

## 創刊100号記念特集号

### ■創刊100号を迎えて■

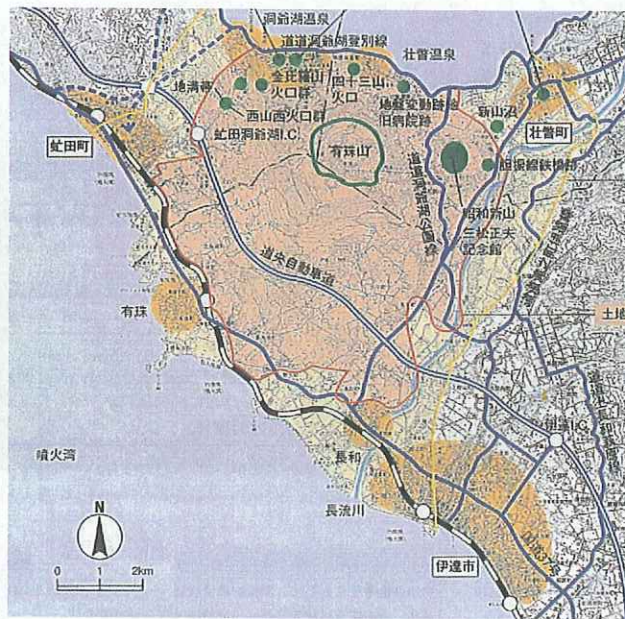
創刊100号を記念して	小野日出男	1
「地質と調査」創刊の頃(ころ)	竹村 因	2
思い出と感想及び意見	濟木幸平	4
通巻100号の発刊を祝って	弓削田英男	6
「地質と調査」創刊100号を迎えて	永木明世	8

### ■地域別ビッグプロジェクト■

北海道協会	有珠山の防災と復興対策	嫁兼敏和 岩崎秀樹	10
東北協会	森吉山ダム(CM業務を取り入れて進む大規模ダム建設事業)	中曽根茂樹	14
北陸協会	縄文から現代へ—20世紀最後のアーチダム・奥三面ダム	峰村 修 野沢英之助 石橋輝樹	18
関東協会	地下鉄「大江戸線」建設の軌跡	君島光夫	25
中部協会	中部国際空港セントレアの計画と地盤条件	豊蔵 勇 堀江宏保	32
関西協会	関西国際空港建設事業の概要	中谷行男 田川 浩 先森弘樹	38
中国協会	現代のオロチ退治 斐伊川放水路事業 国土交通省中国地方整備局 出雲河川事務所 中国地質調査業協会 技術委員会		43
四国協会	南海地震対策における ジオ・コンサルタンツの役割	永野正展	48
九州協会	博多湾の人工島埋立 アイランドシティの地盤特性と工事例	田島恒美 橋村賢次	52
沖縄協会	沖縄の地下ダム	城間永誠	58



3D デジタル画像 (平成 12 年 4 月 26 日撮影航空写真より作成)

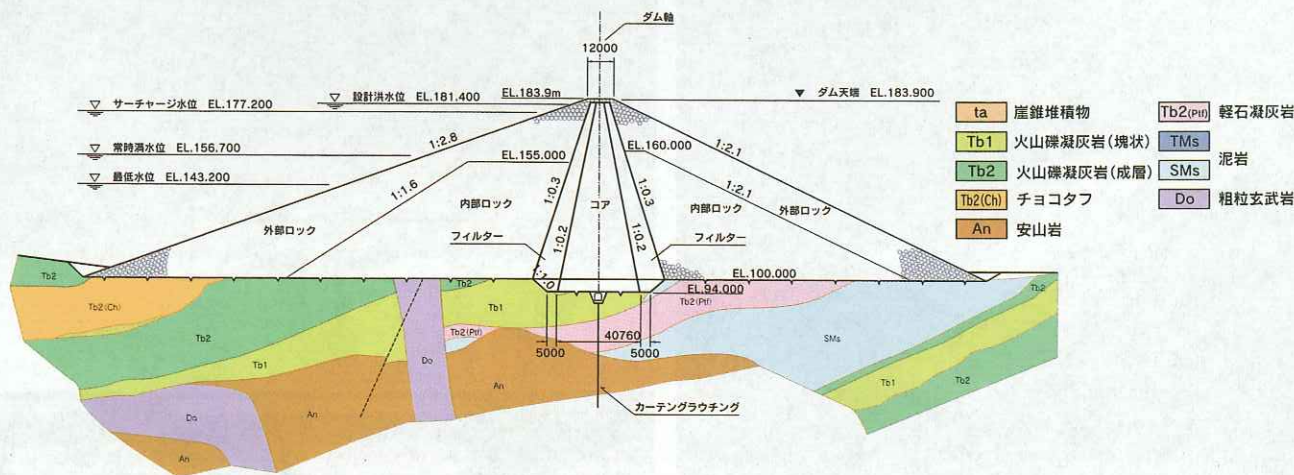


エコミュージアム構想の推進

口絵 1 有珠山の防災と復興対策 [北海道]



口絵 2 森吉山ダムサイト基礎掘削状況 (河床部および右岸側) [東北]



口絵 3 ダムの標準断面図および地質図 (森吉山ダムパンフレットより) [東北]



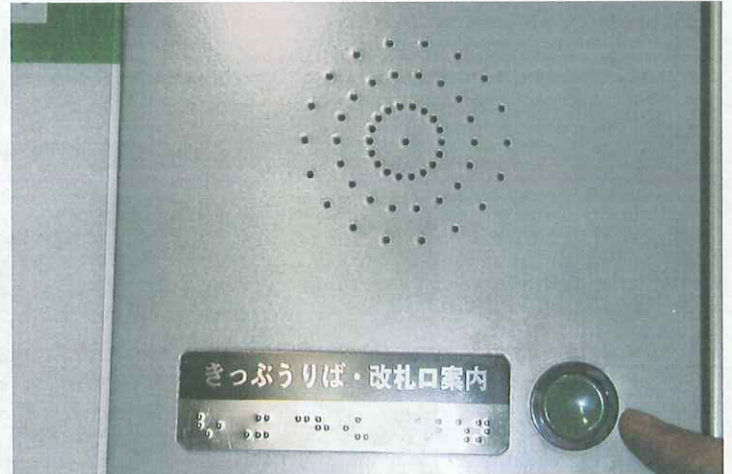
口絵4 本体コンクリート打設完了(下流面)(新潟県土木部提供) [北陸]



口絵5 本体コンクリート打設完了(右岸側からダム天端を望む)(新潟県土木部提供) [北陸]



口絵6 車椅子や目の不自由な方への優先通路(改札口) [関東]



口絵7 目の不自由な方のきっぷうりば・改札口案内 [関東]



口絵8 セントレア空港島全景  
(撮影平成16年3月)(中部国際空港(株)提供) [中部]



口絵9 ターミナルビル建設状況  
(撮影平成16年3月)(中部国際空港(株)提供) [中部]



口絵 10 関西国際空港 2 期事業完成予想図 (イメージパース) [関西]



工事前 (平成 4 年 8 月撮影)



現在 (平成 15 年 9 月撮影)

口絵 11 現代のオロチ退治 斐伊川放水路事業 (神戸川との合流地点付近から開削部を臨んだ様子) [中国]



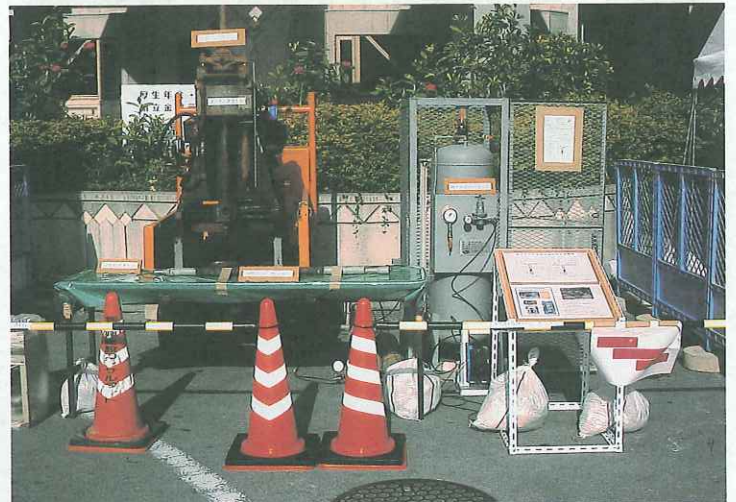
口絵 12 高知市内東中部・赤線内部市街地が津波による 5 m 以上の浸水地域 [四国]



口絵 13 アイランドシティ全景 (撮影：平成 15 年 5 月) [九州]



口絵 14 ダム軸施工後の復旧状況，現在は草地在広がる。  
(沖縄島与勝地下ダム) [沖縄]



口絵 15 地下ダム止水壁用現場透水試験装置 [沖縄]

## 創刊 100 号を記念して

社団法人 全国地質調査業協会連合会

編集委員長 おのひでお 小野 日出男

「地質と調査」は、本号を持ちまして創刊 100 号になりました。昭和 54 年 10 月に通巻第 1 号を発行して以来、時代に即した技術的な話題を中心に編集し、文字通り全地連の技術機関誌の役割を担ってきました。

本号では、創刊 100 号を記念して、歴代の編集委員長 4 名に寄稿をお願いし、往時の感想や編集に対するご意見をいただく企画をしました。また、各地区協会からは、地域に密着した特異なプロジェクトについて紹介していただきました。

「地質と調査」は年 4 回発行の季刊誌で、主に土木・建築分野の地質・土質技術者を対象にしています。読者層は、個人購読者はもとより社団法人 全国地質調査業協会連合会傘下の地質調査業者、建設関連の学校、官公庁、研究機関などの皆さまに定期購読をしていただき、発行部数は毎号約 4000 部になっています。

私は 1997 年 5 月から編集委員会に加わり、2003 年 5 月に第 5 代目委員長を拝命して、現在に至っています。委員会は拡大編集委員会を含めると年 6 回程度開催され、毎号の小特集のテーマと執筆者、やさしい知識・教養読本・シリーズものなどの選定を中心に時間をかけて議論しています。技術機関誌の性格上、地質調査の基本技術や電子機器を活用した探査技術、土木施工、防災、地盤環境、保全事業など、多岐にわたる技術領域のなかから時宜を得た内容のものを選び出し、適任と思われる執筆者を特定しています。読者層が多分野にわたっていますが、地質調査業の基本であるフィールドでの調査技術を軸足にして、バランスのとれた内容で、しかも一定の技術的な質が確保された技術誌となるよう常に心掛けてきました。

委員会としての事務的な作業の大半は、全地連の事務局や土木春秋社が行っておりますので、直接の作業は編集委員会および拡大編集委員会の進行役が中心です。昨年 7 月には全地連の創立 40 周年記念公開シンポジウム「若手技術者からの提言—地質調査業の今後を考える—」の企画を編集委員会が担当し、委員長の私が司会（コーディネーター）を仰せつかりました。

この公開シンポジウムは、全地連が平成 14 年 2 月に策定した「地質調査業の 21 世紀ビジョン」をもとに、各地区協会から集まった 8 名の若手技術者に意見交換をしていただき、今後の事業展開に反映させようと企画したものです。

「地質調査業の存在意義と他の業種と区別するアイデンティティとは何か」「地質調査業の新たな展開や解決すべき問題点は何か」「取り組み可能な技術領域には何かがあるか」などがメインテーマです。それぞれのテーマに対して、若手技術者らしく、自由で夢のあるしっかりとした意見が出され、今後の事業展開への提言になりうるものが多く見受けられました。詳細については、「地質と調査」の通巻 97 号（全地連創立 40 周年記念特集号）を参照していただければ幸いです。

全地連の森研二会長は全地連創立 40 周年を迎えたことを契機に、「地質調査業がさらに魅力ある産業として展開し、次世代を担う若者をも魅了する産業にするため、地質調査業の活性化を目指す」と述べておられます。

「地質と調査」に掲載される記事が、市場環境、技術動向、地域のニーズなどにすばやく対応した内容にすることが、森会長の方針実現に向けた側方支援になるものと確信しています。

「地質と調査」創刊号の座談会『雑誌「地質と調査」にのぞむ』では、当時の編集委員によって「地質と調査」の編集理念が語られています。そこには、「現場に直結した記事」「業界のイメージアップに貢献する内容」「技術的な問題の業界内の広場」「学術理論を実務者の窓から覗き見る内容」などの言葉が多く見受けられます。これらの編集理念は、暗黙了解事項として現在の編集委員会にも受け継がれています。

購読者の皆さまが、地盤に関わる諸問題の解決策の検討にあたり、「地質と調査」を第 1 級の参考文献として活用されることを期待して、今後とも編集委員会活動を続けたいと思っています。

最後に、これまでの発行にご尽力をいただいた原稿執筆者、事務局、編集委員など、関係各位に改めて御礼を申し上げる次第です。

## 「地質と調査」創刊の頃(ころ)

全地連初代編集委員長

たけむら ちなみ  
竹村 因

創刊は昭和 54 年 6 月で今年 25 年 100 号となる記念すべき年であります。この間業界の変化は大きく当時からは想像できない状況です。発行部数にも現われております。創刊時 3000 部、最高で 4500 部まで伸びたようですが業界の社員数減少などの影響もあって約 4000 部まで減少しております。誠に残念なことではあります。技術機関誌としての品位とレベルを維持して 100 号を迎えられたことは協会外の皆様、発注側の方々、関連業界の方々、編集委員をはじめとする会員の皆様のご支援、ご協力によるものと、創刊号の編集を担当した者の一人として深く感謝いたします。編集委員会は社団法人全国地質調査業連合会委員と各地区調査業協会の委員会から構成されて発足いたしました。

発足当時の委員は次のとおりでした。

連合会委員……委員長 竹村因・三木幸蔵・引削田英男・済木幸平・沓沢貞雄・矢島壮一

各地区委員……北海道 田中春雄・東北 長谷弘太郎・北陸 青木敏哉・関東 小黒讓司・中部 宮川和志・関西 大西武司・中国 中嶋和夫・四国 福井英吉・九州 古沢二

次に編集委員会発足時の状況などについて、2、3 思い返して見たいと思います。

協会の活動状況……当時連合会は業界の健全な発展を期待して種々な事業が活発に実施されております。

まず第一に昭和 52 年「地質調査業登録規定の実施、つづいて 53 年構造改善事業の実施など主に経営基盤の確立を図る事業が強力に推進されるなか、技術向上の施策としては「調査技士検定試験」の実施、国土建設学院の地質講座の開設、各種技術講習会・講演会の開催などが実施されておりましたが、技術が生命の業界としてはいま一つ技術向上の中核となる事業が必要であるという観点から連合会の技術機関誌として「地質と調査」の発行が決定した次第である。

ではどのような特徴を持った内容の誌にするか、まず、当時の連会梶谷会長の意向をおうかがいしたところ、理論的に高度な機関誌は当時の工賃工学会誌、「土と基礎」など他学会からも発行されているので当協会としては現場に立ちさわる立場から理論的な方向よりは実務的、経験的、いわゆる現場的な臭いのする誌ということで「中央公論」

でなく「文芸春秋」的なものと表現されておりました。

また協会員や発注者側、一部学校関係者のご意見も現場的、どろ臭い、実務的というニュアンスの内容を機待する声が多い雰囲気でした。編集委員会でも同様な意見が多く、あまり理論的に片寄った、固苦しい内容よりは現場から得る情報らしい、肩の凝らないユニークな内容の特徴とするが、一方業界を代表する機関誌でもあるから、一定の技術のレベルと品位は確保する必要があるため、現場臭さを失わず技術面でバランスのとれた編集を期待することにした。

読者層はどうするか……協会員の技術者は、現場管理を主業務とする者から解析業務、報告書作成を主業務とする者まで技術者の幅が非常に広い。また発注者、技術交流を期待して関連業界、技術指導、および業界への優秀な若い技術者導入の意味あいもあって学校関係者など広く求めることにした。

次に創刊当時の業界をとりまく背景について大型プロジェクトの発生状況を中心に関連事項を経時的に述べると大略次のとおりである。(3 ページに記述)

以上列記したように 60 年代初期までには、新幹線、高速度自動車道、本四連絡橋、大型ダム、地下鉄などほとんどの大型プロジェクトは完成し新しいものを作る建設の時代を終えつつあり、54 年創刊の前後の時期が当業界最後の最盛期であったように思う。

昭和 46 年の環境庁発足、45 年の田子の浦ヘドロ問題、光化学スモッグ発生、49 年の地盤凝固材アクリルアミド中毒事件、米国・ソ連での原発事故の発生などの出来事が、直接、間接的に建設事業のマイナス面が予見されつつある時期でもあった。

一方この間の技術の進歩は目覚ましい時期でもあった。構造物の大型化に伴って設計荷動は格段に増大し基礎の大型化、固結度の高い強固な地盤への基礎設置が要求され、ケーソン型式、大孔径鋼管杭、場所打ち杭などが多用されることになった。

また軟弱地盤上の盛土構築による安定な沈下抑制のため、サンドパイルなど種々の地盤改良工法が開発、施工された。施工法の開発、適用は調査技術の研究、開発と相互関係にある。

創刊号前後の主な大型プロジェクトと業界関連事項

年代	主な大型プロジェクトの動き	業界に関連する事項
昭和28	参宮国道改良工事完成(初の有料道路)	土と基礎1号発行
30	上椎葉ダム完成	日本住宅公団設立
31	佐久間ダム竣工	日本道路公団設立
32	八郎瀧干拓工事着工	技術士法制定
33	東海道新幹線ルート調査開始, 名神高速関連調査本格的となる	東海村原子研究所に原子の火ともる
34	東海道新幹線着工, 本四連絡橋調査開始	狩野川台風, 大阪国際空港供用開始, 関門国道トンネル開通
37	東海道新幹線丹那トンネル貫通, 若戸大橋竣工	メートル法実施, 伊勢湾台風, 首都高速道路公団発足
39	東海道新幹線営業開始(東京-大阪), 黒四ダム竣工(我が国最大)	首都高速初開通
40	名神高速全線開通, 名阪国道第3京浜国道全線開通, 大阪府寝屋川流域下水道着工	日本鉄道公団発足, 第18回東京オリンピック開会, 新潟地震(M8.4), 建設コンサルタンツ登録規定
41	京葉道路全線開通, 新清水トンネル貫通	松代群発地震発生
42	山陽新幹線着工, 千里ニュータウン高層住宅団地竣工	新東京国際空港を成田に決定, 空港公団発足, 東海原子力発電所初の原子力営業運転開始
43	霞ヶ関ビル竣工, 首都高速羽田-横浜線開通, 関門橋着工, 利根大堰通水開始	第3次中東戦争勃発(スウェズ運河閉鎖)
44	東名高速道路全線開通, 印旛沼開発事業竣工	十勝沖地震(M7.9)
45	山陽新幹線六甲トンネル貫通(16.25 km)	小笠原諸島日本復帰
46	東北, 上越新幹線着工, 青函トンネル本坑着工, 利根河口堰竣工	新四ツ木橋下部工リングビーム工法仮締り切り事故
47	東北縦貫自動車道(岩槻-宇都宮)供用開始, 東京国際空港4,000m竣工, 山陽新幹線営業開始(新大阪-岡山)	日本万博開会, 本四公団発足, 田子の浦へドロ問題化, 光化学スモッグ発生
48	関門自動車道関門橋竣工, 沼原ダム竣工(火山性堆積物上)	川崎生田ローマ斜面崩壊事故, 環境庁発足
49	山陽新幹線関門トンネル導坑貫通	沖繩日本復帰, 第11回冬季オリンピック札幌大会, 浅間山荘事件発生
50	中央自動車道恵那山トンネル本坑貫通	物価安定緊急対策閣議決定(狂乱物価)
51	山陽新幹線(岡山-博多)開業, 首都高速湾岸線東京湾海底トンネル貫通	地盤凝固材アクリルアミド中毒事件発生
52	苦小牧工業基地着工, 東北新幹線第一北上川橋梁竣工(鉄道橋日本一3,872m)	台風16号多摩川堤防決壊事故, 伊豆半島沖地震(M6.7)
53	大鳴門橋着工	日本下水道事業団, 宅地開発公団発足, 石油備蓄法公布
54	本四連絡橋尾道-今治ルート因島大橋着工	ミンダナオ島地震(M8.0), 台風17号長良川堤防決壊, 新幹線東京-大阪間の若返り工事(半日運休)
55	関越自動車道関越トンネル着工	地質調査業登録規定発足, 有珠山大噴火
56	本四連絡橋児島-坂出ルート着工	宮城県沖地震(M7.4), 伊豆大島近海地震(M7.0)
57	高瀬ダム竣工(我が国最大のロックフィルダム)	企業倒産史上最高, 構造改善事業に取り組む
58	上越新幹線大清水トンネル貫通	東名高速日本坂トンネル火災, 米スリーマイル島原子力発電所事故, 「地質と調査」創刊号出版
59	青函トンネル吉岡工区第5, 6本坑貫通, 本四連絡橋尾道-今治ルートの大三島開通, 川崎港海底トンネル(沈埋)完成	
60	新交通システムポートアイランド線開通	住宅都市整備公団設立
61	東北自動車道関越トンネル本坑貫通, 東北新幹線大宮-盛岡間開業, 上越新幹線大宮-新潟間開通, 中央自動車道西宮全線開通	
62	青函トンネル先進導坑貫通, 中央自動車道全線開通	日本海中部地震発生(M7.7), 伊豆七島三宅島大噴火
63	川治ダム完成	
64	新幹線上野-大宮間開通(東北, 上越両新幹線上野乗入れ)	チリ, メキシコ大地震
65	松山自動車道(四国初)開通, 本四連絡橋大鳴門橋供用開始, 関越自動車道全線開通	長野県地附山地すべり発生
66	明石大橋起工, 東北自動車道全線開通	
67	関西空港着工, 東北青森IC~九州八代IC間高速道により連結(2,002 km)	チェルノブイリ原発大事故発生, 東京湾横断道(株)設立, 伊豆大島三原山大噴火(全員避難)
68	青函トンネル貫通(世界最長53.85 km), 常磐北陸自動車道全線開通, 新部庁舎着工, 瀬戸大橋供用開始(世界最長)	国鉄民営化でJR7社発足, 千葉県東方沖地震(M6.7), 世界的に株大暴落
69	東京湾横断道起工式, 横浜ベイブリッジ供用開始	日米建設協議(建設市場開放問題), 東京ドーム竣工
平成1		天皇陛下崩御, 消費税スタート

したがって、この時期調査技術関連も研究、開発が盛んに行われた。

ボーリング技術の開発は当然のことながら、乱さない試料のサンプリングは沖積粘性土から、固結度の高い地盤へ、粘性土から砂質土へと対称地盤が大幅に拡大した。サンプリング径も9 cmから30 cmと大型になった。

このため土質・岩盤試験装置や試験法、試験精度など大きな進歩を遂げた。

調査法では間接調査法(電気, 磁気, 弾性波, 音波……), 原位置試験(プレシオメーター, 載荷試験など……)などが開発された。また計測として、杭のひずみ測定によってひずみや応力の解析による支持力機構の解明、盛土地盤の沈下や安定機構解析などが急速に進歩したがこれはコンピ

ュータによる多点計測の実現が大いに奇与した結果でもある。新潟地震をはじめとし、各方面で大型地震が多発し、地盤の液状化が問題となった。その解明には砂質土のサンプリングと動的土質試験開発の結果が奇与している。

土質力学の理論的確立の元地盤調査技術の開発、原位置試験、動態観測、土質試験の進歩とともに、コンピュータの発達で土質力学を身近な工学として発展させたとも言っても過言ではありません。一技術者として建設の時代に生き、多くの大型プロジェクトに参加し、また研究・開発部門に参加できたことを誇りに思っております。苦しい時代ではありますが品位を維持して次の100号を目指して前進されることをお祈りいたしております。



## 思い出と感想及び意見

全地連 第2代編集委員長

済木研究所 技術士事務所 さい き こう へい 済木 幸平

社団法人 全国地質調査業協会連合会が本年2月にめでたく40周年を迎えられ、またその技術機関誌(季刊誌)「地質と調査」がこのたび通巻100号を発行されるとのこと、心からお喜び申し上げるとともに関係各位に敬意を表します。さて、このたび、歴代編集委員長の一人としての寄稿依頼を受けましたが、私が編集委員長を務めていたのはかなり古いことですし、1996年に会社勤務を辞めた際、関係資料のほとんどを旧勤務先に残してきたので当惑しました。実は委員長を務めていた時期さえ正確に覚えてないのに加え、勤務していた会社は今や存在していないからです。そこで、土木春秋社に問い合わせたり、全地連のウェブサイトアクセスしたりして最小限の必要情報を入手、さらに手持ちの記録メモを探し出してなんとか原稿執筆に漕ぎ着けました。いま何気なく会社の破産やインターネット利用のことに触れませんが、これらは社会情勢の変化を表わす近年の事象であることに気づきました。

以下、私的体験を思い出しながら思いつくままに感想や意見を述べさせていただきます。

1979年(昭和54年)だったと思うが「地質と調査」発行前の企画会議が開催されそれに出席したことを覚えている。そして最初に設立された編集委員会では一委員として参画させていただいた。初代委員長の竹村さんは2年間で退任された。そしてどういふわけか私が2代目の編集委員長に選出された。資料を改めて調べてみたところ、私の委員長就任期間は1981年度から1988年度までの8年間に及び、担当した「地質と調査」は通巻9号(81-3号)から通巻40号(89-2号)までの計32巻に及んでいることがわかった。本当に驚いた。歴代編集委員長の中で、私ほど長期間務めた人はいないのではなかろうか。委員長にしろ、委員にしろ、会員企業から派遣された人たちであるが、それぞれ社内では重要な立場にあり多忙な日々を過ごされている人たちだからボランティア活動はかなりの重荷である。こんなことを書いているうちに、私は委員長任期中、矢島事務局長(現専務理事)に何回か退任の申し出をし、遂に念願が叶えられたときはほっとしたことを思い出した。当時、小生は働き盛りで、国内外の多数のプロジェクトを担当しながら、学協会等発行の専門書の原稿執筆や研究・技術論文

の発表を盛んに行っており、海外にもときどき出かけていた。そして年始休暇を迎えると、1年間蓄積していた疲労毒素が一挙に噴出するためか体中が痛くなり、休日中はずっと寝込むのが常であったからである。

しかし、全地連の編集委員会は他の学協会の委員会に比べるとはるかに楽である。小生は編集委員会に計32回出席したが苦労したという記憶はない。「地質と調査」の編集方針、編集委員会メンバーの構成等は創刊当初から定例化されているので、唯一の課題は小特集のテーマと執筆者であった。でも、委員会は多彩なメンバーで構成されているのでそれらも楽々と決まっていた。また、事務局長が委員として参画しているので事務的作業は全て事務局に任せればよかった。遅ればせながら、ご協力をいただいた当時の委員、事務局および土木春秋社の関係各位に厚くお礼申し上げます。編集プロセスは現在も変わっていないようであるが、毎号を特定テーマの小特集で編集するのは容易でない気がする。自由投稿原稿特集号を1~2年に1回程度の割合で発行してはいかがであろうか。

振り返ってみると、私が編集委員長を退任したのは日本のバブル経済期の末期に当たっていた。言い換えれば、私の任期中は国内経済が高度成長期であった。ご承知のように、資産インフレが主役となっていたバブル経済は、公定歩合の急激な引き上げ、政府の金融規制等がきっかけとなって1990年(平成2年)に突如崩壊した。その結果、不動産価格は暴落、土地への投資・融資は不良債権となり倒産会社が続出、旧来型の資本主義は破綻し、企業のM&Aおよび経済活動のグローバル化時代を迎えた。

実は日本の経済成長率は、1973年の第一次オイルショックが契機となって1974年から鈍化の兆しを示していた。1983年に全地連が設立20周年を迎えたとき「地質と調査」はその年9月発行の'83-3号(通巻17号)を「20周年記念特集号」とした。この特集号の最初に、編集委員長であった私は生意気にも「社会の根本的变化と技術の対応」と題する論説を書いて掲載した。その要旨は、計算機の進化を例に科学技術の進歩の話をし、経済の国際化を例に当時の繊維産業の変質、製鉄・鉄鋼産業の構造不況の話をし、国内インフラ整備の状況から土木を主体とする公共事業の将来性について述べて、我々が今後対応を図るべき分野は知

識と情報の高度利用技術、ソフト開発および防災・維持管理に関わる診断技術の開発であろうという内容だった。ところでその後の科学技術、特にIT技術、の進歩は急速だった。20年前に、マイクロソフト社の世界的企業化、(短期であったが)任天堂のコンピュータゲーム機の大成功、今日のような高性能・多機能のパソコン、インターネット、携帯電話等の普及を予想した人がいただろうか。これらは一般経済理論では予測困難な現象である。今後成功するビジネスも従来型に属さないタイプのものであろう。

20周年記念といえば、全地連は記念事業の一つとして、「新編 ボーリングポケットブック」を発刊した。このポケットブックは10周年記念に発刊されたのが最初である。小生は10周年記念および20周年記念の両方の発刊本の執筆に携わったので思い出すと懐かしい。元々深田淳夫さんの肝いりで発刊された本であるので、深田淳夫さんをはじめ池田和彦さん、江崎 勝さん、黒田秀雄さん等の当時の地質調査業界のリーダーが2回にわたって編集委員兼執筆者に名を連ねていた。10周年記念版委員長の深田さんは温和な紳士、20周年記念版委員長の池田さん(故人、元国鉄鉄道技術研究所地質研究室長)は野武士といった感じで、両者は好対照であったが互いに高協調性の間柄であった。

1982~3年頃、小生は時流に乗り遅れまいとして、個人的にパソコンを2台購入した。1台は米国製のApple IIc、1台は英国製のSinclair ZX 81であった。前者はインターネット対応ということで購入したが当時の日本には適当なプロバイダがいなかったし、購入後間もなくApple社はApple IIに代わる新機種Macintoshを売り出したので嫌気がさして実務に使うことはなかった。後者はおもちゃのようなもので、メモリ容量は極少、モニターには市販の携帯用白黒テレビを、データ等の記録にはテープレコーダを使用といったものであったが、プログラミングが楽であるのに加え、後で安価な専用CAD装置が日本で売り出されたので勤務先に持ち込んで仕事にも使うようになった。当時英文報告書を執筆する機会も多かったので報告書用の土質柱状図や各種関係図の作成に多用していた。1993年12月にバンコクで開催された国際会議に英文論文2編を提出し講演発表したことがあったが、その際の論文用関係図や講演用のOHPフィルムは全てこのおもちゃパソコンで作成した。いつごろだったか記憶にないがワープロ専用機も2台購入した。1984年に世界のパソコン標準機とされたMS-DOS、HD搭載のIBM PC/ATが売り出された。これを機に、新しいタイプのパソコンを購入し、その後は数年ごとに新機種を買い足してきた。日常使うのはその内の2台である。しかし、時々トラブルに遭遇している。文明機器は、省力化・利便性向上・効率化を図るものであるが、先端技術には落とし穴が潜んでいることもある。またそれらは、多機能化に比例して事故時の被害や社会的影響を増大させる。ときには凶器に変わったり、犯罪に利用されたりす

ることもある。企業と技術者は、利用者・公衆・環境の安全を至高とする倫理を仕事の基本とすることが重要である。

次に国土建設学院土木地質工学科のことについて触れた。土木地質工学科は全地連の支援で1971年(昭和46年)に土木地質科として創設され、1976年(昭和51年)に2年制の土木地質工学科に改編された。長年にわたり地質調査実務者の養成・教育機関としての役割の一端を担ってきたけれど、1990年代の後半から応募学生数が減少するようになり、遂に2002年3月で廃科となった。残念だがこれも社会変化を表わす一つの現象であろう。私は、創設当初の2年間と廃科直前の数年間を非常勤講師として携わった経験があるので、この学校での教育経験も懐かしい思い出の一つとなっている。

全地連との関わりがなくなった1990年以降は、私は主として米連邦政府との契約による在日米軍施設のA/E業務(測量、地盤調査、各種施設設計業務)とJICAの海外業務を担当していた。これらの経験から得た知見の2、3を披露し参考に供したい。

1992年頃だっと思うが、米国はスーパー301条との係わりで、日本の主要米軍基地の敷地地盤汚染調査を行った。その仕様書を見て驚いた。ボーリング機械はホロウ・ステム・オーガー(中空管式フライトオーガー)を使用のことで、機械器具に鉛、油、塗料を使ってはならない等の他、使用器具の洗浄方法や洗剤の種類、現場管理方法等がこと細かく書かれていた。困惑したのはボーリング機械のことだった。その頃の日本にはこの仕様に対応するボーリング機械(米国製)は1台しかなかったからである。

JICAの仕事(地方水道整備計画)でインドネシアのジャワ島とバリ島に計4回出かけ、延べ10カ月間にわたり両島のほぼ全域を調査したことがあった。ここではボーリングに関わる見聞例を挿話風に二つ紹介しよう。一つは、試験井戸の掘削や揚水試験の依頼先地元業者のある社長の例である。その社長は“実は以前ジャワ島で井戸掘りの巨大プロジェクトがあったとき、輸出入銀行の融資を受けて多数の大型油圧式ボーリング機械を日本のメーカーから購入し、そのプロジェクトを受注；完了後はボーリング機械のほとんどを地元業者に売って大儲けをした”という裏話を披露してくれた。二つ目は、ハンドオーガーボーリングで井戸掘りをしてきた若者たちの例である。軟弱層で構成される沖積地盤が対象になるが、彼らはジャカルタでは深さ40mの井戸を完成させたという話をしてくれた。商才に長けた老練なビジネスマンと、資金がなくても技能を活かして仕事を開発していた若者の例である。

最後に、いま日本は過去に経験したことのない人口減少化時代に突入しようとしている。人口減少は、少子・高齢化と併せ、今後の日本の最大課題になりそうである。

## 通巻 100 号の発刊を祝って

全地連第 3 代編集委員長

ゆげた ひでを  
弓削田 英男

通巻 100 号、おめでとうございます。季刊ですからここまで 25 年、1/4 世紀です。「継続は力なり」といいますが、内容もますます充実して、第一線の技術者の頼りにされているのは頼もしい限りです。発行を推進している全地連や地区協会の方々および土木春秋社の方々にお祝い申し上げますとともに、かつて多少発行のお手伝いをさせていただいたものの一人として、購読者の皆様に心からお礼申し上げます。

私は、昭和 54 年の創刊時から編集委員として、また平成元年からは済木さんの後を承けて三代目の編集委員長を仰せ付けられました。幸い「売家」にしないで永木さんにお渡しでき、ホッとしたのはつい昨日のような気がしますが、それからでも 30 冊も発行されているのは嬉しいことです。

この間、いろいろありましたが、思い出のひとつは、現場の技術屋としての考えから、小特集「失敗に学ぶ」を組んだことです。このときは、地区協会の方々にも多大の御苦労をお掛けしましたが、現場技術者の集まりの上に成り立っているともいえる全地連があって、初めてできた企画と多少自負しております。

編集のお手伝いをしたことによって、書籍や雑誌の出来上がり、それは体裁の面だけでなく、読みやすさや理解のしやすさ、訴えかける力強さなどが、編集によって大きく左右されることや、書き手の考えを読む人に余す所なく正しく伝えるにはどんな点に気を付けて書かなければならないかなどがわかり、これは日常の仕事として報告書作りに携わる身にとって有難いことでした。

編集委員会は、他社の方々と仕事を離れた楽しいお付き合いの場でもありましたが、それがまた日常の業務を進める上で少なからず役立ったように思います。

ところで、現在私達の業界はまことに困難な状況に置かれています。ごく最近、日銀の発表やその他の経済指標に、景気の底入れから持ち直しを唱えるものが目立つようになりましたが、実感からは著しく懸け離れています。これは、建設産業の中でも私達に関係の深い土木の分野の主要部分が公共工事だからです。公共工事費はここ数年減り続けており、昨年度はピーク時の 8 割程度に過ぎない上、予算が進捗率の高い工事に優先的に回され、調査関係の費用だけを比べると半分強に落ち込んでいます。これは、不

況による税収減や赤字国債の負担増など、財政上の問題によるのでしょうか、その裏には経済効率を第一とする風潮と、それに便乗して自然保護という大義名分を安易に利用している面があるように思われてなりません。

国内総生産に対する公共事業費の割合が、日本は欧米に比べて高いのは事実です。事業費の単価も高いといわれていますが、これらは、車社会の到来の時期がそれらの国々とはずれていること、国土の 8 割以上が山地で、平坦地も欧米のような大陸水河の侵蝕によって作られたのとは違って、軟弱な新規の堆積物で形成されていることなどにもよると考えられます。

公共工事のコストを引き下げることはもちろん大事ですが、単に採算のとれない事業を中止するというのでは地方の切り捨てになりかねません。しかし、最近の論議はすべてそのような方向に向かっているようで、例えば郵政の民営化にしても、裏では全国的均一料金の見直しまで考えられているといわれています。

公共事業は、本来自然環境と国民の生活や経済活動の維持の両面から、国土のあるべき姿を十分に検討した上で、適正な投資を継続して行うべきものです。近視眼的な縮小は、将来高い付けとして跳ね返ってくるのではないのでしょうか。最近地方では、バス会社が採算上から放棄した路線や始めから見向きもしなかったような路線に、自治体がバスを運行する例が増えています。ごく最近、東京の都心に区営の銭湯が出現したというニュースもありましたが、これらは、採算重視の公共事業の行く末を暗示しているように見えます。

一方、採算性の低い事業を中止することの裏には、都市での税収が地方に流れ過ぎるという声があるようです。もしそうなら、この際都市の再開発に力を注ぐことを考えるべきです。高速道路の問題はひとまず措くとしても、都心の道路の渋滞は完全に日常化していて、危険な状態です。主要な道路でも、緩速車線はおろか歩道すらないところも多く、一步裏通りに入れれば人や自転車が交通弱者であることをしっかりと体感させられます。近年、大都市において交通事故死者数が減少していますが、これは単にそれらの地域では車のスピードが出せなくなっているからであって、それは周辺地域では増加傾向を示しているの

が何よりの証拠です。市街地の改造を行って、人と車、さらには自転車等の完全分離を行うほか、車の規制や新型の路面電車(LRT)の導入などが必要です。これによって渋滞が解消できれば、単に経済効率が上がるだけでなく、事故の一層の減少や二酸化炭素の排出量を減らすことができるなど、一石何鳥もの効果が得られます。都市河川の整備もまだまだこれからの課題です。

しかしながら、公共工事の縮小は差し迫った問題です。私達は、上記のような主張を声を大にして訴えなければなりません。まず厳しい現実に対応しなければなりません。対応の方法としては幾通りかのやり方が考えられます。すでに実際の業務に反映させておられる方も多いと思いますが、気が付くままに以下に記します。

まず最初に考えられるのは、業務の範囲を時代の要請に応じて変更ないしは拡げることです。この点について、例えば環境問題などは、すでに取り組みが進んでいるようですが、単に工事が環境に与える影響を考察したり、それらを可能な限り少なくする工法などを考えるだけでなく、さらに自然環境の復元のための方法の検討などにも積極的に取り組む必要があります。河川ではすでにそのような動きが始まっており、生態系の破壊を招かぬように河川環境を残した改修や、あるいはそれを復元するような工事が行われるようになってきました。かなり以前から盛んになった魚道の研究も、この一環と見ることができましょう。

環境に関していえば、廃棄物が大きな問題となっております。それが環境に及ぼす影響の調査やその対策の検討などはすでに私達の守備範囲ですが、さらに一步進めて、その処理方法などに踏み込めれば、これまでとは別の客先を開拓できるのではないのでしょうか。

かつて、公業工事は行政機関が直接作業員を集め、器材も資材も自ら手配して施工していました。直営工事といわれるものです。堤防の上を、トロッコを引いた可愛らしい蒸気機関車が走っている光景を御記憶の方もいらっしゃると思います。それが、工事量の増大に伴って次第に外注することになり、行政側には調査設計や施工管理など、いってみればソフト部門が残されましたが、それも調査や設計などの業界の成長とともに急速に外注化して今日に到っていることは皆様御承知のとおりです。これをさらに進めてゆけば、次は事業の計画立案など、国土の将来像を考え、あるいはその基となる調査などが業務の対象となるはずで

す。また、最近では事業の実施に先立って、地域住民との対話が重要になってきていますが、それに伴って増加するであろう様々な事務手続き、例えば各種の委員会の設置や運営などを業務として受託することも考えられるのではないのでしょうか。

先に述べたように、私達の業界の受注高は、予算が直接の工事費に優先的に回されているため、公共事業費の減少の割合を大きく上廻って激しく落ち込んでいます。このような事態が続けば、近い将来に新規の工事に着手しようとした時に、調査が充分されていないという事態が起こる恐れが多分にあります。調査不十分のまま工事をすれば、安全性が問題になるほか、結果的に工費が高くつくことは明らかです。近頃、北陸のある地域でアルカリ骨材反応によってコンクリートに被害が生じているという噂を聞きますが、これなどは、既存資料の調査によってある程度避けることができたはずで

す。また、この反応は、近接して分布する同様の岩石であっても、岩体が異なれば生じないものもありますから、地質構造の調査を併せて行えば、原石山を遠く離れた場所に求めなくても解決できる可能性があります。このような問題については、単に業務を受注するだけでなく、調査の進め方やその内容について、客先に積極的に働きかけなければなりません。

調査の精度を高めることによって、安全でかつその場所に適した構造物を、環境に与える影響を最少にしつつ建設することが可能となり、工費を圧縮することに結びつきます。調査の精度を高めるというのは、調査数量を増やすということと同義ではありません。その地域の地形地質の特徴を把握して、いろいろな調査法を順を追って前段の調査結果を十分に踏まえて実施することです。このような手順を追って調査を行えば、無駄な調査を避けることもできます。仮に多少数量や調査項目が増えたとしても、調査費が工費に占める割合はごくわずかですから、上記のように直接工事費を減らすことができ、結果的には安価な構造物になるはずで

す。調査を、順を追って逐次進めるということは、工事の着工が急がれる場合にはなかなか実行できず、つい数量を増やして補なうことになりがちですが、現在のように新規工事の着工が急がれない時代にこそ、充分な時間をとった逐次的調査によって、効率良く精度の高い調査結果が得られます。着工時に調査の空白を生じないようにするためだけでなく、むしろこのような観点から、積極的に継続的な調査を実施することの必要性を客先に働きかけようではありませんか。

以上、思いつくままにあれこれ記しましたが、業界全体としても、あるいは技術者個人としても、この時代に生き残れるように対応してゆかなければなりません。そのような時代に、この業界の顔であり、かつ頭脳でもある本誌の役割りはますます重要になってきました。今後一層内容を充実して、私達の良き指針となっていただけるものと期待しております。

## 「地質と調査」創刊 100 号を迎えて

全地連第 4 代編集委員長

利根コンサルタント(株)技術統括部長 えい き あき よ 永木 明世

(社)全国地質調査業協会連合会(以下:全地連という)が発行している技術機関誌「地質と調査」が創刊 100 号を迎えたとのこと、心からお祝い申し上げます。

発刊当時は、原稿執筆予定者に「地質と調査」ってなに(?)と言われて説明することから始められたと聞いていますが、生みの親である先輩の苦勞はいかばかりであったかと推察しています。私が編集委員の仲間に入れていただいたのは、50 号くらいからすでに本誌は斯界に広く知られており、インプットからアウトプットまでの流れが円滑に機能していましたので、無事、大役を果たすことができました。

一度の欠落号も出さずに 25 年間、季刊誌として年 4 回、100 号まで連続して発行できたことは、全地連の矢島、藤城両専務理事始め、歴代編集委員の方々が一丸となって努力された結果と、加えて原稿執筆に協力していただいた斯界の権威の方々、全地連傘下の会員の方々の御協力の賜物と思っています。

「地質と調査」の対象読者層・内容・PR について、今から 25 年前の本誌の発刊に際しての、(雑誌「地質と調査」にのぞむ)の座談会で議論されていますので、これを繙いてみると、対象読者層は現場の人たちからレポートを書く人たち、そして学校関係者、発注者である官公庁と幅を広めています。内容については、あまり難しくない現場的なものから、さすがと思わせるような難しい論文もと要求されていますが、決して学会と覇を競うものではないといったコンセプトでスタートしています。全地連が経営の近代化と同時に技術の向上対策で大きな成果を発揮していましたが、このほかに早くから PR すなわち広報活動として、地質調査に関する公共投資に対する理解と、地質調査業界に働く技術者のプライドを高揚させるべく行動を起こしていたことがわかります。

技術機関誌の名称を「地質調査」としないで「地質と調査」とした背景には、「調査」だけに限定しないで、近接業種である「設計」および「施工」の他、防災、環境、公害の振動・騒音も対象にするとしており、今日のニーズを見越した名称となっています。

通巻第 1 号から 100 号までの小特集のタイトルを振り返って見ると、23 号までは地質調査に関する要素技術を中心

とした内容で、24 号からは地質調査のほかに防災、IT、メンテナンス、環境などがテーマとして取り上げられるようになり、最近では国際化や教育パラダイムなど、直接的には地質調査とは関係ないようであるが、ただし、地質調査を取り巻く周辺環境の変化を時宜を逸しないタイミングでうまく取りいれています。

防災については、日本のインフラ整備が進み公共投資が激減して行く中で、わが国は脆弱な地盤に加えて集中豪雨により洪水のほか、土石流、地すべりが多発し、火山では 108 の活火山を抱えて火山災害が頻発し、さらに世界有数の地震の多発国とも言われています。災害に強い基盤づくりにジオドクターとして、大地の診断、治療、予防、手術での活躍の場が期待されています。

環境については温暖化を例にとると、「IPCC」の報告によれば、21 世紀末までに地球の平均温度が 3°C 上がり、海面が 65~100 cm 上昇し、大気圏の CO<sub>2</sub> の増加が続くならば温暖化と海面上昇が加速し、1000 年後には人類は平野を失うと言われていました。故津田禾粒新潟大学名誉教授(元学長)の言葉を借りると、「地球の歴史は地球環境の未来が決して明るくないことを教えている。地質に携わるわれわれは地球環境の維持についての正しい認識と行動の先駆者となるべく、重大な使命をもっていることを痛感している。」と述べておられました。

以上は、将来への子孫のための警鐘であるが、このほかにも経済成長の発展に伴う負の遺産である土壌汚染や地下水汚染もクローズアップされています。

IT、メンテナンスも時代の要請で、いずれも重要なテーマと言えます。

国際化は、1993 年の日米建設協議(ガット)により、日本の建設市場が国際的に門戸が開放されたことにより、閣議了解により 90 年以上も続いたわが国独特の現入札の仕組みが、一転して犯罪行為とされました。このほかでは国際化に伴う国際規格(ISO)の普及、日本の計量法改正により、従来の重力単位から絶対単位である国際単位系(SI)が義務づけられました。

教育については、産学連携法案の制定や、国立大学の法人化などで、大学は大きな変革を余儀なくされています。

少子化やさらに小中学生の理科ばなれが進んでおり、業

界は人材確保において深刻な状況に迫られています。

大学でも理学のかつての理念であった真理の探究から社会に役立つ学問として、地質工学を教える先生が少ないと聞いており、業界から大学への進出と、大学の頭脳を業界が取り入れる産学連携の強化が望まれています。

全地連では、広報委員会を設置して広報活動に力をいれており、それなりの成果を上げていますが、市民広報にもより力を注いで欲しいと思っています。

私事ですが、最近、小中学生をターゲットにした岩石標本を作成しました。総合学習の一環として、身近な自然(川原)から15種類の岩石を採取して100箱を学校に寄贈する業務のお手伝いをしました。苦労したのは、岩石の特徴を専門用語を一切使わないで、平易な言葉で説明することでした。例えば、石英閃緑岩は、白っぽいご飯の上に黒い鉱物がゴマ塩のような感じで混ざっている。玄武岩は、黒色で、表面に鉛筆の先でつづいたような穴があいている。といった調子です。

子ども達が身近な川原の石を拾って、この石の名は、どこから流されてきたのか、どうしてできたのか、いつごろできたのか、と推理が働いて行き、山と川の恩恵を知る反面、土砂災害や洪水などの恐ろしさも同時に学び、地質に関する興味・関心を持つ切口になってくれればと切望しています。

このほかでは、火山の資料館の手伝いで、トレンチ掘削で火砕流と扇状地堆積物の境界を露出させました。火砕流には焼けて黒く炭化した丸太が、扇状地には自然状態の丸太が各々含まれており、これを現状を維持したまま、ハギトリによるブロックサンプリングに成功しました。ナマの迫力は格別で、展示すれば市民(小中学生他)にかなりの感動を呼ぶことでしょう。

今後の編集企画についての提案ですが、かつてのプロジェクト(大小は問わず、卑近な例でもよい)が数十年経過して、その間にどのような事象が発生しているかについて追跡してみるのも面白いのではと思っています。ヒントとして、軟弱地盤上の宅地地盤を例にとると、当初、予想できなかった様々な誘因で不同沈下が発生している例があります。盛土荷重に始まって、その後上流の市街地化が進み排水溝が計画され、掘削によって地下水位の低下で有効応力が増加したことによる不同沈下、集中豪雨により排水溝が満杯になって溢れて床下浸水時に、いったん盛土内に貯留された地下水が、降雨が止んで水位が急激に低下した際に、宅地地盤に亀裂や陥没といった大きな変状をきたし

ています。家の修復ないしは建て替えの際に、過去に床下浸水といった苦い経験をしていますので、大半の家屋が地盤を高くするために再盛土しています。この荷重により再度、不同沈下が発生しています。さらに地盤が落ち着いた頃に近接して工場が計画されて不同沈下が増幅されています。

以上は卑近な例ですが、地盤工学の専門技術者は、言われてみると理解できることでも、事前に予測することは困難な場合があります。また、行政側も公共性を理由にして住民に協力を求めてきますが、その結果、不同沈下が発生しても住民側は因果関係がわからないままリスクを負わされており、行政側の無知ではすまされないような事例もあります。軟弱地盤上の宅地造成については、かつては人も寄りつかなかった土地が日本全国でかなり開発されて各地に多くの人が住んでいます。色々な問題が発生しているのではないのでしょうか。

最後に、「地質と調査」の編集に通巻第100号のうち約半分近く担当した際の苦労話を二、三披露させていただきます。

100号まで一度も欠落号がなかった話を冒頭にしましたが、発行日に間に合わずに、若干遅れて発行せざるを得なかったことは、幾度かありました。予定した執筆者が直前にギブアップされて困ったこともありましたが、特に忘れられないのは、火山の研究をされている阿蘇火山博物館長の池辺伸一郎さんの所に直接向ういて、逼迫した日数での原稿執筆を無理とはわかりながらお願いし、無事、発行にこぎつけた時はヒヤリとしましたが、今では楽しい思い出として残っています。その節は本当に有難うございました。

次に小特集のテーマが集まらずに困った時期がありました。テーマは、年1回、全国の地区協会(10協会)の方々を集めて拡大編集委員会を開催し、提案していただくようになっていましたが、テーマが底をついたかのように、全く出されなくなり危惧されましたが、これもすぐに解消され、今度はテーマが多く出され過ぎて、これをさばくの嬉しい悲鳴をあげたのも楽しい思い出となっています。通巻第98号が無題号となっていますが、多くの貴重な提案をうまく消化してくれたものと推察しています。

無事、編集委員長の重責を果たすことができたことについて、全地連の関係者、(株)土木春秋社、編集委員の方々、原稿執筆に快く応じて下さった執筆者の方々には深甚の謝意を表します。

「地質と調査」のますますの発展を祈念します。

# 有珠山の防災と復興対策

(株)ドーコン防災保全部/総合計画部

よめ がね とし かず いわ さき ひで き  
嫁 兼 敏 和 ・ 岩 崎 秀 樹

## はじめに

我が国において、特に活動が活発な火山（Aランク）として13の火山が挙げられており、そのうち4火山（北海道駒ヶ岳、有珠山、樽前山、十勝岳）が北海道に位置し、2000年に入り最初に噴火したのが有珠山である。

このたびの有珠山の噴火は、有珠のホームドクターである火山学者的確な判断により危険区域の住民は事前避難を行い、人的被害はゼロという、まさに減災に成功した火山災害といえる。

今回の有珠山噴火災害で特筆すべきことは、ITや通信インフラの飛躍的な普及が被災住民の心の支えになったことは各所で言われていることである。特にインターネットによる情報収集・発信、さらに携帯電話の普及はめざましい。

一般市民は、一連の噴火の状況などは当時のTV映像や新聞報道等を通じて衆知の事であるが、すでに終息宣言から丸3年が経過しており、この間の復興対策の経緯と現状について本誌面を借りて紹介するものである。

## 1. 火山活動の経過

平成12年3月27日から火山性地震が頻発していた有珠山で、3月31日13時7分頃23年ぶりに西山西側山麓で噴火が始まった。

有珠山周辺では、3月27日午前から火山性地震が増加し、28日午後からは噴火の予兆となる山麓での有感地震が多発し始め、3月29日から30日にかけて地震回数はピークとなり、その後地震回数は減少する中、3月31日13時7分頃有珠山が噴火した。黒い噴煙は、上空3000m以上にまで達し、折りからの西～西南西の風により東方の壮瞥町、支笏湖を経て札幌方面へと流された。

翌4月1日11時30分過ぎ、有珠山北西側にある金比羅山北西山腹で新たな噴火が始まり、上空2000m以上に達する噴煙を伴う噴火は4月3日まで続いた。4月5日午前には金比羅山北西火口群から熱水が溢れ、周辺の火山灰とともに熱泥流となり西山川を流下し、一部温泉街に溢れた。

この噴火から1年余が経過した平成13年5月28日火山噴火予知連絡会の「マグマの供給は停止し、昨年3月に始

まったマグマ活動は終息したと判断される」という統一見解が出され、一連の有珠山の火山活動に終止符が打たれた。この事実上の安全宣言を受け、被害の最も大きい虻田町では6月20日に金比羅山火口（K-B火口）周辺200mの範囲（平成14年3月31日解除）を除き避難指示が解除された。

## 2. 復興計画基本方針と虻田町の復興事業

「2000年有珠山噴火災害復興計画基本方針」が平成13年3月に公表された。この施策体系に基づき関係3市町は実施計画に取り組んでいるわけであり、ここでは、事項において特に甚大な被害があった虻田町の防災施策について記載する。

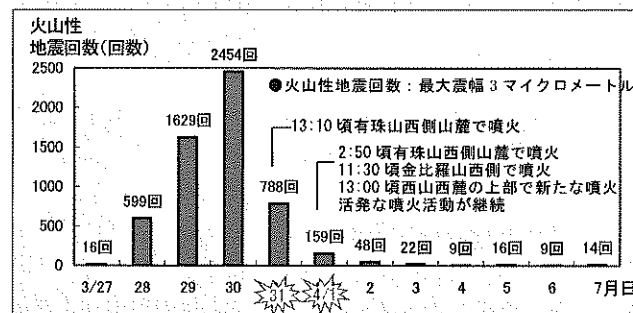


図1 火山性地震回数

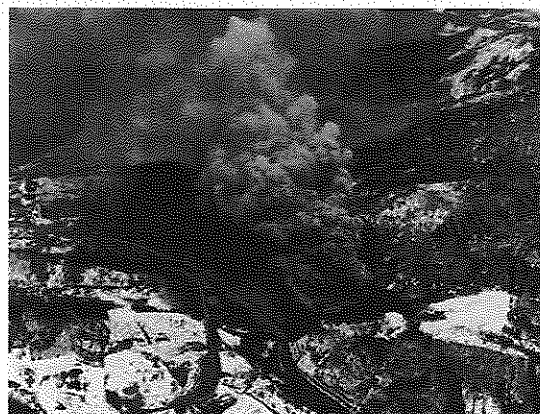
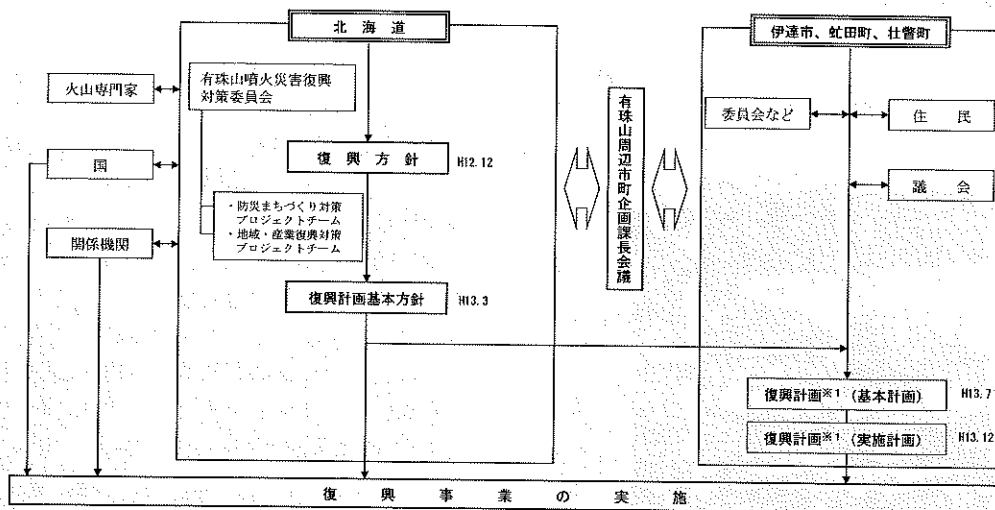


写真1 3月31日13:07頃西山西側山麓での噴火



- 復興方針：北海道が策定する復興計画基本方針の基礎となるもので、伊達市、虻田町、壮瞥町が策定する復興計画の方向性を示すもの（北海道が策定）
- 復興計画基本方針：北海道が広域的な観点から復興の方向性と施策の概要を示すもので、伊達市、虻田町、壮瞥町が策定する復興計画の基本となるもの（北海道が策定）
- 復興計画※1：復興対策のための市町が策定する計画

図2 復興計画基本方針策定フロー

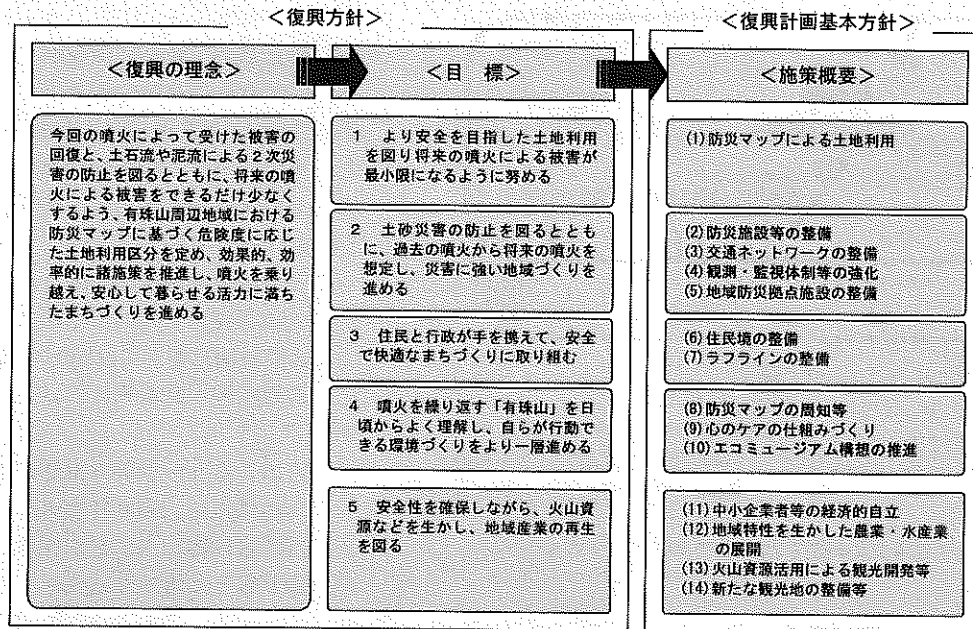


図3 復興計画基本方針施策体系図

### 3. 動き出した施策

遊砂地、流路工など泥流対策ハード施設整備は当然のこととして、ここでは21世紀中に数回の噴火が予想されることから、次世代のためにも地域が有する火山資源、優れた景観を生かした官民一体となった防災まちづくりの施策を中心に紹介する。(施策概要の(2)防災施設等の整備(4)観測・監視体制等の強化(8)防災マップの周知等(10)エコミュージアム構想の推進について)

#### (1)防災施設等の整備

ここでは、砂防施設の整備とともに砂防敷地内を平常時に地域のコミュニティの場としての利活用を検討する。



写真2 西山川砂防ダム (2004.4.7撮影)



## (2) 観測・監視体制の強化

### 一有珠山火山防災 WAN の構築一

現在、北海道室蘭土木現業所により有珠山周辺地域に気象や泥流等の災害発生を監視するセンサーおよび CCTV

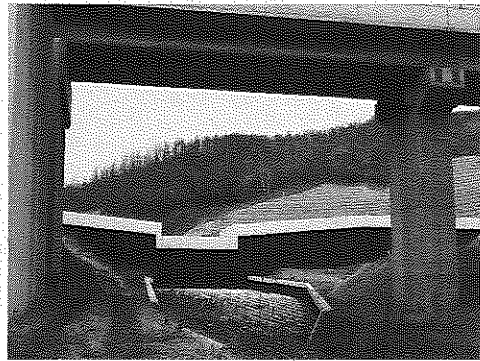


写真3 板谷川1号砂防ダム (手前は道央自動車道)  
(2004.4.7撮影)

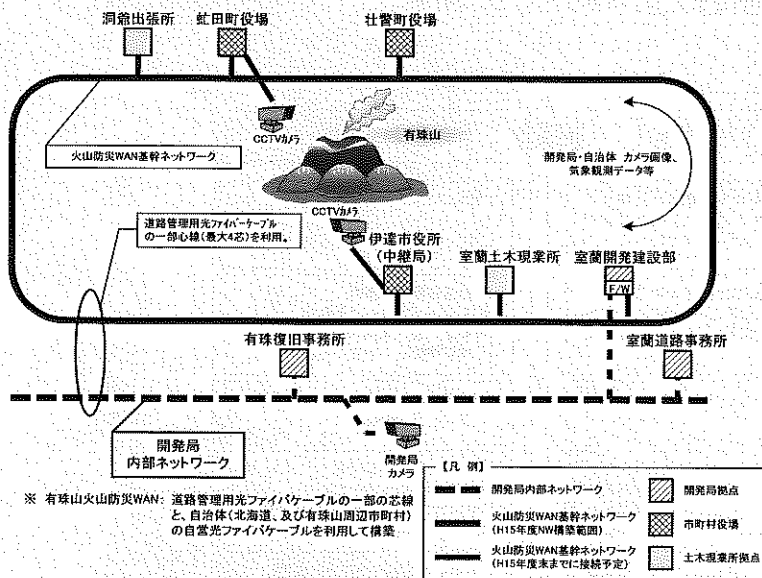


図4 「有珠山火山防災 WAN」の接続イメージ



表



裏

図5 新しい「有珠山火山防災マップ」A3判

カメラ等の観測機器および観測データを集約管理する光ファイバー等の通信設備が設置されている。また、災害発生時に土石流等の被災エリアに開発局有珠復旧事務所、室蘭道路事務所管轄の一般国道(37号, 230号, 453号)が含まれることから、室蘭開発建設部と北海道室蘭土木現業所が取得している火山防災情報を共有し、災害発生時の連携や被災地域の早期避難等減災に向けた対応強化を目的に「有珠山火山防災 WAN」の構築に向けた協議が行われている。さらに周辺市町との相互接続を図ることにより火山防災情報の共有が実現することとなる。

### (3) 防災マップの周知等一有珠山火山防災計画策定一

有珠山のハザードマップは、平成7年(1995年)昭和新生成50周年記念国際火山ワークショップ開催時に有珠山周辺市町村で作成された。この時の有珠山火山防災マップ(ハザードマップ)は、山頂噴火を想定した火砕流や火砕サージ、噴出岩塊による被害が発生する危険性が高い区域、および山麓噴火の発生する可能性のある区域などが記載されており、周辺市町村各戸に配布され、住民に対する情報提供がなされていた。

新しい有珠山火山防災マップは、2000年の噴火を教訓として、新たに山麓噴火として西山、昭和山、大有珠南東、金比羅山の4火口を想定して平成14年2月に改訂され住民への周知が図られた。また、有珠山防災会議協議会により、今回の噴火を踏まえた有珠山火山防災計画が見直された(平成14年4月)。

ここでは、火山噴火対応計画および予防計画の中で火山防災マップの活用がうたわれており、さらに、資料編において、2000年噴火時各機関の対応・避難状況が時系列に示されているのが特徴である。

### (4) エコミュージアム構想の推進

有珠山周辺は、2000年噴火で創出した西山山麓火口群や金比羅山火口群、泥流等で被害を受けた建物など数多く貴重な遺構が残されている。

このような噴火の遺構を火山活動や有珠山を学び知るすぐれた財産として保存しネットワーク化を図り、有珠山周辺を生きた火山の野外博物館とする構想である。

エコミュージアム構想を推進することにより、地域の防災意識を高め、防災力が向上するとともに新たな観光資源としての活用も期待される。

### おわりに

以上、復興事業の一部を紹介したが、この計画の期間は平成13年(2001年)を初年度とし、平成22年までの10年となっている。

この復興対策は、紆余曲折を経て

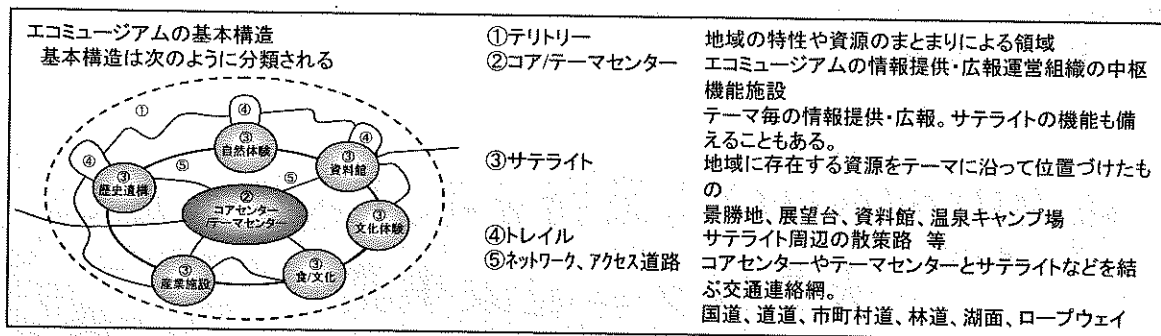


図6 エコミュージアムの基本構造

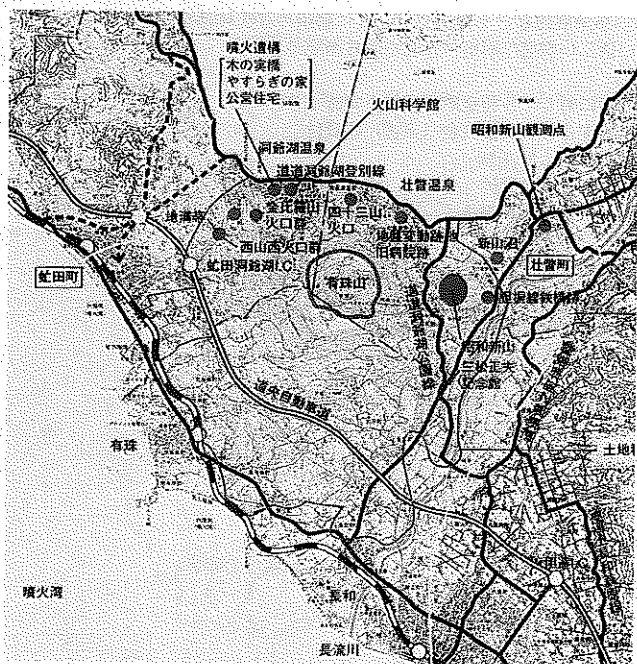


図7 エコミュージアム対象位置図

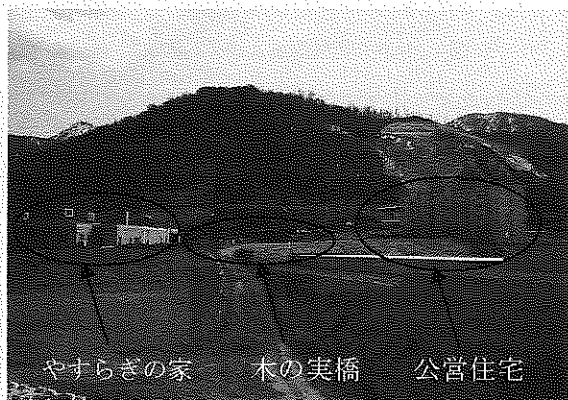


写真4 噴火遺構 (エコミュージアム構想) (2004.4.7撮影)

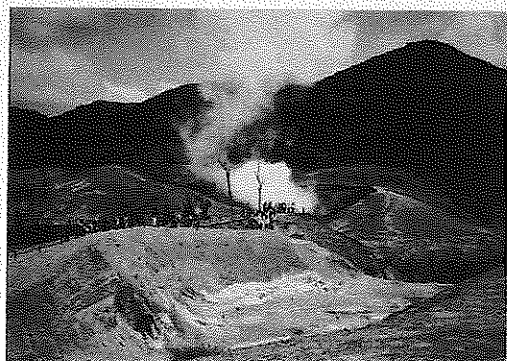


写真5 7月10日に解放された西山火口散策路 (2001.8.7撮影)

策定されたもので、防災マップを例にとると、防災マップは噴火の際、住民が危険区域の外に避難するためのゾーニングであると同時に土地利用の区域設定の範囲でもある。有珠山を取り巻く山麓地域は、Cゾーンと呼ばれ区域の土地利用は、商工業、農業、サービス業などの事業用施設および役場支所など特定の公的施設の土地利用とされている。その必要性については“将来の噴火に備え、短～中期的に、病院、学校、社会福祉施設などの移転を進める区域とし、住宅については、安全な地域への移転を視野に入れ、そのあり方を検討する”区域とされている。

これは、職住分離すなわち、住宅の移転という基本的な問題をなげかけ、本誌への投稿直前まで議論の対象となっていたが、この問題は白紙にもどされた。

一方、洞爺湖周辺の観光に目を向けると、2000年有珠山噴火が虻田町の主要産業である観光に及ぼした影響を、観光客入り込み数と洞爺湖温泉宿泊延数の推移でみると次のようである。

噴火前の観光客入り込数は1999年度の355万人から2000年度は127万人(99年度比35.7%)、2001年度は277万人(同比78.0%にまで回復)、さらに2002年度(4-11月)(88.5%)と順調な回復の兆しをみせている。宿泊延数からみると、2000年度は、1999年の77万6,000人から30万7,000人と39.5%にまで大幅に落ち込み、翌2001年度には、61万9,000人の79.7%にまで回復している。

また、ここで紹介した西山火口散策路のオープンは2001年の半年間だけで40万人が訪れ、2002年には開業期間の4月20日から11月10日の間56万8,000人に達し、観光復興に大きく貢献している。このように、観光業界と地域ぐるみの並々ならぬ復興への取り組みが功を奏し、少しずつ復興の兆しが現れてきていることを報告して本投稿の結びとする。

参考文献

- 1) 北海道：2000年有珠山噴火災害・復興記録、平成15年3月。
- 2) 北海学園大学開発研究所：開発論集「自然災害に伴う地域変化と復興に関する研究—北海道・有珠山噴火災害地域を対象にして」(2) 2003年6月。
- 3) 有珠山火山防災計画：平成14年4月有珠山火山防災会議協議会(伊達市・虻田町・壮瞥町)。

# 森吉山ダム (CM 業務を取り入れて進む 大規模ダム建設事業)

日本工営(株)  
なかそね しげき  
中曽根 茂樹

## 1. はじめに

東北地方における大規模プロジェクトを抽出するならば、幹線交通網整備事業と河川・ダム事業の2つの軸を中心に展開してきたとみることができる。東北地方の立地条件と豊かな環境をいかし、新たなゆとりある国土の創出にむけて、この2軸を中心にした社会資本の整備が重要であると位置づけられてきたからに他ならない。

特に東北地方の主要河川においては、大規模なダム事業が東北地方整備局を中心に数多く実施されてきている。この過程で、築堤技術や材料の有効利用などの面で合理的な技術の革新を進めてきた。地質技術の分野の貢献も大なるところがあった。

しかし昨今の公共事業をめぐる厳しい社会的条件の中では、さらなるコストの縮減・品質の確保・技術の継承といった課題が、より強く求められようになってきている。公共事業のより効率的な執行に向けて、民間マネジメント技術を積極的に活用した新たな発注・契約方式が目ざされている。東北地方整備局では、大規模工事であるロックフィルダム建設での森吉山ダム本体工事に「マネジメント技術活用方式+分離発注方式」を試行導入した。従来一括発注されていた堤体工事と原石山工事を分離発注するとともに、全体施工の一体性を確保するためにマネジメント試行業務(CM業務)を別途発注し、新たな施工監理システムへの取り組みをはかっている。

発注後2年経過した現在、森吉山ダムの建設は、本体ロック敷・フィルター敷の掘削をほぼ終了し、堤体の本格的な盛立にむけ工事が進んでいる。CM業務を取り入れて進む施工状況の報告とともに、CM業務の目的とその内容について述べる。

## 2. 森吉山ダムの概要

森吉山ダムは、秋田県北部の米代川水系阿仁川右支川小又川に計画されている多目的ダムである。米代川は東北地方を代表する河川であるが、流域に低平な盆地を抱えており、その間に狭さく部をもつ河川勾配に段差のある特徴がある(図1参照)。盆地の農業地帯を支える重要な水源であ

### ダム計画諸元

目的 洪水調節 既得用水の安定供給と水辺環境の保全  
かんがい 水道 発電  
集水面積 248.0km<sup>2</sup> 湛水面積 3.2km<sup>2</sup>  
総貯水容量 78,100 (千m<sup>3</sup>)

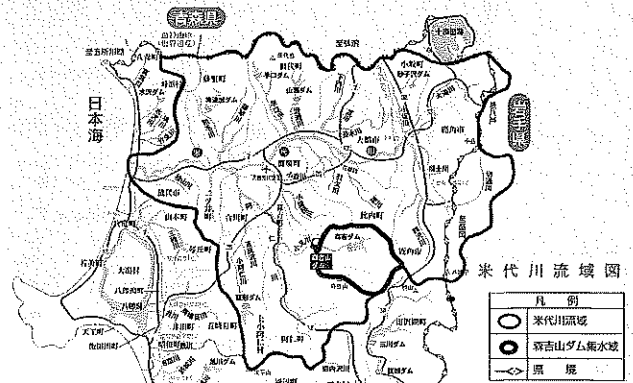


図1 米代川流域図およびダム流域図

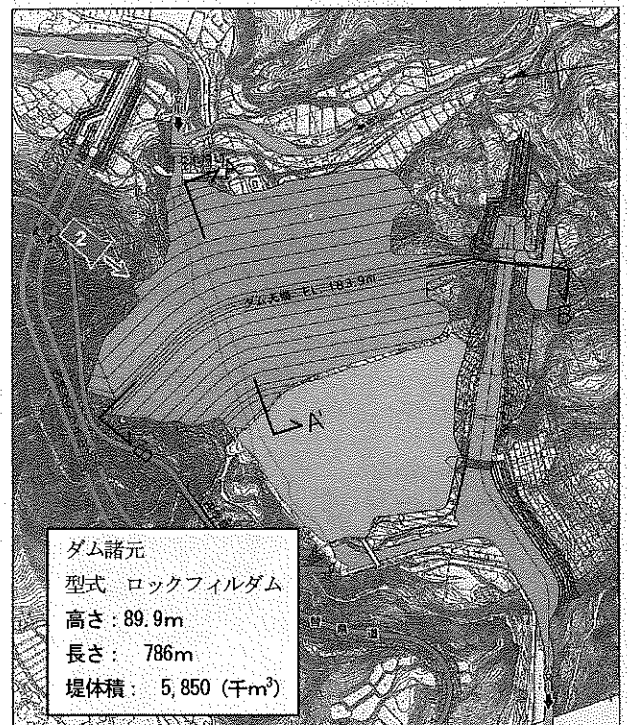


図2 ダム平面図(森吉山ダムパンフレットより)

るとともに、かつては秋田杉や奥羽山地の鉱物資源物資の運搬を支えてきた。一方で狭さく部では蛇行した流路があり、洪水被害も多く経験してきている。

昭和47年の大洪水を契機に上流域にダムを建設して洪水調節し、堤防整備をあわせて洪水被害の軽減をはかる一環として森吉山ダム建設は進められている。渇水時には下流域では、塩水の浸入が問題になることもあり、河川環境の保全も重要な目的の一つとなっている。

森吉山ダムの計画諸元は、次のとおりである(図1, 2)。

### 3. ダムサイトおよび貯水池の地形・地質

貯水池周辺は侵食が進み、やや開析された山地に位置している。貯水池の形状は、図3に示すように河川の蛇行を反映した細長いものとなっている。貯水池末端より上流側は急峻な山地に移行する。横断面的には底の浅い谷地形をなしており、湛水面積は比較的広い。貯水池内には、段丘堆積物や森吉山起源の泥流堆積物などが厚く分布し、フィルター材、細粒コア材等の主要な供給源となっている。また、いくつかの地すべりもみられるが、粗粒玄武岩の貫入の影響や流れ盤の地質構造に規制されている。ダムサイトは、左岸側が特異なやせ尾根となっており、直下流に大規模な地すべり(根森田地すべり)が隣接している。

ダムサイトを構成する地質は、新第三紀中新世の火山碎屑岩類および堆積岩類からなる桐内層とこれに貫入する粗粒玄武岩よりなる。大局的な地質構造は、貯水池のほぼ中央付近に南北性の軸とする緩い向斜構造をなし、西翼側にダムサイトが位置している。また貯水池の上流側には下位の安山岩が分布している(図4参照)。

桐内層は、石英安山岩質火山礫凝灰岩、灰色泥岩を主とするが、スレーキング特性の著しいチョコタフ(白タフ)のほか、安山岩溶岩なども部分的には含まれる。これらは、ダムサイトではおおむね、緩い上流傾斜を示している。また、貫入する粗粒玄武岩は大規模な岩床状のものが多く、岩脈状のものもあり、貯水池も含め不規則な分布を示す(口絵3参照)。

原石山は、貯水池末端の碎濁地区右岸側の急峻な尾根にある。上位と下位を火山礫凝灰岩、凝灰岩、泥岩などにはさまれて、標高190mから標高340m付近までほぼ水平な安山岩溶岩が分布する。岩相的には4区分され、それぞれ特徴的な材質を有しており、材料採取の目安となっている。

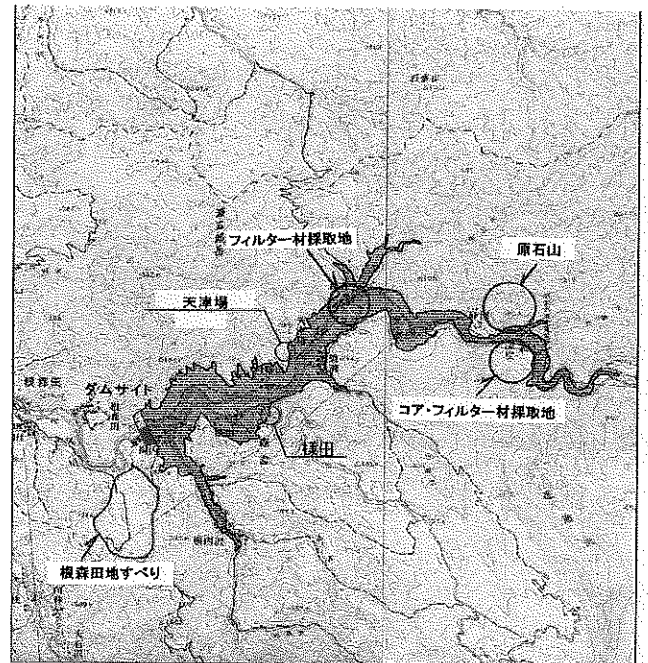


図3 貯水池平面図および材料採取位置図

ここでも、粗粒玄武岩の岩脈がみられ、複雑な貫入形状が原石山の切羽でも観察される。

### 4. ダム工事の進捗状況

#### (1) 基礎掘削工

ダム本体のコア・フィルター敷・ロック敷および洪水吐の基礎掘削工事は平成14年に開始された。本体部は基礎面の岩盤状況が比較的良好なことから順調に推移し、15年末の転流工の完成とともに河床部の掘削を行い、平成15年度末にはほぼ終了している。大規模な法面を配する洪水吐も斜面对策工を着実に施工しながら進み、シュート部の掘削を残すところとなっている。洪水吐のコンクリートの打設も始まり、大規模な直線的な形状が見えてきている(口絵2, 写真1)。

#### (2) 堤体盛立工

堤体盛立はまだ一部のロック材を試験的に盛り立てた段階である。仮締め切りも完成し、本格的盛立工の準備が整いつつある。

#### (3) グラウチング

リム部のカーテングラウチングはおおむね完了し、プラ

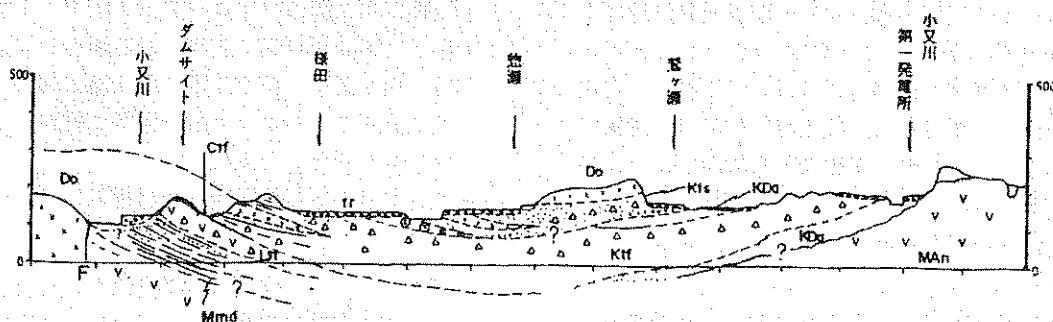


図4 貯水池地質構造概念図

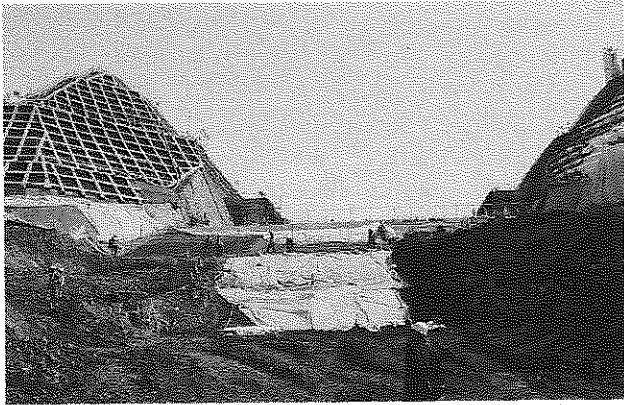


写真1 洪水吐の施工状況（下流側より望む）

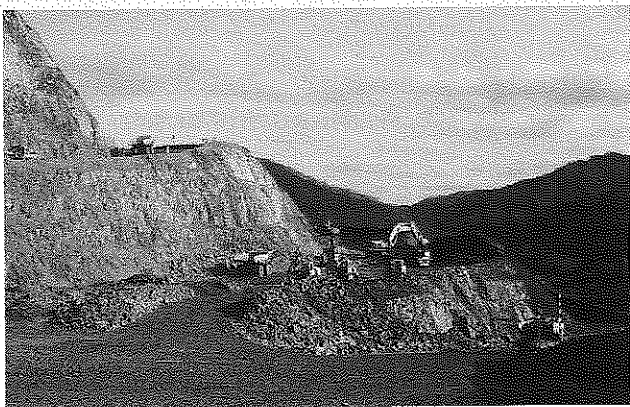


写真2 原石山（安山岩）の掘削状況

ンケットグラウチングは掘削を迫って実施中である。基礎岩盤は比較的難透水性であり、施工数量は減る傾向にある。

#### (4) 原石山採取

骨材の採取や試験施工のための材料採取、粗粒コア材などの生産を15年度後半から開始している。冬期は材料採取はしていないが、法面保護工を大規模に実施している(写真2)。

#### (5) その他工事

建設発生土受入地の工事も大規模なものがあり、根森田地区では約150万 $m^3$ の造成がなされた。地すべりの末端部の押え盛土の役目も果たしている。

### 5. CM業務の目的

大規模なダムの本体工事が進行すると調査・設計時に予想されなかった事態などが次々と発生してくることが多い。特にフィルタイプダムの場合には、大量の材料を安定供給できる原石山が必要である。発生材料の品質が確保できない場合には、ゾーニングの変更などを検討し、ダムの安全性を確保する必要がある。また、基礎掘削深度を変更することにより、掘削量の低減につながるが多い。

さらに、自然環境保全の視点から環境負荷の軽減などに細かな配慮が欠かせないなど、施工管理面での難易度もま

これらの現場に適切に対応し、「品質確保」「コスト縮減」「工程短縮」「安全性の向上」といった課題に的確に対応していく必要がある。これらは、設計法の改良、施工の合理化、新工法の開発・導入といった施工計画・施工技術の向上に加え、施工管理技術の向上が不可欠である。このような背景のもとでマネジメント技術活用方式+分離発注方式が採用された。

この効果として、

- ・両方式のそれぞれの役割と責任を明確にすることで技術的な緊張関係を生み、各工事の技術的競争力が高まり全体工事の最適化がはかられること
- ・さまざまなVE提案や全体的協議を通じ品質の保持とコスト縮減がはかられること
- ・客観的な技術判断のプロセスとこれに関わるコストの関係が明確になり、工事全体の透明性が向上することなどといったことが期待される。

具体的には、現場における施工監理業務とコスト縮減提案のように後方支援グループも加わり検討するものも含まれる。ここでは主に現場にかかわる業務について述べる。

### 6. 施工監理業務の内容と体系

現在、ダム施工監理の資格要件をみたとす経験豊富な管理技術者とそれをサポートする主任技術者、およびベテラン技術員2名が現場に常駐し、下記のような主たる業務を実施している。

#### (1) 材料評価等の技術管理

- ・施工計画書照査：詳細施工計画の提出要請と評価
- ・基礎掘削：基礎岩盤面の資料に基づく評価・不良岩・断層等の処理の検討・処理方法の指示の伝達・基礎地盤検査立会い
- ・材料採取：各材料（粗粒コア 細粒コア ロック フィルター骨材）の適性評価  
試験材料位置の選定と試験結果による材料判定各材料の品質管理試験結果の評価
- ・堤体盛立工：盛立試験 グラウト試験(基礎処理計画)に立会い・評価し報告する。コア、フィルター、ロックの施工状況目視確認、盛立後の品質管理の評価
- ・洪水吐工：洪水吐コンクリート施工状況目視確認  
品質管理試験の結果評価
- ・設計変更に関する施工監理：堤体ゾーニング・洪水吐等の構造の検討
- ・全体工事工程のフォローアップ照査：工程短縮提案
- ・第1工事および第2工事に関する環境対策検討

#### (2) 第1工事 第2工事に関する施工調整

- ・盛立計画とロック材採取計画等 材料供給と需要のバランスを考慮した工程調整
- ・コンクリート打設計画と骨材採取・製造計画の工程調整
- ・第1工事 第2工事に関する文書調整

#### (3) 施工監理の体系

対象とする項目によって意思決定の伝達手順は異なる

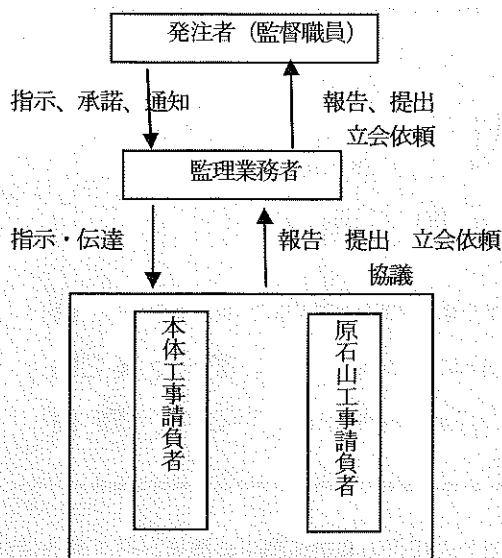


図5 現在の施工監理の体系

が、発注者・監理業務者・工事請負者の関係は基本的に図5のようになっている。

### 7. おわりに（CM業務の課題）

森吉山ダムにおけるCM業務は試行的なものであり、技術的視点からモニタリングの対象になっている。その目的は、大きく次の2点である。

(1) マネジメント活用方式による新しい施工管理システムの有効性の確認と継続的な改善

(2) ロックフィルダムの建設コスト構造の明確化  
評価の対象項目は、以下のような項目である。

- ・品質の保持（材料の品質 工事の品質）
- ・コストの縮減（インセンティブ付コスト縮減提案含む）
- ・コスト構造の明確化 施工全体の透明性への寄与
- ・確実な現場管理
- ・コミュニケーション（情報の共有システム・電子化）

上記のような内容に具体的にどのように寄与しているか

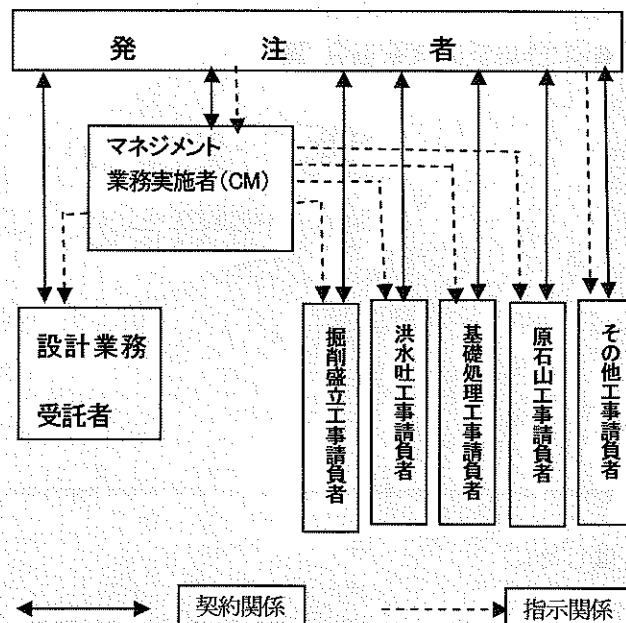


図6 ロックフィルダム建設工事におけるCM業務の将来的イメージ

といったことを、発注者および施工者からの調査結果をふまえて、第三者機関が審査を行うことになっている。

試行2年を過ぎて品質保持・コスト縮減（日常業務）・確実な現場管理などに関しては着実に進行しているが、コスト構造の明確化、施工全体の透明性への寄与やコミュニケーションなどではまだ課題が残されている。

東北地方整備局では胆沢ダムにおいてもこのCM業務を導入しており、さらに監理業務者の業務範囲・権限をひろげた取り組み（設計段階への関与）が実施されている。

東北の大規模ロックフィルダム建設工事におけるこの新しい施工監理業務が、確実に社会資本整備に貢献していくものとみられる。ダム技術は、基礎・材料・斜面安定といった面で地質と密接に結びついている。施工段階における地質技術者の貢献もますます重要性をましている。

#### ●新刊紹介●

日下部治 著

土木系 大学講義シリーズ⑦ 土質力学

A5判/280頁/定価 3465円（本体 3300円）  
コロナ社

本書は、土木工学課程ではじめて土質力学を学ぶ大学学部生および高等専門学校の学生を対象として書かれた教科書である。他の教科書とは異なり、地盤と土質力学を関連づけて現象を説明し、土質力学がどのように工学的問題に利用されているのかをわかりやすく記述している。また、締め固めや破壊解析、カムクレイについてもくわしく記述している。



いる。

地形の特徴は、当ダムサイトから下流の三面ダムまで急峻な山岳地帯であるが、当ダムサイトから上流域は開析された河岸段丘の発達する小盆地状を呈している。それらの地形は、おおむね地質の違いを反映し、三面川中流域に至る丘陵、山岳地帯は古期堆積岩類、花崗岩類が、中流の奥三面ダムサイト付近から上流には新第三紀堆積岩類が分布し、開かれた小盆地地形を形成している。

ダムサイトの地質は、新潟県北部朝日村から山形県小国町付近に発達する新第三紀中新世前期の北小国層と呼ばれる流紋岩質溶結凝灰岩(K-Ar年代で23 Ma, FTでは23~19 Maを示す)であるが、ダムサイト河床下約80 m以深には基盤の古生層との間に砂岩泥互層を挟在する。岩質は緻密堅硬で塊状、層理は判然としない。北小国層の分布地形は一般に急峻で裸岩箇所が多く、河谷はV字谷を呈す。ダムサイトはかつてカネツボ溪谷と呼ばれていた景勝地の一部である。

ダム基礎はC<sub>H</sub>級岩盤とし、設計剪断強度は200 t/m<sup>2</sup>、内部摩擦係数は1.0を採用した。また、基礎岩盤に発達する亀裂は一般に高角度で密着しているが、右岸側に地表風化による開口亀裂が認められた。主要な断層はダム軸上流側のF-10断層であるが、落差、破碎帯規模は小さい。基礎岩盤の透水性は地表から深度30~40 mまで10 Lu以上、60

m以深ではほぼ2 Lu以下を示す。地下水位は左右岸とも低い。

### 3. 縄文の土木工事（奥三面遺跡群）

奥三面ダム貯水池内、およびその周辺から奥三面遺跡群と称される19カ所の遺跡が発見され、朝日村教育委員会により昭和63年から平成10年にかけて現地調査が行われた。遺跡のほとんどは標高200 m前後の河岸段丘上に分布し、段丘は高位の樽口段丘(標高207 m)から中・低位のアチャ平段丘、坂巻段丘(標高194~186 m)の3グループに区分される。それら遺跡は、後期旧石器から縄文、弥生、古墳時代まで確認されているものの、弥生時代以降は少量の遺物が認められる以外、集落形成は確認されない。

奥三面遺跡群のうち、発掘調査当時「縄文の土木工事」と報じられた遺構が発見された元屋敷遺跡は、支川末沢川合流点から約2 kmほど上流の三面川左岸に分布する3段の河岸段丘上にあり、最上位を本道平遺跡、中下位を元屋敷遺跡と称する。元屋敷遺跡は上段、下段に分けられ、顕著な集落跡は上段(標高198~202 m)にある。集落形成は縄文後期から晩期のおよそ1千年にわたり、奥三面遺跡群中最大の集落を形成していた。

縄文の土木工事遺構を図1、写真1~3に示す。遺構は、砂利舗装道路、堤防様盛土、川の付け替えと護岸である。いずれも長期にわたる生活、生産(石斧)環境を機能的に整備した様子がうかがわれる。元屋敷遺跡のある上段は、本

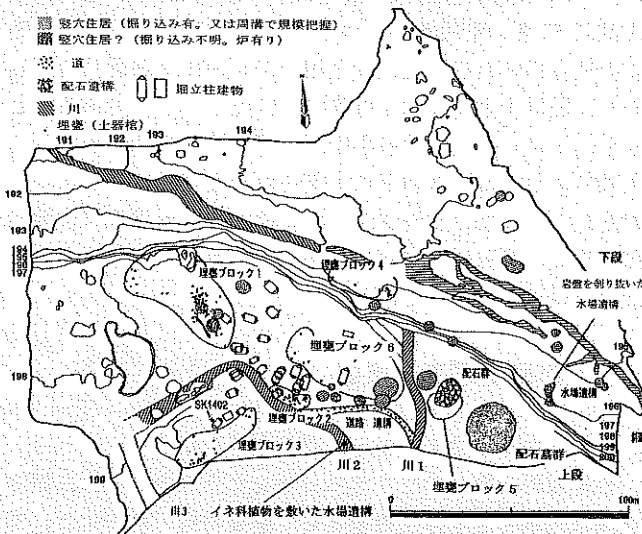


図1 元屋敷遺跡概略図



写真2 旧川沿いの盛土遺構 (提供: 新潟県朝日村教育委員会)



写真1 砂利舗装道路遺構 (提供: 新潟県朝日村教育委員会)



写真3 付け替えた川の護岸遺構 (提供: 新潟県朝日村教育委員会)



道平遺跡からの浸透水が常時段丘崖に湧出し、良質な水源となっていたものの、湧水や降雨時の出水により湿潤状態を呈し、住環境としては好ましくない所であったであろう。

砂利舗装道路遺構は、2カ所の湧水を結ぶように段丘崖沿いに40mほど認められた。それらの湧水は磨製石斧の生産に利用されていたと考えられているため、その道路には特定の用途があったと見なされている。後ほど、その道路遺構は2カ所の湧水を源として崖沿いに流れていた小河川を一部埋め立て湧水間の連絡を断ち、水量の多い東側湧水を段丘面を横断するよう川を新設、付け替えた後、川跡上に築造されたことが判明した。その川跡からは、住居側に堤防様盛土も発見された。

一方、付け替えられた川の東側は墓地、西側は住居地とを明瞭に分けており、この川と分離に区画整理的意図も指摘されている。付け替えられた川跡からは、護岸様の石組みの発見と、何度か補修した形跡も認められ長期にわたる住環境の保全に努めていたことがうかがわれる。

非常に長期にわたり定住していたと考えられる元屋敷遺跡からの出土品は大量で、県内でも最大規模である他、黒曜石製品、翡翠の装飾品、接着剤のアスファルト、蛇紋岩製の石斧など広域的な交流品も多い。それら出土品から、かつてはこの地が地域間交流の拠点であったと考えられ、「秘境・奥三面」と呼ばれていた三面集落は一躍脚光を浴びることとなった。

#### 4. ダム建設にかかる特色ある施工

当ダムは、20世紀最後のアーチダムであることから日本のアーチダム建設技術の集大成と最新の土木建設技術を駆使した。それに加え、開発中の技術については試験施工を行い、施工の合理化とコスト縮減、工期短縮に効果があると判断された場合、積極的に採用した。

##### (1) 高流動コンクリート

アーチダムは、重力式ダムのように重さで支えるのではなく、水圧などの作用した外力を、左右岸の岩盤に伝達するアーチアクションと基礎岩盤におけるキャンチレバーの両方で支える構造物である。また、ダムには常用洪水吐きや管理通廊などが堤体内に設置・埋設される。このため、ダム堤体には高い圧縮力に加え、それら構造物周辺には複雑に引張応力が作用する。この結果、当ダムでは設計基準強度 $31.9\text{ N/mm}^2$ のコンクリートを採用した。しかし、常用洪水吐き周辺には、D51の鉄筋を30cmピッチで2段で八方に配置した結果、有スランプコンクリートではポンプを用いても打ち込みが不可能な構造となった。そこで、すでに現場に設置されている仮設備を用いて製造可能な高流動コンクリートを採用した。配合設計や試験施工、温度応力解析などを検討した結果、併用系高流動コンクリートに、液化窒素のプレクーリングを組み合わせることで発熱抑制目標を満足することができた。また、開発した高流動コンクリートの自己充填性能を応用して調査横坑や仮排水トンネルの閉塞工事を行い、工期短縮を図った。

##### (2) 岩盤PS

前述のようにアーチダムは、岩盤で支える構造物である。したがって、ダムの下流側岩盤が安定していることが必要である。当ダムは、事前調査で左右岸に川とほぼ並行する方向で、高角度の断層がそれぞれ確認されていた。この断層を境界に下流岩盤が剛体滑りや川側へ崩壊した場合、ダムの安定性が損なわれる。アーチダムでは、一般に下流岩盤を補強するため、岩盤PS工と呼ぶ長尺のロックボルトを施工する事例が多い。当ダムでは、検討の結果、最長60m、最大緊張力79.8t/本のロックボルトにコンソリデーショングラウチングによる岩盤改良、水抜ボーリングを併用し施工した。

##### (3) のり面緑化

当ダムでは、環境庁との協議により人工的なのり面はできるだけ緑化を施すこととした。また、緑化ではダム周辺の自生する植物を基本として外来種などは最低限に抑えることも条件となった。堤体掘削に伴い生じた、高低差100mを超える5分勾配ののり面を緑化した。のり面は岩盤で地下水位がきわめて低く、雨水以外は期待できないことから、法枠内に貧配合モルタルと厚層基材、保水材を施工した。緑化後、5年以上を経過したが、植物により法枠が隠される生育状況から、目標を達成したと判断される。

##### (4) 管理用モノレール

当ダム管理用通廊は、基礎掘削や堤体設計の関係から最大傾斜45度の階段が長くつながる設計である。管理要員の安全や負担軽減を考え、管理用モノレールを設置した。しかし、設計上通廊には180度の折り返しが2カ所あることから、モノレールには最小旋回半径3mが要求された。一人乗りのキャビン3台とモーター台車を縦連にすることで対応した。また、ラックアンドピニオンギヤは従来の鋳物製に変え、高強度ナイロン製を採用することで乗り心地の改良とコストダウンを図った。

#### 5. 基礎処理工の概要

##### (1) コンソリデーショングラウチング

当ダムの一次コンソリデーショングラウチングは、堤敷と減勢工水叩き全体を対象として基礎岩盤の均一化と、支持力の強化を目的として施工した。孔配置は、堤敷部 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 格子、減勢工部 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 格子の中央内挿法とした。孔長は、 $L=12\text{ m}$  (1st=5m 2st=7m)とし、改良目標は5Luである。施工時期は基礎掘削のうち荒掘削完了後とし、コンクリート打ち込みに先行して実施した。改良結果の判定は、施工孔数が多いことから、複数のグループに分けてグループごとに判定することとし、各グループは30孔程度になるようにグループ分けを行った。

施工結果を表2に、低減傾向を図2に示す。この表は、左岸部、右岸部、河床部、減勢工部に再集計した結果である。左岸部では初期次数で高透水、多注入孔が発生したが、次数進行に伴い低減傾向を示し、 $C_6$ 級岩盤以下の弱層沿いに発生した追加孔も追加一次孔(4次孔)で改良目標に達した。右岸部でも左岸部と同じ傾向を示したが、追加孔は、

表2 一次コンソリデーショングラウチングの注入実績

	次数	ルジオン値Lu	単位注入セメント量(kg/m)		孔数
			セメント量	平均セメント量	
左岸部	P~1	21.7	197.2	87.3	77
	2	22.2	123.1	67.7	85
	3	6.7	45.9	26.7	153
	追加	3.5	18.4	10.2	21
	最終	1.3	20.9	11.8	153
河床部	P~1	18.6	154.3	64.3	86
	2	9.6	57.6	35.6	80
	3	6.1	20.8	19.0	161
	追加	3.7	10.0	4.4	20
	最終	3.9	11.9	8.3	155
右岸部	P~1	29.0	488.0	204.6	96
	2	24.9	22.6	101.7	91
	3	7.5	101.0	46.5	158
	追加	4.4	14.6	14.2	33
	最終	4.3	17.6	15.2	162
減勢工部	P~1	24.4	546.1	183.8	9
	2	26.6	350.3	162.6	12
	3	3.5	5.6	20.3	23
	追加	3.9	2.1	1.9	2
	最終	3.3	3.0	6.3	23

[改良目標値 5Lu]

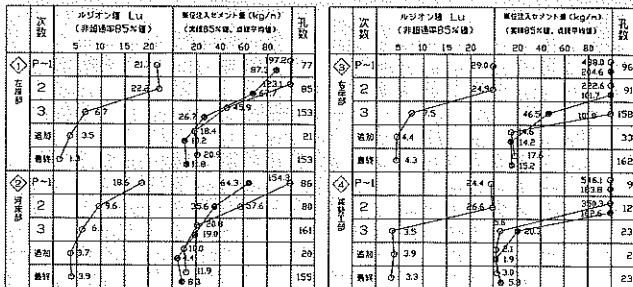


図2 一次コンソリデーショングラウチング低減傾向

表3 二次コンソリデーショングラウチングの注入実績

	次数	ルジオン値Lu	単位注入セメント量(kg/m)		孔数
			セメント量	平均セメント量	
左岸部	1	3.6	68.0	53.9	296
	2	2.1	7.2	30.0	295
	追加	4.2	60.0	13.1	12
	最終	1.9	12.7	4.3	295
河床部	1	1.8	13.9	21.2	254
	2	1.2	8.0	12.0	247
	追加	0.6	3.3	2.6	2
	最終	1.2	7.3	1.1	247
右岸部	1	8.0	145.6	113.2	299
	2	3.0	32.3	86.7	299
	追加	4.2	38.5	13.5	15
	最終	2.1	6.8	22.6	299

[改良目標値 5Lu]

追加二次孔(5次孔)で改良目標を満足する結果となった。河床部では、左右岩に比べ初期次数から低透水、少注入孔が多い状況であった。追加孔は、追加一次孔(4次孔)で改良目標を達成した。減勢工部では、河床部と違い初期次数で高透水、多注入孔が発生した。しかし、次数進行に伴い低減傾向を示し、C<sub>1</sub>級岩盤以下の弱層沿いに発生した追加孔も追加一次孔(4次孔)で改良目標に達した。低減傾向図に示すように、当ダムでは3次孔で急激にルジオン値、単位セメント注入量が低減し、改良効果が高いことがわかる。

二次コンソリデーショングラウチングは、堤体数のみを対象として改良目標5Lu、堤体上下流面のフーチング上からファン状に7孔(上流3孔下流4孔、施工深度は岩着面より鉛直方向に15mまで)とし、ダム軸方向の間隔は5m

ごとの配置とした。目的は、堤体コンクリート打設後、高い注入圧力で施工することにより一次コンソリデーショングラウチングを補うとともに、一次コンソリデーショングラウチングよりやや深部を改良し、岩盤の変形性を一様にし応力の伝達を良くすること、高い注入圧力を採用したカーテングラウチングのリーク抑制を目的とした。施工時期は、ジョイントグラウチング完了後、カーテングラウチングに先行して実施した。改良結果を表3に示す。各部とも初期次数から改良目標値を下回る低透水性を示す孔が多く、追加孔は全体で29孔とわずかであった。

## (2) カーテングラウチング

当ダムのカーテングラウチング改良目標は1Luとし、孔間隔1.5mの千鳥配置、1ステージ5mのステージング工法とした。施工範囲は、河床部では1~5Luの範囲をカバーするEL80.0mまで、リム部は、地下水位をカバーする右岸EL200.0m、左岸EL199.0mまでを施工範囲とし、パイロット孔は10m(2st)を加えた深さまでとした。また、削孔費用の低減のため、EL180.0mにグラウチングトンネルを設けた。加えて、F-10断層が近接する河床から左岸中標高部まで断層沿いの浸透流を抑制するため補助カーテングラウチングを設けた。

岩盤が難透水で堅いことから改良効果を上げるため、1stの注入圧力を5kpaとし、10st以深は40kpaとする高圧グラウチング工法を採用した。この40kpaの注入圧やステージごとの高い昇圧パターンの採用は、他のアーチダムで施工された基礎処理カーテングラウチング工では例がない。これによりクラッキーな当ダムの基礎岩盤に対して積極的にグラウトミルクを注入し、一回の注入で広範囲の改良をすることでコスト削減を目指した。河床部より施工を開始したところ難透水な岩盤に高透水なステージが点在していることが確認された。調査ボーリング資料の見直しと、調査孔内にボアホールカメラ、スキャナーを入れて岩盤の調査を行ったところ、当ダムの基礎岩盤には、わずかに山側に傾斜した高角度(70~80度)の割れ目が点在していることが確認された。割れ目の角度がほぼ鉛直に近い場合垂直方向のカーテングラウチングでは、割れ目に当たる可能性が低く、まれに割れ目と交差したボーリング孔が高透水を示すと判断された。当ダムのカーテングラウチングは、高圧を用いて積極的に改良を行う思想から、割れ目に積極的に交差させて改良することが望まれた。このためにはボーリングの角度を鉛直から傾斜させる必要がある。すでに一部のカーテングラウチングが施工されていたために、ボーリング角度を変更すると角度切り替え部分で施工の粗になる部分が生ずる。このため、施工角度の切り替え点を施工中の堤体敷を外し、リム部との境界で切り替えることとした。図3に主カーテングラウチングの施工図、並びに配孔パターン図を示す。

ボーリング角度を変えることで改良効果が高まると判断されたことから、切り替え後のカーテングラウチングは堤体敷部の2列千鳥配置から単列に変更し、規定孔を2次までとした。これにより規定孔の施工数量が半減され、大幅なコストダウンが可能となった。カーテングラウチングの

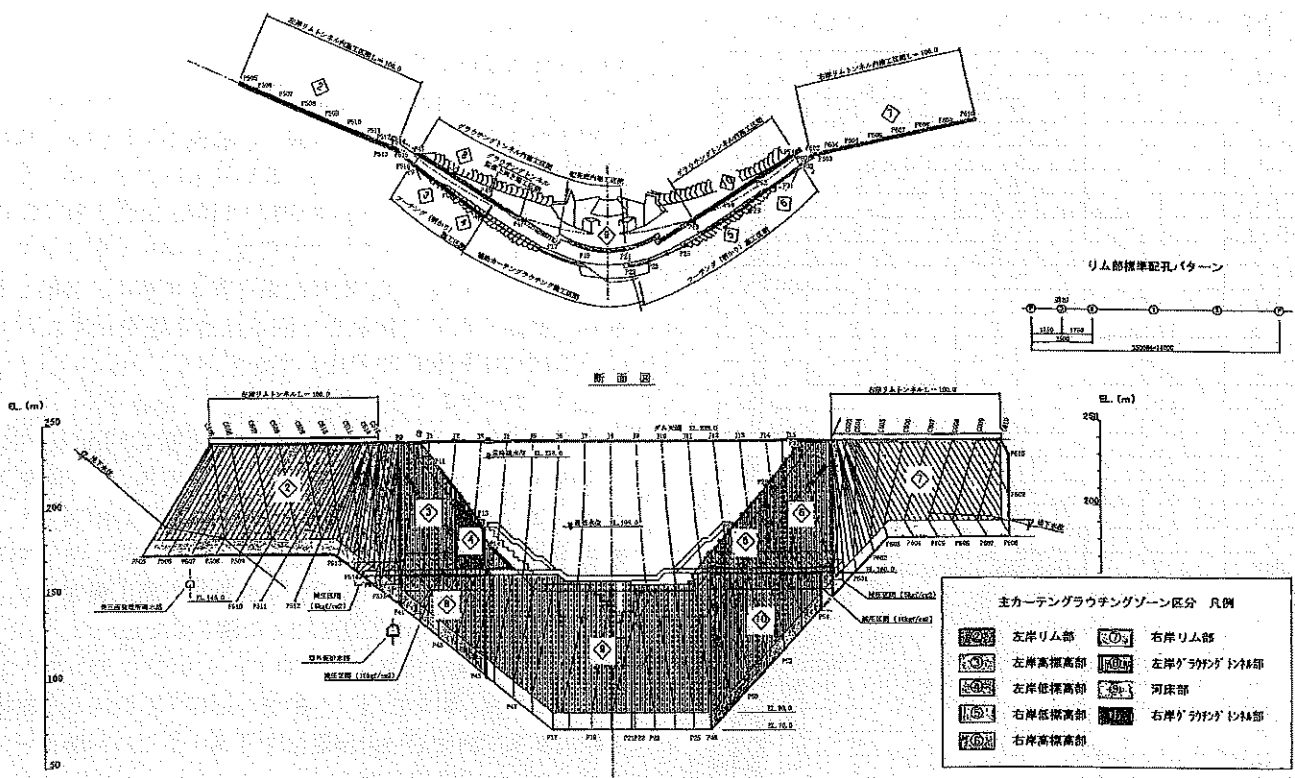


表5 主カーテングラウチング注入実績 (その2)

	次数	ルジオン値Lu	単位注入セメント量 (kg/m)		孔数
			セメント量	平均セメント量	
左岸高評高部	P	1.4	226.0	78.3	55
	1	0.7	24.0	57.4	59
	2	0.6	12.6	11.7	101
	3	0.7	10.4	10.9	202
	追加	0.1	1.1	1.0	1
	C	0.3	0.9	0.3	18
最終	0.7	10.2	10.7	202	
右岸リム部	P	3.1	1358.8	566.6	127
	1	0.5	313.8	169.4	121
	2	0.3	45.3	60.8	218
	追加	1.1	1.4	4.4	9
	C	0.2	3.7	4.9	46
	最終	0.3	42.3	60.7	218
左岸G T	P	3.4	474.1	239.2	41
	1	0.4	68.2	75.1	39
	2	0.2	2.4	7.1	58
	3	0.3	4.2	6.0	112
	追加	7.3	138.9	46.6	3
	C	0.4	72.6	52.6	27
最終	0.2	4.1	5.1	112	
河床部	P	0.8	16.8	16.7	172
	1	0.4	7.0	6.4	165
	2	0.4	6.4	5.8	305
	3	0.3	5.5	3.0	648
	C	0.4	4.8	2.3	137
	最終	0.3	5.5	3.0	648
右岸G T	P	6.3	701.8	277.8	78
	1	1.0	147.1	178.7	52
	2	0.5	26.0	77.7	103
	3	0.2	9.1	25.6	208
	C	0.2	2.6	18.9	48
	最終	0.2	9.1	25.6	208

[改良目標値 1Lu]

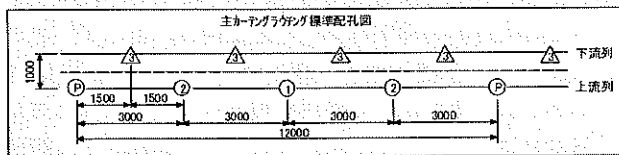


図3 主カーテングラウチング施工図 主カーテングラウチング標準配孔図  
表4 主カーテングラウチングの注入実績 (その1)

	次数	ルジオン値Lu	単位注入セメント量 (kg/m)		孔数
			セメント量	平均セメント量	
左岸リム部	P	2.4	601.3	341.0	202
	1	1.1	121.6	57.5	155
	2	0.6	57.2	35.4	312
	追加	1.1	16.2	8.3	19
	C	0.4	6.4	3.6	112
	最終	0.5	37.4	28.5	313
左岸高評高部	P	7.1	400.1	142.8	46
	1	1.3	62.6	24.3	43
	2	0.5	12.3	12.6	85
	3	0.5	6.1	6.0	168
	C	0.4	2.8	2.0	40
	最終	0.5	6.1	6.0	168
左岸低標高部	P	1.8	78.4	36.1	18
	1	1.2	315.5	126.1	21
	2	0.5	5.1	25.8	30
	3	0.3	1.2	3.8	55
	追加	0.2	0.3	0.3	1
	C	2.1	25.5	6.2	8
最終	0.3	1.2	2.0	55	
右岸低標高部	P	0.8	5.7	2.4	14
	1	0.6	8.7	3.4	19
	2	0.7	5.0	3.9	37
	3	0.5	7.6	3.7	80
	C	0.2	0.4	0.1	17
	最終	0.5	7.6	3.7	80

[改良目標値 1Lu]

注入実績を表4, 5に示す。リム部の角度を変更し割れ目に積極的に交差させたことから、パイロット孔における単位注入セメント量が際だって多い。しかし、次数進行と共に

急激に改良されわずかに追加孔を必要とした孔もみられたが、大半が規定孔(2次孔)で完了し、目的通り大幅に施工数量を減らすことができ、コストダウンにつながったと評価している。

(3) その他のグラウチング

当ダムでは入念な基礎処理を実施するため、堤体下位のプラグ部岩着面の急角度部分にはコンタクトグラウチング

を施工，グラウチングトンネルの弛み補強と上下二段で施工する高圧の主カーテングラウチングのリーク防止のための周辺グラウチングを，トンネル周囲に施工した。また，最後に上下2段のカーテングラウチングを接続するグラウチングを施工している。

その他，断層処理の一環として，アーチスラストのおよぶ範囲を対象に，断層処理グラウチングを実施した。

## 6. 試験湛水結果 (図4)

サーチャージ水位以下の工事と付け替え道路などが完成したことを受け，平成12年10月2日，堤内仮排水路を閉塞して試験湛水を開始した。試験湛水は，貯水池内に沈む2本の導水路トンネル閉塞作業工程と，サーチャージ水位到達に併せて行う発電所の使用前検査工程を考慮し，融雪出水を利用して満水となるようにサーチャージ水位到達目標を3月下旬に設定，水位上昇を制限しながら行った。

湛水開始後，水位上昇に伴い閉塞作業中の導水路トンネル内での湧水急増により水位上昇を一時休止したことや，3月下旬の気温が例年より低かったことなどから，サーチャージ水位到達は計画より2週間遅れの4月6日となった。満水後は，梅雨による洪水等もなく順調に水位降下を行うことができたことから，試験湛水は偶然にも計画通りの7月6日に完了した。

試験湛水の結果では，堤体の最大変位量は34.8mm(4/9)と少なく，特に最大漏水量は9リットル/分(3/26)ときわめて少ない量であった。

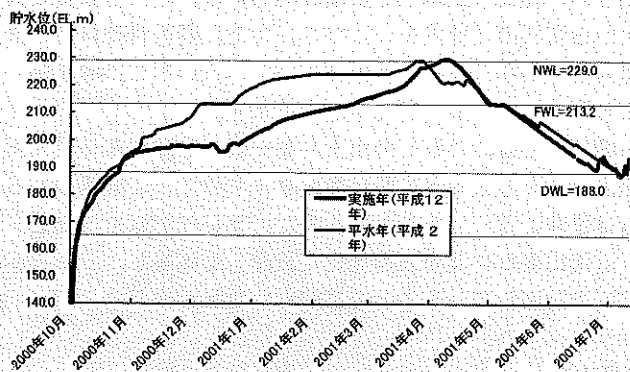


図4 奥三面ダム試験湛水状況

## 7. 堤体・基盤岩の経年変位状況

### (1) 堤体変位

湛水開始から2003年12月31日までの水位と正プラムラインの変化を図5に，変位と31日間の平均気温の関係を図6に示す。

堤体の変位は，水位の上下に連動しているもののばらつきが大きく，気温変化の影響が強く影響しているものと推定される。そこで，水位と平均気温を変数に堤体変位について回帰分析を行った。31日間の平均気温を採用したのは，気温変化と堤体に埋設された温度計の変化を比べると気温変化に対して1月程度の遅れで変化しているように見

えるからである。

分析対象のデータは，ソフトの制限もあり堤体が安定状態に最も近いと考えられる2003年4月15日から12月31日の間で，毎9正時の260データを使用した。

分析結果を表6に示す。表中の重相関 $R=0.934$ ，重決定係数 $R^2=0.873$ から，今回の変数ではそれなりの相関があることが解る。標準誤差が3.69から，平均気温と貯水位で変位の大半が説明できることを表している。回帰方程式の各係数等から，平均気温の $-1.196$ は貯水位の $0.412$ に比べて(絶対値で)約3倍影響が大きいことを表している。変数別に見ると平均気温は回帰係数が $-1.196$ で $t$ 値が $-41.9$ と標準誤差に対して回帰係数が42倍大きいことを示している。また，優位確率(P値)も1%未満できわめて小さいことから，平均気温はきわめて有意で重要な変数であることが解る。貯水位に関する $t$ 値は， $17.09$ と平均気温に比べ小さいものの優位確率がきわめて小さいことから有意であり，変位に対しては平均気温ほどではないが影響のある変数であると判断される。

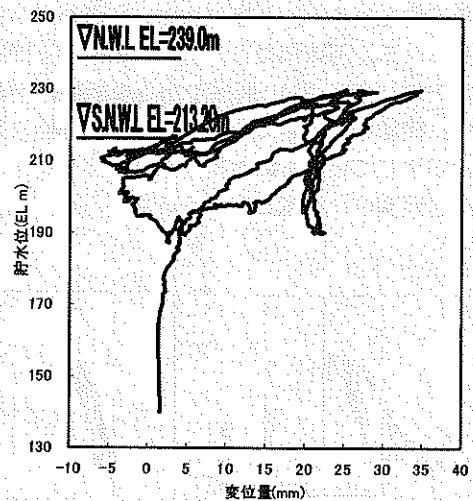


図5 貯水位—変位量図

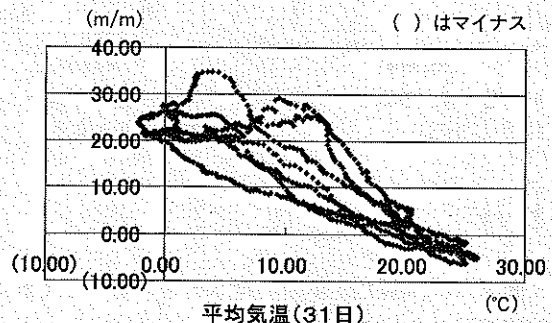


図6 平均気温と変位

表6 回帰分析結果

回帰統計								
重相関 R	0.934	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	
重決定 R <sup>2</sup>	0.873	切片	-59.72	4.907	-12.169	3.29E-27	-69.384	-50.056
補正 R <sup>2</sup>	0.872	平均気温	-1.196	0.028	-41.895	7.60E-117	-1.253	-1.14
標準誤差	3.69	貯水位	0.412	0.024	17.093	2.84E-44	0.364	0.459
観測数	260							

一方、最大誤差は、7.28と標準誤差3.69の2倍に近い。重決定係数R<sup>2</sup>が0.873と合わせて見ると、誤差が決して小さいとは言えない。この理由を考察すると、その原因の一つとして、当ダムは外気温の影響を受けやすい肉薄のアーチダムとは言え、コンクリートの熱伝導は小さいことから、外気温の変化に対して堤体内部では表面と中心で温度差が生じていると考えられること。またもう一つは、毎日の貯水水温分布が入手できず貯水池水温の影響を無視して分析した結果と考えられる。ちなみに、当ダムは夏季制限水位方式のダムのため、解析対象とした期間の多くが水位を下げて期間に当たっているものの、4月15日から5月上旬までは融雪出水により水位が高い状態に加えて水温は低い状態である。また、制限水位期間とは言え堤体のかなりの部分は水面下で水温の影響を無視できない。これらの影響が誤差に作用しているものと考えられる。

## (2) 基礎岩盤変位

当ダムには3カ所に基礎岩盤の変形を測る逆ブラムラインが設置されている。図7に河床逆ブラムラインの計測結果を、図8に左右岸の計測結果を示す。河床、左右岸共に水位の変化に連動して岩盤変位が直線的に生じている。しかし、経年変化を見ると、河床部において僅かであるが累積傾向が見られる。河床部には、当ダムの設計上問題となった左右岸方向に走るF-10断層や小さな断層、割れ目などが施工中に確認されていることから、これら断層等に起因する変形が生じているものと推定される。今後も、注意深く河床の岩盤変位に注意してゆく必要がある。

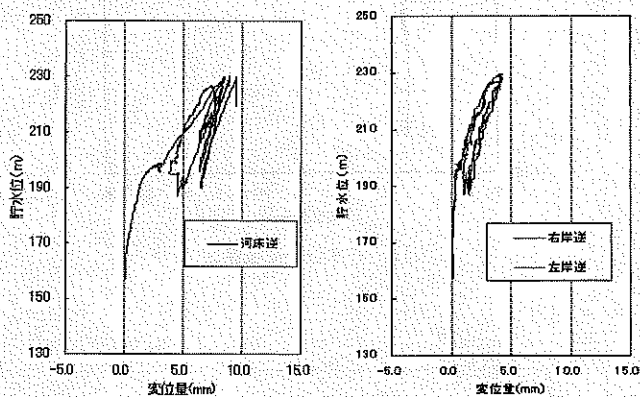


図7 貯水位—逆ブラムライン変位図(河床部) 図8 貯水位—逆ブラムライン変位図(左岸・右岸)

## おわりに

奥三面ダムは、昭和42年の羽越水害を契機として計画され、地域住民からは1日でも早い完成を期待されながら、平成13年に竣工するまで実に33年という年数を要した。昨今、大規模公共事業に何かと厳しい風が吹いているもの

の、それらが地域の期待に応え効用を発揮するまでにおよそ半世紀近い年数を要することを、当ダムの事例を通して一般の方々から理解していただくことも、重要であろう。

人間は環境を創る動物であると言われている。まさに、ほぼ2万年以前の旧石器後期時代から我々祖先の生活史を伝える奥三面遺跡群や、特異な文化を保存してきた三面集落が最新の土木技術を駆使して建設された奥三面ダム完成により水没した。これは当ダムがこの地に時代の要請に応える新しい機能を付与し、エネルギーに満ちた清澄な水を湛える湖に姿を変え、かつての秘境を現代に蘇えらせたと言えるであろう。いわば縄文時代から今日まで、人類が営々と築いてきた環境創造を一瞬の内に数千年の時空を超えて対比できる好例でもであろう。

完成した奥三面ダムは、流域の治水安全度を大幅に向上させると共に、地域の豊かな資源の一つである水エネルギーを電力に変え、地球温暖化防止にも大きな効用を発揮し、この地域の安全、安心な暮らしに貢献している。ちなみに、奥三面発電所が運転開始以来、平成15年度までに発電した電力量は4億4千2百万kwh余に達し、実に炭酸ガス163,700トンの排出抑制に相当する。

最後になりましたが、当ダム完成に際し国土交通省河川局治水課、国土技術政策総合研究所、ダム技術センターの関係機関の方々から終始熱心なご指導をいただきましたことに厚く感謝申し上げます。また、事業にご理解をいただき閉村された三面集落の方々、厳しい地形、気象条件の下で、事業促進に邁進された施工関係者、遺跡調査関係者の方々に深く感謝申し上げます。

なお、縄文の土木工事遺構に関しては、朝日村教育委員会から資料のご提供をいただき、また、同教育委員会の富樫秀之様から、遺構の特色についていろいろご指導を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

朝日村では、これらの出土品を一般に公開する「奥三面歴史館」を茎太集落に設けておりますので、ご興味のある方は是非ご覧いただきたい。また、朝日村では近々三面ダム近傍に新たに「奥三面歴史交流館」を建設し、そちらへ移転を計画していることをご紹介します。

## 参考文献

- 1) 新潟県：土地分類基本調査、塩野町、国土調査、1991。
- 2) 新潟県朝日村教育委員会：奥三面ダム関連遺跡発掘調査報告書IV、元屋敷遺跡I、1995。
- 3) 石橋輝樹：奥三面ダムのダム基礎岩盤の特性と建設の現況、地質と調査、'97.第4号、pp.60~69、1997。
- 4) 新潟県朝日村教育委員会：平成11年度奥三面遺跡群報告会資料、1999。
- 5) 新潟県朝日村教育委員会：奥三面ダム関連遺跡発掘調査報告書XIV、元屋敷遺跡II(上段)、2002。
- 6) 新潟県村土木事務所：三面川水系奥三面ダム工事誌、2002。
- 7) 新潟県企業局：奥三面発電所建設工事誌、2002。



表1 都営地下鉄 運転概要  
(平成16年4月1日現在)

		浅草線	三田線	新宿線	大江戸線	
線区	営業区間 営業キロ (地上部分)	西馬込～ 押上 18.3 km	目黒～ 西高島平 26.5 km (5.1 km)	新宿～ 本八幡 23.5 km (2.5 km)	都庁前～ 光が丘 40.7 km	
	運転間隔	平日 朝 2.5分 夕 2.5分 日中5～8.5分	平日 朝 2.5分 夕 4分 日中 6分	平日 朝 2.5～4分 夕 3～7分 日中4.5～10分	平日 朝 3分 夕 5分 日中 6分	
概 要	相互直 通	浅草線	主な運転系統 西馬込～成田空港 81.3 km 特急, 急行, 通特, 快速 三崎口～青砥 84.0 km 特急, 快特 羽田空港～印旛日本医大 66.3 km 特急, 急行			
		三田線	武蔵小杉～西高島平 35.6 km 普通			
	要 運 転	浅草線	橋本～本八幡 61.6 km 通勤快速, 快速, 急行 笹塚～本八幡 27.1 km 普通 高尾山口～本八幡 68.2 km 通勤快速, 急行			
		新宿線	橋本～本八幡 61.6 km 通勤快速, 快速, 急行 笹塚～本八幡 27.1 km 普通 高尾山口～本八幡 68.2 km 通勤快速, 急行			

備計画(答申第15号)として答申された13路線の中の1路線として誕生した。

答申第15号の路線計画は、

- (1) 東京都周辺部から都内業務地への通勤交通の確保
  - (2) 東京副都心の育成および江東地区等の路線網の整備
  - (3) 新幹線鉄道など全国交通網との結合の強化
- の3点を主眼として策定された。

こうした背景のもとに12号線は、西新宿の新宿副都心を起点とし、西大久保―春日―上野広小路―蔵前―森下―月島―浜松町―六本木―代々木を經由して再び西新宿に戻る環状部と、新宿から東中野―練馬―豊島園を経て高松町(現在の光が丘)にいたる放射部からなる路線として答申された。

### 3. 答申第15号に対する東京都の対応

東京都は12号線が、

- (1) 副都心の育成, 其他地域の再開発の促進により, 都心業務機能の膨張の抑制と都市機能の分散を促進するものであること。
- (2) 環状部分において既設線等と交差連絡を行うことにより, 鉄道網を充実するものであること。
- (3) グランドハイツ跡地の大規模住宅団地, およびその周辺地区並びに沿線の交通不便地域における交通手段を確保するものであること。

などから, これを建設する理由があると判断し, 前記都市交通審議会答申第15号を基本として, ルート・駅位置などを定め, 1972年(昭和47年)10月24日付で12号線全線約39kmについて, 当時の地方鉄道法に基づき, 運輸大臣あて免許申請を行い, 1974年(昭和49年)8月30日付で免許を取得した。

その後, 1985年(昭和60年)度に全線開業することを目

表2 都営地下鉄開通年次表  
(平成16年4月1日現在)

線	年月日	区間	キロ	線	年月日	区間	キロ
浅 草 線	昭35.12.4	押上～浅草橋	3.1 km	新 宿 線	昭53.12.21	岩本町～東大島	6.8 km
	37.5.31	浅草橋～東日本橋	0.7		55.3.16	新宿～岩本町	7.3
	37.9.30	東日本橋～人形町	0.7		58.12.23	東大島～船堀	1.7
	38.2.28	人形町～東銀座	2.4		61.9.14	船堀～篠崎	4.9
	38.12.12	東銀座～新橋	0.9		平元.3.19	篠崎～本八幡	2.8
	39.10.1	新橋～大門	1.0		平3.12.10	練馬～光が丘	3.8 km
	43.6.21	大門～泉岳寺	2.6		9.12.19	新宿～練馬	9.1
	43.11.15	泉岳寺～西馬込	6.9		12.4.20	国立競技場～新宿	2.1
	昭43.12.27	高島平～巣鴨	10.4 km		12.12.12	都庁前～国立競技場	25.7
	47.6.30	巣鴨～日比谷	7.3		合 計		109.0 km
三 田 線	48.11.27	日比谷～三田	3.3				
	51.5.6	高島平～西高島平	1.5				
	平12.9.26	三田～目黒	4.0				

標として, 実施計画, 設計などの準備を進め, グランドハイツ跡地の大規模住宅団地(光が丘団地)建設に伴い, 当面, 練馬～高松町(現在の光が丘)間を第1期工事区間(図3参照)と定め, 1975年(昭和50年)12月(土木関係), および翌年6月(電気関係)の2回に分けて, 工事施行認可申請を行った。

しかし, 1973年(昭和48年)秋の石油危機を契機とした社会経済情勢の急激な変化は, 都財政を悪化させ, このため, 1976年(昭和51年)半ばから12号線の建設計画を具体的に進めることができない状態となった。

### 4. 免許時の建設計画に対する再検討

12号線の建設計画は, 免許を取得した時点では, 1965年(昭和40年)代後半の高度経済成長期の輸送需要を背景に, 従来の大型規格(車両長20m, 10両編成)を前提として計画していた。しかし3.で述べたように, 1973年(昭和48年)以降の社会経済情勢の急変による財政悪化のため, 12号線は膨大な建設費を要する当初の規格では事業の見通しが立たなくなり, 建設計画を促進するためには, 輸送需要をはじめ建設計画を全面的に再検討する必要があると考えられた。

再検討には, 輸送需要の見直しと建設費の圧縮という二つの大きな課題があった。輸送需要については, 経済の低成長下における条件を考慮して再度推計を重ねた結果, 従来の大型規格での輸送力にはかなりの余裕があることが判明した。

また, 膨大な建設費を圧縮するためには, 建設費のほぼ1/2を占める土木費(トンネル費)を節減する必要があると考えられた。この二つの課題を中心に種々検討した結果, 最新の技術を導入して車両を小型化し, トンネル断面を縮小することにより, 12号線を小型規格として建設することとした。

試みに, 単線円形トンネルの規格について, 今回小型地

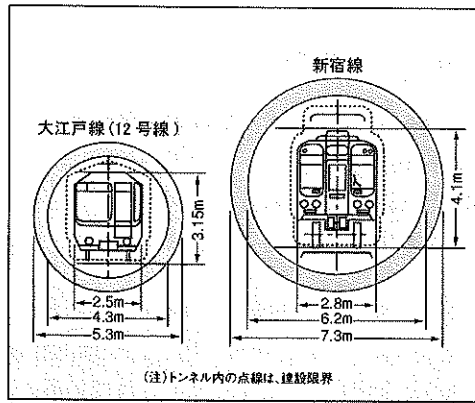


図2 トンネル断面比較図

下鉄として開業した大江戸線（12号線）と既設の新宿線とを比較してみると、たとえば内空断面積では新宿線を100とした場合、大江戸線（12号線）は48となり、ほぼ1/2に縮小されている（図2参照）。

## 5. 運輸政策審議会答申第7号

### —現在の大江戸線（12号線）ルート確定—

東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備については、1972年（昭和47年）以降、都市交通審議会答申第15号による1985年（昭和60年）を目標とする基本計画に基づいて、その推進をはかることになった。

しかし、その後の東京圏の人口分布および就業地の状況は、都市圏の広域化や副都心の整備などにより答申時の想定とかなり異なったものとなってきた。そのため、こうした情勢の変化に対応し、さらに長期的な展望に立った高速鉄道を中心とする基本的な計画を早急に策定し、その整備をはかる必要があるとして、1982年（昭和57年）9月、運輸大臣は「東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備について」を運輸政策審議会（旧都市交通審議会）に諮問した。

同審議会は東京圏都市交通部会小委員会（委員長：八十島義之助東京大学名誉教授）を設けて検討を重ね、1985年（昭和60年）7月、「東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備に関する基本計画について」（答申第7号）を答申した。

この答申の計画策定にあたっての基本的な考え方は、次のとおりである。

- (1) 2000年（平成12年）における東京都心部を中心とする、おおむね半径50km圏の高速鉄道網の整備計画を示す。
- (2) 路線の設定にあたっては、既設線の混雑緩和に重点を置き、最混雑区間における、最混雑1時間の混雑率がおおむね200%を越える路線について、新線建設や複々線化などを行うこととする。また、人口の外延化やニュータウン計画・空港計画などへの対応をはかるとともに、副都心機能の強化および業務核都市の育成にも資するよう配慮する。なお、バスなどの他輸送機関による対応の可能性を検討するとともに、投資効率の観点から、極力

既投資施設の有効活用をはかることとする。

- (3) 以上の対策を講じることにより、各路線の最混雑区間における最混雑1時間の平均混雑率は、かなり低下し、1980年（昭和55年）の約220%から2000年（平成12年）には約180%以内となり、また郊外の居住地の大部分から東京・横浜などの業務集積地へ約90分以内で到達可能となるものと見込まれる。

この答申第7号によって、12号線は答申第15号の路線に光が丘～大泉学園町間約4kmが追加された（図1参照）。なお、2000年（平成12年）1月の答申第8号で、今後新設を検討すべき方向として、武蔵野線方面が付記された（図1参照）。

## 6. 環状部を含めた建設計画の具体化に至る経緯

### 6.1 東京都議会の付帯決議

東京は高度な情報機能を媒介として、これまでも政治・経済・文化の中核機能を集積させ、文字どおり日本の首都として重要な役割を担ってきたが、近年における我が国の国際化・高度情報化・高度技術化・経済のソフト化などの社会および経済環境の変化に対応し、国際都市として、その機能をより一層充実させるために、多心型都市構造への転換が強く求められていた。

こうした背景から東京都は、運輸政策審議会の答申第7号が出された2か月後の1985年（昭和60年）9月の東京都議会第3回定例会に「東京都庁の位置を定める条例案」（東京都庁の位置を新宿区西新宿2丁目に変更するもの）を提案、9月30日の本会議で可決され、東京都庁舎の新宿副都心への移転が決定した。

東京都議会ではこの条例案の可決に際し、1982年（昭和57年）12月に策定した東京都長期計画の見直しにあたって、「都営地下鉄12号線環状部等をはじめ、新規計画を含む都内全域の交通網の整備をはかること」との付帯決議を行った。

この付帯決議は、その後の東京都地下鉄建設・経営調査会や地下鉄12号線建設推進本部の設置、東京都地下鉄建設株式会社の設立へと連動し、環状部を含めた12号線全体の建設計画を具体化させるための大きな契機となった。

### 6.2 東京都地下鉄建設・経営調査会の設置

翌1986年（昭和61年）4月、東京都は先の付帯決議の趣旨を踏まえ、環状部を含めた12号線をはじめとする都営地下鉄の建設促進をはかる観点から、学識経験者など19名の委員からなる「東京都地下鉄建設・経営調査会」〈会長：住田正二（財）運輸経済研究センター会長〉を設置し、「今後の都営地下鉄の建設のあり方」「都営地下鉄の財政問題」などの事項について専門的立場から調査検討を行うこととした。

同調査会では、財政部会・路線部会・技術部会の三つの専門部会を設け、調査会4回、合同部会3回、専門部会24



回を開催して調査検討を行ったほか、1986年(昭和61年)7月20日からワシントン、バンクーバー、トロント、モントリオールの4都市に調査団を派遣して、リニアモーターカーについて実地調査を行い、11月21日に中間報告、翌1987年(昭和62年)に最終報告を行った。

### 6.3 東京都地下鉄建設・経営調査会による中間報告

中間報告は、第二次東京都長期計画の策定(1986年(昭和61年)11月27日)および東京都の1987年(昭和62年)度予算編成との関連を考慮して、1986年(昭和61年)11月21日に出された。

報告では12号線建設に関する事項のほか、都営地下鉄事業の経営基盤の強化方策などについても取りまとめられていたが、12号線については、建設の必要性、採算性向上のための諸方策、ルート・駅位置、開業時期と建設費などについて提言がなされた。

## 7. 12号線建設の必要性

12号線の建設の必要性について、「東京都地下鉄建設・経営調査会」による中間報告(前記6.3)では、首都機能の充実と交通網の整備の視点から次のように述べている。

「東京は、質・量ともにえりすぐれた情報機能を媒体として、これまでも政治・経済・文化の中核機能を集積させ、文字どおり日本の首都として重要な役割を担ってきたが、近年における我が国の国際化、高度情報化、高度技術化、経済のソフト化などの社会・経済環境の変化に対応し、国際都市として、その機能はより一層の充実を求められている。

したがって、東京が国の内外に対し、これまで以上に重要な役割を果たしていくためには、それにふさわしい機能を充実させた都市に整備していく必要がある。

このためには、マイタウン東京構想にも見られるように、東京の都市構造を一点集中型から多心型都市構造へ転換していく必要がある。

すでに1985年(昭和60年)9月には、この多心型都市構造への転換を促進するため、東京都自ら都庁舎を新宿副都心に移転することを決定しているが、東京を多心型都市に改造し、その都市機能を最も有効に働かせるためには、情報通信ネットワークとともに、副都心等の育成を誘導する交通網の先行的整備など、都市活動を支える交通網、とりわけ公共交通機関の整備が不可欠である。

中でも12号線は、都北西部、都心部、下町区域、山の手地域の11区を環状につなぎ、都内を放射状に走る既設のJR、私鉄、営団地下鉄などの各線との交差が多い路線として、東京における新たな交通ネットワークの形成や交通不便地域の解消、沿線各地域の活性化などに大きく寄与する路線であり、東京全体の均衡ある発展を目指すまちづくりには欠くことのできない重要な路線である。

このような12号線の役割を十分に果たすためには、環状部の全線を同時開業することが必要である。」

## 8. 施設計画の基本的な考え方

### 8.1 駅・施設の規模および障害者・高齢者への対応

#### (1) 駅・施設の規模

12号線の駅・施設の規模は、お客様の利便性・快適性および安全性を考えるとともに、経済性を重視したものとなっている。

駅の規模は、従来の大型規格(都営新宿線なみの20m車、10両編成対応)の駅と比較すると、標準的な駅において長さで30%、断面で20%程度縮小されている。

駅・施設の概要は次のとおりである。

① 乗降場を島式とし、長さは137m、② 改集札口は1カ所に集約、③ 出入口は原則として2カ所、④ 各駅にエレベーターを設置、⑤ 車両冷房、駅冷房を行う。

#### (2) 障害者・高齢者への対応

東京都が1988年(昭和63年)1月に策定した「東京都における福祉のまちづくり整備指針」に沿って、お客様にとってより一層利用しやすいように、また、人に優しい地下鉄を目指して、12号線では次のような施設を設置している。

- ① 乗降装置：エレベーター、スロープ
- ② 安全・誘導設備：2段手摺・点字プレート、転落防止柵、階段ブロック(踏み面と蹴上げ部分の色を変える)、誘導・警告ブロック、誘導チャイム
- ③ 旅客案内設備：蝕知図、点字運賃表、点字券売機
- ④ その他の設備：障害者用トイレ、車椅子用公衆電話、車椅子用車内スペース、シルバーシート

### 8.2 駅舎等のデザイン

12号線は放射部と環状部からなる路線で(図1および図3参照)で、その沿線には新宿副都心、江戸情緒の残る下町地域、汐留・大川端等のウォーターフロント地域、新しい大規模住宅団地の光が丘などがあり、多彩な地域を通る地下鉄である。

東京都は、このように特徴ある地下鉄にふさわしい、お客様に優しい、愛され、親しまれる地下鉄となるよう、駅の標準的なイメージデザインを作成するため1987年(昭和62年)7月、社団法人日本地下鉄協会に検討を委託した。

同協会は学識経験者による「都営地下鉄12号線駅舎等デザイン検討委員会」(座長：八十島義之助帝京技術科学大学学長)を設置し、1987年(昭和62年)7月以来、6回にわたっていろいろな角度から調査検討を行い、1988年(昭和63年)3月、交通局長あて報告書を提出した。

都営地下鉄の駅舎デザインについては、浅草線(1号線)・三田線(6号線)・新宿線(10号線)とこれまで当局担当の手によって計画・設計を行ってきたが、12号線のように学識経験者からなる委員会を設置して体系的に整理し検討を行ったのは、都営地下鉄線としては初めての試みである。

1997年(平成9年)12月19日に部分開業した放射部新宿～光が丘間(図1参照)の各駅は、上記「都営地下鉄12号線駅舎等デザイン検討委員会」の提言を踏まえ施工した(写真1参照)。

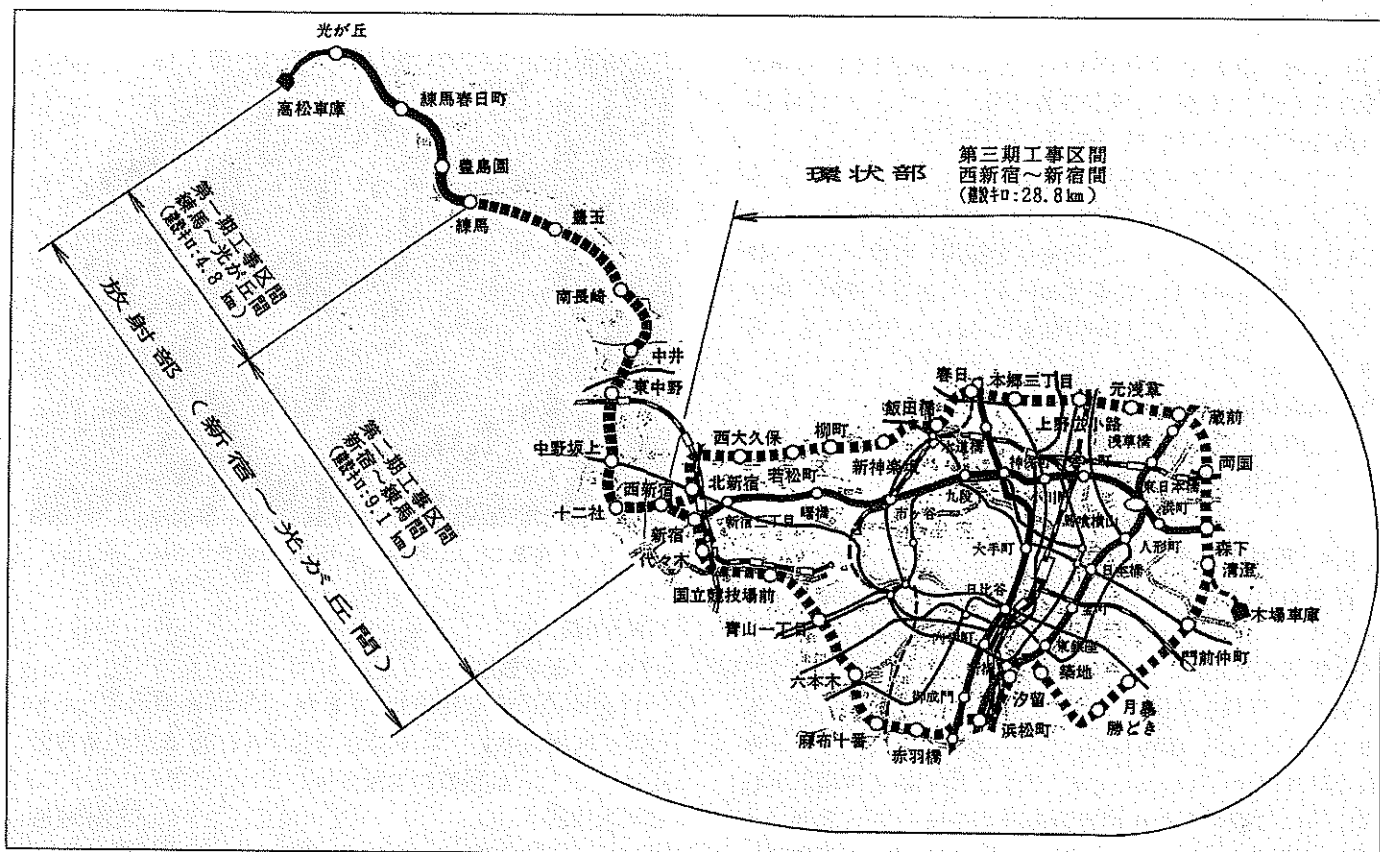


図3 大江戸線(12号線)工事区間 (駅名は平成8年6月18日現在)



写真1 ゆとりのある駅構内空間(放射部都庁前駅)

なお、環状部(図3参照)を含めた12号線全線のデザインの扱いについては、環状部の建設を担当する東京都地下鉄建設株式会社とも綿密な連携をとりながら、放射部および環状部を通じて全線を一貫した方針で施工した。

### 8.3 リニアモーター駆動方式車両の採用

12号線の車両は、都営地下鉄では無論のこと、東京では初めての試みとして、従来の回転型モーター方式にかわって、リニアモーター駆動方式車両を採用したが、以下に採用の経緯について述べる。

環状部を含めた12号線全線の建設手法を検討するため、1986年(昭和61年)4月に東京都知事の諮問機関として発

足した「東京都地下鉄建設・経営調査会」(会長：住田正二(財)運輸経済研究センター会長)の都知事あての最終報告(1987年(昭和62年)3月17日)において、12号線用車両の要件として次のように述べている。

「12号線は、他線との相互乗入れをしない単独路線であることから、12号線には輸送需要に見合った適正規模の小型車両を採用し、トンネル断面を縮小して建設費および運営費を節減するとともに、21世紀を目指した魅力的な地下鉄とするため、最新の車両技術と高度な電子技術を導入し、輸送の安全性・快適性・経済性等を向上させるよう努めるべきである。また、乗客の利便性および運行方式の整合性から、放射部と環状部との車両および運行方式は、統一する必要がある。」

リニアモーター駆動方式について、東京都としては交通局内に設置した「リニアモーター方式電車検討委員会」において、これまでの研究成果および交通局で実施した確認試験の結果などから、次のように評価した。

- (1) 床下に扁平なリニアモーターを採用することにより、低床化がはかられ、客室空間が拡大する。
- (2) 車両費および研究設備費は、回転モーター方式とほぼ同等である。
- (3) リアクションプレートの施設費を要するが、総建設費に占める割合は極めて少ない。
- (4) リニアモーターによる非粘着駆動やステアリング台車構造の採用から、車輪の添削作業が減少する等、保守費の削減がはかられる。
- (5) 軌道とリアクションプレートを合計した保守費

は、回転型モーター方式電車とほぼ同等である。

その後、1988年(昭和63年)12月の「地下鉄12号線建設推進本部」(本部長：東京都知事)において、12号線車両駆動方式について検討した結果、

- (1) リニアモーター方式電車の安全が確認でき、技術的にも十分に実用に供しうる。
- (2) リニアモーター方式電車を採用した場合、その特性を生かし、快適性の向上、用地費の削減、駅部を浅くすることが可能となる、などのメリットがある。

との結論が得られた。

以上のような検討の経緯を経て、12号線車両としてリニアモーター駆動方式車両を採用することが決定された。

#### 8.4 車両デザインの決定

12号線は、21世紀に向けた東京のまちづくりに欠かせない公共交通機関であり、同時に、新時代にふさわしい魅力的な都市施設であることが求められていた。

その12号線を象徴するのが車両である。したがって、車両のデザインは、都市景観の重要な要素として位置づけられなければならない、と考えられた。12号線の車両は小断面地下鉄に適合した小型軽量のリニアモーター電車で、ATOを装備し、ワンマン運転であり、最新技術を駆使した次世代の車両を目指している。

そこで、既成概念にとらわれず、広い視野から専門的かつ客観的立場で検討・評価を行い、首都東京にふさわしい、格調ある車両を実現するため、1988年(昭和63年)12月1日、「地下鉄12号線車両デザイン検討委員会」(座長：八十島義之助帝京技術科学大学学長)を設置した。

同委員会は、車両の外観および客室内のデザインの作成、そのほか地下鉄車両のあり方に関して検討を進めるに際し、駅舎等のデザインとの調和をはかるとともに、①12号線の機能、②車両の基本計画、③車両の諸元に留意し、1988年(昭和63年)12月23日から1989年(平成元年)4月5日までさまざまな角度から検討を重ね、車両デザイン案を作成し、その成果を「12号線車両デザイン検討報告書」にまとめた。

報告書ではデザインポリシーとデザインコンセプトが決定され、これに沿って具体的な検討がなされた。

委員会から提案を受けた交通局は、さらに提案されたデザインについて検討を重ね、1989年(平成元年)5月2日、車両外観デザイン(写真2参照)および車両各室内デザインを決定した。

交通局は、12号線放射部の練馬～光が丘間(第1期工事区間)(図3参照)の開業に備え、決定された車両デザインに基づいて車両を設計し、12号線リニアモーター車両の第1次量産車として、1989年(平成元年)7月4日、12-000系30両(6両編成×5本)を発注した。一両あたりの契約金額は1億5,300万円であった。



写真2 大江戸線(12号線)車両デザイン

#### 8.5 軌道

##### (1) 道床軌道

12号線の道床構造の決定にあたっては、小型化されたトンネル断面の中で、①軌道を強化する、②保守の省力化をはかる、③建設費の削減をはかるという視点に立って、碎石道床軌道、コンクリート道床軌道、スラブ式道床軌道について比較検討したが、その結果は次のようである。

- ① 碎石道床軌道は、施工が容易で工期が短縮でき、騒音・振動に対しても優れている。しかし、保守量が増加するとともに、道床厚が大きくなりトンネル断面の拡大につながるため、小型化、省力化を指向した12号線には適合し難い。
- ② コンクリート道床軌道は、軌道の強化、建設費の削減、省力化という点で優れ、また道床断面も小型化できることから、12号線の道床にも最適である。しかし、騒音・振動が大きいのが難点である。
- ③ スラブ式道床軌道は、軌道の強化、省力化では優れている反面、建設費が増大し、施設作業が煩雑化する。また、排水の関係で軌道まわりが大型化して、トンネル断面拡大につながるため、小型化を指向する12号線には適合しない。

以上の理由から、12号線については全線をコンクリート道床軌道とし、特に民地下の場合は振動対策上から、防振まくらぎ軌道(コンクリート道床)を採用することとした。

##### (2) リアクションプレート

12号線は8.3で述べたように、リニアモーター車両を採用したため、軌道にはリアクションプレートを敷設した。

リアクションプレートは、リニアモーターの2次導体であり、アルミニウムまたは銅と鉄の板を一体としたものである。

電流がリニアモーターの1次側コイルに流れると、線路方向に進む磁界ができ、この移動磁界により地上側のリアクションプレート上に過電流が誘導される。この過電流と磁界との作用により推力またはブレーキ(回生力)が働き、電車は走行することができる。

リアクションプレートは1次側コイルに対応した電氣的

特性を有し、さらに上記の力に耐えられる構造となっている。

- ① リアクションプレートの材質は、誘導電流が流れやすく電気抵抗の小さいアルミ板や銅板と、磁路を形成する鉄板とを張り合わせた複合版が使用されている。
- ② リアクションプレートの標準長さは、敷設の施工性から5,000 mmとし、また急曲線部 (R=200 m以下) についてはプレート中心部がずれることにより、標準長さを2,500 mmとした。
- ③ リアクションプレートは、トンネル内に敷設されるため、高温・多湿になる要素が多く、このためプレートの架台に溶融亜鉛メッキ等の防錆処理を施した。
- ④ リアクションプレートの取付高さはレールレベル上から15 mmとしているが、リアクションプレートを敷設するうえでの施工精度は、建築限界の関係からプラス側を厳しくして、レールレベルから15 mm+1 mm, -3 mmとした。
- ⑤ 保守の精度としては、施工精度に±2 mmの幅を持たせ、レールレベルから15 mm+3 mm, -5 mmとした。

## 9. 建設手法

大江戸線(12号線)の建設手法は、全線42.7 kmを放射部(13.9 km, 第1期工事区間および第2期工事区間)と環状部(28.8 km, 第3期工事区間)の二つに分けて施工した。各工事区間(図3参照)および建設主体は次のとおりである。

- (1) 放射部練馬～光が丘間：第1期工事区間、建設キロ4.8 km、建設主体 東京都交通局
- (2) 放射部新宿～練馬間：第2期工事区間、建設キロ9.1 km、建設主体 東京都交通局
- (3) 環状部西新宿～新宿間：第3期工事区間、建設キロ28.8 km、建設主体 東京都地下鉄建設株式会社<1988年(昭和63年)7月、東京都が出資母体となって設立された第3セクター>

(駅名は平成8年6月18日現在)

なお、大江戸線(放射部・環状部)の地質概要および具体的な施工事例(3心円泥水式シールド工法、東西線アング

ーピング工事、NATMによる出入口の施工および地質調査の役割と重要性等)については、既刊「技術ノート」(No. 34 特集：大江戸線, 平成14年3月)に詳しく紹介されているので、本稿では割愛する。

## 10. おわりに

大江戸線(12号線)は、2000年(平成12年)12月12日に全線開業した(表2参照)。この地下鉄は、建設計画段階から地下の山手線とも呼ばれ、多くのマスコミから注目されてきたものである。しかしながら、当時、大江戸線建設に対する世間一般の目は厳しく、放射部は建設できるとしても、環状部までは無理だろう、というのが多くの識者の意見だった。環状部の建設は、まさに、夢のまた夢と思われていた。

その夢が正夢となった直接の動機づけは、東京都庁舎の新宿移転に関する都議会の可決であったことはすでに本文(6.1 東京都議会の付帯決議)で述べたとおりである。

大江戸線の計画段階から節目節目でご尽力され、直接ご指導をいただいた故八十島義之助先生<東京大学名誉教授・帝京技術科学大学学長, 1998年(平成10年)5月9日没>は、今、この大江戸線の全線開業を果たしてどんな思いで見守っておられるのだろうか。

これからの首都東京の地下鉄を思うとき、大江戸線を含めたすべての地下鉄構造物をどのような手法で維持管理していくのか、また、施設機能の更新や安全性の向上をどのように確保しそれを持続させていくのかが、次世代の技術陣に課せられた重要な技術テーマになるのではないかと、筆者は考えている。

最後に、会員の皆様方におかれましても、機会をみて是非一度この地下鉄「大江戸線」をご利用下さいますようお願い申し上げます、本稿の結びとしたい。

### 参考文献

- 1) 東京都交通局：「伸びゆく地下鉄 大江戸線 都営地下鉄12号線」, 2000年10月。
- 2) 君島光夫：「地下鉄12号線の経緯と背景」もんげん 第41号, 東京都建設技術協会, 1987年5月。
- 3) 君島光夫：「東京の地下鉄12号線の建設経緯」東京・上海交換研究シンポジウム論文, 上海鉄道大学講演資料, 1994年9月。
- 4) 君島光夫：「地下鉄建設の証—君島光夫著作選集—」, (有)啓文堂松本印刷, 2000年12月12日。
- 5) 東京都交通局総務部：「事業概要」2003年(平成15年)9月。

# 中部国際空港セントレアの計画と地盤条件

(株)ダイセコンサルタント

とよ くら いさむ ほり え ひろ やす  
 豊 蔵 勇・堀 江 宏 保

## 1. まえがき

中部国際空港が中部地区を代表するビッグプロジェクトとして取り上げられたわけであるが、本空港は伊勢湾東部に平成12年8月に着工され、平成17年2月の開港をめざして、目下急ピッチで建設が進められている。

中部新国際空港は、21世紀初頭に開港するにふさわしい、経済性に優れた競争力のある空港、人に優しく環境に配慮し、アメニティ豊かな、魅力的な空港を目指している。また、本空港には公募によって選ばれた「セントレア」(Central Japan, Airport)というすてきな愛称がつけられている。

中部国際空港株式会社は、本事業の実施主体で、第三セクター的ではあるが民間会社で、効率・採算重視の経営で有名なトヨタ自動車出身の社長であることから、広く世間から注目されている。また、本空港は新東京国際空港(成田)および関西国際空港(以降関空と呼ぶ)に続く国際ハブ空港として位置づけられ、特に関空とは24時間運行可能な「海上空港」であることからなにかと比較されている。

土木工事が大型になればなるほど地盤条件が建設事業費・メンテナンス費用、すなわちライフサイクルコストに大きく影響を及ぼすことは周知のことである。本報告では、中部国際空港の計画にあたり地盤条件がどの時点でどのような考慮がなされてきたのかの概要および概略の地盤状況を述べることにしたい。計画は財団法人中部空港調査会のもとで進められたが、地盤条件の検討状況の概要が既往資料に示されていることから、時系列的に紹介し、最後に関空との比較を示した。弊社は(財)中部空港調査会御発注の地象関係業務の一部および空港島の位置を決めるための基礎資料作成業務の一部に係らせて頂いた関係で、中部地区を代表して執筆を担当させていただいた。

## 2. 中部国際空港の計画と立地可能性調査の経緯

新たな国際空港の必要性が地元経済界から、構想として表明されたのは昭和42年(1967)であつたらしい。その後いろいろ議論が積み重ねられ、昭和57年になると中部経済連

合会が「21世紀の中部のビジョン」の中で中部新国際空港の建設を提言し、それと相前後して名古屋市、愛知県、三重県および岐阜県が行政側として地方計画の位置づけを行い、以降本格的に推進されていったようである。現名古屋空港は、名古屋市の北方豊山町にあり、名古屋都心部から車で約30分のアクセス条件の良いところにある。しかし、滑走路が2,740m1本で、本格的な国際空港とは言い難いこと、また航空需要がかなりの増加傾向にあり21世紀初頭には限界になると予測されたことから、新国際空港構想がでてきている。

建設促進運動を進めるにあたり、昭和60年に愛知県、三重県、岐阜県、名古屋市、および地元経済界が出資して財団法人中部空港調査会が発足し、ここが立地可能性調査を推進してきた。

- ・昭和61年から候補地選定のための机上調査が調査会で開始され、当初愛知県、岐阜県、三重県の3県全域を対象として地形・水深・土地利用などの観点から陸上部13地区、海上部5地区の17の候補地点が挙げら

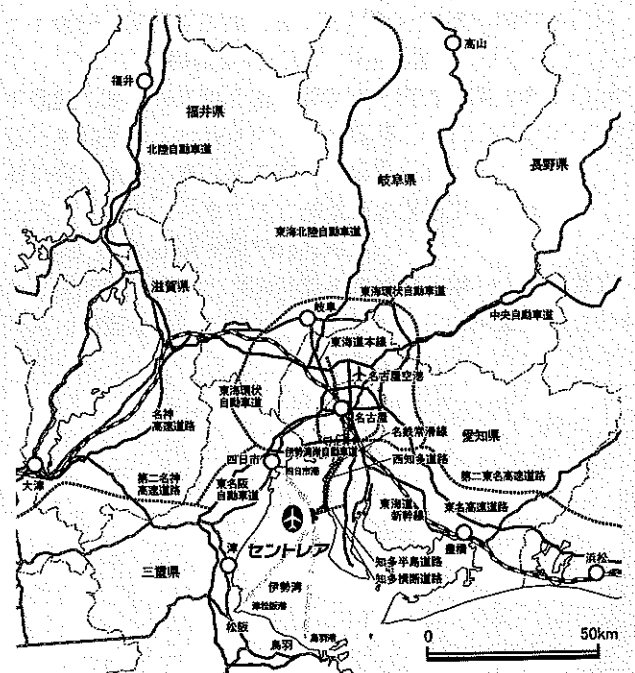


図1 位置図(中部国際空港(株):「中部国際空港」2003年9月作成パンフレットより一部引用)

れている<sup>1)</sup>。

- ・その後航空機が安全に離着陸でき、高い就航率を確保できる条件を考慮し、陸上2地区、海上5地区の7箇所を抽出している<sup>1)</sup>。
- ・さらに建設コスト、アクセス、騒音、既存権益（漁業区等）等の条件を考慮し「伊勢湾東部」、「伊勢湾西部」、「伊勢湾北部」および「三河湾」の4箇所に絞り込んでいる<sup>1)</sup>。
- ・平成元年までに上記4箇所の中から最終候補地点として「伊勢湾東部」に絞り込むことで3県1市が首長懇談会で合意し、地元経済団体も了承した。この比較検討においては、常滑沖が軟弱地盤の厚さと平均水深の条件が良く空港建設費用は安かったが、アクセス用の橋梁が必要なことから建設費用が必ずしも一番安いわけではなかった。建設費用だけでは伊勢湾北部が最も安かったが、その他の条件も勘案して決まっている<sup>1)</sup>。その後、平成3年(1991)の「第6次空港整備五箇年計画」において国から調査を進めることが認められた<sup>1)</sup>。

### 3. 建設予定地における地形・地盤

空港島の位置を絞り込むにあたり、水深・地盤関係の調査（地象調査と総称している）が行われた。

#### 3.1 調査の概要

建設予定地を含む周辺海域に、南北約20 km、東西幅約4~7 km、面積約13,000 haの調査海域を設定し、深浅測量、土質調査および音波探査が平成5年(1993)3月から6月にかけて実施されている<sup>1),2)</sup>。特に空港島建設予定地海域においては、ボーリング調査・音波探査とも調査密度を上げている。同調査の結果は、地質学および活構造的な観点からすでに詳しく報告<sup>2),3)</sup>されていることから、ここでは概略を述べるにとどめる。

深浅測量は、海底地形を把握する目的で、間隔200 mと100 mの格子状の測線を設定し、延べ約1,000 kmで実施している（図2）。

土質調査は、海底地盤を構成している地層の性状やその分布を直接確認すること、ならびに土の物理的・力学的性質、および海底地盤構成層の形成年代等を把握することを目的として、代表的な21地点でボーリング調査を、またそれに付随し原位置試験、種々の室内土質試験、および分析試験を実施している（図3）。

音波探査は、土質調査で明らかとなった地質構成を参考に、調査海域全体の地質分布状況・地質構造を把握すること、なかでも空港島の配置検討に重要な意味を持つ、伊勢湾断層の位置・性状を把握することを目的とし、調査海域で1~2 kmの測線間隔で実施している（図3）。

#### 3.2 調査結果

##### (1) 海底地形

海底地形に関しては、調査海域のほぼ中央に、-7 m以浅の広い海食台状地が3~5 km沖にまで発達することが確

認された（図2）<sup>2)</sup>。また、この平坦面は空港島の建設に都合のよい卓越風向方向に延びていることが判明した。海食台状地の西側には急斜面部が南北に延びて分布し、その沖側には-15 mから徐々に深くなっている緩斜面が広がっている。広瀬と呼ばれる海食台状地の陸側には、最大水深約10 m、幅0.5~1.5 kmで南南東方向に延びる長さ約5 kmの海底谷が分布する。

##### (2) 地盤構成・性状

海底地盤構成層は、下位から上位に向かって、新第三紀鮮新世の東海層群に属する常滑層群（以降、単に常滑層と呼ぶ：T層）、第四紀更新世中期~後期のDs~Dc層（C層）、更新世後期のD層（B層）および更新世最後期~完新世の沖積層（一部のB層とA層）に大きく区分された（表1）<sup>2)</sup>。また、放射性炭素年代測定、火山灰分析、花粉分析およびESR年代測定結果等に基づき、堆積時代が表1のようにまとめられた。また、各地層および支持層の分布の推定にあたっては、過去の音波探査データも再解析している。

基盤層の常滑層すなわち音波探査でのT層と中部更新統の砂・砂礫層：Ds層（C<sub>2</sub>層）については、N値が50以上で良好な支持層とみなされた。建設予定海域では常滑層からなる支持層が海食台状地の下の海面下5~10 mに、幅1~2 km程度でほぼ南北方向にのびて分布する。したがって上述のように水深のみならず支持層の位置・規模・形

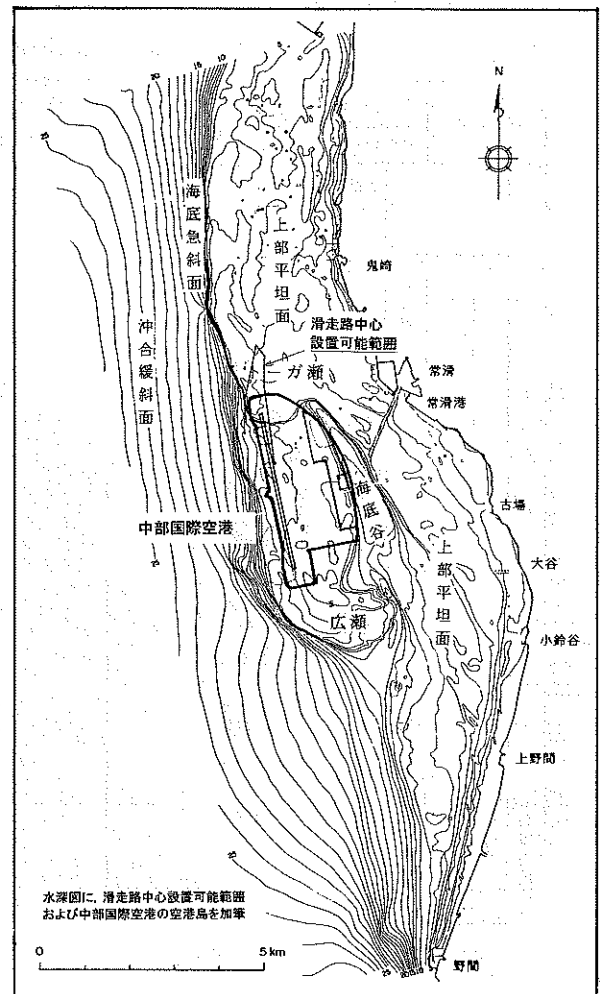


図2 水深図（(財)中部空港調査会提供）

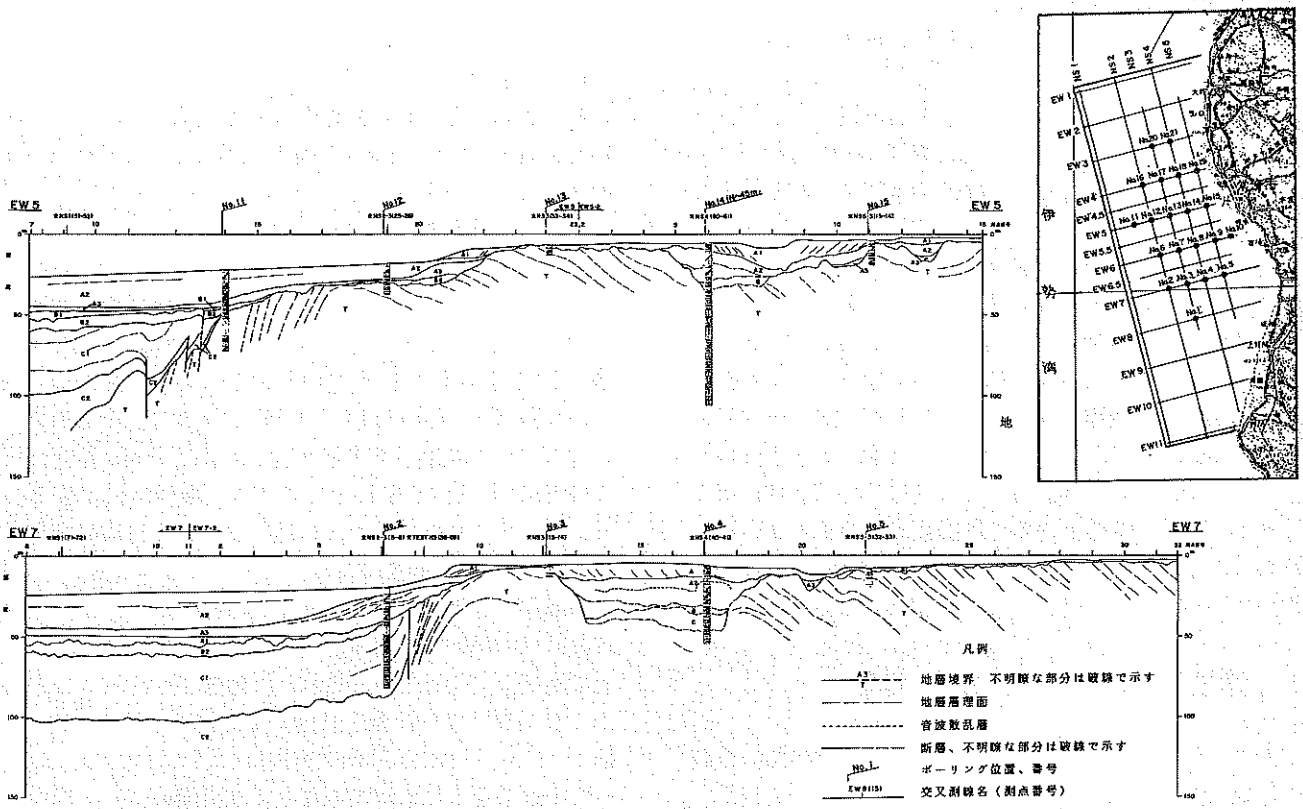


図3 主要地質断面図 ((財)中部空港調査会提供)

表1 地質層序表 ((財)中部空港調査会提供)

年総代対 (千年)	地質時代	文 献				調査結果						
		濃尾平野 井間ほか(1982)	土質工学中部 支部(1988)	伊勢湾 桑原他(1972)	知多半島 国土地理院 (1976.78) 牧野内(1988)	土質調査	音波探査 埋積谷 沖合	埋積谷	各地層の特徴	沖合		
6	第四紀 更新世	完新世	上部砂層		A WCP-2面	A	沖積層	上部砂質土層 As1	A1	砂層からなる。部分的 に前覆層的に分布		
10			沖積層	中部泥層	南陽層 A			B	粘性土層 Ac	A2	軟弱なシルト~粘土からなる。	
				下部砂層	濃尾層 N	B WCP-1面				A3	軟弱なシルト~粘土が多いが、埋積谷では砂、 沖合では斜層理を示す砂の部分もある。	
16			後期	基底礫層	第一礫層 D5	C ET面	C	更新統	下部砂質土層 As2	B1	シルト~粘土で多少砂含む。沖合にのみ分布。	
21		埋没段丘堆積層		鳥居松礫層 D5	LT面		上部更新統	上部砂礫層 Dg1	B3	砂層からなり、埋積谷 のA層の下位に分布。 沖合部のA層の下位に ある地層との連続性は ない。B層未区分層と 仮称	沖合部のB3層は礫層	
60				大曾根層 D4				下部砂礫層 Dg2	B4	砂礫~砂からなる。沖合 のB層よりも陸側に分布。 埋没段丘堆積層と判 断される。		
120		熱田層上部		熱田層 D3U			洪積層	粘性土層 Dc	C1	上部はシルト~粘土、 下部は砂からなる。		
130~140		熱田層下部		熱田層 D3L				更新統	砂質土層 Ds	C2	埋積谷のB層の下位に 分布。	砂・礫層からなる
150		中期		第二礫層 Dm		D						
730			海部累層 弥富累層 Dm									
1640	前期	東海層群 P										
	新第三紀	鮮新世		T	常滑層群	常滑層群 Tc (常滑層) Ts	T	半固結状シルト・砂の互層				

----- 不整合面 一部加筆

状は、空港島の建設には好都合であることが判明した<sup>1)</sup>。

前述の海底谷のほぼ直下には、深さ20~65m、幅約0.5~1.5kmでほぼ南北方向に延びる埋没谷が存在することが、またこの谷は圧密沈下をおこすN値5以下の粘性土を主体とする厚さ10~25mの軟弱層で埋積されている。なお、この谷は海水準の低かった氷河期に陸上浸食でできたと推定され、比較的急な谷斜面を伴っていることも判明した<sup>2)</sup>。

海底谷を除いた周りの浅い海域には、しまりの緩い沖積層上部砂質土層が広く分布するが、液状化の恐れのあるN値5以下の緩い砂と5~20程度の砂からなる<sup>2)</sup>。

### (3) 伊勢湾断層

音波探査およびボーリング調査等結果から、伊勢湾断層は調査海域の西部にほぼ北北西-南南東方向に延び、常滑層、弥富累層~熱田層相当層のC層および一部の沖積層(濃尾層相当層)にまで相対的に東側隆起の変位を及ぼしている活断層であることが判明した<sup>3)</sup>。

伊勢湾断層は、第四紀後期の活動性が異なることから延長27kmの「広義の伊勢湾断層」と延長15kmの「狭義の伊勢湾断層」と分けられているが、後者は前者のほぼ南半分の区間に相当するが、図4には後者が示されている。後者では約2万年以降の沖積層が最大約12m変位していることが判明した<sup>3)</sup>。

### (4) 物性値

各層の主要物性値を表2に示した。構成地層の物性値については、特異な値を示すものはなく、強いてあげれば、沖積層の砂質土に若干N値の高い部分が存在する程度である。

全体的な傾向としては、沖積層の強度には顕著な深度依存性傾向がみられるが、洪積層(中・上部更新統)については、一軸圧縮強さを除き、深度方向での変化はあまりみられない。

## 4. 空港島の計画

地象調査およびその他の調査結果に基づき、空港計画がさらに具体的に詰められていった。平成7年(1996)の「第7次空港整備五箇年計画」において国から新たな拠点空港の整備事業として認められた<sup>1)</sup>。

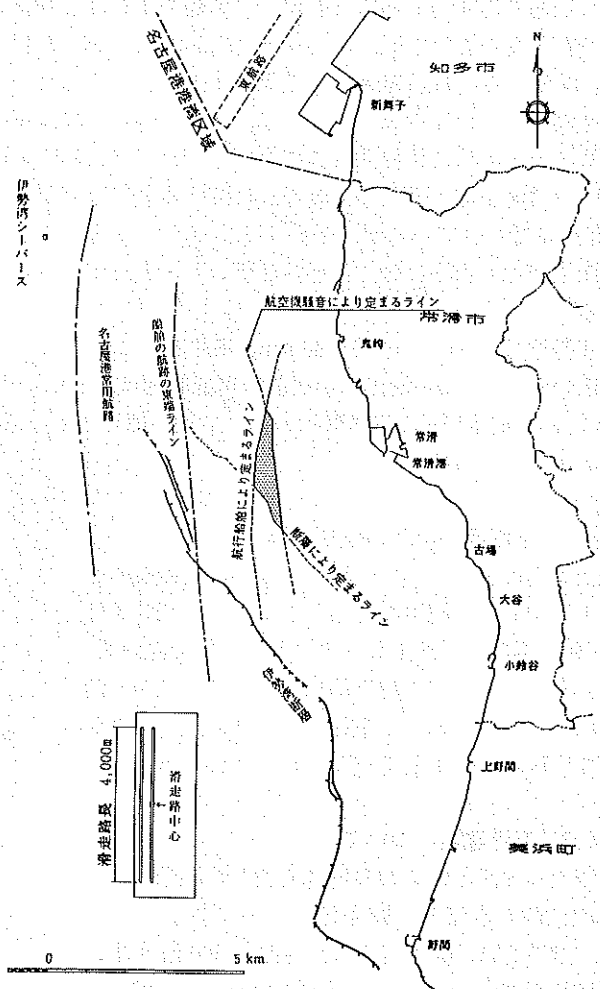


図4 滑走路中心の設置可能範囲

表2 主要物性値一覧表 (財)中部空港調査会提供

地層	N値(回)			粒度組成(平均;%)				土粒子の密度(g/m <sup>3</sup> )	自然含水比(%)	間隙比	一軸圧縮強度(kPa)		圧縮指数		圧密降伏応力(kPa)
	分布範囲	平均	n	細粒分	砂分	礫分	n				n	n	n		
As1	1.3 ~ 32.0	14.1	20	15.2	82.6	2.2	17	2.668	17	25.3					
Asg	5.0 ~ 34.0	13.8	6	7.3	28.0	64.7	3	2.684	3	5.9					
Ac	0.0 ~ 8.0	1.3	66	84.1	15.5	0.4	96	2.695	96	57.2	1.59	69.7	208	0.61	45
As2	0.0 ~ 100.0	15.1	55	36.1	62.4	1.5	35	2.664	35	25.9	0.83	112.8	10	0.27	4
Dg1	53.0 ~ 166.6	88.2	9	8.0	46.8	45.2	4	2.673	4	9.2					
Dg2	15.0 ~ 65.2	42.3	15	9.8	40.2	50.0	6	2.660	6	8.2					
Dc	5.0 ~ 25.0	12.7	25	78.0	21.8	0.2	16	2.691	16	38.2	1.06	436.5	18	0.49	9
Ds	4.0 ~ 300.0	109.4	77	36.2	61.6	2.2	32	2.677	32	22.1	0.73				
Dsg	150.0 ~ -	1284	11												
Tc	17.0 ~ 375.0	102.9	105	85.9	13.8	0.3	28	2.680	28	23.1	0.63	2062.1	69		
Ts	32.0 ~ 300.0	117.7	31	36.7	63.3	0.0	12	2.675	12	21.3					

n: 個数 ・土粒子密度と自然含水比の個数は同じ ・圧縮指数と圧密降伏応力の個数は同じ



#### 4.1 滑走路中心設置可能範囲と地盤条件

空港島の位置を決めるにあたり、まず滑走路中心をどこに置くのかを検討する。平成7年度までには滑走路中心設置可能範囲は、航空機騒音の影響、名古屋港常用航路との関係、海底地盤条件の3つを基本的な制約条件として机上検討し、設定されている(図4)<sup>1)</sup>。この海底地盤条件としては、上記の地盤調査結果から、伊勢湾断層が将来活動する恐れのある活断層であることから、断層のずれにより護岸が直接影響を受ける恐れのある範囲(200~400m)を想定し、断層からの離隔500mを確保することが決められた。

空港の成立可能性調査において、活断層からの離隔を検討しているのは、世界的にみて今回が初めてであろう。なお、伊勢湾断層の最新の活動履歴に関する調査などが平成8年度に行われているが、最近、これらのデータ等をもとに同断層に近い将来に動く可能性は低いとの見解が出されている<sup>2)</sup>。

伊勢湾は、東西方向15~30km、南北方向に50kmもある広い湾であるが、滑走路中心設置可能範囲は、東西約0.7km、南北約3kmの三角形の極めて狭い範囲である(図4)。

#### 4.2 空港島の位置の絞り込み

空港島の位置については、平成8年度になると滑走路中心の設置可能範囲のなかで、上記3条件に「海域環境」、「漁業」、「アクセス」、「空港建設」の4条件を加えて、総合的に検討しているが、海域環境、海上交通、空港建設の条件の点で課題が少ない南寄りの場所で絞り込むことになった<sup>3)</sup>。

#### 4.3 空港建設について

空港島建設のための用地造成費と建設期間は、建設位置の水深と地盤条件によって異なってくる。空港島は、開港時には滑走路3,500m1本、面積約500ha、形状は一般的な矩形とし、埋立材は全て山土で調達(運搬距離は20~60km)するものとして、概略建設費を見積もっている。設置可能範囲の北端と南端ではほぼ同額の約7,000億円、それに対し西端では約1割高くなると、また、建設期間は約7年で、西端の場合1年程度長くなると見積もられた<sup>4)</sup>。

#### 4.4 埋立

空港島の埋立では、建設予定地の平均水深分と埋立による圧密沈下分を加えた土量が必要となる。埋没谷には軟弱層が場所によっては20m以上も分布することから沈下が予想された。ともかく埋立土砂は短期間で大量に必要なことから、伊勢湾および三河湾沿岸域等の開発により発生する山土を中心に利用するとして計画していた。また、その他名古屋港の港湾整備に伴い発生する浚渫土砂等を再生資源として有効利用する計画をたてた<sup>5)</sup>。

## 5. 工事着工

空港島の計画案は、「最終まとめ」というかたちで、平成10年4月に発表された。滑走路中心の位置は設置可能範囲の中の南端付近で決まった<sup>6)</sup>。また、平成10年(1998)5月に事業主体となる中部国際空港株式会社が設立され、PFI(Private Finance Initiative 民間主導による社会資本整備)の趣旨に沿って事業が推進されることとなった。

護岸工事に着手したのは平成12年8月で<sup>6)</sup>、埋立工事は平成15年2月に終わっている<sup>6)</sup>。空港島の建設海域の水深は-3~-10m前後で、また平均水深は-6m程度であった<sup>5)</sup>。

建設に伴う詳細な調査結果から、想定沈下量が公表されている(図5)<sup>6)</sup>。最大3m以下で、沈下量2~3mの範囲はかなり限定的で、滑走路および旅客ターミナルビル付近の比較的広い範囲は常滑層が浅く、また薄い砂層が分布するところでほとんど沈下が見込まれていない。

埋立土に関しては、短期間にもかかわらず大量のものを三重県および日本各地の土源、ならびに名古屋港の浚渫土砂から調達している<sup>5)</sup>。

4年半という短期間の工事でありながらさまざまな工夫で工期短縮とコスト縮減に取り組み、1,000億円規模とい

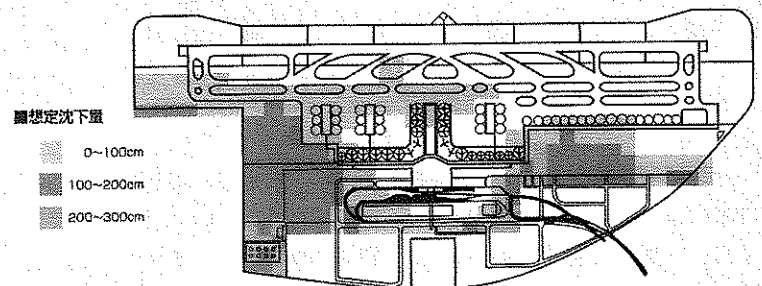


図5 想定沈下量 (中部国際空港(株)提供)

表3 中部国際空港当初事業計画と関西国際空港第1期の比較

中部国際空港 <sup>1),5)</sup>	項目	関西国際空港 <sup>7)</sup>
470 ha <sup>*1</sup>	空港島規模	511 ha
(約2.8 km)	陸からの距離 <sup>*2</sup>	(約4.5 km)
7,680 億円 <sup>*1</sup>	事業費	15,000 億円
未発表	空港島の建設費	5100 億円
-6 m	平均水深	-17 m
0~約20 m	軟弱層の厚さ	20 m
固結シルトと砂層の互層(常滑層)	軟弱層の下位層	泥層を主体とする洪積層(厚さ400 m)
0~3 m 程度	予測最終沈下量	12 m (全範囲)
5,500 万 m <sup>3</sup> <sup>*1</sup>	埋立土量	17,000 万 m <sup>3</sup>
(公表ないが不要と推測)	不等沈下対策のメンテナンス	ターミナルビルをジャッキ900本で維持
不要	横風用滑走路	必要

\*1: 愛知県担当の空港関連地域開発用地 110 ha を除く

\*2: 滑走路から建設以前の陸地までの最短距離を図ったもの

う事業費の削減を見込み<sup>5),6)</sup>、今日に至っている。施工に伴う事業費の削減の取り組み状況は、土木関係の学会誌等に紹介されている<sup>5),6)</sup>。

## 6. 関西国際空港第1期との比較

中部国際空港の当初事業計画<sup>1),5)</sup>と関西国際空港第1期<sup>7)</sup>の空港島の立地、地盤条件、事業費等を公表資料に基づき作成し比較を試みた(表3)。両者は、構想・事業の仕組・規模等が異なるため単純な比較をするべきではないが、後者は前者に比べて空港島建設海域の平均水深が深いことおよび軟弱地盤(関空の場合、沖積層のみならず洪積層)の圧密沈下量が大きいことが<sup>7)</sup>、事業費に大きな差が生じた原因と考えられる。中部国際空港が、伊勢湾東部の候補地のなかでも西端付近であったならば、あるいはもっと他の地区、たとえば伊勢湾北部に選ばれていたならば、洪積層を含めた軟弱層が相当厚いことが知られているので、建設およびメンテナンス費用は高いものについたであろうことは想像に難くない。

## 7. あとがき

本稿を書くにあたり、どの観点から書くべきか悩んだが、地質・活断層調査関係の成果はすでに発表されていることから、空港計画と地盤条件の関係の経緯を中心とした次第である。説明が不十分でわかりにくい点が多々あると思う

がお許し願いたい。なお、財団法人中部空港調査会には図表の資料提供でご協力をいただき、またご指導も頂いた。中部国際空港株式会社建設部には空港島全景・旅客ターミナルビルの現況写真および原図をご提供頂くとともにご指導も頂いた。これらの機関に厚く感謝申し上げる。

最後に、来年2月のセントレアの開港に向けて、その工事が順調に進んでくれることを祈るとともに、名実ともに本格的な国際ハブ空港として羽ばたいてくれることを期待する。

### 引用・参考文献

- 1) 財団法人中部空港調査会：中部新国際空港に関する調査のあらまし、pp.1-197, 2000.
- 2) 豊蔵 勇・岡田篤正・牧野内 猛・堀川義夫・長谷川 淳：「中部国際空港」海域(知多半島常滑市沖)の海底地形・地質、地学雑誌, Vol.107, No.5, pp.579-615, 1999.
- 3) 岡田篤正・豊蔵 勇・牧野内 猛・藤原八笛・伊藤 孝：知多半島西岸沖の伊勢湾断層、地学雑誌, Vol.109, No.1, pp.10-26, 2000.
- 4) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：伊勢湾断層帯の評価、文部科学省HP, [www.jishin.go.jp/main/index.html](http://www.jishin.go.jp/main/index.html), 2004.
- 5) 上用敏弘・広浜全洋・山脇 司：中部国際空港：セントレアの建設工事、海洋開発論文集, pp.95-100, 2002.
- 6) 菅沼史典：中部国際空港セントレアの建設 空港整備におけるコスト削減への取り組み事例、土木学会誌, Vol.77, No.12, pp.2-15, 2003.
- 7) 財団法人関西空港調査会監修：これが関西空港 9月4日開港だ、日本工業新聞社, pp.1-503, 1993.

# 関西国際空港建設事業の概要

関西国際空港用地造成(株)事業推進部 **中谷 行男**  
 関西国際空港(株)建設事務所 **田川 浩**  
 復建調査設計(株)地盤環境部 **先森 弘樹**

## 1. まえがき

関西国際空港は、航空機騒音問題を解消するために、大阪湾泉州沖合い 5 km の位置に建設された世界初の本格的な海上空港であり、図 1 に示すように 1 期空港島 (A 滑走路: 3,500 m) が平成 6 年 9 月に開港して運用が開始された。

当空港は、増大する航空輸送の需要や多様化・国際化する空港機能への社会的ニーズに対応するために、我が国初の 24 時間運用可能な空港としてのメリットを生かし、世界第一級の国際ハブ空港を目指して、現在 2 本目の滑走路 (B 滑走路: 4,000 m) を備えた 2 期空港島の建設が進められている。

しかしながら、関西国際空港が位置する海域の地盤は、最上部に軟弱な沖積粘土層が層厚 18~25 m 堆積しており、さらに沖積層の下部には粘土層と砂層の互層状態の洪積層が層厚 300 m 以上堆積していることから、埋立工法を採用している空港島建設事業にとって、造成地盤の沈下は最も重要な技術課題となっている。

特に洪積層の沈下は前人未到の領域であり、その研究成果は地盤工学にとって大変興味深いものになると期待されている。

本報告では、国家プロジェクトとして関西国際空港建設事業を概観し、建設事業の経緯や地域社会との関係、地盤工学上の課題等を紹介するものである。

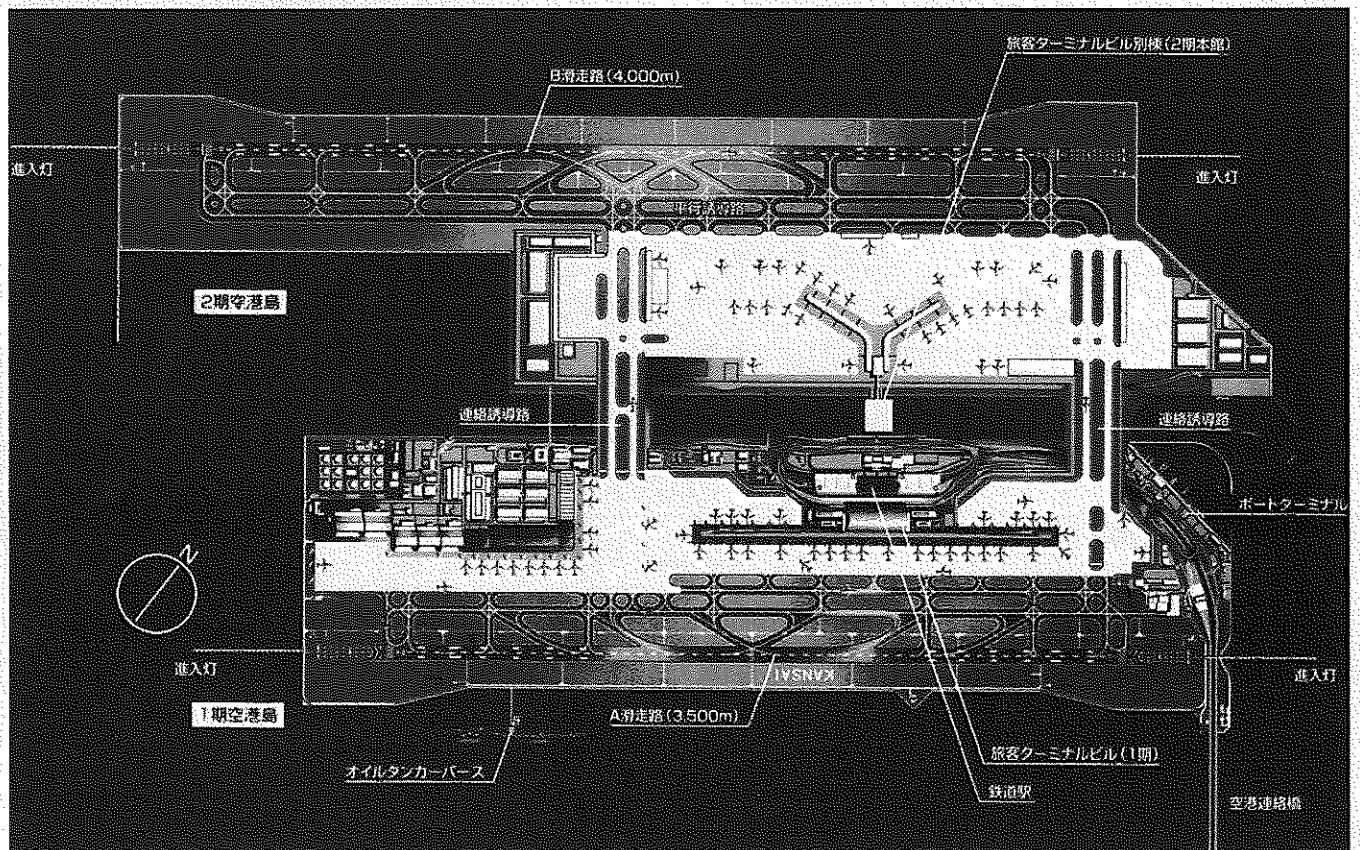


図 1 関西国際空港建設事業計画案平面図

## 2. 関西国際空港建設事業の概要

### 2.1 空港島の位置と事業の合意形成

昭和45年(1970年)の大阪万国博覧会を目指して拡張された伊丹(大阪国際)空港は、人家の密集地した上空をジェット機が離発着するために、発着時間の制限に止まらず航空機の騒音が大きな社会問題となっていた。また、市街地を低空で飛行する状況から、その安全性に対しても抜本的な対策を講じることが強く要請された。

「航空機騒音に係る環境基準」では、住居地域に適用されるWECPNL(加重等価連続知覚騒音レベル)は70以下であり、関西国際空港の場合には図2に示す範囲が該当することになる。図2から分かるように、航空機騒音が周辺地域へ及ぼす環境負荷を排除するためには、空港建設用地として広大な面積が必要になる。

このように関西地域における新しい大規模国際空港が海上にその適地を求めたことは必然であったと言える。空港のために純然たる人工島を建設したのは、関西国際空港が世界で最初である。

公共事業のみならず民間事業も含めて、大規模プロジェクトを推進するうえで、地域社会の合意を得ることは不可欠であり、合意に至る過程もプロジェクトの成否を決める重要な要因である。

近年では地球規模の環境問題への関心も非常に高く、またその地域固有の文化と融合した地域整備も強く望まれており、市民が積極的にプロジェクトに参加する時代である。

関西国際空港の建設事業では、計画決定前に本格的な環境アセスメントが実施され、生態系や水質・大気汚染等に及ぼす影響が総合的に評価されている。これは、環境アセスメントが法制化される以前のことであり、その後の大規模プロジェクトを進めるうえでの先駆けとなったものである。

一方空港の必要性や地域整備の問題は、産学官が連携して講演会や研究会を開催し、地道な活動から地域社会の理解を得る努力が積み重ねられた。空港対岸の地域開発もその成果の一つであり、関西国際空港は民活第1号のプロジェクトとして意義のある重要な公共事業である。

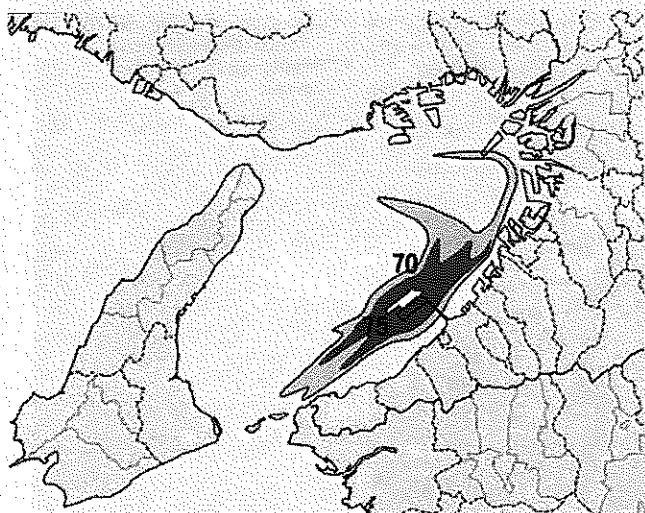


図2 関西国際空港における航空機騒音の予測結果  
(単位: WECPNL)

### 2.2 埋立海域の地盤概要と地盤工学の課題

関西国際空港の埋立海域は水深が約20mであり、図3に示すように海底面から軟弱な沖積粘土層が層厚18~25m堆積している。さらに沖積層の下部には粘土層と砂層の互層状態の洪積層が層厚300m以上堆積している。

沖積層、洪積層ともに陸側から沖側に向かって傾斜していることから、沖合いに位置する2期空港島の方が軟弱層が厚く堆積しており、1期空港島と比較してもより厳しい地盤条件となっている。

沖積粘土層は、自然含水比 $w_n=50\% \sim 120\%$ の一般的な海成粘土であり、ほぼ正規圧密状態の軟弱層である。一方洪積層は、基底礫層(Ds10層)を境に上部洪積層と下部洪積層に大別されるが、粘土層は過圧密比OCR=1.3程度の過圧密状態である。

洪積層の代表的な特徴としては、粘土の圧縮特性と砂層の排水性が挙げられる。洪積粘土の圧縮特性については、室内土質試験結果から圧密降伏応力付近の圧縮指数Ccが比較的大きいことが確認されているが、これはセメンテーション効果の影響と推察される。

また、上部洪積層では最上部の砂層(Ds1層)と基底礫層は比較的層厚が厚く、連続した地層であり、粘土層の圧密に対して排水層として機能すると想定される地層である。しかし、空港のように大規模な荷重が作用する場合、連続性が明らかでない砂層が排水層としてどのように機能するかは重要な検討課題となる。

このような軟弱地盤上に大規模な空港島を建設する場合、造成地盤の沈下や護岸の安定性等が地盤工学上の技術課題となる。

沖積粘土層は、サンドドレーン工法によって地盤改良されており、造成地盤の沈下を早期に終了させて空港供用開始後の残留沈下を低減している。また護岸部では、護岸形式の違いによってサンドドレーン工法の他にサンドコンパクションパイル工法や深層混合処理工法が施工されている。

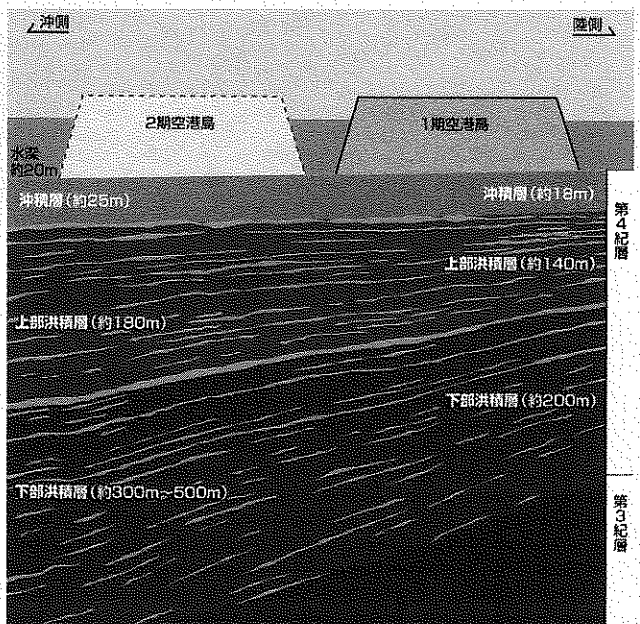


図3 関西国際空港埋立海域の地盤概要

これに対して洪積層は、技術的・経済的理由から対策工が実施されていないことから、自然堆積地盤の状態で沈下がゆっくりと発生する状況になっている。このため、空港供用開始後における残留沈下の大半は洪積層が占めることになるが、建設中にできる限り洪積層の沈下を発生させ、残留沈下を低減する埋立工事が実施されている。

同時に各施設には、たとえば建築物にあらかじめジャッキアップシステムを導入する等の個別対策を実施し、空港施設の機能を保持する工夫が施されている。

また、沈下予測の精度を向上させて現地施工や将来のメンテナンスにフィードバックさせるために、各種計測器を設置して地盤の挙動をモニタリングする、いわゆる情報化施工が導入されている。

### 3. モニュメント・オブ・ザ・ミレニアム

アメリカ土木学会(ASCE)は、新しい千年紀を迎えるにあたり20世紀における最も顕著な影響をもたらした土

木・建築技術を表彰するとともに、その創造的な精神と技術を称えることを目的とし、平成13年に表1に示すような世界の10大事業、いわゆるモニュメント・オブ・ザ・ミレニアム「Monument of the Millennium」を選定した。

関西国際空港は、日本から唯一「空港部門」の事業として選定されたが、大水深・大深度軟弱地盤と言う非常に厳しい自然条件下で大規模・急速施工の空港島建設を成し遂げたこと、世界最長の二重トラス連絡橋の建設や不同沈下対策としてのジャッキアップシステムの採用等、先駆的な土木・建築技術を導入したことが評価されたものである。

さらには、近年関心が高まっている地球・自然環境保全の問題にも技術的な配慮がなされており、地域経済や国際交流の発展に貢献したことも評価の基準に加えられている。

関西国際空港は、チャレンジ精神に溢れた土木建設工事であり、パナマ運河やゴールデンゲートブリッジ等の世界遺産的な事業と肩を並べる時代のシンボルと言える。

### 4. 2期用地造成事業の計画と埋立工事の現況

2期空港島は、1期空港島の沖合い海域を埋立て約540haの空港用地を新たに造成する計画であり、平成11年に着工して平成19年のB滑走路の供用開始を目標に現在埋立工事が進められている。平成16年4月現在で約450haの用地が陸化されている(写真1参照)。

2期空港施設の運用が開始されると、処理能力が約16万回/年から約23万回/年に増強され、世界の経済発展や文化交流に寄与する空港としての役割を飛躍的に拡充することになる。

2期空港島の埋立工事は、大水深・大深度軟弱地盤上における大規模・急速施工であり、円滑で効率的な工事および施工管理が要求されている。これらの課題に対応するために先進技術が数多く採用されており、高品質な地盤を造成することに大いに貢献している。

表1 モニュメント・オブ・ザ・ミレニアムに選定されたプロジェクト一覧表

部 門	プロジェクト名
水 路	パナマ運河
空 港	関西国際空港
鉄 道	ヨーロッパ鉄道(英仏間)
ダ ム	フーバーダム(ネバダ州)
道 路	アメリカ州間高速道路
長 大 橋	ゴールデンゲートブリッジ
廃棄物処理	未選定
高 層 ビル	エンパイアーステートビル
下 水 道	シカゴ下水システム
上 水 道	カルフォルニア上水システム



写真1 関西国際空港2期用地造成事業の現況(平成16年2月現在)

たとえば、埋立工事は底開式土運船による海中施工と揚土船による陸上施工に大別されるが、底開式土運船による海中施工では、GPSを利用した船位誘導装置によって自船の位置を確認できる運航管理支援システムを採用している。このシステムを活用することによって、より精度の高い埋立工事が実施できるとともに、作業船舶の安全航行を確保しながら効率的に施工を進めることが可能となっている。

## 5. 洪積層の沈下予測と情報化施工

### 5.1 洪積層の沈下予測

前述したように空港施設に影響を及ぼす供用開始後の沈下は、洪積層の沈下が支配的であるため、洪積層の沈下を精度良く予測することが重要な技術課題となっている。

2期空港島における洪積層の沈下予測では、1期空港島と同様に粘土の圧縮特性と砂層の排水性を的確に把握し、空港島全体の挙動を再現できる地盤モデルや解析方法を構築することが必要である。

載荷重によって圧密された粘土層の間隙水は、砂層を介して周辺地盤に排水され、通常地盤では砂層を排水性の大きい完全排水層として想定した沈下予測が実施される。

一方関西国際空港の洪積層には、粘土層と砂層が各々10層以上互層状態で堆積しているが、埋立の規模や荷重の大きさを考慮すると、完全排水層として想定するには課題が残る砂層が確認されている。しかし、不完全とは言えるもののある程度の排水能力は保持しており、粘土層の沈下速度に及ぼす影響は無視できないものである(図4参照)。

1期空港島の計測結果によれば、洪積層における過剰間隙水圧の深度分布は図5に示すとおりであり、大局的には透水性の大きい最上部のDs1層と基底礫層のDs10層を完全排水層とした両面排水状態となっている。しかし、中間砂層の排水性は粘土層の沈下量と密接に関連しており、経時的に変化すると予想される。

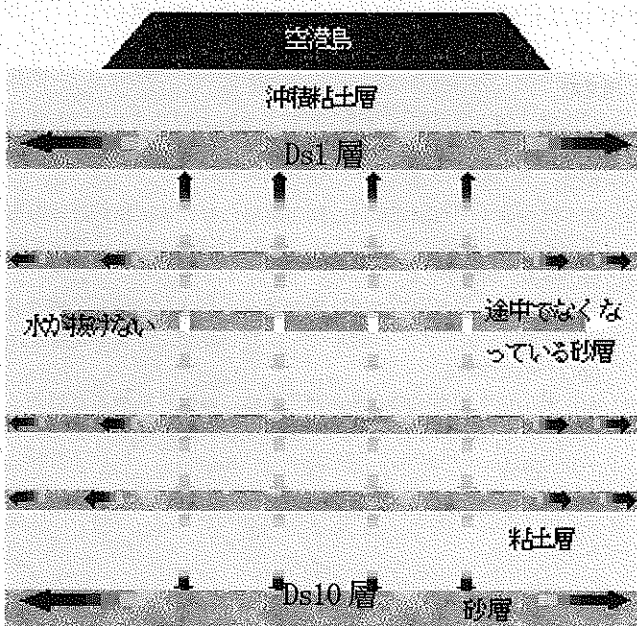


図4 洪積層における間隙水の挙動(上部洪積層)

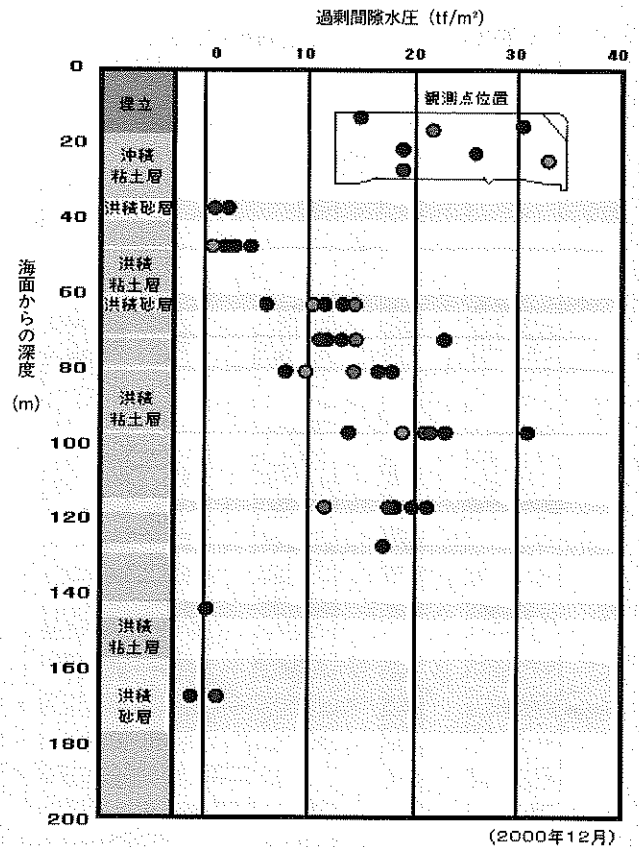


図5 洪積層の過剰間隙水圧深度分布(1期空港島)

洪積層の沈下予測では、洪積砂層の堆積状況や透水性を的確に再現した地盤モデルを構築し、粘土層からの圧密水が砂層を介して消散する解析方法を確立することが重要になる。しかし、実地盤の挙動は広域の3次元問題であり、さらには沈下特性に影響を及ぼす前提条件が多いために、解析は非常に複雑で煩雑な作業になる。

2期空港島建設事業では、ボーリング結果や室内土質試験結果、さらには微化石分析結果をデータベース化し、各洪積砂層の分布を広範囲にモデル化して解析の基礎資料としている。粘土層についても、同様のデータベースを構築しており、第2種基礎研究を充実させている。

沈下解析の代表的な方法としては、拡張平面2次元浸透流解析結果を砂層の過剰間隙水圧として境界条件に取り入れた1次元FEM沈下解析を採用しており、洪積層の沈下メカニズムを解明するとともに、その解析結果を埋立造成工事や空港施設のメンテナンス計画に反映させている。

### 5.2 2期空港島における洪積層の情報化施工

既往の埋立造成工事では、洪積粘土層の沈下が問題になることは希であり、その沈下特性がクローズアップされることも少なかった。その要因としては、洪積粘土の圧密降伏応力は非常に大きく、埋立荷重が作用しても正規圧密状態に推移しない事例が多かったことが挙げられる。

これに対して、関西国際空港建設事業では埋立規模や埋立荷重が非常に大きいために、洪積粘土が正規圧密状態に推移して沈下が発生するとともに、砂層の排水性が小さいことを含めて層厚(排水距離)が非常に大きく、沈下が長期間継続する状況になっている。

## 計測樁No.1の計測機器設置イメージ

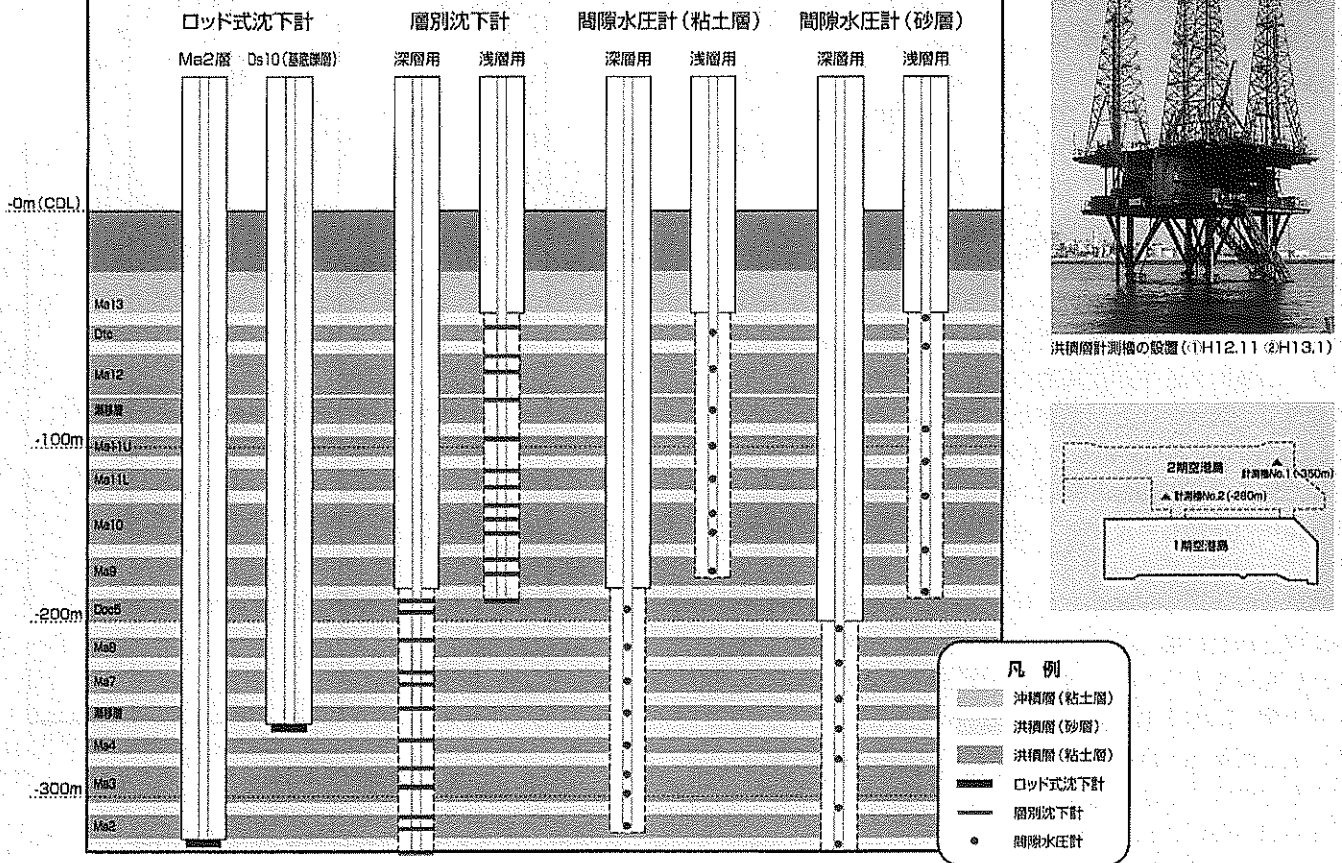


図6 2期空港島における洪積層の情報化施工概要図(計測樁①地点)

このように未解明な問題を解決しながら事業を進めて行く場合、有効な対応策として情報化施工がさまざまな現場で採用されてきた。

1期空港島では、情報化施工を実施して洪積層の沈下特性を把握するとともに、実測データに基づいて沈下予測の妥当性を詳細に検証している。これによって2期空港島の沈下予測は、その信頼性を飛躍的に向上させており、現時点の技術の粋を結集したものとなっている。

2期空港島の建設事業では、1期空港島で得られた豊富なデータや新しい見知を踏まえ、さらに沈下予測の精度を向上させて高品質な空港用地を造成するために、大深度洪積層の情報化施工を計画・実施している。

情報化施工の対象としては、埋立荷重と圧密降伏応力を比較して洪積粘土層が正規圧密状態になる可能性が高いMa2層(C. D. L-300m)までを想定している。また、同一地点で各種地盤情報を集中計測するとともに、クロスチェック機能を組み込んで測定データの妥当性を確認している<sup>2)</sup>。

2期空港島における洪積層の情報化施工の概要は図6に示すとおりであり、綿密なボーリングおよび計測器設置計画を立案し、厳しい自然環境を克服して平成13年から本格的な情報化施工が開始されている<sup>3),4)</sup>。

## 6. あとがき

関西国際空港2期空港島の埋立工事は、現在空港用地の陸化が進んでおり、それに伴って洪積層の沈下データも収集され、随時その解析結果を施工にフィードバックされている。今後は、洪積層の沈下特性が解明されて地盤工学上の貴重な見知が得られていくものと期待されている。

### 引用文献

- 1) 石川健二他：関西国際空港2期空港島における1次元FEM沈下解析の適用，第37回地盤工学会研究発表会，pp.997~998，2002。
- 2) 鈴木慎也他：関西国際空港2期空港島における洪積層計器設置工事その1~計測計画の概要~，第37回地盤工学会研究発表会，pp.9~10，2002。
- 3) 石川健二他：関西国際空港2期空港島における洪積層計器設置工事その2~ボーリング掘削~，第37回地盤工学会研究発表会，pp.11~12，2002。
- 4) 石川健二他：関西国際空港2期空港島における洪積層計器設置工事その3~計器設置~，第37回地盤工学会研究発表会，pp.13~14，2002。

# 現代のオロチ退治 斐伊川放水路事業

国土交通省中国地方整備局 出雲河川事務所  
中国地質調査業協会 技術委員会

## 1. はじめに

島根県出雲東部地域に度重なる洪水被害をもたらした山陰の暴れ川「斐伊川」<sup>ひい</sup>、国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所では、斐伊川・神戸川の抜本的な洪水被害解消を目指し、平成6年度より斐伊川中流から神戸川への流路を新設し、分水する斐伊川放水路の工事を行っている。

## 2. 流域の概要

島根県東部には、斐伊川・神戸川の二大河川が流れており、古くから豊かな出雲平野を形成してきた。

斐伊川は、その源を島根県・鳥取県境に位置する中国山地の船通山<sup>せんつうさん</sup>に発して支川を合わせながら北流し、出雲平野を東に流れ、宍道湖・大橋川・中海・境水道を通じて日本

海に注ぐ流域面積約2,070 km<sup>2</sup>、幹線流路延長約135 kmの一級河川である(図1)。

斐伊川上流域は風化花崗岩質を呈する土地が大部分を占めており、斐伊川には古来より多量の土砂が上流から供給され、中流域から宍道湖に注ぐまでの間は網状砂州の発達した典型的な砂河川となり、また、全国でもまれな「天井川」へと形成されてきた(写真1、図2)。

斐伊川上流域では、風土記の時代から明治時代頃まで「鉦製鉄」と呼ばれる砂鉄を原料とした製鉄業が盛んであった。その砂鉄採取法である「鉄穴流し」<sup>てつあな</sup>は花崗岩類の風化土層を掘り崩し流水により砂鉄を比重選別し採取する方法であり、この「鉄穴流し」も斐伊川が天井川へと形成された一因と考えられている。

一方、神戸川はその源を広島県・島根県境に位置する中国山地の女亀山<sup>めがめ</sup>に発して支川を合わせながら北流し、出雲

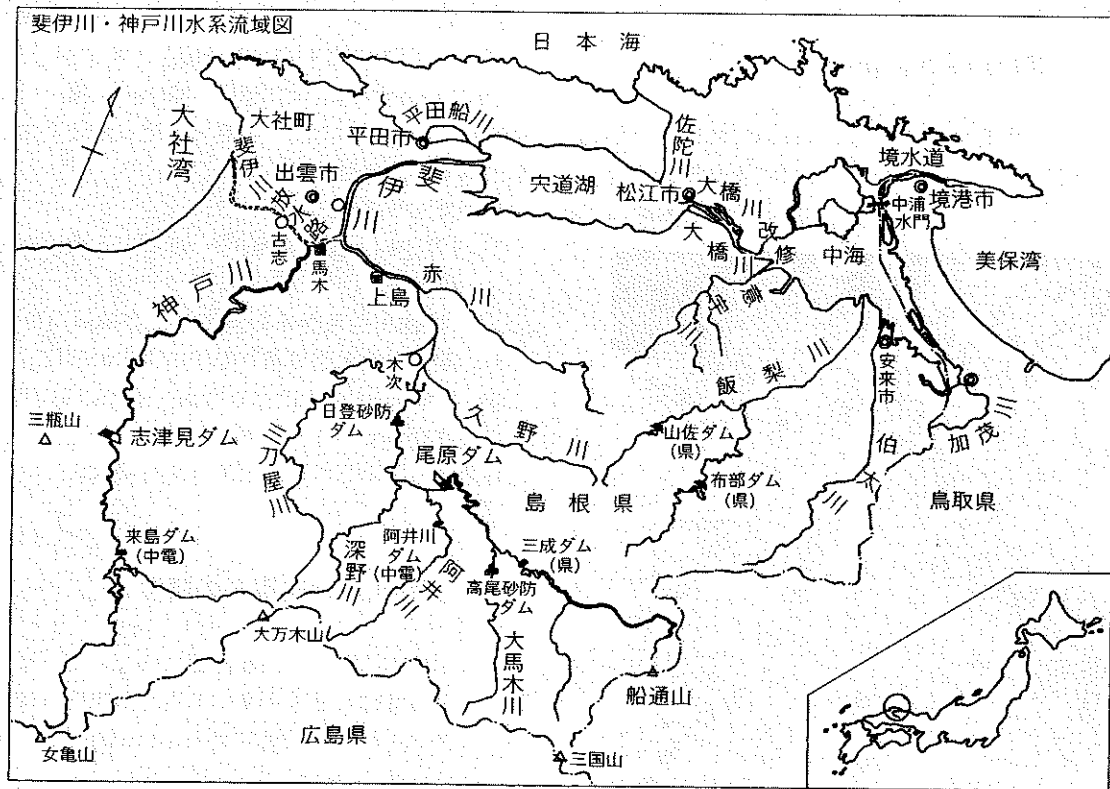


図1 斐伊川・神戸川の流域図



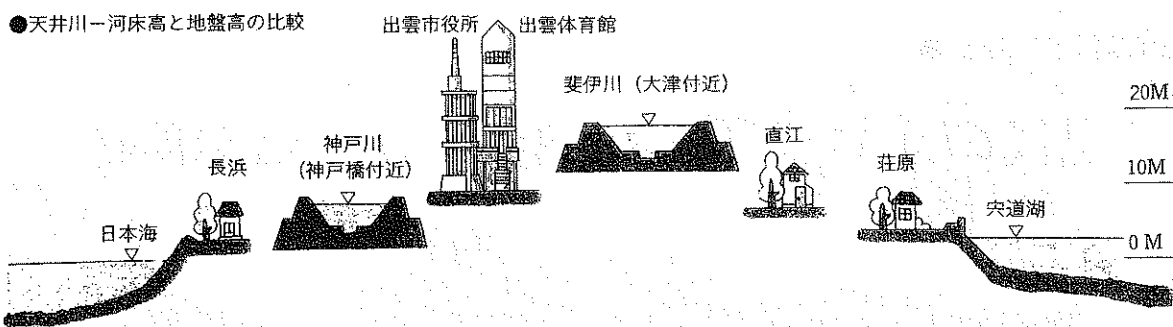


図2 河床高と地盤高の比較

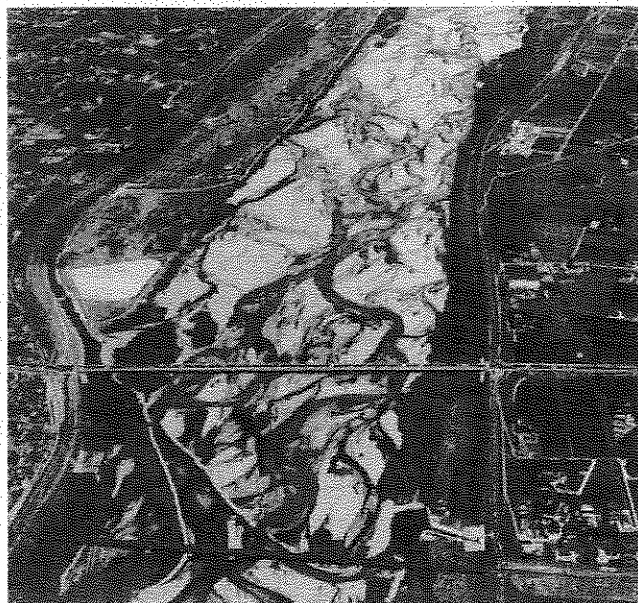


写真1 斐伊川の網状砂州

平野南部で西に流れを変え大社湾に注ぐ流域面積約 540 km<sup>2</sup>、幹線流路延長約 189 km の二級河川である。

### 3. 斐伊川, 神戸川治水計画

斐伊川は、かつて出雲平野を西流し大社湾に注いでいたが(図3)、寛永12, 16 (1635, 1639)年の洪水を契機に流路を変え、東流することとなる。それ以降、宍道湖沿岸は

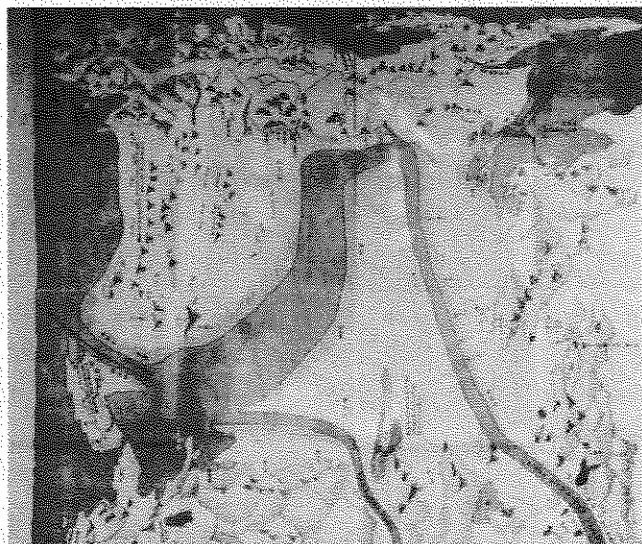


図3 昔の斐伊川(出雲平野で西へ向きを変え、大社湾に注いでいた)



写真2 昭和47年 松江市浸水状況

洪水の氾濫に悩まされるようになり、歴代の為政者が流路を付替える「川違え」や浚渫等の治水事業を行ってきたものの抜本的な治水効果は得られなかった。

昭和に入ってから昭和9年の室戸台風、昭和18年の台風26号、昭和20年の枕崎台風など出雲東部地域は度重なる洪水の被害を受け、さらに昭和47年の梅雨前線豪雨による甚大な被害(写真2)が契機となって、昭和50年に島根県が「斐伊川・神戸川の治水に関する基本計画」を発表、これに基づき昭和51年7月「斐伊川工事実施基本計画」の改訂、「神戸川工事実施基本計画」の策定が行われた。

斐伊川・神戸川治水計画は、斐伊川・神戸川両水系を一体とし、両河川の上流・中流・下流の流域全体で治水機能を分担することとしている。

計画は三つの柱と呼ばれる、

- ①「斐伊川上流の尾原ダム、神戸川上流の志津見ダムの建設」
- ②「斐伊川中流からの分流および神戸川の拡幅を行う斐伊川放水路事業と斐伊川本川の改修」
- ③「下流の大橋川改修と中海宍道湖の湖岸堤整備」

から成り立っている(図4)。

各地点の計画高水流量は流量配分図(図5)のとおりである。

### 4. 斐伊川放水路事業の概要

斐伊川放水路事業は出雲神話にちなんで「現代のオロチ退治」とも呼ばれる大事業である。事業内容は斐伊川中流部から神戸川への丘陵地を約4.1 km 開削し、斐伊川から最大2,000 m<sup>3</sup>/s を分流する。神戸川の合流地点から河口までの延長約9.0 km の川幅を約1.5倍に拡幅し、合流地点

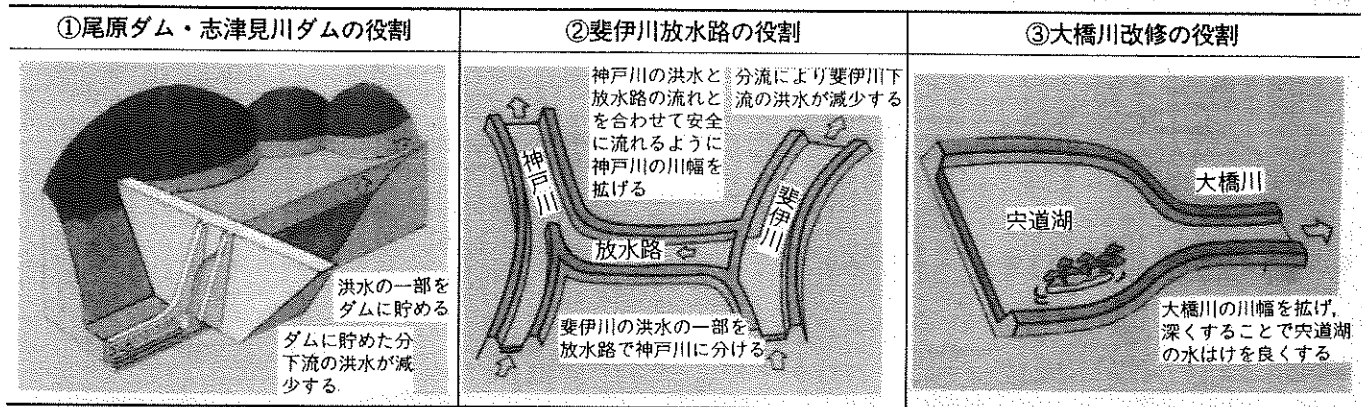


図4 斐伊川治水計画の三つの柱

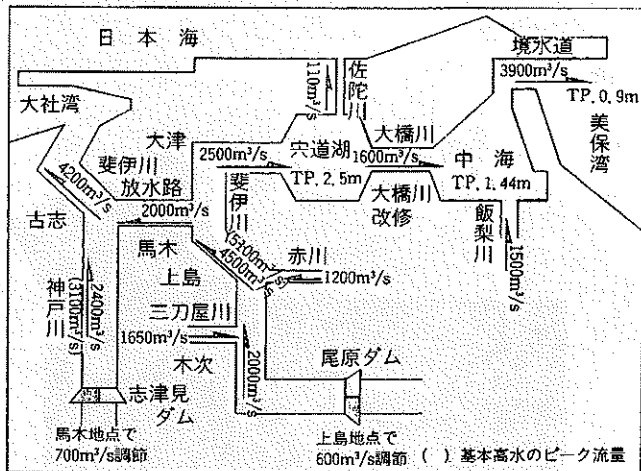


図5 斐伊川・神戸川計画高水流量配分図

#### 4.1 拡幅部の掘削・築堤

拡幅部は新堤防の築堤とともに、現地盤を計画断面まで掘削する作業が必要となる。

築堤は、基本的には同工区の掘削土を使用するものとしているが、掘削量が不足している場合または堤体の材料としてふさわしくない場合は他工区から運搬し築堤を行っている。

掘削は基本的に一次、二次、三次に分けて掘削を行うものとしている(図6)。

一次掘削は現堤防に影響を与えない位置で、神戸川の平常水位より高い部分を掘削する。二次掘削は新堤防の盛土が安定した後に現堤防を掘削する。三次掘削は水際に接する部分を掘削する。現在は一次掘削を順次進めているところである。

#### 4.2 開削部の掘削

開削部の掘削は次の手順で行う(図7)。

- ① 機械搬入等のためのパイロット道路を先行して施工する。
- ② 膨大な土量を掘削するため、大型のダンプトラックが通行できる工事用道路を施工する。
- ③ 将来の堤防道路高まで施工する。
- ④ 河道部分を施工する。

現在、下流から掘削を進めており、全体の30%程度の掘削を完了した。また、開削部下流端には濁水処理地を設け濁水流出防止に努めている。

#### 4.3 残土処理場

発生残土の処分場として、開削部の左岸(南)側の三つの谷に計1,200万 $m^3$ の土を階段状に盛り、緑化する計画であり、「グリーンステップ」と呼んでいる(図8)。

現在の進捗状況はB谷において約350万 $m^3$ の残土を処分したところであり、開削部と同様に最下部に濁水処理地を設け濁水流出防止に努めている。

この「グリーンステップ」は将来的には島根県で利用する計画である。

#### 4.4 橋梁架設

斐伊川放水路工事に伴い、大小25橋梁の架替えまたは新設を行う(写真4)。

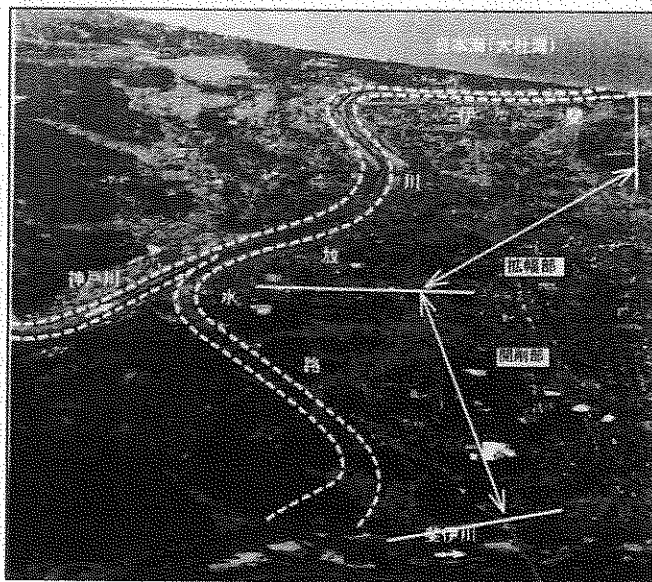


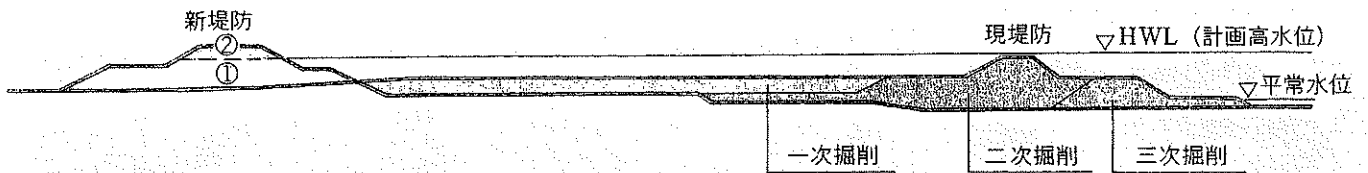
写真3 斐伊川放水路全景

から上流の背水区間についても改修を行うものである(写真3)。

掘削土量1,600万 $m^3$ 、築堤土量400万 $m^3$ 、残土処理1,200万 $m^3$ の大規模な築堤・掘削工事のほか、堰、水門等の河川構造物の新設・改築、大小25橋梁の架替えまたは新設を行う。平成15年度末までには用地補償は全て終了している。

以下、主な事業の内容について紹介する。

●現堤防より民有地側の掘削土を築堤に利用する場合



●現堤防より川側の掘削土を築堤に利用する場合

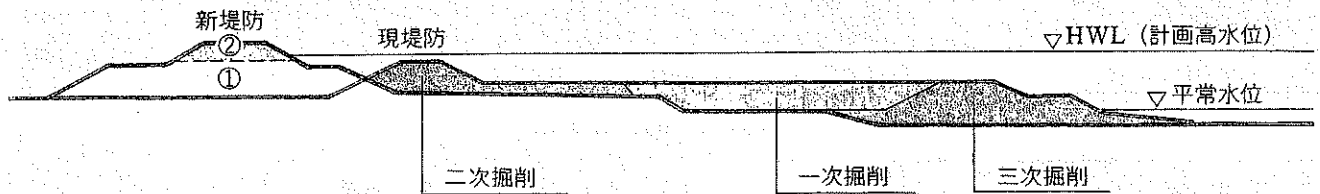


図6 拡幅部の築堤・掘削手順

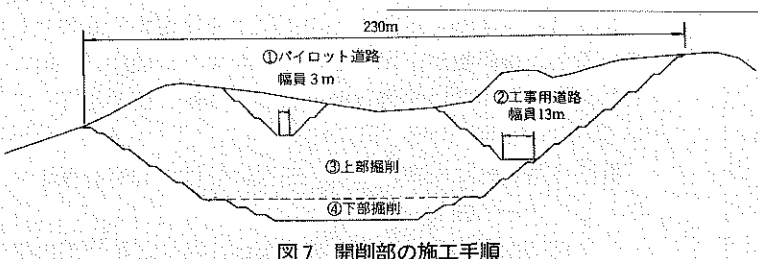


図7 開削部の施工手順

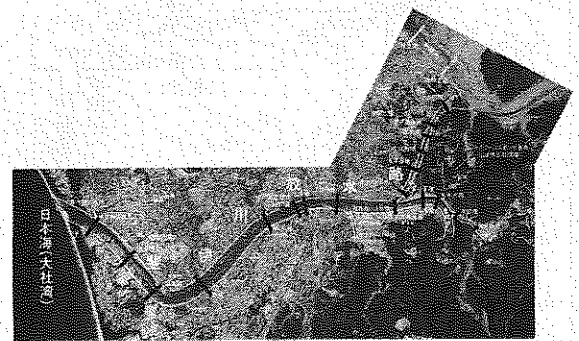


写真4 橋梁架橋位置

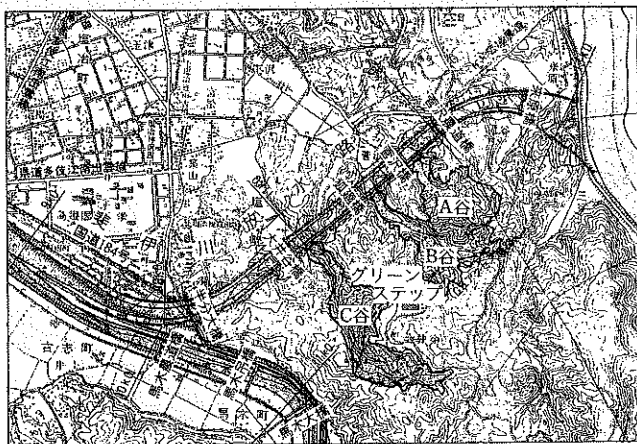


図8 三つの残土処分場 (グリーンステップ)

平成15年度末までに、河口から約1.9 km地点の市道橋「新崎屋橋」と約8.5 km地点の県道橋「古志大橋」や、開削部の最下流の「半分大橋」ほか14の橋梁が既に供用している。

#### 4.5 堰・水門

拡幅部および開削部では2ヶ所の堰と1ヶ所の水門の改築を行う。

##### (1) 新内藤川水門

新内藤川水門は河口から0.8 km付近の右岸、新内藤川と牛頭川の二つの支川の合流地点に洪水時に斐伊川放水路からの逆流を防止し、氾濫を防ぐことを目的とし、平成7年8月に着工し、二つの川を迂回させる難工事であったが、平成10年11月に無事完成を迎えた(写真5)。

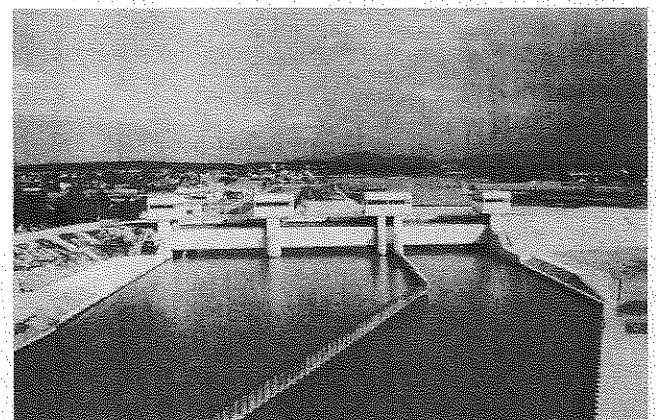


写真5 平成10年11月に完成した新内藤川水門

##### (2) 神戸堰

現在の神戸堰は昭和3年頃に灌漑を目的として河口から約7.8 km地点に設置された固定堰であり、放水路工事により河道幅が約2倍に広がるため、可動堰に改築する計画である。ゲートは景観等を考慮し、鋼製起伏式ゲートを採用している(写真6)。平成16年の秋には本体工事に着手する予定である。

##### (3) 分流堰

分流堰は斐伊川本川から開削部へ洪水を分流するための堰であり、斐伊川河口から約14.4 km地点の左岸側に計画されている。分流の計画は斐伊川本川の流量が400 m<sup>3</sup>/s程度になった時分流を開始し、斐伊川本川が計画高水流量の4,500 m<sup>3</sup>/sに達したとき最大の2,000 m<sup>3</sup>/sを分流する計

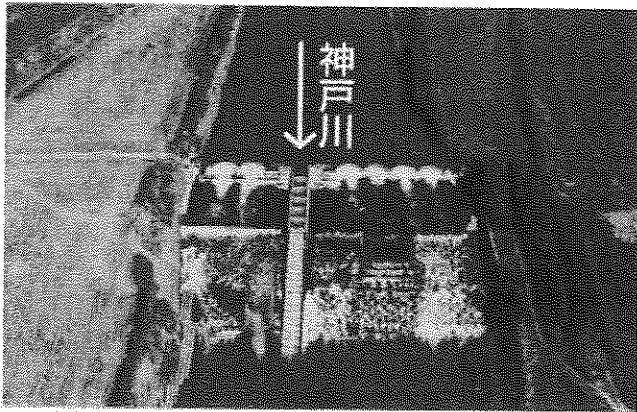


写真6 現在の神戸堰

画である。

現在は水理模型実験に基づき堰本体の構造について検討を行うと共に設計を実施している。

#### 4.6 樋門・樋管

斐伊川放水路工事に伴い、約100基の樋門・樋管の新設または改築を行う。

現在、拡幅部およびその支川で完成または工事着手している樋門は17基あり、そのうち7基は柔構造樋門であり、プレロード、キャンパー盛土、地盤改良（置換え）等を施し樋門の施工を行っている。

また、高耐圧ポリエチレン管を柔構造の管体として使用する新工法も試みている。

柔構造樋門については、施工後の沈下について追跡調査を行っている。

#### 4.7 軟弱地盤対策

合流点（9.0 km 付近）より下流の地盤は厚い沖積層に覆われており、10 m～20 m 程度の軟弱層（沖積粘性土層）が確認されている。このため堤防や道路盛土付近は圧密沈下、側方移動などの地盤変形の発生が予測され、影響を最小限に抑えるよう対策工を施している。また沖積砂質土層においては液状化現象が懸念されるため、その影響が大きいと考えられる橋台基礎部において液状化対策を施す。

##### （1）盛土による変形の防止

盛土のために生じる側方移動や圧密沈下の影響を抑えるため、鋼矢板やスラリー攪拌工法による連続地中壁により盛土部の地盤との縁を切り、周辺地盤の変形を最小限に抑える（図9）。

##### （2）道路盛土による変形の防止

橋梁の取付道路などの道路盛土部分はサンドドレーン工法およびプレロード工法により圧密を促進させ、道路供用後の不同沈下や構造物底面の空洞化を抑える。

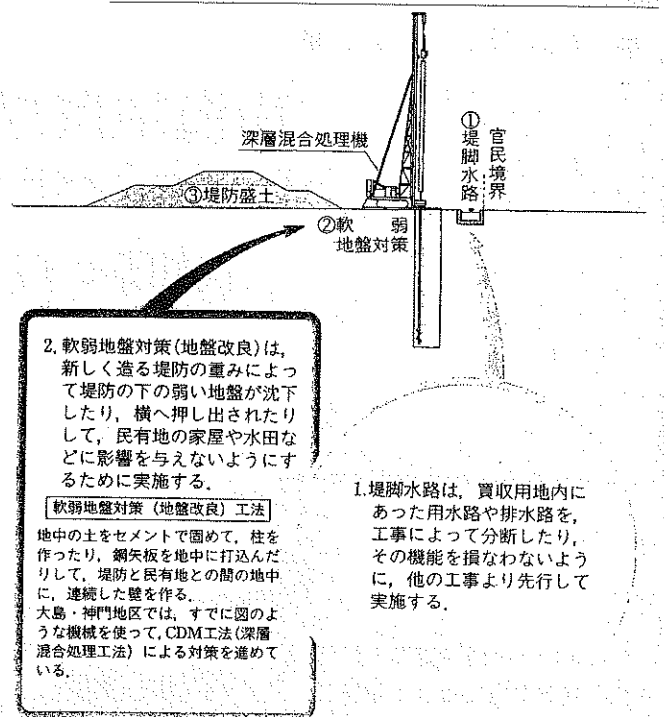


図9 築堤部地盤変形対策

#### （3）橋台基礎部の液状化対策

液状化が懸念される箇所の橋台基礎地盤に圧密沈下対策のサンドドレーン工法と併用してサンドコンパクションパイル工法による液状化対策を施す。

#### 4.8 多自然型川づくり

多自然型川づくりへの取組みとして、護岸に覆土を施し、植生を行う計画としている。また、法面勾配を1:3.0とし親水性の向上をはかる。

開削部や拡幅部においては、放水路工事で発生する切土法面にシイ、タブ、カシなどの潜在自然植生の広葉樹を植樹し、できるだけ早い時期に元の自然に返す努力をしている。

#### 5. おわりに

斐伊川放水路完成時には出雲平野のみならず宍道湖、中海周辺地域においても洪水に対する安全度が向上し、安心して暮らせる地域へと生まれ変わるであろう。

現在事業は最盛期を迎え、今後、神戸堰、分流堰の改築をはじめ橋梁の架替え、新設など難工事が多数控えているが、安全な工事を心懸けながら、平成20年代前半に地域の人々と調和のとれた斐伊川放水路が完成することを目指している。

# 南海地震対策における ジオ・コンサルタンツの役割

## 高知県の現状を例として

(株)相愛代表取締役

ながの まきのぶ  
永野 正展

### 1. はじめに

今日までの地質調査業の役割は、我が国の経済発展に伴う社会基盤整備に掛かる建設プロジェクトの最上流部で、事業全体の安全性・経済性を確保する目的で地盤や自然状態を調査し正確な情報を提供することや、水資源・鉱物資源確保を目的とした調査、また自然災害などから人命や公共財産・個人財産を守るための調査・コンサルタンツなどを主軸とした業務が主なことであった。しかし近年、地球人口増加に伴う経済発展や科学技術の飛躍的な進歩により人間社会の繁栄をポジティブに受け入れる反面、地球環境の限界域を超えた悪化がクローズアップされている。そのような背景から近代の負の遺産である土壌・地下水汚染などを解決する目的の調査・観測業務が育ち始めている。

言い換えれば地質調査業の発展は人類社会の繁栄や社会システムおよび個人のライフスタイルの変化を背景としてなされてきたと言いうことができる。このような観点から業界のこれからの役割と発展を考える場合、社会の有している本質的な問題・課題解決を前提とした広い見地から業務のあり方をきわめることが重要である。

本論は高知県をベースにした南海地震対策をテーマにして、ジオ・コンサルタンツ（地質調査技術者）としての立場から業界にありがちな対処療法的役割を超えた持続可能な発展社会を目指した基本的提案を行うものである。

### 2. 高知県地域防災計画の現状

高知県における地域防災計画は災害対策基本法の規定に基づき、高知県防災会議によって以下に示す内容で推進されている。

計画の目的……高知県の災害に対処する能力の増強を図る

計画の構成……一般対策編・火災及び事故対策編・地震対策編

重点事項……人的被害の発生を未然に防ぐ予防対策を主とする

計画の効果的推進……計画に基づくアクションプランの

作成と訓練

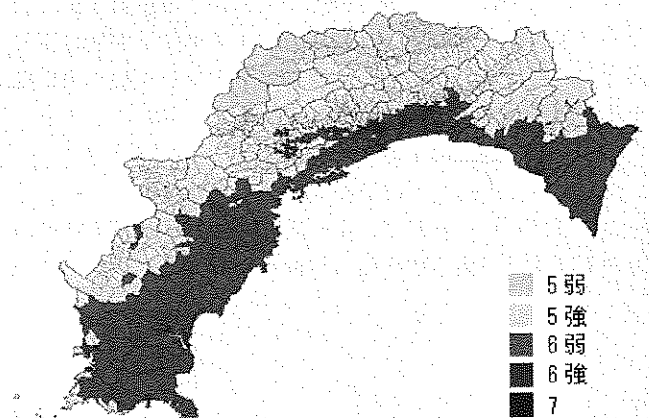
計画・アクションプランの定期的点検

他の計画（開発計画・投資計画）の防災の観点からのチェック

計画の修正……計画の見直しを随時迅速に行う

防災計画の対象として、風水害・地震災害・林野火災・流出油災害が挙げられており、とくに地震対策はその予測被害の大きさや発生予知の困難さから重点事項として、高知県南海地震対策推進本部を設置し、県庁・市町村や公共団体・防災上重要な施設の管理者を構成し、全県下の防災計画としている。

計画では生命の安全確保を最優先に掲げ、建築物の耐震対策、津波避難対策、人づくり・地域対策など、ソフト・ハード対策両面で総合的に検討がなされている。とくに津波対策検討として、平成12年3月に高知県津波防災アセスメント調査事業報告が詳細になされおり、そのなかで津波対策の基本理念として、「津波を防ぐ対策は、逃げる対策を補強するもの」と位置づけられている。平成14年3月には第二次高知県津波防災アセスメントが報告されて、県下の詳細（各市町村の大字単位）な震度予測を行い震度分布（図1）、津波高さ予想（図2）および海岸施設の耐震評価を行っている。調査の結論として、1854年の安政南海地震の断層モデルを用いたシミュレーションでは、県下の海岸線に位



(第2次高知県津波防災アセスメント調査事業報告書：2002年)

図1 南海地震の想定震度（安政地震を想定）



になる。さらに確率的には小さいが、大潮時期の満潮時間が重なった場合には、さらに数メートルの水位が上がることを想定すれば、地震動による大被害に加えて30分程度後には高知市のほぼ全域が水中に没する。

防災アセスメント調査結果が現実のことになるとすれば、現在作成されている南海地震防災計画は為すすべもない状況に至ると言わざるを得ない。

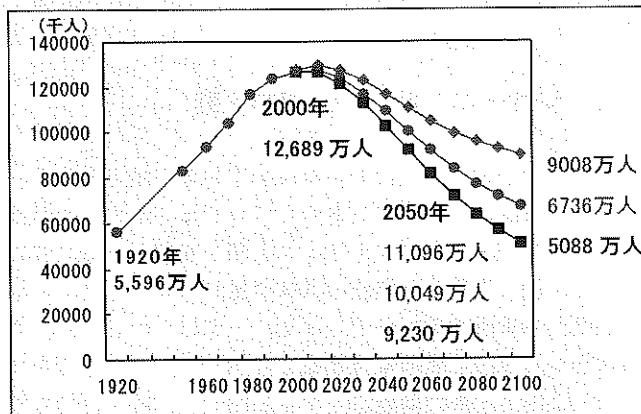
以上の観点から、ジオ・コンサルタンツとしての立場からは、地理・地形・地質などを基にした新しい県土計画の構築を自ら提案する必要がある。

## 5. 我が国の人口動向

図3は我が国の総人口推移を統計的に算出したものであり、2050年には総人口は1億人程度に減少する予測である。さらに2100年には5000万人程度に至る予測である(1997年の人口・出生率をベースにしているため予測よりも減少数は多くなる可能性が高い)。

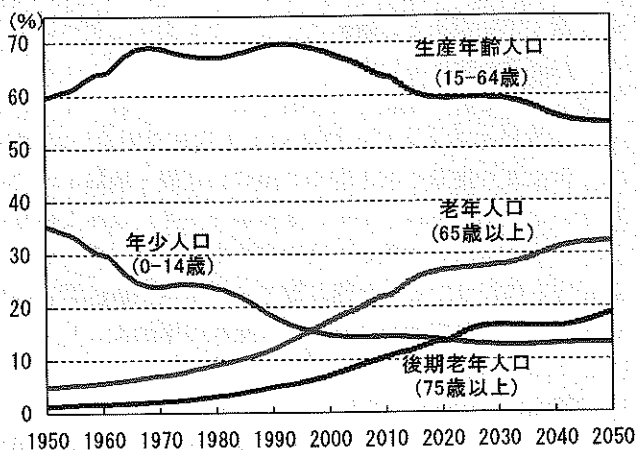
2000年を軸にしてみれば前100年間で人口が倍増し、後100年間で半減するという我が国では経験したことのない大変動期にある。

また図4は年齢3区分の人口推移である。我が国の少子高齢化社会の到来は世界に先じた社会現象であり、2050



(国立社会保障・人口問題研究所資料：1995年1月推計より作成)

図3 総人口の推移：高位・中位・低位



(国立社会保障・人口問題研究所資料：1995年1月推計より作成)

図4 年齢3区分別人口推移：中位推計結果

年以降もこの傾向は続くものと想定されている。高齢化率が30%を超える国家は人類史上でも稀である。また高齢化率は有史以来5%未満の状態で推移してきている。平均寿命が短かったことも事実であるが、20世紀後半になってからわずか半世紀で急速に高齢化社会が形成された。人口減少と高齢化社会の二つを考慮すれば、人口増加とともに技術や経済の発展が裏づけされて来た成長社会のシナリオは未来社会では基本的に機能しないものになると考えられる。したがって個人のライフスタイルは大きく変わることが予想され、そのために社会システム自体が大変革しなければならぬことは必定である。

高知県はすでに人口の自然減少県として全国で初めてのスタートをした県であり、高齢化率は全国の10年先を走っている県でもある。現在の81万人余りの人口が半減することと、超高齢化社会が継続することを現実のこととして未来社会のあり方を十分の考慮した国家ビジョンのもとに高知県の持続可能な社会を創造を目指したビジョンの構築が必要である。

## 6. ジオ・コンサルタンツからの提案

われわれ地質調査業の役割は安全と安心を社会に提供することであり、地質学や自然科学の専門領域での情報提供で成り立ってきた。しかしこれからの役割として専門分野外の経済や社会科学などの結合により新しい役割の創造が必要である。したがって現在および未来社会に対するわれわれのミッションとして、次の二点を提案する。

- 1) 市町村の持続可能な総合的土地利用計画の再構築を
- 2) 県都高知市の生活・防災・経済を基本とした新しい都市計画の構築を

前述したように我が国の人口は今後急速に減少してゆることが予想されている。2050年までに1億人程度に減少するということは、単純計算で毎年約60万人近い減少であり、鳥取県の人口が毎年消滅することにとえられる。また、現在の社会構造から考慮すれば数十年間は大都市の人口は大きく減少することは考えにくく、その影響は大半が地方での減少であると想定できる。また高齢化社会も地方ほど顕著に進むことが予想され、大都市と地方での完全な二極分化が形成されると考える。

従来各地方自治体で作成されている総合計画や振興計画ではこれらのことを正面から受け止めた具体的計画・ビジョンには程遠い傾向が見られる。行政手法として住民受けのよいことばで飾られた具体性に欠けるパンフレット等を筆者は数多く見てきた。提案1)、2)は各地方自治体での地理・地形・地質・水文・気象などの地学と人口・産業経済などを考慮したGeopoliticalな具体的ビジョンを掲げて土地利用計画を鮮明にすることが何よりも重要である。また、計画に対する基本コンセプトはエコ・デザインをベースにすることがグローバルな視点から地域本来のあり方を方向づけるものである。

表1 歴史記録からみた南海地震と東海地震

南海地震	同時性	東南海地震	繰り返し間隔
1946. 12. 21	約2年	1944. 12. 07	
			92年
1854. 12. 24	約1日	1854. 12. 23	
			147年
1707. 10. 28 (同時)			
			102年
1605. 02. 03 (同時)			
			107年
1498. 07. 09?	約2ヶ月	1498. 09. 20	
			137年
1361. 08. 03	?	?	
			262年
1099. 02. 22	約2年	1096. 12. 17	
			212年
887. 08. 26	?	?	
			203年
684. 11. 29	?	?	

(宇佐美、1996；都司、1999より作成)

## 7. おわりに

津波対策の基本理念として「津波を防ぐ対策は、逃げる対策を補強するもの」と位置づけられている防災計画を、ジオ・コンサルタンツの視点から考察すれば、街自体を津波から回避する視点が必要であると考え。本論で述べたように確実に進行している人口減少と高齢化社会の中で、表1に示す過去の南海地震と東海地震の記録から想定する震度6以上の地震動が起こった状態の20～30分後で襲来する津波から、人口の50%が子供と高齢者で構成されていることを考えた場合、果たして安全な場所まで逃げることができるかどうか疑問である。最大の問題点は現状の市街地自体のあり方である。

とくに高知市においては平地の半分程度がゼロメートル地帯で、河川・浦戸湾からの浸水をコンクリート堤防によ

表2 2次の南海地震の発生確率

10年以内の発生確率	10%未満
20年以内の発生確率	20%程度
30年以内の発生確率	40%程度
40年以内の発生確率	60%程度
50年以内の発生確率	80%程度

(地震調査委員会、2001)

って守られている。次の南海地震の発生確率は表2に示したように2030年で40%、2040年で60%、2050年で80%である。現在の高知市は戦後50年で現状に到達していることから、30年、50年の時間経過を考えればゼロメートル地帯や軟弱地盤を回避した安全性の高い都市再生をエコ・デザインのコンセプトで行い、持続可能な高知市を目指すことが重要であると考え。紀貫之が『土佐日記』を書いたのが935年頃といわれており、任期を終え貫之が現在の高知市大津から船出をしたことを考えれば、当時は高知市の大半が海である。また、長宗我部元親の居城は岡豊山で、近年の発掘調査で山の直下には物資輸送のための港が存在していたことや、出城として浦戸城があったことなどから当時の地形等を推測しても、貫之が見た景色は600年後の戦国時代も高知市は海と干潟が大半であったと考える。このような地形・地質条件と人口33万人の生活する高知市に南海地震を考慮した場合、われわれが何を為すべきかが見えてくる。

## 参考文献

- 1) 岡村 眞：南海地震に備える、2003。
- 2) 高知県防災会議：地域防災計画、2003。
- 3) 高知県：第2次高知県津波防災アセスメント調査事業報告書、2002。



# 博多湾の人工島埋立 アイランドシティの地盤特性と工事例

日本地研(株)

たしまつねみはしむらけんじ  
田島恒美・橋村賢次

## 1. はじめに

博多湾の埋立は、12世紀に平清盛が日宗貿易の拠点として建設した袖の港がはじめてであろう。江戸時代に入ると、福岡城下建設のため臨海部で造成が行われ、那珂川を境に町人の町博多と武士の町福岡がつくられている。そして、明治32年(1899)には博多港が開港指定を受け、港の建設が急務となり埋立が進められてきた。昭和20年以降は、戦災復興と貿易量の増大に伴い、博多湾5ヶ年計画が次々と実行され、ふ頭整備と用地確保のために多くの埋立が進められている。埋立地の用途は、住宅・工場・学校・道路・緑地・下水処理場とさまざまであるが、港湾施設に500haが利用されている。

アイランドシティは、コンテナ貨物の急増と船舶の大型化などに対応した最新鋭の港湾機能の強化を計り快適な都市空間の形成・新しい産業の集積拠点の形成・東部地域の交通体系の整備を目的として、平成6年度から約400haの埋立工事に着工している。

本稿では、博多湾内の地盤特性と工事施工例についての概要を紹介する。

口へ向かって1/700~1/800の傾斜をなしている。標高は湾奥部でDL-5mと浅く、湾中央部はDL-5m~-10m、能古島と志賀島を結ぶ湾口の海域では、DL-10m~-20mを呈する。

アイランドシティは、このような地形の湾奥部にあり、和白干潟を残し、豊かな自然環境の保全を図るように人工島形式としている。

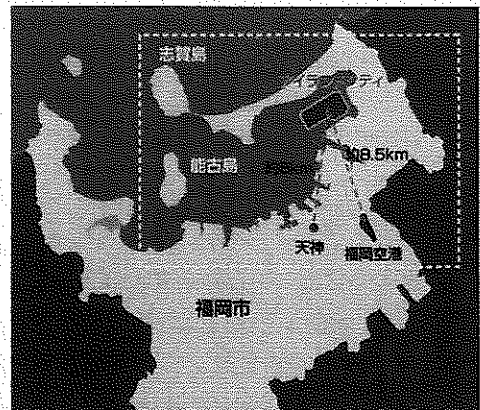


図1 アイランドシティの位置

## 2. 博多湾の地形・地質

### 2.1 地形概要

博多湾は、図1に示すように東南に福岡平野、西に糸島半島、そして北側の大半は海の中道に囲まれ、東西に約20km、南北に約10kmと総面積約133km<sup>2</sup>の広さをもつ内湾である。このため、海の中道が自然堤防となって玄界灘の荒波を遮り天然の良港となっている。

博多湾の海底地形を大体的に見ると、ほぼ全域が沖積地盤のため平坦で、海岸から湾

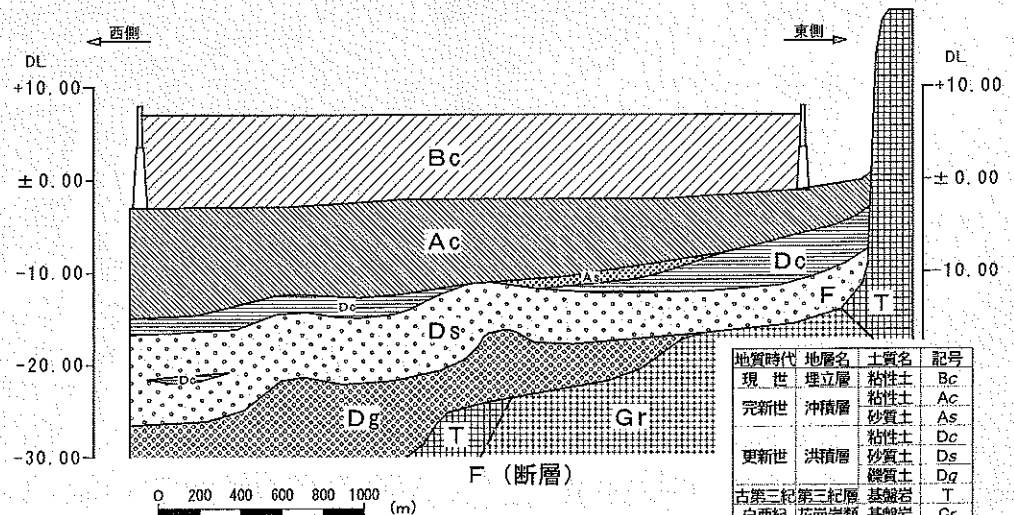


図2 アイランドシティの東西断面図

## 2.2 地質概要

図2に、アイランドシティの東西地層断面図を示す。

博多湾周辺の基盤岩は、古生代の三郡変成岩類、中生代の花崗岩類、新生代の古第三紀層、玄武岩類から成る。このうち湾内は、一部花崗岩や変成岩類が見られる。湾内に浮かぶ能古島は、中央部に玄武岩が露頭し、周囲は三郡変成岩で志賀島は全域花崗岩である。

湾内の基盤岩上の堆積物は、下位から更新世の礫質土(Dc)、粘性土を一部挟む砂質土(Ds)、砂層を含む粘土優勢層(Dc)が分布する。そして、最上層に、完新世の砂(As)を層下位に含む軟弱粘土層(Ac)が湾全体を覆っている。

Dc、Ds層は、基盤岩が深くなる湾内北側と西側に向かって厚さを増し、厚いところは20m以上となる。このうち、Dc層は、茶褐色～黄褐色を呈し礫径5cm内外の亜円礫を含む。礫種は花崗岩が優勢で一部結晶片岩類を含み、大部分が風化を受け脆弱化した“くさり礫”でよく締まっている。またDs層には、部分的に小径の軽石を含むピンク色～赤褐色の火山灰質堆積物が見られる。

As層は、湾内西側と北側の海浜部付近に多く分布し、湾奥の東側では沖積粘土下に部分的に分布する。

これは、西側の河川流域が花崗岩を起源とするのに対し、東側は古第三紀、片岩類を起源とするためである。

Ac層の分布は湾周辺部で2～3mと薄く、中央部の厚いところで6～10m堆積している。博多湾の百道・地行の海浜部は、昭和の中頃まで青松白砂の海水浴場として利用されていた。このことを考えると、Ac層の堆積環境は、福岡市の都市化によって生活汚泥を含む土砂が河川から運ばれ、細粒分が湾内を浮遊し沈積した近世の堆積物が大半と考えられる。

## 2.3 湾内の土性

博多湾の土性は、湾内東部(アイランドシティ付近)と西部(百道・地行付近)では、沖積粘性土層に大きな違いが認められる。

東部海域の沖積粘性土層は、海浜から湾内中央部に約5～10mの厚さで分布する。自然含水比 $w_n$ は表層で約130%、下層で約60%を示し、粘着力は $c=5\sim 20\text{ kN/m}^2$ で、圧縮指数は $C_c>1.0$ を示す極軟弱粘土である。

洪積粘性土層は自然含水比 $w_n=60\%\sim 30\%$ でパラツキ、粘着力 $c=20\sim 50\text{ kN/m}^2$ と過圧密状態にあり、安定した性状を示す。

さらに下位の砂質土・礫質土は、 $N$ 値10以上を示す安定した地盤である。

西部海域の沖積粘性土層は、海浜部で薄く沖に向かって厚くなる。この粘土層には砂分の混入が多く、自然含水比 $w_n=80\%\sim 20\%$ と東部海域に比べると低く、湿潤密度 $\rho_i>1.60\text{ g/m}^3$ を示し、粘着力 $c=10\sim 20\text{ kN/m}^2$ で、深さ方向に若干増加している。圧縮指数 $C_c=0.3\sim 0.8$ を示し、東部地域よりかなり小さい。

## 3. アイランドシティの埋立および地盤改良工事

アイランドシティ整備事業は、国・福岡市・博多港開発(株)の三者により進められている。

埋立地海域は、地盤高がおおむねDL-2m～-5mで、海底面は起伏の少ない緩やかな遠浅地形を成し、地盤は表層から軟弱粘土が厚さ2～10mで分布している。

工事にあたっては、施工区域外への影響を防止するため、周辺に汚濁防止膜を設置して、水質の監視を行いながら進めている。

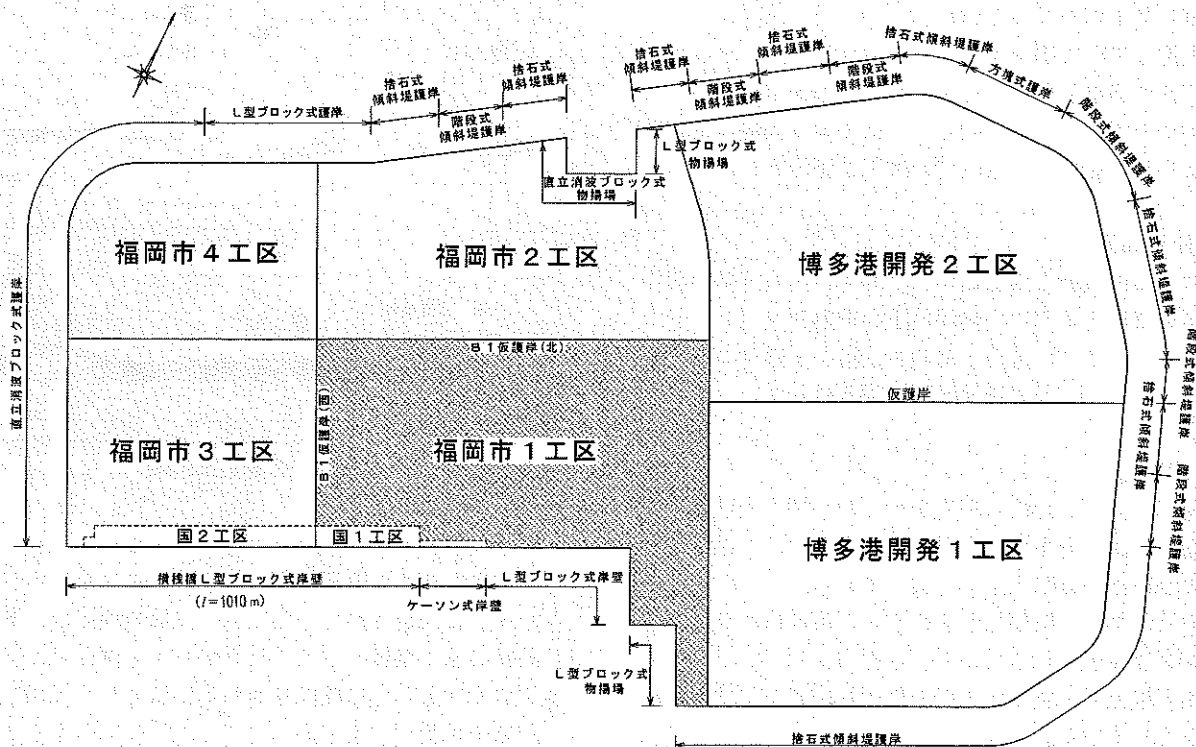


図3 アイランドシティの工区分割図

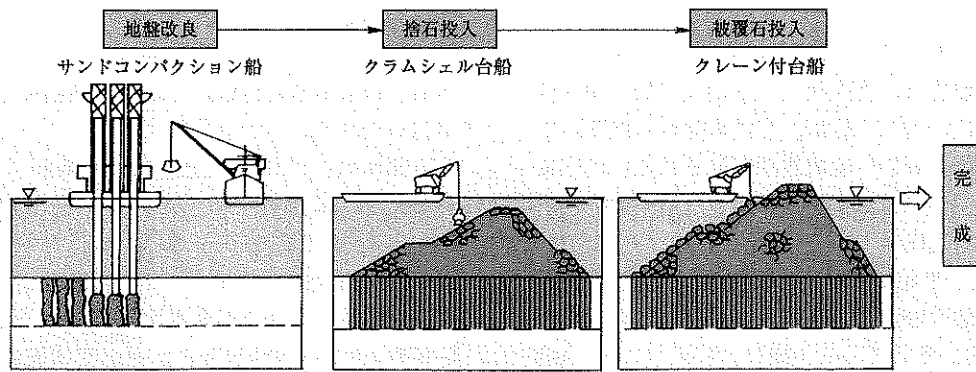


図4 捨石式傾斜護岸の施工概要

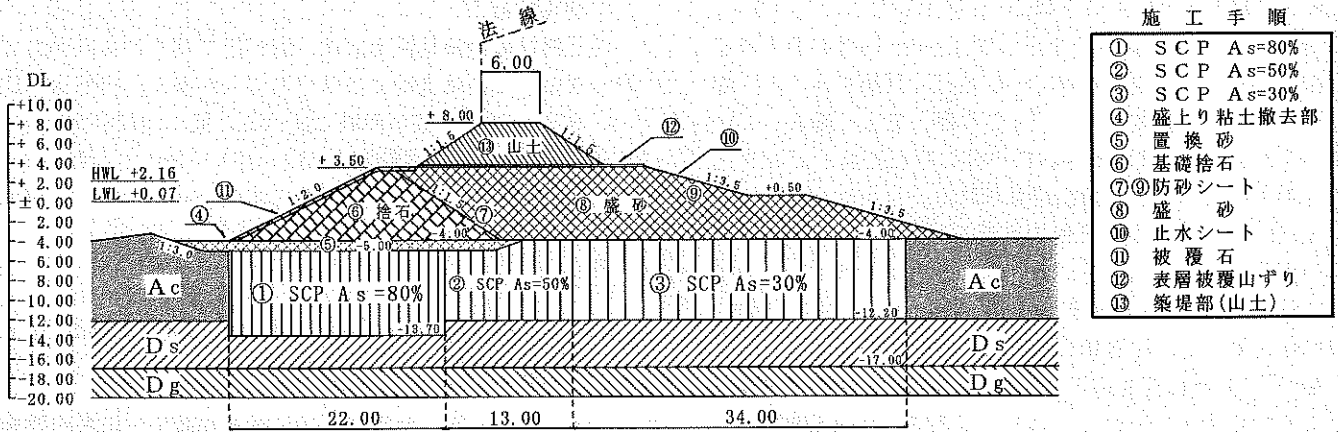


図5 仮護岸標準断面図(工区により異なる)

埋立方法は、工事規模が大きく工期も長期にわたり、土地の需要に合わせた効率的な利用を図るため、図3に示す6工区に分割して造成を進めている。

従来の地盤改良工事では、施工面積が広いと施工性および土地利用や供用時期から各工区を約10ha程度に間仕切堤で分割して工事を進めていた。

現在供用している福岡市1工区では、約65haと広大な面積を間仕切堤なしで表層処理工を水搬施工で行った。

この工法の採用により、間仕切堤に要する大幅なコスト削減および工期短縮と大区画での施工を可能とした。

### 3.1 締切護岸

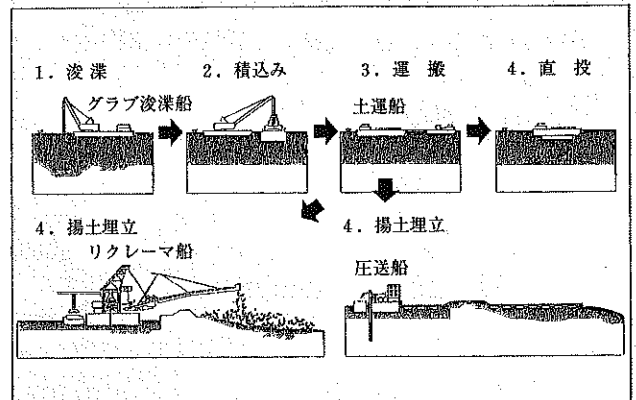
外周および仮護岸の施工順序は、図4の捨石式傾斜護岸の施工概要に示すように、軟弱粘土の地盤改良(サンドコンパクションパイル)を行ったのち、捨石・盛砂などで築堤し施工している。その標準断面を図5に示す。

### 3.2 埋立

締切護岸が完了したのち埋立を行った。埋立土砂は、航路・泊地の整備で発生する浚渫土砂を主とし、その他公共残土および覆土用の購入土砂を用いている。

図6の浚渫埋立の概要に示すように、浚渫はグラブ浚渫船・ポンプ浚渫船で行っている。埋立方法は、グラブ式では土運船・揚土船・空気圧送船を使用し、ポンプ式では排砂管を使用している。

#### ・グラブ浚渫



#### ・ポンプ浚渫

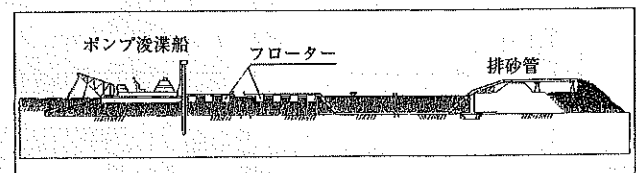


図6 浚渫埋立の概要

### 3.3 表層処理と覆土

埋立土を含めた軟弱粘土の地盤改良工法が、バーチカルドレーンに決定されていたため、表層処理工は、ドレーン打設時の施工機械のトラフィカビリティ確保と、圧密時の水平排水層としての機能を兼ねる工法として採用した。

超軟弱地盤埋立土表面へのジオグリッド(ネット状シート)→引っ張り強度  $T=10 \text{ t/m}$  の敷設と覆砂(サンドマッ

ト→厚さ  $H=1\text{ m}$ ) は水上施工で行った。

(1) ジオグリッド

覆砂の埋立土へのめり込みを防止するために敷設するもので、埋立地内のフロート台船上にネット状シートを乗せる。シート的一端を築堤上に設置したウィンチで巻き上げ固定して、フロート台船を移動させながらネット状シートを展張し人力によりシートの結束を行い面的に敷設した。

(2) 覆砂 (サンドマット)

覆砂は、粘土層の圧密排水を主目的とするもので、バージアンロード船による水搬施工で行った。水搬施工は、購

入土砂が海上運搬されることで、施工性・経済性から決定されたものである。

埋立地までの揚砂は、バージアンロード船により約  $\phi 700\text{ mm}$  程度の排砂管で搬送されるが、排砂管からの直接散布では等厚の散布は困難である。このため、施工にあたっては、等厚の覆砂を行うために散布台船を使用し、一層ごとの層厚管理を行い3層 (0.3 m, 0.3 m, 0.4 m) 仕上げで施工した。

(3) 一次覆土工

覆砂上に良質土砂を1.2 mの厚さに敷き均し、覆砂と

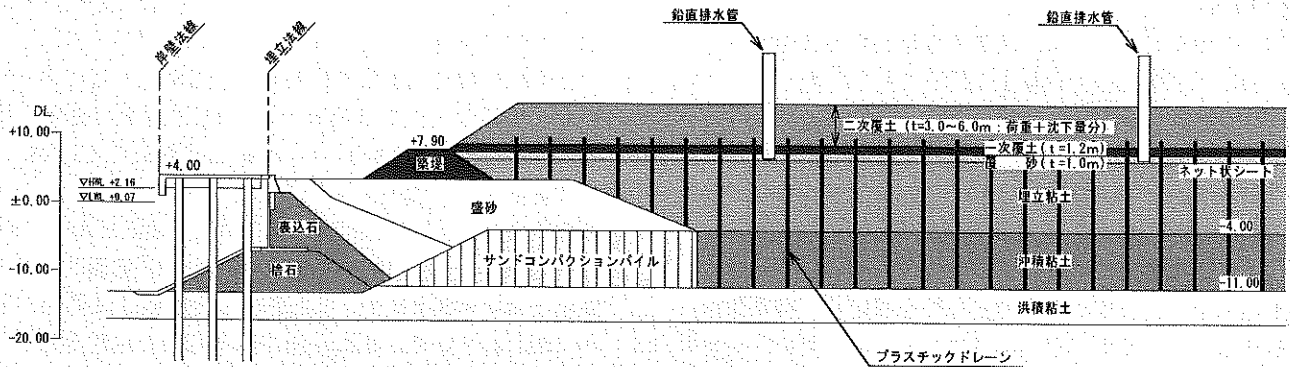


図7 地盤改良模式図

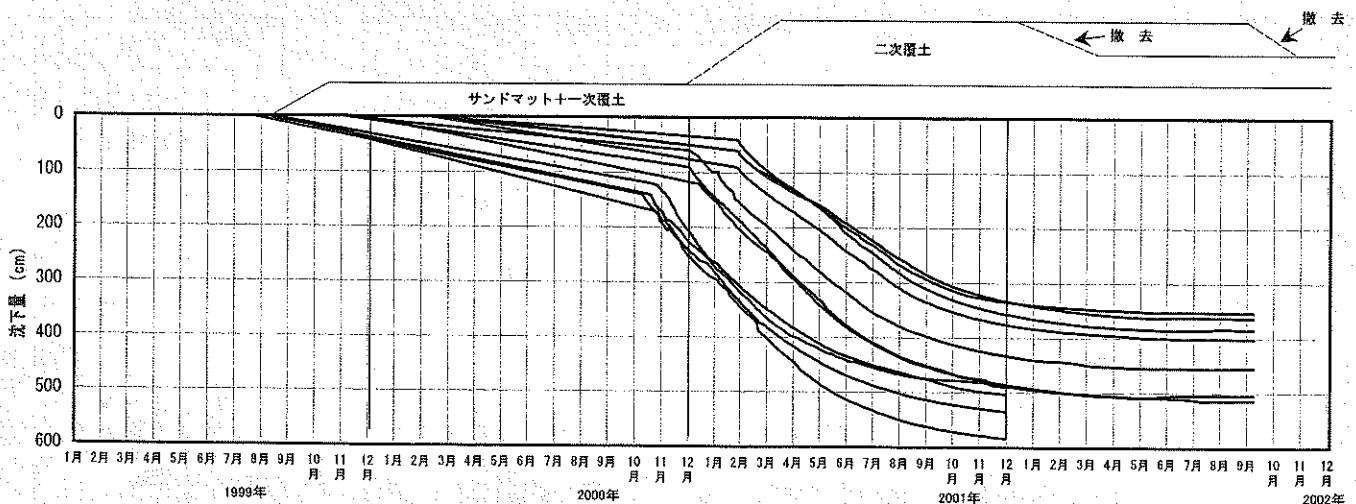


図8 圧密沈下曲線集積図

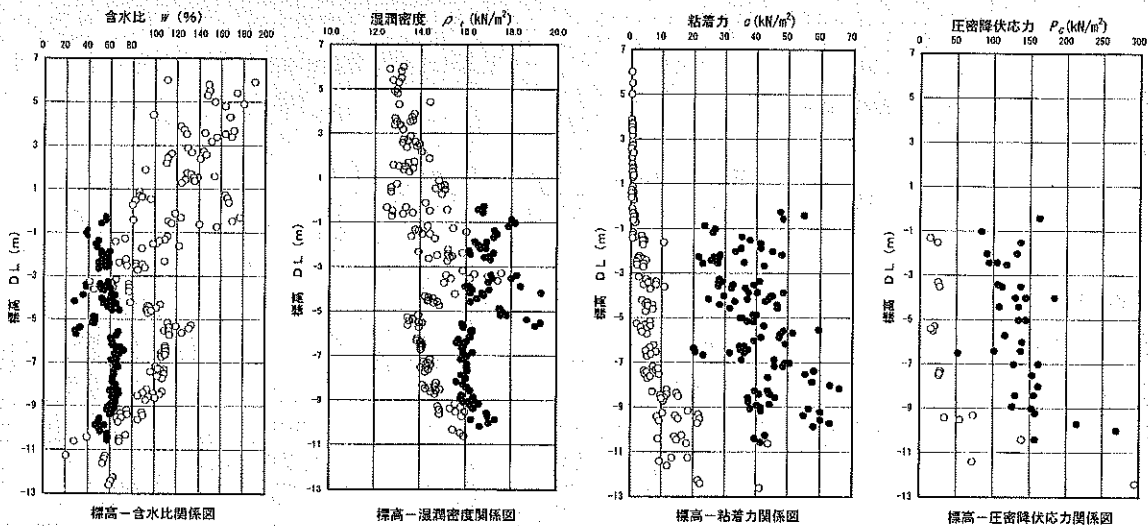


図9 埋立地内の土質特性 (1工区)

もに施工機械のトラフィカビリティ確保を図るものである。

一次覆土工は覆砂で被せた超軟弱地盤上に初めて建設機械を乗り入れ施工するため、最も危険を伴うので小型ブルドーザーを使用し慎重な施工を必要とした。

### 3.4 地盤改良

アイランドシティ1工区では、締切護岸の築造後、DL+8.0mまで築堤を施工し、埋立を実施した。

浚渫土による埋立は、海底地盤DL-4.0m～+6.8mまで約10.8mの厚さで行った。

パーチカルドレーンは、図7の地盤改良模式図に示すようにDL-11.0mの沖積粘土下端まで打設した。

#### (1) ドレーン工

一次覆土天端から沖積粘土下端まで約20mにプラスチックボードドレーンを打設した。この時、ドレーンピッチは土地利用目的から1.0～1.6mとした。

#### (2) 二次覆土工

土地利用に合わせた将来荷重条件を設定し、将来荷重による残留沈下が発生しないようにした。このため、プレロード盛土として、良質土砂を3～6m載荷した。この載荷盛土により、アイランドシティ(1工区)では、図8の沈下集積図に示すようにサンドマット完了から、約4～6mの強制圧密沈下を行った。

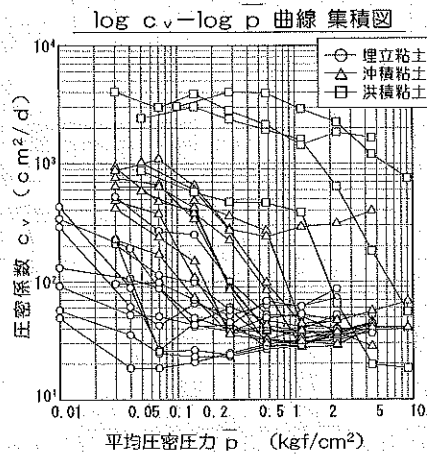


図10 圧密係数  $c_v$  曲線集積図

## 4. 埋立地の地盤特性

アイランドシティ地区の造成は、現在進行中であるが福岡市1工区では地盤改良も完了しすでに供用を開始している。

### 4.1 埋立前後の土質特性

埋立完了直後(完了後2～3カ月)と地盤改良後について比較した土質特性を図9に示す。

1工区の旧海底面はDL-4.0m付近で、埋立完了高さは約DL+6.5～7.0mである。そして地盤改良の盛土厚さは、サンドマットを含め5.0～8.0m行っている。

含水比は埋立完了直後に最高  $w_n=180\%$  付近にあったものが、地盤改良後では最高  $w_n=70\%$  付近まで低下している。同様に湿潤密度も  $\rho_t=1.30\text{ g/cm}^3$  付近のものが、 $\rho_t=1.60\text{ g/cm}^3$  まで増加している。

粘着力は、埋立完了直後の埋立粘土ではほとんど  $c=0$ 、沖積粘土は  $c=5\sim 10\text{ kN/m}^2$  であったが、地盤改良後の埋立粘土は  $c=20\text{ kN/m}^2$  以上を示し、地盤改良効果が明らかに現われている。また、圧密降伏応力も地盤改良前後で比較すると地盤改良効果が明らかである。

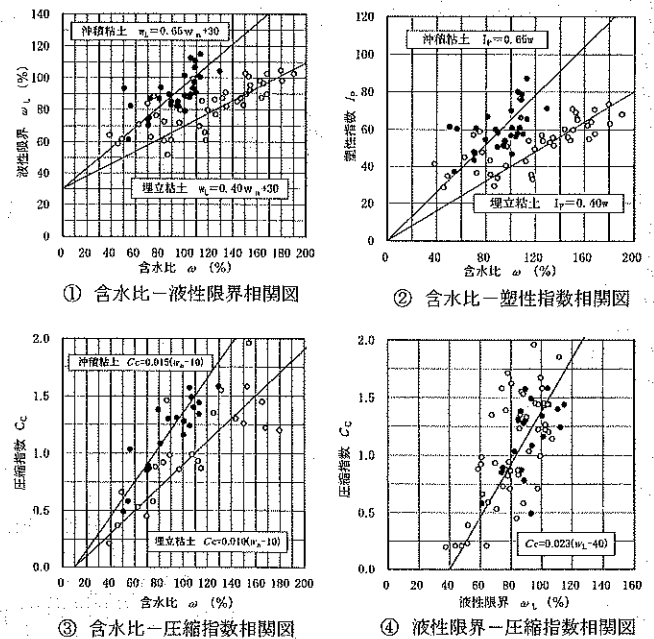


図11 博多湾粘土の土性相関図

表1 博多湾粘土と有明粘土の比較

土性関係	博多湾粘土		有明粘土	福岡市陸域 洪積粘土
	埋立粘土	沖積粘土		
含水比 $w_n$ -間隙比 $e_n$	$e_n=0.0269w_n$	$e_n=0.0269w_n$		$e_n=0.0272w_n$
含水比 $w_n$ -液性限界 $w_L$	$w_L=0.40w_n+30$	$w_L=0.65w_n+30$		$w_L \approx w_n$
含水比 $w_n$ -塑性指数 $I_P$	$I_P=0.40w_n$	$I_P=0.65w_n$		
含水比 $w_n$ -圧縮指数 $C_c$	$C_c=0.01(w_n-10)$	$C_c=0.015(w_n-10)$	$C_c=0.013(w_n-10)$ (鬼塚)	$C_c=0.012(w_n-7)$
液性限界 $w_L$ -圧縮指数 $C_c$	$C_c=0.023(w_L-40)$	$C_c=0.023(w_L-40)$	$C_c=0.013(w_L)$ (土質工学九州支部)	$C_c=0.011(w_L+3)$
間隙比 $e_n$ -圧縮指数 $C_c$	$C_c=0.04(e_n-0.3)$	$C_c=0.55(e_n-0.3)$	$C_c=0.55(e_n-0.3)$ (鬼塚)	$C_c=0.45(e_n-0.12)$
圧密降伏応力 $P_c$ -粘着力 $c$	$c=0.3P_c$	$c=0.3P_c$	$c_u/P=0.17+0.043I_P$ (藤川・高山)	$c_u/P=0.17=0.0037I_P$

## 4.2 博多湾粘土の土質特性

博多湾粘土の土質特性として、図10の圧密係数集積図に示すように埋立粘土で $c_v=30\sim70\text{ cm}^2/\text{d}$ 、沖積粘土で $c_v=30\sim200\text{ cm}^2/\text{d}$ を示すが、 $30\sim50\text{ cm}^2/\text{d}$ の範囲に集積している。図11には土性値の相関を示し、表1には有明粘土との土性比較を行った。

以上の土性値を使って求めた圧密計算は、沈下量が $S_{100}=5.0\sim6.0\text{ m}$ となり、沈下速度もドレーンピッチ(プラスチックボードドレーン)  $1.00\text{ m}\sim1.60\text{ m}$  施工で管理値を85%圧密にすると、圧密時間 $T_{85}=200\sim400$ 日となった。動態観測結果もほぼ設計に近い結果が得られている。

## 5. まとめ

アイランドシティの海底地盤は沖積の軟弱粘土が約5~10m堆積し、この上に航路および泊地の浚渫粘土を投

入すると、軟弱粘土層が約20mと厚くなった。このため、プレロードとバーチカルドレーンによる圧密沈下促進工法による地盤改良を行い、現在鋭意建設中である。

アイランドシティの福岡市1工区では、西日本最大級のスーパーガントリークレーンが平成15年9月より、アジアのハブポートを目指し、国際コンテナターミナルで稼働している。

## 参考文献

- 1) 九州地質調査業協会：福岡地盤図，1981。
- 2) (社)地盤工学会九州支部：九州・沖縄の地盤工学 1999.11。
- 3) 福岡市港湾局・博多港開発(株)：アイランドシティ事業計画。
- 4) 福岡市博多港開港100周年委員会：博多交流史，1999.8。
- 5) 福岡市港湾局：アイランドシティ地区平成10年度1工区埋立土確認土質調査委託報告書，平成11年3月。
- 6) 福岡市港湾局：アイランドシティ地区平成13・14年度①-2，①-3工区動態観測業務委託報告書，平成15年3月。

## ● 書評 ●

鈴木隆介 著

### 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図

平成16年4月10日刊行

定価 5,400円

発行所 古今書院

本書はシリーズとしてこれまでに刊行されてきた第1巻「読図の基礎」、第2巻「低地」、第3巻「段丘・丘陵・山地」に次ぐもので、いわば総まとめといった位置付けでもある。それは本シリーズの主眼である建設技術者に必要な読図上の留意点、すなわち「紛らわしい地形の比較」、「大縮尺図の読図」、「地形災害の読図」、「建設計画と読図」が整理されており、また最後にこれまでの類書にない「読図演習問題」が用意されていて、読者に前著までの内容を振り返って反芻する機会を与えたとした配慮がなされているからである。この欄では本書を含めてこれまでに刊行された全巻を通して評したい。

まず本シリーズから受ける強烈な印象は土木建設分野の土依に100%踏み込んだ視点で書かれたものだという点である。ある意味では現場との関わりを無視、あるいは遊離したかたちのこれまでの地形学への新たな挑戦といってもよい。私も著者と似た体験を有しているため、この書を書き上げた起動力といったものが良く分かる。著者の40年間にわたる地形学研究、土木建設系学科での教育、そして関連現場での実体験から得た知見が集約されており、読むものをして正に釘付けの状態にさせる。

地形は簡単に言ってしまうと地殻表層部の起伏であるが、そこにはそれをかたち作ってきた外的、内的作用の集積が記録されている。土壌も、地中水も、その上に生育する動植物も、すべてその影響のもとにある。したがって地形を正しく理解することは上に挙げた諸事象の把握を踏まえてなされるべき土地利用計画や建設計画の立案、そしてそれに基づく工事施工、また環境保全や環境創生の際の必須事項といえる。それは十分な知識と経験があれば地形図の読図だけでかなりのところまで進めることが可能である。本書の言いたいところはまずこのことにある。

加えてこれまで建設現場で発生した地盤にまつわる数々のトラブルが地形への理解不足やその基礎とも言える地形図の読図能力が充分でなかったことによる例は多い。またこれによって無駄な時間と経費の削減もできるはずである。本書にそのヒントを求めることが出来る。

さらに平成11年6月に施行された「環境影響評価法」では環境影響評価の方法書の作成が初期の段階での重要な作業と

して位置付けられており、自治体の長のみならず地域住民の意見を求めることとされている。そしてここでは地域特性の把握が特に重視されているが、これに答えるものとして地形図の読図は基本であり、必須事項である。このような背景をも考えると本書が活用される余地はさらに拡大される。

本書は「建設技術者のための」と銘打っているが同時に地形学の本髄を突いたものとも言える。それは地球科学のすべてに通用する基本理念でもあるが、「自然のありのままの姿をみる」、「これを入念に記録する」、「普遍化可能な自然の仕組みを追究する」ことの大切さを指摘しているからである。

このように何よりもまず現場を大切に、現場が何を求めているのかを強く意識して書かれた背景として著者が理学部地学出身でありながら、その後の仕事や交流はどちらかと言えば工学畑にあり、現場が期待し要求していることを熟知していることに加えて、勤務先が理工学部にあったことは大きな意味がある。理学に拘る研究者は真っ向から解決する意欲に欠け、いつも逃げ込める場所を用意している。著者にはこれがなかったことが本書の性格付けにもなっている。

著者はかつての輸入地形学一辺倒への反骨の気概が強く、それは氏がその設立から発展に情熱を傾けてきた「地形学連合」につながったと言える。ここでの多くの同学の仲間との議論の成果も本書に多く取り入れられている。何よりもまず、重要地形の記述・解説が豊富な図幅とともになされているのがあり難い。

第4巻にある「読図演習問題」はこれまでにない新しいスタイルで、一見難解のようであるが本文をよく噛み砕いておけば判読可能なものばかりである。解答例を見るのは最後の最後とし、まず本文を繰り返して読むことを薦める。そしてこれを踏まえた上で自分でも地形図を広げて着色し、また出来れば機会を得て現地へ赴き、自身で経験を積まれることをお勧めする。そしていつかは力量のある「地形技術者」になることを期待したい。

最後に参考までに全4巻の構成を挙げておく。

(紹介者：全国地質業調査協会連合会理事

㈱日さく顧問 千葉大学名誉教授 新藤静夫)

# 沖縄の地下ダム

(株)日興建設コンサルタント

しろ ま のり ま さ  
城 間 永 誠

## 1. 『島ちゃび』と『地下ダム』

沖縄県は日本列島南西部の東西約1,000 km, 南北約400 kmに及ぶ広大な海域に点在する161の島嶼で構成されている。亜熱帯海洋性気候に属し、年平均気温は23°と温暖な地域である。年間降水量はおよそ2,000 mmであるから、他府県と比較しても降雨の少ない地域ではないと言えよう。

しかし、沖縄は旧来より水の確保に難渋を強いられてきた。現在、県企業局の上水道源は大半がダムであり、河川からの取水は20%とかなり限定的である。また、雨水のほとんどはダムに貯留される前に、蒸発したり、海へ流出したりするほか、第四紀の透水性地盤に浸透しているのが実情である。今年も夏を迎える前に沖縄島の周辺離島では水不足が深刻化しており、沖縄島でも10年振りとなる断水の実施を懸念する声が聞こえはじめてきた。

ところで、沖縄には『島ちゃび』という言葉がある。島ちゃびとは離島であるが故の苦悩や悲哀を表す。水不足も島ちゃびの大きな原因の一つであり、特に農家では早魃時における農業用水の確保に大変な苦勞をしてきた。ちなみに、沖縄振興開発特別措置法では沖縄島以外の島を『離島』としているが、水不足は沖縄島を含む全県的なものであった。

このような事情を受け、沖縄諸島では農業用水の安定的な供給を目的として、透水性地盤に水を貯留する地下ダムの建設が各地で進められてきた。

地下ダムは地盤中に止水壁と呼ばれる堰を設けて、その背後に地下水を貯留する施設である。壁の建設工法としては矢板やグラウト・柱列壁などがあり、地下ダムの規模が大きく、止水壁の建設深度が深くなる場合には施工性・経済性で有利な原位置攪拌工法による柱列壁が採用されている。

沖縄県下には地下ダムに適した地質構造を有する地域が多く見受けられる。地下ダムに適した地質構造とは貯留層となる多孔質岩層や砂礫層が分布し、これらの基盤が不透水性地盤を形成していることである。このような地質構造を有する地域と言えば、やはり琉球石灰岩の台地が思い浮かばれるわけである。

## 2. 琉球石灰岩

琉球石灰岩は第四期更新世に堆積したサンゴ礁起源の堆積物の総称である。琉球諸島に広く分布し、その北限は鹿児島県トカラ列島の宝島とされている。

琉球石灰岩は固結部（岩状）と未固結部（砂礫状）の互層状であるが、固結部は連続性に乏しく、大半は未固結部で構成されている。色調は固結したものが灰白、未固結の度合いが高くなるに連れ黄色を帯びるようになる。成因としては、サンゴ礁がそのまま隆起したものは少なく、大半はサンゴが破碎されてリーフ外側の浅い海や地殻の変動などで陥没した海底地盤に二次的に堆積したものである。全体に空隙が発達し、時には鍾乳洞のような大きな空間を形成することもある。空洞は注入液の流出に繋がり、地下ダ

沖縄県の総面積の30%は琉球石灰岩の露出する地域であり、その平均層厚は40 m余りとされている。県下の地下ダムは、伊是名島の千原地下ダムを除いてこの石灰岩の分布域に建設されている。

琉球石灰岩は固結部（岩状）と未固結部（砂礫状）の互層状であるが、固結部は連続性に乏しく、大半は未固結部で構成されている。色調は固結したものが灰白、未固結の度合いが高くなるに連れ黄色を帯びるようになる。成因としては、サンゴ礁がそのまま隆起したものは少なく、大半はサンゴが破碎されてリーフ外側の浅い海や地殻の変動などで陥没した海底地盤に二次的に堆積したものである。全体に空隙が発達し、時には鍾乳洞のような大きな空間を形成することもある。空洞は注入液の流出に繋がり、地下ダ

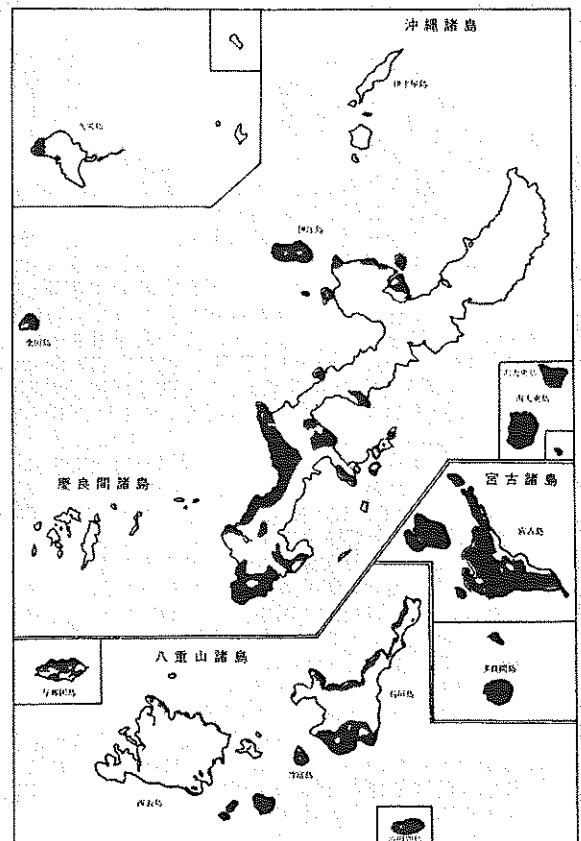


図1 琉球石灰岩の分布（神谷1984を一部改変）

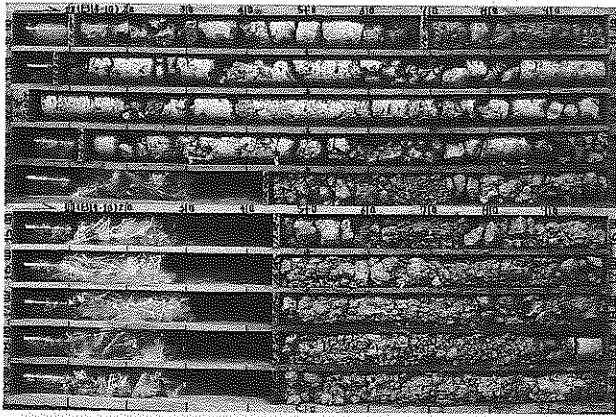


写真1 琉球石灰岩のコア写真 (固結部と未固結部の互層)

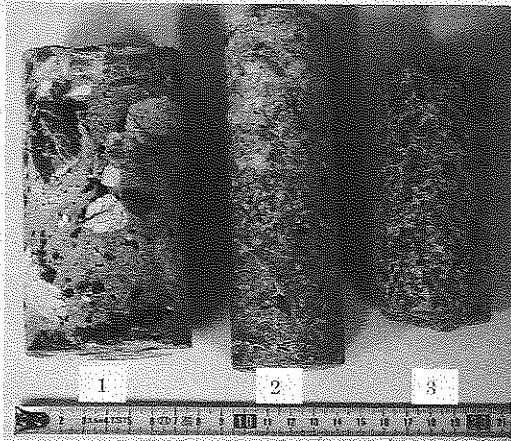


写真2 琉球石灰岩固結部のコア

1. 伊江島産, 2. 沖縄島中部産, 3. 沖縄島南部産

ムの施工上大きな問題となる。

空洞を発見するための方法として、弾性波や電気等の物理探査が用いられてきた。近年では微重力探査による手法が実施されていると聞いている。

### 3. 地下ダム

#### 3.1 地下ダムの歴史

地下ダムの歴史を調べてみると、意外に古く、昭和48年に長崎県野母崎町樺島に建設された『樺島地下ダム』に始まる。樺島地下ダムは簡易水道用の水源としてグラウト工法により建設され、9千 $m^3$ の貯水能力を持つ。

沖縄県では昭和48年に古川博恭氏(当時、沖縄総合事務局農林水産部地質・地下水担当専門官)が宮古島の新しい水資源を確保する方法として『地下ダム』の建設を提唱したことに始まる。同氏の提唱により、我が国2番目で、かつ、総貯水量70万 $m^3$ の本格的な地下ダムとして『皆福地下ダム』が昭和54年に完成した。

その後、福井県三方町の『常神地下ダム(昭和60年)』、福岡県宇美町の『天ヶ熊地下ダム(昭和63年)』などが建設されてきた。

平成に入ると沖縄県下での建設が一気に本格化し、宮古島で平成6年に『砂川地下ダム』、平成10年には二つの副ダムを有する『福里地下ダム』が完成した。沖縄島でも南

部地域に『米須地下ダム』、『慶座地下ダム』が相次いで建設されており、両ダムとも止水壁自体は平成13年までに完成している。

そのほか、沖縄島中部地域の『与勝地下ダム』、久米島の『カンジン地下ダム』、伊是名島の『千原地下ダム』が建設中であり、次期プロジェクトとして、沖縄島北部の『今帰仁地下ダム』、伊江島の『伊江地下ダム』、与那国島の『与那国地下ダム』などが進行している。

沖縄県で建設される地下ダムは全て灌漑用のものであり、総貯水量は40万 $m^3$ から1,050万 $m^3$ とかなり規模の大きなものである。

#### 3.2 施工方法

地下ダムの施工方法については、『内閣府沖縄総合事務局沖縄本島南部農業水利事業所』の玄関にミニチュアモデルがあり、施工手順が一目で判らなっている。また、各ダムの工事現場には見学者用の展望台が設置されており、施工現場が眺望できる。米須地下ダムの展望台には、高さ1.5m程の止水(柱列)壁のモデルが展示されていた。

次に、沖縄県下の地下ダム建設で多く採用されている原位置攪拌工法の施工概要を述べる。

地下ダム建設の手順は大きく次の6つに区分される。

- ① 仮設工：プラント、土砂の仮置き場、作業場、作業床、ガイドウォールの設置。ガイドウォールにより、ダム軸上に削孔・攪拌のための幅約0.8m、深さ0.5mの溝が出現する。続く②～⑤の作業は作業床の縁に構築されたガイドウォール内の溝で行われるものである。
- ② ケーシング削孔：ケーシング内に挿入したオーガ( $\phi 600$  mm)による排土掘削で、ダム天端までの掘削を0.9m間隔で行う。この孔は越流部の透水性の確保と、続く先行削孔の鉛直性を保持するためのガイドの役目を果たす。
- ③ 先行削孔：単軸のオーガ( $\phi 600$  mm)で所定の深度まで先行注入液(I液：固化材が入っていない)を用いて0.9m間隔で攪拌掘削を行う。
- ④ 越流部切崩し：先行削孔間に残った地山部を三軸オーガによりダム軸天端まで切り崩し、切り崩した土砂をクラムシェル掘削機により排土する。
- ⑤ 三軸削孔：先行削孔により90cm間隔で削孔された孔を両側のオーガのガイド孔として、三軸オーガで三軸貫入液(I'液)を注入しながら所定の深度まで掘削を行う。掘削完了後、オーガを回転引き上げ時に三軸引抜き液(II液：固化用)を注入しながら、琉球石灰岩と攪拌する。
- ⑥ 原状復旧：止水壁構築後、仮設施設・機材等を撤去し、仮置きした土砂を使用して原状に復旧する。

各注入液の目的はI液・I'液が逸水防止、削孔抵抗の低減、ブリージング防止、水和反応の補助、II液が孔壁安定、水和反応促進(強度確保)、水密性・耐久性の確保である。

止水壁施工の特徴は大深度施工にあり、施工深度は50mを越えることも稀ではない。1本のオーガの長さは10m



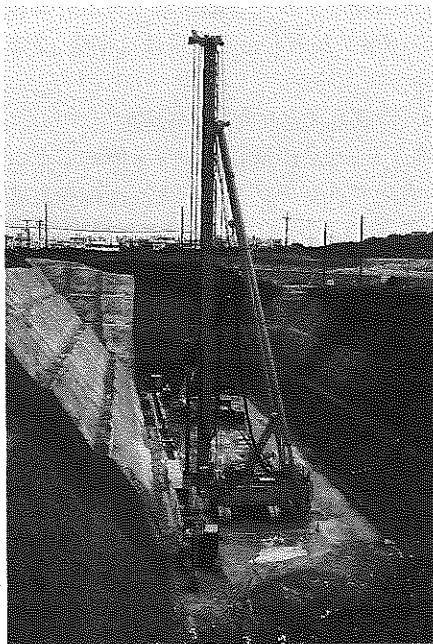


写真3 ケーシング・先行削孔の状況(与勝地下ダム)

で、掘削に伴い随時オーガを接続していくことになり、その鉛直性を保つことがかなり困難となる。掘削深度が20mを越えると掘削孔の曲がりが増著となってくる。このため、20mを越えるような止水壁の施工では、深度方向の壁の曲り具合を逐次把握できる管理システムが必要となってくる。このシステムにより発見された壁の連続性が途切れた不良箇所には、調整杭(あるいは増し杭)と呼ばれる追加杭が実施されることになる。

余談ではあるが、止水壁のチェックボーリングは壁を追従しやすいように調整杭により壁厚が増した箇所で行われることが多い。

### 3.3 地下ダムのタイプ

地下ダムのタイプは、地下水の賦存状況、海水の浸入状況、地形等を考慮し、次の3つのタイプが採用されている。

- ① せき上げ型：地下に堰を設けて、地下水位を上昇させるタイプ。

皆福地下ダム、砂川地下ダム、福里地下ダム(所在地宮古島)

慶座ダム、与勝ダム(建設中：所在地沖縄島)

伊是名地下ダム(所在地伊是名島)

- ② 塩水浸入阻止型：豊富な地下水があり、塩水の浸入を阻止し、淡水レンズを厚くするタイプ。

米須地下ダム(所在地沖縄島)

- ③ 地表湛水型：せき上げ型のタイプであるが、ダムの湛水湖の大部分が地表に現れるタイプ。

カンジン地下ダム(建設中：所在地久米島)

このうち、世界でも一つしかない地表湛水型のカンジン地下ダムの緒元を紹介する(表1)。

ダムの完成は2007年であるが、すでに建設された止水壁により湛水湖が出現している。2004年3月末現在で、止水壁建設用の大型機械は認められず、現場サイドの話では琉球石灰岩中の空洞処理を行っているとのことであった。

止水壁の高さは52m、堤長は1,088m、ダム湖の大きさは18ha、貯水量は151万tである。貯水量の10%は地下に、90%はダム湖として貯留される。



写真4 出現したカンジン地下ダムの湛水湖

表1 カンジン地下ダム諸元

一般	位置	沖縄県島尻郡久米島町カンジン地区
	基盤	第三紀宇江城岳層(凝灰岩・安山岩)
堤体	ダムタイプ	地表湛水型
	堤高	52.1m
	堤長	1,088m
	堤体幅	0.55m
	天端標高	EL+25.7m
	締切面積	30,000m <sup>2</sup>
貯水池	工法	柱列式原位置攪拌工法
	打設区間	EL+25.7m~EL-26.4m
	流域面積	2.61km <sup>2</sup>
	満水面積	0.18km <sup>2</sup>
	総貯水量	1,589,000m <sup>3</sup>
	有効貯水量	1,510,000m <sup>3</sup>
	死水量	70,000m <sup>3</sup>
	常時満水位	EL+25.7m(F, W, L)
	計画低水位	EL+25.7m(L, W, L)
	利用水深	12.7m

### 3.4 地下ダムの利点と問題点

従来のダムやため池形式とは異なる新たな水源確保の手法として地下ダムが採用されてきた。その奇抜な貯水方式には次のような利点が考えられる。

- ① 地表湛水型を除いては水没地が無く、自然環境への影響が小さい。かつ、地表面の土地の有効利用が可能であり、地元関係者の同意を得やすい。
- ② 地表ダムと比較して施工性・経済性に優れ、完成までの工期も短い。
- ③ ダム自体の決壊による災害が予想されず、安全である。
- ④ 地下水位を上昇させ、貯水量が増加する。
- ⑤ 地表ダムに比べ、水の蒸発散量が少ない。
- ⑥ 直接日光が届かないため、貯留水の富栄養化の懸念

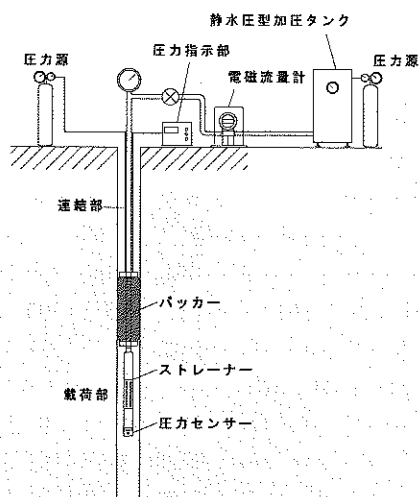


図2 地下ダム止水壁用現場透水試験器

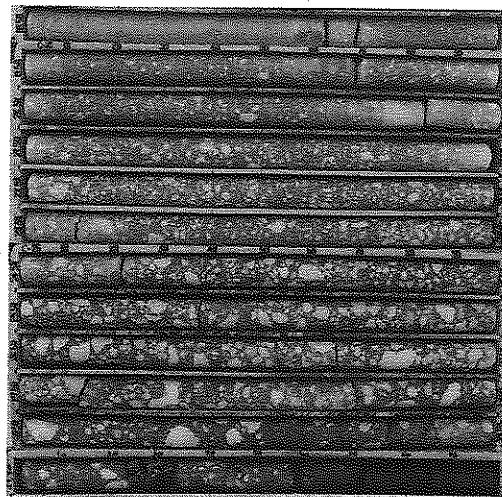


写真5 止水壁のボーリングコア

- ① ピストンポンプで加圧するため、ピストンの脈動による注水量・注入圧力にムラがある。
- ② 試験区間の有効圧力を間接的に理論で求めている。
- ③ 止水壁からの漏水は微量であり、通常の量水計では測定できない。(量水計の精度は $10^{-3}$ リットル/minが要求される。)

弊社では測定機器メー

カーの協力を得て、次のような改良を行った。

- ① 注入用の水を窒素ガスで加圧する静水圧型の加圧タンクを制作した。
- ② ボーリングロッド (内径 30.5 mm) に挿入できる小型の間隙水圧計を捜し出し、試験区間の注水圧力を直接的に測定できるようにした。
- ③ 透水係数 $10^{-8}$ cm/sの精度を得るために、流量計の秤量を $10^{-3}$ g/minとして、孔径5mmの一体型電磁流量计採用した。

図2が開発した地下ダム止水壁用の現場透水試験器である。装置の改良にはおよそ150万円を要した(平成14年2月実用新案取得)。

参考までに写真5に止水壁のボーリングコアを掲載した。オーガによる石灰岩の破碎礫は級化層理のように下位になるに連れ礫径の増大が見られる。

## 5. 地下ダム建設に期待すること

県下の地下ダムは全て灌漑用であり、農業用水の確保に大きく役立ってきた。ところが、上水道源としての地下ダムの利用計画は全くと言っていいほど聞こえてこない。

現在、沖縄県の人口は130万人余りであるが、年間の入城観光者数は500万人を越える。上水道の利用水量はここ20年間で1.7倍にも増加したと聞くが、水需要の増大は観光入城者数にも大きな関わりがある。

観光立県を目指す沖縄県にとって、地下ダムが上水道源として利用できたなら、国内外からのさらなる誘客が可能になると同時に沖縄の水事情も大きく改善されるものと考えられる。

今後は上水道源としての地下ダム開発に期待したい。

### 参考文献

- 1) 神谷厚昭：琉球列島の生いたち, p. 107, 1984.
- 2) 古川博恭：九州沖縄の地下水, 序言 i, 1981.
- 3) 大林・大米・砂川地下ダム協同企業体・榎大林組技術研究所：宮古砂川地下ダム止水壁配合試験, p. 3, 1991.

がない。

地下ダムの貯留層となる琉球石灰岩はきわめて不均一な地質であり、時には0.5m間隔で実施したボーリングコアでさえ、様相が大きく異なることがある。また、地下水の流れは一律ではなく、“水道(みずみち)”と呼ばれる優通水層が存在する。不確定要素の大きな地盤の水理解析には限界があり、予測できない事態も生じるものと思われる。また、塩水浸入阻止型のタイプでは、環境面における施工上の課題も推察される。

以上の観点から止水壁の建設中・建設後における問題点を列記してみる。

- ① 地下水流の遮断による下流側の湧泉の枯渇、貯留域にある洪水調整池・沈砂池などの水位の上昇。
- ② 地下水流による壁注入液の海への流出。
- ③ 越流部の機能不足による地表部の冠水。
- ④ 水の汲み上げによるドリーネの発達促進。
- ⑤ 農薬等の土壌汚染による貯留水の水質低下。

## 4. 止水壁の透水試験

当社は宮古島の砂川地下ダムを皮切りに、福里、米須、慶座、与勝、鹿児島県の喜界の各地下ダム建設工事の止水壁品質管理調査に関わってきた。

止水壁の品質で重要なポイントは、壁の連続性と強度、そして遮水性である。そのうち遮水性は、止水壁で実施したボーリングのコアによる室内透水試験とボーリング孔を利用した現場透水試験で求めた透水係数で管理されている。止水壁に要求される透水係数は、 $1 \times 10^{-6}$ cm/s以下の、透水をほとんど許容しない厳しいものである。

室内での透水試験は、 $100 \sim 200$  kN/m<sup>2</sup>の加圧水を24時間通水させた時点の透水量を測定して透水係数を求めている。一方、現場での透水試験はルジオン試験の技術指針に準じて実施されている。

止水壁の現場透水試験器には、 $10^{-7}$ オーダの透水係数を測定できる性能が要求される。しかし、従来のルジオン試験器には、精度面で以下に述べる三つの問題点があった。