

水と土

No.105
1996

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



カラマツ木材チップの暗渠疎水材への利用 (本文54頁)

施工前



暗渠施工前の収穫後のまくらじ
(ねり返されて排水不良の原因になる)



チップ暗渠施工ほ場の収穫時のまくらじ
(ねり返しなし、余剰水分が排除されている)

施工後

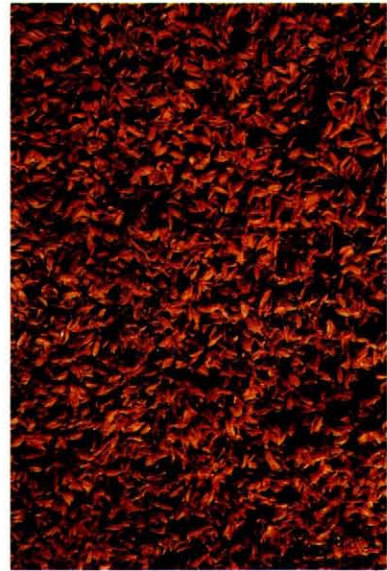


暗渠断面
(チップをもみがらで被覆保護している)

カラマツチップとモミガラの外観



カラマツチップ



モミガラ

カラマツチップの外観の経年変化



1年経過のチップ材



5年経過のチップ材



7年経過のチップ材

水 と 土

— 目 次 —

報文内容紹介

巻頭文

土地改良区の健全な運営について

金城靖昇……(1)

報文

相川ダムに関する連続地中壁工法の施工について

平野富治 佐藤章悦 遠藤 泰……(3)

カンジン地区地表湛水型地下ダムの設計概要

仲村 剛……(12)

アースダム護岸(堤体上流法面)の破壊原因とその対策について

中国黒竜江省水利局 謝永剛 ……(21)

訳 中島賢二郎

傾斜地パイプラインの通水試験について

古田 文夫 石山 明彦……(33)

大島ダム付替道路における落石対策工について

寺村 伸一 初川 栄治 山本 昌也……(40)

カラマツ木材チップの暗渠疎水材への利用

北川 巖 横井 義雄 津田 真由美……(54)

農地の塩害発現機構と塩分濃度制御について

—吉野川下流域地区の事例—

菊池 英博……(63)

農林地域における環境保全機能の評価の現状と課題

—水資源かん養機能, 洪水防止機能を中心にして—

田中 秀明……(69)

自然保護農業農村整備対策事業について

渡辺 祥司……(81)

投稿規定……(86)

農業土木技術研究会入会手引……(87)

会告・編集後記……(88)

No. 105

1996

表紙写真
農場と赤いサイロ

水と土 第105号 報文内容紹介

相川ダムに関する連続地中壁工法の施工について

平野富治 佐藤章悦 遠藤 泰

相川ダムのダムサイトは、左岸側のアバットメントが小規模な尾根になっており、地質は古生代・二畳紀の錦織層粘板岩を主体としている。ダムサイトを含めて付近一帯は地下水位が低く、特に左岸尾根部については、透水試験・地下水流動調査等の結果からグラウチングに代る遮水対策を行うこととした。

ここに、上部の礫岩層の範囲を対象に連続地中壁工法を実施したので、設計・施工事例を報告する。

(水と土 第105号 1996 P. 3設・施)

カンジン地区地表湛水型地下ダムの設計概要

仲村 剛

県営かんがい排水事業カンジン地区は、主要水源を通常の地上ダムと地下ダムの双方の特徴を合わせ持つ、地表湛水型地下ダムとして建設する計画である。堤体構造を従来の地下ダムで多く採用されている原位置土攪拌工法による地中連続壁とし、貯水形態は帯水層の第四紀更新世琉球石灰岩に約10%、地表部に約90%となっている。洪水吐も地上ダムと同様の施設型でありながら、流末は琉球石灰岩の浸透能力を利用した特徴を持つ。(水と土 第105号 1996 P. 12設・施)

アースダム護岸(堤体上流法面)の破壊原因とその対策について

謝永剛

訳 中島賢二郎

本論文は、中国における貯水池の凍結、凍上対策について述べられたものです。中国において低温下での土や岩石の特性に関する研究が熱心に行われていることを示すものとして、国内における関係技術者のみでなく、今後中国に技術援助で関係される方々にも貴重な論文といえます。

(水と土 第105号 1996 P. 21設・施)

傾斜地パイプラインの通水試験について

古田文夫 石山明彦

平成7年度事業完了した国営南紀用水地区の小口径φ600~250mm)ダクタイル鋳鉄管を主とした、傾斜地パイプラインの通水試験について、限られた時間の中で実施した幾つかの通水試験の方法を紹介し、通水時の注意事項や通水を通じて施設設計のあり方等について雑感を述べる。

(水と土 第105号 1996 P. 33設・施)

大島ダム付替道路における落石対策工について

寺村伸一 初川栄治 山本昌也

東海農政局豊川総合用水事業の一環として行っている大島ダム周辺の工事用道路及び付替道路の斜面は、急峻(40°~45°)で、風化した溶結凝灰岩主体の地質であり、亀裂の多い転石、浮石が不安定な状態として認められるため、地形に適した落石対策工が必要となっている。

本報告は、大島ダム付替道路で採用しているポケット式落石防護網等の落石対策工の調査・設計・施工事例を報告するものである。

(水と土 第105号 1996 P. 40設・施)

カラマツ木材チップの暗渠疎水材への利用

北川 巖 横井義雄 津田真由美

現在、暗渠の疎水材としてモミガラ、砂利などの資材が使用されている。北海道では、疎水材として使用可能な資材が無い地域、不足している地域が多い。そのため、全道的に利用可能な資材が求められている。

カラマツ木材チップは全道的に生産されており、幅広い利用が求められている。そこで、カラマツ木材チップを暗渠疎水材として利用したときの効果について検討し疎水材として優れていることが明らかになった。

(水と土 第105号 1996 P. 54設・施)

農地の塩害発現機構と塩分濃度制御について

一吉野川下流域地区事例一

菊池英博

国営吉野川下流域地区は、吉野川の堆積作用により肥沃な土地となっており、水稻やレンコン、サツマイモ、ニンジン

の産地として農業地帯が形成されている。しかしながら、河口付近に広がる低平地の農地では、地区内の塩分濃度上昇により作物減収など被害が引き起こされている。このため、地区内水路や場内などの塩分上昇を抑える目的で、旧来よりかんがい用水として使用する水量以上の取水を行い地区内水路等への配水を行っている。本事業では、既得水利権として認められている地区と同様の条件下にある他地区の塩害防止用水の配水を計画中であるが、学識経験者からなる委員会の検討により除塩必要区域の決定や塩害の発現機構、塩分濃度制御についてまとめを行っている。

本報では吉野川下流域地区における農地への塩害の発現機構や塩分濃度制御の考え方について事例紹介を行う。

(水と土 第105号 1996 P. 63企・計)

農林地域における環境保全機能の評価の現状と課題

一水資源かん養機能、洪水防止機能を中心にして一

田中秀明

近年、農林地域における環境保全機能について、国民的な関心が高まっており、農業・農村政策の推進の上からも、その科学的・経済的評価とそれに基づく政策的対応が求められている。本論は、農林地域における環境保全機能のうち最も重要な水資源かん養機能及び洪水防止機能について、これまでの調査研究の経過、現状と課題について、整理総括するとともに、今後の調査研究の方向について提言したものである。

(水と土 第105号 1996 P. 69企・計)

自然保護農業農村整備対策事業について

渡辺祥司

近年、環境問題への関心が高まり、地球規模での環境保護が問題となっており、農業分野においても環境保全に配慮した取り組みが求められている。

今回、自然保護農業農村整備対策事業の事例として、微生物を利用した畜産糞尿処理を紹介する。

(水と土 第105号 1996 P. 81企・計)

土地改良区の健全な運営について

金城靖昇*
(Yasunori KINJYO)

桜前線が5月上旬に北海道に上陸する頃、沖縄県では梅雨入りを宣言される。日本の国土は、北海道択捉島の北緯45°33'から南端の沖縄県波照間島の北緯20°02'にまたがる南北に長大な3000kmの列島であり、亜寒帯から亜熱帯に広がっている。そのような気候風土から、多品種にわたる作物の栽培が可能であり、新鮮な農産物を消費者に供給できる条件になっている。

我が国の国土面積37万km²の75%が山地で、平成4年の農作物作付け延べ面積が521万haとなっている。

国民の所得水準の向上等で食糧消費が拡大されたことにより、「供給熱量自給率」や「穀物自給率」が低下傾向を示し、平成4年の穀物自給率は29%となり穀物を外国に依存している状況である。

平成4年度に輸入された主な農産物を生産するのに必要な作付け面積を試算すると約1,200万haとなり、実に我が国耕地面積の2倍以上と言われている。国が経済的に発展すると、国民の所得の向上に比例して穀物の消費が増加することになっている。1年間の1人当たりの穀物消費は、アメリカ800kg、イタリアで400kg、中国と日本が300kgとなっている。

もし、中国がこの先工業化の道を歩むことになれば耕地面積は減少し、人口の増加とともに食料、特に穀物に対する需要が拡大することになる。わが国の輸入農産物が輸出国の生産事情、国際情勢等に影響され易い構造からすると、今後、21世紀の人口・食糧・環境の問題を広く国民にアピールして考えなければならない。日本が農産物の自給率を100%確保出来ないのは、耕地面積から見ても宿命である。しかし、年々一人当たりの米の消費量が減少している中で、減反した耕地を活用することによって農村のもっている機能を維持することは重要である。

ウルグアイラウンド農業合意により、多くの畑作物が関税化対象となっており、緊急的に農業の体質強化を図りながら高収益化を実現するために、ほ場の整備、及びそれに関連する畑地かんがい施設、農道等を短期間で総合的に整備しなければならない。

高収益で安全且つ新鮮な農産物を消費者に供給するために色々な技術を駆使することとなるが、帰結するところは「土と水」であると考えられる。

農林水産省は、土づくり対策の総合的な展開として

- (1)生産性向上、経営安定の観点からの土づくり
- (2)リサイクル促進の観点からの土づくり
- (3)農業の環境への負荷軽減の観点からの土づくり

を基本としており営農実態に即した土づくりが期待されている。

稲作のような土地利用型農業の水田かんがいは、長い歴史とかんがい技術によって水管理は、スムーズに運営されている。しかしながら、畑作農業は、土地利用型農業を主体にして、多種多品目が栽培されており、作目によって間断日数、消費水量さらに植付時期等が異なり問題が生じてくる。畑作農業での畑地かんがいは、土壌の管理・適時適作・潮害除去・霜防止等、高収益化を実現するためには不可欠な事業である。畑地かんがい事業完了後の施設の維持管理及び水管理等で土地改良区が頭を痛めているのが現状で

はないかと考えている。付加価値の高い農作物を対象にした畑地かんがいを施すには、加圧による散水かんがい方式が一般的である。しかし、起伏のある耕地は減圧しなければならない無駄があることから、それに伴う施設が多くなり、維持管理に多大な費用がかかる。畑地かんがい事業完了後の施設の維持管理と水管理に係る電気料金を受益農家の皆さんからいかにして公正に徴収するかが、土地改良区の組織を健全に運営する上から大きな課題となっている。

多品目を対象とした畑地かんがいは、きめの細かい土地利用計画を樹立して実行されるべきであるが、専業・兼業・年令の格差・技術力の相違等によって難しいものである。土地改良区の組織強化を図る場合、そのようなリスクを行政がどれ程解消できるかが今求められている。

平成8年度の新規事業として基幹水利施設管理事業がスタートするが、まさに時宜を得た事業である。施設管理の補助事業はようやく閉門したばかりであり、今後、採択基準・補助率等を制度拡充することによって地方行政が運営し易くなることを熱望するものである。農水省は、石油代替エネルギーの生産システムを重要な課題として捉えており、モデル的な施設及び装置の実証展示を積極的に取り組んでいることは意義深いことである。農業農村整備事業において、石油代替エネルギーとして、自然に優しい、地下水熱・太陽熱・風力等の農業用電力を事業化して、畑地かんがい施設の維持管理費の低減させる考えはいかなものでしょうか。

*沖縄県農林水産部次長

相川ダムに関する連続地中壁工法の施工について

平野 富治*
(Tomiji HIRANO)

佐藤 章悦**
(Syoetu SATOU)

遠藤 泰***
(Yasusi ENDOU)

目 次

1. はじめに	3	4. 連続地中壁施工後の確認	9
2. 相川ダムの概要	3	5. あとがき	11
3. 連続地中壁の設計	3		

1. はじめに

相川ダムは岩手県の最南端に位置し、東北農政局藤沢開拓建設事業の主要水源施設として平成4年度に着工、平成7年10月に盛立が完了し、平成8年12月から試験湛水を予定している。

このダムサイトは左右岸共に地下水位が低い状態であり、特に左岸側アバットメントが尾根状の地形を呈しているため、地下水の水位・流動調査及び透水試験等の調査結果から遮水対策が必要であることが判明した。

検討した結果、上部の風化礫岩は連続地中壁工法とし、下部の粘板岩をセメントミルクによるグラウチング工法により処理することとした。

ここに「左岸リム部における連続地中壁工法」の設計・施工事例を報告する。

2. 相川ダムの概要

(1)ダムの諸元及び構造

相川ダムの標準断面図・縦断面図及び主要緒元は図-1・図-2及び表-1に示すとおりである。

3. 連続地中壁の設計

(1)連続地中壁工法の選定

左岸リム部は、ボーリング調査によると検討対象の地山はD級岩盤である。このD級岩盤がダムの天端標高下最大深度13m程度の厚さで分布していることが明かになり、遮水対策区間は洪水吐側の始点部側壁との連続性から延長78mの区間とした。

改良目標値は、本堤のグラウチング改良目標値と同じく2 Lu (透水係数 $k=2.6 \times 10^{-5}$) 以下とした。

以上の条件のともに①コア材置換法、②グラウチング工法、③連続地中壁工法の3案について比較検討した結果、施工性・止水の確実性・経済性に優れた③の連続地中壁工法を選定した。

(2)連続地中壁工法の設計

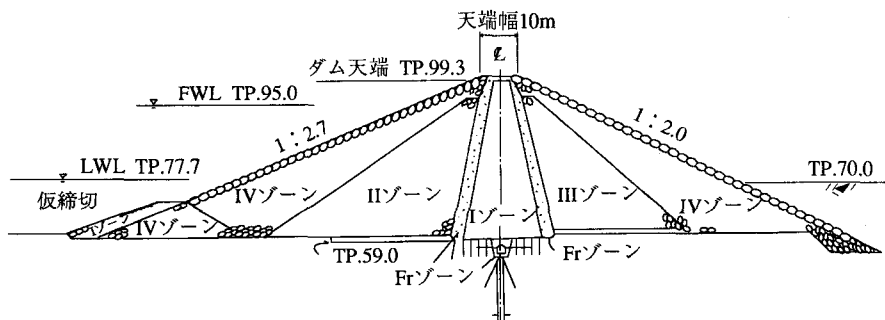


図-1 相川ダム標準断面図

*東北農政局建設部開発課
**構造改善局建設部設計課
***東北農政局藤沢開拓建設事業所相川支所

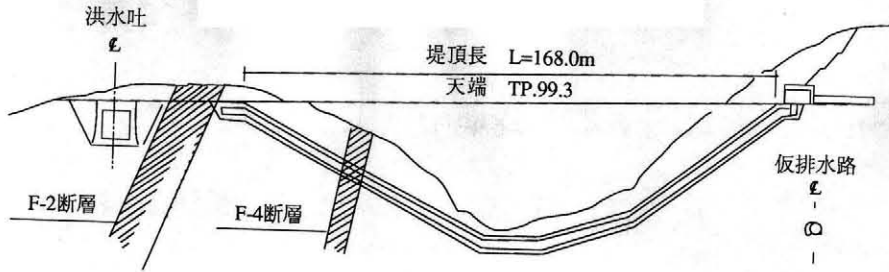
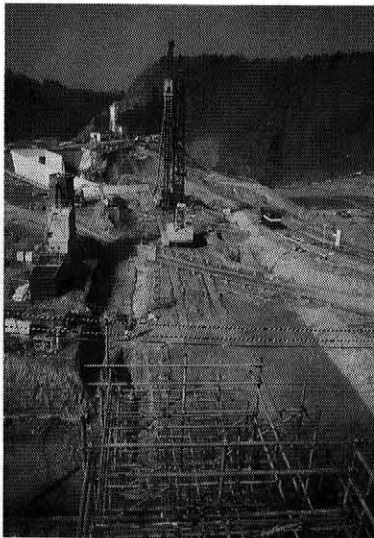


図-2 相川ダム縦断面

表-1 相川ダムの主要諸元

一般	基礎	古生代二疊紀錦織層 粘板岩	堤 体	形 式	中心遮水式ゾーン型ロックフィル
				貯水池	流域面積
	有効貯水量	V = 1,600千m ³	堤 頂 長	L = 168m	
洪水吐	形 式	自由越流式側水路	堤 頂 幅	B = 10m	
	設計洪水量	Q = 202m ³ /sec	堤 体 積	V = 311千m ³	



全景

①工法の分類

当該地の止水壁構築として考えられる工法を取り上げ、施工条件・地質等より最適工法を選択する。

②工法・施工機械の選定

当該地における工法・機種を選定条件としては、次のような項目がある。

a 連続地中壁の仕様

- ・ 止水性能として透水係数 $k = 2.6 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ オーダー以下を得る構造であること。
- ・ 掘削深さは施工基面より最大13.5mである。
- ・ 壁厚は600mm程度とする。

b 地 質

- ・ D級岩盤はN値 ≥ 50 の礫岩の強風化帯であ

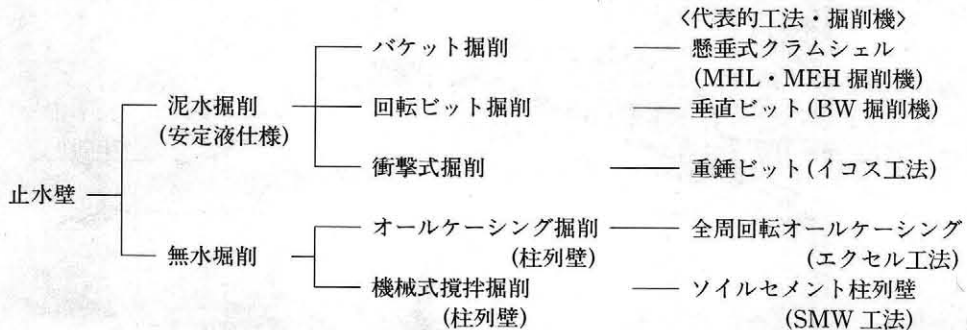


図-3 工法の分類

り、変形係数は300~1,700kg f/cm²程度である。

- ・D級岩盤（礫岩）の礫の最大粒径は概ね100mmである。
- ・連続地中壁着岩部はCL級の礫岩であり、変形係数は1,000~6,000kg f/cm²程度である。

以上の条件をもとに各工法の比較検討を行った結果、施工性・経済性の優れたSMW工法が適していると判断した。

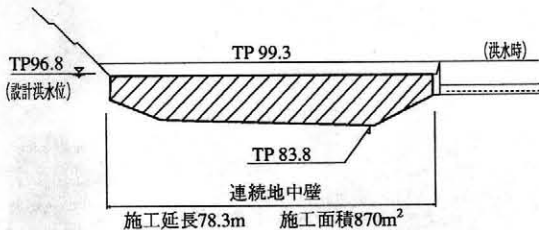
(3)連続地中壁の構造検討

①掘削方式の検討

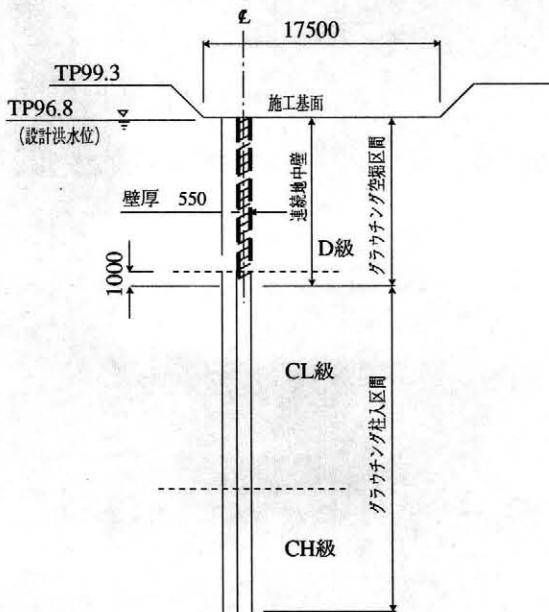
壁の構造にあたっては、連続地中壁の施工目的が基礎地盤の透水改良が主であるため、壁の連続性を重視し三軸オーガーで充分施工可能な場合は図一6に示す様に両端ラップ方式を、玉石等によ

り三軸オーガーによる施工が困難または非能率的な場合は、図一7に示す様に単軸オーガー先行掘削方式を採用することとなる。

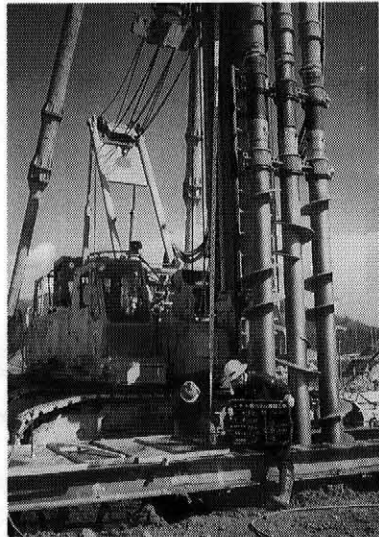
本対象地質は、N値50以上の強風化礫岩（D級岩盤）であることから、単軸オーガー先行掘削方式を採用することとする。単軸オーガー機（φ=550）により先行削孔することは、あらかじめ岩盤を掘り緩めることで、三軸混練時の攪拌条件が良好となり、品質の均一化及び壁の鉛直精度を高めることとなる。



図一4 連続地中壁工法計画縦断面図



図一5 連続地中壁工法標準断面図



三軸削孔（検天）



先行削孔（検尺）

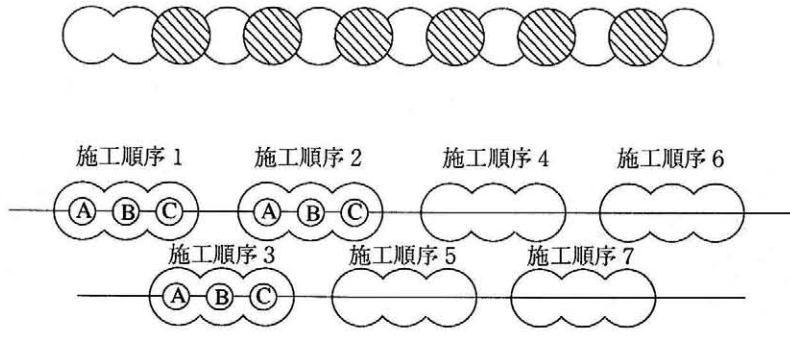


図-6 両側ラップ方式 (標準図)

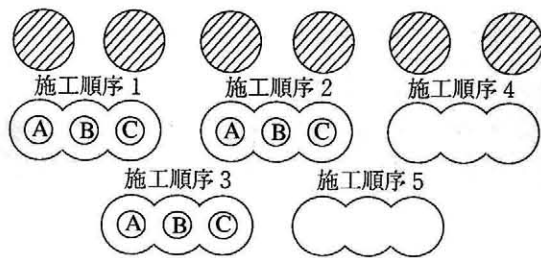


図-7 単軸オーガー先行掘削方式 (玉石等が多い場合)



地盤改良後の状況



アップ写真

② 壁体の寸法

壁体の寸法は図-8 に示す様に、壁厚550mm,

エレメント幅1,450mmを標準とされていることから、下記寸法とする。

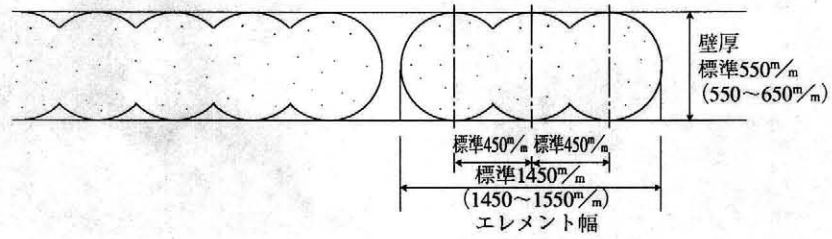


図-8 壁体の寸法

③根入れ長

一般的に止水壁を基盤岩（当地区では粘板岩のCL級岩盤）内に根入れを行う。この根入れは、

- ・連続地中壁着岩部の貯水圧による浸透破壊の防止
- ・連続地中壁着岩部を通しての漏水の阻止

を目的としている。

根入れ長は、一般的に1.0mを採用している場合が多い。地下ダムの事例では、浸透流解析を実施したところ1.0m程度で十分という結果になっている。

本地区においても、連続地中壁下端とグラウチングとのラップもあるため、根入れ長は1.0m程度とした。

④止水壁構造の検討

止水壁は、地下水の遮水性を確保することが第一条件であるが、構造物としての安全性を有していなければならない。すなわち、止水壁築造後の貯水における貯水圧による破壊、地質構造の不均一性（地質による剛性の相違等）による応力集中等に対して、安全でなければならない。

検討方法としては

- ・貯水によって生じる静水圧と止水壁の圧縮応力による検討方法
- ・押し抜きせん断により検討する方法

がある。

以上の2点について検討し、その安全性を確認

した。

(4)配合設計

①改良対象土の土質性状の把握

改良対象土の土質性状を把握するため、D級岩盤部より採取した資料を用いて物理試験を行った。その結果は表-2及び図-9に示す通りである。

試験結果より、対象土質は統一分類でGC（粘土混じり礫）に区分される。この土質にセメントを混入・攪拌することで地中壁を築造するものである。

②配合試験

一般にできあがった連続地中壁の一軸圧縮強度と透水係数には相関があるといわれているが、当ダムの連続地中壁は地山の遮水工法として選定したものであり、目標の $k=2.6 \times 10^{-5}$ cm/sec以下に造成する必要がある。

一方、対象地盤がD級（礫岩）とCL級（粘板岩）に跨るため検討したところ、構造計算からこ

表-2 物理試験結果一覧表

項目	試験方法	結果
含水量	JIS A 1203	6.7%
湿潤密度	砂置換法 JIS A 1214	2.045 t/m ³
土粒子の密度	JIS A 1202	2.683 t/m ³
液性限界	JIS A 1205	29.0%
塑性限界	JIS A 1206	3.9%

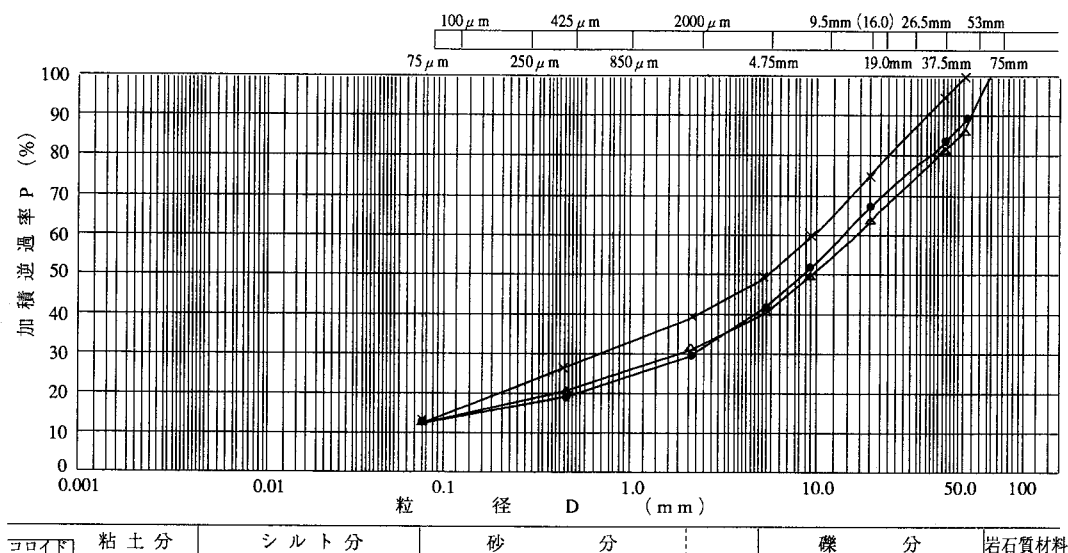


図-9 粒度試験結果：JIS A 1204 (D MAX ~ 0.075mm)

の地層境界において一軸圧縮強度 $\sigma_{28}=9.1\text{kg}/\text{m}^2$ ($\approx 10\text{kg}/\text{m}^2$) 以上を確保する必要がある。

配合計画にあたっては、このような目標値（透水係数、一軸圧縮強度等）をクリアすることとなるが、更に現地土の土質等の変化に伴う施工性（ワーカビリティ）に対応した配合を定め、臨機に切り換えなければならない事を考慮して、あらかじめ数種類の配合を用意していなければならない。

以上の事を基本にして、当ダムの配合試験を以下の組合せにより実施した。

単位セメント量(kg/m^3)：250, 280, 300, 320の4通り

W/C (%)：180, 200, 250の3通り

試験の結果、目標値を満足した配合は表-3の通りであった。

配合試験の結果を見ると

- ・一軸圧縮強度はW/Cに敏感であり目標値をクリアしたのは180%だけであった。
- ・透水係数は全てが 10^{-7} オーダーで止水性を満足する。

結論としては多軸削孔の場合の配合は次の通り

とし、施工性を見ながら状況に応じた配合に切り替えることとした。

セメント：250kg, ベントナイト：25kg, W/C：180kg
尚、先行削孔の 1m^2 当たりの配合は次の通りとした。

セメント：50kg, ベントナイト：20kg, W/C：800kg

(5) 施 工

①地中壁の下端深度

既往の調査ボーリング結果と単軸オーガー先行削孔時のトルク（アンメーター）に変化が起こった深度をもとにして連続地中壁の下端深度を決定した。（根入れ長は前述のとおり、CL級岩盤に1.0mである。）

②洪水吐側水路との接続

地震等により連続地中壁が損傷を受けた場合を考慮して、十分な浸透路長が確保できるように図-10に示すとおり連続地中壁を粘性土（コア材）で抱き込む形状とした。

③リムグラウチングとの取り合い

連続地中壁とカーテングラウチングが1.0m以上ラップすること、またグラウチング最終次数孔

表-3 配合試験結果

単位セメント量 (kg)	ベントナイト (kg)	W/C (%)	σ_{28} (kg/cm^2)	k ($\times 10^{-7}$) (cm/sec)
250	25	180	10.84	4.0
280	25	180	10.88	5.8
300	25	180	10.74	4.6
320	25	180	9.95	5.1

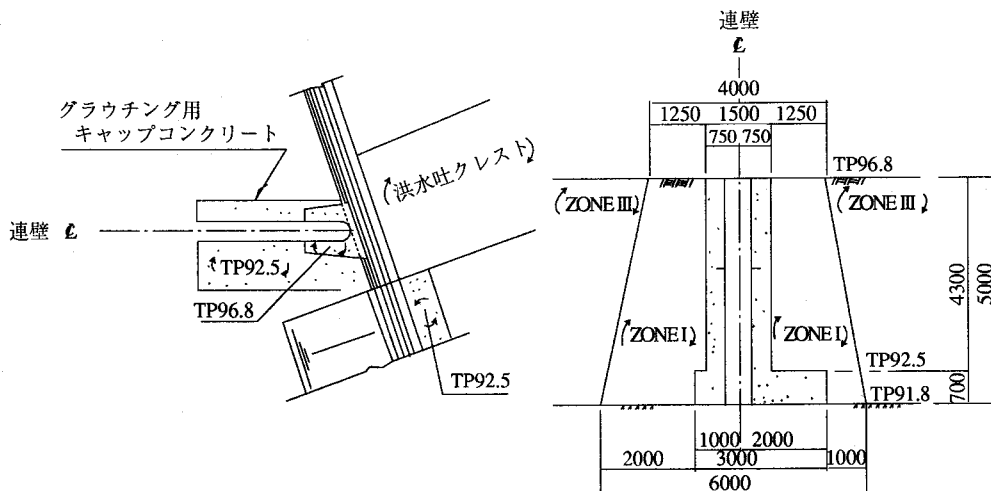
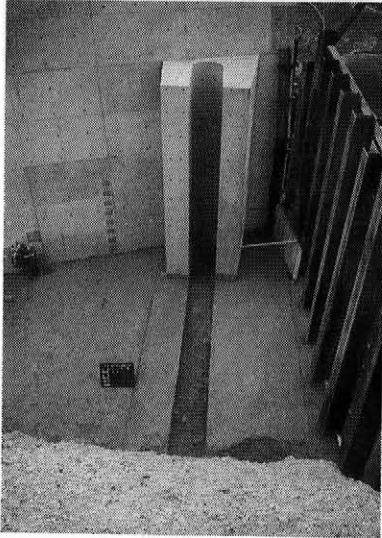


図-10 洪水吐側水路上流端との取付



洪水吐との取付部分

の注入効果を高めて止水の確実性・連続性を図るために図-11に示す通りの施工とした。

4. 連続地中壁施工後の確認

(1)室内試験

連続地中壁の施工中に、地山の上層、中層、下層の各部分から資料採取を行い（供試体を作成し）、室内養生した後に物理試験・一軸圧縮試験及

び透水試験を実施した。その結果は表-4の通りである。

試験結果には、以下のような傾向が見られる。

①経過時間毎の強度を比較すると、いずれも「上」が「中」及び「下」に比べて小さい値を示す。

②試料毎の強度を比較すると、「中」及び「下」は時間の経過につれて強度も大きくなっており、4週強度は1週強度の2.1~2.2倍程度、13週強度は1週強度の2.8~3.0倍程度の値を示す。

（※印部、「上」については13週強度が4週強

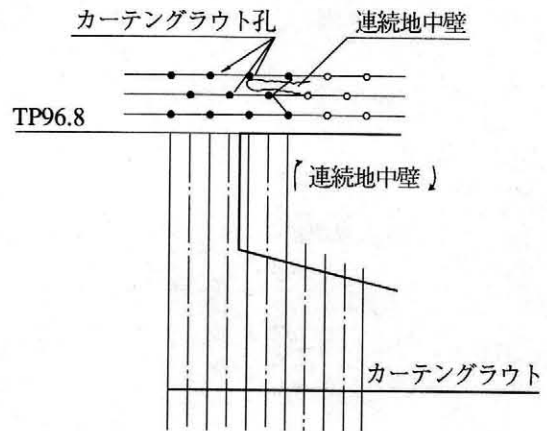


図-11 リムグラウチングとの取合い

表-4 室内試験結果一覧表

基準値：一軸圧縮強度 $\sigma_{28} = 10 \text{ kg f/cm}^2$ 、透水係数 $k = 2.6 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 以下

項目	強度	上	中	下
湿潤密度 γ_t (g/cm ³)	σ_7	1.715	1.768	1.758
	σ_{28}	1.700	1.743	1.747
	σ_{91}	1.712	1.761	1.740
乾燥密度 γ_d (g/cm ³)	σ_7	1.125	1.204	1.188
	σ_{28}	1.127	1.191	1.191
	σ_{91}	1.150	1.224	1.192
自然含水比 ω_n (%)	σ_7	52.5	46.8	48.0
	σ_{28}	50.9	46.3	46.8
	σ_{91}	48.8	43.9	46.0
一軸圧縮強度 q_u (kg f/cm ²)	σ_7	6.61~7.05	7.63~8.69	8.20~8.49
	σ_{28}	15.50~16.25	16.20~19.25	17.95~19.00
	σ_{91}	※ 10.23~11.75	23.75~27.25	22.50~25.05
透水係数 k (cm/sec)	σ_{28}	1.1~1.2×10 ⁻⁷	5.6~8.7×10 ⁻⁸	0.7~2.1×10 ⁻⁷

度よりも小さな値となっており、「中」及び「下」とは異なった傾向を示したが原因は不明である。）

③物理的性質についてみると、自然含水比は時間が経過したものの方がやや小さな値を示す。しかし、湿潤密度と乾燥密度はそれほど明瞭ではない。

④透水係数はいずれも $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{cm/sec}$ のオーダーであり、シルトや粘土の透水係数に近く、実質上不透水と言える。

(2)現場試験

連続地中壁を施工してから6週間経過後ボーリングマシンにより削孔、現場透水試験（変水位法）を行った結果は表-5の通りである。また試験を実施した場所は図-12の通りである。現場透

水試験結果は十分に満足できる値を示している。

一軸圧縮強度試験については地山が100mm程度の礫を含んでいるためボーリングマシン（Φ66）によるコア採取ができなかったため確認が不可能であった。（壁体構造時のサンプリングによる圧縮強度の確認は表-4に示す通り基準値を満足している。）

また、多軸削孔は連続性が重要なことから左右軸の偏芯量を傾斜計により測定した。連続性を確保するため設計位置と所要深度における孔芯の変位量は22.5cm未満であれば10cm以上のラップとなるが、当ダムでは最大10.7cmの変位量であったので十分な連続性が得られていることを確認した。

表-5 連続地中壁の現場透水試験結果

試験位置	削孔深(m)	透水係数(cm/sec)	備考
A-a	1.5	3.1×10^{-7}	基準値は $2.6 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 以下
A-b	4.0	1.6×10^{-7}	
A-c	6.5	2.5×10^{-7}	
A-d	4.0	3.3×10^{-7}	
A-e	8.0	1.0×10^{-7}	
A-f	11.0	1.7×10^{-7}	
A-g	2.0	9.5×10^{-7}	
A-i	6.0	2.8×10^{-7}	
A-h	9.0	3.9×10^{-7}	

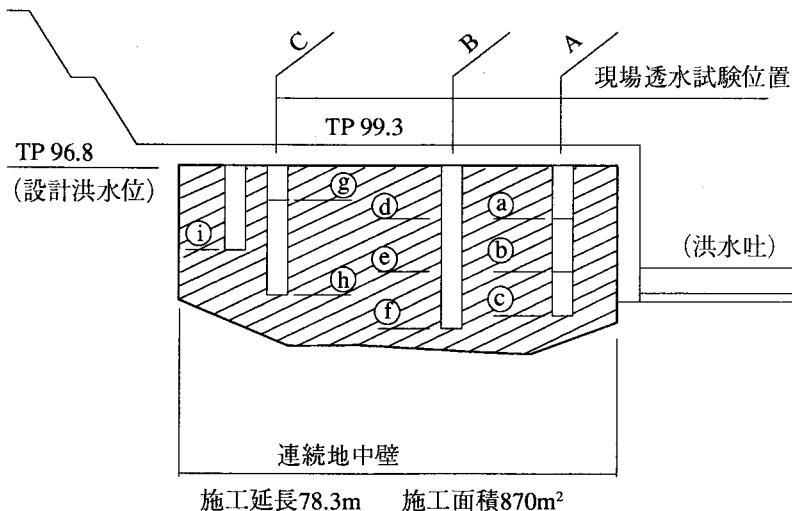
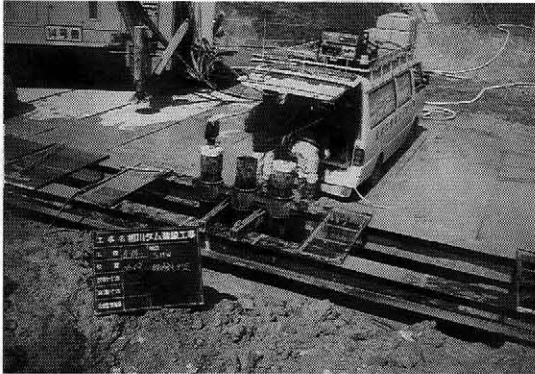


図-12 現場透水試験位置図



傾斜測定

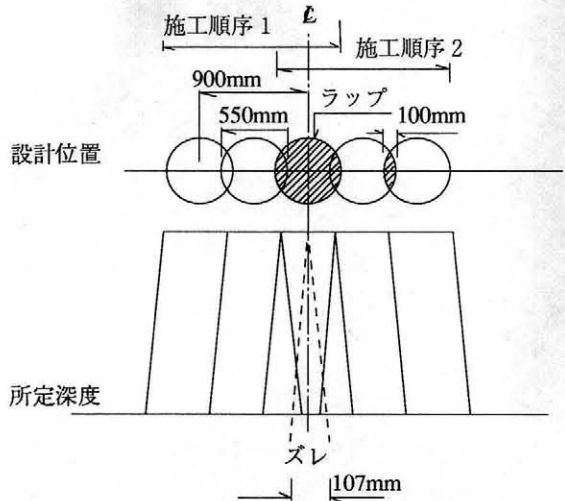


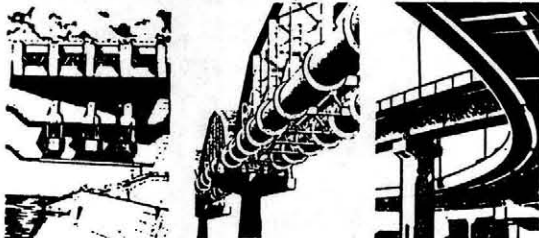
図-13 地中壁の連続性と偏芯の関係

5. あとがき

相川ダムの連続地中壁 (SMW 工法) の施工事例として簡単ではあるが、設計・施工・品質管理について報告したが、最終的な確認は試験湛水の

結果を待つこととなることを申し添える。

尚、この連続地中壁を実施するにあたり関係各位から多大なる御協力を得たことを紙面を借りて御礼申し上げると共に、他地区において今後の計画・設計の参考になれば幸いである。



カキモト

株 株式会社 栗本鐵工所
 (鉄構事業部)

本社 大阪府西區北堀江1丁目12番19号 ☎(06) 538-7691
 東京支社 東京都港区新橋4丁目1番9号 ☎(03)3436-8150
 北海道支店 ☎(011)281-3307 中国支店 ☎(082)222-8205
 東北支店 ☎(022)227-1890 九州支店 ☎(092)451-6627
 名古屋支店 ☎(052)201-4501



われらの英知
 みんなの国土
 その最高のハーモニーをめざして

カンジン地区地表湛水型地下ダムの設計概要

仲 村 剛*
(Tuyosi NAKAMURA)

目	次
1. はじめに	12
2. 地形・地質概要	12
3. ダム諸元	12
4. 貯水部について	17
5. 洪水放水路について	17
6. まとめ	20

1. はじめに

カンジン地区は、沖縄本島の西方約100kmにある久米島の北西部に位置し、既存のため池（ヤンガー池、上溝池）と新設するカンジン地表湛水型地下ダム（以下、カンジングダムと記す）を水源とする県営かんがい排水事業である。受益地は、保水力に乏しい琉球石灰岩の風化した島尻マージ土壌338haの純畑地帯である。本地区は、平成5年度に全体実施設計地区として採択され、平成6年度までの2年度にわたり全体実施設計を行ない、平成7年度着工となった。以下にその主要水源であるカンジングダムの設計概要を全計資料に基づき、報告する。

2. 地形・地質概要

地形は、地区東方の宇江城岳から西方の海岸へ向け、山岳（宇江城岳層）～台地性丘陵地（宇江城岳層）～段丘性台地（北原層）～砂丘～ラグーン～リーフ（原生さんご礁）へと変化している。

カンジングダムの地表部貯水域は、凹地状になっており、上記の台地性丘岳陵地と段丘性台地との境界に位置している。この凹地は、段丘性台地を構成する琉球石灰岩の端部が地表水によって溶食されて、形成されたものと推定される。凹地には、山岳・台地性丘陵地を流下する仲地川、他数条の小河川が流入している。この凹地下流の段丘性台地には、沖縄本島南部や宮古島などの琉球石灰岩が分布する地域と同様に、河川の発達が見られな

い。凹地に流入した河川水は琉球石灰岩中に伏流し、琉球石灰岩を帯水層として地下水層を形成後、境界域である海域へ湧出していると思われる。本ダムは、この地下水が伏流し、帯水層として機能している琉球石灰岩を地下連続壁で締切ることにより、凹部に地表貯水、琉球石灰岩を地下貯留層として利用するものである。

基盤の宇江城岳丘層は、主として凝灰角礫岩からなり、一部に安山岩・凝灰岩が散見される。全体実施設計における現場透水試験による換算ルジオン値は、概ね5ルジオン以下で亀裂も少なく不透水性の基礎地盤である。

また、基盤上部には琉球石灰岩と琉球石灰岩の風化土壌、一部に安山岩質砂岩、泥岩層からなる北原層が位置している。琉球石灰岩の風化土壌（島尻マージ）は、琉球石灰岩に1～3m程度の層厚をなし、浸透能力が大きく保水力に乏しい土壌である。

以下に久米島の地質層序・地質図、及びカンジングダム周辺の地質図を示す。

3. ダム諸元

カンジングダムは、現況の地下水伏流経路を遮断することにより、上流の凹地に地表貯水し、伏流経路を構成している琉球石灰岩の空隙に地下貯留する計画である。

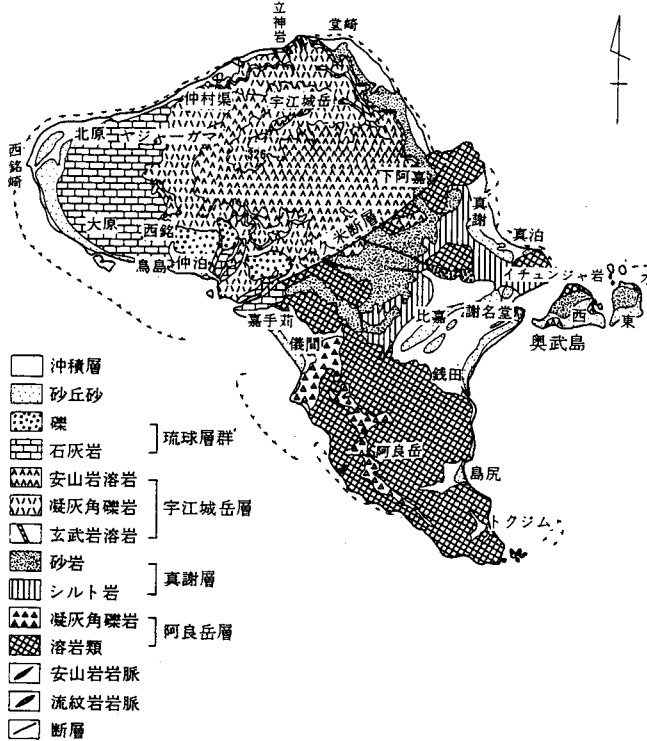
その止水工法として、施工実績も多く、要求される遮水性が確保でき、施工性・経済性に優れた柱列式原位置土攪拌工法を採用し、一部に補助工法としてグラウチング工法を用いる。

以下に全体施設計画模式図、ダム設計諸元、水

*沖縄県農林水産部南部農林土木事務所

久米島の地質層序

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



久米島の地質図

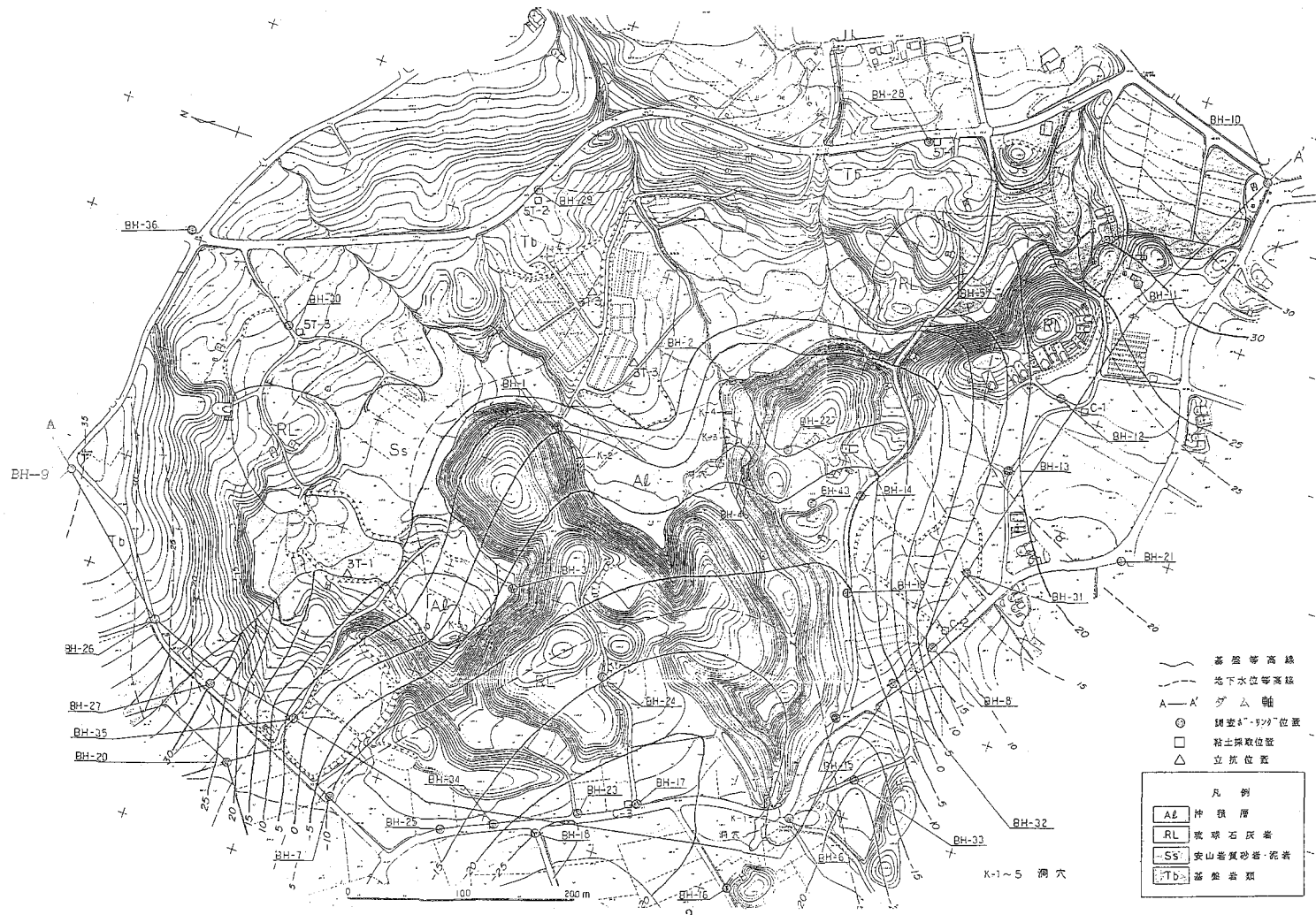
源施設計画平面図及び施工概要図，ダム縦断展開図を示す。

なお、カンジンダムの計画・設計では、貯水部と洪水処理に以下の特徴的手法を取り入れている。

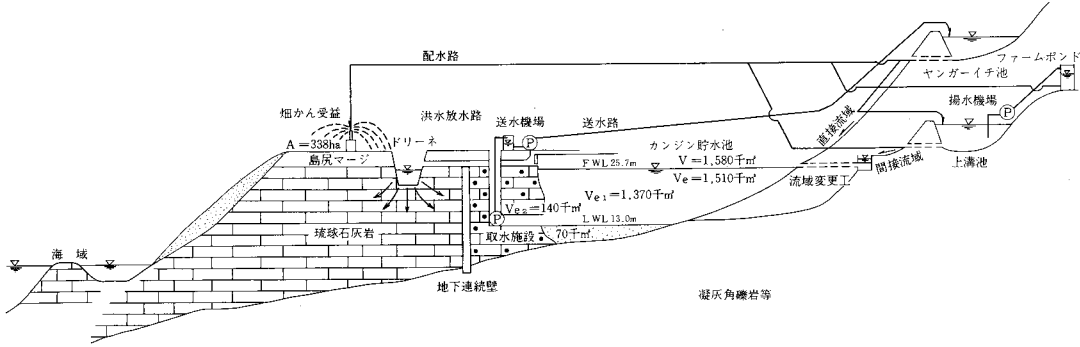
第1に、貯水形態が地上と地下にまたがる、

地上ダムと地下ダムの複合タイプとして計画したこと。

第2に、地表貯水の割合が大きいため、地上ダムと同様な施設型洪水放水路を必要とする。その設計にあたって、ダム下



カンジダム地質図及び調査位置図 No Scale



カンジン地区全体施設計画模式図

カンジングダム諸元表

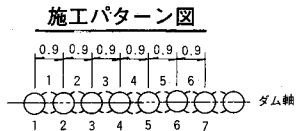
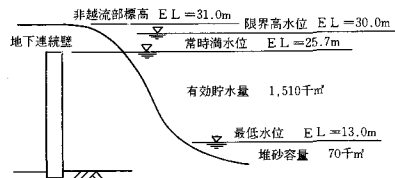
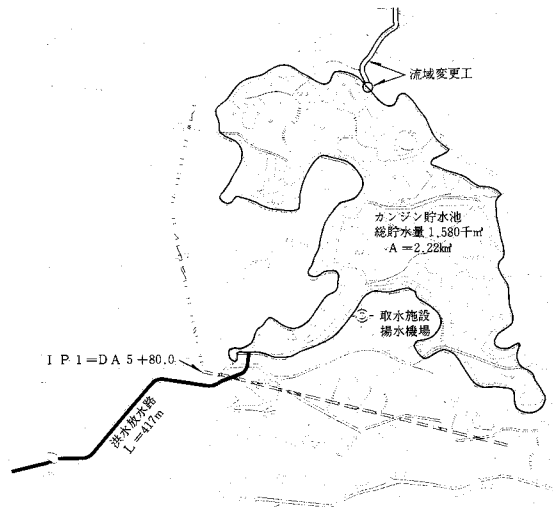
一般	位置	沖縄県具志川村	取水施設	形式	地表水揚水
	基礎	新生代第三紀鮮新世島尻層群宇江城岳層		最大取水量	0.245m³/s
貯水池	流域面積	直2.22km² 間0.39km²	堤	取水位	E.L 25.7~E.L 13.0
	満水面積	0.18km²		取水施設諸元	水中ポンプ37kW×3台 立坑3,000m/m 横坑 800m/m
	総貯水量	1,580,000m³		ダムタイプ	地表湛水型地下ダム
	有効貯水量	1,510,000m³		堤高	52.1m
	死水量	70,000m³		堤頂長	1,088m
	常時満水位	E.L 25.7m		天端幅	0.55m
	計画低水位	E.L 13.0m		天端標高	E.L 25.7m
	利用水深	12.7m		締切面積	30,000m²
排水施設	形式	施設型洪水吐 (オリフィス)	止水壁仕様	工法	柱列式原位置土攪拌
	設計洪水量	1.9m³/s		打設区間	E.L 25.7~E.L -26.4
	非越流部標高	E.L 31.0m		材料	セメント, スラグ, フライアッシュ ベントナイト, 膨脹材

流に河川の発達がないこと、及び貯水池敷の凹地形を最大限利用することとした。その結果、限界高水を設定して洪水の一時貯留効果を見込み、洪水放流量を抑えた洪水放水施設として計画したこと。

第3に、ダムでは琉球石灰岩の空隙を利用し

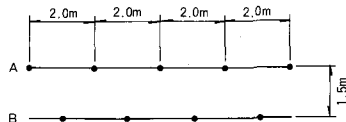
て地下貯留層として利用したが、洪水の流末処理としてもその高い空隙率・透水性を活かして、ダムの一時貯留効果により抑えた洪水放流量をダム下流にある凹地形を浸透池として利用する計画にしている。

以下にその概要を記す。

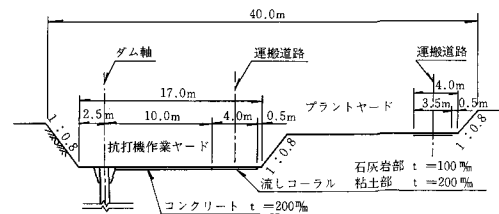


凡 例	
	貯水池
	地下連続壁
	洪水放水路
	取水施設

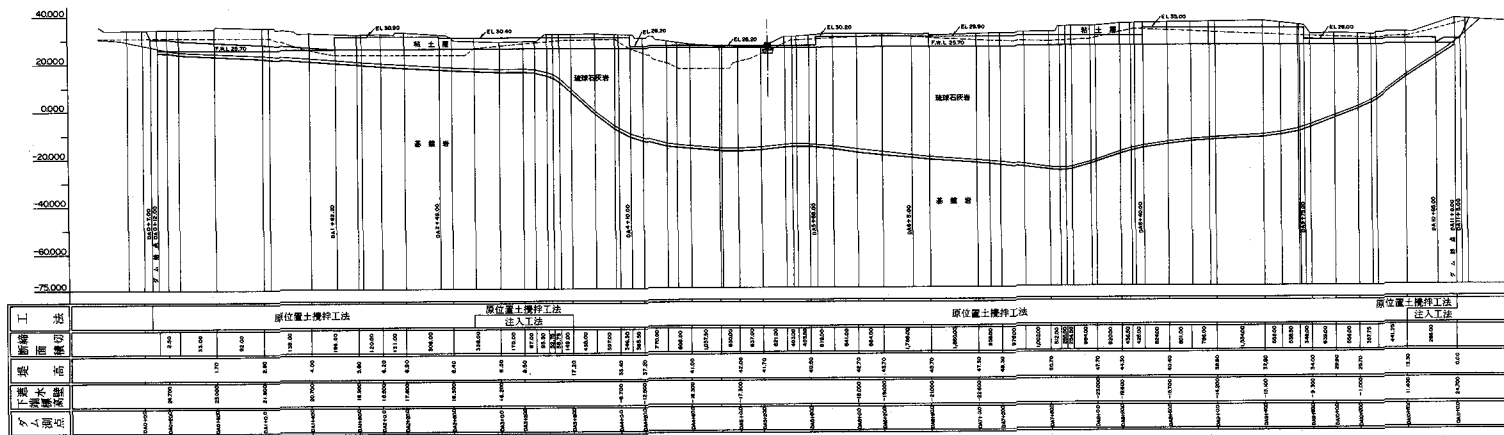
グラウチングパターン図



地下連続壁作業床標準断面図



水源施設計画平面図及び施工概要図



地下ダム縦断展開図

総流出量 955千 m^3
ピーク流出量 43.2 m^3/s

4. 貯水部について

一般に、地表ダムの透水性ゾーンは堤体の安定を目的とし、その間隙に貯留される水量はダム総貯水量に比べれば微量であることから、貯水量に含めることはない。

しかし、カンジングダムのダム軸（地下連続壁）と貯水池間の地山（12ha）は、高透水性の琉球石灰岩からなっており、岩中の空隙（7%）に貯留される地下水は、他の地下ダムと同様に貯留水として十分期待できる。その量は140千 m^3 あり、必要水量の9%程度に相当することから、その貯水部としての機能を有効に活用し、有効貯水量（地表1,370千 m^3 +地下140千 m^3 =1,510千 m^3 ）として計上した。

5. 洪水放水路について

洪水放水路の設計では、ダム下流には河川が全くないこと、これまでダム流域からの流下水による洪水被害がなかったことなどから、ダム建設後の洪水放流による下流域への影響（洪水被害の防止、海域への負担軽減等）を最小限に押さえることを基本方針とした。

ア) 洪水解析

地下ダム構造のため、洪水による堤体の破壊が想定されないことから、カンジングダムで対処すべき洪水被害は、止水壁縦断上の最低標高（施工計画も加味）から下流への貯留水の逸水と洪水放水路建設による下流域への影響であると考えた。ただし、洪水形態は地表ダムと同等とした。

また、カンジングダムの常時満水位（標高25.7m）と貯水池周辺最低標高（非越流部：標高31.0m）から余裕高を減じた水位（限界高水位：標高30.0m）との間に、堤高と無関係に洪水を自ずと一時貯留する容量がある。

以上から設計洪水量は、ダム地点で想定される最大の洪水とし、ダム設計基準に準じた検討を行った。検討ハイドログラフを貯留関数法により8パターン作成し、貯水池の水面追跡を行い、最も危険となる水位を検討した。

その結果、A項流量（1/100年確率 \times 1.2）を採用した。

対象雨量 512.5 $mm/2$ 日

イ) 設計洪水位

通常、地表ダムの設計洪水位は、越流水深と堤体・洪水吐工事費との経済比較において決定されるが、本ダムでは以下により検討した。

- ①放水量の軽減を図る
- ②限界高水位を越えず、限界高水位に近似する設計洪水位とする
- ③A項のハイドロにより貯水位水面追跡を行う
- ④一時洪水貯留水位=設計洪水位とする
- ⑤設計形式が越流堰の場合は越流堰長を最小2mとする
- ⑥施設形式がオリフィスの場合は、最小幅を600 mm とする
- ⑦放水路を含めた経済比較を行う

上記を検討した結果、オリフィス形式（0.6 $m \times$ 0.6 m ）、設計洪水位 E.L.29.8 m 、放流量 $Q=1.9m^3/s$ 貯留効果容量833千 m^3 、貯留水深4.1 m を採用した。

別紙に洪水吐模式図、貯水位水面追跡計算結果を示す。

ウ) 末端処理

海域への負担軽減、現況の雨水流下システムに倣った洪水処理、ダム下流域の地形・地質の特徴などから、琉球石灰岩の凹地（ドリーネ）を浸透池として利用した洪水処理を採用した。

通常、鳥尻マージ地帯の面整備においては、河川などの流末排水処理施設が隣接部に無いため、ほ場内排水は地区内の浸透池により浸透処理を行っている。浸透池は、ピーク流入量を浸透池の池容量と浸透量で、持続的流入量を浸透量で補っている。

カンジン地区では、ダム流域からのピーク流入量（43.2 m^3/s ）を貯水池の貯留効果容量（833千 m^3 ）により貯水池側が担い、貯水池ピーク放流量1.9 m^3/s と持続的流入量を浸透池で処理する設計を行った。

①ドリーネ浸透能

土研式円筒型浸透計を改良し、作用水頭1 $m \cdot 7m \cdot 12m$ 程度において浸透能を実測し

た。下記に試験模式図，試験結果を示す。

②設計浸透能

試験の結果，洪水施設の重要性を考慮して浸透能力係数が最小値となる作用水頭約1mの透水係数 $4.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot \text{m}^2$ を設計値に採用した。

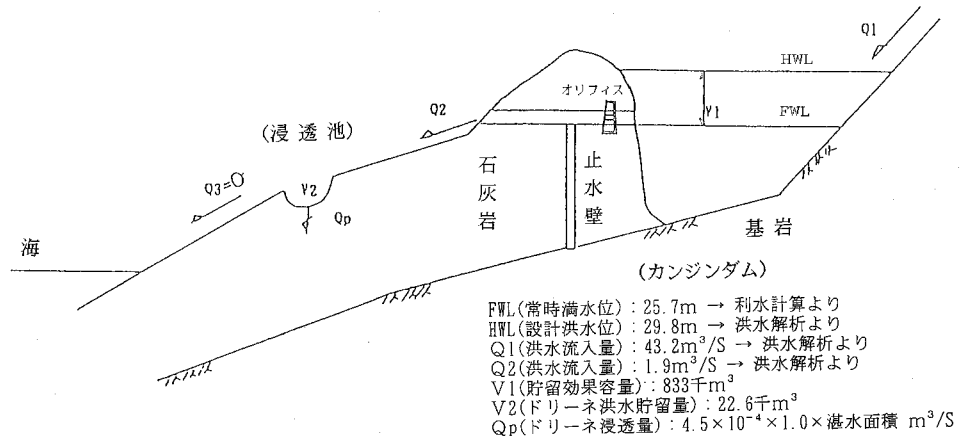
浸透量は，浸透面積，湛水深に正比例すると言われているが，本設計では安全側となる浸透面積のみ比例するものとした。なお，浸

透面積には側面積は考慮していない。

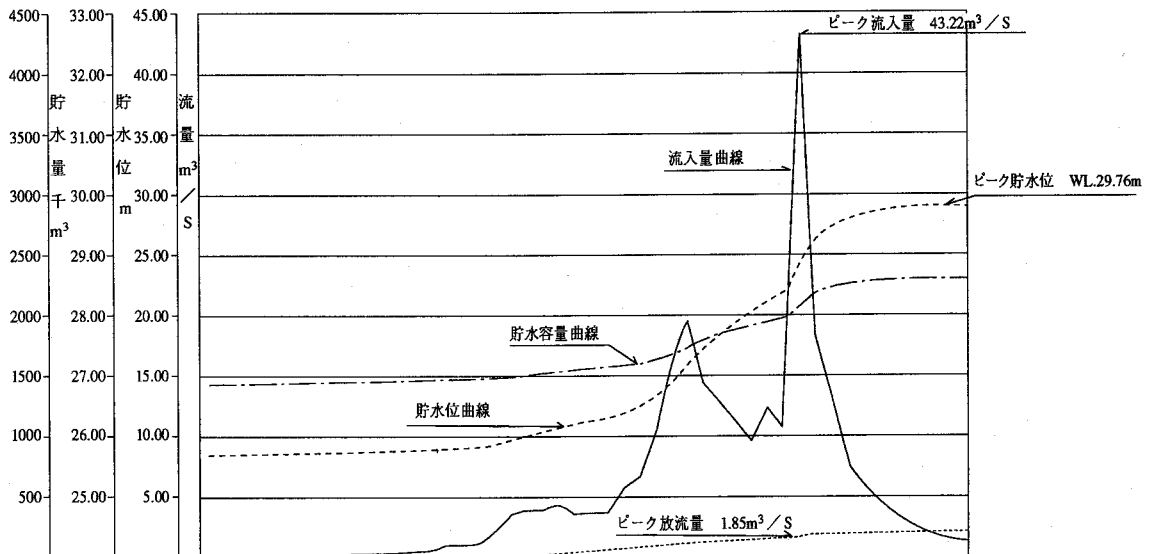
③浸透池能力

設計浸透能・貯水池放流ハイドロにより，浸透池の水面追跡を行った。その結果を下図の浸透池模式図に示す。

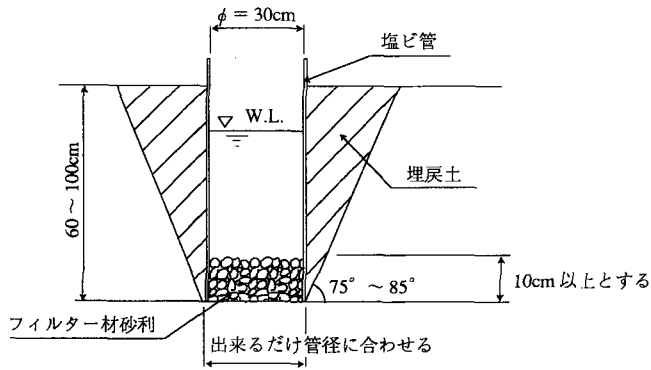
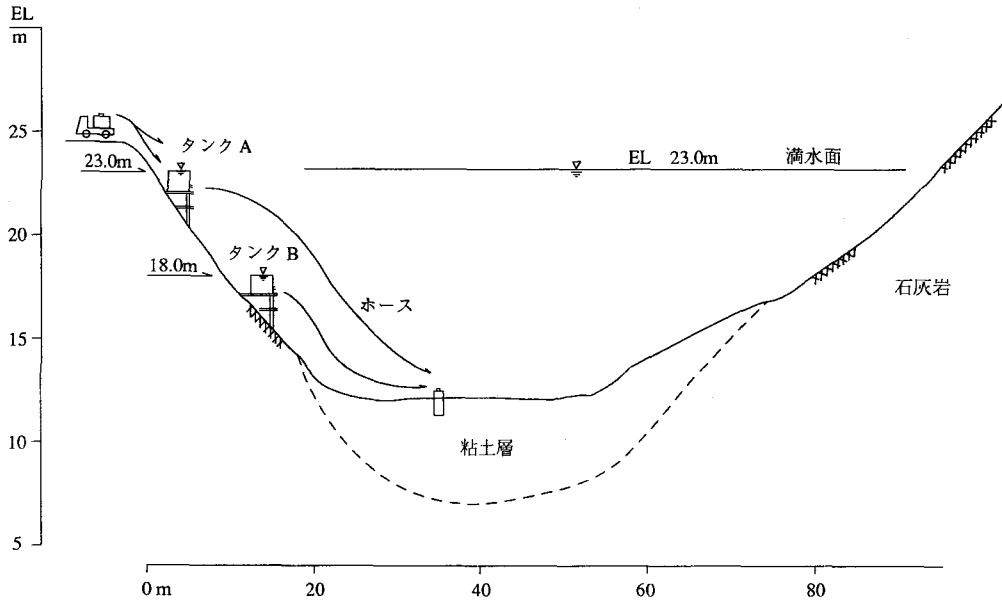
浸透池は，設計上，安全率6の能力を持っているものと思われるが，今年度更に試験規模を拡大して精査を行う予定である。



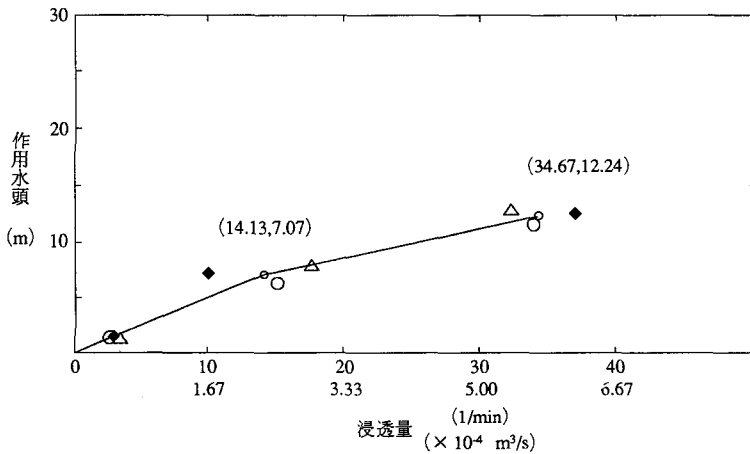
浸透池模式図



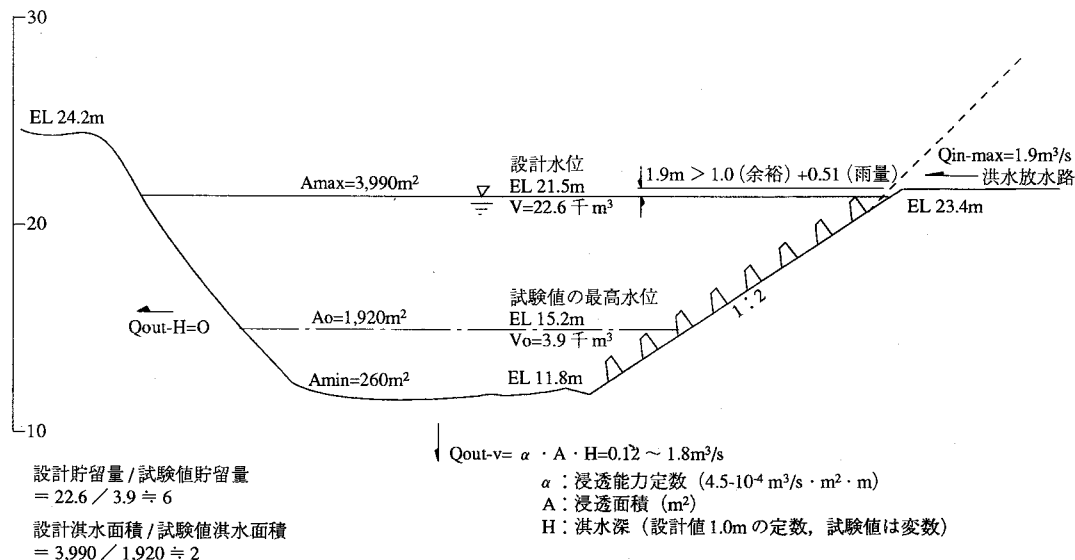
貯水位水面追跡計算結果図



浸透能試験模式図



浸透池の作用水頭と浸透能相関図



浸透池概要図

6. まとめ

本ダムは、特殊な地形・地質条件を活かした設計を行い、貯水部の大部分を地表部に依存する地表湛水型地下ダムの事例となる。そのため、(a)施設型洪水吐を必要とすること、(b)地下連続壁を凝灰角礫岩等の基盤へ建設すること、(c)池敷内の琉球石灰岩中に小河川が伏流していることから、比

較的大きな地下水流を有する空洞が琉球石灰岩層に存在する可能性が高いことなど、本地区独自の調査・設計課題を有している。これらの課題については、そのつど慎重な調査検討を行い、今後の参考になる形で資料を整理していきたい。

最後に、カンジダムは、平成7年度から確認施工を行い、平成8年度に本格着工し、平成11年度の完成を目標としている。



事業完了後の鳥瞰図

報 文 の 紹 介

編集委員会

本論文は、英文で投稿されたため、農業工学研究所造構部中島賢二郎部長の全面的な御協力のもとに邦文を作成し、英訳文と投稿文の2編を掲載することとしました。

中島部長には、深く感謝申し上げる次第です。

(訳者からの言葉)

本論文は、中国における貯水池の凍結、凍上対策について述べられたものです。中国において低温下での土や岩石の特性に関する研究が熱心に行われていることを示すものとして、国内における関係技術者のみでなく、今後中国に技術援助で関係される方々にも貴重な論文といえます。原文は英語で書かれたものですが、日中の技術的背景が異なることもあり、日本語に訳すに当たり大胆に意識した部分があります。原論文の意志を正確に伝えていないとすれば全て訳者の責任です。

地名については、黒龍江省出身でチェリーコンサルの姜氏の協力を得て中国名で表記しました。

アースダム護岸（堤体上流法面）の破壊原因とその対策について

中国黒龍省水利局 謝 永 剛

長期間に亘る大中規模貯水池の氷圧と凍上に関する観測データにより、貯水池の凍結条件則を分析した。

アースダムの破壊原因を検討し、防止方法を以下に示す。

[I] はじめに

黒龍江 (Heilongjiang) 省は、寒冷高地に位置し冬が長く気温変化が激しい地域である。年間平均気温は0°C以下であり最低気温は-50°C以下である。土壌の凍結は7~9ヶ月にも達する。湖面の凍結期間は6ヶ月もの間に亘る。最大凍結深は1.5~2.5mであり、最大凍結厚は0.9~1.5mである。凍結によるアースダム護岸の被害は深刻である。

今日、アースダム護岸の被害の主要因は静的な氷圧だと学者の間では信じられており、氷圧の回避対策がいくつか提案はされている。長年にわたる貯水池の凍上と氷圧の観測データによれば、貯水池護岸の主原因は、凍上と氷の吸引力によって

いる*1。護岸の十分な厚さと施工上の品質が確保されるなら、被害は防止できる。

[II] 貯水池の氷圧と堤体の凍上の観測データの分析

1. 貯水池の氷圧の観測データの分析

貯水池の氷圧は氷盤の熱膨張が拘束されたときに生じる。氷圧は、氷盤の限定された条件（堤体や貯水池の表面形状）にのみ関係するのでなく気温、氷温、氷厚に関係する。黒龍江省青岡 (Qinggang) における勝利 (Shengli) 貯水池の10ヶ年 (1980~1990) の氷圧観測データから以下の法則が得られる*2。

2. 異なる気温における氷圧と最大氷圧

気温変化が、異なれば氷圧と異なる。勝利貯水池の氷圧に関する長期間の観測データによれば氷圧は気温変化により以下の3タイプに分類される。

(1) 日気温変化のみの通常期

氷温は8:00に上昇し始め、14:00に最大

*1 訳者注：吸引力ではなく、推進力と思われる。

*2 訳者注：氷は以下に示すように氷結により一度体積が膨張するが、その後は温度の低下とともに体積が収縮する。

温度°C	-20	-10	0	0	4	10
比重	0.9403	0.9186	0.9167	0.99987	1.0000	0.99973

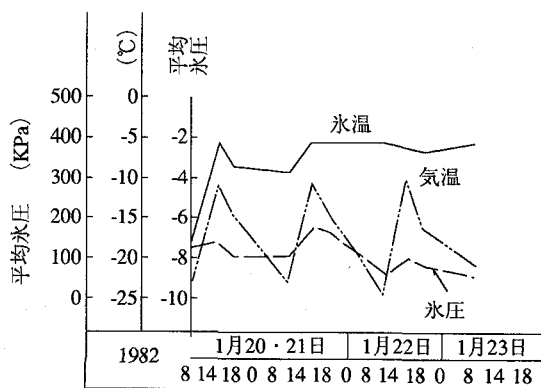
値に達し、その後減少し、夜間に最小値に達する。翌日は前日と同じ水温変化をたどる。氷盤中の膨張圧は、水温変化と同時に発生しない。氷盤は相互に拘束しあい、氷圧は大きくない。現地観測の結果によれば、氷圧は毎日14:00に最大値に達する。その値は100 KPa (1 kgf/cm²) である。

(2)連続して気温が低下する時期

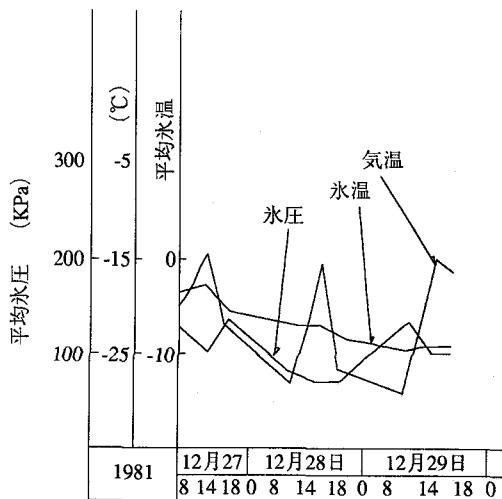
この条件下では氷圧は比較的小さい。これは、気温の低下により氷盤の不均一な収縮が起こり、多くの不規則な割れ目が生じるためである。事実、氷原は交差する裂け目により完全な固まりになっていない。これらの割れ目の水が氷結して新しい固まりが構成される場合か又は、気温が一定値を超える場合にのみ、氷盤の自由膨張が拘束され氷盤が再び膨張することで氷圧が発生する。よって気温の連続的な低下期の氷圧は(氷の体積が収縮に向かっている)のでその値が)^{*3}小さい。

(3)気温が連続して上昇する時期

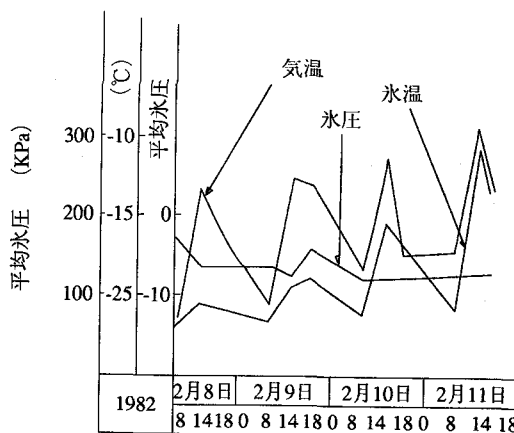
氷圧に関することが年間通じてのポイントとなってくる。氷盤にクリープが発生するまでは温度上昇により水温も上昇し、氷塊は膨張し氷圧が上昇する。数年に亘る観測結果によると、気温が連続的に上昇する気象は年に2度ほどみられる。1回は、11月の下旬の10日間で、氷盤の厚さは20~30cmであった。もう1回は、2月の最後と3月の始めで、気温は大きく上昇し、氷圧は年間の最大値に達し



図一 勝利貯水池における平均気温、水温、氷圧の日変化曲線



図二 勝利貯水池における連続して気温が低下する時期の気温・水温・氷圧の変化



図三 勝利貯水池における連続して気温が上昇する時期の気温・水温・氷圧の変化

た。観測値の最大値は接触面で平均300~400 KPa (3~4 kgf/cm²) であった。

3. 氷盤の厚さと氷圧の計算値から見いだされた氷圧の分布則

数年間の観測データによれば、氷盤の深さ毎の氷圧は同一ではない(図一4)。最大氷圧は、常に氷面下20~30cmのところにある。水体の表面が連結していないために、また20~30cmの深さの氷盤の膨張が小さな拘束を持続するために、表面の

*3訳者注：加筆

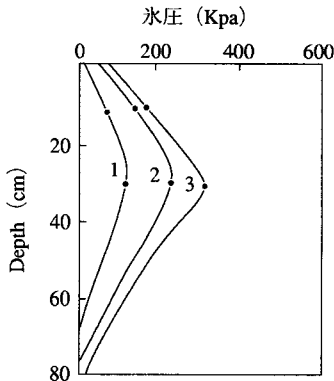


図-4 深さ方向の水圧分布

水圧はさらに深い部分の水圧より小さくなる。水圧の三角形分布は、最大氷厚深のところまでゼロになる。断面毎に水圧が異なるために断面の水圧の計算値は、いくつかの点の平均値を示すことになる。最大氷圧が発生する時の断面の計算水圧の平均値は150~200KPa (1.5~2.0kgf/cm²)である。

4. ダムの凍上の観測による分析

青岡地方の勝利貯水池と蘭西 (Lanxi) 地方の泥河 (Nihe) 貯水池のアースダムは均一型のアースダムである。護岸はXingli*4の満水面上については7cmの厚さの堆積土コンクリートで建設された。護岸のうちXingliの満水面下は10cmの厚さで100cm×50cmの広さのコンクリート版を用いている。コンクリート版の下に、2cmのアスファルト流動体を用いて舗装した。さらに、堆積土コンクリートを7cmの厚さでアスファルト流動体の下に舗装した。合計19cmの厚さである。

堆積土コンクリートの下に塑性指数14~17の粘性土のダム堤体がある。青岡地方の柳河 (Luhe) 貯水池のアースダムは、粘性土の均一型アースダムである。このダムは30cmの厚さの空積み建築用石材を護岸に用いている。その下に20cmの礫と15cmの粗砂を用いている。

前に述べた3つの貯水池 (勝利, 泥河, 柳河) の数年間のダム挙動の観測から言えることは、それぞれの凍結のあとでの3つのダム堤体の凍上の程度、ダムの表面の持ち上がり、堤体の滑り、亀裂の増加は、異なっていた。水面上1.5~2.0mの

表面でダムの全凍上量の最大値が表われ、凍上深は20~30cmである。これはダムが凍結し、土中の水が氷の結晶を形成したあとも毛管水が連続して氷結面に向かって移動し、氷の結晶を堤体の中に形成するからである。凍上の過程から見ると初期の段階では凍上の発達が著しく、後期では凍上の発達が遅くなる (図-5, 図-6)。

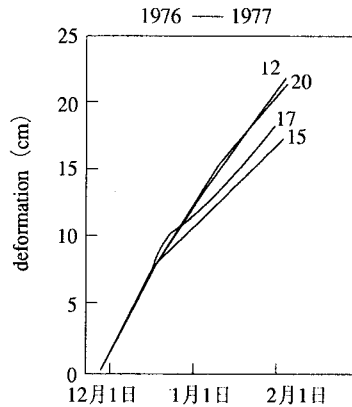


図-5 勝利貯水池堤体の凍上破壊過程

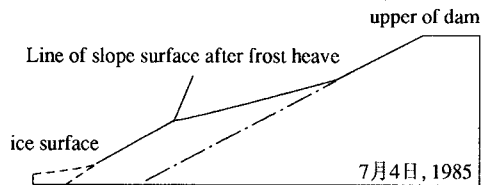


図-6 柳河貯水池斜面の凍上例

[III] アースダム破壊原因の基礎的な検討

ダム堤体護岸の凍上害は、いくつかの要因が作用して起きる。堤体護岸被害の全面因である水圧力、堤体の凍上、堤体材料について分析することにより、主たる破壊原因を見い出せる。

1. ダム斜面に働く水圧による推力 (建築用石材の空石積の例)

力のバランスから斜面の滑り抵抗の安全率Kは (ずり上る滑り)

$$K = \frac{W' \cdot \sin \alpha + (T \cdot \sin \alpha + W' \cos \alpha) \cdot f}{T \cdot \cos \alpha} \dots (1)$$

ここで「t」は空石積の厚さ「T」は水圧によ

*訳者注：不明につき原文のまま (Xingli は, Shengli (勝利) と思われる)。

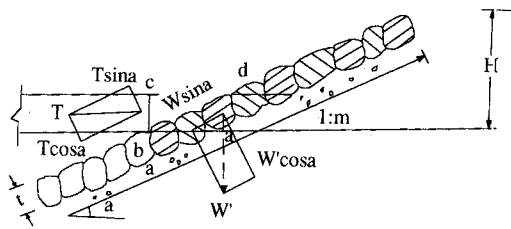


図-7

る推力 W' : 浮力を差し引いた凍結基層の重量

$$W' = r_k \cdot \sqrt{1+m^2} Ht - \frac{m}{2} t^2 - \sqrt{1+m^2} t \cdot \alpha \quad \dots\dots(2)$$

f : 基層と空石積との間の摩擦係数

α : 斜面の水平面となす角

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{m}$$

r_k : 石の容積^{*5}

(1)式を変形して

$$K = \frac{r_k \sqrt{1+m^2} Ht - \frac{m}{2} t^2 - \sqrt{1+m^2} t \delta}{T} \left[\frac{1}{m} + f \right] + \frac{f}{m} \quad \dots\dots(3)$$

もし $K = 1$, 水厚 $\delta = 1$ m, $T = 200$ KPa (2.0 kgf/cm²), $t = 0.4$ m,

$r_k = 26$ KN/m³ (2.6 tf/m³), $m = 3$, $f = 0.8$ であれば, 氷圧による推力に氷の表面から3.9mの高さの護岸で抵抗できる。

$$H = 4.39 \text{ m} = \frac{1}{r_k \sqrt{1+m^2} t} \left\{ \frac{Km - f}{1 + mf} T + \sqrt{1+m^2} t \delta + \frac{m}{2} t^2 \right\} \quad \dots(4)$$

一般的な中規模ダムは, 護岸の条件を満たしている。護岸の厚さが充分あり, 護岸の石積みが締められていれば氷圧による推力に充分抵抗できる。我々の地方で10~20年もの年月をかけて建設された, 空石積の護岸で品質の高い石材を使ったものは損害を受けていない。

2. 護岸の被害における堤体凍上の影響

寒冷地におけるアースダムの堤体凍上によって護岸の下層は, 強い凍上特性を持つシルト質粘土やロー

ムである。もしダム表面が, 砂岩・頁岩の厚く充分な保護層を持っていないければ, 凍結期間中にアースダムの表面土壌に不均質凍上が容易に発生し, 持ち上がりや亀裂により護岸の石材は春の融氷前に全く元に戻らないし, 凍結した土は雪解で元には戻らない。石材の下のフィルター層まで浸食されるのは容易である。青岡地方の勝利貯水池のアースダムの堆積土コンクリートは1975年に建設された。堆積土コンクリートの引張強さは -20°C の気温で100KN/cm (10tf/cm) であり, 圧縮強さは1,000N/cm (100tf/cm) である。ダムの凍上力により発生する引張応力が100KN/cm以上であれば, 凍上の亀裂は堆積土コンクリートの表面に直ちに発生する。1983年4月29日に7回の大きな嵐により損害をこうむった貯水池では, 護岸の堆積土コンクリートの凍上亀裂は元に戻らず, 閉じなかった。また, 堤体の土粒子は波で浸蝕され, 浸蝕深は2.1mに達した。これが, 堆積土コンクリート護岸を沈下, 破壊させた。堤体の18ヶ所が損害を被り2,000m²の被害面積となった。

蘭西地方の泥河貯水池は, 1976年に建設された。1984年の堤体の凍上により, 堆積土コンクリート護岸は被災しその効用を失った。近年では護岸に1.5m厚の石材基層を使った東方紅 (Dongfanghong) 貯水池のアースダムは, 5 m厚の風化花崗岩を基層材の下に修復材として用いた。向陽 (Xiangyang) 貯水池では, 大規模な遮水壁が用いられ, 基層材の下に砂・頁岩が用いられた。石材, 礫と砂 (厚さは1.15m) の三層の基層を東方紅貯水池で護岸の下に用いた。これらの貯水池は, 長期間に亘り供用されている。ダム全体の凍上は非常に少ない。予防対策がとられなかったにもかかわらず護岸は良好な状態を保っている。

3. 護岸被災における技術的特性の影響

観測によれば, 多くのアースダムの被害は技術的特性と関係している。施工品質や適正な運用が保証されなければ設計としては不合理である。

(1)設計において凍上防止の必要性が考慮されていない。

もし基層材厚が充分でなければ, 季節的に土が凍る地域では, 貯水池のアースダム護岸

*5訳者注; 比重または密度の誤りと思われる。

は、凍上防止の観点から護岸と基層の厚さを考慮しなければならない。しかし、多くのアースダムの護岸はこの点を考慮していない。1965年に、海倫 (Hailun) 県の Lianlai^{**}貯水池の護岸の設計では、50×50×18cm³のプレハブコンクリート版を用い、厚さ10cmの礫と細砂をその下に舗設した。しかし、3年以内に破壊した。100×100×20cm³のプレハブコンクリート版と、2層の充填溝を用いた望奎 (Wangkui) 地方の衛星 (Weixin) 貯水池の500mに及ぶ護岸は、深さ30cmにも及ぶきれつが生じた。これは、1966年に修復された。建設後2年以内に被災し、1967年に100×50×20cm³のプレハブコンクリート版が用いられ、版の下に10cm厚の礫と細砂が設置された。護岸の大半は建設後2年で被災した。

(2)施工品質が保証されていない。

空石積護岸の石材寸法が小さく、“密着して、しっかり固定した、滑らかな”石積が施工されていない。各石毎の継ぎ目が緩んでいるのが普通で、石積が持ち上がり凸凹になる。基層材に天然のフィルターが用いれる。粒径分析がなされず、層間の粒径分布と(摩擦)^{*}係数が設計上の要求を満たさない。もし厚さと混合の程度が均一でなければ凍結時の現象には重大な影響がある。

(3)維持管理・運営の水準が低い

護岸の一部で小面積の被害が発見されたが、補修や補強が速やかには行われなかった。大波で護岸が破壊され大規模な破壊が起きた。要するに、季節的に土が凍結する地域における貯水池のアースダム護岸の主たる破壊原因は、アースダムの凍上防止の有効な対策がとられていないことが原因である。護岸の破壊の外的要因は築堤技術の遅れた水準にある。前述した2つの条件が満たされるなら氷圧の推力による破壊は予防できる。

[IV] 貯水池護岸の凍上被害の予防策に関する検討

氷圧による推力を防止する観点から、貯水池護

岸の凍上被害の防止策は内外に多くの方法がある。砕氷法(機械的、人工的方法)、プラスチックフィルムによる滑落法、水面を制御する方法、その他がある。護岸破壊の主原因は静的な氷圧である。氷と護岸を分離する直接的な行為は、氷塊に自由面を持たせ氷と護岸の間の摩擦を減じ、氷圧を減じる目的を達するだけの自由な膨張を可能にする。氷圧の推力による護岸の破壊を防止するために、護岸は確実な厚さと技術的な構造において氷圧の推力を防止するようきっちり建設されなければならない。黒龍江省の勝利貯水池における長年の観測データから、断面の最大氷圧は200 KPa (2 kgf/cm²) 以下であり、基層と石材の間の摩擦係数は0.8で護岸の厚さは、(3)式で計算され設計されたものであることが示された。

季節的に土が凍結する地方における貯水池のダム護岸の凍上害を防止するためには、設計においてアースダム表面の凍上防止対策を取るべきである。凍上を防止するために、ローム築堤材を除きアースダムの構造を改善し砂岩・頁岩の厚さか基層厚を増大させるべきことが示唆される。それは、アースダム護岸の破壊を防止するための重要な対策である。

保護層の厚さは土壌の凍結深と所在地の凍結高による。加えて、護岸工事の設計と建設で技術的な質が保証されなければならない。基層の厚さと表層石材の容量と層の構成は適切な基準に適合しなければならない。

[V] おわりに

1. アースダム護岸の破壊原因の検討は凍上害を防止する対策がとられていることを前提とすべきだ。

2. この論文では、アースダム護岸の主たる破壊原因は、アースダムの凍上であることを示した。護岸と基層の建設の遅れた水準が、アースダム護岸の外的破壊要因である。

3. 現在用いられている砕氷法(機械的、人工的方法)やプラスチックフィルムによる滑面法などの凍結防止策は、毎年多くの費用を要するものの、アースダム護岸の主たる破壊原因が静的な氷

^{**}訳者注; 不明につき原文のまま (Lianlai は、Lianfeng (聯豊) と思われる)。

^{*}訳者注; 加筆

圧であることを証明している。これらの凍結防止策は、いくつかの低いアースダムにも有効である。

参考文献

Xu Bemèng, (1983) Expand pressure of ice layer of reservoir.

Proceedings of the sixth international symposium on Ice Situation.

Qiao Dianshi, Any Ycngchang and Zhang Xikun (1984) Ice Situation, Ice pressure and preventing steps of ice damage in Shenli reservoir. J. of Engineering and Frozen soil. 1986, 2.

訳者；農業工学研究所造構部 中島賢二郎

協力；チェリーコンサルタント 姜 華英

DISCUSSION OF DESTRUCTIVE CAUSE ON THE SOIL DAM BANK OF RESERVIORS AND ITS PREVENTATIVE STEPS

Xie YoungGang, Qiao DianSi, Wang HaiPeng

1 Master, SuiHua Area Hydraulic Bureau, HeilongJiang, china

2 Professor, SuiHua Area Hydraulic Bureau, HeilongJiang, china

3 Engineer, QingGang country Hydraulic Bureau, HeilongJiang, china

Accrding to observation data of ice pressure and dam frost heave of large-middle type reserviors for many years in the region, the ice condition law of reserviors is analyzed. The destructive causes of reservior soil dams were primary studied, its preventative steps are presented below.

INSTRUCTION

Heilongjiang Province is located in a high frigid region, the winter is long, and the changing amplitudes of air temperature are large. Yearly average temperature is below 0°C and the lowest temperature is -50°C. Soil freezing lasts as long as 7-9 months. The period of reservior freezing is as long as six months. The average maximum depth of frozen soil is 1.5-2.5m, maximum ice thickness is 0.9-1.5m (Qiao Dianshi, 1986). The damage to the reservior soil dam bank that is produced by frost damage is very serious. Nowadays, many scholars believe that the main cause of the damage of the reservior soil dam bank is produced by static ice pressure, so steps of preventing ice pressure are presented.

According to observation data on ice pressure and dam frost heave of reserviors over many years, the main cause of the destruction of reservior banks is produced by frost heave and ice pull force. If there is enough thickness for the bank and the construction quality can be determined, damage can be prevented.

ANALYZED OBSERVATION DATA ON ICE PRESSURE OF RESERVIORS AND FROST HEAVE OF DAMS

Analyzed Observation Data of Ice Pressure on the Reservior

Ice pressure on the reservior is produced by heat expansion of the reservior ice layer when constrained. Ice pressure is relative not only to the limited condition of the ice layer (banks and forms of reservior surface), but to temperature, ice temperature and ice thickness, as well (Xu Bemeng, 1983). Ten years of observation data on ice pressure of the Shenli reservior in Qinggang of Heilongjiang from 1980-1990, shows the following law.

Ice pressure under different temperatures and maximum ice pressure

With different temperature changes, the ice pressure is different. According to many years of observation data on ice pressure of the Shenli reservior, temperature change is divided into three types.

(1) The general weather at daily variations, the ice temperature starts to increase at 8:00 and arrives at the maximum value at 14:00, then decreases and arrives at the minimum at night. The second day is similar to the first day. Expansion pressure between ice layers is not synchronized, they constrain each other, so the ice pressure is not large. The result of practical observation shows that ice pressure is at a

maximum at 14:00 every day, at about 100 KPa.

(2) The temperature in a successive decrease. Ice pressure is smaller in this condition. This is because non-uniform contractions of the ice layers are produced by a temperature decrease and there are many irregular fissures. In fact, the ice field has not been an integral mass in the condition of the cross fissures. When the new ice mass is formed by water in those fissures or the temperature increases the definite value, free expansion is limited by the ice layers and the ice layers expand again, and ice pressure is formed. So ice pressure in a successive decrease of temperature is smaller.

(3) The weather of a successive rising in temperature: Ice pressure is at its yearly maximum value. Before creep didn't take place in the ice layers, ice temperature increased with the temperature rising, and the ice mass and pressure expands. According to the observation results of several years, the weather of a successive rise in temperature is often shown twice, once in the last ten days of the 11th month, the thickness of the layer is about 20-30cm. The other is at the end of the second month and early days of the third month, tem-

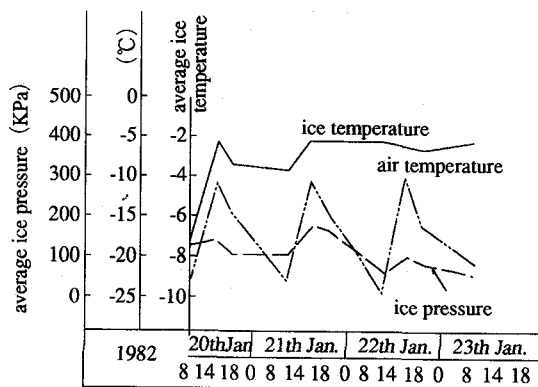


Figure 1. The process line of general temperature, ice temperature and ice pressure in the daily changes at Shenli reservoir

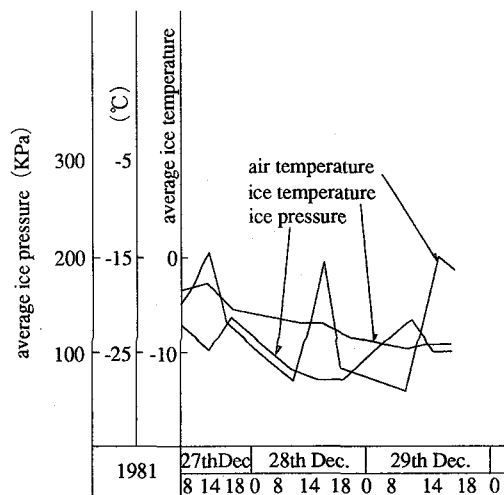


Figure 2. The process line of temperature, ice temperature and ice pressure in a successive decrease of temperature weather at Shenli reservoir

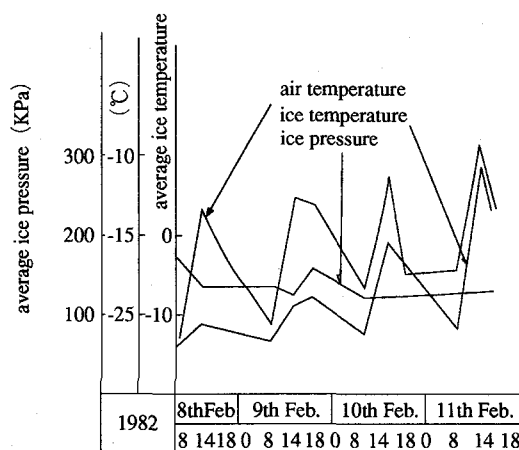


Figure 3. Process line of temperature, ice temperature and ice pressure of the weather in a successive rise in temperature at Sheli reservoir

perature largely increases. Ice pressure is at its maximum value of the year. Maximum observation values of a section are generally 300-400 KPa.

The distribution law of ice pressure is found with the thickness of the ice layer and by calculating the value of ice pressure

According to the observation data of several

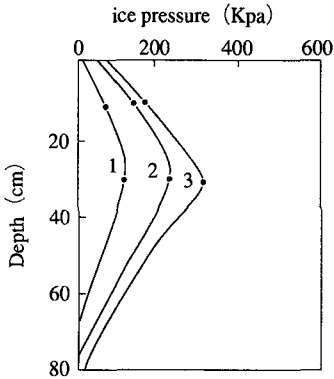


Figure 4. Changing of ice pressure with depth

years, ice pressure of different depths of the ice layer is not identical (Fig.4). Maximum ice pressure appears at 20-30 cm in places. Because of the free linking surface of the ice body, the expansion of the ice layer at the depth of 20-30 cm endures smaller constraints, thus ice pressure is smaller than that of the lower layer. The triangle distribution is equal to zero at the maximum ice thickness. Because of different ice pressures on the section, calculating ice pressure on the section is an average value of kind points. The average calculation of ice pressure on the section is about 150-200KPa, when the maximum ice pressure appears.

Observation Analyses of Dam Frost Heave

The soil dam of Shenli reservoir in Oinggang country and the Nihe reservoir in Lanxi country are isotropic soil dams. The banks are constructed with dregs-soil concrete of 7 cm thickness above the water table of Xingli in the last ten days of the month. The banks use concrete placements of 100 cm * 50 cm in area and 10 cm thickness below the water table of Xingli, asphalt liquid of 2 cm thickness is paved under the concrete plate, dregs soil concrete of 7 cm thickness is paved under the asphalt liquid, total thickness is 19 cm. There are dam fills of clayey soil (plastic index is 14-17) under the dregs-soil concrete. The soil dam of Luhe reservoir in Qinggan country is an isotropic soil dam

of clayey soil, this dam uses a bank of dry building stones, its thickness is 30 cm, under it there is 20 cm of gravel and 15 cm of coarse sand.

According to the dam observation of several years for the mentioned three reservoirs, after freezing, the three dams produce frost heave to a different extent, the dams surface rises, banks slip and fissures increase. The maximum frost heave amount of the dams appears in the surface at 1.5-2.0 m above the water table, the frost heave amount is 20-30 cm. This is because the capillary water still successively migrates forward to the freezing front and forms ice crystals in the dam after the dam freezes and the soil water forms ice crystals. From the view of the frost heave process, frost heave in the first stage develops quickly, that of later period becomes slow (Fig.5, Fig.6).

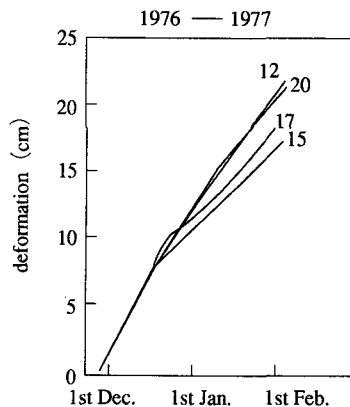


Figure 5. The process line of frost heave deformation of Shenli reservoir dam

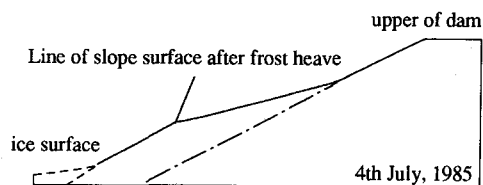


Figure 6. The example of frost heave of the dams slope at Luhe reservoir

PRIMARY ANALYSES OF THE CAUSES OF SOIL DAM DAMAGE

Frost damage of the dam bank is produced by several acting factors. By analyzing all of the factors of bank damage, such as ice push force, dam frost heave and bank quality, the main destructive causes can be found.

Analysing the Ice Push Force Acting on the Dam Slope— (An Example of a Dry Building Stones Bank)

t is the thickness of the dry stones bank. T is ice pressure, its condition of bearing force is as follows.

According to the force balance, the bank safety coefficient of the resisting slide is:

$$K = \frac{W' \cdot \sin \alpha + (T \cdot \sin \alpha + W' \cos \alpha) \cdot f}{T \cdot \cos \alpha} \quad (1)$$

where W' —the weight of bed ice layer and deducted buoyancy.

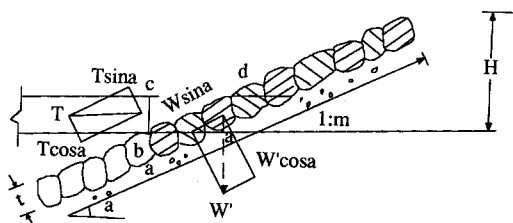


Figure 7. Calculation figure of dry building stones bearing the ice push force

$$W' = r_k \cdot \sqrt{1+m^2} H t - \frac{m}{2} t^2 - \sqrt{1+m^2} t \cdot \alpha \quad (2)$$

f —friction coefficient between the dry building stones bank and the pad layer ;

α —the cross angle between the slope surface and horizontal line

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{1}{m}$$

r_k —stones capacity.

Reducing equation (1)

$$K = \frac{r_k \sqrt{1+m^2} H t - \frac{m}{2} t^2 - \sqrt{1+m^2} t \delta}{T \left(\frac{1}{m} + f \right) + \frac{f}{m}} \quad (3)$$

If $K=1$, the thickness of ice layer $\delta=1$ m, $T=200$ KPa, $t=0.4$ m $r_k=26$ KN/m², $m=3$, $f=0.8$. Ice push force can be resisted by a bank of 3.9 m height above the ice surface.

$$H = 4.39 \text{ m} = \frac{1}{r_k \sqrt{1+m^2} t} \left\{ \frac{K m - f}{1 + m f} T + \sqrt{1+m^2} t \delta + \frac{m}{2} L^2 \right\} \quad (4)$$

The dam of general middle-heights have the bank height conditions. If bank thickness is large enough and the building stones of the bank are compacted, ice push force can be resisted. The reservoir using dry building stones banks and with a high quality of building stones has been constructed for 10-20 years in our region and banks have no inflicted damage.

The Effect of Dam Frost Heave on Bank Damage

For the soil dams of frigid regions, the dam pad under the bank is of silty clay and loam with strong frost heave properties, if the dam surface does not have a thick enough protection layer of sand shale, non uniform frost heave is easily produced in surface soil of soil dams during freezing and causes the building mass of the bank due to the rising and fissuring cannot exactly reset before the ice thaw in spring and the frozen soil doesn't reset during the thaw. It's easily eroded to the filter pad under the building stones, finally causing the bank to slump. The dregs-soil concrete bank of the soil dam in Shenli reservoir Qinggang country was built in 1975. Tensile strength of the dregssoil concrete is 100 KN/cm at the temperature of -20°C and compression strength is 1000 N/cm. When tensile stress produced by the frost heaving force of the dam is more than 100 KN/cm, fissures of frost heave are immediately produced in the bank surface of dregs-soil concrete. On April 29, 1983, the reservoir suffered due to seven large storms, frost heave fissures of the dregs-soil in the concrete bank didn't reset and close, soil grains of the dam

were eroded by waves, maximum erosion depth was 2.1 m, this caused the banks of dregs-soil concrete to sink and break. 18 banks of the dams were damaged and the damage area was 2000 square meters. Nihe reservoir in Lanxi county was built in 1976. Because of frost heave of the dam in 1984, banks of dregs-soil concrete were damaged and lost their effectiveness.

Recently, the soil dam of the Dongfanghong reservoir used stone pads of 1.5m thickness under the back. weathering granite with 5m thickness is the replacement material under the pad. A large volume core-wall dam is used in Xiangyang reservoir, sand shell is used below the pad. Three layer pads of stones, gravel and sand (thickness is 1.15m) are used below the bank at Dongfanghong reservoir. These reservoirs have been running for many years. The frost heave amount of the dams is very small, though preventative steps are not taken the banks are still in good condition.

Effects of the Engineering Quality on the Destruction of Banks

From observation, bank damage of many soil dams is relative with the engineering quality. It is irrational to the design, if the building quality, proper running, etc., is not ensured.

1. The demand of preventative frost heave in the design is not considered. If the pad thickness is not enough, the soil dam banks of reservoirs in seasonally frozen soil regions must consider the thickness of the bank and pad from the view of preventing frost heave. But many designs of soil dam banks don't consider this point. In 1965 the bank design of the Lianlai reservoir in Hailun city used concrete prefabricated slabs of 50 * 50 * 18 cubic centimeters and gravel and fine sand of 10 cm in thickness were paved under it, it was destroyed in less than three years. The 500 m long bank of Weixin reservoir in Wangan county used concrete prefabricated slabs of 100 * 100 * 20 cubic

centimeters and a two layers filler ditch 30 cm in thickness, which were set up in the joint in 1996. It was damaged in less than two years after being built and in 1967 concrete prefabricated slabs of 100 * 50 * 20 cubic centimeters were used. gravel and fine sand 10 cm in thickness were set up under the slab, most of the bank was damaged in two years after being built.

2. Building quality cannot be ensured. The stone size of dry the building stones bank is on the small side, and a "close, tight and smooth" stones building isn't accomplished. It is common to have a loose joint between every stone, causing the building to rise and be uneven.

Natural filter material is used in the pad, the grain-size analysis is not finished, the gradation and the coefficient among layers cannot meet the demand of the design. It is more serious to the phenomenon if the thickness and mingling levels are not uniform.

Poor running and maintenance levels. Some parts and small areas of damage in the bank were found later and were not repaired and reinforced in time. Due to large waves, the bank is destroyed and there is a large scale collapse.

In summary, the main destructive causes of the soil dam bank in the reservoirs in seasonally frozen soil regions is because effective steps to prevent frost heave of the soil dam are not taken. The external factors of bank destruction are due to the inferior quality of bank engineering. If the mentioned two conditions are met, damage caused by ice push force can be prevented.

DISCUSSION OF PREVENTATIVE STEPS OF FROST DAMAGE IN THE RESERVIOR BANK

From the view of preventing ice push force, preventative steps in frost damage of reservoir banks have many methods at home and abroad. There are ice breaking methods (mechanical and artificial methods), slide methods using a

plastic film, the method of regulating the water table etc. Static ice pressure is the main cause of the bank destruction. So the direct action of separating the ice and the bank cause the ice mass to have a free surface or friction between the ice and bank are decreased to make ice free-ly expand to achieve the goal of decreasing ice pressure. In order to prevent bank destruction by ice push force, the bank must have a definite thickness and be closely constructed to prevent ice push force in the engineering structure. From the observation data of many years at Shenli reservoir in Heilongjiang it is shown that maximum ice pressure of the section is less than 200KPa and the friction coefficient between the pad and building stones is equal to 0.8, bank thickness is designed according to equation (3).

The frost damage of the soil dam bank of reservoirs in seasonally frozen soil regions should take the measures to prevent frost heave of the soil dam surface with the engineering design. It is suggested that the structure of the soil dam be improved and the sand shell or pad thickness be increased except for in loam fill materials to prevent frost heave. It is an essential step to prevent the soil dam bank destruction. The thickness of the protecting layer is determined according to the depth of frozen ground and the capacity height in the location.

In addition, the engineering quality must be

ensured in the design and construction of bank engineering. The thickness of the pad and building mass and composition of the layers must meet the relevant standards.

CONCLUSIONS

1. Discussion of the destructive causes of the soil dam bank is the premise by which the measures to prevent frost damage are taken.

2. The main destructive cause of the soil dam bank is frost heave of the soil dam in the thesis. External destructive factors of the soil dam bank is the inferior quality of bank and pad construction.

3. The steps of preventing ice at present, for example, mechanical and artificial ice breaking, or the plastic film producing slide, prove that the main destructive causes of the soil dam bank is the static ice pressure, and much money is spent every year. These steps of prevent ice are feasible for some low soil dams.

REFERENCES

- Xu Bemeng, (1983) Expand pressure of ice layer of reservoir. Proceedings of the sixth international symposium on Ice Situation.
- Qiao Dianshi, Any Yongchang and Zhang Xikun (1984) Ice Situation, Ice pressure and preventing steps of ice damage in Shenli reservoir. J. of Engineering and Frozen soil. 1986, 2.

傾斜地パイプラインの通水試験について

古 田 文 夫* 石 山 明 彦**
(Fumio FURUTA) (Akihiko ISIYAMA)

目 次

1. はじめに	33	5. 漏水調査	36
2. 通水試験の概要	33	6. 施設設計のあり方について	38
3. 通水時の注意事項	35	7. おわりに	39
4. 通水試験の具体的事例	35		

1. はじめに

国営南紀用水農業水利事業は、和歌山県南部に位置し、田辺市、日高郡南部町及び南部川村の1市1町1村にまたがる樹園地、1,550ha及び水田240haの農地に農業用水を供給し、用水不足を解消しようとするものである。

本事業は、昭和50年度着工以来、南部川上流の島ノ瀬ダムをはじめ、辺川頭首工、揚水機場、幹支線水路等を実施し、21年が経過した平成7年度に事業を完了した。しかし、最終年度には揚水機の製作据付、ファームポンド及び整備工事を実施しながら、幹支線水路の通水及び各バルブ点検等の通水試験が必要となったため、工事の工程上、全延長約22kmのほとんどが年度後半の短時間に実施することとなった。

ここに小口径(φ600~250m/m)ダクタイル鋳鉄管を主とした、傾斜地パイプラインの通水試験について限られた時間の中で実施した幾つかの通水試験の方法を紹介し、通水時の注意事項、漏水の有無の判断方法、通水を通じてパイプライン

設計のあり方などについて感想を述べる。

2. 通水試験の概要

本地区の通水試験は、半年後には事業完了という期間が決められており、しかも図-1に示す芳養・熊岡用水機場、芳養第2段揚水機場の製作据付及び中芳養調整池の遮光対策工事を平行的に実施しながらの4支線水路L=21.5km(表-1)の通水であるため、ダムからの送水には、岩代支線水路2系統及び東本庄支線水路の2支線水路、残りの芳養支線水路及び熊岡支線水路(2系統)の2支線水路は別途水源手当が必要となった。そのため、通水にあたっては、(1)ポンプアップ送水(2)自然流下送水(3)直接給水車送水の3つの方法を採用することとした。

(1)ポンプアップ送水

本地区の取水計画と同様の方法であるダム放流から頭首工で取水して揚水機場まで自然送水後、ポンプでファームポンドまで送水する方法。

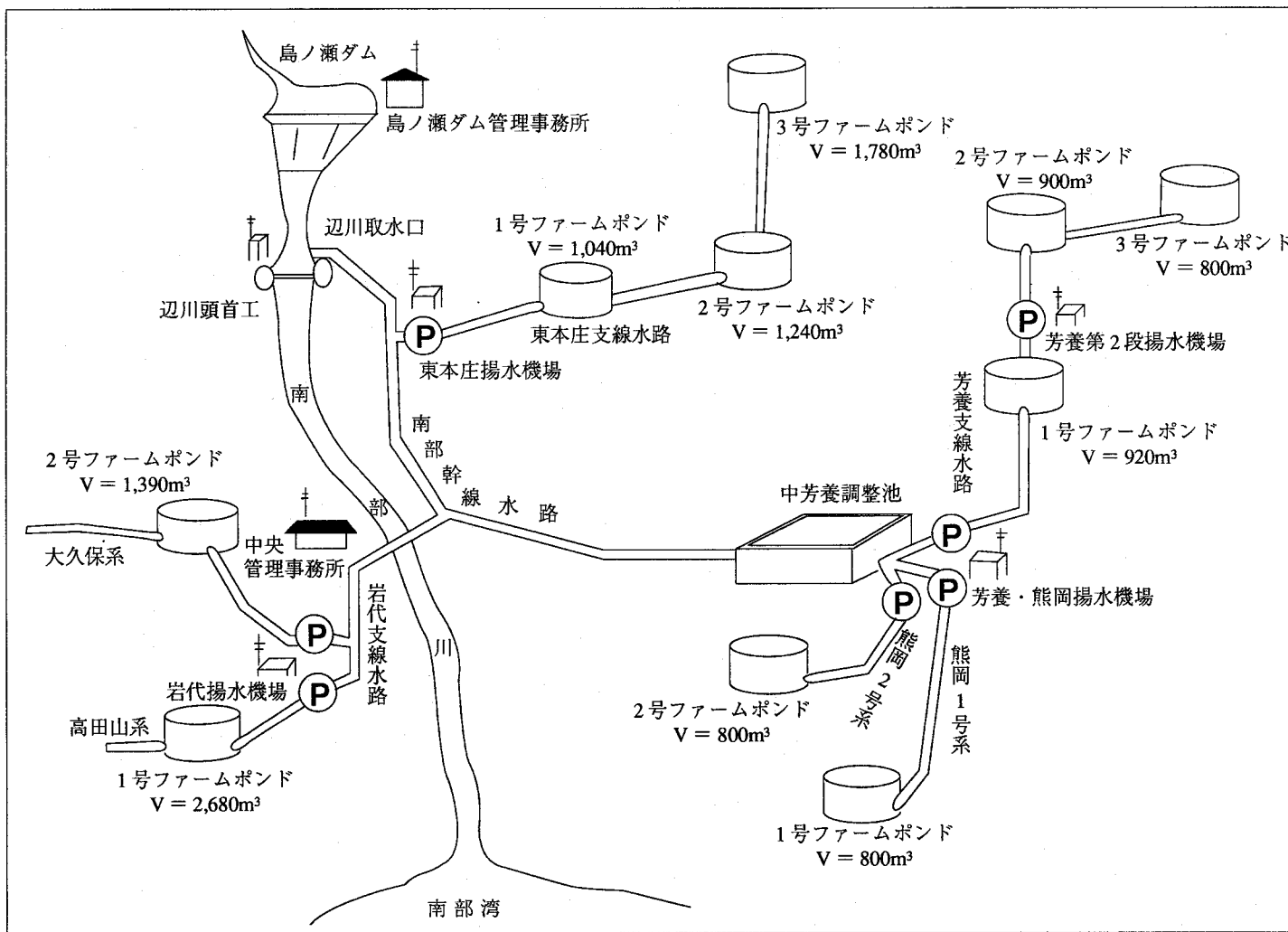
(2)自然流下送水

表-1 平成7年度通水試験用水路概要

水 路 名	通水量m ³ /s	延長km	主 要 構 造 物
岩代支線水路	0.25	9.3	ダクタイル鋳鉄 φ500~250m/m
東本庄支線水路	0.25	2.4	" φ600~350m/m
熊岡支線水路	0.10	3.9	" φ250m/m
芳養支線水路	0.15	5.9	" φ350~250m/m
計		21.5	

*近畿農政局建設部設計課

**近畿農政局計画部事業計画課



図一 南紀用水事業施設概要図

ファームポンドから次のファームポンド又は分水工（県営引継ぎ地点）までの間の通水を行う場合に適用し、水源は給水車でファームポンドに注入し、ファームポンドから自然流下送水させる方法。

(3)直接給水車送水

揚水機場からファームポンドの区間においていづれかが工事実施中であるため、途中の空気弁より段階的に給水車で直接充水する方法。

3. 通水時の注意事項

(1)管路機能の事前点検

- ①送水方向だけでなく排水方向も機能上問題はないか。
- ②不測の事態の時、ファームポンドの貯留水は抜けないか。
- ③施設のメンテナンスは行なえるか。
- ④管路のメンテナンスのための排水機能はあるか。

(2)施設の点検

①排泥工

- ア. バルブ（仕切弁）がスムーズに操作可能か。
- イ. " が全閉になっているか。
- ウ. フランジ部の接合が確実に行われているか。（ゴムのはみ出し）
- エ. ボックス内排水の必要はないか。

②空気弁

- ア. 副弁（補修弁）がスムーズに操作可能か。
- イ. " が全閉になっているか。
- ウ. マンホール内排水の必要はないか。

③制水弁

- ア. バルブがスムーズに操作可能か。
- イ. フランジ部の接合が確実に行われているか。（ゴムのはみ出し）
- ウ. ボックス内排水の必要はないか。

4. 通水試験の具体的事例

(1)通水試験の順序

第1日目 L=1,260m区間 送水量1,260×0.096=121千m³

（時間）

- ① 8：45 辺川取水工ゲート開く。
- ② 9：00 南部幹線分岐点バルブ開く。

- ③ 9：30 改良区に集合。
- ④ 9：50 各施設に配置、バルブ点検及び路線上の路面点検完了。
（空気弁バルブは開、排泥工バルブは閉の確認）
- ⑤10：00 ポンプ送水開始。（1号ポンプ0.98千m³/分……開度50%）
- ⑥12：05 管路注水完了。
- ⑦12：20 バルブ点検及び路線上の路面点検確認。
《昼食》
- ⑧13：00 各施設に配置、バルブ点検及び路線上の路面点検後、管内清掃のため4、5号排泥工バルブ全開。
- ⑨13：30 4、5号排泥工バルブ全閉。
- ⑩13：40 ポンプ送水開始（1号ポンプ1.96千m³/分……開度100%）
- ⑪15：50 管路注水完了。
- ⑫16：00 各施設に係るバルブ点検及び路線上の路面点検確認。
- ⑬16：10 異常がなければ終了。ポンプ場圧力計の確認。
- ⑭16：30 翌日の作業打合わせのため改良区に集合。
- ⑮16：45 解散。

2日目 L=1,260m区間 送水量2.622×0.096=252千m³

（時間）

- ① 9：30 改良区に集合。
- ② 9：50 各施設に配置、バルブ点検及び路線上の路面点検完了。
（空気弁は開、排泥工バルブは閉の確認）
- ③10：00 ポンプ送水開始（1号ポンプ0.98千m³/分……開度50%）
1,362m×0.096トン=131千m³
131÷0.98=134分
- ④12：15 ファームポンドまでの全管路注水完了。
2時間余りの間、各施設に係るバルブ点検及び管路上の路面点検及び空気弁の作動状況の確認並びに報告。

路線名	岩代支線水路（高田山系）							
名称	岩代橋水機場	第3工区			第6工区			第7工区
延長(m)		1,222.76m			1,186.33m			213.21m
施工区分	工区名及び延長(m)	管路工 1,002.28m	水管橋 13.72m	管路工 206.76m	管路工 626.49m	管路工 423.64m	管路工 136.2m	管路工 213.21m
	工事件名	H1-47			H2-52	H3-17	H4-18	H5-20
	1 工事件名 2 工期 3 施工業者	1 岩代支線水路第3工区工事 2 H2.3.29 ~ 3.3.20 3			1 岩代支線水路第6工区工事 2 H3.3.15 ~ 4.3.23 3	1 岩代支線水路第6工区その2工事 2 H3.8.12 ~ 4.3.20 3	1 岩代支線水路第6工区その3工事 2 H4.10.1 ~ 5.10.10 3	1 岩代支線水路第7工区工事 2 H5.11.5 ~ 6.3.29 3
施工延長(m)	2,622.3m							
管種・管径	DCIP φ 350 3種管		SPφ350	DCIP φ 350 3種管		DCIP φ 350DB種管(5種管)		
縦断面図(模式図)	<p>第2日目通水区間L = 2,622.3m (通水量252トン)</p> <p>第1日目通水区間L = 1,260.75m (通水量121トン)</p>							
	1 製造元 2 製品名 3 形式							

図一 2 通水事例に係る支線水路縦断面図

- ⑤ 《昼食》
- ⑥13:00 各施設に係るバルブ点検及び管路線上の路面点検確認。
- ⑦13:15 ポンプ送水開始。(1号ポンプ1.96千m³/分……開度100%)
- ⑧13:30 ポンプ送水停止。
[ファームポンドに約30千m³注水]
- ⑨13:45 ポンプ送水開始。(2号ポンプ3.91千m³/分……開度50%)
- ⑩14:00 ポンプ送水停止。
[ファームポンドに約60千m³注水……合計60千m³]
- ⑪14:15 ポンプ送水開始。(2号ポンプ7.82千m³/分……開度100%)
- ⑫14:30 ポンプ送水停止。
[ファームポンドに約120千m³注水……合計180千m³]
◎ファームポンド廻りの漏水点検。
◎各施設に係るバルブ点検及び管路線上の路面点検確認。
- ⑬14:45 異常がなければ終了。ポンプ場圧力計の確認。

⑭15:10 改良区に集合。今後の計測打合わせの後解散。

(2)準備道具

T字ハンドル, トランシーバー, つるはし, モンキー, 安全ベルト, 懐中電灯, 双眼鏡, 水位計測テープ

(3)前日までの対応

各施工業者はバルブ等の点検及び各施設回りの刈り払いを行いポール等目印を付けること。

5. 漏水調査

設計基準等では管路の許容漏水量が示されているが, 畑かん地域では現場条件から高低差のある傾斜配管にならざるを得なく, 漏水を許容することは即, 管内や貯水槽が空になることを意味し, ポンプ場水系であれば, 揚水時間と施設点検に労力を要する初期充水を再度実施することになるほか, 貯水槽には揚水の必要が生じ, 維持管理に困難を来す。また, なによりも傾斜配管部の漏水が長期的に続くとそれが原因で災害の引き金になりかねない。

このため, 許容量以下の場合であっても, 漏水箇所の有無を探知しなければならない。調査の方

法は次に示すとおり段階調査方法を行うのが望ましい。

(1)ステップ1

圧力低下を観測し管路の勾配延長から漏水量を計算し、漏水地点を把握する。

実際は圧力がある一定に保持される地点標高が漏水箇所となるが数ヶ所漏水が想定される場合有効。

全体区間が長い場合、途中制水弁で区間を分割しそれぞれの区間の低部の施設（例えば空気弁）に圧力計を設置すれば漏水区間がしぼれて有効。

(2)ステップ2

ステップ1で限定された区間について相関式漏水発見器で場所を特定する。

(3)相関式漏水発見器の測定方法

相関式漏水発見器は、信号解析処理技術とコンピュータ技術を使って開発されたもので、漏水点を挟んだ2点（制水弁、空気弁）に振動検出用センサーを取り付け、漏水点から発生した振動音を検出、各々の検出器に到達した漏水音の伝達速度から漏水位置を計算、表示するものである。

この相関式漏水発見器のセンサーの間隔は、50m～70m程度が精度的に適用範囲であり、この間隔で制水弁または、空気弁が設置されている路線なら、容易にセンサーの取付ができ漏水点を察知できるが、実際にはもっと長い間隔で設置されているのが一般的である。したがってセンサーの取付けは、開削を行い管体に取り付けなければなら

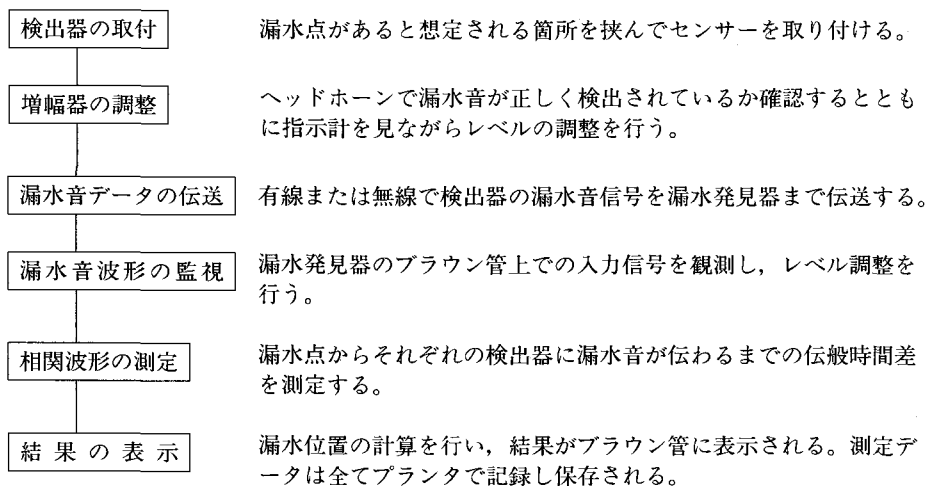
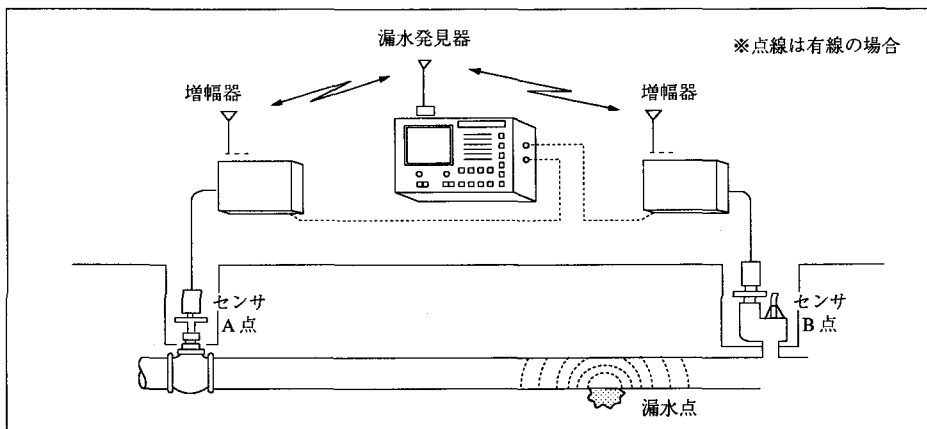


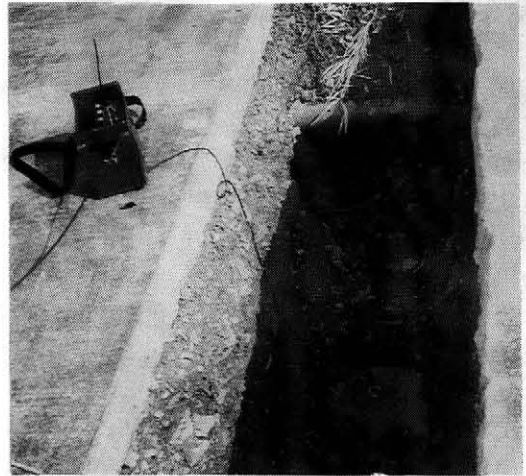
図-3



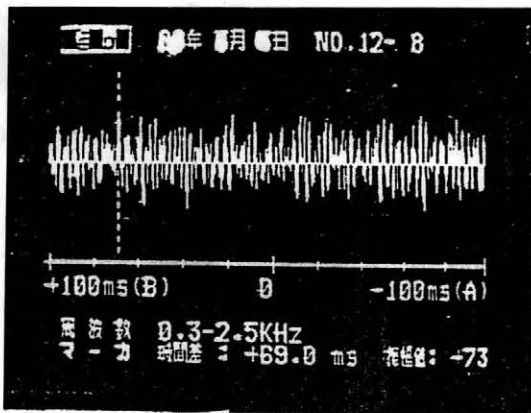
相関式漏水発見器概念図



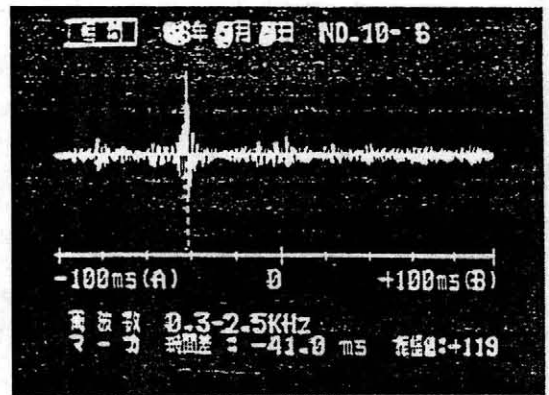
漏水発見器による相関波形の測定



センサー及び増幅器



漏水音のない場合の相関波形



漏水音のある場合の相関波形

なく、試験の準備に相当な時間及び費用を要することとなる。

漏水発見器を使用するまでに、ある程度の位置の限定が当然必要となる。漏水点の限定に一番効力を発揮するのが、制水弁であるが、制水弁はコストのことを考えて、緊急時に最低限必要となる箇所及び河川横断区間において、河川管理者と協議により定められた箇所、主要な分岐点に設けられるのが普通であり、特殊な箇所もなく分岐管もない区間では、1km以上もない所もある。このような場合は、水圧計の利用によって発見することもできる。

6. 施設設計のあり方について

試験通水作業を通じて、施設の不備を実感する

場面に何度となく遭遇した。

たとえば、仕切り弁を操作する際に、マンホール蓋を開けるとBOX内は湛水状態で、まず排水作業を行わなければならない、排水が終わってハンドルを回そうとしても赤錆が全面に付着して回らないこともしばしばあった。

また、排泥工の仕切り弁を開閉しようとしても、ハンドルが短くてスピンドルにとどかなかったり、逆に長すぎたりするため、色々な長さの仕切り弁ハンドルを持ち歩かなければならない不便さが生じたこともあった。

さらには、圧力計を設置するために空気弁を取り外そうとしたときに、ボルトが錆びて動かず焼き切らなくてはならなかったり、マンホールが小さいためスパナの柄が引っ掛かり回せなかったこ

とも少なからずあった。

このような設計や施工の時にちょっとした気づかいさえすればなんでもないことが、円滑に試験通水を実施できるだけでなく、後に施設の適正な使用と維持管理費の軽減が図れるものと考えられる。

7. おわりに

本地区は、平成7年度4支線水路全ての通水試験の結果2支線水路3箇所においてパイプ接続のゴム輪はみ出しにより漏水が発見されこの修理も

無事完了し、無事完工の運びとなった。

限られた期間の中で正確な漏水箇所を見つけ出し、短期間で補修が求められるが、揚水機場からファーム Pond 間に制水弁や圧力計が設置されていなかったことから漏水箇所の絞り込みに多大な労力と時間を必要とした。通水試験や漏水箇所の特定は勿論、完了後土地改良区等に施設を管理委託した後、管路の点検や補修時等には制水弁や圧力計が設置されていなければ支障を来すため、今後のパイプラインの実施に当たっては、これらのことを十分に生かした設計・施工が望まれる。

農業開発・地域開発の総合建設コンサルタント



土と水をデザインする……豊富な経験と優れた技術

株式会社 三祐コンサルタント

取締役会長 久野彦一

取締役社長 渡辺滋勝

本社	〒460 名古屋市中区錦2丁目15番22号(あさひ銀名古屋ビル)	TEL(052)201-8761(代)
東京支社	〒104 東京都中央区八重洲2丁目2番1号(大和銀行新八重洲口ビル)	TEL(03)3274-5655(代)
仙台支店	TEL(022)263-1857	北陸事務所 TEL(0762)23-5411
九州支店	TEL(096)354-5226	鹿児島事務所 TEL(0992)81-1657
札幌支店	TEL(011)222-3121	佐賀事務所 TEL(09546)5-3564
四国事務所	TEL(0888)24-4425	埼玉事務所 TEL(0485)43-1261
中国事務所	TEL(0862)73-3296	静岡事務所 TEL(054)250-0038
長野事務所	TEL(0265)53-4026	技術研究所 TEL(0562)32-1351
青森事務所	TEL(0177)43-8535	海外事務所 マニラ・バンコク
山形事務所	TEL(0238)43-6990	

大島ダム付替道路における落石対策土について

寺 村 伸 一*
(Shinichi TERAMURA)

初 川 栄 治**
(Eiji HATHUKAWA)

山 本 昌 也***
(Masaya YAMAMOTO)

目 次

1. はじめに	40	4. 落石対策施工の設計について	42
2. 豊川総合用水事業の概要及び大島ダムの概要	41	5. ポケット式ロックネットによる事例紹介	52
3. 大島ダム付替道路ルート上の斜面の状況	42	6. おわりに	53

1. はじめに

豊川総合用水事業の基幹施設である大島ダムは、平成3年1月に地元愛知県鳳来町から建設同意を得て、平成3年度から付替道路工事に着手した。平成5年度には仮排水トンネル工事を終了し、平成6年度にはダム本体工事の発注を行い、現在付替道路と共に鋭意進めているところである。

大島ダムのダムサイトの地質については、その基盤岩が新生代第三紀中新世の設楽火山岩類に属する大島溶結凝灰岩である。この大島溶結凝灰岩

は、灰白色を呈する流紋岩質溶結凝灰岩で、非常に堅硬であり、いわゆる良好なダムサイトに適した岩である。

一方、付替道路の斜面は急峻(35°~45°)で、柱状節理を呈し、地表面は風化した溶結凝灰岩主体の地質である。それらが長い年月の浸食作用により谷部に崩落し、岩塊の崖錐層を形成し転石、

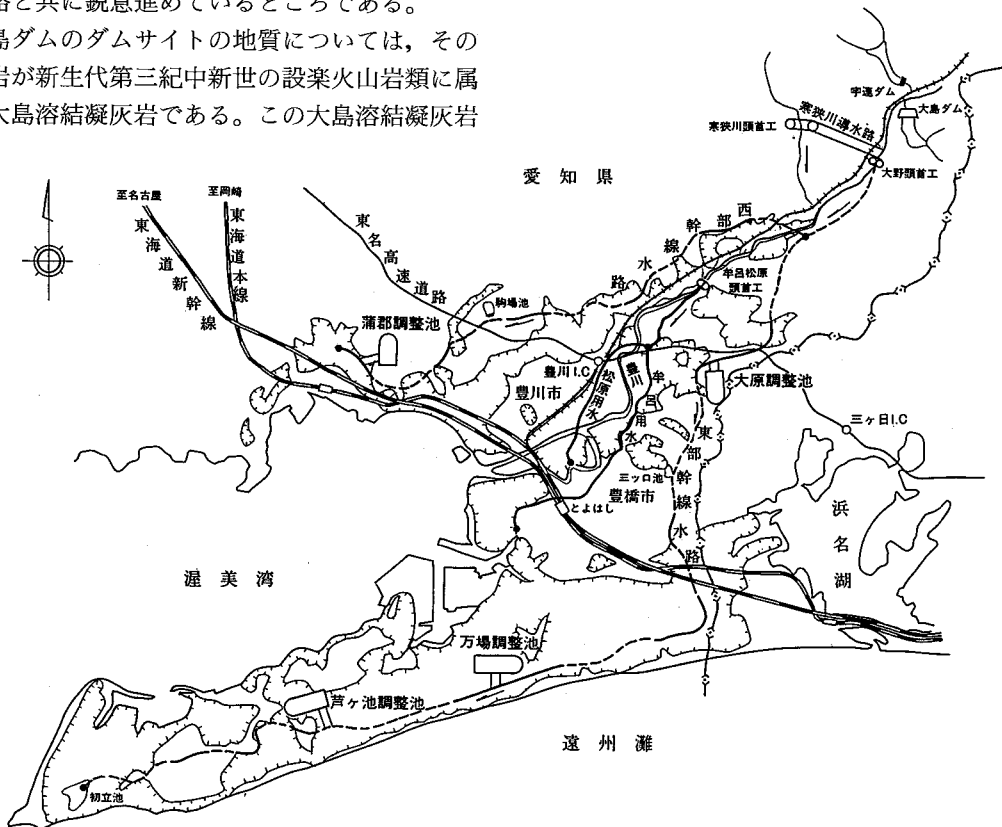


図-1 事業計画平面図

*構造改善局建設部設計課
 **農業工学研究所造構部構造研究室
 ***東海農政局豊川総合用水農業水利事務所

浮石が不安定な状態として認められる為、地形に適した落石対策工が必要となっている。

本報では、大島ダム付替道路で採用しているポケット式落石防護網等の落石対策工の調査・設計・施工事例を紹介するものである。

2. 豊川総合用水事業の概要及び大島ダムの概要

①地区概要

豊川総合用水事業は、受益者数は約3万人を数え、総事業費は約1千億円、都市用水事業との共同による水源を再開発する大事業である。

中部地方に位置する愛知県は尾張・三河の両国から成っている。三河と言えば徳川家康公ゆかりの土地として有名であるが、その東部を総称して東三河地域と呼ぶ。東三河地域は、豊橋市、豊川市を始め4市11町4村から構成されており、人口73万人を擁する、面積1,811km²の区域である。

東三河地域は気候温暖なうえ日照量が多い反面、

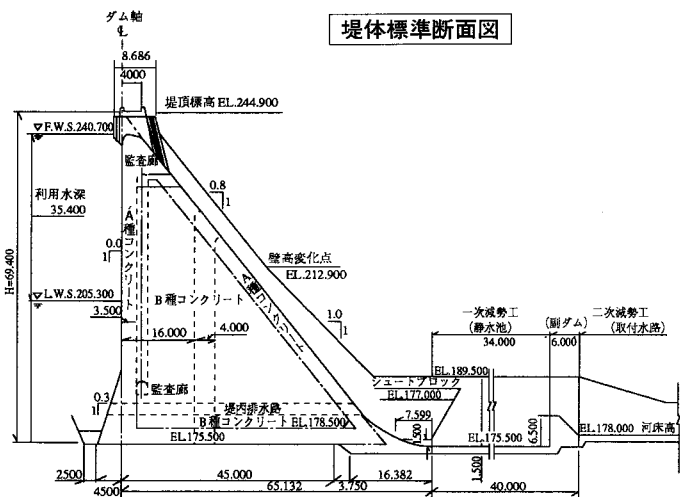
大河や湖沼が無く水事情の厳しい地区であった。豊川用水通水前は、甘藷、落花生を細々と作るにすぎず、施設園芸もわずか156haのみであった。ところが昭和43年の通水後、すいか、露地メロン、キャベツ等を作る様になり、施設園芸も1,724haと11.0倍の増となっている。これに伴い、生産農業所得も大きく伸びている。これは地域農業がより高付加価値農業へと変貌したことによるものである。

②大島ダムの概要

大島ダムは愛知県南設楽郡鳳来町の一級河川豊川水系宇蓮川の支流大島川（宇蓮川との合流点から上流へ約3kmの地点）に建設する直線重力式コンクリートダムで、その内容は図-2のとおりである。

ダムサイト地点の地形は、両岸傾斜勾配が40°内外と急勾配のV字型の地形であり、基盤岩については先に述べたとおりである。

大島ダム 諸元表		
位置	愛知県南設楽郡鳳来町名号地内	
河川名	豊川水系大島川	
目的	かんがい、上水、工水	
堤体	形式	直線重力式コンクリートダム
	堤高	69.4m
	堤長	160.0m
	堤頂幅	4.0m
	天端標高	EL. 244.90m
貯水池	堤堆積	175,500m ³ (減勢工会む)
	総貯水量	12,300,000m ³
	有効貯水量	11,300,000m ³
	満水面積	0.498km ²
	流域面積	18.4km ²
	常時満水位	EL. 240.70m
付帯施設	設計洪水水位	EL. 243.20m
	洪水吐	非調節型(自然越流式) Q=550m ³ /s
	取水工	最大取水量 19m ³ /s
	放流施設	ジェットフローゲートφ1400mm, φ250mm各1門
	仮排水路	設計洪水量 70m ³ /s 標準馬蹄形 2R=3.2m水路トンネル約230m



平面図

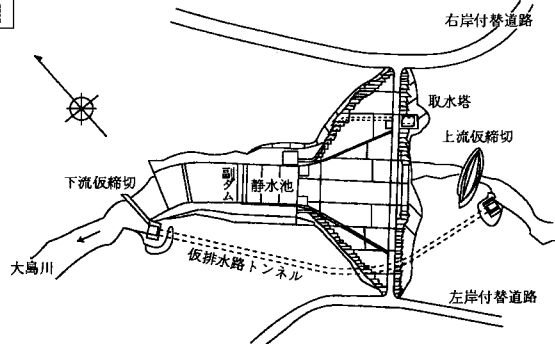


図-2 ダム計画一般図

③大島ダム付替道路について

大島ダムの関係道路は図-3に示すように5路線で構成されている。

このうち右岸道路については、愛知県との共同事業として実施しており、建設費用振り分けの関係から、ダムサイトから下流を工事用道路、上流を右岸付替道路と称している。左岸道路は、林道機能の補償道路である。

3. 大島ダム付替道路ルート of 斜面の状況

道路を建設する大島川の左右両岸は、傾斜が35~40度の山腹急斜面であり、露岩部では垂直に近い急崖を形成している。山腹急斜面のほとんどは、植生も粗く雑木林となっており、杉や檜の植林地は少ない。植林地は、大島川の河床部に近い段丘面や傾斜の緩い山腹斜面であり、粘性土分を含む土砂が主体となっている。雑木林となっている所は、転石が主体の山腹斜面であり、ここに崖錐の形成されているところが広く分布している。崖錐とは、比較的硬い岩石からなる急斜面上の風化岩屑が崖下に落下して形成される円錐状の堆積した地形をいい、大島ダム地区においてはDt 1層・Dt 2層として崖錐を区分している。

Dt1: 角礫からなる転石を主体とする礫質土で、礫径はφ20~200cmのものから主に構成さ

れ、一部には400~800cmの転石が認められる。転石間のマトリックスは少なく、空隙が多い傾向にある。

Dt2: 角礫から成る転石を混入する土砂層で、礫径はφ5~15cmが主体であり、粘性土分を多く混入する粘土混じり礫質土から構成されている。

なお、付替道路建設地点の大島川は標高180m付近を北西方向に曲流しており、左右両岸の付替道路は河床部よりも50~80mほど高い位置に計画している。

4. 落石対策工の設計について

本項では、一連の設計を行うために必要な落石危険度の総合判定方法、落石対策工の対象範囲の検討、落石対策工のタイプ選定について述べる。

(1) 落石危険度の総合判定方法

落石対策工の必要性を判断するため、以下のA~E項目について調査し、落石危険度を総合的に評価する必要がある。

ここで、総合危険度評価点Pが39点以上をI(必ず対策工の必要あり)、25以上38点以下をII(対策工を行うべきである)、25点未満をIII(できれば対策工を行った方がよい)と評価する。

$$* P = (A + B + C) \times \alpha + D + E$$

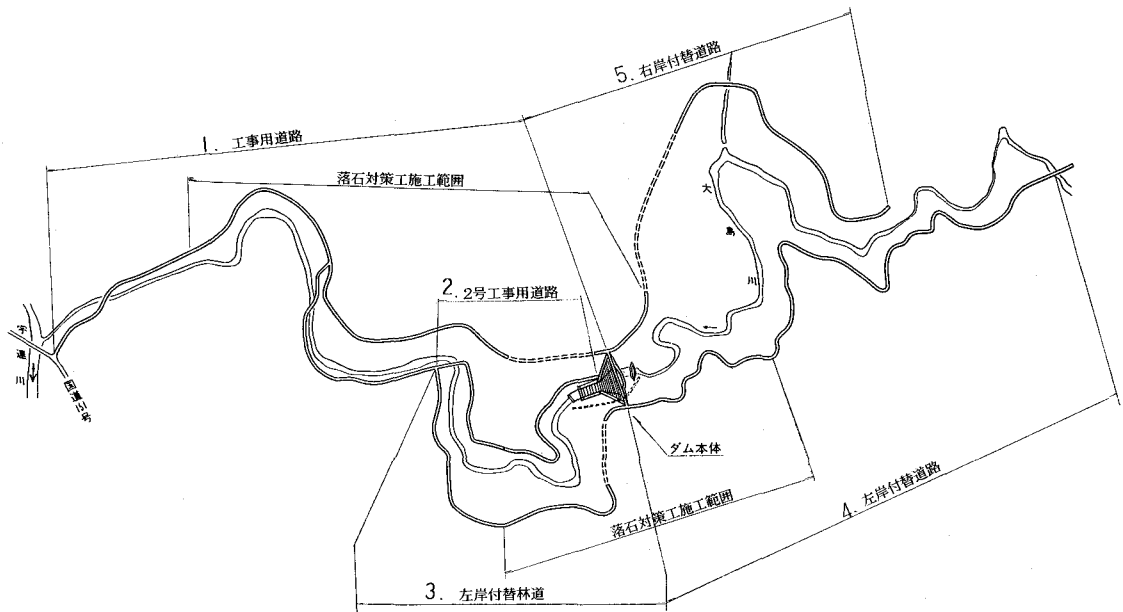


図-3 大島ダム関係道路平面図

ここに、

P：総合危険評価値

A：調査対象ブロック内 (10m*10m) の石の状態評価点

B：調査対象ブロックの斜面としての評価点

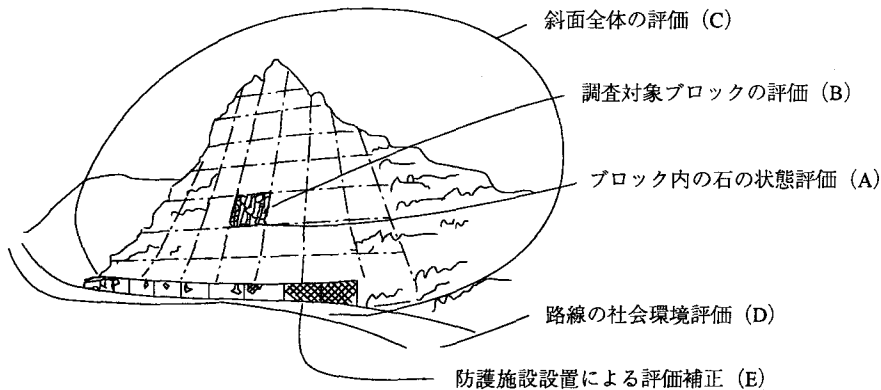
C：斜面の立地条件の評価点

D：路線のもつ社会環境による評価点

E：防護施設の設置などによる評価の補正

α ：安定係数

(高速道路調査会「落石防護施設の設置に関する調査報告書」参考)



以下、A～Eについて判断基準を説明する。

(A) 調査対象ブロック内 (10cm*10cm) の石の状態評価点

①：石の安定状態 (表1)

斜面上の個々の石又は岩に着目し、安定状態から判断して落石の危険度を評価する。安定状態と

落石の発生は直結しているものと考え評価点は高いものとしている。

安定係数 α は石の形状・エネルギーの評価にも関連性があるため、危険度に応じて係数値を変化させて対応するものとした。

表-1

区分	石の安定状態	安定係数 α	点数
①	石が地山からほぼ完全に浮き上がったり (地山露出部分100~90%) 木の根に残っているもの、又は、岩目が発達した極めて不安定な状態の石	1.00	20
②	石の下部の埋没が浅い (地上露出部分90~70%) もの、又は岩目がはっきりした不安定な状態の石	0.75	15
③	石の下部の埋没が比較的浅い (地上露出部分70~50%) もの、又は岩目があってやや不安定な状態の石	0.50	10
④	石の下部がほぼ埋没している (地上露出部分50~30%) もの、又は、岩目があるが明確でない、ほぼ安定した状態の石	0.25	5
⑤	石が地山に埋没している (地上露出部分30%以下) もの、又は岩目が未発達で安定した状態の石	0	0

②：落石エネルギー (表2)

$$E_r = (1 - \mu / \tan \theta) (1 + \beta) W \cdot H$$

E_r ：落石エネルギー

θ ：斜面の勾配

W：落石の重量 (t)

μ ：落石の等価摩擦係数

β ：回転のエネルギー/線速度エネルギー

H：落石の落差 (m)

表-2

区分	落石エネルギー	点数
①	落石エネルギー $Er \geq 10 \text{ t} \cdot \text{m}$ の場合	10
②	" $10 \text{ t} \cdot \text{m} > Er \geq 8 \text{ t} \cdot \text{m}$ の場合	8
③	" $8 \text{ t} \cdot \text{m} > Er \geq 6 \text{ t} \cdot \text{m}$ の場合	4
④	" $6 \text{ t} \cdot \text{m} > Er$ の場合	2

③：石の形状（表3）

石の形状によって斜面上の安定度に関係があるので形状別区分を行う。

表-3

区分	石の形状	点数
①	石の形が球形又は円筒形に近いもの	4
②	①と③の中間形状のもの	2
③	石の形状が扁平で安定した形状のもの	0

(B) 調査対象ブロックの斜面の状態

①：斜面の地質状態（表4）

表-4 地質状態による落石危険度分類

区分	危険度	地質状態		点数
		転石型落石	浮石型落石	
①	非常に不安定	<p>風化程度が激しく、黄褐～茶褐～黒褐色である。土壌化していることもあり、草木でおおわれている場合もある。岩礫と土砂部との境界線は明瞭で、水の浸透した形跡が見られる。土砂部は鉄棒が深部まで容易に貫入し、土砂流出や崩壊を起こしている。岩礫をハンマーで叩くと動揺する手応えを感じる。</p> <p>弾性波速度 洪積層～第三紀層：1.0km/sec以下 崖すい、段丘など：0.8km/sec以下</p>	<p>風化、変質は激しく一部砂状か土壌化していることもある。岩目は大きく開口（1cm以上）としており、開口した岩目に粘土が介在していることもある。岩目間隔は20～30cm以内で2方向以上の岩目が存在する。全体的に色は黒褐～赤褐～茶褐～灰褐～黄褐色になっている。ハンマーで叩くと岩目から容易に壊れる。</p> <p>弾性波速度 1.8km/sec以下(A) 1.4km/sec以下(B) 1.0km/sec以下(C)</p>	10
②	不安定	<p>かなり風化しており、全体的に色が深部のそれと異なり、一般に黄褐、茶褐色である。土砂の部分は容易に鉄棒で深部まで貫入でき、土砂流出や土砂崩壊を起こしている。岩礫をハンマーで叩くと動揺する手応えを感じる。岩礫と土砂部との境界線が明瞭で、密着していない感じを与える。</p> <p>弾性波速度 洪積層～第三紀層：1.4km/sec以下 崖すい、段丘など：1.0km/sec以下</p>	<p>風化、変質はかなり激しく、岩目は明瞭な空隙がみられるか、あるいは岩目間隔が20～40cm以内で、2方向以上の岩目が存在する。岩石の色は全体的に灰褐～黄褐～茶褐～淡褐である。岩目に草木の根が存在することもある。ハンマーで叩くと岩目から容易に壊れる。しかも土壌化して岩目が不明確なこともある。</p> <p>弾性波速度 1.8～3.0km/sec(A) 1.4～2.4km/sec(B) 1.0～1.4km/sec(C)</p>	6
③	やや不安定	<p>②と④の中間程度 一般に風化を受けているが、風化深度は1～2m以内、部分的に色が変質しており、黄褐～茶褐色の部分が見られる。土砂の部分は鉄棒で突きささるが、深くは貫入しない。</p> <p>弾性波速度 洪積層～第三紀層：1.4～1.0km/sec 崖すい、段丘など：1.0～1.5km/sec</p>	<p>②と④との中間程度 一般に風化しているが、風化深度は2～3m以内、色は新鮮なものと比較してあせている。岩目の間隔は40～50cm以上で、2方向以上の岩目を持っていることは少ない。ハンマーで叩いた場合、岩目から容易に壊れることは少ない。</p> <p>弾性波速度 3.0～4.0km/sec(A) 2.4～3.0km/sec(B) 1.4～2.4km/sec(C)</p>	3

④	安定している	固定度良好で、風化をほとんど受けていない。地表部の地質の色は深部の色と大体同じ、岩礫と土砂部との間に判然たる境界面はない。土砂部は鉄棒でさきりにくく、流失や崩壊は起こっていない。 弾性波速度 洪積層～第三紀層：1.8km/sec以上 崖すい、段丘など：1.5km/sec以上	風化、変質をあまり受けておらず、岩目も少なく、あっても密着している。色は深部の色と大体同じで、灰褐～茶褐～黄褐であることはない。ハンマーで叩いても岩目から壊れることはほとんどない。 弾性波速度 4.0km/sec以上(A) 3.4km/sec以上(B) 2.0km/sec以上(C)	0
---	--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

注. A, B, Cは地質を表す (A:古生層, 深成岩, 変成岩, 大部分の火成岩, 中生層, B:古第三紀層, 一部の火山岩, 中生層, C:新第三紀層)。なお, 調査対象ブロックのなかで地層が変化している場合は評価点の高いものの点数を使用する。

②: 斜面の勾配 (表5・表6)

表-5

区分	転石型落石	浮石型落石	点数
①	斜面の傾斜角が45°以上の場合	傾斜の傾斜角が60°以上の場合	6
②	" 40~45°の場合	" 45~60°の場合	4
③	" 30~40°の場合	" 35~45°の場合	2
④	" 30°以下の場合	" 35°以下の場合	0

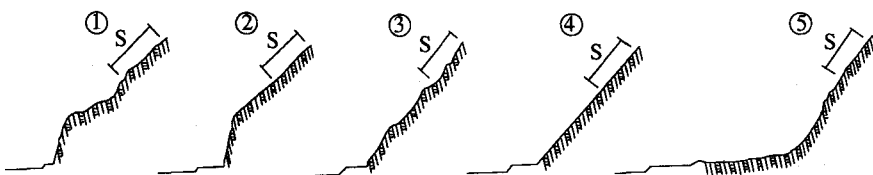
表-6

区分	調査対象ブロックの位置	点数
①	斜面上の調査ブロックが沢等の水みちに位置する箇所, 又は湧水の影響を受ける箇所	4
②	斜面上の調査ブロックが均一な勾配の箇所	2
③	斜面上の調査ブロックが尾根のような状態で水の影響を受ける箇所	0

③: 斜面の形状 (表7・下図)

表-7

区分	調査対象ブロック下の斜面形状	点数
①	調査対象ブロックの下の斜面の勾配が急になり, 斜面に凹凸がある場合	4
②	" 斜面が比較的均一な場合	3
③	" 均一で斜面に凹凸がある場合	2
④	" 斜面が比較的均一な場合	1
⑤	" が緩勾配となったり, 平場等があり, 落石の速度が減じるような場合	0



調査対象ブロック下の斜面形状

④：樹木の繁茂状況（表8）

ここでいう樹木とは直径10cm程度のものをさし、まばらに生えている場合とは100㎡当たり10本以下

下の状態をいう。

ただし、枯木は付近の樹木を枯らし、倒れやすいので危険側の判定を行い①の評価点を採用する。

表-8

区分	樹木の繁茂状況	点数
①	斜面の状態が裸地の場合	4
②	斜面に樹木がまばらに生えている場合	2
③	斜面に樹木が繁茂している場合	0

⑤：石の数（表9）

表-9

区分	調査対象ブロック内の石の数	点数
①	調査対象ブロック100㎡当たり、調査の対象となり得る石が31個以上ある場合	4
②	” 21～30個ある場合	3
③	” 11～20 ”	2
④	” 5～10 ”	1
⑤	” 4個以下の場合	0

⑥：人間等の立入り可能性（表10）

表-10

区分	調査対象ブロックに人間等（動物を含む）が立ち入る可能性	点数
①	斜面内に人間等が立ち入ることがたびたびある斜面	2
②	” 希にある斜面	1
③	上記以外の斜面	0

(C) 斜面の立地条件の判定

①：落石の履歴（表11）

当該斜面の落石の実態を調査（石が道路上に落ちた事例ばかりでなく、落石防止等の防護施設に止まった場合も含める）し、落石が起りやすい斜面かどうか判定する資料として実態を把握する必要がある。

斜面上の石が落ちたという事例は、他の調査判定項目に比べ信頼度が高く、落石が再び起こる可能性があり、評価点は高いものとした。調査の範囲を5年にしぼったのは、過去5年程度の記録が比較的保存されている実状により判断したものである。

表-11

区分	落石の履歴	点数
①	過去5年間に5件以上、又は供用開始後5年を経過していない道路については2件以上石が落ちた記録を持つ斜面	20
②	過去5年間に3～4件、又は供用開始後5年を経過していない道路については石が落ちた（1件でも）記録を持つ斜面	15
③	過去5年間に1～2件落石があった斜面	10
④	過去5年間以前に落石があった記録をもつ斜面	5
⑤	その他の斜面	0

②：凍結融解及び積雪の影響（表12）

凍結融解の繰り返し、又は積雪が一度に解ける

場合は、地山をゆるめ、岩・石の基部を侵し、落石の誘因となることがある。

表-12

区分	凍結融解および積雪の影響	点数
①	積雪寒冷の程度が著しい地域で日照条件が悪い斜面、または吹溜りの生じやすい斜面	6
②	積雪寒冷の程度が著しい地域で上記以外の斜面	4
③	積雪寒冷の程度が比較的小さい地域で日照条件が悪い斜面、または吹溜りの生じやすい斜面	2
④	積雪寒冷の程度が比較的小さい地域で上記以外の斜面	1
⑤	その他の地域における斜面	0

③：降雨による交通規制の実施（表13）

連続降雨量や時間最大降雨量の規制値は過去の崩壊例に基づき行われる。その規制値は隣接道路

の崩壊例を考慮して決定されているため、この規制値に着目し評価するものとした。

表-13

区分	降雨による交通規制の実態	点数
①	降雨量が規制値に達し、交通規制を行った実績が過去5カ年間の年平均で5回以上となる路線（供用開始後5年を経過しない路線については年平均）	4
②	降雨量が規制値に達し、交通規制を行った実績が過去5カ年間の年平均で4～3回となる路線（同上）	3
③	降雨量が規制値に達し、交通規制を行った実績が過去5カ年間の年平均で2～1回となる路線（同上）	1
④	その他の地域における斜面	0

④：斜面が受ける風向・風力（表14）

風を誘因とする落石は他の素因・誘因に比べ影

響力は少ないと思われるが、風が樹木を揺すり落石の発生を導いた事例を考慮し評価に取り入れた。

表-14

区分	斜面が受ける風向・風力	点数
①	斜面が海岸等にあつて、風をまともに受ける斜面	2
②	斜面が内陸部にあつて、風の影響が比較的小さい斜面	1
③	風の影響が少ない斜面	0

(D) 路線のもつ社会環境による評価点

路線の道路構造の規格や交通量、環境等を考慮し評価する必要がある。具体的な評価点については、路線もしくは区間の社会的条件や、管理体制が異なるため総括管理する機関や管理者の判断によるものとする。

(E) 防護施設の設置などによつての評価の補正

防護施設の設置によつて評価点が変わり補正を行うことが必要となる。評価点の補正值は防護施設の性能によつて異なるが、斜面の現況、石の個別条件等を総合的に判断し、十分な審査に基づき決定する必要がある。

当地区において、以上の諸調査に基づき落石危険度を次表のとおり評価した。

なお、(C)斜面の立地条件、(E)防護施設の設置による補正については、調査該当項目がないこと、また、(D)社会環境による評価点についても将来の道路管理者との調整により、現段階での評価対象としていない。

大島グム地区における落石調査危険度判定表

調査 No.	斜面の 位置	転 石 型	浮 石 型	石の寸法				A 1	A 2	A 3	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	評 価 点	総 合 価 値 (1次 判定)
				縦	横	高さ	勾配	石の安定 係 数 及 状 態	石の 形状	落石の エネルギー	斜面の 地 質 状 態	斜面の 勾 配	対 象 ブ ロ ッ ク の 位 置	対 象 ブ ロ ッ ク の 斜 面 形 状	樹木の 繁 茂 状 況	ブ ロ ッ ク 内 の 石 の 数		
1	下		○	0.3	0.3	0.2	40	10	2	2	0	2	2	1	2	0	19	III
2	下		○	1.0	0.7	0.8	45	20	2	8	6	4	0	3	4	0	47	I
3	上		○	0.9	0.6	0.4	40	20	0	4	3	4	2	1	0	1	35	II
4	中		○	0.5	0.5	0.3	50	15	2	2	3	4	2	1	0	1	30	II
5	中		○	2.0	2.0	1.2	45	15	4	10	6	4	2	2	0	2	45	I
6	中		○	2.0	1.7	3.0	40	20	4	10	6	4	2	4	0	2	52	I
7	中		○	0.3	0.3	0.2	60	5	0	2	0	6	4	2	2	4	25	II
8	中		○	1.5	1.5	0.9	55	15	4	10	6	6	2	1	2	2	48	I
9	中		○	1.0	1.0	0.7	45	15	2	8	6	4	2	0	2	2	41	I
10	中		○	0.8	0.8	0.8	45	15	2	10	6	4	2	2	2	2	45	I
11	中		○	2.5	0.9	0.9	45	20	0	10	10	6	2	0	2	2	52	I
12	中		○	1.0	1.0	0.7	40	20	2	10	6	4	2	1	2	2	49	I
13	下		○	0.3	0.3	0.3	35	5	2	2	3	2	4	2	2	4	26	II
14	下		○	0.5	0.5	0.3	40	15	2	2	3	2	2	3	2	0	31	II
15	下		○	0.5	0.5	0.3	45	15	2	2	3	4	2	3	2	0	33	II
16	下	○		1.4	0.9	0.7	45	15	2	10	0	4	2	3	0	0	36	II
17	下	○		0.3	0.3	0.2	45	5	2	2	3	2	4	2	2	4	26	II
18	下	○		0.3	0.3	0.2	60	15	2	2	10	4	2	2	2	2	41	I
19	下		○	0.5	0.5	0.3	45	10	0	2	3	2	0	2	4	0	23	III
20	中		○	0.4	0.4	1.0	45	15	4	2	3	4	2	3	2	3	38	II
21	—	—	—															
22	下		○	0.7	0.9	1.0	50	15	2	10	6	4	2	1	2	1	43	I
23	上		○	0.5	0.3	0.3	45	20	0	2	6	6	2	4	2	2	44	I
24	中		○	1.0	1.0	0.5	50	10	2	10	6	4	4	3	4	4	47	I
25	中	○		0.5	0.5	0.5	50	0	0	2	3	4	2	0	0	0	11	III
26	下	○		0.3	0.3	0.3	40	20	2	2	6	4	2	1	0	0	37	II
27	中			なし														
28	上		○	1.0	0.5	0.5	40	10	0	4	3	4	2	1	0	2	26	II
29	中		○	1.2	1.0	0.3	40	10	2	8	6	4	2	1	0	2	35	II
30	下		○	0.5	0.5	0.3	45	10	0	2	3	4	4	1	4	4	32	II
31	中		○	0.5	0.5	0.3	45	10	0	2	3	4	4	1	2	3	29	II
32	中		○	0.5	0.5	0.3	40	10	0	2	3	4	4	1	2	3	29	II
33	下		○	3.0	2.0	1.8	40	15	4	10	3	4	4	2	4	4	50	I
34	中		○	1.0	1.0	0.7	40	10	2	8	3	4	4	1	2	3	37	II
35	中	○		0.5	0.5	0.3	50	0	2	2	0	6	0	1	4	3	18	III
36	中		○	0.5	0.5	0.3	40	15	0	2	6	2	2	2	4	3	36	II
37	中	○		0.5	0.5	0.3	40	5	2	2	3	4	2	3	2	2	25	II
38	中		○	2.0	2.0	2.0	50	15	4	10	6	6	0	1	2	3	47	I
39	中	○		0.5	0.5	0.3	50	5	2	2	6	6	2	1	0	1	25	II
40	下		○	1.0	1.0	0.6	50	10	2	4	3	6	0	1	2	1	29	II
A-1	下	○		0.8	1.6	1.5	39	15	2	10	6	2	2	1	4	0	42	I
A-2	下	○		2.5	0.7	1.7	34	20	2	10	6	2	2	1	4	0	47	I
A-3	下	○		0.8	0.8	0.8	45	10	2	8	3	4	2	1	4	1	35	II
A-4	下	○		1.2	0.4	0.5	38	10	0	4	3	2	2	1	4	0	26	II

I : 39以上 II : 25~38 III : 25未満

(2) 落石対策工の対象範囲の検討

当地区において上記調査結果に基づく危険度としては、急傾斜であることからほぼ90%がなんらかの対策を要すると判断された。

危険度判定において、何らかの対策工が必要となった場合の次の検討すべきことは、対策工の対象範囲であり、ここでエネルギーの大きい山地頂上に近い転石発生源をどのように判断するかにより、工事費に大きな差が生じてくることになる。

地形条件からこれらの対策工は多大の経費を要すること、又、これら転石が一度に落下する可能性があるのかは、今のところ不明である。図-4は建設省所管の(財)土木技術センターの実験により、ある調査地区51点の落石の落下高さ分布のデータであり、このデータから落石の大部分は60m以下と推定され、それ以上はまれと判断される。図-5においても図-4と同一地区での落石エネルギーの統計であり、 $H=40\text{m}$ 以上の落下速度に落石エネルギーは一定に近づく傾向にあることが示され、落下中に小割され、一時的に止まったりする可能性が大きいことも推定できる。対策工事の投資効率、経済性を考慮して、落下高さを70m、落下距離100mとして対策工の範囲とする。ただし、当地区の落石発生源は高位部に位置することから、定期的点検によって対応する必要がある。

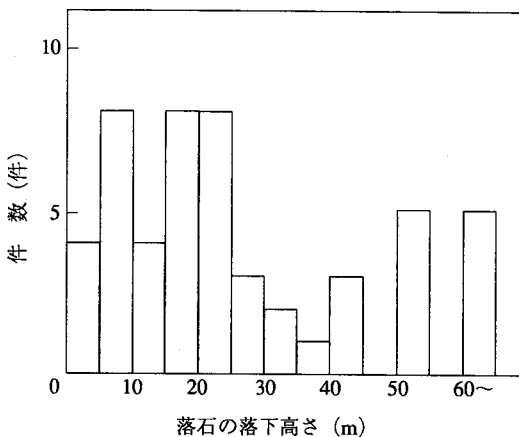


図-4 落石の落下高さ分布 (落石対策便覧より)

(3) 落石対策工のタイプ選定

落石対象範囲内において、効果的な落石対策工のタイプ選定の検討をおこなうわけであるが、最も効果的な落石対策としては発生源における予防工法である。しかし、斜面が長大急峻であったり、用地上の問題、仮設工費の問題等により困難な場合が多いためあまり実状的ではない。

これに対して、斜面を転落してくる運動エネルギーを減少させる実状的な対策工は、吸収エネルギーに限界がありおおむね $10\text{ t}\cdot\text{m}$ 程度である。したがって、対策工の計画にあたっては各工種の構造的な機能限界を認識し、工種の組み合わせによって設計することが必要となる。

当地区においては、これらのことを踏まえ図-6のとおり対策工のタイプを選定のためのフローチャートを作成している。

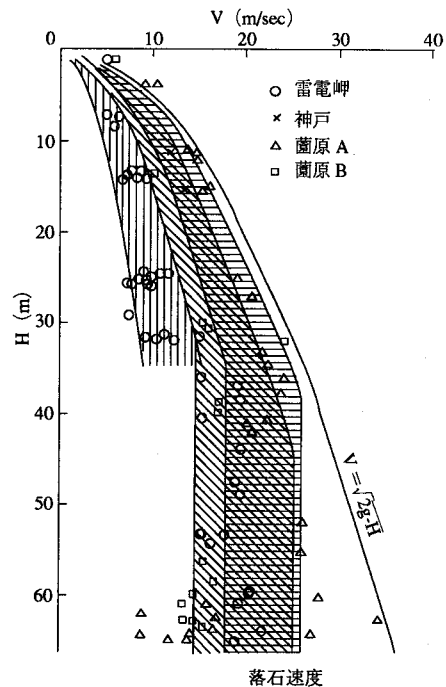
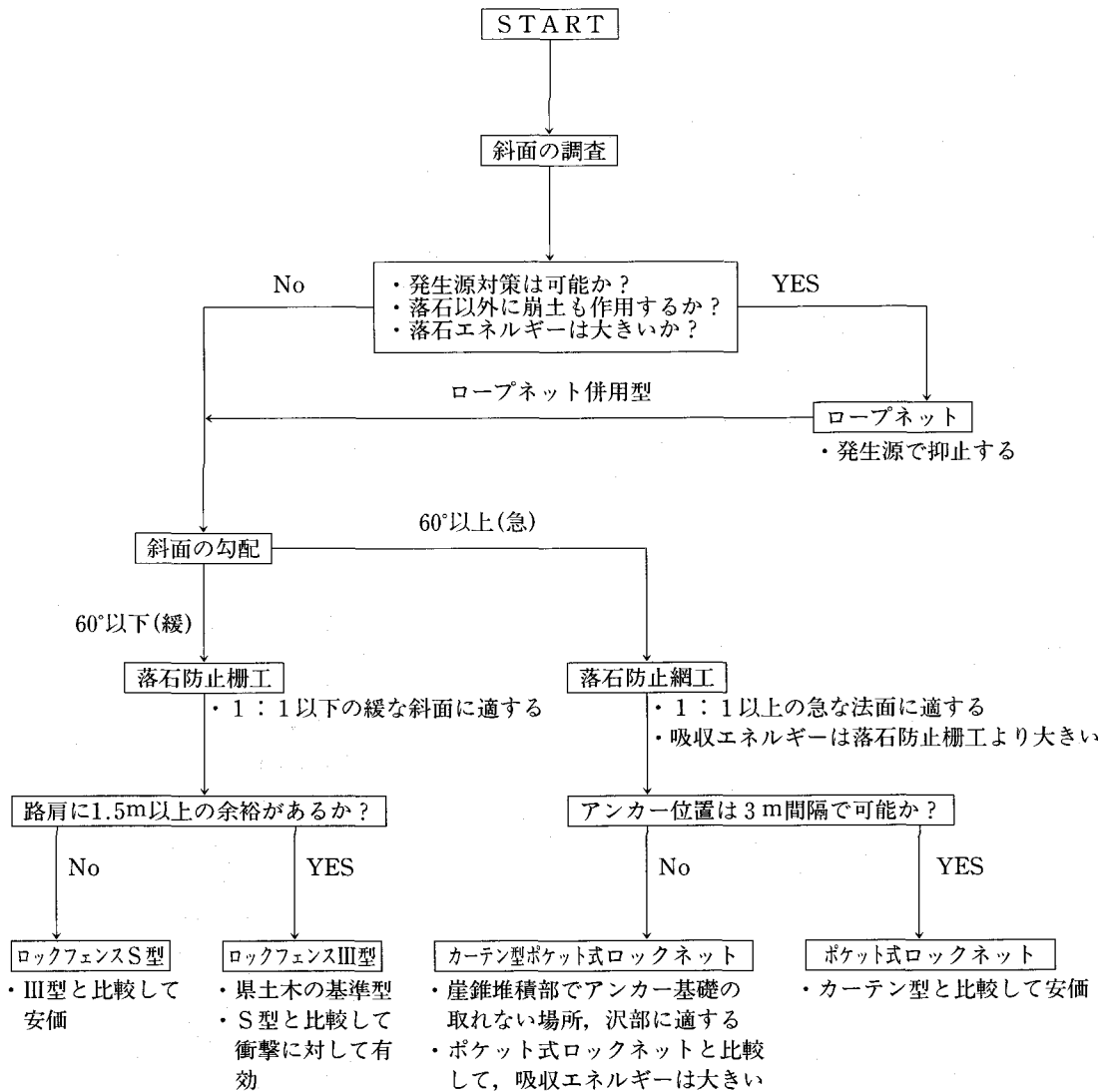


図-5 落石エネルギーの傾向 (落石対策便覧より)



図一6 落石対策工設計フローチャート

以上を踏まえ、当地区においては次表のとおり対策工法を選定した。

大島ダム地区における落石対策工選定表

調査No	測 点	工 種	比較対象工	選 定 理 由			判 定
				斜面勾配	法 高	落石エネルギー	
1～17	No.27	撤去工	フェンス, ポケット	1:0.5	17	小	法肩部に数個あるので, 上部斜面には転石がない。
	No.28	撤去工	フェンス, ポケット	1:0.5	14		
	No.34～ No.37+12.5	ポケット式	フェンス, カーテン型	1:0.5～1:1	5～25	小	法高, 法勾配, 路肩部スペース, 落石エネルギーよりポケット式とする。 高さは, 10m～20m。
	No.37+12.5～ No.42+5.0	カーテン型 ポケット式	ポケット式	1:0.5	25		
	No.36+10.0	ロープネット	ロックアンカー	40～60°	大	上部斜面にはφ1～3mの大転石がある。法面直近部はロープネットを併用し, 発生源で押さえることができる。しかしながら, 落石発生源は, 山頂部にもあり, ロープネット併用によって全てを押さえることは経済的にも好ましくない。一方, アンカー設置の為に良好な地盤が必要であるが, 沢の部分はガイ錐堆積物で埋まり歩くだけで崩壊する斜面となっている。沢～尾根が交互に法面に出現し, 尾根部は岩盤が露出し, この岩盤にアンカーを取ることとし, カーテン型ポケット式ロックネットを採用する。	
	No.38+10.0	ロープネット	ロックアンカー	40～60°			
	No.40	ロープネット	ロックアンカー	40～60°			
	No.42+12.0～ No.51+6.0	ポケット式 ロックネット	ロックフェンス	1:0.5	15～20	中	法面勾配, 法高, 落石エネルギーよりポケット式とする。 奥の深い沢であるが, 出水はほとんどなく浸透している。待避所兼用タイプとする。
	No.51+6.0～ No.52+7.0	ロックフェンス III型	ポケット式	35°～40°	自然斜面		
	No.52+7.0～ No.60+13.0	ロックフェンス S型	ロックフェンス III型	1:1	20	小	ロックフェンスI型が標準となるが, 路肩部スペース及び法尻掘削による安定性からS型とする。
	No.60+13.0 No.65+6.5	ポケット式 ロックネット	ロックフェンス III型	1:0.5～1:1	25		
No.65+6.5～ No.67+3.0	ロックフェンス S型	ポケット式 ロックネット	1:0.5	5	中	フリーフレーム区間であり, ロックフェンススペースがなくポケット式とする。 待避所兼用とするロックフェンス式とする。又, 用地がない為, ポケット式は不可。	
No.67+3.0～ No.74+12.0	ポケット式 ロックネット	ロックフェンス III型	1:0.5	25			
No.74+11.0～ No.78+7.0	ロックフェンス IV型 (土中建込)	ポケット式 ロックネット	40°～45°	現 況	小	フリーフレーム区間であり, ロックフェンススペースがなくポケット式とする。 切法が生じない区間であり, 標準タイプのIV型とする。待避所を設ける区間は, IV型のコンクリート壁型を使用する。	
No.78+7.0～ No.80+3.0	ポケット式 ロックフェンス	ロックフェンス	1:0.5	15			
18～22	No.90+18.0～ No.92+8.0	ポケット式 ロックネット	ロックフェンス	1:0.5	15	中	法面勾配よりポケット式とする。 1号TN入口。斜面上の大きな石はほとんどないが, φ0.2～0.3の埋った石がある。フェンスとする。
	No.94+14.0	ロックフェンス III型					
23～24	No.105+8.0	ポケット式+ フェンス併用			大	1号TN出口部, 坑口直上の斜面(ガケ)からの落石はポケットで防護する。坑口上の為, ポケット下からののみ出し, 管理上よりフェンスを併用する。 TN坑口左側は急勾配の岩斜面であり, 法勾配, 高さよりポケット式とする。	
	No.105+12.0～ No.109+8.0	ポケット式 ロックネット	—	1:0.3～0.5			25
30～40	No.0+9.0～ No.3+10.0	ポケット式 ロックネット ロープネット	—	1:0.3～0.5 45°	小	法勾配, 高さよりポケット式とする。尾根部に大転石群があり, 地形上より路面への落石の危険が比単に大きく発生源で防止する。 1号橋橋脚防護, 基礎工施工の為, 仮設的にも必要であり, 本設としてポケット式とする。 2号TN坑口, 落石エネルギーは小さくフェンス式とする。	
	No.5+13.0～ No.10+15.0	ポケット式 ロックネット	擁壁式	45°			現 況
	No.13+2.0～ No.36+11.0	ロックフェンス III型					
25～29 A1～A4	No.62+8.0～ No.68+15.0	ポケット式 ロックネット	フェンス	1:0.7～1.0	20	小	路肩部スペースがなく, 上部斜面からの落石も小さい為, 低いポケット式とする。 法勾配, 高さよりポケット式とする。 強風化の露頭岩の範囲が広く, 落石エネルギーも大きい為, 発生源抑止するロープネットを併用する。
	No.76+6.0～ No.83+14.0	ポケット式 ロックネット	—	1:0.7～1.0	21		
	No.77+10.0～ No.80+10.0	ロープネット	ロックボルト	45°	現 況		

5. ポケット式ロックネットによる事例紹介

ここでは当地区において最も頻繁に使用しているポケット式ロックネットの設計の考え方について述べるものとする。

①設計の基本

落石防止網は、それを構成する各部材の性能をその限度いっぱいまで同時に発揮させるようにすることによって可能吸収エネルギーを最大とすることができる。しかし、各部材の性能差、市場性、保守等を勘案するとそれは困難であり、ネット以外の諸部材がネットより先に破壊しないことを原則とする。したがって、ポケット式落石防止網はネットの吸収エネルギーを基準として、図-7のプロチャートに基づき設計するものとする。なお、上部からの落石エネルギーが防止網の可能吸収エネルギーより大きい場合には、落石防止柵、落石防止擁壁、落石覆工などと併用するのがよい。

②ポケット式落石防止網の計算

計算フロー

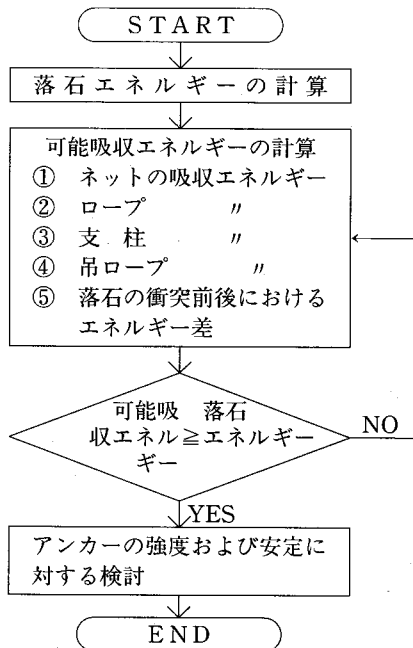


図-7 ポケット式ロックネットにおける落石吸収エネルギーの計算

③設計上の留意点

落石防止網の性能を発揮するうえで重要なロープのアンカーは、ロープの性能を充分発揮するまで強度不足や移動等が生じないように設計しなければならない。

アンカーの最も危険な状態を想定すると、落石が直接ロープに衝突する場合であり、ワイヤーロープの破断荷重に耐える強度とすることが望ましい。

しかしながら斜面の状況、施工性に依拠してロープ張力によって決定することもある。

当地区では後方の考えにより、張力による場合の最大張力として考えられるケースは、1本が破断し他の1本に負担がかかる時である。従って、計算上張力を2倍とした値とロープ破断荷重を比べ、小さい方の値をアンカー張力とする。落石によるロープの張力は、石の大きさ、落下高によって異なるが、石が大きいほど張力が大きくなっていることがわかり、落下エネルギーより落石荷重の影響が大きい。従って、アンカー力は設計対象落石によって決定するものとする。

④フローチャートに基づく施工管理

図-8に基づき、現場施工上留意すべきポイントについて述べるが、落石の危険を完全に防ぐため、各項目の施工には必ず検査・確認を行い充分機能が発揮できるものに仕上げるよう施工しなければならないと考える。(設計・施工管理基準については、愛知県土木事務所基準を準用)

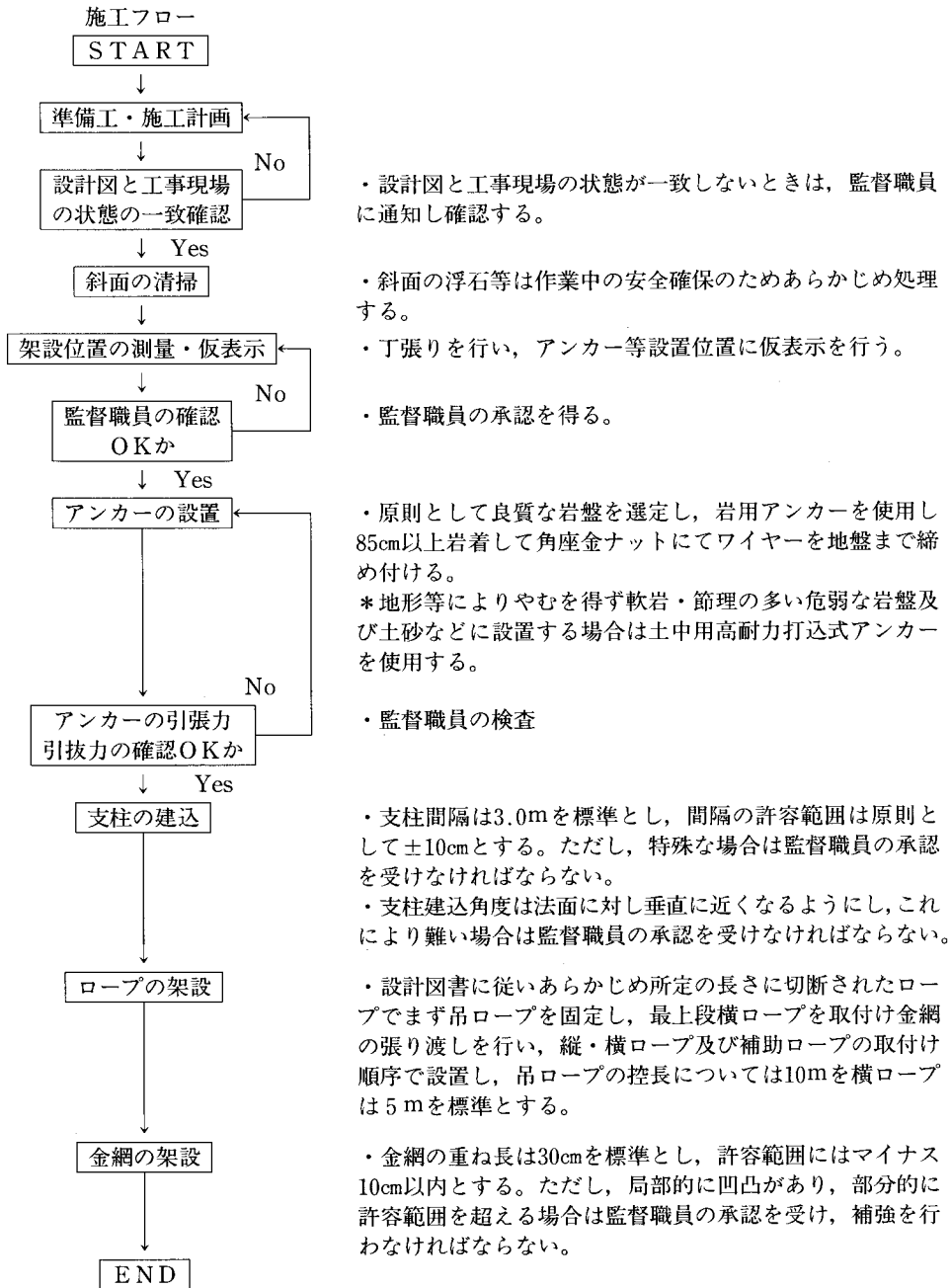


図-8 ポケット式ロックネットにおける施工管理

6. おわりに

落石対策工の設置にあたっては、現地を充分調査したうえで落石対象範囲及び落石対策工のタイプ決定を検討することがポイントと考え本報では特に重点をおいて紹介した次第である。

本地区では幸いにも今のところ転石による被害等もなく、落石対策工の具体的な効果も確認でき

ないが、今後もより安全で経済的な対策工の検討を進めていかなければならないと考えている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧
- 2) 高速道路調査会：落石防護工の設置に関する調査研究報告書

カラマツ木材チップの暗渠疎水材への利用

北川 巖* 横井 義雄* 津田 真由美**
(Iwao KITAGAWA) (Yosio YOKOI) (Mayumi TUDA)

目 次

I. はじめに	54	III. 結果及び考察	56
II. 試験方法	54	IV. おわりに	62

I. はじめに

生産基盤の排水性は土壌の間隙構造に大きく影響され、北海道における農耕地の約41%が排水性に劣っており、作物生育に必要なマクロ間隙が不足している。また、土壌の物理環境は近年の営農管理作業の大型機械化及び悪条件下における無理な耗起によって、土壌構造の劣化、土壌の練返し引き起こされ、排水機能が低下している。そのため、排水性の向上には、人為的なマクロ間隙の生成が必要である。その方法として現在行われていることは、暗渠や心土破碎、土層改良等である。これらにより、土壌の物理性を改善しながら良好な作物生育環境や営農作業環境を確保しなければならない。

北海道における土壌の物理性の劣化の原因は土壌生成の面もあるが、主に春先の多量の融雪水と寒冷地ゆえ融雪期から営農作業までが半月から1月間と短期間であるため、余剰水の排除が行われない面がある。そのため土壌水分が過飽和状態で営農作業が行われることにより土壌構造の劣化および排水不良の悪循環を引き起こされている。排水は農業全般にわたり大きな影響を与えるためその改良が古くから行われてきた。特に圃場内での排水管理には今や暗渠は欠かせない。しかし、北海道のような寒冷地においては現状の暗渠の構造では大型機械営農作業体系に不十分であり暗渠の高水準化が必要となってきた。暗渠の

高水準化において被覆材と疎水材の定義を確定し、全ての暗渠に疎水材の導入がまず必要となってくる。

現在、北海道では暗渠疎水材としてモミガラ、砂利、火山灰、貝殻などが利用されている。しかし、畑地帯では疎水材として供給可能な資材が少なく、水田地帯でも主要な資材であるモミガラの供給量が不足している。そのため、北海道の多くの地域で供給可能であり、疎水材としての機能に優れた資材の開発が必要となっている。

北海道において現在、本道の主要樹種（北海道、長野県で多く植林が行われた。）であるカラマツが未利用資源化しており、北海道庁においても、その広域的な有効利用が求められている。そこで、カラマツの木材チップ（パルプ用チップ材、以下カラマツチップとする。）を暗渠疎水材へ利用し、その適応性について検討を行った。

本報告では全道的に生産されているカラマツチップを暗渠疎水材の一資材として利用することで暗渠の機能向上に貢献できる結果が得られたので報告する。

本報告には北海道農政部、北海道林務部、上川支庁農業振興部南部耕地出張所、日高支庁農業振興部に多大なる御協力を得た。筆者らは以上の各位に深く謝意を表す。

II. 試験方法

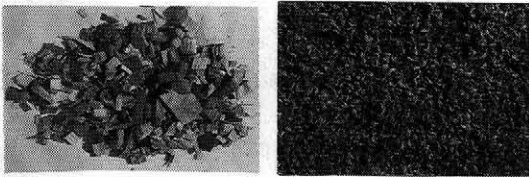
1. 供試資材（カラマツチップ）の理化学性

カラマツチップはパルプ用チップ材（一次製品）とし生産されているもので、最大粒径40mm、

*北海道立中央農業試験場
**北海道立林産試験場

平均粒径20mmの平板状の粒（写真1参照）で、物理性は（JIS A 1218に準じ）1000cm³モールドにより測定した結果、表1に示したように乾燥密度0.17g/cm³、間隙率91%で飽和透水係数も10⁻²cm/sオーダーと良好であった。モミガラに比べ乾燥密度が1.5倍と大きい、施工効率には問題とならない程度であった。間隙率もモミガラと同程度であるが粗間隙が多く現地での透水性が良好であることが期待された。また、モミガラに比

べ圧縮に強いのも特徴であった。カラマツチップの主成分は表2に示したように、糖類とリグニンであった。また抽出成分も糖類であった。カラマツチップの問題点としては針葉樹に多く含まれる成分であるリグニンの分解物フェノールの影響、腐朽の進行と物理性の低下速度（耐久性）、疎水材としての基本的機能（透水性、形状維持等）の効果及び持続性である。



カラマツチップ

モミガラ

写真一 1 カラマツチップの外観
（モミガラとの比較）

2. 試験圃場の概要

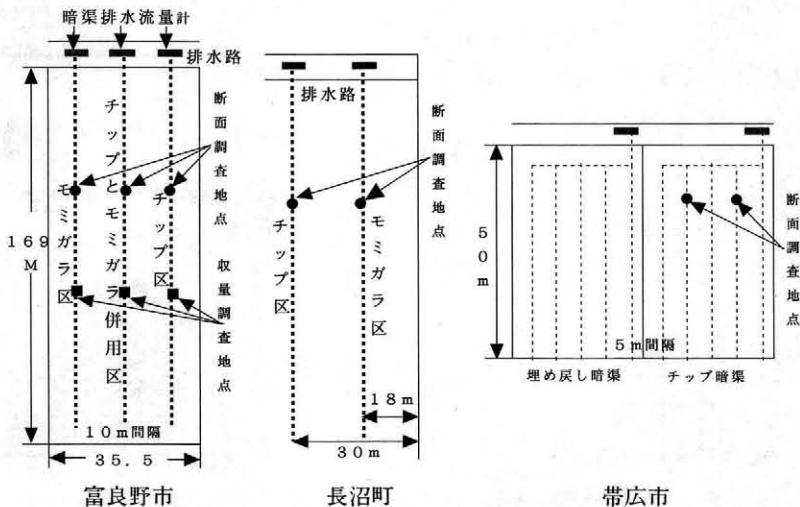
試験圃場は上川管内富良野市の水田（無機質表層低位泥炭土）及び空知管内長沼町の水田転換畑（灰色低地土）、十勝管内帯広市の畑地（厚層黒色多湿黒ボク土）を対象に試験及び調査を実施した。富良野市における試験圃場では図1に示すようにカラマツチップを疎水材に使用した暗渠とカラマツチップとモミガラを併用した暗渠を施工した。対照区としてモミガラを疎水材に使用した暗渠を

表一 1 カラマツチップの物理性

	乾燥密度 (g/cm ³)	間隙率 (%)	含水率 (%)	飽和透水係数 (cm/s)
カラマツチップ	0.17	91	3	1.7×10 ⁻²
モミガラ	0.11	91	2	1.2×10 ⁻³

表一 2 カラマツチップの化学成分

	冷水抽出率 (%)	リグニン (%)	セルロース (%)	ヘミセルロース (%)	灰分 (%)	全炭素 (%)	C/N
カラマツチップ	7.8	25.6	48.4	16.1	0.11	48.6	1619
モミガラ	—	—	—	—	19.3	39.2	230



図一 1 試験圃場の概要

表-3 試験圃場の一覧

	富良野市	長沼町	帯広市
経過年数	1～2年	6～7年	11～12年
種類	トレンチャー掘削合成樹脂管	トレンチャー掘削素焼き土管	トレンチャー掘削合成樹脂管

用いた。試験圃場は北海道で標準的な区画の30 aで水田の暗渠で標準的な12m間隔で施工した。また、表3に示すように長沼町（施工後6～7年経過）及び帯広市（施工後11年経過）の試験圃場では、カラマツチップ疎水材の暗渠についてカラマツチップ疎水材の耐久性を主に検討した。

3. 疎水材別暗渠の概要

本試験における暗渠は、トレンチャー掘削人力埋戻しによる施工で、暗渠の構造について図2に示すように疎水材の使用法別に3パターンについて検討した。使用パターンはカラマツチップ疎水材のみの暗渠、カラマツチップとモミガラ併用疎水材の暗渠としてカラマツチップ疎水材を深さ43cm以下に埋設し、耕起や心土破碎時の掘削防止層としてモミガラ疎水材を作土以下に埋設した暗渠、対照としてモミガラ暗渠とした。全ての暗渠とも現地で実施されている形状と同一にし、深さ80cm、掘削幅15cm、埋戻し深さ25cmとした。

4. 調査内容

富良野市においては暗渠の疎水材の差による機能的側面の把握のため落水後の暗渠排水量、暗渠から1及び5m地点の地下水位、暗渠から1m地点の土壌水分（収穫直後）、降水量、資材的側面から基本物理性、化学成分、土砂混入率、作物的側面から生育収量、発芽試験、環境面から水質の調査を行った。

施工後数年経過した長沼町及び帯広市試験圃場

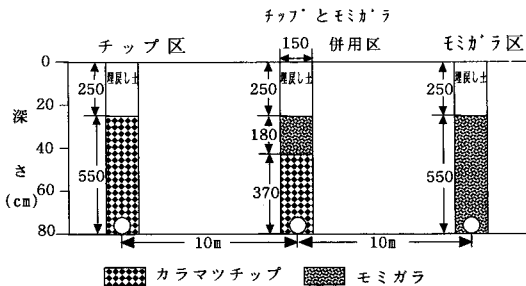


図-2 疎水材別暗渠の概要

では資材の耐久性の把握を中心に資材的側面から断面形状の変化、基本物理性の変化、化学成分の変化、土砂混入率の変化等を調査した。

III. 結果及び考察

1. カラマツチップ疎水材暗渠の排水性

図1に示した富良野試験圃場において暗渠排水量調査を行った。水田の落水時、降水時の排水量を日排水量で比較すると、図3と図4に示すとおりカラマツチップ疎水材暗渠、カラマツチップとモミガラ併用疎水材暗渠、モミガラ暗渠の順に排水量が多く、チップの排水効果が高いことが確認された。また、排水に伴う地下水位の低下も図5のようにチップを使用した暗渠で迅速に行われていた。また、図5のように地下水位変動もカラマツチップ疎水材を使用することで余剰水の迅速な排除が行われたため、降水による地下水位の上昇

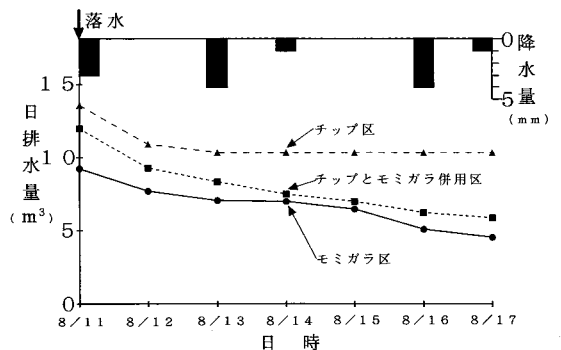


図-3 落水時の疎水材別暗渠排水量

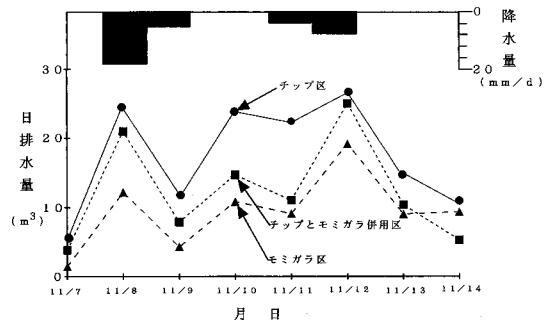
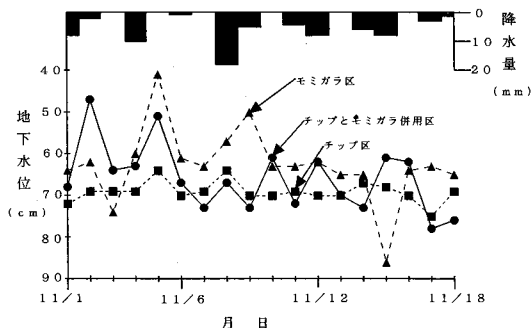


図-4 降水後の疎水材別暗渠排水量



図一五 降水後の地下水位変動

を抑えることが出来た。

さらに、表4のように土壤水分も余剰水分の排除がチップで速やかに行われることから、飽和度が低下している。以上のことからカラマツチップは疎水材としての優れた排水機能を有していることが確認された。

2. カラマツチップ疎水材暗渠の断面形状の変化

カラマツチップは従来から使用されてきたモミガラに比べて形状の維持機能が高い。モミガラの場合は、施工後の埋め戻しや水移動等の圧縮や再充填により形状が安定するまで時間がかかり疎水材充填部分の形状変化が認められた。カラマツチ

ップの場合は資材自体が圧縮に強く、形状の変化が通常は認められないため設計断面で安定する。施工後の断面調査の結果、設計どおりであった。

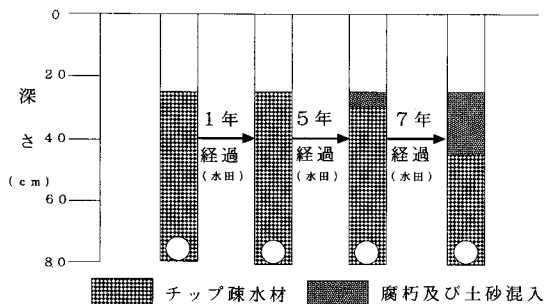
暗渠（特に疎水材）の形状変化を見ると、図6のように1年経過したカラマツチップ疎水材は一切変化が認められなかった。モミガラ疎水材の場合、2～3年程度でも営農管理による掘削や土砂による圧縮、水移動に伴って疎水材部分の減少が認められる場合がある。5年経過したカラマツチップ疎水材暗渠では土砂混入が5 cm程度侵入している程度であった。形状は施工時と同様であるが疎水材の腐朽が多少進行し始めていた。有機質資材の疎水材が分解されやすい畑地条件で11年経過した暗渠では疎水材部分が約60%程度になっており体積減少が認められた。しかし、疎水材としての機能は有していた。この条件でモミガラ疎水材、麦稈や稲藁被覆材を使用した場合、腐朽の進行が速く10年以内に炭化しており疎水材としての機能は極めて低下しているであろう。

3. カラマツチップ疎水材の経年変化

カラマツチップ疎水材の経年変化を物理性、化学性について、また、細胞レベルで検討し、疎水材としての耐久性（耐久年数）について検討した。

表一四 疎水材別の収穫時の土壤水分比較 (H 8, 10/13)

		間隙率 (%)	飽和度 (%)	三相分布 (%)		
				固相	液相	気相
カラマツチップ区	作土	53	75	47	40	13
	心土	59	69	41	41	18
チップとモミガラ併用区	作土	46	80	54	37	9
	心土	45	78	54	35	11
モミガラ区	作土	44	84	57	37	6
	心土	43	83	57	36	7



図一六 カラマツチップ疎水材の経年変化

表-5 カラマツチップの物理性の経年変化

	原料	1年経過	6年経過	7年経過	11年経過
2 cm以上 (%)	22.8	29.7	20.3	0	0
2 mm ~ 2 cm (%)	77.2	67.2	74.6	79.3	21.1
2 mm以下 (%)	0	3.1	5.1	20.7	78.9

1) 疎水材の物理的变化

カラマツチップ疎水材の物理性の経年変化を細粒化の程度について評価した。表5に示すように、1年程度では腐朽の進行による細粒化が認められない。7年目以降になると最大粒径のオーダーが5~20mmに低下しており腐朽の進行が進んでいることがうかがえた。現地の観察では施工後5年経過以降に腐朽の進行による物理的变化が起こると考えられた。10年程度経過すると物理的变化も顕著になってくるが、形状は保たれており疎水材としての機能は有していた。一方、モミガラは5年程度経過すると物理的变化が認められていた。7年経過すると物理的变化が顕著になり10年で疎水材の機能が低下すると考えられた。

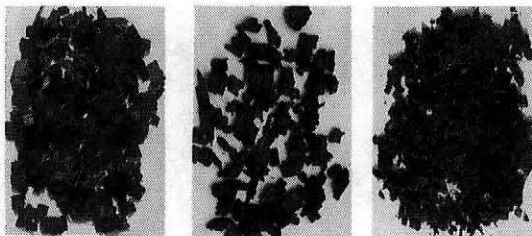


写真-2 カラマツチップの外観の経年変化

2) 疎水材の化学的变化

化学成分の経年変化は図7に示すように施工後

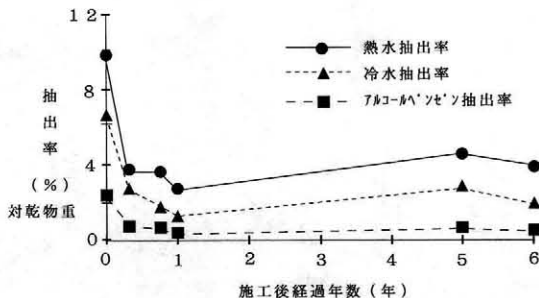


図-7 カラマツチップ抽出物の経年変化

4ヵ月~1年程度経過すると試料の冷水及び熱水抽出率が低下した。カラマツチップの抽出成分は施工後早い時期に流出すると考えられた。疎水材からの流出物質は糖の分解物と推定された。経年変化とともに抽出された成分は、流出物の主成分であると考えられた。

カラマツチップの成分の経年変化は表6のように年数の経過によりC/N比が減少し腐朽が進行していた。また、腐朽の進行に伴い糖類(セルロース, ヘミセルロース)が減少した。一方、リグニンは分解されにくいため見かけ上増加していた。これは、腐朽の進行程度が初期段階の軟腐朽であることを裏づけていた。疎水材は常時、飽和状態にあり軟腐朽菌以外の腐朽菌の活動が抑制されていた。一般的に木材の年間炭素分解率は0~20%であり、その中で最も遅いランクに分類された。疎水材として利用された場合の分解程度をリグニン量から推定すると5~6年経過程度で約30%で10年程度経過したもので約40%であった。さらに、カラマツチップは腐朽の進行とともにリグニンの割合が増加するため、分解が抑制されていく。そのため、経年的に腐朽の進行が抑制されていく。

疎水材の分解は、特に土壌条件に左右される。本試験において、暗渠施工後5年以上経過した長沼町及び帯広市の試験圃場は転換畑及び普通畑で好氣的条件下であるため、本報告では分解率が大きめに評価されている。しかし、水田の暗渠疎水材にカラマツチップを使用する場合、飽和状態(嫌氣的条件)であり、分解率が小さくなり、腐朽の進行が抑制されると考えられた。

一般的に疎水材として使用されているモミガラと比較すると、カラマツチップは5年程度までは似た腐朽の進行であるが、それ以降の腐朽の進行が遅かった。

3) 疎水材の細胞組織の変化

顕微鏡的手法により、カラマツチップの組織

表一六 カラマツチップの成分の経年変化

	原料	4カ月	1年経過	6年経過	11年経過
リグニン(%)	25.6	28.2	30.1	34.6	53.1
セルロース(%)	48.4	48.6	47.8	39.7	—
ヘミセルロース(%)	16.1	16.7	16.6	14.7	—
全炭素(%)	48.6	50.1	49.8	50.2	46.2
C/N	1619	834	553	157	91

変化から腐朽の形態及び進行について検討した。光学顕微鏡による観察・撮影後、画像解析装置により細胞壁の面積率を算出し、その変化率から腐朽の進行程度を推定した。

一般的に褐色腐朽の場合、解繊により細胞が溶解及び崩壊し細胞断片が多く見られ、軟腐朽の場合、空洞を形成する。6年経過したチップは崩壊した細胞が認められず、腐朽の形態は主として軟腐朽であることが確認された。経年変化の詳細は写真3及び以下のとおりであった。

- ①1年目：部分的に腐朽していたが、大部分は健全な細胞であり、特に早材部は全く攻撃を受けていない。
- ②6年目：全体的に黒ずみ、腐朽は全体的に広がっていた。晩材部はかなり攻撃されていたが、早材部はほとんど攻撃を受けていなかった。
- ③11年目：さらに腐朽が進み、細胞の欠落部も

所々見られたが、早材部はかなり健全であった。

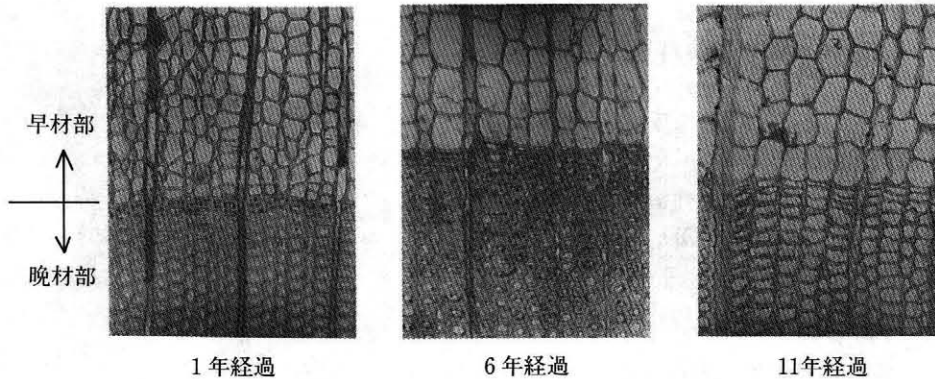
以上の観察結果から、細胞壁の厚い晩材部が早く攻撃され、早材部はかなり後になってから侵されることが確認された。

そこで腐朽の進行程度を推定するため、晩材部分の面積率を測定し崩壊率を求めた。表7のように細胞壁の崩壊率は1年で12%、6年で32%、11年で47%となり、化学分析によるリグニン量からの重量減少率とほぼ一致する。

軟腐朽菌はリグニンを分解しないため、残留部分はリグニンに富む組織であり、含有率が増加するため腐朽進行速度は遅くなる。

4) 疎水材への土砂混入

カラマツチップは粗間隙が多く、営農管理による耕起時の掘削・土砂の混入、水移動にともなう土砂の流入が発生すると考えられた。そこで、土



写真一三 カラマツチップの細胞壁の経過変化

表一七 細胞壁面積減少率の経年変化

	原料	1年経過	6年経過	11年経過
細胞壁の面積率(%)	75.9	66.9	51.4	40.1
対原料比(%)	100	88.2	67.7	52.9
崩壊率(%)	0	11.8	32.3	47.1

砂混入率の経年変化を把握するため強熱減量により混入率を調査した。対照としてはモミガラ疎水材を使用した。

土砂の混入は図6のように疎水材の上部で多く主に埋戻し土の混入であると考えられた。カラマツチップの場合は、暗渠の中部まで土砂の混入が認められたが、モミガラは疎水材中部ではほとんど土砂の混入が認められていなかった。これは、チップの間隙が大きいいため土砂の混入を起しやすいくことを示していた。土砂の混入は疎水材部分への腐朽菌の侵入を助長し、排水効果の低下を引き起こす原因となるため防止できれば好ましい。試験圃場では図2のようにチップとモミガラを併用し、モミガラ層をチップの上に作り土砂の混入及び営農による過剰な掘削を防止した。

表一 8 チップ疎水材への土砂混入率の経年変化

	原料	1年経過	6年経過	11年経過
灰分(%)	0.2	0.2	3.2	8.9
土砂混入率(%)	0.0	0.1	3.0	8.8

4. カラマツチップ疎水材の影響調査

1) 排水の水質の変化

カラマツチップは樹皮部分に多く含まれるリグニンの分解物であるフェノール物質が作物体及び排水の水質に影響がないか問題となっていた。そのため、暗渠排水の水質調査を行った。

図8に示したように暗渠の水質は施工直後にCOD, BODが高くなっているが、これは施工後初めての流出のため土砂や資材等及びそれらの溶出物によるものであった。

表9に示すように、カラマツチップ疎水材の暗渠は施工直後、モミガラよりCOD, BODが高い。

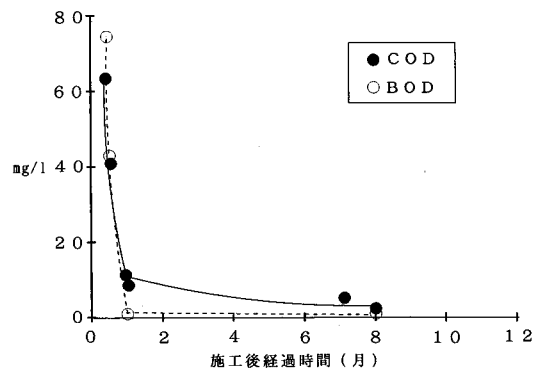
表一 9 疎水材別暗渠排水の水質変化 (富良野の水田)

		施工後8日	施工後28日	4ヶ月経過	8ヶ月経過
チップ疎水材	COD	158.0	55.6	37.0	37.5
	BOD	161.5	21.0	0.8	9.6
	pH	5.57	6.24	6.01	5.97
チップとモミガラ併用疎水材	COD	62.5	39.1	38.3	33.7
	BOD	44.8	7.3	2.3	2.3
	pH	5.73	6.24	6.06	5.96
モミガラ疎水材	COD	20.6	42.7	37.7	40.3
	BOD	5.1	7.7	2.7	3.6
	pH	5.72	5.90	5.80	5.86

これはカラマツチップに含まれる成分が溶出するためであると考えられた。それは、施工後8ヶ月の暗渠排水のpHに比べ施工後8日のpHがチップ疎水材、チップとモミガラ併用疎水材、モミガラ疎水材の順に低下していることから裏づけられた(通常、カラマツチップの抽出成分はpHは4.7程度)。この流出物の成分は化学分析の抽出成分の変化から主に糖の分解物であると考えられた。施工後1ヶ月程度経過すると水質(BOD, COD)も低下し安定する。暗渠全般に施工直後は多くの物質が一気に流出するが、時間とともに減少し安定する傾向にあった。

排水中には懸念されていたフェノールについてL-アミンアンチピリン法(JIS K0102 工業排水試験法 検出限界0.025ppm)により検出されなかった。カラマツチップ疎水材からの流出物は化学分析の結果からも主に糖類の分解物であることが明らかであった。

2) 作物の反応試験



図一 8 チップ疎水材暗渠の排水のBOD, COD変化 (注 本データは富良野の隣接する転換畑圃場を使用)

カラマツチップ疎水材を実際に現地で使用していくとき一番懸念されたのが作物生育への影響であった。特に樹皮部分に多く含有しているフェノール物質の作物への影響について検討が必要であった。表10に示したものはカラマツチップの冷水抽出液による発芽試験である。発芽及び作物生育を抑制する物質の有無を検討した。その結果、発芽率も通常の営農許容範囲の90%を確保しており冷水抽出液の使用においても発芽率の減少はなかった。また、表11に示したようにポット試験による根圏域への影響を調査した。結果は根重、乾物重ともに影響が認められなかった。さらに、現地においてカラマツチップ疎水材暗渠とモミガラ疎水材暗渠の比較において総合的な検討を行った。調査年である平成7年は夏期の一時期に集中的な降水があり湿害の傾向が本地域において認められた。チップ暗渠においては排水の効果が作物に認められやすい畑作物（タマネギ）において、品質の向上効果が認められた。収量もチップを使用し

表一10 カラマツチップの抽出液による発芽試験

	発芽率(%)	
	平成6年産	平成7年産
チップ冷水抽出液	92.5	100.0
対照(脱塩水)	90.0	99.8

表一11 えん麦によるポット試験（作物体調査）

	草丈(cm)	乾物重(g)	根重(g)
カラマツチップA	65.5	10.2	7.0
カラマツチップB	60.0	9.5	7.9
原土区	65.5	9.6	6.0

注)カラマツチップA：ポットの下1/2までチップを入れた処理
 カラマツチップB：ポットの下1/2までチップと土を混合した処理

た疎水材の暗渠においては地域の平均以上であり、モミガラ疎水材暗渠に比べても品質、収量ともに優っていた。水田においては中干し、落水時の迅速な排水によりモミガラ暗渠と同等以上の収量があった。また、適時に収穫機が入れる圃場条件となっており、適期収穫による品質向上が期待される。

5. 施工費用の比較

各施工の処理別に施工費用の概算を暗渠100m(10a)当たりについて疎水材別に比較した。施工費用は現段階ではモミガラと同じ施工費用で出来ることが確認されており、疎水材の費用の差が施工費用の差になる。表13のように疎水材費用の差はカラマツチップ疎水材の場合、モミガラに比べて3割程度高くなっている。施工費用全体から見ると1割程度の費用の増加となっているが、耐久性、排水効果を考慮すると、費用的にも十分に使用可能な資材である。さらに、平成9年からは標準単価を設定していく方針にある。これにより資材の一定価格、安定供給が実現され、事業計画と実施のギャップがなくなると思われる。

表一12 カラマツチップ疎水材暗渠の収量調査

玉ねぎ	チップ疎水材区	チップとモミガラ疎水材併用区	モミガラ疎水材区
収量(kg/10a)	9787	9007	6933
LL(%)	20	39	0
L大(%)	69	40	17
L(%)	11	15	65
M(%)	0	6	16
S(%)	0	0	2
水稻			
玄米重kg/10a	616	608	610

表一13 施工費用調査（直接工事費）

10a 当たり (円/100m)	チップ疎水材区	チップとモミガラ疎水材併用区	モミガラ疎水材区	施工条件
土木施工費用	28,900	28,900	28,900	トレンチャーによる掘削・人力埋戻し ネジ式水甲(合成樹脂管 4 m) 施工条件普通・粘質土 ライスセンターから10km以内 工場等から40km以内
暗渠管資材費用	47,765	47,765	47,765	
疎水材費用	33,654	31,332	26,559	
資材運搬費用	10,173	10,173	10,173	
合計	120,492	118,170	113,397	
対モミガラ比	106	104	100	

また、本道の林産業界としても未利用資源の新規需要となり安定的な需要の確保となる。本試験のカラマツチップの暗渠疎水材への利用は、農林の両業界の発展、本道の一次産業において有効な交流である。

IV. おわりに

カラマツチップの暗渠疎水材としての適応性について検討した結果、要約は以下の通りである。

- ①カラマツチップはモミガラに比べ、粗大間隙が多く、透水性も 10^{-2} (cm/s) オーダーと良好で有機質資材としては圧縮に強い。
- ②施工性もモミガラと同程度であり施工後の形状は安定している。
- ③カラマツチップ疎水材暗渠は排水性が良好で、資材量の増加に伴い排水性が良好になる。
- ④カラマツチップの耐久性は施工後5年以降から細粒化等の物理的変化が認められたが、従来のモミガラより耐久年数が長いことが認められ、畑地条件下でも10年以上は疎水材としての機能を有する。
- ⑤土壌条件によるが、カラマツチップ疎水材の場合、土砂の混入が多く、土砂混入部分での腐朽の進行が早くなる恐れがあるため、モミガラ等によるフィルター層（チップの上にモミガラを投入）による防止が有効となる。また、営農管理による過剰な掘削の防止層としても有効であ

る。

- ⑥カラマツチップ疎水材暗渠は排水量、圃場の乾きともモミガラ暗渠に比べ優っていた。
- ⑦カラマツチップ疎水材による作物生育、収量に及ぼす悪影響は認められなかった。また、暗渠排水からフェノール等の有害物質は検出されなかった。
- ⑧本道において疎水材として有効な資材が提案されたことにより、農業、林業の発展に寄与する。本試験は北海道の農林業の交流によるもので、両産業の抱えている考えや思いを理解し協力することで推進することが出来た。今後も産業界の実際的な交流を推進し、北海道の発展に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 梅田安治, 赤澤博: 暗渠排水—その施工技術の発達—(その1), p 1~97, 1982, 7
- 2) 梅田安治: 暗渠排水資材(暗渠管・被覆材の適用効果), 農業土木学会誌, 49巻12号 p1049~1053, 1981, 12
- 3) 横堀将, 三浦和夫, 藤井義昭, 沢田則彦: 北海道開発局技術研究発表会論文集, 30巻 p876~881, 1987
- 4) 農林水産省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準, 計画, 暗きょ排水, 1979

農地の塩害の発現と塩分濃度制御について

—吉野川下流域地区の事例—

菊池 英博*
(Hidehiro KIKUCHI)

目 次

1. はじめに	63	5. 塩害の発現機構	66
2. 吉野川下流域農地防災事業の概要	65	6. 塩分濃度制御と除塩用水量の考え方	66
3. 除塩用水の必要性	65	7. おわりに	68
4. 除塩必要区域の決定	65		

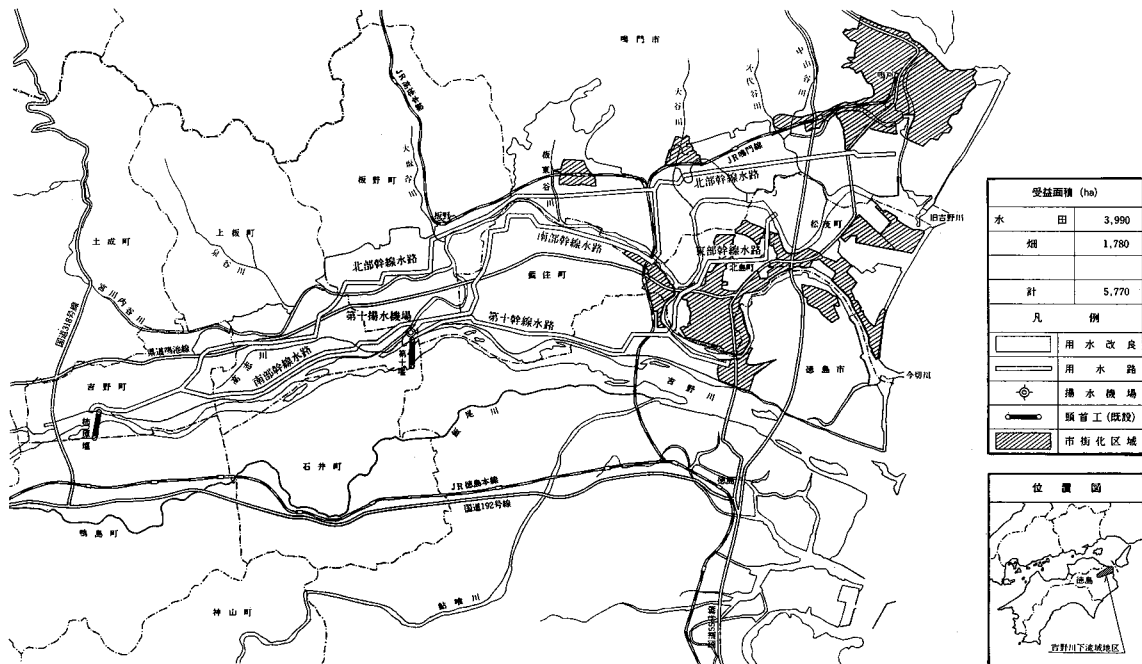
1. はじめに

国営吉野川下流域地区（以下、本地区）は、農業用水の水質悪化解消を目的として平成3年度から実施している水質障害型の総合農地防災事業（以下、本事業）である。位置は図-1に示すとおりで、四国の東部に位置し徳島県を流下する吉野川の左岸域の農地5,770haを受益地としている。

現在、受益地では水稻のほかレタス、ニンジン、レンコン、サツマイモなどの畑作産地として栄え

ているが、近年には都市化・混住化による農業用水の水質悪化が進行しつつある。このため本事業では現況の旧吉野川、今切川といった河口付近の水源に存在している農業用取水口を水質の良好な吉野川上流に合口する計画である。

また、受益地のなかで河口付近に位置し外海または感潮河川に面している地区では、地下水への高濃度塩水浸入により作物被害が発生しているため（表-1および図-2）、淡水供給による塩分制御用水（以下、除塩用水）を計画している。



*中国四国農政局吉野川下流域農地防災事業所

図-1 吉野川下流域農地防災事業概要図

表一 塩害による水稲被害の実態

項目	被害の実態							
	面積 (ha)				被害量 (t)			
	徳島市	鳴門市	板野郡	計	徳島市	鳴門市	板野郡	計
S45	10	41		51	16	27		43
S46		8	2	10		7	0	7
S47	2	1		3	7	1		8
S48	10	10	20	40	8	23	47	78
S49	4			4	2			2
S50	16		2	18	24		1	25
S51	2	2		4	2	1		3
S52	2	0		2	2	1		3
S53	3	5		8	5	2		7
S54		0		0		0		0
S55								
S56	3	1		4	3	0		3
S57		1		1		0		0
S58	18	1		19	8	1		9
S59	8	0		8	4	0		4
S60	7	0		7	2	0		2
S61	0	1		1	0	0		0
S62	—	—	—	—	—	—	—	—
S63								
H1	6			6	7			7
H2	1			1	3			3
H3								
H4		1		1		2		2
H5								
H6								

※一：統計資料なし
 ※水稲被害統計簿より



図一 水稲被害 (塩害) 位置図

本地区では、学識経験者による委員会を開いており、塩害発現機構や除塩の方法について検討を行い、とりまとめを行っている。

本報では、吉野川下流地区での塩害の発現機構や除塩用水に関する考え方について事例紹介するものである。

2. 吉野川下流域農地防災事業の概要

本事業の実施地区は、徳島県の中央部を流下している一級河川吉野川の下流左岸に広がる県下最大の農業地帯で古くから全国に名を馳せた藍の生産地として栄え、今日では京阪神地方への生鮮食料品の供給基地として発展している。

しかし、近年には都市化・混住化がめざましく、人口増加と生活様式の変化と相まって農業用水の水質は悪化している。さらに、地形的に低平地のため地下水の塩水化、地盤沈下による排水不良など水環境が急激に悪化している。

本事業は、徳島市外1市6町の5,770haに及ぶ広大な地域を対象に諸問題の抜本的解消のため、点在する取水口を吉野川の柿原堰と第十堰に合口するとともに老朽化した用排水施設の機能回復として幹線水路の整備を行うものである。

関係市町：徳島市外1市6町（鳴門市、松茂町、北島町、藍住町、板野町、上坂町、吉野町）

受益面積：5,770ha

関係農家戸数：9,008戸

主要工事：取水口 2カ所
用水機場 1カ所
幹線水路 65km
水管理施設 1式

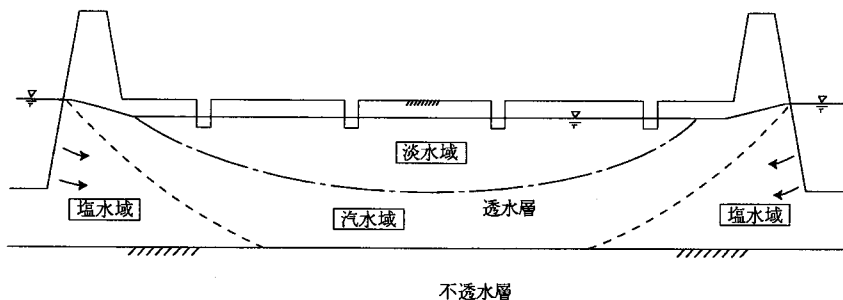
3. 除塩用水の必要性

本地区の河口付近一帯は、図一3に示すように外海または感潮河川に面しているため地域全体が塩水の地下地盤の上に乗ったような状態となっており、外潮位または内水位の変化により地下水の塩水と淡水の平衡状態が崩れると塩水浸入による作物根群域の塩分濃度上昇を引き起こし、作物減収などの被害が発生する状況となっている。このため旧来よりかんがい用水とは別に除塩用水なるものを取水し、用排水路内を流下させ、水路内に浸入する塩水を希釈し、また同時に作物の作土層の塩分濃度上昇を抑制してきた。

本事業の合口取水によりかんがい用水の水質は改善されるが、前述のようなかんがい用水のみでは作付け作物の正常な生育を保証する地下水の塩分濃度にはならないと考えられ、ひいては土の毛管現象により作土層への作物の生育を阻害する濃度の塩水の浸入が発生し、塩害が発生すると予測される。従って合口取水後も作物の作土層の塩分濃度の上昇を防止するための除塩用水が必要となる。

4. 除塩必要区域の決定

除塩を必要とする区域としては、感潮河川あるいは外海に面し、地盤標高が計画外水位（最近14ヶ年間の最大月平均潮位）より低く、かつ現況用排水の塩分濃度が作物の許容値より高いことを条件として図一4に示す範囲（約1,420ha）を除塩必要区域として設定した。



図一3 除塩地区地下水状況概念図

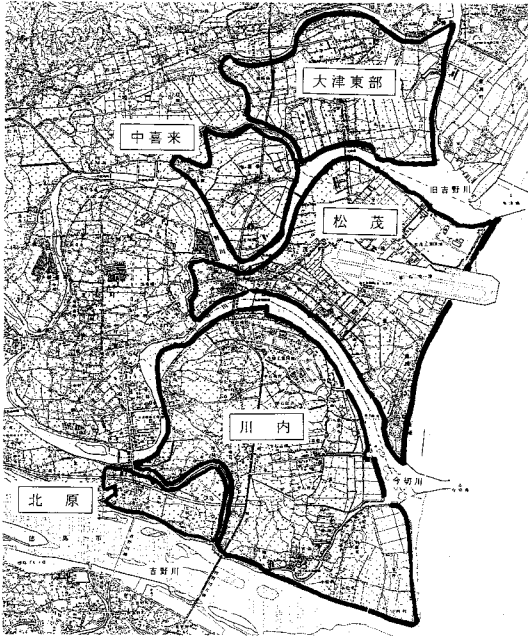


図-4 除塩必要区域

5. 塩害の発現機構

塩害の発現機構は現地調査等により、以下のとおりであると考察される。

- ① 満潮時において外潮位が堤内地下水位が高い場合、堤外から塩水が内外水位差に対応して淡水域を押し上げる形で浸入する(図-5)。
- ② 干潮時、外潮位が堤内地下水位よりも低い場合、堤内の淡水が塩水域を押し下げる形で淡水域の拡大が起こる(図-6)。
- ③ 十分な淡水の供給が行われている状況であれば、干潮と満潮の繰り返しにより上述の①と②の状態が繰り返され一定の周期的変化幅をもった動的平衡状態が保たれる。
- ④ 堤内地への淡水の供給が不十分で平均外潮位が堤内地下水位よりも高い場合、堤内の淡水流出は減少し、塩水が堤内へと浸入し淡水域を押し上げ、塩水域の拡大が起こる(図-7)。
- ⑤ ④の状況が進行した場合、淡水域は塩水域へと変わり作物の根群域の塩分濃度が上昇し、作物の減収並びに品質等に影響を及ぼす。

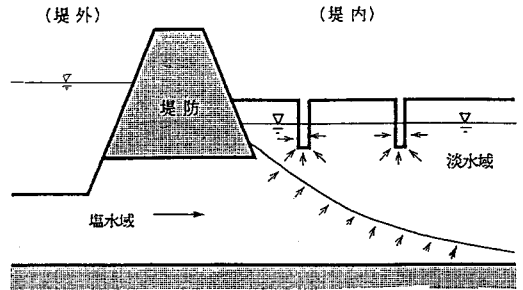


図-5 外潮位高位時

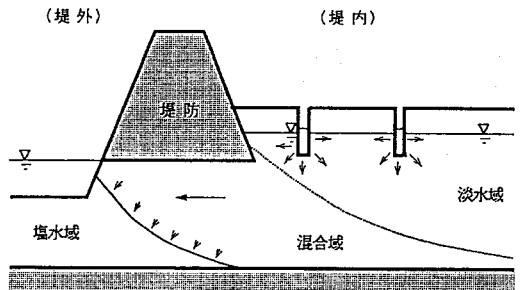


図-6 外潮位低位時

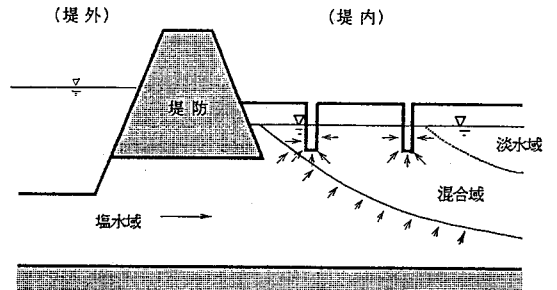


図-7 淡水供給不足時

6. 塩分濃度制御と除塩用水量の考え方

「塩害の発現機構」に述べたとおり、高濃度塩分による塩害を防止するためには、塩分の少ないかんがい用水を地区内に配水する必要がある。これにより、地下水の塩水が抑えられ、高濃度塩分の作土層への浸入が防げると考えられる。

このとき浸入した塩分濃度を淡水による供給で希釈した場合の、淡水供給量と塩水浸入量、塩分濃度の関係は(1)式で示される。

$$N = \frac{Q_s \cdot N_s}{Q + Q_s} \quad (1)$$

ここで、N：希釈後の塩分濃度

Q_s : 塩水浸入量

N_s : 浸入塩水の塩分濃度

Q : 淡水供給量

希釈後の塩分濃度 N は、作物の塩害を防ぐ目的から、当該地区における作物の許容塩分濃度とした。作物毎の許容塩分濃度は委員会の中で検討され、耐塩性作物を除いた中間的な値を当該地区での許容塩分濃度として採用する(表-2)。

浸入塩分濃度 N_s は、平成3年6月~平成4年7月にかけて調査を行った結果を採用する。除塩地区をとりまく感潮河川の下層塩分濃度の平均値とした。

図-8に示す堤防断面を考え、堤体からの浸透を無視し、堤防下層からの浸透量を(2)式、(3)式に示されるダルシー則に従う飽和浸透と考える。塩水浸入量 Q_s は堤防のある位置 i での単位幅流量 q_i と堤防延長 L_i により計算する。

浸透速度 v とすると、

$$v = k \cdot i \quad (2)$$

堤防単位長さあたりの浸入量 q_i は、浸透断面積 $A (= l : H)$ とすると、次式となる。

表-2 主要作物の許容塩分濃度

作物名	塩分濃度(mg/l・cl ⁻)	
	減収無し	減収10~15%
カンショ	300	700
レンコン	300	—
ダイコン	500	1,100
スイートコーン	500	1,100
キャベツ	600	1,000
ハクサイ	1,200	2,400
水稲	600	1,100

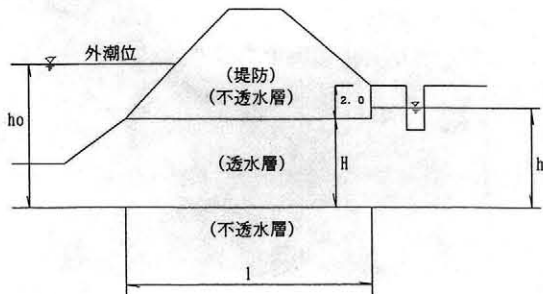


図-8 堤防標準断面図



写真-1 除塩必要地区風景



写真-2 堤防及び農地

$$q_i = A \cdot v = k \cdot H \cdot (h_o - h) / \ell \quad (3)$$

ここで、 v : 浸透速度

k : 透水係数

i : 動水勾配 $= (h_o - h) / \ell$

h_o : 外潮位

q_i : 単位幅当たりの浸透量

ℓ : 浸透路長

H : 堤防下の透水層厚

したがって、全塩水浸入量は

$$Q_s = \sum_{i=1}^n q_i \cdot L_i \quad (4)$$

ただし、堤防延長 L_i である。

ここで、透水係数 k は、ボーリング孔または既存井戸による調査結果を採用する。

動水勾配 i は、当該地区をとりまく堤防の形式毎に内水位及び浸透路長を求め外潮位と内水位との水位差より計算する。

外潮位 h_o は、昭和52年から平成2年までの間の小松島検潮所の観測データをもとに、本事業の用水計画上の取水パターンにあわせた期別水位を設定し、期別水位は期間内での月平均の最大を採

用する。

内水位 h は、堤防形式毎に堤防付近の地盤標高から平均地下水水位を計算する。

浸透路長 l は、堤防形式毎に標準断面図から堤防形式毎の平均浸透路長を計算する。

堤防下の透水層厚 H は、既存資料をもとに堤防形式毎に平均値を計算する。

L_1 は流量 q_1 の堤防延長。

また、(1)式中の淡水供給量 Q は(5)式で示される。

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (5)$$

ここで、 Q_1 ：降雨の地下水涵養量

Q_2 ：かんがい用水の地下水涵養量

Q_3 ：除塩用水量

Q_4 ：その他の地下水涵養量

ただし、 Q_4 は主に河川の地下水涵養であり、地区全体が感潮部では $Q_4 = 0$ と見込む。

降雨の地下水涵養量 Q_1 は、除塩区域内で耕地と非耕地に分け流出量を計算する。耕地では初期損失雨量以上の中であんがいに使用された水量以外を除塩有効雨量とし、非耕地では初期損失雨量以上の降雨量に住宅地の流出率を乗じ計算する。

また、かんがい用水の地下水涵養量 Q_2 は、かんがい用水の還元量とし対象は水稻および特殊水田（レンコン田）として計算。なお、代かき用水量は還元水量を見込まない。

したがって、除塩用水量 Q_3 は $Q_4 = 0$ として次式で表される。

$$Q_3 = Q - (Q_1 + Q_2) \quad (6)$$

さらに、(1)式に関して淡水の配水効率を考慮すると、全淡水量 Q のうち $Q \times E$ だけが希釈に有効であるから、

$$Q = \frac{Q_s}{E} \cdot \left(\frac{N_s}{N} - 1 \right) \quad (7)$$

ここで、 E ：配水効率

(6)式に(7)式を代入すると、除塩用水量は、

$$Q_3 = \left(\frac{N_s}{N} - 1 \right) \cdot \frac{Q_s}{E} - (Q_1 + Q_2) \quad (8)$$

除塩用水の地区内配水方法は、作物の湿害対策を考慮して、排水路への用水流下による地下水涵養方式を基本としている。



写真—3 地区内用排水路

7. おわりに

吉野川下流域地区の河口部付近では現在もほぼ毎年塩害が発生している状況となっており、このことから除塩のための用水が必要であると考えられる。現地の塩分浸入は三次元的な挙動を示すが、本地区では永年の除塩用水の実態が塩害被害の発生状況に基づいて本報で述べた除塩用水算定方法が実用的でありかつ合理的と考えている。

本報では実際に設定した数値の提示は行っていないが、塩害を抑えるための定性的な考え方として参考になれば幸いである。

最後に、本報をまとめるに際し協力をいただいた各位に感謝の意を表します。

参考図書

平成6年度 吉野川下流域農地防災事業
除塩システム検討委託業務 報告書
昭和59年～平成4年
塩害地水稻共済被害申請整理簿

農林地域における環境保全機能の評価の現状と課題

—水資源かん養機能，洪水防止機能を中心にして—

田 中 秀 明*
(Hideaki TANAKA)

目 次

1. はじめに	69	6. 自然化学的な機能評価の現状と課題	71
2. 環境保全機能の定義	69	7. 社会科学的な機能評価の現状と課題	75
3. 環境保全機能の評価の契機	69	8. 水田の外部経済効果の評価の現状と課題	75
4. 国民経済的な機能評価の展開	69	9. 機能の維持増進のための具体的制度	76
5. 国際的な機能評価の展開	71	10. 今後の調査・研究の方向	76

1. はじめに

近年，農林地域における環境保全機能について，国民的な関心が高まっている。その様々な機能を明確に評価し，維持増進していくことが，農業・農村施策上，非常に重要となっている。また，最近，このような機能について国際的理解も求められている。

このようなことから，ここでは，農林地域のもつ環境保全機能のうち最も重要な水資源かん養機能と洪水防止機能を中心に，その調査・研究の経過，評価研究の現状と問題点をレビューし，また今後の調査・研究の方向を提言する。

なお，関係する文献をできるだけ網羅した。

2. 環境保全機能の定義

農林業における1次生産機能以外の機能は，「多面的機能」「公益的機能」などと総称されている（図-1）。このうち自然環境の保全機能は，山水豊かな瑞穂の国として最も重要な機能である。

一般に認知されている水資源のかん養機能には，次の3通りの内容が含まれている。即ち，平常時や渇水時に河川の低水流量を増加・安定させて水資源の確保に貢献する「渇水緩和機能（狭義の水資源かん養機能）」，豪雨時に洪水流量を軽減する「洪水緩和（防止）機能」，水質を改善する「水質浄化機能」である。ここでは，渇水緩和機能のみを水資源かん養機能と呼び，洪水防止機能と区別

する。なお，水質浄化機能については，別の機会に譲ることとし，ここでは取り上げない。

3. 環境保全機能の評価契機

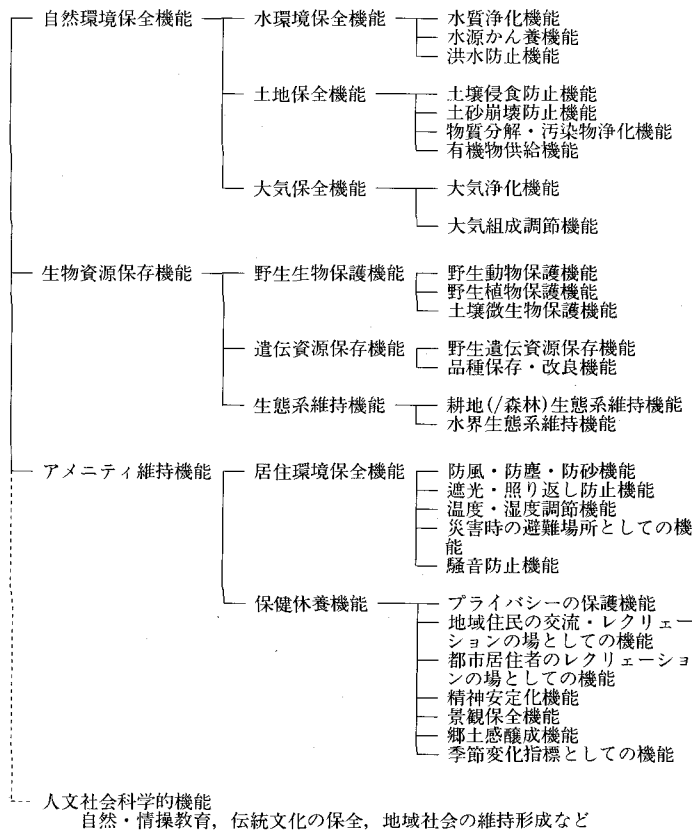
農林地域の水資源かん養機能及び洪水防止機能が，広く議論されるようになったのは，1970年代からである。1969年のコメの過剰及び減反の開始，1973年のオイルショックなどを契機として，農林地域に対する1次生産機能以外の機能の見直しが始められ，環境の保全が政策的に重視されるようになった。

1972年には，森林の公益的な機能の経済評価が初めて行われた（林野庁，1972）。森林の「水源涵養機能」について，矢野（1976）は，流出率などから算出した兵庫県の例を紹介している。また，農地の環境保全機能については，1969年の金子による棚田の流出調節効果の研究が嚆矢である（金子，1969）。しかし棚田については，その後，歴史遺産・観光資源としての評価がなされるものの（藤川，1973），その環境保全機能についての実証的研究は継続されなかった。長堀ら（1986）は，棚田の圃場整備のあり方を総括的に考察したが，その環境保全機能については，重要性を理念として掲げるにとどまっている。

4. 国民経済的な機能評価の展開

農林水産業のもつ環境保全機能について，1982年に発表された「80年代農政の推進方向」を契機に，その維持・増進が農林水産行政の重要課題の一つとなり，国民経済的な重要性が指摘されるよ

*農業工学研究所地域資源工学部



図一 農林地域における多面的機能の例

うになった。(農政審議会, 1981; 同, 1987)。

さらに, 1992年の「新しい食料・農業・農村政策の方向」(いわゆる新政策)のなかでは, 農林地などの地域資源を適切に利用・管理すること, 農業・農村が有する国土・環境保全機能が維持増進されるよう受益関係の明確化を行い得るような計量的評価法を確立すること, 併せて, その機能の適切な維持のあり方についての国民的理解を醸成すること, が指摘された。また, 公益的機能についての経済評価が公表され, 注目を集めた(例えば三菱総研, 1991)。

このようなことを背景に, 農林水産省農林水産技術会議は, 農林業のもつ環境保全機能について科学的解明とその積極的な評価のため, 1973年以来, 数多くの大型研究プロジェクトを実施してきた。すなわち, 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究(1973~1977年度), 農林水産業のもつ国土資源と環境保全機能及びその維持増進に関する総合研究(1982~1987年度), 農林地

のもつ多面的機能の評価に関する研究(1989~1991年度), 農林業のもつ水保全・管理機能の評価と高度管理技術(1988~1993年度), 中山間地域における農林業の環境保全機能の変動評価(1992~1994年度)の各研究プロジェクトである。増島(1988)は, このうち「国土資源」のプロジェクトまでの研究の流れを整理している。

1994年12月に閣議決定された環境基本計画においては, 農林水産業が自然の物質環境を活用した産業であり, その適正な活用を通じて環境保全機能を維持していく役割を担っていることが明示されている。特に水不足があった1994年の夏の体験を踏まえ, 循環型経済社会システムの実現のため, 森林整備を通じた保水力の高い森林の育成や, 水の貯留・地下水かん養能力をもつ水田等の農地の維持管理などの推進が求められている。

なお, 1994年度には, 財界, 消費者団体など各界の代表者を含めた「環境保全型農業全国推進会議」(事務局: 全国農協中央会)が組織され, 国

土・環境保全のための持続可能な農業の確立と推進が図られている。

5. 国際的な機能評価の展開

ヨーロッパ連合EUでは、1985年以降、農業を環境保全と両立させる政策転換が図られ、1992年のEC共通農業政策には自然環境の保全が目標の一つに挙げられた。またアメリカでは、1985年の農業法を契機に低投資持続的農業(LISA)が推進され、輪作の導入や土壌と水保全のための耕作方法の見直しなどが進められた。

このような各国の農業施策の環境保全へのシフトを背景に、1989年のアルシュ・サミットにおいて、OECDに対し新たな環境指標の作成が要請された。1992年のOECD農相理事会では、「農業と環境」が課題として初めて取り上げられ、農業が環境に及ぼす影響には正と負の両面が存在することなどが確認された。

1993年以来、OECDの「農業と環境」の合同会合においては、新たな農業環境指標の開発、汚染者負担の原則(PPP)の農業への適用、農業支持・保護の削減が環境へ及ぼす影響、農産物貿易自由化が環境に与える影響、などが議論されている。

このうち農業環境指標(群)については、肥料の使用など18指標が検討されている。このなかには水田農業の有する洪水防止、水資源かん養などに関する国土保全機能指標も含まれている。しかし、この指標に関しては、欧米諸国の理解が得にくく、このため、その科学的根拠の一層の明確化と経済評価の一層の計量化、またその国際比較が重要となっている。

6. 自然科学的な機能評価の現状と課題

(1) 定性的評価法

水資源かん養機能及び洪水防止機能の評価に当たり、その発現程度に応じて定性的な評価を行う方法として、相対的評点方法がある。これは、農林水産技術会議の「環境保全」及び「国土資源」プロジェクトで開発され、その後のプロジェクトで共通的に採用されている方法である。

これは、降水量、傾斜、土壌浸透能など、機能の発現要因を経験的に選び出し、土地条件に応じて相対的な評点を与え、またそれぞれの影響度合

いに応じてその因子に1以下の重みを付けるものである。これらの総和を求め、当該機能の発現可能程度(ポテンシャル)の総合的な評点とする方法である。加藤(1988)は、この方式により地域の類型化や宅地化に伴う資源の変動予測が可能なることを示した。農業環境資源アトラス(農業環境技術研究所、1987)は、各機能や地域類型を国土数値情報のメッシュ上に展開し、地図表示したものである。また井出ら(1988)は、地域区分類型に基づく流域保全指針を提案した。

この相対的評点方式は、地理情報システムなどにより当該機能の空間的な分布のレイヤー構造を把握するには優れているが、評価された絶対値そのものを応用しにくい難点がある。

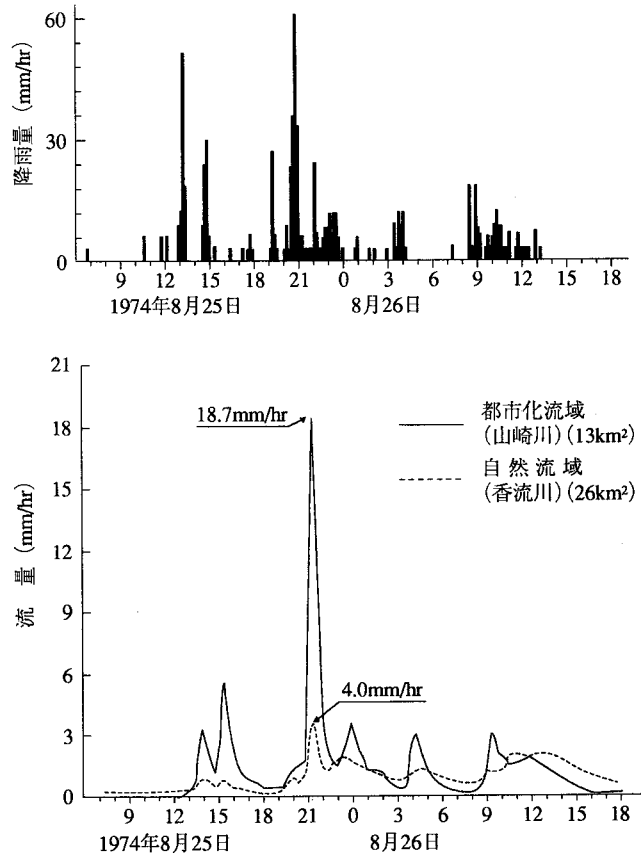
(2) 貯留可能量に基づく定量的評価

機能のポテンシャル量を定量的に評価する方法として、水田の畦畔の高さを流水の貯留高とする方法や、畑地土壌、森林土壌の粗間隙の平均体積容量に、それぞれの土壌深・面積を掛け合わせて水資源賦存量の総量とする方法がある。志村(1982)は、水田の治水機能の評価にあたり、この方法を初めて用いた。志村の手法は、後の三菱総研の研究などにも用いられており(三菱総研、1991;大臣官房環境対策室、1995)、水田における貯留量の近似計算法として代表的なものである。

しかし、この方法により貯留可能として算定されたポテンシャル量のうち、実際に洪水防止機能として機能する部分と、水資源かん養機能として機能する部分、あるいはまったく機能しない部分の内訳は、必ずしも明確でない。

(3) 現象解析に基づく水資源かん養機能の定量的評価

農林地域の水資源かん養機能の実態を評価する研究のうち、まず、森林流域がもつ機能については、従来よりその長期流出特性をもとに多くの研究が積み重ねられている。小川(1983a, b)は、3層流出モデルにおける表層の貯留率による定量的評価法を提案し、貯水ダム建設費による経済評価方法を理論的に示した。塚本(1985)は、水資源かん養機能に森林土壌の果たす役割の重要性を指摘した。(図-2)は、森林流域から流出が、都市化流域に比べピーク流出量が平準化するとともに、低水流量が増大することを示す。中野(1985)は、森林植被の変化が長期流出の平準化



図一 2 森林のもつ水資源かん養機能及び洪水防止機能の実態
(塚本, 1985から再引用)

に与える影響を、年最大・最小日流量の比により明らかにした。また森林伐採による年流出量の増大を国内外の流域の例をもとに指摘した。鈴木(1988)は、流況曲線を用いて流出の平準化効果を明らかにした。福嶋(1987)は、裸地斜面における植被の発達が生産に与える影響を水循環モデルによるシミュレーションにより明らかにした。植栽後、20年程度は蒸発散量が急激に増加し、その後一定となり、基底流出が次第に増加することが示された。

一方、太田(1991)は、森林は遮断蒸発と蒸散により低水流量を減少させることを事例により明らかにし、低水流量の増大は森林が自然にもっている機能ではないとしている塚本(1992)は、針葉樹・広葉樹・草地の順で蒸発散損失量が大きく、この植生の違いが伐採・改植後の流出量の増大に影響を与えること、森林からの夏期の盛んな蒸発

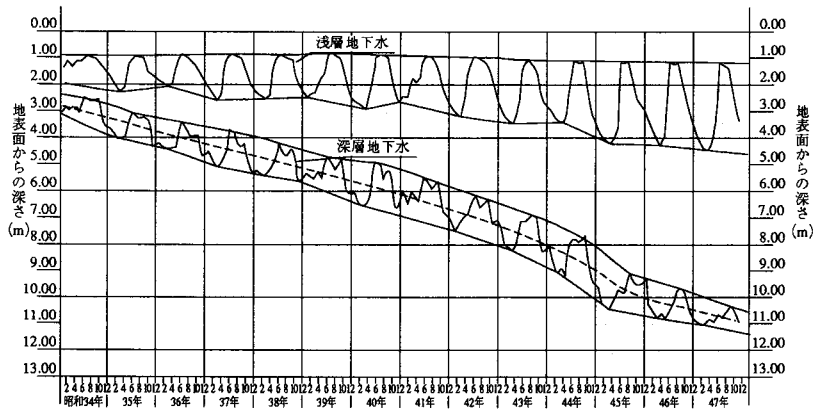
散により地下水の透減が大きくなること、などを指摘している。

このように、森林の存在が低水流量を増加させることについては、国民的な認識とは別に、学問的な評価が必ずしも定まっていない。すなわち、森林土壌が流域の保水機能の向上に寄与し、もって低水流量の安定化に寄与している一方、森林の大きな遮断蒸発・発散損失は、低水流量を減少させる方向に寄与している。このように森林の水資源かん養機能の評価は、森林の土壌や植生の考察を抜きにしては一般的議論はできない(表一1)。

次に、農地の水資源かん養機能については、普遍的な特徴を指摘するほど十分研究が進んでいない。三野ら(1982)は、水田のかんがい期における浅層地下水位の上昇を指摘するとともに(図一3)、水田かんがいが地下水かん養に寄与していることを地下水数値シミュレーションにより明ら

表一 森林の環境保全機能の発現のための望ましい姿 (太田, 1991を一部改変)

	水資源かん養機能	洪水防止機能
望ましい 水文学的条件	土層 (深部) への浸透量が多い 土層 (深部) での貯留量が多い 降雨遮断量が少ない 蒸散量が少ない	土層への浸透量が多い 土層の貯留量が多い 降雨遮断量が多い (蒸散量が多い)
具体的な形質	土壌の孔隙構造が発達している 大きな孔隙が深くまで連続している 単位面積当りの雨滴付着量が少ない 単位面積当りの蒸発散量が少ない	土壌の孔隙構造が発達している 大きな孔隙が深くまで連続している 単位面積当りの雨滴付着量が多い (単位面積当りの蒸発散量が多い)
望ましい 森林像	土壌を維持発達させ、深い根系網を持つ (その様な樹種) 葉量が少なく、樹冠のうっぺい度も小さい 降雨遮断量の少ない樹種 蒸散量の少ない極種 樹冠の凹凸の少ない樹種 高齢で、適度な成長である 人工林ではやや強度の除伐・間伐・枝打ち等が行われている	土壌を維持発達させ、深い根系網を持つ (その様な樹種) 葉量が多く、樹冠のうっぺい度が大きい 降雨遮断量の多い樹種 (蒸散量の多い樹種) 樹冠の凹凸の多い樹種 成長が旺盛である



図一 3 水田のもつ水資源かん養機能実態 (三野ら, 1982から再引用)

かにした。丹治 (1992) は、広域の農業水利構造のなかで河川基準点流量にしろる農地からの還元水量をシステム解析手法により定量的に評価した。また滝本ら (1994) は、農地造成流域からの長期流出を解析し、夏期渇水期には造成農地の方が山林よりも流量が多いことを指摘している。逆に、田中丸ら (1994) は、渇水期において造成流域の流量が未造成流域より小さいことを指摘している。

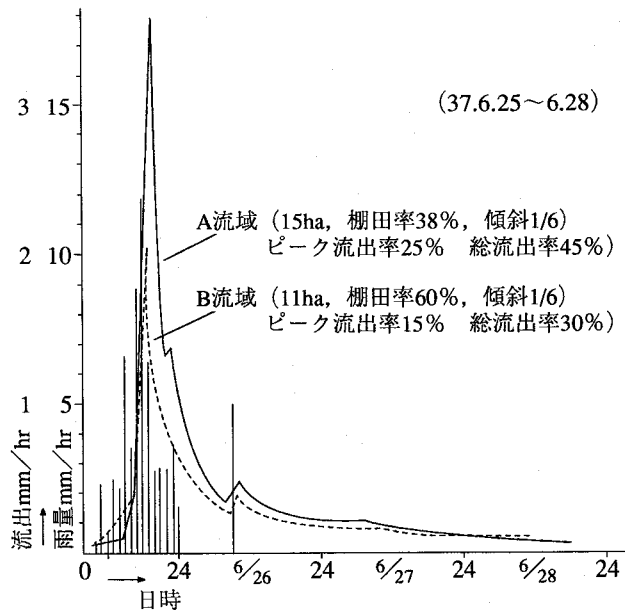
(4) 現象解析に基づく洪水防止機能の定量的評価

古くから、山地のピーク流出量が小さく、都市

流域のそれが大きいことは知られていた。小川 (1983 a, b) は 3 層流出モデルにより森林と裸地のピーク流量、洪水到達時間などを比較し、森林の流量平準化、到達時間遅れなどの特徴を明らかにした。さらに裸地率の変化が洪水氾濫地域面積及びその被害評価に与える影響を理論的に考察した。小林ら (1984) は、農地造成に伴う雨水保留量の低下を指摘した。中野 (1985) は、直接流出の平準化を事例により明らかにした。福嶋 (1987) は、山地の植栽の発達に伴う流出特性の変化をシミュレーションし、有効土層厚の増加に

つれピーク流量が低下することを示した。太田(1991)は、森林土壌層の重要性を指摘し、洪水防止機能の発現のため望ましい森林形態を示した。小川(1992)は、森林伐採による短期流出への影響評価は、先行降雨条件や気候条件によって相違し非常に難しいことを指摘している。早瀬(1993)は、森林腐植層の流水抵抗則を明らかにした。

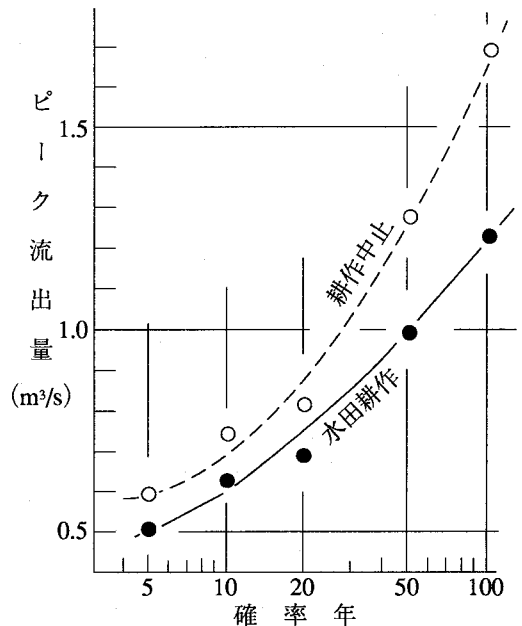
次に、農業地域の洪水防止機能について、ここでは、都市化など土地利用変化による流出特性の変化を解析した例を中心に整理する。角屋ら(1976)は、丘陵山林地域、放牧・草地、市街化地域ごとの洪水到達時間の特性を定式化した。角屋(1981, 1988)は、土地利用変化に伴う洪水到達時間やピーク流出及び雨水保留量の変化から、農地の洪水流出特性における位置づけを明らかにした。金子(1969)及び早瀬(1992)は、中山間地域の棚田における洪水流量の平準化特性を明らかにした(図一4)。千家ら(1981)、角屋(1985)、早瀬ら(1988)、柚山ら(1991)は、都市化に伴う流出量の増大の実態を明らかにした。小林ら(1984)及び小林ら(1988)は、農地造成に伴う流出量の増大、降雨応答の迅速化について事例的研究を行った。四方田ら(1988)は、水田転換に



図一4 棚田がもつ洪水防止機能の実態(金子, 1969)

伴うピーク流出量の増大を水理モデルをもとに明らかにした。中山間農地の耕作放棄に伴う流出量への影響について、早瀬(1994)は流出モデルをもとに、確率洪水量が増大し、また同じ流量でも発生頻度が増大することを明らかにした(図一5)。また、中山間遊水池の設置や農道の嵩上げなど、機能向上のための具体的提案をした。増本ら(1994)は、実際耕作放棄により流出量が増大したことを報告している。長谷部ら(1986)は、農地圃場からの流出量のうち中山間流出成分に対し、圃場整備に伴う流出ピークの増大、到達時間の短縮を指摘している。中村ら(1994)は、排水ポンプの稼働時間からみた低平水田の遊水効果の事例を紹介している。水島ら(1989)は、農業用ダム の治水効果を具体的に示している。

以上のように、農林地の洪水防止機能については、洪水量の低減・平準化効果や到達時間の遅れが多く、研究で指摘されている。農地に対しては、農地造成、畑作転換、圃場整備など、比較の対象によって、必ずしも洪水防止機能に寄与するという評価にならない場合もある。今後は、先行降雨条件や土壌条件との関係、また部分寄与域の空間的・時間的変化を一層明確にする必要がある。



図一5 中山間農地のもつ洪水防止機能について確率論的な評価(早瀬, 1994)

7. 社会科学的な機能評価の現状と課題

(1) 評価手法一般

一般に環境財のような市場価格が形成されていない財を、直接貨幣換算することは困難である。しかし、その経済価格を間接的に評価しようとする方法として、代表的なものにヘドニック法、代替法、選好調査法（アンケート調査）がある。これらについて小林（1993）が簡潔に整理している。また環境便益の評価方法の一般については嘉田（1994）が成書にまとめている。またディクソンら（1992, 1993）はその他のアプローチも含めて海外の事例を中心に紹介している。竹林ら（1995）は、河川経済調査に対する様々な評価手法の適用性を広く考察している。

(2) ヘドニック法

ヘドニック法の根拠と適用性について、金本ら（1984）、金本ら（1989）、金本（1992）、中村（1992）が、理論的考察を行っている。

農林業の環境保全機能に関しヘドニック法を用いた例として、水田のもたらす外部経済効果を算定したもの（三菱総研, 1991）、農林業資源の近畿地方の市部にもたらす外部経済効果を算定したもの（浦出ら, 1992）がある。

本法は、理論が数学的に明快であるが、環境保全機能のような公共財的機能に対するキャピタライゼーション仮設などの前提条件が妥当かどうか、ヘドニック価格関数が妥当かどうかなど、適用に当たっては十分注意する必要がある。なお、本法では、環境財の個別の機能ごとに経済評価することは困難である。

(3) 代替法

農林業の環境保全的機能に関して代替法を用いた例として、水田の公益的機能を経済評価した永田（1982）、富岡（1991）や三菱総研（1991）の研究がある。永田（1982）は、志村の研究（1982）に基づき水田の治水効果を洪水調節用のダム建設費で代替し、具体的に経済評価を行った。この研究は、この主旨のものとしては嚆矢であるが、事例的試算にとどまった。富岡（1991）は、水田の洪水防止機能への政策的対応を理論的に考察するなかで、同機能の評価に永田（1982）に準じた代替法を用いている。三菱総研の研究（1991）は、水田の公益的機能のうち、水資源か

ん養機能、洪水防止機能をはじめとして全部で5つの機能の外部経済評価を行ったものである。

代替法は対象となる機能が正確に数量化されていることを前提としている。本法は、代替案の選択が恣意的になりやすく消費者の評価となりにくい、副次効果をみていないなどの問題点がある。また、機能の所在地と効果の受益地との関係が不明確なことが多く、評価結果を利用した現実的な政策的対応が取りにくい。洪水防止機能のような将来の社会的損失を防止する機能では、損失の発生する時期が不確定なため、その損失の現在価格が不確定である場合が多く、厳密な代替費用の算出が困難である、などの特徴がある。

(4) 選考調査法

選考調査法の適用例は限られている。農業水利事業の費用・有効度を分析した事例（仲上, 1986）、河川改修事業の経済効果を分析した事例（加藤, 1991）、樹林地の環境保全機能の立地条件を分析した事例（横張, 1986）があるが、環境保全機能を経済評価したものはない。

本法は、アンケートを基本に経済評価を行うことから、理論的にはすべての機能に適用可能である。しかし、その環境財のもたらす効果が調査対象者に十分理解されているかどうかで、調査結果が左右される。また調査質問形式により結果が異なる。対象者の評価に心理的戦略的な偏りがあったりも特定ができないなどの問題点がある。

8. 水田の外部経済効果の評価の現状と課題

(1) 評価の現状

三菱総研の研究（1991）は、水田の外部経済的評価として具体的かつ総括的であり、社会に与えたインパクトは大きかった。ヘドニック法による水田の外部経済効果額が具体的に約12兆円と算出され、国民経済的な観点から水田の存在の重要性が示された。また同時に、代替法による評価も行われ、水田の水資源かん養機能が6千億円、洪水防止機能が1兆2千3百億円と算出された。

さらに1995年には、農林水産省大臣官房環境対策室が最新の評価額を公表している（大臣官房環境対策室, 1995）。それは、1991年の代替法による評価方法に準拠しつつ、最新の統計値に基づき公表数値を改訂したものである。それによれば、田畑の水資源かん養機能は、あわせて7千6百億

表一 2 代替法による田畑の外部経済効果の評価
(大臣官房環境対策室, 1995)

機能	便 益	評 価 額		
		水田	畑	計
洪水防止機能	洪水被害の軽減	19,527	3,881	23,408
水資源涵養機能	河川流況の安定化及び 安価な地下水の供給	7,398	236	7,634
土壌侵食・土砂崩壊防止機能	土壌侵食や土砂崩壊 による被害の軽減	472	55	527
土壌浄化機能	食物残渣等の廃棄物処理費用の軽減	45	37	82
農村景観・保健休養機能	都市住民訪問による 価値	17,116	14,581	31,697
大気浄化機能	大気汚染ガスを吸収し 大気を浄化	1,717	1,465	3,182
合 計		46,275	20,255	66,530

円、洪水防止機能は、2兆3千4百億円と見積もられている(表一2)。

(2) 今後の課題

これらの研究は、いくつかの課題を提示している。安達(1992)は、代替可能な機能のみを対象に水田のもつ公益的機能の一部しか評価していない、ダム建設費による代替ではダムの耐用年数の範囲内の効果しか算定できない、と指摘している。

水資源かん養機能及び洪水防止機能において対象としている水量は、低平地をのぞく水田面積すべてに一定の畦畔高まで貯留される総水量である。しかし、洪水時や河川の氾濫時に、農地にその畦畔高を越えて洪水流が貯留され、この量が下流地域の洪水被害を防止している場合もあることは明らかである。また、低平地水田には洪水防止機能がないとして評価されているが、低平地水田にも遊水池としての洪水防止機能があることは従来より指摘されている(例えば早瀬ら, 1988)。

逆に、富岡(1991)は、貯留機能があっても土地条件・受益関係によっては経済評価が与えられない場合もあり、貯留機能のある水田すべてを経済評価する手法は、経済学の観点から問題があると指摘している。また、環境便益を受ける者が特定しにくい、などの問題も残されている。

9. 機能の維持増進のための具体的制度

機能の維持増進のための政策的対応として、い

くつかの地方自治体が具体的に制度を設けている。

農地については、水田の洪水防止機能が中心である。三重県上野市における農地の遊水池利用にともなう補償制度、千葉縣市川市における水田の埋立・盛土防止のための補助金制度、愛知県扶桑町における同様の制度、埼玉県草加市における遊水機能を利用して他用途利用米の作付けを奨励する制度、埼玉県越谷市における休耕田に景観植物を植え遊水機能を支援する制度、などの事例がある(富岡, 1991; 早瀬ら, 1991; 永田ら, 1992; 三浦ら, 1992; 関東農政局, 1994)。これらの制度の補償根拠は、例えば市川市の場合、水田転用の補償額と洪水調整池建設費の小さい方(前者)の代替費用を根拠としている。富岡(1991)は、経済理論的考察から、地域限定的面積当たり直接補償制度を提案している。

一方森林についての具体的制度は、水資源かん養機能が中心である。基金により森林整備の推進(豊川, 矢作川水源基金, 熊本地下水基金など)や国有林の分収育林契約(愛知県安城市, 熊本県熊本市など)等がある。水資源かん養機能の場合、地下水などを生活上不可欠とする私的経済の発達により受益者及び受益程度が特定されない限り、内部経済化が困難である。

10. 今後の調査・研究の方向

(1) 新政策による方向付け

今後の水資源かん養機能及び洪水防止機能の調査・研究方向としては、新政策のなかに指摘されているように、経済評価額の受益関係が明確になるような、また国民一般の理解を得やすい計量的評価手法を開発することが基本である。

このため、今後、各機能の科学的評価にあたっては、ポテンシャル評価ではなく、機能の発現実態を踏まえた数量的把握が不可欠である。この点は水文解析技術の進展によりある程度の精度の向上は期待できよう。

また、その結果の社会科学的評価には、各機能ごとに実態に即した評価額の提示とその受益関係の特定が不可欠となる。しかし実際の評価プロセスに当たっては、即存の統計資料の有無に依存せざるを得ない場合もあろう。科学的に定量化された機能からどう経済価格を引き出すかが、今後の課題である。

(2) 機能分化の素過程の解明

例えば、森林の場合、深い土壌は両方の機能発現に共通にプラスに働くがそれに支えられる凹凸の多い大きな樹冠は、遮断が大きいいため洪水防止にはプラスだが、蒸散が大きいため水資源緩和に

はマイナスに働く(表-1)。このように水資源かん養機能と洪水防止機能は、その発現機構が密接複雑に関連している。地表面に到達した水の両機能への配分・分化について、先行降雨条件や蒸発散との関係などを踏まえた定量的解析技術の一層の高度化が必要である。

(3) 流域における機能分担関係の解明及び評価

洪水防止機能の経済評価について参考となるものに、河川治水計画における総合治水の考え方がある(早瀬, 1994)。総合治水計画においては、計画洪水量に関して、流域内の農地、森林、都市、雨水貯留施設、遊水池などの分担依存関係が技術的に明確にされる(図-6)。そして、これを基礎に分担ごとの経済評価が可能となる。

河川事業における経済評価体系においても、環境保全機能の経済評価が検討されている(竹林ら, 1995)。流域における機能分担の検討の際には、このような河川事業の経済評価体系も参考にならう。

(4) フィールド調査の継続・拡大

従来、環境保全機能の評価に当たっては、対象流域の設定に限界があった。今後は、調査地点を

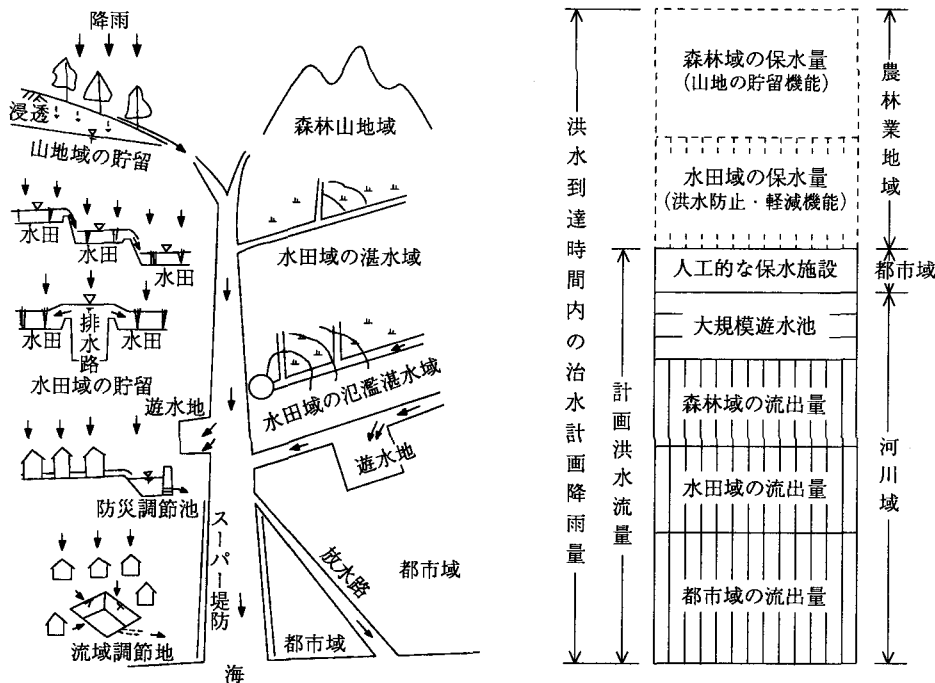


図-6 河川治水計画における洪水量の流域分担と農林地の機能分担 (早瀬, 1994)

大幅に増やすとともに、マクロ流域スケールの調査研究が必要である。また、特に水資源かん養機能の評価に当たっては、長期間の安定した観測が可能な流域において、普遍的な評価指標を一層幅広く研究していく必要がある。

(5) 水田農業地域に関する海外調査の重要性

水田のもつ環境保全的機能の評価に必要な立地条件については、モンスーン・アジアなどに共通である。このことから、水田農業地域に特有の外部経済・外部不経済を明確にしていくため、条件の類似する海外米作地帯での流域調査研究を積極的に進めていく必要がある。

参考・引用文献

- (1)安達修：ヘドニック法による水田の公益的機能の評価について，水と土88：2-8，1992
- (2)井手任・三輪春太郎・加藤好武：農林地のもつ環境保全機能に基づく流域保全指針，環境情報科学17(4)：37-43，1988
- (3)浦出俊和・浅野耕太・熊谷宏：地域農林業資源の経済評価に関する研究—社会的便益に注目して，農村計画学会誌11(1)：35-49，1992
- (4)太田猛彦：森林の水源涵養機能と森林施業のあり方私案，水利科学197，34(6)：1-33，1991
- (5)小川滋：山林地における水土保全機能の定量的評価について（I）—機能評価のための流出モデル—，水利科学149：51-73，1983 a
- (6)小川滋：山林地における水土保全機能の定量的評価について（II）—評価モデルと評価方法—，水利科学150：10-23，1983 b
- (7)小川滋：“森林の変化が短期流出に与える影響”，塚本良則編著，森林水文学，東京，文永堂：263-280，1992
- (8)嘉田良平監訳：環境評価の経済学，多賀出版，1994
- (9)加藤修一：高質な生活環境への期待と河川環境の改善にともなう効果の計測・評価に向けたアプローチ，環境情報科学20(2)：37-40，1991
- (10)加藤好武：流域のもつ環境保全機能の総合評価とその変動予測，環境情報科学17(4)：21-30，1988
- (11)角屋睦・福島晟：中小河川の洪水到達時間，京大防災研年報19B-2：143-152，1976
- (12)角屋睦：流出解析手法（その6），農業土木学会誌48(6)：37-43，1980
- (13)角屋睦：流出解析手法（その15），農業土木学会誌49(1)：59-64，1981
- (14)角屋睦：都市化に伴う流出の変化，土木学会論文集，363II-4：23-34，1985
- (15)角屋睦：土地利用変化に伴い流出特性の変化，農業土木学会誌56(11)：5-9，1988
- (16)金本良嗣・中村良平：環境の経済的価値，環境情報科学13(2)：12-18，1984
- (17)金本良嗣・中村良平・矢澤則彦：ヘドニック・アプローチによる環境の価値の計測，環境科学会誌2(4)：251-266，1989
- (18)金本良嗣：ヘドニック・アプローチによる便益評価の理論的基礎，土木学会論文集449（IV-17）：47-56，1992
- (19)金子良：棚田流域の流出特性，水温の研究13（1）：10-22，1969
- (20)苅田利一・田辺睦・長谷川正彦：農地圃場整備を含む土地利用変化が河川の流出特性に与える影響について，土木学会第31回水理講演会論文集：1-4，1987
- (21)関東農政局：水田のもつ洪水調節機能への取り組み，農村環境保全機能シンポジウム，平成6年2月18日，埼玉県越谷市，31pp，1994
- (22)小林郁雄：環境便益の評価に関するサーベイ，農業総合研究所季報19：21-41，1993
- (23)小林慎太郎・田中丸治哉・丸山利輔：造成農地の流域および洪水流出特性，農業土木学会論文集113：1-7，1984
- (24)小林慎太郎・丸山利輔：農地造成に伴う流出特性の変化，農業土木学会誌56(11)：25-30，1988
- (26)志村博康：水田・畑の治水機能評価—国土に必要な治水容量の農地・ダム・森林による分担—，農業土木学会誌50(1)：25-29，1982
- (27)須賀堯三・中尾忠彦・長谷部正彦・田中仁：農地圃場整備による河川の流出形態について，土木学会第29回水理講演会論文集：31-35，1985
- (28)鈴木雅一：山地流域の流出に与える森林の影響のための流況解析，日林誌70：261-268，1988
- (29)千家正照・小林慎太郎・丸山利輔：都市化に伴う高水流出機構の変化，農業土木学会誌49(5)：17-23，1981
- (30)滝本裕士・田中正・堀野治彦・渡辺紹裕・丸山利輔：山林は渇水緩和に役立つか，農業土木学会

論文集170：75-81, 1994

(31)竹林征三：河川経済調査手法の体系化の現状と今後の課題, 水文・水資源学会誌8(1)：19-37, 1995

(32)田中丸治哉・角屋睦：農地造成流域の流出及び水収支特性, 農業土木学論文集170：99-105, 1994

(33)丹治肇：水利システム解析による利根川の農業水利構造の分析, 水文・水資源学会誌3(1)：27-35, 1992

(34)塚本良則：森林の水源かん養機能—その考え方と将来の方向—, 治山30(4)：116-121, 1985

(35)塚本良則：“森林の変化が長期流出に与える影響”, 塚本良則編著, 森林水文学, 東京, 文永堂：250-262, 1992

(36)ディクソンほか：環境はいくらか—環境の経済評価入門—, 長谷川弘訳, 東京, 築地書館, 1992

(37)ディクソンほか：環境の経済評価テクニック, 長谷川弘訳, 東京, 築地書館, 1993

(38)富岡昌雄：農業のもつ環境保全機能の維持施策と経済評価—水田稲作農業における洪水防止機能を想定して—, 農業経済研究63(1)：42-49, 1991

(39)仲上建一, 環境経済システム論, 東京, 実教出版, 1986

(40)中野秀章：森林伐採および伐跡地の植被変化が流出に及ぼす影響, 林業試験場報告240：1-251, 1971

(41)中野秀章：森林水文学, 東京, 共立出版, 1976

(42)中野秀章：森林と水—流出の平準化と総量と—, 水利科学162, 29(1)：1-34, 1985

(43)長堀金造・山根俊弘・菊川誠士・斉江俊彦：棚田の圃場整備のあり方, 農業土木学会誌54(3)：199-203, 1986

(44)中村好男・雨沢英治・寺田義久・佐藤俊郎：小貝川下流部での排水特性と水田の流出緩和機能, 農業土木学会誌62(10)：949-954, 1994

(45)中村良平：ヘドニック・アプローチにおける実証分析の諸問題, 土木学会論文集449 (IV-17)：57-66, 1992

(46)永田恵十郎：水田が持つ自然・国土保全機能の経済的・社会的評価, 農林統計調査32(12)：16-21, 1982

(47)永田恵十郎・三浦聡：水田がもつ洪水調節機能—尾張平野の事例を中心に—, 農林統計調査

42(4)：4-8, 1992

(48)農業環境技術研究所：農業環境資源アトラス—桜川流域における環境保全機能の評価図式情報—, 国土資源資料17, 1987

(53)農林水産大臣官房総務課環境対策室：田畑の外部経済効果の評価について, 1995

(54)長谷部正彦・田中仁・須賀堯三・苅田利一・田辺睦：農地圃場整備が河川の流出機構に与える影響について, 土木学会第30回水理講演会論文集：139-143, 1985

(55)早瀬吉雄・角屋睦：都市化に伴う流出の変化, 農業土木学会誌56(11)：31-37, 1988

(56)早瀬吉雄・北村義信：市川市における水田等の遊水機能保全協定事業にみる洪水防止機能評価について, 技術会議事務局・農業工学研究所, 水保全管理資料9：53-71, 1991

(57)早瀬吉雄：中山間地水田域の洪水防止機能評価, 農業土木学会応用水文4：81-89, 1992

(58)早瀬吉雄・大場信：森林山地小流域における腐植層と流出機構のモデル化, 水文・水資源学会誌6(1)：47-54, 1993

(59)早瀬吉雄：水田地帯の洪水防止・軽減機能の評価と機能向上事業の提案, 農業土木学会誌62(10)：943-948, 1994

(60)福嶋義宏：花崗岩山地における山腹植栽の流出に与える影響, 水利科学177：17-34, 1987

(62)藤川正巳：能登の千枚田, 農業土木学会誌41(1)：27-28, 1973

(63)増島博：農林業のもつ環境保全機能—研究の流れ—, 環境情報科学17(4)：7-12, 1988

(64)増本隆夫・足立一日出・井口三郎：耕作放棄に伴う流出量の変化, 平成6年度農業土木学会講演要旨集：328-329, 1994

(67)三浦聡・永田恵十郎：水田がもつ公益的機能の事例分析, 水利科学205, 36(2)：1-13, 1992

(68)三菱総合研究所：水田のもたらす外部経済効果に関する調査・研究報告書, 56pp, 1991

(69)三野徹・小林慎太郎・丸山利輔：水田の地下水涵養機能—濃尾平野の地下水収支解析を事例として—, 農業土木学会誌50(1)：11-18, 1982

(70)水島隆二・猪野東候・江田一之・山岡敏彦：農業用ダムの治水効果, 水と土76：76-84, 1989

(71)矢野悟道 (1976), 緑地と評価, 環境情報科学5(4)：15-21, 1976

(72) 柚山義人・北村義信・丹治肇：低平農地のもつ洪水時の水保全機能の評価，技術会議事務局・農業工学研究所，水保全管理資料9：72-91，1991
(73) 結田康一：農林業地における水かん養機能の評価，環境情報科学17(4)：13-20，1988
(74) 横張真：大都市近郊樹林地の環境保全的機能に関する基礎的研究—愛知県知多地域を事例に一，

農村計画学会誌5(2)：18-32，1986

(75) 四方田穆・千家正照：水田の畑作利用の伴う流出変化，農業土木学会誌56(11)：53-58，1988

(76) 林野庁：森林の公益的機能に関する費用分担および公益的機能の計量，評価ならびに多面的機能の高度発揮の上から望ましい森林について，1972

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
常務取締役 藤根 与兵衛

本社／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／東京都港区新橋6丁目5番3号 山田屋ビル4階 Tel.03(5404)0745(代表)
事務所／仙台・札幌・青森・福島・茨城・千葉・長野・熊本・インドネシア

自然保護農業農村整備対策事業について

渡 辺 祥 司*
(Shouji WATANABE)

目	次
1. はじめに	81
2. 事業の概要	81
3. 平成7年度実施事例	81
4. 事例紹介	81
5. おわりに	85

1. はじめに

農業農村は食料の供給の場であるばかりか、保健休養、環境景観、国土の保全など、多面的な機能を有している。

しかしながら、近年は農業農村整備の統済効果を優先する中で、環境に負荷のかかる農法や、生産効率の悪い農地の作付放棄などの様々の問題が生じている。

自然保護農業農村整備対策事業は農業用排水路などの自然生態系の復元、動植物の生育環境の整備、物質循環農業への誘導など、自然保護、景観保全に留意した農業農村整備と、環境に優しい生産対策を図りながら、新しい農業の展開を目指している。

2. 事業の概要

本事業は平成7年度より、市町村、農業協同組合、農業者団体などを事業主体とし、中山間地域における農地の保全と自然環境の維持、遊休農地などの対策、地域創りと活性化、景観保全などの対策を集落単位で実施することを基本とし、大きく分けて、ソフト事業とハード事業の二項目により構成されている。

(1) 自然保護農業農村形成推進対策（ソフト事業）

計画の策定に当たり、自然景観の提供、創出の場としての農村のあり方や、環境に配慮した農用地の利用計画、遊休農地の集積や多面的活用など

を考慮し、それらを積極的に推進するため、地域ごとの座談会の開催や集落共同活動のためのリーダーの育成など、集落全体での自然保護や地域資源の保護、活用への啓発活動を進めるなどの対策を実施する。

(2) 自然保護農業農村整備対策（ハード事業）

ソフト事業の推進を受け、農業用排水路、ため池などの自然生態系の復元、動植物生育環境の整備などの農業農村の修景と保全、自然保護農業を進める環境に優しい農業技術の展開など、物質循環型農業の条件整備を整える。

3. 平成7年度実施事例

初年度として、自然環境に配慮した農法や、自然生態系の保護復元に積極的に取り組んでいる地区で、他の模範となる地区として4地区が選定された。

この4地区はどの地区とも有機物供給施設の設置を計画していたが、その中で活性水を利用した事例—1「富士ヶ嶺地区」について紹介したい。

4. 事例紹介（事例—1）

(1) 地域の概要

上一色村は山梨県南部、富士山の北西部の裾野に位置し、渓谷と湖と高原の里として知られている。村の総人口は1,600人前後で、農家数は230戸程度である。最近は何の事件でも全国的に有名になっている。

富士ヶ嶺地域は富士西麓にあり、静岡県と県境を接している。戦後より大型家畜を中心とした山梨県でも有数の畜産団地を形成し、地区内の農地

*山梨県農務部耕地課

表-1

事例	地区名	事業主体	管理団体	事業内容
事例-1	富士ヶ嶺	上九一色村	富士豊茂農協	活性化水等利用施設整備 糞尿処理槽 糞尿処理施設一式 (活性化水プラント)
事例-2	境ノ沢	須玉町	須玉町	水辺環境保全整備 ため池整備 遊休農地の保全 桑園の抜根 有機物供給施設整備 堆肥供給施設
事例-3	久保田	楡形町	平岡区	水辺環境保全整備 ホタル水路 水辺植物の植栽整備 アヤメの植栽 有機物供給施設整備 堆肥供給施設
事例-4	岡	八代町	岡区	水辺環境保全整備 ため池整備 有機物供給施設整備 堆肥供給施設

の大部分は牧草地と普通畑である。

地区の農業経営状況は、畜産農家69戸、蔬菜農家が10戸であり、今後、経営耕地の集積を図り、農地の高度利用、有効利用を積極的に進める必要のある地域である。

富士ヶ嶺地区では家畜のし尿を牧草地に還元することで処理してきたが、それに伴う悪臭の問題が発生しており、その解決が急務となっていた。

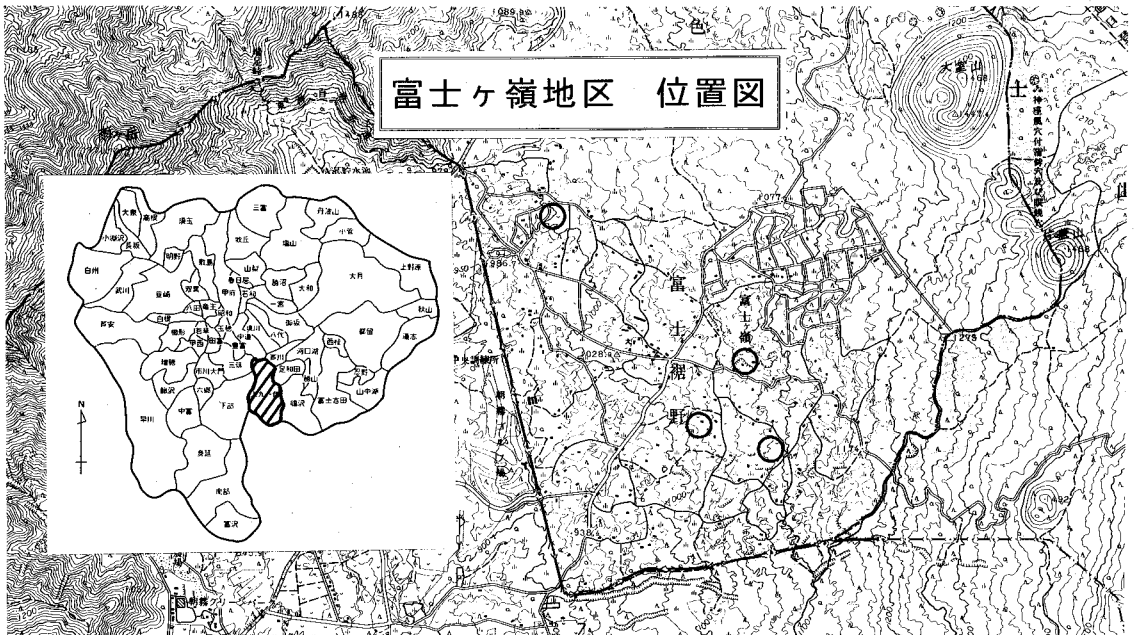
(2) 事業の実施

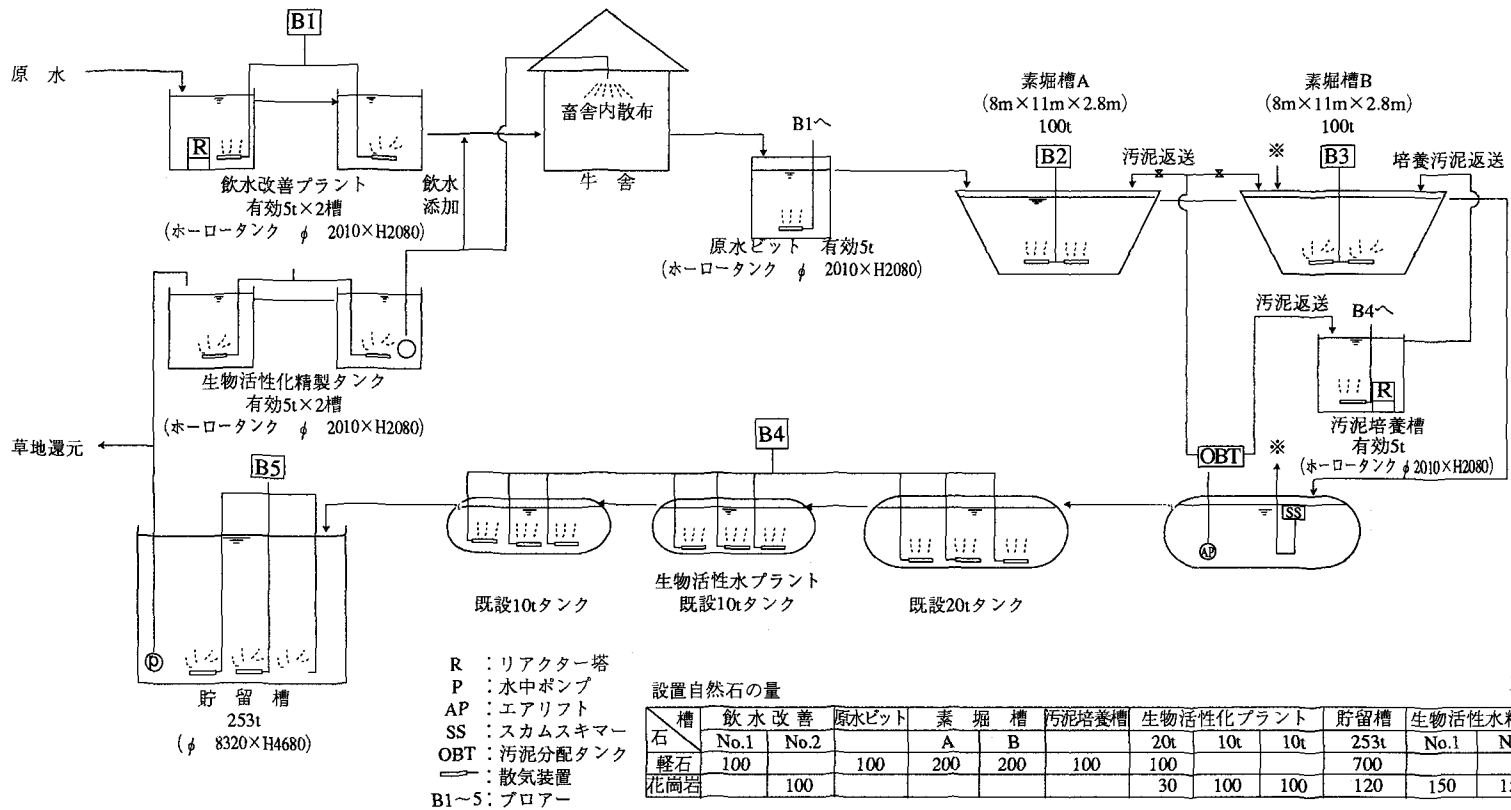
自然環境農業農村整備事業は上九一色村が事業主体となり、富士豊茂農協が技術指導をし、酪農家4軒がし尿処理に取り組むこととした。

今回、事業を実施するにあたり、富士豊茂農協は様々な微生物処理を試してきた経緯があった。そこで、県内でも鶏糞処理などに利用されている事例があり、また、県外では牛の糞尿処理に用いられている事例があることから、「BMW技術」が当地区に最も適していると考え、導入に踏み切り、その施設を建設することとした。

(3) BMW技術とは

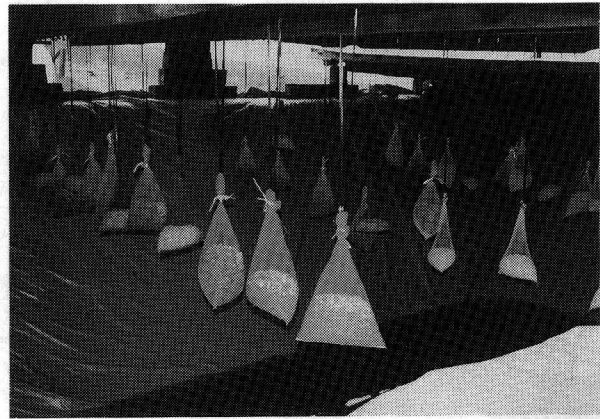
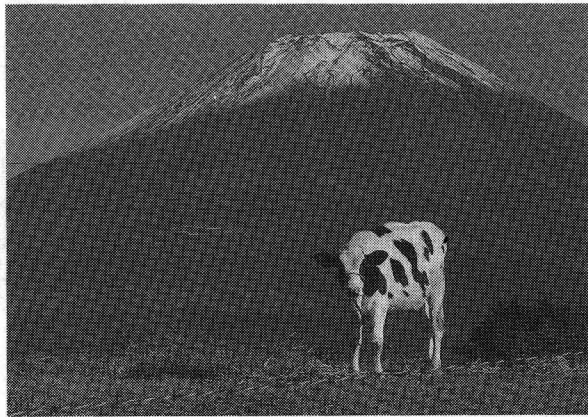
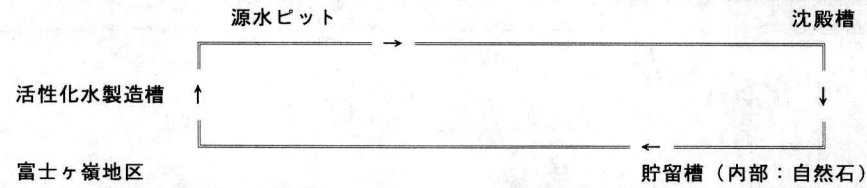
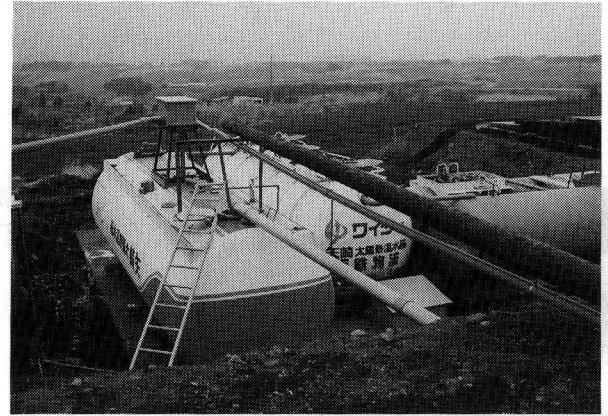
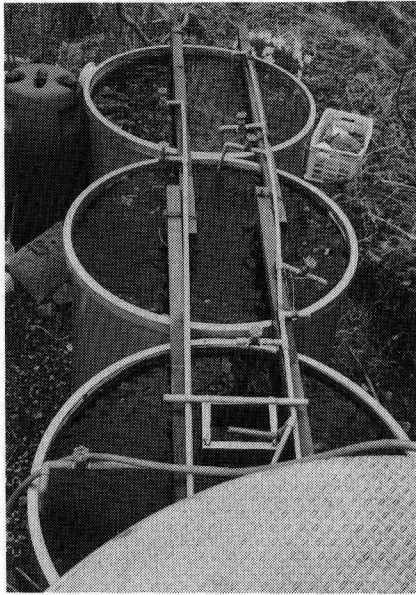
BMW技術とは、B：バクテリア（微生物）、M：ミネラル（鉱物）、W：ウォーター（水）の3者の共生関係を表した名前で、ミネラルの触媒力が有効微生物を活性化させ、牛のし尿を分解し、





槽	飲水改善		原水ピット	素堀槽		汚泥培養槽	生物活性水プラント			貯留槽	生物活性水精製		合計
	No.1	No.2		A	B		20t	10t	10t	253t	No.1	No.2	
石	100		100	200	200	100	100			700			1500
軽石													
花崗岩		100					30	100	100	120	150	150	750

BMW 処理スロー図



写真—1

臭いを消すシステムである。

今回、このシステムを導入し、数種類のバクテリアによって、家畜のし尿を分解、浄化し、最終的には固形物の「堆肥」と、上澄みは臭いの全くない「活性水」に分解する。

BMW 技術により得られる活性水は、①植物の生育が良くなる。②低濃度の農薬でも効果がある。③家畜などに飲ませる糞尿の臭いが少なくなる。等の効果があるといわれている。

活性水は牛舎に散布して防臭に活用したり、蠅、蚊の発生を防止したり、また、牛の飲用としても利用する。

堆肥は、もちろん自家用の堆肥として用いることも可能であるし、また、販売することにより、農家経営の安定化を図ることも目的とされている。

(4) 施設の内容

活性水の製造は、自然水による活性水原液の生成→牛舎→素掘りバッキ槽→活性化水処理槽（自然石投入）→活性化水貯留槽→活性化水添加→牛舎の行程により行われる。

- ① 家畜の飲水は自然水、上水いずれの場合も、BMW リアクターにより処理され、ミネラル成分と一定量のバクテリアを含んでいる水である。
- ② 牛舎より出た糞尿を個体分と液体分に分離し、し尿（液体分）は素掘りバッキ槽に集積される。
- ③ 集積されたし尿に少量の BMW 液（活性化水）を混合する。
- ④ し尿を活性化水処理槽（自然石投入）に順次

移動させ、処理を進めることにより、無臭で有機物をほとんど含まない BMW 液に精製される。

- ⑤ 精製された BMW 液は無臭であるので、草地への還元、家畜の飲水、畜舎内への散水に用いられ、上記処理を繰り返すことで、畜舎内の臭い、蠅、蚊の発生を抑えることができる。

- ⑥ 活性化水を個体分（糞槽）へ散布することにより、短期間で発酵が完了し、高熟成のコンポストを生成することができる。

最終的には活性化水を各農家に配布し、さらに、地区全体で畜産公害の解消に向けて取り組んでいくことを目指している。

5. おわりに

農業は自然環境との係わりの中で営まれており、環境と最も調和した産業であり、国土の保全など、多面的で公益的な機能を有している。そんな中で、環境に負荷を与えない農業農村整備事業は我々の重要な課題となっている。

今回、当事業により 4 地区のモデル事業を実施し、事例として「BMW 技術」を導入した富士ヶ嶺地区を紹介したが、全地区とも堆肥の処理施設が含まれているなど、有機農法や土づくりについての関心の高さ、堆肥の処理に関する苦慮などを窺い知ることができる。

今後、当事業を通じ、自然保護の観点から農業農村整備をどのように進めてゆくのかが、注意深く考えていきたい。

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
東京都港区新橋5-34-3 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回原稿の長さは原則として図、写真、表を含め研究会原稿用紙(242字)60枚までとする。
- 4 原稿はなるべく当会規定の原稿規定用紙を用い(請求次第送付)、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、農業土木標準用語事典に準じられたい。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 写真、図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し、それぞれ本文中のそう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)
- 6 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。
- 7 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(ガンマー) 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l(エル) g(ジー)とq(キュー)
E(イー)とε(イプシロン) v(バイ)とυ(ウブシロン)
など
- 8 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
数字は一マスに二つまでとすること
- 9 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
- 10 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。
- 11 投稿の採否、掲載順は編集委員会に一任すること
- 12 掲載の分は稿料を呈す。
- 13 別刷は、実費を著者が負担する。

農業土木技術研究会入会の手引

1. 入会手続

- ① 入会申込みは研究会事務局へ直接又は職場連絡員へ申し込んで下さい。申込書は任意ですが、氏名、所属を明示下さい。
- ② 入会申込みはいつでも結構ですが、年度途中の場合の会費は会誌の在庫状況により決定されます。
- ③ 入会申込みと同時に会費を納入していただきます。

2. 会費の納入方法

- ① 年会費は2,300円です。入会以後は毎年6月末までに一括して納入していただきます。

3. 農業土木技術研究会の活動内容

- ① 機関誌「水と土」の発行……年4回（季刊）
- ② 研修会の開催……年1回（通常は毎年2～3月頃）

4. 機関誌「水と土」の位置づけと歴史

- ① 「水と土」は会員相互の技術交流の場です。益々広域化複雑化していく土地改良事業の中で各々の事業所等が実施している多方面にわたっての調査、研究、施工内容は貴重な組織的財産です。これらの情報を交換し合って技術の発展を図りたいものです。

② 「水と土」の歴史

（農業土木技術研究会は以下の歴史をもっており組織の技術が継続されています。）

- ・ S28年………コンクリートダム研究会の発足

『コンクリートダム』の発刊

- ・ S31年………フェイルダムを含めてダム研究会に拡大

『土とコンクリート』に変更

- ・ S36年………水路研究会の発足

『水路』の発刊

- ・ S45年………両研究会の合併

農業土木技術研究会の発足←

『水と土』

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：

会 告

農業土木技術研究会役員名簿（平成8年度）

会 長	中道 宏	水資源開発公団理事
副 会 長	岡本 芳郎	構造改善局建設部長
〃	中村 良太	東京大学農学部教授
理 事	森田 昌史	構造改善局建設部設計課長
〃	中島 治郎	構造改善局建設部水利課長
〃	松浦 良和	構造改善局建設部設計課首席農業 土木専門官
〃	有川 通世	関東農政局建設部長
〃	川尻裕一郎	農業工学研究所長
〃	藤森 郁雄	北海道開発庁農林水産課長
〃	篠原 晃重	茨城県農地局長
〃	河合 義昭	新潟県農地部技監
〃	安部 優吉	兵庫県農林水産部次長
〃	段本 幸男	水資源開発公団第二工務部長
〃	坂根 勇	(株)土地改良建設協会専務理事
〃	中島 哲生	(株)農業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)竹中土木取締役
〃	杉浦 英明	日本国土開発(株)取締役
監 事	松本 政嗣	関東農政局建設部設計課長
〃	藤根與兵衛	(株)日本農業土木コンサルタンツ 常務取締役
常任顧問	佐藤 昭郎	構造改善局次長
〃	内藤 克美	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	岡部 三郎	参議院議員
〃	須藤良太郎	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
編集委員長	松浦 良和	構造改善局設計課
常任幹事 編集委員	鈴木 尚登	〃 事業計画課
〃	蘭 嘉宜	〃 設計課
〃	川村 正五	〃 整備課
〃	寺村 伸一	〃 設計課
総務部長 幹事 編集委員	久郷 徳壽	全国農業土木技術連盟総務部長
〃	服部 孝郎	構造改善局地域計画課
〃	大林 由明	〃 資源課
〃	富田 晋司	〃 事業計画課
〃	松田 貢一	〃 施工企画調整室
〃	樋口 康平	〃 水利課
〃	遠藤 知庸	〃 〃

幹 事 編集委員	小嶋 義次	〃	総合整備推進室
〃	豊 輝久	〃	開発課
〃	降旗 英樹	〃	〃
〃	前田 和義	〃	防災課
〃	佐藤 新一	関東農政局設計課	
〃	小林 宏康	農業工学研究所水工部	
〃	横井 績	国土庁調整課	
〃	小嶋 正敬	水資源開発公団第2工務部設計課	
〃	大尾 峰雄	農用地整備公団計画部実施計画課	
〃	渡辺 博之	(株)日本農業土木総合研究所	

賛 助 会 員

(株) 荏原製作所	3口
(株) 大林 組	〃
(株) 熊 谷 組	〃
佐藤工業(株)	〃
(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	〃
	(17社)
(株) 青木建設	2口
(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)	中川ヒューム管工業(株)	〃
(株)アイ・エヌ・エー	1口	西日本調査設計(株)	1口
アイサワ工業(株)	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
青葉工業(株)	〃	(株)婦中興業	〃
旭コンクリート工業(株)	〃	古郡建設(株)	〃
旭測量設計(株)	〃	(株)豊蔵組	〃
アジアプランニング(株)	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
茨城県農業土木研究会	〃	(財)北海道農業近代化コンサルタント	〃
上田建設(株)	〃	前田製管(株)	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	前沢工業(株)	〃
梅林建設(株)	〃	真柄建設(株)	〃
エスケー産業(株)	〃	(株)舩ノ内組	〃
(株)大本組	〃	丸伊工業(株)	〃
大野建設コンサルタント(株)	〃	丸か建設(株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	(株)丸島アクアシステム	〃
技研興業(株)	〃	丸誠重工業(株)東京本社	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	水資源開発公団	〃
(株)クボタ建設	〃	水資源開発公団沼田総合管理所	〃
(株)クボタ(大阪)	〃	〃 三重用水管理所	〃
(株)クボタ(東京)	〃	宮本建設(株)	〃
(株)古賀組	〃	ミサワ・ホーバス(株)	〃
(株)後藤組	〃	(株)水建設コンサルタント	〃
五洋建設(株)	〃	(有)峰測量設計事務所	〃
佐藤企業(株)	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
(株)佐藤組	〃	菱和建设(株)	〃
(株)塩谷組	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
昭栄建設(株)	〃		(72社)
新光コンサルタンツ(株)	〃	(アイウエオ順)	計 102社 149口
ジオスター(株)	〃		
(株)ジオテック	〃		
須崎工業(株)	〃		
世紀東急工業(株)	〃		
大成建設(株)四国支店	〃		
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)	〃		
(株)土木測器センター	〃		
日本国土開発(株)	〃		
日本ヒューム管(株)	〃		
日本舗道(株)	〃		

農業土木技術研究会会員数

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員						
	県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国		県	農水省 関係	公団 等	学校	個人	法人	外国
北海道	61	318	10	6	36			近畿	滋賀	27	42	1	1	4	
東	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島	森手	40	28		3		賀都 大阪 兵庫 奈良 和歌山	京都	20	6		5	3	
		城田	60	21	5	1	7		14	42			3	7	
		形野	37	73		4	19		35	2			2	5	
		田島	108	5		1	6		39	20				5	
		福島	26	7		1	1		27				1	5	
北	小計	320	150	9	10	35		小計	162	70	1	12	24		
関	茨城 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈川 山梨 長野 静岡	茨城	70	46	3	1	11	中国 四国	鳥取	20	7	1	2	5	
		群馬	76	6	1		1		57	2			4	1	
		埼玉	15	16	7		1		56	35	7		4	4	
		千葉	51	20	8	1	22		45	9				2	
		東京	25	17	4	1	21		24	1	1			1	2
		神奈川	3	152	115	9	32		14	6	4	1	4	2	5
		山梨	18			4	17		34	5					
		長野	32						72	7					
		長野	58	3		2	1		47	5					
		静岡	92	6			5								
東	小計	440	266	138	17	111		小計	369	77	13	15	22		
北	新潟 富山 石川 福井	新潟	66	50		3	3	九州	福岡	39	9	17	5	13	
		富山	41	2		1	2		39	7			3		
		石川	35	48		1	8		40	9			1		
		福井	32	8		1	1		18	18	3		3	1	
陸	小計	174	108		5	14		小計	225	83	22	8	21		
東	岐阜 愛知 三重	岐阜	20	8		2	6	九州	福岡	36	2	1			
		愛知	122	72	37	1	14		18	13		3	1		
海	小計	三重	9	4	2	2	6	鹿	15	4					
		小計	151	84	39	5	26	鹿	20	21	1				
合 計								1,902 1,156 232 78 289 670 11							
総 合 計								4,338名							

編 集 後 記

先日他分野のダム建設工事を見学する機会を得た。まず、現地案内でヘルメット着用的一般雇用の若い女性が専門用語を巧みに用いて説明するのに驚いた。これに加え「地域に開かれたダム作り」を目指し、特に一般者の見学を対象としたエレベーターの設置や監査廊に大きなオープンスペースを設け、将来は絵画や写真の展示を行うとのことである。何か海外のダムの発想に似てきている。また、環境アセスもさることながら景観設計による近景、遠景に配慮したシンプルな堤体デザインであり、工事自体も合理化施工の名のもとに各種高度技術を駆使した最先端の現場であった。

確かに、目新しいことを実行することの全てを是と

することに賛同するものではないが、地域自治体や地元の人々の欲するところと、地域以外の人々の欲しようとするところをうまく融和させ、かつ確かな技術を裏打ちとして、ブラッシュアップを重ねて実行しているところに共感できるものがあった。

現代はマスメディアの進展もあり、日々人々の価値観も急速に多様化してきている。私達の携わる農業土木分野でも、何時の時代もこの価値観の多様化に対して種々の手法や語りを通して意見の集約や総合化により、計画作りや実施面、そして地域創りに取り組んできた。現状において、UR対策で各機関共多忙とは思いますが、今こそ、その真価を發揮し、地域の実情に真に即応した計画作りと更なる技術の展開を期待したい。日本農業土木総合研究所 渡辺 博之

水 と 土 第 105 号

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

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

一世印刷株式会社
TEL 03 (3952) 5651