

国際協力事業団

タイ 国  
農業協同組合省

タイ 国

南部農地復旧保全計画調査

ガイドライン

平成7年10月



株式会社 三祐コンサルタンツ

農調農

JR

95-54

LIBRARY







国際協力事業団

タイ 国  
農業協同組合省

タイ 国

南部農地復旧保全計画調査

ガイドライン

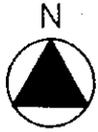
平成7年10月

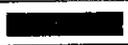
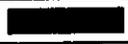
株式会社 三祐コンサルタンツ

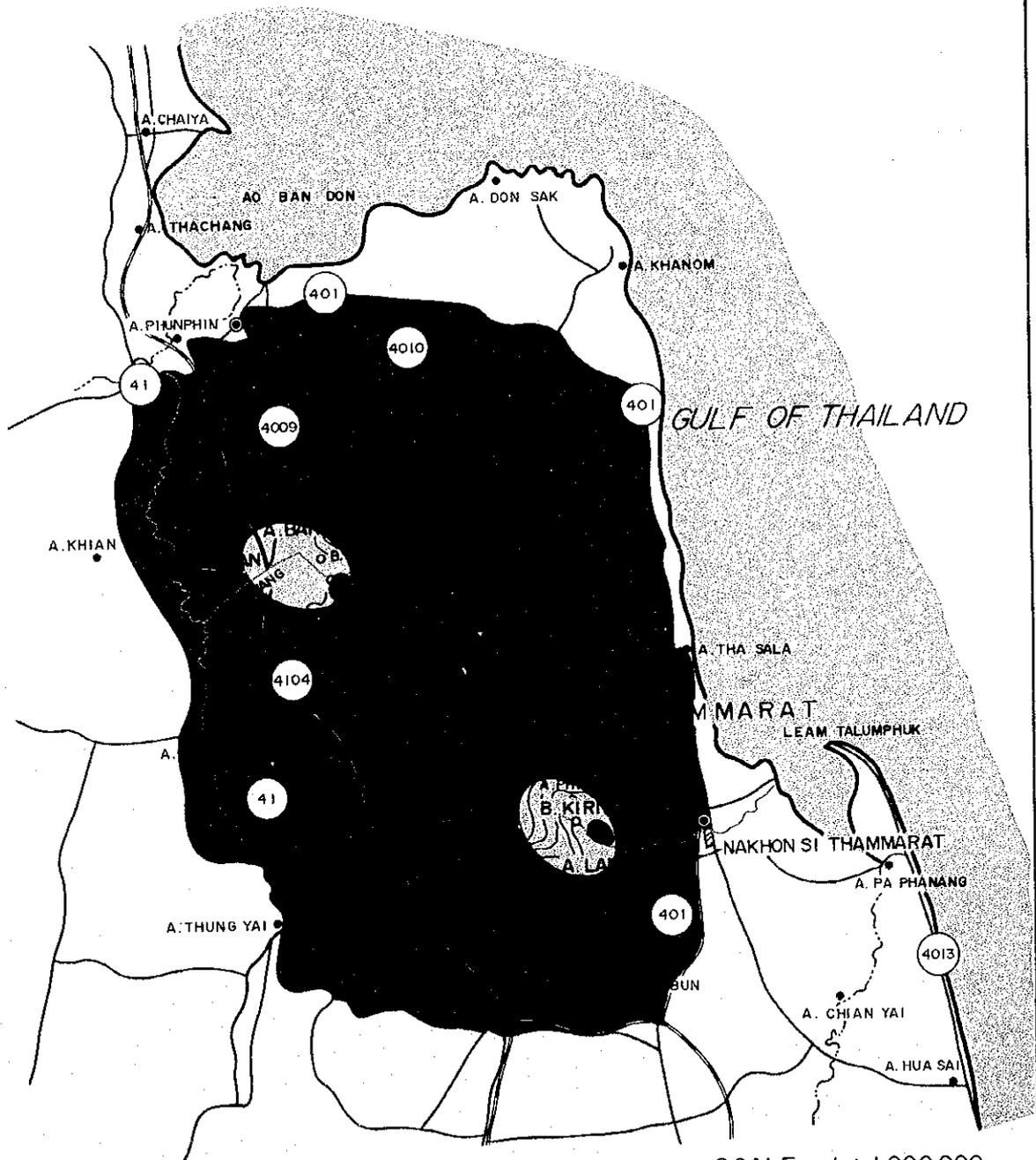
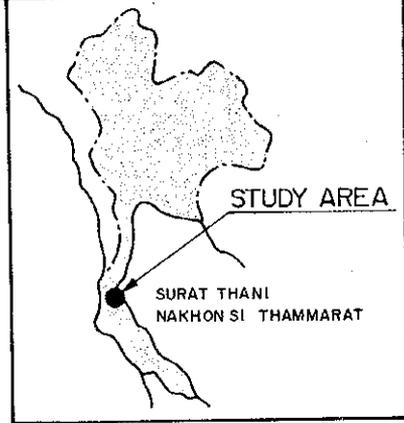


1124204 (7)

# LOCATION MAP



LEGEND	
	GENERAL STUDY AREA
	MASTER PLAN STUDY AREA
	FEASIBILITY STUDY AREA







# 目 次

位置図

目次

図表の目次

	頁
第1章 総 説 .....	1
1.1 趣旨 .....	1
1.2 適用範囲 .....	2
1.3 骨子 .....	2
第2章 調査 .....	4
2.1 一般概要 .....	4
2.2 地形調査 .....	4
2.2.1 目的 .....	4
2.2.2 地形図の収集 .....	4
2.2.3 基図の種類 .....	5
2.3 被災状況調査 .....	5
2.3.1 調査項目 .....	5
2.3.2 復旧事業調査 .....	5
2.4 気象水文調査 .....	5
2.4.1 調査項目 .....	5
2.4.2 収集及び整理 .....	6
2.5 地質・地下水調査 .....	7
2.5.1 目的 .....	7
2.5.2 調査項目 .....	7
2.5.3 調査方法 .....	8
2.5.4 調査結果のとりまとめ .....	9
2.6 土壌調査 .....	9
2.6.1 土壌調査の方法 .....	9
2.6.2 土壌解析の項目とその目的 .....	9
2.6.3 土壌/土層改良資材調査 .....	10
2.7 土地利用状況調査 .....	10
2.7.1 調査の方法 .....	10
2.7.2 調査結果の表示と土地利用適性評価 .....	11

2.8	営農状況調査	11
2.8.1	目的	11
2.8.2	調査の方法	11
2.8.3	調査項目	12
2.9	用排水状況調査	13
2.9.1	目的	13
2.9.2	調査項目	13
2.9.3	調査結果のとりまとめ	15
2.10	社会生活基盤施設状況調査	16
2.10.1	目的	16
2.10.2	調査項目	16
2.10.3	調査結果のとりまとめ	16
2.11	農家経済・意向調査	17
2.11.1	目的	17
2.11.2	調査の方法	17
2.11.3	調査結果のとりまとめ	20
2.11.4	整備方針への提言	21
2.12	環境影響調査	21
2.12.1	目的	21
2.12.2	調査項目	22
2.12.3	調査結果のとりまとめ	22
第3章	農地復旧保全対策	30
3.1	概要	30
3.2	土壌及び土層改良対策	31
3.2.1	堆積土壌の農業利用に向けての分類	31
3.2.2	土壌分析結果と評価基準	32
3.2.3	土壌改良対策	33
3.2.4	土層改良対策	35
3.2.5	各改良方法の適用	36
3.3	農業的対策	37
3.3.1	果樹栽培	37
3.3.2	畑作物と野菜栽培	39
3.4	灌漑対策	41
3.4.1	灌漑の必要性	41
3.4.2	水源計画	43
3.4.3	灌漑方法	45
3.5	水系レベルの排水対策	46
3.5.1	被災地域の特性	46

3.5.2	排水改良 .....	47
3.6	圃場レベルの土壌・水保全対策 .....	47
3.6.1	基本方針 .....	47
3.6.2	耕作の中で行う保全対策(保全農法) .....	48
3.6.3	構造物を設ける保全対策(保全工法) .....	50
3.7	水系レベルの土壌・水保全対策 .....	54
3.7.1	土木構造物による水食防止対策 .....	54
3.7.2	急傾斜地域の土壌・水保全対策 .....	55
3.8	農業支援対策 .....	58
3.8.1	目的 .....	58
3.8.2	支援対策 .....	58
第4章	計画、設計及び事業実施 .....	67
4.1	灌漑計画と灌漑施設設計 .....	67
4.1.1	計画 .....	67
4.1.2	灌漑施設 .....	68
4.2	排水計画と排水施設 .....	70
4.2.1	計画排水量の算定方法 .....	70
4.2.2	排水施設 .....	72
4.3	土壌・水保全 .....	73
4.3.1	許容土壌流亡量 .....	73
4.3.2	土壌侵食を推定する方法 .....	73
4.3.3	水保全施設の設計 .....	74
4.4	事業の実施と維持管理 .....	74
4.4.1	事業調整 .....	74
4.4.2	事業実施機関 .....	75
4.4.3	事業の維持管理 .....	76

## 図表の目次

	頁
表の目次	
表 2.6.1 土壌調査の方法 .....	24
表 2.6.2 土壌解析の項目とその目的 .....	25
表 2.7.1 畑作物のための土地利用適正評価指針 .....	26
表 2.12.1 一次スクリーニング用チェックリスト .....	27
表 2.12.2 一次スコーピング用チェックリスト .....	28
表 3.2.1 化学的肥沃性と評価基準 .....	32
表 3.2.2 土壌改良対策 .....	33
表 3.2.3 土壌及び土層改良方法例(ランサカ地区) .....	60
表 3.3.1 作物選定の要因と適応作物 .....	61
表 3.4.1 有効雨量算定例 .....	62
表 3.4.2 バンナサンの有効雨量と確率相当年 .....	43
表 3.5.1 1/10年確率洪水量の不等流解析結果例(チャワン川) .....	63
表 4.1.1 果樹の有効根群層 .....	77
表 4.1.2 灌漑方法と特質 .....	77
表 4.1.3 灌漑頻度とその要因 .....	78
表 4.1.4 バンナサンにおける日蒸発散量(月平均) .....	79
表 4.2.1 降雨量と流出率との関係 .....	71
図の目次	
図 2.1.1 調査の手順 .....	29
図 3.5.1 バンナサン及びランサカ地区堤防標準断面図 .....	64
図 3.7.1 堰の例 .....	65
図 3.7.2 植生による土壌・水保全対策の例 .....	66
図 4.2.1 流出関数法による洪水比流量 .....	72

# 第1章 総説

## 1.1 趣旨

タイ国は1960年以降、輸出畑作物の生産振興策によって農業生産量は増大しつつあるが、これは森林開発による栽培面積の拡大によるものであって、効率的な営農による単収増の結果ではない。しかし近年では国民経済の向上と共に開墾可能な林地の減少と、粗放的な農業の結果としての土地資源の劣悪化が、自然と社会環境の悪化を引き起こしている。このような状況下で、第7次国家5ヶ年計画では、適正な土地利用の下での天然資源の管理の必要性とそのためへの支援について強調している。

1988年11月に南部タイ14県を襲った豪雨は、大規模な地滑りや土壌の侵食を引き起こし、人命、農地、家屋、家畜等に大きな被害をもたらした。中でもスラ・タニ及びナコン・シ・タマラート両県の被害は甚大で、多くの住民が住居や農地を失い、その結果、農業生産活動が完全に停滞した。

タイ国政府は、直ちに関係機関から成る委員会を組織し、両県の災害復旧に着手した。そのもとで農業協同組合省土地開発局(DLD)は、農地の保全対策及び堆積土砂対策等を担当し、被災地域における適切な農地復旧保全事業計画の策定と事業の実施を推進しようとしている。

このような背景の元で、タイ国政府は1989年10月我が国政府に対し、上記計画の策定に係る技術協力を要請してきた。これを受け、我が国政府は、1993年4月事前調査を実施し、S/Wを締結した。そのS/Wに基づいて、国際協力事業団(JICA)は調査団を1994年3月18日より派遣し、調査を開始した。

その後、調査団は、両県内のバンナサン及びランサカ地域を対象にして、農地及び水資源を適切な土地管理の元で復旧・保全するための事業計画を策定し、ファイナルレポート及び付属書に取りまとめた。しかし、被災地域はバンナサン及びランサカ地域のみならず広範囲にわたっており、順次新たな被災地域を対象として事業計画を策定し、事業を実施していくためには、計画、設計、維持管理等に係る一連の業務を新たに遂行する必要がある。

そこで、本調査計画策定の過程を通じて蓄積した農地復旧・保全に係る多様な技術、経験等をガイドラインとして取りまとめることとした。

## 1.2 適用範囲

このガイドラインは、被災地域における農地復旧・保全に係る分野で活躍している技術者の技術移転等の活動に供するとともに、復旧保全事業の調査・計画・設計・施工の業務の円滑な実施に資することを目的として作成したものである。

復旧・保全とは、災害によって減退した農地の農業的利用価値を復旧し、さらには復旧後の農業生産活動を不安定にさせる各種の要因、即ち水食、土壌劣化、土砂の堆積等を防ぎ、これによって農地の生産力を維持保全することである。

このため、このガイドラインはバナナサン及びランサカ地域での調査計画で得た経験から、被災地域の農地の復旧・保全事業に当たって必要となる基本的事項について記述したものである。従って、記述されている項目は、関係者による復旧・保全に係る一連の作業を画一的に縛るものでなく、多岐にわたる調査・計画業務を容易にするためのものである。適用に当たっては、技術者自身の経験と判断によって地域特性を考慮し、適切に利用されるよう考慮することが必要である。

## 1.3 骨子

本ガイドラインは4章から成り、各章の骨子は次のとおりである。

### 第1章 総説

総論としてガイドラインの趣旨、適用範囲及び骨子を示している。

### 第2章 調査

農地復旧・保全事業計画策定に向けて必要となる調査項目を挙げ、調査の手順と方法を示している。

### 第3章 農地復旧・保全対策

被災した農地を復旧・保全するために必要となる基本的な対策を示している。対策として、

- ① 土壌及び土層改良対策
- ② 農業的対策
- ③ 灌漑対策
- ④ 水系レベルの排水対策
- ⑤ 圃場レベルの土壌・水保全対策
- ⑥ 水系レベルの土木的工法対策
- ⑦ 農業支援対策

に分けて示している。

#### 第4章 構造物の計画、設計及び事業実施

第3章で示した復旧・保全対策を計画・設計するに当たっての問題点及びこれらの対策の事業化に当たっての留意点を示している。

## 第2章 調査

### 2.1 一般概要

調査は、地域の被災状況や社会条件を把握し、農地復旧・保全に係る対策方法やそれらの管理方法を決定するために必要となる基礎資料を得ることを目的として行う。従って、調査は、復旧と保全に係る計画から設計、施工及び管理までの一連の業務を考慮しつつ、系統的に計画性を持って行われることが望ましい。

事業は、一般に調査、計画、設計、事業の実施、施工及び維持管理の段階を経て進められる。この中で、調査は、被害状況と被災要因に応じて、調査の範囲と方針、内容、精度等が異なってくる。

調査の内容及び質は、復旧・保全対策に直接係わる重要なものであるため、事業の必要性、事業対象地域の範囲、農地被害の程度等の現地の状況に応じて、短期間内に効率的に調査が実施できるように調査項目、方法、期間などを含む調査計画を立案する必要がある。

農地復旧・保全のための調査は大別すると、①被災の発生要因を把握するための調査、②被災した農地の被害状況と営農土地利用状況に関する調査、③被災した農地の周辺を含む地域の農業及び社会生活基盤施設状況を把握するための調査に分けられる。

### 2.2 地形調査

#### 2.2.1 目的

地形調査は、調査対象地域の調査・計画・設計に必要な図面を作成する作業である。

#### 2.2.2 地形図の収集

タイ国の場合、利用できる図面として1/50,000地形図があるが、農地の被害状況及び土地利用状況等を把握するためには、災害前後の図面を入手するのが望ましい。又、これらの地形図の入手が困難な場合は、空中写真を利用して地形図を図化することも考えられる。

### 2.2.3 基図の種類

基図は、調査と計画の内容及び調査の段階に応じた適切な縮尺のものを作成する。

縮 尺	適 用
1/25,000 ~ 1/50,000	気象・水文調査、被災状況調査等
1/2,000 ~ 1/5,000	土地利用、土壌調査等、施設計画・設計

## 2.3 被災状況調査

### 2.3.1 調査項目

調査対象地区の被災状況に関する資料・情報を各関係機関を通じて収集する。これらの資料・情報を、県、郡毎に①農地、②被災農家、村落、被災者数、③公共施設(学校、保健所、道路、灌漑・排水施設、水路等)、④家畜、⑤堆積土砂厚と土性、に分けて取りまとめる。

### 2.3.2 復旧事業調査

被災後、各関係機関によって行われた復旧事業に関する資料・情報を収集する。特に灌漑・排水及び道路等の基盤施設の復旧事業については、事業対象地区に取り入れられる農地復旧・保全対策の内容に直接影響するので、施工機関、予算及び施設諸元について調査しておく必要がある。

## 2.4 気象水文調査

### 2.4.1 調査項目

気象・水文調査は、営農計画、灌漑排水計画、施設計画等、農地復旧保全計画を立案する上で基本となる事項である。調査対象地区内の気象・水文データは、できるだけ長期間、少なくとも10年以上収集する必要がある。また地区内に必要な資料がない場合には地区近傍のデータを入手し、新たに気象・水文観測を行うことにより既存資料との相関、あるいは既存資料では得られない項目を調査する必要がある。

収集が必要となる項目は、以下の通りである。

項 目		営農計画	灌漑計画	排水計画	施設計画
気 象	平均気温	○	○		
	最高気温	○			
	最低気温	○			
	日降水量	○	○	○	○
	時間雨量			○	○
	湿度	○			
	風速、風向	○	○		
	日照時間	○	○		
	蒸発計蒸発量	○	○		
水 文	流量		○	○	○
	水位			○	○

## 2.4.2 収集及び整理

### (1) 気温

気象庁管轄の測候所で長期にわたって観測を行っており、ここで得られるデータを月平均気温、月最低気温、月最高気温に整理する。整理したデータは、導入作物の選定や栽培管理等の営農計画や作物消費水量の算定に使用する。

### (2) 降水量

降水量については、気象庁や王室灌漑局が管轄する測候所の日雨量データを入手することができる。これらのデータを、年総雨量、月別雨量、最大日雨量、3日連続最大雨量に整理し、それぞれ確率年の計算を行う必要がある。整理した結果は、有効雨量や作物消費量等の灌漑計画、また排水計画を立案する上で重要な資料となる。

時間雨量についても排水計画上重要な資料であるが、入手が困難であるので日雨量から推定する方法が取られる。この場合、地区内の時間雨量を実測することにより、より信頼度の高い降雨強度や降雨分布を日雨量から推定することが可能となる。

### (3) その他気象観測項目

湿度、日照時間、風速、風向、蒸発計蒸発量については、営農計画や作物消費水量の算定に必要な項目であり、気象庁管轄の測候所で観測を行っている。これらのデータは月別に整理する。

#### (4) 水文調査項目

王室灌漑局により主要河川の流量・水位の測定が行われており、これら水文データは計画排水量や灌漑計画での利用可能量の算定に必要となるものである。調査地区内で流量・水位の観測が行われていればそれを入手し、行われていない場合は地形条件や流域形状が類似する近傍の資料を入手する。この場合、地区内での流量観測を実施し、入手したデータとの相関を確認することが必要である。地区内のデータを入手できる場合でも、バンナサン及びランサカ被災地域のように流出が短時間に終了するような場所では新たに流量観測を実施し、時間毎雨量と流出の状況を整理することが求められる。

王室灌漑局により得られる日平均流量、日平均水位は、1)洪水流量・洪水位、2)高水量・高水位、3)平水量・平水位、4)低水量・低水位、5)渇水量、渇水位に整理する。

## 2.5 地質・地下水調査

### 2.5.1 目的

地質調査は、①土石流災害の地質に関する発生要因を明らかにすること、②被災地の被災要因及び周辺の土壌母材としての地質を把握すること、地下水調査は、①灌漑用水源としての地下水の利用可能性を評価することをそれぞれ目的とする。

### 2.5.2 調査項目

#### (1) 災害要因調査

被災地上流域で発生した、地滑り、崩壊等の斜面災害の分布を把握する。又、基盤岩の岩質、分布、風化の特性、断層・節理といった地質上の不連続面の分布等の地質要因を調査し、両者の相関から災害要因としての特性を明確にし、災害発生の可能性を検討する。

#### (2) 被害地地質調査

土石流堆積物の分布、厚さ及び被害を被らなかった地域の地形、地質上の特徴から、被災前の地形を再現し、被災するに至った要因を分析する。また、土壌母材としての土石流堆積物、基盤の地質の岩質、風化、土壌化の状態を調査する。

### (3) 地下水調査

地下水の利用状況、帯水層の厚さ、透水性、地下水盆の形状、地下水面形状、地下水位変化等について調査し地下水開発の可能性を検討する。

### 2.5.3 調査方法

#### (1) 既存データの収集

- ① 地質図： タイ鉱物資源局地質調査部発行の1/250,000地質図類

その他、既存の調査による地質図

例：1/250,000 Changwat Nakhon Si Thammarat、Changwat Surat Thani

- ② 水理地質図

- ③ 既存調査文献、資料

例：南部タイにおける洪水災害についての地質環境調査報告書、チェンマイ大地理学部、1990

#### (2) 空中写真・衛星写真解析

- ① 空中写真の購入

- ② 写真の実体視による、崩壊地形の分布、土石流堆積物・被災範囲の確認、山地のリアメントの解読

- ③ 空中写真がないか、入手出来ない場合は衛星写真を利用し、フォールスカラー写真から崩壊地の解読を行う。

#### (3) 現地踏査

- ① 土石流の分布範囲の確認を踏査、聞き取りにより行う。

- ② 土壌調査に同伴し、ハンドオーガー、テストピットによる土石流の厚さの確認を行う。

- ③ 被災地周辺の地形・地質踏査により、土石流堆積前の地形の特徴を復元し、被災要因を検討する。

#### (4) 地下水調査

- ① 井戸、集水暗渠等の地下水利用施設の規模(深さ、口径、スクリーンの位置)

地下水位、ポンプ能力、年間利用状況、水質、井戸柱状図等を資料収集、現地踏査によって把握する。

- ② 地質調査結果、井戸柱状図から帯水層の性質や広がり、不透水岩盤の形等の水文地質を明らかにする。
- ③ ポンプのある既設の井戸を利用して揚水テストを行い、透水係数を算出する。

#### 2.5.4 調査結果のとりまとめ

以下の図面を作成し調査結果を取りまとめる。

- 地滑り、崩壊、土石流・洪水被害分布図 (1/50,000)
- 流域・被災地域地質図 (1/50,000)
- 被災地域地質・地形分類図 (1/5,000 ~ 1/10,000、土石流堆積物の深さを表示)
- 水文地質図 (1/5,000 ~ 1/10,000、既設井戸、取水施設位置、地下水面等高線、基盤分布等含む)

## 2.6 土壌調査

### 2.6.1 土壌調査の方法

土壌調査は、計画地域の現況を把握し、農地復旧保全計画を策定するための基礎データを提供するもので、調査に当たっては、まず地域に関する一般情報の収集に基づき、簡易土壌調査を行い、その後代表的地点を選定して詳細調査を実施する。

土壌調査の方法を表2.6.1に示す。

### 2.6.2 土壌解析の項目とその目的

土壌調査終了後、土壌試料を採取する場合がある。これは、調査段階で数値化できない諸項目について室内において解析するものである。

解析は、物理、化学および鉱物的項目について行う。

土壌解析の対象となる項目とその目的を表2.6.2に示す。

### 2.6.3 土壌/土層改良資材調査

農地復旧保全のために必要となる改良について、資材の調査を行う。

#### (1) 被覆植物の導入

被覆植物は浸食防止、土壌構造の維持増進、水分保持量の増大にとって有効である。調査は、調査地区内に適用できる植物(特にマメ科植物)の探索、購入先及び価格等について行う。

#### (2) 有機物資材

調査地区は一般的に砂質の堆積物で覆われているので、表層の有機物含量は著しく低い。肥沃度の増進、緩衝能の増大には有機物の連用が有効である。調査は、現地で有用な植物及び作物残渣の種類と量の把握、農家の利用状況等について行う。

#### (3) カルシウム資材の投入

カルシウム資材の投入は土壌酸性の矯正、緩衝能力の増大に有効である。調査は、土壌pHの測定、投入量の目安、購入先及び価格等について行う。

#### (4) 客土

粘質土壌の客土は、砂礫質土壌の養分保持及び水分保持力の増大、緩衝能力の増大に有効である。調査は客土の方法(厚さ、範囲)、投入量、客土資材の採取位置、購入価格等について行う。

## 2.7 土地利用状況調査

### 2.7.1 調査の方法

土地利用状況調査は、調査地域における土地利用の現況を明らかにするために行う。調査では、対象地域を農用地、森林、道路、河川、住宅地などに区分し、それらの位置及び規模等を把握する。調査が広範囲に及ぶ場合は、航空写真の利用によって土地利用状況を把握する。

対象地域の詳細な計画・設計に当たっては、農用地の区分を作物あるいは地形別に細分して、詳細調査を行う。

## 2.7.2 調査結果の表示と土地利用適性評価

調査結果は土地利用現況図(縮尺1:2,000~1:50,000)として表示し、それぞれの利用区分の面積を算出する。さらに、現況の土地利用適性評価を行い、合理的な土地利用計画を策定する基礎資料とする。

土地利用適性評価のためには、タイ国農業協同組合省が確立した土地利用適性評価のための調査項目と土地分類基準を参考にする(表2.7.1参照)。

- 1) U-I : 畑作物にとって非常に良く適する土壌で、それらの利用を制限する因子がない。
- 2) U-II : 畑作物にとって良く適する土壌で、それらの利用を制限する若干の因子を持つ。
- 3) U-III : 畑作物にとって中程度に適する土壌で、作物の選択を減じたり、特別の管理を要するかの両方、またはいずれかを生じる中程度の制約を持つ。
- 4) U-IV : 畑作物にとって不適な土壌で、作物の選択を制限したり、非常に注意深い管理を要するかの両方、またはいずれかを生じる厳しい制約を持つ。

## 2.8 営農状況調査

### 2.8.1 目的

復旧事業計画地域における最適導入作物を選定するためと、その選定された作物の生産性を向上させるために調査を行う。そのためには、国家経済開発計画の基本長期計画、中期・短期計画と地域経済との関係及び対象地域の農業生産に関する調査を行う必要がある。

### 2.8.2 調査の方法

調査地域の自然条件(気象、土壌)と農業条件(土地利用、農家数と人口、農業生産、農業機械、農業振興支援組織、自然災害)についての資料を収集して整理分析する。

現地では災害時の被害状況を十分に把握し、その後災害が発生していないか実態調査する。また、農家聞き取り調査を行い、農家の農業技術レベルや営農に関する意向を把握する。

又、被災地域に導入した作物の生産性を向上させるための農業技術に関するデータを農業普及局を通じて入手する。

### 2.8.3 調査項目

#### (1) 農業条件に関するデータ

土地利用； 水田、畑、樹園地、牧草地、宅地、公有地

農業生産； 作付け体系(作物別作期、土地利用率)、各種作物(作物名、作付け・収穫面積、単収、生産量、投入資財、労働量)、家畜飼養頭羽数、畜産物生産量、農産物加工流通

農業機械； 機種別台数

農業振興支援組織； 農業試験場(研究部門、内容、組織人員)

農業普及所(組織人員、活動状況、担当農家数)

農業協同組合(組織活動状況、組合員数)

その他の農民組織(名称、目的、活動状況、参加農家数、指導機関)

農業金融(種類、融資の条件、融資の実績)

被災地で特に調査が必要なもの

- 土性；堆積土壌が各作物の栽培に適するかどうか、客土の必要性があるか。
- 有効土層の厚さ；果樹は100cm以上、畑作物と野菜は50cm以上あるか。
- 地下水位の深さ；果樹は100cm以上、畑作物と野菜(除根菜)は60cm以上あるか。
- 排水の良否；果樹や畑作物・野菜は透水係数が $10^{-8}$ cm以下であること。
- 酸度(pH)；大部分の作物はpH5.5~6.5の範囲内にあれば良い。
- 有効土層の物理性；固相率、気相率、保水性、緻密度、仮比重
- 有効土層の化学性；塩基組成(Ca, Mg,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  有効態リン酸)

作物の選定のために特に重要となる項目

- 気温(最高、最低°C/月)、降水量(mm/月)、蒸発量(mm/月)、熱帯性低気圧
- 農業人口(農業就業人口)
- 販売ルート(仲買人、共同集荷、協同組合等)

- 家畜(牛、豚、鶏、アヒル等)
- 農民の意向

## 2.9 用排水状況調査

### 2.9.1 目的

農地復旧・保全における灌漑・排水施設の復旧方法及び維持・管理対策の立案を目的とする。

### 2.9.2 調査項目

下記の項目について、既存の資料、各種地形図及び図面の収集、現場踏査、関連機関及び対象農家に対する聴き取り調査を行う。

#### (1) 用排水関係

- 用排水施設の被災要因・状況調査  
灌漑・排水施設に関する被災要因、破損規模・状況等について調査する。
- 洪水被害状況調査  
洪水の氾濫頻度・範囲・程度、土石流の被害、河道及び川岸の洗掘・堆積、農地・宅地における湛水深・時間・時期、流木・土砂の侵入・堆積の影響について調査する。
- 用水不足・被害状況調査  
年・月別の用水不足、過去に発生した干ばつ被害を把握する。
- 用排水系統・受益面積調査  
用水系統は水源、各種施設の運営、維持管理、行政管轄等により区分されることが多いことから、各区分・ブロックの面積等について調査する。排水系統は、河川、幹線排水路等に基づいて受益面積を調査する。
- 灌漑・排水方法  
灌漑について、既存の手法、灌漑水の他の目的への利用(例えば塩害溶脱)等、排水についてはその手法を調査し、適用可能な方法を検討する。

- 水源調査

現存の各種水源(降雨、河川、井戸、溜池等)を調査する。井戸、溜池等のような点在する水源構造物は設置箇所、支配面積、個数、所有体系・利用方法、形態・寸法(直径、縦・横・奥行、水深、深さ)をできる限り計測する。また、代表的なものを把握する。

- 用排水施設調査

用水については現存の取水、分水、導水、配水施設及び関連施設を調査する。排水については河川、排水路、ゲート、横断構造物等を調査する。

- 用排水計画諸元の資料調査

用水計算に必要な作物係数、間断日数、灌漑効率、灌水量、有効土層、有効降雨、水質等の既存データを収集する。

排水計画策定のために、河川、水路の縦・横断測量データ、近隣復旧事業地区の水理諸元等のデータを収集する。

(2) 関連分野調査

用排水計画策定に当たっては、次の関連分野調査によって必要なデータ・情報を収集する必要がある。

- 土地分級

復旧対象地区の詳細な土地分級は、土地利用計画及びそれに適した用排水機能の復旧・新規導入のために利用される。

- 営農・社会条件

現況の作付実績、作付率を調査し、復旧に対する農家の意向、近隣地区の事例、優良農家の実績、普及員の意見、市場・消費動向を把握する。作物の消費水量が灌漑施設の規模に影響する。

- 自然条件

水文・気象観測データから、雨・乾期の時期、期間を把握し、それに基づき各時期の降雨特性及び河川の流出特性を分析し、灌漑用水量及び排水量計算を行う。



## 2.10 社会生活基盤施設状況調査

### 2.10.1 目的

大きな災害の場合、農村生活機能の殆どが破壊されることが多い。そこで、災害再発防止及び農地復旧に向けて、復旧の対象となる社会生活基盤について現状を把握する。

### 2.10.2 調査項目

前述の他分野を参照しつつ、下記について調査し、各種資料を入手する。又、現地踏査を行う。

- 電気 : 被災状況、復旧計画・状況、普及率等
- 上水道 : 被災状況、復旧計画・状況、普及率等、利用形態
- 道路 : 村道、農道について下記のような詳細調査を行う。
  - a) 被害状況、復旧計画及び進捗状況
  - b) 雨期・乾期の路面状況、交通種類・量、走行性
  - c) 路線の種類、幅員、路床・舗装の種類、崩壊、崩壊危険箇所
  - d) 付帯構造物  
横断構造物(パイプ、カルバート、橋梁)、側溝、防護・安全施設、待避所
  - e) 復旧に伴う農作業機材、資材、農業生産物の運搬のための農道新設の必要性

### 2.10.3 調査結果のとりまとめ

以下の図面を作成し、調査結果としてまとめる。

- a) 基本計画策定に向けて1/50,000の図面に現況道路網、被災路線、区間、復旧した区間等を記入する。
- b) 詳細計画・設計に当たっては、作成した1/2,000～1/5,000の図面に詳細道路網、付帯構造物、災害発生危険箇所、整備・復旧の必要区間等を記入する。

## 2.11 農家経済・意向調査

### 2.11.1 目的

農家調査の目的は調査地域内の農家の農業生産構造、農家の社会経済状況、及びその農家の生活状況の現状、動向を把握し、併せて農業生産及びポストハーベスト支援事業、並びにプロジェクト事業等に対する農家の意向を把握して、事業の計画、立案に資することにある。

### 2.11.2 調査の方法

#### (1) 調査農家の標本数の決定

基本的には、統計学的に母集団の農家数から標本農家数を決める。しかし、実際には、調査予算、調査員数、調査期間、調査時期、立地条件等の諸制約があり、これらの諸制約を勘案して可能な範囲で統計学的標本農家数に近づけて標本農家数を設定する。

#### (2) 調査農家の選定

調査農家の配分の選定は、村・集落の選定とそれらの村・集落への配分農家数の決定を行い、次いで農家の選定を行う手順で実施される。この選定作業は、調査目的、事業目的を熟知し、かつ現地の事情、農家の状況に精通した国、県、郡及び村当局と十分に打合せし、その全面的な協力のもとに実施される。調査農家の選定は、原則として調査農家を経営階層別農家数に応じて配分し、アトランダムに抽出して行う。ただ、その場合、調査目的、事業目的の情報を得るには不適當な農業経営の農家とか、協力を得にくい農家とか、聴き取りにくい農家等を選定する恐れが生じることもあるので、集落の代表者等の意見を得てある程度有意に抽出して選定する。

#### (3) 予備聴取調査の実施

事前に予備聴取調査を実施することが望ましい。調査員が予め、本調査の前に調査地域、調査該当村の現地の予備知識を得ておけば、その後の本調査を順調に実施することが出来る。更に予備聴取結果に基づいて調査表を修正し、より現地に適した聴取調査表で本調査を実施することが出来る。

#### (4) 調査員団の構成

農家聴取調査は調査員の農家聴き取りによって行われる。従って調査員の聴取能力の高さと経験が問われる。調査予算、調査期間、調査時期、調査農家戸数等によって左右されるが、可能な範囲で熟練した専門家、あるいは大学の農業経済専門の教授等を団長とする専門家、あるいは大学関係者集団を結成することが肝要である。

#### (5) 農家聴取表の作成

調査計画又は事業主体者は予備聴取結果をも踏まえて関係当局、農家聴取調査員団との綿密な打合せのもとに、調査計画又は事業目的に沿った農家聴取表を作成する。農家聴取表の聴取項目は次の通りである。

#### 農家経済

- (a) 家族構成(家族の人数、地位、年齢、性別、学歴・教育水準、労働力構成、農業その他の就業先及び就業状態、及び世帯主の在村居住歴・移住元等)
- (b) 固定資本財及び固定家財目録(棚卸し) (家屋、建物、施設、機械、大型農機具、果樹園及び大型家財道具の現在価値、年減価償却費及び年修理費と、それらの農業生産充当分)
- (c) 土地の保有、利用状況(所有土地の制度上の所有権、土地価格、土地税、分散状況、所有・借地別区分面積及び借地の地目別借地料及び借地先、並びに作物別の利用面積、作付方式、立地条件、位置、通作距離、農業用水源、樹木令等)
- (d) 農業生産(1.・作物別・樹齢別の月別生産量、用途別配分量、庭先価格、生産額及び副生産物額、2.・農作業体系別・月別・購入自給別・種類別の投入物材料、即ち種子、苗木、肥料、農薬、動力光熱、その他諸材料の投入量・購入単価・購入費用・購入先、3.・水利費、賃貸料金、4.・農作業別・月別・雇用、家族労働、交換別の投入労働力の投入量、賃金、労働力費用、雇用及び交換労働力の供給源、5.・自家・借用別機械及び役用動物の投入量、賃貸単価、経費等)
- (e) 家畜の棚卸し(調査前年の年始と年末における種別・性別・年齢別頭(匹)数、評価額及び1年間の変動費…出生・死亡・喪失盗難・購入・販売・家計、消費別の頭(匹)数及び購入額、販売額、家計消費評価額、並びに種別・性別・年齢別飼育費用)

- (f) 農外収入(1.・農業雇用労働者として:農作業別・月別・場所別・単独、所有機械付き、動物付き別の労働日数、賃金単価、賃金収入、2.・非農業雇用労働者として:業種別・月別・場所別の労働日数、賃金収入、3.・自営業者として:業種別・場所別の年粗収入、費用、純収入、4.・所有資本財の賃貸収入:自己所有の資金・土地・農業機械・役用動物等別の賃貸収入)
- (g) 年金、被贈等の収入(年金扶助及び補助金等の収入、他出家族・親類縁者からの収入)
- (h) 家計費(購入・農産物等の自己生産物からの家計仕向け分類別の飲食費、住居費…減価償却費を含む、家計光熱費、水道料、家具費…大家具は減価償却費を含む、被服費、保険医療費、交通通信費…減価償却費を含む、教育費、教養娯楽費、その他雑費、臨時費)
- (i) 借入金の返済(借入の目的別・借入先の種類別…即ちBAAC、商業銀行、農業協同組合、商人、親類、近所の人等…・借入時期別・借入条件別…即ち借入利率借入期限、据え置き期間…の年度始め借入累積金額と新規借入元金、返済元金及び利子、年度末借入残高)
- (j) 税金(租税、公課諸負担)

#### 農家の意向

- (a) 復旧・保全事業に対する意向(農地の復旧・保全事業、土壌/土層改良事業、灌漑排水事業、農道事業等)
- (b) 農業生産増進支援事業に対する意向(農業栽培・機械技術の普及、流通、加工、信用及び優良品種増殖・植栽等支援活動、農業研究体制の強化等)
- (c) 畜産、水産、林業等への経営拡大意向の把握

#### 生活水準、生活環境の現状と改善意向の把握

- (a) 生活水準(家屋の構造、面積、飲料水、電気、光熱、便所、入浴等)
- (b) 生活環境(保険医療施設、公共施設、教養娯楽施設、買物市場等への距離、生活道路状態等)

### 2.11.3 調査結果のとりまとめ

#### (1) 農家経済

農家経済分析は最終的にはその農家の現在与件における総収入、総支出、農家経済余剰の情報を得て、その農家の経済的ステイタスを把握する事にある。標本農家数の分析結果を集積、整理することによって調査地域内の農家及び農家階層群の経済的ステイタスを把握することができる。そのために、分析過程において次の結果が得られるように取りまとめる。

- (a) 家族及び所帯主の特性、労働力構造、職業、就業状況、教育、識字
- (b) 保有土地の所有形態、土地利用、土地の立地条件及び位置、土地価格及び地代、経営農地の面積規模、作物及び樹齢別作付状況、作付方式、農業用水等
- (c) 作物別純収益及び所得の算出… (1. 作物別・樹齢別の生産量、配分先、生産額、副生産物額、2. 作物別・樹齢別の生産費及び経営費… a) 購入、自給別の物材料(種子及び苗木、肥料、農薬、燃料等)の投入量、費用、b) 雇用・交換・家族労働の投入量、費用、c) 水利費、賃貸料・料金、d) 建物、機械経費(作物別・樹齢別に配分された減価償却費及び修理費)、e) 作物別・樹齢別に配分された農業部門負債利子、f) 作物別・樹齢別に配分された固定及び流動資本利子、g) 作物・樹齢別の地代等、h) 作物別・樹齢別の純収益及び純所得の算出)
- (d) 農業部門純収益及び純所得の算出
- (e) 現金ベースの農業部門純所得の算出
- (f) 家族1人当たりの農業純所得及び農家純所得の算出
- (g) 自家農業労働力の1人及び1日当たりの労働報酬
- (h) 雇用、交換、家族労働別1ライ当たり農業投入量
- (i) 販売、家計仕向け分別家畜純収入の算出
- (j) 農外純収入(農業雇用、農外雇用、自営業等の純収入)
- (k) 農家(純)所得の算出
- (l) 年金、被贈等の収入
- (m) 農家総(純)所得の算出
- (n) 租税公課諸負担
- (o) 可処分所得の算出

(p) 購入、家計仕向け分別家計費(農業部門以外の負債返済金を含む)

(q) 農家経済余剰の算出

## (2) 農家の意向

農家生産基盤整備事業に対する希望及び農業生産、普及、加工、流通、信用等の支援活動に対する改善意向並びに畜産、水産等への経営拡大意向について、優先順位に従って整理し、それぞれについての農家の意向を把握する。

## (3) 生活水準、生活環境の現状と改善意向の把握

各質問毎に全調査農家の回答を階層別に集計整理して、具体的に階層別及び全農家の生活水準、生活環境の現状及び改善意向を把握する。

### 2.11.4 整備方針への提言

復旧・保全事業は調査地域における地域全体の農業生産、農家経済、農家生活の向上、改善に直接的、間接的に資することを目的に計画される。そのためには、調査地域におけるこれらの実態を的確に把握し、その上に立って立案、計画することが肝要である。農家調査はこれらの実態を把握する主要な手法の一つである。農家調査結果は地域における農業生産、農家経済、農家生活の向上、改善にとってどのような事業が必要かつ、効果的であることを示しており、その方向に沿って調査計画、事業計画が立案、計画されることが地域の実態に適し、望ましいことであることを指し示している。

なお、調査結果は事業計画の事業効果算定基礎資料、情報を提供し、かつ、事業の実施が地域の農家経済にもたらすインパクト、改善結果を計る道標となる。

## 2.12 環境影響調査

### 2.12.1 目的

農地復旧、保全計画の策定にあたり、事業実施に伴い具体的に発生する環境への影響を事前に予見し、環境への配慮が充分になされるよう調査を行う。

## 2.12.2 調査項目

### (1) 環境関連機関と法規制

タイ国に存在する環境関連機関(国家環境委員会、王立森林局等)と農業開発に係わる法規制(国家環境保全法、王立森林局の内規等)を確認し、事業の実施が違法とされないかを調査する。それに伴い、開発地区内の環境関連規制に関する区分図等(国立公園の位置図、国家環境委員会による流域区分図等)を収集する。

### (2) 現況調査

調査地区内とその周辺における社会生活環境、自然環境の現況を調査する。ただし、本事業は洪水による被災農地の復旧保全を目的としているため、現況とは被災後の環境である。

## 2.12.3 調査結果のとりまとめ

### (1) 初期環境調査

事業実施に伴い、上記(2)で調査した社会、自然環境に影響が及ぶと思われる点をチェックする。そのチェック項目としては、社会環境として1)社会生活、2)保険・衛生、3)史跡・文化遺産・景観等、自然環境として1)貴重な生物・生態系地域、2)土壌・土地、3)水文・水質等があげられる。実際に調査する時のチェック項目の参考として、国際協力事業団による初期環境調査用のチェックリストを添付する。

### (2) 環境影響評価

チェックされた項目について、その影響の度合いをランクづけする。その結果、事業実施により調査地区内外に生息する貴重な動植物へのマイナス影響が不可避であったり、事業実施後に自然・社会環境に多大のマイナス影響が考えられる場合は、復旧・保全事業の計画そのものを見直す必要がある。

また、タイ国内の環境保全法では開発の行為を行おうとする者は、その事業内容と規模によっては事前に環境影響評価のレポートを提出し、開発行為の承認を得る必要があると規定している。農地の復旧保全に関連した規定としては、以下のものが挙げられる。

事業内容	規模
- ダム・貯水池	容量 100百万m <sup>3</sup> 以上 貯水面面積 15km <sup>2</sup> 以上
- 灌漑面積	80,000ライ以上
- 国家環境委員会の規定した流域区分 1B内での開発	全規模

### (3) 環境保全対策

環境影響評価によりマイナス影響が出ると評価された項目については、地区内外の環境に充分配慮し何らかの対策を講じる必要がある。

表 2.6.1 土壌調査の方法

<b>A. 調査地点に関する一般情報</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 既存データの収集：地形図、土壌図、地質図。</li> <li>2. 調査地点の選定：調査地区内の地形区分にもとづいて、予備調査を行う。 調査は大型検土杖を用いて、堆積土砂の出現位置及び層厚、有機質層位の状態、土性、礫の種類及び量を概略的に把握する。その結果を参考にして、代表的地点を選定し、詳細土壌調査を実施する。調査終了後、分析用に試料採取を行う。</li> <li>3. 調査地点の番号：</li> <li>4. 土壌の名前：低次の分類単位がある場合は地域での呼称。</li> <li>5. 高次の分類名：USDA あるいは FAO による分類を用いる。</li> <li>6. 調査の日時：</li> <li>7. 標高：メートルで示す。</li> <li>8. 地形：a.地形上の位置 b.周辺の地形。</li> <li>9. 土地利用あるいは植生：</li> <li>10. 気候：</li> </ol>
<b>B. 土壌に関する一般情報</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 母材：</li> <li>2. 排水状態：a.極不良 b.不良 c.やや不良 d.やや良 e.良 f.やや過良 g.過良。</li> <li>3. 地下水位：</li> <li>4. 表面石礫及び露岩の存在：a.礫 b.石礫 c.標石。</li> <li>5. 侵食の形跡：a.水食 b.風食。</li> <li>6. 塩類あるいはアルカリの存在：a.なし b.わずかに影響 c.やや影響 d.強く影響。</li> <li>7. 人為：耕耘、かんがい、排水、基盤整備及び施肥など、管理作業の形跡。</li> </ol>
<b>C. 土壌断面の記載</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 層厚：ABC 体系による。洪水による土砂堆積が認められる場合、埋没表層土が現れる深さを確認する。堆積土砂の厚さ（t）は以下の区分で行い、土砂堆積分布図を作成する。  <math>t_1</math>：25cm &gt;  <math>t_2</math>：25 - 50cm  <math>t_3</math>：50 - 100cm  <math>t_4</math>：100 - 150cm  <math>t_5</math>：150cm &lt; </li> <li>2. 層界：a.画然 b.明瞭 c.判然 d.漸変。</li> <li>3. 土性：国際法の粒径分類による。</li> <li>4. 石礫：a.大きさ b.量。</li> <li>5. 腐植：a.なし b.含む c.富む d.すこぶる富む e.腐植土。</li> <li>6. 泥炭及び黒泥：a.なし b.あり c.量。</li> <li>7. 土色：マンセル表記の土色帳による。</li> <li>8. 土壌構造：a.形状 b.発達の種類 c.大きさ。</li> <li>9. 孔隙：a.大きさ b.量。</li> <li>10. 酸化沈積物：a.形状 b.量 c.コントラスト d.色。</li> <li>11. 土壌硬度：a.極疎 b.疎 c.中 d.密 e.極密。</li> <li>12. 可塑性：a.なし b.弱 c.中 d.強 e.極強。</li> <li>13. 粘着性：a.なし b.弱 c.中 d.強 e.極強。</li> <li>14. キュータン：粘土被覆、粘土皮膜、被圧皮膜及び鏡肌皮膜。</li> <li>15. 湿り：a.乾 b.半乾 c.半湿 d.湿 e.多湿。</li> <li>16. 植物根：a.まれ b.あり c.多 d.きわめて多。</li> </ol>

表 2.6.2 土壌解析の項目とその目的

---

A. 物理的項目

---

1. 有効土層厚：根域、水分及び養分保持力。土地の均平。排水、かんがい及び排水路の設計のために重要である。
  2. 有機質層の存在：土壌肥よく度及び土壌生物環境の把握。
  3. 粒径組成：土地単位同質性の確立。多くの特質を得る。
  4. 土壌構造及び孔隙：根圏環境、養分、水分と土壌管理。ナトリウム土壌の排水及び透水。過剰な塩類の溶脱。播種床及び土地の耕起。水田利用能力。侵食度。
  5. 浸潤割合：降水及びかんがい水の摂取あるいは流出。かんがい方法の選択。溝の長さ、あるいはため池の大きさ。スプリンクラーノズルの選択。侵食度。
  6. 透水係数：土壌排水、過剰水分及び塩類の除去。
  7. 有効水分量：残存水分と次期かんがい間の土壌水分バランス。かんがい方法と計画の選択。
  8. 塑性限界及び液性限界：鉱物及び物理的性質。
  9. 土壌強度、伸張性：造成作業の機械的強度。膨潤及び収縮。根の浸透。
- 

B. 化学的項目

---

1. 土壌反応 (pH)：アルカリ、酸性土壌の判定。養分欠乏及び毒性の把握。
  2. 炭素及び窒素：有機物含量及び管理。
  3. 電気伝導度：水溶性イオン濃度の状態。
  4. 陽イオン交換容量 (CEC) 及び塩基飽和度 (%)：養分保持力及び化学的な肥よく性の状態。
  5. 交換性陽イオン (Na, K, Ca, Mg)：塩基飽和度。
  6. 可溶性リン酸：リン酸の状態。
  7. 可溶性カリ：カリの状態。
- 

C. 鉱物的項目

---

1. 砂及びシルト画分：母材及び風化の程度。
  2. 粘土画分及び鉄アルミ酸化物：1:1型粘土鉱物は2:1型粘土鉱物に比較して、粘着性、膨張、収縮、表面積が小さい。
-

表 2.7.1 畑作物のための土地利用適正評価指針

調査項目	U - I	U - II	U - III	U - IV
制限層位の出現位置 - 基岩など	> 100 cm	> 75 cm	> 50 cm	> 25 cm
表層30cmまでの土性	壤土 微砂質壤土 埴壤土 微砂質埴壤土	砂壤土～重埴土	壤質砂土～ 重埴土	-
心土の透水性	良好	やや不良～ やや過良	不良～過良	-
土壤侵食可能性の傾斜限界(上限)	1～2 %	3～6 %	8～12 %	15～20 %
侵食の受け易さ(過去の侵食の影響)	特になし	なし～ややあり	なし～中程度	なし～甚大
耕作を妨げる礫、岩石の存在	きわめて少： 5 % 以下	やや礫質～ 石礫： 15 % 以下	礫質～ 中程度の石礫： 50 % 以下	礫質～中程度の 石礫、岩： 50 % 以下
肥よく性あるいは養分の状態	高～中程度	高～中程度	高～やや低	高～低
かんばつによる障害の危険性	小さい	小～中程度	-	-
過湿状態	湿潤時は作物の 収量あるいは選 択を制限	長期の湿潤は作 物の収量あるい は選択を制限	-	-
深さ1mまでの有効水分保持力	高い 15 cm 以上	高～中程度 10 cm 以上	高～低 5 cm 以上	-
土壌からの排水基準	良好～やや良	良好～やや良	やや過良～ やや良	やや過良～ 不良
洪水被害	洪水被害を被ら ない	5年間に1回以下 の被害	5年間に2回以下 の被害	2年間に1回以下 の被害
塩類濃度：EC (mS/cm)	< 1.0	< 2.0	< 2.0	< 3.0
30cm 以内の土壌反応 (1:1 H <sub>2</sub> O)	pH 5.5 - 8.0	pH 4.5 - 8.3	pH 4.5 - 8.5	pH 4.0 - 8.5

注：'U' は畑作物(Upland crop)の略

出典：Soil Interpretation Handbook for Thailand(MOAC, 1973)



表 2.12.1 一次スクリーニング用チェックリスト

Environmental Issues	Potential Significant Environmental Impact (When the proposed project is implemented, does the following occur?)	Evaluation	
		Yes	No Unknown
<p>I. Social Environment</p> <p>1. Socio-economic Issues</p> <p>The Project Significantly affects socio-economic activities in and around the Project site, such as daily human life, economic activities, transportation, community, institution, and customary practices.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planned residential settlement</li> <li>2. Involuntary resettlement</li> <li>3. Substantial changes in way of life</li> <li>4. Conflict among communities or people</li> <li>5. Impacts on native people</li> <li>6. Population increase</li> <li>7. Drastic change in population composition</li> <li>8. Changes in bases of economic activities</li> <li>9. Occupational change and loss of job opportunity</li> <li>10. Increase in income disparities</li> <li>11. Adjustment and regulation of water or fishing (riparian) rights</li> <li>12. Changes in social and instructional structures</li> <li>13. Changes in existing institutions and customs</li> </ol>		
<p>2. Health and Sanitary Issues</p> <p>The Project significantly affects hygiene in and around the Project area or induces water related diseases.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Increased use of agrochemicals</li> <li>2. Outbreak of endemic diseases</li> <li>3. Spreading of epidemic diseases (schistosomiasis, malaria, onchocerciasis, elephantiasis)</li> <li>4. Residual toxicity of agrochemicals</li> <li>5. Increase in domestic and other human wastes</li> </ol>		
<p>3. Cultural Asset Issues</p> <p>Some historically, culturally, aesthetically or scientifically important assets may be located in the Project site.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impairment of historic remains and cultural assets</li> <li>2. Damage to aesthetic sites</li> </ol>		
<p>II. Natural Environment</p> <p>4. Biological and Ecological Issues</p> <p>Some habitats for rare species or ecologically fragile areas are located in the Project or surrounding areas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Changes in vegetation</li> <li>2. Negative impacts on important or indigenous fauna and flora (extinction or decrease in species)</li> <li>3. Degradation of ecosystem with biological diversity</li> <li>4. Proliferation of exotic and/or hazardous species</li> <li>5. Destruction of wetlands and peatlands</li> <li>6. Encroachment into tropical rain-forests and wildlands</li> <li>7. Destruction of degradation of mangrove forests</li> <li>8. Degradation of coral reef</li> </ol>		
<p>5. Soil and Land Resources</p> <p>The Project significantly induces land devastation, soil erosion, soil contamination, etc..</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soil erosion</li> <li>2. Soil salinization</li> <li>3. Degradation of soil fertility</li> <li>4. Soil contamination by agrochemicals and others</li> <li>5. Devastation or desertification of land</li> <li>6. Devastation of hinterland</li> <li>7. Ground subsidence</li> </ol>		
<p>6. Hydrology and Air and Water Quality</p> <p>The Project significantly affects hydrological regime of river, lake and swamp, groundwater hydrology and air or water quality.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Changes in surface water hydrology</li> <li>2. Changes in groundwater hydrology</li> <li>3. Inundation and flood</li> <li>4. Sedimentation</li> <li>5. Riverbed degradation</li> <li>6. Impediment of inland navigation</li> <li>7. Water contamination and deterioration of water quality</li> <li>8. Water eutrophication</li> <li>9. Salt water intrusion</li> <li>10. Changes in temperature of water</li> <li>11. Air pollution</li> </ol>		
<p>7. Landscape and Mining Resources</p> <p>The Project significantly affects landscape or mining resources.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Damage to landscape</li> <li>2. Impediment of mining resources exploitation</li> </ol>		
<b>Overall Evaluation</b>			

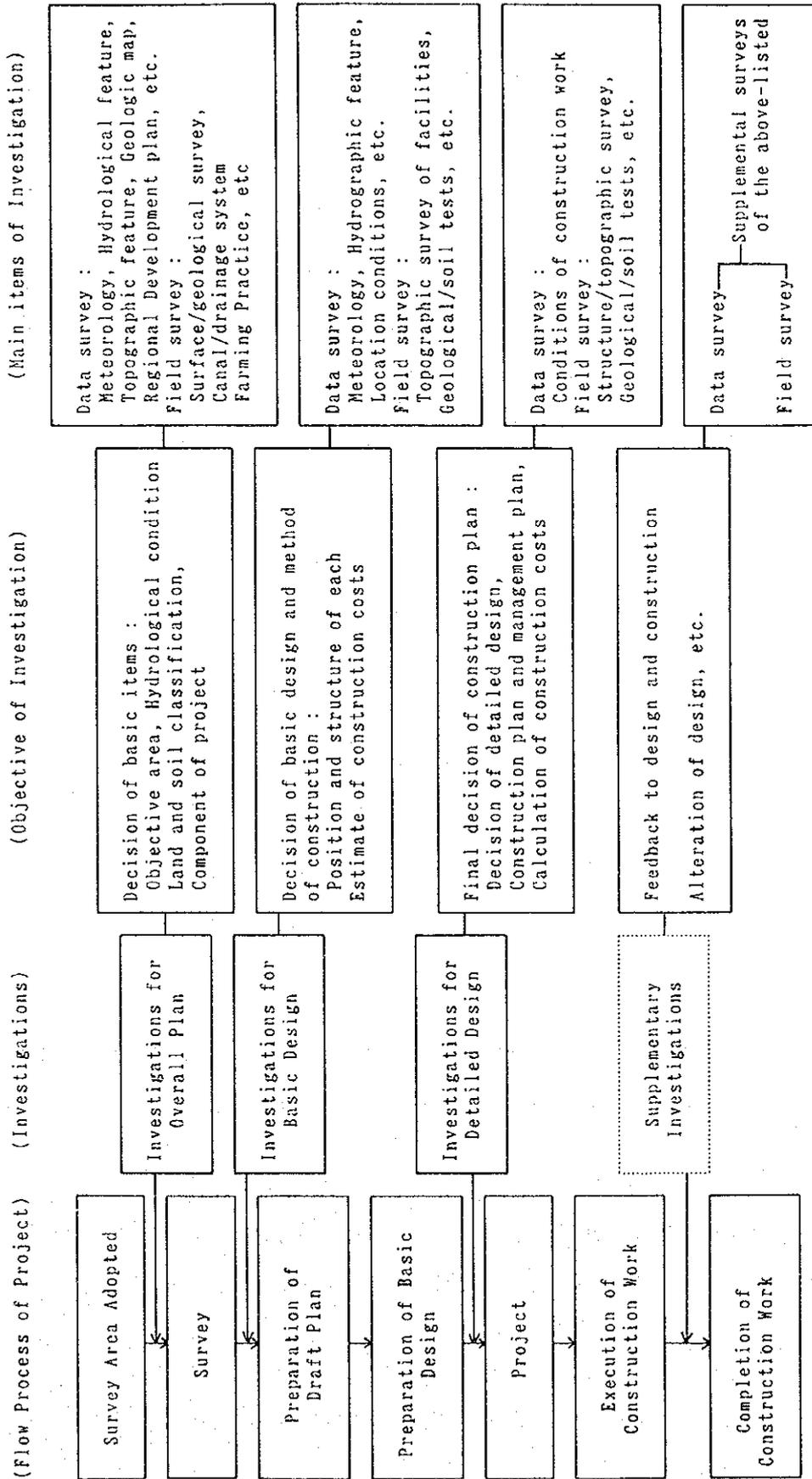
表 2.12.2 一次スコーピング用チェックリスト

Category of Environmental Impact	Evaluation				Evaluation base
	A	B	C	D	
<b>I. Social Environment</b>					
<b>I. Socio-economic Issues</b>					
<b>(1) Social Issues</b>					
1. Planned residential settlement					
2. Involuntary resettlement					
3. Substantial changes in way of life					
4. Conflict among communities or people					
5. Impacts on native people					
6. Others					
<b>(2) Demographic issues</b>					
1. Population increase					
2. Drastic change in population composition					
3. Others					
<b>(3) Economic Activities</b>					
1. Changes in bases of economic activities					
2. Occupational change and loss of job opportunity					
3. Increase in income disparities					
4. Others					
<b>(4) Institutional and Custom Related Issues</b>					
1. Adjustment and regulation of water or fishing (riparian) rights					
2. Changes in social and instructional structures					
3. Changes in existing institutions and customs					
4. Others					
<b>2. Health and Sanitary Issues</b>					
1. Increased use of agrochemicals					
2. Outbreak of endemic diseases					
3. Spreading of epidemic diseases					
4. Residual toxicity of agrochemicals					
5. Increase in domestic and other human wastes					
6. Others					
<b>3. Cultural Asset Issues</b>					
1. Impairment of historic remains and cultural assets					
2. Damage to aesthetic sites					
3. Others					
<b>II. Natural Environment</b>					
<b>4. Biological and Ecological Issues</b>					
1. Changes in vegetation					
2. Negative impacts on important or indigenous fauna and flora					
3. Degradation of ecosystem with biological diversity					
4. Proliferation of exotic and/or hazardous species					
5. Destruction of wetlands and peatlands					
6. Encroachment into tropical rain-forests and wildlands					
7. Destruction of degradation of mangrove forests					
8. Degradation of coral reef					
9. Others					
<b>5. Soil and Land Resources</b>					
<b>(1) Soil Resources</b>					
1. Soil erosion					
2. Soil salinization					
3. Degradation of soil fertility					
4. Soil contamination by agrochemicals and others					
5. Others					
<b>(2) Land Resources</b>					
1. Devastation or desertification of land					
2. Devastation of hinterland					
3. Ground subsidence					
4. Others					
<b>6. Hydrology and Air and water Quality</b>					
<b>(1) Hydrology</b>					
1. Changes in surface water hydrology					
2. Changes in groundwater hydrology					
3. Inundation and flood					
4. Sedimentation					
5. Riverbed degradation					
6. Impediment of inland navigation					
7. Others					
<b>(2) Water Quality and Temperature</b>					
1. Water contamination and deterioration of water quality					
2. Water eutrophication					
3. Salt water intrusion					
4. Changes in temperature of water					
5. Others					
<b>(3) Atmosphere</b>					
1. Air pollution					
2. Others					
<b>7. Landscape and Mining Resources</b>					
1. Damage to landscape					
2. Impediment of mining resources exploitation					
3. Others					

Note : A = significant environmental impact is unquestionably induced by the Project  
 B = significant environmental impact is likely to be induced by the Project  
 C = There is no environmental impact.  
 D = Not known or there likely to be no impact



図2.1.1 調査の手順



## 第3章 農地復旧保全対策

### 3.1 概要

被災した農地の復旧・保全計画策定に当たっての課題は、農地に堆積した木片、礫を含む砂質土壌の改良と、被災農地において被害を受けた農業基盤施設の整備及び復旧後の営農手法の確立である。土壌改良とそれに伴う営農計画は、土壌・水保全や土壌改良段階での地力を考慮した日常的な営農活動の一部として、農民レベルで適用可能なものでなければならない。又、施設整備に当たっては、その整備水準が国及び県の行政レベルで実施可能となるような対策をたてる必要がある。

農地の復旧と保全に向けて必要となる対策は以下のように取りまとめることができる。

#### - 土壌及び土層改良対策

堆積した土壌は一般的に貧土壌で低肥沃であることから、何らかの改良が必要となる。改良手法は土壌の性質、堆積土の厚さ及び導入作物によって異なる。

#### - 農業的対策

土壌/土層改良と共に作物の導入を図る場合に考慮すべき要因と栽培上の課題を明らかにし、対策をたてる。

#### - 灌漑対策

被災地域では一般的に1~5月の乾期に灌漑が必要となる。灌漑計画を策定するに当たって必要となる用水量計算、水源、灌漑手法等について検討する。

#### - 水系レベルの排水対策

被災地域を流下する河川がある場合には、河川からの洪水流入が農地被害を拡大する。従って、この被害を緩和するためには、排水改良対策をたてる必要がある。

#### - 圃場レベルの土壌・水保全対策

農地復旧後の圃場において、作物を導入し持続的な農業を行っていくためには、土壌流亡をおさえ、水保全を図っていく必要がある。

- 水系レベルの土壌・水保全対策

被災地域を含む流域全体で農地被害の拡大をおさえていくために必要となる水食防止対策で、一般的に土木工事を伴う場合は、その対策に係る費用が大となる。

- 農業支援対策

被災地において農業を再開するためには、農民に対する技術的支援や金融支援が必要となる。

農地復旧・保全は、これらのあらゆる分野からの対策が複合されたものとなる。

## 3.2 土壌及び土層改良対策

### 3.2.1 堆積土壌の農業利用に向けての分類

開発基本計画の策定に当たって、土壌調査結果に基づき土地分類を行う必要がある。

土地分類は、現地で調査された堆積土砂の層厚、土壌構造、砂礫層の有無、酸化沈積物の有無、表土の土性に基づき、5区分程度の基準を設定する。

基準設定に当たっての基本的な考え方は以下のとおりである。

- 1) 土砂堆積地域は果樹の再生または畑地として利用されるよう考慮すること。
- 2) 改良の難易度は堆積土砂の層厚に依存していること。
- 3) 石礫の含量、土性が土壌の物理化学性に大きく影響すること。

以上の現状認識から、土壌及び土層改良計画にあたっては作物の生育条件との関連から、堆積土砂の層厚を、以下の区分で分類することが有効となる。

クラス	層厚 (cm)	区分内容
I	25 >	堆積土砂が作土相当程度の深さ
II	25 - 50	堆積土砂が心土相当程度の深さ
III	50 - 100	堆積土砂が果樹の主要根群域相当程度の深さ
IV	100 - 150	堆積土砂が果樹の主要根群域を越える深さ
V	150 <	堆積土砂が果樹の根群域をほとんど越える深さ

### 3.2.2 土壌分析結果と評価基準

タイ国で用いられている主要な化学的肥沃性についての評価基準を表3.2.1に示す。この表によって堆積土砂の特性を明らかにし、改良手法を選定する。

表3.2.1 化学的肥沃性と評価基準

項目	数値区分	復旧地域の評価
1. 陽イオン交換容量 (me/100g)	- High more than 20 - Moderately high 15 - 20 - Medium 10 - 15 - Moderately low 5 - 10 - Low less than 5	
2. 有機物含量 (重量%)	- High more than 3.5 - Moderately high 2.5 - 3.5 - Medium 1.5 - 2.5 - Moderately low 1.0 - 1.5 - Low less than 1.0	
3. 塩基飽和度 (%)	- High more than 75 - Medium 35 - 75 - Low less than 35	
4. 有効態リン酸 (ppm. P)	- High more than 25 - Moderately high 15 - 25 - Medium 10 - 15 - Moderately low 6 - 10 - Low less than 6	

出典: Benchmark soils of Thailand, DLD in THAILAND and SMSS in USA  
(1987)

### 3.2.3 土壤改良対策

#### (1) 土壤改良対策の項目

農地の生産力は土壤の物理性、化学性及び生物性に依存している。そこで、ここではそれぞれの項目別に改良対策について列挙する(表3.2.2参照)。

表3.2.2 土壤改良対策

土壤改良対策項目	期待される効果
<b>1. 土壤の物理性</b>	
- 不耕起栽培	保水力の維持、侵食防止
- 有機物残渣によるマルチ	侵食防止、土壤構造の改善、水分保持量の増大
- 被覆作物の導入	土壤構造の維持
- 粘質土の客土	土壤構造の改善、水分保持量の増大
- 深根性作物の導入	侵食防止、土壤構造の発達
- 各種コンポストの施用	団粒構造の発達
<b>2. 土壤の化学性</b>	
- カルシウム資材の投入	土壤酸性の矯正
- 有機物残渣の連用	肥よく度の維持・増進、緩衝能の増大
- 化学肥料の施用	養分の供給、作物生産力の増大
- 緩効性肥料の施用	養分の持続的放出、作物生産力の増大
- 優良粘土の客土	養分保持力の増大、緩衝能の増大
- 各種コンポストの施用	緩衝能の増大
<b>3. 土壤の生物性</b>	
- マメ科植物の導入	空中窒素固定による窒素養分の供給
- 菌根菌(VA菌)	植物へのリンサン供給
- 各種コンポストの施用	土壤微生物の活性増大

## (2) 土壌改良方法

被災地域で一般的に適用可能な土壌改良方法は以下のとおりである。

### 1) 土壌の物理的改良

- 植物残渣(雑草・被覆植物の刈草、バナナの茎葉部)によるマルチ

方法：果樹の樹冠外縁部に沿ってサークル状に施用する

- マメ科植物の導入

方法：調査地域の近郊から種子を購入する

### 2) 土壌の化学的改良

- カルシウム資材の投入

方法：Arrheniusによる表から求める(各土性、腐植含量の土壌pHを1.0上昇させるための炭酸カルシウム所有量、CaCO<sub>3</sub> kg/ha・20cm)

(バナナサン及びランサカ地域では、下表から500~1,000kg/haを必要とした)

	低腐植	中腐植	高腐植
砂土	500	1,000	1,500-3,000
砂壤土	500-1,000	1,000-1,500	2,000-3,000
壤土	1,500	2,500	3,500
埴壤土	2,500	3,500	4,000
埴土	3,000	4,000	4,500
腐植土	4,000-8,000	-	-

- 有機物コンポストの連用

方法：植物、作物残渣による堆肥化を図る

- 緩効性肥料の施用

方法：調査対象地域の近郊から購入する

### 3) 土壌の生物的改良

- 植物残渣によるマルチ

- マメ科植物の導入

導入品種：・ナンバンアカバナアズキ (Phaseolus lathyroides L. Thua phee, named in Thai.)

・ムラサキチョウマメドキ (Centrosema pubescens Benth. Thua lai,  
named in Thai.)

・クロバナツルアズキ (Phaseolus atropurpureus Moc. Siratro,  
named in English.)

### 3.2.4 土層改良対策

#### (1) 土層改良対策

土層改良は表土あるいは下層土に機械的作用を加えたり、他から良好な土壌あるいは改良材料を搬入・添加したり、あるいは除礫を行うことにより土壌の構造を改良することを言う。

一般的に適用される土層改良対策は以下のとおりである。

##### 1) 岩石、大礫、倒木の除去

- 果樹、作物の根圏内に石礫が多量に存在する場合、根の健康は損なわれ生育傷害と収量低下を招くことから除去する。

##### 2) 混層耕

- 堆積土砂厚が比較的薄い場合、埋没腐植層との混層が可能で地力回復にとって有効な手法である。

##### 3) 粘質土壌の客土

- 改良地域の近郊に分布する粘質土壌の客土は、養分保持及び水分保持力の増大、緩衝能力の増大を促すことから砂礫質土壌の改良に有効である。

##### 4) 堆積土と粘質土の混合による客土

- 果樹の植栽が放棄されている地域にはこの方法を適用する。すなわち、植栽する範囲を予め40~50cmの深さで掘り除礫した後、堆積土と粘質土を混合し再度円形状に客土する。

##### 5) 全量置換

- 植栽する植え穴部分の土砂堆積物を除去し、全量を良好土壌と置き換える。

##### 6) 高畝の造成

- 調査対象地域内で、一時期湛水する可能性のある果樹栽培地域に適用する。この際、埋没表層土は保全し果樹の植え穴部分に還元する。

## (2) 土層改良方法

パンナサン及びランサカ地域で適用された土層改良方法は以下のとおりであった。

- 1) 岩石、大礫、倒木の除去
  - 改良範囲は直径4mの円形で深さ50cmとする。
- 2) 混層耕
  - 改良範囲は直径4mの円形で深さ50cmとする。
- 3) 粘質土壌の客土
  - すでに果樹を植栽した地域に適用する。改良範囲は樹木を中心に直径4mの円形で厚さ30cmとする。
- 4) 堆積土と粘質土の混合による客土
  - 改良範囲は樹木を中心に直径4mの円形で厚さ50~100cmとする。
- 5) 高畝の造成
  - 高畝の高さは工事費や植栽後の維持管理から50cmを限度とする。

土層改良にあたっては地域外から良好土壌を入手する必要があることから、客土の方法(厚さ、範囲)等から算出された投入量に見合う土壌が入手可能かの土壌調査を行う必要がある。その場合、採取地点などの調査を行い、あらかじめ土壌の物理、化学的諸性質について分析を行っておくのが望ましい。

### 3.2.5 各改良方法の適用

土壌及び土層改良は、植栽地点の堆積土砂厚によって異なった方法が取られる。従って、土壌調査、土地利用状況の調査結果及びそれに基づいて立案される土地利用計画に応じた手法を適用することが重要である。

一例として、ランサカ地区の土地利用計画に基づいた堆積土砂厚別の改良方法について示す(表3.2.3参照)。

### 3.3 農業的対策

被災地の農地復旧・改修後の導入作物として、果樹及び畑作物が考えられるが、各作物の導入に当たっての条件と営農上の問題点は以下のように要約される。

#### 3.3.1 果樹栽培

どのような土性の土壌がどのくらいの厚さに堆積しているかということが、排水の良否、養分の豊否などに重要な影響を与えるが、根群域の大小に与える影響が最も重要である。

特に果樹などの永年性作物は、利用できる土壌の容積の大きさが栽培上重要な要因となる。土性が礫質の粗砂堆積土壌である場合は、果樹、畑作物及び野菜の生育は困難となるので、新たな土壌を客土する必要がある。また、ランサカ地区の場合のように、土性が礫をほとんど含まない細砂あるいはシルト質堆積土壌である場合には、土壌の水分保持力と養分の供給及び保持能力が小さいので、少量の客土か有機物の施用が必要である。

果樹の生産性を向上させるためには、根群域の深さとpHの矯正が重要である。

#### (1) 根群域の拡大に及ぼす要因

##### 1) 有効土層の厚さ

- 150 cm 以上 ; 理想的な土層深で高位生産が可能である。
- 100~150 cm ; 適切な土層深で適度の生産力がある。
- 50~100 cm ; 限界土層深で生産力はやや劣る。
- 50 cm 以下 ; 不適な土層深で果樹栽培には不適當である。

##### 2) 地下水位の深さ

- 150 cm 以上 ; 最適水位
- 100~150 cm ; 適水位
- 50~100 cm ; やや不適な水位
- 50 cm 以下 ; 不適當水位

### 3) 排水の良否

透水係数 (cm)	> 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup> ~ 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> ~ 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup> ~ 10 <sup>-7</sup>	< 10 <sup>-7</sup>
透水度	高い	普通	低い	非常に低い	不透水
果樹栽培	好適域		やや不適	不適	不適

### 4) 酸度

- 最適酸度 ; pH 5.5 ~ 6.5
- 適度の酸度 ; pH 5.0 ~ 5.5、pH 6.5 ~ 7.2
- やや不適當酸度 ; pH 4.5 ~ 5.0、pH 7.2 ~ 8.0
- 不適當な酸度 ; pH 4.5以下、pH 8.0以上

### (2) 有効土層の改善の目標 (根の発根と伸長並びに活動が良好となる条件)

- 1) 固相率は50%以下になるようにする。
- 2) 空気率は17%以上になるようにする。
- 3) 保水力は全土層で80 mm以上を確保する。
- 4) 主要な根群域の緻密度は22 mm以下 (山中式硬度計)にする。
- 5) 仮比重は1.35以下になるようにする。

以上の土壤条件を作るためには、深耕、客土 (頁岩等) 及び有機物施用によって土壤改良しなければならない。この場合、主要根群域の厚さは少なくとも60 cm以上確保する必要がある。

- 6) 土壤中の塩基組成は、Ca 250mg/100g 以上、Mg 250mg/100g 以上、K<sub>2</sub>O 15~50 mg/100g、Mg/K<sub>2</sub>O比は1以上とする。
- 7) 有効態リン酸は100mg/100gとなるようにする。

塩基は、単独肥料か配合肥料で施用する。有機物 (鶏糞堆肥) 施用によって不足分を補強する。

### (3) 栽植法による生育促進法

- 1) 間作 ; 果実が収穫できるようになるまでの経済性を考慮して、トウモロコシ、落花生、緑豆、サツマイモ、チリ、スイカ、南瓜、茄子、胡瓜、生姜、ダイコン、16ササゲ、

アスパラガス、パイナップル等を樹間に作付て地力増強を図る。しかし、粗砂質土壌での間作は難しい。

- 2) 混作; マンゴスチーン、ロンコンは、幼木の時には被蔭樹が必要であることから、バナナ、ゴム、ランブータン、ドリアン、竹等を前もって植栽する。
- 3) マルチ; 浸食防止、土面蒸発の抑制、地温上昇を防止するために、樹下にマルチ作物としてマメ科のアルファルファー (alfalfa) とクズ芋 (yam bean) 等を作付けて、地力増強と土壌/土層改良を図ると共に家畜の飼料として用いる。また、ヤシの葉や実穀を敷き詰める。

### 3.3.2 畑作物と野菜栽培

畑作物と野菜の生産を向上させるに当たっては、根群域の深さと団粒組織の発達程度、並びに酸度の矯正と気温が重要な要因となる。

#### (1) 畑作物並びに野菜の生育に及ぼす要因

##### 1) 各作物に必要な根群域の深さ

深さは一般畑作物は50cm以上、茎葉菜50cm以上、果菜50cm以上、短根根菜60cm以上、長根根菜80cm以上が必要である。有効土層が25cm以下の場合は生育が極めて悪く、生産が不能となる場合がある。また、根菜類を除いた畑作物と野菜は、作土層が25cm~50cmであれば普通の生産が上げられる。ただし、有効土層の団粒組織の発達が重要である。

##### 2) 地下水位の深さ

畑作物及び野菜は地下水位が100cm以上あれば理想的であるが、根菜類を除いた野菜と畑作物は60cm以上が必要である。

##### 3) 排水の良否

果樹と同様である。

#### 4) 酸度 (pH)

作物によって異なるが、一般にpH 5.5~6.5の範囲であれば良いと考えられる。

#### 5) 気温

作物選定に当たり、重要な要因となる。高温に強い作物は、例えばトウモロコシ、ソルガム、キャッサバ、オクラ、チリ、スイカ、ショウガ、ラッカセイ、緑豆、サツマイモ、ケール等である。バンナサン地区とランサカ地区の場合は、気温が25°C~35°Cであるから、低温を好む馬鈴薯、玉葱、キャベツ、白菜、レタス等は不適応である。境界線上にある作物の場合は地域の年間の気温変動を考えて作付け時期を決定する。

### (2) 有効土層の改善目標

- 1) 作土は25cm以上とし、固相率50%以下、気相率17%以上、緻密度は22mm以下(山中式硬度計)、仮比重1.35以下を果樹と同程度かそれ以上に改良する。
- 2) 主要根群域の有効水分は20mm~40mm以上とする。
- 3) 土壌中の塩基組成は、果樹の基準と同等とする。

### (3) 栽培法による改善対策

- 1) ナス科、ウリ科、マメ科などの同一作物を連続して栽培すると、連作傷害が発生するから、イネ科→マメ科→野菜の輪作体系を組む。
- 2) 肥料はタイ国では高価であるため、マメ科作物と一般畑作物や野菜と混作する。また、家畜や家禽を飼育して堆肥を造り施用することが重要である。
- 3) 病虫害は生態的防除を行う。
- 4) 砂地土壌に適する作物は、根菜類(ニンジン、ダイコン、サツマイモ等)、茎菜類(アスパラガス、ショウガ、ワケギ等)、果菜類(スイカ、メロン、カボチャ、キュウリ、チリ、ナス等)、豆類(ラッカセイ、一六ササゲ等)、畑作物(スイートコーン、アワ、クズイモ、アルファルファ等)である。

表3.3.1に作物選定に当たっての要因と作物の適応性を示す。

### 3.4 灌漑対策

#### 3.4.1 灌漑の必要性

復旧した農地では、土壌改良により栽培条件は向上するが、水供給不足が考えられるので、導入される果樹、畑作、特に苗期に対して灌漑対策をたてる必要がある。灌漑対策を講じる場合、下記のような検討が必要である。

##### (1) 作物消費水量

作物の消費水量 (ETc) は修正ペンマン法によって求めた蒸発散量 (ETo) で評価する。

$$ETc = Kc \times ETo$$

Kcは作物係数で、タイ国では下記の数値が用いられている。気象データは測候所の気象資料を用いる。

代表的果樹の作物係数 (Kc)

成 育 段 階	果 樹		
	ドリアン	ランブータン	マンゴスチーン
Development of branches	0.60	0.60	0.60
Flower stimulation	0.0	0.0/0.60	0.0
Development of flowers	0.75	0.75	0.75
Pollination stage	0.60	0.75	0.75
Development of young fruits	0.60	0.80	0.80
Development of fruits	0.85	0.85	0.85
Mature	0.75	0.85	0.85

##### (2) 有効雨量

灌漑の必要性の判定は、作物の消費水量と有効雨量との関係で求められ、作物の消費水量が有効雨量を上回るときは灌漑を行う必要がある。ここで、畑地灌漑における有効雨量とは、畑地に降った雨のうちで作物の生育に有効に利用される雨量として定義され、これは土壌条件、作物条件、降雨強度により左右されるものである。有効雨量は、下限値から上限値の範囲にある降雨のうち、その80%が作物の生育に関与するものとされている。

ここで有効雨量の下限値とは、仮に降雨があってもその量がわずかであるために、土壤中に貯留されず、作物の生育に有効に利用されない雨量のことを意味する。この有効雨量の下限値は、土壌の透水性、作物の種類、栽培管理により一概に決定できない要因もあるが、一般には灌漑を必要とする期間中の蒸発量を目安として求められることが多い。被災地域における灌漑期間中の蒸発量は気象庁の実測データより4~5mmであり、この程度を有効雨量の下限値として見込むことが望ましい。

有効雨量の上限値とは、一度に大量の降雨があった場合、土壌表面から地表水として流出したり、また重力水として地下水として流出し、土壤中に貯留されず、作物の生育に有効に利用されない雨量のことを意味する。本ガイドラインでは、有効雨量の上限値は全容易有効水分(TRAM)までとする。

これにより、有効雨量は次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} 0 < R < 5 \text{ の時、} & \quad E.R. = 0 \text{ (mm)} \\ 5 < R < \text{TRAM} \text{ の時、} & \quad E.R. = 0.8R \text{ (mm)} \\ R > \text{TRAM} \text{ の時、} & \quad E.R. = \text{TRAM} \text{ (mm)} \end{aligned}$$

ここに、  $R$  : 日降雨量 (mm)  
 $E.R.$  : 有効雨量 (mm)

表3.4.1は、有効雨量の下限値を5mm、上限値を40mmにした場合の、1991年のパンナサン地区の雨のデータより、有効雨量の計算を行った事例を示している。

### (3) 有効雨量における確率年の考え方

灌漑に必要な水量は、有効雨量の多い年には少量でよいが、有効雨量の少ない年には多量の水が必要となる。このため、どの程度の渇水に対応する計画とするのが、計画上重要な問題となり、これは対象とする作物、妥当投資額、類似する事業との関連等から総合的に決定すべき問題である。

具体的には、日雨量データから有効雨量を求め、それを合計することにより年間に発生する有効雨量を算出し、それがどの程度の確率年に相当するのかを検討する。これにより、ある頻度で発生する干ばつに対応する灌漑必要水量を求めることが可能となる。このためには、長期間、最低でも10ヵ年以上の雨量データを基礎に判断することが望まれる。

表3.4.2は、バンナサンを事例にとり過去20年の雨量データから有効雨量を求め、それがどの非超過確率年に相当するかを示したものである。

表3.4.2 バンナサンの有効雨量と確率相当年

年	有効雨量	確率相当年	年	有効雨量	確率相当年	年	有効雨量	確率相当年
1971	1,085.6	2年	1979	1,428.6	2年以下	1986	1,271.7	2年以下
1972	991.7	3年	1980	1,537.8	2年以下	1987	1,040.5	3年
1974	1,257.1	2年以下	1981	1,339.4	2年以下	1989	1,223.5	2年以下
1975	480.8	157年	1982	2,818.4	2年以下	1990	995.1	3年
1976	913.8	4年	1983	1,892.6	2年以下	1991	1,052.4	3年
1977	1,365.0	2年以下	1984	876.0	5年	1992	1,049.9	3年
1978	1,317.8	2年以下	1985	720.6	11年			

確率年の計算方法は様々あるが、ここでは水文事象によく用いられる対数正規分布による手法(岩井法)を用いている。これにより、例えば2年に一度の干ばつに対応する灌漑計画を立てるのであれば、1971年を計画基準年とすれば良い。

#### (4) 灌漑の必要性

上記の(1)作物消費水量と(2)有効降雨から、特に乾期において月別の作物消費水量と月平均有効降雨量との差から用水量の過不足を把握し、灌漑の必要性を確認する。灌漑が必要と認められた場合、灌漑対策をたて、水源、灌漑方法、灌漑施設等を計画する。

### 3.4.2 水源計画

灌漑用水の水源には、降雨、河川、地下水、溜池、井戸等が考えられる。

#### (1) 河川の利用可能量

調査地区内に河川流量の実測したデータがあればそれを入手し、また実測データが無い場合には地区近傍の実測データを入手する。この場合、地形条件や土地利用条件が類似し、河川流量に相関が認められる河川のデータを入手することが重要である。雨量データと同様、最低でも10年以上の雨量データを入手することが必要である。

河川の利用可能量を把握するために、まず最初に入手した河川流量のデータから各月にどの程度の流量があるのかを算定する作業を行う。この場合、各月別に日平均流量を小さい順に並

べ、15番目の流量をその月に利用できる河川流量とする。ここで得られた数カ年分の月別の河川流量に対し確率計算を行い、確率年に相当する月別の河川流量を算定する。ここで得られた月別の河川流量は、流量観測を行った地点のものであるため、これを比流量に換算し水源となる地点での流域面積を乗じることにより、計画取水地点での利用可能量を算定する。

ここで求められた利用可能量と、作物の消費水量と有効雨量との関係から求まる灌漑必要水量との関係から、灌漑可能面積を推定することができる。灌漑可能面積が計画灌漑面積よりも小さい場合、取水地点の変更や他の水源として地下水や溜池を利用することを考慮する必要がある。

## (2) 水源施設

### 1) 取水堰

取水堰は河川を水源とするので、計画地点における河川の利用可能量から灌漑可能面積を求めることができる。計画において、現存の堰を最大限に灌漑計画に組み入れる。取水堰を計画する際、計画候補地点の地質、地形、灌漑可能面積、受益地との地理的關係、堰の構造、取水・導水計画、便益・経済性、代替案等が主な検討項目となる。

### 2) 溜池

被災地域周辺では既に多くの溜池による水源の確保が行われていることから、溜池は簡易かつ経済的な水源である。地下水位変動の激しい所では乾期において水源としての安定性が低くなるので、非灌漑時間帯の河川の無効放流をポンプ等により導水して貯留する。この場合、河川水源の取水及び溜池までの導水計画が必要である。

受益面積(用水量)により溜池の規模が決定されるが、一般的に、規模を大きくすることができないので、対象地域では約 $50\text{m}^3/\text{日}/\text{ha}$  ( $5\times 5\times 2\text{m}$ )程度を目安とする。

### 3) 井戸

井戸による水源の確保は基本的に溜池と同じであるが、特に、土壌の透水性が高く、地下水位が浅く、水位変動の小さいところでは水源としての安定性は高い。しかし、河川水源や溜池のように大きな貯留機能はない。例えばランサカ地域の場合、直径1m、深

さ5~6m、水深2~3m、透水係数 $1 \times 10^{-4} \text{m}\cdot\text{s}$ と考えると、約0.3 haを灌漑することができ  
きる。

### 3.4.3 灌漑方法

#### (1) 灌漑方法の決定

樹園地を含む畑地の灌漑方法を大別すると、地表灌漑、地下灌漑及び散水灌漑に分けられる。地表灌漑は用水を地表から給水する方法で、畝間灌漑、越流灌漑、ボーダー灌漑、水盤法灌漑等に分けられる。散水灌漑は地上に散水する方法で、スプリンクラー灌漑、多孔管灌漑などがある。地下灌漑は地下に導水して、毛管作用により根群層に給水する方法である。

灌漑方法は一般的に下記の検討により選定する。

自然条件：地形勾配、気候の季節変化(雨期、乾期、風等)、土壌タイプ

Intake rate、Basic Intake rate (BIR mm/hr)

ピーク蒸発散量

営農条件：圃場区画の大きさ・形状、営農体系、水管理組織・能力、既存の灌漑方法・経験、農家意志、近隣事例、普及員の意見、灌漑効率、幹・支線水路の間断通水の有無、末端区画のローテーション灌漑の可能性

経済条件：水管理能力・労力、建設資材、灌漑対象作物の市場・消費動向

土壌、地形、水源、果樹、畑作物、農家の経験、既存の灌漑手法等を考慮すると、復旧・保全後の灌漑手法として、畝間灌漑とスプリンクラー灌漑が考えられる。

畝間灌漑の設計において、圃場におけるインタークレート、畝長、畝流量の決定が最も重要である。用水が有効根群層を完全に満たし、有効根群層より下方への無効浸透をできる限り少なくするように、畝長、流量、勾配、給水時間を決定する。

スプリンクラー灌漑は、施設により、

- 固定式(主・支管全部を地下埋設、施設費は高い、労働節減的、大規模散水)
- 半固定式(主管は埋設、支管は可搬、支管、散水器の数量節減、大規模散水)
- 可搬式(主・支管と施設の大部分は可搬、小規模散水)

散水器により、

- 低圧式 (0.35~1.0kg/cm<sup>2</sup>、散水直径小、散水強度大、水滴大)
- 普通圧式 (1.0~2.0kg/cm<sup>2</sup>、広範囲な散水直径と散水強度)
- 中間圧式 (2.0~4.2kg/cm<sup>2</sup>、散水直径20~40m)
- 高圧式 (4.2~7.0kg/cm<sup>2</sup>、散水直径40~70m)

に分けられる。

ランブータン、マンゴスチーン、ドリアン等の果樹の灌漑施設はその灌漑規模によって固定式から可搬式いずれも利用可能である。又、散水器は樹下への灌漑であることから、低圧式が適当であると判断される。

## (2) 現地資材調達

スプリンクラー灌漑の資材としてポンプ、塩ビパイプ、スプリンクラーが考えられる。被災地域ではスプリンクラーによる灌漑の経験があり、高圧スプリンクラー以外は殆どの資材は地域周辺から入手可能である。

## 3.5 水系レベルの排水対策

### 3.5.1 被災地域の特性

#### (1) 水文特性

被災地域の多くは、山間部から平野部への移行部に位置している。このような場所を流れる河川の勾配は急で、洪水の到達時間は短い。このような河川は、短時間にピーク流出を迎え、短時間に流出が完了するという流出特性をもっている。つまり、山地内に降った大量の降雨が一度に流出し、洪水を引き起こしやすい水文的な要因をもっている。

#### (2) 水理計算

(1)の水文特性を考慮し、河川の水理的検討により洪水特性を把握する。

河川の水理的特性を検討する方法には定流・非定流、等流・不等流法がある。施設計画では等流をよく用いるが、河川の排水対策の場合は不等流解析等による場合が多い。この検討には河

川の縦・横断のデータが必要である。

表3.5.1にバンナサンにおける不等流解析の結果を示す。

### 3.5.2 排水改良

#### (1) 河川改修

被災後土砂の堆積により河川の流積は狭くなり、より小さい洪水流出でも氾濫が発生する頻度は高くなる。時間の経過とともに、河川勾配は安定方向に向かうが、河川改修による流積の拡大、極端な湾曲箇所の改良等が排水改良として必要となる。しかし、下流の構造物の流下能力が改良のネックとなることが多い。水理検討によって被災地の河川が洪水を安全に排水することが不可能と考えられる場合は、浚渫による河川改修や堤防等による洪水侵入防止策を計画する。河川断面を検討するための基準流量は一般的に1/10~1/50年確率流量を用いる。

図3.5.2にバンナサン及びランサカ地区の堤防案を示す。

#### (2) 農地排水対策

土砂の堆積により農地面が高くなり、排水条件が改良される場合がある。復旧後果樹・畑作物を導入する場合、排水条件として1/10年確率降雨による地表流出の排水を考える。農地の排水改良は明渠排水路による地表水排除のほか、高畝による方法が考えられる。又、農地の排水をより良くするために、排水路と道路との交差点において横断構造物を計画することが重要である。暗渠排水は土壌の透水性に左右されるが、経済的負担が高くなり被災地域では一般的でない。

#### (3) 背後地からの排水対策

地区外背後地からの地表流出が対象地域内の農地に侵入しないように、承水路による遮断を計画しなければならない。

## 3.6 圃場レベルの土壌・水保全対策

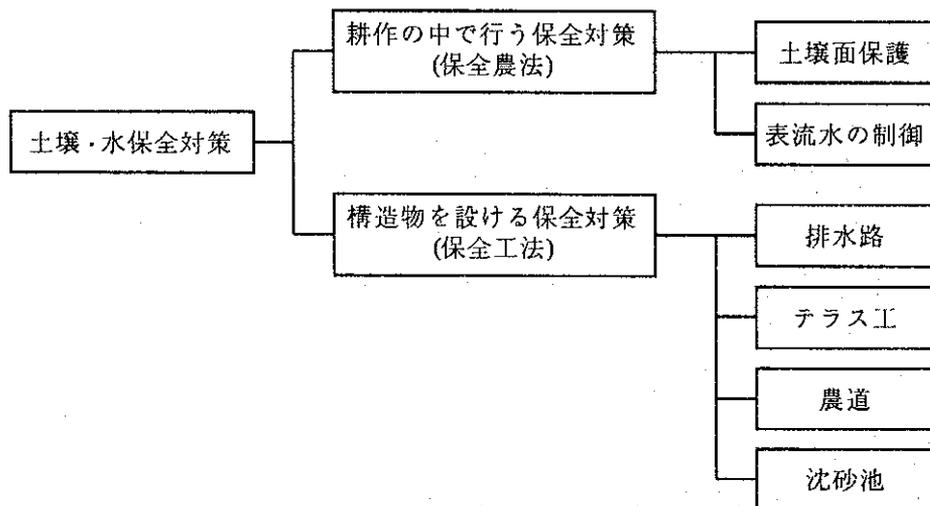
### 3.6.1 基本方針

農地復旧後の圃場において、持続的な農業を行っていくためには、表流水の流出を制御し、表層の土壌流亡の防止を図りながら土壌・水保全を行っていくための対策が必要である。被災

地域において土壌流亡は、降雨によって起こる。しかし、その程度は、土壌、圃場の植被、地形条件及び耕作方式などの多くの要因によって異なる。

土壌・水保全を目的とした農地保全技術には、営農活動の過程で行っていくものと、土木構造物を設けて行うものがある。営農の過程の中で行う対策は保全農法と呼ばれ、① 土壌面保護、② 表流水の制御に大別される。これは、被災地域にみられるような多降雨に対して、圃場の土壌面をどのようにして保護するのか、又、降雨により生じた圃場面の表流水が土壌の流出を伴わないようにするにはどうするのか、というような農地の面処理の技術で、基本的には農家が日常的な営農活動の中で行うものである。

一方、土木構造物を設けて行う対策は、保全工法と呼ばれ、表流水の制御を目的としている。すなわち、圃場面から流出し、徐々に集水した流出水をどのようにして安全に下流まで流すのかの線的対策で、構造物の建設が主体となるので投資を伴うことから、公的機関による対策といえる。



### 3.6.2 耕作の中で行う保全対策 (保全農法)

#### (1) 土壌面保護

土壌面保護は土壌・水保全対策の中で最も基本的なもので、農家自身の自助努力によって行うことが可能な圃場の土壌面における地被の管理である。

### 植栽による土壌面の地被

土壌侵食を受けやすい土壌面に、多年性の牧草や被覆作物の耐食性作物を植栽する。この場合、雨期の期間中に土壌面が露出しないように、作物を選定したり作付体系を計画する必要がある。被災地域ではCentrosine、Caloapsgonium及びKudzuが有効である。

### 間作・混作

土壌面の不十分な植被を補うために、受食性作物の間に被覆作物や牧草を混植する方法である。特に豆科の多年草を混植すれば、収穫後における農地の土壌面被覆につながり、土壌中の窒素固定や鋤込みによる緑肥にも役立つ。ただし、混植作物による作付作物との水分競合には十分留意する必要がある。

### マルチング

作物の播種や植え付け直後、あるいは収穫後の土壌面が裸地状態にある時に、強い雨があると土壌流亡が発生しやすい。そこで、このような土壌侵食を防ぐために土壌面を現地で入手しやすい、例えば、わら類、刈草等の安価な材料で被ってやる必要がある。

### (2) 表流水の制御

これは、作物の作付方向や栽培方法によってできるだけ土壌の流動をおさえることを目的としたもので、被災地域で考えられる基本的対策には次のものがある。

### 畝立て

圃場の耕作面に列状に畝と溝をつくり、雨水による耕地面の侵食を防ぐ。等高線方向に畝を立てる横畝栽培が、土壌保全の観点から最も効果的である。しかし、部分的な排水不良による畝の決壊を防ぐためには、流水方向に対して緩やかな傾斜をもたせる必要がある。

### 承水溝

被災地域のような雨期の降雨の多い地域で、圃場内の過剰水をできるだけ適切に保持/排水するために圃場内に承水溝を設ける。又、圃場面に上流域からの排水が流れ込まないように、斜面の途中に承水溝を設けて耕地外に雨水を導くことがある。承水溝を掘る場合、その間隔と勾配は、土壌侵食に対する限界勾配と流水の許容流速から決定される。承水溝は普通、土水路あるいは草生水路である。

### 等高線栽培

等高線栽培とは、作物を等高線に沿って植え付ける土壌浸食防止には最も効果的な栽培方法である。作物を等高線に沿って列状に作付けする時、表流水が緩勾配で緩やかに流下できるように畝と溝を設定する必要がある。等高線栽培が土壌保全の効果を十分に発揮した場合には、圃場からの流亡土量を半分以下にまで減少させることができるといわれている。

### グリーンベルト

被災した農地内で、多量の岩、砂利、木片が堆積している区域及び不規則な傾斜面等、農地としての復旧が困難な区域はグリーンベルトとして残し、土壌侵食防止帯及び圃場面の排水を導水し、雨水浸透を促進する区域として利用する。

### 帯状作付

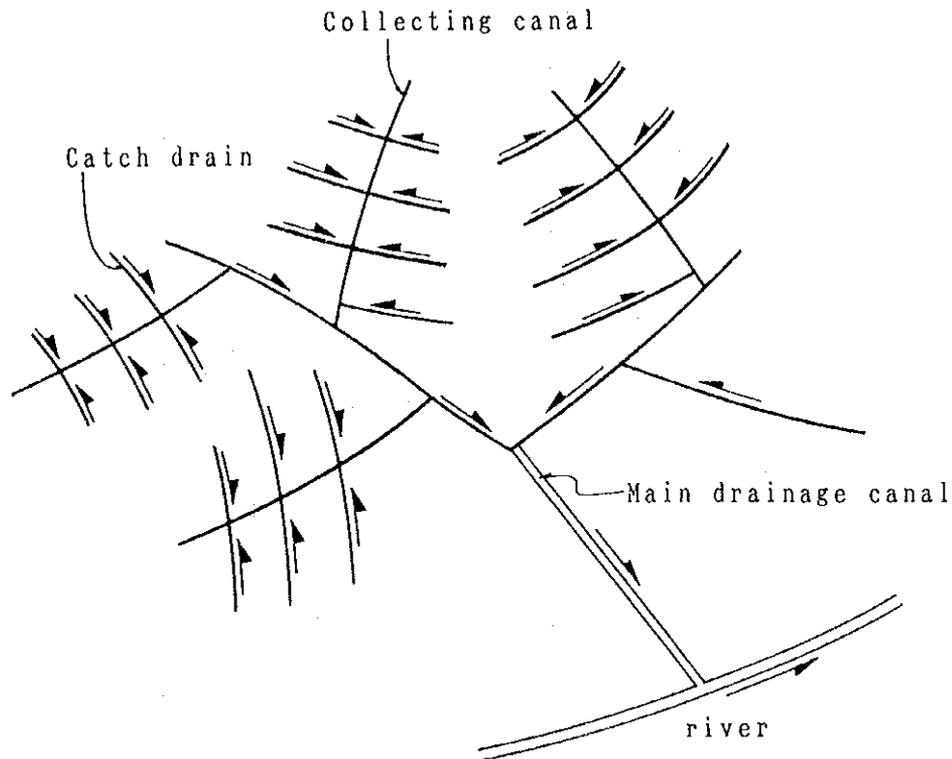
圃場面の土壌侵食を防止する目的で、傾斜した圃場面に帯状に耐食性作物を植え付ける。この作付帯は、流亡土砂をろ過する機能を有しているので、等高線栽培を行うときに適用すると効果的である。一般的に安価に施工できる。植え付ける作物は、周辺地域で入手可能なものから選定する。

## **3.6.3 構造物を設ける保全対策(保全工法)**

保全工法は、流出水のピーク流量や流速の緩和及び土砂を伴う流出水の貯留を目的とする対策である。

### **(1) 排水路工**

流出水を円滑に排水するためには、排水路を設置しなければならない。排水路はその機能により以下のように承水路、集水路、幹線排水路及び自然河川/水路に分けられる。



### 承水路

承水路は、復旧・保全の対象地区外からの流入水及び地区内に発生した流出水を集水路に導く水路で、基本的には流出した土砂が運搬されるのを防ぐことを目的としている。この水路は、一般的には草生水路で等高線にほぼ平行に設置される。この時、水路の法面や底面の侵食を防ぐために、流速は限界流速以下になるように勾配を設定する必要がある。

被災農地が広く、傾斜を有している場合には、テラスの造成とともに圃場内にも設ける必要がある。圃場内における承水路の間隔は、リル又はガリ侵食の発生の恐れがある斜面長以内とするのが望ましい。営農期間が長くなり土壌面が植被されて土壌流亡が安定した状態になれば、この間隔を長くすることができる。被災地域では土壌面が植被により安定してくれば必要ない。

### 集水路

集水路は承水路から流下する水を集めて、河川あるいは幹線排水路に排水する水路である。この水路は等高線にほぼ直角に設けられることが多く、承水路や圃場面から流出した土砂が流入しやすい。そこで流速の緩和や土砂の下流域への流下を防ぐために、必要に応じて水路の途

中に落差工、土砂溜等を設ける。その路線は、低位部にある圃場の境界線にそって計画される。構造は、侵食に対する許容流速を考慮した草生水路とするのが一般的である。

### 幹線排水路

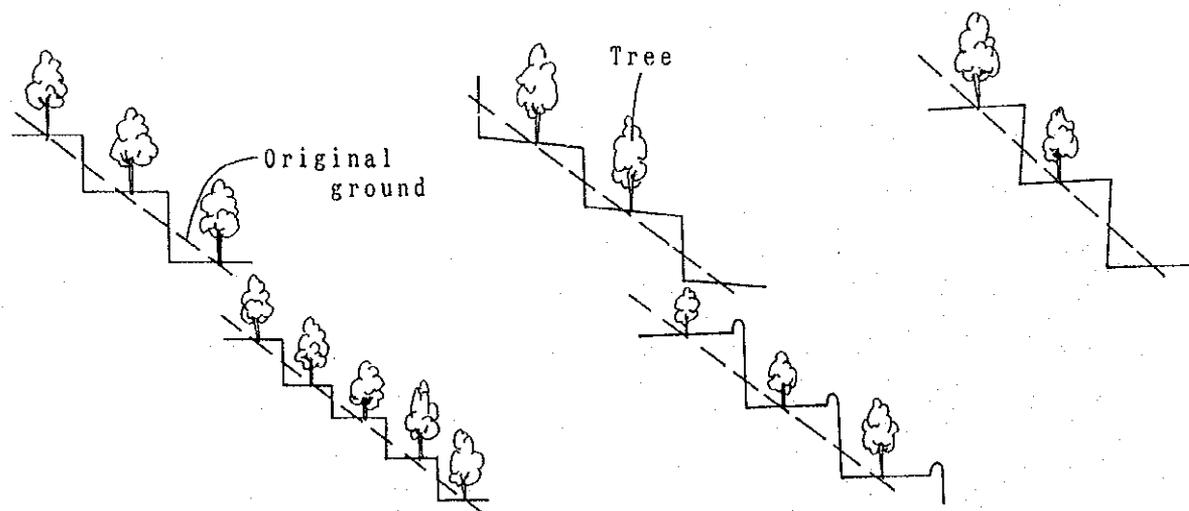
幹線排水路は、集水路からの流出水を集めて、河川あるいは自然流路に放流する水路である。流水の状況に応じて、現地で入手できる材料、石等を用いた護岸工、落差工、床固め工等の保護工を設ける必要がある。被災地域は、一般的に地形勾配が急なところが多く、流出水が排水路の法面を侵食しつつ流下する。このため法面保護の検討の他に、他の水路との合流部にはゲート等の制水施設を設ける。

### (2) テラス工

土壌保全対策の一環として古くから多くのテラス工が施工されており、その型式は、耕作面の傾斜、土壌、流出水量及び営農手法によって決定される。被災地域の傾斜面で適用できる主なテラス工は以下のとおりである。

### ベンチテラス工

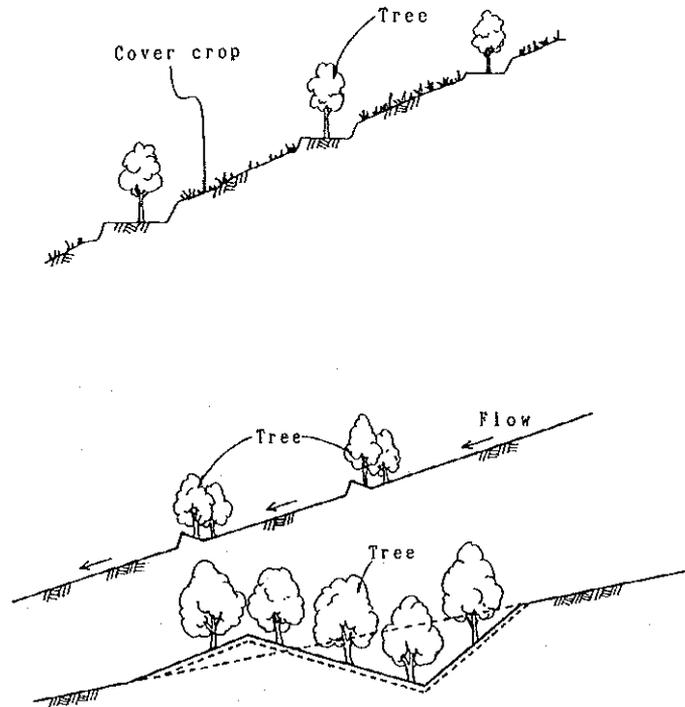
急斜面の勾配を有する地域で、斜面を短くカットして、平坦な圃場を階段状に造成する。



Typical Patterns of Bench Terrace

### 植栽テラス工

傾斜が急で土壌が浅く、ベンチテラス工の施工が不可能な地域で、降雨による農地侵食災害を防ぐには植栽テラス工が有効である。果樹、ゴム等を比較的幅の狭いテラスに植栽し、各テラスの間の傾斜面に他の被覆植物を植えて合理的な保全を図る方法である。



### (3) 沈砂池

被災農地の復旧工事中あるいは復旧後の営農活動の中で、流亡した土壌が下流に被害を及ぼす程多量に集積すると予測される場所に沈砂池を設ける。その位置は、一般に承水路と集水路の接点、あるいは集水路が幹線排水路と合流する部分である。土砂の流亡が安定的になれば圃場として利用する。

### (4) 農道

被災地域に新たに農道を配置する場合、その道路の側溝は承水路としての機能を果たす事から農道は、適切に配置されているならば有益な土壌保全対策の一つである。特に山地斜面では、土砂含量の多い流出水が出るので、斜面には植生を施して側溝が流亡した土砂で埋まらないように配慮する。

### 3.7 水系レベルの土壌・水保全対策

被災地域内の総合的な土壌・水保全を図るためには、圃場レベルでの対策の他に水系レベルでの保全対策が必要である。そのための対策としては、森林土壌の生成による植生保護機能を利用した農業的対策に加えて、水食防止工事のような土木技術的対策が考えられる。

#### 3.7.1 土木構造物による水食防止対策

##### (1) ガリ防止工

ガリは農地、地形、土壌等の状況によって発生規模が異なるので、それらに応じた工法を採用する必要がある。工法としては簡易ガリ阻止堰工とガリ阻止堰工がある。

簡易ガリ阻止堰工は、ガリ発生部に簡単な堰止め工を設けて土砂を貯溜させ、そこに植生を繁茂させてガリの安定化を図るためのものである。構造物の型式は、現地で入手できる安価な材料の特性によって決める。被災地域では、しば堰、石積堰が有効であると思われる。

ガリ阻止堰工は、ガリの発生を永続的に阻止しようとする目的で設置するものである。その機能と構造は砂防ダムとほぼ同様である。

アームダム：侵食による土砂をせき止めて、土砂が下流に流出するのを防止するものであるが、水を貯留する場合もある。近くに築堤に適する施工材料が得られる個所に設置される。

石積ダム：周辺地域から材料となる石の調達が可能なところに限定される。施工に当たっては、小数の積み石の欠落によってダム全体が崩壊することがあるので、積み上げには十分留意する必要がある。

コンクリート堰：

侵食土壌が多量でかつ表面流出水量が多く、上記の2タイプのダム及び堰に比べ堤体の強度を必要とするところに設置する。

図3.7.1に各堰の例を示す。

## (2) 沈砂池工

沈砂池工は、流亡した土砂を貯留し、下流水路/河川への滞砂を防止することを目的として、各水系の中の流路末端に設けるもので、簡易なものとして素掘りタイプの小規模な沈砂池工と大規模な砂防堰堤に大別される。

小規模な沈砂池工は、排水路の末端あるいは排水路の合流部に設けることが多く、流域内の農地からの流出土砂を滞積させる。

流末に設置する大規模な沈砂池は、一般に大きな容量を必要とするため水系の中の谷部を重力式コンクリート堰、土堰堤等によって締め切って設置することが多い。これらの施設は大規模になることが多く、建設に当たっては多大な投資を伴うことから、建設の必要性の検討や、位置、型式等の決定に当たっては、詳細な調査が必要となる。

### 3.7.2 急傾斜地域の土壌・水保全対策

#### (1) 概要

急傾斜地域では、一般に圃場の勾配が大きくなるが、テラス工等により法面の占める割合も大きくなる。この法面が崩壊すると災害が拡大されることが多い。そこで、法面や急傾斜面の侵食を防止するために、植生や何らかの構造物でこれらを保護することが必要となる。

一般的に急傾斜地及び法面の崩壊は次のような状況で発生する。

- ① 直接降雨により地表面が崩壊する。
- ② 上流からの雨水流出が集中して崩壊する。
- ③ 湧水により傾斜面が崩壊する。

保護対策は、これらの崩壊要因と傾斜面を形成している土質及び急傾斜地や法面の規模を考慮して決定しなければならない。しかし、原則として被災地域の環境保全や経済的観点から、現地で入手できる植生による保護対策が望ましい。

#### (2) 植生工

植生工は、法面に植物を繁茂させることによって植物の根による地表の緊縛を図り、土壌面の侵食を防止するものである。しかし、植物の根茎は比較的表層に留まるから、深いすべりに

対しては斜面安定上の効果は薄い。この場合の利用できる植物は、次のような条件を満たす必要がある。

- ① 被災地域の気候条件に適合すること、特に乾燥に耐え貧土壌でも生育が可能であること。
- ② 発芽力や繁殖力が旺盛で、早期に地表を被うこと。
- ③ 被覆効果や土壌緊縛効果が高いこと。
- ④ 多年性であること。
- ⑤ 安価でかつ大量入手が容易であること。
- ⑥ ある程度の収益が期待でき、被災地域周辺で市場性があること。

図3.7.2に植生による土壌・水保全対策の例を示す。

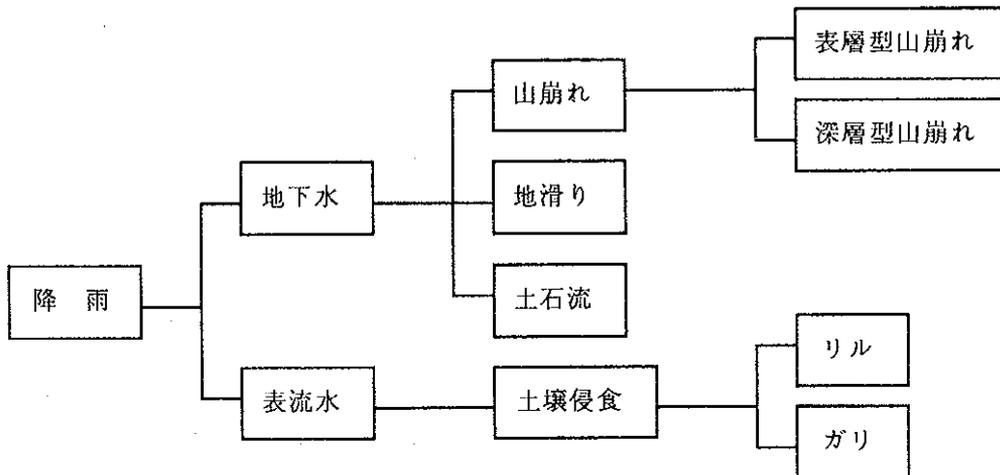
### (3) 構造物による対策工

急傾斜法面の法面保護工としては、コンクリート構造物を利用したブロック張工や現地で入手可能な石材を用いたものがある。しかし、コンクリート構造物は建設費が高価となり、広範囲にわたって適用することはできないことから被災地域では一般的でない。そこで可能な限り石及び木材を用いた石張工、柵工、ふとん籠工等を採用する。

### (4) 地滑り対策工

#### 概要

森林地の土砂災害には山崩れ、地滑り及び土石流の3形態がある。いずれも直接的には斜面での土壌水分の増加によって引き起こされる。通常、山崩れは表層型山崩れと深層型山崩れに大別される。表層型は、植物の根系が到達する深さまでの表層土が崩壊するもので、深層型は、根系作用のおよぶ範囲外に滑り面を有する崩壊である。従って、表層型山崩れは、根系の存在と密接に関係している。一方、深層型山崩れは、山林の強度に関係するもので、樹木や植被作物による防止機能の直接的対象とはなりえない。



急傾斜地における降雨による土地災害発生

地滑りもまた樹木の作用の及ぶ範囲外の地質内に滑り面を持ち、移動土塊の大きさも巨大であり、その移動防止に樹木の根系の力を積極的に発揮させるのは不可能である。

又、土石流の被害程度は、山地斜面の勾配や地質特性によって左右されるが、一般的にその移動土量の規模は大きい。

上記の山地における土砂災害の形態を考えた場合、被災地域ではまず第一に表層型山崩れや地表面の水食防止を目的とする対策工として、植林や植被作物の導入が検討されねばならない。

地滑りや土石流防止対策は一般的に国家レベルの大規模事業となり、計画・設計や事業実施に当たっては、林野局等による水文・地質条件等の詳細な調査が必要となってくる。

#### 地滑り対策工

地滑りの発生はその場所の地下水と地質的条件とに深く関係しており、その対策工も一般的には排水ボーリングや集水井等大規模なものとなり、その工事費も高い。どのような工法を採用するかは、被災地域の実情を考慮して決定することが重要である。

#### 地表水排除工：

地表水は地下に浸透して間隙水圧の上昇する原因となるので、できるだけ速やかに地滑り発生の可能性地域外に排除するようにする。このため承水路、排水路等の整備を行う。

地下水排除工：

表層から浸透した地下水は、間隙水圧上昇、滑り面の膨潤化、軟弱化などをもたらし、地滑り発生最大の誘因となる。このため暗渠等を設けて地下水を速やかに排除する。

## 3.8 農業支援対策

### 3.8.1 目的

農業支援サービスは、被災地域の農業開発において重要な位置を占める。また、その活動は多岐にわたり、その中でも農業融資、マーケティング、農業資材の供給、普及サービスは農業生産と生産費に大きく関わっている。

全般的に、被災農地では十分な農業及び社会生活基盤施設と、営農に適した肥沃土壌を有していない。その為、これら荒廃農地における農業開発は、困難を極め、多大な営農改良努力と、政府関連機関による協力が必要となる。農地復旧、保全計画/事業の最終目的は、被災農地を有する農民が、土壌/土層改良とともに、持続可能な土地資源の有効利用を行いながら収入増と生活レベルの向上を図ることである。

### 3.8.2 支援対策

農業支援サービスを実現し、上記の目的を達成させるために、いくつかの方法があげられる。中でも、以下にあげる農業支援対策に関する事項は主要である。

- 農民組織の強化が必要である。
- 農地の復旧、保全活動に対して、低金利の特別長期融資を供給する。また、各営農改善段階において、関連機関により技術援助を行うべきである。
- 近代的な農業技術を取り入れるため、技術コンサルティングや普及サービスを行う必要がある。又、技術資材の供給や、政府関連機関の職員による定期的、単発的な視察も行うべきである。

- 農業資材を適性価格で適時に供給でき、適正な使用が出来るように、資材の品質管理と使用・運営の指導を行う必要がある。
- 県、郡又は国レベルでの強力なバックアップ体制を確立する。

これらの計画を円滑に、かつ有効に実施出来るように、農業支援サービスは、農業基盤施設の建設と改修に並行して行うようにする。

表3.2.3 土壌及び土層改良方法例 (ランサカ地区)

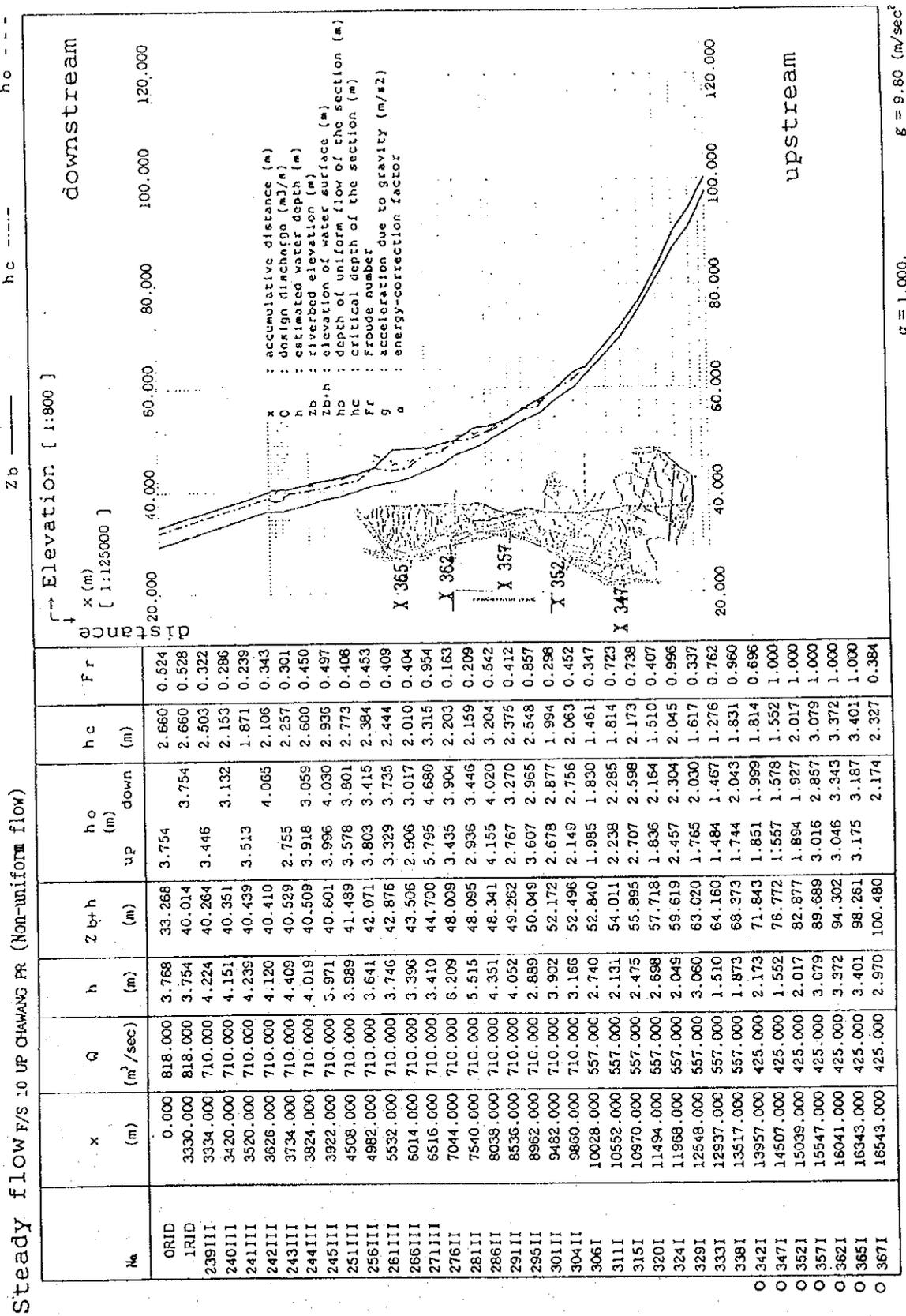
Land Use	Deposited Class	Improvement Method	Depth of Improved Soil (cm)	
Orchard	I	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil mixing with lower original soil	50	
	II	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil mixing with lower original soil	50	
	III	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Construction of rasing bed	50	
		- Soil dressing on soil surface	10	
	IV	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Construction of rasing bed	50	
		- Soil dressing on soil surface	10	
	V	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Construction of rasing bed	50	
		- Soil dressing on soil surface	10	
	Upland crop	I	- Input of organic and inorganic materials	20
			- Soil mixing with lower original soil	30
II		- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
III		- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
IV		- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
V		- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
Upland crop (Intercrop)	I	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil mixing with lower original soil	30	
	II	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
	III	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
	IV	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	
	V	- Input of organic and inorganic materials	20	
		- Soil dressing on farm land	10	

表 3.3.1 作物選定の要因と適応作物

Acid-tolerance	Temperature	Water requirement and Annual rainfall	Wet Endurance	Effective Soil Depth	Groundwater table
<p><u>Highly suitable crop in soil PH around 5.0</u></p> <p>Pineapple Tea Cashew nut Mulberry Oil palm Sugar cane Para Rubber Pasture Upland Rice</p>	<p>Suitability in the range of 20 to 35°C</p> <p><u>Highly suitable crops</u></p> <p>Pineapple Coconut Cashew nut Citrus Mulberry Mango Oil palm Rambutan Sugar cane Durian Para Rubber Mangosteen Pasture Lansa Upland Rice Tamarind Paddy Rice Chilli Corn Cotton Sorghum Kanaf Cassava Coffee(Robusta) Tobacco Ginger (Virginia etc.) Soy Bean Okra Groundnut Kale Sweet potato Mungbean Sesame</p>	<p>Tree crops can be grown under annual rainfall of 1,500 to 2,000mm.</p> <p>For upland crops, minimum requirement of rainfall for about four months for crop growing is about 500mm.</p> <p>Crops with low drought resistance</p> <p>Upland Rice Cucumber Broccoli Potato Taro Ginger Soy Bean Onion Corn</p>	<p>The following crops are subject to wet injury.</p> <p>Sweet potato Watermelon Japanese radish Cabbage Chinese cabbage Nanking shallot Carrot Corn Sorghum Cassava Potato Ginger Soy Bean Groundnut Mungbean Tea Tobacco Tree &amp; Fruit</p>	<p>Minimum requirement of depth</p> <p>More than 15cm Paddy Rice Pasture Mungbean Onion</p> <p>More than 20cm Upland Rice Groundnut Tomato Tobacco Pineapple</p> <p>More than 25cm Corn Sugar cane Sorghum Garlic Cassava Chili Taro Pepper Soy bean Cotton Sesame</p> <p>More than 30cm Potato Ginger</p> <p>More than 50cm Oil palm Durian Coconut Mangosteen Citrus Lansa Mango Tamarind Longan Tea Lychee Coffee Rambutan Para Rubber</p>	<p>Suitable position of water table below ground surface</p> <p>Less than 15cm Mungbean</p> <p>Less than 20cm Groundnut Tobacco</p> <p>Less than 25cm Corn Sorghum Cassava Soy bean Pineapple Sugar cane Pepper Kanaf</p> <p>Less than 30cm Onion</p> <p>Less than 50cm Ginger Durian Oil palm Mangosteen Coconut Lansa Citrus Garlic Cotton Mango Coffee Longan Para Rubber Lychee Rambutan</p> <p>Less than 100cm Tamarind</p>
<p><u>Moderate crops in soil PH more than 5.0</u></p> <p>Paddy Rice Garlic Corn Tomato Pepper Cotton Kanaf Coffee(Arabica) Coffee(Robusta) Tobacco Soy Bean Groundnut (Virginia etc.) Mungbean Okra Sesame Kale Sweet potato Watermelon Japanese radish Cabbage Chinese cabbage Lychee Nanking shallot Carrot Cucumber Mangosteen Lansa Broccoli Yardlong bean Onion Chilli</p>	<p><u>Moderately suitable crops</u></p> <p>( This range is a little high for crop growing )</p> <p>Longan Pepper Lychee Tea Tomato Garlic Coffee(Arabica)</p> <p><u>Marginal crops</u></p> <p>( This range is too high for crop growing )</p> <p>Potato Cabbage Lettuce Onion Chinese cabbage</p>				



表 3.5.1 1/10年確率洪水量の不等流解析結果例(チャワン川)



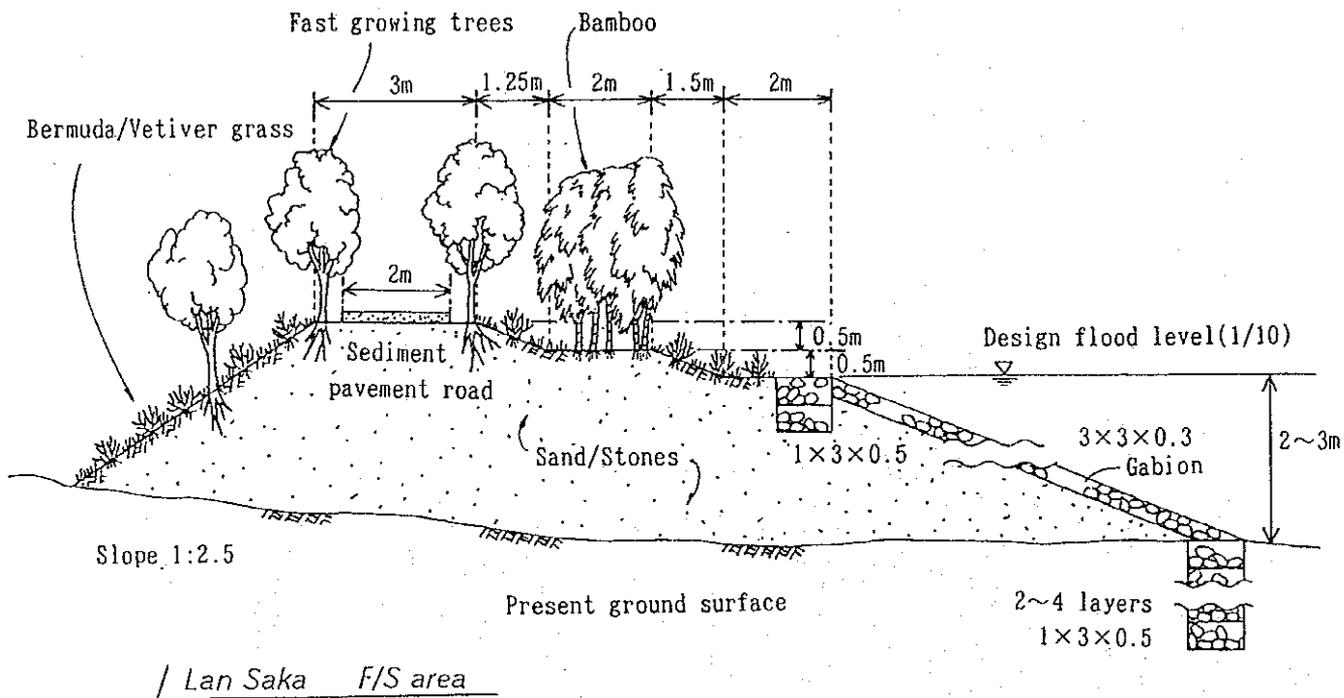
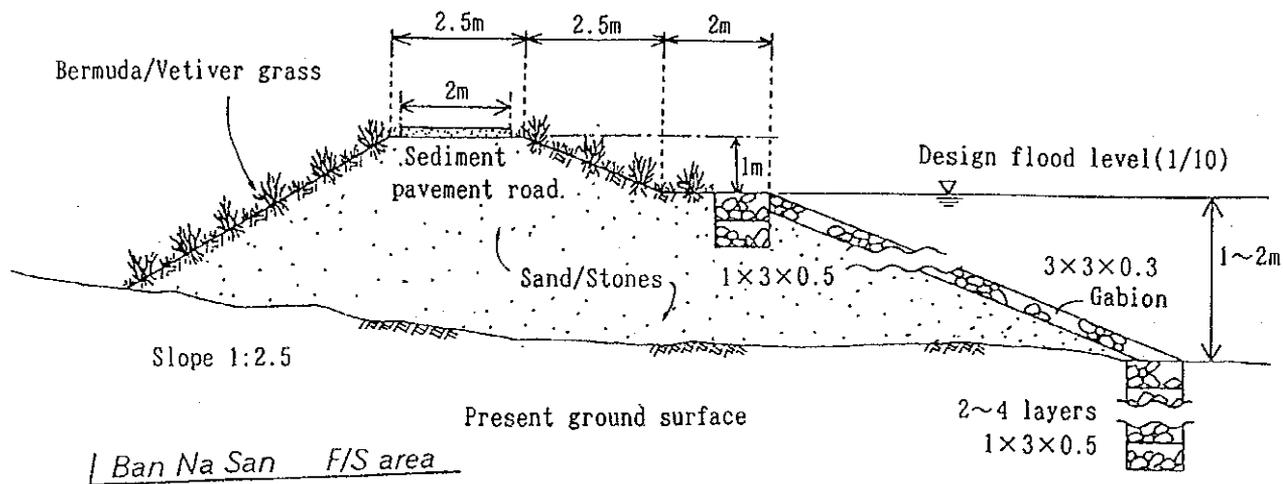


図 3.5.1 バンナサン及びランサカ地区堤防標準断面図

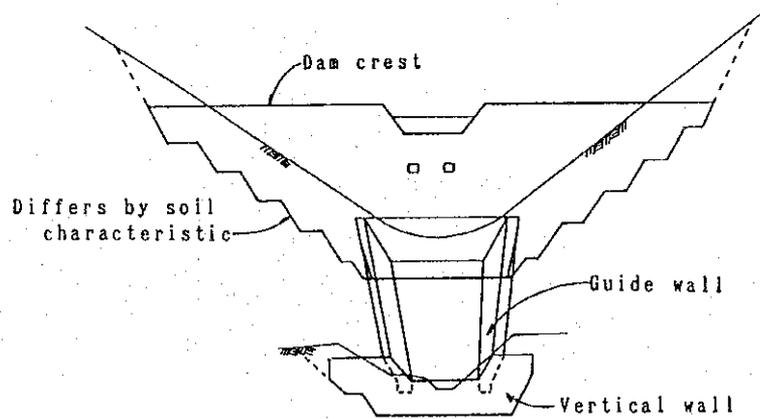
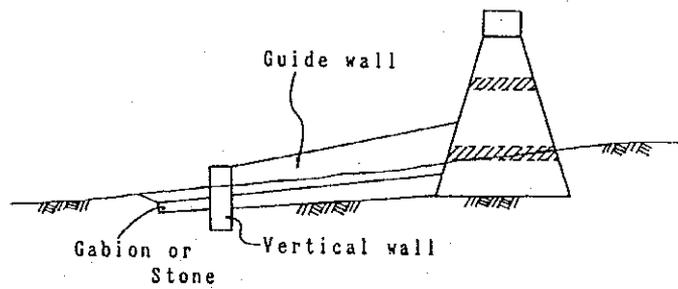
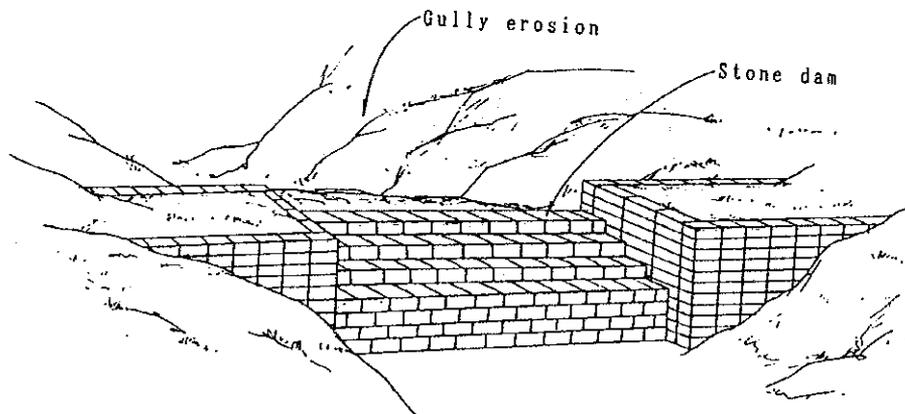
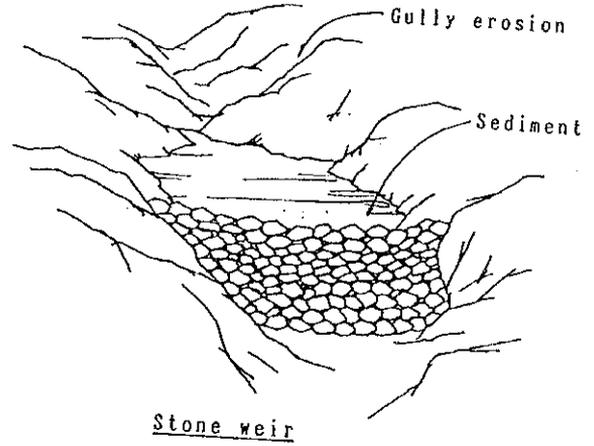
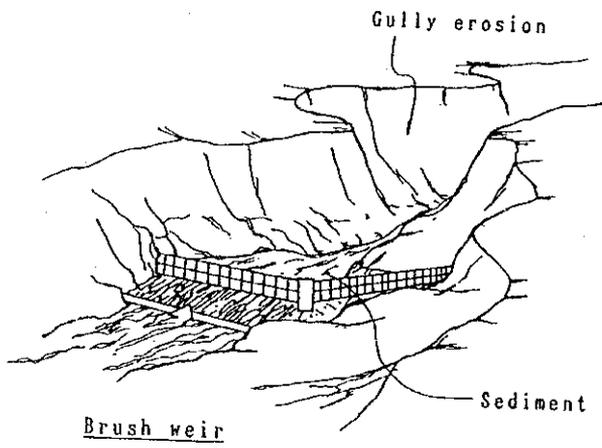


図 3.7.1 堰の例

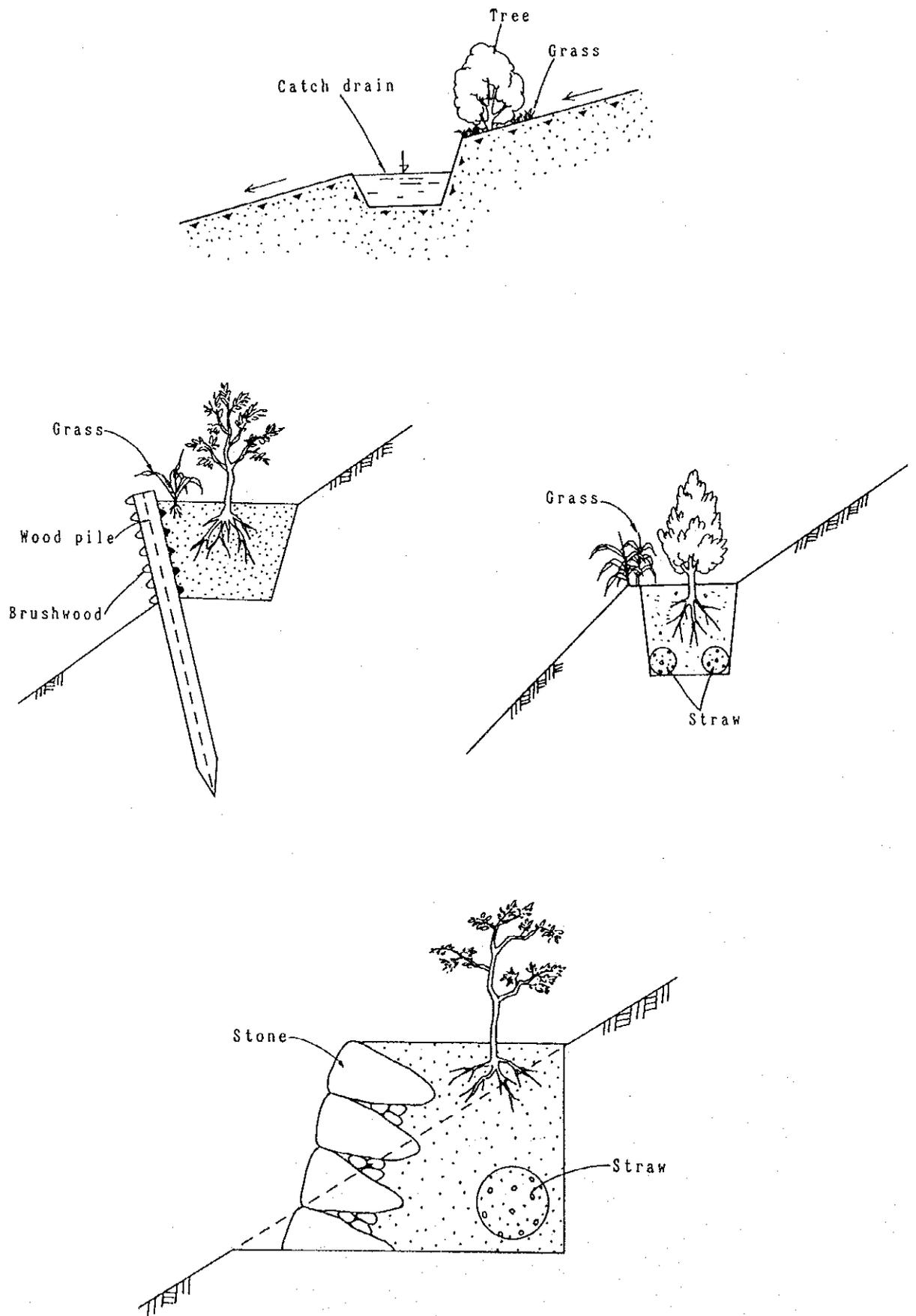


図 3.7.2 植生による土壌・水保全対策の例

## 第4章 計画、設計及び事業実施

### 4.1 灌漑計画と灌漑施設設計

#### 4.1.1 計画

##### (1) 計画基準年

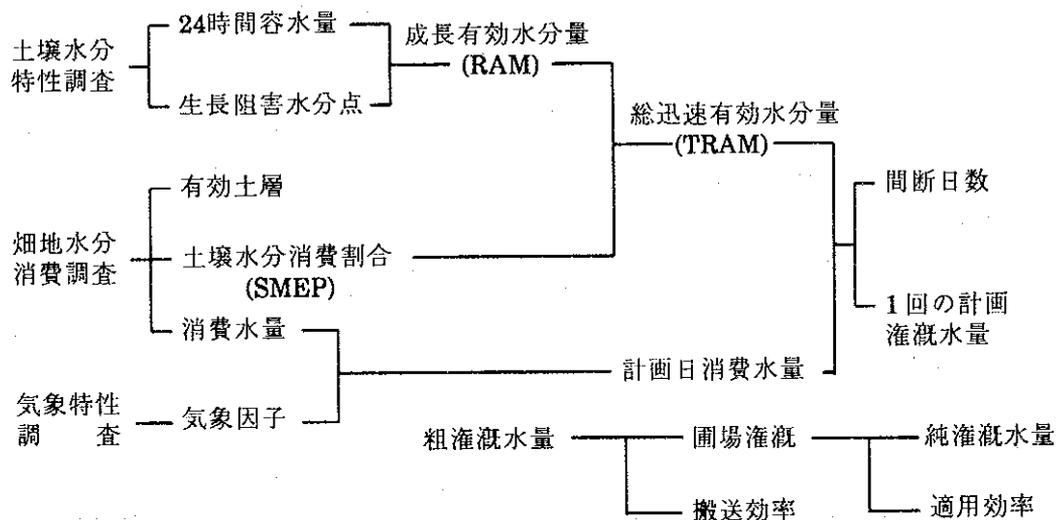
灌漑計画の基準年は通常1/10の渇水年とする。

##### (2) 設計

灌漑施設の設計の諸元は、施設の重要度、実施機関、近隣地区、他の復旧事業の資料及び基準による。

##### (3) 灌漑用水量

乾燥・半乾燥地の果樹・畑作における灌漑用水量は下記のようにして求めるのが普通である。



**24時間容水量** : 十分な降雨又は灌漑の後24時間経過のち土壤中保留される水分 (pF1.5)。

**生長阻害水分点** : 永久シオレ点ではなく、生育に支障となる点 (砂土ではpF3)。

**有効土層** : 24時間容水量到達後、根群の有無には拘わらず蒸発散により土壤水分消費が行われる層。

- SMEP** : 水分消費特性は作物、土壌、生育時期によって異なる。通常有効土層を4層に分け、上層から順に40、30、20、10%が消費されると仮定する。
- 全有効水分 : 制限層(通常最上層)が生長阻害水分点に達するときの有効土層から消費される全水分量 (TRAM、表4.1を参照)。
- 一回の灌水・時間 : 間断日数、ローテーション
- 間断日数 : 作物種類、作付時期等、e.g.7日
- 土壌の物理性 : BIR-現地サンプリング、土壌の比重、空隙率、24時間(圃場)容水量、生長阻害(シオレ点)水分

土壌の物理性は実際の土壌サンプリング、BIR、水分消費特性等は現地観測によることが望ましい。

タイ国内でよく用いられる果樹(ドリアン、ランブータン等)の灌漑計画諸元を表4.1.1~4.1.3に示す。

降雨の多い調査地域に対しては、用水量の概算として $ET_0$ と有効降雨との差を用いる。表4.1.4に $ET_0$ (バナナサンの例)を示す。

#### 4.1.2 灌漑施設

##### (1) 導・配水計画

###### 1) 基本方針

路線選定: 1/5,000~10,000、0.5~10mmコンターの地形図、路線はできるだけ受益地より高位部に設定する。幹線水路の間隔は地形、村落の規模から4~5km、支線間隔は約2kmとする。

平均流速: マニング公式、許容流速: 0.5~1.0m/s

水路断面：最小底幅0.3mとし、底幅(B)と水深(H)は下記による。

流量 (m <sup>3</sup> /s)	H:B	B:H
0 ~ 1.0	1:2	0.50
1.0 ~ 5.0	1:3	0.33
5.0 ~ 10.0	1:4	0.25
10.0 ~ 50.0	1:5	0.20

余裕高Fb:  $Fb = 1/4 \times h + 0.3m$  h: 設計流量に対する水深

側法勾配：幹線水路 1:1.5、支線水路 1:1.5

パイプライン(既製管)の場合、送水系はオープンタイプで、低圧(最大静水圧<100 m)、配水系は末端給水栓の必要水圧(例えば1.5 kgf/cm<sup>2</sup>)とする。末端に普通圧・高圧のスプリンクラーを使用する場合、加圧する必要がある。諸関連施設は調整・調圧施設、ポンプ、分水・量水施設、通気施設、保護・安全・管理施設等がある。

水理解析はヘーゼン・ウィリアム公式によることが多い。計画最大流速は管種・口径によるが、最小流速は0.3 m/s以上とする。

構造は現地の地形、土質、水理及び施工条件等を考慮して適切に決定する。砂基床の厚さは口径により10~30 cmとなる。

## 2) 配水計画

- 1) 灌漑用水(受益面積、地形、水源、集落、近隣事例)
- 2) 溜池計画(受益面積、間断日数、灌漑方法等)
- 3) 単位用水量

種 別	支配面積(ha)	単位用水量 (l/sec/ha)
主幹線	500 ~	0.9
幹線	100 ~ 500	1.1
支線	10 ~ 100	1.4
末端	~ 10	8.0

## (2) 付帯構造物

安全かつ円滑な運営管理のために、下記のような付帯施設を計画する。

- 道路； 村落への交通、農作業、施設維持管理
- 取水/分水工
- 調整/量水施設
- 落差工
- 放水工、余水吐
- 横断工

水路横断工： 用水路と排水路が交差するとき、用水量と排水量を比較し、排水路を逆サイフォンとする場合がある。

道路横断工： 橋梁、ボックスカルバート、パイプ等

## 4.2 排水計画と排水施設

### 4.2.1 計画排水量の算定方法

#### (1) 地区内排水量

被災地の復旧した農地の圃場内排水量は一般に湛水を許容する考え方であるため、合理式により導く方法が最も簡便である。許容湛水時間は対象となる作物により異なり、被害の状況により決定する。合理式による排水量は次式で表される。

$$Q = 1/3.6 frA$$

ここに、 Q : 地区内排水量 (m<sup>3</sup>/s)

f : 流出率

r : 許容湛水時間内の平均雨量強度 (mm/hour)

A : 流域面積 (km<sup>2</sup>)

#### 1) 流出率

流出率は、降雨量に対する直接流出をもたらす有効雨量の比率を表すものである。流出

率は、雨量と河川流量データにより求めることが望ましい。チャワン川、タディ川における一連の降雨に対する流出率では、次の結果を得た。

表4.2.1 降雨量と流出率との関係

降雨量 (mm)	～ 50	50～100	100～200	200～300	300～400	400～
流出率	22	33	50	64	76	86

## 2) 平均雨量強度

日雨量から推定する場合には、次式を用いることができる。

$$r = R_{24} / 24 (24/T)^k$$

ここに、 $r$  : 許容湛水時間内の平均雨量強度 (mm/hour)

$R_{24}$ : 日降雨量 (mm)

$T$  : 許容湛水時間 (hour)

$k$  : 定数 (2/3～1/2)

## (2) 河川の計画排水量

被災地域内を流下する河川の計画排水量は、過去の洪水こん跡から推定する方法、実測の河川流量から推定する方法、単位図法により推定する方法等により算出する。

### 1) 過去の洪水こん跡から推定する方法

洪水のこん跡を調べて、マンニングの平均流速の公式を用いて、最大流量を推定する方法である。この時発生した雨量の確率計算を行うことにより、洪水流量がどの程度の確率年をもった洪水量であるかを推定することができる。

### 2) 実測の河川流量から推定する方法

RIDにより河川流量の測定が行われているので、これを用いて洪水量を推定する。しかし、RIDにより行われている流量観測は長期間行われている場所が少なく、このような場合確率年を推定することは困難である。また、RIDによる流量観測は日に数度の定時観測であるため、被災地域のように洪水到達時間が短い河川の場合、ピーク流量が観測されるケースは極めて少ないなど問題点も多い。

### 3) 単位図法による方法

単位図法は、10mmの有効雨量が発生した時の河川の流出量を実測、あるいは流域特性から作成し、計画基準降雨をこの単位図で合成することにより洪水量を推定する方法である。流域特性をパラメータとして単位図を作成する方法には、総合単位図法、立神法、流出関数法等、様々な方法が提案されている。図4.2.1は、流出関数法により推定した被災地域の日降水量に対する洪水比流量を示している。

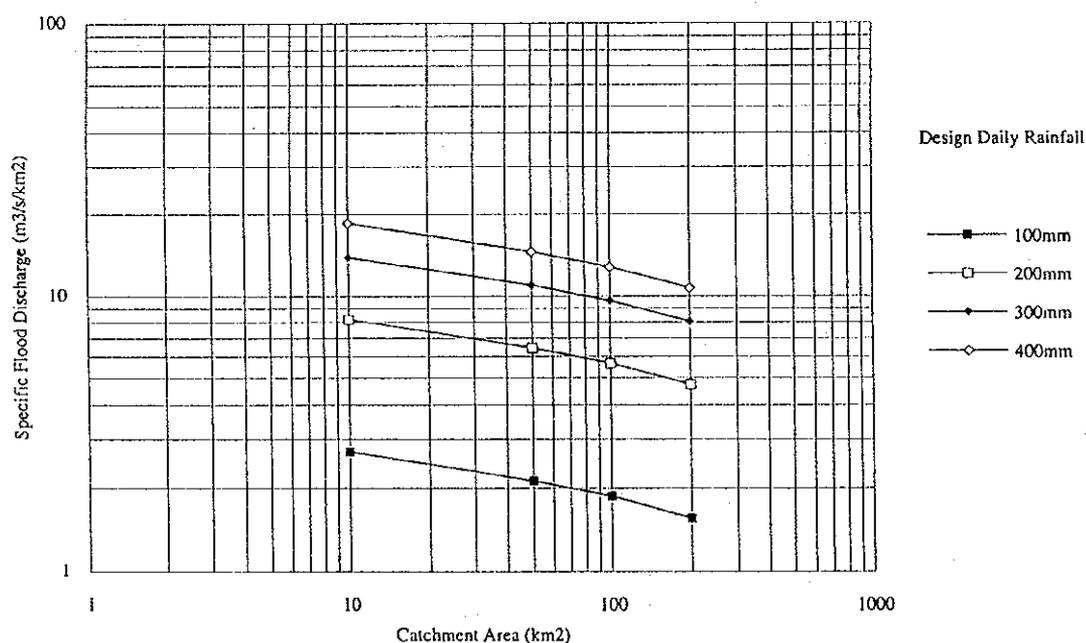


図4.2.1 流出関数法による洪水比流量

### 4.2.2 排水施設

#### (1) 排水路

復旧地区では洪水・雨水排除が主な目的であるため、排水路は通常地形の低位部に計画され、明渠土水路(素掘り台形)で、許容流速(用水路の1.5倍)の範囲内で勾配を計画する。系統は圃場に始まり小排水路、支線排水路、幹線排水路を経て河川に排水する。この順に支配面積及び排水量が大きくなる。流速、土質などの関係から、侵食の恐れのある箇所ではコンクリート及び石を利用したライニングを施す。

#### (2) 付帯構造物

排水を安全に行うために、土水路に落差工、横断構造物、下流端の外水侵入を遮断する排水

ゲートが主な施設となる。これらの構造物は技術的、機能的、経済的、安全性の面で最も優れた構造が望ましい。

## 4.3 土壌・水保全

### 4.3.1 許容土壌流亡量

農地の保全対策を立てるに当たっては、農地からの年間土壌流亡量を許容範囲内に押さえる必要がある。

許容土壌流亡量は、表土の厚さや土壌の特性によって決められるが、日本においては、農地の年平均侵食層の厚さを1.0mm程度として10~15tf/ha、アメリカにおいては4.5~11.2tf/haとされている。

### 4.3.2 土壌侵食を推定する方法

現在、土壌流亡予測式としては、WischmeierとD.D. Smithによる土壌流亡式 (USLE) がある。

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

ここに、A : 侵食土量(単位面積あたり土壌流亡量)

R : 降雨係数

K : 土壌係数

L : 斜面長係数

S : 傾斜係数

C : 作物係数

P : 保全係数

この式を適用するに当たっては、上記の各因子とそれらの相互関係を長期継続的な測定によって求める必要がある。

### 4.3.3 水保全施設の設計

土壌・水保全施設として排水路及び水食防止施設が計画・設計される。設計に当たっての基本的な留意点は4.1及び4.2で述べたとおりである。

#### (1) 承水路

承水路の間隔は、現地の諸条件により表面侵食が進み、リル侵食になり始める斜面を推定して決定するが、一般的には標高差4m毎に設定している例が多い。

$$\beta = 4 \cot \alpha$$

$\beta$  : 承水路間の水平距離 (m)

$\alpha$  : 圃場勾配 (度)

承水路の間隔		
地形勾配	特殊土壌 (水平距離m)	普通土 (水平距離m)
0～5°	30～40	40～60
6～12°	20～30	30～40

注) 特殊土壌 : シラス、マサ土  
普通土 : 砂質土、粘質土、黒ボク

被災地の堆積土は、砂質、礫質土が多く流亡を起こしやすい特殊土壌と考えられる。

水路の底勾配は、流速が許容流速(土水路で1.0m/s、草生水路で1.5m/s)以下となるように決定する。通常、1/30～1/50で計画することが多い。

#### (2) 集水路及び付帯工

集水路等の計画・設計は一般的な排水路の計画設計と同様である。

## 4.4 事業の実施と維持管理

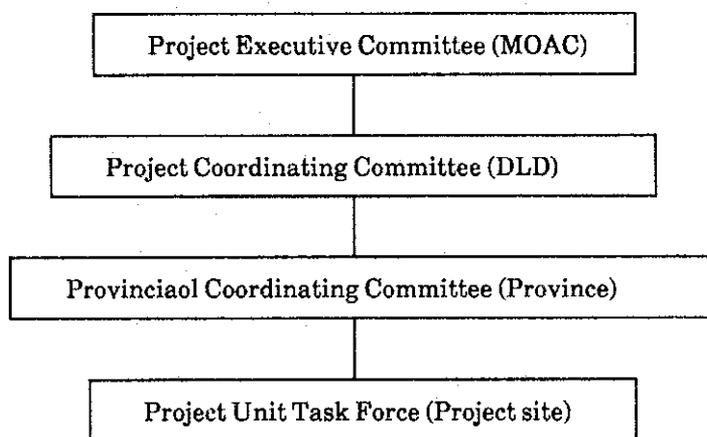
### 4.4.1 事業調整

農地の復旧、保全事業は多岐の分野にわたり、多くの政府関係機関がその実施に関係することになる。事業の性格上DLDが、全ての事業要素を管理する事は出来ないが、ほとんどの事業

はMOACの管理下にある。そこで、事業の円滑で有効な実施のためには、これらの事業の調整を図るべきである。その為には、以下のような三段階の委員会を確立することが望ましい。

- a) 事業管理委員会 (MOACレベル)
- b) 事業調整委員会 (DLDレベル)
- c) 県調整委員会 (県レベル)

現場レベルでの調整は、事業の実施グループ単位で行われる。



事業管理委員会は関連した政府機関の中心となり、外的な調整を行う。また、事業調整委員会は、DLD内部の調整を行う。県レベルでは、県調整委員会が調整を行う。これらの委員会は基本的に以下のような主要機能を持つ。

- a) 政策や計画の案出
- b) 事業全体の総括
- c) 事業実施に関わる問題や課題の調整、解決

#### 4.4.2 事業実施機関

DLDは、事業実施機関となる。この場合、DLDの副局長が事業全体を管理し、事業管理委員会の一員ともなる。事業総括者の管理の下、事業実施者は管理活動や現場作業を中心とした全ての事業を実施する。事業の実施に向けて、多くの事業実施機関をとりまとめるために、DLDの代表者が全ての委員会の幹事の役割を果たすことになるが、事業実施者や現場管理者は、関

連するDLD支局やDLDの県支部の強力な支援を必要とする。事業の実施に当たっては、事業の目的や受益者負担などを、事業の初期段階から農民に説明する必要がある。

#### 4.4.3 事業の維持管理

##### (1) 関連機関

事業によって建設された多くの施設は二つに分類できる。すなわち、公共的施設と圃場レベルの施設である。このうち堤防や護岸及び幹線用・排水路のような主要施設の維持管理は高度な技術を要し、維持管理費も高いため、政府関連機関により行われるべきである。一方、圃場レベルの灌漑、排水路や農道のような村内で日常使われる圃場施設の維持管理は、DLDと村落委員会の指導のもとに組織された農民グループが中心となって行うようにしなければならない。

事業完了後に、受益者による維持管理を有効に行うためには、事業実施の各段階において、村民の事業への参加が不可欠である。加えて、政府関連機関は事業実施現場への周期的かつ単発的な視察を通じて、維持・管理の技術援助を行う必要がある。

##### (2) 事業の維持管理組織

事業実施期間中は、公的機関による種々の施設の補修、建設と並行して、受益農民の積極的な参加が望まれる。また、施設の維持管理組織は、DLDと村落委員会の援助のもとに、農民自身を中心となって設立することが望ましい。この組織は、村の受益者を構成員とする農民グループとして組織されるべきである。

建設された主要施設の維持管理に関しては、事業実施政府機関が、それら機関の援助・指導の下で維持管理事業を実施すべきである。

表 4.1.1 果樹の有効根群層

Type of fruit tree	Root depth (cm)
Durian	20-30
Rambutan	30-60
Mangosteen	90-120

表 4.1.2 灌漑方法と特質

Items	Irrigation method					
	Plastic tube	Splashing	sprinkler	spray	Mini sprinkler	Drip
Aperture size(mm)	variable	variable	4-5	0.8-2.3	0.8-2.8	0.1-2
Discharge (liter/hr)	-ditto-	-ditto-	250-500	9-220	20-300	1-20
Head (m)	-ditto-	15-25	15-40	5-25 (10-15) (normal use)	5-40 (10-15)	3-10
Diameter of wetted area (m)	-ditto-	spot	8-23	1-4	2-10	0.3-1.2
Mesh requirement	No	No	No	80-120	40-120	140
Efficiency (%)	50-80	50-70	60-70	90-95	90-95	90-100
Soil constraints	No	sandy	No	No	No	sandy
Cultivation method	All	row	row	row	small spacing & row	small spacing & row
Weeding requirement	No	around splashing area	height of weed lower than sprinkler	around spray area	height of weed lower than sprinkler	complete weeding
Cost (1000B/rai)	2-3	3-6	3-7	7-10	7-10	7-12

Source: Horticulture Research Center, Chantaburi, MOAC

表 4.1.3 灌漑頻度とその要因

Factors	Conditions for consideration	
	High frequency	Low frequency
Climate	High temperature Low humidity Windy High sunlight intensity (clear sky) No rain in current season	Low temperature High humidity No wind Low sunlight intensity (cloudy) Rain in current season
Growing technique	High tree density Surface irrigation and fertilizing Shallow growing No soil cover material under tree Use no material to boost soil moisture holding capacity	Low tree density Sub-surface irrigation and fertilizing Deep growing Soil cover material under tree Use material to boost soil moisture holding capacity
Crop	Shallow root zone, low root density Non drought resistance Active/major growth happens during drought Mainly for trunks, leaves, flowers or fruits harvest	Deep root zone, high root density Drought resistance Active/major growth happens during wet season Mainly for seed or dry fruit harvest
Soil	Shallow top soil, poor soil structure Low infiltration rate Coarse texture Fertile, unevenly distributed Groundwater level below root zone Low soil moisture content	Deep top soil, good soil structure High infiltration rate Fine texture Infertile, Uniformly distributed Groundwater within root zone High soil moisture content

Source: Horticulture Research Center, Chantaburi, MOAC

Different fruit trees have different capability to recover from water shortage stress. i.e., durian facing stress during fruit development stage (8-12 weeks after full bloom) will result in irregular shape and smaller fruit size. Later application of adequate water will not help. This is different for rambutan and mangosteen suffering from similar situation. Later application of adequate water will help normal fruit development. However, application of adequate water after severe stress will result in breaking and falling of fruits, especially Rong-Rian variety rambutan. For mangosteen, the damage is much less.

It is found that for tropical fruits, especially rambutan, irrigation frequency should not be more than 7 days. During flower stimulation stage, it should not exceed 7 days and no more than 3 days for fruit bearing and development stage.

表 4.1.4 バンナサンにおける日蒸発散量(月平均)

Master Plan Study Area : Ban Na San District, Surat Thani, Southern Thailand

Location: Station Surat Thani, Index code : 48551. From 1961-1990 Latitude: 09-07N Longitude: 99-21E

Elevation of station above MSL 10m

Height of barometer above MSL 11m

Height of thermometer above ground 1.25m

Height of wind vane above ground 14.50m

Height of rain gauge 0.80m

Variable	Description	Unit	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Tmean	Mean temperature	°C	25	25.8	27	27.9	27.4	27.1	26.8	26.8	26.7	26.4	25.5	25.2
Rhmean	Mean relative humidity	%	81	77	75	76	81	81	81	82	84	86	87	84
ea	* Mean saturation vapour pressure	mb	31.7	33.2	35.7	37.6	36.5	35.9	35.3	35.1	34.4	33.8	32.7	32.1
ed <sub>ea</sub> -Rh <sub>mean</sub> /100	Actual saturation water vapour pressure	mb	25.7	25.6	26.8	28.6	29.6	29.1	28.6	28.8	28.9	29.1	28.4	27.0
ea-ed	Vapour pressure	mb	6.0	7.6	8.9	9.0	6.9	6.8	6.7	6.3	5.5	4.7	4.3	5.1
U	Wind run	km/day	97.8	102.2	97.8	80.0	66.7	84.5	84.5	93.3	71.1	53.3	71.1	111.1
f(U)=0.27(1+U/100)	* Wind function		0.53	0.55	0.53	0.49	0.45	0.50	0.50	0.52	0.46	0.41	0.46	0.57
(1-w)	* Weighting factor		0.260	0.252	0.240	0.231	0.236	0.239	0.242	0.243	0.246	0.249	0.255	0.258
(w)	* Weighting factor		0.740	0.748	0.760	0.769	0.764	0.761	0.758	0.757	0.754	0.751	0.745	0.742
Ra	* Radiation received	mm/day	13.38	14.33	15.30	15.66	15.41	15.17	15.21	15.46	15.30	14.74	13.73	13.08
n	Actual sunshine hour	hr/day	8.0	9.4	8.6	8.1	6.6	6.0	6.3	6.0	5.5	5.2	5.0	6.0
N	* Maximum sunshine hours	hr/day	11.64	11.82	12.00	12.28	12.55	12.65	12.55	12.38	12.10	11.84	11.65	11.55
n/N	Ratio		0.69	0.80	0.72	0.66	0.53	0.47	0.50	0.48	0.45	0.44	0.43	0.52
Rs=(0.25+0.5-n/N)·Ra	Solar radiation	mm/day	7.94	9.28	9.31	9.08	7.91	7.39	7.62	7.61	7.30	6.93	6.38	6.66
Rns=(1-α)·Rs	Shortwave solar radiation	mm/day	5.96	6.96	6.98	6.81	5.93	5.54	5.72	5.71	5.48	5.19	4.78	5.00
Correction on longwave														
f(T)	* f(T) Temperature		15.65	15.85	16.1	16.28	16.18	16.12	16.06	16.04	15.98	15.92	15.78	15.7
f(ed)=0.56-0.079(ed) <sup>1/2</sup>	* f(ed) Vapour pressure		0.160	0.161	0.151	0.138	0.130	0.134	0.138	0.136	0.135	0.134	0.139	0.150
f(n/N)=0.1+0.9*(n/N)	* f(n/N) sunshine hour ratio		0.72	0.82	0.75	0.69	0.57	0.53	0.55	0.54	0.51	0.50	0.49	0.57
Rln=f(T)·f(ed)·f(n/N)	New longwave radiation	mm/day	1.80	2.08	1.81	1.55	1.21	1.14	1.22	1.17	1.10	1.06	1.06	1.33
Rn=Rns-Rln	Net radiation	mm/day	4.16	4.89	5.17	5.25	4.72	4.40	4.50	4.54	4.38	4.14	3.72	3.66
Eto=w·Rnt+(1-w)·f(u)·(ea-ed)	Evapotranspiration	mm/day	3.9	4.7	5.1	5.1	4.3	4.2	4.2	4.2	3.9	3.6	3.3	3.5
c	* Adjustment factor		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Eto corrected		mm/day	3.9	4.7	5.1	5.1	4.3	4.2	4.2	4.2	3.9	3.6	3.3	3.5

Eto adjustment factor is taken to be 1.0

\* read or interpolated from tables (Crop Water Requirement by J. Doorenbos, M.O. Pruitt, FAO Rome, 1975, p39-47)

α=0.25









JICA

LIB