

水と土

No.121
2000

Japanese Association for
the Study of Irrigation,
Drainage and Reclamation
Engineering



水 と 土

No. 121

2000

表紙写真

水と土の歴史 はさ木 (新潟県西蒲原郡) / 写真提供・平原豊喜

目 次

報文内容紹介……………(5)

巻 頭 文

水と土に係わる情報の的確な管理に向けて

伊藤 正晴……(7)

報 文

平成11年台風18号による塩害対策

—38年ぶりの実施—

河田 直美 有好 利典 大内 英司……(10)

地すべり対策としてのトンネル設計

—長野西部地区^{しおもと}塩本排水トンネル—

沼尾 一徳 岸 智……(18)

島根半島・地合地区の地すべり調査について

飯庭 弘美……(28)

新ため池改修計画 —災害に強いまちづくりをめざして—

北宅 久友 村山 俊一……(37)

カンジン地下ダム右岸部深部空洞処理について

神谷 嘉明 松元 茂 長本 正……(50)

農業用ダムの持続的活用に関する一考察

常住 直人……(60)

新宮川ダムプレキャスト監査廊底版と

高流動コンクリートの付着性状について

及川 光宏……(71)

歴史的土壌改良施設

事業を通じて悟った「敬天地愛」の心で

—洪水被害と闘った土壌改良の歴史—

倉持 泰仍……(77)

技術情報紹介

環境影響評価法施行1年

—環境影響評価法の概要と施行後の動き—

加藤 隆 谷口 宏文……(82)

お知らせ

平成12年度農業土木学会

第22回農村計画研究部会現地研修会……………(91)

会告……………(92)

入会案内……………(93)

投稿規定……………(95)

水と土 第121号 報文内容紹介

平成11年台風18号による塩害対策 —38年ぶりの実施—

河田 直美・有好 利典・大内 英司

本報は、昨年9月に九州地方を襲った台風18号に伴う高潮によって、熊本県不知火海沿岸に生じた農地の塩害対策に関して取りまとめたものである。農地の除塩事業が1961年の第2室戸襲来以降行われていなかったことから、対策に取り組んだ当初には資料収集や過去の情報の確認に苦労した。そこで、本報では、今回実施した除塩対策の一連の経過、農業工学研究所農地整備の専門家から指導を受けた技術的内容、及び事業制度等について詳述し、今後の参考資料となることに配慮した。
(水と土 第121号 2000 P.10 企・計)

地すべり対策としてのトンネル設計 —長野西部地区塩本排水トンネル—

沼尾 一徳・岸 智

当地区では、地すべり災害に対する恒久的かつ抜本的な対策のために排水トンネル工を計画している。対象となる地すべりブロックは、幅250m、長さ360m、深さ43mのブロックで、第三紀層風化岩地すべりに分類される。排水トンネルの設計に際しては、脆弱な岩盤（堆積性軟岩）、可燃性ガス対策及びトンネル上方湧水への影響評価に留意して実施した。
(水と土 第121号 2000 P.18 設・施)

島根半島・地合地区の地すべり調査について

飯庭 弘美

島根県の島根半島中央部の日本海側に面する地合地区の地すべりは、従来、崩積土を移動層とする10m～20mの比較的浅いものと考えられていた。しかし、平成8年度の調査で深い岩盤すべりの可能性が指摘され、平成9年度に集中的な地質調査を、また平成10年度においても移動観測等を実施した。本報では、大深度調査の結果及びGPSを利用した地表変動観測について紹介する。
(水と土 第121号 2000 P.28 企・計)

新ため池改修計画

—災害に強いまちづくりをめざして—

北宅 久友・村山 俊一

新ため池改修計画は、従来の老朽化したため池の堤体や取水施設の改修に加え、都市直下型地震であった阪神大震災の教訓から、耐震性の向上とため池のもつ水の空間の防災活用整備を行うものです。
(水と土 第121号 2000 P.37 企・計)

カンジ地下ダム右岸部深部空洞処理について

神谷 嘉明・松元 茂・長本 正

沖繩本島の西方に位置する久米島で、沖繩県が事業主体となって平成7年度から建設中のカンジ地下ダムにおいて、大規模な空洞が確認された。この空洞処理に当り、確認調査から処理方針の検討経緯、処理対策の実施状況等について紹介する。
(水と土 第121号 2000 P.50 設・施)

農業用ダムの持続的活用に関する一考察

常住 直人

ダム堆砂の多くは緩慢な現象であれ、総じて災害復旧的な緊急対応の必要性は低い。反面、確実に進行していく現象であり、対応が遅れるほど対策コストが高む懸念がある。本報文では、1) 農業用ダムの堆砂対策に求められる条件の提示、2) 浚渫除去、ダム更新などの対策の概略コスト比較、3) 農業用ダムに適した排砂工法とその運用方法についての試案提示……等を行った。
(水と土 第121号 2000 P.60 企・計)

新宮川ダムプレキャスト鑑査廊底板と 高流動コンクリートの付着性状について

及川 光宏

新宮川ダムでは、省力化、安全性向上、工程短縮等を測る目的で、重力式コンクリートダムの鑑査廊をプレキャスト部材により施工している。このプレキャスト鑑査廊の施工にあたり、鑑査廊底板部の空間に高流動コンクリートを充填し、部材との一体性を確保している。

今回、このプレキャスト鑑査廊底板と高流動コンクリートの付着性状について、割裂引張強度及び曲げ試験によって確認した内容について報告するものである。
(水と土 第121号 2000 P.71 設・施)

〈歴史的土壌改良施設〉

事業を通じて悟った「敬天地愛」の心で
—洪水被害と闘った土地改良の歴史—

倉持 泰仍

茨城県水海道市菅生町及び守谷町にまたがる菅生土地改良区の水田は、昭和初期に開田されたが、堤防の決壊や溢流堤からの溢水により、幾度となく洪水の大被害を受けてきた。

本報文は、これら洪水に対する苦闘の歴史と、たび重なる被害にも拘らず稲作を営むため排水及び用水施設を整備し、美しい水田を現在まで守ってきた土地改良区の発展の経緯を報告するものである。
(水と土 第121号 2000 P.77 企・計)

〈技術情報紹介〉

環境影響評価法施行1年
—環境影響評価法の概要と施行後の動き—

加藤 隆・谷口 宏文

環境影響評価法が平成11年6月12日に施行され1年が経過した。環境に対する社会的な関心の高まりや農業の多面的な機能の発揮に対する期待などから農業農村整備事業を進める上で環境への配慮は必要不可欠であり、環境影響評価もその取組みのひとつとして位置づけられる。本報文では、環境影響評価の基本である環境影響評価法の概要及び法施行後の動向について紹介している。
(水と土 第121号 2000 P.82 企・計)

水と土に係わる情報の的確な管理に向けて

伊藤正晴*
(Msaharu ITO)

1. 食料・農業・農村基本法と土地改良

(1) 環境と土地改良

戦後農政を抜本的に見直し、今後21世紀の政策の基本指針になる「食料・農業・農村基本法」が昨年7月に制定されました。食料の安定供給の確保、多面的機能の発揮、農業の持続的な発展、農村の振興の四つを基本理念として組み立てられています。この法律「第1章総則」の文言の中で、定義付けが行われている用語が、二つあります。「多面的機能」と「農業の自然循環機能」です。この二つに共通して流れている認識は“環境”であろうと思います。又同法律「第2章基本的施策」の中で、農業生産基盤の整備については「環境との調和に配慮しつつ、……………農業生産の基盤の整備に必要な施策を講ずる」とされています。乾燥気候・畑作農業を特色とする西欧文明は、自然と対峙しそれにうち勝つことを思想の根底にしていますが、湿潤気候・水田農業を特色とするアジア文明は、自然の中に抱かれ共に生存の道を見いだすことを思想の根底にしていると思います。水と土をベースに緑との関わりの中で歩んできた土地改良は、本来環境との調和が原則であったはずであります。しかしながら、経済の高度成長の嵐の中で経済合理主義に傾斜がかかりすぎた部分があったことは、甘受しなければならないのではないのでしょうか。

(2) 基本理念と水利システム

諸先輩がこれまでに営々と築いてきた水利資産は22兆円にのぼっています。なお新たに建設が求められている部分にも大きいものがありますが、一応の概成がなされたと考えてもいいのではないのでしょうか。「開発から保全へ」「建設から管理へ」本格的にハンドリングを切り替える時期がすでに来ているものと思います。

圃場整備や農業集落排水事業等、水と土に係わる技術をベースに行う農業農村整備事業が、新基本法の四つの理念の実現に重要な役割を果たすことは、論を待ちません。又、その役割を果たしていくためには、理念実現のフィールドとなる農業農村の骨格を形成している水利システムの的確な管理・更新が必要不可欠であることも、確かだと思えます。

頭首工等から取水し、幹線・支線用水路を通し、圃場へかん水され、そして支線・幹線排水路を通し、排水機場等から河川へ戻る。まさしくこの水利システムが農村地域の水の管理を支えてきました。さらに我々は農業集落排水施設の整備を行うことにより、農村地域の水質の改善・管理にも領域を広げてきました。農業集落排水施設の整備が面的に進めば、上記水利システムの展開するエリアにおいて、量と質の管理が可能になります。更に、農業水利施設は、景観・親水施設としての機能を有するとともに防火・消雪用水等にも利用され、又都市排水をも受け入れる等、農業生産施設としての機能を基本としながらも、地域が必要とする様々な機能を、本来担っていた筈です。

新基本法の理念の実現に向けて、これら水の量から質そして環境にも及ぶ水利システムを、いかに的確に管理・更新していくかが問われているものと思います。

*北陸農政局建設部長

2. 水と土に係わる技術情報の管理に向けて

(1) 生産努力目標と基盤整備情報

21世紀は情報化の時代です。いかに情報化戦略において世界をリードしていけるかが、我が国の命運を握っているものと思います。又土地改良の分野においても、水と土に係わる様々な情報を、ファイリング・共有化・活用する情報化システムを、いかに構築していくかが重要な課題となっています。

新基本法に基づき、基本的理念や施策を具体化するものとして「食料・農業・農村基本計画」が定められます。基本計画の最も重要な事項である、自給率目標を達成していくためには、麦・大豆等の生産を拡大していくことが求められています。とりわけ北陸地域は、雪国の湿潤な気候、排水不良重粘土壌が多い等の課題を克服していくことが重要な課題となっています。現在水田を中心とした土地利用型農業の活性化に向けて、市町村ごとに水田農業振興計画を策定する取り組みが進められています。又、市町村ごとに「農業農村整備事業管理計画」を策定し政策総合を図り、効果的に農業農村の振興を支援していこうとする取り組みを進めてきました。マクロの土地改良長期計画の策定に加え、これらの取り組みの一環として、それぞれの市町村、地域毎に、農地の土壌、水利・排水条件等を踏まえ、汎用化、暗渠排水等のきめ細かいマップ・基盤整備計画、土地利用計画を策定する。そして、この情報を農家・農業団体・市町村・県・国が共有し、これに基づき事業の計画的導入、農地の確保、生産努力目標の達成を図っていくことが考えられるのではないのでしょうか。

(2) 担い手の育成と面的集積情報

なお、望ましい農業構造の確立を図っていくためには、経営意欲のある担い手へ、農地利用の面的集積を進めていくことが重要な課題となっています。圃場整備事業がきわめて大きな役割を果たし、大きな成果を生んでいることは共通の理解になっていますが、更に農地の貸借や交換合分の促進にあたっては、用水の手当の状況や土壌・排水施設の整備状況、更に農地の所有者・耕作者等の面的情報を電子化・共有化し、これをもとに機動的・効果的に担い手への利用集積を図っていくことが考えられると思います。この場合、たとえば水・農地・農家の現場の生きた情報を把握している土地改良区に情報の管理を行うことが期待されるのではないのでしょうか。

(3) 高生産性優良農業地域と水利資産情報

北陸地域は、水田農業を主体とした長い土地改良の苦闘の歴史を有しています。とりわけ新潟平野の歴史は、「地図には無い湖」と「どぶね農業」の地域を、土地改良が国土・豊かな穀倉地帯へと変貌させてきた歴史でもあります。現在も、またこれからの長い歴史においても、土地改良が築いた排水機場等の基幹水利施設に地域の発展を支えていく使命が課されています。北陸地域は、全国の基幹水利資産（受益面積100ha以上）13.2兆円の内、2.1兆円（16%）を占めています。今後とも我が国の食糧供給基地として、持続的な農業の発展を図っていくためには、この基幹水利施設の適切な管理・更新が必須であることは論を待ちません。

国営土地改良事業は事業完了時に、完成図書を管理主体である土地改良区等に引き継いでいます。しかしながら情報化が急速に進展する21世紀において機動的・効率的に管理を進めていく観点から適切なものが引き継がれているか、一抹の不安を感じざるを得ません。施設の設計諸元・施工記録・竣工図等の情報、施設の管理・補修履歴の情報等、適時に的確な補修・更新・管理を行っていくための諸情報を電子化して

いくことも必要となっています。

現在、国営かんがい排水事業受益地を核とした高生産性優良農業地域を設定し、整備の現状把握、今後の整備プログラム等を国と県が協力して策定し、計画的、重点的に事業導入を図る「高生産性優良農業地域対策」を進めています。国・県・市町村・土地改良区が連携をし、地域の水・土地資源情報、施設情報等を共有化し水利資産の的確な管理・更新を図っていく、そのようなシステムを構築していく必要があります。

(4) 水と土に係わる情報ネットワークの構築

今、公共事業の執行の世界において、CALS(継続的な調達とライフサイクル支援)の構築が焦眉の課題となっています。農業農村整備事業の分野においても、調査・計画・設計・工事・管理まで一連の情報を電子化・標準化し、統合データベースにより国・県・市町村・改良区・業界等農業農村整備に係わるすべての者が共有し、活用する事が求められるものと思います。世界は広い。しかしながら、今や世界はインターネットで結ばれ、インターネットが地球上から距離や国境という概念をなくそうとしています。情報化は都市だけにおけるうねりではありません。農村は広く、多様である。だからこそ情報化は、その距離を縮め、広範な可能性を拓くものと思います。なお、数か市町村をエリアとし、多数の基幹施設を結ぶ広域の水管理システムを有する地域においては、光ファイバー等ネットワークの専用伝送路を、農業農村の振興に係わる広範な情報の伝送路として活用していくことも考えられるのではないのでしょうか。

3. 土地改良区に期待されるもの

新潟県信濃川・阿賀野川・小阿賀野川に囲まれ、約5,000haの農地を擁する亀田郷。この亀田郷土地改良区は、輪中地域の宿命として取水・排水は多数の機械に頼らざるを得ず、水利施設総合管理システムを構築し水管理を行っています。水質についても観測点・分析項目は少ないもののモニタリングも行われています。又これに加えて、「亀田郷農業支援情報システム(亀田郷ネット)」を構築し、郷内の農家等に気象情報・市況情報・用水管理情報・水稻生育情報・受委託希望情報等、農作業・農業経営に欠かせない情報の提供が行われると共に、同ネットで、電子会議室・電子掲示板の設置やインターネット上での電子メールの利用サービスも行われています。

平成12年度からは、全国最初のモデルとして「流域水質保全機能増進事業」に取り組むこととしており、水質浄化水路・浄化池、生態系保全のための植生水路の整備等が計画されています。又、土地改良区として、非かんがい期の環境用水の導入構想の実現に向けて検討が行われています。

まだまだ取り組むべき課題を抱えているものの、このような先進的な情報化の取り組み、水利システムの管理、更に環境管理へのアプローチは、この土地改良区だからできた一面もあります。しかしながら、本来、土地改良区はその力を十分に内包していると思います。土地改良区は、水と土に係わる生きた情報を持っています。そして土地改良区は、地域に根ざしたそれらの管理の基本母体として最もふさわしいのではないのでしょうか。又そのためにも、土地改良区の水系単位の統合や人材育成、管理の公的支援の拡充等運営基盤を早急に強化し、実力を確かなものとしていくことが期待されているものと思います。

平成11年台風18号による塩害対策

—38年ぶりの実施—

河 田 直 美*
(Naomi KAWADA)

有 好 利 典**
(Toshinori ARIYOSHI)

大 内 英 司**
(Hideji OHUCHI)

目 次

1. はじめに	10	5. 除塩工法	13
2. 経緯	10	6. 土壌改良材	13
3. 発生の原因	10	7. 除塩事業の実施	15
4. 塩害のメカニズム	12	8. 最後に	17

1. はじめに

本報は、昨年9月に九州地方を襲った台風18号に伴う高潮によって、熊本県不知火海沿岸に生じた農地の塩害対策に関して取りまとめたものである。農地の除塩事業が1961年の第2室戸台風襲来以降行われていなかったことから、対策に取り組んだ当初には資料収集や過去の情報の確認に苦労した。そこで、本報では、今回実施した除塩対策の一連の経過、農業工学研究所農地整備部の専門家から指導を受けた技術的内容、及び事業制度等について詳述し、今後の参考資料となることに配慮した。また、地元紙においても何度も取り上げられている。

2. 経緯

(1) 気象の概要

9月19日、宮古島の南東沖で発生した台風18号は24日6時頃熊本県北部に中型で強い勢力で上陸した後、九州地方から中国地方西部を通過して日本海へ抜けた。この間、台風の影響により各地で暴風、大雨、高潮などに見舞われた。(図-1)

(2) 塩害の発生

強風を伴った台風の通過によって、中国地方や九州地方を中心にして農地や農業用施設が被災した。中でも熊本県の不知火海沿岸の農地では、台

風による高潮が堤防を超えて浸入し、塩害が発生した。その被害は、不知火町、松橋町、小川町、鏡町、竜北町、八代市の6市町に及び、被害面積は約1,900haと報告された。また、山口県及び福岡県においても、熊本県に比べれば軽微ではあったが、海水浸入による被害が報告されており、三県全体での被害面積は約2,500haと報告された。(表-1及び図-2)

(3) 対策

海水の浸入により被災した農地は、そのままでは土壌中に高濃度の塩分が残留し、次年度以降の営農に大きな支障をもたらす。このため、農林水産省は戦後の除塩対策(表-2)としては38年ぶりに除塩事業を実施し、被災農地の早期復旧を図ることとした。

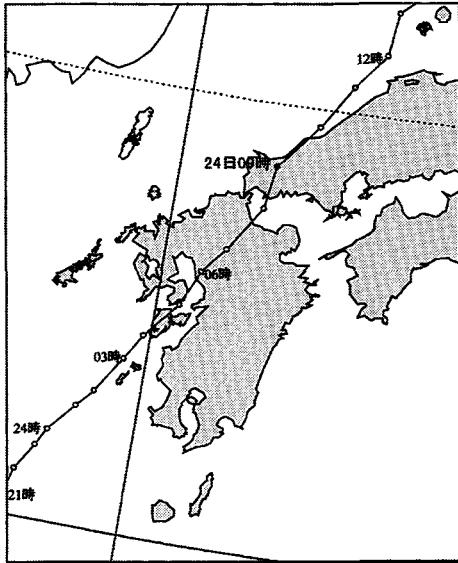
また、台風18号による被害に対し、海岸関係4省庁(農水省、水産庁、運輸省、建設省)は、高潮による災害防止の観点から「高潮災害防止のための海岸緊急点検」を実施した。その結果、高潮により12名の死者を出した不知火町松合地区と地形条件が類似した地区(湾口が南側に開いている湾の湾奥で、背後の最低地盤高が既往最高潮位より1.5m以上低い地域)は全国で409地区、そこにおける海岸保全施設の整備率が75%と報告された。

3. 発生の原因

今回の塩害は、台風の規模等や地形の条件が重なったことによる高潮の発生が原因となっている。

*構造改善局建設部防災課 (Tel. 03-3502-8111, 内線3922)
(現畜産局流通飼料課)

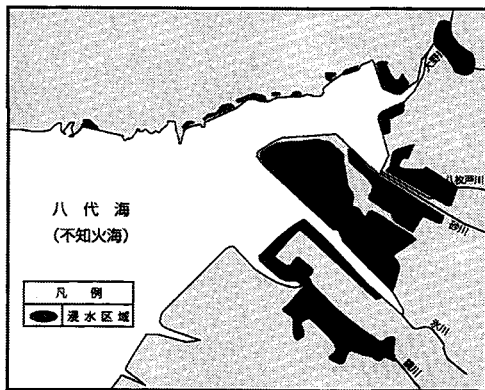
**構造改善局建設部防災課



図一 台風18号経路 (気象庁資料)

表一 台風18号による高潮の農地被害面積

熊本県	1,895ha
山口県	470ha
福岡県	123ha
合計	2,488ha



図二 不知火海沿岸海水浸水区域

(1) 高潮発生の要因

高潮の発生は、一般的に次に掲げる要因によって発生するといわれている。

①気圧低下による海面の吸い上げ

台風は、中心の気圧が周辺よりも低いため、周辺部は海面を押しつけ、中心部は海面を吸い上げるように作用し、海水はこれとつり合うように流動し、中心部に向かって海面が上昇する。(図一3)

②風による吹き寄せ

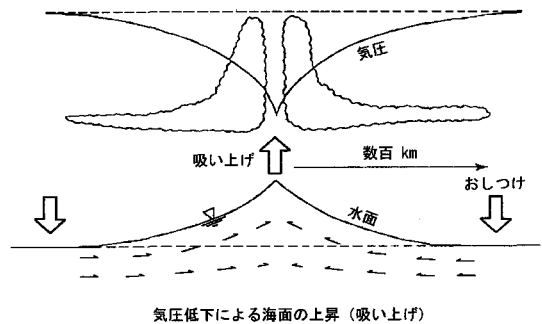
風が海面を引きずり、海水を風下の海岸に吹き寄せ、海面が異常に上昇する。(図一4)

(2) 台風の状況

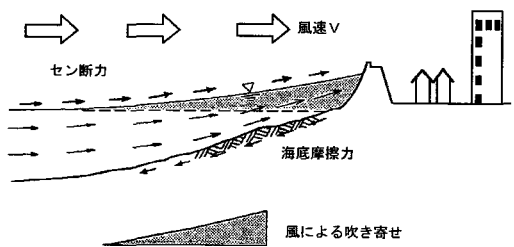
台風18号の特徴は次のことが挙げられる。

①気圧が940~950hpと大型であったこと。

②最高風速が牛深市で66.2m/s、熊本市で49m/sと極めて強い風を伴っていたこと。



図一3



図一4

表二 戦後の除塩対策

実施例区分	①昭和28年 台風13号災害	②昭和34年 伊勢湾台風災害	③昭和35年 チリ津波災害	④昭和36年 第2室戸台風災害
事業費	不明	約5億円	4千2百万円	4千3百万円
換算事業費	不明	約33億円	2億6千万円	2億4千万円
国の対応	特別立法	特別立法	要綱(予算補助)	要綱(予算補助)

※換算事業費は支出済み換算係数により、平成11年度単価に置き換えたもの。

③台風の通過時刻が大潮の満潮時刻と重なったこと。

(3) 地形の状況

高潮による被害を受けた不知火沿岸地域の地形の特徴は次のことが挙げられる。

①台風の進路である南側に湾口が開いていたこと。

②沿岸に広く堆積している潟土によって遠浅な海岸が形成されていること。

(4) 海水の浸入

上記の台風と地形の条件が相互に影響して発生した高潮は、不知火湾内最奥部一帯の堤防を超えただけでなく、流入河川を遡上し河川堤防からも農地などに浸入した。

陸上に浸入した高潮は、海水に加えて海底の泥土（ヘドロ）も伴っていた。このため、農地によってはヘドロが10cm以上も堆積した地域もあった。

4. 塩害のメカニズム

農業工学研究所農地整備部の専門家から指導を受けた塩害及び除塩に関する技術的事項は以下のとおりである。

(1) 塩害の内容

塩害が引き起こす農作物への障害を例示すると、次のようになる。

- ①生育障害
- ②土壌構造の劣化
- ③土壌の酸性化

(2) 生育障害

海水や海底のヘドロが農地に浸入し、土壌中に

塩分が残留すると植物体内の水分が体外に流出する。これは、植物体内の塩分濃度が土壌中の塩分濃度よりも低いため、その差により浸透圧が発生し、水分が植物体内から外部へ移動するためである。

この結果、植物の「しおれ現象」が発生し、その被害が進むと植物体が枯死することになる。加えて、高濃度のCl⁻イオンにより、植物が生理的に障害を受けることも指摘されている。

土壌中の塩分によって、農作物が被害を受ける目安は表-3のようになっている。

(3) 土壌構造の劣化

農地の土壌を構成する粘土の表面には、通常、マイナスの電気が存在する。このため、粘土の表面にはプラスイオン（Ca²⁺、Na⁺、H⁺など）が保持されている。このマイナスの電気量は、塩基置換容量として定義されており、土壌100g中の当量で示される。

土壌中にNa⁺イオンを多量に含んだ海水が浸入すると、粘土表面に保持されていたCa²⁺イオンなどがNa⁺イオンと置換される現象が発生する。このような現象は「置換性塩基のNa化」と呼ばれている。

置換性塩基のNa化は、土壌の団粒構造を破壊し緊硬度を高める。その結果、透水性が著しく悪化し、排水不良などを引き起こし、作物の根腐れ現象などの2次的被害を発生させる。

(4) 土壌の酸性化

土壌中の塩分濃度を下げるとともに、粘土表面に保持されているNa⁺イオンを除去するため、農

表-3 作物の生育可能な土壌中塩分濃度限界目安

作物	単位 %							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
メロン						0.05		0.04~0.05
イチゴ								0.04~0.05
トマト	0.03~0.04						0.03~0.04	0.06~0.07
大豆	0.03							
キャベツ								0.06~0.07
なす	0.03							
水稻	0.1	0.1	0.099~	0.05~0.1	0.1			
い草	0.1							

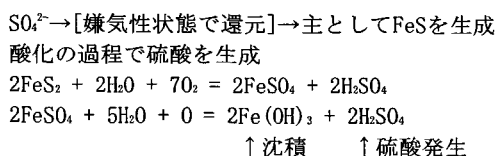
※参考データ出典

- ①福岡県農政部、②東海近畿農業試験場、③熊本県農業試験場、④日本土肥誌
- ⑤関東専技会、⑥熊本県農業研究センター、⑦福岡県農業総合試験場
- ⑧佐賀県改良普及センター

地に真水を冠水させ、その後排水する作業を何度か繰り返す方法が一般的である。この場合、冠水の際には土壌中にはほとんど空気のない嫌気状態が生じる。また、排水の際には、土壌中に空気が浸入し好気状態となる。

嫌気状態・好気状態が交互に繰り返されると、海水中に含まれる SO_4^{2-} イオンが嫌気状態の中で、還元反応を起こし、土壌中に含まれる二価鉄と反応し、主として硫化鉄を生成する。次にこれが好気状態で酸化反応を起こし、硫酸を生成する。その結果、土壌が酸性化し、強酸性状態になる。(式-1)

式-1 酸化還元反応により硫酸を生成する過程



5. 除塩工法

(1) 除塩の方法

除塩は次のような工法で行うこととしている。

- ① 湛水除塩：塩分 (Cl^- イオン及び粘土から除去される Na^+ イオン) の真水による洗い流し
- ② 土壌構造の復元：粘土表面に保持されている Na^+ イオンの除去
- ③ 酸性土壌の中和：酸性化した土壌のpH改善

(2) 湛水除塩

土壌中の塩分を除去するためには、十分な量の真水を用いて塩分を洗い流すことが最も効果的である。このため、圃場に真水を湛水させ、一定の時間を置いてその水を排水する。

この場合、既設の暗渠がある圃場ではこれを活用する。一方、暗渠がない場合には簡易な弾丸暗渠や除塩溝を設置するなどして、排水条件を整備する必要がある。

(3) 土壌構造の復元

粘土の表面に付着した Na^+ イオンによって物理性が悪化した土壌を改善するため、石灰質の土壌改良材を施用し、 Na^+ イオンを Ca^{2+} イオンに置換する必要がある。

この結果、土壌構造を安定化させ、透水係数を増大させることが可能となる。

(4) 酸性土壌の中和

土壌中の Na^+ イオンを石灰質資材の散布によって Ca^{2+} イオンに置換することは、排水後の土壌の酸性化防止にも有効である。

6. 土壌改良材

(1) 土壌改良材の選定

除塩に使用する土壌改良材の選定については、過去の除塩事業の実施要領で示されている4種類の石灰系土壌改良資材を参考に次のとおり決定した。(表4-1)

一般的に「石灰」と呼ばれる土壌改良資材は、石灰質資材全般を指すが、表4-1に示す「石灰」に対応する化学式を見出すことが出来なかったため今回の対策で使用する資材から除外した。また、「珪酸石灰」は、現存の資材の中では珪酸苦土石灰に該当する。

これに加えて炭酸石灰 $[\text{CaCO}_3]$ 、及び消(硝)石灰 $[\text{CaCl}_2]$ 及び干拓地の除塩において利用されている「石こう」を使用する土壌改良材とした。(表4-2)

(2) 各資材の特性

各資材には、水中での溶解度や土壌pHに対する適応性などについて特性があり、その内容は表-5に示すとおりである。

(3) 土壌改良材の施用量

土壌改良材は、 Na^+ イオンの置換効果のみならず、土壌のpHを変えることもあるため、施用に当たっては今後の営農にも影響を与えることが無い

表4-1 過去の除塩事業の資材施用量

(単位:kg/10a)

土質分類	資材名	石灰	炭酸石灰	硝石灰	珪酸石灰
砂土, 粗砂, 礫土	置換	5	84	104	168
砂壤土	換	8	140	182	280
埴土, 粗埴土	容	11	182	237	364
壤土	量	14	224	281	448

※土質分類、置換容量については38年前の対策時のものである。

表4-2 今回の除塩事業の資材施用量 (計算)

(単位:kg/10a)

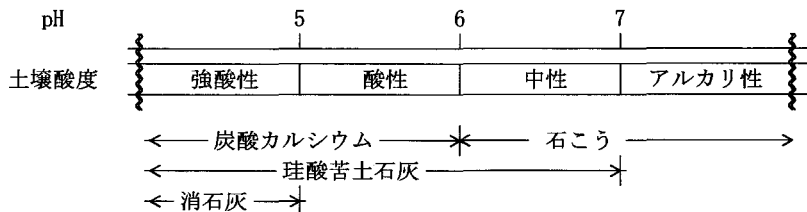
		分子量	172.2	100	111.1	172.3
		分子式	CaSO ₄ *2H ₂ O	CaCO ₃	CaCl ₂	Ca ₂ SiO ₄
土質分類	土壌改良材名	石こう	炭酸石灰	硝石灰	珪酸石灰	
砂土, 粗砂, 礫土	置換	5	170	99(1.05)	110(0.92)	170(0.99)
砂壤土	換容	8	273	158(1.15)	176(0.95)	273(1.03)
埴土, 粗埴土	容	11	375	218(1.09)	242(0.90)	375(0.97)
壤土	量	14	477	277(1.01)	308(0.87)	477(0.94)

※()内は[過去の施用量]÷[今回の計算量], ほぼ1.0の前後である

表-5 土壌改良資材 (除塩促進資材) の特徴について

資材名	石こう	炭酸石灰	硝石灰	珪酸苦土石灰
水中の溶解度	硝石灰>石こう>炭酸石灰			不明
対象土壌のpH	(6.0以上) 中性～ アルカリ性	(6.0未満) 弱酸性～ 酸性	(5.0以下) 強酸性土壌	(7.0未満) アルカリ性以外
特徴及び 施用方針	土壌酸度に対する影響が少なく, Na質の土壌に対しての改善効果も高い。中性～アルカリ性土壌に施用する。最も一般的な除塩資材。 但し, 自ら硫酸イオンを含んでいることから土壌中の硫酸根の影響が避けられず, 施設園芸等には不向き	弱アルカリ性では可溶性ではなく, 酸化性硫黄(S)の存在と好氣的条件下で次第に解けてCa ²⁺ イオンを供給するため, Na ⁺ イオンの置換に時間がかかるが, アルカリ性土壌の移行が穏やかであり, 酸性土壌には確実な選択。 酸性土壌の改善効果が高い。アルカリ性にも高める効果があるので, pH6以上の土壌には用いない。	水田の地表面に集積している様なヘドロはCa ²⁺ と交換可能なNa ⁺ の量(交換性Na率)が高いことが予想されるため, 早く置換させることを第一に考慮する場合に適用する。但し, pHの改善効果も著しく高いため, pH5以下の強酸性土壌に対する除塩資材として施用する。 しかし, 溶解性が高い故にNa ⁺ と交換する前に水とともに下方へ流される恐れも高い。	アルカリ性土壌以外において, 石こうに含まれる硫酸根の影響を抑えたい施設土壌に施用する。
土壌pH上昇に対する影響	無～小	大	極大	中
対象土壌等	海水が湛水したが, 酸性化の影響が少ない場合に適用する。	海水の湛水によって, 酸性化した土壌に適用する。		施設園芸 ハウストマト ハウスメロン など

土壌酸度と除塩資材選択の目安



式-2 土壤改良材施用量の算定式

$$M = (Ca/2) \times [(ESP_r - ESP_0) / 100] \times CEC \times \gamma_d \times D_{soil} \times (X/Ca) \times K$$

M:石灰系土壤改良資材の施用量(kg/10a)

Ca:カルシウムの分子量=40

ESP_r:交換性Na率(%)

ESP₀:改良目標交換性Na率(%)

CEC:塩基置換容量(5~14meq/100g)

γ_d :耕土の仮比重(g/cm³)

D_{soil}:耕土厚(=15cm)

X:施用する資材の分子量

K:10a当たり施用量を求めるための定数=0.1

ESP₀については、10%とおいた。(諫早湾干拓資料より)

ESP_rについては、35%とした。(諫早湾干拓資料を参考にした)

γ_d については、被害地域の各土壤統のデータから面積の加重平均をした。=1.055

よう配慮する必要がある。過去の施用量は表4-1のとおり定められていたが、今回は、諫早湾干拓地の除塩のために検討された計算式(式-2)及び地力保全基本調査総合成績書(熊本県農業試験場)の各土壤統(土壤仮比重、置換容量など)のデータ、諫早湾干拓地土壤のデータ(交換性Na率など)も参考にして施用量を算出した。

7. 除塩事業の実施

(1) 現地調査

過去の塩害対策の実施例は38年前と古く、近年の農地利用や作付体系に適合した復旧を図る必要があった。

そのため、農業工学研究所の農地整備部の専門家と共同で現地調査を実施した。

被災地の農業経営を見ると、稲作ばかりでなく施設園芸・野菜等の導入が進んでいるため、土壤の物理性、理化学性は一定ではなく、農業工学研究所の指導・助言により、ほ場の状態に応じた被害状況調査及び、応急対策等を、適切に実施できるよう努めた。

(2) 事業制度

異常な天然現象によって発生した農地や農業用施設の復旧は、「農林水産業施設災害復旧事業国庫補助の暫定措置に関する法律」(通称「暫定法」)によって行われる。今回の塩害事業では、暫定法の対象となしうる被害もあったが、本法の対象となしえない被害もあった。そして、いずれの被害についても放置すれば今後の営農の継続に大きな支障を与える事が懸念された。

このため、除塩事業の実施に当たっては、次のような基本方針によることとした。

①暫定法の対象となりうる被害には、本法を適

用する。

②暫定法の対象となり得ない被害には、新しい要綱を制定しこれを適用する。

(3) 制度の適用

暫定法第5条の(6)において、「土砂流入による農地の被害復旧事業のうち、その筆における流入土砂の平均の厚さが、粒径1mm以下の土砂にあっては2cm、粒径0.25mm以下の土砂にあっては5cmに満たない農地にかかるもの」を、本法による復旧事業の適用から除外している。

今回の塩害では、海中のヘドロが浸入している地域があったが、海中のヘドロの粒径は0.25mm以下が大半であったため、ヘドロの被覆厚が5cm以上の農地は、暫定法が適用されることになった。

一方、ヘドロの被覆厚が5cm以下及び塩水のみが浸入した農地については、新たに制定した要綱を適用することとした。

(4) 採択基準

今回の塩害において過去の対策と異なる点は、水田の転作が進み、被害を受けた農地の中に相当量の畑地が存在していたため、除塩による土壤塩分濃度の基準を現に水田である農地と畑地である農地ごとに区分したことである。

これまでは塩害を受けがちな農地は沿岸部に位置しているため、その大半が水田であった。しかし、稲作転換率が39%(熊本県全体・H11)にも及ぶ現在、沿岸部の農地においても野菜や果樹などの畑地が増加してきている。(表-6)このため、塩害を受けた水田に対しては、乾土中の土壤塩分濃度を0.1%以下に、同様に畑地に対しては0.05%以下にまで、除塩を行うこととした。

なお、この地域の特産であるい草については、水田の後作で生産されているために、水田の復旧

表一 6 熊本県八代管内農業概要 (資料：農林水産省「園芸耕作農作物・養蚕市町村別統計」)

主要野菜等の栽培面積 (H9)						単位:ha
	冬春トマト	メロン	いちご	しょうが	冬キャベツ	いぐさ
熊本県	666	2,760	387	190	341	4,610
八代地方	383	322	42	86	98	4,080

と同様の措置を取ることとした。

(5) 補助率

暫定法では、補助率増高の措置があり、各市町村毎に当年災の一人当たりの事業費の額を算出し、一定以上の負担がある市町村については、補助率の嵩上げ措置が取られる。また、連年災害を受けた地域については、それらを考慮してさらに嵩上げされる。このため、激甚指定を受けた地域については、平成10年実績で補助率が93%程度になる。

要綱事業における国庫補助率は50%であるが、県及び関係する町も一定の負担を行うこととなった。暫定法及び除塩事業にかかる県及び各市町村の負担割合は表一 7 の通りである。

(6) 地方財政措置

県及び関係する町が塩害対策に対して財政的支援を行うに際し、起債及び地方交付税による元利

償還金に対する充当が認められた。

暫定法の対象となる補助災害において、農地及び農業用施設の災害復旧では地方公共団体の負担に対して、現年分は80%、過年分は70%の起債充当率が認められている。これは、「補助災害復旧事業債」と呼ばれている。また、この元利償還金に対する地方交付税の充当は、現年分及び過年分とも95%となっている。

一方、要綱事業に対する地方公共団体の負担に対しては「単独復旧事業債」が適用された。これは、起債充当率が65%、地方交付税の充当は、地方公共団体の財政力に応じて47.5%から85.5%となっている。今回の措置対象となる熊本県及び5町においてはその充当率が全て50%である。(表一 8)

表一 7 塩害関連に係わる負担割合

暫定法 (国庫補助残分の負担割合)					除 塩 事 業			
町	農 地		施 設		国庫補助	県負担	町	地 元
	町	地 元	町	地 元				
不知火町	90	10	80	20	50	40	8	2
松橋町	残額	2,000円/反	100	0			残額	2,000円/反
小川町	90	10	90	10			9	1
鏡町	100	0	100	0			10	0
竜北町	100	0	100	0			10	0

表一 8 地財借置の概要

1. 経緯

台風18号の高潮による塩水浸水やヘドロの堆積により塩害が発生し、農地除塩事業を実施することとした。これに伴い、県及び市町村に対する地方財政の措置に関する支援を要請した。

2. 自治省の回答

単独復旧事業債で対応する。

但し、予算成立後、地方債課長通達を施行し、今回限りの起債措置とする。

区 分	起債充当率	元利償還金に対する地方交付税等の措置 (基準財政需要額参入率)	備 考
単独災害復旧事業債	65%	47.5%~85.5% (財政力補正)	起債対象事業費は以下のとおり 26万円≦都道府県 13万円≦市町村

(7) 施工方法

除塩を行う施工は塩分の排出， Na^+ イオンの置換等を効率的に行う観点から，以下の手順により実施することとした。

①除塩溝及び弾丸暗渠設置

排水の促進を行い，迅速に塩分を排出させるために行う。既設暗渠等があれば，積極的に活用する。

②土壌改良材散布

Na^+ イオンの排出を促進するため，土壌改良材を散布する。

③耕起及び砕土

土壌改良材の反応促進及び排水性の改善を行う。

④湛水と排水の繰り返し

湛水と排水を繰り返すことによって，塩分の洗い流しを行う。

8. 最後に

今回の塩害対策は38年ぶりということもあり，これまでの資料を掘り起こす事から始まった。幸いにも過去の干拓事業に関する報告書や現在の諫早湾干拓事業での技術的な検討等から，除塩に関する知見を得ることができた。

これらを参考に早急な検討に取り組む事が出来た。9月末の被害にも関わらず，11月中には本対策の内容をほぼ確定することが出来た。

これは，関係する県と町の地元復興にかける熱意とともに，大蔵省主計局及び自治省財政局など関係する皆様の支援の賜であると認識している。

また，農業工学研究所が当初より参画したことにより，除塩事業を円滑に推進できたのは言うまでもない。

最後に，被災された地域の早急な復旧を心より願うものである。

参考資料

1) 災害復旧ハンドブック(S38年)：災害復旧制

度研究会・農林省農地局災害復旧課監修

- 2) 八代管内農業概要(平成11年3月)：熊本県八代事務所
- 3) 地力保全基本調査総合成績書—熊本県
- 4) 農林公害ハンドブック(1990年)：千葉県農林部
- 5) 理科年表(1998年版)
- 6) 農地工学「下」(1971年)：山崎不二夫著-東大出版会
- 7) 土壌環境分析法(1997年)：日本土壌肥料学会
- 8) 土壌物理用語辞典(1980年)：土壌物理研究会・養賢堂
- 9) 地力保全測定診断の手引き(平成8年3月)：福岡県農政部
- 10) 伊勢湾台風による農作被害とその技術対策に関する調査研究報告(東海近畿農業試験場特別報告)(1961年)：農林省東海近畿農業試験場
- 11) 農業の新しい技術 [第4号] —熊本県農政部 H3.3
- 12) 施設野菜の塩害に関する研究—福岡県農業総合試験場
- 13) 作物中の土壌及び用水中の限界Cl濃度目安—佐賀県専門技術員室資料
- 14) 平成9年度諫早湾干拓事業畑地灌漑諸元調査検討委員会第2回資料(1998.3.4)—石膏による土壌のCa化と除塩促進に関する基礎的検討[岡山大学環境理工学部 赤江 剛夫]，石膏投入と干拓地土壌の熟畑化過程について[岐阜大学農学部 天谷 孝夫]，干拓地の排水，乾燥，除塩過程における力学的性質[九州大学農学部 大坪 政美]
- 15) 平成8年度諫早湾干拓事業畑地灌漑諸元調査委託事業報告書 [平成9年3月・社団法人畑地農業振興会]
- 16) 海岸の保全と管理—定岡成美，吉岡和徳，笹井泰敏共著：(社)全日本建設技術協会
- 17) 土壌肥料学講座3(1962)—朝倉書店

地すべり対策としてのトンネル設計

—長野西部地区塩本排水トンネル—

沼尾 一徳* 岸 智*
(Kazunori NUMAO) (Satoru KISHI)

目 次

1. はじめに	18	4. 対策工の設計	22
2. 地すべりとは	18	5. 地下水流動解析	25
3. 調査	19	6. まとめ	26

1. はじめに

長野西部地域は国内有数の地すべり多発地域のひとつであり、これまでに多くの地すべり防止工事が実施されてきた(県営事業など)。しかしながら、地すべりによる被害は毎年のように発生し、地すべり災害に対する抜本的な安定対策の必要性が叫ばれるようになった。

このような状況下、平成4年度に長野西部農地保全事業所が構造改善局所管の直轄地すべり対策工事実施事業所として、関東農政局管内では初めて発足し、恒久的かつ抜本的な地すべり防止対策を目的とした事業を実施している。

本報告で紹介する塩本排水トンネルは地すべり災害に対する抜本的な対策を目的として施工されるものであり、その効果発現が期待されている。

事業地域は、長野市の西方約20kmの上水内郡信州新町と更級郡大岡村の1町1村にまたがる地域で(図-1参照)、信濃川水系犀川右岸の標高500~850mの中山間地域であり、7つの地すべり防止区域(合計面積460ha)を対象として地すべり防止事業を実施している。

長野県には、中央構造線と糸魚川-静岡構造線の2つの大きな構造線が通過しており、それらの構造線により大きく3つの地帯に区分されている。糸魚川-静岡構造線の東側はフォッサ・マグナ地帯であり、新第三紀層が広く分布しており、特に長野西部地区を含む北部フォッサ・マグナ地帯で

は第三紀層地すべりの多発地帯となっている(図-2参照)。

2. 地すべりとは

地すべりとは、「土地の一部が地下水等に起因しすべる現象。または、これに伴って移動する現象」と地すべり等防止法第2条第1項(1958年法律第30号)で定義されている。

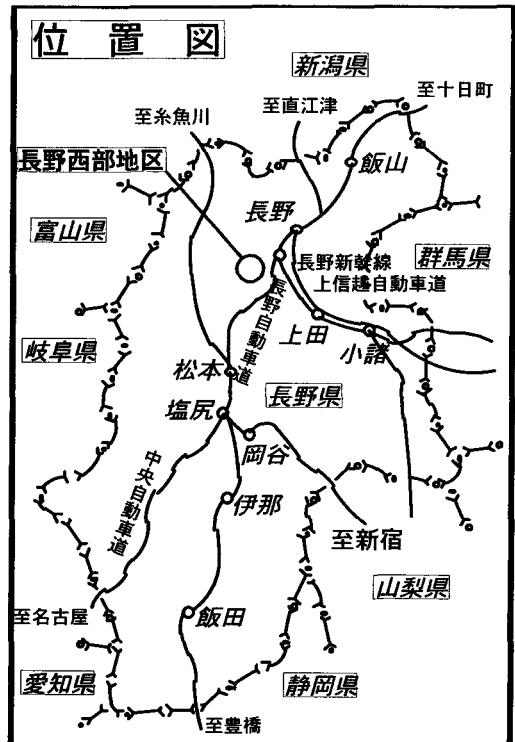
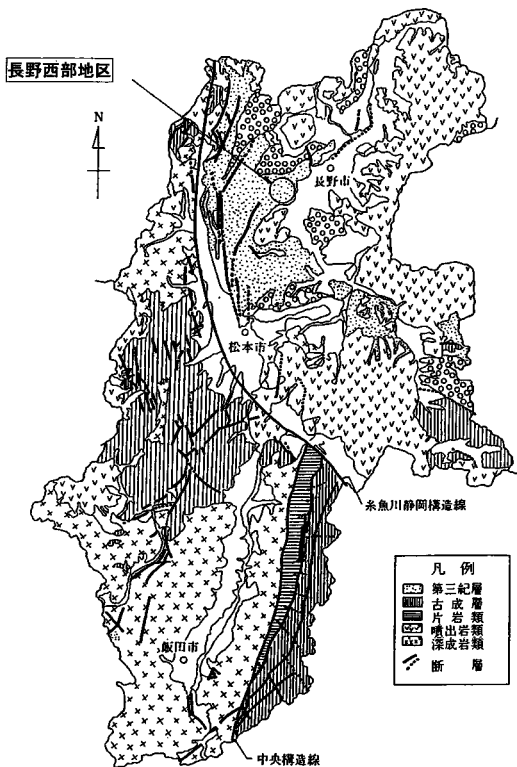


図-1 事業位置図

*関東農政局長野西部農地保全事業所 Tel. 026-228-7075



図一 2 長野県地質構造図¹⁾に一部加筆

地すべりの原因として、地形・地質等の素因的なものと、降雨・侵食・地震あるいは人工的な切盛土等の誘因的なものがあるが、特に、地下に浸透した水（地下水）が地すべりの運動を著しく助長していることが一般的定説となっている。このことから、一般には地下水の排除が地すべり防止対策上効果的と考えられている。

地すべり防止対策工法には、その誘因を排除または軽減し、間接的に地すべりを安定させる抑制工と、地すべりに対し抵抗力を付加することでその安定化を図る抑止工に大別される（図一 3 参照）。対策工法の選択は、それぞれの地すべり機構に適合した最も効果的かつ経済的なものとなるように行っている。

3. 調査

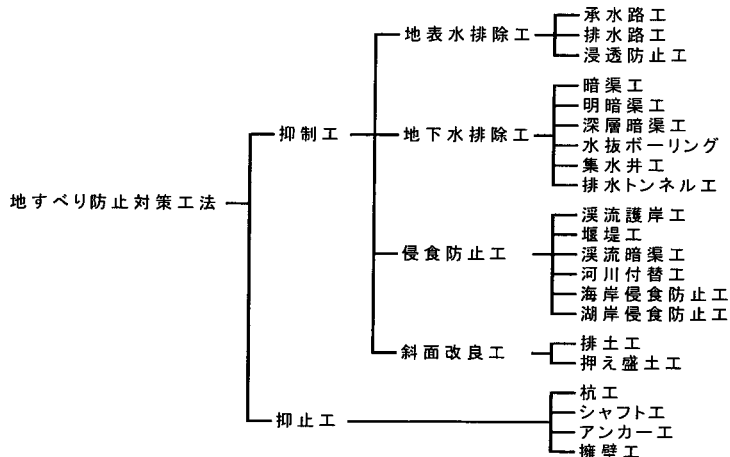
(1) 現場条件

長野市西部地区一帯は、善光寺地震（1847年）の際、地すべりが多く発生したと伝えられており、その中にはその土砂が犀川まで押し出し天然ダムを形成したものもある³⁾。

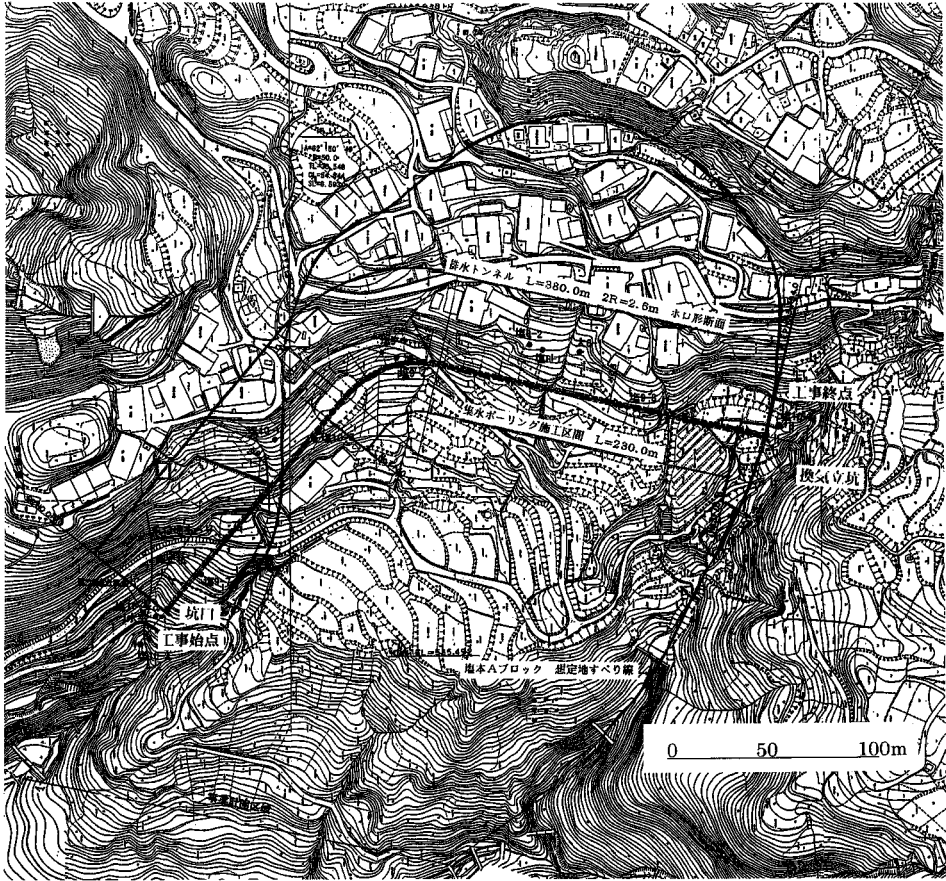
排水トンネルを施工する塩本Aブロックは、塩本地すべり防止区域内に位置し、地すべり地特有の棚田が形成され、地形図・航空写真から明瞭な地すべり地形（馬蹄形地形）を読み取ることができる（図一 4 参照）。地すべりブロックは幅250m、長さ360mにおよび、すべり面深度は孔内傾斜計による移動量観測結果より約43mと推測される。ブロック上方には民家が、中段には水田があり、下方の沢に向かって移動している。

(2) 地質概要

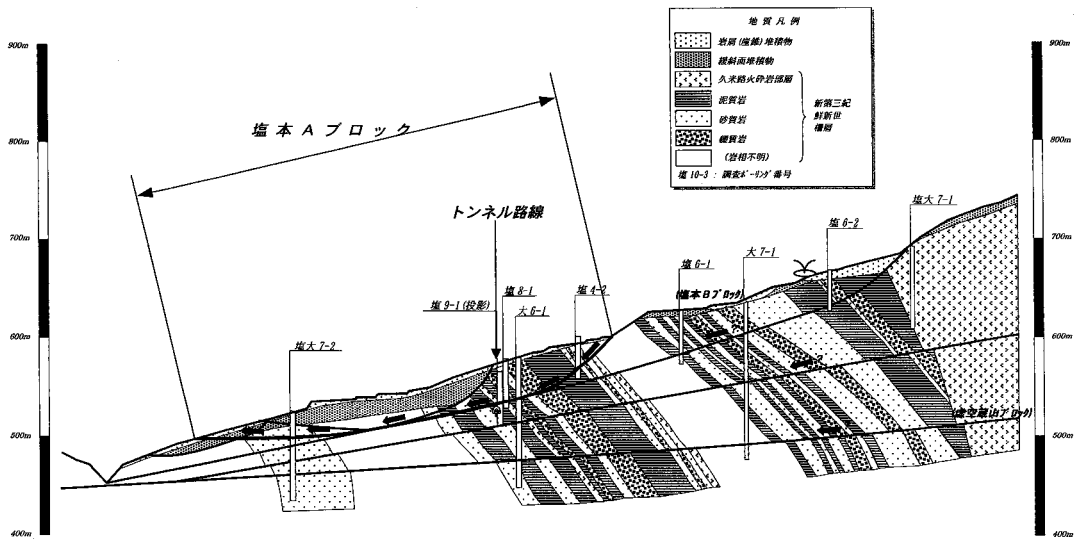
塩本区域の基盤は第三紀鮮新世 棚層^{しがらみ}よりなり、地区の北西部～中央部には主に泥岩、砂岩、礫岩が分布し、地区の南東部には安山岩質凝灰角礫岩及び溶岩（久米路火砕岩部層）が分布する（図一 5 参照）。棚層は東北—南西方向の一般走向を示



図一 3 地すべり防止対策工²⁾



図一 塩本Aブロック地形図



図一 5 地質断面図

し、南東方向へ30～90度傾斜しており、それを覆って地すべり崩積土等の未固結堆積物が分布している。泥岩、砂岩、礫岩の分布域では地表面は比較的なだらかであるが、久米路火砕岩部層の分布域は急峻な斜面となっている。

塩本区域周辺には、地形的に大きな地すべりブロックが想定され、最も大きなものは幅4.5km、長さ3.5kmに達する虚空蔵山ブロック⁴⁾。であり、調査ボーリングの結果、深度100m付近までの複数の深度に粘土化した脆弱部が確認され、これらの一部は、すべり面であるものと想定される。これら脆弱部の粘土中にはX線分析によりスメクタイト、カオリナイト、斜長石等の存在が確認されているが、孔内傾斜計の観測では、特に変位は観測されなかったため、これらの大深度地すべりについては現在の活動性は小さいものと考えられる。塩本Aブロックは大深度地すべりブロック内に生じた複次的な中規模地すべりブロックであるものと考えられる。

(3) 地質調査

地質調査は、トンネル路線についてボーリング調査を行い、掘削はすべり面判定の必要性からオールコアボーリングで行った。調査位置は、トンネル完成後であっても地下水位等の観測が可能なように路線から若干ずらし、ボーリング孔につ

いては硬質塩化ビニル管等により孔壁保護を行った。また、トンネル完成後の地下水位変化状況把握を考慮し、トンネル路線中央では浅層・深層地下水を観測するため、近接する箇所には2孔掘削し、ストレーナー区間を変更した調査孔を設け、それぞれの水位変化、水質分析が可能な構造とした。

(4) 地質状況

トンネル路線の下層は、ほとんど砂岩からなり、ところどころに3～5m程度の厚さの泥岩や礫岩を挟んでいる。また上層は粗粒部と細粒部が互層状に分布し、それぞれの層厚は概ね数m～15mとなっており、地表部には崖錐堆積物が厚さ5～7m程度で分布している(図-6参照)。

地層は南東に60°程度傾斜した単斜構造であり、斜面に対して受け盤構造となっているが、断面図上では、トンネルが途中で右に屈曲しているため、断面右側(トンネル奥部)では、トンネル路線が地層の走向方向とほぼ一致し、みかけ上ほぼ水平に近い断面となるが、断面左側(坑口部)では、排水トンネルの方向がほぼ地層の傾斜方向となり、ほぼ真の地層傾斜を示している。

ボーリングコアの形状は、棒状、短柱状から、砂状・粘土状など変化に富み、岩級区分もC_M、C_L、D級に区分される。砂岩は、RQDが高く、C_M級に区分されるものが多く比較的良好な岩盤

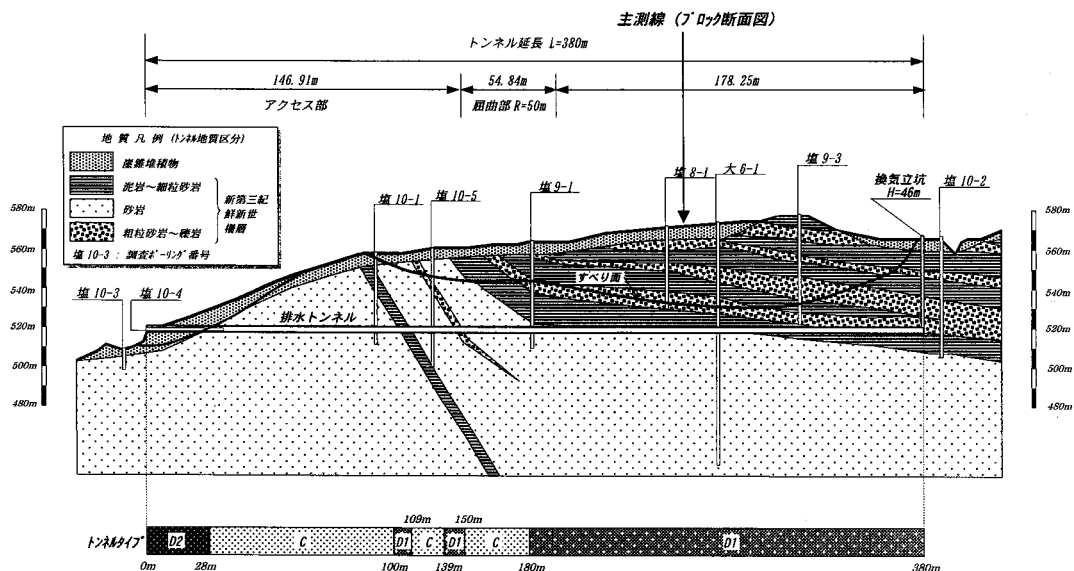


図-6 トンネル路線地質断面図

となっている。

一方、礫岩は、RQDが低く砂状コアとなる部分が多く、大部分がC_L級に区分され、固結度が低い。また、速度検層で得られたP波速度については、砂岩が大きく、泥岩が小さい値を示している。

岩石試験は、棒状コアが採取できる比較的良好な区間しかできないことから、礫状、砂状、粘土状の部分は、試験箇所よりも不良な岩盤であると推定される。岩石試験には以上のような問題点があるが、試験結果には岩種毎の特徴が見られ、一軸圧縮試験では、値にばらつきは見られるものの砂岩が高く、泥岩が低い値を示している。岩種毎の平均値は、砂岩25kgf/cm²、泥岩8kgf/cm²、礫岩25kgf/cm²であった。

坑口付近は、N値10前後の粘土質の崩積土が分布しており、浅層の地すべりブロックが想定される。

通常であれば弾性波探査を行い、トンネルタイプ判定に資するが、トンネル路線周辺は民家が点在し、発破を伴う弾性波探査は実施出来ないため、ボーリング調査とともにコアの岩石試験、速度検層、電気探査等により総合的に地質判定を行った。

(5) 可燃性ガス調査

平成9年度調査において、可燃性ガス（メタンガス）がボーリングコア・地下水から検出されたため、平成10年度には、掘削中のボーリングロッドや過年度までの調査孔から上がってくるガス調査及び地下水の採水方法の変更など精度を上げた調査を実施した。その結果ブタンガスも微量ながら検出され、最大メタンガス量はコア中4.5cm³/kg、地下水中5.0cm³/リットルであった。

以上の調査結果から、以下の考察を得た。

- ①トンネル路線全線にわたり可燃性ガスが分布している。
- ②地質調査結果からガス量はあまり大きくなく、地質構造から圧力を持ったガスとは考えにくい。
- ③ガスは地下水の中にもとけ込んでいることから、トンネル掘削後も地下水から遊離すると考えられる。
- ④トンネル施工中及び完成後、換気対策を施さなければ、いずれ爆発下限値に達し、爆発の可能性がある。
- ⑤トンネル施工及び維持管理に際し、何らかのガ

ス対策が必要である。

4. 対策工の設計

塩本Aブロックの地すべり面深度は40m以上と深く、経済性から有利と考えられる、抑制工（地下水排除工）により目標安全率（Fs=1.2）を達成する具体的な対策工法の検討を行った。

地下水排除工として考えられるものには、水抜きボーリング、集水井、排水トンネルなどがあげられる。水抜きボーリングについては、すべり面深度が深いため、施工限界以上の長さとなることから検討から除外し、集水井群と排水トンネルについて比較を行ったが、集水井群では地下水位が所定の水位まで低下せず、目標安全率を達成できない結果となった。また、集水井の設置深度が30m以上となり、施工性、経済性から判断して極めて不利となること及び用地等の制限もあることから排水トンネルでの検討を進めた。

(1) 路線選定

路線選定に当たり、留意すべき点は以下のとおりである。

- ①トンネルは地下水流動方向に対し直交、対象地すべりの上流側で早めに地下水を低下させる。
 - ②路線延長は極力短くする。
 - ③民家等居住区域直下は避ける。
 - ④屈曲部の曲率半径は、掘削機とトンネル断面から決定する。
 - ⑤トンネルと地すべり面とのクリアランスはトンネル構造に影響のない範囲（2～5De）を見込み、すべり面の凹凸を考慮し10mとする。
 - ⑥トンネル勾配は計画基準「農地地すべり防止対策」から自然排水が可能な最低勾配5/1000とする。
 - ⑦坑口及びアクセストンネルは地すべり防止区域内の極力安定した地盤に設置する。
- 以上を総合的に検討し図-4のような路線とした。

(2) トンネル工法の検討

排水トンネルの施工法としては、施工事例の大半を占める矢板工法と吹き付け・ロックボルト工法（NATM工法）に大別される。

本トンネル路線の地質状況は、一部脆弱部も見受けられることから、トンネル掘削直後のゆるみ

を極力抑え、可燃性ガスが地山から滲み出てくるのを抑制し、地山とコンクリートが密着していることから、ガス溜まりを生じさせない吹き付けコンクリート工法とした。

また、矢板工法では掘削量、コンクリート量が大きくなり経済性から不利である。

(3) 支保方法

土地改良事業計画設計基準 設計「水路トンネル」より 吹き付けコンクリート+ロックボルト(NATM工法)理論に基づけば、ロックボルトは有効な支保部材であり、「Cタイプはロックボルトと鋼製支保工の採用是非を判断し、Dタイプでは両方を採用する。」とあるが、今回の排水トンネルは以下の理由により、ロックボルトを使用せず「吹き付けコンクリート+鋼製支保工」を採用する。

- ①ボーリングコアで実施した一軸圧縮強度は、砂岩、礫岩の平均で25kg/cm²、泥岩にあつては8kg/cm²と軟岩といえどもその値が低い。一般に軟岩の一軸圧縮強度は100kg/cm²程度であるが、その値を大きく下回っている。
 - ②トンネル路線上のボーリングコアのRQDは、砂岩では平均70~80程度と高いものの、泥岩、礫岩では平均40~50程度と低く、脆弱化が進み土砂状化している箇所も見受けられる。
 - ③このように軟質で脆弱化が進んだ岩盤(地盤)では、ロックボルトによるアーチング効果は小さいものと想定される。
 - ④排水トンネルの性質上、地下水面下の掘削となることから地下水湧出が想定され、そのような箇所はロックボルトのグラウトの施工性が悪く、施工後初期に十分な強度・安全性を確保することは困難であり、その効果は小さいものと考えられる。
 - ⑤一方、鋼製支保工は、設置とともに十分な強度の確保が期待される部材であるため、その安全性及び効果は大きいものと考えられる。
- 以上のことからトンネル支保方法については、「吹き付けコンクリート+鋼製支保工」を採用した。

(4) トンネル断面

今回計画するトンネルは、水路トンネルでないことから、特に断面の制約はなく、構造上、施工上の見地から決定した。

トンネル断面は構造上、円形または、馬蹄型断面とすることが望ましいが、これまでの調査結果から、膨張圧は0.20~0.38kg/cm²と低く、構造計算の結果、ホロ型で満足し、施工性から、側壁が垂直に近く、インバートは平らな方がズリ出し等に有利であるという理由からホロ型とした。

掘削方法は、発破で行うことが多いが、①可燃性ガスの存在が明らかであること、②一軸圧縮強度及び断面積が小さいことから、自由断面掘削機による全断面掘削として検討を進めた。

本トンネルでの施工は掘削後すぐにコンクリートを吹き付け、支保工建て込み後、再度コンクリート吹き付けを行うことから、掘削機械わきに作業員の歩行スペースが必要となる。労働安全衛生規則第205条によれば、「ずい道内部の労働者と車両の接触防止のため、片側に車両と側壁等との間隔を0.6m以上としなければならない。」とあり60cmのクリアランスを確保する計画とした。

高さについては、掘削機及び換気のための送風管を考慮し検討した。

コンクリート吹き付け作業に必要な作業断面は、作業スペース等の関係から掘削仕上がり直径2.7m以上が必要となることが設計基準に記されている。また、集水ボーリングを実施する場合は2R=2.6m程度必要である。

以上を総合的に検討した結果、施工性、経済性からホロ型2R=2.6mとした(図-7, 8参照)。

(5) タイプ区分

岩石試験結果等から、砂岩部は地山強度比も概ね2以上となり、Cタイプに区分される。泥岩や礫岩は、固結度が低く一軸圧縮強度が小さく、値にばらつきがあることから、地山強度比が2を下回ることが多く、D1タイプとした。

D1タイプの泥岩、礫岩部は脆弱化が進み、地下水の湧出が想定され、切羽の自立は困難と考えられるため、水抜きのための探りボーリング(L=5.0m)を実施し、さらに十分な土圧に耐えられる構造上とするため、インバートストラットを設置し、支保工を早期に閉合することとした。

D2タイプである坑口の崩積土分布域は、土被りが薄くグラウンドアーチが形成されず、相当量の土圧が作用することから、二次覆工を行う暗渠構造とした。

支保工間隔は、技術書に基づき下表の通りとした。

表-1

タイプ	土質	延長	支保工間隔
Cタイプ	砂岩	132m	1.2
D1タイプ	泥岩・礫岩	220m	1.0
D2タイプ	崩積土分布域	28m	0.8

これらタイプ判定は、掘削中の地質状況等を勘案しながら決定することとし、地山状態が悪化した場合等は、切羽にファイバーボルトを使用するなど補助工法の使用を含め適宜変更する。

(6) 集水ボーリング

すべり面付近にある地下水を排除し、すべり面に作用する間隙水圧（揚圧力）を低下させることを目的として、排水トンネル天端より集水ボーリングを行う。

集水ボーリングは、トンネルの一部を拡張しボーリング室を設け、そこから放射状にボーリングを行う場合もあるが、本トンネルの場合、トンネル全線においてボーリング施工可能な断面を有しており、集水ボーリング延長の短縮化を図ることが可能なため、等間隔で水抜きボーリングを計画した。

集水ボーリングは上記の理由から、すべり面区間の230m区間において、10m間隔で24本行うこととし、その延長は、想定地すべり面より5m貫入させ、塩ビ管にて孔壁保護を行うとともに、ストレーナー区間は、集水能力を最大限発揮するようオールストレーナーとした。

なお、トンネル設計において、集水ボーリング1孔当りの出水量は69cm³/min/孔、アンダードレン1m当りの排水量は440cm³/min/mと想定し、トンネル全体の排水量は、

$$69\text{cm}^3/\text{min}/\text{孔} \times 24\text{孔} \\ + 440\text{cm}^3/\text{min}/\text{m} \times 380\text{m} \\ = 169\text{m}^3/\text{min}$$

と見積もった。

(7) 可燃性ガス対策

調査ボーリング孔中の地下水のガス検出値より、トンネル施工時及び完成後のガス量について検討を行った。その結果、施工中にあつては、全く換

気をしない場合、約4時間で爆発限界の下限値に達し、爆発する可能性が指摘された。また、トンネル完成後にあつても、集水ボーリングからの地下水から遊離するガスによって、爆発の可能性がある。このことから、以下の対策を行うこととした。

1) 施工中

地質構造（単斜構造）及び調査結果から、圧力を持ったガスとは考えにくく、計算から求められるガス量も大きくないことから、掘削機械を防爆仕様とはせず、換気によるガス希釈で対応することとした。

ただし、作業中は切り羽付近にガス測定者を配置し、また、100m毎にガス探知機を設置しガス濃度観測を行ない、作業の安全性を確保する。

2) 完成後

集水ボーリングから遊離するメタンガスは、空気より軽い為、上り勾配のトンネル終点側に集まり、濃集する。もし何らかの換気対策を取らなければ、坑内のガス濃度はいずれ爆発限界に達するものと考えられ、トンネルの安全性確保及び維持管理のためには、恒久施設としての換気設備が必要である。

このためトンネル終点に、空気より軽いガス（メタンガス）を坑外に排除する換気立坑（φ500, H=46m）を設ける計画とした。

5. 地下水流動解析

塩本Aブロック上方約300m及び約400mの地点にはそれぞれ湧水があり、集落の水道水源として利用されている（「上方湧水」と呼称する）。排水トンネルの施工に際しては、これらの上方湧水への影響が懸念されるため、平成9年度から、湧水の水量・水質（EC, pH, ラドン濃度等）及び近傍の調査ボーリング孔の地下水位・水質についてモニタリング調査を行っている。

これらの上方湧水は、高標高部を形成する高透水性の久米路火砕岩部層（安山岩質凝灰角礫岩）を流下した地下水が、透水性の小さい柵層（泥岩・砂岩・礫岩）との境界で堰き上げられ、岩屑堆積物を通して地表に湧出してきたもの（いわゆる「キャップ・ウォーター⁵⁾」湧水）と考えられる。一般にこれらの電気伝導度は100～300μS/cm程度と低い（ミネラル分が少ない）特徴がある。

これに対して、地すべり地内の崩積土あるいは棚層中の地下水は、一般に電気伝導度が300~800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高い(ミネラル分が多い)という特徴があり、上述したキャップ・ウォーターとは明瞭に区別される。

この地下水の電気伝導度の差異(ミネラル分の多少)は、地下水の滞留時間の違いが反映されたものと考えられ、キャップ・ウォーターは相対的に若く、地すべり地内の地下水は古いものと推測される。

塩本Aブロック周辺での地層分布及び水質分析から推定される地下水流動モデルを図-9に示すが、久米路火砕岩部層中のキャップ・ウォーターの湧出は、下部の地すべりブロック内での地下水流動よりもはるかに速く、地すべり地内の地下水流動とキャップ・ウォーター内の地下水流動は、ほぼ独立しているものと推測される(キャップ・ウォーター湧水からの表流水が地すべり地内で地下に再浸透する可能性はある)。

これらのことから、地すべり地内の地下水を排水トンネルで排除しても、上方湧水(キャップ・ウォーター)への影響は小さいものと考えられる。今後、排水トンネル施工前後の湧水量及び地下水位の変化を継続的にモニタリングする予定としている。

6. まとめ

本トンネルは急峻な地形、脆弱な岩盤、可燃性

ガス及び集落の水道水源等、地すべり地域であるが故に留意すべき点が随所に現れ、通常の水路トンネルとは異なり調査・設計段階において、種々の解析・検討を進めてきた。まずは水を通すトンネルから、水を抜くトンネルへの発想の転換が必要であった。

トンネル工事において、軟岩や、崩積土区間でNATM工法を行っている実績や報告⁶⁾はあるが、いずれも大断面の道路及び鉄道トンネルであり、ロックボルトの本数や長さを増やし坑内変状に対応している。また、過去に鉄道トンネルでロックボルト無しのNATM工法の実績があるが、当初設計にはロックボルトを計上しており、変位観測等から施工中に除いたものであった⁷⁾。NATM工法にロックボルトは必須条件であり、今回のように当初からロックボルトを計上しない例は少ない。

脆弱化した地質でもロックボルトの本数や、長さを長くすることにより効果が現れるとは報告されているが、今回の排水トンネルは断面が小さいことから、ロックボルトに対する効果はあまり期待できないとの見方もあり、鋼製支保工によりその荷重を持たせてしまう方が、建て込みから強度を発生させる方が有利であると考えた。

今後は上記を踏まえ、トンネル掘削中の地山の地質・地下水の状況及び可燃性ガスの出現状況に応じて、随時的確な施工を行っていく必要があると考える。

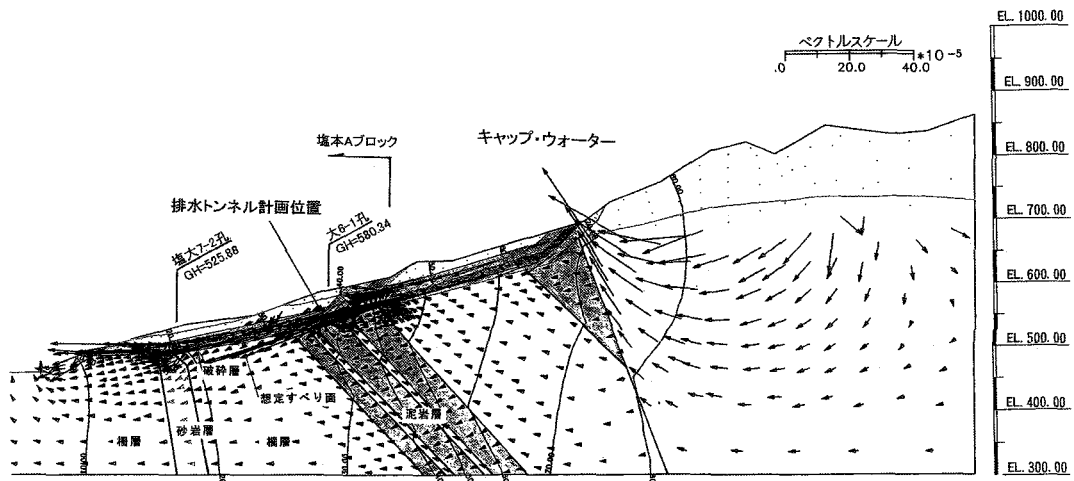


図-9 浸透流解析結果図

本トンネルの施工は、地すべりブロックの恒久的、抜本的な安定化を目的としたものであり、地すべり対策事業の目的である農村地域における国土保全と民生の安定、ひいては農村地域の活性化に大きく貢献するものと期待されている。

最後に塩本排水トンネルの調査、設計にあたり、御指導・御意見を賜った関係各位に対し、記して謝意を申し上げます。

引用文献

- 1) 北沢隆幸・望月巧一・土屋好幸・藤田大三郎：長野県の地すべり土地改良課（構造改善局所管）における地すべり対策について：地すべり技術Voi.18, No. 3, p. 4, 1992
- 2) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準計画農地地すべり防止対策, p.74, 1989
- 3) 善光寺地震災害研究グループ：善光寺地震と山崩れ, p.33, 1994
- 4) 古谷尊彦・伊東佳彦・味沢成吉：犀川丘陵塩本地すべり地で採取された炭質物のC14年代測定値について, 第33回地すべり学会研究発表講演集, p.101~102, 1994
- 5) 望月巧一：長野県北部犀川, 姫川沿岸山地の地すべり(2)ー長野市七二会地区地すべりー, 地すべり, Vol. 8, No. 1, p.25~31, 1971
- 6) 内田勝士・斉藤勝則・菅野嘉元：膨張性地山におけるNA TM国道289号駒止トンネル, トンネルと地下, 第12巻9号, p.679~688, 1981
- 7) 和田宏・豊島英明：ロックボルトなしのNA TMに挑戦京王帝都相模原線由木平トンネル, トンネルと地下, 第17巻12号, p.931~939, 1986

島根半島・地合地区の地すべり調査について

飯 庭 弘 美*
(Hiroyoshi IIBA)

目 次

1. はじめに	28	5. 地質構造	30
2. 地すべり調査の経過	28	6. 孔内観測	31
3. 平成9年度調査の概要	28	7. 地表変動観測	33
4. 地区内及び周辺域の地形的特徴	29	8. まとめ	35

1. はじめに

島根半島中央部の日本海側に面する地合地区の地すべりは、従来、崩積土を移動層とする10m～20mの比較的浅いものと考えられていた。しかし、平成8年度の調査で深い岩盤すべりの可能性が指摘され、平成9年度に集中的な地質調査を、また平成10年度においても移動観測等を実施した。本報では、大深度調査の結果及びGPSを利用した地表変動観測について紹介する(図-1)。

2. 地すべり調査の経過

地合地すべり防止区域(A=23.53ha)は、昭和36年に農林水産省構造改善局により指定され、昭和35年度～昭和41年度にかけて、第一期の対策工事により水路工L=2,041m,集水井工1ヶ所,排水トンネル工4ヶ所L=294mを実施し、一応安定していたが、第一期工事完了から30年近く経過し

た頃より、地区内で地すべりに起因すると思われる変状が目立ち始め、平成6年度から第二期工事に着手した。

二期工事においては、地区全体の地質調査・機構解析を実施し、平成7年度から8年度にかけて水路工,集水井工,水抜きボーリング工,杭工,堰堤工等の対策工事を施工してきたが、平成8年6月の梅雨前線豪雨(累積雨量205mm)により、下部法面が崩壊するとともに、新設した杭工及び水抜きボーリング工実施ブロック内において亀裂拡大等の被害が認められたことから、平成8年度に再度調査を実施した。

平成8年度の調査では、斜面崩壊状況等から深い岩盤すべりの存在も視野に入れ、深度100mの調査ボーリングを実施した。このボーリング調査の結果、深い岩盤すべりの可能性がある粘土質な脆弱部の存在が確認された。

3. 平成9年度実施調査の概要

平成8年度の調査結果を受け、平成9年2月に地すべり機構の調査・解析内容並びに対策工法を検討するための『地合地区地すべり検討委員会(委員長:横田修一郎島根大学総合理工学部教授)』を設置し、委員会の試問を受け、深い岩盤地すべりを視野に入れた集中的な地質調査・機構解析を実施した。

調査は、平成9年4月～6月の間に、18ヶ所、延べ1,334mのボーリングを実施し、同時に調査全地域の平板測量(縮尺1/500)を実施した。なお、孔内観測としては孔内傾斜計6孔,パイプ歪み計

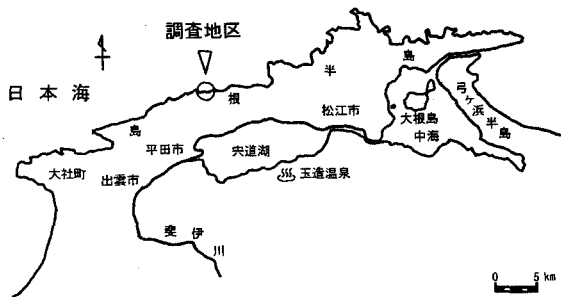
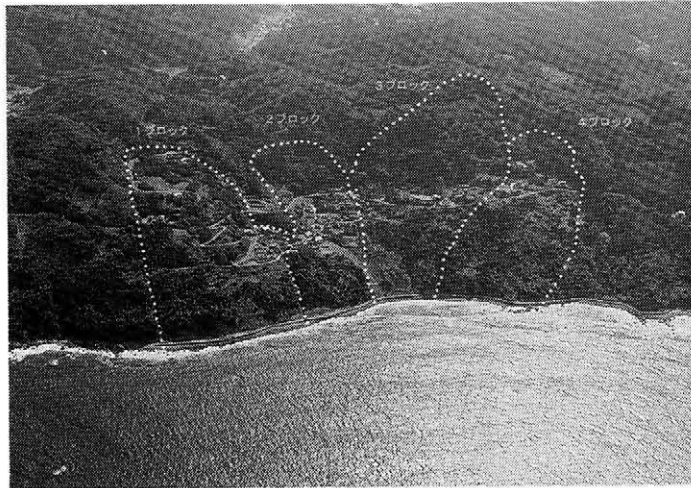


図-1 調査地区の位置

*島根県出雲農林振興センター Tel. 0853-30-5567



写真一 地合地すべり全景

12孔，地下水観測（全孔）を実施した。

再地表踏査の結果，地区のほぼ中央部で東西2ブロックの大ブロック区分ができるが，その中で細かく観察するとそれぞれ2ブロックに細区分することができるため，ブロックの名称を東より1，2，3，4ブロックと設定した（写真一）。

調査ポイントの設定は，すべり面深度が60～90mと非常に深いと推定されることから，すべり規模が大きければ，面の連続性も距離を持っていると思われ，各ポイント間の距離を大きくとることが出来るため，各測線上100m間隔を原則として深度70～100mのコアボーリングを実施した（表一

1，図一2）。

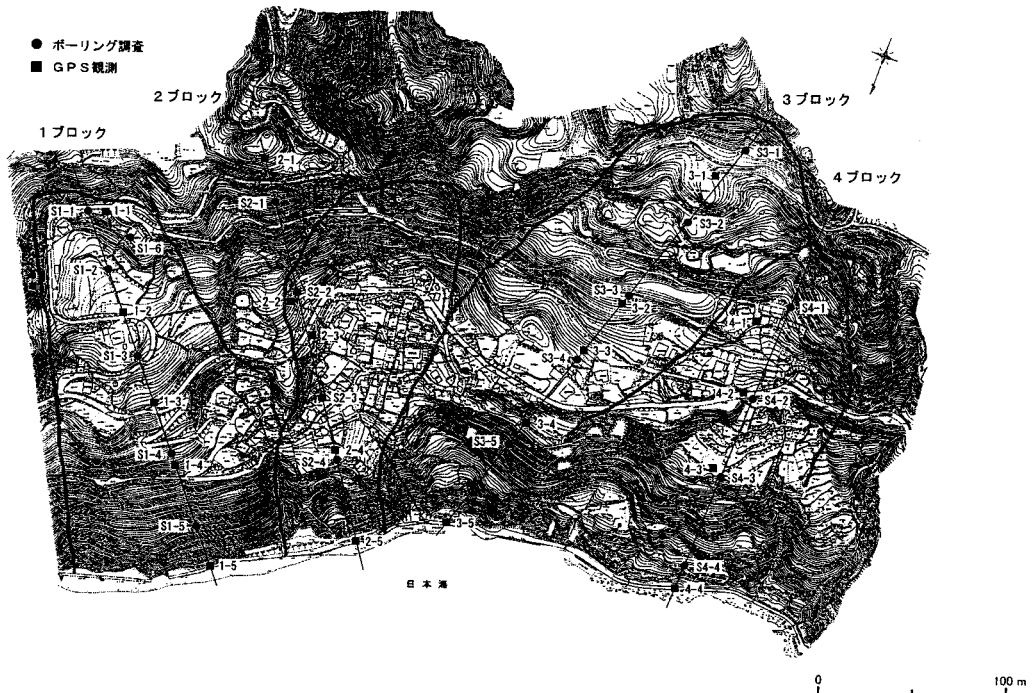
4. 地区内及び周辺域の地形的特徴

地形測量（縮尺1/500）を実施した結果，地すべり地特有の地形が随所に明瞭に現れた。

地合地区のある島根半島中央部の分水嶺は，海岸から500m程度と，著しく北側に寄っており，分水嶺近くには，半島の南側に下がる谷底地形が認められ，この谷が分水嶺で途切れている。この地形は北側斜面の急激な浸食により形成されたもので，この成因の一つに過去に発生した大規模岩盤地すべりによる地形浸食が挙げられる。

表一 ボーリング孔利用調査内容

ブロック	調査番号	調査深度(m)	地盤標高	パイプ歪計計測	孔内傾斜計計測	地下水位計測
1	S1-1	75	158.83	●		●
	S1-2	80	133.45	○		●
	S1-3	90	123.21		◎	○
	S1-4	100	84.01	●		●
	S1-5	60	41.20	●		●
	S1-6	30	148.17		◎	○
2	S2-1	79	157.36	●		●
	S2-2	70	99.51	●		○
	S2-3	90	69.88		◎	○
	S2-4	70	63.27	○		●
3	S3-1	90	193.91	●		●
	S3-2	100	175.02		◎	○
	S3-3	90	134.33	●		●
	S3-4	90	108.62		◎	○
	S3-5	70	68.40	○		●
4	S4-1	80	138.83	●		●
	S4-2	70	110.88	○		●
	S4-3	70	81.89		◎	○
	S4-4	30	22.89	●		●



図一 調査平面図

当地区周辺の地形的特徴としては以下の事項を挙げる事ができる。

- ①東西にのびる半島部の稜線は、北側に偏っている。
- ②地すべりブロック頭部に河川流域の争奪地形が明瞭に残されている。
- ③1ブロック海岸側の斜面は、起伏が少なく単調な急崖からなる。
- ④2ブロック山側の斜面は、起伏が少ない単調な急崖（滑落崖）をなしている。
- ⑤2ブロックの標高60～85m付近には緩斜面が広がる。
- ⑥3, 4ブロックの標高100～125m付近には緩斜面が広がる。
- ⑦3, 4ブロックの頭部には、大規模かつ明瞭な滑落崖が認められる。
- ⑧3, 4ブロックの頭部には、窪地、小起伏地等があり、凹地を形成している。
- ⑨2, 3, 4ブロックの舌端部斜面には、崩壊地形が多く認められる。
- ⑩地区内の表流水の多くが2ブロック内に集まりやすい地形である。

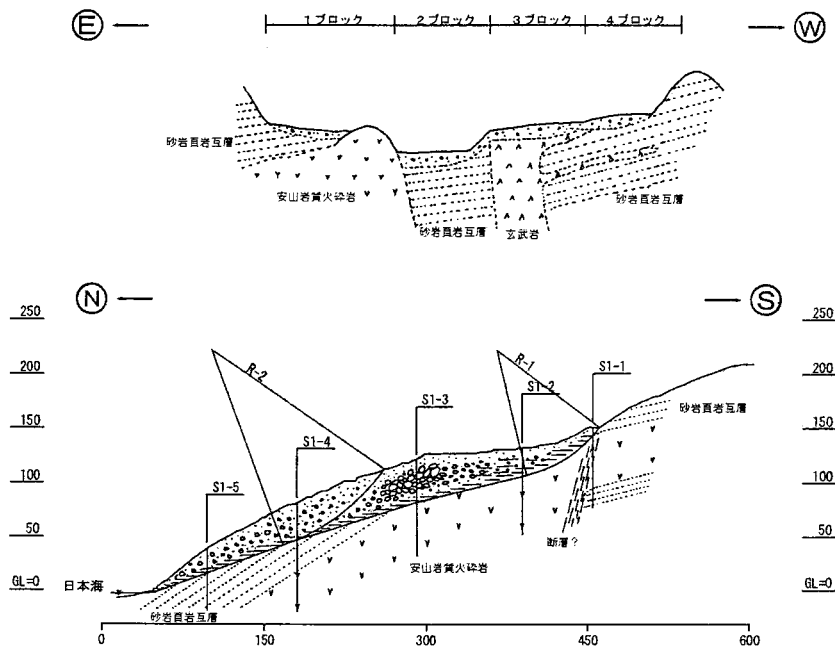
5. 地質構造

地質踏査及びボーリング調査結果から、地合地区に分布する地質は、新第三期層である成相寺層及び古浦層であり、砂岩頁岩互層、凝灰岩類及び玄武岩類からなっている。

1ブロックに分布する古浦層は砂岩、頁岩及び流紋岩質凝灰岩からなり、2ブロックとの境界部から1ブロック側に安山岩質凝灰岩が分布する。

2ブロックは砂岩・頁岩互層が優勢でボーリングコアから判定される地層の傾斜はごく緩く、下層部は砂泥部の縞模様が攪乱したスランプ構造が顕著に見られる。1ブロックとの境界は断層が想定され、これに沿って東側には安山岩質凝灰岩が壁を成した構造で分布する。

3ブロックは地質的に最も複雑な構造を成している。ブロックの山腹斜面には岩盤すべりの滑落崖と残丘地形が明瞭な地すべり地形を残しており、この残丘には背後の山腹部に分布する成相寺層上部の流紋岩溶岩・火砕岩起源の破碎の著しい崩積土（移動岩塊）が分布する。また、ブロック中央の緩斜面から海岸線にかけては、玄武岩が2ブロックとの境界部から3ブロックを頸部として4ブ



図一 3 地区内縦断模式地質断面と1ブロック地質断面

ロック及び海岸付近にシート状に併入しているのが特徴である。

4ブロックは3ブロックと同様に成相寺層の砂岩・頁岩とこれらにシート状に併入した玄武岩が分布している。玄武岩はブロックの下方斜面で厚くなり、2枚の層に分かれて海岸方向に傾斜している。

地質構造は稜線の延びる東西方向の背斜軸によって、すべりブロックの分布する海岸側は大局的に流れ盤構造となっている。1ブロックと2ブロック及び2ブロックと3ブロックの境界は断層で境されていると想定され、1ブロック側には安山岩質凝灰岩、3ブロック側には玄武岩が分布するのが特徴的である。これらの地質分布及び地質構造は地合地すべり区域内の深い岩盤すべりの発生に大きく影響しているものと推定され、2ブロッ

クの北西へのすべり及び3ブロックの北東へのすべりに対して安山岩質凝灰岩と玄武岩の硬質な岩体が楯となっている構造が想定される(図一3)。

6. 孔内観測

(1) 地下水位観測

掘進中の地下水位測定、地下水検層及びパイプ歪み計・孔内傾斜計パイプに全深度ストレーナー加工した観測孔を利用した水位観測をおこなったが、ボーリング掘進時の初期水位よりかなり深い位置で変動しており、崩積土中、岩盤中の複数の地下水帯水層、逸水層の存在を確認している(表一2)。

(2) 孔内変位観測

ボーリング孔を利用してすべり面検出のための

表一 2 地下水位変動型一覧

水位変動型	調査番号	考察	
安定型	高位安定型 A1	S1-1. S1-5. S1-6. S2-3 S2-4. S3-5	表層からの流入量が多い。安定地下水位付近に顕著な逸水層が存在する。
	低位安定型 A2	S1-3. S1-4	安定地下水位は、不動地塊中にあり、海水準に近く、低位置で安定している。
急上昇 急降下	B	S1-2. S2-1. S2-2. S3-4 S4-4	降雨後すぐに表層からの流入が多いが、逸水層からの流下も著しい。
急上昇 安定型	C	S3-1. S3-2. S3-3. S4-1 S4-2. S4-3	降雨後すぐに表層や後背地からの流入が多く逸水層も存在しない

観測として、パイプ歪み計と孔内傾斜計の設置・観測を行った。平成9年6月から平成10年3月までの観測結果から変動深度と変動種別を判定した

結果は表-3「パイプ歪み計判定結果一覧表」及び表-4「孔内傾斜計判定結果一覧表」のとおりであった。

表-3 パイプ歪み計判定結果一覧

ブロック	調査番号	地質	判定すべり面深度(m)		月変動量 (μ /月)	累積傾向	
			確定	潜在			
1	S1-1	流紋岩質凝灰岩			14	H.9台風以後変化なし	
		安山岩質凝灰岩			32	H.9台風以後変化なし	
	S1-2	崩積土			14	緩やかな累積傾向	
		安山岩質凝灰岩・粘土			28	H.9.9以後停滞傾向	
	S1-4	崩積土		32		H.9.7中以後累積傾向	
S1-5	崩積土			22	緩やかな累積傾向		
	砂岩			30	H.9.9以後停滞傾向		
2	S2-1					不変動	
	S2-2	崩積土		8, 14	14, 29	緩やかな累積傾向	
	S2-4					不変動	
3	S3-1	崩積土			8	H.9.8以後停滞傾向	
		流紋岩質凝灰岩・粘土		20		200	H.9.7.8顕著、10以後停滞傾向
	S3-3	砂岩・粘土		53		10	H.9.8以後停滞傾向
		砂岩・粘土			71	22	H.9.9以後停滞傾向
	S3-5	崩積土			6		微弱な累積傾向
玄武岩				46	10	49mと連動して微弱な累積傾向	
4	S4-1	玄武岩		43		(41)	H.9.8以後停滞傾向
		玄武岩			61	(5)	64mと連動、H.9.8以後停滞傾向
	S4-2	玄武岩		40		(37)	H.9.9以後停滞傾向
	S4-3	崩積土					H.9.8以後傾斜計挿入不能、歪
S4-4						不変動 計の変化なし	

() 1998.7.7~1999.2.16 計測数値

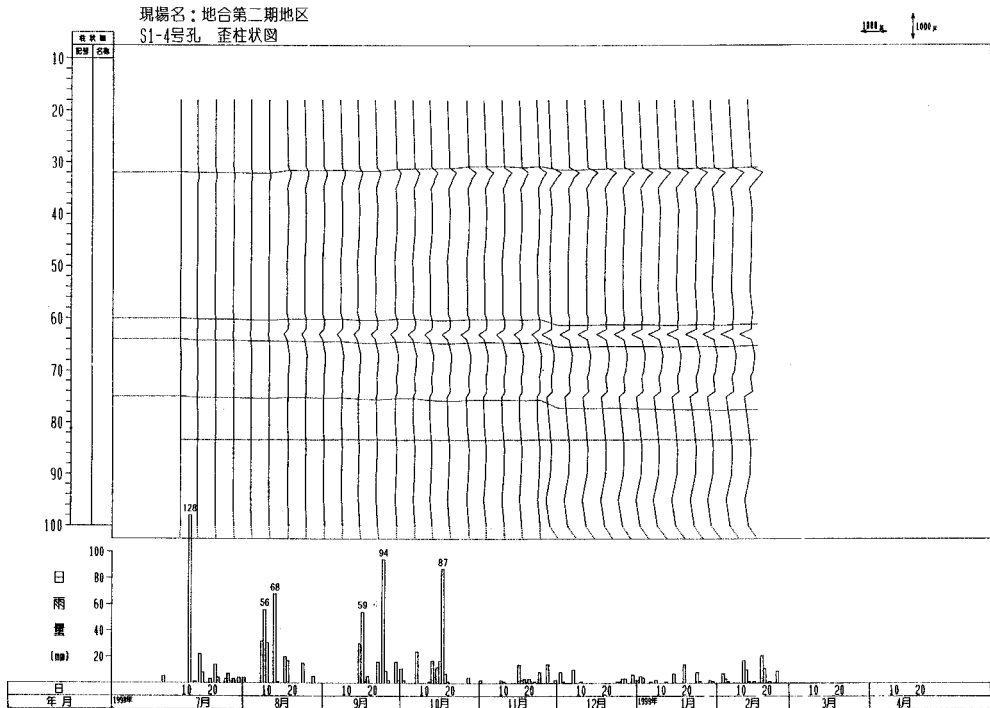


図-4 降雨と地中歪み

表-4 孔内傾斜計判定結果一覧

ブロック	調査番号	地質	変動方向	判定深度(m)			累積傾向
				確定	準確定	潜在	
1	S1-3	安山岩質凝灰岩・粘土	北西		40~41.5		4.4mm/月
2	S2-3	頁岩・粘土	北東		50~52.5		6.6mm/月
3	S3-2	流紋岩質凝灰岩・粘土	北北西			25	緩やかなたわみ
	S3-4	頁岩・粘土	北北西		45~54		7.4mm/月
4	S4-3	崩積土	北北東		13~14		H.9.8以後挿入不能

1) パイプ歪み計観測結果 (表-3, 図-4)

- ①すべり変動で準確定として判定され継続的に累積傾向を示しているのはS1-4孔のGL-32mである。
- ②7月, 8月の降雨時にひずみ量が多いのはS1-4 (GL-32m), S2-2 (GL-14m) 及びS3-1 (GL-20m) である。
- ③潜在及び準確定と判定されたすべり面は, ほとんど降雨の多い7月から9月に累積し以後は停滞している。
- ④深い震度の岩盤中のひずみは9月以降は停滞しているが, 浅い震度の崩積土中のひずみは緩やかな累積傾向を示している。

2) 孔内傾斜観測結果 (表-4)

- ①たわみ変位の大きい所はS1-3 (GL-40~41.5m), S2-3 (GL-50~52.5m) 及びS3-2 (GL45~54m) の区間である。
- ②すべり面として判定しうるY字型たわみを示しているのはS1-3 (GL-40~41.5m), S2-3 (GL-50~52.5m) とS4-3 (GL-13~14m) である。
- ③S3-2 (GL-25m) 及びS3-4はたわみ量が小さく全体に北側に緩やかなたわみが見られる。

7. 地表変動観測

ボーリング孔を利用した孔内変位観測と平行して地表変動観測を実施することとしたが, 当地区は地すべり規模が大きく, また単一ブロックではなく複数ブロックの移動方向や各ブロック相互の関係を調査するために広範囲な地表変動観測を行う必要があるが, 地区内の見通しが悪いことと対岸が海のため, 光波測量の実施が困難であり, このためGPS測量を実施することとした。

(1) GPS測量

GPSは地上から約20,200km離れた軌道を周回するGPS衛星から電波を受信することで, 受信位置の座標 (緯度, 経度, 高さ) を求めるシステムである。

GPS測量には利用する電波形式や受信方法等によって, いくつかの手法に分類できる。

- ①一点測位法
- ②相対測位法
 - (ア) トランスロケーション法
 - (イ) 干渉型測位法
 - ・スタティック測量
 - ・キネマティック測量
 - ・疑似キネマティック測量

一点測位法は, 観測点に受信機を1台置き, 複数の衛星 (少なくとも4個) からの電波を受信し, 観測点の三次元座標を求めるもので, 高速移動体の位置の測定ができる。一方, 相対測位法は, 2ヶ所以上の観測点にそれぞれの受信機を置き, 同一の衛星を同時観測することによって各地点間の相対座標を三次元的に求められるものである。最も精度の高い結果が得られる方法は干渉型測位法で, 一点観測法では避けられない衛星の軌道誤差や時計の誤差を除去できる。

GPS衛星からは, 1.6GHzのL1と1.2GHzのL2の二つの電波が送信されている。その電波の使い方により以下のように分類できる。

- ①L1を用いた一周波干渉型測位法
誤差± (10mm + 2 ppm × 基線長mm)
- ②L2を用いた二周波干渉型測位法
誤差± (5 mm + 1 ppm × 基線長mm)

GPS測量には以下の長所, 短所がある。

- ①長所
 - ・観測点間の見通しを必要としない。
 - ・天候による影響が少なく夜間においても観測が可能である。

- ・複数点の位置の座標が3次元的に同時に求まる。
- ・長距離基線の高精度測量が短時間に容易に出来る。
- ・長時間連続観測が出来る。

②短所

- ・上空視界の確保が必要(仰角が20°以上確保されている必要がある。)
- ・受信機周辺に電波障害があれば影響を受ける。
- ・測量結果は解析後に求められるのでリアルタイム観測には不適。

(2) GPS観測

本地区の地すべりは粘調型であり、その移動速度は年間数cm程度と想定されるため、求められる観測制度はcm単位の高精度が必要である。このことから、GPS測量の中で最も精度の高い、干渉型測位法(スタティック測量)を採用した。

GPS観測にあたっては、予め不動地塊上に基準点(K-1, K-2)2点を、地すべり地内に移動観測点(G1-1~G4-4)19点を設置した。移動観測点の選点は、地すべり運動形態との対比を容易にするため、各地すべりブロックにおける主測線にできる限り近づけた。

GPS測量そのものの精度はcm単位を有しているが、この測量精度を活用するためには、基準点や観測点そのものの設置方法にも注意が必要である。観測アンテナ位置のわずかなズレによっても測量精度に大きな影響を与えてしまうため、観測点は可能な限り地盤に近づけることが望ましいが、現地の状況は1m前後の雑木が多く、アンテナ設置高さによっては天空率の確保が困難であるため、アンテナ設置高さを地上1.5mに設けて雑木による妨げを受けない構造の観測点を設けた(写真-2)。

観測は平成9年8月から1回/月の定期的観測(2~3日/回)を開始し、データから各地点間の三次元ベクトル量を求め、各点の座標を決定した。得られた各回毎の座標について、観測点毎に、初回観測時からの差を求め、それを三次元移動量(面的表現のX・Y移動量と高さ表現のZ移動量)とした。

なお、GPS測量の精度を確認するために、光

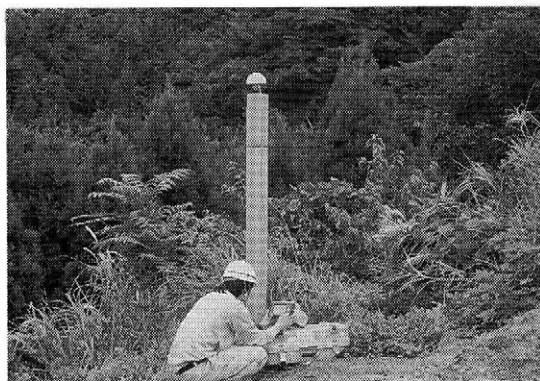


写真-2 GPS観測状況

波測量との比較を行ったが、その結果は、約1km離れた点間距離で約10mm、500m離れた点間距離では1~2mmの誤差であった。これは今回、用いたGPS測量器のスタティック測量による基線精度7mm/kmとほぼ同一の精度であり、移動観測に有用な精度を有することが確認できた。

(3) GPS観測結果

座標値の精度については、不動点である基準点K-2の観測データにより検討を行った。平成10年8月までの観測データによると、図-5のとおりX・Y移動量が半径10mmのサークル内で、この挙動が地合近辺地盤の特性とすれば、他の移動観測点におけるデータは、半径10mmのサークル外の値に対する解釈で地盤変動の評価を行った。

地盤変動の方向性から見ると、1,2ブロックは西北西~北北西、3,4ブロックは北北東の運動ブロックが地区中央部付近でぶつかり、その方向を北に変えていることがわかった。このことは「地質構造」で述べている安山岩質凝灰岩と玄武岩の岩体が、それぞれの地すべり運動に対するブロッキングの役割を果たしていることとの関連が想定される(表-5)。

地盤変動量は表-6より、大ブロック単位では地すべり頭部と圧縮部に相当する舌部の変位量が大きく、押し出し域に当たる腹部と舌端部の変異量が小さい。全体運動としての変異量は時間的要素から評価すれば、概略数値2mm/月程度で、「潜在変動」に相当する。しかし、歪みの傾向は累積傾向にあり、斜面頭部と舌部の変動は「準確定変動」に相当する。斜面全体の変動傾向として舌部と舌端部の変動量に大きく差があるが、これは頭

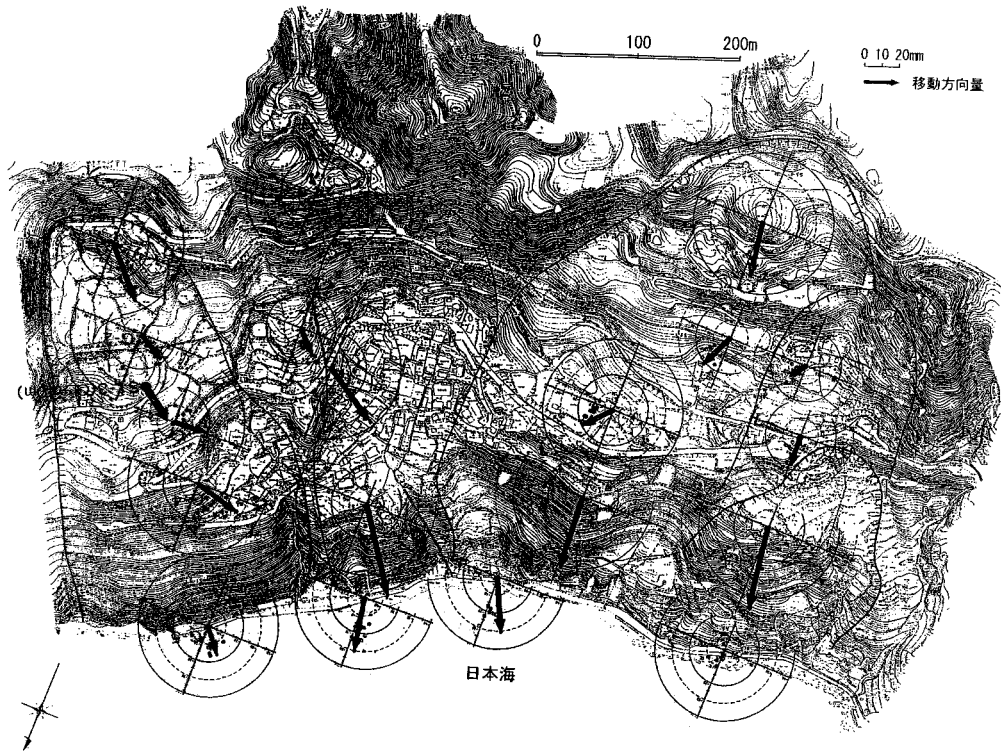


図-5 GPS観測結果

表-5 地盤変動方向

ブロック	計測地点番号				
	-1	-2	-3	-4	-5
1	北西	北西	西北西	西北西	北北西
2	不変動	西北西	西北西	北北西	北
3	北	北北東	北北東	北	北
4	北北東	北	北	北	

表-6 地盤変動量

単位 (mm)						
すべり斜面	頭部	腹	部	舌部	舌端部	
計測地点	-1	-2	-3	-4	-5	
ア	1	30	20	20	25	15
ロ	2	20	35		30	25
ハ	3	30	20	20	45	30
ニ	4	15	20	(4-3)	45	(4-4) 15

(4-3), (4-4) アブロック計測地点番号

部変動に対する舌部でのストレス蓄積であり、遷急線を形成する舌部の膨れ、海岸線を形成する急崖の不安定化でもある。これらが平成7, 8年におこった表層崩壊に現れていると考えることもできる。

8. まとめ

パイプ歪み計や孔内傾斜計等の孔内観測結果及

びGPSによる地表変動観測、踏査による地表変位状況調査等から、地すべりブロックの抽出を行った。

その結果、地すべりブロックはすべり層厚10m以下の浅いすべり9ブロック、10~25mの中規模すべり6ブロック、30m以上の深いすべり4ブロックに区別された。

浅いすべりと中規模のすべりは崩積土すべりで

あるが、30m以上の深いすべりは風化岩盤すべりとなっている。

当初想定された深度50mを越える大規模岩盤すべりについては、孔内傾斜計の観測により特に変位が顕著であった、2ブロックS2-3孔のGL-50~52.5mのたわみ位置は周囲に連続する変位面が認められない。また3ブロックS3-2孔のGL-45~54mのたわみも周囲に連続する変位面が認められず、上部のS3-1孔のGL-20mの変位位置との連続性も考えられるが、下部のS3-4孔においてすべり面の存在が確認できないため、現時点としては大規模岩盤すべりブロックの存在は判定しないものとした。

また、今回初めて試みたGPSによる移動観測については、今回の観測のみで評価を下すことは困難であるが、規模の大きな地すべり地域の地盤変動状況の把握には非常に有効な手法ではあると

思われる。さらに、今後継続的な観測による精度の確立とともに、孔内観測結果との対比を行うことによって地すべり機構の解明に果たす役割は大きくなると思われる。

参考文献

地合第二期地区地すべり対策事業機構解析業務報告書

(H10年3月 島根県出雲農林振興センター)

地合第二期地区地すべり対策事業地質調査その1業務(検討委員会)報告書

(H10年3月 島根県出雲農林振興センター)

地合第二期地区地すべり対策事業観測工業務報告書

(H11年3月 島根県出雲農林振興センター)

第28回農地地すべり研究会講演要旨

(H10年10月 農地地すべり研究会)

新 た め 池 改 修 計 画

—災害に強いまちづくりをめざして—

北 宅 久 友* 村 山 俊 一*
(Hisatomo KITAYA) (Toshikazu MURAYAMA)

目 次

第 1 はじめに	37	第 3 新ため池改修計画の概要	47
第 2 委員会の検討概要	37	第 4 おわりに	48

第 1 はじめに

阪神大震災は我々の想像をはるかに上回る人的・物的被害をもたらしたと同時に、都市地域の脆弱な部分を見つけた。また、農村地域においても農地・農業用施設に多大な被害を引き起こした。このような状況の中で、府下に数多いため池の整備を、災害に強いまちづくりを目標に実施すべく、大阪府の地域特性や地盤特性に応じたため池耐震対策を検討する目的で、大阪府立大学の桑原教授を委員長とした7名の委員からなる「大阪府ため池耐震対策検討委員会」（以下、「委員会」という。）が平成7年5月～平成9年3月の間、設置された。

今回の報文では、委員会での各種の検討内容、及びそれを元に作成された、ため池の改修方針を定めた「新ため池改修計画」の概要と、委員会の提案を参考に具体的に検討されたため池基礎地盤の液状化検討事例を報告する。

第 2 委員会の検討概要

1. 被害要因の検討

阪神大震災、及び過去の大きな地震によるため池の地震被害に係わる数々の誘因と素因の中から、ため池の損傷・変形に及ぼす影響が大きいものを図-1のとおりとした。これらはため池のパターン化、及び数値解析に直接あるいは間接的な指標として検討された。

2. ため池モデル化の検討

府下のさまざまな種類のため池を、地質・土質調査の資料等から、図-2のようにモデル化し、地震時の安定性が検討された。なお、ため池築堤の際に沖積層を除去していないため池が数多く存在することにより、基礎地盤のモデル化では沖積層厚を考慮した検討が行われた。

3. ため池堤体の地震時の安定性検討

(1) 地震外力

委員会で検討対象とした地震外力は、下記に示した2つの地震レベルの地震動による地震外力であった。

レベル1地震動：現行の設計水平震度相当の地震外力

レベル2地震動：府下に阪神大震災クラスの被害を及ぼすと推測される4つの活断層（図-3：有馬高槻構造線、上町断層、生駒断層、中央構造線）に起因する地震外力

(2) 地震時の安定性評価

ため池をモデル化し、さまざまな地震外力を作用させた、ため池堤体部の安定計算結果の要点は以下のとおりである。

○ため池堤体が地震時に何らかの損傷・変形が生じる状態を、安定計算における円弧すべり安全率Fsで評価し、 $F_s < 1.0$ とすると堤体材料が粘土質系、砂質土系で、堤高が5m前後では、沖積層の層厚によらず、地震時の安定性が確保されていた（表-1参照）。

*大阪府環境農林水産部農の振興整備室 Tel.06-6941-0351

誘因と素因



図-1 誘因と素因の整理図

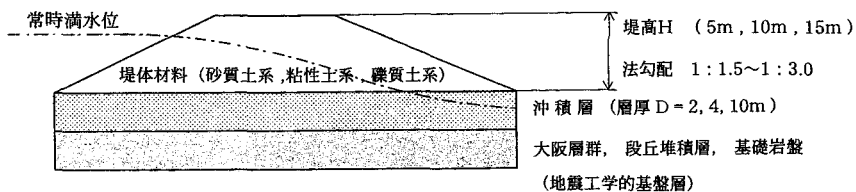
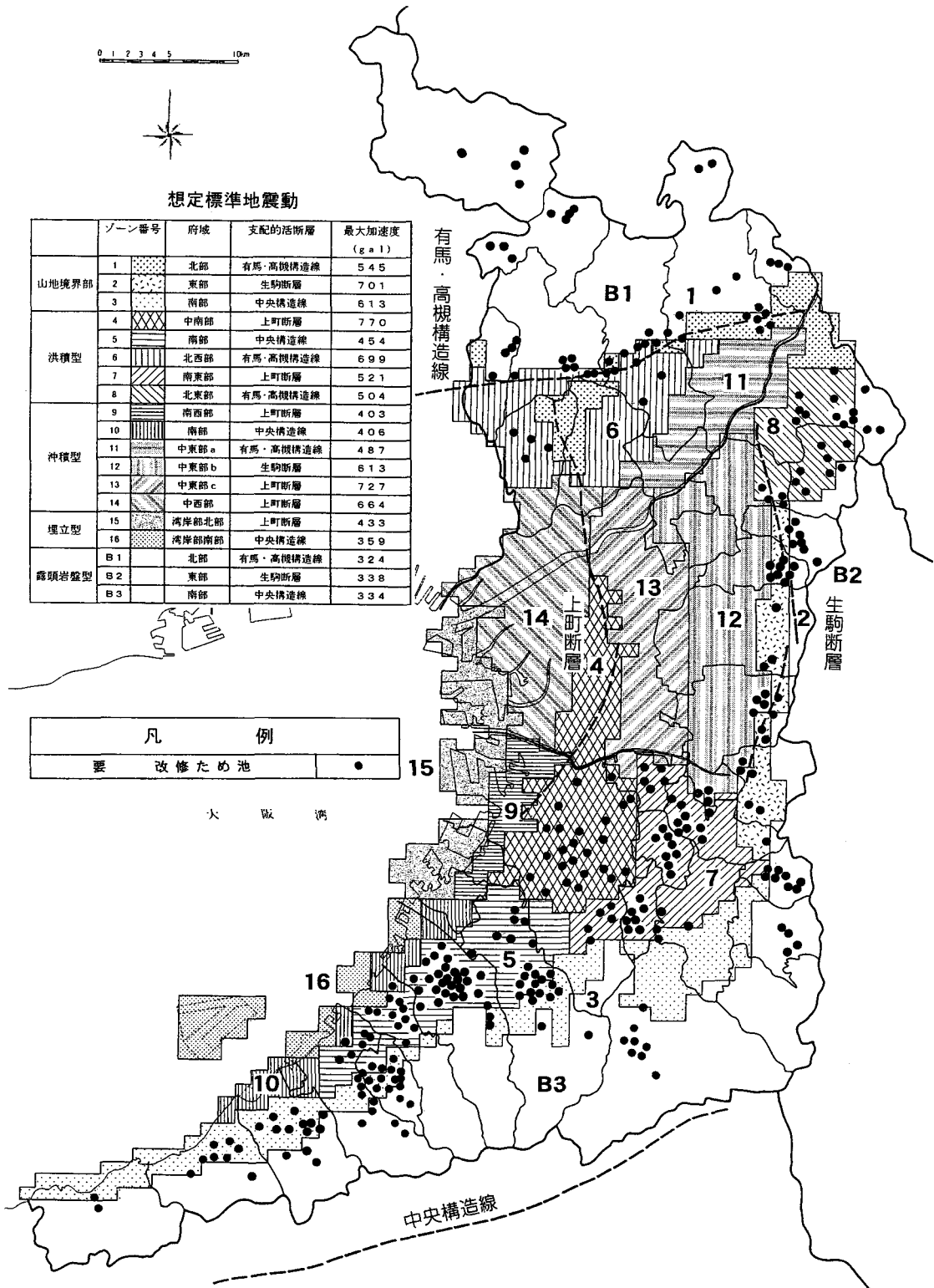


図-2 ため池モデル



想定標準地震動

	ゾーン番号	府域	支配的活断層	最大加速度 (gal)
山地境界部	1	北部	有馬・高槻構造線	545
	2	東部	生駒断層	701
	3	南部	中央構造線	613
洪積型	4	中南部	上町断層	770
	5	南部	中央構造線	454
	6	北西部	有馬・高槻構造線	699
	7	南東部	上町断層	521
沖積型	8	北東部	有馬・高槻構造線	504
	9	南西部	上町断層	403
	10	南部	中央構造線	406
	11	中東部 a	有馬・高槻構造線	487
	12	中東部 b	生駒断層	613
	13	中東部 c	上町断層	727
埋立型	14	中西部	上町断層	664
	15	湾岸部北部	上町断層	433
露頭岩盤型	16	湾岸部南部	中央構造線	359
	B1	北部	有馬・高槻構造線	324
	B2	東部	生駒断層	338
	B3	南部	中央構造線	334

凡 例	
●	要 改 修 た め 池

火 取 池

図-3 4つの活断層とため池分布図

表一 地震応答解析結果と震度法による安定計算結果の照合

地震応答解析結果	
沖積粘性土層の厚さ 2 m	
地盤入力最大加速度 $\alpha_{max}=150gal$	
地表面最大応答加速度 $A_{max}=157gal$	
等価水平震度 $k_h=0.104$	

地震応答解析結果	
沖積粘性土層の厚さ 4 m	
地盤入力最大加速度 $\alpha_{max}=150gal$	
地表面最大応答加速度 $A_{max}=216gal$	
等価水平震度 $k_h=0.143$	

地震応答解析結果	
沖積粘性土層の厚さ 10 m	
地盤入力最大加速度 $\alpha_{max}=150gal$	
地表面最大応答加速度 $A_{max}=355gal$	
等価水平震度 $k_h=0.235$	

震度法による安定計算結果との照合結果表

堤高	材料		設計安全率Fs=1.2 を対応する地震外力		損傷・変形が生じる 地震外力	
			設計水平震度	等価最大加速度	設計水平震度	等価最大加速度
			Kh	α_{max} (gal)	Kh	α_{max} (gal)
5m	粘性土	上流側	0.53~0.55	800~830	0.67~0.68	980gal以上
		下流側	0.57~0.58	860~870	0.72~0.73	980gal以上
	砂質土	上流側	0.35~0.38	530~570	0.46~0.49	690~740
		下流側	0.40~0.41	600~620	0.51~0.53	790~800
	礫質土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.23~0.27	340~410
		下流側	0.17~0.22	250~330	0.27~0.31	410~470
10m	粘性土	上流側	0.24~0.27	360~410	0.33~0.37	490~580
		下流側	0.25~0.29	380~440	0.36~0.40	540~600
	砂質土	上流側	0.15~0.21	220~320	0.23~0.28	350~420
		下流側	0.16~0.22	240~330	0.25~0.31	370~470
	礫質土	上流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.18	160~270
		下流側	0.05~0.13	75~190	0.11~0.20	160~300
15m	粘性土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.22~0.25	330~380
		下流側	0.16~0.20	240~300	0.23~0.27	340~410
	砂質土	上流側	0.12~0.16	180~240	0.18~0.22	270~330
		下流側	0.12~0.17	180~260	0.19~0.24	280~360
	礫質土	上流側	0.05~0.11	75~160	0.11~0.16	160~240
		下流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.19	160~186

震度法による安定計算結果との照合結果表

堤高	材料		設計安全率Fs=1.2 を対応する地震外力		損傷・変形が生じる 地震外力	
			設計水平震度	等価最大加速度	設計水平震度	等価最大加速度
			Kh	α_{max} (gal)	Kh	α_{max} (gal)
5m	粘性土	上流側	0.53~0.55	800~830	0.67~0.68	980gal以上
		下流側	0.57~0.58	860~870	0.72~0.73	980gal以上
	砂質土	上流側	0.35~0.38	530~570	0.46~0.49	690~740
		下流側	0.40~0.41	600~620	0.51~0.53	790~800
	礫質土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.23~0.27	340~410
		下流側	0.17~0.22	250~330	0.27~0.31	410~470
10m	粘性土	上流側	0.24~0.27	360~410	0.33~0.37	490~580
		下流側	0.25~0.29	380~440	0.36~0.40	540~600
	砂質土	上流側	0.15~0.21	220~320	0.23~0.28	350~420
		下流側	0.16~0.22	240~330	0.25~0.31	370~470
	礫質土	上流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.18	160~270
		下流側	0.05~0.13	75~190	0.11~0.20	160~300
15m	粘性土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.22~0.25	330~380
		下流側	0.16~0.20	240~300	0.23~0.27	340~410
	砂質土	上流側	0.12~0.16	180~240	0.18~0.22	270~330
		下流側	0.12~0.17	180~260	0.19~0.24	280~360
	礫質土	上流側	0.05~0.11	75~160	0.11~0.16	160~240
		下流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.19	160~186

震度法による安定計算結果との照合結果表

堤高	材料		設計安全率Fs=1.2 を対応する地震外力		損傷・変形が生じる 地震外力	
			設計水平震度	等価最大加速度	設計水平震度	等価最大加速度
			Kh	α_{max} (gal)	Kh	α_{max} (gal)
5m	粘性土	上流側	0.53~0.55	800~830	0.67~0.68	980gal以上
		下流側	0.57~0.58	860~870	0.72~0.73	980gal以上
	砂質土	上流側	0.35~0.38	530~570	0.46~0.49	690~740
		下流側	0.40~0.41	600~620	0.51~0.53	790~800
	礫質土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.23~0.27	340~410
		下流側	0.17~0.22	250~330	0.27~0.31	410~470
10m	粘性土	上流側	0.24~0.27	360~410	0.33~0.37	490~580
		下流側	0.25~0.29	380~440	0.36~0.40	540~600
	砂質土	上流側	0.15~0.21	220~320	0.23~0.28	350~420
		下流側	0.16~0.22	240~330	0.25~0.31	370~470
	礫質土	上流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.18	160~270
		下流側	0.05~0.13	75~190	0.11~0.20	160~300
15m	粘性土	上流側	0.15~0.18	220~270	0.22~0.25	330~380
		下流側	0.16~0.20	240~300	0.23~0.27	340~410
	砂質土	上流側	0.12~0.16	180~240	0.18~0.22	270~330
		下流側	0.12~0.17	180~260	0.19~0.24	280~360
	礫質土	上流側	0.05~0.11	75~160	0.11~0.16	160~240
		下流側	0.05~0.12	75~180	0.11~0.19	160~186

凡 例

太枠の範囲の設計水平震度は、
等価水平震度より小さいことを
示す。

注) 堤高 5 m, 10 m 法面勾配が 1 : 1.5 より急な法面,

堤高 15 m では, 1 : 2.0 より急な法面は評価対象外である。

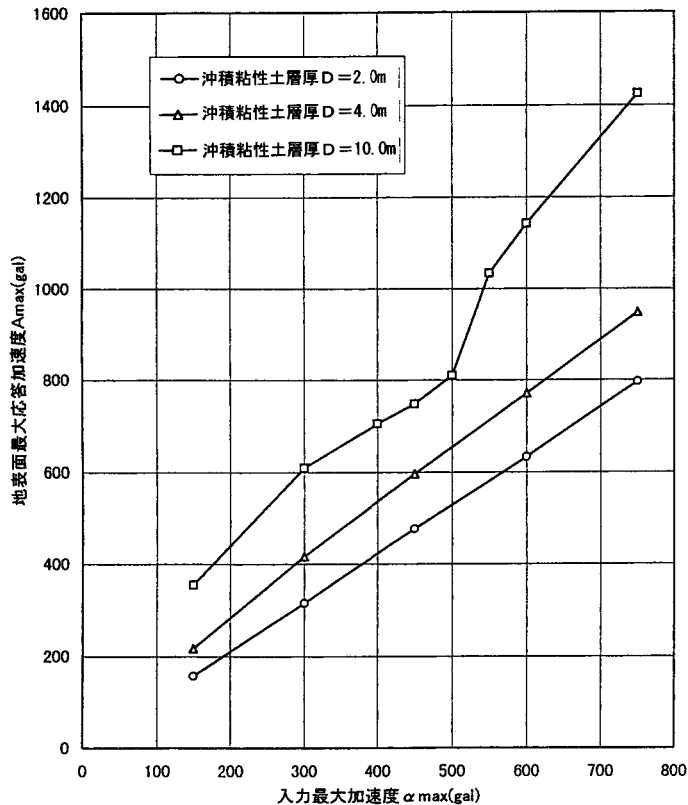
- 堤高が高くなると、地震時の安定性が低下するものの、現行の設計水平震度（ $k=0.15$ ）相当の地震外力では、堤体材料が粘性土系、砂質土系で、堤高が10m程度でも問題ないと推察された。一方、沖積層の層厚が10m程度、堤体材料が砂質土系で堤高が10m以上のため池では、現行の設計水平震度程度の地震時でもなんらかの損傷・変形が生じる可能性が高いと推察された。
- 4つの活断層直近（1km～2km範囲内）では、地震工学的基盤層の入力最大加速度 α_{max} は

560gal～750galであり（表－2参照）、この加速度は沖積層の層厚に応じて増幅し、沖積層厚が4mでは、地表面で概ね740gal～990galに増幅するものと推察された（図－4参照）。したがって、活断層直近に位置するため池は、堤高が5m程度であっても、多くのため池になんらかの損傷・変形が生じるものと推察される。また、活断層近傍（2km～5km範囲内）に位置するため池においても、堤高が高く、沖積層が厚い場合は、多くのため池になんらかの損傷・変形が

表－2 活断層近傍の最大加速度（推定値）

活断層名	活断層からの距離 ¹⁾			
	2 km	3 km	5 km	10km
有馬・高槻構造線 生駒断層系	560gal	420gal	300gal	180gal
	750gal	560gal	400gal	250gal
上町断層系	650gal	520gal	370gal	210gal
中央構造線 ²⁾	750gal	560gal	400gal	250gal

注1) 活断層からの距離は、地表面断層からの最短距離である。
 注2) 中央構造線に起因した地震外力は生駒断層系を準用した。



図－4 入力最大加速度と地表面最大加速度の関係

生じるものと推察された。

(3) 液状化の検討

基礎地盤あるいは堤体材料が液状化しやすい砂質土系である場合、現行の設計水平震度 ($k = 0.15$) 相当の地震外力でも、液状化に起因した堤体の大変形が生じる可能性のあることが、実施した数値解析等により推察された (図-5 参照)。

ため池検討モデル (図-5) 諸条件

- ① 堤高10m, 法勾配1:2.5
- ② 堤体材料: N値 = 10
- ③ 基礎地盤: 砂質土層, 層厚4m, N値 = 6
- ④ 水位条件: 常時満水位
- ⑤ 地震外力: 設計水平震度 $k = 0.15$

4. 耐震対策工の効果

堤体の変形によりため池の貯水機能を失わないことを基本条件とし、耐震対策工の効果のため池モデルを使った数値解析により検討を行った結果、液状化対策工としては基礎の地盤改良工が、有効な対策工であると推察された (図-6 参照)。

また、地震時慣性力による変形に対しては、基礎の地盤改良工、前刃金工、押さえ盛土工が、有効な対策工であると推察された (図-7 参照)。

もちろん実際のため池の検討では、これら以外の対策工の検討についても必要である。

5. 新たな技術指針改訂のための提案

現行のため池改修指針²⁾においても一定の耐震性は考慮されているが、委員会での検討内容等を踏まえ、個々のため池の耐震性を高めるため、委員会から技術的提案が行われた。その要点は以下のとおりである。

(1) 調査項目の拡充

従来¹⁾の調査項目に加え、液状化判定及び耐震検討を行う上で必要となる調査項目について提案された。地質・土質調査の項目についての提案内容を表-3に示す。

(2) 液状化判定法

ため池特有の土質条件を考慮できる各種液状化判定法の提案と、具体的な検討方法について提案された。詳細については次の液状化検討事例に示す。

6. 液状化検討事例

ため池堤体及び基礎地盤の液状化の検討は、簡易判定法 (I) 及び (II) により液状化の発生の有無を判定し、いずれかで対象土層が液状化に該当する場合は、さらに詳細判定法により液状化の検討を行う。次に、詳細判定法により液状化に該当する場合は、液状化によるため池の損傷・変形

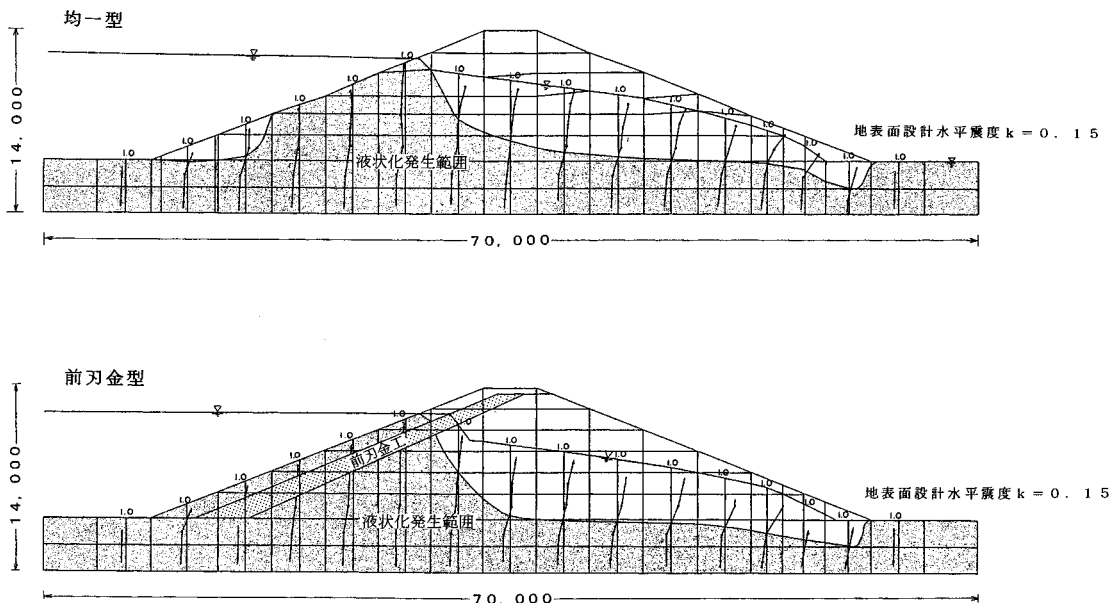
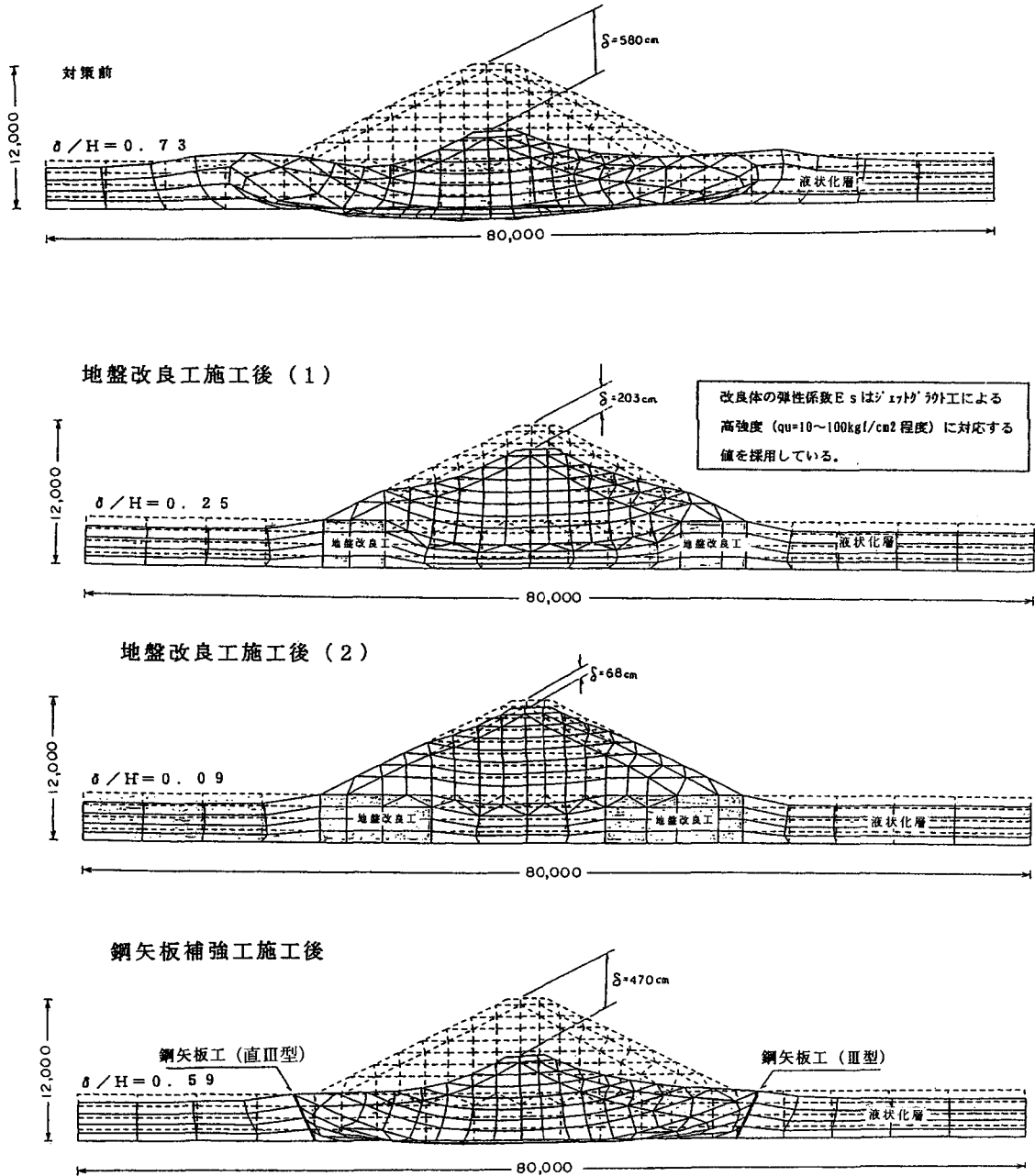


図-5 液状化に対する抵抗率 F_L の分布図

(入力最大加速度 $\alpha_{max}=400gal$)



図一六 基礎地盤の液状化による堤体の変形解析結果

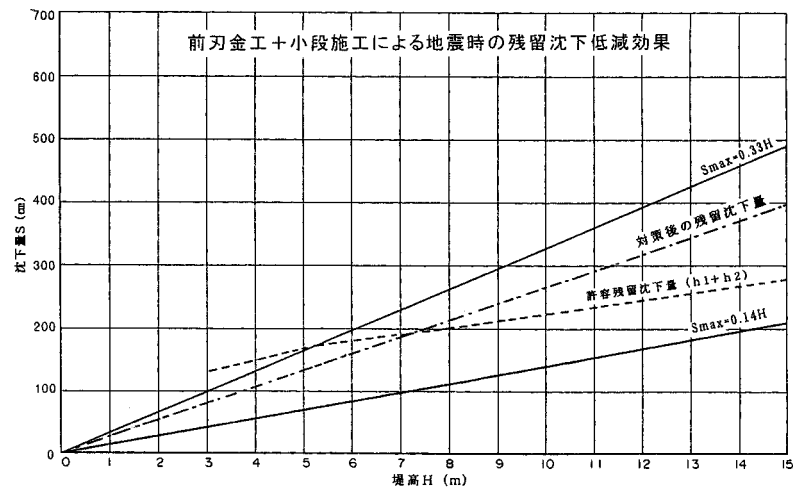
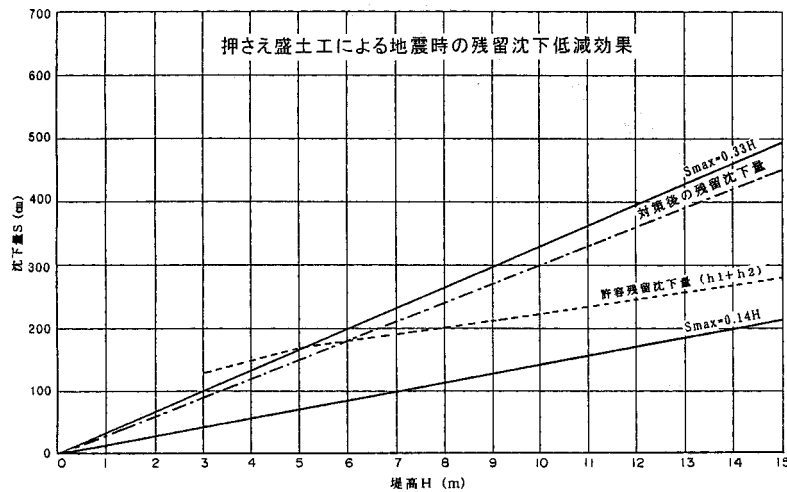
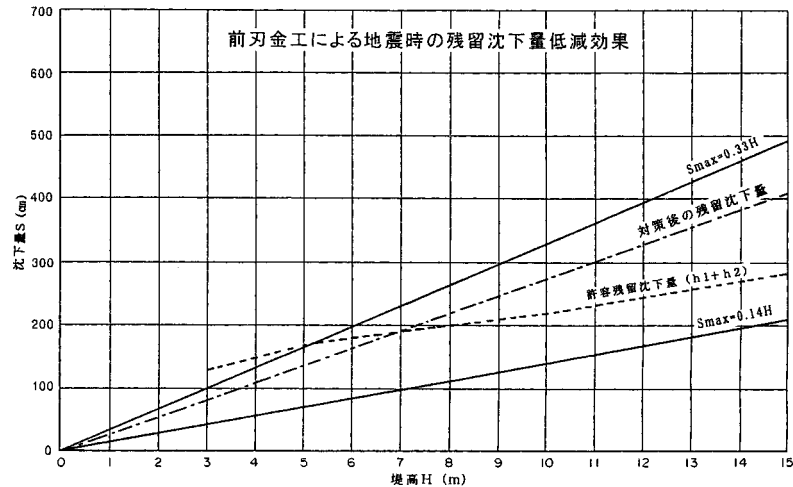
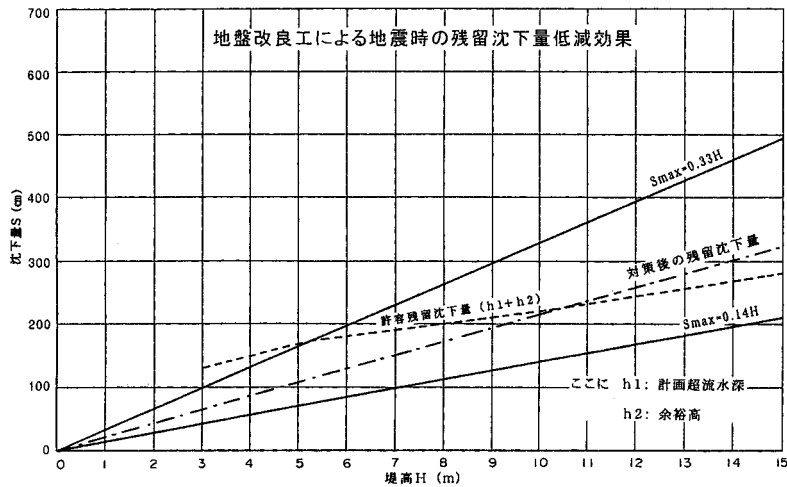
の検討を行い、支障の有無を判定した上で、液状化対策工の検討を行うものとする。

○簡易判定法 (I)

対象土層が下記の4つの条件すべてに該当する

場合は、液状化の可能性があると判定する。

- 1) 地下水位が現況地盤 (基礎地盤) から、10m以内であり、かつ現況地盤から20m以内の深さに存在する飽和土層



図一七 対策工による地震時の残留沈下量低減効果

表一3 地質調査・土質試験項目（案）

調査方法	調査項目	液状化簡易判定 に必要な調査	液状化詳細検討 に必要な調査	震度法による安定解析 に必要な調査	地震応答解析 に必要な調査 ¹¹⁾
ボーリング	土質柱状図	○	○	○	○
	地下水	○	○	○	○
サウンディング	標準貫入試験(N値)	○	○	○	○
PS検層 ¹⁾	S波, P波	—	△	△	△
	初期剛性率Go	—	△	△	△
密度検層 ²⁾		△	△	△	△
サンプリング ³⁾		—	△	○	○
現場透水試験		—	△	△	—
室内動的試験	液状化試験 ⁴⁾	—	△	—	—
	動的変形試験 ⁵⁾	—	—	—	△
室内土質試験	土粒子の密度試験	○	○	○	○
	粒度試験	○	○	○	○
	含水量試験	○	○	○	○
	液性・塑性限界試験	○	○	○	○
	単位体積重量試験 ⁶⁾	△	△	△	△
	現場密度試験 ⁷⁾	△	—	○	—
	突固め試験 ⁸⁾	—	—	○	—
一軸圧縮試験 ⁹⁾		—	—	○	—
	三軸圧縮試験 ¹⁰⁾	—	—	○	—

備考：○ 実施する必要がある調査； △ 必要に応じて実施する。

注：1) 次式により推定することもできる。

$V_s = 100N^{1/3}$ ：粘性土系（ $1 \leq N \leq 25$ ）

$V_s = 80N^{1/3}$ ：砂質土系（ $1 \leq N \leq 50$ ） 出典：道路橋示方書・同解説V耐震設計編 平成8年12月

- 2) 必要に応じて行うものとする。本調査は堤体及び基礎地盤の深度方向の密度 ρ_t を求めることできる。尚、N値に応じた一般的な値を採用しても良い。
- 3) 堤体部および沖積粘性土層～砂質土層をサンプリング対象とする。尚、採取用サンプラーは、土質特性、N値より適切なものを用いるものとし、ボーリング削孔径は使用するサンプラーに応じた径とする。
- 4) N値、粒度特性等より推定可能なので、必要に応じて実施する。
- 5) 土の種類、物理特性等より推定可能なので、必要に応じて実施する。
- 6) 土の種類、N値に応じた一般的な値を採用しても良い。
- 7) 旧堤体の大部分を利用して盛土をする場合は実施する。
- 8) 同 上
- 9) 粘性土系と砂質土系の中間的な土（中間土）に対しては、一軸圧縮強度が過小評価されるので、適切な補正、あるいは三軸圧縮試験（UU）を行う。
- 10) 三軸圧縮試験は土の種類に応じて下記に示した試験を実施する。
 粘性土系：原則として圧密非排水三軸圧縮試験（ $\bar{C}U$ ）を実施する。
 砂質土系：圧密排水三軸圧縮試験（CD）を実施する。
 中間土（シルト）：排水強度（CD）あるいは非排水強度（ $\bar{C}U$ ）の小さい強度を用いることを原則とする。
- 11) 必要に応じて行うものとする。ここでいう地震応答解析とは、堤体下の沖積層の層厚に応じた加速度増幅率を求めるための一次元的解析を示す。尚、沖積層厚と加速度増幅率の関係図表より推定しても良い。

- 2) 細粒分含有率FCが35%以下の土層、またはFCが35%を超えても塑性指数IPが15以下の土層
- 3) 平均粒径D50が10mm以下で、かつ10%粒径D10が1mm以下である土層
- 4) N値 \leq 20の土層

○簡易判定法 (II)

図-8を用いて、粒度分布による判定を行う。対象土層の粒径加積曲線が「液状化の可能性あり」の範囲に含まれ、N値 \leq 20の土層の場合は液状化の可能性があると判定する。粒径加積曲線が2つ

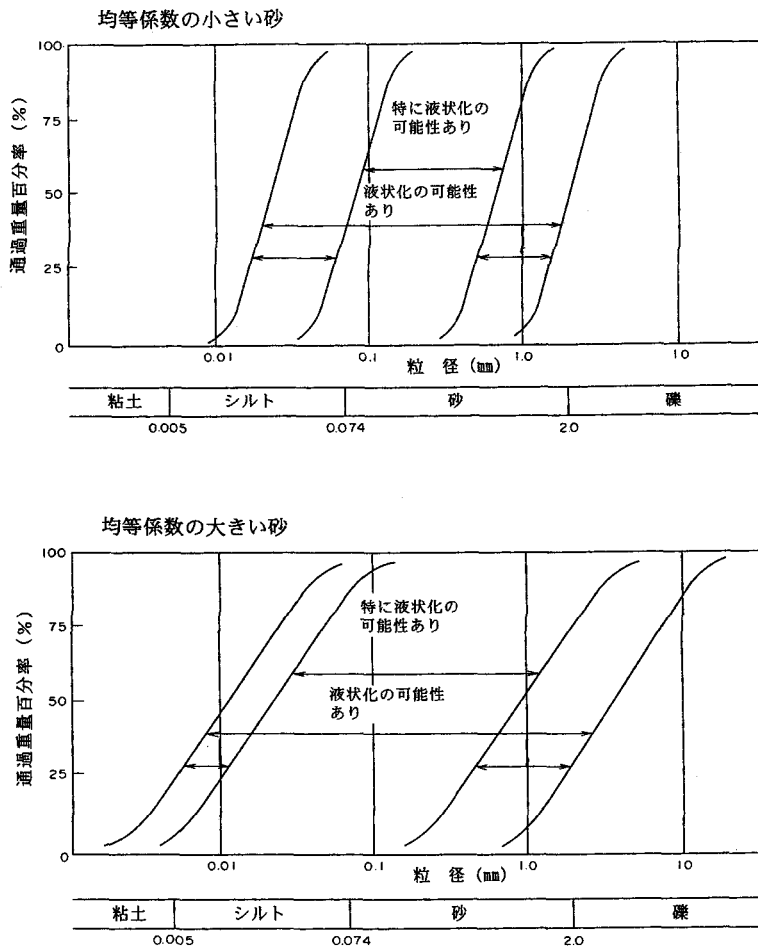
の範囲にまたがる場合は粒径加積曲線の10%粒径D10が位置する範囲を目安にして良いものとする。

○詳細判定法

簡易判定法により液状化の可能性があると判定された場合は、詳細判定を行う。

液状化の詳細判定は、「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」を準用する。ただし、判定に用いる地震動は設計水平震度 $k_{nc}=0.15$ を用いることとする。

貝塚市のK池において、平成10年度ボーリングを行い、その資料(孔番No.B, No.D)から簡易



均等係数 $U_c (=D_{60}/D_{10})$ の大小 均等係数の小さい砂: $U_c \leq 3.5$
 均等係数の大きな砂: $U_c > 3.5$

出典: 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (日本港湾協会, 1989)

図-8 上の粒度分布による液状化簡易判定図

表—4 液状化簡易判定一覧表

孔番	簡易判定法 (I) の項目		FC (%) 35% <	Ip 15 <	D ₅₀ (mm) 10 <	D ₁₀ (mm) 1 <	N値 20 <	(I) による判定	II による判定
	地層区分	深度 (GL-m)							
No.B	B	2.15~2.45	53	24.2	0.048	0.001以下	7	×	液状化しないと判定される。
		4.00~4.80	79	30.5	0.0061	〃	—	×	
		5.15~5.45	61	19.0	0.018	〃	7	×	
	Tc	6.15~6.45	81	13.4	0.0077	〃	9	○	D ₁₀ から液状化の可能性ありと判定される。
	Tsg	7.15~7.45	19	—	1.7	0.0028	38	×	
		8.15~8.40	22	—	0.76	0.0018	12	○	
	Oc	9.15~9.45	99	34.1	0.0066	0.001以下	9	×	液状化しないと判定される。
		10.15~10.45	100	27.8	0.012	0.0016	7	×	
		14.15~14.45	100	59.8	0.011	0.001以下	8	×	
No.D	Tsg	2.15~2.45	30	20.1	1.6	0.0018	15	○	D ₁₀ から液状化の可能性ありと判定される。
	Oc	4.15~4.45	100	64.7	0.0068	0.001以下	7	×	液状化しないと判定される。

※ ×は液状化しない。 ○は液状化の可能性あり。

判定法 (I) (II) を行った結果は表—4 のとおりである。その結果、段丘砂礫層 (Tsg) が、液状化の可能性ありと判定され、次に詳細判定法を行った。

詳細判定法の結果は、水平震度0.15 (147gal) では、段丘砂礫層 (Tsg) は $F_L^{(*)} > 1$ を示し、液状化しないと判定された。そのため、特に液状化対策を行わず通常の堤体改修となった。

注) F_L : 液状化に対する抵抗率 ($F_L \leq 1$ の土層は液状化するとみなされる。)

第3 新ため池改修計画の概要

1. 背景

(1) 耐震性の向上

阪神大震災の教訓から、都市直下型地震に対する安全対策が社会的急務となっており、今回のため池改修計画については、平成7年5月に設置され検討を行ってきた委員会の結果を踏まえ、従来のため池の老朽化対策に加え耐震性の向上を付加したものである。

(2) 地域防災施設機能の付加

阪神大震災では、地震後同時多発的に発生した火災に対し、水道管の破損のため消火栓が使用不

能になるなど消火活動ができず、多くの人命が失われた。さらには十分な避難場所が確保出来ないことや、飲料水を求める行列や、トイレなどの生活雑用水を近くを流れる川に求めるなど、大規模な災害時には身近な水と空間が重要な役割を果たすことが証明された。

ため池は、農業利用はもとより、豪雨時には一時的に雨水を貯留し下流域に対する洪水の調整池としての役割を果たしていることから、これまでこれらの機能だけが注目されていたが、今後は、地震・火災等の災害発生時の防災用水や生活用水を備えた身近な防災空間、即ち地域防災施設としての役割が益々大きくなることが予想される。

新ため池改修計画は、従来のため池の改修内容に、新たにこれらの視点を加味したものである。

2. 改修方針・内容

新ため池改修計画における、ため池の改修方針とその内容は次のとおり。

(1) 老朽ため池工事

○現行の設計水平震度 (レベル1) での安全性を確保する。

○堤体工、余水吐工、取水設備工など従来の工事

に加え、レベル1地震動での堤体及び基礎地盤の液状化対策を実施する。

(2) 耐震性向上工事

○4つの活断層（有馬高槻構造線、生駒断層、上町断層、中央構造線）に起因する直下型地震による地震動（レベル2）によって、ため池が損傷や変形を受けても貯水機能を保持し、下流域の二次災害を防止することを視点とした耐震性の向上を図る。

○レベル2地震動での堤体及び基礎地盤の耐震補強・液状化対策を実施する。

(3) 防災利活用整備工事

○ため池の水及び空間を地域防災に役立てるための整備工事を行う。

○ため池に、農業用水に加え消防、生活用水などの緊急用水量を付加するための堤体嵩上げや浚渫、防災利用に必要な取水施設、導水路、遊水池等の整備を行う（図－9参照）。

○浚渫土を利用した避難地等の造成整備を行う。

○ため池の水を緊急時に放流させるために必要な底樋、下流水路の整備、及びこれらの機能を発揮させるための浚渫、放水バルブ等の遠隔操作施設整備を行う。

3. 要改修ため池の選定

総数は591地区。（重複78地区）

(1) 老朽ため池工事

H9市町村要望（H10実施中の94地区含む）をベースに、改修の必要性が高いもの270地区

(2) 耐震性向上工事

H7水防ため池823地区＋地震対策5カ年計画記載（下流の被害防止のため整備が必要な箇所）ため池63地区（内46地区は水防ため池に含む）の内、シミュレーションによる安定評価で安全性に疑問があると判断されるもの399地区

(3) 防災利活用整備工事

H9市町村要望（全地区老朽ため池改修を含む）による81地区

4. 第1次計画

(1) 計画期間

耐震対策については緊急に実施する必要があることから、第1次計画の期間をH10年度からH19年度までの10カ年とする。

(2) 地区数

計画期間中の改修目標数は200地区

①老朽ため池工事・防災利活用整備工事

3.(1)の内、緊急性の高い192地区（うち防災利活用整備64地区）

②耐震性向上工事

3.(2)の内、委員会の検討結果から直下型地震時に変形や損傷を受ける危険性が高いと判断されるもの、即ち堤高が5m以上で4つの活断層から2km以内にある59地区の中から、市町村の要望など実施の条件が整ったもの10地区

5. 計画の取扱い

○この計画は大阪府農業農村整備事業管理計画と整合を図るものとする。但し、災害復旧事業及びその関連事業は除く。

○緊急に改修を要する場合や改修順位の変更など、やむを得ず計画を変更する必要がある場合は適宜見直しを行う。

○特に耐震性向上工事については、市町村等が本計画記載地区以外のため池で安定評価を行うなどによって、耐震性向上が必要と判断される場合は計画に追加する。また計画地区で市町村の防災計画に既に位置付けているか、または今後位置付ける予定で早急に実施する必要があるものは、優先的に改修を進めるものとする。

第4 おわりに

(1) 市町村に向けて

従来のため池の老朽化対策に加え、耐震対策及び防災利活用整備を実施するためには、市町村の防災計画における明確な位置付けが不可欠である。今後とも市町村の防災計画に、より具体的にため池を位置付けていく必要がある。

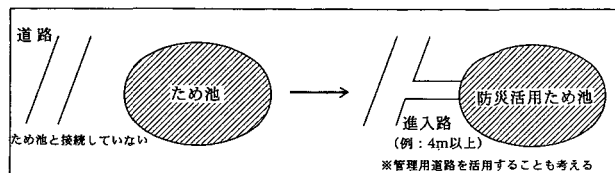
(2) ため池管理者に向けて

耐震対策及び防災利活用整備については行政の要請が多いことから、改修工法や整備内容、利用方法、維持管理などについてため池管理者の理解と協力が不可欠である。特に従来老朽化対策にはなかった新たな水利用や貯水量の減少などが生じる場合があるため、農業水利との十分な調整が必要である。

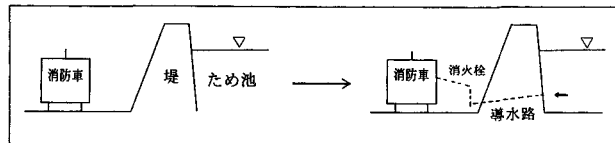
(3) 周辺住民に向けて

<消防車が接岸不能な場合>

○ため池への進入路の設置

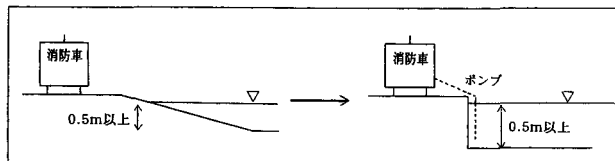


○周辺道路への導水路と取水栓の設置

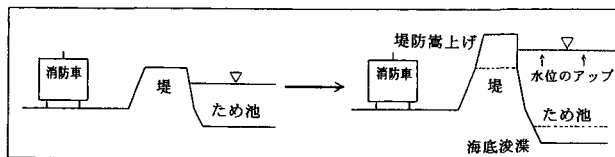


<水深が浅い場合・水量が少ない場合>

○池底の浚渫等(取水ビットの整備)

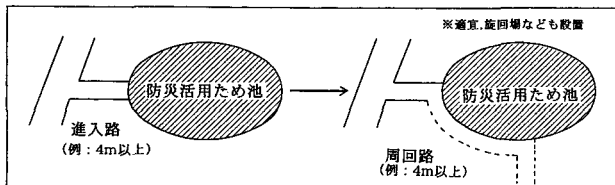


○堤防の高上げ・浚渫

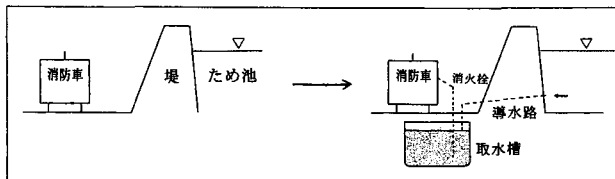


<その他>

○ため池沿いの通路の設置(ため池から取水可能なポイントを増やす)



○取水槽の整備(ため池の水位変動に対応するために、水量確保)



図一 9 防災利活用の整備イメージ

災害時にため池の地域防災施設としての役割が機能するためには、周辺住民が常日頃からため池に親しめる状況にあることが求められる。このため、防災利活用整備に当たっては、事前に周辺住民に知らしめることはもちろん、計画から維持管理まで住民参加で実施する整備手法に因ることが

望ましい。

参考文献

- 1) 大阪府農業土木技術連盟：ため池改修指針改訂版(1993)

カンジン地下ダム右岸部深部空洞処理について

神谷 嘉明*
(Yoshiaki KAMIYA)

松元 茂*
(Sigeru MATSUMOTO)

長本 正*
(Tadashi NAGAMOTO)

目 次

1. はじめに	50	5. 空洞処理対策の基本方針	54
2. 事業概要	51	6. 空洞処理対策の施工	57
3. 空洞発見の経緯	51	7. 空洞処理対策の結果	59
4. 空洞調査	52	8. 今後の課題	59

1. はじめに

本地下ダムは、島尻層群宇江城岳層の火山岩類からなる山地と琉球石灰岩からなる台地の境界に位置し、上流側の自然の窪地に貯留する地表湛水型で不透水基盤は凝灰角礫岩である。久米島の地質層序、久米島の地質図を（表－1）、（図－1）に示す。

本地域の上流からの流水は新鮮な水（ca分をあまり含まない水）であるため、下流側の琉球石灰

岩地帯には石灰岩が溶脱されて生じた石灰岩洞窟が5カ所確認されており、止水壁建設予定区間にもこの空洞が連続していることが予測されていた。

しかしながら、実施設計時までのボーリング調査（止水壁予定区間上40m間隔）では空洞を発見できなかったが、右岸部の止水壁築造中に削孔液の溢水等から空洞の存在が確認された。

本報文では、空洞発見の経緯から空洞処理対策の基本的考え方及び施工結果について紹介する。

表－1 久米島の地質層序

地質時代	地層または堆積物		層厚	構成物	
第四紀	完新世	海浜低地堆積物		石灰岩・砂・ビーチロック	
		1640-1890, 4160, 2100, 3600			
	更新世	琉球層群	低位段丘および崖錐堆積物	1~20	砂層・礫層
		北原層		40+	石灰岩・砂礫
		オーハ石灰岩	10+	石灰岩	
第三紀	鮮新世初期	島尻層群	宇江城岳層	300+	溶岩・凝灰角礫岩（玄武岩，安山岩）
			4.6, 5.5		
		真謝層		90-220	砂質シルト岩，砂岩・礫岩・凝灰岩
	中新世	阿良岳層		300+	“グリーンタブ”溶岩・凝灰角礫岩（安山岩・デイサイト）
		(6.5) 12.6, 17.7			
先第三紀？		儀間層		？	輝緑凝灰岩（凝灰岩質千枚岩）

*沖縄県南部農林土木事務所農業水利班 Tel.098-867-2891

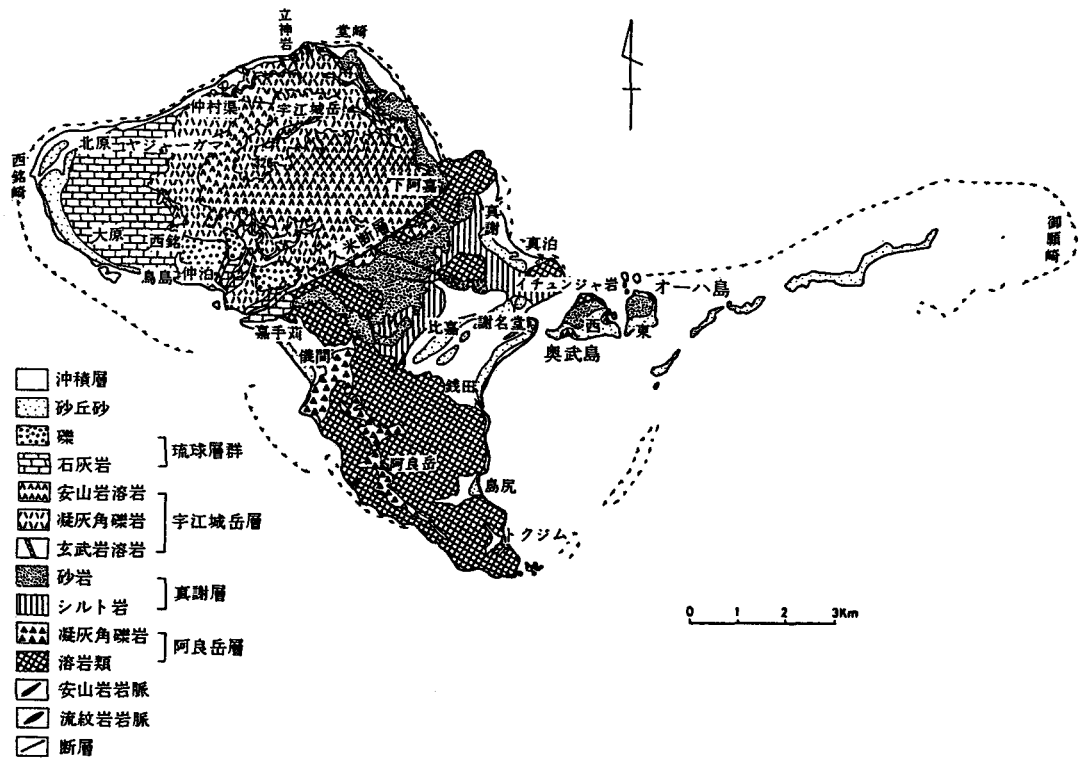


図-1 久米島の地質図

2. 事業概要

(1) 事業概要

県営かんがい排水事業・カンジン地区は、沖縄本島の西方100kmの東シナ海上に浮かぶ久米島の具志川村北西部の畑338haを受益地とする。具志川村は、久米島をほぼ二分した島西側部と硫黄島から構成される総面積25.48km²の豊かな自然に恵まれ、古くは琉球王朝時代の中国貿易の中継基地の役割を果たし、その文化遺跡を随所に残している。また、琉球弧の内弧に位置した霧島火山帯の一角をなし、火山岩類と隆起さんご礁との独特な地形・地質をなしている。

この地域の代表的な土壌である琉球石灰岩を基岩とする島尻マージは土層厚が一般的に薄く、保水力が乏しいため毎年のように干ばつ被害が発生し、農業経営は極めて不安定なものとなっている。また、現況のさとうきびを中心とした畑作から花卉・野菜などの導入を行い、栽培作物が多様化する中、畑かんがい施設の整備が急務となっている。

このため、本事業で新規畑かん水源として地下ダムを建設し、調整池（既存ため池改修2基、新設1基）、管水路、スプリンクラー等の畑かんがい施設を整備することにより、農作物の干ばつ被害を防止し、農業生産物の収量増、高収益性作物への転換等農業経営の健全化を図るものである。

(2) カンジン地下ダムの概要

カンジン地下ダム（H=57.6m、L=1,071m、有効貯水量1,510km³、柱列式原位置土攪拌工法）は地表湛水型地下ダムであり、工事の進捗状況については平成10年度までにL=733mを施工しており、平成14年度中に締切工事を完了する予定である。

ダム諸元表、ダム計画平面図及びダム縦断計画図、全体施設計画模式図を（表-2）、（図-2）、（図-3）、（図-4）に示す。

3. 空洞発見の経緯

地下ダム建設工事は、①ケーシング削孔、②先行削孔、③三軸削孔と3工程で地下連続壁を構築

表-2 ダム諸元表

一般	位置	沖縄県島尻郡具志川村カンジン		貯水施設	形式	導水管方式 (水中ポンプ揚水)	
	基礎	新生代第三紀鮮新世の島尻層群宇江城岳層 (凝灰角礫岩, 凝灰岩, 安山岩)			最大取水量	Q=0.245m ³ /S	
貯水池	流域面積	2.61km ² 直接: 2.22km ² , 間接: 0.39km ²		取水施設諸元	取水水位	E L. 25.7m ~ E L. 13.0m	
	満水面積	0.18km ²			取水施設諸元	水中ポンプφ200m/m N=3台 立杭φ3,000m/m L=24m (ライナープレート土留) 横杭φ800m/m L=35m (推進工法用鉄筋コンクリート管)	
	総貯水量	1,580,000m ³					
	有効貯水量	1,510,000m ³					
	死水量	70,000m ³					
堤	常時満水位	E L. 25.7m (F.W.L)		ダムタイプ	地表堰水型地下ダム		
	計画低水位	E L. 19.0m (L.W.L)		堤高	52.1m		
	利用水深	12.7m		堤長	1,088m		
洪水施設	形式	施設型洪水吐 (オリフィス0.6m×0.6m)		堤頂幅	0.55m		
	設計洪水量	Q=1.9m ³ /S 根拠: 200年確率洪水量 ピーク流入量Q=43.2m ³ /S		天端標高	E L. 25.7m		
	限界高水量	E L. 30.0m (H.H.W.L)		縮切面積	30,000m ²		
	末端施設	放水路 L=417m, 浸透池 V=34km ³		止水仕様	工法	柱列式原位置土攪拌工法	
					打設区間	E L. 25.7m ~ E L. -26.4m	
				材料	セメント, スラグ, フライアッシュ, ベントナイト膨張材, 増粘土材		

していくが、先行削孔時及び三軸削孔時に右岸部のDA7+90付近 (図-2) において、削孔液の液面低下が連続して確認された。また、約40m下流側にある地下水観測孔においても削孔液の流出が確認されたことにより、削孔液がダム軸から下流側に抜けていることが確認された。

一方、先行削孔時におけるオーガーマシンの電流値から詳細に検討すると、一定区間において電流値の変動が殆どみられなかった。このことから、オーガースクリューにほとんど負荷がかかっておらず、空洞にあたっていると予想され、その検証のために追加調査ボーリングを行った結果、大規模な空洞が確認された。

4. 空洞調査

上記のとおり、大規模な空洞の存在を確認したので、さらに形状及び洞内堆積物の堆積状況・堆積物の性状等を詳細に把握するため、メッシュ状に追加ボーリング調査を行い、併せて面的広がりを調査するため微重力探査を行った。

(1) ボーリング調査及び微重力探査

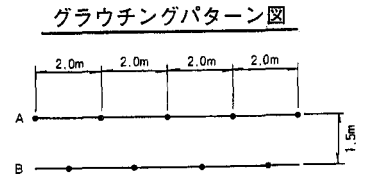
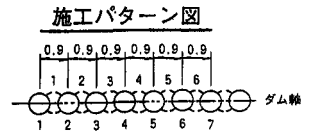
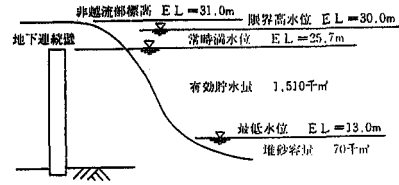
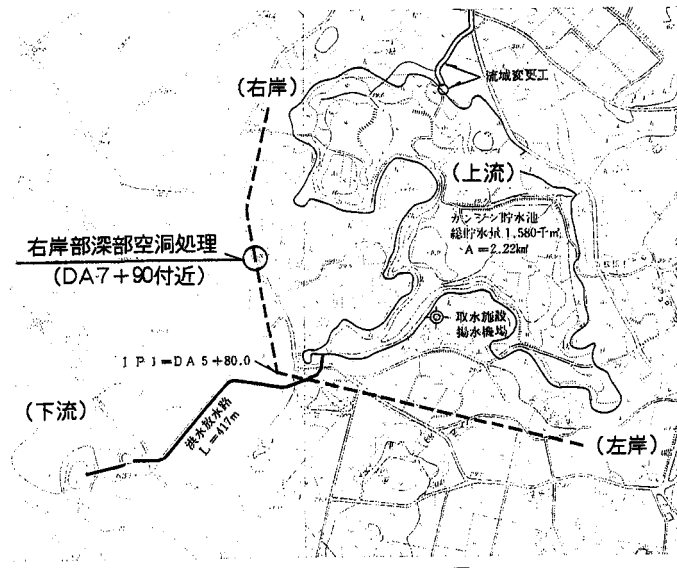
ボーリング調査位置は、微重力探査・ボーリング調査併合平面図 (図-6) のとおりである。ボ

ーリング調査結果から空洞の上下端の琉球石灰岩は再結晶部が少なく全体的にもろく、空洞内堆積粘土については、詳細な資料採取を行っていないことから必ずしも完全に把握し切れているとは言いが、空洞中央付近から左岸側におおむね6~7m程度の厚さで堆積しており、ダム軸下流5m以降では少なくなると推定された。

また、微重力探査の結果は微重力探査・ボーリング調査併合平面図 (図-6) 及び微重力探査・ボーリング調査併合縦断図 (図-7) のとおりで、空洞はダム軸に直交し上下流方向に延びており、下流側は二股に分岐していると推定されたが、上下流のボーリング結果と照合した結果、約15m間は直線的に延びていると判断した。しかし、全体として空洞の規模、空洞上端、空洞下端はボーリング調査結果及び微重力探査結果ともほぼ一致している。

(2) 調査結果

これらの調査により、空洞は地下水下 (EL+5m) のEL-4m~EL+5m付近を、幅約9m、高さ約9mの規模でダム軸と直交し上下流方向に延びており、空洞内の堆積物には比較的締まった粘性土と、高含水比の泥土が多く存在することが確



凡例

	貯水池
	地下連続壁
	洪水放水路
	取水施設

地下連続壁作業床標準断面図

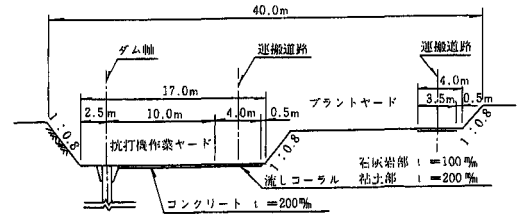


図-2 ダム計画平面図

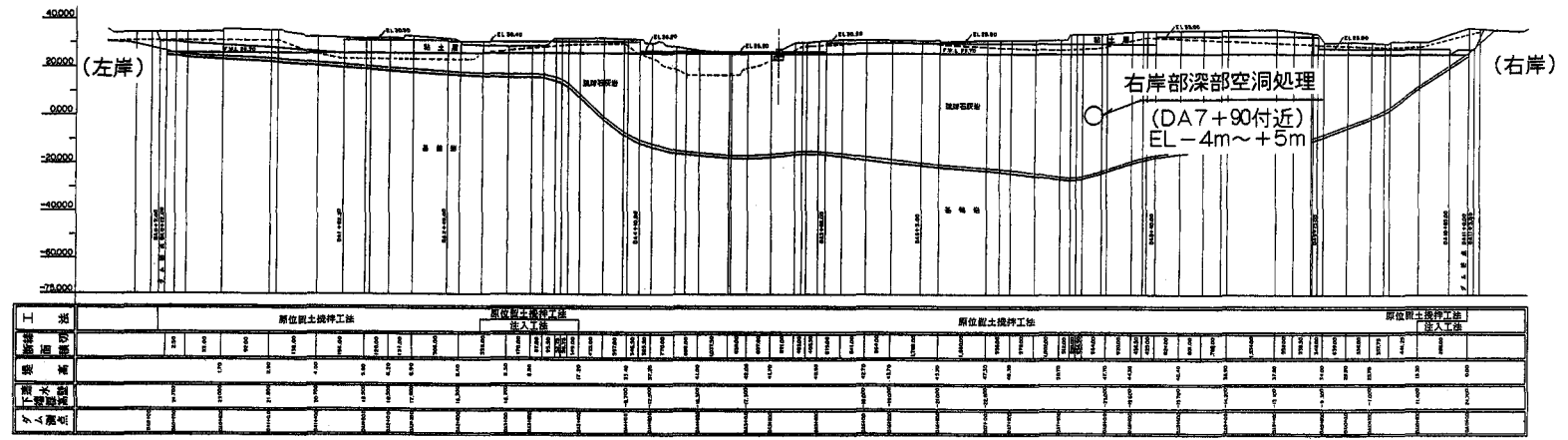
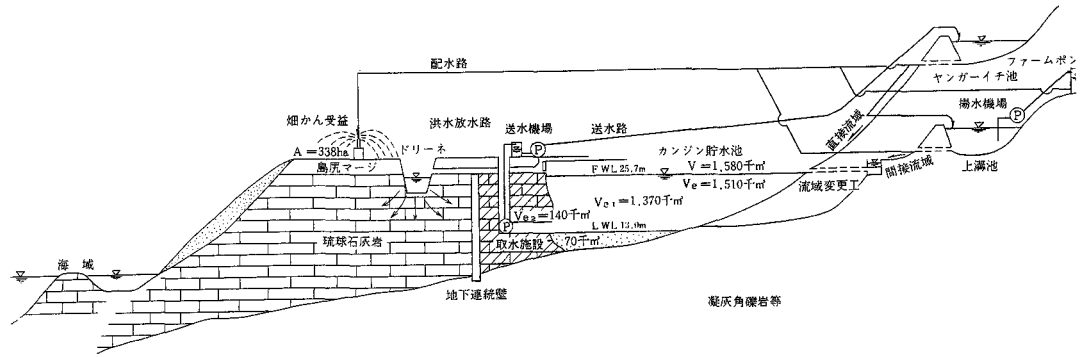
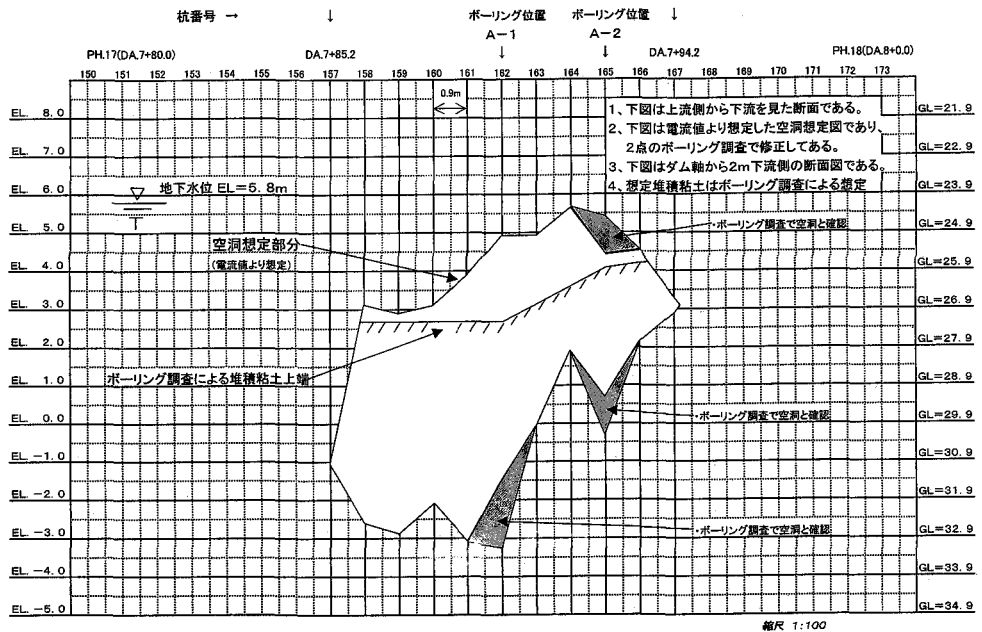


図-3 ダム縦断計画図



図一四 全体施設計画模式図



図一五 空洞想定図

認された。

5. 空洞処理対策の基本方針

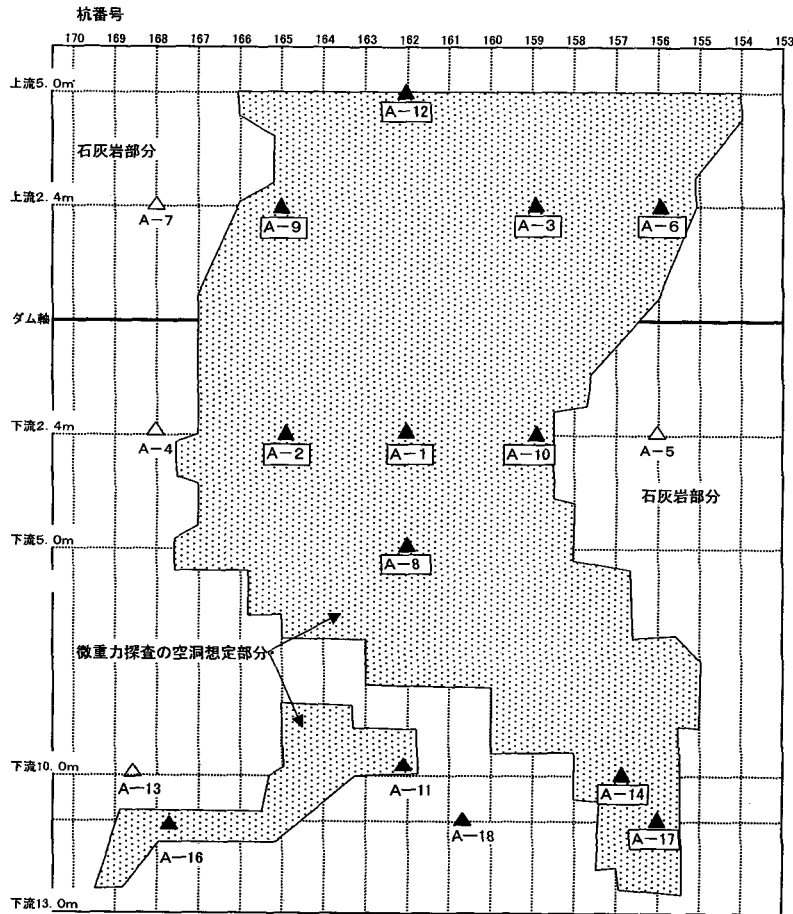
(1) 基本方針

空洞処理対策の検討に当たって、ダム軸を迂回させることについては、空洞がダム軸上下流方向にほぼまっすぐに延び連続性を有していることから少々の迂回では同じ空洞処理対策が必要になると判断して断念した。

従って、現ダム軸において空洞処理対策を実施することとしたが、これまで事例がないことや設計に対する基準がないことから、深部で水圧を受

けるという意味では類似と考えられるダムトンネルのプラグ設計に準じて閉塞長を決め、その間をコンクリートで充填することとした。設計の基本方針については、地上ダムと異なる地下ダムであり周辺が地山に囲まれていること及び地下の深部で実施するため、完全に閉塞することが技術的に困難であるとともに非常に高いコストを伴うことから、「空洞内を周辺地山の琉球石灰岩相当(均一な強度を有せず強度のバラツキを許容し、地山として動かないもの)のもので充填すること」とした。

また、空洞内の堆積物は、比較的締まった粘性



微重力探査
 微重力探査は、EL=2.0m付近をスライスした平面図である。
 [Stippled Box] : 空洞と想定された部分
 ボーリング調査
 ▲: 空洞あり
 △: 空洞なし
 A-18: 微重力探査とボーリング調査が違う点

図-6 微重力探査及びボーリング調査併合平面図

土と高含水比の泥土が多く確認されたので、これらを改良固化することも検討したが、改良後の強度が期待できないことから堆積物を除去した後、コンクリートを充填することとした。

(2) 締切工法

締切工法は、矢板工法、パッカー工法及び両工法併用工法を検討したが、締切深度が35mとかなり深いことから、締め切りの施工が確実な矢板工法を採用した。

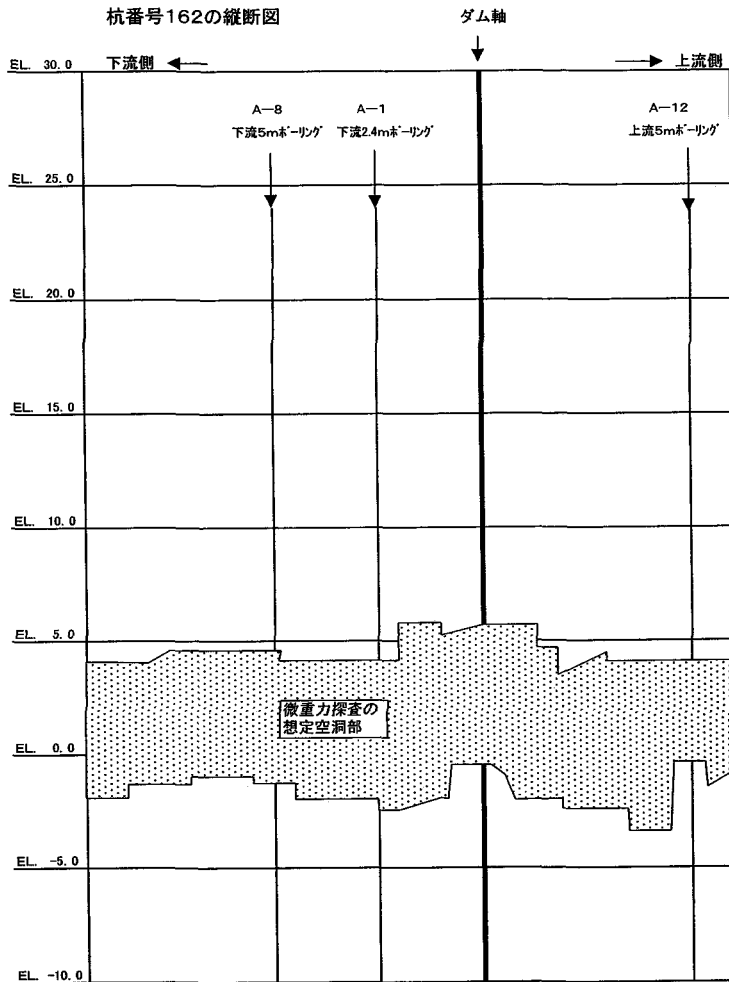
プラグ長は、設計基準の経験式から最大水深の

30%を上下流矢板締切長の最低限とし、現場条件を考慮して決定した。

$$\begin{aligned} \text{必要閉塞長} &= (\text{ダム設計洪水水位} - \text{ダム下流側常時地下水位}) * 0.3 \quad (\text{式-1}) \\ &= (\text{EL}29.8\text{m} - \text{EL}5.0\text{m}) * 0.3 = 7.5\text{m} \end{aligned}$$

(式-1) より必要閉塞長は約7.5mとなるが、この閉塞長は閉塞区間を均質な無筋コンクリートで充填する場合であり、本件の場合、

①空洞内堆積物を完全に除去することが困難であ



微重力探査
 微重力探査は、杭番号162付近の縦断面図である。
 [点線]: 空洞と想定された部分

図一七 微重力探査及びボーリング調査併合縦断面図

ること。

- ②計算で求めた閉塞長を矢板で締め切る場合、下流側矢板が作業床コンクリート上に位置し、空洞処理後に作業床の復旧が必要で止水壁施工に大きな手戻りが生じること。
 - ③閉塞コンクリートが、止水壁施工で二つに分断されること。
 - ④止水壁周辺の空洞内堆積物をできるだけ取り除くために設置するポンプ用削孔(径2,000mm)がダム軸上下流に各1孔が必要なこと。
- などから、矢板施工位置をダム軸上流3.5mに、下

流矢板を作業床下流側下端に設けることとした。その結果、上下流矢板の間隔は13.9mとなった。

(3) 空洞内堆積物の処理

空洞内の堆積物除去については、空洞内堆積物が内部で作業ができるほどの支持力を有しないと予測されること及び空洞天端の琉球石灰岩の再結晶が弱く強度に不安があり落盤・崩落の危険性が高いことから、地上からの操作で行うこととした。

除去対象が粘性土・泥土であり空洞が地下水面下であることを利用し、堆積物を攪拌することで

サンドポンプによる除去が可能と判断した。空洞内の攪拌には、堆積物をできるだけ効率よく切削・攪拌できるように高圧水を利用する三重管攪拌工法（コラムジェット）を採用した。また、排泥するサンドポンプは揚程が35m以上あることから、外径1,500mm、管径200mmの大型ポンプを採用し、径2,000mmの全旋回ケーシングで開削した中に設置した。このため、ポンプ設置穴を数多く設けることができず、ダム軸を挟んで上下流に1孔ずつの計2孔で排泥することにした。攪拌工は、このポンプを設置する全旋回孔回りの同心円上に配置した。これらの位置関係を空洞対策施工平面図（図-8）、空洞対策施工縦断図（図-9）に示す。

(4) 閉塞コンクリート

最近の水中コンクリートは通常不分離コンクリートが使用されているが、この不分離コンクリートは特殊コンクリートであり、資材費が2倍以上とかなり高価な空洞充填材となること、また閉塞に当たっては均一な強度を必要としているわけではなく多少のブリージングが許容されることから、他のコンクリートによる打設を検討した。

設計の考え方が「空洞内を周辺地山の琉球石灰

岩相当の物で充填すること」であることから、閉塞が必ずしも均一なコンクリートでなくても支障がないと判断した。このため、閉塞に使用するコンクリートの一部がブリージングなどの影響を受けて、強度が所定の $18\text{N}/\text{mm}^2$ を多少下回ることを許容し、空洞内の複雑な形状でも十分に充填できるよう高流動化剤を添加したコンクリート（強度 $18.6\text{N}/\text{mm}^2$ ）を使用することにした。配合は室内で水中無震動打設試験を行い決定した。

6. 空洞処理対策の施工

上記基本方針に基づき、**①矢板締め切り** → **②排土用ポンプ設置** → **③泥土攪拌用削孔** → **④堆積物の除去** → **⑤閉塞コンクリート** の手順で対策を実施することとした。

(1) 矢板締め切り

空洞の上下流を締め切る矢板施工は、琉球石灰岩中に35mもの矢板を打ち込むため通常の打ち込みでは施工できない。このため、止水壁施工のSMW機械を使用し、ケーシング削孔→先行削孔→三軸切り崩しを順に行い、地山を揉みほぐしてから矢板打設を行った。矢板打設は、当初予定していたパイロハンマー+高圧ジェット2本の組

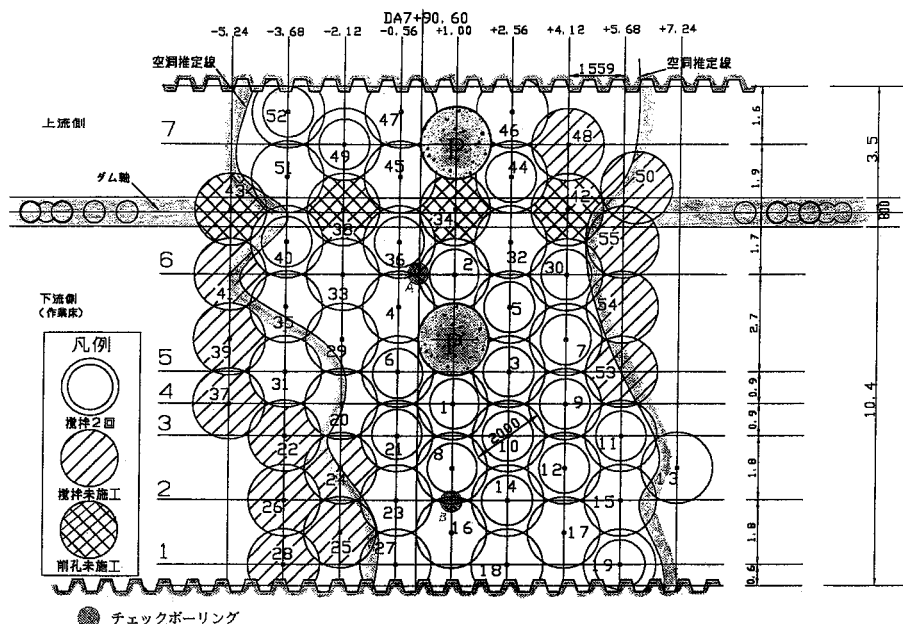


図-8 空洞対策施工平面図

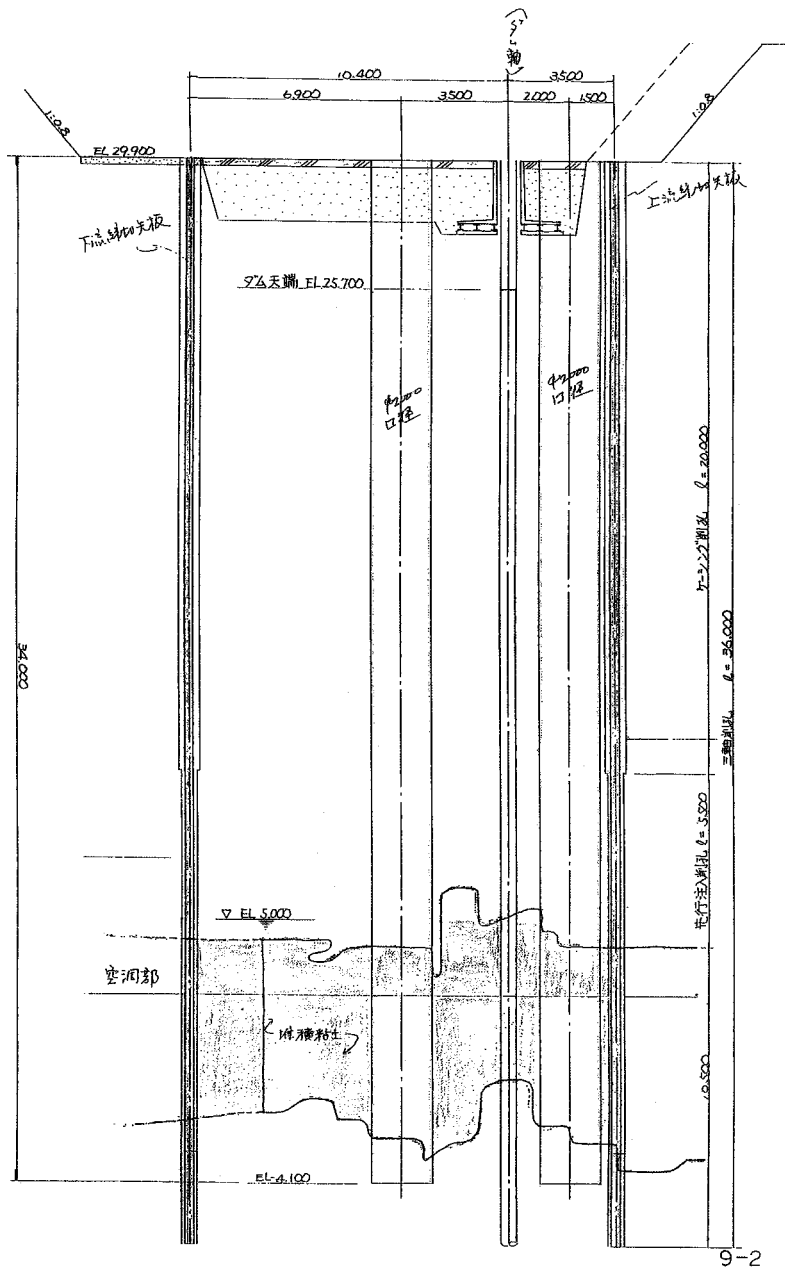


図-9 空洞対策施工縦断面

み合わせでは、打ち込み深さが35mと深く矢板先端まで振動が届かず打ち込みができなかったことから、バイプロハンマーを超高周波バイプロハンマーに変えて施工することで所定の矢板締切が施工できた。

(2) 空洞内堆積物の処理

① 排土用全旋回削孔

上下流の全旋回ケーシング削孔は、当初の予定どおり順調に施工できた。空洞内堆積物のハンマークラブでの掘削・排除では想定していた琉球石灰岩・粘性土・泥土の他に、かなり固化液泥土の固化物が大きな塊で出てきた。全旋回削孔は空洞下端の堆積物までサンドポンプで除去できるよう

釜場を設けられる深度まで行った。

②攪拌用削孔

空洞内堆積物をサンドポンプで排除できるようにするために三重管用削孔は、経済性を考慮してパーカッションボーリングでおこなった。

③堆積物の除去

上下流を矢板で締め切っているため、空洞内地下水の供給とポンプが排除する水量のバランスがとれず、空洞内水位の回復を待つにはポンプを稼働させるといった間欠運転で排泥を繰り返しながら徐々にポンプを釜場におろした。先にパーカッション削孔した穴を利用し、ポンプの稼働に合わせて三重管工法により空洞内堆積物の切削・攪拌を行った。

上記の切削・攪拌とポンプ排泥を繰り返しながらビデオにより全旋回孔直下の空洞部の安全が確認できた時点でゴンドラに乗って目視による空洞内観察を行った。その結果、空洞内には削孔液の溢水を防ぐ目的で投入した固化液泥土の固化物がかなり大量に残っており、十分なポンプ排泥ができていないことが判明した。そのため、ハンマークラブで固化物を排除し、再びポンプを設置して空洞内の堆積物除去作業を行った。除去作業の結果としては、粘性土・泥土はほぼ除去できたが、固化液泥土の固化物・崩落した琉球石灰岩は一部除去できなかった。

(3) 閉塞コンクリート

閉塞コンクリートは、上下流2カ所の全旋回孔を利用しトレミー管を使用しながらポンプ車打設とした。コンクリートは先に述べた高流動化剤を添加したコンクリートを使用し打継ぎ目を無くするため1日で全量を打設した。打設は空洞内をできるだけ隙間無く充填するため、全旋回孔内に空洞天端より6.5m～6.8m上までコンクリートを打ち上げた。

コンクリート打設後、空洞上部隙間の充填と三

重管孔の閉塞をモルタルで行い、閉塞前に計測した空洞体積と、打設したコンクリート量を比較した結果、大きな相違はなく空洞及び攪拌孔はかなりの精度で閉塞できたと思われる。

7. 空洞処理対策の結果

空洞内のコンクリートの充填状況と強度を確認するため2カ所でチェックボーリングを行った結果、空洞内部は空洞天端までコンクリートが満たされており、十分に閉塞されていることが分かった。強度も11日材令強度で設計強度の18N/mm²に近い17N/mm²と良好であった。

8. 今後の課題

空洞内堆積物を全て排除できずに閉塞したため、堆積物の圧密沈下に伴い閉塞コンクリートも同時に沈下し、止水壁に引っ張り亀裂が生じる可能性が考えられるので事業完了前にチェックする予定である。

また、削孔液溢水箇所への固化液泥土の投入は今回のような地下水面下の空洞で、内部堆積物を除去するのにサンドポンプを使用する場合には大きな障害となる。今後は削孔液の溢水が生じた時点で、電流値、トルク値の記録を点検して空洞の位置、規模をまず推定する必要がある。

現在、左岸部の工事において2カ所の空洞の存在を確認しているが、これらの空洞は今回の空洞よりさらに深い場所に位置し、大規模かつ複雑な形状をしているので、今回の空洞対策を参考に、さらに安全に施工できかつ経済的で確実な効果を期待できる空洞対策を行えるよう検討を行っているところである。

引用文献

※1, ※2, 木崎甲子朗：琉球弧の地質誌, 沖繩タイムス社 (1985)

農業用ダムの持続的活用に関する一考察

常 住 直 人*
(Naoto TSUNESUMI)

目 次

1. はじめに	60	4. 浚渫除去の検討	62
2. 農業用ダムの堆砂対策に求められる条件	60	5. 農業用ダムに適した排砂工法に関する一試案	64
3. 堆砂対策の概要	61	6. おわりに	69

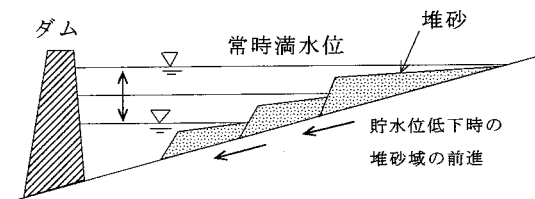
1. はじめに

ダム等、水源施設の経年的な堆砂進行は貯水施設として不可避なものである。現在、これに対しては供用後100年間の堆砂量を推定し、それを利水運用上の死水容量としている。

しかし、実際には当初の推定よりも速い速度で堆砂が進行している事例も散見される。また、そうでなくても、将来的に堆砂量が死水容量を上回り、利水に悪影響を及ぼすのは避けられない。

これに対し適切な対策を施さなかった場合、当座の維持管理コストは安くなるものの、堆砂が貯水池奥深く（堤体側）に進行してしまい、将来的な排砂コストがより一層嵩んでしまう懸念がある（図一）¹⁾。すなわち、死水容量以下だからといって堆砂対策をとらないことは、中長期的に見て、却ってコスト高となる可能性もある（この点についてのコスト比較は現在ほとんど成されていない）。

このようなダム堆砂に対して、新規のダム開発で補填し、それら更新ダムも含めたトータルコス



図一 貯水位低下時の堆砂域の前進

トで有利な運用を図るという方法もある。

しかし、ダム適地は無限ではなく、新規のダム開発は、建設コストが高む割に貯水量がそれほど期待できない場合が多い。すなわち、後になるほど、ダム建設の費用対効果が悪化する可能性が高い²⁾。限られたダム適地（ダム数）の長期利用（出来れば恒久的利用）という見地からも適切な堆砂対策が求められるのである。

* 利水に影響がない程度の堆砂であっても、貯水池内の濁水長期化現象の原因として、環境問題の発生源となる可能性もある³⁾。

2. 農業用ダムの堆砂対策に求められる条件

堆砂はダムの用途に関わらず発生するものであり、堆砂対策の必要性は、ダムである以上、農業用ダムであろうと、発電ダム、治水ダムであろうと変わらない。

しかし、発電ダムはヘッド及び水量、治水ダムは空き容量が効用の源泉であるのに対し、農業用ダムは水量そのものが効用の源なので、発電ダムや治水ダムと比べ、堆砂問題発生時点での深刻度合いはより高いと思われる。

例えば、治水ダムでは空き容量（洪水調節容量）を確保するための常時放流が大きく、それを排砂に利用しやすいので、堆砂問題が発生したとしてもその対策は比較的容易と言える。

これに対し、農業用ダムでは、貯水量を排砂放流にそれほど消費できない。利水放流との整合から排砂操作に制約を受けやすいし、排砂放流に利用しやすい常用洪水吐のような大規模放流施設が付設されるわけでもない。

*農業工学研究所水工部水源施設水理研究室 (Tel. 0298-38-7564)

また、農業用ダムでは比較的、フィルダム型式が多いが、フィルダムでは構造上、堤体への排砂放流施設の取り付けが困難である。

一方、堆砂を浚渫で排除する場合も概して年間の貯水位変動が激しい農業用ダムでは、堆砂が堤体近くまで移動しやすく困難を伴う¹⁾ (図-1)。

この他、農業用ダムでは堆砂対策にかけられるコストや管理労力の制約、農業用ダムの総数の多さに伴う財政的な問題もある。

上記諸点を踏まえ、農業用ダムに合った効率的な堆砂対策のための所要条件を列記すると次のようになる。

- 1) イニシャル、ランニングコスト共に低コストであること
- 2) 利水管理や取水操作に支障を来さないこと
- 3) 貯水量を極力消費しないこと
- 4) 省力的な排砂運用・管理が図れること
- 5) フィルダム型式にも適用可能なこと
- 6) ダム下流の取水施設に悪影響を及ぼさないこと
- 7) 治水上の安全が確保できること
- 8) 環境負荷が許容範囲内に収まること

3. 堆砂対策の概要

ダム堆砂は、流入河川中に微細な浮遊砂分(粒径0.1~0.2mm未満)が多ければ、貯水池内の広い範囲に拡散して堆積していく。しかし、我が国の

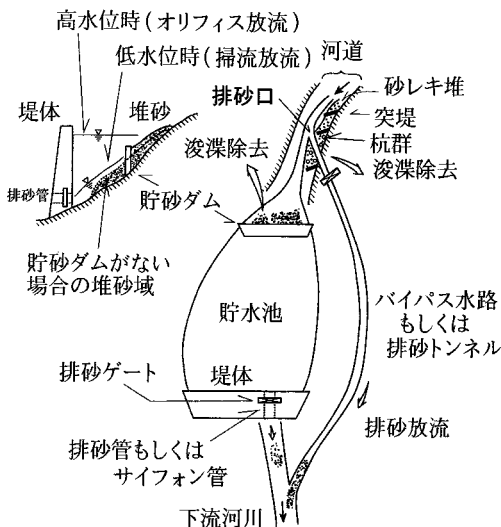


図-2 堆砂対策工法の模式図

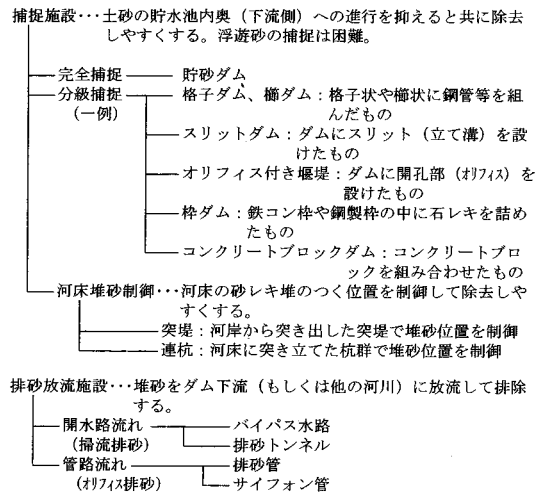
ように粒径の大きい掃流砂分が卓越するところでは、貯水池上流端付近に堆砂域が集中し、それが徐々に貯水池深部に進行していく形態をとる¹⁾。

この際、流入土砂は粒径毎の移動限界速度や沈降速度の違い、すなわち小粒径土砂ほど移動しやすい反面、巻き上がりやすく沈積しにくいという特性から分級されていく。よって、堆砂の下流側や上部ほど小粒径土砂が堆積する傾向がある⁴⁾。

以上がダム堆砂の基本的特性であるが、これら堆砂の排除方法には、大きく分けて「排砂放流」と「浚渫除去」の2つがある(図-2, 表-1参照)。

「排砂放流」では、現地条件によっては排砂コストを抑えうるが、反面、下流河川に土砂を流すので放流管理が不適切な場合、水質問題、環境問題、漁業補償の問題や治水安全上の問題を引き起こす。一方、「浚渫除去」は、非灌漑期に落水することが多い農業用ダムでは採りやすい方法であるが、コストが高む懸念がある。

表-1 堆砂対策の種別



排砂放流の形態と特徴	掃流排砂(開水路流れ)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 貯水池内の広い範囲に亘って多量の土砂を除去できる。 2) 貯水位を下げないと機能しない。 3) 排砂濃度が高くなるので下流域に環境上の被害を起こしやすい。 4) 排砂放流量を制御しにくいので下流域に安全上の問題を生じやすい。
	オリフィス排砂(管路流れ)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 貯水位を高く維持したまま排砂できる。 2) 排砂域がオリフィス近傍に限られる。 3) オリフィス近傍の土砂濃度が高い時に排砂しないと貯水量の損失が大きく非効率。

4. 浚渫除去の検討

本節では堆砂対策の2大工法のうち、「浚渫除去」の農業用ダムへの適用性を検討する。

(1) 農業用ダムにおける浚渫除去の問題点

ダム堆砂を浚渫で除くならば、水量損失も無いし、特別な放流管理も不要である。2節で記した所要8条件の多くを満たせる。この場合、問題として残されるのは、コスト、ダム運用との整合、環境負荷の3点である。すなわち、コストがかかりすぎないか、浚渫期間が長期化しないか、土捨て場を確保できるか、の3点である。

(2) 基準ダム群の選定

以上3点の問題点を検討するには、農業用ダムの年間堆砂量がどの程度かを推定しなければならない。

ここではそのために農業用ダムの中でも堆砂問題が発生しやすいと考えられるダム(以下、「基準ダム」と称す)につき、その程度を推定することとした。

「基準ダム」の具体的な選定条件、選定理由は以下のとおりであり、これら3条件全てを満たす167地区を最終的な検討対象とした。

i) 1, 2級河川内にある農業用ダム(防災兼用のものも含む)

: 直接流域からの流入水量の比率が大きいと見込まれ、その分、土砂が流入しやすいと見込まれる。

ii) 総貯水量100万 m^3 以上の農業用ダム(同上)

: 流入水量が大きいので流入土砂量も大きいと見込まれる。

iii) 1994年以前に竣工した農業用ダム(同上)

: 各種データが得やすい。

なお、これ以下の議論の多くは、計画データ⁵⁾(計画堆砂量)に基づく、全体平均でのものである。

これは、実際の堆砂量は必ずしも計画値と一致するわけではないが、平均的に見れば、極端に大きなズレは生じないと推測に基づく(その根拠は下記(参考)のとおり)。また、現状では現地データが十分収集・整理されていないので、このような措置を取らざるを得ない。以上の点を念頭に置き、ご一読いただきたい。

(参考) 従前、農業工学研究所で実施した調査⁶⁾

の結果では、調査地区66地区のうち、計画以上に堆砂が進行しているもの21地区、計画ほど堆砂が進行していないもの22地区であり、両者はほぼ同数であった(なお、計画が無いものは4地区、堆砂データのないものは19地区であった)。

また、全体の竣工後平均年数は21年で堆砂進行が計画を上回るものそれは22年、下回るものは20年であり、前者の竣工後経過年数が特に短いわけではなかった。すなわち、堆砂進行が計画を上回る地区の中には、竣工直後の堆砂急増により一時的にそうなっているわけではなく、計画堆砂が過小なことがその原因と見られるものが多く見られた。これは、下記内訳からも類推される。

堆砂進行が計画を上回る地区のうち……

竣工後10年まで計画堆砂を下回る堆砂進行速で、それ以降に段階的に急増したもの: 7地区

当初より一環し計画堆砂を上回るペースで堆砂が進行しているもの: 3地区

竣工後10年未満で堆砂が大きく進行しその後、安定しているもの: 7地区

上記以外もしくは途中データが不足しているもの: 4地区

したがって、ここではダム群全体を平均的に見れば、計画通りに堆砂が進行しているものとして計画値に基づき議論を進める。

なお、現地調査に基づく従前データとしては国土開発技術研究センターに依るものもある⁷⁾。

* 計画値に基づくため、計画堆砂量、計画堆砂年が設定されていないダム(計70地区)は基準ダムから除外した。

また、計画堆砂年が極端に短いうえ、貯水量が比較的小さいダム、すなわち溜池のように定期的な土砂上げで対処可能と見られるダムも除外した(計4地区)。

(3) 年間堆砂量及び年間浚渫量の推定

基準ダムの年間堆砂量(計画値)の平均値は1ダム当たり約7.3千 m^3 である(基準ダム群の中間規模のダムで年間約2.6千 m^3)。

堆砂量が計画堆砂を上回り利水容量が減少し始める時点、もしくは計画堆砂未満でも濁水問題や

取水障害等が顕著となり堆砂のこれ以上の増大を許容できなくなった時点では、この平均年間堆砂量（＝平均年間流入土砂量）が1ダム当たりの平均年間浚渫土砂量になる。これは堆砂密度1.5t/m³⁴⁸⁾として10tトラックのべ1100台分程度に相当する量である。

また、年間総浚渫土砂量は基準ダム167カ所分だけで約1211千m³とフィルダム1～数個分程度となる。

(4) 浚渫作業のダム運用や環境への影響

上記のように堆砂問題が許容出来なくなった時点での1ダム当たり年間浚渫土砂量は相当量に上る。水中掘削等を行わない限り、浚渫中は貯水位をある程度下げざるを得ないので、場合によっては浚渫の為の貯水位低下期間が長期化し、ダム運用に支障を来す可能性もある。また、ダム運用に支障を来さぬよう浚渫工期を短縮し日浚渫土量を増やせば、その分、処分場までの運搬に伴う交通問題等、各種障害を生じやすくなる。

すなわち、基準ダム規模では、浚渫作業のダム運用への影響は皆無とは言いがたい。

加えて、浚渫に伴う毎年の土捨て場確保も問題になる。毎年ということを考えれば、環境や治水、下流セキへの土砂災害等に注意しつつ、下流河川や海岸に恒久的な土捨て場を確保しなければならないだろう。

したがって、浚渫土砂の資源化（骨材、盛土材、養浜材への利用等）により幾ばくかでも廃棄土砂の低減や費用補填を行う必要がある。

なお、浚渫を毎年こまめに行わない場合は、浚渫年に上記の問題が集中して発生し、手に負えなくなる可能性が高まる。

(5) 浚渫・処理コストの試算とダム更新との比較 前節の堆砂量推計値から下式より年間の浚渫・処分コストを算出する。

$$\text{年間浚渫・処分費} = \text{年間堆砂量}(\text{m}^3) \times (\text{掘削費} \\ 0.3\text{万円/m}^3 + \text{運搬費}0.4\text{万円/m}^3 + \text{処分費}0.1\text{万円/m}^3)$$

（単価は「積算資料'99.1月号」p.803等より）

この結果は、基準ダムで、1ダム当たり平均、年間5800万円程度となる（基準ダム群の中間規模のダムで年間2100万円程度）。基準ダム群全体では年間約98億円に上る。

なお、1ダム当たり年間5800万円という浚渫費

用は、堆砂による利水容量減少分を新設ダムで補填した場合に比べ、かなり不利と言える。何故なら、平均的に見ればダム竣工後100年での堆砂率（基準ダムの計画堆砂年を100年に一律換算した場合の堆砂率）は総貯水量の11%程度と見込まれており、基準ダム規模のダムの平均建設額が現在、145億円程度であることからすれば、貯水量減少分を補填するための建設額は、145億円/ダム×11(%)÷100(年)＝1ダム当り年間約1600万円にすぎないからである。

もちろん、ダム建設には多大な関連費用がかかること、ダム規模の縮小に応じダム建設額が低減するわけではないこと、新設補填ダム自体にも100年当たり11%程度の堆砂を見込まなければならないこと(11%×1.11倍＝約12.2%の規模)、等々があり、補填ダムコストは更に増高しうる。しかし、それでも平均的に見れば、浚渫で対応する場合に比べ有利になる可能性が高い。

これを改善するには浚渫土砂の資源化を進める必要があるが、下式のように処理費（分別費等）もかかるので全体収支を一方的に改善させることにはならない。また、資源化量が需要量を越えてしまえば、資源化による利益はあまり見込めなくなる。

資源化も含めた浚渫排砂費用

$$= \text{浚渫・処分費} + \text{資源化のための処理費}$$

—資源化による利益

したがって、現状では浚渫で現ダムを維持するよりも、堆砂を放置しダム更新（補償や工期遅延など）で対応するほうが有利になる可能性が高い。個々の事例では逆になる場合もあろうが、全体平均ではダム更新の方が有利になる可能性が高い。

ただし、ダム適地は無限でないこと、全て新設ダムで対処するには環境面でかなりの障害が想定されること等、ダム更新（新設補填ダムの築造）もコスト増要因を多く含む。浚渫よりも当座有利とは言え、長期的に見れば逆転するし、最終的には経済的に見合わなくなって新設不能となる⁹⁾。

* 基準ダムの平均建設額は約45億円、竣工後の平均経過年数は約23年である。ここではダム工期を平均10年とし、約28年前（＝23年＋平均工期10年/2）からの公共事業工事費の増大分を考慮して（建設省建設経済局、建設工事費デフレーターより約3.2倍）、基準ダム規

模のダム工事費を145億円/1ダムとした。

5. 農業用ダムに適した排砂工法に関する一試案

前節で、中短期で見れば、浚渫がダム更新よりコスト的に不利になる可能性が高いことが明らかとなった。しかし、その一方、ダム更新もダム適地の減少→コスト増高から長期的には困難となる。

そこで、以下では浚渫以外の堆砂対策工法について検討する。

なお、前節の議論からすれば、この工法にかかる費用が平均6千万円/年以下ならば浚渫よりも有利と言え、平均2千万円/年以下ならばダム更新よりも有利になる可能性が高い。また、平均2千万円/年を上回った場合でもその差が小さければ、その分、ダム更新に対し費用対効果が逆転するまでの期間が短くなる。ダム更新の数に制約があることを鑑みれば、平均2千万円/年より大きくとも採用に値するかもしれない。

(1) 排砂工法の検討

浚渫に依らずダム堆砂を除去する方法としては、基本的にダム下流への排砂放流しかない。

排砂放流は、表-1、図-2左上図に前掲したように、貯水位が比較的高い時に行う「オリフィス排砂」(sluicing operation)と貯水位を十分下げた後に行う「掃流排砂」(flushing operation)の2つに大別できる。

「オリフィス排砂」は貯水位を高く維持したまま排砂できるが、排砂口近傍しか排砂出来ないで、結局は排砂時の水量損失が大きくなってしまふ。したがって、利水ダムである農業用ダムでは、より排砂効率の高い「掃流排砂」を基本とした排砂工法が有利と考えられる。

ただし、農業用ダムでは利水上、貯水位(貯水量)を一定以上に保たねばならぬので、この状態で「掃流排砂」を行うとなると排砂口位置は自ずと貯水池上流側に限られることになる(図-2右下図参照)。これは、「掃流排砂」では排砂口直上流水位を十分低下させねばならぬからである。

また、利水運用と排砂操作の双方が悪影響を及ぼし合わないようするため、排砂口下流の貯水位と排砂口上流水位を完全に分離することが望ましく、ここに何らかの仕切壁(貯砂ダム等を流用。図-2右下図参照)が必要になる。

農業用ダムの排砂工法としては、このように「掃

流排砂」を基本とし貯水位分離壁(貯砂ダムなど)を併設した排砂トンネル工法に限定される可能性が高い。工法が限定されるものの、この工法は排砂効率向上にはむしろ好都合である。

これは、我が国河川¹⁰⁾では比較的大粒径の掃流砂(0.1~0.2mm以上)が主体なため、ダム堆砂域が貯水池上流部に集中するので⁴⁾、排砂口が上流側にあった方が排砂口・堆砂域間の間隔が開かず排砂効率を上げられるからである。

なお、この工法では、排砂口以下の排砂施設(排砂トンネル、排砂水路など)は堤体と分離して設けられるので、フィルダムにも適用しやすく、この点からもフィルダムの多い農業用ダムには適していると言える。

* ダムが築造されるのは、概して扇状地より上流域であるが、利根川、長良川のような長大河川の事例でもこの付近の河床での粒径1mm以下、0.1mm以下の土砂割合(通過重量百分率)はそれぞれおおよそ10%、数%程度以下である¹⁰⁾。より短い河川ではこの割合はさらに下がると見られるので、我が国の場合、ダム堆砂のほとんどは掃流砂分(0.1~0.2mm以上)で占められると考えられる。

なお、中小河川の上流端の谷地のような地形に設けられるダムでは細粒分の割合がもっと高くなるかもしれないが、この場合には堆砂量、堆積速度そのものも小さく、溜池のように時々土砂上げで対処可能と考えられる。これらについては排砂放流施設のような特別な堆砂対策は不要である。

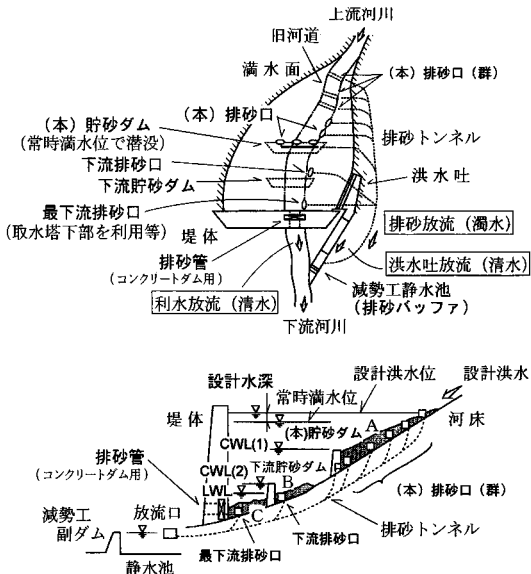
(2) 貯砂ダムと排砂トンネルを組み合わせた排砂工法とその運用方法

前記の考察より以下では、排砂トンネル工法を基本に、農業用ダムに適した排砂工法として図-3に示す工法を提示する。これは2節で記した農業用ダムの堆砂対策に求められる所要条件全てを満たすことを念頭に置いたものである。

本工法の概要は以下の通りである。なお、本工法の実現可能性については次報で論述する。

<貯砂ダム>

堆砂の捕捉施設として貯砂ダムを設け、堆砂の貯水池深部(堤体側)への進行を抑える(図-3(1)、(3))。



上図中・・・

- 堆砂A：主に掃流砂
- 堆砂B：浮遊砂及び低貯水位時に(本)貯砂ダムから越流流下した掃流砂
- 堆砂C：主に浮遊砂(一般に少量)
- CWL(1)：(本)貯砂ダムの天端高(極力高くする)
- CWL(2)：下流貯砂ダムの天端高(極力低くする)
- LWL：非かんがい期の最低水位
- 下流貯砂ダム：(本)貯砂ダムからの流下土砂が多く、最下流排砂口から排除しきれない場合に設置する。

図-3(1) 潜没貯砂ダムと排砂トンネル, 排砂バッファを用いた堆砂対策工法

貯砂ダムの基本配置

i) 貯砂ダム上流に十分な貯砂容量(所要貯砂容量, 下記*参照)が確保される地点よりも下流に配置する(図-3(3))。

*十分な貯砂容量(所要貯砂容量)：年間堆砂量÷排砂頻度を基本とし、地崩れ、豪雨、地震など一定確率年で起きる大規模土砂流入を考慮して余裕を持たせた値とする。

ii) 貯砂ダム位置が上流なほど、その規模を低減出来る。また、貯砂ダム付設排砂口(後述、図-3(3)参照)と堆砂位置の間隔が狭まり、排砂口からの排砂効率を高められる(特に堆砂の下流への進行が進んでいない初期段階で)。反面、排砂トンネル延長は延びる(図-3(1))。これらを勘案し適正な貯砂ダム配置とする。なお、河川形状により土砂が溜まりやすい地点についても考慮する必要がある。

貯砂ダムの構造

i) 貯砂ダムは、排砂時の流量を極力、排砂口

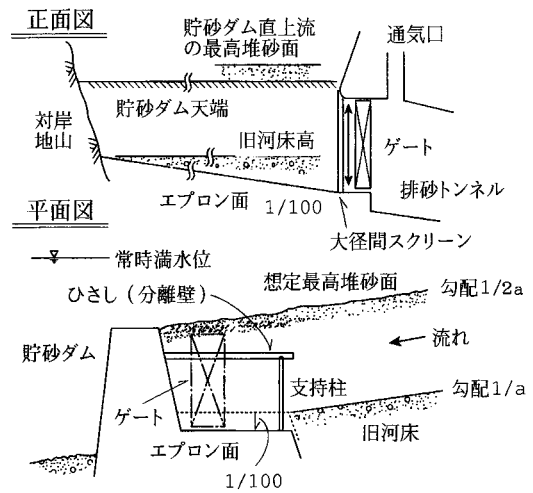


図-3(2) 潜没貯砂ダムと排砂トンネル

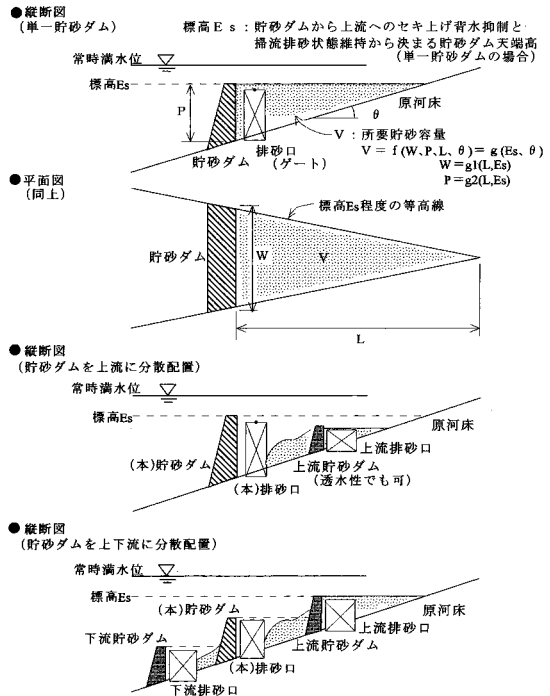


図-3(3) 潜没貯砂ダムと排砂口の配置

に集中させ排砂効率を高めるべく(貯水量損失を減らすべく)非透過構造とする。

これにより下流側貯水位に影響を与えずに排砂放流を行え、かつ下流の貯水位変動と無関係に一定の排砂ヘッドを確保できる。

ii) 新設ダムでは、貯砂ダムに仮締切堤の活用を図りうる(仮締切堤の複列化により)。

また、コンクリートブロックダム、枠ダム

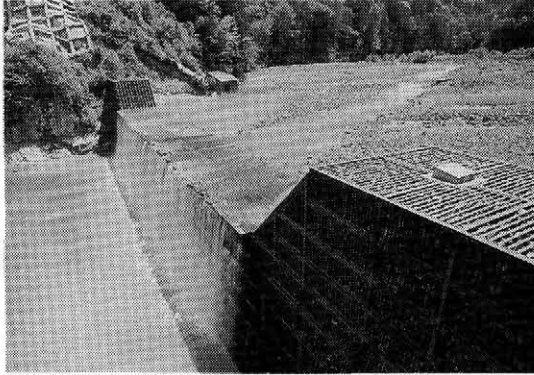


図-4 枠ダムの事例

(図-4)や櫛ダム、格子ダムなど、砂防堰堤で近年用いられている簡易工法を応用しコスト低減を図っても良い¹⁾。

* 上記のうち、前2者は透過構造であるものの、ある程度経過すると目づまりによりほぼ非透過に近くなると見込まれる。なお、後2者は完全な透過構造であり、貯砂ダムを複列化した場合の「上流貯砂ダム」(後述)に適す。

これらは概して低コストで、事後の貯砂ダムの補填、改廃が行いやすく、開発途上の排砂工法には適している。

- iii) 貯砂ダム天端標高は常時満水位よりも十分下げ、貯砂ダムや貯砂ダム上流の堆砂によるセキ上げ背水が、上流域での破堤や湛水被害を引き起こさないようにする(図-3(3))。また、貯砂ダム高が高すぎると貯砂ダム自体の背水により堆砂域が下流(排砂口位置)まで進行しにくくなり排砂効率が落ちる。

ただし、過度に天端標高を下げると、貯砂ダムが貯水面以下に潜没する期間が長くなり「掃流排砂」を行いにくくなる。ほとんどの期間において「オリフィス排砂」の状態になるので、排砂効率が低下する。

また、排砂操作が下流貯水位に影響を及ぼしやすくなるうえ、河川増水時の貯砂ダム越流頻度や越流量が増し、下流貯水池に流亡する土砂量も増える。

貯砂ダム天端高は上記の各事項や貯砂ダム自体の築造費を考慮して定める。

- iv) 上記の貯砂ダム天端標高と所要貯砂ダム容量から最終的な貯砂ダム位置、高さ、幅が定

まる(図-3(3))。

上流側貯砂ダムの配置と構造

- i) 初期段階での排砂効率を高めるべく貯砂ダム(及び排砂口)を前述、「貯砂ダムの基本配置」の項で定まった位置より上流側に分散させても良い(「上流貯砂ダム」、図-3(3)中段の図、及び図-3(1)参照)。

上流側に分散させる場合も各貯砂ダム、各貯砂ダム付設排砂口群(後述)の設計法は基本的に変わらない。

- ii) 本貯砂ダム(図-3(3)中段の図参照)で下流貯水位を仕切れるので、「上流貯砂ダム」の天端高は本貯砂ダムより低く出来る。
- iii) 「上流貯砂ダム」は透過構造とし、分級捕捉施設として資源化しやすい大粒径土砂のみ捕捉させても良い。ここでは排砂放流よりも浚渫除去主体の運用となる。

なお、透過構造ではセキ上げ背水が小さいので、堆砂が下流(排砂口側)に進行しやすい反面、堤からの水漏れにより排砂口への流量集中が困難となる。したがって、排砂放流も併用するならば、「上流貯砂ダム」でも排砂時掃流水位以下の部分は非透過構造とするのが望ましい。

* 常時満水位より上流の河川では、掃流状態が保たれやすいので、排砂効率の高い渦動排砂管(床固め内)を敷設しても良い。

下流側貯砂ダムの配置と構造

- i) 貯砂ダムを越えて越流流下する土砂や浮遊砂分の捕捉の為、さらに下流に「下流貯砂ダム」と「下流排砂口」を設けても良い(図-3(3)下段の図、及び図-3(1)参照)。
- ii) 「下流貯砂ダム」での堆砂量は概して小さいので排砂頻度も自ずと低くできる。排砂頻度が低い分、貯水位以下への潜没頻度が多少高くても構わないので、その分、天端標高も下げられる(図-3(3)下段の図)。
- iii) 「下流貯砂ダム」の貯砂容量分だけ「本貯砂ダム」の所要貯砂容量を減らせ、その貯砂ダム高も下げうる(図-3(3)下段の図)。

この際、「本貯砂ダム」の他、「上流貯砂ダム」もある所では、これら全ての天端高を一律に下げるより、下流のものほど大きく下げ

の方が経済的である。これは、下流のものほどダム規模も大きくなりやすいからである。また、下流のものほど、排砂頻度が低く潜没期間が長くても問題無いので、その天端高を下げやすい。

〈排砂口〉

貯砂ダムで捕捉した堆砂は排砂口(ゲート付き)から下流河川に排砂放流する。

排砂口の位置

- i) 排砂口位置は排砂効率を高めるべく貯砂ダム直上流を基本とする(図-3(2))。
- ii) ただし、河川の線形から滞砂しやすい位置が上流にあればそこにも設けて良い。また、コストパフォーマンスの点で有利ならば、兩岸や貯砂ダム上流面等、複数箇所に分岐させても良い。

* 貯砂ダム付設排砂口に分岐により堆砂の取り残しを少なくでき、浚渫排除の比率を下げられるので、排砂総費用を低減しうる。また、貯砂ダム直上流の取り残し堆砂高が下がるので、貯砂ダムから下流に越流流亡する土砂量も減らせる。

排砂口の構造

- i) 排砂口開口部は、排砂口の埋没防止と上下に変動する堆砂面への追従のため、貯砂ダム基部高さ～天端高付近まで十分、縦に広げるのが望ましい(もしくは多段多口式とする)。
- ii) 貯砂ダム一個に付設させる排砂口の総断面積は、排砂対象流量(下記*参照)以下の河川流量で十分な掃流状態(掃流力)が保たれる大きさ以上とする。

なお、排砂口を複数分岐させる場合はその分、各々の排砂口を小規模化しうる。

* 排砂対象流量：排砂対象最大粒径を掃流排砂する際の設計流量。これが河川流量に比し大きければ、排砂対象最大粒径近くの大粒径土砂を全て放流排除するのは困難になる。このような場合は浚渫除去の割合を増さざるを得ない。

* 排砂口規模(設計排砂流量)を大きめにし、排砂口からの放流割合を高めれば、貯砂ダムからの背水を減じ、堆砂域が貯砂ダム地点(=排砂口地点)まで進行しやすくなり排砂効率が高まる。また、貯

砂ダムからの越流量(越流速)を減らせ、下流貯水池内への流亡土砂量も減らせる。

反面、排砂口やその下流の排砂トンネル(後述)を含めたイニシャルコスト、ランニングコスト(補修費)は高くなる。

- iii) 排砂口上流は大径間スクリーン(もしくは櫛ダム)で保護し、過度に大きな石レキや流木の流入を防ぐ。

これにより排砂トンネルの閉塞、破損や摩擦を抑えると共に、これら石レキの資源化により浚渫コストの回収を図る。

〈排砂トンネル(もしくは排砂水路)〉

排砂口からの排砂放流は、排砂トンネル(もしくは排砂水路)により貯水池を迂回して下流の排砂バフファへ流しこむ。

排砂トンネルの構造と水理

- i) 排砂トンネルには仮排水トンネル路線を極力利用する。
- ii) 排砂トンネルの流れは、ダム上下流水位条件・地形勾配条件から一般に呑み口で開水路～オリフィス流れ、内部で開水路流れになると見込まれる。その設計・施工はトンネル式洪水吐に準じたものとなる¹²⁾¹³⁾。

〈最下流排砂口及び排砂管〉

貯砂ダム(群)を越流流下し下流貯水池内に堆砂した細流土砂は、最下流排砂口もしくは堤体付設排砂管から排砂バフファ(もしくは下流河川)に排砂放流する。

最下流排砂口、排砂管の位置と構造

- i) 最下流排砂口は貯水池最深部付近に設ける(図-3(1))。コンクリートダムでは、排砂管を堤体下部に設けても良い(図-3(1))。
- ii) 最下流排砂口や排砂管には、埋設しないだけの十分な開口高と排砂時に掃流状態を保ちうる十分な断面積を持たせる。

〈排砂バフファ〉

排砂トンネル及び最下流排砂口、排砂管の出口は原則として「排砂バフファ」に設ける。「排砂バフファ」で排砂放流に伴う下流河川流量や土砂濃度の急激な増大を抑えつつ、少しずつ下流河川に放流する。

これにより排砂放流による環境問題、治水問題やダム下流のセキに対する土砂災害を極力抑える。また、排砂操作に多少のぶれがあっても、下流へ

表一 2 潜没貯砂ダムと排砂トンネル、排砂バッファを用いた堆砂対策工法の運用試案

時期	貯水位	利水運用	排砂操作	排砂形態 (排出土砂種別)	排砂流量	排砂トンネルからの放流濃度	下流への放流濃度
灌漑期	F.W.L.以上	洪水吐放流	極力、多くの排砂口を開ける(全体に攪拌されているので)	オリフィス排砂(掃流砂、浮遊砂)	洪水吐放流量の一部	高	上流河川よりも低い場合(洪水吐放流で希釈)と高い場合(静水池内の堆砂が大量に流下)があり。
	C.W.L.~ F.W.L.	利水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける	オリフィス排砂(主に浮遊砂)	利水放流量以下	低	概して上流河川よりも低い(静水池内に堆砂するうえ、取水工放流で希釈される)
		非放流	無し				
	C.W.L.以下	利水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける	河川流量が小さい場合(貯砂ダム非越流)は掃流排砂(主に掃流砂)、大きい場合はオリフィス排砂(掃流砂、浮遊砂)	利水放流量以下	低~高	概して上流河川よりも低い(静水池内に堆砂するうえ、取水工放流で希釈される)
非放流		無し					
非灌漑期 (落水期)	F.W.L.以上	洪水吐放流	灌漑期と同様	灌漑期と同様	灌漑期と同様	高	灌漑期と同様
	C.W.L.~ F.W.L.	落水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける	オリフィス排砂(主に浮遊砂)	落水放流量以下	低	概して上流河川よりも低い(貯水池内で拡散し濃度低下)
	C.W.L.以下	落水放流	堆砂面に近い排砂口を極力多く開ける。特に下流排砂口を開けて貯砂ダム下流の底泥(浮遊砂分)を排除する(主に洪水時に排砂)。	河川流量が小さい場合(貯砂ダム非越流)は掃流排砂(掃流砂、浮遊砂)、大きい場合はオリフィス排砂(掃流砂、浮遊砂)	落水放流量以下	低~高(貯砂ダムからの越流により貯砂ダム下流の底泥が攪拌される)	概して上流河川より低い(静水池内に堆砂するので)。ただし、下流排砂口からの浮遊砂放流が適宜な場合は高濃度となるので、適宜、この開度を調整する。
非灌漑期 (貯水期)		非放流	貯水面上の堆砂を中心に適宜、浚渫。				

- * 掃流排砂とは排砂トンネル(排砂口)の上流水位を十分下げて掃流状態で排砂することであり、排砂効率が高い。一方、オリフィス排砂は、上流水位が高いときにオリフィス流れて排砂すること排砂効率は低い。
- * 排砂トンネルが万一閉塞する場合に備え、排砂トンネルに放流分担させる場合も洪水吐規模、取水工規模をその分、小さく設計すべきではない。
- * 排砂放流は、上記操作により灌漑期間~非灌漑期(落水期)に完了させる。これに浚渫も併用し、冬期中に貯砂ダム内の堆砂を全て除去するよう努める。これは、堆砂の固結防止、ヘドロ化防止と融雪期の下流貯水池内への残砂の流下を防ぐためである。
- * 下流への放流土砂濃度が高まるのは増水時で、土砂の流速力が高いので、排砂土砂が薄く広く拡散する。よって、環境上の問題、下流取水堰での土砂被害は生じにくい。

の悪影響を許容範囲内に抑える。

排砂バッファの構造と運用

i) 排砂バッファとして減勢工静水池を利用できる。ただし、静水池規模がバッファとして不足する場合は容量拡張が必要である。

また、静水池末端形状はバッファ効果を高めるべく改修するのが望ましい。

なお、地形上、排砂トンネル出口を静水池側に設けられない場合は別途、排砂バッファを設けるしかない。

ii) バッファ効果は、静水池副ダム(もしくはシル)を穴あき構造やスリット構造とし、少しずつ土砂や水が抜けていくようにすることで調整する。

排砂バッファでは、土砂濃度が低い微小流量時にスリットやオリフィスから少しずつ土砂を流し、貯砂スペースを確保する。土砂濃

度が高い中小流量時には、副ダムやシルのセキ上げ効果が卓越し土砂が溜め込まれる。

<排砂運用(表一2参照)>

排砂運用の基本

i) 堆砂排除は「1年サイクル」等、極力短期間で行う。その年度に貯まった土砂は、その年度のうちに排除するのが望ましい。

これは、短期間で完全排砂の方が、長期堆積に伴う固結による排砂放流の効率低下やヘドロ化による放流の困難化を抑えられるからである。

ii) 出来るだけ排砂頻度を高める。これは、貯砂ダムや排砂トンネルの規模抑制もさることながら、1回の排砂水量、排砂土砂量を減らし、利水、治水、環境、水産への悪影響を抑えるためである。

iii) 排砂口(群)や最下流排砂口、排砂管から

の排砂放流は、灌漑期～落水期に利水放流や洪水放流（及び落水放流）を兼ねて行う。

これは利水容量の減損（無効放流）回避、下流域の安全確保や管理・運用の省力化のためである。

- iv) 排砂口（群）から排砂しきれない大粒径土砂（石レキなど）は、落水期など低水位期に浚渫除去する。この際、除去堆砂の資源化により幾らかでもコスト回収を図る。
- v) 貯砂ダムを越えて貯水池内に流亡した細粒土砂は低水位の落水期出水時を中心に最下流排砂口、排砂管から排砂放流する。この場合も極力、「掃流排砂」とし、排砂効率を高める。

なお、最下流排砂口、排砂管からの排砂は細粒土砂なので前述の排砂バッファが機能しない。それ故、河川出水時中心の排砂とする。

- vi) 常時や中小洪水時の排砂放流で排砂バッファ（静水池）内に貯まった土砂は、微少流量時に少しずつ、及び洪水吐放流を伴う大洪水時に一気に下流に流す。

なお、大洪水時は上流河川の土砂濃度も元々高いこと、排砂土砂が下流域に広く拡散されること、土砂濃度が低い洪水吐放流で希釈されること等から環境問題にはなりにくいと推定される。

排砂放流のモニタリング

- i) 排砂効率は、排砂口が堆砂域にある、排砂口付近の土砂濃度が高い、掃流排砂の状態が保てる……等の場合に良くなる。しかし、実際には排砂口は管理所から離れており、かつ堆砂面は水没していることが多いので、どの位置の排砂口が最も排砂効率の良い状態になっているかは分かりにくい。

したがって、各排砂トンネル放流の土砂濃度を濁度計等でモニタリングしつつ、適切な排砂口を選択して排砂放流を行う。

- ii) 排砂放流全体の土砂濃度管理は貯水池下流に設けた濁度計により行う。この際の管理は、利水放流・洪水吐放流・各排砂口放流合流後の下流濁度が上限濁度を超えなければ良しとする程度の大まかなものにならざるを得ない。

なお、上限濁度は、下流利水、環境、水産上、問題のない一定以上の余裕を持たせて、

各現場毎に経験的に定めるしかない（現場毎に下流の状況や流下土質が異なるので）。

すなわち、ダム放流の濁度を少しずつ上げていき、下流の状況を見つつ、経験的に「ダム全放流量—ダム放流濁度上限値」の関係図（式）を策定していく。一般に全放流量が大きい時は、土砂が下流広く拡散するので、上限値が上がると考えられる。

* 濁度と土砂濃度の関係は、流下土砂の質により異なる。流下土砂の質によっては濁度が高くとも土砂濃度が低く問題ない場合もある。したがって、各現場独自に「ダム全放流量—ダム放流濁度上限値」の関係図（式）を定める必要がある。また、土砂の質は経時的にも少しずつ変化していくので、上記関係図も少しずつ修正していく必要がある。

- iii) ダム上流河川にも濁度計を敷設し、下流濁度が上流河川濁度を極端に大きく上回らないように管理する。

6. おわりに

我が国の人口密度は約350人/㎢と非常に高い。この高密度の国土で一億以上もの人口を養っていくには、将来的にも米以外の主食は考え難い。米は小麦などと比べ人口扶養力が高いうえ、永続的な連作が可能だからである。しかし、その反面、米（稲）は多量の水を必要とする作物である。農業ダムには、この水を永続的に確保する役割がある。将来的にも米を主食とし続けざるを得ないならば、農業ダムを持続的に活用すべく手当を施すことが大切なのである。

また、将来は、人口の安定化に伴う経済成長の鈍化（相対的経済力の低下）から現在よりも財源が乏しくなる可能性が高いので、コストを極力抑えつつ効率的に持続的活用を図る必要がある。

我が国の輸入資力の相対的低下や国際的な食糧需給の逼迫など、中長期トレンドとして、食糧輸入を巡る状況が悪化することを鑑みれば、現在のように食糧需要の6割を輸入で賄える状況が続くとは到底考えられず、減反・飽食の時代にあっても、農業基盤維持の努力、分けても水源たる農業ダムの持続的活用を図り続ける努力が重要と思うのである。

然るに農業ダムの持続的活用を図るには、堆砂対策をどうするかが大きな鍵となる。この問題は避けて通れない。

次報では本報文後半で提示した排砂工法について、その実現可能性を検討することとする。

参考文献

- 1) 竹本・鈴木(1998)：ダムの総合的な堆砂対策に関する研究，大ダム，No.163，p.58
- 2) 村松(1989)：水資源開発，改訂5版農業土木ハンドブック，p.82
- 3) 芦田・高橋・道上(1983)：ダム堆砂，河川の土砂災害と対策，森北出版，p.14
- 4) 芦田・高橋・道上(1983)：堆砂形状と粒度分布の実態，河川の土砂災害と対策，森北出版，p.157～165（特にp.157～159）
- 5) 谷(1998)：農業用基幹施設データベース，農業工学研究所所蔵
- 6) 樽屋他(1997)：農業用ダムにおける調査研究，H.9 重要構造物実態調査報告書
- 7) 国土開発技術研究センター(1979)：ダム堆砂対策調査報告書
- 8) 吉良(1982)：ダムの堆砂とその防除，森北出版
- 9) 今村(1999)：ピアード発言の背景と我が国の実状，ダム技術，No.153，p.4～11
- 10) 山本(1988)：河床材料，河道特性論，土木研究所資料，第2662号，p.17～20
- 11) 武居(1990)：砂防学，山海堂，p.127～148
- 12) 農水省構造改善局(1981)：洪水吐，土地改良事業計画設計基準設計ダム，p.315～317及び348～356
- 13) 常住・加藤・中西(1999)：ラビリンス堰を付設した立坑式洪水吐の流況と立坑式洪水吐の低コスト化について，農工研技報，第197号，p.100～102
- 14) Morris, G.L., Fan, J. (1997) : Reservoir Sedimentation Handbook, McGraw-Hill

新宮川ダムプレキャスト監査廊底版と 高流動コンクリートの付着性状について

及 川 光 宏*
(Mitsuhiro OIKAWA)

目 次

1. はじめに	71	4. 実験結果	72
2. プレキャスト監査廊の概要	71	5. 監査廊底版と高流動コンクリートの付着性状	76
3. 付着性状に関する実験	71	6. おわりに	76

1. はじめに

新宮川ダムは、福島県大沼郡会津高田町、会津坂下町、会津本郷町、新鶴村にまたがる4,490haの水田と畑地かんがい用水の安定供給を図るため、国営かんがい排水事業会津宮川地区の主要水源として、一級河川阿賀野川水系宮川の上流部に建設中の農林水産省で初めてRCD工法を採用した重立式コンクリートダムである。

コンクリートダムの監査廊は、現場内で型枠支保工の設置や鉄筋の組立を行い、現場打ちで施工される煩雑な作業が主となっており、大型施工機械を用いるRCD工法による工事では難点となっていた。このようなことから、本ダムでは、現場作業の単純化、省力化、安全性の向上、工期短縮等を図る目的で、監査廊のプレキャスト化の導入を検討し、現在、施工を実施しているところである。プレキャスト監査廊の施工においては、監査廊底版と堤体コンクリートの一体性を確保するため、高流動コンクリートを採用し打設している。

本報は、この逆打ちで打設される高流動コンクリートとプレキャスト監査廊底版の付着性状について試験等で確認したことについて報告するものである。

2. プレキャスト監査廊の概要

プレキャスト監査廊の導入にあたり、実物大模型実験を行い、堤体コンクリートとプレキャスト

部材の一体性を確認した。本ダムでは、一部材あたりの重量を軽減でき、運搬、据付等の取り扱いが容易となること、RCD工法ダンプ乗り入れにおいて監査廊を横断する設備の規模が小さくできる門型2分割型を採用した。

部材は、監査廊の縦断勾配を1:1.2に統一し、水平部と斜路部の2タイプとし、従来の鉄筋量算定での必要鉄筋量を部材に組込んだ。

施工は、鋼製の架台を設け、その上にプレキャスト部材を設置することにより据付精度を確保した。このため、部材の底版下に35cmの空間が生じ、普通コンクリートでは締固めが困難となることから、自己充填性を有する高流動コンクリートを採用しプレキャスト部材との一体性を確保することとした。

図-1にプレキャスト部材の形状、図-2に施工図を示す。

3. 付着性状に関する実験

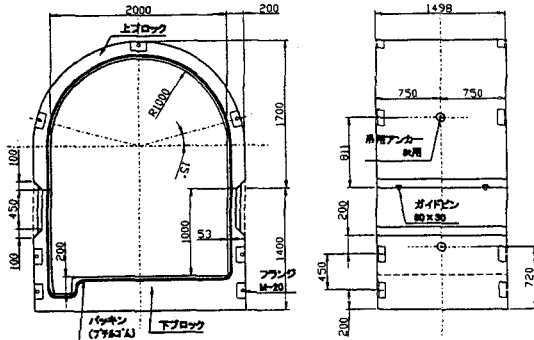
高流動コンクリートは、自己充填性を有していることから、充填性の確保を目的に締固め作業が困難な場所へ打設されることが多く、本ダムのように逆打ち充填工法に適用される例も多い。本ダムでは、この高流動コンクリートが逆打ちで充填された場合の既設の躯体との一体性の確認として付着性状を把握する目的で以下の2つの実験を行ったものである。

1) 屋外実験

現場の実打設状況を模擬した試験体を作成して

*東北農政局会津農業水利事務所

<水平部>



<斜路部>

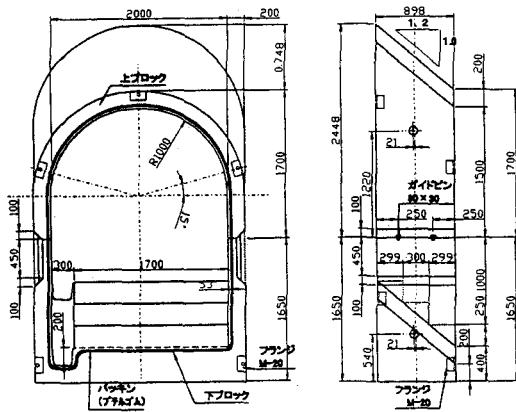


図-1 プレキャスト部材の形状

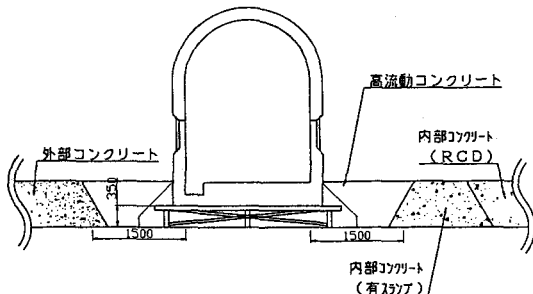


図-2 高流動コンクリートの打設方法

実施する実証実験で、模擬試験体は先打ちのプレキャスト部と後打ちの高流動コンクリート（逆打ち打設）で構成される。付着性状は、打継ぎ部（境界部）から採取したコア供試体の割裂引張強度にて性状を把握するものとした。なお、後打ちの高流動コンクリートの最終打上がり高さを変化させた場合も実施した。図-3に模擬試験体の形状及びコア採取位置、図-4に割裂引張試験の模式図を示す。

2) 室内実験

屋外実験の補足データを得ることや付着に関する基礎的性状を把握するために、 $10 \times 10 \times 40$ cmの試験体を用いて、高流動コンクリート及び普通コンクリートにて、逆打ち及び順打ちを組み合わせ、曲げ強度試験にて性状を把握するものとした。

表-1にコンクリートの配合、表-2に試験体の組み合わせ、図-5に打設要領、図-6に曲げ試験模式図を示す。

4. 実験結果

1) 屋外実験

試験結果を高流動コンクリートの打ち上がり高さ別に表-3にまとめる。

実現場を想定した打上がり高さ75cm（Mシリーズ）の境界水平部（MB）の引張強度は、一体打ちで打設された先打ち部に対して、59%程度であったが、引張強度は 1.3N/mm^2 得られた。また、打上がり高さが多少変化してもほぼ同様な値が得られ、境界鉛直部の引張強度は、一体打ちに対して90%程度の値が得られた。

境界水平部の強度が一体打ちに対して低くなる要因として、境界面の空隙の有無が考えられる。そこで、割裂引張試験後の打継ぎ面（割裂面）の空隙率と強度の関係を検討した。打上がり高さが最も高いHシリーズは空隙率が平均で12%程度であったのに対し、M及びLシリーズでは、それが20%程度と大きな値を示した。これは、打設時の巻き込みエアが境界面に残留したものと考えられるが、今回の実験では、打上がり高さが高いほどコンクリートの流動距離が長くなるので、基本的には巻き込みエアが逃げやすい状態となると考えられる。また、鉛直境界部の打ち継ぎ面はほとんど空隙が認められていない。表-4に空隙率と強度の関係を示す。

現場での施工を反映させた、実物大の模擬試験体による高流動コンクリート充填試験での空隙率は8%程度で、今回行った屋外実験よりも境界面の空隙率は少ない状況であった。これは、現場充填試験は大型の模型で実施したことから空気が逃げやすい状況にあったと考えられる。図-7の関係式に現場充填実験の空隙率を代入すると引張強度は 1.7N/mm^2 程度は期待できる。

なお、RCDコンクリート及び内部（B2）コ

実験シリーズ	打上がり高さ	ヘッド	コア本数	備考
Mシリーズ	75cm	40cm	12ヶ	基準
Lシリーズ	40cm	5cm	5ヶ	
Hシリーズ	110cm	75cm	11ヶ	

ヘッド: 底版の打継ぎ部からの高さ

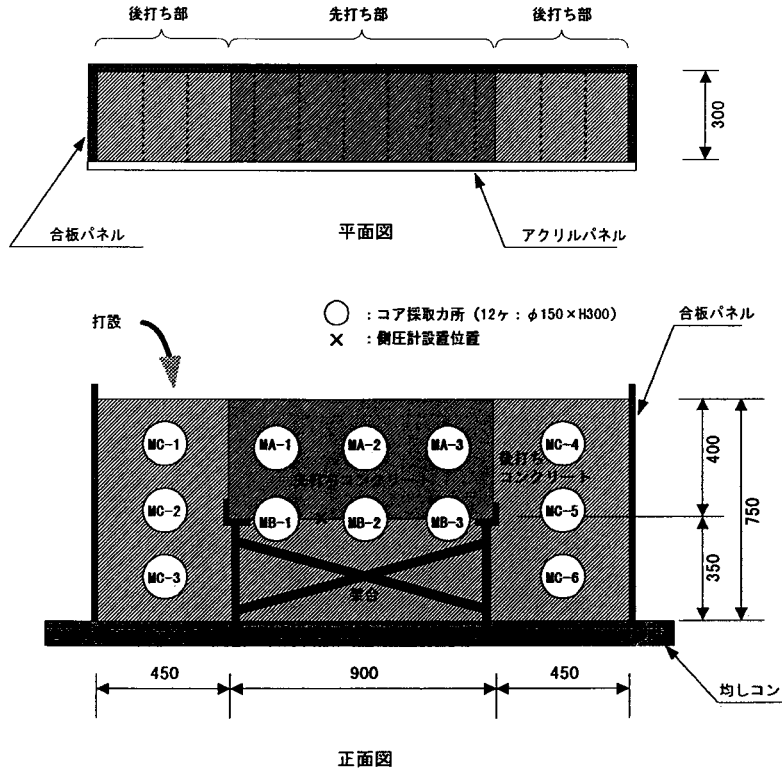


図-3 模擬試験体の形状およびコア採取位置

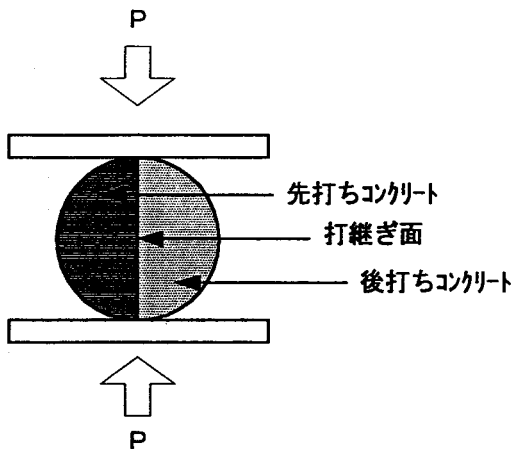


図-4 割裂引張試験

ンクリートの引張強度(材令28日)は, 1.35~1.54 N/mm²で境界水平部とほぼ同等である。

2) 室内実験

室内実験における梁供試体(10cm×10cm×40cm)の曲げ強度試験結果を表-5に示す。

普通コンクリート (NC) を後打ちコンクリートとして使用した場合の試験結果(実験ケースNo 1, No 2, No 7)に着目すると, 順打ちの場合は, 一体打ちと同等の強度が確保されていることが確認された。一般にダムの水平打継ぎ面など, 入念な表面処理を行えば, その打継ぎ面は強度上の弱点にはならないと言われており, 今回の試験結果もそれに即した結果となっている。一方, 普通コンクリートの逆打ちの場合は, 打継ぎ部の付

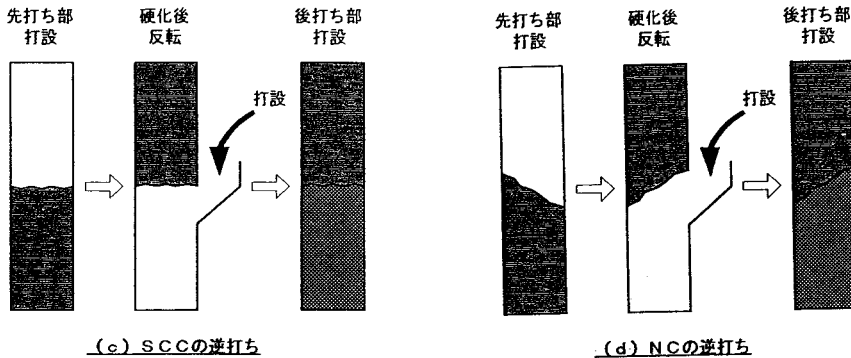
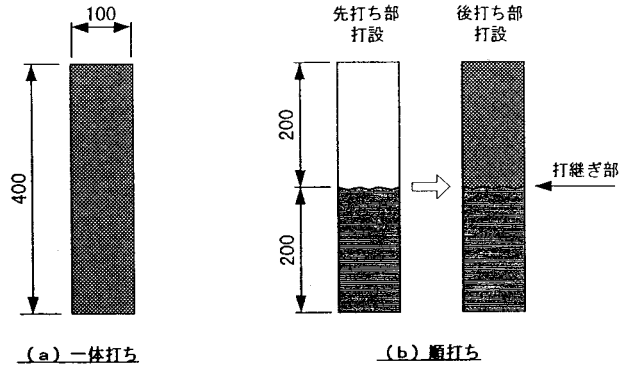
表—1 コンクリートの配合

名称	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	増粘剤
普通コン	20	42.0	41.9	170	405	712	1029	—
高流動コン	20	48.6	51.1	180	370	850	848	0.25

表—2 曲げ試験体の水準

実験 ケース	コンクリートの種類		打設方法	目荒らし の有無	打設要領図 対応記号	備 考
	先打ち	後打ち				
1	NC		一体打ち	—	(a)	
2	NC	NC	逆打ち	有り	(d)	
3	NC	SCC	順打ち	有り	(b)	
4	NC	SCC	逆打ち	有り	(c)	実現場想定
5-1	SCC		一体打ち	—	(a)	
5-2						
6	SCC	SCC	逆打ち	有り	(c)	
7	NC	NC	順打ち	有り	(b)	
8	SCC	SCC	順打ち	有り	(b)	
9	SCC	SCC	順打ち	無し	(b)	

注) 5-1と5-2は、打設日が異なるのみで、配合は同じ
NCは普通コンクリート、SCCは高流動コンクリート



図—5 試験体の打設要領

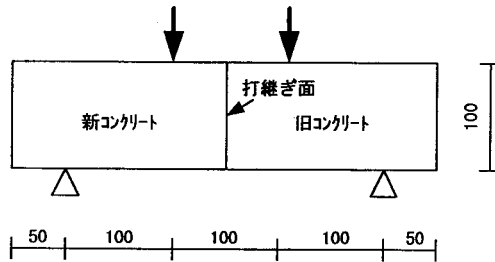


図-6 等分点载荷による曲げ強度試験

表-3 割裂引張試験結果

打上がり 高さ	供試体 名称	コア採取位置	打設日		試験日	引張強度 N/mm ²	比率 MA基準	備考		
			先打ち	後打ち						
75cm Mシリーズ	MA	先打ち部	12/08	12/22	1/19 後打ち部 材令28日	2.2	1	実現場 想定		
	MB	境界水平部				1.3	0.59			
	MC	後打ち部				2.7	1.23			
40cm Lシリーズ	LB	境界水平部			12/08	12/22	先打ち部 材令42日	1.2	0.55	比較試験
	LC	後打ち部						2.7	1.23	
110cm Hシリーズ	HB	境界部						水平部	1.5	0.68
		鉛直部	2.0	0.91						
	HC	後打ち部	3.0	1.36						

表-4 空隙率と強度の関係

打上がり 高さ	供試体 名称	空隙率 %		引張強度 N/mm ²	
		平均	平均	平均	平均
75cm (Mシリーズ)	MB-1	14.7	21.6	1.21	1.3
	MB-2	26.8		1.47	
	MB-3	23.4		1.15	
40cm (Lシリーズ)	LB-1	14.9	18.0	1.27	1.2
	LB-2	19.3		1.26	
	LB-3	19.8		0.95	
110cm (Hシリーズ)	HB-1	9.6	11.7	1.40	1.5
	HB-2	13.5		1.38	
	HB-3	12.1		1.57	
鉛直部	HB-4	0.2	0.1	2.12	2.0
	HB-5	0.1		1.94	
H9現場充填実験		7.6		-	

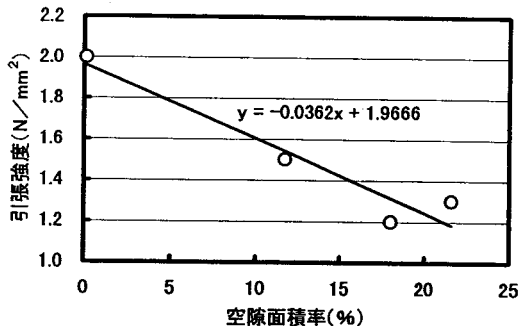


図-7 打ち継ぎ面の空隙が引張強度に与える影響

着強度はほとんど無いという結果となった。

高流動コンクリート（SCC）を後打ちコンクリートとして使用した場合の試験結果は、一体打ちに比べて、目荒らしを行った順打ちの場合で90%、目荒らしの無い場合で50%であり、逆打ちの場合でも基準の試験体に対して51%程度であり、曲げ強度は2.5N/mm²の強度を有していることが確認された。このことから、プレキャスト監査廊底版を充填するコンクリートとして高流動コンクリ

表一 5 曲げ試験結果

実験 ケース	コンクリートの種類		打設方法	曲げ強度 N/mm ²	比率	比率の 基準ケース	目荒らし
	先打ち	後打ち					
1	NC		一体打ち	5.7	1	基準	—
2	NC	NC	逆打ち	0.1	0.02	1	有り
3	NC	SCC	順打ち	4.2	0.88	5-1	有り
4	NC	SCC	逆打ち	2.5	0.51	5-2	有り
5-1	SCC		一体打ち	4.8	1	基準	—
5-2				4.9	1	基準	—
6	SCC	SCC	逆打ち	3.0	0.61	5-2	有り
7	NC	NC	順打ち	5.6	0.98	1	有り
8	SCC	SCC	順打ち	4.3	0.90	5-1	有り
9	SCC	SCC	順打ち	2.4	0.50	5-1	無し

ートを選定したことは、適切であったと思われる。

なお、RCDコンクリート部及び内部（B2）コンクリートの圧縮強度から推定した曲げ強度は、1.8～2.5N/mm²であり、境界水平部と同程度である。

5. 監査廊底版と高流動コンクリートの付着性状

プレキャスト監査廊と高流動コンクリートとの付着性状の確認試験として、屋外実験（抜き取りコアによる割裂引張強度試験）及び室内試験（□10×10×40cm供試体による曲げ試験）を行った。この結果、境界部の引張強度及び曲げ強度は、一体打ち部の5～6割程度であったが、貧配合であるRCDコンクリート及び内部（B2）コンクリートと同程度であった。これより、ダムの堤体全体として、特に弱点となることはないと判断される。

なお、屋外実験における検討結果から、境界部における圧縮強度の低下率（引張強度の低下率から換算）0.66を求め、これを新宮川ダムで使用された高流動コンクリートの材令91日における圧縮強度の実績（35.3N/mm²）に対する低下分として計算すると、

$$35.3 \times 0.66 = 23.3 \text{ N/mm}^2 > \text{設計基準強度 (20.6 N/mm}^2)$$

となる。高流動コンクリートの配合強度が大きいため、境界部において強度低下を生じた場合でも、設計基準強度より大きな値となり構造上問題となることはない。

また、上記の圧縮強度（23.3N/mm²）から、境界

面におけるせん断強度を求めると、2.74N/mm²を得る。境界面に作用するせん断応力に対して、せん断抵抗力は十分大きな値となっている。さらに局所摩擦安全率で検討した場合でも、その値の最低値は4程度が確保されており、想定し得る応力下においてプレキャスト監査廊底版と高流動コンクリートが構造的に一体となって挙動することが明らかとなった。

これらの検討結果より、①プレキャスト監査廊底版と高流動コンクリートとの境界面において、コンクリートの引張強度などの力学的性質は低下すること、②自己充填性に優れる高流動コンクリートを用いた場合であっても、それを逆打ちコンクリートとして使用する限りにおいては、境界面の付着強度が低下すること、③本事例の条件下では、①、②の程度は構造的安定性や底版・打設コンクリートの一体性の観点から問題にならないことが明らかとなった。

6. おわりに

新宮川ダムでは、プレキャスト監査廊の導入にあたり、FEM解析、実証実験等により、堤体コンクリートとの一体性及び付着性状を確認しながら現在、施工を行っているところである。監査廊をプレキャスト化したことにより、現場での省力化、安全性確保についての効果は大きなものであった。また、部材を分割にしたことにより、通常の運搬、布設機械で支障なく施工されている状況である。

事業を通じて悟った「敬天地愛」の心で

—洪水被害と闘った土壌改良の歴史—

倉持泰仍*

(Yasuyori KURAMOCHI)

目次

はじめに	77	3. 土壌改良の取組	79
1. 開発の歴史	77	終わりに	80
2. 洪水被害の歴史	78		

はじめに

菅生沼土壌改良区域は、茨城県水海道市菅生町（旧北相馬郡菅生村）及び守谷町板戸井・大木（旧北相馬郡大井澤村）に跨る扇形の流作地の開墾がその原点である。

元来旧両村とも水田が少ない上に、いわゆる谷津田の為、その水利は天水に頼るのみで雨の少ない年は干魃に、又雨の多い年は逆に湛水すること著しく、利根川の増水は、流作地周辺の谷津田を護る為の防水堤を決壊させ、せっかくの水稻が収穫皆無の状態となることもしばしばであった。本報告文は、たび重なる水害に対し水田を守るために戦った苦闘の歴史を報告するものである（図1）。

1. 開発の歴史

(1) 築堤工事の経緯

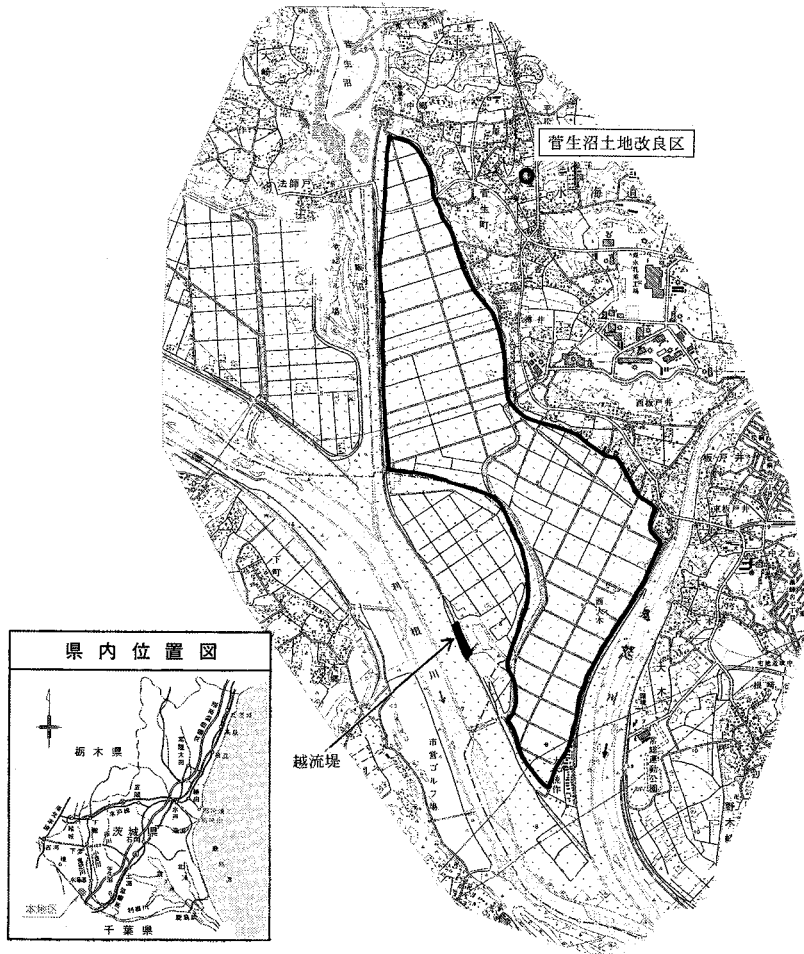
昭和10年、菅生村、大井澤村協議の上、当時利根川の遊水池となっていた流作地一帯を開田することを計画し、県及び農林省そして当時の内務省に、開田計画と築堤工事の陳情書を提出した。しかし内務省では利根川下流の地域を洪水から護る為との理由で、要望した堤防の一部を溢流堤にする計画を立てたため、開田計画を推進する為には内務省の計画を了承せざるをえず、築堤に際し一部を溢流堤にする事に同意する旨の念書を提出し、昭和10年1月中郷の取付け地点より堤防工事が着

手された。しかし昭和12年7月7日、現在の中国において発生した盧溝橋事件に端を発した支那事変による戦争の影響により、村民待望の開田計画も見送られ築堤工事も中止せざるを得なくなり、その後第二時世界大戦に突入した。終戦と同時に待っていたのは食糧難事情であった。菅生・大井澤両村は協議の上、戦前に計画着手し中止となっていた築堤工事及び開田計画の再開促進を陳情するなど、食糧生産に対応するために奔走した結果、昭和21年5月より築堤工事を再開することができた。当時は現在の様な機動力はなく、一部に機関車を、そして馬土路及び人力によるトロッコ（2人1組で1台のトロッコを担当）を敷設し、地元或は近隣の若衆や旧満州から引き揚げにより入植した大八洲開拓団員の方々の協力によって順調に進行し、堤防付帯工事の大木水門（地区内作付期間は幹線排水路より利根川への自然排水の為開門し、利根川増水の際は閉めきる調節水門。工期S.25～S.29）や、溢流堤工事（溢流堤標高Y.P.12.124m、延長281m、工期S.30～S.33）の竣工により、緊急開拓建設事業として着手した築堤工事もすべて完成し、利根川と流作地を堤防で遮断する地元農家の願望が果たされたのである。

(2) 開田工事の経緯

一方、開田計画は昭和21年に当時の県農業会が事業に着手したが、翌22年10月農業会の解散により国の代行事業として引き継ぎ施工されることになった。地元では菅生沼沿岸開拓農業協同組合を結成し、換地委員により入植者、増反者それぞれ

*菅生沼土壌改良区 理事長 Tel. 0297-27-0329



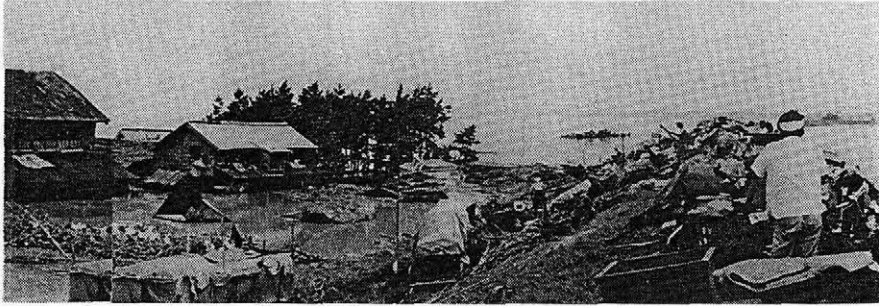
図一 菅生土地改良事業位置図

に土地の配分が行われ、配分を受けた耕作者は各自に牛馬を駆使し、或はエンピを使い開墾をなして、地盤の高い所は畑に低い所は田に整地し、それぞれに作物を作付け出来るまでになった。しかし代行事業に整地工は含まれず、自然勾配のままの個別開墾のみであったため隣接の耕地はもとより、田1枚の中でも高低差が大きく田畑とは名ばかりであった。さらに用水設備がない為、当時の観音堀或は大角堀を水源に、エンジンにより昼夜兼行での揚水や堀から遠い所では浅井戸を掘り揚水したが、水量不足と高低段差の著しさにより灌漑排水の苦労は並大抵ではなかった。それだけに待望の米がこの土地から収穫された時の耕作者の喜びは大きく、特に長年の夢が叶った年配の方々の喜びは大変なものであった。

2. 洪水被害の歴史

(1) 昭和20～30年代の被害

開田作業も代行事業に平行して順調に進行し、耕作者がやれやれと安堵の色を濃くしたのも束の間で、昭和23年に竣工した溢流堤が、昭和34年8月14日の台風7号による利根川洪水の為全面決壊し、地区内は一面に茶かっ色の泥沼と化し、収穫寸前の水稲は水底に没してしまった。利根川の水位は遅々として下がらず、水底に没した水稲は8月の気温が高かったこともあり、まもなく腐敗し初め、水中には黒くなるほど「ポーフラ」が発生し、悪臭は風下数キロにも及んだ時期もあった程だった。やがて利根川の水位も下がり地区内の泥水も引き始めると待っていた様に、かろうじて収穫が可能なものについて次々と稲刈りが始められ



写真一 宅地とその背後に見える一面の耕地の冠水状況

た。舟の上から刈る者や、水の中に入り、胸まで浸りながら刈り取った稲束を猛宗竹で作った筏の上に乗せながら刈り取る者など、臭くなった水稲とは言え少しでも収穫したい一心で刈り取り、そして脱穀調整したが悪臭は消えず、とても飯米として食用に出来るものではなく、家畜の飼料にも出来ない状態だった。耕作者待望の堤防も完成し、開田作業も進み経済的にも安定しはじめた矢先の惨事に当時の組合員の落胆は想像もできない（写真一、写真二）。

昭和33年4月28日土地改良区設立が認可され、その時に選任された初代理事長の久保信市氏（板戸井）、副理事長の富山嘉平氏（菅生）等時の役員一同は、溢流堤の改修の要請活動等をおこなったが、当初の築堤に際して溢流堤でも良い旨の念書を交わされていることを示され、断念せざるを得なかった。

(2) 近年の新たな被害

その後も大雨による冠水や利根川洪水による溢流堤よりの流入が数回に及んだが、溢流時間が10数時間内に止まった為、滝下の排水機2台による昼夜に亘る排水作業により、水稲の被害は最小限にとどめる事が出来た。しかし昭和57年の10号台風時には、利根川増水による溢流堤よりの流入は長時間に亘り、しかも空瓶類や不燃ごみ類は勿論、大小の流木が大木地区に漂着してしまった。利根川の水が引き始めた数日後に、大木水門を開き耕作者所有のエンジン付き川舟数隻で流入物を押しながら水門の外に出す作業を行ったが、必死の作業にもかかわらず水門の外に出したのは、ほんの一部にすぎず、後には面積約10ha、厚さ約80cmにも及ぶ塵芥流木の堆積層が残されてしまった。土地改良区では残された堆積層の処理対策に苦慮し



写真二 溢流堤の残骸

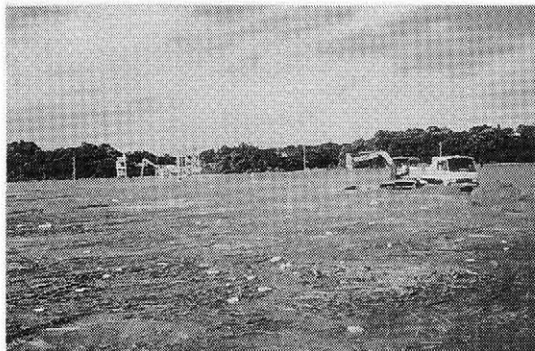
たものの、激甚特別災害対策の適用を受け何とか復旧することができた。

さらに最近では、平成10年の5号台風により、利根川の洪水が、ゴミと流木を呑み込んで溢流堤を山のように乗り越え一昼夜にして、地区内全域を泥水の湖と化し被害を受けた（写真三）。被害農家の心情には慰めの言葉もないが、県、市町の熱意ある早急なる対応により、災害復旧も翌年4月迄には完了し、元の水田がよみがえり現在に至っている。

3. 土地改良区の取組

(1) 代行開墾建設事業の竣工と緊急用水障害事業

これらの苦労のみならず農業の命「水」に関わる機場建設も、数知れない試練の連続であった。昭和21年に着手した代行開墾建設事業では、増水時の排水対策のため排水路の末端に第一機場（滝



写真—3 平成10年の台風被害
(冠水とゴミの撤去作業)

下に延長130mの囲堤を築堤し、堤内に二基のディーゼルエンジンを設置＝口径800mm×120HP。口径1,200mm×350HP。排水量2基計4.58m³/S。代行開墾建設事業により32年竣工)を設けるとともに、隧道(馬蹄型。延長135m。厚さ0.25m)により鬼怒川に排水した。又地区内の用水は前記滝下の隧道より自然導水出来る様に造られ、昭和36年まで取水可能だった。その後、川砂採掘が盛んに行われた結果、川底が低下し昭和37年頃より取水が困難となった為、鬼怒川側に揚水機場(第3機場)を設置(口径600mm×30kwの水中モーターポンプ)し、隧道に揚水するように改修し、地区内の各機場より地域内圃場に用水した。かくして昭和41年3月31日を以って着手以来20年余の歳月をかけ、竣工を見るにいたり地域住民の農業生産力の向上に大いに貢献する事となった。しかし竣工間もなく、予想外にも鬼怒川の河床低下が更に進行してしまい揚水不能となってしまったため、理事長は緊急理事会を招集し協議の上、機場の改修を要請する事になった。県では現地視察の上、昭和42年度の緊急用水障害事業として機場の下流に新機場を設置(口径600mm×90kw 水中モーターポンプ)した。また、翌昭和43年には隧道の中に、口径600mmの鋼管を布設し揚水機場より直接板戸井用水路と、機械排水路に揚水可能となるように改修した。その後は鬼怒川川底の低下もなく、事業の目的を果たす事が出来ている。

(2) ほ場整備事業の実施

当時のほ場は、元来が自然地形開墾であり、かなりの手を加えたとはいえ圃場の高低差が著しく

区画も20aと小規模なことから、近代農業の急速な進展に伴う農作業の機械化や用排水の利便性を増すために圃場再整備の要望が組合員より高まった。時の理事長富山嘉平氏が理事会協議し圃場整備の同意を取り纏めた上で、菅生地区及び菅生沼南部地区の2工区のうち、まず昭和56年度に菅生地区が着手された。同地区では、北より南部地区を結ぶ中央幹線路をはじめ、橋梁4ヶ所、パイプライン延長21km、用水機場4ヶ所、排水機場1ヶ所の各施設及び圃場の整備が完了した。引続き昭和61年度より菅生沼南部地区に着手、菅生地区の中央幹線路の延長を含む各道路及び橋梁7ヶ所、パイプライン延長23km、堰1ヶ所、用水機場6ヶ所、排水機場3ヶ所と付随した用排水路が竣工し、ここに総事業費37億円余の巨費を投入した圃場整備事業はすべて完成し、組合員の農業経営に大きく寄与することになったのである。これにより、度重なる小規模な洪水は、排水機場の整備により被害をくい止めることができるようになった。

また、耕地の汎用化が可能になったことにより、水稻以外の畑作物の導入による集団転作が推進されるとともに、農地の集積や農作業の受託が進みつつあり、現在、生産性の高い農業の展開に向けて歩んでいる。(写真—4～5)

終わりに

以上、当土地改良区の歴史と、圃場の生い立ちを述べてきたが、自然と共生し、土地を拓き、時として洪水という自然災害の渦に巻き込まれ、それと戦い生き抜いて来た私達が、今や国際社会の中での逃れようのない農政の渦の中に巻き込まれほんろうされているかのようである。今こそ私達



写真—4



写真-5

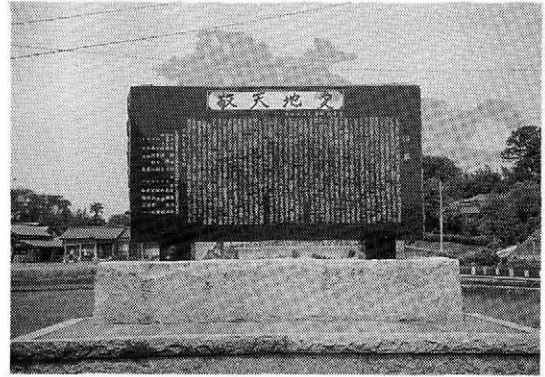


写真-6 敬天地愛の碑

は過去の苦勞を糧とし、運命共同体の一員としてそれぞれの役割を全うして行かねばならず、その事が生活経済基盤として完成させたこの美田を後世に継承できる唯一の道である。当土地改良区の事務所敷地の一隅に建てられている事業完成記念碑の碑文「敬天地愛」のように、遊水池という運命の土地であっても、天の恵みの大地と太陽と水を敬い、培って完成したこの美しいほ場を愛し続

ける心を基に、これよりは担い手農家の育成はもとより、農業技術の研鑽、経営向上、協業化、土地改良区の合理的合併等々、山積みしている課題を、一つずつ解決しながら農家と農政の考え方のバランスを模索しつつ「食の原点」に還った食糧生産と環境保全の一翼を担う農業人として唯ひたすら明日にむかって進んでゆく事が、私達の責務であると改めて認識するものである（写真-6）。

潤いのある大地

魅力あるアース・デザインを提案する

株式会社 日本農業土木コンサルタンツ

JIRCO Japan Irrigation and Reclamation Consultants CO.,LTD.

代表取締役社長 池田 實

本社／〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34番4号 農業土木会館4階 Tel.03(3434)3831(代表)
 分室／〒105-0004 東京都港区新橋5丁目35番10号 森ビル新橋アネックス3階 Tel.03(5404)0745(代表)
 事務所／札幌・青森・仙台・福島・茨城・千葉・長野・金沢・岡山・熊本

環境影響評価法施行1年

—環境影響評価法の概要と施行後の動き—

加藤 隆* 谷口宏文**
(Takashi KATOU) (Hirofumi TANIGUCHI)

はじめに

環境影響評価法が平成11年6月12日に施行され1年が経過した。一方、環境に対する社会的な関心の高まりや農業の多面的な機能の発揮に対する期待などから農業農村整備事業を進める上で環境への配慮は必要不可欠であり、環境影響評価もその取組のひとつとして位置づけられる。

この報文では、環境影響評価の基本である環境影響評価法の概要及び法施行後の地方公共団体による条例の制定状況や環境影響評価技術マニュアル（案）検討等の動向について紹介する。

1. 環境影響評価に関する制度化の取組

環境影響評価（環境アセスメント：Environmental Impact Assessment：EIA）は、1969年にアメリカで制度化されて以来、開発と環境保全を調和させ、持続可能な社会構築のための有効な手法として世界各国で制度化が進められてきた。

我が国でも、昭和47年6月に「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解に基づき本格的な環境影響評価に関する取組が始まり、改正された港湾法や公有水面埋立法（昭和48年）、瀬戸内海環境保全臨時措置法（48年制定、53年に瀬戸内海環境保全特別措置法と改正）などの個別法や、発電所の立地（52年、通商産業省省議決定）、整備五新幹線（54年、運輸省通達）等の事業官庁による行政指導等のかたちで環境影響評価が行われた。

これらの個別取組が進んでいく状況の下、昭和50年代には環境影響評価を統一かつ円滑に進めるための法制化が取り組まれ、昭和56年に法案が国会に提出されたが、昭和58年の衆議院解散に伴い廃案となった。法案の廃案を受けて昭和59年に、当面実効ある措置を講じるため法案要綱をベースに「環境影響評価の実施について」が閣議決定され、統一的な基準に基づく環境影響評価が実施されることとなった（いわゆる「閣議アセス」の実施）。農林水産省でも閣議決定を受け、所管事業の具体的なアセスメント手続きを規定した「農林水産省所管事業に係る環境影響評価実施要綱」（昭和60年、事務次官依命通達）を制定、夕張シューパロダムなどの環境影響評価を実施した。

閣議決定や個別法などに基づく環境影響評価の実績が積み重ねられて行く中で、平成5年に制定された環境基本法の第20条で環境影響評価の推進が規定され、初めて国の施策として環境影響評価が法律上位置づけられた。

◎環境基本法（平成5年法律第91号）（抄）

（環境影響評価の推進）

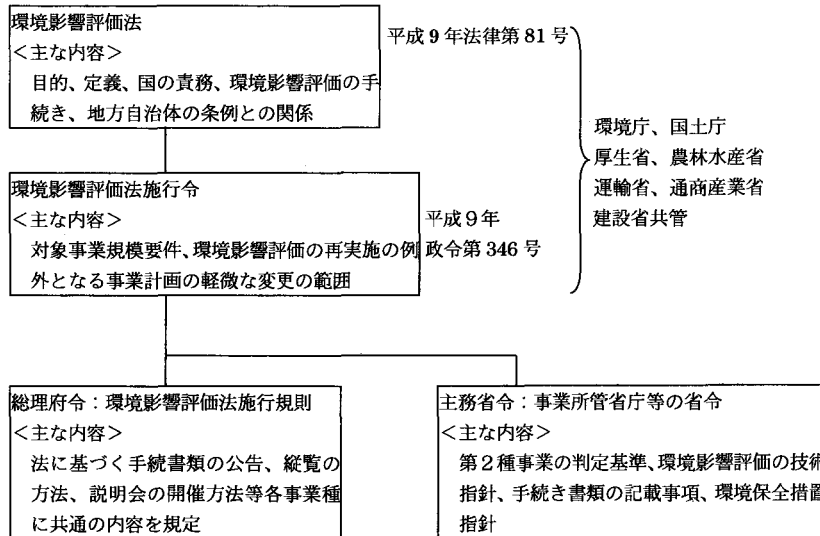
第20条 国は、土地の形状の変更、工作物の新設その他これらに類する事業を行う事業者が、その事業の実施に当たりあらかじめその事業に係る環境への影響について自ら適正に調査、予測又は評価を行い、その結果に基づき、その事業に係る環境の保全に配慮することを推進するため、必要な措置を講ずるものとする。

*構造改善局資源課 Tel. 03-3502-8111（内3734）

**構造改善局設計課

環境基本法制定を契機として環境影響評価制度の見直しの検討が開始され、関係省庁の参加の下、環境庁に「環境影響評価制度総合研究会」が設けられ、環境影響評価制度に関する諸課題が総合的に検討された。平成8年6月には、同研究会の報告がとりまとめられるとともに、その結果が中央環境審議会へ諮問され、平成9年2月に環境影響評価の法制化が答申された。これを受けて第140回国会に提出された環境影響評価法案は、平成9年5月6日に衆議院、6月9日に参議院で可決成立し、同年6月13日に公布された。

これに引き続き、対象事業の規模要件や具体的な評価手続きを定めた施行令（H9.12）、総理府令（H10.6）、主務省令（H10.6）が制定され（図－1参照）、平成11年6月12日から環境影響評価法が施行されている。



図－1 環境影響評価法に関する法令の構成

2. 環境影響評価法の概要

環境影響評価法は、閣議決定「環境影響評価の実施について」をベースとし、中央環境審議会において示された基本事項を盛り込むかたちで立案されている。その概要をまとめると次のとおりとなる。

(1) 法律の目的

大規模な開発事業の実施前に、事業が環境に及ぼす影響について調査を行い、それらの結果を踏まえて事業の許認可等を行うことにより、環境の保全に適正な配慮がなされることを確保することを目的としている。

(2) 対象事業

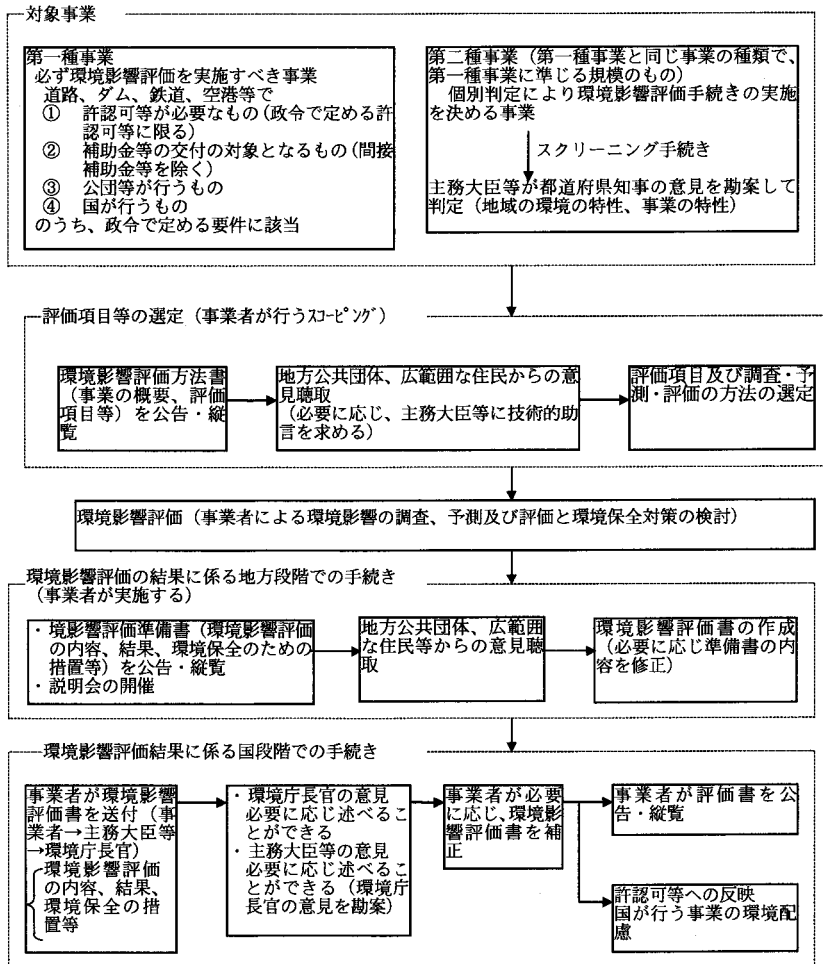
道路、ダム、鉄道、飛行場、発電所等規模が大きく環境に著しい影響を及ぼすおそれがあり、かつ、国が実施し、または許認可を行う事業として、その規模に応じ第一種事業、第二種事業を定めている（農林水産省所管事業の規模要件 表－1参照）。

第一種事業：必ず環境評価を必要とする一定規模以上の事業

第二種事業：第一種事業に準じる規模を有し、環境影響評価を実施するかどうかを個別に判定する事業

表－1 環境影響評価法に基づく対象事業(農林水産省所管事業)

事業種	第一種事業	第二種事業
大規模林道	幅員6.5m、20km以上	15km以上20km未満
ダム	湛水面積100ha以上	75ha以上100ha未満
堰	湛水面積100ha以上	75ha以上100ha未満
公有水面の埋立及び干拓	50ha超	40ha以上50ha以下



注) 上記フローは、許認可権等が都道府県知事である場合にはあてはまらない。
「主務大臣等」の「等」は、地方支分部局の長及び国務大臣ではない委員長又は庁の長

図-2 環境影響評価法の手続きの概要

(3) 環境影響評価の手続き (図-2 参照)

①第二種事業の判定 (スクリーニング)：環境影響評価法第4条

第二種事業については、環境影響評価を行うか否かについて、許認可等を行う機関(主務大臣)が都道府県知事に意見を聞き、事業内容、地域特性に応じてその実施を判断する(第二種事業の概念 図-3 参照)。

②方法書の作成 (スコーピング)：法第5～10条

事業者は、環境影響評価の対象項目や調査手法等について方法書(事業者氏名・住所、事業目的・内容・範囲、環境影響評価項目・手法等)を作成し、都道府県知事・市町村長に送付するとともに、方法書を公告・縦覧し、住民、知事、市長村長等の意見を聴き、具体的な環境影響評価の方法を定める。

③環境影響評価の実施：法第11～13条

事業者は、方法書に関する意見を踏まえて環境影響評価の項目並びに調査、予測及び評価の手法を選定し、これに基づいて環境影響評価を実施する。

④準備書の手続き：法第14～20条

事業者は、事業の実施前に、環境影響の調査、予測及び評価並びに環境保全対策の検討を行って環境影

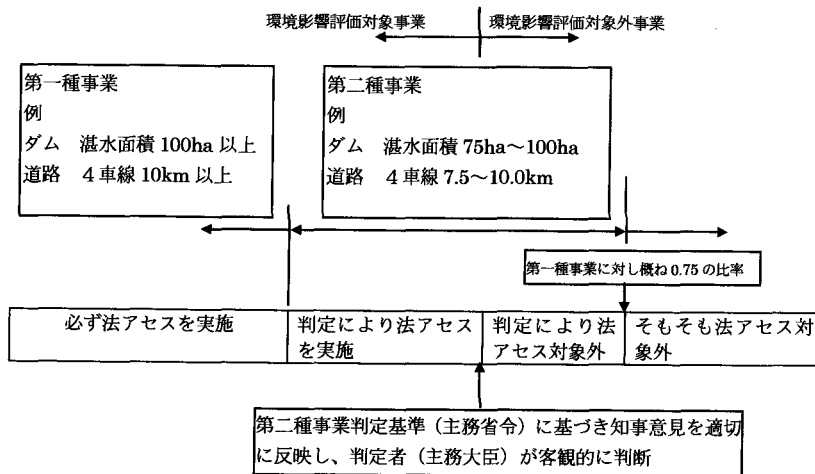


図-3 第二種事業の概念図

響評価準備書（方法書記載事項，方法書に対する意見及び事業者の見解，環境影響評価結果等）を作成し，都道府県知事・市町村長に送付するとともに，準備書の公告・縦覧，説明会を行い，住民，知事，市町村長等から環境保全上の意見を聴く。

⑤評価書の手続き：法第21～27条

事業者は，上記④の準備書の手続き等を踏まえ環境影響評価書（準備書記載事項，準備書に対する意見及び事業者の見解等）を作成する。環境庁長官は，必要に応じ環境保全上の意見を提出し，許認可等を行う行政機関は当該意見を踏まえて事業者に環境保全上の意見を提出する。事業者は，これらの意見を踏まえて環境影響評価書を補正の上，最終的な評価書を公告・縦覧する。

⑥対象事業の内容の修正等：法第28～30条

方法書から評価書の手続きの間に対象事業の目的及び内容が修正された場合で，かつ，修正後の事業が法律の対象事業である場合は，軽微な修正その他政令で定める修正に該当しない限り方法書の手続きからやり直すことが必要となる。

⑦対象事業の実施の制限：法第31条

事業者は，評価書の公告を行うまでは，対象事業を実施してはならない。評価書公告後に，対象事業の目的及び内容を変更しようとする場合，変更内容が軽微な修正その他政令で定める修正に該当するときは，環境影響評価その他の手続きを経ることを要しない。

⑧評価書公告後における環境影響評価の再実施：法第32条

事業者は，評価書の公告後，環境の状況の変化その他の特別な事情により必要があると認めるときは，環境影響評価の再実施が可能である。

⑨許認可等における環境保全の審査：法第33～37条

許認可等を行う行政機関は，対象事業の許認可の審査に当たり，環境影響評価書に基づき，対象事業が環境保全に適正に配慮されているかどうかの審査を行う。

⑩事業所の環境保全上の配慮：第38条

事業者は，評価書の記載されているところにより，環境の保全について適正な配慮をして事業を実施することが義務づけられている。

(4) 環境影響評価法に基づく環境影響評価の特徴

法に基づく環境影響評価の特徴として，「閣議アセス」からの主な変更点を以下にまとめる。

①対象事業

発電所，在来鉄道線，大規模林道などについて新たに対象事業とし，対象事業を拡大。ダム事業の規模

要件を引き下げ (200ha→100ha)

②評価手続き

第二種事業の規定とスクリーニング手続きの導入

調査予測等の方法について意見を求める仕組み (スコーピング) の導入

③住民意見徴収範囲

意見提出者の地域限定の撤廃

意見提出の機会を方法書と準備書の段階の2段階とし、住民参加の機会を拡大

3. 環境影響評価のポイント (ダム事業を事例として)

環境影響評価法手続きの主な手続きのポイントとなるスクリーニング、環境影響評価の流れ、手続きやり直しに関する事業計画の軽微な変更の内容についてダム事業を例に以下に整理する。

(1) ダム事業におけるスクリーニング

第二種事業(ダム：湛水面積が75ha以上100ha未満)において、環境影響評価を行うか否かを判断するため、事業特性、地域特性(環境の影響を受けやすい対象、環境の保全を目的として法令等により指定された地域、すでに環境が著しく悪化し、又は悪化するおそれのある地域)の観点からの判断基準(スクリーニングの基準)が主務省令で定められている。ダム事業における基準をまとめると(表-2)のとおりとなる。

(2) 環境影響評価の流れ

環境影響評価を行うに当たって、どのような項目についてどのような調査・予測・評価を行うかについては、主務省令で定められている。

ダム事業における環境影響評価項目は、省令に示されている事業が環境に及ぼす影響(=影響要因)と環境の対象(環境要素)とのマトリクス=「標準項目」(表-3を参照)をもとに、事業特性及び地域特性

表-2 第二種事業における環境影響評価実施判断基準 (ダム事業)

区 分		判 断 基 準
事業特性		環境に及ぼす影響が大きい技術、工法を用いること 他の密接に関連する同種の事業と一体的に行われていること
地 域 特 性	環境の影響を受けやすい対象=弱い地域	閉鎖性の高い水域 人の健康の保護又は生活環境の保全上の配慮が特に必要な施設又は地域 人の活動によって影響を受けていない若しくはほとんど受けていない自然環境又は野生生物の重要な生息地若しくは生息域 その他環境要素に係る影響を受けやすい対象
	環境の保全を目的として法令等により指定された地域=守るべき地域	水質汚濁防止法の指定水域又は指定地域 湖沼水質保全特別措置法の指定湖沼又は指定地域 瀬戸内法の瀬戸内海又は関係府県の区域 自然公園法の国定公園又は都道府県立自然公園の区域 自然環境保全法の原生自然環境保全地域、自然環境保全地域又は都道府県自然環境保全地域 世界の文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約の自然遺産の区域 首都圏近郊緑地保全法の近郊緑地保全区域 近畿圏の保全区域の整備に関する法律の近郊緑地保全区域 都市緑地保全法の緑地保全区域 種の保存法の生息地等保護区域の区域 鳥獣保護及狩猟ニ関スル法律の鳥獣保護区域の区域 ラムサール条約の湿地の区域 文化財保護法の名勝又は天然記念物 古都法の歴史的風土保存区域 都市計画法の風致地区の区域 その他環境保全を目的とした法令等の指定地域等
既に環境が悪化し、又は悪化するおそれのある地域=悪い地域		環境基準 (BOD、COD、T-N、T-P) 未達成地域 環境基準 (騒音) 未達成地域 騒音規制法の要請限度超過地域 振動規制法の要請限度超過地域 その他環境が既に著しく悪化している地域等

注) 表現を簡略化しているもので正確には主務省令を参照する必要がある。

表-3 ダム事業環境影響評価標準項目

影響要因の区分				工事の実施				土地・工作物の存在と供用					
				ダム堤体	原石採取	施工設備及工用道路	付替道路	ダム堤体の存在	原石山跡の存在	道路の存在	ダム供用及び貯池の存在		
環境要素の区分	環境の自然的構成要素の良好な状態の保持のため調査・予測・評価される環境要素	大気環境	大気質	粉じん等		○							
			騒音	騒音		○							
		水環境	水質	震動	振動		○						
				土砂による水の濁り			○						○
				水温									○
				富栄養化									○
				溶存酸素量									○
				水素イオン濃度									○
		土壌・その他環境	地形地質	重要な地形及び地質							○		
		生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全のため調査・予測・評価される環境要素	動物	植物	重要な種及び注目すべき生息地		○					○	
重要な種及び群落					○					○			
地域を特徴づける生態系					○					○			
人と自然との豊かな触れ合いの確保のため調査・予測・評価される環境要素	景観	主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観								○			
	人と自然との触れ合いの活動の場	主要な人と自然との触れ合いの活動の場			○					○			
環境への負荷量の程度により予測・評価される環境要素	廃棄物等	建設工事に伴う副産物			○								

注1. 上表は、環境影響評価法主務省令別表第1を簡略化したものであり、正確には主務省令を参照する必要がある。
 注2. 上表の「○」が環境影響評価を行う標準項目である。

や方法書に対する意見等を勘案し、項目の追加又は削除を行うこととなる。

さらに、選定された項目毎に省令で示されている標準手法（調査手法、予測手法）に基づき、事業特性及び地域特性等の要因及び方法書に対する意見等を加味し手法の重点化又は簡略化を検討の上、当該評価項目についての環境影響評価（調査、予測、評価、環境保全措置の検討）を行うこととなる（図-4 参照）。

(3) 軽微な変更の判定

前述の2.(3)の⑥及び⑦で示しているとおり、環境影響評価手続き期間中若しくは評価書公告後に対象事業目的及び内容に大きな変更がある場合は、手続きのやり直しが必要となる。この判断の基準（手続きのやり直しを要しない軽微変更の基準）は、施行令で示されており、事業過程の比較的早い段階からの評価手続きの開始ができるよう、事業計画の精度の高まりに対応した設定となっている（ダム事業についての基準 表-4 参照）。

4. 環境影響評価法施行後の動向

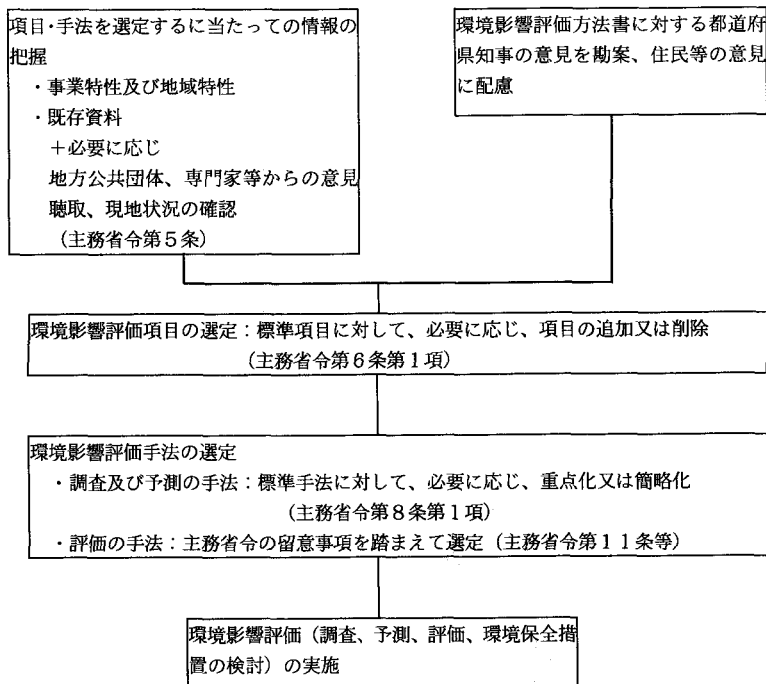
(1) 地方公共団体における取組

環境影響評価法の制定を受けて、都道府県や政令指定都市等でも環境影響評価に関する条例や要綱の制定あるいは既定の条例の改正が進められており、全ての都道府県及び政令指定都市で環境影響評価に関するなんらかの規定（以下「条例等」という）が制定されている。

条例等では、対象事業、対象事業の規模要件が環境影響評価法と異なっている場合が多いため、事業の推進に当たって各地域の条例等を確認し、環境影響評価手続きの必要性を確認することが重要である。制定されている条例等のうち規模要件が法規定より小さいケースや環境影響評価法で対象としていない事業が含まれているケースについて表-5にまとめている。

(2) 環境影響評価技術マニュアル（案）の策定

環境影響評価法に基づく主務省令には、一般的な影響評価項目（標準項目）及び標準的な調査・予測・



図一４ 環境影響評価フロー

表一４ 環境影響評価の手続きのやり直しにかかる軽微な変更の規定概要（ダム事業）

アセス手続きの段階	軽微な変更の規定	備 考
(1)方法書～評価書	① 貯水区域の位置：新たに貯水区域となる部分の面積が修正前の貯水面積の20%未満 ② ダムタイプの変更がない。	新たな関係市町村が追加される場合、環境影響が相当程度を越えて増加するおそれがあると認めるべき特別な事情がある場合は①、②の場合であっても手続きのやり直しが必要
(2)評価書～事業着工	① 貯水区域の位置：新たに貯水区域となる部分の面積が修正前の貯水面積の10%未満 ② ダムタイプの変更がない。 ③ 対象事業実施区域の位置：変更前の対象事業実施区域から500m離れた区域が新たに事業実施区域とならないこと。	新たな関係市町村が追加される場合、環境影響が相当程度を越えて増加するおそれがあると認めるべき特別な事情がある場合は①、②、③の場合であっても手続きのやり直しが必要

注) 1. 本表は概要であり、詳細は施行令を確認する必要がある。
2. ダムタイプとは、コンクリートダム又はフィルダムの別。
3. 事業着工とは、ダムに関連した工事に着工すること。

評価手法並びに手法選定にあたっての留意事項が示されている。事業者は、主務省令を踏まえて、さらに具体的な調査、予測及び評価の手法を選定するとともに、環境保全対策の検討を行うこととなるため、環境影響評価を進めるためには主務省令を踏まえた技術的な指標が必要となる。

土地改良事業のうちダムについては、事業者として具体的な環境影響評価が進められるよう①標準項目の調査、予測及び評価の具体的手法、②環境保全対策の検討に当たって特に留意すべき点、③その他環境影響評価を実施するに当たって必要な技術的事項について検討が進められており、平成12年度中にも検討結果がとりまとめられ、環境影響評価技術マニュアル（案）として整理される予定となっている。

マニュアル（案）の具体的内容については、現在検討中であるものの記載が予定されている項目は次の

表一五 都道府県等における環境影響評価制度の制定状況

区分	制度制定状況 (自治体数)	自治体の制度が法アセス要件より小規模若しくは法アセス対象外事業を規定している数								
		ダム事業	堰事業	干拓事業	農地造成	道路				
都道府県 47	要綱のみ制定	5	1種事業	28	1種事業	20	1種事業	21	18	26
	条例のみ制定	9	2種事業	12	2種事業	10	2種事業	9		
	要綱+条例	33	その他規定	10	その他規定	7	その他規定	8		
	計	47	計	35	計	27	計	28		
政令 指定 都市 12	要綱のみ制定	0	1種事業	6	1種事業	6	1種事業	9	2	5
	条例のみ制定	5	2種事業	1	2種事業	1	2種事業	1		
	要綱+条例	7	その他規定	1	その他規定	1	その他規定	1		
	計	12	計	6	計	6	計	10		

注) 制定状況は、平成12年4月時点で資源課農村環境保全室調べであり詳細は各自治体の条例等を確認する必要がある。
 干拓事業は、埋立を含む
 農地造成、道路は条例等で対象となっている条例等の数
 道路は、農道を含む規定となっている条例等の数
 ダム事業、堰事業、干拓事業の計は、何らかの項目に該当する都道府県等の計であり各項目の合計とはあわない。

とおりになっている。

- ①手法選定に当たって把握すべき情報：事業特性，地域特性（予測を行うに当たって把握すべき特性について記述）
- ②調査の手法：調査すべき情報，調査の基本的な手法，調査地域，調査地点，調査時期等
- ③予測の手法：予測の基本的な手法，予測地域，予測地点，予測対象時期等
- ④評価の方法：環境影響評価の具体的手法等
- ⑤留意点：項目の追加・削除，手法の重点化・簡略化，環境保全措置，事後評価等について，特に留意すべき内容がある場合に記述

(3) 環境アセスメントに関する図書等の出版

環境影響評価法の施行前後に法律の解釈や，環境アセスメントを進める上で参考となると考えられる各種の図書が出版されている。構造改善局資源課農村環境保全室で把握している環境アセスメント関係の図書を（表一六）にまとめる。

おわりに

昨年11月に「環境に配慮したダム事業の取組」をテーマとして全国直轄ダム工事課長等会議が開催された。会議には，本省，地方局，事業所，農業工学研究所等の関係機関の直轄ダム建設の実務責任者が参集し，各ダムにおける環境配慮の具体的事例をもとにダム事業を進めるに当たっての課題及び対処方針について，真剣な討論がなされた。討論を通してとりまとめられた事業段階別の環境取組に関する課題と対応方針（案）を（表一七）にまとめている。討論の成果ともいえる対処方針の総括のうち①早期対応の重要性，②地域ニーズを踏まえた地元関係機関等との調整の重要性については，環境影響評価法の基本的な考え方である「事業が環境に与える影響を事前に予測・評価し，これを公表して住民その他の関係者の意見を求め，その意見を反映しつつ計画を修正することにより，環境負荷をできるだけ軽減させる。」に通じる

表一六 環境アセスメントに関する図書

図 書 名	図書の内容	発行日	出版社
わかりやすい環境アセスメント	法による制度の解説	平成11年9月	学校法人東京環境工科学園出版部
逐条解説 環境影響評価法	法の解説	平成11年5月	ぎょうせい
自然環境アセスメントの技術（1）	スコーピングの進め方と調査・予測・評価における考え方	平成11年9月	大蔵省印刷局
環境アセスメントの技術	アセスメント技術の内容	平成11年8月	中央法規出版

注) 上記図書は、環境影響評価法施行前後に出版された図書で資源課農村環境保全室が把握しているもの。

表一 7 ダム事業段階別の環境取組における課題と対応方針（案）

事業段階	課題の総括	対応方針（案）
調査段階	環境配慮に関係した調査（事業の早い段階での）	早期の調査実施、継続的な調査の実施 関係機関、地域ニーズの把握 関連規定、条例等の早期の把握
設計段階	設計における検討（調査や目安となる指針等に基づく検討）	環境配慮を含む適切な設計と事業費の積算 環境対応のための設計上の工夫（設計V Eの導入、対応技術の開発等）
施工段階	環境に関する課題が出たあとの対応となるケースがある。 また、それに伴う事業費が増嵩する。	環境配慮に関する対応の確実な施工と 施工結果の地元への説明 工事関係者への環境対応の意識向上
管理段階	環境配慮の取組のための新たな管理の労力	管理を想定した事業実施（調査～施工）と 適時の地元調整・説明 管理者体制及び管理責任の明確化
総括	事業着手までの環境配慮の検討 管理を想定した事業推進の在り方	早期の対応による適切な事業全体構想の構築（着工まで） 地域のニーズを踏まえた適時・適切な地元関係機関等との調整と対応状況等の説明 環境対応の管理を想定した取組

注）平成11年度全国直轄ダム工事課長等会議における討論結果の総括

ものとなった。

環境影響評価法が施行されて1年が経過するが、対象が相当規模となることもあって、直ちに法に基づく環境影響評価の対応をとらなければならない事業着手前の土地改良事業計画はない。しかしながら、どのような規模の事業でも環境に配慮しながら事業を推進することは事業者としての責務であるし、その際の留意点は環境影響評価法の基本的な考え方と同じではないだろうか。本報文では、環境影響評価法に関する情報を中心としてまとめているが、法制定の趣旨や環境配慮に関する留意点などについて事業推進の参考として頂ければ幸いである。

【お知らせ】

平成12年度農業土木学会第22回農村計画研究部会現地研修会

1. 主 催：農業土木学会農村計画研究部会

協賛：農村計画学会，後援：佐賀県，佐賀県土地改良事業団体連合会

2. テーマ：農村地域における水辺環境を考える

3. 日 程：平成12年9月6日（水）研修集会，7日（木）現地検討会

4. 場 所：アバンセ 〒840-0815 佐賀市天神3丁目2-11 TEL：0952-26-0011

5. プログラム

(1) 研修集会：平成12年9月6日（水）

9：00～9：30 受 付

9：30～9：45 開 会 農村計画研究部会長，農村計画学会理事，佐賀県農林部長

9：45～10：45 基調講演「水田水路系の生態系保全—魚類を対象として—」

農業工学研究所農村整備部集落排水システム研究室長 端 憲二氏

10：45～11：45 講 演「佐賀県のクリークについて」

佐賀県土地改良事業団体連合会専務理事 野方 良輔氏

11：45～12：40 昼 食（NHK「生きもの地球紀行」ビデオ放映）

12：40～13：40 講 演「佐賀県におけるクリーク地帯の魚類と人間の関わりについて」

佐賀県立宇宙科学館 指導主事 田島 正敏氏

13：40～14：10 事例報告「水環境整備事業兵庫西部地区について」

佐賀県佐賀中部農林事務所筑後川開発室長 宝蔵寺 博氏

14：10～14：30 情勢報告「農業農村整備事業を取り巻く情勢について」

農林水産省構造改善局建設部整備課課長補佐 印藤 久喜氏

14：50～17：00 パネルディスカッション「クリークの役割と生態系の保全」

コーディネーター 佐賀大学農学部教授 藤本 昌宣氏

パネリスト 東京農工大農学部教授 千賀裕太郎氏

農業工学研究所室長 端 憲二氏

佐賀県土連専務理事 野方 良輔氏

佐賀県立宇宙科学館指導主事 田島 正敏氏

佐賀中部農林事務所室長 宝蔵寺 博氏

佐賀県農家生活指導士会副会長 南里紀美代氏

17：00～17：10 閉 会

(2) 現地検討会：平成12年9月7日（木）

8：30 研修集会会場（アバンセ）～有明海海岸堤防～吉野ヶ里公園～昼 食～

Aコース：～水環境整備事業地区（兵庫西部）～JR佐賀駅（解散14：30）～佐賀空港（解散15：00）

Bコース：～佐賀空港（解散13：00）

6. 問い合わせ先：農村計画研究部会事務局：農業工学研究所（松尾，國光，友正）

〒305-8609 つくば市観音台2-1-2 TEL：0928-38-7548～9 FAX：0298-38-7609

佐賀県現地事務局：佐賀県農林部農村計画課（古川，泉，島内）

〒840-8570 佐賀市城内1-1-59 TEL：0952-25-7125 FAX：0952-25-7284

7. 参加申込等：参加申込方法や現地宿泊案内等の詳細は，農業土木学会誌6月号に掲載します。

また，部会ホームページ（<http://rural.kais.kyoto-u.ac.jp/news.htm>）でも速報しています。

1. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。平成12年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿いただくようお願いいたします。併せて巻末の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員において、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

3. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先と同じ
- ④ その他
 - (1) 応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
 - (2) 原則として応募写真は返却しません。
 - (3) 採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
 - (4) 採否は、編集委員会で決定します。
 - (5) 採用された場合は薄謝を進呈いたします。

農業土木技術研究会会員の募集

1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても創立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併

「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊 「創立30周年」

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などについての会員間の情報交換を図り、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上を目的に一貫した活動を展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心に編集している会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。

21世紀を迎えるにあたり農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。平成12年度の年会費は2,300円です。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。申し込み様式は次の通りです。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）： _____

問い合わせ先：農業土木技術研究会 永井

〒105-004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 TEL 03(3436)1960

投 稿 規 定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること
〒105-0004 東京都港区新橋 3-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
 - ① 表 題
 - ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
 - ③ 氏名, 勤務先, 職名
 - ④ 連絡先 (TEL)
 - ⑤ 別刷希望数
 - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1回の原稿の長さは原則として図, 写真, 表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。
- 4 原稿はなるべくワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとに, を入れる) を使用のこと。
- 5 ワープロで作成した原稿については, プリントアウトした原稿とともに文字データについてはフロッピーディスクでも提出すること。
- 6 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)
- 7 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入箇所を指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 8 原図の大きさは特に制限はないが, B4判ぐらいまでが好ましい。また, 原図をそのまま印刷に使用するので極力鮮明なものを提出すること。
- 9 文字は明確に書き, 特に数式や記号などのうち, 大文字と小文字, ローマ字とギリシャ文字, 下ツキ, 上ツキ, などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと, たとえば,
C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字
O (オー) と 0 (ゼロ) a (エー) と α (アルファ)
 r (アール) と γ (ガンマ) k (ケイ) と κ (カッパ)
 w (ダブリュー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)
1 (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)
 E (イー) と ϵ (イプシロン) v (バイ) と ν (ウプロシン)
など
- 10 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。
- 11 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ, どちらかにすること。
- 12 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁, 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。
- 13 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は, 実費を著者が負担する。

平成12年度理事会開催結果について

平成12年度農業土木技術研究会の理事会が5月30日に開催され、平成11年度事業報告並びに収支決算、平成12年度事業計画（案）並びに予算（案）などについて審議がなされ、平成12年度の活動方針が決定しました。

また、平成12年度の事業計画の一環として会の運営等に関する会員の皆様の意向を確認するためのアンケート調査を実施することになりました。

平成12年度も引き続き魅力ある「水と土」の編集・発行に努めるなど、活動の一層の活性化のため事務局として積極的に取り組んで参りますので、会員の皆様の更なるご指導・ご鞭撻をお願いします。

平成11年度の決算と平成12年度予算の概要を以下にご報告致します。

平成11年度決算

H12. 3. 31時点、金額単位：千円

収入の部

科 目	予算額	決算額	増 減	摘 要
会 費	10,900	10,731	△169	
研修会収入	3,200	3,013	△187	H12. 1. 26開催（「農業用水の多様な役割と地域や施設の整備手法」）
広告収入	1,800	1,393	△407	「水と土」114, 115, 116, 117号
雑収入	100	206	106	預金利子等
小 計	16,000	15,343	△657	
前年度繰越金	9,671	9,671	0	
合 計	25,671	25,014	△657	

支出の部

科 目	予算額	決算額	増 減	摘 要
会誌発行費	16,000	13,513	△2,387	「水と土」115, 116, 117, 118, 119号
印刷費	11,300	10,332	△968	
原稿料	1,900	1,158	△742	
編集費	470	100	△370	
運賃送料	2,330	1,923	△407	
事業費	2,200	1,866	△334	研修会諸費等
会議費	400	185	△215	
事務費	3,600	2,846	△754	委託費, 通信費, 事務室費等
小 計	22,200	18,411	△3,789	
前年度繰越金	3,471	6,603	3,132	
合 計	25,671	25,014	△657	

収入の部

科 目	前年度予算	今年度予算	増 減	摘 要
会 費	10,900	10,400	△500	
研修会収入	3,200	3,000	△200	
広告収入	1,800	1,300	△500	
雑収入	100	100	0	
小 計	16,000	14,800	△1,200	
前年度繰越金	9,671	6,603	△3,068	
合 計	25,671	21,403	△4,268	

支出の部

科 目	前年度予算	今年度予算	増 減	摘 要
会誌発行費	16,000	10,400	△5,600	「水と土」120, 121, 122, 123号
印刷費	11,300	8,000	△3,300	
原稿料	1,900	600	△1,300	
編集費	470	100	△370	
運賃送料	2,330	1,700	△630	
事業費	2,200	2,230	30	研修会諸費等
会議費	400	300	△100	
事務費	3,600	3,180	△420	委託費, 通信費, 事務室費等
小 計	22,200	16,110	△6,090	
前年度繰越金	3,471	5,293	1,822	
合 計	25,671	21,403	△4,268	

編 集 後 記

新年度を迎え、それとともに、かんがい期がスタートし、農業用水路にも水が流れはじめる季節になりました。

5月は日照時間が1年中で最も多く、東京では梅雨入りする6月の約1.5倍もあるそうですが、水管理に係わっている方々にとっては、天気、河川流況、ダム貯水率が気になる時期でもあります。

今のところ、全国的な渇水の傾向はないようですが、東海地方では、降雨が少なくダム貯水率が下がり、節水を開始した地区も出てきたようです。

今年の梅雨入りは、暦の上では6月10日ですが、実際の入梅や雨の降り方は地域によっても異なるようです。一般に、入梅は西日本の方が東日本よりも若干早く、梅雨期の降雨量も東日本が200mm台で年降水量の1/5以下なのに対し西日本は400mm以上で年間の約

1/3がこの時期に降るそうです。

「山紫水明」の言葉に表されるように、我が国は降水量に恵まれ、古来より農業用水を中心とした水資源の開発・利用がなされ、溜池、用水路等の施設の整備が行われてきており、現在に受け継がれています。

本誌もこの30年間、ダムをはじめとする農業水利施設に関する多くの報文が寄せられており、既に効用を発揮している施設も多数あるものと思われます。

平成6年は梅雨時に、福岡では例年の約1/3、高松では約1/2の降水量しかない空梅雨で、全国的にも大渇水の年でした。

気象庁の3ヶ月予報によると、今年の6～8月の降水量は全国的に平年並みということです。この予報通り雨が降ることを祈るのみですが、少雨の場合でも、それらの施設が効用を発揮し農業用水の安定供給が図られることを願うこの頃です。

(水資源開発公団高橋)

水 と 土 第 121 号

発 行 所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

印 刷 所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農 業 土 木 技 術 研 究 会
TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一 世 印 刷 株 式 会 社
TEL 03(3952)5651