

傾斜地カンキツ園の整備・保全 技術資料



独立行政法人



農業・生物系特定産業技術研究機構

近畿中国四国農業研究センター ☒

空白

刊行にあたって

わが国のカンキツ園地の多くは傾斜地に立地しており、良好な日射や排水条件などにより、高品質果実が生産されている一方、傾斜地園地の保全や整備、水資源の確保あるいは災害防止に多大な労力を要しているのが実状である。

こうしたさまざまな問題に対して、当研究センターでは地域先導技術総合研究「高品質化のための土壌管理を導入した中山間カンキツ園の軽作業システムの確立」(平成10~14年)において、園地の保全整備の技術開発を進め、水資源の確保と利用技術、園内道造成に伴う法面の保護技術、園地の地下水流動予測法と防災管理マップなど多くの技術を開発した。本資料はこれらの技術を紹介することにより、園地整備で多くの課題を抱える生産園地での活用の可能性を提示することを目的に編集したものである。

本資料で紹介した諸技術がカンキツ園地の保全ならびに整備に役立てられて、生産性の向上に寄与できれば幸いである。

技術の内容については、今後さらにコスト低減策や導入方法の簡易化などを進め、また新たな技術が開発される可能性も高く、それに伴って本資料も今後改訂していく必要がある。現時点での技術導入のための資料として活用していただきたい。

2003年10月

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
近畿中国四国農業研究センター
総合研究部 総合研究第2チーム
傾斜地基盤部 地域防災研究室

空白

傾斜地カンキツ園の整備・保全 技術資料

目 次

I . 水資源の確保と利用技術	-----	1
1 . カンキツ園における雨水の取水・集水技術	-----	1
(1)園内作業道における表面流去水の取水法	-----	1
(2)園内排水路における表面流去水の取水法	-----	3
2 . 雨水の有効利用システム	-----	4
(1)システムの概念	-----	4
(2)システムの導入事例	-----	4
(3)導入装置・機材の概要	-----	6
II . 傾斜地カンキツ園の保全技術 園内道造成に伴う法面の保護	-----	7
1 . 園内道整備に基因した園地の土壌侵食現象	-----	7
2 . 園内道整備園の保全対策技術	-----	7
(1)法面保全対策の事例	-----	7
(2)液体マルチング資材による法面保全技術	-----	7
3 . 園地整備に伴う水環境の変化とその対策	-----	10
(1)園地整備に伴う降雨流出量の変化	-----	10
(2)雨水の排水対策とその考え方	-----	11
III . 地下水流動予測法と高機能防災園内道設置および防災管理マップ	-----	13
1 . 地下水流動予測手法	-----	13
(1)傾斜地カンキツ園の地下水	-----	13
(2)地下水の流動予測	-----	14
2 . 防災機能向上のための高機能園内作業道	-----	15
(1)高機能園内作業道の設置事例	-----	15
(2)高機能園内作業道の設置箇所の決定と設置効果	-----	16
3 . 傾斜地カンキツ園の防災管理マップ	-----	17
(1)流入・流出指標と防災管理マップ	-----	17
(2)防災管理マップの作成事例	-----	17

I. 水資源の確保と利用技術

傾斜地カンキツ園では、灌漑や防除などに利用する水が得られにくく、商用電源を有する園地がほとんどないことなどにより、水管理は時間と手間のかかる作業である。またマルチをはじめとするマルチシートと点滴チューブを併用する栽培法では、マルチシートによって降雨が遮断されるため、必然的に灌水のための用水確保が必要となる。ここでは、傾斜地カンキツ園における水資源の確保について、地域総合研究で開発した雨水の取水・集水技術を解説する。また、特定な水源を保有しておらず、商用電源のない傾斜地カンキツ園における雨水を利用した水資源の確保と、太陽電池ポンプおよび自動灌水装置等を用いた雨水の有効利用システムについて解説する。

1. カンキツ園における雨水の取水・集水技術

(1) 園内作業道における表面流去水の取水法

園内作業道は、園内道整備において基幹となる連絡道に連結され、カンキツ樹列間にほぼ等高線に沿って設置される道である。園内作業道は、畑面からの流去水を連絡道まで導く排水路の機能も果たしている。ここでの技術は、この点を活かして、園内作業道の上を流れる雨水を取水する方法である。

1) 透水性コンクリートパイプを用いた取水

透水性コンクリートパイプは市販品であり、パイプの壁面から水が透過する構造になっている（写真1）。このパイプを、写真2のように、園内作業道を横切るように埋設し、ハイプ浸透水を集水タンクへ導く。この装置が導入された現地（集水面積 111.3 m²、その内の約 45 %がマルチと作業道）では、総雨量 30 ~ 50mm の降雨で、予め設置されていた 800 L のタンクを満水にすることができる（図3）。流去水はパイプで濾過されタンクに集められるので、タンクへの土砂や雑物の混入はほとんどない。ただし、パイプ孔への土砂などの目詰まりにより通水能力が低下するので、定期的に動力噴霧器などを用いて洗浄する必要がある。特に大雨の後で大量の土

砂が流れ出たような場合は、洗浄を行う。



写真1 透水性コンクリートパイプ



写真2 パイプの設置状況

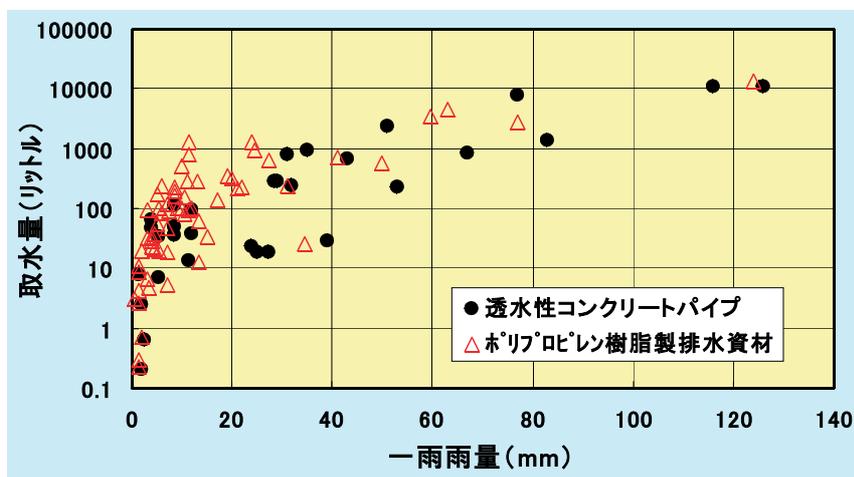


図1 園内作業道取水装置による取水量

2) 土木用排水資材を用いた取水

透水性コンクリートパイプを利用した取水では、パイプを埋設・固定する作業もいくぶん面倒で、洗浄などの不便さが生じる。そこで、盛土地盤の排水などに利用されているポリプロピレン樹脂製の網状排水資材を用いることによって、同様の取水が可能である。透水性コンクリートパイプの場合と同様に、作業道を横断させて資材を設置する。排水資材は、土砂や雑物の混入



写真3 ポリプロピレン製排水資材

を極力抑えるため、専用のフィルター網で覆う（写真3）。

透水性コンクリートパイプと同じ現地での観測結果では、30mm 前後の降雨で 800 L のタンクが満水となり、取水効率は透水性コンクリートパイプより高い（図1）。また、土砂などの目詰まりによる取水能力の低下も少ない。

（2）園内排水路における表面流去水の取水法

園地内やその周辺部に排水路（コンクリート水路が望ましい）がある場合は、降雨時に水路内を流れる水を取水して利用できる。水路内の流水を取水するためには、写真4に示したような塩化ビニル製パイプ継手を利用した取水装置を用いる。取水口の前面には網状のものなどを置き、土砂や雑物などの流入を抑える。

この装置を導入した現地の例では、総雨量 20mm 程度の降雨があれば、容量約 8 m³ の大型タンクが、一雨で満水になる。平均の取水効率は水路



写真4 塩化ビニルパイプ継手を利用した水路内取水装置

内を流れる水のおよそ 20 % 前後である（図2）。集水量は取水装置の取り入れ口や水路の大きさ、水路に対する集水面積の規模によって異なるが、園内作業道からの取水に比べると取水効率は格段に高い方法である。

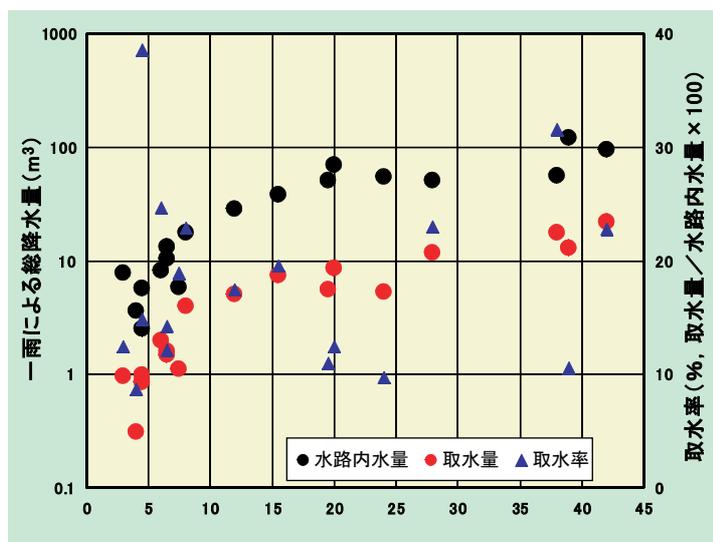


図2 排水路内取水装置による取水特性

2. 雨水の有効利用システム

(1) システムの概念

図3は本システムの概念図である。園内道において降雨流出水を捕捉し、下流部の集水タンクに貯水する。その水は、太陽光発電ポンプにより園地上部の給水タンクに自動揚水され、落差を利用して電磁バルブおよび灌水コントローラによりカンキツ樹へ自動灌水される。

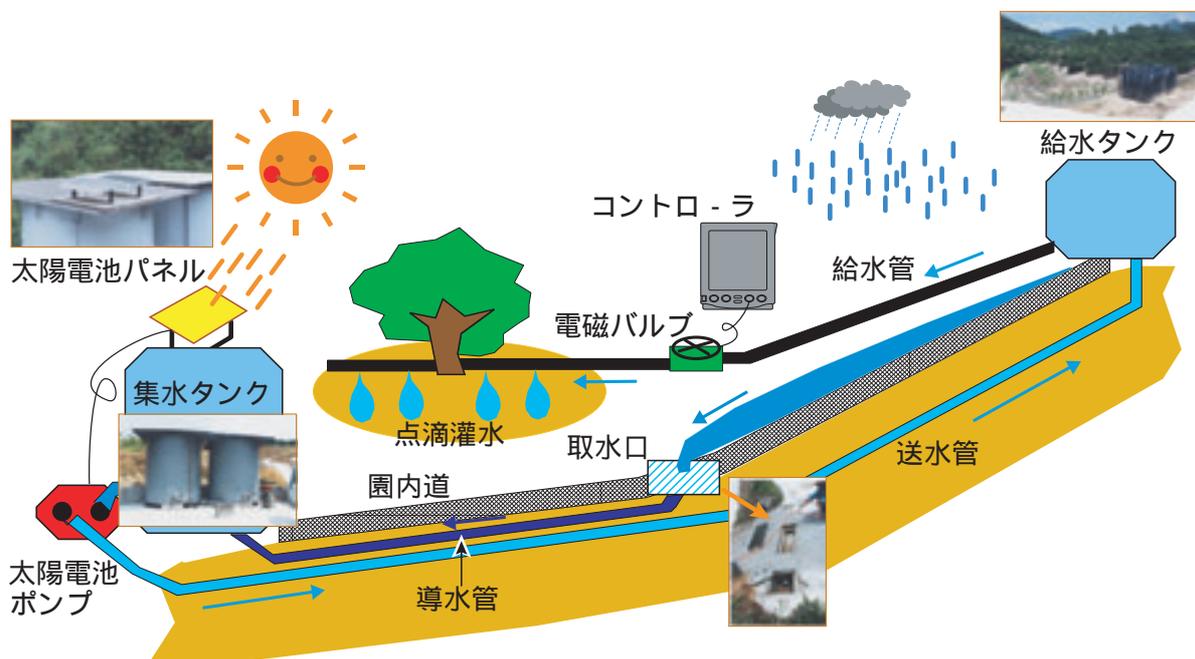


図3 雨水有効利用システムの概念図

(2) システムの導入事例

中晩生カンキツである‘はるみ’（2年生；244本）が植栽されている面積約18アールの傾斜地カンキツ園に本システムを導入した。その概要を図4に、また園地の全景を写真5に示す。雨水の取水から利用までの詳細は以下のとおりである。

畑面や園内道から流出した雨水は、園地中央部の取水装置で捕捉され、地下に埋設された導水管（内径40mm）を通過して園地下部の集水タンク（2

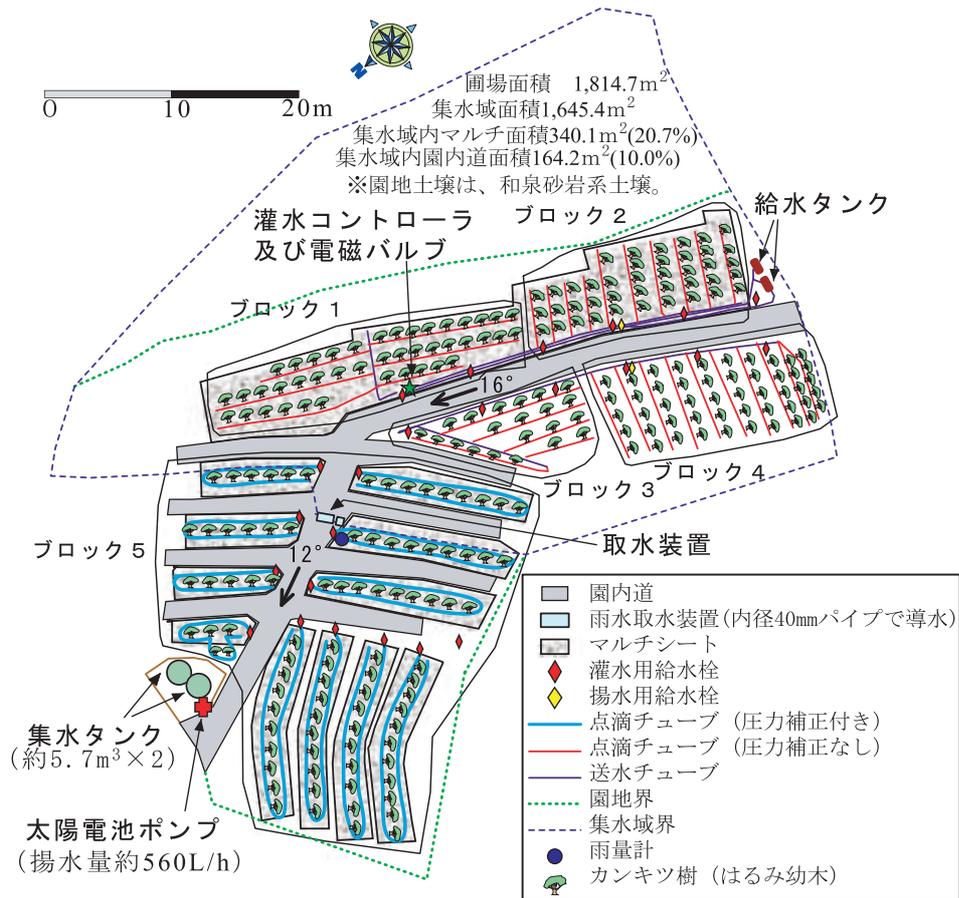


図4 システム導入園の概要



写真5 システム導入園の全景

基;約 5.7ト/基)に貯水される。

②集水タンク内の水は、太陽電池ポンプ（2台を直列接続）によって園地最高部の給水タンク(2基;約 1ト/基)にポンプアップされ、タンクが満水に

なると自動的に揚水を停止する。

給水タンクの水は灌水コントローラおよび電磁バルブにより、設定した日時に園地内の落差を利用して各ブロックへ自動灌水される。

(3) 導入装置・器材の概要

本システムに導入された主要な装置・器材の概要を図5に示す。また、それらの仕様は、以下の通りである。

① 太陽電池ポンプ

ポンプはアメリカ製で、12 V 直流バッテリーを内蔵しており、パネルからの電気(晴天時 18.1 V)を蓄電してポンプを駆動させる。ポンプ能力は、平坦地で 400m 以上の送水が可能で、配水量は 13.2L/min である。

② 灌水コントローラおよび電磁バルブ

コントローラは乾電池により作動し、灌水日、灌水時刻および灌水時間が自由に設定できる。電磁バルブは口径 25mm で、コントローラの設定に従って自動でバルブ開閉される。手動開閉も可能である。

③ 点滴灌水チューブ



図5 導入器材の概要

ブロック 1 ~ 4 には圧力補正機構のないチューブ(N 社)を、ブロック 5 には圧力補正機構がついたチューブ(N 社)が用いられている。点滴孔からの定格吐出水量は、それぞれ 1.05L/h(管内水圧 98kPa の時)、2.3L/h(49kPa 以上)である。

Ⅱ. 傾斜地カンキツ園の保全技術－園内道造成に伴う法面の保護－

1. 園内道整備に基因した園地の土壌侵食現象

傾斜地カンキツ園では、畑面侵食による表層根の露出現象や高畝園での畝間侵食など、従来の土壌侵食現象に加えて、園内道路床の沈下・侵食、園内道側方畑面や法面の侵食、ならびに園内道集中水による畑面等の侵食など、園内道に基因すると考えられる侵食現象が多く観察される。

2. 園内道整備園の保全対策技術－法面保護技術を中心として－

傾斜地カンキツ園において園内道あるいは園内作業道を造成した場合、道路側方には傾斜 50 ~ 70 度程度の急勾配法面が発生する。園内道は通常、冬季から春にかけて整備されることが多く、造成後の法面は植生が定着する前に梅雨期を迎え、侵食や崩壊の危険にさらされる。

(1) 法面保全対策の事例

現地では、作業道脇にできた法面を建築廃材や農業廃材などを利用して保全している。写真 6 はいくつかの事例である。

(2) 液体マルチング資材による法面保全技術

建築廃材や農業廃材などは、コストはほとんどかからないが、種類によっては作業に手間がかかるものもある。また、通常、法面などでは、植生よって法面を保護することが多い。しかし、作業道側方法面は急勾配であるため、市販の植生ネットなどを利用して種子は発芽・定着に至らない。作業道造成後の法面に雑草等が定着するまでの裸地状態の間、植生に代わる簡易かつ低コストな侵食抑制法が、アスファルト系乳化物を主原料とする液体マルチング資材(以下、液体マルチ)を利用した方法である。液体



(a)建設廃材の利用 (b)ケージの利用 (c)土のうの利用 (d)古タイヤの利用



(e)廃ビニールの利用 (f)廃石材の利用 (g)テストピースの利用

写真6 現場における法面保護の事例

マルチは、寒冷地における地温上昇、発芽・生育促進等を目的とし、近年産業廃棄物として問題となっている黒ポリマルチに代わる資材として開発されたものである。

液体マルチの原液を水で2～3倍に薄め、写真7のように噴霧器を用いて法面に散布する。その効果は、図6のように、液体マルチを散布した法面では、少量散布の場合でも裸地の場合の約9%まで侵食を抑えることができる。少量散布の場合の液体マルチのコストは40円/m²以下である（少量散布は、原液の3倍希釈液を716cc/m²、多量散布は同希釈液を2,218cc/m²）。効果の持続期間は、園地土壌などの条件によって異なると考えられるが、少量散布では概ね1年、多量散布では2年程度である。試験では、液体マルチの散布に手動噴霧器を利用したが、面積が大きくなる場合は、薬剤散布などに利用する動力噴霧器と散布ノズルを利用して、効率的な散布が可能である（写真8）。ただし、散布終了後、直ちに水を通して洗浄する必要がある。洗浄後もホースの内側面などに資材の薄い被膜が多少付着した状態になるが、その後の薬剤散布などへの影響はない。また、吸水口のフィ

ルターは、資材による目詰まりを防ぐため、目の粗いものを利用するのが望ましい。主な留意点等を表1にまとめた。液体マルチは、散布・乾燥後、固化し土壌面に被膜を形成する。ただし、被膜の強度は小さく、手や物で力を加えると比較的簡単に割れたり剥がれたりする。液体マルチの安全性については、石油素材に由来する有毒なベンツピレンは溶出せず作物体や土壌環境に影響のないことが帯広畜産大学などの分析によって確認されている。



写真7 液体マルチの散布状況

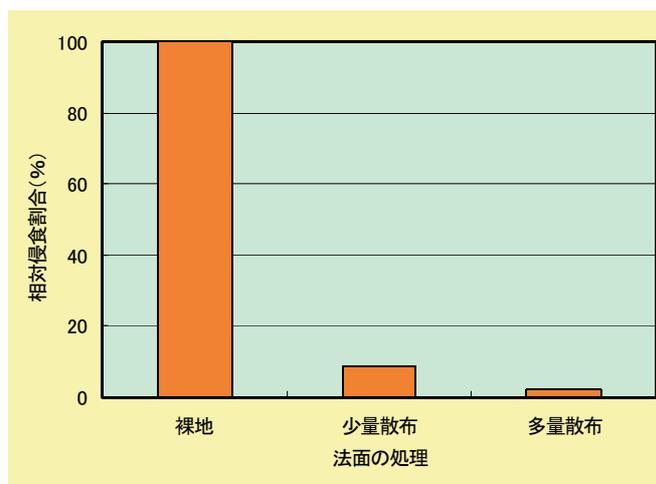


図6 液体マルチの効果



写真8 動力噴霧器による散布

表1 液体マルチ散布に関する留意点

① 散布時の動噴水圧は10kgf程度でよい。
② 多少の資材が樹体等にかかっても影響はないが、散布時はできるだけノズルを法面に近づけ、他の個所へ飛び散らないよう注意する。
③ 散布時は、資材が衣服に付着しないよう合羽等を着用する。
④ 散布時は、資材を吸い込んだりしないよう必ずマスクを着用する。
⑤ 吸水口のフィルターはできるだけ目の粗い物を使う。
⑥ 散布後は、直ちに水を通し、動噴やノズルなどを洗浄する。
⑦ 容器等に付着した資材は、灯油等により拭き取ることができる。
⑧ 資材購入後、時間が経ち、成分が分離している場合は、水を加えてよく攪拌し、かたまりを溶かして使用する。
⑨ 冬季は、土壌面の凍結融解作用により土壌表面の資材被膜が浮き上がったり、割れて崩れ落ちたりすることがあるので、散布は3月くらいに行うのが理想的である。

3. 園地整備(園内道整備およびマルチ栽培)に伴う水環境の変化とその対策

(1) 園地整備に伴う降雨流出量の変化について

集水面積(約 15a) の約 3 割が、園内道およびマルチにより整備された傾斜地カンキツ園において、整備前後の降雨流出率の変化を調べた。図 7 はその結果である。図から整備前後の降雨流出率は明らかに変化し、整備後

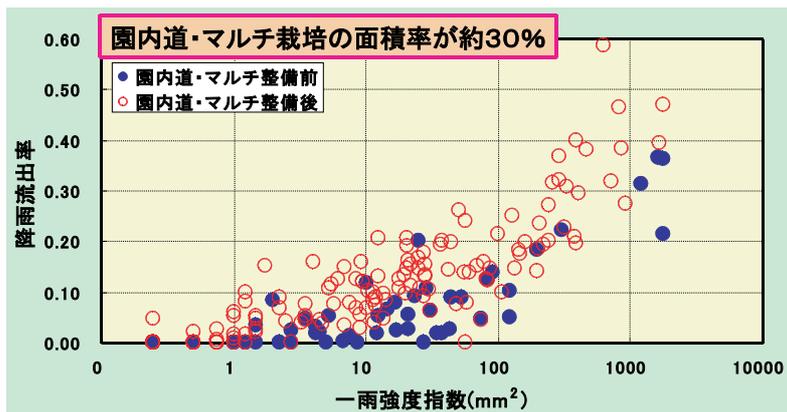


図7 園地整備に伴う降雨流出率の変化

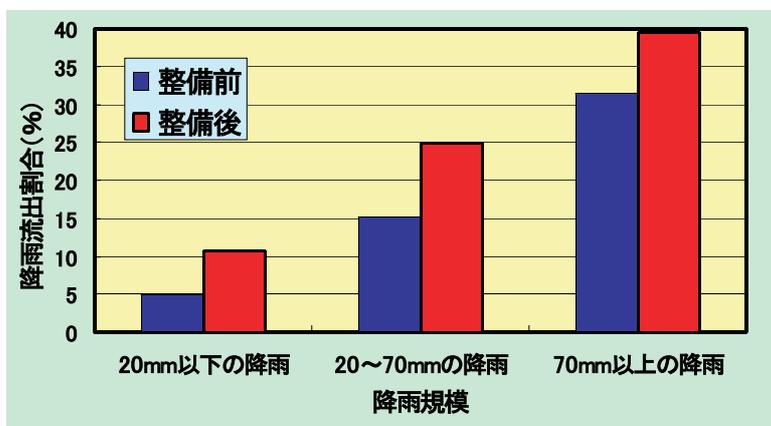


図8 降雨規模別の降雨流出割合

の降雨流出率は、整備前のそれに比べ 3 割程度増加すると考えられた。

降った雨に対して表面流去した水の割合(降雨流出割合(降雨流出率 × 100 と同じ))を降雨の規模別に見ると、図 8 のようになる。70mm 以上の大規模降雨では、整備に伴う降雨流出の増加率はおよそ 1.3 倍であり、降雨規模が小さくなるに従い、その率は増え、20mm 以下の降雨の場合約 2 倍になる。

(2) 雨水の排水対策とその考え方

園内の降雨流出水を分散し速やかに排水することが、園地保全の鉄則とされている。しかし現実的には、園地整備に伴い雨水が集中し、思わぬ被害を受けることもある。

生産現場では、あらゆるアイデアのもとで雨水の排水に取り組んでいる。写真9は、その一例である。この例では、作業道の生コン打設時に、上段作業道と下段作業道をつなぐ水路を作り、雨水を園地最下部へ導いている。ただし、このような場合、大雨時に接続水路を流れる水が作業道をオーバーランして畑面や法面を侵食することが多い。また、園内道のカーブ部分でも流水が道路を越え畑面に流れ込む場合がある。このため、降雨時に雨水が道路外へ流出しないよう道路の端に縁盛りをするなどの対策が必要である。

作業道は、ほぼ等高線に沿って設置し、延長方向にやや勾配をつけることが理想とされている。しかし、園地の地形条件等により必ずしも勾配をつけた造成が困難で、道路の一部にたるんだ部分ができ、そこに雨水が集中してくる事例が多々存在する。このような場合には、写真10のように、パイプや切り込みなどを行うことにより雨水を安全な箇所へ誘導する工夫が必要となる。

園内道整備に加え、マルチ栽培が導入された場合は、さらに十分な排水対策を講じる必要がある。下流側に隣接園がある場合は特に注意を要し、既設排水路がある園地ではその水路が増加排水量に対応できるかどうかを検討しなければならない。しかし、園地における雨量と降雨流出量の関係については、確実な指標は現在のところ整備されておらず、今後の研究の発展・蓄積を待たなければならない。図9に水路規模と流しうる水量の関係を示した。現状の排水路がどれだけの水を流しうるのか、ある量の雨水を流すためにはどの程度の水路が必要なのか、などを判断するための参考指標として例示した。



写真9 降雨の排水事例と留意点



写真10 降雨排水事例

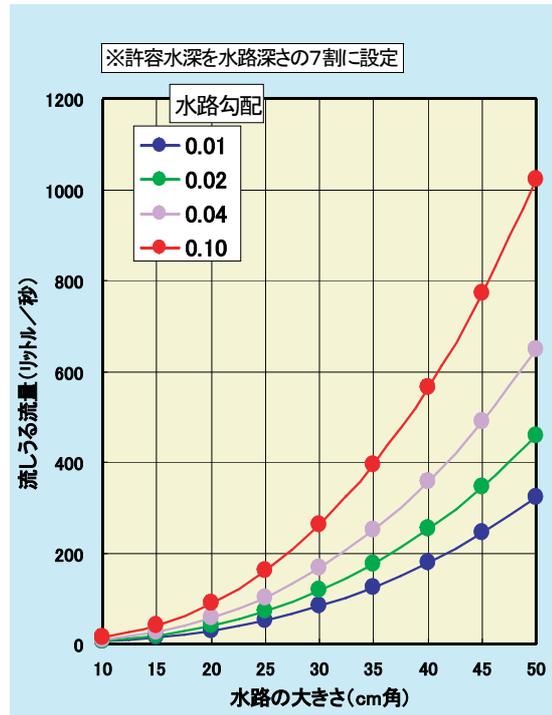


図9 水路規模と通水能力

Ⅲ. 地下水流動予測法と高機能防災園内道設置および防災管理マップ

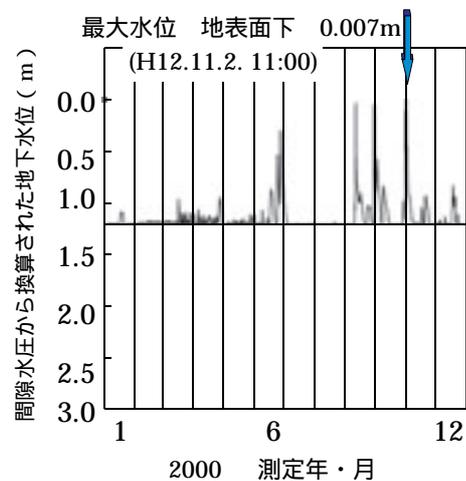
で述べたように、マルチ栽培の増加と園内作業道の高密度化により園内の水環境や土壌環境が変化し、排水や土壌侵食対策の重要性が益々高まっている。

では主に、降雨の表面流去水や法面侵食など園地表面に発生する現象に対する保全技術について述べた。傾斜カンキツ園の保全においては、これら園地表面における現象のみならず、降雨時の地下水上昇、それに起因する園地災害、それらの対策技術の開発が重要な課題である。ここでは、傾斜地カンキツ園における地下水流動の予測手法、防災機能向上のための高機能作業道の設置技術ならびに地下水流動予測に基づく防災管理マップの作成技術について解説する。

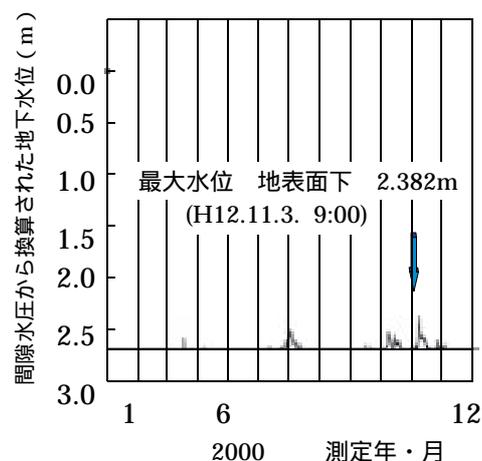
1. 地下水流動予測手法

(1) 傾斜地カンキツ園の地下水

傾斜地カンキツ園での地下水の変動を測定した結果では、通常地下水の見られない地盤でも豪雨時に地下水位が急激に上昇しており、年に数回の頻度で地下水位が地表面近くに達している（図10）。地表面下1.2m以浅で変動が大きく、2.0m以深では地下水の変化はほとんど見られない。したがって、この事例では、後に示す高機能園内作業道での排水工の設置深度を2.0m以浅としてよい。



(1) 地表面からの深さ 0.7 ~ 1.2 m



(2) 地表面からの深さ 2.2 ~ 2.8 m

図10 試験園地での地下水

(2) 地下水の流動予測

豪雨時（地下水位が地表面まで達した場合）の地下水の流れを、普及型のパソコンを用い、開発した Windows プログラムを用いて予測する事ができる。傾斜地園地の平面図のデータをパソコンに記憶させた（図 11）後に、このパソコンで地下水流動予測を行うための立体データを作成する（図 12）。このデータを用いて予測した地下水の流れをパソコンで作図すると、豪雨時のカンキツ園地の一部で上昇流が生じている事がわかる（図 13）。このように、土砂流亡の原因となる上昇流がカンキツ園地の何処に生じるかを予測する事ができる。

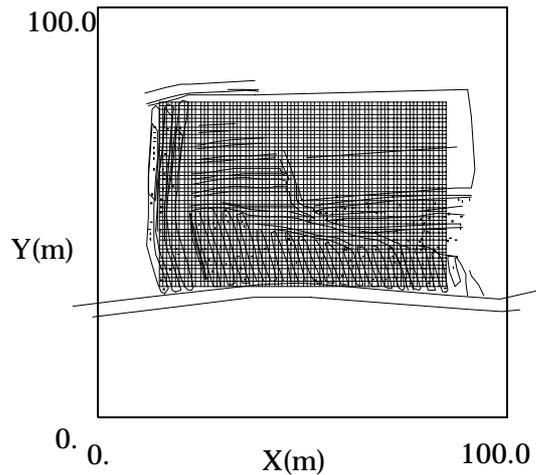


図 1 1 試験園地の地形

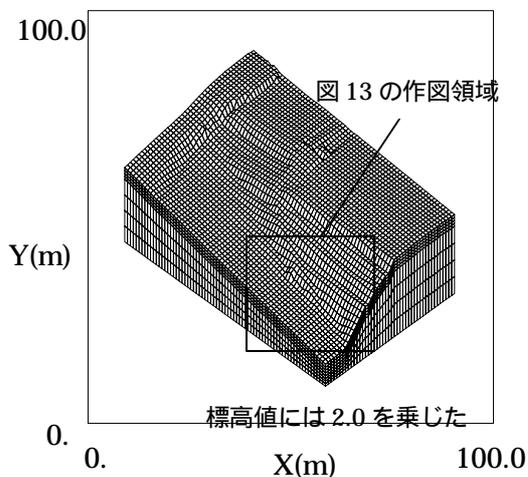


図 1 2 豪雨時の地下水予測に用いた立体データ

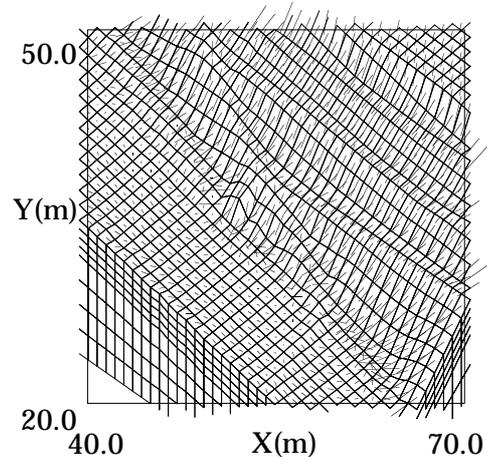


図 1 3 傾斜地園地で豪雨時に予想される地下水の上昇

2. 防災機能向上のための高機能園内作業道

(1) 高機能園内作業道の設置事例

軽労化・利水機能の向上と併せて排水により防災機能の向上を行う事が可能な高機能作業道の設置事例を図 14、写真 11 に示す。その詳細は以下のとおりである。

作業道の要対策箇所に深度 1.6 ~ 2.0m のトレンチ掘削を行い、トレンチ底部に有孔管（ネトロンパイプ）を設置し、単粒砕石（粒径 5 ~ 15mm）を充填する。作業道舗装を縦断勾配約 2.3%、横断勾配約 2%で行い、地表面の承排水を行う。

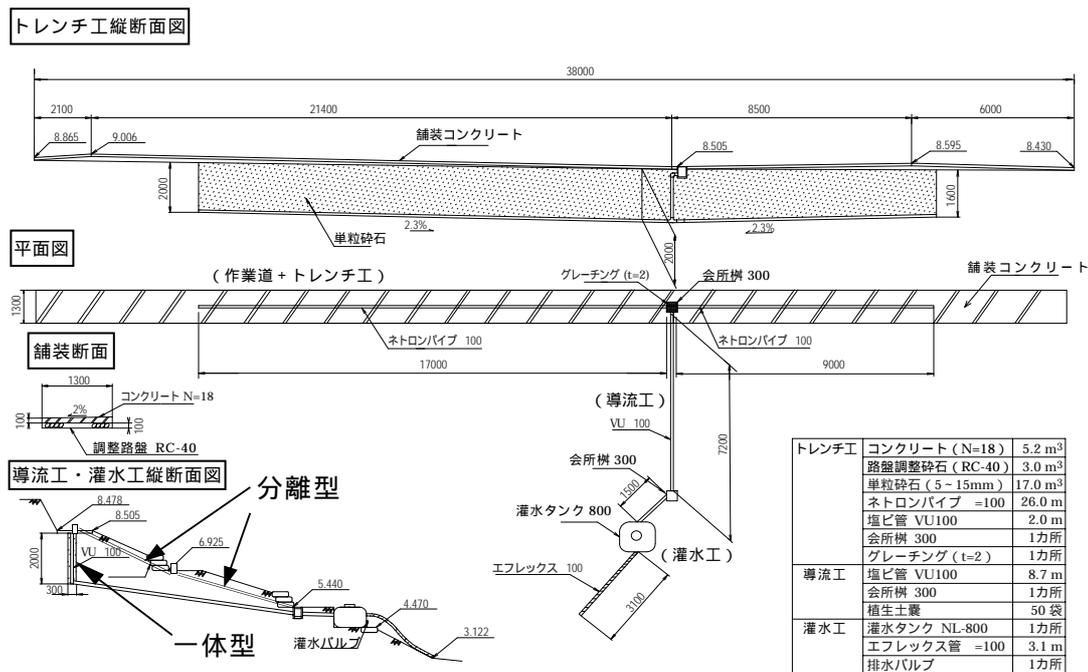
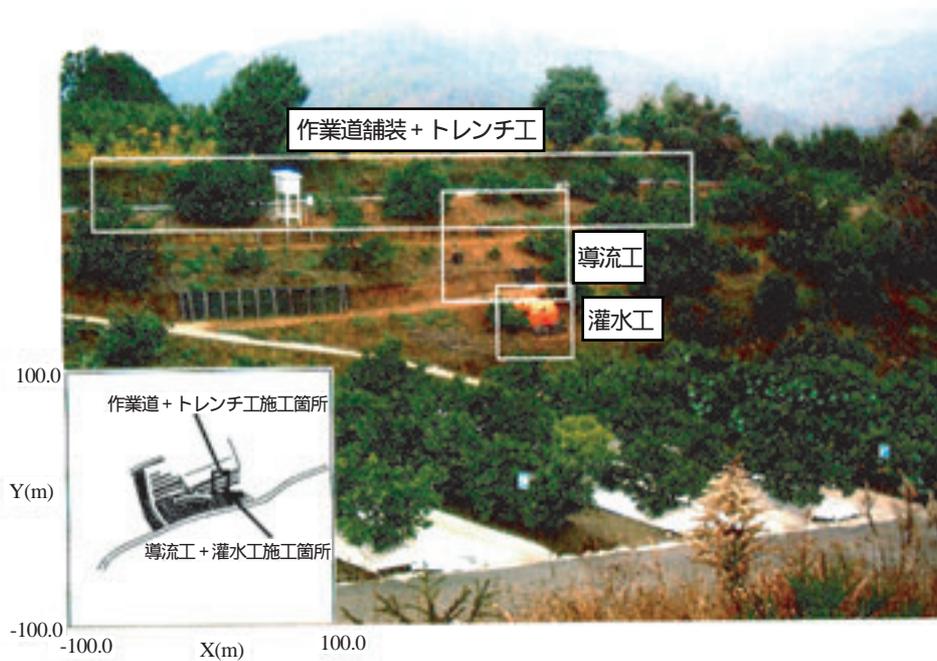


図 14 高機能作業道の設置例

地表面排水の合流箇所に会所柵(300)、地下排水の合流箇所に T 型管 (100) を用い、導流工を通じた地下水・地表水の排除を行う。導流工の埋戻しの際には作業道法面の直壁部に植生土嚢を用い、法面保全を行う。



(試験園地平面図と施工箇所)

写真 1 1 高機能作業道の全景

排出された地下水・地表水を灌水タンク（NL-800）に貯留し、灌水に利用する。灌水バルブから利水を行い、余水はエフレックス管（100）から放水する。地下水・地表水の排出箇所にも会所柵を設置し、舗装箇所に設定した柵と併せて排出土砂等の管理に用いる。

(2) 高機能園内作業道の設置箇所の決定と設置効果

地下水流動予測（-1-(2)）の結果から高機能作業道の設置箇所を決定できる。（各地点における地表面直下の上昇流速） / （領域内における上昇流の最大値）を対策指標（図15）とし、この指標が0.8を超過する領域を要対策領域と呼び、この領域の防災機能（排水機能）を向上させるために高機能作

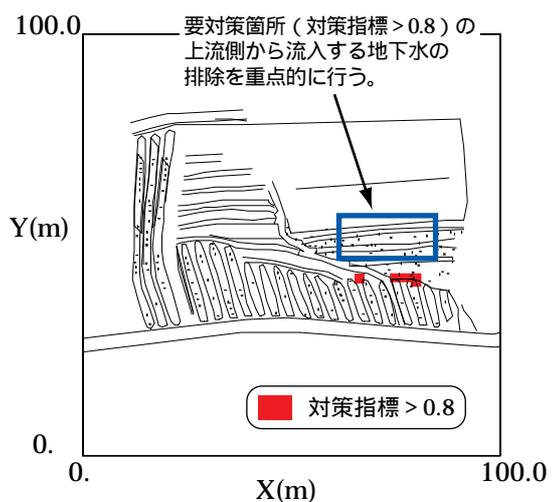


図 1 5 対策指標の大きな領域から地下水排水箇所を決める

業道を設置する。この高機能園内作業道の設置による効果を図16に示す。この図と図10 - (1)とを比較すると、地下水位上昇の頻度が大幅に小さくなっていると同時に、地下水位が地表面に達する事もなくなり、高機能園内作業道が有効である事が明らかである。

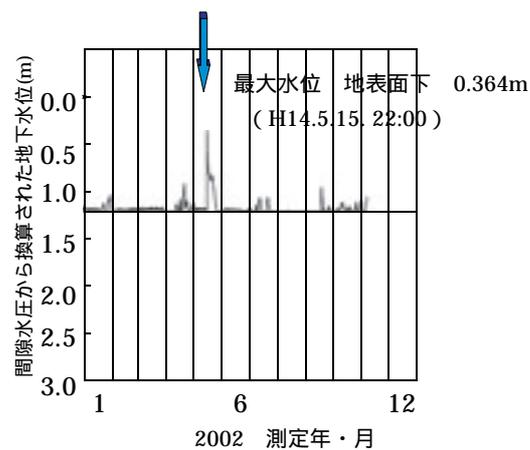


図16 高機能園内作業道の効果

(地表面からの深さ 0.7 ~ 1.2m の地下水の変化)

3. 傾斜地カンキツ園の防災管理マップ

(1) 流入・流出指標と防災管理マップ

地下水流動予測 (-1-(2)) の結果から防災管理マップを作成して園地の管理に用いる事ができる。

(各地点における地表面直下の下降流速) / (領域内における下降流の最大値) を流入指標とし、高機能作業道を設置する際に求めた対策指標 (ここでは流出指標と呼ぶ) と併せて作図して防災管理マップを作成する。

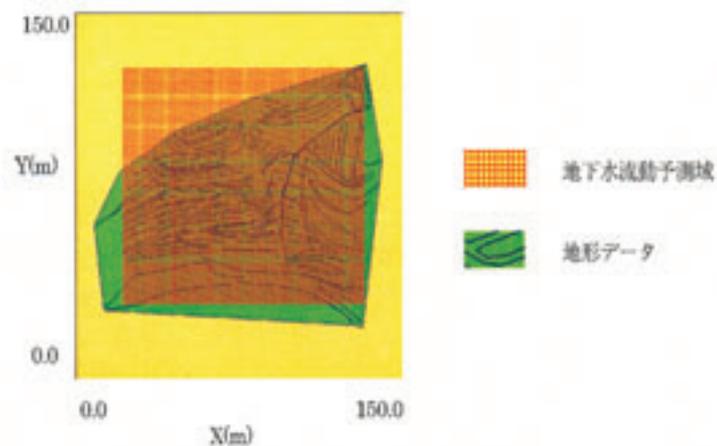


図17 地形データ

(2) 防災管理マップの作成事例

防災管理マップ作成事例は以下のとおりである。

図17に示す地形データで、豪雨時の地下水流動予測を行う。結果は図18に示すとおりである。

傾斜地カンキツ園の地形条件を反映して地形の急変部に地下水の流入部、流出部が現れている。周辺の地形とのつながりも反映して発生する地下水の流入部、流出部を定量的に把握する事が可能となる。

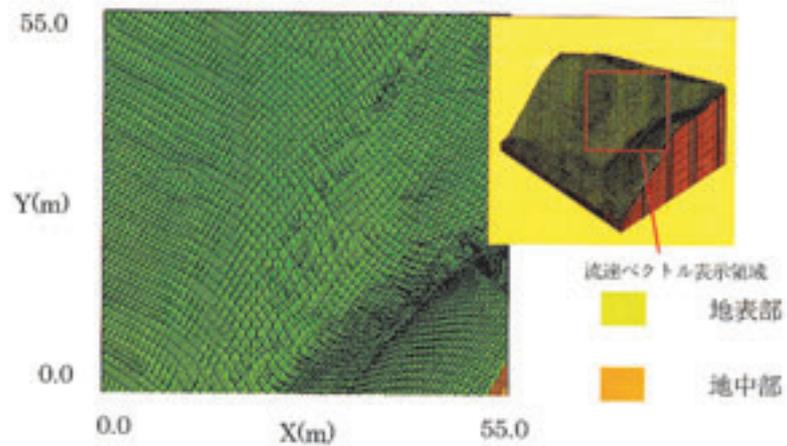


図 1 8 地下水流動の予測結果

豪雨時の流入指標、流出指標を作図して作成した防災管理マップの作成を図19、図20に示す。指標の大きな領域と実際の園地との対照を図21に示す。流入指標の大きなブロックA、ブロックBはマルチ設置に適すると判断され、実際に周年

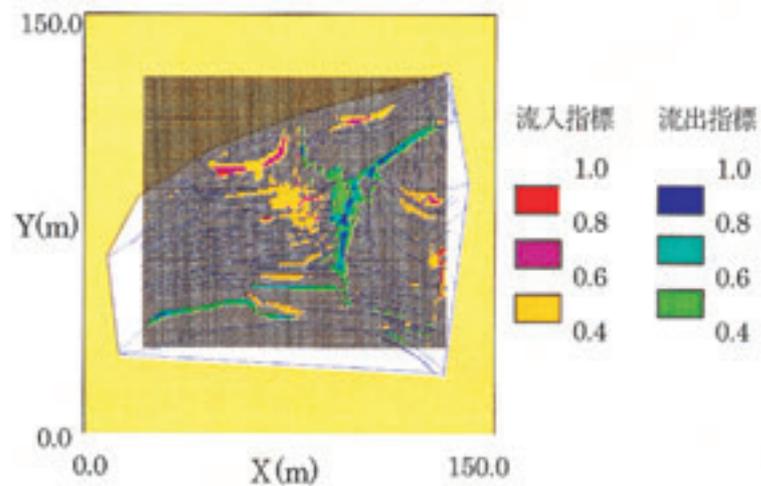


図 1 9 防災管理マップ (平面図)

マルチと点滴灌漑を併用する新しい生産システムが導入されている。流出指標の大きなブロックCでは豪雨時の地下水浸出が予想され、防災管理が好ましいと判断される。実際に排水路が設置されており、浸出水の承水・排水により園地防災上有効と判断される。

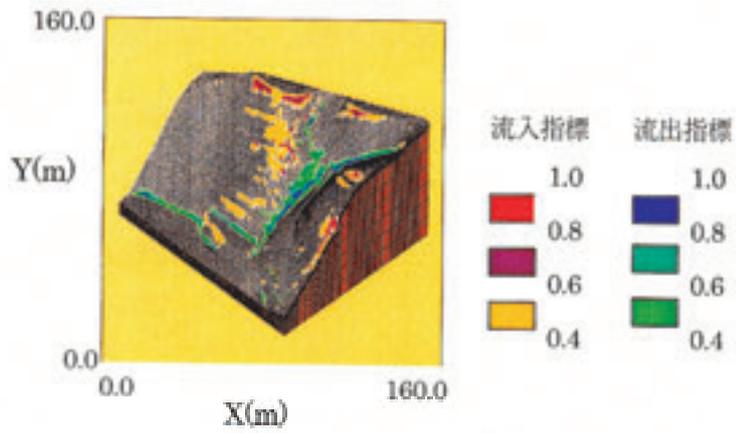
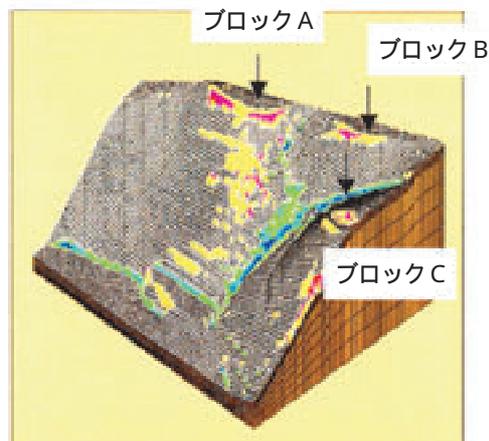


図 2 0 防災管理マップ (鳥瞰図)



(1) ブロック位置図



(2) 全景



(3) ブロックA



(4) ブロックB



(5) ブロックC

図 2 1 園地管理と防災管理マップ

取りまとめ・執筆者

近畿中国四国農業研究センター 総合研究部 総合研究第2チーム

森永邦久・中尾誠司*・村松昇・島崎昌彦・草場新之助

傾斜地基盤部 地域防災研究室

川本治・島崎昌彦・吉迫宏**・吉村亜季子

*：現在畜産草地研究所 **：現在農業工学研究所

内容についての問い合わせは、近畿中国四国農業研究センター総合研究部
総合研究第2チーム（章、 ）および傾斜地基盤部地域防災研究室（章、 ）へ。

総合研究第2チーム

〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

電話：0877-63-8115(直通) Fax:0877-62-1130

e-mail: kankitsu-newteq@ml.affrc.go.jp

地域防災研究室

〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

電話：0877-63-8120(直通) Fax:0877-62-1130

e-mail: kawamoto@affrc.go.jp

