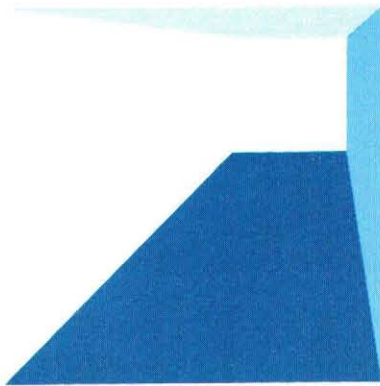
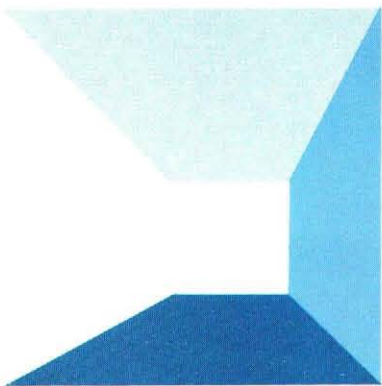
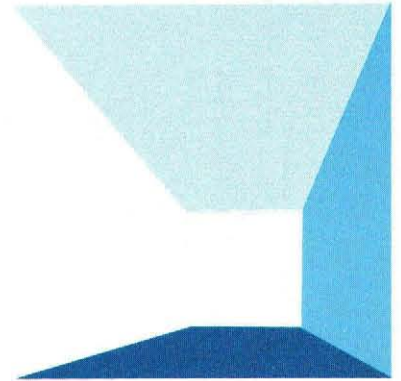
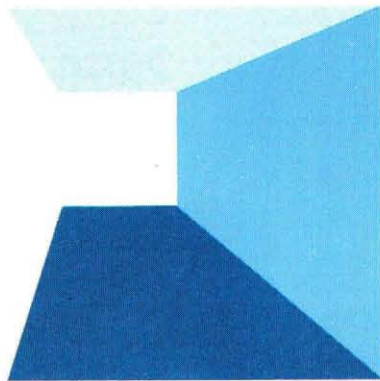
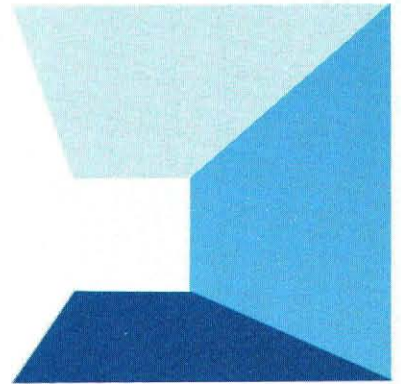


水 と 土

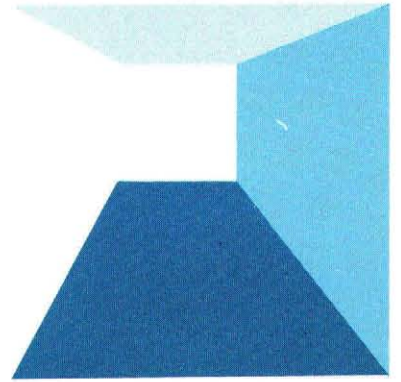
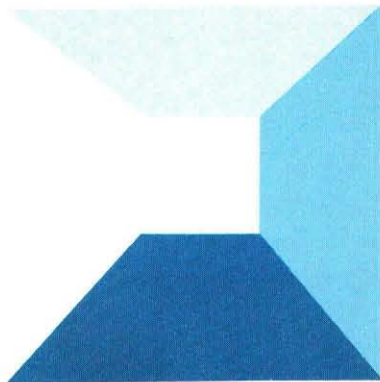
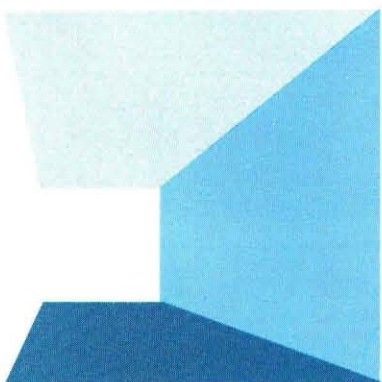
第 59 号

ISSN 0287-8593

昭和59年12月号
農業土木技術研究会



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



目谷ダム (広島中部台地)

(本文11頁参照)



▲堤体上流側

▼遮水ゾーンの転圧



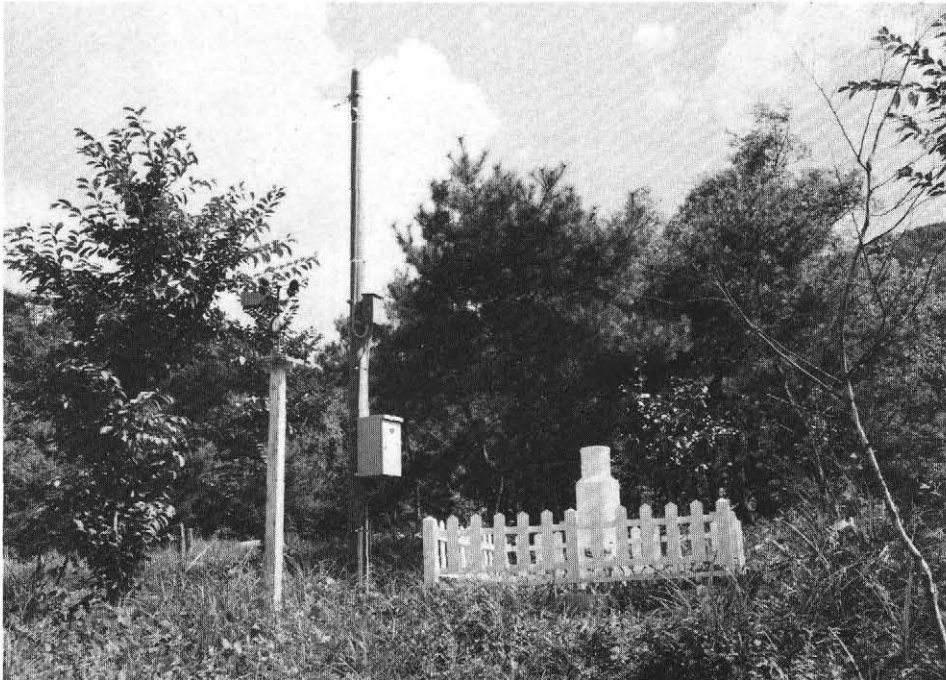
小規模排水対策特別事業

(本文2頁参照)



土砂害監視システム

(本文82頁参照)



水 と 土

— 目 次 —

グラビア

目谷ダム (広島中部台地)
小規模排水対策特別事業
土砂害監視システム

昭和59年度農業土木技術研究会研修会のご案内

巻頭文

会長就任に当って 平井公雄……(1)

報文

報文内容紹介 ……(i)

小規模排水対策特別事業の概要

一 川 保 夫
佐 藤 浩
松 田 真 ……(2)

目谷ダムの盛土施工管理について

岩井孝道……(11)

網走管内小清水地区の畑地かんがいと散水機

七戸義一……(27)

小排水路の経済設計と安全性について

阪田剛一……(46)
三塚敬之助

奈良尾地区地すべりの排水工法

(グラベルパイルによる排水工)

藤沢久吾……(58)

パーソナル・コンピュータによる排水解析の図化

— 擬似体験を旨として —

丹治 肇……(67)

資料

土壌の侵食と保全 (要約)

大串和紀(訳)……(76)

新工法紹介

土砂害監視システムについて

阿部京三……(82)
竹内 勇

会告・編集後記

……(85)

No. 59

1984

December

昭和59年度農業土木技術研究会研修会のご案内

農業土木技術研究会の昭和59年度研修会を下記により開催しますので、多数ご参加下さいますようご案内します。

1. 課 題：「土地改良事業のための河川協議」
2. 日 時：昭和60年2月20日（水） 午前10時から午後5時まで
3. 場 所：科学技術館 東京都千代田区北の丸公園2-1 TEL 03-212-8471
4. プログラム

10:00~10:15	開 会 挨拶	農業土木技術研究会長	平 井 公 雄
10:15~12:00	河川協議の現況と問題点	農林水産省構造改善局 地域計画課課長補佐	保 積 修
12:00~13:00	昼 食		
13:00~14:30	水利使用申請書（協議書）の作成上の留意事項	東海農政局設計課 設計審査第一係長	杉 浦 光 男
14:30~16:00	水利使用規則の内容と解説	農林水産省構造改善局 地域計画課水利調整係長	宮 津 高 公
16:00~16:50	質 疑 応 答		
16:50~17:00	閉 会 挨拶	「水と土」編集委員長	中 道 宏

5. 参 加 費 等

- (1) 研 修 会 参 加 費 会 員 3,500円 非会員 5,000円 (昼食代を含む)
- (2) 補助テキストのみ 500円 (研修会参加者は参加費に含まれております。)

なお、主テキストは「土地改良事業のための河川協議の実務」(公共事業通信社発行)を使用します。
(当日、会場でも販売)

6. 参 加 人 員

定員 280人 会場の都合で定員になり次第締切ります。

7. 申 込 方 法

参加希望の方は、次により申込み下さい。

- (1) 申込期日 昭和60年1月31日まで
- (2) 申込先 〒105 東京都港区新橋5丁目34番4号(農業土木会館)
農業土木技術研究会 TEL 03-436-1960

.....キ.....リ.....ト.....リ.....線.....

参 加 申 込 書

所属機関名

所在地

TEL

連絡者

所 属	氏 名	会 員 非会員) 別	備 考

(備考) 参加者多数の場合は、この様式で別紙に作成して下さい。

水と土 第59号 報文内容紹介

小規模排水対策特別事業の概要

一川保夫 佐藤浩蔵 松田 眞

昭和53年度に、農林水産省は水田における農業生産の再編成を積極的に推進するため、水田利用再編対策をスタートさせた。本施策を円滑に推進するためには、水田の排水条件の改良等耕地の汎用化を図ることが前提条件となり、昭和54年度から農業基盤整備事業の中で排水対策特別事業を創設し、その一環として小規模排水対策特別事業を実施してきた。本事業の制度上の特色、これまでの事業実績、その分析結果を報告するものである。

(水と土 第59号 1984 P. 2)

目谷ダムの盛立てと施工管理

岩井 孝道

国営広島中部台地農地開発事業で造成される610haの農地のうち、377haに対し畑かんを行うための水源となる目谷ダムの盛立ては、昭和57年9月に開始され59年6月末で完了した。

この目谷ダムの盛立てにつき、設計、締固め方法を決定するための盛立て試験、盛土施工管理等について紹介し、ダム担当技術者等への参考に供したい。

(水と土 第59号 1984 P. 11)

網走管内小清水地区の畑地かんがいと散水機

七戸 義一

北海道網走管内には約160千haの畑地面積があり、北海道でも有数の畑地帯である。その中で、昭和53年度着工の国営畑総「小清水地区」は受益面積13,530haで、農業用排水、農地造成、区画整理の事業が現在進められて、一部効用発揮されている。しかし農業用水は、大面積を一度に散水することから、各種の問題点がある。特に当地区は戸当所有面積が15ha/戸で、経営面積、労働力から見て、末端散水での労働時間を極力省力化しなければならない事から、必然的に大型散水機に頼らざるを得ない。そのため、小清水地区での適応散水機を紹介する。

(水と土 第59号 1984 P. 27)

小排水路の経済設計と安全性について

阪田剛一 三塚敬之助

圃場整備や農地造成における小排水路は、低水敷部をコンクリート二次製品とし高水敷を草生とした複合断面が一般化しており、建設工事費も増大している。

小排水路の機能を損うことのない経済的な設計について、高水敷の洗掘に着目して検討した。その結果、実用上支障ないと考えられる精度で二次製品の断面縮小が可能であると判断されたため、計算例を含めて報告する。また、欠潰事例の多い曲折部の設計等にもふれた。

(水と土 第59号 1984 P. 46)

奈良尾地区、地すべりの排水工法

(グラベルパイルによる排水工)

藤澤 久吾

奈良尾地区地すべりは、地質構造が複雑で、地すべりが拡大傾向にあり、排水工法が重要なポイントとなり、グラベルパイルを採用した結果効果が大きく、この工法は成功した。地すべり地の排水工を計画する場合の参考になればと思い略記した。

(水と土 第59号 1984 P. 58)

パーソナルコンピュータによる排水解析の図化

一擬似体験を目ざして一

丹治 肇

最近普及の著しいパーソナル・コンピュータを使ってコンピュータ(ミニコン)による排水の数値解析の結果をカラーの2次元表示する方法を紹介する。ここではこの図化プログラムの結果の紹介のみならず、プログラムの設計・構成についても具体的に記述されているので、パーソナル・コンピュータによる図形処理を考えている読者は参考にできる。また、この報告は、農業土木分野におけるミニCADの最初の試みでもある。

(水と土 第59号 1984 P. 67)

会長就任に当って

平井 公雄*

農業土木の技術は各分野の研究成果を総合的に利用する応用工学といえます。特に先輩が築いてきた経験的な技術は重要な位置を占めており、事業所等の事業実施現場で行っている検討や施工された事例を整理し発表することは非常に重要なことです。このようなことから、我々の組織は本誌のような会誌を出し続けてきたわけです。

昭和28年にコンクリートダム研究会が発足し「コンクリートダム」が発刊され、昭和31年にはフィルダムを含めたダム研究会に拡大、「土とコンクリート」に引継がれました。また、昭和36年には水路研究会が作られ会誌「水路」が発刊され、この二誌によって発表の門戸が開かれておりました。この二誌は、それぞれ特色をもって現場の技術者に親しまれてきましたが、会員が同じこと、農業土木の技術の総合化が進んだことから昭和45年7月に合併し農業土木技術研究会となり、会誌も「水と土」に生れ変わりました。この「水と土」は会員諸氏の支援を受け本号で59号となり、既に14年を経過し最も長期間発刊し続けることになりました。

私事になりますが、以前に「水路」の編集委員を経験したことがあります。当時はいかに読みやすく編集するか、また良い報文を集めるか苦労したことを思い出します。今回、その流れをくむ農業土木技術研究会の会長に就任したことは感慨深いものがあります。会誌「水と土」のなご一層の充実を図り、会員の皆様の役に立つものにと考えておりますので暖かい御支援をお願いします。

本誌がお手元に届くころには60年度の政府予算案が出来ていると思いますが、国の財政事情が厳しく予算の大巾な増加はなかなか望めない情勢にあります。一方、農業基盤整備事業は様々な社会的条件や地元からの要望により、増々高度化・複雑化しております。このような中で、事業をいかに効率良く、また合理的に実施していくか、日夜御苦労されていると思います。最近の事業は、地形が複雑な中山間地帯や今まであまり整備が進んでいない畑地帯等の事業が多く、反当り事業費も比較的高くなる例も見られます。このような事業地区では、なご一層、設計等に工夫が必要だと思っております。

土地改良事業の実施に当っては計画基準、設計基準があり、それによって調査・設計・施工がなされている訳ですが、その運用に当っては安易に適用することなく、それぞれの地区の実態に合わせ創意と工夫が必要だと思っております。事業量の増大に対応するため標準設計や積算の電算化等合理化が進んでいますが、それをただ利用するだけでなく、常に今行っている事業をチェックし、問題点の把握、改善の方向を検討し、より良きものを安価に作ることを念頭において今後の事業にいかんにか反映させていくか、是非いろいろと検討して欲しいと思っております。そして、その検討の結果が組織の財産として残せるように本誌へ発表する等心がけて欲しいものだと考えております。また、本誌の活用方法の一例としては、工事が竣工する毎に、あるいはダム工事のように長期間の工事の場合はある工程が完了した時に、貴重な技術資料をまとめ本誌に投稿すれば、将来工事誌をまとめるに当って、非常に簡単にまとめられることにもなります。

技術は日々進歩しております。我々は、次々と開発される新技術を自由にこなす必要がある一方、我々の事業で出来たものは将来、土地改良区や農家の方が利用し管理していくわけですから、調査・設計・施工の各段階で地元受益者の意向を十分に把握し、ただ単に建設コストを比較するだけでなく、将来の維持管理をいかに軽減し利用し易い施設にしていくか幅広く検討することこそ、農業土木技術者の腕の見せどころといえます。また、最近では湖沼法の成立、環境影響評価の閣議了解等、我々が係る分野も拡がりつつあります。本省の中にも長期政策や中山間地帯の開発問題等について、係長を中心に議論されています。常に問題意識をもち、その解決に向けて努力する姿勢が必要でしょう。

近年、発展途上国から我が国へかんがい等の技術援助の要請が増大しており、会員の皆様の中にも、調査団あるいは専門家として途上国の技術援助に携わる人が増えてきております。途上国における技術援助は貯水、取水、導水のための大規模な土木工作物から、末端圃場レベルでの水管理技術、管理運営組織の育成へと変化しており、県、市町村、土地改良区の農業土木技術者が日常携わっている分野であり、今後この分野の検討にも積極的に参加して欲しいと思っております。

農業土木の組織を支えるのは個々の農業土木技術者であり、その技術力にあります。個々の技術者が得た貴重な技術を本誌に多くとりあげ、会員の皆様のお役に立つよう心がけていきたいと考えております。

*構造改善局建設部長

小規模排水対策特別事業の概要

一 川 保 夫* 佐 藤 浩 蔵*
松 田 眞*

目	
1. はじめに.....	(2)
2. 事業の特徴.....	(2)
3. 実施状況(第Ⅰ期対策).....	(4)

次	
4. 整備計画(第Ⅱ期対策).....	(7)
5. 事業の効果.....	(7)
6. おわりに.....	(10)

1. はじめに

我が国の農業は、農村地域の混住化・兼業化の進展など、経済社会の変化の中で、米をはじめとする農産物の需給不均衡、農業所得の伸び悩み、農業従事者の高齢化に加え、諸外国からの市場開放要求の強まりなど、厳しい情勢に直面している。

このような現状において、農林水産省としては、土地利用型農業の生産性向上を中心に据えて、限られた国土資源のもとで農業生産の再編成を進め、我が国の農業の体質強化を図るとともに、国内需要の動向に対応し得る生産体制を確立し、総合的な食料自給力の維持強化を目標に各種の施策を展開しているところである。なかでも、農業生産の再編成の中心的な施策となる水田利用再編対策としては、引き続き第3期対策を、59年度から61年度までの3ヶ年を期間として、実施しており、特に実施にあたっては、長期的な視点に立って、需給の動向と地域の実態に即した転作の定着化を一層促進することとしている。

この水田利用再編対策を円滑に進めるためには、水田の機能を高度に利用し、畑地としての高い生産性を兼ね備えたいわゆる汎用耕地の整備拡大が必須要件であることから、水田を畑としても利用できるよう圃場の排水条件を整備改良することが急務となっている。このため農林水産省では、第3次土地改良長期計画に即して、構造政策推進の重要な政策手段である農業基盤整備を積極的に推進するとともに、54年度からは、転作のための条件整備として直接かつ緊急に対応し得る排水対策特別事業(都道府県営排水対策特別事業、湛水防除事業…特別枠、小規模排水対策特別事業及び排水対策基盤整備調査を総称していう。)を創設し、排水不良により転作実施に困難をきたしている地域を対象に水田の汎用化を図っているところである。

本稿では、この排水対策特別事業の一環として実施さ

れている小規模排水対策特別事業の概要について紹介することとする。

2. 事業の特徴

小規模排水対策特別事業(以下、本事業という。)は、農政の重点施策である水田利用再編対策の円滑な推進と転作の定着化に資することを目的として、前述のとおり、54年度に事業が創設され、58年度までに、第Ⅰ期対策(5ヶ年)を終了し、59年度からは63年度までの5年を期間として、引き続き第Ⅱ期対策を実施しているところである。

本事業は、これまでの土地改良事業にはみられなかったいろいろな工夫がこらされており、地域の創意工夫を生かした転作営農の基盤づくりに十分対応できる事業制度となっている。

(1) 採択基準の緩和

従来の公共事業の採択基準(団体営事業10ha以上)を更に5haまで緩和した。これは国の補助対象となる受益面積を5ha以上とすることにより、特に排水不良となっている比較的小規模な団地の採択が可能になるとともに自然条件に恵まれない中山間地帯やこれまでの基盤整備で取り残された団地についても、排水条件を整備改良し転作の定着に資することをねらいとしている。

(2) 事業の仕組み

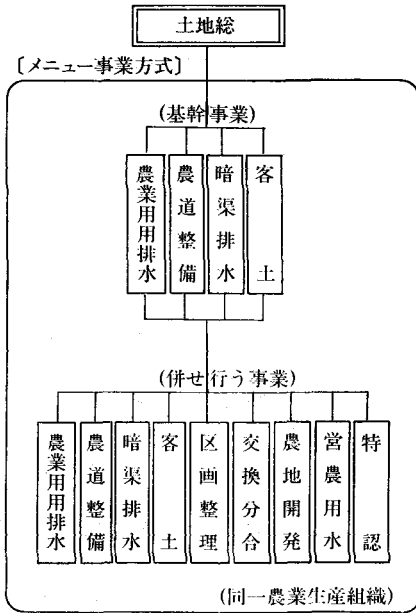
本事業は、土地改良総合整備事業制度の中で実施されている。この土地総制度は、それぞれの地域の実情に応じて必要とする複数の事業を同一農業生産組織内においてメニュー事業方式により実施する仕組みとなっており、対象地区が排水不良地域として認定された場合は、暗渠排水や客土だけの単独事業としても実施できるよう配慮されている。例えば、圃場整備事業により区画整理は終わっているが、転作対応として、大豆などの畑作物を導入したいので、水田の排水改良のため暗渠排水を施工したいという地域の要請に対しては、この小規模排水対策特別事業により、暗渠排水のみを単独事業として実施

*農林水産省構造改善局建設部整備課

表一 排水不良農地の判定

排水不良農地の判定	<p>判定地点は、受益地内の農地1haに1点の割合で選定する。</p> <p>①夏期かんがい期間において、地表面から地下水面までの距離が50cm未満の農地。</p>
排水不良地域	受益地内の農地面積に占める排水不良農地の面積の割合がおおむね5割以上の地域をいう。
特別排水不良地域	受益地内の農地面積に占める排水不良農地の面積の割合がおおむね10割以上の地域をいう。

することができる。また、この土地総制度は、「基幹事業」と「併せ行い事業」という二つの事業により構成されており、基幹事業は受益面積で5ha以上の採択要件を満たすことが必要であるが、併せ行い事業には、面積制限がないため排水路のライニングなどは、末端まで整備することが可能となっている。



図一 土地総制度の仕組み

なお、本事業の事業内容には、排水改良のための直接的な事業として、排水路の整備改良、暗渠排水、客土があり、転作のために間接的に必要な事業として、用水路の整備改良、農道整備、区画整理、交換分合等がある。

(3) 事業主体

事業の実施主体は、市町村、農協、土地改良区等に限定されている。本事業の実施にあたっては、地元農家の意向

に基づいて営農計画及び事業計画を立てることとなるが、その際、各種工事の設計施工面については、市町村などの事業担当者が、また、水田における畑作の営農技術面については、農協や農業改良普及員などが参加することにより、地域ぐるみの転作対応が可能となるよう配慮されている。

(4) 単年度完了

本事業は、事業の性格上、水田の転作の定着が困難な小規模地域について、その基礎的条件の整備に緊急かつ機動的に対処するとともに、事業効果の早期発現をねらいとして事業を1地区1ケ年で完了することとしている。

ただし、それぞれの地区の実態に応じて、例えば、排水改良と併せて区画整理が伴うような場合は、工法的あるいは技術的な立場から換地や暗渠排水等は、翌年度に施工することとしている。

(5) 実施期間

本事業は、実施期間を限定した暫定事業として実施されている。前述のとおり、53年度以降、概ね10年間の長期的な施策として実施されている水田利用再編対策を円滑に推進するため、前半の5ケ年で緊急度の高い地区について集中的に整備し、後半の5ケ年で水田利用の再編の定着化を図るという観点から、本事業の第Ⅰ期対策及び第Ⅱ期対策の実施期間をそれぞれ5年間としている。

なお、本事業の第Ⅱ期対策の終了後においても整備の要望がある場合には、水田利用再編対策の動向を踏まえて、更に、事業制度の延長が必要となる。

表二 排水対策特別事業の実施工程

区分	年度	計画諸元	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
水田利用再編	当初計画	10ケ年													
	第Ⅰ期対策	391千ha	[Hatched bar from 53 to 58]												
	第Ⅱ期対策	677 "	[Hatched bar from 59 to 64]												
	第Ⅲ期対策	600 "	[Hatched bar from 65 to 70]												
小規模排水対策特別事業	Ⅰ期対策	42 "	[Hatched bar from 53 to 58]												
	Ⅱ期対策	30 "	[Hatched bar from 59 to 64]												
	漏水防除(特別)	15 "	[Hatched bar from 53 to 58]												
	県営排水特別事業	Ⅰ期対策	105 "	[Hatched bar from 53 to 58]											
	Ⅱ期対策	45 "	[Hatched bar from 59 to 64]												
	Ⅲ期対策	(23.5 ")	[Hatched bar from 65 to 70]												

注一) 県営排水特別事業の()内は、現在、制度要求を行っている。
 2) [Hatched bar] は採択期間を示す。

(6) 補助率

特別排水不良地域において事業を実施する地区にあつては、小規模排水対策特別事業の実施期間にあわせて、補助率特例が適用されている。これは、特別排水不良地域において事業を実施する場合、一般地区と比較して事業費が割高となる傾向にあるため、地元負担の軽減を図

表-3 補助率

(単位: %)

地域	補助率	備考
内地	45(50)	()内は特殊地域(山村振興地域、過疎地域、特別豪雪地帯、急傾斜地域)及び特別排水不良地域を示す。
北海道・離島	50	
奄美	60	

る措置として、特例の嵩上げ補助率(50%)を適用するものである。

また、本事業は土地総制度の中で実施することから、特殊地域(振興山村地域、過疎地域、急傾斜地帯、特別豪雪地帯)の指定を受けた市町村の事業を実施する地区においても、地域特例の補助率(50%)が適用される。

(7) 水田利用再編対策への対応

本事業は、それぞれの地域の特徴を生かした転作の対応として、農用地高度利用計画を策定することとしている。具体的には、対象地区において、水田転換率25%以上かつ2.5ha以上を目標とした畑作の振興計画と裏作が可能な地域にあつては、積極的な裏作導入を図ることになっている。また、農用地高度利用計画の実績報告は、事業完了1年後、それぞれの事業主体が県知事を経由して各地方農政局長に報告することになっている。このように、転作の実施にあたっては、土地条件の整備、施設・機械などの利用調整、畑作技術の修得、あるいは、価格体系や流通機構の整備など、畑作転換の推進に必要な諸施策の総合的展開の状況を勘案しつつ、地区の実情に即し、可及的速やかに目標を達成するものとしている。

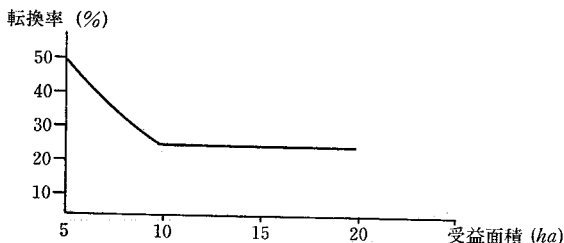


図-2 水田転換率

なお、59年度からスタートする水田利用再編の第Ⅲ期対策において、新たに導入される他用途利用米の取扱いは、本事業においても他用途利用米の生産面積を水田転換面積のうち数としてカウントすることとしている。

3. 実施状況(第Ⅰ期対策)

本事業は、54年度から内地及び北海道の地域において実施され、55年には、更に離島及び奄美の地域を追加し、58年度までに第Ⅰ期対策(5ヶ年)を終了している。ここでは、この第Ⅰ期対策における整備面積等の実施状

況について述べる。

(1) 実施内容

本事業は単年度完了を原則としていることから、整備面積は各年度の事業採択面積として全国の集計を行った。その結果、54年度から58年度までに、全国(沖縄を除く)で整備された面積は37,960haとなっており、これを地域別にみると、内地(29,006ha)と北海道(8,737ha)をあわせて全体の99.4%を占め、残り0.6%(217ha)が離島、奄美の地域において実施されている。次に、事

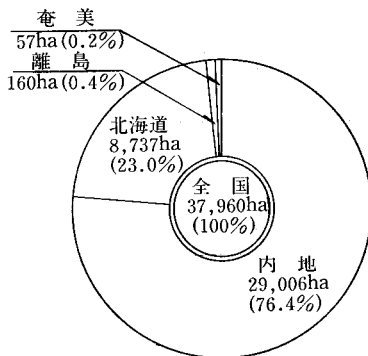


図-3 整備面積(全国)

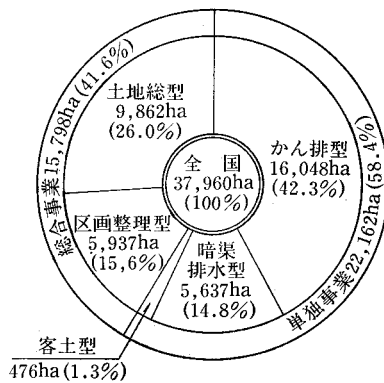


図-4 事業タイプ別内訳(全国)

業実施済の地区を、それぞれ事業タイプ別に分類してみると面積シェアで全体の約6割が、排水路等の整備改良・暗渠排水及び客土の単独事業として実施されており、残る4割が土地総型及び区画整理型の総合事業となっている。なお、ここでいう土地総型とは、農業用排水施設整備、暗渠排水及び客土のいずれかを基幹事業として他の工種を併せ行う総合事業をいい、区画整理型は、土地総型であつて、特に、併せ行う事業の区画整理面積が受益面積の過半以上を占める場合をいう。

更に、工種別の実施された延べ面積は、全国で52,155haとなっており、排水改良のための直接的事業である農業用排水施設整備、暗渠排水及び客土が全体の82.9%

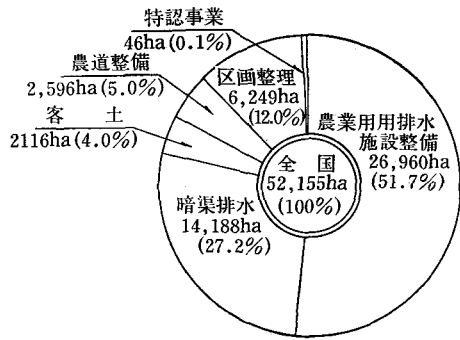


図-5 工種別内訳 (全国)

(43,264ha) を占め、残る間接的的事业は区画整理12.0% (6,249ha) を主体として農道整備、特認事業の順に実施されている。特認事業の内訳は、北海道における畦畔撤去等のための整地工、奄美地域における猪防護柵、防風堤などが主に実施されている。

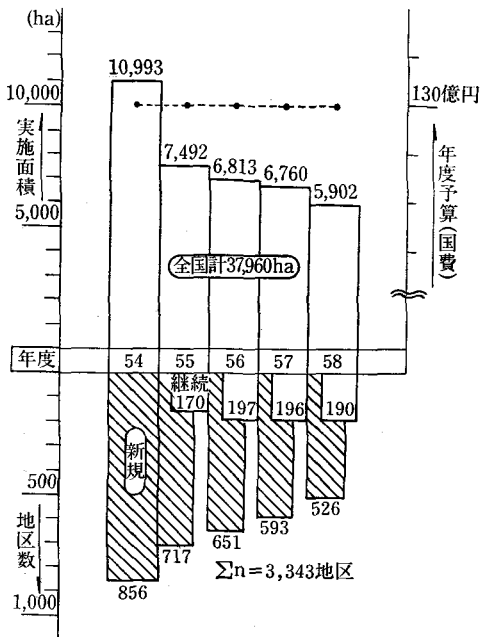


図-6 整備面積の推移 (全国)

また、整備面積について年次別の推移をみると、創設当初である54年度の10,993haをピークとして、年々減少する傾向にあり、58年度には、5,902ha (54年度比53.7%) となっている。図-6に示すとおり、各年度の子算が130億円と同額で推移しているのに対し、整備面積が減少傾向となっている理由としては、①建設資機材や労務費等の自然増、②線的工事から面的工事へあるいは、単独事業から総合事業へというように、排水改良のための整備水準が向上していること、③中国・四国・九州などを中心とする西日本において、整備地域が中山間地帯

へと移行しつつあるため、10a当り事業費が増高傾向にあること、などが考えられる。

新規地区は、全国で3,343地区が採択され整備面積と同様に減少の傾向を示しているが、継続地区は、各年度とも190地区前後で横ばいに推移している。この継続地区は、換地や暗渠排水を翌年度に施工する区画整理型が大部分を占めており、一部の地区において河川や道路などの協議調整、あるいは豪雨などの災害により工期が3ケ年にまたがる場合もあるが、ほとんどの地区は、2ケ年で事業を完了している。

(2) 整備の動向

① ここでは、整備の状況を更に詳しくみるため、内地において、東北、関東及び北陸の地域を東日本とし、東海、近畿、中四国、九州の地域を西日本とし、この東西の地域を比較しながら、小規模排水対策特別事業の整備の動向について述べる。

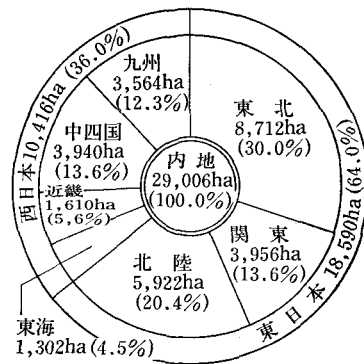


図-7 整備面積 (内地)

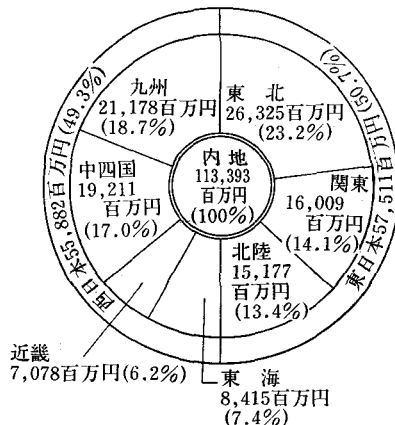


図-8 総事業費 (内地)

最初に、内地において54年度から58年度までの整備面積と採択総事業費の関係についてみると、整備面積では東日本が全体の64.0% (18,590ha) を占め、西日本は36% (10,416ha) となっているが、総事業費では、東西日本とも、概ね50%ずつのシェアを占めている。というこ

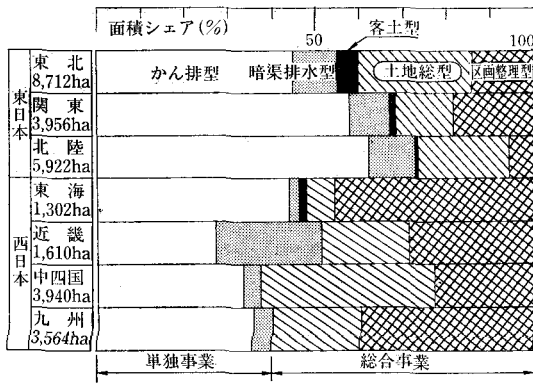


図-9 事業タイプ別内訳 (内地)

とは、10 a 当りの事業費が東日本で391千円/10 a、西日本で537千円/10 a となっており、西日本の10 a 当事業費は、東日本に比較して約1.4倍の割高傾向となっている。

次に、事業タイプ別の実施内訳をみると、図-9に示すとおり、東日本では、かん排型を中心とする単独事業が全体の65%を占め、10 a 当事業費の高い区画整理型は12.9%のシェアとなっているのに対して、西日本では、逆に総合事業が全体の58.3%を占め、うち区画整理型は、32.6%で東日本の2.5倍にも達しており、単独事業が少なくなっている。

更に、事業タイプ別の実施内訳を年次別にみると東日本における単独事業と総合事業の比率は、54年度の7:3から58年度には概ね6:4と単独事業が漸減しており、

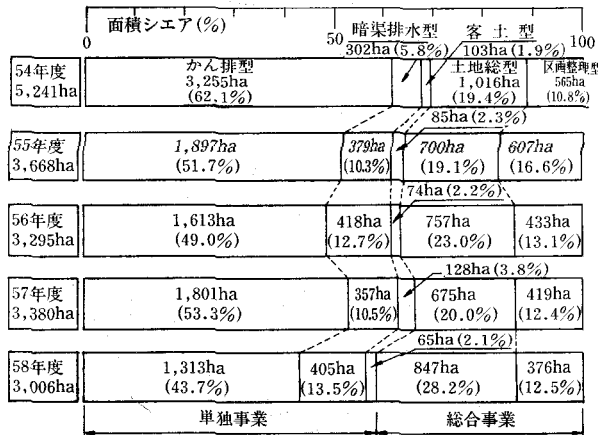


図-10 事業タイプ別内訳の推移 (東日本)

特に、かん排型が減少しているのに対し、土地総型が増える傾向を示している。区画整理は、実施面積でみると減少の傾向を示している。客土型は、各年度とも約2%台で推移している。

一方、西日本における単独事業と総合事業の比率は、54年度の5.5:4.5から、58年度には、3.5:6.5へと総合事業が逆転しており、特に、区画整理型が著しい増加傾

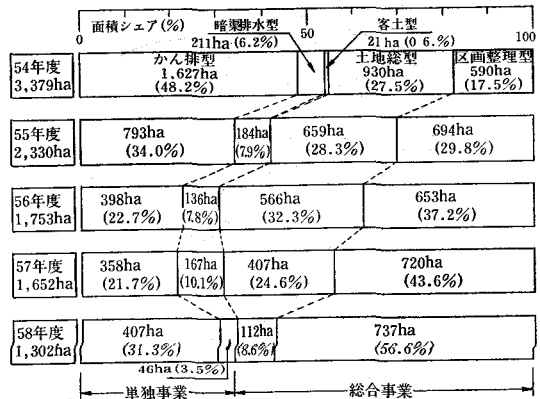


図-11 事業タイプ別内訳推移 (西日本)

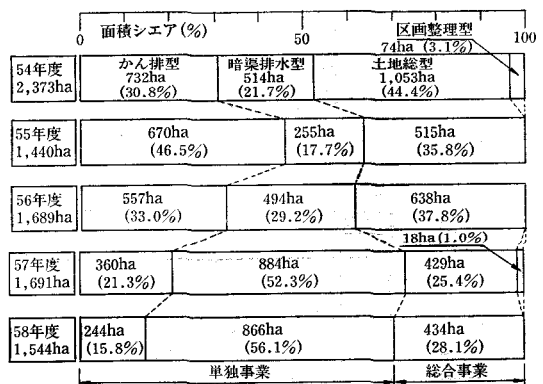


図-12 事業タイプ別内訳 (北海道)

向を示しているのが特徴といえる。

なお、その他の地域の事業タイプ別実施内訳をみると、北海道では、単独事業が全体の71.9%を占め、特に泥炭地帯を中心に圃場の排水改良を目的とした暗渠排水が積極的に行われているのが特徴といえる。

離島では、土地総型が全体の70%を占め、次いでかん排型、暗渠排水型、区画整理型の順に実施されている。

奄美地域では、すべての地区が総合事業として実施されており、区画整理型が全体の78.9%を占めているのが特徴といえる。

② これまでも述べたように、本事業の動向をみると、従来より基盤整備に対する投資が相当程度なされてきた東日本においては、直接、末端の排水改良を図るため、排水路の整備、暗渠排水などの単独事業を主体とした線的な排水改良工事が実施されているのに対して、基盤整備が比較的立ち遅れている西日本においては、生産基盤の総合的な整備を図るため、区画整理などの総合事業を主体とした面的な整備が行われている。このため、10 a 当事業費の面からみると、西日本が東日本に比

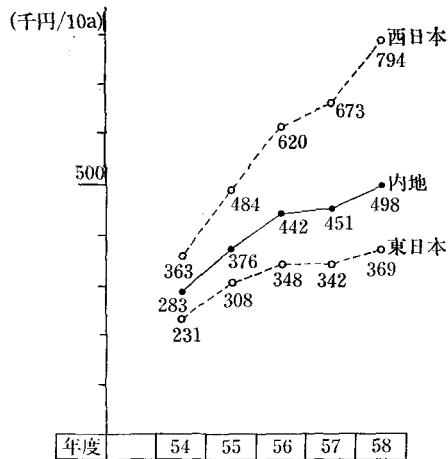


図-13 10a 当事業費の推移 (内地)

べ割高となっており、これを年次別の推移でみると、特に西日本では、54年度の363千円/10aから58年度には794千円/10aへと2.2倍に増嵩している。

これらの傾向は、西日本の自然条件、生産基盤の整備状況等からみて、本事業のみならず土地改良事業全体においても、近年、特に目立ちつつある。

このように、10a当事業費の増大は、直接的に受益者負担の増大を招くこととなるため、地元の負担を極力軽減する事業実施方式のあり方を検討することが課題となっている。また、全国的な傾向として整備地域が中山間地帯等に移行しつつあることから、比較的小規模な地区の事業計画策定にあたっては、画一的な基準は避け、地域の立地特性、農家の負担能力等を勘案し、事業の弾力的な推進を図ることが肝要である。農業土木技術の観点からも、本事業が小規模で単年度完了であるがゆえに、各地域の実態に即した創意工夫がより一層、期待されている。

4. 整備計画 (第Ⅱ期対策)

本事業の整備実績をみると、54年度から58年度までの5ヶ年間に全国で整備された面積は、約38千ha、地区数

表-4 整備計画の概要

(単位: ha, 百万円)

区 分	第Ⅰ期対策	第Ⅱ期対策	備 考	
実施期間	S54~58	S59~63	予算は国費ベース	
整備量	計画	42,000		30,000
	実績	38,000		
予 算	全体	65,000		65,000
	単年度	13,000	13,000	

で3,343地区に及んでいる。これは、第Ⅰ期対策の計画目標面積である42千haに対して90.4%の達成率となっているが、創設当初の全体要整備量71千haに対しては、5割程度の整備率にとどまっている。このため59年度からの第Ⅱ期対策の整備計画策定にあたっては、これまでの整備実績を踏まえ、各市町村から出された要望整備量、水田利用再編第Ⅲ期対策の計画内容及び国の予算等を総合的に勘案し、向こう5ヶ年間の計画整備量を30千haとした。

また、59年度の予算については、目標整備量を計画的に推進するため、130億円(対前年比100%)の予算措置を行っているところである。

5. 事業の効果

本項では、大豆の集団転作を目標に小規模排水対策特別事業に取組んだ石川県鳥屋町大槻地区の事例を中心に本事業が地域の転作営農の定着に果たす役割について述べる。

——石川県鳥屋町大槻地区の事例——

(1) 地区の概況

鳥屋町は、石川県の日本海に突出する能登半島の基部からやや北寄りにあり、通称“中能登”と呼ばれている地域のはほぼ中央に位置している。地形的には、七尾湾から羽咋市の海岸に至るまでの延長約25km、幅2~4kmの狭長な地域が典型的な地溝帯地形を呈しており、本町の平坦部は、この邑知地溝帯の中央部よりやや北よりの分水界を形成する位置を占め、北方向へ二宮川が、南西方向に長曾川が流れる。また、平坦地は、この二つの河川によって形成された扇状地となっている。これら河川の水源地域は県下でも有名な地すべり地帯であり、豪雨の際には、地質が軟弱なため山崩や地すべりが発生し、河川への土砂流入により、天井川を形づくっている。このため、本地域は、旧河道の利用により排水路を新設するなどの排水対策を行っているが、必ずしも排水が良好とはなっていない。



図-14 位置図

次に、鳥屋町の産業構造は、第2次産業の繊維工業を主体として、商業、農林業の順に構成されており、明治に入ってからは上布や輸出用の羽二重の産地となり、更に、人絹へと進展し、経済基盤は農業と機業により発展してきている。また、農業経営についてみると、水稲単作を主体として、一部酪農、養鶏、養豚の複合経営が行われているが、一戸当りの経営面積が小さく、機業との自営兼業農家の多いのが特徴といえる。

(2) 土地基盤の整備状況

鳥屋町の水田総面積は、570.4haで、うち10a未満の区画は全体の86.9% (76.3ha) を占めており、この小区画を含めた整備率は96.7%に達している。本地区の基盤整備は、昭和25～32年の積寒事業により8a区画(44×18m)に整備されているが、用排水路は素堀りの用排兼用となっている。

(3) 事業への取組み

1) 取組みの経緯

当集落の水田は、邑知地溝帯の影響等のため湿田及び半湿田が大半を占め、従来の転作対応は個々の農家が水稲の青刈りを中心に行われていた。鳥屋町は水田利用再編対策の実施を契機に、乾田化を図ることを目的として昭和54年度から、湿田解消対策推進協議会を発足させ、排水改善第1次5ヶ年計画の策定を行った。これを受け本地区においても地域ぐるみの話し合いに基づいて集団転作運営委員会を発足させ、水田の排水改良を目的に、



写真-2 事業取組みへの話し合い

54年度から5ヶ年計画で小規模排水対策特別事業を実施することとし、営農にあたっては、ブロックローテーション方式による大豆の集団転作を行うこととした。

2) 営農推進協議会の設立

本地区の営農推進協議会は、生産組合、農協、農業改良普及所、農業委員会等により既に結成されている町の農業生産対策協議会を推進母体とした。その活動にあたっては、町の中核農家連絡協議会とも連絡を図りつつ、集落毎に検討された農用地の利用、重点作物の振興、集団組織の育成、中核農家を中心としたリーダー活動、転作等に対する意向の集約をもとに協議し、農業振興の方針、重点作物の生産拡大等の推進体制の強化を図っている。

表-5 作付体系

区 分	作 付 体 系		
	1年目 (耕種時期)	2年目 (耕種時期)	3年目 (耕種時期)
田	水稲単作 (現況) 水稲(コシヒカリ) ○×△	水稲(コシヒカリ) 水稲(コシヒカリ) ○×△	水稲(コシヒカリ) 水稲(コシヒカリ) ○×△
	水稲+麦+大豆 (目標) 水稲(コシヒカリ) ○×△	麦 △ 大豆 △	水稲(コシヒカリ) △ 麦 △
畑	野菜 (現況) 野菜 △	野菜 △	野菜 △
	大豆+麦 (目標) 大豆 △	麦 △ 野菜 △	大豆 △ 麦 △

表-6 営農類型

目 標					現 況		
営農類型	平均規模	作目構成	労働力成	平均農得	営農類型	平均規模	農家数%
水稲+麦+大豆	ha	ha	人	万円	水 稲	ha	99.2
	田 2.5	水稲 2.3	基幹 1 補助 2	450		田 0.7	
	畑 0.5	大麦 1.0			畑 0.1		
計 3.0	大豆 0.3			計 0.8			
					水稲+酪農	田 0.6 乳牛 55頭	0.8

3) 営農計画の策定

営農計画の策定にあたっては、営農推進協議会の検討内容を踏まえ、稲作技術の改善による良質米の生産と転作作物（大豆、麦等）の定着のため遊休農用地の利用を含めた水田の高度利用を目標として表一五のとおり定めた。

また、転作営農の基本方針として

①大豆については、水田の排水条件を整備し、労働時間の省力化と集団転作の拡大を図るため、関連する施設機械の設置、生産組織の育成と受委託、栽培協定及び共同作業を行う。



写真一三 大豆の収穫

②麦作については、農作業の受委託、期間借地等により、中核的な農家への農用地利用の集積を促進し、集団栽培の定着を図るため、既存のライスセンター等の施設機械を有効に活用する。

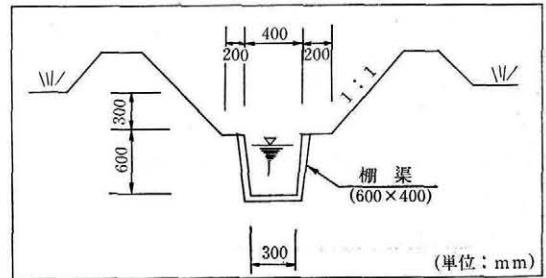
4) 事業計画の策定

本地区の水田は、水稻単作として利用されており、土壌は作土直下よりグライ層を呈している。現況の水路は

用排兼用の土水路で地下水位が高いため転作の実施に支障をきたしている。このため事業計画の策定にあたっては、排水路の整備改良と併せて地区全体に暗渠排水を施工することにより、転作物に対応した地下水コントロールが可能となるよう計画した。

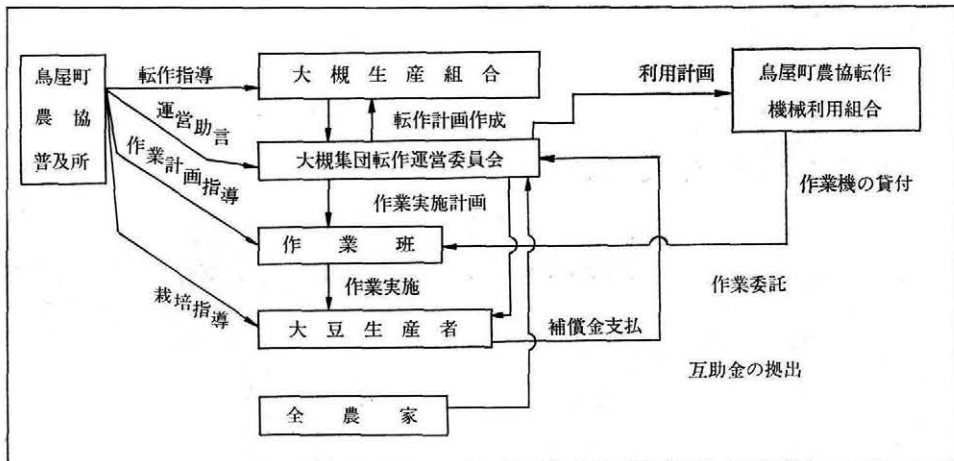
表一七 事業の概要

着工年度	昭和54年度（単年度完了）	
受益面積	14.0ha	
総事業費	37,800千円	
事業主体	鳥屋町	
事業内容	基幹	暗渠排水 14.0ha
	併せ	用排水路 3,760m
地域指定等	豪雪地帯、特別排水不良地域	
補助率	50%	



図一五 標準断面図

また、排水路断面の設計においては、従来から他地区で使用されている柵渠(400mm×600mm)を特殊柵渠(600mm×400mm)に改良し、農地の潰れ地が少なくなるよう配慮した。



図一六 転作営農組織図

(4) 集団転作の定着

本地区における小規模排水対策特別事業の実施は、圃場全体の乾田化を促進させた。このことは、大豆等の平畦機械化作業を容易にし、土地利用率が20～30%向上するとともに、作業時間の短縮による省力化など間接的あるいは直接的な生産効果をあげている。特に、本地区ではブロックローテーションによる大豆の集団転作にあたり、ブロック内の転換田の所有が一部の農家に偏ったため、水稻に見合う補償額として、集落内の全農家から10a当り6,000円を拠出する方法をとった。また、集団転作実施面積10aに対して奨励金を含めて玄米420kg相当額(2類1等米価格)を補償することとした。このように地域ぐるみの組織的な活動を通じて、集団転作の定着を図っているところである。

また、水田の汎用化に伴い、裏日本では不可能と思われていた2年3作型の作付体系を取入れ、現在、目標達

成のため生産組織の強化と流通体系の確立等を図っているところである。

6. おわりに

本事業を実施するにあたって必要となる同意取得(2/3以上)等の法手続きや事業の採択申請などの事務手続きは、一般の土地改良事業と同じ手順により行なわれている。

この小規模排水対策特別事業が地域農業近代化の基盤づくりのため、今後とも広く活用され、それぞれの地域の特徴を生かした生産性の高い営農が実現されることを期待しつつ本稿のおわりとしたい。

最後に、石川県大槻地区の紹介にあたって御協力をいただいた鳥屋町役場産業課堀江健爾氏に対して謝意を表すものである。



* 農業土木事業調査設計 *

※ 農業開発事業に関する調査・計画・設計並びに施工管理
海外開発事業に対する農業土木技術のコンサルティング
業務、一般土木事業の調査・計画・設計業務
農業集落排水の新規計画・設計・実施

株式会社 日本農業土木コンサルタンツ

代表取締役社長 岡本 勇
常務取締役 西岡 公

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 (434) 3831~3
仙台事務所 仙台市本町2丁目9番12号 藤ビル2階
TEL 0222 (63) 7595~6
札幌連絡所 札幌市西区手稲金山33-100
TEL 011 (684) 0581

目谷ダムの盛立施工管理について

岩 井 孝 道*

目 次

1. 事業概要と目谷ダムの位置づけ……………(11)	3-4 施工管理基準……………(17)
2. 目谷ダムの建設工事工程……………(11)	4. 本堤の盛立てと施工管理……………(20)
3. 堤体設計及び施工管理基準……………(12)	4-1 施工期間……………(20)
3-1 堤体のゾーン分け……………(12)	4-2 盛立て状況……………(21)
3-2 設計数値……………(13)	4-3 堤体埋設計器の挙動……………(25)
3-3 安定計算……………(16)	おわりに……………(26)

1. 事業概要と目谷ダムの位置づけ

国営広島中部台地農地開発事業地区は、広島県の中央部、三原市及び尾道市の北方約30kmに広がる標高300～500mの通称世羅台地と呼ばれる台地上に位置している。計画では、この地区内の24団地に別れた山林610haを新規に農地造成し、たばこ、野菜、なし等を栽培することとなっている。新たに造成された農地へのかんがい用水源として、ダム2ヶ所を新設し、揚水機場5ヶ所、パイプライン約50kmにより配水する計画であり、このほかにも道路約50km、防災施設等を建設することも計画に盛り込まれている。

目谷ダムは、前述の2ヶ所の水源のうちの1ヶ所であり、事業の基幹施設の1つとして、現在江の川水系黒淵川が目谷地点（広島県世羅郡世羅町大字徳市字目谷）に建設中のダムである。

地区の地理的条件として、地区内を日本海側と瀬戸内海側とに分ける文字通りの分水嶺が横断しており、流域が小さいため、従来から水不足の起きやすい条件にあった由である。目谷ダムは、地区の全体かんがい面積573haのうち、江の川水系（日本海側）に属する団地で、全体の65.8%にあたる377haの畑地かんがいを行うための農業用水専用ダムである。

目谷ダムの主要諸元を表一に、又標準断面図を図一に示す。

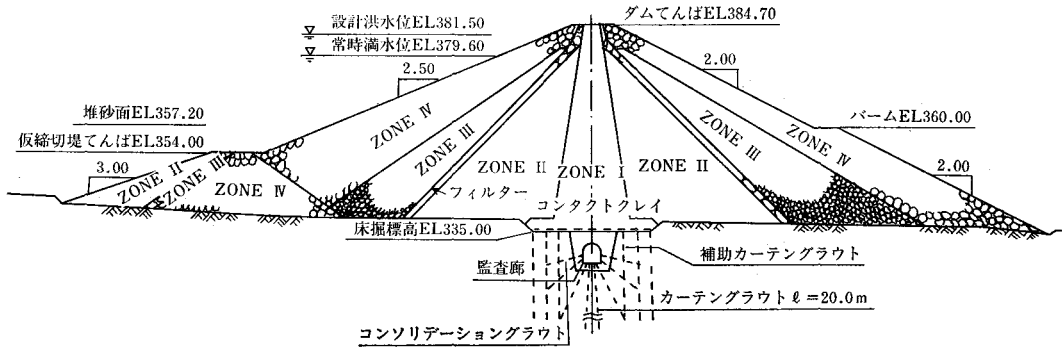
2. 目谷ダムの建設工事工程

目谷ダム関連工事として、昭和54年度に工事用道路が整備され、翌55年度には約2kmにわたる町道付替工事が完了し、本体工事の準備が整った次第である。本体工事の工程は、今後の予定を含め表二に示す通りである。昭和59年10月末現在施工中の工事としては、放流設備、

表一

名 称	目谷ダム（黒淵）	位 置	広島県世羅郡世羅町大字徳市字目谷		
河川名	江の川水系黒淵川	流域面積	8.11km ²		
堤 体	堤 高	49.7m	貯 水	堤 頂 標 高	E L 384.70m
	堤 頂 長	250.0m		設 計 洪 水 位	E L 381.50m
	堤 頂 幅	10.0m		常 時 満 水 位	E L 379.60m
	堤 体 積	535,000m ³		満 水 位 面 積	0.097km ²
洪 水 吐	設 計 洪 水 量	304m ³ /s	量	総 貯 水 量	1,308,000m ³
	形 式	側 溝 式		有 効 貯 水 量	1,186,000m ³
取 水 施 設	最 大 取 水 量	0.29m ³ /s			
	形 式	斜 樋（油 圧）			

*広島中部台地開拓建設事業所



図一 目谷ダム標準断面図

表一 目谷ダム建設工事工程表

工種	数量	昭和55年度				昭和56年度				昭和57年度				昭和58年度				昭和59年度				昭和60年度			
		4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1
建設	仮締切工	盛土	43,900	m ²																					
	本体築堤工	盛土	491,340	m ²																					
	監査廊工	L=156.7	m																						
	洪水吐工	堰長 L=54.0m コンクリート13,400	m ²																						
	取水設備工	φ 450×7 門 φ 700×1 門																							
	放流設備工	L=346.4	m																						
基礎処理	基礎処理工	グラウトL=37,840	m																						
	仮排水路工	L=308.9	m																						
管理設備	管理事務所	延建	151	m ²																					
	操作設備	1	式																						
	警報施設	1	式																						
	周辺整備	1	式																						

管理事務所、仮排水路の閉塞、制御設備（警報、観測施設を含む）等がある。これらについても、59年度中に完成させ、60年度には湛水試験を行いつつ、周辺整備を行う予定となっている。

昭和56年2月に仮排水路トンネルの掘削に着手して以来、約4年間で湛水に至るのは、同程度規模のダムと比較して早い方に属するのではないかと思う。

一般に、フィルダムの施工期間を決定する要素は、特に厳密な含水比の調整が必要な遮水ゾーンの施工速度にあるとされている。目谷ダムの場合は、天候その他の条件に恵まれ、後述するように東北地方の寒冷地にあるダムと比較して、1.5倍程度の遮水ゾーンの盛立日数が確保できた。又、純粋な施工期間だけの問題以外に、ダム建設に長期間を要する場合としては、補償問題の解決に日数がかかる場合、河川協議が整わない場合、あるいはダムを施工するのに適当な予算配分が得られない場合等が考えられる。目谷ダムにおいては、諸先輩の努力により補償問題の早期解決、河川協議の進捗が図られる一方、工事の裏付けとなる予算についても、各方面のご理

解が得られ、着実に伸びてきた点も見逃せない。

以上のようにあらゆる条件に恵まれていたため、比較的短期間で湛水に至ったものと考えられる。

3. 堤体設計及び施工管理基準

3-1 堤体のゾーニング

目谷ダムのゾーニングは、先に掲げた図一の通りであるが、このうちゾーンⅠ及びゾーンⅡが遮水ゾーン、ゾーンⅢ及びゾーンⅣが透水ゾーンとなっている。上下流とも、ゾーンⅡとゾーンⅢの間にフィルターゾーンが設けられている。

遮水ゾーンについては、材料が風化花崗岩のマサを主体としたものであり、透水係数が $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ 程度しか期待できないこと、及び近年問題とされているアーチング（遮水ゾーンが狭く、フィルターの剛性が大きいフィルダムで見られる現象で、遮水ゾーン内で、盛土材料が横方向応力のため正常な連続的沈下を行うことができず、結果として、部分的に横方向の透水係数が大きい層ができてりする現象）を避けるため、ゾーン幅が大き

表-3 締固め試験結果

	最大乾燥密度 $\gamma_d \text{ max (t/m}^3\text{)}$	最適含水比 $W_{opt} (\%)$	$\gamma_d - D' - 95$	$W - D' - 95$ (Wet)	自然含水比 $W_f (\%)$	$W_f - W_{opt}$
1-1 S57-3 ストックコア	1.795	16.0	1.705	19.5		
1-2 S57-3 第1回盛土試験	1.712	17.4	1.626	22.9		
1-3 S57-3 第2回盛土試験	1.740	17.0	1.653	21.7	17.6	0.6
1-4 S57-3 第2回盛土試験	1.772	15.8	1.682	20.4	"	1.8
1-5 S57-7 第2回盛土試験	1.760	16.5	1.672	20.6	"	1.1
平均	1.755		1.668	21.0		1.2

くなっているのが特徴であろう。

3-2 設計数値

(1) ゾーンI

マサ単独で遮水ゾーンに用いる場合の力学特性（特に遮水性）を考慮し、締固めエネルギーとしては、JIS×150%を基準とした。

設計密度については、盛土試験時の上記エネルギーによる締固め試験の結果より求めた。締固め試験結果を表-3に示す。

これにより、設計密度を以下のように決定した。

盛土乾燥密度	$\gamma_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	1.67
盛土施工許容含水比	$W (\%)$	21.0
盛土湿潤密度	$\gamma_t \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.02
比重	G_s	2.64
間ゲキ比	e	0.58
飽和重量	$\gamma_{sat} \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.04

セン断強度については、完成直後と完成後の2ケースについてそれぞれ、三軸圧縮試験を実施し決定した。

表-4 三軸圧縮試験によるセン断強度
(U-U Test による有効応力表示値)

試料	試料状態	セン断強度常数	
		粘着力 $C \text{ (t/m}^2\text{)}$	内部摩擦角 ϕ
TP-3 (上層)	D''-96.1	3.0	35°00'
TP-10	D-95	3.0	23°30'
TP-12(上層)	D''-95.7	4.0	32°00'
TP-12(下層)	D''-96.0	3.0	32°00'
T-5	D'-95.0	3.0	27°00'
平均			30°00'

i) 完成直後

堤体が完成した直後、すなわち施工中に発生した間ゲキ圧が残存している状態のセン断強度は、三軸圧縮試験 (U-U Test: 非圧密非排水試験) の結果より求めた。これまでの U-U Test 結果を表-4に示す。なお、D'-95%で実施されていない試験点についても、D'-95%付近のものを含めている。

これらの試験結果より、完成直後の設計セン断強度としてはバラツキ等を考慮し以下のように決定した。

粘着力	$C = 2.5 \text{ t/m}^2$
内部摩擦角	$\phi = 25^\circ$

ii) 完成後

堤体完成後、すなわち施工中に発生した間ゲキ圧が消散した後のセン断強度は、圧密を考慮した三軸圧縮試験 (C-U Test: 圧密非排水試験) の結果をもとに決定した。表-5に D'-95%付近で実施した試験結果を示す。

一般にセン断強度は、圧密効果により増加する傾向がみられるが、マサ土の場合は、浸水飽和することにより

表-5 三軸圧縮試験によるセン断強度
(S-C-U Test による有効応力表示値)

試料	試料状態	セン断強度常数	
		粘着力 $C \text{ (t/m}^2\text{)}$	内部摩擦角 ϕ
TP-3 (上層)	D-96.1	4.0	36°00'
TP-10	D-95	3.0	24°00'
TP-12(上層)	D-95.7	4.0	34°00'
TP-12(下層)	D-96.0	4.0	35°00'
T-5	D-95.0	4.0	36°00'
平均		3.8	33°00'

表-6 締固め試験結果

	最大乾燥密度 $\gamma_d \text{ max (t/m}^3\text{)}$	最適含水比 $W_{opt} (\%)$	$\gamma_d - D' - 95$	$W - D' - 95$ (Wet)	自然含水比 $W_f (\%)$	$W_f - W_{opt}$
II-1 S57-3 第2回盛土試験	1.775	16.5	1.686	20.5	18.7	2.2
II-2 S57-7 第2回盛土試験	1.825	14.5	1.734	18.4	18.7	4.2
平均	1.800	15.5	1.710	19.5		3.2

強度低下が起こる。表-5の試験結果においても、圧密による強度増加と浸水飽和による強度低下が相殺され、内部摩擦角においては、完成直後とほとんど変らないセン断強度常数となっている。

以上のことから、完成後のセン断強度としては次のとおりとした。

$$\text{粘着力 } C = 3.0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = 25^\circ$$

(2) ゾーンII

ゾーンIと同様、盛土試験結果等を考慮し、盛土密度の管理は J I S $\times 150\%$ の締固めエネルギーを基準として決定した。表-6に締固め試験の結果を示す。

表-6の試験結果より設計密度を次のように決定した。

盛土乾燥密度	$\gamma_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	1.71
盛土施工許容含水比	$W (\%)$	19.5
盛土湿潤密度	$\gamma_t \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.04
比重	G_s	2.64
間ゲキ比	e	0.54
飽和重量	$\gamma_{sat} \text{ (t/m}^3\text{)}$	2.06

セン断強度についても、ゾーンIと同様に完成直後及び完成後のそれぞれについて三軸圧縮試験を実施し決定した。

i) 完成直後

ゾーンII材料に対する三軸圧縮試験 (U-U Test) の

表-7 三軸圧縮試験によるセン断試験 (U-U Test による有効応力表示値)

試料	試料状態	セン断強度常数	
		粘着力 $C \text{ (t/m}^2\text{)}$	内部摩擦角 ϕ
TP-3 (中層)	D-96.1	3.0	36°00'
TP-3 (下層)	D-93.0	3.0	37°00'
TP-3 (混合)	D-95.1	4.0	34°30'
II-2	D-95.1	4.0	30°00'
平均		3.5	34°30'

結果は表-7に示す。セン断強度常数については、D'-95%の値を示している。

これから、完成直後の設計セン断強度としては安全をみて以下のように決定した。

$$\text{粘着力 } C = 3.0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = 28^\circ$$

ii) 完成後

ゾーンIと同様に三軸圧縮試験 (C-U Test) の試験値により求めた。その試験結果を表-8に示す。

表-8 三軸圧縮試験によるセン断強度 (S-C-U Test による有効応力表示値)

試料	試料状態	セン断強度常数	
		粘着力 $C \text{ (t/m}^2\text{)}$	内部摩擦角 ϕ
TP-3 (中層)	D-96.1	4.0	37°00'
TP-3 (下層)	D-93.0	3.0	38°00'
TP-3 (混合)	D-95.1	4.0	36°00'
II-2	D-95.0	5.5	36°00'
平均		4.1	36°50'

これらの試験結果より、設計セン断強度としては、安全をみて以下のように決定した。

$$\text{粘着力 } C = 3.0 \text{ t/m}^2$$

$$\text{内部摩擦角 } \phi = 30^\circ$$

(3) ゾーンIII及びゾーンIV

ゾーンIII及びゾーンIVは堤体の安全性に非常に大きなウエイトを持っている。これらゾーンには、ダムサイト上流にある原石山から得られる材料を用いることとした。岩種としては花崗岩であり、ゾーンIII (トランジション) とゾーンIV (ロック) との区別は、主として粒径及び風化程度の相違である。

現場での盛立試験と室内締固め試験との結果を対比させてみると、ゾーンIII材料については、11 t 級振動ローラー、まき出し厚 0.8 m、4 回転圧で、 $\gamma_d = 1.89$ ($e = 0.35$) を得ており、締固めエネルギー J I S $\times 250\%$ に

表-9 ゾーンⅢ材及びゾーンⅣ材セン断試験結果

試験方法	ゾーンⅢ				ゾーンⅣ			
	①		②		③		④	
	<i>e</i>	ϕ	<i>e</i>	ϕ	<i>e</i>	ϕ	<i>e</i>	ϕ
直接セン断試験 300×300mm	0.52	40°50'			0.52	42°00'		
	0.45	40°30'			0.47	47°00'		
	0.39	44°30'			0.43	51°00'		
	0.37	45°00'			0.39	53°00'		
大型三軸圧縮試験 ϕ 300mm			0.47	37°00'			0.46	37°30'
			0.35	40°30'			0.36	42°30'
			0.70	43°30'			0.40	44°30'

ただし試験時にみられる粘着力 (C) は見かけの粘着力とみなし 0 とする。

相当する密度が得られている。ゾーンⅣ材料については、11 t 級振動ローラー、まき出し厚 1 m、4 回転圧で、 $\gamma d = 1.93$ ($e = 0.37$) を得ており、J I S × 300% に相当する密度が得られた。

以上の試験結果から、11 t 級振動ローラーによる転圧で、まき出し厚がゾーンⅢ材で 0.8m、ゾーンⅣ材では 1 m の場合、4 回転圧以上ならば次のような間ゲキ比が得られることが判明した。

ゾーンⅢ 間ゲキ比 $e \leq 0.30$
 ゾーンⅣ " $e \leq 0.40$

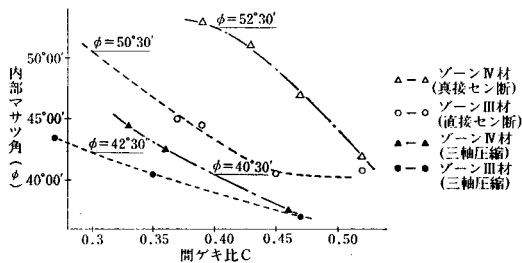


図-2 間ゲキ比とセン断強度の関係

ゾーンⅢ材及びゾーンⅣ材のセン断試験結果は表-9 の通りである。又、間ゲキ比とセン断強度の関係を図-2 に示す。

直接セン断試験によるものは、セン断強度が大きく出る傾向があるため、三軸圧縮試験結果に基づいてセン断強度を求めると、ゾーンⅢ材については $e = 0.3$ のとき、又ゾーンⅣ材については $e = 0.4$ のとき、それぞれ 42°30' 40°30' が得られた。これから各材料の設計セン断強度を次のように定めた。

ゾーンⅢ 内部摩擦角 $\phi = 38^\circ$
 ゾーンⅣ " $\phi = 40^\circ$

設計数値をとりまとめ表-10 に示す。

(4) フィルター

フィルターゾーン材については購入材であり、一般的な値として以下のように決定した。

間ゲキ比	<i>e</i>	: 0.40
比重	<i>Gs</i>	: 2.60
含水比	<i>W</i> (%)	: 5.0
乾燥密度	γd (t/m ³)	: 1.81

表-10 ゾーンⅢ材

	ゾーンⅢ (トランジションゾーン)	ゾーンⅣ (ロックゾーン)
間ゲキ比 <i>e</i>	0.30	0.40
比重 <i>Gs</i>	2.55	2.65
乾燥密度 γd	$\frac{Gs}{e+1} = \frac{2.55}{0.30+1} = 1.96 \text{ t/m}^3$	$\frac{2.65}{0.40+1} = 1.89 \text{ t/cm}^3$
湿潤密度 γt	$d(1+W) 2.00 \text{ t/m}^3$	$(1+W) 1.91 \text{ t/m}^3$
飽和重量 γ_{sat}	$\frac{Gs+e}{1+e} = \frac{2.55+0.30}{1+0.30} = 2.19 \text{ t/m}^3$	$\frac{2.65+0.40}{1+0.40} = 2.18 \text{ t/m}^3$
水中重量 γ_{sub}	$\gamma_{sat} - 1 = 1.19 \text{ t/m}^3$	$\gamma_{sat} - 1 = 1.18 \text{ t/cm}^3$
セン断強度, 内部摩擦角	38°-00'	40°-00'

湿潤密度 γ_t (t/m³) : 1.90
 飽和密度 γ_{sat} (t/m³) : 2.10
 粘着力 C (t/m²) : 0
 内部摩擦角 ϕ : 35°

計算条件は、ダム設計基準に基づいて実施し、計算ケースとしては表-12に掲げる6ケースについて行った。
 なお、地震係数は、設計基準により、当地が中震帯に属すること及び目谷ダムがゾーン型フィルダムであることから0.12とした。

以上求めた設計数値を一覧表にして、表-11に示す。

3-3 安定計算

目谷ダムの安定計算は、先に述べた設計数値に基づき円弧スベリ面法により行った。

安定計算の結果は、表-12にとりまとめて示す。これによれば、各ケースとも最小安全率が1.2を上回っており、円弧スベリに対し安全であることが確認された。

表-11 目谷ダム設計数値一覧表

Zone 区分		Zone I (遮水性ゾーン)	Zone II (遮水性ゾーン)	Zone III (透水性ゾーン)	Zone IV (透水性ゾーン)	Filter Zone
築堤材料		マサ土の2次堆積 マサ土の強風化土	マサ土の強風化土	原石山花崗岩	原石山花崗岩	購入材料 (M-30 クラッシュ)
設計 密度	土および礫の比重 G_s	2.64	2.64	2.55	2.65	2.60
	乾燥密度 γ_d (t/m ³)	1.67	1.71	1.96	1.89	1.81
	湿潤密度 γ_t (〃)	2.02	2.04	2.00	1.91	1.90
	飽和重量 γ_{sat} (〃)	2.04	2.06	2.19	2.18	2.10
	水中重量 γ_{sub} (〃)	1.04	1.06	1.19	1.18	1.10
	間ゲキ比 e	0.58	0.54	0.30	0.40	0.44
せん断 強度	完成直後	粘着力 C (t/m ²)	3.0	0	0	0
		内部マサツ角 ϕ°	25°-00'	38°-00'	40°-00'	35°-00'
	完成後	粘着力 C (t/m ²)	3.0	0	0	0
		内部マサツ角 ϕ°	25°-00'	30°-00'	38°-00'	40°-00'

表-12 目谷ダム安定計算結果一覧表

Case	貯水池の水位	静水圧を求める場合の水位	浸透流(間ゲキ圧)	地震係数	最小安全率	
					上流	下流
①	設計洪水水位	設計洪水水位+hw H. W. S. EL. 383.20	設計洪水水位で浸透流が定常状態	0%	2.332 2.089	1.676
②	サーチャージ水位	サーチャージ水位+hw+he/2 S. W. S. EL. 383.025	サーチャージ水位で浸透流が定常状態	50%	1.725 1.565	1.452
③	常時満水位	常時満水位+hw+he F. W. S. EL. 381.70	常時満水位で浸透流が定常状態	100%	1.363 1.227	1.271
④	中間水位	M. W. S. EL. 369.00	中間水位で浸透流が定常状態	100%	1.311 1.226	
⑤	空虚(完成直後)	空虚	築堤中の間ゲキ圧が残存している	50%	1.983 1.772	1.452
⑥	水位急降下	常時満水位~設計最低水位	常時満水位から最低水位まで低下間ゲキ圧残	100%	1.542 1.600	

※水位で hw: 風波高 he: 地震波高

※地震係数: 0.12

※最小安全率上段はスベリ円接線 EL. 337.00

下段は " EL. 354.00 (表層スベリ)

3-4 施工管理基準

(1) 盛立試験

盛立試験については、設計数値の決定の節でも若干触れたが、盛立試験の主たる目的は室内試験結果と現場転圧施工との整合性を確認し、設計数値及び施工管理基準を確定するために行ったものである。

使用する転圧機械については、フィルター材及びゾーンⅢ及びゾーンⅣのような礫材の締固めには、一般的に振動ローラーが有効であることからこれを採用した。ゾーンⅠ及びゾーンⅡについては、中国四国農政局管内ダム技術検討委員会ではマサ土の転圧にはタンピングローラーが有効ではないかとの意見も出たが、他事例における実績等を考慮し、振動ローラーを採用することに決定された。

本試験で使用された振動ローラーは以下の通りである。

BW-210	BOMAG 社製	8 t
BW-210DH	"	11 t
CA-51S	DYNAPAC 社製	15 t
SV-50	SAKAI 社製	11 t

ゾーン別盛立試験の結果は次の通りであった。

i) ゾーンⅠ

材料としては、原石山上部に賦存する強風化土を掘削仮置したものをを使用した。本材料については、室内締固め試験の結果、最適含水比が16~18%であり、仮置土の自然含水比も16~19%と最適含水比とはほぼ同一範囲にあった。この材料の特性は以下の通りである。

最大粒径	D_{max}	38.1mm
4.76mm通過率	P_{476}	82~90%
74 μ	" P_{74}	8~12%
最大乾燥密度	γ_d_{max}	1.75t/m ³
最適含水比	W_{opt}	16.2%
最小透水係数	K_{min}	1.4×10^{-6} cm/s

試験方法は表-13に示す通りの組み合わせで行った。

表-13 ゾーンⅠ材の盛立試験方法

転圧機種	まき出し厚 (cm)	転圧回数 (回)	層数
11t V.R (Bw-210DH)	15, 20, 25	8, 12, 16, 20	3
15t V.R (CA-51s)	15, 20, 25	6, 8, 10	3

ゾーンⅠ材転圧後、乾燥密度及び透水係数を測定した。基準値を乾燥密度については、設計数値として定めた1.67t/m³以上、透水係数は 5×10^{-5} cm/s以下として判定したところ、次のような結果が得られた。

- a) 透水係数については、まき出し厚20cm以下の場合すべて基準値を満足する。

- b) 密度については各ケースとも大きな差は認められないが、より安全側にするためには20cm以下が望ましい。

以上のことから、盛立施工基準としては既往の施工実績も考慮して安全側に以下の通り決定した。

転圧機種	15 t 級振動ローラー
まき出し厚	20cm以下
転圧回数	8回以上

ii) ゾーンⅡ

ゾーンⅡ材も原石山上部の材料を用いた。その特性は次の通りである。

最大粒径	D_{max}	38.1mm
4.76mm通過率	P_{476}	75~80%
74 μ	" P_{74}	8~10%
最大乾燥密度	γ_d_{max}	1.82t/m ³
最適含水比	W_{opt}	14.2%
最小透水係数	K_{min}	2.3×10^{-5} cm/s

試験方法は表-14の通り。

表-14 ゾーンⅡ材の盛立試験方法

転圧機種	まき出し厚 (cm)	転圧回数 (回)	層数
8t V.R (BW-210)	20, 30, 40	6, 8, 10	3
11t V.R (BW-210DH)	20, 30, 40	6, 8, 10	3
15t V.R (CA-51s)	20, 30, 40	6, 8, 10	3

基準値は、乾燥密度が1.71t/m³以上、透水係数は 1×10^{-4} cm/s以下とした。これによる判定の結果、次のようなことが言える。

- a) 透水係数とまき出し厚、転圧機種の関係にはバラツキが大きくなっている。しかしながら、透水係数と飽和度との関係でみると、飽和度が大きくなるにつれて透水係数が小さくなる傾向が明確である。よって飽和度管理を実施することとし、これを75%以上とした。
- b) 15 t 振動ローラーの場合は、すべて透水係数基準値を満足しているが、飽和度に影響されているものと考えられる。
- c) 密度についても若干のバラツキがみられたが、まき出し厚については、安全側とするため30cm以下とすることが望ましい。

以上のことから、盛立施工基準は既往の施工実績も考慮して次の通りとした。

転圧機種	15 t 級振動ローラー
まき出し厚	30cm以下
転圧回数	8回以上

iii) フィルター材

フィルター材は購入碎石を使用することとしており、その粒度特性は次の通りである。

最大粒径	30mm
25.4mm通過率	90~98%
4.76mm "	40~50%
0.074mm "	0.5~3%

試験方法は表-15に示す通りである。

表-15 フィルター材の盛立試験方法

転圧機種	まき出し厚 (cm)	転圧回数 (回)	層数
11t V. R (SV-90)	40	4, 6	2

基準値は、乾燥密度が $1.81t/m^3$ 、透水係数を $1 \times 10^{-2} cm/s$ 以下として判定した。

この結果、密度についてはいずれも基準値を満足している。又透水係数については、ゾーンⅡが $10^{-3}cm/s$ オーダーであることから、 $10^{-3}cm/s$ オーダーが望ましいが、4回転圧のとき $9.5 \times 10^{-3}cm/s$ 、6回転圧で $8.3 \times 10^{-3}cm/s$ といずれもこれを満足している。透水係数の面からは、よりゾーンⅡの透水係数に近いものが得られる6回転圧が望ましい。

以上のことからフィルター材の盛土施工基準を次のように決定した。

転圧機種	11 t 級振動ローラー
まき出し厚	40cm以下
転圧回数	6回以上

iv) ゾーンⅢ

ゾーンⅢ材は原石山から採取した材料を用いる。その粒度特性は次の通りである。

最大粒径	400mm
25.4mm通過率	40~55%
4.76mm通過率	20~30%

表-18 管理基準値一覧表

	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	フィルター
まき出し厚 (cm)	20	30	60	80	40
転圧機種 (重機)	振動カローラ (15 t 級)	振動カローラ (15 t 級)	振動カローラ (11 t 級)	振動カローラ (11 t 級)	振動カローラ (11 t 級)
転圧回数	8回以上	8回以上	6回以上	6回以上	6回以上
密度	$D' \geq 95\%$	$D' \geq 95\%$	$e \leq 0.3$	$e \leq 0.4$	$\gamma_d \geq 1.81t/m^3$
透水試験	$K \leq 5 \times 10^{-5} cm/sec$	$K < 1 \times 10^{-4} cm/sec$	—	—	$K \leq 1 \times 10^{-2} cm/sec$
飽和度	$S_1 \geq 75\%$	$S_1 \geq 75\%$	—	—	—
比重	—	—	$G_s \geq 2.55$	$G_s \geq 2.55$	$G_s \geq 2.60$

Gs は合成比重

試験方法は表-16に示す組合せで行った。

表-16 ゾーンⅢ材の盛立試験方法

転圧機種	まき出し厚 (cm)	転圧回数 (回)	層数
8t V. R (BW-210)	60, 80	4, 6, 8	2
11t V. R (BW-210DH)	60, 80	4, 6, 8	2

基準値は、設計数値で定めた乾燥密度の $1.96t/m^3$ である。これにより判定すると、転圧回数4回以下ではないずれのケースも基準値を満足できないため、ゾーンⅢ材の盛土施工基準は既往の施工実績をも考慮して以下のように決定した。

転圧機種	11 t 級振動ローラー
まき出し厚	60cm以下
転圧回数	6回以上

v) ゾーンⅣ

ゾーンⅣ材同様原石山から採取した材料を用いる。ゾーンⅣ材の粒度特性は次の通りである。

最大粒径	1,000mm
25.4mm通過率	15~30%
4.76mm "	5~15%

試験方法は表-17に示す通りである。

表-17 ゾーンⅣ材の盛立試験方法

転圧機種	まき出し厚 (cm)	転圧回数 (回)	層数
8t V. R (BW-210)	80, 100	2, 4, 6	2
11t V. R (BW-210DH)	80, 100	2, 4, 6	2

基準値としては、設計数値の乾燥密度である $1.81t/m^3$ のみにより判定した。この結果、基準値を満足するよう

表-19 目谷ダム築堤実績

(単位: m³)

区分	月別	昭和57年				昭和58年							
		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
Zone	(I)	205	12,430	8,296	6,039	0	0	2,924	7,560	3,288	3,745	2,820	4,438
	(II)	1,249	12,596	19,851	19,364	0	0	5,312	14,052	9,895	9,223	6,037	6,918
	(III)	110	10,138	16,069	16,520	1,383	0	1,767	10,580	6,459	7,168	5,450	7,243
	(IV)	0	10,373	16,703	26,455	3,219	0	7,752	18,639	18,629	18,379	12,607	11,218
	フィルター	0	1,632	1,837	1,781	163	0	409	1,178	1,978	1,835	1,284	1,708
	計	E L 335.50 1,564	E L 343.10 47,169	E L 348.90 62,756	E L 354.30 70,159	E L 354.60 4,765	0	E L 355.90 18,164	E L 359.60 52,009	E L 362.70 40,249	E L 366.10 40,350	E L 368.60 28,198	E L 371.70 31,525

区分	月別	昭和58年				昭和59年						合計
		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
Zone	(I)	3,511	4,029	1,555	0	0	0	0	3,064	4,627	3,439	71,970
	(II)	2,819	2,937	1,757	0	0	0	0	1,168	1,032	0	114,210
	(III)	3,558	3,784	111	0	0	0	0	1,720	2,816	2,454	97,330
	(IV)	7,780	5,216	1,110	0	0	0	0	5,857	10,723	8,670	183,330
	フィルター	1,457	1,858	0	0	0	0	0	1,160	3,013	3,207	24,500
	計	E L 373.70 19,125	E L 375.80 17,824	E L 376.40 4,533	0	0	0	0	E L 378.10 12,969	E L 381.50 22,211	E L 384.70 17,770	491,340

な締固めのためには、転圧回数を6回以上とすることが望ましいと判明した。このことからゾーンⅣにおける盛土施工基準を次のように決定した。

転圧機種 11 t 級振動ローラー
 まき出し厚 100cm以下
 転圧回数 6回以上

以上の管理基準値をとりまとめて表-18に示す。

4. 本堤の盛立てと施工管理

4-1 施工期間

本体の盛立てには、昭和57年9月に着手し、昭和59年6月末に完了した。この間、冬の厳寒期（-15°C程度）の気温を示すことがある。）には、凍結等のため特に遮

水ゾーンの盛立ては不可能となる。このため盛土の休止を余儀なくされたこともあるが、表-19に示すように休止期間を除いて16ヶ月間、実質は14ヶ月間で仮締切堤を除く本堤の盛立てを完了した。

以上から、目谷ダムの施工状況には次のようなことが言える。

(1) 盛土速度が比較的大きい。

表-20 遮水ゾーンの日当り平均盛土量

	S57年度	S58年度	S59年度	平均
Zone I	428	328	444	378m ³ /日
Zone II	892	523	220	585m ³ /日

表-21 管理試験一覧表

	試験項目	場 所			備 考
		土取場・原石山	ストックヤード	築堤現場	
Zone I 及び Zone II	含 水 比		2回/日	1回/日	迅速法・炉乾法
	粒 度		遮水材 1回/3000m ³	1回/3000m ³	フルイ分け
	〃		遮水材 1回/日	1回/日	74μ通過率のみ
	締 固 め	場所変更時	遮水材 1回/盛立 5 m	ランダム材 1回/盛立 5 m	φ200モールド E C=150%
	透 水	室内 1回/盛立 5 m		遮水材 1回/盛立 1 m	1回 5 点
	〃			ランダム材 1回/盛立 2 m	上・下流各 3 点
	比 重	場所変更時	1回/盛立 5 m		
	現場密度			1回/日	突き砂置換法・R I 法
三軸圧縮	室内 1回/盛立 5 m				
Zone III 及び Zone IV	比重・吸水			1回/月	
	粒 度	1回/盛立 5 m		1回/盛立 5 m	フルイ分け
	圧 縮				
	安 定 性	1回/盛立 5 m			
	現場密度			1回/盛立 5 m	水置換法
	現場透水			2回/月	
	大型三軸圧縮	3回			
フィル ター	粒 度			1回/2000m ³	フルイ分け
	比重・吸水			〃	
	含 水 比			〃	迅速法・炉乾法
	現場透水			1回/盛立 5 m	
	現場密度			〃	突き砂置換法

約491千 m^3 の盛土を実質14ヶ月間で終えており、月当り平均盛土量は約35千 m^3 /月である。

(2) 遮水性ゾーンの施工日数に恵まれた。

ゾーンⅠの施工日数は178日であり、月当り平均施工日数は12.7日/月である。これは東北地方の寒冷地にあるダムに比較し、1.5倍程度多くなっている。

又、遮水性ゾーンの日当り平均盛土量を年度別に表—20に示す。

4—2 盛立て状況

盛土管理基準値は、先の表—18に示した通りであるが、現場の施工がこの管理基準値を満足しているか否かを確認するために、表—21に示したような管理試験を行った。これらの試験結果をもとにして、各ゾーンにおける盛立て状況に検討を加えてみた。

(1) ゾーンⅠ

ゾーンⅠの盛土状況を表—22に示す。

これによれば、施工含水比はほぼ最適含水比付近($Wf-W_{opt}=0.2\%$)で盛土しているため、 D' 値は平均97.8% ($\sigma_{n-1}=1.4\%$)とよく締まっている。又飽和度は83.8% ($\sigma_{n-1}=4.8\%$)であり、最低値でも75%を確保していることから、水浸飽和時においても、極端な強度低下を起こさないものと思われる。

現場透水係数はいずれも $10^{-6}cm/s$ オーダー以下の値であり、所定の透水係数 ($K \leq 5 \times 10^{-5}cm/s$) を確保してい

る。

以上のようにゾーンⅠの盛土状況は管理基準値を満足しており、バラツキも比較的少なく、良好に施工されたものと判断される。

(2) ゾーンⅡ

ゾーンⅡの盛土状況を表—23に示す。

この盛土管理結果より、ゾーンⅠの場合同様、施工含水比がほぼ最適含水比付近 ($Wf-W_{opt}=0.2\%$) で盛土されているため、 D' 値は平均98.0% ($\sigma_{n-1}=1.9\%$)とよく締まっている。又飽和度は84.0% ($\sigma_{n-1}=5.5\%$)であり、管理基準値の75%を満足している。

現場透水係数は $10^{-6}cm/s$ オーダーの値であり、所定の透水係数 ($K \leq 1 \times 10^{-4}cm/s$) を確保している。

以上のようにゾーンⅡにおいても、ゾーンⅠ同様、管理基準値を満足しており、良好に施工されていると判断される。

(3) ゾーンⅢ

ゾーンⅢ材料は原石山から採取される花崗岩を用いており、最大粒径が400mmで、 D_{50} (50%粒径)=28.5~62.0mm, D_{10} (10%粒径)=0.95~1.2mm, D_{60} (60%粒径)=38.0~83.6mmの粒度範囲である。

ゾーンⅢ材料の物理的性質は表—25に示した通りである。

表—24からも明らかのように、各年度毎のバラツキは

表—22 Zone I 盛土管理値一覧表

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	48	73	25	146	
乾燥密度 $\bar{r}_d(t/m^3)$	$\bar{X}=1.805$ $\sigma_{n-1}=0.045$	$\bar{X}=1.816$ $\sigma_{n-1}=0.060$	$\bar{X}=1.744$ $\sigma_{n-1}=0.048$	$\bar{X}=1.800$ $\sigma_{n-1}=0.059$	
湿潤密度 $\bar{r}_d(t/m^3)$	$\bar{X}=2.063$ $\sigma_{n-1}=0.033$	$\bar{X}=2.081$ $\sigma_{n-1}=0.036$	$\bar{X}=2.030$ $\sigma_{n-1}=0.031$	$\bar{X}=2.066$ $\sigma_{n-1}=0.039$	
施工含水比 $Wp(\%)$	$\bar{X}=14.3$ $\sigma_{n-1}=1.3$	$\bar{X}=14.7$ $\sigma_{n-1}=2.2$	$\bar{X}=16.4$ $\sigma_{n-1}=1.6$	$\bar{X}=14.9$ $\sigma_{n-1}=2.0$	
D' 値 (%)	$\bar{X}=97.8$ $\sigma_{n-1}=1.6$	$\bar{X}=97.9$ $\sigma_{n-1}=1.4$	$\bar{X}=97.3$ $\sigma_{n-1}=0.9$	$\bar{X}=97.8$ $\sigma_{n-1}=1.4$	$D' \geq 95\%$
飽和度 $Sr(\%)$	$\bar{X}=81.1$ $\sigma_{n-1}=3.3$	$\bar{X}=85.4$ $\sigma_{n-1}=5.3$	$\bar{X}=84.3$ $\sigma_{n-1}=3.2$	$\bar{X}=83.3$ $\sigma_{n-1}=4.8$	$Sr \geq 75\%$
$Wf-W_{opt}$ (%)	$\bar{X}=0.1$ $\sigma_{n-1}=0.9$	$\bar{X}=0.4$ $\sigma_{n-1}=0.8$	$\bar{X}=0.3$ $\sigma_{n-1}=1.0$	$\bar{X}=0.2$ $\sigma_{n-1}=0.9$	
74 μ 通過率 (%)	$\bar{X}=19.0$ $\sigma_{n-1}=3.0$	$\bar{X}=19.2$ $\sigma_{n-1}=3.1$	$\bar{X}=19.8$ $\sigma_{n-1}=1.9$	$\bar{X}=19.2$ $\sigma_{n-1}=2.9$	
現場透過係数 $K(cm/sec)$	$n=23$ $\bar{X}=2.4 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=1.9 \times 10^{-6}$	$n=23$ $\bar{X}=1.4 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=1.1 \times 10^{-6}$	$n=10$ $\bar{X}=1.4 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=0.9 \times 10^{-6}$	$n=56$ $\bar{X}=1.4 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=1.6 \times 10^{-6}$	$K \leq 5 \times 10^{-5}cm/sec$

表-23 Zone II 盛土管理値一覧表

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	74	129	24	227	
乾燥密度 $\gamma d(t/m^3)$	$\bar{X}=1.841$ $\sigma_{n-1}=0.054$	$\bar{X}=1.817$ $\sigma_{n-1}=0.061$	$\bar{X}=1.744$ $\sigma_{n-1}=0.024$	$\bar{X}=1.817$ $\sigma_{n-1}=0.062$	
湿润密度 $\gamma d(t/m^3)$	$\bar{X}=2.087$ $\sigma_{n-1}=0.039$	$\bar{X}=2.080$ $\sigma_{n-1}=0.032$	$\bar{X}=2.025$ $\sigma_{n-1}=0.038$	$\bar{X}=2.078$ $\sigma_{n-1}=0.039$	
施工含水比 $Wp(\%)$	$\bar{X}=13.5$ $\sigma_{n-1}=1.4$	$\bar{X}=14.6$ $\sigma_{n-1}=2.3$	$\bar{X}=16.2$ $\sigma_{n-1}=1.2$	$\bar{X}=14.5$ $\sigma_{n-1}=2.1$	
D' 値 (%)	$\bar{X}=98.1$ $\sigma_{n-1}=2.8$	$\bar{X}=97.9$ $\sigma_{n-1}=1.5$	$\bar{X}=97.2$ $\sigma_{n-1}=0.8$	$\bar{X}=98.0$ $\sigma_{n-1}=1.9$	$D' \geq 95\%$
飽和度 Sr (%)	$\bar{X}=81.0$ $\sigma_{n-1}=3.6$	$\bar{X}=84.9$ $\sigma_{n-1}=5.7$	$\bar{X}=82.7$ $\sigma_{n-1}=4.2$	$\bar{X}=84.0$ $\sigma_{n-1}=5.5$	$Sr \geq 75\%$
$Wf-W_{opt}$ (%)	$\bar{X}=0.0$ $\sigma_{n-1}=1.1$	$\bar{X}=0.4$ $\sigma_{n-1}=0.9$	$\bar{X}=0.6$ $\sigma_{n-1}=1.2$	$\bar{X}=0.2$ $\sigma_{n-1}=1.0$	
74 μ 通過率 (%)	$\bar{X}=16.2$ ※ $\sigma_{n-1}=7.3$	$\bar{X}=19.2$ $\sigma_{n-1}=3.4$	$\bar{X}=20.1$ $\sigma_{n-1}=1.5$	$\bar{X}=18.4$ $\sigma_{n-1}=3.2$	
現場透過係数 K (cm/sec)	$n=30$ $\bar{X}=3.05 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=10.4 \times 10^{-6}$	$n=30$ $\bar{X}=3.05 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=0.8 \times 10^{-6}$	$n=6$ $\bar{X}=3.05 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=1.0 \times 10^{-6}$	$n=66$ $\bar{X}=3.03 \times 10^{-6}$ $\sigma_{n-1}=7.3 \times 10^{-6}$	$K \leq 1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$

※ $n=73$

表-24 Zone III 材料の物理的性質

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	4	8	2	14	—
表乾比重 G'	$\bar{X}=2.57$ $\sigma_{n-1}=0.02$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.01$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.004$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.01$	$G' \geq 2.55$
吸水率 Q (%)	$\bar{X}=1.8$ $\sigma_{n-1}=0.1$	$\bar{X}=1.7$ $\sigma_{n-1}=0.3$	$\bar{X}=2.57$ $\sigma_{n-1}=0.1$	$\bar{X}=2.57$ $\sigma_{n-1}=0.2$	—

表-25 Zone III 材料の盛土管理結果一覧表

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	4	8	2	14	—
乾燥密度 $\gamma d(t/m^3)$	$\bar{X}=2.057$ $\sigma_{n-1}=0.033$	$\bar{X}=2.082$ $\sigma_{n-1}=0.036$	$\bar{X}=2.095$ $\sigma_{n-1}=0.013$	$\bar{X}=2.077$ $\sigma_{n-1}=0.034$	(1.962)
間ゲキ比 e	$\bar{X}=0.248$ $\sigma_{n-1}=0.013$	$\bar{X}=0.240$ $\sigma_{n-1}=0.022$	$\bar{X}=0.230$ $\sigma_{n-1}=0.006$	$\bar{X}=0.241$ $\sigma_{n-1}=0.018$	$e \leq 0.3$
現場透水係数 K (cm/sec)	$\bar{X}=3.7 \times 10^{-2}$ $\sigma_{n-1}=1.5 \times 10^{-2}$ ($n=7$)	$\bar{X}=4.6 \times 10^{-2}$ $\sigma_{n-1}=1.4 \times 10^{-2}$ ($n=13$)	—	$\bar{X}=4.3 \times 10^{-2}$ $\sigma_{n-1}=1.5 \times 10^{-2}$ ($n=20$)	—

() は $G'=2.55$, $e=0.3$ の時の乾燥密度

少なく、施工管理基準値も満足しており、良好な材料である。

ゾーンⅢの盛土状況を表-25に示す。

これによれば、乾燥密度、間ゲキ比とも管理基準値を満足しており、バラツキも少ないので良好に施工されていると判断される。

(4) ゾーンⅣ

ゾーンⅣ材料は、ゾーンⅢ材料と同様、原石山から得られる花崗岩を用いている。粒度については、最大粒径700~800mmで、 $D_{50}=138\sim 295\text{mm}$ 、 $D_{60}=185\sim 410\text{mm}$ 、 $D_{10}=7\sim 15\text{mm}$ である。

ゾーンⅣ材料の物理特性は表-26に示した通りであり、ゾーンⅢ材料とほとんど差異はみられない。これは、ゾーンⅢ材料とゾーンⅣ材料の区別が主として粒度でなされているのみで、材質的には同材料であることを示していると言える。

ゾーンⅣ材料についても、表-26に示された通り、材質的にバラツキが少なく、管理基準も満足しており良好な材料である。

ゾーンⅣの盛土状況を表-27に示す。

以上の結果から、ゾーンⅣについても管理基準の面からは良好に施工されていると判断される。

表-26 Zone Ⅳ 材料の物理的性質

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	4	8	2	14	—
表乾比重 G'	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.01$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.005$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.000$	$\bar{X}=2.58$ $\sigma_{n-1}=0.007$	$G' \geq 2.55$
吸水率 $Q(\%)$	$\bar{X}=1.9$ $\sigma_{n-1}=0.08$	$\bar{X}=1.8$ ※ $\sigma_{n-1}=0.2$	$\bar{X}=1.6$ $\sigma_{n-1}=0.08$	$\bar{X}=1.8$ $\sigma_{n-1}=0.18$	—

※ $n=7$

表-27 Zone Ⅳ 材料の盛土管理結果一覧表

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	4	8	2	14	—
乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$	$\bar{X}=2.089$ $\sigma_{n-1}=0.069$	$\bar{X}=2.109$ $\sigma_{n-1}=0.031$	$\bar{X}=2.076$ $\sigma_{n-1}=0.021$	$\bar{X}=2.099$ $\sigma_{n-1}=0.043$	(1.821) ※
間ゲキ比 e	$\bar{X}=0.236$ $\sigma_{n-1}=0.045$	$\bar{X}=0.225$ $\sigma_{n-1}=0.017$	$\bar{X}=0.244$ $\sigma_{n-1}=0.013$	$\bar{X}=0.231$ $\sigma_{n-1}=0.026$	$e \leq 0.4$

※ () は $G'=2.55$ 、 $e=0.4$ の時の乾燥密度

表-28 フィルター材の物理的性質

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	1	6	4	11	—
合成比重 G'	$\bar{X}=2.655$ $\sigma_{n-1}=$	$\bar{X}=2.640$ $\sigma_{n-1}=0.010$	$\bar{X}=2.626$ $\sigma_{n-1}=0.007$	$\bar{X}=2.636$ $\sigma_{n-1}=0.012$	$G' \geq 2.60$
吸水率 $Q(\%)$	$\bar{X}=4.6$ $\sigma_{n-1}=0.2$	$\bar{X}=3.8$ $\sigma_{n-1}=0.4$	$\bar{X}=4.0$ $\sigma_{n-1}=0.7$	$\bar{X}=3.9$ $\sigma_{n-1}=0.5$	—
表乾比重 G'	$\bar{X}=2.588$ $\sigma_{n-1}=$ $n=1$	$\bar{X}=2.576$ $\sigma_{n-1}=0.012$ $n=5$	$\bar{X}=2.549$ $\sigma_{n-1}=0.009$ $n=4$	$\bar{X}=2.566$ $\sigma_{n-1}=0.018$ $(n=10)$	—
吸水率 $Q(\%)$	$\bar{X}=1.8$ $\sigma_{n-1}=$ $n=1$	$\bar{X}=1.6$ $\sigma_{n-1}=0.4$ $n=5$	$\bar{X}=1.7$ $\sigma_{n-1}=0.1$ $n=4$	$\bar{X}=1.7$ $\sigma_{n-1}=0.3$ $(n=10)$	—

表-29 フィルター盛土管理一覧表

	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	全体平均	施工管理基準値
データ数	3	26	4	33	—
乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$	$\bar{X}=1.982$ $\sigma_{n-1}=0.131$	$\bar{X}=1.887$ $\sigma_{n-1}=0.037$	$\bar{X}=1.888$ $\sigma_{n-1}=0.628$	$\bar{X}=1.895$ $\sigma_{n-1}=0.055$	$\gamma_d \geq 1.81$
現場透水係数 $K(cm/sec)$	$\bar{X}=7.3 \times 10^{-3}$ $\sigma_{n-1}=1.3 \times 10^{-3}$ $n=7$	$\bar{X}=6.2 \times 10^{-3}$ $\sigma_{n-1}=2.1 \times 10^{-2}$ $n=25$	$\bar{X}=5.7 \times 10^{-3}$ $\sigma_{n-1}=1.5 \times 10^{-2}$ $n=4$	$\bar{X}=6.3 \times 10^{-3}$ $\sigma_{n-1}=2.0 \times 10^{-2}$ $n=36$	$K \leq 1 \times 10^{-2}$

表-30 各ゾーンの盛土管理結果と設計数値一覧表

ゾーン区分		Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	フィルター	
		遮水ゾーン	遮水ゾーン～ 半透水ゾーン	透水ゾーン	透水ゾーン	透水ゾーン	
築堤材料		マサ土の2次堆積 + マサ土強風化	Zone I と同様	原石山花崗岩	原石山花崗岩	購入材	
盛土 密度	土粒子比重 G_s	2.64 (2.64)	2.64 (2.64)	2.58 (2.55)	2.58 (2.55)	2.64 (2.60)	
	乾燥密度 $\gamma_d(t/m^3)$	1.80 (1.67)	1.82 (1.71)	2.08 (1.96)	2.10 (1.89)	1.90 (1.81)	
	湿潤密度 $\gamma_d(t/m^3)$	2.07 (2.02)	2.08 (2.04)	2.11 (2.00)	2.14 (1.91)	1.97 (1.90)	
	飽和重量 $\gamma_{sat}(t/m^3)$	2.12 (2.04)	2.13 (2.06)	2.27 (2.19)	2.07 (2.18)	2.18 (2.10)	
	水中重量 $\gamma_{sub}(t/m^3)$	1.12 (1.04)	1.13 (1.06)	1.27 (1.19)	1.07 (1.18)	1.18 (1.10)	
	間ゲキ比 e	0.47 (0.58)	0.45 (0.54)	0.24 (0.30)	0.23 (0.40)	0.39 (0.44)	
※ セン 断 強 度	完成直後	粘着力 $C(t/m^2)$	8.0 (2.5)	13.0 (3.0)	10.0 (0)	17.7 (0)	— (0)
		内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	31°00' (25°00')	32°30' (28°00')	44°00' (38°00')	43°00' (40°00')	— (35°00')
	完成後	粘着力 $C(t/m^2)$	8.0 (3.0)	13.0 (3.0)	10.0 (0)	17.7 (0)	— (0)
		内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	34°00' (25°00')	34°00' (30°00')	44°00' (38°00')	43°00' (40°00')	— (35°00')

※ 有効応力表示 () は設計数値

注：セン断強度は、昭和58年7月12日（E.L. 368）までの盛土管理結果をもとに三軸圧縮試験より推定した値を記述した。

(5) フィルター

フィルターは購入材料（M-30）を用いており、粒度については、最大粒径50mmで、 $D_{50}=3.3\sim 10.9mm$ 、 $D_{10}=0.18\sim 1.2mm$ の粒度範囲となっている。

フィルターの粒度分布は、隣接するゾーンⅡ及びゾーンⅢ材料から規定される粒度範囲内の材料を用いる必要があり、この条件が満足されている。

フィルター材の物理的性質を表-28に、盛土状況を表-29に示す。

以上から、材質のバラツキは少なく、良好な材料を用いている。又、施工については、乾燥密度は各年度ごとに若干のバラツキがみられるが、いずれも管理基準を満足しており、また透水係数も管理値を満足している。

以上の管理試験結果（平均値）と設計数値との比較を

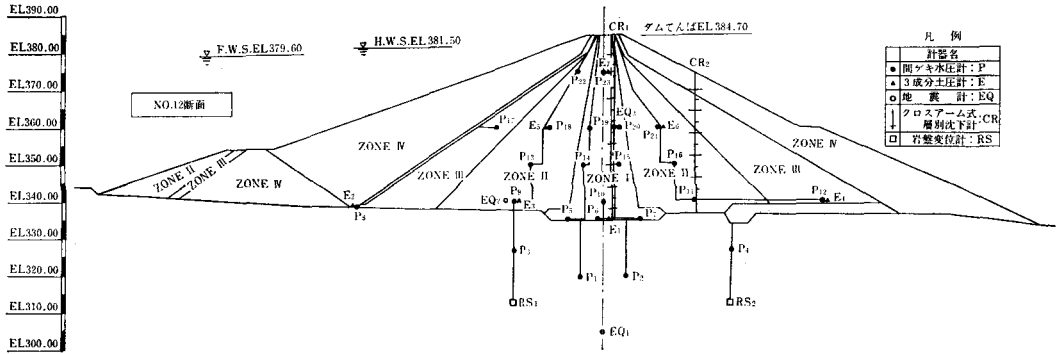


図-3

一覧表にして、表-30に示す。

4-3 堤体埋設計器の挙動

目谷ダムでは、施工中及び完成後の堤体の安定性を検討するため、No. 12断面（ダムセンター断面）に、図-3に示すような埋設計器を設置している。これら計器の観測結果について、細部まで述べることはあまり意味がないと思えるが、設置時その他の問題が生じている点について述べ、今後の参考に供したいと考える。

(1) 間ゲキ圧計

間ゲキ圧計の埋設方法は、図-4に示すように、盛土開始当初は、間ゲキ圧計（P-5～P-16）の周辺を飽和した砂で覆い、その後レキ分を除いた盛土材を埋め戻し、振動ランマーで転圧していたが、チップ周辺は間ゲキ圧計で測定しようとする土で埋戻すことが原則であるので途中（P-17～P-23）から飽和砂で覆わず、直接レキ分を除いた盛土材で埋め戻すように変更した。

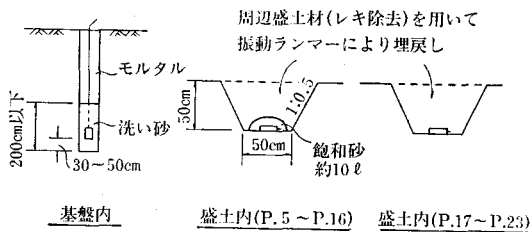


図-4 間ゲキ水圧計の埋設方法

間ゲキ圧計には、断線等により測定不能となったものではなく、全て正常に作動していると思われる。しかしながら、間ゲキ圧が理論値に比べ大きめに得られる傾向がみられた。これは、埋戻し部の材料が周辺の材料より細粒分が多くなっていたり、転圧エネルギーが過大に加えられたりしたこと等によるものと思われる。このような部分的な間ゲキ圧は一定時間の経過とともに消散されていくと予想されるが、施工中のより正確なデータを得るためには、計器の埋設に際して、出来る限り周辺と同一の条件で埋め戻すことが望ましい。

(2) 土圧計

土圧計の埋設方法は、盛立当初（E1～E4）は図-5に示すように凸に掘削整形し、埋設している。しかし、E5～E7は凹に掘削整形して、計器を設置した後盛土材を埋め戻し、振動ランマーで転圧している。

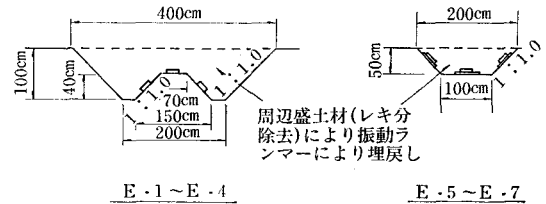


図-5 土圧計の埋設方法

観測結果をみると、7ヶ所の土圧計のうち、最大、最小主応力がともに安定した発達を示しているのは、すなわち、3成分土圧計として機能しているのは、E5及びE6のみであり、他の土圧計では断線あるいは側方土圧成分を測定する計器において、盛土荷重その他の影響で設置角度にズレが生じたためと判断される障害のため、正常な土圧が測定できない状態となっている。

このため、鉛直土圧のみで土圧の発達状況を検討すると、土かぶりに対して著しく小さな値を示すものはみられないので、アーチング等の有害な現象は起こしていないものと判断される。

以上述べたように、三成分土圧計においては側方土圧成分を測定する計器面を、設置時のみならず上載される荷重が相当に大きくなった後まで正しく45°の角度に保つのは、かなり難しいように思われる。よって設置にあたってはその位置、設置方法には細心の注意を払う必要がある。また、データの解析にあたってはその設置状況を充分考慮しなければならない。

(3) 層別沈下計

層別沈下計の埋設方法は、図-6に示した通りで、パイプ（ビニールパイプ）付近は重機による転圧が困難なことから人力転圧とした。

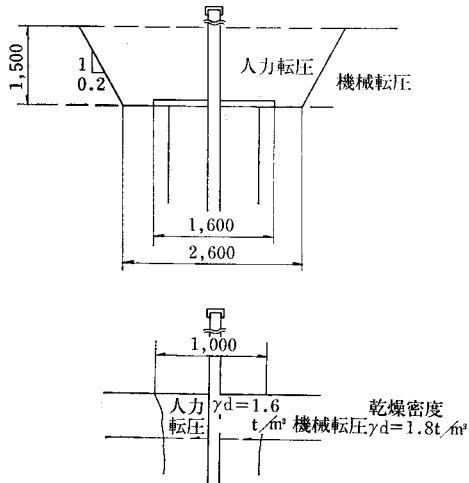


図-8 層別沈下計の埋設方法

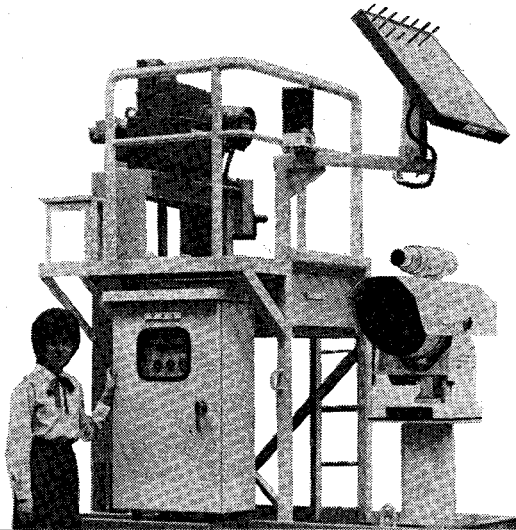
測定結果をみると、FEMによる築堤解析に比べ最大沈下量で大きな値を示しているが、沈下計付近が重機の転圧でなく人力転圧のため、周辺よりルーズな状態となったためとも考えられるが主な理由としてはビニールパイプが不均等な側圧を受け、曲がったり、継目がはずれたりしている(確認の方法はないが)ことが考えられる。

いずれにしろ、層別沈下計はダムの変形を知る上で不可欠の計器と考えられるので今後、計器自体の改良を図る一方、盛土施工の際、計器に損傷を与えないような工夫がなされなければならないと考える。

おわりに

以上、目谷ダムについて、工事工程から施工管理まで簡単に述べてきたが、原稿締切に追われたため、洪水吐、監査廊の設計、施工、基礎処理、閉塞工等、興味深いと思われる話が残ってしまったが、これらについては別の機会に述べさせていただくこととしたい。

無限でクリーンな太陽光エネルギー利用



これからはソーラの時代！常に最先端技術に挑戦し続けてきた丸島水門は太陽光エネルギー(太陽電池)とレーザー光線をゲート除塵機にドッキングさせることに成功しました。即ち電源のない場所でも、電動の水門開閉機および簡易除塵機を遠く離れたところから何門でも運転することができるのです。不便な現場まで足を運んで人力やエンジン駆動などでご苦労なさることはなくなりました。

ソラゲート ソラレキ

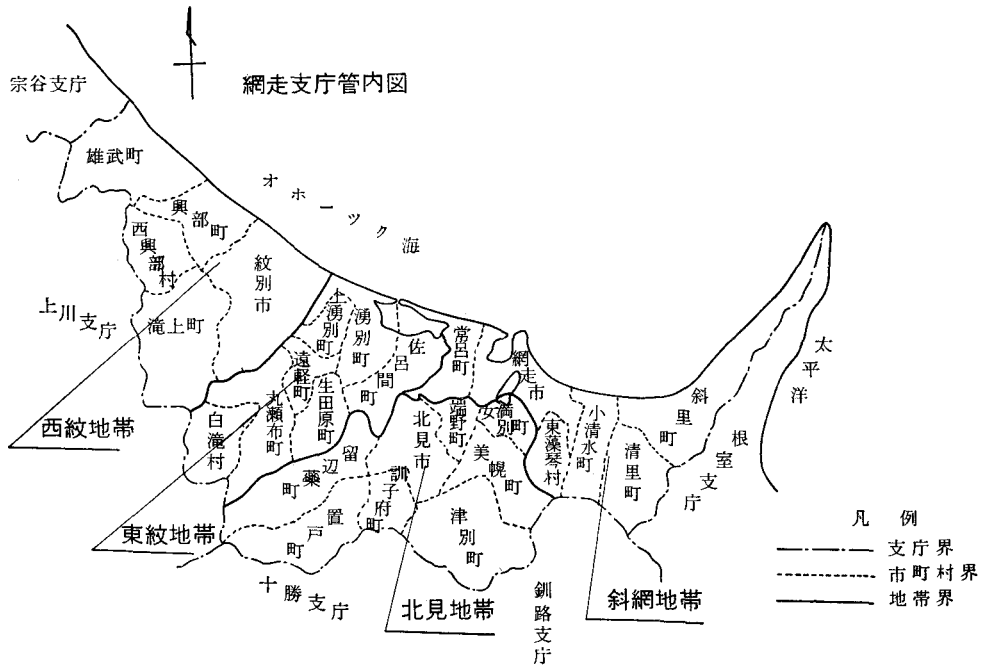
写真はソーラゲート



丸島水門
株式会社丸島水門製作所

本社 大阪市生野区鶴橋1-6-15
東京支店 東京都中央区日本橋室町4-3(坂田ビル)
福岡営業所 福岡市博多区博多駅南1-10-5(第2備成ビル)
仙台営業所 仙台市1番町1-12-2(星光堂ビル)
札幌営業所 札幌市中央区南1条西6丁目(第2三合ビル)

☎(06) 716-8001
☎(03) 242-1972
☎(092) 472-5336
☎(0222) 66-5497
☎(011) 221-7003



表一1 地帯別, 畑地用水使用実態表

地帯名	斜網地帯	北見地帯	東紋地帯	西紋地帯
畑面積 156,000ha	約 51,400ha	約 48,300ha	約 25,800ha	約 30,800ha
畑地用水 かんが積	約 1,560ha	約 50ha	約 530ha	約 20ha
散水機 数	152台	133台	330台	3台
利用戸数	148戸	11戸	81戸	3戸
使用目的	畑地かんがい, (37%) 廃液かんがい, (63%)	畑地かんがい, (62%) 肥培かんがい, (38%)	畑地かんがい, (91%) 肥培かんがい, (9%)	畑地かんがい, (0%) 肥培かんがい, (100%)

土壌面では斜網地帯は火山灰性の軽しょう土, 西紋地帯は重粘土, 東紋, 北見地帯ではこれらの移行部で, 礫質土, 泥炭土等で農地として恵まれている方ではない。更に気象条件は農耕期間の5月~9月の平均気温が14.7°C, 降雨量は年間800mm~900mm, 農耕期間350mm~400mmで非常に寡雨。加えて, 一部の地帯では4月下旬から6月中旬にかけて強風による農作物の発芽, 移植に風食被害をもたらす。これら, 干ばつ及び風食防止のために一部農家は畑地用水を積極的にとり入れている。

2) 網走管内の畑地かんがい事業

農業基盤整備の状況をみると, 土地基盤の充実を図るための整備事業(農用地開発, 明渠排水, 農道整備等)が先行しており, 畑地用水等利水事業の実施は昭和40年

代に入り本格化してきた。毎年おこる春先の風食防止, 干ばつ防止, 地力保全を目的とした肥培に対し地域の農業者は「より安定した, より豊かな」農業経営を目差し, 畑地かんがい事業に寄せる期待は大きい。現在では国営事業実施中5地区26,345ha, 全体実施設計2地区11,450ha, 計画調査中2地区5,500ha, 道営鹿の子ダム関連571ha, 合計43,866haが事業実施中若しくは調査中である。

3. 国営畑地帯総合土地改良パイロット事業 「小清水地区」

この地区は, 管内斜網地帯の東部に位置する小清水, 清里, 斜里町の3町にまがる地域で平地農村地帯に属す



てんさいの干ばつ被害状況（ビート）



風食状況

る。

地域の生産構造の特徴は3町とも第一次産業の農業が大きな比重を占めており、農業就業人口は地域総就業人口の30%である。また工業にあっても製糖工場、でん粉工場をはじめ、農業関連工場が重要な部分を占めていることなど、地域経済に深く係わっており、農業の豊凶がそのまま地域経済の景気を左右するといっても過言ではない。

農業の安定生産の為の基盤整備は従来より実施されて

いるが、いまだ脆弱な部分が多く、特にこの地域では干害、風害が最大の阻害要因となっている。

国営畑地帯総合土地改良パイロット事業「小清水地区」は、このような地域の現況に立脚して、企画されたもので、既耕地12,500haと未墾地1,030haの13,530haを対象として、畑地かんがい、排水改良、農地造成、区画整理を総合的に一貫施行するもので、昭和53年度に着手している。

地域農家の土地所有状況は戸当り平均農家面積14.5haで、10ha以上の大規模経営が86%を占めている。

作付状況は価格、生産量の比較的安定している、ばれいしょ、てんさいを主に栽培している。作付率は、ばれいしょ41%、てんさい32%、小麦13%で、ばれいしょは

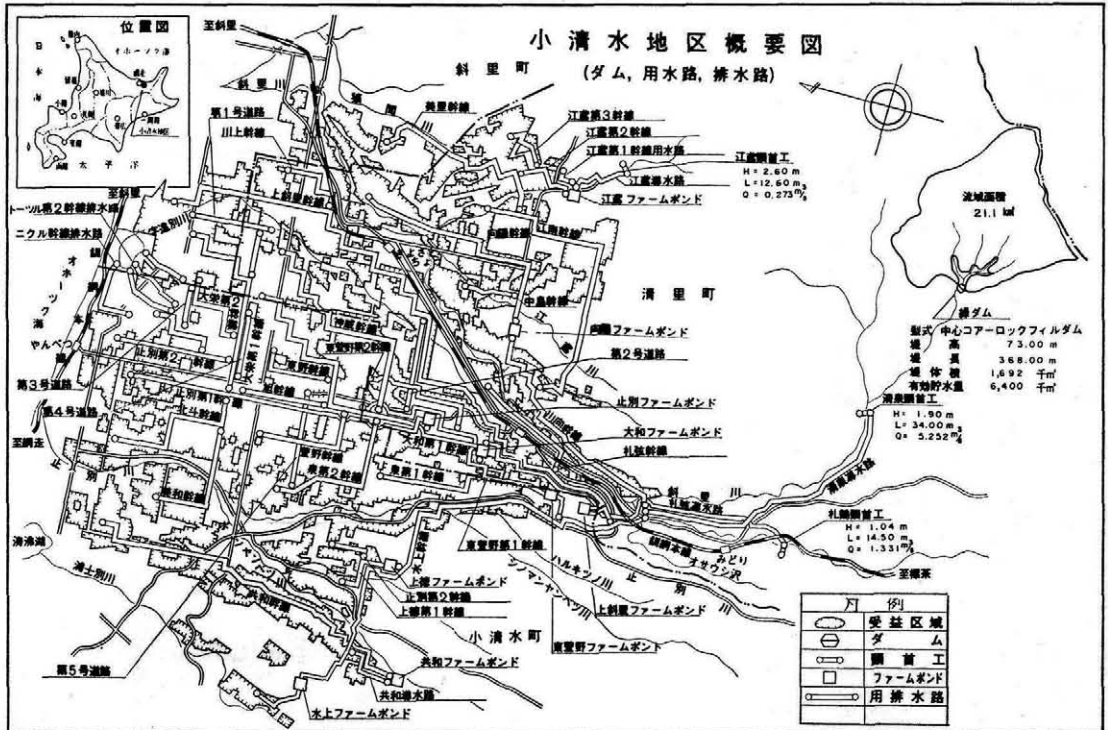


表 2-1 国営，畑地かんがい事業一覧表

(実施地区)

() 畑地かんがい進捗率

事業区分	地区名	関係市町村名	受益戸数	受益面積	予定期	総事業費	昭和58年度迄	進捗率	畑かん受益		末端関係	畑地かんがい概要
									湿润	肥培		
(継 続) 畑地帯総合土地改良	北 見	北 見 市	戸 798	ha 5,105	45~64	千円 28,130,000	千円 15,505,070	% (38.7) 55.1	ha 2,505	ha (452)	国営関連 錯綜	富里ダム 1 用水路37条 97.6km 圃場配管 1,627ha
	小 清 水	小清水町 斜里町 清里町	922	13,530	53~64	59,600,000	5,610,969	(2.5) 9.4	13,350	—	国営末端 一貫施工	緑ダム 1 頭首工 3 用水路104条 317.3km
	西 網 走	網走市 常呂町	197	4,000	56~67	26,290,000	849,920	(0.4) 3.2	3,980	(1,180)	国営関連 錯綜	卯原内ダム 1 揚水機 5 用水路22条 118.9km
	斜網西部	網走市 小清水町 東藻琴村	273	4,280	57~68	25,760,000	470,200	(0) 1.8	3,760	(170)	国営末端 一貫施工	頭首工 4 揚水機 2 貯水池 3 用水路106条 136.4km 圃場配管 2,922ha
直轄かんがい	女 満 別	美幌町 女満別町	238	2,750	48~61	12,460,000	6,296,389	(47.9) 50.5	2,750	—	関連事業	古梅ダム 1 用水路 6 条 46.1km
(全体実施設計) 畑地帯総合土地改良	斜 里	斜 里 町	313	5,910	(61~72) 58~60	36,600,000	50,000	0.1	5,750	(1,150)	国営関連 錯綜	海別ダム 1 揚水機 4 用水路33条 97.5km 導水路 5.8km
直轄かんがい	雄武中央	雄 武 町	170	5,700	(62~73) 59~61	17,800,000	—	—	5,700	(5,700)	国営関連 錯綜	雄武ダム 1 用水路 137.2km
計	7 地区			41,275		206,640,000	28,782,548	15.2	37,795			

(計画調査)

表 2-2 畑地かんがい事業一覧表

事業区分	地区名	関係市町村	受益戸数	受益面積	調査期間	国営事業費	事業概要	畑地かんがい受益		末端事業 関連	備考
								湿潤	肥培		
総合かんがい排水	白 滝	白 滝 村 丸 瀬 布 町	戸 170	ha 2,500	57~60	千円 19,200,000	北大雪ダム1ヶ所 頭首工2ヶ所 用水路11条 61km 農地造成 600ha	ha 2,500	ha		
直轄かんがい排水	湧別中央	上 湧 別 町 浦 別 町	350	3,000	59~61	8,800	頭首工 1ヶ所 揚水機 8ヶ所 用水路11条 37.3km	3,000	(1,700)		
計				5,500				5,500			

表 2-3 道営畑総事業畑地かんがい一覧表

() 畑かん進捗率

関連国営事業		地区名	市町村名	受益戸数	受益面積	着工~ 完了予定	総事業費	昭和58年 度まで	進捗率	畑かん受益		末端通 水予定	関連ダム	備考
事業種別	地区名									湿潤	肥培			
畑地帯総合 土地改良	北 見	北見大正	北見市	戸 200	ha 1,038	55~64	千円 4,629,000	725,000	(-) % 16	29 戸 129ha	—	年 62	富里ダム	
		北部第1	〃	77	566	56~64	3,129,000	384,920	(3) 12	53 314	—	62	〃	
		北部第2	〃	138	1,084	58~67	2,750,000	50,000	(-) 2	59 437	—	62	〃	
	西網走	嘉多山	網走市	74	893	47~61	2,161,000	1,524,907	(-) 71	未定		—	卯原内ダム	
		平和	〃	190	2,184	48~62	6,239,000	3,896,642	(-) 62	〃		—	〃	
多目的ダム	関連国営 地区なし	川 南	北見市 端野町	218	1,533	48~63	6,338,000	3,224,570	(-) 51	37 144	—	—	鹿の子ダム	
直轄かんがい 排水	女満別	女満別第1	女満別町	80	1,066	52~63	3,932,000	1,152,901	(-) 29	58 693	—	61~63	古梅ダム	
		女満別第2	〃	76	1,178	54~63	4,345,000	920,900	(-) 21	73 817	—	61~63	〃	
		田 中	美幌町	132	1,656	46~64	3,742,000	1,673,735	(-) 45	89 1100	—	61~65	〃	

一部食用が栽培されているが、でん粉原料用が主体である。

いずれの作物も、連作もしくは交互作で金肥の多投、防除の徹底によって、近年大幅な収量の伸びを示しているが、しかし、時として発生する風食、干害による減収、更には再播や防除に多大な労力を要するなど阻害要因も多い。

地形状況は、斜里岳の緩やかな山麓部、これに続く清里町から小清水町にかけて広がる緩やかな波状形洪積台地及び斜里川、止別川沿いに発達した沖積地帯に区分される。

傾斜は沖積地帯の全域がほとんど平坦で、山麓部、洪積台地の既耕地も3°未満が大部分を占めている。

土壌構成はオホーツク海沿岸は低位泥炭土で、山麓と洪積台地は軽しょう透水性のよい火山性土壌に厚く覆われている。

小清水地区は畑地用水が完備されると、“より安定した”農業が展開出来ることから、実践の場として、体験圃場を設置している。

4. 清里体験圃場

網走管内の畑地用水事業は広くその必要が認められているが、大規模な施設により、多数の農家が多様な作目にかんがいた経験はまだない。畑地かんがいの方法は種々あり、経営規模、作付体系、土地所有状況、圃場形状、土壌条件、散水器機などから、農家毎に異って来るものと考えられる。このため何が自己の経営からして最適かを農家自身で選択し得るための知識、資料を提供することが必要である。

小清水地区は、新しい営農手段となる畑地かんがいを新規に、しかも大規模に取り入れた事業であることから、地区に実践の場を設けて、農家自身が種々の機械を使って、散水の体験を行い、畑地かんがいの知識、資料を集積し、受益農家に対して、じかにそれを提供する。

一方、この事業を進めるに当たっての事業の流れ、水の使用法、管理の方法、かんがい基準等を知ることなどを目的として、57年度、清里町に約30haの体験圃場を完成させた。この目的達成をさらに助長させるために、畑地かんがい体験センターを体験圃場の東側に設けた。センターは、体験者が検討会を行ったり、映画やスライドを通して多くの事例を知ることができる実習室、種々の機械を実際に見て、操作できる畑地かんがい器具の展示室を備えた施設である。

又、畑地かんがいの効果については、圃場内に畑作営農推進調査を取り入れ、散水区圃、無かん水区圃を設定して、散水と土壌、散水と地力対策、散水と労力、散水と増収等の資料の整備、収集を行なっている。

小清水地区が、その規模、内容からして、管内の畑地用水事業の先駆的立場になることから、本圃場の位置付は重要である。

1) 体験圃場概要

① 位置

斜里郡清里町上斜里2線10～12号

② 面積

A = 29.4ha (試験区 0.5ha)

③ 体験農家 6戸

畠山登代男	4.82ha	清野 峰一	2.45ha
湯浅 英男	4.92ha	加藤 幸雄	2.45ha
湯浅 恒男	12.32ha	前橋 里司	2.45ha

④ 畑地かんがい施設

○水源

深層地下水 φ200mm L=150m

取水ポンプ (水中ポンプ) Q=0.938m³/min

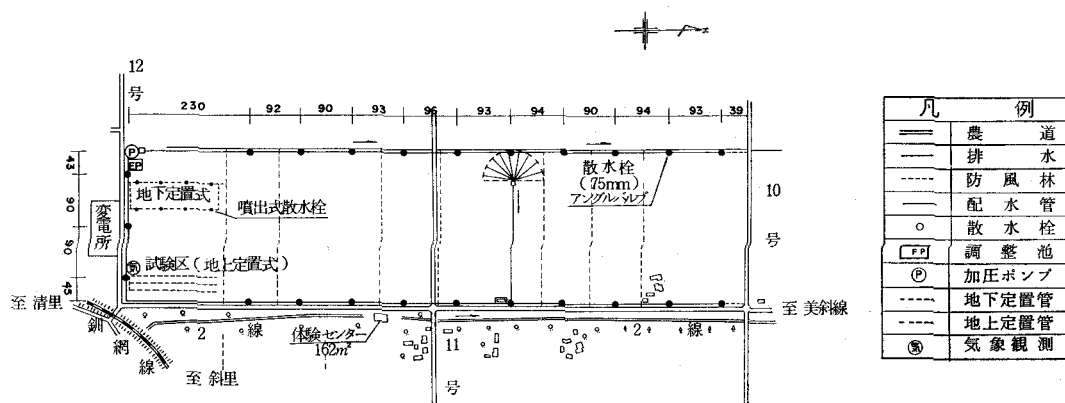
○ファームポンド

合成ゴムシート (1.5mm) V=450m³

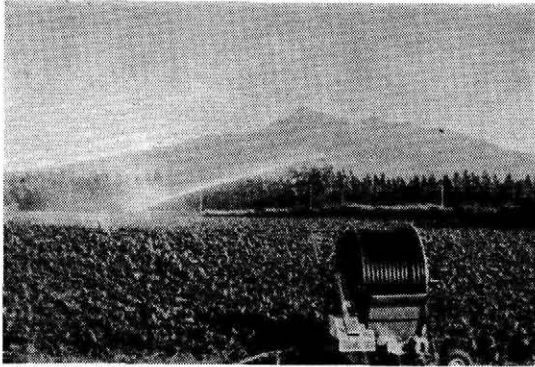
○圃場配管

DCIP φ200mm L=2,385m

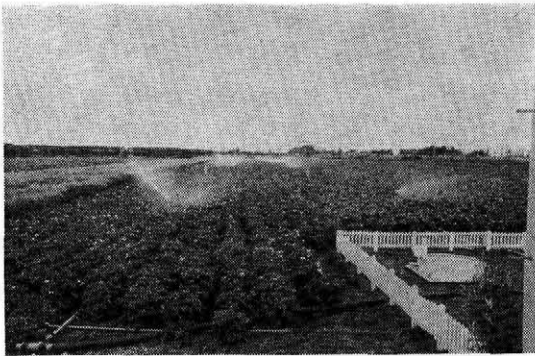
圃場末端圧 3.5kg/cm²~5.5kg/cm²



体験圃場概要図

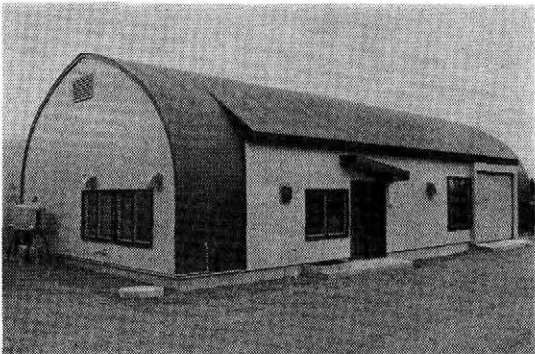


大型自走式かんがい状況

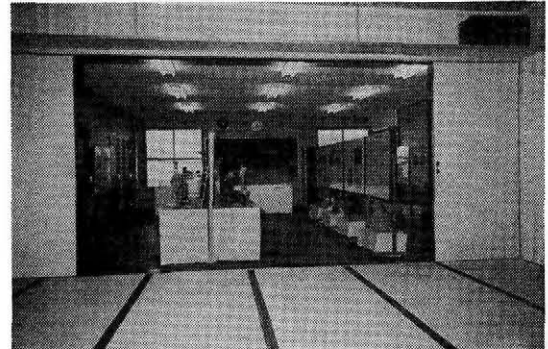
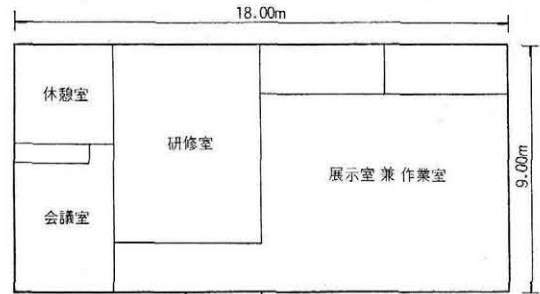


試験区散水状況

- 散水栓
23栓 (アングル式)
- 散水器機
自走式 (ドラム定置式) ~ 2台
パイプ内径 75mm パイプ長 270m
地上定置式 (試験区 0.5ha)
アルミパイプ $\phi 50\text{mm}$ $L=516\text{m}$
スプリンクラー TS-25 66セット
- ⑤ 気象観測施設
風向風速計, 温度湿度計, 地温計, 蒸発計, 雨量計, テンションメーター
- ⑥ 畑地かんがい体験センター
センター規模 162m^2 (プレハブ) 1棟



体験センター外観



体験センター実習室及び展示室

当体験圃場では大型の自走式散水機2台で体験散水を行なっているが、小清水地区では、経営面積、圃場形態などから、かならずしも、この機械に固定されるものではないが、現在斜網地帯で導入されているものは、ほとんど同機種である。

小清水地区では、市販されている散水機を基に検討した一例を紹介したい。

5. 畑地かんがい散水機

1) 散水方法の分類

畑地かんがい方法としては、散水かんがい、地表かんがい、地下かんがいに大別される。

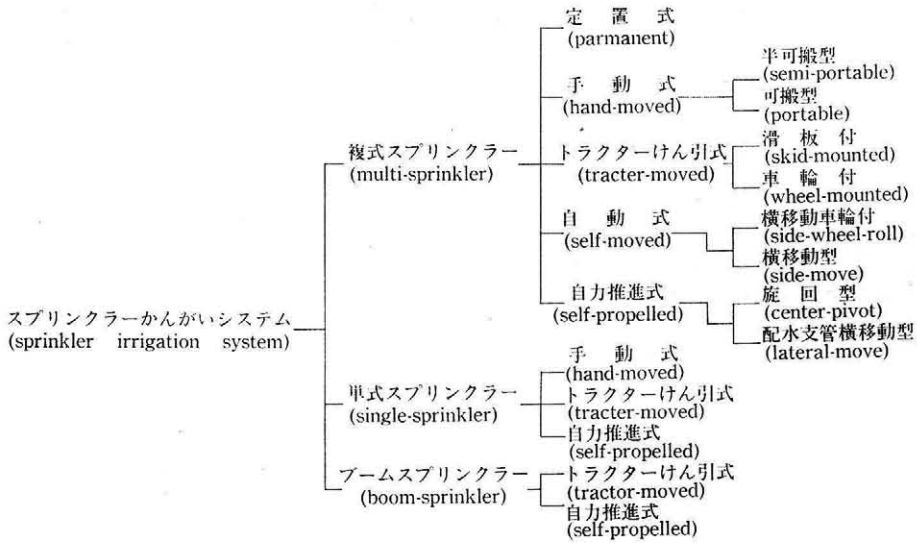
小清水地区にあつては、地形条件、かんがい対象区域の大きさ、特殊気象条件、給水管理などの総合検討の結果、散水かんがい方法を採用している。

散水かんがいは、スプリンクラー方式とし、このスプリンクラーシステムを大別すると、複式スプリンクラー (multi-sprinkler)、単式スプリンクラー (single-sprinkler)、ブームスプリンクラー (boom-sprinkler) に区分され、その移動方法の違いにより、さらに数多くの、タイプに細分化される。

2) 散水方法と機種の特徴

① 複式スプリンクラー定置式

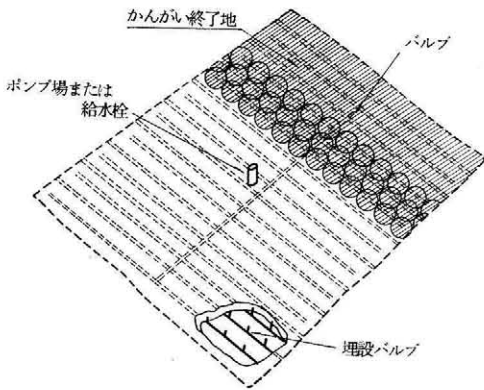
このタイプは散水本、支管を地下埋設または、地表に定置し、ライザー部、スプリンクラーを固定することから、各装置を移動することなく、かんがいブロックをいくつかの散水ブロックに分割し、スプリンクラーまたはは



スプリンクラーかんがいシステムの分類

散水支管に取付けられた制御弁の開閉操作（一般に遠隔操作）によって、散水ブロックごとスプリンクラーが同時に作動して散水する。

定置式は、全ての施設が固定されるため、最も省力的ではあるが、施設費が高むことから、現在は、果樹園など収益性の高い作物以外には余り使用されていない。また大型高性能機械の作業の障害となる。



スプリンクラーかんがいシステムの分類

② 複式スプリンクラー手動式

このタイプは散水支管などの可搬の度合いによって、半可搬型と可搬型に分類される。

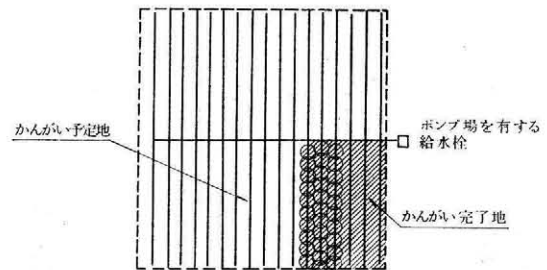
半可搬型は、定置式と可搬型の中間型であり、散水本、支管を地下埋設または地表に定置し、ライザー部とスプリンクラーを移動して順次散水する。

散水支管は、作物の植栽後に本場に布設し、かんがいの期の終りまで移動しないのが一般的である。

可搬型は1条の散水本管と1条または数条の散水支管、ライザー部、スプリンクラーから成り立ち、散水支管には手作業で容易に移動できるように特殊継手（カバー）のついた軽量のアルミ管またはビニールホースが使用される。

散水支管の口径は移動作業上から100mm程度が限度となり一般的には中型（1単位のかんがい面積0.4ha）以下のスプリンクラーが使用される。

可搬型は散水支管、スプリンクラーを移動して順次散水することから、施設費は最も低廉となるが、かん水労力は最も大きい。



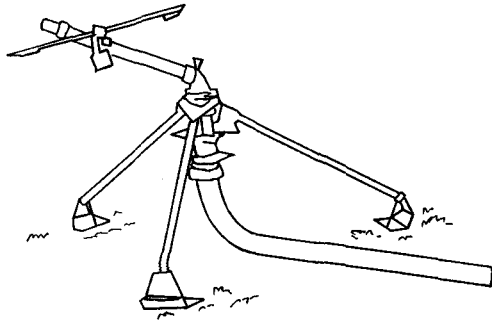
可搬型の配管例

※ スプリンクラーだけ移動させるが他の器材はすべて固定式となっている

③ 単式スプリンクラー手動式

単式スプリンクラーシステムが複式スプリンクラーシステムと異なる点は、複式スプリンクラーは一般的には小型または中型のインパクト式スプリンクラーを用いるに対し、大型の散水ガンを用いる点が特徴である。

手動式はこの散水ガンを入力により移動させるタイプであり、散水ガンは重量がかなり重いものであるためこの方式は近年ほとんど用いられていない。



単式スプリンクラー手動式

※) 一般に配管には迅速継手のついたアルミニウムパイプが用いられている。

④ トラクターけん引式

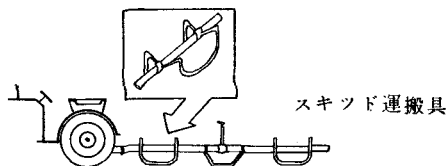
複式スプリンクラー、単式スプリンクラー、ブームスプリンクラーのトラクター牽引式がこれに該当する。

スプリンクラーシステムの可動部をスキッド又は車輪に固定し、機械的に牽引する方法があり、次のように使用する。

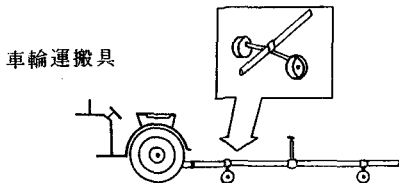
① 複式スプリンクラーの場合

硬質或は半硬質（ポリエチレン）パイプを接続したスプリンクラー支管を牽引する場合は（牽引支管という）圃場へ運ぶためにトラクターを使用する。

散水ガン又はブーム、スプリンクラーを圃場へ運ぶ場合は、散水ガン（又はブーム）がトレーラーに積載され

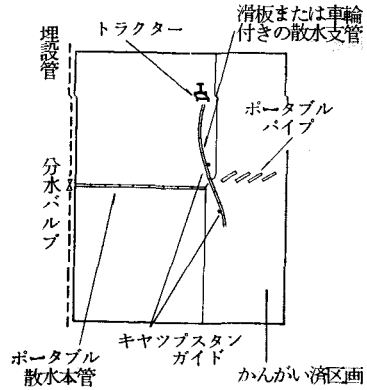


スキッド運搬具



牽引スプリンクラー支管用スキッドおよび車輪

複式スプリンクラー
散水管トラクター
牽引式のレイアウト

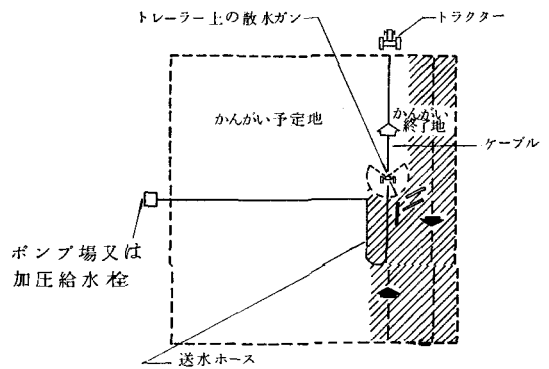


トラクターによる牽引支管の運搬

ているので、給水栓から離せば、直接トラクターに連結することができる。

② 単式スプリンクラー、ブームスプリンクラーの場合

単式スプリンクラー、ブームスプリンクラーの自力推進式の一種である。散水をしながら器材を機械で移動する方式で同じ給水栓を利用して散水地域を広くとるシステムである。この可動部を牽引するには給水栓とホースで接続した散水用具を、圃場の端に設置した低速モーターウインチかトラクターによりケーブルで引張って行う。なおこの時の散水用具は散水ガンかブームスプリンクラーで、円形散水ではなく帯状散水となる。



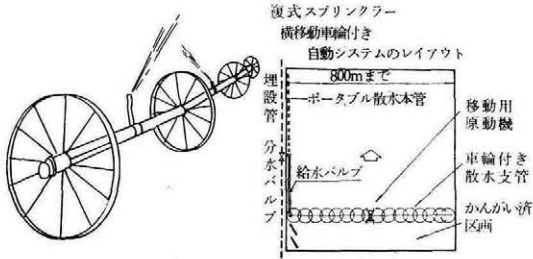
ケーブル牽引による散水ガンの移動散水

⑤ 複式スプリンクラー自動式（スプリンクラー支管の自動移動式）

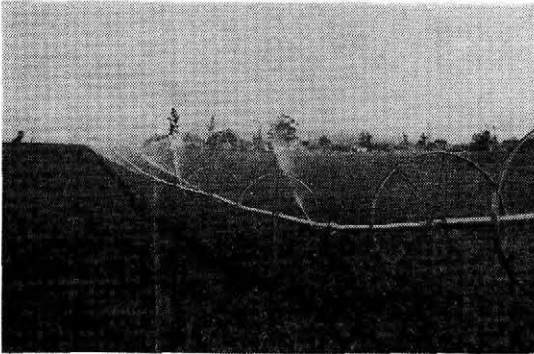
ここで云う自動とは可動器機に装着した原動機を移動の際、手動で始動させて行なう方法をいう。（移動の際、手を使わず自動的に行なう場合は自動移動という）

④ 横移動車輪付

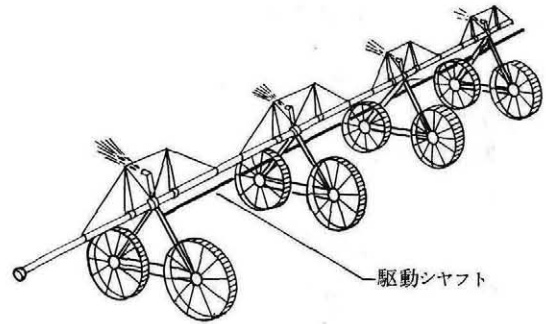
スプリンクラー支管等の可動部は、パイプを駆動シャフトとして車輪に装着し、移動の際、支管中央に取り付けたモーターで全体を回転させれば、パイプと直角方向に支管を移動させることができる。



複式スプリンクラー自動式横移動車輪付
散水方向に対してのみ移動

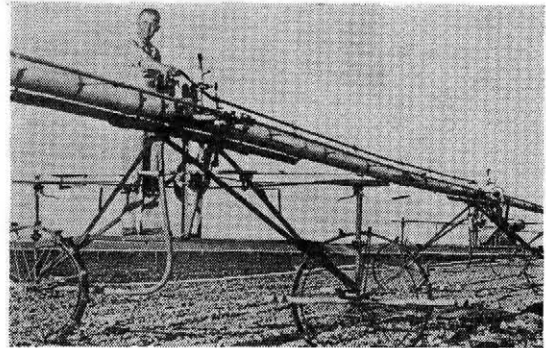


複式スプリンクラー自動式(横移動車輪付)の駆動付



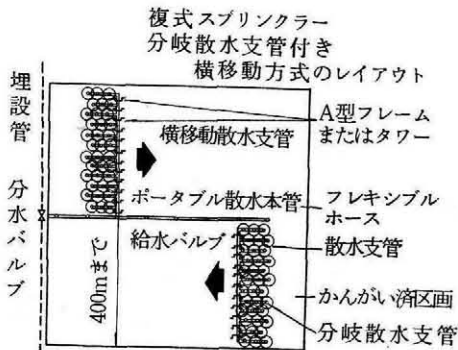
複式スプリンクラー自動式(横移動型)

これは、複式スプリンクラー自動式の横移動型にあたる。



⑤ 横移動型

横移動車輪付の変形として、支管をホイルトロリーに取り付ける方法がある。この場合、パイプとは別のシャフトを回転させ、トランスミッションギヤを経て、車輪を回転させるが同時に、小型スプリンクラー支管を、その方向に牽引して、移動することができる。



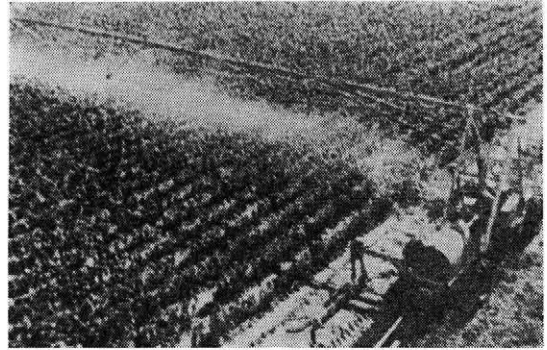
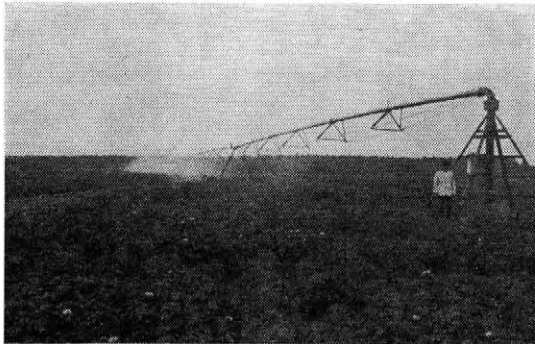
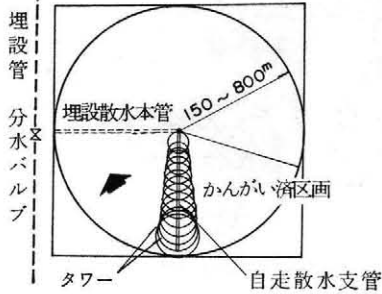
⑥ 複式スプリンクラー自走式
① 旋回型(センターピボット)

スプリンクラーや噴霧器を取り付けた支管にこれを支持する車輪を取り付けたもので、支管が継手で接続されしかも撓むため、隣接する支管には支持箇所で若干の角度をもたせることができる。なお支持車輪の支持枠には水力原動機又は電動モーター(稀に圧縮空気原動機)が装備され、隣接支管との角度がある角度に達すると、始動する。

なお、かんがい水は垂直パイプのピボットを中心に旋回する。

加圧水がピボットを径て支管に達すると、スプリンクラーは散水を始める。支持枠に水力原動機が装着されている場合には、隣接する支管の角度が予めセットした角度以上に達すると、水力原動機が作動し、電動モーターの場合は電気接触により支持枠が始動し、支管は散水しながら給水点を中心に旋回し、支持枠は逐次移動し始める。現在では、センターピボットの軸となる給水部分は固定されていることが多いが、その長さがそれほど長くない場合には、軸となる給水部分を他のポンプ場で使用するためトラクターでパイプ方向(特殊車輪)に牽引して移動することが可能なシステムも見られる。

複式スプリンクラー
自走式旋回型のレイアウト
(センターピボット)



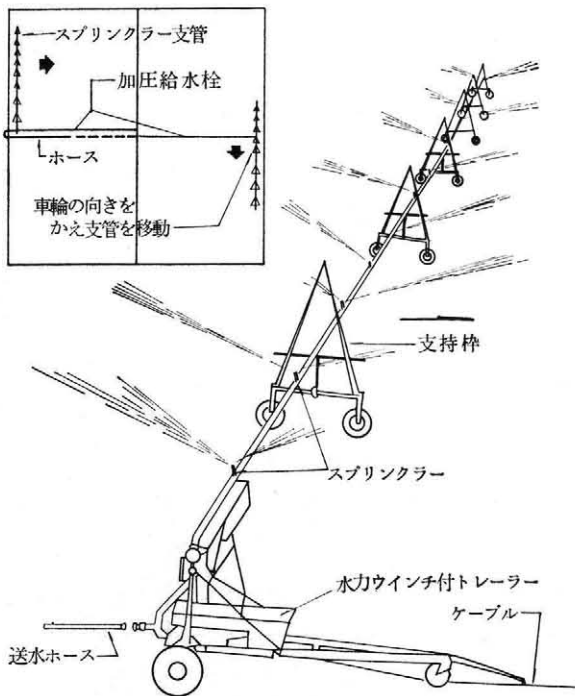
ると始動する。いわゆるラテラルブームタイプのものである。

なお、かんがい用水の給水方法は長大ホースにより給水栓と直接接続する方法と満水したまっすぐな用水溝からポンプアップする方法の2とおりがある。

又、トレーラーは圃場の直線状の端、或はこれと交差する直線沿いに移動し、スプリンクラーは散水しながら、トレーラーの進向方向に横走する。散水地域は矩形か正方形となる。

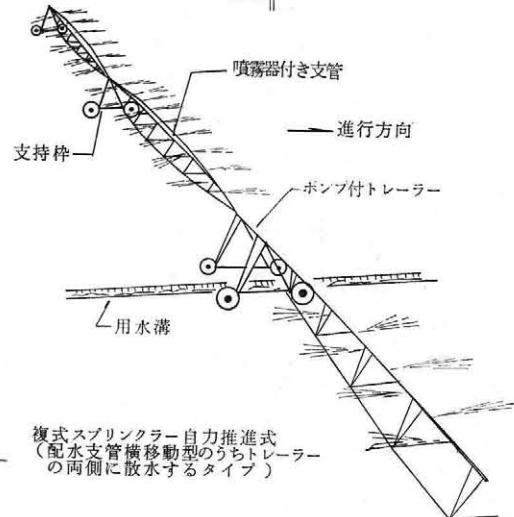
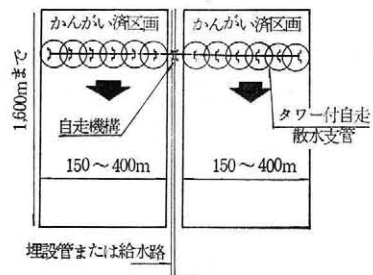
㊤ 散水支管横移動型 (ラテラルブーム)

スプリンクラー支管は、センターピボットシステムと同様、各支持柱に原動機を設け、支管が限界角度に達す

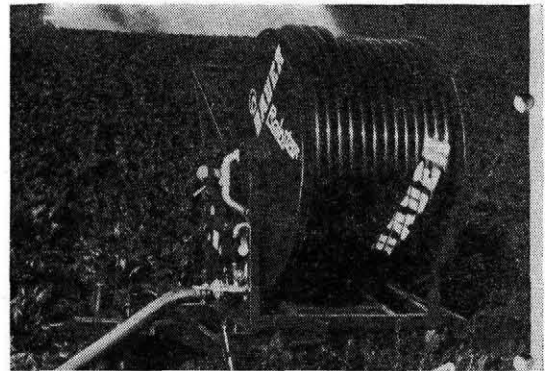
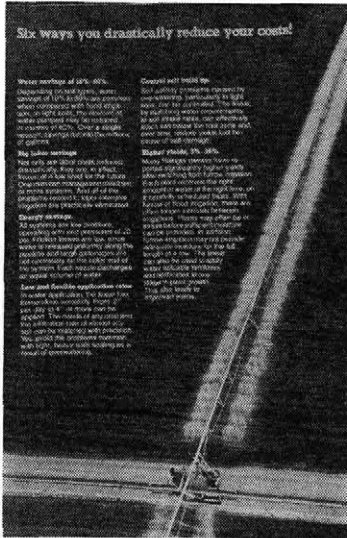


複式スプリンクラー自力推進式
(配水支管横移動型のうちトレーラーの片側のみ散水するタイプ)

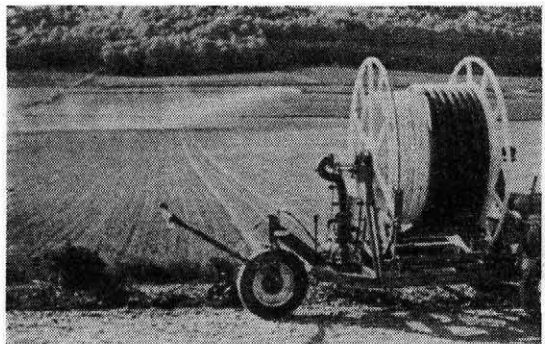
複式スプリンクラー
自走式横移動型のレイアウト
(ラテラルブーム)



複式スプリンクラー自力推進式
(配水支管横移動型のうちトレーラーの両側に散水するタイプ)



単式スプリンクラー自走式 (RAINSTAR) <大型>

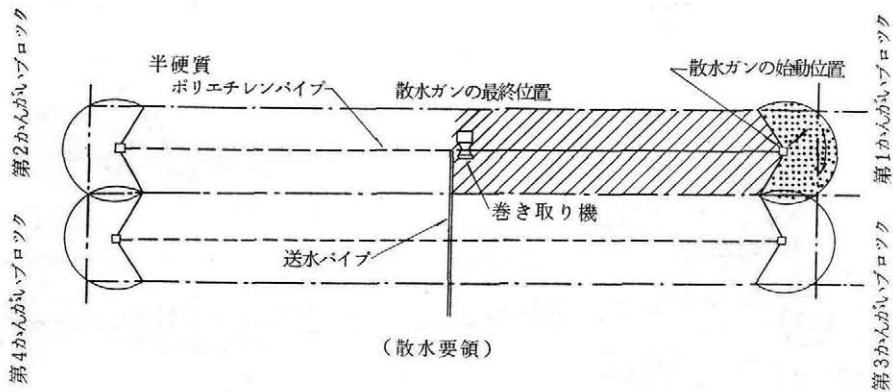
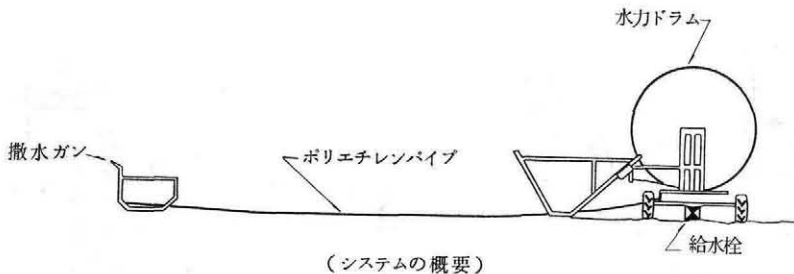


単式スプリンクラー自走式 (Organic LEADER) <中型>

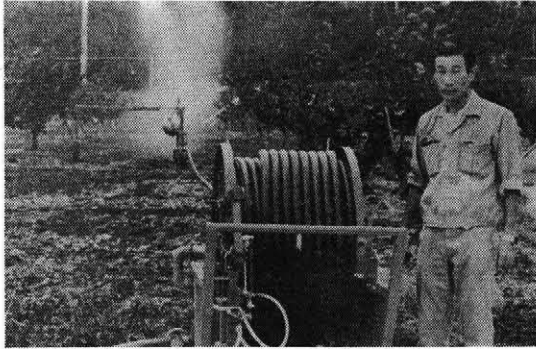
- ⑦ 単式スプリンクラー自走式
 - ① ドラム定置式 (散水ガンを送水パイプで巻取るタイプ)

散水ガン (スプリンクラー, 又はスプリンクラーのセット) が, 台車又は滑板上に取り付けられ, 散水ガンの送水パイプは, 給水栓の近くに設置したドラムで巻きとられる。

給水栓からパイプ送水すると, ドラム回転水力原動機 (ジャッキ又はタービン) が作動し, パイプを巻きとり散水ガンを引寄せせる。



単式スプリンクラー自力推進式 (スプリンクラー台車移動型)



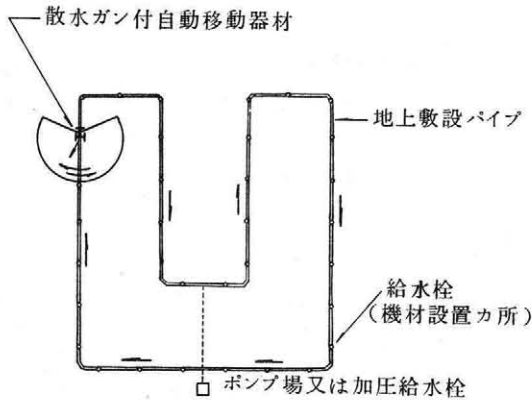
単式スプリンクラー自走式（ムービングラー）
〈小型〉（薬剤散布併用可能）

㊥ ドラム移動型

○圃場内の自動移動システム

自動移動とは、可動部が人手を使わず正しい時間に給水栓から給水栓へ移動することを意味する。可動部が散水ガンの場合はこれをトレーラーに取り付け、その前輪を地上に敷設した配水パイプに沿って移動させれば、自動移動となる。なお、この時配水パイプには加圧給水栓を取付ける。

散水ガンは、予めプログラムされたとおり1台の原動機により次のとおり移動するが、この原動機の動力は散水ガンと同じ水を使用するタービンから得る。



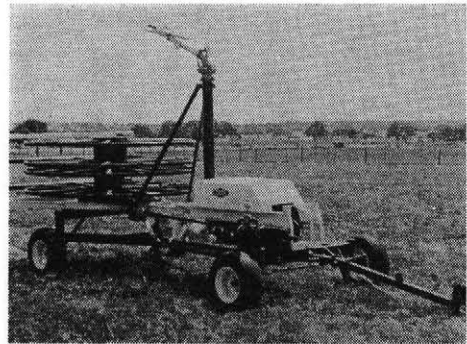
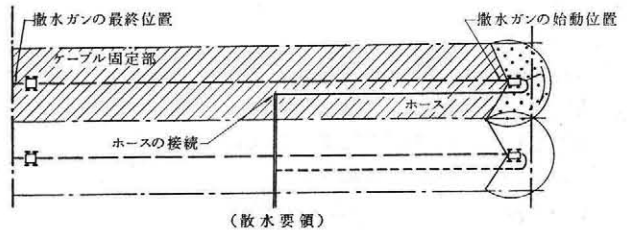
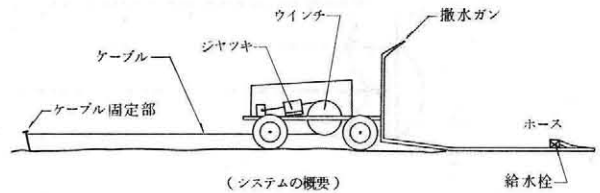
散水箇所を自動的に移動するスプリンターシステム



○ケーブル式タイプ

可動部は、散水ガン又はスプリンクラーである。(場合によりパイプに取付けた複数のスプリンクラー、又はブーム・スプリンクラーのこともある。)

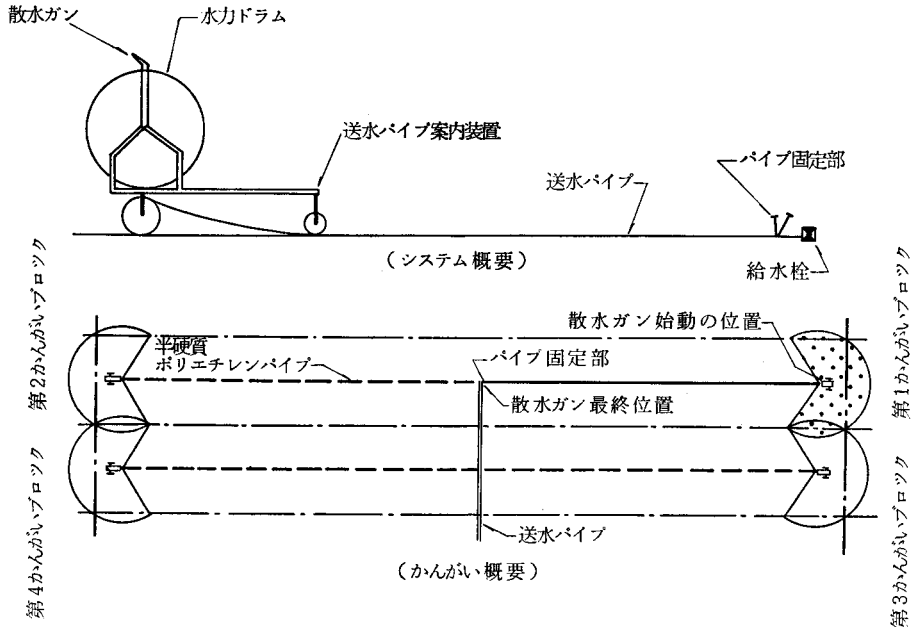
散水ガン又は、スプリンクラーは水力駆動ウインチ付トレーラーに架装されており、長い可撓性のホースで送水する。又、ケーブルは圃場の端に固定され、ホースは給水栓に接続しているので給水栓を開くと、ウインチがケーブルを巻き取り、トレーラーはケーブル固定部に引張られ、散水ガン又はスプリンクラーが作動を始め、散水の間に移動する。



単式スプリンクラー自力推進式
(ケーブルけん引型)

○散水ガンの送水管上を自走するシステム

この型式のスプリンクラーシステムは、散水ガン（スプリンクラー又はスプリンクラーのセット）と、ドラムが同じトレーラーに取り付けられており、送水管は給水栓近くで固定され給水栓に接続している。ドラムは前例同様ジャッキやタービンで回転するが、圧力水が入ると、ドラムの回転で、パイプを巻き取り、給水栓側に移動しながら散水を行う。1回の作業で圃場の片側をかんがいする。



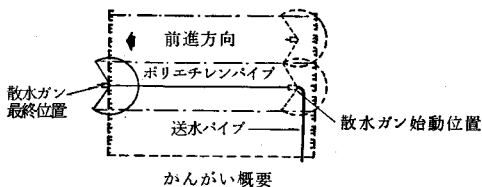
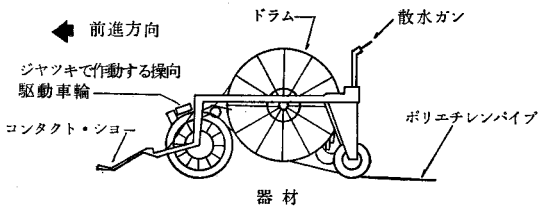
○溝を利用して移動するシステム

带状散水するスプリンクラーシステムの中には、散水ガンの送水の一部を利用して水力原動機を作動するものがある。このシステムは4輪トレーラーのことが多く、パイプ巻取り用ドラムと散水ガンをトレーラーに搭載し、コンタクト・シューの作用で溝沿いに移動し、コンタクト・シューの支持アームが減速補助装置の作用で、駆動輪の前進方向を修正する。

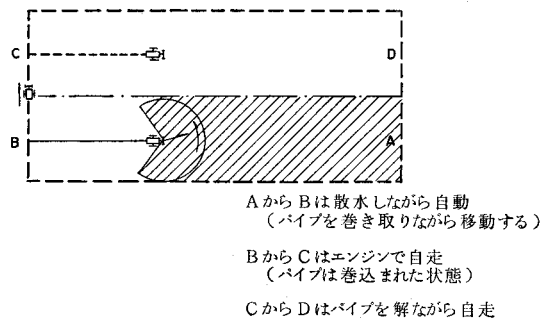
なお、本システムは前進中、パイプを解きながら散水するので、散水の終了時は、トラクター位置でPTOをドラムに入れ、パイプを給水栓から外して巻きこまねばならない。

○散水中は全自動で走行し、圃場間の移動は自走システム

最近市販されている器材には、自走で移動し、散水は自動化されているものが多い。この型式は内燃機関を架装し、人の操縦で給水栓間を移動した後、ホースを解きながら圃場の端まで進み、自動的に散水しながら給水栓まで戻るといった行程を繰り返すものである。従来の単式スプリンクラーに内燃機関を架装し自力で移動時の走行が可能としたもので、トラクターによる移動は不要であるが、価格的には高価なものとなる。



単式スプリンクラー自力推進式

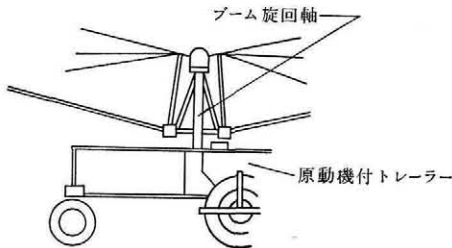


散水間は全自動で走行し圃場間の移動は自走によるタイプ
(単式スプリンクラー自力推進の一種である)



⑧ ブームスプリンクラー

原動機付トラクターに散水支管とスプリンクラーが取り付けられたもので、このブームが旋回するもの、トラックの移動によりブームが横動するシステムがある。トラックは操作員が運転して移動する。



原動機付ブームスプリンクラー

3) 散水機種の選定

① 地形条件と散水機

畑地かんがいの散水方式は、かんがい労力の省力化の観点から、従来の散水器機人力移動から散水機械の自動及び自走方式の開発と導入へと移行して来ている。しかし、これらの散水機械は、その性能から地形条件（特に傾斜）によって、導入可能な範囲の制約を受け、次の様に区分される。

傾斜 0～8°まで 自動及び自走式散水機の導入が可能

8°以上 自動及び自走式散水機の導入不能
又は効率が著しく、低下するため、人力移動方式が有利。

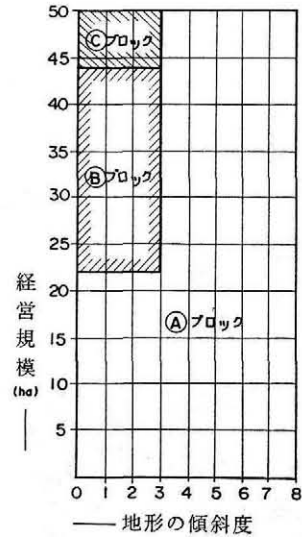
② 経営規模と地形条件と散水機

傾斜8°以上は経営規模と関係なく人力移動の可搬式が有利である。

傾斜が8°以下では下表で示す方法が、有利である。

①ブロック……単式スプリンクラー適応範囲で、経営規模によって大型～小型までの組合せ。

②ブロック……散水支管移動型（ラテラルムーブ、サイドホイールロール）90m型適応可能なブロックであるが、次の組合せも可能である。



経営規模・地形条件と散水機適応範囲

1. ラテラルムーブ } 90m型 + 単式スプリンクラー
サイドホイールロール } ラー
2. 単式スプリンクラー組合せ

◎ブロック……散水支管移動方式（ラテラルムーブ・サイドホイールロール）180m型適応可能なブロックであるが、次の組合せも可能である。

1. ラテラルムーブ } 180m型 + 単式スプリンクラー
サイドホイールロール } ラー
2. ラテラルムーブ } 180m型
サイドホイールロール }
ラテラルムーブ } 90m型
+ サイドホイールロール }

3. 単式スプリンクラー

4) 小清水地区での適応散水機

小清水地区では、農地開発、区画整理事業を取り入れており、圃場傾斜は8°以下に、修正するので、自動及び自走式散水機で十分対応できる。

しかし、これらは、総て外国で開発され、現在使用されているもので、小清水地区に導入する場合、多くの因子によって、制限される。

土地条件……区画、道水路、防風林、その他

経営規模……戸当たり土地所有の大きさ、団地構成

作付作物……かん水、無かん水作物によるかんがいの適期の相違

気象条件……特に風速の関係

経済条件……導入機械の性能水準と価格

操作難易……農家の技術レベル

メンテナンス…故障、修理からの機種の単一性

以上の各条件で、小清水地区での散水機導入は、単式スプリンクラーの自走式を主に、計画しているが、各要

因を解消出来れば、約5,000haに複式スプリンクラーの自動式の導入が可能である。

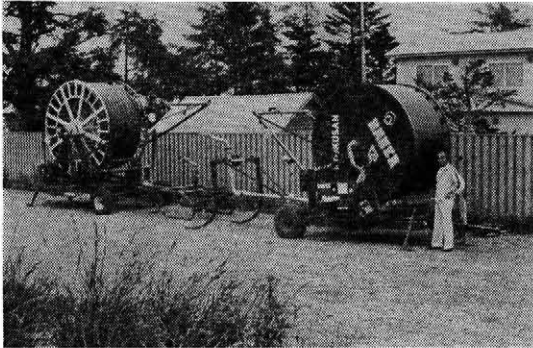
小清水地区は、清里体験圃場設置と同時に単式スプリンクラー自走式の大型を導入して、散水機の体験を行っている。

6. 清里体験圃場での大型散水機の体験

1) 導入散水機種

体験圃場には、57年度、オルガニック、リーダー、1台、58年度はさらにレインスター1台を導入した。

散水機の概要は次の通りである。



大型、単式スプリンクラー自走式
 <左側、オルガニックリーダー、右側パウワー>

LK-74-300型 (オルガニックリーダー)

製作 久保田農機製作所

重量2910kg (巻きとりはエンジン駆動～ジーゼルエンジン 4.5～5.5P S)

パイプ 内径75mm 外径90mm 長さ270m

ノズル

レインバード 103D

ノズル径	吐出圧	散水直径	散水有効幅	散水量
17.7mm	3.0kg/cm ²	67.4m	50m	352ℓ/min
	3.5	74.2	55	380
	4.0	78.2	58	406
	4.5	81.6	60	431
	5.0	84.6	63	452
20.3mm	3.0kg/cm ²	72.6m	54m	464ℓ/min
	3.5	79.8	60	502
	4.0	84.2	63	536
	4.5	88.8	66	568
	5.0	91.2	68	599

レインスター 90-300D T (パウワー)

製作 パウワ社 (オーストラリア)

重量 2180kg

パイプ 内径75mm 外径90mm 長さ265m

ノズル

レイガン SR-35

ノズル径	吐出圧	散水直径	散水有効幅	散水量
18mm	3.0kg/cm ²	74.6m	63m	355ℓ/min
	3.5	78.0	66	383
	4.0	81.0	69	415
	4.5	83.8	71	440
	5.0	86.4	73	463
20mm	3.0kg/cm ²	79.0m	67m	438ℓ/min
	3.5	82.6	70	473
	4.0	85.8	73	512
	4.5	88.6	75	543
	5.0	91.4	78	573
22mm	3.0kg/cm ²	83.2m	71m	530ℓ/min
	3.5	87.0	74	573
	4.0	90.4	77	620
	4.5	93.4	79	657
	5.0	96.2	82	693

2) 体験結果

昭和57年度

この体験圃場は昭和57年から散水を開始したのであるが、生育期の前半は降雨量が少なく、6月51mm、7月63mm、8月48mm、でやや干ばつ気味であった。(5月下旬から観測開始)、このため体験圃場関係農家は大型自走式散水機1台を利用して圃場内作物に対し、2～6回に亘り散水を行った。(自由散水区)

当初は散水機の取扱い、揚水機とF・Pとの関連性等、馴れない面もあり、対応に余分な労力を費やしていたが、後半に至り輪番制も固まり、散水機の取扱い及び、他農家への引継ぎ移動などもスムーズに運ばれるようになった。

A～Fまでの6戸の関係農家における作物別ha当り労働量は、表-2に示すとおりである。そのうちかん水に要した労働時間は、当初考えていた数値よりやや高くなっているが、初年目で自走式散水機に不馴れてあったこと。また試験当初、散水機のトラブルが続いたことなどから移動後、自走散水を開始しても不安感から他の作業をしないで、散水を見守る時間が多かったことによる。

今後、自走式散水機の取扱いに馴れてくることにより、これらの時間は当然減少することと思われる。

次いで散水による効果について、試験区で行った散水による生育及び収量に関する調査結果は、表-4に示すとおり各作物共、収量に差が表われている。

昭和58年

58年より大型自走式散水機を1台増し計2台により圃場所有農家6戸のローテーションを決めて散水を行った。このため、前年のように散水希望に充分対応できなかったことはなかったが、風食期には夜間も作業を行っている。

表-3 ha 当り労働時間とかん水所要労働時間

作物名	区 分	A	B	C	D	E	F	計	平均
ばれいしょ	労働時間	102.7	130.7	132.4	111.1	188.1	162.1	927.1	137.9
	うちかん水時間	0.5	3.6	—	27.8	0.9	—	32.8	8.2
	比 率	0.5%	2.8%	—	25.0%	0.5%	—	28.8%	7.2%
てんさい	労働時間	228.3	179.9	166.4	207.1	185.3	265.9	1,232.9	205.5
	うちかん水時間	2.2	3.4	2.3	4.4	1.0	2.4	15.7	2.6
	比 率	1.0%	1.9%	1.4%	2.1%	0.5%	0.9%	7.3%	1.3%
麦 類	労働時間	77.5	97.7	20.7	64.7	33.9	43.2	337.7	64.7
	うちかん水時間	—	—	—	1.2	—	—	1.2	1.2
	比 率	—	—	—	1.9%	—	—	1.9%	1.9%

表-4 収量調査

① 馬鈴しょ

区 別	10a 当り収量 kg			10a 当り 上芋収量 kg	左の割合	ライマン価	10a 当り 澱粉収量 kg	左の割合
	~30	30~70	70~					
無散水区	830	939	2,983	3,922	100	14.9	545.1	100
散水区 A	890	1,009	3,014	4,023	102.5	16.1	607.4	111.4
散水区 B	1,126	1,348	2,784	4,132	105.3	15.4	595.0	109.1
散水区平均	1,008	1,178.5	2,899	4,077.5	103.9	15.75	601.2	110.2

注：上芋 30g 以上

② てん菜

区 別	10 月 13 日			10a 当り根重	左の割合	10a 当り類葉重	T/R
	草丈	葉数	根周				
無散水区	44.8	25.6	31.6	4,583	100	2,169	0.47
散水区 A	47.4	28.2	37.6	5,846	127.5	3,751	0.64
散水区 B	46.0	27.4	34.4	5,046	110.1	2,766	0.54
散水区平均	46.7	27.8	36.0	5,446	118.8	3,258.6	0.59

③ 大 麦

区 別	10a 当り収量 kg			千 粒 重 g
	稈 重	子 実 重	左の割合	
無散水区	330	165	100	46
散水区	360	229.5	139.1	42

58年は融雪が早く、風食も4月下旬から発生したため、その防止対策として5月1日～13日に集中して散水を行った。(表-5)

かん水量は、ばれいしょ6mm/回、てんさい12mm/回、秋播小麦15mm/回となっている。(表-7)

58年の体験圃場に要した時間は、全体の作付面積に対して、延散水面積比は8/9となっており、それに要した準備移動時間は10.5haでha当り0.43haを要している。

58年は、春の風食時に集中してかん水を行っており、

効果についても調査を行ったが、先づ労働面では、体験圃場外の畑では、てんさいの補植に費やされ労力の節減が、散水のしない圃場に比べ4倍であった。

収量面では、近年にない冷夏の影響もあり収量差は、大差がなかったが、ばれいしょのライマン値は57年と同様散水区が高くなっている。

また、てんさいの含糖率も無散水区と比べると10%程度多い。

表-5 作物別散水実績(自由散水区)

農家名	月 日	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/7	5/11	5/12	5/13	8/8
畠 山		—	—	—	—	—	—	て→0.60 ば→3.80	ば→3.80	—	—
湯 浅 (恒)		て→2.31	—	て→2.42	て→2.42	—	て→2.31	—	て→2.42 小→1.26	て→2.42	て→2.42
清 野		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
湯 浅 (英)		—	ば→1.00 て→1.13	て→1.13	—	—	—	—	—	—	—
前 橋		—	—	—	—	て→0.96	—	—	—	—	—
加 藤		—	—	—	て→2.42	て→2.42	—	—	—	—	—

注：て→てんさい，ば→ばれいしょ，小→秋播小麦

表-6 作物別散水度(自由散水区)

区 分	作物名	てんさい	ばれいしょ	秋播小麦	備 考
作 付 面 積 (A)		10.29	15.04	2.53	
延べ散水面積 (B)		18.24	4.80	1.26	
A/B (%)		177	32	50	

表-7 かん水実績(自由散水区)

区 分	農家名	畠山登代男	湯浅 恒雄	清野 峰一	湯浅 英雄	前橋 里司	加藤 幸雄	平 均
ばれいしょ	1回当りかん水量	7.0mm	—	—	5.7mm	—	—	6.7mm
	かん回数	1回	—	—	1回	—	—	1回
てんさい	1回当りかん水量	7.0mm	12.2mm	—	10.2mm	8.8mm	18.2mm	12.0mm
	かん回数	1回	4回	—	2.5回	2回	1回	2.5回
秋播小麦	1回当りかん水量	—	15.2mm	—	—	—	—	15.2mm
	かん回数	—	1回	—	—	—	—	1回

注：散水機は、大型自走式散水機

表-8 散水時間(自走式散水機, 自由散水区)

区分		農家名	畠山登代男	湯浅 恒雄	清野 峰一	湯浅 英雄	前橋 里司	加藤 幸雄	計及び平均
ばれいしょ	散水面積 (ha)		3.80	—	—	1.00	—	—	4.80
	散水回数 (回)		1	—	—	1	—	—	平均 1.0
	散水時間 (hr)		13.8	—	—	3.0	—	—	16.8
	準備移動時間 (hr)		0.5	—	—	2.5	—	—	平均 1.5
	労働人員 (人)		2.0	—	—	1.5	—	—	平均 1.8
てんさい	散水面積 (ha)		0.60	9.57	—	2.83	2.82	2.42	18.24
	散水回数 (回)		1	4	—	2.5	2	1	平均 2.1
	散水時間 (hr)		2.2	61.0	—	15.0	13.0	23.0	114.2
	準備移動時間 (hr)		0.5	1.9	—	2.5	0.9	0.8	平均 0.6
	労働人員 (人)		1.5	1.0	—	1.5	1.5	1.0	平均 1.3
小麦	散水面積 (ha)		—	1.26	—	—	—	—	1.26
	散水回数 (回)		—	1.0	—	—	—	—	平均 1.0
	散水時間 (hr)		—	10.0	—	—	—	—	10.0
	準備移動時間 (hr)		—	0.9	—	—	—	—	平均 0.9
	労働人員 (人)		—	1.0	—	—	—	—	平均 1.0

7. あとがき

小清水地区は、畑作、特にてんさい、ばれいしょの寒冷地一般作物の畑地かんがいを主に、それも大規模な面積を一気にかんがいすることから、全道的にも注目を集めている。これは大規模畑地かんがいの寒冷地作物に対して、まだ、水利用を取り入れた営農手法、散水技術、管理システム、散水効果等、未解明な部分が多すぎるからである。

北海道開発局では、清里体験圃場の他に管内4ヶ所に体験圃場を設置して、散水効果を中心に試験調査をしながら、検討を加えている。

作物への散水効果は十分成果が上がっているが、さら

に、生育ステージの中での、適期散水を解明できれば、より以上増収効果があるものと思われる。

小清水地区でも、各農家は畑地かんがいに大きな期待を寄せているが、地区完了まで、解決しなければならぬ問題も数多くある。特に散水機は、農家の経営規模等から、画一的な導入は不可能であり、機種の問題ばかりではなく、散水技術、営農手法を考えていかなければならない。

今回は大規模畑地かんがいという事で、散水機の検討をしてみたが、かならずしも、どれが一番良いということではなく、改良も含めて、立体的に検討を加えていきたい。

小排水路の経済設計と安全性について

阪 田 剛 一* 三 塚 敬之助**

目

- 1. はじめに.....(46)
- 2. 小排水路断面の決定法.....(46)
 - 2-1 小排水路断面の設計.....(46)
 - 2-2 許容掃流力を採用した理由とその値.....(47)
- 3. 実施例の考察.....(50)
 - 3-1 複合断面草生部の許容掃流力.....(50)
 - 3-2 排水路工事費等の比較.....(51)

次

- 4. 計算例.....(51)
 - 4-1 複合断面の水利計算および掃流の検討.....(51)
 - 4-2 土砂堆積.....(54)
 - 4-3 曲線部の水面形と掃流力.....(54)
 - 4-4 屈折部の水利計算.....(55)
- 5. あとがき.....(56)

1. はじめに

圃場整備や農地造成等の工事（以下「面工事」という）において、農地の保全および生産性の向上をはかるために、小排水路の果す役割りは極めて重要であることはいうまでもない。

この小排水路も20年程前までは殆んど土水路（といってもすぐに草に覆われ草生水路同然となる）であったが、近年ではコンクリート二次製品（以下「P・C製品」という）が用いられている。

その理由として草生や土水路はP・C製品水路に比し①維持管理が容易でない②用地幅が大きい③強度や施工性に劣る等が挙げられよう。維持管理に関しては草刈り等の手間がかかることはもちろんだが、水田地帯の水路は常時灌水しているため水路底や内側ノリ尻は地肌が露出し洗掘や崩壊を受けやすい。畑地帯は、わが国では一般に地形が複雑で傾斜が急なところが多く、降雨の多いことと相俟って随所に洗掘、堆砂が起りやすく復旧に困難を伴なう。

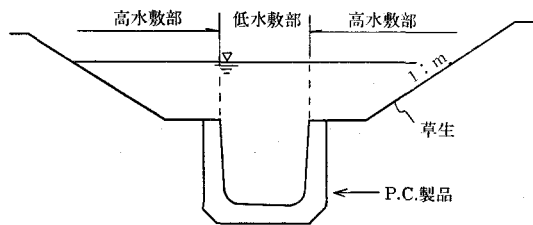


図-1 複合断面

現在一般に施工されている小排水路の断面形状は図-1のようなものが多い。すなわち低水路部はP・C製品

（例えば集水孔のついた排水用フリュームとか棚渠）とし、高水敷部は土羽又は草生とした複合断面である。P・C製品の天端まで通水したときの流量は1～2年確率洪水量としている場合が多く、水路勾配が急な場合は10年確率洪水量としている例もみうけられる。このような規模のP・C製品を用いた結果、小排水路の工事費が増嵩し面工事費の中に占める割合が30～50%となっているのが実情であるが、規模を定める明確な根拠がなく、経験的な判断によっている場合が多い。

筆者の一人らはすでに排水路の護岸高を合理的に与え、護岸工々費の節減をはかるため掃流力法による護岸高の決定法¹⁾を発表してきたところである。P・C製品を用いた小排水路にも同様な手法が適用できないか検討したところ、いくつかの問題点はあるが安全でかつ経済的な設計が実用上可能であると判断される。参考までにその設計法と留意事項について紹介させていただくこととする。

2. 小排水路断面の決定法

小排水路がその機能を保つためには、構造力学や土質工学的に安定していること、流水による洗掘（侵食）や土砂堆積がなく水理的に無理のないことが必須条件である。前者は当然行なわれているものとして、ここでは後者について述べる。

2-1 小排水路断面の設計

流水による洗掘の計算方法としては最大許容流速法と許容掃流力法の二つが挙げられるが、ここでは次節で述べる理由から許容掃流力法を採用することとした。

排水路の断面は図-1のような複合断面のほか草生や土水路のような単一断面が考えられる。ここでは複合断面について述べるが、単一断面についても複合断面の草生（土羽）部と同様の考え方で容易に求めることができ

*近畿・土地改良技術事務所
**東北・郡山東部開拓事業所

る。

水理計算および洗掘に対する検討は、高水敷部と低水敷部についてそれぞれ別個に行うものとする。潤辺における単位当りの平均掃流力 τ_{m0} は、水の単位重量を w 、径深を R 、エネルギー勾配を I とすれば

$$\tau_{m0} = w \cdot R \cdot I \quad \dots\dots(1)$$

で与えられる。ただし洗掘について検討するときは水路各部における掃流力が図-3のような分布となることから τ_{m0} では危険側となる場合もあるので水深を y として実用的には流水の掃流力 τ_0 は

$$\tau_0 = w \cdot y \cdot I \quad \dots\dots(2)$$

で求めてよいだろう。

いま動水勾配 I が与えられていれば(2)式により高水敷の許容掃流力を τ_a として洗掘の起きない高水敷の水深 H_h は

$$H_h \leq \tau_a / (wI) \quad \dots\dots(3)$$

で与えられる。(3)式を満足するようにまず H_h を仮定し高水敷部流量 Q_h を求める。次にP・C製品の規格を仮定し低水敷部流量 Q_l を計算し、 $Q_l + Q_h$ が計画流量 Q と一致するまで試算をくり返す。

この場合P・C製品の規格に比べ H_h が大きいときは等値粗度係数を用いること等が考えられるが、どのような状態になったら等値粗度係数を用いたらよいか明確ではない。ただ H_h があまり大きくなければ問題はないといえるわけであり、維持管理面からも0.6~0.8mに抑えた方が好ましいといえよう。

なお、次のような事項についても検討を行う必要がある。

① 高水敷の吹き付け工は暫くは土羽状態に近いので、重要な水路で洗掘を避けたい場合はその間の掃流力を検討する。もし掃流力が土の許容掃流力より大きければ張り芝等の対応策を考える。

② 水田地帯の緩勾配水路では計算上では草生のみでも洗掘に対して安全な場合があるが、水路底部は常に湛水し草生不可能である。従って土羽状態の洗掘を検討し、洗掘が起るときは草生可能な水位（例えば芝なら連続15日の出水²⁾）まではP・C製品を用いる。もちろん土羽状態で洗掘を受けない場合もあるが、地下水位の低下をはかるために必要最小限のP・C製品を必要とすることが多い。

③ 水路の曲線区間や屈折部は洗掘を受けたり溢水したりして、災害を惹起することがあるため慎重な配慮が望まれる。

④ 曲線区間においては、水路の外周の水面の盛り上がりや掃流力の増加を考える必要がある。

⑤ 急勾配水路の曲線区間は水理の解明が難しいため、モデルテストによる以外は避けることが望ましく、通常は屈折柵（水槽）を設けて流水の方向を変え

る場合が多い。

④ 用地幅の増加は工事費の軽減を考えれば十分許容できるものと考えられるが、地域性等の判断を要する。

⑤ 水路勾配が緩いところでは、水路底に土砂の堆積が考えられる。このような場合は必要により洗砂槽の設置や水路勾配の変更等を行なう。

2・2 許容掃流力を採用した理由とその値

1) 土砂礫に対して許容掃流力と粒径等の関係が図-2のように、また流水の掃流力の水路内分布も図-3のように明らかにされており、水路の各部における安全性の判断が容易である。また最大許容流速で洗掘を検討するときは厳密には図-2・3のように補正を行なわなければならないという煩雑さがある³⁾。

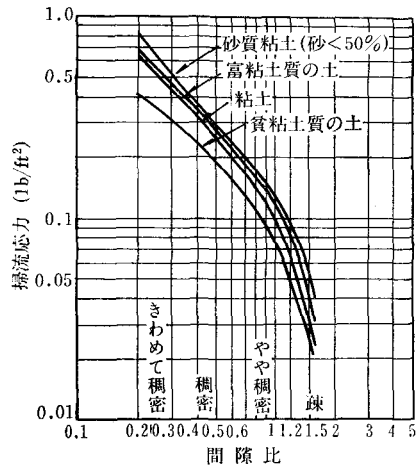


図-2・1 ソ連における許容流速値から換算した粘性土質水路の許容掃流応力

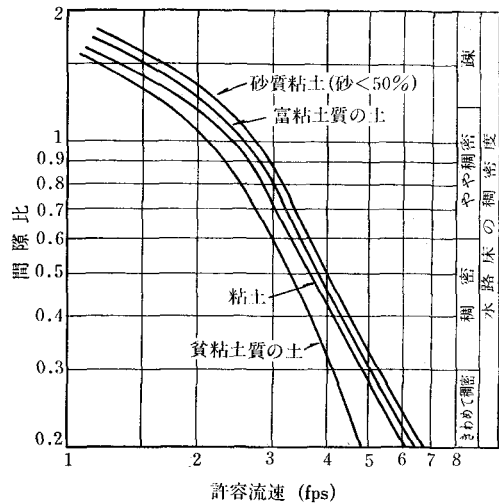


図-2・2 粘性土の許容流速に関するソ連の資料を示す曲線

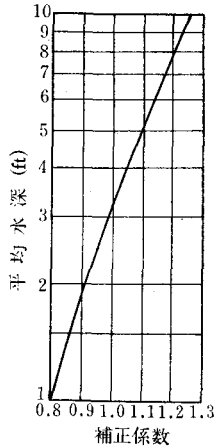


図-2・3 粘性土と非粘性土の許容流速の水深による補正係数を示すソ連の曲線

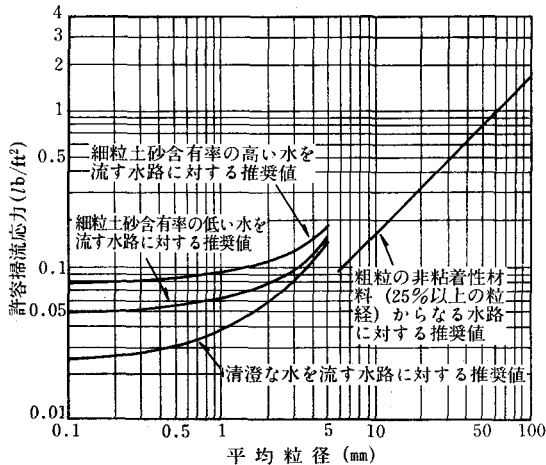


図-2・4 非粘性性材料からなる水路の許容掃流応力 (U.S. Bureau of Reclamation)

なお、もっとも洗掘を受けやすいとされるマサ土については松本ら⁴⁾によって $\tau_a = 2.0 \times 10^{-4} \text{ ton/m}^2$ が実測されている。この数値は図-2・4ともほぼ一致する。

これらの数値は単一断面水路適用は問題ないが、複合断面水路では、単一断面水路に較べれば水理特性がかなり異なっていようし、コンクリートと草生の境目は洗掘を受けやすいことも考えられるため余ゆうを見込む必要があろう。

2) 草生の許容掃流力 τ_a は Schoklitch によって $2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ と与えられている。この数値の根拠は手元に資料が見当たらないため明確ではないが、3・1に示す実施例から実用上妥当と判断される。

なお、草生水路に対しては米国の Soil Conservation Service で推奨している最大許容流速による設計法(以下「Va法」という)がある。これはまず表-1から水

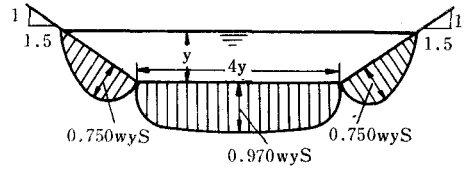
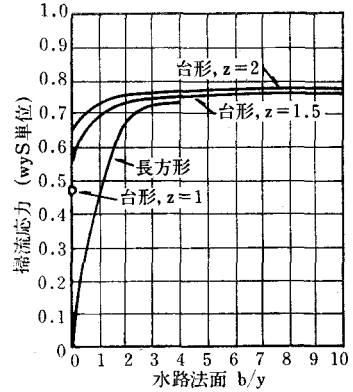
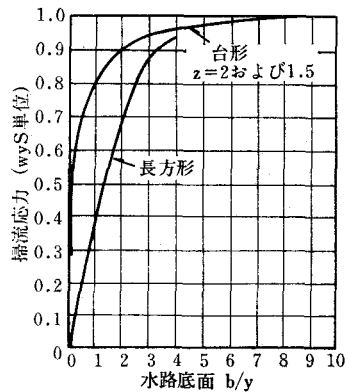


図-3・1 台形水路断面における掃流力の分布



(a)



(b)

図-3・2 最大掃流応力 (wyS 単位)

図-3 掃流力の分布図

路勾配、草の種類および土の耐侵食性から許容流速 V を求め、次いで径深 R を仮定して図-4の $V \cdot R$ 値と粗度係数 n 値の関係図を用いて、試算をくり返して水路の断面を求める方法である³⁾。

この Va 法をそのまま複合断面に用いることは1)と同様な理由で慎重を要するし、粗度係数もかなり大きくなる(複合断面では流量や掃流力に大きな差異はない)傾向にあるがこれらについては今後の研究にまわしたい。

τ_a と Va 法①(減速程度大で流速=4.0Ft/s のとき)および Va 法②(減速程度大で流速=6.0Ft/s のとき)を比較した結果は図-7のとおりであり、 τ_a は Va 法よりかなり安全側にあるといえる。

表-1 草生水路の許容流速*

草の種類	水路こう配 %	許容流速, fps	
		耐浸食性の土	容易に浸食される土
ぎょうぎしば	0~5	8	6
	5~10	7	5
	>10	6	4
バツハロー草, ケンタッキー青草, からすむぎ, 青草	0~5	7	5
	5~10	6	4
	>10	5	3
混生した草	0~5	5	4
	5~10	4	3
10%以上のこう配には使用できない			
やはず草, ウィーピングラフグラス, かものはし(黄緑茎), クドウス, むらさきうまごやし, あつけし草	0~5	3.5	2.5
	複合断面水路の法面以外では, 5%以上のこう配には使用できない		
一年生草類一緩こう配の法面, または永久的な被覆が仕上がるまでの一時的防護に用いる。並やはず草, スーダン草	0~5	3.5	2.5
	5%以上のこう配に用いるのは好ましくない		

註: この値は, 各種の草について, 平均して様な茂り状態にあるものに適用される。また 5 fps 以上の流速は, よく被覆されて適当に維持されているところだけに許される。

* U. S. Soil Conservation Service [41]。

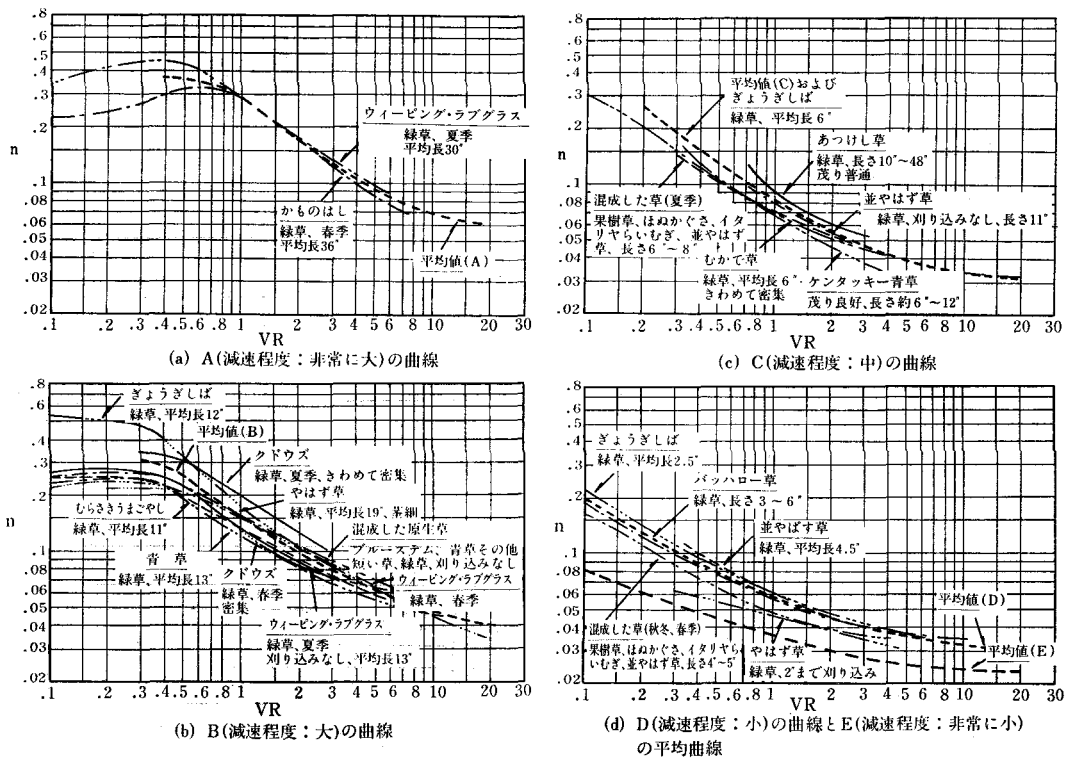


図-4 n-VR の実験曲線 (U. S. Soil Conservation Service)

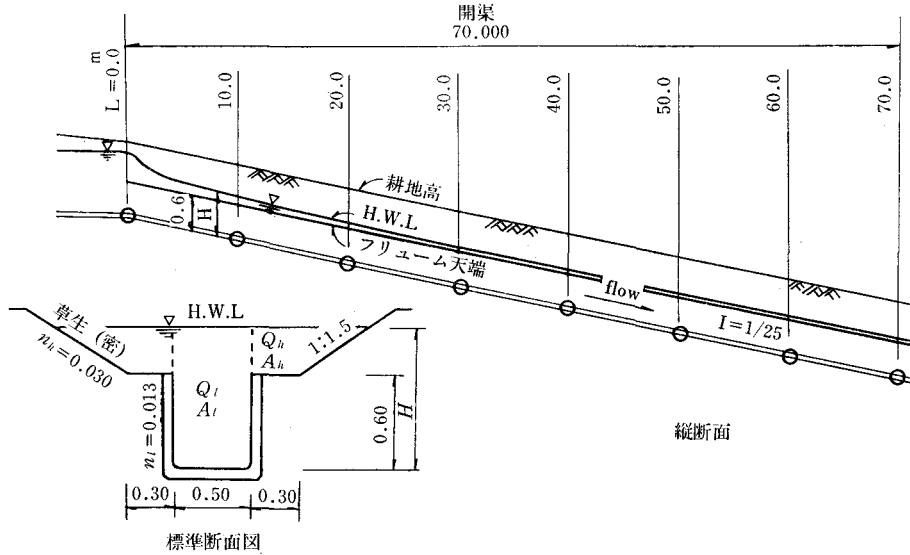


図-5 郡山東部小排水路の出水状況

3. 実施例の考察

3.1 複合断面草生部の許容掃流力

3.1.1 郡山東部地区

東北農政局郡山東部開拓建設事業の地域は大半が洗掘を受けやすいマサ土地帯に属している。この地域はS57年8月に時間雨量63m/mという計画雨量37m/mの倍近い異常降雨に見舞われ、土水路の決潰をはじめ各種の災害(幸い大事に至らなかった)を被った。しかしながら、たまたま複合断面状態となった水路については何ら損傷

表-2 郡山東部小排水路各点の掃流力

L(m)	H(m)	I_0	τ (t/m ²)
0.00	1.100	0.002	0.00111
1.00	1.090	0.003	0.00130
2.00	0.830	0.010	0.00220
3.00	0.820	0.010	0.00224
4.00	0.810	0.011	0.00225
5.00	0.800	0.011	0.00228
6.00	0.790	0.012	0.00231
7.00	0.780	0.013	0.00233
8.00	0.770	0.014	max0.00234
9.00	0.760	0.015	0.00234
10.00	0.750	0.016	0.00233
20.00	0.670	0.026	0.00181
30.00	0.640	0.031	0.00125
40.00	0.620	0.036	0.00071
50.00	0.610	0.038	0.00038
60.00	0.600	0.040	0.00000
70.00	0.590	0.040	0.00000

を受けておらず、出水時の痕跡等から掃流力 τ_0 を求めてみた。この水路の縦横断および計算結果は図-5並びに表-2のとおりで高水敷草生部は $2.3 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ の掃流力を受けても洗掘被害が発生しておらず、許容掃流力値として $\tau_a = 2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ は十分であると判断される。

なお草生の状態はかなり密生しており、高速流により流水方向に倒伏していた。

3.1.2 猿ヶ石地区

本地区区では昭和44、45年頃に国営や団体営で、護岸高の低い排水路が数多く施工されている。これらの水路の位置している土質はとくに洗掘に弱いとは云えないが、

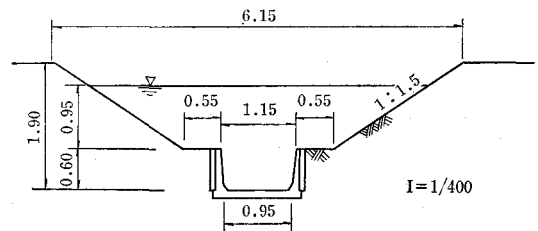


図-6.1 瀬谷子排水路3型開渠

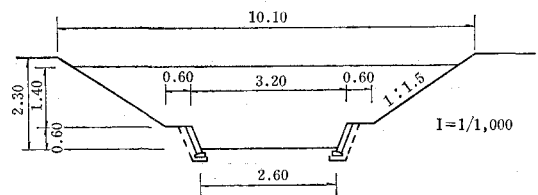


図-6.2 管生排水路6号開渠

図-6 猿ヶ石地区排水路断面図

草生部の掃流力は計画水位で $2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ 前後のものも多く、例えば図-6・1の水路の高水敷の掃流力 τ_0 は計画水位で $1.0 \times 0.95 \times 1/400 = 2.38 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ となる。実際には計画水位以上の出水が数回あり（観測記録のある別の水路では計画水位1.30mに対し1.60mの出水が記録されている）さらに大きな掃流力が働いたものと考えられ、草生の許容掃流力 $2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ は十分な安全率があるともいえる。しかしこの水路は大きい被害には至っていないが、洗掘を若干受けているし、地区内の他の水路では曲線区間の一部が洗掘を受けていることを考え合わせると、相当大きな安全率があるともいえない。いづれにしても今後の研究にまわりたい。

図-6・2は最大水深のときの流水の掃流力が草生の許容掃流力 τ_{a1} 以下でかつ土羽の許容掃流力 τ_{a2} 以上の例であり、草生が期待できる高さまで護岸を施工した例である。

3・2 排水路工事費等の比較

地形勾配がほぼ中間的な区画整理26.5haをモデルケースとし、下記のA、B案について直接工事費（用地費、植生費、維持管理費を除く）を比較した。結果は表-3のとおりでB案が約25%経済的となり、水路敷面積は約248 m^2 （地区面積に対し0.09%）増える。

この比較では、排水フリームは幅400×高400を最小としたが、一部の地方で出廻っている300×300を使用すれば表-3に（ ）で示したとおりB案がA案に比し工

事費が約32%減および水路敷面積は237 m^2 （約0.09%）増となる。

また本ケースより緩い地形（水路）勾配ほどA、B両案の差異が大きくなる。これより急な勾配では10年確率洪水量をフリーム内で流すようになると差異は大きいですが、勾配がさらに急になれば差異は縮まる。

A案 2年確率洪水量をフリームのみで、10年確率洪水量を全断面で流下。

B案 10年確率洪水量を全断面で流下させ、フリーム規格は掃流力 \leq 許容掃流力となるよう決定

4. 計算例

4・1 複合断面の水力計算および掃流の検討

2・1で述べた計算方法によるが、図-7のような計算図表を用いると簡便である。この図表は図-8に示した水路断面について作成したものであり、横軸に水路勾配 I 、縦軸に流量 Q をとり、高水敷の水深 H_h との関係がわかるように H_h を5cm刻みとした。

また、限界（許容）掃流力の曲線を入れたが、 τ_{a1} は草生を想定し $2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ 、 τ_{a2} は洗掘を受けやすいマサ土を想定し $0.18 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$ （1割程度の余裕をみた）としたものである。

計算例 1 $Q=0.56 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $I=0.005$ が与えられているときの水路断面を求めよ。

水路規格と H_h を仮定して試算を行ない、 $Q=0.56$

表-3 排水路工事費の比較

フリーム規格 B×H	A 案		B 案		諸 元
	延 長	工 事 費	延 長	工 事 費	
400×400	(1,590)m 1,717	(6,152)千円 6,643	(458)m 2,491	(1,772)千円 9,638	計画基準日雨量 10年確率 113mm 2年確率 72 計画洪水量 10年確率 $0.033 \text{ m}^3/\text{s} \sim 1.882 \text{ m}^3/\text{s}$ 2年確率 $0.018 \text{ m}^3/\text{s} \sim 1.004 \text{ m}^3/\text{s}$ 水路勾配 1/50~1/250 76% 1/500~1/1,000 24% 限界掃流力（草生部） $2.0 \times 10^{-3} \text{ t/m}^2$
500×400	46	216	373	1,750	
500×500	180	872	60	291	
500×600	282	1,560	—	—	
600×500	—	—	31	171	
600×600	269	1,628	—	—	
700×600	60	438	167	1,220	
800×700	198	2,055	—	—	
800×800	101	1,147	—	—	
900×800	102	1,258	—	—	
300×300	(127) —	(425) —	(2,033) —	(6,807) —	
計	2,955	(15,751) 15,817	2,955	(10,791) 11,850	差 額 (4,960)千円 3,967

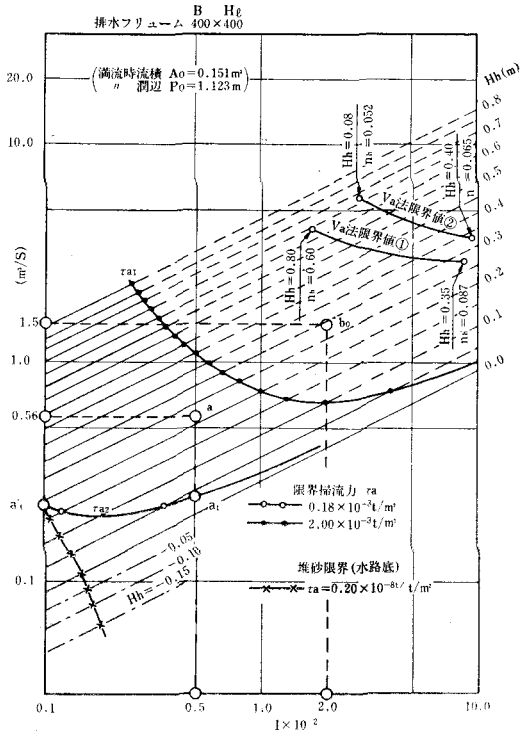


図-7-1 水理計算図表(その1)

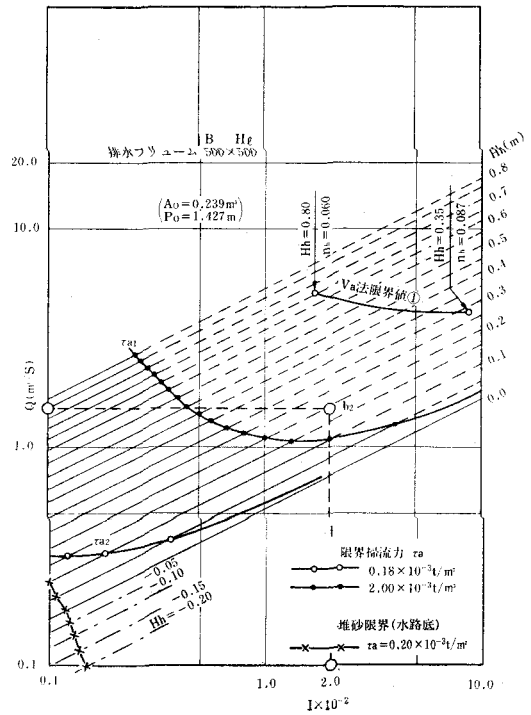


図-7-3 水理計算図表(その3)

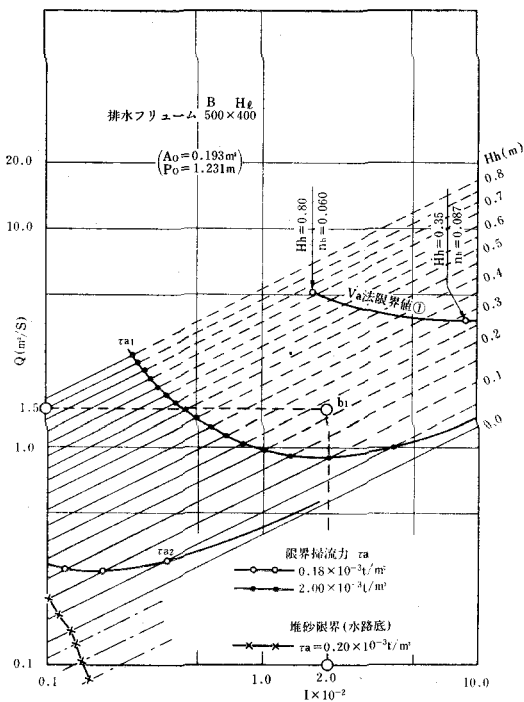


図-7-2 水理計算図表(その2)

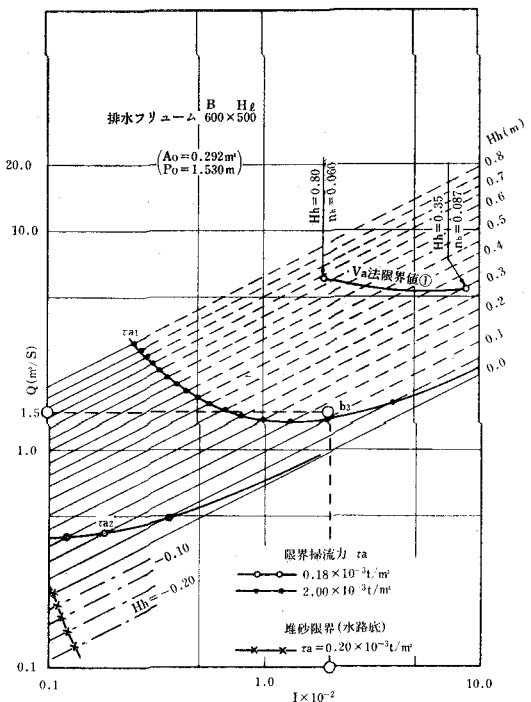


図-7-4 水理計算図表(その4)

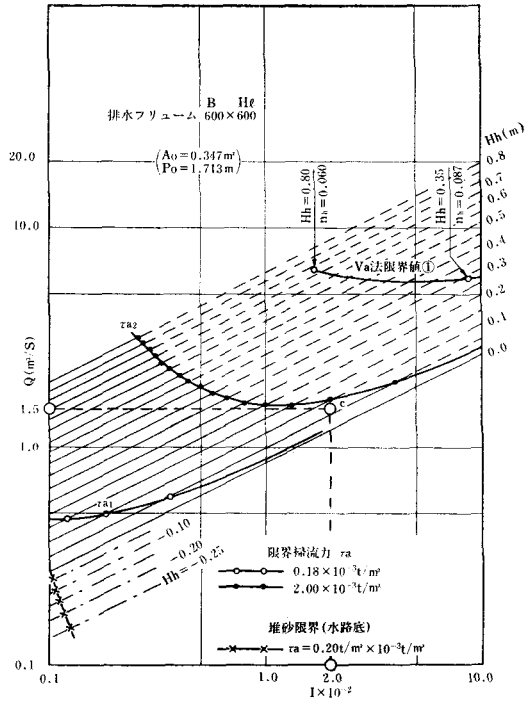


図-7.5 水理計算図表 (その5)

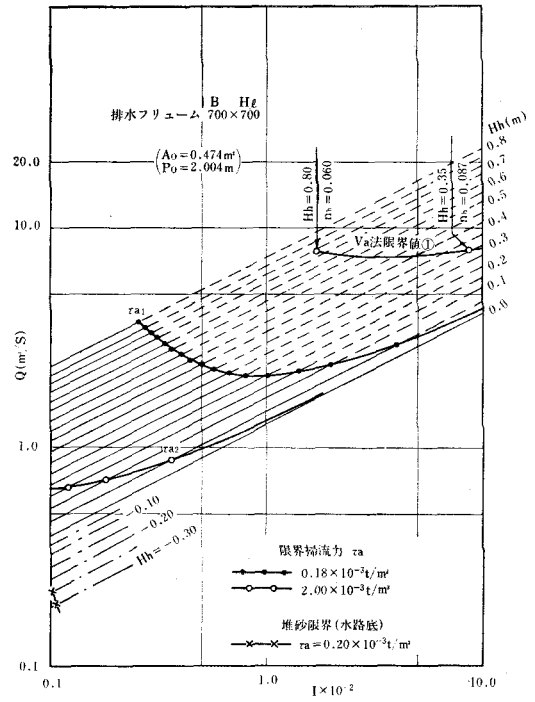


図-7.7 水理計算図表 (その7)

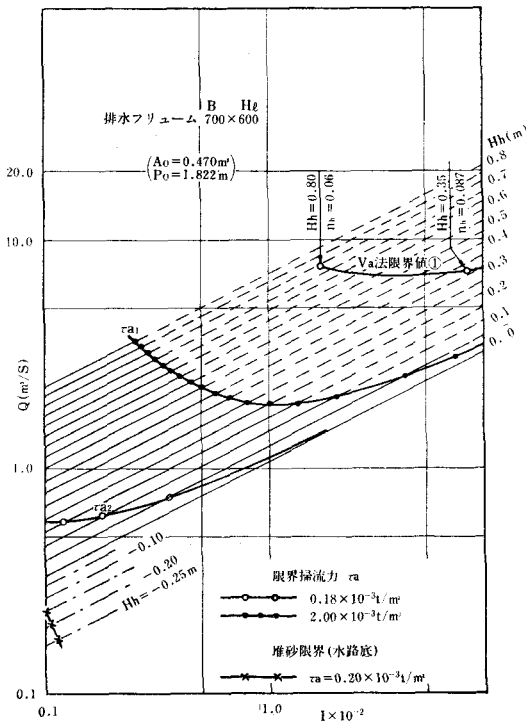


図-7.6 水理計算図表 (その6)

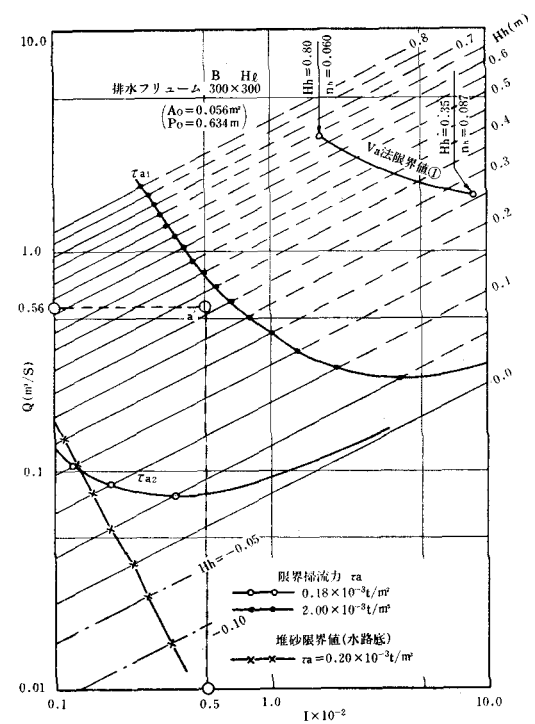


図-7.8 水理計算図表 (その8)

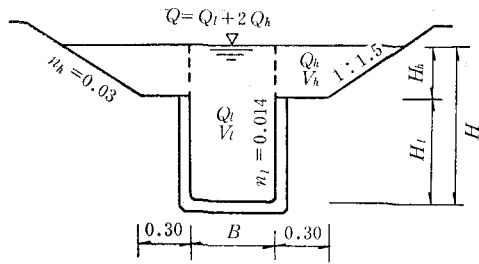


図-8 複合断面水理計算図表の寸法諸元

m³/S となるまでくり返す。記号および諸元は図-7・1 (排水フレーム400×400を考慮), 図-8によるとして, $H_h=0.22\text{m}$ と仮定すれば

低水敷流積

$$A_l = A_o + H_h \times B = 0.151 + 0.22 \times 0.4 = 0.239 \text{ m}^2$$

$$\text{低水敷径深 } R_l = A_l / P_o = 0.239 / 1.12 = 0.213 \text{ m}$$

$$\therefore Q_l = A_l / n_l \times R_l^{2/3} \times I^{1/2} = 0.239 / 0.014$$

$$\times 0.213^{2/3} \times 0.005^{1/2} = 0.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{高水敷流積 } A_h = (0.3 + (0.3 + 0.22 \times 1.5)) / 2 \times 0.22 = 0.102 \text{ m}^2$$

$$\text{潤辺 } P_h = 0.3 + 0.22 \sqrt{1 + 1.5^2} = 0.697 \text{ m}$$

$$\text{高水敷径深 } R_h = A_h / P_h = 0.147 \text{ m}$$

$$\therefore Q_h = A_h / n_h \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\therefore Q = Q_l + 2 \times Q_h = 0.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

となり, $H_h=0.22\text{m}$ と定まる。従って, $\tau_o = Hh \times I = 1.1 \times 10^{-3}$ であり $\tau_{a2} = 0.18 \times 10^{-3}$ より大きく, $\tau_{a1} = 2.0 \times 10^{-3}$ より小さく, 高水敷を草生とすれば洗掘に対して安全といえる。

これらの計算および判定に計算図表を用いれば図7・1 (排水フレーム400×400) で, $I=0.005$ からの垂線と $Q=0.56\text{m}^3/\text{s}$ からの水平線の交わるa点が求まる。従って, 高水敷水深 $H_h=0.22\text{m}$ で τ_{a2} を上まわっているが τ_{a1} を下まわっており, 高水敷は草生とする。また, 図-7・8 (排水フレーム300×300) でも a' 点となり, $H_h=0.32\text{m}$ で τ_{a1} を下まわっており高水敷草生で可能である。

計算例 2 $Q=1.5\text{m}^3/\text{s}$, $I=0.020$ の水路断面を求めよ。

図-7・1 で b_0 点となり, τ_{a1} を上まわっているため, 高水敷が草生でも洗掘を受ける。同様に図-7・2 の b_1 , 図-7・3 の b_2 , 図-7・4 の b_3 の各点も τ_{a1} を上まわっている。排水フレーム600×600 (図-7・5) で c 点となり, $H_h=0.07\text{cm}$ で τ_{a1} を下まわり洗掘に対して安全である。

4.2 土砂堆積

水路底における土砂の堆積は計画流量 Q_{max} 以下で大量に起ることはないと考えられるが, 施工直後や凍結融解時の土砂の流入・堆積等特殊な場合は Q_{max} 以下

でも起りうる。ここでは1~2年確率流量のときの平均掃流力 τ_{m0} で堆砂を掃流できると考えて検討するものとし, 対象は低水敷部 (図8の Q_l の通水部) とする。

τ_{m0} は(1)式を用いて求める。 τ_{m0} が水路底の土砂の許容掃流力 τ_{sa} より大きければ, 堆砂はなくなるといえる。この τ_{sa} は図-2で与えられる τ_a よりも通常は小さい (例えばマサ土では圃場等で $2.0 \times 10^{-4} \text{ t/m}^2$ に対し, τ_{sa} は, $1.0 \times 10^{-4} \text{ t/m}^2$ となる事例もある⁴⁾) と考えられるがデータが乏しい。 τ_{sa} の代わりに τ_a を用いれば安全側といえるし, 正確を期する場合は実測値を求める。なお, 図-7に $\tau_{sa}=2.0 \times 10^{-4} \text{ t/m}^2$ のときの低水敷部の堆砂限界を示した。

計算例 3 計算例1と同じ条件で排水フレーム400×400のとき, 1年確率流量が $0.20\text{m}^3/\text{s}$ ならば堆砂は起るか。また水路勾配が 0.001 のときはどうか。但し $\tau_{sa}=2.0 \times 10^{-4} \text{ t/m}^2$ とする。

図-7・1で $Q=0.20\text{m}^3/\text{s}$ と $I=0.005$ の交点は a_l であり, 堆砂限界値より大きいため堆砂は起らない。また, $I=0.001$ のときは a_l' であり, 堆砂の可能性があると見える。

4.3 曲線部の水面形と掃流力

複合断面についてこれらを算定することは極めて困難であるが, 次に示す長方形水路の各式を用いれば安全側の判断ができよう。

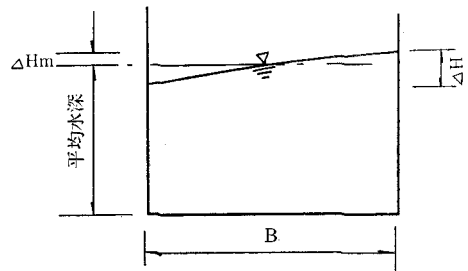


図-9

曲線部の水面形は, 図-9のように遠心力により外周が盛り上がる。いま流速分布を一様に V とした場合, 平均水位と外周の水位差 ΔH_m は曲率半径を L , 水面幅を B として

$$\Delta H_m = \frac{V^2}{g} \left(\frac{L+B/2}{B} \cdot \ln \frac{L+B/2}{L-B/2} - 1 \right)$$

で与えられるが, よほど急な曲線でない限りは次式によっても殆んど差はない。

$$\Delta H_m \doteq \frac{\Delta H}{2} = \frac{V^2}{2g} \cdot \ln \frac{L+B/2}{L-B/2} \dots\dots\dots(6)$$

また, 増加後の掃流力 τ_o' は, 水深 (径深) を一定とすれば動水勾配に比例する。長方形水路の曲線部の動水勾配 I' と直線区間の I との比 K は次のように与えら

表-4 急拡損失係数 f_{se}

A_1/A_2	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
f_{se}	1.0	0.81	0.64	0.49	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	0.01	(0)

表-5 急縮損失係数 f_{sc}

A_2/A_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
f_{sc}	0.50	0.48	0.45	0.41	0.36	0.29	0.21	0.13	0.07	0.01	(0)

れる⁵⁾。

$$K = I'/I = 1 + 3/4 \times \sqrt{B/L}$$

$$\therefore \tau_o' = \tau_o \times K = \tau_o (1 + 3/4 \times \sqrt{B/L}) \dots\dots\dots(7)$$

計算例 4 計算例 1 と同じ水路 (400×400) で曲率半径 5m のときの水面盛り上がり τ_o' を求めよ。但し排水フリューム内断面 $A_o = 0.239$, 同潤辺 $P_o = 1.123$, 同粗度係数 $n_i = 0.014$ とする。

低水敷の流量 Q_i , 流速 V_i は
 $A_i = A_o + 0.22 \times B = 0.239$, $R_i = A_i/P_o = 0.213$
 $Q_i = A_i/n_i \times R_i^{2/3} \times I^{1/2} = 0.43$,
 $V_i = Q_i/A_i = 1.80\text{m/s}$

となり, (6)式より

$$\Delta H_m \doteq \frac{V_i^2}{2g} \ln \frac{L+B/2}{L-B/2} = \frac{1.8^2}{19.6} \times \ln \frac{5.4}{5.0} = 0.013\text{m}$$

で, 水面の盛り上がり ΔH_m は 0.013m となる。

次に τ_o' は(7)式から

$$\begin{aligned} \tau_o' &= \tau_o \times K = w H_h I (1 + 3/4 \times \sqrt{B/L}) \\ &= 1.0 \times (0.22 + 0.013) \times 0.005 \\ &\quad \times (1 + 3/4 \times \sqrt{0.4/5.2}) = 1.49 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

となる。

4.4 屈折樹の水理計算

水路勾配が急になり水面が不安定となる状態 (フルード数が 0.44 以上。多少のリスクを考えれば 0.65 程度以上) では, 屈折樹 (以下「樹」という) によることが望ましい。しかしながら, 樹を通過するときの水頭の損失係数は容易には求め難い。とくに射流においてその傾向が強く, 水理実験 (農業土木試験場で実施中であると聞いており, その成果が期待される) によることとなるが, ここではある程度の誤差は許容されるとして次のように損失係数を求める。樹への流入 (急拡) および樹からの流出 (急縮) の夫々の損失係数は, 流速の二乗の差 (急縮は収縮係数を考える) に比例するとして, 表-4, 表-5 のように与えられる。屈折角 θ がある場合は図-10.1 のように流速 V_1 , 流積 A_1 の流れが樹に入り, 流速 V_2 , 流積 $A_2 = A_1/\cos \theta$ となるが, 直後に屈折し, そのときの流速 V_2' は $V_2 \cos \theta$ となる。従って, V_1 の流れは樹に入ってから V_2' になると考えれば流

積 A_2' は近似的に

$$V_2 \cdot A_2 = V_2' \cdot A_2' = V_2 \cdot \cos \theta \cdot A_2'$$

$$A_2' = A_2 / \cos \theta = A_1 / (\cos \frac{\theta}{2} \cdot \cos \theta)$$

となるとする。従って, 急拡および急縮損失係数は表-4 の A_2 および表-5 の A_1 をいずれも

$$A_1 / (\cos \frac{\theta}{2} \times \cos \theta)$$

として, 表-4 および表-5 を用いることとする。

なお, 水槽内の水流は複雑で波立ちもあるため I 断面におけるエネルギー水頭 E_1 より樹の壁高を高くすること, 樹の上下流の水路の取付部も補強することが必要である。また流速が大きく屈折角が小さいときは, 流水

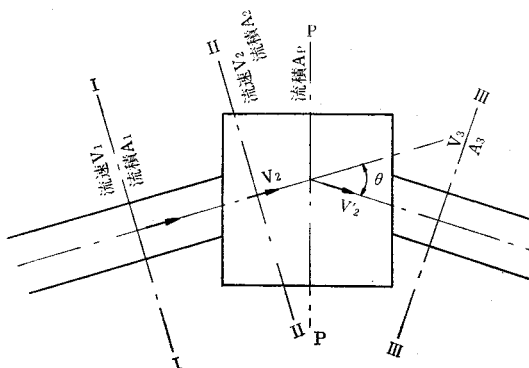


図-10.1 平面図

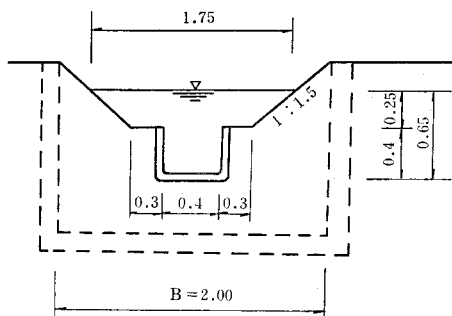


図-10.2 II-II 断面例

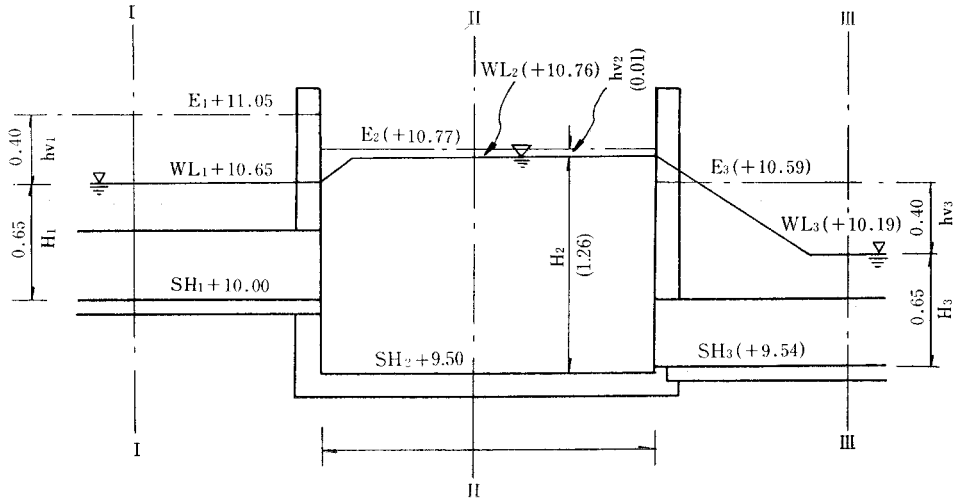


図-10・3 縦断図例

が柵を走り抜けることも考えられるため注意を要しよう。

計算例 5 図-10・2, 10・3の屈折柵の水力計算を行なえ。但し流量 $Q=1.40\text{m}^3/\text{s}$, IおよびIII断面の水深 $H_1=H_3=0.65\text{m}$, 同流積 $A_1=A_3=0.50\text{m}^2$, 屈折角 $\theta=30^\circ$ とする。

まずI断面のエネルギー水頭 E_1 を求める。

$$\text{流速 } V_1=V_3=Q/A_1=1.40/0.50=2.80\text{m/s}$$

$$\text{速度水頭 } hv_1=hv_3=V_1^2/(2g)=2.80^2/19.6=0.40\text{m}$$

$$\therefore E_1=SH_1+H_1+hv_1=10.00+0.65+0.40=11.50\text{m}$$

次にII断面の水深を試算で求める。水深

$$H_2=1.25\text{m}$$

と仮定すれば,

$$A_p=1.25 \times 2.0=2.50\text{m}^2,$$

$$A_2'=A_p/(\cos 15^\circ \cdot \cos 30^\circ)=2.99\text{m}^2,$$

$$A_1/A_2'=0.50/2.99=0.17$$

で表4より $f_{se}=0.69$ が得られる。従って

$$\text{急拡損失 } \Delta h_e=f_{se} \times hv_1=0.69 \times 0.40=0.28\text{m}$$

$$V_2'=Q/A_2'=1.40/2.99=0.47\text{m/s},$$

$$hv_2=0.47^2/19.6=0.01\text{m}$$

$$\therefore H_2=E_1-\Delta h_e-hv_2-SH_2=11.05-0.28-0.01-9.50=1.26\text{m}$$

となり仮定とほぼ一致する。エネルギー水頭 E_2 は

$$E_2=E_1-\Delta h_e=11.05-0.28=10.77\text{m}$$

III断面のエネルギー水頭 E_3 は

$$A_3/A_2'=A_1/A_2'=0.17$$

で表5より $f_{sc}=0.46$ と求まり, 急縮損失

$$\Delta h_c=f_{sc} \times hv_3=0.46 \times 0.40=0.18\text{m}$$

従って

$$E_3=E_2-\Delta h_c=10.77-0.18=10.59\text{m}$$

水路底標高

$$SH_3=E_3-hv_3-H_3=10.59-0.40-0.65=9.54\text{m}$$

となる。

計算結果は図-10・3に()で示してある。

なお, 柵を通過するときの摩擦損失は微小であり無視した。

5. あとがき

これからの農業をたくましく展開していくためには農業基盤の整備が不可欠であり, 事業の進捗が強く望まれるところである。とはいっても様々な障壁があって思うに任せないのが現状である。そのさいたるものは国家財政上から大幅な事業費の増が期待し難いことであるが, ゆるがせにできないのは, 農産物の価格の低迷との関連で最近では受益者から地元負担の増勢が問題視されていることである。

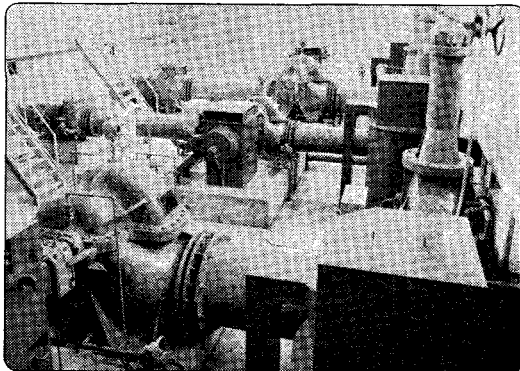
これらの障壁を乗り越え多くの人々の期待に応えていくためには, より事業効果を高めることであり, 高性能化又は事業コストの低廉化をはかることであるといえよう。ここでは小排水路について, 安全で且つ, 経済的な設計を取り上げた。地域の状況等によって差異はあるが, かなりの経済的な効果が期待できるものと思われる。

内容的には実用上支障ないと思われる仮定を入れたが, 文中に述べたようにまだまだ改善すべき点や解明すべき点がある。ご意見, ご教示を戴ければ幸いである。

最後に本報文をとりまとめるに当たって農業土木試験場, 猿ヶ石南部土地改良区, 郡山東部開拓建設事業所, 近畿土地改良技術事務所その他の関係者の皆様に格別のご協力を賜ったことを記し, ここに厚く感謝申し上げる次第である。

【引用文献】

- 1) 永松, 阪田, 平井: 掃流力法による排水路の断面決定について, 水路誌 7(4), pp. 19~24 (1967)
- 2) 阪田, 平井: 排水路断面の決定法について——掃流力法と芝の耐水性から——, 農土学会東北支部第18回研究発表会講演要旨, pp. 78~80. (1968)
- 3) CHOW (石原訳): 開水路の水理学 I, pp. 163~170, 丸善 (1962)
- 4) 松本, 五十嵐: 傾斜開畑地における排水路内の滞砂実態とその実験的考察, 農土論集 (88), pp. 15~26 (1980)
- 5) 本間, 安芸: 物部水理学, pp. 157, 岩波 (1975)

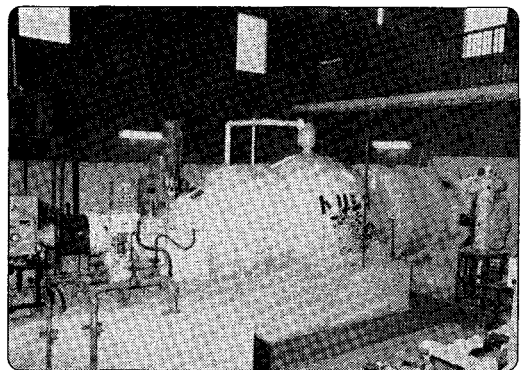


揚水用両吸込うず巻ポンプ、口径：900×800mm、370KW
農林水産省殿関東農政局 新宿揚水機場納

荒野を
みのり豊かな
大地に

トリシマ
ポンプ

トリシマの
使命です



排水用横軸斜流ポンプ 口径：1600mm、500PS
広島県尾道農林事務所殿 両名排水機場納

 株式会社 西島製作所

本社・工場 大阪府高槻市宮田町一丁目1番8号
☎0726-95-0551 (大代)

営業所 大阪、東京、名古屋、福岡、札幌、仙台、
広島、高松、那覇

出張所 佐賀、宇部、新潟、横浜

奈良尾地区地すべりの排水工法

(グラベルパイルによる排水工)

藤 澤 久 吾*

目	次
あらしし.....(58)	4. 対策工事計画.....(61)
1. 地すべりの概要.....(58)	5. グラベルパイル工法.....(61)
2. 地すべりの経歴.....(60)	6. あとがき.....(66)
3. 地すべり原因.....(60)	

あらしし

奈良尾地区地すべりは、昭和51年10月6日に発生し、急速に拡大、地区内の全域に亀裂を生じ、滑落、沈下現象が活発化してきた。住宅15戸も、倒壊、傾き、ねじれ、により居住が危険となったので、住民55名全員が、信級小学校に避難した。

発生日より10日後には、滑動が、更に顕著となり、無数の亀裂を生じ、農地、山林には、1m～3mの階段状落差が発生、傾斜も乱形化し、耕作も不可能な状態となった。

この頃は、最大1日30cm～40cmと、もっとも激しく滑動し、亀裂は、最大幅6m、平均3m～4mに発達し、深さ20mに及び、地すべりの、すさまじさが見られた。

このように、不気味に進む地すべりは、全国的にも珍しいと言われ、県が主体となって、国及び、各研究機関の協力を得て、科学調査を行い、安定解析に基づき、復旧と防止工事の全体計画を樹て、速やかに工事に着手した。

対策工事は、大別して、①排水工事、②土止工事、であり、特に排水工事については、地下水排除工の排水トンネルと、垂直連結する集水装置に、グラベルパイル工法を採用し、大きな効果をあげている。

これまでに多くの観測調査を実施し、地すべり機構の解明により、対策工が決定され、グラベルパイル工法を採用した経過を略記した。

1. 地すべりの概要

奈良尾地すべりの位置は、長野市と松本市のほぼ中間にある信州新町の中心街より、南へ約7kmの地点で、飯縄山(866.1m)の北西斜面で、北側の志ぶの川と、南側の明賀沢に画された緩傾斜の尾根部であり、地区の標高560m～780m中標高地帯である。

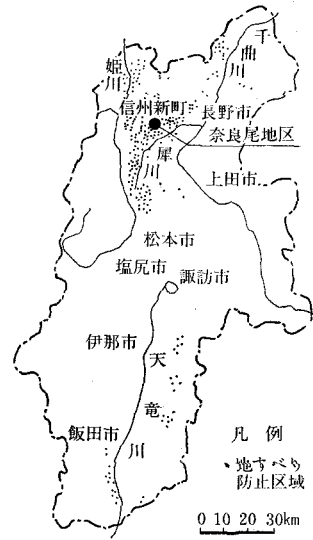


図-1 全体図

地すべり区域の地表面平均傾斜度は15°前後で、尾根の中央部には、小高い下林山があり、これを境に東側(上流)に上奈良尾、西側(下流)下奈良尾地籍で、地すべりは、尾根全体が東から西方向に滑動している。

尾根の北側に志ぶの川、南側に明賀沢が斜面を深く刻んで西へ流下し、柳久保川へ合流している。両沢沿いの南北斜面の傾斜角は25～30°の急斜面で、侵蝕の激しい形状を呈している。

この地区周辺に分布する地質は、新第3系中新統に属する小川累層と柵累層からなり、小川累層は高府向斜と呼ばれる大向斜の縁部に分布している。

岩相は南北方向に層相変化が著しく、北から南へ泥岩層～細粒砂岩層～粗粒岩層へと変化している。

柵累層は下部の小川累層と整合し、高府泥岩層と権田砂岩層、礫岩層に区分される。

奈良尾地区の周辺犀川沿いには地すべり地が密集している。

*長野県農政課土地改良課

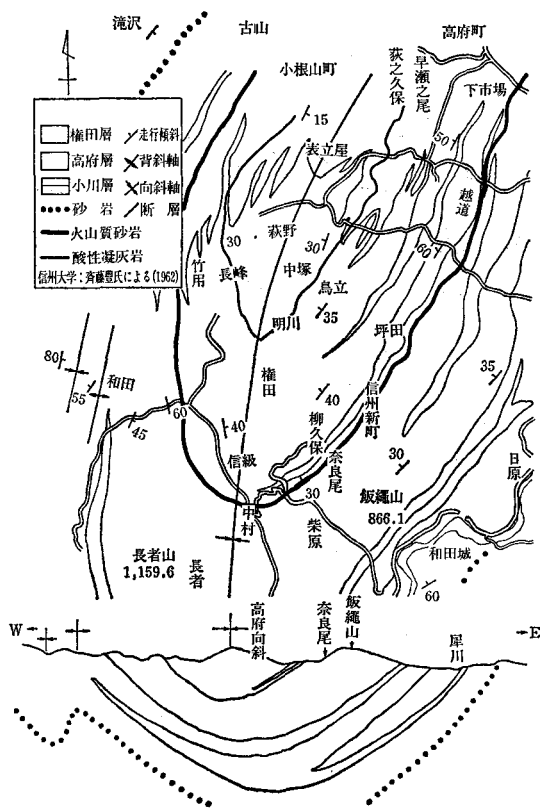


図-2 周辺地質図

1847年の善光寺大地震による地すべり、柳久保、祖室地すべり等、著名な、地すべり多発地帯である。

奈良尾地すべりは、すべり面が深い地塊型の岩盤地すべりで、地塊が根根に平行（東～西）方向に滑動し、地

すべり速度が速かった割合に、大きな攪乱状況は無く、移動土塊がほぼ原形を保ちながら動いている。

地すべりブロックは、発生過程と、運動状況から3ブロックに大別される。

Uブロックは、地区の最高部に位置し、盆状の地形で、発生初期には、この盆状地形の縁辺を囲むように引張り亀裂が発生した。亀裂は12mの滑落崖となり沈降速度は速く、最大20cm/日を記録した。

ブロックが全体的に沈降したため、家は傾むき、畑面に亀裂が生じた。

このブロックは地形的に地表水や地下水が集まり易く、過去には沼であったとも考えられる。

mブロックは、Uブロックと下林山との間で、志ぶの川に向かって滑動する m_1 ブロックと、明賀沢に向かって滑動する m_2 ブロックに細分される。本ブロックはUブロックや後述のlブロックより遅れて移動が起り、速度は次第に大きくなり、移動は長期間継続した。すべり面は比較的浅く、その運動形態は粘稠型である。

lブロックは下林山の下方斜面で、本地すべりの下部～末端部で、mブロックと同様に志ぶの川方向に滑動する l_1 ブロックと明賀沢方向に滑動する l_2 ブロックに分かれる。両ブロックの中間部には落差約2m、幅50cm～60cmの亀裂が発生している。

l_2 ブロックは、昭和49年7月以降間断的に地すべりがあり、その都度防止工事を施工したが効果は得られなかった。

本ブロックの末端の沢沿いは急斜面で、崩壊型すべりや、崩落が見られ、この現象は岩盤地すべりの膨大な圧縮応力が末端部に集中し発生している。

時代	柱状図	地層	記	
第四紀		地すべり崩積土 沖積層	砂岩の風化物より構成される地すべり崩土 明賀沢に分布する河床堆積物	
新第三紀		棚累層	権田砂岩・礫岩層	中粒～粗粒砂岩を主体とするが時に細～中礫岩を混入する。また最上部に砂質泥岩～泥岩を挟む。
			高府泥岩層	主に暗灰色の泥岩と砂質泥岩の互層よりなる。最下部に厚さ数mの火山質砂岩層を挟む。
		小川累層	暗色泥岩・灰色細粒～中粒砂岩および砂岩・泥岩の互層より構成される。時に凝灰岩を挟む。	

図-3 模式柱状図

信 級
奈良尾

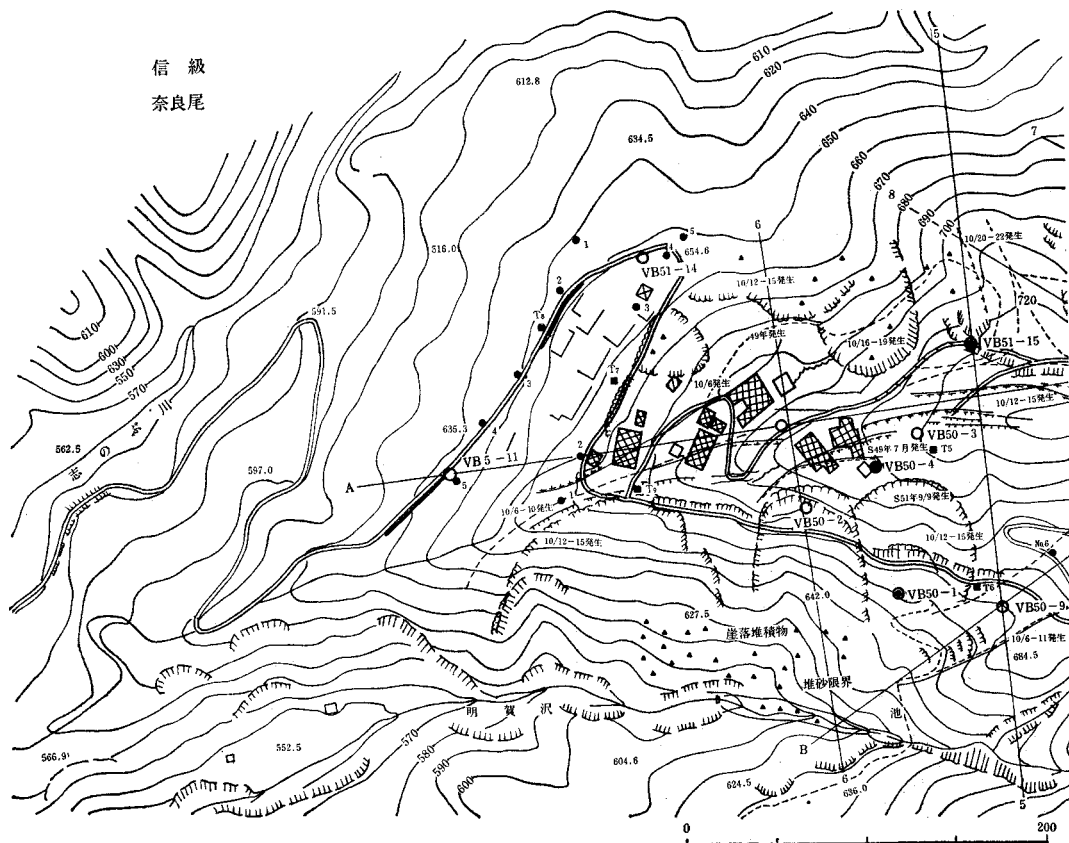


図-4 地すべ

2. 地すべりの経歴

奈良尾地区地すべり記録は残されていないが、現在の地形、地質から推察すると、古い時代から何度も発生していたものと思われる。古老の言によれば、1847年の善光寺地震により、中奈良尾に地すべりが発生し、農家3戸が移転している。

最近では、昭和44年3月の融雪期中奈良尾で落差約1mの亀裂が発生し、農家1戸が移転した。この地すべりにより畑地が滑動したり、寸断されるなどの被害をうけたので防止工事として横孔水抜きボーリングを施工した。

昭和49年7月10日の地すべりは3日間降雨量が150m/mあり、直後に発生した。

翌50年3月20日にも融雪により再び被害をうけ、農道が崩落し、災害復旧工事で杭打を施工した。

いずれの災害も、融雪や豪雨により発生している。

昭和51年の大滑動も9月9日台風17号による長期の降雨(3日連続110m/m)の後、10月6日に発生した。地すべり範囲は、幅約150m、長さ約800mに及び、移動速度は1日30cm~40cmとなり、引張り亀裂や、剪断亀裂が

無数に発生し、亀裂は急激に拡大大きな落差が生じてきた。

3. 地すべり原因

地すべり発生原因は、①地質の特異性、②地下水作用、③溪流の末端および側方侵食である。

地すべり地を構成する、地層は、礫岩、砂岩、泥岩を挟み込み、岩盤地すべりが発生しやすい地質状況である。

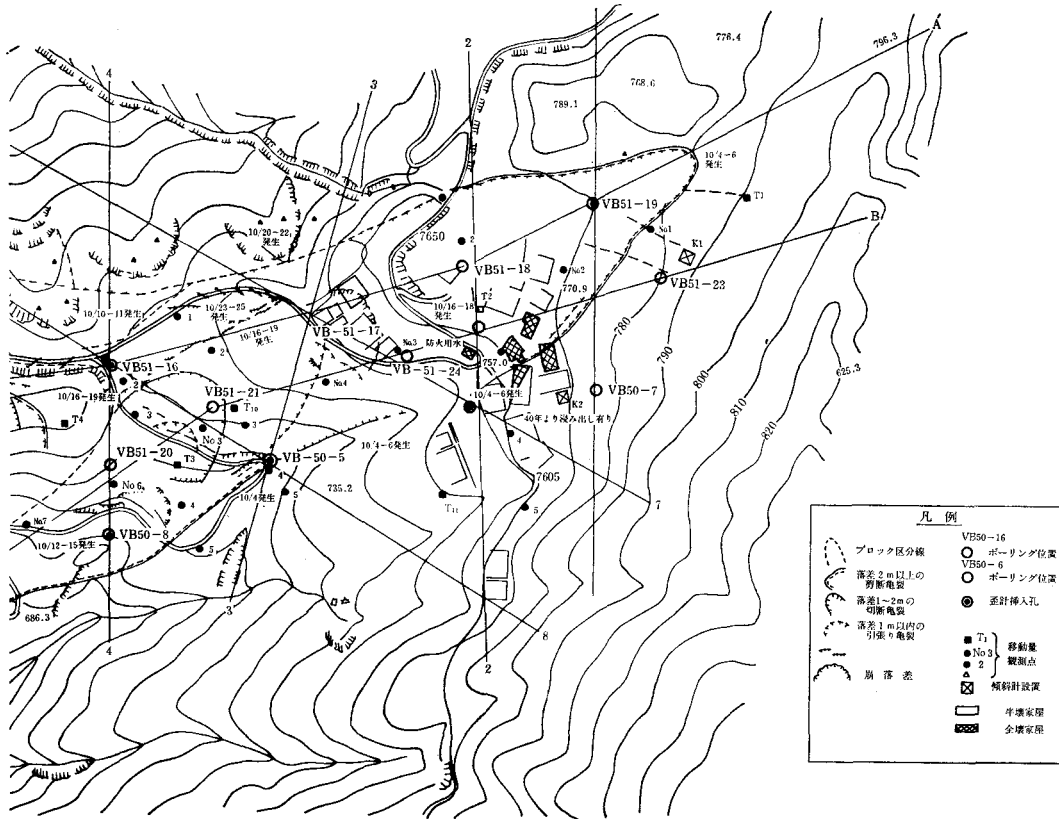
崩積土や風化岩は空隙が多く、亀裂が無数に発生しているので、地下水が流動している。

地下水は、すべり面に対し間隙水圧として作用したり、地層の風化を促進することにより、地すべり発生の大きな誘因になっている。

降雨や融雪水が地下浸透し、多量の地下水となり地すべりの直接原因となっている。

側方及び末端部は、志ぶの川、明賀沢の溪流で、特に明賀沢は、侵蝕が激しく、大きな崩壊が多数見られ、受動土圧が減少し斜面を不安定としている。

以上の素因、誘因が相互に関連し作用し合って大規模な地すべりが発生したものと考えられる。



り 状 況 図

4. 対策工事計画

対策工事は、地下水排除と、侵蝕防止工が主体となる。すべり面が深く、大規模な地すべりに対しては、力に対抗する抑止工法は適当ではなく、すべりの原因を取り除く抑制工法が抜本的で望ましい工法である。

抑制工法として、地下水排除工法を採用し、その工種別には

(1) 排水トンネル工

地下水位が40m（最深位）と深いこと。岩盤面が平坦である。間隙水圧の緩和、すべり面以下に水位を低下させる等より、安定基盤中に排水トンネルを設け水抜きを行う。

排水トンネルは、本地区中央部（第1号トンネル）に延長230m、下部（第2号トンネル）に延長200mの2本計画し、地区を横断する川支流に排水するもので、第1号トンネルは完了している。トンネル断面は図-7のとおり、工事施工の最小断面 $H=2.02\text{m}$ とし、3ヶ所のボーリング室は $H=3.5\text{m}$ とした。トンネルの総排水量は 45l/分を計画した。

(2) 集水井戸工

深層地下水の排除、地域外からの深層地下水がブロック内への流入防止のため、土質状況、すべり面の位置、地下水流動形態を考慮し、5基、 $\phi 3.5\text{m}$ 、 $H=101\text{m}$ のライナープレートを計画した。

(3) 横孔ボーリング工

浅層地下水（浅層の帯水）の排除、地域外からブロック内への流入防止、のため34群6,000mを計画した。

(4) 排水路工

地表水の地すべりブロック内への流入防止、横孔ボーリングからの集水を目的に、延長710m（コンクリートフリーム200型~400型）を計画した。

(5) 堰堤工

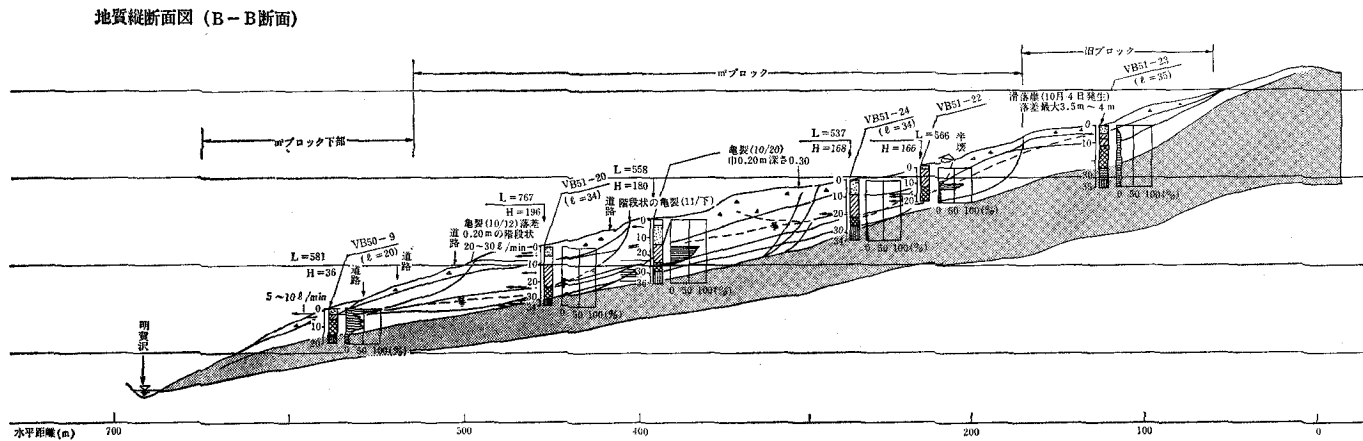
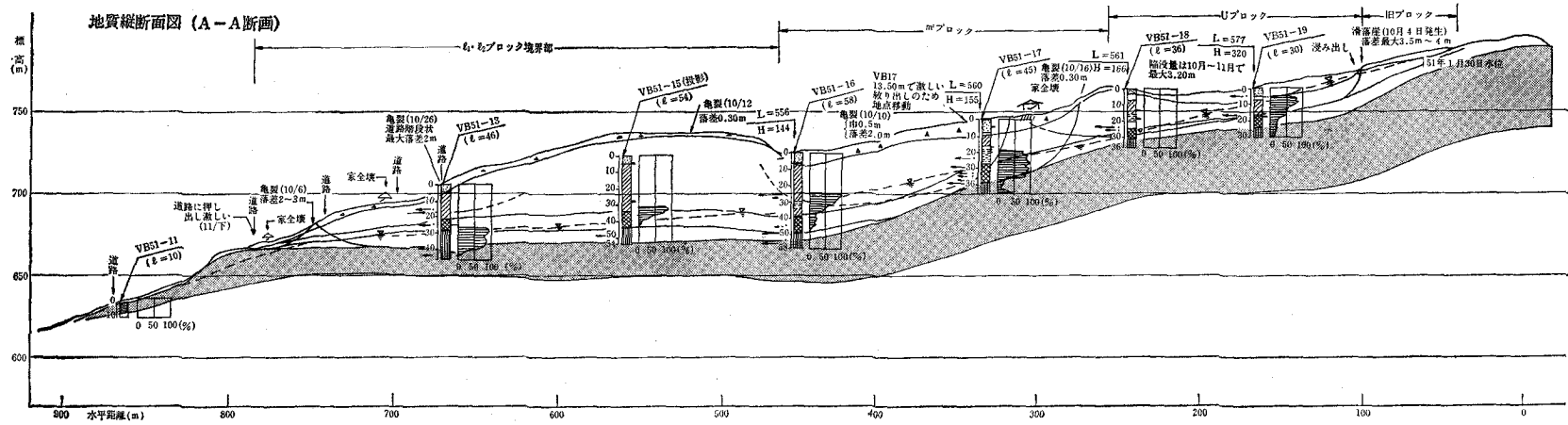
崩壊した地すべり土塊の再移動による二次災害防止、侵蝕による地すべり防止のため堰堤6基を計画した。

(6) 杭打工

現在の地すべりが終息した後、末端部の崩落による受動土圧の減少で再すべりを防止するため、杭打工100m（ $\phi 318.5\text{m}$ 、 $H=10\text{m}$ ）の鋼管杭を計画した。

5. グラベルパイル工法

排水トンネル内より放射状に施工した集水ボーリング



地表面移動量 (cm)

L=水平, H=垂直

深度 (m): 0, 10, 20, 30, 40, 50

相区分: 岩, 相区

振動長 (m): 0, 50, 100 (%)

地下水検層結果 (500分後の回復率で表示)

絞り出し位置	○	ボーリング期間中の水位	▽
孔曲り位置	○	ボーリング終了時の水位	△
存続い死生位置	○	1月31日現在の水位	☆
至業挿位置	○	掘削時、半灌水した位置	◀
至挿入後すぐ切断	×	掘削時、全灌水した位置	▶
至業挿後切断位置	×		

岩相区分

表土・腐土	強風化岩	風化岩	新鮮岩	礫岩混入位置	帯炭(ピート)混入位置
-------	------	-----	-----	--------	-------------

図-5 地質縦断面図

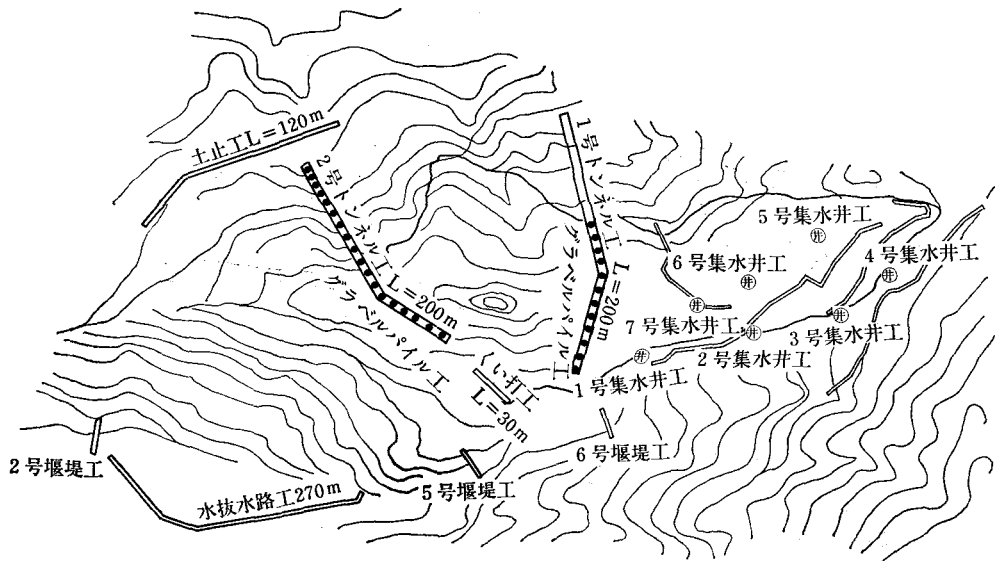


図-6 地すべり対策工事平面図

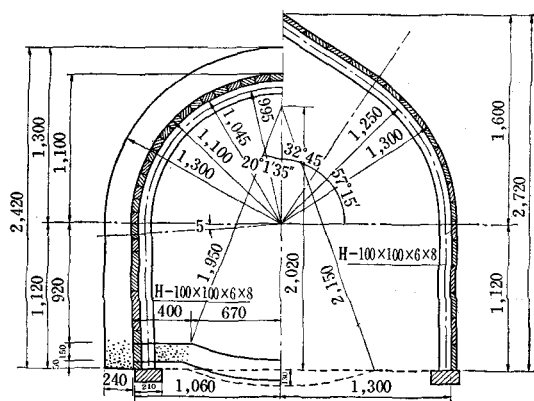


図-7 排水トンネル標準断面図

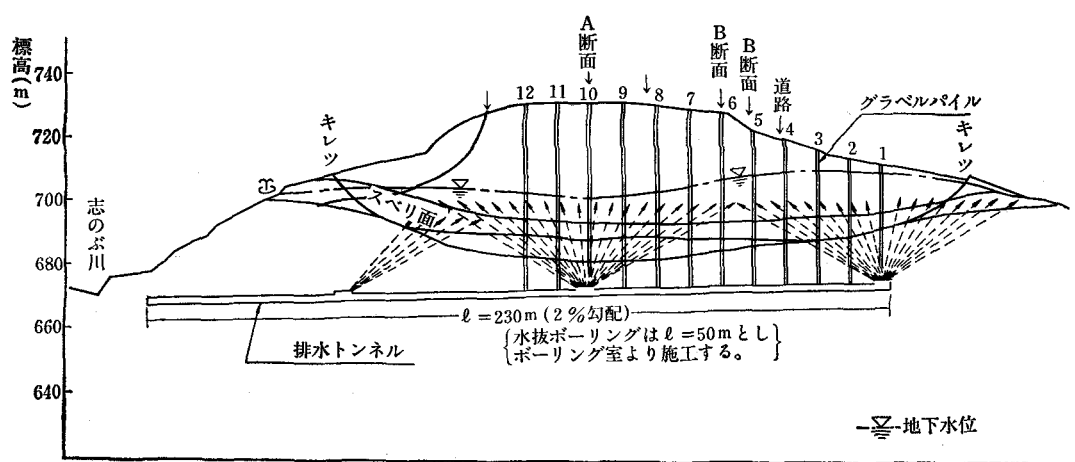


図-8 1号排水隧道縦断面図 (グラベルパイル工)

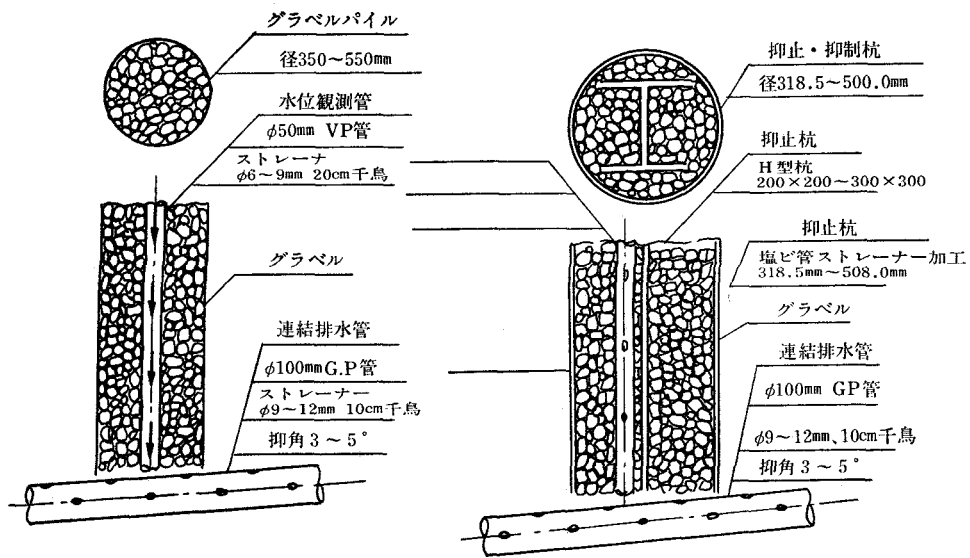
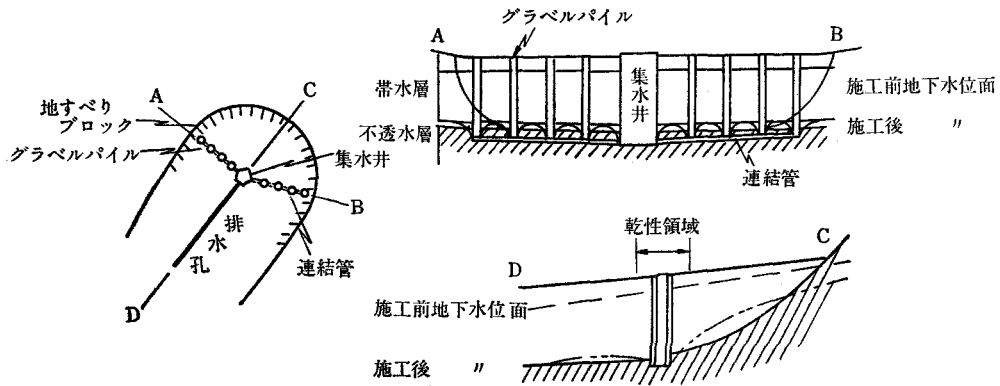


図-9 グラベルパイル施工図

により、上部斜面から供給される深層地下水、特にすべり面付近の地下水、新鮮岩からの間隙水等をトンネルに導水排除する目的であったが、排水量が徐々に減少し、現在は20~30l/分となり、調査の結果、集水ボーリングの保孔管が地すべりで破損したためであり、排水効果を更に大きくするためグラベルパイル工法を採用したものである。

(1) グラベルパイル工法の特徴と選定理由

この工法は、地下水を立体的に排除する乾式遮水壁工法であり、帯水層中に吸水井（グラベルパイル）を縦列に設置し、帯水層内の地下水を脱水し、地下水をトンネルや連結排水ボーリングに導き、周辺の地下水位を低下させることと、上部斜面から流入する地下水を遮断する工法である。

集水井工、横孔水抜きボーリング工が平面的な排水工法であるのに対し、本工法は立体的な地下水排除工法で

あり、従来の遮水壁は不透水性のため上部斜面からの流入する地下水を貯溜し、地下水位を上昇させる湿式遮水壁工であるため、地すべりを誘発する危険性がある。

本地区の場合、地下水はすべり移動岩塊中を裂け水の形で流動し、地下水の流動層は2~3層以上あって、その分布は広範囲で複雑である。このような地すべり地区では立体的な乾式遮水壁工法である本工法は有効である。

(2) グラベルパイル工法の構造

図-10に示すように、①グラベルパイル、②水位観測用塩ビ管、③連結排水管などから構成される。

グラベルパイルはφ350~550m/mのボーリング中に、φ25~40m/mの碎石を充填する。この碎石の円柱は透水性の大きな垂直に埋設した暗渠で、周辺部の地下水を集める吸水井の役割を果すことになる。

グラベルパイルの設置間隔は目標とする地下水低下量

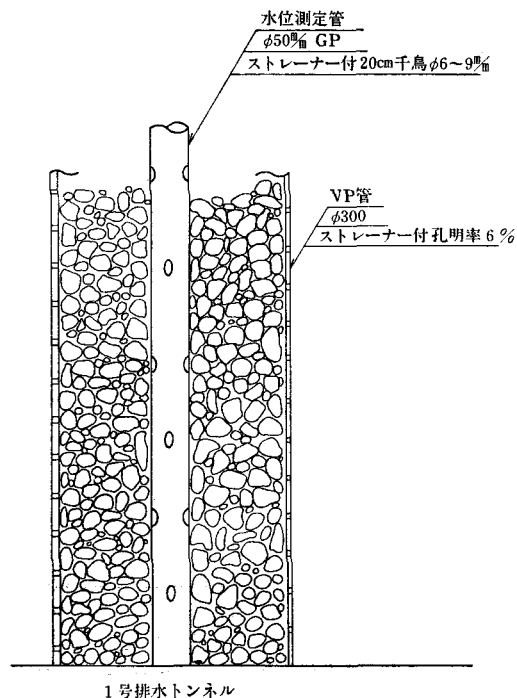


図-10 グラベルパイル詳細図

や地層の透水性などにより決定されるが、通常は5~10mである。

水位観測用塩ビ管はストレーナー加工したφ50mm/mのもので、グラベルパイルの中心に設置し、連結排水管(トンネル)に接続する。塩ビ管はグラベルパイルにより吸水した地下水を連結排水管に導くのが主目的である。

更に、工事効果を確認するための水位観測や、グラベルパイルが目づまりした場合の洗浄用パイプも兼ねるものである。

また、グラベルパイルの外周にストレーナー加工した鋼管杭を設置したり、H形鋼と併用し抑止工法と兼ねることもでき得る。

(3) グラベルパイル工法の施工と問題点

本工法は通常次の順序で施工する。

- ① 地下水を集水井に集め排水する場合は、集水井を施工し、集水井内から連結排水ボーリングを施工する。
- ② 排水トンネルに集水し排水する場合は、基岩内にトンネルを施工し、連結排水管とする。
- ③ グラベルパイルは、連結排水管の直上部からφ350~500mm/mの大口徑ボーリングを行ない設置する。大口徑ボーリング(グラベルパイル)は連結排水管に直接接合しないで、3~5mの位置で止める。
- ④ グラベルパイルの中心部にφ66mm/mの小口径ボーリングを実施し連結排水管に接合する。
- ⑤ グラベルパイルにグラベルを充填する。

施工に当たっての注意点を列記すると、

- ① 正確な測量を行い、グラベルパイルが、連結排水管の直上部に施工できるようにする。
- ② 大口徑ボーリングの孔曲りを防止するためには、パーカッションによる施工が望ましい、やむなくロータリーボーリングの場合は、無理な荷重や掘削をしない。
- ③ ロータリーボーリングに比してパーカッションは仕上げ洗浄が容易で集水孔としての性能がよい。

(4) 水位低下の理論式

グラベルパイルによる水位低下の理論は次のようになる。

降雨水の浸透を考慮に入れた排水柱(溝)の間における水位降下曲線は次式で計算する。

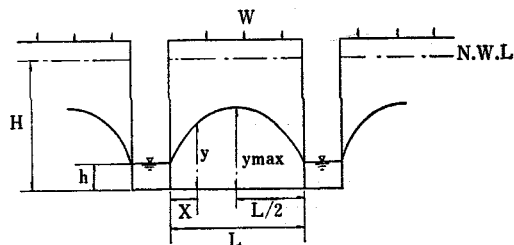


図-11 水位低下模式図

$$Y^2 - n^2 = \frac{W}{K}(2ax - x^2)$$

- ただし
- L: 排水柱間の距離
 - a: 排水柱間の1/2の距離
 - W: 降雨水の浸透量
 - n: 水柱の厚さ
 - K: 透水係数

2a=L の場合

$$Y^2 = n^2 + \frac{W}{K}(L-x)X$$

ところで、地下水面の最高位は(L-x)Xが最大となるXの値により求められる。

$$X = \frac{L}{2} \text{ (または } X=a \text{) のときである。}$$

したがって

$$Y_{\max} = \sqrt{n^2 + \frac{W}{K}a^2} = \sqrt{n^2 + \frac{WL^2}{4K}}$$

排水柱では水柱の厚さnが連結管によって著しく小さくなるので $Y_{\max} = \frac{LW}{2K}$

となり、 $W \leq K$ であるので最大値 Y_{\max} は L/2 となる。

すなわち排水柱の中間(L/2)が最高水位でその水位は L/2 である。

これ以上に水位は上昇しないので乾式遮断壁が設置されることになる。

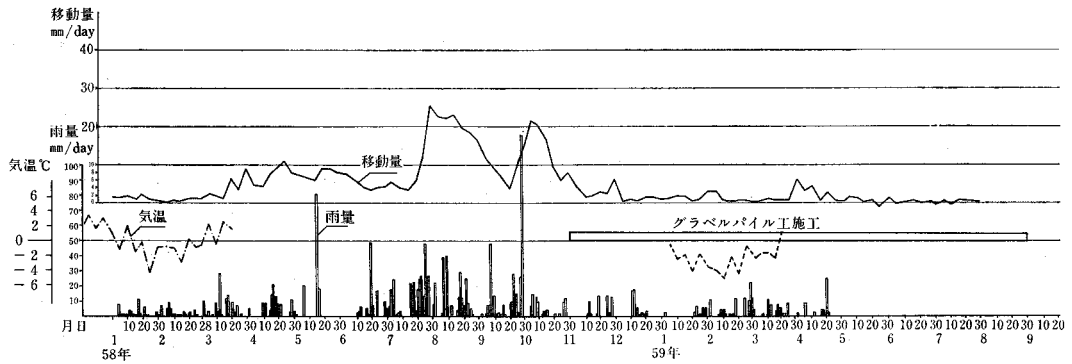


図-12(1) 地すべり移動の推移図

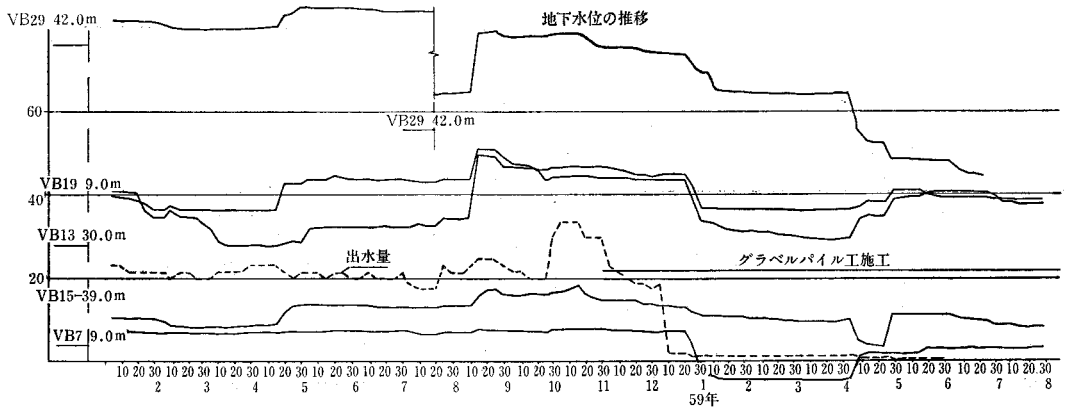


図-12(2) 地下水位の推移図

(5) 工事効果

本地区は排水トンネルにグラベルパイルを連結施工し、グラベルパイルのφ300mmで10m間隔に22孔、総延長1,120m実施した。工事は昭和58年11月着工、59年8月に完了した。

グラベルパイル工の実施後の効果は、地下水位と地すべり移動量を比較することにより判定できる。

工事着手後1ヶ月、58年12月から59年1月までに地下水位は1m～5m、平均2m低下した。地下水位の低下に伴って、地すべり移動量は工事施工前に最大25m/m

/日であったものが、工事施工後は最大5m/mと激減した。

排水量、移動量、地下水位については現在観測中である。

6. あとがき

奈良尾地すべりで採用した、グラベルパイル工法は、昭和43年福島県で最初に実施され、その後各方面で20余ヶ所施工し実績をあげている。今後この工法を採用するに当り、多少でも参考になれば幸いである。

パーソナル・コンピュータによる排水解析の図化

— 擬似体験を目ざして —

丹 治 肇*

目 次

1. はじめに.....(67)	4. 排水解析の図化の事例.....(72)
2. ハードウェア.....(67)	5. 今後の改良.....(75)
3. 排水図化プログラムの構成.....(68)	

1. はじめに

排水路の水理解析を含んだ排水解析プログラムが開発されてから既に10年以上が経った。その後、プログラムの改良が進んで、現在では、かなり広くもちいられている。筆者らは、排水解析の方法として、これらの手法のうち、斜面流出を特性曲線法を用い、排水路部分を不定流モデル(数理モデル)を用いた計算方法を使っている。この方法では田面や排水路の諸元が細かくデータとして入力され検討される。また、出力結果も、各ブロック、各メッシュの刻々の水位、流量が表示され、非常に詳細なものとなっている。しかし、その反面、1ケースの演算結果を1時間毎の水位、流量で集約して表示してでも、ラインプリンターで数百ページに及ぶことがあり、この膨大な演算結果をどの様に整理し、表示するかが大きな問題となっている。筆者らはこの膨大なデータの整理表示方法について、いろいろな方法を試みてきた。この一連の試みの中でデータ整理表示の方法について、次の2点がポイントであることが明らかになった。

① 統計的表示方法が使えないような場合、データ(演算結果)の全般的な様子・傾向を示す最良の方法はグラフ化(図化)にある。

② 図化の方法としては縦軸に量、横軸に時間をとった表示といった時間関係表示もあるが、何よりも判り易く、直観の助けを借りることの出来るのは平面分布図である。

以上のポイントは多数の手書きによるグラフ作成により得られた所見であるが、今まではこの様な図化の必要性を感じていながらも手書きであるため、生産性(手間)の点から、図化は困難であった。一例をあげれば、湛水分布を示す平面を700ブロックメッシュ程度のエリアに適用する場合1人が1日に1枚の図面を作成することすら困難であった。これらの問題を解決するために湛水分布図をグラフィック・ディスプレイ上にカラー表示し

れを用いてコピーするプログラムを開発した。ここでは、この図化プログラムを紹介する。

2. ハードウェア

湛水分布といった平面的に分布した形状を表示するには、ブロックのぬりつぶしが必要であるが、従来はXYプロッタを使って、斜線を引き、その間隔のもつ濃淡で水深を表示していた。この方法は次の点で問題であった。

① デジタイザー、及びXYプロッタとその特別の運用ソフトを作らなければならない。コスト高。

② ①の装置は一般に特別な大型計算センターにしかないため、演算の試行ケースの結果を一寸表示してみるといった小まわりがきかない。(→人手で書くことになる。)

③ 斜線表示のため図が必ずしも見やすくない。特に斜線の間隔の差が小さいときは判りにくい。

これらの欠点をカバーするため、新しいシステムは、次の様に計画された。

① ハードウェアとしては出来るだけ、安価で小まわりのきくものとする。

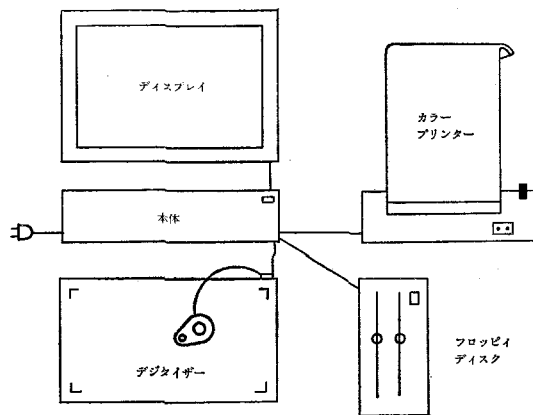


図-1 ハードウェア構成

*農業土木試験場水利部水利第3研究室

② ソフトウェアは特別な運用ソフトを作成しなくてもハードウェアが利用できるものとする。

③ 湛水深表示は単色濃淡表示よりも分りやすいカラー表示とする。

④ 出来るだけ、漢字を使ったコメントをつける。

以上の要求を満たすため、ハードウェアとして、次のものが考えられた。(図1)

① カラー・インクジェットプリンタ；シャープ社製 I0-700

② デジタイザー；グラフィック研究所製 MITABLET (DT-1000)

③ パーソナルコンピュータ；NEC 製 PC-9801

プログラムをパーソナルコンピュータ上で考えたのは BASIC の LINE 命令及び PAINT 命令を使うことでソフトウェアを構成しようとしたためである。

3. 排水図化プログラムの構成

プログラムの開発は機器をパーソナルコンピュータ本体、デジタイザー、プリンターの順で購入したため、おおまかにいって、次の段階をふんだ。

1. 図形表示プログラムの開発
2. 計算結果入力プログラムの開発
3. 図形データ作成プログラムの開発

次にこの3プログラムの概要を作業手順に従って説明する。(図2)

1) 図形データ作成プログラム集

表示すべき図形としては、排水ブロックメッシュ、排水路、ポンプ場を選定した。プログラムは以下からなる。

a. 排水ブロックメッシュ作成プログラムと排水ブロック修正プログラム。

本プログラムでも一般の実用プログラムと同じ様に、データ数が10をこえる様な場合には、作成プログラムと修正プログラムとが必要である。この考え方は、排水ブロックメッシュから始まって以下に示すプログラムに共通である。

排水ブロックは5千分の1程度の地図からその形状をひろうものとし、道具としては、デジタイザーを用いる。図形は高解像度グラフィックディスプレイ(640×400ドット)に表示されるものとする。曲線の表示には補間した形で関数を用いる方法と直線をつないで用いる方法とがある。ディスプレイの解像度や CPU スピード、既存のソフトウェアの手法等をふまえて、検討した結果、直線をつないでいく方法を採用した。次に問題となるのは交点の扱いである。データセットの作り方としては有限要素法のデータの様に、各面積メッシュに周辺の点の座標を対応させて、線分を作る方法が一般的である。(図3) この場合、地区周辺の点は1回だけ、地区の領域内の点は2回計上されることになる。しかし、こ

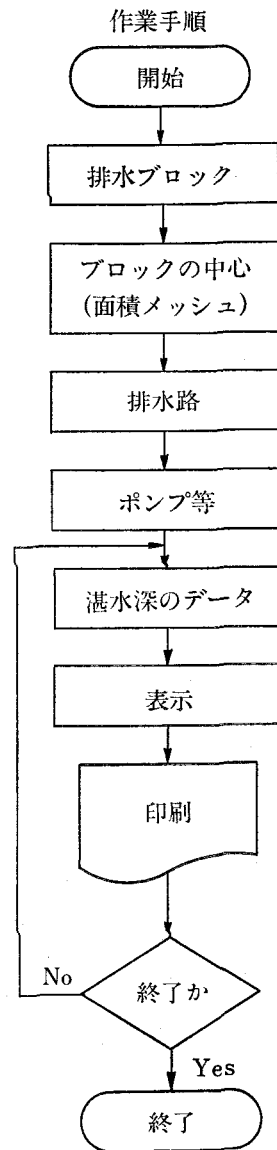


図-2 作業手順

では、面積メッシュを作る線分と面積メッシュ番号は切りはなして考えることにした。こうすると、線分を構成する点に番号をうたなくてもよいため、形状が複雑になっても容易に扱えること、デジタイザーで1回測るだけでよいなどの点が有利である。次に1点から3本以上の線分が出ている場合については、新たに線分をつけ加えるときに既存の座標を搜索させる方式をとった。また、入力図形は同時に画面に表示させるようにした。(図4)

b. 面積メッシュ番号作成プログラムと面積メッシュ番号修正プログラム。

排水解析の演算結果は面積メッシュ番号ごとの時間ごとの湛水深として表わされる。このため、表示図形の面積メッシュに対応したメッシュ番号を与えることが、必

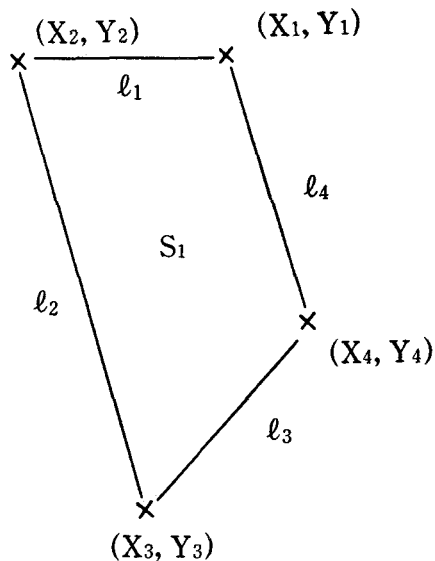


図-3 有限要素法のデータ

要である。この番号は同時にディスプレイ上に表示されるときのXY座標と対応するものでなければならない。既ち、各点のデータは次の構成となる。

メッシュ番号, X座標, Y座標,

このX, Y座標は面積ブロックに色をつけるときの中心座標として用いられる。

PAINT (X座標, Y座標), 表示色, 周辺色

例えば、座標 (50, 50), (50, 100), (100, 100), (100, 50) を結ぶ白い線で描かれた正方形を面積ブロックにとった場合、この内部を水色でぬりつぶすには次のようなコマンドをとる。

PAINT (75, 75), 5, 7

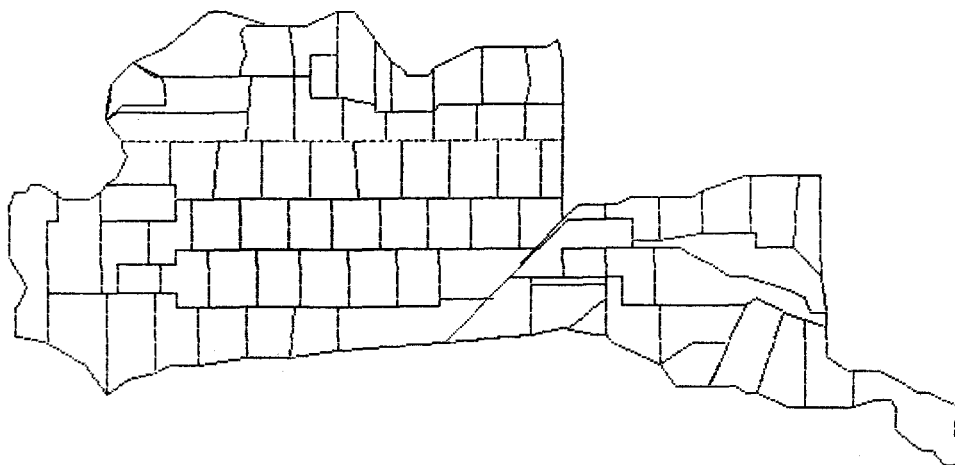
ここで、5が水色、7が白色を表わす。この場合、X座標、Y座標は次の不等式をみたしていることが必要である。また、満足していれば、75でなくともよい。

$$50 < X < 100, 50 < Y < 100$$

この式を満足しないX, Y座標を用いても、文法上のエラーになることはなく、正方形の外側が水色にぬりつぶされるだけである。このように、X座標、Y座標のデータは一意には決らないが面積メッシュの内側にあることが必要であり、このチェックがプログラム作成上の重要な留意点となる。更に、メッシュ数が数百以上に及ぶ場合、作業の途中では、メッシュ番号を既に付けた面積メッシュと、これからメッシュ番号を打とうとしている面積メッシュを区別する必要がある。これらの問題を解決するために、面積ブロックの上に、メッシュ番号を打ったX, Y座標をディスプレイ上に表示することにした。この目的のためには、X, Y座標の位置に点“.”を打ってもよいが、見やすさを考えて“⊙”をディスプレイ上に表示させることにした。これは後に述べるポンプ場を表示するマークであるが、ここでは、単に“.”の代用としただけであり、ポンプ場には関係がない。また、画面には表示されないダミーの面積メッシュに対しては、X, Y座標の値に異常値(負の値)を入れて処理する方法をとった。(図6)

c. 排水路データ作成プログラムと排水路データ修正プログラム。(ポンプ場データ作成プログラムを含む)

排水路は、LINE 命令を用いるものとし、基本的には、面積メッシュデータと同じプログラムを用いる。ポ



Z: 修正

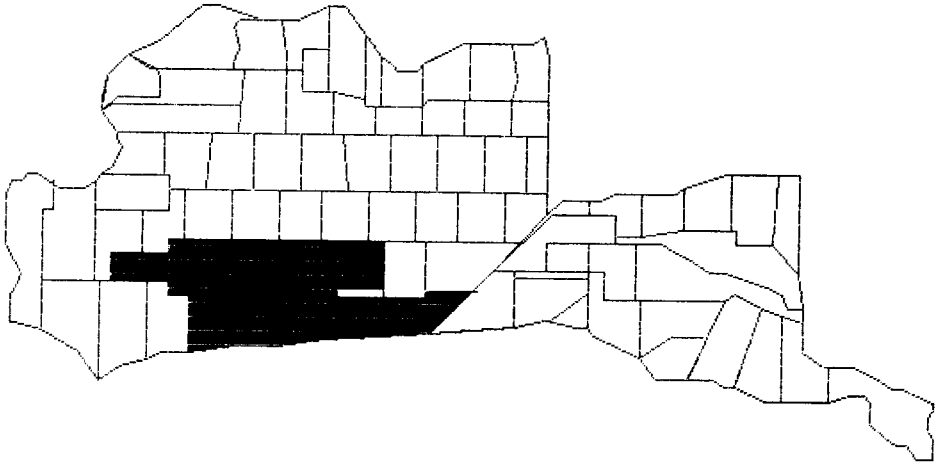
1: 追加

2: 打点

3: 停止

図-4 排水ブロックメッシュの作成

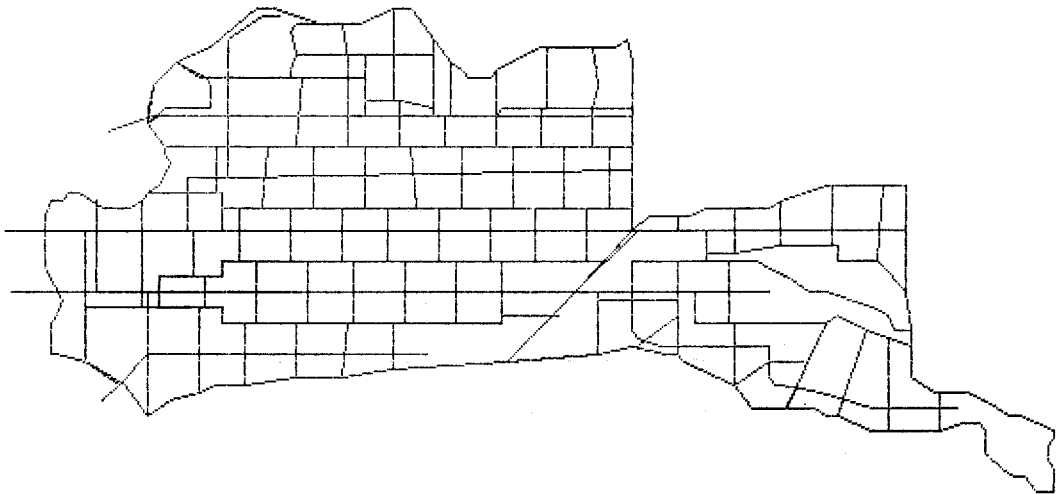
I= 17



Z: 打点 1: ダミー 2: ***** 3: 停止

図-5 面積メッシュデータの作成

NEXT NUMBER IS I= 1



Z: ポンプ 1: サイフォン 2: ゲート 3: END

図-6 排水路及びポンプ場等データの作成

ンプ場は、数とXY座標を入力するものとする。ポンプ場は①マークで表示し、マークはドットマトリックスをビット表示し指定して作成した。(図6)

2) 計算結果入力修正プログラム
演算結果である各面積メッシュのタン水を入力するプ

ログラムである。プロンプティデータは10キーによる手動入力となっている。(図7)

3) 図形表示プログラム

1)及び2)で作成したデータを結合し、タイトル及び汎例をつけて表示するプログラムである。基本構成は1)の

各プログラムと同じである。ディスプレイ上の画面をインクジェットプリンターにコピーするために別途ソフトを購入した。このソフトはグラフィック画面のコピーしかできないため、タイトルは、テキスト画面ではなく、グラフィック画面表示にした。地区名の表示は、プログ

ラム中の DATA 文に JIS16 進コードをおく形をとっている。データの数の少ないときには、別立てファイルにするよりもファイルアクセスの時間がない分だけ使ってみると便利である。プログラムの使いかたは、面積メッシュや、排水路のデータのしまっているファイル名

修正モード (1 - 50)										小数点以下は切り捨てられます										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	12	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	3	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	68	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

機能は何ですか? (終了; E)

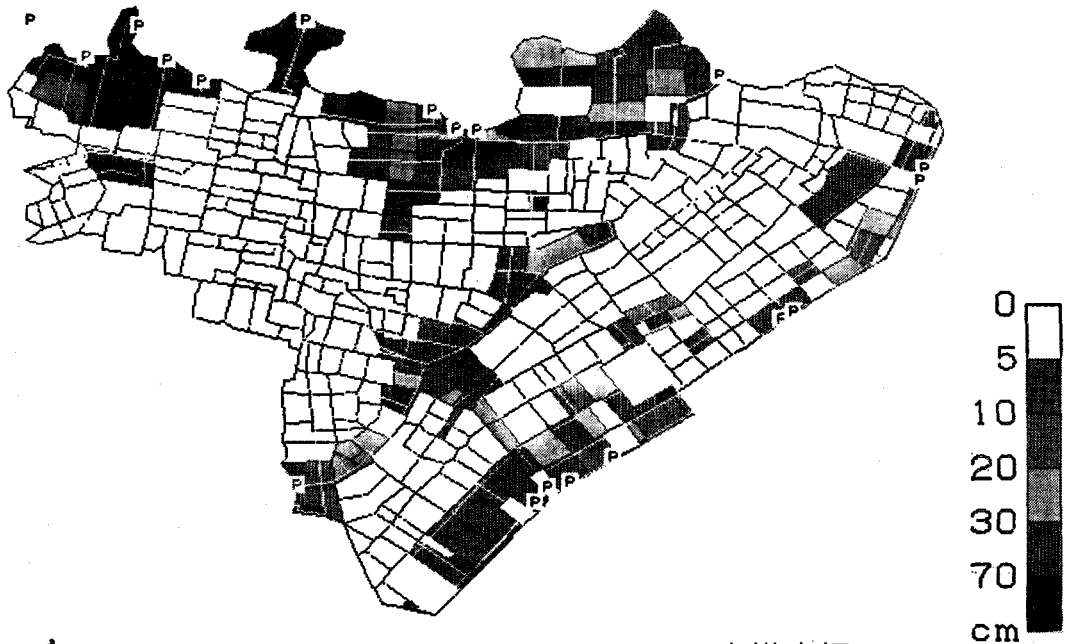
P 一箇所修正

D 削除

I 挿入

load " auto so to list run save " key print edit . cont

図-7 計算結果の入力



§ 地区 湛水状況 Case 2221 最大湛水深

図-8

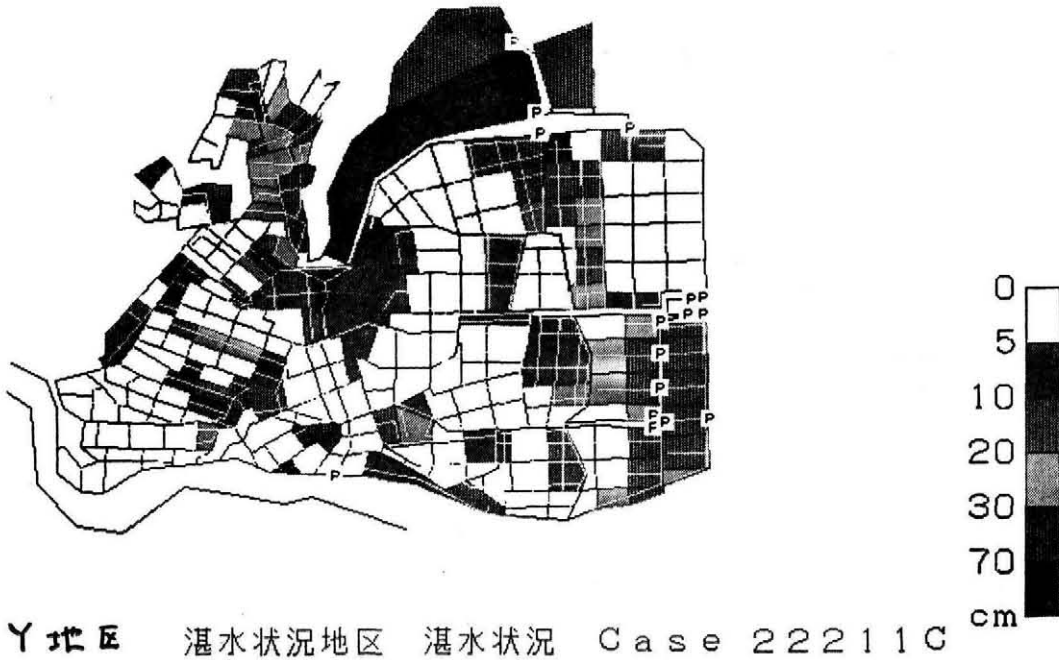


図-9

(通常、地区名)と演算結果を示すケース名(=ファイル名)を入力すると画面に表示が出る。これをコピーキーを使って、インクジェットプリンター上にハードコピーをとる。プリンターのスピードはコピー一枚に約7分かかるため、最初の開始からの所有時間は10分程である。これは従来の手書きの5時間に比べると1/30である。

この他に、レイアウトの見ばえから、凡例の位置は動かした方が良く、これもプログラムの修正で対応している。

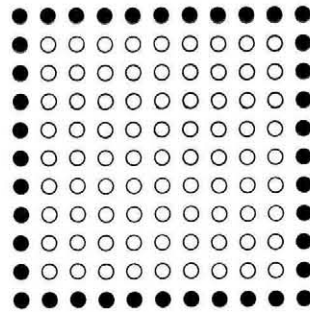


図-10 ドット構成

4. 排水解析の図化の事例

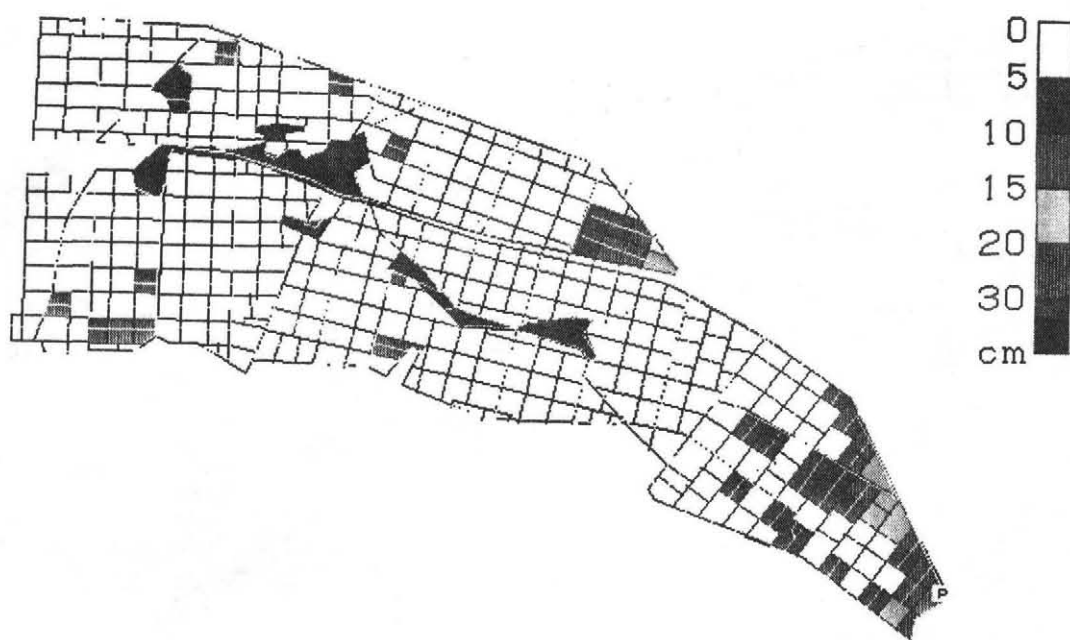
本図化プログラムを利用して、排水の図化を試みた地区は現在のところ、次の5箇所である。(例を図8、9)

- | | | | | |
|---|----|-----|--------|---------|
| a | F県 | K地区 | 1700ha | 103メッシュ |
| b | S県 | S地区 | 8600ha | 697メッシュ |
| c | P国 | Y地区 | 15万ha | 247メッシュ |
| d | I県 | K地区 | 610ha | 165メッシュ |
| e | A県 | N地区 | 1500ha | 776メッシュ |
| f | K県 | K地区 | 3700ha | 678メッシュ |

以上の地区は小さいものは100メッシュ以下から、大きいものは700メッシュを越えるところまで達している。实用最大メッシュ数を考える。ディスプレイの解像度は640×400である。画面の1/2が面積メッシュとして利用できるかすると128,000ドットが利用可能である。これを1000面積メッシュで分割したかすると平均1メッシュが128ドット構成になる。11×11=121であるから、上と横

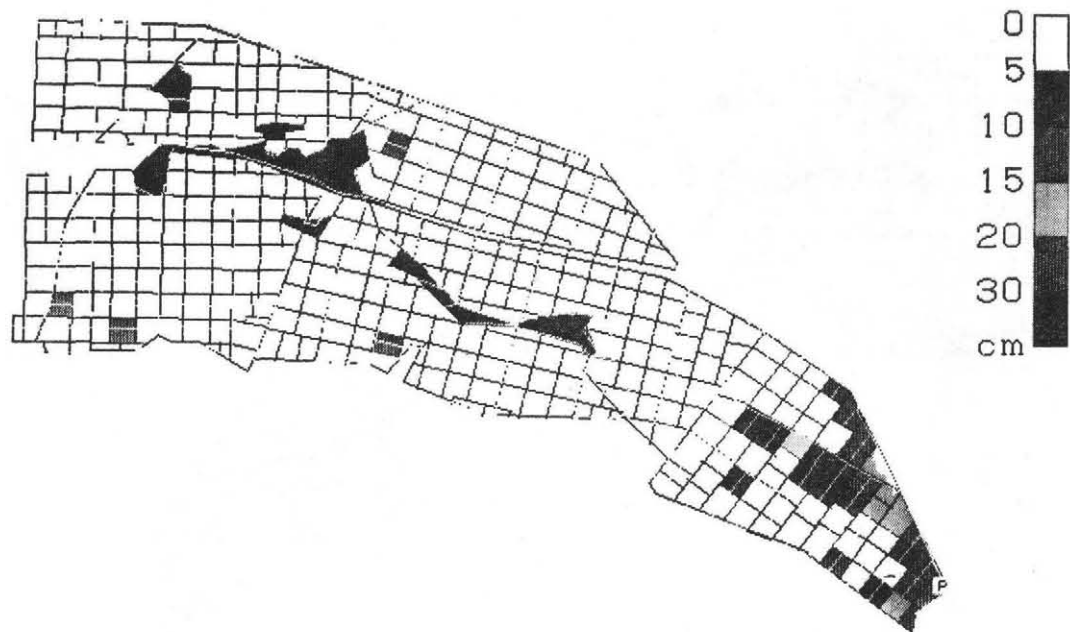
にメッシュ区分の線があるとして、ぬりつぶされる点はほぼ10×10メッシュである。(図10)これは、この内に排水路の線が入るとしても余裕があり十分表現可能である。ちなみに、細かいメッシュ構成となっている図8の例をみてもメッシュの大きさのバラツキにかかわらず有用可能である。またN地区(図11, 880メッシュ)のようにメッシュの形状が同じ様な場合には、2000メッシュ以上でも十分な解像度と考えられ、实用に耐えることがわかる。

以上の事例のうち、ここではeのN地区をとりあげて、図化の実際をみしてみる。図11~13はこの地区の湛水の分布状況を10時間ごとに表示したものである。図からも判る様に、この地区は上流の支川ブロックが下流の本川ブロックにつながっており、サイフォンの径が十分でないために、サイフォン上流で湛水している。この水は



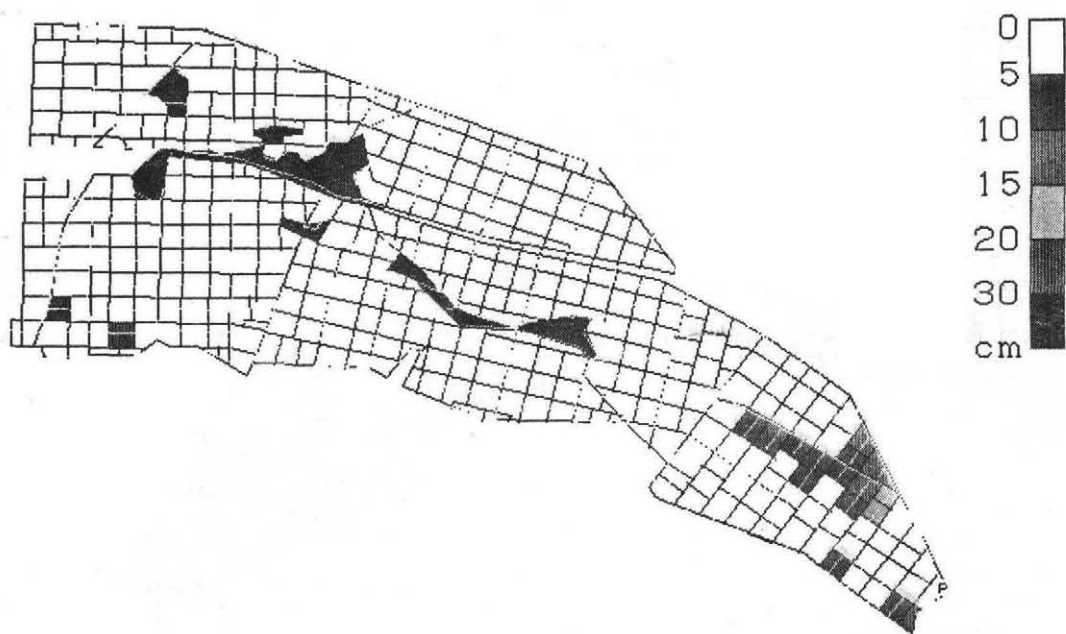
N 地区 湛水状況 K-2 50HOUR

図-11



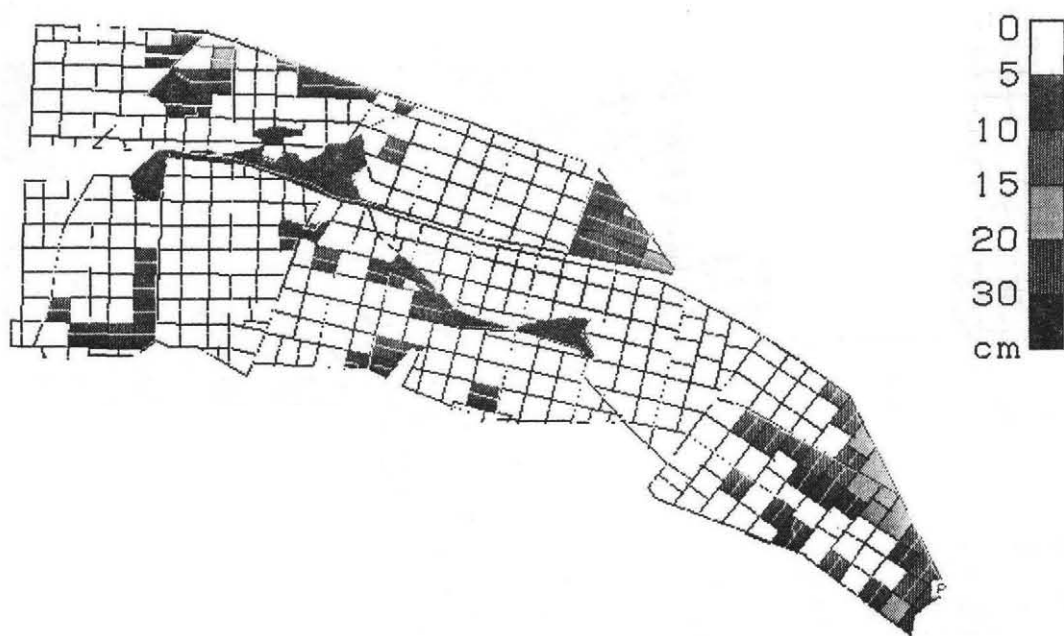
N 地区 湛水状況 K-2 60HOUR

図-12



N 地区 湛水状況 K-2 70HOUR

図-13



N 地区 湛水状況 K-2 最大湛水深

図-14

時間がたつにつれて、下流へと流れていく。この様子が、時間経過にしたがって描かれた図を見ることでよく判る。

図14は、各時間ごとの湛水深を通して調べ上げて、最大値を取ったものである。図を見れば考えられる最大の被害の分布が予測できる。

5. 今後の改良

一連の時間経過にしたがって示された図はここでは図面の枚数の関係から10時間ごとに限られているが、演算は時間刻み（ここでは10秒）ごとに行なわれており、より細かい1時間、30分といった間隔で作図し、これらを一連のものとしてみれば、一種のアニメーションをみることも可能である。

この様に、あたかも現象をみるように、演算結果を表示することができれば、コンピュータシュミレーションは、技術者に強いインプレッションを与えることができるであろう。このためには、現在行っている演算結果の手入力をフロッピィディスクドライブ上でのデータ変化にすることが必要である。この変更には、ファイル名の付加と EBISDIC コードの JIS コードへの変換が必要である。また、動画の視単化のために VTR システム

が必要である。現在、コード変換を中心にして検討が為されている。

また、データの修正プログラムなどに使いやすさの上から細かな改良が為されている。しかし、プログラムの基本構成についていえば、今まで述べたところで、ほぼつくされている。

排水のプログラムの開発過程やバグとりの時点で、実際にディスプレイ上に絵の現われるところを多くの方々にもみていただいた。それらの方々の反応は例外なく、“良好で”“驚きに近い”ものであった。筆者はそのことをふまえて CAD といった形でよくいわれる視覚化が農業土木分野でも実用になるものとして検討される時期にきたものであると考えるようになった。また、この方面におけるパーソナルコンピュータの利用が現実的であることを示すためにこの小文を書いているが、一方では視覚的なものを文章で表現することの困難を感じている。アイロニーといえます。

最後に、ハードウェア及びソフトウェア等について環境を整備して下さった室長はじめとして、研究室の方々や試験場の方々に謝意を表します。また、色々な面でソフト開発に協力いただいたり、プログラムの試用をして下さった方々にも感謝したいと存じます。

土 壌 の 侵 食 と 保 全 (要約)

大 串 和 紀(訳)*

訳者まえがき

本文は、アメリカの「ワールド・ウォッチ研究所」の報告「State of the World 1984」に収められた、同研究所長レスター・R・ブラウンの論文「Conserving Soil」の要約である。

レスター・R・ブラウンは、1934年生まれ。ハーバード大学を卒業後農務省に入り、国際農業開発局長、農務長官の政策顧問などをつとめた。現在はワシントンのシンクタンク「ワールド・ウォッチ研究所」の所長として、環境問題を中心に精力的な活動を続けている。日本でも「緑の革命」、「地球の復活」などの著作によってよく知られている食糧・資源・環境問題の世界的権威である。

1. はじめに

世界の穀物需要量は1950年から1973年の23年間に、人口増加と生活水準の向上により2倍にふくれあがった。今後、人口増加等が現在のまま推移すれば、今世紀末までに穀物需要量はさらに倍増するであろう。

このような穀物需要量の増大という経済的圧力が、土壌侵食の進行という形で土地資源に悪影響を与えている。土壌侵食＝表土の喪失は、他の自然災害と異なり徐々に進行していくものであるため、非常に重大な問題であるにもかかわらず、一般にはあまり認識されていない。

2. 土壌侵食の原因

過去数千年にわたって人類は、テラス栽培、輪作栽培及び休耕栽培といった土壌の荒廃を防ぐための農業生産技術を工夫しながら、食糧生産を拡大してきた。これらの伝統的な生産技術は、長い間の試練に耐えて完成されてきたものである。

しかしながら、今日の急激な人口の増大は、今までとは比較にならないほどのペースで食糧生産を拡大するよう求めており、これによって著しい土壌の荒廃が引き起されている。

最近の著しい土壌侵食の原因としては、次のようなものが掲げられる。

① 限界地への耕作の拡大——今までは耕作の対象外とされていた傾斜地等の限界地にまで耕作が拡大されており、しばしば過度の土壌侵食や地すべり等を引き起し

ている。

② 輪作体系の放棄——アメリカ中西部では、伝統的に干し草、牧草及びトウモロコシの輪作を行い、土壌の侵食防止と肥料分の確保に努めてきた。しかし、第2次世界大戦後、アメリカの穀物に対する需要の増大と化学肥料の出現により、輪作が放棄されトウモロコシや大豆の単一栽培が始まった。

ミズーリ州において行われた、作付パターンの変化に伴う土壌侵食量の調査結果は表-1のようになっており、作付パターンの変化による土壌侵食の増大が指摘されている。

表-1 作付体系と土壌侵食

作 付 体 系	年平均土壌喪失量 (トン/エーカー)
トウモロコシ、小麦とクローバーの輪作	2.7
小麦の連作	10.1
トウモロコシの連作	19.7

③ 熱帯における耕作ローテーション間隔の短縮——サハラ砂漠の南部やベネズエラ、アマゾン、インドネシアのような熱帯雨林地帯の土壌では、耕作が行われるとすぐに土壌のもつ肥料成分が失われてしまう。このため、農民は20～25年周期で耕作地を移動させ、土壌の肥料分を回復させてきたが、今日の大きな人口増加の圧力が、このローテーション間隔を短縮させている。従って、土壌の地力が回復できなくなり、土壌中の有機物と水分保持能力が著しく低下している。

④ 乾燥地帯における隔年栽培の減少——オーストラリア、北アメリカの大平原、トルコのアナトリア高原及びソビエトの乾燥地等では、連続的な耕作を支えるだけの十分な水分がなく、隔年栽培が発展してきた。このような地域では、土壌水分を蓄積させるために隔年毎に休耕が行われ、また、風による土壌侵食を防ぐために帯状栽培が行われてきたが、1970年代に世界の小麦価格が上昇したのに伴い、アメリカでもソビエトでも休耕地が激減した。農民が目先の利益を求めて、長期的には自分達の土地を犠牲にしたのである。

⑤ 大規模機械化農法の出現——アメリカやソビエトにおいては、大規模な農業機械を使用するために、傾斜

*経済局国際企画課

地において土壌の流亡を防いでいたテラスが破壊され、また、乾燥地域では風食を除くために設けられていた防風林が取り除かれている。さらに機械の利用効率を高めるため、畦畔が取り除かれては場区画の拡大が行われていることから、侵食に対する抵抗力が小さくなっている。

このような変化は、世界的な食糧需要の増大と安価な化学肥料の利用によって一層加速されている。そして、世界は現在、許容レベルを越えた土壌侵食を経験している。

3. 土壌侵食の規模

中国の黄河保全委員会が収集した、世界の主な河川から海洋への土砂流入量は表一2のようになっている。これによると、黄河では16億トン、ガンジス川では15億トンの土砂が毎年海洋へ流れ込んでいる。水文学者によると、一般に河川流域で侵食により発生した土砂は、そのうちの約1/4が海へ流れこみ、残りの3/4は貯水池や氾濫原、河床等に堆積するといわれており、このことから土壌侵食の大きさがうかがえる。

表一2 主要河川の堆積物負荷量

河川名	国名	年間堆積物負荷量 (百万トン)
黄河	中国	1,600
ガンジス川	インド	1,455
アマゾン川	ブラジル他	363
ミシシッピー川	アメリカ	300
イワラジ川	ビルマ	299
コシ川	インド	172
メコン川	タイ他	170
ナイル川	エジプト他	111

ミシシッピー川では約3億トンと黄河やガンジス川よりも小さくなっているが、これらの土砂の発生源がアメリカ農業の中心地帯であるため、農業学者からは大きな関心が寄せられている。

土壌侵食に関する詳しい調査データは、アメリカ以外の国々ではほとんど手にはいらない。しかし、将来の食糧問題についての議論を行うためには、おおまかにでも全世界の耕作地からの表土喪失量について把握しておくことが必要である。

アメリカでは、1977年に制定された資源保護法に基づいて、土地の利用状況と土壌侵食の状況についての詳細な調査が実施されている。それによると、土壌侵食の許容レベル、つまり長期的にみて土地の生産力を減少させない程度の土壌侵食量は、毎年1エーカー当り1~5トンを限度としており、アメリカの全耕作地面積4億1300万エーカーからの許容レベルを越えた過剰土壌侵食量は、総量で15億3000万トンにのぼると見積られている。

インドは、土壌侵食について全国的な調査を行っている数少ない国の一つである。1975年の調査結果によれば、インドの耕作地からの全土壌侵食量は年間60億トンと推定されており、このうち許容レベルを越えた過剰侵食量が年間47億トンにのぼるとみられている。

ソビエトは、世界で最も広い耕作地面積を有する国であるが、同時に表土の喪失が最も激しい国の一つでもある。表土喪失の詳細については不明であるが、各種の報告から推察して、この問題が相当深刻な事態になっていることがうかがえる。いろいろなデータや報告から判断すると、ソビエトの場合もアメリカと同様の速さで土壌侵食が進行していると仮定しても不合理ではないと思われるので、控え目にみてソビエトの耕作地の1/3がアメリカと同じ速度で侵食されていると仮定すると、ソビエトの耕作地からの過剰表土喪失量は、ほぼ年間23億トンとなる。

世界で第4番目の食糧生産国である中国では、河川への堆砂が比類のないほどの規模に達しており、国家的な脅威として認識されている。また、華北の砂嵐と河川の堆砂は、土壌侵食の激しさをうかがわせる。

中国の土壌侵食割合をインドとほぼ同じ程度だと考えると、中国の耕作地面積はインドよりも小さいので、中国の耕作地からの過剰表土喪失量は毎年33億トン程度となる。

以上の考察から、世界の耕作地の52%を占め、世界の食糧の過半数を生産する四大食糧生産国の耕作地からの過剰表土喪失量は、全体で118億トンと見積ることができる。また、世界の他の国々においても、これら4つの国と同程度に土壌侵食が進行していると仮定すると、世界全体で230億トンの表土を過剰に失っていることになる。(表一3)

表一3 世界の耕作地からの過剰表土喪失量

国名	耕作地面積 (百万エーカー)	過剰表土喪失量 (百万トン)
アメリカ	413	1,500
ソビエト	620	2,300
インド	346	4,700
中国	245	3,300
小計	1,624	11,800
その他	1,499	10,900
合計	3,123	22,700

世界の表土の平均厚を7インチと仮定すると、1エーカー当りの表土は1,120トンとなり、世界の全耕作地面積31億エーカーでは350兆トンの表土が食糧、飼料及び植物繊維の生産を支えていることになる。そして、現在の割合で土壌侵食が進行すれば、この表土は1年間に0.7%、

表—4 表土喪失がトウモロコシ収穫量に及ぼす影響

観 測 地	表土1インチの喪失による収穫量の減少量		土 壤 の 種 類
	(ブッシュル/ エーカー)	(%)	
East Central, Illinois	3.7	6.5	Swygart silt loam
Fowler, Indiana	4.0	4.3	Fowler, Brookston, and Parr Silt loams
Clarinda, Iowa	4.0	5.1	Marshall silt loam
Greenfield, Iowa	3.1	6.3	Shelby silt loam
Shenandoah, Iowa	6.1	5.1	Marshall silt loam
Bethany, Missouri	4.0	6.0	Shelby and Grundy silt loams
Columbus, Ohio	3.0	6.0	Celina silt loam
Wooster, Ohio	4.8	8.0	Canfield silt loam

表—5 表土喪失が小麦収穫量に及ぼす影響

観 測 地	表土1インチの喪失による収穫量の減少量		土 壤 の 種 類
	(ブッシュル/ エーカー)	(%)	
Akron, Colorado	0.5	2.0	Weld silt loam
Geary County, Kansas	1.3	6.2	(not available)
Manhattan, Kansas	1.1	4.3	Smolan silty clay loam
Columbus, Ohio	1.3	5.3	Cropped soil
Oregon	1.0	2.2	Deep soil
Oregon	2.5	5.8	Thin soil
Palouse Area, Washington	1.6	6.9	(not available)

10年間で7%減少することになる。

4. 土壌侵食が生産力に及ぼす影響

土壌侵食の速度が新しい土壌の形成速度を上回ると表土層が薄くなり、最後にはまったく消滅してしまう。表土層が失われると下層土が耕作層となるが、このような土壌では、作物の生育に大きな影響を与える通気性等の構造的特性や肥料分の保留能力といったものが大きく減少する。

アメリカ農務省の Leon Lyles がアメリカ各地での「土壌侵食が土地生産力に及ぼす影響」についての研究成果を収集して分析した結果によると、1インチの表土の喪失はトウモロコシの収穫量を1エーカー当り3~6.1ブッシュル(平均6%)減少させるということが明らかとなった(表—4)。またこのことは小麦についても同様である(表—5)。

これらの結果は、いずれも過度の表土喪失は、その程度に若干の差異はあるものの、作物の収穫量を著しく減少させることを示している。

アイオワ州南部自然保護局で行われた「土壌侵食が土地生産力と食糧生産コストに及ぼす長期的な影響」についての研究では、土壌保全の程度を次の3段階に区分している。

①第1段階 わずかに侵食が生じている土壌——耕起

深において表土と下層土の混合がみられないもの。

②第2段階 かなり侵食が進んだ土壌——下層土の混合がかなりみられるもの。

③第3段階 著しく侵食が進んだ土壌——表土がほとんどなくなり、耕起深では下層土が卓越したもの。

この研究結果によると、トウモロコシの収穫量は第1段階から第2段階へ土壌侵食が進行することによって1エーカー当り平均16ブッシュル減少し、また、第2段階から第3段階へ変化することによってさらに7ブッシュル減少することが報告されている。なおこの傾向は大豆大麦についても同様である(表—6)。一方、トウモロコシの生育のために必要となるチッソ、リン及びカリ肥料は表—7のとおりとなっており、第2段階から第3段階へ侵食がすすむことによって39ポンドが余分に必要となる。

表—6 土壌侵食段階の変化に伴う作物収量の減少量

土壌侵食段階の変化	作物収量の減少量 (ブッシュル/エーカー)		
	トウモ ロコシ	大 豆	大 麦
第1段階→第2段階	16	5	9
第2段階→第3段階	7	3	4

表一7 土壤侵食段階の変化に伴う肥料の増加量
(トウモロコシ, アイオワ州南部)

土壤侵食段階の変化	肥料の増加量 (ポンド/エーカー)		
	チ ョ ッ	リ ン	カ リ
第1段階→第2段階	10	2	6
第2段階→第3段階	30	1	7

5. 土壤侵食による間接的な被害

土壤侵食による被害は単に農業面だけにとどまらない。農地から流出した土砂は、河川や水路、貯水池に流れ込み、かんがい能力や発電能力の低下及び河道航行性の減少といった被害をもたらす。

パキスタンの Mangla ダムは100年の耐用年数を見込んで設計されたが、流域内の人口が予想以上に増加し、森林の伐採が進み、山腹まで耕作地が拡大されたため、著しい堆砂が生じている。したがってこのダムは設計よりも約25年早く、堆砂によりその機能を失うだろうとみられている。

同様なことがフィリピンの Ambuklo ダムでも生じている。貯水池周辺の森林が伐採されたため、森林の保水能力が失われ、ダムの堆砂量が増大し、ダムの寿命は60年から32年に減少している。(表一8)

表一8 貯水池の堆砂状況

国 名	貯 水 池 名	年間堆砂量 (千トン)	耐用年数 (年)
エジプト	Aswan High Dam	139,000,000	100
パキスタン	Mangla	3,700,000	75
フィリピン	Ambuklao	5,800	32
タンザニア	Matumbulu	19,800	30
タンザニア	Kisongo	3,400	15

インドの貯水池の堆砂状況については、国家環境計画委員会によってとりまとめられた資料がある。(表一9) これらの貯水池では、いずれも予想以上の堆砂が進行しており、非常に深刻な状況となっている。インドでは、今後ともかんがいや発電及び洪水調節のためのダムの建設が必要とされているが、このような土壤侵食とそれに伴う堆砂の進行により、ダム建設適地が失われつつある。ダムサイトは代替のきかないものであるだけに非常に危惧すべき状況である。

土壤侵食がもたらす第3番目の大きな被害は、河道の航行性の低下である。この顕著な例としてパナマ運河がある。運河の主要部分となっているガツン湖では、零細農民が流域内の森林を伐採し、急傾斜地で耕作を行なったため、先例のないほどのスピードで堆砂が進行しつつ

表一9 インドの貯水池の堆砂率

貯水池名	堆砂率 (エーカー・フィート)		観測値/ 設計値
	設計値	観測値	
Bhakar	23,000	33,475	1.46
Maithon	684	5,980	8.74
Mavurakshi	538	2,000	3.72
Nizam Sugar	530	8,725	16.46
Panchet	1,982	9,533	4.81
Ramganga	1,089	4,366	4.01
Tungabhadra	9,796	41,058	4.19
Ukai	7,448	21,758	2.92

注：1エーカー・フィートは、1エーカーを1フィートの深さに満たすのに等しい量

ある。もし、この湖で現在の堆砂傾向がつついていくなれば、パナマ運河の船舶処理能力は今世紀末までに大きく減少することになるだろう。そして多くの海洋貨物船は、ケープホーン経由を余儀なくさせられるだろう。

アメリカでは、中西部の土壤がミシシッピー川へ流れ込んで堆積しており、ミシシッピー川下流部の浚渫が大きな問題となっている。ミシシッピー川は、アメリカの農場と世界の市場を結ぶ大動脈であるが、この機能を維持するためには大規模な浚渫が避けられない事態となっている。

6. 土壤保全の経済的側面

農民にとって、土壤の侵食を防止することは必ずしも経済的なことではない。アメリカでの研究によると、土壤の侵食を、その土壤固有の生産力を失わない程度におさえるために必要となる費用は、その土地から得ることができる利益の3倍にも及ぶと指摘されている。したがって、農民は赤字経営を避けるために、二者択一的に土壤保全を無視した営農を続けている。しかし、このことは長期的にみると、土地生産力の減少をもたらす、ひいては今世代中もしくは次世代までに土地を放棄することを余儀なくさせるであろう。政府が、土壤保全に対して応分の費用負担をしなければ、農民には遅かれ早かれ離農をするという選択しか残されていない。

アメリカでは最近、最小耕耘栽培法が出現している。これは、播種に際してプラウ等で耕起することをせず、耕作地に直接穴をあけて種をまく栽培方法である。これによると、耕作地は耕起されることがなく、また、耕作地の表面は前の作物の残骸物等で被覆されたままの状態であるので、土壤は降雨の衝撃から保護されることになり、土壤侵食が軽減される。この栽培法は、アメリカでは著しく、また着実に普及しており、1983年には全耕作地面積のほぼ1/3に当たる1億2600万エーカーにまで広がっている。(表一10)

表—10 アメリカにおける最小耕耘栽培法の普及

年	普及面積 (百万エーカー)	全耕作地面積 に対する割合 (%)
1972	29.7	10.0
1973	43.9	13.7
1974	46.7	14.2
1975	56.2	16.7
1976	59.6	17.6
1977	70.0	20.2
1978	74.8	22.2
1979	85.2	24.6
1980	88.5	25.1
1981	99.0	27.5
1982	111.9	31.2
1983	125.8	34.5

この栽培法は、もともと耕起のための燃費を節約するために考案されたものだが、土壤保全上の効果も大きいものがあり、非常に経済的に土壤侵食を抑制することができるという点で今後に希望がもてるものである。

しかしながら、この栽培法が世界の他の国々でも広く普及しているわけではない。ただし、このような栽培法に関する若干の報告例もないわけではなく、例えばソビエトでは「土壤を反転させない栽培法がカザフスタン、アルタイ、ウラル及びボルガ川下流部、その他の地域で開発され広く導入されており、このために必要な特殊な農具が製造されている。」との報告もある。

土壤侵食を防止することの経済的側面は、土壤侵食が長期的にみて土地の生産力を減少させ、ひいては土地の価格を下落させるようになったときに始めて明らかになるだろう。不幸なことに、表土が失われても比較的短い期間では土地の外観が変化することもなし、また目にみえて大きく生産力が低下するわけでもない。短期的な観点からみれば、土壤侵食が土地価格に及ぼす影響は、インフレーションや投資の投機的性質といったものに比べればとるに足らぬほどのものである。

土壤保全対策の実施は、金利の高低によっても大きく左右される。金利が上昇すると、長期間にわたる償還を要する土木的な保全施設等に対する投資は魅力のないものとなる。実際、1980年代のアメリカの金利は非常に高いものとなっているため、農民はこれらの投資についてまじめに取り組もうとはしていない。

7. 政府の役割

過度の土壤侵食を防止するためには、政府の関与が不可欠である。

その理由の第1は、農民には土壤侵食の程度について、それが過度なものかどうかを判断する能力がないと

いうことである。土壤の侵食は徐々に進行するものであり、その程度を測定するには科学的な知識と機具が必要となる。

第2の理由は、個々の農民には適切な土壤保全対策を行うだけの経済的余裕がないということである。土壤の保全が個々の農民にとって利益にならないものである以上、政府がそれに対して適切な対応を行う必要があることは自明のことである。また、土壤侵食が農業部門以外へ及ぼす間接的な影響（貯水能力の減少、河道航行性の低下等）を正しく評価できるのも政府だけだからである。

土壤侵食により脅威を受けている国の政府が、まずはじめに取り組むべきことは、土壤侵食の進行状況について調査を行い、現況を正確に把握することである。そうすることによって初めて、国家レベルでの土壤保全に関する費用便益計算が可能となり、適切な保全計画を策定することが可能となる。なお、このような調査には多くの費用と長年月にわたるデータの収集が必要となるが、調査結果が土壤保全計画の策定に当って果す役割の大きさに比べると、費用的には実に小さなものといえるだろう。

政府が、土壤保全計画の実行に必要な予算措置を講じるためには、一般の人々の支援が不可欠であるが、そのためには問題の重要性と、それから生じる様々な結末について広く社会教育を行う必要がある。土壤保全の必要性について科学的に証明を行うだけでは十分でない。土壤科学者は、土壤保全計画を策定することはできても、その実施に必要な予算を獲得するための政治的な支持をとりつけることはできないのである。この点で、国内の政治指導者に参画してもらう必要がある。

なお、社会主義経済の下では、土地が公的に保有され政府が土地の管理の良否について直接責任を持っている。このような国では、政治的リーダーが、国家の長期的な安全が農地の保全に依存していることを理解しなければ、効果的な保全対策を行っていくための長期にわたる財政措置を講じることは困難であろう。

過去30年の間に、多くの国々において食糧が不足するようになったが、これを侵食による表土の喪失と結びつけて考えている国はほとんどない。事の重大さを十分に認識した上での政治的な意志が欠如しているのである。

今日、どこの国においても、政府が土壤保全上必要な対策について応分の費用負担をしなければ、農民は土壤侵食と戦おうという気にならないであろう。

8. 世界的なバランスシート

土壤侵食が放置されることによって生じている土地生産力の低下など、長期にわたる社会的な脅威の発生は、世代間の公平性という面でも大きな問題を提起してい

る。もし我々の世代が、現在の食糧を確保するために、土壌の侵食を続けていくなれば、その結果として、我々の子供達やその子供達が飢えるようになるかもしれない。我々は明日を考えないような行為をやめるべきである。さもなければ、人類の将来は実に寒々としたものになるだろう。

現在、世界中の耕作地から毎年230億トンもの表土が失われている。しかし、この事態よりもさらに深刻なことは、耕作が限界地にまで拡大され、土壌侵食の速度がさらに加速されていることである。世界で毎年7900万の人口が増加し、また、大多数の人々が食生活の向上を求めている。このため食糧に対する需要は増大する一方であり、それが農民をさらに険しい傾斜地への耕作へとかりたてている。長期的な見通しについて全然考慮することなく、短期的により多くの食糧を生産しようという経済的、政治的圧力が世界の食糧経済制度に浸透している。

国家として土壌保全に成功した事例はまだみられないが、今後について若干の希望がないわけではない。その1つは、アメリカにおける土壌保全的栽培法の普及である。これは先にも述べたように、耕起作業に要する燃費の節約と営農コストの減少を直接的な動機として生れてきたものだが、テラスの建設や輪作栽培といった従来の伝統的な土壌保全対策とはちがいで、経済的に魅力のあるもので、今後、土壌保全の最も有効な手段となるかもしれない。

もう一つの希望的な面は、世界の科学者グループが土壌侵食の脅威について強い関心を示していることである。1982年にインドのニューデリーで開催された土壌科学の国際会議では、世界的な土壌保全政策の必要性に焦点が当てられた。また、1983年はじめに、アメリカ土壌保全学会は土壌侵食と保全に関する国際会議を召集し、世界各国から145の報告が寄せられている。さらに、アメリカ農学会は熱帯地方における土壌侵食についての国際シンポジウムを開催し、その議事録を出版している。

長期間にわたる土壌侵食の進行は、高価な食糧価格を

引き起こし、さらには飢餓をもたらすことになる。過去10年以上にわたって、世界経済は石油価格のたび重なる高騰という風雨にさらされ、これをしのいできたが、食糧に関しては、わずかの価格上昇に対しても、それにうまく対応するための準備ができていない。土壌は石油よりもより基本的な資源であるにもかかわらず、石油に匹敵するような保全のための努力がみられていないのである。

今日、アフリカにおいて、侵食による影響が、極端な食糧不足と高い死亡率（特に幼児死亡率）という形で顕在化している。アフリカにおいて危機的状況下にあるのは、単に土壌だけではなく生命そのものである。

歴史的にみると、古い時代における文明の食糧システムは、お互いに分離独立しており、土壌の侵食はきわめて地域的な問題であった。そして個々の文明の衰退も個別に生じてきた。しかし20世紀後半の現代では、世界の経済は高度に集積し、相互依存を強めている。そして、食糧は石油と同様、世界的な商品となっている。世界のある地域における表土の喪失は、結果として世界の食糧価格の上昇に、ひいては人類の生存にまで影響を与えることになる。

訳者あとがき

原文は英文でB5版21ページに及ぶものであるが、原文の主旨を損なわないよう、具体的な例証記述等を省略して、できるだけ解かりやすく要約を行ったつもりである。

原文では43箇所注記がつけられており、ここで紹介されている諸論文は、土壌侵食の研究者等にとって非常に参考となるものと思われるが、本文では省略することとした。原文はいずれ第三者の手によって翻訳、出版されることと思うが、興味のある方は是非全文を御一読いただきたい。

なお、原文の訳出にあたっては、経済局国際協力課米田公一氏に御協力をいただいた。心よりお礼を申し上げる次第である。

土砂害監視システムについて

阿部京三* 竹内 勇*

目	次
1. はじめに……………(82)	4. 急傾斜地崩壊発生監視システム……………(84)
2. システムの概要……………(82)	5. 地すべり発生監視システム……………(84)
3. 土石流発生監視システム……………(82)	6. 設置の状況……………(84)

1. はじめに

最近の自然災害による死者および行方不明者の数は減少傾向にあるが、原因別に見た場合に、土石流や、がけ崩れ等の、いわゆる土砂災害によるものについては減少の傾向は見られない。

これらの土砂害は、一瞬にして多量の土砂が襲ってくるものであり、発生してからでは逃げるのが、ほとんど不可能である。

土砂害への対応策としては、擁壁工事や砂防ダム、流路工などの建設をはじめとする“ハード的な対策”と、あらかじめ警報により避難をし人命の損害を軽減する“ソフト的な対応”がある。

また、土砂災害は、発生の形態、土砂の移動規模、速度などの観点から、土石流、斜面崩壊、および地すべりの3つに大別される。

土砂害監視システムは、ソフト的な対応として以上の各災害を総合的にとらえ、常時監視を行って、土砂災害の発生を的確に予知し、必要な予警報を行えるように予知情報を提供するものである。

2. システムの概要

土砂害監視システムは、対象とする現象により、次の

各システムに分類できる。

- (1) 土石流発生監視システム
- (2) 急傾斜地崩壊発生監視システム
- (3) 地すべり発生監視システム
- (4) 警報システム

以上の各システムは、(4)項の警報システムと組み合わせることにより、監視・予警報システムとして構成することができる。

各システムは、目的、要求される機能、価格等に応じて、設置場所毎に最適なシステムを選択出来るよう豊富なシステムバリエーションが用意されている。これらの関係を図-1に示す。

3. 土石流発生監視システム

3・1 原理

土石流が発生する原因は地形、地質、土質、植生、土地利用の状態等の素因と、降雨、融雪などの気象条件や地震、火山活動などの地殻変動等の誘因の相互作用であることが知られている。⁽¹⁾

この装置は、誘因の中でも主要な部分である降雨を計測し、基準以上の降雨に対して警報を発する様にしたものである。

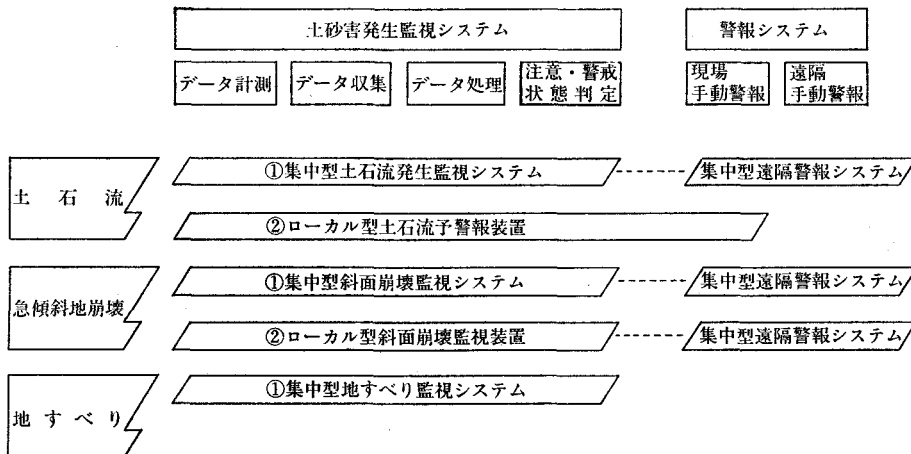


図-1 土砂害発生監視システムシステムバリエーション

*日本無線(株)

危険な降雨に対する判定基準は、累加雨量や時間雨量（強度）が、ある一定値を越えた事による単純な判断ではなく、これらの組合せによる判定式によるものである。

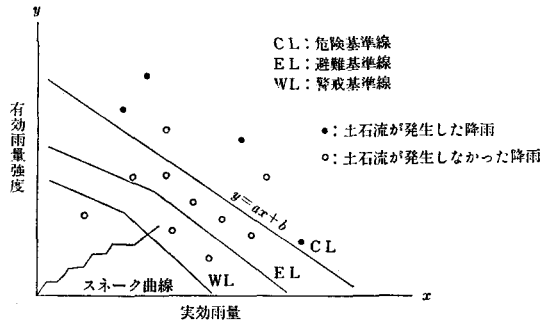


図-2 判定式の一例

判定式を決める方法は、対象とする地域に於いて、過去に土石流が発生した降雨と、豪雨であっても土石流が発生しなかった降雨について、有効雨量強度と、実効雨量を求めてグラフ上にプロットし、これらを出来るだけ分離できる様な線を求めて、この線の式を判定式とする。

「有効雨量強度」とは、一定以上の強度の雨が降り始めてからの平均雨量強度であり、「実効雨量」とは、前期雨量の影響を考慮した累加雨量である。

この判定式の一例を図2に示す。これは直線であり、従って、

$$y = ax + b \quad \left(\begin{array}{l} \text{ただし、} y \text{は有効雨量強度} \\ x \text{は実効雨量} \end{array} \right)$$

で表現することができ、定数 a, b は、その地域の、土質、地形、植生などの素因を総合的に包含した値となる。

この判定式より上方の領域では土石流が発生する危険が非常に高く、下方では、比較的安全であると考え事ができる。

降り始めてからの雨量を時間の経過とともに計算してグラフ上にプロットした点を継いだ線を「スネーク曲線」と呼び、この曲線が、判定線を越える以前に、警戒や、避難の警報が発することができる様に、危険基準線の下に、避難基準線（EL）と、警戒基準線（WL）を設定して置く。

実際の降雨について、スネーク曲線を時々刻々求めて、これが、WL または EL を越えた時に、それぞれ警戒や避難の警報を発する様にする。

3・2 構成および機能

装置は、ローカル型と集中型の2タイプがある。ローカル型は装置を土石流発生危険渓流付近に設置し、スピーカにより直接付近住民に危険を知らせるものであり、集中型は危険渓流に雨量計とテレメータ観測局を設置

し、テレメータ信号によりデータを市町村役場などの、災害対策本部の設置される場所に送り、そこで危険判定を行なうものである。集中型の場合の住民への広報は、市町村防災行政無線により行うのが標準的である。

(1) 集中型土石流発生監視システム

危険渓流に雨量観測局を設置し、観測局自動送信方式（ATMS方式）のテレメータにより、雨量データを監視局に集めて、各種の演算処理を行い、予警報のための降雨情報として防災責任者に提供する。これらの関係を図-3に示す。

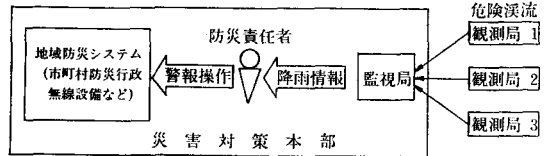


図-3 集中型土石流発生監視装置システムフロー

集中型の特長は

- (a) 土石流の発生監視に必要な降雨状況がCRT画面などにより、すばやく把握できる。
- (b) 降雨解析、設定値の検証などに必要な雨量データが、プリンタにより印字記録される。
- (c) 観測局装置は、低消費電力設計のため、内蔵電池により長期間動作が可能である。
- (d) 観測局装置がコンパクト設計のため、設置工事が簡単で所要設置面積が少なく良い。

集中型のシステム仕様は

- (a) システム規模：監視局 1, 観測局 3, (最大16)
- (b) 適合回線：無線回線, 70, 400MHz帯の1波
：有線回線, 公社専用線, 自営線
- (c) 通信方式：単向通信方式
- (d) 電源：監視局 AC100V
観測局 DC12V (内蔵電池)
- (e) 演算：実効雨量, 時間雨量, 有効雨量強度などの雨量演算
- (f) 付加機能：1. CRT表示器によるスネーク曲線の表示
2. 外部プリンタによる日報作成
3. 電話応答通報装置による自動通報及び応答

(2) ローカル型土石流予警報装置

土石流発生危険渓流に設置し、現場にて降雨演算処理を行い、警報のための情報を防災責任者に提供する。

防災責任者は、この情報をもとに降雨状況等を勘案して、内蔵の拡声装置を動作させることにより、周辺の住民に危険を知らせる。これらの関係を図-4に示す。

ローカル型の特長は

- (a) 設置場所の状況および用途に応じて、屋内形、

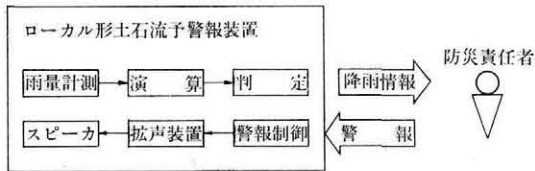


図-4 ローカル型土石流予警報装置システムフロー

セパレート形および屋外形の3タイプが用意されている。

- (b) 防災責任者が不在の場合でも、確実な警戒動作が行える様に、自動広報機能を有し、バックアップすることができる。
- (c) 演算処理された雨量データは、内蔵のプリンタに印字され、降雨解析や設定値の検証資料として利用出来る。

ローカル型のシステム仕様は

- (a) 保有機能：雨量計測、演算処理、警戒・避難判定および印字記録
- (b) 演算内容：実効雨量、時間雨量、有効雨量強度など。
- (c) 広報機能：サイレン音および音声放送の組合せとし、いずれも合成音による電子音。
増幅機出力100W
- (d) 電源：DC12V（内蔵直流電源出力）

4. 急傾斜地崩壊発生監視システム

このシステムは、システムの構成上、集中型とローカル型とに分かれているが、いずれの場合も、土石流の場合と同様に、降雨量との相関関係において斜面崩壊の予測を行うことから、システムの具体的な構成は、土石流発生監視システムと同様である。急傾斜地崩壊を対象とする場合は、土石流の場合よりも、なお一層、地質地形の素因の影響が大きいため、地域毎に、きめ細かな基準の設定が必要である。

5. 地すべり発生監視システム

地すべり個所に、地すべり観測局を設置し、無線又は有線方式のテレメータにより、地盤移動量などを監視局に集めて遠隔監視を行う。

このシステムの特長は、

- (1) 各種の演算処理を行うことにより、地盤の移動状況が簡単に把握出来る。
- (2) 地すべり発生監視に必要なデータは全てプリンタに印字記録できる。
- (3) 危険移動量または、移動速度を設定しておく、基準を越えた移動が発生した時は警報を発する。
- (4) 観測局は、外部電源の必要がないので、山中の商

用電源の得られない所にも容易に設置できる。
地すべり発生監視システムの仕様は、次の点を除き、土石流発生監視装置と同様である。

- (a) データ伝送間隔：24Hおよび、変動量の大きさに応じて自動短縮。
- (b) 演算：一定時間毎の変動量、積算変動量および変動速度。
- (c) 警報判定：あらかじめ設定された変動量および変動速度との比較判定

6. 設置の状況

装置の設置された状況を、土石流発生監視システムのローカル型および、集中型の観測局、監視局の例で示す。

- (1) 武居有恒ほか、「地すべり・崩壊・土石流」
1980、鹿島出版会

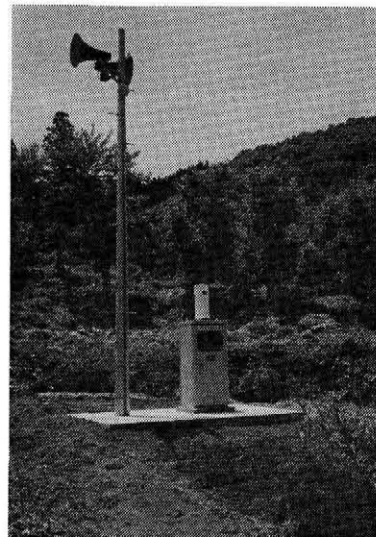


写真-1 ローカル型土石流予警報装置
写真-2 集中型土石流発生監視装置観測局
(グラビア頁参照)

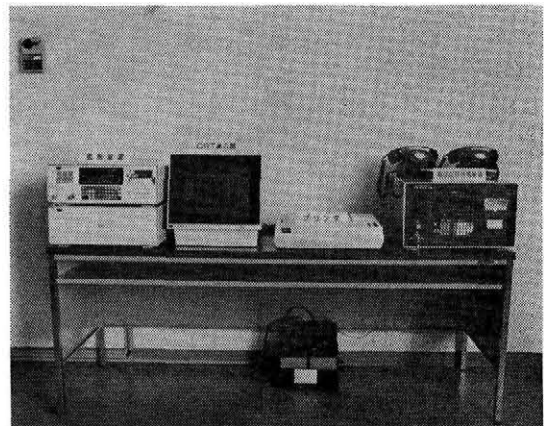


写真-3 集中型土石流監視装置監視局

会

告

農業土木技術研究会役員名簿（昭和59年度）

会 長	平井 公雄	構造改善局建設部長
副 会 長	白井 清恒	東京大学教授
理 事	内藤 克美	構造改善局設計課長
〃	小泉 恵二	構造改善局水利課長
〃	中道 宏	構造改善局首席農業土木専門官
〃	村山 昶	関東農政局建設部長
〃	中原 通夫	農業土木試験場長
〃	秋山 光	北海道開発庁農林水産課長
〃	八木 直樹	水資源開発公団第二工務部長
〃	松井 芳明	(社)農業土木事業協会専務理事
〃	牧野 俊衛	(社)土地改良建設協会専務理事
〃	渡辺 滋勝	㈱三祐コンサルタンツ専務取締役
〃	久徳 茂雄	西松建設㈱専務取締役
〃	内藤 正	大豊建設㈱社長
監 事	大橋 欣治	関東農政局建設部設計課長
〃	西岡 公	㈱日本農業土木コンサルタンツ 常務取締役
常任顧問	須藤良太郎	構造改善局次長
〃	福沢 達一	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	山崎平八郎	衆議院議員
〃	梶木 又三	参議院議員
〃	岡部 三郎	〃
〃	小林 国司	〃
〃	福田 仁志	東京大学名誉教授
〃	高月 豊一	京都大学名誉教授
〃	緒形 博之	東京大学名誉教授
〃	永田 正董	土地改良政治連盟耕隆会会長
常任幹事 編集委員長	中道 宏	構造改善局首席農業土木専門官
常任幹事 編集委員	梅崎 哲哉	構造改善局事業計画課課長補佐
〃	風間 彰	〃 設計課課長補佐
〃	一川 保夫	〃 整備課課長補佐
〃	亀田 昌彦	〃 設計課農業土木専門 官
事務局長	黒沢 照正	全国農業土木技術連盟事務局長
幹 事 編 集 委 員	手代木八郎	構造改善局地域計画課係長
〃	内山 直治	〃 資源課係長
〃	岩村 和平	〃 事業計画課係長
〃	相沢 恒徳	〃 設計課係長
〃	高橋 昭昌	〃 水利課係長
〃	大庭 宗一	〃 〃
〃	清水 洋一	〃 整備課係長
〃	勝山 達郎	〃 開発課係長
〃	小沢 與広	〃 〃

幹 事
編 集 委 員

前田 勇	構造改善局防災課係長
〃 山田津登武	関東農政局設計課農業土木専門 官
〃 吉野 秀雄	農業土木試験場施設水理第二研 究室
〃 清野 修	国土庁計画調整局調整課専門調 査官
〃 益田 和範	水資源開発公団第二工務部副参 事
〃 今井 秀二	農用地開発公団工務課課長補佐
〃 荒木 正栄	(財)日本農業土木総合研究所主 任研究員

賛 助 会 員

㈱ 荏原製作所	3口
㈱ 大林組	〃
㈱ 熊谷組	〃
佐藤工業㈱	〃
㈱三祐コンサルタンツ	〃
大成建設㈱	〃
玉野総合コンサルタント㈱	〃
㈱電業社機械製作所	〃
㈱ 西島製作所	〃
西松建設㈱	〃
日本技研㈱	〃
㈱日本水工コンサルタント	〃
㈱日本農業土木コンサルタンツ	〃
(財)日本農業土木総合研究所	〃
㈱ 間 組	〃
㈱ 日立製作所	〃
(16社)	
㈱ 青木建設	2口
安藤工業㈱	〃
㈱ 奥村組	〃
勝村建設㈱	〃
株木建設㈱	〃
㈱ 栗本鉄工所	〃
三幸建設工業㈱	〃
住友建設㈱	〃
大豊建設㈱	〃
㈱ 竹中土木	〃
田中建設㈱	〃
前田建設工業㈱	〃
三井建設㈱	〃
(13社)	
I N A新土木研究所	1口
アイサワ工業㈱	〃
青葉工業㈱	〃
旭コンクリート工業㈱	〃
旭測量設計㈱	〃

伊藤工業(株)	1口	東邦技術(株)	1口
茨城県調査測量設計研究所	〃	東洋測量設計(株)	〃
上田建設(株)	〃	(株)土木測器センター	〃
(株)ウォーター・エンジニアリング	〃	中川ヒューム管工業(株)	〃
梅林建設(株)	〃	日兼特殊工業(株)	〃
エスケー札幌産業(株)	〃	日工ゲート(株)	〃
(株)大本組	〃	日本エタニットパイプ(株)	〃
神奈川県農業土木建設協会	〃	日本技術開発(株)	〃
金光建設(株)	〃	日本国土開発(株)	〃
技研興業(株)	〃	日本大学生産工学部図書館	〃
(株)木下組	〃	日本プレスコンクリート工業(株)	〃
岐阜県土木用ブロック工業組合	〃	日本舗道(株)	〃
久保田建設(株)	〃	農業試験場農地利用部	〃
久保田鉄工(株)(大阪)	〃	農林建設(株)	〃
久保田鉄工(株)(東京)	〃	八田工業(株)	〃
京葉重機開発(株)	〃	福井県土地改良事業団体連合会	〃
(株)古賀組	〃	福岡県農林建設企業体 岩崎建設(株)	〃
(株)古郡工務所	〃	福本鉄工(株)	〃
(株)後藤組	〃	(株)婦中興業	〃
小林建設工業(株)	〃	(株)豊蔵組	〃
五洋建設(株)	〃	ポゾリス物産(株)	〃
佐藤企業(株)	〃	北海道土地改良事業団体連合会	〃
(株)佐藤組	〃	(財)北海道農業近代化コンサルタント	〃
佐藤興業(株)	〃	堀内建設(株)	〃
(株)塩谷組	〃	前田製管(株)	〃
(社)静岡県畑地かんがい事業協会	〃	前沢工業(株)	〃
昭栄建設(株)	〃	真柄建設(株)	〃
新光コンサルタンツ(株)	〃	(株)舛ノ内組	〃
新日本コンクリート(株)	〃	丸伊工業(株)	〃
(株)新システム企画研究所	〃	丸か建設(株)	〃
須崎工業(株)	〃	(株)丸島水門製作所	〃
世紀東急工業(株)	〃	丸誠重工業(株)東京営業所	〃
第一測工(株)	〃	水資源開発公団	〃
大成建設(株)高松支店	〃	水資源開発公団奈良俣ダム建設所	〃
大和設備工事(株)	〃	宮本建設(株)	〃
高橋建設(株)	〃	山崎ヒューム管(株)	〃
高弥建設(株)	〃	(社)山梨県土地改良建設協会峡中支部	〃
(株)田原製作所	〃	菱和建設(株)	〃
中国四国農政局土地改良技術事務所	〃	菱和建設(株)山形営業所	〃
(株)チェリーコンサルタンツ	〃	若鈴コンサルタンツ(株)	〃
中央開発(株)	〃		(87社)
東急建設(株)	〃	(アイウエオ順)	計 116社 161口

地方名	通 常 会 員							地方名	通 常 会 員								
	県	農水省関係	省関係	公団等	学校	個人	法人		外国	県	農水省関係	省関係	公団等	学校	個人	法人	外国
北海道	164	202	5	9	20			近畿	滋賀	41	4	4	1	3			
東	青森	75	60		2	1		京都	49	58		8	5				
	岩手	92	25	5	6	3		大阪	36	—	1	4	4				
	宮城	54	73	1	5	14		奈良	33	21		4	2				
	秋田	123	24		1	4		和歌山	54	19			4				
	山形	65	17		2	1		小計	46	8			1				
北	小計	505	253	19	16	23		中・四国	鳥島	24	7		2	4			
関	茨城	107	59	16	3	8		取根	25	23		7					
	栃馬	80	21	2	6	2		岡山	60	58	1	4	3				
	群馬	32	8	3	1			山口	53	9			2				
	埼玉	58	13	12	2	15		徳島	36	3		1	1				
	千葉	74	19	13	1	11		香川	30	9							
	東京	5	218	58	8	20		愛媛	27	—	1	5	6				
	神奈川	28	—		2	20		高知	36	16		4	2				
	山梨	7	9			1		小計	22	—		1	1				
	長野	52	5	3	4	1		九州	福長	24	24	35	7	7			
	東	静岡	94	20			6		佐賀	32	15		2	2			
北	新潟	126	59		1	6		熊本	18	2			1				
陸	富山	71	9		1	5		大分	50	44	2		2				
	石川	39	69	1	3	1		鹿児島	47	6	2						
東	岐阜	30	4	1	4	6		沖繩	50	13		3					
海	愛知	45	83	37	1	7		総計	62	2							
	三重	32	18	8	3	3			2,472	1,437	224	120	205	865	28		
小計	107	105	46	8	16												
5,351名																	

編集後記

晴天続きで全国的に季節はずれの水不足の様相を呈し新聞を賑わしていますが、幸か不幸かこの時こそが我々の行く水資源開発及び用水路事業の必要性・有難さが強く認識される好機でもあって、複雑な心境の昨今です。

このような状況の中、工事担当の諸兄には順調な工事進捗で、配水管理側では湯水調整等で多忙な毎日のことでしょう。本誌が皆様のお手元に届いた時には、とても読む暇がなくせいぜいグラビアを一読して机の隅に積まれるのではと目に見えるようです。

しかし、整理して保存され、必要な時または暇な時に以前のものまで目を通すよう努力されることを望みます。本誌は「現場に根ざした農業土木技術者の技術の研

鑽」を目標としてさまざまな分野の内容を掲載してきています。きっと皆様の仕事に役立つものが見い出せるものと確信しています。特に、現場からの報文には問題解決の糸口になるものも多く、先輩方の努力と英知に感服されることでしょう。

技術は継続しています。それらの報文を参考に現在の仕事をまとめておくことは、技術力を蓄積させ、発展させるためにも大切なことです。忙しい毎日で明日のことしか考えられない状況かと思いますが、一度振り返って資料整理をされたいかがでしょうか。

本誌は全国の農業土木技術者の技術研究発表の場でもあります。その整理された資料をどしどし投稿されることを期待致す次第です。(益田和範)

水 と 土 第 59 号

昭和59年12月25日発行

発行所 〒105 東京都港区新橋5-34-4
農業土木会館内

農業土木技術研究会
TEL (436) 1960 振替口座 東京 8-2891

印刷所 〒161 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
TEL (952) 5651 (代表)