

水と土

No.126
2001

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



ワークショップ方式の導入による親水水路整備 (本文13頁)



班ごとに検討

暗渠排水管自動埋設工法について — 国営孺恋開拓地区施工事例 — (本文21頁)



施工状況

西京ダムの水質保全対策について (本文67頁)



噴水バッキ施設稼働状況

「こま型基礎」による地盤改良工法について (本文 30 頁)



こま型ブロック



こま型ブロック設置状況

篠津地域泥炭置開発の歴史

— 泥炭地への挑戦 — (本文 92 頁)



水 と 土

目 次

報文内容紹介……………(8)

巻 頭 文

「キララ397」から「ほしのゆめ」へ
—北海道大規模水田整備の展望—

森 繁……………(11)

報 文

ワークショップ方式の導入による親水水路整備

佐藤 昭雄 後藤 徳男……………(13)

暗渠排水管自動埋設工法について

—国営孺恋開拓地区施工事例—

白鳥 峰司 上田 啓二……………(21)

「こま型基礎」による地盤改良工法について

阿部 義宣……………(30)

枳ヶ原ダム設計 VE におけるコスト縮減について

工藤 勝彦……………(42)

オープンシールド工法による大口径パイプライン工事の施工
について

宮代 明 毛利 栄征……………(50)

無薬注方式除鉄装置の導入事例について

—巨椋池排水機場工事における地下水処理対策—

山口 康晴 古田 文夫 菊田 勝之……………(58)

西京ダムの水質保全対策について

徳重 秀一 徳丸 治久……………(67)

木炭による水質浄化の効果 —模型実験の結果及び考察—

山岡 賢 凌 祥之 齋藤 孝則……………(77)

パイプライン基礎方程式が水撃圧推定結果に及ぼす影響について

吉野 秀雄 中 達雄 田中 良和

向井 章恵 白杵 宣春……………(84)

歴史的土壌改良施設

篠津地域泥炭地開発の歴史 —泥炭地への挑戦—

武井 斎……………(92)

技術情報紹介

農業農村整備事業における標準積算システム Ver. 2 の開発

中村 弘……………(98)

お知らせ

会告……………(102)

入会案内……………(103)

投稿規定……………(105)

No. 126

2 0 0 1

表紙写真

富山県庄川町

写真提供・農林水産省むらづくり対策室(第9回美しい日本のむら景観コンテストより)

平成 13 年度農業土木技術研究会研修会について

1. テーマ

「資源循環」

2. 開催主旨

限りある資源の有効利用や美しい農村の自然環境の維持等のため、廃棄物の発生抑制、資材の再利用及び再生利用を基本とする「循環型社会」への変革が急務とされ、平成 12 年度には、循環型社会の構築に向け「循環型社会形成推進基本法」が制定されました。

このような状況の下、農業農村整備事業においても、循環型社会の形成及び公共工事コスト削減を図るため、生活排水汚泥などの生物系廃棄物のリサイクルや建設副産物等のリサイクルを推進しています。

そこで、農業土木技術研究会では、「資源循環」をテーマに研修会を開催することとします。

3. 開催日時

平成 14 年 2 月 5 日（火） 10:00～17:00

4. 開催場所

科学技術館（サイエンスホール）

（東京都千代田区北の丸公園 2-1 TEL 03-3212-3939）

【交通：地下鉄東西線「竹橋駅」下車徒歩 7 分】

5. 参加費

農業土木技術研究会 会 員 5,000 円

非会員 8,000 円

6. 参加人数

定員 400 名（定員になり次第締め切ります。）

7. その他

詳細のプログラム、申し込み方法等につきましては、次号に掲載を予定しています。

※なお、本件に関するお問い合わせは次に連絡願います。

〒100-0004 東京都港区新橋 5 丁目 34 番地 4 号

農業土木会館内 農業土木技術研究会（担当：水口、永井）

Tel 03-3436-1960 FAX 03-3578-7176

水と土 第126号 報文内容紹介

ワークショップ方式の導入による親水路整備

佐藤昭雄・後藤徳男

県営ほ場整備事業・愛島地区の集落排水路におけるワークショップを導入した経緯、実施内容、導入後の評価及び課題について報告するものである。

(水と土 第126号 2001 P.13 企・計)

暗渠排水管自動埋設工法について

—国営婦恋開拓地区施工事例—

白鳥峰司・上田啓二

婦恋開拓建設事業の造成地における「暗渠排水管自動埋設工法」の施工例を紹介し、その施工状況、排水効果、他地区導入に当たっての課題を検討した。

本地区での検証では、従来の施工方法と比べてかなりの施工期間短縮が認められ、施工精度についても高精度の管理結果が得られ、かつ、コスト削減も確認された。排水効果についても、従来工法と遜色ない効果が認められた。

(水と土 第126号 2001 P.21 設・施)

「こま型基礎」による地盤改良工法について

阿部 義宣

国営西蒲原排水農業水利事業により新潟県燕市に施工された新荒井排水路において、橋梁(函渠)工基礎に「こま型基礎」を使用し、軟弱地盤の地盤改良を行った。

「こま型基礎」工法の概要・施工例を紹介し、併せて施工後の沈下量推移について報告するものである。

(水と土 第126号 2001 P.30 設・施)

栃ヶ原ダム設計VEにおけるコスト削減について

工藤 勝彦

近年は公共事業費の抑制が大きな社会的関心の対象となっており、コスト削減に向けた様々な取り組みがなされてきている。そうした中、農林水産省においても平成9年度から「入札時VE」の試行を開始し、平成10年度には「契約後VE」と「設計VE」を試行的に導入するに至っている。本報文においては、平成11年度に実施した「栃ヶ原ダム設計VE検討会」の検討内容について報告する。

(水と土 第126号 2001 P.42 設・施)

オープンシールド工法による大口径パイプライン 工事の施工について

宮代 明・毛利栄征

近年、農村地域における水路等の更新事業においては、周辺地域の都市化や混住化が進んできており、家屋や各種の施設に近接した施工を余儀なくされるケースが増えている。

新矢作川用水事業において、大口径パイプラインの埋設を対象として、オープンシールド工法によってFRPM管を農業施設(温室)に近接して施工した事例を紹介し、その工法の有効性と問題点を報告するものである。

(水と土 第126号 2001 P.50 設・施)

無薬注方式除鉄装置の導入事例について —巨椋池排水機場工事における地下水処理対策—

山口康晴・古田文夫・菊田勝之

巨椋池排水機場工事で揚水する地下水中には、高濃度の溶解性鉄(20~30mg/l程度)が含有することから、周辺環境への影響を考慮し、除鉄対策を講ずることとした。

本建設現場においては、日揚水量が最大10,000m³以上に及ぶこと、揚水量が施工工程に応じて大幅に変化すること、仮設用地に制約があることなどから、除鉄工法として、無薬注方式の除鉄装置を導入し、建設現場への適用性等について検討したので、その内容について報告する。

(水と土 第126号 2001 P.58 設・施)

西京ダムの水質保全対策について

徳重秀一・徳丸治久

西京ダムは、鹿児島県の種子島、西之表市に築造された畑かん用水、上水道用水を供給する多目的ダムである。ダム周辺は、中山間地域総合整備事業等各種事業により整備され、多目的に利活用されている。本ダムの水質は有機性汚濁、富栄養化の進行により悪化が懸念されたため、水質の改善及び保全を目的とし、水質保全対策事業が導入された。

今回は、水質浄化施設等の整備内容を紹介し、施設設置前後の水質変化について考察する。

(水と土 第126号 2001 P.67 企・計)

木炭による水質浄化の効果

—模型実験の結果及び考察—

山岡 賢・凌 祥之・齋藤孝則

水質浄化施設への木炭の適用方法として、水路、下降流、上向流及び散水の4タイプを想定し、各タイプの模型で水質浄化の実験を行った。得られた結果は、①浮遊物質(SS)除去及び透視度の改善の効果があり、4カ月程度効果が継続した。②透視度は水質浄化施設の日常的なモニタリングに有効と考えられた。③各タイプの模型内部の堆積物等の観察によると、上向流タイプが浄化効果の継続や維持管理に有利と思慮された。

(水と土 第126号 2001 P.77 企・計)

**パイプライン基礎方程式が水撃圧推定結果に
及ぼす影響について**

吉野秀雄・中 達雄・田中良和
向井章恵・臼杵宣春

金属管の水撃圧解析ではマッハ数が小さいので基礎方程式のうち微小項を省略した式を特性曲線法等を用いて解析可能である。これに対して、マッハ数の大きい非金属管では微小項を省略しない方程式を用いて解析する必要があるといわれている。前者の解析手法は極めて簡単であり、非金属管でも適用可能であればシステム解析上極めて有効と考えられる。そこで本報告では硬質塩化ビニル管を例に両手法での計算結果について検討した。

(水と土 第126号 2001 P.84 企・計)

〈歴史的土壌改良施設〉

**篠津地域泥炭地開発の歴史
—泥炭地への挑戦—**

武井 斎

篠津地域は、石狩川右岸に拓けた低平な地帯であり、大都市札幌の近郊に位置し、交通運輸の便がよく地理的条件に恵まれている。また北海道の中において比較的気象、水源に恵まれた、農地として絶好の条件を備えた土地柄であり、今では見渡す限りの美田が広がっている。本報文は、かつてはその大半が泥炭地であったために久しく開発が放置されていたこの地域をこのように開発した歴史を紹介するものである。

(水と土 第126号 2001 P.92 設・施)

〈技術情報紹介〉

**農業農村整備事業における標準積算システム
Ver. 2 の開発**

中村 弘

農村振興局では、農業農村整備事業の調査段階から、計画・設計・施工の事業実態、事業完了・管理そして次期事業に引き継ぐまでの事業のライフサイクル全体を「情報化（システム化）」によりサポートする事業総合支援システムを構築することとしており、本報文は、事業総合支援システムを構成するアプリケーションの1つであり、現在開発を行っている標準積算システム Ver. 2 の内容について紹介するものである。

(水と土 第126号 2001 P.98 設・施)

「キララ397」から「ほしのゆめ」へ

—北海道大規模水田整備の展望—

森 繁*
(Sigeru MORI)

1. はじめに

平成12年度の北海道内における道産米の消費率が63%と過去最高の値となった。従来40%を切る値であったことを考えると、道産米の食味の向上が確実に成果を上げた結果であると断言できる。表題の「キララ397」は、昭和63年に生まれた期待の良食味品種で、さらに平成8年には「ほしのゆめ」が生まれ、現在、作付面積は33%に達している。

北海道と言えば、広大な畑作地帯や、草地を想像される方も多いと思うが、水田についても作付面積約24万ha（全国比8.9%）で全国一の74万t（全国比8%）を生産している。

しかしながら、近年の米価の低迷により、離農が進むとともに、投資意欲の低下など基盤整備に対する影響が出始めている。今後食糧自給率を45%まで高めるためには、大規模専業の北海道の水田地帯が、確実な生産を確保することが重要である。美味しく、安全、そして安い北海道米を支える、農業農村整備の今後の展開について考えてみたい。

2. 北海道水田開発の歴史

北海道の開発は、明治2年の開拓使の設置により始められた。開発の背景としては、南下するロシアの勢力に対抗するため、また北海道の無限の資源を、明治政府の近代化に役立てることがあった。当時の開拓民は、内地からの募集、戊申戦争後の土族、そして屯田兵が中心であった。

農業開発については、開拓使のお雇い外国人の提案により米作が禁止されていたが、開拓民の強い米作志向から明治30年代には、稲作の振興が積極的になされるようになり、明治35年の北海道土功組合法により、用排水施設の整備が進められ飛躍的な発展を見ることとなった。第2次世界大戦中は、一時停滞するものの、戦後は食糧増産、人口吸収を目的に、北海道開発法が制定され、新たに設置された北海道開発庁のもと、篠津泥炭地開発事業をはじめとした、開田、水源、用水路の整備が進められ、ほぼ現在の水田地帯が形成された。

3. 水田整備の方向

食糧自給率を維持し、北海道の大規模水田地帯が持続的に発展する基盤整備展開方向として、以下のような検討が必要と考えている。

1) 良食味米のために

表題の「キララ397」、「ほしのゆめ」等の品種は、寒さに弱く、栽培技術としての水管理技術も必要とされる。パイプライン化によって大規模な圃場の1枚毎の管理が可能となり、夜間取水、昼間止水ときめ細

*北海道開発局札幌開発建設部次長

かな水管理により、水温を上昇させ、従来のようなかけ流し時の青立ち米の発生を抑え、食味、生産性の向上に貢献する。

2) 高齢化のために

米作の労働時間は相当軽減されてきているが、高齢化により、田植時の移植作業が重労働となってきた。このため、直播栽培が今後普及していくものと考えられ、大区画圃場の需要が増してくる。

3) 環境、農村活性化のために

環境への配慮から、泥炭地におけるビオトープの創造、景観に配慮した防風林、高齢化、離農に対応する集落再編などの用地を生み出す再編整備事業が求められる。

また、都市近郊においては、都市からの有機ゴミをバイオエネルギーとして管理用電源に活用するとともに、堆肥製造による有機水田栽培が可能となる。

4) 水管理、施設管理の合理化のために

水系全体の源流、ダム能力、流域特性など、それぞれの施設能力には、基準年の違いなどから差があり、これを統合管理することにより、余剰水を生み出し管理経費の減、さらには新規水源として活用する。

また、稲藁を利用した簡易発電を揚排水機場の電源として活用し、管理経費の節減、循環型農業の実現を図る。

以上の検討は、施設の維持更新を図りつつ、地域特性、地域ニーズ、整備水準といった要件に配慮しながら、現行制度、新規制度、新技術を駆使し、市町村の枠を超えた広域的な取り組みが必要である。

4. おわりに

北海道の開発は、100年をようやく超えた段階であり、水田基盤整備に至っては、戦後50年を経過しただけである。

この間、育種関係者や、農家の方々の努力によって、表題にある良食味米の開発普及が実現してきた。また、これを支える土地改良事業の果たした役割は大きく、今後も大きな期待を持たれていることに誇りを持ち、新たな技術を求めて努力していきたい。

ワークショップ方式の導入による親水水路整備

佐藤 昭雄* 後藤 徳男*
(Akio SATO) (Norio GOTO)

目 次

1. はじめに	13
2. ワークショップを導入した経緯	13
3. ワークショップの実施	14

4. ワークショップ方式導入の評価と課題	19
5. おわりに	19

1. はじめに

今回報告するワークショップ方式による宮城県初の親水水路整備は、平成7年度に採択された宮城県県営ほ場整備事業・愛島地区の集落内排水路で実施した。

愛島地区は、仙台市の南隣に位置する名取川右岸の都市部水田地帯282ヘクタールのほ場整備地区である。現況ほ場は、大正末期から昭和初期の耕地整理で10アール区画に整備されたものの、ワークショップ方式を導入しようとした平成9年度

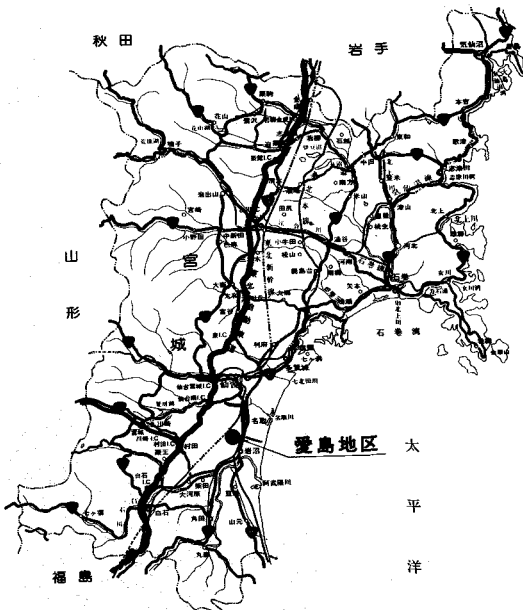
時点迄の工事進捗率は76パーセントで、集落内排水路を整備する北目工区は、2年後の平成11年度面工事実施工予定区域であった。

2. ワークショップを導入した経緯

対象とする集落内排水路は、北目工区内に位置し水路延長L=170m、西側耕地の排水を円滑に、かつ効率よく北目集落を通過させ東側の一級河川志賀沢川に導くもので、防火用水の機能も有している。(上流地点で、志賀沢川から直接取水され渇水期でも水量確保されている)水路170mのうち70mは集落と接し、以前は生活用水としても活用され、排水路沿いの屋敷林は緑豊かな農村の佇まいの様相を呈していた。しかしながら、昭和30年代後半の上水道完備とともに雑排水のたれ流し等で水路の荒廃が進み、ヘドロの堆積や、雑木・雑草が生い茂るなど環境面からも大きな問題となっていた。当初計画では、これらの課題を解決すべく、単なるコンクリート三面装工水路とするものであった。工事計画を樹立するにあたり現地調査を実施したところ、水路沿いには地域古老の評価が高い樺や桐の存在が明らかとなり、この古木を残し、清流を呼び戻すことをコンセプトにして整備することが地域と共存する施設整備であると確信し、ワークショップの導入を試みることにした。

ここに報告するものは、平成9年度から2カ年間延べ7回実施したワークショップの概要である。

ここでの取り組みは、いわゆる役所主導のもので、整備にあたっては事前に地域合意や事業の推進団体である改良区、名取市の合意が必要とされ



位置図

*宮城県産産振興事務所 (Tel. 0220-22-6111)

下記の調整を行う必要があった。

(調整内容) (調整団体等)

- 地域全体が親水路整備を望んでいるか。
……………地域住民
- 施設築造後の管理運営
……………地域住民, 改良区, 名取市
- 施設グレードアップ部分の費用負担
……………改良区, 名取市
- 施行年次, 予算配分
……………改良区, 実行委員会

上記調整事項の管理費用や施設費用の増嵩分について, 調整団体等と数回にわたり協議を実施した結果, 名取市の基本構想「RAIJIN21構想」(後述)に合致することから市の了解が得られ調整がつくこととなった。

名取市らいじん (RAIJIN) 21構想

……………元気な都市・名取市を目指して

R: リサーチ (探求心)

A: アメニティー (快適さ)

I: インダストリー (高度な産業)

j: ジャパネスク (伝統文化)

I: インターナショナル (国際性)

N: ネットワーク (交流)

施設構築において, 最も重要となる地元意向の反映については, ワークショップを開催し検討することとした。本地区ワークショップ開催における基本方針を下記に示す。

〔方針1〕

地域農家 (受益者), 非農家, 子供 (小学4年生以上) から高齢者, 男女の参画を促す。

〔方針2〕

子供が参加しやすい様に, 第2, 4土曜日 (小・中学校) を開催日に実施する。

〔方針3〕

コミュニケーションの醸成を目的に昼食を挟んでディスカッション出来るような状況を創出すること。

〔方針4〕

ワークショップは, 数回継続し実施設計に反映すること。

3. ワークショップの実施

農業農村整備事業においては, 県内初となるワークショップのため, 社団法人農村環境整備セン

ターと委託契約を結び小山高等専門学校助教授尾立弘史先生にコーディネートをお願いして実施することとした。

★第1回ワークショップ (H10.2.14)

名取市北目集会場

参加人員 29名……………集落点検地図の作成
尾立先生より効率性重視の整備から環境配慮へのシフト変換の必要性についてヨーロッパの事例を紹介された。その後, 班編成を行い親子と女性グループ, 男性だけのグループ, 地域の役員グループに構成し, 県, 市役所, 土地改良区, センターの職員を各班にアドバイザーとして配置した。

初回の作業は, 班毎に集落を歩きながら各ポイントをチェック, 更に各個人がインスタントカメラでそのポイントを自由に撮影することからスタートした。

その後各班で集落全体を網羅する2000分の1の白図に, 集落のシンボリックな箇所や, 良好な箇所, 汚い箇所, 修復を必要とする箇所等を図面に書き込み集落点検地図を作成した。更に, 調査内容・結果を班代表者が発表, 意見交換を行った。

発表された主な概要を記す。

〔道路〕

- 市道が改良拡幅され, 交通量が増大し危険となっている。
- 安全性確保のため, 歩道や信号機の設置を要望したい。
- 通行車両からゴミの不法投棄が増えている。
- 集落内に見知らない人が見受けられる。
- 集落内道路が狭く車のすれ違いが困難。



①意義や目的についての説明



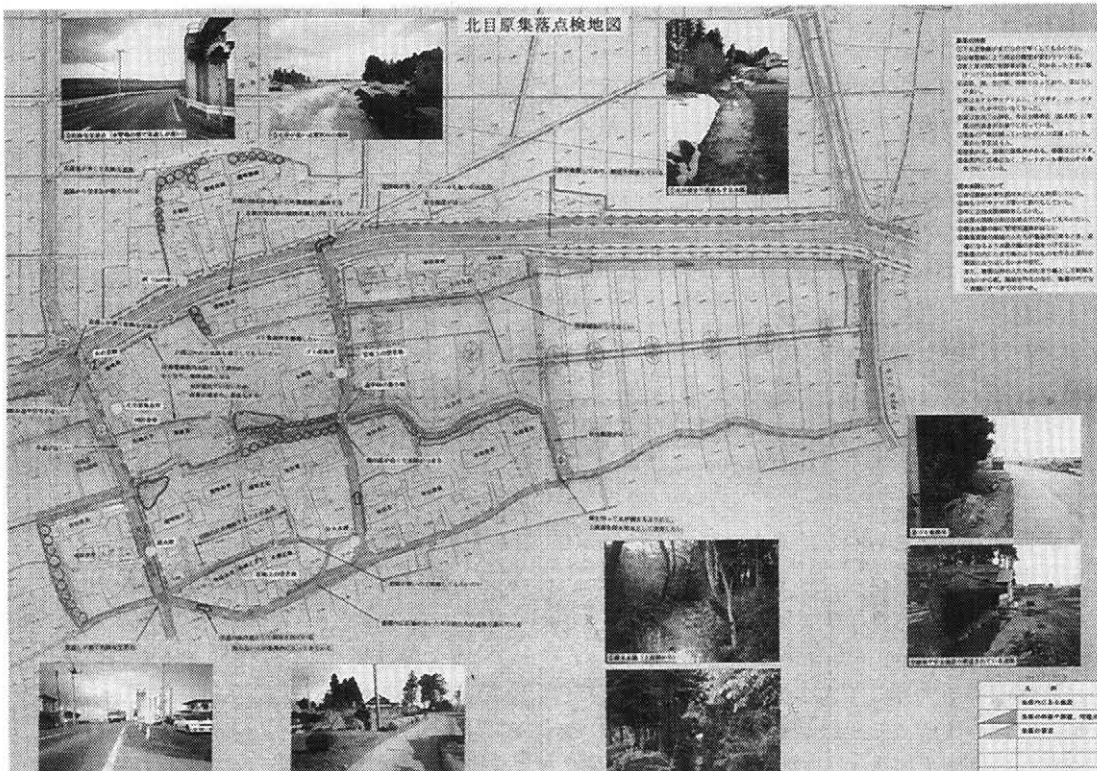
② 実際に現地を歩いて点検



③ 班ごとに集落点検結果について発表

- ・ 集落内道路が子供の遊び場になって危険
「河川・用排水路」
- ・ 志賀沢川の堤防が低く、中小洪水でも越水の恐れがあり、堤防の高上げが必要。
- ・ 集落内排水路に家庭雑排水が混入し悪臭がある。
「生活環境」
- ・ 屋敷林、防風林、道路、畑、生け垣、母屋という良好な農村風景が残っている。

- ・ 以前は、ホテル、カブトムシ、クワガタ、フナ、ナマズがいたが現在はほとんど見かけない。
- ・ 下水道の整備が必要。
「親水水路整備について」
- ・ 昔は、飲料水、生活用水、防火用水等で利用されており、小魚が豊富で釣りも出来た。今回の整備で従来の清流に一步でも近づけるような施設を望む。



第1回集落点検地図

第1回ワークショップの感想

日常の集落諸問題や行政に対する要望など、活発な意見交換が行われた。役所主導のワークショップ開催が懸念されたが参加者から、“我が集落について地域一丸となって真剣に考えたことは意義深かった。”“休日に行政や関係機関の方々が、我々集落の話聞く機会もって頂いたことに感謝している”など好評であった。

★第2回ワークショップ (H10.2.28)

名取市北目集会場

参加人員 24名……親水水路の基本構想づくり
第1回のワークショップで作成した集落点検地図に撮影した写真を貼り付け地図を完成させた。更に、集落内排水路（親水水路）について基本構想（案）の検討を行った。

親水水路整備の各班整備コンセプトを下記にとりまとめる。

項目	1 班	2 班	3 班
水路と管理道路の配置	北側に水路 南側に道路	北側に道路 南側に水路	北側に水路 南側に道路
護岸形式	石積	表面玉石張り 雑草が生えない管理の しやすいタイプ	雑草が生えにくい管理 のしやすいタイプ
管理用道路	アスファルト舗装 宅地面より下げる	アスファルト舗装	アスファルト舗装 宅地面より下げる
親水水路上流の 管理用道路	計画路線沿いに道路を 設ける	集会所前の水路を利用 する	計画路線沿いに道路を 設ける

班毎に基本方針に違いがあったため、全体で討議し、次のような方針をたて、取りまとめを行うこととした。

①水路と道路の配置……

地区東側の人たちの集会所への通行や集落内の交流を考慮し、北側に道路、南側に水路とする。

集会所前の水路について、事業として取り組んでいないが要望としてあげることとする。

②護岸形式……

草刈り等の維持管理を考慮し、3面護岸とし、景観にも配慮した表面石張りのタイプとする。

また、水辺に下りられるような階段や洪水時に魚が逃げ込めるようなワンドを設ける。

③管理用道路……

隣接する宅地を考慮し、また、洪水時の貯留能力が大きくなるように宅地面と段差を設け、水路断面を大きくする。

④防火用水……

集落内に消火栓と防火水槽が1基ずつあるが、北側の住居まで距離があるので、本水路を堰止め、防火用水用の施設も兼ねることとする。

⑤樹木の伐採……

官地部分の雑木は伐採する。民地の樹木は関係者や、ワークショップのメンバーにより検討を行い、残すものと伐採するものを区分する。

⑥その他……

憩いの場となるよう植栽を施し、照明を設置する。

第2回目のワークショップの感想

水路構想を地域住民メンバーで検討、提案することを促したが、整備例の情報等が少なく少量の意見にとどまった。結果的には、洪水機能や維持管理優先の水路型式となった。事前の先進地視察や、事前学習に時間を費やす必要性を感じた。

また、参加者には子供が少ないことや、高齢者が多いためなかなか夢が描けなかった。

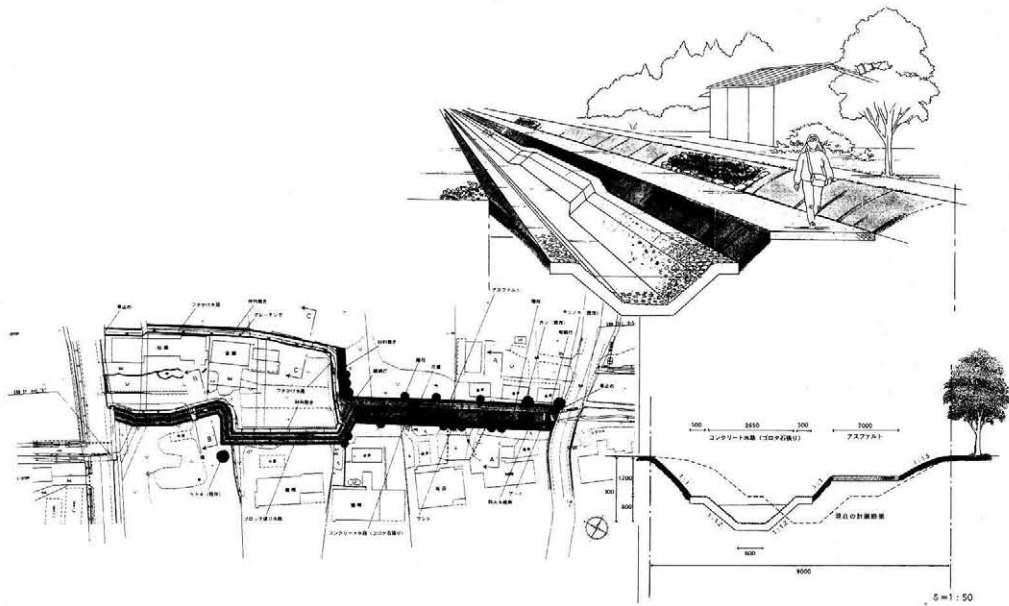
★第3回ワークショップ (H10.3.14)

名取市北目集会場

参加人員 23名…親水水路基本計画の取りまとめ
第2回目の基本方針を踏まえて、事務局で構想案を作成し、メンバーとの意見調整を行った。

結果を下記に示す。

①右岸の法勾配はもっと緩くし、1割5分程度



とする。

- ②右岸のステップ幅を1.0m程度とする。
- ③護岸は草刈りや土砂払い等の維持管理がしやすい、3面張りとする。底版は浸透性の高い構造を検討する。
- ④管理用道路下に埋設されるパイプラインからフラッシュ出来る施設を設け、清掃時に利用する。
- ⑤管理用道路の幅は2m以上とし、左岸側の擁壁は出来るだけ小さくする。

第3回目のワークショップの感想

地域自ら施設を構築するという意識は低く、事務局側に頼る部分が多く見受けられる。また、評論家的意見が多い。

このようななか、各家庭から直接水路に雑排水が流入している現状で、汚水枡等を設けて、“ある程度処理をしてから流入させないと整備した水路が汚れてしまう”との意見もあり個々のモラル改善を促す建設的意見が出されたことは注目に値するものとして評価したい。

★第4回ワークショップ (H10.7.25)

名取市北目集会場

参加人員 32名…地域の歴史勉強会、生態系調査
前回のワークショップ開催後、地域の歴史や自然を考慮して施設構築する必要があるとメンバー

から申し入れがあり、今回は、土質・地質の専門家を招きこの地の生い立ちや、数十年前の農村環境を把握するため長老の話聞く機会を設けた。

その後にメンバー全員で生態系調査を実施した。

第4回目のワークショップの感想

専門家や長老の方から地域の歴史を紹介され新たな地域の一面（北目集落の歴史が比較的新しいこと、20～30年前まで良好な自然が多かったこと）が浮き彫りになり、メンバーは大きな関心を持ったようだ。しかし、回を増す毎に若い人の参加が少なくなり、生態系調査では高齢者が多く現地へ出向いたのは事務局の人間が大半を占めるなど、若手メンバーの参画を促す必要があると感じ



生態系調査



樹木の調査



班ごとに検討



水路についての検討状況



班ごとに発表

た。

★第5回ワークショップ(H10.12.26)

名取市北目集会場

参加人員 26名

…実施設計図面及び施設維持管理について検討
実施設計図面を提示し地域メンバーと意見交換
会を実施した。更に、植栽計画について検討した。

第5回目のワークショップの感想

実施設計がまとまった段階での説明になったた
め、新たに参加したメンバーから設計作業段階途
中で経過報告が欲しかったとの声があった。

今後は、設計段階でも、まめに地元調整を行う
必要がある。そのためには、地域推進母体を強化
し主体性を持つ団体にする必要がある。

★第6回ワークショップ(H11.10.22)

名取市北目集会場

参加人員 25名……………工事の実施について
工事内容、施工業者、工期について説明し、民
地に係る樹木の伐採、掘削土の仮置き、仮設道路
の設置位置、民地の借り上げ、工事上の騒音対策
について意見交換を実施した。

工事の施行において、極力地元の意向が反映さ
れるよう、地元の代表者も参加した現場巡回、打
ち合わせを実施し、よりよい施設づくりを行うこ
ととした。

第6回目のワークショップの感想

一部の参加者から「このような水路を整備して
も誰が管理するのか」との意見も出された。しか
し、ほとんどのメンバーから「誰に頼まれて行っ
ている事業ではなく、自分たちで進めてきた事業
なので管理も自分たちで行う」という意見が出さ
れるなど、強制された事業ではなく自ら行ってい

る事業との認識が示された。従来のように行政が計画し、地元で説明するのではなく、計画当初から行政と住民が一体となって事業を進めた成果といえる。

★第7回ワークショップ(H12.3.11)

名取市北目集会場

参加人員 28名

…維持管理の具体的手法、記念行事の検討「みんなでつくった水路を記念して集落行事を実施したい」という申し入れがありその具体的内容について話し合いを実施した。更に、適正な施設の維持管理を行うための管理協定について検討を行った。

第7回ワークショップの感想

工事も終盤にさしかかり親水施設の外觀があらわれ、メンバーの意見も具体的内容を帯びてきた。特に、維持管理の手法や、管理日程については、集落全体で年数回（月日も設定）実施することなど積極的な提案がなされた。また、記念行事の提案も行われ集落の連帯感も当初より強くなった証と感じられた。



施工中の水路

4. ワークショップ方式導入の評価と課題

■評価

従来の農業水利施設における整備手法は、設計基準に則し効率性優先の施設構築が一般的であった。さらに、事業主体側の一方的論理により設計・施行され地域に根ざした「我が施設」にはほど遠い施設も少なくない。

これらの施設は、農村の生産・生活に密着し、農村の歴史を刻んできたいわゆる「農村の文化を象徴するもの」である。本物が求められる時代、今後とも地域と不可分の施設を構築することこそが我々農業土木技術者に課された責務と考える。

今回取り組んだワークショップ手法による施設構築は、主役不在の恐れがある施設の存在を排除し永続的に施設（集落）の機能維持をはかる有効な手段であると確信する。

■課題

地域の声を極力、施設計画に反映させたことは結果的に大きな成果であった。しかし、地域の自発的取り組みによらないために主体性のある意見が少なく事務局提案の調整が主となった施設計画となった。

また、回数を重ねる毎に若手メンバーの参加が減るといった問題や、メンバーが固定せず手戻り作業になったものもあり準備段階での勉強会など周到な対応が今後の課題である。

5. おわりに

平成12年4月23日(日)、約2年を費やして構築した親水水路の完成を祝う記念植樹祭が北目集落の主催で開催した。

当日は、水面に春の暖かい陽ざしが光りを放ち絶好の植樹びよりとなった。午前10時から開催した植樹は、一同に集まった集落のお年寄りや子供達によりツツジ、ライラックの苗木数十本が水路沿いに手際よく植え込まれた。また、設計や工事に携わった関係者やボランティアの方々により芝



記念植樹



参加者全員による植栽

桜や、リュウノヒゲが植栽され午後1時に作業が終了した。

終了後、集落の婦人会から、おにぎり、豚汁が振る舞われこれまでの活動に対して感謝の意が示された。

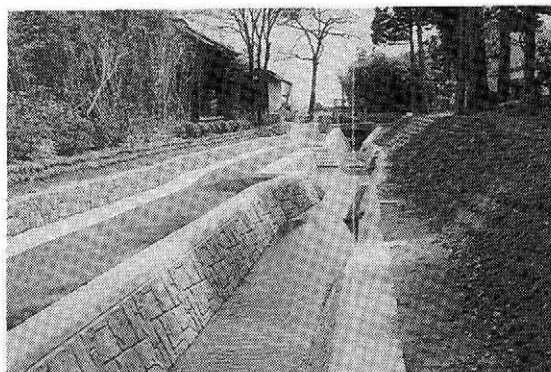
ワークショップによる施設構築は、この事例を機に県内各地で実施されるようになってきたが、時間とマンパワー不足等から積極的対応がはかられないのが現状である。

しかしながら、地域の対話を重視したこの事例は、単に、ものをつくる手法としてだけでなく、人づくり、地域づくりに有効であると注目されており、今後、積極的に活用することが重要である。

最後になったが、ワークショップ開催において指導を頂いた小山高等専門学校尾立先生、関係機関の方々に御礼を申し上げて、事例報告としたい。



整備前の水路



整備後の水路

暗渠排水管自動埋設工法について

—国営孺恋開拓地区施工事例—

白鳥 峰 司*
(Mineji SHIRATORI)

上 田 啓 二**
(Keiji UEDA)

目 次

1. はじめに	21
2. 工法の概要	21

3. 施工	24
4. まとめ	28

1. はじめに

孺恋開拓建設事業は、キャベツ農家の経営規模拡大・安定生産を目的として平成元年に着工し、平成13年度の事業完了を目指して工事実施中である。

事業地区は、群馬県孺恋村の吾妻川左岸に展開する標高1,100m～1,400mの林野を畑地造成するもので、造成工事については平成9年度をもって完成し、造成された農地では、キャベツ等の作付けが行われているが、造成基盤層が粘質土であることから、造成畑の一部において排水不良により営農に支障が生じているところがある。

このため、暗渠排水工の施工により排水改良を図ることとして、平成8年度から順次暗渠排水工を施工しているところである。

しかしながら、本地区はキャベツを中心とした高原野菜の生産地帯であり、6月～10月は耕作期間であるためほ場での工事が出来ない。また、12月～3月は積雪等のため工事が不可能であることから、作付け前の春期及び収穫後の秋期の極めて限られた時期に、暗渠排水工を施工しなければならない。

したがって、国営事業の完了を間近に控え、早期に事業効果の発現を図るべく、短期間に効率よく施工でき、さらに、コスト縮減の要請にも応えられる経済性にも優れた「暗渠排水管自動埋設工

法」による施工を導入することとした。

本稿では、本地区における「自動埋設工法」の施工実績をふまえ、在来工法との比較、排水効果、今後の課題について述べることとしたい。

今回「暗渠排水管自動埋設工法」により施工したほ場及び暗渠排水工の標準断面は、図-1、図-2のとおりである。

2. 工法の概要

暗渠排水工の機械化は1950年頃より人力に代わりショベル系掘削機が用いられるようになってきたが、管材は依然として土管が主流であり自動埋設工法にいたる大きな技術的な障害となっていた。1970年代に入りコルゲート型プラスチック管が開発され、その特性が機械施工に適していたため、暗渠排水管連続埋設機の開発が急速に進んだ。

1980年代に入って、レーザーレベルの導入をきっかけとして排水勾配を高精度に管理するシステムが構築され、暗渠排水管の自動敷設が可能になりコストの縮減を図りながら施工品質が飛躍的に向上した。

暗渠排水工は排水管をある一定の間隔で敷設するだけの単純な工事であるが、利用される排水管はわずか数センチの小口径管であり、敷設の精度が悪いと（渠底の不陸など）流下能力が低下し泥土の沈殿沈降が起これ排水管は短期間で閉塞することがある。現状のショベル系掘削機で開削しながら排水管を敷設する工法では、掘削部が狭く渠底の整地転圧をするには限界があり渠底の不陸が起これやすく有効な暗渠を埋設する大きな障害

*関東農政局大里農地防災事業建設所 (Tel. 0279-97-3939)

**農村基盤建設協業組合

となることがある。

これらショベル系掘削機で施工する場合の障害要因を限りなく排除し、効率のよい暗渠排水管を埋設できるように開発された機械が暗渠排水管自動埋設機である。

1) 暗渠排水管自動埋設工法の特徴

①工期の短縮とコストの縮減

掘削・管理設・被覆材（疎水材）投入の暗渠埋設工の基本的作業が自動化されているため労務配置が少なく、また、作業は一工程で完了するため大幅な時間短縮が図れる。埋設排水管の勾配が厳密に管理されること、掘削断面は整形された最小断面（幅15cm）が被覆材を投入するまで確保されるため、在来工法に比較して大幅な被覆材の削減が可能であり、施工スピードの速さと相まってコストの縮減が図れる。施工スピードの速さは暗渠排水工事の大きな利点となる。すなわち、収穫後や春耕期前の僅かに残された乾燥期をねらって必要な暗渠を施工することが可能であり、農作業に影響を与えることなく圃場の排水効果の向上が図れる。

②勾配精度の向上

暗渠排水管は僅か数センチの小口径であり、布設精度が悪く渠底に不陸が生じれば流下能力が低下し、泥土の沈殿などにより排水管は閉塞してしまう。

一般に不陸の許容値は管径の1/2以下といわれており、掘削から管の布設までの間に渠底勾配のチェックと整形転圧をおこない、管をたるみや蛇行のないように埋設しなければならない。従来工法においては掘削断面が小さいと、これらの確認と渠底の整形が困難で、暗渠排水の効果が高めるための重要な部分が十分に管理されないまま埋設され、渠底の不陸などにより排水管が閉塞され耐用年数の減少などの障害が発生することが多かった。

本工法は埋設精度を上げるための各工程の品質管理が困難であった従来工法の弱点を解消するために、レーザー情報によって常に作業機をコントロールできる作業システムが構築されている。地表面の凸凹・傾斜にかかわらず、トランスミッターから発信される計画勾配線を中心に上下2mmの範囲で作業機の高さを連続的にコントロールし、

計画勾配と渠底を常に平行に保ち、掘削と同時に排水管を敷設できることから排水管の不陸が極めて小さく、滞水や泥土の沈殿が殆どなくなる。

③渠底の整形・押固め

油圧ショベルによる渠線の掘削は、掘削方向に波状または貝殻状に凸凹となることが多く、その上に整形なしに排水管を布設すれば必然的に管は不陸状に布設される。これらの不陸は、現在の施工管理基準値内であったとしても、滞水や泥土沈殿による排水能力の低下を防止しようとするれば、より高い精度の施工が求められる。従来の機械掘削による施工方法では、施工精度を上げればコスト上昇と工期の遅延を招くことになり、限界がある。

本工法は、プラウで掘削すると同時に作業機底部に取り付けられたウェアプレートによって渠底を押固め、逆三角形に整形し、その中央凹部に排水管を埋設するため安定し、埋戻時にも排水管の移動や不陸が起りにくい工法である。

④一工程ですべての作業が完成する。

開削型の渠底は掘削により上部荷重から解放されるため時間の経過とともに地盤が緩み、湧水や雨水が流入すると渠底は泥濘化し管を埋設する状態が悪化する。また、流入水による渠底の洗掘は掘削溝の崩壊などを誘発することもある。

本工法では掘削から排水管の布設、さらに埋戻しまでの連続同時施工が可能であり、タイムラグによる品質の低下が起らない。

2) 機械の概要

暗渠排水管自動埋設機は掘削形態の相違からトレンチャ型とプラウ型の2種類があり、現場の状況によって使い分ける。

本地区における導入機械はプラウ型でありその概要は次のとおりである。

暗渠排水管自動埋設機は掘削方法によって作業機の形状は異なっているが、機械の構成は動力部・掘削部・パイプ敷設部・被覆材供給部からなり、被覆材を必要とする場合は被覆材運搬投入機が併走し、敷設機本体のホッパーに被覆材を連続供給することができる。被覆材の厚さの設定はホッパー出口のスライドゲートによって調整されるようになっている。

作業機部の概要は図-3のとおりである。

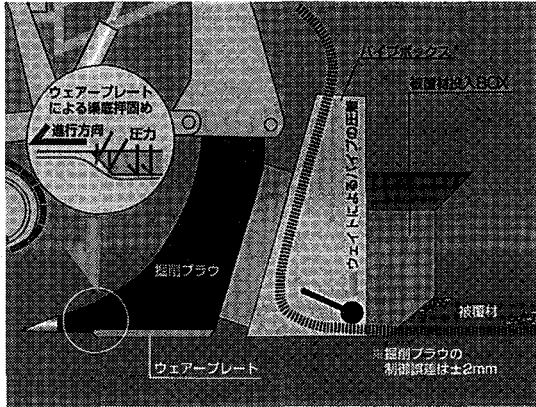


図-3 プラウ型の作業機

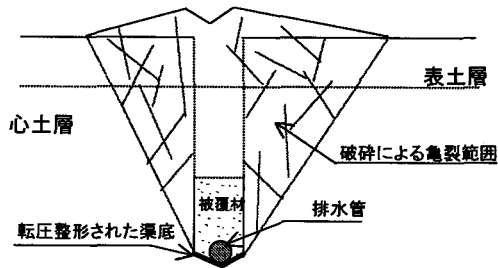


図-4 作業断面イメージ

本工法に使用する機械の諸元はつぎのとおりである。

プラウ型 (2040GP) 敷設機の諸元

- 出力・馬力 260kW 412Hp
- 質量 32t
- 接地圧 0.37kg/cm²
- 形状寸法 L=10.0m B=3.2m H=3.25m
- 掘削深さ 0.5~2.0m
- 使用可能管径 φ200mm以下

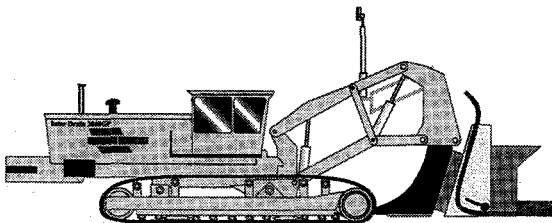


図-5 プラウ型自動暗渠敷設機

被覆材運搬車の緒元

- 馬力 154Hp

- 質量 6.3t
- 接地圧 0.21kg/cm² (積載時)
- 形状寸法 L=10.0m B=2.65m H=2.95m
- 積載量 5t
- ホッパ容量 3m³

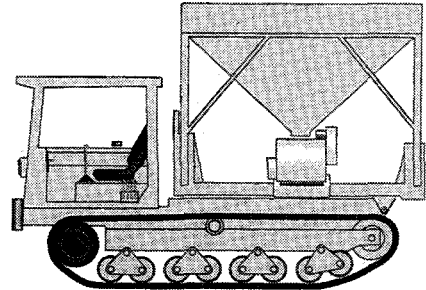


図-6 被覆材運搬車

3. 施工

プラウ型暗渠排水管自動埋設機は一作業工程で掘削から埋設・被覆材の充填を行う工法で施工に際して次のような施工体制を編成する。

施工の対象となった圃場は、排水処置の必要な限られた範囲に暗渠排水管を埋設する方法を採用している。各々の暗渠の平均延長は比較的短く、圃場は3~5度の傾斜を持った改良山成畑である。仕様の1/100以上の勾配を保ち、できるだけ渠線を長くするような配線計画をした。傾斜方向に直交する配線は暗渠の集水範囲を大きくするとともに表面流下水の暗渠への取り込みにも効果があった。

また、従来工法と断面構造が大幅に異なり被覆材の量が少ないことが、吸水能力の低下につながる懸念があったが、吸水渠の周辺地盤を掘削プラウによって破碎し地中にクラック網を形成することで被覆材と同じ効果をもたらすことが、暗渠敷設後の排水状況から確認された。

本工法による標準作業フローは図-7に示すとおりである。

1) 施工管理の方法

暗渠排水工事における施工管理項目は、敷設深さ・間隔・施工延長の3項目がある。従来の施工においては油圧ショベルにより掘削・敷設が行われており施工途中各工程で管理する方法がとられ

表-1 作業編成

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ブラウ型埋設機	260Kw	台	1.0	掘削埋設
被覆材運搬車	5 t 積み 3 m ³	台	1.0	運搬距離・量により2台
油圧ショベル	0.6, 0.25m ³ 級	台	2.0	補助掘削及び被覆材積み込み
特殊運転手		人	3.0	作業機運転手
普通作業員		人	4.0	
一般世話役		人	1.0	

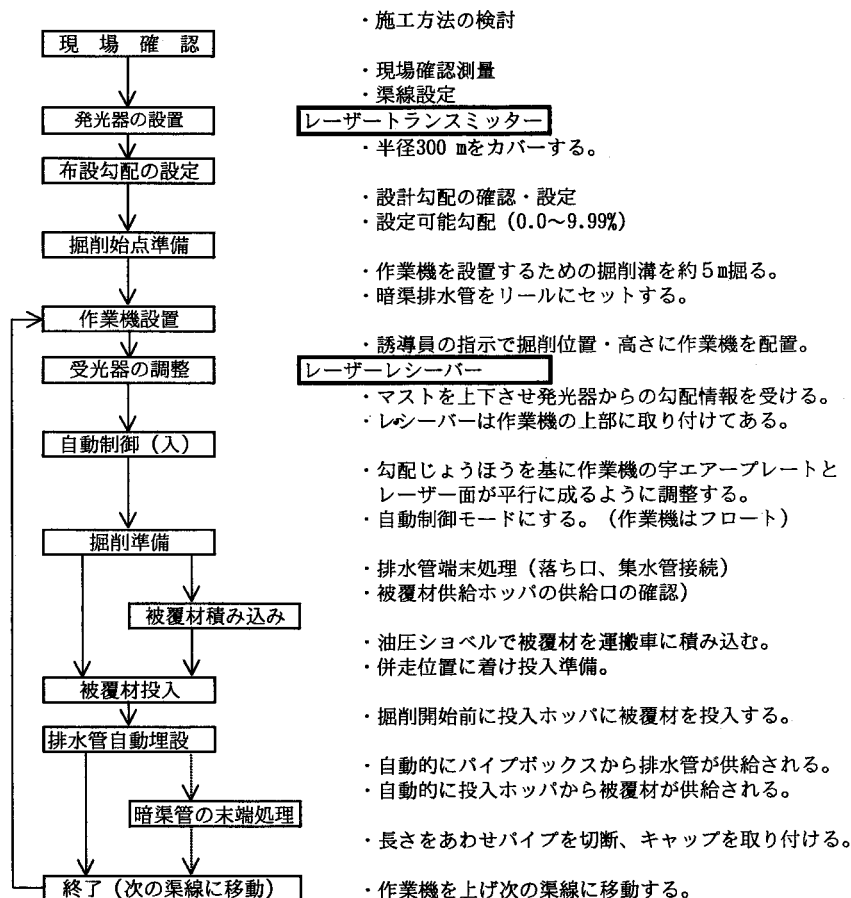


図-7 標準作業フロー

ている。本工法は、ブラウ型暗渠排水管敷設機は掘削から敷設までの作業が一体化しており、従来工法のような管理が行えないため、自動追尾型の三次元ジオジメーターを試験的に導入し、敷設深さ・間隔・施工延長の座標データを得ることで施工管理を試みた。

観測結果は図-8, 9のとおりである。観測の結果から本工法による施工精度は十分に満足できるものであることが確認できた。被覆材の投入量

確認は適宜渠線を掘削し目視確認をする方法で実施した。

2) 歩掛調査

本工法を導入するにあたり作業能力は北海道の施工実績をベースに算定し、時間当たり施工能力を173mとした。(平均渠線長60m, 被覆材高さ40cm)

当該工事における歩掛調査は日毎の作業時間・

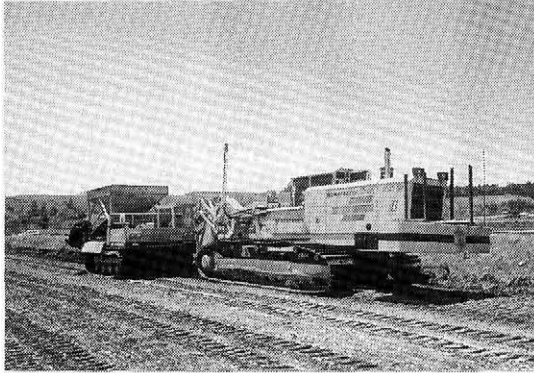


写真-1 施工状況

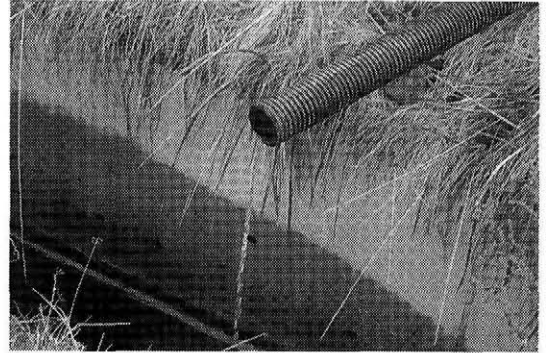


写真-2 排水状況

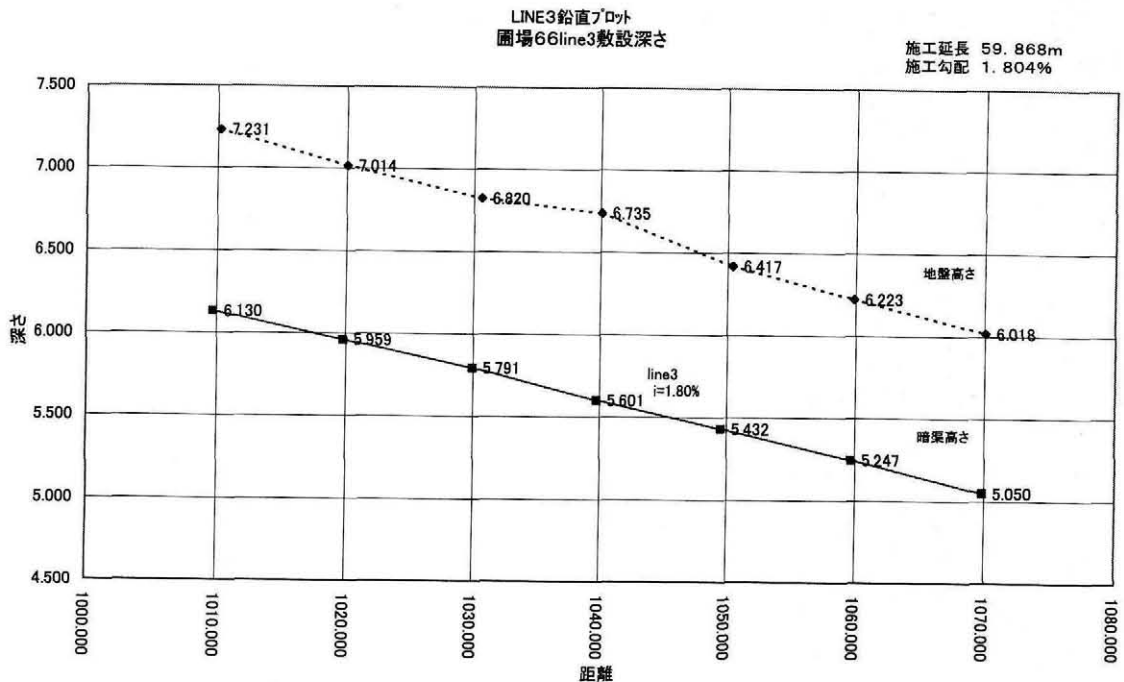


図-8 敷設勾配および深さ

施工数量・作業編成について調査し本地区における従来工法との比較を行った。

施工能力調査集計結果は表-2に示すとおりである。

調査結果

①時間当たり施工延長は工事全体から平均して135m/hrであり(渠線長56.1m=施工段階で、現地精査により一部暗渠線を変更したため)設計時の78%の施工能力となった。その原因と考えられることは

- ・施工総延長に対して圃場数が多く移動ロス

が累積した。(1圃場あたり421m)

- ・被覆材運搬車が1台であり碎石補充待ち時間ロスが生じた。
 - ・集水渠に接続する複合配線であり始点処理に時間がかかった。
 - ・敷設深さ付近に(地表より1m)転石などの障害物が現れることがあった。などの条件によって想定された能力の発揮ができなかったと考えられる。
- ②本工法の作業の特性から平均渠線長が長いほど施工能力は大きくなるはずであるが本地区

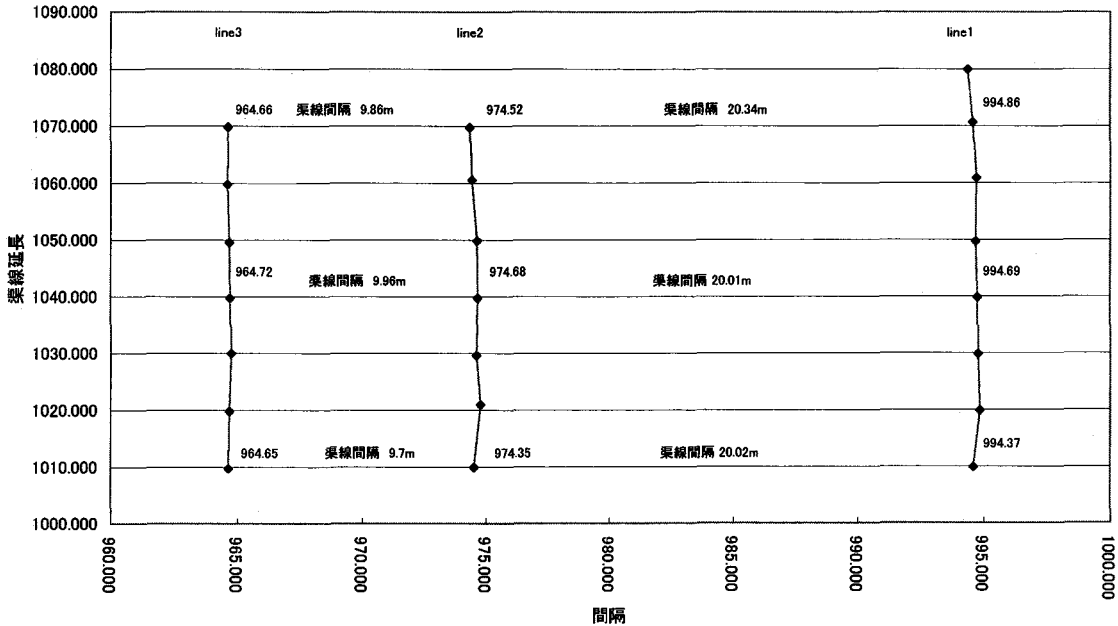


図-9 暗渠間隔

表-2 施工能力調査集計表

番号	施工延長 (m)	渠線数 (本)	敷設時間 (hr)	平均渠線長	時間当たり施工延長	備考
1	447.3	6	4.083	74.6	109.6	作業初日
2	954.5	14	7.250	68.2	131.7	
3	646.7	10	7.250	64.7	89.2	
4	949.4	15	7.417	63.3	128	
5	798.4	15	7.083	53.2	112.7	
6	190.9	2	1.083	95.5	176.3	運搬車修理待機
7	819.0	14	3.250	58.5	252	
8	915.1	20	7.417	45.8	123.4	
9	202.8	4	2.083	50.7	97.4	PM雨天待機
10	1,387.7	26	7.833	53.4	177.2	
11	997.0	21	7.250	47.5	137.5	圃場移動 1.75時間
12	923.1	17	7.000	54.3	131.9	
13	735.6	9	7.167	81.7	102.6	
14	1,000.0	17	5.750	58.8	173.9	
15	145.6	1	0.750	145.6	194.1	圃地移動準備
16	369.6	8	2.667	46.2	138.6	圃地移動
17	1,074.0	22	7.050	48.8	152.3	
18	514.5	12	4.417	42.9	116.5	作業終了
	13,071.2	233	96.800	56.1	135	

においては日毎の作業実績から見て平均渠線長と時間当たり施工延長の顕著な相関は見られなかった。(調査データが少ないことや作業の習熟度不足などが影響していると思われる。)

③以上の状況から判断して施工能力に影響を与

える要因は、平均渠線長のほか、圃場の形状、土質、転石などの地中障害物の有無、圃場間の移動距離などのことが複合的に組み合わせられて影響すると考えられる。このため、本工法によるコストの縮減は、計画段階で工法の特徴を生かし、効率的な作業が可能となるよ

うな配線デザインを行うことが重要であると
考えられる。

3) 排水状況の確認

工事完了後2～3日後と翌春融雪時期および施工1年後の収穫後に、3回の排水状況の確認を行った。複合配線であるため出口は総計で44箇所あり、すべての排水口の排水状況を調べた。排水が確認できなかった出口は完了後7本、融雪時は4本、1年後は8本（出口に土砂が堆積し埋没してしまったものが1ヶ所）であった。

1年後の排水の比較的多い場所の排水量の測定結果は、1haあたり1時間の排水量は90.7～70.3リットルであった。

4) 排水効果の調査

平成11年の耕作に際し排水不良のため表土が泥濘化しキャベツの作付けが行えなかった場所が2箇所あったため、当該場所に暗渠排水を施工し、作付が可能な状況まで排水不良が改善されるかどうかを調査した。

41圃場の南側の約2,500m²についての平成11年の状況と平成12年度の状況は写真-3、4に示すとおり排水不良が改善され、作付けが可能な状況となった。

4. まとめ

農業をとりまく昨今の状況から、整備水準を維持向上させながらコストの縮減に取り組む必要性は、暗渠排水工事も例外ではなく、経済的かつ効率的な施工に努めなければならない。高原野菜の一大産地である本地区においては畑の利用率も高く耕作期以外の短期間で効率よく工事を進めることが望まれている。従来工法においては工程上の制約や経済性が課題であったが、暗渠排水管自動埋設工法を導入することによってこれらの課題が解決の方向に向かったといえる。当初予想された適用効果は、

- ① 工事費の縮減
- ② 工期の短縮
- ③ 確実な排水効果による生産性の向上
- ④ 圃場地耐力の向上

の4項目であったが従来工法との比較において当初の目的を達成することができた。



写真-3 平成11年作付け状況



写真-4 平成12年作付け状況

1) 効果の検証

① 工事費の縮減

本工法は、暗渠排水工事の各作業工程を連続的に行えるものであり、作業効率がよく被覆材の投入量の減少と相まって、表-3示すとおり工事費の大幅な縮減が実現した。

② 工期の短縮

今回施工した実績値と従来工法で実施する場合の工期の比較は表-4に示すとおりである。

③ 確実な排水効果による生産性の向上

暗渠排水の基本的な品質である勾配精度が、高いレベルで確保される工法であった。

また、3.4) 排水効果の調査でわかるとおり暗渠排水を実施することによって排水不良が改善され、生産性の向上が図られた。

④ 地耐力の向上

本地区の農作業は大型機械によって行われており、排水不良などによる地耐力の低下や走行能力の低下は農作業効率の低下に直接影響を与える。定量な調査は行っていないが、上記③に示す状況

表-3 工事費の縮減

事項	従来工法	暗渠排水管自動埋設工法
施工方法	① 表土剥ぎ取り(ブルドーザー) ② 渠線掘削(バックホウ) ③ 間敷設(人力) ④ 被覆材投入(人力・バックホウ) ⑤ 渠線埋戻し(バックホウ) ⑥ 表土戻し(ブルドーザー)	① 始点部掘削(バックホウ) ② 掘削・埋設・被覆材投入 (自動埋設機・被覆材運搬車) ③ 始点部埋戻し
工事費 m当たり (直接工事費)	a)表土掘削・戻し 500円 b)管敷設(含む被覆材) 2,227円 合計(mあたり) 2,727円	a)自動埋設工法(135m/hr) 983円 (補助掘削ふくむ) 合計(mあたり) 983円
工事費の縮減額	直接工事費で、m当たり次のとおり縮減された。 983円-2,727円=-1,744円	

表-4 工期の短縮

事項	従来工法	暗渠排水管自動埋設工法
施工量	L=13,071m	L=13,071m
施工能力	① 渠線掘削：496.43m/日 ② 管敷設：603m/日	・時間当たり施工量 135m/hr(実績) ・日当たり運転時間 6.2hr(11/7h準用) ・日当たり作業能力 837m/日
工期算出	13,071m ÷ 496.43m/日 ≒ 27日	13,071m ÷ 837m/日 ≒ 16日
工期の短縮状況	(27-16) ÷ 27 × 100 = 40% 従来工法に比べて40%工期が短縮された。	

から暗渠排水の施工によってトラクターのトラフィカビリティが向上していることが推測できる。

3) 今後の課題と展望

本工法は暗渠排水工事の各作業工程を一体化し施工性を高め、品質の向上とコストの縮減を併せて実現することのできる工法といえる。しかしながら、その能力を最大限に生かすためには安定した牽引力が必要であり、必然的に機械設備は高出力のエンジンと質量を兼ね備えた大型機械となるが、区画の小さな圃場では、これらを十分に有効利用することが困難であり、機械の搬入・搬出コ

ストを考えれば、ある一定量以上の施工規模が確保されなければ有効な施工手段となりえない弱点もある。

また、国内における暗渠排水管自動埋設工法の導入は始まったばかりであるが、品質とコストのメリットを兼ね備えた本工法が各地で普及していくことを期待している。

最後に本工法の導入実施にあたり多大なるご理解とご協力をいただいた土地改良区、地元の方々、技術的課題の解決のためにご指導くださった関係機関各位に対し深く感謝申し上げます。

「こま型基礎」による地盤改良工法について

阿 部 義 宣*
(Yoshinobu ABE)

目 次

1. はじめに	30	5. 沈下量の算出について	36
2. 工事概要	30	6. 沈下の推移について	40
2. 「こま型基礎」工法採用経緯	30	7. おわりに	41
4. 「こま型基礎」工法について	34		

1. はじめに

新荒井川排水路は、西蒲原排水農業水利事業の基幹施設である大通川放水路の末端に位置し、洪水時に荒井川の水を、新荒井川排水路分水工、大通川分水工を経て、大通川放水路に流下させる、延長約2kmの新設水路である。

当地区の地盤は、沖積世に堆積した粘質土と砂質土により構成されており、その分布状態は非常に複雑である。また、構造物基礎の明確な支持層となりうる地層が存在しないため、構造物の設置に際しては、基礎処理が懸案事項となっている。

本報文では、平成11年度に施工された、新荒井川排水路その3工事、その4工事で採用した「こま型基礎」工法(TOP BASE METHOD)の施工事例を紹介することとした。

2. 工事概要

新荒井川排水路には、市道3路線、農道7路線が交差しており、全ての橋梁は函渠(二連BOX構造)で設計されている。平成11年度工事では、うち、市道橋1橋、農道橋4橋が施工された。それぞれの函渠の構造は類似している。農道1号橋を図-4に示す。

3. 「こま型基礎」工法採用経緯

当初計画では、ボーリング調査結果に基づき、当該函渠基礎部より110cm下に分布する砂層に函

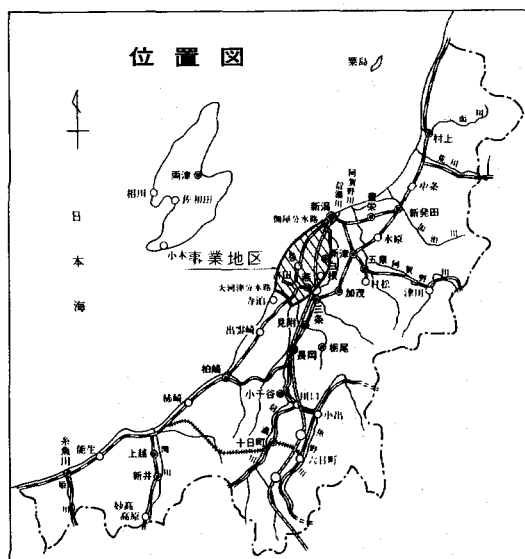
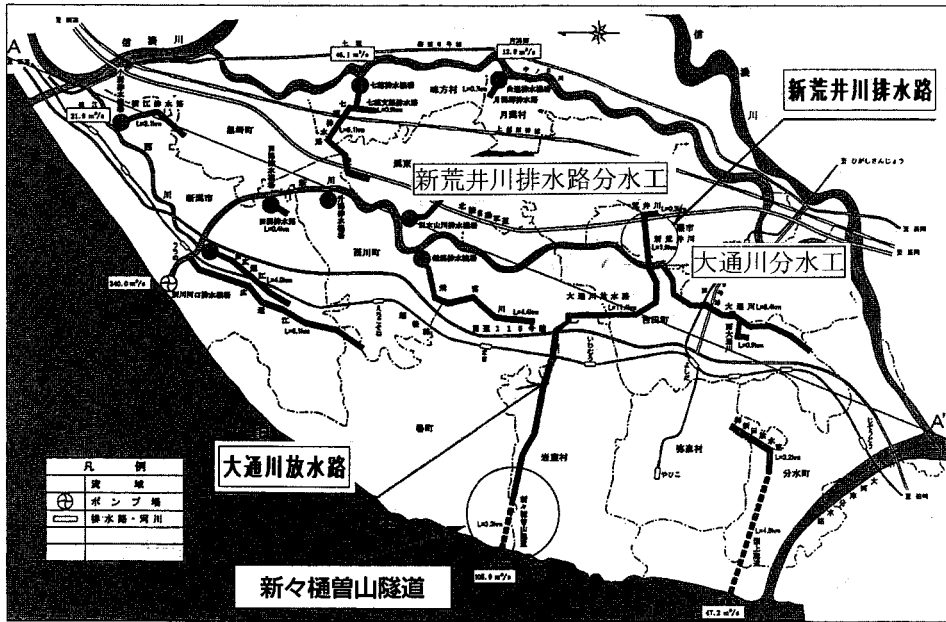


図-1 事業位置図

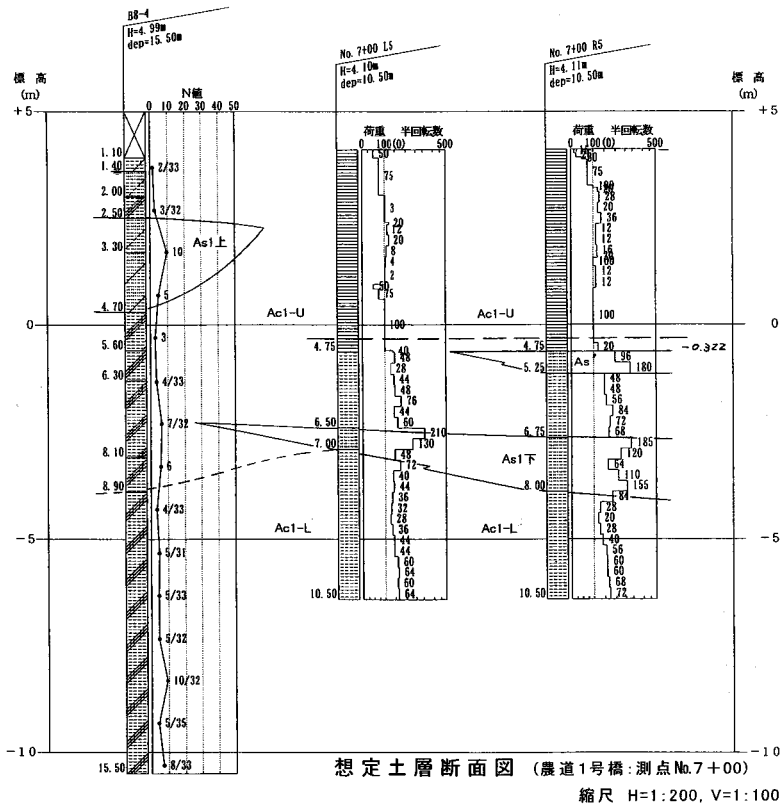
渠を載せる事とし、その間の粘質土については、セメント系固化材による地盤改良を予定していたが、現地の地層を確認した結果、想定された砂層の分布位置が当初よりも更に120cm深い事が判明し、また、砂層の厚さも50cm程度しか期待できない事から、計画の見直しをせざるを得なくなった。

当初の地盤改良案で施工した場合には、土留鋼矢板が自立できなくなり、また、セメント系固化材の攪拌に必要なスペースも確保出来ない事から、「こま型基礎」工法を採用する事とした。本工法の採用に当たっては、経済性のメリットに加えて、函渠底版部の構造計算の見直しを必要としない事や、改良範囲を低減できる事等のメリットが有っ

*北陸農政局土地改良技術事務所 (Tel. 076-292-7900)



図一 新荒井川排水路工事位置図



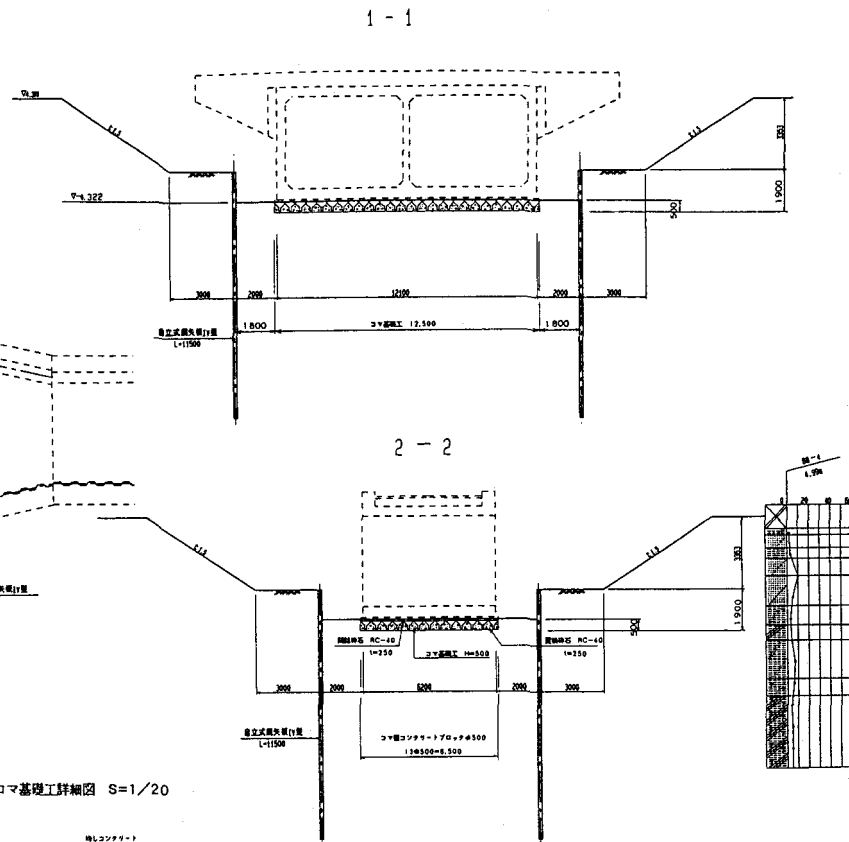
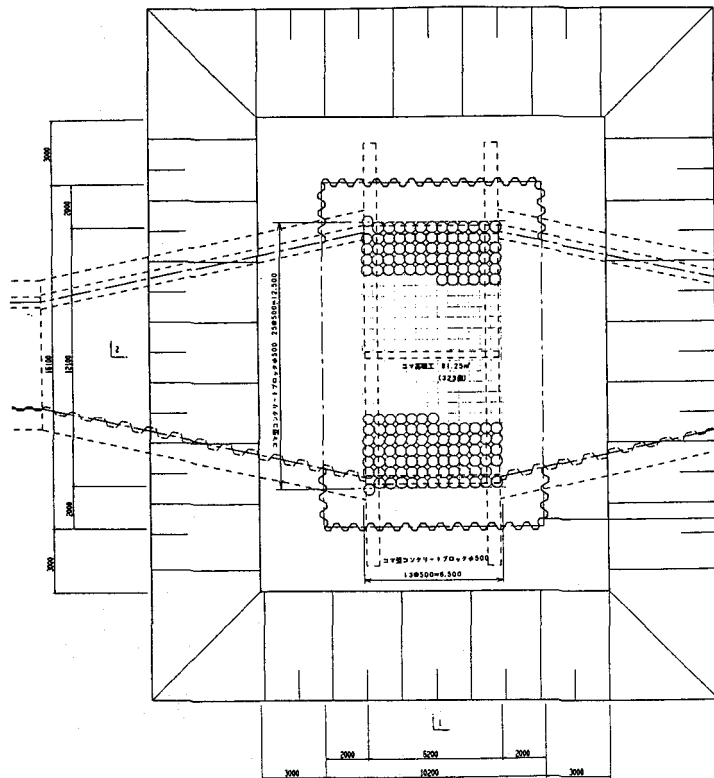
図一 想定土層断面図

No.6+97.51

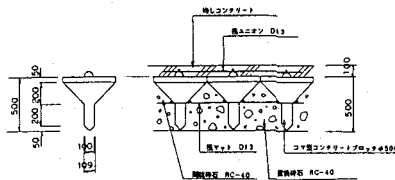
函渠工土留詳細図
(農道1号橋)

S=1:100

平面図



コマ基礎工詳細図 S=1/20



材料名	形状寸法	数量	単位	重量 (t/m)	総重量 (t)	単位	備考
基礎工	鋼筋コンクリート L=11500	74.4	m	0.875	65.1	m	サース材

図-5 函渠工土留詳細図

たことも大きい。

4. 「こま型基礎」工法について

今回採用した「こま型基礎」工法の概要については、下記の通りである。

4-1. 工法の概要

本工法は、図-6に示すように、構造物の基礎地盤表面に特殊な形状のコンクリートブロックを敷設する基礎工法の一つである。このブロックは、「こま」の形状をしたコンクリート製品であり、その形状から「こま型基礎」と総称されている。敷き並べた「こま型ブロック」の隙間には、碎石を充填し、締固めを行う。

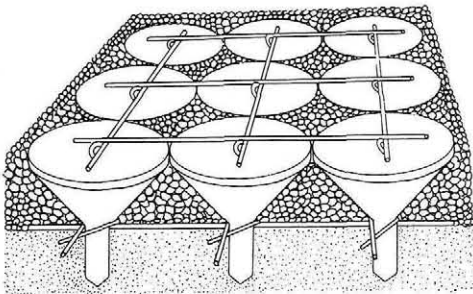


図-6 こま型ブロック敷設状況

施工手順としては、組鉄筋（筏マット）を最初に敷き、所定の位置に「こま型ブロック」を設置する。次に、碎石を充填して締固めた後、ブロックの頭部鉄筋（連結筋）を井桁状に配置した鉄筋（筏ユニオン）で連結するものである。（写真-1～3）

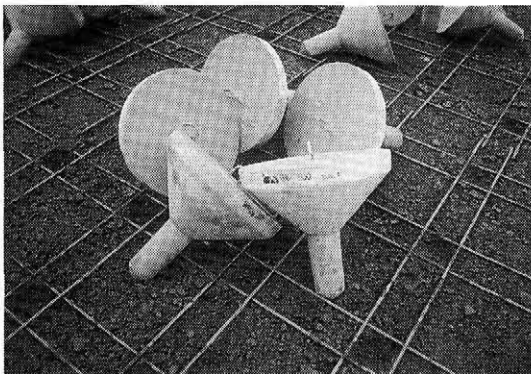


写真-1 こま型ブロック（500型）



写真-2 こま型ブロック敷設状況

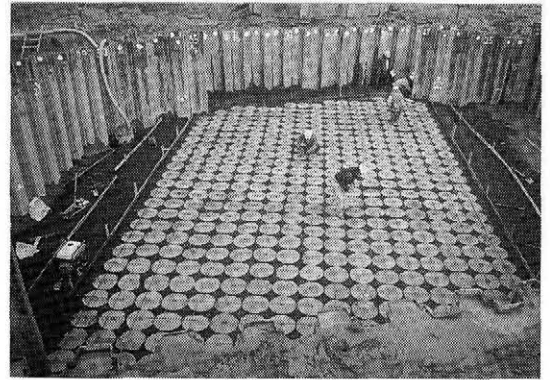


写真-3 筏ユニオン結束状況

各部材の名称は、図-7に示す通りである。また、標準的な断面を、図-9に示す。軟弱な地盤に「こま型ブロック」を敷設する場合には、根切床地盤の攪乱防止、或いは、作業員の足場確保のために、図-8(b), (d)に示すように、適切な厚さまで碎石を敷き均した後、「こま型ブロック」を敷設する方法を採用することがある。

軟弱な地盤に土木或いは建築構造物を建設する場合、設計支持力が不足したり、或いは有害な沈下の発生が予想されることがある。本工法を採用すると、配置された鉄筋（筏マット、筏ユニオン）の補強効果が働き、上載荷重が「こま型プロ

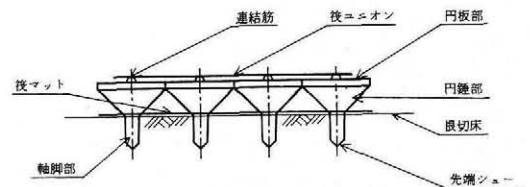


図-7 各部の名称

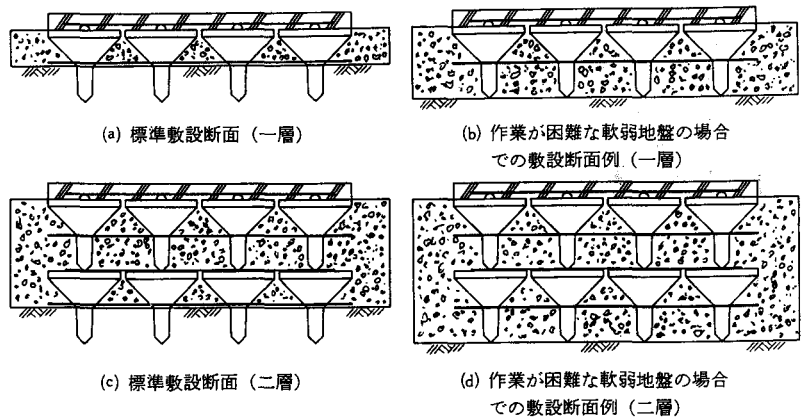


図-8 敷設断面図

ック」を介して間詰砕石を拘束・圧縮し、ある程度の剛性を持つ盤構造の基礎を形成する。このような表層処理を施すことによって、その下方地盤の側方変形を防止して地盤を強化し、沈下を抑制する。更に、基礎の不同沈下の抑制にも有効となる。

4-2. 適用範囲

「こま型基礎」工法を函渠基礎に使用する場合には、その適用範囲は、表-1に示す設計荷重の範囲とする。同表は、地盤条件と設計荷重に応じて適用する。

本工法の設計は、表-1の一般的適用基準、

図-9に示す標準構造図例を参考にして行うものとする。

4-3. 工法のメカニズム

本工法の特性と効果のメカニズムを、図-10に示す。

4-4. 「こま型ブロック」の種類・形状・寸法

構造物基礎として、現在使用している「こま型ブロック」には、図-11に示す2種類が有り、大きさによって「330型」、「500型」と称している。「こま型ブロック」の1個当たりの重量は、「330型」では、約19kgf、「500型」では、約64kgfで

表-1 「こま型基礎」工法の一般的適用基準【対象：ボックスカルバート・開水路等】

作用荷重 P(tf/m ²)		地盤の種類			
		P ≤ 3	3 < P ≤ 5	5 < P ≤ 7.5	7.5 < P ≤ 10
粘 性 土	N < 2 (Cu < 2tf/m ²)	330型 500型	500型	*	*
	2 ≤ N < 3 (2 ≤ Cu < 3tf/m ²)	330型	500型	500型	500型
砂 質 土	N ≥ 3 (Cu ≥ 3tf/m ²)	—	330型	330型 500型	500型
	N < 5	330型 500型	500型	500型	500型
砂 質 土	5 ≤ N < 9	330型	330型	330型 500型	500型
	N ≥ 9	—	—	330型	500型

注1) *の場合又は作用荷重が10tf/m²を越える場合には、別途詳細な検討が必要である。
注2) 極端な偏荷重が作用する場合、或いは大きな沈下の発生が予想される場合には、別途詳細な検討が必要である。

構造物の種類, 大きさ	暗きょ一連ボックスカルバート	2500×2000
最大地盤反力	$q = 6.0 \sim 10.7 \text{ tf/m}^2$	
地盤の種類, N値	粘性土	N=5
コマ型基礎工法	500型	一層

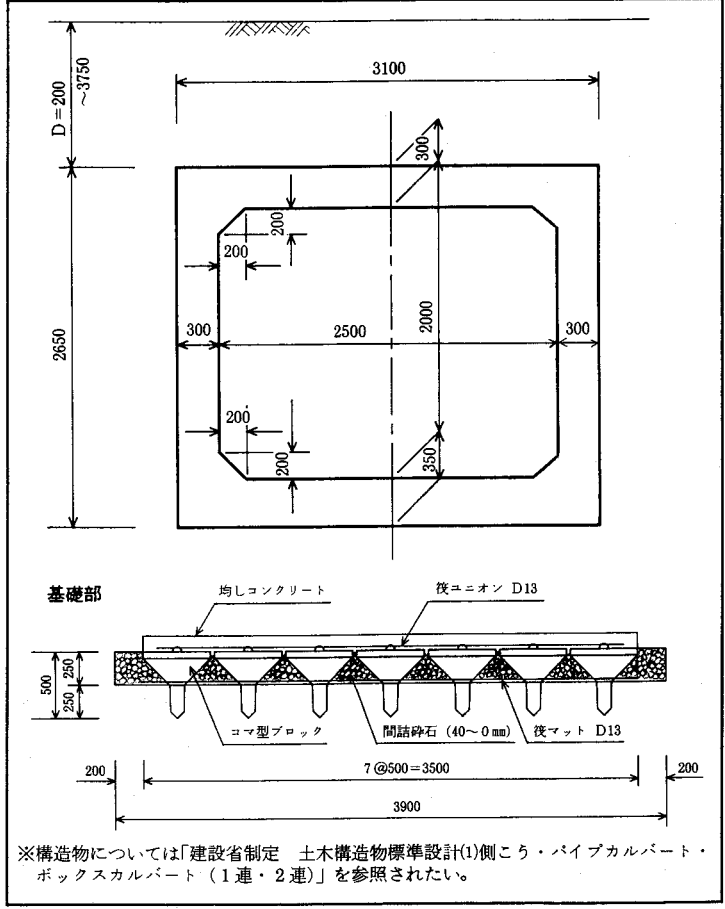


図-9 標準断面に対する使用例

ある。

版長)/B(底版幅)より求められる係数である。

5. 沈下量の算出について

沈下量の算出に際しては、「こま型基礎」部が非圧密層となるため、施工高さより下層の地盤について行う。沈下量の算出結果は、表-2の通りである。ここでは、代表して、農道1号橋右岸部の計算過程について述べるものとする。

5-1. 即時沈下量

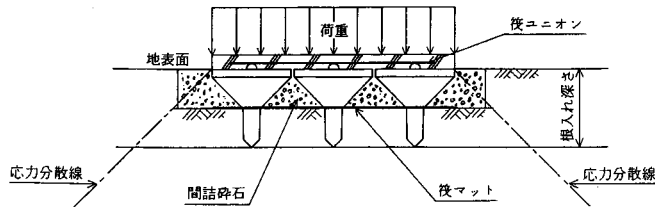
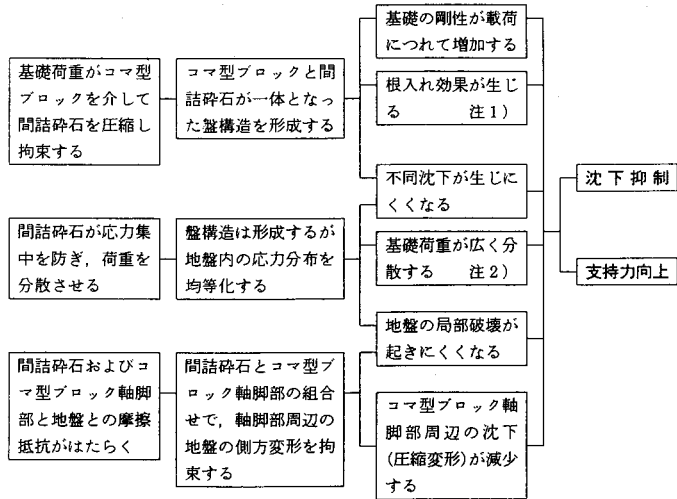
即時沈下量の算出については、弾性理論による即時沈下量算定式に基づき行う。算定式は、式-1の通りである。なお、沈下計数(Is)は、L(底

$$S_i = I_s \frac{1-\nu^2}{E} qB$$

ここに、 S_i : 即時沈下量 (m)
 q : 平均荷重度 (tf/m²)
 B : 基礎幅 (m)
 E : 地盤のヤング率 (tf/m²)
 ν : 地盤のポアソン比
 I_s : 沈下係数

式-1 : 弾性理論による即時沈下量の算定

《理由》 《トップベース工法の特性》 《効果》



注1) 極限支持力を考える場合、図に示す根入れ深さを考慮できる。
 注2) 図に示す応力分散線のように、コマ型ブロック上部から応力が広く分散される。

図-10 「こま型基礎」工法のメカニズム

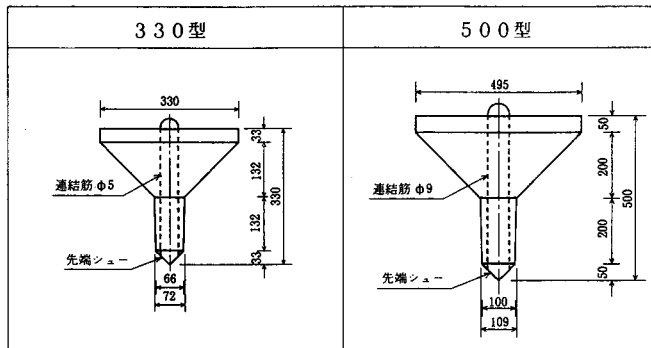


図-11 こま型ブロックの断面寸法

5-2. 圧密沈下量の算出に当たっては、地質柱状図をブロック化し、各層の圧密沈下量の合計により算出する。農道1号橋右岸側の地質柱状図をブロック化すると、下記のとおりとなる。

【沈下量試算層区分】

農道1号橋右岸：Br-8-4 (Su No.7+0 R5)
 孔口標高：G.H = 4.11m
 BOX底面：E.L. = -0.322m

表一 2 即時及び圧密沈下計算集計表

No	区分	単位	松橋1号		農道1号		農道2-1号		農道2-2号		農道3号
			右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	左岸
1	構造物荷重	tf/m ²	10.280	9.350	9.350	9.350	9.350	9.350	9.350	9.350	9.350
2	土被り圧	tf/m ²	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400
3	沈下試算荷重	tf/m ²	5.880	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950
4	コマ基礎沈下量 (圧密沈下量)	m	0.098	0.091	0.069	0.067	0.059	0.058	0.067	0.062	0.062
5	q	tf/m ²	5.880	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950
6	B	m	8.50	8.50	6.50	6.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
7	L	m	12.50	12.50	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
8	L/B		1.47	1.47	1.85	1.85	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
9	Is		0.67	0.67	0.74	0.74	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
10	ν		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
11	N値		2	2	3	3	2	2	2	2	2
12	E [28N(kgf/m ²)]	tf/m ²	560	560	840	840	560	560	560	560	560
	Si(即時沈下量)	m	0.05	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

層番号	標高 (m)	深度 (m)	厚層 (m)	相対深度 (m)	土質区分	圧密テ-9
1	-0.32	4.43	0.32	0.32	粘性土	T7.70 ~ 8.54
	-0.64	4.75				
2	-0.82	4.93	0.18	0.50	砂質土	N=5
3	-1.14	5.25	0.32	0.82	砂質土	N=5
4	-1.32	5.43	0.18	1.00	粘性土	T7.70 ~ 8.54
5	-2.64	6.75	1.32	2.32	粘性土	T7.70 ~ 8.54
6	-3.89	8.00	1.25	3.57	砂質土	N=10
7	-6.82	10.93	2.93	6.50	粘性土	T12.00 ~ 12.81
8	-10.61	14.72	3.79	10.29	粘性土	T12.00 ~ 12.81
9	-13.81	17.92	3.20	13.49	砂質土	N=20
10						

また、試算に当たっての条件は、下記の通りである。

1.1. 基本条件

沈下量の算出方法：Δe法

砂層の沈下量考慮：する

1.2. 地盤条件

(1)地層数 N：9層

(2)地層条件

地層 NO.	有効重量 γ (tf/m ³)	層区分	圧縮指数 Cc	Cvの補正 α	先行圧密応力 q0 (tf/m ²)
1	0.700	0	0.0000	1.00	0.0
2	0.700	4	0.0000	1.00	0.0
3	0.700	4	0.0000	1.00	0.0
4	0.700	0	0.0000	1.00	0.0
5	0.700	0	0.0000	1.00	0.0
6	0.700	4	0.0000	1.00	0.0
7	0.700	0	0.0000	1.00	0.0
8	0.700	0	0.0000	1.00	0.0
9	1.000	5	0.0000	1.00	0.0

- * 層区分の内訳
- 0：両面排水
 - 1：片面排水 (上)
 - 2：片面排水 (下)
 - 3：砂層 (N=0~4)
 - 4：砂層 (N=4~10)
 - 5：砂層 (N=10~30)

* 今回の試算では、時間的制約を無視することが出来る事から、粘性土については、全て両面排水としている。

* Cvの補正值αは、圧密時間を求める際に水平方向の圧密係数Chを、 $Ch = \alpha \cdot Cv$ として用いる場合に使用する。

(3)層厚データ (単位：m)

変化点	地層番号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-8.000	0.320	0.180	0.320	0.180	1.320	1.250	2.930	3.790	3.200
8.000	0.320	0.180	0.320	0.180	1.320	1.250	2.930	3.790	3.200

(4)e~logP曲線データ

P：圧密圧力 (kgf/cm²)

e：間隙比

第 [1] 層地盤

i	1	2	3	4	5
P	0.200	0.400	0.800	1.600	3.200
e	1.290	1.272	1.246	1.187	1.081

第 [4] 層地盤

i	1	2	3	4	5
P	0.200	0.400	0.800	1.600	3.200
e	1.290	1.272	1.246	1.187	1.081

第 [5] 層地盤

i	1	2	3	4	5
P	0.200	0.400	0.800	1.600	3.200
e	1.290	1.272	1.246	1.187	1.081

第 [7] 層地盤

i	1	2	3	4	5
P	0.200	0.400	0.800	1.600	3.200
e	2.218	2.195	2.152	2.065	1.818

第 [8] 層地盤

i	1	2	3	4	5
P	0.200	0.400	0.800	1.600	3.200
e	2.218	2.195	2.152	2.065	1.818

1.3. 荷重条件

(1)施工段階数：1

(2)荷重一覧表

- * 種別の内訳
- 1：単一集中荷重 (tf)
 - 2：無限長線荷重 (tf/m)
 - 3：無限長帯荷重 (tf/m²)

施工段階 [1]

荷重 No.	種別	載荷位置 (m)	載荷長 (m)	強度 1	強度 2	分散角 (度)	L (m)
1	3	-3.200	6.500	4.950	4.950	0.00	0.000

1.4. 沈下量の算出点

着目点 No.	着目点の X 座標 (m)
1	0.000

* 着目点番号【1】

* 着目点位置 Lx = 0.000 (m)

以上の条件に基づき、圧密沈下量を算出する。算出に当たっては、最初に有効土かぶり圧の計算及び、荷重による増加応力を算出し、 Δe 法により沈下量の算出を行う。

2.1. 有効土かぶり圧の計算と荷重による増加応力

ΔP ：鉛直増加応力

No.：層番号

H：層厚 (m)

γ ：有効重量 (tf/m³)

P0：有効土かぶり圧 (tf/m²)

No.	H (m)	γ (tf/m ³)	$\Sigma \gamma H$ (tf/m ²)	$\Sigma H/2$ (tf/m ²)	P0 (tf/m ²)	ΔP
						施工① (tf/m ²)
1	0.320	0.700	0.224	0.112	0.112	4.950
2	0.180	0.700	0.350	0.063	0.287	4.946
3	0.320	0.700	0.574	0.112	0.462	4.933
4	0.180	0.700	0.700	0.063	0.637	4.908
5	1.320	0.700	1.624	0.462	1.162	4.738
6	1.250	0.700	2.499	0.438	2.061	4.198
7	2.930	0.700	4.550	1.026	3.524	3.242
8	3.790	0.700	7.203	1.326	5.876	2.225
9	3.200	1.000	10.403	1.600	8.803	1.642

2.2. Δe 法による沈下量の計算

$$S = (e_0 - e_1) / (1 + e_0) \cdot H \cdots \cdots (e_0 > e_1)$$

e_0 ：P0とq0のうち大きい方の値に対する間隙比

e_1 ：P0+ ΔP に対する間隙比

施工段階【1】

層番号 No.	層区分	層厚 H(m)	初期間隙比 e0	厚密後の 間隙比 e1	e0-e1	$\frac{e0-e1}{1+e0}$	沈下量 (m)
1	0	0.320	1.2900	1.2632	0.0268	0.0117	0.004
2	4	0.180	0.7600	0.7389	0.0211	0.0120	0.002
3	4	0.320	0.7600	0.7381	0.0219	0.0124	0.004
4	0	0.180	1.2900	1.2598	0.0302	0.0132	0.002
5	0	1.320	1.2900	1.2574	0.0326	0.0142	0.019
6	4	1.250	0.7593	0.7345	0.0248	0.0141	0.018
7	0	2.930	2.1992	2.1624	0.0368	0.0115	0.034
8	0	3.790	2.1711	2.1504	0.0207	0.0065	0.025
9	5	3.200	0.5522	0.5494	0.0028	0.0018	0.006

【合計沈下量 $\Sigma S = 0.113 \text{ m}$ 】

「こま型基礎」施工の場合の沈下量は、施工高さ（層番号：1, 2:h=0.50m）が非圧密層となり、その下同高さ（層番号：3, 4:h =0.50m）が算出量の1/2に低減される。また、当工法施工の場合は、荷重が基礎幅Bと同深度程度（本工事ではB=6.50m）で処理されるため、沈下量は下記となる。

沈下量 $S = 0.006/2 + 0.019 + 0.018 + 0.034 = 0.069 \text{ m}$

6. 沈下量の観測について

新荒井川排水路においては、平成11年度が施工初年度であり、過去の実績が乏しい事から、定期的に函渠の沈下量を観測する事とした。

表一3 沈下量の推移

観測年月日	'00.03.17		'00.05.11		00.10.13		設計値との差 ①-⑤		
	設計値 ①	施工値 ②	測定値 ③	沈下量 ②-③	測定値 ④	沈下量 ②-④		測定値 ⑤	沈下量 ②-⑤
市道松橋1号	00.1.29								
①	5.625	5.675	5.652	0.023	5.628	0.047	5.629	0.046	-0.004
②	5.625	5.675	5.649	0.026	5.618	0.057	5.626	0.049	-0.001
③	5.625	5.675	5.648	0.027	5.637	0.038	5.642	0.033	-0.017
④	5.625	5.675	5.655	0.020	5.642	0.033	5.646	0.029	-0.021
平均値	5.625	5.675	5.651	0.024	5.631	0.044	5.636	0.039	-0.011
農道1号	00.2.10								
①	5.641	5.671	5.649	0.022	5.637	0.034	5.640	0.031	0.001
②	5.641	5.671	5.658	0.013	5.644	0.027	5.638	0.033	0.003
③	5.641	5.671	5.660	0.011	5.645	0.026	5.649	0.022	-0.008
④	5.641	5.671	5.659	0.012	5.643	0.028	5.646	0.025	-0.005
平均値	5.641	5.671	5.657	0.015	5.642	0.029	5.643	0.028	-0.002
農道2-1号	00.2.9								
①	5.640	5.670	5.668	0.002	5.663	0.007	5.664	0.006	-0.024
②	5.640	5.670	5.666	0.004	5.661	0.009	5.660	0.010	-0.020
③	5.640	5.670	5.665	0.005	5.658	0.012	5.657	0.013	-0.017
④	5.640	5.670	5.663	0.007	5.658	0.012	5.657	0.013	-0.017
平均値	5.640	5.670	5.666	0.004	5.660	0.010	5.660	0.011	-0.020
農道2-2号	00.2.18								
①	5.653	5.683	5.677	0.006	5.662	0.021	5.668	0.015	-0.015
②	5.653	5.683	5.677	0.006	5.658	0.025	5.653	0.030	0.000
③	5.653	5.683	5.675	0.008	5.672	0.011	5.677	0.006	-0.024
④	5.653	5.683	5.672	0.011	5.660	0.023	5.665	0.018	-0.012
平均値	5.653	5.683	5.675	0.008	5.663	0.020	5.666	0.017	-0.013
農道3号	00.2.11								
①	5.659	5.689	5.667	0.022	5.650	0.039	5.655	0.034	0.004
②	5.659	5.689	5.663	0.026	5.654	0.035	5.657	0.032	0.002
③	5.659	5.689	5.665	0.024	5.659	0.030	5.663	0.026	-0.004
④	5.659	5.689	5.665	0.024	5.653	0.036	5.655	0.034	0.004
平均値	5.659	5.689	5.665	0.024	5.654	0.035	5.658	0.031	0.001

函渠工の施工に際しては、函渠の計画標高に、即時沈下量相当分（市道：5 cm，農道：3 cm：表-2参照）の上乗せを行った。また、不同沈下の有無を確認するため、函渠の地覆部4箇所全てについて、定期的にレベルによる観測を行った。観測結果については、表-3の通りである。

観測の結果、施工後2～3ヶ月間で、1.0～4.4 cmの沈下が見られたものの、その後の5ヶ月間では、ほとんど沈下していない事が確認された。初期沈下については、いずれも、理論値より算出された数値を下回っており、当初設計通りの機能を有する事となった。また、函渠の沈下に関する挙動は、構造物全体で一様であり、不同沈下も生じていない事が確認された。

7. おわりに

「こま型基礎」工法は、構造物の沈下を予め想

定し、その量を最小限に抑制するという、従来の杭基礎工法とは相反する理論に基づいた工法ではあるが、当地区のように、深層部においても良好な基礎地盤が確認できず、かつ、ある程度の沈下が許容される構造物の基礎処理工法として有効なものであり、今後の活用が期待される。新荒井川排水路においては、今後も、地層・地質条件等を慎重に検討しつつ、活用していきたいと考えるものである。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本材料学会土質安定材料委員会
編：地盤改良工法便覧，平成3年7月
- 2) 土木研究センター・全国マイ独楽工業会：ト
ップベース工法設計施工マニュアル，平成2
年3月

栃ヶ原ダム設計VEにおけるコストの縮減について

工 藤 勝 彦*
(Katsuhiko KUDO)

目	次
1. はじめに	42
2. 設計VEの手法について	42
3. 栃ヶ原ダム設計VEの検討内容	44
4. 設計VE提案とその分析評価	46
5. おわりに	48

1. はじめに

近年は公共事業費の抑制が大きな社会的関心となっており、コスト縮減に向けた様々な取り組みがなされてきている。そうした中、公共事業における建設物の品質を確保・向上しつつ、コスト縮減を図ることを目的として平成9年4月に策定された「公共事業コスト縮減に関する行動指針」に基づき、官民が一体となってコスト縮減に有効な手法として期待されるVE (Value Engineering) 活動が推進されることとなった。

農林水産省においても「入札時VE」として平成9年度から施工方法等提案型指名競争入札の試行を開始し、平成10年度にはVEを工事の施工段階で行う「契約後VE」と設計段階において行う「設計VE」の試行的な導入に至っている。

本報文においては、平成11年度に実施した「栃ヶ原ダム設計VE検討会」の検討内容について紹介したい。

2. 設計VEの手法について

2.1 設計VEの実施時期とVE効果

建設工事におけるVEは実施する段階に応じて、設計VE、入札時VE及び契約後VEの3つ(図-1参照)に分類できる。

①設計VE 設計段階におけるVE改善提案を行うものである。設計段階で、設計業務の担当者以外の独立した第三者である専門家が、施設の基本計画、基本設計、実施制度について「所要の性能、

信頼性、品質及び安全性」を満足しつつ、最小のライフサイクルコスト(施設の総合的生涯費用)のもとで、必要な機能を確実に達成することを目的とした代替案のVE提案を行い、このことを設計に反映させることが求められる。

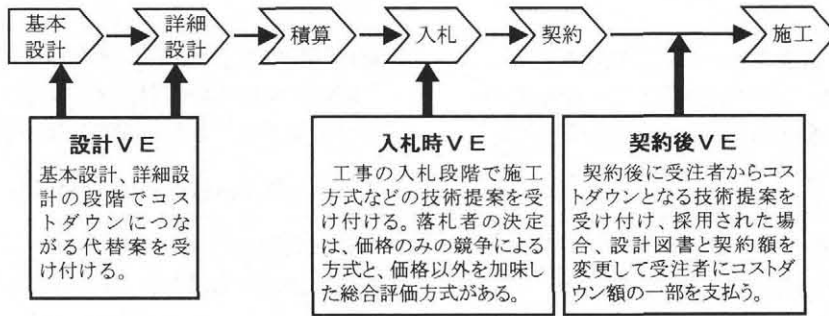
②入札時VE 競争参加希望者から発注者の示す原設計(標準工法等)についてコスト縮減が可能となる技術提案を受け付け、その内容を審査して競争参加者をあらかじめ決定する。予定価格は、発注者が定める標準的な施工方法等に基づき設定されるが、各競争参加者は自らの提案に基づいて入札し、価格競争により落札者を決定する。

③契約後VE VEの最も一般的な形態である。工事請負契約書に、受注者からの提案を受け付ける旨の条項を追加し、契約後、受注者が施工方法等についてコスト縮減が可能となる技術提案を行って採用された場合、当該提案に沿って設計図書と契約額を変更する。その際、縮減額の一部に相当する金額を受注者に支払うことを前提として、契約額の減額変更を行う。

VEは、計画や設計の段階から施工段階まで公共工事のどの段階でも行うことができるものであり、新技術や専門的な施工技術を要する工事など、発注者側に十分な技術の蓄積のない分野で大きな成果が期待できる。特に設計VEは、施工段階のVEに比べて制約条件が少ないため大きな成果が期待できる。

VEを実施する場合、一般的にはライフサイク

*北陸農政局西蒲原農業水利事業所 工事第二課 (Tel. 0256-73-3101)



図一 1 VE導入段階のイメージ

ルのいずれの段階においても適用が可能である。しかし、どの段階で行うと最も効果的であるのだろうか。VEの適用時期と効果の関係について図一2に示す。

効果面からみるとVEの適用時期が早い段階であればあるほど成果が出やすく、建設工事においては基本設計段階のVEがもっとも効果的であると言われている。

設計VEでも、計画の段階でVE効果が最も大きいのは、この段階では工事内容が十分に固まっていないため、斬新なアイデアの出る可能性が高いことと、提案された代替案を受け入れる余地があるためである。

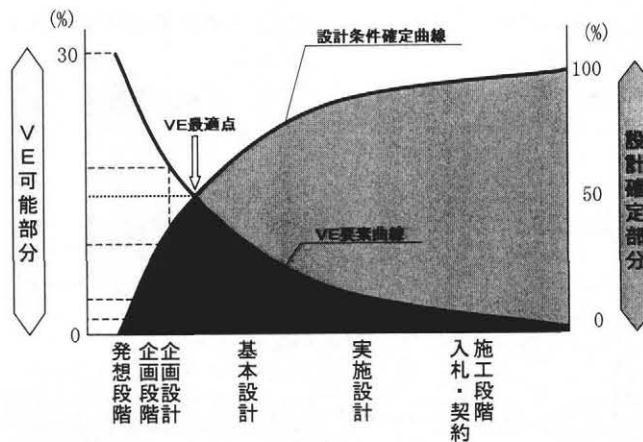
一方で、計画が進めば、工事実施のために必要な手続きが進み、新しいアイデアを取り入れる余

地が狭くなることや（例えば、地域住民への説明が終了している場合、計画の変更が難しくなる）、工事実施工程の制約からも計画の見直しが難しくなり、VE効果が減少していくこととなる。

2.2 設計VEの実施手順とその内容

設計VEにおける検討事項と実施手順は以下のとおりである。

- ①VE概説,現地調査：VEの導入としてVE手法の理解を含め、現地情報を収集する。
- ②情報収集・分析：検討メンバー全員が情報を共有化し、情報の重要度を判断し、選別するために情報収集図を作成する。また、要求条件に関する情報、技術・制約条件・問題点に関する情報、構成要素に関する情報、コストに関する情



図一 2 VEの適用時期と効果の関係

報を収集する。

- ③機能の定義：構成要素について機能を定義する。VEの対象となった構造物や工程、作業などの構成要素が一体どんな目的や役割を担っているか明らかにする。
- ④機能系統図作成：定義された機能を「目的（～を）—手段（～する）」の関係で結び、相互の従属関係を体系づけ、図表化する。
- ⑤アイデア発想と概略評価：機能を基に自由にアイデアを出し、その後アイデアを技術・コストの両面から評価し、有力アイデアのスケッチを実施する。
- ⑥各アイデアの評価：アイデア発想と概略評価において、前項の中で結論が出なかった事項、可否の判断ができなかった事項等について、設計コンサルタントが調査等を行い、その成果をもとに全員で検討を行う。
- ⑦アイデアの分類：概略評価で残ったアイデアを、どのような観点から発想されたのかを確認するため、類似点毎に分類・整理する。
- ⑧基本アイデア提案書の作成：絞り込んだアイデアを略図化し、提案の特徴、概略評価、コメント等を明示する。また、そのアイデアの利点・欠点の分析を行う。
- ⑨代替案の選択：基本アイデアの欠点を克服する対策を検討し、整理評価を行って実現の可能性が高い数案を選択する。
- ⑩代替案の整理と採用代替案の決定：選択された代替案について、設計コンサルタントが機能達成度、施工の難易度、経済性、技術水準等について詳細な調査等を行い、その結果をもとに全員で検討し、採用代替案を決定する。
- ⑪VE提案書：採用された代替案をVE提案書とす

る。

- ⑫VE提案項目一覧表：機能達成度、施工性、経済性、環境への影響、メンテナンス、安全性、コストダウン効果予測等を明示する。

3. 栃ヶ原ダム設計VEの検討内容

設計VE検討会は、VEリーダー及び運営担当者として(財)日本農業土木総合研究所より2名、民間からの公募により選定された委員3名、北陸農政局委員5名を中心に3回開催した。

3.1 国営柏崎周辺地区の概要

本地区は、新潟県の中越地方の最西端に位置し、東頸城丘陵と刈羽砂丘に囲まれて展開する刈羽平野に広がる柏崎市他2ヶ町村にまたがる3,590haの水稲を中心とした農業地帯である。

かんがい用水は、鯖石川、別山川及び鶴川に依存しているが、3河川とも自流量が乏しいため、溜池や溪流及び反復水利用等によってその不足量を賄っているが、恒常的に用水不足をきたしているとともに、この用水不足に起因して節水型営農を余儀なくされている。また、水田の大半は湿田状態である。

このためダムを3箇所(栃ヶ原ダム、後谷ダム、市野新田ダム)に築造することにより、水田かんがい用水不足を解消し、農業用水の安定化を図るとともに、併せて関連事業として圃場整備等の基盤整備を行い、農業経営の近代化と営農の合理化を図ることとしている。

このうち、今回の設計VEの対象となった栃ヶ原ダムの計画概要を表-1に示す。

3.2 VE検討課題

表-1 栃ヶ原ダム計画概要

位	置	新潟県刈羽郡高柳町大字栃ヶ原地内
水	系	二級河川鯖石川水系境川
型	式	直線重力式コンクリートダム
堤	高	52.7 m
堤	頂	長 152.50 m
堤	体	積 126,000 m ³
流	域	面 積 直接流域 2.30 km ²
総	貯	水 量 2,470,000 m ³
有	効	貯 水 量 2,300,000 m ³
常	時	満 水 位 172.5 m

今回行った設計VEでは、「施工計画および仮設備設計」を中心とした検討を行うものであり、検討項目としては以下のようなものが挙げられる。

- ・主要施工設備の検討
- ・仮設備の配置計画の検討
- ・工事用道路の検討
- ・基礎掘削の検討
- ・骨材貯蔵、運搬設備の検討
- ・コンクリートの製造、打設設備の検討
- ・クーリング設備の検討
- ・排水設備の検討
- ・濁水処理の検討

今回VE検討した課題は、上記の検討項目のうち、ダム工事計画全体に大きく影響し、コスト縮減に対して最も縮減効果の大きい「コンクリート打設設備」とした。

3.3 検討会における主な検討項目とその内容

(1) 原案について

栃ヶ原ダムの仮設備計画の原案(図-3)は、軌索式ケーブルクレーン9.5ton吊りを使用し、ブロック工法により施工するものとなっている。この原案の特徴及び問題点は以下の通りである。



図-3 仮設備配置計画図(原案:軌索式ケーブルクレーン工法)

- (特徴)
- ・打設工法をブロック工法とする。
 - ・打設設備を軌索式ケーブルクレーンとする。
 - ・左右岸天端上部に工事用道路を設置する。
 - ・軌索式ケーブルクレーンは工事用道路を使用して設置する。

- (問題点)
- ・地山の地質によっては法面工及び基礎工(深礎杭等)の追加工事が必要となり、コストが増加する可能性がある。
 - ・クレーン基礎施工のための工事用道路の設置により、大規模な法面掘削が生じるので、環境への負荷が増大する。

このような問題点を克服するための代替案の検討を実施する。

(2) 代替案の絞り込みと比較選定

基本アイデア提案書による提案が全部で20案提出され、提案の絞り込み・結合により最終的な代替案は4案とされた。表-2に最終的に絞り込まれた代替案の比較を示す。

表-2 基本アイデア提案による代替案の比較選定

打設工法	打設設備	縦 継 目	備 考
①ブロック 工法	軌索式ケーブル クレーン	通常の施工方法	左右岸天端上部の工事用道路を設置せず ケーブルクレーンの基礎は仮設用軽索を使用して設置 ケーブルクレーンの基礎は撤去せず
②ブロック 工法	軌索式ケーブル クレーン	通常の施工方法	左右岸天端上部の工事用道路を設置せず 軌索側の両塔はタワー式とする ケーブルクレーンの基礎は撤去せず
③ブロック 工法	タワークレーン	通常の施工方法	
④拡張レヤー 工法	ブロック工法で比 較検討した安価な 設備を採用	プレキャスト 型枠	選定された設備により、上記事項を考慮する

(3) 代替案の比較・整理

代替案の比較・整理については、原案（第1案）と及び表-2に示す代替案4案（第2～5案）とこれに加え基本アイデア提案時には提案されていないが、第4案であるタワークレーンの打設能力をランクアップした場合についても検討の必要性があると判断されたためこれを第6案として、比較検討した。

イ) 第1案：9.5t級軌索式ケーブルクレーン（ブロック工法）

今回のVE検討会の原案である。

ロ) 第2案：9.5t級軌索式ケーブルクレーン（ブロック工法）

軌索式ケーブルクレーンの基礎までの工事用道路を設置せず、軌索式ケーブルクレーンの設置は、仮設用軽索及びジンポールを使用する。

ハ) 第3案：9.5t級軌索式ケーブルクレーン（ブロック工法）

軌索式ケーブルクレーンの基礎までの工事用道路を設置せず、軌索式ケーブルクレーンの基礎の位置を付替道路法面内にし、付替道路からの施工とする。

第2案よりはクレーンの基礎による掘削及び法面工が減少する。

ニ) 第4案：9.5t級タワークレーン（ブロック工法）

仮設備がコンパクトにまとまり、仮設ヤード等の法面保護工が不要となる。

ホ) 第5案：9.5t級軌索式ケーブルクレーン（拡張レヤー工法）

軌索式ケーブルクレーンの基礎までの工事用

道路を設置せず、軌索式ケーブルクレーンの基礎の位置を付替道路法面内にし、付替道路からの施工とする。

第2案よりはクレーン基礎による掘削及び法面工が減少する。原案に対する施工日数の短縮は6日である。

ヘ) 第6案：13.5t級タワークレーン（ブロック工法）

本案は、基本アイデア時には提案されていないが、打設設備の能力を1ランクアップさせた場合、工程・経済性がどのように変化するかを検討した。

この場合、仮設備がコンパクトにまとまり、仮設ヤード等の法面工が不要になる。

上記の6案に対する概略評価を表-3に示す。

4. 設計VE提案とその分析評価

原案である軌索式ケーブルクレーン（9.5t）に対して、5つの代替案が提案され種々検討の結果、コンクリート打設設備として以下の理由からタワークレーン（13.5t）を採用することとした。（図-4参照）

- ・軌索式ケーブルクレーン案は、クレーン基礎を設置するための仮設道路等の施工において法面掘削による自然破壊が多い。
- ・現場の地形が急峻であるため、タワークレーン案にすることにより仮設備計画をコンパクトにまとめることが可能である。
- ・原案に対して、概算工事費の縮減額が最も大きい（約10%程度のコスト縮減）

今回のVE提案について、コストダウン及び機能の面から分析評価した結果を、表-4にまとめた。

表-3 VE提案項目一覧

分類	提案項目	内容	効果						採用案	コストダウン 効果予測 (単位:百万 円)	備考
			機能 達成度	*施工性	経済性	*環境へ の影響	メンテ ナンス	*安全性			
第1案	原案	9.5t級軌索式ケーブルクレーン ブロック打設工法 クレーン基礎施工工事用道路有り	3	3	3	3	3	3	-	—	
第2案	仮設備施工方法 変更案	9.5t級軌索式ケーブルクレーン ブロック打設工法 クレーン基礎施工工事用道路省略	3	3	4	4	3	3	△	379	
第3案	クレーン基礎 位置変更案	9.5t級軌索式ケーブルクレーン ブロック打設工法 クレーン基礎施工工事用道路省略	3	3	4	4	3	3	○	435	
第4案	タワークレーン 採用案	9.5t級タワークレーン ブロック打設工法 クレーン基礎施工工事用道路省略	2	3	3	5	3	3	△	226	
第5案	打設工法変更案	9.5t級軌索式ケーブルクレーン 拡張レヤー工法(ELCM) クレーン基礎施工工事用道路省略	3	4	3	4	3	4	△	267	
第6案	タワークレーン 採用案	13.5t級タワークレーン ブロック打設工法 クレーン基礎施工工事用道路省略	3	3	5	5	3	3	◎	732	

*施工性には施工の難易度、施工中の環境への影響、安全性、工期を含む

*環境への影響には景観を含む

*環境、メンテナンスは完成品に対するもの

*安全性は完成品の第3者に対するもの

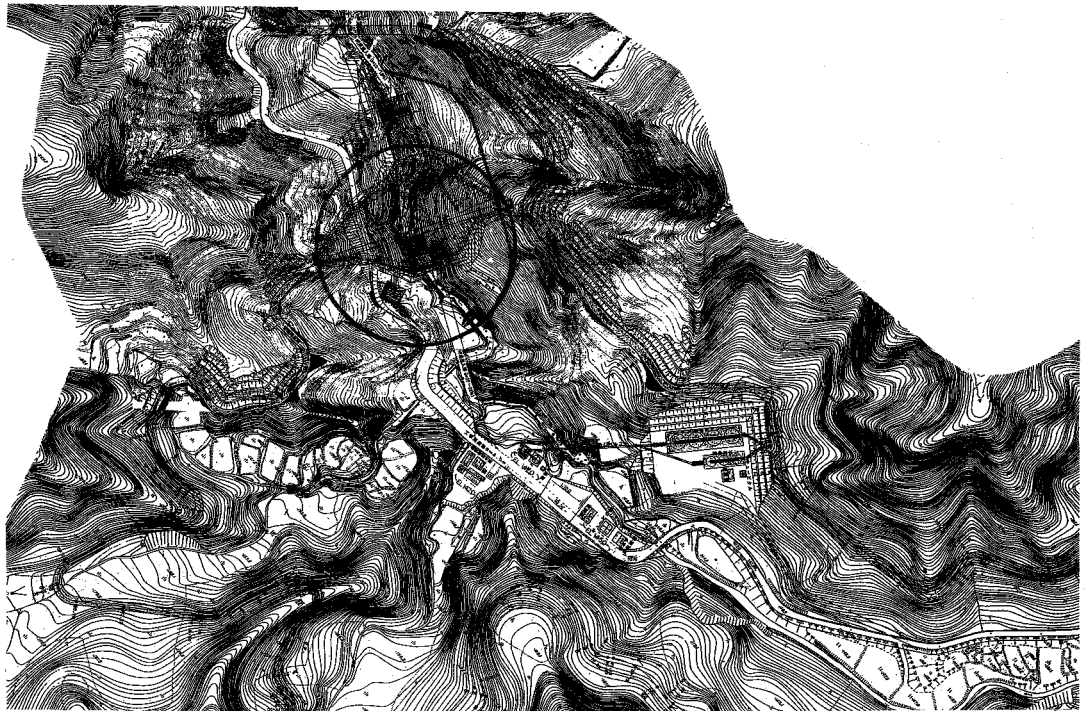


図-4 設計VE提案 (13.5 t級タワークレーン工法)

表-4 価値を向上させる概念のパターン

設計段階	原案コスト (億円)	コストダウン額 (百万円)	原案に対するコストダウン率 (%)	VE投資額 (百万円)	VE投資倍率*1	正味コストダウン額 (百万円)	価値向上の形態*2	機能向上に関する効果
実施設計	88.7	730	8.2	9.1	80.3	639	$V = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$	打設の前後工程が増えるが、法面保護工・防護柵工等の省略ができ、全体工程に及ぼす影響が少ない。

※1 VE投資倍率=コストダウン額/VE投資額

※2 VEの目的は、使用者の立場に立って、製品やサービスの価値に関する問題を研究し、価値の程度を高めることにある。公共事業を考える場合、「製品」が道路、橋梁等の構造物であり、「サービス」は建設工事に伴う設計、見積及び管理等となる。

価値の程度を式に表すと以下ようになる。

V(Value: 価値, 満足の度合い)

$$V = \frac{F(\text{Function: 機能, 得られた効用の大きさ})}{C(\text{Cost: コスト, 得るために支払ったコスト})}$$

一般的に、価値を求め評価するのは当然お金を出す顧客やユーザーである。同じ機能のものであれば、コストが低いほど価値が高いといえる。しかし、価値を高める手段はコストを下げることの

みでないことも次の表から理解できる。価値を向上させる概念は4つのパターン(表-5)がある。

5. おわりに

近年は事業量が増大し、事業所職員の担当する工事及び業務件数が大幅に増大している状況にあり、設計業務が限られた情報の範囲内で実施される可能性があることは否定できない。しかしながら、設計VEを実施することにより、発注者の技術力と建設業者・設計コンサルタント等の民間の保有する技術力を幅広く活用して、案件を集中的に討議することが可能となる。このことで、画一的に決定されてしまいがちな基本的な設計条件等に、全く新たな発想が導入される可能性が期待できる。

表一 5 価値を向上させる概念のパターン

パターン	内 容	具 体 例
$V = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$	同じ効用の商品やサービスを安いコストで手に入れる。(コストダウンタイプ)	電卓
$V = \frac{F \uparrow}{C \downarrow}$	より優れた効用を果たす商品やサービスをより安いコストで手に入れる。(最も満足度が大きい)	和文タイプライター →ワードプロセッサ
$V = \frac{F \uparrow}{C \rightarrow}$	同じコストでより優れた効用を持った商品やサービスを手に入れる。	カラーフィルム 20 枚撮り →24 枚撮り
$V = \frac{F \uparrow}{C \uparrow}$	少しコストは掛かるが、より優れた効用を持った商品やサービスを手に入れる。	マイコン内蔵家電製品

本来であれば、このような検討がその程度の違いはあるにせよ全ての設計業務について行われるべきであると考えられるが、対象とする構造物の性格や規模等により、本格的な設計VEが適さない場合もあると考えられる。結果的に、設計VEを実施したことによってコストの縮減とは反対に事業費が増大したり、あるいは事業の遅延を引き起こす可能性もある。このことから、設計VEを適用する案件に応じてその範囲を適切に調整する等の弾力的な設計VEの適用が必要となる。

今後ともVEの手法が自然と業務に生かされ、

事業の効率化に寄与するよう、さらなる設計VEの普及が待たれるものである。

参考文献

- 1 「米国公共工事におけるVE, DB, CM, 電子調達の動向」, (社)農業農村整備情報総合センター, 1997
- 2 「建設VE(VALUE ENGINEERING)」, 日経BP出版センター, 1998
- 3 「新・VEの基本」, 産能大学出版, 2000

オープンシールド工法による大口徑パイプライン工事の施工について

宮代 明* 毛利 栄 征**
 (Akira MIYASHIRO) (Yoshiyuki MOHRI)

目 次

1. はじめに	50	4. オープンシールド工法	52
2. 事業地区概要	50	5. オープンシールド工事の施工結果	54
3. 工事の概要	51	6. まとめ	56

1. はじめに

近年、農村地域における水路などの更新事業においては、周辺地域の都市化や混住化が進んできていることから、家屋や各種の施設に近接した施工を余儀なくされるケースが増えている。新矢作川用水事業においても開水路の更新事業において、近接する家屋等への影響度の評価とその安全性の確保が大きな問題となっている。本報告では大口徑パイプラインの埋設を対象として、オープンシールド工法によってFRPM管を農業施設（温室）に近接して施工した場合の事例を紹介し、その工法の有効性と問題点を報告する。

2. 事業地区概要

新矢作川用水事業の受益は、図2-1に示した1級河川矢作川中下流域に広がる岡崎市外4市4町にまたがる受益面積7,500haの稲作を中心とした優良農業地帯である。当地区においては、既に国营矢作川農業水利事業（S27年～S38年実施）、矢作川第二農業水利事業（S38年～S53年実施）による国营幹線水路施設が造成されている。しかし、これらの施設も近年、矢作川の河床低下や施設の老朽化等により通水障害等が発生させている。このため、農業用施設の維持管理費が年々増大する傾向を顕在化させている。これらに対応するた

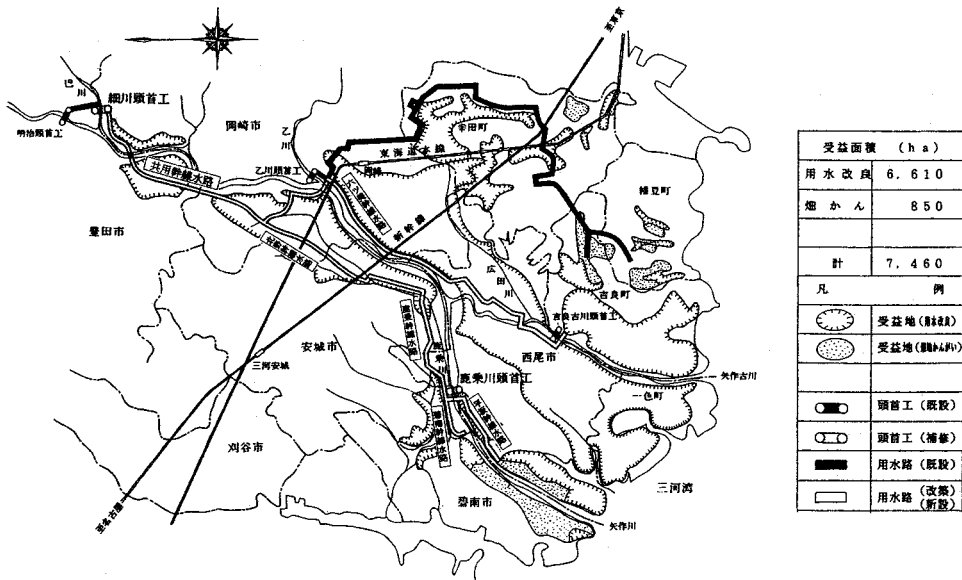


図2-1 新矢作川用水地区事業計画図

* 東海農政局整備部設計課 (Tel. 052-201-7271(2622))
 ** 農業工学研究所造構部土質研究室

め、平成6年度より国営かんがい排水事業新矢作川用水地区として水管理の円滑化を図るため、幹線水路のパイプライン化への更新と水管理施設の拡充整備を行うものである。

3. 工事の概要

当該工事は、矢作川左岸堤防に沿って走る既設の六ッ美幹線水路をパイプライン化するものである。この既設水路周辺は、近年民家および温室施設が建ち並び、掘削深さが4.3mに及ぶ開削工事では、地盤の変形や沈下などが近接する温室施設へ影響することが懸念されたため、これらへの影響防止と施工性・経済性を検討し、一般的な鋼矢板土留め工法に替わるオープンシールド工法を採用することとした。

3.1 工事区間の地形・地質

工事区間は、矢作川左岸堤に近接し、矢作川により形成された沖積低地である。

基礎地質は、図3-1地質縦断図に示したとおり地表面からGL(-)8.0m付近までは沖積層のN値2~8程度の軟弱なシルト・粘土層の互層から成っている。地下水位は冬季においてGL(-)

1.8mと比較的高い位置にある。

3.2 近接施工法の考え方

当事業における改修工事は、構造物等に近接した施工(以下「近接施工」という。)でしかも軟弱地盤区間が多いため、経済性および近接家屋等への影響を考慮し、表3-1に示した近接対象構造物の重要度に応じた背面地盤沈下許容基準を定め、これらに対応した経済的な工法を採用している。

この場合の土留め工事における背面地盤沈下予測は、図3-2に示した方法により最大沈下量と地盤沈下傾斜角を予測し、近接対象構造物が表3-1で定めた許容沈下基準を満足する土留め工の壁体と支保工計画を決定している。本工事区間は、開削部と隣接する温室との距離が0.8~2.2mしかなく、限られた施工スペースで、大口径のパイプラインを埋設しなければならない。

また、通常の鋼矢板土留め工を採用した場合は、根入れ部の地盤変形による背面地盤沈下の影響範囲が比較的大きくなることから、掘削底面下の地盤変形の小さいオープンシールド工法を採用することとした。

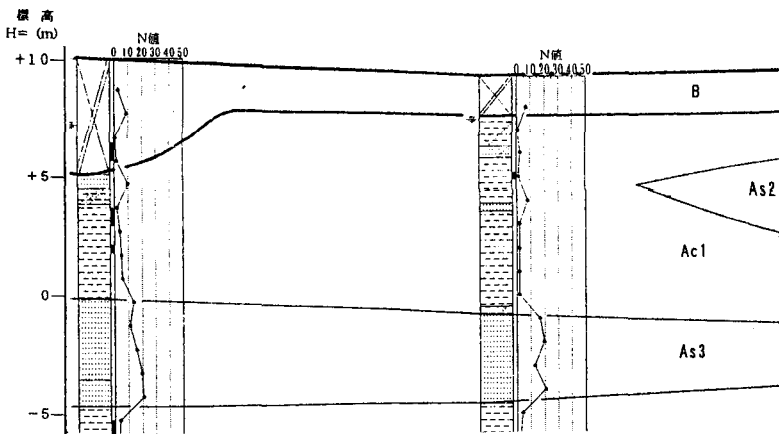


図3-1 地質縦断図

表3-1 近接工事における背面地盤沈下許容基準

近接対象構造物	背面地盤沈下許容基準	
	構造物下部最大沈下量	地盤沈下傾斜角
人の居住していない倉庫, 温室等	2 cm	1/150~1/300
人の居住している一般家庭 (二階建てまで)	2 cm	1/300~1/500
特に重要な建物, 構造物 (精密工場等)	2 cm	1/500~1/1000

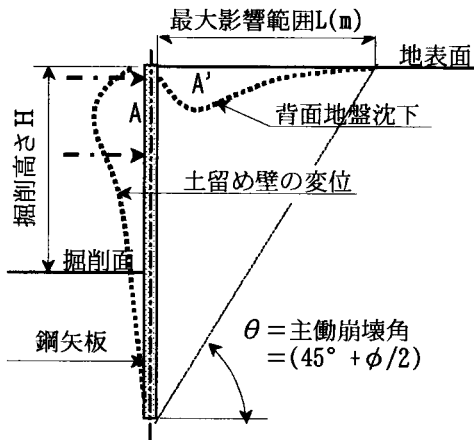


図 3-2 背面地盤沈下予測模式図

4. オープンシールド工法

4.1 オープンシールド工法の概要

本工法は、図 4-1 に示すようにオープンシールド機最前部（フロント部）の地盤をバックホーにより掘削しながらフロント部を前進させる。基礎及び管体布設はオープンシールド機の内部（テール部）で行い、掘削から管体布設、埋め戻しまでの一連の作業を繰り返し連続して行う工法である。このとき、テール部の前進に伴って、既に埋め戻している地盤と反力板（オープンシールド機の後端部）との間に隙間ができるが、この部分には埋戻し材を順次投入しながら、テール部を前後させて埋戻し材の締め固めを行う。

オープンシールド機本体はフロント部とテール部からなり、これらが側壁となって溝を形成し地盤の崩壊を防止している。また、フロント部とテール部は油圧ジャッキで連結されており、刃口を切羽に貫入させながら前進する機構となっている。施工機械は、オープンシールド機の前方にバックホーとダンプトラック、後方にバックホーとクレーンを配置、オープンシールド機の推進は、後方の反力板により埋め戻し土を締め固めると同時にそれを反力として行う。

本工法の特徴としては、オープンシールド機の前後だけを作業スペースとするため、狭いところでの施工が可能である。また、シールド機は地上で組み立てた後、専用の自降自昇装置により自降自昇することが可能であるため、立坑を必要としない等が大きな特徴である。

4.2 オープンシールド工法の概要

図 4-2 に示す施工標準断面によるオープンシールド工法の概要は次のとおりである。

- ・施工延長 L=111.5m
- ・管種 FRPM 5種管
- ・管径 $\phi 2,600\text{mm}$ (l=4.0m/本)
- ・開削断面 掘削幅 B=4.65m
掘削深さ(平均) H=4.3m
- ・施工機械 オープンシールド機(仕様)
長さ 12,295mm 全幅 4,650mm
全高 4,500mm 重量 70t
- ・その他の重機類 バックホー 0.7m³

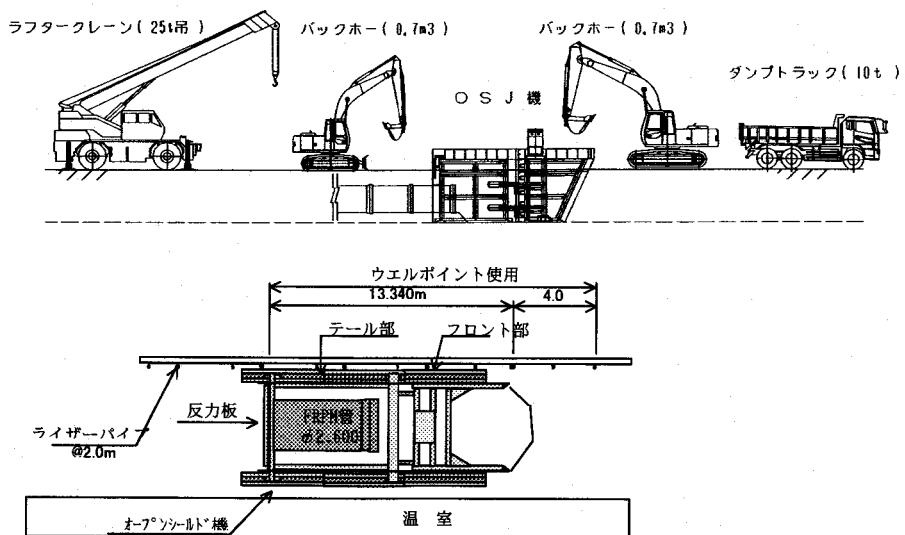


図 4-1 オープンシールド工法施工手順模式図

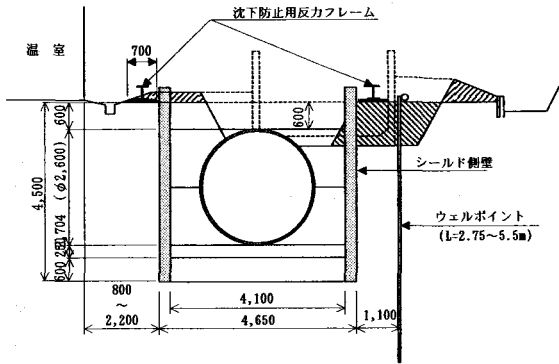


図4-2 施工標準断面図

ダンプトラック 10 t
ラフタークレーン25 t 吊
ランマー等の締め固め機械

- ・補助工法 ウェルポイント (片側)
- ・日進量 (設計) 3.36m/日

なお、工事にあたっては、背面地盤の沈下に伴う温室施設への影響を把握するために地盤挙動計測を実施しながら施工した。

4.3 オープンシールド工法の問題点と対策

オープンシールド工法による軟弱地盤における大口径パイプライン工事への適用については、施工実績が少なく、東海農政局宮川用水第二期農業水利事業所における試験施工によって明らかになった施工上の技術的課題について、機体の改良を含む次のような対策を取り施工を行った。

(1) オープンシールド機の沈下対策

通常オープンシールド工法では、オープンシールド機の側壁底面部 (フロント部とテール部の側板の底面) での地盤支持力によって機体 (重量約75t) を支える。しかし、軟弱地盤においては十分な地盤支持力が確保できないため、図4-3に示したように、テールフレーム底面をフラットとすることにより荷重分散を図り、併せて、地表面にH形鋼を敷設し、これを軌道としてオープンシールド機上部に取り付けた吊り下げ機構を載せることで機体の沈下防止を図った。

(2) 背面地盤 (埋め戻し材) の締め固めと推進反力の確保

管体基礎の施工は、管中心までをオープンシールド機内で通常埋戻し・締め固めを実施し、それより上部 (管頂60cmまで) の施工はオープンシールド機の後方で行うこととした。テール部が前進

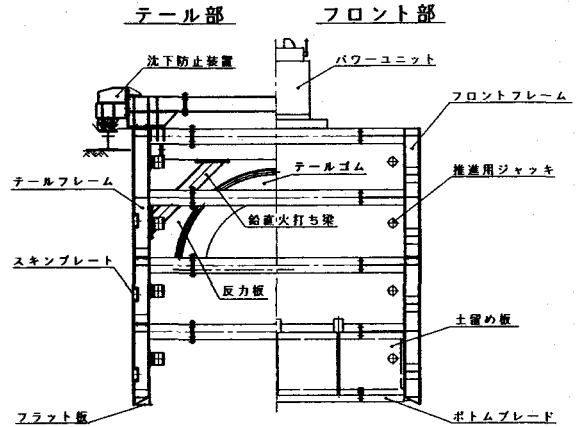


図4-3 機体の沈下対策図

した後に生じる空隙 (管中心部から管頂60cmまでの深さの範囲) に埋戻し材を地表面から投入し、これをテール部に連結されている反力板で管軸方向に転圧するとともに、オープンシールド機を前進させるときの推進反力を確保した。さらに、掘削における先掘を禁止して常に刃口を切羽に貫入させ、ジャッキ圧を測定して推進反力を管理することとした。

(3) オープンシールド機推進時のパイプ押し込み対策

オープンシールド機の側板と周辺地盤、及び管体基礎との間に生じる摩擦力が大きい場合には、ジャッキによってテール部を安定的に前進させることができない。このため、オープンシールド機内における管体基礎の埋戻し施工を管中心までとすることによって摩擦力の低減を図るとともに、パイプに作用する押し込み力の軽減を図った。

(4) 周辺地盤沈下抑止対策

軟弱地盤においては、テールフレームの変形や地下水位の低下等により周辺地盤沈下が発生する。このため次の対策工を行った。

①テールフレームの変形抑止対策

テールフレームの変形量が背面地盤沈下量を大きくするため、図4-3に示したテールフレームに鉛直火打ちを設け、土圧によるテールフレームの内側への変形抑止を図った。

②ウェルポイント工法による地下水低下対策

地下水低下はウェルポイント工法を採用し、ウェルポイントの施工は河川側1列とし、しかも、地下水位の低下に伴う周辺地盤沈下を抑制するた

めに、施工範囲をオープンシールド機長（14 m）+前方（4 m）に限定し、日施工単位でウェルポイントの稼働範囲を移動させ実施した。

5. オープンシールド工事の施工結果

(1) オープンシールド工事の施工実績

今回のオープンシールド工事によるFRPM管の埋設工事における施工成果は次のとおりであった。

- ・オープンシールド機の組み立て推進準備
……20日（ピット掘削機体組み立て）
- ・オープンシールド機推進による管体布設
……111.5m/32日=3.48m/日（実働）
- ・オープンシールド機の解体撤去
……7日
- ・配置人員（掘削、管布設時）

世話役	1人	特殊作業員	3人
普通作業員	1人	とび工	3人
特殊運転手	1人	一般運転手	1人
合計 10人			

以上の結果より、農業用水施設の改修工事としては、非かんがい期50日程度の実働内での施工となるため、本工法を採用する場合の施工延長は概ね150~200mが妥当であると考えられる。

(2) オープンシールド機の変動

施工時におけるオープンシールド機の高さの変動を見るため、フロント部とテール部の各4ヶ所について天端高を測定した。フロント部は地盤に貫入させる時に上向きの力が作用することとなるが、これをジャッキ操作により修正しながら施工した結果、フロント部の上下変動は（+）118~（-）99mmの範囲となり、この結果、地盤を大きく乱すこともなく安定した施工ができた。

一方、パイプへの影響が大きいテール部の上下変動は（+）88~（-）53mmの範囲であったが、パイプを引きずり込む程大きな影響は見られず、テール部の沈下量としては別途設定した管理値150mm以内に収まった。

(3) 背面地盤（埋め戻し材）の締め固めと管体基礎への影響

管中心から管頂上60cmまでをオープンシールド機後方にて埋め戻したが、オープンシールド機通過後において管体基礎の天端となる管頂部を掘り出し砂置換法による密度測定を行った結果、基礎

材（砂）では締め固め度管理値90%以上に対し92%、基礎材（砕石C-30）では85%以上に対し87.1%といずれも必要な締め固め密度が確保できた。

また、管体基礎の緩みについてはオープンシールド機内での管体基礎の施工時に基礎内に鋼管を埋め込み、基礎施工完了時直後とオープンシールド機通過後において、挿入型RIによる密度と水分量の測定を行って乾燥密度を比較した。この結果は、図5-1に示すように管底下ではほとんど変化は見られず、管周辺において通過後若干の増加が見られたことから管体基礎の緩みは生じていないものと考えられる。

(4) 周辺地盤の挙動

オープンシールド工事においては、推進に伴う周辺地盤の攪乱や緩み、地下水低下等により周辺地盤沈下を発生させる。当該工事においては、図5-2に示すように傾斜計と地表面の沈下計測杭によって地盤内の水平変位と背面地盤沈下を計測した。また、水平方向変位については、オープンシールド機の側壁から2.0mの位置に挿入式傾斜計を設置し、計測管先端を基準にして50cm間隔の傾斜角の変化から変形量を求めた。

図5-3は、シールド機側壁から2m離れた位置でのシールド機の通過に伴う深さ方向の水平地盤変位を示したものである。本図によると地表面

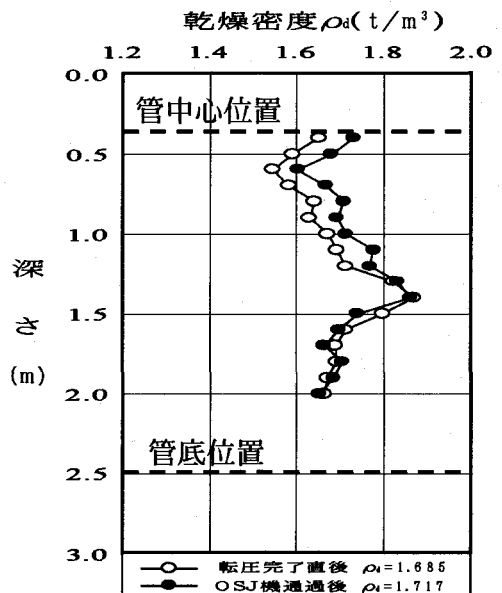


図5-1 埋戻材の密度変化

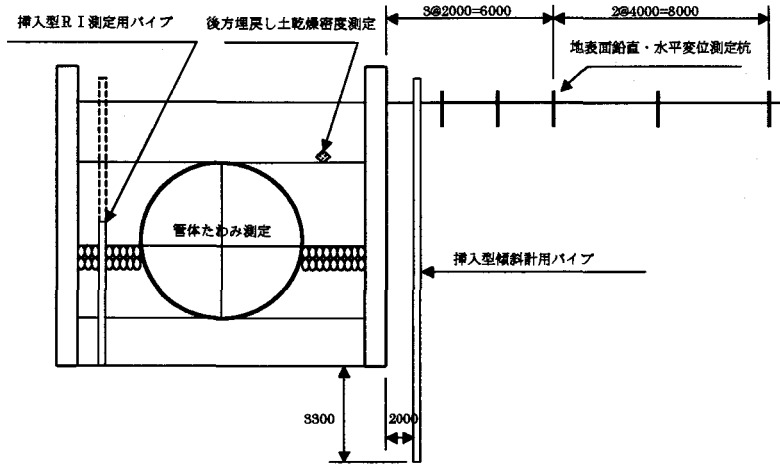


図5-2 地盤の挙動計測模式図

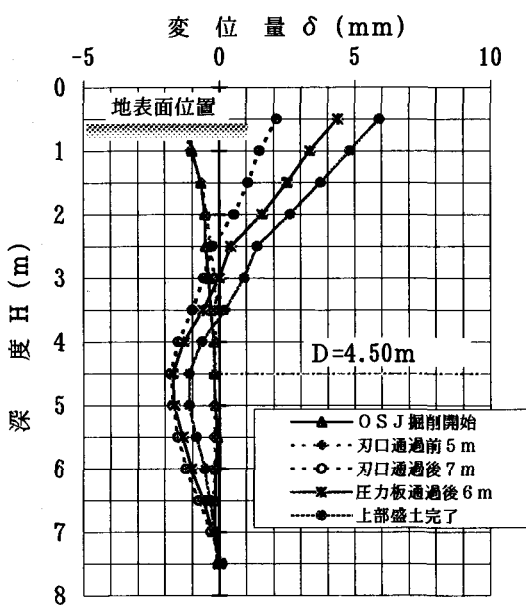


図5-3 地中水平変位の変化

から深さ3m程度まではオープンシールド機の推進に伴うテールボイド（空隙）の発生によって背面地盤に緩みが生じるために、掘削溝側に変形している。3m以深では埋め戻しに伴うリバウンド、あるいはシールド機の重量による地盤の変形によって反対側に僅かではあるが変形したと思われる。しかし、通常の鋼矢板施工による地盤の変形より小さな変位となっている。

なお、一部の区間では、オープンシールド機より約3m程離れたヶ所に幅10mm、深さ130~250mm位のクラックがオープンシールド機通過後30日位

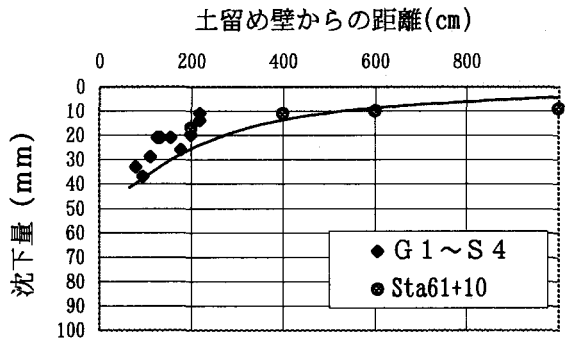


図5-4 背面地盤沈下計測結果

で発生している。

オープンシールド工事による開削から管体布設及び埋め戻しまでの背面地盤の沈下量を距離と沈下量の関係で整理（土留め壁からの距離と沈下量で整理）したものが図5-4である。

本図より、掘削深さ（ $H=4.5\text{m}$ ）に対して、周辺地盤には10mm以上の沈下は開削溝壁から6.0mの位置にまで及んでおり、掘削深さに対する比 L/H は1.3、平均沈下傾斜角は $I=1/190$ となった。

(5) パイプの変形

FRPM管においては、埋め戻し後の側面に作用する受働土圧を期待して設計され、設計たわみ量以内に収まるように十分な強度のパイプが選定されている。したがって、オープンシールド工法においては適切な反力係数 ϵ を得るためには、テール部（反力板）の後部に生じる空隙に十分な埋戻し砂の充填が行われ締め固めが実施されなければ

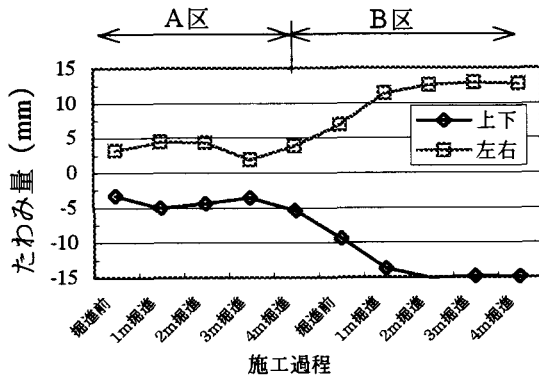


図5-5 オープンシールド機通過中のパイプのたわみ変化 (No.11C)

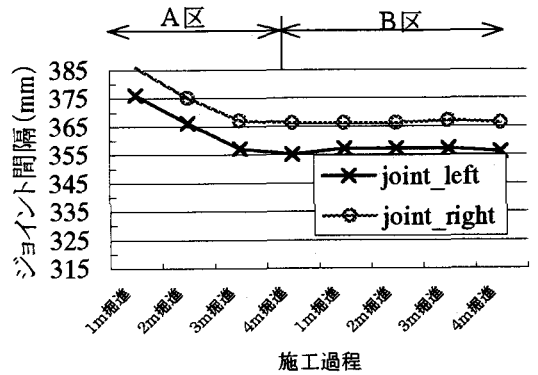


図5-6 オープンシールド通過中のパイプのジョイント間隔変化 (No.11左右)

ならない。そこで、埋設後の管体ひずみの測定によって、パイプに作用している受働土圧の状況を判断した。

オープンシールド機推進中のパイプのたわみの変化を図5-5に示すが、管据付時から埋め戻し完了までのたわみ量は、鉛直方向が最大(-)20mm、水平方向が(+)16mmで横楕円形状となる方向に変位している。図のAの区間は管芯までの埋戻しが行われ、テール部にパイプが設置されている状態でのたわみの変化である。また、Bの区間はテール部が計測しているNo.11のパイプを通過して、管頂から60cmまで埋戻しが完了した状態での、シールド機の掘進に伴うパイプの変化を示している。

Bの区間ではシールド内には次のパイプが設置されNo.11パイプに接続されている。従って、反力板が後方の埋戻し材を締め固めることによりNo.11パイプに垂直土圧が作用して変形を助長させることが考えられる。Aの区間では5mm程度のたわみが生じ、Bの区間では15mm程度となっている。このことから、反力板による転圧力はパイプに過剰な変形を生じさせることは無いと判断できる。

また、据付時からオープンシールド機掘進後までの管底の高さの変動量は(-)5~(-)20mmであり、管理基準値内におさまっており、オープンシールド機本体の変動はパイプに影響していないことが確認できた。

(6) ジョイント間隔の変化

シールド機の掘進に伴って、後方の埋戻し材が締め固められるが、同時に既に埋設された管体に

はパイプ外周面と埋戻し材の摩擦力によって軸方向力が作用する。この軸方向力によりパイプは後方の既に接続されているパイプに挿入されたり、逆に引き抜かれるような挙動を繰り返すことになる。これらの計測の結果を図5-6に示す。計測したパイプはNo.33とNo.34の接続部分で、シールド機テール部はNo.32とNo.33のパイプ接続部の位置にある。シールド機を前進させるために反力板を前後しながら後方の埋戻し地盤の支持力によって推進力を確保しているため、反力板の動きにパイプの継手部も同調している。

3mほど掘進が進むとパイプへの影響は見られず、ジョイントは安定した位置に収まっている。このことから、接合時において継手間隔を標準値より20mm程度長くして施工することとした。その結果 全区間において引き抜けは見られず8~44mm(平均22mm)の押し込みが見られたが、継手間隔はほぼ管理基準値内におさまり、規格値には問題がなかった。

6. まとめ

オープンシールド工法は、施工条件によっては経済的に連続施工が可能な土留め開削工法としての利点を有している。今回の施工結果を踏まえ鋼矢板土留め工法との特性を整理すると次のようになる。(表6-1)

埋設管の施工では、通常、施工性、経済性に優れている鋼矢板土留め工法を採用し、近接施工では近接家屋等への影響を配慮し、鋼矢板を引き抜かないで、地盤を極力乱さないような処置が採られる。オープンシールド工法は地盤条件の制約や

表 6-1 オープンシールド工法の施工結果による鋼矢板土留め工法との比較表

比較項目	オープンシールド工法	鋼矢板土留め工法
(1) 周辺地盤への影響 ①影響要因 ②影響範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・フレームの変形とフレームボイド(側壁厚み分の空隙)の一次的発生 ・土留め壁付近では大きな沈下を発生させるが影響範囲は土留め壁の深さが浅いため鋼矢板土留め壁より小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ・土留め壁の変形及び土留め壁引き抜き跡の空隙 ・影響範囲は鋼矢板長さに比例して比較的大きい
(2) 地下水対策	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水低下工法が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼矢板根入れの止水により釜場等に対応可能である
(3) 埋設管体への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・管体断面方向側土圧は、土被りに大きな影響を受けるため注意が必要 ・オープンシールド推進に伴い埋め戻し土に管体軸方向変形を発生させる、このため施工時において管体軸方向変位抑止対策を必要とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・管体断面方向側土圧は必要範囲で確保できる、また、管体軸方向への影響はない。
(4) 施工性および経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・開削区間の側部に工事用道路を必要としない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・開削区間の側部に5.0m以上の施工スペースを必要とする。

地下水対策などの処置が不可欠であるが近傍施工では有用な工法である。

また、今回の施工では見られなかったが、オープンシールド機の掘進中におけるコンクリート塊や玉石、転石等の予期せぬ出現に対して、補助工法の対応策を検討しておくことも必要である。特に、シールド機本体を地中に設置するための自降自昇時におけるこうしたトラブルによる施工時間の遅れは、周辺への影響の拡大を招くことにもなるため綿密な検討が必要である。さらに、シールド機本体の重量はかなり大きなことから、軟弱な地盤ではシールド機の沈下を防止できない場合が

発生している。このような沈下対策として今回採用した地表面に設置したガイドレールからシールド機本体を吊り下げる方法とテールフレーム下部に設置したフラット板などによる地盤反力軽減策はある程度有効であることが分かったが、さらに軟弱な地盤での実績を積む必要がある。

このように、オープンシールド工法にはまだまだ多くの課題が残されているものの施工条件によっては非常に有用な工法と思われる。今回の施工結果が今後の大口径パイプライン工事の計画を行う上で参考になればと思っている。

無薬注方式除鉄装置の導入事例について

—巨椋池排水機場工事における地下水処理対策—

山口 康 晴*
(Yasuharu YAMAGUCHI)

古 田 文 夫**
(Fumio FURUTA)

菊 田 勝 之***
(Katsuyuki KIKUTA)

目 次

1. はじめに58
2. 除鉄工法の選択59
3. 薬注方式除鉄装置の概要59

4. 試験施工及び性能評価61
5. 建設現場での供用のための留意点65
6. おわりに65

1. はじめに

(1) 国営総合農地防災事業「巨椋池地区」の概要

巨椋池地区は、京都府南部山城盆地の一級河川淀川（宇治川）左岸に位置し、国営干拓第1号として昭和8～16年にかけて造成された農業地帯で、京都市、宇治市、久世郡久御山町の2市1町にまたがる流域約2,500ha、うち1,310haの優良農地を有する地域である。

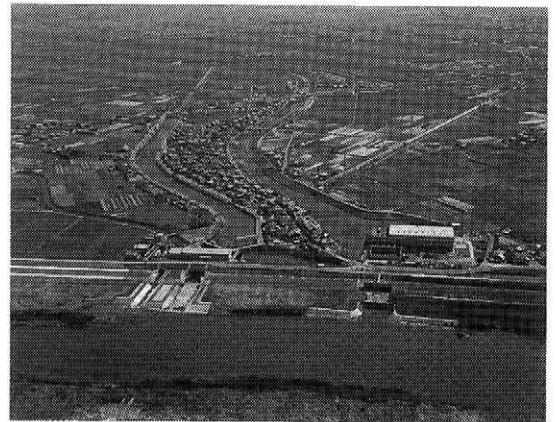
この地域の大半の農地は、干拓地特有の低平地で、宇治川の河床との標高差が少ないことから、降雨時には排水機場による強制排水に頼っている。

しかしながら、昭和初期に築造された排水機場は、構造的に脆弱な部分が生じていることなどから、河川管理上支障を来す恐れがあること、加えて、近年、流域内の開発等による洪水流出形態の変化によって、排水機能が相対的に低下し、低平部の農地等における湛水被害が増加している。

このため、国営総合農地防災事業により、排水機場の全面的な改修を行い、併せて、関連事業により地区内排水路の改修を実施することにより、施設の機能回復及び災害の未然防止を図るとともに、農業生産性の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資するものである。

(2) 巨椋池排水機場工事の概要

排水機は、縦軸斜流ポンプ5台からなり、うち2台は8 m³/s（モーターで常時洪水ポンプ）、3

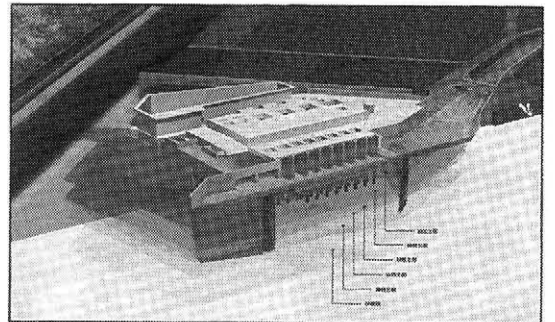


写真—1 巨椋池排水機場の全景（左）

台は21.3m³/s（ディーゼルで洪水専用ポンプ）、合計80m³/sとしている。

排水機場下部工は、吸水槽、吐水槽、除塵橋等から構成され、総面積は約4,000m²、コンクリート量は、約17,000m³におよぶ。

排水機場下部工の躯体工事の実施に当たり、現



図—1 排水機場下部工の完成予想図

*近畿農政局巨椋池農地防災事業所（Tel. 075-645-5891）

**近畿農政局整備部防災課

***（株）フジタ・（株）鴻池組共同企業体

地盤（OP11.25m）に対し、吸水槽部（約2,000㎡）では最大9.35m掘り下げたOP1.9mに床付けをする必要がある。そのため、躯体工築造部分の外周を止水壁併用土留壁（柱列式地中連続壁）で囲み、その内部の地下水を揚水しながら工事を施工することとしている。

(3) 除鉄対策の必要性

本工事で揚水する地層範囲（GL-13.0～25.0 m）における地下水中には、高濃度の溶解性鉄（20～30mg/l程度）が含有することが判明し（図-2）、また、日揚水量が、最大1万㎡以上に及ぶことから、そのまま公共用水域に放流すれば、周辺環境に多大な影響を及ぼすことが懸念される。なお、本建設現場は水質汚濁防止法に定める特定事業場に当たらないので、厳密に法規制が適用されるわけではないが、河川等周辺環境への影響、近傍工事での施工事例等を勘案し、水質汚濁防止法に基づく排水基準（溶解性鉄含有量10mg/l以下）を参考に、除鉄対策を講ずることとした。

本報告では、本工事における除鉄対策として無薬注方式除鉄装置を導入し、建設現場への適用性等について検討したので、その内容について報告する。

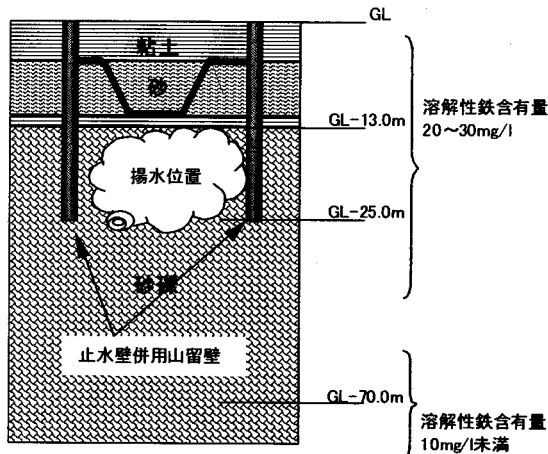


図-2 地層及び鉄分濃度分布図

2. 除鉄工法の選択

除鉄工法としては、大きく分けて、

- ① イオン交換樹脂などを用いたイオン交換法
- ② 強制酸化させた後、凝集沈殿させる方法
- ③ 強制酸化させた後、濾過させる方法

④ 鉄バクテリアを用いて菌体合成後、沈殿・濾過させる方法

などが考えられるが、高濃度、大容量を対象とする場合、②または③が一般的である。

従来の建設現場においては、溶存している鉄の酸化には即効性のある酸化剤、例えば次亜塩素酸ナトリウム等が主に用いられ、酸化された鉄は、凝集剤等を用いて凝集沈殿させ、発生した汚泥については脱水、産廃処分等されている事例が多い（図-3）。

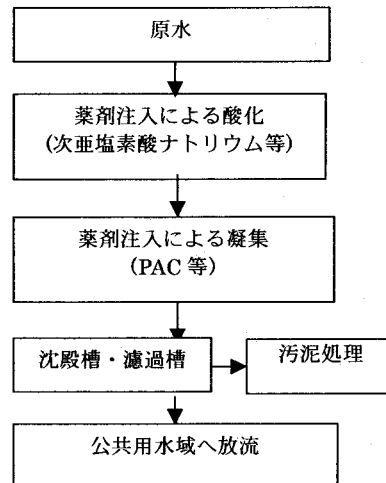


図-3 薬剤を用いた処理フロー

一方、薬剤を用いない工法として、曝気により強制酸化させ、吸引設備を設置した砂濾過池において吸引濾過する除鉄砂濾過工法¹⁾が提案されているところであるが、本建設現場においては、揚水規模、仮設用地の制約等から、本工法を直接適用することは困難であると判断した。

本建設現場においては、揚水規模がピーク時には、日当り1万㎡以上に及ぶこと、揚水量が施工工程（時期）に応じて大幅に変化すること、仮設用地に制約があることなどから、無薬注方式の除鉄装置の導入について検討した。

上記の各処理方式についての特徴を表-1に示す。

3. 無薬注方式除鉄装置の概要

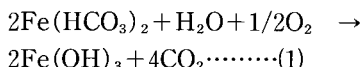
(1) 処理機能の概要

本装置の処理機能は、揚水した地下水（原水）に空気を連行させ酸化ノズルにより噴射させるこ

表一 各処理方式の特徴

項目	薬注方式除鉄装置	除鉄砂濾過工法	無薬注方式除鉄装置
経済性	・薬剤費、産業廃棄物処理費等が高む	・施工上の確保が可能であれば、経済性に優れる	・薬液注入方式と比較し、大幅な経費節減が可能である ・除鉄砂濾過工法との比較は、処理量、水質、供用期間等の条件により異なる
運転管理	・運転中、常時薬剤管理が必要である ・運転管理に専門的な知識が必要である	・定期的に濾過砂の入替え作業を必要とする(適正な濾材の入手と施工精度が必要)	・自動逆洗浄を含め装置化していることから、運転管理は容易である
占有面積	・酸化・凝集・沈殿槽、汚泥処理施設等、機械・施設の占有面積が比較的大きい	・砂濾過池の設置に広いスペースを必要とする	・比較的小さい面積で対応が可能である
環境への影響	・発生汚泥の産廃処理等が必要がある ・薬剤による二次汚染の影響が懸念される	・産廃処理等が必要がない ・薬剤を使用しないため二次汚染による環境への影響がない	・産廃処理等が必要がない ・薬剤を使用しないため二次汚染による環境への影響がない
実績	・建設現場を含め実績多い	・実績有り	・建設現場での導入実績は少ない
その他	・装置の追加・縮減は困難である	・装置の追加・縮減は困難である	・単体の装置を複数台設置することとなるため、装置の追加・縮減は比較的容易である

とにより、原水中の溶解性鉄（炭酸水素第1鉄）を強制酸化させ、発生した水酸化第2鉄を砂濾過（急速濾過）により除去するものである。溶解性鉄の酸化に係る反応は、(1)式に示すとおりである。



また、本装置による除鉄機能の流れは、図-4に示すとおりである。

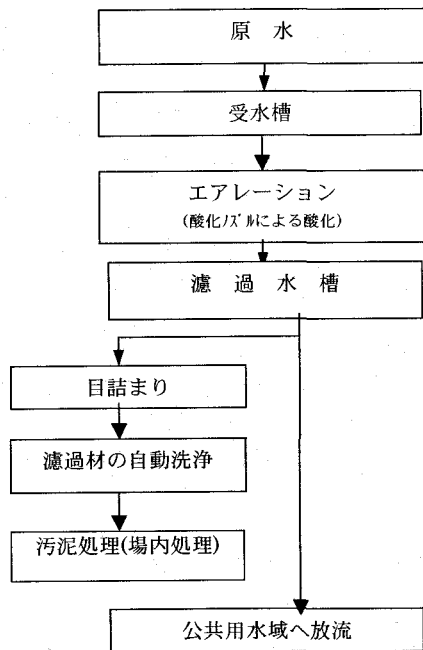


図-4 無薬注方式の処理フロー

(2) 無薬注方式除鉄装置の概要

本装置は酸化、砂濾過及び逆洗浄の機能を一体化したものであり、構造的には図-5に示すとおりである。

除鉄処理の流れは以下に示すとおりである。

①原水 → 受水槽

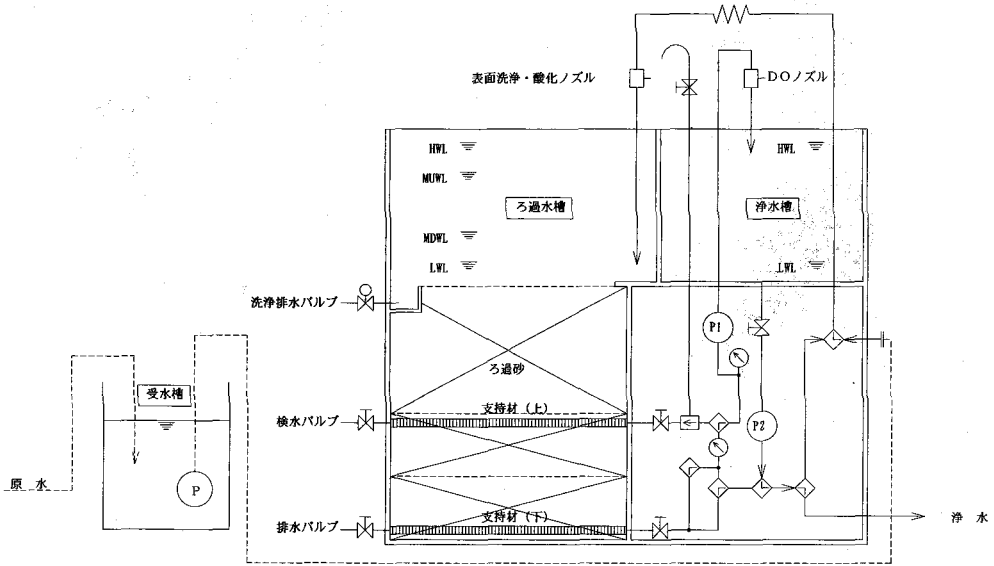
工事に伴う地下水の揚水はディープウェルポンプで行い、ポンプ圧力によって受水槽まで圧送する。

②受水槽 → 酸化ノズル

受水槽に一時貯留した地下水（原水）を、水中ポンプにより本装置まで圧送する。この加圧された地下水は、酸化ノズルにより一気に濾過槽に放出される。その際、空気が連行、混入し噴射されるため、溶存酸素濃度は瞬時に飽和状態となる。

③酸化ノズル → 濾過水槽

酸化ノズルにより溶存酸素濃度が飽和状態になったことにより、溶解性鉄分は徐々に酸化され、濾過水槽内の滞留時間（約10分程度）の間にほとんどの溶解性鉄分は酸化される。その後、濾過砂を通過することにより酸化した水酸化第2鉄は濾過される。その際、多量の原水を処理する必要から、濾過砂内を急速に（60～100m/day）通過させるため、濾過水槽下部に吸水用の水中ポンプ（図-5のP1ポンプ）を設けている。これにより、小さい濾過面積で効率の良い濾過作用を可能としている。なお、濾過砂は稼働時間の経過と



P1: 主ポンプ 200V 2.2kW インバーター運転
P2: 洗浄・流送ポンプ 200V 3.7kW インバーター運転

図一 5 装置の模式図

もに酸化鉄により目詰まり現象が生じるため、定期的に逆洗浄（図一5のP2ポンプ稼働により浄水槽用水（処理水）を逆流）により目詰まりを防いでいる。

なお、本装置は、従来からスーパー、浴場、工場、公園などで使用されており、小規模ながら実績はある（表一2）。

表一 2 装置設置実績例

設置場所	使用用途	処理量 (m3/h)	鉄分濃度(mg/l)	
			原水	浄水
秋田県 男鹿市	スーパー 雑用水	2.5	42.0	0.07
秋田県 秋田市P	浴場	10.0	1.0	0.03
秋田県 秋田市T	浴場	10.0	11.0	< 0.10
青森県 八戸市	食品工場 食品凍結水	15.0	17.0	< 0.10
愛媛県 伊予市	食品工場 食品洗浄水	2.5	17.0	< 0.20
栃木県 佐野市	公園 せせらぎ川	2.5	18.0	< 0.20
大阪市内 ビル	建設現場 排水処理	2.5	27.9	< 0.20

注) (株)ナガオカ製除鉄装置の実施例から抜粋

4. 試験施工及び性能評価

(1) 試験施工の内容

本装置を本建設現場に適用するに当たって、事前に所要の処理能力（水質、処理量）が得られるかどうか、運転管理上の課題の有無、さらに処理能力を一層向上させるための方策等について検討するため、現場において試験施工を実施した。試験の具体的な項目及び内容は表一3に示すとおりである。試験に用いた装置は、処理能力30m³/hのものを2基とし、試験は平成12年12月～翌年2月に行った。

表一 3 試験項目及び内容

試験項目	内容
(1) 原水濃度	・原水の溶解性鉄含有量 ・原水の溶存酸素量
(2) 噴射ノズル	・揚水中に含まれる細砂などによる酸化ノズル閉塞 ・噴射後の溶存酸素量
(3) 処理水質	・運転日数と除鉄処理後の残留溶解性鉄含有量との関係
(4) 処理量	・最大処理量の確認
(5) 自動逆洗浄	・濾過槽が目詰まりしてきた場合の自動逆洗浄の性能 ・処理水量と逆洗浄回数との関係
(6) 騒音・振動	・騒音、振動

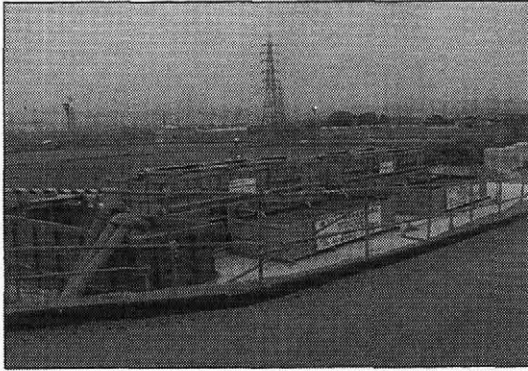


写真-2 無薬注除鉄試験の状況 (1)

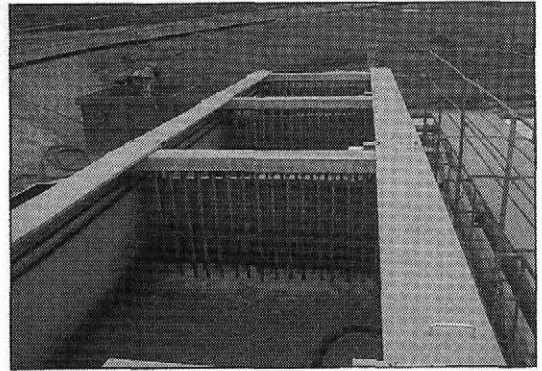


写真-3 無薬注除鉄試験の状況 (2)

試験の状況を写真-2～3に示す。

(2) 試験施工結果及び性能評価

性能試験の結果は表-4に示すとおりであり、以下に、表-3の試験項目に沿って具体的に述べる。

①原水濃度について

試験施工は、2つの期間（平成12年12月18日～同年12月27日，平成13年2月8日～2月13日）で実施した。原水の溶解性鉄含有量に着目すると，地下水の揚水開始直後では，33mg/l以上の濃度を呈していたが，約1週間程度の連続運転で20

mg/l程度まで低下している。その後約1ヶ月間揚水を停止し，再開すると初期には約35mg/lであり，5日間の連続稼働で約30mg/lまで低下した（図-6参照）。また，地下水の溶存酸素量は，2～3mg/l（吸水，揚水中に酸素供給された可能性もある）であった。

このことから以下の知見が得られる。

- i) 地下揚水帯には溶解性鉄含有量が不均一に存在しており，連続揚水により地下水が強制移動することで溶解性鉄含有量が変化したものと考えられる。

表-4 性能試験結果

採取日	原水		1号機				2号機			
	全鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	溶解性鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	処理水量 (t/d)	処理水全鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	処理水溶解性鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	逆洗浄回数 (回)	処理水量 (t/d)	処理水全鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	処理水溶解性鉄含有量 ($\mu\text{g/l}$)	逆洗浄回数 (回)
00/12/18	34.0			2.51						
00/12/19	36.8	33.0	30	4.41	2.94	2	30	4.90	1.38	2
00/12/20	37.4	28.5	30	1.59	0.53	2	35	6.69	4.07	2
00/12/21	36.6	32.0	30	1.29	0.35	2	35	1.16	1.05	2
00/12/22	25.8	24.8	30	0.08	0.04	2	40	0.24	0.03	2
00/12/23	31.3	20.8	30	0.14	0.05	2	40	1.14	0.17	2
00/12/24	84.0	26.7	30	0.14	0.07	2	40	1.09	0.34	2
00/12/25	45.7	18.2	30	0.44	0.06	2	45	0.62	0.43	3
00/12/26	28.6	20.8	30	0.59	0.30	2	45	1.06	0.92	3
00/12/27	77.7	27.8	30	0.58	0.20	2	45	0.89	0.69	3
01/02/08	35.3						50	3.51	2.51	4
01/02/09	34.2						50	3.26	1.83	4
01/02/10	30.0						50	0.74	0.03	4
01/02/13	30.4						50	0.69	0.02	4

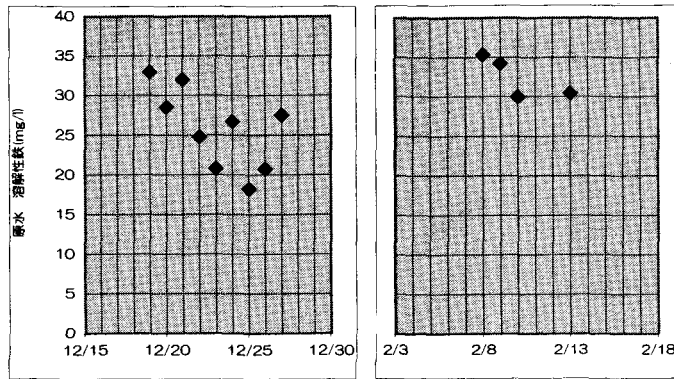


図-6 原水の溶解性鉄含有量の経時変化

ii) 連続稼動により、徐々にではあるが溶解性鉄含有量が減少傾向となっており、地下水供給源での溶解性鉄含有量が少ないか、または地下水移動中に酸化反応が進んでいることなどが考えられるが、今後の連続運転により確認する必要がある。

iii) 連続運転を一時休止すると、溶解性鉄含有量が復元しており、揚水域近傍に溶解性鉄含有量が多い水帯があることが考えられる。

②酸化ノズルについて

稼動中に酸化ノズル（噴射孔は3mm程度）の目詰まりが頻繁に発生したため、酸化ノズルを分解し原因の究明を行った。その結果、揚水中に含ま

れる細砂及び酸化鉄塊が原因であることが判明した。そこで、ディープウェル用配管から分岐した除鉄装置への取付け管に図-7に示す簡易濾過装置を設置し、地下水中の細砂及び配管内に付着剝離した酸化鉄塊を除去した。その結果、酸化ノズルの詰まり現象は回避できた。

③処理水質及び処理量について

原水と処理水の溶解性鉄含有量の関係を図-8に、処理水溶解性鉄含有量の稼動日数による変化を図-9に示す。原水と処理水の残留溶解性鉄含有量の相関は見られず、原水の溶解性鉄含有量が35mg/l程度以下であれば、処理水溶解性鉄含有量は4mg/l程度以下であり、排水基準（10mg/l

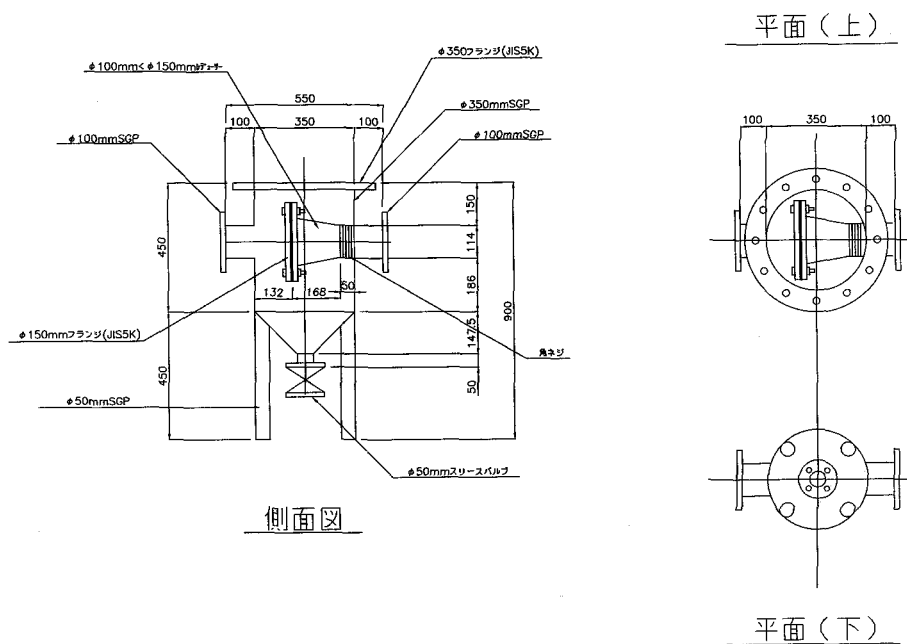


図-7 簡易濾過装置

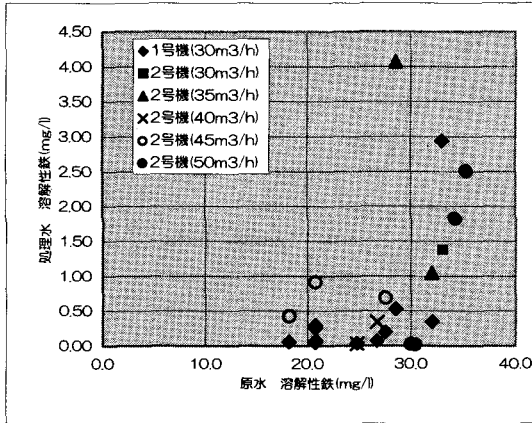


図-8 原水と処理水の溶解性鉄含有量の関係

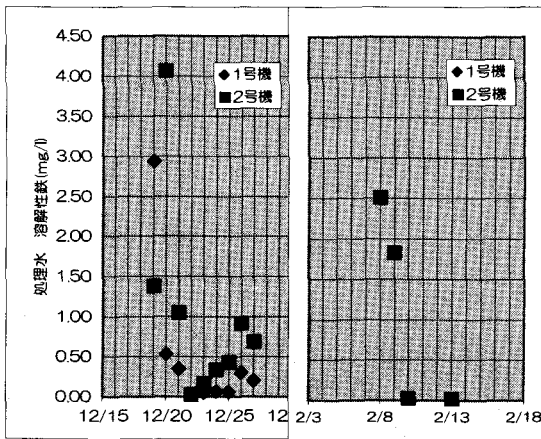


図-9 処理水溶解性鉄含有量の稼動日数による変化

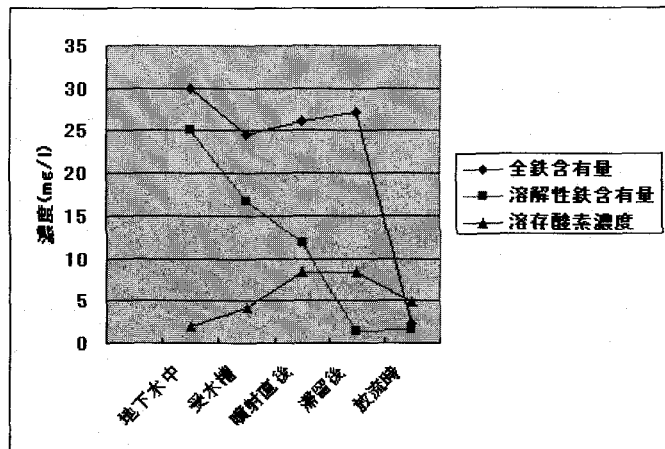
以内)を満足している。処理水溶解性鉄含有量が比較的高いのは、稼動初期の段階であり、濾過水槽の機能が安定状態(3日程度)となった以降は、1 mg/l程度以下の処理水質を保っている。

また、処理量は、30m³/hを定格としているが、処理経費節減のため可能な範囲で処理量を増大させた。その結果、50m³/hの通水時においても、ほぼ同様の処理水質が得られることを確認した。なお、本装置の通水設備の制限から、これ以上の通水量の増大は困難であった。

さらに、本装置の処理機構を明らかにし、運転の適正化等に資するため、原水から除鉄処理後、放流に至るまでの溶存酸素、鉄含有量の推移を測定した結果を図-10に示す。これによれば、原水中の溶解性鉄は、受水槽、酸化ノズルによる噴射、及び約10分程度の滞留時間の間にほとんどが不溶性の水酸化第2鉄に変化しており、その後の砂濾過により全鉄が除去されていることが明確に示されている。

④自動逆洗浄について

濾過砂の目詰まり現象により、濾過水槽下部の吸水用ポンプの吸水能力が低下することとなる。そこで、まず装置据付後の試行運転期間に、吸水能力低下の状況を踏まえ、標準的な逆洗浄間隔を把握し、タイマー方式で逆洗浄時間を設定した。このように、濾過砂の目詰まりによる濾過機能低下を回避するために、逆洗浄を半自動方式に制御



注1)地下水中の溶存酸素濃度は、揚水の際に増加した可能性あり
2)滞留後は、酸化ノズルから最も遠い濾過砂直上部で採水した

図-10 溶存酸素濃度及び鉄含有量の推移

することとした。逆洗浄回数は、日処理量に応じて変化させることとし、設定した逆洗浄回数は、表-5に示すとおりである。

表-5 日処理量と逆洗浄回数

日処理量 m ³ (m ³ /hr)	逆洗浄回数(回/day)
720 (30)	2
840 (35)	2
960 (40)	2
1,080 (45)	3
1,200 (50)	4

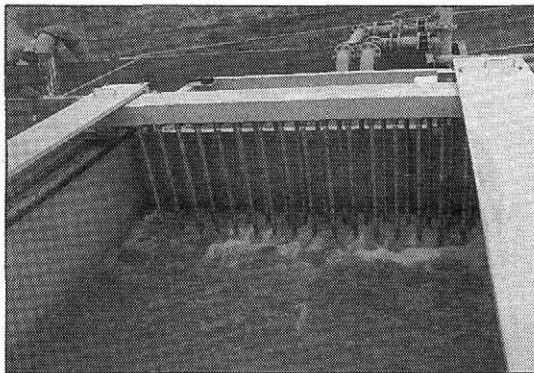


写真-4 自動逆洗浄の状況

⑤騒音・振動について

当該地は閑静な農村集落地帯であり、暗騒音及び暗振動は非常に小さい。特に夜間は、当該地近傍に流れる承水溝及び幹線排水路のせせらぎ音のみが聞こえる程度である。こうした状況下で、装置稼働中の騒音・振動測定を実施したところ、結果は表-6に示すとおりであり、生活環境を害する騒音・振動は発生していない。

表-6 騒音・振動測定結果

騒音測定結果(dB)		振動測定結果(dB)	
夜間(暗)	50	夜間(暗)	40
夜間(除鉄中)	55	夜間(除鉄中)	40

5. 建設現場での供用のための留意点

無薬注除鉄方式を採用した本装置は、従来、工場、スーパー、浴場などの比較的使用条件が良い場所での小規模な設置事例がほとんどであった。本工事においては、揚水規模が大規模かつ長期に

わたる連続運転となると同時に、建設現場という過酷な条件下でも安定した処理性能が要求される。

試験施工において、開始直後は酸化ノズルの目詰まりや水圧不足により、除鉄装置の処理能力を満たさなかったこともあったが、一連の試験を通して、建設現場での供用に十分に耐え得ることを確認した。

建設現場での供用のための留意点は以下のとおりである。

①試行運転の実施

本装置を導入する際には、本運転に先立ち、原水と処理水の溶解性鉄含有量の関係、経時変化による処理水溶解性鉄含有量の変化等を確認し、最適な逆洗浄間隔と安定処理できる通水量等を確認する必要がある。そのため、1週間程度の試行運転が必要である。

②酸化ノズルの目詰まり対策

ディープウェル揚水中には細砂が含まれ、配管中には酸化鉄が付着している。そのため、揚水した原水を直接装置に送水すると、細砂や酸化鉄塊により酸化ノズルが目詰まりし、除鉄機能が著しく低下する。そのため除鉄装置へ送水する前に濾過装置を設置し、原水中の浮遊物質を除去する必要がある。

③濾過砂の逆洗浄

原水水質、処理水量の変化に伴い、濾過砂の目詰まりの発生頻度が変化する。濾過砂を洗浄し濾過物を除去するため、逆洗浄を行うことが不可欠であるが、適正な逆洗浄間隔については、定期的に試験を行い、逐次確認をしていくことが望ましい。

6. おわりに

建設現場における揚水地下水の除鉄対策として、無薬注方式除鉄装置を導入し、試験施工及び性能評価を行い、建設現場への適用性等について検討した。その結果、処理性能(処理水質・処理量)は所要の成果を収め、建設現場での供用に十分に耐え得ることを確認した。

今回使用した装置では、処理水の溶解性鉄含有量は、運転初期を除いて1mg/l程度以下であり非常に高い除鉄性能を示したが、建設現場では排水基準を満足すれば、もう少し高めの数値でも問題はない。むしろ経済性の観点から処理量が多い

方が優位であると考えられる。そのため、追加設置する除鉄装置については、さらに一層の処理能力向上のため、同規模の装置で通水能力を向上させた改良型の装置を導入することとし、現在装置を製造中である。今後、本工事が本格化するまでに改良型の除鉄装置を設置し、本格的に稼働させ

る予定である。

参考文献

- 1) 大西, 若林, 守田: 除鉄砂ろ過工法の開発および施工, 農土誌68(6), pp13~17 (2000)



DMW CORPORATION

技術創生で水と空気を守ります。
今は環境保全、省エネルギーが要求されている時代。
私たちは、世紀近い歴史を基盤に、技術と想像力で、
未来環境創造企業を目指します。

●各種ポンプ ●送風機 ●バルブ ●廃水処理装置 ●除塵機 ●ゲート設備 ●配電盤・電気制御装置 ●水中排砂ロボット

株式会社 **電業社機械製作所**
〒143-8558 東京都大田区大森北1-5-1 TEL 03-3298-5111 FAX 03-3298-5146 <http://www.dmw.co.jp>

さいきょう
西京ダムの水質保全対策について

徳重 秀一*
(Syuichi TOKUSIGE)

徳丸 治久**
(Haruhisa TOKUMARU)

目 次

1. はじめに	67	4. 水質浄化施設の概要	69
2. 西京ダム流域の概要	67	5. 水質調査	71
3. 水質保全対策（一般型）事業 西京地区の事業概要	67	6. おわりに	75

1. はじめに

種子島は、鹿児島市より約115kmの海上にあり、南北に55km、東西に22kmの南北に細長い平らな島である。気象については、年平均気温が摂氏19.3°Cでいたって温暖であり、年間降水量は2,200mm前後で3月から9月の期間が比較的多雨である。

西京ダムは、種子島北部の西之表市に位置し、東海岸に開けた丘陵畑地719haを対象にした畑地かんがい用水と、上水道用水の供給を目的とした中心遮水型ロックフィルダムであり、その諸元を表1-1に示す。

西京ダム周辺は、表1-2に示す各種事業により、道路、農村公園およびダムの水質保全整備が行われ、西之表市はもとより種子島における住民の憩いの場を創出し、ダムの多面的な利活用が図られている。（図1-1 西京ダム周辺全景）

2. 西京ダム流域の概要

図2-1に西京ダム湖流入流域を示す。また西京ダム湖の周囲は、海拔150m前後の丘陵地の山地が連なり、流域面積は415haでありその土地利用は表2-1に示すとおりである。

表1-1 ダム諸元

ダム形式	中心遮水型 ロックフィルダム
堤高	29.7 m
堤長	133.8 m
流域面積	4.15 k m ²
満水面積	0.261k m ²
総貯水量	2,301,000m ³
有効貯水量	2,238,000m ³
農業用	2,061,000m ³
水道用	177,000m ³
取水施設	斜樋
滞留時間	130~164日
湖水回転率	3.54~2.23回/年

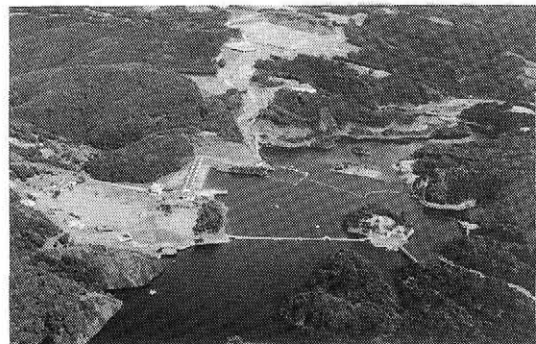


図1-1 西京ダム周辺全景

3. 水質保全対策（一般型）事業西京地区の事業概要

3-1 事業目的・内容

西京ダムの水質は、有機性汚濁が進み富栄養化

*鹿児島県鹿児島市耕地事務所 (Tel. 099-223-0161 (内線)283)

**鹿児島県熊毛支庁土地改良課

表 1-2 西京ダム周辺設備

事業名	整備内容	備考
畑地帯総合整備事業 西京地区	ダム	H10完
中山間地域総合整備事業 西之表中部地区	農村公園	H11完
ふるさと農道緊急整備事業 西京地区	農道・遊歩道	H9完
水質保全対策（一般型）事業 西京地区	水質浄化施設・維持管理施設・環境保全施設	H12完
若者定住促進等緊急プロジェクト（市）	宿泊施設・屋外遊戯施設・体育施設・レクリエーション施設等	H11完

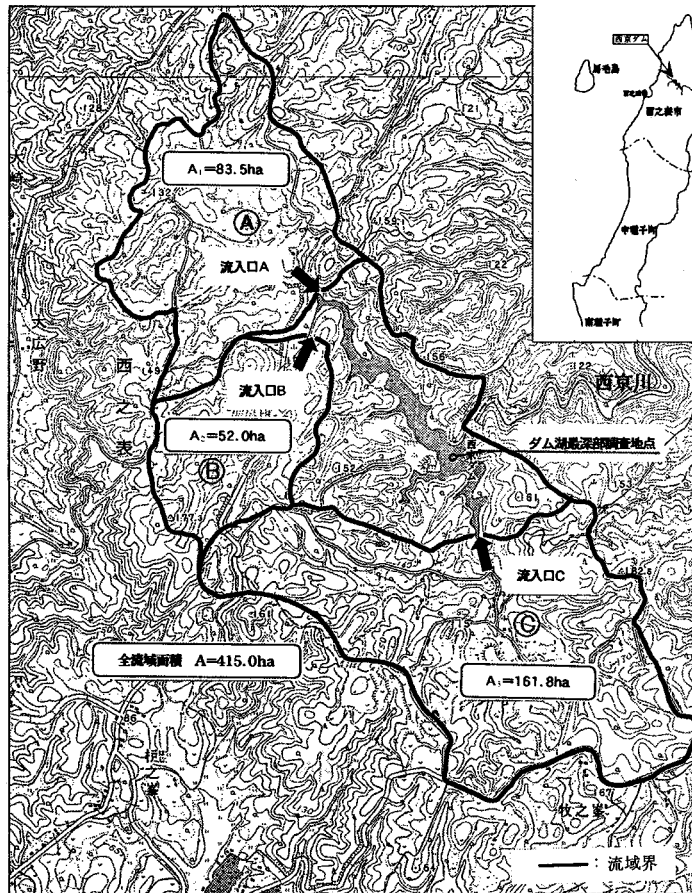


図 2-1 西京ダム湖流入流域

表 2-1 流域の土地利用

区分	面積(ha)
田	16.3ha
畑	46.8ha
山林その他	329.6ha
樹園地	2.1ha
牧草地	20.2ha
計	415.0ha

が進行していると判断され、上水道、畑地かんがい用水等に影響がでると考えられた。このため、ダムの水質を改善及び保全する必要があることから、ダム湖内の水質を浄化する目的の水質浄化施設、その施設を管理するための維持管理施設および自然環境・生態系の保全を目的とした環境保全施設が整備された。水質浄化施設の概要については表3-1に示すとおりである。

3-2 水質汚濁のメカニズム

本ダム湖については閉鎖性水域の宿命から、水の滞留時間が大きく、流入した栄養塩類は湖外へ流出しないためプランクトンが増加し、またそのプランクトンの沈殿した死骸の分解に底層の酸素を多く消費する。

底層が無酸素状態になると、嫌気性バクテリア等が発生し、底泥中の無機栄養塩（窒素・リン）、

鉄・マンガン等が溶出してくる。水温成層が形成される4月～10月においては、上下水層が混じりにくくなり、上層は植物プランクトンの増加によりアオコ等が発生するとともに異臭がするようになる。水質汚濁機構を図3-1に示す。

3-3 水質保全の目標

水質保全の目標を表3-2に示す。

西京ダム湖が西之表市における唯一の淡水湖であることを鑑み、環境保全の重要性および水源上流域の責務として、水質基準の目標は生活環境保全に関する環境基準（湖沼その1）の類型Aおよび（その2）の類型IIIを設定している。

4. 水質浄化施設の概要

4-1 水流式バッキ施設

水流式バッキ施設の概要を図4-1に示す。

表3-1 水質浄化施設の概要

施設	目的	原理
水流式バッキ施設	底層への酸素供給による表底層の均一化	上層水とエアを混合させ底層に拡散させる
噴水バッキ施設	プランクトンの増殖能力の抑制	ポンプの加圧および降水滴による水面叩き効果による
接触酸化水路	ダム湖流入部における酸素供給および浮遊物の除去	接触材利用（ふとん籠の礫）
水生植物浮島	ダム湖内の窒素、リンの除去	生物の持つ機能（分解・吸収など）や沈殿作用などを利用
水質浄化田	ダム湖流入部における全窒素、全リンの除去	生物の持つ機能（分解・吸収など）や沈殿作用などを利用

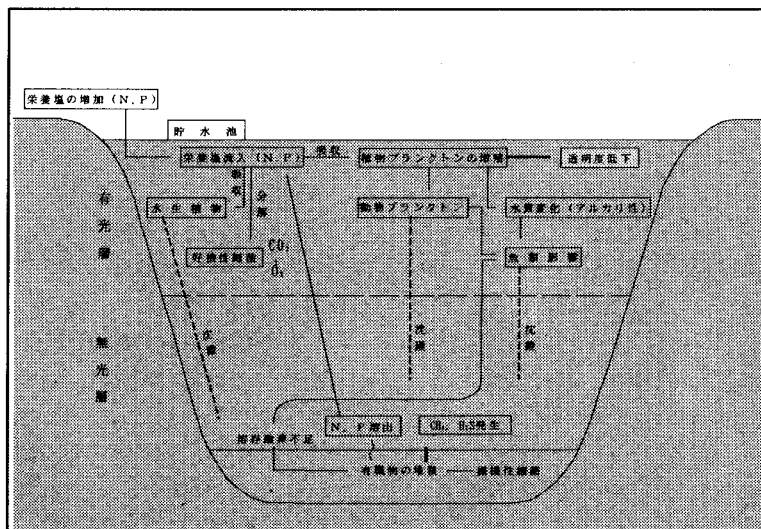


図3-1 水質汚濁機構

表 3-2 水質保全の目標

項目	計画時	目標
p h	6.6 ~ 8.5	6.6~8.5
COD	2.8 ~ 6.5	3mg/l 以下
SS	2.0 ~ 40.5	5mg/l 以下
DO	0.7 ~ 10.9	7.5mg/l 以下
T-N	0.29 ~ 0.43	0.4mg/l 以下
T-P	-	0.03mg/l 以下

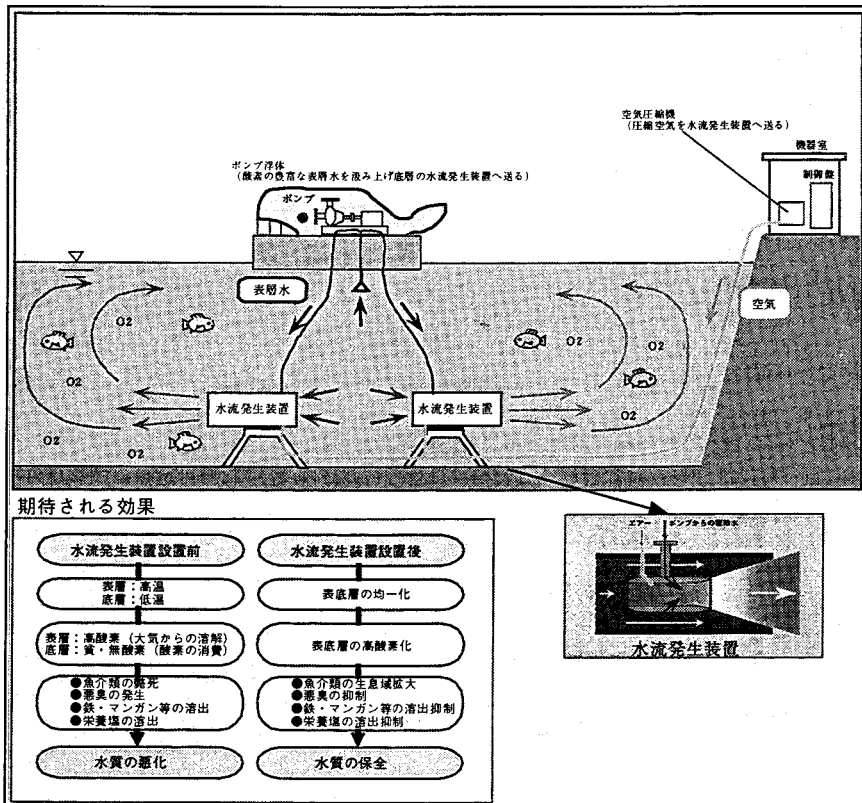


図 4-1 水流式バッキ施設の概要

西京ダム湖で設置されている水流式バッキ施設（ジェットストリーマー）は、溶存酸素の豊富な上層水をポンプにより底層へ送り、その圧力を駆動力として、底層水と共に広域に拡散させるものであり、併せてエアレーション装置を設置し、底層のDOの回復を行っている。この装置により底層の溶存酸素濃度を高めると底層水は好気性状態となり、底泥の溶出が抑制され、結果として水質が改善されることとなる。

この施設の主な仕様は、水流発生装置（駆動水量 5 m³/min/台）2 台、駆動水ポンプ（定格18.5 kW）2 台、コンプレッサー（電動機出力1.5kW）で

ある。

運転期間は、水質の悪化がみられる夏場に照準を合わせ、3月中旬から11月中旬の間連続運転している。

4-2 噴水バッキ施設

噴水バッキ施設は、ダム湖中央における表層のDOの過飽和により植物プランクトンの増殖抑制を図るものであり、観光地の観賞用としても十分な効果を発揮することが期待される。

また、噴水バッキ施設は種々の実験結果により水質浄化の効果が期待されておりこれらの効果を

表4-1に示す。

この施設の主な仕様は、直上用ポンプ（5.5kW・2.2kW）が各1台ずつ、放射用ポンプ（5.5kW）1台、可変用ポンプ（11.0kW・0.1kW）が各1台ずつであり、これに電気制御設備を設置することにより直上に約30m打ち上がり、水平方向に直径約30mの広がりをもたせる。また、インバーター制御により様々な動きを造り出し、4種類のパターンで打ち上げることが可能である。

運転時間は通常の定時運転として1日に15分間を3回、計45分間運転している。なお、随時、電気室前に設置してある操作盤を操作することにより7分間運転することが可能である。

噴水バッキ施設による打ち上げ状況を図4-2に示す。

4-3 水生植物

水生植物による水質浄化の働きとして主に①植物が接触材の働きをし、SSを沈殿させる働き、②植物体に存在する微生物によってT-N・T-P

は無機化され、これらの無機塩を植物体が吸収し除去するという2つの働きがある。

よって、水質浄化田を流域面積が最大である流入口C部に設け、ダム湖に流入する前に水質を浄化することを目的とすることに加え、潤いある水辺景観の向上を期待するものである。

本事業において設置する水質浄化田には水質の浄化機能および鑑賞の面から水生植物を8種類（ヨシ・ヒメガマ・シチトウイ・カキツバタ・ハナショウブ・カラー・ジュンサイ・ヒシ）選定し栽培した。また、浮島においては浄化機能および維持管理の面を重視しシュロガヤツリを選定し栽培した。

水質浄化田および水生植物浮島の設置状況を図4-3、図4-4に示す。

5. 水質調査

5-1 水質調査内容

水質浄化施設は平成10年3月に水流式バッキ施設と接触酸化水路を設置し、平成12年3月に噴水

表4-1 噴水施設の機能別効果例

効果	実験結果（機能）
浅層攪拌による水温低下効果	表面水温の上昇が緩和され、プランクトンの増殖環境を低減させる
光遮断・蒸発散による表層の水温上昇緩和	噴水の降雨範囲は光が遮断され、表面水温の上昇を緩和する
降水滴による水面叩き効果	噴射水によって水面を激しく叩くことでプランクトンの増殖を抑制させる
ポンプによる加圧効果	加圧時間5秒、圧力5kgf/cm ² 以上加圧したプランクトンの増殖能力は低下する
ポンプインペラによる攪拌効果	ポンプに吸引されたプランクトンはインペラによって激しく攪拌および剪断され、増殖能力は低下する



図4-2 噴水状況図



図4-3 水質浄化田

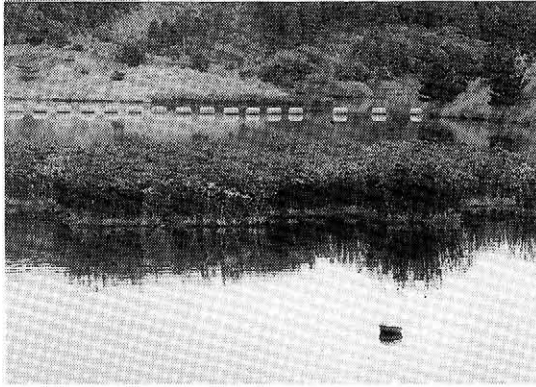


図4-4 水生植物浮島

バッキ施設と水生植物を設置した。調査項目は表3-2に示す6項目およびその他8項目の計14項目の調査を行い、調査地点はダム湖へ流入する水質を把握するため流入部3箇所とダム湖最深部における鉛直方向についての水質変化を把握するため表層から2m毎に底層まで9箇所、計12箇所で行った。

調査内容について表5-1に示す。

5-2 水質調査結果

水質調査結果については、本ダムにおける水質の悪化が顕著にみられる夏場である5月以降の結果について取り上げた。また、今回はダム湖流入後の水質を検討するため、流入口A・B・Cを除いてダム湖最深部の鉛直分布調査について取り上げた。それらの調査結果を項目毎に以下に示す。なお、平成7・8年度は浄化施設設置前、平成12年は設置後の結果である。

ア 水温 (図5-1参照)

設置前の5~10月の結果をみると、表層の水温が高く、底層に至るに伴い水温は低下している。一方、設置後では、7月は設置前と同様な結果であるが、5, 9, 10月は表層から底層までほぼ一定の水温となっている。

イ DO飽和率 (図5-2参照)

設置前の5~10月の結果をみると、表層ではほぼ100%の飽和状態であり、6m付近から飽和率は急速に低下し、底層では0%に近い貧酸素状態となっている。一方、設置後では、7, 8月は設置前と同様な結果であるが、5, 9, 10月は表層ではほぼ100%であり、底層でも飽和率の顕著な低下はなく50%を下回る値はみられない。

ウ 全窒素 (T-N) (図5-3参照)

設置前の5~9月の結果みると、表層では平成8年5月を除きほぼ0.5mg/l以下の濃度であるが、底層に至るに伴い濃度は上昇し、底層では1mg/lを超える値となっている。一方、設置後は、最深層でやや上昇する傾向はあるが表層から底層まで同程度の濃度であり、その濃度はT-Nの水質保全目標の0.4mg/lを概ね下回る値となっている。

エ 全リン (T-P) (図5-4参照)

5~9月の結果みると、設置前、設置後ともに同様な傾向を示し、最深層でやや上昇する傾向はあるが、表層から底層まで概ね0.02mg/l以下の同程度の濃度である。設置前後ともT-Pの濃度は、水質保全目標の0.03mg/lをほぼ下回る値となっている。

オ COD (図5-5参照)

表5-1 調査内容

浄化施設の有無	調査日	調査項目	調査地点
施設設置前	平成7年9月 ~ 平成9年3月 (月1回毎) 計19回	水温・ph・DO・COD・ BOD・SS・T-P・T-N・ アンモニア態窒素・ 亜硝酸態窒素・	ダム湖最深部の地点 (表層から2m毎 に底層まで)
施設設置後	平成11年1月 ~ 平成12年10月 (月1回毎) 計10回	クロロフィル(Chl)・ 電気伝導率(Cond)・ 臭気(Od)・透視度(Tr)	流入口A・B・Cの 3点 (図2-1参照)

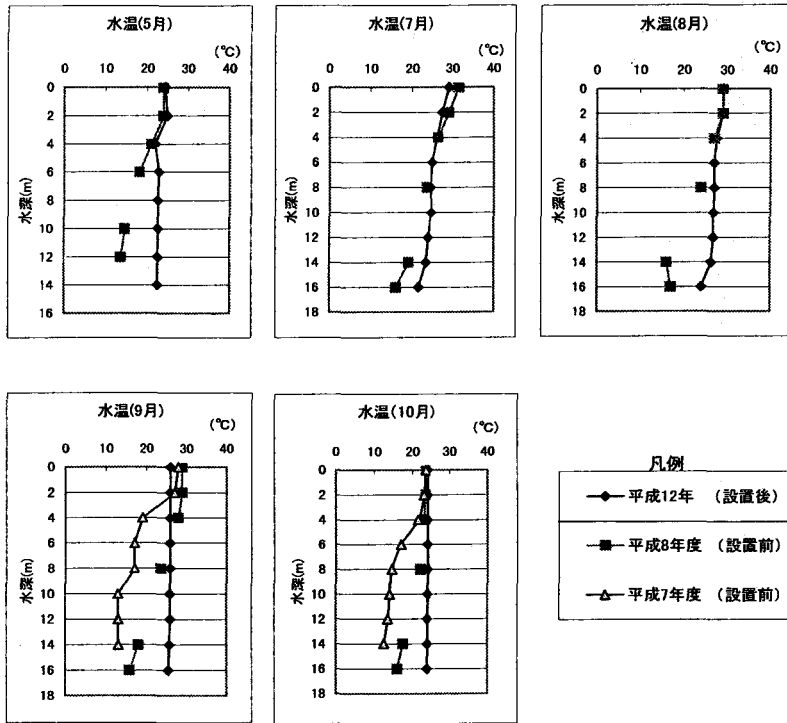


図 5-1 水温

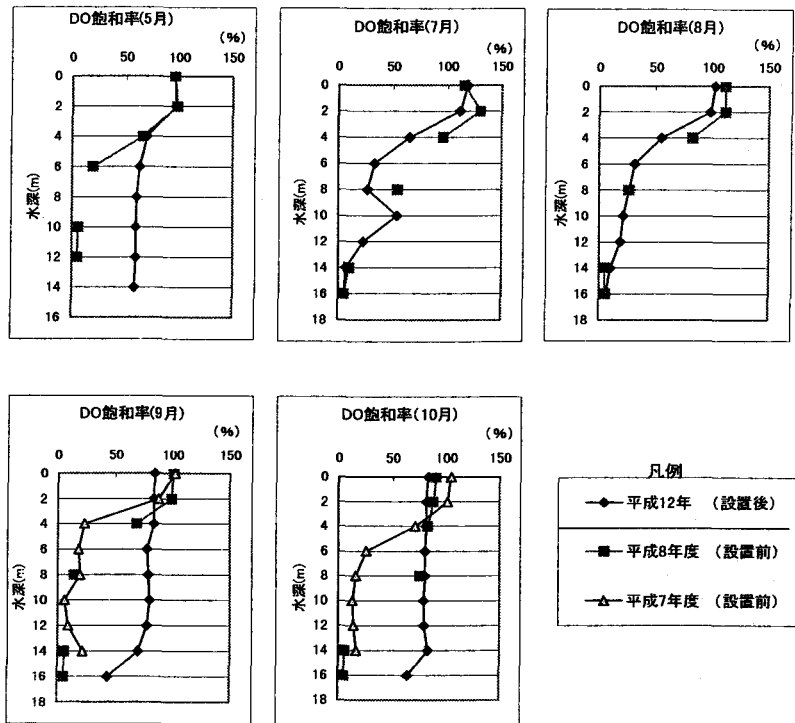


図 5-2 DO飽和率

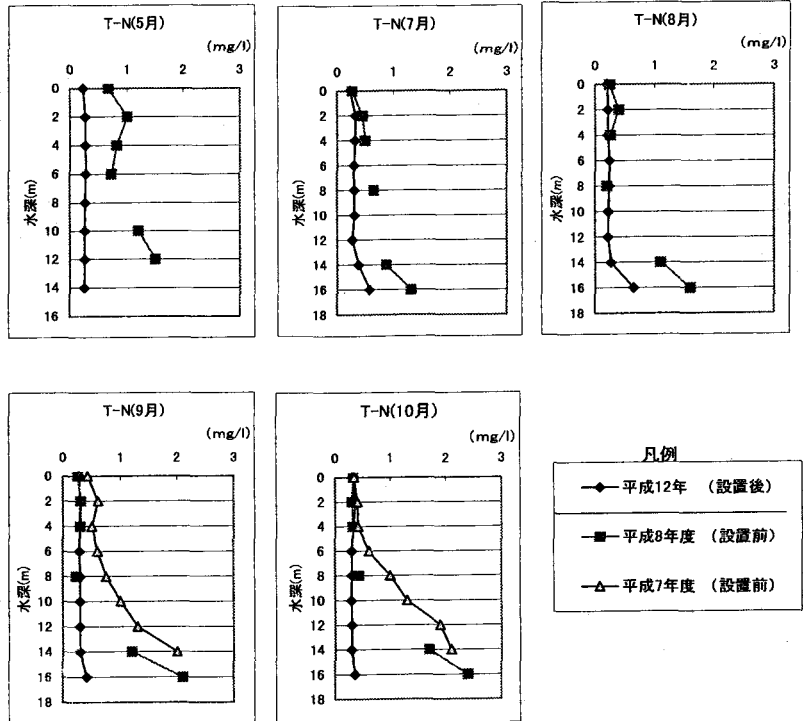


図 5-3 全窒素 (T-N)

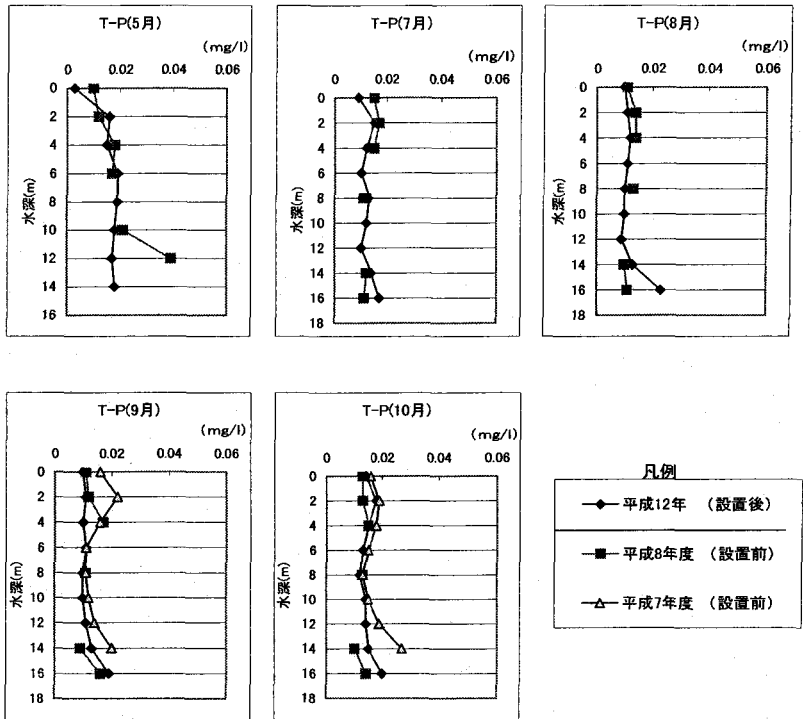


図 5-4 全りん (T-P)

設置前の5, 10月の結果をみると, 0~6付近まではほぼ一定の値であるが, それ以深は濃度が上昇している。設置後は, 全層で3 mg/l前後の一定の濃度となっている。

設置前の9月の結果では, 0~4 mの濃度が高く, 8 m付近で濃度は低下するが, それ以深は濃度の上昇がみられる。設置後は, 表層から底層まで同程度の濃度である。

設置後のCODの濃度は, 7, 8月に水質保全目標の3 mg/lを超える値がみられるが, 5, 9, 10月はほぼ3 mg/l以下で概ね目標を下回っていた。

5-3 考察

浄化施設設置前後の水質調査結果について考察する。

設置後の水温は, 5, 9, 10月の結果では表層から底層までほぼ同一水温となっており, 水流式バッキ施設により上下層の循環が発生しているものと思われる。また, 設置後のDO飽和率は, 5, 9, 10月の結果によると底層でも飽和率が50%を下回することはなく, 水流発生装置による上下層循環と, 底層へのエアレーションによりDOが回復

していると思われる。ただし, 7, 8月は底層のDOの回復はみられていない。その原因は明確ではないが, 6月の梅雨時期の降雨により水位が約3 m上昇(5月の水深は15.5m)していることも一因と推測される。

設置後のDOの回復により, T-NやCODの底層の濃度も設置前に比べ低く, 底泥からの溶出が抑制されているものと思われる。

6. おわりに

これらの調査結果より水質浄化施設の設置により水質改善の効果が図られつつあると考えられるが, これらの施設は設置後まだ2年しか経過してなく, 調査年数も短いため, 今後さらに継続調査する必要があると考えている。

これまで本事業により設置した水質浄化施設の効果について述べてきたが, 地域の貴重な水資源および憩いの場を確保するためには, 浄化施設だけに頼るのではなく, ダム流入域の水源涵養林の保持, 集落雑排水の処理方法, 農業営農体系(肥料散布, 畜産)等を一体的, 総合的に改善することがより重要であると考えられる。

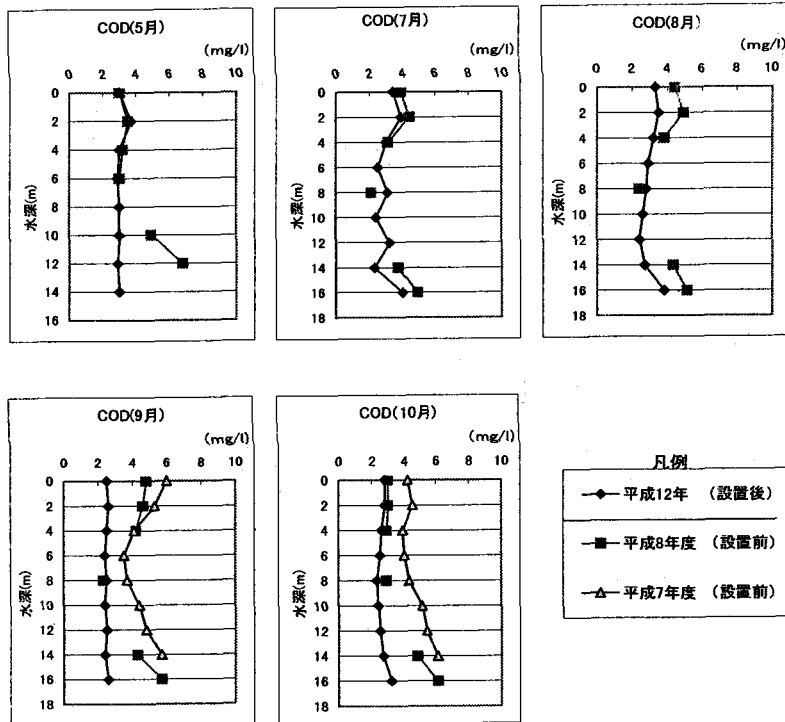


図5-5 COD

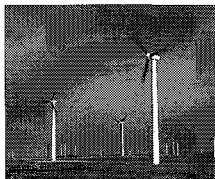
最後に、本地区の事業実施にあたり多大なご指導、ご支援を頂いた宮崎大学秋吉教授、九州農業試験場白谷主任研究官（現 農業工学研究所）をはじめ、農林水産省九州農政局、社団法人農村環

境整備センター、財団法人鹿児島県環境技術協会、及び西之表市の関係各位の皆様にご挨拶申し上げます。



うるおいのある豊かな農村づくりに

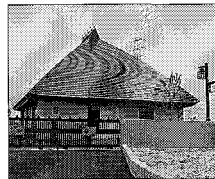
トリシマは、農業農村整備における各種ポンプ設備をはじめ、汚水の流送システム／農業集落排水処理施設に、トータルエンジニアリングでお応えしています。



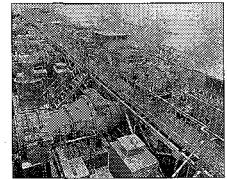
風力発電システム



親水施設



農業集落排水処理施設



かんがい用ポンプ設備

株式会社 ^{トリシマ} 西島製作所

東京支社／東京都品川区大崎1-6-1 (TOC大崎ビル) 電話 (03) 5437-0820(代) FAX (03) 5437-0827
〈支店〉大阪・札幌・仙台・名古屋・高松・広島・福岡 〈営業所〉青森・長野・横浜・和歌山・佐賀・沖縄

本社／大阪府高槻市宮田町一丁目1番8号 電話 (0726) 95-0551(代) FAX (0726) 93-1288
<http://www.torishima.co.jp/>

木炭による水質浄化の効果

—模型実験の結果及び考察—

山 岡 賢*
(Masaru YAMAOKA)

凌 祥 之*
(Yoshiyuki SHINOGI)

齋 藤 孝 則*
(Takanori SAITOU)

目 次

1. はじめに	77	3. 実験結果及び考察	79
2. 実験方法	77	4. おわりに	83

1. はじめに

木炭は、多くの孔を持つ多孔体であり、吸着能力を有する。このため、木炭は燃料として用いられるとともに、身近な水質浄化資材として用いられてきた。

木炭は、必ずしも材木のように整った寸法や形状を原材料となる樹木に要求しないので、里山等の雑木や間伐材等から生産可能である。つまり木炭は、地域の未利用資源から生産可能であり、その利用は地域資源の有効活用となる。

近年、資源循環型社会の構築が言われ、農業農村整備事業においても地域資源の有効活用に取り組みされている。特に、農業農村整備事業は農業用排水路の整備など水を扱うことが多いことから、木炭による水質浄化は地域資源の有効活用と地域の環境保全に貢献する方策の1つであると考えられる。

しかし、木炭による水質浄化機能は万能でなく、機能に応じた木炭の適用を行わなければ、水質浄化は果たせない。むしろ、水質汚濁を招きかねない。

このようなことから、著者らは木炭による水質浄化の模型実験を実施し、結果をもとに木炭の水質浄化機能及び木炭層の設置タイプ別の得失を検討したので報告する。

2. 実験方法

(1) 浄化模型

図-1～4の4つのタイプの浄化模型を製作して、各タイプ間の得失を比較することとした。

各模型は、木炭層への水の流し方が異なる。水路タイプ模型(図-1)は、水は木炭層を水平に流れる。下降流タイプ模型(図-2)は下向き、上向流タイプ模型(図-3)では上向きに、水が木炭層をそれぞれ流れる。散水タイプ模型(図-4)も下降流タイプ模型と同様に水が木炭層を下向きに流れるが、下降流タイプは木炭層は水没しているのに対して、散水タイプでは木炭層は水面の上にある点が異なる。

各タイプを設定した理由は、次のとおりである。

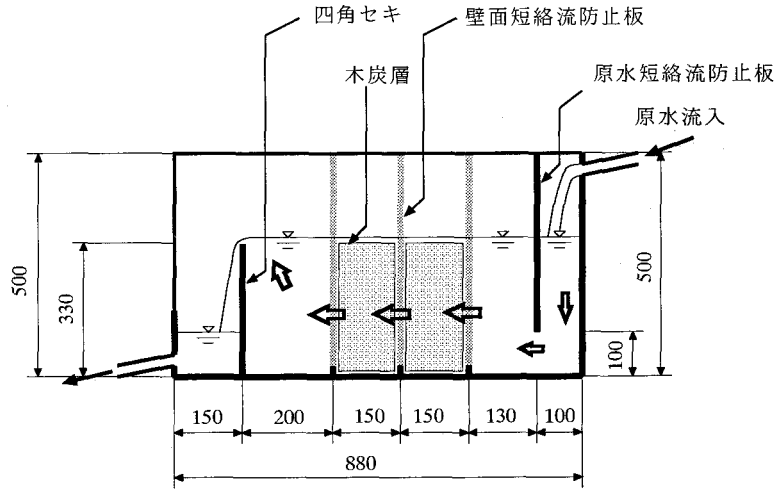
①水路タイプ：基本的に水路に木炭をそのまま沈めれば良く、設置が容易である。欠点として、木炭層が目詰まりした場合、水が木炭層を素通りしやすいことが懸念される。

②下降流タイプ：流入した水は必ず木炭層を通過する構造である。欠点として、構造が複雑になること、上向流タイプと比べると、流入してきた汚濁物質のすべてが木炭層に持ち込まれる。

③上向流タイプ：下降流タイプと同様に、流入した水は必ず木炭層を通過する構造であり、欠点は構造が複雑になることである。ただし、下降流タイプと異なり、流入してきた汚濁物質の一部は、木炭層前段で沈殿分離される。

④散水タイプ：特に動力を要さずに、木炭層に酸素を供給できる。欠点として、下降流タイプと同

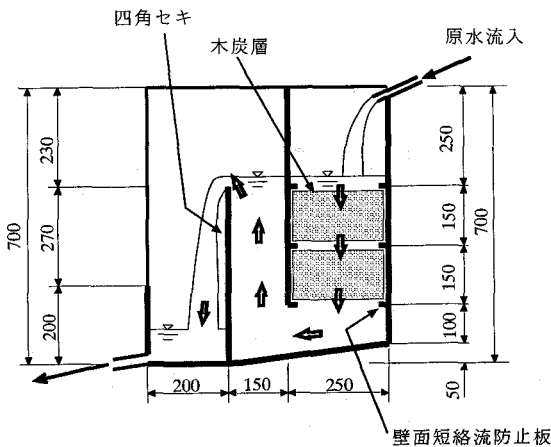
*独立行政法人 農業工学研究所 畑整備研究室



縦断面図

注1) 寸法は槽内の寸法を示す。単位：mm
 2) 模型の奥行きは、150mmである。

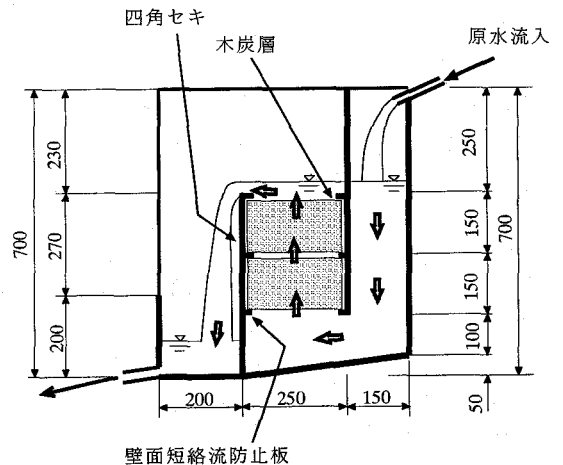
図一 水路タイプ模型



縦断面図

注1) 寸法は槽内の寸法を示す。単位：mm
 2) 模型の奥行きは、200mmである。

図二 下降流タイプ模型



縦断面図

注1) 寸法は槽内の寸法を示す。単位：mm
 2) 模型の奥行きは、200mmである。

図三 上向流タイプ模型

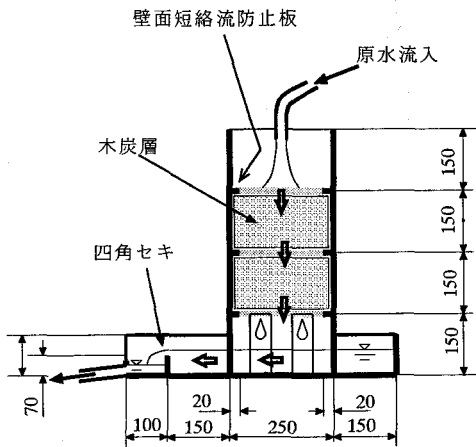
様な点がある。

(2) 使用木炭

実験には、鹿児島県の奄美大島産の木炭を用いた。同木炭は、現地の広葉樹から生産されたものである。

この木炭の性状は、比表面積 $295\text{m}^2/\text{g}$ 、平均細孔径 20\AA ($=10^{-10}\text{m}$)、全細孔容量 $0.15\text{cc}/\text{g}$ であった。各値は、木炭としてほぼ標準的な値¹⁾にある。

各模型への充填にあたり、木炭はハンマーで砕



縦断面図

- 注1) 寸法は槽内の寸法を示す。単位：mm
 2) 木炭層の部分は、内径250mmの円筒である。
 3) 四角セキの設けられている水槽の奥行きは、500mmである。

図-4 散水タイプ模型

き、大きさを土の粒度試験に用いるフルイを用いて篩別した。各模型に充填する木炭片のサイズや量が等しくなるように、表-1に示す各サイズ・重量の木炭を各模型にそれぞれ充填した。なお、木炭は、3mm程度のメッシュのネットに入れて、模型に詰めた。

(3) 原水

浄化対象の原水として、農業工学研究所内の実験用貯水槽（容量約1,000m³）の水を各模型に流した。これは近傍の農業用水路から分水されたものである。

各模型への流入水量は、100ml/minを目標とした。この流入水量の設定で、木炭層の空容積に対する滞留時間は約2.5hとなる。

滞留時間を長くすると、水と木炭の接触時間が長く水質浄化に有利と考えられる一方で、木炭層の容積は大きくなる。

現場の実施設では、2～3時間程度の滞留時間を与えることが限界ではないと考え、模型の滞留時間を設定した。今後、流入水量を増加させ、より短い滞留時間での模型の運転を予定している。

表-1 模型に投入した木炭重量

フルイ目(mm)	40	25	20
木炭重量(g)	100	500	150
フルイ目(mm)	10	5	計
木炭重量(g)	100	60	910

- 1) 1模型あたりの木炭の投入量である。
 2) 各木炭重量の値は、各フルイ目での残留重量である。

(4) モニタリング

木炭による水質浄化の状況を把握するため、表-2に掲げる項目をモニタリングした。

木炭は、通常若干の陽イオンを吸着する能力を有するものの²⁾、木炭単独で陰イオンを吸着することは困難である³⁾。硝酸イオン (NO₃⁻) やリン酸イオン (PO₄³⁻) の陰イオンの形態で存在する、富栄養化の原因物質である窒素、リンの除去は困難である。

このため、モニタリングは透視度、浮遊物質(SS)を中心に実施した。

モニタリング期間は、平成12年6月22日から平成13年2月9日の7カ月余である。

3. 実験結果及び考察

(1) 流入水量

各模型への流入水量は、表-3のとおりであった。模型毎に若干ばらつきがあるものの目標の100ml/minに近い値とできた。

(2) 原水の水質

原水の水質は、表-4のとおりであった。農業(水稲)用水基準に照らすと、平均値で化学的酸素要求量(COD)が基準値(COD: 6mg/l以下)を上回っていた。

なお、pHも基準値(6.0~7.5)を外れていたが、これは貯水槽で繁茂した藻類の光合成の影響と考えられる。

(3) 浄化結果

①SS及びCODの除去結果

原水及び各模型の流出水のSS及びCODの値の変化は図-5及び6のとおりであった。

模型の運転開始直後は、木炭片の表面に付着していた炭の微細な粒子が洗い流され、各模型の流

表一 2 模型による水質浄化実験のモニタリング

項目	測定・サンプル位置	頻度
流入水量(ml/min)	各模型の流入口	週4回
水位(cm)	散水タイプを除く3つの模型の木炭層の上流側水位	週1回
水温(°C)	流入水(原水槽)及び各模型の流出水	週1回
pH		〃
電気伝導度EC(mS/m)		〃
溶存酸素濃度DO(mg/l)		〃
透視度(cm)		〃
浮遊物質SS(mg/l)		2週に1回
化学的酸素要求量COD(mg/l)	〃	〃
S-COD*1(mg/l)	〃	〃

*1:溶存態の化学的酸素要求量

表一 3 模型への流入水量

模型	流入総水量*1	平均流入量*2
	L	ml/min
水路タイプ	31,714	98.3
下降流タイプ	31,739	98.3
上向流タイプ	32,648	101.2
散水タイプ	30,866	95.6

*1 平成12年6月22日から平成13年2月9日までの流入水量

*2 平成12年6月22日から平成13年2月9日までの運転時間 5,379hをもとに算定

表一 4 原水の水質

項目	平均値	最大値	最小値	標準偏差	データ数
水温(°C)	18.1	29.3	4.0	8.63	30
pH	8.50	9.17	7.62	0.40	29
電気伝導度EC(mS/m)	22.8	25.0	12.7	2.09	29
溶存酸素濃度DO(mg/l)	9.0	13.0	5.9	1.79	29
透視度(cm)	42.8	100.0	17.0	22.66	27
浮遊物質SS(mg/l)	7.9	15.0	3.0	3.92	14
化学的酸素要求量COD(mg/l)	11.5	15.0	6.0	2.78	14
S-COD*1(mg/l)	8.0	9.7	5.4	1.33	14

*1:溶存態の化学的酸素要求量

各値は、平成12年6月22日から平成13年2月9日間の測定値から算出

出水は黒く濁っていた。一方、SS及びCODの値は原水と変わらず、浄化効果はなかった。

各模型の流出水の濁りは、1日後には無くなっていたが、現場に木炭を設置した際、このような濁りをさけるためには、通水前に木炭を水洗いする等の対策が必要である。

7月～10月の間は、SS及びCODともに模型の除去効果は明らかであった。

この間の各模型の流出水のSS値は、散水タイプ模型を除き原水の値の50%以下の良好な値(平均除去率約60%)であった。散水タイプ模型はSSの平均除去率が38%であった。

また、この間の各模型のCOD除去率は、散水タイプ模型を除き平均20%程度であった。散水タイプ模型はCODの平均除去率が8%であった。

11月～1月の間は、7月～10月の間に比べてCOD及びSSともに模型の除去効果は大幅に低下した。

この間の各模型のSSの平均除去率は、下降流タイプ模型及び上向流タイプ模型では約30%、水路タイプ模型では約20%、散水タイプ模型では約2%であった。

この間の各模型のCODの平均除去率は、上向流タイプ模型では約9%、水路タイプ模型及び下

降流タイプ模型では約6%であった。散水タイプ模型では、原水より流出水の値が上回り浄化効果が見られなかった。

以上のとおり、SS及びCODの除去は、当初それぞれ60%、20%程度の除去率が見られたが、時間の経過とともに減少し、4カ月程度後に除去率は半分以下となった。

(注) 除去率は、次の(1)式によって算定したものである。

$$R = \frac{A_{in} - A_{out}}{A_{in}} \dots\dots\dots(1)$$

- R : 除去率 (%)
- A_{in} : 原水の水質値 (SS値またはCOD値)
- A_{out} : 模型の流出水の水質値 (同上)

②溶存態の化学的酸素要求量 (S-COD) の除去結果

各模型の流出水のS-COD値の変化は、図-7のとおりであった。図-6のCODの変化と比較すると、S-CODは原水と各模型流出水の値がほとんど等しく変化している。

各模型のS-CODの平均除去率は、散水タイプ模型を除き5%程度であった。散水タイプ模型ではほとんど除去効果はなかった。

CODは水に含まれる有機物による汚濁の指標であり、S-CODは水に溶存している有機物による汚濁の指標である。

分析方法でCODとS-CODの違いを見ると、サンプルを孔径1μmのフィルターでろ過したる液を分析したものがS-CODであり、サンプルをろ過せず分析したものがCODである。

一方、SSは孔径1μmのフィルターでサンプルをろ過してフィルターに残留した物質の質量であることから、S-COD値はSSを除いた後のCOD値である。つまり図-6で見られるCOD除去は、SS除去に伴うものである。

先にイオン形態の物質の除去に木炭は有効でないことを述べたが、今回の実験結果では溶存態の有機物の除去についても、木炭による浄化は見られなかった。

木炭による水質浄化は、SSが少ない水を対象とすると効果が少ない。

③透視度

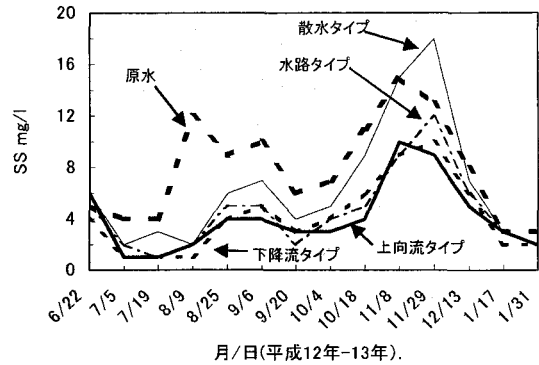


図-5 浮遊物質(SS)の変化

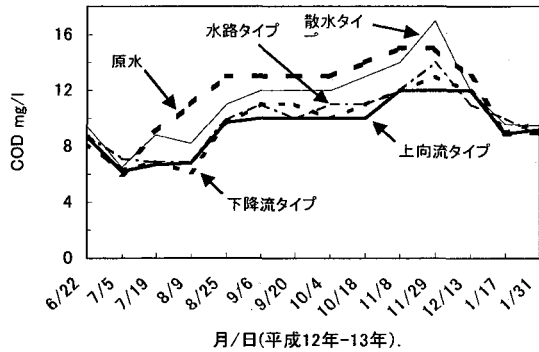


図-6 化学的酸素要求量(COD)の変化

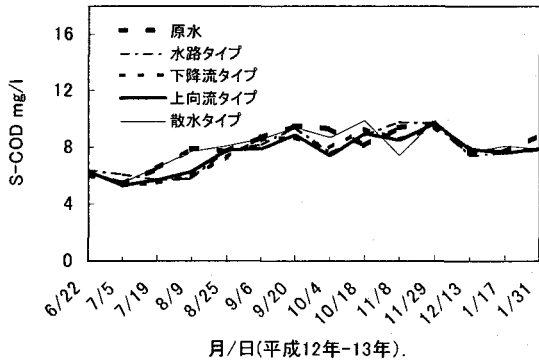
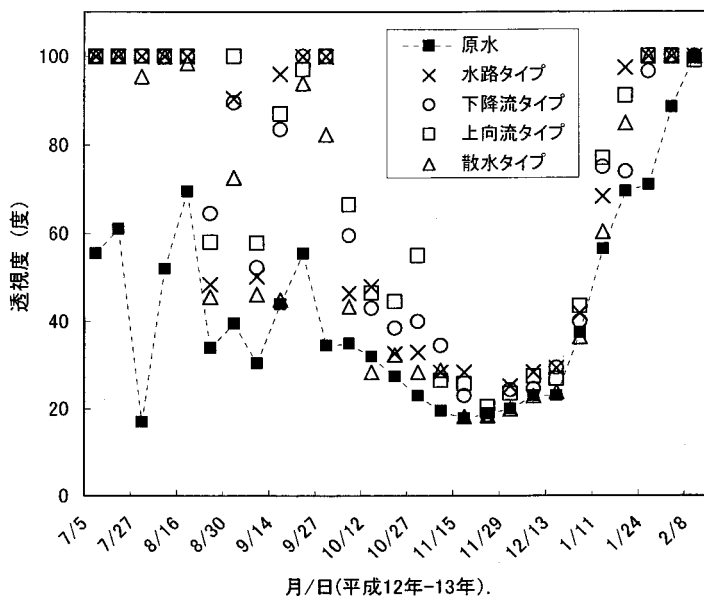


図-7 溶存態の化学的酸素要求量 (S-COD) の変化

本実験での透視度の変化は、図-8のとおりであった。

7月～11月までの間、原水の透視度は17～70度まで大きく変化しているが、各模型の流出水の透視度はおおむね原水の値を上回っている。特に7、8月は、原水の平均透視度が47度に対して、各模型の流出水の透視度は過半の測定値が最大値の100度と良好な値を示した。



注) 参考に、原水の測点のみ破線で結んでいる。

図-8 透視度の変化

9, 10月は, 7, 8月に比べて各模型の流出水の平均透視度が65度前後に低下した(原水の平均透視度: 35度)。11, 12月は原水の平均透視度23度と低い値が続くとともに, 各模型の流出水の透視度も低下し, 平均値で28度程度と原水とほぼ同じ値となった。1月は, 原水の透視度は増加し平均値で77度であった。各模型の流出水の透視度も100度に回復し平均透視度は90度前後となった。しかし, 原水と各模型の流出水の透視度の差は7, 8月のころに比べると大幅に少ない。

このような経過は, 図-5のSSの変化と同じ傾向を示している。

透視度は, 測定値が測定者や測定環境(天候や周囲の明るさ等)の条件によって異なりやすいが, 測定は容易である。

透視度は, 木炭による水質浄化施設の浄化効果の日常的なモニタリングに有効と考えられる。

④タイプ別の効果の考察

本実験結果からタイプ別の浄化効果をまとめると, 次のとおりであった。

a. 散水タイプ模型は, 他のタイプ模型に比べてすべての点で浄化効果が劣った。

理由として, 散水タイプでは, 水が木炭の表面を流れ落ちるので, 他のタイプと比べて水と木炭の接触時間が短かったためと考えられる。また,

どのタイプの模型の流出水も溶存酸素(DO)濃度が8 mg/l程度あり, 木炭層への酸素供給という散水タイプ模型のメリットを生ず条件になかった。

b. 模型運転の後半では, 水路タイプ模型の浄化効果は下降流, 上向流の各タイプに比べやや劣ったものの, これら3タイプの模型の浄化効果はほぼ等しいと言えた。

今回の実験結果からは, 各タイプの優劣を論じられないが, 実験終了後の各模型の槽内を観察すると, 次のような点が思慮された。

水路タイプ模型は, 木炭層底部の堆積物が目立った。この除去方法を考えると, 木炭を取り除いて除去するしかないように思われる。もしくは, 木炭層から堆積物を除去するための何らかの工夫が必要である。

下降流タイプ模型は, 木炭層の表面に沈殿物が多く見られた。これは, 終了後にポンプで水とともに吸い出すことで取り除くことができた。しかし, 木炭層内部の汚濁物質を取り除くために洗浄を行うのは困難に思われる。

また, 下降流タイプ模型は, 木炭層後の槽内で藻の発生が顕著であった。どのタイプにおいても, 木炭層でSS除去, 透視度の改善が図られても, 窒素やリンは原水と変わらない。日光に当たる状

態で窒素・リンを多く含んだ水の場合、滞留させると藻などの発生が懸念される。下降流タイプ模型は、他の模型にくらべて木炭層後の槽容量が大きいため、藻の発生が多く見られたと考えられる。

発生した藻は枯れると水質の汚濁源となるので、木炭層通過後は滞留させずに速やかに流下させることが必要である。

今回の実験では、貯水槽の中間の水深から水をくみ上げ実験原水に用いたので、貯水槽の段階で汚濁物質の沈殿分離が十分行われている。このため、上向流タイプ模型のメリットは小さいと考えられたが、上向流タイプ模型の木炭層前段には多くの沈殿物が観察できた。その分、他のタイプに比べ木炭層への汚濁物質の負荷が軽減され、浄化効果の継続に有利と考えられる。

木炭層前段での汚濁物質の沈殿分離は、他のタイプにおいても前段に沈殿分離槽を設けることで達成できるが、上向流タイプでは上向流を行うことで必然的に汚濁物質の沈殿分離が行える点がメリットである。

上向流タイプでは、木炭層前段の沈殿物はポンプ等で取り除くことは構造的に可能と考えられる。また、槽内の水を抜き木炭層上部から放水することで木炭層を逆洗できる。上向流タイプは維持管理面でも有利と考えられる。

実験結果で明らかのように、木炭による浄化効果は永続するものでない。浄化状況の把握、木炭の洗浄や交換などの管理を定期的実施する必要がある。木炭による簡易な浄化施設といえども、計画・設計にあたり維持管理の利便を考慮する必要がある。

4. おわりに

水質浄化施設への木炭の適用方法として、水路、下降流、上向流及び散水の4タイプを想定した。これら各タイプの模型を7カ月余連続運転して、木炭による水質浄化効果の把握に努めた。

結果をまとめると、次のとおりである。

(1)浄化効果として顕著であったのは、SS除去及

び透視度の改善であり、4カ月程度効果が継続した。

(2)COD除去も見られたが、これはSS除去に伴うものであった。木炭による水質浄化は、SSが少ない水を対象とすると効果が少ない。

(3)SS除去、COD除去及び透視度の改善の各効果の推移は同様な経過をたどったので、木炭による水質浄化施設の日常的なモニタリングに測定しやすい透視度が有効と考えられる。

(4)タイプ別の浄化効果を比較すると、散水タイプを除いた、水路、下降流及び上向流の3タイプの浄化効果はほぼ同じ程度であった。

(5)各タイプの模型内部の堆積物等の観察によると、上向流タイプが浄化効果の継続や維持管理に有利と思慮された。木炭による浄化効果は永続するものでないので、木炭による簡易な浄化施設といえども、維持管理の利便を考慮する必要がある。

本実験では、木炭に微生物の増殖が認められず、木炭のみによる水質浄化の効果を確認したにとどまる。限られた条件での実験結果や検討であるが、現場での木炭による水質浄化施設設置の検討の一助になれば幸いである。

本実験は、一部を鹿児島県からの受託研究として実施したものであり、木炭の提供その他で鹿児島県大島支庁土地改良課の方々に、ご協力いただいた。感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岸本定吉：環境を守る炭と木酢液，家の光協会，p.18-20，1991
- 2) 須貝稔：環境を守る炭と木酢液，家の光協会，p.32-39，1991
- 3) 森昭憲・小野信一：木炭の塩化鉄処理による硝酸イオン吸着能の発現，日本土壤肥料科学雑誌66(4) p.416-417，1995

パイプライン基礎方程式が水撃圧推定結果に及ぼす影響について

吉野 秀雄*
(Hideo YOSHINO)

中 達雄*
(Tatuo NAKA)

田中 良和*
(Yoshikazu TANAKA)

向井 章恵**
(Akie MUKAI)

白杵 宣春***
(Noriharu USUKI)

目 次

1. はじめに	84	4. 完全な基礎方程式における下流端のバタフライ 弁の取り扱い方法	86
2. 管路の基礎方程式	84	5. 完全な基礎方程式と簡略化した基礎方程式の 特性曲線法による水撃圧推定値の比較	87
3. 簡略化した基礎方程式による解法とその 問題点	85	6. 若干の解析結果の考察	90
		7. まとめ	91

1. はじめに

パイプライン水撃圧解析を目的とした非定常水理計算では弾性水柱理論に基づく基礎方程式を数値解法で解くことが一般的である。この基礎方程式を解く際、流速と圧力波伝播速度の比であるマッハ数の小さい鋼管等金属管では微小項を省略した基礎方程式を用いても誤差が小さい。これに対して金属管以外の管種でマッハ数が大きくなる流れでは微小項を省略しない基礎方程式を解く必要があるといわれている^{1),2)}。

ところで、前者を特性曲線法で解く方法は極めて容易であるが、これまで、農業用パイプラインで金属管以外の管種で微小項の省略の有無による解析結果を比較検討した事例はない。

そこで、ここでは、金属管以外で比較的多く使われ、かつ圧力波伝播速度の遅い硬質塩化ビニル管を例にして、水撃圧解析で両方程式を特性曲線法で解析した場合、どの程度の計算結果の差が生じるのかについて検討したのでこれについて報告する。

2. 管路の基礎方程式

管路における弾性水柱理論に基づく基礎方程式は運動方程式である式(1)、及び連続方程式である式(2)から構成される。これらは連立偏微分方程式

である。

$$g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{f|V|V}{2D} = 0 \quad \text{.....(1)}$$

$$\frac{a^2 \partial V}{g \partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} + V \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \sin \alpha \right) = 0 \quad \text{.....(2)}$$

ここに、

g : 重力の加速度 (m/s²),

H : 動水位 (位置水頭+圧力水頭) (m)

x : 距離 (m),

V : 管路断面平均流速 (m/s),

t : 時間 (s),

f : 摩擦損失係数,

D : 管径 (m),

a : 圧力波伝播速度 (m/s) (計算方法は土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書 (以下、基準書または技術書という)³⁾217頁等を参照されたい。)

α : 管路の基準線に対する傾き

である。

弁操作等に伴う水撃圧等非定常的な水理現象を解析するためにはこの連立偏微分方程式を解く必要がある。

なお、上記の運動方程式(1)では、摩擦損失としてダルシー・ワイズバッハ (Darcy-Weisbach) 公式を用いている。摩擦損失としてヘーゼン・ウィリアム (Hazen-Williams) の平均流速公式を用いた場合は、式(1)の左辺第4項 $\frac{f|V|V}{2D}$ は次の通りになる。

*独立行政法人農業工学研究所水工部 (Tel. 0298-38-7562)

**独立行政法人農業工学研究所企画調整部

***農村振興局設備部付

$$f = 6.807 V |V|^{0.852} g / (C^{1.852} D^{1.167})$$

次に、この偏微分方程式を解析的に解くことは通常不可能なので、数値解析手法で解く。この解析手法としては、特性曲線法、中心差分法などが提案されている。

このうち、特性曲線法では、規定時間間隔法²⁾、特性格子法⁴⁾があるが、後者はゴム管など極めて弾性の高い非定常解析に用いられ、農業用パイプラインで採用される管種では前者が用いられる(技術書239頁)。

規定時間間隔法による解法は、既知の流速、動水位と境界値から次の方法で、時間 Δt 進んだ未知の値を求める方法である。

なお、以下の式では、 ${}_1V_i$ 、 ${}_1H_i$ が既知数で、 H_R 、 V_R 、 H_S 、 V_S は式(8)、(9)を用いて線形補間して求めた値である。そして、これらの既知の値から Δt 進んだ未知の ${}_2V_i$ 、 ${}_2H_i$ を求める。ここで、変数の前付添字は時間、後付添字は距離を示す。なお、図-1で点 P_1 、 P_R 、 P_S は既知の計算点を示し、各々の計算点で流速、動水位、始点からの距離が与えられる。また、点 P_i が未知の計算点で、この点の流速、動水位等を求める。

$$C^+ \begin{cases} {}_2V_i - V_R + \frac{g}{a}({}_2H_i - H_R) + \frac{g}{a}V_R \sin \alpha ({}_2t_i - t_R) \\ + f' V_R |V_R|^{0.852} ({}_2t_i - t_R) = 0 \dots\dots\dots(3) \\ x_i - x_R = (V_R + a) ({}_2t_i - t_R) \dots\dots\dots(4) \end{cases}$$

$$C^- \begin{cases} {}_2V_i - V_S - \frac{g}{a}({}_2H_i - H_S) - \frac{g}{a}V_S \sin \alpha ({}_2t_i - t_S) \\ + f' V_S |V_S|^{0.852} ({}_2t_i - t_S) = 0 \dots\dots\dots(5) \\ x_i - x_S = (V_S - a) ({}_2t_i - t_S) \dots\dots\dots(6) \end{cases}$$

$$\frac{x_i - x_R}{x_i - x_{i-1}} = \frac{{}_1V_i - V_R}{{}_1V_{i-1} - V_{i-1}} \dots\dots\dots(7)$$

$$V_R = \frac{{}_1V_i - \theta a ({}_1V_{i-1} - V_{i-1})}{1 + \theta ({}_1V_{i-1} - V_{i-1})} \dots\dots\dots(8)$$

$$V_S = \frac{{}_1V_i - \theta a ({}_1V_{i-1} - V_{i-1})}{1 - \theta ({}_1V_{i-1} - V_{i-1})} \dots\dots\dots(9)$$

$$H_R = {}_1H_i - \theta (V_R + a) ({}_1H_i - {}_1H_{i-1}) \dots\dots\dots(10)$$

$$H_S = {}_1H_i - \theta (V_R + a) ({}_1H_i - {}_1H_{i+1}) \dots\dots\dots(11)$$

ここで、 θ は格子縦横比である。

$$\theta = \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

式(3)から式(11)までを整理すると式(12)、(13)を得る。

$${}_2V_i = 0.5 \left[V_R + V_S + \frac{g}{a}(H_R - H_S) - \frac{g}{a} \Delta t \sin \alpha (V_R - V_S) - \Delta t f' (V_R |V_R|^{0.852} + V_S |V_S|^{0.852}) \right] \dots\dots\dots(12)$$

$${}_2H_i = 0.5 \left[H_R + H_S + \frac{g}{a}(V_R - V_S) - \Delta t \sin \alpha (V_R - V_S) - \Delta t f' \frac{a}{g} (V_R |V_R|^{0.852} + V_S |V_S|^{0.852}) \right] \dots\dots\dots(13)$$

そして、式(12)、(13)から、点 P_i における未知の ${}_2V_i$ 、 ${}_2H_i$ を求めることができる。

3. 簡略化した基礎方程式による解法とその問題点

流速が圧力波伝播速度に比較して小さい流れ、即ち、マッハ数(V/a)が小さい流れでは、式(1)において左辺第3項は他の項に比較して小さく省略できるので近似的に式(14)で表現できる。

同様にマッハ数が小さい場合、式(2)において左辺第1、第2項に比較して $V \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \sin \alpha \right)$ は無視できるので、式(2)は、式(15)で近似的に表現できる。以下、式(1)、(2)を「完全な基礎方程式」と呼ぶ。また、式(14)、(15)は微小項を省略した式であり「簡略化した基礎方程式」と呼ぶ。

$$g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + f' V |V|^{0.852} = 0 \dots\dots\dots(14)$$

$$\frac{a^2}{g} + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots(15)$$

簡略化した基礎方程式を用いて非定流の流れを解析することは、線形補間が不要であることなどの理由で極めて容易である。

金属管である鋼管の圧力波伝播速度は一般に1000~1200m/sであり、農業用パイプラインの水利ユニット内の許容流速の平均値は2.5m/s以下とされている(基準書34頁)。従って、マッハ数は0.0025以下であり、このようなマッハ数の極めて小さい非定常解析に簡略化した基礎方程式を適用して解析する手法は文献等から判断しても問題はないと考えられる。これに対して、前述したよ

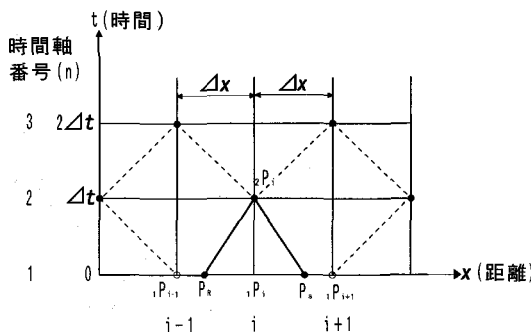


図-1 特性曲線法の計算点説明図

うに金属管以外の管種でマッハ数が大きくなる流れでは式(1), (2)を用いて解く必要があるといわれている^{1),2)}。

ところで、農業用パイプラインに使用される管種のうち、比較的伝播速度が遅い硬質塩化ビニル管(VU管)の伝播速度は、約300m/sであり、流速を2.5m/sとするとマッハ数は約0.01以下であり、金属管のマッハ数の約4倍である。

そこで、農業用パイプラインで簡略化した基礎方程式を特性曲線法で解く方法を金属管以外にも適用可能であるならば、パイプラインのシステム設計等を行う上で極めて有効であると考えられる。

しかし、これまで簡略化した基礎方程式をマッハ数が最大でも0.01程度の一般的な農業用パイプラインでの水撃圧解析でどの程度の差が生じるか検討した事例は筆者らの知る限りではないので、両手法による水撃圧解析の計算結果の差を確認することは重要と考える。なお、ここでは完全な基礎方程式を規定時間間隔法で求めた計算結果を「正確な水撃圧」とみなすこととする。

4. 完全な基礎方程式における下流端のバタフライ弁の取り扱い方法

弁による損失係数を、これ以外の局所損失係数を、管内径と弁口径が同一とすると、式(16)の関係が成り立つ。なお、バタフライ弁の開度と損失係数の関係は技術書の図-7.2.17(187頁)及び引用文献⁵⁾を参考にされたい。

$$\Delta H = (f_v + f_o) \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(16)$$

ここに、 ΔH は空中放流の場合は弁直上流の動水位と弁設置標高との差であり、 $\Delta H = H_{NSS} - H_v$ となる。但し、 H_{NSS} は弁直上流の動水位、即ち最下流端の計算点である(図-2参照)。 H_v は弁設置標高である。また、 V_{NSS} は弁直上流の流速(m/s)である。

式(16)は式(17)のように変形できる。

$$V_{NSS} = C \sqrt{2g\Delta H} \dots\dots\dots(17)$$

ここに、 $C = \frac{1.0}{\sqrt{f_v + f_o}}$ である。

また、これらは式(18), (19)のように表すことができる。

$$V_{NSS}^2 = 2gC^2(H_{NSS} + H_v) \dots\dots\dots(18)$$

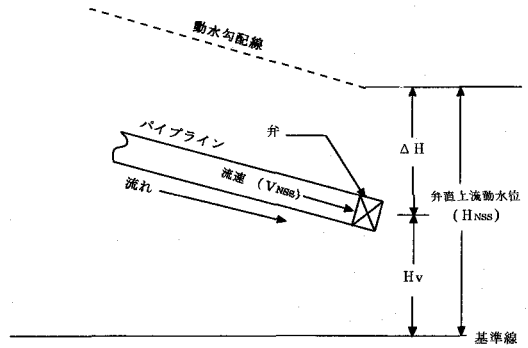


図-2 最下流端の計算点説明図

$$H_{NSS} = \frac{V_{NSS}^2}{C_0} + H_v \dots\dots\dots(19)$$

ここに、 $C_0 = 2gC^2$ である。

従って、下流端の特性曲線式は式(3)を変形して式(20), (21)を得る。

$${}_2V_{NSS} - V_R + \frac{g}{a} \left(2 \frac{V_{NSS}^2}{C_0} + H_v - H_R \right) + \frac{g}{a} \Delta t V_R \sin \alpha + \Delta t f^R V_R |V_R|^{0.852} = 0 \dots\dots\dots(20)$$

$$\frac{{}_2V_{NSS}^2}{C_0} + \frac{a}{g} {}_2V_{NSS} - \frac{a}{g} V_R + H_v - H_R + \Delta t V_R \sin \alpha + \Delta t \frac{a}{g} f^R V_R |V_R|^{0.852} = 0 \dots\dots\dots(21)$$

即ち、

$${}_2V_{NSS} = 0.5C_0 \left[-\frac{a}{g} + \sqrt{\left(\frac{a}{g}\right)^2 - \frac{4.0z}{C_0}} \right] \dots\dots\dots(22)$$

である。

ここで、 $z = -\frac{a}{g} V_R + H_v - H_R + \Delta t V_R \sin \alpha + \Delta t$

$\frac{a}{g} f^R V_R |V_R|^{0.852}$ である。

また、弁が閉鎖されている時は、 ${}_2V_{NSS} = 0.0$ であるので、式(3)を変形して、

$$-V_R + \frac{g}{a} ({}_2H_{NSS} - H_R) + \frac{g}{a} \Delta t V_R \sin \alpha + f^R \Delta t V_R |V_R|^{0.852} = 0 \dots\dots\dots(23)$$

を得る。

従って、

$${}_2H_{NSS} = \frac{a}{g} V_R + H_R - V_R \Delta t \sin \alpha - \frac{a}{g} f^R V_R |V_R|^{0.852} \dots\dots\dots(24)$$

となる。

次に、上流端が水位境界であるとすると同様に ${}_2H_i$ は既知であるので式(5), (3)から ${}_2V_i$ を求めることができる。

5. 完全な基礎方程式と簡略化した基礎方程式の特性曲線法による水撃圧推定値の比較

ここでは、農業用パイプラインでマッハ数の大きい流れにおいて、「完全な基礎方程式」に基づく特性曲線法による水撃圧推定値と「簡略化した基礎方程式」に基づく特性曲線法による水撃圧推定値の差異について検討を行う。

完全な基礎方程式を用いた解法は第2, 4節で述べた手法を用いた。また、簡略化した基礎方程式による解法は引用文献⁵⁾による手法で行った。

検討ケースは次のように設定した。

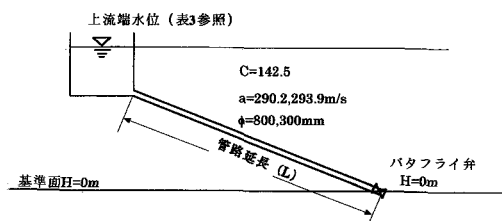


図-3 解析対象のモデルパイプライン

①種：硬質塩化ビニル管 (VU管) JISK6741 (試験水圧15.3kg/cm² (1.50MPa))

②モデルパイプライン概要：表-1に示す (図-3参照)。

表-1 パイプラインの概要

管内径 (mm)	管厚 (mm)	流速係数 (設計基準に示す 95%)	圧力波伝播速度 (a) (m/s)	管路延長 (L) (m)	圧力波往復時間 (s) (2L/a)
300	9.2	142.5	293.9	1000	6.81
800	23.9	142.5	290.2	3000	20.68

なお、ここでは、管内径として300, 800mmを採用した。この理由は、上記JIS K6741のVU管のうち最大の呼び径が800mmであること。また、管径が小さくなればなるほど、伝播速度は速くなり、マッハ数が小さくなるため、ここでは中口径と考えられる300mmを選定した。ちなみに、内径75mmのVU管の伝播速度は317m/sである。また、VP管では、管内径300mmの伝播速度は371m/sである。

次に、管路延長は、計算ケース (表-3) で述べるマッハ数が0.01の流速時で設計内水圧 (経験則による水撃圧 (3.5kgf/cm²) に静水圧を加えた値) が6.0kgf/cm²を超えない範囲を参考に定め

た。なお、圧力波伝播速度は技術書217頁に示される式 (8.2.4) により求めた。

③境界条件：上流端は水位境界とし、その値は一定値とした。なお、上流端水位の値は各計算ケースでの流速が発生するよう表-3に示す値とした。また、下流端は第4節で述べたバタフライ弁が標高0mに設置され、空中放流されているとした。弁からの流出損失係数は1.0、全開時の弁損失係数は0.4とした。中間開度時の流量係数 (式(17)のC) は技術書187頁に示された図-7.2.17を基に関数化した。具体的な式は引用文献⁵⁾を参照されたい。

上記の延長等によるバタフライ弁の等価閉そく時間 (tv/tm) は約0.07であった。従って、急閉そくと緩閉そくの境界となる時間 (2L/a) は圧力波往復時間 (表-1参照) をこの0.07で除した値となり、表-2の第2列の欄に示す値となる。

この値をもとに、全開から全閉に要する時間は、概ね急閉そくと緩閉そく時間の境界となる時間の0.5, 1.0, 1.5, 2.0倍の4通りとし、表-2の最右欄に示す時間で均等に閉そくすることとした。

表-2 緩閉そくと急閉そくとの境界となる時間、弁閉そく時間

管内径 (mm)	緩閉そくと急閉そくとの境界となる弁の実操作時間(s)	弁閉そく時間(s)
300	97.3	50, 100, 150, 200
800	295.4	150, 300, 450, 600

④流速条件及び上流水位境界条件

流速条件は(a)マッハ数が0.01となる値、(b)設計基準の平均許容流速の最大値 (2.5m/s)、(c)マッハ数が概ね0.005となる1.5m/sの3通りとした。また、この流速が発生するように上流端水位を定めた。これらを表-3に示す。

表-3 流速条件及び上流水位境界条件

管内径 (mm)	流速 (m/s)	マッハ数	摩擦損失水頭 (m)	上流端水位 - 静水圧 (m)	管路勾配
300	2.939	1.0	20.973	21.590	0.020973
300	2.500	0.85	15.534	15.980	0.015534
300	1.500	0.51	6.031	6.192	0.006031
800	2.902	1.0	19.553	20.154	0.006518
800	2.500	0.86	14.836	15.282	0.004945
800	1.500	0.52	5.761	5.921	0.001920

⑤計算点数，距離差分及び時間差分

特性曲線法では距離方向の計算間隔は偶数，即ち，計算点数は奇数でなければならない。そこで，本報告では，計算点数及び距離差分は表-4に示す4通りとした。また，時間差分は簡略化した方程式では，式(25)により求めた。また，完全な方程式では式(26)を満足させる必要があるため， V_{max} としてマッハ0.01の流速では，6.0m/s，それ以外の流速では表-3に示す流速の2倍を用いて式(26)の式により時間差分を計算した。具体的な数値は表-4に示す。

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{a} \dots\dots\dots(25)$$

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{|a \pm V_{max}|} \dots\dots\dots(26)$$

⑥計算ケースとシミュレーション結果

計算条件は，①から②に示したように，管内径2ケース，流速3ケース，弁閉そく時間4ケース，計算点数2ケース（但しマッハ1.0の場合のみ），合計32ケースについてシミュレーションを行った（表-5のケース欄参照）。

完全な基礎方程式による解析結果と簡略化した

方程式による解析結果のうち正の最大水撃圧，最小圧力，負の最大水撃圧（以上はすべて弁直上流の値），相違率等を表-5に示す。表-5の差は，式(27)で求めた値であり，相違率は式(28)で計算した値である。

$$D = H_{max1} - H_{max0} \dots\dots\dots(27)$$

$$S = \frac{H_{max1} - H_{max0}}{H_{max0}} \times 100 \dots\dots\dots(28)$$

ここで， S は相違率(%)， H_{max0} は完全な基礎方程式により求められた水撃圧， H_{max1} は簡略化した基礎方程式により求められた水撃圧である。

表-4 解析に用いた計算点数，距離差分及び時間差分

管内径 (mm)	計算点数	距離差分 (m)	完全な基礎方程式における時間差分 (s)	簡略化した基礎方程式における時間差分 (s)
300	21	50	0.1667	0.1701
300	101	10	0.0333	0.0340
800	31	100	0.3411	0.3446
800	101	30	0.1023	0.1034

表-5 解析条件及び解析結果

ケース	管内径 (mm)	定常時の流速 (m/s)	計算点数	弁閉そく時間 (s)	完全方程式による正の最大水撃圧 (m)	簡略化方程式による正の最大水撃圧 (m)	差 (実数, m)	相違率 (%)	完全方程式による最小圧力 (m)	完全方程式による負の最大水撃圧 (m)	簡略化方程式による最小圧力 (m)	簡略化方程式による負の最大水撃圧 (m)	差 (実数, m)	相違率 (%)
1	300	2.934	21	50	34.735	34.819	0.084	0.24	-10.842	-31.271	-10.921	-31.554	-0.283	0.90
2	"	"	"	100	20.167	20.219	0.052	0.26	8.293	-11.975	8.186	-12.110	-0.135	1.13
3	"	"	"	150	14.837	14.945	0.108	0.73	13.673	-6.598	13.525	-6.887	-0.289	4.38
4	"	"	"	200	11.412	11.419	0.007	0.06	14.473	-5.688	14.434	-5.765	-0.079	1.39
5	"	2.934	101	50	34.996	35.024	0.028	0.08	-10.912	-31.634	-10.939	-31.625	0.009	-0.03
6	"	"	"	100	20.227	20.213	-0.014	-0.07	8.232	-12.157	8.188	-12.230	-0.073	0.60
7	"	"	"	150	14.905	14.941	0.036	0.24	13.624	-6.774	13.526	-6.885	-0.111	1.64
8	"	"	"	200	11.524	11.548	0.024	0.21	14.441	-5.773	14.402	-5.807	-0.034	0.59
9	"	2.5	"	50	31.061	31.084	0.023	0.07	-12.818	-28.332	-12.842	-28.332	0.000	0.00
10	"	"	"	100	17.687	17.679	-0.008	-0.05	4.756	-10.602	4.719	-10.667	-0.065	0.61
11	"	"	"	150	13.005	13.036	0.031	0.24	9.740	-5.664	9.656	-5.755	-0.091	1.61
12	"	"	"	200	10.015	10.034	0.019	0.19	10.483	-4.800	10.452	-4.830	-0.030	0.62
13	"	1.5	"	50	21.714	21.667	-0.047	-0.22	-14.240	-20.339	-14.257	-20.330	0.009	-0.04
14	"	"	"	100	11.759	11.731	-0.028	-0.24	-0.984	-6.932	-1.018	-6.954	-0.022	0.32
15	"	"	"	150	8.499	8.502	0.003	0.04	2.944	-3.017	2.911	-3.063	-0.046	1.52
16	"	"	"	200	6.400	6.399	-0.001	-0.02	3.426	-2.537	3.416	-2.555	-0.018	0.71
17	800	2.902	31	150	33.965	34.027	0.062	0.18	-9.680	-30.996	-9.963	-31.075	-0.079	0.25
18	"	"	"	300	19.630	19.652	0.022	0.11	9.616	-11.861	9.481	-11.968	-0.107	0.90
19	"	"	"	450	14.459	14.504	0.045	0.31	14.993	-6.481	14.704	-6.629	-0.148	2.28
20	"	"	"	600	11.203	11.238	0.035	0.31	15.905	-5.681	15.826	-5.720	-0.039	0.69
21	"	"	101	150	34.066	34.086	0.020	0.06	-10.043	-31.066	-10.034	-31.093	-0.027	0.09
22	"	"	"	300	19.662	19.648	-0.014	-0.07	9.434	-11.922	9.361	-11.966	-0.044	0.37
23	"	"	"	450	14.476	14.501	0.025	0.17	14.817	-6.530	14.706	-6.628	-0.098	1.50
24	"	"	"	600	11.227	11.250	0.023	0.20	15.818	-5.713	15.784	-5.752	-0.039	0.68
25	"	2.5	2.5	150	29.872	29.890	0.018	0.06	-12.352	-28.799	-12.352	-28.823	-0.024	0.08
26	"	"	"	300	16.683	16.675	-0.008	-0.05	5.378	-11.225	5.313	-11.262	-0.037	0.33
27	"	"	"	450	12.073	12.097	0.024	0.20	10.316	-6.241	10.225	-6.325	-0.084	1.35
28	"	"	"	600	9.172	9.188	0.016	0.17	11.180	-5.498	11.150	-5.529	-0.031	0.56
29	"	1.5	1.5	150	21.428	21.437	0.009	0.04	-14.147	-20.161	-14.138	-20.178	-0.017	0.08
30	"	"	"	300	11.547	11.544	-0.003	-0.03	-0.740	-6.905	-0.762	-6.939	-0.034	0.49
31	"	"	"	450	8.345	8.363	0.018	0.22	3.175	-2.977	3.129	-3.010	-0.033	1.11
32	"	"	"	600	6.309	6.312	0.003	0.05	3.655	-2.495	3.637	-2.505	-0.010	0.40

次に、弁直上流の圧力変動の結果のうちケース2を図-4に、また、ケース19の結果を図-5に示す。なお、図-4、5とも両手法の結果を図化したほぼ一致しているため、変動曲線は同一曲線上にあり区別できない。

結果を要約すると次の通りである。なお、全て弁直上流の計算結果を基にした要約である。

- 1) 両解析手法による正の最大水撃圧の差は最大でケース3の約0.01mであり、この時の完全な基礎方程式による解析結果は14.837mである。また、この時の相違率は0.79%で、相違率もこのケースが最大である。このケース以外では最大水撃圧の差は概ね0.05m以下であり、相違率はすべて0.4%未満である。従って、最大相違率は1.0%未満と言える。
- 2) 負の最大水撃圧に関しては、まず、本シミュレーションでは絶対圧力が0（大気圧基準で約-10m）以下になっても解析を続けている。従

って、延長が1000mのパイプラインでは弁閉そく時間が50s、また、延長が3000mのパイプラインでは、ケース17を除いて、弁閉そく時間が150sのケースでは全て最小圧力は上記の値以下になっている。このため、これらは実際の過渡現象を表わすものではないが、参考に記述しているので留意されたい。

両手法の差は負の最大水撃圧の推定結果においては正の最大水撃圧の結果よりもやや大きくなる傾向にある。しかし、この時の最大差（絶対値）はケース3であるが、その差は約0.3mに過ぎない。相違率もケース3が最大で4.4%である。次いで、相違率が大きいものはケース19の2.3%である。その他、相違率が1.0%を超えるものは、7ケースあり、合計では32ケース中9ケースに過ぎない。

従って、正の最大水撃圧に比較して負の水撃圧推定において両手法の相違は大きいといえる

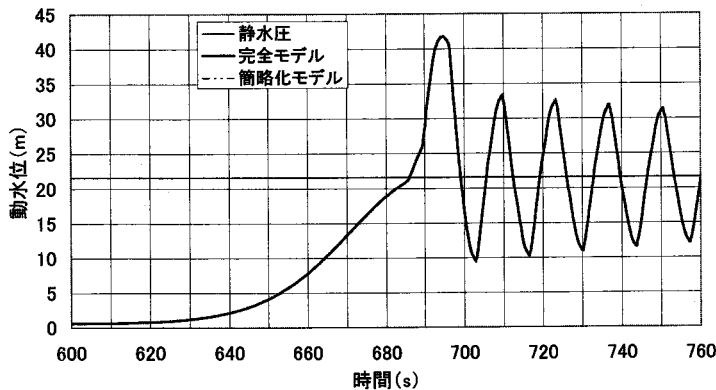


図-4 解析結果(1)

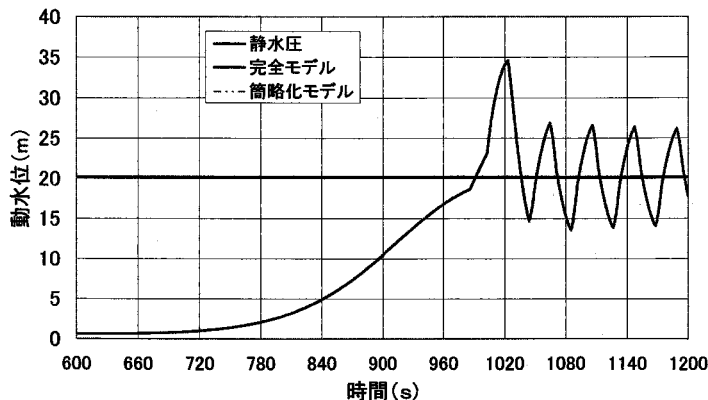


図-5 解析結果(2)

が、最大相違率は5%未満と言える。

- 3) 水撃圧の推定に当たっての不確定な条件、例えばパイプラインの圧力波伝播速度の理論値に比較すると実際の伝播速度は約20%速いとの報告がある⁶⁾。また、技術書129頁では流量の過大・過小分は計画流量の10~30%程度生ずるとしている。流量過大が10%あるということは、この状態から弁を閉そくすると水撃圧も概ね10%大きくなることを意味している。これらの誤差等を考慮すれば、10%以下で水撃圧を推定できれば、システム設計上問題はないと判断する。

以上のように非金属管で圧力伝播速度300m/s以下と比較的伝播速度の遅い薄肉塩化ビニル管(VU)でも農業用パイプラインとして使用している限り、今回の解析結果では、最大の相違率は5%未満である。従って、農業用パイプラインでは、先述した根拠で金属管以外の管種で簡略化した基礎方程式による方法で水撃圧を推定しても十分な精度が得られシステム設計上大きな問題はないと判断できる。

6. 若干の解析結果の考察

今回の報告の目的は、完全な基礎方程式による特性曲線法の一つである規定時間間隔法と簡略化した基礎方程式による特性曲線法の解析結果の相違についての検討である。従って、本来目的からは若干それるが、今回のシミュレーションにおいて水撃圧に関する設計上気をついた留意点を若干以下に述べる。

- 1) 今回、使用したモデルはマッハ0.01の時の流速を除き、流速、延長、管内径等は一般的な農業用パイプラインのモデルと考えられ、実際にはこれよりも長い延長のパイプラインが採用される事例も見受けられる。

また、弁閉そく時間は電動バタフライ弁の場合一般的に30秒(小口径)乃至120秒(大口径)と言われている⁷⁾。ケース25(管内径800mm, 流速2.5m/s, 閉そく時間150秒)の水撃圧は約30m(水頭, 以下同じ)に達し経験則の35mは上回らないが、ほぼこれに近い値となっている。また、管内径300mmを中口径と見なし、仮に弁閉そく時間を50sとすると、これも同様、ケース9(流速2.5m/s)では概ね経験則に近い値となる。更には、ケース25では、最小圧力は

約-13.5m(最小水撃圧-28.8m, 上流水位15.3m), ケース9では-12.3m(最小水撃圧-28.3m, 上流水位16.0m)と絶対圧力0以下となる。従って、今回程度の管路長でも、設計流速が早い場合には、慎重なシステム設計が必要と考えられる。また、これよりも延長の長いパイプラインではより慎重なシステム設計が不可欠である。

- 2) 技術書では制水弁に関して「水頭が40m以上の管路で、口径400mm以上の制水弁には、その前後を小口径の副管で連結して副制水弁を設けることが望ましい」としている(技術書412頁参照)。従って、今回のモデルでは、技術書に準拠すれば副制水弁を設けなくてもよい範囲に入っている。しかし、バタフライ弁を採用しても、経験則による水撃圧推定値にかなり近い水撃圧が発生する可能性があり、仮に、制水弁としてスルース弁が採用されると、更に危険な水撃圧の発生が予測される。

また、近年のパイプラインでは手動弁で操作性の優れた(早く開閉が可能な)弁が採用される。具体的には10秒以下で開閉できる弁も市販されて採用されているが、その結果、異常な圧力が発生した。これを回避するため電動弁に変更し約300秒程度に開閉時間を遅くした例もある⁸⁾。

現行の基準書38頁では、経験則に基づき水撃圧を見積もり、この範囲内になるように、各種施設の操作方法を水撃圧計算で予測しなければならないとしている。

前例で、現行の基準を準用すると、人力操作で上記のような速い弁閉そくがなされると予想できなかったことがその一因と考えられる。しかし、いずれにしても、特に長延長のパイプラインでは水撃圧対策を十分考慮しなければならないと言える。

- 3) 今回のバタフライ弁の弁損失係数は技術書の図-7.2.17を基に関数化した。しかし、水撃圧に大きな影響を及ぼすと想定される小開度の損失係数は図-7.2.17には示されていないため、引用文献⁹⁾に示す方法で開度と損失係数あるいは流量係数を関数化したものである。従って、現地での水撃圧の推定に際しては、可能な限り正確な開度-損失係数曲線を得るよう努めるべ

きと考える。

7. まとめ

- 1) 今回のモデルパイプラインの水撃圧解析結果から判断する限り、他の誤差等を勘案すると簡略化した基礎方程式を特性曲線法により解析しても農業用パイプラインに関しては十分な精度を有しているといえる。ただし、空気が混入し、圧力波伝播速度が極端に遅い、従って、極端にマッハ数が大きい流れは今回の検討としていない。
- 2) 人力操作の弁の開閉速度は急閉そくの範囲に入る可能性もある。また、単に従来の開閉速度を踏襲して機械的に開閉速度を決定すると、パイプラインによっては急閉そくになる可能性もあるので、慎重な開閉速度の決定が不可欠である。
- 3) 今回、モデルとしたパイプラインは一般的なモデルと考えられる。従って、簡略化した基礎方程式の特性曲線法はその簡便性から今後の農業用パイプラインの水撃圧の推定を含む各種のパイプラインシステムの検討の上で有力な手段と考えられる。

引用文献

- 1) 横山重吉：水撃入門，68頁，日新出版（1979）
- 2) V.L.STREETER/E.B.WYLIE（竹中利夫訳）：流体過渡現象—コンピュータによる水撃解析法ほか—，44頁～48頁，日本工業新聞社（1973）
- 3) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書，（社）農業土木学会（1998）
- 4) V.L.STREETER/E.B.WYLIE（竹中利夫訳）：流体過渡現象—コンピュータによる水撃解析法ほか—，261頁～274頁，日本工業新聞社（1973）
- 5) 吉野ほか：パイプラインにおける水理解析手法について（第1回），ARIC情報，農業農村整備情報総合センター第62号46頁～53頁（2001）
- 6) 土肥論志ほか：畑地かんがい用ポリエチレン管での水撃現象，平成12年度農土学会大会講演会講演要旨集，150頁～151頁，（2000）
- 7) 農水省構造改善局建設部設計課編：管理制御方式技術指針（バルブ編）231頁，（1981）
- 8) 栗田吉晴ほか：パイプラインにおける水撃圧現地試験結果，農工研技報193，11頁～30頁（1996）

篠津地域泥炭地開発の歴史

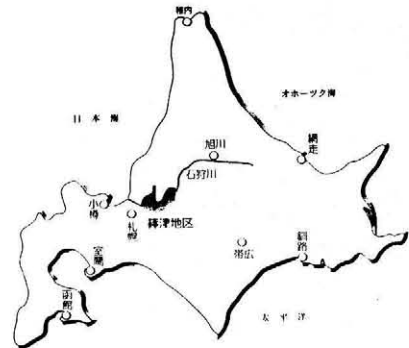
—泥炭地への挑戦—

武井 斎*
(Hitoshi TAKEI)

目	次
1. はじめに	92
2. 開拓の鉄入れ	93
3. 排水路（運河）の掘削と石狩川の改修	93
4. 石狩川水域総合開発計画と篠津地域泥炭開発事業	93
5. ほ場整備，客土事業の施行と汎用化	96
6. 再整備へ向けての胎動と篠津中央土地改良事業の着工	96
7. むすび	97

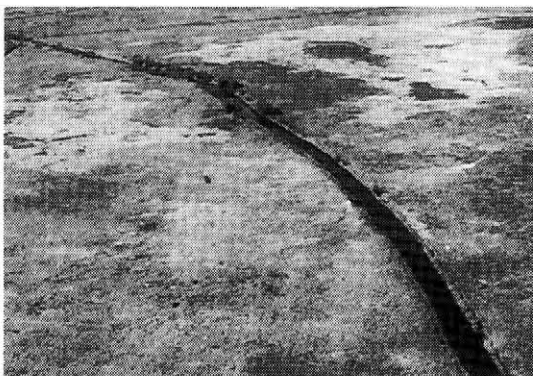
1. はじめに

篠津地域は、石狩支庁江別市、当別町、新篠津村及び空知支庁月形町の4市町村にまたがる石狩川右岸に拓けた低平な地帯である。この地域は大都市札幌の近郊に位置し、交通運輸の便がよく地理的条件に恵まれている。また、北海道の中において比較的気象、水源に恵まれた、農地として絶好の条件を備えた土地柄である。本地域は、今では見渡す限りの美田が広がっているが、かつてはその大半が泥炭地であったために久しく開発が放置されていた。しかし、戦後、荒廃した国土復興の第一陣として計画された石狩川水域総合開発計画の一環として食糧増産の名のもとに「篠津地域泥炭地開発事業」（昭和31年度～45年度）が実施された。



戦前戦後を通じた開拓者の労苦と稲作へのあくなき挑戦，更にこの大事業に挑んだ技術者ら先達の英知と努力によって，かつての不毛の原野1万1千ha余りは一望の水田に生まれ変わった。

篠津地域泥炭地開発事業実施地区は，現在，国



かつての篠津原野と現在の様子

*元北海道開発局篠津中央土地改良区 (Tel. 01332-3-2359)

営事業の区域として当別川流域を受益地域とする「当別地区」、石狩川より直接揚水してかんがいを行なう「南美原地区」、石狩川頭首工を水源とし篠津運河より揚水し、かんがいを行なう「篠津中央地区」の3つのブロックに区分されている。各ブロックの管理は、それぞれ当別土地改良区、南美原土地改良区、篠津中央土地改良区の3土地改良区により、また、基幹施設である石狩川頭首工及び篠津運河は、国の直轄管理事業として北海道開発局札幌開発建設部篠津地域農業施設管理所が管理にあっている。

筆者の所属する篠津中央土地改良区は、昭和32年7月に設立された、石狩川頭首工を主水源とする用水受益7,194ha、排水受益1,350haを有する区域を所管している。

2. 開拓の歟入れ

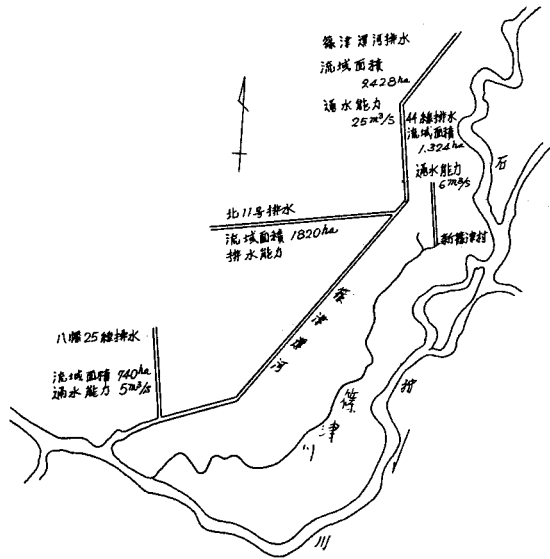
明治新政府によって北海道に開拓史が置かれたのが明治2年(1869年)であり、篠津地域においては、岩出山藩主伊達邦直公とその家臣91戸が明治4年に現在の当別の地に移住し開墾に着手したことに始まる。開拓当初は、比較的条件の良いところから開墾が行われたが、この地域はそのままの状態では農耕に不適な湿地泥炭地がほとんどであり、その特殊な土壌条件と北海道という極めて寒冷な気象条件は第二次大戦後、国による大規模な開発が行われるまでの長い間開拓者たちを苦しめた。

3. 排水路(運河)の掘削と石狩川の改修

泥炭地の開発を進めるうえでは、河川の氾濫を防止する治水事業と系統的な排水組織を必要とする。しかし、開拓当初は石狩川の治水事業が未だ着手されていない状態であり、それでも泥炭地の開拓には排水が何よりも急がれたことから、明治29年、現在の篠津運河の原形となる排水路の掘削が月形集治監の囚人たちの手により開始された。

泥炭地の特性から法面の崩壊や底土が翌日には浮き上がってしまい、排水路は跡形もなくなり通水も不可能になることが続いたが、その都度水路の復旧が行われ、人力による掘削は続けられた。

運河の掘削は、明治43年より北海道第一期拓殖計画(15カ年計画)に引き継がれ、大正13年には敷幅3.6m~5.5m、深さ3.0m、延長19.7kmが掘



大正期の排水系統図

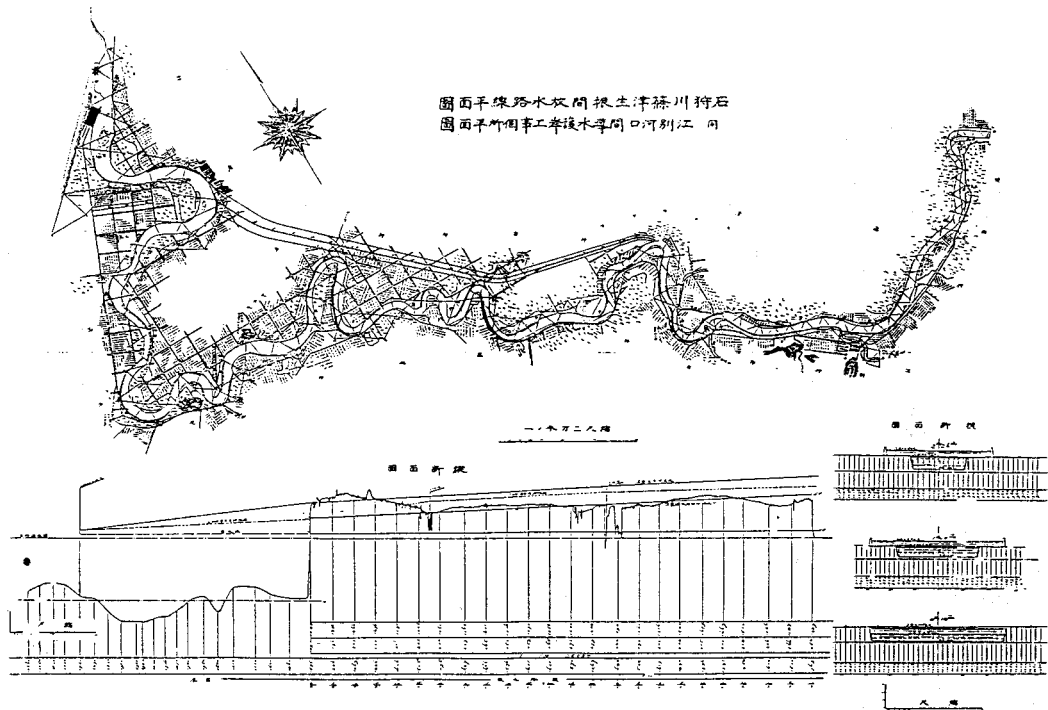
削された。地区内の排水は、中央部に篠津運河、東部には篠津川の二つの幹線排水路が石狩川に接続したが、これらの排水路に繋がる排水組織は不完全で、さらに既設の排水路は土水路のため経年により排水機能を失い、戦後の大規模開発がなされるまでほとんど改善されることはなかった。

一方、石狩川の改修が本格的に重要な国家施策に取り上げられたのは、第一期拓殖計画が始まる明治43年頃からであり、現在の石狩川に見られる捷水路は大正7年から石狩川治水の祖といわれる岡崎文吉の手により開始された。この捷水路は単一流路で洪水量を流下させるもので、昭和44年までに29箇所施行された。捷水路の施工により、石狩川の高水位、平水位は大幅に低下し、石狩川流域の湿地泥炭地の排水を容易にした。

4. 石狩川水域総合開発計画と篠津地域泥炭地開発事業

1) 戦後の北海道開発計画

第二次大戦後の混乱期、旧植民地からの復員・引揚者の収容と食糧の増産は、国家の一大事であり、北海道は戦災者、引揚者の収容指定地となり、農業に就業する集団に対しては、開拓計画(緊急開拓5か年(北海道は10か年)計画)の枠内において処理する方針とされた。当時、北海道は予算上内務省所管の拓殖産業費による北海道第二期拓殖計画中で、緊急開拓事業計画と重複混在してい



岡崎文吉による石狩川放水路（捷水路）案（1910）

た。緊急開拓事業は始終GHQの監察を受け、事業を円滑に推進するには問題が多かったが、それでも開墾事業のほか排水や道路、あるいは入植者のための住宅、学校、診療所等の建設は全額国費で施行されたことは、当時緊急帰農がいかに重要な国家政策であったかがわかる。

こうした国家的緊急な課題に対して北海道への期待は極めて大きく、昭和22年1月には北海道開発庁の発足が閣議決定、25年6月には「北海道開発法」が施行され、同時に総理府の外局として北海道開発庁が発足、翌26年7月には「北海道開発局」が設置され、それまで北海道（庁）で行っていた事業を国の直轄事業として行うこととなった。

2) 石狩川水域総合開発計画と篠津開発の始まり

昭和26年10月に北海道総合開発計画が策定され、その中に重点政策として石狩川水域総合開発計画も盛り込まれた。石狩川水域総合開発計画は、泥炭地を中心として、河川改修、排水、客土による改良と貯水池、揚水機による用水確保を図り、さらに大規模ダムの建設等により発電を行い、産業振興に供しようとするものである。

この計画は、「篠津地域」、「美唄地域」、「夕張地域」、「千歳地域」、「豊平地域」「北空知地域」

の6つのブロックに区分されている。

石狩川流域一帯に分布する泥炭地は6万ha強におよび、中でも石狩低地帯には、その90%、約55,000haが分布し、地形平坦で交通、市場等社会経済的に恵まれていた。しかし、特殊土壤であるために未利用地として多くが放置されていたが、戦後の急増する人口と食糧不足によって、この地帯の開発が最重要事項であったことがこの計画の背景にある。

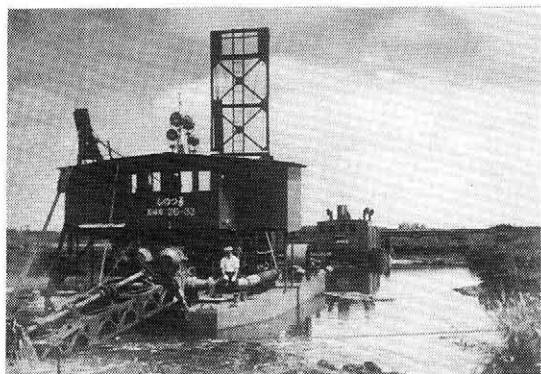
篠津地域の開発事業の開始は、昭和26年度に国営かんがい排水事業「総合篠津地区」として着工した。この事業は、排水受益面積16,500ha、土地利用を畑地として、篠津運河の掘削をはじめ、排水路66路線、延長127kmを整備するもので、後の篠津地域泥炭地開発事業のさきがけとなる事業であった。しかし、泥炭地における農業技術の進歩、開拓農家の水田作へのこだわりと欲求、食料事情と農業経済上の有利性から、それまでの畑地を対象とした事業計画を水田へ転換する機運が高まっていた。

3) FAOの来日と世銀融資

昭和29年8月に農林省と北海道開発庁は、石狩川水域総合開発事業等の事業を飛躍的に推進する

石狩川水域総合開発計画の概要

開発区域	地域	事業目的・概要
篠津	石狩川下流右岸地域	開田、用排水改良20,200ha 篠津運河、石狩川頭首工、青山ダム、揚水機等
美唄	石狩川左岸地域	開田、用排水改良24,000ha 洪水調整、桂沢ダム、金山ダム等
夕張	夕張川地域	開田、用排水改良16,500ha 発電、二股ダム、頭首工等
千歳	千歳川地域	開田、用排水改良10,100ha 洪水調整、漁川ダム、揚水機等
豊平	豊平川地域	開田、用排水改良16,700ha 洪水調整、豊平峡ダム、小樽内ダム等
北空知	雨龍川地域	開田、用排水改良6,700ha 発電、鷹泊ダム、頭首工等



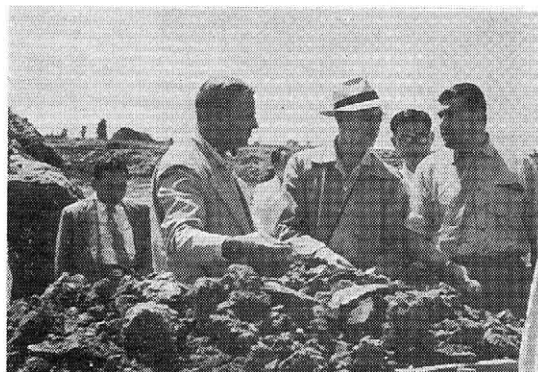
総合篠津地区 (1951)
(ポンプ船による運河の掘削状況)

ことを目的に、その技術的援助を得ようFAO (国際食糧農業機構) を招く一方、資金面では外資導入を目的として、昭和29年7月に来日した世界復興銀行 (以下、「世銀」という。) 農業調査団

に援助を求めた。世銀調査の結果、世銀借款対象事業として愛知用水、八郎瀧、機械開墾 (上北地区、根釧地区)、更に「篠津地区」が選ばれた。篠津地域は、石狩川水域総合開発計画の中で最も経済効果が大いことが認められたからであった。なお、世銀融資決定に当たっては、FAO調査団の勧告が大きな影響を与えたとされている。

4) 篠津地域泥炭地開発事業の実施

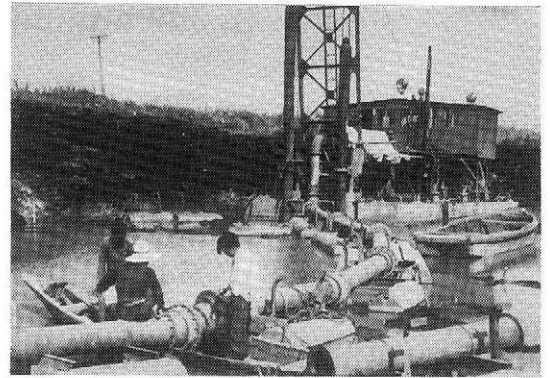
前述のとおり、篠津地域の開発事業は畑地の排水改良を目的として昭和26年度に国営かんがい排水事業として着手したが、調査の結果、開発庁は畑として利用するよりも水田として利用の方が農業経済上一層有利であるとの結論を得、土地利用を水田に変更した。事業資金には、世銀からの建設機械購入費の融資と、米国余剰農産物見返資金融通特別措置法による円資金の割当が得られ、事業を施行する態勢が整い、昭和31年2月「篠津



FAO (写真左) 及び世界銀行 (写真右) による石狩泥炭地の現地調査状況 (1954)



世界銀行の融資契約に調印する一万田日銀総裁
(1955)



ポンプ送泥客土施工状況 (1951)

地域泥炭地開発事業」として発足した。本事業は、新たに9,000haの開田と補水田2,700haとする計画で、主要構造物としては延長24.7kmの運河掘削を柱に青山ダム、石狩川頭首工、当別頭首工、揚水機11か所、幹線用水路38.8km、明渠排水42路線、105km、客土2,048ha等である。

これらの計画は、当初6年間で計画されていたため、事業実施に当たっては、最大限機械力に依存する計画がたてられ、これには世銀からの融資が充てられた。

本事業は同年4月より工事に着手し、2回の計画変更を経て、昭和45年3月、総合篠津地区の着工から数えて19年に及ぶ大事業は完成をみた。

5) 篠津における泥炭地開発技術

篠津開発においては数々の泥炭地技術が生み出されたが、中でも「ポンプ送泥客土工法」は他の泥炭地開発に多大な功績を残した点で特筆されるものであろう。また、建設機械では「湿地ブルドーザの開発」が特筆される。湿地ブルの開発なくして篠津の事業は成し得なかったといってもよいほど、その活躍は枚挙にいとまがないほどであったと言われている。そのほかにも、運河掘削におけるラダーエキスカベータの3連ベルトコンベア工法の開発があり、また青山ダムにおける大型機械化施工はフィルダム施工技術の向上に先導的役割を果たした。本事業の実施に際し、技術的学術的諸問題に対しては産学官共同の実施体制が敷かれ、特に農業土木学会泥炭地開発研究委員会(1955発足)による精力的な研究活動と支援は本事業の成功はもとより、その後の泥炭地開発に多大な功績を残した。



湿地ブル実用第1号機 (1954)

5. ほ場整備、客土事業の施行と汎用化

国営事業の完成により農業基盤は安定したが、他方、農業機械の普及に伴う農作業の機械化とはほ場の汎用化へ向けての対応が急がれたことから、土地改良区が中心となってほ場整備事業、暗渠排水事業、客土事業に積極的に取り組んだ。それにより、今日、泥炭地ほ場における汎用化をも可能とした。

6. 再整備へ向けての胎動と篠津中央土地改良事業の着工

前述する第一次事業で造成された施設も泥炭地という特殊な条件から、ほ場面の不陸の発生や、沈下の影響による水路の断面不足、漏水の多発などによる水利機能の低下が顕著になってきた。このような経年による施設の老朽化が進み、また、近代化用水の確保も急がれるようになった。農業を取り巻く情勢が厳しさを増す中で、受益農家の米作りに対する情熱は衰えることなく、土地改良

施設のさらなる改良への期待と要望は日増しに高くなっていった。

このような受益農家の要望は地域全体におよび、昭和54年度から第二次の国営事業として調査が開始され、同58年度には全体実施設計、60年度に「篠津中央地区」が着工されることとなった。その後、8か年を経過した平成4年度には石狩川頭首工の全面改修が急務となり、この事業は篠津中央二期地区としてスタートすることとなった。この新しい事業は、石狩川頭首工を全面改修、揚水機場5か所、排水機場1か所、基幹用水路6条、排水路7条を整備し、不足する用水は特定多目的滝里ダムに依存するものである。

篠津中央土地改良事業は、地元及び受益農家らの21世紀へ向けての新たな挑戦であり、その背景には先の泥炭地開発事業の成功があると言えよう。本事業は、昭和60年度の着工以来平成11年度末現在で揚水機場4箇所はすでに完成し、これに接続する基幹用水路も鋭意工事が進められている。また、石狩川頭首工の改修は平成13年度に本格着工が予定され、地元関係者は早期完成に大きな期待を寄せている。

7. むすび

篠津地域泥炭地開発事業は、直接的にはこの地域の開田と用排水改良を目的としたものであったが、間接的には篠津での開発技術を活用して石狩川流域に広がる5万haの開田と9万haの既水田の用排水改良事業に資するものであった。篠津地域は高位泥炭が多く、本道でも農地としては最も条件が悪い地域であったが、ここでの大型機械によ

る開発方式の実現は地域への影響が大きいと考えられ、世銀融資はここに集中的に投下され、世界が注目したのである。世界的にも例を見ない泥炭地における開田は成功し、ほ場整備、客土事業等の施行によって泥炭地ほ場の汎用化をも実現した。

私たちは今、泥炭地農業の更なる発展のため、前事業の成果を基礎として新たな土地改良事業に取り組むと同時に自然と共存する農業の実現に向けた諸活動を行っている。

ひとつは、先達の労苦をしのばせるかつての湿地泥炭地の復元と保全に向けての取組であり、ふたつめは篠津運河の管理用道路を利用したホストトレッキングや農業体験学習を毎年1回開催して都市住民等との交流を図っている。この他、泥炭地農業・農村に関するあらゆる話題をテーマにした「泥炭地ニュース」の発行による啓蒙普及活動を行っている。

泥炭地水田開発のモデル地域として、農業と自然の共存を図りつつ持続性ある農業の実現に向け今後も積極的に取り組んでいきたいと考えるものである。

参考文献

1. 北海道開発庁30年史
2. 篠津地域泥炭地開発事業誌
3. 農地開発機械公団十年史
4. 篠津中央土地改良区設立30周年記念誌
5. 北海道農地開発協会の足跡
6. 水文・水資源学会誌第4巻第2号(1990) pp.23~30「石狩川の捷水路と洪水氾濫原の変化」山口 甲

農業農村整備事業における標準積算システムVer.2の開発

中 村 弘*
(Hiroshi NAKAMURA)

1. はじめに

平成6年12月25日に閣議決定された「当面の行政改革の推進方策について」の中の「総合調整機能の充実等」の項目として、「行政の情報化」が重点課題としてあげられている。この方針に沿うために農林水産省においては「行政情報化推進計画検討委員会」を設置し、各種の検討が行われている。また、農村振興局整備部では、事業総合支援システムを構築し、農業農村整備事業の調査段階から、計画・設計・施工の事業実施、事業完了・管理、そして次期事業に引き継ぐまでの事業のライフサイクル全体を「情報化(システム化)」によりサポートすることとしている。

具体的には、

- ①すべての情報の電子化 (CALS化)
- ②ユーザーインターフェイスの標準化
- ③業務間の連携に必要な標準化
- ④効率化に対応するための業務の見直し
- ⑤情報基盤等整備
- ⑥教育訓練

を掲げ取り組んでいるところである。

以下、事業総合支援システムを構成する業務アプリケーションシステムの1つであり、現在開発を行っている標準積算システムVer.2の内容について紹介する。

2. 農業農村整備事業における電算処理システムの沿革

農業農村整備事業の多岐にわたる業務処理において、電算処理のシステムが導入されたのは、昭和40年代後半の土地改良工事の積算業務からである。大型電子計算機での土地改良工事の積算業務の処理は、業務の省力化に大きな役割を果たすこととなる。

電算処理のシステムとして、昭和45年に北陸農政局において開発準備が行われ、昭和50年までに全ての地方農政局で大型電子計算機による業務処理が行われた。

その後、標準積算システムが昭和52年より全国運用され、昭和53年度には施設機械積算システムの運用開始、さらに、東北農政局が主体となり開発が進められてきた国債工事積算システムも昭和55年度より運用開始となり、土地改良工事の積算システムは、3つのシステム(以下、CADA/Iという)として構築されることとなった。3つのシステムではあるが、全国的に統一的な運用をすることによって、施工単価条件表の改訂を含むシステムのメンテナンス作業を各局で分担して実施することができるようになる等、システム開発環境が一段と強化されることとなった。

その一方で、システムをめぐる環境の変化がめまぐるしくなり、そのメンテナンスも激しさを増すこととなり、事業所等のニーズに全面的に対応でき、ハードウェアの進歩に即した積算基準等の改訂に迅速かつ柔軟に対応する新しい積算システムが必要とされた。このため、新しい積算システムが開発されることとなった。このシステムは全国の土地改良技術事務所の共同作業として開発を行うこととし、標準積算システム(CEDA/II…Computerized cost Estimation system for Agricultural infrastructure Development projects)として、昭和57年度から開発を開始し、昭和60年度より全国運用となった。

*関東農政局土地改良技術事務所システム開発課 (Tel. 048-254-0511)

CEDA/IIは、CEDA/Iの3つのシステムを1つのシステムに統合することによりメンテナンスの増大を回避し、日本語出力、入力データ表の簡素化、増加する施工単価への対応といった事業所等からのニーズと、電子計算機の大容量化への対応、大型電子計算機によるバッチ処理を可能とした。また、この頃よりパーソナルコンピュータが各事業所に導入され、事業所・土地改良技術事務所間を一般電話回線で結び、端末にパーソナルコンピュータを使用したオンラインバッチ処理を可能とし、構造化プログラミングといったソフトウェア工学の手法を取り入れ開発された。

その後、大型電子計算機からパーソナルコンピュータへとダウンサイジング化が進んだこと、CEDA/IIは開発に着手して10年以上が経過しており昭和40年代から開発が始まったシステムを基礎にしていることから、設計思想も利用者のニーズに合わなくなっていること、さらに、毎年の基準、歩掛の改正にあわせてシステムの改正を行っているものの、メンテナンス及び運用に多数の経費を要しているといった状況となってきた。

一方、現場業務が多様化し、業務量も増大していることから、積算業務についても他の業務との連携を図ることにより、業務全体としての合理化を図る必要が生じてきた。

これらの課題に対応するためには、CEDA/IIの改良では困難であるため、新しいシステム環境を十分に活用した新たなシステムを構築することが必要となった。

次期積算システムの開発は各種業務システムとの連携・発展を想定したシステム構築及び運用を図ることとし、これより農業農村整備事業実施のための業務全体を効率的に支援することを目指すこととした。

平成6年度より次期積算システムとして、標準積算システム/RIESA (Reliable Integrated cost Estimation System for Agricultural and rural development project)の開発に着手し、平成9年度より運用され、平成13年度からは標準積算システムと呼び、現在に至っている。標準積算システムは、工事工種体系に沿った入力順序とするとともに、対話形式とするなど操作性を向上したシステムで、データの自動チェック機能、ヘルプ画面等による積算支援機能等を内蔵するなど、積算担当者の労力の軽減が図られており、将来的には、各種業務システム(工事事務業務、庶務・経理業務、設計業務)との連携・発展を想定したシステムとして開発されている。また、土地改良事業全体を視野に入れた開発が行われたことから、関連団体が容易に利用できるシステムとなった。

標準積算システムでは、LANによるネットワーク(農業農村整備情報ネットワーク)を利用したサーバ・クライアントによる分散システムを採用した。これにより、各事業所に積算サーバが設置され、基準データ等は必要に応じて土地改良技術事務所よりネットワークを通じ配信を行うことが可能となり、各事業所においてパソコン上で積算業務がすべて行えることとなった。

これにより、積算処理システムが導入された昭和40年代後半より積算業務を担ってきた大型電子計算機はすべて撤去され、積算業務は大型計算機からパソコンへと移り変わることとなる。

3. 標準積算システムVer.2開発の背景

現在運用されている標準積算システムは、平成9年度の正式運用開始以降、基準改訂及び機能追加によるプログラム修正やWindows95やMicrosoft OfficeなどのOSや外部ツールとして使用しているアプリケーションのバージョンアップに伴う一部プログラムの修正及び動作確認を実施してきている。

標準積算システム開発に当たっては、当時のパソコンとして最新OSであるWindows3.1で動作することを前提に開発されている。このOSは、16ビットアプリケーションを動作させるための16ビットOSであったことから、標準積算システムも当然のことながら16ビットアプリケーションとして開発されている。

その後、32ビットOSであるWindows95が発売され、より処理能力の向上が図れる32ビットアプリケーションの開発が主流となり、さらには、パソコンの高速化、大容量化に伴い、1台のパソコン上で同時に複数アプリケーションを使用するマルチタスク化が進んできている。

Windows95及びその後発売されたWindows98は、基本的には16ビットアプリケーションの動作は可能としている。しかし、標準積算システムが16ビットアプリケーションであることから、マルチタスク環境

下及び大容量データ編集時の不安定さが目立ってきたほか、施工単価を始めとする基準データ作成時に大容量の基準の作成ができない等の不備も目立ち始めた。さらに、32ビットアプリケーションが主流となったことに伴い、メーカー側の16ビットアプリケーションへのサポート打ち切りが懸念されることとなった。このような現状から、今後の機能拡張やプログラムメンテナンスに支障をきたさないためには、標準積算システムプログラムの32ビット版への書き換えを早急に行う必要が生じてきた。

また、積算内容の公表等情報公開が求められてきている現状から、積算内容の統一化や透明性に対応できるシステムへの移行が急務となってきている。

これらを踏まえて、現行標準積算システムプログラムの完全32ビット化、積算内容の統一化や透明性に対応するための工事工種体系化機能強化を行い、併せて、操作性の向上と各種要望を取り込み、平成10年度より標準積算システムVer. 2（以下、Ver. 2という）の開発を行うこととなった。

4. 標準積算システムVer. 2 開発内容

ここでは、主な開発内容及び標準積算システムからの改善点について紹介する。

1) プログラムの32ビット化

プログラムの32ビット化の開発内容としては、

- ①32ビット環境においてシステム全体の再構築
 - ②データベース等16ビットツールから32ビットツールへの移行
 - ③Word、Excelマクロ、ヘルプコンパイラ等16ビット固有の処理方式の破棄と32ビット環境での再構築
- また、ユーザーインターフェイス（操作方法、画面表示、メッセージの内容など）及びファイル制御方式（DBMS：DataBase Management System、iniファイル等）の見直しも32ビット化に併せて行う。

この結果、利用者側における効果として、

- ①業務のマルチタスク化や互換性の不具合が原因と思われる動作不良（ダイアログボックスやメッセージボックスが画面の後ろに隠れる、ツールバーやダイアログボックス内のボタンが消えるなど）が解消され、動作が安定する。
- ②処理時間が全体的に短縮する。
- ③同時に使用できるリソースの量が増大することにより、他の複数のアプリケーションとの同時起動が可能になり、作業効率が向上する。
- ④コンパイラの性能向上により実行形式のファイルサイズが小さくなることから、プログラム配信やインストール時間の短縮が図れる。

といった項目が挙げられる。

また、開発側の効果としては、

- ①使用可能メモリ量の増大やマルチプロセスのサポート等今後のカスタマイズに対してメンテナンス性が向上する。
- ②16ビットコンパイラ及びリンカーの制限から解放されるため、モジュールの統合が容易となる。
- ③コンパイル及びリンクの処理時間の短縮が図られ、作業能率が向上する。

といった項目を挙げることができる。

2) 32ビット環境特性の取り込み

32ビット環境の特性である広大なメモリ空間やマルチプロセッシング機能をシステムに取り入れることにより、機能改善を行う。

利用者側における効果として、

- ①印刷と再計算処理のバックグラウンド化により、印刷中及び再計算処理中に他の操作が可能となり、作業能率が向上する。
- ②業務積算用施工単価のような大規模施工単価の作成が可能となる。

といった項目が挙げられる。

3) 工事工種体系の機能強化

工事工種体系の機能強化により、積算書の統一化を実現する。これによる効果としては、

①審査の簡略化や積算統計情報の迅速な取得が可能となる。

②積算統計情報からより正確な工事工種体系データ（積算書テンプレート情報）を作成し、積算書作成の簡素化が図れる。

③同一工種の積算書は、積算者が異なる場合でも同様の明細構成、単価構成となることから、積算書ごとのばらつきがなくなり、積算書の標準化につながる。

といった項目が挙げられる。

4) データ構造の変更

複合単価に変わる新たな基準データとして、明細ブロックを作成する。この明細ブロックは、歩掛データの構成情報と条件情報を合わせて、さらに条件固定・条件絞り込み・条件連動の機能を持たせることにより、複合単価と同様の役割をするものである。標準積算システムでは、工事工種体系及び複合単価内を使用する施工単価の条件情報を全て取り込んでいたため、改訂作業が増え複雑となっていた。明細ブロックでこの情報を整理し、基準データ間の構造を見直すことにより、メンテナンス性の向上が期待できる。

5) 積算書の作成方法の変更

積算書新規作成時の工事工種体系化データの展開方法を、すべてのデータを展開する一括展開方式から必要な部分のみを展開する部分展開方式へと変更した。これにより、標準積算システムで問題となっていた展開時間の短縮が図られることとなる。

また、工事工種体系としての各工種の標準明細や追加可能明細、積算者が任意に追加した明細を画面上で色分けし明確にするなど、操作画面や画面推移についても変更することとした。

6) 印刷帳票の変更

単価名称、規格について、積算帳票の見やすさの向上と他省庁とデータの整合を図る目的から、最大文字数を標準積算システムの全角16文字から全角24文字に拡張する。

このことも含め、A4縦置き帳票で記載できる情報量が既に限界であること、また今後の機能追加等に伴う情報量の増加に対応する観点から、A4横置き帳票に変更することとした。

また、Ver.2開発に伴い、廃止または制限する機能は次のとおりである。

1) 複合単価

明細ブロックが同等の機能を備えていることから、改訂作業の省力化を行うため廃止とした。

2) 登録複合単価

施工単価に中途修正があった場合など事業所でのメンテナンスが困難な状況となっている。この機能自体は、特別単価で運用することが主流となっていることから、利用頻度が少ないため廃止とした。

3) 未成単価情報画面（施設機械電気専用）集計方式変更に伴い、不要となったことから廃止とした。

4) 基礎単価の名称分類

標準積算システムで名称検索の機能強化が行われており、既に不要となっていることから廃止とした。

5. まとめ

現在、標準積算システムは国営事業以外でも30府県、2団体で利用されている。Ver.2も標準積算システムと同様に、関連団体での利用も視野に入れた形で開発を行っている。標準積算システム開発時には、当初に国営版のみを開発、その後追加機能として補助版の開発を行ったことにより、結果的に複雑なプログラムとなってしまった反省点を踏まえ、ヒスル2では要件定義の段階より補助事業に対応する機能を盛り込んだ内容で開発を行っている。

ヒスル2は、平成14年4月運用開始を目指しており、平成13年10月より試行運用を行い、単価、数量、金額等のチェック、操作上の問題点等について確認を行います。試行運用に当たっては、国営事業所にはご協力をお願いすることになるので、よろしくお願いいたします。

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13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、コスト削減、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」にまでさかばり、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、平成11年度には設立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

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、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のため、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の現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「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。

21世紀を迎え農業・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。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

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。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

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個所を指定し、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 (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)
l (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 (ブイ) と ν (ウプロシオン)
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。

「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 永井 TEL：03-3578-7176

「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号(126号)で興味をもたれた報文について記載下さい。

(1) 報文タイトル：_____

(2) 興味を持たれた具体的内容

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい。

3. とりあげてほしいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい。

所属：_____

氏名：_____

編集後記

土地改良法改正により、「環境との調和に配慮」することが事業実施の原則となります。これまでも環境配慮については適宜行ってきていますが、今後は、すべての事業において計画や設計段階で適切に環境配慮を行っていく必要があります。我々、農業土木技術者には、これまでの土木的な知識に加え、環境に関する十分な知識が求められます。正直大変かもしれません。日本は多様な自然条件を有しており、地域毎に取り巻く環境は異なっています。当然、保全すべき環境は地域毎に違います。従って、魚巢ブロックやホテルブロックを単純に水路に配置すれば、良いというものではあ

りません。地域の意向に即して、保全すべき生き物の移動や産卵場所の確保など生態特性等を踏まえた環境配慮を行う必要があります。計画や設計の条件がこれまでもよりも複雑になります。しかし、複雑だからこそ所々に我々の創意工夫を発揮させる場面も多くあり、考えようによっては楽しみの1つともなります。また、事業実施後に自分が設計した水路等に実際にメダカやドジョウなどが棲みだしたら、嬉しいことだと思います。そう考えて、「環境との調和への配慮」について、面倒が増えたと消極的にならないで、我々1人1人が新たな楽しみとして積極的にチャレンジして、多様な生物が暮らす美しい国づくりを実現して行きましょう！

(事業計画課 藤田 覚)

水 と 土 第 126 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