定、全国の自治体が景観条例を作るきっかけとなった。現在の日本風景街道、道守九州会議など「新しい公」の原型ともなって、二人の挑戦と哲学・信条は引き継がれている。

岩切章太郎の挑戦

岩切は宮崎の呉服商の長男として生まれ一高、東京帝国大学（政治学科）を卒業、自ら求めた3年契約で住友総本店に入社、郷土・宮崎に帰郷して、後の宮崎交通となるバス会社を、バス4台で興した（大正15年）。東京帝大の同期生に岸信介元首相などがいたが、故郷に帰る動機を問われ、「世の中は中央で働く者と地方で働く者とがあるが、私はあくまで地方で働く方で終始しようと思う」と答えている。

その宮崎で「何か日本のため新しいモデルになるようなもの、新しい試みをして役立つようなものを造り上げてみたい」という志が、若い岩切を駆り立てていた。

日本のための新モデルは「大地に絵を描く」こと。自然を守り、美しい景観を造り出す努力を重ね、美しい郷土・宮崎に人々を招き、観光事業を発展させるという志を実現するため、一歩一歩進んでいった。創業した宮崎交通で全国に先駆けて、定期遊覧バスをスタートさせ（昭和6年）、亜熱帯植物が茂る青島―太平洋を一望する堀切峠―鵜戸神社をむすぶ日南海岸を女性バスガイドが案内する。沿道にフェニックスや花木を植え、南国情緒を演出、社内に沿道修景専門部署を置いて維持管理に当たらせた。自然景観を守るだけでなく、サボテンハーブ園や「こどものくに」を造り、「ちょっと寄り道」の休憩とサービス。宮崎には新婚カップルが鵜戸神宮に参詣、新婚旅行とする古くからの風習があり、帰りには飾り立てた馬に花嫁を乗せ、花婿が手綱を引く。また、馬が喜びを表すように足を踏み鳴らすシャンシャン馬にヒントを得て、宮崎・日南海岸を新婚旅行のメッカとして売り出した。



岩切章太郎像（宮崎市役所前）

南仏の海岸道路に感動

沿道景観の楽しみは、南フランスの旅で知った。地中海沿いの南仏・コートダジュールの海岸道路に咲き乱れる花々。ミノザ祭りなど、美しい風景の中で、パレード―人々の心を華やがせる数々のイベント。岩切は「それを、宮崎で再現したいと思った」と後に、述べている。

それまで宮崎県への県外観光客160万人台だったものが、昭和40年代に入ると急速に増え、同49年には520万人を記録した。しかし、新婚旅行が海外に移ったこともあって、これをピークに新婚旅行客の減少が始まった。公園開発とルート観光を2本柱とする岩切の観光モデルが限界を見せ始めたのである。その後、観光事業の主力は、大型リゾート開発に向かって行く。

しかし「美しい風景は、美しい人を育てる」という岩切理念は、多くの人々に受け継がれ、日南海岸、国道220号沿線の植栽や手入れは今も続けられ、宮崎の魅力を高めている。

平成23年、岩切章太郎生誕１２０年を迎え、宮崎市内・橘公園で青い制服姿の女性バスガイドが並ぶ中、式典が行われ、岩切の業績をたたえた。

もう一人の主役・黒木知事

岩切と共に、宮崎を一大観光地に育て上げた先駆者に、県知事を20年間（１９５９―１９７９）務めた黒木博がいる。岩切と黒木は、民と官のトップリーダーとして、宮崎観光を引っ張る２連の機関車になった。黒木は知事として「太陽と緑の国づくり」を掲げ、県庁内に「土木部観光課」を立ち上げた。通常、土木工事は、自然を破壊するという懸念を持って見られるが、道路、橋づくりなど土木事業は、自然景観の保全、植栽などの修景事業、その維持管理といったソフト施策と一体となって推進しなければならないというのが黒木哲学だった。「知事は日南海岸とえびの高原に力を入れられており、当時、観光予算が乏しく、公共事業の中で進めようという思いがあったのではないか」と同課員だった加藤一郎氏（80）は振り返る。

宮崎国体の開催に当たって、国道２２０号の改築、特に宮崎市―空港―青島を結ぶ宮崎南バイパスの建設が大きな課題となった。同線は日南市を境に県施工と権限代行として国直轄で行われてきたが、将来は全線直轄で改築を行う指定区間に内定されつつあった。黒木知事はこれに強く抵抗した。さらに、宮崎南バイパスも将来、ロードパークとして「宮崎の顔」にしたいとの願望があり、当時の予算状態で単に交通のみを考えた国道として整備されたら大変だと苦慮していた。

「国の手でやれば、これまで積み重ねてきた沿道修景などの施策が壊れる。維持管理にしても国は乱暴に草刈りして野菊なども構わず切り取るだろう」という不信感があった。実際、草刈りや植栽は岩切の宮崎交通がきめ細かに行っており、国には任せられない、という気持ちだった。

「知事の反対が強固でどうにもならない」。土木と景観に携わる行政と民間、国と地方自治体の「もつれ」を解きほぐすには、関わる人びとや組織が、開かれた協議の場を持つほか道はない。

当時の九州建設局側もこうした黒木や岩切の懸念に配慮、国と宮崎県、宮崎交通の三者で「常に協議、協力」して事業計画、沿道管理を進める協定書を締結した。「官民協働」「新しい公」の先行事例ともいえるだろう。

その「新しいモデル」がワシントンヤシなどの植栽を施した４車線の宮崎南バイパスの「ロードパーク」化であった。沿線に空港、運動公園さらに青島、「こどもの国」につながる。

国体開催だけでなく将来の観光道路としても４車線が必要と考えた建設省・宮崎工事事務所は２車線暫定施工を主張する本省に対し、九地建内の予算流用で、歩道、自転車道、中央分離帯を備えた４車線を実現させ、植栽の維持管理は県に委託、県は宮崎交通に任せた。今では「観光・宮崎の顔」となったこのバイパスの建設に当たった宮崎工事事務所に、岩切は「私が今までやってきたことを、集大成してくれた」と感謝の言葉を贈った。


ロードパークを目指して造られた宮崎南バイパス

先駆ける沿道修景美化条例

知事・黒木博は誰よりも、樹木を愛した。移植する樹木の選択には自ら当たり、管理に目を配り、子供を育てるように見守った。昭和30年には岩切が「美しい道路づくり」を進めていた日南海岸の国定公園指定を実現、全国に先駆けて沿道修景美化条例を制定（昭和44年）した。

この県条例は３つの柱からなり①沿道自然景観地区――海岸、山や森林、河川渓流、湖沼などに保護すべき自然景観の地区指定②沿道修景植栽地区――花木や樹木の植栽が行われている地域を市街地化や住宅化しないように地区指定③沿道修景指定樹木――古木や樹姿の優れたものを保護指定する事にした。こうした条例は、様々な形をとりながら、全国の都道府県に広がっている。

新婚旅行ブームは海外に去り、黒木と岩切が進めた「沿道修景」によるルート観光は、大型リゾート施設の集客力の前に、力負けすることになった。道路を造り、沿道修景を行ってきた土木部観光課は改組され、観光課は、土木部から切り離されて行った。海岸沿いの松原の中にホテルや大型レジャー施設、ゴルフ場などリゾート施設の建設が進められた。平成８年に県外観光客は５７４万人を記録したが、再び下降線を辿って、さらなる「新しいモデル」が模索されなければならない時代がきている。

一本の木、一輪の花にも

「美しい自然は、人を育てる」。岩切のこの言葉は黒木にも共有された。二人にとって、宮崎の自然は、自分の体内に流れている生命の源につながりを感じさせる母体でもあった。原風景として残る宮崎の海と山と森、青島などビロウやフェニックスが茂る亜熱帯の木々と色とりどりの花。それらの山河、自然の空間の中に育ち生きる命、その心情の一体

景観重視、全国へ広がる

感の中で、二人は仕事を続けた。
一本の木、一輪の花、自然の細部にまでこだわる二人のエピソードは今も宮崎の人々に語り継がれている。黒木は「道路管理を乱暴な国の仕事に任せると、野菊を残すような草刈りは出来ない」と考え、岩切に沿道の修景、維持管理を依頼していた。宮崎南バイパス（国道220号）中央分離帯の一部幅が広い部分の植栽への水やりをスプリンクラーで行い、もう一つの景観を造りだそうとも考えていた。また黒木が高架の歩道橋設置に反対したのも景観に配慮したためだった。東京オリンピックのための急ぎ仕事だったとはいえ、日本橋の上に高速道路を建設する「土木の乱暴さ」に眉をひそめていたという。こうした黒木の発想が県庁組織に「土木部観光課」を設置することにつながっていく。



舗装されていない時代の日南海岸の道路。
車のホコリで前が見えないほど。

道路だけでなく宮崎での河川における事業にも、景観保全と新しい景観形成が行われている例が多い。大淀川下流の河川敷には人の背丈をはるかに超える葦が繁茂し、ゴミも多かった。このための国による環境整備事業として河川敷の整地が行われたが、古代から「日向の橘の小戸の阿波岐原は豊芦原」とされており各種「守る会」の要望を受け、田吉地区の葦原を現地保存することになった。また小丸川の堤防にはパンパスグラスのパノラマが見られる。これも、現地工事事務所員の提案よる植栽で、当時の九州地方建設局長が「黙認」する形で実現したという。

高度経済成長の時代が終わり、都市化と山村の疲弊が急速に進む「荒れる国土」への反省もあって、国土づくりに当たる行政の景観重視の姿勢は、広がり、強まっていった。建設省（国土交通省）の景観緑3法（平成16年6月施行）につながって行く。「良好な景観の形成を図るため」景観計画の策定、景観地区の規制（屋

「道、文化、景観」論
長谷川如是閑「道路芸術の日本的形式」

長谷川如是閑の「道路芸術」

「日本文化の根本的特徴として、実用的なるものと、みて異なる者との結合ということがある。このことはある程度で何処の国の文化にもあることだが、日本文化においてそれが有力な特性をなしているというのは、そういう場合、多くの国では、美がやがて実用を超越した美化それ自体として扱われるに至るのだが日本文化では決してそういうことはない」

「道路は交通の要路なのだが、日本人はそれと景観の美との結びつきということを忘れない」

「峠のごときも、難所と考えられたと同時に、また眺望の点から、名所とされた」

「しからば日本の交通路を、文明の今日に相当した道路たらしめんとする場合には西洋に発達した道路や道路の観念によるとしても、日本人の固有の道路が何んなものであったか、理論的にも感覚的にも把握して、それを今日に時代に適する形式実現することを心掛けるべきであろう」

「日本の道路意識の欠点は、速力を主とする乗用車が皆無であったという事情から、ただ、歩行者が愉快に安全に歩けることを道路意識の根本としたことである」

「それに伴って、日本の道路の極めて暢気な歌や俳句をゆるゆると詠みながら歩けるような形式が生まれたのであるが、しかし、そうした道路意識はスピード時代の今日にも相当保持されていいものと考えられるのである」

「日本人の作る環境は『日本的』でありたいのである」（昭和17年、雑誌「道路」）

内務省土木試験所・兵頭直吉「道路と風致」

「土木の工事は、自然を背景としているから勢い風致とは密接な関係がある。国土の利用と資源の開発の目的で興される土木工事でも、自然破壊の犠牲を最小限に止め、工作物をよく風致と調和せしめることは、技術者の腕の試練である。堰堤、発電所の建設等も秋冬の注意を持って計画すれば風景の破壊とはならず、帰って新しい時代の愛すべき点景となる」。

「我国の山岳部のような急斜面の多い所の切り取りの大きくなることは避けがたいが、切り取りで露出したやな肌は緑化したり、または石積みを手際よくして付近との調和を図るべきである。コンクリートより自然石の方がふさわしい場合が多い」

「田舎にある大木巨樹など農村特有の景物は務めて保存することが望ましい。その種には、道路の線形、横断形状の変更を恐れてはならない」

外広告など）を決めることにしたその内容は、35年前の宮崎県沿道修景美化条例を踏襲したものといえる。

安全と景観の間で

もう一つ大きな課題は、道路の安全確保だった。

宮崎層群の砂岩と泥岩、その互層が崖を造り、海に迫る日南海岸沿いの国道220号では大雨のたびに落石、崖崩れが頻発する。道路管理者にとって通行車両の「安全」は至上命令に近い。

霧島で行われた全国植樹祭に臨席した昭和天皇が鵜戸神社に参詣されることになった。天皇車は国道220号を崖から離れた海岸側の車線を走ったが、道路管理者にとって神経をすり減らす緊張の時間が続いた。



架け代えられた6代目の橘橋

実際、落石事故は多発していた。サボテン公園の近くでは大規模な土砂崩れが道路を長期間ふさいだ。このような土砂災害は今も続く。海底から隆起した「付加体」と呼ばれる宮崎層群の崩壊しやすい地層構造から発生するものだが、鬼の洗濯板や奇岩は日南観光の大きな資源でもある。

防災のためのセメントの白い吹付けや無機質なコンクリート枠の防御壁は、岩切や黒木が批判したように、景観が最大の魅力の日南海岸には似合わないのも事実だ。また、ビューポイントとなる岬や峠をトンネルで抜くと観光資源を素通りすることにもなる。

「安全確保」と「景観保持」の両立は、これからも道路管理者を悩ませ続けるだろう。

＝敬称略

コート・ダジュール（南仏）花で大地を描く

岩切氏を魅了した「紺碧の海と花と白い岸壁」

岩切章太郎さんが「大地に絵を描く」きっかけとなったのが、南フランス・コート・ダジュールの旅だった。マルセイユからカンヌ、ニース、モナコへと続く地中海沿いの「紺碧沿岸」は明るい太陽、青い海、冬でも花が咲き誇る。

ニースから車で1時間も走ればモナコ。女優グレース・ケリーが国王レーニエ3世のプロポーズを受けて結婚、華やかな式を挙げた。その宮殿の丘の向かいの西側・小高い丘にカジノの華麗な建物がある。世界的なカーレースが行われるモンテカルロ。カジノの玄関階段の前には赤、黄色のスポーツカーが並んでいる。インドの若いカップルが赤いスポーツカーの横でポーズをとって記念撮影、シャッターを切ると、照れたように駆け出していった。

テラスのような周囲の公園と散策路、地中海が一望に広がり、周囲は花壇で花々が咲き誇る。グレース・ケリーのシンデレラ物語に誘われて、カジノだけでなく、世界から観光客が集まってくる。その観光収入がこの小さな公国を豊かに支えている。カジノはケネディ米大統領夫人だったジャクリーヌが再婚した大富豪・船舶王オナシスが大半の株を握っているといわれる。

岩切さんは、日南海岸をモナコのように「花で描きたい」、そして新婚旅行のメッカに、と思ったに違いない。モンテカルロの街を歩くうちに、様々な形のサボテンが植えられた公園に出会い、さらにヤシの木やシュロなど南国の木々が茂る散策路へと続く。



モナコの亜熱帯樹が茂る小公園

ふと、見上げると、石灰岩の白さが目立つ切り立った岸壁が迫っている。海の藍さ、穏やかさとは対照的に荒々しく、人の目を奪う。日南海岸のむき出しの岩層を白いセメント吹付けで覆うのに岩切さんが抵抗感を持ったといわれているのは、この海と急崖の景観を大切にしたいという思いだったのかもしれない。



モナコ王妃となったグレース・ケリー（右）

THE CIVIL ENGINEER

第3節②
インタビュー
桑田博文氏

大地に絵を描く

――昭和49年から51年まで宮崎国道事務所長として宮崎市街地から運動公園、青島への宮崎南バイパス建設（国道220号）に当たられました。宮崎層群の地層であり、地元の沿線景観への配慮への強い要望などを受けての建設でした。

桑田氏　昭和47年のオイルショックで建設予算の確保が厳しく、また同57年の宮崎国体へ向けての運動公園の建設等課題も多くありました。何より、空港へ1時間、鵜戸神宮へは4時間もかかる220号の状況を改善すること、また、2車線では国体のマラソンをするには全面通行止めにしなければならない。ぜひ、4車線へ拡幅が必要でした。何より国体に間に合わせるには「どうしたものか」と当時の宮崎県の土木部長さんといろいろ悩みました。

――大淀川に架かる橘橋の架け替え問題がまず起こりました。

桑田氏　橘橋は2車線で、5代目の橋でしたが、名橋の誉れ高い、米軍の爆撃にも耐えた頑丈な橋でした。国体に向け、それを架け替えて4車線にするのですが、橘通りはすでに戦後の道路整備で6車線、33ｍの幅員を持っていましたから、橘橋は4車線に拡幅する必要がありました。また、洪水対策もあり、橋桁を少なくする必要もありました。ところが、「架け替えなどとんでもない」という市民からの声が上がった。あの橋は川端康成の作品にも登場する美しい橋だから、壊すべきでないというのです。宮崎交通の岩切章太郎社長、黒木博知事はじめ宮崎県幹部の皆さんと相談、地元有力者、都市計画・道路関係の学者に参加してもらって、委員会を立ち上げました。

――早速、保存、景観問題と向き合わなければならなくなったわけですね。

桑田氏　当時の建設省はまだ道路沿線への植栽をようやく言い始めた程度で、景観への認識は必ずしも深くはなかったと思います。しかし、黒木知事のリーダーシップで「美しい郷土づくり運動」が進められおり、昭和44年にすでに全国に先駆けて沿道修景美化条例を制定していました。県土公園化による観光が県の施策の大きな柱になっていて、景観への意識が強かった。橘橋の架け替えも、宮崎県の皆さんの意向を尊重して、それまでの美しいアーチ橋のイメージを残し、橋脚はフェニックスの葉をイメージした切込みを、またライトポールの形はヤタガラスのイメージで、という事で話を進め、岩切さんも「ぜひ、よろしく」と、また委員会の了解も取れました。

――いよいよ宮崎南バイパスの改築になりますが、国体の中心会場になる運動公園へのメイン道路が2車線で十分かということに―。

桑田氏　宮崎県としては、南バイパスは昭和47年から着手して宮崎国体に間に合わせるようにしたい、運動公園に集中する交通に対応するため、またマラソンが出来るように4車線化を強く求めていました。しかし建設省は、オイルショックの後の財政難から国体に（完成を）間に合わせる保証は出来ない、という厳しい態度でした。

　黒木知事が先頭に立って、また商工会などの応援団も加わって、建設省、九州地建へ「4車線で、国体に間に合わせてくれ」と陳情攻勢をかけられました。私も何とか宮崎県の要望をかなえられないかと思っていました。あのバイパスは盛土工事が中心ですから、決して難工事ではない。暫定片道2車線でやらせてほしいと九州地建に相談しました。黒木知事の陳情を受けた本省は財政難もあって「田舎の運動会に付き合えるか」といった気分も一部あったようでした。また、九州地建では宮崎に九州の道路予算が集中することへの懸念もありましたが、当時の田原隆局長があうんの呼吸で工事を進めさ



五代目・橘橋の橋柱―
川端康成の小説にも登場した



桑田 博文 氏

（くわたひろふみ）　**プロフィール**

昭和4年 11 月 19 日生まれ、宮崎県出身。昭和 25 年熊本工専土木科卒業、建設省入省、同 26 年同省九州建設局工務部道路係。同 27 年関門トンネル調査設計課、同工事事務所。昭和 33 年から同 38 年まで中津工事事務所、佐伯工事事務所調査課長。同 39 年九州建設局道路部計画課長補佐、同 45 年同工事課長として都市高速や福岡南バイパスなどの基本計画策定に当たった。同 47 年から北九州工事事務所、宮崎工事事務所、大分工事事務所の各所長を歴任、国道3号バイパス、同 10 号線（北大道路）改築などに携わった。

せてくれました。

――そうして宮崎市の中心部から空港、運動公園、さらに青島へのバイパスが建設されることになったわけですが、さらにバイハスの沿道景観について、宮崎県側から注文が付いたようですね。

桑田氏　宮崎バイパスは幅員33ｍ、歩道・自転車道付きです。延長９・37㎞、この間の橋梁10橋（合計1・2㎞）盛土１０７万㎥、切土50万㎥で行っています。道路本体はそれで施工を進めるにしても、黒木知事には「出来るだけ自然の保護に気を配るべきだ」という信念があったようで、「道路工事には必ず修景工事が伴わなければならない。宮崎の道路行政の中にこれを定着させたい」と。

　また、岩切章太郎さんも日南海岸を走る２２０号をロードパークとする夢をお持ちでした。また、道路沿線の草刈りや美化、植栽は県からの委託で宮崎交通が行っており、国が道路の維持管理までやるようになれば、「同じ草刈りでも、野菊などの草花を残して草を刈るような愛情あふれる作業はしてくれないだろう」という警戒の気持ち。このお二人の考え方から、知事は国の直轄工事、直轄管理移行に反対され、デッドロックに乗り上げた形になりました。

野菊を残して草を刈る

――解決策を所長の桑田さんが模索する役割を担うことになったわけですね。

桑田氏　当時の九州地建の松尾寿一道路部長からお二人の夢と国の行政が両立するように、あらゆる努力をせよと。宮崎市から鵜戸神宮まで（38・25㎞）の国道２２０号を「ロードパーク」にするための国と宮崎県の協定を結ぼうという話し合いが始まったわけです。この際、宮崎バイパスについては表に出さないという暗黙の了解のもと、国道２２０号全体の話として扱いました。建設省宮崎工事事務所と宮崎県、宮崎交通がロードパークとして完成させるため、三者が随時、協議して、事業計画を立て、沿道修景の管理を図るため合同のパトロールを行うなど―ユニークな協定書締結が行われました。

――バイパスの中央分離帯にスプリンクラーが設置され、植栽への水やりが行われることになったのも黒木知事の発案だったと聞いています。

桑田氏　道路構造上、水やりが出来ない所があり、知事の発案で中央

全国初の沿道修景美化条例
―官民協力の美しい道づくり―

　宮崎県の「沿道修景美化条例」は、岩切章太郎（宮崎交通社長）と黒木博知事の合作ともいえる県条例で、昭和44年制定。「道路を改良したり新設したりするときは出来るだけ自然に気を配ることが重要である」「土木工事の中に、必ず修景工事がなければ効果は薄くなる」（黒木知事）との考え方から、「沿道自然景観地区」「沿道修景植栽地区」「沿道修景指定樹木」を３本柱として国道10号、２２０号沿いに62カ所、57本の樹木が選ばれている。

　特に話題となったのが、国道２２０号が国直轄工事で行われることに対する黒木知事の抵抗だった。通常、国（九州地方建設局）が工事を引き受けることに地方自治体の反対はほとんどない。国の予算と技術が総動員されるためだ。土砂災害に見舞われることが多く、難工事が予想された２２０号だが、知事が恐れたのは、画一的な道路づくりが進められることだった。

「将来、ロードパークを目指しており、現在、岩切社長を中心に修景事業が行われている。同じ草刈りでも、自然の野花を残すような、愛情あふれる作業が必要だ」という考え方だった。

　この結果、ユニークな協定書が国、県、宮崎交通の間で結ばれた。３者は「随時、打ち合わせを行い」「随時、パトロールして、連絡を図り」、国道２２０号をロードパークとして完成を目指す、というものだった。

　官民共同の美しい道路づくりは、宮崎交通が倒産した後も引き継がれ、日本風景街道の一つとして推進されている。また、落石、崩壊が起こりやすい個所でも、防災工事と環境保全が並行して行われている。



宮崎運動公園に植樹された亜熱帯植物群

分離帯の一部にスプリンクラーを設置しようという事になりました。毎日定時に、スプリンクラーから噴水のように水が出ると、それによって新しい沿道景観が出来るという発想だったようです。こうしてアメリカンヤシが中央分離帯に並ぶユニークなバイパスができたのです。国体開催の直前、完成しました。開通式には本省の道路局長も臨席されましたが、植樹だけで2億円もかけており、さすがに驚かれ「誰がこんな道路をつくったのか」と。局長は、幸い私が本省時代つかえた上司で「なんだ、お前か。よその地建にあまり宣伝するなよ」と苦笑されていました。

――岩切章太郎さん、黒木博知事と沿道修景の交渉相手になり、また協



花と亜熱帯植物で修景された国道220号

ゴッホ、マチス、シャガール。南仏―画家たちと大富豪の世界

真冬の2月、豪雪が世界を襲う頃、南フランス・コート・ダジュールでは黄色いミモザの花が咲き誇り、ニースでは花祭りの巨大な人形などのパレードが街を練り歩く。ブーゲンビリア、ジャスミン、アネモネの花々が道路沿いの小さな花壇や小公園を彩る。娘たちは、花束を胸に抱いたり、旅人は髪を花で飾り、背中のリュックにミモザの花房を差し込んで、散策を楽しんでいる。パリは、重く灰色の雲が覆い、風が冷たいというのに―。

紺碧の地中海、白い石灰岩の山、まぶしい太陽、何より春のような気候に誘われて、多くの画家や作家がこの地にアトリエを構え、絵筆を走らせ、小説の想を練った。ニースにはマチスとシャガール、チェーホフ、アルルにはゴッホが暮らした。

マチス美術館は郊外の山手の古代遺跡の中に建ち、赤茶色の外壁、バルコニーを持っており、中に入るとそこは豊かな色彩とシンプルな線のマチスの世界。子供たちがデッサンの練習をしていて、明るい空気の中でマチスの作品群と出会える。シャガールはニース駅の近く、街の中にあった。

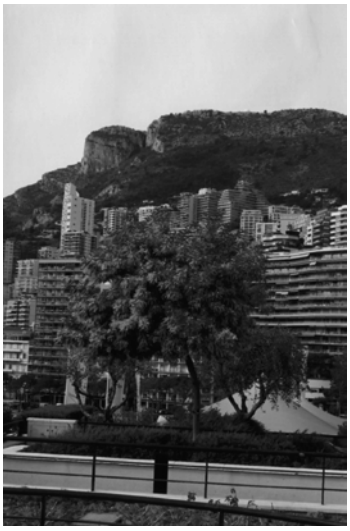
ゴッホはアルルに暮らし、彼が通ったフォーラム広場のカフェ（作品は「夜のカフェテラス」）、郊外の「跳ね橋」（現在のは復元橋）などを見ることが出来る。

すぐ近くのエクス・アン・プロバンスにはセザンヌが生まれ、暮らした。アトリエはプロバンスの雑木林そのままの自然の中にあり、木々の間の小道には、木洩れ陽光が小さな花を咲かせている。彼が愛してやまなかった、とんがり帽子のサント・ビクトワール山への道は「セザンヌの道」と呼ばれ、白く、荒々らしい山肌が印象的だ。カンヌ近郊に暮らしていたピカソもこの岩山に魅せられて、古城を買い取り別荘として使った。ここで妻のジャックリーヌをモデルにキャンバスに向かい、多くの作品を残している。

同じ名のジャクリーヌ（ケネディ米大統領夫人）は夫が暗殺されたあと、大富豪オナシス氏と結婚。オナシス氏はモナコでカジノを経営、地中海クルージングの母港とした。現在も大型外洋ヨットがぎっしりと係留されている。

画家たちや富豪が魅せられたどの街も古代遺跡を持ち、中世の街並みをそっくり保存、美しい景観を保っている。郊外には画家たちが散策した太陽と自然を満喫できる道がある。

フランスは蜂の巣村など「美しい村」やそれらにつながる「美しい道路」を指定して、景観維持に努力している。日本風景街道の先輩格だが、その美しさを維持する努力を地元住民に求め、努力が充分でないと指定から外す厳しさだ。それほど景観への意識の高さがあって、プロバンスがあり、コート・ダジュールがあるのだろう。



満開のミモザ（モナコ）

力して事業を進める立場に立たれたわけですが、お二人の人物的な印象はどうでしたか。

桑田氏　岩切さんはざっくばらんなお人柄で、どこにどんな樹木があるという事なども良くご存知でした。単に木を愛するというのではなく「人を良くするには、自然を良くしなければならない。きれいに修景された土地には悪人は生まれない。自然を大切にし、きれいな形で残す事が大事だ」という哲学をお持ちで、郷土・宮崎県をそのようにしたいという信念を持っておられました。

黒木知事も自然を大切に思う気持ちは強く、昭和39年ごろから県内各地に木を植え始めていました。時々、運動公園の工事の進み具合など見回りに来られ、運動公園入口の植えたばかりの樹木に向かって「今は大変だろうが、やがて根を張れば楽になる。それまでは我慢してな」と話しかけられていた、と聞いていました。工事に当たっていた人びとは、国体に間に合わせよと、知事から尻を常に叩かれていましたから「あのような（優しい）言葉を、我々にかけられたことはない」と苦笑まじりでした。仕事に厳しい人だったのでしょうね。

今振り返ってみて、自然、景観を守り、造りだそうとするお二人の、未来を見る目に感服しています。私も多くのことを学びました。

日南国定公園ロードパーク完成のための協定書（要約）

建設省宮崎工事事務所（甲）と宮崎県（乙）、宮崎交通（丙）は、一般国道220号をロードパークとして完成させることについて、次の通り協定する。

第1条（目的）甲乙丙はそれぞれ次の業務を行う
① 甲は道路の管理
② 乙は沿道修景美化のための行政指導
③ 丙は管理区域の修景事業及び清掃作業の一部

第2条（沿道修景の方法）第3条（協力）略

第4条（事業計画の協議等）
甲乙丙は、沿道修景および道路の新設、改築等の事業計画について、年度当初および随時に打ち合わせを行い、作業の実施を円滑に図るものとする

第5条（管理の状況調査）
沿道修景の管理を図るため、甲乙丙で随時、管理区域のパトロールを実施し、相互の連絡を図るものとする

第6条（協議）略

鞆の浦―景観と道路建設の対立（広島県）

「鞆の浦」（広島県福山市）は瀬戸内海を旅する船が風待ち、潮待ちのため寄港する港町として栄えた。大宰府に赴いた大伴旅人は

我妹子が見し鞆の浦のむろの木は常世にあれど見し人ぞなき

と詠じた。

遣唐使船、足利尊氏、さらに幕末には坂本竜馬らが立ち寄るなど、1000年の歴史、足跡が小さな港町のいたるところに残っている。

その名のように緩やかな二つの弓形の港、沖に浮かぶ島々の景観を朝鮮通信使が絶賛したと伝えられるように、風景の美しさが多くの人を魅了している。世界遺産への登録の準備も行われているほどだ。アニメ映画監督・宮崎駿氏もこの町の高台に長期間、滞在して構想を練ったという。

ところが県と市から「埋め立てと架橋」構想が打ち出され、利便性と景観保持で意見が対立、訴訟にまで発展した。

福山市からバスで30分ほど。港に着くと道路は切れて海になる。ここから灯台の役割を果たしてきた港中央の「常夜燈」に橋を架け、さらに港西側を埋め立てて道路を造る計画だった。確かに街中の道路は狭く、軽自動車が通るのに精いっぱいの路地の港町で「新しい道路が欲しい」と言う声は切実だった。

道路計画に対して、埋め立て、橋と道路を造れば、歴史的な港町と景観は台無しになると激しい反対運動が起こった。景観保持が公共事業を差し止めることが出来るかどうか。景観権といっても、法的な保護をうけることが出来るかどうか、注目された裁判だった。広島地裁は埋め立てと架橋計画を差し止め、景観を守る判決を言い渡した。

対立で波立った鞆の浦は、いま、鞆の浦生まれの宮城道雄が作曲した箏曲「春の海」のように元の静かな海と港町に返り、多くの観光客を集めている。坂本竜馬の「いろは丸」沈没事故も港の沖合で起こり、竜馬が強硬な補償交渉を行った屋敷や沈没した「いろは丸」の水中調査・発掘品を公開する展示館、港を一望できる高台の城跡に建つ歴史民俗資料館、街並みなど狭い路地は散策する人びとで賑わっている。

第3章

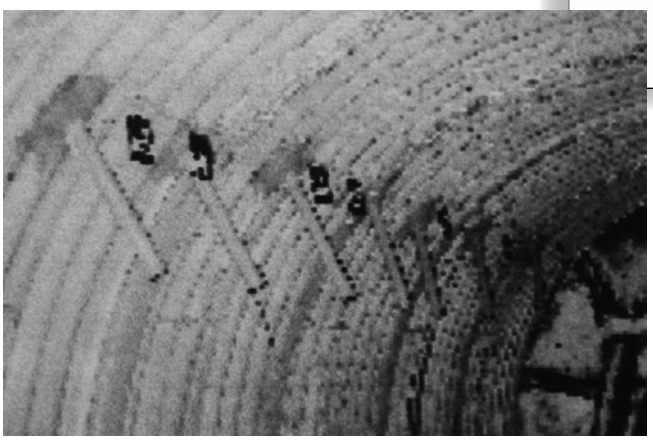
北松型地すべり―地表と地底の戦い―

長崎県と佐賀県にまたがる北松浦・東松浦地域は、山が崩れ、大規模な地すべりを引き起こす「北松地すべり地帯」と呼ばれる。過去に多くの人命を飲み込み、家屋と田畑が流されてきた。第三紀層に含まれる石炭層や「へだもの層」が大雨のたびに滑り面となって引き起こされる地すべりで、山が消えたこともある。防止対策として、集水井・トンネルなど「地底での戦い」が続けられてきた。また、半島と離島が多いこの地方に今、西九州自動車道が伸びて行く。全面開通への最後の壁というべき、地すべり多発地帯に挑む土木技術者たち。黙々と、地表と地底で工事が進んでゆく。

第3章
第1節　北松地すべり地帯
①　山が田畑が、命が消える
②　ルポ・鷲尾岳の地すべり対策を見る
コラム「松浦党の兜、海をにらむ」「にあんちゃんの里と豪華な高取旧宅」
○岩盤内の不連続面―樗木武
第2節　苦難の西九州道
①　ハウステンボスへの道
②　インタビュー　藤田守廣氏「ゴルフ場のバンカーが抜けた」
③　地すべり地帯へ挑戦（北ルート）
④　インタビュー　藤田壽雄氏「研究者とコミュニケーションを」
コラム「高取伊好と杵島炭鉱」「空中からの地質、地形探査」ほか
○九州の地質について―樗木武
第5巻のおわりに「地球の腹の中で」



びっしりと打ち込まれたアンカー



排水トンネルにはパイプで地下水が集められる

プロジェクト九州

第1節① 山が田畑が命が消える

北松型地すべり地帯

300個所、10㎢に及ぶ地すべり 長崎「北松」独特の地質構造が引き起こす 地底の防止対策工、老朽化進む

西松浦半島は北に壱岐・対馬の対馬海峡、西に九十九島、平戸・五島を望む典型的な「離島・半島」地域である。半島は長崎県と佐賀県にまたがり、出入りが激しい複雑な海岸線沿いを国道204号が唐津市―伊万里市―松浦市―平戸市と走る。

松浦市に入ると道路公園に巨大な「武士の兜」がある。この地を本拠地とした松浦党水軍のモニュメントだ。入り組んだ半島地形と島々は、かつて松浦党など水軍や倭寇の基地となり、元寇・押し寄せた元の大軍・船団が台風によって全滅した海である。平戸はポルトガル船などが入港する南蛮貿易港として栄え、佐世保港は戦前から軍港―海軍基地の役割を果たしてきた。現在も美しい海と島々、半島は観光資源となり人々をひきつける。

しかし、半島の山地は「北松地すべり地帯」として、山崩れ、地滑り災害が頻発、苦労の末、切り開いてきた棚田など農地を飲み込み、しかも一度発生した地すべりが、滑りの先端部分で「2次すべり」を起こす事が多く、人々を苦しめてきた。佐賀県・伊万里から長崎県・松浦、平戸、佐世保へと広がる地域は「北松」と呼ばれ、国（農林省、国土交通省）が指定する地すべり防止区域が300箇所、総面積10㎢にも及ぶ。

特異な地質構造

原因は、この半島の地質―海底で堆積した「第三紀層」とその上を覆っている火山性堆積岩（溶結凝灰岩、玄武岩）の複雑な地層構成にあるとみられている。第三紀層は海底で堆積した土砂で、中には大量に繁茂した植物が炭化して石炭層となって含まれている。北松地域がかつて有力な炭鉱地帯であったのもそのためである。

この層の中に多数の火口から噴出した火砕流や火山灰土が降りそそぎ、流れ出た溶岩―凝灰岩の上に、さらに堅い玄武岩が火口から噴出、山地の頂部を覆って溶岩台地を形成した。溶岩台地は周囲が急崖で囲まれて、テーブルあるいはキャップ（帽子）をかぶったような山形（メサ状）となっている。

玄武岩は急速に冷却され、柱状に深い割れ目（柱状節理）をつくる。そこに大雨が降ると割れ目から地下に浸透、下部の、比較的軟らかい凝灰岩や第三紀層にたまり、「滑り面」となる軟弱層を形成、上部の岩石、土砂の「滑動」を引き起こす。長崎海洋気象台の災害資料に明治38年、能頂山の地すべりが記録されているが、実際は太古の昔から発生してきたと思われる。

地すべりは古来、地名として残っている。「大抜」「ずりの平」「転石」などだ。また、北松八景の名勝となっているのが、江迎川沿いにそびえたつ「高岩」で、川沿いにそそり立つ奇岩の巨石・川に落下した大石が独特の景観を創り出して景勝地となっている。

北松地域の地すべり地帯の位置図を見ると、地すべり防止地域、危険個所が魚の鱗のように並び、重なり、連なって、いかにこの地域での地すべり発生が多いかを示している。

地すべりによる「滑動」は崩落、土砂崩れなどと違って、その移動は「人が歩く程度」のスピード。ゆっくりと、地形の原形を保ちながら滑ることも多い。地すべりによって出来た緩やかな斜面は、地下水が豊富なこともあって、「棚田」として利用され、地すべりが始まってから稲刈りが行われたこともあるという。現在も有名な佐賀県有田の「岳の棚田」、長崎県波佐見の「鬼木の棚田」など東松浦半島、離島には数多くの棚田があり、幾重にも重なった田畑、青い海、島々、そして月光に照らされ、また夕陽の景観がカメラマンに人気の撮影地になっている。

大音響と共に

戦後、佐世保市黒髪、世知原町栗迎などで昭和23，24年と連続した地すべりは深刻な被害を地域に残す災害となった。同26年には佐賀県・山代町で山林・田畑約60haが崩壊流失、長崎県でも世知原町などで大型の地すべりが相次いだ。

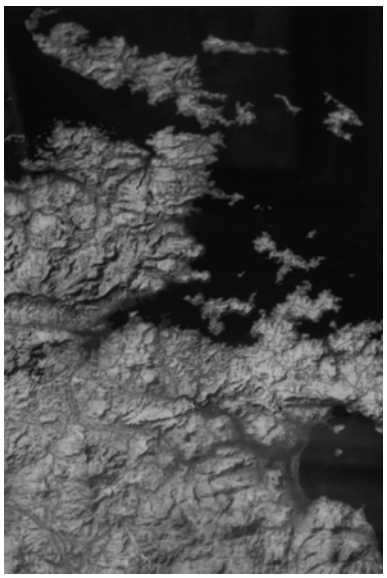
翌27年6月23日には長崎県・波佐見町の月の谷山で高さ100m、幅70mが轟音と共に崩れ落ち、中尾川をせき止め、川沿いの住家を押し流し、53人を生き埋め。懸命の救出作業にもかかわらず、15人の死者を出した。「大石が大音響と共に中尾川にすさまじい水煙を上げる」「川沿いの13戸がメリメリと土砂の下敷きとなり（中略）わずか1、2分の出

来事であった」（長崎日日新聞）。また、「赤ちゃんに乳を含ませたまま亡くなった若い母親の痛ましい姿も発見された」（長崎民友）と各紙は伝えている。

幼児の時、この地すべりを体験した一之瀬恭之さん（元国交省・長崎国道事務所）は「すごい大音と共に山が崩れ、親戚のご婦人も泥の中に生き埋めになり、亡くなられ、私の家に収用しました。恐怖の中で一夜を過ごしたのですが、亡くなられた方の濡れた黒い髪が今も目に残っています」と生々しく証言している。

同じ北松地すべり地帯でも、「北松型」地すべりとは形態が違い、長崎県・波佐見のように、頂上に玄武岩を乗せておらず、第三紀層自身が地すべりを起こす場合がある。西九州道路の武雄南―大塔間や北波多などでの切土によって発生した地すべりは「第三紀層地すべり」と呼ばれている。

波佐見一帯は杵島層群に貫入した流紋岩が、熱変位で陶石化して、波佐見、有田、三川内などで窯業を発達させ、「焼き物の里」となっている。特に皿山は陶石の採掘跡を今日に残している。こうした地すべり災害の続発は、地すべりに対する住民不安を大きくし、緊急な対策が求められるようになった。



北松浦東地区の航空写真

地すべりで、山が消えた

これに対して、現在、西九州道の建設が進められている佐賀県境から西の北松浦半島では、頂上付近に玄武岩を持ち、その重量も加わって、その下部の第3紀層が大規模な地すべりを起こす典型的な「北松型地すべり」である。

美しい棚田と里山が消えた平山地すべり（北松浦郡吉井町）が発生し始めたのは昭和35年11月ごろから。愛宕山（標高２７０ｍ）山麓の井戸が枯れ、隆起や亀裂などの変位が現れて来た。同37年7月の集中豪雨で川沿いの山腹が崩壊をはじめ、同38年９月愛宕山山頂付近から最大で幅１・５ｍもの、２本の亀裂が生じ陥没が始まった。

同39年春まで毎月10ｍ前後の陥没が続き、全体で愛宕山山頂が36・４ｍ低くなり、それによって起こった地すべりで、美しい棚田とその上に並んでいた民家群が飲み込まれた。背後の里山・愛宕山が山体の３分の１を残して、姿を消した。民家22戸が移転に追い込まれ、64ｈａの農地、道路約２㎞、用水路１・５㎞が崩壊した。平山地すべりは北松地すべりの典型的なもので、第三紀層の上に砂礫層と玄武石が覆い、第三紀層の凝灰岩を伴った薄い炭層を滑り面として発生している。

記録的な石倉山地すべり

記録的地すべりが「石倉岳の地すべり」である。

石倉山―人形石山と連なる山系は佐賀県と長崎県にまたがり、記録に残る主なものだけで、明治42年９月、同山系の笠山の木場免角の元での崩壊に始まり、たびたび発生しているが、それ以前にも多くの地すべりが発生してきたと思われる。人柱川のえん堤工事中、約１５０００年前の地すべりによる「埋もれ木」が発見されている。同山系の東側斜面では、昭和26年２月、人形石山系・伊万里市山代で、同32年にも西大久保地区で地すべりが起こっている。

昭和26年の山代西分の地すべりは幅約４００ｍ、長さ約７００ｍに及ぶ大規模なもので、22戸が倒壊、３人が行方不明。続いて隣接する乙女集落を３回の地すべりが襲い５戸が埋没、山代川に天然ダムを造った。山肌には赤い地すべり跡が残り「不気味な悪魔の爪痕にも似て町民の背筋を冷たくした」と伊万里市史誌は生々しく記述している。

続いて昭和32年７月西大久保地区で地鳴りと共に地すべりが起こり、大木が一斉に倒れ、赤土が吹き出して13戸は埋没、７人が生き埋めになった。危険地帯の泥土の中で必死の捜索が行われたが、難航。２次災害の恐れもあり、遺族から「私たちもあきらめます」と捜索中止の申し出があった。その後、復旧工事中、二人の遺体が発見された。

道路、鉄道を寸断

松浦市側の松浦鉄道・今福駅から眺めると、石倉岳は穏やかな稜線を持つ小さな山で、その山麓には桜やツツジで彩られる森林公園や芝生広場が作られ、甚大な被害を出した地すべりとは無縁な平和な風景の中にあった。

石倉岳（標高３１３ｍ）の西側斜面（長崎県側）で地すべりが始まったのは昭和27年から。次々と大規模な地すべりが起こっている。同年６月下旬、石倉岳山頂付近で長さ約４００ｍもの大亀裂が見つかり、大

切土で第三紀層地すべりも

地すべりの発生を予想させた。10月15日、強い雨が降り始め、翌16日未明から、大規模な地すべりが始まった。土砂は二つの谷に分かれて流れ下り、当時、国鉄松浦線の線路を埋め、高峯トンネル西口も塞いでしまい、鉄道、道路を寸断した。規模は大きかったが、ゆっくりした地すべりで、すべり、移動する稲田では稲刈りが行われたといわれている。

さらに第2次地すべりが

さらに「2次地すべり」が発生した。翌28年6月初旬、続く同下旬の大雨で、大地は再び「滑り」始め、土石流が県道を約400mに渡って埋め尽くし、鉄道線路250mを厚さ10mの土砂で覆い、水田16haも埋没した。埋没家屋5戸、田畑30haが失われた。

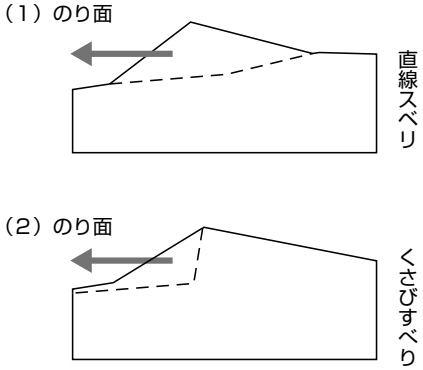
この昭和28年、筑後川、白川などの氾濫など西日本を襲った大水害は、石倉山系だけでなく「北松地すべり」地帯各地で、土砂災害が頻発、江迎川がせき止められ、6ha、貯水量12万tの天然ダムが出現、氾濫したのもこの時である。地すべり災害は同31、32年と続き、人々を苦しめた。

道路、鉄道を寸断

最近の例では、平成2年7月、石倉山頂付近で落差50m、延長約500mに渡って亀裂が出来、7月2日から4日間にわたる大滑動が始まった。150m—200m（推定土砂量300万㎥）滑り始め、山林、田畑22haに被害が及び、住民は長期の避難生活を強いられた。農林省と建設省は石倉山系地すべり対策事業に乗り出した。地すべり頭部に大量に残る土砂排土のほか治山用・砂防用ダム8基、地すべり土に残る無数の亀裂と溜まった地下水の集水井、排水トンネル、水抜きパイプの建設などである。

石倉岳は北松地すべりの典型的地層で第三紀層の上に玄武岩が覆う、キャップロック（帽岩）構造を持ち、柱状節理の割れ目から雨水が地下に浸透、玄武岩の下の砂岩、礫岩、頁岩などの互層部分が滑り面となって滑動するのである。

すべりの形態



鷲尾岳の対策事業

地すべりはその予知が難しく、事前に防災対策・事業の実施を困難にしている。その中で、長崎県・江迎町の鷲尾岳（標高350・3m）地すべり対策事業は比較的、早期に実施された。昭和20年代、30年代には鷲尾岳の地すべりが発生、江迎川に土砂を押し出し始めた。被害を抑えるため、地すべり防止法によって、昭和32年から建設省による排水ボーリング、排水トンネルの建設など本格的な対策事業が始まった。昭和52年までに4本の排水トンネルが作られ、土砂の動きは大幅に減少してきた。

しかし、平成2年、1日最大雨量225㎜、連続雨量378㎜という記録的集中豪雨によって、土砂崩壊が起こり、これをきっかけに集水井戸9基、深礎工36基、集水トンネル313・3m建設等の本格的な対策事業が実施され、平成4年には集水井戸4基の建設、アンカー工224本が行われた。平成11年にも集水井戸2基のほかアンカー工などが追加された。現在、地すべりは相当抑止されているとみられている。

鷲尾岳もまた北松地すべり地帯特有の地形・地層を持っている。全体的には東西へ穏やかな斜面を持つ溶岩台地で第三紀層を玄武岩層が、帽子をかぶったように（キャップロック）覆っている。第三紀層の基層上部は佐世保層群と呼ばれ、砂岩、頁岩、薄い石炭層、軟らかい凝灰岩などの互層となっている。

鷲尾岳山頂付近は玄武岩で、柱状節理や縦の割れ目が多い。梅雨期や台風の襲来による大雨がこうした割れ目から浸透して地下水位を上昇させ、地すべりを引き起こしてきた。このため頭部の玄武岩を取り除き、地山から水を抜くため集水井を掘り、そこから集水ボーリングを行う。排水トンネルは深い地下水を排水するためのもので、トンネル内でのボーリングで集水、排水する。両方のボーリング総延長は2万8000mにも及んでいる。

遅れた総合対策

地すべりは山地から始まり、農地を飲み込み、住家、道路、鉄道を破壊する。しかし、山地、農地は農林、道路は建設、鉄道は運輸省と分かれ、縦割りで個別の対策がそれぞれ行われてきた。そのため対策事業が総合性を持たず、被害を受けながら対策が取りにくいケースが生まれていた。

昭和32年の地すべりまでの砂防法（明治30年制定）では採択できない都市周辺の被害住家などがあった。また、災害復旧の国予算は付くが崩壊防止工事のための予算措置はなく、長崎、佐賀県が県条例で、家屋

移転の補助制度を設けて対応せざるを得なかった。九州の地方自治体の強い要請で、国が「地すべり等防止法」を制定したのは翌33年になってである。この防止法によって、ボーリング、電気・弾性波探査などによる地下構造、地下水の動向など、地すべり発生のメカニズムについての調査研究や集水井、排水トンネル、ボーリングなど対策事業が進み、新しい対策工法も開発されていった。

北松地域の地すべり発生数は大幅に減っていったが、その後も吉井町樽川（昭和34年）、同平山（同35年）、松浦市田ノ平（同42年）、佐世保市牧ノ地（同55年）などで地すべりが繰り返されている。しかも、最近の異常気象による局地的豪雨の頻発は、住民の地すべりへの不安を大きくしており、綿密な変動調査が今後も求められている。

対策工の老朽化進む

鷲尾岳の地すべり防止のため造られた金ノ坂排水トンネルに入ると、枝分かれした古い排水トンネルの壁面が押し出されたり、落石が重なって坑道が狭くなっている部分が見られる。徐々に動く滑り土塊の圧力に耐えられなくなったとみられるが、木製支保はじめ古い時代に使われた材料の老朽化も考えられる。

トンネルだけではない。排水井からの排水用の横ボーリングが目詰まりを起こし排水機能を失っていたり、抑止工の杭工（鋼棒）が錆びついたり、老朽化による材質の劣化も生じている。平成以降の二重防蝕が義務付けられる以前の抑止工・アンカーヘッド（頭部）が飛び出している事例がある。アンカーが地中でさびて、切断、その反動で押し出されてしまうのである。地表のアンカー受圧板がひび割れが生じている事例も少なくない。

こうした事態から、地すべり対策工でも橋やトンネルなどと同様に「老朽化対策」がクローズアップされている。何より保守点検が求められるが、抑止工、抑制工共に地中にあるため、目視点検が難しい。補修作業も危険が伴う。例えば、集水井の底で目詰まりを起こした排水ボーリングの抜き取り作業を行うと、穴から鉄砲水のように水が噴出、作業者が危険に晒される事態も起きる。

神（自然）の前に、謙虚であれと

長崎県は北松地すべり地帯のほか、タイプの違う島原半島南西部（口之津層滑り）と西彼杵、長崎半島（変成岩を基盤とする破砕帯地すべり）の3地すべり地域を抱えている。しかし、北松地すべり地帯には長崎県で発生する地すべりの約80％が集中。地質の複雑さが地すべり災害を引き起こし、さらに台風や豪雨に誘発されて地すべりに見舞われることが多く、災害県として長く苦闘してきた。昭和33年の地すべり防止法制定によって、地すべりを事前に防止するための対策工が行われるようになって、北松地帯の地すべり災害は大幅に減っている。

永年、北松の地すべり対策に取り組んできた藤井照久さん（斜面工学研究所・技術部長）は「確かに地すべり災害は減ってきたが、対策工、施設のお守り―維持管理はキチンとしないと、手ひどいしっぺ返しを受けることになる。地すべりは自然発生的なものであり、神が行うもの。人間が知恵（技術）を出しても出しても、あらがいがたい力を持つ神（自然）の前では（人間のなすことに）完璧という事はあり得ないと、常に考えなければならない、と思います」――長い地すべりとの闘いの中で生まれた、技術者の言葉である。

松浦党の兜、海をにらむ。



松浦市・今福城山（標高197m）。決して高くはないが、曲がりくねった急坂を登って行くと、突然、展望が大きく開け、鷹島、福島の二つの大きな島が浮かべている青い海が足元に広がる。

水軍として名を馳せた松浦党初期の城だけに、常に、眼下に海を置き、潮の動き、出入りする船、そして西から変わる空・気象の変化を見ていたのであろうか。平安時代初期、この地方を治めるため源久が梶谷城を築いたのが水軍・松浦党支配の始まりだった。

松浦党は源平の最後の戦い・壇の浦の合戦で平家側につき、水軍としての、その存在を天下に知らしめた。秀吉の朝鮮出兵（文禄の役）では平壌まで攻め上がり、領主・松浦定公以下、武将が討死している。

ここで生きて行くには、「海人」になりきるほかはない、というのが松浦一統の覚悟だったに違いない。彼らの目は常に海にあり、海の彼方に向けられていた。朝鮮、中国、さらに東アジアを荒らした、貿易と海賊を生業とする「倭寇」の本拠地がこの松浦半島だった。

海岸沿いを走ると道路公園があった。なんと、巨大な武人像が海をにらんでいる。兜は逆八の字に跳ね上がった前飾りが付いて勇ましい。

プロジェクト九州

第1節②
ルポ・鷲尾岳の地すべり対策を見る

北松型地すべり

「鬼が突く」鷲尾岳（佐世保市）の恐怖
集水井・トンネルなど二重、三重の防止策
老朽化対策が必要な時代へ

「あれが、山が消えた平山です」。佐世保市街を出て、江迎町志戸氏免・鷲尾岳（標高３５０ｍ）の地すべり現場に向かう車の中で、長崎県北振興局の里恒弘さん（砂防防災課長）、同行の宇野秀雄さん（同係長）が指差した。大規模な地滑りで山体が崩壊、田畑や住家を飲み込んだ平山は、かつて愛宕山（標高２７０ｍ）のあった中央部分が、現在はほぼ平行な稜線を描き、「山が消えている」。眼前に聳えていた山が消える、とは一体、どういう事なのか、どんな状況でどんな光景を展開して、それは進んだのだろうか。記録写真を見ると、確かに、一つの山が無くなり、今は何事もない静かな丘陵に近い姿になっている。当時の光景は想像もつかない。

山体上部の大半が滑って消え、平穏な落ち着きの中にある。山を動かすほどの北松浦半島の地すべり－「北松地すべり」の規模の大きさ（移動土量１９００万㎥）、それを引き起こす途方もないエネルギーは、人々の命、暮らしを支えてきた幾重もの棚田、日々の生活が営まれてきた家屋を飲み込む災害をもたらしてきた。その現場と地底の対策・抑止工を見た。

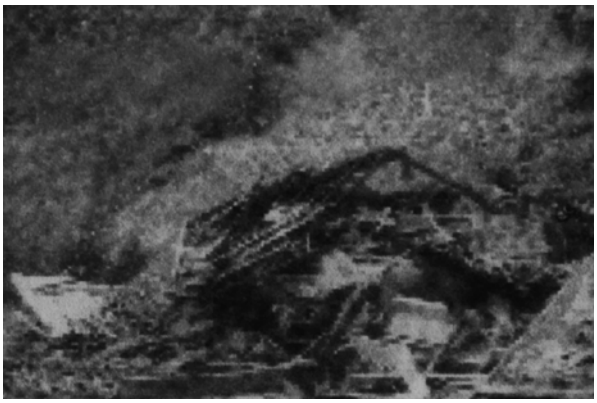
静かな山里風景の裏で

戦後、幾たびもの地すべり災害によって多くの人命と家屋、田畑が飲み込まれた北松浦半島を中心とする「北松地すべり地帯」。地すべり危険個所地帯や防止地区を書き込んだ地図を見ると、ほとんど全面と言ってよいほど無数にある。今、その一つである、昭和25年の地すべり以来、対策が営々と続けられている鷲尾岳に佐世保から長崎県北振興局の車で向かっている。

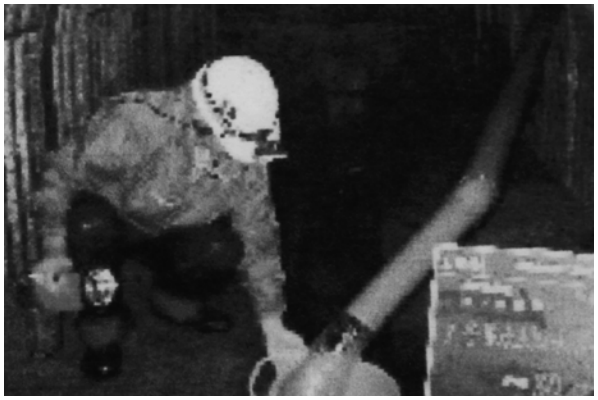
北松の山々は決して高くもなければ、急傾斜でもない「なだらかさ」を持っている。地すべり地帯と言えば、切り立った崖や堆積がゴロゴロと転がる荒れ果てた景色を連想するが、現実は逆なのだ。確かに、山の南斜面にはところによって崖や急斜面があるが「危険なのは緩やかな北斜面（10度から30度）。崖はあっても、山の南側に人々は住んでいる。昔からの経験で、北松の地すべりの性格をよく知っておられる」と、問わず語りに里課長と宇野係長。

鷲尾岳の地すべり現場に着いた。山間の斜面に人家が並び、細い道を登ると、鷲尾岳の北斜面・地すべり状況全体が見渡せる高台に出た。平和な山里、その向こうに鷲尾岳。連なる峰には風力発電の巨大なプロペラがゆっくり回っている。一見、どこにでも見られるような里山だ。ただ、中腹以上にも、竹林が広がり、風に揺れている。「山が水を多く含んでいる証拠だ」という。

鷲尾岳の地すべりは典型的な「北松型地すべり」だった。山頂にキャップロックと呼ばれる玄武岩層を持ち、その割れ目（柱状節理）から大量の水が山体に浸み込んだ。下部の



地すべりに飲み込まれた家屋



トンネル内で地下水を採取する担当者

〝鬼〟が、大地を突き上げる

第三紀層に含まれる「へだもの層」と呼ばれる何層かの炭層に挟まれた凝灰岩質の粘土層が、水を含んで軟弱化、すべり面となり、その上部の砂岩・頁岩などの岩盤が大規模な地すべりを起こしてきた。へだもの層という奇妙な名前は、漢字をあてると分かりやすい。「隔てるもの（地層）」。すべり面の上下の岩盤はいずれもしっかりした岩盤で、その間に「へだもの層」を挟んで、上部の岩盤がすべるのが北松型地すべりの特徴とされている。鷲尾岳はその典型例と言える。

その「へだもの層」のサンプルを、鷲尾山地すべり資料館で見せてもらった。うすい炭層が幾つも重なり、厚さ数センチのすべり面を見ることが出来る。割れ目沿いに風化が進み、スレーキング（岩石が微細な砂あるいは粒状になる）しやすい特徴を持っている。

こんな薄い層が、滑りの原因となり、大地を揺り動かす誇大なエネルギーに大化けするのか。驚きだった。地中の中に出来たすべり面は、例えれば潤滑油を一面に塗ったツルツルの広い床が出来、どんな重量物が乗ろうと、斜面では滑り落ちるようなものなのだろう。

主犯は「へだもの層」というより、すべり面を作る「水」と言っても良いかもしれない。「へだもの層」の一部は地表から地山の下の地層に浸み込んできた水によって粘土化して滑り面を作るのだ。水が来なければ、すべり面は出来ない。

その為、地すべり対策は、地山の「水」の抜き取りが基本となる。樹林と竹藪に覆われた静かな鷲尾岳の地下内部に、排水トンネルを掘り、集水井を掘って横ボーリングで集めた水を地すべりブロック外に吐き出してしまうのが対策の基本となる。



集水井―地中の水を集め排水する

不気味な地鳴り―鬼突

地すべり対策という「治療」は、まず地山の「内臓」がどうなっているか、検査が必要だ。何が原因で地すべりの始まりである傷口（亀裂）が発生するのか。大雨などによる大量の水が浸透して、すべり面をつくり地すべりという痛みの激しい症状を引き起こしてしまう発症メカニズムの「診断」と「治療」が求められる。お腹の患部を、外科手術ではなく、内視鏡で探り、開腹しないで検査、診断、手術を行うと考えたらよいのだろう。

地すべりは鷲尾岳の北側斜面で幅約５００m、平均厚さ50m、長さ１kmに渡るブロックで発生。その麓を松浦鉄道が走っている。

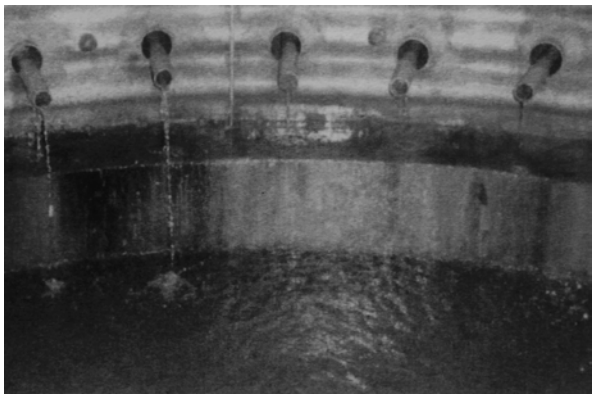
国道２０４号から折れて、江迎川を渡り、陸橋をくぐったところに標



落石が続く排水トンネル

札があり「鬼突」と言う地名がかかれている。「おんつき」と土地の人は読む。地の底で、鬼が大地を突き上げるような音がするところからこの地名がある。深夜の、不気味な地鳴り。人々は恐怖の夜を過ごしたに違いない。

人々が寝静まった夜、山に住む鬼が太い丸太で大地の壁を突く。やがて、壁が破れ、地すべりが起こり、破壊が始まる。そんな恐ろしい予感に襲われたのだろうか。ふと、鹿児島・桜島の小学校に建てられた爆発・噴火記念碑の文章を思い出した。「住民は理論を信頼せず、異変を認知すれば、未然に避難の用意尤も肝心」。経験則が教える教訓を、北松の住民も知って「鬼突」と言う地名で子孫に残したのだろう。



パイプから水が集められる集水井（内部）

間もなく、鉄道線路を渡る。「地すべりが起こるごとに松浦鉄道の線路が下の江迎川の方に動いて、そのたびに線路を敷き直してきたのです」と宇野さん。現在まで約12ｍもズレ動き、線路の山側にあった田がいつの間にか消えて線路の下になってしまった。地すべりによって押し出される岩盤斜面の最下部が松浦鉄道とその下を流れる江迎川なのだ。さらに山道を登ると左手に深い谷間が見えてくる。杉の木林の間に、谷を渡る灰色のパイプ。谷は地すべりで生じた「亀裂」で、かつては年々、広がっていたという。「最近は動きを止めているようです」。対策工が効果を表しているのだろう。



集水井に水を集め排水する

排水トンネルの中へ

地すべりを抑止する対策はまず土塊を持ち上げようとする「地下水の排除」だ。そのために地すべりブロックの山体斜面に集水井を掘り、井戸の壁面から放射線状に水抜きボーリング・パイプを突き出して井戸に集水、それを排水トンネル・水路で山体の外に流し出す。

山体の水を抜く「金ノ坂トンネル」の坑口に立った。長さ９４９ｍ、５本ある排水トンネルの中で最も長い。もともとは昭和40年代に掘られたトンネルであったが、その後の地すべりの活動で破損したため、平成21―23年にかけて改築された。高さ約２・５ｍほどの坑内に入るとひんやりした風が顔をなでる。坑道中央の幅30㎝の水路には、絶え間なく水が流れている。山腹に設置された幾つかの集水井からの水だ。大雨の時は、この水路から溢れ、トンネル底盤から高さ10㎝位の水位で流れ下るという。壁面の排水用ボーリングのパイプからも水が落ちてくる。集水ボーリングの総延長は約２８０００ｍ。「台風や豪雨などの時だと、噴水のように噴出してきます」と宇野さん。



頂上部分の岩層を取り除き崩壊を防ぐ

さらに登ると左側に排水トンネルが枝分かれしている。その入り口付近は何本かの鉄骨がトンネルの壁面を支えている。さらに登る。今度は右側に分かれたトンネル低部が落石で埋まっている。いずれも、地すべりの活動による土圧がトンネルを押しつぶそうとした痕跡だ。不気味な地滑りの圧力。その光景にひるんで、足を踏み入れる勇気はわかない。



地すべりの状況を観察する（地すべり資料館）

昭和３２年からの本格対策

トンネルを出て、山頂に向かう。道路わきの、ところどころに、整備された集水井が見える。直径３・５ｍ、中には深さ50ｍもの大井戸も。全体で32基あるという。

山頂近くの標高２７０ｍ付近は玄武岩に覆われて、その縁は滑落崖を形成していた。玄武岩の柱状節理の割れ目や亀裂から水が山体に浸み込んで、「すべり面」を作っていたのだ。この玄武岩は火山の爆発によって吐き出された溶岩が冷えて固まったもの。宇野さんの説明を聞きながらふと、雲仙・普賢岳の溶岩ドームをイメージした。

火口山頂にあふれ出た溶岩が、崩れ落ちることなく固まり、帽子のように頭を覆っている。雲仙では、今でも、この溶岩ドームの崩壊と滑落が大災害を起こすのではないかと警戒を緩めていない。

しかし、鷲尾岳では、玄武岩の割れ目から地山地下に大量の雨水を供給することによって、地層に変位を引き起こし、大きな地すべりの引き金となってきたのだ。

昭和25年、この尾根付近で亀裂（頭部滑落崖）が発生、30年代まで集中豪雨のたびに、山が滑ってきた。昭和32年の梅雨期の豪雨で、山が動き、鉄道と江迎川への押し出しが大きく

なって、大規模な地すべりを予感させた。このため、本格的な対策事業が始まっている。地すべり地帯の自治体の強い運動もあって、この年、被害救済、復旧と同時に、地すべり予防対策へ法律の力点が移ったことが大きい。事業主体も農林省から建設省に代わった。

通常、自然災害はどんなに被害が大きくとも「補償の対象」にならない。東日本大震災が引き起こした大災害でもことは変わらない。自然の為せることに、責任はだれも取りようがないからだ。さらに山の崩壊、地すべりは人家から遠い、暮らしや社会生活から無関係な山奥ではしばしば起こっている。災害の復旧はあっても、事前の予防対策はなかなか行われない。その意味では、地すべりの予防対策工事を国など行政が行うケースは、余程、発生が確実で被害が大きくなると予想される場所で、そうでなければ、税金をつぎ込むことは出来ないからだ。


地すべりの圧力でゆがんだ排水トンネル

山頂のキャップロックの排除

山腹の曲がり坂道を上り、地すべり頂点の広場に出た。玄武岩のキャップロックの縁部を取り除き、出来た平地に鉱砕スラグを敷いて雨水を遮蔽、さらにのり面にも植栽、山体への浸み込みを防いでいるのだ。排除した玄武岩など土石は約4万㎥（ダンプ約1万台分）に及んだが、排土量はごく一部で全体重量を軽くするまでにはなっていない、という。この広場の上部にある牧草地に自然の「溜まり池」が残っている。溜まった水が浸透、どのような動きがあるか、現在、調査、対策を検討中だ。



金ノ坂排水トンネルの入り口

太く長い深礎杭の壁

山を降りて、その麓には地すべり全体を食止める「深礎杭」が36本、一列に打ち込まれている（平成2年から施工）はずだが、頂部先端は地下約5mにあり、表面からは見えない。実物を想像するには、鷲尾岳と江迎川を挟んで建てられた資料館兼公民館の建物を見ればよい。両側に円柱が立ち、ユニークな建物だ。

円柱は打ち込まれた深礎杭と同じ。深礎杭は直径5・5m、間隔は11m、長さ28mから45・5mまである。1本あたりのコンクリート量はミキサー車182台分（約910㎥）にも上った。この巨大な深礎杭列の壁が、鷲尾岳に北面地すべり全体を最後に食い止める役割を果たしている。

深礎杭への巨大な圧力

深礎杭の一部には、土圧計、鉄筋の歪みの計測、地盤伸縮計、傾斜計などの各種センサーが付けられ、資料館内部の観測室などから鷲尾山の動きを常時監視している。深礎杭設置以前は年間1m以上のすべりが観測されることもあったが、深礎杭が設置されてからは、年間1―2㎜程度の移動に抑え込まれている。逆に、地すべりの巨大な圧力を受ける深礎工への負担はそれだけ大きいわけで、このルポの冒頭で見た平山地すべりでは施工後の抑止杭が土圧によって切断されている。

鷲尾岳では、平成に入っても対策事業が継続され、36基の深礎工、杭工32本、アンカー工244本、集水井32基などが施工されてきたが、今後も、精密な観測と地下水位低下のための対応策の検討も必要になるだろう。

【鷲尾岳の地すべりの経緯】

・同26年3月　松浦線が押し出され、弓形に。水田陥没、隆起。炭鉱の空中索道が以降9年間で6m移動。

・昭和28年春　斜面の山道に亀裂、尾根で頭部滑落が発生

・同28―32年　中腹の亀裂が幅約15m、深さ30―40mに。江迎川岸はアーチ状に押し出される。

・同32年（諫早水害の年）江迎川への押し出しが大きくなる。

・同53年（長崎水害の年）年間20cm程度の移動発生。

・平成2年7月　山腹崩壊や斜面崩壊で建物破壊。1日移動量25―30cm、頂部亀裂が西へ広がる。

・同4年7月　西側ブロックで地すべり発生。

・同11年8月　東側ブロックで地すべり発生、鉄道沿いの擁壁が押し出しによって転倒。

【鷲尾岳の対策工の歩み】

・昭和27年　山腹工や横ボーリング工に着工

・同42―52年　鷲尾、金ノ坂、猿ヶ岳、烏帽子岳の4排水トンネル施工。

・平成2―4年　災害関連事業（事業費約57億円）として集水基9基、深礎杭36基などを施工。

・平成4―6年　災害関連事業（事業費約9億円）として集水井2基、アンカー工224本などを施工。

・同11―12年　災害関連事業（事業費約2億円）として集水井1基、杭工32本、アンカー工20本などを施工。

・同21―23年　金ノ坂排水トンネルを改築

・同23―24年　頭部排土および表面処理を施工

・同4年から現在まで、集水井20基、トンネル内集水ボーリングなど地下水排除工を施工。

平成24年度までの事業費（災害関連事業を含む）約98億円。

にあんちゃんの里と豪華な高取旧宅

長い坂を下って、仮屋湾に降り、谷間の集落に入ってすぐ、「にあんちゃんの里」はあった。石碑を挟んで、兄妹の銅像が立っている。碑文に「いつも励まし合って生きる姿を正直につづった日記は生のままの描写で時代を超えて読者に深い感動を与える」とある。

昭和33年、ベストセラーとなった「にあんちゃん」は、安本末子の日記をそのまま出版したものだ。閉山した杵島炭鉱大鶴鉱業所で働いていた父親が亡くなり、残された兄妹が貧しさに負けず、生きていく姿が描かれ全国的な反響を呼んだ。元小学校跡に建てられた記念碑の左の銅像は兄・高一、半ズボン姿、末子は右側に立っている。同級生が資金を出し合って、25年前（2001）に完成させた。

唐津から東松浦、北松浦に広がる北松炭田は、北松地すべり地帯と重なる。第三紀層に含まれる炭層から石炭を採掘する石炭産業の歴史は江戸時代までさかのぼる。

にあんちゃんの父親が働いていた杵島炭鉱大鶴鉱業所（佐賀県唐津市肥前町）は昭和31年12月に閉山、現在は国指定・有形文化財となっている同鉱業所の石炭搬出用の第2坑口坑門と7mほどの坑道だけが残っている。

杵島炭鉱は大町、北方をはじめ佐賀県内の有力炭鉱で、炭鉱主・高取伊好は次々と中小鉱を買収、「高取王国」と呼ばれた。戦前は佐賀県内の出炭量の圧倒的なシエアを誇り、戦後も昭和25年48万tにのぼった。

また、唐津市にある高取家の旧宅は平成10年、国指定重要文化財となり、一般公開されている。欄間、杉戸絵、能舞台、さらには漆喰天井の洋間など近代和風建築の粋を集めて、「炭鉱華やかりし頃」を伝えている。

貧しさに負けず生きた「にあんちゃん」兄弟像とこの豪邸は、杵島炭鉱のコインの裏表を物語っている。







写真＝上から、にあんちゃんの碑、有形文化財の坑口、採掘時代の大鶴鉱業所

岩盤内の不連続面

(1) 断層、節理、層理面など

一見硬く頑丈に見える岩盤でも、岩の性質が一様に連続して巨大な塊をなすことは少ない。多くの場合、何らかの不連続面を内包するが、代表的ともいえる断層は不連続面の一種であり、左右で岩体の種類が異なる。あるいは、互いにずれて切断面(割れ面)が形成されたものである。

こうした断層は、単に面として現れるだけでなく、その周りの岩体がある幅で破砕されることがある。それを**断層破砕帯**または単に**破砕帯**というが、その幅は数cmから数百mまでさまざまである。また、破砕された岩破片を破砕角礫、粘土状になったものが破砕粘土である。

他方、断層のように、岩体の左右がずれて不連続になるのでなく、もともと岩盤が生成され、収縮する際などに、規則性のある割れ目や不連続面が岩体内に発達することがある。これらは、当然のことながら、左右や上下の岩盤の種類、状況に変わりはない。しかし、岩盤内に発生した一種の脆弱面であい、連続性の切れ目であるが、これを**節理**という。

たとえば、五ヶ瀬川の上流における高千穂峡は、熔融凝灰岩の柱状節理である。芥屋の大門(福岡県糸島市)や七ツ釜(佐賀県唐津市)、塩俵の断崖(長崎県平戸市生月町、写真)は玄武岩質の岩体が冷却するとき、冷却面に直角に発達した柱状の不連続面である。

節理は、柱状の他に、放射状(九州では見られないが、玄武岩質岩石などに発達)がある。また、板状もあり、安山岩質岩石などでみられ、熊本県水俣市の安山岩湾曲節理はその例である。さらに、花崗岩などの岩体ではサイコロ状に発達した方丈型の節理もある。

堆積物は地層をなすが、これにも不連続面がある。砕屑物(さいせつぶつ。粘土や砂、礫等)、火山砕屑物(火山礫、火山灰等)、生物の遺骸などが水や風によって積層状に積り、不連続面を持つ地層が形成される。

こうした地層は、通常は板状をなし、幾層にも重なるが、それらの境目に不連続面ができる。これを**層理面**または**地層面**という。日南海岸の有名な「鬼の洗濯板」は、砂岩と泥岩が互層をなす地層であり、両者の境が層理面である。



写真　玄武岩の柱状節理(平戸市生月町・塩俵の断崖)

なお、砂岩層や泥岩層のように地層を構成する一つ一つを単層という。この意味で、地層は各単層が積層に重なったものである。そして、それらの地層が複数集まってひとかたまりをなす状態が層群である(四万十層群、宮崎層群)。

断層、節理、層理面は、いずれにしても岩体ないし岩盤内にある不連続面であり、一般に脆弱である。このため、滑り崩壊の可能性があり、地下水の道筋になる、岩体風化の要因になりやすいなどの問題がある。したがって、法面や斜面、あるいはダムの基盤、トンネル工事、岩盤の切り取りを伴う開削工事などでは、断層、節理などの有無に十分な注意が必要であり、対策が求められることが多い。

(2) 流れ盤と受け盤について

地盤工事や構造物の設計などにおいて、不連続面の状態を読み取り、理解する上で大切なことに流れ盤と受け盤の概念がある。

下図の(1)に示すように、地表面の傾斜にほぼ並行するように不連続面が並ぶものが流れ盤である。表面が風化すると比較的早い段階ですべりを起こす。風化層が薄く、地下水が層境を通り、浅いところを流れ下るなどの特色がある。

図の(2)は、いま一つのタイプで、受け盤の図である。不連続面が地表に対し直角方向に奥深く入る状況であり、さし目ともいう。流れ盤に比較すれば安定した地盤である。しかし、不連続面に沿って雨水などが比較的奥まで浸透し、したがって風化層が厚くなる傾向がある。このため大規模な地滑りや崩壊となりがちである。

図は流れ盤、受け盤の両極を示すが、現実はこれらの中間状態も多い。このため、流れ盤か受け盤かは地表をみただけでは即座に判断しにくい。地形や、谷地形の非対称性、露頭の分布、割れ目の状態、表流水の分布状況、樹木の根もとの曲がり具合、およびボーリングや孔内傾斜計などの調査から総合的に判断する必要がある。あるいは、トンネル工事などで掘り進む場合には、その進行に伴う不連続面の変化や展開状況から判断することができる。

(樗木 武)

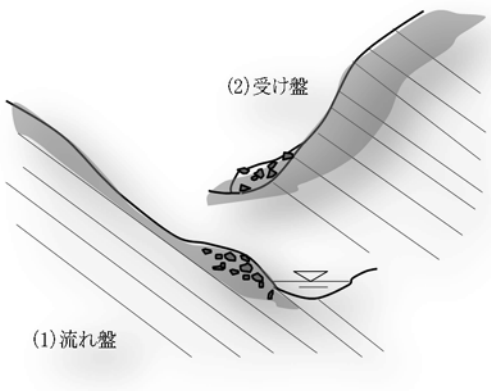


図　流れ盤と受け盤のイメージ図

プロジェクト九州

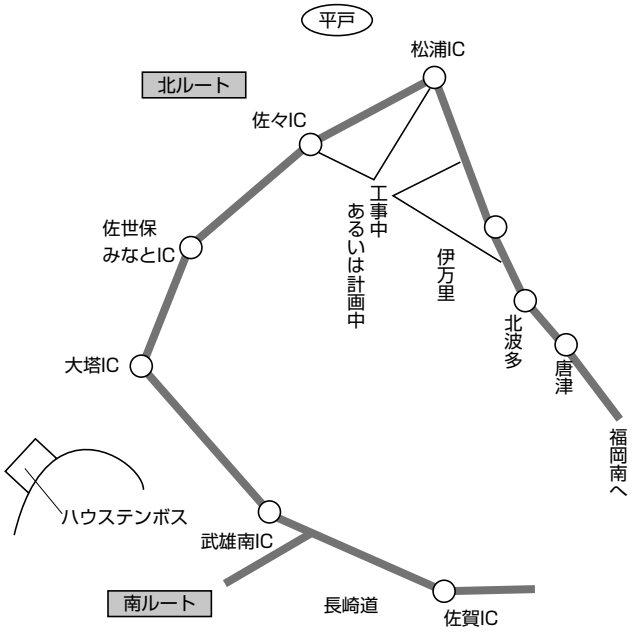
第2節① ハウステンボスへの道

苦難の西九州道

57回もの地すべりで悪戦苦闘 切土、のり面造成でバランス崩す 「北ルート」へ、貴重な教訓残す

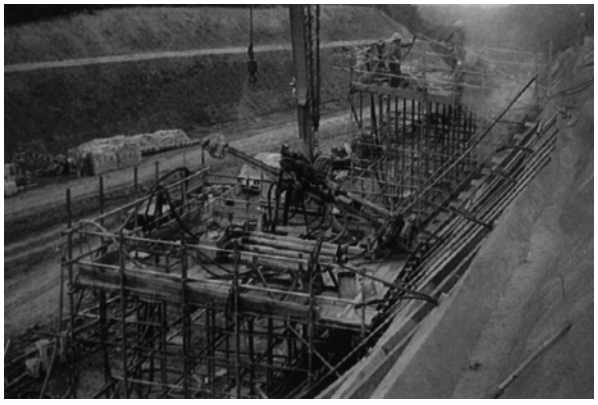
長崎県佐世保市のテーマパーク・ハウステンボスは、経営難で苦労を重ね、経営者の交代が続いてきたが、開業以来21年ぶりに黒字決算、佐世保市からの交付金を返上して「自立」した。西九州自動車道が完成したのはハウステンボス開業の約2年前、平成元年（1989年11月30日）で、長崎自動車道・武雄JCTで分岐、佐賀県武雄南ICから佐世保市大塔IC（武雄佐世保道路）までの22・1km。この道路の完成はハウステンボスへの集客のみならず、佐世保、九十九島観光や5月の連休に開催される有田陶器市への大渋滞緩和にどれだけ貢献したことか。西九州観光に欠かせない存在になっている。しかし、この道路建設は約400mに1か所、全延長で、計57カ所もの地すべりに、悪戦苦闘した難路であったことを知る人は少ない。

西九州道路の略図



急峻な谷と大雨

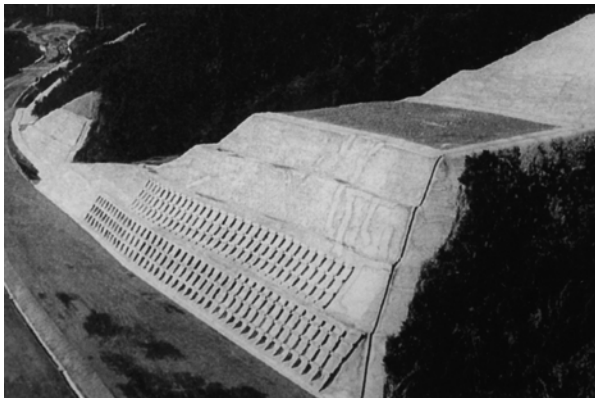
佐賀県から長崎県にまたがる松浦半島の「北松地域」は地すべり地帯として知られている。この地域には武雄、伊万里、有田、佐世保から北西へ松浦市や田平、江迎などへの半島地域で「北松型地すべり」と呼ばれる特異な地すべりが、各地で繰り



西九州道―のり面強化のための工事



地すべりを引き起こす「すべり面」



切土で完成したのり面―上部は排土され対策工が施工されている。

返されてきた。発生地点を地図に落としてゆくと、いたるところで地すべりが発生してきたことが分かる。武雄南ＩＣから大塔ＩＣを結ぶ西九州自動車道は、この「地すべり半島」の周辺部（南側ルート）を走ることになった。海側の半島周辺部（北側ルート）は地すべりが多く発生するが、南側のルートは山岳道路で、小さく急峻な谷が連続しているものの人家は多く、半島北側の伊万里、松浦、佐世保地域に比べ、比較的、災害報告は少なく、一般に地滑り地帯として意識されることはあまりなかった。ただ、台風の常襲地帯でもあり、年間降水量は２０００㎜を越え、地すべりの引き金になっていると推測されてきた。



吹き付けのり面にクラックが走った

北ルートの地すべり

「北松型地すべり」はなぜ起こるのか。地質学者の説明はこうだ。海底に堆積した泥や砂が固まった新生代古第三紀層（杵島層群）と呼ばれる砂岩、頁岩とこれらに挟まれた凝灰岩で構成されている。

西九州道南ルートは同北ルート（伊万里―松浦―佐々間は新第三紀佐世保層群）に比べて時代は古い。

南北で異なる発生メカニズム



吹き付けのり面に出来たキレツ。

北ルートには火山活動によって噴出した火山灰土や砂礫層が溜まり、その上に玄武岩が火口から流れ出て溶岩台地が形成されいる場合が多い。火山活動が繰り返され、溶岩の上に火山灰土が岩石化した凝灰岩が積り、さらにその上に玄武岩の溶岩が覆うことによって、岩層が幾重にも重なることになった。また、下層の第三紀層は海底の堆積物や植物が岩石化した石炭層が形成され、北松炭田と呼ばれるように、石炭採掘が盛んに行われた。

何が犯人なのか

地すべりは何が主犯なのか。玄武岩の溶岩は噴出して地上に出ると急速に冷やされる。冷えた玄武岩は収縮して、縦方向に規則的に割れ目（柱状節理）が出来る。雨水は割れ目を伝って下の砂礫層にまで達し、水の通路となった地層は、風化、軟らかい粘土層化して、滑りやすくなる。

大雨が来ると、この滑り面から上部の地層の地滑りが発生する。崩れ落ちた岩石や土砂は、台地の周辺に堆積して、斜面の上部には「水のたまり場」が出来る。その貯水池の底から常に地下水が流下するようになり、水の道がまた粘土化して、再び地すべりを起こすことになる。

最初の地すべりで出来た斜面は、なだらかで、水も豊かで、石垣を造り「棚田」として活用しやすい。山崩れと違って、緩やかな地滑りの場合、地滑りが発生して、滑りながら農作業が行われたと伝えられている。松浦半島の北部には、有名な棚田が多い。棚田は古い地すべり後に開墾され、階段状に水田が造成されたもので、その美しい景観は地すべり地帯の証明でもあるわけだ。

切土でバランス崩す南ルート

一方、南ルートの西九州自動車道（武雄佐世保道路）は、北松地すべり地帯の南縁辺を走ることになった。利用者は気が付かれると思うが、山と谷が小さく入り組んだ山岳地帯を切土して道路が造成されている。特に、下り線の右側に切り土の



地すべりで茶畑は、ちぎれるように崩壊

り面が目立つ。武雄南―大塔間では２６６カ所の切土が行われたが、うち46カ所（17％）でのり面の変状が見られた。馬蹄型の地すべりで、岩盤滑り－風化型滑りと言える。そのため、典型的な北松型（すべり面が泥岩中の割れ目で厚さ2―3㎝の薄いすべり面によるもの）とは形態が違っている。

工事は第1期と第2期に分けて行われた。佐賀側の武雄南ＩＣから長崎への県境を越えて、波佐見有田ＩＣに至る延長10・1㎞が第2期工事で、東西に延びるルートの北側には神六山（標高４４４・７ｍ）などの山が連なり、分水嶺となっている。その麓側には平行するように波佐見川などが流れている。道路は山腹の丘陵斜面を走ることになる。小さな谷が多く、13カ所の橋が架けられ、トンネルが1カ所。また、地形も有田ドームや矢筈盆地などがあり、それらから断層が放射線状に伸び、ルートを横断するなど複雑な地形を持っていて、工事は難航した。

切土のり面に次々、クラック発生

道路造成のため山を切り土すると、それまで比較的安定していた地山のバランスが崩されてしまう（応力解放）。そこに大雨が降ったり地下水によって水を含み、膨張して、粘土化した斜面（流れ盤）に沿って上層の土砂が滑るのである。崩壊や２次滑り（再移動）も発生した。



のり面に出来た大きく深い割れ目

長大のり面に対策工を総動員

上下線合わせて１０９カ所にも及んだ切り土のり面のうち、22カ所に上るのり面に地すべりが起こり、対策工が必要だった。特に砂岩層が多く起伏に富む波佐見工事区間を中心に3段以上の高さになったのり面は8カ所になった。最高は8段52ｍもの高さを持つ高のり面もあり、次いで7段高さ46ｍ、5段34ｍ。その他は10―20ｍ前後だった。

様々な対策工事が総動員された。滑り落ちた土砂を排除、あるいは盛土して滑りを抑制する。斜面が風化したり水を含まないようにコンクリートの吹付井桁の施工のほか、鉄筋による補強工、さらに土留めのためのアンカーが打ち込まれた。傾斜面の浅い場所に堅い岩盤がある場合はそこにアンカーを固定させる。また斜面下の深いところまで軟らかい岩盤が続く場合、アンカーの長さを長くとり、締め付ける力を確保する。

波佐見工事区の最も高い８段52ｍの長大のり面では2回の地すべりが起こっている。波佐見トンネルを出て岩峠橋へ向かう地点で、切り土した後、最初は最下段で小さな崩壊が発生、次いでその上の7段は全面コンクリート吹付けが行われていたが最大で10㎝の割れ目（クラック）が生じた。昭和62年1月早々から、地すべりを抑制するため、のり面下部に押さえ盛土を行い、コンクリート吹付け、アンカー工などの施工を翌年の5月まで行い補強した。



佐世保三川内IC付近ののり面

２回目の地すべり発生

１回目の対策工がほぼ終わり、1段目の押さえ盛土を取り除いたところ、4月末の大雨もあって1回目を上回るクラックがのり面全体に発生、のり面全体が本線道路側にずれて、大きな地滑り発生の危険が生まれた。

様々に対策工法が検討されたが、地すべりの上部の土塊を取り除くことになった。アンカーを深く打ち込むことも検討されたが、アンカーがあまりに長くなり経済的でないと判断された。５段目から上を大きく排土し重量を軽減したうえでコンクリート枠とアンカーを打ち込んでのり面を固めた。約7カ月間の工事で、完工は同63年11月、2回の補強工事に2年近くがかかる難工事であった。

こうした切土による地すべりは22カ所に及んだが、亀裂を生じて崩落したのが35％、風化、層理面での地すべりが65％だった。

このⅡ期工事に先行して行われたⅠ期工事（波佐見有田―大塔）での、工事体験がさまざまに生かされた。それはのり面の上部を排土して、出来るだけ土圧を軽減する方法だった。

波佐見有田から佐世保大塔へ

波佐見有田ＩＣから佐世保大塔ＩＣ区間（第１期区間）は西九州道路が佐世保市やハウステンボスに結ばれる延長10・８㎞。県境を通過して、長崎の陶磁の里・三川内ＩＣで国道35号とＪＲ佐世保線と交錯、これを越えて佐世保に向かう。小さな谷が多く、橋で越えて行く。

この一帯の地質は杵島層群と呼ばれる第三紀層で、地層は終点佐世保に向かって古くなり、地殻変動による断層が随所に見られるが、幸い、この道路ルート上には断層は見られなかった。

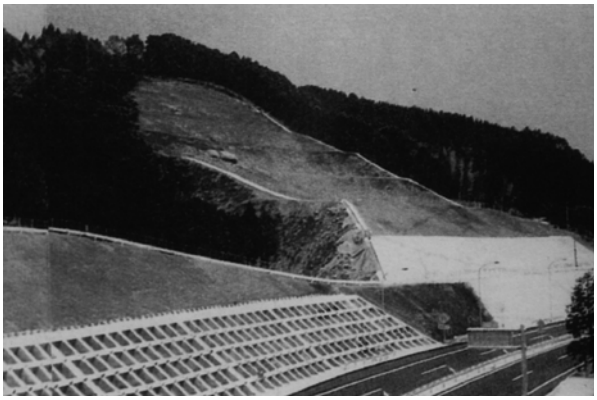
連続する地すべり

武雄南―波佐見有田ＩＣ間と同様、切り土が多く１５７カ所を数え、崩壊・地すべりは29カ所に及んだ。そのほとんどは風化した頁岩や凝灰岩が切土によって地山の荷重などが変化、バランスが崩れ、風化した部分が水を含み、膨張して滑り面となって、地すべりを引き起こした。特に風化凝灰岩が滑り面になった事例が多く見られた。

この区間最大の切土ののり面は波佐見有田―三川内ＩＣ間ののり面で、高さ7段44ｍ。木原川によって浸食され30―45度の急傾斜が連続、岩質も軟弱で、大雨によって崩壊、地すべりが発生することが予想されていた。昭和60年６月初旬に第１回の地すべりが発生、２回目の翌年６月には連続して３カ所の地すべりが続いた。

いずれも風化した凝灰岩が滑り面となって引き起こされたもので、この地域での典型的な地すべり。排土や抑止杭、アンカー工、井桁擁壁などを対策工として施した。特に、のり面上部の地山を大きく削って、排土したことによって、のり面は安定を取り戻した。

全ての作業が、のり面の動きを注意深く観察しながら進められたが、地すべりの発生予知、滑りが発生する範囲、規模などの推定は難しい。地すべり抑止の工事は、その範囲、工法の比較検討、選択も含めて多くの難問を抱えた。このため、のり面の崩壊、滑りの予兆がはっきり現れたり、実際に発生してからの対応にならざるを得なかった。



排土と擁壁の対策工が行われた

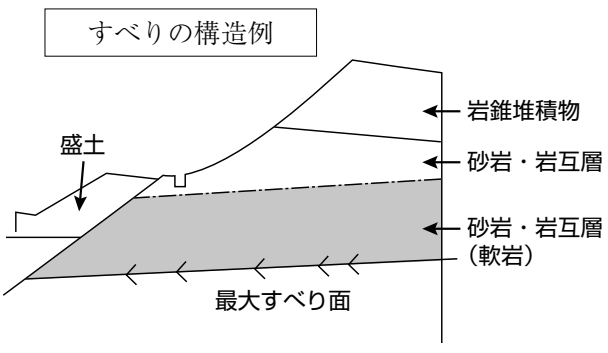
日本有数の地すべり地帯を周回

西九州自動車道・武雄南ＩＣから佐世保大塔ＩＣまでの区間は、予想されていたとはいえ、地質構造は非常に複雑で、想定以上の風化の進行や断層が存在していた。また、切土工事も常にのり面の動きを観察（動態観察）を行いながら進められたが、特に「地すべりの予知、予測技術の難しさを痛感した」という。

昭和63年８月と平成２年５月にまとめられたⅠ期区間とⅡ期区間の「地すべり対策報告書」が発行されている。Ⅰ期区間（波佐見有田―大塔）は「地すべりの兆候や崩壊が発生してから対策工を決定し、動態観測による施工を行った。地すべり予知に関する技術が完全に解明されていないあの時点ではやむを得ないというか、むしろ効率的かつ経済的な方法ではなかったかと考えている」。

Ⅱ期の報告書では「地質の複雑さ、地すべり予知・予測技術の難しさを痛感した。このため、切土工に当たっては、動態観測を進めながら工事を進め、地中に変位が生じた場合緊急の押さえ盛土を行い、変位の進行を防ぐこととした。その後、調査、解析を行い経済性を考慮して対策を決定した」。その結果、Ⅱ期区間では「出来るだけ排土を多用して工事費の節減に努め」Ⅰ期区間の約３分の１の金額で対処することが出来たと述べている。

西九州自動車道は、これから佐々ＩＣから伊万里へ向かって「北松地区」の工事に入って行く。地すべり対策は本番を迎えるが、武雄南―大塔工事で得た教訓が大きく生かされるだろう。



切り土のり面と地すべりの構造

THE CIVIL ENGINEER

第2節②
インタビュー

西九州道・武雄佐世保道路工事の指揮を執った

藤田守廣氏

苦難の西九州道

――西九州道は北松地すべり地帯のただなかに自動車道を建設する難しい工事でしたが、武雄佐世保道では、のり面崩壊が次々と発生する事態となりました。

藤田氏　十分情報を得ていましたので、いかに対処するか文献調査、地質調査を行い、地すべりが発生することを前提に、対応を事前に検討していました。しかし、地すべりとはいえ、4―10度程度の傾斜面、つまり水平と言ってよい傾斜での地すべりが起こるのにはびっくりしました。これまでに経験したこともありませんでしたし、極めて特異な地質構造で、恐らく日本のどこにもない地すべり現象でしょう。それも緩い傾斜ほど大規模な地すべりとなるのですから。

「ゴルフ場のバンカーが抜けた」

――そのような特異な地すべりを起こす地層構造とはどういうものなのでしょうか。

藤田氏　杵島層群で、その地質は複雑。砂岩、砂質頁岩と頁岩で構成されています。その中に20―30㎝の比較的厚い粘土層（凝灰岩・スメクタントを含む）が挟みこむ形であり、これが水を含んで膨潤化、すべり面となるのです。地山を切って、のり面を造ると雨水などが浸透しやすくなり膨潤化する。地すべりは「水のいたずら」ですからね。

――工事はどのように進められたのですか。

藤田氏　もちろん事前のボーリング調査を十分行いました。土壌の粘着度を調べ、用意周到な準備を心掛けました。それでも地中のことですからすべてが明確になるわけではありません。ですから設計段階で滑り面を特定して対策工を決めてかかるというのは非現実的です。事前に傾斜計を地中に入れ、工事を進めながら地山の動き（動態観測）を見ながら、本施行に先だって地すべり層の特定、その範囲を検討、施工（観測施工）をしました。おそらく初めての施工方法で観測施工の「はしり」ではないでしょうか。これによって工事中の大規模な地すべりはある程度、未然に防止することが出来たと思います。特に対策工は徹底的に工費比較を行い経済性を重視しました。

――それにしても、のり面崩壊が頻発していますね。

藤田氏　第Ⅰ工事区間ののり面157カ所のうち29カ所で崩壊（18％）、特に3段以上ののり面59カ所のうち19カ所で崩壊（32％）が起こっています。ですから3段以上の流れ盤の、のり面ではほとんど崩壊が起こったというイメージが今もあります。

――のり面保護の対策工としては、どのような工法を選択されましたか。

藤田氏　この杵島層群は特に水に弱く風化しやすい地質で、地すべりを引き起こしますから、コンクリートの吹付を徹底しました。勿論、景観上どうかという問題もありましたが、まずは安全第一、のり面の安定を優先して緑化を抑えました。また、アンカー工もアースアンカーは全体で500本、8300mにも及びましたが、杵島層群はもまれており、アンカーの定着部分は亀裂が多く、深さが30mにも及ぶものもあり、苦労しました。通常のグラウト注入量よりもかなり多く注入、未定着がないように注意しました。2次すべりの可能性もあるのり面では想定外の滑りに対処するため、将来、アースアンカーが施工できる構造にしたところもあります。

――このような地すべり地帯では橋やトンネルなど構造物の建設にも問題が生じたのではありませんか。



藤田 守廣 氏

（ふじたもりひろ）　**プロフィール**

昭和23年8月生まれ、熊本県出身。昭和47年鹿児島大学工学部卒業、日本道路公団に入り、東北道（いわき一浦和間）上信越自動車道（小諸―更植間）の建設などに携わり、西九州道Ⅰ期工事を工事長として担当した。ＪＨ試験研究所企画課長、本社保全課長、九州支社部長。現在（株）森組東京本社顧問。

藤田氏　道路の上を横断する「オーバーブリッジ」2カ所で位置変更せざるを得ませんでしたし、トンネル掘削には細心の注意が必要でした。ゴルフ場の地下を通過するトンネル建設ではいろいろな思い出があります。何より坑口のかぶりが3―4m程度と薄く、軟弱地盤でしてね、崩れやすい。ゴルフ場のバンカーが抜け落ちるほどでしたからトンネル天井部分に徹底してウレタンを注入、発泡させて固め、土壌改良、強化しました。

しかも上り下りの2本のトンネルの間隔が通常の約3分の1、3mほどしか取れない難しい「メガネトンネル」でしたから、トンネルの間にコンクリート壁を造らなければならないかなと思いましたがウレタンの効果が予想以上に大きく必要ありませんでした。

しかし地形が地形でしたから下部のインバートを厚くして、まるで暗渠のカルバートを造るようなトンネルになりましたから、極めて安全に出来ています。余談ですが、トンネルに入る前のゴルフの飛球防御用のシェルターにも工夫があるのですよ。硬質の板を使い、光を取り入れるように工夫して明るさを保っています。今度、通過するとき注意して見てください（笑い）。

高取伊好と杵島炭鉱

高取伊好（これよし、1850―1927）は佐賀県多久市の出身。多久藩の儒臣の家に生まれた。唐津炭鉱をはじめ、佐賀最大の杵島炭鉱を経営、一代をなした炭鉱主。現在その住家・高取邸（国指定重要文化財）は唐津市によって保存、公開されている。唐津城のすぐ下、浜辺沿いに建ち、能楽間を持ち、洋風の応接間など和洋折衷の邸宅だ。



杵島炭鉱時代の変電所（大町煉瓦館）

慶応大学から工部省鉱寮に入り鉱山学を学び、長崎県・高島炭鉱で実務の中で近代鉱山技術を習得、技師から炭鉱経営を志した。唐津近郊の北波多一帯の中小鉱をまとめ芳谷炭鉱、さらに相知炭鉱へと基盤を拡大、杵島炭鉱を築きあげた（明治42年）。この間、不況と戦争による好況と浮沈をかさねながら「石炭一筋」の人生を送った。

佐賀県の炭鉱は唐津炭鉱地帯と北松炭鉱地帯からなり、県土の70％近くで炭層が存在するとされた。約260年前、江戸期から北波多地方で採炭が行われ、伊好の先祖、親類も採炭業にかかわっていたといわれている。伊好にとって、「炭鉱主」は、人生の目標であった。

杵島炭鉱は有明海側の大町町を中心に採炭、六角川河口の住之江港から運び出した。昭和44年、閉山。同町役場の説明によると、昭和16年には人口24000人に達し、現在約8000人。

高取旧邸　明治27年建築。和風建築でありながら洋間を持っているほか、能舞台、杉戸絵らん間など類を見ない構成の邸宅。唐津市北城区5～40。入場料＝大人510円


保存、公開されている高取旧邸（唐津市）

プロジェクト九州

第2節③ 地すべり地帯へ挑戦 北ルート

苦難の西九州道

大規模地すべり地帯での挑戦スタート ヘリ飛ばし、物理探査で地層解明 滑り面の下にトンネル、災害回避へ

西九州道（唐津―伊万里―松浦―佐々ＩＣ） 北ルート・苦い経験生かし、難題克服

スタートから切土のり面崩壊

西九州自動車道（全長１５０km）は、全国的にも有数な「北松地すべり地帯」の外縁部を楕円形にぐるりと回る。その北ルートの建設工事が、佐賀県・唐津市を通過して、伊万里に向かう「北波多ＩＣ」付近で、大規模な切土のり面の崩壊に遭遇した。武雄南ＩＣから佐世保に向かう「南ルート」でも同様に、道路沿いの切土のり面の崩壊に苦しんだが、ざるを得なかった。

さらに伊万里―松浦ＩＣ（仮称、以下同じ）間でも佐賀・長崎県境、石倉岳周辺ではこれまで幾度もの典型的な「北松型地すべり」災害が発生しており、道路延伸のためには、今後とも対策が必要な地点が数多く見られる。

武雄南ＩＣから大塔ＩＣまでの「南ルート」は山腹を「切土」して建設されたが、対照的に佐賀・長崎県境から松浦ＩＣ―佐々ＩＣまでの「北ルート」は玄武岩のロックキャップを持つ典型的な北松型地滑り地帯。形態は異なるが、南北ルート共に西九州道はほぼ全線にわたって地すべり地帯の道路建設の厳しさと直面することになった。特に、地すべり危険個所や防止地区が続く松浦―佐々ＩＣ間ではヘリコプターを飛ばして、空中物理探査を行い、地質調査と設計・施工にあたっての留意点を調べた結果、この区間の大半を多数のトンネルで地すべり面の地下を通過することになった。

同じ北松地すべり地帯の東側に当たる「北波多」地点でも同様な切土崩壊に直面することになった。

一般的に「北松型地すべり」と呼ばれる玄武岩の柱状節理からの雨水を引き金に起こる地すべりとは形態は異なるものだったが、対策は計画された道路用地の範囲をはるかに超えて広範囲になり、集水井やアンカー工、抑止杭の打ち込みなど大掛かりな対策工を講じ

北波多―流れ盤地すべり

唐津ＩＣから入り、伊万里に向かうと、北波多ＩＣの手前で、標高２００mほどの丘陵地を切土して造成したのり面が現れる。地すべり抑制のためのアンカーが打ち込まれたのり面ブロックが3段、約２３０mに渡って続いている。多数のアンカー、井枠コンクリートで固められたのり面は、ここから始まる北松地すべり地帯への「入口」を示しているかのようだ。

航空写真で見るとここの地形は、丘陵地から舌状に斜面を造り、麓の田中川を押し出すように張り出している。自動車道はその中腹からやや下を切り通して造成されている。地形そのものからも、過去に地すべり

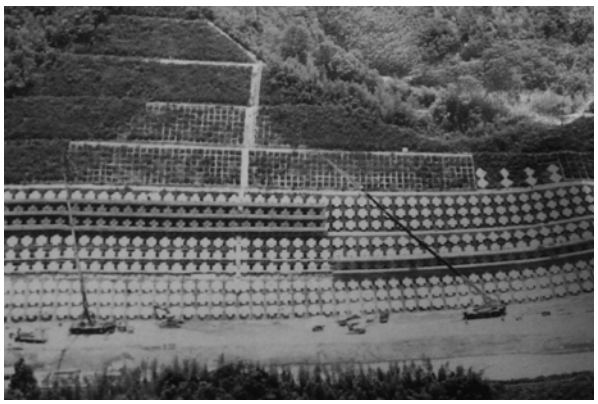


のり面崩壊を防ぐアンカー工

が起きた地域であることが、読み取れる。

切土工事がほぼ終わった平成19年1月、のり面上部（5段目）で表層崩壊が始まった。当初は、表層部分だけの地すべりとみて、比較的浅い抑制工で対応していたが、地すべりの兆候は収まらず、さらに深部のボーリング調査が開始された。ボーリング孔内の傾斜計が「地すべり」ブロックの大きな移動を示し、最悪の場合、深層からの大規模な地すべりが起き、全のり面が崩壊する恐れを示していた。

地形を詳しく調べてみると、丘陵地の頂上から北側は緩やかな下りカーブを描く凹状の台地となっており、その奥部に「しゃりん池」と呼ばれる水の溜まり池がある。



ほぼ完成したのり面工事

深部の地質を調べると、地下水が浸み込み、地下20―30ｍに、非常に柔らかい粘土質になる泥質岩や凝灰岩層があり、ここが「滑り面」となって、その上に堆積している砂岩や頁岩、その互層など風化した岩層が地すべり（流れ盤地すべり）を起こす可能性があること分かった。これらは第三紀層で、2枚の石炭層を持っており、過去に石炭採掘が行われてきた。

炭鉱と地すべりー「にあんちゃんの里」

実際、この東松浦半島―唐津一帯では杵島炭鉱など炭鉱が多く、現在ではその名残は、わずかに、「にあんちゃんの里」（同鉱大鶴鉱業所・唐津市肥前町）の石碑・銅像と近くの坑口跡（有形文化財指定）に見られるだけだ。炭鉱閉山、父の死などで極貧の暮らしを強いられながら、けなげに、力強く生きて行く姿を綴った10歳の少女・安本末子の日記が、ベストセラーとなり映画化された。谷間の底に立つ姉妹の像と碑を見て、帰り道の坂を登り国道２０４号に出ると「地すべり地帯」の標札があった。石炭層を含む第三紀層は過去、地すべりを多く発生しており、北松地すべり地帯の共通する地層と言えた。

東松浦半島の底辺部に当たる北波多ＩＣ近くの切土の両側の斜面も同類の地層を持つ地すべりが起きやすい地域と言えたが、切土前は、歳月を経て自然な「安定」状態を保っていた個所だった。それが切土（排土）によってバランスが崩れ、のり面崩壊を引き起こしたとみられる。道路計画の地元説明会では、住民から「地すべりの発生が多いこの地区に、どうして道路を計画するのか」など厳しく、疑問の声が上がったが、設計時の調査では基盤層も固く、通常ののり面対策で十分、「大規模な地すべりは起こらない」と踏んでいたため、さらに深部のボーリング調査を行って「滑り面」となる地層の確認などが不足していた。

切土によるバランス喪失



のり面には多様な工法が行われる

事前に「大丈夫か」の声

調査前の段階では、地滑り面であっても、外見上は、安定した自然斜面に見えるが、いったん、道路建設のため開削、切土してのり面を造成すると、その自然に落ち着いていた斜面がバランスを失って、地すべりを引き起こす可能性が高くなる。西九州道路の南ルート（武雄佐世保道路）はほとんどその全線にわたって、切り土崩壊に苦しむ工事となった苦い経験があった。北波多地区も、同じ北松地すべり地帯に含まれ、住民は過去の地すべり体験から「山を切って、道路を作って大丈夫か」の懸念があったのだが、専門コンサルタントの調査結果により「事前調査によると問題なし」として、切土工事に着手していた。

しかし、実際に行われた調査は道路計画面から約５ｍまでの固い砂岩、頁岩を確認した浅いボーリング調査であり、地すべり面となる、さらに深部の凝灰岩層までの調査は届いていなかった。改めて行われた深部ボーリング調査の結果、麓の田中川まで届いた過去の大地すべりも豪雨が引き金なったもので「その後、沈静化していた地すべりが切土により土塊の薄い位置に跳ね上がるように再活動」して変位が生じ、さらに

切り下げることによってすべり面が下方に移った。予想される地すべり面は幅２１０m、最大滑り面の長さ２５０m、約５・３haに及ぶ大規模なものになっていた。静かに眠っていた地すべり地層を「切土」によって目覚めさせた、と言えるかもしれない。

対策のため、道路用地を大幅に拡大、集水井４基を造り「抑制工」としたほか、アンカー、鋼管杭を打ち込む大がかりな対策工事が行われた。しかも、用地買収までの経緯から住民の不信感が強く、地権者の理解と協力取り付けに長期間を要した。北波多地点での、のり面対策工事は最終的には、表層崩壊（平成19年1月）から最後の対策工（平成25年2月）まで約6年間かかり、供用開始は平成25年3月までずれ込んだ。


アンカー打ち込み作業

過去の地すべりは地名に残されたり、伝承や経験知で伝えられていることが多い。関係者の間にも「十分な前調査を行い、地元の声を聴く耳を持って、事前に地すべりを想定した観測体制を整えておれば、初期段階で素早く対応出来たのではないか」との反省の声も聞こえる。

地すべり多発地帯に突入

「北松地すべり地帯」と呼ばれる地域に、北波多ＩＣ周辺は含まれるものの、北波多の地すべりは、長崎県内、北松浦地域の「北松型」それとは形態を異にしていた。「北松型地すべり」は山頂付近に防止のようにかぶさる玄武岩（キャップロック）に柱状節理（柱状の割れ目）が出来、降雨により大量の水が浸透、下部の地層に地すべり面（受盤側に生じる）を作る。

しかし、北波多では、北松型の特徴とは形態が違った。キャップロックは存在せず、表層の風化した砂岩、頁岩などに水が浸透、「へだもの（隔物）層」と呼ばれる薄く重なった石炭層の上の頁岩が粘土化して滑り面をつくり、しばしば１㎢以上の大規模な地滑り（流れ盤側に生じる）を起こす。形態の違う地すべりであることへの認識が十分でなかったことが、初期の対策工事の判断の背景にあるのかもしれない。

実際には、大規模な地滑りブロックが存在することが分かったため、対策として可能な抑制工、抑止工を総動員する対応がとられた。まず、道路面は従来計画より高くして、地すべりに対する押さえ盛土の役割を果たさせ、道路には滑り抑止杭34本を打ち込み、その上の下部のり面に８１１本のアンカーをびっしりと打ち込んだ。見上げると「重装備したのり面」となっていることが分かる。


のり面崩壊を防ぐアンカー工

さらに丘陵部と台地には4本の集水井（直径３・５m）が掘られた。すべり面と想定される地下へ、それぞれ深さ23・５m、23m、19m、18・５mに及ぶもので、井戸の壁面からは集水用のパイプが「扇の骨」のように延びている。井戸に集められた水は地下水路で、のり面横の外部に排水するなど大がかりな工事で、道路用地内での対策工としては異例の規模となった。

唐津地域を抜け、北松地すべり地帯に入った途端に、「想定以上」の地すべり対策を強いられる苦い教訓を得ることになった。幸い、北波多から伊万里市街地までの延伸区間では、現時点では大規模な地すべりが発生するような個所は見られず、このような大がかりな地滑り対策は講じなくても済む見込み。今後の調査を十分行いながら施工されている。

石倉岳地すべり地帯へ

西九州自動車道路工事はさらに西へ進み、伊万里市から佐賀県と長崎県県境の山地の麓を通過して、松浦市に向かう。地すべり多発地帯として有名な県境山地には石倉岳（３１３・３m）―人形石山（４２７m）が連なり、東西両側斜面とも大規模な地すべりが多発、人々の命と田畑を飲み込んで、悲惨な被害を出してきた地帯だ。

主な地滑り災害だけでも昭和26年

抑止、抑制工を総動員

2月、人形石山の佐賀側で大音響と共に幅４００m、長さ７００mに渡って地すべりが発生、22戸を倒壊させ、３人が行方不明。続いて隣地の集落にも3回にわたって「波打つように土砂が押し出され」（伊万里市史）、５戸が埋没、麓の佐代川をせき止めて、天然ダムを造って、人々を恐怖に陥れた。昭和32年7にも同じ人形石山が崩れ、大音響と共に１００万㎥の土砂が「赤い土煙を上げて」13戸、７人の命を奪った。

長崎県側となる「今福」地域でも、昭和28年6月石倉岳が大規模な地滑りを起こし、その後も小規模な地滑りが連続、昭和63年８月、平成２年7月と大規模な地滑りが続いた。

武雄佐世保ルートを教訓に

西九州道（伊万里松浦道路、17・2㎞）はその北外縁部、海岸に沿うように建設（供用開始平成26年度）されている。国道２０４号、松浦鉄道の内陸側を並行して走ることになるが、西九州道が県境を越える「山代ＩＣ」（佐賀県）と「今福ＩＣ（仮称、以下同じ）」（長崎県）間では、石倉岳の地すべりが頻発してきた。これまでも地すべりによって線路、トンネルが埋没する大きな被害を出しており、並走して造成される西九州道はそれだけに十分な地滑り対策が必要となる。

北ルートとなる伊万里松浦道路の通過ルートは、切り土のり面の地すべりに悩まされた南ルート（武雄佐世保道路）とほぼ同じ第３紀層で石炭層を挟む砂岩、泥岩、凝灰岩などからなる地層である。このため、武雄佐世保道路の切土のり面の地すべり事例が、のり面の安定傾斜や対策工を検討するうえで、非常に参考になっている。また施工の上でも、切土工事前に「すべり」の可能性を意識して、切土上部からアンカー打ちなど、順次対策工を行えば、全体事業費もかなり縮減が可能になるし、工期短縮、安全性も高まる。

こうしたことから、県境近くの佐賀県側・山代川を挟んで浦の崎、立岩地区の道路計画５カ所で詳細な調査と対策工の検討を行っている。１カ所が盛土、他の４カ所は切土でのり面を造ることになるが、調査の結果、１カ所は盛土で滑りを抑えることが出来、他の４カ所では、最大14mのアンカーを打ち込んで、のり面地盤を安定させる対策が行われることになった。

これらは道路沿いの対策であって、北波多地点と違って、上部の山体側（道路南側）では、これまで繰り返された地すべり災害の経験から、対策として、すでに集水井、排水トンネル、抑止杭などの対策が取られており、大きな地すべりに対する抑止、抑制は効いていると思われる。

北松型地すべりと美しい棚田

元寇で襲来した蒙古の軍船が海中から発見されて大きな話題となった鷹島周辺の海域が眺められる佐賀県伊万里市から長崎県松浦市にかけては大規模な棚田の風景をいくつも見ることが出来る。

実は、この美しい棚田の風景は、「地すべり地帯」であることの象徴でもある。伊万里市山代地区では数回にわたる大規模地すべり（１９５２年、53と57年、90年）が発生しているし、ここから松浦、佐世保地域にかけては「北松地すべり地帯」と呼ばれる多発地帯となっている。地すべりによって出来た、なだらかな傾面に棚田を造り、集落が形成されていた。これまでにも多くの犠牲者、埋没家屋などの被害を出してきた。

この地域は数百万年から千数百万年までの間、海底に堆積した砂や泥が固まった堆積岩（第三紀層）の上に火山噴火によって噴出した火山灰土、さらに溶岩（玄武岩）が上に重なって出来た台地。玄武岩は地上の大気や雨に冷やされて固まるとき、縦の割れ目ができる（柱状節理）。この割れ目から雨が地下にもぐり、地下水となつて流れる。水路となった凝灰岩や炭層などは地質は軟らかく粘土化して行き、大雨によってすべりやすく、上部の玄武岩を崩壊させ、山崩れや地滑りを引き起こす。

この地すべりはやがて第２次地すべりも引き起こす原因となる。最初の地すべり地点では堆積した土砂が、その後の雨などによってさらに、その基盤となっていた第３紀層まで地すべりを引き起こすこともある。

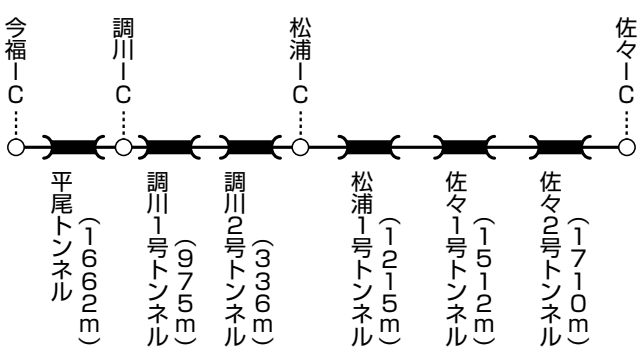
棚田は「田ごとの月」など絶景を創り出す。「棚田１００選」は「地すべり１００選」という事も出来るのかもしれない。



美しい棚田―地すべり地帯に多い。

西九州道（今福ＩＣ―松浦ＩＣ―佐々ＩＣ）
連続トンネルで危険地帯通過へ

今福～佐々ＩＣ間のトンネル



地すべり多発の県境を超えて

【佐賀県から長崎県へ】

長崎県に入って、松浦市に向かう。西九州道の今福ＩＣ―調川―松浦地区は、「北松型」地すべり多発地帯で昭和27年10月の石倉岳地すべりは国道、鉄道を止め、田畑約60ｈａを埋め尽くした。最近でも平成２年７月の石倉岳に連なる人形石山系の西斜面で「松浦木場地すべり」などが起っており、今福―松浦間には地すべり防止地区が23カ所も集中して存在する。

その外縁部を西九州道（北ルート）は走ることになるだけに、工事は多難が予想された。

長崎県の「今福」地点で、切土のり面に薄い粘土層を滑り面として岩盤滑りが発生、のり面が大きく崩壊した。調川ＩＣ（つきのかわ、仮称、以下同じ）までの地形・地質はほぼ同じとみられ、ボーリング調査によって、石炭を掘った跡の古洞の存在や流れ盤すべりなど12か所で地すべり発生の可能性が認められ、対策が検討された。それでも切土が行われて半年後の平成23年８月の集中豪雨で予想していなかった地点で地すべりが発生しており、対策の難しさを痛感させられた。

地すべり対策としては、これまで通り、切土して造成、発生する滑りに対して個々に対策を講じて造成して行く道路で行くか、地すべり面の地下深くトンネルを掘り通過して行くかが考えられる。当然、トンネル建設は事業費が大きくなるが、地すべり地帯での切土によるのり面崩壊や地滑り誘発に対する抑制・抑止工が伴うことを考えると、トータルな建設費は大きくは変わらないとみられる。

トンネルの優位性

今福ＩＣから調川ＩＣ間（2・6km、29年度完成予定）は平尾トンネル（全長1662ｍ）で結ぶ。ここは広大な地すべりが、これまでに起こっており、その緩やかな斜面を利用した棚田地帯となっている。

平尾トンネルはその地下、低部を通過する、山頂部には玄武岩が帽子のように乗り、割れ目が発達、典型的な「北松型地すべり」地形をしている。割れ目から浸透した水はその下の泥炭層の中で滑り面を生じている。地すべり面の下部は分厚い砂岩（ほぼ中間に炭層を含む）で、さらに、その下をトンネルの掘進工事が続いている。トンネルは地すべりの影響を受けない地下で掘削されるため、地上で地すべりが発生しても、その影響を受けない安全地層と言ってよい。

地すべり対策として、すべり面より上部地層に造られた排水トンネルの場合、土塊の移動によって、歪み、押しつぶされている事例は多い。平尾トンネルは、地すべり面から約70ｍも下部を通ることになり、たとえ地すべりが発生しても、その影響を避けることが出来る。

しかし、平尾トンネルの両坑口部分はどうしても「土かぶり」が薄くなり、風化が激しい上、過去の地すべりによって堆積した土塊への対策が必要になる。今福側坑口への崩落を避けるため坑口上部（30ｍ×30ｍ）に２４０本のロックボルトを打ち込み、堅い岩盤に縫い付ける工事（縫地工）が、また調川側はグランドアンカーが「ちょうど、豆腐に生け花の剣山の針をかぶせたように」打ち込まれ、滑り止めを行っている。また、坑道下部に空洞（高さ30㎝程度）が発見された。その大きさから「多分、人一人が体を横たえて、幅の浅い炭層を掘り進むタヌキ掘りの跡」とみられる。こうした古い採掘跡は大手鉱のように坑道図が残っているわけでもなく、どこにあるか、はっきりしないため工事を進めるうえでも、また完成後の安全通行のためにも所在を掌握するなど用心が必要だ。



工事で巨石が落下しない配慮が必要だ
（景勝地・高岩の奇岩）

数珠つなぎのトンネルに

平尾トンネルを抜けると調川ＩＣ。調川ＩＣから松浦ＩＣ（区間長２・２㎞）も海岸線に沿って半円形に走る国道２０４号をショートカットする形で、松浦ＩＣまで、調川川を挟んで２本のトンネルで繋ぐ。

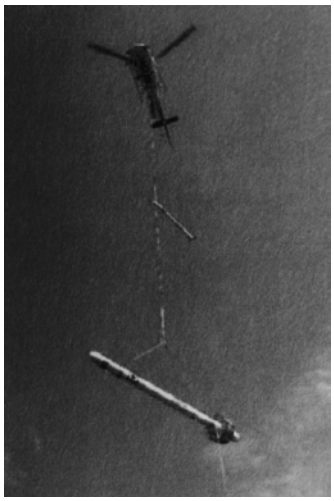
調川川の両岸地域には広大な地すべり地形が発達している。右岸側の山地は白井岳（標高３６０ｍ）に連なり西側斜面に玄武岩台地が発達、地すべり地帯となって、麓までこれまでの地すべり堆積土を利用した棚田が広がっている。調川ＩＣを出ると調川１号トンネル（延長９７６ｍ）に入る。このトンネルは地表から50―70ｍ下を掘削することによって地すべりの影響を受けないようにしている。トンネル上部は棚田地帯で、地すべり防止地区に当たり、長崎県北振興局が地すべり対策工事を行っている。

調川１号トンネルを出て、調川川を渡ると、すぐ調川２号トンネル（延長３３６ｍ）に入る。春、ツツジが満開となる不老山総合公園の麓、海岸側をトンネルで抜けると松浦ＩＣだ。総合公園がつくられた不老山（標高２８８ｍ）は、中国・秦の始皇帝から命じられた徐福が不老不死の薬を求めて上陸したという伝説からその名があり、人びとの憩いの場となっている。こうして今福ＩＣから松浦ＩＣまでの４・８㎞の60％以上に当たる約３㎞がトンネルとなる。

地下をヘリで空中物理探査

松浦ＩＣを出て佐々ＩＣまでの約19㎞がいよいよ最後の工区となる。佐々ＩＣまでは佐世保からの西九州道路がすでに開通、武雄南ＩＣ・長崎道と連結しており、ここが完成すれば西九州道路は全通となる。

しかし、この間もまた「地すべり多発地帯」で、手ごわい地形、地層だ。地すべり危険個所、防止区域が多く、ルート上には計15か所が存在する。これらを切土・盛土、橋やトンネルなどの建設によって切り抜けることになるが、その選択のためにも、詳細な地形、地質調査が求められた。地すべり地帯でのトンネル、橋梁、道路建設の悩みの種は、ボーリングなど事前の地層の詳しい調査に費用がかかりすぎ、調査数が少なかったり、深部まで探査が届いていなかったりすることで、切土などの工事後の亀裂や崩壊で追加対策を行うケースが多く、大きな課題となっていた。



空中調査を行うヘリとセンサー

そこで登場したのが「空中物理探査」と呼ばれるヘリコプターを飛ばし、空中から、電磁波や磁気を発信して地層を調べる調査法だ。昭和60年代初めから実験的に行われ、次第に調査精度を上げてきている。空中探査の結果、チェックが必要な地点ではボーリングで詳細な調査を行うことによって精度はさらに上がる。

松浦―佐々間の計画ルート19㎞は地質想定図によってあらかじめルート案が比較、検討がされ、より安全なルートが選定された。その選定が妥当であったかどうか、精度の高い調査が必要と思われる５か個所について空中物理探査が行われることになった。

「ロケットが飛んできた」

「ロケットが飛んでいる」。住民が空中を飛ぶロケット型の物体を見上げた。平成24年12月のことだ。松浦市から佐々地区にかけて、ヘリコプターが小さなロケットのようなセンサーをぶら下げて、地表をなめるように低空飛行する光景が見られた。当然、住民には事前告知されていたものの、住民にはめったに見ることのない、珍しい光景だった。

ヘリコプターからは、ロケット型の円筒（センサー）が２個吊り下げられていた。上の小型発信器（長さ約４ｍ）から磁気を発信（地球の磁場を測定）、下の大型（同10ｍ）は電磁波を出し、地下で発生する誘導磁場を測定することによって、地中深く（最大深さ約１００ｍ）地層を詳しく調査するものだ。

空中調査に選ばれた地域は、地すべり危険個所のためトンネル建設を行う松浦地区と大久保、佐々地区の３カ所と、奇岩で有名な高岩地区、地すべり防止地区が広範囲に分布する中尾地区の計５か所。この調査で、地質上の留意点や設計施工上の注意点が指摘された。２日間の短い調査で広範囲に、深部の概略調査結果が得られた。



景観がこわれないように事前の現地調査（高岩で）

例えば、松浦地区のトンネル建設では「トンネルルート中央部では、泥岩の地山強度と土かぶりの関係について留意する必要があり」「坑門の取り付けにおける支持地盤の確認、のり面表層部の安定に留意」することなどが求められている。

松浦鉄道の高岩駅と江迎川を挟んで、巨大な奇岩がそそり立つ景勝地「高岩の奇岩」がある。この高岩地区で、西九州道は奇岩の裏側（西側）を通過するが、そこは堅い砂岩で、高さ50ｍの斜面に直径５ｍもの巨石が張り付き、落石の危険も含んでいる。工事による振動で、万が一にも景観資源の奇岩に影響が出てはならない。空中探査によれば地中深くまで堅い砂岩が連続することが判明した。「発破や機械など大きな振動による掘削を伴うトンネルは望ましくない」ため、切土のり面を作り通過することになった。その場合も十分な落石防止対策や低振動工法の検討が求められている。さらに、岩山登山のロッククライミングで岩石の亀裂状況、急崖斜面の浮石の有無など詳細な調査が行われた。

地球磁場の測定で探査

ヘリコプターを飛ばして電磁探査は空中から発信する誘導磁場から電気の通りやすさを測定して、地下の構造、地層、岩質を明らかにするもので、これまでは火山の地下構造、マグマだまりの位置、動向や資源探査に使われてきた。一方、空中磁気探査は空中から地球磁場を測定し、地下の磁性体の分布状況を調べる。これら磁気構造と地質構造が確認できることや、断層、地すべりや主な地質境界を良くとらえ、地すべり地帯の概略調査に有効なことが研究者間では評価され、北松地すべり地帯で大がかりな現地調査として行われた。

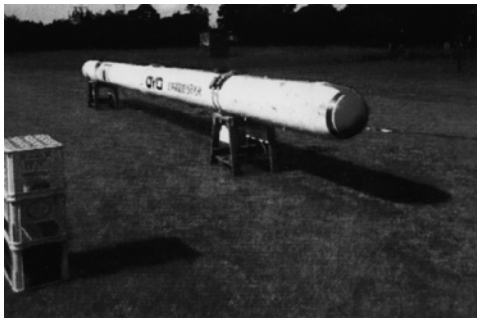
空中物理探査が行われた松浦ＩＣ―佐々ＩＣ間は典型的な北松地すべり地帯だけに地形、地質、地層調査と解析が慎重に進められ、計画ルートが最終確定した。地すべりの影響をトンネルで地下に潜って避けるため、19㎞のルートの約３分の１、６本、計約６・３㎞のトンネルが掘削されることになった。特に佐々工区の大茂地区から佐々ＩＣまでは地すべり危険個所が５か所も存在し、１５２１ｍと１７１０ｍの二本（佐々１、２号トンネル）の長いトンネルを建設する。また松浦地区では地すべり危険個所を平面で避けることが出来ず延長１２１５ｍの松浦１号トンネルを建設することになっている。



延伸する西九州道路

空中からの地質、地形探査
売り物は、短時間で低コスト調査

道路建設のためのルート設定、工事を安全に進めるにあたって、地質の詳細な調査は欠かせない。しかし、ボーリング調査を全行程、その周辺まで行うと、膨大なボーリング数と経費が必要になってくる。そこで登場したのが「空中物理探査」だ。ヘリコプター、あるいは無人飛行機からぶら下げたセンサー（バード）から電磁気や磁気を調査地域に発信して、地中の地層構造を調べる。調査地域を空中から岩石、地質の持つ磁気を測定して、その地域の地層構成、地質を調べ、３次元に図解する。地すべりの誘因となる地中の「水」状況も調べられる。



ロケットを思わせるセンサー

松浦市から佐々ＩＣまでは、地すべりの影響を避けるため、滑り面の下を６本のトンネルで抜けるため、深い深度位置の地層を調べる必要があった。空中物理探査では、電磁探査で深さ１００ｍから１５０ｍのシステムと５００ｍから１０００ｍまでのものがあり、磁気探査では10㎞にも及ぶ。

このため地すべりをはじめ火山災害（例えばマグマだまりの位置）から地熱発電、ダムなどの建設基盤地層の調査等に利用されている。人体（人間ドッグ）でいえば、内臓を調べる磁気検査のようなものだ。

物理探査は九州帝大の小田二三男教授がフランスで発明された電気（採鉱）探査法を大正時代、我が国に紹介したのが始まりで、戦後、人形峠のウラン鉱床の探査でも有名になった。

第2節④ インタビュー 藤田壽雄氏

北松地すべり地帯

――長崎県の北松地すべり地帯にある鷲尾岳の地すべり対策の現場を見せてもらいました。対策工は抑制工、抑止工共にそれぞれに効果を発揮して、地すべりを食止めていましたが、やはり、老朽化のせいか排水パイプが詰まったり、排水トンネルがゆがむなどしており、地すべり対策も修理点検の時代に入ったと実感しました。

藤田氏　維持管理に関する予算が少ない、初期の時代に作ったものには必ずしも上質の材料を使っていないものもあります、老朽化もしています。しかし、全部やりかえるのは現実的ではないし、全部が全部、更新する必要があるとは思っていません。抑制工ではある程度、役割を終えたもの、成果が安全率向上に寄与するほど上がっていないものは現状維持するなど、選択的に行うのが良いと思います。更新する場合も、将来的にメンテの必要のない材料を使うべきでしょう。

研究者と十分なコミュニケーションを

――地すべりの誘因は、大量の雨が地中に浸み込んで、「滑り面」が出来ることによるとされていますが、対策工としては「水抜き」――地下水の排水が必要と思われます。地層が含んでいる水の量、動きをつかんで対策工を行うことが重要ですが、的確に調査は出来るようになっているのでしょうか。

藤田氏　現在行われている数少ない地下水の調査で全てが掌握できるわけではありません。対策工の3分の1が（水脈に）当ればよい方だと思います。これまで行った対策工のそれぞれの効果を見て判断して、対策工の増減を取捨選択すべきでしょう。地すべり対策としては、地下水を溜めないことが重要ですからどのような地下水排除工でも何らかの効果はあるはずですが、「滞水」は地山に万遍なくあるのではなく、地中に宙水状に存在する帯水層にうまく当てれば1か所からドッと出ることもあるし、水みちに当たらないものもある。要は、水を溜めないことが重要なのです。

――水がたまりやすいのは、どんな所なのでしょうか。

藤田氏　地山が地すべり運動によって亀裂帯を作っている場合、そこに地下水が溜まっている。それに対して「水抜き工」で水を抜いてしまう。必要な所をうまく当てて、そこだけ抜けばよいのです。鷲尾岳でも大きな亀裂が出来ています。そういうところに排水工を狙って施工することによって効果的に水を抜くのが肝要です。

――北松地すべり地帯では、現在、西九州自動車道路の工事が進んでいます。武雄佐世保道路では、切土によって、地すべりが起こり、工事が難航しました。また唐津―伊万里間の北波多ICでも切土によって、大規模な地すべりの可能性が生まれ、種々の対策工が必要となり、完工が遅れました。なぜ、こうしたことが繰り返されるのでしょうか。

藤田氏　私自身も武雄佐世保道路の建設には昭和60―62年ごろ関わりました。工事当たっては、やはり、慎重な調査と判断が求められます。四国の松山自動車道や高松自動車道が中央構造線に沿って工事を行いましたが、地すべりを起こさず完工しました。工事に際して研究者と十分なコミュニケーションをとって、判断して行くべきです。最近は技術検討委員会を設けないままのことが多いように思われます。また、災害現場で、大学の先生がいろいろコメントをマスコミに発表することがありますが、急なことで現地資料もないまま、現場をしっかり見ていないことが多いように見受けられます。災害の原因究明には少なくとも1週間はじっくり現場を観察して判断しなければ本当のことは分からないし、言



藤田 壽雄 氏

（ふじたひさお）　**プロフィール**

昭和10年4月3日生まれ、東京都出身。昭和35年3月東京大学農学部林学科卒業、東大助手から建設省入省、同土木研究所河川部地すべり研究室研究員、スウェーデン地質研究所へ留学、建設省河川局砂防部地すべり研究室長、同土木研究所砂防部長、日本道路公団技術部調査役、（財）砂防・地すべり技術センター理事、（株）アイエステー代表取締役社長、同会長、顧問。地すべり学会論文賞、全国治水砂防協会赤木賞などを受賞。

えないはずです。

――西九州道路の松浦―佐々ＩＣ間は６つのトンネルで地すべりを引き起こす滑り面の下部を通す計画で、地すべりの影響を避けようとしています。これをどう評価されますか。

藤田氏　地すべり地帯といえども、その滑り面の下でトンネル径の２倍以上離すという基準を満たせば（例え地すべりが発生しても）受ける影響は少ないと思われます。ＮＡＴＭと呼ばれる工法でトンネルが「緩みなく」造られているものは全国に多くあります。が、同時に、すべり面の位置を見誤って失敗することもある。空中物理探査も行われたケースもあるようですが、トンネルは掘って見なければ分からないことが多い。掘削に当たっては、地すべり調査結果を慎重に判断してすべり面からトンネルの直径の２倍の距離はとって、（滑り面から）離して欲しいと思います。

――九州は山・がけ崩れ、地すべり災害が多く、多数の命が土砂災害で奪われています。

藤田氏　確かに九州は、火山が多くシラスや火山噴出物の堆積地層、溶結凝灰岩など水を含みやすい地層が多いし、海底で堆積した地層が「付加体」となって地層を形成している宮崎層群や日南層群、それに北松の地すべり地帯のように第３紀層に石炭層も形成されており、火山性のものや特殊な軟弱土壌、地層が多い。そのために土砂災害に悩まされている。同時に、北松地すべり地帯を抱える長崎県北振興局など行政の砂防技術者はよく頑張っておられるし、民間の建設コンサルタントなども、例えば北松型地すべりを起こす「へだもの層」など難しいサンプル採取技術を持っている優れた会社もあります。

――地すべりによって家屋の崩壊、田畑の喪失などによって、暮らしが悲惨な状態に追い込まれた災害が歴史的にも数多く伝えられています。

藤田氏　土木研究所新潟試験所（現・雪崩・地すべり研究センター）で試験地にしている猿供養寺地すべりからは「人柱」にたった人の人骨が発掘されています。私は毎年、供養に訪れていますが、九州だけでなく、地すべりという人智を超えた自然の暴れに命をささげるほかなかった時代があり、ひたすら「お上」に防止対策費用の助けを求め、租税の減免を懇願する古文書も多くあります。国が本格的に地すべり対策に乗り出したのは戦後からで、地すべり調査に国の補助が認められ、佐賀県と長崎県境（石倉山）の地すべりによる甚大な被害などで昭和33年の「地すべり等防止法」で抑制工と抑止工が進められ、対策が体系的に行われ始めました。新潟県・松の山では８５０ｈａという広大な地すべりが発生したり、静岡県・由比町での地すべり（昭和36年３月）は、東海道線と国道１号線という大動脈を脅かし、それに対する対策工事で、調査、技術が大きく進み、今日に至ったといえるでしょう。

――今後の地すべり対策は、地球温暖化などによる局所的な豪雨が頻繁に起こる事が予想され、ますます重要になると思われます。特に、九州が将来、亜熱帯気候に近い激しい気象変動にさらされているという指摘が研究者からされていて、心配されています。

藤田氏　平成22年10月の奄美大島の豪雨被害は私も現場に行きましたが、通常、河川の上流で起こるような洪水、土砂災害が（最下流の）海のそばで発生していました。最近、台湾や東南アジアでの異常気象による大災害が報道されています。九州は地すべり災害が確かに多い。しかし、地すべりを起こす素因は地質で決まってくる。地すべり（のメカニズム）がしっかり掌握されていることが重要なことであって、気象変動による地すべりが（通常の）地すべりと大きな違いが生まれるということはない、と思います。先達の寺田寅彦先生の言葉にあるように「災害は忘れたころにやってくる」で、常に警戒を怠らないことです。また、大災害はハード（対策工）頼りでなく「いち早く避難する」ソフト対策と合わせて取り組む必要があります。

――鷲尾岳の対策工を見ても、山頂付近の玄武岩の除去、排水井、排水トンネル、巨大な深礎工など多種で、大きいのに驚かされました。安全率１・２を基礎に施工されたのでしょうが、異常気象が進むとますます巨大化するのでしょうか。財政的に耐えられるでしょうか。

藤田氏　抑止工における構造物の巨大化は、地すべりを止め安全を確保するためには、やむを得ない流れかもしれません。一方で地すべりの土塊は活動によって破壊が進み、年月がたつと風化して変形して行きます。やはり、発生原因を取り除くためその発生メカニズムとその後の変化の解明を進め、より有効な防止工法の開発が期待されます。

――今後の課題として、地すべり研究者・技術者の養成、観測体制や記録の集積などが挙げられています。

藤田氏　16年ぐらい前から、斜面防止対策技術協会の主催で「地すべりフォーラムー若い技術者のために」を毎年１回開催、若手に研究発表してもらい、創意工夫のあるものを表彰しています。こうした積み重ねが重要でしょう。

九州の地質について

建造物を支える地盤

家はむろんのこと、橋やダム、道路や鉄道など、地表にあるすべての建造物は地盤で支えられている。また、トンネルや埋設管などの地中構造物は、地盤と一体となりながらも地盤に支えられ、求めに応じた役割を果たしている。

つまり、地表や地中では地盤の支えなくしてどのような建造物も存在しえない。その意味で、地盤の性質を十分に理解し、建造物を計画・設計することが大切である。また、施工し維持することが必要である。

むろんそのために、地中の土砂や岩石、地層の形成状態や性質を把握することが求められ、それらを包括する内容が「地質」である。

地盤は、大まかに最上部に未固結の土砂や岩石が堆積。その下に岩盤があり層をなす。地上建造物の支持では、この表面の土砂などの層と、それに続く岩盤層が問題である。また、トンネルなどの地中構造物も、山岳ならば地下数百m、1千mに及ぶこともあるが、平野部はせいぜい数十mまでである。

いずれにしても、地球の規模(半径6378㎞)からすれば、一皮ともいえる極めて地表に近い地盤ないし地層が建造物の支持に関係するに過ぎない。しかし、地表の土砂や岩石であっても、かつて地中深いところで形成されたものだ。あるいは、地震や断層、火山噴火など地中の現象や活動も建造物の整備と深く関わる。したがって、地中といえども基本となる内容の把握が望まれる。

日本列島の形成

陸の形成や地質の解釈で、その生成過程や性状を理解する物差に、化石や地層の形成と進展を目盛る「地質年代」がある。人類以前はるか昔の地球誕生から今日までの約46億年を、冥王代、始生代、原生代、顕生代に分け、顕生代をさらに古生代、中生代、新生代などと区分するものである。その中で、表1は顕生代(眼で見える生物が生息する時代)を示すに過ぎないが、この地質年代にもとづいて日本列島の誕生を述べればつぎのとおりである。まるで日本神話の国産み、「大八島(おおやしま)」伝説を地質の観点で語るようなものである。

日本列島は、もともとユーラシア大陸の東端にあり、繋がっていた。それが、中新世の頃、大陸から引き裂かれ、日本海ができた。一方、太平洋側では、大陸プレートの下に海洋プレートが潜り込み、海洋プレート上の堆積物が削られ下から加えられた(これを付加体という)。このため、日本海側は古い岩盤が、太平洋側は新しい岩盤が形成され、日本列島ができた。

その際、大陸からの切り離しで、西南日本は長崎県対馬南西部を中心に時計回りに、東北日本は北海道知床半島沖を中心に反時計回りに、各々40～50度回転した。つまり、中新世の終わり頃から鮮新世の初め頃に弧状の日本列島の原型ができたと考えられる。

また、この頃、西南日本と東北日本の間は浅い海だった。それが、火山噴出物や堆積物の追加で満たされ、あるいは隆起で日本アルプスが形成され陸地化した。

一方、氷河期には水位が下がり大陸と地続きになることもあった。そして、更新世の末頃から完新世の始めにかけて、最終的に宗谷海峡が水面下に没し、日本列島は大陸から完全に切り離され、現在の姿となった。いまから約1．3万年～1．2万年前の話である。

東北日本と西南日本の間の地層は、**フォッサマグナ**(大きな溝の意味)と呼ばれる中央地溝帯である。その範囲は、西側は新潟県の西端から静岡に抜ける糸魚川・静岡構造線で、東側は新潟県の北東から千葉に至る新発田(しばた)・小出構造線と柏崎・千葉構造線で区切られる帯状の区域である。大まかにはこのフォッサマグナの東(東北日本)と西(西南日本)で地層が異なる。

なお、構造線とは地層と地層の境界である断層だが、必ずしも活断層とは限らない。

表1　地質年代

年前		紀	世	主な出来事
	新生代	第四紀	完新世	約200万年前以降、隆起・逆断層活発化
			更新世	600万～500万年前、人類誕生
		新成紀(新第三紀)	鮮新世	2400万～1500万年前、日本海誕生
			中新世	
		旧成紀(古第三紀)	漸新世	約4000万～3000万年前、
			始新世	九州北部の石炭層形成
			暁新世	
1億	中生代	白亜紀		約1億年前、三波川帯の高圧型変成作用
				約1億年前、領家帯の高温型変成作用
				1億2000万～6000万前、活発な火山活動
2億		ジュラ紀		
		三畳紀		
	古生代			



九州の地質は3ブロック構造

九州は、当然ながら西南日本型の地質構造である。しかし、前述の日本列島の形成過程や九州各地の活発な火山活動から、中国や四国とは、地層やその性状を異にする。つまり、九州の地質構造は、北部、中部および南部の3ブロックに区分される(図)。

北部と中部は松山・伊万里構造線が、中部と南部は臼杵・八代構造線(中央構造線の延長)がブロック境界である。

また、西南日本に関し中央構造線より北側が内帯、南側が外帯と2分される。この点では、北部、中部は内帯、南部は外帯に属する。

なお、以下の説明に岩石名が含まれる。このことから、参考までにその生成と成分などに由来する岩石の分類を表2に示す。

① 北部ブロックの地質

北部は大分、福岡、佐賀、長崎に及ぶ。比較的なだらかな山地と平野による地形であり、花崗岩類や変成岩類などが分布している。また、旧成紀の挟炭層が分布し、筑豊では1975年頃まで石炭の採掘が行われた。さらに、佐賀県北西部から長崎県北部は、頁岩類や凝灰質岩が粘土化し、第三紀層地すべり地帯を含む。

表2　岩石の概略の分類

火成岩	火成岩の組成による分類					
		多い ← 鉄・マグネシウム → 少ない				
		少ない ← シリカ → 多い				
	急に冷える	玄武岩	安山岩	デイサイト	流紋岩	
	⇕	ドレライト（粗粒玄武岩）				
	ゆっくり冷える	斑れい岩	せん緑岩		花崗岩	
		黒っぽい			白っぽい	
	成因による分類					
	噴出	溶岩	火砕流堆積物			
	地表近く貫入	安山岩溶岩	玄武岩岩脈			
	火砕岩（火山で砕屑物が地表に噴出し、固まったもの）の分類					
		凝灰岩	火山灰主体			
		火山礫凝灰岩	火山灰主体で、火山礫を含む			
		凝灰角礫岩	火山灰主体で、火山岩塊、礫を含む			
堆積岩	砕屑物	礫岩	砂岩	シルト岩	泥岩	頁岩
	生物起源	石灰岩	チャート	珪藻土	石炭	
変成岩	マグマの熱により変成（結晶が隙間なく組み合わさる）					
		ホルンフェルス	結晶質石灰岩（大理石）			
	地下深部の熱と圧力により変成（薄く、はがれやすい）					
		千枚岩	結晶片岩	片麻岩	蛇紋岩	

② 中部ブロックの地質

中部は、大分から福岡、佐賀の南部、熊本の北部をとおり長崎に至る3角形の地域であり、阿蘇、九重、雲仙といった多くの火山がある。このため、火山の基盤である古生層、中生層、および高温低圧型の変成岩類が領家帯や肥後帯と呼ぶ地層として分布し、その上を広い範囲で阿蘇火山の噴出物などが覆っている。また、有明沿岸地域では河川から流れ出した土砂で沖積平野が形成され、あるいは、西端の長崎帯では高圧低温型の変成岩類があり、特異な地層をなしている。

③ 南部ブロックの地質

中央構造線から南側が南部ブロックだ。大分県南部および熊本県南部以南の九州南部一帯である。中部の領家帯や肥後帯に直接接する形で秩父帯（主に中世代ジュラ紀の付加体）があり、その南に仏像構造線がある。これらは、東北東から西南西方向に帯状に分布し、また、非変成、弱変成の岩体で、内帯とは異なる性質をもつ。

そして、さらに南に太平洋側からの四万十層群が存在するが、これは北帯と南帯に分けられる。ともに海洋プレートによる付加体であるが、北帯が下部で、南帯が上部である。両者の境界は低角度の逆断層で与えられ、延岡から市房山をとおり、さらに人吉から南下して大隅半島の高隅山の東を通っている。

四万十層群の下部は、千枚岩、砂岩、粘板岩の互層が主であり、白亜紀のものである。

一方、宮崎平野および日南海岸地域に、四万十層群の上部と、これを被う宮崎層群が広く分布し、それらは積層をなす。そうした中で、宮崎層群の走向が、妻・高鍋付近では北東―南西方向、佐土原付近では南北、その南では北西―南東方向、鵜戸付近では南北とうねり変化している。

鹿児島地域および宮崎西南部は、四万十層群に加え、火成岩類や同期の堆積層が分布し、その上に火砕流堆積物が広く被っている。この堆積物の主体は後述のシラスである。

大まかにいえば、北部は古い岩盤とその風化帯、中部は火山基盤とその上の噴出物の積層である。一方、南部の宮崎よりは上部四万十層などによる多層構造であり、鹿児島よりは下部の四万十層の上を巨大なカルデラ噴火による堆積物が被う状態である。

（樗木武　九州大学名誉教授）



野母崎の変はんれい岩（長崎市）
（4億8千万年前と推定されている）

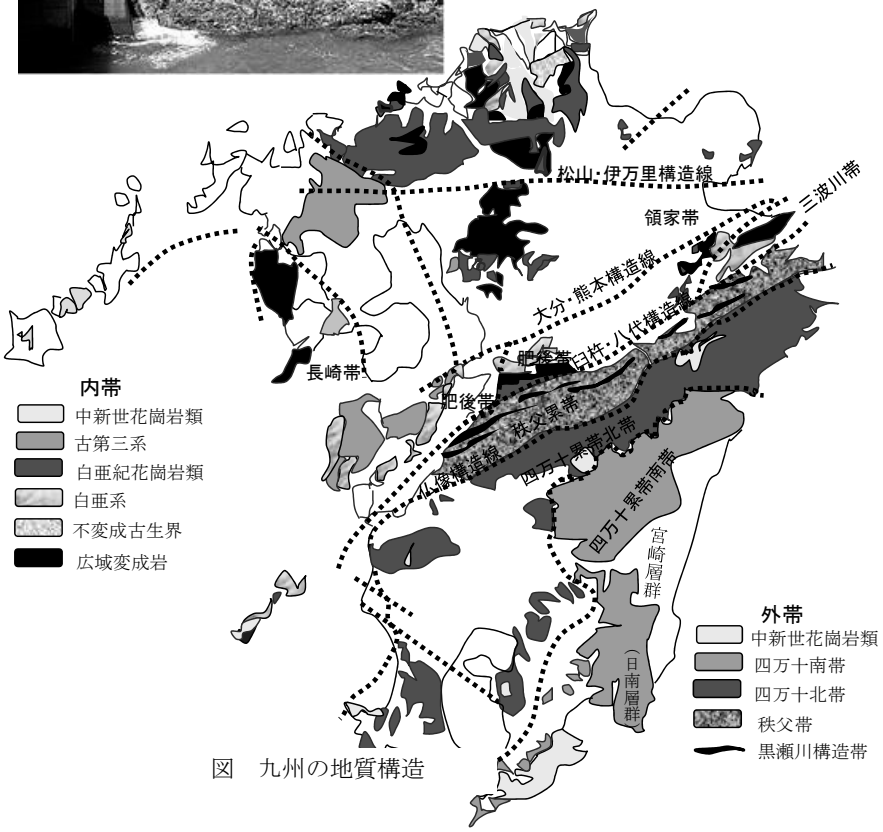


図　九州の地質構造

特殊な土砂地盤とその性状

陸上の地表を覆う土砂地盤の形成は複数のプロセスが考えられる。一つは、火山灰など火山からの噴出物が堆積して形成されるケースである。

二つ目は、岩石が風化し、あるいは熱や圧力などで変質して土砂化、粘土化したものである。三つ目は、植物や動物の死骸などが腐敗し土となるケースである。

その上で四つ目として、山地にある土砂が降雨などで流され、下流に移動して堆積するケースがある。あるいは五つ目に、一度海に流出した土砂や海中で生成された土砂が、波で海岸に寄せられ堆積する。加えて、埋め立てなど人工的に土砂を堆積する場合もあり六つ目である。

このようにさまざまなプロセスで土砂地盤が形成されるが、その中には物理的、化学的、力学的に特異な性質をもつものがある。粘性が高い、崩れやすい、水につかると膨張する、逆に乾燥するとバラバラになるなど。つまり、建造物と直接接する土砂地盤については、その性状を十分に把握し、事前の防災策や強化策、慎重な管理が求められる。

そこで、以下に九州の土砂地盤の中でも問題の性状をもつものを拾いだし、それぞれについて概略を述べればつぎのとおりである。

① そうら層

遠賀川の中流域から下流域に広く分布する土砂で、植物性の有機質を多く含む粘土層である。すなわち、寒冷期の約1万5千年前や5千年前に微生物による分解が抑制されてできた泥炭土壌のことである。沖積層内にレンズ状に点在し、大量の水分を含んで軟弱である。このため、その上に重い物が乗ると大きく圧縮され、不等沈下を起こすことがある。

② ぼた、ぼた山

かつての炭田地域で、石炭の採掘で生じた捨石を「ぼた」といい、それを山積みした集積場を「ぼた山」と呼ぶ。ぼたは、石炭を含むため自然発火の危険がある。あるいは、崩れやすく、それに巻き込まれて人が埋まる事故も懸念される。また、ぼたには硫酸イオンを含むものがあり、それが基礎コンクリートの劣化を引き起こす原因となる恐れもある。

③ まさ土（真砂土）

花崗岩類が風化することで砂質化したものが「まさ土」である。九州北部に広く分布するが、水に弱く斜面崩壊をおこすことがある。また、強い降雨で大量の土砂が流れだし、土砂災害を引き起こすこともある。

④ 有明粘土（潟土）

有明海沿岸地域や八代海地域で、河川から流入したシルトや粘土が堆積してできた極めて軟弱な地盤である。このため、せっかく作った建造物が支持できず、長期にわたり地盤沈下を起こし埋没することもあり、十分な対策が必要である。

⑤ おんじゃく（むぎ岩）

玄武岩が風化してできた土で、長崎県北部から佐賀県にかけて分布する。地すべりの原因になることから、斜面地は十分な注意が必要である。

⑥ 黒ぼく、赤ぼく、灰土

「ぼく」は火山灰や火砕流堆積物と腐食物からなる土のことで、阿蘇などでみられる。踏むとほくほくした感触を受けることに名の由来がある。表層は腐植物を多く含んで黒色、黒褐色をなし、黒ぼくという。下層は褐色で、赤ぼくと呼ぶ。これらは、圧縮性が大きく、また雨水に浸食されやすい、攪乱すると軟弱化するなどの問題がある。赤ぼくの下は灰土（ヨナ）である。一度こねるとこれまた強度が極端に低下する。

⑦ シラス（白砂）

火山から噴出したものは、降下後に自らの熱と重力で熔融し結合する場合と、そうでなく非熔結のままがある。前者は熔結凝灰岩となり、後者は軽石流堆積物となる。その中で後者に含められるシラスは、2万5千年前、姶良カルデラ（鹿児島湾奥部）の巨大噴火に際し発生した入戸（いと）火災流の堆積物のことである。鹿児島、宮崎の西南部といった九州南部地域に広く分布する。入戸は地名であり、国分市入戸に由来する。学会で報告する際に、シラスを「入戸軽石流」としたことによる。シラス地の斜面は雨水に浸食されて崩れやすい。このため、切り立つようにカットされるのが通例である（写真）。


シラス

⑧ 温泉余土

雲仙や阿蘇、別府など、九州には温泉地域が多く存在する。それらは、温泉の熱水の作用で粘土分を含む岩が変質し粘土化している。これが温泉余土で、地すべりや地盤沈下の原因になる。また、温泉余土を含む地盤中では、コンクリートの劣化が進む懸念があり、注意が必要である。

⑨ 珪藻土

珪藻の殻の化石からなる堆積物や岩が珪藻土である。大分や鹿児島に分布する。珪藻土は、多孔質で、水分を含む割合が高い。このため、乾燥、吸水を繰り返すことによって細かくばらばらに崩壊し、これをスレーキングという。

要するに、九州各地にはさまざまな特殊土がある。それらに関し、建造物を支える地盤としての計画や施工だけでなく、その後の長期にわたる土砂の変状・変質に対して建造物への影響を考慮し注意する必要があることはいうまでもない。

（樗木 武）

おわりに　幸田文と自然を見る目

作家、幸田文の文章は、その人柄を表すように、きりりとしている。特に、何気ない日常の事柄の中に、研ぎ澄まされた美意識、深い意味と味わいを伝える随筆は、比肩するものはない、と思えるほどだ。鍛えられた観察眼で自然を見つめることによって、生まれる表現だからであろう。

「五重の塔」を書いた明治の文豪・父、幸田露伴の厳しい薫陶によって、磨かれた観察力が、彼女の感性の源となっている。露伴は洪水が起こると、幼い彼女を隅田川に連れて行って、洪水流をよく見るように命じた、という。パナマ運河建設に、ただ一人の日本人技術者として飛び込んだ青山了らの努力で荒川放水路、鬼怒川の改修工事などが進むまでは、当時の隅田川は暴れ川で、しばしば洪水が流域住民を苦しめた。渦巻き、岸壁を激しく叩く濁流、飛び散る水しぶき、一瞬一瞬に変わる川の表情に、幼い幸田文は「自然」の本性を感じ取ったに違いない。

鹿児島・川内川河口に「長崎堤防」を築いた奉行・小野仙左衛門父娘の伝説を思い出した。長崎堤防はのこぎりの歯のように鋭角の三角形を連ねた堤防。仙左衛門が築いても、築いても洪水に打ち壊される堤防に失意の日々が続いた。ある日、夢枕に立った古老が、縄を流して水の流れを良く観察するように諭した。啓示に従って、洪水流を観測して、あの異形の堤防を発案、娘が人柱に立ってようやく川内川の河口の治水が完成、美田三千町が生まれたという伝説がある。自然相手の土木技術は、経験技術だと言い、現場主義が強調されるのは、何より自然の動きを正確にとらえる観察力が重要だ、という事なのだろう。

「地球の腹の中」で、苦闘する人びと

「地質の弱さ」と自然の猛威

幸田文に雑誌に連載した随筆「崩れ」がある。北海道から桜島まで、日本列島の土砂崩壊の現場を歩いて書いた、ルポルタージュ随筆。例えば、静岡県と山梨県の県境・大谷崩れの前に立ち「崩壊は憚ることなくその陽その風の下に、皮のむけ崩れた肌をさらして凝然と、こちら向きに静まっていた。悲惨であり、近づきがたい畏怖があり、しかもいうに言われない悲壮感が漂って」と圧倒された気持ちを書き綴って行く。

その中に、ハッとさせられた一文がある。「崩壊はそもそも地球のお腹の中がどうなっているかを知ることから始まる」。地球の内臓は、人間よりはるかに複雑で、場所によって一様ではない。鹿児島・上野が原（霧島市）の縄文遺跡のように、桜島を含む姶良火山が噴火、重なって、最も新しい表土から順に成層を造り、年代を示す「標」なるような地層はまれで、ほとんどの工事現場の地層は火砕流、土石流、断層、地震変動によって、「もまれ」複雑に入り組んでいる。

幸田文は案内の土木技術者に尋ねる。「崩れる、崩壊するとはどういう事なのか」。ちょっと、間をおいて彼はこう答える。「地質的に弱いところと言いましょうか」。「地質の弱さ」という言葉に、幸田は強い印象を受ける。「弱い、は目に見える表面の現象を言っているのではない。地下の深さを言い、なぜ弱いかを指してその成因にまで及ぶ、重厚な意味を含んでいる言葉なのだ」。

自然の猛威による災害で我々は自然の「強さ」の前にむなしく屈服してきた。しかし、それは屈服を強いる巨大な暴力、パワーというような強さではなく、その巨大なエネルギーは（地層の）軟弱になった「すべり面」など弱さから発している。

自然災害が、あるいは地層、岩層の不安定さという「弱さ」からくると、捉えた場合、自然の猛威、あるいは人と自然の対決、といった力と力の格闘とは全く違う風景が浮かんでくる。

見えざる挑戦

佐世保から北松浦半島に入って、「北松地すべり地帯」を取材させてもらった。佐世保から松浦市を経て佐賀県・伊万里までは大規模な地滑りによって人命、田畑が地中に飲み込まれてきた。その現場に立っても、「皮のむけ肌をさらした」崩壊現場は見ることは出来ない。大きな竹林となり、あるいは棚田となって、自然に戻っている。何事もないように鎮まっている風景の、その地底、「地球のお腹の中」で、深い集水井や排水トンネルなど集水システムが、張りめぐらされていた。人里離れた山体の地中で、大がかりな防災工事が行われ、さらに、その山麓には巨大な杭が打ち込まれ、繋がれて地中壁を造り、地すべり、あるいは「崩れ」を辛くも食い止めていることを知った時、大げさでなくそれは驚愕であった。

宮崎と大分・別府と東九州道が繋がり、期待が膨らんでいる。だが、ターミナルの清武ＩＣから南へ日南市に向かう高速道路建設は大変な困難と直面している。芳の元トンネル掘削が、もろい日南層群の深層崩壊に直面して、トンネルルートの変更などを強いられたのである。トンネ

ル坑口に立つと、幾つもの大きな排気パイプがトンネルの奥へと延びている。メタンガスが発生し、ヒ素を含む岩石があるのだという。まるで、集中治療室で重体患者が何本ものパイプ管で生命維持装置に繋がれているような光景だ。

驚いたのは切羽から運び出された岩石がたちまち砂のように崩れて行くことだった。地中で堅い岩石だったものが、外に運び出され外気に触れるとスレーキング、バラバラと自らを解体、細粒化してしまうのだ。いかに、地球のお腹の中が複雑に出来ているか、「地質の弱さ」とは、こういう事なのかと、初めて知った。

続く地層との格闘

有明海沿岸道路の建設で沈下を許す技術基準が作成されている、と聞いた時、えっと思った。ある程度、沈下しても良いとする橋や道路を造る、そんなことが許され、有り得るのかというのが、素人の率直な感想であった。

実際、矢部川大橋は想定を超えて沈下、４０００tもの鉄板を重ねて、23㎝も強制沈下させて安定した。主塔基礎の支持基盤とした地層の下にレンズ状の軟弱地層が変位（圧密沈下）を起こしたと見みられている。事前調査でそれが分からなかったのか、という批判はあるだろうが「地球の腹の中」は分からないことだらけなのも、動かしがたい現実なのだ。地質学者でさえ「建設現場がこんなに細部の、複雑な地層と格闘しているとは」と驚くことがしばしばある、と聞いた。

北松地すべり地帯、宮崎・日南層群、有明粘土層だけではない。九州は、南九州を覆うシラス土壌、崩壊が止まらない桜島周辺（姶良火山）や阿蘇カルデラ壁など火山帯など「弱さ」を持つ地層に、今後も台風、集中豪雨など激しい気象変動によって、加えられるより強い外力にさらされて行くだろう。

共生の道を探る

幸田が亡くなった後、雑誌連載の「崩れ」は本として出版された。娘の青木玉はそのあとがきに、雲仙火砕流をテレビで見て、「母が待って居た、書こうとしていたものは紛れもなくこれだと思った」「凄まじく吹き上げる煙、弾けとぶ石、襲う熱気、駆け下る水だ。人の表情も慎重な構え、いらだち、困惑」「被災地になってしまった場所に住む人の如何にそれまでの平な生活に戻りたいと願っているか」と書く。

自然を打ち負かすなど、おごりを持たず「自然と人間の共生」にしか道はないと、思い定めた雲仙普賢岳噴火時の島原の人々の思いが浮かんでくる。火砕流、土石流、大量降灰など災禍と、その一方で、温泉など恵みをもたらす火山。頂上に巨大な溶岩ドームを持つ普賢岳の山頂から麓の海岸線まで展開された砂防ダム、導流堤など様々な砂防施設群、６ｍも盛土して「高台」にしてかつての生活を取り戻そうとした安中三角地帯と呼ばれる新住宅団地。それでも火山災害を完全に封じ込める力はないという。とすれば、自然との共生を生み出すのが、土木技術の核となるものなのかも知れない。

異常沈下した矢部川大橋について、関係者インタビューから建設資料、経過、論文を読ませていただき、詳しい取材が出来た。「失敗は誰でも、話したくないものですが、それでも正しく社会に伝えなければならないと思います」と関係者の一人は取材に応じた気持ちを話された。話を公にするより、沈黙を守る方が、はるかに楽だし、やさしい。

川内川の鶴田ダムは堤体のコンクリート打設後、基礎岩盤をさらにコンクリートに打設し替えたとされる。仏・マルパッセダムの基礎崩壊による教訓を生かし、ダム建設でのコペルニクス的転換をしたのだが、その工事誌はなく、50年がたとうとしている現在も、関係者の証言を得るのは難しい。

矢部川大橋の技術検討委員会は、「留意事項」を詳しく書き残した。異常沈下の教訓はより長大橋となる筑後川橋梁と早津江川橋梁の建設に生かされようとしている。それでも、10㎝程度の沈下を想定、それに対応できる装置を備えるという。

積み重ねられた防災技術、人間の知恵と力が生み出すコンクリートで固めた砂防施設のパワーをはるかに超える自然の猛威、それを引き出してしまう地層の「弱さ（崩れ）」の種子。この地球、大地、あるいは自然、地層は様々な「弱さの種子」を含んで存在し、台風や豪雨など自然の力や工事という人間の力といった外力を引き金に、その種子がいつ芽を出し、動き始めるか分からない、それが自然というものであり、立ち向かう技術者の覚悟というものではないかと、幸田文は「崩れ」の中で繰り返している。

「プロジェクト九州」第５巻では、有明粘土層、宮崎・日南層群、北松地すべり地帯を中心に、九州に存在する特殊土壌地層と闘う人々を取り上げた。全国にも稀な超軟弱土壌と現場の人々が「揉まれた」と表現する、入り組んだ複雑な地層、想像を超える地中でのトンネル建設や防災施設の建設に苦闘など、「地球の腹の中」で黙々と取り組む人々の実像、その技術と情熱が、少しでも伝わって欲しい、と願っている。＝敬称略。

平成27年春　　玉川孝道

幸田文略歴　明治37年（１９０４）９月１日東京生まれ、父、幸田露伴に厳しいしつけを受けて成長。露伴死後、「父―その死―」「みそっかす」を出版。昭和30年小説「流れる」で芸術院賞。外、「おとうと」などの作品があり、文学賞多数受賞。平成２年（１９９０）10月31日死去。

「プロジェクト九州」1―4巻の内容

新土木遺産
○「プロジェクト九州」第1巻
◎座談会「新・土木遺産の発掘」
第一章　関門国道トンネル―苦闘の21年
①海底の道を拓く
②大動脈の若さ保つ
③インタビュー　住友彰・佐藤雄二・川崎廸一各氏
第二章　挑戦の心―長崎の長大橋
①海を渡る六つの大橋
②新西海橋の色合わせ
③赤い吊り橋―平戸大橋
④インタビュー　高橋和雄・池上守各氏
◎座談会「長崎の長大橋」
第三章　筑紫次郎―暴れん坊とその恩恵
①筑後川60年―洪水、渇水との苦闘の歴史
②福岡導水―福岡都市圏のライフライン
③インタビュー　青山俊樹・高橋裕・帆足健八・宮路米蔵各氏
◎座談会「洪水との闘い」

○「プロジェクト九州」第2巻
第一章　天草五橋に挑む
①夢の橋実現す
②渡海橋への挑戦
③海中の難工事（黒之瀬戸大橋）
④新天門橋の着工へ
⑤インタビュー　中島英治・那須野幸明・八尋勇次・吉本信一各氏
◎座談会「真珠の5橋を造る」
第二章　九州山地、最大、最後の関門を突破する
①肥後トンネル
②加久藤トンネル
③自然との闘い
④インタビュー　藤井崇弘・財津勝各氏
◎座談会「中央構造線を突破する」
第三章　雲仙・普賢岳
①防災の闘い20年
②無人化施工とロボQ
③安心安全の故郷
④インタビュー　古賀省三・須郷茂夫・松永勝也・大町信郎・杉本伸一各氏
◎座談会「雲仙噴火20年を語る」

○「プロジェクト九州」第3巻
第一章　若戸大橋
①長大吊り橋の原点
②夢の大橋―建設への物語
③「百年大橋」―長寿化への挑戦
④インタビュー　吉田巌・下川浩資・久保喜延・金子鉄男・南立朝彦各氏
第二章　関門橋から本四架橋へ
①関門橋―本四連絡橋への道拓く
②本四連絡橋
③インタビュー　日野伸一・藤川寛之各氏
第三章　怒りの川内川
①川内川―怒りの川と治水
②鶴田ダム―コペルニクス的転換
③ダム治水と不信の間で
④インタビュー　島谷幸宏・小松利光各氏
第四章　九州ダム群の系譜
①多目的ダムの足どり
②発電ダムの先駆者
③インタビュー　小野満司・原欽五・杉尾哲各氏
◎座談会「ダムの現在と未来」

○「プロジェクト九州」第4巻
第一章　都市水害の原点―長崎大水害
第1節　①土石流、都市を襲う
②都市への一撃
③現場証言・針貝武則氏「精霊船が駆け抜けた」
④長崎市周辺の地質と崩壊
⑤インタビュー・一之瀬恭之氏
第2節　①眼鏡橋は残った
②インタビュー・中島川改修に当たった篠勤氏
③現場証言・片寄俊秀氏「知恵ある選択だった」
④現場証言・壇誠氏「対話重視、見学会30回も」
⑤ダム改築と保存の両立
⑥インタビュー・三根祐吉氏「バイオニア達の仕事を残す」
第3節　①車が流され、漂流する
②災害に強い高速路
③長崎の教訓は生かされたか
④インタビュー・高橋和雄長崎大学名誉教授「総合防災対策と災害の伝承を」
○「繰り返し襲いくる豪雨」―樗木武九州大学名誉教授
第二章　再び都市を襲う―93鹿児島大水害
第1節　①悪夢再び、鹿児島で都市水害
②豪雨の波状攻撃
③インタビュー・松嶋憲昭氏「もっと、気象解析力を」
参考　火山と共生のジオパーク―樗木武九州大学名誉教授
第2節　①石橋は流された
②インタビュー・佐竹芳郎氏「石橋撤去―苦渋の選択だった」
○接近し、上陸する台風。樗木武九州大学名誉教授
第3節　①災害国道・国道220号を走る
②豪雨に負けない早咲大橋と牛根大橋
③「酷道」からの脱出
○参考　桜島の土石流と砂防
第4節　①シラス土壌と闘う―武岡トンネルの苦闘
②未知への挑戦―鹿屋分水路
○提言―シラス土壌「崩壊予知のシステム構築を」北村良介・鹿児島大学教授
第5節　①強靭さを求めて―頼れる高速道路へ
②道路を土砂崩壊から守る
③都市化と気象変動で土砂災害の危険拡大
○異常な自然現象と災害。樗木武九州大学名誉教授
第三章　災害の教訓は生かされたか（九州北部豪雨）
第1節　①西日本大水害から60年―筑後川史の証人・高橋裕氏
②筑後川治水のパイオニア・石黒五十二「戦後68年の気象変化」―― 樗木武九州大学名誉教授
第2節　①59年目の大水害―九州北部豪雨
②矢部川被災地を歩く。「過疎は一気に10年進んだ」
③二つの教訓―堤防決壊と「災害弱者」
④インタビュー・安福規之・九州大学大学院教授「堤防基礎地盤の精度高い調査を」
⑤想定外の「越水なき破堤」
⑥インタビュー・馬場紘二氏「生態系、景観に配慮した復旧工事を」
第3節　①「滝室坂の復旧」―寸断された国道57号
②「阿蘇の挑戦」―砂防堰堤のスピード建設
第4節　①明日への警告―今そこにある危機
参考　自然災害にまつわる言い伝え
②インタビュー・岡本博　国土地理院院長「災害を正しく認識し、正しく恐れよ」
○活火山・活断層と地震。樗木武九州大学名誉教授
おわりに　用と美、古いツイードを着こなす街に

お礼

「プロジェクト九州」第5巻で取り上げた有明海沿岸の有明粘土層「泥と潮との戦い」、宮崎・日南層群の脆く、ガス・砒素を含む特殊な土壌、北松地すべり地帯での「地の底の格闘」は、これまでの土木技術と違い、地盤、地山にかかわる技術だけに、目に見えず、より専門的で難解、素人の筆者にとって理解が届かないところが多かった。幾度も取材し、問い直し、表現についても修正をお願いすることになった。国土交通省九州整備局の福岡国道・佐賀・武雄河川・国道事務所、同宮崎河川国道事務所、長崎河川国道事務所、有明沿岸道路事務所、佐賀、長崎、宮崎県土木部の現役、先輩の皆さんには、懇切な説明や古い資料の探し出し、写真提供など大変な御面倒をおかけした。また九州大学、佐賀大学、同低平地研究センター、熊本大学、宮崎大学、などの研究者にも噛み砕いた「授業」をしていただいた。心からお礼申し上げたい。皆様のご厚意に応えるだけのものになったかどうか。一般人が目に触れない所で土木技術者の懸命の努力の一端でも伝えることが出来れば、ご協力いただいた皆さんへの恩返しになるのではと、願っている。（玉川）

◎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。


有明海沿岸道路栄皿垣連続高架橋


嘉瀬川の石井樋（象の鼻）


国道220号（日南海岸）に崩落した巨大な岩石


成富兵庫が作った永池堤に立つ地頭様


完成した西九州道


美しい日南海岸と220号

2015年11月15日発行

●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