

水と土

No.119
2000

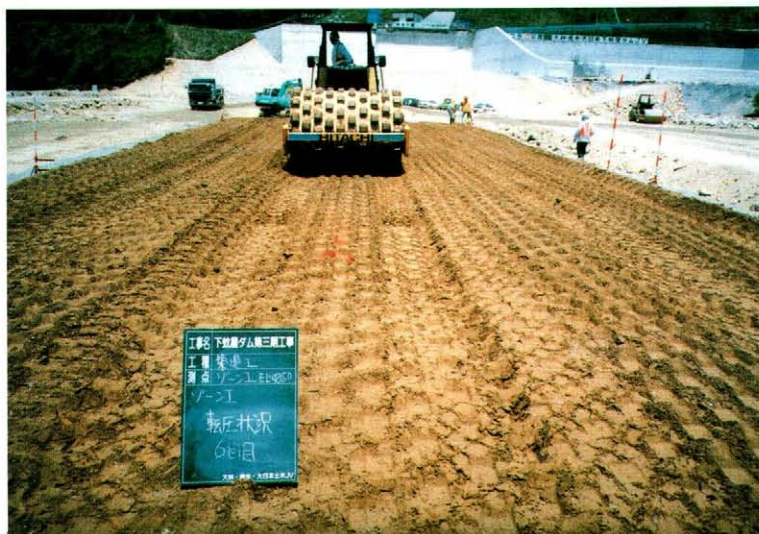
Japanese Association for
the Study of Irrigation,
Drainage and Reclamation
Engineering



下蚊屋ダムにおける遮水材の変更について (本文55頁)



ウェーピング発生状況(平成9年度)



平成11年度遮水材転圧状況



堤体及び遮水材乾燥設備の全景(上流側より)

日本で一番美しいダム「白水ダム」(本文78頁)



スムーズに水を流すための機能が女性的な柔らかさをもちながら、かつダイナミックな形態と結びついている。



左岸は円板を末広がりにしたような段々があり溢流は丁度カスケードのように流れ落ち、落下中の水は飛沫を生じ白泡となり水の帯をなす流水に変化をあたえている。



右岸は「武者返し」の造形により水が堰堤をなだらかに円弧を描いて落ちていく下流の地盤が弱いため水が急速に落ちないように工夫されている。

水 と 土

— 目 次 —

グラビア	(1)
農業土木技術研究会事務局からのお知らせ	(7)
報文内容紹介	(11)

巻 頭 文

農業のリサイクル

宮本 泰行……(13)

報 文

瀬戸内海島嶼部の集水利用計画事例

—畑地帯総合整備事業大下島地区—

佐藤 等……(15)

畑かん用水の実証調査について

池畑 兼太郎 鈴木 浩之……(24)

河川生息魚介類等に配慮した魚道の設計

立野 勝……(33)

大島ダムの施工管理について

—暑中コンクリートの打込み温度対策—

山本 六兵衛 林 繁一
吉弘 勝太郎 河内 和博……(45)

下蚊屋ダムにおける遮水材の変更について

大林 由明……(55)

木之川内ダム仮排水路工事におけるトンネル坑口対策について

植野 栄治 熊谷 光夫……(64)

ため池漏水防止のためのグラウト注入材の検討

山下 恒雄……(72)

歴史的土壌改良施設

日本で一番美しいダム「白水ダム」

加藤 和夫……(78)

技術情報紹介

土壌改良事業設計指針「ため池整備」のポイントについて

寛 直樹……(83)

投稿規定……(91)

会告……(92)

No. 119

2 0 0 0

表紙写真

日本で一番美しいダム
「白水ダム」

<農業土木技術研究会事務局からのお知らせ>

農業土木技術研究会では、農業土木技術をめぐる今日的な課題をテーマとした研修会を年に1回開催しています。今年度の研修会は、「農業用水の多様な役割と地域や施設の整備手法」をテーマに以下の要領で開催することとしていますので、多数ご参加下さいますようお願い致します。

1. 開催主旨

農業用水は、その利用過程において、河川への還元や地下水涵養等を通じて流域における水循環の主要な部分を構成しています。また、水田や水路における自然の浄化機能を有するとともに、様々な生態系を育む基盤となっており、更には、かんがい用水としての利用のみならず、防火、消流雪、豊かな水辺の創出や生態系保全などの地域用水としても活用されています。

そのため、このような農業用水が持つ多様な役割を意識した農業用施設の整備や地域での取り組みの重要性を踏まえ「農業用水の多様な役割と地域や施設の整備手法」をテーマにした研修会を開催致します。

2. 開催日時

平成12年1月26日（水）10：00～16：50

3. 場 所

日本消防会館ニッショウホール（03-3505-1486）

（東京都港区虎ノ門2-9-16（交通）地下鉄銀座線「虎ノ門」下車出口「3」徒歩4分）

4. 開催プログラム

10：00 開会挨拶 農業土木技術研究会 会長 黒澤正敬

10：10 流域水循環における農業水利の役割

〔農業用水が持つ多面的機能、健全な水循環系の構築に向けた課題他〕

構造改善局 地域計画課 計画調整室長 小林和行

10：40 農業用水が有する地域用水機能の発揮とその取り組みについて

〔地域用水機能の増進について、地域の合意形成について〕

構造改善局 水利課 かんがい排水事業調整官 田島明彦

11：10 農業用排水路の復元と住民参加について

〔三島中部地区他における整備と住民参加、清流復元と合意形成〕

静岡県 生活・文化部NPO推進室長 渡辺豊博

11:50 (昼食)

13:00 研究会賞及び奨励賞授与式

13:30 貯水機能の確保に係るダム診断事例

[大日川ダムの診断事例, 今後のダム及び貯水池の診断技術について]

(財)日本農業土木総合研究所 主任研究員 宮崎敏行

14:15 地域環境との調和を意識した頭首工の改修整備事例

[地域住民の意向とカスケード式頭首工の整備について]

静岡県 中遠農林事務所 県営水利係長 須藤常央

15:00 (休憩)

15:15 「ふるさとホルネッサンス構想」にみる生態系保全技術

[ワンド, ビオトープ等の生態系に配慮した整備技術について]

富山県高岡農地林務事務所ほ場整備班長 高道正典

16:00 地域資源の活用による水循環システムの構築について

[再資源炭の利用による浄化技術, 農村での資源循環型システムの構築]

農業工学研究所 畑地かんがい研究室長 小泉 健

16:45 閉会挨拶 農業土木技術研究会 理事

安村廣宣

(注:プログラムは都合により変更する場合があります。)

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500名 (定員になり次第締め切ります。)

7. 申込方法

別途関係機関に配布しましたパンフレット「研修会の御案内」により申し込み願います。

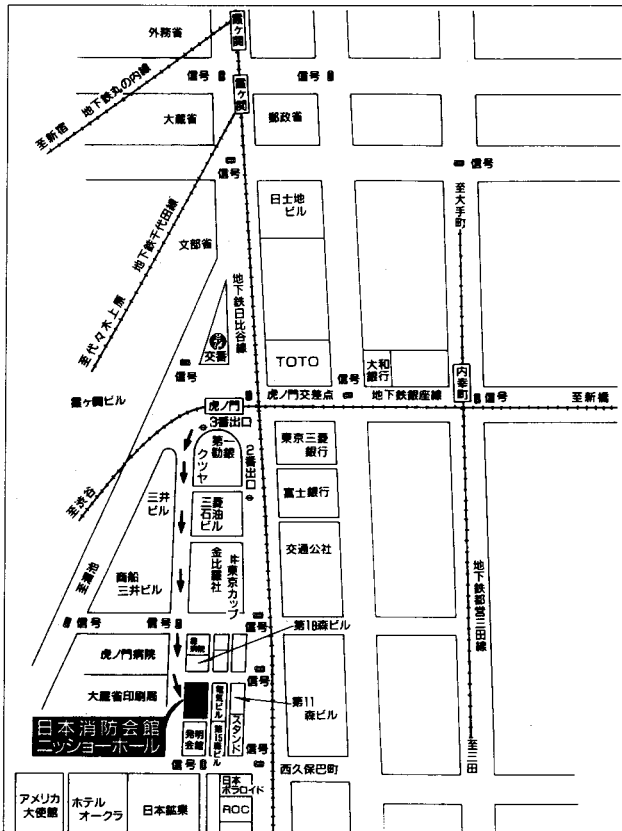
なお, 本件に関するお問い合わせは次に連絡願います。

〒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

<会場案内>



- 地下鉄 銀座線：虎ノ門下車・3番出口徒歩5分
- 地下鉄 日比谷線・千代田線：霞ヶ関下車・A12番出口徒歩10分
- 地下鉄 丸の内線：霞ヶ関下車・徒歩15分
- 地下鉄 都営三田線：内幸町下車・A4番出口徒歩15分
- 地下鉄 日比谷線：神谷町下車・4番出口徒歩10分
- J R 新橋駅下車・銀座線のりかえ：虎ノ門下車

水と土 第119号 報文内容紹介

瀬戸内海島嶼部の集水利用計画事例 —畑地帯総合整備事業大下島地区—

佐藤 等

瀬戸内島嶼部地域は、温暖な瀬戸内海気候を利用したみかん栽培が盛んである。しかし、これらの地域は、寡雨地帯にあること、及び地形が急峻なことから自己水源の確保が困難であるため、早魃、台風時の塩害等の被害にさらされている。本報文では、畑地帯総合整備事業大下島地区の、自己水源開発手法(承水路兼用農道を利用した雨水集水)、集水利用計画の策定手法及び事業の実施状況を紹介する。

(水と土 第119号 2000 P.15 企・計)

畑かん用水の実証調査について

池畑 兼太郎・鈴木 浩之

霞ヶ浦を水源とする畑地かんがいを計画している霞ヶ浦用水農業水利事業では、用水の安全性を実証し畑地かんがいを普及するために試験ほ場を設置し、数千年にわたって試験栽培等を実施してきた。そのうちの一つである安静地区の試験結果について内容を報告する。

(水と土 第119号 2000 P.24 企・計)

河川生息魚介類等に配慮した魚道の設計

立野 勝

近年、自然環境に対する社会的関心が高まっており、頭首工の築造に伴う河川生息魚介類に対する影響が懸念されるところである。特に河川食物連鎖の頂点に立つと言われる河川生息魚介類への細心の配慮は、技術者として当然となっている。

このため、八乙女頭首工の実設計に当り、生息魚介類等に配慮した魚道の形式、構造の検討を行ったものであり、その概要を紹介するものである。

(水と土 第119号 2000 P.33 設・施)

大島ダムの施工管理について —暑中コンクリートの打込み温度対策—

山本 六兵衛・林 繁一
吉弘 勝太郎・河内 和博

コンクリートの打ち込み温度を守るにあたり、通常行われている練り混ぜ水の冷却や夜間打設のみでは、これを達成することが困難であると考えられたため、コンクリート練上り温度の低下に効果的な骨材を簡便な設備で冷却することにより打ち込み温度の規制を守ることとした。本報文は大島ダムで実施してきたダムコンクリートの打込み温度対策としての骨材管理について報告するものである。

(水と土 第119号 2000 P.45 設・施)

下蚊屋ダムにおける遮水材の変更について

大林 由明

下蚊屋ダムの遮水材はロームと凝灰角礫岩の混合材を使用し、平成9年8月より盛立を開始したところであるが、品質管理基準値を満足しながらも転圧時にウェーピング等が発生し以降の盛立に不安を残したことから、材料の変更について検討を行った。

その結果、現場で採取可能なマサ土を加えることにより施工性を改善でき盛立は順調に進歩しているところである。本報文では遮水材変更の検討経緯と含水比の調整方法について報告する。

(水と土 第119号 2000 P.55 設・施)

木之川内ダム仮排水路工事における トンネル坑口対策について

植野 栄治・熊谷 光夫

国営都城盆地地区において、平成9年度から施工中の木之内ダム仮排水路トンネル工事では、坑口部において緩い未固結しらす等が分布するとともに、地下水位が高くトンネル掘削が困難な状況にあった。このため、ウェルポイント工法等の地下水低下対策及びパイプルーフ工法等のトンネル掘削補助工法を採用することにより掘削を無事終えることができた。本稿ではこの坑口対策の検討内容や施工状況等を紹介する。

(水と土 第119号 2000 P.64 設・施)

ため池漏水防止のためのグラウト注入材の検討

山下 恒雄

ため池は古くから築造され、多くが老朽化し、漏水を起こしている。そのため、漏水防止を目的とした新しいグラウト注入材(アスファルト系、超微粒子セメント系)を使った工法で、止水効果を基礎試験や、グラウト施工を行った盛土に造成した貯水池の漏水試験などで確かめた。この結果、新しいグラウト注入材は、今後のため池改修に利用できる。

(水と土 第119号 2000 P.72 設・施)

<歴史的土壌改良施設>

日本で一番美しいダム「白水ダム」

加藤 和夫

大分県竹田市と荻町にまたがって築造された「白水ダム」は、昭和13年に完成した越流式重力式ダムである。

このダムは、合理性だけでなく美しさを兼ね備えた建造物で、昔から「ダムの芸術品」として語り継がれてきた。大分県を代表する歴史的土壌改良施設であり、現在も富士緒井路土地改良区が管理しているれっきとした現役の水利施設である。

平成11年5月13日に文部省から貴重な歴史的遺産として国の重要文化財に指定されましたので、ダム建設の歴史的背景や文化財としての評価等について報告する。

(水と土 第119号 2000 P.78 企・計)

<技術情報紹介>

土地改良事業設計指針「ため池整備」のポイントについて

寛 直樹

本報文では、この度制定された土地改良事業設計指針「ため池整備」の内容のうち、ポイントとなる事項につき紹介する。

同指針は国営ため池改修工事の設計資料として制定されたものであるが、従来から主に補助事業で用いられてきた「老朽ため池整備便覧」の技術解説部分との整合を図っており、広く一般のため池改修工事の設計において参考となるような普遍性を有したのものとなっている。

(水と土 第119号 2000 P.83 企・計)

農業のリサイクル

宮本 泰行*
(Yasuyuki MIYAMOTO)

はじめに

前々から、西暦二千年にコンピュータの誤作動から、近代的な筈であるシステムに混乱が起きると危惧されていました。キリスト生誕から数えて第二ミレニアム最期の年に当たりますが、最近の度重なる重大事件、猟奇犯罪、不祥事の発覚は世紀末のイメージに重なるようでもあります。

バブルの崩壊から十年になり、大手銀行の倒産による混乱は収まったようですが、相変わらず経済は低迷を続け、若者の就職難を深刻にさせています。これから企業のリストラが本格化して、土地に依存した経済の総決算が始まるとマスコミから煽られています。少子化や成長の限界が囁かれ、何か閉塞感らしき雰囲気漂っています。書店には過去を慮った歴史小説が並び、先日も、第一線からは退いた、好い加減な年輩の男性が少し真剣な顔つきになって、司馬遼太郎氏の本を一抱えも書棚から掻き集めていました。歴史に公式記録があるのかどうか、様々に準えるのは自由ですが、それでいて結果に裏切られる心配がありません。

農業と資源循環

百年を遡る1900年は日清戦争から6年後の明治33年になり、海外の知識を吸収して産業の振興と軍備の増強に励んでおり、帝政ロシアとの関係が深刻さを増していました。結局、半世紀後には大きな挫折から再出発をしましたが、相変わらず西洋志向は引き継がれています。西欧社会が抛り所になり、美しいドイツやイギリスの農村も憧憬を以て眺められています。過去の日本の姿となると時代劇が思い浮かびますが、生活習慣や人の繋がりは却って身近に感じられ、改めて文化を問い直してみるのも面白いかと考えます。

一世紀余りも追い駆けて来た、近代社会の行き着いたところが、結果として水、大気、土壌等の環境汚染が拡がり、地球の温暖化や無尽蔵とも思われる廃棄物など、未来を描くのは難しくなっています。嘗ての農業生産に依存する社会にあっては、生活の便利さに欠けましたが、大気や水を介して自然界は変化を繰り返す、滞ることもありませんでした。農村社会はリサイクルの輪を完成させていた訳です。因みに、原風景とでも言える農村の過去を辿って行くと、社会が安定していた江戸時代の初め頃に行き着くように思われます。漸く大河川の灌漑・治水事業に手が付けられ、用排水路が出来上がると大地に鍬が降ろされ、土地利用の概要はこの時期にほぼ完成をされます。人や物資の行き来が盛んになり、幕府が開かれた江戸は百万を超える世界有数の大都市になります。この頃、西洋の都市では伝染病の蔓延に悩まされますが、日本では排泄物が畑作の貴重な肥料になり、街中は清潔に保たれていました。幕藩体制は約三百年の驚異的な長さの歴史を刻みますが、限りある資源をリサイクルや循環利用して節約できたことが、幾分かはその存続に貢献したと想像されます。嘗て日本と西欧とは互いに影響を受けることなく、古代、中世の社会を歩み、近世に至って幾分、違った方向に踏み出します。西欧が海外交易を求めて狂奔したのに対し、日本は秩序と規律による国内の平和を得て、独特な町人文化が生まれています。まあ、惨憺たる朝鮮出兵や金・銀鉱山の枯渇から国力の限界が明らかになり、国内に止まること決意したのかも知れませんが。この時期から開墾に凄まじいエネルギーが注がれ、山間の僅かな未開地にまで入り込み、屢々洪水や土壌流亡

*東海農政局建設部長

を起こしています。時には下流の町や村を埋め尽くし、やがて過剰な開墾に禁止令が出されます。自然の力に抗し切れなかった水田やため池は山林原野に戻されます。以後、明治に始まる大排水の開削や戦後の大規模な農業土木事業による新機軸もありますが、江戸初期に完成された水利事業の系譜に続くように思われます。

東海地域の農業

東海地域では明治用水を初め、戦後の愛知用水等の大規模な利水事業が計画され、先進的な農業経営を取り入れ、食料の増産と合わせて生産性の向上が図られて来ています。しかしながら、都市周辺では混雑化により農地のスプロール化や農業用水が汚濁し、中山間地域では過疎化・高齢化が進んで未耕作地や農地の荒廃が広がり、新たな問題が提起されています。近年、冷戦の終結が契機となって世界のグローバル化や農産物の自由化が進み、嘗ては農家の所得を保障していた米価の意味は失われ、農業・農村を取り巻く状況も急速に変化しています。昨年、農政改革大綱に沿って農業基本法を改正して、「食料、農業・農村基本法」が制定され、新たな歩みが始まりました。これまでの生産性の向上や経営の近代化とあわせ、新たな基本法では「国民の視点」に立ち、食料の安定確保、多面的機能の発揮、農業の持続的発展、農村の振興が掲げられています。取り分け、食糧の確保と合わせて農村の有する多面的機能が法律に規定され、これまで農業・農村整備事業の進めて来た方向が改めて示されました。更に、基本法に則り、土地改良法の検討が始まり、農業関係者や各方面から大きな期待が寄せられています。管内でも市町村、土地改良区等との懇談会や意見交換会が開かれ、維持・管理等の切実な要望が出されたところです。東海地域は名古屋市を中心として都市的な発展を遂げ、又、都市からの需要に応じた、酪農、果樹・野菜、花卉等、先進的な農業が展開されております。全国平均と比べて各農家の面積は小規模ですが、施設型の農業が広く展開され、労働や土地の生産性は高い訳です。又、岐阜、三重県の中山間地域にあっては、道路整備や農地造成により基盤が整備され、気候や地理的な優位性を生かして新鮮な野菜、果樹、花卉を出荷しております。生産を支える主要な農業地域では生産の基盤となる用・排水施設の一次整備が済み、二期、三期の国営事業として施設の改修・改築が実施される状況にあります。既に都市化の波が農業用々・排水路の周辺に及んでおり、宅地に転用されて農地面積が減少し、用水路の水質汚濁も著しく、用地の制約もあってパイプライン化が進んでいます。今後、残される水路空間の整備手法や水路の多面的機能の発揮等、地域社会との連携や共存が求められています。これからの高齢化や人口の減少が確実な状況にあって、農地の有効な利用を図るためには、流動化や集積による規模の拡大や高付加価値化が不可避になります。都市的な地域にあっては、生鮮食料品を始め、より農産物への市場のニーズは大きく、土地利用の競合を調整し、生産の自由度を高めて消費者のニーズに対応する必要があります。又、地形条件が不利な中山間地にあっては、地域の特性を生かした営農が展開され、農業の有する多面的な機能が発揮されるよう行政からの支援が求められています。

おわりに

農業用の施設は幾度となく改修され、これからも時代のニーズに応じて続けられるに違いありません。今日では、大規模な取水堰やダム等が建設されておりますが、施設の機能からは変わることが少なかった、殆ど無かったように思われます。農業は大気と大地との循環の経過であり、又、リサイクルされ続けている産業でもある訳です。

瀬戸内海島嶼部の集水利用計画事例

—畑地帯総合整備事業大下島地区—

佐藤 等*
(Hitosi SATOH)

目 次

1. はじめに	15	4. 事業の実施状況	22
2. 自己水源開発手法	15	5. 今後の課題	22
3. 集水利用計画	16	6. おわりに	23

1. はじめに

大下島は、愛媛県関前村三島の一つで、面積約150ha、世帯数86戸、人口187人の瀬戸内海に浮かぶ小さな離島である。島へのアクセスは一般的に村営フェリーに頼っており、今治を出港した後、途中、平成11年5月に全線開通した「瀬戸内しまなみ海道」の来島海峡第三大橋の桁下を通り抜け、40分程で到着する。(図-1) 参照

島の地形は、南北方向に標高150m程の尾根が連なり、それを頂として東西に平均30度の急斜面となっている。斜面には樹園地が広がり、その面積は67haで島の面積の約半分を占める。気候は温暖な瀬戸内海気候で、年間降水量が1,100mm余りの寡雨地域である。島の基幹産業は農業であり、特に温州みかんが主要農作物となっている。しかし、近年の厳しい農業情勢の中で農業従事者の高齢

化・後継者不足等の問題が深刻化しており、農業の弱体化が進行しているが、他に頼るべき産業はないことから、農業振興を図るため農業農村整備事業を積極的に実施している。

大下島では、農業用水は全て天水に頼っており、防除用水等は降雨時の逕流水をコンクリート水槽・ポリタンクにためて使用しているが、島の地形が急峻であることから雨水の有効利用は困難である。また、夏場の渇水期には広島県から水を購入して使用するため、経費・労力がかさみ農業経営を圧迫している。さらに、平成3年9月に襲来した台風19号は、その強風によって塩害を起し、ほとんどの樹園地で落葉・立ち枯れの状態となった。除塩用水があれば被害を大幅に軽減できたと考えられることから、用水不足が悔やまれる結果であった。しかし現在では、農家のみかん作りに対する熱意によって、改植した果樹も成長し、樹園地は徐々に元の姿に戻ってきている。

このような経緯から、村・農家の要望を受けた愛媛県では、平成5年度から大下島地区において畑地帯総合整備事業を実施し、農業用水を確保するための集水利用施設の整備を行っているところである。

本報告文では、自己水源開発が困難な瀬戸内海島嶼部の集水利用事例として、大下島地区の自己水源開発手法、集水利用計画、事業の実施状況、今後の課題について報告する。

2. 自己水源開発手法

島嶼部の水源開発手法は、自然条件と水源開発

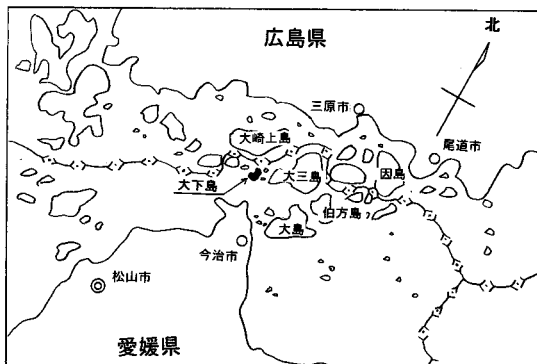


図-1 位置図

*愛媛県今治地方局第二土地改良課 (Tel.0898-23-2500)

の目的によって手法が異なる。例えば沖縄や周辺の南西諸島では地質的に透水性の良い石灰岩であるため、表面流水を取水することが困難であることから、地下ダム方式が採られている。大下島と自然条件を同じくし、水産飲雑用水確保を目的とする愛媛県中島町の津和地島では、施設建設費・水質保全等を比較検討した結果、トンネル貯留方式が採られている。

大下島地区の場合は、地形が放射状で降雨が直接海に流出し沢が発達していないため、貯水池を作っても直接流域のみでは必要な用水を確保することは難しい。そこで、本地区では、島の中腹部を鉢巻き状に取り囲むよう設けられた農道を承水路と兼用して利用し、農道より上部に位置する66haの区域への降雨による流出水を集め、集水管路を経由して貯水池に貯留する方式とした。貯留池は、利用目的が農業用水であること、貯水池サイトにて築堤材料を確保できることよりフィルダム(ため池)とした。詳細については集水利用計画の中で述べる。(図-2)(図-3)参照

3. 集水利用計画

本地区の特徴は、①限りある雨水という自己水源を開発することとし節水かん水としたこと ②集水方式として中腹にある既存農道を活かし、施設の有効利用を図ったことである。なお、説明は図-4の集水利用計画の策定手順に従い進める。

(1) 基本計画の策定

①計画基準年の決定

計画基準年は、10年に1回の渇水年とし、非超過確率計算より昭和52年(1977年)とした。ただし、大下島には長年にわたる降雨観測記録がないため、比較的類似した気象条件である愛媛県大三島のデータを使用した。

②かんがい方式の選定

かんがい方式は、節水かんがいとするため局所的なかん水が可能であるホースかんがい方式とした。

③用水計画諸元の決定

島内の樹園地面積は67haであるが、受益地としては特に優良な樹園地50haとした。かん水量については、節水かんがいとすること及び高品質みかんの生産を考慮し、愛媛県果樹試験場の「高品質果樹生産の手引き」により、夏期において間断日数は7日で1樹体当たり50リットルを根本に注水する。これを1日当たりかん水量に換算すると7.14リットル/日/本となる。

④水需要量の算定

年間水需要量については、月別に定めた計画日消費水量及び有効雨量を考慮して、圃場における純かんがい水量を算定する。これをかんがい効率で除して月別需要量を算定し、更に年間を通じて積算したところ、粗用水量は39,500m³となった。なお、かんがい効率については、ホースかんがい

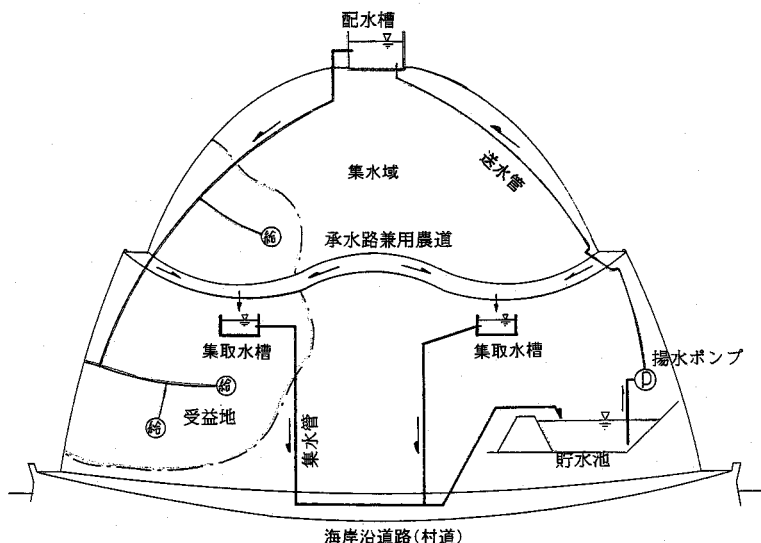


図-2 集水利用組織模式図

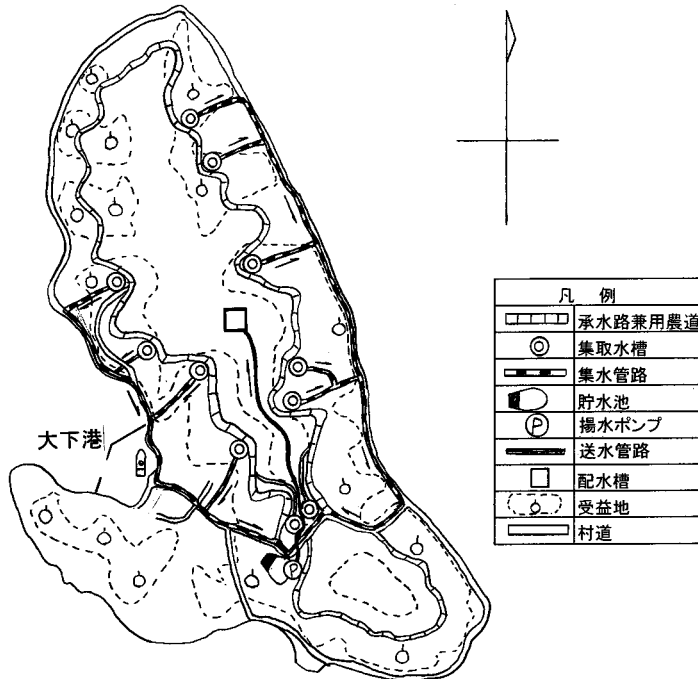


図-3 集水利用施設配置図

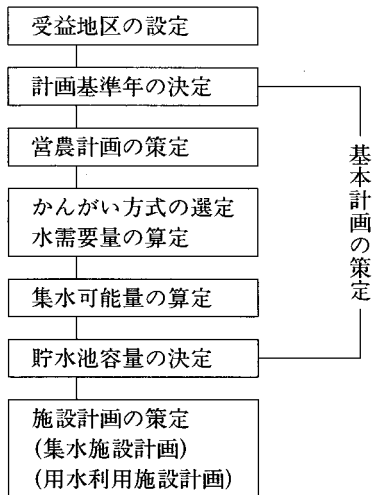


図-4 集水利用計画の策定手順

方式であるため0.85とした。

⑤集水可能量の算定

集水可能量は集水域の降雨強度に集水面積を乗じ、これに流出率及び集水効率を乗じて求める。降雨強度は、集水区域が急斜面で流出時間が短いことを考慮して10分間流出量で検討し、 $R_{10} = 2 \text{ mm}$ とした。

集水面積については、斜面中腹部の承水路兼用

農道を集水施設として利用することから、農道上部の斜面が間接流域となり、直接流域と合わせ75 haの集水面積となる。

流出率の算定は、集水可能水量の算定で問題となるが、本地区の場合「山林における降雨別流出率」(表-1)を基にし、更に「流出の頂点時におけるわが国標準流出率」(表-2)を参考として、累加降雨量-流出率算定表(表-3)を作成した。さらに、利水のための流出量の推定となるため、安全を考慮してすべての一連降雨から初期損失5 mmを差し引いた後、(表-3)より流出率を求め、集水可能量を算定した。

表-1 山林における降雨別流出率(佐藤)

一連降雨 (mm)	10	20	40	60	80	100	120
流出率 (%)	7	12	20	27	32	38	43

注：流域面積28.3km²、標高180~890m、昭和29~34年の観測の平均値

表-2 流出の頂点時におけるわが国標準表面流出率(野満)

流域状況	比較的平らなよく開墾された畑地	主として緩傾斜で森林の多い土地	山腹で森林の少ない土地	裸地
表面流出率 (%)	30~35	35~45	45~55	55~60

表-3 累加降雨量-流出率算定表

累加降雨量 X (mm)	$X < 10$	$10 \leq X < 20$	$20 \leq X < 40$	$40 \leq X < 60$
流出率 Y (%)	$Y = 9/10 X$	$Y = 6/10(X - 10) + 9$	$Y = 10/20(X - 20) + 15$	$Y = 9/20(X - 40) + 25$
累加降雨量 X (mm)	$60 \leq X < 80$	$80 \leq X < 100$	$100 \leq X < 120$	$120 \leq X$
流出率 Y (%)	$Y = 6/20(X - 60) + 34$	$Y = 8/20(X - 80) + 40$	$Y = 6/20(X - 100) + 48$	Y = エラー

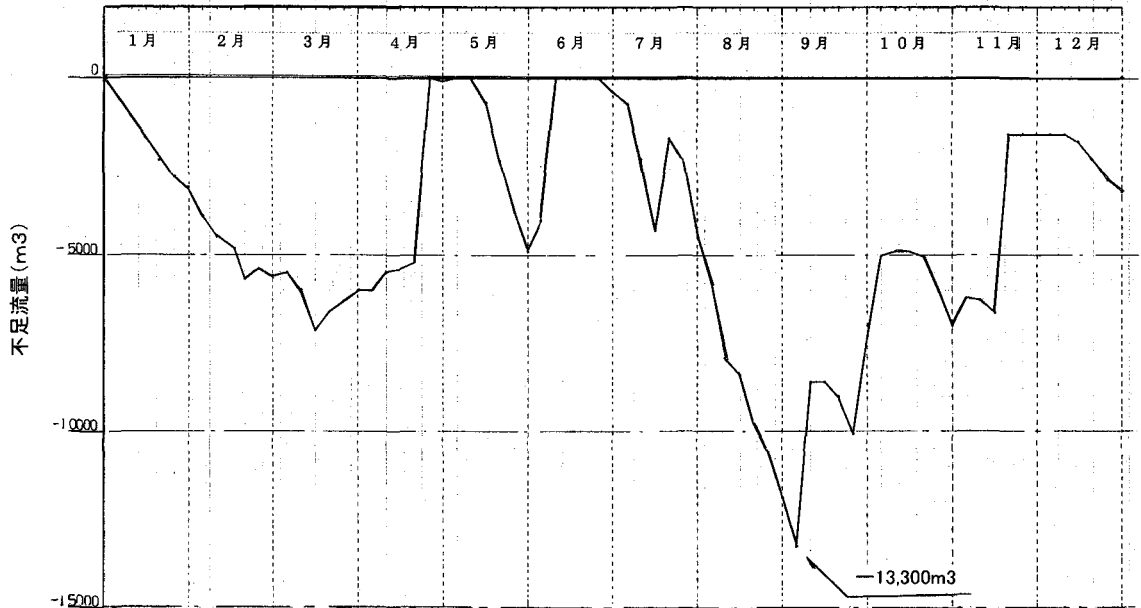


図-5 年間最大不足水量 (貯水池の水収支)

⑥貯水池容量の決定

貯水池容量は、計画基準年の水収支における年間最大不足水量とし、累積不足量が最大となる、13,300m³とした。(図-5) 参照

また、貯水池内の堆砂については、「土地改良事業計画設計基準計画農地開発」を参考に、年間平均流亡土層厚を1mm程度として流亡土砂量を算定し、これに集取水槽等による減少効果を考慮し、流亡土砂量の20%を堆砂量として1,500m³とし、貯水池容量を15,000m³とした。

(2) 施設計画の策定

①集水施設計画の策定

集水施設は、集水域、集水施設及び水源施設が有機的に結びついてその機能を発揮するため、一体的な整備が望ましい。本地区の場合は、集水利用計画策定時において、集水施設となる農道(団体営土地改良総合整備事業及び県営農地保全整備事業)の殆どが完成しており、集水計画は、既設農道の縦断勾配に基づいて策定した。

本地区の集水施設の配置については、(図-2) (図-3) 参照。

・承水路

本島斜面の中腹に、他事業により施工されている幅員3.0mの農道を承水路としも利用する。施設の標準断面を(図-6)に示す。

・集取水槽

本施設は、承水路の各集水点に集まった雨水を取り入れた後、計画集水量を集水管路に送水するため、集取水、流量調整及び洪水・土砂吐等の機能は重要である。また、承水路から土砂・落葉等の塵が直接流入するため、その対策がポイントになる。

集取水槽は11の集水点に設置され、構造は機能発揮のため沈砂槽、余水槽、集水槽、取水槽の4層構造としている。また、各集水地点に設置される集取水槽の流量調整部の水位を同水位とし、取入水路への送水機能の安定を図ることとした。

(図-7) (写真-1) 参照

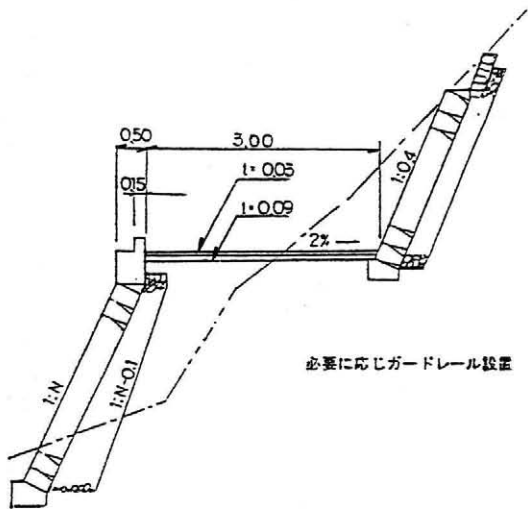


図-6 集水施設（承水路）標準断面図

・集水管路

この施設は、計画流量を集取水槽から貯水池へ送水するものである。通水ルートについては、施設工事費、水理性、施工性の面からいくつかの方法を比較検討した結果、管水路を集取水槽から海岸付近まで縦配管し（支線管路）、これを海沿いに走る村道に埋設した幹線管路に接続し、ダムまで送水する方法とした。

また、東部集水幹線の途中に凸部があり、1本のオープンタイプの管水路にすると吐出圧が大きくなって、管路内で水柱分離及び凸部が空気溜まりとなる恐れがあるため、凸部に調圧水槽を設けた。

なお、海岸道路部に埋設するダクトイル管については、海水による腐食を防止するため、ポリエチレンスリーブにて被覆した。（写真-2）参照

・貯水池

ダムの位置は、地形条件及び集水方式から、集水施設流域の最下流部が望ましい。このことから、人家がなく緩斜面地形を有する大下港南東0.5kmの地点とした。

貯水池形式については、地質調査の結果を参考に、地盤に与える応力が小さく基礎地盤に対する適応の中が広いフィルダムタイプとした。

なお、現況基礎地盤（礫混じり粘土）については、現場透水係数が $K=2.5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ で半透水性地盤であることから、浸透量抑制対策工が必要となるが、本地区の場合、掘削土を不透水性材料

として利用できるため、施工が容易で経済的な不透水性プランケット工法を採用した。浸透量計算の結果、プランケットは池底掘削底面全体に厚さ1.0mを施工することとした。（図-8）（写真-3）参照

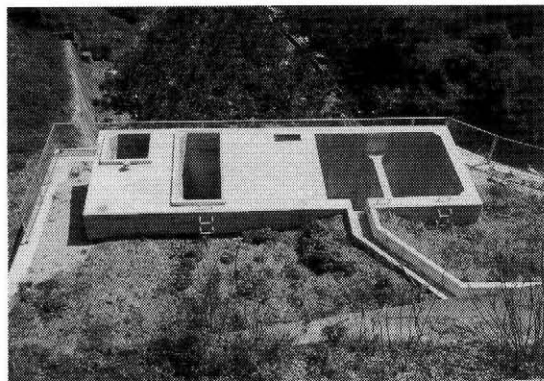


写真-1 集取水槽本体内工

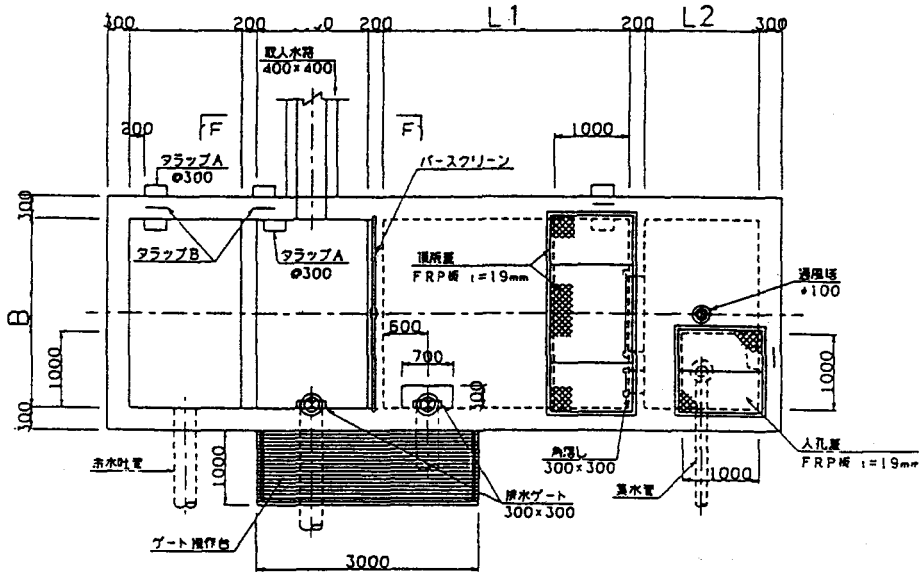


写真-2 集水管（ポリエチレンスリーブ被覆）埋設状況

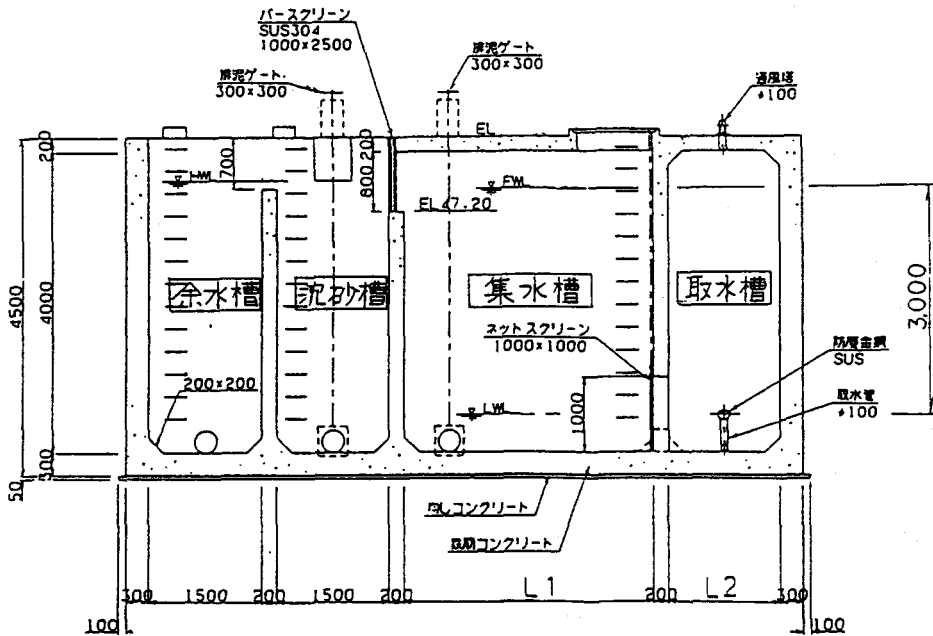


写真-3 貯水池全景

平面図

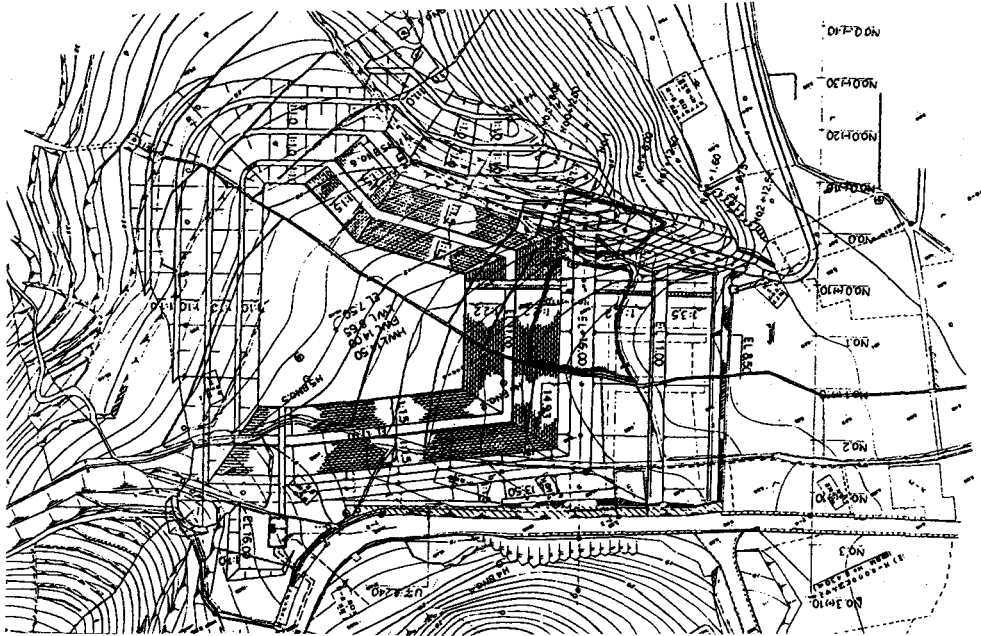


断面図

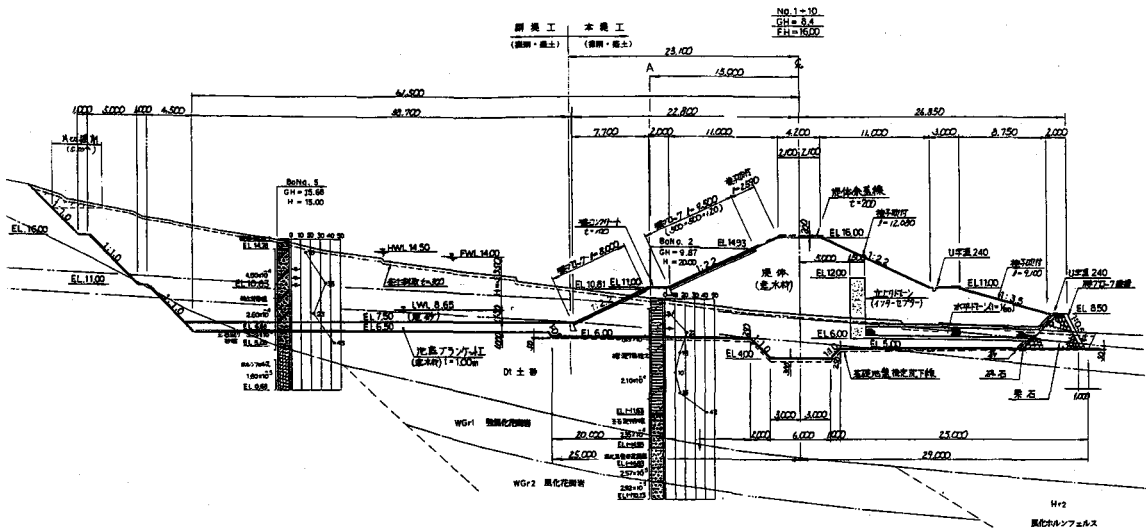


図一 集取水槽平面・断面図

平面図



断面図



図一 貯水池平面・断面図

表-4 フィルダム形式選定要素

要素	均一型	ゾーン型
堤高	30m程度以下	特に制限なし
堤体材料	不透水性材料	不透水性材料 半透水性材料 透水性材料
ダムサイトの地形	特になし	アバットメントが急傾斜の場合は、中央遮水ゾーンが有利
ダムサイトの地質	土質基礎の場合が多い	岩盤基礎の場合が多い
気象	寒冷地、多雨地域には不利	寒冷地、多雨地域では遮水ゾーンの薄いものが有利
貯水池の運用計画	水位急低下に不利	水位急低下の場合、傾斜遮水ゾーン型は不利

② 用水利用施設計画の策定

用水利用施設は、集水施設より確保された用水を地区内に効果的に送水し、末端圃場にかんがいするためのものである。

本地区の用水利用施設の配置については、(図-2) (図-3) を参照。

・揚水ポンプ

本施設は、貯水池に貯留した用水を山頂付近に設置される配水槽に送水するものである。計画最大送水量は、計画基準年における期別必要揚水量の内、最大水量に基づいて決定し $471\text{ m}^3/\text{日}$ とした。また、ポンプは、ピーク時には24時間フル稼働することから、ピーク時単位計画最大送水量は、 $0.327\text{ m}^3/\text{min}$ とした。一般に、ポンプ設備の故障等に対する危険分散を考慮することから、本地区でもポンプを2台設置とし、1台当たりのピーク時単位計画最大送水量を $0.164\text{ m}^3/\text{min}$ とする。

また、ポンプ形式は、全揚程が 171.0 m となることから、高揚程陸上多段渦巻ポンプ($\Phi 40-11\text{ kw}$)とし、送水管の管径は 100 mm となった。

・配水槽

本施設は、送水幹線と末端の配水施設をつなぐ緩衝部としての役割がある。

配水槽容量の決定については、①末端かんがい時間(12時間)と送水管通水時間(24時間)の時間差調整容量 ②末端使用水量の変動調整容量 ③ポンプ運転制御容量 ④塩害対策必要容量の検討を行った。①~③で算定される配水槽容量は約 350 m^3 となるが④の塩害対策より求まる容量は $1,500\text{ m}^3$ となり、通常時は④の容量で他の必要容量をカバーできることから、配水槽容量を $1,500\text{ m}^3$ とした。

配水槽の形式としては、RC構造、PC構造が考

えられるが、地形条件、施工性、水槽規模、施設工事費を比較検討した結果、PC構造を採用した。

・末端かんがい施設

末端かんがい施設は節水が可能なホースかんがい方式とした。この方法は、給水バルブに 30 m 程度のホースを接続してかん水を行う方法で、給水栓一個の支配面積は、 20 a 程度とした。給水栓位置での必要動水頭は、ホースの損失水頭約 10 m を考慮し 20 m 確保することとした。

本地区の用水利用システムについては(図-9)参照。

4. 事業の実施状況

本事業は平成5年度に着手し、集水利用施設工事については平成8年度から着工している。進捗状況は、平成9年度末に貯水池が完成し、現在、東部の集水施設(集取水槽、集水管路)工事を進めており、本年度末には貯水池への送水が可能となる予定である。今後は、西部の集水施設と用水利用施設の整備を進め、末端給水栓からの水利用を早期に実現したいと考えている。

なお、本年度は梅雨時期に降雨が多かったことより、直接流域からの流入水により初めて満水となり、夏場の渇水時には貯水池の水が利用され、旱魃による被害防止に効果を上げている。農家の方々からは「島にダムができて助かった。早くみかん園で水を使えるようにしてほしい。」との言葉をいただき、自己水源となる貯水池が島にあることによる農家の安心感と、この事業に対する期待の大きさを痛感しているところである。

5. 今後の課題

下下島地区の集水利用システムを適正に機能さ

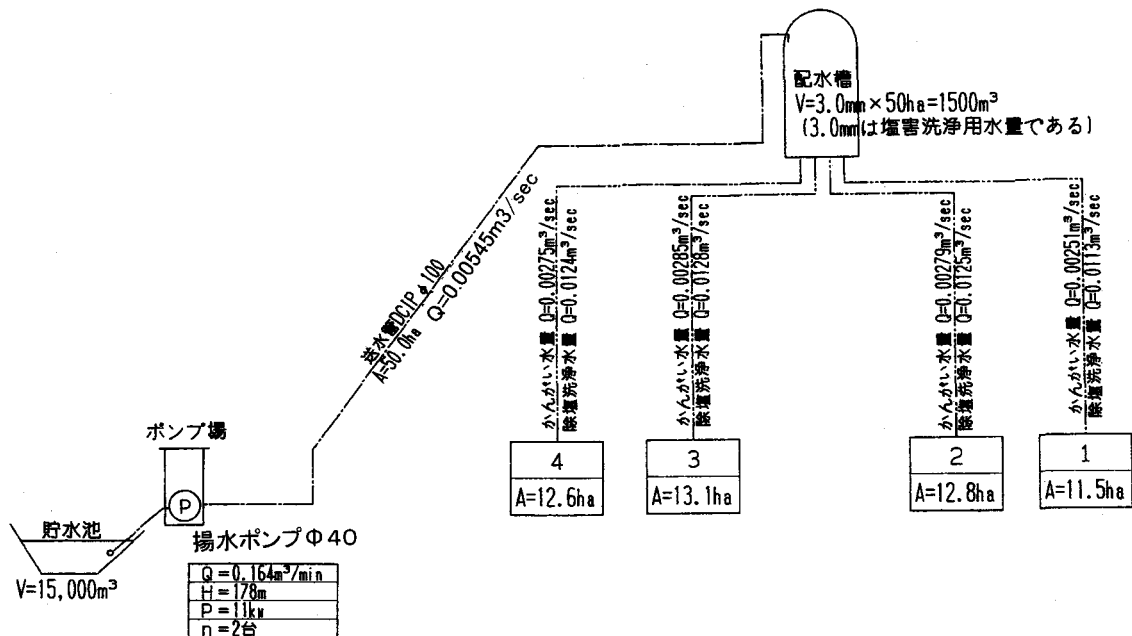


図-9 用水利用システム図

せるには、集水利用施設の日常の維持管理及び緊急事態時に対応できる管理体制が必要となる。集取水槽を例にとると、承水路兼用農道から雨水を直接取り入れるため、土砂、塵等の定期的な排除作業が必要となる。また、台風等の大雨時には、点検見回りと水槽への取り入れゲート操作等に速やかに対応する必要がある。こういったことから、現在、事業推進委員会が中心になって畑地かんがい施設の適正な利用と、集水利用施設の維持管理を目的とした水利組合の設立を進めている。

さらに、集水機能を維持するには集水域の維持管理も大切である。特に本地区の場合、島の面積の約半分が集水域となるため、みかん園地からの土砂流の防止等、園地・背後地の管理が必要である。

さて、大下島の主要作物は自然条件に適した露地みかんであるが、本事業によって自己水源が確保されたことにより作物選択の自由度が広がることから、島の一部平坦地活用による農業従事者の高齢化を踏まえた営農、及びハウスみかん等の高生産性作物の導入など新たな農業展開が期待できるものと考えている。

6. おわりに

本地区の集水利用事例は、瀬戸内海島嶼部はもちろんのこと条件を同じくする地域の参考としていただければ幸いである。ただし、集水利用は集水域、集水施設、水源施設が有機的に結びついて効果を発揮するため、一体的な整備が必要であり、その一部施設を他事業で計画されている場合は十分な事前調整が必要である。また、既存の雨水の流れを変えることになるため、受益者はもちろんのこと地域全体の理解と協力が必要となる。

最後に、本地区の集水利用計画の特徴である集水方法、集水施設規模の決定方法についてご指導をいただいた愛媛大学農学部水資源工学研究室的の福島忠雄教授に対し、深く感謝するものであります。

参考文献

- 1) 近田昌樹：急傾斜樹園地集水利用システムについて、平成5年度農業土木学会中国四国支部講演会要旨、182頁～184頁
- 2) 五百木啓三：愛媛県大下島の自己水源開発事例、瀬戸内海島嶼部地域の自己水源開発（平成11年度雨水資源化システム学会シンポジウム）、21頁～24頁

畑かん用水の実証調査について

池 畑 兼太郎*
(Kentaro IKEBATA)

鈴 木 浩 之*
(Hiroyuki SUZUKI)

目 次

1. はじめに	24	4. 安静地区畑かん試験ほ場	26
2. 霞ヶ浦用水農業水利事業の概要	24	5. 試験結果の概要	28
3. 霞ヶ浦の水質	24	6. おわりに	31

1. はじめに

霞ヶ浦用水農業水利事業は昭和55年度に着工し、水田を主な受益地とする一期事業を平成4年度に完了し、昭和63年からは順次通水をおこなってきています。現在は畑地かんがい主眼を置いた二期事業を平成16年度完了の予定で実施しています。

しかし、水源である霞ヶ浦は富栄養化しており、用水の水質に対する心配（かん水施設が目詰まり、アオコの作物への付着及び臭いによる品質低下等）が一部の農家から提起されたことから、用水の畑かん利用の安全性を実証し畑地かんがいを普及するために試験ほ場を設置し、数カ年に渡って試験栽培等を実施してきました。特に、霞ヶ浦の原水と地下水、浄化处理水など数種類のかんがい水により比較栽培試験を実施した安静地区の試験結果がまとまりましたので、その内容を報告します。

2. 霞ヶ浦用水農業水利事業の概要

霞ヶ浦用水農業水利事業は、茨城県西南部の下妻市ほか21市町村の水田10,930ha、畑および樹園地8,720ha、合計19,650haの農地に最大17.8m³/sの農業用水を供給するものです。

当地域には、茨城県全耕地面積の約3分の1の農地が賦存し、首都圏大消費地に隣接する優良農業地帯として発展してきましたが、年間降水量は全国平均の3分の2と少なく、しかも降水分布が不均一なため、歴史的にもしばしば干ばつ被害を

繰り返してきました。これらの背景から、新たに安定水源を霞ヶ浦に求め、用水系統の整理統合とかんがい用水の補給を行うとともに、一部の地域において地盤沈下の原因となっている地下水依存からの転換を図ることを目的としています。

事業の内容としては、霞ヶ浦町地先の霞ヶ浦揚水機場から筑波山をトンネルで通過し、鬼怒川に至るまでの基幹線（54km）を水資源開発公団が施工し、鬼怒川横断から東山田調整池までの基幹線（17km）、幹線水路（203km）、調整池6ヶ所、揚水機場9ヶ所などの施設を国営事業で施工します。さらに各地区への配水施設は県営及び団体営事業で施工します。

3. 霞ヶ浦の水質

霞ヶ浦は、琵琶湖に次いで大きな湖ですが湖面積に比べて水深が平均4mと浅く、また湖水の交換日数が200日もかかる停滞水域であり、その自然条件から水質が汚濁（富栄養化）しやすい湖です。

茨城県では、毎年霞ヶ浦の水質を測定して県環境白書等に公表していますが、最新のデータでは、平成10年度の年間平均値でCODが7.9mg/l、全窒素が1.1mg/l、全りんが0.097mg/lとなっています。水質汚濁の指標となるCODの経年変化を見ると昭和53年から54年にかけて10mg/lを超える高い数値となりましたが、その後改善され、ここ数年は7～8mg/lの横ばい状態です。

昭和30年代の水質はCODで4mg/l程度で推移していましたが、その後、高度経済成長期の流域の開発、人口の増加により負荷量が増大したこ

*関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事務所 (Tel.0296-43-5131)

霞ヶ浦用水地区概要図

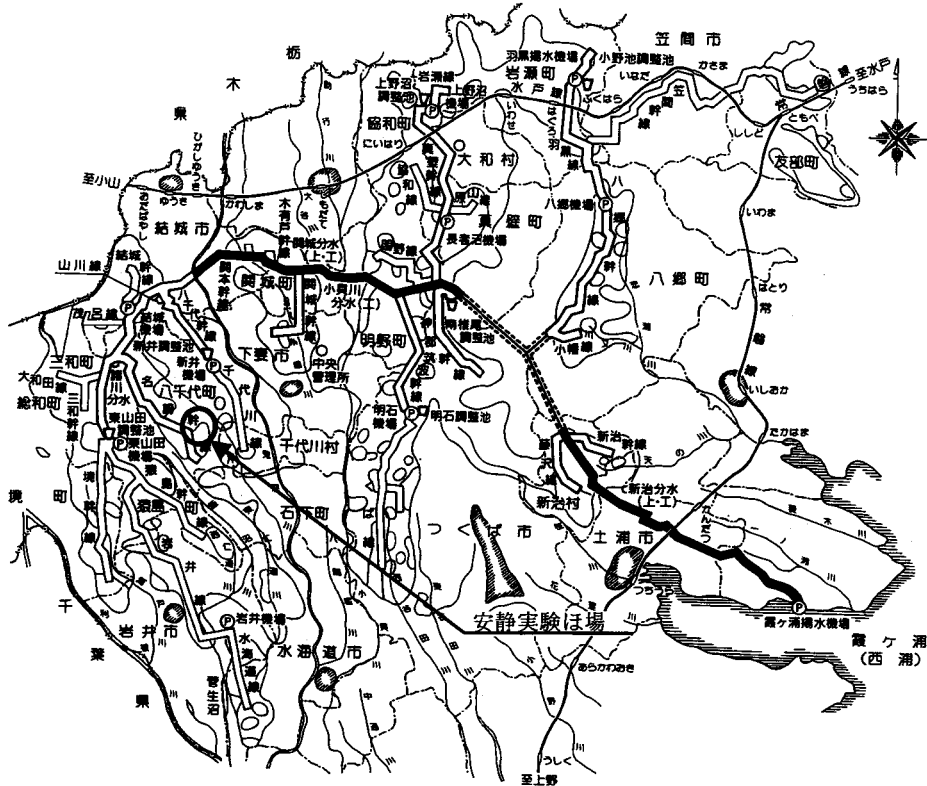


図-1 地区概要図

CODの経年変化 (単位: mg/l)

水域 \ 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
霞ヶ浦(西浦)	7.5	7.8	7.0	7.8	8.4	8.7	9.0	8.9	8.6	7.6
北浦	6.9	7.3	6.3	6.8	8.1	8.0	7.4	7.4	7.9	8.0
常陸利根川	7.0	7.6	6.9	7.4	8.1	8.4	8.1	8.0	8.5	8.6
平均	7.2	7.6	6.8	7.4	8.2	8.5	8.4	8.3	8.4	7.9

備考(表2, 3も同様)

1. 各水域の数値は、各水域における環境基準点ごとの年間平均値を平均した値である。
2. 平均は、環境基準点(8地点)ごとの年間平均値を平均した値である。

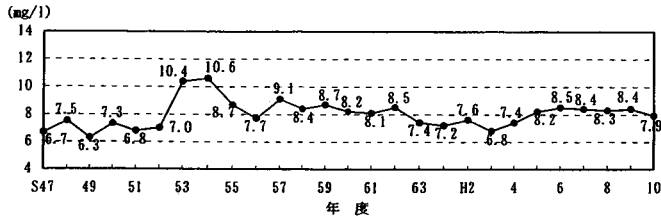


図-2 CODの経年変化(全水域平生き)

とにより、昭和40年代後半にはCODで7mg/l台となり、富栄養化が進行しました。水質汚濁を象徴するアオコも大量に発生し、社会問題化してきたため、「茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例」(通称「霞ヶ浦条例」)が昭和57年に施行され、官民あげての浄化運動が行われてきました。その後、流入河川の水質は改善されてきており、

アオコの発生もここ数年は沈静化していますが、環境基準(CODで3mg/l)の達成にはまだ相当の時間を要すると思われます。

農業用水の水質基準と比べると、基準値(CODで6mg/l)をやや上回る数値となっていますが、問題が生じるレベルではなく、すでに約19,000haの水田で霞ヶ浦の水が利用されています。

水域 \ 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
霞ヶ浦(西浦)	1.2	1.1	1.4	1.0	1.2	0.98	0.96	0.91	0.89	1.3
北浦	0.77	0.83	1.2	0.81	0.92	0.95	0.71	0.68	0.77	0.84
常陸利根川	0.83	0.85	1.1	0.89	0.95	0.92	0.85	0.73	0.86	0.94
平均	0.98	0.96	1.3	0.94	1.1	0.96	0.87	0.80	0.85	1.1

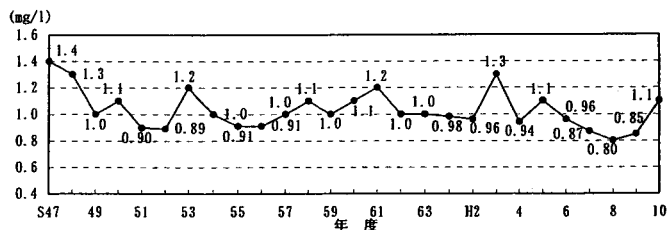


図-3 全窒素の経年変化 (全水域平均)

水域 \ 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
霞ヶ浦(西浦)	0.070	0.066	0.076	0.082	0.097	0.092	0.10	0.12	0.10	0.10
北浦	0.070	0.061	0.061	0.071	0.079	0.096	0.093	0.085	0.087	0.089
常陸利根川	0.070	0.065	0.069	0.074	0.083	0.081	0.082	0.085	0.087	0.091
平均	0.070	0.064	0.071	0.077	0.089	0.090	0.093	0.10	0.095	0.097

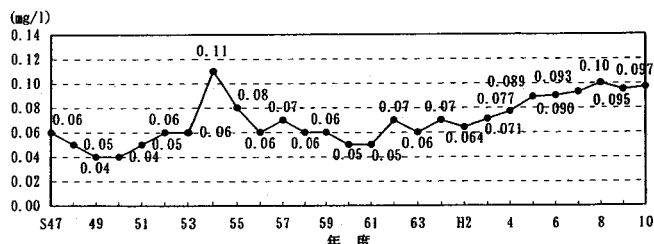


図-4 全リンの経年変化 (全水域平均)

表-1 代表湖沼の類型指定と環境基準値

ア. 生活環境の保全に関する項目

水系名	水域名	該当類型	環境基準値 (COD)
利根川	霞ヶ浦(全域)	A	3.0mg/l
	北浦(全域[鱒川を含む])	A	
	常陸利根川(全域)	A	

表-2 湖沼環境基準 (天然湖沼及び貯水量 1000万㎡以上の人工湖)

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値	
		全窒素	全リン
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの	0.1mg/l以下	0.005mg/l以下
II	水道1, 2, 3級(特殊なものを除く)水産1種水浴及びIII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/l以下	0.01mg/l以下
III	水道3級(特殊なもの)及びIV以下の欄に掲げるもの	0.4mg/l以下	0.03mg/l以下
IV	水産2種及びVの欄に掲げるもの	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下
V	水産3種工業用水農業用水環境保全	1mg/l以下	0.1mg/l以下

- 備考
1. 基準値は年間平均値とする。
 2. 水域類型の指定は、湖沼植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある湖沼について行うものとし、全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。
 3. 農業用水については、全リンの項目の基準値は適用しない。

4. 安静地区畑かん試験ほ場

(1) 畑かん試験ほ場設置の経緯

霞ヶ浦の原水は、水田のかんがい用水としての実績はあるものの、畑かん用水として大規模に利用した例がなく、今後の通水を控え、富栄養化した水を畑かんに利用することの心配の声が一部の農家から上がったため、用水の安全性を実証し畑地かんがいを普及する目的で実証ほ場を設置しました。

国営事業で設置した実証ほ場は、以下のとおりです。

ほ場名	八郷畑かん実験ほ場	北岡地区畑かんモデルほ場	安静地区畑かん試験ほ場
設置年	H 5～7	H 7～9	H 8～10
水の種類	霞ヶ浦の原水 回転濾過処理水 加圧浮上処理水 水道水	加圧浮上処理水	霞ヶ浦の原水 木炭処理水 加圧浮上処理水 地下水
栽培作物	スイカ、ほうれん草	小玉スイカ、抑制トマト	メロン、白菜、かぶ

(2) 安静地区畑かん試験ほ場の概要

安静地区の畑かん試験ほ場は、茨城県霞ヶ浦用水事業推進事務所の協力のもとに「畑かん用水利用促進事業」という委託事業により運営されましたが、その概要は以下のとおりです。

① 目的

霞ヶ浦の原水、処理水及び地下水を各種作物にかん水し、生育・収量・品質・土壤養分

< 4種類の試験水の分類 >

霞ヶ浦の原水	霞ヶ浦の水を揚水機場でポンプアップしてパイプラインを經由して送水した水。現計画。
加圧浮上処理水	原水にPAC（上水道の浄化処理に使われている薬品）を混合し、アオコを固める。更に、加圧ポンプにより加圧された水に空気を混入させ、浄化水槽内で通常の圧力に戻すと水の中に溶解している空気が微細な気泡となって多量に浮上する。この微細な気泡にアオコが付着し水面に浮上したものをかき集めて除去した浄化水。
木炭処理水	原水（砂→ろ過材→木炭）の順でろ過した浄化水。
地下水	従来から、畑の作物にかん水している地下水。井戸水。

の変化等に対する影響について試験し、霞ヶ浦用水の通水後における水管理の基礎資料を作成する。

② 試験内容

施設栽培（ハウス）と露地栽培の畑地をブロック分けし、同一栽培条件のもとに、4種類の水をかん水して比較栽培試験を行う。（図-5参照）

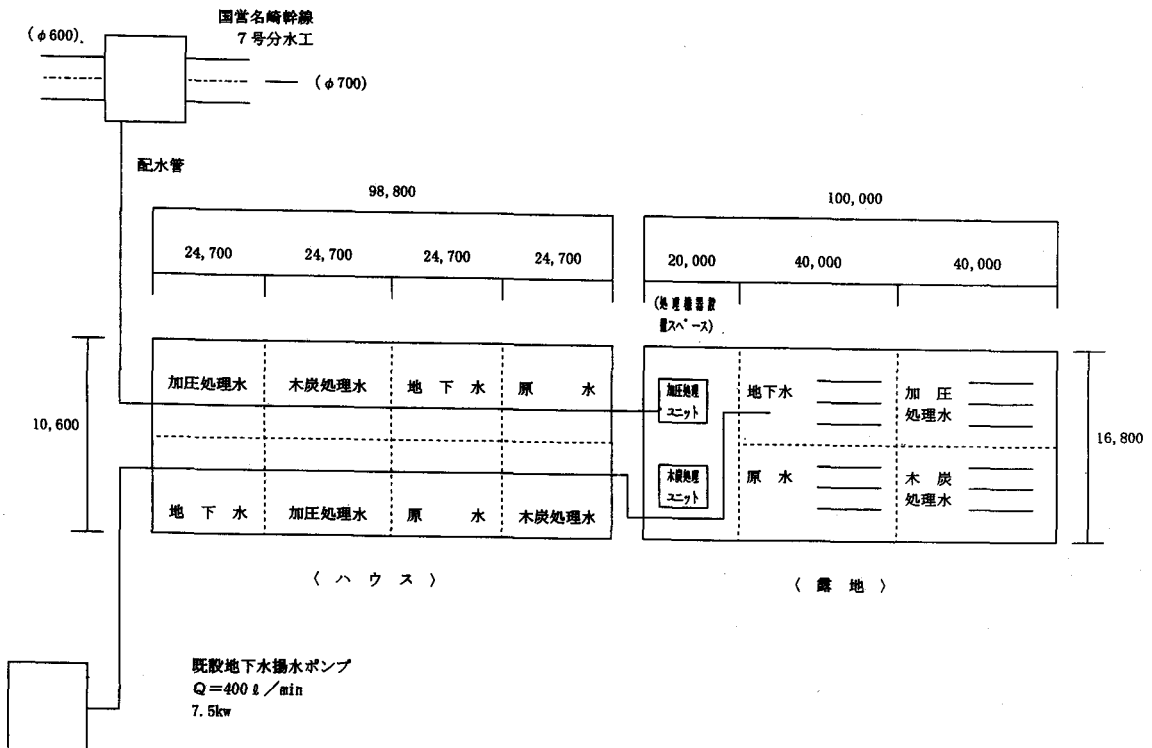


図-5 安静地区畑かん試験ほ場概念図

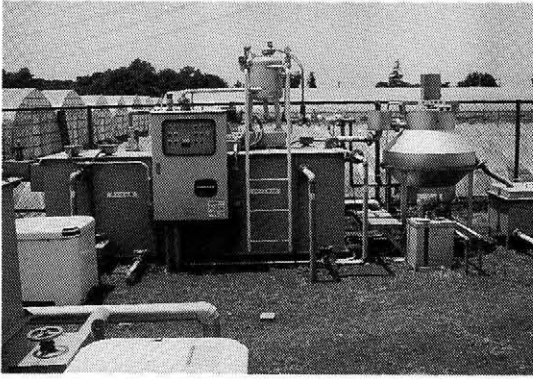


写真-1 加圧浮上式処理施設

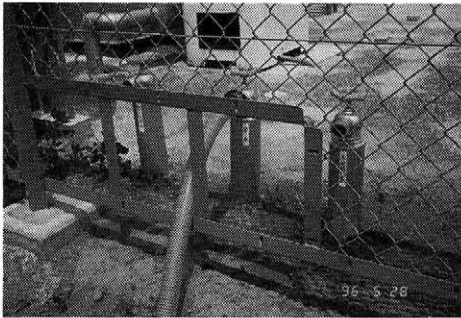


写真-2 畑かん田水の給水栓

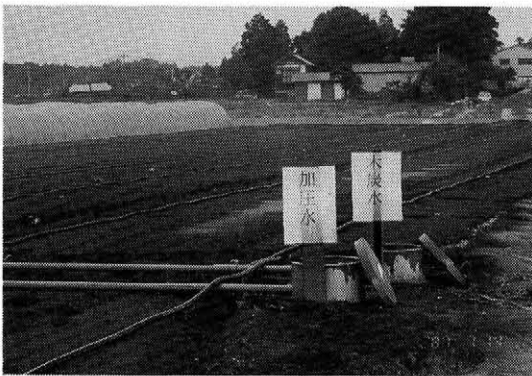


写真-3 露地栽培試験のかん水

③ 試験作物の種類

試験場所	作物	播種	定植	収穫
施設(ハウス)	促成メロン	1月	3月	6月
	ほうれん草	8月		9月
	カブ	10月		1月
露地	半促成メロン	1月	3月	6月
	秋冬ハクサイ	8月	9月	11月

④ 調査項目

調査項目	調査内容
生育調査	草丈、葉の形状等
収量・品質調査	規格、品質別収量、糖度及び食味調査(メロン)
水質調査	SS, BOD, COD等21項目
病害調査	つる割病、ネコブ病等
かんがい施設	かんがい用チューブの水孔の目づまり等

5. 試験結果の概要

水質による比較試験栽培は、平成8年度から平成10年度の3カ年にわたって実施しましたが、そのうち代表的な事例として、平成10年度のメロンとハクサイの試験結果を報告します。

(1) 施設キンショウメロン栽培試験

① 試験規模

1,047m²(間口5.4m×100mのパイプハウス2棟)

1区130m²×4区(加圧処理水区、原水区、地下水区、木炭処理水区)×2反復

連棟ハウスの中の一部であり、陽当たり条件等は同じです。

② 耕種概要

品 種	キンショウメロン(まくわ瓜系のノーネット型メロン)
播 種	平成10年2月7日
定 植	平成10年3月15日、株間75cm、畦間250cm(ハウスの中2条植え)
収穫期間	平成10年6月5日~19日
土壌消毒	線虫防除
病虫害防除	べと病、ブラムシ防除

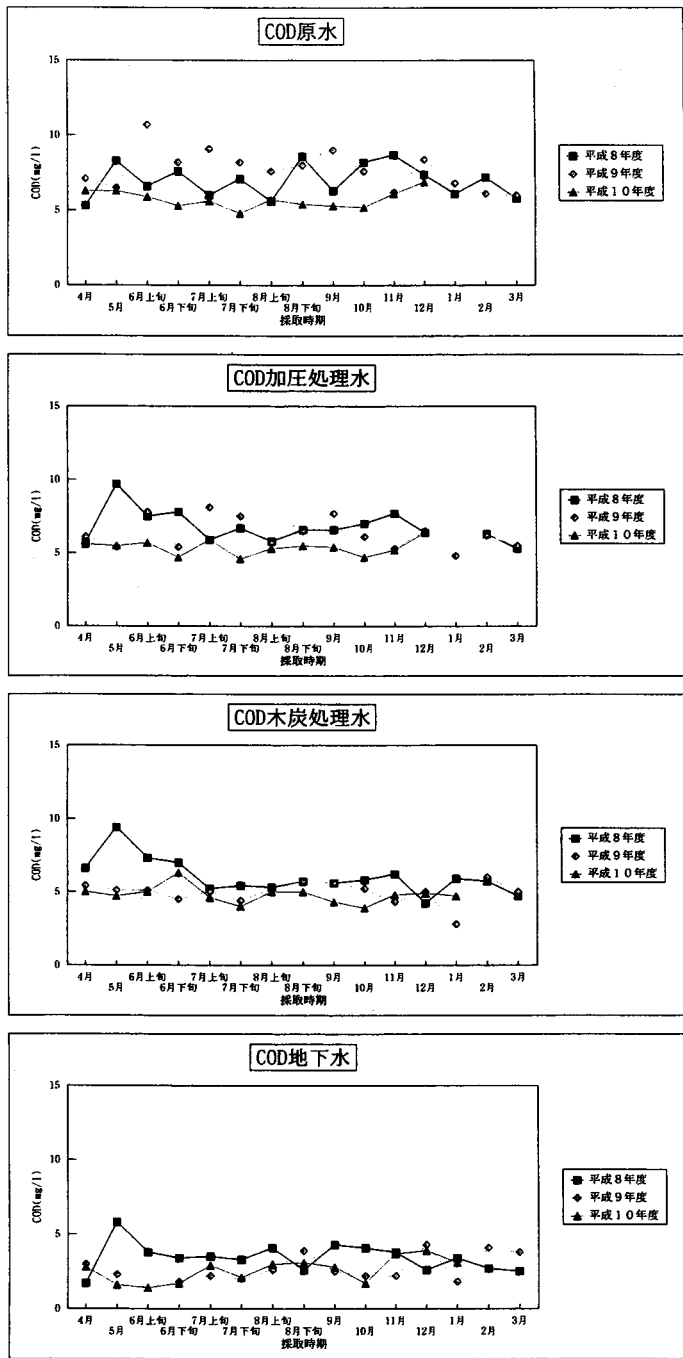


図-6 3カ年の調査結果 (COD)

- ③ かん水方法及び量
パイプサイドに設置したかん水用チューブ
(スミサンスイ片側R) によりかん水。

10a当たりかん水量 (ℓ)

かん水日	加圧区	原水区	地下水区	木炭水区
3月13日	24,000	24,000	24,000	24,000
4月23日	4,000	4,000	4,000	4,000
5月6日	4,000	4,000	4,000	4,000
計	32,000	32,000	32,000	32,000

④ 調査結果

ア. 生育調査

平成10年4月22日調査 (10株の平均値)

かん水区	つる長 (cm)	着果節位 (節)	10節茎径 (cm)	最大葉 (cm)	
				たて	よこ
加圧処理水	217.1	8.8	7.7	21.0	21.0
木炭処理水	201.1	8.9	6.8	15.9	18.6
地下水	206.0	9.6	6.8	16.6	19.0
原水	202.0	9.5	6.8	15.7	18.1

イ. 収穫物調査

調査期間 平成10年6月5日～15日

1区4株調査の平均値

かん水区	個数 (ヶ)	総重量 (kg)	果重 (g)	果実径 (cm)		糖度 (Brix)	収穫量 (kg/㎡)
				たて	よこ		
加圧処理水	18	14.2	789.3	12.3	11.7	15.5	1.9
木炭処理水	16	11.7	733.1	9.9	9.6	15.9	1.6
地下水	17	12.2	715.0	12.2	12.3	14.7	1.6
原水	24	17.6	732.4	11.5	11.0	16.4	2.3

ウ. 土壤伝染病害の発生調査

平成10年4月22日調査 (1区10株調査)

かん水区	つる割病
加圧処理水	0
木炭処理水	0
地下水	0
原水	0

⑤ 結果の概要

ア. 生育調査

定植後38日に生育調査を行った結果、つる長、最大葉について加圧処理水区が最も大きく、他の3区については差が見られなかった。

イ. 収穫物調査

ホルモン処理後45日を目安に収穫物調査

を行った結果、個数及び総重量については原水区が最も大きく、次に加圧処理水区、地下水区、木炭処理水区の順であった。

1個の平均果重は加圧処理水区が最も大きく他の3区については大きな差はなかった。また、糖度については原水区が16.4度と最も高く、次に木炭処理水区、加圧処理水区、地下水区の順であった。

ウ. 土壤伝染病害の発生調査

つる割病について、各区10株で診断したが、どの処理区でも発生株は見られなかった。

(2) 露地ハクサイ栽培試験

① 試験規模

1,344㎡

1区336m² × 4区 (加圧処理水区、原水区、地下水区、木炭処理水区)

② 耕種概要

品 種	大福65
播 種	平成10年8月8日
定 植	平成10年8月22日 株間 45cm, 畦間 60cm
収穫期間	平成10年10月23日～
土壤処理剤	ネコブ病防除
病害虫防除	アブラムシ, コナガ, ヨトウムシ, べト病, 斑点細菌病防除

③ かん水方法及び量

定植前にかん水用チューブ (スミサンスイMK-II) によりかん水。

10a当たりかん水量 (ℓ)

かん水日	加圧区	原水区	地下水区	木炭水区
8月19日	23,800	23,800	23,800	23,800
8月20日	14,900	14,900	14,900	14,900
計	38,700	38,700	38,700	38,700

④ 調査結果

ア. 生育調査

平成10年9月21日調査 (10株の平均値)

かん水区	葉 数 (枚)	最大葉 (cm)
加圧処理水	22.6	24.5
木炭処理水	21.9	25.3
地下水	22.5	25.0
原水	22.0	24.2

イ. 収穫物調査

平成10年10月23日調査

1区20株調査の平均値

かん水区	重量 (g)	外葉数 (枚)	球高 (cm)	球径 (cm)	球形比 高/径	収穫量 (kg/m ²)
加圧処理水	2,920	9.8	25.3	15.7	1.6	8.2
木炭処理水	2,825	9.9	25.0	15.5	1.6	7.9
地下水	2,897	10.3	25.2	15.7	1.6	8.0
原水	2,954	10.4	25.5	16.0	1.6	8.7

ウ. 病害虫発生調査

平成10年10月23日調査 (1区20株調査)

かん水区	軟腐病	斑点細菌病	ネコブ病
加圧処理水	11	16	0
木炭処理水	10	13	0
地下水	10	12	0
原水	12	15	0

⑤ 結果の概要

ア. 生育調査

定植30日後に生育調査を行った結果、葉数、最大葉の幅については大きな差が見られなかった。

イ. 収穫物調査

定植62日後に収穫物調査を行った結果、重量及び1m²当たり収穫量については原水区が最も大きく、次に加圧処理水区、地下水区、木炭処理水区の順であった。

外葉数については大きな差は見られず、球形比は全ての区で1.6であった。

ウ. 病害虫発生調査

平成10年度は、夏から秋にかけての長雨・台風の影響を受けて、露地野菜の作柄



写真-4 ハクサイの生育調査



写真-5 処理区別に収穫されたハクサイ



写真-6 ハクサイの出荷作業

は大きな打撃を受けた。試験ほ場では、基盤整備済みで排水が良好だったため地下水への影響はなく、ネコブ病の発生は見られなかった。しかし、地上部は天候不良の影響を受けて軟腐病や斑点細菌病の被害は免れなかった。ただし、病害の発生とかん水の種類との因果関係は認められなかった。

(3) 栽培試験結果の評価

安静地区の栽培試験は、ここに紹介した2品目以外にも、ほうれん草、カブ、タカミメロン、キャベツについても実施し、4種類のかん水により比較試験を行い生育調査と収穫物調査を行った。

その結果、生育、収量、品質とも多少の差はあるものの、かん水の種類による有意差は認められなかった。

6. おわりに

安静地区では、栽培試験の成果から霞ヶ浦の原水を利用しても支障の無いことが実証され、本格的な通水に向けた地区内の配管工事が計画されて

おり、平成13年度には約180haの畑地に通水される予定です。

試験ほ場での試験結果については、農家の方々へのPRとして、改良区の発行する広報誌に掲載させていただいています。また、安静地区の試験期間においては、試験ほ場に事業概要及び試験ほ場の概要を掲示したPR看板を設置し、各市町村の農政担当者を集めた現地研修会や、海外からの

来客を含め多くの現地視察者を迎え入れています。更に、試験ほ場で栽培された作物については、茨城県、改良区と共同で各種イベントに事業PRとして参加する際に、「霞ヶ浦の水で栽培した野菜」をうたい文句に無料配布を行い活用しています。

今後も、平成16年度の事業完了に向けて、今回の調査結果を活用しながら関係機関との協力のもとに畑かんの推進に努力していく所存です。

河川生息魚介類等に配慮した魚道の設計

立 野 勝*
(Masaru TATENNO)

目 次

1. はじめに	33	4. 頭首工の設計	34
2. 日野川用水地区概要	33	5. おわりに	42
3. 生息魚介類等の調査概要	33		

1. はじめに

一級河川九頭竜川水系日野川は、岐阜県と滋賀県との県境にその源を発し、福井県のほぼ中央を南から北に縦断するように今庄町、南条町、武生市、鯖江市、福井市を通り、越前平野で九頭竜川に合流し、日本海に注いでいる。本河川は、アユ漁が有名で、釣期には京阪神等から多くの釣客が訪れている。

日野川用水農業水利事業の地域への効果は計り知れないものがあるが、八乙女頭首工を築造することにより、河川生息魚介類に対する影響が懸念される所であり、近年、自然環境に対する社会的関心が高まっていることから、特に河川食物連鎖の頂点に立つと言われる生息魚介類に対して、細心の配慮を行わなければならない。

このため、八乙女頭首工の実施設計に当り、河川生息魚介類等の遡上に配慮した魚道の形式、構造の検討を、(財)日本農業土木総合研究所に委託するとともに、平成6年度より学識経験者等からなる「八乙女頭首工魚道検討委員会」を組織し、日野川に適したその形式及び構造等について専門的立場から指導・助言を頂いて検討・設計を行った。本報文はその概要を取りまとめたものである。

2. 日野川用水地区の概要

日野川用水地区は、福井県のほぼ中央部を流れる九頭竜川水系日野川の両岸にまたがる武生市外2市3町におよぶ水田面積5,800haの穀倉地帯で

あり、本地区の農業用水は、日野川とその支流を主水源としているが、用水不足を生ずるため地下水や溜池、反復利用等によって補給している。しかし、これらの施設は小規模のものが多く、老朽化と機能低下が著しいため、用水不足が一層厳しいものになっていたことから、これを改善するため、日野川用水(二期)農業水利事業により日野川の支流・榎谷川にダムを築造し、水源の確保を行うとともに、日野川用水(一期)農業水利事業により既設の取水施設を統合して八乙女頭首工を築造するほか、幹線用水路等を整備するものである。

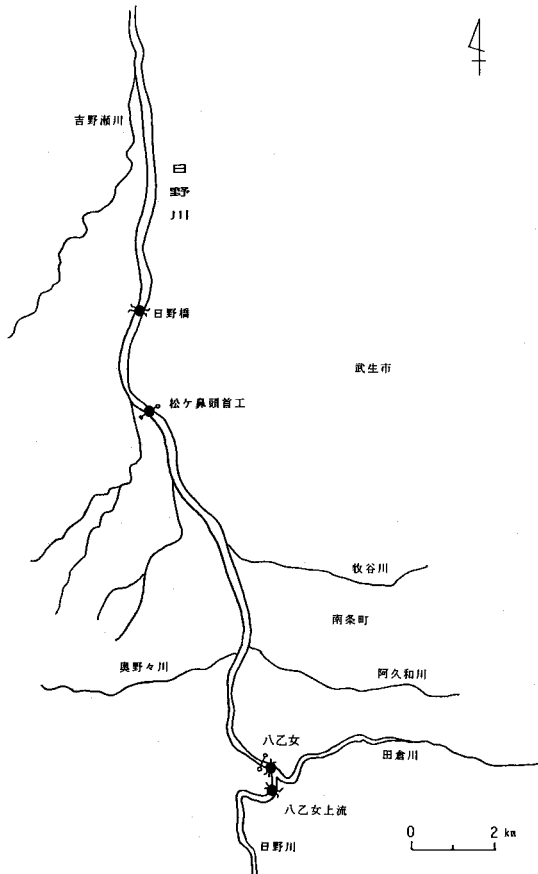
また本事業は、武生市外1市4町の生活用水及び武生市外1市1町の工業用水を開発・供給する都市用水事業と日野川沿川地域の水害を防止する治水事業との共同事業であって、生活基盤及び生産基盤の整備によって本地域の振興を図るものである。

3. 生息魚介類等の調査概要

日野川に生息する魚介類について、その種類及び密度等を採捕調査により把握するとともに、魚類と係わる底生動物や付着生物等の動態を明らかにし、生態系を構成する生物相と文献・資料等を合わせて、本河川における将来水質を予測し、魚道を遡上・降下する可能性のある魚類を整理し、環境に配慮した魚道の設計に係る資料とした。

調査は、魚道周辺における遡上魚や降下魚、及び通過する魚類について行うとともに生態系の構図を明らかにするため、底生動物調査や環境要因として、水温、水素イオン濃度(pH)及び流速な

*北陸農政局日野川用水農業水利事業所 (Tel.0778-23-2621)



図一 1 生息魚介類等の調査位置

どを測定した。調査地点は、日野橋、松ヶ鼻頭首工、八乙女(頭首工付近)、八乙女上流の4地点であり、平成5年7月3～5日、10月2～5日、平成6年3月2～4日の3回実施した。なお、日野橋、松ヶ鼻頭首工、八乙女上流の3地点においては、平成7年6月11～12日、22日にも調査を実施した。(図一1参照)

4. 頭首工の設計

1) 設計条件

a) 対象魚種の選定

本頭首工付近の生息魚介類調査において8科21種の魚が確認されており、これらのうち、アユ、ウグイ、アブラハヤ、サクラマス等の遊泳魚とカジカ、ドンコ、シマノボリ、ドジョウ等の底生魚を代表魚種と選定した。(表一1参照)

b) 良い魚道の条件

魚道の検討及び設計は「八乙女頭首工魚道技術検討委員会」の助言・指導のもとに行うこととし、遊泳魚用の魚道形式の選定に当たっては、魚種、体長によって遊泳速度が異なることから、隔壁越流の流速はできるだけ変化をもたせたプールタイプとした。また、底生魚用は、緩流速の水路タイプで粗石を配置して遡上が容易なものとした。なお、遊泳魚を対象としたプールタイプの水利設計においては、アユ(遡上時体長5～9mm)を基本とし、ウグイ、サツキマスについても配慮するとともに、次の条件を備えるよう配慮した。

- ① 遡上魚が魚道入口以外の場所に集魚しないこと。
- ② 魚道入口に集魚したすべての遡上魚が速やかに魚道に入りうること。
- ③ 魚道内に進入したすべての遡上魚が速やかに、容易かつ安全に遡上できること。
- ④ 魚道通過後の遡上魚が安全かつ速やかに河川を遡上できること。
- ⑤ 構造が堅牢で管理が容易であること。

また、本河川におけるアユの遡上時期は5月～7月中旬、降下時期は8月～10月中旬、産卵時期は8月～9月中旬となっており、出現魚種の体長と巡航速度、突進速度は、表一2のとおりである。

c) 遡上期の河川流量と魚道出入口の水位

計画基準年(1/10年確率、昭和45年)における遡上期の河川流量(頭首工取水後の下流放流量)は、次のとおりである。

表一1 八乙女頭首工付近に生息する魚類

ヤツメウナギ科	キュウリウ科	サケ科	コイ科		ドジョウ科	ナマズ科	ハゼ科	カジカ科
カワヤツメ	アユ	ヤマメ(サクラマスを含む) アマゴ(サツキマス)	カワムツ オイカワ ウグイ	ヒガイ亜科 カマツカ ニゴイ コイ キンブナ ギンブナ	ドジョウ	ナマズ	ドンコ シマヨシノボリ ウキゴリ	カジカ

表一2 出現魚種の体長、巡航速度及び突進速度

魚種	体長 (cm)		巡航速度 (cm/s)	突進速度 (cm/s)
	最小	最大		
カワヤツメ	12.5		15~20	80~90
アユ	9.2	17.5	6~130	120~180
ヤマメ	17.5	19.0	130~140	110~160
サクラマス	60.0	62.0	110~130	200~250
サツキマス	25.0	48.5	110~130	170~200
カワムツ	3.0	14.8	5~15	10~30
オイカワ	4.6	13.0	5~15	10~30
ウグイ	2 cm未満	24.5	20~100	30~200
アブラハヤ	4.5	12.0	5~15	10~30
タモロコ	6.1	9.5	5~15	10~30
ヒガイ亜科	9.1	11.0	10~30	10~20
カマツカ	3.0	19.3	10~80	20~80
ニゴイ	6.9	44.0	60~120	100~200
コイ	46.0		70~100	150~200
キンブナ	14.2	21.2	40~80	50~130
ギンブナ	7.3	18.0	10~70	30~120
フナ属	3.9	22.0		
コイ科	1.4	3.6		
ドジョウ	7.0	10.0	10~20	100~130
ナマズ	36.6	59.3	70~110	150~200
ドンコ	4.7	8.8	30~50	60~80
シマヨシノボリ	8.0		30	50
ウキゴリ	5.0	5.5	20~30	40~60
ハゼ科	2.1	2.4		
カジカ	3.1		10	20

4月：17.3~43.7m³/s 7月：3.3~4.9m³/s

5月：2.9~11.9m³/s 8月：2.9~5.1m³/s

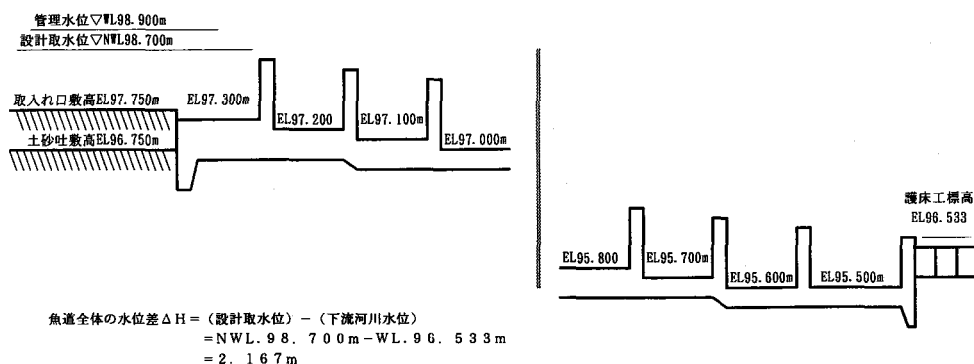
6月：3.1~42.8m³/s 9月：1.6~7.3m³/s

魚道出口の水位については取水口上流の湛水位とし、次のとおりである。

設計取水位（下限水位）：NWL. 98.70m

管理取水位（上限水位）：WL. 98.90m

また、魚道入口水位は、下流河川水位とした。しかし、豊水時は護床工上にそれ相当の水深があり問題はないが、低水時は護床工天端付近或いはそれ以下になる場合がある。さらに、将来の河床低下により河川水位が低下することを十分想定しなければならぬことから、護床工の天端標高をEL. 96.533mとした。（図一2参照）



図一2 魚道水位・標高関係図

d) 魚道通水設計流速と流量

魚道通水設計流速は、対象魚類の大きさと遊泳速度に適合したものを設定することとし、遡上期のアユを対象として検討した。なお、魚道内の隔壁部の平均越流流速を突進速度として考え、魚道全体の長さを次のとおりとした。

突進速度120cm/s, 水槽間落差h=7.0cm,

全魚道段数n=2.167m/0.07m=31段

突進速度140cm/s, 水槽間落差h=10.0cm,

全魚道段数n=2.167m/0.10m=22段

突進速度の差による魚道全体の長さの差L=(3.00m×31段)-(3.00m×22段)=27mとなるが、本頭首工の場合、特に右岸側は構造的に取水口及び沈砂池の排砂樋管があることから、長さに制約があったので、魚道内の水槽間落差を0.10mとして隔壁越流の水利条件を潜り越流を基本とするとともに、魚道側壁に化粧型枠を使用したコンクリート壁及び玉石等の設置による粗度の変化を考慮した構造を考え、且つ本頭首工に出現する魚種の突進速度を参考に、隔壁越流流速を100~140cm/s、プール内平均流速を40~60cm/sとし、魚道設計対象流量については遡上期の河川下流放流量から、2.9~11.9m³/sとした。

2) 水力計算

a) 型式I魚道(アイスハーバー型)

(1) Aタイプ

ア, 隔壁越流部(EL98.30m)

①設計取水時(WL98.70m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.40 = 0.267\text{m} < (0.40 - 0.10) = 0.30\text{m}$ (潜り越流状態となる。)

流量: $Q = Bh\sqrt{2g\Delta h} = 1.00 \times 0.30 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 0.420\text{m}^3/\text{s}$

流速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m}/\text{s}$

②管理水位上限時(WL98.90m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.60 = 0.40\text{m} < (0.60 - 0.10) = 0.50\text{m}$ (潜り越流状態となる。)

流量: $Q = Bh\sqrt{2g\Delta h} = 1.00 \times 0.50 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 0.700\text{m}^3/\text{s}$

流速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m}/\text{s}$

イ, 潜孔部

流量: $Q = CVA = 0.8 \times (0.30 \times 0.30) \times 1.40 = 0.101\text{m}^3/\text{s}$

流速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m}/\text{s}$

(2) Bタイプ

ア, 隔壁越流部(EL98.55m)

①設計取水時(WL98.70m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.15 = 0.100\text{m} < (0.15 - 0.10) = 0.05\text{m}$ (完全越流状態となる。)

流量: $Q = CBh = 1.7 \times 1.50 \times 0.15 = 0.148\text{m}^3/\text{s}$

限界水深: $hc = 2/3h_1 = 2/3 \times 0.15 = 0.100\text{m}$

限界流速: $V_c = \sqrt{ghc} = \sqrt{9.8 \times 0.10} = 0.98\text{m}/\text{s}$

②管理水位上限時(WL98.90m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.35 = 0.23\text{m} < (0.35 - 0.10) = 0.25\text{m}$ (潜り越流状態となる。)

流量: $Q = Bh\sqrt{2g\Delta h} = 1.50 \times 0.25 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 0.525\text{m}^3/\text{s}$

流速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m}/\text{s}$

ここに、 h_1 : 越流水深(m)

h_2 : 越流頂よりの下流側水深(m)

hc : 限界水深(m)

Δh : 上下流の水位差[単一落差] $h_1 - h_2$ (m)

B: 越流幅(m)

A: 潜孔の断面積(m²)

C: 収縮係数 0.80

g: 重力の加速度 9.8

(3) 型式I魚道の流量

ア, 設計取水時(WL98.70m)

流量: $\Sigma Q = \text{Aタイプ隔壁越流} + \text{潜孔} + \text{Bタイプ隔壁越流} = 0.420 + 0.101 + 0.525 = 0.669\text{m}^3/\text{s}$

イ, 管理水位上限時(WL98.90m)

流量: $\Sigma Q = \text{Aタイプ隔壁越流} + \text{潜孔} + \text{Bタイプ隔壁越流} = 0.700 + 0.101 + 0.525 = 1.326\text{m}^3/\text{s}$

b) 型式II魚道 (パーチカルスロット式)

段 差: $\Delta h = 0.10\text{m}$

スロット幅: $b_0 = 0.30\text{m}$

プール長: $L = 10b_0 = 10 \times 0.30 = 3.00\text{m} < 3.00\text{m}$

プール幅: $B = 8b_0 = 8 \times 0.30 = 2.40\text{m} < 2.50\text{m}$

(1) スロット越流部

設計取水時 (WL98.70m) 及び管理水位上限時 (WL98.90m)

流 量: $Q = C_0 b_0 y \sqrt{2g\Delta h} = 0.8 \times 0.30 \times 1.00 \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 0.336\text{m}^3/\text{s}$

流 速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m/s}$

(2) 隔壁越流部 (EL98.60m)

① 設計取水時 (WL98.70m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.10 = 0.07\text{m} > 0.00\text{m}$ (完全越流状態となる。)

流 量: $Q = CBh^{3/2} = 1.7 \times 2.50 \times 0.10^{3/2} = 0.134\text{m}^3/\text{s}$

限界水深: $h_c = 2/3h_1 = 2/3 \times 0.10 = 0.07\text{m}$

限界流速: $V_c = \sqrt{ghc} = \sqrt{9.8 \times 0.07} = 0.83\text{m/s}$

② 管理水位上限時 (WL98.90m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.30 = 0.20\text{m} < 0.20$ (完全越流状態となる。)

流 量: $Q = CBh^{3/2} = 1.7 \times 2.50 \times 0.30^{3/2} = 0.698\text{m}^3/\text{s}$

限界水深: $h_c = 2/3h_1 = 2/3 \times 0.30 = 0.20\text{m}$

限界流速: $V_c = \sqrt{ghc} = \sqrt{9.8 \times 0.20} = 1.40\text{m/s}$

ここに, h_1 : 越流水深 (m)

h_2 : 越流頂よりの下流側水深 (m)

h_c : 限界水深 (m)

Δh : 上下流の水位差 [単一落差] $h_1 - h_2$ (m)

B : 越流幅 (m)

C_0 : 収縮係数 0.80

g : 重力の加速度 9.8

b_0 : スロットの幅 (m)

y : スロット部分の水深 (m)

(3) 型式II魚道の流量

ア, 設計取水時 (WL98.70m)

流 量: $\Sigma Q = \text{スロット越流} + \text{隔壁越流} = 0.336 + 0.134 = 0.470\text{m}^3/\text{s}$

イ, 管理水位上限時 (WL98.90m)

流 量: $\Sigma Q = \text{スロット越流} + \text{隔壁越流} = 0.336 + 0.698 = 1.034\text{m}^3/\text{s}$

c) 型式III魚道 (水路型の粗石設置階段式)

(1) 隔壁越流部 (EL98.60m)

ア, 設計取水時 (WL98.70m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.10 = 0.07\text{m} < 0.00\text{m}$ (完全越流状態となる。)

流 量: $Q = CBh^{3/2} = 1.7 \times 2.00 \times 0.10^{3/2} = 0.108\text{m}^3/\text{s}$

限界水深: $h_c = 2/3h_1 = 2/3 \times 0.10 = 0.07\text{m}$

限界流速: $V_c = \sqrt{ghc} = \sqrt{9.8 \times 0.07} = 0.83\text{m/s}$

イ, 管理水位上限時 (WL98.90m)

流れの状態: $2/3h_1 > h_2 = 2/3 \times 0.30 = 0.20\text{m} > 0.20\text{m}$ (完全越流状態となる。)

流 量: $Q = CBh^{3/2} = 1.7 \times 2.00 \times 0.30^{3/2} = 0.559\text{m}^3/\text{s}$

限界水深: $h_c = 2/3h_1 = 2/3 \times 0.30 = 0.20\text{m}$

限界流速: $V_c = \sqrt{ghc} = \sqrt{9.8 \times 0.20} = 1.40\text{m/s}$

(2) スロット越流部

設計取水時 (WL98.70m) 及び管理水位上限時 (WL98.90m)

流 量: $Q = C_0 b_0 y \sqrt{2g\Delta h} = 0.8 \times 0.30 \times 0.30 \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 0.101\text{m}^3/\text{s}$

流 速: $V = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.10} = 1.40\text{m/s}$

ここに, h_1 : 越流水深 (m)

h_2 : 越流頂よりの下流側水深 (m)

h_c : 限界水深 (m)

Δh : 上下流の水位差 [単一落差] $h_1 - h_2$ (m)

B : 越流幅 (m)

C_0 : 収縮係数 0.80

g : 重力の加速度 9.8

b_0 : スロットの幅 (m)

y ; スロット部分の水深(m)

(3) 型式III魚道の流量

ア, 設計取水時 (WL98.70m)

流 量 : $\Sigma Q = \text{スロット越流} + \text{隔壁越流}$
 $= 0.101 + 0.108 = 0.209 \text{ m}^3/\text{s}$

イ, 管理水位上限時 (WL98.90m)

流 量 : $\Sigma Q = \text{スロット越流} + \text{隔壁越流}$
 $= 0.101 + 0.559 = 0.660 \text{ m}^3/\text{s}$

d) 呼び水水路 (水路幅1.50m左右岸に各1箇所)

(1) 設計取水時 (WL98.70m, ゲート数高E L 97.45m)

流 量 : $Q = 2 \times (CBh^{3/2}) = 2 \times (1.7 \times 1.50 \times 1.25^{3/2}) = 7.128 \text{ m}^3/\text{s}$

(2) 管理水位上限時 (WL98.90m, ゲート数高E L 97.45m)

流 量 : $Q = 2 \times (CBh^{3/2}) = 2 \times (1.7 \times 1.50 \times 1.45^{3/2}) = 8.904 \text{ m}^3/\text{s}$

e) 魚道の合計流量

(1) 設計取水時 (WL98.70m)

流 量 : $\Sigma Q = (\text{タイプ I} \cdot \text{II} \cdot \text{III 魚道}) + \text{呼び水水路}$
 $= (0.669 + 0.470 + 0.209) + 0.0 \sim 7.128 = 1.348 \sim 7.128 \text{ m}^3/\text{s}$

(2) 管理水位上限時 (WL98.90m)

流 量 : $\Sigma Q = (\text{タイプ I} \cdot \text{II} \cdot \text{III 魚道}) + \text{呼び水水路}$
 $= (1.326 + 1.034 + 0.660) + 8.904 = 11.924 \text{ m}^3/\text{s}$

魚道水理状況については、表-3のとおり。

3) 魚道位置の選定と設置数

本頭首工の取水堰形態は全可動堰型式であり、河川流下断面内に魚道を設置することは「河川管理施設等構造令第37条」に適合しなくなるこ

表-3 魚道水理状況表

型 式	タイプ I 魚道 (右岸側)		タイプ II 魚道 (左岸側)	タイプ III 魚道 (左岸側)
	アイスハーバー型階段式		改良バーチカルスロット式	水路タイプ改良階段式
	A タイプ	B タイプ	(隔壁越流型併用)	(粗石設置)
幅 員 m	3.80		2.50	2.00
延 長 m	30.00 (隔壁間 66.00)		72.00 (48.60)	69.00 (48.60)
勾 配	1/41.5 (1/30)		1/30.5 (1/23)	1/29 (1/23)
団 差 m	0.10		0.10	0.10
魚道設計流速 m/s	突進速度 1.00~1.40		巡航速度 0.40~0.60	
越 流 幅 m	1.00	1.50	2.50	2.00
プールの長さ m	2.70		3.00	3.00
プールの深さ m	0.85	1.10	1.00	0.30
隔壁越流部				
越流水深 m	0.40~0.60	0.15~0.35	0.10~0.20	0.10~0.30
流 速 m/s	1.40~1.40	0.99~1.40	0.83~1.40	0.83~1.40
流 量 m ³ /s	0.420~0.700	0.148~0.525	0.134~0.698	0.108~0.559
潜 孔			(スロット)	(スロット)
大 き さ m	0.30×0.30		幅 0.30	幅 0.30
流 速 m/s	1.40		1.40	1.40
流 量 m ³ /s	0.101		0.336	0.101
魚道流量計 m ³ /s	0.521~0.801	0.148~0.525	0.479~1.034	0.209~0.660
	0.669~1.326		0.679~1.694	
呼び水水路流量 m ³ /s	0~4.452		0~4.452	
流量総合計 m ³ /s	0.669~5.778		0.679~6.146	
	1.348~11.924			

ら、河川計画流下断面内に設置することはできない。したがって、設置位置は高水敷部とした。

一般的に小型の遡上魚は水深の浅い岸沿いを遡上し、大型の遡上魚は水深の大きいミオ筋を遡上すると言われていること。また、本頭首工築造位置における現況河床状態は、河川幅が広く両岸がミオ筋となっており、将来もこれが大きく変化することがないと推測されることから、両岸に設置することとした。(図—3参照)

4) 魚道出入口の位置

魚道入り口は、できるだけ堰に近づけた方がよいと一般的に言われているが、本頭首工の魚道の延長、ゲートの構造と放流方法、呼び水水路及び入口構造と方向等を総合的に検討した。

いずれにしても、遡上魚が入口に集まってこそ魚道が機能するもので、集魚の場所を推測することは容易ではないが、その場所を河川流量の変動、ゲートの放流の影響を受けにくい魚道の直下流に遡上路を設け直接魚道に遡上できるようにした。

魚溜りに休息・滞留している遡上魚は、ある時刻、特定の気象条件の時、あるいは、水流に対しての反応等の遡上誘発の誘引条件があると魚道に進入・遡上すると言われていることから、入口が遡上魚の休息と溜まり場となるよう沈床ブロックを設置し、根固め護床工より深く大きめの魚溜りを設置することとした。また、入口の方向については、一般に、河川に平行にするか、河川に45°の方向に開口することが望ましいと言われており、本魚道は左右岸とも下流河川と平行とした。

魚道出口の位置については、取水口への迷入・吸引、土砂吐からの越流及び放流による吸引等を考慮し、左岸魚道は出来るだけ上流に出口を設けることとした。また、右岸魚道については、土砂吐と取水口との間隔を離す方がよいが、頭首工の構造を踏まえ、取水口から3.00m離すこととした。

5) 魚道型式

魚道型式の選定に当たっては、遡上魚類が短時間に、容易且つ安全に遡上できる型式を選定することは当然であることから、遡上魚類の生態と遡上能力、河川流量、堰による湛水位の変動、魚道の設計流量、立地条件、経済性及び維持管理費等を考慮した。

また、型式選定の基本である魚類の遡上行動、隔壁部の乗り越え行動及び各種の型式を理解するとともに各種の事例を参考に次の型式とした。

型式II魚道：アユ等の遊泳魚を主に対象として、
プールタイプ・部分越流型階段式
(アイスハーバー型)

型式II魚道：マス等の遊泳魚を主に対象として、
プールタイプ・バーチカルスロット式

型式III魚道：底生魚・小魚を主に対象として、
水路型の粗石設置階段式

6) 魚道の規模と構造

設計に当たっては、

- ① 各プールごとに、水理条件が同一となること。
- ② 通過経路の最大流速断面の流速は、代表対象魚種の1つであるアユの突進速度以下とすること。
- ③ 通過経路の最小水深は、魚体高の2倍以上とすること。
- ④ 通過経路の最小幅は、体長程度必要であること。
- ⑤ 各プールには、巡航速度以下の流速の常時休息場所を確保すること。

等を留意することとした。

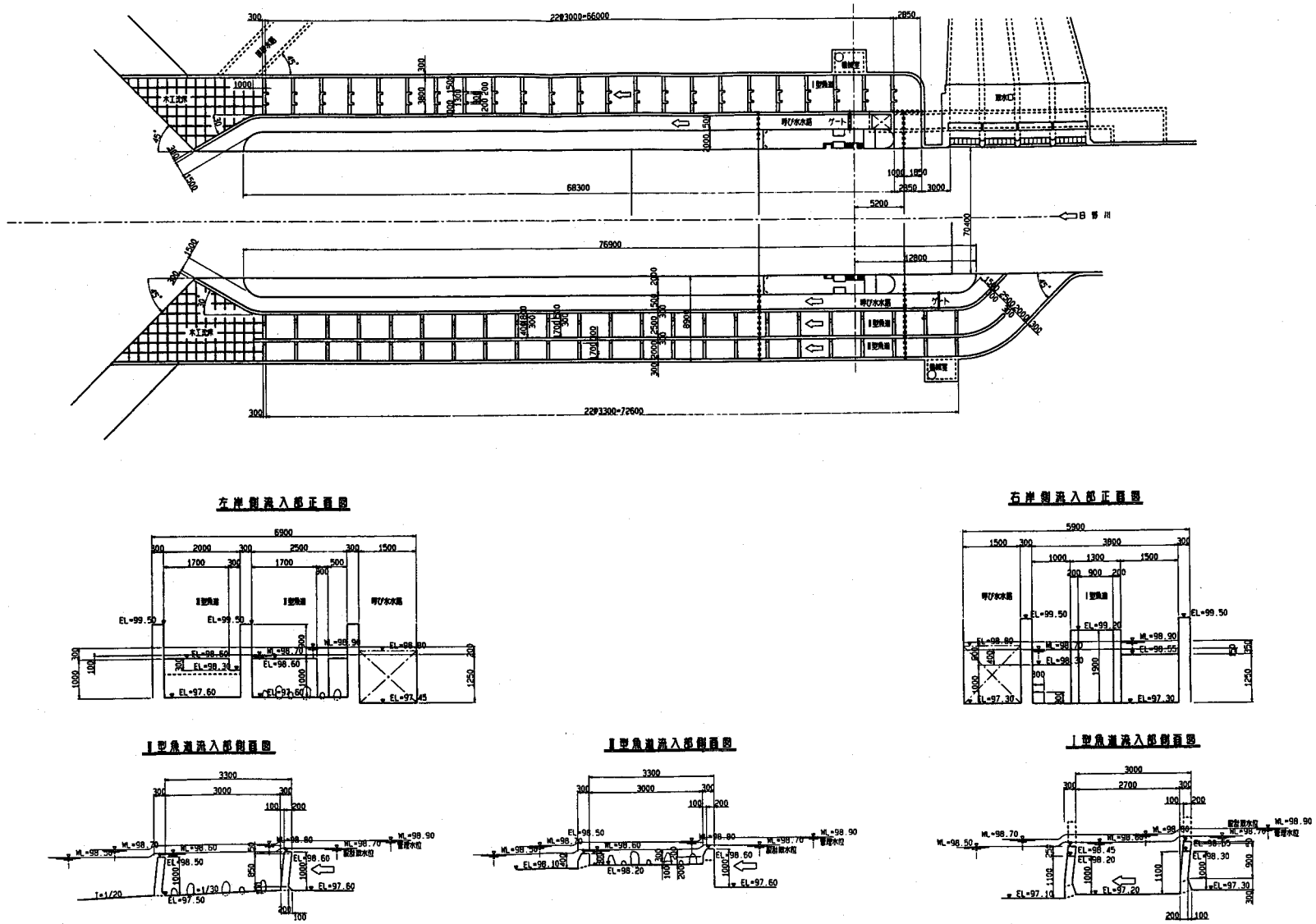
a) 型式I魚道(アイスハーバー型)

この型式は、遡上魚に対しての休息プールの確保が容易であるが、隔壁越流水深の変化により流速が変動することから、Aタイプ(越流水深0.40~0.60m・潜孔つき)及びBタイプ(越流水深0.15~0.35m)として流速に変化をもたせ、遡上魚の稚魚の中でも大型のものはAタイプを、小型のものはBタイプをそれぞれ選択して遡上出来るよう配慮した。また、側壁部は化粧型枠等で流速の変化をも考慮した。(図—4参照)

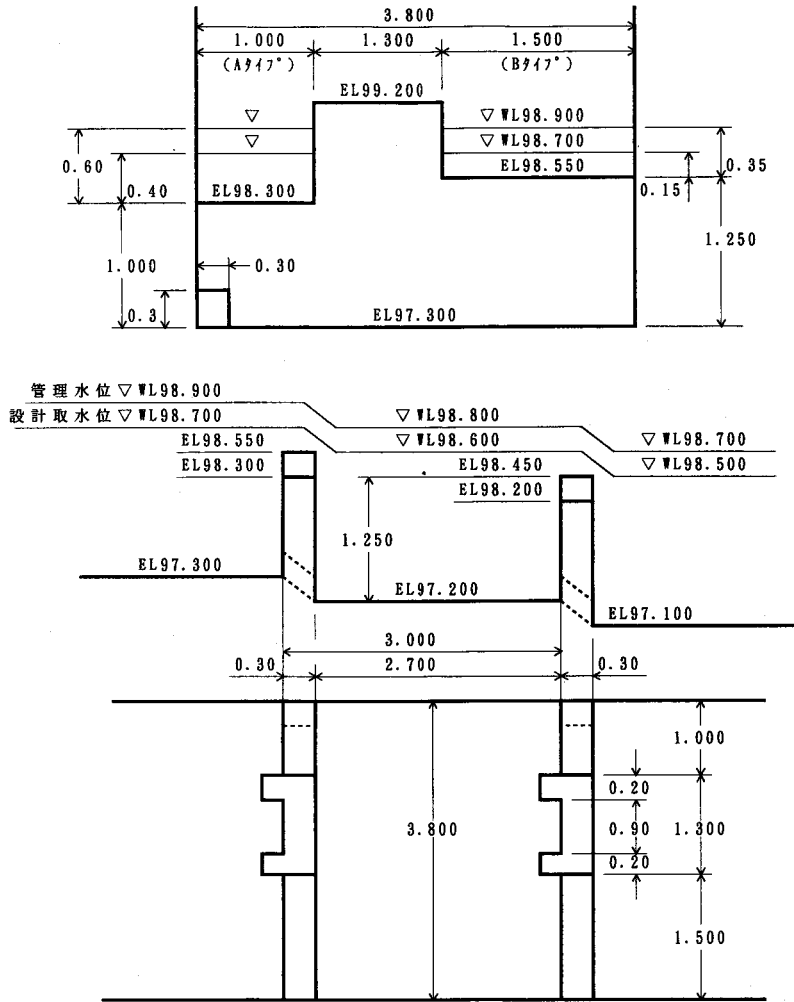
b) 型式II魚道(バーチカルスロット式)

この型式のスロット部は、水位(流速)が変動しても流速は一定であるが、隔壁部は越流水深によって流速は変動する。しかし、水位が変動しても、プール内の休息場所の確保は容易である。

遊泳魚・底生魚とも遡上が容易なようにバーチカルスロット式とし、湛水位の高い時(河川流量の多い時)は、隔壁からも越流させて魚道流量を



图—3 八乙女頭首工魚道計画平面図



図一4 型式I魚道構造図

多くする。スロットからの流速を遅くするために段差を0.10mとしたが、流速は1.40m/sである。アユの場合、稚魚の中でも大型のものは遡上するが、小型のものは隔壁越流部は遡上経路に選択して遡上する。また、側壁部は化粧型枠を、底部は玉石を設置して流速の変化を考慮した。(図一5参照)

c) 型式III魚道 (水路型の粗石設置階段式)

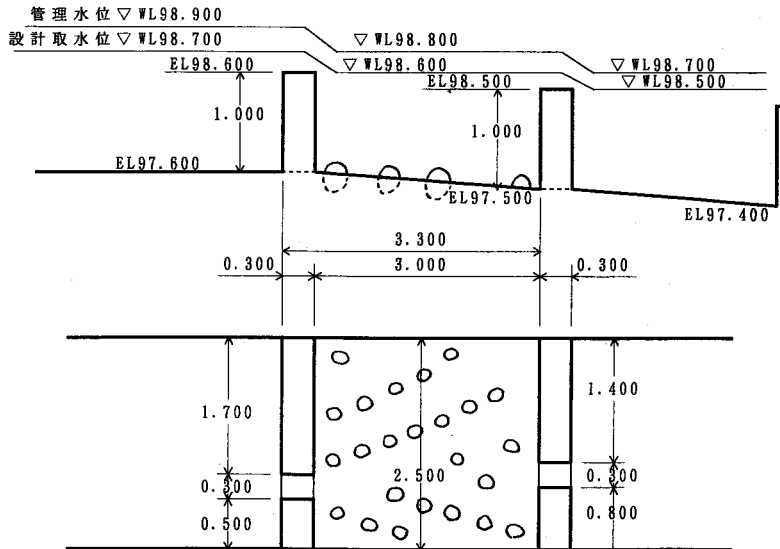
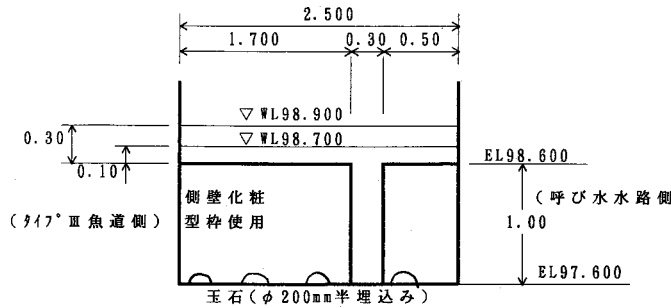
この型式は、小型遊泳魚・底生魚用に浅いプール状の階段式とし、粗石を設置して休息場所を十分に確保するとともに遡上効果を高めるようにした。特に底生魚用に欠口を設けて遡上が容易になるよう配慮した。また、水深が浅いことから、カモメ、サギに遡上魚が捕食されやすいことが考えられるので、水深を粗石頂部から0.20m程度確保

するようにした。(図一6参照)

7) 呼び水水路及び遡上路

遡上魚の入口への誘導・集魚を図るためには、可能な限り多くの流量を放流することから左右岸のそれぞれの魚道に平行に、幅員1.5mの流量調節ゲート付きの呼び水水路を設置した。なお、この呼び水水路は、河川放流量の微調節用水路として利用することとしている。

呼び水水路最下流端の標高は、水流を噴射状態にさせて魚類の誘導・集魚効果を高めるため、魚道最下流端プール敷高標高と同標高とし、呼び水水路内に遡上魚が迷入しないように下流部は急勾配水路となるような構造とした。なお、呼び水水路の



図一五 型式II魚道構造図

放流量は、左右岸ともに各々0~4.452m³/sで、合計0~8.904m³/sの流量調節が可能である。(図一七参照)

遡上路については、下流側からの遡上並びに魚道入口への誘導を容易にするため、低水護岸に沿って下流側に遡上路を設け、河川のみお筋との整合性を計り、その規模は、左右岸とも魚道と同幅員とし、護床工天端より0.30m下がりとした。

8) 迷入・吸引対策

本頭首工の魚道の出口プールを大きくするとともに、取水口においては、遡上魚の巡航速度以下の流速となるよう、取水口への流入流速を0.80m/s、その前面の取水口方向の流速を0.80m/sとした。また、土砂吐ゲートをフラップつきローラーゲートとし、表流水を放流して中・下層部の流速が遅くなるようにし、土砂吐からのアンダーフローがなければ安全に遡上出来るようにした。

取水口への迷入は、遡上魚の習性からはないものと思われるが、用水路に魚類が入っているのが現実であり、遡下魚(落ちアユ・アユの仔魚等)の取水口への進入対策は別途に考慮することとした。

5. おわりに

本頭首工は、平成8年9月から平成12年2月までに工事(水門設備・操作設備、管理棟及び沈砂池工事等含む)が行われ、平成12年度から供用開始することとなっている。本頭首工の供用開始による地域への効果は計り知れないものがあるが、同時に本頭首工の築造による河川生息魚介類への影響及び魚道の効果が注目を浴びることとなる。

前述のとおり、本頭首工の魚道設計に当たっては、生息魚介類等の調査をはじめ、生態系を構成する生物相と文献・資料等を合わせて、本河川における将来水質を予測し、魚道を遡上・降下する

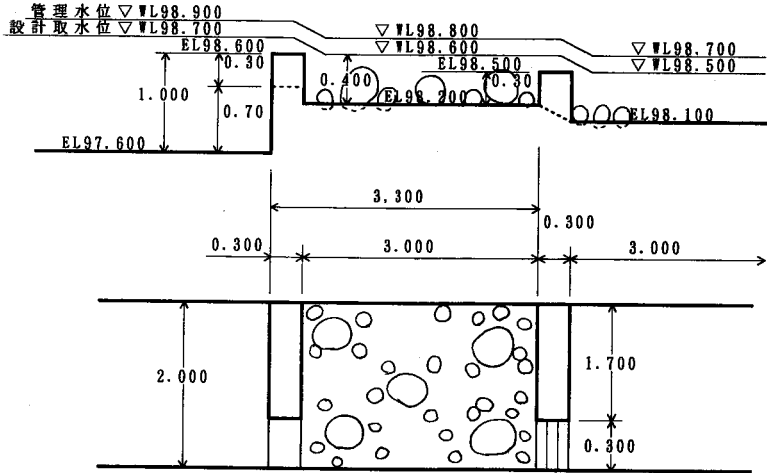
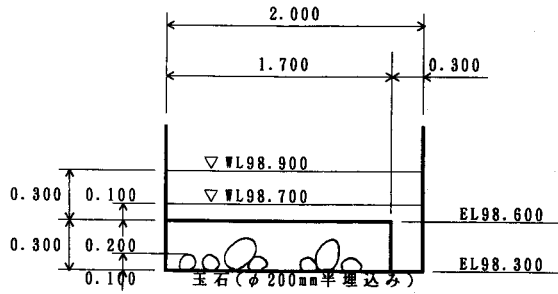


図-6 型式III魚道構造図

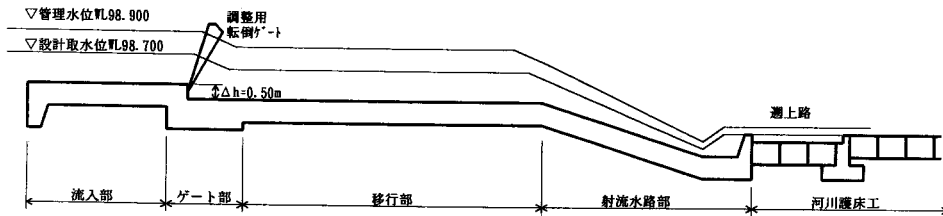


図-8. 隔壁越流部断面図

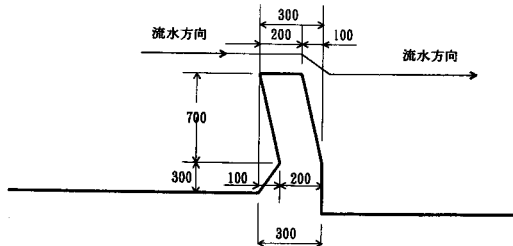


図-7 呼水水路縦断面図

可能性のある魚類を整理するとともに、生態系の構図を明らかにするため、底生動物調査や環境要因として、水温、水素イオン濃度 (pH) 及び流速などの測定等、出来る限り生息魚介類に配慮した魚道の検討・設計を行った。

しかしながら、河川生息魚介類等に配慮した魚道であっても、常に良好な遡上条件となるように

維持管理しなければ良い魚道とは言えなくなるため、魚道内の適正な通水流量、遡上通路の保全管理及び呼水水路の放流管理が重要となる。

最後に、本頭首工の魚道検討に当り、調査、資料取りまとめ及び指導・助言を頂いた(財)日本農業土木総合研究所の皆様並びに「八乙女頭首工魚道技術検討委員会」委員各位に深く感謝します。

大島ダムの施工管理について

—暑中コンクリートの打込み温度対策—

山 本 六兵衛*
(Rokubee YAMAMOTO)

林 繁 一**
(Sigeekazu HAYASI)

吉 広 勝太郎***
(Katsutaro YOSHIHIRO)

河 内 和 博***
(Kazuhiro KAWACHI)

目 次

1. はじめに	45	4. 骨材貯蔵及びプレクーリング設備	45
2. 豊川用水事業と大島ダムの概要	45	5. 対策の効果	47
3. ダムの現場施工条件	45	6. まとめ	54

1. はじめに

大島ダムは、農林水産省国営かんがい排水事業「豊川総合用水地区」と、愛知県「水道用水供給事業」との共同事業により築造する水源施設である。

大島ダムの設計時の温度応力解析によれば、コンクリートの打込み温度を25°C以下とする必要があるとの結果が得られているが、当ダムサイトは本州中部の比較的標高の低い地域に位置し、夏季の平均気温は25°C、最高気温の平均は30°Cを超えるため、通常行われている練混ぜ水の冷却や夜間打設のみでは、これを達成することが困難であると考えられた。このため、当ダムでは、コンクリート練上り温度の低下を目的として、骨材の冷却による方法を併用した。

本報文では、大島ダムで実施してきた打込み温度対策とその効果について報告する。

2. 豊川総合用水事業と大島ダムの概要

当事業は、愛知県の豊橋市を中心とする東三河地域及び静岡県西部湖西市の5市7町に及ぶ地域の農業用水の増強を図ることを目的としている。

この地域の営農形態は渥美半島の施設園芸を中心とした営農と西部地域の蒲郡市を中心にミカンを主体とした先進的な営農が特徴的であり、その

農地面積は約1万9000ヘクタールに及んでいる。大島ダムの概要は次のとおりである。

位 置：愛知県南設楽郡鳳来町名号地内

ダム形式：直線重力式コンクリートダム

堤 高： 69.4m

堤 頂 長： 160.0m

堤 体 積： 175,500m³

総貯水量：12,300,000m³

有効貯水量：11,300,000m³

打設工法：柱状ブロック工法

堤体断面図を図-1に示す。

3. ダムの現場施工条件

3.1 気象条件

鳳来地区の過去10年間の月別平均気象データは表-1に示すとおりで、7、8月の平均気温は25°Cを越えている。

3.2 骨材製造および貯蔵方法

大島ダムでは約25km離れた採石場から骨材を購入しており、その岩質は硬質砂岩である。粗骨材の製造方法は洗浄を伴わない乾式製造で、採石場での貯蔵は野積みである。細骨材はクラシファイアーで掻きあげたものをストックパイルで自然脱水した後、野積みしてシートを掛けている。骨材製造貯蔵の状況を写真-1に示す。

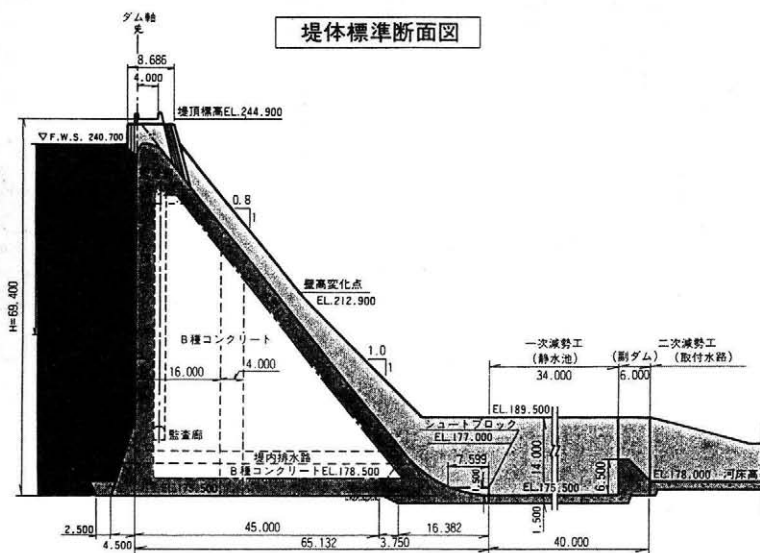
4. 大島ダム骨材貯蔵及びプレクーリング設備

当ダムの骨材貯蔵設備の全景を写真-2に示す。骨材ピンは直径10m、高さ10.9mのコレゲートビ

*豊川総合用水農業水利事務所 (Tel.0532-54-6501)

**東海農政局土地改良技術事務所 (Tel.052-232-1057)

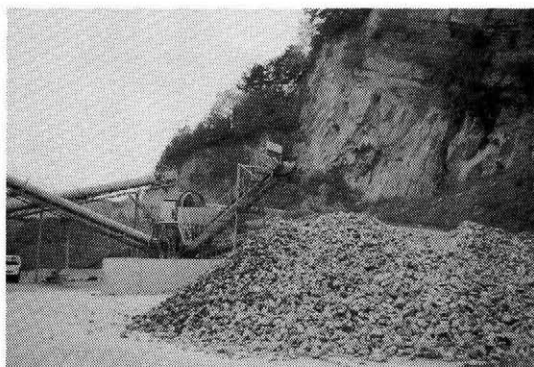
***ハザマ・大日本・大豊大島ダム出張所



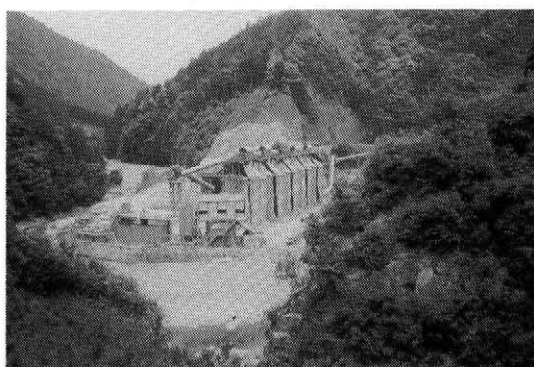
図一 堤体標準断面図

表一 鳳来地区月別気温

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	4.0	4.5	7.9	13.1	17.1	21.3	24.8	25.9	22.7	16.4	11.0	6.0
最高気温	14.0	16.1	19.6	25.9	28.8	32.0	34.8	35.2	34.0	27.8	23.0	18.5
最低気温	-5.8	-4.9	-3.5	-0.5	5.2	12.7	17.0	18.3	13.5	4.6	-1.0	-4.1



写真一 原石山の骨材製造貯蔵状況



写真二 ダムサイト骨材貯蔵設備

ンで、1本当たりの容量はデッドストックも含んで1,212m³ (2,000 t) である。

4. 1 寒冷紗

寒冷紗は貯蔵設備の周囲に直射日光をさけるために設置するもので、当ダムでは日本ワイドクロ

ス社製のワイドスクリーン2012をを広げて使用した。写真一三にその使用状況を示す。

4. 2 散水用配管

すべての骨材ピンの外周には河川水を散水できるように図一2のように配管した。また粗骨材貯蔵

ピン内部にはクーリングプラントで冷却した水を直接骨材に散布できるように、図-3のように配管した。骨材への直接散布は、散水と停止を交互に繰り返すようになっている。散水量は毎秒2リットルであるが、時間当たりの散水量はタイマーで一回の散水時間を変えることによって調整可能である。

4. 3 クーリングプラント

大島ダムは、柱状ブロック工法による打設を行

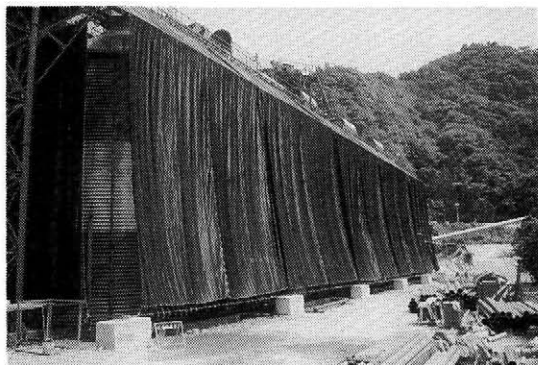


写真-3 寒冷紗設置状況

っている。このため、堤体を一体化させることを目的とした継目グラウトのためのパイプクーリング施設(プラント能力:150冷凍トン)が当初から設置されており、粗骨材への冷水散水にはこのプラントを利用した。

5. 対策の効果

大島ダムでは骨材温度の上昇を防ぐために前記4の対策を実施し、骨材温度を測定することによって対策の効果を定量的に把握した。なお、対策内容は、コンクリート打設時期によって異なることから対策別の効果を直接比較することができない。このため、下記の対策別の骨材温度と骨材温度に影響の大きいと考えられる気温との関係を整理し、効果の評価を行った。

- ①: 無対策
- ②: 寒冷紗で日除けをする
- ③: 寒冷紗と外壁部の散水及び骨材への直接散水を行う

各骨材に対する対策の実施期間を図-4に示す。なお、骨材の温度は、引出し暗渠部分において

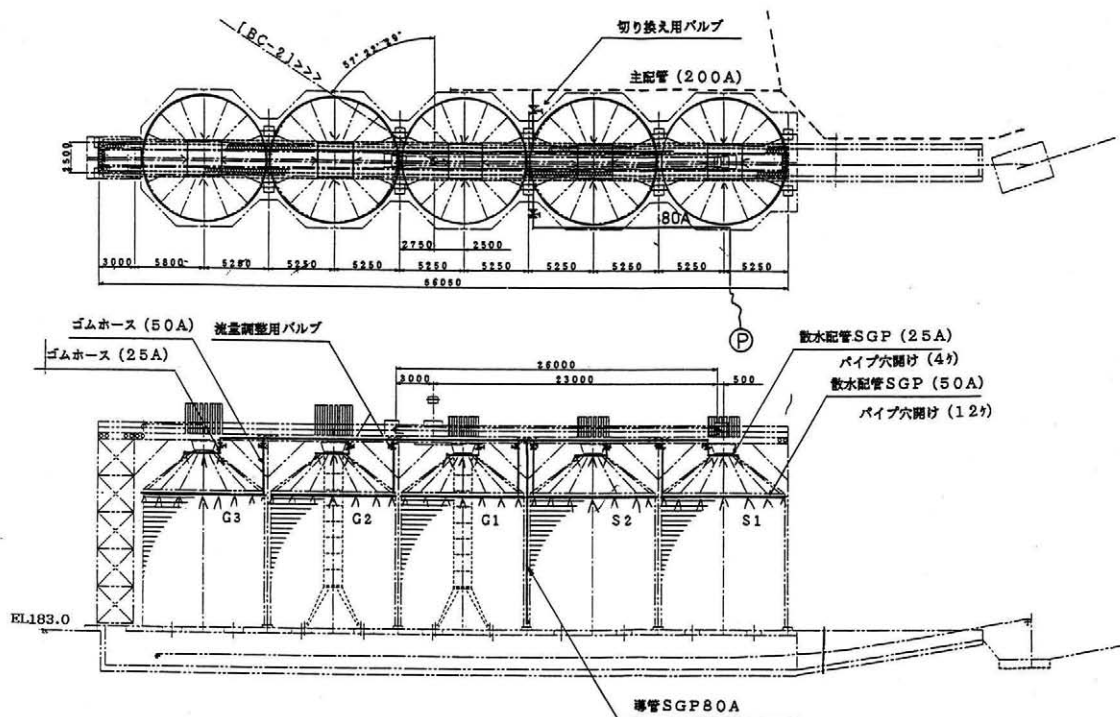


図-2 外壁部散水用配管

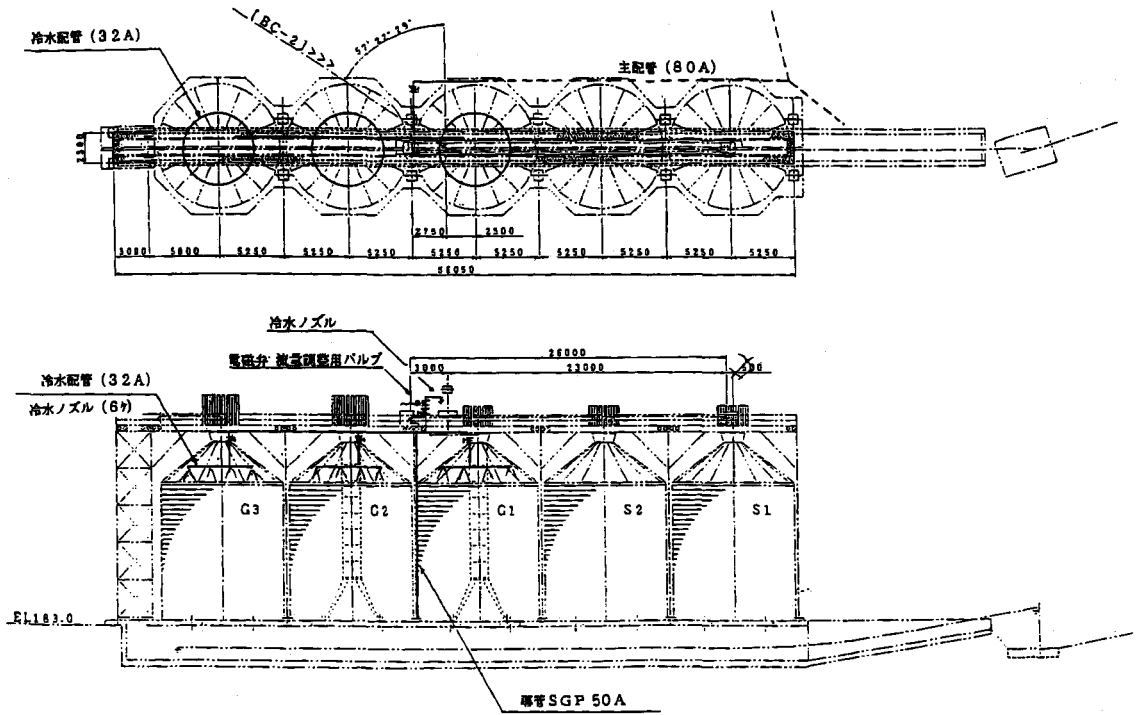


図-3 骨材直接散水用配管

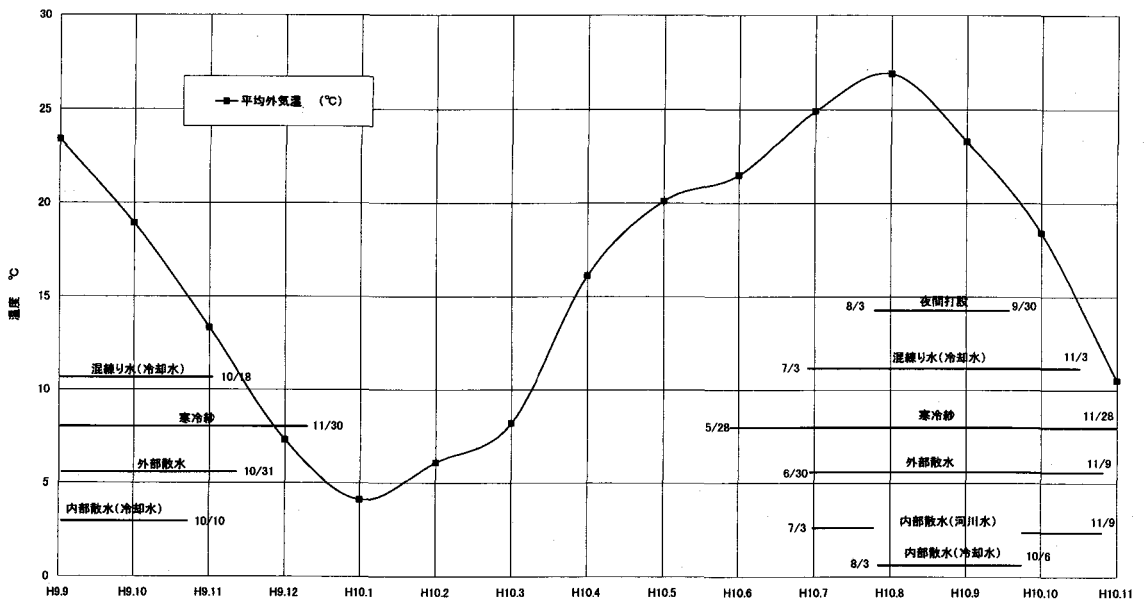


図-4 コンクリート打ち込み温度対策実施期間図

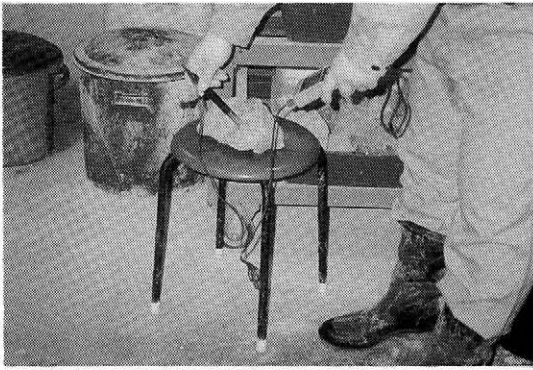


写真-4 骨材温度測定状況

骨材を引き出し、骨材に接触式デジタル温度計をあてて測定した。骨材温度の測定状況を写真-4に示す。

また、コンクリート練上り温度は表-2に示す示方配合と材料の温度から推定した。

5. 1 無対策の場合

平成10年5月末から6月末の粗骨材温度(G3)と日平均気温の推移を図-5に、平均気温と骨材温度の関係を図-6に示す。図-6には打設開始前の平成9年7月に無対策で骨材を貯蔵したときのデータ(白丸)も合わせてプロットした。図-6より無対策の場合、5~6月の骨材温度は平均気

表-2 大島ダムコンクリート示方配合

項目 配合名	Gmax (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					(l/m³)		
						W	C	S	G 1	G 2	G 3	AE減水剤	AE補助剤
B (内部)	150	4 ± 1	5 ± 1	65.8	26	102	155	543	615	486	518	1.55	1.86

G 1 : 150~60mm G 2 : 60~20mm G 3 : 20~5mm

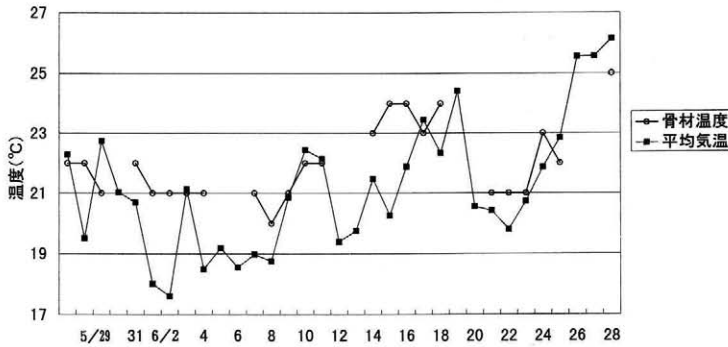


図-5 骨材温度と外気温 (無対策)

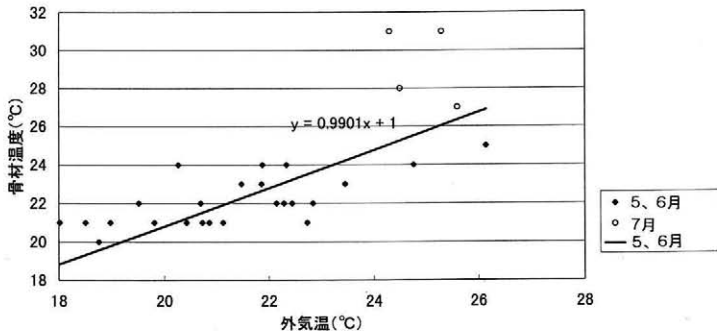


図-6 骨材温度と外気温 (無対策)

温+1°C程度であり、7月にはさらに平均気温よりも高くなる可能性が読み取れる。

次に、この時期の外気温と骨材温度の時間変化を図一7に示した。5月28日から30日にかけて、外気温は18°Cから30°Cの間で変化しているが、骨材温度は20°Cから22°Cの範囲で推移しており、骨材温度の変動幅は気温の変動幅に比べてかなり小さい。また、無対策の場合7～8月の粗骨材温度は夜間でも28°C程度以下にはならない。

細骨材の温度を平成9年の実績に基づき27°C（細骨材は製造時に水洗しているのやや温度が低い）とし、練混ぜ水には7°Cの冷水を使用するものとしてB種コンクリートの練上り温度を予測すると表一3に示すように25°Cを越えることにな

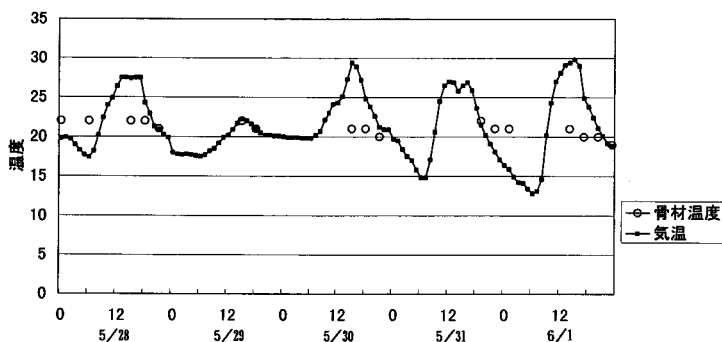
る。

したがって、7～8月には練り混ぜ水を冷却して使用し、夜間打設を行ったとしても練上り温度が25°C以上となることから、骨材の冷却は必須であると考えられる。

5. 2 寒冷紗で日除けをした場合

平成10年5月末から6月末にかけて、G1, G2には寒冷紗で日除けをし、G3は無対策で放置した。G3の結果は5. 1に述べたとおりである。

寒冷紗で日除けをした場合の骨材温度と日平均気温との関係を図一8及び9に示した。なお、図一9には打設開始前の平成9年8月に寒冷紗で日除けをして骨材を貯蔵したときのデータ(白丸)も合わせてプロットした。図一9よりG1, G2の骨

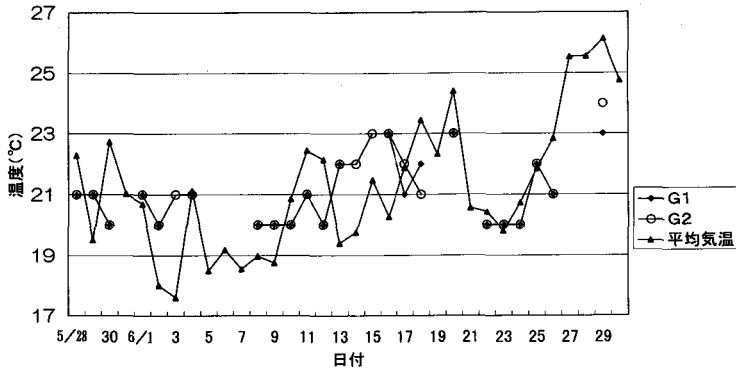


図一7 時間ごとの気温と骨材温度

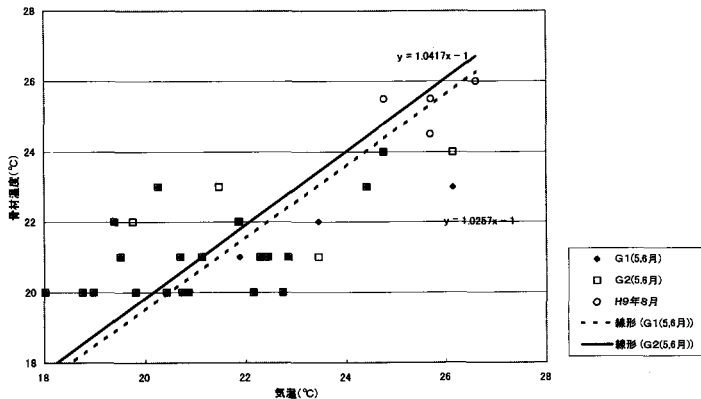
表一3 コンクリート練上り温度予測

	配合量 kg/m ³	比熱 Kcal/kg°C	単位熱量 Kcal/m ³ °C	温度 °C	含有熱量 Kcal/m ³
G 1	615	0.2	123	28	3444
同表面水	6	1	6	28	168
G 2	486	0.2	97.2	28	2721.6
同表面水	5	1	5	28	140
G 3	518	0.2	103.6	28	2900.8
同表面水	5	1	5	28	140
砂	543	0.2	108.6	27	2932.2
同表面水	27	1	27	27	729
セメント	155	0.2	31	33	1023
水	59	1	59	7	413
メカニカルヒート					215
計			565.4		14826.6

練り上がり温度 $14826.6 \div 565.4 = 26.2^{\circ}\text{C}$



図一 8 骨材温度と外気温 (寒冷紗日除け)



図一 9 骨材温度と外気温 (寒冷紗日除け)

材温度は外気温の平均よりも1°C程度低く、粒径の違いによる骨材温度の違いはほとんどないことがわかる。また、骨材温度と外気温の差は、8月であっても5~6月と同様であることがわかる。5. 1の結果とあわせて考えると無対策に比較して、寒冷紗による日除けは約2°Cの冷却効果があると推測できる。

しかし、図一9からわかるように外気温が同じでも骨材温度にはかなりのばらつきがあることから、安全を見込んで骨材温度=外気温(26°C)、練混ぜ水の温度7°Cとして7~8月のB種コンクリートの練上り温度を推定した結果約25°Cとなった。

5. 3 寒冷紗と外壁部の散水及び骨材への直接散水を行った場合

平成10年8月に寒冷紗で日除けをし、骨材ビン外壁部へは河川水(24~25°C)を粗骨材へは冷却水(11°C~14°C)を散水した。このときの外気温と骨材温度の関係を図-10及び11に示す。

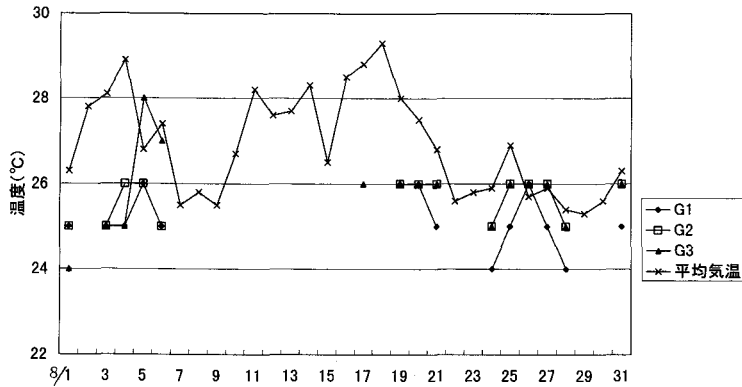
図一11より8月の日平均気温は25°Cから29°Cの

間にあるのに対し、骨材の温度は24°Cから28°Cの間にあり、そのほとんどは25°C~26°Cの間に集中している。すなわち、骨材温度の変動幅は外気温の変動幅に比べて小さいが、これは散水する水の温度の変動が気温の変動に比べて小さいためであると考えられる。

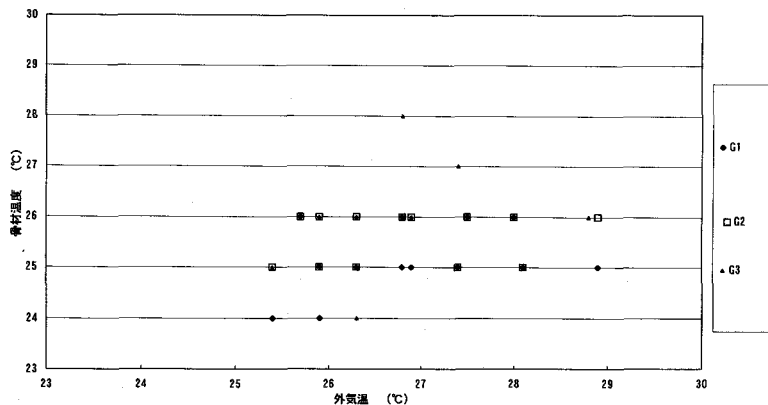
また、G1, G2はG3に比べてやや温度が低くなるという結果が得られた。これは粒径の大きな骨材の方が熱を吸収した水がぬけやすいので冷却効果が大きかったと考えられる。

寒冷紗の日除けのみの場合と散水を併用した場合とを比較すると、どちらも骨材の最高温度は26°C程度であるが、前者と後者の間に測定時期の差があり、前者の気温の最高値は26°Cであるのに対し後者は29°Cであることから、明らかに散水の効果は現れているといえる。

なお、骨材温度26°C、練り混ぜ水7°Cとして推定した練上り温度は25°C以下となったことから、練り混ぜ水に冷水を使用し、骨材に日除けと冷水



図—10 骨材温度と外気温 (寒冷紗日除け, 骨材ビン内外散水)



図—11 骨材温度と外気温 (寒冷紗と外壁部の散水および骨材への直接散水を行った場合)

散水という対策を講じ、なおかつ運搬中にコンクリート温度が上昇しないよう夜間打設を行えば、平均気温が29°Cというかなり高温の日でもコンクリート打設は可能であると判断した。

5. 4 散水量と骨材の表面水率

骨材ビン内部への散水量は、熱収支と骨材の吸水量とを考慮して定めなければならない。散水と骨材の熱交換が完全に行われるが、骨材表面水の蒸発はなく、骨材ビン内外での熱交換もないと仮定した場合のG1骨材ビン1本への必要散水量は次のようになる。

日打設量	500m ³
日骨材使用量	
	615kg/m ³ × 500m ³ = 307,500kg
散水温度	14°C
搬入時骨材温度	28°C
骨材目標温度	25°C
骨材比熱	0.2kcal/kg°C

日当たり必要散水量

$$(28-25) \times 307,500 \times 0.2 / \{(25-14) \times 1\} = 16,773(\text{kg}) = 17(\text{t})$$

しかし、大島ダムの骨材は最初に述べたように乾式製造であるため、ダムサイトに搬入されたときは、ほとんど気乾状態で散水してもかなりの量の水を吸着する。したがって散水量が少ないと散水した水はすべて骨材に吸着されビンの外に排出されないことになる。この場合、骨材の見かけの温度は低下しても骨材に付着した表面水は温度が上昇する。また、表面水が増えた分、練混ぜ水(冷水)を減量しなければならない。さらに、骨材ビンのような通気性の悪い場所では骨材表面水の蒸発はほとんど起きないことから、蒸発の潜熱による温度低下も期待できない。

したがって、ビン内への散水で冷却の効果をあげるには、骨材が吸水する以上の水(1日のG1骨材ビン1本当たりの搬入量約300t, 骨材の吸水率

を1%とすれば、必要散水量+3 t以上となる。)を散水し、骨材の間を流れる水が熱を奪ってピンの外に流出するようになければ効果は期待できない。

以上のことより、日散水量は20 t以上が必要ということになるが、実際には完全な熱交換はありえないことから、少なくともこの数倍程度の散水量が必要と考え、粗骨材貯蔵ビン1本への日散水量の実績は、散水時間によって異なるが、30~100m³

程度とした。

また、骨材温度を低下するには散水時間が長い方が有利である。しかし、骨材の表面水率が高くなると表面水率のばらつきが大きくなりコンクリートの品質に悪影響を及ぼす。これを避けるため粗骨材への散水は打設開始3時間前に停止して水切りを行った。

図-12に表面水率の推移を示す。粒径の小さいものほど透水性が小さくなるため、含水率が高い。

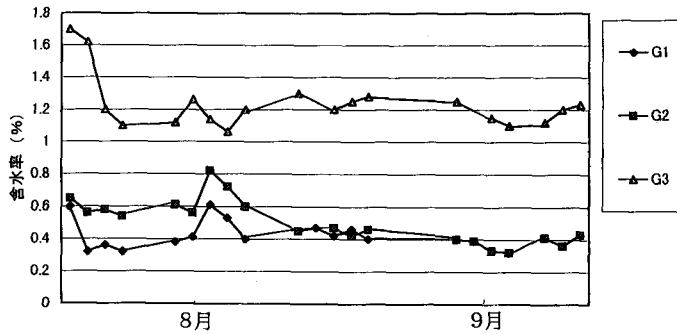
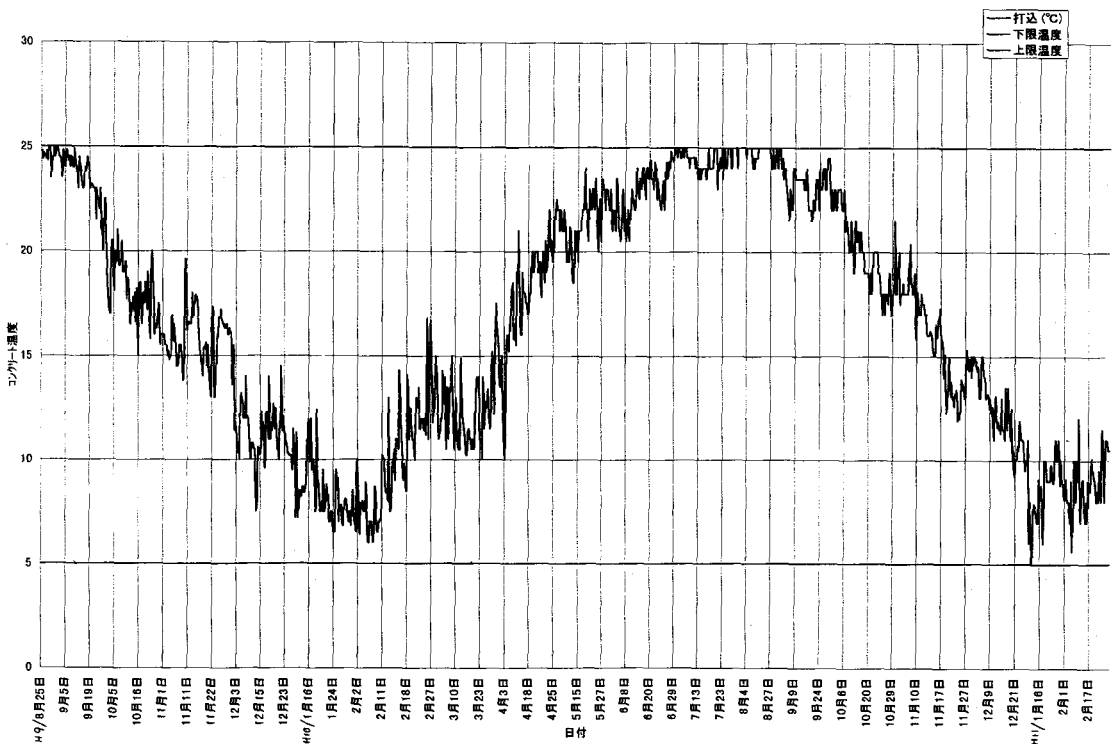


図-12 内部散水による粗骨材含水率の変化

図-13 コンクリート打込温度 (H9.8~H11.2)



また各骨材とも含水率のばらつきは0.2%程度であった。

5. 5 打込み温度実績

コンクリート打込み温度の実績を図-13に示す。この図によれば、対策の効果が表れていることがわかる。ただし、平成10年8月は練混ぜ水と骨材を冷却し、かつ夜間打設を行うことにより目標を達成できたもので、当ダムで実施した打込み温度対策の限界を示すものでもある。

6. まとめ

大島ダムで実施したダムコンクリート打込み温度対策の結果を要約すると下記ようになる。

- ① 骨材温度に対する外気温の日変動の影響は少ない。5～6月の実績では外気温の日較差12°Cに対し骨材温度の差は2°C程度である。これはコンクリート練上り温度にして1.7°Cに相当する。
- ② 無対策の場合、骨材ビンに貯蔵された骨材温度は、5～6月には平均気温よりも約1°C高く、7月にはさらに高くなる。
- ③ 寒冷紗で日除けをした場合、骨材温度は平均気温よりも約1°C低い温度となる。
したがって、寒冷紗を設置した場合の骨材温度への効果は2°C程度と推定される。これはコンクリート練上り温度を1.7°C低下させることになり、練混ぜ水を7°Cに冷却して使用した場合とほぼ同程度の効果がある。

- ④ 大島ダムでは、8月には平均気温が25°Cを越える高温となる。このため、無対策の場合はもちろん、寒冷紗で骨材ビンに日除けをし、夜間打設を行った場合でも打込み温度25°C以下とすることは困難である。
- ⑤ 寒冷紗で日除けをし骨材に冷水を直接散水した場合、日平均気温25～29°Cに対し、骨材温度は24～26°Cであった。
- ⑥ 骨材ビン内部に散水を行った場合、粒径の大きい骨材の方が熱を吸収した水が抜け易いため冷却効果が大きい。
- ⑦ 8月は、練混ぜ水及び骨材を冷却し、かつ夜間打設を行わなければ打込み温度を25°C以下とすることが困難であった。
- ⑧ 粗骨材に直接散水した場合の表面水率はG1, G2で平均0.4%程度、G3で1.1%程度、両者とも0.2%程度変動した。

参考文献

- 1) 多目的ダムの建設 第3巻 設計I編, (財)ダム技術センター, 昭和62年9月
- 2) コンクリートダムの細部技術, (財)ダム技術センター, 平成4年3月
- 3) コンクリート標準示方書 施工編, 土木学会, 平成8年3月
- 4) コンクリート標準示方書 ダム編, 土木学会, 平成8年3月

下蚊屋ダムにおける遮水材の変更について

大林 由明*
(Yoshiaki ŌBAYASHI)

目 次

1. はじめに	55	4. 材料の変更に関する検討	57
2. 事業及びダムの概要	55	5. 材料変更後の盛立状況	62
3. 平成9年度の盛立状況	55	おわりに	63

1. はじめに

下蚊屋ダムは、国営大山山麓総合農地開発事業によって造成された農地及び既耕畑にかんがい用水を供給するため、一級水系日野川の支流俣野川の鳥取県日野郡甲府町大字助沢及び下蚊屋に建設中の農業用ダムである。

当ダムの遮水材は大山ローム（以下「ローム」という。）と凝灰角礫岩（以下「Tb」という。）の混合材（混合比率1：4）を使用し、盛立試験結果により定めた盛立仕様に従い平成9年8月より盛立を開始したところであるが、盛立後の品質管理試験について管理基準値を満足しながらも転圧時にウェビングやタイヤのすべりが発生し以降の盛立に不安を残したことから、材料の変更を行ったところである。

本報文は遮水材の変更に関する検討経緯と変更後実施している含水比の調整について報告する。

2. 事業及びダムの概要

国営大山山麓総合農地開発事業の事業地域は、鳥取県西部に位置し、山陰の主峰大山（標高1,711m）の北部から南部山麓にかけての丘陵地帯である（図-1）。本事業は430haの農地造成と既耕畑37haの区画整理を併せて行うとともに、既耕畑1,786haの畑地かんがいを行い、梨、野菜、酪農などを導入して経営規模を拡大し地域農業のバランスの取れた発展を図ることを目的とし、農林水産省

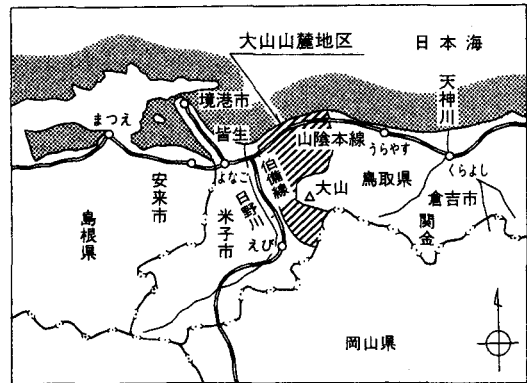


図-1 事業位置図

が昭和47年10月に着工したものである。

下蚊屋ダムは、堤高55.5m、総貯水量3,860千³m³の中心遮水ゾーン型フィルダムであり、諸元は表-1、計画平面図は図-2、標準断面は図-3に示すとおりである。

ダム工事の進捗状況であるが、昭和62年度より付替道路の建設に着手し、平成6年10月に本体工事に着手した。その後平成7年5月に仮排水路トンネルへの転流を行い、平成9年度より本堤の盛立を開始し、現在、平成11年秋の盛立完了を目指して工事を進めているところである。

3. 平成9年度の盛立状況

平成9年8月より遮水材の盛立を開始し5mの盛立を行った。材料にはロームとTbを1：4（湿潤重量比）で混合した材料を使用し、盛立仕様のとおり20cmで撒き出し、10tタンピングローラーで6回の転圧を行った。盛立日ごとに実施する現場

*中国四国農政局大山山麓開拓建設事業所 江府支所
(Tel.0859-27-2001)

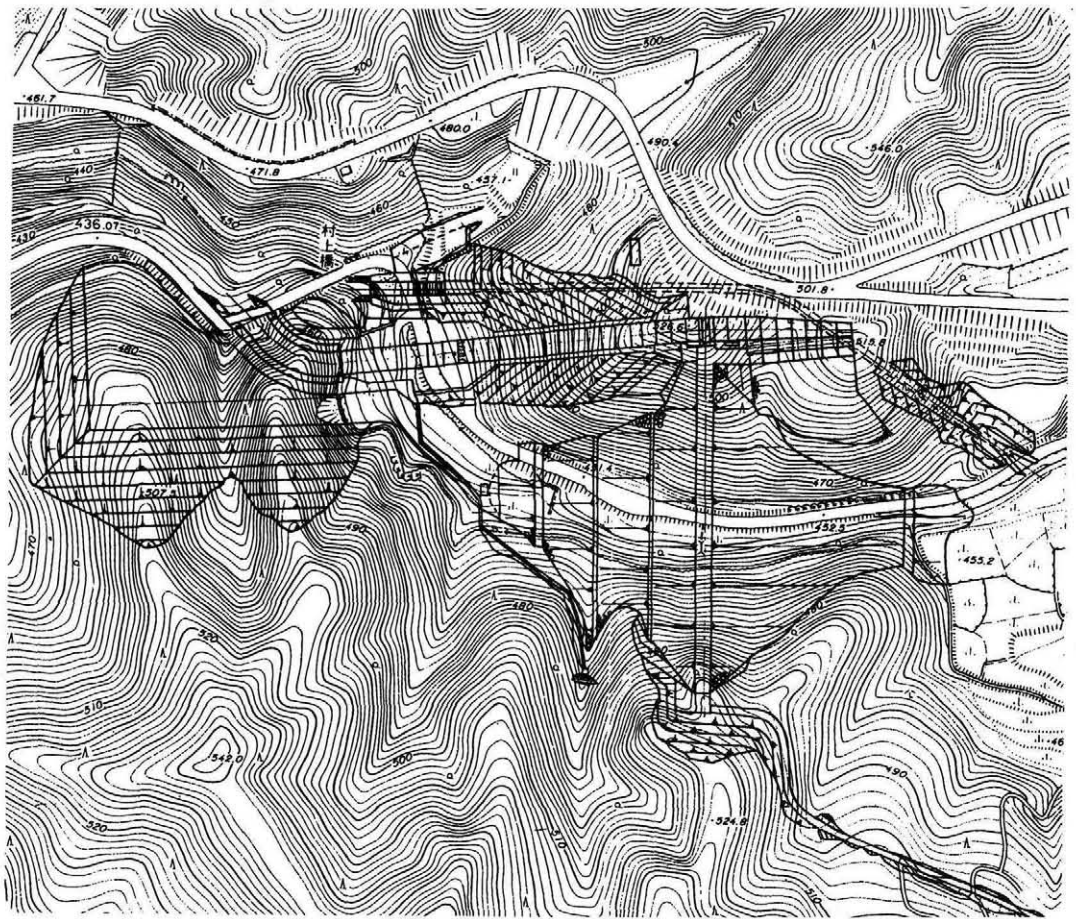


図-2 ダム計画平面図

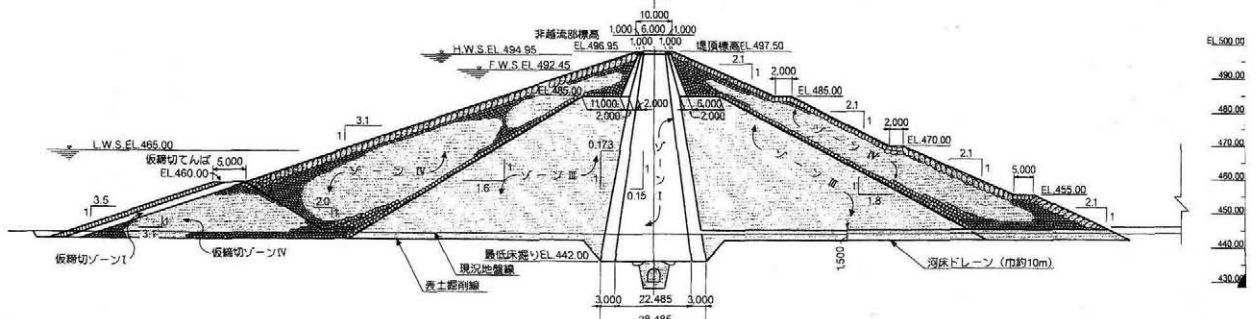


図-3 ダム標準断面図

密度・透水についての品質管理試験結果は、全て管理基準値を満足したが、転圧時（特に降雨後など含水比の高い場合）において、以下のような問題が発生した。

- ①ウェービング現象：転圧機械の走向に伴い、盛立表面が波打つ現象が見られた。
- ②タイヤのすべり：ウェービングに起因して、転圧機械のタイヤ（後輪）にすべりが発生した。施工状況の悪い範囲については剥ぎ取り再施工を行ったため、工事の進捗に支障が生じた。



写真-1 ウェービング発生状況(平成9年度)

表-1 ダム及び貯水池諸元

一般	位置	鳥取県日野郡江府町助沢及び下蚊屋地内			
	河川名	一級日野川水系俣野川			
	基礎地盤	中生代白亜紀～新生代古第三紀鳥取花崗岩(粗粒黒雲母花崗岩)			
貯水池	流域面積	直接13.0km ² 間接0km ²	常時満水位	EL.492.45m	
	満水位面積	0.236km ²	計画洪水位	EL.494.95m	
	総貯水量	3,860,000m ³	計画堆砂面	EL.465.00m	
	有効貯水量	3,440,000m ³	利用水深	27.45m	
	堆砂量	420,000m ³			
堤体	型式	中心遮水ゾーン型フィルダム			
	型式	中心遮水ゾーン型フィルダム	堤頂長	210.0m	
	堤高	55.5m	堤頂幅	10.0m	
	総築堤量	620,000m ³ (余盛含む)	天端仮縮切堤	EL.460.00m	
	築堤量	仮縮切堤	13,000m ³	標高本堤	EL.497.50m
		ゾーンⅠ	89,000m ³	法面上流側	1:3.1
		ゾーンⅢ	225,000m ³	勾配下流側	1:2.1
		ゾーンⅣ	230,000m ³	最低床掘標高	EL.420.0m
		フィルター	35,000m ³		
		リップラップ	27,000m ³		
洪水吐	型式	自然越流型側水路式			
	設計洪水量	504m ³ /sec	越流セキ長	63.0m	
	減勢工対象流量	336m ³ /sec	洪水吐総延長	382.0m	
	越流水深	2.5m	減勢工型式	強制跳水型副ダム方式	
仮排水路	型式	標準馬蹄型2R型			
	設計洪水量	163m ³ /sec	断面	標準馬蹄型(2R=4.6m)	
	総延長	415.0m			
取水設備	型式	多孔式斜樋型式			
	最大取水量	1.732m ³ /sec	取水口孔数	φ700mm:7孔 φ900mm:1孔	
	取水口孔径	φ700mm	取水間隔	4.0m	
			取水管口径	φ1,000mm	
監査廊	型式	カルバートタイプ			
	総延長	286.3m			

4. 材料の変更に関する検討

平成9年度の盛立施工において発生したウェーピング現象の原因としては、材料の細粒分が多いこと及び含水比が高いことが考えられるので、これらを下げることにより解消できるものと判断した。

そこで、平成9年度に盛立てた材料に、粗粒で含水比の低い材料を混合する方向で材料を変更することについて検討を行った。具体的には、以下の2案について室内試験を実施した。

- ①Tbの割合を増やす案
- ②洪水吐の埋戻し用土として確保済みである花崗岩風化土(以下「マサ」という。)を追加する案

(1) 室内試験結果とその考察

1) Tbの割合を増やした材料に関する室内試験結果

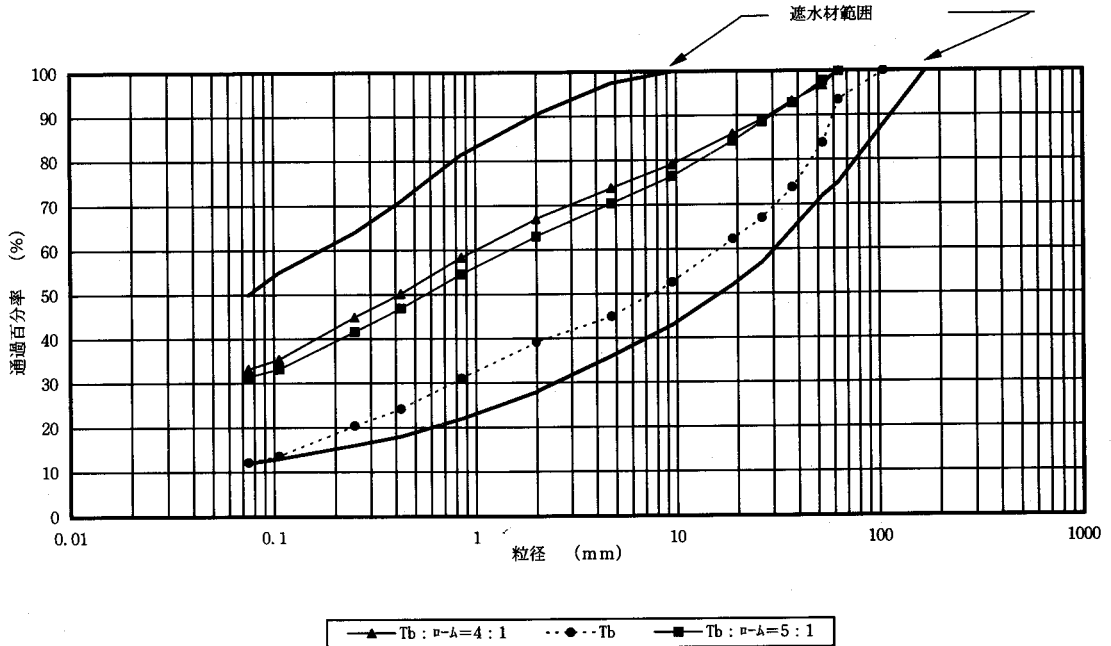
Tbとロームの混合比率を4:1から5:1に変えた材料について土質試験を実施したとこ

ろ、以下のような結果が得られた(表-2, 図-4, 図-5)。

- ①塑性指数が15.6(4:1)から11.2(5:1)へ変化した。
- ②粒度組成はTbが増えたことにより粗粒側へ平行移動した。
- ③締固め試験(-37.5mm)結果について、
 - ・最大乾燥密度は大きくなった。(1.730 t/m³(4:1)→1.783 t/m³(5:1))
 - ・最適含水比は殆ど変化せず。(17.7%(4:1)→17.8%(5:1))
 - ・5:1の場合、自然含水比と最適含水比が殆ど同じ。(Wopt=17.8%, Wn=17.7%)
- ④透水係数は自然含水比の状態ですべても1.0×10⁻⁶cm/s以下であるが、Tbを増やすことにより多少大きくなった。(2.5×10⁻⁷cm/s(4:1)→9.1×10⁻⁷cm/s(5:1))
- ⑤コーン指数については、自然含水比において増大が図られた(10.3kgf/cm²(4:1)→15.1kgf/cm²(5:1))が、含水比の上昇に伴い急

表一 2 Tbの割合を増やした材料に関する室内試験結果一覧表

材 料	含水比 Wf %	土粒子の 密度 ρ_s t/m ³	塑性指数 I _p	粒度組成 (通過質量百分率)				室内締固・透水試験						コーン試験 におけるqc kg/cm ²	
				最大粒径 D _{max} mm	37.5mm %	4.75mm %	0.075mm %	最適含水比 W _{opt} %	自然含水比 W _n %	W _n -W _{opt} %	湿潤割合含水比 W _{wet} %	最大乾燥密度 ρ_{dmax} t/m ³	最小透水係数 k _{min} cm/s		自然含水比
Tb:ローム=4:1	19.9	2.67	15.6	63.5	93.3	73.8	33.2	17.7	19.3	+1.6	22.2	1.730	2.0E-07	10.3	
Tb	11.2	2.72	-	106.0	73.8	44.9	12.2	-	-	-	-	-	-	-	
Tb:ローム=5:1	17.8	2.66	11.2	63.5	92.9	70.4	31.5	17.8	17.7	-0.1	20.9	1.783	5.0E-07	15.1	



図一 4 Tbの割合を増やした材料の粒度曲線

激に減少することが確認された。

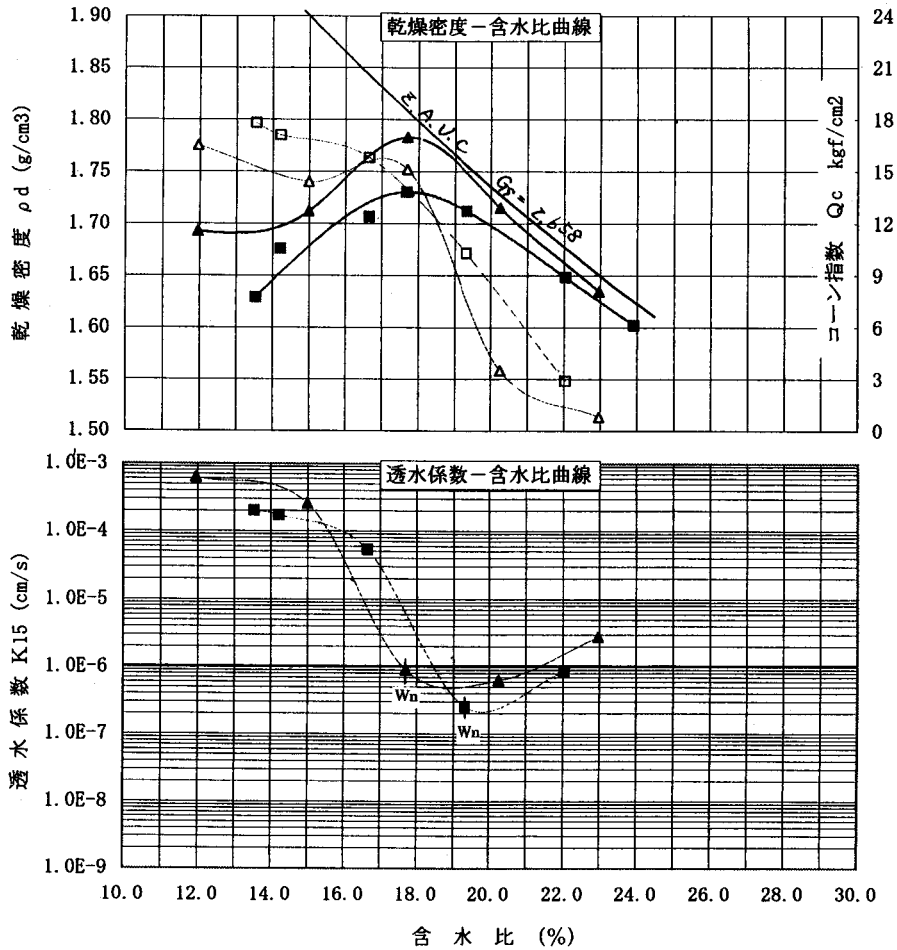
2) マサを加えた材料に関する室内試験結果

Tb:ローム=4:1の材料にマサを5:1, 4:1, 3:1の比率で混合した材料について土質試験を実施したところ以下のような結果が得られた(表一3, 図一6, 図一7)。

- ①塑性指数が15.6 (Tb+ローム) から14.2~12.1 (Tb+ローム+マサ) へ変化した。
- ②粒度組成は細粒分(-0.075mm)の割合が減り, 1mm~10mmの割合が増加した。
- ③締固め試験(-37.5mm)結果について
 - ・最大乾燥密度はマサの混合割合が増えるにつれて大きくなった。(1.730 t/m³(Tb+ローム) →1.791 t/m³(5:1), 1.793 t/m³(4:1), 1.801 t/m³(3:1))
 - ・最適含水比はマサの混合割合が増えるに従

い低下した。(17.7%(Tb+ローム)→17.1%(5:1), 16.9%(4:1), 16.4%(3:1))

- ・自然含水比と最適含水比の差が小さくなった。(1.6%(Tb+ローム)→0.3%(5:1), 0.6%(4:1), 0.5%(3:1))
- ④透水係数は自然含水比の状態ですべても1.0×10⁻⁶cm/s以下であり, マサを加えてもあまり変わらなかった。(2.5×10⁻⁷cm/s (Tb+ローム) →1.1~3.7×10⁻⁷cm/s (Tb+ローム+マサ))
- ⑤コーン指数については, 自然含水比において増大が図られた(10.3kgf/cm²(Tb+ローム) →13~14kgf/cm²(Tb+ローム+マサ))が, 含水比の上昇に伴い急激に減少することが確認された。



縮固・透水カーブ —▲— Tb:O-A=5:1 コーン指数 —△— Tb:O-A=5:1
 —■— Tb:O-A=4:1 —□— Tb:O-A=4:1

図-5 縮固め・透水・コーン試験結果

表-3 マサを加えた材料に関する室内試験結果一覧表

材 料	含水比 Wf %	土粒子の 密度 ρ_s t/m ³	塑性指数 Ip	粒度組成 (通過質量百分率)				室内 縮 固 ・ 透 水 試 験					コーン試験 自然含水比 におけるqc kgf/cm ²	
				最大粒径 Dmax mm	37.5mm %	4.75mm %	0.075mm %	最適含水比 Wopt %	自然含水比 Wn %	Wn-Wopt %	湿潤側含水比 Wwet %	最大乾燥密度 ρ_{dmax} t/m ³		最小透水係数 kmin cm/s
Tb:O-A=4:1	19.9	2.67	15.6	83.5	93.3	73.8	33.2	17.7	19.3	+1.6	22.2	1.730	2.0E-07	10.3
マサ	8.0	2.62	—	106.0	91.9	85.3	8.7	—	—	—	—	—	—	—
Tb+O-A:マサ=5:1	17.6	2.66	12.1	53.0	96.7	73.4	26.1	17.1	17.4	+0.3	20.3	1.791	1.0E-07	14.0
Tb+O-A:マサ=4:1	17.6	2.67	14.2	100.0	89.7	89.4	28.2	16.9	17.5	+0.6	20.1	1.793	3.0E-07	13.4
Tb+O-A:マサ=3:1	15.8	2.66	13.4	100.0	88.9	85.4	24.6	16.4	16.9	+0.5	20.0	1.801	3.5E-07	14.0

3) 考 察

①Tbの割合を増やした場合 (以下「A案」という。) とマサを加えた場合 (以下「B案」という。) の両方とも、密度・透水係数について管理基準値を満足する。

②塑性指数についてはA案, B案とも目安値の15を下回るが, B案の方が目安値との差が小さい。

③ウェーピング解消の対策として細粒分 (-0.075mm) の割合及び含水比を下げることに対し

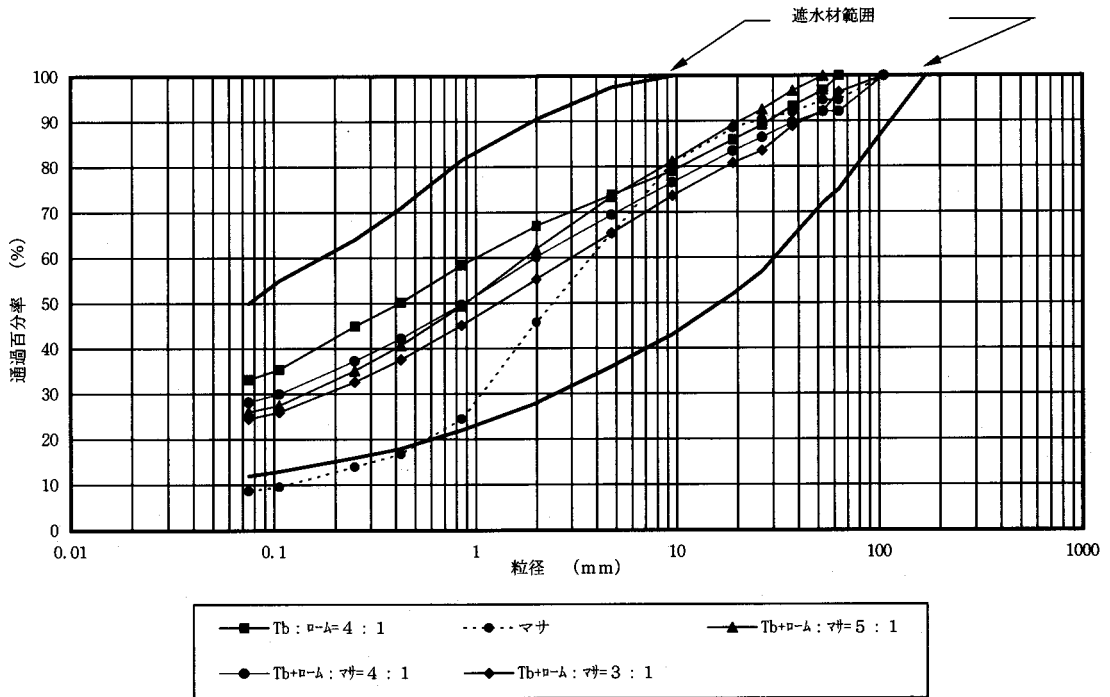


図-6 マサを加えた材料の粒度曲線

ては、A案よりB案の方が望ましい。

- ④コーン指数については、いずれも含水比の上昇に伴い急激に減少することから、施工含水比について綿密な管理が必要となる。

また、Tbの自然含水比は10~18%と幅があるのに対し、マサの施工含水比は概ね8%で安定している。

以上から、材料の変更はマサを追加する方針とした。さらに、コーン指数の特性を考慮し、施工含水比の低下が図られるとともに最適含水比に近くなるよう混合比率をTb+ローム：マサ=3：1、つまりローム：Tb：マサ=1：4：1.7に決定した。

(2) 盛立試験結果とその考察

ローム：Tb：マサ=1：4：1.7の材料を用い以下のような条件で盛立試験を実施した。

- ①ウェービング現象の発生等施工性の問題についてその改善を確認するため、5m盛立てた堤体上において10m×9mの規模で4層の盛立てを実施した。
- ②遮水材とフィルター材（1層40cm）の沈下量の

違いから生じる境界部転圧時の段差をなくすため、また経済性から撒出し厚を20cmから25cmに変更した。その他の転圧仕様は変更しない(10tタンピングローラで6回転圧)。

1) 盛立試験結果

盛立試験に使用した材料の最適含水比 (W_{opt})は15.8%、最大乾燥密度は1.818 t/m³であり、4層盛立て後の試験結果及び転圧状況は以下のとおりであった(表-4)。

- ①含水比(-37.5mm) W は15.9%~16.8%と全て管理基準「 W_{opt} (15.8%) $\leq W \leq W_{wet}$ (19.1%)」を満足した。
- ②乾燥密度(フルサイズ)は1.745 t/m³~1.822 t/m³と全て管理基準(1.45 t/m³以上)を満足した。
- ③締固度は95.3%~99.2%と全て管理基準(95%以上)を満足した。
- ④現場透水係数は $2.2 \sim 7.8 \times 10^{-6}$ cm/sと全て管理基準(1.0×10^{-5} cm/s以下)を満足した。
- ⑤コーン指数は平均で9.7kgf/cm²であり、転圧時において若干のウェービングが発生した。

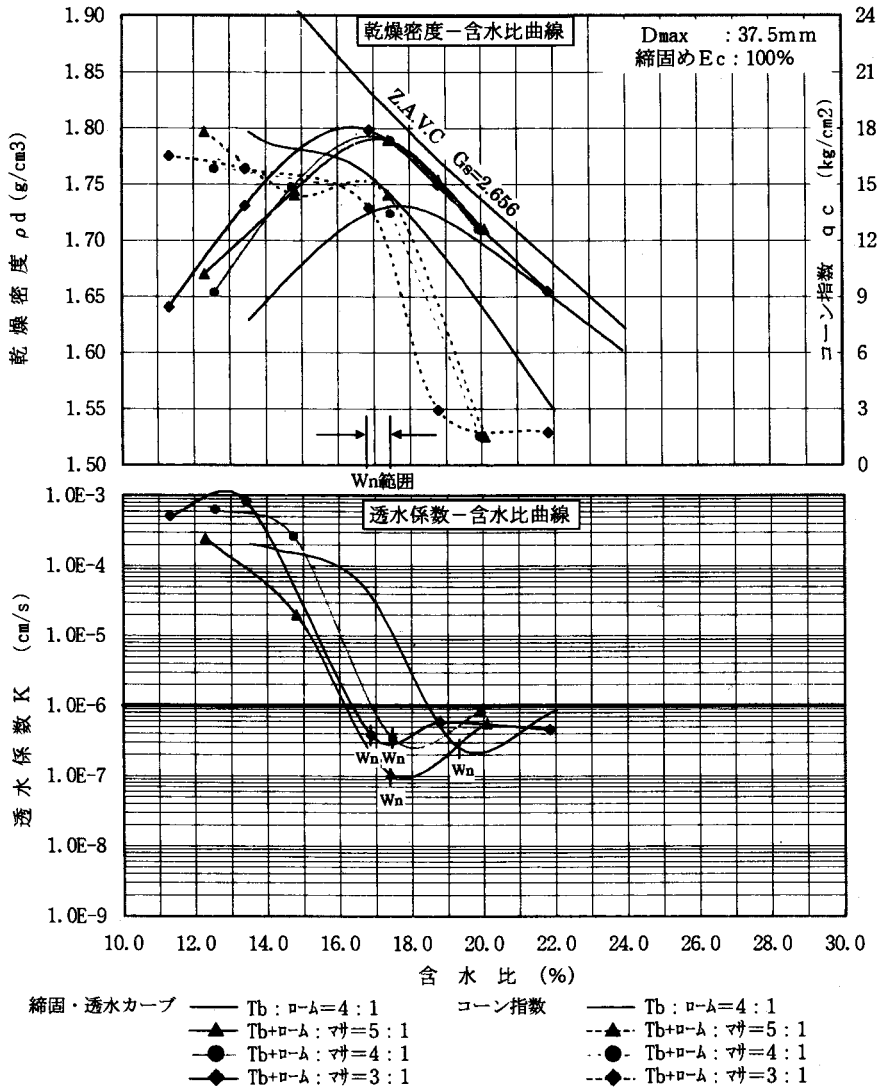


図-7 マサを追加した材料の締固め・透水・コーン試験結果

表-4 盛土試験結果

測点	フルサイズ		-37.5mm			現場透水係数 (cm/s)
	含水比 (%)	乾燥密度 (t/m ³)	含水比 (%)	乾燥密度 (t/m ³)	D値 (%)	
1	14.9	1.821	16.5	1.760	96.8	7.8E-06
2	15.2	1.807	16.4	1.769	97.3	2.4E-06
3	14.6	1.790	15.9	1.733	95.3	2.2E-06
4	16.6	1.745	16.8	1.734	95.4	2.2E-06
5	15.8	1.822	16.2	1.804	99.2	2.9E-06
平均	15.4	1.797	16.4	1.760	96.8	3.5E-06
基準値	—	1.45以上	15.8 ≤ W ≤ 19.1		95.0以上	10.0E-06以下

2) 考察

①細粒分 (-0.075mm) の割合が10%程度 (35%

→25%) 減少したにも関わらず、現場透水係数にあまり変化がないことから、マサを追加したことにより材料のかみ合わせが良くなっ

たと判断できる。

②施工性について大幅に改善されたが、コーン指数が機械の走行性からの目標値10kgf/cm²を僅かに下回った。室内試験結果より、コーン指数が含水比に敏感に左右されることが明らかになっており、最適含水比と施工含水比の管理を綿密に行う必要がある。

5. 材料変更後の盛立状況

室内試験結果及び盛立試験結果から、平成10年度当初より遮水材をローム：Tb：マサ＝1：4：1.7の混合材に変更し本堤の盛立を実施しているところである。現在までのところ品質管理試験結果は全て管理基準値を満足しており、平成9年度の盛立に比べると施工性は改善された。しかしながら、施工含水比が最適含水比から2%程度以上高くなると地耐力が低下し施工性が悪くなることから、施工含水比の綿密な管理が必要である。

そこで、ストックパイルにおいて含水比が上昇するのを防ぐとともに、遮水材料の含水比を低下させる、あるいは材料を良好な状態でストックできる施設（遮水材乾燥設備）を場内に設置した。なお、天日による乾燥については、①ヤードが確保できない、②天候に左右される、などから困難と判断した。

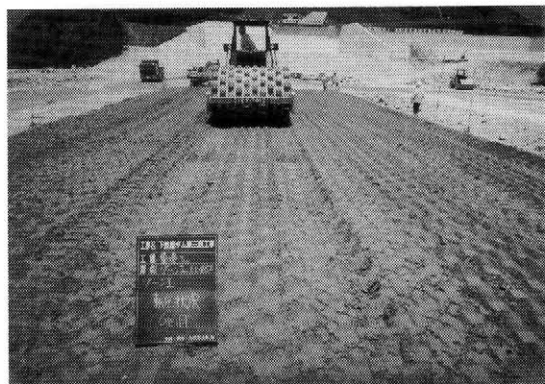


写真2 平成11年度遮水材転圧状況

(1) 遮水材乾燥設備稼働前の盛立実績

平成9年9、10月及び10年4、5月の月当たりの遮水材盛立日数は平均で9.4日（表-5）であり、設計稼働日数13日の約70%であった。盛立日数が設計どおりに確保できなかった原因は、気象条件（降雨等）によるところが大きい。盛立不能日には、降雨後において堤体の状態は良好だが、ストックパイルの含水比が高く、盛立可能な材料が確保出来ず盛立が行えなかった日が含まれている。

(2) ストックパイルにおける含水比対策

ストックパイルにおける含水比の上昇を抑制するために、①造成勾配をつけ排水を良くする、②切り崩しを行なう際、ブルドーザーによるスライドカットが一般的であるが、バックホウを用いることにより、切り羽を出来るだけ小さくし降雨の影響を少なくする、などの対策を講じているが降雨後において含水比の低下に時間を要する等の課題を解決するには至っていない。

(3) 遮水材乾燥設備の施設概要

遮水材乾燥設備は床面積890m²（37m×24m）、高さ7～12mの鉄骨構造で、一度に約2,000m³（2日分の盛立量に相当）のストックが可能である。屋根及び壁には透明な材料を使用しており温室効

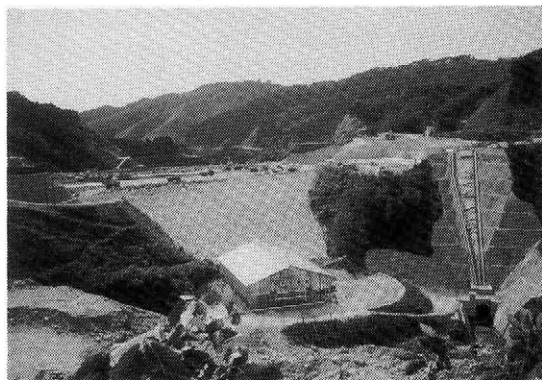


写真3 堤体及び遮水材乾燥設備の全景（上流側より）

表-5 月別の遮水材盛立日数

期 間	遮水材乾燥設備利用前						遮水材乾燥設備利用後							
	H9.9.10～10.21, H10.3.26～6.10 (118日)						H10.6.11～11.30 (173日)							
月	9	10	3	4	5	6上旬	平均	6下旬	7	8	9	10	11	平均
盛立日数	5	12	0	5	12	3	9.4	8	11	12	13	14	11	12.0

果が期待できる。また22kW級の送風機を側面に2台、750W級の扇風機を天井に12台備え付けており、それらを稼働させるとともに、バックホウ(0.4m³級)で天地返しを行うことで含水比の低下を図る。

(4) 遮水材乾燥設備の目的と利用方法

遮水材の盛立が遅れることにより、他のゾーンの盛立も遅れ、また、盛立の進捗に併せて実施しているカーテングラウチング等の施工も遅れるため、これらに関連する仮設費の増嵩を考慮すれば、遮水材乾燥設備の利用に伴うコスト縮減効果は大きい。

そこで遮水材乾燥設備を以下のように利用することで、含水比を調整した材料を常に確保しておき、月当たりの盛立日数を設計稼働日数に近づけることに努めた。

- ① 含水比が高く盛立材料として不適当な材料を乾燥施設に搬入し、送風機の使用、バックホウによる天地返しにより乾燥させる。
- ② 含水比の良好な材料を施設にストックしておき、ストックパイルの含水比が高い時に使用する。

(5) 遮水材乾燥設備の効果

1) 盛立日数

平成9年10月から平成10年11月までの遮水材の月別盛立日数は表-5のとおりである。遮水材乾燥設備を利用する前後で比較すると、盛立日数が月当たりにして2.6日多くなり、かつ設計稼働日数13日に近づいた。

2) 含水比の調節効果

施設へ搬入時の平均含水比が18.4%に対し、搬出時の平均含水比は16.9%であった。つまり、乾燥設備によって含水比を平均で1.5%低下させることが出来た。

(6) 稼働状況

乾燥設備の稼働開始時から11月末までの間の遮水材盛立量は36,600m³であった。そのうち乾燥設備を経由した量は20,400m³であることから稼働率は56%であった。

一方、ストックパイルにおける含水比が「最適含水比+2%以上」の日については、転圧時の施工性から乾燥設備で含水比調整を図った材料を利用しなければ良好な盛立が行えないことが経験的に明らかであるため、そのことを考慮すれば乾燥設備を利用する必要があった材料は12,700m³であり稼働率は35%であった。

おわりに

ダム本体の進捗率は、平成11年5月末時点で91.3%となっています。本ダムの懸案であった遮水材に関する課題につきましては、今回紹介しました対策で克服することができ、盛立についてはあと10mを残すばかりとなりました。今秋には盛立を完了し、平成12年度に試験湛水を予定しています。

最後になりましたが、下蚊屋ダム建設の実施にあたり、先人の努力とご苦労に心より感謝申し上げますとともに、今後とも関係各位のご指導とご支援を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

木之川内ダム仮排水路工事における トンネル坑口対策について

植野 栄 治* 熊谷 光 夫**
(Eiji UENO) (Mitsuo KUMAGAI)

目 次

1. はじめに	64	5. 補助工法の選定	68
2. 坑口部地形, 地質概要	64	6. 施工経緯及び坑口対策の効果	68
3. 坑口対策の基本的考え方	66	7. おわりに	71
4. 地下水対策	66		

1. はじめに

木之川内ダムは、宮崎県都城市及び北諸県郡5町へ畑地かんがいを導入する国営都城盆地農業水利事業の水源施設であり、平成9年度末からダム仮排水路工事に着手している。

仮排水路には延長528mのトンネル(2R=4.0m)区間があり、出口部から施工を行った。このトンネル坑口では、工事着手前に表層すべりが発生しており、緩い未固結のシラスがトンネル断面上部に存在するとともに、地下水位が高く湧水によるトンネル切羽・天端の崩壊が懸念される等、通常の工法では掘削が困難な状況にあった。本稿は、このトンネル坑口対策の内容について報告するものである。

2. 坑口部地形, 地質概要

(1) 地形

仮排水路トンネルの坑口は、ダムサイト下流左岸側に位置する。ダムサイト左岸側は比較的大きな尾根地形をなし、斜面傾斜は斜面下方ほど急傾斜となっている。坑口の位置する標高220m(河床)付近~240mでは約40°の単調な斜面となっており、その上部の標高240~270mは約35°である。また、坑口部上部に位置する旧長尾林道側面には、工事着手前に高さ約17m、幅約20mにわたってすべり厚さ約1.2mの表層すべりが生じている。(写真-1)

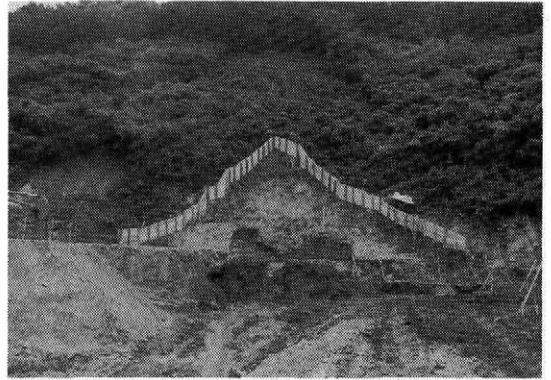


写真-1

(2) 地質

坑口にあたる地山斜面は、四万十累層群を基盤とし、第四紀の火山噴出物が分布している。火山噴出物は更新世後期(24000年前)の始良(あいら)2火砕流堆積物未固結シラスAp2-Apsが弱溶結部Ap2-Aptを挟んで堆積した上に、完新世(10000年前)の霧島火山噴出物である未固結火山灰Kp1-Lm2、ボラKp2-Boが堆積している。また、地表部は新期火山灰質ロームLm3が覆っているが、斜面下部にはすべりに伴う崖錘堆積物が堆積している。(図-1)

地下水位は、坑口より15mの位置で(No.1B-11)EL219.36mで、ほぼトンネルクラン部付近(EL220m)にある。坑口より50mの位置で(No.59B-3)EL223.2mで、坑口より127mの位置で(No.58B-3)EL241.1mである。また、長尾林道の地盤面(EL218.5m)には、湧水(20~50ℓ/分)

*九州農政局都城盆地農業水利事業所 (Tel.0986-38-5140)
**九州農政局都城盆地農業水利事業所木之川支所 (Tel.0986-29-4455)

トンネル出口部付近地質縦断面図

地質図(ボーリング結果より)

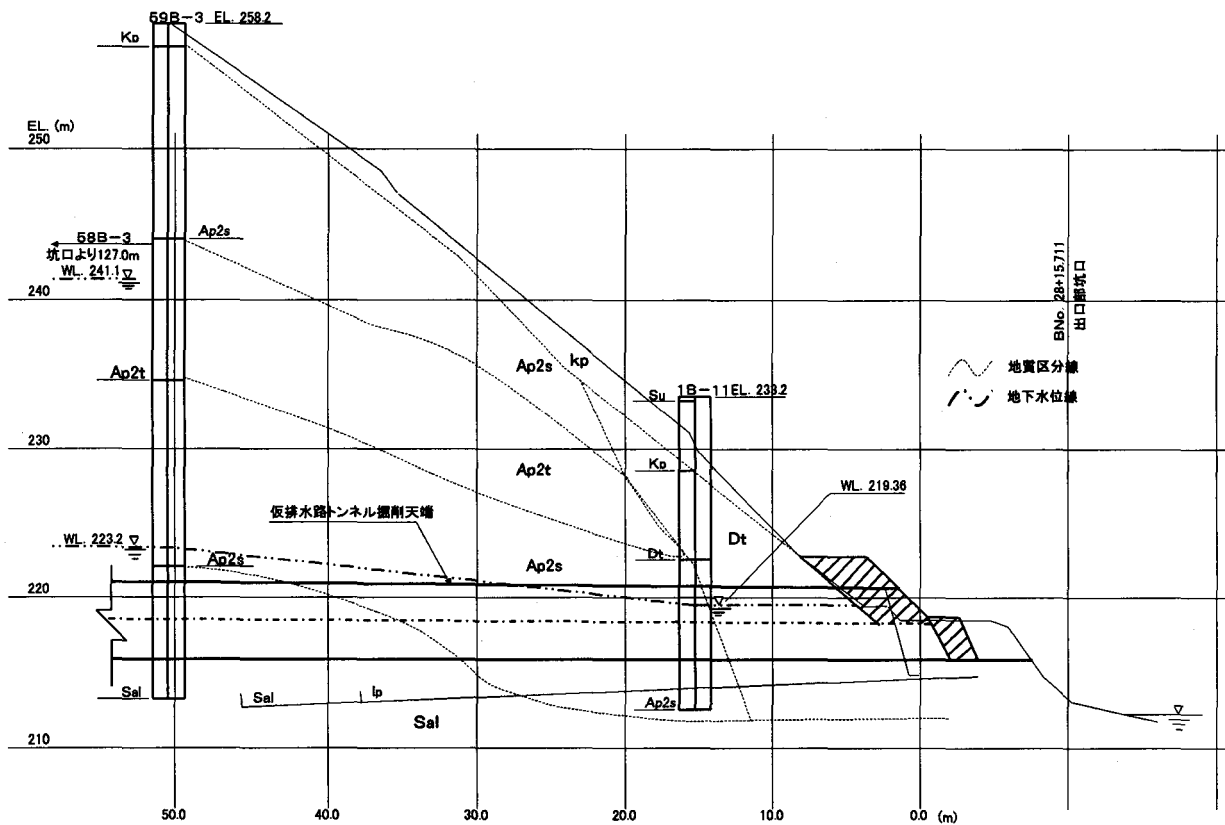


図-1

時代	地層名	記号	地質名
新第三紀	礫河成堆積物	Rd	砂礫
	扇状地堆積物	Dt	砂礫
	沖積低地堆積物	Al	砂礫
	礫島火山堆積物	Lm3	火山灰 (黒ボク・ローム)
		Bo	礫下層 (黒ボク・ローム)
		Kp1 Lm2	火山灰(ローム)
結良2火砕流堆積物	Ap2	軽石凝灰岩 (シラス)	
	Ap2	軽石凝灰岩 (黒ボク・ローム)	
	Ap2	軽石凝灰岩 (黒ボク・ローム)	
結良1火山噴出物	Ap1 Lm1	火山灰 (黒ボク・ローム)	
	O-D2	砂礫・粘土	
	Kps	軽石凝灰岩	
加久藤火砕流堆積物	Kp	砂礫	
	Kp	砂礫	
	An	安山岩	
	Tb	凝灰角礫岩	
古湖底堆積物	O-D1	砂礫・粘土	
	Ss	砂	
白濁紀	Ss	砂	
	Ssh	頁岩	
	Sal	頁岩	
中生代	Sg	頁岩	
	Sg	頁岩	

min) による水溜りがある。

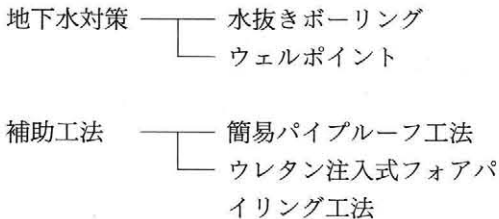
3. 坑口対策の基本的考え方

坑口対策の対象範囲はトンネル坑口から50～60m付近に出現する基盤層（四万十累層群）までの区間である。この区間はシラスを主体とする比較的軟弱な第四紀火山噴出物が分布しており、かつ基盤層に沿って供給されていると考えられる地下水により水位が高い状況にある。

このため、対策の検討に当たっては、

- ①掘削時の湧水によるトンネル切端の崩壊等を防止するための地下水（低下）対策
- ②掘削に伴うゆるみの発生やシラスの抜け出し等を防止するためのトンネル掘削補助工法の採用

の2つに大きく区分し工法を選定することとした。具体的な検討内容等についてはそれぞれ後述することとするが、結果的には



を採用して対象区間の掘削を無事終えることができた。

4. 地下水対策

(1) 水抜きボーリング

トンネル断面内の地下水は、坑口から50m程度奥に位置する基盤層とシラス層との境界から供給されているものと考えられ、まずこの境界部まで水平水抜きボーリングを施工し、地山地下水位の低下を図ることとした。（図-2）

水抜きボーリングは計3孔（A～C孔）施工したが、このうち最初に施工した2孔（B、C孔）については、いずれもストレーナ管（VU75）挿入当初は50～80ℓ/min程度の排水が確認されたものの、その後管閉塞をおこした。この原因は坑口から15～20m間に分布する微細シラスが、ストレーナの有孔部や接続部から管内に抜け出したこと等によると考えられる。

このため、ストレーナとしてネジ加工したガス管（SGP 65A）を用いることとし、水抜き部（有

孔部）も基盤層とシラス層の境界部分に限定して、ストレーナ管への微細シラスの流出を防ぐこととした。また、フィルターとしてガス管の外側に防虫網を巻き付け、内側にはケミカルフィルターを挿入することとした。この方法でC孔（再度）及びA孔を施工し、計200ℓ/min程度の排水を行うことができた。（写真-2）

(2) ウェルポイント工法

上記のとおり、水抜きボーリング孔の施工により、基盤層とシラス層との境界部を通して供給される地山地下水の排出経路は確保できたものの、トンネルの施工区間においてシラス層中の地下水位を全体的に低下させることはできなかった。

このため、切羽斜め前方に打設する形でウェルポイント工法を施工し、トンネルインバート下まで地下水位を強制的に下げることとした（掘削の施工性と切羽の安定を図るとともに、支保工支持地盤の支持力を確保するためには、インバート面より1m以上低下させることが必要）。

ウェルポイント配置計画の特徴は以下のとおりである。

- ・ウェルの打設方向は、切羽手前1m程度の位置より斜め前方に18°の角度で行う。この角度は、トンネル掘削1サイクル当たり10m程度（支保工12@0.9m=10.8mより算出）の屈進長を想定し、この場合に次サイクルの切羽面下までウェルの先端が到達していることを目安に決定した。
- ・ウェルに用いるライザーパイプは、φ1.5インチ（外径48.6mm）の鋼管を用いる。この鋼管の継手はソケットを用いるとボーリングのケ

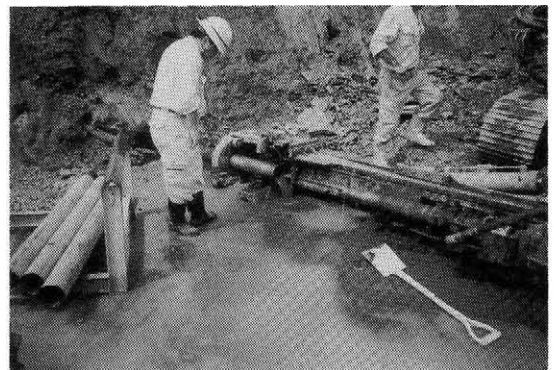
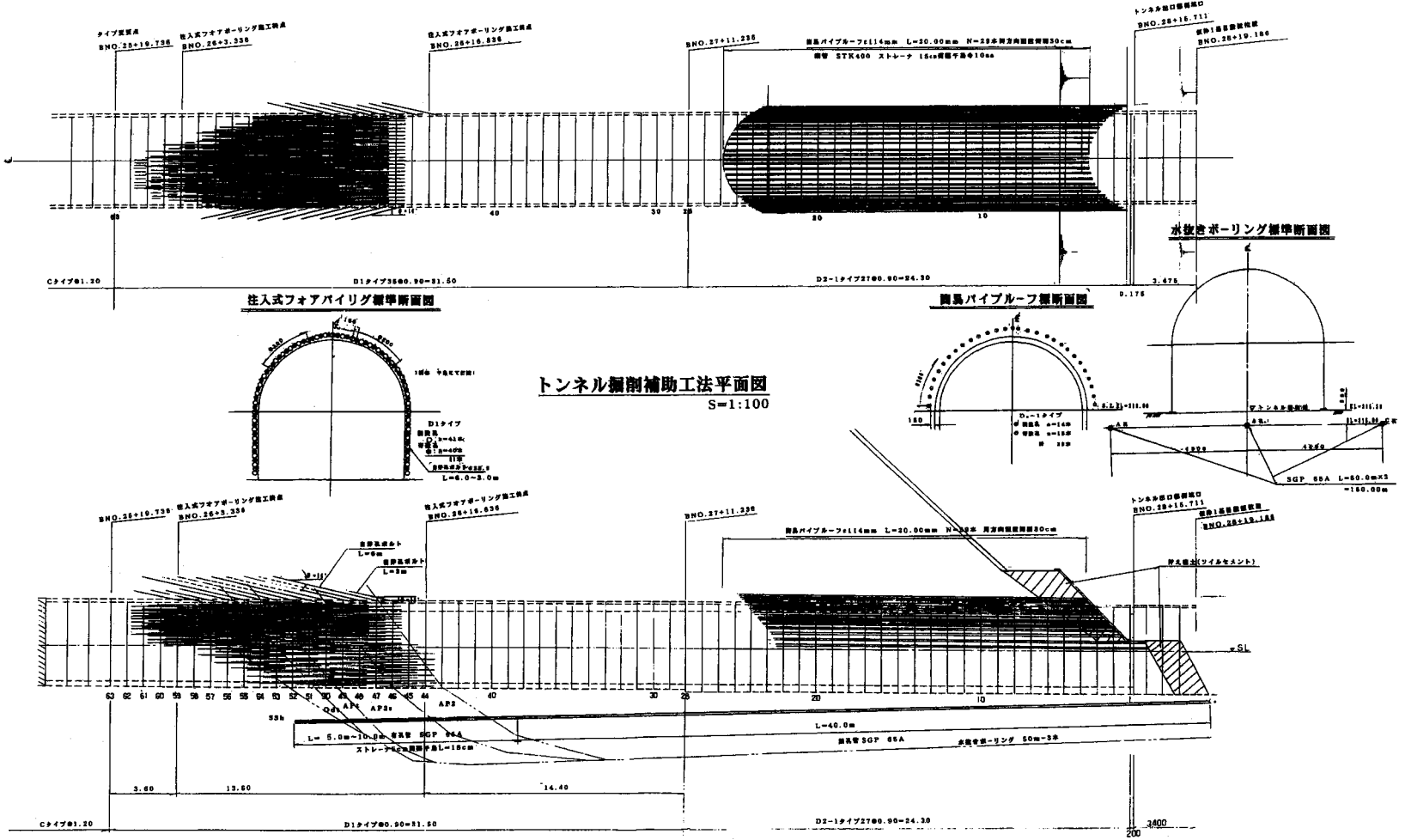


写真-2

トンネル掘削補助工法平面図

S=1:100



トンネル掘削補助工法平面図

S=1:100

図-2

ーシング管と共に抜け出てくるため、すべてネジ加工とする。

- ウェルの先端ストレーナー部分は、あまり長くするとエアを吸い込むこととなるために、先端2.7m程度とし、ステラシート等を巻いてシラス粒子の吸出し防止を図る。
- 施工重機の運行やズリ出しの障害とならないように、インバート面より50cm程度掘り下げでウェルを打設する。

なお、ウェルポイント工法の適用性とその効果は、対象とするシラス層の特性に大きく影響されることから、実際のウェルの打設位置や延長については、施工中の地下水位の状況、シラス土砂の流出等を詳細に観察することによって決定していくこととした。(図-3、写真-3)

5. 補助工法の選定

(1) 補助工法適用の必要性

前述した地下水対策により、トンネル切羽面に湧水が発生することや、その湧水によって、未固結シラスが流出し、切羽が不安定化するとともに、地山内に空洞が発生し、地山のゆるみを助長することは防止することができる。

しかしながら、坑口より約15mの間は、細粒分の多い2次シラス等が旧沢部にルーズな状態で堆積した崖錘堆積物であり、地山自体が不安定な状態であると想定されたことに加え、坑口部周辺には、湧水により未固結シラスが抜け出して空洞化(パイプホール)した箇所が見つかっており、地山内部においても、掘削時にゆるみの原因となる空洞が存在する可能性が高かった。(実際、トンネル掘削時にシラス層に規模の大きい空洞が発見さ



写真-3

れた。)

また、坑口部の上部は、表層崩壊を発生している緩い未固結シラスであり、掘削時に発生する地山のゆるみによって崩壊が深度化または上部へ拡大する恐れがあった。

こうした地形・地質の問題点に対処し、トンネル施工の安全を確保するためには、適切な補助工法を適用することが必要であると判断した。

(2) 簡易パイプルーフ工法の選定

坑口部から15mの比較的長い区間で、先受工による天端・切羽安定、及び上方すべり土塊への影響の抑制を図るという目的に最適な工法として、長尺の補強材(鋼管)を掘削前に地山に挿入してトンネル周辺地山を補強することにより掘削時の先行変位を抑制する長尺先受工法を採用することとし、同工法の中から、①通常のトンネル施工で用いる油圧ジャンボを用いた削孔が可能で、②シラス地山中の水みち及び削孔によって生じた鋼管周囲の空隙を発泡性のウレタン溶液により充填することが可能な、簡易パイプルーフ工法(AGF-OFP工法)を採用した。

(3) 簡易パイプルーフ工法の仕様

簡易パイプルーフ工法の重要な目的が坑口上部の表層すべり区間に対する掘削時のゆるみ防止にあることから、本補助工法に用いるパイプの延長は、表層すべり区間を超えて確実に仮固定端を確保できる長さとして、20mに決定した。

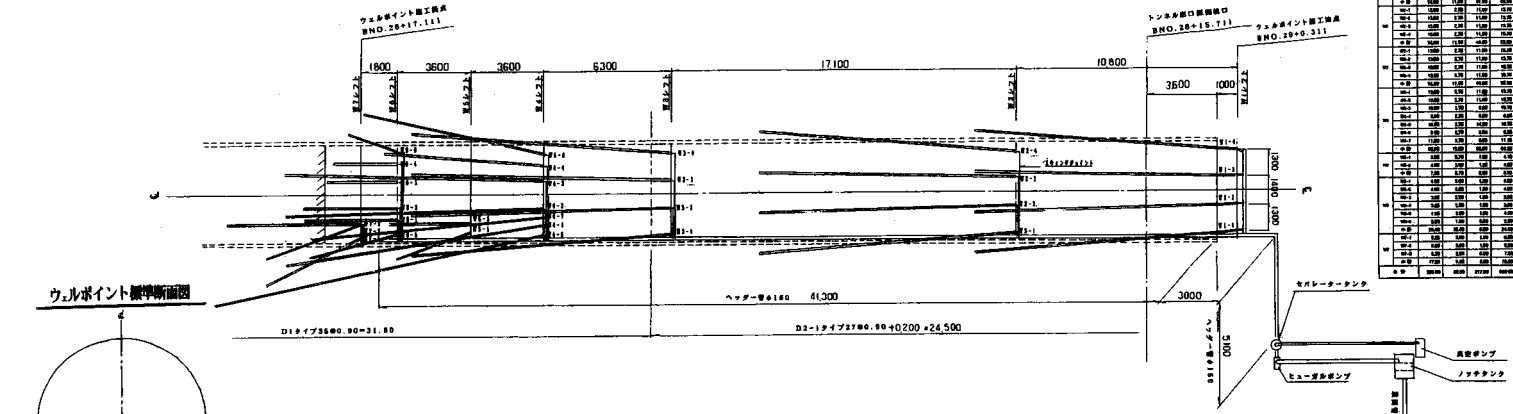
坑口のパイプルーフは、先受工による上方すべり土塊への影響の抑制が主目的であるため、掘削時にゆるみを発生しやすいアーチ部を補強する範囲に打設することとし、坑口部の重要性及び対象地山が未固結のシラスであり重力方向への抜けだしを防止する必要があることを考慮し、半円形配置とする。また、パイプの打設間隔は、ルーズな地山条件及び施工誤差を考慮して30cmに決定した。(図-2、図-4、写真-4、5)

6. 施工経緯及び坑口対策の効果

以上の地下水対策及び簡易パイプルーフ工法の採用により、坑口から20mまでの軟弱なシラス層等の中を無事掘削することができた。また、20mから45m付近までのシラス層(一次シラス)区

ウェルポイント工平面図

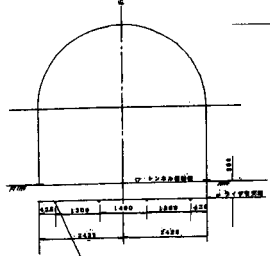
S=1/100



ウェルポイント数量表

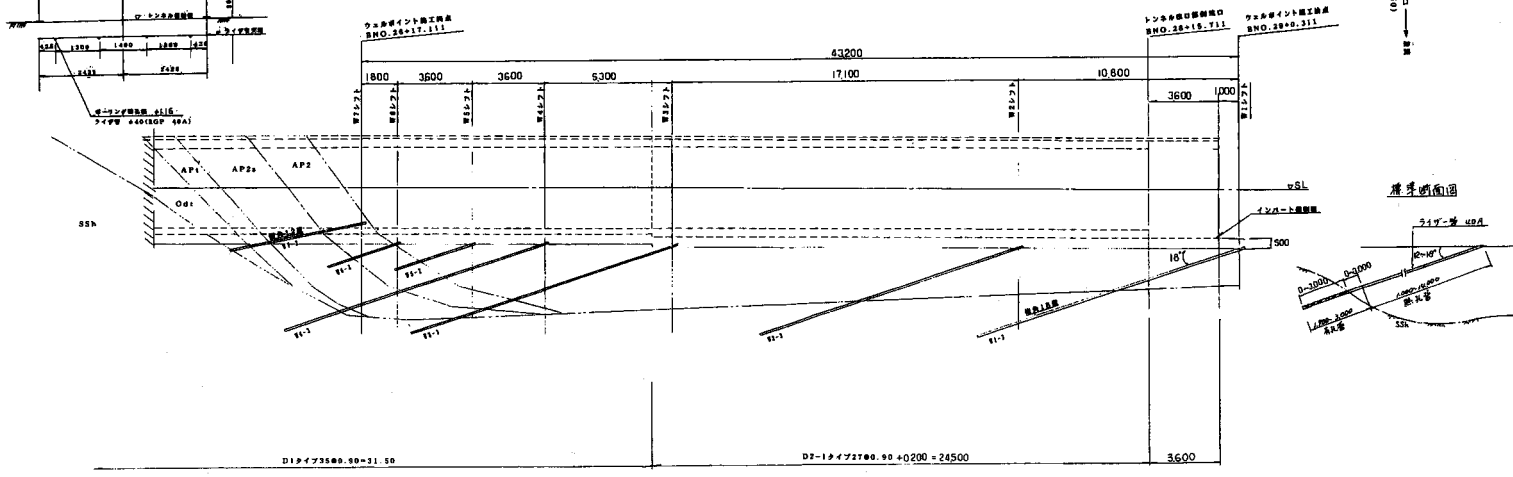
井番号	井径	井深	ポンプ	モーター	揚程	流量	備考
W1-1	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-2	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-3	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-4	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-5	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-6	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-7	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-8	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-9	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-10	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-11	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-12	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-13	3500	1000	1000	1000	1000	1000	
W1-14	3500	1000	1000	1000	1000	1000	

ウェルポイント標準断面図



ウェルポイント工縦断面図(センター付近)

S=1/100



標準断面図

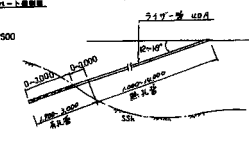


図-3

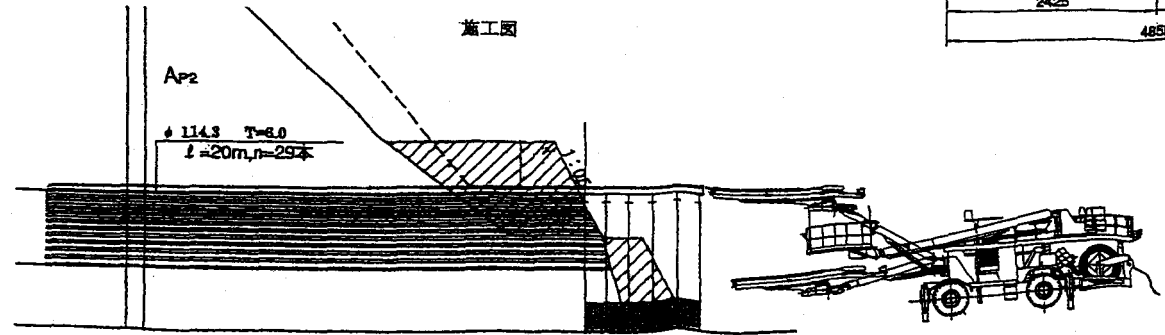
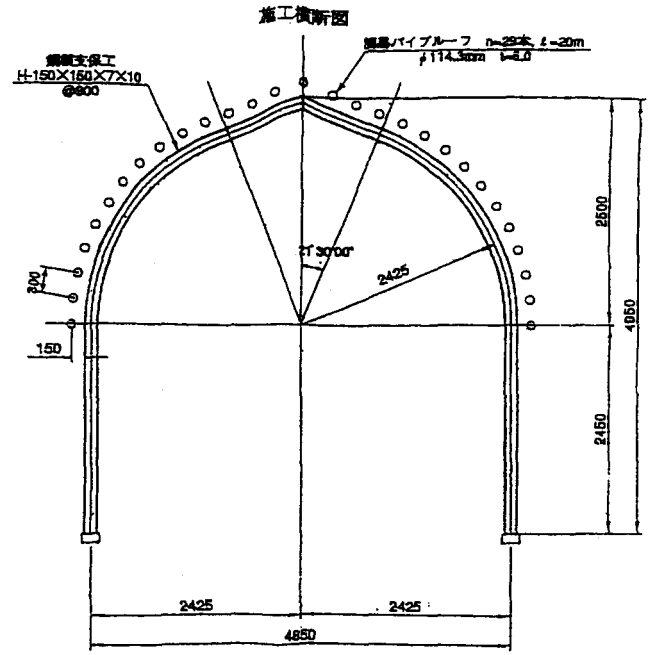
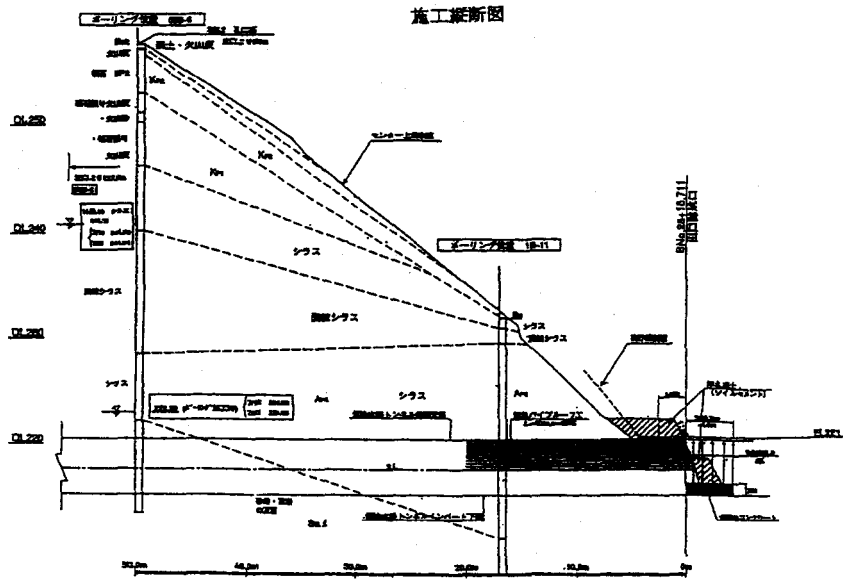
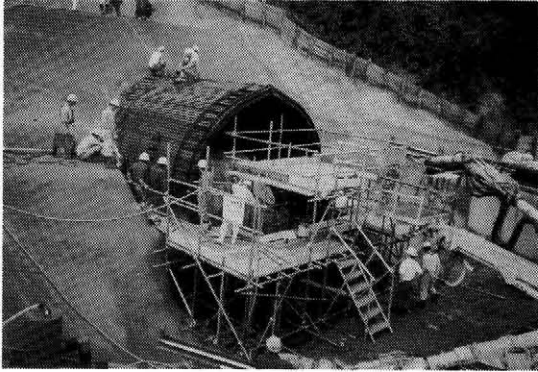
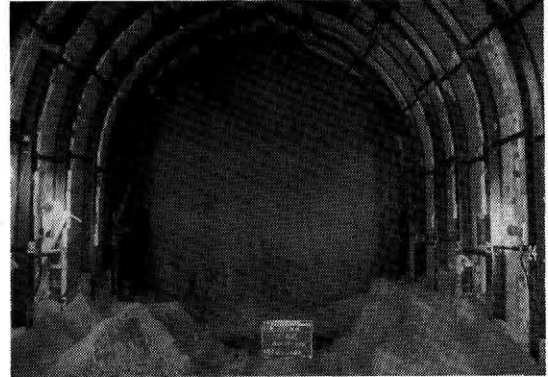


図-4



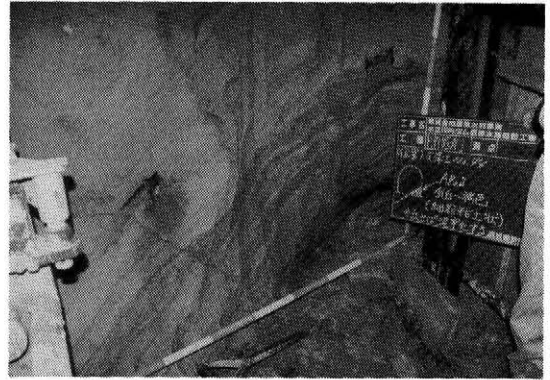
写真—4



写真—6



写真—5



写真—7

間では、ウェルポイント工法が非常に効果を発揮し、地下水位をインバートより1～2m程度下へ下げることができ、補助工法なしで掘削を進めることができた。(写真—6)

ところが、坑口から45m付近以降、含水比が高く非常にルーズな性質を持つ茶褐色の風化したシラス層が出現し、切羽が自立しない状況となった。このため、地下水対策に加えて、補助工法としてウレタン注入式フォアパイリング工法を施工することとした。シラスの流動性が高いことから、抜け出しを防止するために、フォアパイリングを30

cm間隔とし、アーチ部だけではなくサイド部にも打設することによって、この層の掘削も無事終了し、基盤である四万十累層群に到達することができた。(図—2、写真—7)

現在(平成11年8月)、到達地点より覆工作業を行っている段階であるが、抗口部においては支保工の変位等特段の問題は発生していない。

7. おわりに

今回のトンネル坑口部掘削工事は極めて厳しい条件下での施工となったが、ここに紹介できなかった対策も含めて様々な検討・工夫を積み重ね無事掘削を終えることができた。

本稿が読者各位の業務遂行のうえで今後何かの参考となれば幸いである。

ため池漏水防止のためのグラウト注入材の検討

山下 恒雄*
(Tuneo YAMASHITA)

目	次
1. はじめに	72
2. ため池漏水とその対策としてのグラウト工法の条件	72
3. グラウト注入材の基礎試験	72
4. 試験施工	76
5. まとめ	77

1. はじめに

ため池は古来より築造され、その多くは堤体が築造されてから100年以上経過しており、堤体の老朽化が進んでいる場合が多い。溜池の老朽化は、堤体からの漏水を伴う場合が多く、改修を必要とするため池の87%に達している¹⁾。堤体改修は漏水防止が最も重要である。すなわち、その漏水している場所は、堤体自体、堤体と取水施設・洪水吐などの付帯施設との接触部分である¹⁾。

この漏水防止には、従来から前羽金工法による改修が一般的に行われてきたが、この工法では羽金土の入手難、輸送に伴う環境悪化、不要土の処分、経費の高騰等が問題となっている。そのため、こうした問題を解消し、低コストかつ効率的な漏水防止工法が求められている。漏水防止工法には、前羽金工法以外にグラウト工法、表面遮水工法等の実績があるが、今回は新しい注入材を用いたグラウト工法を検討した。

2. ため池漏水とその対策としてのグラウト工法の条件

グラウト工法は、地盤の強度を増大させたり、透水性の減少を図るため、注入材を地盤や土構造物に注入する工法である。一般にセメントモルタルを用いるセメント注入、水ガラス溶液などの薬液を用いる薬液注入などがあるが、近年新しい注入材の開発が行われている。

ため池の漏水防止工法としてのグラウト工法は、

下記に示す適用条件があり、その条件にそって行われる工法である。

条件として①堤体断面に補修箇所がなく漏水防止だけの場合、②堤体補修に適した用土が入手困難な場合、③ため池が落水できない等、施工期間が制約される場合、④漏水が堤体、樋管、洪水吐等で確認できる場合、⑤他の補修工法と比較して経済的な場合、に適用できる。

一方、ため池の漏水防止に用いる注入材は、ため池堤体に注入し改良された場合に次のような性質があることが求められている。すなわち、①漏水防止の目的から透水係数が 1×10^{-5} cm/s以下であること、②注入により堤体と注入材が構造として一体を保てること、③耐久性があること、④強度が堤体の土より大きいこと、などである。さらに、注入後にため池の水質を悪化させないこと、注入材料により農作物への悪影響がないことも重要である。

3. グラウト注入材の基礎試験

基礎試験は、①グラウト注入材と土を混合して供試体を作り耐久試験を、②盛土に小型ポンプで注入し透水試験を行い、供試体を採取し強度試験を、③盛土にグラウトポンプで注入し透水試験を行い、注入範囲を調査した。

3.1 耐久試験

3.1.1 試験方法

この試験は、注入材と土を混合し、供試体（直径約50mm、長さ約100mmの円柱体）を作成し、乾湿・低高温状態を繰り返し行い、材料の脱落分を測定した。その量で劣化状態を示した。乾湿状態

*四国農業試験場 (Tel.0877-62-0800)

表一 試験に使用した注入材の成分

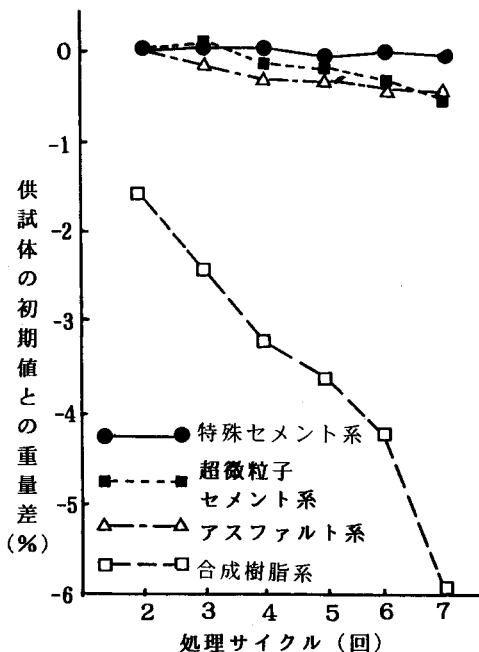
注入材名	成分
1) 超微粒子セメント系	超微粒子セメント(1)+硬化促進剤(急硬性セメント鉱物, 0.2)+ゲルタイム調整剤(アルカリ炭酸塩, 0.006)+セメント分散剤(0.01)+水(3.6)
2) アスファルト系	アスファルト乳剤(3.8)+ポルトランドセメント(1)+石粉(0.49)+ベントナイト6%水溶液(0.275)+流動化剤(0.01)
3) 特殊セメント	酸化カルシウム(0.616)+二酸化珪素(0.204)+三酸化硫黄(0.072)+酸化アルミニウム(0.051)
4) 合成樹脂	アクリル樹脂系

注) 1) と 2) の配合比率はセメントを1として, 3) は全体を1として比率を示している。

は供試体を水中に1日, その後高温状態として110°Cの乾燥機に1日入れ, 定温で壊れた部分の重量を測定し, さらに低温状態として-5°Cの冷凍庫に1日入れた。これを1サイクルとし, 7サイクル行った。注入材は特殊セメント系, 超微粒子セメント系, アスファルト系, 合成樹脂系の4種類を検討の対象とした。これらの成分を表一1に示す。

3. 1. 2 試験結果

耐久試験の結果を図一1に示す。合成樹脂については供試体が水分を吸収した場合に膨張し, 乾燥すると収縮するため, 樹脂と土とが分離し供試体が崩壊した。他の注入材で作った供試体の乾湿繰り返し試験での崩落土は少なく, 耐久性がある



図一1 注入材で固めた供試体の耐久試験

と判断された。

なお, この場合, 注入材は, 何れもセメントの硬化反応を利用して固化させるため, その硬化反応中に生成されるゲル中の硬化材が不均一であったり, 限定された範囲で固化しなかった場合には, 硬化材が地下水中に溶出し, アルカリ性に変化することがある³⁾。

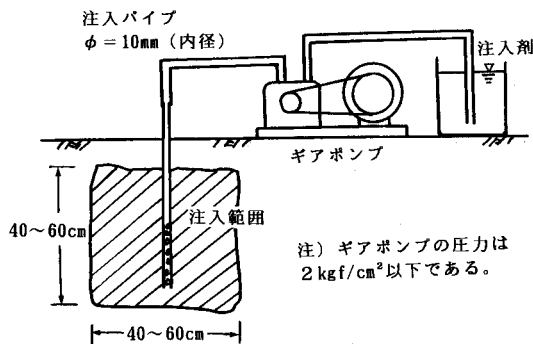
3. 2 小型ポンプによる注入改良盛土の透水・一軸圧縮試験

3. 2. 1 試験方法

注入材による止水効果を確認するため, 野外に盛土を造成し, 図一2に示すような小型注入機で注入し改良を試みた。盛土内の改良部分に対してオーガホール法による現場透水試験²⁾を図一3に示す方法で行った。

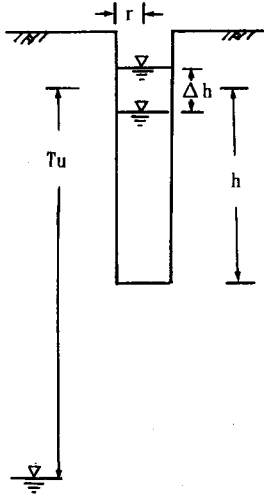
次いで, この改良された部分の土の強度を調べるために, 盛土部分に試料採取用パイプを打ち込み強度試験の供試体(直径約50mm, 高さ約100mm)を採取し, この供試体で一軸圧縮強度試験を行った。

試験盛土へ小型注入試験機で注入した結果から, 注入材の超微粒子セメント系, アスファルト系と



図一2 小型ポンプによる注入方法

測定孔内の水面から地下水位までの距離が3倍以上の場合



$$K_{20} = \frac{Q}{2\pi \cdot h^2} \left[\log_e \left\{ \frac{h}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2} \right\} - 1 \right] \left(\frac{\eta_t}{\eta_{20}} \right)$$

K_{20} : 20°Cにおける透水係数 (cm/s)

h : 測定孔内の水深 (cm)

r : 測定孔の半径 (cm)

Q : 単位時間の透水量 (cm^3/s)

$Q = A\Delta h / \Delta t$ (Δh は測定時の孔内水位変化、 Δt はその時の時間)

η_t, η_{20} : $t^\circ\text{C}$ 、20°Cにおける水の粘性係数

図-3 オーガホール法による現場透水試験

もに土の細部間隙まで浸透していることを観測した。特殊セメント系は、土への浸透が少なく、注入材と土が分離する傾向が認められた。この時の

注入圧は1 kgf/cm²以下であった。

注入材で改良された盛土の透水試験結果を表-2に示す。この結果は、2種類の山土に行った平均透水係数でそれぞれ 4.0×10^{-6} 、 1.3×10^{-6} cm/sであり、目標としていた 1×10^{-5} cm/sより小さい値であった。しかし、まさ土では 2.7×10^{-4} 、 1.2×10^{-4} cm/sで目標値より大きく、止水効果は認められなかった。

一軸圧縮強度試験結果は、表-3に示す。この結果より、超微粒子セメント系、アスファルト系とも、土のみより約25%大きい値を示した。

3.3 グラウトポンプによる注入改良盛土の透水試験

3.3.1 試験方法

グラウト工法で利用されているグラウト機械で超微粒子セメント系、アスファルト系の注入材を盛土に1本ずつ注入して、注入材によって改良された土の強度、オーガホール法による現場透水試験、改良範囲、施工時の問題点などについて調査、試験を行った。なお、注入した盛土は、ため池堤体を想定して造成した盛土地盤であり、その土質試験結果及び改良後の透水試験結果、注入量等を表-4に示す。

さらに、今回使用した注入材は超微粒子セメント系とアスファルト系を使用した。前者の注入には2重管ダブルパッカー工法を、後者の注入にはグラウトポンプ・単管ロット工法で行った。この施工方法については文献³⁾に詳しく述べている。それぞれの施工方法を図-4に、また施工状況を

表-2 小型ポンプによる盛土への注入状況および透水試験結果

		1	2	3		
対象土		まさ土	山土	山土		
グ の ラ 土 ウ の ト 状 前 況	含水比	9.4%	20.2%	17.6%		
	湿潤密度	1.547 (tf/m ³)	1.757 (tf/m ³)	1.746		
	乾燥密度	1.414 (tf/m ³)	1.478 (tf/m ³)	1.486		
	間隙率	46.6%	44.8%	44.5%		
	透水係数	9.96×10^{-3}	2.7×10^{-4}	3.2×10^{-5}		
注入材料		アスファルト系	超微粒子セメント系	アスファルト系	超微粒子セメント系	超微粒子セメント+4%ベントナイト
注入後透水係数		1.2×10^{-4}	2.7×10^{-4}	4.0×10^{-6}	1.3×10^{-6}	4.6×10^{-6}
注入量		24リットル	200リットル	12リットル	50リットル	20リットル
充てん率		0.684	—	0.355	1.479	0.596

注) ①小型ポンプは、ギアポンプで注入方法は内径1cmのパイプを地中0.8mに入れて注入した。②透水試験は現場でオーガホール法によって行った。単位はcm/sである。③まさ土、山土の土質分類では、礫まじり砂質土、粘土質砂であった。

表-3 盛土改良土の一軸圧縮試験

	無処理	超微粒子セメント系	アスファルト系
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	0.879	1.139	1.130
標準偏差	0.208	0.237	0.317

注) 盛土は礫(9%), 砂(38%), シルト(21%), 粘土(32%)、湿潤密度(1.91 tf/cm³)、乾燥密度(1.59tf/cm³)、含水比(20%)である。

表-4 グラウトポンプによる注入状況と透水試験結果

		1	2
グの ラ土 ウの 状 前況	含水比	21.4%	19.7%
	湿潤密度	1.830	1.919 (tf/m ³)
	乾燥密度	1.508	1.587 (tf/m ³)
	間隙率	43.7%	40.7%
	透水係数	3.5×10^{-5}	2.55×10^{-4}
注入材料		アスファルト系	超微粒子セメント系
注入後透水係数		9.1×10^{-6}	— 1.7×10^{-6}
注入量		150リットル	795リットル
充てん率		0.129	0.737
			2%ベントナイト 6.4×10^{-7}
			570リットル
			0.528

注) グラウトポンプは業務用の注入機械である。
盛土の土質分類は、粘土質砂である。

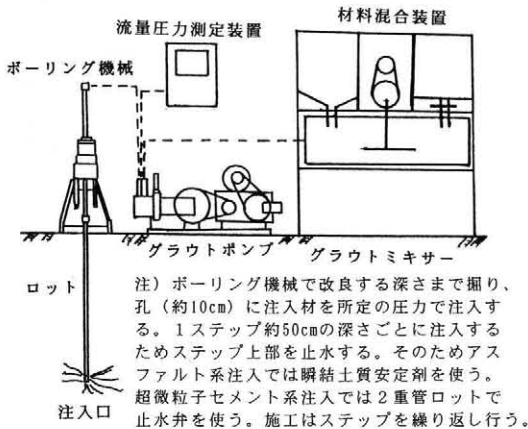


図-4 グラウト工法の施工方法

グラウト工法の設計では、注入量の決定は重要である。そのため、今回の試験では注入量を測定し、盛土への充てん率を調べた。注入量は次式で計算できる。

注入量 = 改良範囲 × 間隙率 × 充てん率 × (1 + 損失率)

この場合、改良範囲は、設計で設定し、盛土の

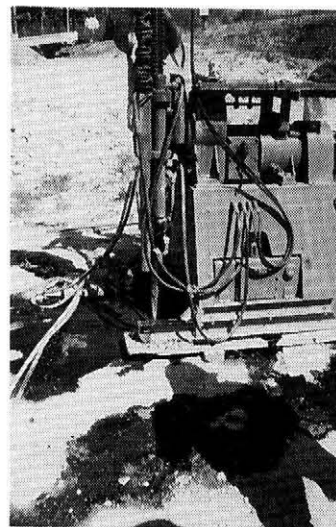


写真-1-1 アスファルト系注入材の注入状況

写真-1-1, 1-2 に示す。

3. 3. 2 試験結果

2種類の注入材で改良した部分の透水係数は 1×10^{-5} cm/s以下で、止水効果は大きいことが明らかになった。さらに、改良範囲は超微粒子セメント系で直径1.2m、深さ2.3m、アスファルト系で直径1.2m深さ1.5mであった。改良された部分の状況は、亀裂部分には注入材は充填され、土粒子の小さな間隙にも注入材が入っていることが確認できた。



写真一—二 超微粒子セメント系注入材の注入状況

間隙率は事前に測定でき、損失は一般に0.2を採用した。充てん率は、今までの事例より設定しているが、今回の実験結果では表一—2、4に示す値となった。したがって、設計では文献⁴⁾も参考に

して充てん率を0.2~0.5の範囲で設定することが望ましい。

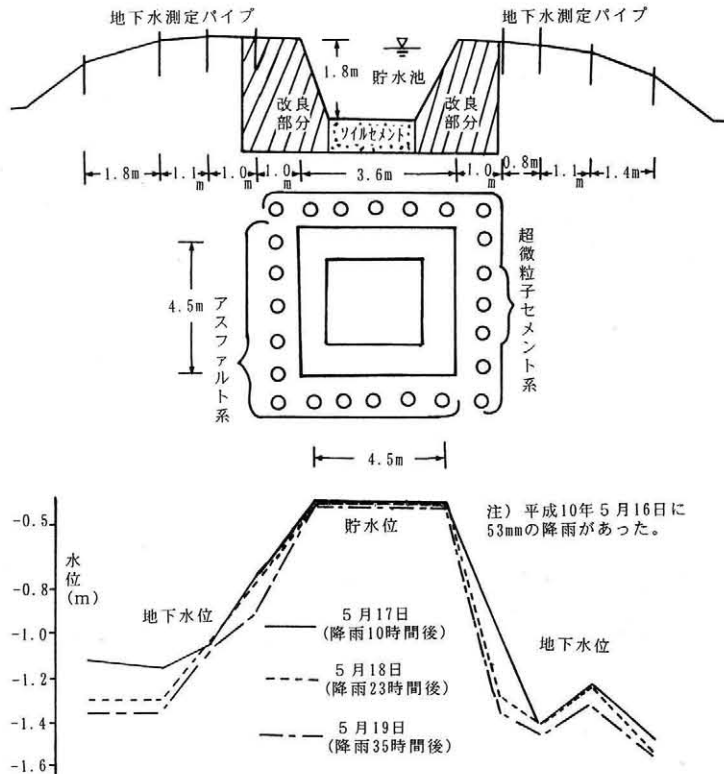
4. 試験施工

4. 1 グラウトを施工した貯水池の造成

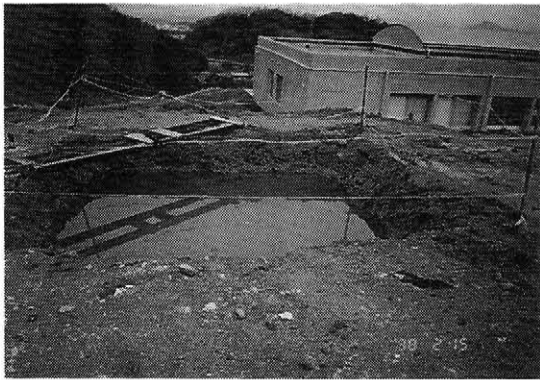
ため池への利用を考え、図一—5のようなため池堤体を想定した盛土(高さ2.5m, 上幅8m)を造成し、口型に2種類の注入材を深さ2.5mまで注入した。グラウト施工は3. 3の項で記述した方法で行った。注入間隔は1mとし、0.25mが重なり合うように千鳥状に施工した。その後、漏水測定のため、中央部分を掘削(深さ1.8m)し、貯水した。その貯水池の水位とその盛土外地下水位を平成9年11月から10年6月まで毎日1回測定した。この盛土の状況を写真一—2に示す。施工前の盛土の土質状況は表一—5の通りである。

4. 2 貯水池の漏水状況, 施工対策

造成した貯水池の平面図, 断面図と貯水位・地下水位の1例を図一—5に示す。日減水位は、最大で11mm, 平均7.5mm(測定期間:平成9年12月から平成10年6月の晴れた日)であった。なお, 注入



図一—5 ため池を想定した盛土の状況と貯水位, 地下水位の変動例



写真一 2 グラウト施工した盛土の貯水池

表一 5 溜池を想定した盛土の土質試験結果

透水係数 (cm/s)	3.15×10 ⁻⁴
湿潤密度 (tf/m ³)	2.01~1.77
乾燥密度 (tf/m ³)	1.65~1.40
土粒子密度	2.673
含水比 (%)	22~32
粒 礫 (%)	20.8
度 砂 (%)	34.4
分 シルト (%)	17.3
析 粘土 (%)	27.5
液性限界 (%)	43.1
塑性限界 (%)	26.3

を行う前の盛土地盤の透水係数から計算した浸透量は29.7mmであった。したがって、改良後の値は、注入材による改良効果があったことを示している。

注入状況を調べるため、グラウトを行って改良した盛土を掘削した。その結果、2種類の注入材の注入は、主に割裂注入で、部分的に浸透注入となっていた。これは、盛土の注入前の透水係数が $10^{-4} \sim 10^5 \text{cm/s}$ とグラウトを行う土としては小さいため、亀裂や大きな間隙に注入材が入っていたことを示していた。

以下には施工を通じて生じた問題点と対応策を示す。

①ため池は、堤体幅が小さいために、グラウト施工した場合に、側面から流出することを防ぐことが重要である。そのためため池堤体の高さを考慮して注入材を注入するポンプ圧を注入先で 2kgf/cm^2 以下にすることが良い。しかし、割裂注入をするためには圧力を上げなければならないの

で、施工時にこの調整が難しい。今回は、アスファルト系の注入材でポンプ圧が 4kgf/cm^2 程度の圧力になり側面から流出した。対策は圧力を 2kgf/cm^2 程度に抑え、固結時間を長くとることが良い。

②2種類のグラウト注入材とも複数の材料を注入直前に混合し、注入後土中で固めるため混合後、施工時にトラブルが発生しないよう時間の調整が重要である。アスファルト系では、施工中に注入パイプが詰まることがあったが、これは圧送中に注入材に材料分離が発生したため、注入材の搬送方法を考慮する必要がある。

5. まとめ

これらの結果より、超微粒子セメント系とアスファルト系注入材には、漏水防止効果があると判断できる。

しかし、経費は、既存のグラウト工法より複数の材料を混合して施工することや注入材料が高いため高くなる。しかし、ため池堤体の断面積が堤体の安全上十分である場合などの一定の条件を満たした場合には、前羽金工法よりも低コストかつ効率的に改修ができる。

今後は、漏水しているため池に施工し耐久性の確認、低コストな工法の開発が求められる。

なお、今回の試験では、大成ロテック株式会社の佐藤祥一氏、伊藤邦彦氏等、電気化学工業株式会社の石田秀明氏等の協力を得たのでここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 農林水産技術会議事務局：農業用フィルダムの安全性向上技術：研究成果207, 7~33, 1982
- 2) 土壌物理性測定法編集委員会：土壌物理性測定法, 養賢堂, 186~188, 1972
- 3) 中島賢二郎, 山下恒雄, 佐藤祥一, 伊藤邦彦：新しい軟質注入材の開発：農業工学研究所技報197, 83~97, 1999
- 4) 地盤改良の調査・設計から施工まで編集委員会：地盤改良の調査・設計から施工まで, 土質工学会, 275~278, 1979

日本で一番美しいダム「白水ダム」^{はくすい}

加藤 和夫*
(Kazuo KATOH)

目	次
1. はじめに	78
2. 位置およびダムの概要	78
3. ダム建設の歴史的背景	79
4. 文化財としての評価	80
5. 文化財としての保全と土壌改良施設としての維持管理	81
6. おわりに	82

1. はじめに

歴史的農業水利施設である白水ダム（通称）が平成11年5月13日付けで、国の重要文化財に指定された。大分県内で69件目、近代化遺産としては県内第1号である（写真-1）。

このことは、地域は勿論のこと農業農村整備事業に携わる農業土木技術者にとって誇りである。本報告文は先人達の偉業と21世紀に残す大分の宝として今日まで守ってきた土壌改良区の歴史的背

景等について報告するものである。

2. 位置およびダムの概要

ダムは九州東部の大分・宮崎・熊本の三県が県境を接する山岳地帯に位置している（図-1）。

JR豊肥線竹田駅の南西約10kmの一級河川大野川上流の大谷川をせき止め、大分県竹田市次倉と荻町柏原にまたがって築造されており、集水域は阿蘇外輪の熊本県高森町までさかのぼる。

このダムは1938年（昭和13年）に水量不足を補

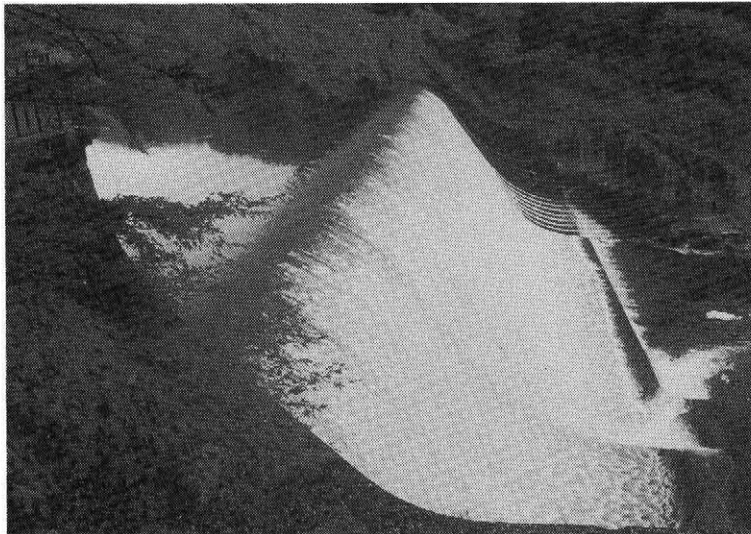


写真-1 堰堤の表面全体に石張りが施され一個一個の積み上げられた石が見事な曲線美を描きオーバーフローする水泡が、太陽の光を浴び白いビーズ玉がこぼれ落ちるような光景は日本一美しいダムと言える。

（伊東 孝日本大学理工学部教授は業界紙に日本の三大美堰堤として紹介している。

*大分県農政部耕地課（Tel.097-536-1111）



図-1 白水ダム位置図

- ・満水面積 0.1km²
- ・流域面積 96.4km²
- ・建設年代 昭和9年～昭和13年
- ・建設費 21万円(当時)

3. ダム建設の歴史的背景

白水ダムの建設の背景は、大野川中流の当時の小富士村に広がる水田に大野川上流の大谷川から用水を供給する富士緒井路の建設(明治44年着工、大正3年通水)にまで遡る。ダム建設に至るまでの用水路(井路)の建設や開田、また、負担金軽減を目的とした小水力発電事業など明治以来のダム建設の背景となっている取組をまとめると次のとおりとなる(図-2参照)。

- 富士緒井路の建設は、江戸末期の年貢米「むれ米」事件や慶応3年(1867)の大干害を契機に、現在の緒方町軸丸に生まれ育った後藤鹿太郎が井路の開削に立ち上がったことにまで遡り、明治29年に小富士村長 甲斐健次郎と後藤鹿太郎の会合合意により井路開削による豊かな農業経営に向けて動き出す。
- 富士緒井路の具体的な建設に先立ち明治31年に「普通水利組合設置」の申請を知事に行う。
- 明治32年水利権を取得、水源となる柏原村(現在の萩町)との契約成立する。
- 幾多困難を経て、明治42年3月24日「富士緒井

う水源として築造された越流式重力ダムで、富士緒井路土地改良区(下流緒方町)が管理する現役の農業水利施設である。ダムより取水された水は、富士緒井路16km(うち隧道12km)を通じて下流緒方町までの水田388haを潤している(当時の建設状況写真-2参照)。

○ダムの規模等

- ・堤長 87.3m
- ・堤高 13.9m
- ・堤頂幅 2.7m
- ・貯水量 600千m³

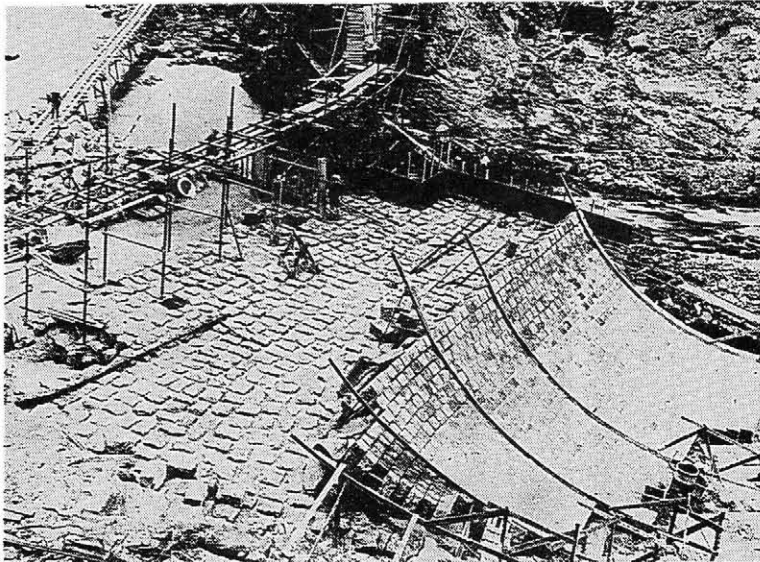


写真-2 当時の建設現場：堰堤の内部にも切石がきれいに積み込まれ、表面には曲線を描くように整っている。

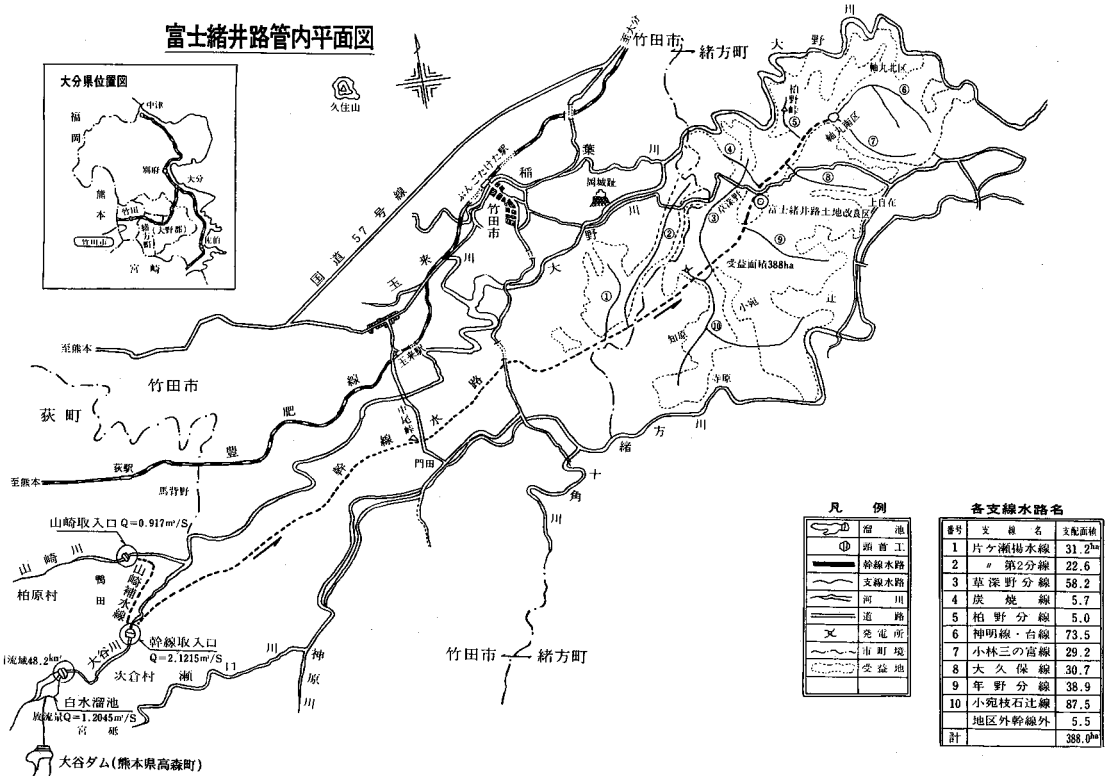


図-2 富士緒井路管内平面図

- 路普通水利組合」が設立認可される。
- 明治44年10月10日 富士緒井路開削起工式
 - 難工事や経費の調達等の諸課題を克服して、大正3年7月17日に通水し「通水祝」130名参加で盛大に行う。
 - 大正3年7月21日 地区内の高標高部の水田に用水を補給するための片瀬揚水機場の試運転に成功
 - 大正10年8月26日 地区内の揚水機場運転と余剰電力の売電による土地改良区資金調達を目的に、富士緒井路の落差を利用した発電を行う「富士緒発電所」発足（その後大正13年3月30日には、富士緒電灯所事業が開始され、小富士村に初めて電灯ともる。）
 - 大正11年9月16日付けで「大野郡富士緒井路耕地整理組合」の設立認可を受け、水路改修と支線水路の新設、開田の実施が進む。
 - 開田の進展や上流の荻・柏原村及び宮砥村耕地整理組合の用水路として、音無井路、荻柏原井路が新設されたことなどにより用水不足が発生し、問題が生じてくる。

- 用水不足に対応するため大野川支流の山崎川から大谷川へ注水する導水溝を建設、大正13年3月31日通水（平成6年には山崎導水溝の更なる増水工事が県の補助事業により完成）。
- さらに3井路（富士緒、音無、荻柏原の3井路）の安定した用水を確保するため大谷川上流部に「大谷ダム」が築造される。
- 昭和5年 更なる開田を実施するために「白水ダム」の建設計画が大きく前進する。
- 昭和9年6月23日 白水貯水地第2候補地に位置変更方申請、同年9月20日に設計変更認可、引き続き床堀工事開始する。
- 昭和13年9月29日「白水貯水池」竣工式

4. 文化財としての評価

文化財はこれまで希少性や歴史的評価を重んじ保護を重視する傾向があったものの、近年文化財行政の転換もあってか、比較的建設年代の新しい「白水ダム」についても国重要文化財として指定された。

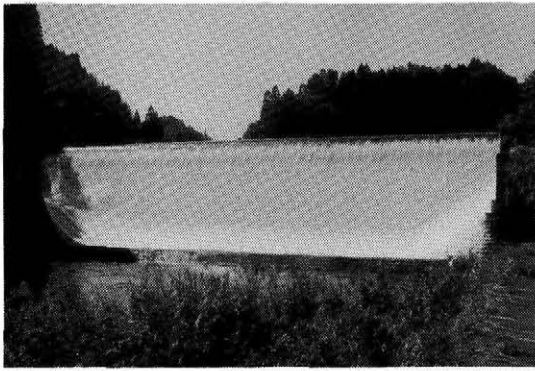


写真-3 スムーズに水を流すための機能が女性的な柔らかさをもちながら、かつダイナミックな形態と結びついている。

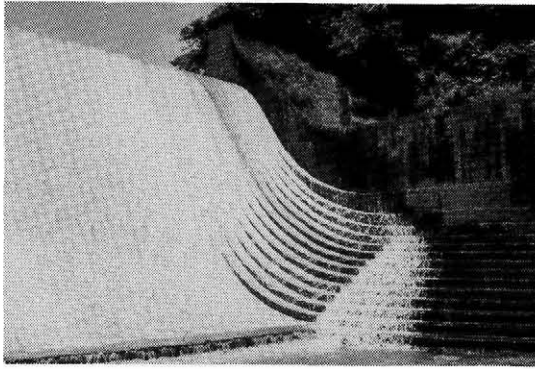


写真-4 左岸は円盤を末広がりにしたような段々があり溢流は丁度カスケードのように流れ落ち、落下中の水は飛沫を生じ白泡となり水の帯をなす流水に変化をあたえている。



写真-5 右岸は「武者返し」の造形により水が堰堤をなだらかに円弧を描いて落ちていく下流の地盤が弱いため水が急速に落ちないように工夫されている。

○指定施設の内容

《白水溜池堰堤水利施設 一構》

- ・主堰堤、副堰堤(導水暗渠付)、斜樋、土砂吐よりなる左右翼壁、管理用階段附属附・白水池碑

この指定にあたっては、白水ダムの以下の点が評価されたものと考えている。(写真-3～写真-5)。

- (1) 明治以降の建造物で近代化遺産にふさわしい現役の水利施設であること。
- (2) 石張りの堤面および左右袖部の造形が特殊で、流れ落ちる幾何学的流水美が評価されたこと。
- (3) 地質不良の阿蘇溶岩地帯に築造された粗石コンクリートダムであること。

5. 文化財としての保全と土地改良施設としての維持管理

近代化遺産「白水溜池堤体(白水ダム)」の文化財としての保全と土地改良施設の適正な維持・管理を図るため、県文化課と土地改良施設管理の所管課である県耕地課間で下記内容の調整を行っている。

- (1) 富士緒井路土地改良区が管理・所有する白水貯水池は、緒方町の広大な田を潤す灌漑施設であり、地域の農業発展に大きな貢献を果たしているが、流体力学を考慮した工学的処理が水の芸術と結びついた優れた造形美を表しており、大分県農業の近代化に果たした役割とともに、優れた構造物として後世に継承していく必要がある。

このことから、富士緒井路土地改良区の同意のもとに、白水溜池堤体を国指定重要文化財に指定されるべく手続きを進めていくことを了解するものとする。

- (2) 白水溜池堤体は、現在も貯水のため使用されている施設であるため、漏水防止のため張石の目地補修や溜池のゴミや流木等を処理するための設備または工事等については堰堤そのものに影響がない場合は、文化財保護法第43条第1項の但し書きの範囲とし、実施に際しての届出等は不要とする。
- (3) 堤体本体並びに両脇の施設の外観の石張りをコンクリート張りに変更することは、重大な現

状変更であり、文化財的な価値を損なう行為であるため原則的には許可できないものである。

ただし、大洪水・地震等で当該文化財に災害が発生した場合には、災害復旧を優先するものとし、農林水産省または県耕地課関係による災害復旧工事に対応するものとする。その場合、農林水産省サイドの仕様に基づくものとし、外観の本来の石張りをコンクリートで仕上げることも止むを得ないものとする。

- (4) 老朽化した場合、文化的な価値を維持或いは高めるための工事は文化財の保全補修事業として位置づけ、貯水・溢水等の機能を維持或いは高めるための工事は農業関係事業として位置づけることとする。
- (5) 今回、重要文化財の指定対象となるものは、堤体主体部（下流側堰堤部を含む）・両岸の階段部分とその側面の石組護岸並びに記念碑とする。
- (6) (1)～(5)については、県文化課が富士緒井路土地改良区と協議を行い了解を得ておくものとする。

6. おわりに

今回、昔から“ダムの芸術品”とされてきた白水ダムが、貴重な近代化遺産として国重要文化財に指定されたことは、今日までダムの維持管理に携わってきた富士緒井路土地改良区にとっては大変名誉あることである。また、関係市町村は新たな観光資源として土地改良区と連携しながら地域振興に大きく寄与するものと期待を膨らませている。

特に、農業農村整備事業に携わる私達にとっては、公共事業に対する逆風のなかで朗報である。この貯水池を設計・監督して歴史的な水利資産として我々に残してくれた当時の県職員であった小野安夫氏の水と土に対する愛情に裏打ちされた美意識の追求と高度な技術力に対しあらためて敬意を表するものである。

今後は、今日まで農家の方々が守ってきた歴史的な水利資産を“大分の宝”として次世代に継承していくことが、私共に課せられて使命と心に誓いながら報告します。

潤いのある大地

魅力あるアース・デザインを提案する

株式会社 **日本農業土木コンサルタンツ**

JIRCO Japan Irrigation and Reclamation Consultants CO.,LTD.

代表取締役社長 池田 實

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

土地改良事業設計指針「ため池整備」のポイントについて

笥 直 樹*

(Naoki KAKEI)

1. はじめに

ため池整備については、農地防災事業等の補助事業により長年実施されているが、これら工事の設計用資料としては、昭和57年に作成された「老朽ため池整備便覧」(構造改善局防災課)があり、各補助事業主体の多くは、同書を基本として各地域の特殊性等を加味した独自の設計資料を作成・運用してきた。

一方、平成3年度に国営総合農地防災事業実施要領の一部改定により、ため池整備を国営事業としても実施することとなり、平成5年度より「大和平野」地区及び「香川」地区の2地区で事業が着工された。

これを受け、国営事業によるため池改修工事の設計資料として、平成6年3月には近畿農政局により設計技術資料「ため池整備」(平成8年6月改定)が制定されこれまで運用されてきたが、今後の改修需要量、近年の新たな研究成果の反映、あるいはコスト縮減政策に合致した施設設計の要求等を背景とし、国営のみならず補助事業をも視野に入れた統一的技術基準制定の機運が高まり、この度、土地改良事業設計指針「ため池整備」(以下、「指針」という。)として集成されたものである。

なお、これにより、「老朽ため池整備便覧」の技術的部分は指針に整理・統合された形となり、今後、新たな構成により改訂される見通しである。

ここでは以下、本指針の内容のうち、ポイントとなる事項につき紹介する。

2. 指針の主なポイント

2-1 全体事項

本指針の制定に当たっては、設計基準「ダム」や本指針とほぼ時を同じくしてこの度改定なった同「水路工」等の土地改良事業関連技術基準類との整合を図るとともに、コンクリート標準示方書等の関連技術資料を参考にした。また、種々の数値単位については、計量法に従い国際単位系(SI単位系)を用いて表記している。

指針の構成としては、本体部分で調査・設計・施工の流れに沿い、規範とすべき事項及びその解説を述べ、各設計に対応した計算例や関連する資料を巻末に添付している。

2-2 指針の主なポイント

(1) 指針の適用範囲

本指針は、堤高15m未満のフィルタイプのため池の改修に適用するものであり、高さ15m以上のため池の改修については、設計基準「ダム」に準拠するものとしている。

フィルダムを新設する場合と、永年に亘り現存し機能してきたため池を改修する場合とでは、自ずとその調査・設計・施工方法を異にする部分があることはいうまでもないが、両構造物が有する公共性の度合や求められる設計精度等からも両者を区分するのが適当であり、両技術基準もその観点からそれぞれに作成されている。その区分の手段として「堤高」という代表的な施設諸元を用いたものである。

*近畿農政局土地改良技術事務所 (Tel.075-641-6391)

(2) ため池の要改修の判定指標

この内容は、「老朽ため池整備便覧」に提示され、従来から用いられていたものを本指針に移行・掲載したものである。

大きくは次の8項目に分類でき、その場合の堤体状態を図-1に示す。

- ① 堤体等からの漏水
- ② 堤体のクラック及び変形
- ③ 堤体の余裕高不足
- ④ 不安定な堤体断面
- ⑤ 浸潤線の位置
- ⑥ 洪水吐の機能低下または通水断面不足
- ⑦ 取水施設の機能低下
- ⑧ 安全管理施設の機能低下または不備

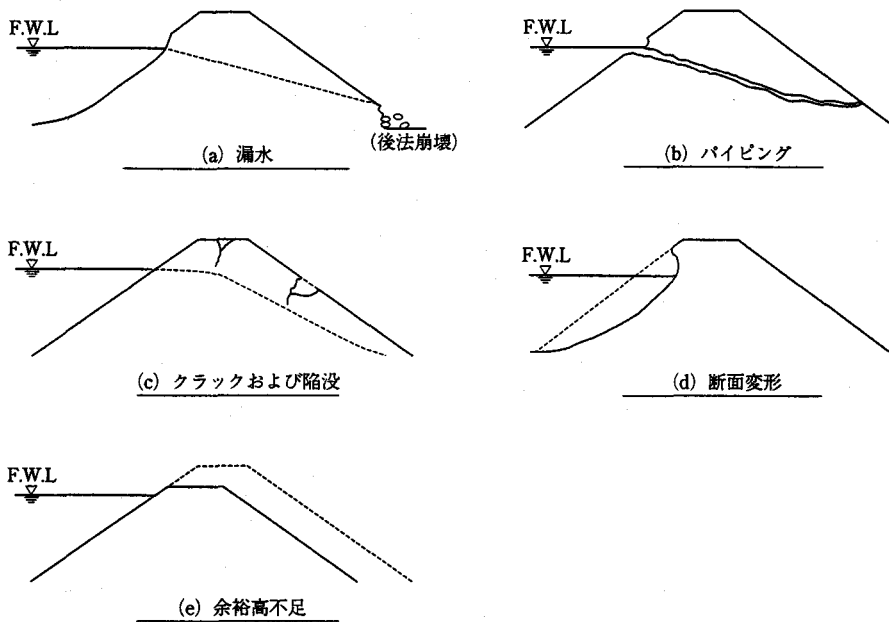


図-1 改修を必要とする堤体の状況

このうち、特に重要なのは①である。漏水が顕著になっているため池は、その有すべき本来機能である貯水機能が低下している状態にあり、このうち、局所的に漏水が認められる箇所については、パイピング等の発生する可能性が高いため、緊急措置をとる必要がある。底樋や洪水吐といった、土とコンクリート構造物が接している箇所にあつては、特にミズミチが形成され易いことに留意する。

漏水量の許容限界としては、次の3つを示しており、このうちb.については、「老朽ため池整備便覧」において「1日の漏水量が、総貯水量の0.05%をこえるとき(ダムの貯留効果からみて)」とされていたものを改めたものである。理由としては、この数値指標は大ダムクラスのものには適合するが、ため池のように貯水規模が小さいほど、また、皿池のように堤長が長いほど厳しい数値となり、改修後においても達成するのが困難になるためである。

- a. 堤長100m当たりの漏水量が60 l/minを超えている(動水勾配が1, 浸出水深が1 mならば、透水係数が 1×10^{-3} cm/s以上の場合)
- b. ため池本来機能である貯水能力が低く、利水の支障をきたしている
- c. 貯水位一定の場合の漏水量変化が、1ヶ月間に10%以上増加する

(3) 調査ボーリングの位置、本数及び深度

①位置及び本数

ボーリングの位置及び本数は、図-2に示すように堤体最大断面の中央及び上下流1箇所ずつの計3ヶ所を標準としている。ただし、山池の袖部、皿池等で堤長が長い場合は現場諸条件を考慮し追加調査を行うこととした。

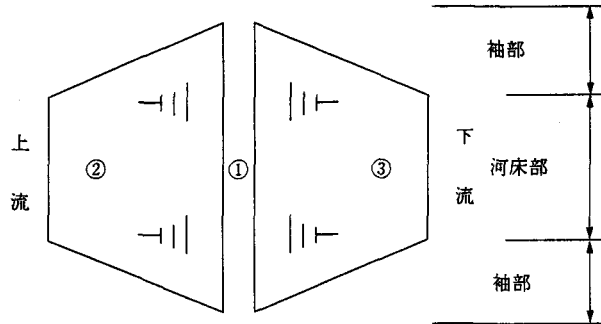


図-2 標準的なボーリング位置と本数

②深度

ボーリングの深度は、貯水による基礎地盤下の動水範囲は概ね貯水深さの1/2程度といわれていること、また、堤体滑り円弧が及ぶと想定される範囲を考慮し、図-3に示すように基礎地盤面からおおむね5m、または堤高相当深さのいずれか浅い方を標準としている。

後段の「堤高相当深さ」の規定は、堤高の低いため池にあっては5mは過大であるとう判断によるものである。

なお、ここでいう基礎地盤面は、既存資料から、あるいはボーリング作業時に判断されるが、判断が困難な場合は現況底樋底面の高さとしてよいこととした。

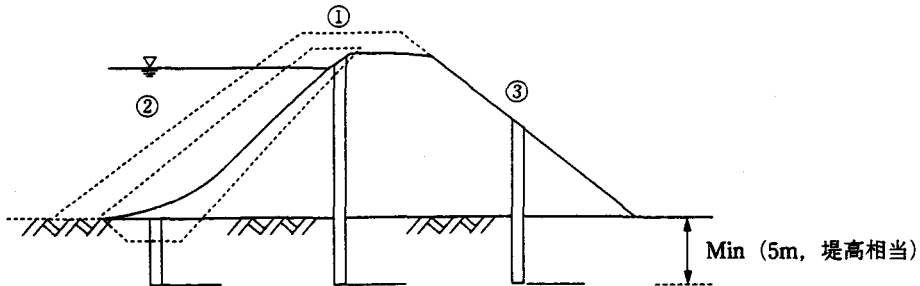


図-3 標準的なボーリング深度

(4) 設計洪水流量及び設計洪水位

設計洪水流量は、設計基準「ダム」に準拠し、いわゆるA項、B項、C項流量の最大値をフィルタイプ堤体の規定である1.2倍したものとした。

ただし、C項の第2項目である「既往最大級豪雨」については、その資料収集範囲を「おおむね50kmの圏内」から「流域に近い範囲」即ち隣接する市町村範囲程度とした。

また、従来より採用されている「貯留効果」を考慮した設計洪水位の決定については、本指針でも示しており、その効果の発現限界とされる(流域面積/貯水面積 \leq 30)のため池にあっては、貯留効果を考慮することを標準とした。

(5) 堤体設計の考え方

当然のことではあるが堤体設計の基本的理念として、ため池堤体の改修に当たり、経済的な断面とするためには、現況堤体を適切に評価し、これを可能な限り利活用することを念頭に置くことを記載した。

堤体設計では、上記に加えて、洪水吐越流水深と堤高の関係など多面的かつ総合的な判断を必要とし、また、堤体の所要機能及び安全性の確保を図るためには、浸透量計算、安定計算等の基本的な技術検討を全体の設計手順の中で適切に実施する。

(6) 遮水材料の透水係数

堤体遮水ゾーン(刃金部)は、従来から「不透水性」と定義されている透水係数 $k < 1 \times 10^{-5}$ の構造とすることを基本としながらも、近年、そのような適切な遮水材料を十分にかつ安価に調達することが次第に困難になっている現状を勘案し、その規定値を $k = 5 \times 10^{-5}$ まで緩和した。

これは、あくまでも材料調達の自由度を大きくしたものであり、結果的に遮水ゾーン幅や、浸潤線位置、法先ドレーン等の設計と関連するので、遮水材料の選定に当たってはこれらを総合的に検討し、経済的な断面を決定する。

(7) 余裕高の算定

余裕高の算定式については従来どおりであるが、その変数である「波の打上げ高さ(R)」を求める図について変更している。従来は設計基準「ダム」でも採用していたものをそのまま用いていたが、図-4に示すWilsonの改良式を組合せたものが既に貯水施設堤体用に提唱されており、この度新たに導入した。

また、皿池のように多方堤を有する場合の対岸距離(F)は、最大波浪が発生すると想定される最長対角線をとることとする。

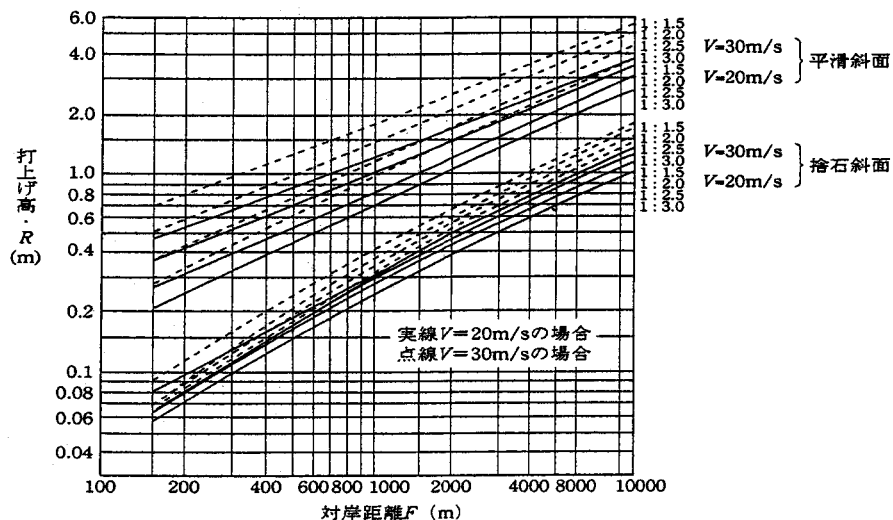


図-4 S.M.B.法におけるWilsonの改良式とSavilleの方法とを組合せて求めた打上げ高

(8) 堤体の安定計算

堤体の安定計算手法は、従来から用いられている円形滑り面スライス法である。検討するケース及びそれらに対応した単位体積重量の取り方については、表-1及び図-5に示すとおりである。本指針では、新たに「水位急降下」のケースを追加している。これは後述する「緊急放流施設」による水位低下に対応したものである。

なお、計算上必要となるせん断強度定数である粘着力(C)及び内部摩擦角(ϕ)については、三軸圧縮

試験等の土質試験により決定することを基本とし、条件により適切な供試体を得られない場合への対処として、N値から推定する手法を掲載している。

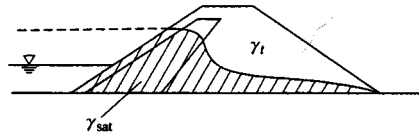
表-1 滑り破壊を検討するケース

安定解析 ケース	安全率	設計震度 (%)	円形滑り面スライス法の適用	
			応力表示	計算斜面
完成直後	1.2以上	50	全応力もしくは有効応力	上下流側
常時満水位	〃	100	有効応力	〃
設計洪水位	〃	—	〃	〃
水位急降下	〃	50	〃	上流側



(イ) 完成直後

(ロ) 経年後の定常浸透状態



(ハ) 水位急降下（貯水池水位は緊急放流時計画水位とする）

γ_t : 湿潤単位体積重量, γ_{sat} : 飽和単位体積重量

図-5 単位体積重量の取り方

(9) ラビリンス堰

本指針では、近年研究の成果である、標準型（ハロルド曲線形）以外の洪水吐越流堰形状につきいくつか取扱っている。

そのひとつが図-6に示すラビリンス堰である。ラビリンス堰は、その形状から実越流幅が長く、従来の直線堰に比し放流能力が高く、効用としては次の4点が挙げられる。

- ①越流水深を低減することにより、堤高自体を低く設定できる
- ②越流水深を低減することにより、FWLを高くし、貯水容量を増加させることができる
- ③直線堰では大規模にならざるを得ない洪水吐自体を小規模化できる
- ④洪水吐自体の規模を変えずに、より大きい設計洪水量に対処することができる

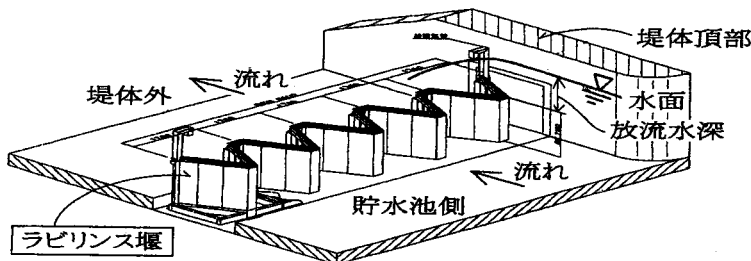


図-6 ラビリンス堰の模式図

(10) 簡易形状の越流堰

標準型以外の越流堰としては、上項以外に、図-7に示すような簡易形状のものを提唱している。これら簡易形状の流量係数については、標準型に比し特段遜色がないことが実験により求められており、本指針においては、これら簡易形状の越流堰を積極的に選択できるよう、その設計数値あるいは留意点等につき解説している。

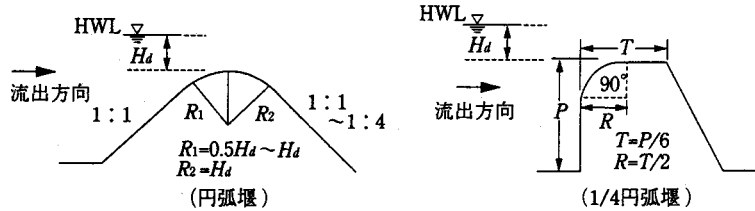
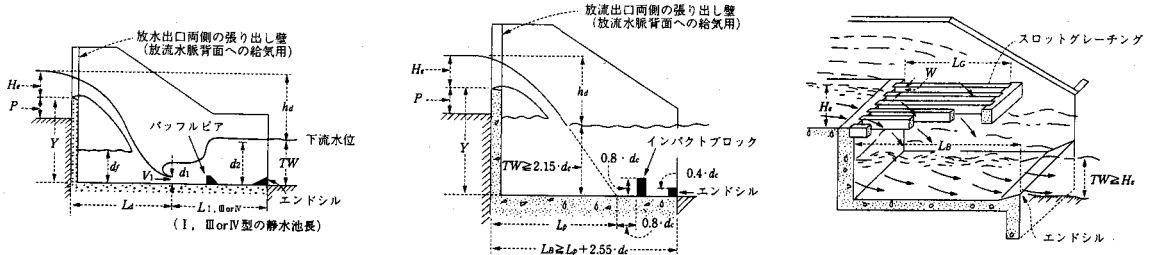


図-7 簡易越流堰の断面形状

(11) 落差工式減勢工

ため池洪水吐周辺の地形条件によっては、従来から一般的に採用されている放流水路を有した洪水吐(減勢工)を設置することが困難な場合がある。これへの対処として、図-8に示すような落差工式の減勢工につき提唱し、選択することができるようにした。



強制跳水型

インパクトブロック型

スロットグレーチング型

図-8 落差工式減勢工

(12) 洪水吐の安定・構造計算

洪水吐の安定計算・構造計算については、両者につき荷重の組合せ及び荷重図を示し、適切かつ統一的な設計が行なわれるよう配慮した。それらについては、洪水吐の特殊性を考慮しつつ、設計基準「水路工」との整合を図っている。

特に側水路式洪水吐のように、左右の荷重作用が非対称なものについては、その安定性を十分に検討する必要がある。

(13) 緊急放流施設

本指針で取り入れたものの中でも、特に目新しいものが、この緊急放流施設である。

これまで、被災時等の緊急時には、土砂吐ゲートを開放するなどの対応がなされているが、緊急放流専用の施設を考慮することはなかった。近年特に、地震や異常降雨などによるため池被害が取り沙汰されることが多くなり、なんらかの専用施設を設けることの必要性が強くなっていることから、この度新たにその設計方法を解説したものである。

緊急放流施設は、地震等の発生直後に、池内水位を所定の水位まで安全に降下させる放流能力を有するよう計画する。

①降下水位

緊急降下の目標水位は、「常時満水位-2.0m」と「常時満水位-(貯水深×1/3)」を比較し、いずれか高い水位とし、これを1日で達成し得るものとする。

この根拠としては、1日で常時満水位から2m程度緊急降下させれば目的を達成し得ることが過去の被災状況査等から判明している（過去の乾湿の繰り返しにより弱体化している堤体上部、あるいは、地震動により堤体上部に発生したクラックに浸水し、発生後2～3日で崩壊に至るといった傾向が見られた）ことにある。

なお、貯水深が小さいため池の場合は、2mの緊急降下が、かえって堤体の安定に対して不利に働くこととなり、また、貯水量の大部分を喪失させることにもなるため、「常時満水位-(貯水深×1/3)」との比較を行うこととした。

②放流施設の位置

緊急放流施設は取水施設を活用することを原則とし、活用することで取水施設としての規模が過度に大きくなる場合は、単独設置も検討することとした。

図-9に、取水施設（斜樋）を活用した場合の例を示す。

算定した放流孔径が大きくなると、放流経路となる斜樋、底樋を取水施設としての規模以上にする必要が出てくる。このような場合は、施工性、経済性等を検討の上、単独施設としての設置も検討する必要がある。単独施設として計画する場合は放流先を確保する必要から、洪水吐付近の設置が考えられる。

平面図

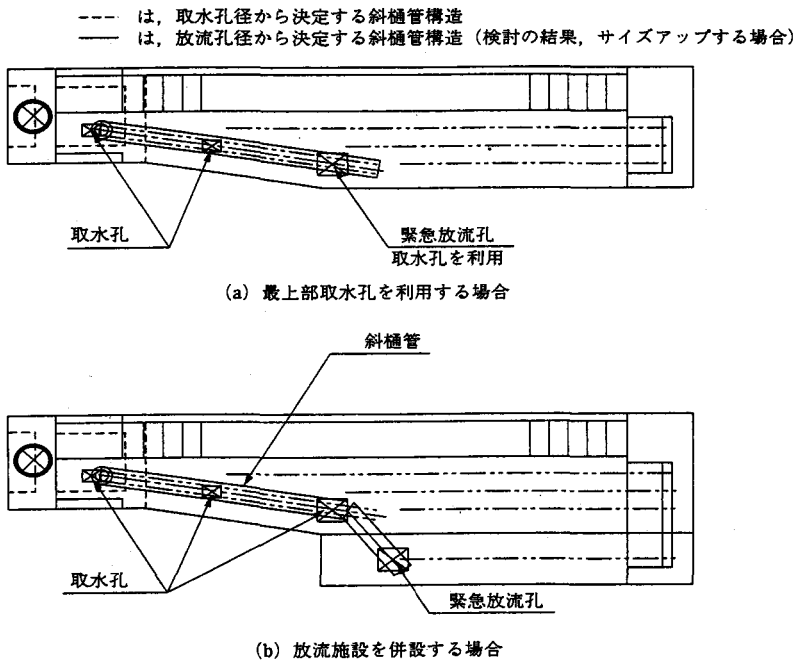


図-9(1) 取水施設活用例

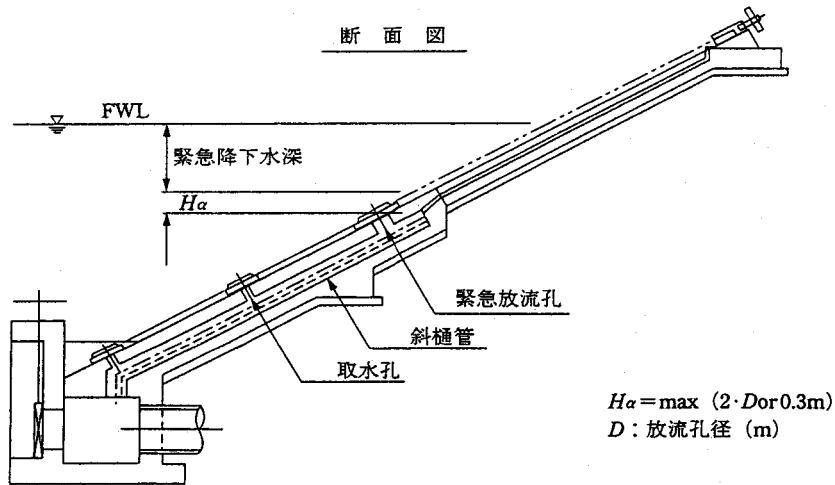


図-9(2) 取水施設活用例

③放流孔の位置及び構造

放流孔は最上部の取水孔を兼ねる位置に設けることを基本とし、斜樋、底樋の活用を図り、その構造は取水孔に準じることとした。設置深さは、目標降下水位から、水没深を減じて決定する必要がある。最上部の取水孔を兼ねる場合は、放流孔としての必要孔径を検討し、その機能を確保する。設置深さは、水利慣行上の深さとの調整協議を行うと共に、通常の取水操作において計画取水量を超えて取水されないよう、開度調整器具等を取付ける必要がある。

また、設置深さは、緊急降下の目標水位から空気連行等による吸い込み損失を防ぐ為の水没深（放流孔径の2倍と0.3mのいずれか大きい方）を減じて決定する。

より低位部の取水孔を活用する、あるいはより低位部に放流孔を設置して、水頭を大きく取れば水理的には有利となるが、放流開始後に目標水位に達した時点（地震発生後1日）で、放流停止操作のため再び現地に立入ることは危険で現実的ではない。また、池底付近の堆積土砂を吸い込む可能性があることから、上記の位置設定としている。

④放流孔径及び斜樋管径の算定

放流孔径は必要な放流量を安全に流下できるよう決定する。

また、放流経路となる斜樋管径は最大放流量を流し得る管径と、取水施設として必要斜樋管径を比較の上、大きい方を採用する。

更に、底樋管の流下能力の確認を行う必要がある。

3. おわりに

全国津々浦々に現存している「ため池」は、各々特有の地理的・社会的背景やその時代ごとの技術により築造されており、その形態は様々である。つまり、ため池改修においては、一律に当てはめられないこれらの特殊性を十分に勘案した上で、最適な施設設計を行う必要がある。

本報文では、本指針の制定経緯ならびに主なポイントにつき紹介したが、この度の制定に際し、先達が永きに亘り営々と築き上げてきたため池技術に敬意を表するとともに、今後のため池改修事業がより一層価値あるものとして継承され続けることを心より願うものである。

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フロッピーディスクに文字データをテキストスタイルに変換し提出すること。

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欄外に指定し，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。原図はトレーサーが判断に迷わないよう，はっきりしていて，まぎらわしいところは注記をされたい。

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（バイ）と ν （ウプロシン）

など

10 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。

11 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ，どちらかにすること。

12 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『 』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は，番号を付し，末尾に原著者名：原著論文表題，雑誌名，巻：頁～頁，年号，又は“引用者氏名，年・号より引用”と明示すること。

13 投稿の採否，掲載順は編集委員会に一任すること。

14 掲載の分は稿料を呈す。

15 別刷は，実費を著者が負担する。

1. 農業土木技術研究会の変遷

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。本研究会の歴史は古く、昭和28年の「コンクリートダム研究会」の発足以来、事業の展開方向に即して変遷してきましたが、いずれの時代においても会誌や研修会を通じて、事業地区の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などについての会員間の情報交換を図り、技術力の向上に資することを目的として継承されてきました。

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 現在に至る

2. 会誌「水と土」の発刊

「水と土」は、職員自らの手で行うという観点から、農林水産省構造改善局設計課に編集事務局を置き、地方農政局や都道府県の協力を得て、事業地区から報文の投稿をお願いしています。年間4回の「水と土」を会員の皆様にお届けしています。

3. 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。年会費は2,300円です。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。申し込み様式は任意ですが、以下を参考に所属、氏名を明記したものとして下さい。

入会申込書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名：

所属：

4. 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していただくようお願いします。併せて別添の投稿規定も参照して下さい。

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

5. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。

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

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

農業土木技術研究会役員名簿（平成11年度）

会 長	黒澤 正敬	水資源開発公団理事
副 会 長	佐藤 準	構造改善局建設部長
〃	中村 良太	（勸）農業土木総合研究所技術顧問
理 事	太田 信介	構造改善局建設部設計課長
〃	中條 康朗	構造改善局建設部水利課長
〃	安村 廣宣	構造改善局建設部設計課首席農業土木専門官
〃	川嶋 久義	関東農政局建設部長
〃	岩崎 和己	農業工学研究所長
〃	金蔵 法義	北海道開発庁農林水産課長
〃	富久尾育雄	茨城県農地局長
〃	高野 政文	新潟県農地部長技監
〃	安部 優吉	兵庫県農林水産部長
〃	小林英一郎	水資源開発公団第二工務部長
〃	上田 一美	（社）土地改良建設協会顧問
〃	近藤 勝英	（社）農協土木事業協会専務理事
〃	山下 義行	太陽コンサルタンツ（株）常務取締役
〃	中島 均	（株）竹中土木常務取締役
〃	杉浦 英明	日本国土開発（株）取締役
監 事	角田 豊	関東農政局建設部設計課長
〃	藤根興兵衛	（株）日本農業土木コンサルタンツ常務取締役
常任顧問	森田 昌史	構造改善局次長
〃	中道 宏	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	須藤良太郎	参議院議員
〃	佐藤 昭郎	参議院議員
〃	梶木 又三	全国土地改良事業団体連合会会長
〃	福田 仁志	東京大学名誉教授

編集委員会（平成11年度）

編集委員長	安村 廣宣	構造改善局設計課
常任幹事編集委員	青山 卓二	〃 事業計画課
	菊池 由則	〃 設計課
	津谷 康宣	〃 整備課
	渡辺 博之	〃 設計課
幹 事	水口 将弘	技術連盟
編集委員	鈴木 豊志	構造改善局地域計画課
	志田麻由子	〃 資源課
	土井 貴志	〃 事業計画課
	谷口 宏文	〃 設計課
	桑原 一登	〃 設計課
	村岡 宏	〃 水利課
	大島 学人	〃 水利課
	小泉 亘司	〃 整備課
	山本 恵太	〃 開発課
	野田 英亨	〃 開発課
	木下 幸弘	〃 防災課
	伊藤 直樹	〃 防災課
	常住 直人	農業工学研修所
	親泊 安次	国土庁計画調整局
	高橋 定行	水資源第二工務部設計課
	古川 和夫	農用地整備公団計画部実施計画課
地 方	宮崎 敏行	農業土木総合研究所
編集委員	堀内 正之	東北農政局設計課
	伊藤 友次	関東農政局設計課
	中村 幹洋	北陸農政局設計課
	落合 弘	東海農政局設計課
	北川 啓三	近畿農政局設計課
	堀山 誠一	中国四国農政局設計課
	中國 利廣	九州農政局設計課
	武岡 康夫	北海道開発局農業設計課
	八木 康夫	沖縄総合事務局土地改良課

賛 助 会 員 A

（株）荏原製作所
（株）大林組
（株）熊谷組
（株）三祐コンサルタンツ
大成建設（株）
玉野総合コンサルタント（株）
太陽コンサルタンツ（株）
（株）電業社機械製作所
（株）西島製作所
西松建設（株）

日本技研（株）
（株）日本水工コンサルタント
（株）日本農業土木コンサルタンツ
（株）日本農業土木総合研究所
（株）間 組
（株）日立製作所
(16社)

賛 助 会 員 B

（株）青木建設
（株）奥村組
勝村建設（株）

株 木 建 設（株）
（株）栗本鉄工所
三幸建設工業（株）
住友建設（株）
住友金属工業（株）
大豊建設（株）
（株）竹中土木
田中建設（株）
前田建設工業（株）
三井建設（株）

(13社)

賛助会員 C

アイサワ工業(株)
 青葉工業(株)
 旭コンクリート工業(株)
 旭測量設計(株)
 アジアプランニング(株)
 茨城県農業土木研究会
 上田建設(株)
 (株)ウォーター・エンジニアリング
 梅林建設(株)
 エスケー産業(株)
 (株)大本組
 神奈川県農業土木建設協会
 技研興業(株)
 (株)クボタ建設
 (株)クボタ(大阪)
 (株)クボタ(東京)
 (株)古賀組
 (株)後藤組
 五洋建設(株)
 酒井建興(株)
 佐藤企業(株)
 (株)さとうベネック

(株)塩谷組
 昭栄建設(株)
 新光コンサルタンツ(株)
 (株)ジオテック
 (株)シャトーシービー
 須工ときわ(株)
 世紀東急工業(株)
 大和設備工事(株)
 高橋建設(株)
 高弥建設(株)
 (株)田原製作所
 中国四国農政局土地改良技術事務所
 (株)チェリーコンサルタンツ
 中央開発(株)
 東急建設(株)
 東邦技術(株)
 東洋測量設計(株)
 中川ヒューム管工業(株)
 日本国土開発(株)
 日本ヒューム管(株)
 日本舗道(株)
 福井県土地改良事業団体連合会
 (株)婦中興業
 古郡建設(株)

(株)豊蔵組
 北海道土地改良事業団体連合会
 前田製管(株)
 前沢工業(株)
 真柄建設(株)
 (株)舛ノ内組
 丸か建設(株)
 (株)丸島アクアシステム
 丸誠重工業(株)東京本社
 水資源開発公団
 水資源開発公団沼田総合管理所
) 三重用水管理所
 宮本建設(株)
 ミサワ・ホーバス(株)
 (株)水建設コンサルタント
 (株)峰測量設計事務所
 山崎ヒューム管(株)
 菱和建設(株)
 若鈴コンサルタンツ(株)
 (65社)
 (アイウエオ順) 計 94社

編集後記

人間なら誰しも幸せで充実した人生をおくりたいと思うだろう。幸せな人生をおくるには何が必要だろうか？ それにはまず豊かさが必要である。豊かさは幸せの十分条件では無いが、必要条件だからである。

その豊かさを維持し続けるためには何が必要だろうか？ それには、“他よりも効率的であり続けること”が必要なのだと思う。効率的であるということは、一言で言えば、より少ない労力でより多くの富を生み出すということだからである。

では、国、産業、会社、組織など集団が効率的であり続けるためには何が必要だろうか？ それには集団内部に公正さが保たれていることが基本だと思う。何故なら、働きに依らず同じ報酬とい

う”悪平等”の状態では、真面目に働くのが馬鹿らしくなるだろうし、逆に一定以上の働き(能力)の人には働きを大きく上回る高額報酬、それ以下の人は働けど働けど楽にならざりという”不平等”の状態では、上の人間は現状にあぐらをかきがちになるし、下の人間は意欲を無くすからである。

悪平等と不平等の間にある公正な状態こそが、集団のポテンシャルを最大限に発揮し、最大の効率が得られる状態、(集団内の個々人も含め)最大の豊かさと幸福が享受できる状態だと思う。

それ故、真面目に農業に取り組む方々が、個々の努力に応じて報われるような状態を保ち続けられれば、日本農業の未来は明るいのだと思う。そういう方々に少しでも役に立てる仕事をしていきたいものである。

(農業工学研究所水工部 常住直人)

水と土 第119号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4
 農業土木会館内

農業土木技術研究会
 TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
 TEL 03(3952)5651