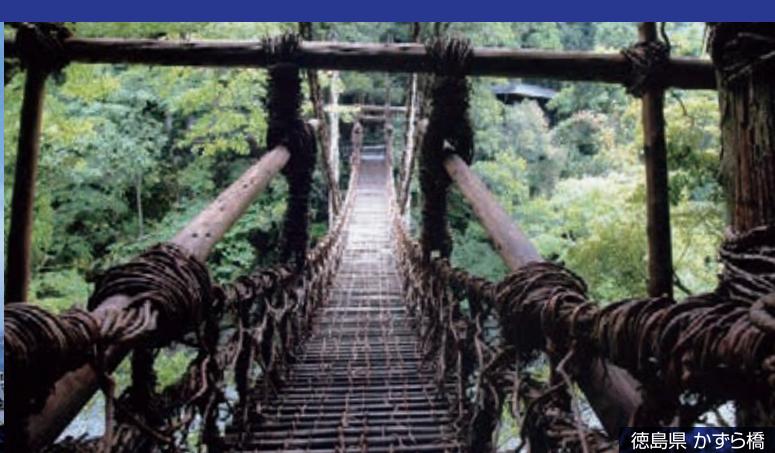




世界最長の明石海峡大橋



徳島県 かずら橋

New Civil Engineering Heritage in Kyushu

# プロジェクト九州 Ⅲ

人と技術と情熱の物語

若戸大橋から関門橋、そして明石海峡大橋へ。

九州のダム群 塚原ダム・上椎葉ダム・市房ダム・下筌ダム



若戸大橋

櫃石島橋と岩黒島橋

## 発刊にあたつて

(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、平成二十三年六月に土木遺産品 in 九州として、当会のホームページに公表いたしました。

さらにこの土木遺産の中から主要なものを選び、建設に携わった先人達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、第一巻を平成二十三年六月に第二巻を平成二十四年六月に発刊いたしました。

今回発刊します第三巻では、本格的な吊り橋として建設された「若戸大橋」が幾多の技術的課題を克服し、その技術が関門橋から「本四架橋」の建設へ至る橋梁技術の集大成の歴史と、台風、集中豪雨と九州を苦しめ続ける洪水に立ち向かおうとする鶴田ダムを始めとするダム建設や河川改修工事を紹介しています。『人と技術と情熱の物語』に焦点が当てられ、水中で或いは山奥で続けられた知られることの少ない技術者の孤高の戦いが、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、発刊のご挨拶といたします。

平成二十五年八月

(一社) 九州地域づくり協会

理事長 熊谷 恒一郎

# CONTENTS

「プロジェクト九州」 III 人と技術と情熱の物語

目次

はじめに 2

2

第1節 「若戸大橋」 — 長大吊り橋の原点	① 洞海湾をまたぐ赤い長大橋 4
② インタビュー — 吉田巖氏 8	③ メインケーブルの渡海作戦 12
④ インタビュー — 下川浩資氏 14	⑤ 成功と失敗 — 米国の吊り橋技術に学ぶ 12
⑥ インタビュー — 吉田親子、二代にわたる若戸物語 18	⑦ インタビュー — 久保喜延氏 21
第2節 「夢の大橋」 — 建設への物語	⑧ インタビュー — 南立朝彦氏 26
① 「百年大橋」 — 長寿化への挑戦 23	⑨ 奇跡の4車線化 29
② インタビュー — 久保喜延氏 26	⑩ 若戸トンネル開通 39
③ インタビュー — 金子鉄男氏 33	
④ ルポ 平成の大修理を現場に見る 35	
⑤ インタビュー — 南立朝彦氏 37	
⑥ インタビュー — 日野伸一氏 57	
⑦ インタビュー — 大重量に耐える基礎工事 59	
第2章 関門橋から本四連絡橋へ	43
第1節 関門橋 — 本四連絡橋への道拓く	43
① 技術の「架け橋」 44	② その苦難の歩み、軍部の反対でとん挫 50
③ 100年長寿へ、リフレッシュ工事 53	④ インタビュー — 日野伸一氏 57
○川、海を越える道路橋(橋木武九州大学名譽教授) 68	59
インタビュー — 藤川寛之氏 68	66

第3章 「怒りの川内川」

75

第1節 「川内川」 — 怒りの川と治水						
洪水と治水の長き歴史	76					
ダムだけに頼らない治水へ						
景観重視へ 二つの分水路						
③ インタビュ－ 島谷幸宏氏	84					
④ 景観重視へ 二つの分水路	84					
ダム建設技術の大転換	88					
ダムの「生まれ変わり」						
再開発 —						
① 第2節 「鶴田ダム」 — コペルニクス的転換	88					
② 再開発 —						
③ 「飽和潜水工事」 —						
再開発に初登場						

## 第4章 九州ダム群の系譜

## 九州ダム群の系譜

## 第1節 多目的ダムの足どり

(1) 九州のダム群と技術的展開 110

第2章 関門橋から本四連絡橋へ

④	インタビュー 1	金子鉄男氏	33
⑤	ルポ 平成の大修理を現場に見る		
⑥	インタビュー 1 南立朝彦氏	37	
⑦	若戸トンネル開通 39		25

第1節 関門橋	— 本四連絡橋への道拓く	44
① 技術の「架け橋」	44	
② その苦難の歩み、軍部の反対でとん挫		
③ 100年長寿へ、リフレッシュ工事		
④ インタビュー 日野伸一氏	57	
	53	50
		44

① 「瀬戸大橋」— 大重量に耐える基礎工事 59  
 ② 「大鳴門橋」 湫潮と橋づくりの苦闘 63  
 ③ 「明石海峡大橋」— 世界最長のスパン実現 66

### 第3節 座談会 ダムの現在と未来

○治水、利水のためのダム（橋本武九州大学名誉教授）

おわりに

154

# はじめに

平成24年9月27日、若戸大橋完成50年を祝う式典が北九州市・若松公会堂で行われた。北橋健治北九州市長をはじめ、かつて建設運動を進めた元戸畠市長、故吉田敬太郎さんゆかりの人々が参列した。しかし、この大橋を建設し、その基礎技術をもとに関門橋、さらに本四架橋へと日本の橋梁技術を世界トップにまで導いた技術者たちの姿はなかった。「皆さん、遠慮されて」、おいでにならなかつた、といふ。若戸大橋は日本で最初に建設された、海を渡る大型の吊り橋である。(ニユ一)

ヨークのブルックリン橋はじめとする吊り橋技術を米国に学び、日本人技術者が初めて挑戦した記念碑的な渡海橋で、わが国の吊り橋の原点ともいえる。「無名性」を信条としている土木技術者は多い。若戸大橋を建設した技術者たちもまた、表に出ることを「遠慮」したのだろうか。

若戸大橋にヒントを得て東京オリンピックのシンボルにもなった代々木屋内体育館が建てられたことを知る人は少ない。2本の主柱にケーブルを渡し、その下に屋内競技のための大きな空間を創り出したユニークな建物で、有名な建築家・丹下健三

氏の代表的な作品として世界に知られ、賞も与えられている。人の目を奪うデザインの建物だが、その構造設計を担当したのは坪井勝義氏(東京大学教授)であることを知る人は専門家以外に多くはない。一般には「無名」と言つてよいかもしだい。建物に限らず、建造物の「構造」は、構造ゆえに人の目に触れることはない。

## 縄文杉のよう、ひと知れず、苦闘の傷跡。

(ヨーク)  
(潜函病)

をはじめ  
「クリン橋」  
はじめ  
「潜函病」  
に苦しみ、命を失い、あるいは一生、後遺症に苦しんだ技術者が多生、後遺症に苦しんだ技術者が多  
い。巨大に成長した屋久杉がその巨木の体内に「隠れた傷跡」を持つよ  
うに。

「プロジェクト九州」Ⅲでは、若戸大橋に始まり関門橋、世界トップ一線で技師長として指導、事故と潜病に倒れたジョン・ローブリン、息子のワシントンと妻の三人のレリーフが橋のたもとに立てられてある。「アメリカ文明の誇り」として、全米からの見学者が今もこの橋を渡っている。

若戸大橋は鉄鋼と石炭の北九州工業地帯を支え、経済大国・日本の礎となつた社会資本の一つとして50年

間役割を果たし続けてきた。開通50年に当たる平成24年10月には車両通行止めにして、一万人の市民に歩いて渡つてもらう記念イベントも行われた。だが、橋を渡る人びとの足下の、この橋を支え続けてきた基礎建設の苦闘を知る人はいなかつたろう。二つの主塔を支える基礎は洞海湾の海中にある。水中工事は海底の岩盤掘削から巨大なコンクリート基礎のためのケーソン建造、据え付け、コンクリートの打設と高い水圧の中で難しい技術を使い、苦しい作業が続く。わが国だけでなく世界の吊り橋の歴史には米国・ブルックリーン橋が残る。工事現場を訪ねると、世界の海で海洋資源開発のために行われる「飽和潜水」作業が行われていた。湖底のダム堤体に放流管を造るため、3人の潜水夫が約1か月間、高压のカプセルの中で暮らし、水中工事を行つていだ。狭い空間で密室生活を送りながら、視界の利かないダム湖底の孤独な作業の連続。並の人間に耐えられる仕事ではないようと思われた。ダム工事が終われば、彼らの仕事に気付く人はいないだろう。

暴れ川で有名な鹿児島・川内川中流に鶴田ダムがある。戦後、九州で一番目に造られた重力式コンクリートダム。幾度もの洪水被害の教訓を踏まえて現在、洪水調節容量を増やすため、ダムを再開発中だ。工事は水深約60mの湖底で行われる。ここでも潜水作業が必要となる。工事現場を訪ねると、世界の海で海洋資源開発のために行われる「飽和潜水」作業が行われていた。湖底のダム堤体に放流管を造るため、3人の潜水夫が約1か月間、高压のカプセルの中で暮らし、水中工事を行つていだ。狭い空間で密室生活を送りながら、視界の利かないダム湖底の孤独な作業の連続。並の人間に耐えられる仕事ではないようと思われた。ダム工事が終われば、彼らの仕事に気付く人はいないだろう。

# 第1章

## 「若戸大橋」——長大吊り橋の原点

北九州市・洞海湾をまたぐ若戸大橋。赤い主塔が高くそびえ、メインケーブルが緩やかな弧を描く美しい吊り橋だ。わが国初の長大・吊り橋として建設されてから50年。世界に誇る本四架橋への道を開いた橋梁技術の原点でもある。4車線への拡幅や、さらに100年長寿を目指して補修点検が行われるなど、新しい時代への扉を開こうとしている。また、この橋には建設に携わった技術者たちや建設に奔走した人々の「人間ドラマ」も込められている。

### 第1章 第1節

#### 目次

- 「若戸大橋」——長大吊り橋の原点  
① 洞海湾をまたぐ赤い長大橋  
② インタビュー 吉田巣氏  
③ メインケーブルの渡海作戦  
④ インタビュー 下川浩資氏

- 奇跡の若戸大橋4車線化  
① インタビュー 金子鉄男氏  
② ルポ・平成の大修理を現場に見る  
③ インタビュー 南立朝彦氏  
④ 若戸トンネル開通

### 第2節

#### 「夢の大橋」——建設への物語

- 成功と失敗——米国の吊り橋技術に学ぶ  
① 吉田親子、2代にわたる若戸物語  
② インタビュー 久保喜延氏

### 第3節

#### 「百年大橋」——長寿への道

- 100年長寿化への挑戦  
① インタビュー 久保喜延氏



## 第1節

### ①洞海湾をまたぐ 赤い長大橋 若戸大橋

# 日本技術で、最初の巨大吊り橋 吊り橋の基礎、下部工の海中工事 世界のトップ・本四架橋への技術磨く

洞海湾（北九州市）の両岸、若松と戸畠に赤い鉄塔が建つていい。頂上から太いメインケーブルが張り渡され、そこからハンガーロープが橋桁を釣り上げている。全長約2100m（吊り橋部627m）、主塔と主塔の間（中央スパン）367mの巨大吊り橋・若戸大橋。建設（昭和37年）当時、東洋一を誇った。日本人の手により、日本の技術で建設された長大吊り橋の「元祖」であり、世界一の長さを誇る本四架橋建設への技術的「起点」となった。巨大吊り橋の始まりは、米国である。ニューヨーク・マンハッタン島、イーストリバーを渡るブルックリン橋など幾本もの吊り橋がかかっている。130年近く前の偉業だ。若戸大橋は建設から50年を経た。架橋にあたって、米国の技術と施工業者を入れる案もあったが、純国産の技術と材料を使って日本人の手で、と決断された。若戸大橋は米国の吊り橋の失敗と成功に学びながら「手探りで設計し建設された」と吉田巖氏。吉田氏は佐世保市の西海橋、次いで

この若戸大橋、本四架橋の建設に携わった日本吊り橋のパイオニアの一人物である。

#### 吊り橋最長のスパン

なぜ、長大橋に吊り橋が選ばれるのか。橋梁技術の高さは中央支間の長さで測られる。吉田氏らが手掛けた最初の渡海橋はアーチ式の西海橋（佐世保市）だが、その支間は216m、当時わが国のトラス橋で最大の支間は天草5橋・1号橋（天門橋）の300m。若戸大橋は、367m。洞海湾は当時、年間6万隻の船舶が航行、取扱貨物量は横浜、東京、神戸を上回る重要な港湾である。橋を渡すために海の中央に橋脚を建てるなど橋の構造によって、船舶の航行に支障を与えることは出来ない。吊り橋以外、選択の余地はない。吊り橋以外、選択の余地はない。

高さ84mの主塔  
高ければ高い程ロープを吊り上げる力は強くなる。



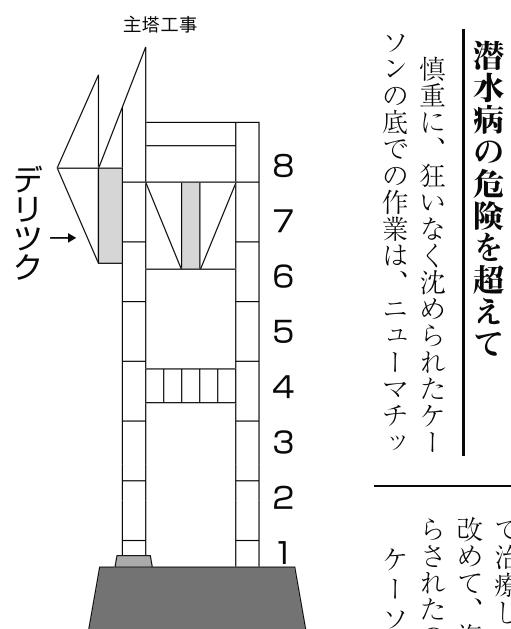
#### 主塔を高く

橋桁を高いところに架けるためには、高い塔が必要になる。高い主塔

風に揺れたりする。これらの欠点を補うための桁そのものも強化しなければならない。強化した桁を、「補剛桁」と呼んでいる。

を作るのはその基礎は大きく強く、頑丈でなければならぬ。さらに基礎を乗せる岩盤が軟弱では、傾いたり、ずれたりする。若戸大橋の主塔は高さ約84m。そのため、地質調査が九州大学などによって綿密に行われている。しかも、港湾都市の若松工場群がひしめく戸畠では、橋のために広大な土地を使う余裕がない。両岸ぎりぎりの陸上部に主塔を建てるのが施工上望ましいが、調査の結果、戸畠側は海中に基礎を造らざるを得ないことになった。水深8m、その下に2・3mのヘドロが堆積し、海面から水深約22mで岩盤に到達する。

海中の岩盤を水平に削り、その上に巨大なコンクリートの基礎を築く。海中工事、海上工事共



## 潜水病の危険を超えて

慎重に、狂いなく沈められたケーンの底での作業は、ニューヨーマチックで、船の航行に支障を与えてはならない。ために締切工法や築島工法は取れない。結局、主塔の基礎づくりには、工場で鋼鉄製の型枠ケーンを作り、現場海上に運んで沈下させる。その底の作業室で岩盤掘削など工事を行い、ケーンの安定性を確保したうえで、上からコンクリートを流し込んでゆくことになった。

ケーンは下関の工場（三菱下関造船所）で造られた。平面寸法は40m × 17m。これほど巨大なケーン製作の経験はなく、鋼鉄製の造船技術が使われドックで建造が行われた。実際、ケーンは「船」でなければならなかつた。ドック内で造られ、船のように海に浮かべられたケーンは、下関から洞海湾まで約20kmを「船」としてタグボート4隻で曳航され、据え付けられた。

タケーン工法で行われた。上部に、空気の送風、排気装置を付け、海底の作業室は高気圧に保たれ、その中で「潜函夫」と呼ばれる専門作業員が工事を行う。橋全体の支持基盤となるだけに、精密な仕事が求められる。日本道路公団の監督技術者も作業室に入り、地耐力を測る載荷試験などを行つた。作業が終わると、潜函病にならないため高気圧から常圧へ、時間をかけて戻つてゆく苦痛な時間が必要だつた。海中工事は常に潜函病などの危険を伴う。現に、ニューヨークのブルックリン橋ではニユーヨーマチックケーンの施工にあたつた技師長、ワシントン・ローブリングは重い潜函病にかかり、体が麻痺、病床から指揮を執つたと伝えられている。若戸大橋でもケーンで治療して、幸い全員が全快した。改めて、海中作業の危険性を思い知らされたのである。

ケーンが据え付けられると、その側壁と隔壁のコンクリート打設に入る。コンクリート総量は20000m<sup>3</sup>、これも経験のない膨大さである。大量的のコンクリートを一気に打設すれば、コンクリートが発熱、ひび割れの可能性を残す。そこで米国技術のプレパクトコンクリート工法が採

用された。この工法での小規模の工事はあったが、これほどの大量打設は未経験であった。ケーンに注入モルタルを注入して行く工法である。モルタルを隅々まで、均等に行き渡らせるため、注入管1本あたりの分担面積を決め、連続注入していく。休止時間を入れて延べ4日間（総作業時間73時間）。ここでの経験は本四架橋建設で、さまざまに生かされた、という。

## 巨大な橋台とシンボルの赤い主塔

もう一つ、重要な若戸大橋の下部工がある。橋を釣り上げるメインロープをしつかりと止める橋台（アンカーレイジ）の建設。メインケー



ニューヨーク・ブルックリン橋のメインケーブル

ブルの引っ張る力は11000tもある。その引張力に耐えるには約32000tのコンクリート量が必要となる。アンカーレイジは「不動」でなければならない。この重さに耐える地盤はどうか。地質調査の結果、戸畠側には問題はなかつたが、若松側は基礎の変位の懸念があつたため対応策がとられた。

橋台に取り付ける両側のメインケーブル間の幅は19・6mなので余裕を見てケーンの幅は34m、長さは40mとなつたが、あまりに巨大になるため15mずつ分割（間隔10m）して二つ作り、両者を連結帶で繋ぐ構造が選択された。

なんといつてもシンボルとなるのは高さ84mの赤い主塔である。福岡タワーの展望台の123mには及ばない膨大さである。大量的のコンクリートを一気に打設すれば、コンクリートが発熱、ひび割れの可能性を残す。そこで米国技術のプレパクトコンクリート工法が採

ないが、福岡市天神の高層ビルは約65mだから、これをはるかに超えた高さだ。足がすくむ新米作業員もいた。戸畠と若松の両岸にそれぞれ2本の塔を立て、中間位置と頂上を水平材で繋ぐ。この頂上に設置された「サドル」にメインケーブルが架けられ、橋を釣り上げる。

主塔をまっすぐ、狂いなく立てるのが工事の「要点」となる。0・1mm単位の作業である。傾きの許容範囲は高さ10mにつき1mmとされた。高さ84mだから傾きは8mmしか許されない。工場で造られた最大110tもの鋼鉄製の箱型ブロックを、重箱のように8ブロック積み重ねて高さを作つて行く。傾きを作らないためにはブロックの継ぎ目（端面）が高い精度で製作され、繋ぎ合わされ

## 最大110tのブロックの積み上げ

主塔ブロックの製作は日立造船桜島工場を中心に行い、洞海湾の現場には船で運ぶ。工場での製作工程は、現場施工の工程に合わせ、同時に進行的に行われた。製作と施工がちぐはぐになつてはいけない。製作が早ければ資材置き場が広く必要になるし、遅れると施工工程に響く。密着した連携作業——現在、自動車産業でいう「看板方式」の採用である。

現場に運ばれた主塔ブロックは、海中に基礎を据えるため、戸畠側では「浮きクレーン」(120t)で直接、最大110tのブロックが釣り上げられ、架設され

た。戸畠側は3段目、若松側は4段目ではクレーンで重ねられたが、その上8ブロックまでは、2つの柱にせり上げ移動デリックを登らせ、ブロックを釣り上げて架設していく。デリックでの工法は米国に学んだ。建設途中の塔は安定性に欠ける。風圧に弱く、ひどく揺れた。風速10m以上になると、工事中止に追い込まれた。

ケーブル同様、直射日光にさらされた側面の鋼板材が膨張して伸び、主塔が数10mm湾曲して「主塔が傾いている」と市民の話題になつた。こうして風と温度と闘いながら、完成した主塔は若松側で約3mm、戸畠側で約5mmの誤差で収まっている。

## つらく耐えがたい作業

しかし主塔建設で、作業員を苦しめたのは、鋼材を繋ぐリベット締め。主塔のリベット締めは25mmリベット約11万9000本、22mmリベット約9400本。狭い空間でのリベット焼き、火床の高熱、激しい太陽の日差しと暑さ。塔の上部になると作業空間は一層狭くなり、空気の流れが止まり、換気もままならない。長時間の作業はとても不可能な状態が続いた。「つらい仕事で、耐えられなかつた」と多くの作業員が述懐している。不良リベットも多くなり、手直しに時間を食われ、作業能率が落ち始めたため、設計変

更を余儀なくされた。リベット接合で進めていた若松側の主塔の上半分約24000本を高張力ボルトによる接合に切り替えた。これほど大量の高張力ボルトの使用はわが国で初めてのことだった。リベット打ちは熟練のウデが必要だが、その後、リベット工事は減り、現在はごく少数になってしまった。若戸大橋の厳しい体験もあって、その後の架橋工事



#### 主塔の基礎となるケーリンの据え付け

は天草五橋をはじめ高張力ボルトや、溶接に替わっていった。若戸大橋は転換の節目を作ったといえるだろう。

さらに、検討課題があつた。主塔とアンカーレイジの間に「中間塔」を造るかどうか。中間塔（高さ約40m）は主塔とアンカーレイジの間に造られものだ。吊り橋の「先輩」米国の専門家に意見を求めたが、必要かどうか意見は割れていた。論議の結果、アンカーレイジをより「不動」にし、ケーンも小型にできる利点ありと判断された。しかし、主塔に比べて作業空間の狭い中間塔のリベット作業などは厳しく、中間塔が必要だったかどうか、後々まで議論は残つたという。

こうして橋台、主塔、中間塔など若戸大橋の基本部分の工事は進んでいった。ケーンを造船所ドックで製作、現場へ曳航、海中据え付け工事、膨大なコンクリート打設など未経験の技術分野を手探りで、また、リベット打ちや、海中作業など現場での苦闘の積み重ねの中で進められた。若戸大橋に込められた「人と技術と情熱の物語」とその中で培われたさまざまな橋梁技術は、瀬戸内海の渦潮逆巻く海峡、急流の海中・海上工事など、より巨大な本四架橋の吊り橋建設に生かされ、発展していく。



主塔がかたむかないよう、  
橋台は鏡のように磨き上げられる。



橋台の上に主塔ブロックが重ねられる（一段目）

若戸橋工事事務所（川崎偉志夫所長）が完成直後、「若戸大橋」（非売）と題して工事概略をまとめた。その後にこう記している。

「東洋」の吊り橋。まことにそのとおりで、当事者としても悪い気はない。材料も労力もすべて日本人の手でやりあげたことは、大きい誇りを感じる。しかし、一面、世界的なランディングからみれば、ひとまた

ぎの距離で僅僅20番目に過ぎないではないか。いずれこの橋も手垢に汚れ、人々の記憶から遠のいてゆくであろう。そして今一度だけ若戸大橋という活字を見かけることがあるかもしれない。それは本四架橋を始め、より大きい、文字どおり世界的な架橋工事が、日本人の手で架けられるとき、それと比較して若戸大橋があの当時はあんなもので大騒ぎした

のかなどと、人々の口の端にのぼるであろう。これは決して技術者の感傷ではない。土木技術者の夢として、その日が1日も早く来ることを期待したい」。

若戸大橋を完成させた技術者たちは、すでに遠く、高く目標を定めて、次の1歩、本四連絡橋への道を踏み出して行くのである。

## 第1節

②インタビュー  
「吉田巖氏」

## 若戸大橋



吉田巖氏

(よしだいわお)

## プロフィール

1926年6月23日生まれ、千葉県出身

福岡県・久留米、田主丸などで幼年期を過ごし、陸軍幼年学校、旧制高校から東京大学第2工学部へ。昭和28年4月建設省入省、長崎県・西海橋、若戸大橋、本四架橋などの設計、建設に携わる。この間建設省土木研究所基礎研究室長などを務める。現在、株式会社吉田デザインコーナー会長。

——土木技術者、特に橋梁技術を志された動機から、お伺いします。

吉田氏 学生時代、肺結核にかかり3年間の休学をせざるを得なかつた。体力的に無理が出来なかつたので、現場や実験をする体力がなく、卒業論文作成の時、教授から大村湾口の伊の浦に架ける西海橋の応力計算を課題として与えられた。今、考へると、これが橋梁を生涯の仕事と

——建設省が吉田さんを採用したいと、相当、強引に引き抜いたと聞いています。

吉田氏 建設省（九州地方建設局）は当時、伊の浦（現在の西海橋）の架橋を計画し東京大学の平井敦先生にも協力を求めていて、卒論のテーマとして架橋の応力計算が私に回ってきたのでしょう。半年くらい計算して、それを卒業論文にして提出しました。私にはまだ、鉄道に未練がありました。私が就職内定の私鉄には私の責任で断りに行きました。私を西海橋にやることは最初から決まっていたようだ、入省前に口頭試問が

するきっかけでした。卒業時には、ある私鉄に就職が内定して、鉄道関係の仕事に進むつもりでした。当時は、国鉄など鉄道関連やダム関連に就職するのが、一大勢力をなしていました。建設省へ行くのは少数派で、5人くらいでした。

——いきなり現場ですか。  
吉田氏 事務所に行つてみると机の上に計算書類が置かれている。「あれ、おれの（応力計算）だ」と思いました。村上永一さん（注1）が所長で、「君を待っていた」と。村上所長はアーチの弧をもう少しフラットな形に変更したいと考えておられたようで、「ここをこう変えたら、どうなるか再計算ほしい」。村上さんはアーチの形を決めるのに頭を痛めておられた様子で、私にいくつかの曲線に沿つた応力の計算を命じられたわけです。4、5月いっぱいその計算にかかりました。電動計算機はありましたが、機数は少なく、取り合いで、手回し計算機が中心。村上さんは、戦争中、土木研究所でアーチの研究をされており、アーチに「こだわり」というか情熱がありました。

——アーチの形とその応力計算に基づいて、鋼材の種類、骨組みの構造を決め、それに沿つた部材を決めるわけですが、入札後、工場に泊まり込まれて、施工用の設計図を引かれたり聞いています。

吉田氏 9月には入札することに

なつていましたから、逆算して、8月中旬には材料数量を出したい。7月には図面が必要、そのためには5月にはアーチの形を決めなければならぬ、と、逆算して作業日程を決めてゆく。「難しい」「それは困難」と思つても、あのころはみんな若く、がむしゃらでした。知恵を絞ろう、出し合おうとね。受けた教育も技術者ベースで、基準、スタンダードは、最小限。現場で、とにかく自分で考えること、「困つたら、神田（古本屋街）に行け」と。施工は横河橋梁でしたが、当時、設計を行つたら現場、工場に行くのは当たり前で橋梁メーカーに泊まり込むのは、特別のケースではありません。

——西海橋は戦後日本での初めての



吉田氏が最初に手がけた西海橋

長大渡海橋でした。

吉田氏 橋の建設には巨額の費用がいります。戦後、日本の食糧難救済のため米国から贈られた食糧の販売代金をペールしたガリオア資金を使つて西海橋は架けられたのです。その後、有料道路制度が出来、若戸大橋、天草5橋、関門橋そして本四連絡橋が作られてゆくのです。

——西海橋は、大変、美しいアーチ橋ですが、「橋の美しさ」への意識は最初からあつたのですか。

吉田氏 それ（美意識）は相当あつた。それも、もっぱら、所長の村上さんの美意識によるところが多かつた。大学でも「橋梁美学」という講座があつて、わたくしも受講しましたが、当時の橋梁技師は共通して持つていた、と思う。隅田川に架けられた橋梁群も美意識の中で設計された。若戸大橋の吊り橋では、橋台、タワーの形まで、岸田日出刀さん（注2）を委員長とする審美委員会でわれわれの原案を審議して頂いています。

——昭和30年、西海橋は開通しました。

吉田氏 今でいう「想定外」のことが起きましたね。開通祝いに「歩行者天国」にした。ねじれ振動が起つたのです。全く、予想していませんでした。

かつた。あれだけの人が、開通に押し掛けるとはー。すぐに警察に連絡して、交通規制をしましたがね。

## ○若戸大橋建設へ

——アーチ橋の西海橋から、吊り橋の若戸大橋の建設へ進まれます。

吉田氏 昭和30年10月、建設省が若戸橋調査出張所を開設しました。所長は乙藤憲一さん。その時に、将来、調査事務所になった時の所長は川崎偉志夫さんが予定され、九州地方建設局で局スタッフなつていきました。

私は、昭和30年12月に若松に行き、昭和31年4月から32年3月までの1

年間、新設された土木研究所の設計室にこもつて計画設計をしました。

——長大吊り橋は初めての経験ではありますか。

吉田氏 初めての設計で、川崎さんをトップに、その下に下川浩資さんと私の2人が中心で計10名でした。みな若かったです。何しろ吊り橋は経験がありません。米国は吊り橋に多くの実績があり技術上の先生でした。西海橋の時には、米国のナイヤガラ滝の下流にあるレインボーブリッジの工事報告書を読み、張り出し架設のやり方など、大変参考になりました。

この計画設計ではアーチ橋、トラス橋、斜張橋などいろんな形式を検討しました。確か、福岡県はトラス橋を原案としていたと思いますが、吊り橋の、工事費の安さ、安定性などから「吊り橋」に決まりました。しかし、吊り橋を設計した技術者は



「主塔の基礎は誰れも経験したことのない大きさだった」

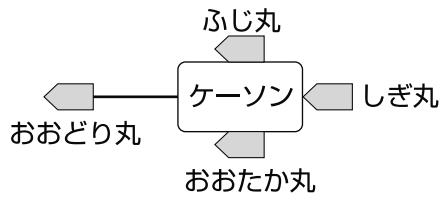
一人もいなかつた。本当のところ、建設省が戦前計画し、軍部の反対で実現しなかつた関門橋の設計があつたのですが、関係者は、すでに実務を離れていました。そこで、昭和2年に作られた吉野川の三好橋（中央スパン140m）を見に行きました。



主塔とアンカーレイジが完成（関門橋）

——米国の吊り橋を中心、大部の国調査に行き、デラウエアブリッジの図面をはじめ資料を沢山持つて帰つてきました。米国はとても協力をしました。

吉田氏 川崎所長も2か月ぐらい米国調査に行き、デラウエアブリッジの図面をはじめ資料を沢山持つて帰つてきました。米国はとても協力をしました。



吉田氏 若戸橋の基礎は小倉炭田で、橋の支持基盤として問題があり、橋の支持基盤として問題がありました。古第3紀層に置かれています。戸畠側はカチカチの礫岩でしたが、若松側は軟らかい砂岩、頁岩の互層で、橋の支持基盤として問題がありました。私は基礎を担当しました。それは基礎とのかわりのはじめで、本四架橋で1000m級の吊り橋を建設するには、何よりケーン技術など基礎工事が重要と思い、昭和42年でしたか、米国、欧州を回り、五大湖にかかるマキノ橋、オーランド橋などを見て回り、瀬戸大橋の設置ケーソンの参考にしました。

吉田氏 若戸大橋の基礎を置く地層はどうでしたか。



米国の吊り橋技術を積極的に学びとった  
(ニューヨーク・ブルックリン橋)

## ダム並みの巨大ケーソン設置

若戸大橋の主塔タワーを乗せる巨大なケーソンの建設が始まりました。私は基礎を担当しました。それは基礎とのかわりのはじめで、本四架橋で1000m級の吊り橋を建設するには、何よりケーン技術など基礎工事が重要と思い、昭和42年でしたか、米国、欧州を回り、五大湖にかかるマキノ橋、オーランド橋などを見て回り、瀬戸大橋の設置ケーソンの参考にしました。

吉田氏 当時、主塔基礎がケーソン（平面寸法が $40\text{m} \times 17\text{m}$ ）で計画されました。誰も経験したことのない大きさでした。しかし、どのように計が必要です。実際にはボーリング調査の積み重ねで判断してゆくほかありませんね。岩盤掘削にはニューマッチケーソン工法を使いました。

た。

吉田氏 当時、主塔基礎がケーソン（平面寸法が $40\text{m} \times 17\text{m}$ ）で計画されました。誰も経験したことのない大きさでした。しかし、どのように計が必要です。実際にはボーリング調査の積み重ねで判断してゆくほかありませんね。岩盤掘削にはニューマッチケーソン工法を使いました。

吉田氏 当時、主塔基礎がケーソン（平面寸法が $40\text{m} \times 17\text{m}$ ）で計画されました。誰も経験したことのない大きさでした。しかし、どのように計が必要です。実際にはボーリング調査の積み重ねで判断してゆくほかありませんね。岩盤掘削にはニューマッチケーソン工法を使いました。

吉田氏 ケーソンを据える海底を掘削して基礎を造りますが、海中に「潜函」をおろし、その中で作業をするニユーマッチケーソン工法を採用しました。専門の潜函夫が行うのですが、我々も交代で掘削作業に立ち会つた。潜水病にならないため、高圧の作業室から通常の気圧に戻るのに時間がかかり、苦痛な作業でしたが、当時は現場に立ち会うのが当たり前でしたから。

吉田氏 ケーソンはどこで作ったのですか。

吉田氏 三菱重工の下関造船所で、自力浮揚できるよう底のある鋼製ケーソンを造り、若戸の現場まで海上輸送しました。航路の水深は、調査してはいたのですが、途中で底部が海底にひつかかり、砂煙が上がりましました。ひやりとしました。もし傷つき、形状が変わったりするとうまく海底に据えられませんからね。幸いなことに、支障はありませんでした。コンクリートはケーソン

吉田氏 当時は、セメントは日本道路公団から施工業者に支給していましたから、日本セメントの香春工場に通いました。ケーソン用は早強コンクリートです。アンカー用にはコンクリートが固まるとき高熱を出しますので低発熱の高炉セメントを施工しましたが、肝心の設計計算書はない。結局、自分で計算してゆくほかありませんでした。外注には出さず直営で基礎、上部工とも設計しました。当時はまだコンサルタントが充分成長していました。

ね。

吉田氏 当時は、セメントは日本道路公団から施工業者に支給していましたから、日本セメントの香春工場に通いました。ケーソン用は早強コンクリートが固まるとき高熱を出しますので低発熱の高炉セメントを施工しましたが、肝心の設計計算書はない。結局、自分で計算してゆくほかありませんでした。外注には出さず直営で基礎、上部工とも設計しました。当時はまだコンサルタントが充分成長していました。

吉田氏 三菱重工の下関造船所で、自力浮揚できるよう底のある鋼製ケーソンを造り、若戸の現場まで海上輸送しました。航路の水深は、調査してはいたのですが、途中で底部が海底にひつかかり、砂煙が上がりましました。ひやりとしました。もし傷つき、形状が変わったりするとうまく海底に据えられませんからね。幸いなことに、支障はありませんでした。コンクリートはケーソン

を現場に据え付けて、水中でも施工可能なプレパクトコンクリート工法を使つて打設しました。この工法も初経験でしかもコンクリート総量が2000m<sup>3</sup>と膨大です。それも一気に打設しなければならない。まず、砂や砂利など骨材を入れて、注入管を使ってモルタルを連続注入する。ですから骨材の種類や大きさが重要です。作業時間は72時間、延べ4日間を要しました。もう少し時間短縮が必要で、この教訓をもとに、本四架橋の瀬戸大橋の時は、専用のモルタルプラント船を建造することにしたのです。

——とにかく、本四架橋建設まで、いろいろ橋で、いろいろな実験を行つておられますね。

**吉田氏** チヤンスがあれば、いろんなことを試してみようとな。海中工事では潮流の速い黒之瀬戸大橋、多柱基礎では山口県の大島大橋、吊り橋のケーブルでは平戸大橋で、といったように実験を重ねました。世界一つの本四架橋はその積み重ねの成果です。若戸大橋では戸畠側の事務所の中に模型を作り風による揺れやねじれの実験を重ねています。このように、日本の橋は「手探り」で設計し建設されてきました。若戸から本四架橋へ、明石海峡大橋では世界最長の橋の建設を成し遂げました

——若戸大橋は来年、完成から50年

を迎えます。「建設からメンテの時代へ」と言われます。橋梁の建設件数も減り、若い土木技術者は建設のチャンスになかなか恵まれないと嘆きも聞こえてきます。

## 夢を追い続けて

——吉田氏 ODA、JICAなど国際協力ベースの海外での橋の建設もあり（造る）チヤンスは結構あるのです。それにメンテには相当高い技術が必要です。メンテも採算が取れる仕事になると思いますよ。

——吉田氏 津軽海峡への「架橋を考える会」を作つて、20年になります。私たちが本四架橋をかけることを見て橋を作ってきたように、大きな夢の実現に向かつて進んでほしい。日本の橋梁技術は、マラソンでいえばトップグループには入っています

ローマ時代以来、イタリアは多くの橋梁を建設してきており、世界遺産に登録された橋もある。特に、水道橋などアーチを使つた工法はイタリアの得意とするところで、大きな観光資源となっています。しかし、最近の注目は「メッシーナ海峡大橋」。イタリア本土とシシリー島を結ぶ吊り橋で、中央径間は3300m。現在の世界最長スパンが明石海峡大橋の1991mだから、約1300mも長い長大橋となる。主塔の高さ373m、幅員60m、4車線で中央に鉄道を走らせる設計となつていて。2008年に着工、2015年完成予定だった。日本企業も参加予定。ところが、イタリアの財政危機から、いつたんは計画中止とされ、また景気対策の大型公共事業として復活が試みられるなど、最近、経済不調のイタリアらしい話題となつていて。

が、いつまでもトップにいれるとは限らない。それを自覚して、常に練習して、一歩でも二歩でも前進しないければ、トップはキープできません。あえていえば日本の橋梁技術は韓国や中国に追い付かれている。ヨーロッパでは、ジブラルタル海峡に橋を架ける夢を追つており、イタリアのシシリーア島とイタリア本土を結ぶスパン3300mの吊り橋・メッシーナ海峡大橋は、すでに建設が始まっている。そうした世界の現実を自覚して、前進してほしいと思います。

(注) (1) 村上永一氏。昭和14年東京帝大卒、建設省に入り、37歳で西海橋工事事務所長として指揮を取った橋梁建設のパイオニア。建設省土木研究所所長。

(注) (2) 岸田日出刀氏(1899~1966)。建築家、東大教授、造形デザインの権威で東大安田講堂を手掛けた。日本建築学会会長。

## 騒々しい橋論議と 二つの名橋



イタリア・フェレンツェ  
ベッキオ橋  
屋根が付き、商店が並ぶ

イタリアには本当の「名橋」古くから幾つもある。水の都・ニスには美しいリアルト橋が架り、名所となつていて。大理石で造られたアーチ橋で長さ50m(=支間26m)、大運河(カナル・グランデ)を渡る美しく飾られた橋で、サンマルコ広場の北にある。橋のアーチードの中には商店が並ぶ。美しいでは一歩譲るが、もう一つの名橋はベッキオ橋。ルネッサンスの都・フェレンツエの「家の橋」で、メディチの人たちが雨の日でも教会に行けるように架けられた。屋根が付き、2階根付建で貴重なつていう。

## 第1節

### ③メインケーブルの渡海作戦

若戸大橋

# 吊り橋の命綱、海と空中を渡る 昼夜兼行の作業が続く



天空の道・キャットウォーク。  
その上をキャリアーに導かれてワイヤーが渡る。

その先端に日の丸を付けたメインロープ1号が、ガイドロープに引かれて洞海湾の上空をゆっくり渡つて行く。ワイヤーロープが61本束にされ、メインケーブルになる。メインケーブルは吊り橋の「命綱」であり、その渡海作戦を前に、戸畠側の橋台前で「安全祈願祭」が行われた。プロパンボンベを四方神として、神主が祝詞をあげ、工事関係者が柏手を打ち、祈つた。ひどく簡略な神事で

はあつたが、工事関係者の「安全な渡海」への祈りは真剣であった。

直径50cmのメインケーブル2本を、どのようにして洞海湾を張り渡すのか。渡海橋工事のハイライトの一つである。勿論、全長約700m、ケーブル2本の総重量670tものケーブルを一気に渡すのは不可能だ。61本が束になつてケーブルになるワイヤーロープ（直径61mm）を1本1本空中で渡海させて行く。若松側の橋台の上に据えられたウインチで戸畠側から若松側に1本ずつ張り渡してゆく。作業員が案内人のよう付添い、ロープはゆっくり渡つてゆく。1日1本、61本が渡り終えるのに約2か月かかる長丁場の作業だ。

実は、そのメインロープの渡海作戦の前に、しなければならない大仕事がある。ロープを引き出していくための仮足場を塔と塔の間に張り渡す仕事である。それに先行する仕事がガイドロープ（直径12mm）の渡海だ。「ガイド」と名付けられている

ようにワイヤー、ケーブルを渡す工事の先導役。

ガイドロープの渡し方には、今では本四架橋のように、ヘリコプターを使うことが多いが、当時は経験がないだけに、船で海上を引っ張つて渡すことになる。気球を使つてはどうかなど様々な知恵が出された。結局、船を使った海上渡しが安全確実な方法として選ばれた。

しかし、まず、やらなければならぬ大きな問題がある。すべての航行船舶を作業中はストップさせなければならない。たとえ短時間（船舶ストップ時間70分）といえども、洞海湾岸の工場群の作業に連動する船舶の、その時間の航行を中止するのだから重大だ。事前予告（1か月前）された作業時間は、海が荒れたとしても簡単には変更はきかない。確實に海を渡らせるため、石油缶を浮きにして、船で曳航、4本を渡し、直ちにウインチで巻き上げた。昭和36年3月26日、強い風雨の日であつたがガイドロープが両主塔間に張り渡つた。

### 天空の道、キャットウォーク



キャットウォークが海を渡つてゆく。

足場の上を、ガイドロープによつて取り付けられたキャリアーに導かれて、ワイヤーロープが次々と渡つてゆく。1号ロープが渡された昭和36年7月15日、白木正元戸畠市長が足場を歩いて渡り、若松を訪問、若松側橋台の上で待ち受けた吉田敬太

郎市長と握手した。両市はつながったのである。こうして海を渡つたロープは束ねられてメインケーブルとなるが、橋台内に引き込まれロープ1本1本がアンカーフレームに定着されていく。



両岸の主塔から突き出すように橋桁が伸びてゆく

ロープ張り渡し作業が続いたカンカン照りの8月中旬の午後、「その時突然、一つのかたまりが大きな唸り声と共に足下を通り過ぎて行つた。飛行機である。飛行機がロープの足場の下を通り過ぎたのである。数十名の作業員は、一瞬ぼう然とし、次の瞬間、足場の金網にしがみついた。もしもー。考えただけで、憤然とするのが当然である。無謀にもほどがある。それとも飛行士の英雄的(?)な行為を賞讃すべきであろうか」(工事誌)。

ケーブルはワイヤーロープ61本が束ねられる。鋼線だから温度差の減少が、大きな弧を描いた。現在では吊り橋のライトアップは各地で行われ、例えば本四架橋・明石海峡大橋では下を通る客船を歓迎する海のゲートとなり、長崎港の女神大橋は百万ドル夜景の主役を務め、観光客を魅了している。若戸大橋のこの夜景は、人々が初めて見上げる天空のイルミネーションとなつた。しかし、橋の光の演出ではない。その灯り一つ一つの下では、厳しい作業が続いていた。ワイヤーロープを束ね、円形(直径50cm)の太い一本のメインケーブルに仕上げる作業だ。ロープは鋼線だから温度差によつて伸び縮み、温度差の少ない深夜から明け方

よつて、伸び縮みするため、長さを揃える作業は、温度差の変化の幅が少ない深夜から明け方にかけての作業となつた。温度差は鋼線を伸縮させ、両岸の主塔から下がる量が変わり、中央位置をまちまちにしてしまう。日の当たる側と影の側の温度差は5~10度、中央の垂れ下がりの最下点(サゲ量)では9cmも差が出る。そのままだと束ねることも難しく、ケーブルの強さにも影響する。そのためワイヤーロープの温度がほぼ同じになる夜間から未明の作業にならざるを得ない。渡つたロープは橋台内に引き込まれ一本一本アンカーフレームに定着された。

## 見上げる空のイルミネーション

洞海湾の上空に灯りのつながり2本が、大きな弧を描いた。現在では吊り橋のライトアップは各地で行われ、例えば本四架橋・明石海峡大橋では下を通る客船を歓迎する海のゲートとなり、長崎港の女神大橋は百万ドル夜景の主役を務め、観光客を魅了している。若戸大橋のこの夜景は、人々が初めて見上げる天空のイルミネーションとなつた。しかし、橋の光の演出ではない。その灯り一つ一つの下では、厳しい作業が続いていた。ワイヤーロープを束ね、円形(直径50cm)の太い一本のメインケーブルに仕上げる作業だ。ロープは鋼線だから温度差によつて伸び縮み、温度差の少ない深夜から明け方

にかけての作業となつた。

次は、橋桁(補剛桁)の取り付け、メインケーブルが束ねられ、ケーブルバンドを付けて、ハンガーロープが架けられる。メインケーブルは中央部分が最も垂れ下がつていて、ここにまず中央に向かつて12パネル(約50cm)のトラス補剛桁を取り付けし、両岸の主塔から斜め上に突き出すようトラスを繋ぎながら中央に押し出してゆく。両側から伸びてきたトラスを、すでに中央に取り付けられたトラス桁と閉合して、渡海を完成させる。こうして若戸大橋の主役ともいうべきメインケーブルと橋桁の渡海作戦が終わつた。

「トラス桁」は鋼材を三角形に組み合わせ、橋の路面を支える役割を担う。補剛桁の結合が終わると通路となる床版のコンクリート打ち、舗装を行い路面が完成した。



36台のトラックで橋の「たわみ」の実証試験

36台の大型トラックで試験  
完成した若戸大橋は、設計通りの強さを持っているのか。欧米のいくつかの長大橋は完成間もなく、落橋して多くの犠牲者を出している。若戸大橋では振動試験と共に、陸上自衛隊に頼んで、14tトラックを36台並べて、重圧をかけ、橋がどのようになに「たわむ」か、実証試験が行われた。技術者たちは「まるで入学試験

を受ける受験生の気持ちだつた」と言う。トラックを橋上で移動させながらの載荷試験だったが、最大のたわみは約64cm、設計計算値の85%に収まつた。実際に橋を渡るバスやトラックが渋滞している状況の時のたわみは最大で実測約15cmだった。合格である。この強さは、のちに世界でも初めてと言われた車道の4車線化工事を可能にしたのである。

「仕合せなる哉、川崎(偉志夫)事務所所長を中心とした人達の回想こそ尊く、悔いなき偉業を残して去つた若戸学校卒業生の技師たちは、誠に筋金入りの体験と技術を擁して、各方面に散開布陣し、必ずや、これから後も数重の若戸大橋架橋に活躍せられるであろう」(工事誌―日本道路公団福岡支社長・伊藤勇氏)と賛辞を送つてゐる。

## 第1節

④インタビュー  
「下川浩資氏」

## 若戸大橋



下川 浩資 氏

(しもかわひろし) プロフィール

大正15年(1926)11月17日福岡県生まれ、昭和25年九州大学工学部土木工学科卒業、建設省九州地方建設局企画部技官。昭和26年宮崎国道工事事務所で日向大橋の設計、建設に従事する。昭和30年11月から若戸橋出張所建設専門官(昭和31年8月日本道路公団に移籍)として若戸大橋の設計、工事管理にあたる。昭和39年より建設省道路局で本四架橋建設のための諸調査にも当たる。四国地方建設局企画部長、道路局有料道路課長、本四連絡橋公団第1建設局長、建設省九州地方建設局長。退官後本四連絡橋公団常任参与を務めた。

——若戸大橋から本四架橋に至る日本の橋梁技術の最先端を歩んで来られました。橋梁を志された動機などから。

下川氏 志望は建築でした。小さい時から絵を描くことや工作が好きだったんです。しかし九大には当時、建築学科がなく、土木工学科を選びました。

卒業して建設省を希望していたが

採用がなく、とりあえず静岡県庁に就職しました。わずか3か月半でしたが、これが幸運でした。静岡県は大きな橋が多く、トラス橋の設計、架橋工事などに触れる機会に恵まれ何より東京大学の平井敦教授やのちに伊の浦橋(西海橋)工事事務所長をされた村上永一さんの指導に接することが出来ました。これが橋梁技術者としてのスタートです。

——その後、建設省九州地方建設局に入られ、宮崎のユニークな日向大橋(橋長560・8m、幅7・5m)の建設にあたられた。

下川氏 私は宮崎国道工事事務所に赴任、宮崎市から約12kmの北部を流れる一つ瀬川に架ける国道10号の「日向大橋」(注)設計、建設にあたりました。この区間は、当時、宮崎県が管理する国道で木橋で、洪水で何度も流失していました。そこで建設省直轄

でバイパス道路を造り鋼橋で改良することになりました。振動の少ないローゼ桁形式で橋は川の流水部を3連のローゼ形式鋼橋(支間67m)、高水敷部を15の鋼鉄桁(24m)で渡る計画です。コンクリートのローゼ橋は長野県にありましたが、メタル(鋼橋)のローゼ橋は日本で初めてで、設計計算は全て算盤と手回し計算機ですが、行列式をマトリックスで解く解法を選び平井教授の論文から大きな示唆をご指導いただきました。橋の美観についても細心の注意を払いました。

当時は鋼材をリベットで接合するのが主流でしたが、鋼鉄桁は全ての組立を溶接で行いました。橋全体が軽くなり経済的ですが、工場や現場での高度の製作技術が必要で東大

の奥村敏恵教授のご指導を頂きました。道路橋に溶接工法を使用する初期の段階だったので、工場でも現場でも大変勉強になりました。若戸大橋建設にもその経験が生かされています。

日向大橋は車道幅が7・5mということもあって、洪滞がひどくなり、現在、上流側に新設備の工事が始まっています。旧橋はそのまま残され、現在も橋の健全性は維持されまつたく問題なしと聞いています。私にとって日向大橋は初めての設計、施工全てに携わった橋で、いつも愛しく、子供のような橋で忘れがたいですね。



日向大橋—国道10号の一つ瀬川に架かるローゼ橋。この形式の鋼橋は日本で初めて。木橋時代には台風などで8回流失した記録がありようやく実現した鋼橋だった。



ワイヤーを束ねてケーブルが作られる。太くて丈夫でなければならない。

——その日向大橋の建設の実績から「若戸大橋」の建設担当技師に抜擢

されたと聞いています。

**下川氏** 本人には良く分かりません

が、昭和30年11月、若戸橋出張所の建設専門官（日本道路公団の発足に伴い同公団に移籍）となり、橋梁計画の調査、設計に取りかかりました。

——昭和30年という年は、西海橋が竣工し、若戸大橋の建設が決まり、天草五橋の調査も進行中と、日本の「橋の歴史」にとつて大きな意味をもつていますね。

**下川氏** 西海橋の建設にあたつては吉田巖さんなどが、次のステップとして若戸大橋の建設に移ってきてました。長大吊り橋は当時、「未知への挑戦」で、海外文献の収集、構造形式の比較調査に着手しました。設計段階では吉田さんが下部工、私が上部工を担当しました。

——若戸大橋建設について、調査報告書が工事報告書と同様な大部のものになっています。しかも調査費用も大変、巨額で、驚きました。



ピアノ線を撫ったスパイラルロープが使われた

す。大きな船が多数航行している洞海湾にかけるので、航行に支障を与えないよう、港湾の事務所と協力して、航跡調査や橋の高さを決める調査など多くの調査をしていました。

土木研究所や大学に委託した専門調査のほかに、川崎所長が米国の吊り橋を視察し、設計と現場施工について調査しました。米国コンサルタンツのD.B.・スタンマン、O.H.アンマン氏らと面談し貴重な意見を頂き、中間橋脚の建設等に生かされました。またアンマン氏にはウォルトホイットマン橋の設計図一式を提供して頂き、計算に乗らない詳細な構造部分がかなり明らかにできました。

また、アンマン氏にはウオルトホイットマン橋の設計図一式を提供して頂き、計算に乗らない詳細な構造部分がかなり明らかにできました。またアンマン氏にはウオルトホイットマン橋の設計図一式を提供して頂き、計算に乗らない詳細な構造部分がかなり明らかにできました。またアンマン氏にはウオルトホイットマン橋の設計図一式を提供して頂き、計算に乗らない詳細な構造部分がかなり明らかにできました。またアンマン氏にはウオルトホイットマン橋の設計図一式を提供して頂き、計算に乗らない詳細な構造部分がかなり明らかにできました。

——長大な吊り橋の建設にあたつては、米国のタコマナローズ橋（ワシントン州、ビュージエット湾）の落橋が大きな教訓としてあります。

**下川氏** タコマ橋の教訓をどう生かすか、風と振動にどう対応するか。そのための設計をどうするかが、一番大きな課題でした。ですから、吊り橋の耐風安定試験を東京大学（平井教授）に委託しました。風洞実験をするため、70分の1の橋桁の部分模型を10種類ばかり作り、風とそれに伴う振動現象に対する安定性（耐風安定）などの試験を重ね、「中路形式のトラス」が最良との結論になりました。また、路面になる床版の両側と中央に風抜き用の隙間を開けたところ、橋の安定性が向上することもわかりました。

また、吊り橋は通路を支える桁をハンガーロープで吊っているわけですから、桁は強くなければなりません。台風が通過する九州ですから、若戸大橋は最大風速60mで多少揺れても、タコマ橋のような発散振動やねじれ振動が起こらないような形をした補鋼桁が必要でした。そうした床や桁の構造をどう作ればよいか、実験を繰り返しながら並行して設計を進めていったのです。このように補鋼桁にトラス構造を採用し、風洞実験で風への耐性、安全性を確かめて最初の道路橋吊り橋を造り上げました。

**下川氏** 本格的な道路吊り橋を日本で初めて架けるということで、意気込みがありました。昭和30年度、31年度の2か年で橋を架けるための調査を行っています。地質や地形の調査、道路を造る路線や経済性など調査、橋の形式の比較などのほかにトンネル形式との比較も行っています。

て行われたために基本寸法の決定や補剛桁の設計が影響を受け、詳細設計は3か月間で集中、作成しました。

——吊り橋の生命線であるメインケーブルですが、重量があり、相当な太さを持つメインケーブルの作り方、洞海湾に張り渡す工法など、「未知の世界」だったのではないか。

**下川氏** 吊り橋に用いるケーブル用ロープについては、日本のメーカーには知識がない状態でした。建設省土木研究所で試作品を作つてもらい、実験を重ねた結果、ピアノ線材を亜鉛メッキした素線を撫つた「スピララルロープ」が、吊り橋用ロープとして必要な要件を充分みたし、作業的にも経済的にも最良との結果がでました。のちに主流となる平行線ワイヤーストランドは施工した経験が日本ではありませんでした。

メインケーブルはロープを何本も束ねて作りますが、その数や束ね方が大事です。ケーブルの形や作業のし易さを考えて61本のロープで丸いケーブルを作りました。ケーブルを張り渡すにはまずキャットウォーク（仮りの吊り足場）をつくり、その上をロープを一本ずつ引き渡してゆき、両端を橋台のアンカーに止めます。所定の数のロープを渡し終えると、束ねて太くて丈夫なメインケーブルを造ります。

——ケーブルでは温度変化にも神経を使われた、と聞いています。



温度差による「たるみ」を整える調整作業。  
温度との戦いだった

下川氏 なんといつてもケーブルは強くしつかり作らねばなりません。張り渡したロープは温度の変化によつて伸び縮みがでて「たるみ」(サグ)が変化します。ケーブルはロープを束ねたものですから、陽が当たる表面と影の部分ではロープの温度は5~10度の差が出て、一日中照らされると「たるみ」の差は表面と影部で約9cmもの違いが出てきます。そこでロープの温度が一定になる夜間に長さを調節して「たるみ」を整える調整作業をしなければなりませんでした。そうしないとロープがバラバラになつて束ねることができません。本当に、温度との戦いでした。

ケーブルを張り終えると、ケーブルバンドを取り付けて、橋を釣り下げ型ダンブカーに列を作つて渡つても橋のいろいろな部分の強さや撓みを測定し、十分安全なことが実証されました。

——若戸大橋の完成は昭和37年9月27日で、平成24年には50周年を迎えます。あの赤い大橋は北九州工業地帯のシンボルとして存在し続けています。

下川氏 赤いベンキの色は審美委員会で決まりました。あの赤でひときわ鮮やかな存在感を出していますね。そして赤色は強い橋の印象です。開通当時、一日7000台弱だった交通量は、昭和60年には5倍以上になつて車の渋滞が激しくなり、道路公団では車道の拡幅をしなければなりませんでした。車線を切り替え、車を通しながらコンクリート床版を切り取り、軽い鋼床版に置き換える工事で、歩道をつぶして2車線を4車線にしました。私はあの拡幅工事は「最高の工事」と高く評価しています。通常、交通量が増加した場合、もう1本橋を架けるのですが、若戸大橋は、そのままで、2車線を4車線化できました。

若戸大橋建設に先立つて、技術者たちが見学したといわれる「三好橋」は健在だった。昭和2年5月完成、当時は長さ243・49m、幅6・1mの東洋一の「吊り橋」として有名だった。

しかし、今は吊り橋ではない。昭和62年、ケーブルの一部に腐食が発見され、平成元年、現在のローゼ橋に架け替えられ、吊り橋の面影はない。この橋の「記憶」を残すため、橋のたもとにケーブルの一部と吊り橋時代の写真が残されています。

写真は表面に張られたビニールが破れ、写真も薄れ、わずかに吊り橋の面影が見て取れる。もはや関心を持つ人は少ないのかもしれない。

しかし、吊り橋をアーチ橋に架け替えるのは簡単ではない。「吊る力」を、支える構造にそのまま転換させることは、相当の技術的問題を克服して、復活させたものなのだ。

今は、主役は降りてはいるが、地元の人々が軽自動車で頻繁に渡つており、生活に使う橋として、黙々と役割を果たしている。バス停で待つている3、4人の老人に話しかけると「昔は美しい立派な橋でな。三好の町の誇りじゃったが」と小さく笑つた。

## 三好橋（徳島県三好市・吉野川） 吊り橋の原点、今も現役の橋



日本で最初の吊り橋・三好橋



大正年間に初めて作られたケーブル  
三好橋のたもとに保存されている

吉野川の川瀬に、背丈ほどの雑木の茂みを書き分けるように降り立つてみると、三好橋のアーチが大きく弧を描き、吉野川の川面に映つて、美しく繊細な橋に見えた。高欄のように、ト拉斯状の鋼鉄材が渡つて、両岸にコンクリート製の橋門が立てられ、「吊り橋の原点」として、かつての栄光の名残を残していた。



風に強い橋を造るために、強い橋桁が必要だ。

改修して軽くなれば橋は浮き上がり、重くなればその重量に耐えられない。出来上がった橋をいじるのも非常に難しい。しかし完成した橋を長持ちさせる研究を重ね、古いものを永く生かす技術がこれからは非常に大切になります。

ス海峡大橋のようないつた。何事も一氣には築けません。今ではボスピラの橋づくりに積極的にかかわっていようになりました。イタリアでは本土とシシリーリ島を結ぶメッシーナ大橋（3300m）建設のため、公団をつくり、研究を続けています。夢を追つて技術の継承に努力するところが大事です。

（注）日向大橋（宮崎市佐土原）昭和29年（1954）完成。国道10号：一つ瀬川に架かる、わが国で最初の鋼口一ゼアーチ橋。橋長560.8m、3つのアーチと橋桁の直線で構成されている。

▽ 橋全長2100m ▽ 中央支間367m ▽ 幅19.6m ▽ 主塔の高さ84.2m ▽ 4車線

▽ 日本最初の長大吊り橋として映画にたびたび登場。建設早々、怪獣ドゴラに破壊されるシーンが有名。

「若戸大橋の諸数値など」

(注) 日向大橋(宮崎市佐土原)昭和29年(1954)完成。国道10号：一ツ瀬川に架かる、わが国で最初の鋼口一ゼアーチ橋。橋長560.8m、3つのアーチと橋桁の直線で構成されている。

術を）積み上げていった。何事も一  
気には築けません。今ではボスボラ  
ス海峡大橋のように日本企業が海外  
の橋づくりに積極的にかかわってい  
くようになりました。イタリアでは  
本土とシリーリー島を結ぶメッシーナ  
大橋（3300m）建設のため、公  
団をつくり、研究を続けています。  
夢を追つて技術の継承に努力するこ  
とが大事です。



西祖谷のかずら橋

## 吊り橋の原型 「かずら橋」（徳島県三好市西祖谷）

欄干は、吊り橋でいうメインケーブルの役割を果たし、両岸の柱が「主塔」となり、全体の荷重を引き受ける。渡りながら、頭に浮かんだのは、現代の吊り橋建設の際、作業の足場として造られる「キャットウォーク」だ。

橋床のさな木を踏むとそのたびに小さく揺れ、ギシギシとカズラが悲鳴を上げるよう泣く。足下には、谷川が流れるのが見え、スリリングだが、安全は完全に確保されている。実は、現在の「かずら橋」はワイヤーで架けられ、その上に「かずら」を巻いている疑似かずら橋ということもできる。3年に一度、架け替めか「渡り料金」は500円。若戸大橋が100円、関門トンネルが150円。それに比べると、ちょっと高い気がするが。

確かに、山奥の、さらに山奥の山村ではあるが、現在は渓谷にはコンクリート製の大駐車場やレストランがあり、観光地化している。「村おこし」事業として大きな成功をおさめた「かずら橋」ということが出来る。

## 第2節

### ①成功と失敗 —米国に学ぶ

#### 夢の大橋

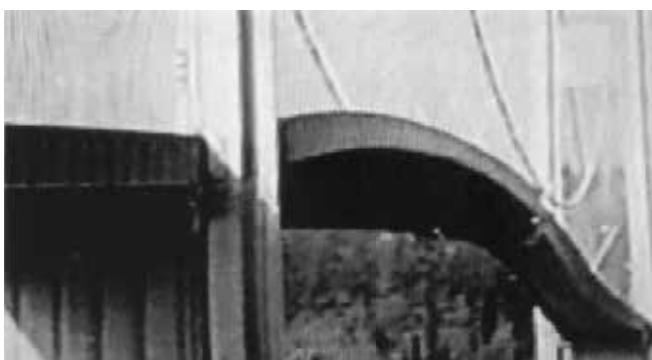
# 桁はずれの調査費—若戸大橋 日本初の長大吊り橋への意気込み 成功と失敗。先輩・米国の技術に学ぶ

手元に2冊の報告書がある。「若戸工事報告書」と「若戸橋調査報告書」である。工事報告書が1279頁、調査報告書が920頁。いずれも異例の大部だが、特に、調査報告書の詳細さには驚かされる。その巻末に「世界の吊り橋一般図」として、米国のサンフランシスコのゴールデンゲートブリッジ、ニューヨークのブルックリン橋をはじめ23の巨大吊り橋図が付けられている。

注目されるのは、何と言つてもニユータコマ橋である。昭和15年(1940)ワシントン州ピュージエット湾にかかるタコマナローズ橋(当時支間世界第3位)は、強風といつても風速19m／秒の風が吹き付けて、落橋した。その様子が映像に残されている。横風にあおられて横搖れが始まり、大きな揺れ、揺れがねじりを呼ぶ形で、落橋している。

九州は台風銀座と呼ばれ、毎年強風に悩まされている。吊り橋は風に弱いといわれるが、若戸大橋は、少なくとも最大40~50mの風に耐えなければならない。新タコマ橋は、落橋の教訓をどのように生かしているのだろうか。調査員は桁への風圧を減らす工夫や、搖れ止め装置などタコマ橋建設技術者の構造、装置についての意見を聞き、どのようにその教訓を生かすか慎重に検討している。

特に日本の技術者を驚かせたのは、落橋したタコマナローズ橋の建設技術者たちが、そのまま、新タコマ橋の建設にあたっていることだった。



風に大きく揺れるタコマナローズ橋。  
このあと、落橋した。

た。失敗の経験を次に生かして、真の成功を求める米国の実用主義・経験哲学を垣間見た思いだつた。「この寛容さは国民性や国情の差と言つてしまえばそれまであるが、日本の実情と比較して全くうらやましい限りであつた。こうしたことは、何も吊り橋に限つたことではないが、

ホイットマン橋の設計図一式を提供までしてくれた米国のオープンな姿勢に驚き、風格を感じたようだ。また最新技術を動員したウォルト・ホイットマン橋の設計図一式を提供までしてくれた米国のオープンな姿勢に驚き、風格を感じたようだ。

タコマナローズ橋に象徴されるように、吊り橋建設では耐風安定性が大きな課題となる。そのためには風洞実験が欠かせない。新タコマ橋の建設にあたつてはワシントン大学で大規模な実験が行われた。ところが、当時の日本には橋梁のための風洞実験装置はなく、東京大学工学部の航空機用のものを代用せざるを得なかつた。航空機が受ける風圧と、橋が耐えなければならぬ台風の風圧は、それこそ「桁違い」だし、風向きも変化する。何より実験装置が小さすぎた。風洞の吹き出し口は直径150cm、吹き出す風で実験する橋の模型はそれより小さくならざるを得ず125cmに過ぎなかつた。それでも台風の最大風速61mと仮定した実験が行われ、その2倍の台風に耐えられるとされた。

技術の進歩発達の点から見逃せないことではなかろうか」(同調査報告書)。

吊り橋建設の「肝心要」の風洞実験も、その第1歩は代用の実験装置で始まっているのである。比較にはならないが、本四架橋の実験に使われた模型は全長40mの巨大なもので、特別な実験棟を造り、風速100mまで実験を行っている。若戸大橋とは雲泥の差である。

## 橋桁の強化と維持管理

橋の大敵「風」への防御のために橋桁を強化しなくてはならない。橋の大敵「風」への防御のために橋桁を強化しなくてはならない。風による揺れに強い、鋼材で組み上げたトラス構造が登場したのもタコマナローズ橋の教訓からだ。若戸大橋もトラスの補剛桁だ。

風など「振動」による橋の変形をより少なくする「補剛桁」の取り付けは、ケーブルへの「負荷」を小さくする。強風にさらされる場所では、より大きな補剛桁が必要となる。

しかし、トラスでは鋼材の錆防止のため塗装の塗り替え面積が大きく、作業も膨大となり、維持管理に多大の費用が必要になる。「そのため、最近はボックス断面になつてゐる」と若戸大橋の健全度の点検診断を行ってきた久保喜延九州工大名誉教授。風を受けるボックス断面の微妙な角度で、風が作る渦を減少させ、安全度を高めているのだといふ。

ニューヨークの記念碑的長大吊り橋「ブルックリン橋」は平行ケーブルが使われ、その後のゴールデンゲート橋（サンフランシスコ）など

にも採用されている。力学的に優位と判断されていた。

米国の首都ワシントンDCを流れ

るポトマック川は、大西洋の入り江、

チエサピーク湾に注ぐ。メリーランド州のサンディポイントに架けられ

たチエサピークベイ橋はメインケーブルに「スパイラルロープ」を使つていた。その架け渡しについて調査した結果、若戸大橋のメインケーブル（直径50・8cm）を構成する61本のスパイラルロープを横に並べる方が（縦方式より）受け渡しが容易になることから、同橋方式が採用された。

もともとロープは、麻をより合わ

せて作られてきた。麻を鉄線に代え

ロープを作るという「発明」が米国

の長大橋を可能にした。これによ

る大橋もまた、その後の長大橋に様々

な教訓を残し続けているのだ。

稀有な調査費、強い意気込み

若戸大橋建設のための現場調査が

始まつたのは、昭和30年11月。若松市内の公証人役場の二階に、「建設省九州地方建設局・若松出張所」の看板が掛けられた。同33年5月の「若

戸橋工事事務所」開設までの約30か

月間、港湾調査に始まり、地形・地

質・気象調査、コンクリート、ケー

ブル、鋼床版から風洞、耐震試験な

ど数10項目の調査が行われた。九

州大学、東京大学や研究所交えた現地

調査は勿論、土木研究所にも常駐し

て、資料の収集や基本設計が進めら

れた。

「費やした予算7755万円は、

わが国土木工事のうちでは稀有の巨額である」と調査書は冒頭に書いて

いる。事業費は51億円に上るが、そ

の7分の1以上、現在の費用に換算

すれば10億円に近い調査費である。

ても採用されている。力学的に優位と判断されていた。

しかし、スパイラルは「ねじって

あるだけに、継年によつて腐食して

いるかどうか内部までの点検は出来

ない。表面の状況を見て、判断する

しかない。素線のごく一部が切れて

いるのが発見されたが、それは老朽

化や錆の進行によるものではなく、

架設当時の「締め付け」によるもの

ではないかと推測されている。現在

では、「スパイラル」は使われず「パ

ラレル」ロープになつてゐる。若戸

大橋もまた、その後の長大橋に様々

な教訓を残し続けているのだ。

稀有な調査費、強い意気込み

若戸大橋建設のための現場調査が



米国・ニューヨークの長大橋。



クイーンズボロ橋



ブルックリン橋

始まつたのは、昭和30年11月。若松市内の公証人役場の二階に、「建設省九州地方建設局・若松出張所」の看板が掛けられた。同33年5月の「若戸橋工事事務所」開設までの約30か月間、港湾調査に始まり、地形・地質・気象調査、コンクリート、ケーブル、鋼床版から風洞、耐震試験など数10項目の調査が行われた。九州大学、東京大学や研究所交えた現地調査は勿論、土木研究所にも常駐して、資料の収集や基本設計が進められた。

「費やした予算7755万円は、わが国土木工事のうちでは稀有の巨額である」と調査書は冒頭に書いている。事業費は51億円に上るが、そこの7分の1以上、現在の費用に換算すれば10億円に近い調査費である。

「わが国土工事の調査体系として、は最初と言つていいケース」だけに、強い意気込みがうかがわれる。しかし、意気込みだけでは、物事は進まないのが現実だ。

若戸大橋は、昭和31年4月に建設省直轄工事から、発足したばかりの日本道路公団に引き継がれた。公団側から「巨額の建設費を必要とする若戸橋の実地調査を進めるについては建設費の概算をして償還の可能性を検討してから行うのが当然だとの申し入れ」が行われた。巨額の事業費をつぎ込んで、有料の橋として、事業費を償還できる見込みはあるのか。コスト意識が強く打ち出されたのである。

## 巨額な建設費に揺れる技術の心

このため、建設費概算の算定に精力がつぎ込まれた。建設費を算定するためには、基本設計を急がねばならない。設計にあつたつて、米国側が提供したウォルトホイットマン橋の設計図が大きく役立ったのは言うまでもない。

主橋梁の設計は出来たものの、その設計に基づいて見積もられた巨額の建設費に、たちに事業実施は不可能と決まり、政府予算原案から削られた。関係者の間に重苦しく悲観的な空気が漂った。意気消沈した地元の建設促進運動や政界の動きは「調査事務所内にも一部に暗い影を持ち込んだ」時期もあった。地元を

外海の風波とすれば、穏やかであるべき内海も共振するように波立つたのである。

米国では、発注者側には橋梁技術者はごく少数しかおらずコンサルタント会社が技術面を受注している。

本来、架橋事業にかかる事業費や意思決定、経営管理は、現場技術者とは別に次元で決められるべきで、技術者は架橋に専念すべきだという思いと、技術者もまた経営管理に携わざるを得ない「日本方式」と米国の明確な分業方式の間で揺れる技術者の気持ちを調査報告の最後をこう締めくくっている。

「現場工事においてもEngineerのChiefとManagerとが隔然と分離されて、技術者が工事自体に専念できることは、技術者の社会的地位とも併せて考えて注目に値することである。こうした分業組織を、日本に直輸入するにはいささか疑問であるが、理念としてたしかに理想的な形態であろう」。

若戸大橋は建設当時、日本最大の吊り橋だった。2本の主塔が、重い鋼鉄の橋をケーブルで吊り上げる構造に注目した建築家がいた。丹下健三さん。東京都庁はじめ数々の「名作」を残した世界的な建築家である。丹下さんは東京オリンピック開催（昭和39年）にあたって、大型室内競技場・代々木体育館の建設を依頼された。プールやバレー・ボールなどの屋内スポーツ施設として、可能なかぎり大きな空間が欲しい。そのためには、柱を出来るだけ少なくする構造の建物物なければならぬ。その構造設計を担当したのが坪井勝義氏（元東京大学教授）。坪井氏は九州大学の助教授を務め、同大工学部航空学教室の建物を設計している。

当時、建設が進んでいた若戸大橋が「東洋一の吊り橋」として、全国的な注目を集めていた。吊り橋は広い川や海をひとまたぎするため、橋脚を造らず主塔2本で全体の重量を吊り上げている。「この原理を建物に使えないか」。ケーブルの大きな曲線と主塔の高く伸びた直線も魅力的だ。

建築家・丹下健三と構造設計課

## 若戸大橋とオリンピック 吊り橋構造の代々木体育館



坪井勝義両氏はペアで多くの作品を残している。万博お祭り広場もそうだし、九州では日南文化センターがある。丹下と坪井両氏の共同作品として、代々木オリンピック体育館は、こうして緩やかなカーブの大屋根を持つ、斬新なデザインの体育馆として完成、世界を驚かせ、東京オリンピックの玉の建造物になつて、「金メダル的」（オリンピック功労賞）な高い評価を受けた。



高塔山から、洞海湾を見下ろす磯吉像

若松と戸畠の間に  
は、洞海湾がある。北  
九州工業地帯の中心  
をなす八幡製鉄など  
重工業が集積し、貨物  
船の往来が激しい。そ  
の間を縫うように小さ  
さな「渡船」が人々を  
運んでいた。その不

若戸大橋の基礎づくりから架橋に至るまで、その生涯をかけて働いた人がいる。吉田敬太郎。橋梁技術者でもなく、建設作業に従事したわけでもない。元若松市長である。しかし、吉田敬太郎を抜きに、若戸大橋を語るわけにはいかない。吉田は、九州でも異彩を放つ若松の「土地柄と人物」を象徴する一人である。父、吉田磯吉は、火野葦平の「花と龍」にも登場する任侠の人であり、代議士としても活躍した。

# プロジェクト九州

第2節

## ②吉田親子、2代にわたる夢の大橋

若戸大橋

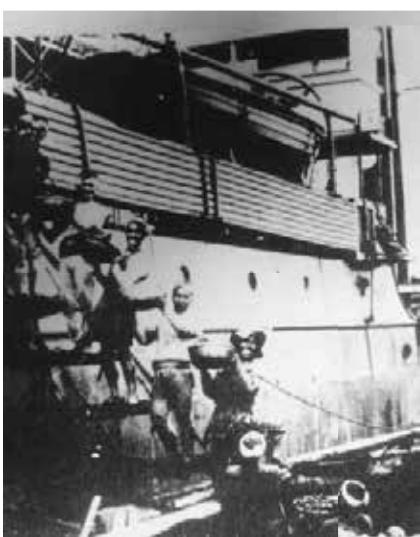
# 市勢回復へ夢の架け橋 20年の悲願実現へ——吉田敬太郎若松市長 「賽の河原に石を積むよう」進めた建設運動

反戦、反軍部の言動から逮捕され、刑務所の独房で拷問と飢えの死線をさまよいながら、聖書をよすがに生き抜き、戦後、若松市長に当選した。クリスチヤン市長。異例のことだが、當時、福岡市の第一助役を務めていた坂村明に若松市助役就任を懇請した。その坂村に問われた。「市長として何をやるつもりですか」。吉田市長は言下に答えていた。「橋を造りたい。それもただの橋ではない。若松と戸畠を繋ぐ東洋一の大きな吊り橋を海上に架けたいのだ」。そんな吉田に「出来もしない、夢物語にうつづをぬかす」とそっぽを向く者も少なくなかつた。

便さの解消もあるが、吉田には衰微して行く若松の市勢挽回への架け橋が、若戸大橋の実現だったのだ。明治初期から若松は、筑豊炭田から遠賀川の流れに乗つて下る五平太船で運ばれる石炭の積出港として栄えてきた。しかし、五平太船は鉄道の発達と共に姿を消し、石炭そのものもエネルギー革命によつて、すでに陰りを見せていた。起死回生の策としての若戸大橋。洞海湾を渡る渡海の「道建設」は昭和初期から、架橋案、トンネル案がさまざまに構想されてきた。「花と龍」は葦平の父、玉井金五郎と妻マスの任侠

社の春の大祭で参拝客を乗せた渡船が転覆、73人の犠牲者を出した。地元の、若戸大橋建設の要望は切実になつた。福岡県は昭和10年ごろから調査に入り、一時は海底トンネル案に固まり、内務大臣の施工許可まで得ていた。関門トンネル同様、軍部が攻撃目標になりやすい橋よりトンネル案に固執したからである。シールド工法の専門技術者を米国から招へいするなど実現に進むかに見えた。しかし、戦争が計画をとん挫させることとなる。

敗戦、出獄、さらに公職追放。昭和26年、市長に当選した吉田敬太郎は代議士時代に築いた人脈を使いながら、若戸大橋建設を政界、官界に働きかける。時も味方した。昭和27年、有料道路建設を認める「道路特別措置法」が制定され、橋梁案を中心に戦後運動に拍車がかかった。福岡県の申請を受けて建設省は昭和30年から現地調査を開始、トンネル案、橋梁案の比較検討を行い、橋梁案に



### 船に石炭を積み込む若松港の荷役作業

若松と戸畠の間に  
は、洞海湾がある。北  
九州工業地帯の中心  
をなす八幡製鉄など  
重工業が集積し、貨物  
船の往来が激しい。そ  
の間を縫うように小さ  
さな「渡船」が人々を  
運んでいた。その不

そして港湾荷役「ごんぞ」の街・若松の物語りだが、大親分として描かれた吉田磯吉への人々の信望は厚く、衆院議員にも選ばれた。磯吉はトンネル案に「トンネルなら、炭鉱に掘進夫がいってばかりいる」と関心を寄せていたという。

昭和5年、若松恵比寿袖

軍配を上げる。トンネルでは関門トンネル同様、海底深く岩盤を掘削しなければならず、事業費も橋梁に比較して約10億円高くなるし、橋梁の方が維持費が安い、と結論付けた。

夢の大橋は実現へ一歩踏み出したものの「完成までは悪戦苦闘の連續であつた」と吉田は著書「汝復讐するなかれ」(キリスト教会出版、現在絶版)で振り返っている。

建設促進運動の間、内閣が5度変わり、その都度、新建設大臣に陳情を繰り返す。それまでの運動がゼロになり、「まるで賽の河原に石を積む」ように、新しく陳情を繰り返さねばならない。

問題は事業予算である。まず、鋼材を生産する八幡製鉄と日本道路公団が対立した。洞海湾を通過する船舶は年間約7万隻。マストの高さから橋は52mの高さが必要と主張する八幡製鉄、38mを主張する建設省・公団。高さ1m違うと1億円の工費を上乗せしなければならない。さらに鋼材の価格など「工費を巡る対立があつた。(鋼材で)2億円の工費の差があつて」(同書)その調停に吉田は走り回る。ようやく、歩み寄らせ、総工費51億円が大蔵原案に計上された。昭和33年度予算案に初めて若戸大橋用地買収費4億1000万円が付けられた。ホツとしたところに、最終段階で政府原案から「落とされた」という急報が入る。慌てて上京、当時の自民党有力者、大野伴睦に「若戸大橋は

20年来の悲願です」と切々と訴えた。その執念に押され「曾我兄弟(の仇討)も18年だつたな。あんたは20年か」と政治決断してくれたと、吉田は同書で回顧している。

## 完成を見て瞑目したい

昭和34年3月30日、起工式。

「この橋の完成を見て、瞑目したい」。その吉田が、洞海湾を「歩いた」のは、昭和36年7月15日。若戸大橋完成の一年前、メインロープと共に造られた足場を渡ってきた、対岸の白木正元戸畠市長と固く握手した。

昭和37年9月27日、歩道を持つ2車線の若戸大橋は完成する。翌年、若松、戸畠、八幡、小倉、門司の5市が合併して北九州市となつた。洞



渡船が若戸大橋の下を渡ってゆく。  
昭和54年の転覆事故が若戸大橋建設のきっかけになった。



火野葦平像

## 火野葦平

芥川賞作家火野葦平(1906~1960)は若戸大橋の建設、完成を待ちにしていた。洞海湾や若松の街を高塔山から眺めるのが好きで、若戸大橋が最もよく見えるのが、高塔山頂上の展望台、桜名所でもある。彼の文学碑も、この山のふもと近くにある碑には「泥に汚れし背囊にさす一輪の菊の香や 異国の道をゆく 兵の目にしむ空の青い色」とある。53歳で自殺。命日の1月24日の前日曜日に葦平忌が催された。

若戸大橋が完成すれば、若松の街と重ねて、小説化したいと考えていたのか、特に、海中工事が行われた橋台基礎づくりのため、「泥に汚れて」海底で作業する人々の姿を見ておきたいという気持ちが強かつたようだ。

なぜか、カッパが好きで、旧居にも、若松市民会館の資料室にも河童の置物が多い。旧居資料館は兵隊3部作の印税で、父金五郎が建てたもので、別棟の書斎のほか7間もある豪邸、葦平には必ずしも気に入った家ではなかつたと伝えられている。名付けて「河伯洞」。カッパの住み家と称していた。

書斎は、火鉢と書机が一つ、それには座布団。若戸大橋近くの市民会館の資料室にも書斎が再現されている。

海湾をひとまたぎする赤い吊り橋は5市の一体化、100万都市の象徴ともなった。

その後、交通量は増え、昭和62年4車線拡幅工事に着手、平成2年完成。現在、一日の交通量は平均45000台、平日は5万台(平成21年度)を超える。

吉田は、若戸大橋を一望する高塔山に建てられた父、吉田磯吉の銅像に碑文を書き、その麓には若戸大橋を見ることなく自殺した火野葦平の文学碑がある。

火野は洞海湾をひとまたぎする若戸大橋の完成を待ち望んでいた。工事現場に足を運び海中工事中のケーンにも入りたいと言い「洞海湾と若戸大橋の物語を書く」と意気込んでいたという。しかし、昭和35年1月、若戸大橋を見ることなく自殺した。

芥川賞作家、火野は若松港の荷役請負業「玉井組」の長男として生まれ、洞海湾の石炭荷役にも就いていたためか、若松や洞海湾への愛着が人一倍強かった。

## 第3節

### ①長寿化への挑戦

#### 百年大橋へ

# 若戸大橋、新しい挑戦へ 負担軽減に海底トンネルも完成 四車線化、増える交通量

北九州市の戸畠—若松を結ぶ若戸大橋。工場群がひしめく洞海湾をまたぐ渡海橋。高度経済成長が本格化する昭和37年9月完成。平成24年、50年を迎えた。50年を期して、長寿化のための補修工事が平成23年度から実施されている。目指すは「100年大橋」である。それは若戸大橋の新しい挑戦でもある。

### 100年大橋への挑戦

若戸大橋は50歳を迎えており、現在では役割は大きくなつておらず、現在では1日45000台の通過車両がある。しかも車両は大型化、重量化して、その負担は「限界」にきていた。これまで、2車線から4車線への拡幅、絶え間ない点検・補修工事を重ねてきたが、その負担を軽くするため、海底トンネル（若戸トンネル）が建設された。若戸大橋完成50年の節目の平成24年秋、開通した。

橋梁補修と長寿化は、昭和30年代以降、高度成長期に建設された長大

橋の、共通の課題である。日本で最初の渡海橋である西海橋（長崎県佐世保市、アーチ橋）も、補修工事が重ねられ、なおかつ、隣接して「新西海橋」が建設され負担軽減を図っている。

若戸大橋は西海橋から7年後に完成しているが、わが国最初の、国产技術による渡海吊り橋として脚光を浴びた。しかし、ただ、「大きい」吊り橋だけで注目されたのではない。西海橋と基本的に違うのは、北九州工業地帯の産業大動脈としての重責を果たさねばならないことだつた。大型の重量トラックが頻繁に行き来して若戸戸畠に展開する重化学工業を結びつけ、より高い経済効果をもたらすための、都市型架橋であり、社会的経済的インフラ（社会資本）である。離島、半島を結ぶ西海橋と大きく性格、役割を異にする。

### 風と地震への備え

東日本大震災は橋梁をはじめ多くの構造物を破壊した。地震、それに



洞海湾をひとまたぎ。  
赤い吊り橋・若戸大橋

続いて襲つてきた津波の恐ろしさと「安全神話」破壊を実感させた。しかし、若戸大橋建設当時は、地震によつて多くの問題が生じる認識はあつたものの、ほとんど研究が行われていなかつたのが現実である。地震対策で最も重要なと考えられた主塔の耐震設計のための模型振動実験を、東京大学生産技術研究所で行つ

橋の点検の結果でも、一部には耐震対応が見られるが、橋梁の全体的な耐震対応の装置はみられない。このため北九州市道路公社は本格的な耐震対策に取り組む方針で、閑門橋など他の橋梁の動向を参考にしながら最善の対策を検討し、平成24年度から着手したいとしている。

若戸大橋建設に当たつて、地震への危機感の薄さに比べ、「台風」対策は、九州が台風常襲地帯であることもあって、設計から施工に足るまで慎重な配慮が見られる。何より、米国ワシントン州の吊り橋「タコマ橋」が強風にあおられて落橋した大事故（昭和15年）が技術者の頭から離れなかつたこともあるだろう。タコマ橋は当時、世界第3の支間距離を誇り、吊り橋の先駆的技術を誇っていた米国で、しかも強風とはいえ、わずか秒速19mの風で落下した。事故は世界の橋梁技術者に衝撃を与えていた。

風に強く、安全性の高い吊り橋づ

### 台風対策を切り拓く

#### 若戸大橋建設に当たつて、地震への危機感の薄さに比べ、「台風」対策は、九州が台風常襲地帯であるこ

くりには、橋桁（補剛桁）を、安全性が高い「形と構造」にしなければならない。それには模型実験が欠かせない。

米国の大学はタマコ橋の直後から風洞実験を重ねていたが、わが国では風対策をたてるに不可欠の「風洞実験」が行えるのは、東京大学工学部しかなかった。その風洞施設も橋梁用ではなく、航空機用を転用したため正確な風速が得られないなどの苦労が続いた。

日本で初めての橋梁に関する「風洞実験」は風による吊り橋の「たわみ」「ねじり」を抑える力に加えて、補剛桁の断面と形状がどうあるべきなどを検討対象に2か年にわたって行われ、「若戸大橋の実際断面についての発振風速60m（秒）程度は十分期待できる」との判断を示している。

未経験の「命綱」白紙のスタート

橋の安全性確保には、何といつても橋を吊り下げるメインケーブル、ハンガーロープの強さが重要である。ロープ、ケーブルは吊り橋にとって「命を預ける綱」である。米国ニューヨークに「ブルックリン橋」はメインケーブルが切れ、通行人が死を出した。万一の場合、橋の落下も起こりうる。ところが、若戸大橋建設は決まつたものの、日本では吊り橋用のロープを製作したこと、かけた経験もなかつた。国産の



メインケーブルを架けた経験はなく、慎重な作業が続いた。

関門国道も当初、関門橋の設計図まで作成されたのに軍部の反対でトンネルに変更された。

そのために、長大橋の設計、施工の研究はほとんどされず、ロープメーカーも吊り橋用のロープに関心はなかつた。需要がないのに研究・製造しようがないのである。

### 3 重構造のメインケーブル

手本にした米国での平行ロープは

施工経験がなかつたし、市街地に建設される吊り橋だから施工設計用の広い土地も確保できない。実際ロープの、弾性を安定させるためのプレストレスシング（PS）用の700mの直線用地が用意できず、途中でカーブさせて行つたほどだ。結局、大きな強度と弾性係数が得られるスパイラルロープの採用に落ち着いた。ロープ用の線材には品質の高い鋼、国産のピアノ線が採用された。

メインケーブルは3重に構成される。直径5mmの鋼線（素線）を撲り集めて、直径61mmのロープ（ストランド）にする。そのロープ55本と同36mm6本束ね合わせてケーブル（直径50cm）が出来あがつている。わが国ではかつて製造したことがない「未知の世界」だった。

問題は橋の重さに耐える「強度」にある。強さは単に硬いだけではない。弹性、ロープの均質性など多くの問題がある。事前の実験では、61mmロープに155tのプレテンション

をかける試験作業を2時間。破断試験のあと、70t（死荷応力）の張力をかけ測定を行つてある。かつてない太さと強さを持つケーブルの製造は当時の日本の技術では無理だろうというのが大方の見方だつたが、東京製綱は数々の難問を克服して作り上げ、世界レベルもメーカーとしての位置を築いた。完成から50年（平成24年）、その記念の場に当時のケーブル見本が取り寄せられ、公開された。

### 4 車線への挑戦

吊り橋としての若戸大橋の強靭さは、ケーブルや橋桁にあるが、その強さが「不可能を可能」にした。世界でもまれにみる2車線を4車線に拡幅する工事を実現したのである。この巨大な赤い吊り橋は、西海橋同様、「観光資源」となり、完成1年目は、1日7000人もの人々が殺到した。橋に設置された歩道（幅3mで両側）を、ある人は空中散歩を楽しみ、ある人はサイクリング渡海をエンジョイしたのだった。

しかし、「珍しさ」は急速に薄れていく。20年後は歩道を歩く人は250人程度。一方で、車社会を迎える、物流としての役割は急速に大きくなる。完成から、わずか10年で車両の交通量の増大にどう対応するかが課題となつた。渋滞が起こり、深刻になり、対応策を検討しなければならない事態となつた。完成から約

25年後には、36000台（一日）の自動車の利用があり、2車線から4車線への拡幅工事が必要になった。歩道をなくし車両を増やす巨大吊り橋の拡幅工事は、世界的にも珍しく、実に13年にも及ぶ設計検討が行われた。

そもそも、若戸大橋の骨格は2車

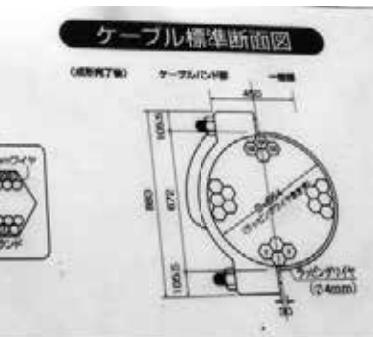
線を前提に設計、建設されている。橋を吊りあげているマーケーブルやメーンタワー（主塔）は4車線の重量と増加する交通量、しかも車両の大型化、重量化に耐えなければならない。その荷重に本当に耐えられるのか。しかも工事で通行止めは出ない。1日36000台の通行を止めでは地域の経済に大打撃を与えるのか。

歩道をなくし車両を増やす巨大

る。通行を確保しながらの工事は技術的に可能なのか。しかし、「使いたがら、作る」のが、大前提だ。

若戸大橋完成から25年目の、大改造であった。174億円という膨大な事業費は最初の建設費51億円の3・5倍に近い。昭和62年4月着工、平成2年3月の完工まで36か月間もかかっている。出来上がった長大吊り橋の歩道を拡幅して、4車線にする工事は、現在でも世界的に珍しく、コンクリート床板（RC）を鋼床版に改修するなど、その「卓越した技術」に全建賞が与えられた。

### 沈埋トンネルの併設



ケーブル1本に14,014本のワイヤー。  
当時、わが国では「未知の世界」だった。

4車線化、さらには交通料金の引き下げもあって、若戸大橋の利用車両は一日平均45000台、平日は5万台を超えるまでになった。築50年を迎えた若戸大橋にこれ以上の負担をかけるわけにはいかない。若戸大橋に並行して、港口側に海底トンネルが造られることになった。トンネルは掘るのはなく、あらかじめ造った鋼鉄製の7つのトンネルブロック（長さ106m）を沈め、海底に据え付け、ブロック同士を繋ぎ合わせて行く沈埋トンネルである。全長557m。若戸大橋が50年を迎える平成24年9月、完成し、開通した。

若戸大橋の負担が大幅に軽減され、橋とトンネルの海上、海底の2ルートが洞海湾を渡り、事故や災害

時、大型補修工事でも交通は確保できることになった。

「若戸大橋の100年の夢」へ向かう道が大きく開けたということが出来る。また、明治時代から、洞海湾にトンネル掘削が構想され、戦争などで中止されたが、夢のトンネル構造から約100年、沈埋トンネル完成で、もう一つの夢が実現した。高塔山の頂上にある銅像、吉田磯吉（衆議院議員）は、我が志、成れりと笑みを浮かべているだろうか。

## 若戸大橋50年史

- 計画から着工まで
  - ・昭和5年（1935）4月2日 若戸渡船転覆事故、73名死亡
  - ・同11年（1936）12月 福岡県議会、洞海湾トンネル計画議決
  - ・同13年（1938）12月 内務省、洞海湾トンネル計画施工認可
  - （日中戦争で中止）
    - ・同18年（1943）内務省が再計画（太平洋戦争で中止）
    - ・同27年（1952）福岡県が橋梁案を計画
    - ・同28年（1953）若松架橋促進市民大会開催
    - ・同30年（1955）建設省若松橋出張所を設立、本格調査開始
    - ・同33年（1958）若戸大橋の事

- 起工から4車線化
  - ・同34年（1959）3月30日起工式
  - ・同37年（1962）9月26日完成、27日から供用開始
  - ・同57年（1982）4車線化の都市計画決定
  - ・同62年（1987）拡張着工、歩道廃止
  - ・平成2年（1990）4車線供用開始
- 大修理と開通50年
  - ・同17年（2005）北九州市が若戸大橋を引き継ぐ（翌年、市道路公社）
  - ・同20年（2008）都市高速道路と接続
  - ・同23年（2011）大規模補修工事開始
  - ・同24年（2012）開通50周年

## 第3節

②インタビュー  
「健全度診断」久保喜延氏

## 百年大橋へ



久保 喜延 氏

(くぼよしのぶ)

## プロフィール

昭和50年東京大学大学院博士課程修了、九州工業大学地域共同センター長、工学部長。本州四国連絡橋公団の長大橋技術検討員会、豊予海峡大橋技術検討委員会などのほか種々の架橋技術検討委員会の委員、委員長を務め、明石海峡大橋をはじめ国内外の長大橋の耐風安定性の検討に関与してきた。現在、若戸大橋健全度評価に関する技術検討委員会委員長。

——若戸大橋は平成24年9月で、開通から50年を迎えます。若戸大橋だけでなく、昭和30年代から造られた橋梁が老朽化し始めます。若戸大橋の健全度評価に関する技術検討委員会を主導されましたが、若戸大橋の「健全度」はどの様に、診断されましたか。

——吊り橋部へのアプローチ、取り付け道路（橋梁）でコンクリート片の落下が起こりました。

久保氏 コンクリートの強度には問題はなく、劣化は軽微と言えるでしょう。しかし、アプローチ道路部

久保氏 塗装の劣化による錆の発生等も見受けられます。構造的には問題はないと思います。アバットメントのコンクリート外壁にひび割れが見られますが、昭和37年に建設されたことを考えると、問題となるほどではありませんでした。

——主塔や上部工、コンクリート構造物についてはどうでしょう。

ブル、ハンガーケーブル共に、張力調査等が行われた結果、充分な安全性が確保されていると判断されています。今後、定期的な維持管理を行えば問題は生じないでしょう。

久保氏 「橋と風の関係」について、頼まれて最近、近くの小学校で話をしたところです（笑い）。1940年、米国のタコマナローズ橋が毎秒19m程度の風速の風で落橋しました。その映像が残っているのですが、問題は風が引き起こす橋の振動について當時は良く理解されていなかったことです。落橋事故以来、この現象を理解するための研究が行われてきました。その結果、この橋の振動は橋桁の形が原因で生じる渦によつて周期的に変化する空気の力が橋桁に作用して橋桁が振動し、橋がねじれ振動を起こして落橋したのだということが分かったのです。

久保氏 その教訓もあり、若戸大橋の建設にあたつて、風洞実験を行つていますね。しかし、当時は橋梁のための風洞実験をする設備は日本にはなかつたと聞いていますが。

久保氏 ですから、飛行機開発のために使用されていた空洞実験装置を

——本四架橋の明石海峡大橋では風速毎秒100mの強風に耐えられますね。しかし、当時は橋梁のための風洞実験をする設備は日本にはなかつたと聞いていますが。

使つて若戸大橋の研究が行われました。わが国で長大橋の耐風工学の先駆者である東京大学土木工学科の平井敦教授にその研究が依頼されました。たまたま、私は東大の大学院生の時に、その実験が行われた東大航空工学科の風洞で、別の橋の実験を行つたことがあります。平井先生は、その風洞の吹き出し口が直径150cmでしたから120cmの若戸大橋の模型を作つて実験を行つておられました。



風に強い橋をつくるための模型実験（関門橋）

と聞いています。

久保氏

本四架橋の明石海峡大橋の場合は、本四公団は40mの長さを持つ100分の1の模型で実験が出来る特別の風洞実験棟で、最大風速100mの実験を行っています。(実験の相似則に基づくと、実橋での毎秒100mの風速は100分の1の模型を用いた場合、風洞実験では毎秒10mの風速が対応します。)九州工業大学はわが国の大学が所有する橋梁用実験風洞としては東京大学に次ぐ2番目の大きさの風洞実験装置を持っており、国内外の数々の長大橋の耐風応答実験を行ってきていました。

久保氏 飛行機の翼を考えてみてください。橋が横風を受けると、橋の上流側端部で風が上下に分離して、橋桁の上下面端部から飛行機の翼のように流れが分かれます。この分かれた流れは橋桁の上下面で渦を発生します。このような流れを「剥離流れ」と言います。橋桁の上下面で発生した渦が橋桁表面に交互に変化する空気力を生じさせ振動が発生することになります。アメリカではタコマナローズ橋の事故の検討でこのよう渦が発生しにくい、橋桁として風

が通り抜けやすいトラス桁を長大橋で採用することになりました。わが国でも若戸大橋から明石海峡大橋まで長大吊り橋の橋桁としてトラス補剛桁を採用してきました。今後長大吊り橋の風による橋桁として振動現象の解明と合わせて、新しい形式の橋桁の開発をするための耐風工学に関する研究が必要です。

久保氏 橋梁構造の強化だけでなく、風に強い桁構造を考えるべきということがあります。

久保氏 若戸大橋のような長大橋については、これまでまず桁の構造設計したのち、桁の耐風安定性を高めるための装置をどのようにするかを考えるのが通常でした。しかし、橋の強風による橋の振動はどのようにして起るのですか。若戸大橋では桁部分をトラス構造にして強化(補剛桁)していますが、

久保氏 飛行機の翼を考えてみてください。橋が横風を受けると、橋の上流側端部で風が上下に分離して、橋桁の上下面端部から飛行機の翼のように流れが分かれます。この分かれた流れは橋桁の上下面で渦を発生します。このような流れを「剥離流れ」と言います。橋桁の上下面で発生した渦が橋桁表面に交互に変化する空気力を生じさせ振動が発生することになります。アメリカではタコマナローズ橋の事故の検討でこのよう渦が発生しにくい、橋桁として風

が通り抜けやすいトラス桁を長大橋で採用することになりました。わが国でも若戸大橋から明石海峡大橋まで長大吊り橋の橋桁としてトラス補剛桁を採用してきました。今後長大吊り橋の風による橋桁として振動現象の解明と合わせて、新しい形式の橋桁の開発をするための耐風工学に関する研究が必要です。

久保氏

いい例が、身近にあります。  
(唐津市の)呼子大橋は主径間の距離(スパン)が250mの(コンクリート)PC斜張橋で、建設当時、

日本一でした。ここでは最初から耐風を考慮した箱型形状の橋桁を設計しました。鹿児島県の伊唐島大橋はその改良形です。

鋼部材を用いて構成されるトラス構造の桁の場合、定期的に塗装の塗り替えを繰り返す必要があります。

その場合トラス部材の一本ごとに塗装するための足場を設置する必要があり、足場のコストがかさむと同時に、トラスごとの総面積もかなりのものとなります。それに比べて、箱型の桁を用いると面構成となりますから、塗装の手間もかかりず維持管理が簡単となり、維持管理費も抑えられます。

久保氏 風が橋という構造物にあたつた場合、どのような流れの変化が起き、



振動実験。  
ジェット噴射して主塔の強さを測る。

久保氏

人間とともに年年に1、2回の健康チェック、定期的なモニタリング

それによって橋がどのような影響を受けるかのメカニズムの解析から、橋(桁)の構造を考えなければなりません。

久保氏

風洞実験を行うと良く分かることですが、風の中には桁を置くと桁の先端(第1剥離点)で風は上下に分かれます。その上流ではきれいな流れですが下流になると渦を生じます。この渦を消すことが出来ればよいのです。そのため桁の先端からある距離に垂直な板を立てる(第2剥離点)と、渦は出来ず、きれいな流れのまま、通り過ぎて行きます。この現象を私は「剥離干涉」と名付けました。この手法を実際に使った熊本県天草・御所の浦第2架橋では、橋桁の両端にある車止めにあたる地覆に、先に話した垂直版の役割を果たさせることで風による振動を抑えることにしました。つまり構造設計と耐風設計の融合を実現させました。

久保氏 若戸大橋の「健

康診断」に関わられ、長大橋の今後の維持管理の在り方も提言されています。



建設中の若戸大橋。  
両岸の主塔が完成し、メーンケーブルが張られた。

が必要です。応力が強くかかる所、錆びやすいところ、傷みやすい支承部、ジョイント部、雨水が流れやすく、溜まりやすいところなどのポイントは特に丁寧な点検が必要です。眼で見ての点検もありましょうし、センサーによるやり方もあります。それらを組み合わせて、維持管理のシステムを作り、着実に実行する。それが橋の長寿化、安全性確保にもつながります。若戸大橋を「後世への大いなる遺産」として残すため、ぜひこうしたシステムを作り実行してほしいと思います。



若戸大橋のケーブルは、  
こんごも耐えられると診断された。

中央自動車道・篠子トンネルの天井崩落事故や、東日本大震災を機に、わが国の道路、橋、トンネル、港湾などの社会資本の老朽化がクローズアップされています。日本の多くのインフラ（社会資本）は、東京オリンピックが開催（1964）され、若戸大橋が完成した時代から次々に造られ、若戸大橋が開通50年を迎えたよう、「高齢化時代」を迎えている。南海トラフによる大地震が予想されるなど「災害の世紀」に入る一方で、老朽化による落橋事故が発生しており、国も長寿命化修繕計画を策定、対策に入っています。今後50年間に約190兆円にものぼるとされる修繕費が、厳しい財政状況の中で確保できるか

どうか。橋の老朽化についても米国は「手本」になります。米国の社会資本は1930年ころからの大不況時代、景気対策もあって、大量に整備されました。50年たった1980年代、南海トラフによる大地震が予想されるなど「災害の世紀」に入る一方で、老朽化による落橋事故が発生しており、国も長寿命化修繕計画を策定、対策に入っています。今後50年間に約190兆円にものぼるとされる修繕費が、厳しい財政状況の中で確保できるか

## 老齢化時代の橋の修繕 頭の痛い予算、技術者確保



米国でも長大橋の補修が進む（ブルックリン橋）

路の橋は約6800、一般国道が約2万5200、都道府県道では約3万3700、市町村道約8万7000橋ある、とされています。それぞれ長寿化計画を立案しているが、地方財政の困窮化もあって、地方道の橋梁の補修予算確保、技術者確保に頭を痛めていました。国も高速道路無料化の期限延長など様々な対応策を講じ、「強靭な国土」づくりを目指そうとしている。そうした橋の大量老齢化の中で、若戸大橋や関門橋の点検、再塗装や錆止め、鋼材、コンクリートの補修などの「大修理」は、技術的にも注目されている。

## 第3節

## ③奇跡の4車線化

## 百年大橋へ

# 「使いながら、造る」難工事 わが国で初めて、世界でもまれな拡幅 市街地工事での新工法と工夫

## 4車線化への決断

若戸大橋の4車線拡幅工事は昭和62年4月着手、平成2年完成した。

昭和37年開通後、高度経済成長と共に急速に進んだ車社会を迎えて、若戸大橋の車の通行量は大幅に増え、大型化、重量化も進んだ。開通当時、一日6700台程度だった通行車両は、同60年代に入ると、6倍近い3万5000台を超える約2kmに及ぶ渋滞が日常化し、その後も交通量が増加することは明らかだった。現在は平日平均45000台（平成24年）を超えている。それまでの2車線では渋滞を解消できず、新しい橋を別に作るかトンネル建設を考えられるが、事業費が大きく、4車線化の拡幅工事が可能であればそれが最善の策であった。若戸大橋は予想を上回る通行車両の増大によく耐えてきた。しかし、4車線化への拡幅は交通量増大を招き、本体へのさらなる負担増を意味する。

道路拡幅と違って、橋梁の場合、車社会への対応



通行させながら、四車線化工事が進んだ。

## 拡幅工事 車社会へ対応

若戸大橋で、現実に可能なのか。これほど長い吊り橋の4車線化・拡幅改修は日本では初めて、世界にも

もう一本の橋を架けるか、旧橋を取り壊し新たに大型の橋に架け替えるかの選択となることが多い。

通常、古い橋がその能力の限界に来た場合、負担を軽くするため、隣接してバイパス橋が作られる。佐世保市の西海橋には「新西海橋」が架けられ、天草五橋の1号橋・天門橋は「新天門橋」が計画されている。しかし、若戸大橋のような長大橋の新橋建設には、膨大な事業費を確保しなければならない。

拡幅のためには、新たな負荷に耐え得るように橋の能力を強化する大がかりな補強工事が伴うため、事業

費は膨らむ。拡幅するにしても、通常は歩道取り付けなどごく小さな拡幅に限られる。

若戸大橋の4車線化は、交通量2倍の負荷をかけることを意味する。ケーブル、橋台、橋脚、主塔など中心骨格をなす構造を一部改造、強化はするものの、大改造は行わなくても済む「強さ」が若戸大橋に備わっていた。加えて、更新する4車線の床版などを軽量化するなど可能な限り橋本体の負担を軽減することによって実現可能と判断された。しかも交通止めを行うことなく改築工事を進めることになった。極めて難度の高い工事ということが出来る。

例がなかった。若戸大橋2車線の車線化は、上下2車線の両側に設置された歩道を廃止して、新たに2車線を造る工事となる。歩道をなくし、2車線を増やして2倍の車両通行を可能にしようというのである。

当然、床版など改修部分の軽量化、骨格部分の補強など技術的な難問は山積する。現在でも橋梁技術者が「あの拡幅工事は素晴らしい」と称賛するのは、通行は確保しながら、既存の橋を大改造することなくリニューアルし、かつ寿命をさらに延長する命題に取り組んだパイロット的な工事といえるからであろう。

しかし、橋台、橋脚、主塔、ケーブルなど建設当初からのものを、そのまま使っての4車線化工事だけに、実は設計時から4車線化をあらかじめ想定していたのではないかとの「推理」が関係者の間で交わされている。「車道は9m、歩道は幅3mもあり両側で6m、計15m。開通直後の見物客はともかく通常時、そこまで広い歩道が必要とされたとは思えない」とある橋梁技術研究者。想定までしなかったとしても将来の拡幅は「ありうべし」と意識しているのではないか、といいうのである。しかし、事業費51億円は巨費とはいえない、鋼材の価格設定など厳しい折衝を重ねた末、相当絞り込んだ工事費であり、最初から拡幅の可能性を含めた事業費を予算当局が認めるとは思えない。

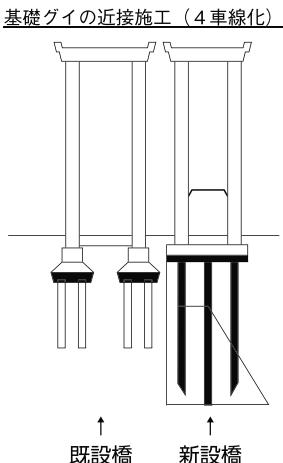
車社会の到来、交通量の増大のた

めに上、下二重の車線（ダブルデッキ）に改造出来るよう、あらかじめ、主塔、基礎工、ケーブルを頑丈に造つておく例は米国に多い。それだけの予算措置をしておく、というのは「政 治決断」であり、技術者の「決断」ではない。

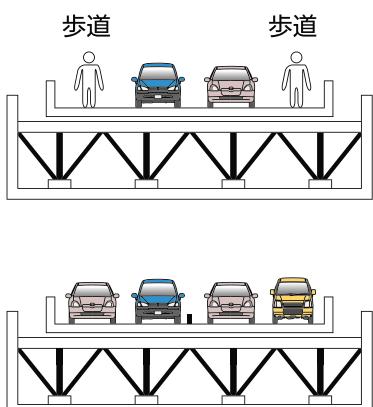
それでも技術者間の「暗黙の合意」があつたという見方は残る。将来日本で初めて、世界でもまれとなる4車線化拡幅をあらかじめ想定していたとしたら、それは現在、橋梁やトンネルなど多くの構造物が直面する「補修」と「強化」の時代を先取りするものだ。現在強く求められている、将来の改修、機能強化を織り込んだ「求められている新しい橋づくり」の、先駆的な教訓を若戸大橋は体現していると言えるのではない

市街地の中での工事

それだけではない。今日、都市の



4 車線化への改造図



隙を取り外し、屋上を下いで、広い  
るのに似た工事を行うため、最新鋭  
のコンクリートカッターが使われ、  
梁補強用のコンクリート開発が行わ  
れた。

それに加えて、若戸大橋の4車線化は今日、市街地の土木工事がかかる

長大橋はそれがもたらす経済的、社会的な利便性から、周辺の開発を促し、都市機能の集積が進む。しかし、若戸大橋は建設当初から、取り付け道路、橋台などの周辺地域はすでに市街地化して住宅や工場、施設に近接した場所での工事であり、工事中の騒音をはじめ多くの問題を抱えていた。開通から20年を経て、一層の都市化は進んでおり、実際、4車線化工事でも騒音や振動に対しても市民の苦情が相次いだ。

騒音や振動など生活環境さらには景観への配慮に加へ、現場では、既存橋との「密着工事」という技術的にも様々な難問がある。新しく拡幅する部分の橋脚がこれまでの橋脚位置と変わり、バラバラに立てられれば、橋全体の景観を損なってしまう。当然、既設の高架橋にそろえて、ほとんど密着ともいえる、約1m間隔

建設工事がもたらすいろいろな問題とも若戸大橋はすでに直面しているた。

基礎工事のための「杭打ち」は騒音と振動を伴う。このため、大石が混ざる転石層で使われるオールケーシング全周回転工法など新しい基礎杭掘削用の工法の導入された。鋼管を地中に回転させながらねじり込むように、垂直に掘り込むもので、当時は初めての工法だった。現在では一般的な工法となっているが、従来の「打ち込み」に比べ、騒音、振動は大幅に減少させたほか、その後の市街地での施工技術につながる様な工夫が重ねられた。

えている様々な問題に直面しながらの「都市の工事」でもあった。若戸大橋は、洞海湾をまたぎ、工場地帯と港湾施設を結ぶ物流の基幹的な役割を担う渡海橋であり、若松戸畠・小倉などの市街地を繋ぐ唯一の橋である。物流も人流もストップさせることなく工事を進めなければならぬ。橋の通行する車両群といふ工事を行う作業現場が近接する、狭いヤードでの作業を強いられる。通行の安全性は勿論、施工の安全を確保する工夫を重ねなければならぬ。



### 歩道を車道に転換する工事

そうした振動下で、鋼床版の現場溶接が可能なかつた。あるいはボルトで行うか、技術検討委員会でも議論が繰り返されている。検討の結果、橋の軸方向一縦の接合はボルトで、幅員の横の接合は溶接を使うことになつた。多くの橋梁が高齢化してゆけば、こうした個々の作業について、その現場に合つた工法を検討をしなければならない。

交通ストップなど都市機能を低下させることなく、かつ、工事を出来ただけ短期間に進めるため、部材の工場製造と現場作業の機械化が求められる。部材は可能な限り工場で造つて運び込み、素早く施工するためには、施工を機械化する必要があつた。車道の頭上を移動する3基の橋門形クレーンが考案され、据え付けられた。これらのクレーンは、若戸大橋の4車線化のために独自に造られた。大型クレーンが橋の上を行き来して、器用に古い床版を釣り上げ、運び出し、新しい鋼床板を運び入れるなど、過去に見られなかつた「まるで工場内のような」施工風景が人々の目を奪つた。

## コンクリートから鋼床版へ

床版はその上を大量の車が行き来するため、傷みやすい。開通から10年が過ぎ、昭和50年ごろからひび割れが多くなり、コンクリートの剥がれ落ちが始まつた。このため鋼床版へ切り替えが順次行われ、昭和60年

ごろには約半分の床版が鋼床版に切り替わつてゐた。

4車線化までの床版は鉄筋コンクリート製(RC)だつたが、負荷を軽くするため吊り橋部分では鋼床版に替えることによつて、724t(約8%)の重量軽減となつた。取り付け橋梁部はコンクリートのプレキヤストRC床版になつた。床版を厚くするため、コンクリートを打ち足すと重くなり基礎部分への負担が大きくなるし、交通規制時間も延長しなければならない。このため、鋼床版同様、工場で造れるプレキヤストRC床版の採用になつたのである。

予想以上に劣化していたものがある。取付橋梁部のゲルバー桁の受け桁の下面に大きなひび割れが生じ、部分が雨水などによつて腐食が進み、その能力は半分に落ちていることが分かつたため、造り直さざるを得なかつたのである。

若戸大橋でもアンカーレイジとケーブル接合部分の点検が行われた。若戸ではケーブルのアンカーレイジ内とハンガーロープのそれぞれの固定部分の点検が慎重に行われ、固定するためのソケットに吊り橋では世界初となる亜鉛銅合金の現場鋳込みではなく「工場での鋳込み」が行われている。それでも痛みは続き、橋が耐えていた重さや衝撃の大きさを物語つてゐる。

若戸大橋を釣り上げる「命綱」はメインケーブル(直径50cm、同5mmの素線が7351本)とハンガー

ロープである。ニューヨークのブルックリン橋では老朽化でケーブルが切れ、通行中の日本人が犠牲になつた事故もある。雨水、塩水が浸み込んで、錆が生まれ、腐食が進んでゆく。橋の通行を続けながらのケーブルの取り換えや補強は不可能だ。

錆は、吊り橋にとつて「大敵」である。残念ながら、三好橋は建設から60年目の昭和62年、吊り橋の命であるケーブルに損傷が発見され、アーチ橋に作り直され、今は吊り橋ではない。メインケーブルを固定しているアンカーレイジ(橋台)内の定着部分が雨水などによつて腐食が進み、その能力は半分に落ちていることが分かつたため、造り直さざるを得なかつたのである。

若戸大橋でもアンカーレイジとケーブル接合部分の点検が行われた。若戸ではケーブルのアンカーレイジ内とハンガーロープのそれぞれの固定部分の点検が慎重に行われ、手立ては、橋への負担を減らすことだ。若戸大橋開通50年を期して、並行して洞海湾を渡る若戸トンネルが開通した。この九州で初めての自動車専用沈埋トンネル開通によつて、若戸大橋の大修理は、交通ストップさせて可能になつたし、交通量も大幅に減ると期待されている。50歳になつた若戸大橋への「ねぎらい」のトンネルであり、長寿化への最高のプレゼントになつた。

全に防ごうとしているのだ。

## 100年大橋への道

4車線化工事はこうして、完了した。これから課題は、「100年大橋」への道を開くことだ。点検修理にはこれまで以上の努力が払われるなければならない。長寿化への一番の手立ては、橋への負担を減らすことだ。若戸大橋開通50年を期して、並行して洞海湾を渡る若戸トンネルが開通した。この九州で初めての自動車専用沈埋トンネル開通によつて、若戸大橋の大修理は、交通ストップさせて可能になつたし、交通量も大幅に減ると期待されている。50歳になつた若戸大橋への「ねぎらい」のトンネルであり、長寿化への最高のプレゼントになつた。

◆ 4車線への拡幅は、経済社会、そして技術的にも大きな意味を持つている。しかし「市民の足」の視点からは、歩いて渡れない橋となってしまった。

「渡船」が頻繁に運行され不便はないと言うが、歩いて渡る楽しみ、魅力はなくなつた。ニューヨークの長大橋には歩道と自転車道が取り付けられ、ブルックリン橋、マンハッタン橋など通勤、ジョギング、ウォーキングを楽しむ人びとが多い。休日などは観光客でごつた返す。

もちろん、湾口のエラザノナローズ橋のように自動車専用橋もあるが、建設時から「歩けない橋」への抗議の市民運動もあつた。「僕たちは天空を歩きたい」と。



展望をきかすため最も上に作られた歩道  
(ブルックリン橋)

朝、イーストリバー沿いを散歩すると、青い歩道橋に出た。イーストリバーとハーレム川の分岐点に架けられたフットブリッジ。らせん階段を上ると、幅2mほどの細い橋が緩やかなカーブを描いて渡つてい

る。中央は船の通過時に昇降出来るよう、高い塔が2本。次々とジョガーや追い抜いて行く。

川べりの散歩道が用意され、その向こうに吊り橋のロバートケネディ橋とアーチ橋のヘルゲイト橋が並んでいる。二つの橋を見上げる場所で、早朝サッカーを楽しむ人々の歓声が響く。

米国映画では、クイーンズボロ橋が「華麗なるギャツビー」に登場する。この映画は何度もリメイクされる。そのたびに橋の表情が変化する。最新作がレオナルド・デッカプリオ主演。川向こうの恋人に思いを寄せ、リッチながら心満たされず暮らす男の物語が、第1次大戦と1929年の大恐慌の束の間の「金ぴか時代」の世相を背景に進む。主人公が華やかなスポーツカーでクイーンズボロ橋を突っ走るシーンが印象的。

同じイーストリバーの最下流に架けられたブルックリン橋も「映画出演」が多い。有名なのが「ソフィーの選択」(アカデミー賞作品)。田舎から自分探しにニューヨークに出てきた青年スチングゴ(ピーター・マクニコル)が、偶然、ソフィーと出会い、ナチの強制収容所に収容された彼女の多難な人生と悲劇の選択を聞き、また彼女の今の生活に触れ、人生の厳しさと破滅をじかに見る。スチングゴがブルックリン橋を一人で渡つて、故郷に帰つ

て行く印象的なラストシーンが、忘れられない。

ふと、「若戸大橋にも、関門橋に

も歩道がない」ことに気が付いた。

歩道のある時代の若戸大橋は邦画にしばしば登場してきた。若松の土地柄や、火野葦平の「花と龍」などの影響もあって、任侠映画が多い。その中で異色の映画「玄海つれづれ節」は、吉永小百合主演。泥沼のような世界を、けなげに生きる主人公が若戸大橋を渡つて新しい世界を求めて若松を出て行くシーンがラストだ。

このように、橋は人生の出発点、世界を、けなげに生きる主人公が若戸大橋を渡つて新しい世界を求めて若松を出て行くシーンがラストだ。このように、橋は人生の出発点、

金毘羅宮参りには大勢の善男善女が全国からやつてくる。四国八十八カ所を巡るお遍路さんの白い行脚姿も見られる。「鞘橋」は金毘羅様への参道から少し離れ、金倉川に架かっている。「鞘」は太刀をおさめる鞘のこと。橋がわずかにアーチ形に反つているとところが「鞘を思わせる形」からその名がつけられた。

屋根は唐破風造りの華やかさを持ち、しめ縄がかけられ神域となつている。昔から伝わる絵には、この橋の上で出店が開いていた。イタリアのベッキオ橋と同じ風景。その後、金毘羅宮

## 金毘羅宮の鞘橋（香川県琴平） 日本のベッキオ橋



屋根付きのサヤ橋

の大祭の時、お神輿が渡る神聖な橋となり、風格を備えている。長さ23.6m、幅4.5m、木橋である。国有形文化財。

新たな旅立ちの舞台となる。叶わぬ夢だが、やはり若戸大橋には歩道が欲しいなと思つてしまふ。

### 第3節

## ④ インタビュー 「四車線化工事に 携った金子鉄男氏」

### 百年大橋



金子 鉄男 氏

(かねこてつお) プロフィール

若戸大橋4車線化工事を施工した  
(株)ワイ・シー・イー大阪事務所部長

昭和20年9月9日生まれ、大阪市出身、信州大学土木学科、昭和45年横河工事入社、大阪・南港大橋・本四架橋・大三島橋・宇部興産・興産大橋、若戸大橋拡張工事、若戸大橋維持管理設計、同健全度評価に関する技術検討委員会委員など。

若戸大橋の4車線拡張工事は2車線だったものを倍の4車線に拡幅するもので、メインケーブル、下部工などはほとんどそのまま使つて倍の交通量をまかなうという大変な工事でした。拡幅は建設当初から想定されていたのでしょうか。

**金子氏** 両側に車道幅と同じ3mの歩道を設けており、当時は牛車の往来や花火大会でのおおぜいの見物

4車線化で橋にかかる荷重、つまり重くなるすぎて吊り橋の負担が大きすぎることにはならないですか。

設計になっています。このような国家プロジェクトでは常に(プラスα)を想定して設計しているのではなくのでしょうか。2度と造れるものではありませんから。

が、将来、車道4車線化工事を行うことになるかもしれないという「含まれ」はあつたのではないでしようか。関門橋も将来、鉄道を通すことになるかもしれませんので、改造が可能な設計になっています。このような国家プロジェクトでは常に(プラスα)を想定して設計しているのではなくのででしょう。2度と造れるものではありませんから。

**金子氏** ええ、鉄筋コンクリートの床版を鋼床版に取り換えています。鉄筋コンクリートの床版を含む補強桁の重さは1m当たり15・5tに対し



車両の通行をさせながら、四車線化工事

て鋼床版に交換された補鋼材の重さは1m当たり14・4tですから4車

線化で逆に7%軽くなっています。実は主塔は橋の重さを吊り上げるケーブルの負荷を受けて、両主塔共に内側に50~54mm程度傾いていました。それは主塔の根っこ(基部)に曲げモーメントがかかり、塔が苦しいのを重量軽減で助けてやる、「曲げ」を少しでもまっすぐに戻してやりたかったのです。

軽い鋼床版に4車線とも取り換えたわけですが、耐久性は大丈夫ですか。

**金子氏** あの鋼床版は船のデッキ、航空母艦のデッキにも使われています。20tもの衝撃があるジェット戦闘機が離着陸して大丈夫。溶接構造の場合、疲労の問題がありますが、軽くて耐荷力がある構造です。

**金子氏** ンガーケーブルは「命の綱」ですが、錆などで劣化はしませんでしたか。

**金子氏** 若戸大橋は「ねじり」を入れたスパイアラロープですから、ロープの内側までは調べられませんが、日本で初めてハンガーロープのバンドを外して点検していますが、大丈夫でした。相当、強力な防錆塗料を使用していて、その効果がでています。素線のピアノ線も亜鉛メッキが経年で多少少なくなつてはいましたが――全体的には若戸大橋以後に造られた橋より良好なぐらいです。

**金子氏** ただ、若戸大橋の前に造られた三好橋(吉野川)はアンカレイジ部分でのケーブルが錆びて、吊り橋としては致命的な劣化が起つていま

す。

**金子氏** 常時荷重がかかるところで、水などが入つて錆を作つてないか心配はあつたのですが、幸

いしかし、床版など

の軽量化で橋への負担の軽減を図らねばなりませんね。

い、まったく健全でした。若戸大橋のアンカレイジは大きなビルの中に入っているようなものですから。

——若戸大橋は継手としてリベットを使っています。主塔の建て方としてはリベット打ちはあまりに厳しい作業なので、途中から溶接に切り替えています。若戸以降の橋にはリベットを使つていませんが、リベットの劣化は起きていませんか。また、リベットをボルトなり、溶接に切り替えることは考えられなかつたのですか。



移動クレーンが世界で初めて登場した。

——金子氏 繼手としてリベットは優秀で優れたものなのです。振動に強い継手ですから振動のかたまりと言つてよい。航空機はすべてリベットで

——金子氏 あの移動クレーンは「世界で初めて」の登場でした。あのクレーンがなくては、工事は出来なかつたでしょう。北九州工業地帯に架かる橋ですから、工事のためといえ、交通ストップするわけにはいきませんでした。止めれば経済社会的に大変な影響が出る。そこで車を行させながら、橋上の工事を進めるため、橋の幅員をまたぐ形で移動するクレーンを開発したのです。技術委員会も随分悩まれていて、この移動クレーンを起案したとき「これだ」と。鉄工所などで移動クレーンは見ますが、野外の工事現場、特に橋の上では風があり、安定性が求められます。それに走行行動力も電気ではなく、油圧モーターを使い、車輪では

す。リベットで造られた橋はリベットで。つまり「レトロのものはレトロで直す」という構想です。北海道最古のトラス橋 湖畔橋も解体後リベットで修理され同じ場所に歩道橋として「動態保存」されています。熊本市の長六橋の保存運動はありましたが、最終的に部分静態保存になりましたが、最も重要な機能もありました。主塔通過時はクレーンの左右脚立隔を縮めて通過する機能もあります。

——金子氏 若戸大橋の専門職人に若戸大橋に来てもらいリベットを打ち直してもらっています。

なくキャタピラーで、と工夫しました。工場と違つて橋には勾配(5%)があります。主塔が通せんぼするので、主塔通過時はクレーンの左右脚立隔を縮めて通過する機能もあります。主塔通過時はクレーンの左右脚立隔を縮めて通過する機能もあります。

——金子氏 「墓守」という言葉がありますよね。彼岸のたび、命日のたび、家族が墓参りして墓石を磨いたり、掃除したりしますよね。それによつて、墓は100年以上きれいに立つてます。橋も同じです。「橋守」活動が必要なのです。傷みやすい個所に、常に橋守が行って、維持管理活動が出来るようになければなりません。いろんなモニターが開発されていますが、「耳と目にまさるものなし」で人間が目線で、触つて健全度をチェックする。痛みの兆候を五感で感じればいいのです。

——金子氏 問題はそれです。法律上、クレーンは人間の上を動いてはなりません。しかし、移動クレーンの下を車が走り、人間が作業をすることなしに工事は出来ません。許可を取りため八幡労働基準局や戸畠警察署に足を運び、このクレーンの安全性を繰り返し説明しました。両官庁とも最終的に「了解」をしていただ



屋外でのクレーンの移動にはより安定性が求められる

——若戸大橋は「100年大橋」を目指しています。

——金子氏 「墓守」という言葉がありますよね。彼岸のたび、命日のたび、家族が墓参りして墓石を磨いたり、掃除したりしますよね。それによつて、墓は100年以上きれいに立つてます。橋も同じです。「橋守」活動が必要なのです。傷みやすい個所に、常に橋守が行って、維持管理活動が出来るようになればなりません。いろんなモニターが開発されていますが、「耳と目にまさるものなし」で人間が目線で、触つて健全度をチェックする。痛みの兆候を五感で感じればいいのです。

## 第3節

### ⑤ルポ・ 大修理を見る 百年大橋へ

# 若戸大橋、天空を歩く 絶え間ない音と振動の中で 50年ぶりの本格補修工事を見る

#### 高い主塔が支える

赤い吊り橋・若戸大橋は文字通り「門構え」の赤い主塔を2本持つて立つと洞海湾を挟んで、両岸の若松、戸畠、さらに八幡の工場群と町並み、遠く小倉、門司の市街が一望できる。初冬の小春日和、珍しく風もない日だった。

主塔は、高くなるほど、メインケーブルの角度が狭くなり、ケーブルにかかる力が小さくなる。塔の頂上で山形に曲がるケーブルの頂点ではケーブルサドルが、鞍のようにケーブルをまたがらせて固定している。84mもの主塔は若戸大橋の支え柱、大黒柱として必要な高さなのだ。

足下をトラック、乗用車が列を作つて走つてゆく。一日平均45,000台、昭和37年9月の完成以来、50年、累計で6億台の自動車がこの橋を渡つた、という。若戸大橋は、それほど膨大な交通を支えてきた。北九州市は昭和38年、戸畠、

若松、八幡、小倉、門司の5市が合併、100万都市となつた。若戸大橋は、新しく合併した市民の一体感を造り出し、旧5市の経済社会の、そして市民意識の見えざる壁を取り除いた「最大の功労者」と言つてよい。主塔の頂上から見渡す北九州市、青い洞海湾と響灘、白い航跡を引いて走る船たち。その中を、将棋の駒のような小さな青い船が大橋の真下を往復していた。若松・戸畠を結ぶ渡船が小さな白波と航跡を引いている。昭和5年、渡船が転覆、73人の犠牲者を出した。以来、市民の願いは安全な橋の建設、若戸大橋の完成だつた。

#### 併設される海底トンネル

現在も渡船が洞海湾を往復するのではなく、歩道がないからだ。車社会を迎へ、交通量が増え、それまでの2車線では、到底、交通量をさばけなくなつた。やむなく、歩道をなくして4車線に車道を拡幅した。



メインケーブルの点検。  
命綱だけに入念に行われる。

しかし、朗報がある。若戸大橋の港口側にトンネルが作られ、若戸大橋が建設50年を迎える平成24年に合わせて開通した。若戸大橋を管理している北九州市道路公社の宮野前敏雄理事長は、主塔の上から、絶え間なく流れる車の列を見ながら「トンネル完成で、若戸大橋の負担が軽くなる。なんといつても50歳の橋ですから、やはり疲労は随所に出ているだろう。錆止めのための塗装も定期的にやらなければならぬし、(通行制限をして)橋桁、床板の修理も出来るようになる」と期待を語る。

**絶え間ない大音と振動**

一日4万台をはるかに超える車の交通量を止め、全面修理はできない。せいぜい片道1車線の規制を行い、工事をすることになるが、当然のことながら、工事は遅々として進まない。トンネルが登場すると、代替の渡海ルートが出来ることになり、床板、橋桁などの全面工事が可能になる。

北九州工業地帯だけに、資材などを積んだ大型トラックが橋を激しく行き来する。路面である床版の継ぎ目で、ガタガタと大きな音をたて続けている。「あ、動いている」と見学にきていた早川信夫西日本工業大学講師が、足元を指差した。床版を支える下部の鋼材が、絶え間ない大きな音と共に振動し、動き続けているのがはつきりと分かる。鋼材で製作した床版（鋼床版）は約25mをブロックとして、25ブロックつながっている。鋼床版は強くブロックはそれぞれ高力ボルトと溶接で繋いでいる。平成2年の4車線化以来、床版は取り換えられていない。

「トンネルが完成すれば、若戸大橋の交通量は確実に減つてくれるでしょう。半分か3分の1か、橋への負担は随分軽くはあるはずです。しかし、この橋の都市高速道や一般道との取り付け

道路とのつながりの良さ、利便性を考えると、そんなに軽減されるだろうか」。宮野前北九州市道路公社理事長は期待と心配を口にした。

## キヤツトウォーカーを登つて

主塔の頂上から、橋の両側にメインケーブルが赤い細道のように斜めに橋桁まで下りている。我々は工事用に作られたキヤツトウォーカー（猫の道）たどり、さらに主塔までの数十mは円筒状のメインケーブルの上を、命綱をつけて登つて行つた。眼下には洞海湾の青い海、大小の貨物船が行き来している。両側に張られた綱を握り、緊張の1歩1歩を進めた。「剛の者に見える人も、登るときは寡黙になります」と同公社事務局長の西岡陸郎さんが、励ますよう

今回も、内部までチェックしている。直徑約50cmもあるメインケーブルは61本のワイヤー（1本のワイヤーは127本のピアノ線を繩のようになっている）をラッピングワイヤーで束ねて作られている。そのラッピングワイヤーを外して、メインケーブルの痛み具合を確認しているのだ。

もっとも負担がかかっていると思われるのは橋を釣り上げているハンガーロープ。メインケーブルから橋桁をつり下げているロープで、メインケーブルに締め付けられたケーブルバンド（鋳鋼製）で橋桁に固定されている。このバンドを外してみると、ワイヤーを束ねる溝の部分に少しの黄色い防錆剤が残り、わずかながら錆も見られる。渡海橋の宿命ともいえる「塩と水によるものだ。それに、建設当時は工場群から排出された亜硫酸ガスなどの影響もあるかも知れませんね」と西岡さん。

その橋が建設から50年。本格的な補修に入っている。50年の歳月は巨大吊り橋にどのような影響を与えているのか。それは若戸大橋に続く長大吊り橋群にとって「他人ごと」ではなく、同じ道筋を歩いている「我がこと」なのだ。

## 健全性のチェック

今回の補修工事は全長約700mのメインケーブルの健全度を調べるために、その一部約17mについて、巻きつけたラッピングワイヤーを外し

た後は高張力ボルトに変わった。現在ではリベットを打つ熟練者はわずかとなっているが、今回の若戸大橋の補修にも駆けつけてもらつていて、また、3か所のハンガーロープを取り換えた。

## 熱い心を受け継いで

若戸大橋建設当時は、まだ、リベットが中心だった。1200度の「焼きを入れた」リベットを打つ作業は、熱く、きつく、厳しいもので、その後は高張力ボルトに変わった。現在ではリベットを打つ熟練者はわずかとなっているが、今回の若戸大橋の補修にも駆けつけてもらつていて、また、3か所のハンガーロープを取り換えた。

「若戸大橋を点検していると、建設当時の技術者の熱い心が伝わってくる」と西岡さんは言った。その熱い心を受け継いで、若戸大橋は平成24年9月27日、元気な50歳を迎えた。

さらに50年、100年大橋を目指す若戸大橋へ、工事は着々と進んでいる。

## 世界でも珍しい補修工事

今回の補修では、ケーブルバンドのボルト1664本を全部取り替える。それも今後、点検補修がしやすいうように両端をナットで締める新し



50年の歳月が鉄サビを発生させている。

### 第3節

## ⑥インタビュー 「若戸大橋の点検補修に携わった南立朝彦氏」

百年大橋へ



南立朝彦氏

(なんだてあさひこ) プロフィール

昭和23年12月16日生まれ。昭和46年3月、熊本大学工学部土木工学科卒業、北九州市役所入職。平成6年4月建設局道路部道路建設課長、建設局道路部技術課長を経て、平成12年4月日本下水道事業団九州総合事務所長、同14年4月北九州市建設局道路部長、平成16年4月から同建設局長、同19年10月技術監理室長。平成21年3月北九州市を退職、同年4月、北九州市道路公社理事長。平成23年7月から、ひびき灘開発代表取締役社長。

——若戸大橋は完成から50年を迎えた。この間、北九州工業地帯の基幹インフラとして大きな役割を果たしてきたわけですが、何といっても、歳、50歳。点検・補修が必要になっていますね。

南立氏 若戸大橋を造った日本道路公団が平成17年、民営化されました。そのため北九州市がこの橋を引き継ぎ、新たに設立した北九州市道路公社理事長。平成23年7月から、ひびき灘開発代表取締役社長。

——社が担当することになりました。わが国最初の長大吊り橋ですが、完成は昭和37年ですから、買い取る以上、この橋が健康かどうか、つまり品質をチェックする必要がありました。そこで、九州工業大学の久保喜延名誉教授を委員長とする「健全度評価に関する技術検討委員会」の評価と提言を受けました。その提言に基づいて着実に補修工事を進めていく考えです。

——評価結果はいかがでしたか。

南立氏 おおむね「健全」でした。しかし、当然、課題は多くあります。その課題と対策は主に3項目あります。第1は吊り橋部への対策、第2はアプローチ特に橋脚部分の腐食対策、3番目に塗装を中心とする維持管理です。同時に、東日本大震災もあり、耐震性について点検と対策に入れたいと思っています。

——吊り橋部については、何といつてもメインケーブルが劣化していることがあります。世界の吊り橋の中には橋を吊るしているメインケーブルが切断して通行人を死亡させた例もあります（米国ニューヨーク・ブルックリン橋）。

南立氏 指摘されたのは、一部に塗装の劣化が見られたことでしたが、メインケーブルのロープもハンガーロープも張力には問題はないという診断でした。構造的に問題はないと。

——若戸大橋のメインケーブルは鋼鉄製のロープがねじりあわされた「スパイラルケーブル」ですが、本四架橋などは、ねじり合わさず平行に引っ張る方式ですね。若戸が最後

——確かに「平行」の方は湿度60%程度に保つために、常に一定湿度の空気を送り込み腐食がこないよう管理が出来ますが、「ねじり」合わせている若戸の場合はそうした管理が出来ないのは事実です。しかし、委員会の調査点検の結果、メインケーブルは安全率は2.6から2.8でありハンガーロープは安全度8以上で、どちらも、構造上問題なしということでした。他に主塔などやリベット基部アンカーなどに表面錆びが発見されますが、「定期的な塗り替えと維持管理」を行えば大丈夫ということでした。

——メインケーブルを外側から締めているバンドボルトについてはどうでしょう。

のスパイラルケーブルですが、その後採用されていないことは、問題があるということではありますか。



ボルトの一つ一つに鋭い目がそがれる

——もう一つ気になるのは、コンクリートの劣化です。新幹線のトンネルのコンクリートがはげ落ちて事故

を起こしました。完成から50年、経年劣化が起っていますか。

**南立氏** コンクリート片の落下は平成21年7月（落下物4個）と、同22年8月（同8個）に発生しました。

いずれも床版部分から橋の下の歩道に落下しています。幸い、通行人にけはありませんでした。大きいもので縦12.5cm、横12cm、厚さ2.5cmでした。コンクリート構造物の一部にひび割れや剥離が見られ、中には鉄筋が露出したところも発見されました。鉄筋にコンクリートをかぶせるとき、若干薄くなつたところがあつて、そこがはがれ落ちたと見られます。全体的には鉄筋は腐食しておらず良好ということでした。し



無数のボルトが  
若戸大橋の安全を守る

かし、洞海湾という海をまたぐ大橋ですから、塩害は軽視できません。十分な点検調査を続けなければなりません。具体的には、

東日本大震災に関連して、耐震性を強化したいとのお話でしたが、

**南立氏**

建設当時は地震対策は余り考慮されていませんでした。震度5で設計はされていますが、阪神淡路大震災は震度7、今回はそれを上回る震度であり、しつかりした耐震対応をしなければと思つており、現在

のところ「安全率3」を目指そうと考えています。それで大丈夫かどうか。平成24年度から本格的に着手したいと考えています。しかし、予算の上からも簡単な話ではありません。閑門橋の動向にも注目しながら進めたいと思っています。

北九州市において、若戸大橋はシンボル的存在であり、社会基盤としても大きな役割を担っていますから、100年持たせるということでも、そのためには日常的な点検、着実な補修工事を重ねて行きたい。50年を迎える秋には、市民に若戸大橋についての認識を深めてもらうための事業も考えました。ちょうど、若戸トンネルも完成しましたから、車はトンネルを使ってもらい、市民に歩いて渡つてもうのも楽しそうですね。

「荒廃するアメリカ」が出版されたのは1981年。著者はパット・チヨート。1980年時点では、アメリカの高速道路（インターチェンジ）のうち1万3000kmが設計寿命を超えている事実を指摘、橋や道路などの社会資本が老朽化、「荒廃」して行く厳しい現実を米国民に突き付けた。

米国の社会資本は1910年前の好況期から大不況期の1930年代にTVA（テネシー川流域総合開発計画）やフバーダムに象徴される大規模社会資本の整備を進め、1980年代にその多くが50年を超えて、設計寿命ギリギリの状態になつていた。しかし、政府は財政難を理由に、本格的な補修に着手せず、荒廃は急激に進んでいった。大きな橋のコンクリート路面に穴が開き、吊り橋のメインケーブルが切れニュー・ヨークなど都市の道路は凸凹。社会資本の崩壊が進み、アメリカの荒廃は現実のものとなつた。

予兆はすでに10年前からあつた。1967年12月、ウエストバージニア州のポイントプレザント橋（完成から40年）が落橋、46人の犠牲者を出している。部材の腐食による破壊が原因、とされた。点検補修を怠つたためである。

## 荒廃するアメリカ—落橋相次ぐ



破断したブルックリン橋のワイヤーロープ  
(現在は完全補修されている)

1983年には、ミアナス橋がピースの疲労破壊で落橋。ミネアポリスの高速道路35号線のミシシッピ川を渡る橋が落橋（2007年8月）13人が死亡、145人が負傷した大事故が起つた。建設から40年の橋だつた。

80年代は、レーガン政権時代で、共和・民主党の政争が続き、財政危機で改善はなかなか進まなかつたが、ガソリン税増税によつて、公共投資が拡大され、社会資本の立て直しがようやく動き出した。

30年遅れて、高速道路・篠子トンネル事故などで、日本の社会資本の危機的状況が認識され、「長寿命修繕計画」が立てられ、動き出したが、財政難や技術者が不足など数多くの課題が残つてゐる。「荒廃する日本」の立て直しはこれからだ。

## 第3節

⑦若戸トンネル  
開通

百年大橋へ

# 「夢の沈埋トンネル」、90年で実現 若戸トンネル開通、1000億円かけ 新開発「止水ゴム」工法で接合

塔山の頂上から、今も洞海湾を見下ろしている。遠賀川を下る石炭運搬「川ひらた」の船頭から身をおこし、のちに代議士にまでなった任侠の人だ。「若松にはゴンゾがなんぼでもこの磯吉親分が洞海湾の底にトンネルを掘る夢の構想に『面白い話じゃ』とひざを打つて推進役になつた。」「若戸大橋が開通50年を迎えた平成24年9月、橋の北側（洞海湾口側）に若戸トンネルが開通。関門海峡同様、洞海湾は橋とトンネルの2本のルートで渡海できるようになつた。『夢のトンネル』構想は大正時代末から打ち上げられ、当時、「50年後の夢物語」と相手にされなかつたが、大正、昭和、平成と時代の波に翻弄されながら、90年近い歳月を経て、九州で初めての自動車専用沈埋トンネルが完成することになつた。

吉田磯吉、と言えば小説「花と龍」にも登場する北九州・若松の大親分。紋付袴姿の磯吉親分（銅像）は、高

**磯吉親分の夢**



若戸大橋に並行して沈埋トンネルが建設された（右側の線）

居る。筑豊から炭鉱夫を応援に呼んで掘らしてみたら。あいつらは穴掘り専門じやけん」（若戸大橋工事報告書）。

橋か、トンネルか、議論は湧いた。

軍部の求めるトンネル案が優位となり、さらに工法も沈埋トンネルか、海底坑道を掘るシールド工法にする今まで、議論が進んだ。米国人技師L・R・クラフトが招かれ、彼の意見もあってシールド方式が採用されることになった。昭和11年12月には福岡県議会が海底隧道建設費550万円を議決して、実現に大きく踏み出したかに見えた。しかし、戦争がはじまり、計画は中斷、夢は消えた。平和が戻り、戦後は、吊り橋構想が再浮上、磯吉親分の息子、吉田敬太郎氏が若松市長となり若戸大橋の実現に力を尽くした。若戸大橋の実現に力を尽くした。若戸大橋完成（昭和37年）から50年後、父磯吉氏が推進役だった「若戸トンネル」が実現した。

それは米国で始まつた

新若戸道路（若戸トンネルを含む延長2300m）は総工費約1000億円、若戸トンネルは海底の557mを7個の沈埋函を沈めて繋ぐ「沈埋トンネル」で往復4車線、設計交通量は一日41000台、若

**3 本目の沈埋トンネル**

若戸トンネルは、「沈埋トンネル」あらかじめ陸上で製作した箱型のトンネル用の7つの函を順次沈め、海底で繋ぎ合わせてトンネルを建設する。実は、大正時代にトンネル構想が打ち上げられた時から「沈埋」方式は選択肢の一つだったが、洞海湾は周りに工場が多く、船の行き来が激しい。当時の沈埋技術では航路を塞ぐ時間が長く、海底坑道を掘るシールド方式が決った。

トンネル工法としては、沈埋工法は長い歴史と実績を持っている。世界で最初の沈埋トンネルは1890年代、米国・ボストンの港湾に建設された。これは下水道管用のもので、交通トンネルでは1910年のデトロイトの鉄道トンネルが最初だ。日本では大阪・安治川に昭和10年（1935）着工、9年かけて完成した安治川河底トンネル（全長80m、歩道付き2車線）が最初の沈埋トンネル。約50mの沈埋函1個を川底に沈めて建設している。若戸トンネルはそれに先だって構想されていてことになり、当時の技術者の未来を見る目の確かさには驚かされる。

戸大橋とほぼ同量の車をさばく。わ  
が国で最も長い沈埋トンネルは「東  
京湾トンネル」で全長1325m、  
沈埋区間1035m。長さ115m  
の函を9個繋いでいる。若戸トンネ  
ルの約2倍の長さを持っていること  
になる。

実は、洞海湾の両岸を繋ぐ、沈埋トンネルは若戸トンネルが最初ではない。先輩トンネルが2本。三井鉱山が沈設した「洞海湾トンネル」はベルトコンベアでの輸送用に造られたもの（1972年完成）で、東京湾トンネルより長い1468m（沈埋区間1363m）、最長80mの沈埋函を18個使っている。また現在は撤去されているが西部ガスの434mの沈埋トンネル（1977年完成、ガス導管）もあった。

## 臨海部で優位な沈埋工法

沈埋トンネルは、洞海湾や東京湾など船の出入りが頻繁な港湾部に造られることが多くなった。日本でも大小30以上の沈埋トンネルが建設されているが、これは沈埋工法の優位性を生かした選択と言える。港には大型船舶が出入りするため航路幅はどうしても数百mになる。洞海湾口は300mを超え、架橋地点でも250mはある。

航路上に橋を架けるとすると、若戸大橋のように長大橋にならざるを得ない。高い橋塔を造り、その間（スパン）を長くとり（若戸大橋は

367m)、船のマストの高さ以上  
の橋桁の高さ(同満潮時の桁下42.  
65m)を作らなければならない。橋  
が高くなると、それだけ長い取り付  
け道路や陸上部の橋梁が必要にな  
り、巨額の事業費になってしまふ。  
沈埋トンネルは一般的に橋梁に比べ  
て2割安になると見込まれている。

閨門橋のように両岸に比較的高い山がある場合は、特別に恵まれた地形だが、若戸大橋のような港湾部の平坦地では、ループなどで橋の高さまで登るか、長い取り付け道路が必要になってしまう。

沈埋トンネルだと取り付け道路や  
沈埋部分へ繋がる陸上トンネルなど  
も比較的短くて済む（若戸トンネル  
の取り付け道路は戸畠側は172  
m、若松側203m、陸上部トンネ

ルは94mと120m)。このため若戸大橋は全長2100mだが、若戸トンネルは同1181m、約半分の長さで完成している。市街地や企業工場が数多くあるだけに、用地買収や工事の進め方、道路線形の自由度などの面でも沈埋トンネルが有利に

も、大型貨物船でも水深は最大20m程度あれば十分なので、海面から30m程度の水深をみて、海底にトンネルを設置すれば、トンネルの高さや土かぶりを加えても十分余裕がある。

東京湾など首都圏や大阪、神戸港など関西圏の主要港湾には次々と沈埋トンネルが建設され、沖縄でも若戸トンネルよりやや大ぶりな沈埋トンネルが、那覇空港と那覇港とを結ぶ「那覇うみそらトンネル」（全長1140m、沈埋部724m）として建設されているのは、こうした沈埋工法の強みがあるからだ。

大きな箱船をつくるように

## 自動車専用の若戸トンネルの断面



#### 止水ゴムを使った接合

は、ベルトコンベアの洞海湾トンネルやガス導管とは、比較にならないほど大きい。若戸トンネルの沈埋函で最大のものは、長さ106m、幅28m、高さ8・4mだから、サッカーフィールドの約半分の広さになる。この巨大な函はどのように作られたのだろ  
うか。

鋼鉄とコンクリートで造られた「箱船」をイメージすればよい。まず、造船と同様、陸上の工場で、船体にあたる函（沈埋函）を、鋼鉄で造る。サッカーフィールドの半分の大きさを造るとすれば、広大な作業ヤードやドックが必要になるが、最近では技術の開発などが進んで、製作効率も良くなっているという。

埋函は2重の箱型鋼板「鋼殻」で造られ、その鋼板の間にコンクリートが流し込まれ、充填される。注入されるコンクリートは隅々まで行き渡るようく流動性が高く、また低コストのものが開発された。サンドイッチのように鋼板でコンクリートを挟み込むので「フルサンドイッチ構造」と呼ばれている。コンクリート充填は長方形の箱船となつた沈埋函を海に浮かべて、行われる。若戸トンネルで一番大きい1号函の総重量は約24000tもある。

こうして完成した沈埋函は、タグボートに曳かれて、洞海湾の現場に運ばれ、沈められる。海底はあらかじめ、沈埋函が安定して設置できるよう、トレーンチ状に掘り込まれて

いる。通常、港湾の海底地質は堆積した軟弱地盤が多いが、洞海湾海底は礫岩層が存在し、強固な支持基盤で形成されており、地盤改良にかかるコスト・工期が縮減された。

## 止水ゴムを使った接合工法

設置場所の海上に到着した「箱船」(沈埋函)は、バラストタンクに海水が注入され、その重さでゆっくり、海底のトレーニングに降ろされて行く。重要なのは沈埋函同士をピタリと接合させる作業だ。司令塔は箱船の船上にやぐらが組まれそのままにある。そこからGPSや水中探査機で正確に位置取りして、沈下させて行く(タワー・ポンツーン方式)。

引き寄せジャッキで二つの沈埋函が引き寄せられて接合される。その後面に取り付けられた新開発の「伸縮性止水ゴム」に、空気が注入され、ゴムが膨らむことで、方向の狂いが修正される。その後の止水ゴムにはモルタルが注入され、水漏れを起こさないようにする工夫がされている。さらにコンクリートと鋼材でしっかりと固定され、接合内部の水抜きして、接合を終える。

こうして7つの沈埋函が次々と接合され、若戸トンネルは完成した。

新しい時代へ  
古くから北九州には3つの港(北九州港)があった。石炭積み出しの

若松が八幡製鉄所をはじめとする北九州工業地帯の工業港「洞海湾」に成長し、関門海峡の門司港は外国貿易の拠点港、小倉港は国内流通港と役割を分担してきた。今、北九州港は新しい時代を迎えた。



開通した若戸トンネル。大橋への負担は大幅に軽減された。

特に、若松では「ひびきコンテナターミナル」が供用開始(平成17年)し、成長著しい東アジアへの物流拠点を目指している。この響灘地域を都市高や九州自動車道、北九州空港と結びつけるのが新若戸道路・若戸トンネルだ。若戸大橋を使う港湾貨物関係の交通量の約半分をこの若戸トンネルが引き受けた計画で利便性と共に、若戸大橋の負担を大幅に軽減することになる。

若戸トンネルが完成して、洞海湾横断には若戸大橋と若戸トンネルの二つのルートが備えられた。若戸大橋の大修理は交通止めして行なうことが可能になった。大橋の完成50年を祝って、歩行者に全面開放され、一万人の市民が「歩いて」渡った。若戸トンネルが通行車両を全て引き受けたことからだ。

若松側からの帰りも、若戸トンネルを通り、あつけなく戸畠側に出た。振り返ると、高塔山頂上から、トンネル建設を願い続けた吉田磯吉、敬太郎父子の満足そうな顔が目に浮んだ。

## 世界の「沈埋トンネル」



沈埋トンネルの建設説明図  
(若戸トンネル)

世界では、最も有名な海底沈埋トンネルは「オレスンド海峡横断道路」(高速鉄道と高速道路)である。デンマークのコペンハーゲンとスエーデン・マルメ間16kmを結ぶ海底トンネルである。コパンハーゲンに作られた人工半島(430m)から沈埋トンネル(3510m)に入り人工島(4055m)へ。それから長大橋(7845m)でスエーデンに渡る。沈埋トンネル部は長さ176m、幅42m、高さ8.6mの函20個を繋いで出来ている。2000年7月開通。

ハーバートンネル」がある。観光名所オペラハウスとハーバーブリッジに並んで造られた海底トンネル(延長2280m、沈埋部960m)で1992年開通。このほか、香港西部海底トンネル(全長約2000m、沈埋部1362m、1997年開通)がある。

▽全長1181m。海底部分、557mを7個の沈埋函で構成。4車線。響灘コンテナーターミナルへのアクセス道路となっている。沈埋はニューマッチケーションと開削工法が使われた。



## 第2章

### 第1節 第2章

#### 目次

- ① 関門橋——本四架線への道拓く
- ② 技術の「架け橋」
- ③ その苦難の歩み——軍部の反対でとん挫
- ④ 100年長寿へ、リフレッシュ工事
- ⑤ コラム
- ⑥ インタビュー 日野伸一氏
- ⑦ 本四連絡橋——世界のトップ技術
- ⑧ 濑戸大橋——大重量に耐える基礎工事
- ⑨ 大鳴門——渦潮景観と橋づくりの苦闘
- ⑩ 明石海峡大橋
- ⑪ インタビュー 藤川寛之氏

# 関門橋から本四連絡橋へ

わが国で初めての長大吊り橋・若戸大橋の橋梁技術は、九州と本州を結ぶ関門橋建設へと挑戦を進める。メインケーブル、中央支間、主塔の高さなど、若戸大橋を大きく上回り、しかも「高速道路としての長大吊り橋」で、関門海峡をひとまたぎする渡海橋であった。若戸大橋を三段跳びの「ホップ」とすれば、関門橋は「ステップ」。最後の「ジャンプ」は本四連絡橋——鉄道併用橋の瀬戸大橋、渦潮、景観を維持しながらの大鳴門橋、そして世界最長の中支間を誇る明石海峡大橋の建設だった。この大橋は阪神淡路大震災の激震にわずか約1m全長が伸びただけで、「天の試練」にも耐えた、わが国の確かな橋梁技術の集大成であった。

○川、海を越える道路橋  
(榎木武九州大学名誉教授)



大鳴門橋（本四連絡橋）



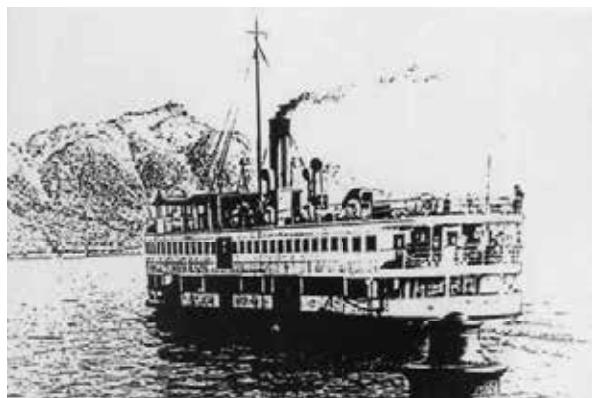
関門橋（門司側から）

## 第1節

### ①技術の「架け橋」

#### 関門橋

# 関門海峡を渡る高速道路橋 九州の渡海橋群を、本四連絡橋につなぐ 技術と人材、世界レベルへジャンプ



関門海峡を渡る連絡船

下関と門司を結ぶ関門連絡船は、間断なく海峡を通過して行く船舶の間を縫うように横断する。その東側の空中を渡る関門橋は大型トラックや乗用車がわずか数分で通過していく。もはや、連絡船しかなかった時代の不便を思いうかべる人はほとんどいないのではないか。本州と九州を結ぶこの関門橋は、昭和43年

(1968)に着工、完成は同48年(1973)。若戸大橋が完成して11年目、その2倍の支間距離を持つ関門橋は、九州で数多く造られた渡海橋で積み上げ橋梁技術を結集し、さらに世界トップレベルの本四架橋群につなぐ「技術の架け橋」となった。

関門海峡の下関側・壇ノ浦の岸壁に立って、早鞆の瀬戸を眺めると、目の前を大型の貨物船が、逆巻く潮流に逆らって、あえぎあえぎ航行している。大潮時には潮流速度最大8ノット。その中を、一日約1000隻の船が往来する。門司側の古城山から海峡に突き出た門司崎と下関側の山近くの東側岸壁を結ぶ線が、本州と九州の最短距離になる。架橋構想の段階ではさらに東の周防灘(小野田～裏門司ルート)海上案もあつたが一層、長大橋になり、事業費が膨大になることから、最短距離である現在の下関～門司ルートが採用された。

#### 歴史の舞台・関門海峡に

関門橋はこの海峡が最も狭い場所を選んで渡海するため、関門海峡でも海流が最も速い海域となる。通過する船舶に潮流の向きと速さを刻々と伝える大きな電子表示板が点滅している。

門司側の関門橋の橋脚のたもとに立つて、早鞆の瀬戸を眺めると、布刈神社を参拝、和布刈公園の急坂を登ると、早鞆の瀬戸と関門橋が一望できる。途中の山腹には、源氏840艘、平家500艘、源平合戦最後の「壇ノ浦」の戦いを描いた大きな陶板が、平家滅亡を物語てくれる。1182年(元暦2年)2月24日、屋島の戦いに敗れ、最後の拠点・下関、彦島に陣取った平家軍は、源義経軍を壇ノ浦に迎え討つ。昼ごろから始まつた海戦では平家軍がや押し気味だったが、夕刻におよび源氏軍が圧倒、平家一族は安徳天皇と共に海に沈む。この海戦には、潮流の速さと変化が義経軍に有利に働いたという。また、幕末には英、仏

など4か国連合艦隊が下関砲撃を行つた維新史の舞台でもある。

#### 8ノットの海流

響灘と周防灘・瀬戸内海の潮位の差により、関門海峡を満ち干する潮流は、最も狭い、まるで両岸の山を切り裂いた「切り通し」のようになつて、いるこの早鞆の瀬戸で、さらに加速される。

最高8ノットの潮流と1000隻にも及ぶ船舶の航行は、架橋建設に厳しい条件を付ける。早い潮流は、海中作業を妨げる。主塔の基礎を岸壁から離れた海中に置くことは出来ず、径間(スパン)距離は長くなり、メインケーブルも長く大きくなる。それを支える主塔はさらに高くなる。



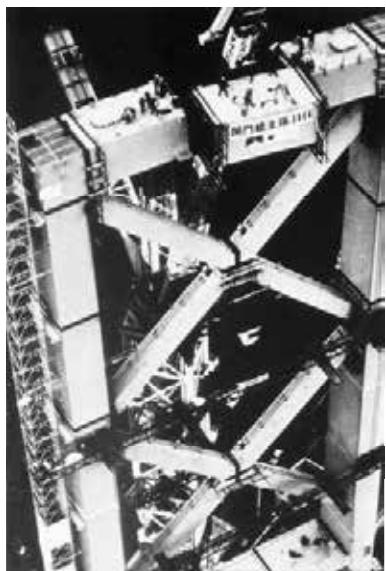
源平壇之浦合戦を今に伝える絵巻(和布刈公園)

など、橋の構造そのものが巨大化する。船の安全運航のためには橋のケタ下高、橋脚の位置が大きな問題になる。まして、工事中、船舶の航行に支障をきたす架橋用の支柱などは立てられるわけがない。

## 船舶航行のために

主塔が立つ橋梁の基礎づくりとなる海中工事は、若戸大橋、天草五橋、黒之瀬戸大橋などの建設工事で経験を積んでいた。海の深さ、潮流の速さ、海底の地質調査と工法についても、実績を積みながら「進化」させている。これらの渡海橋に比べて、関門橋は比較的恵まれた条件下だったが、それでもこの巨大な橋の基礎、海中工事は陸上に比べてはるかに困難さを伴う。

早鞆の瀬戸は関門海峡で最も狭い海峡部分でその幅は約700m、国際航路として使用され、船舶航行への配慮が必要だ。海中に橋脚は建てられない。海中橋脚工事は事業費が



高く高く建設されて行く主塔

門司側は海水の浸入を防ぐ締め切りのため鋼管矢板基礎のコンクリート擁壁を造り、その中にケーロンを据えた。ケーロンの底部に床版を張つて、その下に圧搾空気を送り地下水の浸入を防ぎながらの海底作業となつた。ねじり鉢巻き、暑さで上半身裸での作業だつ

かさむ、危険も多い。このため、昭和初期の最初の関門橋計画案から、水際ぎりぎりに主塔を建て、海峡を「ひとまたぎ」出来る吊り橋・渡海橋が選ばれており、橋の骨格は大きくは変わらない。中央支間は当初案よりやや短い、712mで実現させた。それでも若戸大橋の支間距離367mを2倍近く超える長大橋になつた。

関門橋の主塔は両岸の陸地すれの水際に建てられている。塔柱間隔は29・5mだから、橋脚の大きさは、余裕を見て40×20mに決まった。問題は深さである。基盤となる強い岩盤まで掘り下げるところでは、下関側は水面から7mで済んだが、門司側は、3倍以上の23mまで掘り下げなければならない。下関側はコンクリート基礎の上に擁壁を造り（コッファードム工法）、施工できたが、門司側は海底岩盤掘削のため、海中工事と同様ニユーマチック工法で掘削、ケーロンを沈めざるを得なかつた。

門司側は海水の浸入を防ぐ締め切りのため鋼管矢板基礎のコンクリート擁壁を造り、その中にケーロンを据えた。ケーロンの底部に床版を張つて、その下に圧搾空気を送り地下水の浸入を防ぎながらの海底作業となつた。ねじり鉢巻き、暑さで上半身裸での作業だつ

基礎の「深さ」と同時に主塔の「高さ」も問題になつた。下関側主塔の下の小さな公園に立つてみると、漁船から貨物船まで、大小さまざまな船が次から次に通過して行く。外国船も利用する国際航路の関門海峡では、大型船のマストの高さより高い位置に架橋しなければならない。通過する船舶のマストの高さを一隻一隻チェックした。

貨物船で5万総トン以下の船舶114種について調べ、満潮時においても約50mの高さがあれば十分であることが分かつた。問題は大型外國客船である。世界一周する客船などを調べ、最高マスト高57mとして、波や海面の上昇分を2m、さらに余裕を2m見て「61m」の桁下高にすることになった。つまり関門橋は海上61mの高さの上に架橋しなければならないのである。見上げると、ちょうど点検補修中ののか、作業員の小さな姿が見える。14、15階ビルの屋上と同じ高さなのだ。

止を行つたのは、最初に行つたパイロットケーブルの渡海作業での約2時間半だけで、あとはすべて空中作業であった。

幸い、岩盤から遊離した岩石（転石）もなく、作業中は波も穏やかで、港湾工事に慣れた施工者によって（海水の）締切、ケーロンの沈下、掘削などもスムーズに運んだ。

## マストよりもっと高く

基礎の「深さ」と同時に主塔の「高さ」も問題になつた。下関側主塔の下の小さな公園に立つてみると、漁船から貨物船まで、大小さまざまなるサドルを持つ頂部を置いて全体船が次から次に通過して行く。外国船が次から次に通過して行く。外国船も利用する国際航路の関門海峡では、大型船のマストの高さより高い位置に架橋しなければならない。通過する船舶のマストの高さを一隻一隻チェックした。

貨物船で5万総トン以下の船舶114種について調べ、満潮時においても約50mの高さがあれば十分であることが分かつた。問題は大型外國客船である。世界一周する客船などを調べ、最高マスト高57mとして、波や海面の上昇分を2m、さらに余裕を2m見て「61m」の桁下高にすることになった。つまり関門橋は海上61mの高さの上に架橋しなければならないのである。見上げると、ちょうど点検補修中ののか、作業員の小さな姿が見える。14、15階ビルの屋上と同じ高さなのだ。

船舶への安全措置は橋の構造だけでなく、ケーブルの渡海、橋桁の張り出しをはじめあらゆる架橋作業に行わなければならぬ。航行停



通過する船の高さが詳細に調べられた。

## ジエット噴射実験

主塔の高さは133・8m、若戸大橋が84・2mだからこれをはるかに越える九州一である。一段10mの高さのブロックを12段まで積み上げ、その上にメインロープの支点となるサドルを持つ頂部を置いて全体で13段となつていて。1ブロックは工場で3つに分けて製造、現場に海上輸送されてきた。主塔をまっすぐにして建てるため、ブロックの積み上げ時は接合面（断面）の磨き上げなど、「まるで精密機械の製作」の厳密さが要求された。少しでも傾きがある

と、塔を垂直に建てることが出来ず橋全体に狂いが生ずる。そのため橋脚基礎の上面コンクリートは鏡のようにピカピカに磨き上げられた。巨大なプロジェクトはミクロの精密さの上に成り立っている。

高い主塔造りは若戸大橋が先輩だ。若戸大橋では基礎部分をまず造り、その塔にクレーン（クリーパーリック）を取り付け、部材を持ち上げさせて積み上げて行った。国道に隣接し作業スペースが狭い下関側は最初からクリーパーリックが塔をよじ登つて高さを造つて行った。

これに対してスペースに比較的余裕がある門司側は塔の近くの山側にクレーン用の別の鉄塔を造り、積み上げていった。両岸で全く異なる方法によつて主塔が建設されたのであ



船で渡される最初のパイロットロープ。航行を禁止して行われた。



ケーブルストランドの最後の一本が海峡を渡つてゆく



91本のワイヤーが束ねられてメインケーブルになる



ラッピングされ命綱・メインケーブルが渡された

る。工事期間は、クレーン塔を造つた門司側が、下関側に比べて1か月短縮できた。積み上げられる各ブロックは約10万本の高力ボルトで繋がれ、1本1本が入念に締められ、その精度が点検された。

人々の関心を呼んだのは、完成した塔の最上部で行われた振動実験だ。門司側の主塔頂上に据え付けられたロケット噴射機2基を噴射させ、人工的に揺れを発生させ、主塔が設計通りの強度で造られたかどうか試すのである。1秒間の燃焼時間で白い煙が20m近く吹き出される試験の光景は、地味な架橋工事の中で、珍しく派手なショードアリット。

## 巨大な重し——アンカーレイジ

自然是悪条件ばかりを与えることはない。潮流の速さは海峡の狭さを意味するし、門司側に古城山、下関側には火の山に連なる丘がある。主塔は海岸ぎりぎりに建てるとしても、メインケーブルを両岸で引き止め定着させるアンカーレイジをその山腹に置けば若戸大橋のように長い取り付け陸橋やループ橋は必要なく、総橋長は短くできる。これは吊り橋・関門橋建設にとって大きなメリットになつた。

関門橋の3万tにも及ぶケーブル張力から生ずる水平力に耐えて動くことのない「アンカー（錨）」が必要だ。その重さを持つ巨大なコンクリートの塊がアンカーレイジ。掘削した岩盤の上にコンクリート塊を打設して造る。約25m掘り下げ、その掘

削土量は約10万m<sup>3</sup>、現れた岩盤の上に打設したコンクリート量は両岸とも5万m<sup>3</sup>以上に及んだ。山腹設置のため出水の心配もなく、工事は順調に進んだ。膨大なコンクリート打設による硬化熱はひび割れの原因になるため、関門国道トンネルの排水を利用して冷やし、コンクリート打設には若戸大橋の経験が生かされた。わが国の渡海橋は西海橋や天草五橋など九州での建設を通じて、橋の要となる両岸の基礎工事の設計、施工技術を飛躍的に伸ばしてきた。天草五橋の1号橋（天門橋、連続トラス橋）では張り出し工法によって支間距離300mを実現したが、ここでも両岸の山地を使って位置取りし、橋の高さを作り架橋している。関門橋の橋台はさらに標高が高い位

置取りが出来、岩盤も良く、吊り橋にとつて有利な地形地質を持つていた。関門海峡、早鞆の瀬戸は吊り橋向きの、格好の自然条件を持つていた、ということが出来る。

## ワイヤー束で渡海

吊り橋の「命綱」であるメインケーブルの架設でも、関門橋では新しい工法がとられた。若戸大橋では素線にねじりを入れたスパイラルロープが使われたが、関門橋とそれ以後、（国内の橋梁では）強さと錆防止などの管理上の有利性を求めて平行ケーブルが使われている。

関門橋のケーブルは直径66.4cm。直径5mmの素線1万4014本を束ねたものだ。素線は91本が正6角形に束ねられ（ストランド）、その束がさらに154本束ねられてケーブルとなる。



関門海峡の歴史を語る紙芝居の熱演

まず、パイロットロープ1本が船上に引かれて海峡を渡った。昭和46年6月16日午前10時、主塔に航行禁止がさられに154本束ねられてケーブルとなる。

関門橋のケーブルは直径66.4cm。直径5mmの素線1万4014本を束ねたものだ。素線は91本が正6角形に束ねられ（ストランド）、その束がさらに154本束ねられてケーブルとなる。

の白と黒の旗が掲げられ、全ての船の航行をストップさせた。タグボートが、丸い浮き子を付けたパイロットロープを下関側から曳航して海峡を横断して行く。門司側に着くと直ちに主塔頂上に持ち上げられ固定された。この間2時間半。計画より1時間半も早い作業完了であった。

空中に張られたパイロットロープを使ってワイヤーが次々と渡海、ケーブルを渡すためのキヤットウォーターと呼ばれる通路が組み立てらばれる狭いこの金網の橋足場になる。



入念なボルト締めが行われた



海の青に溶け込むように自然との色彩の調和が求められた

「関門橋で平行線ケーブルをぜひ

関門橋建設以前は数本の素線ワイヤーを滑車で渡海させたが（エアスピニング・AS工法）、より効率的に、数10本のワイヤーを束ねて渡せる方法（パラレルワイヤー・ストランド・PWS工法）が工夫された。ワイヤーの両端はあらかじめアンカーに取り付けられるソケットにし、作業時間もはるかに短縮された。作業中に風が吹いてもその影響は少なくて済む。わが国で開発され、関門橋で試されたこの平行線ケーブルの新架設工法は、本四架橋でさらに規模を大きくして展開することになった。昭和46年11月26日、最後のケーブルストランドが祝いの「こも酒」と共に海峡を渡つて行った。わずか2か月の作業であった。

## 活かされた「関門の教訓」

メインロープの張り渡し作業で、技術者の記憶に残っているのは、両主塔から垂れ下がるワイヤーの最も低い部分（サゲ）の調整だ。鋼線は温度によって伸び縮みする。温度が安定する深夜作業、正確さを求めて徹夜の作業が10日も続いた。最低部の高さの調整に手間取った。「いい加減に結論を出せ」と現場から技術者に迫る声が大きくなつた、という。吊り橋は大きく長くなればなるほど「温度との闘い」が厳しくなるのである。

この教訓を生かす形で、関門橋に続いた平戸大橋（長崎県）では2輪のスピニングホイールを使つた新A

やつておきたかった。本四は（関門橋に比べて）もっと大きくなるのだから。施工の1年前、試作試験をやり、ねじれを止める方法などあらゆる問題を解決して臨む体制を作つた。試作実験をやつていなかつたら、大変な工事になつただろう」と多くの工事関係者は振り返つている。実際、関門橋での入念な準備と工法の研究は本四架橋で活かされた。

本四架橋・下津井瀬戸大橋を除く本四連絡橋の全てでPWSが採用され、PWS工法で使うワイヤー本数は関門橋で91本だったものが、本四連絡橋では127本まで増え、アンカーレイジの幅の縮小、工期の短縮にも寄与している。

S工法が試され、1本ずつのサグ調整が大幅に省略された。この平戸大橋での実績をもとに改良され、本四連絡橋の下津井瀬戸大橋ではさらに連絡橋の傾きやサグの測定進化した。主塔の傾きやサグの測定など精度の高いデータ処理システムによつて作業が効率化した。これも関門橋の苦い教訓によるものだ。

## 「風」に強い橋に

両岸に主塔が立ち、ケーブルが渡された。いよいよ、車が走る床版、それを支える補剛桁—橋本体の渡海、架橋工事になる。

狭い海峡を渡る吊り橋建設では、潮流に加えて、風という手ごわい敵がある。風は台風が襲来する九州では特に「大敵」である。そのため、吊り橋では風に強い補剛トラス形式が主流となっている。鋼材を組み合わせて作る補剛トラス桁は、補剛箱桁に比べて、橋の重さを支える力が発揮され、振動が生じにくく、強化すべき部分への「補強」がかなり自由にできるのも有利で、風に対しても安定性が高い。関門橋も補剛トラス桁が選択された。これも、台風常襲地帯・九州の渡海橋群の実績を踏まえている。



風に強い橋を造るために、補剛トラス桁が組み立てられてゆく

## 新しい架橋工法

風は、やはり怖い。関門橋のケーブル架設中、台風に襲われた。作業用に造られたキャットウォークが4メートル大きく流され、風圧で橋桁が塔に押し付けられ、傷がつくほどだつた。救つたのはその間に地震用に入れたゴム製の緩衝材で、塔も桁も無傷で済んだ。

工事のためとはいえ、ストップさせることは出来ない。海峡間では架橋のための仮支柱など支持工は勿論、使えない。大型クレーンを使って海上から大ブロックで吊り上げる架設など経済的、効率的な架橋方法も取れない。国際航路の障害とならない架橋方法としては両岸から順次伸ばしてゆく「張り出し方式」しか選択の余地はないことになる。

先行する若戸大橋ではバラ吊り工法がとられたが、この工法だと、桁の溶接作業を現場で行うため、厳しい作業となるし、架設中、強風にあおられると危険だ。関門橋では、桁を受け止めるため、補剛桁に架設ヒンジを取り付ける工法。橋桁が架橋作業中、多少動いても対応できるよう、「蝶番（ちょうつがい）」のような役割をするヒンジを設けて、連結していく。関門橋ではハンガーロープに取り付ける前に、工場で鋼材を溶接して現場に持ち込み、この有ヒンジ遂次剛結工法で架橋していく。この工法は平戸大橋でも採用されている。

風に強い構造だけでなく、風に強い「工事方法」も必要だ。高所の作業中、突風などが吹くと、極めて危険だ。鋼材が、航行中の船に落下するなど絶対に許されない。このヒンジ構造（ピン構造）は作業に手間取

り、それ自身、風に対処するための工夫も必要なため、ヒンジは少ない方が望ましい。それでもつなぎ目のヒンジ部の弱さが、特に長大橋の場合残る。本四架橋では、ヒンジ部の弱点を克服した無ヒンジ遂次剛結法に進化している。

## 景観に溶け込むグリーンゲレー

関門橋は瀬戸内海国立公園の中にある。そのため景観を構造物によつて傷つけるわけにはいかない。吊り橋そのものは緩やかで美しい曲線と橋桁の横直線、縦直線の主塔の組み合わせで構成された魅力ある構造物だが、さらに自然に溶け込む色彩的な調和にも神経を使わなければならぬ。飛行機やヘリコプターの安全飛行のために目立つ赤白のマダラ模様に、との声もあつたが、結局、灰色に緑色を加えたグリーンゲレーが選ばれた。その濃淡も、下関側と門司側から色調の違う中塗りを行つて比較し、下関側に使つた現在の色に決まった。

最後の仕上げは、主塔の塗装。ビルの窓ふきに使われている作業用ゴンドラを使つて油性ペイントが8回も塗り重ねられた。グリーンゲレーの関門橋はその色調によって、関門海峡の景観の中に、穏やかに溶け込んでいる。

下関側の関門橋のたもとの小公園に義経八艘跳びの銅像がある。そばで源平合戦・壇ノ浦の戦いの紙

芝居を見せていた。素朴な絵を繰りながら、合戦の模様は、大きな声を張り上げ、平家の武士や公達の運命は沈んだ声で、扇子を手に身振り手振り訪れた家族連れに、ドラマチックに語り聞かせている。やや平家びいきに聞こえるのも、愛敬か。



青い海を、グリーングレーの関門橋が「ひとまたぎ」する。

合戦語りの間に、頭上で海峡をひとまたぎしている関門橋の解説もある。紙芝居は市民ボランティアの「語り部」活動だという。鹿児島から来たという親子は「潮の速さ、船の多さにびっくりしますが、そこに千年の歴史があり、でつかい関門橋にも物語がある。それを伝える紙芝居と語りによって、歴史が膨らみ、深まりますね」とこぼれるような笑顔を

◇ ◇  
関門橋は、長大渡海吊り橋の架橋技術を様々な面で、飛躍させた。西海橋、天草五橋、若戸大橋など九州の渡海橋建設技術は関門橋をステップとして、本四連絡橋にジャンプ、わが国の橋梁技術を世界レベルに導いた。

憲一氏（当時・関門橋建設所長）が工事誌に残した文章がある。

乙藤氏は「関門橋の建設にあたって、その規模の大きさゆえにいくつかの試みがなされました」として①主塔を下関、門司側でそれぞれ違つた工法を採用した②メインケーブルにPWS工法を使った③補剛トラスに遂次剛結法を採用など架橋工事で、安全性と、作業効率の格段に向上させたことなどを挙げている。

さらに「若戸大橋までに積み重ねられてきた架橋経験と、本四連絡橋などのために蓄積された技術的ポテンシャルを結びつけて」関門橋を完成「ここで貴重な経験を積んだ人材を育て、本四連絡橋に繋げることが出来た」— そう文章を結び、「人と技術と情熱の物語」が込められた関門橋建設を振り返っている。

東日本大震災後の復興が遅々として進まない中で「後藤新平」がクローズアップされている。関東大震災（大正13年）で首都・東京が壊滅的な打撃を受けたとき、内務大臣だった後藤は「帝都復興院」を創設、大規模な道路計画や区画整理など新都市計画のビッグプランを打ち上げ「後藤の大風呂敷」と言われた。

後藤新平が関門橋、関門トンネルの提唱者であることはあまり知られていない。内務大臣兼鉄道院総裁を務めた後藤は、1911年、九州と本州を結ぶ鉄道の敷設が必要だとして、具体案を練るよう指示した。これが

（鉄道省工務局）が設置されたが、昭和恐慌で廃止。

着工できたのは昭和11年9月19日。下り線から

着手、上下線が完成した

のが昭和19年8月8日。

終戦の1年前。シールド

工法で、軟弱土壤や断層

を克服、世界で初めての

海底トンネルとなつた。

後藤の提唱から45年の歳

月が流れていた。現在、在来線、新幹線、国道ト

ンネルが海底を走っている。

## 後藤新平と関門トンネル 世界初の海底トンネル



加藤伴平氏。  
レリーフ。「世界的な視野から  
研究され、出来ぬことない」と決  
定されたが、関門國道所長の初代  
所長が「加藤伴平さんです」（碑文から）

後藤は満州鉄道の初代総裁で積極的な鉄道政策に手腕を發揮した経験があり単なる大風呂敷ではなかった。関門鉄道の提案から4年後、二つの案が提出された。吊り橋案とトンネル案で、事業費はトンネル案が約1300万円、架橋案が約2200万円。トンネル案が圧倒的に有利となり、軍部もトンネル案を支持。架橋案は消えて行つた。だが、トンネル案も難産だった。

## プロジェクト九州

### 第1節

#### ②その苦難の歩みー 軍部の反対でとん挫

##### 関門橋

# 本州と九州を結ぶ最初の計画は民間発想 高速交通時代の象徴、本四架橋の道拓く 軍部の抵抗、米国でも強く



関門橋サービスエリアはドライバー家族の人気スポットだ

本州と九州を結ぶ関門橋は、二つ「架橋」の意味を持っている。一つは言うまでもなく、関門海峡を渡る社会、経済的に重要な社会資本としての架け橋であり、もう一つは、吊り橋技術。先進国・米国に学び、若戸大橋建設から、天草五橋、黒之瀬戸大橋、大島大橋など九州・山口各地の渡海橋建設で積み重ねた、橋梁

技術と経験を関門橋建設に活かし、世界最高水準の本四架橋建設に結びつけた技術の「架け橋」でもあることだ。それは「技術者」という技術と経験の集積体としての人間を育て上げることでもあった。

関門橋は本州と九州、日本列島を繋ぐ重要な橋梁で、待望されながら、実現への道は険しく、最初の構想、計画が立案されて、着工まで約50年間、幾度も提起され、浮かんでは、沈む難産の繰り返し。決して幸運に恵まれて誕生した橋とは言えなかつた。関門橋が本格的な調査に入ったのは昭和41年であり、2年後に着工され、完成は昭和48年11月14日、7年余の歳月がかかっている。

「夢の架け橋ではなく」

関門海峡・早鞆の瀬戸に橋を渡す渡海計画は、夢物語として打ち上げられたものではない。最初の関門橋計画は、大正5年（1916）広井勇博士（当時、東京大学教授）によるカンティレバートラス橋（中央支

間567m）計画だが、この型式ではすでに、英国のフォース鉄道橋（同521m）が四半世紀前の1890年に完成している。技術的に、実現可能な計画であった。

吊り橋としての関門橋建設計画は80年近く前、内務省が昭和12年（1937）に発表した。すでに、巨大な吊り橋はアメリカでは幾つも登場していた。計画の45年以上前の1883年にニューヨークのブルックリン橋が中央径間486mで建設され、20年後の1903年には、地下鉄複線軌道を持つウイリアムズバーゲ橋（同488m）が完成している。道路と鉄道の併用吊り橋はすでに実用段階に入っていたのである。米国の橋梁技術はその後も発展を続け、ジョージワシントン橋（1931年）では中央径間1068mに達し、1280mのゴールデンゲート橋（1837年完成）建設に挑戦して行くなど、吊り橋建設の世界のリーダー的存在だった。

内務省によつて計画された吊



関門橋は本州と九州を結ぶ大動脈

り橋・関門橋の、主塔間の距離は720m（現在の関門橋は712m）。実現すれば、世界レベルの中央径間を持つ橋であつたし、当時の橋梁技術の水準からすれば十分に実現可能なものであつた。しかも海峡両側に山地が迫り、吊り橋に有利な地形もあつた。

主塔も水際に建てられるなど「吊り橋」向きの地形を持っていた。水深が深く潮流の速いこの海峡で、最も困難を予想された水深の深い海中の工事を行う必要がない。两岸に沿つて基礎を築き主塔を建て、アンカーレイジも下関側に火の山に連なる小山、門司側に古城山と両岸に適度な高さを持つ山地があり、高所に置くことが出来たため、総延長は橋の規模に応じて短くてすみ、計画当

時でさえ決して「夢の架け橋」ではなかつたのである。

## 主役は圧倒的に鉄道

しかし、実現への道は遠かつた。明治から大正、昭和初期にかけて約80年間の輸送の主役は圧倒的に「鉄道」である。東海道本線、そして山陽本線が下関に「到着」したのは明治34年5月。日清戦争から日露戦争へ国運をかけ富国強兵に突き進む最中であり、すでに閑門港は朝鮮半島、中国大陸へのゲートウェイとしての役割を果たしていた。下関や北九州の港湾は筑豊炭田、八幡製鐵の操業（1901）など石炭と鉄鋼を結びつけた北九州重工業地帯を後背地として国際的に重要な地位を占めていた。その北部九州への鉄道が下関でストップし、連絡船で閑門海峡を渡る「一旦停車」はどうしても克服しなければならない国家的課題であつたといえよう。

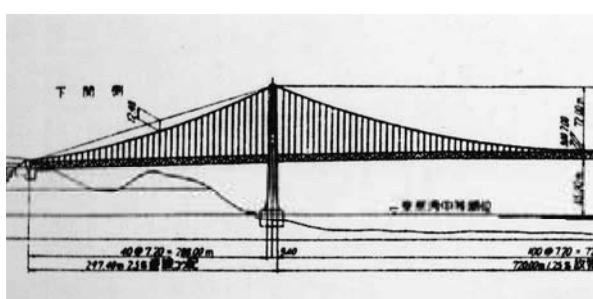
広井博士の閑門橋計画案は、そのような社会的背景の中で発表された。提案された架橋計画は当然、鉄道と道路の併用橋。現在では本四架橋の瀬戸大橋（児島・岡山一坂出・香川）で実現しているが、吊り橋ではなく大重量に耐えるカンティレバー橋（全長約908m、中央径間約567m）。当時、ほぼ同規模のカンティレバートラスの鉄道道路併用橋としてはカナダのケベック橋が建設中で、広井博士が閑門橋計画を

発表した翌年（1917）には完成している。

## 民間からの発案

カンティレバー橋は鋼材をまるで複雑な編み物のように組み上げる。いかにも頑丈に見え、鋼鉄の塊。現在の閑門橋のよう、スマートな吊り橋計画は、民間企業から最初に発表されている。昭和6年（1931）、閑門連絡鉄道（株）による、橋長910m、中央径間580mの吊り橋。

この時代、ニューヨークのマンハッタン島へ渡る吊り橋が次々と架けられ、吊り橋による閑門連絡鉄道案もこうした世界の動きに機敏に反応したもので、手本は地下鉄複々線軌道を持つマンハッタン橋（完成1909年、中央径間448m）と思われる。



内務省の道路橋案

ものがあつた。  
民間のチャレンジ精神に誘発されるように、国が動く。内務省は吊り橋計画の立案に翌昭和7年から取り組み始め、同12年に発表している。

この案は、民間案に比べて、橋長も中央径間も共に140mも長く、規模は大きくなっている。だがこの計画にも、強力な競争相手がいた。トンネル案である。

同様な論議は、米国でもあつた。戦前の閑門橋は軍部の反対で、実現せず、トンネルになつたが、サンフランシスコのゴールデンゲート橋は国防総省の反対を押し切つて実現させた。条件は戦争がばつ発すれば、橋は軍の管理下に置くことだつた。4年4か月かけて、1937年完成（中央支間1280m、当時世界1）。

体としては類似の案と言えた。橋かトンネルか。選択にあたつて、決定力を持つっていたのは軍部であつた。本州と九州を結ぶ輸送の「要（かなめ）」となる閑門海峡を渡る大動脈が、渡海橋では敵の標的になりやすい。爆撃で落橋した場合、日1000隻にも及ぶ船舶の航行がストップしてしまう。橋が落ちて、軍艦が閑門海峡を通行できなくなれば、その軍事的損害は甚大である、という軍部の主張には抗するすべはない、それが時代の現実であった。実際、米軍は閑門鉄道・国道トンネルとともに、執拗に攻撃、建設中の国道トンネルでは工事関係者から犠牲者を出している。

平成25年8月、閑門海峡で、米軍が投下した機雷（約900kg）を發射した。閑門連絡社の案はトンネル案も打ち上げていった。続いて閑門隧道会社がやはりトンネル案（昭和8年）を出し、民間会社の競願となつた。閑門連絡社の案はトンネルの上半分が複線の鉄道で、下部が一般道路、閑門隧道社案は、上が道路で、下が鉄道と逆だったが、全

閑門連絡会社も、後述する閑門隧道会社も経営上の問題があり、橋もトンネルも実現はしなかつたが、民間企業のパイオニア精神と活力を思われ、私企業でも挑戦可能な事業として「閑門事業」の実現性、社会的要請の高まりを感じさせる



閑門トンネルの歩道。海峡を歩いて渡る道



### 人々の夢一閨門橋がついに完成

見、処理された。爆破による水柱が100mも上がった。昭和45年には「しゅんせつ船」が機雷に触れ4人が重軽傷。この海峡には約4500発の機雷が投下されたという。戦後70年もたつても人々をおののかせている。

関門海峡で橋梁案が捨てられ、ト 鉄道優先のトンネル

道路か、鉄道か、の選択では「鉄道優先」であった。当時の大量輸送手段としては圧倒的に鉄道であり、道路はその後塵を拝するほなかつた。車社会の到来にはまだ遠く、道路は砂利道で、戦後、米国調査団が指摘したように「劣悪」のまま放置されていた。

鉄道優先のトンネル

鉄道橋は重量のある列車を走らせるため、自動車専用橋よりはるかに頑丈な橋となる。当然、鋼鉄の固まりのようないヤンチレバートラス橋とならざるを得なかつた。その代表作が英國・フォース鉄道橋（完成1890年）である。5万1000もの鋼材を650万本のリベットでつなぎ、スパン521mの長大橋を実現した。閘門橋でもイランチレーートラス橋の提案もあつたが、当

トンネル案が脚光を浴びるのも、鉄道の  
のも「時代の選択」、鉄道と車に対  
する当時の社会の要請の差であつ  
た。こうして橋梁案は光を浴びるこ  
となく、関門海峡では鉄道トンネル  
が昭和11年10月着工、同17年7月下  
り開業、同19年9月上り開業。敗戦  
約1年前に完成している。1年遅れ  
て着工した国道トンネルが完成した  
のは約14年遅れて昭和33年のことで  
ある。現在の高速道路・関門橋が完  
成するのは昭和48年、さらに15年後  
である。



高くそびえる閑門橋の主塔

### 3本のトンネルと1本の橋

高速道路が吊り橋で開通するといふ政府の見解は、門海峡を渡るといふ政府の見解は、門海峡を渡るといふ政府の見解は、

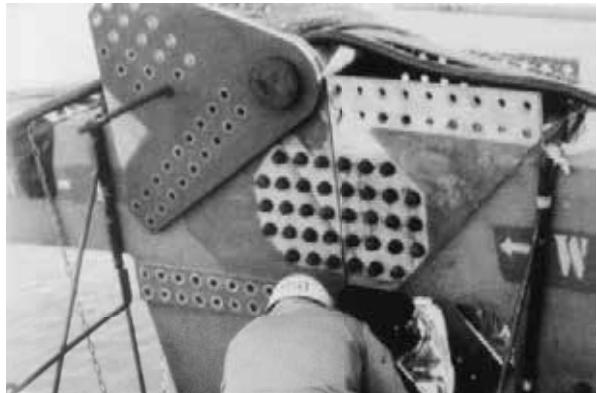
を迎えたのである。現在、関門海峡にはトンネル3本、橋梁1本が建設されている。その唯一の高速道路関門橋が何らかの事情でストップした場合、物流への影響は大きい。しかし、強い要望のある、第二関門架橋はまだ霧の中である。

その閑門橋も完成から40年。1日の交通量は約3万台を超える。重量のある大型トラックも多く、コンクリート床版の傷み、それを支える鋼製桁の錆の発生など、修理の時代に入っている。西日本高速道路（株）九州支社は、平成23年から10か年計画で、全面補修を行っている。

補修の対象となる総塗装面積  
167000<sup>2</sup>m<sup>2</sup>、総鋼重3万tで  
東京タワーの約8倍、ワイヤーの  
総延長は地球の約 $\frac{3}{4}$ に相当する  
32500km、総高力ボルト数70万  
本。気が遠くなる数字である。



関門トンネルの記念碑の向こうに、  
関門橋が渡る。



錆ついたボルトは取り替えられてゆく

関門海峡をひとまたぎして、九州と本州を結ぶ長大吊り橋・関門橋は完成から40年（着工昭和43年6月、完成48年11月）。いま、10年計画「リフレッシュ事業」（総事業費約150億円の予定）が進行中だ。人間でいえば、中高年となり「人間ドック」で、精密検査を受け、劣化した部分を補修・強化してその「健

プロジェクト九州

第1節

### ③100年長寿へ、 リフレッシュ工事

閩門橋

「ボルト」ひとつひとつを入念に点検  
最大の敵は「錆」による老朽化  
新兵器・送気システムで、湿度管理

「康寿命」を、最低100年まで伸ばす  
そういう長寿命化計画である。

「康寿命」を、最低100年まで伸ばそうという長寿命化計画である。

門司側の和布刈神社境内から橋を見上げると、補修作業用の足場が橋の側面に取り付けられ、作業員の白衣ヘルメットが移動するのがわずかに見えるだけで大修理中の印象はない。通常通り、疾走する車が次から次に、海峡を渡つてゆく。

点検補修の現場を見るために花本龍義下関管理事務所改良第二課長に「現場説明」をお願いすることになつた。ヘルメット、腰に命綱を巻いて

エレベーターは主塔のほぼ半分の高さまでゆつくりと登った。円形の出入り口を小さくかがんで出ると、さわやかな潮風が吹いていた。金網の常設作業用通路に踏み出す。慣れないと、ヘルメットがゴツン、ゴツンと橋桁を形作る鋼材に当たる。主塔から橋の全重量を釣り上げているケーブル、車が走る床版を下から支えている補剛桁など橋の主要部分はほとんど鋼材。高さ約9mの補剛桁の中を、歩くのだが、鉄で造られた立体パズルの中を進む小人のような錯覚にとらわれる。

橋の大敵は「錆」

点検補修の最も重要なポイントは、これら、膨大な数にのぼる鋼材が錆びつき、劣化していくいかである。同事務所改良第二課管理員（橋守）の枚野暢亮さんが「あれを見てください」と指差した。鋼材の真ん中に茶色の四角形が小さく見える。「調査の無塗料の試験片を設置しているのです」。茶色なのは、鉄錆だ。数週間、潮風にさらしだけで、こんなに錆びついてしまった。

吊り橋、トラス橋、パイプ橋など  
鉄の橋の共通の敵はなんといつても  
「錆」。吹き付ける潮風や雨水などが  
鉄の表面を酸化させ錆を作る。錆は  
表面から次第に深化して、やがて、  
命取りになりかねない。だから、防  
錆のための塗装が極めて重要な  
る。関門橋の補剛桁は、工場でまず  
亜鉛溶射、亜鉛メタリコンMIO塗  
装を行ったうえ、塩化ゴム塗料が重

はほとんど鋼材。高さ約9mの補剛桁の中を、歩くのだが、鉄で造られた立体パズルの中を進む小人のような錯覚にとらわれる。

山奥に架けられた、「かずら」の吊り橋はゆらゆら二層

はほとんど鋼材。高さ約9mの補剛桁の中を、歩くのだが、鉄で造られた立体パズルの中を進む小人のような錯覚にとらわれる。

山奥に架けられた、「かずら」の吊り橋はゆらゆら二層

山奥に架けられた「かすら」の  
吊り橋はゆらゆらと揺  
れる。ケタ違いの大き  
さの渡海吊り橋でも、  
海上の風による振動が  
します

**ご迷惑をおかけします  
関門橋の補修を行っています**

平成25年7月5日まで  
時間帯 8:00~17:00  
21:00~6:00

#### 補修工事（塗替塗装）

著者 西日本高社

一、二、三、四、五、六、七、八

施工標 欄 A-1 (總) 033-33136

卷之三

[View all posts by admin](#) | [View all posts in category](#)

寿を目指して、補修工事が始

ロッジにエレベーターがあり、5人が肩を寄せ合って乗るのが精いっぱい。関門橋の主塔は133.8mの高さを持つ。ビルでいえば30—35階建てに相当する。福岡・天神の高層ビル群の約2倍の高さ。塔頂には乗馬用の鞍を思わせるサドル（重量約51t）があり、橋の全量を吊るケーブルが「またがつて」いる。

さの渡海吊り橋でも海上の風による振動が生じやすく、揺れやすい。突風や台風など強い風から橋をどう守るかが、重要なポイントになる。このため、模型実験が繰り返され、トラス桁構造が採用さ

ご迷惑をおかけします  
関門橋の補修を行っています

平成25年7月5日まで  
時間帯 8:00~17:00  
21:00~6:00

補修工事（塗替塗装）

発注者 西日本高速道路株式会社  
九州支社下関管理事務所

施工者 横河工事株式会社  
(電話) 083-331-3872

100年長寿を目指して、補修工事が始まった

れた

ね塗りされ、長期間サビを防ぐ工夫がされている。その効果は現在も持続して、ほとんど錆は見られない。しかし、よく見ると、鋼材を継いで繋いで造られている。つなぎ目は高力ボルト70万本。鋼材の端に穴をあけ、ボルトで締めているのだが、そのボルトは1箇所のつなぎ目に、数10個あるが、平均で1個は表面の塗装が割れ、錆ついている。まれに数個が錆びついでいるところもあつた。「これは全部取り替えだね」と九州支社・技術計画課長の内野雅彦さんの声が聞こえた。

### 亜鉛溶射の効果大

鋼材自身の塗装は、工場で入念に行われ、特に表面は「亜鉛溶射」したうえで塗装されているため、完全に「錆をシャットアウト」できているが、桁の端部に腐食が見られ、特にボルトは目立つ。ボルト締めは現場でやらざるを得ない。ミリ単位の水は塗装面の極めて微細な「浸透路」を見つけ出して、錆びつかせている。ボルトを締めた後、現場で塗装作業を行つてはいるが、風が強く、足場の悪さなどから、完璧な塗装が出来ていないボルトもあつたのだろう。特に錆がひどいのは床組桁支承、どれも真っ赤に錆びついている。この支承は自動車が通過することに

型トラックなどが頭上を通過するのだろう、ガタン、ガタンと予想以上の音と搖れが来る。支承には高品質の鋼材を使つてはいるが、40年間も錆を作つてかたまり付き、ほとんどが作動していない。全面的に取り替えことになるだろう、という。



メインケーブルは特に健全度がチェックされる

### ケーブルは健全か

関門橋は若戸大橋に次いで建設された九州最大の吊り橋。それを吊り上げているケーブルは「命綱」である。直径66.4cmものケーブルが

よつて生じる桁の振動をソフトに受け止め、吸収するため縦横に動き、橋全体への衝撃を和らげている。大型トラックなどが頭上を通過するのないように死者を出している。

この太いケーブルは1万4014本もの素線（直径5mm）が束ね合わされて出来ている。ケーブルは錆びないように、厳重に保護されている。まず素線は溶融亜鉛メッキ槽を通して1本1本が塗装され、さらに、ケーブル表面は直径4mmの亜鉛メッキワイヤー（ラッピングワイヤー）が隙間なくびつしりと巻きつけられ、防錆措置が施されている。その束の表面には、それでも表面に赤と白色錆が見られるが、内部まで達してはないようだ。

しかし、長期間、内部の湿度が高いと腐食を招く。ケーブルを門司、下関の両側で引き止めるアンカーレイジ（橋台）のケーブル定着部は防湿テントで囲み、しっかりと湿度管理が行われている。そこから、主塔の頂部へケーブルは引き上げられ、橋の中央部まで下がり、再び対岸の主塔へと登っている。

ケーブルから橋を吊り下げるハンガーロープが縦糸のように降ろされている。取り付け部分であるケーブルバンド部を取り外して、内部のケーブルの健全度を調べることになる。ケーブルバンドの下はラッピングワイヤーが巻きつけられていないため、ケーブルバンドを取り外す現場に向かった。

### 本州と九州の大動脈の中央で

狭い作業通路を、鐵柵を握りながら歩く。橋の真ん中が、ケーブルの最も低い場所となる。ここでのケーブルバンドを取り外して、ケーブル内部を点検するのだ。

橋の中央部からの見晴しは素晴らしい。門司レトロと高層マンション、下関の唐戸魚市場や水族館など両岸の風景が一望できる。足の下は海。ひつきりなしに、大小の船が行きかう国際航路だ。戦前、軍部が「架橋」に反対して、トンネル建設が先行した。確かに、この橋が敵軍によつて爆撃、破壊されて落橋すると、全ての船の航行は止まってしまう。また本州と九州を結ぶ大動脈も断ち切ら



ボルトひとつひとつを点検してゆく

れる。その意味では関門橋の存在は平和のシンボルと言えるのかもしれない。

高所の危険な作業となる点検・補修作業といえども、「高速道路」の通行を一切、止めないで行わなければならぬ。九州と本州を結ぶ経済社会的な大動脈であり、人と物の流れを止めるわけにはいかない。それほど気を使つて作業を進めている西日本高速道路（株）下関管理事務所の頭を悩ませていることがある。関門海峡を挟んで催される8月の「花火大会」の見物のため「橋の上に車を止めて見物を決め込む」不心得者がいる。両岸の花火を楽しむ絶好の場所というわけだが、危険なこと極まりない。そのため開催時には1車線を交通止め規制を行なわざるを得ないのだという。

## 発想の転換、送気システム

橋のほぼ中央部の最もケーブルが低くなる位置に着いた。ケーブルに架けられたケーブルバンドを外して、ケーブル内部の点検を行う準備作業が行われていた。一つのバンドを外すため、その両側に代替仮バンドを取り付けたうえで、ケーブルバンド・ハンガーロープを取り外す作業となる。

橋を吊り下げる、ハンガーロープも腐食防止のため、塗装されているが、建設当時、その塗装作業が話題になつた。ロープ1本ごとに



潮風に錆は赤く増殖してゆく

傷み激しい橋台のコンクリート

傷みは、「鋼」の部分だけではない。コンクリート部分にも生じている。最も厳しいのは、両側でメインケーブルを定着させているアンカーレイジの上を通つてコンクリート路面。舗装部分には割れ目や小さい穴があり、床版の内部にも、割れ目や、鉄筋の腐食が見られる。

調べると、コンクリート特有の中性化の深さも深く（橋台下面）、塩化物イオン量は限界腐食濃度（ $1 \text{ mg/m}^2$ ）当たり $1 \cdot 20 \text{ kg}$ ）を上、下面とも大きく超えている。これらが劣化の一因となつていると見られている。

関門橋の建設は高度経済成長の最中に行われ、それまで使われていた川砂が枯渇し、海砂を使わざるを得なかつたことも、一因かもしれない。表面のコンクリートが剥げ落ち、赤く錆びた鉄筋がむき出しになつているところが幾つも見られる。「関門地区では天然砂利および川砂の入手は困難なので碎石および海砂を使用し、砂の含塩分量を $0 \cdot 01\%$ 以下と規定した」（工事誌）と述べてはいるのだが。

関門橋だけではない。高度成長期に造られたトンネルなどには海砂が使われ、新幹線トンネルのコンク

作業者が吊り下げられた電動椅子に座り、上下して塗装を行つた光景が、まるでサーカスの演技を見ているようだつたからだ。それほど人力を使って塗装を行う作業は、危険で、難事である。橋にとって必ず塗り替え作業は必要だから、吊り橋の維持管理には労力と費用がかかる。

ケーブルを腐食から守るためには、様々な腐食防止策が考えられるが、今回の「リフレッシュ工事」では、「塗装で守る」発想を転換、ケーブル内部に乾燥空気を送り込んで腐食を避ける送気システムの取り付けが検討された。「除湿のための最初の送気システムは、本四架橋で採用されました」と花本課長。本四架橋ではケーブルに $200 \text{ m}$ ごとに1箇所が適度であるといふ。ケーブルバ

ンドを取り外し、内部を点検補修するのではなく、今後は湿度管理による防食で、維持管理を完全にしようとしているのだ。

傷みは、「鋼」の部分だけではない。コンクリート部分にも生じている。最も厳しいのは、両側でメインケーブルを定着させているアンカーレイジの上を通つてコンクリート路面。舗装部分には割れ目や小さな穴があり、床版の内部にも、割れ目や、鉄筋の腐食が見られる。

調べると、コンクリート特有の中性化の深さも深く（橋台下面）、塩化物イオン量は限界腐食濃度（ $1 \text{ mg/m}^2$ ）当たり $1 \cdot 20 \text{ kg}$ ）を上、下面とも大きく超えている。これらが劣化の一因となつていると見られている。

関門橋の建設は高度経済成長の最中に行われ、それまで使われていた川砂が枯渇し、海砂を使わざるを得なかつたことも、一因かもしれない。表面のコンクリートが剥げ落ち、赤く錆びた鉄筋がむき出しになつているところが幾つも見られる。「関門地区では天然砂利および川砂の入手は困難なので碎石および海砂を使用し、砂の含塩分量を $0 \cdot 01\%$ 以下と規定した」（工事誌）と述べてはいるのだが。



入念な塗装が橋の長寿の秘訣

## 補修の時代の手本に

大掛かりな補修工事が、関門橋40歳を機に始まつた。主塔や補剛桁の

リート剥落事故も、海砂の使用が原因と指摘する研究者もいる。コンクリートの傷みが進んでいることは分かつていながら、建設から40年、橋台部分の補修工事がなかなか出来なかつたのは、両岸にあるパーキングエリアへの取り付け道路とI.C.への取り付け道路への分岐を、橋台天井部で行つて構造のため、交通規制なしでは本線工事が実施しにくく、今日に至つてしまつた。今回のリフレッシュ工事では、このコンクリート補修にも取り組む。

1980年代、米国各地の約50年前に建設された橋梁や高速道路に、大きな穴が開いたり、錆びついたりして、危機的状況になり、「荒廃するアメリカ」と呼ばれた。財政難を理由に、補修工事を怠ったためだ。現在の日本の状況とよく似ている。

塗り替えには今後、高耐久性の塗装方法が検討され、ケーブル防食には送気システムの採用、床組ジョイント部の連続化など、長寿命化への画期的な技術が動員されることになりそうだ。

現在では、新しく建設される橋梁やトンネルなどは、将来の維持管理を考慮に入れて建設されている。関門橋建設当時の長寿命化への視点や手立てについて、どのような評価をしているのだろうか、あえて採点を求めた。「当然のことながら、経年劣化は免れないが、全体として、予想以上に傷みは少ない。80点以上は差し上げられる」(秋野管理員)と補修現場の技術者は高い得点を与えていた。



関門橋のケーブル断面



細部にわたる点検が行われる

レーガン政権はあわてて、増税して膨大な予算をつぎ込み、社会資本の維持を行った。補修は遅れば遅れるほど、費用は膨らむ。関門橋だけでなく、日本の長大橋は本格的な補修の時代に入った。現在ある渡海・長大橋は高度成長期にほとんど建設されている。関門橋は若戸大橋と並んで、その先駆け的な長大吊橋の位置にある。「荒廃しない日本」のため、今回の関門橋「リフレッシュ事業」は今後続くであろう各地の長大橋はじめ社会資本の補修についての「先駆け」となるだろう。

どんな強者にも、弱点があるのはギリシャ神話のアキレスが物語っている。車3台をつりさげるケーブルの素線は、直径わずか5mmのワイヤーだが、錆が来ると、ケーブルと切れる。吊り橋の命綱であるケーブルはなんとしてでも錆から守らなければならぬ。しかし、海峡などに架けられる大型の吊り橋は潮風、それも台風など雨水と強い強風にさらされる。そのため、何重もの錆止めがなされている。まず、素線は一本一本、亜鉛メッキされ、束とされ、ケーブルになつたところで、隙間にペーストが塗られ、さらにラッピングワイヤーが巻かれ、塗装が重ねられている。

先輩の若戸大橋も、関門橋も幾重もの「防衛策」が講じられているが、万全ではない。雨水はそのような厳重な防御も破つて侵入、錆をつくるのだ。一旦侵入した水は、逆に、外に出にくく。このため本四架橋の明石海峡大橋などでは、発想を転換した防衛策がとられた。素線のワイヤーは湿度60%以下の環境では、錆びないことから、ケーブル内に乾燥した空気を常時送り込んでゆく「ケーブル送風システム」が開発された。ケーブルは素線ワイヤーを東ねたものが、そのワイヤーとワイヤー

## ケーブルを守る新兵器 「乾燥空気」を送り込むシステム採用



メインケーブルには、新兵器が備えられる

ヤーの間の隙間に乾燥空気を送り込んでゆくシステムで、補剛桁に送風装置を据え付け、ケーブルを取り付けられた送風カバーまで送風管を通して乾燥空気を送り込む。その乾燥した空気がケーブルの中に流れ、内部を常に乾燥させようというものだ。乾燥空気でケーブルを守る方法はすでにアンカーレイジの固定されたケーブルを錆から守るために使われているが、これをケーブルも応用したわけだ。吊り橋の維持管理は定期的に、塗装の塗り替えを行つて「長寿命化」をはかつていているが、費用は膨大になる。とくにケーブルの錆はなつてしまつて、「命取り」になるため、防止策は最重要課題で、関門橋も今回の大補修計画の中で、この乾燥空気送風システムの導入を検討している。

## 第1節

④インタビュー  
「補修検討委座長の  
日野伸一氏」

関門橋



日野 伸一 氏

(ひの しんいち) プロフィール

九州大学大学院工学研究院教授、副学長

昭和27年6月26日生まれ昭和55年九州大学大学院（土木工学専攻）博士課程、同大工学部助手、昭和58年山口大学講師から助教授、昭和61年九州大学工学部助教授、同大工学部助教授、平成21年同研究員長・工学府長・工学部長を兼任、平成24年副学長。構造工学委員会委員長、国交省九州地方整備局事業評価監視委員会委員長ほか。

——高速道路の関門橋は九州と本州を結ぶ大動脈ですが、建設着工から50年、完成・供用から40年の歳月を経ています。関門橋大規模補修検討会の委員長として現在、その健全度をどのように評価されていますか。

**日野教授** 工事着工は昭和43年（1968）、昭和48年（1973）に供用を始めています。海峡を渡る

橋として潮風、降雨などの厳しい自然環境による「経年劣化」や1日約3万台に及ぶ交通量、通過車両の大型化などによつて、疲労損傷が表面化しており、大規模な補修が必要な時期に来ています。今後、10年をかけたりフレッシュ事業になります。そのため委員会を含めてNEXCO西日本高速（株）でさまざまな検討がなされています。

——具体的には、どのような所に「痛み」が出ているのですか。

**日野教授** 一番大きい損傷は、橋台（アンカーレイジ）部分のコンクリート床版です。舗装面にはひび割れ（クラック）や穴（ポットホール）が出来、そのたびに修繕はされているのですが、大きな補修が必要になると考えています。そのほか補剛桁（トラス）、支承（床組縦桁部）に錆や亀裂が見られます。

——吊り橋の場合、橋桁、ケーブルなど主に鋼材で出来ていますから、その錆が大敵ですね。まず、補剛桁の雨水にさらされている部分に錆が来ているというお話ですが、現状はどのようなのか、その補修方法について。

**日野教授** 鋼材で造る吊り橋にとって「錆」は宿命のようです。これまでの点検調査では補剛桁の鋼材の錆止めは非常な工夫がされています。素晴らしいのは鋼材表面を亜鉛溶射（吹付け）して、その上に塗装を3重に行っていますから。全体としては、いい工法がとられていると思います。

この方法は最近完成した福岡都市高速5号線に本格的に使つたものであります。ただ桁の端の部分が雨水にさらされ腐食がかなり出ています。これまで完成から3、4度の塗り替え作業を行つていますので、健全性は確保されている。ただ、一部区間ですがPCBを含んだ塗料が使われていたことが分かつていますので、これを取り除いて塗り直します。現在最新の塗料をどのような組み合わせで行うか、最適な塗装方法を検討中です。塗装は費用が掛かりますから「100年仕様」を目指して、（防錆についての）調査、検討、実験を進めているところです。

——吊り橋の場合、橋桁、ケーブルなどが主に鋼材で出来ていますから、その錆が大敵ですね。まず、補剛桁の雨水にさらされている部分に錆が来ているというお話ですが、現状はどうなのか、その補修方法について。

**日野教授** メインケーブルの腐食状況を確認するため、被覆をはがして行う調査に近く入りますが、現状の塗装の塗膜は全体として良好と判断しています。ただ、これまでの調査で、塔の頂上部分などで素線に腐食が見られています。

なんか。

——若戸大橋ではメインケーブルにねじりの入った（スパイラル）ロープが使われ、関門橋では平行線（パラレル）ストランドが使われていますが、防錆の状況に差が生じていますか。

**日野教授** 若戸大橋はハンガーロープをかけるバンド部分を外して調べます。ただ桁の端の部分が雨水にさらされ腐食がかなり出ています。これまで完成から3、4度の塗り替え作業を行つていますので、健全性は確保されています。ただ、一部区間ですがPCBを含んだ塗料が使われていたことが分かつていますので、これを取り除いて塗り直します。現在最新の塗料をどのような組み合わせで行うか、最適な塗装方法を検討中です。塗装は費用が掛かりますから「100年仕様」を目指して、（防錆についての）調査、検討、実験を進めているところです。



痛みが激しい橋台部分のコンクリート床版。



入念な塗装がされていてもサビは忍び込んでくる

ていますが、内部のストランドが破断している部分が発見されています。一般的に、若戸大橋のようなねじりの入ったストランドケーブルは強度や弾性度がやや低いことが分かっています。関門橋ではこれから詳細な調査を行いますが、破断はない予想しています。

——メインケーブルの腐食を防ぐための対策はどのように考えていますか。

日野教授 一番重要なのはアンカーレイジで定着させているケーブルが腐食することです。ここでは湿度が90—95%もあるため、現在、防湿テントで覆い、乾燥した風を送り込み、湿度を50%以下まで下げています。

——「100年仕様の大規模補修を行う」ということですが、その具体的な内容は。

日野教授 関門橋は本州と九州を結ぶ大動脈です。これが通行不能になつたとすれば九州は社会、経済的に大打撃を受けます。マヒ状態になるでしょう。絶対、この橋の健康は保たなければなりません。ですから、今後、10年かけての大規模補修は極めて重要だと考えています。その柱は、これまでお話ししてきましたように①メインケーブルの腐食防止②補剛桁と主塔の塗り替え③床組支承の取り換え④橋台部コンクリート床版の補修⑤床組ジョイント部の連続化の検討一となります。

また、関門トンネルも高齢化しており、東日本大震災規模の災害を想定すれば、現在の関門橋に加えて第2関門橋など「道路ネットワークのリダンダンシー」確保のため検討が必要だと考えています。



サビとの戦いは世界共通。  
ブルックリン橋の補修も進む

本。

——【関門橋の諸数値】

▼ワイヤ本数（ケーブル1本）	14014本
ト量15万m <sup>3</sup>	▼総セメント量3万9000t
▼総鋼重3万t	▼ハンガーロープ径53mm
ト量3万9000t	▼総コンクリート量70万本

また、メインケーブルについては、本四架橋で行われた「送風装置」を取り付け、除湿する方法を取ることを提案しています。そのほか電気防食などの対策も検討することにしています。また先にお話したように床組部の支承が腐食して動かなくなっていますので、錆びない「B P B 支承」（鋼製支承）に取り換えます。

日野教授 若戸大橋は、何と言つてもわが国の長大吊り橋の最初の誕生です。アメリカをはじめ海外の吊り橋技術を学び、風洞実験を行いながら日本の技術で作り上げた記念すべき吊り橋です。関門橋はその技術を受け継ぎながら、現在、世界に誇る本四架橋建設に向けて様々な設計、施工技術を試し、改良、改善して行きました。主塔の断面を3セル（区分）構造にして強化したり、ケーブルのプレハブストランド工法、高力ボルト、溶接・接合、補剛桁の架橋工法（逐次剛結工法）の採用など挑戦的な仕事です。特に、吊り橋の軽量化のためにコンクリートと鋼材の合成床版（IBグレーング床版）を採用しています。しかもコン

クリートの骨材に人工軽量骨材を使うなど非常に新しい工法で、これが40年前に使われ、そして今も健在だとは驚きます。

それらをさらにグレードアップしたのが本四架橋と言えるでしょう。実際、本四架橋と関門橋の建設の流れを振り返ってみると、昭和36年に土木学会本四連絡橋技術調査委員会が設置され、関門橋は昭和43年着工ですから、本四架橋に向けて検討されていた技術、工法が関門橋で様々に試されたとみることができます。その意味で、関門橋は若戸大橋と並んで、世界レベルに達した日本の長大吊り橋の「元祖的存在」であり「象徴的存在」です。長く、その健全性を守り続けなければならぬと考えています。

——「100年仕様の大規模補修を行う」ということですが、その具体的な内容は。

日野教授 「100年仕様の大規模補修を行う」ということですが、その具体的な内容は。

日野教授 関門橋は、何と言つてもわが国の長大吊り橋の最初の誕生です。アメリカをはじめ海外の吊り橋技術を学び、風洞実験を行いながら日本の技術で作り上げた記念すべき吊り橋です。関門橋はその技術を受け継ぎながら、現在、世界に誇る本四架橋建設に向けて様々な設計、施工技術を試し、改良、改善して行きました。主塔の断面を3セル（区分）構造にして強化したり、ケーブルのプレハブストランド工法、高力ボルト、溶接・接合、補剛桁の架橋工法（逐次剛結工法）の採用など挑戦的な仕事です。特に、吊り橋の軽量化のためにコンクリートと鋼材の合成床版（IBグレーング床版）を採用しています。しかもコン



紫雲丸の沈没を伝える新聞（昭和30年4月）



瀬戸大橋の櫃石島橋と岩里島橋 斜張橋

吊り橋では、メインケーブルが道  
國鉄宇高連絡船に代わる渡海橋で  
ある以上、道路と鉄道が併用する橋  
となる（道路鉄道併用吊り橋）。道  
路は山陽自動車道と高松縦貫道を結  
び、鉄道は宇野線と予讃線を結ぶ新  
幹線仕様。倉敷と高松間の時間距離  
は一気に縮まった。瀬戸大橋は、定期的  
に「ゴウゴウ」と音をたてる。  
見上げると、列車が道路橋の下にあ  
る鉄道橋を走るのである。見るから  
に頑丈な鋼材でトラス構造の橋桁が  
作られている。

瀬戸大橋には悲しい思い出がある。昭和30年（1955）5月、国鉄宇高連絡船「紫雲丸」が第3宇高丸と濃霧のため衝突、沈没して修学旅行生168人が死亡した。この事故をきっかけに四国4県と岡山、兵庫、広島の3県を中心に「架橋運動」が起きた。運動の高まりを受けて、昭和45年（1970）に本州四国連絡

橋公団が設立され、本四架橋の実現に向けて具体的な動きが始まった。中国地方と四国を結ぶ架橋は③ルートが構想された。西から①尾道—今治②倉敷—坂出③神戸・明石—鳴門で、準備の出来た橋から順次、建設されることになった。トップは尾道ルートの大鳴門橋、次いで神戸ルートの因島大橋、そして倉敷ルートの

瀬戸大橋が着工された。難工事と言われた大鳴門橋と瀬戸大橋は同時並行的に工事が進んだのである。

### 主塔の高さは「力の源泉」

瀬戸大橋は岡山県・倉敷（児島）から香川県の坂出・高松を結ぶ島伝いの6つの橋梁群である。全長9368m、約10km。そのうち瀬戸大橋と名付けられた橋が3つ。それぞれ倉敷側から「下津井」「北備讃」「南備讃」の冠が付けられた。



高速道路の下を鉄道が走る併用橋・瀬戸大橋

## プロジェクト九州

### 第2節

#### ①瀬戸大橋一大重量に耐える基礎工事 本四連絡橋

## 「悲しい記憶」が架橋実現へ 世界一の鉄道併用橋の建設 道路と鉄道を背負う渡海・長大橋

路と鉄道が走る重い橋桁を吊り上げる。釣り上げる力は主塔が高いほど力を増す。坂出側から橋を渡り始めると、約3kmの「番の州高架橋」を過ぎ、南備讃瀬戸大橋に入ると、目の前に高いタワーが迫ってくる。高さ194m。東京・霞が関ビル（高さ147m）より50m近く高い。橋のたもとの瀬戸大橋記念公園から見ると、高架橋を支える厚いコンクリートの支柱がまるですさまを並べたように重なって、異様なほどの密度で立っている。それだけの重量を支えているのだ。海上に目を移すと一軒、主塔2本で広い海峡をひとまたぎしている。「二つの主塔間は1100m（支間距離）で小島ほどの大アーチアンカレイジ（75m×59m。高さ131m）から、主塔へケーブ

ルがほぼ直線で上り、頂上から大きくゆるやかな曲線を描いて橋の重量を釣り上げている。その力は直径1.06mのメインケーブルの「強さ」と支柱となる主塔の200mにも及ぶ「高さ」がもたらしているのだ。

## 2・5mもたわむ橋

鉄道吊り橋の歴史は古い。その第1号、大瀑布で知られる米国のナイアガラに架けられた吊り橋は1855年完成だから、160年近く前の建設だ。ただし、列車は時速5kmでしか走れなかつた。人間の歩行速度で、ソロソロと進んだのには訳がある。当時は蒸気機関車だったから、動輪によって上下方向に振動が加えられ、それがさらに共振を呼ぶ恐れがあつたためだ。

最新技術を駆使した最も大きい南備讃瀬戸大橋（1723m）でも列車の重さがかかると最大で2.5mもの「たわみ」が生ずる。橋がそれだけ沈み込むのだ。瀬戸大橋一吊り橋にとって、それほど道路・鉄道併



南備讃瀬戸大橋の大きなアンカーレイジ

用の負担は重い。  
鉄の桁は温度差によつて伸び縮みする。南備讃瀬戸大橋は支間距離が1100mだから桁端部ではその伸縮量は120cmとなる。このままで列車は脱線してしまう。このため「緩衝桁」が開発され取り付けられた。その耐久性実験は新幹線博多車両基地で行われている。

## 重要な地盤調査

橋の重量を支えるだけではない。スパンが1000mを超えるとなると、それにも耐え得る頑丈な基礎が必要になる。重要なのは地盤である。阪神淡路大震災では活断層が動き、大きな被害を出した。さらに、四国沖の南海トラフによる大地震も想定されている。瀬戸大橋をはじめ、明石海峡大橋、鳴門大橋など本四架橋群が建設されるそれぞれの地盤の調査は極めて重要になる。地盤は花崗岩で、その表面は風化が激しいものであった。

地盤調査はどのように行うのか。地盤調査の先輩は「ダム」である。ダムは貯水の水圧を、分厚い「えん堤」で受けとめる重力式ダム。同様に、アーチ型のえん堤で受け止め、水の力を両岸に造られた構造物と地盤で支えるアーチ型ダム。いずれもダムのえん堤とその地盤が「不動」であることが絶対条件である、橋梁についても橋台、橋脚を乗せる地盤が「不動」かどうか、脆弱になつて

はいなか、地盤調査が充分に行われなければならない。ダム建設で長年月かけて開発された調査技術が、橋梁のための調査に応用できなか。

橋とダムとでは調査する項目が大きく違う。

瀬戸大橋では新たに開発した「吊り橋用岩盤調査法」を実施することになった。ダムの岩盤調査では、地滑りや割れ目などによる漏水にもつぱら関心が向けられるが、瀬戸大橋

のような大型の吊り橋の場合、橋の基礎を支える地盤の力や変化、橋を釣り上げるケーブルに対する地盤の支持力をより的確に把握したい。さらにダムの調査では肉眼で確かめられるが、橋梁の場合は海中調査が中心となり、時に潜水艇が使われるが、

直接、目視で調べるわけにはいかない。

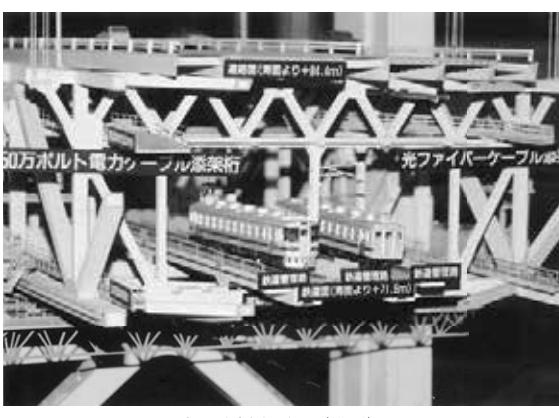
## 早い潮流で調査難航

本四架橋の地盤調査では特別の調査方法が必要だつた。海中に基礎、橋脚を造るための調査と工事は天草五橋（熊本県）で小規模ながら行われていたが、それをはるかに超える規模の橋梁を支える地盤が必要なのだ。

昭和35年、瀬戸大橋の地盤調査は海峡部の音波調査から始まり、潜水艇を使って海底を肉眼で観察し、さらにボーリング調査が行われた。水深50mの、しかも速い潮流の中でのボーリング調査は困難を極めた。黒之瀬戸大橋（鹿児島県）で最大9ノットの潮流の中で行われた海底地盤調



大重量に耐えるため橋脚がびっしりと建てられた



瀬戸大橋大断面（模型）

査の経験が役立ったのは言うまでもない。

瀬戸大橋の地盤は、堅い花崗岩が中心だが、一様ではない。中には弱い岩層部分があつたり、割れ目が生じているものもある。そうした変化を知るには、数多くのサンプリングが必要になるが、膨大な費用がかかる。そこで花崗岩の風化の程度による変化、特性によつて岩区分していく。実際に岩盤掘削作業に入ると花崗岩の風化は予想以上のものがあり、巨大なケーラン（59m × 79m）を据え付けるため、岩盤を平坦にするのは極めて難しい工事となつた。海底に据えられる鉄構は若戸大橋の経験が生かされた。



児島一坂出ルートの起工式

## 地盤掘削の難工事



瀬戸大橋が連結される瞬間

通常、掘削は「発破」で行うが、それによつて生じる振動や水中圧力波が魚類に悪影響を与えることを漁民は恐れる。彼らを説得できる工法が必要だ。天草五橋の場合も、海中発破は極めて制限された中で行われた。瀬戸大橋の場合ははるかに大きい規模で、しかも大水深という経験のない工事となる。

大水深で使用できる爆薬の開発、爆薬を詰めるための穴をあける穿孔機械を作成し、遠距離から起爆できる工法を編み出さなければならぬ。しかも、漁業に影響があつてはならない。こうした難問を一つ一つ、糸をほぐすように解決し、漁民の立ち合いで爆破実験を行い、納得を得ることが必要だった。

坂出側に最も近い橋脚（7A）建設には発破掘削に43か月、底面仕上

## 凍結、濃霧に襲われて

設置ケーランが使われたのは「南北備讃瀬戸大橋」での六か所である。そのうち二重壁の鋼ケーランは水深

30—50mの3か所。いずれも27m×59m、1か所当たりの注入モルタル量は約2万3000m<sup>3</sup>という膨大な量であった。例えば、7A基礎工事の中でケーラン据え付けに1か月、骨材、モルタル注入に7か月かかっている。

瀬戸大橋記念館には、一人の技師

の銅像が飾られている。杉田秀夫氏。本四公団の調査、工事事務所長を務め、昭和57年までの10年間、この架橋事業に全身全霊をかけた人物だ。

杉田氏はこのケーラン工事の重要さから、水深50mの潜函工事の現場に

300回ももぐり続けたという。

深い海の底での作業は潜水病の危険にさらされ、また体力も必要だ。50歳を過ぎた杉田技師は毎日、13km

を自転車通勤して、体力をつけたと

いう。銅像の横には岩盤スケッチ図が掲げてある。杉田氏が計35回、延べ75時間の潜水調査で仕上げた。

最初のコンクリート注入は昭和56年2月27日。温暖な瀬戸内海地方としては、異常な、凍りつくような寒さの日であった。大量のコンクリート連続注入で水和発熱を抑え、流动性を確保するためには、低温が望ましいための日程設定だった。が、モルタル注入の前作業として水通し運転を行つたところ、輸送管が凍りついてしまった。異常寒波で、気温がマイナス5度まで低下したのが原因だつた。

あわてて、お湯を沸かし熱湯で解凍したが注入時間が10時間も遅れ



ケーン建設のため  
海にもぐり続けた杉田氏

ニューヨーク、ジョンF・ケネディ空港からマンハッタンに向かう車が、ケネディ大統領の弟ロバートの名がつけられた、大型吊り橋ロバートF・ケネディ橋（1963年完成、全長1569.7m）でイーストリバーを渡り始めると、並行して架けられている鉄道橋（ヘルゲート橋）をゆっくり走る長い貨物列車を追い抜いて行く。1916年完成した全長5181.6mのアーチを持つ長大トラス橋で、両岸の主塔がまるで巨大な門をイメージさせるところから「地獄門」などといふ恐ろしげな名前が付けられたのだろうか。長い貨物列車もなんだか恐る恐る渡っているように見える。

米国は重い列車を走らせることの出来る「鉄の強い橋」づくりに成功と失敗を繰り返してきた。主力輸送機関だった鉄道を「大陸横断」させるには、最大の大河・ミシシピ川を最初に渡った鉄道橋エドブリッジ（A E D S）が、瀬戸大橋は着工（昭和53年10月10日）から約10年、昭和63年4月10日に開通した。

吊り橋3本、斜張橋2本、トラス橋1本、瀬戸大橋は着工（昭和53年10月10日）から約10年、昭和63年4月10日に開通した。

作業も「自然」に振り回され続け、7A基礎工事だけで6年の歳月を費やした難工事であった。

ケーンへのコンクリート注入は20年間にわたる技術開発によって施工技術が確立されたが、その陰には杉田氏の「並外れた執念と献身的な努力があつた」（吉田巌著「日本の吊り橋基礎の50年」）。最後のコンクリート打設では携わった人々が骨材の小石にそれぞれの名前を書いて投げ入れたという。

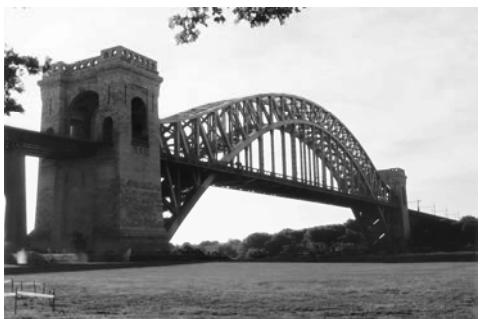


## 鉄道橋の風景

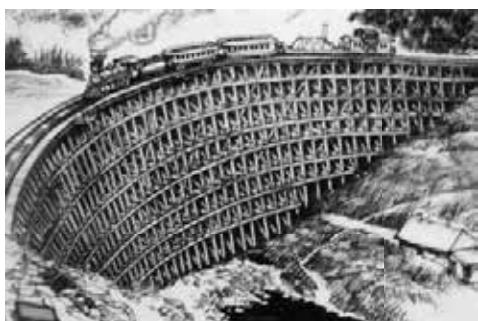
ジョンは開発した鋼製のメインケーブルに加えて、大重量に耐える「補剛桁」にも取り組んだ。400tもの列車が橋を渡ると、橋は大きくたわむ。しかも、列車の走行に従って「たわみ」は移動していく。細い、山の吊り橋を渡るとき、人の体重で吊り橋は沈む。そのたわみは歩を進めるたびに移動してゆらゆらと揺れる。そんな

橋建設に先だつこと10年、その頑丈さのデモンストレーション橋建設に先だつこと10年、その頑丈さのデモンストレーションのため、ゾウ21頭を渡らせたというエピソードが残つてゐる。鉄道橋はイギリスが先行、

幾度もの落橋を経験しながら、有名なフォース橋を完成させた。



米国の鉄道橋—ヘルゲート橋  
(ニューヨーク)



川を鉄道列車が渡るのは昔から大きな夢だった  
(米国の絵本から)

スリリングな体験をされた方は多いだろう。このたわみを最小限に抑え、軽くするため、ケーブルへの負荷を出来るだけ橋で、ブルックリントン橋建設に先だつたというエピソードが残つてゐる。鉄道橋はカナダ・トロントとニューヨークをむすぶ「縦断鉄道」を完成させたのである。但し、列車は時速5km、「恐る恐る」橋を渡つて行った。

こうして、ナイアガラ橋で、ブルックリン橋建設に当たつたジョン・ローブリンが指揮。川幅約250m、深さ60mを渡れる鉄道橋は吊り橋しかないと言宣言しての架橋であった。

ジョンは開発した鋼製のメインケーブルに加えて、大重量に耐える「補剛桁」にも取り組んだ。400tもの列車が橋を渡ると、橋は大きくたわむ。しかも、列車の走行に従つて「たわみ」は移動していく。細い、山の吊り橋を渡るとき、人の体重で吊り橋は沈む。そのたわみは歩を進めるたびに移動してゆらゆらと揺れる。そんな

## 第2節

### ②大鳴門橋一渦潮と橋づくりの苦闘

#### 本四連絡橋

## 「渦潮」に影響させない橋台、橋脚 多柱基礎で潮流を変化させず 「ゆるぎない基礎づくり」への努力



大鳴門橋の上から見た渦潮。観光船が近づいてゆく

淡路島と四国を結ぶ大鳴門橋は、「渦潮」で有名な鳴門海峡をまたぐ。瀬戸内海と太平洋との潮の満ち干によって生まれる、10ノットにも及ぶ激しい潮の流れは、直径15mもの大きな渦を造り、白く波立つ。波高は10mともなる、という。

大鳴門橋の上から「渦潮」を見るため、遊歩道（約450m、徳島県



鳴門海峡の激しい潮流と大鳴門橋

立渦の道）が設けられ、大勢の観光客が回廊の下の、ところどころに開けられた窓から見える海流の速さに驚きながら歩いていく。渦潮を真下に見る地点では、白くしぶきをあげながら回転する幾つもの渦潮に「すごい！」と感嘆の声が上がる。見ると、大渦のすぐそばまで観光船（観潮船）が近づいている。鳴門の渦潮は明石海峡大橋と大鳴門橋の建設に

よって、集客力を格段に向上させ、観光資源としての価値と人気を高めている。

橋の建設は自然が作り出すこの素晴らしい景色を少しでも損なうことがあってはならない。国立公園であり、自然に入工を加えることには、多くの人が強い抵抗感を持つている。大鳴門橋のような大構造物の建設が渦潮に影響を与えないために、橋脚を渦巻く潮流から出来るだけ離して作りたい。そのためには中央支間を広くとることになる。橋の形式は「吊り橋」とならざるを得ない。

#### 早い潮流の中での調査

鳴門海峡は台風常襲地帯でもあり、風や潮流の強さを考えれば、「本当に強い橋づくり」が求められる。強い橋を作るには、橋脚を多くし、支間距離を短くしたい。一方で渦潮に影響を与えないためには支間距離を広くとりたい。海中基礎にもなる。



大島大橋（山口県柳井市）の多柱式の海中基礎。  
潮流を巧みに流し、橋を守っている。



技術陣には、施工は「困難ではないか」の意見も強かった。建設は可能でも、工期が長くなりすぎないか。潮流と支間（スパン）距離。黒瀬戸大橋（鹿児島県・阿久根）では最高9ノットにもなる潮流の中で、海中基礎工事の試行錯誤を重ね、かつ300mの支間距離を造り上げる経験と技術を積んできた。鳴門海峡

を渡る大鳴門橋には潮流の速さに加えて、「渦潮に変化を与えない」ことが大前提になる。海中基礎は出来れば避けたい。しかし、海峡幅は1400mもあり、それは困難だ。

橋づくりに、自然が味方した。海峡の間に比較的、浅い岩礁が存在したものである。景観保全と橋づくりという二律背反の中で出された結論は、この岩礁を利用しながら、支間距離を出来るだけ広く取り、876mとすることになった。



渦潮に影響を与えないため多柱の基礎が造られた



大鳴門橋の巨大なアンカーレイジ

かかる。漁業への影響も少ない。

潮流の速さや漁業への影響を最小限に抑えるため多注基礎が有効かどうか。多柱基礎は過去に失敗例もあり、様々な改善が繰り返されてきた。

特に本四架橋、鳴門大橋建設を想定して、山口県柳井の大島大橋で実験が行なわれていた。そこで、堅い海中の岩盤に直径4.7mもの深い穴を開けるか。大島大橋の規模はやや小さいが、大鳴門橋の格好の実験工事となつた。まず、海中の岩盤は掘削されて、幾つの円柱（パイプ柱）が建てられ、その上に橋台、橋脚を造る多柱基礎が選択された。そうすれば、巨 大な橋台を造り、かつ、潮の流れを変化させることはない。柱の間を潮流が流れて渦潮への影響を最小限にできる。最も重量のかかる2本の円柱は直径7m、他は直径4mものが16本、計18本で橋台、橋脚を支えることになつた。実際に近寄つて見ると、小さな円柱には潮の流れが当たつて、小さ

きる。漁業への影響も少ない。

潮流の速さや漁業への影響を最小限に抑えるため多注基礎が有効かどうか。多柱基礎は過去に失敗例もあり、様々な改善が繰り返されてきた。

特に本四架橋、鳴門大橋建設を想定して、山口県柳井の大島大橋で実験が行なわれていた。そこで、堅い海中の岩盤に直径4.7mもの深い穴を開けるか。大島大橋の規模はやや小さいが、大鳴門橋の格好の実験工事となつた。まず、海中の岩盤は掘削されて、幾つの円柱（パイプ柱）が建てられ、その上に橋台、橋脚を支えることになつた。実際に近寄つて見ると、小さな円柱には潮の流れが当たつて、小さ

くくだけて柱と柱の間を流れすぎて行き、渦潮発生には影響を与えていない。渦潮と大鳴門橋という建造物建設の「調和」はこうして成功した。

## 大地震にも耐えられる構造

渦潮への影響を与えないための多柱基礎、しかし、潮の流れが速い海中の、こうした構造物を支えるためには何より地盤がしつかりしたものでなければならぬ。新潟地震に襲われた昭和橋が、地盤砂層の流動化によって、落橋した苦い経験もある。瀬戸大橋、大鳴門橋の海中地盤調査で重要な役割を果たしたのは、関門橋で行われた「ボーリング孔内載荷試験」である。ボーリングの深さ3mごとにサンプルを取り、調べて行く。大鳴門橋の地盤は中生代白亜紀の和泉層群で砂岩と頁岩の互層で割れ目や軟弱層に注意しなければならない。そのため孔内載荷試験は620回、さらに試掘横坑を掘削、調査を行つてている。

架ける橋が、大きくなるほど、橋脚、その基礎づくり、基礎を置く地盤の性格を知る地質調査が重要になる。地震国・日本であればなおさらのことである。阪神淡路大震災によつて高架道路が横倒しに崩壊した「痛恨の事例」が今も語り継がれている。

その教訓から、本四架橋の三ルートの設計は100年に一度発生するかもしれないマグニチュード8程度

に耐えるものとされている。

## 「不動」を求めた若戸大橋

本四架橋へ向けて、様々な実験と技術開発の先兵となつた「若戸大橋」では、「基礎は不動でなければならぬ」とされた。動かない基礎の上に橋が造られて、橋の安全は確保される、という思想である。しかし、地震は構造物を揺らし、土台を動かす。「不動」とは橋梁の基礎が「滑らない」ことによって、上部の橋の安全性が保たれ、より安全な橋が造れるることを言う。

基礎構造物が上に乗る地盤が「不動」であり続けることはありえない。現実には、「安全性」確保のため、「限りなくゆるぎのない基礎を造れ」ものではない。大地震はいつ襲ってくるかわからないし、その震度の大きさも地層、地質など地理的条件によつて左右されるだろう。

幸い、若戸大橋もそれに続く関門橋、本四架橋も堅固な岩盤の上に建てることが出来た。それでも「不動」はあり得ない。阪神淡路大震災（平成7年1月17日）によつて、明石海峡大橋の中央支間は約80cm、側径間は30cm、橋全体として110cm長くなっている。この地震は最大震度（M7.3）を記録し、死者634人を出している。活断層・野島断層などが動いたためだが淡路市内で地面

が10kmに渡つて走っている。これだけの大地震に本四架橋の大鳴門橋、明石海峡大橋は耐えたのである。大鳴門橋は9年の歳月をかけて昭和60年6月8日、瀬戸大橋より一足早く完成している。



大鳴門橋のメインケーブル

**【大鳴門橋の諸数値】**

- ▽ 橋長 1629m ▽ 中央径間 876m
- ▽ 道路幅 25m (片側 3車線) ▽ 主塔の高さ 144.3m ▽ 3径間 2ビンジ補鋼トラス橋、下部は新幹線を通す構造
- ▽ 年間通行車両約 860万台。



山口県・柳井市の大島大橋

瀬戸内海に浮かぶ島々は、青い海に穏やかに浮かんでいるように見える。しかし、近寄つて見ると、島と島、半島にはさまれた海峡は速い流れを作つて、航行する船たちを悩ませている。柳井市と周防大島を繋ぐ「大島大橋」のたもとから覗くと、手前の円柱の橋脚にぶつかつた潮流が白く波立ち、流れている。橋の中央部まで歩いて、海面を見下ろすと、対照的に、波はほとんどなく、橋台は船のへさきのように三角形に造られ、眺めていると、潮流を左右に分けて進む船に乗つているような錯覚に陥る。この舟形など円柱橋脚が3基。潮流 10ノット (時速 18 km)、恐らく瀬戸内海で最も早い流れの一つだろう。渡海橋の建設に当たつて、海中に橋脚を建設する最大の難問は「潮流」をどうさばくかである。早い流れに押されて、海工事は難航する。

四国と淡路島間の鳴門海峡は、9ノットともいわれる早い潮流が大きな渦潮をつくる。本四架橋・大鳴門橋の建設はこの速い潮流の中で橋脚を建設し、しかも観光資源でもある渦潮に影響を与えない橋脚工事が最大の課題であった。

橋梁技術者たちは、この大鳴門橋を目指して、ステップを踏んでいった。鹿児島県・阿久根と長島をむすぶ黒之瀬戸大橋 (潮流 9ノット)、そして大島大橋を作り、海中工事を、橋脚の型式を実験、模索したのである。

大島大橋の橋脚

## 大島大橋 (山口県・柳井市) 本四架橋・大鳴門橋の橋脚へのステップ 10ノットの潮流の海中実験

は初めて試みら  
れた「多柱式橋  
脚」の基礎であ  
る。海底の岩盤  
に直径 3.5 m

の頭部を鉄筋コンクリート盤などで繋いでいる。全長 1020m もの重いトラス形式の長大橋を支えるためには、巨大な橋台・橋脚が求められる。それだと、早い潮流がぶつかり、負担は大きくなる。いくつかの柱を立て、潮流の流れによる「抵抗」を極力小さくするために、この多柱式橋脚は設計された。大島大橋の技術成果は、大鳴門橋に持ち込まれ、成功させた。

大島大橋は昭和45年10月着工、同51年8月完成。中央径間 325m (当時世界第2位) 3000t クレーン船で架橋する大ブロック工法、使われたコンクリート 4万 m<sup>3</sup>、鋼材 1万 8000 t にのぼつ



海流を船のように切る橋脚。

## 第2節

### ③明石海峡大橋 世界最長のスパン実現

#### 本四連絡橋

# 「世界最長の大橋はいかに造られたか」 と技術の結晶 「受け継がれた志」と技術の結晶 「実験と調査の30年」を込めて



世界最長の明石海峡大橋

光のページエントと呼ばれる神戸の夜景。神戸港・六甲アイランドを出発した大型フェリーは瀬戸内海を九州へ向う。デッキから眺めていた神戸の夜景が遠ざかるころ、赤、青など前方上空にシャンデリアのように美しい弧を描いて点滅する明石海峡大橋が姿を現す。メインケーブルに取り付けられた灯りが、星のよう

に夜空に輝くイルミネーション。「毎正時には虹色に、毎30分には宝石色に変化する」という。3つの本州四国連絡橋の中で最長の橋、淡路島と神戸との明石海峡をひとまたぎしている吊り橋である。中央径間は1991m。2位の中国・舟山西候門大橋を約140m上回っている。

日本の橋梁技術が世界に誇る作品だ。特に耐風設計による抜群の安定性と鋼材やケーブル素線などの新素材の開発、それに基づく構造設計によって2000m級の中央支間の長大吊り橋を可能にした。

「橋は西から」という橋梁技術者たちの言葉がある。西海橋に続く若戸大橋、天草五橋、黒之瀬戸大橋、平戸大橋、関門橋、そして大島大橋（山口県柳井市）と、積み重ねられてきた橋梁建設は、この明石海峡大橋に向かって紡がれてきたと言えるだろう。

明石海峡大橋の建設史は約40年もさかのぼる。昭和34年（1959）、建設省が土木研究所に調査を指示して以来、着工された昭和63年（1988）4月まで、調査研究に30年をかけている。淡路島から鳴門海峡を渡る大鳴門橋、倉敷から坂出を結ぶ瀬戸大橋が完成した後、明石海峡大橋はようやく着工されたので

ある。この調査30年の歳月には様々な意味が含まれている。戦後復興から高度経済成長、そしてバブルの崩壊など激しい社会の変動。大鳴門橋で造られた新幹線用の鉄道併用橋は途中、工事ストップ、明石海峡大橋では併用建設が外されるなど、時代の波に翻弄された。その中で一貫して変わらなかつたのは、橋梁技術者たちの執念にも似た「思い」であつた。西海橋に始まるわが国の渡海橋、特に長大吊り橋の建設史は、この明石海峡大橋に向かって紡がれてきたと言えるだろう。

「橋は西から」という橋梁技術者たちの言葉がある。西海橋に続く若戸大橋、天草五橋、黒之瀬戸大橋、平戸大橋、関門橋、そして大島大橋（山口県柳井市）と、積み重ねられてきた橋梁建設は、この明石海峡大橋への実験橋の役割を担つてきた。それは携わってきた橋梁技術者の間の「暗黙の意思」であり、「受け継がれた志」。設計施工すべての面において技術の研究、開発、発展、継承を、「世界最長の橋」に向かって、

歩みを進めることでもあつた。九州の渡海橋群建設の軌跡には明石海峡大橋建設への「実験と調査の30年」が込められている。

#### 航行の管制

フェリーは夜の航跡を引いて西に進んでいる。黒い海に、幾つもの光が交錯する。瀬戸内海は夜も昼の船舶の航行が激しい。世界最長の船舶の幅1500m、副航路200m、そして橋脚の幅を積算して割り出された。船舶の航行安全上、どうしても実現しなければならない目標となつた。

それでも事故は起つて来る。大型船舶が橋脚に衝突するようなことがあれば、橋の安全性は揺らぐ。橋脚をどう守るか。通常、橋脚の周りに防護壁を設けたり、橋脚を鋼板で巻くなどがするが、明石大橋では航空機の空港管制と同じシステムを取つていて。航行管制塔からレーダーで航行する船舶を監視、漂流から居眠り運転まで様々な原因で発生する異常航行を発見、管制塔から警告し、橋との衝突、接触を回避している。世界でもあまり例のない「管制」だという。管制塔は明石海峡のほか来島海峡、備讃瀬戸の本四架橋3ルートにそれぞれ設けられている。



速い潮流に対して、円柱型の橋台が本四架橋では使われた

台風がしばしば襲う明石海峡に中央径間が2kmに近い吊り橋をかけるとき、「風に強い橋」をいかに造るかで技術者たちの頭はいっぱいにならなかった。そのために、実物の約100分の1、約40mもの模型が作られ、様々な実験が繰り返された。一番の問題は橋桁—補剛桁をどう造るかである。強風にさらされ、橋にあたって生じる風の乱れによって、桁は横(水平)のみならず垂直(上下)への「たわみとねじれ」を起こす。

もう一つ、補剛桁は鋼材をトラス状に組み立てて造られる。強いものを造ろうとすると大量の鋼材が必要となり、それだけ重くなり、主塔、ケーブルなどへの負担を大きくする。「強くて軽い鋼材」がどうしても必要になる。このため特殊鋼材が開発された。

**主塔の高さは東京タワー並み**

神戸港を出たフェリー船上から見る明石海峡大橋の2本の主塔はそれほど高くはない。橋の全長が4km(3911m)もあるためかもしれない。しかし、近づくにしたがつて、その高さに驚かされる。その海面からの高さは297m。東京タワーの333mには及ばないもの

明石側の橋のたもとの舞子公園から見るとケーブルは意外に細い。「橋の科学館」前に展示されたケーブルは、世界最大とはいっても、明石海峡大橋の半分程度の長さの吊り橋とほぼ同じ、直径1m程度に過ぎない。

当然、メインケーブル(全長4100m)についても、「強くて軽い」素材が求められる。明石海峡大橋のような超長大橋では、例えば大鳴門橋に使われたケーブルを採用すると、両側に2本ずつ計4本ケーブルの構造になる。そうしなければ橋の重量に耐えられない。

このためケーブルを構成する素線(ピアノ線)の1本1本をさらに強化する努力が重ねられた。1本(直径5mm)で車2台分の約4tを釣り上げることの出来る強力素線(高強度亜鉛メッキワイヤー)が生まれた。この結果、メインケーブルは2本で済み、その直径も1.1mと橋の大きさに比べ「細身」のメインケーブルが誕生した。これによって橋の構造はシンプルとなっている。

明石側の橋のたもとの舞子公園から見るとケーブルは意外に細い。「橋の科学館」前に展示されたケーブルは、世界最大とはいっても、明石海峡大橋の半分程度の長さの吊り橋とほぼ同じ、直径1m程度に過ぎない。

明石側の橋のたもとの舞子公園から見るとケーブルは意外に細い。「橋の科学館」前に展示されたケーブルは、世界最大とはいっても、明石海峡大橋の半分程度の長さの吊り橋とほぼ同じ、直径1m程度に過ぎない。

さになっている。若戸大橋はその約4分の1の84m、関門橋は134m、半分以下だ。これだけの長大橋を釣り上げるには、300mの高さが必要だったのだ。

主塔はまっすぐ立ち、基礎部分にも異常は見られなかつた。マグニチュード8.5で耐震設計されたことを証明するものであつた。それでも、実際は振動によつて大きな変化を生じていた。

地震後、詳細な調査が行われた。高さ300mの二つの主塔(P2, P3)間の距離が80cm広がり、淡路島側の基礎が西へ1.3m移動して橋の基礎を乗せた地盤が1m程度、動いていることも分かつた。しかし、地割れなど致命的な現象は発生しておらず、工事続行が可能であつた。関係者は一様に、胸をなでおろしたことだろう。

この大震災を受けて、橋梁の耐震設計基準が見直されたほか、積層ゴム子承など免震構造についても橋は建物同様大きな改善が見られていく。観測された地震動を使って、実験が行われ、本体構造の耐震性は認められている。



風が大敵。明石海峡大橋の模型実験

平成23年3月11日の東日本大震災(マグニチュード9)や南海トラフでの「想定外の地震」発生を考えると、なお耐震設計など「安全、安定」にはまだまだ多くの課題を残していると言えるのではないか。

## 第2節

### ④ インタビュー 本四連絡橋公団元総裁、 藤川寛之氏

#### 本四連絡橋



藤川 寛之 氏

(ふじかわひろゆき) プロフィール

昭和15年香川県出身、京都大学大学院修了、昭和39年建設省入省、道路局企画課長、九州地方整備局長、道路局長、平成7年から本州四国連絡橋公団理事、同12年総裁。著書に「本州四国連絡橋のはなし」(成山堂書店)がある。

——本四架構想が正式に取り上げられたのは最初の全国総合開発計画(1962)でした。以来、長期間の調査、研究が行われています。

**藤川氏** 昭和30年代後半から可能性を探る調査研究に本格的に入つて、先行したのは国鉄でしたので、道路・鉄道併用橋として研究を始め、やがて地元の要望が強くなつたのを受けて、技術的に可能かどうか

——本四架構想が正式に取り上げられたのは最初の全国総合開発計画(1962)でした。以来、長期間の調査、研究が行われています。

**藤川氏** 当時、吊り橋の最大の中央支間距離はサンフランシスコの金門橋で1280mでした。瀬戸内海を渡る長大橋ですから例え明石海峡などどこまでスパン(支間距離)を伸ばす事が可能か、また潮流が速い海峡で、海中での基礎をどう造るか、でも技術的に可能か、また潮流が速い年、本四公団が設立され、調査、設計が本格化し、架橋実現に向けて動き始めています。

——3本もの本四架橋建設になつたいきさつは。

**藤川氏** 先にも言いましたように、道路・鉄道併用橋として調査していましたので、瀬戸大橋だけでなく明石海峡大橋も鉄道併用橋として設計されました。確かに、列車が橋を通過するときはその重みで「たわみ」が生じます。それに耐えられるのか、しかも列車が走るのですから「たわみ」は動きます。その動きにレールをどのように運動させるのか。様々な技術開発が進められ、見事な仕組みを作り上げています。香港の青馬大橋も本四架橋のこの技術が移転され、完成しています。

——そうした重さに耐える橋づくりのためにはケーブルをはじめ軽量で、強い鋼材の開発が必要ですね。開発はどういうに進められたのですか。とくにケーブル素線については関門橋の160kgf(1mm

か土木学会に調査委託しています。同学会がいろんな委員会を設けて検討の結果「技術的に可能」という検討結果を発表したのが昭和41年だったと思います。

——調査のポイントは何だったのです

**藤川氏** 最初は1ルートでの架橋構想を目指していました。地元の強い要望を受けて、国としてどうするか。

当時の田中角栄自民党幹事長の「3本とも造る」の鶴の一聲だつたと言われています。

——明石大橋のスパンは1991mですが、「死荷重」が桁違いに大きくなる。当時、建設に自信はあつたのでしょうか。また、道路と鉄道の併用橋で構想されていますから「活荷重」も大きくなります。

**藤川氏** 先にも言いましたように、道路・鉄道併用橋として調査していましたので、瀬戸大橋だけでなく明石海峡大橋も鉄道併用橋として設計されました。確かに、列車が橋を通過するときはその重みで「たわみ」が生じます。それに耐えられるのか、しかも列車が走るのですから「たわみ」は動きます。その動きにレールをどのように運動させるのか。様々な技術開発が進められ、見事な仕組みを作り上げています。香港の青馬大橋も本四架橋のこの技術が移転され、完成しています。

——台風(風)、地震、温度差など、橋の強韌度を増すための研究開発どのように進められたのでしょうか。

とくに地震はマグニチュード7・3阪神淡路大震災を経験し、その強さは実証されました。予想される南海トラフによる地震に対する研究はどの程度進んでいるのでしょうか。

**藤川氏** プレーント型、活断層による地震共に耐えられるように対応しています。阪神淡路大震災は明石海峡大橋の東側すぐ近くが震源地でした。ちょうど主塔が完成し、ケーブルが張り渡された段階でした。塔と塔の間の距離が80cm、ケーブルをつなぎとめるアンカーレイジ間が約30cm、それぞれ広がりました。それによつてメインケーブルのサグ(ケーブルの垂れ下がり)が1・3mアップしました。当初、支間距離は1990mでしたが、結果的に1991mとなりました。ラッ

平方)を明石海峡大橋では180kgfにされている。その理由は。

**藤川氏** 160だと、ケーブルの太さが1m位のものが片側2本必要となります。それだとケーブルが4本構造になります。片側1本ケーブルの構造にするためには素線の強さを180に上げる必要がありました。鉄鋼メーカーの努力で開発出来ました。

キーなことに、橋桁はまだ渡していませんでした。明石海峡大橋の耐震設計は四国沖で予想される大地震M8.5に対応するようにされていました。

——風は米国のタコマナローズ橋は秒速約20m弱の風で落橋しましたが、桁の構造に問題がありました。風が橋に吹付けますと横揺れに加えて、風の渦によって橋は引き上げられ振動が加わり、それが続くと大きな揺れとなり、落橋につながります。このため明石海峡大橋では路面の中央分離帯部分に幅3mの格子状のグレーチング（格子状の風抜き穴）に加えて垂直スタビライザーによって風を抜けやすくし、風の圧力による揺れを抑える工夫がされています。瀬戸内海は台風が来ますし、太平洋に面した橋もありますから、風対策は重要です。100年から150年に一度、想定されている最大風速毎秒80mに耐える設計がされています。

——そのため巨大な模型実験をされていますね。实物を見てびっくりしました。

藤川氏 風洞実験では通常、部分模型ですが、明石海峡大橋では桁の変

形が大きく、それでは不十分なので土木研究所に100分の1の全体模型を作り実験をしました。スタビライザーも実験の成果です。明石海峡大橋は全長4kmですから、模型は40mの大型になりました。想定の風速80mで横に30m揺れることが分かりました。実際、風速32mの台風の時測定したら6・3mの横揺れが生じました。安全のため、風速25mで交通止めにしています。

藤川氏 タコマナローズ橋は秒速約20m弱の風で落橋しましたが、桁の構造に問題がありました。風が橋に吹付けますと横揺れに加えて、風の渦によって橋は引き上げられ振動が加わり、それが続くと大きな揺れとなり、落橋につながります。このため明石海峡大橋では路面の中央分離帯部分に幅3mの格子状のグレーチング（格子状の風抜き穴）に加えて垂直スタビライザーによって風を抜けやすくし、風の圧力による揺れを抑える工夫がされています。瀬戸内海は台風が来ますし、太平洋に面した橋もありますから、風対策は重要です。100年から150年に一度、想定されている最大風速毎秒80mに耐える設計がされています。

藤川氏 温度だけでなく、ケーブルのたわみ、さらに自動車などの走行による橋桁のたわみなどによる、桁端の伸び縮みは想像以上に大きく明石の場合、±1・45mの伸縮に対応する装置が設置されています。

——記録映像で見ましたが、石袋を千成ひょうたんのようにして建設場所に運んで沈下させていました。海中に防護用の石垣を造るようで、早い潮流による洗掘対策もユニークでした。

藤川氏 海中でも腐らない合纏ネットに石を入れ、約1tの重さにしたフィルーターユニットや大量の捨て石をケーンの周りに沈めて約10m積み上げて、「洗掘」防止にしました。

藤川氏 鋼材は強いが錆びやすいと

いう弱点があります。実際、完成から10年後、因島大橋のケーブルに錆が出始め、対策が必要になりました。また鋼桁についても、亜鉛を鋼材に

す。  
藤川氏 干満による潮流は橋梁地点で8ノット、水深45mでした。早い潮流の海中につくられた基礎周辺では、風と同様、水の渦が出来る。これが基礎の周辺を掘りこんでしまった。いわゆる洗掘ですが、対策を講じないと基礎が傾く恐れがあります。

——50年を経た若戸大橋をはじめ、補修・長寿化工事の時代に入っています。とくに「錆防止」の送気システムの開発はユニークで、これから多くの橋の長寿のために使われると思います。この開発の考え方は、どのようなところから生まれ、塗装からの発想の転換が行われたのでしょうか。

——上部構造にいかに工夫がされているかが分かりました。鳴門の渦で知られるように、ともかく潮流が速く、深い海中基礎の建設には苦労されたと聞いています。本四架橋の建設に備えて天草5橋、黒之瀬戸大橋など長い九州での試みがありましたが、これまでにない巨大さが必要でした。九州で実験工事が行われています。

藤川氏 明石海峡大橋の基礎となるケーンは直径80m、高さ70mとこれまでにない巨大さが必要でした。それだけ膨大な量（それぞれ30万m<sup>3</sup>）のコンクリートを水中打設するわけですが、骨材とセメントが分離しないための配合や不分離剤など実



瀬戸大橋のケーン。船で曳いて現場へ



瀬戸大橋記念館—架橋の建設史を残す

り重ね、表面はフッ素樹脂で塗装しているのですが、雨、潮風、日光などにさらされ、永遠の防錆は出来ません。何度も塗り替える必要があります。その費用は大きいものがあります。とくにケーブルの錆は致命的になる恐れがあります。そのため「送気システム」が開発されました。これはケーブルワイヤーの中に乾燥空気を送り込むことによって湿度を60%以下に維持するもので、既成の橋梁にも多く使われることになるでしょう。また、歳月がたつと鋼材の「疲労」対策も必要です。とくに瀬戸大橋は列車が繰り返し走りますから。

○着工から完成まで	・昭和2年（1927）	瀬戸大橋記念館—架橋の建設史を残す
	・昭和4年（1929）	基礎工、開
	・昭和5年（1930）	パイロット
	・昭和6年（1931）	ストランド
	・昭和7年（1932）	ロープ、架設開始
	・昭和10年（1935）	バイロット
	・昭和11年（1936）	主塔高さ、海面上298.3m
	・昭和12年（1937）	全長 3911m
	・昭和13年（1938）	6車線（片側3車線）
	・昭和14年（1939）	ケーブル直徑1.122m。使用

## 明石海峡大橋の歩み

### ○計画から着工

- ・昭和20年（1945）12月9日  
連絡船「せきれい丸」沈没、304名死亡
- ・同30年（1955）国鉄が鉄道橋ルート調査
- ・同5月11日 宇高連絡船「紫雲丸」沈没、168名死亡
- ・同34年（1959）建設省が道路橋を調査開始
- ・同44年（1969）開発計画、策定
- ・同45年（1970）公団設立
- ・同60年（1985）明石海峡大橋を道路単独橋と決定
- ・同61年（1986）起工式



本四連絡橋略図

平成元年3月（1989）	鋼ケーラン設置開始	吊り橋	明石海峡大橋の構造
・同2年（1990）	基礎工、開	形式 3径間2ヒンジ補剛トラス	・中央径間 1991m（世界最長）
・同4年（1992）	主塔の架設	・主塔高さ 3911m	・全長 3911m
・同5年（1993）	パイロット	・6車線（片側3車線）	・主塔高さ、海面上298.3m
・同6年（1994）	ストランド	・ケーブル直徑1.122m。使用	・ケーブル直径1.122m。使用
・同7年（1995）	ロープ、架設開始	ワイヤー36,830本	ワイヤー36,830本
・同10年（1998）	補剛桁の架設		
・同21年（2009）	供用開始		
・同30年（2018）	通行車両、1億台を突破		
・同年			

## 川、海を越える道路橋

### 6タイプの橋とその基本構造

川を越える橋、海を渡る橋、道路や鉄道をまたぐ橋がある。人が歩く人道橋、車が走る道路橋、列車が通る鉄道橋、水を運ぶ水道橋もある。このように、さまざまな橋があるが、ここでは、車を走らせ、川や海を渡る道路橋をとりあげる。

現実の橋はさまざまな形式をなす。それらを構造の上で分ければ6つの基本タイプがある。桁橋、アーチ橋、ラーメン橋、トラス橋、斜張橋および吊橋である（図1）。走行する車の重さや衝撃、強風など（これらを荷重という）にどう耐えるか。その違いによる分類である。

大まかであるが、桁橋は、水平な桁の曲げやせん断（はさみのように平行した力による切断のこと）で力を発揮し、荷重に耐える。また、アーチ橋は、アーチ材が軸方向に圧縮され、押されながら荷重に耐える。

これらに対し、トラス橋は、部材（弦材）を三角形に組み立てて繋ぐ形式である（図の3）。弦材のつなぎをピン結合とみなせば、荷重が作用する弦材のみに曲げとせん断が働く。しかし、それを含めすべての弦材が圧縮され、また引っ張られる仕組みが主体の構造となる。つまり、

トラス全体に軸力が伝達されることで荷重に耐える形式の構造体となる。

ラーメン橋は、橋桁と橋脚が剛に結合するもので、単純な形は門型である。このラーメン橋に荷重がかかると、橋桁は曲るとともにせん断が働き、それが柱に伝わり、曲げ、軸方向の伸縮、せん断で耐える。

斜張橋は、主塔で支えられたケーブルを桁に定着し、桁を斜めに引っぱり上げる。このため主桁は桁橋と同じく曲げによる働きが主となるが、ケーブルが桁を上に引っ張り上げ、また軸方向に圧縮し支える。このことから、桁の曲げだけのときには比べより大きな荷重に耐えられる。吊橋は、主塔間に張られたメインケーブルを両端でアンカレイジと呼

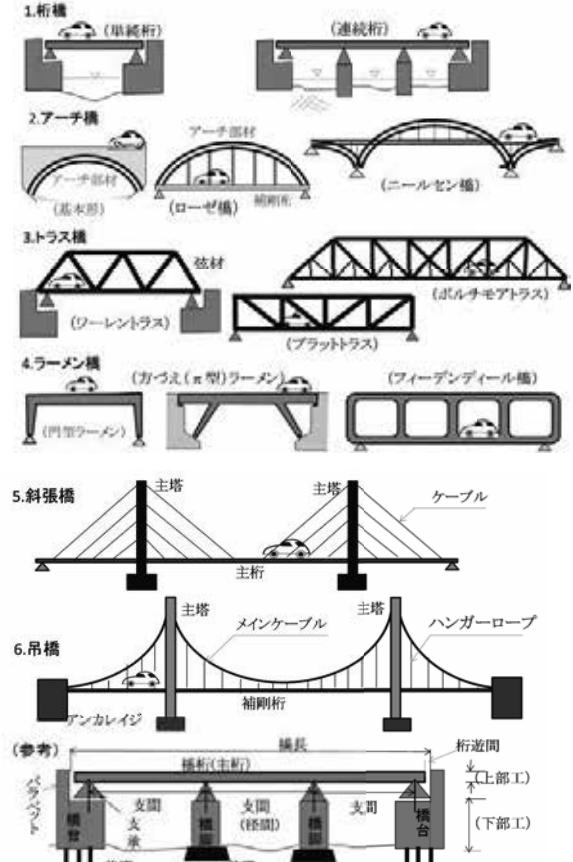


図1 構造による橋の諸タイプ

わせて合理的に設計するもので、図1の6基本タイプと、それらの組合せによるさまざまな形式がある。また、ケーブルの材料は鋼材である。しかし、他の部材は鋼材、鉄筋コンクリート(R.C.)、プレストレストコンクリート(P.C.)の活用がある。なお、木材は強度や耐候性の

**長大橋について**

九州に限つても、小さな橋から長大橋まで膨大な数の橋があり、それらは中小橋と長大橋に分けられる。しかし、その明確な区分は定かでない。道路構造令で、建築限界（交通の支障とならないように建築物を設置してはならない路面上の空間のこと）などを定めるとき、中小橋と長

問題から、現在はさほど使われない。橋の構造は、その働きで分解し、各部に名称がつけられている。たとえば、連続桁橋の基本構造を図中に示すが、両サイドに「橋台」があり、その上に「支承」が置かれ、「橋桁」を支えている。また、桁の途中に「橋脚」がたてられ、支承を置き、桁を支える。当然ながら、橋台や橋脚は、基礎で支えられる。なお、橋桁を上部工、橋台や橋脚を下部工といい、両者の間に支承がある。上部工は現場のみならず工場製作もあるが、下部工は現場施工が基本である。

橋台のパラペット（壁立ち上げ部）前面間の長さが橋長であり、支承と支承の間隔が支間である。また、アーチ橋では、アーチ材脚部に支承があり、その間隔がアーチ支間である。吊橋は主塔部に補剛桁を支える支承が取り付けられ、その間隔を中央支間と呼ぶ。さらに、隣り合う橋脚の中心間の距離が径間であるが、連続桁では支間と同じであり、単純桁を並べる場合は相違する。

大橋の別があるが、その区切りは50mである。ところが実際は、大きな河川や海峡を渡る場合のように、相当長い橋を長大橋と呼び、100m以上とみてよい。つまり、橋に名前を付けるとき、通常の大きさは○○橋とし、長大な橋を○○大橋とする例が多い。

そこで、150m以上を長大橋とし、戦後建設された橋を拾い出せば、表2の83橋となり、うち2/3に「大橋」の名が付けられている。

83橋に関し、橋長、構造、材料、設置場所の状況を示せば表1のとおりである。橋長は、最大で1068m（関門橋）であり、平均は375mである。また、200~400mが約6割を占める。その一方で、500mを超えるものを超長大橋とすれば16が数えられる。

橋の設置場所を河川等と海峡等に分け、橋長との関係を見ると、河川等はせいぜい600mまでで、超長大橋は1橋のみである。一方、海峡等には46橋があり、うち15が超長大橋である。平均橋長は、河川等298m、海峡等438mである。

構造形式ではアーチ橋が最も多い。ついで、桁橋、斜張橋である。

また、桁橋の橋長は広い範囲に分布し、3つの超長大橋が含まれる。これに対し、アーチ橋とラーメン橋は短く、斜長橋、吊り橋は長大であり、两者の中間にトラス橋がある。

材料では、鋼橋が2/3を占める。次いでPC橋の28%で、RC橋は1%

表1 九州の長大橋の特性

橋長(m)	本数	場所		構造				材料			
		河川等	海狭等	桁橋	アーチ橋	ラーメン橋	トラス橋	斜長橋	吊り橋	RC	PC
150以上~200未満	10	5	5	2	8			1	2	2	8
200~300	27	14	13	4	14	4	2	1	2	4	7
300~400	21	11	10	4	10	2	2	2	1	2	7
400~500	9	6	3	1	4	1	1	2	2	2	3
500~600	4	1	3			1	2	1	1	2	2
(超長大橋)	600~700	3		3						1	2
	700~800	3		3	2			1		1	2
	800~900	4		4	1			3		4	
	900~1000	1		1				1		1	
	1000以上	1		1					1	1	
計	83	37	46	14	36	8	8	11	6	8	23
平均橋長(m)	375	298	438	394	274	334	434	581	544	315	365
										390	

(注) 不明:全長は分かるが、橋長が不明のもの。

のままでは大きな迂回を強いられることから橋の建設が強く望まれた。ついで、1962年に洞海湾入口に若戸大橋が建設された。本橋は、長さ627mの吊り橋であり、わが国の超長大橋建設の先駆けとなつた。若戸大橋から、1973年の関門橋、そして本四架橋へと超長大な吊り橋建設のドラマが展開された。

一方、若戸大橋とほぼ同じ時期の1966年に天草5橋（有料）が完成した。連続トラス、ランガートラス、PCラーメン、パイプアーチと、橋博覧会のように構造の異なるものが並んだ。完成とともに観光客が押し寄せ、39年の償還予定を9年で達成。これを機に、先の関門橋に加え、黒之瀬戸大橋、天草瀬戸大橋、平戸大橋、生月大橋と、九州にあって超長大な吊り橋やトラス橋の建設が行われた。いわば、1970年代は超長大橋建設の黄金期であり、吊橋はこの期に集中している。

1980年代の後半になると、ドイツから斜張橋が伝わり、本格的な斜張橋時代を迎えた。1988年に博多港のシンボル・荒津大橋、わが国最大のPC斜張橋・呼子大橋が建設された。また、1993年には、PC斜張橋として、当時の建設省最初の噴げんか橋、鹿児島県最初の大明神橋が完成した。

以来、吊橋に代わり斜張橋が建設されている。これは、斜張橋のケーブルをアンカレイジに固定する必要がない、主塔が偶数だけではなく1本

戦後の長大橋建設をたどれば割に満たない。また、橋長もRC橋、PC橋、鋼橋の順に長くなる。

戦後しばらくは戦災復興に主眼があり、長大な橋の建設にはいたくなかった。しかし、1955年になり伊ノ浦瀬戸（針尾瀬戸）に西海橋が建設された。戦後における橋建設の本格的な始まりである。伊ノ浦瀬戸は大村湾の出口で、潮流が早く、そ

や3本といった奇数も可能である。桁を曲線にもできるなど、デザイン上の自由度が高いことによる。長大橋、超長大橋を問わず斜張橋が幅広く用いられている。

他方、桁橋やラーメン橋、トラス橋は、必ずしもブームはない。建設時期がとびとびの状況からすれば、経済性や自然条件などを踏まえて、たまたま必要が認められる場合の建設であつたといえる。

その中で、牛深ハイヤ大橋は、全長883mでありながらも、あえて連続桁橋が採用されている。関西国際旅客ターミナルビルの設計に携わったレンゾピアノらによる設計である。簡潔な表現により、一本の線として風景の中に浮き上がらせるとのコンセプトで、シンプルで優れた景観を作り上げ、見るものに感動を与えている。

アーチ橋は九州で最も多く建設されているが、橋長は500mが限度である。急峻な地形や海上で橋脚をなくしたい、あるいは少なくする必要がある場合に有効である。また、景観に優れたアーチが好まれての建設である。青雲橋（国道218）、天祥大橋（農道）、龍天橋（林道）は日之影町日本一の三大アーチ橋といわれ、代表例である。

（橋木武九州大学名誉教授）

完成年	道路橋	所在地	橋長	構造	材料	場所	備考
			(m)				
'45				凡例	構造	1.桁橋 2.アーチ橋 3.ラーメン橋 4.トラス橋 5.斜長橋 6.吊り橋	
'46				材料	1.鉄筋コンクリート 2.プレストレストコンクリート 3.鋼材		
'47				場所	1.川、谷、ダム 2.海		
'48							
'49							
'50							
'51							
'52							
'53							
'54							
'55	西海橋		316	2	3	2	上路プレースドリフアーチ、最大支間216m、当時は東洋1、世界3位。日本最初の有料道路
'56							
'57							
'58							
'59							
'60							
'61	中戸橋	西海市大島町・壱戸町(中戸瀬戸)	183	1	2	2	
'62	若戸大橋	北九州市若松区一戸畠村(洞海濱)	627	6	3	2	最大支間367m、主塔高さ84m。日本長大橋の始まりで、建設当時は東洋1
'63	内大臣橋	熊本県下益城郡美里町～上益城郡山都町	200	2	3	1	プレースドリフアーチ、橋高88m
'64							
'65							
'66	六五郎橋	久留米市城島町～神埼郡千代田町	450	4	3	1	
	下筌大橋	日田市中津江村柄野	169	1+2	3	1	ランガーハーフ。松原・下筌ダム周辺
	天草1号橋(天門橋)	宇城市～上天草市	502	4	3	2	連続トラス(3径間下曲弦型)。最大支間300m。建設当時世界最長。土木学会田中賞
	天草2号橋(大矢野橋)	上天草市大矢野町～松島町	249	1+2	3	2	ランガートラス、最大支間156m
	天草3号橋(中門橋)	上天草市	361	3	2	2	最大支間160m
	天草4号橋(前島橋)	上天草市松島町	516	3	2	2	最大支間146m
	天草5号橋(松島橋)	上天草市松島町	178	2	3	2	2ビンジングリッドリフアーチ、最大支間126m
'67	端戸橋	西海市壱戸町福浦	160	2	3	2	2パイプアーチ橋、石炭採掘終焉直前に完成
	室原橋	日田市中津江村～阿蘇郡小国町	159	1+2	3	1	逆ランガーハーフ。松原・下筌ダム周辺
	新潟の山橋	日田市中津江村～上津江村	301	4	3	1	
	福島大橋	伊万里市～松浦市福島	225	1	3	2	離島、3径間連続橋
	名護屋大橋	唐津市呼子町～鎮西町	258	3	2	2	径間176m。土木学会田中賞
'68							
'69	新津江橋	日田市大山町～小国町	235	6	3	1	松原・下筌ダム周辺で唯一の吊橋
'70	阿蘇大橋	南阿蘇村黒川渓谷	206	1+2	3	1	逆ランガートラス橋
	枝立大橋	日田市天瀬町～阿蘇郡小国町	223	4	3	1	橋脚高62.5、52m。
'71							
'72	種島大橋	天草市龍ヶ岳町	291	6	3	2	幅員が4.5mと狭く、交差交通。
'73	閑門橋	下関一門司(閑門海峡)	1068	6	3	2	高速道路、最大支間712m、主塔高さ141m
	雲海橋	高千穂町～日之影町、国道218	199	1+2	3	1	中路式ローゼ橋、最大支間160m
	黒之瀬戸大橋	阿久根市～出水郡長島町	502	4	3	2	最大支間300m
	戸馳大橋	宇城市三隅町～戸馳島	301	1+2	3	2	ランガーハーフ
	西大維橋	上天草市	238	1+2	3	2	2連ランガーハーフ
	天草瀬戸大橋	天草市志柿町～角崎町	703	1	3	2	連続橋。両端が、船舶航行の高さをとるためループ。
	外津浦橋	唐津市～玄海町(外津浦)	252	2	2	2	最大支間170m。世界で初めてトラス張出工法採用。土木学会田中賞
'75	東大維橋	上天草市	380	6	3	2	
	通詞大橋	天草市五和町	184	1+2	3	2	ランガーハーフ
'76							
'77	平戸大橋	平戸市～田平町(平戸瀬戸)	665	6	3	2	最大支間465.5m。当時は国内最大。土木学会田中賞
'78	波瀬大橋	日之影町、国道218	310	4	3	1	最大支間150m、上路式3径間連続トラス
'79	橋樋	宮崎市橋樋り～国道220大淀川	389	1	2	1	6径間連続箱桁。現在の橋は6代目
'80	野釜大橋	上天草市	295	3	2	2	
'81	有明大橋	志布志市有明町菱田川	212	2	3	1	逆ローゼ橋。高架部分154.8m続く。
'82	青島大橋	壱岐市芦辺町諸吉南触	315	1	2	2	離島架橋(道路)、連続桁
'83							
'84	青雲橋	日之影町、国道218	410	2	3	1	最大支間220m、上路式スパンドリルプレーストアーチ、水面から137m
'85							
'86	権島大橋	長崎市野母崎(権島水道)	227	1+4	3	2	ランガートラス式。最大支間152m
'87							
'88	寺島大橋	西海市大島町(寺島水道)	269	2	3	2	ローゼ橋
	荒津大橋	福岡市中央区那の津(博多港)	345	5	3	2	都市高速、最大支間184m
	呼子大橋	唐津市呼子町～加部島(呼子港)	728	5	2	2	支間250m。PC桁斜長橋としては日本一。土木学会田中賞
	別府明礬橋	別府市鶴見	411	2	1	1	アーチ支間235m、当時は日本一のアーチ支間長。土木学会田中賞
	奥阿蘇大橋	高森町～山都町・国道325	360	2	3	1	2ビンジングリッドリフアーチ、最大支間210m。耐候性鋼材を用い無塗装。
	龍天橋	日之影町、林道宇目・須木線	260	1+2	3	1	最大支間200m、ローゼ橋。水面高100m(林道では日本一)
'90							
'91	生月大橋	平戸市生月島(生月瀬戸)	960	4	3	2	トラス橋960m+取付高架橋372m、最大支間400m。土木学会田中賞
'92							
'93	阿蘇長陽橋	阿蘇長陽村戸戸下	305	1	2	1	
	唄げんか大橋	佐伯市宇目(国道326号)	292	5	2	1	桁間170m、3径間連続。建設省直轄工事最初のPC斜長橋
	珊瑚大橋	老磯市郷ノ浦町大浦・長島(郷ノ浦港付近)	294	1	2	2	離島(道路)、単純T桁橋
'94	郷ノ浦大橋	老磯市郷ノ浦町郷ノ浦・片原触(郷ノ浦港)	179	2	3	2	離島(道路)、鋼ローゼ橋(ニールセン)
'95	耳納大橋	耳納連山道798と800を結ぶ	150	1+2	3	1	上路式単純合成桁橋+スパンドリルプレーストアーチ
	天馬大橋	延岡市北方町・国道218	370	3	2	1	3径間連続ランゲ箱桁
	干支大橋	延岡市北方町・国道218	385	2	3	1	アーチ支間275m、中路式プレストリブ固定アーチ。土木学会田中賞
'96	谷山臨海大橋	鹿児島市谷山地区	356	1	2	2	臨港道路、4径間連続箱桁
	青葉大橋	高千穂町三田井～向山、主要地方道諸塚	270	2	1	1	支間180
	伊丹大橋	長島町・農免農道伊唐島地区	675	5	2	2	最大支間260m
'97	荒神橋	高千穂町・国道325	180	1	2	1	単純1桁4連
	牛深ハイヤ大橋	天草市牛深町	883	1	3	2	7径間連続鋼床板曲線箱桁。漁港をまたぐ。レンゾ・ピアノ設計。土木学会田中賞
'98							
'99	水無大橋	島原市国道57号	325	2	3	1	2000ぶりの普賢岳噴火からの復旧
	天建寺橋	久留米市大善寺～みやき町天建寺	426	5	2	1	最大支間219m。
	飫大明神橋	薩摩川内市上甑島・中甑島	420	5	2	2	鹿児島県初のPC斜張橋
	大島大橋	西海市西海町～大島町(寺島水道)	880	5	3	2	離島、最大支間350m、全長1095m
	船の瀬大橋	山都郡白島	390	5	2	1	農免道路に架かる橋
'00	天翔大橋	日之影町・ふるさと農道松の木地区	463	2	1	1	アーチスパン260m、水面高143m(日本一)
	天保山シーサイドブリッジ	鹿児島市	210	1	3	2	臨港道路、3径間連続箱桁、全長430m
	神鈴大橋	高千穂町広城農道白杵地区	218	3	2	1	4径間連続箱桁
'01							
'02	龍(おぼろ)大橋	八女市上陽町下横山(耳納山)	293	1+2	1	1	固定アーチ橋+連続中空床板橋、土木学会
	海の中道大橋	福岡市東区海の中道アイランド線	260	2	3	2	ローゼ橋、最大支間140m、全長750m
	香椎かめ大橋	福岡市東区(博多湾)	789	1	3	2	臨港道路、3径間連続箱桁360m
	神原涙谷大橋	大分県竹田市神原涙谷	236	2	1	1	ロアリング工法を採用
	船小屋温泉大橋	筑後市星島～瀬高町・国道209	232	1+2	3	1	ニールセンローゼ
	神都高千穂大橋	高千穂町押方～三田井・国道218	300	1+2	1	1	逆ランガーハーフ、アーチ支間長143m、高さ115m
	伊万里湾大橋	伊万里市(有里見湾)	390	2	3	2	臨港道路、3径間連続中空ローゼ390m+RCラーメン橋
	国見大橋	高千穂町広城農道白杵地区	320	2	1	1	アーチスパン181m、水面高80m
'04	水ヶ崎大橋	高千穂町ふるさと農道向山地区	230	2	1	1	径間160m
	夕日の里大橋	五ヶ瀬町ふるさと農道五ヶ瀬地区	240	3	2	1	2径間連続Tラーメン
	女神大橋	長崎市大浜町～新戸町(長崎港)	880	5	3	2	3径間連続斜長橋880m+取付高架橋409m。斜張橋長は国内6番目
	上岩戸大橋	高千穂町ふるさと林道上岩戸線	410	3	2	1	4径間連続ラーメン箱桁、水面から122m、最大スパン135m
	新西海橋	佐世保市針尾島～西海市	300	1+2	3	2	最大支間240m、中路プレーストアーチ。土木学会田中賞。
	新北九州空港連絡アーチ橋	小倉南区空港北～芦田町雨窪(菊田港)	400	1+2	3	2	3径間連続アーチ橋+連続鋼床板箱桁橋=2.1km、中央径間210m、土木学会田中賞
	マリンボート大橋	鹿児島市	210	1	3	2	3径間連続床版桁210m
	牛根大橋	鹿児島市神戸町～垂水市牛根麓・国道220	381	2	3	2	3径間連続鋼床板ハーフストアーチ。アーチ支間260m。
	鷹島肥前大橋	唐津市肥前町～松浦市鷹島町	840	1+5	1+3	2	5径間複合連続斜張橋。斜張橋840m+取付高架橋(278m, 133m)。RC主塔、鋼桁
	矢部川大橋	柳川市大和町～みやま町富高町	517	5	2	1	3径間連続曲線斜長橋。中央径間261mはPC斜長橋として日本一。土木学会田中賞
'10							
'11	伊王島大橋	長崎市伊王島町～香焼町	480	1	3	2	5、3、2径間の3つの連続箱桁橋(281+480+115=876m)。最大支間240m
'12							



米国・ニューヨーク、マンハッタン島からブルックリンには幾つもの名橋が架けられている。中でも、ブルックリン橋は際立つてゐる。石造りの主塔が城門のように立ち、4本のケーブルが鋼鉄性の橋を吊り上げてゐる、その姿は「名橋の中の名橋」にふさわしい。ニューヨークを訪れた人は必ずこの橋を渡る。ニューヨークへの「門」であり、産業発展のシンボル、技術の結晶、アメリカ文明の象徴的 existence。ニューヨーカーの自慢の一いつで、今でも歩道には人が樂しげに、また誇らしげ渡り、都市景観を楽しんでいる。特に、橋上から摩天楼群の夜景の素晴らしさに魅了され、人波は絶えない。計画が始まつたのは、1857年だから、日本は幕末。岩倉具視を中心とする遣米欧調査団が訪れ



ブルックリン橋の建設の歴史を熱心に読む市民

た時はまだ設計中で、「遣米歐実記」にはイーストリバーを渡る蒸氣船を描いてゐる。この連絡船では数時間がかかり、架橋を求める市民の声は強かつた。

アンカレイジには、二人の山高帽の紳士と女性像が彫られてゐる。ロープリング一家で、この橋に命をささげた人たちである。アンカレイジの言葉は「投錨」つまり橋の錨、礎である。父親のジョン・ローの父親のジョン・ローブリング（1806—168）は1857年、「吊り橋での渡河は技術的に可能」として架橋を提案した。

彼はドイツからの移民で、ワイヤー工場の製作会社を創業、それまでの麻繩から鋼鉄製のロープに転換して、成功を収めていた。彼は強いワイヤーロープを武器に、「ナイヤガラ橋」に挑む。しかも、鉄道併設橋で、その重量に耐える吊り橋建設に成功、その実績を持つてブルックリン橋に挑んだのである。着工は1869年、明治維新（大政奉還）の2年後のことであ

## ロープリング親子 吊り橋ブルックリン橋に命をささげる

る。

ジョンは現地測量、岩盤調査、設計に没頭した。特に、ブルックリン川の主塔の位置決めが難解だつた。測量中、志半ばで事故死する。引き継いだのは、息子のワシントンとその妻エミリーだつた。夫婦はヨーロッパの橋梁を調査するなど、父親の片腕的存在になつていた。

しかし、悲運は息子のワシントンにも降りかかる。主塔の海中基礎工事のためニューマッチケーン工法で施工中、潜函病（ケイソン病）にかかってしまった。海底工事中に高圧空気の中での作業により血中にチツソが気化して、梗塞をおこし半身不随になつてしまつたのだ。

しかし精神の衰えは全くなかつた。小高い丘の自宅の病床から望遠鏡で、架橋作業を観察し、指示をメモした。それをエミリーが現場に伝える毎日が続いた。エミリーは「技師長」格の存在になくなつていつた。

ブルックリン橋は着工から14年、1874年に完成している。歩道を歩いて渡る途中に、この橋がどのようにして出来たか、図入りの説明板があり、人々はジョンとワシントン夫妻の努力と功績に読みいついていた。また、高校生と思われるグループが先生に引率され、説明を受け、熱心にノートしていた姿が印象的だつた。



望遠鏡で工事の進行を見て、指示を妻エミリーを通して現場に伝えるワシントン・ロープリング



息子、ワシントン・ロープリング

## 第3章

### 第2節

- ① 「鶴田ダム」——コペルニクス的転換  
ダム技術の大転換
- ② 「再開発」「生まれ変わり」のために  
再開発
- ③ 「飽和潜水工事」——再開発に初登場  
飽和潜水工事

### 第3章 第1節

#### 目次

- 「川内川」——怒りの川と治水  
洪水と治水の長き歴史
- 「ダムだけに頼らない」治水へ  
景観重視へ、二つの分水路
- ④ インタビュー 島谷幸宏氏

#### 第3節

- ① ダム治水と不信の間で  
「新しいダム操作」への模索
- ② インタビュー 小松利光氏
- ③ 住民と行政の間に立つて  
人との共存を目指す川
- ④ コンクリート100万m<sup>3</sup>打設を終え、万歳三唱  
(鶴田ダム)

# 「怒りの川内川」

鹿児島県北部を流れる川内川は、「暴れ川」あるいは「怒りの川」と呼ばれてきた。宮崎県・白髪山の源流から、薩摩川内市の河口まで、上流から、中流、下流のいたるところで、洪水を引き起こしてきた長い歴史がある。ようやく築堤が本格化し、鶴田ダムが建設されたが、治水対策を越えて、「想定外」の水害が襲ってきた。特に平成18年7月の大水害は大きな転換点となり、被災の教訓を生かして激特事業、鶴田ダムの再開発などが進められた。そこでは、輪中堤、分水路など総合的な河川改修事業、ダム操作の再検討、川標などの情報提供、住民理解への努力など、治水対策の発想を変えた先導的な事業が展開されている。



コンクリート100万m<sup>3</sup>打設を終え、万歳三唱  
(鶴田ダム)



川内川の水神に  
人々は祈りをささげ続けた。

## 第1節

### ①洪水と治水 の長き歴史 怒りの川内川

## 特異な性格の川内川―治水対策を複雑に 多彩な河川改修と鶴田ダム再開発



鹿児島県吉松町の洪水（川内川上流）平成9年9月

川内川は、筑紫次郎の異名を持つ筑後川に肩を並べる「暴れ川」だ。【怒りの川】とも呼ばれる。熊本、宮崎県境・白髪岳（1417m）に水源を持ち、九州で2番目の総延長137km、鹿児島県薩摩川内市で東シナ海に流れ込む1級河川。北部九州の筑後川と同じように、しばしば氾濫を起こし、流域の住民を苦しめ

てきた、同じ九州の川であっても、南九州を流れる川内川は、筑後川に比べて、性格も、暴れ方も大きく違う。

#### 盆地が並ぶ特異な地形

二つの河川の違いをもたすものは、何と言つても地形だ。

久住山系の雨を集め流れ下る筑後川は、日田盆地で支流が合流、日田から下流は平野部となり、筑後川の本流となつて流れは緩やかになり有明海に流れ込む。筑後川上流の水量を受け止める盆地は日田が中心で、その下流は筑後平野をゆつたり流れ。これに対し、川内川は幾つもの曲線を描きながら6つの盆地を流れ下る。しかも、盆地は階段状になつて、狭い出口（渓谷）から、次の盆地へと交互に流れ下り、曾木の滝など有名な滝や急流の瀬を一つ一つ階段を降りるように、流れ下つていて。洪水被害は、筑後川では平成24年7月の集中豪雨（九州北部豪雨）による洪水で大被害を出したように中流

の盆地・日田・玖珠地方を中心に起こりやすい。上流から6つの盆地を流れ下る川内川ではそれぞれの盆地で洪水が発生してきた。例えれば、6つの水盤を重ね、盆地間がそれぞれ狭い水路で繋がれたような地形を流れ下る川の構造を持ち、また、盆地内では蛇行しているため、上下流の各流域で洪水を引き起こし、治水対策を複雑にしている。

#### 異常なほど降雨量

両方の川とも水源は標高1400m以上の高山にあり、その山地に降る雨量は非常に多い。特に、川内川上流の降雨量はけた外れだ。平成18年7月19日から23日までの総雨量は1165mm（えびの・西ノ野雨量観測所）に達した。これは全国の1年間の平均雨量（約1700mm）の70%、鹿児島市の年間総雨量（約2200mm）の半分が、わずか5日間で降ったことになる。

川内川の水源に当たる白髪岳、国見山、矢岳と連なる山地は肥薩カル

デラの外輪山で、九州でも有数の多雨地帯となつていて。南から上がつてくる暖かく湿った空気がこの国見山地に当たり上昇気流となつてしまはず。台風も雨を運んでくるし、梅雨前線の停滞による集中豪雨もある。しかもシラス土壌など火砕流堆積物の地層が上流に多く、崩れやすく、山崩れ、土石流も頻発する。こうして豪雨と台風が川内川流域に洪水を中心多く災害を引き起こし、住民を長い間苦しめてきた。

#### 長い洪水の歴史

川内川も、筑後川も、1000年以上の洪水の歴史を持っている。江戸時代には、冨木蓬生の作品「水神」



藩制時代に造られた長崎堤防（川内川河口）

に描かれた五庄屋などの治水・利水の努力が重ねられた。現在、筑後川水系には昭和28年大洪水を教訓に松原・下筌ダムのほか大小14か所にダムが建設され、洪水調整など治水のほか発電・灌漑・上水用など利水機能を果たしている。

川内川は河口の土木遺産となつている「長崎堤防」の築堤や河道の開削を除けば、藩政時代の治水事業は多くはない。明治になつて、同26年までに計26件の水害が記録され、同39年には上流を中心に500haに及ぶ被害を出している。昭和6年に直轄河川指定されたものの、治水のための河川改修は遅々として進まず、戦後も洪水が続き「怒りの川」と呼ばれていた。



平成18年7月の洪水時の水位を示す標識

川内川の鶴田ダム建設は、もやはや戦後とは言えない昭和41年（完成）になつてから。現在も中流の鶴田ダム以外に支流に十曾ダムと清浦ダムがあるだけだ。

河口から約51km地点、川内川のほぼ中央に、九州最大級の鶴田ダム（多

目的ダム）が建設された。昭和25年ダム建設論議が始まつたが、9年後の同34年ようやく建設決定、7年後に完成している。鶴田ダムは洪水調節を主目的（一部発電）としており、特に川内市など下流域を洪水から守る役割を担つてきた。昭和40年代中ごろ、毎年のように川内市など流域を襲つた洪水によって、ダム頼りだけなく、堤防の強化、河床の掘り下げなどの河川改修に力を注いできた。

## 平成18年7月の大水害

流域の3市2町、約5万人に避難を与えたのは、平成18年7月の未曾有と言つてもよい大洪水である。この洪水は、鶴田ダムや堤防の防御力をはるかに超えて流域に襲いかかつた。

流域の3市2町、約5万人に避難勧告が出された。被害は甚大で、河口近くの薩摩川内市をはじめ、伊佐市、さつま町など中一下流域、また上流の湧水町など、全流域が被災。死傷者7人、家屋全半壊871戸、浸水戸数2347戸に上った。被害の大きさと同時に、洪水被害の原因を巡つて、様々な意見や批判が出され、上・下流の対立も生じた。特に、洪水調節に最も大きな役割を担う

はずの鶴田ダムがなぜこうした洪水灾害を防げなかつたか。被害地域から抗議と不信の声が上がつた。

論議の焦点は、鶴田ダムの洪水調節の在り方にあつた。ダム管理所は、ダム湖（大鶴湖）が満水状態になる恐れが出ていたため、已むをえ

明治初頭、招かれた外国の河川技術者たちが、見慣れたヨーロッパのライン川やドナウ川などのように悠々と流れる大河と違つて日本の川を「滝のようだ」（オランダ人技師、デ・レーケ）と驚きのことばを残している。雨が多く、台風の進路にも当たる島国の日本列島で、しかも山岳が連なり、そこから流れ下る日本の川は多くの災害を引き起こし、流域住民を苦しめ続けた。

川内川の曾木の滝（伊佐市）や流れの速い「轟の瀬」（宮之城）を見ると、デレーケの言葉を実感する。薩摩藩は長くこの「流れの勢い」を減じようと努力し、また、流れの穏やかな支流を使ってコメなどの物資を運んだ。特に「轟の瀬」は難所中の難所で、幅200m、長さ100mに渡つて巨岩群が流れを阻むように広がり、水は岩とぶつかり水煙りを上げ、轟音を響かせながら流れ下る。

ず、「但し書き操作」と呼ばれる洪水調整のためダムからの放流に踏み切つた。満水になるまでは、洪水起こさないよう、出来るだけダムに貯水して行くが、「但し書き操作」に移行すると、上流からダム湖に流れ込んでくる流入水量がダムの能力

船一つ轟の瀬おば流れ出づ  
命をかけて恋する如く

（与謝野晶子）

藩と住

## 滝のような流れ——轟の瀬

いは新川を造り、何とか舟運の道を確保しようとしてきた。急流の中で石を割り、運び出す、厳しく危険な仕事に逃げ出す人夫も多かったという。



曾木の滝

（洪水時最高水位）を超えないよう放流して行き、次第に流入量と放流量を同じにして行くのだ。国土交通省九州地方整備局としては、一連の鶴田ダムの洪水調整によって、宮之城地区での水位がピークに達する時間を4時間遅らせ、その水位を1.3m～2.5m下げることが出来たとみて、それなりの洪水調整効果があつたとしていた。

## 上がつた「厳しい声」

しかし住民の受け止め方は違つていた。「やかん（ダム）に水道水を注ぎ口から出し始めた。満杯になつてからは洪水を防ぐための容量を失い、注ぐ水の量（流入量）と吐き出す量（流出量）が同じとなつてしまつた。それではダムは無用ではないか。」さらに、「住民の間には、ダムが最初に出した（放流）水量が多すぎたため、下流の水位が急上昇、水害を拡大したのではないか、という批判も生まれた。「洪水調節のために造られたはずのダムが洪水被害を大きくしてしまつたのではないか」。住民の不安や不信は拡大し、ダム無用論も生まれかねなかつた。実際、上流の湧水町の発電用の取水えん（堰）堤を撤去せよとの、住民の声も上がつた。発電用のえん（堰）堤が水

位を上げ、川内川から洪水をあふれさせたというのである。

もちろん、異常なまでの降雨量が最大の原因であつた。7月18日から24日までの7日間降り続いた累積降雨量はえびので1281mm、大口で1122mmと、かつてない強く大量の集中豪雨であった。「想定外の雨量だつた」（平成17年9月・台風）とか「ダムの貯水能力を超えた」（平成18年7月）という弁明もあつたが、それが事実としても甚大な被害を前にしては住民への説得力は乏しかつた。

集中豪雨に対応するため、鶴田ダムは長時間の洪水調整を続けた。それによつて、ダムへの洪水流量がピークに達したころには、ダムの洪水調節容量を使い果たしてしまい、その後の調節機能を失つてしまつたことに原因があつた。東日本大震災で高さ10m巨大堤防でさえ、大津波を防ぎきれなかつたように、ダムの洪水調節能力にも限界がある。限界はあるが、被害をもつと小さくする方法はなかつたのか。洪水調節能力をアップするための努力は十分だつたのか。河川技術者に突き付けられた厳しい問い合わせであつた。

## 多様な激特事業の展開

地球温暖化によるものか、異常気象が続く最近では「想定を超える」雨量が記録されることが多くなつた。たとえ、雨量が平成18年7月洪



再開発が進む鶴田ダム

水路」を造り、堤防を強化（約16km）、川幅を広げ、河床を掘り下げて（掘削量200万m<sup>3</sup>）、流量を多くし、水門・閘門27か所、複数の住家・集落を取り囲む輪中堤や嵩上げなど、大洪水を教訓にした多様な治水手法で洪水に対処。これによつて川内川の氾濫による家屋の浸水被害約1500戸を解消しようというものだ。総事業費356億円、採択総延長は約62kmで九州最大（全国第2位）の規模と事業費となつた。

## 鶴田ダムの再開発

さらに、鶴田ダムの機能強化が行われることになつた。ダムの洪水調節のための貯水量を新たに増やす事が必要だ。激特事業に引き続いて、平成19年から「鶴田ダム再開発事業」が始まつてゐる。

さらなる洪水調節容量を確保するためには、堤体を厚く造り直し、その上に高いえん堤を築堤する。しかし、難しい問題が山積していた。同ダムの重力式コンクリートの堤体体積は111.9万m<sup>3</sup>もある。再開発によつて、えん堤の重量が大きくなり、その基盤となつてゐる岩盤に一層の負荷がかかり、安定性を失う恐れが否定できないからだ。建設時から鶴田ダムの基礎地盤の強化は大き

事は緊急を要する。川内川の改修は九州で過去最大規模となる国「激特事業」、「激甚災害対策特別緊急事業」に採択され、平成18年からおおむね5年間で完了することになつた。川内川の性格や構造を踏まえた河川改修が検討され、被害の実情に合わせた具体的な対策がたてられた。堤防やダムを強化するだけなく、多様な、新発想に基づく事業が展開されている。

薩摩川内市内では、輪中堤や築堤、さつま町では分水路と河道掘削、築堤。上流域の伊佐市大口では分水路を、同市旧菱刈支流の川間川に築堤、湧水町狭窄部の掘削、えびの市では支流の堤防強化逆流防止のための水門など、それぞれの地域ごとに対策事業が計画された。国が施工する事業個所は37か所にのぼつた。流れが溢れやすい2地点では「分

な課題であり、これ以上の負荷は難しい、と見なければならないだろう。ダムを大きくしないで貯水量を増やすにはどうすればよいか。

ダムに洪水調節のための貯水と発電容量、それに死水容量（底水）の3目的の水が蓄えられている。この水の分配割合を変えて、洪水調節容量を増やすほかない。雨量が多くなる梅雨期から台風シーズンの夏にかけての洪水期には発電放流を大幅に減らし、その発電容量と死水容量を洪水調節容量に切り替えて増量することによって、洪水調節用の貯水量を約1・3倍にする再開発事業が決定された。

増量された洪水調節容量を使うためには、堤体の下部に、新たに放水孔を電力用も併せて5本掘削しなければならない。トンネル工事と同様、安定した地山を掘削すると重力のバランスが崩れる恐れがある。完成したダム堤体であればなおさらのこと、本体にさわらない方がよい。それでも鶴田ダムは治水能力を上げるために、ダム再開発に踏み切らなければならぬ。ダムえん堤に縦横6mの放水孔を掘削するが、それによつて、バランスが崩れ、ひび割れなどで、えん堤の弱体化など、ダム本体に影響が絶対あつてはならない。

## ダム補修時代の先駆け

放水孔を造るためには、まず、ダ

ム堤体の上流側に止水壁を造つて、堤体を保護しなければならない。止水壁は巨大な鉄の扉で、堤体上流全面をカバーして、水圧を受け止め、ダム本体に影響を及ぼさないようす。その上で、堤体の下流側から穴（放流孔）を開け、上流側に貫通、取水口を取り付ける。

巨大な止水壁を据え付ける台座づくりのため、「飽和潜水作業」が行われる。堤体の上では、止水壁をクレーンで降ろし、組み立てるための足場が建設されていた。細心の注意を払いながら、全国でも先導的なダムの「再開発」が今進んでいる。

戦後、さらに高度経済成長の時代、全国でダムが次々と建設された。しかし、ダムも歳を取る。新しい時代の要請にも応えなければならない。鶴田ダムで行われているダム貯水量の再配分、飽和潜水作業や止水壁などの新技術の動員、慎重な工事が求められる「再開発」事業は、ダムの新しい時代への「機能強化」と「補修管理の時代」の先駆けとなるだろう。

激特事業による河川改修と鶴田ダムの生まれ変わりの「合わせ技」で、川内川の、平成18年7月の集中豪雨並みの流量を抑制し、洪水の悲劇を再び起こさないことが目標だ。そこに河川・ダム技術者の挑戦がある。



道路上にも水門が一  
洪水を繰り返さない

## 「天の怒り」か 川内川 約470年で200回の洪水

川内川の洪水で記録に残された最も古い洪水は天平18年10月5日（746年）で「続日本書記」にある。洪水記録が整理され始めた天文8年（1539年）から、今まで約200回、2年に一度の

高頻度で洪水に見舞われている。そのほとんどは台風性洪水か梅雨性洪水で、時期的には6月から9月に集中している。

昭和に入つてからの中止洪水を見ると同2年8月11日、温帯性低気圧の通過に伴う集中豪雨で、旧川内町で浸水家屋約3000戸、同18年9月19日の台風で川内川下流だけで家屋の全半壊、流失144戸、浸水家屋約333戸を出した。

戦後の大洪水では昭和29年8月18～19日、台風5号による死傷者68人、昭和32年7月25～26日梅雨期の集中豪雨で川内市を襲つた台風19号は鹿児島県下で死傷者183人、行方不明11人。翌47年6月17日、死傷者26人、続いて7月3～4日、いずれも梅雨

期の集中豪雨で川内市を中心に行方不明8人、負傷者26人を出している。

平成に入ると同5年にもダブルパンチを受けている。同8月1日には集中豪雨で、また同8月6日には台風による洪水。平成9年9月16日台風平成18年7月22日には集中豪雨による大被害を出している。川内川流域3市2町ではさつま町、湧水町を中心に約5万人に避難勧告が出され、床上浸水1848戸、床下浸水499戸、浸水面積2777haに及ぶ大きな被害を出した。

7月15日から24日にかけて、活発化した梅雨前線が西日本から中部地方に停滞し、これらの地方に記録的な大雨をもたらし、特に、川内川の中、上流域の降雨は記録的なもので、川内川の中流域のさつま町で1281mm、中流域のさつま町で1264mmなど、平年の月間記録の2倍に達し、これまでの記録を大幅に超えた。

した。特に、川内川の中、上流域の降雨は記録的な大雨をもたらし、特に、川内川の中流域のさつま町で1281mm、中流域のさつま町で1264mmなど、平年の月間記録の2倍に達し、これまでの記録を大幅に超えた。

## 第1節

### ②「ダムだけに頼らない」治水へ 怒りの川内川

# 暴雨川、怒りの川。治水の苦闘 川内川の水害史が教えるもの 押し流されたダム神話

昭和41年3月、川内川の中流に鶴田ダムが完成した。洪水調節と発電の両方を担う多目的ダムであった。鶴田ダム建設は、戦後、相次いで南九州を襲った台風による洪水被害の教訓から、ダム建設、河川改修によって、この暴れ川を抑え込もうとした計画から始まっている。それまでの洪水で最も大きかった流量を目標（基本高水流量）に、それに対応した堤防の強化や川幅を広げたりする改修工事に加え、治水の役割を担うもう一つの柱として、鶴田ダム建設は進められた。

川内川の洪水は激しく、田畠をつぶし、街ごと家を押し流し、死者も数多い。この川の暴れ方は尋常なものではなかった。水害史をめくると、記録の確かな明治以降だけでも、台風や集中豪雨による被害はおよそ2年に1度、洪水が流域を襲つてゐる。特に、終戦間もない昭和20年代から同30年代の相次ぐ洪水被害は鶴田ダム建設の必要性を切実なものにした。しかし、鶴田ダム建設後も期待に

反し洪水は続き、「ダムの洪水調節力には限界があり、ダムは万能ではない」現実を教えた。それでも、ダムが洪水調節に果たしている大きな役割を否定はできない。熊本県・川辺川ダム建設反対運動などの論議のなかで「ダムに頼らない治水」の模索が始まっているが、川内川の被災の長い歴史が教えてきたものは「ダムだけに頼らない」総合的な治水対策と、非難と弁解の繰り返しを絶つ、地道な相互理解の努力の積み重ねである。

#### 昭和6年から改修スタート

川内川の改修工事は昭和6年からスタートしている。明治39年の洪水のデータに基づいて、川内市地点での流量を最高（毎秒） $3500\text{m}^3$ と見立て、改修工事を行うものであつた。それまでは国の直轄河川でありながら、「見るべき工事は行われていない」のが流域住民の実感であり、現実だった。

昭和6年から12年間の、最初の河川改修計画がたてられた。元平佐山村役場を借りて河川工事事務所とし、総工費400万円でスタートした。人力で河床を掘削し、土砂は馬車で運び出し築堤に利用する。そうした遅々たる改修工事の時代が続いた。さらに、戦争、戦後の混乱の時代、国の乏しい財政には川内川の本格的な治水事業を大きく進める力はなかつた。同18年度竣工はさらに昭和25年度に延期した。工事は依然として昭和21年度竣工はさらに昭和25年度に延期した。工事は依然として進まず、12か年計画が20年計画となつてしまつたのだ。治水工事の基地というべき河川工事事務所も、老朽化したままで「台風で建物は揺れ、窓ガラスは破れ、身の危険を感じる」（当時の所長・今村武秋氏）状態であつた。



築堤は馬と人力による工事  
(S.22—23年ごろ)

#### 鶴田ダムが主役で登場

その主役が鶴田ダムだつた。ダム建設によつて、下流川内市で毎秒 $600\text{m}^3$ の流量調節を行うことが出来る。今度こそは、洪水被害は防げると住民の誰もが信じた。ダムは昭和35年に着工し、同41年に完成した。念願の河川工事事務所の新庁舎も完成（昭和44年4月）川内川の治水本計画が作られた。約50年前の洪水をもとに設定した基本高水流量を基本としたそれまでの改修工事計画では、到底、洪水被害を抑え込むことは出来ず、新たに治水計画を作り直さなければ、洪水被害は防げないという現実を突き付けられた。

制は整ったよう見えた。

しかし、その2か月後、昭和44年6月下旬、川内市がまた洪水に見舞われた。隈之城川と川内川本流左岸堤防に囲まれた川内市街地が浸水、一面、湖のようになつた。川内川の堤防が決壊したり溢れ出したものではなく、川内周辺の、支流域も含めた地域への局地的な集中豪雨で「内水の氾濫」が引き起こされたのだつた。しかし、市街に浸水した水を川内川に戻そうにも、水位が高く、市街地を水浸しにした渦流はなかなか引かない。当時は市街の水を川内川本川に排水するポンプ場もなく「本流ばかり対策して、支流を放置した人災」という批判も浴びせられた。

2年後の同46年7月、やはり支流の高城川の堤防が決壊、今度は川内川右岸の市街地が被害を受けた。さらに1か月後、同46年8月（台風19号）、川内市街は続々と洪水に見舞われた。家屋全半壊30戸、家屋浸水約2900戸、18の橋が流され、8か所で堤防が決壊した。「計画高水位近くまで膨れ上がつた本川渦流のため、堤防天端が足のくるぶしまでり込む軟らかさとなり、グラグラと堤体の振動に足がすくむ」ほどであったという。

## 温泉街が流された

流失（119戸、149世帯）する、未曾有の洪水となつた。川べりに並ぶ温泉街では、上流から家屋が流れ始め、将棋倒しのように次々とぶつかり、渦流に呑まれていつた。川内市街の雨量は市民が危険を感じるほどではなかつたが、鶴田ダム周辺とその下流域に局地的豪雨が発生していたのである。鶴田ダムの貯水はピーケに達しようとしており、その時間を狙つたようにさらに、一時間110mmもの集中豪雨に見舞われた。ダムは満水状態となり、洪水調節能力は失われていた。「ただし書き」放流へ—ダムへの流入量がそのまま放流される事態となつていつた。

湯田温泉街は、川内川の河畔にあり、川の風景が見える温泉で、心と体を休めながら、ひと時を過ごすことが出来るのが湯田温泉の魅力であった。だから川岸から移転することは出来ない。巨大な堤防が立ちふさがつては景観が失われてしまう。そこで川幅を2倍の120～130mにまで広げ、温泉街は嵩上げして復興することになった。

## 住民の不信感、増幅、訴訟も

川内川の築堤などに尽くした山本実彦のことは、あまり知られていない。山本は出身地、川内の山と川をこよなく愛した人である。新聞記者、東京毎日新聞社社長の後、雑誌「改造」を創刊（昭和19年）、志賀直哉「暗夜行路」、林英美子「放浪記」、火野葦平「麦と兵隊」など次々とベストセラーを出した。

今日の文庫本の元祖ともいえる「十銭の改造文庫」を始めたのも山本。軍国主義に反対を貫き、東条内閣に「改造社」の解散を命じられた。昭和5年衆院議員当選、昭和6年から始まつた川内川の改修事業の促進に尽力した。これは実質的に、川内川改修工事のスタートで、山本の故郷への強い思いがあった。

川内川を訪れた文人は、多くはない。その中で、歌人・与謝野鉄幹、晶子夫妻が、歌集「霧島の歌」のために、霧島を訪れた際川内に立ち寄っている。それは、川内出身の山本実彦が「紫

といものであつた。  
いかに、治水計画を超える異常な大雨が降つたとはいえ、住民には、行政の「鶴田ダムは洪水抑制に役立つた」という説明は「弁解」にしか聞こえなかつた。

## 山本実彦と与謝野夫妻の川下り

（鉄幹）

ほのぼのと川内川の夕映えのばら色をしてめぐりたる船  
（鉄幹）  
われ乗りて西湖の船に擬するなりそれより勝る大川にして  
（晶子）

鉄幹は鹿児島に縁がある。父礼巖が浄土真宗の僧侶で、鹿児島別院に勤め、のち加治木に住んだ。鉄幹は幼いころを鹿児島で過ごした。

老いの身の相見てうれしをさなくて加治木の寺に植えしたぶの木

ダムと河川改修による治水計画を抜本的に見直さざるを得なくなつた。川内地点での基本高水流量を毎秒9000m<sup>3</sup>と2倍以上に想定し、それを7000m<sup>3</sup>に抑え込む計画高水流量を設定する（昭和48年3月、

## 上、下流の総合的な治水

限界はあつた。鶴田ダムは宮之城、薩摩川内市など下流の洪水調節には大きな役割を果たすが、上流地域も

具体的には、さらなる河川改修を行ふと同時に、鶴田ダム治水能力を高めるため、ダムへの最大流入量毎秒 $4,600\text{ m}^3$ のうち $2,200\text{ m}^3$ を洪水調節用とする「再開発」事業を行うことにして、全国で初めての発電用の貯水を買い取つて、洪水調節容量の増大をはかる。また、ダム操作規則も改訂、洪水時にはあらかじめ予備放流を行い、洪水調節能力を高める操作も実施することになった。

川内川水系工事実施基本計画（昭和58年完成）こと



鶴田ダムの完成で洪水防止が期待された



鶴田ダムでの雨量レーダー  
2012年7月11日

洪水に悩まされていた。同じ温泉街の湯之尾温泉は、鶴田ダム湖（大鶴湖）最上流にある温泉街で、たびたび浸水被害にあつていた。上流域も放置できない。このため温泉街の上、下流を締め切り、洪水のとき増水した水を流す分水路が建設（可動堰、昭和58年完成）された。

上流と下流とはしばしば利害が対立する。上流の河川改修が進み、洪水を起こすことなく、大きな流量が流れ下るようになると、下流は急速に増大する水量を引き受けなければならぬ。逆に上流域で洪水が起これば、下流への流量は減り、被害も少なくなる。通常、洪水は中、下流域で大きな被害を出しが、川内川は、盆地が連鎖し、流れが滝など階段状になつた。

で下つて、次の盆地へ行く地理的性を持つている。上流の盆地で、水が溢れれば、下流の流量は少なくななる。例えば、平成18年7月の洪水では、上流での氾濫で鶴田ダムへの流入量は、予想水量より12%近く減っている。

### 異常な、局地的豪雨

戦後の川内川の洪水被害は、鶴田ダムをはじめ可動堰建設、分水路、築堤など河川改修の努力の積み重ねにもかかわらず、大きくなつていている。そのたびに計画高水流量を引き上げ、治水事業計画が練りなおされてきたが、洪水は治まらなかつた。治水関係者を翻弄するように、豪雨は下流域に集中したり、また、上流域を襲うこともあり、しかも「局所集中豪雨型」の性格を強めていった。

苦い経験をもとに鶴田ダムの洪水調節容量を増やし、河川改修などの対応工事を重ねてきたが、計画を上回る出水が発生、洪水が襲つてゐる年々、降雨量が増え、しかも局地的、集中的になる「想定外」の気象現象の変化が背景にあるとしても、被害住民としては「なぜ、（洪水被害が）繰り返されるのか」という思いは強く、治水計画、事業施策への不信となつていつた。

さらに大きな衝撃

平成18年7月の大洪水である。台風4号の影響で北上した梅雨前線はえびの市で $1,281\text{ mm}$ をはじめ、さつま町紫尾山で $1,264\text{ mm}$ 、大口市で $1,122\text{ mm}$ など川内川流域全体にかつてない豪雨を降らせた。堤防や護岸 $100\text{ m}$ 以上が損傷を受け、全域で浸水被害が生じた。ダム管理事務所自身も、すぐ下流での $2,400\text{ m}$ に及ぶ山崩れなどのため、道路も電気も寸断され、「孤立状態」の中で、下流の洪水被害を可能な限り抑えるための自主操作を強いられた。ダム湖の貯水量が刻々と増してゆく緊張感の中で放流が急激にならないよう、またダム貯水のピークまで、貯水状況を見ながら、放流量を徐々に増やしてゆく微妙な操作に取り組んでいたのだ。

ダムの貯水能力の限界から止むを得ず「但し書き」放流に入らざるを得なくなつた。ダムへの流入量と同じ水量を放流しなければ、ダムを越流して、ダムも危険にさらされる事態になりかねない。「計画規模を越える」豪雨に見舞われたこと、ダム管理所は洪水抑制のための操作に懸命な努力を払つたことは間違いない。

しかし、一番被害の大きかつた宮之城・虎居地区でこれまでの水位（既往水位）を $3\text{~}54\text{ m}$ も越えた。「ダムの放流とダム下流の支流からの流入が重なつた」ためと考えられる。結果として、大きな被害を出したた

ここで鶴田ダムの存在意義、川内川全般の河川管理の在り方が再び住民から厳しく問わされることとなつた。

## 教訓を生かして

この水害から国は直ちに「激特」事業（激甚災害対策特別緊急事業）に指定、総予算375億円を投じ、分水路建設、築堤延長（約16km）、水門・樋門27か所の新設、輪中堤、住家の嵩上げまで多様な40を超える工事を行うことになった。また、鶴田ダムについては、洪水調節容量を現在の1・3倍の9800万m<sup>3</sup>に増量、新放流管の設置などの「再開発」事業（総事業費約460億円）を平成27年度完成を目指して行っている。

川内川が残した教訓は、こうした治水努力（ハード面）と共に、住民の理解（ソフト面）を深めることの重要性を再認識させたことであろう。残念ながらダムによる治水効果にも、河川改修にも、その洪水防御力には限界がある。そうした厳しい認識の上で、安易な安全神話やダム無用論に陥らないような「現実的な理解と行動」が必要となる。

川内川の河口。江戸時代の石工の棟梁・岩永三五郎が差配した排水システムが残る長崎堤防一帯の水田を歩くと、家々に小舟が用意されていれる光景に出合う。日頃から、川内川の「表情とご機嫌」をうかがいながら、水害に備えた暮らしをしてきた

のだ。しかし、ダム建設が行われ、河川改修が進むにつれ、安心感と共に流域住民の意識は川から遠のいて行つた。

## 非難と弁解の悪循環を断とう

治水施設の機能・操作は、専門性もあつて、住民には理解が届かないのが現実だろう。ダム操作になるとなおさらのことだ。流入量が増え、ダムがただし書き操作に入らなければならなくなつたとき、オペレーターがダムが耐えられる限界と、下流の被害を可能な限り防ぐための操作を行なうには、「相当の技量」が必要なのだ。それでも生まれた疑念に応えて、住民も参画した検討会で操作の在り方に再検討が加えられた。

「ダムの放流操作に問題があつた」という批判と「計画を越えた水量があつた」というダム効果の強調の繰り返し。悪循環を断ち切る道はあるのだろうか。鶴田ダムの洪水調節に関する検討委員会に参加した山田誠鹿児島大学名誉教授は一つのエピソードをあげて言う。

「（鶴田ダムでは）放流操作の状況を住民に知つてもらうためダム管理所の操作現場が公開された。放流を始めると、ダムの堤体が微妙に揺れるその緊張状況を（住民が）体感することによって、ダム操作に対する改善された」と。

川内川の河口から4km上流の薩摩川内市高江町に土木学会選奨（平成23年度）の土木遺産「長崎堤防」がある。鋸の刃のように突き出した堤防（堤長655m）。

三角形で高さ3・3m、長さ10・2mの石組み。土木学会は「このユニークな形状」が300haもの水田を造りだした「輝かしい土木遺産」としている。

江戸時代、高江地区は、川内川の洪水の被害を受け続けていた。洪水のたびに田畠が水につかり壊滅する洪水常襲地帯で人々の暮らしを「高江3000石火の地獄」といふ。薩摩藩が普請奉行・小野仙左衛門を送り込んだのは延宝7年（1679）のことである。

9年間、仙左衛門は川内川の流れに沿つて、軟弱な土地の上に堤防を築こうとして悪戦苦闘した。彼は藩内の各地で河川改修、堤防づくりの経験を積んだ実績のある土木技術者として知られていた。その彼をしても、高江の堤防建設は難事であつた。築堤のたびに川内川の洪水が突き壊し、濁流が田畠を飲み込んだ。

着工して7年目、夢枕に立った白

髪の老人からの「お告げ」で、川内川に縄を流したところ、曲線を描いた。「流れて行く縄は6つの弓を連ねた。これだ」と仙右衛門は叫んだ。縄の流れに沿つて三角形の石垣を組み、それを連ねて堤防を築いた、と伝えられている。娘・袈裟が人柱に立つたとの言い伝えもある。

以来320年以上、長崎堤防に守られた300haの水田は豊かな実りを続けている。昭和63年の災害復旧工事では当時の石材を使って復元した。

苦難を通して蓄積された堤防技術は、約70年後、平田鞠負ら「薩摩義士」によって行われた木曽川治水工事にも生かされた。

## 輝かしい遺産・八つ刃長崎堤防 難工事、人柱伝説



鋸の歯のように突き出した堤防

## プロジェクト九州

### 第1節

#### ③景観重視へ 2つの分水路

##### 怒りの川内川

## 洪水抑制のための分水路建設



推込分水路の構造

### 推込分水路

川内川は鹿児島県・さつま町宮之城に入ると、大きく曲線を描きながら流れ、突然、かつて虎居城があつたという「舌状」半島のように伸びた丘陵（高さ約55m）に突き当たり、急角度で右折し、丘陵をU字に回り込む。この特異な地形によって、右岸の宮之城虎居地区は大きな水害に見舞われてきた。特に、平成18年7月の洪水の被害は大きく、その教訓から、虎居城跡の丘陵部分を切通しする「推込分水路」が造られた。増水した流れが丘陵部分をU字で回り込む時に水位が上がり、あふれ出ないように、直線で切り通した水路と

本川とに分水したのだ。分水路の両岸は自然な石垣で造られ、景観への配慮が行き届いている。

また、上流の曾木の滝には、自然の渓谷と見間違うほど、岩石を生かしたもう一つの分水路（曾木の滝分水路）が完成している。多くの分水路がコンクリート張りなのにに対し、川内川では洪水抑制工事と新たな景観形成を行つた全国にもまれな河川改修工事となつた。

虎居城のあつた丘陵は、こんもりした森を思わせる。川内川がぐるりと取り囲み、城を守る天然の濠の役割をしている。防衛力が高く築城には絶好の地形だ。「虎居」の名前も強く、恐ろしげだが、本当に恐ろしいのは、この丘陵が洪水時の流れを阻害し、上流右岸の街にあふれ出

てしまふことだ。平成18年夏の記録的な豪雨によつて約650戸が浸水被害を受けてしまつた。

このため川内川の流れが右に急カーブする虎居城祉と宮之城中学校の間の丘陵部を切通して分水路を建設し、増水した水を本川と分水路に分けて流し、水位を下げようとする推込分水路事業が「激特事業」（激甚災害対策特別緊急事業）で行われることになった。

事業に先立つて、「虎居町武家屋敷発掘調査」が行われた。江戸時代、宮之城は川内川の舟運の中継地だった。上流の大口地方など産米を集め、河口の川内に運び、そこから鹿児島へ、さらに遠く大阪に運び出した。丘陵の虎居城跡には、平安、鎌倉、戦国時代の「くるわ」遺構があり、鉄矢じりや鉛弾のほか数多くの木製品類、中には「舟の櫂（カイ）」などの埋蔵文化財が発掘されている。発掘調査に当たつた学芸員は「多分、平和な時に舟遊びに使つたのでしよう」（宮之城資料センター）と、のどかな風景を描いてみせた。

### 高い堤防に抵抗感

もちろん、分水路建設のほかにも、選択肢はあつた。高い堤防を張り巡らし、増水した水量を本川に封じ込めてしまう「連続高堤防方式」。実は、堰（堰）をやや弓形に築造した。この堰は川内川が増水、水位が高くなつてから、分水路に増水分が流れ込む仕掛けで、本川の普段の流量は変わらず「川の風景」に変化が生じないよう配慮されている。



曾木の滝分水路—水遊びの空間を創造

宮之城市街地には川岸に石垣をめぐらしただけで、小高い台地の上に町が広がっていて、氾濫防止のための堤防はなかった。それほど親水性の高い街なのだ。洪水防止のためとはいえ、城壁のように街を堤防で囲い、川から「遠ざかる」ことには、住民に抵抗感が強くあつた。

「高い堤防」を建設することなしに、洪水を防ぐことは出来ないか。丘陵部をショートカットする分水路によって、増水時の流れは本流と分水路に2分されてスマーズになり、水位を下げることが出来る。被災した右岸（約2km）には視界を妨げない程度の土堤構造の築堤を行つた。川幅を広げるための河道掘削も行い、石積み護岸を2段に造り、さらには堤防敷地に制限のある場所については、特殊なパラペット堤工事を施工した。築堤、分水路建設など河川改修に当たつて、これほど総合的な景観への配慮と保持、修景が行われたのは、全国的にも稀であろう。

平成23年6月、分水路の効果を試すように川内川流域に300mmを超える大雨が降つた（14日～17日）。それに先立つ11日の雨で川内川は増水し、初めて分水路に水が流れ込み約50cmの水位低下効果を生んだ。16日には、約26時間の分水が行われ、約80cmの水位低下を見た（いずれも宮之城水位観測地点）。



道路が越流えん堤に（曾木の滝分水路）

何と言つても、目を奪われるのは、川幅65mの河床全体に敷き詰められた自然石の石畳だ。高さ約4mの分流堰の越流部は滑るように磨かれ、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、施され「水遊びが出来る空間」を演出している。

築堤、分水路建設など河川改修に当たつて、これほど総合的な景観への配慮と保持、修景が行われたのは、全国的にも稀であろう。曾木の滝分水路は、被災した右岸（約2km）には視界を妨げない程度の土堤構造の築堤を行つた。川幅を広げるための河道掘削も行い、石積み護岸を2段に造り、さらには堤防敷地に制限のある場所については、特殊なパラペット堤工事を施工した。築堤、分水路建設など河川改修に当たつて、これほど総合的な景観への配慮と保持、修景が行われたのは、全国的にも稀であろう。

平成23年6月、分水路の効果を試すように川内川流域に300mmを超える大雨が降つた（14日～17日）。それに先立つ11日の雨で川内川は増水し、初めて分水路に水が流れ込み約50cmの水位低下効果を生んだ。16日には、約26時間の分水が行われ、約80cmの水位低下を見た（いずれも宮之城水位観測地点）。

推込分水路の堤防の上に立つてみると、虎居城側の右岸は熊本城壁を思い起させる、「武者返し」の石組み。それも高さ2mほどで威圧感はない、その上は階段状にのり面を作っている。全体として、「城跡のある小高い山（城址）」のイメージに修景が施されている。左岸の宮之城中学校下の護岸は緩やかな斜面で分水路岸に降りて行けるアプローチ用階段、散策路などがあり、植栽が

## 自然に溶け込んだ分水路



自然の渓谷を思わせる曾木の滝分水路

宏九大大学院教授）、全く新しいコンセプトの分水路となつていて、自然に近いのが上流の曾木の滝分水路（伊佐市）だ。増水時には、自然の滝分水路には近づけない。相当量の水が流れ込むからだ。

推込分水路に比べて、さらに「人工性」が抑えられ、「自然」な水路を出現させている。激しく水しぶきを上げて、流れ落ちる曾木の滝のそばに、「せせらぎの自然空間」という巧みな演出。もう一つの観光名所を造りだした、と言えるのではない。

宏九大大学院教授）、全く新しいコンセプトの分水路となつていて、自然に近いのが上流の曾木の滝分水路（伊佐市）だ。増水時には、自然の滝分水路には近づけない。相当量の水が流れ込むからだ。

車を降りて、分水路の最上流に立つと沢水が溜まつた川床が広がり、子供の水遊びにもつてこいだ。左岸の遊歩道を散歩がてらに歩く。两岸は大小の石が野積みされたようない荒い石畠で減流され、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、水と景観が一体となつた（島谷幸一著「曾木の滝」）。

宏九大大学院教授）、全く新しいコンセプトの分水路となつていて、自然に近いのが上流の曾木の滝分水路（伊佐市）だ。増水時には、自然の滝分水路には近づけない。相当量の水が流れ込むからだ。

車を降りて、分水路の最上流に立つと沢水が溜まつた川床が広がり、子供の水遊びにもつてこいだ。左岸の遊歩道を散歩がてらに歩く。两岸は大小の石が野積みされたようない荒い石畠で減流され、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、水と景観が一体となつた（島谷幸一著「曾木の滝」）。

車を降りて、分水路の最上流に立つと沢水が溜まつた川床が広がり、子供の水遊びにもつてこいだ。左岸の遊歩道を散歩がてらに歩く。两岸は大小の石が野積みされたようない荒い石畠で減流され、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、水と景観が一体となつた（島谷幸一著「曾木の滝」）。

車を降りて、分水路の最上流に立つと沢水が溜まつた川床が広がり、子供の水遊びにもつてこいだ。左岸の遊歩道を散歩がてらに歩く。两岸は大小の石が野積みされたようない荒い石畠で減流され、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、水と景観が一体となつた（島谷幸一著「曾木の滝」）。

路に流れ込む。

曾木の滝にさしかかるところで、川内川の川幅は、少し狭くなつていて、このため、上流の水位は上がりやすく、溢れ出す危険があり、増水時には流れを分ける必要があつた。このため、曾木の滝の左岸に、平均河床幅約30m、長さ約400mの分水路が建設された。「建設」という言葉はそぐわないほど、岩石を生かし自然に造られている。

車を降りて、分水路の最上流に立つと沢水が溜まつた川床が広がり、子供の水遊びにもつてこいだ。左岸の遊歩道を散歩がてらに歩く。两岸は大小の石が野積みされたようない荒い石畠で減流され、ゆつたりとした斜面を流れ落ち、水と景観が一体となつた（島谷幸一著「曾木の滝」）。

## 第1節

### ④インタビュー 「川内川分水路建設を指導した島谷幸宏氏」

#### 怒りの川内川



島谷 幸宏 氏

(しまにゆきひろ) プロフィール

九州大学工学研究院教授  
1955年、山口県生まれ。建設省入省、同土木研究所、国土交通省九州地方整備局・武雄河川事務所長を経て現職。武雄時代、佐賀県・嘉麻川の石井樋復元に尽力。国交省・多自然川づくり研究会座長、九地整風景委員会委員長。著書に「水辺空間の魅力と創造」(共著)などがある。

島谷教授 何といっても、川内川の流域は、非常に難しい地形にあります。上流から下流に至るまで、いくつもの盆地が連なり、その盆地が狭隘な川(川内川)でつながっている。異常な降雨があると、盆地での洪水は避けられない。そういう氾濫地形

—鹿児島県・川内川は洪水を繰り返し起こしてきました。その背景はどこにあるのでしょうか。

島谷教授 鶴田ダムは川内川(全長137km)河口から51km上流、ほぼ中央部にあります。ダムは大体、上流の山間部に建設されます。山間で、洪水を抑えているのですが、鶴田ダムは中流にあり、全国でも珍しいダムです。これで下流域の洪水はある程度、抑えられるのですが、上流域に問題が残る。上流域では大雨の時は狭窄部を開けて、水をためないように流してほし

—洪水を防ぐために、鶴田ダムが建設されました。しかし建設後もたびたび洪水に見舞われ、特に平成18年7月の大洪水の被害は大きかったです。

—となっていることです。勿論、霧島、国見山地などえびの上流が多雨の地域であります。

### 全国でも珍しい中流ダム

島谷教授 危機管理のためのルールは、原則通り行うのが原則です。そこに(人間の)判断が入ると間違います。「但し書き」操作に入ると、

あれ以上は無理とも思えますが、でも、(洪水被害は)仕方がないとは言えない。ダムの洪水調整操作は本当に難しい。



推込み水路の越流部は自然石で演出されている

島谷教授 平成18年7月の雨量は100年に一度、いや400年に一度というものでそれが短期間に集中していました。鶴田ダムの能力を超えたものでした。当時の洪水調節のためのダムの(水量調整)操作は、現場技術者としては精いっぱいやった。

—ダム下流の宮之城・湯田温泉などが洪水で水浸しになり住民にダメ不信の感情が生まれました。

—しかし、下流域は出来るだけ溜めてほしい。その中流にある鶴田ダム(放流量の)判断をして行かざるを得ない。予報情報はありますか。それはあくまでも予報ですから。

—流域住民からすれば、その「但し書き」操作をもつとうまくやって下さい。

島谷教授 ダムが満水になる状況になつても、下流に急激な放流は出来ない。ダムへの流入量より緩やかな勾配で放流して行かなければならぬ。一方で本当に貯水が(ダム堤体を)越流して、ダム自身を危険にさらすことは避けなければならない。そのギリギリの判断が求められる。相当のベテラン技術者が担当するの

ですが。現在、「但し書き」操作の在り方について検討がされていますが、限界はあると思います。

——平成18年7月の大洪水で川内川

は「激特」（激甚災害対策特別緊急事業）に指定され、様々な河川改修工事が行われました。それらの改修事業は、これまでと違う特徴

はありますか。



推込み水路の模型水理実験

島谷教授 日本を代表するものと言つてよいでしょう。分水と言つても、洪水のときだけ

——しかし、例え輪中堤では、農地は守れないという不満が残る。

島谷教授 当然、不満はありますよう。しかし、一〇〇年に一度の洪水

島谷教授 （河川改修の在り方で）大きく舵を切ったと思います。これまで連続堤防方式で、強く大きな堤防で、河川からの氾濫を封じ込めることに集中してきました。しかし、「想定外の」異常な気象や、財政難もあって、現実には人々を守りきれない。その現実を意識して、例えば「輪中堤」とか、宅地のかさ上げなど多様な手法を使っています。それを初めて、総合的に展開しているのが川内川です。

島谷教授 （河川改修の在り方で）大きく舵を切ったと思います。これまで連続堤防方式で、強く大きな堤防で、河川からの氾濫を封じ込めることに集中してきました。しかし、「想定外の」異常な気象や、財政難もあって、現実には人々を守りきれない。その現実を意識して、例えば「輪中堤」とか、宅地のかさ上げなど多様な手法を使っています。それを初めて、総合的に展開しているのが川内川です。

島谷教授 を想定して、連続堤防方式を進めて行つても、完全に出来上がるとは、遠い将来になる。今、流域全体の全ての場所を守れるかとなると実体論として「全ては守れない」という治水方式になる。財政的制約、農業の先行き、人口減などの先行きの状況変化もあります。人命は勿論、資産の高いところから順次守るという考え方です。震災堤防なども、（高く巨大な堤防で）全てを守る考え方の見直しが行われています。

島谷教授 意識して、見えなくして見えるのです。もともと、あの流域はあるか、滝の展望所などからは見えない。

島谷教授 意識して、見えなくして見えるのです。もともと、あの流域はあるか、滝の展望所などからは見えない。

島谷教授 虎居の分流路の場合「舌状」に突き出た地山を、切り通していますが、本流への変化はありませんか。

島谷教授 その問題意識は強くありました。流れが穏やかになることによつて、河床に土砂が溜まりはしないか、そのことによって自然の川に

## 「日本を代表する分水路」

——しかし、例え輪中堤では、農地は守れないという不満が残る。

島谷教授 当然、不満はありますよう。しかし、一〇〇年に一度の洪水

島谷教授 機能するものです。虎居の分水路の入り口に「堰」を作つて、その堰を越流した水がスムースに流れるようになります。また、分水路の堰は高さ4mにツルツルに磨いてあります。護岸石を使い、残土経費を抑えかつて、自然な曲線を採用しました。曾木の分水路の場合は、むき出しのコンクリートの水路ではなく、「素掘りの川」として、岩石などを自然な形を残しながら掘っています。環境と治水を一体化した事業と言えるでしょう。

島谷教授 水理実験の模型は現在も大学構内にあります。200分の1の实物模型で、様々な水理実験を行つたうえで、設計し、施工しています。流域住民の方々も、その実験の様子、内容を見て、分水路がどう働くか知り、納得の上で分水路の建設でした。

## 第2節

## ①ダム技術の大転換

鶴田ダム

# 堤体重視から、基礎岩盤との格闘 フランスのダム崩壊の教訓を生かして ダム建設の設計、技術の大革新



打設開始  
昭和37年11月3日

鶴田ダムの起工式は、昭和36年7月7日、七夕の日に行われた。テンントが張られ、会場入り口に紅白の布にまかれた柱が立てられ、くす玉が3つ。神事、鍬入れが行われた。西日本最大級の洪水調節と発電を行う多目的ダムの建設が始まった。しかし、このダム建設に至るまでの30年、河川改修工事は行われていたが、川内川は幾度となく洪水を引き起こし、「暴れ川」の異名をほしいままに流域に被害を与えてきた。上流域の伊佐盆地、下流の川内市街を中心とした台風や集中豪雨による被害が相次いだが、洪水を抑制するための本格

的な河川改修は戦後になつてようやく開始された。しかし上流部の河川改修は、下流部の流量を増大し、洪水の危険を増大する結果となり、中流域にダム建設の必要が生まれた。鶴田ダム建設は、川内川の治水の切り札として下流域住民の大きな期待を集めていた。

## 30年ぶりの切り札

川内川の改修工事は昭和6年からスタートしている。しかし、工事は遅々として進まず、28年後の昭和34年に至つても、下流域は全体計画の86%（築堤土量の竣工率）、上流部では16%に過ぎなかつた。

改修計画は昭和2年下流部大洪水を契機に、下流部の基本高水流量を $3500\text{m}^3/\text{s}$ として計画されたものだ。上流部の改修は遅れて、昭和18年の出水被害を受けてようやく

昭和23年から着手された。上流部の改修が進むにつれて、下流部での洪水は回数も規模も大きくなり、計画洪水流量そのものを見直さなければならぬ状況となつた。上流部での氾濫が、下流への流量を減らし、皮肉なことに洪水調節の役割を果たしていたのだ。

川内川の改修工事の遅れには、戦争、敗戦、戦後の混乱と財政ひっ迫、人手、資材不足などさまざまな背景

があるが、「他の主要河川に比べて、優先度は高くは評価されていなかつた」と指摘する向きもある。しかし、

次々に起ころる台風や梅雨の集中豪雨による洪水被害は年々深刻となつていた。昭和25、29年台風、同32年の集中豪雨など上下流域とも大きな被害が生じ、特に下流域の川内市内は「全く孤立の状態に陥る」状況となつた。このため、改修計画の見直しが行われ、川内市域の基本高水流量は $4100\text{m}^3/\text{s}$ と上積み、計画され

新しい基本高水流量に基づいて、全体計画をどのように見直すか。検討の結果、川内での同流量を毎秒 $3500\text{m}^3$ のままとし、中流にダムを計画して、増量分を洪水調節（鶴田ダム地点で毎秒 $800\text{m}^3$ ）するこ

とに

なった。合わせて発電計画も立案され多目的ダムとなつた。



ダム基礎の掘削工事 昭和37年1月

## ダムで洪水制御へ

てきたのである。

基本高水流量毎秒 $3100\text{m}^3$ は川内市内では同 $4100\text{m}^3$ となるため、鶴田ダムによって毎秒 $600\text{m}^3$ を受け止め、調節効果を出そうというものであつた。そうすれば、進行中の下流の改修計画の範囲内で流量はおさまり、洪水は防げるという計画で

ダム建設のための調査は昭和25年から始まっている。候補地は2か所あつた。河口から51 km地点の現在のダムサイト地点とそこから300 m下流地点で、比較検討の結果、現在の地点が選ばれた。

川内川は、熊本と宮崎県境・白髪岳に源流を持ち、えびの、真幸盆地・吉松地方に入り、狭窄部を抜け栗野盆地、菱刈盆地を通って、曾木の滝に至る。ここからは約10 kmの渓谷となり、鶴田村（現在のさつま町）に達する。この山間渓谷を利用して貯水池（大鶴湖）とする鶴田ダム計画が立てられた。上流と下流を繋ぐ10 kmもの渓谷の存在はダム建設にとって天与の好条件。鶴田ダムは、こうした有利な地形を利用し、九州

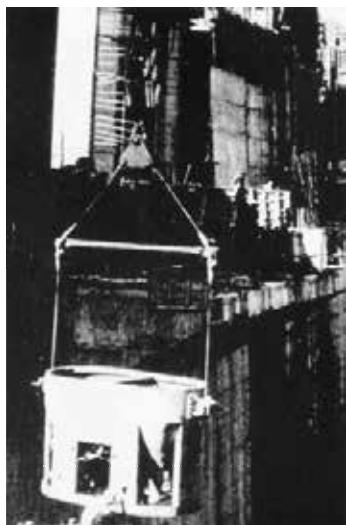


雲の中のコンクリート打設作業  
昭和38年1月

では当時としては極めて珍しい、中流域に建設される治水機能を持つダムとなつた。ダムから河口までわずか51 kmでのダムが、下流域の洪水調節の役割を中心的に担うことから、難しく、厳しい洪水調節操作が求められるダムになつた。

### 断層を避ける

事前調査から10年、昭和34年度に調査費4000万円が組まれ、水理調査から、補償のための測量に至るまで全面調査が決まつた。仮設の吊り橋がかけられ、河床はじめ両岸の詳しい地質調査が行われた。それによつて、川内川発電所の上流130 mに約10 mの破碎帯を持つ断層の存在が確認され、さらに、その下流60 mにも断層があつた。「両者の断層は比較的、大きな断層で岩石は破碎され原石より強度が低下しているうえに断層周辺は一部高い透水性となつてゐるから堰堤がこれらの部分にかかるのは避けることにする」と調査の結論を出している。



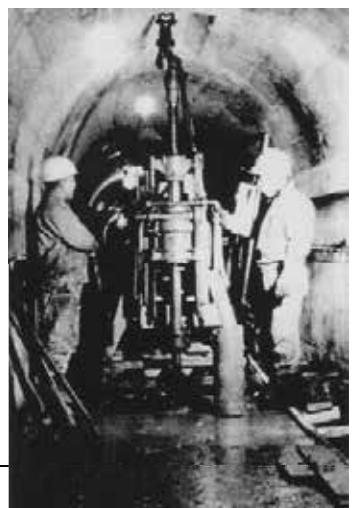
コンクリート打設。  
昭和38年2月

### 中流ダムの課題

鶴田ダムは、全長137 kmある川内川の中流域をダム湖とし、堤体は河口から約51 kmに建設される計画が決まつた。球磨川の市房ダムなど上流の山間部に建設される多くのダムと違つて、様々な課題を抱えることになった。

中流域だけに流量が多い。その流れを止めて工事をするには、ダム建設地の前後、つまりダム堤体の上流と下流に締め切り用の仮ダム（上流は馬蹄形のアーチ式・堤高20 m。下流は重力式・堤高10 m）を作つて、川内川

两岸の地質はどうか。「右岸河床は全く堅硬塊状の砂岩で構成されており問題はないが、左岸は砂岩の下20～34 mは頁岩の破碎帶があつた。そのため「この破碎帶を処理すれば高堰堤築造には何ら支障はないと考えられる」と評価していた。



プラムナインボーリング  
昭和38年12月



上流締切りを越えてあふれ出す洪水  
昭和39年8月

の流れをダム工事現場から迂回させる必要がある。工事期間中、このバイパス道路によって、工事現場を「水無し」状態にして河床の基礎工事や本体の堤体建設のためのコンクリート打設ほかの工事を行うことになる。さらに中流域に建設するため、貯水する容量は大きくなりダムは巨大化せざるを得ない。球磨川上流に建設された市房ダムに次いで、鶴田ダムは、国によつて造られる九州で戦後2番目の本格的多目的ダム。その規模は西日本最大級となり、堤高117.5 m、長さ450 m、堤体の体積は約112万m<sup>3</sup>に及ぶ。このため佐久間ダムから

の流れをダム工事現場から迂回させる必要がある。工事期間中、このバイパス道路によって、工事現場を「水無し」状態にして河床の基礎工事や本体の堤体建設のためのコンクリート打設ほかの工事を行うことになる。さらに中流域に建設するため、貯水する容量は大きくなりダムは巨大化せざるを得ない。球磨川上流に建設された市房ダムに次いで、鶴田ダムは、国によつて造られる九州で戦後2番目の本格的多目的ダム。その規模は西日本最大級となり、堤高117.5 m、長さ450 m、堤体の体積は約112万m<sup>3</sup>に及ぶ。このため佐久間ダムから

持ち込まれたブルドーザーをはじめ大型重機が動員された。20tの主力クレーンの上にサブクレーンが取り付けられるなど、全てが当時の常識を超えた巨大工事となつた。ダム本体は柱状ブロックごとにコンクリートを打設して積み上げる。大量のコンクリート打設のための冷却用のパイプクリーリングなどは米国のフレーバーダムの技術を手本にしている。また、現場近くにセメントサイロ、バッチャーブラント、ミキサー、クリンクリングプラン特など、まるで大規模な工場を思わせる施設が山中に出現した。

「鶴田ダム建設の歌」がある。歌詞も意気込み大きく、ほほえましい。

世紀の偉業ここにあり  
万丈の山を切り崩し  
千じんの谷を埋め尽くす  
機動の響き夜と昼  
ああ、建設の鶴田ダム

順調なスタートだった。昭和36年末には基礎工事はほぼ終わり、いよいよ本体工事に取り掛かるためのケーブルクレーン、バッチャーブラントが完成、昭和37年8月からコンクリート打設を開始することになつた。全てがスピードに進んでいた。しかし、好事、魔多し。コンクリート打設開始予定の1か

月前、台風14号による豪雨（同37年7月）が襲つた。ダムサイトの右岸下流部で、幅約100mに渡つて約6万1000m<sup>3</sup>もの大きな地すべりが発生、建設していたバッチャーブラントを基礎から破壊してしまつた。再建には4か月はかかると見られ、工事は大幅に遅れを余儀なくされることになった。プラントを再建しなければ、工事は開始できない。文字通りの昼夜を分かたぬ突貫工事が始まつた。コンクリート打設は3か月遅れで、再スタートすることが出来た。1か月間も短縮したのである。

### 試行錯誤を重ねながら

ダム建設にあたつては、その基礎となる岩盤が堅固で、漏水することのない「止水性」を持つこと、そして建設される「堤体」と基礎となる岩盤との接触部や岩盤自体の「安定性」が絶対条件となる。ダムは作つたものの、岩盤から水漏れしたり、堤体の安定が確保されない地質の場所ではダムは造れない。



カーテングラフト工事  
昭和39年4月

基礎岩盤の「安定性」、特にせん断強度の再検討が必要になつた。せん断力は岩石の内部の弱面に沿つて、面の両側に同じ大きさで反対向きに働く力で、それによって、岩盤が変位を起こし、それが生じる恐れがある。このため、

ダム技術者にショックを与える事が起つた。昭和34年12月、フランスのマルパッセダム崩壊事故である。試験湛水中のダムが決壊して、濁流が下流の村を飲み込み死者421人を出す大事故だつた。ダムの基礎岩盤が劣悪で、十分な補強が行われていなかつたことが、原因とされている。フランスだけでなく世界のダム建設に当たつての、設計施工の主な関心はもっぱらダム本体にあり、ダムの基礎に重大な関心が払われていたとはいえない。

この大事故は世界に大きな衝撃を与えた。マルパッセダム崩壊事故が発生した、まさにその時期に鶴田ダムは建設工事が進行中であつたが、全面見直しが行われた。当時の地質調査やダム建設技術はまだ初期段階で、基本となる基礎岩盤とダム本体の関係さえまだ十分に明らかにされていなかつた。鶴田ダム建設は米国のダム技術に学びながら、また「試行錯誤を重ねながら」進められていていた。とくに基礎岩盤について所ではダムは造れない。

最初の計画段階の調査では基礎岩盤は「何ら支障はない」と判断されていた。ダムサイトは「四万十層群が優勢」なのは事前調査の通りだが、事故を受けての詳細な再調査で「割れ目、褶曲、断層、破碎帶が見られ、場所によつては緩んでいる」ことが分かり、基礎岩盤では「砂岩は、節理は少ないが、頁岩は砂岩より強度が低く」断層や風化の影響も大きかつた。

### 模型実験を重ねて

は「手探り」状況と言つてよかつた。それだけに、衝撃は大きく、特に、基礎岩盤の見直し、検討が慎重に行われた。



破碎帶の補強工事  
昭和39年8月

「横坑でのせん断試験」が行われ、改めて岩盤評価と対策がさまざまに模索された。その結果、岩盤をA、B、Cに分け、せん断強度と対応策がそれぞれ決められた。また、河床部の大きな断層を含む断面については「岩盤模型実験」が慎重に繰り返された。岩盤はクラック（割れ目）が多く、風化も進み、特に難問はダムの下流部にある断層破碎帯の存在にあつた。

断層は調査用トンネル掘削時から存在が明らかになり、その後もダム左岸の下流60～70mにクラックが発生（昭和36年12月）して約10万m<sup>3</sup>の掘削を余儀なくされ、翌年10月にはバイパス内にもクラックが発生しマルパツセダムの二の舞にならないために、問題を含んだ岩盤についてた。



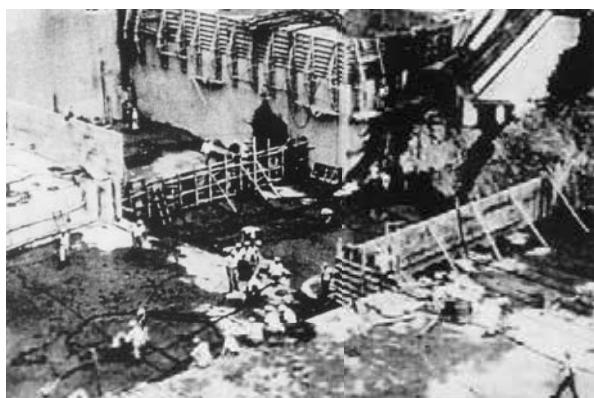
## 夜間のコンクリート打設作業

て「安全対策」を講じなければならぬ。ところが「古い地層であるにもかかわらず深部まで浸水性が大きくてグラウチングによる改良が難しい」ことも分かった。カーテングラウトの重要性は勿論、コンソリデーションによって、何度も補強され、小さな隙間のクラックにまでセメントを充填する辛抱強い作業が続いた。開けられた孔数(穴)は約3600、注入されたセメント量は6300tにも達した。



#### 順調に進むコンクリート打設

が必要とされた。この部分の岩盤はすでに削岩して深さ約10mまでコンクリートに置き換える工事が行われていた。しかし、マルパツセダム事故を受け、昭和39年5月に基盤岩盤の再検討が行われ、既設のコンクリート置き換えだけでは強度（せんりーと置き換えは既設断摩擦安全率）が不足すると判断された。土木研究所で模型実験が行われ、コンクリートの置き換えは既設の倍の深さ20mまで行なう、より、堅固な基盤とする工事が必要だつた。断層本体は軟弱で、すでに打設された深さ10mのコンクリートの、さらに岩盤下部の深さ10mまで掘削、置き換えコンクリートを打設することになり、アクセスギャラリーを設けて、地下工法による工事を行うことになった。最初40万m<sup>3</sup>で溶



堤体上流部の補強工事  
昭和39年9月

むと考えていた基礎掘削は実際には58万2000m<sup>3</sup>にもおよんだ。さらに、本ダムの負担軽減のため、上流にサブダム（3重止水構造）が建設された。

断層は堤体から次第に離れていくが、その河床には発電用の鉄管がすでに設置されており、コンクリートとの置き換えが出来ないため、タイロッド打ち込んで、補強した。このほか断層対策のため、止水壁やコンクリート構造物の打ち足しなど多くの手立てが講じられた。

## 最後の試練——台風20号襲来す

こうした再度の詳細な調査、模型実験による建設計画の見直し、基礎岩盤深部でのコンクリート再打設な

## 最後の試練—台風20号襲来

むと考えていた基礎掘削は実際には58万2000m<sup>3</sup>にもおよんだ。さらに、本ダムの負担軽減のため、上流にサブダム（3重止水構造）が建設された。

断層は堤体から次第に離れていくが、その河床には発電用の鉄管がすでに設置されており、コンクリートとの置き換えが出来ないため、タイロッド打ち込んで、補強した。このほか断層対策のため、止水壁やコンクリート構造物の打ち足しなど多くの手立てが講じられた。

## 最後の試練——台風20号襲来す

こうした再度の詳細な調査、模型実験による建設計画の見直し、基礎岩盤深部でのコンクリート再打設な

ど、工事の「出直し」に近い作業はマルパッセダムの崩壊事故があつたためとはいへ「勇気ある決断と実行」と評価されるのではないか。また、そのことによつてわが国のダム技術は大きな転換と進歩を成し遂げることが出来た。

本格工事の最終段階に入つた同39年8月には台風20号が襲来、川内川を濁流が荒れ狂つた。20号は鶴田ダム建設の最後の試練とも言えた。ダム上流に建設された仮締切ダムのえん堤を越えて工事現場に大量の濁流が流れ込んだ。プランの土台のり面が崩壊、変電所も水浸しとなるなど、工事は一時ストップに追い込まれた。幸いなことに堤体のコンクリート打設はこの年の5月には100万m<sup>3</sup>を突破、90%は打ち終わっていた。

苦難が続いたコンクリート打ち替えをはじめとする基礎岩盤工事、台風の襲来や集中豪雨など、厳しい自然の洗礼を受けながら、鶴田ダムの建設は最終章へ向かつて行つた。鶴田ダムの工事に当たつた城島誠之氏



湛水式  
昭和39年11月10日

### 生まれ出る不安の中で

ダムの上、下流に造られた工事用締め切りのための仮ダムが轟音と共に爆破された。上流部の仮ダムには中央部に4つの穴が開けられ、本物のダムが放流するように、水が吹き出

(当時工事係長)は「この時代ようやくダムの基礎に目が向けられるようになつた時代で、基準、マニュアルもない時代であり、ダムの基礎工事は試行錯誤で立ち向かつたとも言えるだろう」とし「鶴田ダムの基礎処理は、やはりエボックメイキングな位置付けになるのではないか」(九州建設局50年史)と書き残している。



ついに完成。竣工式  
昭和40年4月5日

て流れ込み、下流のえん堤の「壁」も取り払われた。川内川の流れは本川に戻つた。湛水式は昭和39年11月10日。「湛水開始」の小さな旗がクレーンで吊り下げられた。巨大なえん堤に小旗が翻る、奇妙にアンバラスな光景だつた。

「あまりに問題が多かつただけに、湛水開始時において幾つかの危惧がありましたのも事実であります。生

まれるものへの不安感、それはむしろないというのが不思議というべきかと思います」と工事後に書かれた建設工事報告の論文(発電水力、1965年7月号)にある。

完成は昭和41年3月、4年9か月

のスピード工事であつた。

これだけの技術的困難を乗り越え

鶴田ダムの歴史	
昭和25年(1950)	ダム計画の立案、建設地点の予備調査開始
同34年(1959)	鶴田ダム調査事務所開設、ダム実施計画調査着手
同35年4月(1960)	鶴田ダム工事事務所発足、ダム工事に着手
同36年6月(1961)	ダム本体工事に着手
同37年11月(1962)	同定礎式、ダムコンクリート打設開始
同39年5月(1964)	ダム本体コンクリート100万m <sup>3</sup> 打設
同41年3月(1966)	試験湛水開始
同11月	ダム竣工(1973)
同10月	ダム基本計画改定し洪水調節容量を4200万m <sup>3</sup> 増やし7500万m <sup>3</sup> へ。
平成18年7月(2006)	鹿児島県北部豪雨災害が発生
同19年4月(2007)	河川激甚災害対策特別緊急事業採択
	鶴田ダム再開発事業に着手



ダムの湖底工事を行うフロート  
(鶴田ダム再開発)

て完成した鶴田ダムだが、なぜか工事誌は書かれていらない。「鶴田ダムが終わると、すぐ次の現場へと異動を命ぜられ、その余裕はなかつた」と当時の関係者は言う。しかし、工事担当技術者はその論文の結びにこう書き残している。「(鶴田ダムの)今後の基礎の変化についてはあらゆる設備・機能の総力を挙げて、(鶴田)ダムの安全のため観測、監視の業に努力いたしたい」と。

脆弱な基礎岩盤の再度のコンクリート打ち替えなど、数多くの難問に立ち向かい、ダム建設の技術的転換点を乗り切つて鶴田ダムを完成させた技術者の真摯さ、「ダムの今後」への誠実さを感じさせる、決意の文であつた。



堤体のコンクリートは現在も健全だ

## プロジェクト九州

### 第2節

#### ②再開発—ダムの「生まれ変わり」のために

##### 鶴田ダム

## 周到な調査と最新の技術と施工法を動員 全国で初めての大規模な「ダム再開発事業」

中、高年に

鶴田ダムの完成は昭和41年（1966）だから平成25年（2013）で47歳を超えた。人間でいえば壮年期だが、体力は十分とはいえ、機能、形態が時代の変化に十分対応できず、これから老年期に入る。特に平成18年（2006）7月

の洪水では、ダムの計画規模を超える洪水時の操作を余儀なくされた。

地球温暖化のためと言われる異常気象、特に増えてきた局地的集中豪雨という新しい環境変化と洪水調節に対応するための「生まれ変わり」—ダムの再開発に取り組んでいる。西日本での最大級のダムであり、市房ダム（熊本県）に次ぐ戦後2番目に建設された鶴田ダムの再生は、わが国の中重要な社会資本であるダムの再開発の先進事例として注目されている。完成予定は平成27年度（2015）。

地震や洪水などの自然災害に対して「想定外」という言葉で、被害を仕方のないものとして受け入れることは難しくなった。この言葉は管理者の「責任逃れ」の言い訳としてしか受け止められなくなつた。現実には、ダムなど防災施設の能力には限界があり、万能ではないのだが、被害が大きければ大きいほど社会の目は厳しく、時に「ダム無用論」も頭をもたげる。平成18年の川内川大洪水のときの「鶴田ダム」は放流量の

判断などダム操作の在り方まで問われた。

#### 洪水調節容量アップのために

「生まれ変わり」と言つても、簡単ではない。ダム能力のアップ—洪水調節能力を上げるには、ダムに洪水をためる容量（洪水調節容量）を増やす必要がある。ダムの堤高を高くすることによって、容量を増やす道がまず考えられるが、鶴田ダムは

堤高117.5m、長さ450mもある。コンクリートで堤体をさらに厚くして、堤高を高くする大工事になり、事業費は膨大になる。ダム湖が大きくなるなどダムサイト全体に影響するし、堤体の安定性に課題が生まれる恐れが全くないわけでもない。

手持ちの貯水容量の中で、洪水調節用の容量を増やす事が可能であれば、堤高のかさ上げは避けられる。幸い、電力発電用の容量を夏の洪水期に活用できることになった。さら



堤体の左側下段に放流用の穴を開ける

水調節容量（最大7500万m<sup>3</sup>）に2300万m<sup>3</sup>増やすことが出来る。そのためには洪水期にダムの水位を14.4m下げられれば、その分の貯水は可能になる。洪水前に放流して下げた水位を大雨が降った時の「備え」にすることが出来るわけだ。ここで新たな問題に直面する。

水位を下げると、現在の放流施設

の位置では高過ぎて放流能力が落ちてしまう。もっと低い位置に放流管を新たに造らなければならぬことになる。しかし、大量の水をせき止めているダム堤体に穴を開ける工事は大変だ。堤体にひび割れが生じたり、穴あけによる変化で最も大切なダムの安定性を危うくする恐れはないのか。掘削でどのような影響が出るか慎重な検討と試験、安全性が確

認された工事方法が検討され、放流管新設工事がスタートした。

## ダムの堤体に穴あけ

ダム堤体下部に、まず高さ、幅共に6mの正方形のトンネルを掘削する。その中に放流管を設置する。放流管は直径4.8mの円形パイプでトンネルとの隙間にコンクリートを打ち、グラウト注入して充填する。増設する放水管は3本で、その他や大ぶりの発電管2本、計5本になる。これまでにない規模であり、難しい再開発工事となる。

実際に、穴あけ工事を進めるには、幾つもの閑門がある。穴あけのための掘削は堤体の下流側から進める。水をせき止めている上流側にいきなり、穴を通すわけにはいかない。大きな水圧を受けた貯水が噴き出してくる恐れもあるからだ。といって、貯水池の水を抜き、ダムを空にしての工事は出来ない。ダム機能を止めてしまふと発電も洪水調節も出来なくなる。ここで堤体上流側に止水壁を造り「水中工事」で据え付けなければなければならないという難問が生じる。

貯水をしたままの据え付け工事となるとその多くが、水中作業、それも、最大で水深65mでの工事となる。まず、巨大な鋼鉄製の止水壁（仮締切）を乗せる基礎コンクリートを堤体底部に打つ「台座」造りから始まる。台座が完成すれば、あらかじめ

製作した止水壁をそん堤の上からクレーンで降ろして台座に乗せる。止水壁の設置作業はすべて深水での作業となる。

## 厳しい潜水工事

作業期間は洪水時期を避けて10月16日から翌年の5月31日に設定されている。通常、この時期の鶴田ダムの水位は標高160m以下で運用されているが、これを同133mまで下げ、台座造成工事など潜水作業を行う。止水壁を取り付け、その内側（堤体との間）での工事の時は、さらに120mにまで水位を下げる。この水位の期間、発電はストップせざるを得ない。水中作業は、水深が深くなればなるほど、厳しく困難になります。

実際に、穴あけ工事を進めるには、徐々に気圧を下げ、体を慣らすため長時間が必要だった。急に、高気圧から通常の気圧のもとに移ると、潜氣から通常の気圧に移行するには、

かつて、若戸大橋から本四架橋まで長大橋の架橋では水中に橋台を建設するため、海中作業を余儀なくされた。海の底で橋の基礎づくりを行うため、海上から、高圧空気を送り込んで水の浸水を防ぎながら「潜函」内で作業が行われてきた。毎日の作業を終えて、海上に上がり、高圧空気から通常の気圧に移行するには、

作業員は高圧タンクの部屋からベルと呼ばれる高圧カプセルに移り、水中の工事現場に「出勤」。潜水カプセルで水底に降ろされて水中作業を行う。作業が終わると、ベルに乗り引き上げられて、高圧タンクの住居に「帰宅」する。外界と切り離された別世界の暮らししが続くことになるが、「部屋」にはベッドをはじめ、日常生活のための用具は整えられている。長期間の密閉生活だが、減圧の厳しさや病気の不安からは解放され、作業能率も高くなる。



飽和潜水工事のフロート基地



鶴田ダム再開発巨大な防水壁。  
これが沈められ、堤体上流に組み上げられる

なり、工期も長くなる。出来るだけ水位を下げるが、ダムの運用を続けながらの工事を行うという、運用と工事の「両立」を模索したのである。交通を止めないで、道路や橋の改築を行うのと同じ難しさがある。

かつて、若戸大橋から本四架橋まで長大橋の架橋では水中に橋台を建設するため、海中作業を余儀なくされた。海の底で橋の基礎づくりを行うため、海上から、高圧空気を送り込んで水の浸水を防ぎながら「潜函」内で作業が行われてきた。毎日の作業を終えて、海上に上がり、高圧空気から通常の気圧に移行するには、

鶴田ダムでは「飽和潜水方式」が採用された。これまでのように潜水作業を終了するたびに、減圧に時間をかけて水上に戻るのではなく、作業期間中は高圧空気の中で過ごされる。急激な気圧の変化が体に異変を起させないよう、潜水作業者は約1か月間は潜水時と同じ高圧環境の中で暮らす。このため、水上に高圧タンクの「住居」を作り、ここで寝泊まりする。作業者2人、控え1人の3人体制が組まれている。

作業員は高圧タンクの部屋からベルと呼ばれる高圧カプセルに移り、水中の工事現場に「出勤」。潜水カプセルで水底に降ろされて水中作業を行う。作業が終わると、ベルに乗り引き上げられて、高圧タンクの住居に「帰宅」する。外界と切り離された別世界の暮らししが続くことになるが、「部屋」にはベッドをはじめ、日常生活のための用具は整えられている。長期間の密閉生活だが、減圧の厳しさや病気の不安からは解放され、作業能率も高くなる。

とはいっても、水中作業は厳しい。視界は40~50cmしかなく、水温も10度と低温の水中作業となつた。

## いよいよ貫通、

こうして台座や止水壁が完成し

水病を引き起こす恐れがある。

## 飽和潜水方式の採用

て、下流から掘り進められた放流管の貫通となる。ダム堤体の下流側から掘り進んできた放流管工事の最後の仕上げだ。取水口には放流の時、水がなめらかに流れれるようベルマウスが、次いで堤体の上流面に制水ゲート設置されて、ようやく完成する。

しかしそれだけでは、工事は終わらない。ダム湖から放流管を通過して流出する水の勢いはすぎまじい。しばしばテレビなど映像で見るようになって、轟音と大きな水煙を上げる滝——「瀑布」となる。

今回の再開発で、通常の洪水調節のための放流口は合計6つとなるし、新設の3つの放流管は低位置に造られたため、より強い水圧を受けた勢いを増している。水の勢いを出



減勢施設の建設工事も進む（左）

来るだけ抑制するための「減勢施設」が必要となる。水理模型実験などでの実証試験をしながら、「減勢」のための工夫が重ねられた。

放流管から吐き出された水は、ま  
ず、緩やかな傾斜の水路床で受け止  
められ、さらに約200m地点で流  
れてきた放流水の勢いを抑えるコン  
クリートえん堤が造られている。こ  
うして出来るだけ緩やかな流れにし  
て、川内川を流れ下らせようとして  
いる。

平成20年4月から工事用の道路建設等から始まつた「再開発」工事は、同23年12月から台座設置のための「飽和潜水工事」に、同時に下流の「減勢工事」のコンクリート打設に着手した。洪水被害を再び受けないよう、「とにかく、早く完成して欲しい」という住民の声に押されるように、工事は急ピッチで進んでいる。

日本のダムの高齢化は急速に進んでいる。と言つて、新しいダムの建設は地理的条件からも、財政難などの時代状況からも難しくなってきた。一方、頻発する集中豪雨など異常気象に対応するためのパワーアップも求められている。「ダム再開発」は時代の要請ともいえる。

鶴田ダムの「再開発」はその手法、設計、施工技術のダム技術史に残る新たな挑戦と言えるだろう。

川内川河口近くに肥後石工・岩永三五郎の最後の作品「江ノ口橋」がある。八間川が流れ込むところで、アーチが二つの石橋、眼鏡橋で、160年を経た現在も健在。三五郎の仕事の確かさを思わせる、小ぶりだがしつかりした石橋だ。橋を渡ると武家屋敷の面影を残す一ヶ葉の生け垣の通りへと続く。鹿児島市の甲突川に、西田橋など5つの石橋をかけたことで有名な岩永三五郎は河川技術者として、多くの仕事をしていく。薩摩藩に招かれたのは天保10年(1840年)、石橋建設のほか、河川改修、新田開発・干拓工事の指揮を執つている。三五郎は石橋づくりの名人で、その名を馳せて、多くの仕事を辿つてみると、河川技術者として築堤、河川改修で大きな事業を成し遂げて、河川改修で大きな存在だ。

「江ノ口橋」は単に眼鏡橋として造られたのでではなく、有名な「長崎堤防」で生まれた高江新田300haの排水システムの一環に過ぎない。新田は低地で、流れ込む水は停滞して、雨が多い年には稻を腐らせ、収穫が落ちた。この「悪水」の排水が、三五郎が取り組んだ最後の仕事であつた。八間川(川内市)を堤長1040m、川幅15.5mも開削。川内川河口の水位が潮の干満で下がった時間帯に桶門を開けて、放

## 河川技師としての岩永三五郎

構も架けている。江ノ口橋は樋門  
は造られた石橋の一つであ  
三五郎は川内川の上流、羽月  
佐市大口のえん堤の建設、  
藩が三五郎を呼び寄せた  
防災新田開発など数々  
の社会インフラ整備の推  
進のためであつた。八間  
川の排水事業を終えて  
(1850年)、三五郎は、  
故郷・熊本(種山村)に  
帰る。薩境の三太郎峠に、  
薩摩藩の数々の「極秘事  
項」を握る三五郎に刺客  
が送られたという、真偽  
定かでない話も残つてい  
るが、それほど重要な人  
物だったというエピソード  
だろう。三五郎は帰郷  
して2年後の、嘉永4年  
(1851年)59歳で死  
去、その技術は子弟に引  
き継がれ、「一重橋を始め、  
多くの仕事を成し遂げて  
いる。



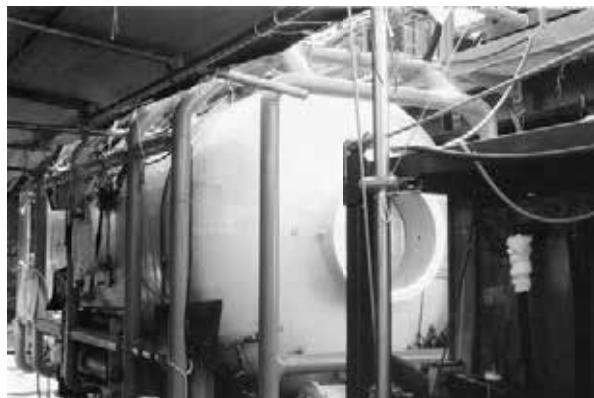
三五郎の最後の作品—  
「江の口橋」（薩摩川内市）

## 第2節

### ③「飽和潜水工事」 —再開発に初登場

鶴田ダム

# 長期間の水中工事、本格的に 大水深の湖底で長時間の作業 「カブセル生活」—カ月も



飽和潜水のタンク（1ヵ月間作業員は暮らす）

日本のダムは、その取り巻く社会情勢、自然環境の変化から「再開発」に迫られている。鶴田ダムもその一つで、平成18年（2006）7月の洪水を教訓に洪水調節容量を増やす必要に迫られた。そのために洪水時の最も低い水位（現在標高130m）から14・4m低下させ、放流管を現在より下げる位置に、3門新設（発

電用を含め計5門）して放流能力をアップする「再開発事業」に取り組むことになった。

ダム建設の時は、川内川の流れをバイパス水路に変え、本川の現場を水のない状態にして工事を行つたが、再開発工事は、現在のダムの洪水調節・発電機能を止めないで工事を行わなければならない。つまり、ダムに貯水したまでの工事、湖底での「水中作業」となる。鶴田ダムの再開発（放流管新設）工事は堤体の上流側に止水壁を造るが、その台座建設などは、長期間の大水深での工事になるため、約1ヵ月間、高圧タンク内で暮らし水中作業を続行する、海洋資源開発で使われている「飽和潜水」方式を採用、ダム関係者から注目されている。

#### 長期間の水中作業のために

水中作業は、通常、潜水夫が湖底に潜つて行うが、短時間の簡単な作業であればともかく、ダム再開発のように長期間にわたる水中工事の場

合、水圧を受け高圧状態の水中から、作業を終え、通常気圧に戻る場合、減圧を徐々に行うため、多くの時間が必要になる。大きな橋を架けるとき、橋脚を海中に建てるこことなり、

その基礎作業は水中作業になることが多い。ケーランを沈め、岩盤に据え付け安定させるため海底での作業となるが、この場合、ちょうど「お椀」（潜函室）を海底に沈め、その中に水上から圧搾空気を送り込み作業を行う。この場合でも、潜水（函病）を防ぐため、作業を終えるとそのままに減圧のため長時間が必要だ。たびに、減圧のため長時間が必要だ。急に、気圧が低下すると血液中の窒素などが気化して、血管を塞ぎ、重大な事態を生ずる。実際に、多くの犠牲者を出してきた。

鶴田ダムの再開発では、ダム堤体の下部に放流孔を開ける。放流管は厚いコンクリート堤体に、下流側から一辺6m四方の穴を5個開けることになる。この工事ため、上流側堤体壁面に「仮締切」用の、巨大な鋼鉄の止水壁を貼り付けるように作り、貯水の大きな水圧から堤体を守



飽和潜水の基地——湖底では厳しい作業が続く

9月中旬、秋晴れの日、鶴田ダムの大鶴湖右岸から、工事関係者の案内で湖面に降りた。小さなボートが迎

◇ ◇

る。まず「仮締切」設置の基礎となるコンクリート台座をつくり、その上に陸上で製造した鋼鉄製の止水壁のブロックをクレーンで降ろし、順次、積み上げて行く。

この台座工事のため、長期間の水中作業が必要になった。ここで鶴田ダムの技術者が注目したのが「飽和潜水」である。飽和潜水作業は天然ガスや石油など世界の海底資源探査、採掘工事で行われているが、鶴田ダムのように、ダム再開発で本格的に行われるのは初めてのことだ。

えに来てくれ、「飽和潜水」作業が行われているダム堤体の上流側に近づいてゆく。巨大なコンクリートの壁とゲートが目の前に迫り、威圧感を感じる。ダムの上からの遠景とは全く違う風景だ。

フロート(いかだ)に乗り移る。その上には潜水作業員が暮らすカプセルやコントロール室、電気施設、ガスボンベなどの機材、設備がぎっしりと積まれ、間を縫うように歩く。説明は工事担当のアジア海洋株式会社、古内隆治さん(48)、長身でがつしりした現場キヤップである。

——潜水ダイバーは何日間、このカプセルの中で暮らすのですか。  
**古内氏** 28日間です。現在は3人の潜水ダイバーが入っています。28日



カプセル内を見る古内氏

間で次のチームと交代します。これは米国、英国、フランスなど海外も同じルールです。男が3人、小さなカプセルの中で密室暮らしをするのですから1か月間程度が限界でしょう。これまでのいろんな経験から滞在期間が決まったのでしょう。一番大切なのは共同生活をする3人の人間関係です。狭い密室内での1か月ですから、やはり協調性が求められます。

——精神衛生に気を配る必要がありますね。

**古内氏** 些細なことで感情的な対立などが生じてはいけません。危険な海底作業ですから、チームワークが重要です。毎日、6時間の作業が終わるとカプセルに戻ります。新聞は読めますが、テレビはありませんし、酒、たばこは厳禁です。ゲーム機などを持ち込んで、気晴らしをしているようです。端末が小さくとも映画も見られますしね。食事は、カプセルの小窓から差し入れです。何事にもライラクしないことです。

——高気圧の中でも長期間、作業し、暮らすことで体に異変は起こりませんか。

**古内氏** 長時間、高い気圧で生活すること自体は問題はありません。カプセル内は4気圧程度に保たれていますが、問題は高い気圧から通常の低い気圧に移行する過程ですが、「飽和潜水」作業者は、3日間かけて、

徐々に通常気圧に戻します。呼吸ガスとしては圧縮空気より身体に影響が少ない酸素とヘリウムの混合ガスを使っています。体験上から、強い力を働かせながらの作業もあります。ダムでは湖底の地形、形状がはつきりしないことです。建設から40年たつたダムの再開発工事をする場合、地山に土砂が堆積して、大きく変化していますから、実際には「手探り状況」で、調査しながら作業を行うことがあります。

——水中作業はどのようにして行うのですか。

**古内氏** ダイバーが水中への昇降カプセルに乗り込み、作業現場に降りて行きます。このダムでは現在、水深40mぐらいの作業ですが、間もなく50~60m水深での作業になります。一番の問題は視界がきかないことです。光が届きにくいことと濁りで、せいぜい30cm、もつと悪い10cmが見えるかどうかのこともしばしばです。ですから、水上で作業をモニターしている指揮者と作業者とのコミュニケーションが大切です。指揮者の指示に対して、重要なのは作業者本人の判断です。自分の力量でやれるかどうか自分で判断する。指揮者からの「安全にやれるか」「自力でやれるか」などの問い合わせに、無理なら「ダメ」と明確に意思表示することが大切です。無理をして、「安全」が脅かされる事態が生じてはなりません。難しい作業の場合は陸上にいるとき、トレーニング、作業をマスターしてもぐります。

——ダムの水中作業の難しさはどこ

にありますか。

**古内氏** まずは「濁り」です。カメラとライトを使いますが、見えないところの作業がありますから、想像力を働かせながらの作業もあります。ダムでは湖底の地形、形状がはつきりしないことです。建設から40~50年たつたダムの再開発工事をする場合、地山に土砂が堆積して、大きく変化していますから、実際には「手探り状況」で、調査しながら作業を行なう難しい状況があります。

——安全確保が最重要事項ですね。

**古内氏** なんといっても、経験を積むことです。水中作業は厳しい自然条件の中での作業ですから、あらゆる状況に対応しなければなりません。水上のフロートが風や波に揺れることがありますし、ダムではあります。しかし、資源開発など海中作業ではサメなど危険な生物もいるし、潮流もある。あらゆる状況に備えなければなりません。作業は3人でチームを組みますが、一人は昇降カプセルに残り、他の二人の作業をサポートします。作業ダイバーは40m位離れた所まで作業範囲ですから、どのような緊急事態が、いつ発生するかも知れませんし、命に係わりますから、精密な安全装置がシンプルに操作できるように習熟していなければなりません。

（全体の印象はNASA（米国航空宇宙局）ヒューストンの宇宙飛行士の訓練風景や施設と似ていますね。巨大な水槽の中で、無重力で、空気のない宇宙での作業を連想させます。

**古内氏** 潜水作業の方が先行して、それをNASAが取り入れたところが多いと思います。無酸素の作業現場で、空気を送り込みながら船外活動をするのですから、作業形態はよく似ていますね。海洋資源の開発が行われ、我々もタイやマレーシアのガス田開発に携わっています。海上にやぐらを建て、水深300m近い海底での作業となります。メキシコ湾などでは現在、水深1000mでの海底開発が行われていますが、その時はロボットでの深海作業が行われています。



水中のモニター（上段）を見ながら指示を出す

◆ ◆ ◆  
飽和潜水システムは水中での作業期間中、作業する水深と同じ気圧の中でダイバーを生活させ、約1か月

海底での作業となります。メキシコ湾などでは現在、水深1000mでの海底開発が行われていますが、その時はロボットでの深海作業が行われています。

呼吸ガス、電力などを供給する命綱のホースで「へその緒」と呼ばれている。胎内の赤ちゃんが母親から生命維持の全てを供給される「へその緒」と似ているからだ。

フロート上には二つのコントロール室があり、一つは水中のダイバーに作業指示を与える指揮所。ここで指揮者がモニターを見ながら作業についての細かい指示と管理を行っている。常にダイバーに声をかけ、一体となって作業を進めて行く。もう一つのコントロール室では各カプセルの気圧、温度、ガス濃度を管理する。気密室であるためちょっととした異変も許されないだけに24時間、人と施設を完全管理している。

水上に浮かべたフロートの上に、3つのカプセルを連結して、最も大きいのがベッドや食事など3人の日常生活のための部屋（DDC）、それに連結して約半分の潜水準備部室（DTC）があり、トイレなども備えています。さらに水中作業員を乗せて、水中の作業現場まで昇降するカプセル（SDC）に連結している。

このSDCは作業時には切り離されて、水中の作業現場まで昇降するカプセル（SDC）に連結している。このSDCは作業時には切り離されて、水中の作業現場まで昇降するカプセル（SDC）に連結している。

鹿児島県伊佐市には、名瀑布として名高い「曾木の滝」がある。

「曾木の滝」の川となっているのが特徴だ。

幅210m、落差12m。別名、東洋のナイagara。規模においては米国のナイagaraには比べくもないが、増水期には奇岩にぶつかり流れ落ちる瀑布となる。普段は「すだれ滝」と呼ばれるよう、「すだれ滝」と呼ぶ強兵衛を描いています。時代小説

見山をはじめとする山々が大噴火、それまでの四十層群の上に安山岩質溶岩が堆積、さらに25万年前、火碎流でシリカ質溶岩が堆積した。大口盆地はこうした火山活動でせき止められ、湖沼だったが、この曾木の滝から湖水が流れ出で、現在の曾木の滝の原型を形成したと見られている。

川内川には、湯之尾滝などいくつかの滝がある。川内川の流れは全体的には穏やかだが、途中で階段を降りるように「滝」という段差で高度を下げる、「階

## 二つの顔を持つ名瀑布 曾木の滝



曾木の滝  
水煙を上げ流れ落ちる名瀑布

曾木の滝を愛した歴史小説家、海音寺潮五郎は、小説「押川強兵衛の事」で、河童のように滝で遊ぶ強兵衛を描いています。時代小説だが幼児から川内川に親しんで育ったこの作家の原風景であり、南の国の中陽光の中、川内川とともに暮らす人々の人柄の温かさがにじんでいる。

## 第3節

### ①「新しい操作」への模索

鶴田ダム

# ダム操作——「原則」か、柔軟操作か 住民のダムへの理解、より深く 安全神話から現実直視へ



鶴田ダムの放流操作に多くの問い合わせが——。

洪水調節を主目的とした鶴田ダムが完成した昭和41年以降も、川内川流域ではたびたび水害が発生してきました。昭和44年、46、47年、さらに平成18年7月の集中豪雨による洪水被害では、川内川の河道内が狭くなつた部分（狭窄部）、堤防の在り方など河川管理についての論議や意見対立が

起きた。特に鶴田ダムの「操作」については、被害住民から訴訟が提起され、ダムが満水状態になる状況でとられる「但し書き操作」の複雑、微妙、技術的な見直し議論が続き、さらには治水用ダムの存在意義に至るまで、厳しい「問い合わせ」が行われた。

#### 水位が急上昇

平成18年7月22日、さつま町宮之城の虎居地区で発生した洪水は大規模な家屋浸水をもたらしたが、その原因は、大雨による支流からの流入と鶴田ダムから放流が重なり、水位が上がったためと考えられた。

鶴田ダム周辺の降雨量がピークになる22日午前10時頃から、宮之城での川内川の水位が急上昇を始め、午後6時には11mを超えてピークに達している。ダム周辺の降雨と宮之城の水位は約2時間遅れで連動している。ダムからの放流だけではなく、ダム下流の宮之城周辺の降雨量も異常に多く、ダムから宮之城に至

る14・5kmの間にある5つの下流からの川内川への流れ込みも大きく水位上昇に加わったとみることが出来た。

#### ダム効果と不信感

鶴田ダムではその2日前の20日午後10時過ぎから洪水調節の放流を開始していたが、22日午前10時時点では、上流の降雨予測からダムへの流水量が計画高水流量（4600m<sup>3</sup>/秒）を10000m<sup>3</sup>も上回る状況になると見られたため、午後2時40分から「但し書き操作」に入っている。

「但し書き操作」はダムへの流水量に対して、放流量を次第に増やしてゆき、流水量と放水量を抑制しながらも、最終的には流れ込む水量をそのまま放水することになる。その結果、川内川の洪水流量がピークに達したころには、洪水調節容量を使い果してしまっており、「鶴田ダムはその機能を十分果たしたのか」という疑問を住民に抱かせることになつた。特に、約530戸に上る浸

#### 操作を巡つて訴訟も

ダム操作の在り方を巡つては、長い間、被害住民とダムを管理する国交省との間の論議、意見対立が続いている。

昭和47年7月までの洪水では被害住民から「ダムの設置・管理及び操作規則の不備並びに誤った操作」が原因とする水害訴訟が起こされた。これは昭和44年から46、47年洪水の際、この間に行われた4回の放流操作が損害をあたえたとするもので①少なくとも雨期には水位を下げて洪水調節容量を増加させておくべきであつた。②増加する流入量に対しては放流量が少なく、洪水調節容量を食いつぶしてしまい、取り戻すため放流量を急増させて災害の原因をつくった——などダム操作そのものを問題視するものであつた。

これに対して国側は「（洪水の降雨、出水は）全く類のない異常なものであつたため、結果的に鶴田ダムの最大流水時においては洪水調節が事実上不可能になつた」ものでダム

水被害を出した宮之城の虎居地区の住民にはダム操作に対する不信感が強くなつていつた。一方、国交省九州地方整備局は「（ダム調節によって）宮之城での水位を最大で2・5m、ピークの水位を1・3m低くし、ピークに達する時間を約4時間遅らせることが出来た」調節効果を評価している。

流入量を上回って「放水した事実は全くない」とし、可能な限り効果的な操作を行つて、洪水被害を抑制したと反論した。

まず、基本となる洪水調節容量だが洪水期（6月11日から8月31日）は制限水位を標高146.5mとし、その他の期間の標高154mより約10m低くして洪水調節容量を多くしている。これで十分かどうかが、第一の問題。訴訟を受けて、鶴田ダムは洪水調節容量を7500万m<sup>3</sup>にするなどの対策をとつたが、それでも平成18年7月の大雨では洪水が防げなかつた。ダム操作はさらに複雑な問題を抱えることになつた。操作規則の見直しである。



鶴田ダムの生まれ変わり——再開発は進む

## 原則か柔軟か

そこでダム操作の「原則」をあらかじめ設けて、出来るだけ操作にブレをなくそうとしている。平成18年水害時点では、①流水量が600m<sup>3</sup>に達した段階（下部に洪水を発生させる恐れがある）で貯水を始める②貯水量が、標高水位155.6m（ダム湖の水位）に達した段階（貯水量が80%）で、「但し書き操作」（計画規模を越える洪水時の操作）に入る、の2段階方式になつていた。平成18年7月洪水ではダム自身が「想定外」の事態に直面している。洪水調節に入っていた7月22日午前4時ごろ、ダム下流右岸の山腹のり面で大規模な崩壊が起つて、ダム管理所への

準の見直し、操作ルールの改正など多くの課題が浮かび上がってきた。洪水防止のための貯水量と放流量をどの程度にするかがダム操作の要になる。そこに、操作者の個人的判断が介入する余地をどの程度認めるか、あるいは原則をあらかじめ決めマニュアル化しておくかは、極めて微妙な問題である。予測される降雨量からダムへの流入量を判断し、ピークがいつ来るのかを判断し、そこのピークに向かつて徐々に放流量を増やしてゆく。果たして変化する流入量に応じた柔軟、適切な操作ができるか、また、その判断に偏りを全く排除できるかどうか。気象予測の精度の問題もある。

道路、電力、電話などが寸断され、孤立状態になつた。事は重大である。電力がなければ、ゲート操作も出来なくなる。非常用発電機を使いながらの操作にはいつたが、この段階では復旧のめどが立たず、冷房、照明など細かい節電を行ながらの際どい作業であった。

「但し書き操作」に入ったのは、22日午後2時40分。流入量を上回らないように、放流量をコントロールしながら、徐々に放水して行き、下流の水位を急激に上げないように抑制する「操作」を行つた。この操作

しかし、現実には、大きな被害がダム下流で発生した。ダム操作について、住民から様々な指摘が行われた。

まず、「第1段階の貯水開始が早すぎ、その後のダムの洪水調節能力を低めてしまった」。次の「但し書き操作」では、現実には、大きな被害がダム下流で発生した。ダム操作について、住民から様々な指摘が行われた。

まず、「第1段階の貯水開始が早すぎ、その後のダムの洪水調節能力を低めてしまった」。次の「但し書き操作」では、現実には、大きな被害がダム下流で発生した。ダム操作について、住民から様々な指摘が行われた。

## 記録的な平成18年7月の豪雨

平成18年（2006）7月、南九州、中国・山陰、北陸、長野県など中部地方を襲つた梅雨末期の記録的な集中豪雨、全国で死者32人、負傷者64人、家屋全半壊1770棟、家屋浸水11309戸となる大災害をもたらした。この中で、川内川流域3市2町ではさつま町、湧水町を中心に約5万人に避難勧告が出され、床上浸水1848戸、床下浸水499戸、浸水面積2777haに及ぶ大きな被害を出した。

7月15日から24日にかけて、活発化した梅雨前線が西日本から中部停滞し、これらの地方に記録的

家屋全半壊1770棟  
死傷者96人、

記録的なもので、この5日間で宮崎県えびの市で1281mm、中流域のさつま町で1264mmなど、平年の月間記録の2倍に達し、これまでの記録を大幅に超えた。国土交通省・水位観測所（15か所）では、4か所で計画高水位を突破し、2か所で危険水位を超えて、11か所でこれまでの最高水位を記録した。

書き操作」に入るのは貯水量が80%に達した段階だが、「それではその後の洪水調節容量が20%しかなく、操作移行への時間を早めるべきだ」。操作移行後の放流量は、ダムへの流入量を上回り、下流の水位を上げさせてしまったのではないか。

「早めの貯水開始」のねらいは、下流への放流量をできるだけ抑えて、中小の洪水も起きないようにするためで、「ただし書き操作」に入る限り、「ただし書き操作」電能力に影響が出る恐れがあるなど「現実の壁」があつた。

住民、学識経験者、マスコミ、行政が入った「検討委員会」が設けられ、ダム操作について、全面的な見直し作業が行われた。

## さまざまの「見直し」

まずダムの貯水量だが、洪水期の予備放流水位を現行の標高131.4mから130mにまで下げ、洪水調節のための容量を大きくする。鶴田ダムは発電も行う多目的ダムで、貯水する容量は洪水調節容量と発電容量の二つに分かれる。洪水を防ぐための容量を増やすには、発電容量を買取るほかはない。ただし書き操作に入る容量を80%から70%に下げ、「ただし書き操作」開始も早めることになった。

「ただし書き」操作に入ると、「1

時間ごとに」放水量を見直し、新しい気象情報、流入量の見直し、柔軟に対応する。ダムからの放流が多くなりすぎないようにする——などの新しい操作の基準、方法が委員会から提示され、平成19年から早速実施されている。

## 安全神話と落胆、失望、そして怒り

下流住民にはダムは洪水を抑えることが出来るという「神話」がある。その期待を裏切られたときの落胆と怒りは大きい。

昭和41年4月に鶴田ダムが完成、管理を開始して以来、昭和44年、同46年、翌47年とたて続けに洪水を経験した。このため洪水調節容量を大幅に増やしている(昭和48年3月・川内川水系工事実施基本計画改定)。ダムの放水の仕方についても、中小の洪水に対応できるよう降雨状況により細かく応じられるように多段階方式をとることにした。

ダム操作の見直し、様々な河川改修が重ねられてきたものの、平成18年7月の大洪水はこうした対策にもかかわらず、あらかじめ「想定され、計画された」規模を越える雨量をもたらす異常気象によって、大規模な洪水が発生することを、関係者、住民に思い知らせることになった。平成18年の「見直し作業」は、苦い経験を教訓にしたダム操作の見直し手

法、新しい基準設定を創造する画期的なものであった。

## 着実に進む「生まれ変わり」

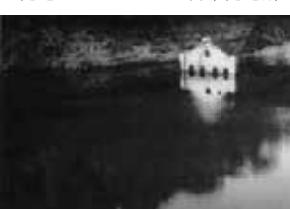
また、平成19年からは鶴田ダムの再開発も進行している。ハドレットフォト、両面からの対策を総合的に行う「ダム生まれ変わり」の努力は着実に進んでいる。しかし、最も重要なのは「ダムへの理解」であろう。ダムは「完全」に洪水を防ぐことは

出来ない「限界」を持つ存在であること。また、洪水調節操作にも「限界」が存在することなどへの理解がより深まらなければならない。また、洪水防止には、ダムだけではなく、堤防の強化、河床掘削、分水路などの増設、支流対策など河川対策など河川改修の総合的な対策が必要なこと。それらの認識を流域住民と行政が共有する大きさを、平成18年7月洪水は、身に染みて教えたのであった。

## 曾木発電所遺構



発電していたころの曾木発電所



鶴田ダムが減水すると遺構が姿を現わす

(伊佐市)から1.5km下流の川内川岸に、赤い煉瓦の建物の遺構が現れた。鶴田ダムから約9km上流の地点で、対岸の公園から眺めるとヨーロッパ中世の教会か修道院を思わせ、突然、タイムスリップして異界に移ったような感覚に陥る。

ダムの満水期間は、水没して完全に姿を消すが、水没期の初夏から秋までは発電所だつた建物と水を落とす水圧管の据え付け台の遺構などが全て姿を見せた。この建物は現在のチッソ(株)や旭化成(株)の創始者である野口遵(1873~1944)が曾木電気第2発電所として建設したものだ。試みが始まっている。旧発電所の遺構を利用した新しい近代化産業遺産。

### 第3節

## ②インタビュー 「洪水調節に関する検討会 座長 小松利光氏」

鶴田ダム



小松 利光 氏

(こまつとしみつ) プロフィール

大分県津久見市出身、1970年九州大学工学部水工土木学科卒業、同工学部助教授から教授。専門は環境水理学、河川工学、日本学術会議会員、水・土砂災害分科会委員長。中国、四川大学、大连理工大学、武汉大学客員教授を務める。現在九州大学特命教授・名誉教授。

——川内川中流の鶴田ダムの主な役割は洪水調節（一部発電）ですが、昭和44年、完成（昭和41年）後も、昭和44年、同46年、47年と洪水が起き、さらに平成18年にも。住民の間には「なぜか」という素朴な疑問があると思われます。

——小松教授 ダムを設計する場合、基本高水流量をもとに、ダムでこれくらいの流量をカットすれば、洪水は

——小松教授 ダムを設計する場合、基本高水流量をもとに、ダムでこれくらいの流量をカットすれば、洪水は

——鶴田ダムは昭和46、47年の洪水を教訓に、洪水調節容量を7500万m<sup>3</sup>へ大幅に増やしています。

——小松教授 鶴田ダムのようない多目的ダムは、いろんなところに参加（出資）してもらって建設されている。発電などと違つて、治水容量は金にならないから、どうしても限定されてしまう。貯水位が高くなればなるほど発電効率は良くなりますが、鶴田ダムの洪水調節のための容量を増やす

——小松教授 1時間ごとにピークを見直して、放流の曲線を見直してゆく。想して、放流の曲線を見直してゆく。

### 「より細やかな」ダム操作へ

抑えられるというのが基礎となり、過去の降雨のパターンを踏まえ、あるいはそれを「引き延ばし」、膨らませて設計の基礎としています。しかし、そのパターンで、洪水が来るとは限らない。水位のピークのパターンも違う。平成18年7月の場合、ピークが異常に高かったわけではないが、ダムに流れ込んできた水のボリュームが非常に大きかつた。それでダムがもたないと、それでダムがもたないといふことで、「但し書き」操作に移行したのです。

——確かに、あの時の雨量は大変なことです。

——小松教授 1200mmを超える雨量で、支流域でも多かったです。下流の洪水は鶴田ダムが流した流量も大きかったが、ダムから下流域の支流からの水量も多かったです。最近の雨の降り方は極めて局地的で、集中的。平成24年7月の日田地方の洪水も支流域に豪雨が降って、それが洪水を引き起こしている。大きな被害を出し

——検討会で鶴田ダム操作の「見直し」が行われました。問題はどこにあつたのでしょうか。

——小松教授 今までの操作のやり方に問題があつたわけではありません。ただ、ダムの治水機能を100%発揮して、かつ「これ以上どうしようもない」状況になつた時に、「但し書き」操作に移行します。非常時ですから、オペレーターは大変な思いの中で規則に従つて操作している。それでも、その時、本当に100%容量を使い切つているかどうか、もう少し精密な操作をやれる可能性はないのか。ダム管理所と相談しながら、「1時間ごとに操作を見直す」ことにしたのです。

——但し書き操作に入つても、より細やかな判断をして行くということですか。

ものでした。

最終的には放流量と流入量が「イクオール（同等）」になるのだが、それまでは放流量をなめらかな勾配で増やしてゆく。そのことによってダムが満水状態になつて、放流量と流入量が一致せざるを得なくなつた時、急に放流量が増えたりしないようする操作で、流量の増加の勾配を緩やかにするのです。

——「但し書き操作」への移行の判断を、これまで総貯水容量の80%で行つていたのを、70%に下げています。これにはどういう意味があるのですか。

小松教授 大きなリスク（大洪水）を出来るだけ避けるため、中小の（洪水）リスクが生まれることはあり得ますが、メリットとデメリットをどう判断するか、トレードオフ（相殺）の関係にあると思います。

——予備放流の効果についてはどう

でしょう。

小松教授 現在行われている鶴田ダムの再開発は放流管を、これまでより低い位置に増設しようとしています。これは、予備放流をより効果あらしめようとするものです。これまでの位置では、放流管の上の水位が低すぎて水圧が低いため、効果が上がりにくかった。より下に放流管を造ることによつて予備放流の効果目が大きくなることが期待されます。

——お話を通じて、異常な降雨に対してダムという防災施設が対応するには、限界があることを改めて認識させられますか、一方で、今後、異常気象によるさらなる災害が起きた場合、対応力はあるのでしょうか。

小松教授 被災地の住民の声は「こんな災害は初めて経験した」「急速に水かさが増し、こんなに早く水が押し寄せてくるとは思わなかつた」などばかりです。想定を超える災害が頻発していることを物語ついています。地球温暖化によるとみられる集中豪雨、干ばつ、台風は強大化してきています。発生パターンも変化して、これまでの経験が役立たなくなつていて。「自然の災害力にたたかれっぱなし」の状態が続いているまゝなっています。

——「但し書き操作」への移行が早くなるということは、その分だけ下流にリスクを増やす事になりませんか。

小松教授 大きなリスク（大洪水）を出来るだけ避けるため、中小の（洪水）リスクが生まれることはあり得ますが、メリットとデメリットをどう判断するか、トレードオフ（相殺）の関係にあると思います。

——予備放流の効果についてはどう

鹿児島県・奄美大島の豪雨災害に注目され、調査研究が行われていますね。



「将来、未知への遭遇が多くなる」鶴田ダム管理室

——しかし、財政難もあって「ダム無用論」など公共事業は「たたかれっぱなし」で、世論は厳しい。

小松教授 わが国は高度成長下、防災インフラなどを充実させて、かなりの程度まで災害に対する「抵抗力」を持つ社会になつた。しかし異常気象など災害力は非常に大きくなり、防災力の向上が追いつかず、これまでの経験が役立たなくなつていて。「自然の災害力にたたかれっぱなし」の状態が続いているまゝなっています。

——先日、九州大学でシンポジウムが開催された時に報告されたように



災害は忘れたころにやってくる—昭和28年洪水（筑後川）

## 第3節

### ③住民とダムの間に立って

鶴田ダム

# 河川を巡る「新たな関係」の構築 ダム、連続堤防万能主義からの脱皮 「鶴田ダムの洪水調節に関する検討会」から



山田鹿児島大学教授

平成18年（2006）7月、なぜ鶴田ダムは洪水を防げなかつたのか。川内川流域住民の素朴な疑問であろう。しかし、現実にはダムは万能ではないのだが、いつか「安全神話」が広がっていた。ダムも、連続堤防も、安全性を「高くする」役割は果たすが、完全に洪水を「封じ込める」力はない。最近の集中豪雨など異常気象による「想定外」の現象によつて、被害の発生頻度・危険度が高まることがある。このことについて、住民と河川管理者が共通の認識を持つことが必要になつていて。

◇  
山田教授の証言

平成18年7月の洪水について、住民が参加した検討委員会のメンバーへ道を辿った。

平成18年7月洪水に関する検討委員会」が設けられた。ダム下流住民6人、同自治体代表2人、学識経験者3人、報道1人、河川管理者2人で構成。学識経験者の一人として、経済学者である山田誠教授がメンバーとなつた。技術者と住民との中間に立ち、ある時は激昂する住民をなし、技術論に走る専門家を「もつとわかりやすく説明を」と厳しく注意文を付けた。問い合わせられる中でも技術者は筋を貫き、住民は実感を持つて理解できるまで説明を求めた。山田名譽教授の証言に基づいて、流域住民と河川管理者の「相互理解への道」を辿つた。

外感」が、被害を防げなかつた行政への「不信感」に急速に変わつていつた。背景には、大きな災害に遭遇して、住民が実際に体験する「恐怖感」があると思います。

あの朝、自宅から出かけるとき、多くの人が洪水があるなど想像だにしていない。そこに思いもかけない大水害が起きた。上流での1200mmにも及ぶ異常な降雨によるものだが、鶴田ダムが出来たとき、「もう、洪水は出ない」と思つていたところに、激しい洪水となつた。ダム下流の支流域にも大雨が降り、ダムからの放流と重なつて、「不意を突かれた「桶狭間の戦い」のように、突然（洪水に）急襲された形になつた。

「ダムの操作に問題があつたのではないか」。住民が激昂して、ダム管理者に迫りました。当時の管理所長は「法律が決めた（操作手続き）に従つて操作しており、あれ以上は操作の仕様がありません」と、説明は一貫していました。勿論、激しい反発がありました。その一貫した説明には技術者が守るべき「スジ」

が通つているという認識が、次第に、住民の間に生まれていきました。

ダムを建設してきた人たちの中に、無意識のうちにダムの万能信仰を広めた人もいるでしょう。しかし、客観的には「ダムの洪水調節」には限界があることを、認め、説明しなければならない。幻想を与えるのではなく住民が「なるほど」と納得するに至るまで説明しなければならない。（ダム操作の説明に当たつた当時の管理所長のように）エンジニアの持つ「筋」のようなものを貫くことによって、住民にもいい勉強になったと思う。

住民代表は6人が検討委員会に参加しましたが、彼らは彼らで（検討会での問答を）住民に持ち帰つて説明しなければならない。（行政に）問いただす立場と（住民から）問い合わせられる立場の二面性を持つているわけで、彼ら自身がどことん納得しなければ（住民には）説明できない。

行政側は、ただ検討会を開くだけでなく、ダムの動きを体感させました。増水した、一番、緊張した時間帯に、住民にダムがどう動いているか現場を見せ、丁寧に説明をしました。放流の時はダムえん堤が揺れるなどするのですが、ダムがどう動き、どのような操作を行つているかを時間をかけて理解させる。また、住民の主張や意見通りにシミュレーションをやつてダム操作の現実をみせる。こうして住民は少しずつダム操作の

プロセスを理解していったのです。

（行政側の）技術者はどうしても専門用語を使う。「みんなが分かる言葉で話せ」と注文を付けました。また住民側の要求に対し「安請け合ひはするな」とも。補助金の取り付けなど、物取り主義のような発言があると「火事場泥棒のようなことをするな」と住民側をたしなめました。会議が「本当のことを答えてくれる場」であることが認識されれば、会議は進むのです。また、治水を巡つて、上流域と下流域は対立するものですが、両方が参加して「流域を考える会」も出来ています。

ダムについての理解にしても、限られた貯水能力のダムを一番効果的に利用して（洪水を防ぐか）みんなで考える。異常豪雨など（ダムの能力を超えた）無理な局面もあるが、ぎりぎりまで詰めて、皆が納得することが重要なのです。（談）

住民とダム。鋭く意見が対立する光景が各地でみられる。平成18年7月、川内川での洪水後、設置された「鶴田ダムの洪水調節に関する検討会」での論議経過を見ると、専門家や行政との厳しい質疑を通じて、非難感情を越えて、住民の意見が変わり得ることを教えていた。特に、専門家や行政がどのような情報をどのように提供できるか、が大きなポイントになる。専門用語を多用するのではなく、相手に伝わる言葉で情報提供する。「素人考えだ」と、無

視するのではなく、実際にシミュレーションを行って見せる。特に、

増水時にダム操作がどのような緊張感のもとで行われているか、臨場感覚を共有する重要性を教えている。情報提供のための準備など行政にとっては相当、重い負担となるが、避けて通れない道となつていて。

流域住民はこれまでも、治水事業の単なる受益者であつたわけではない。水防団、消防団、漁業組合、農協などを通じて、川内川の治水、利水に関わつてきている。しかし、下流の薩摩川内市などの人口集積、都市化、その一方で上流部山間地の過疎化が進むなど流域社会の変化、そこへ集中豪雨、しかも局地的な豪雨などを考える。異常豪雨など（ダムの能力を超えた）無理な局面もあるが、ぎりぎりまで詰めて、皆が納得することが重要なのです。（談）

ダムについての理解にしても、限られた貯水能力のダムを一番効果的に利用して（洪水を防ぐか）みんなで考える。異常豪雨など（ダムの能力を超えた）無理な局面もあるが、ぎりぎりまで詰めて、皆が納得することが重要なのです。（談）

住民とダム。鋭く意見が対立する光景が各地でみられる。平成18年7月、川内川での洪水後、設置された「鶴田ダムの洪水調節に関する検討会」での論議経過を見ると、専門家や行政との厳しい質疑を通じて、非難感情を越えて、住民の意見が変わることを教えていた。特に、専門家や行政がどのような情報をどのように提供できるか、が大きなポイントになる。専門用語を多用するのではなく、相手に伝わる言葉で情報提供する。「素人考えだ」と、無

## ○山田名誉教授のプロフィール

1946年生まれ、香川県出身。大日本立大学大学院経済学研究科からドイツ・ケルン大学留学。1981年鹿児島大学法文学部助教授、米国ミシガン大学留学、鹿児島大教授、法文学部長を務め退官。名誉教授。

ダムや河川情報を分かりやすく、かつ素早く流域住民に知らせる「川標（かわしるべ）」を作り、住民の避難に生かしてもらおうと、九州地方整備局は平成21年から推進している。これは平成17年9月の台風14号による大淀川や五ヶ瀬川流域での洪水、翌18年7月の川内川流域の洪水被害を踏まえて「九州川標検討会」を設置した。その提言「川の安全・安心情報の共有に向けて」に基づいて、河川情報の改善と共有化の取り組みを始めた。

川内川では、平成18年7月の異常降雨で、鶴田ダムの洪水調節容量を超える流入があつたため「計画規模を越える洪水時の操作（ただし書き操作）」に移行し、流入量と同じ流量を放流したが、被害者から、ダム操作の結果洪水が発生したという批判が起つた。

操作基準による操作ではあつた

かわしるべ

## 「九州川標プロジェクト」



川内川の水位を示す  
分かりやすい川標

が、洪水時のダム情報を分かりやすく、かつスピードに発信するため、また日頃からダムへの理解を高めておく必要を痛感させた。

改善された「川標」は①水位標を河川内に設置し氾濫レベル5から水防団体待機レベル1まで5段階で水位を知らせる②水防災勉強会など日頃から基礎情報の提供に努める③住民による河川情報モニターの配置④イラストなどを描いて川標を分かりやすくする⑤ダム機能についての説明、情報表示の見直し、ダム用語の見直し——など。

プロジェクト九州

第3節

## ④人との共存 を目指す川

川内川

「洪水」が教えた、治水の教訓  
激特事業に活かされた「柔らの思想」  
新たな、人と川との関係

田ダムの大鶴湖へ。中流までは、ほとんど水田と自然林の中を流れている。

個人的な思い出と川内川の原風景  
。昭和19年、日差しが焼けつくよ  
うに暑い8月、鹿児島県・栗野駅か  
らの日の丸小旗が揺れる中を出征す  
る父を見送った後、いつものように  
川内川に水遊びに出かけた。「出征」  
の意味も分からぬ4歳の男の子。  
幼い心に、奇妙に印象に残っている  
のが、川内川沿いに茂る青々とした  
竹藪と大きな石の間を流れ、しぶき  
を上げる白い水だつた。

柔らの思想

然を「完封」するのではなく、打たせて取る野球のピッチングに似ている。自然の猛威・洪水を高く長い堤防で本流に完全に抑え込むのではなく、大量失点一人命を失つたり田畠の流失につながらない程度であれば、時には溢れさせる。それが遊水池となつて、下流の洪水を小さなものにする。柔よく剛を制する「柔らかの思想」とも通ずる。

治水の歴史、80年

川内川の治水の歴史を見ると、昭和6年に始まつた築堤、引堤と河床掘削などの改修工事はなかなか完工せず、当初の完成年度は延長に延長を重ねた。治水工事は遅々として進まず、流域に大きな災禍を残してきた。それを行政の怠慢と非難するのは簡単だが、最大の原因は戦争、そして、敗戦後の困窮と財政難であり、長期にわたり、かつ膨大な事業費が必要な「(洪水を)完全抑え込む」改修自体に無理があつた、とみるこ

自然災害は克服できる。人はいつから、そのように傲慢になつたのだろうか。どのような豪雨、洪水でも、ダムや築堤で抑え込めるという「安全神話」は川内川の洪水史をめくると、天をも恐れぬことと思える。

川内川は「暴れ川」と呼ばれ「怒りの川」と恐れられてきた。上流のえびのから、河口の川内まで、流域住民は常に洪水に、家族の命を、家屋を、田畠を脅かされてきた。その治水対策が本格化したのは、筑後川などから大きく遅れ昭和40年代になつてからだ。鶴田ダムが建設され、築堤が進んだ。それによつて、確かに被害はかなり抑え込まれた。人々は、やがて川との付き合いから遠のき、川のご機嫌をうかがうことを見つまつていた。

川は少し増水していた。母は必至で私を探し歩いていた。川内川がたちまち濁流と化し「恐ろしい暴れ川」に変貌することを知っていたからだ。連れ戻された私は激しい折檻を受けた。その時に川内川がいくつのかの「ひょうたん」がつながつたような川で、盆地で水を溜め、狭い口から次の盆地へ滝や急流の瀬を行き、突然、洪水を起こす河だという事を教えてくれた。

栗野に隣接する菱刈益内川と羽月川の洪水時には、堤内の水田に導かれ、農家は浸水する水田としない水田をそれぞれ分けて所有し、洪水のリスクを分散していたという。



刻々とダムの状況を伝える

とが出来る。川内川の洪水を河川改修で全て引き受ける「封じ込め作戦」には、最初からほころびがあつたのである。

治水計画の基本となる、薩摩川内市での基本高水流量（ピーク流量）は昭和6年、 $3500\text{ m}^3/\text{秒}$ と決めたが、昭和34年には $4100\text{ m}^3/\text{秒}$ 、鶴田ダムなどの完成で同 $9000\text{ m}^3$ と倍増させた。それでも平成に入つて同5年、同9年、そして今回激特事業を行うことになった平成18年と大洪水が起っている。次々と増大する流量、洪水に、治水対策が追いついていない状況が、この基本高水流量の変遷に現れている。今後とも、異常な局地的豪雨が予想されている象徴的な「訴訟」がある。昭和40年代中ごろ、相次いで被害住民の損害

川内川の輪中堤が集落を守る。

賠償請求訴訟が起こった。その一つに、堤防の未完成箇所からの浸水による被害の行政責任を問う住民訴訟がある。行政の怠慢を責める住民に対し、行政は、工事は年次計画で進めており責任はないとして対抗、行政と住民の対立を招く結果ともなつた。しかし、そこには貴重な教訓が含まれていた。

### 完封主義からの転換

「完封」方式から、自然の災害をある程度、受け入れざるを得ないと考える方向への大きな施策転換は平成18年7月の大洪水後の激特事業（川内川激甚災害対策特別緊急事業）に現れた。総額約375億円に上る九州最大の激特事業で、約40か所で改修工事が行われたが、洪水と人間を共存させる「仕掛け」が事業の中にも含まっていた。

それを象徴するのは「輪中堤」事業であろう。41か所にのぼる河川改修の激特事業なかで、集落を取り囲むように築かれた堤防—輪中堤が取り入れられた。輪中堤と言えば、洪水が頻発してきた木曽川流域を思い浮かべるが、今、輪中堤の風景は川内川沿いの集落にも見ることが出来る。

最下流の薩摩川内市街を抜けて、川内川沿いの国道267号を走つても、一直線の高く長い堤防の連続を目にすることは、あまりない。だが、堤防の上で一休みして、ぐるりと見る。



## 東日本大震災の教訓—高台の整備 住家移転 川内川で進む

2011年、3月11日、東日本大震災。「大津波警報が発令されました。高台に避難してください」と。宮城県三陸町の防災対策庁舎から防災無線で「高台への非難」を呼びかけ続けた同町職員、遠藤未希さん（当時24歳）。多くの町民の命を救つたが、残念なことに、ご本人はなくなつた。

防災対策庁舎は3階建てだったが、津波はその屋上2mの高さまで押し寄せ、遠藤さんら多くの職員の命を飲み込んでしまった。建物の外壁などどことごとくが流されてしまい、鉄骨だけが残つた。

この悲劇の教訓から、一時も早い高台への避難が必要とされ、避難高台の整備が急がれることとなつた。高台への避難への手すりや階段なども必要とされている。同じ宮城県の気仙沼市では行政と市民が協力して、避難高台の整備を行つている。

川ぞいに、盛土し、低地の住家を移転させ、安心を作り出している。



川内川 住宅カサ上げ

一方、国土交通省は津波防災までのづくり法を作り、市町村が推進計画作成して、高台に逃げるのが難しい地域住民が緊急避難する「避難ビル」を建てやすくするための容積率の緩和などの特別措置も行うことになつた。今回の東日本大震災の教訓から、堤防だけによる防災は困難との判断から、高台への避難、避難ビルなど多重の自衛措置を持つ街づくりを推進することにしている。津波、噴火と並んで洪水に対しても高台移転を進めた川内川も注目されている。

渡すと、本川の堤防の向こうに集落を取り囲む低い土塁のような堤防に気が付いた。その輪中堤は緑に覆われ、自然に溶け込んでいる。

これまで連続堤防とダムを洪水抑え込みの主力バッターとする治水から、守るべき対象の優先順位に従つてそれぞれの「防御力」を考えた治水へ、明らかな方針転換が輪中堤の風景にある。輪中堤は人命を守ることを第1とし、たとえ集落周辺の田畠が水につかっても、集落への浸水は防ごうとするものだ。堤防の高さが低く抑えられているのも、住民の「城壁に囲までは、川内川の景色が見えない暮らしになる」「高い堤防の上から、家の中をのぞかれているような気持になる」など、川内川が豊かにし、川を開かれた、日常の暮らしを再認識した意見が計画に取り入れられたという。

## 人を遠ざける堤防

連続堤防による「洪水一手引き受け」は、川の景観にも影響を与えるにはおかしい。全ての支流の流れを引き受け、内水さえもポンプアップして、本川に流し込む。そのためさらに引堤、河道拡大してコンクリートで固める。それは川を「水路」に変えるもので、人を川から遠ざけることになりかねない。

輪中堤の上を歩きながら、ふと佐賀県の吉野ヶ里遺跡を思い浮かべた。弥生時代の環濠集落で、周りに

深い壕を掘り、土塁を築き、高い木の柵をめぐらせていく防御力優先の集落だ。外敵からの守りを厳重に固める城塞の中の、戦々恐々とした暮らしを思わせる。

非常時だが、洪水もまた「非常時」であり、備えは十分でなければならない。守るべきところは守りながら、同時にある程度の水の流れ込みを許容して、非常時に備えながら、「日常」をより大切する考え方方が川内川の輪中集落の風景の中に込められているよう感じた。

白髪岳（1417m）は宮崎県と熊本県の県境国見山地に連なる。

その白髪岳の南斜面のえびの市側が川内川の水源となり、豊かな水が育むブナ林など貴重な植生帯となっている。雨の神様といわれる三池神社もある。時に1000mm以上

の豪雨となって、川内川の水を暴れさせる。北のあさぎり町一人吉側は球磨川の水源だ。

えびのから川を水源に向かって遡ると、「月の木川橋」に出会う。案内を乞うた地元の人は「ああ、眼鏡橋な」と親しみを込めて呼んでいた。石橋アーチ橋で深い谷をまたいでいる。周辺にはアジサイが植えられ、草刈りなど日頃の環境整備も続けられている。

有名になつたのは、えびの出身の黒木和雄監督の映画「美しい夏キリシマ」（キネマ旬報ベストテン1位）。白い蝶が海を渡り、月の木川橋の欄干に座る主人公の少年のあたりで舞う冒頭シーン。物語りの途中でもう一度、橋を渡るシーンが挿まれるが、えびの出身の黒木監督には、少年期の記憶に刻まれた古里の原風景に欠かせない橋だったのだろう。登録

## 川内川の豊かな水源、白髪岳 「黒木映画」の冒頭シーンに登場する石の眼鏡橋



川と橋と森の原風景  
月の木川橋

有形文化財（平成10年9月登録）。  
雨は大木を育てる。  
この橋は木材切り出し用のトロッコ軌道用として、熊本営林局が昭和5年2月から建設し、吉都線・飯野駅までの30余kmを繋ぎ、直径2mもの大木を運んだ、という。橋は高さ20m、長さ58・2m、石を運び組み上げた3つの美しいアーチを持つている。幅は4m、軌道は昭和37年廃止、今は人が歩くだけ。下をのぞくと速い流れの渓谷が生い茂る樹木の間に見える。

山里周辺は青々とした水田が広がり、小川のせらぎが音をたてて、あぜ道の内に流れ込んでいた。

## 第4章

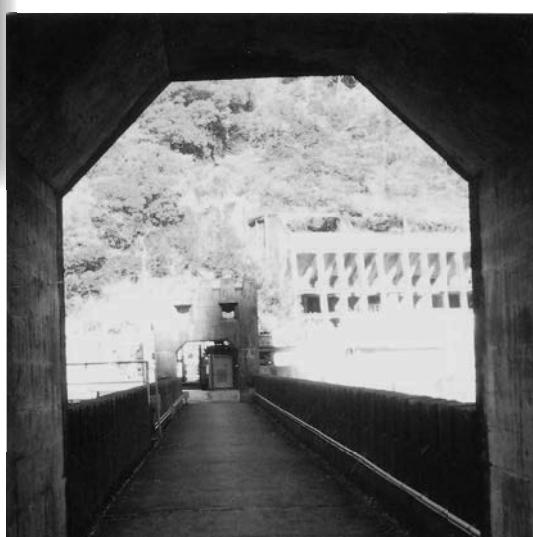
第2節	発電ダムの先駆者	④ ③ ② ① 「塚原ダム」——九州最初の大型ダム 「上椎葉ダム」——巨大アーチダムへの挑戦 インタビュー 原鉄五氏 杉尾哲氏
第1節	多目的ダムの足どり	① 九州のダム群と技術的展開 「市房ダム」——戦後初の建設 「下筌ダム」の設計と建設 下筌ダム建設年表 ○ ④ インタビュー 小野満司氏 ○ 九州のダム建設の足どり
目次	西日本豪雨で「ダムによる洪水調節」が緊急課題となり、合わせて発電、灌漑用水などを目的とする「多目的ダム」が連続的に建設された。市房ダム（熊本県・球磨川水系）松原・下筌ダム（筑後川水系）鶴田ダム（鹿児島県・川内川）などである。流域住民の安全と共に、国土開発、高度経済成長の大きな力となつた。その中で、都市の肥大化は「水飢饉」を生み、水質など環境問題が新たな課題となり、ダム再開発事業が進められている。九州の発展を支えたダム群の技術と建設の軌跡をたどつた。	

# 「九州ダム群の系譜」

九州でダム建設で、最初の建設技術の扉を開いたのは「塚原ダム」（宮崎県・耳川水系）である。昭和初期・74年近く前、米国でのフレバードムで技術習得、建設した記念碑的ダム。続いて米100mを越えるアーチ式ダム・上椎葉ダムがその上流に完成。敗戦後、荒廃した国土に台風と集中豪雨が襲つた。昭和28年の西日本豪雨で「ダムによる洪水調節」が緊急課題となり、合わせて発電、灌漑用水などを目的とする「多目的ダム」が連続的に建設された。市房ダム（熊本県・球磨川水系）松原・下筌ダム（筑後川水系）鶴田ダム（鹿児島県・川内川）などである。流域住民の安全と共に、国土開発、高度経済成長の大きな力となつた。その中で、都市の肥大化は「水飢饉」を生み、水質など環境問題が新たな課題となり、ダム再開発事業が進められている。九州の発展を支えたダム群の技術と建設の軌跡をたどつた。



大山ダム——最も新しい多目的ダム  
(筑後川水系)



塚原ダム——九州で最も古い大型発電用ダム  
(宮崎県・耳川)

## 第1節

### ①九州のダム群とその技術的展開

#### 多目的ダムの足どり

# 戦後、九州のダム建設の原点 設計・技術に「コペルニクス的」転換 堤体、そして基礎岩盤強化に全力注入



昭和28年の大洪水で治水ダムの建設を求める声は大きくなつた。  
原鶴温泉（筑後川）



市房ダム——戦後初めての多目的ダム  
(球磨川水系)

戦後の九州の多目的ダム建設の流れには、大きな社会的背景がある。戦争に敗れ、荒廃した国土の立ち直りに求められたのは食糧増産のための灌漑用水であり、戦後復興の主力となる工業振興のための発電など多目的ダムの建設が優先された。また、敗戦後、九州に大型台風が吹き荒れ、洪水被害が頻発、治水が大き

な課題となつた。

昭和25年（1950）、国土総合開発法が施行された。治水など国土の保全、食糧増産、水力発電を目的にしたもので、「河川総合開発事業」の名の下で推進される。昭和27年（1952）、電源開発促進法が制定された。まずは水力発電の振興が進められ、重要河川については電

源開発会社が専門的に電源開発を行うことになった。ダム建設事業費について、河川事業は国が、また発電や上水などにはそれぞれの事業主が参加、費用負担に応じて「財産、権利」を所有する共同施設と位置付けられた。

#### 米国の翻訳型ダム建設

球磨川上流に「市房ダム」が着工されたのは翌28年（1953）。発電、洪水調節などを目的とし、戦後、九州の多目的ダム建設のスタートとなつた。

しかし、各事業主が事業費の出しが多く、建設・管理費用の分担を明確にして建設をスピードアップするため昭和32年（1957）、特定多目的ダム法が制定された。建設省が中心になつて発電、治水、農業用灌漑など幾つもの目的を持たせたダム建設を推進するもので、事業費は各事業者が国庫に納入り、それ

それは「使用権」を持つことにした。こうして戦後のダム建設は国家最優先事業として位置づけられる。九州では最初の熊本県・球磨川の市房ダムが河川法に基づく兼用工作物だつたが、それに続く川内川の鹿児島県・鶴田ダムは特定多目的ダムとして建設された。佐久間ダム、奥只見ダムなどの大型ダムが米国のダム技術に学びながら建設され、九州では市房ダムの建設に携わった技術者が、そのまま、次の川内川「鶴田ダム」の建設に向かい、佐久間ダムから大型重機が運び込まれた。人、技術、機械が全国規模で連鎖して、連続的に進められた。

さらに九州では、福岡県営の日向神ダム、建設省の松原・下筌ダムなど次々とダムの建設が進められた。「一つのダム建設が終わると、息つく暇もなく次のダムへと異動させられた」と当時のダム技術者。このころを回想して「とにかく、急ぎ働きが続いた。ダムの設計書が出来るとすぐ施工に入る。設計書が完全に出来上がらず、間に合わないまま工事に着手するといったこともあつた」と語っている。事実、市房、鶴田ダムについては工事誌さえ書かれていない。「時間がなかつた」という。それほど、治水、利水共に、ダム建設が急がれ、社会の期待が集まつてゐた。とくに毎年発生する洪水の防止は流域住民の命と財産に関わり、緊急課題であつた。

## 多目的ダムの先駆け



運ばれてきたコンクリートが  
次々と打設される  
(鶴田ダム)

高度成長政策の中  
で、電源開発、水資源確保が最重要課題  
となり、相次ぐダム建設の安全性、洪水調節操作などを一元的に管理するため、明治29年制定のままだつた河川法が改正

台風や集中豪雨による治水対策に追われる中で、ダム建設は洪水調節の主役となつた。昭和28年(1953)6月、未曾有の豪雨によつて、筑後川が大氾濫、147人の命を奪い、家屋や田畠の流失、甚大な被害を及ぼした。久留米市など筑後川下流域からは洪水調節ダムの建設要望が強くなり、これに応える形で、建設省は上流での松原・下筌ダム建設へ動き出す。

昭和33年(1958)、現地調査が開始されたものの、地元住民が猛反発、室原知幸氏をリーダーとする「蜂の巣城攻防戦」が展開された。ダム建設を望む下流域、生活を奪われると反発する上流域、ダム建設現地の住民。強制執行、これに対する物理的抵抗など「力と力の対決」や、室原氏が提起した50件に及ぶ法廷での争い、「公共事業と基本的人権」の論議が続いた。松原・下筌ダムは、室原氏の死去を経て、ダム建設に大きな教訓を残し、昭和47年(1972)完成している。同ダムは洪水調節を主目的とし、発電も行う大型多目的ダムの先駆けであつた。

## 高度経済成長と歩調を合わせて

30年代後半から多目的ダム建設が主流となる。戦後復興から、高度経済成長へ。それに合わせてダム建設のピッチは上がって行く。昭和36年(1961)水資源開発促進法が制定され、筑後川をはじめ利根川、荒川、木曽川、淀川、吉野川の6水系が水資源開発水系に指定され、水資源開発公団(現在の独立行政法人・水資源機構)が開発と管理を行うことになった。さらに同37年(1962)の新産都計画から、工業化、都市化による全国総合開発計画がスタート。高度経済成長下のわが国の象徴的イベントとしての昭和39年(1964)の東京オリンピック開催へと、ひた走る。

(昭和39年) されるこ  
とにあつた。

新河川法で、1級河川では「水系一貫」の考えに基づく治水水利のための、国による河川管理が行われることになつた。水資源を①ダムの適正な管理②流域の安全性の確保③一元的に河川管理者が管理を行う一の3本柱とするもので、これでダムに関する法体系がようやく整うことになつた。

ダムの建設についても同法13条で技術基準が定められ、これに基づいて作られたダムの設計基準をベースとして技術上の問題は政令で定められた。

現在のダムは巨大な建造物であり、多目的である。このため土木工学をはじめ機械工学、電気工学などダム建設の技術は総合的、統一的な技術が求められる。市房、鶴田ダムまでは、まだ設計基準が出来ていなかい旧河川法時代のダム建設で技術的にも、暗中模索の側面が多かつた。

## 米国ダム技術の導入

ダム建設技術は米国に負うところが大きい。1930年代、大恐慌後、米国で展開されたTVA(テネシー川流域開発公社)、巨大なフレバードム(コロラド川、1936年完成)など陸軍工兵隊、内務省開拓局によ



鶴田ダムの定礎式。  
(昭和37年11月)

宮崎県・耳川水系には発電用ダムが7カ所建設されている。このうち、最も古い塚原ダムは昭和13年(1938)に建設された。堤高87mの重力式ダムだが、施工にあたつた間組の百年史によると、技術者がフレバードムに派遣され、その施工法を学び取つた。日本のダム建設の教師は、米国だつた。

佐久間ダムで使われた米国流の大型重機が鶴田ダムに持ち込まれて、建設が行われ、鶴田ダムの後は早明

浦ダムへと次々に転進していった。鶴田ダムの技術者は、それまでの人力頼りから一転、大型重機の効率の高さに「ただただ、驚くのみだった」と述懐している。

こうしてわが国のダム建設は米国技術に学びながら、その設計と施工法が実際に工事を進める中で培われ、ダム建設技術を進化させてきた。

## 遅れた技術の基準化

ダムは巨大な構造物であり、ダムが崩壊するようなことがあれば、フランスのマルパッセダム崩壊事故のように、貯水が一気に流れだし、下流の街を飲み込み、人命を奪い、甚大な被害を出す。それだけに、ダムは調査、設計、施工、管理に至るまで「絶対安全」が求められる。国であれ、地方自治体、電力会社であれ、ダムは統一した技術基準によって完全に建設されなければならない。ところが、基準化は昭和51年の河川管理制度等構造令の制定を待たねばならなかつた。

それまでの時代、わが国のダム建設は、国際大ダム会議（本部・パリ、注1）日本大ダム会議（昭和32年）が定めた設計基準に従つて、発電ダム建設を中心に行なわれた。土木研究所が情報収集、集約したダム技術が建設の現場に降ろされて行つた。土木研究所の存在、指導的役割は極めて大きかつた。

フランスのマルパッセダムの基礎岩盤の崩壊事故（昭和34年12月）はわが国のダム建設に大きな衝撃を与えた。ダム堤体の安定・安全性を確保するのみではなく、基礎岩盤へのしつかりした調査、独自の技術的対応を迫る重大な警告でもあった。

山島・九州のダムの安全性確保ため、乗り越えなければならない「設計思想の大転換」であった。マルパッセダムの事故は鶴田ダム計画、建設中に発生し、「マルパッセの教訓をどう生かすか」が緊急課題となり、同ダムの工事全体の再点検が急がれた。

市房ダムのように、それまではガチガチの堅固な岩盤の上にダムを造るのが通常だつた。ダム建設の需要が少ない時代はそれが可能であった。しかし、復興と経済成長を目指す当時の日本ではダム増設と大型化の必要に迫られ、加えて、戦後多発した洪水被害―治水のためにも積極的にダム建設を進めなければならない時代状況があつた。

ことになつたのである。その大波を直接、かぶつたのが鶴田ダムだつた。実際、鶴田ダムの岩盤について、設計者は少なからず懸念を抱いていたと思われる。

鶴田ダムの建設技術者は基礎岩盤の「安定性」について懸命に考え方をいたようだ。検討に検討を重ねて、いつたん打設した厚さ10mのコンクリートの下の岩盤をさらに約10mも再掘削して、コンクリートに打ち換え、基礎を強化するという大きな設計変更の決断を下した。事業費の増大や工期延長など苦渋の選択であつたろう。さらに堤体底の上流と下流

## 岩盤強化が焦点

鶴田ダムの基礎岩盤は四万十層群と言われる堆積岩層で、砂岩と頁岩の互層からなつており、砂岩は強いて頁岩は砂岩より強度が低い。堅い岩層と軟らかい岩層が階段状に広がる宮崎・青島の鬼の洗濯板をイメージすると良い。脆弱な岩盤の上にやむを得ずダムを建設するケースは各地で起つていた。基礎岩盤に合わせてより安全なダムの形式を選択せざるを得ない状況に立たされてもいた。まず「基礎岩盤ありき」となつたのである。

岩盤の強さを測るには「岩盤せん断試験」が欠かせない。これは黒部峡谷に建設された黒四ダムから行われているが、それまではコンクリー



第1発電所から見た鶴田ダム堤体（昭和38年11月20日）

トの強度測定に使われ、岩盤の強度判定についてはある種、技術者の力に頼りのところがあつた。強度に対する安全率への関心はもっぱらコンクリートに向けられ、岩盤に対しても明確な規定すらなかつた。しかし鶴田ダムでは、岩盤の種類によつて強度をA, B, Cに分類してより細やかに対応するなど、努力を重ねている。

現在では、ダムの安定性、安全性を確保するための様々な地盤対応技術が開発され、駆使される。最も新しい大山ダム（水資源機構・日田市）なども、岩盤強化のための技術が総動員されている。

岩盤に完全な均一性はない。岩質も違えば、軟弱層や割れ目もある。このために、監査路用のトンネルを堤体の下部に作り、そこからダムの基礎となる岩盤にセメントを深さ約10m近く注入（コンソリデーショングラウト）して、割れ目や軟弱部分にセメントを充填して強化する。その注入孔を「千鳥」（交互）に約3m間隔でうがち、セメントを注入して行く（バイステップ工法）。極めて根気のいる作業だ。大山ダムでは、カーテングラウトを行つていている。

コンクリートの発熱対策

岩盤への慎重な配慮の必要性は勿論だが、その上に建設される堤体は、ダムの本体であり、重力式の場合そ

のコンクリート打設は膨大な量となる。コンクリート量を減らすと、経済的だが、品質が厳しく問われるところとなる。

技術的課題は品質とともにコンクリート量が出来るだけ少なくて済むアーチ式ダムの建設技術の開発にあつた。アーチ構造はローマ時代の遺構が物語るように、ヨーロッパで長い歴史と技術蓄積があり、ダムでも多用されている。日本の関心は、事業費の節減の上で有利なアーチ式ダムの建設をいかに進めるかに転換。セメントの量が少なくなれば、建設経費も大幅に削減できる。強度を保ちながら、いかにセメント量を減らすか、工法の模索が行われた。

### クーリング作業の重要性

重力式にせよ、アーチ式にせよ、コンクリートダムの施工にはさまざまな技術的課題がある。打設後、コンクリートは固化の過程で熱を出す。温度が上がると、コンクリートは膨張する。饅頭のあんこが膨れて、皮を破るようにコンクリートに割れ目を作る。これを防ぐため、打設は冬期が選ばれ、山奥の厳寒の中で作業が進められる。

しかし、低温の外気だけでは、不十分だ。打設する底部にクーリング（冷却化）のためのコイル状の水管を入れて冷水を流し、発熱温度を下げる。コンクリートは、バケツで運ばれたセメントを、高さ1メートルのコンクリート打設は膨大な量となる。コンクリート量を減らすと、経済的だが、品質が厳しく問われるところとなる。



ローマの遺跡にはアーチ式建造物が多い（コロセアムで）

### R C D 工法の登場

コンクリートの強度はある程度、セメント量を減らしても低下しない。問題は水の量である。混ぜる水が多いほど強度は落ちる。少ない水で固練りしたセメントをどう充填させ、施工するか。そこで登場したのがR C D工法である。ROLLER COMPACTED DAM CONCRETE工法。固練りのコンクリートを振動ローラーで敷き固め、重ねて行く日本独自で開発の施工法だ。昭和62年（1987）着工した竜門ダム建設で、九州で初めてR C D工法が使われた。この工法なしでは中国・揚子江の、あの巨大な三峽ダムは建設できなかつたと言われる。雲仙普賢岳でスレーパードムと呼ばれた砂防えん堤を無人化施工可能なコンクリートの塊の建造物で、打設時のクーリング（冷却）が大きなポイントになるのはこのためだ。

最も新しい打設方法では、セメントとフライアッシュのサイロを別々に造り、その混合率を、温度の高い夏場と厳寒の冬場とでは変えている。季節ごとに気温に合わせた混合率で練り混ぜ、温度調節を行うわけだ。また骨材についても冷水、冷風によつてあらかじめ冷やすことにによって発熱を抑えることが行われていて、それによって、パイプクーリングの必要はなくなり、コンクリート打設は効率的となつていている。

うにしなければ、ダム堤体の「一体化」は出来ない。相互にカギ状のロックで繋ぎ、継ぎ目には蛇行している異形の型枠を入れ、継ぎ目のグラウト（注入）を行う。極めて重要な工程だ。

しかし、そのダム工事風景も過去のものになりつつある。最も新しい大山ダム（日田市・赤石川）では、柱状工法から面状工法に進んでいる。堤体の打設面全体に、ダンプで運んできたコンクリートを放出、バイパック（重機）で締め固める工法（ELCM・拡張レヤ工法）のため柱状にならず、まるで道路建設のようにコンクリートを打設、堤体が高さを増してゆく、効率的で安全な打設法がとられている。

ダム堤体というコンクリートの塊は当然のことながら大量のセメントを消費する。そのための経費も膨大になり、工期もかかる。コンクリートを出来るだけ少なくてダム堤体は出来ないか。この問題解決のため登場したのが中空重力式コンクリートダムだ。

また、コンクリートダムとロックフィルダムの中間のもので、ダム堤体の外側はコンクリートで造り、中を少量のセメントと土石で詰める台形C-SG工法という手法もある。それだけセメントが少なくて済み、事業費も大幅に節減できる。河川の砂



橋を押し流す激流——昭和28年・筑後川大水害

利を「中詰め」に使うこの工法は佐賀県の嘉瀬川ダムの副えん堤で施工されている。一般的に堤体のコンクリート重量は軽くなければ、貯水水圧による「滑り」の弱点が生ずるが、この工法はえん堤の底部の幅を広げ、堤体を台形とし、基礎との摩擦面を大きくすることによって安定性を高めることが出来た。

コンクリートを使わないフィルダムが、大型重機の登場などで経済的になつた。御母衣ダムをはじめ、1960年代の高度成長の最盛期には相次いでフィルダムが建設された。コンクリート量を大幅に減らしかつ大型機械で効率的に施工が進められ、人件費も抑えることが出来る。経済的には確かに有利であった。

しかし、この型式のダムでは、貯

水があふれて堤体を越える「越流」が発生した場合は、ダムの命取りになる恐れがある。ダムでは、越流は絶対許されない。フィルダムの場合、洪水時の吐き出し口（洪水吐）をダム本体の上に設置できない難点がある。

ダムの型式にはそれぞれに長所と弱点がある。同じ重力式でもコンクリートとフィルダムの長所を組み合はせる試みも行われている。熊本県・菊池川水系（追間川）の竜門ダムが重力式コンクリートダムとロックフィルダムの組み合わせた「コンバインダム」で建設された。異なる地形地質に対応する形式の選定と、設計を進め、それに沿った技術を動員する多様な建設技術が求められる、と言えよう。

ダムが出来上がると、試験湛水となる。ダムを満水になるまで貯水して、設計通りの安定性を持つていて、設計通りの安定性を持っているかどうかチェックが行われる。満水になると堤体に、貯水の水圧による荷重がかかり、ダム堤体が動く。その動きを綿密に測って、安定性を確認する。地山への影響についても慎重にチェックする。

大山ダムでは、いっただん最高水位まで貯水し、さらに貯水量を減らすなど水位を上下させて基礎地盤と地山の安定性を確認している。この間、約2年。慎重な上にも慎重な試験湛水を行っている。

## 新しいダム工法への挑戦

ダム堤体というコンクリートの塊は当然のことながら大量のセメントを消費する。そのための経費も膨大になり、工期もかかる。コンクリートを出来るだけ少なくてダム堤体は出来ないか。この問題解決のため登場したのが中空重力式コンクリートダムだ。

また、コンクリートダムとロックフィルダムの中間のもので、ダム堤体の外側はコンクリートで造り、中を少量のセメントと土石で詰める台形C-SG工法という手法もある。それだけセメントが少なくて済み、事業費も大幅に節減できる。河川の砂

## ダム再開発の時代へ

ダムが出来上がると、試験湛水となる。ダムを満水になるまで貯水して、設計通りの安定性を持つていて、設計通りの安定性を持っている

かどうかチェックが行われる。満水になると堤体に、貯水の水圧による荷重がかかり、ダム堤体が動く。その動きを綿密に測って、安定性を確認する。地山への影響についても慎重にチェックする。

大山ダムでは、いっただん最高水位まで貯水し、さらに貯水量を減らすなど水位を上下させて基礎地盤と地山の安定性を確認している。この間、約2年。慎重な上にも慎重な試験湛水を行っている。

(注1) 国際大ダム会議 1928年創立された民間国際団体。現在95カ国が加盟、ダムの構造基準、管理技術などで技術的、指導的な役割を果たしている。日本は1931年に加盟した最も古い加盟国の一つ。

戦後初期のダム建設であり、多くの建設技術発展の原点でもある鶴田ダムでは、平成18年7月の川内川洪水を教訓に、放流管の増設など本格的な再開発も進行中だ。

## 第1節

### ②市房ダム 戦後初の建設

#### 九州の多目的ダム

# 九州ダム建設の基礎築く 暗中模索 「入念に、また入念に」 現場が育てた技術者たち

### 1300人が立ち退き

市房ダムは熊本県南部の九州山地・市房山（標高1720.8m）を水源とする球磨川上流に建設された重力式コンクリートダム。多目的ダムで洪水調節、発電（最大出力15100kw）と灌漑（3570ha）を行う。

昭和2年（1927）、同19年（1944）、そして戦後になつても続いた球磨川の洪水で中流の人吉市などが大きな被害を受けたのを教訓に、市房ダムは計画、建設された。建設省（当時）は、昭和28年（1953）調査に入り、用地交渉から建設工事一同36年（1961）3月（竣工式は昭和35年7月）までの8年をかけて完成した。ダムえん堤の高さ78.5m、堤体の長さ256.5m、総貯水量4020万m<sup>3</sup>。九州で戦後、最初に造られた多目的ダム。当時のダム建設技術が総動員され、初步段階の暗中模索を繰り返した経験とそれによつて得した技術はその後、九州各地のダム建設の基礎となり生かされた。

声が上がり、翌平成23年3月式典が

市房ダムの地質調査は昭和28年から始まっている。敗戦後の日本の荒廃した国土に追い打ちをかけるよう

に、台風、集中豪雨が九州を襲い、

大きな被害を出した。球磨川は暴れ川の代名詞そのままに、人吉など流域に大きな被害を毎年のように出して

いた。それだけにダムによる洪水調節への期待は大きかつたが、ダム建設に伴つて約200戸の水没家屋

の移転が必要で、移転交渉には「夜討ち朝駆け」の説得が続いた。戦後

の厳しい暮らしが続く中で、立ち退きは、家屋、田畠など生活の要（かなめ）を失うことになるだけに、住民の犠牲も大きかつた。反対運動も

あったが、その後の下筌ダム・蜂の巣城紛争などに比べると比較的小さな抵抗に終わつた。市房ダム完成50年（平成22年7月）、「この節目にあたりダム建設のため立ち退きを余儀なくされた方々の芳名記念碑の建立」（水上村村長の成尾政紀氏）の

催され、記念碑が設置された。ダム建設を機に約1300人が村を去り、その後も高齢化もあって人口流失が止まらない厳しい山村の現状が碑建設の背景にあるのだろう。

### 建設を記録する市房所報

地元交渉も重ねながら、31年にダム基本計画を練り上げ、いよいよ建設に入った。建設のプロセスは、市房ダム工事事務所が編集したガリ版刷りの「市房所報」があり、仕様書特集号をはじめ昭和33、34年の施工内容について詳細に記録している。

「仕様書に基づく忠実な工事管理が先ず大切である。拙速とは嘗て戦時中よく唱えられた言葉で今はもう古い。スピードも大切であるがその中に入念に亦入念に、細心の注意を拂つて、よくいう水も洩らさぬ周到な計画で、水も洩らさない市房ダムを立派につくりあげたいものだ」。當時の水山嘉徳所長は巻頭言に決意を書いている。

### クラックの多い岩盤に苦闘

「水も漏らさぬダム」づくりの基盤となる基礎岩盤は、しかし、決して良質とは言えなかつた。輝緑凝灰岩を母岩とし、粘板岩、チャートでクラックの多い地質だつた。特に左岸は風化が激しく「甚だ頼りない状況で」全断面を掘削することにした。

堤体の水平面に20mに1本の割合で5~10mのグラウトを行い、さら

に左岸側に長さ20~30mのグラウトネルを3本掘り、これを使ってカーテンギラフトを行い、水が地山に回るのを防止した。しかし、当時は、地山の確たる補強工法が確立していたとは必ずしも言えなかつた。水を簡単に通してしまふ無数のクラックを持つ岩盤だが、セメントミ



市房ダムの建設史を語る所報



放流する市房ダム

ルクを注入して1～2時間も経ると、それ以上は注入できなくなつた。セメント粒子が壁面に付着して、穴を塞いでしまうと思われた。水漏れはダムの命取りになる。完全な遮水壁を造るための試行錯誤が続けられた。セメントミルクの注入で大切なのは濃度の決定と配合だが、さらに、セメントの流动性を高める添加剤が様々なにテストされ、試された。

ボーリング、コンソリデーション、カーテングラウト、さらに地山補強などのグラウトが本格化したのは松原・下筌ダムからで、高炉セメントC種を約2万t使い、地山が「約2年で10cm程度膨れた」というほどの重力式の市房ダムと違つてコンクリートアーチ式ダムが採用され、脆弱地盤でのアーチ式型式の「可否」が住民訴訟でも争われており、基礎岩盤の強化が大きな課題となつた背景もある。

松原・下筌ダムに先立つ、市房ダムでは、難しい地質のため、アーチ式ダムは不可能で、重力式ダムが

市房ダムが本工事に入つて2年目。延長360mの仮排水トンネル、仮締め切りなどの事前工事が終わり、33年8月4日、基礎岩盤の上にコンクリート打設の長期戦に入った。8月のコンクリート打ち始めから昭和34年12月まで31万6000m<sup>3</sup>、同年1月からは副えん堤と護岸工事に入つた。一日最大1300m<sup>3</sup>、平均で1000m<sup>3</sup>、9月からは昼夜兼行の打設を行つて、その打設スピード、出来上がりの品質共に「甚だ手前みそながら」と断りながら、他と比べて「いささかも遜色なきものと信ずる」（所報）と胸を張つてゐる。

コンクリート骨材も膨大になつた。しかしダム近くには、良好な原石山がなく、

選択された。そのため、堤体コンクリートに使用するセメント量は54000tが予定された。コンクリートの品質と量、価格がダム建設に決定的な影響を与える。このため八幡製鉄所が製造する高炉セメントを1年半にわたつて実験、良好な結果を得て、採用された。これによりt当たり1000円、総額6500万円の節減が実現している。

## 2年3か月のコンクリート打設



市房ダムの堤体工事

約23km離れた（球磨川下流・平川）採取場から5～7tダンプ約30台で一日最大320t、2800tを運び込んだ。雨の時はダンプが泥を跳ね、騒音も住民の苦情の種となつた。村人は当時を振り返り「ダンプが巻き上げるほこりはものすごいもの」で、砂利道を走るダンプが跳ねる石が、「住家のガラスを壊し、泥水は店の商品を汚した」という。とにかく夜の騒音への苦情は多く、予定していた「昼夜兼行」運搬は、さすがに出来ず、夜間は中止せざるを得なかつた。

## 雨の日も、凍つてつく夜も



市房ダム骨材プラント

うこうと照らす無数のライトは美しいが、その下の作業は厳しくつらいものだつた。最初の打設から3か月で5万m<sup>3</sup>、150日で10万m<sup>3</sup>の打設量を突破し、終えた。

堤体は次第に高さをまし、ダムの姿を現し始めた。「凱歌への道も決して安易なものではない」。

その過程では強い雨の日があり、時に機械が故障したが、作業は黙々と続けられた。「一日一日の積みかさねられた労苦があり、はじめて実を結ぶのである」など工事担当者の言葉が所報に見える。特に岩盤とコンクリートの接合面は圧力水を吹きかけ、人造海綿できれいにふき取つてゆく根気のいる作業、所報は「清掃には女人夫が最適である」と女性作業員の忍耐強さと丁寧さに感服し

ているのがほほえましい。2年余で打設を完了する猛スピードで、仕上げている。

## 竣工、息次ぐ暇もなく



おだやかに水をたたえる市房ダム

竣工式は昭和35年7月25日。神事とゲート放流開始のスイッチが入れられ、工事中亡くなつた作業員の慰靈碑除幕が行われた。市房ダムに携わった技術者たちは息次ぐ暇もなく、川内川の鶴田ダム、筑後川上流の松原・下筌ダムの工事現場へ急いだ。市房ダム工事事務所の所長を務めた水上嘉徳氏は河川部長として総指揮をとり、平田副所長は鶴田ダム工事事務所の所長、工務課長の副島健氏は松原下筌ダム所長などにそれぞれ就任。市房ダムで経験を重ねた

多くの技術者によって、その後の九州のダム群建設は進められていつた。ダム完成を記念して植えられた桜は、細川護熙知事（当時）が提唱した「日本一運動」に呼応、市房ダム周辺を「桜の里」とする植樹運動で整備され、多くの人を集め桜の名所となつていて。

◇  
市房ダム—球磨川総合開発事業の一環として建設省九州建設局によつて建設され、昭和35年完成、熊本県に移管された。洪水調節、灌漑（約3500ha）、発電（毎時5000万kw）の機能を持つ多目的ダム。

金毘羅宮で有名な香川県・琴平を過ぎ、大野原町に入り、そこから県道8号、さらに9号と高尾山への山道を辿つて上り、ようやく「豊稔堰（えん）堤」を発見した。ヨーロッパ古城の城壁を谷川に降りたところに突然、中世ヨーロッパ古城の城壁を思われるような、骨太のダムえん堤が目の前に現れた。4年の歳月と、述べ15万人かけて築き上げたという。村人が、石を運び、一つ一つ石を積み上げて行く、気の遠くなるような作業が目に浮かぶ。大正末から工事にかかり、昭和5年3月完成したと案内板が伝えてくる。登録有形文化財。

瀬戸内海沿いの讃岐の国（現在の香川県）は、隣の徳島県の吉野川のような大河がなく、大昔から日照り、干ばつに苦しんできた。弘法大師がめ池づくりの先頭に立つたという伝説が伝えるよう、灌漑用のため池は命の水を確保するほど重要なものだつた。豊かな稔（実り）の願いのためなのだろう。

赤レンガのほうねん橋から見上げると、武骨な壁柱の上部から滝のように白い水が落ち下つていい。越流堰からの水が壁石にはじ

## 豊稔えん堤（香川県大野原町） 日本ダム史に残る金字塔



古城を思わせる豊稔えん堤

かれて白く直線で真下に落ちて碎けている。そこから細く微妙な曲線を描いて、石畳の広場を流れ、谷川に導かれる設計となつてゐる。えん堤の巨大な城壁と繊細な水の流れを組み合わせた景観の創造は見事といふほかはない。「日本ダム建設史に残る金字塔」という言葉があるがち誇張ではない。  
えん堤の高さ30m、長さ128m。谷川沿いの小道を登つてダムの上にになると、満々と水をたたえた湖が広がつていた。完成したときの農民の喜びが今も胸に伝わつてくる。  
設計は佐野藤次郎。歐米の最新技術を取り入れたパイオニアの一人だ。

## 第1節 下筌ダムの設計と建設

### 九州の多目的ダム

# 岩盤強化に新技術導入したパイオニア 室原氏のポイントを突く「厳しい目」 法廷で初めてのダム技術論争、緊張感つくる

筑後川水系の松原・下筌ダムは、戦後、建設省直轄ダム九州1号となつた球磨川の市房ダムに先行して計画され、順調に進めば「栄誉ある九州の1号ダム」、しかも下筌ダムは国が作る最初のアーチ式ダムになるはずであった。建設の検討が始まつたのは、甚大な被害を出した昭和28年（1953）筑後川大水害の直後。2年後の昭和30年には、洪水調節ダム建設のための予備調査開始、翌年には下筌地区のダム建設のための測量に入っている。いかに暴雨川・筑紫次郎の治水を行うかが建設省の大きな課題であつた事が分かる。

直轄河川とし、上流にダムを造つて筑後川の治水事業を完成させるという強い使命感がダム技術者にはみなぎついていた。しかし、室原知幸氏を先頭とする水没地域の「ダム反対運動」が立ちはだかつた。ダムサイト山腹に、調査阻止、土地収用法適用阻止の看板が林立する砦・「蜂の巣城」を築き「法には法、暴には暴【墳墓の地を守れ】と訴訟と実力阻

止を展開した。

調査開始から17年、全国的な注目を浴びた松原・下筌の二つのダムは、波乱の中で完成（昭和47年）したが、國の事業「公」と住民の合意「民」——「公共事業と基本的人権」を根本的に考えさせた。と同時に反対住民が法廷で専門的なダム技術論争を挑み、その厳しい目の前で、ダム技術者は緊張感を持つて地盤改良・補強、堤体設計などに当ることになり、多くの技術的革新をもたらした。ダム建設の技術面だけでなく、法的、社会的にも大きな意味を持つパイオニア的ダムであった。

### 重力ダムかアーチか

ダム建設反対リーダーの室原氏の事業認定無効訴訟の訴えは、多岐にわたつた。①何より多目的ダム法に基づく基本計画が示されないまま事業が進められたことの「不正当性」のほか、②アーチ式ダムで建設されるには地質が悪すぎ、「適地ではない」し、③その厳しい地質条件の中でダ

ム建設しようとする「事業者（国）には、経験も技術力も十分に備わっていない」と手厳しい主張するものであつた。

昭和31年（1956）に作成された「筑後川総合開発事業計画書」では「松原外1ダム」という表現で松原、下筌二つのダムの建設が打ち出されている。松原は重力ダムで造るが、この段階では下筌ダムは「外1ダム」と表現され、名前も、型式も出てこない。下筌ダムが「外1ダム」とあいまいな表現なのは下筌以外にも11か所で調査が進んでおり、また下筌は反対運動で地質調査が充分に行われていなかつたため、重力によるかアーチ式にするか、型式については未定だつたためと考えられる。

その後、下筌は、アーチ式コンクリートダムへの流れを辿る。しかし、型式決定の背景、経過ははつきりしない。当時、アーチ式コンクリートダムとしては宮崎県・耳川の上椎葉ダム（九州電力）が建設されているが、技術は米国に学ぶことが多く、また米国技術者が来日した際（昭和

30年代初期）真偽は明らかではないが「粘土でなければアーチは出来る」と基礎岩盤について極めて楽観的な見解を述べた、と伝えられ、それが「アーチ神話」となつて広がつていった。



岩盤強化など多くの技術の進展を見せた下筌ダム

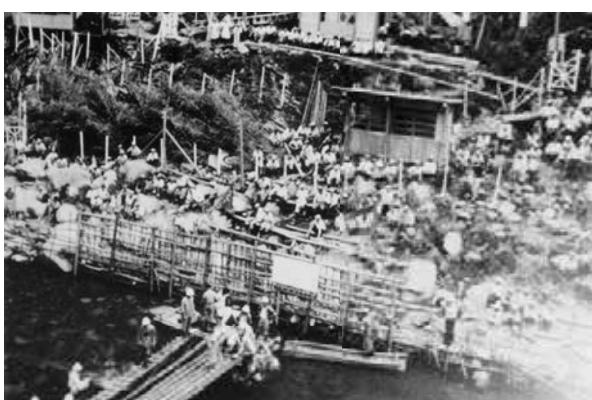
そのためには高度な技術が必要となる。アーチ式ダム建設に取り組む技術者にとって挑戦的であり、魅力的である。土木研究所研究者は「下筌はぜひアーチでやりたかった」と技術者の心境を語っている。

## ポイントを突いた室原訴訟

しかし、基礎岩盤という大きな壁が立ちはある。下筌一帯は阿蘇山の噴火による、複雑で多い火山岩の地質構造を持っている。昭和34年（1959）に発生したフランスのアーチ式ダム・マルパッセダム事故の原因は、脆弱な基礎地盤の崩壊によるもので、堤体は、コンクリート量も少なく肉薄で、賞賛も込めて「安上りのダム」と言っていた。しかし、初めてダム湖に貯水する試験湛水時に基礎地盤から崩壊、下流住民に多くの犠牲者を出した。

この厳しい事故から、下筌でアーチ式ダム建設が可能な基礎地盤かどうか注目された。しかしダムサイト右岸は、反対派住民によって、蜂の巣城が築かれ、地質調査は出来ておらず、一帯は火山岩を中心で、専門家の間にも「アーチ式ダム建設地として地盤の強度不足の可能性」を指摘する意見もあった。

火山性地層では火山岩が形成されると、岩相が複雑に入り組み①岩層と岩層の境界②破碎帶③岩層の変質などの問題があり、弱層の存在が多く見られる。下筌はこうした地質



蜂の巣城の攻防。激しい力と力の対立となった

## 心証は「微動だにせず」

昭和35年（1960）5月、室原知幸氏の事業認定無効訴訟が東京地裁に提起された。争点は、洪水調節計画、堆砂、地質上の欠陥、発電効果と公共性、事業を遂行する当事者能力についての疑惑など多方面に及び、厳しく技術上のポイントを突いている。

筑後川の治水計画者として、また事業者として執念を燃やしていた松原・下筌ダムの初代建設事務所長・野島虎治氏（故人）が言い残したエピソードがある。裁判の現場検証の日。下筌の左岸に掘られた調査横穴から出る土泥を見て、室原氏が「これは岩ではない。泥だ。こんなところにダムが出来るものか」と顔を真つ赤にして訴えた。野島氏は「このずりを見ても（私は）驚かない。十分自信を持って対処している。私どもの技術力を信頼してほしい」と反論したという。下筌ダム岩盤研究会での激しく熱心な議論の積み重ねから「アーチダムは造れるという私の心証は微動だにしなかった」と野島所長は回顧している。

その一方で「あそこまでこじらせたのは功名心、（過剰な）使命感に

構造的な問題に加えて、マルパッセダムの基礎岩盤崩壊の衝撃もあって、基礎岩盤対策がより重い課題となっていた。鶴田ダムでは基礎地盤の補強工事のやり直しまで行つており、それを、ダム設計の「コペルニクス的転換」と表現した研究者もいた。実際、九州地方建設局は重力ダム建設は行つてきたが、アーチ式ダム建設は経験がなく「彼らには、このダム建設は難しそう、完成させる技術力がない」と室原氏は言いつた。それだけに、技術を総動員し、技術改革を進め、自力で「立派なダムを造る」ことが建設省、ダム技術者としての「面目」になり、総力を挙げる「決意」となった。

筑後川の治水計画者として、また事業者として執念を燃やしていた松原・下筌ダムの初代建設事務所長・野島虎治氏（故人）が言い残したエピソードがある。裁判の現場検証の日。下筌の左岸に掘られた調査横穴から出る土泥を見て、室原氏が「これは岩ではない。泥だ。こんなところにダムが出来るものか」と顔を真つ赤にして訴えた。野島氏は「このずりを見ても（私は）驚かない。十分自信を持って対処している。私どもの技術力を信頼してほしい」と反論したという。下筌ダム岩盤研究会での激しく熱心な議論の積み重ねから「アーチダムは造れるという私の心証は微動だにしなかった」と野島所長は回顧している。

その一方で「あそこまでこじらせたのは功名心、（過剰な）使命感に

関して、一般国民から論戦を挑まれることはなかつた。この裁判で、室原氏ら原告側は下筌の難しい火山性岩の上にアーチダムを造る技術力は建設省（九州建設局）にはない、と断じた。実際、九州地方建設局は重力ダム建設は行つてきたが、アーチ式ダム建設は経験がなく「彼らには、このダム建設は難しそう、完成させる技術力がない」と室原氏は言いつた。それだけに、技術を総動員し、技術改革を進め、自力で「立派なダムを造る」ことが建設省、ダム技術者としての「面目」になり、総力を挙げる「決意」となった。

筑後川の治水計画者として、また事業者として執念を燃やしていた松原・下筌ダムの初代建設事務所長・野島虎治氏（故人）が言い残したエピソードがある。裁判の現場検証の日。下筌の左岸に掘られた調査横穴から出る土泥を見て、室原氏が「これは岩ではない。泥だ。こんなところにダムが出来るものか」と顔を真つ赤にして訴えた。野島氏は「このずりを見ても（私は）驚かない。十分自信を持って対処している。私どもの技術力を信頼してほしい」と反論したという。下筌ダム岩盤研究会での激しく熱心な議論の積み重ねから「アーチダムは造れるという私の心証は微動だにしなかった」と野島所長は回顧している。

その一方で「あそこまでこじらせたのは功名心、（過剰な）使命感に

留保はしながら、「アーチで行けるのではないか」（建設省・課長）との発言、これをきっかけにアーチで完成させるのが「至上命令」になつていつた。

法廷でも厳しい地質論争が行われたが、最終的に、裁判所は「いろいろ問題はあるが特殊グラウトやデンタルワーレクなどを入念にやれば出来ないことはない」（伊藤剛鑑定人）の証言を採用して国の勝訴とする。事業認定無効確認訴訟は、国側の勝訴としたものの、判決理由では原告側の主張に沿うように詳細に問題点を指摘、「国側勝訴」とした判決主文が「間違っているのではない」（原告側のある弁護士）と錯覚させせるほどであった。

強制執行を繰り返し「おれを警察まで使つて逮捕した。そして獄につないだ」と建設省への怨念とも思われる言葉を口にしていた室原氏。石田裁判長は「室原の言つていることはもつともなことが多いよ。室原がいくら金持ちと言つても個人ではないか。国の無限の権力を背負つている建設省は、国らしいやり方でやるといなさい」と国側をたしなめ、注文を付けた。

判決理由書は、そうした裁判長の心境をも含めた建設省への忠告文になつている。しかし、国側を敗訴させれば、下筌ダムをはじめ、国のダム事業は困難となり、ストップするだろうという裁判長の現実的判断があつたとも読み取れる。「もし、現

在であれば（國の）敗訴だつたろう」と振り返る学者もいる。それほど、きわどい国の勝訴であつた。

## 基礎処理が課題

勝訴はしたもの、建設省側にも、ダムサイトは複雑な火山岩地帯であり、手ごわい岩質であることの認識は強くあつた。たとえ、アーチ式ダムで建設するにしても、河床両岸の地質が分からないと設計のしようがない。しかし、昭和34年ごろから、

第2次代執行で、蜂の巣城が解体、撤去された。ようやく、右岸側の地質調査が可能になり、堰を切つたよに、進められた。調査のための横穴を3本掘削、グラウト調査など猛スピードで「半年間で頑張つた」。同40年（1965）3月、工事用道路の起工式、6月には下筌ダム本体工事着工にこぎつけている。

アーチ式ダムが出来るかどうか、基礎地盤処理が技術、施工上の大きな問題だった。左岸については、すでに土木研究所が地質調査を数年（4～5年）にわたりて行つており、地質の状況はつかんでいた。残る課題は補強、改良をどう進める

## 裁判長、国に厳しく注文



作業を進めながら、工夫が重ねられた。

か。弱い地盤を改良する特殊グラウトングを発注までに済ませ、10m四方で実施したテストグラウトの個所で、せん断試験、弾性試験を行う。さらに、堤体のすべりの安全率などで急ピッチの地質解明と実験が進むにつれて、基本設計が少しづつ変わつていつた。

## グラウトに全力

岩盤強化のためには、割れ目などにセメントミルクを注入する「グラウト」が必要だ。市房、鶴田ダムでのグラウト技術はごく初期段階、高圧注入機械もない状況でのグラウト作業だった。

先進的なグラウトは関西電力・黒4ダム（昭和38年完成）で展開されていた。黒4ダムの経験者が委員会に加わり松原・下筌の現場に入つて相談役の役割を果たすことになった。黒4ダムのグラウトはイタリアの会社が担当。現場技術者はその工事記録を読み、いろんなテストをやりながら松原・下筌のグラウト技術は進んでいった。

当時、グラウトは技術的にはまだ空白部分が多く、現地、現場で作業を進めながらの試行と工夫に任されていた。下筌は、積極的に高圧グラウトを使って、基礎岩盤を固める事になった。これも現地判断であつた。「ありたきりのグラウトでは、とても下筌のアーチを支えるような岩盤

無効確認訴訟に国が勝訴、翌39年の昭和38年（1963）、事業認定

にはなりきらない」。高い圧力をかけてセメントミルクを（岩盤割れ目などに）押し込むグラウトは九州では松原・下筌ダムが初めての試みだつた。

地表から1mの深さ所でグラウトを行う場合、1kgの圧力をかける。10mの深さだと圧力10kgとなるが、それを1mにつき圧力1・5kgの50%増しにした。それだけ高圧力をかけセメントミルクを注入すると、地表の岩が浮き上がる恐れがある。岩盤の動きを測りゆつくりとミルク注入、圧力管理しながら、慎重にグラウト作業を行つた。山は動くかもしれないが、全体を均質な弾性体にするには、それだけの基礎処理が必要という意識が強くあつた。

地山補強だけではすまない。湛水すれば堤体・基礎岩盤の下部からの揚水力が基礎地盤や地山にかかり、ダムの安全率が下がる。弱い岩盤を補強するコンソリデーショングラウトのほか、堤体基礎部分へのカーテングラウトで、止水力を高めたほか、特殊グラウトも行うなど、総計約2万tものセメントを注入した。

その結果、地山は2年間で10cmほど膨れた。結局、他のダムの3倍ぐらいいのグラウトになつたが、それでも試験湛水をしてみると、下筌ダム・発電所の送水トンネルには漏水が多く、追加ブレグコンクリートやグラ

直さざるを得なくなつた。通常、堤体は左右対称の円形アーチを描くが、検討の結果、右岸側の堤体を厚くし、かつ非対称アーチ形状（5心不等厚）を採用。しかし、5つの中心を持つ円形を組み合わせるアーチの応力解析は極めて複雑で、当時の計算機では解析は、到底、不可能といえた。幸運なことに、初期のものとはいえ、電算機が登場してきたことによって、応力計算が出来るようになつた。独特のプログラムを作り、それに基づいて、もちろんの応力を計算する複雑な作業が必要で、土木研究所の支援が大きく寄与した。「複雑な地形、地質に対応するダム建設は型通りには出来ない。そこが河川工事とは違うところだ」とダム技術者は言う。



非対称のアーチとなった下筌ダム

## 五つの円型の組合わせ

蜂の巣城が代執行によつて撤去され、右岸の地質調査が進んだが、様々な難題が発生した。アーチダムとしては「クラックが出たら大変だ。大騒動になる」と完璧なクラックレス（割れ目なし）を目指した。こうして最高品質のコンクリート打設が行われた。

## 最高品質のコンクリート

ダムコンクリートは低熱、水和熱が少ない方がよい。高い発熱だとひび割れが出来る恐れがある。発熱をある程度抑える

## 堤体設計やり直し、非対称アーチに

高炉セメント  
だと値段は安

て最適と思われたV字谷の地形だったが、地質の状態から右岸の岩盤をU字型に削らざるを得ず、上部をコ

ンクリートに置き換える（スラストブロック）ことになつた。

このため堤体設計を基本からやり



堤体は最高のコンクリート打設が行われた

多くの技術的な課題を抱えながら、松原・下筌ダムは完工した。いいよ、最終テストともいうべき、新ダムに水を溜める試験湛水（昭和44年3月）に入つた。だが「万歳三唱」とはいかなかつた。

試験湛水の時、下筌、松原の二つのダムともいろいろ問題が出てきた。下筌ダムでは貯水池周辺に農地や、宅地に亀裂が生じ、変朽安山岩による地すべり（昭和44年6月）が

断された。しかし、値段は高い。「天下を騒がせたダムだから多少高くとも、安全性の高いダム建設のため」という現地の採用理由に（財務当局からは）文句は出なかつたという。最高のコンクリートを打設するため、フライアッシュは25%。最初からスラリーにして、均一化を図る。非常に丁寧な打設であつた。堤体に「クラックが出たら大変だ。大騒動になる」と完璧なクラックレス（割れ目なし）を目指した。こうして最高品質のコンクリート打設が行われた。

このため堤体設計を基本からやり直し、非対称アーチに

発生、ダム貯水湖に約50万m<sup>3</sup>の土石流が流入した。

また、両ダム共に右岸の発電用トンネルがプラグ箇所前後から漏水が始まっていた。最高、毎分3tのダムの漏水。湛水につれ、両ダムの漏水が大きいことが観測され、そのメカニズムの解明と対策が必要だつた。「プラグを追加して、グラウチングも相当やりました」。その結果、ダム完成後も漏水は残っているが、安全性には問題はないと結論付けられた。

試験湛水も、室原氏の死去がなければ、あるいは完了できなかつたかもしれない。室原氏の自宅を水没させることになるからである。昭和45年（1970）6月29日、心筋梗塞による突然の死。通夜、「建設省に殺された」と親族の女性が泣きじやくり、声を上げたという。「室原さんは憤死した」と。地元関係者たちは言つた。

## 起工式も、竣工式もないダム

昭和47年（1972）3月4日。下筌ダム試験湛水完了。「迷走した国家プロジェクト」と言われる松原・下筌ダム。関係地域は大分、熊本両県にまたがる5か町村にわたり、水没など補償戸数483軒。さらに、公共事業の進め方など社会的に注目され、これほどのダム建設技術を動員し、苦労を重ねたダムでありながら、起工式も竣工式も行われていな

い。

しかし、「工事誌はどうしても、書き残さなければならない」というのが松原・下筌ダムにかかわった技術者たちの気持ちもあり、それぞれの工事資料は大切に残されていた。火山岩地帯の、問題の多い岩質のダムサイトに高さ100mのアーチ式ダム（下筌ダム）と同80mの重力式ダム（松原ダム）の二つのダム建設は建設技術とともにその後の公共事業推進の在り方に大きな教訓を残し、同時に難点の多い地質にダムを造らざるを得ないわが国のダム技術の成果としても貴重なものがあつた。工事誌が作成されたのは、平成4年（1992）、ダム完成から20年後である。

松原・下筌ダムは、筑後川水系の洪水調節の要としての役割を果たし、下流の水質、流量確保のため、選択取水など再開発が行われ、多くの、まさに多目的の役割を果たし続けている。平成25年には、昭和28年（1953）、西日本大水害から60年を迎える。

「呪われたダムにならなくてよかった」。ある技術者の安堵感を込めたつぶやきであった。

## ニューディール政策で推進

米国の巨大ダムの建設は、グランド・クーリー・ダムに始まる。堤高168m、堤長1272m、堤体積800万m<sup>3</sup>。米北西部・ワシントン州のコロンビア川に灌漑用水の確保（40万ha）と発電などの多目的重力式コンクリートダム。1904年から調査をはじめ、同34年着工、同42年に完成している。

1971年の大規模な再開発によって発電量を約4.5倍の948万kwにした。総貯水量は118億m<sup>3</sup>。大型プラント、大型重機による規模ダム建設の先駆けとなつた。

重力アーチダムでは、フーバー・ダムが1935年に完成していく。グランド・キャニオンで有名なコロラド川（アリゾナ州とネバダ州の州境を流れる）に建設された重力式アーチダムで、堤高221m、堤頂長379m、堤体積336万m<sup>3</sup>、総貯水量367億m<sup>3</sup>。コンクリートの発熱を抑えた中庸熱セメントの開発、ブロック状に打設、ジョイントベンチヤーによる施工などを与え、さらにその建設技術は中

国・揚子江・三峡ダムの建設につながっている。

第一次大戦後、特に1920年代の米国は繁栄を謳歌し、ニューヨーク・マンハッタンの高層ビル群、長大橋が次々と建設され「米国の力」を誇示していた。

しかし、1929年秋の

## 米国の大ダムの始まり

こうした大ダムの建設によって、干ばつに悩まされていた耕地が豊かな「緑の大地」になつた半面、河口への流砂の供給が減り、海岸浸食をはじめ様々な環境問題が引き起こされている。

## 松原・下筌ダムの建設史



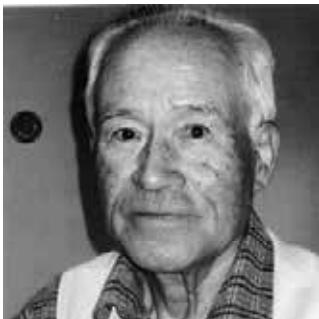
室原氏の書で構成された「下筌ダム」

- # 松原・下筌ダムの建設史
- 
- 室原氏の書で構成された「下筌ダム」
- |               |   |   |
|---------------|---|---|
| ○昭和28年（1953）  | ・6月26日 筑後川大洪水。死者<br>147人                | ・10月1日 久世畠えん堤調査出張所設置                            |
| ○昭和31年（1956）  | ・1月16日 洪水痕跡調査（下筌地区）                     | ・2月20日 下筌ダムサイト縦横断測量、稲穂、松の苗などに損傷を与える。            |
| ○昭和32年（1957）  | ・2月 筑後川治水計画決定                           | ・8月17日 初めての地元説明会<br>「面会お断り」の木札                  |
| ○昭和33年（1958）  | ・4月16日 松原ダム調査事務所開設                      | ・11月 松原・下筌ダム建設位置決議                              |
| ○昭和34年（1959）  | ・1月2日 ダム絶対反対総決起集会                       | ・1月8日 土地収用法による立ち入り通知                            |
| ○昭和36年（1961）  | ・3月10日 住民、反対デモ行進                        | ・2月3日 同法による試掘等の許可申請                             |
| ○昭和37年（1962）  | ・4月1日 松原・下筌ダム調査事務所と改称                   | ・3月10日 立木伐採開始                                   |
| ○昭和38年（1963）  | ・5月13日 立木伐採開始                           | ・4月22日～28日 立ち入り踏査、測量、物件調査                       |
| ○昭和39年（1964）  | ・10月2日、19日 久留米市長、室原知幸氏と面談               | ・同19日 反対派が妨害行動、伐採地に小屋などを造る                      |
| ○昭和40年（1965）  | ・6月14日 熊本地裁、室原氏ら7人に有罪判決（室原氏懲役8月、執行猶予2年） | ・9月2日 建設大臣に事業認定申請                               |
| ○昭和41年（1966）  | ・6月27日 熊本県収用委員会に収用裁定を申請                 | ・9月17日 東京地裁「事業認定無効請求事件」に判決・国側勝訴。                |
| ○昭和42年（1967）  | ・3月10日 東京地裁、第1回実地検定                     | ・11月20日 基本計画公示                                  |
| ○昭和43年（1968）  | ・4月27日 熊本地裁、室原氏ら7人に有罪判決（室原氏懲役8月、執行猶予2年） | ・6月30日 下筌ダム上流左岸で地すべり、約50万m <sup>3</sup> が貯水池へ崩落 |
| ○昭和44年（1969）  | ・3月20日 下筌ダム第1次湛水開始                      | ・8月31日 下筌ダム本体工事竣工                               |
| ○昭和45年（1970）  | ・3月31日 松原ダム本体工事竣工                       | ・9月27日 九州地方建設局長、室原家に和解申し入れ                      |
| ○昭和46年（1971）  | ・3月31日 室原氏、自宅を蜂の巣場内に移動                  | ・12月11日 松原ダム第1次湛水開始                             |
| ○昭和47年（1972）  | ・3月4日 下筌ダム試験湛水完了                        | ・3月31日 室原氏、自宅を蜂の巣場内に移動                          |
| ○昭和48年（1973）  | ・4月1日 下筌ダム仮設備工事に着手                      | ・4月3日 熊本県知事、建設相に「権力的な交渉でなく、丸腰の交渉を」              |
| ○昭和49年（1974）  | ・4月16日 松原ダム調査事務所開設                      | ・5月28日 事業認定無効確認請求を東京地裁に提起                       |
| ○昭和50年（1975）  | ・6月23日 代執行開始、蜂の巣城を架橋作業を開始、水中乱闘事件        | ・6月20日 蜂の巣城立ち入りのため架橋作業を開始、水中乱闘事件                |
| ○昭和51年（1976）  | ・6月29日 第2次蜂の巣城代執行、蜂の巣城建設                | ・6月28日 土地収用法による立ち入り調査。反対派座り込み                   |
| ○昭和52年（1977）  | ・7月11日 第2次蜂の巣城代執行、蜂の巣城建設                | ・7月20日 収用地境界付近に第2蜂の巣城建設                         |
| ○昭和53年（1978）  | ・7月27日 工事用道路工事起工式                       | ・8月23日 代執行開始、蜂の巣城解体、反対派をごぼう抜き                   |
| ○昭和54年（1979）  | ・8月27日 第2次蜂の巣城代執行、蜂の巣城建設                | ・9月10日 収用地境界付近に第2蜂の巣城建設                         |
| ○昭和55年（1980）  | ・9月11日 第2次蜂の巣城代執行、蜂の巣城建設                | ・9月10日 蜂の巣城内で、反対総決起大会。約千人のオルグ参加                 |
| ○昭和56年（1981）  | ・9月19日 事業認定告示                           | ・9月19日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                        |
| ○昭和57年（1982）  | ・10月9日 ダム反対デモ行進                         | ・10月9日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                        |
| ○昭和58年（1983）  | ・10月10日 ダム反対デモ行進                        | ・10月10日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和59年（1984）  | ・10月11日 ダム反対デモ行進                        | ・10月11日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和60年（1985）  | ・10月12日 ダム反対デモ行進                        | ・10月12日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和61年（1986）  | ・10月13日 ダム反対デモ行進                        | ・10月13日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和62年（1987）  | ・10月14日 ダム反対デモ行進                        | ・10月14日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和63年（1988）  | ・10月15日 ダム反対デモ行進                        | ・10月15日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和64年（1989）  | ・10月16日 ダム反対デモ行進                        | ・10月16日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和65年（1990）  | ・10月17日 ダム反対デモ行進                        | ・10月17日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和66年（1991）  | ・10月18日 ダム反対デモ行進                        | ・10月18日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和67年（1992）  | ・10月19日 ダム反対デモ行進                        | ・10月19日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和68年（1993）  | ・10月20日 ダム反対デモ行進                        | ・10月20日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和69年（1994）  | ・10月21日 ダム反対デモ行進                        | ・10月21日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和70年（1995）  | ・10月22日 ダム反対デモ行進                        | ・10月22日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和71年（1996）  | ・10月23日 ダム反対デモ行進                        | ・10月23日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和72年（1997）  | ・10月24日 ダム反対デモ行進                        | ・10月24日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和73年（1998）  | ・10月25日 ダム反対デモ行進                        | ・10月25日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和74年（1999）  | ・10月26日 ダム反対デモ行進                        | ・10月26日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和75年（2000）  | ・10月27日 ダム反対デモ行進                        | ・10月27日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和76年（2001）  | ・10月28日 ダム反対デモ行進                        | ・10月28日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和77年（2002）  | ・10月29日 ダム反対デモ行進                        | ・10月29日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和78年（2003）  | ・10月30日 ダム反対デモ行進                        | ・10月30日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和79年（2004）  | ・10月31日 ダム反対デモ行進                        | ・10月31日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和80年（2005）  | ・10月32日 ダム反対デモ行進                        | ・10月32日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和81年（2006）  | ・10月33日 ダム反対デモ行進                        | ・10月33日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和82年（2007）  | ・10月34日 ダム反対デモ行進                        | ・10月34日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和83年（2008）  | ・10月35日 ダム反対デモ行進                        | ・10月35日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和84年（2009）  | ・10月36日 ダム反対デモ行進                        | ・10月36日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和85年（2010）  | ・10月37日 ダム反対デモ行進                        | ・10月37日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和86年（2011）  | ・10月38日 ダム反対デモ行進                        | ・10月38日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和87年（2012）  | ・10月39日 ダム反対デモ行進                        | ・10月39日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和88年（2013）  | ・10月40日 ダム反対デモ行進                        | ・10月40日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和89年（2014）  | ・10月41日 ダム反対デモ行進                        | ・10月41日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和90年（2015）  | ・10月42日 ダム反対デモ行進                        | ・10月42日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和91年（2016）  | ・10月43日 ダム反対デモ行進                        | ・10月43日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和92年（2017）  | ・10月44日 ダム反対デモ行進                        | ・10月44日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和93年（2018）  | ・10月45日 ダム反対デモ行進                        | ・10月45日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和94年（2019）  | ・10月46日 ダム反対デモ行進                        | ・10月46日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和95年（2020）  | ・10月47日 ダム反対デモ行進                        | ・10月47日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和96年（2021）  | ・10月48日 ダム反対デモ行進                        | ・10月48日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和97年（2022）  | ・10月49日 ダム反対デモ行進                        | ・10月49日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和98年（2023）  | ・10月50日 ダム反対デモ行進                        | ・10月50日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和99年（2024）  | ・10月51日 ダム反対デモ行進                        | ・10月51日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和100年（2025） | ・10月52日 ダム反対デモ行進                        | ・10月52日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和101年（2026） | ・10月53日 ダム反対デモ行進                        | ・10月53日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和102年（2027） | ・10月54日 ダム反対デモ行進                        | ・10月54日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和103年（2028） | ・10月55日 ダム反対デモ行進                        | ・10月55日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和104年（2029） | ・10月56日 ダム反対デモ行進                        | ・10月56日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和105年（2030） | ・10月57日 ダム反対デモ行進                        | ・10月57日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和106年（2031） | ・10月58日 ダム反対デモ行進                        | ・10月58日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和107年（2032） | ・10月59日 ダム反対デモ行進                        | ・10月59日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和108年（2033） | ・10月60日 ダム反対デモ行進                        | ・10月60日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和109年（2034） | ・10月61日 ダム反対デモ行進                        | ・10月61日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和110年（2035） | ・10月62日 ダム反対デモ行進                        | ・10月62日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和111年（2036） | ・10月63日 ダム反対デモ行進                        | ・10月63日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和112年（2037） | ・10月64日 ダム反対デモ行進                        | ・10月64日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和113年（2038） | ・10月65日 ダム反対デモ行進                        | ・10月65日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和114年（2039） | ・10月66日 ダム反対デモ行進                        | ・10月66日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和115年（2040） | ・10月67日 ダム反対デモ行進                        | ・10月67日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和116年（2041） | ・10月68日 ダム反対デモ行進                        | ・10月68日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和117年（2042） | ・10月69日 ダム反対デモ行進                        | ・10月69日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和118年（2043） | ・10月70日 ダム反対デモ行進                        | ・10月70日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和119年（2044） | ・10月71日 ダム反対デモ行進                        | ・10月71日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和120年（2045） | ・10月72日 ダム反対デモ行進                        | ・10月72日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和121年（2046） | ・10月73日 ダム反対デモ行進                        | ・10月73日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和122年（2047） | ・10月74日 ダム反対デモ行進                        | ・10月74日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和123年（2048） | ・10月75日 ダム反対デモ行進                        | ・10月75日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和124年（2049） | ・10月76日 ダム反対デモ行進                        | ・10月76日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和125年（2050） | ・10月77日 ダム反対デモ行進                        | ・10月77日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和126年（2051） | ・10月78日 ダム反対デモ行進                        | ・10月78日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和127年（2052） | ・10月79日 ダム反対デモ行進                        | ・10月79日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和128年（2053） | ・10月80日 ダム反対デモ行進                        | ・10月80日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和129年（2054） | ・10月81日 ダム反対デモ行進                        | ・10月81日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和130年（2055） | ・10月82日 ダム反対デモ行進                        | ・10月82日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和131年（2056） | ・10月83日 ダム反対デモ行進                        | ・10月83日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和132年（2057） | ・10月84日 ダム反対デモ行進                        | ・10月84日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和133年（2058） | ・10月85日 ダム反対デモ行進                        | ・10月85日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和134年（2059） | ・10月86日 ダム反対デモ行進                        | ・10月86日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和135年（2060） | ・10月87日 ダム反対デモ行進                        | ・10月87日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和136年（2061） | ・10月88日 ダム反対デモ行進                        | ・10月88日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和137年（2062） | ・10月89日 ダム反対デモ行進                        | ・10月89日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和138年（2063） | ・10月90日 ダム反対デモ行進                        | ・10月90日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和139年（2064） | ・10月91日 ダム反対デモ行進                        | ・10月91日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和140年（2065） | ・10月92日 ダム反対デモ行進                        | ・10月92日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和141年（2066） | ・10月93日 ダム反対デモ行進                        | ・10月93日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和142年（2067） | ・10月94日 ダム反対デモ行進                        | ・10月94日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和143年（2068） | ・10月95日 ダム反対デモ行進                        | ・10月95日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和144年（2069） | ・10月96日 ダム反対デモ行進                        | ・10月96日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和145年（2070） | ・10月97日 ダム反対デモ行進                        | ・10月97日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和146年（2071） | ・10月98日 ダム反対デモ行進                        | ・10月98日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和147年（2072） | ・10月99日 ダム反対デモ行進                        | ・10月99日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                       |
| ○昭和148年（2073） | ・10月100日 ダム反対デモ行進                       | ・10月100日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和149年（2074） | ・10月101日 ダム反対デモ行進                       | ・10月101日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和150年（2075） | ・10月102日 ダム反対デモ行進                       | ・10月102日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和151年（2076） | ・10月103日 ダム反対デモ行進                       | ・10月103日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和152年（2077） | ・10月104日 ダム反対デモ行進                       | ・10月104日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和153年（2078） | ・10月105日 ダム反対デモ行進                       | ・10月105日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和154年（2079） | ・10月106日 ダム反対デモ行進                       | ・10月106日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和155年（2080） | ・10月107日 ダム反対デモ行進                       | ・10月107日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和156年（2081） | ・10月108日 ダム反対デモ行進                       | ・10月108日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和157年（2082） | ・10月109日 ダム反対デモ行進                       | ・10月109日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和158年（2083） | ・10月110日 ダム反対デモ行進                       | ・10月110日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和159年（2084） | ・10月111日 ダム反対デモ行進                       | ・10月111日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和160年（2085） | ・10月112日 ダム反対デモ行進                       | ・10月112日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和161年（2086） | ・10月113日 ダム反対デモ行進                       | ・10月113日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和162年（2087） | ・10月114日 ダム反対デモ行進                       | ・10月114日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和163年（2088） | ・10月115日 ダム反対デモ行進                       | ・10月115日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和164年（2089） | ・10月116日 ダム反対デモ行進                       | ・10月116日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和165年（2090） | ・10月117日 ダム反対デモ行進                       | ・10月117日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和166年（2091） | ・10月118日 ダム反対デモ行進                       | ・10月118日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和167年（2092） | ・10月119日 ダム反対デモ行進                       | ・10月119日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和168年（2093） | ・10月120日 ダム反対デモ行進                       | ・10月120日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和169年（2094） | ・10月121日 ダム反対デモ行進                       | ・10月121日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和170年（2095） | ・10月122日 ダム反対デモ行進                       | ・10月122日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和171年（2096） | ・10月123日 ダム反対デモ行進                       | ・10月123日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和172年（2097） | ・10月124日 ダム反対デモ行進                       | ・10月124日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和173年（2098） | ・10月125日 ダム反対デモ行進                       | ・10月125日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和174年（2099） | ・10月126日 ダム反対デモ行進                       | ・10月126日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |
| ○昭和175年（2100） | ・10月127日 ダム反対デモ行進                       | ・10月127日 建設相、会見申し入れ、室原氏拒否。                      |

## 第1節

### ④ インタビュー 「市房・下筌ダム建設に当たった小野満司氏」

#### 九州の多目的ダム



小野 満司 氏

(おのみつし)

## プロフィール

昭和7年3月生まれ、佐賀県出身、熊本大学工学部土木学科卒業、昭和32年建設省入省、市房ダム工事事務所配属、設計係長、工事係長、同37年松原・下筌ダム設計係長、調査課長から九州地方建設局河川工事課長、昭和45年竜門ダム工事事務所長、遠賀川工事事務所長、島根県、岡山県河川課長、熊本県土木部長、平成2年建設省退職。

——大学を卒業、建設省入省されて、すぐ市房ダムの工事現場に赴任されていますね。

**小野氏**ええ。卒論が「コンクリート工学」でしたから、入省して「どこがいいか」と問われ「ダム」と答えました。当時、学卒の技術者は全員、現場の事務所に出されていました。昭和32年4月に赴任した時は、市房ダムの本体工事発注の直前でし

た。大わらわで発注関連の図面書きなどをさせられ、発注後は工務課設計係に配置され係員から係長になるまで、ダムの詳細設計などに専念しました。

——市房ダムは国が作った九州で初めての多目的ダムですが、どうして市房が第1号のダムになったのですか。

**小野氏**昭和25、26年ごろから、ダムの建設へ向けての動きがあり、九州では筑後川、白川、大淀川、球磨川、川内川など主な河川の洪水調節を目的とするダム建設について、それぞれの担当者が調査を行っていました。その中で筑後川に久世畠ダムという大型ダムの建設が浮上しました。今日田市大山に建設されるもので600～700戸の村がまるまる湖底に沈む計画でした。猛反対が起り、とても着手できる状況ではないということで、しばらく時間を

おいて当面は調査続行となつたのです。そこで球磨川上流の「市房ダム」から建設ということになった。市房ダムは現在の熊本県水上村で、ダムの適地の地形を持ち、かつ、球磨盆地などで破堤による水害に悩んでいて、住民の間に「ぜひダムを建設して治水してほしい」という希望が強かつた。それで市房ダムが1号となつたのです。

——宮崎県の耳川の塚原ダムなどが戦前、建設はされていましたが、これは発電用です。市房時代のダム建設の技術は十分だったのですか。

**小野氏**ダム建設の技術者はおらず、それまでは、雨量、流量の観測が主な仕事で河川管理が中心でした。ダム築造のための、地質調査についても施工技術についても、経験のない、まだまだ素人の河川屋さんの集団でした。先進地の四国・愛媛の鹿野川ダムなどを見学、「こうして施工はするのか」などを学んで、事務所体制をスタートさせる状況でした。

に従事され、市房ダムに赴任されたのも、米国のTVAやフーバーダムなどの設計、施工についての報告書を原書で読んでおられました。堤体の安定計算も米国のダムにならって設計されていました。私も先輩からダムのコンクリートのクーリング（冷却）について原書を渡され、勉強せられました。

——ダム建設の初心者の集まりのようですね。

**小野氏**でも、例えば、のちに鶴田ダムの所長になられる平田副所長などは、戦前から朝鮮半島でダム建設を手掛け、豊かな経験をお持ちの方でしたし、のちに松原・下筌ダムと一緒に仕事をさせてもらった副島健さん、またダム技術センターに行かれた城島誠之さんなど、勉強家で優秀な技術者が多くおられました。

——市房ダムが重力式になつたいきさつについて。また基礎地盤の強化に苦労されたと聞きました。

——建設省土木研究所の役割が大きかったと聞いています。



九州で最初の多目的・市房ダム

**小野氏** あの地形を見てもらえれば分かりますが、アーチ式は出来ません。はからアーチは考えていませんでした。全般的には基礎岩盤は悪くはなかつたのですが、地盤処理は標準的な地盤工法であるコンソリデーショングラフトを行っていますが、まだ施工管理のやり方が確立していたとは言えず、試行錯誤の繰り返し段階で、注入するミルクの濃度とか、注入圧力とかはつきりした尺度はありませんでした。基盤を堅固にする、漏水は絶対起こさないようにするなどのため、グラフト施工管理、注入ルールが確立したのは松原・下筌ダムからです。やはり、フランスのマルパツセダムの崩壊事故によつて、基礎地盤の重要性が認識されたことによるものでしよう。

小野氏 市房ダムは球磨川の天然砂利を使っています。20km以上ダンプトラックで運んできました。まだ「はしり」だった（八幡製鉄の）高炉セメントを初めて使つたのも市房ダムではないでしょうか。コンクリート打設の際の発熱はクラックを生じる恐れがありますから、ゆっくり熱を出す高炉セメントを選んだのです。

——打設に当たつて、パイプクリー

**小野氏** プレクラーリング方式を採用しています。製水プラントを造り、バッチャープラントで、氷を投げ込んで骨材を冷やすのです。協議、検討してパイプクリーリングまでする必要はないという判断でした。パイープラントやケーブルクレーンなどは他のダムからの転用でした。当時はそうした機械類は施工業者へ貸与する方式でしたから、その方が経済的だつたからです。現在は施工



提体が次第に高くなつてゆく市房ダム

## 室原訴訟、緊張感と刺激もたらす

**小野氏** 当時、試験湛水と

いう言葉

があつた

者が持つていますがね。実は私が設計係から工事係長になつた昭和35年4月には、ダムのコンクリート打設はほとんど終わつていましてね、管理業務もやれと言われ、ダムが完成したら熊本県に引き渡すのですが、引継ぎまで管理を担当させられました。ですから、洪水調節のためのダム操作などが体験でき、その後も、大変、役立ちました。市房ダムのゲートは遠隔操作による自動制御で人為的な操作ミスを防ぎ、省人化しています。その原理は現在のダム操作にも引き継がれています。

——市房ダムが完成して、試験湛水の時は緊張されたでしよう。

——松原・下筌ダムについて、お伺いします。室原さんは訴訟で、建設省は多目的ダム法が定めた基本計画を作つていなくて、事業認定無効訴訟で厳しく責められています。

**小野氏** それまでのダム建設は河川総合開発事業でやつてきたのですが、多目的ダムの場合、電力会社など他の事業者が入つてきますので、きちんととした法的整備をしようといふことで多目的ダム法が制定されました。しかし当時はダムの本体発注までに作ればよいという事で来ていました。やはり基本的姿勢が問題になりましたね。

現在では数年かけて、貯水をし、また、水位を下げたり、また、貯水も一度に満水させるのではなく、慎重に徐々にやつていますが、当時は、かしから。

——市房ダム建設の後、松原・下筌ダムの建設に向かわれますね。

**小野氏** 辞令が出たとき、ちょうど

洪水がありましてね。ダムのゲート操作を初めて手掛けるという局面を経験して、それが終わつて、下筌ダムに向かいました。忘れもしません、その日が蜂の巣城での代執行、水中乱闘事件の当日でした、以来、7年間、下筌ダム建設に関わりました。市房でのダム建設から洪水調節のための操作まで大変貴重な体験で、大いに役立ちました。

**小野氏** 昭和33年、工事事務所がスタートした段階から「アーチ式ダムが適した地形」と土木研究所は判断していました。Vの字の地形からアーチでやれると見たのです。蜂の巣城が築かれた右岸は地質調査が出来ましたし、調べると確かに難しい地質ではありました。技術的論点について室原さんから論争を挑まれたわけですが、しかしダム技術者としては決して壊れないダムを造る自信はありましたし、外からの厳しい目は「おろそかなことは出来ない」という緊張感と刺激となつて「必ずや完成してみせる」と挑戦というか、技術者としての闘争心を燃やしていました。

せんでした。これはとても複雑な構造計算となり、当時の計算機では無理で、電算機なしでは不可能だったでしょう。土木研究所の飯田隆一さんの努力によってプログラムが作られ、非対称アーチのための応力解析が可能になりました。

——岩盤強化のためグラウトなど様々な技術を展開されました。

**小野氏** 両岸共に岩盤の補強のためセメントミルクを注入するグラウトを相当行っています。高压でセメントミルクを岩盤の割れ目などを塞ぐために注入するのですが、関西電力黒4ダムでのグラウト工法やせん断試験が参考になりました。当時としては最先端技術でした。グラウトは高压で

——市房、松原・下筌、竜門ダムや遠賀川河口堰など九州の河川プロジェクトの建設に携わってこられました。

## 時代に要請に応じたダム利用を

——実際、蜂の巣城側の右岸の地質は厳しかった。

**小野氏** 思いのほか右岸には崖堆が残り、軟らかい岩質で、小竹溶岩が入っていました。V字に見えた地形も、右岸はU字となりました。そのため堤体を支持するため右岸表面をスラストブロック（コンクリート塊）とし、通常、左右対称に造るアーチを「非対称アーチ」にせざるを得ま

せんでした。これはとても複雑な構造計算となり、当時の計算機では無理で、電算機なしでは不可能だったでしょう。土木研究所の飯田隆一さんの努力によってプログラムが作られ、非対称アーチのための応力解析が可能になりました。

では特殊グラウトを集中して行つています。さらに貯水することによつて堤体の基盤への水の浸透を防ぐために堤体前部に30～50mの深さのかーテングラウトを行っています。ダムづくりは膨大なコンクリート打設が目につきますが、実は目に見えない下部の岩盤強化のための工法に多くに技術と金がつぎ込まれているのです。

——市房、松原・下筌、竜門ダムや遠賀川河口堰など九州の河川プロジェクトの建設に携わってこられました。

**小野氏** ダム屋として、現場に生き、幸せな人生だと思います。市房では技術者としてチンピラでしたが、多いと思います。この時代に応じたダムの使い方に今後、柔軟に対応してほしいと思います。



市房ダム——測量・調査  
「ダム適地として選ばれた」

——堤体の基礎岩盤の補強はどのようにされましたか。

**小野氏** 基礎岩盤をいかに均一に強化するかが、堤体の安定性のために最も重要ですから、コンソリデーション、特に不安がある岩盤につい

——しかも、地山の変位を見ながらゆっくりやりますから、一つの穴での注入が24時間もかかったこともあります。

——市房、松原・下筌、竜門ダムや遠賀川河口堰など九州の河川プロジェクトの建設に携わってこられました。

多くの勉強をさせられてダム人生の出発点となりました。松原・下筌では蜂の巣城の室原知幸さんとの付き合いなどを通して貴重な経験を重ね、それが竜門ダムや遠賀川での地元との話し合いなど、事業を進めるうえで地元の皆さんとの意疎通に活かされたと思いました。ダムは流域外や県境を越えて分水することや洪水調節容量を増やしたり、都市用水環境など新しい目的の利水にも対応できます。その時代に応じたダムの使い方に今後、柔軟に対応してほしいと思います。

## 九州のダムの足どり

明治以降、大方のダムは農業灌漑用が中心で、都市部では長崎市の水道水確保のために本河内ダム（日本最古のアーブズダム、明治24年4月完成）が建設され、昭和に入つて、北九州（八幡）では工業用水のための河内ダム（昭和2年）、発電用大型ダム塚原ダム（宮崎県・耳川水系、同13年）などが建設された。

戦争中は予算不足から工事中断、戦後ようやく、ダム建設に着手する。それも治水と灌漑、工業化推進のための発電など河川総合開発のための多目的ダム建設へと大きく転換する。九州での先駆け的な意味を持つ市房、鶴田ダムの建設はこの時代に当たる。敗戦直後から、荒廃した国に、台風、集中豪雨など自然が猛威を振った。政府が治水計画の検討に入ったのは昭和28年、西日本の筑後川などの河川の大氾濫が契機だった。さらに5000人以上の犠牲者を出す伊勢湾台風が追い打ちをかけるように襲ってきた。

〔昭和33年〕  
3・31 市房ダム基本計画告示  
4・16 松原ダム実施計画調査開始

4・24 緑川ダム予備調査開始	4・1 緑川ダム着手
8・9 市房ダム定礎式	川内川、球磨川など1級河川指定
5・13 蜂の巣城強制立ち入り伊勢湾台風（9・26）	「昭和42年」
6・1 川辺川ダム実施計画調査開始	「昭和43年」
4・1 鶴田ダム着手、松原・下筌ダム着手 治水10カ年計画	「昭和35年」
6・20 蜂の巣城立ち入り調査	「昭和37年」
7・25 市房ダム完成	「昭和38年」
9・10 鶴田ダム基本計画告示、本体工事着工〔11月〕	「昭和44年」
8・28 松原ダム事業無効確認訴訟、破棄判決	「昭和45年」
11・20 松原・下筌ダム基本計画告示	3・31 下筌ダム本体完成
〔昭和39年〕	5・1 竜門ダム、耶馬渓ダム実施計画調査開始
4・1 緑川ダム調査開始	10・7 蜂の巣紛争終結（和解）
〔昭和40年〕	4・1 緑川ダム完成
6・23 蜂の巣城第1回代執行	〔昭和46年〕
〔昭和40年〕	4・1 緑川ダム完成
4・1 筑後川佐賀導水予備調査開始	〔昭和47年〕
5・11 下筌ダム本体工事着手、第2代執行	12・8 鶴田ダム訴訟提起
〔昭和41年〕	4・16 きうらぎダム、嘉瀬川ダム、筑後川大堰建設開始
3・19 松原ダム本体工事着手	〔昭和49年〕
〔昭和41年〕	2・25 耶馬渓ダム基本計画告示
1 遠賀川河口堰本体着手	4・16 きうらぎダム湖活用環境整備事業着手
〔昭和50年〕	4・22 鶴田ダム最高裁判決
〔昭和52年〕	1・26 耶馬渓ダム着工 福岡渴水
〔昭和53年〕	8・18 竜門ダム基本計画告示
〔昭和54年〕	5・15 遠賀川河口堰完成
〔昭和55年〕	8・5 きうらぎダム本体着手
〔昭和56年〕	9・28 松原下筌ダム再開発完成
〔昭和57年〕	12・1 筑後大堰本体工事再開
〔昭和58年〕	10・31 筑後大堰完成
〔昭和59年〕	12・26 きうらぎダム基本計画告示
〔昭和60年〕	1・26 耶馬渓ダム着工 福岡渴水
〔昭和61年〕	3・29 7・7 鶴田ダム訴訟（第2次—第5次）
〔昭和62年〕	3・29 7・7 鶴田ダム訴訟（第2次—第5次）

## 第2節

### ①塚原ダム(九州最初の大型ダム)

#### 発電ダムの先駆

# 日本最大の重力式コンクリートダム（建設時） 大型ダム建設の新地平拓く 完成から74年、さらに堅固に

昭和の幕開けは、電力事業にとつて「戦国時代」への突入であった。九州においては東邦電力が主導権を握っていた。東邦電力は松永安左工門、福沢桃介を中心として、九州電燈鉄道と関西電気が合併した会社で、九州・中京地方の40社を統合、5大電力の一角を占め、苛烈な市場争奪戦を演じていた。しかし日中戦争と共に、軍需に優先的に電力を振り向けるとする国家管理案が台頭。これに対して松永らは「官僚統制」による電力専売では「安い電力提供は出来ない」と抵抗した。松永は一貫して「これからは電灯ではなく電力だ」と見通し、発電能力の増強に力を入れた。特に八幡製鉄をはじめとする北九州工業地帯への電力供給は欠かせない。そのためには、大型ダムによる水力発電が必要だった。宮崎県・耳川に戦前建設された塚原ダム（重力式コンクリート）と戦後、その上流に建設された上椎葉ダム（アーチ式コンクリート）はいずれも重工業地帯への「電源確保」のためのダム建設であり、両ダム共

に建設当時、わが国最大の大型ダム。建設技術も画期的で、その後、戦後復興、高度経済成長のため全国に続々と建設される大型ダムの技術的原点となつた。

#### 米フーバーダムに学んだ塚原ダム

上椎葉ダムがある宮崎県・椎葉の里から塚原ダム（九州電力）へと、耳川沿いの道を走つた。絶壁が迫り、道幅が狭く車の離合が出来ず、バッタを幾度か。しかし、このV字渓谷こそがダム建設地として注目された理由であつた。

住友財閥は宮崎県・耳川に早くから注目していた。耳川は宮崎県北部の九州山地からほぼ東に流れ、日向灘に注ぐ、延長約100km、流域面積約900km<sup>2</sup>の河川である。地形も急峻な渓谷を持ち、水量も豊かで電源開発としてはまれに見る適地とみたのだった。未開発のまま残されていた大きな理由は道路整備が進んでいたことだ。住友の100万円の寄付による道路建設促進から開



建設中の塚原ダム（宮崎県・耳川）

発は始まつた。この「100万円道路」建設の進行と共に、下流から始め、次第に上流に発電所を建設していく構想がたてられた。耳川水系は豊かな水源として注目されてはいたが、電力消費地から遠く、未開発水系として残されていた。しかし、北九州工業地帯などへの送電を可能とする長距離送電技術が進み、耳川な

ども電源開発は極めて魅力的になつた。  
通信大臣・野田卯太郎の提案で、住友のほか、九州電鉄、九州水力などで作った新会社「九州送電」（大正14年5月設立）が五ヶ瀬、一ヶ瀬兩川、そして耳川など宮崎県山岳部の電源開発を行うことになった。耳川では下流の西郷発電所、山須原発電所に次いで、当時、日本最高の堤体高さを持つ塚原ダムの建設に挑戦して行く。

#### 挑戦的なダム事業へ

耳川のダム・発電所づくりは下流の西郷ダム（昭和4年）から始まつた。道路が出来た所から順次、中上流に向けて通り、建設が進められた。山須原ダムに続いて3番目に計画されたのが中流の塚原ダムで、堤体の高さ87m、コンクリート重力式の大型ダムを建設、最大出力6.3万kwの発電を目指すことになった。それまでの日本のダム建設技術は、堤高30m台からスタートして15年しか経つておらず、国内には前例がなかった。

塚原ダムは、当時、主流の重力式コンクリートダムだが、これまでに経験のない巨大な堤体を建設するには、様々な技術的課題があつた。わが国には70m台の高さの重力式コンクリートダムはあつたが、それを超える堤体を完成させる技術は持ちわせておらず、日本初の、挑戦的な大

規模ダムの建設となつた。堤体が高く規模が大きくなればなるほど、その技術的困難性は大きくなる。膨大なコンクリートの塊である堤体を造るため、どのようなセメントを使い、打設するのか、コンクリートの配合、打設を完全にするためのバイブレーション、大量の打設で生じる発熱の抑制と冷却（クーリング）技術など、また、大型機械化など施工面でも課題は山積していた。

手本としたのが当時建設中だった米国フレバードダム（コロラド川、昭和10年完成）。米国で最先端のダム技術を結集、駆使しているフレバードダムの技術導入のため、建設現場に技術者を派遣することになった。すでに、九州送電は昭和6年からダムサイトの地質調査に入るなど準備を進め、昭和10年には着工の運びとなつていた。

## 技術は学ぶが、資機材は国産

田中の派遣期間は半年間と短かったが、短期集中ながら、これ以上は望めない最高の「濃密な授業」、しかも同時進行する「生の現場」での技術習得であった。田中は帰国後、塚原ダム建設の陣頭指揮に当たる。「技術は米国に学び積極的に取り入れる。しかし、資材、機械はすべて国産で行く」が基本方針だった。戦後、日本最大となる佐久間ダムは、米国のコンサルタンツ会社とのジョイントベンチャード、米国式の大型機械を導入して建設した。それに先立つこと10年以上ながら、対照的に塚原ダムは日本人による、国産資機材、わが国最高のダム建設技術を結集、佐久間ダム建設の技術的基礎となつた記念碑的な水力発電ダムであった。

## 現場で生まれた新技術

塚原ダムは、フレバードダムの半分なる堤体コンクリート打設は初めて。強度のコンクリートを開発しな

ければならなかつた。直接、指導にあたつたのが吉田徳次郎（九州大教授、のちに東大教授）。吉田教授は、コンクリートの出来を調べるのに、常にハンマーを持ち歩き、その打音に耳を傾ける「現場の学者」。実験と現場が何より重要と説き、さらにコンクリートの配合、骨材の選択、打設に至るまで足を運んで指導に当たり、現場技術者に絶大な信頼があつた。

吉田教授を中心とした実験研究をもとに、セメント会社が新開発した国産の中庸熱セメント（特殊低熱セメント）を使った硬練コンクリートを採用。骨材についても様々な研究、実験が行われた。施工はそれまでの人力中心から機械化を図り、3m<sup>3</sup>のバケットを使い、コンクリート運搬用ケーブルクレーン（9t、片側走行型）で打設現場に運び、バイブルーターによる締固めを行うなど、米国に学んだ技術に研究、実験、施工の工夫を重ねた。

塚原ダム堤体の上に立つと、両岸の山腹にコンクリートの遺構が見える。この地の出身で、もう20年も塚原ダムなど耳川水系のダムの管理に当たつている九州電力宮崎支社技術部・日向土木保修所の福田満徳技師は、「あの山を越えて索道が架設され、ダムサイトに資材が運ばれたのです」と山頂を指差した。祖父もこのダム建設に従事したという。

塚原ダムは、フレバードダムの半分なる堤体コンクリート打設は初めて。強度のコンクリートを開発しな

## 何よりの賛辞

セメント、骨材となる砂、鉄筋、

時には作業員の生活物資などが「空中運搬」されたのだろう。索道で運ばれたコンクリート資材は急な崖に張り付くように建設されたプラントに集められ配合が行われた。がつしりしたコンクリート柱が立つこのプラントは、ちょうど、炭鉱のホッパーような施設で、日本のダム建設の黎明期の様子を伝える生の遺構であり、訪れる多くの専門家が感嘆の目で見上げている。

当時の日本としては「最新のコンクリート技術を結集した」。最高品質のコンクリートと画期的工法で昭和13年9月に完成させた塚原ダムは、その後の大型ダム建設の基本技術となつた。とはいっても、完成から74年、コンクリートは品質の劣化を起こしていないだろうか、同保修所の工藤康芳所長に聞いてみた。

「慎重に点検調査をしていますが、驚くことに、ほとんど劣化は見られません。専門技術者によると、コンクリートは歳月を経るほどに、強度が増すようです。100年経つても大丈夫と言われています」。そう答えた工藤所長自身、コンクリート打設に当たつた当時の技術者の水準の高さに驚いている様子だつた。

吉田教授は常にハンマーを手に、腰にはタオル、脚綁まきの姿で現場に立つた。「良いコンクリートを造るには、セメント、水、骨材のほか、

知識と正直、親切を加えなければならぬ」と現場に言い聞かせ、打設の丁寧さを強く求めた。工藤所長の言葉は、吉田教授をはじめ、工事に携わった多くのダム技術者への何よりの賛辞となつている。



天女が舞い、ダム建設者の像のレリーフ（塚原ダム）

### 威厳ある「装い」

しかし、吉田教授ら、日本で初めて

## コンクリートは 正直と親切を加えて

正直と親切を加えて

塚原ダム技術者

の信条な  
のかもし  
れない。

ムは、建設当時、日本で最も高い堤体を持つ重力式コンクリートダムとしての「装い」が十分に凝らされている。ダム堤体の上を歩き始めるとすぐ、まるで城門のようなアーチを持つコンクリート門に迎えられる。高欄回りは、城壁のように長方形の凹凸がめぐり、その間からダムの高さ、白いしぶきを上げる放水の光景を楽しむことが出来る。「私が子供のころ、このえん堤は右岸側の西郷地区の子供たちの通学路で、これで谷と川を渡つて、バスに乗り、学校に通いました」と福田技師。勿論、塚原ダムは誕生のときのそのままの姿ではない。幾たびかの台風、集中豪雨の経験から8門の全ゲート（洪水吐）が平成16年から19年まで造り直され「成長」している。

対岸に歩き着くと、そこに、美しい天女のレリーフがあつた。二人の天女が羽衣を風になびかせながら、天を舞う姿。その両脇に、つるはしとスコップを持って起立する作業者

ムは、建設当時、日本で最も高い堤体を持つ重力式コンクリートダムとしての「装い」が十分に凝らされている。ダム堤体の上を歩き始めるとすぐ、まるで城門のようなアーチを持つコンクリート門に迎えられる。高欄回りは、城壁のように長方形の凹凸がめぐり、その間からダムの高さ、白いしぶきを上げる放水の光景を楽しむことが出来る。「私が子供のころ、このえん堤は右岸側の西郷地区の子供たちの通学路で、これで谷と川を渡つて、バスに乗り、学校に通いました」と福田技師。勿論、塚原ダムは誕生のときのそのままの姿ではない。幾たびかの台風、集中豪雨の経験から8門の全ゲート（洪水吐）が平成16年から19年まで造り直され「成長」している。

てのダム用の高強度コンクリート打設に当たった研究者、技術者の業績を顕彰するものは、見当たらない。「それは作品を見てくれ」というか、「無名」のよう

二人、逞しい体、固く閉じられた目。その姿は、失われた命への深い慰靈碑で、慰靈文に「粉骨碎身以て」この工事に当たり殉職した44人の名前が銅板に刻まれ、「眞に痛恨の情に耐えざる」心情を綴っている。

塚原ダムの慰靈碑は日名子實三（1892～1945）の作品。日名子は自らの作品を、芸術の範疇に閉じ込めるに飽き足らず、建築や土木構造物と芸術の融合を志した先駆的な彫塑家。公共のモニュメントやレリーフ制作を行つた。天女が舞う塚原ダムの慰靈碑は、その作品の流れの中の代表的なものと言えよう。道路整備などの記念碑なども数多く手掛け、東京・千葉・横浜に建てられたモニュメントは都市計画工事に献身した作業者像で、塚原ダムと同様、スコップを手にしており、その労苦をたたえている。

## 彫塑家・日名子實三の 藝術世界



す）が見える。神武天皇の東征の道案内役をしたと伝えられる鳥で、日本書記古事記にも登場する。この古八咫鳥は日本サッカー会のエンブレムデザインに使われている。「ゴールドに導く神の鳥」として昭和六年、同協会が正式採用したもの。大分県・臼杵市出身の慶應大学中退、東京美術学校卒。朝倉文夫に師事したが、たもとを分かた建築・土木とデザインの独自世界を切り開いた。

取材を終わり、出入り口からダムの外に出て、振り返ると「近代化産業遺産」と「有形文化財」指定の表札が門にはめ込まれ、その向こうに建設時のコンクリートプラントが大きく見えた。それは74年前の建設工事を生き生きと蘇らせたが、現在もなお電力供給の役割を黙々と果たし続ける塚原ダムには「遺産」という言葉がそぐわないようにも思えた。（敬称略）

塚原ダムの慰靈碑は日名子實三（1892～1945）の作品。日名子は自らの作品を、芸術の範疇に閉じ込めるに飽き足らず、建築や土木構造物と芸術の融合を志した先駆的な彫塑家。公共のモニュメントやレリーフ制作を行つた。天女が舞う塚原ダムの慰靈碑は、その作品の流れの中の代表的なものと言えよう。道路整備などの記念碑なども数多く手掛け、東京・千葉・横浜に建てられたモニュメントは都市計画工事に献身した作業者像で、塚原ダムと同様、スコップを手にしており、その労苦をたたえている。

宮崎・平和台公園にある「平和の塔」（八紘之基柱）は皇紀二六〇〇年（昭和15年）を記念して建立されたもので、高さ36m。日名子の代表作。敗戦後、武人像が撤去されたが、運動によつて再建されていく。塔の四隅に立つ守再び天を舞う姿。その両脇に、つるはしとスコップを持って起立する作業者

## 第2節

### ②上椎葉ダム 巨大アーチダムへの挑戦

#### 発電ダムの先駆

# 日本最初の大型アーチ式コンクリートダム 初めて堤高100mを超える 戦中、戦後の技術を越えて再出発



巨大アーチダムへの挑戦——上椎葉ダム

耳川水系の最上流に建設された上椎葉ダム（九州電力）を訪れたのは平成24年11月中旬、紅葉の美しい秋晴れの日だった。鶴富屋敷があり平家の落ち人伝説が残る「椎葉村」の谷間から細い道を辿って登ると急に視界が開けた。満々たる水をたたえた日向椎葉湖を見渡す女神像公園。

作家・吉川英治が「新・平家物語」の取材のため訪れたとき命名した、という。紅葉狩りとテレビ大河ドラマで平家ゆかりの地を訪ねる人々で公園はにぎやかだ。人々の目が集まっている方向を見下ろすと、上椎葉ダムから放水された水が白い帯となつてスキージャンプ台のような水路を走り、空中に飛び出してゆく光景が展開されていた。たまたま、維持流量放流設備の工事のため、「季節はずれ」の放流となつてているのだ

上椎葉ダムは現在のダム技術者にとって「必見のダム」だ。何より日本で初めての「アーチ式」コンクリートダムであり、堤高が初めて100mを超える110mの巨大ダム。建設のために結集された新土木技術は戦後の日本のダム建設に大きな影響を与えた。発電される最大電力9万kW（現在は9・3万kW）は北九州工業地帯を支える基幹エネルギーとなつてい

た。作家・吉川英治が「新・平家物語」の取材のため訪れたとき命名した、という。紅葉狩りとテレビ大河ドラマで平家ゆかりの地を訪ねる人々で公園はにぎやかだ。人々の目が集まっている方向を見下ろすと、上椎葉ダムから放水された水が白い帯となつてスキージャンプ台のような水路を走り、空中に飛び出してゆく光景が展開されていた。たまたま、維持流量放流設備の工事のため、「季節はずれ」の放流となつてているのだ

**技術空白の時代から上椎葉ダムへ**

上椎葉ダムは、宮崎県・耳川最上流のV字渓谷に昭和25年着工、5年の歳月をかけた難工事の末、同30年に完成した。「もはや戦後ではない」と経済白書が宣言し、その後の高度経済成長、経済大国への基盤づくりは、こうした山岳地帯で多くの人に見られることもなく黙々と進められたのだ。

耳川水系は7つのダムを持つ「ダムの博物館」で、中でも塚原ダムと上椎葉ダムは記念碑的ダムということが出来る。最上流の上椎葉ダムは、戦後復興の原動力の役割を担つた発電用ダムで、戦後の混乱期の中、105人の犠牲者を出しながら、新工業国を目指して再出発の基礎を築いた土木・電気技術者たちの苦闘の作品だ。

塚原ダムは、竣工と同時に、電力会社を統合した「日本発送電」に引き継がれ、国家管理に入る。戦争の激化、敗戦の中では、ほとんどダム建設はなく空白の時代が続いた。塚

原ダムなどで蓄積されたダム建設技術は大きなブランクを余儀なくされていた。戦後復興のため、電力の必要性は高まり、敗戦の翌昭和21年には、耳川最上流に上椎葉ダムの建設が構想され測量に入っている。しかし、昭和初期までの技術は、戦後敗戦の混乱状況の中で空白状態、戦争で人材は失われ、技術者は不足していた。しかも、かつて経験したこのない堤高100mを超えるダムを建設しようというのである。そうした困難さの中でも上椎葉ダムは昭和25年には事業へ向けてスタートを切っている。それは明治初期の日本人が目指した「坂の上の雲」と同じ、戦後の技術者がはるかな雲に向かって急坂を上る、苦しいが希望に満ちた仕事だっただろう。



大きな貯水池・日向椎葉湖（上椎葉ダム）

一方、電気事業体制も9ブロック制に再編され、再出発していた。上椎葉ダム建設事業を引き継いだ（昭和26年）九州電力は、「上椎葉ダム」建設のための調査を米国のOCC（海外技術顧問団）に依頼（昭和27年）した。業界再編成をきっかけに、基幹エネルギーとしての水力電源開発は最盛期を迎える。その先駆けとなつた上椎葉ダムは、佐久間ダム等と並んで大規模貯水池式のダム建設・発電技術の教科書的な役割を果たすことになる。

## 重力からアーチへ転換

上椎葉ダムは、当初、塚原ダムと同じ重力式コンクリートダムで計画された。しかし、OCCが出した結論は「アーチ式コンクリートダム」。ダムサイトの両岸が硬質砂岩で、アーチ式で十分、建設可能だ、とう判断である。

しかしアーチ式ダムには、多くの懸念があった。まず、わが国では高さ100mを超えるアーチ式堤体を建設した経験がない。さらに、重力式に比べ、アーチ式は堤体の厚さが薄くなる。それだけ使用コンクリートが少なく、経済的ではあるが、米国と違つて、地震国日本で「地震に耐え得る」アーチが建設できるだろうか。

重力式ダムでは脆弱な基礎を避け建設したり、堤体の高さを抑えるなど対応出来たが、100mを超えて

る堤高のアーチダムでは、薄く高い堤体を支える岩盤・基礎処理が最重要課題となる。わが国では、基礎岩盤強化のための工法は、当時未成熟であり、ダムの安全性を確保できる基礎処理の技術も発展途上にあつた。地震だけではない。南九州は台風常襲地帯で、集中豪雨で洪水もしばしば発生する。アーチ式で、その洪水圧力に耐えられるだろうか。

## 岩盤の割れ目にセメント注入

ダムの安全性確保のため、高い巨大なアーチ式の堤体を支える岩盤の強化が必要だ。まずダム基礎の上流側から、堤体の基礎部に浸水しないようにするため、カーテングランディングを行い止水壁を造る。これはダムの湖底の岩盤にドリルで無数の孔を開け、セメントミルクを注入して、岩盤の中に「カーテン」のようにコンクリートの壁を作るのだ。



高い堤体を支える岩盤が必要

大型アーチダムでは、重力式に比べ、堤体の基礎岩盤の強化がより重要になる。基礎岩盤に、無数と言つた。

基礎処理のほか「アーチ式」の上椎葉ダムでは、水圧を受ける堤体を両岸で支える岩盤の強化も重要な。西海橋などアーチ式架橋が両岸の岩盤で橋梁を支えるように、ダム堤体にかかる貯水の圧力をアーチでがつりと支える側面（リム）となる岩盤、周辺地山にもグラウトを広く深く行って、補強している。



100mを越えるアーチ式堤体への挑戦だった

ていいほどの数の孔を開け、強い圧力をかけてセメントミルクを注入して行く。昼夜兼行の、厳しい作業だ。これで岩盤の割れ目を塞いだり、破碎部を固め、強化する「コンソリデーショングラウチング」を行う。

しかし、実際にセメントミルクの注入を行つてみると、セメントが十分に深く届かなければ、漏れ出するなど工法上の、幾つもの壁にぶつかっている。深くセメントを押し込むには高い注入圧力が必要となるが、あまり高压だと岩盤に「割れ」が生じてしまう。かける圧力の調整が難しかつた。

それまでわが国で行われたグラウト工法は、長崎県・松島炭鉱で海底石炭掘削のための立坑掘削に当たつて、立坑内に水漏れが生じないよう圧搾空気でセメントミルクを周辺に注入、止水したのが最初で、これをダムの基礎処理技術に発展させた。

米国直輸入に工夫を重ねた基礎処理技術を入念に行つた基礎安定の重要性は、4年後に発生したフランスのダム事故で証明される。フランスのアーチ式ダム・マルバッセダムが完成後、初めてダムに貯水する試験湛水中、基礎から崩壊、下流住民約500人をも押し流す犠牲を出した。報告書によれば「貯水位が満水位になつた時に左岸側の基礎から崩壊」は、世界のダム技術者に大きなショックを与えた。ダム設計の重点は、それまでの堤体から、基礎重視に転換して行くことになる。

上椎葉ダムを管理している九州電力・日向土木保修所の工藤康芳所長は、「アーチ式」の上椎葉ダムを管理していく。この「基礎からの崩壊」は、世界のダム技術者に大きなショックを与えた。ダム設計の重点は、それまでの堤体から、基礎重視に転換して行くことになる。

## 安全の証明と将来を見つめて

は「堤体の頂部となる通路幅は、通常の2倍近くあります」。その幅7m、中央分離線が引かれ、車が離合できる。将来への備えの意味合いもあつた。「電力需要が大きくなり発電量を増やす事になった時、さらにかさ上げして堤高を高め、貯水量を増やす狙いがあつたとも聞いています」と工藤所長。

ダム堤体のコンクリート打設に当たつては、その膨大な量だけでなく、品質、運搬、打設方法、冷却、継ぎ目処理など多くの課題がある。ダムサイトのプラントで硬練コンクリートを造り、ケーブルクレーンで現場に運び打設。発熱を抑えるため、日本初の本格的なパイプクリーリングが行われた。打設するコンクリートの底部に人工冷却した水をパイプに流して発熱を抑える工法で、発熱によるコンクリートのひび割れを防ぎ、その後のダム建設では不可欠の工法となつた。コンクリートは季節変化に伴う気温変化、上昇、降下に反応して、膨張と収縮を繰り返す。このコンクリートの巨大建造物は動いていいのだ。ダムえん堤から同保修所の福田満徳技師が指差した右岸中腹を見ると、小さな観測小屋がある。そこからレーザー光線を当て、堤体の動きを常時観測している、「気温が上がる夏は約1cm膨れ、下がる冬は逆に1cm縮む」という。

多くの不安を抱えながらも機械化を進めた工事は急ピッチで進んだ。上椎葉ダムの安全性を試すかのよう

に、昭和29年（1954年）台風12号が南九州を襲つた。耳川上流で総雨量700mmを超えて押し寄せた洪水によって、建設プラントが破壊され、資材が流失する大被害を出した。しかし、「置き土産」は損害ばかりではなかつた。これだけの洪水に対するダメージは、堤体は安全性を保ち、無傷であった。アーチ式上椎葉ダムの耐用性の高さが証明されたのである。その後も平成17年の台風14号の来襲など多くの試練を乗り越えてきている。

**スキーのジャンプ台のよう**  
上椎葉ダムは、人を驚かす構造を持つている。最初の計画では、洪水時に人工冷却した水をパイプに流して吐き出しそうとした。重力式ダムでは堤体が大きく、ダムの頂部に洪水吐が敷設できるが、アーチダムの洪水吐を頂部に造る事には慎重論が多く「こんなに高いダムでは例がない」と監督官庁の許可が下りなかつた。吐き出された水が高所から落下する水勢で、ダム下流の河床が削られる「洗掘」の恐れがあり、また振動も加わってダムの安全性に問題が生じることを懸念したのだ。

上椎葉ダムまで、重力式が主流であふれた水を流すトンネル案が検討され、様々な実験も行われた。高い

位置から落下する放流水による河床岩盤の洗掘を防ぐため、なるべく堤体から離れた地点まで飛ぶ工夫が重ねられた。

その結果、高さ40mの位置から水が流れ出すように堤体両側に「ジャンプ台」を作り、そこから、高い放流角度で空中に飛び出した水が中央部で衝突して、水の勢いが相殺され落下する「スキージャンプ」方式が選ばれた。「ものすごい勢いで衝突し、落下する水は300t/s（400t/s）に達します」（工藤所長）。年2~3回だが、轟音と共に大爆布を作つて落下する「水のショー」は一見に値する。

上椎葉ダムは、日本発送電によつて、昭和25年着工、事業を引き継いだ九州電力が昭和30年に完成（総工費140億円）させ、わが国の大アーチ式ダムのスタートとなつた。

女神像公園には3人の女性の立像が立つていて、彫刻家・富永朝堂の作品で、仏教、キリスト教そして水神の三女神で、建設に当たり105人の殉職者を出した痛恨の思いとその靈を慰める気持ちが込められている。日本のダムはこの上椎葉ダムを起点に、大型アーチダム建設への道を登り詰め、映画「黒部の太陽」にもなつた黒部ダム（関西電力、黒部川水系、昭和38年完成）へとつながつてゆく。

## 耳川水系の「河川一貫開発」

水力発電には弱点がある。梅雨期や台風時には水量は増すが、冬場には渇水期を迎える。この季節的ムラは年間を通じての安定的な発電を困難にする。そのため、火力発電所に補完的な役割を担わせ、電力の安定供給を確保する。と同時に、河川を総合的に利用する「河川一貫開発」が行われることになつた。最下流からダム貯水池を順次造つて行き、その中間には揚水発電を行なうなど、流れ下る豊富な水を幾度も活用する開発によって、一つの河川での大量発電と流量の季節変動による発電能力への影響を少なくする河川一貫開発の先駆け的存在が宮崎県・耳川水系だ。



両側から吐き出された水は、空中でぶつかる勢いを減ずる

ム・水力発電の博物館」。昭和4年（1929年）西郷ダム（堤高20m、最大出力2.7万kw）建設をスタートに、山須原ダム（同29m、4.1kw）、そして当時最高の堤体を持ち、機械化建設の先駆けとなつた重方式の塚原ダム（同87m、6.3kw）は、文化庁指定の有形文化財。

続く岩屋戸ダム（58m、5.1万kw）、コンクリート使用量を抑えた中空重力式ダム・諸塚ダム（59m、6.3万kw）、さらに耳川最下流に九州で初めてのダム式発電所大内原ダム（26m、1.6kw）、最上流に日本で初めての本格的アーチダム・上椎葉ダム（110m、9.3kw）など、ダムの技術発展と様々な規模、形式を見ることが出来る。発電電力量は7つのダムで九州電力の水力発電の20%を占めている。

## 河川一貫開発から総合管理へ

「河川一貫開発」の典型例が、上椎葉ダムに続いて昭和28年、天竜川水系で着工された佐久間ダム。米国方式のブルドーザーなど大型重機類を駆使して、わずか3年で完成させ、さらに下流に秋葉ダムを使つた発電所などが建設された。その後天竜川の支流でも多目的ダムと中小の水力発電所が造られていった。そのほか只見川や黒部川でも河川一貫開発が進められた。特に、黒部川ダム（関西電力）が建設されると発電所が

次々と建設された。こうして、水力発電は主力バッターとなつて行く。

しかし、一つの河川に集中したダム群と水力発電などによって、河川自身が流量、水温、流砂などから生態系に至るまで大きな変化を受けざるを得ない。そのためダム機能の保持、環境保全、防災などの河川と流域全体を視野に入れた「総合管理」が必要になつてくる。耳川水系ではその一環として平成20年、宮崎県や九州電力、宮崎大学などによつて、耳川水系総合土砂管理に関する技術検討会が設置されている。

## 新たなダム時代への継承

昭和30年ごろからは、水力発電から、主役は「火力発電」に選手交替となり、水力は電力需要のピーコクを受け持つ「火主水従」開発方式に移行していく。役割が逆転したのである。原子力発電所の登場もあつて、水力発電専用のダム建設は姿を消していった。

しかし、ダム建設は発電のほか、洪水調節と渴水対策という治水・利水の新たな役割を担つて続く。昭和28年の筑後川大水害、同53年の福岡大渴水に象徴される「安全と安心」のためのダムで、この流れの中で、建設省（当時）は洪水調節と灌漑、上水道、など多目的ダムの松原ダム、下筌ダムの建設に取り掛かる。それは、新しい「公共ダム」時代の幕開けであった。その中で塚原ダム・上

九州の電力事業は、松永安左工

門に負うところが多い。長崎県・

壱岐島生まれの松永は、生涯を電

力事業発展に捧げた。その動機は、

恩師・福沢諭吉の教えによる。福

沢は「日本は天然資源が少ないと

言つて、考えてみれば、

山高く水多く、水力発電

を起こすには世界無類の

国だ。なぜ、手を付けぬ

か」（時事新報「実践論」）。

松永は佐賀の電力会社と

のかかわりをスタートに

九州電燈鉄道、関西電気

との合併による東邦電力

の設立によつて、中部地

方から九州に至る巨大電

力会社を作り上げた。

常に積極経営を貫き、

電力需要の拡大をにらん

とき、福岡市名島に1万

kwの能力を持つタービン

発電機2基を注文。また、

厳しい経営環境の中

で、「事業といふものは儲けなければならぬが、

儲けることが主目的ではない」と民間企業として

も、電力事業の公共性を強調し続

けた。また、水力と火力発電のバ

ランスを取る電源開発を進め、電

力を安価で供給する顧客中心の基

本方針を変えず「科学的経営」と

## 電力の鬼・松永安左工門 (1875-1971)



松永氏らが推進した  
塚原ダムなどの発電ダム

戦争の拡大と共に、強まる国家統制に抵抗、あくまでも民間による電力事業を主張。容れられないと見るや、「野に下る」反骨精神の持ち主であつた。戦後、「呼び戻されて」民間企業による電力事業再編に奔走し、「電力の鬼」と呼ばれた。

「耳庵」と称し、茶人、また、歴史家アーノルド・トエンビーの著作の翻訳紹介に尽力、トエンビーとの親交も続いた。昭和46年6月、96歳で死去。壱岐に松永記念館、福岡市美術館に収集した茶道具、美術品が収められている。

椎葉ダム建設で育まれたダム技術は  
引き継がれ、発展していった。

(敬称略)

吉田徳次郎氏（1888）

有名な話が残つてい  
る。モルタルの中に、イ  
ワシと銀杏の葉を埋め込  
み、10年後の東大退官時  
に割つて取り出した。イ  
ワシはマイラ化していた  
が、銀杏の葉は取り出す  
瞬間まで緑の色を失つて  
いなかつた、という。

「実験を軽んじては進歩はない」  
が口癖で、徹底した実験を重ねる

## コンクリートの父・吉田徳次郎氏 「実験を軽んじては、進歩はない」



吉田徳次郎氏

によって、研究を進める「現義の学者」。塚原ダムのほか、戦後は佐久間ダムの現地指導に当たった。打設されたコンクリートを叩くハンマーを常に持ち歩き、その打音に耳を澄ませ品質を確認する姿が、多くの現場技術者に「技術者の心構え」を教えた。

右岸に目をやると、えん堤を越えた水が勢いよく流れ落ち、「武者返し」の壁堰にはね返され、小さな滝の曲線を作つて勢いよく水面をたたいていく。左岸の水の流れの優美さと右岸の力強さ。その景観には誰もが目を奪われる。どうして、このような水の芸術を演じる「デザイン」が誰によつて、造形されたのだろうか。えん堤の設計・監督者は、大分県技术師・小野安夫（一九〇三・一九九三）。竣工は昭和十三年九月三十日。四年の歳月をかけて造られた。総延長十五kmの幹線水路を通り

長い堤防の上に、堤高13.9mの重力式割石コーンクリートダム。堤長さ87.3mで、水のカーテンがまるで風に小さく揺れるようにならざるに落ちて行く。白い水が緩やかな曲線を描いて流れ落ち、魚の鱗のような小さな模様が幾つも重なりあってながらまるで水のカーテンがそのままに落ちて行く。

## 日本一美しいダム 白水ダム（大分県竹田市）



岩床の強度などが厳密に行きついた結論が、水圧を減殺するこの構造と地形に出来るだけ手を加えず、むしろそれを生み出了りたり、新し构造物になりました。しかし、構造物はそれを作ることにより、景观を創りだす文化と艺术の重要な指定期定。小野は「われわれは画家志望の國年11月5日」

て緒方町などの田畠を潤す。  
このあたりは、阿蘇の噴火によつて造られた溶結凝灰岩帶で、石灯籠などが作られるよう軟らかい岩質が特徴だ。ところが、ダムえん堤から流れ落ちる水の強い圧力を受け止めるには硬さが足りない、

## 第2節

③インタビュー  
原鉄五元九電土木部長

## 上椎葉ダム



原鉄五氏

(はらきんご)

プロフィール

昭和3年9月2日生まれ。昭和27年京都大学工学部土木工学科卒業、九州電力に入社。1年後、上椎葉建設に赴任。同ダムのコンクリート冷却や計測業務に従事。昭和36年には上椎葉ダムの経験を活かし、一つ瀬ダム(アーチダム)建設に当たった。昭和46年太平建設所工事区長としてロックフィルダムや地下発電所の建設、昭和50年からは天山調査所所長として天山発電所建設に向けた調査、地元対応、工事を指揮。昭和58年土木部長を最後に退職。

——上椎葉ダム建設に関わられた経過をお聞かせください。

**原氏** 昭和27年4月に九電土木部工事課に入社。大学卒は7人でしたのが、幸運の門出であり、上椎葉アーチダムの計算要員になることが出来ました。6月最終条件が整い、海外技術顧問団(OVERSEAS Consultants Inc.)の指導のもとに新入社員4名と電力中央研究所(電中研)の女性

原氏 日本のダムは重力式が多く、容量が大きく工期も長くかかり、そこでアーチダムということになります。当時、アーチダムは欧米でその発展を見、その形は合理的でしかも経済的と称せられていましたが、わが国ではこれまで地震、地質、地形などの関係上、その実現を見るにいたつていませんでした。これを採用するにあつては、O・C・Iにも調査を依頼し、日本の権威の意見を求めるかたわら、社員をして欧米各国

——発電用ダムとして、九州の大型ダムでの先駆的な取り組みをされたわけですが、アーチダムを選定された理由は何だったのでしょうか。

3名の応援を得て、9月に計算を完成しました。これが最初の上椎葉の仕事でした。

昭和28年4月には上椎葉ダム工区に転勤し冷却と測定等、工事の管理的仕事でした。

——発電用ダムとして、九州の大型ダムでの先駆的な取り組みをされたわけですが、アーチダムを選定された理由は何だったのでしょうか。

——米国のダム技術を取り入れていますが、設計で苦心した点は。とくにアーチ式堤体について

——耳川水系が注目された理由は。

のダムを視察、研究せしめるなどして、あらゆる面から真剣に討議した後、本計画の経済的開発とダム技術の向上を目指して本形式を選定したようです。当時としては経済的に社運を賭けるような仕事であり、ダム技術の向上を目指して本型式を選定したようです。

原氏 上椎葉ダム建設の技術者が多くはなく、どのようにダム技術者を育成されましたか。

——当時はダム建設の技術者が多くはなく、どのようだむ技術者を育成されましたか。

原氏 計算は、試し荷重法でやり、アーチ平面要素と片持梁鉛直要素との荷重による変形成分を一致させることで、両者の分割荷重を求め、応力を算定しました。O・C・Iの1人から言われたことです、「アーチダムを100ケース書いたら、いい設計になるよ」。計算が終わってから数えたことはなかつたですが100ケースはかから無かつたと思います。それからはダムコンクリートの冷却の設計、継ぎ目グラウトの設計にかかりましたが、米国の文献しかないので辞書と計算機をはなせませんでした。

原氏 計算是、試し荷重法でやり、アーチ平面要素と片持梁鉛直要素との荷重による変形成分を一致させることで、両者の分割荷重を求め、応力を算定しました。O・C・Iの1人から言われたことです、「アーチダムを100ケース書いたら、いい設計になるよ」。計算が終わってから数えたことはなかつたですが100ケースはかから無かつたと思います。それからはダムコンクリートの冷却の設計、継ぎ目グラウトの設計にかかりましたが、米国の文献しかないので辞書と計算機をはなせませんでした。

——道路整備はまだ十分でなく、資機材の調達、運搬で苦心されたと聞いています。ご苦労があつたのではありますか。

**原氏** 私が昭和28年に(上椎葉ダム建設現場に)転勤の時にはバスは上椎葉まで通っていましたが、道路は何箇所か補修していました。現場が耳川河口から約90km上流の山間僻地であり、降雨期・台風期には地山崩壊が頻発し、交通・資材運搬は困難を極めました。このため、主要資材の輸送には、索道と道路を併用しました。索道輸送は、塚原・岩屋戸発電所工事に使用した索道を補修すると共に、上椎葉地点まで約7・3kmを延長して57・5kmとし、大量のセメント・砂を延岡市から運搬しました。

——耳川水系が注目された理由は。

のダムを視察、研究せしめるなどして、あらゆる面から真剣に討議した後、本計画の経済的開発とダム技術の向上を目指して本形式を選定したようです。当時としては経済的に社運を賭けるような仕事であり、ダム技術の向上を目指して本型式を選定したかったです。

——耳川水系が注目された理由は。

のダムを視察、研究せしめるなどして、あらゆる面から真剣に討議した後、本計画の経済的開発とダム技術の向上を目指して本形式を選定したようですが、同じような現場の経験者を配置するなど後任人事をしつかりすることが大事だと思いました。

——九州山地の深奥地での建設作業、厳しい気候など現場で苦労された事柄について。

原氏 当時、上椎葉では年平均気温は15・6°Cで。冬は最低5・10°C程度まで下がることがありました。この程度だと厳しい気候と言えませんが、コンクリートの冷却水が足場（キヤットウオーラーク..堤体前面の点検用歩廊）へ漏れると、それがそこで氷り付き歩行を危険にするため、誰でも冷却水のバルブを止めました。ケーリングを担当している者としては迷惑していました（担当としては冷却水を掛けたいが、歩く人は水を止めたがるという意味）。



欧米に学びながらダム建設は進んだ  
対する施工の経験がないので、更に計画全般  
いので、更に計画全般にわたって精密なる調  
査をO.C.I.に依頼しました。ダムの設計は受  
ける地山と一緒に考える方が良い場合がありま  
す。上椎葉は結局余水吐を含め110m

上椎葉はアーチ式で100mを超える堤体を造るための技術の習得について。

坐としては冷た水を掛けた  
いが、歩く人は水を止めた  
がるという意味)。

アーチ式で工期短縮、工事費削減

原氏 スキージヤ

かつ巨大な容積のコンクリート材料を必要とし、工費が採算圏を越える感がありました。そこでアーチダムとすると工期も短縮でき、堤体のコンクリート量が重力ダムより半減するので、工事費の節減も相当可能と考えました。また、かよ

す。ちなみに、上椎葉は133mの重力ダムで計画されていました。重力ダムは従来日本では地震に対しても安心しうる構造と一般に考えられていましたし、建築の経験も多かつたので、最初にこの型式を採用していました。しかし水路と発電所は2年で出来るのに対し、重力ダムは短くても5年かかることが欠点とされ、

**原氏** 吉田先生はお名前は知つていましたが、九電に入つて会つたことはありません。ダムコンクリートのことです。先生のお知恵を借りたことはあつたと思います。

上椎葉ダムは、スキージャンプ台方式の洪水吐を採用されました。この方式について。

費削減

原氏 スキージャンプ台方式の洪水吐について、最初、中央溢流型で設計していましたが、監督官庁が高いダムへの適用は外国でも例がないと、許可が得られず困っていました。そこで現在のスキージャンプ案を雷中研で実験し監督官庁も了解しました。

ものでした。私は用事で出席できませんでしたが、アーチダムの仕事をさせてもらつたのは感謝しきれないと思つてます。幸せな門出でした。

——両ダム（塚原、上椎葉）で培われた技術はどのように発展、継承されているのでしょうか。

1万回転のものを使つたと聞いています。

——完成までに上椎葉で105人の方がなくなつたが、当時のダム建設の工事の難しさについて。

**原氏** 発電所を建設する場合、亡くなる方は、1,000kwに1人亡くなると言わっていました。105人と言うのは、大雨が続いた時に地滑りが起きて大勢の死を招いたことも

原氏 アーチダムでは高さの問題は

になりました。

——完成したときの喜び（竣工式の様子など）について。

## 第2節

⑤インタビュー  
杉尾 哲・宮崎大学名誉教授

## 耳川水系の土砂管理



杉尾 哲 氏

(すぎおさとる)

## プロフィール

宮崎大学名誉教授。  
1943年10月生まれ。  
1966年九州大学助手、同74年九州産業大学助教授、89年から宮崎大学工学部教授。耳川水系をはじめ宮崎県下の大淀川、小丸川など各河川の堆積土砂の処理など水環境保全に関連する各種委員会の委員長を務め、積極的な提言を行い、また環境大学、オープencollectionなどの幅広い活動を続けている。宮崎県文化賞受賞(1995年)。

——宮崎県の耳川水系で、土砂管理の先駆的な取り組みが行われていますが、そのきっかけとなつたのは何でしょう。

**杉尾氏** 発電用のダムが7つもある耳川水系の「総合土砂管理」が行われたきっかけは、平成17年9月の台風14号で耳川の氾濫によって川沿いの諸塙地域の商店街が、浸水し大きな被害を出しました。ま

——土砂管理のためダムの改造が積極的に行われていますね。

**杉尾氏** 平成21年7月に「総合的な土砂管理の取り組みの推進」を盛り込んだ国土形成計画が閣議決定されました。国及び宮崎県は、同19年には大淀川、小丸川、耳川、一ツ瀬川について「宮崎県中部流砂系検討委員会」を立ち上げてましたし、耳川水系ではその一年前に耳川水系上流部の河川整備及び管理に関する技

た、流域内の多くの個所で山腹が崩壊したため、多量の土砂が耳川に流出することでダム貯水池内に堆積して治水安全度が低下することが予測されたことがあります。このため同ダムを改造、排砂によって河床を安定させることが決まり(平成18年)、さらに下流の西郷ダムの改造、大内原ダムの運用変更を行うことになり、あわせて河川再生を図ることになりました。

壞したため、多量の土砂が耳川に流出することでダム貯水池内に堆積して治水安全度が低下することが予測されたことがあります。このため同ダムを改造、排砂によって河床を安定させることが決まり(平成18年)、さらに下流の西郷ダムの改造、大内原ダムの運用変更を行うことになり、あわせて河川再生を図ることになりました。

土砂を管理しようとする場合、発生源である山地での土砂の流出管理に始まり、河川に流れ込んだ土砂はダムによって流下を遮られ、流れが「不連続」になります。それをどう改善するか。「ダム改造」、また河原や河床など河川管理、川に暮らす生物の生態保全、そして最後は河口・海岸の土砂など上流から河口・海岸まで連続性を持つた管理が求められます。

——河川の開発(利水)では「河川一貫」とよく言いますが、治水、環境面からの「一貫した管理が必要なのですね。

**杉尾氏** 特に生態系は複雑なネットワークで形成されていて、何が原因で、生態に影響を与えていたのか、なかなか本当のところが分かりにくないので、生態に影響を与えていたのか、全国で五か所のプロジェクトが進められています。その一か所の五ヶ瀬川の調査で、土砂が生態系と密接な関係にあることが分かつてきました。耳川のように水系に7つものダムが造られていると、ダムによつて

土砂の動きが止まり、生態系に影響を与えている。とすれば、土砂の動きをコントロールできるかどうかがカギになります。九州電力も積極的に取り組んでいますし、宮崎県も頑張っています。耳川を「よい川にする」ことを目標に土砂の総合管理に取り組んでいるわけで、河川再生の絶好のチャンスととらえています。平成17年の14号台風では、塚原ダム下流で山腹崩壊が起り耳川がせき止められて「天然ダム」が出来ました。最近では紀伊半島での天然ダムがクローズアップされましたが、幸い耳川では大きな被害は出ませんでした。しかし、膨大な土砂が川に流れ込んだわけですし、日常的に山から川へ土砂流れ込み、流れ下つてこの土砂の流れ下りを阻害し



ダム堤体の近くまで流出した土砂（右手前）

ていることを改善して行くことが必要です。

——ダムが土砂の流れをせき止め、ダム自身も堆砂によって貯水量の減少などその機能に影響を受けています。

杉尾氏 ダムの堆砂を減らすには、豪雨などの出水時に、土砂を流す事が考えられますが、黒部川で行い、富山湾が真っ黒に濁った苦い経験があります。耳川ではゲートを改造して土砂を出す。つまり、ダムと言う人間の仕業で土砂を止めたのですから、人為的に出す工夫が必要なのです。その方法としてダムに土砂バイパスを付けるなどの対策もあります。現在、小丸川で試験的にダムの堆砂を、下流に「置き砂」にして、自然な形で、筑後川水系の大山川では、流量と鮎の関係が話題になりましたが、單に、水の流れだけでなく、土砂も動



堆積した土砂の処理が大きな問題だ

——一つ瀬川では長期間続いた濁水が問題になりました。平成16年から3年連続

で、ささらに磯河原、磯河床の維持回復など多様な生物の生息空間の保全も必要です。ダムの水辺が単調になってしまっていることも問題でしょう。

杉尾氏 荒れ放題になつている山もあります。裸地になつたままの荒れた山からは、土砂崩壊などによつて大量の土砂が川に流れ込みます。また、地球温暖化によつて局地的な豪雨も多くなっています。林業が厳しい状況になつて久しいのですが、人や財産に被害が出ないと

——「災害」になりませんから、自然現象として放置されますが。しかし、そのことによつて、川の環境は、その生態系も含めて大きな影響を受けているのです。

——行政の縦割りで「総合管理」はなかなか進まない。土砂崩壊の現場を見ると、道路保全は国や地方団

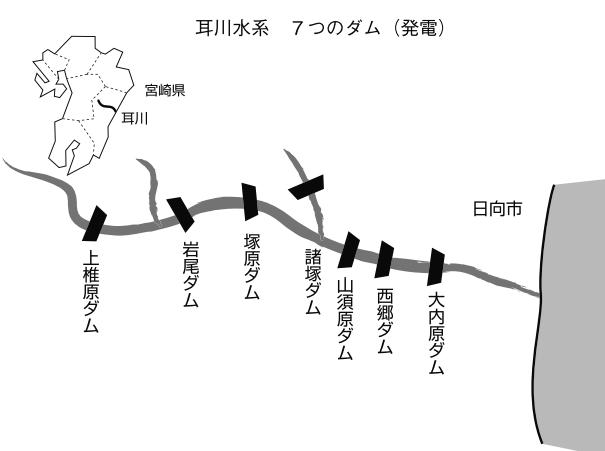
## 縦割りを排し、総合対策を

——単に砂の供給源対策だけでなく総合土砂管理が必要なわけですね。

杉尾氏 実際、宮崎県南の佐土原から宮崎市へかけて海岸の浜砂は少なくなり、痩せてきています。国土保全の意味からもこの現実を直視することが必要になつてきたのです。

その背景には、河川からの砂の供給が減つたこと、さらに北上する暖流が日向灘沖で一部が反転して宮崎の海岸に沿つて南下し、砂を削つているという事が分かつてきました。

体の道路部門が、その上の砂防ダムなどは県の砂防部門が担当、発生源の山地は農水の林野部門と別れている。そこで「耳川水系総合土砂管理に関する技術検討委員会」を設置します。土砂の管理計画を作成、それに基づいて山地—ダム—河道—河口・海岸でそれぞれ対策を実施して、生態系についてモニタリングを行い、その効果の評価と問題点を摘出します。検討会は特に関係機関の役割分担を明確にし、計画や実施の評価を行い「連携」を重視した検討を行つています。



## 第3節 座談会 ダムの現在と未来

座談会出席者

司会 塚原健一・九州大学大学院教授

小野満司・元建設省遠賀川河口堰建設工事所長

帆足健八・元建設省九州地方建設局長

今村瑞穂・筑後川水源地域対策基金理事

久保朝雄・国交省川内川河川事務所長

新屋敷隆・水資源機構（独立行政法人）大山ダム建設所所長

（肩書きは平成24年9月20日開催当時）



上椎葉ダムの公園に立つ女神像

### はじめに

戦後、九州のダム建設は市房ダム（熊本県・球磨川）、鶴田ダム（鹿児島県・川内川）から始まった。敗戦で荒廃した九州を台風や集中豪雨が襲い、多くの犠牲者を出し、家屋、田畠などに大きな被害を与えた。また、食糧増産、産業復興のため、灌漑用水、工業用水、発電などの要請が強く河川総合開発事業としてダム建設が急ピッチで進んだ。

しかし、ダムは水源地域住民の反対運動にさらされた。その象徴が「蜂の巣攻防戦」が行われた松原下筌ダム建設で、全国的な注目を浴びた。厳しく問われたのが「公共事業と基本的人権」であり、ダム建設のみならず一般公共事業への大きな警鐘と教訓を残した。

高度経済成長下で、生活用水と工業用水の需要は高まり、水資源開発は最重要施策になつたが、ダム建設による水質、流量、流域外分水などの課題が大きく、河口堰建設など漁民、住民の強い抵抗を受けることになった。

戦後のダム建設技術は、米国のTVAやフーバーダムからの技術導入に始まって、九州の地質の特徴である火山岩類など難問を持つ基礎岩盤へ

の技術対応など格闘が続いた。その一方で、「環境」問題がクローズアップされ、ダム建設にはより高度の技術が必要となつて。また、ダムの老朽化や異常気象による想定外の局地的集中豪雨や大型地震への対処など新しい課題が生まれ既成ダムの再開発、より経済的なダム建設等、これからダム建設は問題を多く抱えている。

九州のダム建設の足どりを振り返りながら、様々な技術課題への取り組み、再開発や新ダム建設等「ダムの現在と未来」について話し合つていただいた。



**塚原教授**（司会）まず、ご出席いただいた皆様の自己紹介とこれまでかかわってこられたダム事業についてお話し下さい。私自身は、国交省・九州整備局時代、川辺川ダム（熊本県・川辺川）の工事事務所長として漁協との交渉の最終局面に担当させていただきました。

本県・川辺川）の工事事務所長として漁協との交渉の最終局面に担当させていただきました。私は、国交省・九州整備局時代、川辺川ダム（熊本県・川辺川）の工事事務所長として漁協との交渉の最終局面に担当させていただきました。

遠賀川河口堰建設時の工事事務所長を務めるなどダムの現場で過ごしてきました。

**今村氏** 私は四国の早明浦ダム、大渡ダムなどの建設に携わり、九州では竜門ダム建設の工事事務所長を務めました。その後、話題の八ツ場ダムに四年間。本省、筑後川事務所、水資源公団とダム建設推進のため、地権者の同意取り付けに当たつてきました。退官するまではほとんどの期間をダムに関連した仕事で過ごしました。

**久保氏** 四国地建から環境庁を経由して平成3年、九州へ。川辺川ダムの代替地設計など村役場や、村民と共に、五木村の再生のための村づくりに携わりました。現在は、鹿児島県・川内川の鶴田ダム再開発に取り組んでいます。

**新屋敷氏** 水資源開発公団で、四国内の富郷ダムの建設などに関わり、今回、筑後川水系赤石川の大山ダム（日田市）に取り組み、6年目です。現在、試験湛水中で、平成23年5月から貯水をはじめ、平成24年3月には

洪水時最高水位まで達し、貯水位を下げ始めていたのですが、平成24年7月の九州北部での豪雨で水位が上がり、試験湛水期間が延びています。

堤体、基礎地盤、地山の安定性の確認用水が加わった。総貯水容量5460万m<sup>3</sup>、堤高83m、堤体積29.4万m<sup>3</sup>。

下筌ダムは松原ダムの上流の津江川に建設された洪水調節、発電を行う多目的ダム。アーチ式コンクリートダムで、堤高9.8m、堤体積28.2万m<sup>3</sup>。両ダム共に昭和48年完成した。



小野 満司 氏

（おのまんじ）

プロフィール

昭和7年3月生まれ、唐津市出身。熊本大学工学部土木工学卒業後、建設省入省、市房ダム、松原・下筌ダム、竜門ダム調査、遠賀川河口堰建設工事などに携わる。島根県、岡山県河川課長、水資源公団関西支社副支社長、熊本県土木部長を務めた。

**小野氏** 市房ダムの工事に3年間、松原・下筌ダムで7年間、設計、調査に当たりました。また竜門ダムで工事事務所長として5年間、そして

大山ダム（日田市）に取り組み、6年目です。現在、試験湛水中で、平成23年5月から貯水をはじめ、平成24年3月には

認など、試験湛水を、無事、終わらせたいと思っています。

**帆足氏** 環境庁で水質問題を担当、

ダムの濁水対策、選択取水の必要性を建設省に要請した。ダム工事では、厳木ダム（佐賀県）の建設を担当、また、同ダムでは防災対策、さらに全国で初めて環境アセスメント（環境への影響調査）をやりました。九州整備局では北部九州の水資源開發、福岡導水、北九州への「分水」津江分水など各県との調整、交渉事担当、下筌ダムの再開発にかかわりました。

## 九州ダムのあけぼのの時代



市房ダムバッチャープラント



下筌ダムに隣接して作られた松原ダム

○松原・下筌ダム（国土交通省直轄ダム）

松原ダムは筑後川上流の杖立川と津江川の合流点に建設された重力式コンクリートダムで洪水調節と発電を行う多目的ダム。再開発により水道上水と河川維持用水が加わった。総貯水容量5460万m<sup>3</sup>、堤高83m、堤体積29.4万m<sup>3</sup>。

術者が川内川の鶴田ダムに行かれて、工事に当たっておられますね。



今村 瑞穂 氏

(いまむらみずほ)

プロフィール

筑後川水源地対策基金理事  
昭和15年6月生まれ、久留米市出身。九州大学子学部土木工学科卒業後、建設省入省、水資源公団、九州建設弘済会、(株)建設技術研究所などに勤務。早明浦ダム、大渡ダム、竜門ダム、ハッ場ダムなどの建設事業に携わる。著書に「ダム操作の理論と実際」。

**塙原教授** 戦後、九州で初めてのダム建設が市房ダム（熊本県・水上村）で、小野さんが携われましたね。

**小野氏** 建設省に入省して、そのまま現地に赴任しました。ダム本体の発注直前でして、発注になつてからダムの詳細設計、監査廊の図面作成などをやりました。あのダムは地形、地質もダムには有利なもので、大きな問題ありませんでした。コンクリート打設は、9tケーブルクレーンでしたが、当時としては驚異的なスピード打設が行われまして、

すが、下筌ダムでは相当、反対運動に遭遇されますが、市房ダムでは用地交渉などはどうでしたか。

**小野氏** 今日ではダムの基本計画を作り、それからがスタートですが、

当時は河川総合開発事業としてスタートしたため、建設の手続きについても比較的緩やかで、松原・下筌ダムでは基本計画が固まつていないので、工事にかかっていると裁判で争点になりましたが、市房ダムは、基本計画は確かに作りましたが、やはり建設途中だつたと思います。市房ダム建設に伴う家屋移転は約200戸で、反対運動はありました。補償問題など担当者は

小野氏 九州でのダム建設の草分けのメンバーが、鶴田ダムに向かいました。副所長だった平田さんが鶴田ダムの所長となり、引き連れて行つた、という感じでしたね。私たちは松原・下筌ダムです。ですから、鶴田ダムは市房のダム技術者が主流でした。ほかにはダムの経験者がいなかつた。（朝鮮半島でダム建設を行った経験がある）平田所長さんは経験を活かして効率的に事業を進められ、広い目で見て、大変お上手だつたと思います。

**塙原教授** 鶴田ダムでは、打設した

2年ぐらいで打ち終わっています。

**塙原教授** 小野さんは、市房ダムの後、「蜂の巣城紛争」で有名な松原・下筌ダムの工事現場に行かれています。

## マルパツセダム崩壊の衝撃

苦労されました  
が、3年間くらいで比較的円満に解  
決しました。ダム建設では恵まれた  
時代ということが出来ますね。

小野氏 市房ダムから、多くの技  
術者が川内川の鶴田ダムに行かれ  
て、工事に当たつておられますね。



鶴田ダムの修復式。ダム建設が相次いだ

**新屋敷氏** 新しいダムは、難しい地質、岩質の所に造らざるを得ない場合が多くなりましたが、事前調査の精度が高まり、例えば、ボーリング調査などでも以前と違つてコアがほぼ完全に採取できるようになります。

コンクリートの下の基礎岩盤をさらにコンクリートで置き換えるなど苦労をされています。フランスのマルパツセダム崩壊事故が大きく影響しているのでしょうか。

た。同時に、岩盤を直接チェックする「目視判断」の重要性は変わりありません。大山ダムでも断層が目視で確認され、対策を取ることが出来ました。

**塚原教授** 鶴田ダムは工事誌が残されていない珍しいダムですが、土木研究所に残された当時の論文を読むと、確かに、鶴田ダムで基礎処理を注意深くやっています。

**今村氏** ダムの設計においては、それまで堅硬な岩盤の上にダムを造ることで、問題は少なかつたといえますが、鶴田ダムでは高さ100mを越える堤体を建設するわけで、堤体負担が大きな問題になります。「この岩盤は何トンの荷重まで耐えられるのか」というところまで計算して設計しなければならない。現地岩盤せん断試験が本格的に行われたのは、堤高180m

にも及ぶ黒四ダムからで、鶴田ダムはその過渡的段階にあって、安定性の確保の考え方には苦労したと言えるでしょう。

**小野氏** 市房と鶴田ダムは技術的にはほぼ同じような段階で、ダムの基礎地盤に対するグラフトの施工管理のやり方はまだ十分に確立していません。精算も、注入したセメント量に対しても支払うやり方で、どのように配合で、どれくらいの時間をかけてやったかはあまり問題にしなかったです。地盤をしっかりと固めて、漏水がないグラフトを目指した施工管理は、下筌ダムからです。注入時間、注入量をしつかりチェックして。グ

**新屋敷氏** 大山ダムの場合、同じ火成岩でも水を通しにくい岩層とそうでない岩層の互層が上・下流に連續して存在、岩質に合わせ、グラウト処理を慎重にやりました。上流から水の浸透を防ぐカーテングラウトは通常、ダム堤体の高さ（堤高）程度ですが、大山ダムでは約2倍の約180mの深さまでやっていますし、地山に対しても左岸側は200m、右岸側は500mに及んでいます。勿論、必要性のある岩盤にはコンソリデーショングラフトを行つてあります。

**塚原教授** 技術的な転換点と同時に、ダムを建設する現地住民の反対運動など公共事業の進め方にについて、松原・下筌ダムは社会的にも大きな転換点になります。小野さんは市房ダムの後、松原下筌ダムに赴任されました。

**小野氏** ええ、赴任した日が蜂の巣城闘争の「水中乱闘事件」で有名な第1回の代執行の当日でした。ジープでダムサイトに向かい、その様子を目撃しました。私が室原さんとの接触が始まったのは蜂の巣城撤去を行った第2回代執行（昭和39年6月）からで、相当厳しく言われましたね。

「法にかない、理にかない、情にかない」がありますが、法と理にかなうは分かりやすいが、「情にかなう」はなかなか分かりにくい。

**小野氏** 下筌ダムの前に久世畠ダム計画というのがありまして、それが猛烈な反対を受けて「見送り」状態になりました。その上流に、新たに下筌ダム建設計画が作られたため、住民からすれば、久世畠で反対されたダムを下筌に持ってきたという住民感情がありました。それに対して国は代執行、土地収用と言った頭の固い法律論でことを進めていった。これに対しても室原さんたちは「民意をくみ取つていらない」と訴訟に持ち込み、最後まで抵抗された。下筌はやはりダム建設を進めるうえで、転換点となりました。地元に反対があれば、

九州で唯一の複合型コンバインダムの竜門ダム



久保 朝雄 氏

(くぼあさお)

#### プロフィール

国土交通省・川内川河川事務所長  
昭和31年4月生まれ、鹿児島県出身。同54年鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科後、建設省入省、四国地建、環境庁水質保全局から福岡市水資源対策担当部長、九州地整企画部技術管理課長、佐賀河川総合開発事務所長。中筋川ダム（四万十川）富郷ダム（吉野川）、佐賀導水建設事業などに携わる。

## ダムと住民理解

**塚原教授** 室原さんの言葉として「法にかない、理にかない、情にかない」がありますが、法と理にかなうは分かりやすいが、「情にかなう」はなかなか分かりにくい。



## ダムの形式の選択

久保氏 平成18年7月の川内川の洪水で、鶴田ダムは「ただし書き操作」ダメの形式の選択に入りました。しかし、下流の洪水被害住民から、「ダム操作に誤りが

最終的には、国が裁判で勝ち、収用法に基づいた強硬手段で乗り切ることになりましたが、しかしそれ(下筌ダム)以降はそういうことはなくなつた。「死ぬまで反対」という思いで居られた室原さんが裁判に負けても国有地ギリギリのところに妨害砦を建てて抵抗された。昭和39年6月、それを代執行で排除してようやく本体着工にこぎつけた。公共事業を、強権で(反対論を)押さえつけ走ってはいけない。



帆足 健八 氏

(ほあしけんぱち) プロフィール

昭和10年7月生まれ、大分県出身。九州大学土木工学科卒業後、建設省入省、環境庁水質規制課、建設省河川局防災課長、九州建設局長。北陸地方建設局関屋分水路事業、巣木ダム（佐賀県）建設等に携わる。

**帆足氏** 溪ダムと竜門ダムの事業に着手して  
いましたが、水没家屋が多く、いず  
れも難航した。嚴木ダムでは、  
所長として事業を進めるにあ  
たつて、特に「地元の方々の気  
持ちになつて考える」ことを徹  
底した。「情にかなう」とは地元の  
本当の気持ちを理解することだ。そ

あつたのではないか」という批判が生まれた。決して操作に誤りがあつたわけではないのですが、ダム操作について住民の理解不足、我々の説明不十分があつたかもしれないという反省もありますが、操作についての説明は、専門的でなかなか難しい。しかし、その後、ダムの洪水調節について時間をかけてダム管理の仕方、情報伝達の方法などを分かりやすく説明し、住民との接点が出来たと思っている。こうした相互理解の上で、現在行っているダム再開発につながっていると考えています。

# ○竜門ダム

(管理所・熊本県菊池市)

## ダム建設の難敵を克服した複合ダム



重力式コンクリート（右）とロックフィルの複合型ダム（左）となった竜門ダム

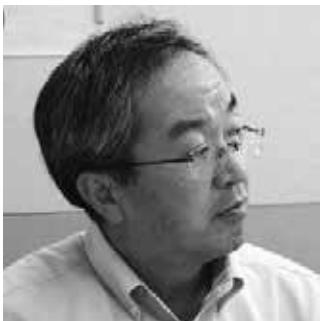
目的のダム・竜門ダム（菊池川追間川）では、こうした複雑層に合わせたダムの型式が選択され、左岸側が重力式コンクリートダム、右岸側はロックフィルダムの「複合型・コンバインダム」で国内最大級、九州で唯一のダムだ。左岸側は花崗岩でコンクリートの重量に耐えられるものの、右岸側は火山堆積物（溶結凝灰岩）に挟まつた軟弱土質が存在するところから、より安定性が期待できるロックフィルダムが選択された。

計画から31年、平成13年に完成。菊池川・筑後川水系（津江川）をトンネルで結び、相互補完している。

のために毎月説明会を開き、地元の運動会などに参加するなど人間関係をつくり、何より地元の方の信頼を得ることに努めた。また、私は「ここに骨をうずめる覚悟だ。転勤の時は反対してくれ」と住民に言つたものだ。地元と約束事をしても、次の所長はそれを反故にしてしまうので

どもも夜の付き合いも含めて本気で信頼関係を作つていつた。真摯にまじめに事業をやり信頼関係を構築して行くことが重要だ、と思う。

## 見直される水力発電



新屋 敷隆 氏

(しんやしきたかし) プロフィール

独立法人水資源公団・大山ダム建設所所長

昭和31年12月生まれ、宮崎県出身。同54年九州大学水工土木学科卒業後、水資源公団・富郷ダム建設所・調査設計課長、ダム水源地環境整備センター次長、武蔵水路改築調査所所長。比奈知ダム、富郷ダム、大山ダムの建設事業に携わる。

久保氏 今は厳しい状況になつていい川辺川ダムだが、私は五木村の移転代替地づくりに携わった。あのころは、村には、新しい村を作つて再生しようという「夢」があつた。私が

はないかという不信心があつた。また完成後は24年経過した今でもダム下流のホタルの再生、魚類のダム建築後の影響、巖木ダムOB会で、堤体の掃除などボランティア活動も続けている。

**塙原教授** 小野さんは松原・下筌から竜門ダムの建設に向かわれました。あのダムも強い反対がありましたが、解決のカギはなんだったのでしょうか。

小野氏

竜門ダムは昭和45年4

月からですが、(竜門ダムの)山を越したところが、下筌なのです。着任したときは、「ダム絶対反対」の旗が掲げられていました。ボーリング調査にも反対と。ダムに反対するにはどんな戦略がいいか、どう進めたらよいか、住民の方々が何回か、室原さんに教えを乞いに行かれた。これは私が聞いた話なのですが、室原さんは「ダム反対運動は意地と金が続くなら良いが、国が進めるダムに絶対反対して俺のようにならない

ように」とおっしゃつたそうです。

竜門ダムの人たちも、やがて「絶対反対」の旗を降ろして、建設省の話を聞こう、ということになつたようです。それで水没者が集団移転することになり、「県営農場」を払い下げて移転地にしようということになつたが、県有地を個人に分配することになるし大蔵省が首を縊に振らない。いろいろ奔走して、最終的には国が買い上げ、国有地として払い下げる方法がとれた。こうしたことで地元の信頼感が生まれ、信用してくれて最終的に解決したのです。



福岡都市圏に水を供給する筑後大堰



緑川ダム

○緑川ダム (管理所・熊本県美里町)  
三方山を源流とする「緑川」の上流部に昭和46年に建設された多目的ダム(発電、灌漑、洪水調節)。主ダムと脇ダムの二つからなる特徴あるダム。主ダムは重力式コンクリート、堤行6.5m、堤長295.3m、堤体積67400m<sup>3</sup>。総貯水量4600万m<sup>3</sup>、計画高水流量2800m<sup>3</sup>。両脇ダムはロックフィルダムで堤高35m、堤長244m。

今村氏 与えられた地形と地質から、一つのダムタイプのダム建設を



ダムには大量の流木などが流れ込む（鶴田ダム）

やろうとするとロックフィルダムしか考えられないということになつて、当初はロックフィルダムが採用されましたが、さらに、経済的に造ろうとすると、左岸側の主要な部分を重力式コンクリートダムとし、右岸側の尾根部をロックフィルダムとする方が有利であることが分かりました。ロックフィルダムだと、洪水吐を作るのに、山を大きく削らなければならぬことになつて事業費が大きくなり、経済的ではない。コンバインダムにすると（コンクリートの堤体内に）洪水吐が設計しやすく、より経済的にできるといふことで、選択されました。しかし二つのダムの継ぎ目をどのように処理するかという新たな技術的課題が生じましたが、先行ダムの施工実績

などを参考にして、コンバインダムの建設が可能であるとの判断に至りました。

#### 塙原教授 緑川ダム（熊本県・緑川）

も複合ダムですね。

今村氏 緑川ダムは主ダムが重力式コンクリートダム、少し離れた所で、脇ダムがロックフィルダムです。これをロックフィルの対象としたのはコンクリートダムとするには岩盤の強度が不十分だったからです。地質によつて（ダム形式の選択は）柔軟にやればよいと思います。嘉瀬川ダム（佐賀県）は最初、ロックフィルダムで計画されていましたが、詳細な岩盤の調査を経てその強度を確認してコンクリートに変更されました。

新屋敷氏 松原・下筌ダムの（選択）取水・再開発などの環境への配慮の経験が、新しい大山ダムづくりに生かされています。その一つが流入水バイパスの設置です。これは取水口をダム上流に作り、管路を旧県道沿いに設置して、上流の水をダム貯水湖を経由せず直接、下流に流すもので、全国にも数例しかないものです。また、ご指摘のように、常用洪水吐

き、非常用鋼洪水吐き、共にゲートレスの自然調節方式をとつています。



ダム管理の体験を蓄積し、改善する時

帆足氏 福岡導水のための筑後大堰（久留米市）の建設では、有明海のノリ養殖業と流量との関係が問題になりました。當時40tの流量があれば、ノリへの影響は少ないので、いう水産報告書が出ました。漁民の方々は「金ではなく水が必要なのだ」という主張でした。雨の多い夏場は、40tの流量を確保できても、ノリが生育する冬場（の流量確保）をどうするか。そこで松原・下筌ダムの発電用水を買い取つて、渴水期にはそれを不特定用水としてあてるという大英断が行われたのです。電力業界では前例のないことでした。そのた

山国川水系山移川に昭和60年に建設された多目的ダム（洪水調節、上水道、工業用水、発電、不特定利水）。重力式コンクリートダムで、堤高62m、堤長313m、堤体積39.5万m<sup>3</sup>、総貯水量2330万m<sup>3</sup>。紅葉や青の洞門など有名な観光地・耶馬溪に建設され、貯水湖からは高さ35mに吹き上げる噴水があり、公営水上スキー場ともなっている。

#### ○耶馬溪ダム（管理所・大分県中津市耶馬溪）



耶馬溪ダム

めの減電補償を行い、松原ダムに選択取水装置が取り付けられるなどの

再開発事業が行われました。

すね。

**新屋敷氏** 巨費をかけて建設するダムですが、安全性は勿論、やはり経済性、そして新たに「環境への配慮」が重要になっています。悩みの富栄養化対策などもシミュレーション技術の発達で事前対応しやすくなり、大山ダムでは水中に空気を送り込む曝露循環設備を整えていますし、適

**塙原教授** 現在10%の水力を、炭酸ガス削減で20%に増やす構想もありますし、原発休廃止問題で、今後、水力発電は復活する可能性があります。

## ダムの未来を造るために

今村氏 鶴田ダムは洪水調節容量を増やすための、発電用水の買い取りはどうなっていますか。

久保氏 ダム貯水池運用を変更し、洪水調節容量を増強することで減じる発生電力量に対しても正に補償を行います。

今村氏 福島の原発事故によつて、ダムの役割が改めて論議される可能性がありますね。東日本大震災の後、原子力発電の休廃止の動きの中で、発電量を減少させるようなダムの再開発については改めて再確認する必要があるのではないかと思いま

**新屋敷氏** ダムがあれば（発電施設は）造るべきですが、やはり経済性、コストの問題、B/Cがありまます。これまでには買い取り価格（売電）があまりにも安すぎて、新しい再生可能エネルギー政策でkw当たり30円台になりましたから、これからは（水力発電の）可能性が大きく出てくるのではないかと

**帆足氏** 嶽木ダムは天山揚水発電下池の機能を持っています。火力も原発も急激な電力需要に弱い。そこで揚水発電を立ち上がりの時に使つている。わが国も、もつと電力需要内容に応じて水力発電をどう使うか、発電の企業と共に土木技術者も真剣に考えなければいけない。

**塙原教授** 鶴田ダムは現在、大掛かりな再開発事業をされていますね。

久保氏 発電用取水管の増設2本もありますから計5本の穴を堤体を開けなければなりません。しかも、水深60mというこれまでにない工事ですので、慎重に行っています。そのため、「飽和潜水」方式を本格的に取り入れ、約1か月間、水中での潜水作業を続けることが出来る海洋資

量を下流の不特定用水の補給に利用する再開発を行っています。これで減電を補償している。鶴田ダムでも発電容量を治水容量に振り替えています。

久保氏 鶴田ダムは現在、そのための再開発事業を行っています。これ

は、流域住民の「洪水調節容量を増やしてほしい」という要望に応える形で、平成19年度から着工し、洪水調節容量の増強を目的として最大2300万tの洪水調節容量を発電事業者の協力のもとダムの貯水池運用を変更し確保します。なお、この運用変更により貯水の最低水位は現在の標高130.0mから14.4m下がり、標高115.6mとなります。これによって洪水調節のための放流能力のアップを図る必要が出ることから、放流ゲートを3門増設し、さらに減勢工の増設を行っています。

**塙原教授** ダム機能を落とさずに再開発する難しい工事を行つておられますね。

筑後川水系赤石川に建設中、平成24年現在、試験湛水を行っている。洪水調節、福岡県南広域水道事業団、福岡地区水道事業団へ毎秒1・31m<sup>3</sup>の取水を可能とする新規利水が目的の多目的ダム。重力式コンクリートダム。総貯水量1960万m<sup>3</sup>、堤高94m、堤長370m、堤体積55万m<sup>3</sup>。平成12年に工事着手、平成19年ダム本体工事に入る。

○大山ダム（建設所・水資源機構  
大山ダム建設所）



九州で最も新しい大山ダム  
慎重な試験湛水が行われた。

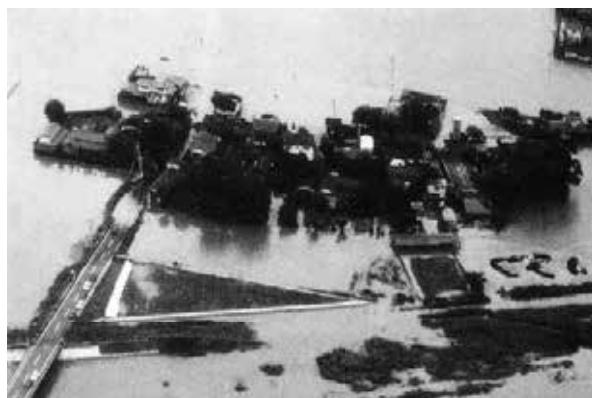
庄のカブセルを使って、作業と生活を行い、工事を効率的に、かつ安全に行うものです。また、上流側に大規模な「仮締切」を行っています。

**塚原教授** また鶴田ダムは再開発によつて、新しい時代に対応しようとしているわけですが、地球温暖化に伴い、気象パターンがダイナミックとなり、「想定外」の風水害に対応する必要がありますが、現実のダム操作は大変難しい問題ですね。

**久保氏** 平成18年7月の川内川の洪水のとき、先にもお話をしましたが、ダム下流の水害に遭われた人々から、ダム操作、特にただし書き操作について厳しい指摘がありました。そのため検討会を設置して、ダム操作の在り方を論議してもらいました。異常気象に対してもどう対応するか。「想定外」への対応は、操作規則に従うことが原則で、(柔軟対応は)行政現場ではなかなか難しいが、東日本大震災の後では以前と、違つてきているのではないかと思われます。ダム操作についてもその時代にあつた工夫、柔軟性がこれまで以上に求められてくると思います。

**今村氏** 「想定外」という言葉が多く語られるようになりましたが、ダム計画での「想定外」とは何か、ただし書き操作との関係をどう整理するか、などといった側面からも論議もされるべきではないかと思います

**塚原教授** 実際、(決められた規則などを)守れない事態の発生もある。気象とダム操作の在り方についてはかなり情報が出されているが、それを生かす人がいない。行政からは言いくらいのことで、学会が問題提起し、主張すべきですね。しかし、河川工学の研究者が大学に少なくなっている現実もある。



異常気象で洪水被害は今後も続く=緑川支流の加勢川  
(熊本県嘉島町) 平成9年9月

す。ダムの管理は河川法の定めに従い、操作規則を定めてこれに基づいて行われています。従つて操作の現場は規定、規則に制約されていると言えます。現場で勝手に変えようとしても限度があります。逆にダム操作は、操作規則さえ守つておれば十分であるとは必ずしも言えません。想定外の状況においては「ただし書き操作」が制定されていますが、これだけでは考える想定外の幅も狭いように思います。(異常事態に対しても)柔軟に対応しなければならない多くの状況があります。そのことを行政に対しても積極的に提言すべきでしょうね。管理中の多くのダムはそれぞれに操作上の課題を持っています。客観的立場から、信頼性の高い操作をどう実現するか、が課題だと思います。

**今村氏** ダムの建設設計時は、過去の少ないデータをもとに計算してやっています。早明浦ダムは9000万m<sup>3</sup>の洪水調節容量を持つますが、昭和50年の台風15号の時の洪水のときは、計画最大放流量を超えて放流せざるを得ませんでした。厳しい批判を浴びましたが予想できぬ事態に対してもダム操作の課題を浮き彫りにしました。しかし、ダムが完成すればより正確なデータが得られるわけで、さらに新しい現

**新屋敷氏** 大山ダムの場合、俗に穴あき坊主ダムと呼ばれる自然調節方式をとっています。流域が小さく、流入量が急激に増えるなど、急に変化することが予想される状況から採用されました。ゲートレスの常用洪水吐(自然調節)を1門(幅4.6m、高さ3.7m)と非常用洪水吐4門(幅13m×4)です。

**塚原教授** 昔はダムを造ることに一生懸命でしたが、今後はダムに限らず公共施設をいかに維持管理するかが重要になってきたことを痛感しました。

**今村氏** 本来はダムを造った人が維持管理に入るのが理想的であると思いますが、現実には、(建設と管理は)互いの連携は難しい状況にあるのではないかでしょうか。

**小野氏** 市房ダムを建設した後、熊本県に管理を移行させる間、ダム管

域に對応しなければならないと思います。ダムが完成して管理の体験が蓄積されれば、それらを踏まえて管理の改善に反映させなければならぬと思います。堤体設計などハードの部分においては多くの予算と人材が投入されていますが管理などソフトの部門においても同じような取り組みをしていくことがダムの社会的評価を売るための一つの方向性だと思います。

理を担当させられた。そのため松原下筌の工事現場に赴任するのが遅れたのですが、その時洪水調節を経験して、その後の私のダム人生に本当に役立ちました。



ダム再開発=最も古い塚原ダムも新しい対応を行っている

**塚原教授** ダム建設の基本計画はあるのですが、コンピュータで計算書が出来ていて、どのような気象、事態を想定して、なぜ、こうなつているか、分からことが多い。操作

**小野氏** 確かに、洪水調節のダム操作のルールはこれでよいのか、という事があります。計画洪水流量の再検討も含めて、ダム管理の方式を見直すべき時期に来ています。ダムは国民の大きな財産であり、堤体のかさ上げ、揚水発電

理想的な状況ですね。私はダム操作の方法論の確立なしには、ダムの社会的評価は得られないと信じています。しかし、ダム操作は操作規則などの手続きに基づくもので大変硬直的な側面を持っているのですが、そのような中につても、だれが操作しても同じ答え、いつやつとも同じ答えが得られる様なシステムの確立が望れます。ダム操作の現場の管理者、そして地域の人々と知識を共有しながら相互理解の上に立つて行動するのが重要だと思いま

に当たっては、コンピュータの中に事態の発生と共に、水力など新しいニーズが生まれています。新しいニーズに向けて、ダムをもつともつと国民の財産として有効活用するためのご意見をうかがいたい。

**久保氏** 鶴田ダムは現在、再開発工事が進行中ですが、これはまさにストックの有効活用のための再開発と言えます。全国的にも、初めて経験する規模の再開発ですから、(飽和潜水など)いろんな技術を使って、そして、その過程や結果を全国へ発信して行きたい。また、問題になつたダム操作の改善についても、地元の期待も大きいので、一日も早く所定の洪水調節容量の確保が出来るよう努力してまいりたいと思っています。そのためには、何より現場の安全を第一としながらも新技術・新工法等への挑戦にも試みて行きたい。

への計画など、新しいニーズと、日本大震災、原発事故など「想定外」の事態の発生と共に、水力など新しいニーズが生まれています。新しいニーズに向けて、ダムをもつともつと国民の財産として有効活用するためのご意見をうかがいたい。

**今村氏** 東日本大震災は、原子力発電についての休廃止の議論と動きのきっかけになりました。一方で、ダムの再開発では発電容量を治水容量に切り替えることが進められているケースもあります。もう一度、現状を正しく認識しつつ、これらの施策を再確認しておく必要があるのではないか。どうぞ。

**新屋敷氏** 大山ダムは現在、試験湛水中で、今後は管理の時代に入つてゆくわけですが、地元の期待も大きく、水源地域が発展して行くよう将来ビジョンを含めて推進して行くための仕掛けが行われています。大山ダム水源地域ビジョンは、100年後の世代のために、安定した水源、自然に戻して行く森づくり、地域活性化のための行動計画で、自治体、地元住民、NPOの方々とダム事業者で策定委員会をつくりました。ダムというハードづくりから地域活性化のためのソフト作りへ局面が移ります。なかなか難しい作業ですが、完成したダムを、うまく使って、生かしてほしいですね。

への計画など、新しいニーズと、日本の地形に合ったダム活用を期待したいですね。

**今村氏** 東日本大震災は、原子力発電についての休廃止の議論と動きのきっかけになりました。一方で、ダムの再開発では発電容量を治水容量に切り替えることが進められている

## 座談会を終えて

塚原健一 九州大学教授

今回の座談会は昭和30年代の市房ダム建設に携わった小野満次氏から九州では最も新しい大山ダム建設に従事している新屋敷隆氏まで、約60年間の九州におけるダム建設及び管理の俯瞰できるものとなり、非常に意義深いものであった。

昭和30年代の市房ダム、鶴田ダムは、水没地との交渉の困難さは近年と同様であるものの、話題の重点は工法などの技術論であった。特にフランスのマルパッセダムの事故（昭和34年）を受けての様々な技術開発、ダム建設地の選択肢が広がり、ダム建設が進展していく過程が興味深い。



塚原 健一 氏

(つかはらけんいち) プロフィール

九州大学大学院教授  
昭和37年8月生まれ、福岡市出身。同60年九州大学工学部土木工学科卒業後、建設省入省、在インドネシア日本大使館1等書記官、国土交通省九州地方整備局・川辺川ダム工事事務所長、国際協力機構シニアアドバイザー。川辺川ダムに携わる。

鶴田ダム建設後、蜂の巣城で有名となつた松原・下筌ダム建設が本格化してくる。座談会の内容も工学技術論から社会技術論へと展開した。室原氏の「法にかない理にかない情にかなう」について、それまでのダム事業でも、「法にかない理にかなう」を満たしていたことは言うまでも無いことであるが、「情にかなう」点を大きく認識したことが、その後のダム事業の進め方に大きな影響を与えたことが述べられている。厳木ダムにおける帆足氏の地元との密接な意思疎通や、竜門ダムにおける集落を存続させるため

現役世代へ大きな宿題

の集団移転を実行するための工夫など、水没地の身に立つた用地交渉が進められてきたことが現代にも大きな参考になるであろう。

水没地との交渉は現代的な用語で言えば住民理解・合意形成であろう。

平成18年洪水で川内川流域は大きな被害に遭つた。この洪水では鶴田ダムは「ただし書き操作」を行つた。実際に操作に誤りがあつたわけではないが、住民からは「ダム操作の誤りで被害が拡大した」との批判が起つた。この時、九州地方整備局は、中立な大学の先生なども含め住民の方々と徹底的な情報開示、検証を行い相互理解を深めてきた。この取り組みがなければその後のダム再開発について住民の理解を得ることはできなかつたであろう。この点でも過去のダム事業による経験が今日に活かされていることかが見える。

高度成長期を過ぎた時代へ大きな宿題が示された。それはダムの操作規則が定められた時期は和20～40年代の降雨と変化してきた。これは明白である。さらに多くのダムで操作規則が定められた時期は気象予測や通信技術が現在と全く異なるのは明白である。さらに多くのダムで操作規則が定められた時期は気象予測や通信技術が現在と全く異なる。ダムの操作規則は様々な要素を踏まえて決められており、策定した当事者でなければ設計思想までさかのぼって分析することは困難である。このためダム計画策定に携わった人間が維持管理に入るのが望ましいという意見が為されたが、古いダムではそれも困難であろう。大勢の意見としては気象学と土木工学を総合的に勘案し、新しい時代に即したダム管理のあり方を検討していくべきであるという、今後の現役世代への大きな宿題が示された座談会であった。

の水力発電の増加の可能性についても議論が展開した。

座談会の後半で大きな話題となつたのはダム管理の問題であつた。社会資本は作るだけではだめで、完成後の管理・運用が適切に為されて初めて効果を發揮するものである。ダムの管理・運用は降雨という自然条件に大きく左右される。平成18年の鶴田ダムの但し書き操作も、建設時には計画対象としていた規模の降雨によるものである。実際に近年の降雨の状況を見ると明らかに昭和20～40年代の降雨と変化してきているのは明白である。さらに多くのダムで操作規則が定められた時期は気象予測や通信技術が現在と全く異なる。ダムの操作規則は様々

## 治水、利水のためのダム

### ダムの定義と整備目的

河川をせき止めて水を貯留する建物に、えん堤とダムがある。かつては、两者で明確な区別はなかった。しかし、戦後の新河川法（1964）に定められた。同法44条によれば、河川の流水を貯留し、または取水するため、河川管理者の許可をえて設置する構造物で、基礎地盤から堤頂までの高さが15m以上のものをダムというとしている。15m未満は、えん堤または堰である。

なお、土砂災害や火山の噴出物で河川がせき止められ、ダム同様のものができることがある。これは灾害であり、前述のダムと異なり、特に天然ダムと呼ぶ。

ところで、ダムの整備目的は2つのことがある。一つは、河川の氾濫を抑制し、人命や財産の被害を防ぐことである。集中して降る雨を一時的に蓄え、ピークを過ぎてから徐々に河川に流すことで氾濫が防止できる。ダムのこの働きが洪水調節である。古代中国のいい伝えに、「善く国を治める者は、必ずまず水を治める」（治水）とある。かつては治水こそが国家の大計であり、河川とともにダムがその重要な役割を担つてきた。

一方、蓄えられた水は、さまざまに利用できる。かんがい用水や上水道、工業用水に用いられ、水力発電に用いることができる。これらのダムの働きが「利水」である。

以上の他に、「不特定利水」がある。上水道や工業用水目的のダムでも、流域で農業が営まれ、既得権として一定のかんがい用水が求められる。あるいは、河川環境の維持に必要な流れや、水質の正常化、河川における流砂の確保に放流が必要である。これらの水利用は特定した権利者による用途でないことから不特定利水という。不特定利水は、それ単独の目的でダムを建設することはない。通常は洪水調節と対をなす。

### ダムの3基本形式と諸元

ダムは、構造と材料で様々なタイプがあるが、主なものは図1の3タイプである。一つは、コンクリートダムであり、重力式とアーチ式がある。重力式はダム自身の重みで転倒を防止し、またそれによる岩盤との間の滑り抵抗で水の圧力を受け止められる。重力式はダム自身の重みで転倒を防止し、またそれによる岩盤との間の滑り抵抗で水の圧力を受け止められる。岩盤を材料につくるが、水の流れを止めるため遮水層が必要である。この遮水層の構造の違いで、ゾーン型、表面遮水型がある。

これら以外にも、重力式コンクリートの堤体内部を空洞にして中空式にする、複数のタイプを組み合わせ複合型にするなどがある。こうした諸タイプのいずれを用いるかは、岩盤の性状や地形、ダムの規模、活用法、経済性などで判断される。

ダムの基本諸元に堤高（ダム高）があり、基礎岩盤からの堤体の高さである。また、ダム頂部の長さは堤頂長、体積は堤体積である。一方、ダムによって出来る湖（ダム湖）に関し、総貯水容量（満水時の貯水量）、有効貯水容量（総貯水容量から、堆砂や死水容量を差し引いた容量）、堆

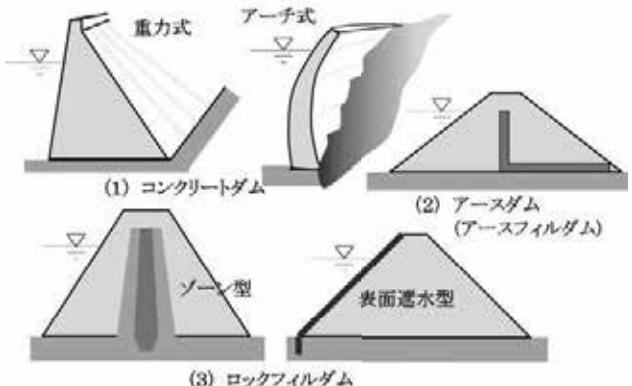


図1 ダムの基本的な種類

### 戦後竣工したダムの概況

1945年から2012年までに竣工したダムを拾い出せば、九州全体で320がある（表1）。重力式コンクリートが最も多く53%を占め、ついで、アースフィルの27%、ロックフィルの15%である。アーチ式コンクリートは4%

湛水面積（ダム湖満水時の表面積）があげられる。さらに、谷や河川などから流れ込む流域面積も諸元の一つである。

表1 戦後に建設されたダムの種類別諸元と県別の目的別内訳

種類	数	構成%	平均堤高m	平均堤頂長m	県	洪水	不特定	灌漑	上水道	工業	発電	ダム数
(九州全体)					福岡	18	16	18	37	9	5	55
アースF	85	26.6	25.4	172.2	佐賀	20	17	19	18	4	3	41
ロックF	49	15.3	46.1	220.6	長崎	36	31	17	36	1	0	64
重力C	171	53.4	43.8	167.4	熊本	11	9	17	12	2	10	31
複合型	2	0.6	79.3	464.0	大分	27	12	32	5	1	9	52
アーチC	12	3.8	63.8	194.0	宮崎	15	10	9	1	2	25	39
地下ダム	1	0.3	35.0	2280.0	鹿児島	11	2	25	10	1	4	38
計	320	100.0	40.1	186.2	計	138	97	137	119	20	56	320
			平均堤高m			48	—	36	41	35	55	40

（データ：ダム便覧2012（日本ダム協会）に関係機関調査結果を加えたもの）

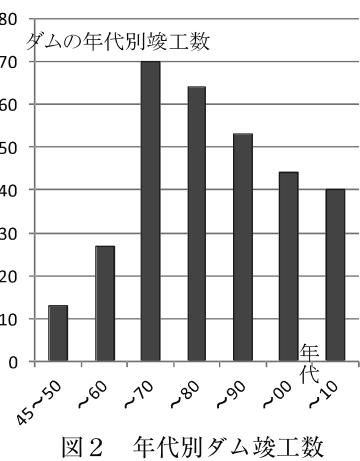


図2 年代別ダム竣工数

で、複合型重力式および地下ダムは特殊である。主な4タイプのダムの平均堤高を対比すれば、アーチ型が高く、64mである。アース型は25mで低い。なお、堤頂長は、それぞればらつきが大きいことから、必ずしも4タイプの差は定かでない。単目的、多目的を合わせて重複力ウントすれば、多いのが洪水調節とかんがい目的を持つダムである。ともに43%を占める。ついで、上水道の37%が続き、発電目的は18%で、工業用水は僅か6%に過ぎない。

県別にみれば、長崎が最も多く、64のダムを数える。ついで、福岡55、大分52である。そうした中で、目的別のダムに関し幾つかの特徴が読み取れる。福岡は、上水道目的のダムが多く約2/3を占める。また長崎は、洪水調節と上水道がともに進んだことにより、長崎は大きな河川がなく、離島・半島が多いことにより分散的な上水の確保となつたこ

との反映である。

大分と鹿児島は、農業振興のためのダム建設が活発であり、その結果かんがい目的が2/3を占める。

宮崎は発電用が2/3を占め特異である。これは、九州電力が県下の大淀、耳川、小丸、一ツ瀬、五ヶ瀬の各水系で水利権を得て、水力発電の開発を集中させたことによる。

### ダム建設の経過

九州における各年代のダム竣工数を図2に示す。また、県別のダム建設数を時系列にして表2に示す。これらから戦後のダム建設の歩みをたどることができる。戦争で中断されたダム建設も、戦後間もなくの1940年代に再開され、50年代と合わせ40ダムが建設された。かんがい用と発電用の建設（宮崎、熊本）が主で、食糧生産ならびにエネルギー政策に力点がおかれたことによう。また、ほとんどが単目的であり、かんがい目的はアースダム、発電目的は重力式コンクリートダムである。

この年代では、夜明ダムと上椎葉ダムが特筆できる。夜明ダムは、堤高15m、堤長223mの発電用重力式コンクリートダムである。1952年に建設工事が始まつた。しかし、翌年の昭和28年西日本水害で、激しい濁流のため工事中の水門が決壊したが、それを乗り越え、わずか2年の歳月で完成した。

他方、上椎葉ダムは、耳川最上流部の発電用ダムである。高さ110mのアーチ式コンクリートダムで、わが国初めて100mを超える規模であった。基礎岩盤が思いのほか悪く、また、毎年のように台風に襲われたことから、難工事を極めた。その結果、105名の殉職者がいた。

ダム左岸の女神像（富永朝堂作）はその慰靈碑である。

1960年代になると、70のダムが建設され、ピークをむかえた。特に、福岡と大分、鹿児島の増え方が大きい。福岡は上水道目的が増え、また工業用との多目的化が図られた。一方、宮崎は発電用が主で、大部分はかんがい用のアースダムの建設が急増している。これらに加え、1940、50年代に台風や梅雨前線の襲来が相次いだこともあり、洪水調節目的のダム建設が始まつた。

多くのダムはアース式であるが、多目的ダムの時代となり、重力式やアーチ式のコンクリートダムも建設された。その中で、一ツ瀬川上流の一ツ瀬ダム（発電用）は、上椎葉を上回るアーチ式ダムである。堤高130m、堤頂長416mで、総貯水容量は上椎葉の2.5倍（2613万m<sup>3</sup>）、九州最大である。

続く1970年代も、基本的に60年代を引き継ぎ、ダム建設は活発であった。大規模な洪水調節ダム、重力式コンクリートダムが盛んに建設され、一方でロックフィルダムも箇所で建設されている。

筑後川上流の下筌、松原ダムは、昭和28年西日本水害の被害を機に計画された特定多目的ダム（国土交通大臣が、事業主体となり、計画から管理までを行うダム）である。本ダムは1958年の着工であるが、竣工は1973年であり、当時としては異例に長期の建設であった。これはダム建設をめぐり、地主らによる蜂の巣城紛争と呼ぶわが国最大の反対運動が起つたことによる。

1980年代になると、ダムの建設は徐々に減つてきている。これは必要な利水目的のダム建設がある程度進み完了したことによる。加えて、蜂の巣城紛争の結果、開発優先から、地域住民の基本的人権や財産権への配慮が求められるようになり、ダム建設に重い課題が突きつけられた影響も否定できない。また、ダム建設に10年を超えるケースが増えたことや、環境への配慮からダムに頼らない治水が模索されるようになったことがあげられる。

1980年頃になると、旧ダムの嵩上げや再生事業がみられる。つまり、地球温暖化の影響もあり、記録的集中豪雨が発生するようになつた。また、水力発電がCO<sub>2</sub>を発生しないクリーンエネルギーとして再注目された。これらから、流域全体で、地域問題への対応や他の諸策を含めた総合的治水・利水計画のもとに適正なダムの役割が求められ、その整備に古いダムの再生がある。

着工/竣工	ダム名称	河川	洪水特	灌漑	上水	工業	発電	ダムのタイプ	堤高m	堤長m	着工/竣工	ダム名称	河川	洪水特	灌漑	上水	工業	発電	ダムのタイプ	堤高m	堤長m
<b>福岡県</b>																					
-/46	本地池本堤	喜多良	○					アース	19	250	-/46	肩山	井手口	○				アース	22	104	
-/52	花茶瀬池	木分	○					アース	29	321	-/48	北浦瀬池	祇園	○				アース	18	192	
-/53	福智山	福智	○					アース	23	113	-/48	神龜池	巨瀬	○				アース	16	100	
52/54	夜明	筑後	○					重力C	15	223	50/56	北山	嘉瀬	○				重力C	59	180	
39/55	畠	黒川	○					重力C	43	459	58/61	有田	白	○	○	○	重力C	28	108		
-/57	笠城	庄司	○					アース	16	146	-/62	岸川防災	今出	○			重力C	27	66		
-/59	矢方甲池	吉富	○					アース	19	200	-/69	花取瀬池	西葉	○			アース	23	176		
53/59	日向神	矢部	○	○				重力C	80	146	-/70	佐原瀬池	音成	○			アース	26	175		
57/60	松ヶ谷	谷	○					重力C	47	205	-/71	内河防災	大木	○	○		アース	35	153		
59/63	松瀬	矢部	○					重力C	25	71	67/73	岩屋川内	岩屋川内	○	○		重力C	60	192		
-/64	須恵	須恵	○					アース	21	145	-/73	七曲瀬池	浜川	○			アース	15	133		
55/65	南畠	那珂	○	○				重力C	64	220	-/73	万才瀬池	石木津	○			アース	18	128		
59/65	丸久	八木山	○	○				重力C	50	161	68/75	竜門	広瀬	○			重力C	42	150		
-/66	舟城	岩屋	○					アース	23	151	73/78	鷹昌	鷹昌	○			アース	29	156		
63/66	殿川	殿	○					アース	37	210	72/82	天ヶ瀬	真川内	○			アース	39	270		
65/68	頓田第一	遠賀	○	○				アース	22	817	73/82	八丁	川原	○			ロック	25	347		
-/69	御清水	内蔵	○					アース	19	160	72/83	平木場	町田	○	○		重力C	28	117		
-/69	椎田	上河内	○					アース	25	150	72/83	平木場脇	町田	○	○		重力C	30	390		
65/69	大井・元	大井	○					アース	19	206	73/86	穂木	穂木	○	○	○	重力C	117	390		
68/70	久原	多々良	○					重力C	42	117	73/86	穂木	穂木	○	○	○	重力C	59	203		
68/70	久原副	多々良	○					アース	25	85	77/86	天山	天山	○			ロック	69	380		
-/70	久保自	久保	○	○				アース	25	304	70/87	大浦	古里	○			アース	45	160		
-/70	吳	金辺	○					アース	25	155	79/88	本部	古川	○	○		重力C	42	130		
63/71	油木	今川	○	○	○	○	○	重力C	55	218	77/89	深浦	深浦	○			重力C	26	121		
67/72	江川	小石原	○	○				重力C	79	298	72/92	赤坂	座	○			ロック	30	256		
-/72	広川防災	広川	○					ロック	30	132	72/92	内河川内	後川内	○			アース	20	197		
68/73	ます測	紫	○	○				重力C	60	206	72/92	後川内	後川内	○			ロック	42	250		
67/74	碑屋	中元寺	○	○				重力C	49	205	72/92	打上	渴	○			ロック	36	182		
70/74	大佐野	大佐野	○					アース	26	78	81/93	矢筈	六角	○	○		重力C	33	199		
-/75	切畑	大分	○					アース	38	140	85/94	庭木	庭木	○			重力C	26	130		
71/75	古賀	谷山	○	○				ロック	35	139	92/96	永池・再	藏	○			アース	35	123		
70/76	脊振	那珂	○					ロック	43	240	73/98	古木場	有田	○			アース	27	193		
69/77	瑞梅寺	瑞梅寺	○	○				重力C	64	338	73/01	横竹	吉田	○			重力C	57	249		
70/78	寺内	佐田	○	○				ロック	83	420	82/01	狩立	狩立	○			重力C	28	177		
74/78	尾崎	遠賀	○					重力C	27	178	82/02	日ノ峯	日ノ峯	○			重力C	28	112		
77/78	大井・再	釣	○					アース	19	206	90/02	都内川	有浦	○			ロック	58	296		
68/79	山神	山口	○	○				複合	59	308	91/02	都内川内	都内川内	○			重力C	32	200		
77/80	久末	西郷	○					アース	23	170	78/07	中天	中	○			重力C	70	265		
77/83	多礼	四十里	○					ロック	28	191	73/12	嘉瀬	嘉瀬	○	○	○	重力C	97	455		
77/83	吉田	吉田	○					ロック	24	217	89/12	井手川	井手川	○	○		重力C	44	235		
79/85	南畠	那珂	○	○				重力C	64	220	73/01	横竹	吉田	○			アース	27	193		
72/90	合所	筑後	○					ロック	61	270	82/01	立狩	立狩	○			重力C	57	249		
72/91	牛頭	御笠	○					ロック	53	383	82/02	日ノ峯	日ノ峯	○			重力C	28	177		
89/92	曲淵	八丁	○					重力C	45	161	91/02	松山田溜池	調河	○			アース	28	90		
78/93	長谷	長谷	○					重力C	54	159	50/52	都内川	長岡	○			アース	25	123		
70/94	犬鳴	犬鳴	○	○				重力C	77	230	50/54	川谷	相浦	○			重力C	46	178		
70/96	山口	箕田	○	○				アース	24	475	-/61	大根坂	大根坂	○			アース	15	147		
71/96	小川	小川	○					ロック	37	275	59/61	萱瀬・元	郡	○			重力C	51	180		
86/98	山口調整池	菟原	○					ロック	60	326	61/65	大川原	大川原	○			ロック	25	123		
88/98	北谷	北谷	○	○				重力C	39	145	61/68	別所	川持	○			アース	19	135		
79/99	野猪	多々良	○	○				重力C	80	260	64/68	下の原・元	巣	○			重力C	31	170		
78/01	鳴淵	多々良	○					重力C	67	308	64/69	内閣	福江	○			アース	18	276		
75/03	福知山	福智	○	○				重力C	65	255	66/69	神浦	神浦	○			重力C	51	210		
70/09	藤波	巨瀬	○					ロック	52	295	67/73	野々川	野々川	○			重力C	24	86		
<b>大分県</b>																					
46/49	點返	點返	○					重力C	24	97	70/73	落矢	落矢	○			重力C	32	166		
-/53	長湯	芹	○					アース	15	112	69/75	福江	福江	○			重力C	24	150		
52/56	芹川	芹川	○	○				重力C	52	193	70/75	鶴知	鶴知	○			重力C	28	113		
56/58	篠原	大分	○	○				重力C	23	96	70/75	小ヶ倉	小ヶ倉	○			アース	21	153		
-/62	魚人鼻池	向野	○					アース	17	89	68/76	雪浦	雪浦	○			重力C	44	146		
58/62	北川	北川	○					アース	17	188	70/76	江水	江水	○			重力C	30	125		
58/62	小野原	日出生	○					アース	16	172	71/76	斎敷	一の河	○			アース	27	115		
-/65	石河内	竹田	○					アース	24	93	72/76	梅木	梅木	○			アース	33	177		
57/65	千倉	千倉	○					アース	22	95	71/78	仁田	仁田	○			重力C	33	104		
59/65	志生木	志生木	○					アース	23	124	73/79	当田	当田	○			アース	38	192		
60/65	若杉	白滝	○					重力C	34	139	75/79	神の川	神の川	○			重力C	23	233		
59/66	中尾星	木立	○					アース	25	138	75/81	勝本	後川	○			アース	31	148		
59/66	小中星	木立	○					アース	22	113	78/79	宇久	未申	○			重力C	29	334		
-/69	大平池	大平池	○					アース	16	120	80/82	久留里	久留里	○			重力C	24	105		
-/69	上池池	竹田津	○					アース	19	191	73/83	重井田	佐奈河	○			アース	41	171		
64/69	日出生	日出生	○					ロック	48	196	75/83	黒派	黒派	○			重力C	29	93		
-/70	十五池	道の内	○					アース	16	138	75/83	中山	々々川	○			重力C	25	85		
66/70	直川	直川	○					アース	25	81	75/84	青方	青方	○			重力C	28	131		
92/70	乙見	乙杵	○					アース	40	120	75/84	鈎道	鈎道	○			アース	41	171		
65/71	戸代の木	轟	○					アース	22	119	75/84	永田	永田	○			重力C	24	102		
67/71	安岐	安岐	○					重力C	35	173	75/85	長与	長与	○			重力C	36	171		
60/72	深見	深見	○					重力C	39	95	74/76										

## あとがき

西郷隆盛が西南戦争に敗れ自刃した鹿児島市・城山の登り口に「薩摩義士の碑」がある。私たちが学童の時は、木曽川などの河川改修に命をささげた平田駒負らの「義挙」をしつかりと教え込まれた。城山や鶴丸城を訪れるとき、まず、この義士の碑に一礼するのが慣例になっていた。碑ははるか木曽川に向かって建てられ、平田を頂点に正面に36人、左右に各25人の名が刻まれ、「恩讐を超えて」碑の中には幕府の役人の名もある。また鹿児島市内を流れる甲突川には「平田橋」もある。

江戸時代、宝暦3年（1753）、幕府は薩摩藩に対して、突然、愛知、岐阜、三重県に広がる濃尾平野を流れれる木曽川、長良川、揖斐川の治水工事を命じた。徳川幕府の本拠を災害から守り、同時に外様大名の代表格である薩摩藩の財政を枯渇させ、勢力を削ぐ一石二鳥の効果を狙った政治的な命令であった。当時薩摩藩はたびたび江戸城の改築、御殿の新築を課せられ、さらには鶴丸城をまで焼き尽くした鹿児島大火で財政が逼迫、膨大な借金に苦しんでいた。追い打ちをかける幕命であった。当然、徹底抗戦派と、恭順派に分かれ激論が交わされたが、家老・平田駒負は、幕命の是非、意図は別として、「水難にあえぎ苦しむ民のためには、薩摩武士としての働きを見せる」との決断を示し、藩主

も了解して幕命を受けることになつた。総勢約950人が旅立つた。幕府は直轄工事の名目で、幕吏を送つて監督し、夜明け前から深夜に至るまで過酷な労働を、高圧的な態度で強いた、という。罵倒と過酷な労働に、春普請だけで割腹した者36名、病死16名、秋普請ではさらに死者91名にのぼつた。宝暦5年4月、工事は完成したが、多くの死者と膨大な工事費を費やした責任を取つて平田は切腹した。享年52歳。薩摩義士をたたえた木曾三川治水神社にお参りして、木曽川、さらに飛騨川沿いを高山まで遡つたことがある。その水量の豊かさと流れの速さに圧倒された。オランダ人デレーケが「日本の川は滻だ」と表現したが、九州の川を見慣れた者にはデレーケの言葉がいかに実感に沿つたものか分かる。明治初期、木曽川、長良川、揖斐川の完全分流、導流堤の建設に当たつたのがデレーケであり、彼は九州でも筑後川の導流堤、宮崎の油津港などの建設に携わっている。

## その名は永遠に忘れない

下筌ダム建設で

も了解して幕命を受けることになつた。総勢約950人が旅立つた。幕府は直轄工事の名目で、幕吏を送つて監督し、夜明け前から深夜に至るまで過酷な労働を、高圧的な態度で強いた、という。罵倒と過酷な労働に、春普請だけで割腹した者36名、病死16名、秋普請ではさらに死者91名にのぼつた。宝暦5年4月、工事は完成したが、多くの死者と膨大な工事費を費やした責任を取つて平田は切腹した。享年52歳。薩摩義士をたたえた木曾三川治水神社にお参りして、木曾川、さらに飛騨川沿いを高山まで遡つたことがある。その水量の豊かさと流れの速さに圧倒された。オランダ人デレーケが「日本の川は滻だ」と表現したが、九州の川を見慣れた者にはデレーケの言葉がいかに実感に沿つたものか分かる。明治初期、木曾川、長良川、揖斐川の完全分流、導流堤の建設に当たつたのがデレーケであり、彼は九州でも筑後川の導流堤、宮崎の油津港などの建設に携わっている。

戦後の治水事業の中でダムは大きな役割を果たすが、同時に戦後復興、高度成長への「かなめ」的な役割を担うため、発電、灌漑など利水をも合わせた「多目的ダム」として総合開発事業へと進んでゆく。この過程で、松原・下筌ダム建設での「蜂の巣城の戦い」が展開され、公共事業と基本的人権がクローズアップされた。さらに福岡砂漠と呼ばれた都市用水の不足「水飢饉」によつて、筑後大堰が建設された。

厳しい現場が求める切実な土木技術。それは、今回取り上げた、若戸大橋から閔門橋、そして世界トップの本四架橋の建設技術に到達するまでには、「人と技術と情熱の物語」があった。それは多く語られるところなく、我々はその恩恵を享受している。治水事業の先達、古市公威は「元來、仕事といふものは、一人で出来るものではなく、多くの人々によつて初めて成就するものである

でも主力は下流、特に港湾整備、と河口に広がる水田耕地を守る築堤に注がれた。

ダムが治水目的で登場するのは、大正末になつてからである。鬼怒川に五十里ダム（大正15年着工）はその後の日本のダムを象徴するよう、建設予定地の断層に遭遇して中断、戦中・戦後の混乱期を経て、同ダムは立地場所を変えてようやく完成した。

今、薩摩義士の碑の前に立つて、「無名のまま」でいいのか、という疑問が心に生まれている。先人たちの「安全安心の国づくり」の理念と実行力は必ずや未来に語り継がねばならないと思う。

平田駒負がいきり立つ藩士を説得した言葉が残つている。「日本の国は、顔は知らなくともみな兄弟である。兄弟の中で水に苦しむものがあると知つたら、どんな犠牲を払つても助けてやるのが薩摩の心だ」（玉川孝道）



鹿児島・城山のふもとに建てられた薩摩義士の碑

開通から50年の「若戸大橋」、同40年の「関門橋」をはじめ本四連絡橋の取材に当たつて、建設に携わった技術者の方々を訪ねた。快く丁寧に、しかも技術的に素人の質問に対し、子供に言い聞かせるように幾度も繰り返し、お話をいただいた。東京在住の吉田巖、下川浩資氏をはじめ、80歳を超えてなお、かくしゃくとされ、土木技術者として誇り高く、厳しく、その明快な受け答えに気おされることしばしばであった。残念だが、インタビューに健康上、耐えられない方々も多く、あきらめざるを得なかつた。

彼ら建設技術の先駆者の「仕事」の後を受けて、今現在、維持管理、さらに大補修工事に取り組んでおられる北九州市道路公社、西日本高速（株）、現場施工の技術者にはお忙しい仕事の合間を縫つて高い主塔上から、またメインケーブルの点検など生の現場でのご説明、資料提供をいただいた。危険な現場で「100年大橋」を目指す技術者の意気込みがひしひしと伝わってきた。

また、鹿児島・川内川の取材では国交省川内川河川事務所の皆さんには、繁忙期にもかかわらず、現場での細かい取材に応じていただいた。川内川は「苦労の多い川」である。流域の特異な地形、地質から江戸期以来「河を治める」辛酸をなめてきた。現在、鶴田ダムの再開発、ユニークな分水路、輪中堤など総合的な治水技術が展開される「先端的な現場となつていてる。

ダム建設操作に関する技術的な取材は手ごわかつた。幸い、最も新しい大山ダム（筑後川水系）の建設、試験湛水、完成の過程を「現場取材」出来たことで実感的な理解が進んだ。九州の先駆的なダムである塚原ダム、上椎葉ダムなどについては九州電力の資料提供、現場取材など全面的な協力をいただいた。また、戦後の洪水調節など多目的ダムの建設については、山奥の厳しい気候の中で黙々と取り組んだダム技術者たちのお話や国交省九州地方整備局、水資源機構筑後川局の資料提供などがなければ到底、この「プロジェクト九州」Ⅲは出版にたどり着けなかつただろう。敬称は略させていただいた。

九州大学工学部工学部土木学科は創立100年を迎えるが、その記録、多くの工学部の先生方のご指導を受けた。特に監修に当たつていただいている橋木武名誉教授には各プロジェクトの全体的位置づけについての原稿提供を受け、一般の理解を助けていただいている。また、九州地域づくり協会（元九州建設弘済会）、日本風景街道九州ネットワークの皆さんの支援に感謝申し上げたい。

#### ◎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。







菅原発電所(遺構)



塚原ダム

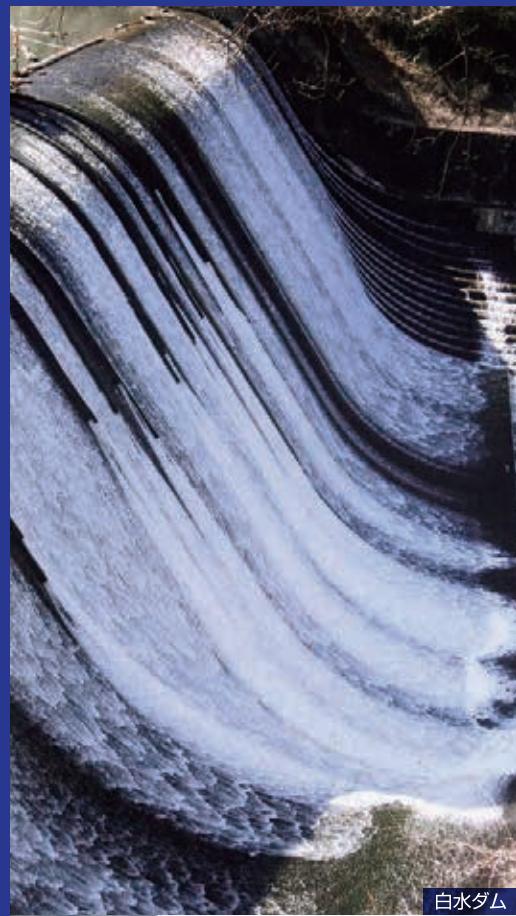
2013年9月15日 第1刷発行  
2019年12月1日 第2刷発行

●発行

一般社団法人 九州地域づくり協会  
〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目5番19号  
TEL 092-481-3781

●印刷

株式会社 西日本新聞印刷



白水ダム



平田鞆負像(鹿児島市平田公園)



豊稔ダム



市房ダム



満々と水をたたえた上椎葉ダム