DB
1263
1996
HG

半乾燥および湿潤熱帯地域における作付体系技術の比較農学的研究
－降雨分布を考慮したDry sowingの適用－

西　村　美　彦

寄贈
西村美彦氏
平成　年　月　日

00000135

目次

序 1

第1章　熱帯地域の農業気候区分 6
はじめに 6
1-1　材料と方法 7
1-2　結果と考察 7

第2章　半乾燥熱帯地域における作付体系と営農技術の改良 18
はじめに 18
2-1　農家圃場での改良営農技術試験 21
2-1-1　材料と方法 21
2-1-2　結果と考察 28
2-2　Vertisolにおける畦立て法、改良農機具使用による改良農法 52
2-2-1　材料と方法 52
2-2-2　結果と考察 54

第3章　湿潤熱帯地域における営農 62
はじめに 62
3-1　湿潤地域の気象条件 63
3-1-1　気候の調査方法 64
3-1-2　南東スラウェシ州の気候の特徴と考察 64
3-2　南東スラウェシ州の伝統的農業 72
3-2-1　農業生産調査の場所と調査方法 77
3-2-2　調査結果と作物栽培の現状と考察 78
3-2-3　慣行農法の作付についての考察 94

第4章　乾季の発芽技術に関する試験 98
はじめに 98
4-1　半乾燥地域におけるDry sowing条件の検討 98
4-1-1　材料と方法 99
4-1-2　結果と考察 99
4-2　モンスーン乾季における作物発芽の栽培的改良 106
（ネパール南部平地ータライ平野ーの栽培試験から）
4-2-1　材料および方法 107
4-2-2　結果と考察 108

4-3　湿潤地におけるDry sowingの導入試験　117
4-3-1　材料と方法　118
4-3-2　結果と考察　119
4-4　クンダリ県における作付体系の改善　121
4-4-1　現地栽培試験の材料と方法　127
4-4-2　結果と考察　129

第5章　総合考察　138
5-1　半乾燥地農業と湿潤地農業における作付体系の共通点と相違点　139
5-1-1　降雨条件と作付　139
5-1-2　農法の比較から　154
5-1-3　作付方法における相違（混作と多毛作）　157
5-1-4　作付体系にみる湿潤地農業と半乾燥地農業　158
5-1-5　耕地の水管理体系　160
5-1-6　営農における組織対応の相違　161
5-2　作付体系の改良　162
5-2-1　半乾燥地域における湿潤地農業の導入　162
5-2-2　湿潤地農業天水田における三毛作の導入の実際　162
5-3　湿潤熱帯農業と半乾燥熱帯農業の接点　169
5-4　結論　170

引用文献　173
謝辞　182
別添資料　183
写真　187

序

熱帯における農業の自然環境は降雨条件によって、乾燥・半乾燥熱帯地域から湿潤熱帯地域まで、地域的に多様な広がりを示している。しかし、熱帯地域は作物生産にとって最も重要な高温という条件に等しく恵まれているので、農業の潜在生産力の高い地域であるといえる。

ところが現状は、この農業の潜在生産力の高い熱帯地域の多くが開発途上国の段階にとどまっている。当該開発途上諸国では、国民経済の中で高い比率を占めている農業が低生産性、低所得の状況に停滞しており、そのことが国民経済の発展を制約しているものと推察される[102,140]。

所定の「自然条件」のもとで、「耕作者」が、「作物」を栽培するという3要因の有機的な結び付きが農業生産の基本であるといえよう[89,91]。熱帯地域では、農業が衣・食・住のベーシックヒューマンニーズ（BHNs)、とくに食糧を供給するという自給的段階において、それぞれの地域の条件に適応した上記3要因の結びつきとして慣行農法が形成・継承されてきたと思われる。

ところが熱帯地域の慣行農法は、一方では新たな貨幣経済への対応をせまられるようになったが[92]、他方では異なった自然・社会環境の中で形成された西欧・先進国の近代農業技術を容易に適応できないという問題をかかえることとなった。慣行農法は長い時間をかけて構築されてきた合理的な体系であるだけに[135]、それを改変するのは容易ではないのである。

熱帯地域における農業開発は当該国における農民経済の改善と食糧自給にとって重要なだけではなく、世界的な見地からも増加する人口に対する食糧の安定供給を図る意味で重要となってきていると思われる[13,26,32,94,102,119,123,144]。ところが開発途上諸国では、限られた資金・人材・技術などのために必ずしも十分な開発が進められない場合が少なくないことから、先進国からの開発協力援助（技術協力援助）が重要な開発要因となってきたといえよう[31,66,139,144]。

農業分野における海外に対する協力は戦後間もなく実施されており、ま

た現在も技術協力に占める割合は多い[66,101,106,107,108,109]。しかしながら農業開発は生産基盤の自然環境とこれを利用する人間とが結びついた総合的な分野であり、その効果を得るのにはただ単に与えるだけではなく、多種多様な過程を見極めることが重要である。農業開発が開発途上国の国民の意図する方向と逆に、援助する側の都合で実施されてしまう場合もしばしば起こる[33,121,127,140]。ましてや農業の担い手の農民に受け入れられる農業技術に関しては必ずしも適切なものがあるわけでなく、地域、時代にあった技術が要求される。そして小規模農民に対する技術は経費のかからないこと、分かりやすくかつ簡単に導入できることなど条件がさらに狭まるため、逆に技術開発には一層の多様化が求められる。

農業分野の技術協力では先進諸国が独自で行うものと国際機関で行うものがある。国際機関ではUNDP、FAO、世界開発銀行、アジア開発銀行などが世界の開発援助を先導する機関として設置されている。

農業技術面では開発途上諸国の小規模農民に対する技術協力の必要性から世銀の中に国際農業研究協議グループ（CGIAR）を設立し、13の国際農業研究所を設立して食糧増産の技術開発を進めている[6,13,143]。稲の高収量品種（HYV）を育成した国際稲研究所（IRRI）、熱帯における小麦の高収量品種を出した国際トウモロコシ・小麦改良センター（CIMMYT）などがそれである[144]。

一方、日本の海外農業技術協力は1954年のコロンボプラン加盟をうけた1959年のカンボディアに対する農業技術センタープロジェクト協力から始まった[106]。当時の協力の形はモデル農場または農業普及センター協力方式といわれた「点」の開発であった。その後、地域農業開発または地域農業普及開発など、技術移転の実践性を試みた「面への展開」とよばれる援助方式に移行した。ところが相手国側の農業基盤や組織の弱さなどの理由による農業技術や普及効果が十分発揮できていない事への反省から、基礎的な研究協力重視の方向へ移行してきた。そして現在では問題領域としては地球規模での環境、貧困問題などの広がりがみられ、開発方法としては参加型開発といったより現地のニーズに対応する方式に移行してきた[48,53,67]。

また資金援助方式については、大規模な農業開発事業指向から適正規模の事業へと移行してきている[3)]。

農業開発協力にかかわる国際機関やわが国の農業開発協力の方向は、以上のように、現地のニーズに密着する方向へ移行されてきたといえる。また技術協力の側面では、現地の自然条件と慣行農法をよくみきわめた上で、その中から改善の方法をつくりだしていくという方向へ変換しているといえよう。先に農業生産の3要因として自然条件、耕作者、作物をあげたが、農業技術協力が熱帯地域の自然条件とそこでの耕作者の状況を踏まえた上で、作物生産の改善を図る方向へ推移してきているといえよう。本研究でとりあげている素材は、筆者が国際協力事業団（JICA）の農業開発協力事業の中で得られたものであるが、それらは上記したような技術協力の理念に基ずいた調査及び実験を通して考察して得たものである。

作物の生産量は単位面積当たりの生産量と栽培面積によって決まる。また単位面積当たりの生産量は、年間の作物面積と単位面積当たり収量によって決まる。この農業生産体系の構成要素[66,89,91,99,105,122)]のかかわりを図1に概念図として示した。

ところで近年、生産量増大のための栽培面積拡大の方向は、地球環境問題の観点から必ずしも容易に受け入れられなくなってきた。　農業開発のために、ただ単に開墾して面積を拡大するというわけにはいかなくなってきたといえよう[45)]。それだけに集約的な土地利用の方法がより一層求められるようになってきたのである[134,145)]。

熱帯地域の天水農業においては、一般に温度条件は恵まれているので、作物栽培の成功は水の利用の仕方が鍵となる。当該地域の土地利用の安定した集約化を図る改良作付体系を導入する場合には、主栽培である雨季栽培を確実に行うことが肝要である。

また従来は熱帯農業を論じる場合、外界が著しく異なる乾燥地農業と湿潤地農業の相違点に関心が向けられて、両者に共通する技術的論考はなかったといえよう。

筆者は幸い半乾燥地域と湿潤地域の双方で農業開発協力に参加すること

ができたので、そこでの調査及び実験から雨季栽培の安定化を図るDry sowing（乾季播種）の新しい技術を降水量の月・旬間の変動係数（Coefficient of variation : CV）の検討から創出し、それが半乾燥地農業、湿潤地農業に共通的に適用可能であることを明らかにした。

生産（P）　X　値段（Pr）　→　収入　→　純益
　　→　経費

生産体制　　需要（消費）　多　→　高値
　　少　→　低値

技術的要因　　経済、社会的要因

（在来種）　（最適密度）　（生育阻害度）　（損失度）
作物（C）：種子（遺伝性）　立毛率（個体数）　生育　収穫

（高収量品種）

環境（E）：土地条件　空間　競合
（肥沃性）　（温度）　（雑草）
（水条件）　（光）（空気）　（病虫）

耕作者（G）：技術、農具・機械

Y（収量）=F(C)・F(E)・F(G)

収量構成要素

Y_1（1個体の収量）＝（収穫物の数　×　収穫物1個の重さ）

Ya＝（面積当り収量）＝ΣP_1（収穫物数×収穫物1個の重さ）＋P_2　P_3　・・Pn

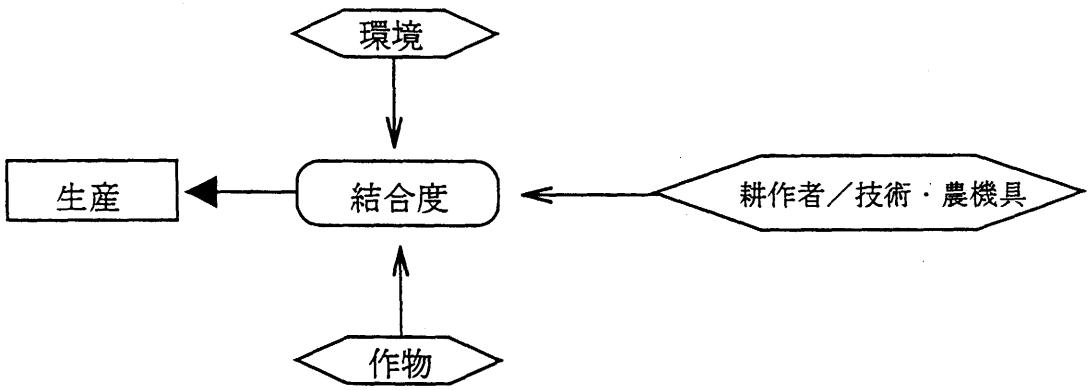


図1　作物栽培の生産要因解析概要図

第1章 熱帯地域の農業気候区分

はじめに

熱帯農業は高温という気候条件において共通するものと特徴づけられる。したがって、営農における作付体系を考える場合、温度条件以外の変化に富む気候条件が重要な栽培構成要素となる。特に湿潤地域か乾燥地域かの区分が営農の方向を決定する。気候要素の中でも温度、水、光条件が最も重要とされる。熱帯という条件の中で、標高差による条件を除けば、温度、光条件はある程度共通のものとして基準化できるが、水条件だけは大きな地域差を生ずる[61)]。したがって、本研究では水条件と作付体系を重点に検討していく。また水条件の中でも降雨と蒸発散の二条件が重要であり、蒸発散についてはほぼ気温の関数で捉えられるので基準化が可能である[55)]。しかし降雨は地理的条件、大気の動きで変化し、蒸発散よりも農業の地域的相違を生じさせるため、詳細な調査が必要である。

熱帯の気候区分は古くから多くの研究者によって、それぞれの利用目的に応じ区分がなされてきた[71)]。それによると気候区分の中でも植生型による区分を行ったケッペン(Köppen)の定義が基本になっている。その後この定義にトレワルタ(Trewartha)が気象観測データを取り入れて気候区分を行った[150)]。また日本でも吉良が温度指数を使って、熱帯・亜熱帯地域の区分を明確に行っている。ソーンスウェイト(Thornthwaite)は蒸発量と気温を組み合わせた気候区分を行い、他にもモノグラフを作成したスチンペル(Schimper)やリチャード(Richard)、ワルター(Walter)、ミラー(Miller)、メイグス(Meigs)などが地域に合った気候区分を提示している[8,96)]。中でもドウマルトンヌ(de Martonne)は乾燥地域指数を提示することで、乾燥度合いの定義を行い、トロール(Troll)も乾燥地の特性を区分けしている。農業的観点からオルデマン(Oldeman)らによって湿潤地域の月間降水量から気候型を区分し[60,138)]、ペンマン(Penman)らは作物生態学的な指標を提示し気候区分を行った[145)]。

これらの気候区分は必ずしも作付体系を考える上で、十分であるとは限

らない。特に作付を決定する場合に参考となる区分けは限られている[22,29]。熱帯の農業開発を実施する場合、「適地適作」という言葉があるように、地域に合った農業を計画することが従来からの理にかなった手法である。そのためにはまず対象地域の気候を十分に解析し、そこに適した作付を実施することが基本となる。ただ農業は自然を相手にし、人為的な要因に左右されるため、地域の気候区分を単純化した適切な作付計画ができれば所期の目的を十分達成することができる。ここでは熱帯の作付体系の特徴を調べることを目的として主要構成要素で、かつ比較的容易に入手可能な降水量のデータによって、地域の区分を行った。

1－1　材料と方法

本調査に使用した資料は現地で入手したものとNOAA（National Climatic Data Centerの気象データベースNational Oceanic and Atomosphere Administration）から入手したものを採用した。データは10～20年間分を取り出し使用した。またデータの欠如している年は調査から除いた。

調査データはケッペンの気候区分に基づいて、乾燥熱帯地域としてAsswan,Egypt、Khartoum,Sudan、半乾燥熱帯地域としてNiamy,Niger、Gulbarga,India、モンスーン湿潤地域としてJanakpur,Nepal、Dacca,Bangladesh、熱帯多雨林地域としてRokupr,Sierra Leone、Banjaru macin,Indonesia、Kendari,Indonesia、Padang,Indonesiaの10地区を対象とした。

それぞれの地域の10～20年間の毎日の降水量データから年間平均降水量、月別平均降水量、この標準偏差、変動係数（Coefficient of variation）を求めた。

1－2　結果と考察

熱帯農業を対象とすることから、本調査では温度条件を除き降水量だけを解析することにより、各地域の特徴を知り得ることができた。したがってここでは降水量と得られた解析結果より農業条件を考察することにした。

地域における降雨状況の特徴を知るために年平均降水量と月平均降水量

とその変動係数（CV）を表1-1に示した。

まず基本的な地域区分は年平均降水量で行った。1,000mm以上は湿潤地域、500～1,000mmは半乾燥地域、500mm以下は乾燥地域として区分けする[142)]。研究者によって半乾燥地域の降水量基準が異なるところであるが[72,97,128)]、本研究は作物が天水で栽培が可能な500mm以上を基準範囲とした[142)]。しかし年間の気候変化、季節を理解するためには月平均降水量が必要であり、かつ降雨の特徴を知ることで農業の作付に応用が可能と考える。そこで変動の指標として月平均降水量の変動係数を利用し降雨の特徴を解析することにした。変動係数はこの中でつぎのように説明できる。

i)変動係数が小さいことは降雨状態が安定していることで、年による降水量の振れが小さいことを示している。

ii)変動係数が大きくなることは降雨状態に変動がみられ、年による降水量の違いが大きく、不安定な降雨状態を示し、乾燥状態が増していることを意味する。

iii)変動係数が0ということは観測期間中、全く降雨のなかったことを示す。ただし、毎年同じ量の降雨があった場合も0となるが自然界では有り得ない。

またこれらの値の傾向は、雨量が少量でも毎年類似の雨量であれば値は小さくなる。雨量が多くても年によって差があると値は大きくなる。そこで変動を数値化することにより気候区分を次のように行った。

i)50%未満の場合（雨季に相当）：安定的な降雨期間があると判断できる。つまり雨季に相当する期間と見なすことができる。

ii)50～99%の場合（不安定な雨季に相当）：年により降雨の無い月もあり、多少変動があるものの平均すると降雨がある不安定な雨季と考えられる。また雨季入り、雨季終了の目安とする数値である。

iii)100%以上の場合（乾季に相当）：降雨のある年が少なく、乾季を表す範囲であり、値が大きくなれば乾季が強くなる。

以上、この基準をもとに各々の地域の特徴を考察することができた。表1-2で各地の年平均降水量と月平均降水量の変動係数を上記の分類で整理

表1-1　熱帯の年降水量と月別降水量

地名 国名 緯度・高度	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	annual (mm)	CV<50	CV 50-100	CV >100&0
1) Janakpur Nepal 26° 49N,100m	(mm) Ave.	13.0	13.2	13.2	36.7	92.6	183.4	439.8	282.8	215.1	70.1	3.2	11.9	1375			
	(%) CV.	119	105	128	85	77	55	48	63	57	94	175	169		1	6	5
2) Rokupur, Sierra Leone 9° 01'N,8m	(mm) Ave.	7	1.2	23	73.1	225.3	415.9	561.4	749.2	573.8	365.9	188.4	23.5	3208			
	(%) CV.	193	196	175	95	25	21	32	24	26	25	51	117		6	2	4
3) Niamy-Aero, Niger 13° 29'N,234m	(mm) Ave.	0	0	3.3	2.5	50.6	70.3	147.6	168.8	82.5	12.5	0.3	0	538			
	(%) CV.	0	0	313	207	144	68	33	38	56	112	447	0		2	2	8
4) Gulbarga, MS, India 17° 30'N,450m	(mm) Ave.	8.5	7.2	10	17.2	53.8	117.2	132.9	147.4	235	90.9	27.2	7.7	855			
	(%) CV.	348	157	187	82	97	55	57	91	61	78	132	354		0	7	5
5) Asswan, Egypt 23° 58'N,196m	(mm) Ave.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0	0.06			
	(%) CV.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0		0	0	12
6) Banjaru macin (Airport), Indonesia 3'30° N10m	(mm) Ave.	385.8	270.8	338.5	292.5	269	118.8	136.6	54.5	94.6	134.6	244.4	429.3	2769			
	(%) CV.	21	29	23	34	38	48	90	57	89	54	37	33		8	4	0
7) Kendari Indonesia 4° 10'S,30m	(mm) Ave.	164.2	157.7	233.3	226.4	251.1	201.6	138.3	81.7	69.6	69	103.1	170.4	1866			
	(%) CV.	51	45	23	34	36	43	68	134	132	72	63	55		5	5	2
8) Khartoum, Sudan 15° 36N10m	(mm) Ave.	0	0	0	0.7	4.2	6.5	53.9	75.1	17.2	6.5	1.1	0	165			
	(%) CV.	0	0	0	412	162	131	87	89	107	182	447	0		0	2	10
9) Dacca/Tejgaon, Bangladesh 23° 46'N10m	(mm) Ave.	2.6	31.3	75.3	153.7	340.4	353.3	378.3	295.1	259.7	172.3	15.7	15.7	2093			
	(%) CV.	136	74	103	60	44	47	21	51	38	54	111	134		4	4	4
10) Padang, Indonesia 0° 53'S,3m	(mm) Ave.	245.6	253.2	455.1	346.4	290	255.8	310.9	229.4	432.4	490.3	567.4	343.5	4220			
	(%) CV.	53	47	46	40	22	63	42	59	44	31	47	12		9	3	0

備考：
1) 1991-1971年の21年間のデータ
2) 1970-1954年の13年間のデータ
3) 1992-1966年の20年間のデータ
4) 1979-1959年の20年間のデータ
5) 1978-1959年の20年間のデータ
6) 1992-1983年の8年間のデータ
7) 1987-1967年の20年間のデータ
8) 1979-1958年の20年間のデータ
9) 1981-1975年の7年間のデータ
10) 1990-1980年の10年間のデータ
Ave;　平均降水量(mm)
CV;　変動係数

＜CV50
CV50－99
＞CV100&0

表1-2　熱帯の降雨パターンと降雨の変動係数（CV）

降水量 地域名 （緯度、高度）	年平均降水量 (mm)	CV ＜50の月数 （降水量割合%）＊ 期間内降水量／ 月平均降水量(mm)	CV 50～99の月数 （降水量割合%）＊ 期間内降水量／ 月平均降水量(mm)	CV ＞99の月数	区分 ケッペンによる 気候区分（型）
Padang (0° 53'S, 3m)	4220	9 (83%) 3489/388	3 (17%) 731/244	0	Af
Rokupur (9° 01'N, 8m)	3208	6 (90%) 2891/361	2 (8%) 261/131	4	Af (Aw)
Banjaru macin (3° 30'N, 10m)	2769	8 (85%) 2349/294	4 (15%) 420/105	0	Af
Dacca (23° 46'N, 10m)	2093	4 (51%) 1072/260	4 (10%) 206/52	4	Af (Aw)
Kendari (4° 10'S, 30m)	1866	5 (57%) 1070/214	5 (35%) 645/129	2	Am
Janakpur (26° 49' 100m)	1375	1 (32%) 440/440	6 (64%) 881/147	5	Aw
Gulbarga (17° 30'N, 450m)	855	0 (0%) 0	7 (93%) 794/113	5	Aw
Niamy (13° 29'N, 234m)	538	2 (59%) 316/158	2 (28%) 153/77	8	Aw
Khartoum (15° 36'N, 10m)	165	0 (0%) 0	2 (78%) 129/65	10	Bsh
Asswan (23° 58'N, 196m)	0.06	0 (0%) 0	0 (0%) 0	12	Bwh

備考：Af　熱帯多雨林気候
Am　熱帯モンスーン林気候
Aw　熱帯サバンナ気候
Bsh　熱帯・亜熱帯ステップ
Bwh　熱帯・亜熱帯荒原
( )は一部含まれる
＊は年間降水量に対する割合

を行った。この結果、つぎのような地域特徴が判明した。

（1）湿潤地域（年降水量1,000mm以上）

湿潤地域は変動係数（CV）100以上の月が5カ月以内の地区である。ここは年間7カ月以上の降雨期間が期待できる。さらに湿潤地域は降雨パターンから詳細に3区分できる。

i) Padang, Banjaru macin：乾燥月を示すCV100以上の月が全くない地区で、ここは年間を通して降雨があり、降水量も多い。CV50以下の安定した降雨の月が8～9カ月あり年間の作付が可能である。しかしBanjaru macinは不安定な雨季が4カ月あり、このときに乾季に近い状態になることがある。

ii) Rokupur,Dacca,Janakpur：CV100以上の月が4～5カ月あり、乾季が明確に現れる地区である。一般に熱帯モンスーン地域と称されている。この中でもJanakpurはCV50以下の降雨安定月は1カ月と僅かで、やや不安定な降雨月が6カ月と年間の半分を占める。したがって1作物は栽培可能であるが、2作目は年の降雨状態によって変わる。また耐干性の作物であれば2作目も十分栽培可能である。RokupurとDaccaは類似したパターンでありより明確な雨季と乾季が現れる。特にRokupurは乾・湿の差が激しく、年間降水量の90%にあたる約3,000mmが雨季の6カ月間に集中し、4カ月間はほとんど降雨のない乾季となる。このため雨季作は十分栽培可能であるが降雨の侵食による害の方が問題となる。Daccaも同様な傾向にあるが、不安定な雨季も含め8カ月とやや長期であり月平均200～300mmの降雨がある。このため年2作の栽培が可能となる。

iii) Kendari：CV100以上の月は2カ月と上記地区の中間型である。安定した雨季が5カ月あり、不安定な雨季が5カ月ある。このため年2作は可能であるが、1作に耐干性のある乾燥に強い作物を導入することが作型を安定する。

（2）半乾燥地域（年降水量500mm～1,000mm）

Gulbarga,Niamy：CV100以上の乾季が5～8カ月と年間の半分以上を占めており、雨季が短くなっている。GulbargaにはCV50以下の安定降雨月がなく、雨季は年によって変動があり、不安定な状態であることがわかる。

しかし年間の93%に当たる約800mmの降雨が7カ月間に降ることになる。そのため栽培には乾燥に強い作物、または多年生作物を栽培した方が作付を安定する。熱帯モンスーン気候のJanakpurに類似した形態を示すが、Janakpurの方に安定した雨季が明確に出現している。Niamyは安定した降雨月が2カ月と不安定な降雨月が2カ月と雨季に当たる期間が4カ月ある。しかしこの期間の降水量は約470mmであるため乾燥に強い作物が1作だけ栽培可能となる。

（3）乾燥地（年降水量500mm以下）

Khartoum,Asswan：年間降水量が僅かであり、灌漑なしでは作物の栽培が困難な地区である。Khartoumでは約130mmの降雨が2カ月間だけであり、これも年による変動が多い。またAsswanでは20年間でわずか1mmの降雨があっただけである。

これらの結果を整理し、区分けをした地域の想定される作付の基本を要約して表1-3,1-4[30]に示した。これらの表から簡易な気候区分が可能となった。この区分は次の通りである。

H1：雨季・乾季が明確でない湿潤地域。

特徴；軽い乾季があり多少季節的変化を伴うが、年間を通して作付が可能である。特に水田は小河川の水利用で年間の栽培が可能である。また永年生作物であるココヤシ、ゴムなどの栽培には最適な地域となる。

作付；水稲二期作、三期作、ココヤシ、ゴム

H2：雨季・乾季が明確でない湿潤地域。

（どの月も降雨があり、わずかに不安定な乾季をもつ）

特徴；雨季の作付が中心であり、長期栽培作物が優位に導入される。また、収穫時期の設定により播種日が決まる。また低湿地においては雨季に滞水するため、水稲でも2～3回仮植する長期栽培が行われることもある。

作付；水稲単作（在来品種）、

水稲二期作（在来品種＋高収量品種）

表1-3　熱帯の降雨パターンによる農業区分

区分		気候の特徴	年平均降水量(mm)	月数		地域	緯度
				CV＜50	CV＞100		
H1	湿潤	雨季、乾季が明確でない湿潤地	＞1000	＞8	0	Padang	0° 53'S
H2	湿潤	雨季、乾季が明確でない湿潤地 （雨季はあるが不安定な乾季を持つ）	＞1000	＞8	0	Banjaru M.	3° 30'N
HD1	湿潤	雨季、乾季が現われる湿潤地 （雨季は長いが必ず乾季を持つ）	＞1000	5	1～3	Kendari	4° 10'S
HD2	湿潤	雨季、乾季が現われる湿潤地 （明確な雨季、乾季を持ちその差が大きい）	＞1000	4～6	4～6	Rokupur Dacca	9° 01'N 23° 46'N
HD3	湿潤	雨季、乾季が現われる湿潤地 （不安定な雨季が長い）	＞1000	1	4～6	Janakpur	26° 49'N
SA1	半乾燥	雨季、乾季が現われる半乾燥地 （不安定な雨季が長い）	500～1000	0	5～6	Gulbarga	17° 30'N
SA2	半乾燥	雨季、乾季が現われる半乾燥地 （限られた短い雨季）	500～1000	2	7～10	Niamy	13° 29'N
A1	乾燥	ほとんどが乾季の状態 （わずかな降雨期がある）	＜500	0	10	Khartoum	15° 36'N
A2	乾燥	沙漠の状態 （ほとんど降雨がない）	＜500	0	12	Asswan	23° 58'N

備考: CV, 変動係数(Coefficient of variation)

表1-4　気候区分による地域における農業と作付体系

区分	主要作付体系	他の作物、栽培
H1	年間を通しての作付が可能 水稲の二期作、三期作	永年生作物 ココヤシ、ゴム、カカオなど
H2	水稲二期作 水稲在来種の長期栽培 （雨季に滞水するために2～3回仮植導入）	永年生作物 ココヤシ、ゴム、カカオなど
HD1	二毛作（水稲＋畑作物）が可能 水稲＋ダイズ	多年生作物、ココヤシ ワタ、タロイモ、陸稲
HD2	水稲単作 二毛作（水稲＋畑作物）が可能 水稲＋トウモロコシ／ナタネ	熱帯果樹、マンゴー、チョウジ キャッサバ
HD3	二毛作（水稲＋畑作物） ［水稲／シコクビエ］＋ナタネ （畑作＋畑作） トウモロコシ＋［ラッカセイ／ソバ／ナタネ］	マンゴー、キャッサバ マメ類
SA1	畑作の単作［トウモロコシ／ソルガム］ 混作による作物多様化	多年生作物 ワタ、キマメ キャッサバ
SA2	畑作の単作（トウジンヒエ）	ヒマ 河川沿の水稲栽培が発達
A1	短期栽培作物が一部可（ゴマなど）	灌漑農業
A2	灌漑以外は栽培不可	オアシス農業（ナツメヤシ）

HD1：雨季・乾季が現れる湿潤地域。

（雨季は長いが必ず乾季をもつ）

特徴；雨季1作は十分に栽培可能であるが年2作の場合、1作は乾季にかかるので、乾燥に強い作物を導入すると安定的な作付体系が可能となる。また長期栽培作物と短期栽培作物の組み合わせで混植が行われる。

作付；水稲単作、陸稲単作、トウモロコシ単作、

リョクトウ／陸稲／キャッサバ（混作）

HD2：雨季・乾季が現れる湿潤地域。

（明確な雨季・乾季を有し両期間の降雨差が大きい）

特徴；雨季、乾季で降雨差が大きいため、季節の最盛期には大雨、乾燥の害が出ることもある。主栽培時期は雨季となるが、乾季に耐干性の作物導入で作付が安定する。

作付；水稲単作（長期栽培）、

水稲＋ナタネ（二毛作）

HD3：雨季・乾季が現れる湿潤地域。

（不安定な雨季が長い）

特徴；HD2と類似しているが年間降水量がやや少ないため、HD2よりは乾燥に強い作物が選ばれる。水田と畑作物の組み合わせが主流となる。

作付；水稲＋ナタネ・ソバ（二毛作）

トウモロコシ＋水稲（二毛作）

SA1：雨季・乾季が現れる半乾燥地域。

（不安定な雨季が長い）

特徴；HD地域と類似な作付が可能であるが、年間降水量が少ないため乾燥に強い作物が選ばれる。水稲栽培は天水では不可能である。また不安定な雨季のため長期栽培作物が選ばれる。作付は土壌条件によって異なり、粘土分の高い土壌では雨季の終わりから栽培が始まるが、通常は雨季作が主である。

作付；ソルガム単作（Alfisolでは雨季、Vertisolでは乾季栽培となる）
キマメ／リョクトウ、ワタ／ソルガムの混作

SA2：雨季・乾季が現れる半乾燥地域。

（限られた短い雨季）

特徴；限られた降雨が限られた期間に集中するため、耐干性作物の単作栽培が主流となる。

作付；雨季トウジンビエ単作、雨季ソルガム単作

A1：ほとんどが乾季の状態。

（僅かな降雨期がある）

特徴；天水農業はほとんど不可能である。ステップ草原が発達する。しかし保水性のある土壌条件の地域ではトウジンビエ、ゴマの栽培が僅かに可能となる。

作付；雨季トウジンビエ、ゴマ（水利条件の良好なところに限られる）

A2：沙漠の状態。

（ほとんど降雨がない）

特徴；沙漠であり、灌漑なしでは農業は不可能。オアシス農業などが可能。

作付；なし

熱帯地域における降雨分布の違いによる地域区分を作成することによって、これらの地域の作付体系を決めることが可能となった。

以上から、農業の作付計画に必要とされる気候区分は降雨データから基本的な区分が可能となった。年間降水量は大まかな湿潤地域、乾燥地域の区分を行うことができる。しかし作付にとって降雨形態はより重要となる。月の平均降水量とこの変動係数が雨季、乾季の指標となることが判明した。変動係数が50未満であれば雨季と見なし、50～99であれば不安定な雨季であり、100以上は乾季の状態を示す。これら変動係数による3区分の年間の気候を理解することにより、容易に適切な作物の選択と作付が可能となる。

特に雨量データから年間降水量の変動係数を計算することで、雨季、乾

季を指数で判断でき、この指数が雨季入り、乾季の始まりの判定を容易にすることで作付体系を決めることに正確さを増すことができた。

第2章 半乾燥熱帯地域における作付体系と営農技術の改良

はじめに

開発途上国の天水農業の開発、改良には技術的な問題から社会的、経済的問題までも含む、多岐に亘る解決せねばならない問題をかかえている。とくに半乾燥熱帯地域には6億人以上の人々が生活しており、概してこれらの人々の生活は貧しく、この地域分布と世界の貧困の分布とが類似の重なりを示している[17,112]。したがってこれらの地域の農業を発展させることは、世界の貧困解消に大きく貢献することになる。

半乾燥地域の本試験結果はインド、デカン高原に位置する国際半乾燥熱帯作物研究所（ICRISAT：International crops research institute for semi arid tropics）と、その周辺の農家で実施したものを取りまとめたものである。

（1）半乾燥熱帯の定義と特色

多くの半乾燥熱帯地域はモンスーンの影響を受け、周期的に雨季と乾季が現れる。すなわち1年の中に湿潤気候と沙漠気候をもっていることになる。半乾燥熱帯の定義は人により多少異なるが、ICRISATではトロル（Troll）の区分による降水量と蒸発散位（Potential evapotranspiration）に基づき、月平均で降水量が蒸発散位を上回る月が年間2ヶ月から7ヶ月あり、かつケッペン（Köppen）の気候区分を結びつけ、最寒月気温が18℃以上ある地域と定義している[130]。本章においてはこの定義、区分を遵守することにする。この分布を図2-1に示したが、これは第1章で述べた気候区分におけるSA1,SA2に相当する地域でもある。

一般にこれらの地域の中でも典型的な半乾燥を示す地域は降水量が500mm～1,000mmの範囲にあり、かつ降水量の80%以上が3～4ヶ月間の雨季に集中することが多い。また熱帯の気温はKöppenの気候区分によると最寒月気温が18℃以上と定義されているが、地域の温度格差は10～45℃と広い領域を示す。

モンスーンの影響下にある半乾燥熱帯のデカン高原は図2-2のように雨季、乾季高温期、乾季低温期の3つの中心となる気候区分ができる[54,81]。こ

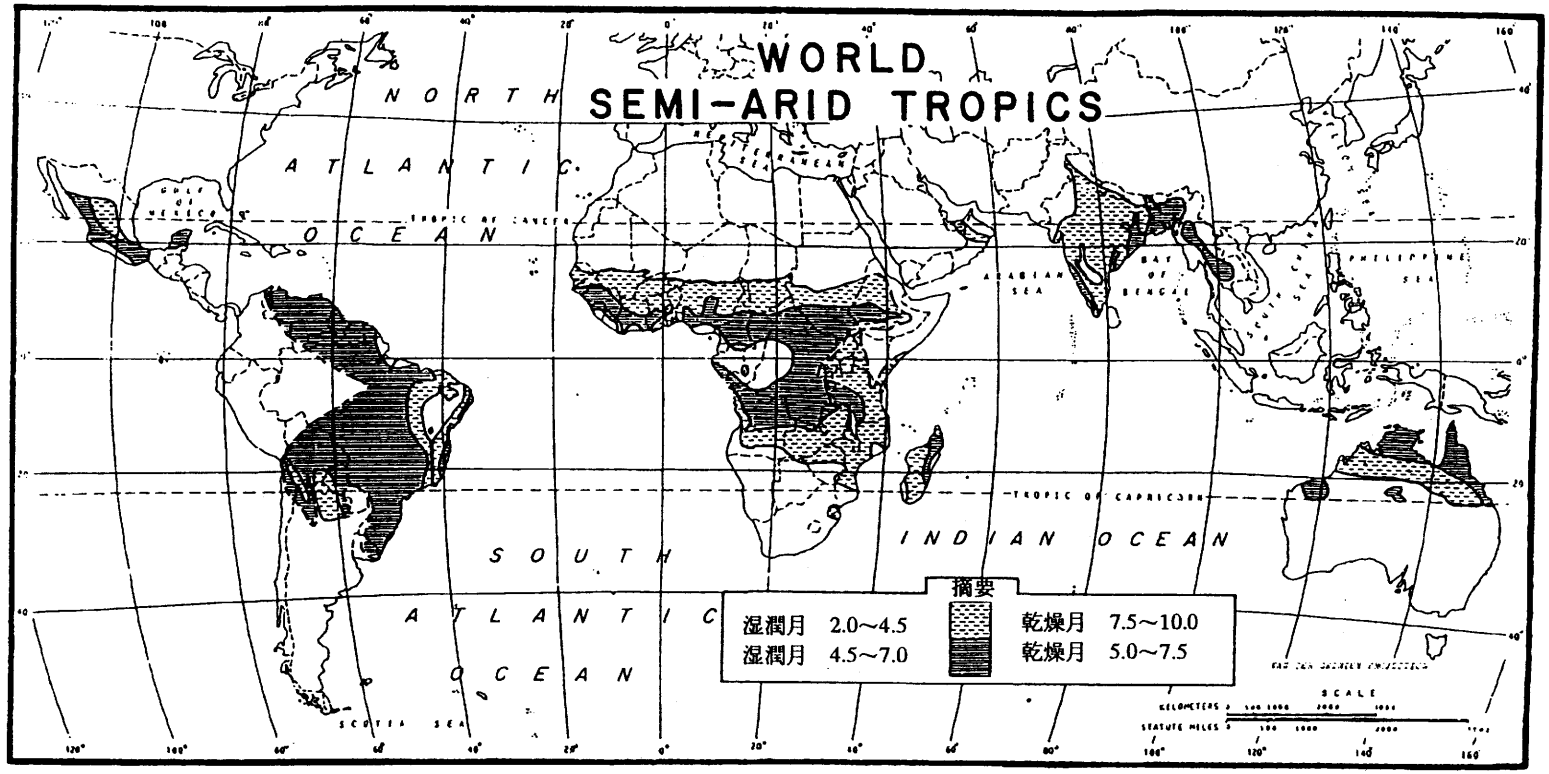


図2-1　世界の半乾燥熱帯地域の分布図(ICRISAT作成)

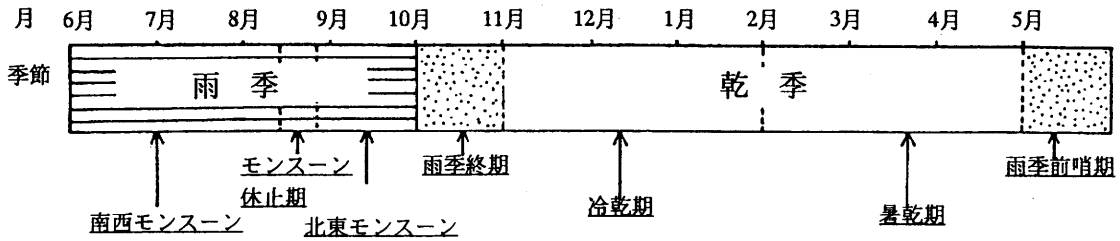


図2-2　インド, デカン高原の気候区分

こで展開される農業は一般に雨季耕作型として特徴付けられる。しかし土壌条件によってこれも異なり保水力の低い土壌、たとえばAlfisolなどでは雨季耕作型、また保水力が高い土壌たとえばVertisolでは乾季耕作型と区分できる[76)]。

半乾燥地域の天水農業はモンスーンの影響で、乾燥と湿潤という二面の栽培条件を有する。したがって、農業管理面から見ると乾燥条件下では水の確保ということが最も重要な問題となる。また湿潤条件下では排水の必要性とともに、植生が旺盛になるという条件から、除草という管理作業が欠かせないものとなっている。

(2) デカン高原における作物栽培

半乾燥熱帯地域における栽培作物は、穀類、マメ類、油料作物などに代表されるが、インドのデカン高原の栽培作物は、灌漑地域でイネ、トウモロコシ、サトウキビ、ワタなどが代表的な作物であり、天水農業地域においては、乾燥条件に強いソルガム、トウジンビエ、ヒマおよびマメ類などの作物が栽培されている[57,133)]。

また土壌の違いによっても栽培作物の選択に多少の差異が見られる。Alfisolは保水力がないため天水農業による乾季の栽培は困難で（写真13参照)、雨季に主要作物が栽培される[7)]。ここの主な作物はトウジンビエ、ソルガム、トウモロコシ、アワやキマメ、リョクトウのマメ類、ラッカセイ、ゴマ、ニガーシードなどの油料作物である。またVertisolは排水性が悪く雨季に土壌が軟弱化して圃場管理作業を困難にするため、主な作付は雨季あけ後となる（写真14、15参照)。しかし、栽培期間の長い木本作物のワタ、キマメなどは雨季を通して栽培されている代表的な作物である。乾季に入るとすぐにソルガム、トウモロコシ、ヒヨコマメなどの穀類、マメ類やベニバナ、ヒマワリなどの油料作物が栽培される[16,77,120)]。

(3) 営農における問題点

半乾燥地域における生産性の主要因は水条件である。この条件を満たすためには灌漑施設の建設が効果的であるが、資金・技術の面で必ずしも十分に施される訳ではない。そこで天水農業での改善が必要であり、自然条

件をいかに適切に利用するかによって生産性が変わる。特に水条件の関係から降雨を考慮した作付体系を導入することが求められる。

この改善策としては土壌条件によって異なるがAlfisolにおいては、乾季の水の確保によって二毛作が可能であるし、増収も見込まれる。反対にVertisolにおいては雨季における作物栽培を導入にすることで二毛作が可能となる。Vertisolでの栽培は粘土分が多いため、保水力が大きく、降雨直後の圃場作業を困難にしている。このため雨季作は一般に行わず、雨季が終わった直後の乾季に栽培が実施される。図2-3、表2-1にも示したように、インドにおけるVertisolの雨季は長期栽培作物を除き、多くの耕地が休耕となる[113,132]。ハルハタバード（Farhatabad）村周辺における雨季作の47%はキマメと他のマメ類との混作、残りの47%は次の乾季栽培を待ち休耕となっている。これは雨季の休耕地に何らかの作物栽培が導入されれば作物増産となることを意味している。しかし、この作付を導入するためには雨季における栽培の技術的困難さを解決しなければならない。

この考えのもとに天水農業条件でいかに農家レベルでの生産を増大させるか、作付体系の試験を実施し、増収の可能性を検討した。

2－1農家圃場での改良営農技術試験

2－1－1　材料と方法

ICRISATが半乾燥地域の農業を対象に考案したVertisol土壌での改良営農技術である“Improved Vertisol Management Technology”[35]をインド、カルナタカ（Karnataka）州のグルバルガ（Gulbarga）郡ハルハタバード（Farhatabad）村の農家圃場で1982～3年の雨季、乾季に亘り実施した。この改良営農技術は多岐に亘る分野の技術を総合的に組み合わせたもので、熱帯の問題土壌とされるVertisolにおいて天水農業を対象として、低コストで増収効果の上がる技術とされていた。そこでこの技術を農家に導入する実証試験を通して半乾燥地域の農業を調査した。

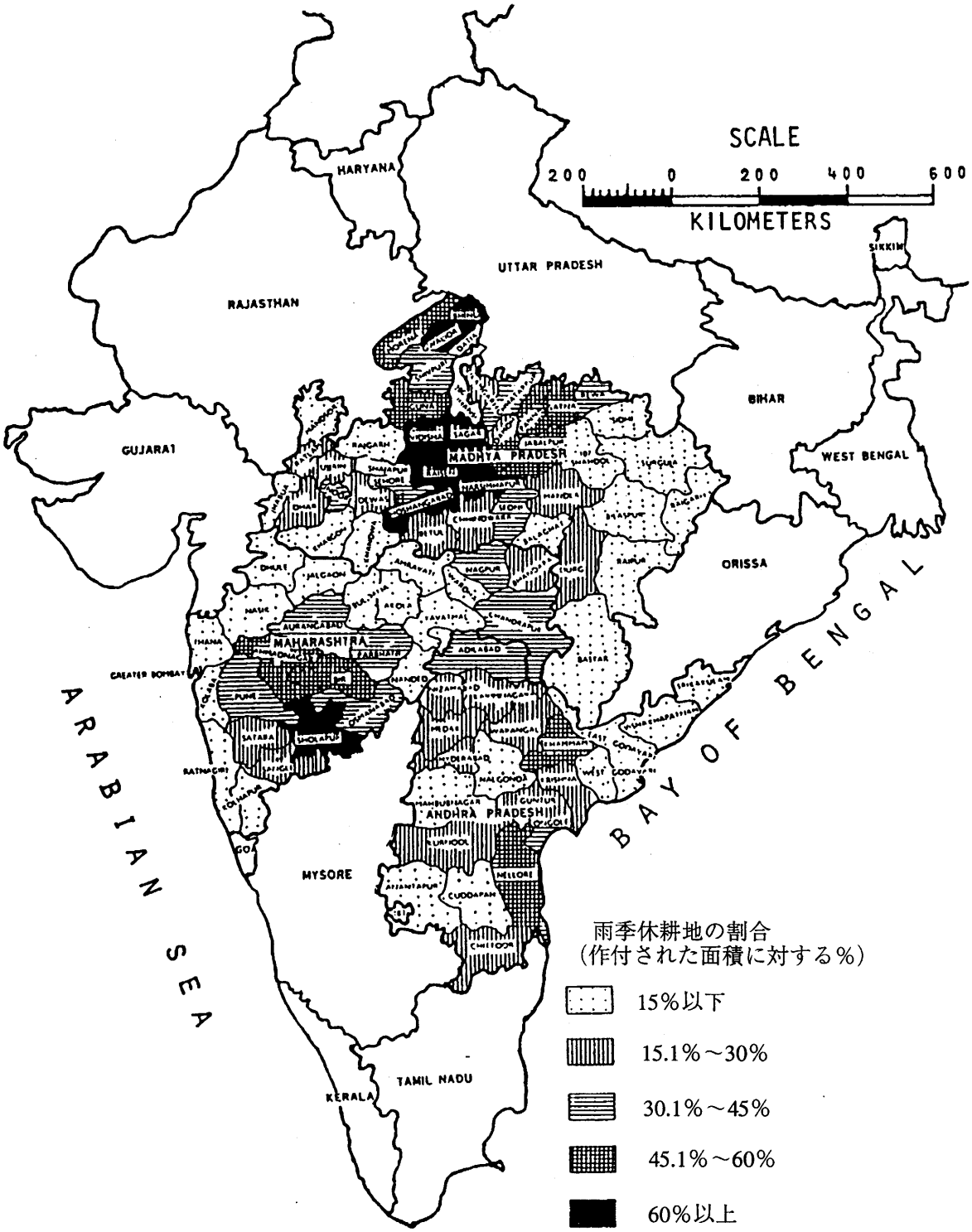


図2-3　インド、デカン高原三州における雨季作が休耕となる地域

備考：資料はICRISAT が作成した。[132)]

表2-1　インドの雨季における休耕地の割合

州名	データ採用年	年間の雨季休耕地面積 ('000ha)	耕地に対する休耕地の割合 (%)
Madhya Pradesh	1971-78	5,378	29
Maharashtra	1971-75	4,642	27
Andhra Pradesh	1972-78	2,253	20
3州合計		12,273	26
インド全体	1970-71	26,200	19

備考：　データはG. Michaelsによって Directorate of Agriculture, Bureau of Economics, Government of Maharashtra とMalone（1974）からのものを使用して国際半乾燥熱帯作物研究所（ICRISAT）でまとめた。

本試験で組み合わせた技術の各要点を下記に示す。

1）作付体系の改良

2）集水系（Watershed）[58,80]圃場単位による雨水の有効利用と広幅畦立て（BBF：Broad bed furrow）の導入（写真19、22参照）

3）車輪付き畜力牽引作業機（WTC：Animal drawing wheeled tool carrier）[4]の開発と利用（写真20、21参照）

4）降雨前播種／乾季播種（Dry sowing）による混作、多毛作の導入（写真23参照）

5）適正肥培管理

6）中耕、除草の導入（写真24参照）

7）改良優良種子の利用

8）適期病虫害防除

なおVertisol改良営農技術（IVMT：Improved vertisol management technology）については、別紙資料を参照されたい。

本試験は、試験農家圃場で改良技術を慣行農法と比較するために、下記の改良要素を導入した。

1）作付の改良

2）集水系による水管理システムの導入とBBFの作成

3）車輪付き畜力牽引作業機（WTC）の活用

4）発芽改良技術としてのDry sowingの導入

（1）圃場の準備

本試験で改良技術を導入したのは3人の農家で合計17.52haの圃場である。ここでは1982年3月下旬（乾季）に1/1000縮尺の地形図を作成し、これに基づきWatershed試験区を一般圃場から区分した。Watershedには広幅畦立てとして畦幅1m、高さ20cm、畦間0.5mの広畦（BBF）を車輪付き畜力牽引作業機（WTC）で作成した。他方、慣行農法として上記Watershedの周辺農家から試験を行ったものと同様の作付をしている農家を選び対象区とした。

（2）作付状況

デカン高原における改良農法と慣行農法の年間作付概要を図2-4に示し

た。Vertisolの慣行農法における、主作物のソルガムを乾季初期に播種し約6ヵ月後に収穫する。そして管理作業が困難な雨季は休耕としている。しかし一部の圃場では多年生作物のキマメが雨季に播種され、6～7ヵ月後に収穫される。ソルガム、キマメの二作物を基本作物として組み合わせ、二年輪作作付体系が一般的である。

改良農法の要点は耕地の高度有効利用による増収効果である。雨季、乾季作の二毛作の導入と雨季における混作により耕地有効利用を図ったものである。

1) 改良技術が導入されたWatershed圃場17.52haでは下記の組み合わせの作付を実施した。

リョクトウ＋ソルガム（二毛作）	6.15ha
キマメ（単作）	1.85ha
ラッカセイ／キマメ（混作）	0.35ha
ソルガム（単作）	4.80ha
ケツルアズキ＋ベニバナ（二毛作）	0.50ha
トウモロコシ／キマメ（混作）	0.35ha
ベニバナ（単作）	3.52ha

この栽培に当たって肥料・農薬は全区において使用し、中耕、除草も栽培期間中、実施した。7月10～21日にかけて雨季作物の播種を実施した。ケツルアズキ、リョクトウは順調に生育し8月20日に1回目の収穫となった。キマメと混作されたリョクトウは9月上旬に収穫した。2作目となるソルガムは9月下旬から10月上旬にかけて播種した。そしてキマメと混植したラッカセイは10月中旬に収穫した。キマメは1月上旬、ソルガムは2月下旬に収穫した。ハルハタバード村の改良農法による作付体系の配置を図2-5に示した。

2) 慣行農法の圃場は15農家から37.5haを選び下記の作付について調査を実施した。

リョクトウ（単作）	4.20ha（2農家）
キマメ（単作）	4.40ha（2農家）

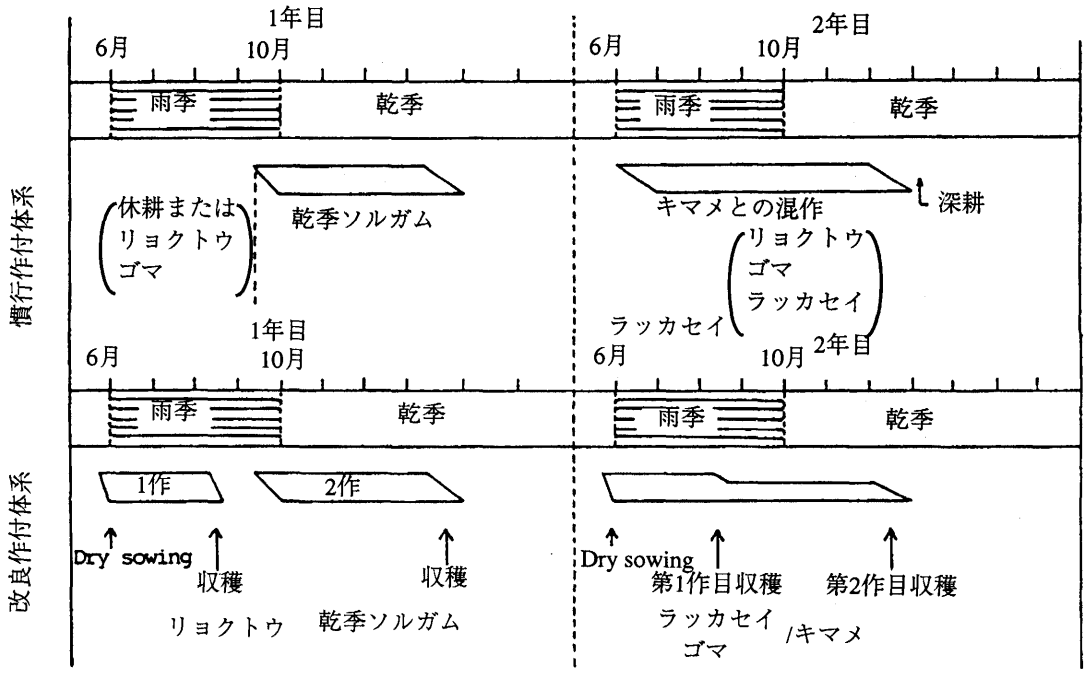
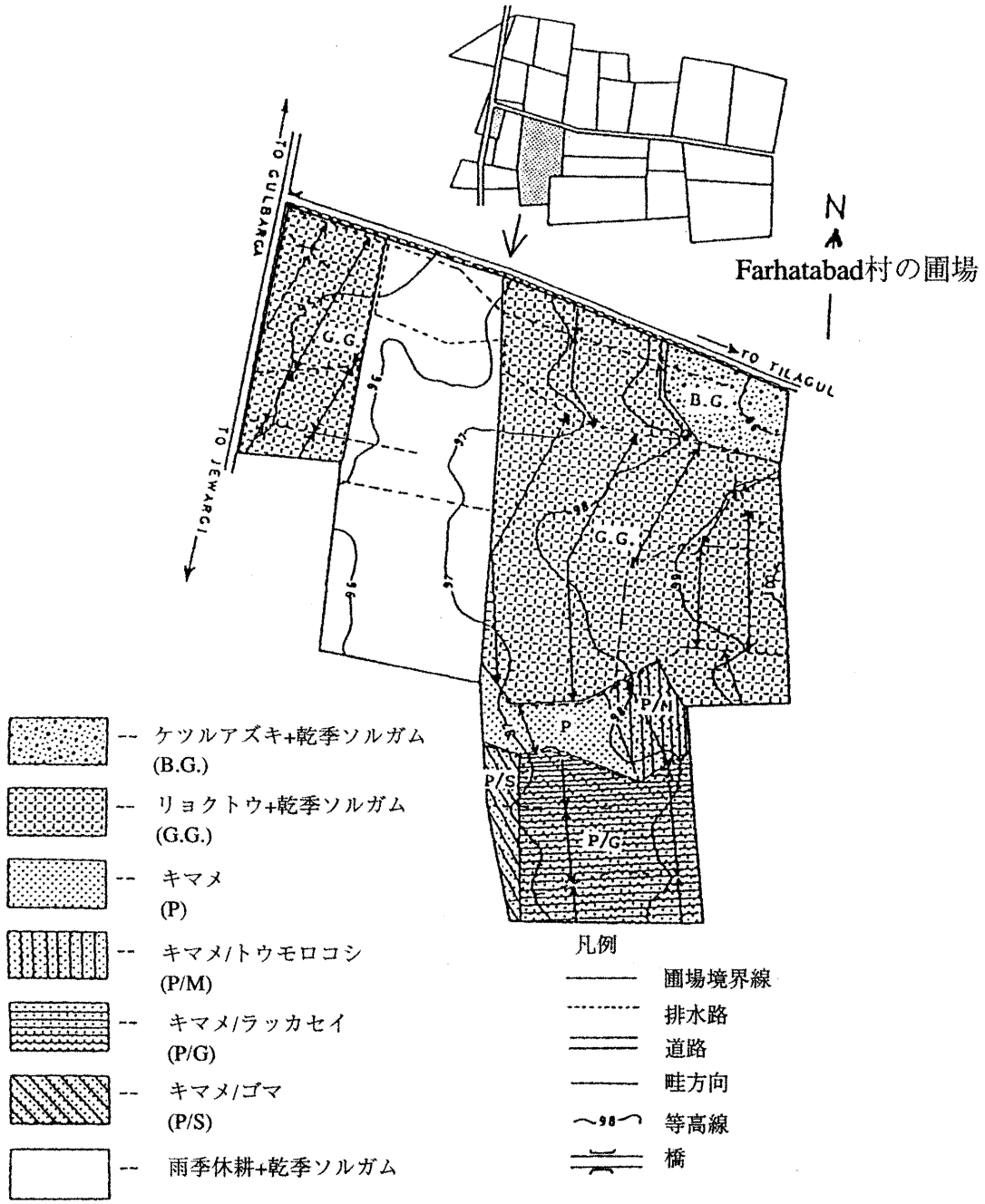


図2-4　Vertisolにおける慣行作付体系と改良作付体系



ヽ-5　グルバルガ郡ハルハタバード村の集水系（Watershed）の圃場運営

ラッカセイ／キマメ（混植）	5.00ha（1農家）
ゴマ／キマメ（混植）	0.90ha（2農家）
ソルガム（単作）	10.90ha（2農家）
リョクトウ＋ベニバナ（2毛作）	2.80ha（3農家）
リョクトウ／キマメ（混作）	0.80ha（1農家）
ゴマ＋ソルガム（2毛作）	3.70ha（1農家）
ラッカセイ（単作）	4.40ha（2農家）

2－1－2　結果と考察

（1）試験地区の土壌調査

試験が実施された地域の土壌は典型的な玄武岩を母岩とするVertisolで酸性度がpH7.8とアルカリ性を示し、粘土分を66%含有している。この粘土分の成分であるモンモリロナイトの吸着性によって、陽イオンはCa 6,625ppm、Mg 1,113ppm、K 438ppmと高い値を示しているのが特徴である。土壌分析結果を表2-2に示した。

（2）慣行農法の作付

本地区の農家は普通、ソルガム、トウジンビエなどの穀類を栽培している。時にはキマメ、ワタのような多年生作物も植えられる。慣行的農業の作付として本試験が実施される以前の、1981年のハルハタバード村100haにおける作付状況を表2-3に示した。これによるとソルガム単作が最も多く40%近くにもなる。そのほかに混作としてキマメ／ラッカセイが30%と続き、わずかにキマメ／トウジンビエの混作、ラッカセイの単作が行われている。収量はソルガムが平均1,251kg/haであり、ハルハタバード村の雨季作は耕地全体の40%が未栽培地となっている。そして植えられるものはリョクトウ、ケツルアズキ、ゴマなどの短期生育作物である（写真16、17、18参照）。

（3）実証試験農家での栽培結果と経済分析から

1）栽培と降雨、土壌水分条件

グルバルガ郡ハルハタバード村における栽培と降雨の関係を図2-6にまとめた。栽培は雨季作に短期生育作物としてリョクトウ、ケツルアズキの

表2-2　ハルハタバード村のVertisol土壌の性質

場所＼項目	pH	CEC (me/100g)	物理性 (%)				
			粘土	シルト	微細砂	荒砂	礫
Farhatabad (10cm) [a]	7.8 [b]	57	66	28	1	1	4

化学性(ppm)							含有機態C率 (%)
NH_4	NO_3	P_2O_5	K	Na	Ca	Mg	0.16
18	49	6.0	438	74	6625	1113	

備考：　a. Vertisol のサンプルはFarhatabad watershed の4地点の表土10cmから採集したもの。
b. 水で抽出（1：2）。

表 2-3　インド、ハルハタバード村における慣行の作付体系と作物生産
（試験導入前年、1981年の状況）

作付	単作（乾季作）ソルガム	混作 キマメ／ラッカセイ	混作 キマメ／トウジンビエ	混作 キマメ／リョクトウ	単作（乾季作）ラッカセイ
1. 栽培面積 (ha)	40.66	38.17	3.46	3.74	7.75
2. 収量 (kg)	50,881	PP 24,824 GN 11,456	PP 900 PM 173	PP 4,219 GG 1,594	7,419
3. 単収 (kg/ha)	1,251	PP 650 GN 300	PP 260 PM 50	PP 1,125 GG 425	960

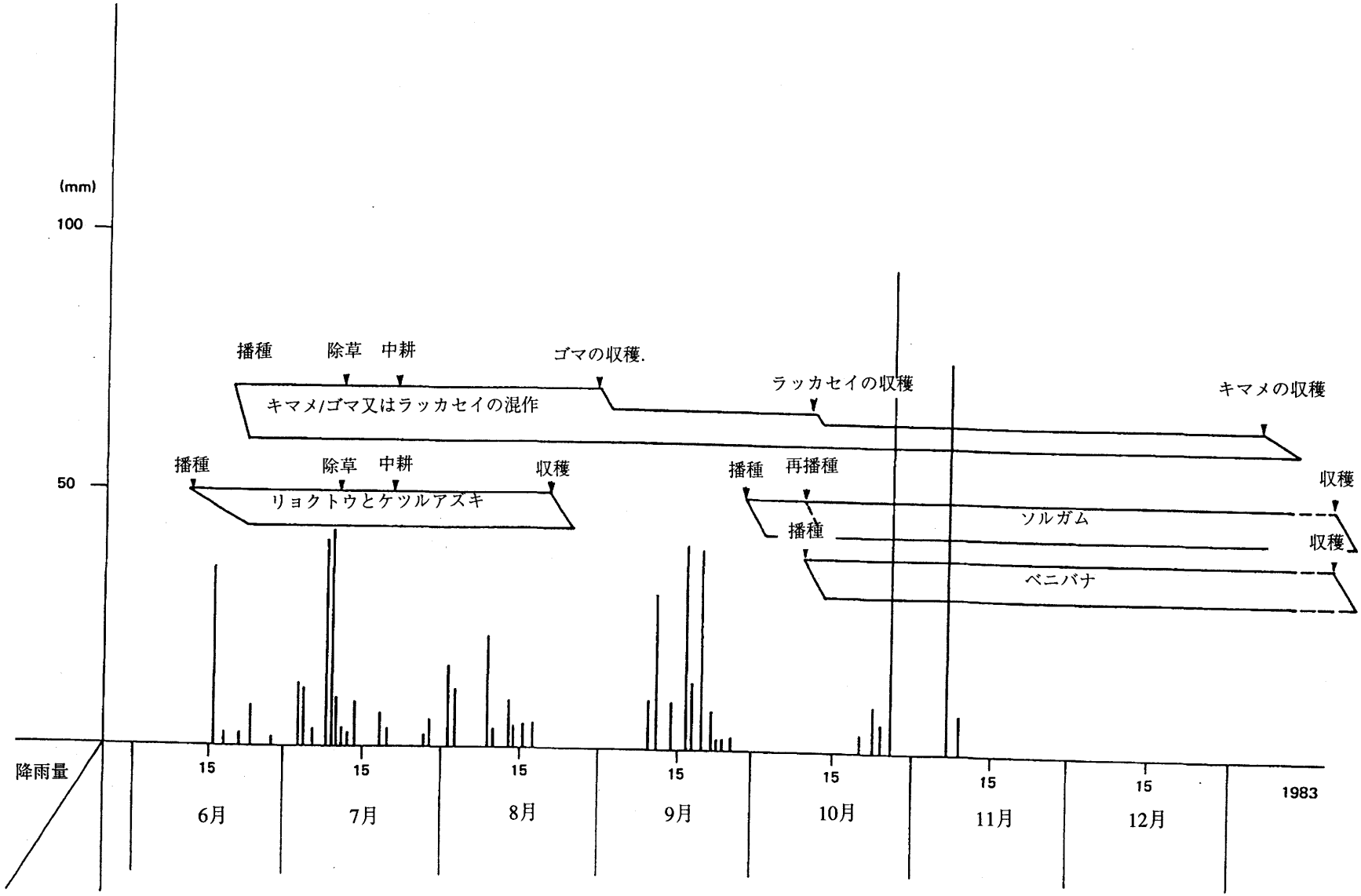


図2-6　ラノメト村watershedにおける栽培と降雨（1982/3）

マメ類とゴマ、ラッカセイの油料作物を栽培した。播種は6月中旬に実施され収穫は8月下旬、10月中旬であった。また栽培期間が半年を要するキマメも同時に蒔かれ、収穫は12月下旬であった。乾季作はソルガムとベニバナを9月下旬に播種し、1月下旬から収穫となった。とくに10月下旬と11月上旬に大雨が2回ほどあり、乾季栽培の重要な水源となった。この栽培に伴う有効性土壌水分を Ritchie's model[114]を使用し推定した。この結果を図2-7に示した。これによるとキマメ単作栽培は生育期間中に3回ほど土壌水分が不足気味になることが分かった。またリョクトウ、ソルガムの二毛作においては土壌水分の面から十分な水分が得られることが判明した。

2）改良農法におけるwatershedとBBFの導入

改良技術の一環として作付準備に農家圃場内をWatershedごとに区分し、そこにBBFを施した。この圃場準備にかかる経費を算出し、結果を表2-4に示した。これによると182Rs/haとなりヘクタール当たり45man/hrの労働力が必要で、1日8時間労働とすると一人で4.2日かかることになる。これを農家の初期投資分として計上する必要がある。この中でも特に圃場準備（整地）に多くの時間と経費を必要とし、BBF作成自体はそれほど多くの経費を必要としないことが判明した。

3）試験圃場と慣行農法農家での収量と生産費

ハルハタバード村における1982/3年の栽培で6作付体系について改良農法と慣行農法の収量および便益を比較することができた。各作物の収量と収益を表2-5に算出した。この結果によると改良農法で最も粗収入が高かったのはリョクトウ＋ソルガムの二毛作区であり、リョクトウで514kg/ha、ソルガムで1,456kg/haの収量があり、合計5,603Rs/haが得られた。しかし純益が最も高かったのはキマメ単作区の4,186Rs/haで収量も1,350kg/haと高かった。それに続いてリョクトウ＋ソルガムの二毛作区が4,059Rs/haと高い値を示した。そしてゴマ／キマメの混作、ラッカセイ／キマメの混作、乾季栽培ソルガム単作区と続いた。

一方、慣行農法を調べてみるとリョクトウとソルガムの二毛作における収量はリョクトウ341kg/ha、ソルガム1,248kg/haであり、慣行農法の中で最

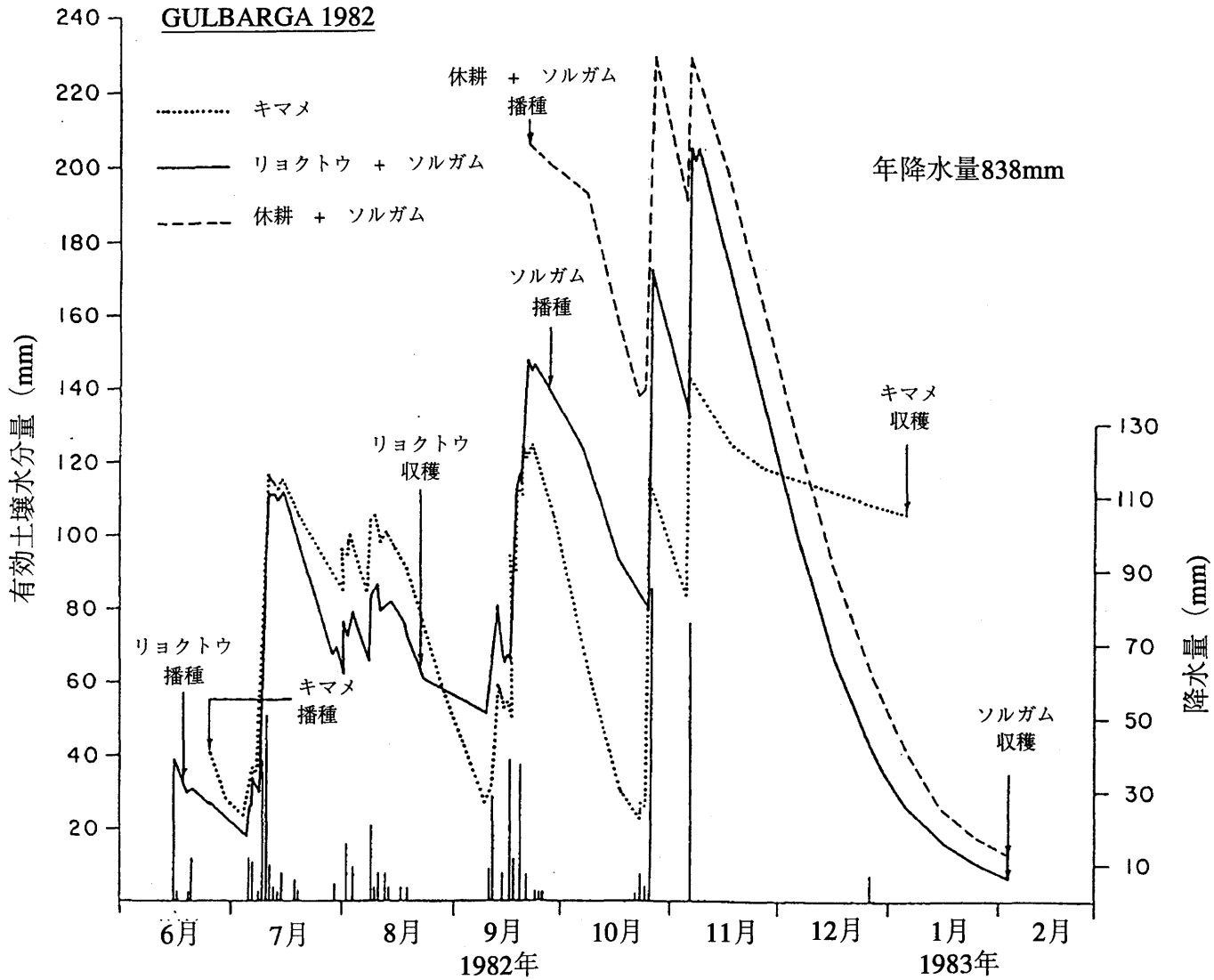


図2-7　ハルハタバード村の1982年の作付様式における有効土壌水分量
（Ritchie's modelによる）

表2-4 試験区におけるBBFとWatershedの開発費用

作業＼投入費用種別	経費[a] (Rs/ha)	BH[b] hr/ha	TMH[c] hr/ha	WTCH[d] hr/ha
圃場整備[e]	101	18.2	21.5	4.1
排水路	13	3.5	7.0	-
畝立て	45	9.6	14.0	5.0
畝の整形	13	2.2	2.2	2.2
測量[f]	10			
合計	182	33.5	44.7	11.3

備考：a. 試験区17.52haからヘクタール当りの経費を算出したものである。
時間当りの経費は牛の牽引費、労働費、WTC農機借上げ費が含まれ2.75ルピーであった。
開発費は牛33ペア／時間と男性雇用6人／時間、 男性家族35人／時間、女性雇用4人／時間を要した。
WTC耕作機はヘクタール当り11時間使用した。
開発作業は1982年4月9日から6月13日まで実施した。

b. BH：1ペアの牛の時間当り労働経費

c. TMH：合計の人の時間当り労働経費

d. WTCH：WTCの時間当り経費

e. トラクターの経費も含む(35.4Rs/ha)

f. 測量経費は現場の経費だけとし農家の経費負担とした。

表2-5　ハルハタバード村試験区における改良農法と慣行農法の営農比較

作付体系	改良農法区 粗収益 (Rs/ha)	経費 (Rs/ha)	純益 (Rs/ha)	収量 子実 (kg/ha)	収量 ワラ (kg/ha)	慣行農法区 粗収益 (Rs/ha)	経費 (Rs/ha)	純益 (Rs/ha)	収量 子実 (kg/ha)	収量 ワラ (kg/ha)
二毛作（合計）	5,603	1,544	4,059	——	——	4,439	1,365	3,074	——	——
リョクトウ	1,542	573	969	514	——	1,023	338	685	341	——
ソルガム	4,061	971	3,090	1,456	4,800	3,416	1,027	2,389	1,248	3,900
単作 キマメ	5,400	1,214	4,186	1,350	5,400	2,914	1,165	1,749	729	2,900
混作（合計）	4,560	1,535	3,025	——	——	3,795	1,446	2,510	——	——
ラッカセイ	G 832			G 216	——	570			G 190	——
キマメ	P 3,728			P 932	3,730	2,905			P 807	3,200
混作（合計）	4,680	1,019	3,661	——	——	2,550	851	1,699	——	——
ゴマ	S 960			S 160	——	150			S 25	——
キマメ	P 3,720			P 930	3,720	2,160			P 600	2,400
単作（乾季） ソルガム	3,040	682	2,358	1,150	3,200	3,222	956	2,266	1,040	4,500

備考：G, ラッカセイ　P, キマメ　S, ゴマ

1. キログラム当りの値段

子実	Rs/kg	ワラ／枯木	Rs/kg
乾季ソルガム	1.80	乾季ソルガム	0.30
リョクトウ	3.00	キマメ	0.10
キマメ	3.60		
ゴマ	6.00		
ラッカセイ	3.85		

2. ワラ収量は推測値。
3. データは改良農法を試験区17.5haから慣行農法を37.6haから調達し、計算した。

も粗収入が高い作付となり、純益も3,074Rs/haとなった。これに次いでラッカセイとキマメの混作の作付で収量が高く、純益は2,510Rs/haであった。さらに乾季ソルガムが収量1,040kg/haで、純益2,266Rs/haと続いている。改良農法で著しく収益のあったキマメ単作は慣行農法では収量729kg/haと低く、純益も1,749Rs/haと少なく改良農法の55%の収益にすぎなかった。表2-3に示したようにハルハタバード村の約80%の作付を占めている中心的作付であるラッカセイ＋キマメの混作と乾季ソルガム単作は純益で各2,510Rs/ha、2,260Rs/haであった。これらの作付で改良農法の乾季ソルガム単作が慣行農法のそれよりやや収量が高かったが、ラッカセイ＋キマメの混作で改良農法はさらに120%の収益増となった。

作物の中でもキマメの値段が高く、収益性があることから、キマメから高い収量が得られると高い収益につながり、特に混作の組み合わせの基本作物となるのでキマメ栽培技術が農家における収益性の重点課題となる。また従来の乾季ソルガム単作に雨季のリョクトウを導入した二毛作になると約1,000Rs/haが加わり、ソルガムだけの慣行農法に比べ180%の純益があった。ただし乾季ソルガム単作栽培だけでは大差は認められなかった。つまりキマメ、リョクトウではまだ栽培技術の開発余地があるが、ソルガムは現状の改良技術導入でも大幅な増収は見込めない。この理由として従来の農業では農民は必ずしも子実だけの収量増をもとめるのでなく、植物体利用としてワラの収量も必要とするため、草丈が低くワラ量の少ない高収量品種の栽培を望まない。

改良農法ではキマメの栽培において増収効果が最も高かった。この理由として栽培管理技術が適切であったことが考えられる。しかしまず村で栽培されている品種は数種あるので、収量に品種間差があるか調査した。1983年のハルハタバード村におけるキマメの栽培調査結果を表2-6に示した。これによると、収量が最も高かったのはGS1であり1,369kg/haであった。他方、最も収量の低かったのはPT221であり1,220kg/haであった。しかしこれらの品種間の収量の偏差を調べると誤差の範囲にあり、明確な差があるとは断定できない。このことからキマメの改良農法における増収効果は品種以上

に栽培管理から大きな差を生じさせるものと判断できる。特に播種が適切に実施され十分な作物の発芽を得ることができるかどうかが増収効果の重要な要素になると考える。

以上のことから農家ではキマメが非常によい収益をもたらすため、何らかの形でキマメの栽培が取り入れられていることが明らかとなった。キマメとの混作を導入する場合、キマメの収量を減らさない型で他の作物との組み合わせを望んでいるのもこのためである。もしほかの混作作物の収量が少々上がっても、キマメが減収するようであればこの作付体系は維持されないことが判明した。

4) 改良農法と慣行農法との便益比較

改良農法と慣行農法で同じ作付体系を実施した圃場での結果を比較すると、改良農法の方が非常に収益が上がっていることが分かった。純益における両者の比較したものを表2-7に示す。これによると、最も差のあったのがキマメ単作栽培で239%の増加となり、次いでゴマ／キマメの混作で200%を越えている。また乾季ソルガムは104%と差はほとんど見られなかった。すなわち改良農法はこの地区の慣行農法より収益が上がることが判明した。以上のことから改良農法の増収はキマメの利益が上がったこと、雨季作の豆類の収量が上がったことに起因するものと考える。

5) 改良農法と慣行農法との投入労働力の比較

投入労働力の比較のために、リョクトウ＋ソルガム（二毛作)、キマメ（単作)、ダイズ／キマメ（混作)、ソルガム（単作)、ラッカセイ（単作）に投入された労働力を解析した。この結果を図2-8、表2-8に示した。これによると、改良農法は990man/hr/haで慣行農法は870man/hr/haと、改良農法が120man/hr/haと約10%ほど慣行農法より多く投入された。この差は主に改良農法で中耕にかかる投入労働が多かったためで106man/hr/haの増加となっている。また収穫作業、施肥、防除などの管理作業で改良農法は慣行農法よりもやはり17man/hr/haほど多かった。しかし耕起、播種については慣行農法で労働投入量が改良農法に比べわずかに多かった。以上の結果から耕起、播種作業についてはWTCによる作業の能率性が証明された。また改良

表2-6　キマメの品種と収量

品種	栽培面積 (ha)	子実収量 (kg/ha)	枯木収量 (kg/ha)
BDN-1	5.05	1368　± 315	1480　± 360
ICPI-6	1.00	1291	1429
	0.57	1754	2064
	0.29	1055	2064
平均±標準偏差		1367　± 356	1852　± 367
PT221	2.46	1606	1837
	2.00	1000	1300
	0.90	1055	1611
平均±標準偏差		1220　± 335	1583　± 270
GS1	1.60	1233	2200
	11.18	1414	2685
	4.80	1500	1560
	10.40	1327	1490
平均±標準偏差		1369　± 115	1984　± 566

備考：データは1983年のグルバルガ郡の試験農家からのサンプリングによる。

表2-7　改良農法と慣行農法の純益の比較

作付型	改良農法／慣行農法 純益比較率（%）
リョクトウ＋ソルガム（二毛作）	132%
キマメ（単作）	239%
ラッカセイ／キマメ（混作）	121%
ゴマ／キマメ（混作）	215%
乾季ソルガム（単作）	104%

備考：データは表2-5から得た純益から算出した。

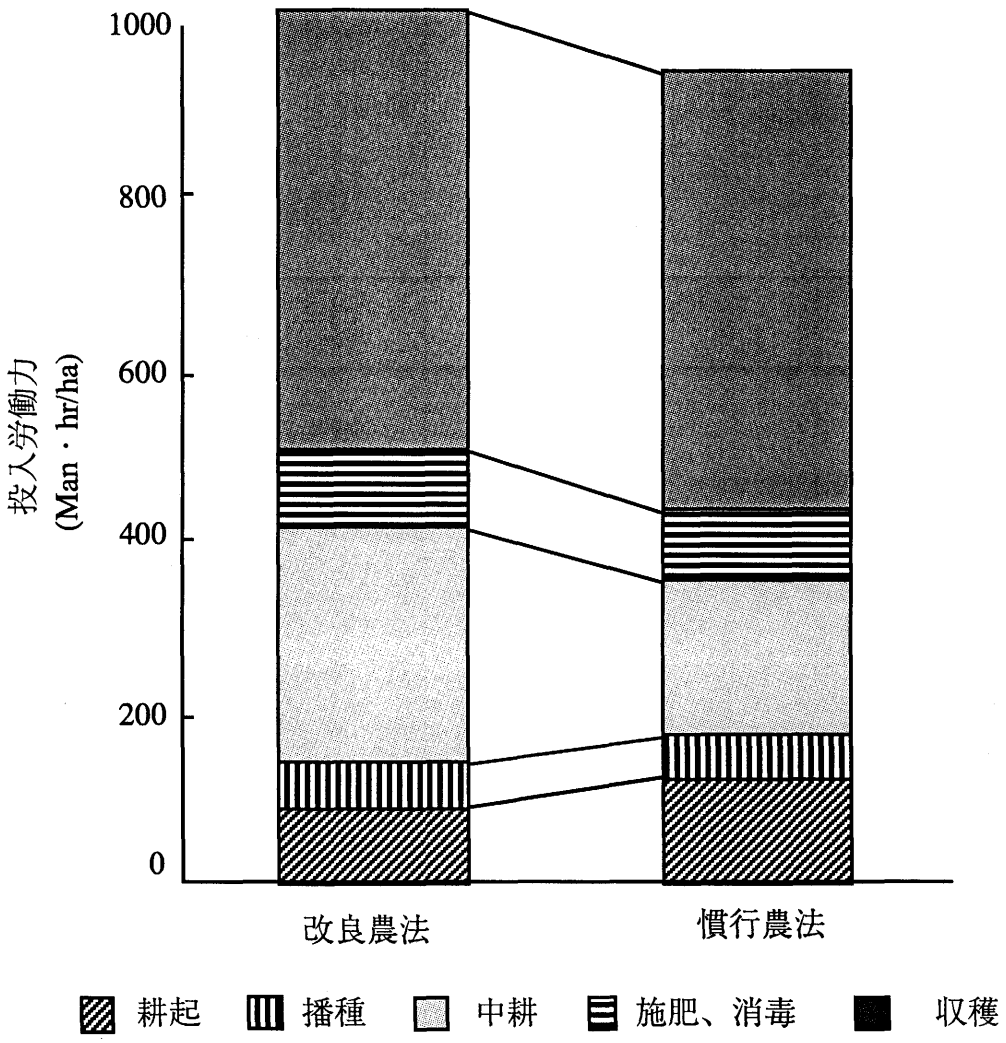


図2-8　改良農法と慣行農法の投入労働力比較

備考：投入労働は表2-8の改良農法、慣行農法の作付体系から算出した。

農法が慣行農法より中耕、除草の管理作業で投入量が多いことは、この作業が増収につながる栽培技術として重要であることが明らかとなった。改良農法で収穫作業の投入量が多かったのは収量が多かったことに起因するためである。これらから改良農法において労働投入量は多くなるが収量も多くなり、改良法におけるWTCの機能と生育途中の除草などの栽培管理の集約化が増収につながったものと考える。また表2-8に示した単作、多毛作、混作の労働投入量を調べてみると、改良農法のキマメ単作は354man/hr/haであるのに対し、キマメ／ラッカセイの混作で420man/hr/haと、その差が70man/hr/haと最も少なかった。二毛作のソルガムとリョクトウの場合は599man/hr/haであるのに対し、ソルガム単作は330man/hr/haとその約81％に相当する269man/hr/haと少ない。これらの結果、労働投入量は単作が最も少ないため値段の高い栽培作物を選んだ場合、単作が最も高収益を上げることになり、ハルハタバード村ではキマメの栽培がこれに相当する。

（4）Dry sowingの効果

本栽培を通じ、改良技術の一要因である降雨前播種としてDry sowingの効果を調べることができた。Dry sowingは乾季末の降雨前に播種を行い、圃場が乾燥状態の時に栽培を開始し、限られた降雨を最大限に作物に取り入れられるように配慮した方法である[37,79]。この技術において種子は乾燥し、熱せられた土壌中で降雨の来るまで置かれることになる。このため播種から降雨の来る期間が短いほど種子に与える障害は小さくなる。したがって適切な播種日を決定することがこの技術のポイントとなり、雨季入りを降雨データの解析によってより精度の高い播種日の判断を可能にする。Dry sowing技術の効果を農家圃場の栽培から調べた。

1）農家圃場におけるDry sowing 効果試験

本試験中からDry sowing効果を調べるため、目的に該当する調査区を試験農家圃場と慣行農法農家から選び、4種の異なる作付体系を抽出し解析した。供試作物は共通するリョクトウとソルガムとした。

i) 改良農法1：広幅畦立て（BBF）、Dry sowing、車輪付き畜力牽引作業機（WTC）、二毛作を導入。

表2-8　改良農法と慣行農法の作付における作業別労働割合

（単位：時間／ha）

1) リョクトウ＋ソルガム（二毛作）

a. 改良農法：リョクトウ＋ソルガム（二毛作）

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	18.8	112.7	103.3	13.3
播種	21.8	0	21.8	12.9
中耕	22.8	263.3	220.3	3.4
施肥と消毒など	1.8	0	1.8	0.2
収穫と脱穀	13.0	317.4	251.1	0
合計	78.2	693.4	598.3	29.8

b. 慣行農法：リョクトウ＋ソルガム（二毛作）
（含リョクトウ＋ベニバナ（二毛作））

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	42.7	46.3	77.4	42.7
播種	27.7	11.6	36.4	24.5
中耕	26.4	206.9	181.6	8.2
施肥と消毒など	10.7	0	10.7	5.4
収穫と脱穀	143.0	238.6	322.0	0
合計	250.5	503.4	628.1	80.8

2) キマメ（単作）

a. 改良農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計 人労働	牛労働
耕起	16.0	0	16.0	15.7
播種	8.2	0	8.2	4.1
中耕	19.1	118.0	107.6	9.5
施肥と消毒など	55.9	0	55.9	20.0
収穫と脱穀	31.8	178.8	165.9	0
合計	131.0	296.8	353.6	49.3

b. 慣行農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計 人労働	牛労働
耕起	19.3	0	19.3	19.3
播種	13.6	4.1	16.7	13.6
中耕	49.1	78.2	107.8	16.4
施肥と消毒など	45.2	0	45.2	11.4
収穫と脱穀	67.7	104.1	145.8	0
合計	194.9	186.4	334.8	60.7

3) ラッカセイ／キマメ（混作）とゴマ／キマメ（混作）

a. 改良農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	16.1	0	16.1	15.7
播種	8.8	0	8.8	4.4
中耕	21.9	106.7	101.9	11.2
施肥と消毒など	50.7	0	50.7	18.3
収穫と脱穀	33.5	278.6	242.5	0
合計	131.0	385.3	420.0	49.6

b. 慣行農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	15.3	0	15.3	15.3
播種	10.2	9.2	17.1	10.2
中耕	36.6	146.9	146.8	16.3
施肥と消毒など	31.5	0	31.5	2.0
収穫と脱穀	59.5	195.9	206.4	0
合計	153.1	352.0	417.1	43.0

4) 乾季ソルガム（単作）

a. 改良農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	9.1	0	9.1	9.1
播種	18.0	0	18	12.3
中耕	0	88.8	66.6	0
施肥と消毒など	2.4	0	2.4	0
収穫と脱穀	116.7	156.0	233.7	0
合計	146.2	244.8	329.8	21.4

b. 慣行農法

作業＼労働投入	男性労働	女性労働	合計　人労働	牛労働
耕起	37.2	35.8	64.1	37.2
播種	10.5	8.8	17.1	8.8
中耕	14.3	63.7	62.1	5.5
施肥と消毒など	0	0	0	0
収穫と脱穀	96.3	84.4	159.6	0
合計	158.3	192.7	302.9	51.5

ii) 改良農法2：上記改良農法1とほぼ同じ二毛作栽培であるが、雨季作のリョクトウがWet sowingであったことと、乾季作のソルガムは平畦で栽培したことの相違がある。

iii) 慣行農法1：乾季ソルガム栽培の慣行農法に前作としてリョクトウの雨季作を加え、二毛作とした。

iv) 慣行農法2：乾季作だけでソルガムの単作慣行農法とした。

この地域の基本的栽培形態は雨季作にリョクトウ、その後の乾季作に主要作物であるソルガムの栽培であった。本栽培では6月13日に降雨があり、雨季作のリョクトウで13日前に播種したものはDry sowingとなり、それ以降に播種したものはWet sowingになった。試験結果は収量およびその粗収入、純利益について調査、解析した。

この結果、改良営農体系の重要な技術要素となるDry sowingは、現地の降雨データを解析することにより雨季入りを予測し、降雨前播種としてのDry sowingを可能にした。ハルハタバード村の属するグルバルガ郡におけるDry sowing実施日の決定はグルバルガ気象台の70年の降雨データをガンマ分散法（Gamma distribution）およびマルコフチェーン解析法（Markov chain）[131]によって一週間毎の降雨の確率を求めた（表2-9、図2-9参照）。

これにより6月上旬が雨季入りになる確率が高いことが判明し、Dry sowingを6月9～13日に雨季作物のリョクトウを使用し、実施した。本試験では最初の降雨として13日に35mmの降雨があった。したがって6月16日以後の6月18～19日播種はWet sowingとなった。最初の降雨日は年によって変動が大きいものの6月上旬に降雨のある確率が高いことが判明できた。播種日の設定はDry sowing技術の重要な点である。乾季作は9月下旬から10月上旬にかけてソルガムを播種して3月に収穫した。

本試験の栽培結果と経済分析結果を表2-10に示した。これによると純益において改良農法1は4,059Rs/haで改良農法2は3,177Rs/haであった。他方、慣行農法1は3,107Rs/haで慣行農法2は2,172Rs/haであった。したがって、改良農法1と慣行農法2との間には、改良農法1の方が2倍の収益があることが判明した。この相違する収益増は主に改良農法のWatershedに植えられた、

表2-9　グルバルガ郡のガンマ法による週間降雨の確率

区分	月	4週間区	標準週番	降水量の確率のレベル（%）					平均 (mm)
				90	75	50	25	10	
1	1月 1 日	- 1月28日	1 - 4						
2	1月29日	- 2月25日	5 - 8						
3	2月26日	- 3月25日	9 - 12						
4	3月26日	- 4月22日	13 - 16	1	2	7	17	30	11
5	4月23日	- 5月20日	17 - 20	2	7	18	37	63	26
6	5月21日	- 6月17日	21 - 24	0	32	70	109	144	70
7	6月18日	- 7月15日	25 - 28	32	72	116	162	202	116
8	7月16日	- 8月12日	29 - 32	0	53	113	174	229	113
9	8月13日	- 9月 9 日	33 - 36	24	52	106	189	292	136
10	9月10日	- 10月 7 日	37 - 40	31	67	133	235	362	170
11	10月 8 日	- 11月 4 日	41 - 44	2	9	30	72	133	51
12	11月 5 日	- 12月 2 日	45 - 48	0	2	7	21	43	15
13	12月 3 日	- 12月31日	49 - 52						
年				405	529	694	890	1095	727

備考：　1年間の週区分で1月1日から1週間を第1週として年間を52週とし、12月31日は第52週に含ませた。

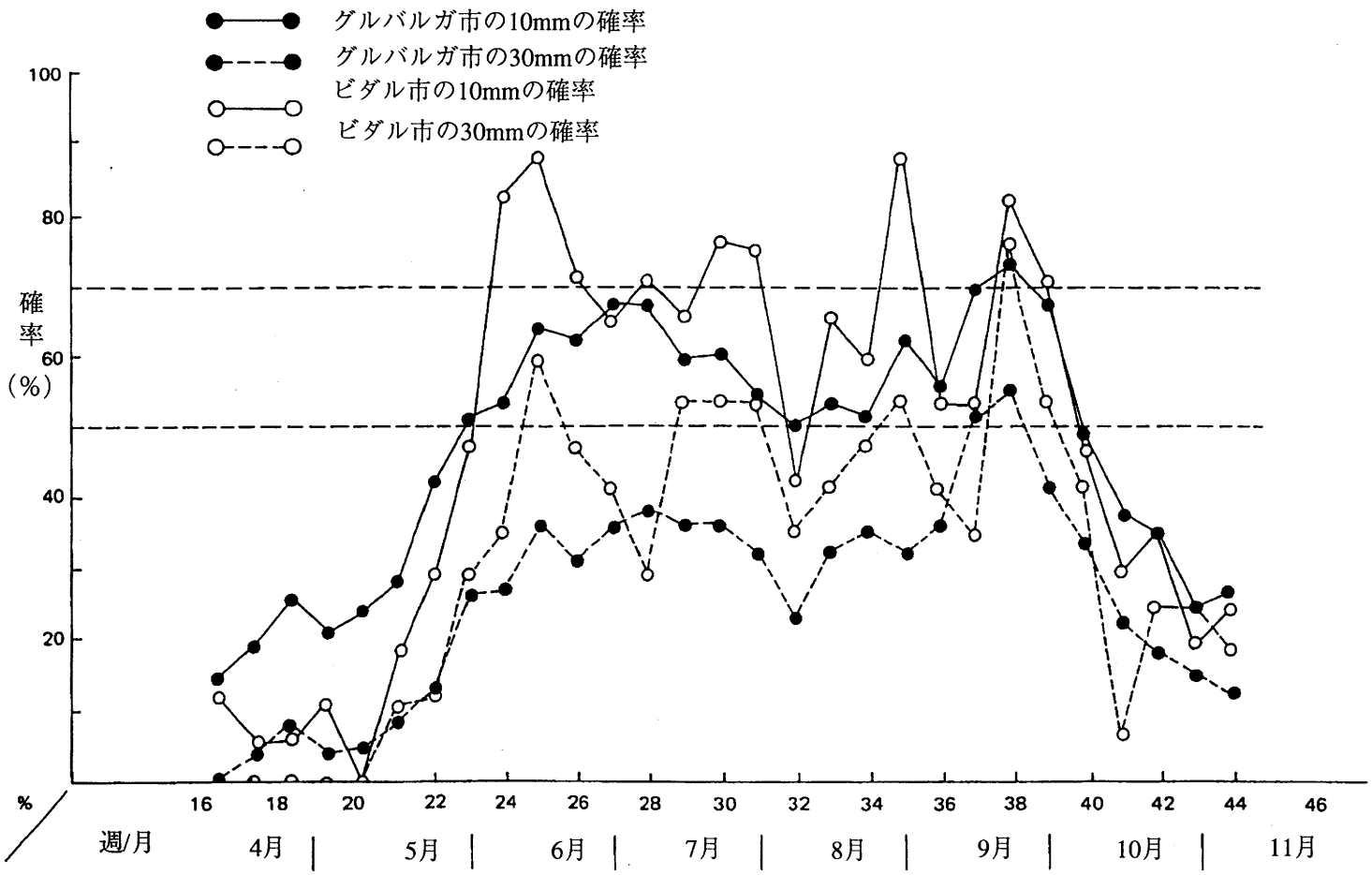


図2-9　グルバルガ郡の村の10mmと30mm降雨確率

● グルバルガ市：県の北側地区
○ ビダル市　　：県の中央地区

表2-10　1982年のハルハタバード村における作付体系技術比較

	改良農法1	改良農法2	慣行農法1	慣行農法2
栽培面積 (ha)	6.2	1.5	4.6	10.9
1) 雨季作：リョクトウ				
播種日	6月9-13日	6月18-19日		-
(降雨前／降雨後)	(降雨前播種)	(降雨後播種)	(降雨後播種)	
収穫日	8月18-23日	8月23-24日	8月下旬	-
収量(kg/ha)	514	395	345	-
粗収益(Rs)	1542	1185	1023	-
投入経費(Rs)	573	481	468	-
労働経費(Rs)	(227)	(225)	(314)	-
材料費(Rs)	(346)	(256)	(154)	-
純益(Rs)	969	704	574	-
2) 乾季作：ソルガム				
播種日	9月26-10月8日	10月13日	10月上旬	10月上旬
収穫日	3月上旬	3月上旬	3月上旬	3月上旬
収量(kg/ha)				
子実	1456	900	1248	988
ワラ重	4800	4400	3900	4400
粗収益(Rs)	4061	2940	3410	3098
投入経費(Rs)	971	467	877	926
経費(Rs)	(644)	(195)	(503)	(551)
材料費(Rs)	(327)	(272)	(374)	(375)
純益(Rs)	3090	2473	2533	2172
合計純益(Rs)	4059	3177	3107	2172

備考：改良農法1：集水系、畦立法、二毛作、dry sowing
改良農法2：集水系、雨季畦立法、二毛作、wet sowing
慣行農法1：慣行農法の二毛作
慣行農法2：慣行法
(Rs)：インドネシアルピア

雨季作のリョクトウ栽培に起因するものである。またこのリョクトウ栽培でDry sowing効果を確認した。これは同じ改良農法の中で播種日の違いから、改良農法1、改良農法2と区分けしたもので、リョクトウの降雨前に播種した改良農法1(Dry sowing)による収量は969kg/haで、降雨後に播種した改良農法2(Wet sowing)は704kg/haでDry sowing区の増収はWet sowing区に比べ138%と高かった。両作物ともに的確に栽培し、播種日の圃場栽培条件の違い以外はほぼ一様な状態で栽培した。このことからDry sowingの効果及びBBF栽培法の増収効果は大きいことが判明した。また乾季作のソルガム栽培はBBFを導入した改良農法が増収を示したが、慣行農法では播種前のハロー（耕起）に多くの経費を費やしたため純益が極端に低くなった。

以上から、デカン高原の半乾燥地域における天水畑作農業は乾季、雨季の二季節によって作付が変わることが判明した。ここの作付体系は土壌の保水性に関連し、粘土分の多いVertisolは乾季作として、粘土分の少ないAlfisolは雨季作として主幹作物が植えられていることが明らかとなった[76,82]。

半乾燥地域における作物の増収効果は改良Vertisol営農技術（IVMT）の農家圃場での実証試験から多くの要素を含んでいることが判明した[19,34]。しかしながら栽培の集約を図る多毛作および混作は慣行農法の単作栽培にくらべ、増収を格段にもたらす方法として有効であることが判明した。これらの作付方法から増収を得るためには、半乾燥地域の環境条件に対応する技術が必要である。

（1）多毛作の場合

短い降雨期、少ない降水量を最大限に利用することにより年2作の二毛作栽培を可能にするものである。このため作付には要水量の確保につながる降水量だけでなく土壌の保水性が重要な要因となる。多毛作の導入を考えると保水力の大きいVertisolでより効果のあることがこの試験から判明した。これはVertisolの保水性が強いために乾季まで土壌水分を長く持続することができるためである。ただ問題となるのは雨季栽培である。保水性が強いために圃場が泥土化し作業を困難にさせている[40]。

したがって雨季作栽培はできるだけ圃場管理の少ない栽培方法を用いて作付を行う必要がある。この技術として次のことが考察できる。

i) 圃場準備および播種は雨季前に行う。

ii) 畦立てを施し、圃場内の排水をよくする。

iii) 栽培管理が容易である耐干性作物の選択。

長期栽培作物：播種日が不安定でも生育可能

短期栽培作物：生育が早く、除草が少なく雑草に強い作物

これらの条件が揃えば導入可能となる。

Alfisolの場合には多毛作導入は限定される。特に乾季栽培における水分不足が大きな問題となる。5ヵ月ぐらいの限られた雨季で土壌保水力がない場合は2作の栽培は困難である。しかし2作目の作物に強い耐干性があれば、例えばヒヨコマメ、カウピーなどのマメ類は一部の地域で二毛作を可能にする。

いずれにしても増収効果を生む二毛作の栽培は作物の確実な発芽を得ることであり、このためには Dry sowingは有効な手段である。

（2）混作

混作はインドでは古くから発達し、多岐に亘る形態で実践されている。混作はもともと半乾燥地域の不規則な天候からくる不安定な作物生産を解決する方法として発達したものであるが[59]、作物生産の多様化を目的とする混作に変化し、耕地の有効利用、増産の手法としての栽培技術へと移行した。したがって混作は2種の生育期間の異なる作物を栽培することによる、栽培空間の有効利用で半乾燥地域の安全型作付体系として最も適応できる方法と思われる。

混作の中でも時間的な空間を利用したリョクトウとキマメの混作が最も有効な方法と判断される。つまり短期生育作物と長期生育作物の組み合わせで、お互いの生育を妨げない生育のズレを利用した組み合わせである。したがってここでの混作は食糧の保険的確保としての安全型から、より集約した増収型へ移行した農法と考えることができる。

（3）作物の特徴

グルバルガ郡における主食作物はソルガムであり、栽培においても主幹作物となっている。またスープ豆として食されるキマメ、油料作物としてラッカセイ、ヒマ、ゴマも同様に重要な作物として位置付けられている。乾燥に強いリョクトウ、ケツルアズキ、ヒヨコマメも半乾燥地域では欠かせない作物である。この中でも代表的な作物としてソルガムとキマメがあげられる。これらに共通している点は、乾燥に強いことは無論、栽培期間がやや長めであること、食用にする子実以外の部分が飼料や燃料などに利用され、作物すべてを使用することなどである[25)]。

キマメ栽培は播種を雨季に実施して、乾季に収穫になるように半乾燥地域の気候の特徴を生かした作付になっている。この作付は乾季と雨季を持つ気候を利用した栽培形態で、生育期間が長い特徴を生かし、かつ不安定な雨季の期間中いつでも発芽し、育つことができる利点を生かしたものである。また乾季に開花させ、稔実度を高めることができ、痩せた土壌でも燐酸を固定する代謝系を持っていることなどが半乾燥地域に適した作物の条件となっている[1,2)]。利用においても子実だけでなく、植物体は森林の発達が弱く薪の入手に困難性を持つ半乾燥地域の農家の貴重な燃料となっている[141)]。

ソルガムは耐干性を生かし半乾燥地域の代表的作物となっており、用途も幅広い[18,25)]。そして子実のみの利用に限らず植物体のワラは牛などの家畜の飼料として貴重であり、市場性もあり高く取引される。したがって子実の収量だけでなくワラの収量も経済性において重要となり、ワラ量の少ない高収量品種は時として利用されにくいことがある。このように半乾燥地域では限られた資源を有効に使用することも、営農の中で重要な作付体系を決定する要因になることが判った。

ハルハタバード村における増収効果は多毛作による栽培頻度の増加と個別の栽培技術の改良による増収効果から得られる。Vertisolでは主要作物である乾季のソルガム栽培を妨げないために、短期生育作物であるリョクトウ、ケツルアズキなどを雨季作として導入する二毛作による増収効果と、キマメとリョクトウの混作による時間的生育のずれを利用した耕地の高度

利用による増収効果が認められた。

これらの増収の認められた作付体系でも生育個体の確保の面からの立毛率を高めることが重要とされ、このためには播種において、確実な発芽を得る必要がある。この条件をより有利にするためにDry sowingは雨季栽培における効果的な播種方法であると考える。

デカン高原の半乾燥地域の農家は粗放農業による大農方式の農業を営んでいる。このため経営面積は湿潤地農業に比べ大きく、大家族制による労働力の確保、雇用による労働力の確保により圃場を管理すると同時に、農具・農業機械の利用が重要な営農要因となっている。この状況はインド、デカン高原の特徴ある犁農耕として現われている。耕作機の導入は作業の能率の面だけでなく、物理的な圃場管理を必要とする作業で木目の細かさを可能にする。たとえば耕地における土塊の破砕、深耕などの作業においては機械力を必要とする。この点から畜力を利用した農具はインドでは古くから発達していた[20,110]。この農具の利用の仕方によって経営規模が決められるといっても過言でない。本試験で用いたWTCは伝統的農具を発展させて、現在のトラクタと同じ機能を持たせたものである。しかし動力源が畜力であることからトラクタとは同等の役目を担うことはできないが、農作業の能率化、仕事の緻密さが得られることが判明した。しかし機械が重いために、牛の牽引力が問題となる[126]。この問題を解決するためには大型の牛の導入が必要となり維持経費の面でかなり高くなってしまうことになり、農家の経費負担が多くなる。

本試験結果からも分かるように改良農法の場合、労働投入が多くなり、経費負担も増えている。経費負担は増収率に比べ僅かではあるが小規模農民にとってはこの経費負担が問題となり、改良技術を導入することができるかの分岐点となっている。半乾燥地域の農業では経営面積の広さから農機具の利用は不可欠であり、より能率的な機械の導入が必要とされるが、それ以上に農民が取り入れられる農機具やそれを利用できる方法の開発が必要である。

2－2　Vertisolにおける畦立て法、改良農機具使用による改良農法栽培試験

デカン高原における農業はトウモロコシ、ソルガム、トウジンビエが栽培作物の主流となっている[76,82]。これらの作物が主食となっているため、収量が直接農民の栄養状態に影響する。そこで慣行農法を改善する目的で栽培試験を国際半乾燥熱帯作物研究所（ICRISAT）で行った。改善点は広幅畦立ての導入とWTCの導入をはかり混作と二毛作の二作付体系で収量、経済性について各々の組み合わせの効果を試験した。

2－2－1　材料と方法

試験はICRISAT試験圃場のBlack soil (Vertisol) watershed 圃場2haで、1982～83年に実施した。試験は12処理で2反復、1区約0.08～0.1haとした。圃場管理の処理と作付方法によるものとの組み合わせとし、各処理は下記の通りとした。なお圃場の作付計画は図2-10を参照されたい。

（1）圃場管理

(i) BBF-Traditional：	畦立て法	伝統的作業機	改良作付法
(ii) BBF-Agribar：	畦立て法	伝統改良作業機	改良作付方法
(iii) BBF-WTC：	畦立て法	WTC作業機	改良作付法
(iv) Flat-WTC：	平畦	WTC作業機	改良作付法
(v) Flat-Traditional：	平畦	伝統的作業機	改良作付方法
(vi)Traditional：	平畦	伝統的作業機	伝統的作付法

（2）作付方法

処理として2種の作付方法を導入した。試験圃場での作物栽培の様式を写真1、3、5に示した。

(i)混作：

キマメ（var.ICPI-6）／ソルガム（var.CSH5）

(ii)二毛作：

トウモロコシ（var.Deccan101）＋ヒヨコマメ（var. Annegeri）

Traditional区以外は全て改良作付として処理した。混作は畦幅100cmの中央にキマメを、両側面にソルガムを条播し、各作物の畦間は45cmとした。

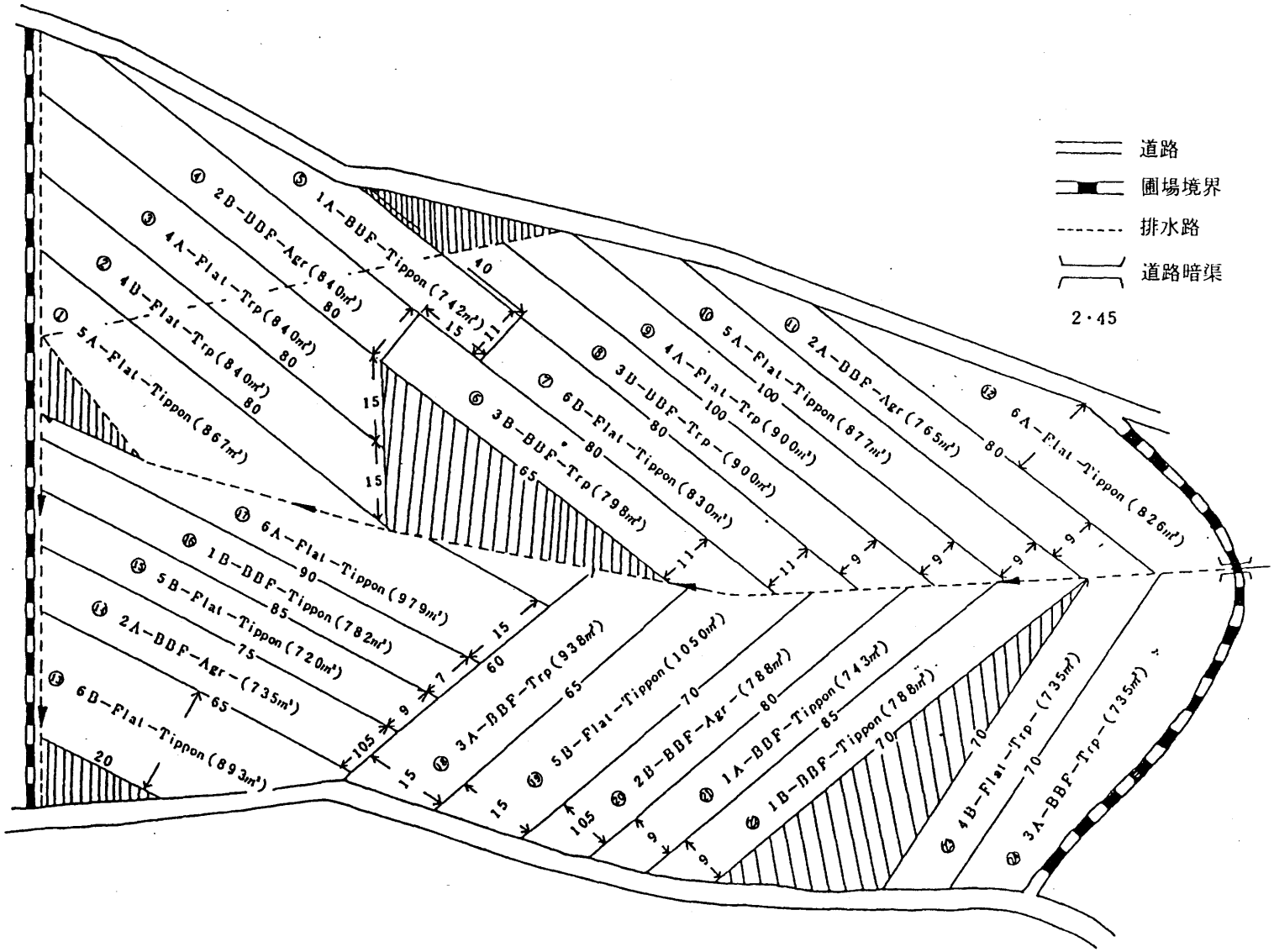


図2-10　改良Vertisol営農技術（IVMT）の試験区計画図

また二毛作はトウモロコシを畦間75cmとし2列の条播とし、ヒヨコマメを30cm畦間で4畦として播種した。植え付け方法を図2-11に示した。

（3）作業

施肥はトウモロコシ、ソルガムで100kg/haの複合肥料（18-46-0）を基肥として、46kg/haの窒素肥料を追肥とした。キマメ、ヒヨコマメは各々33kg/ha、100kg/haを複合肥料（18-46-0）で基肥として施用した。

栽培を次の作業行程で行った。

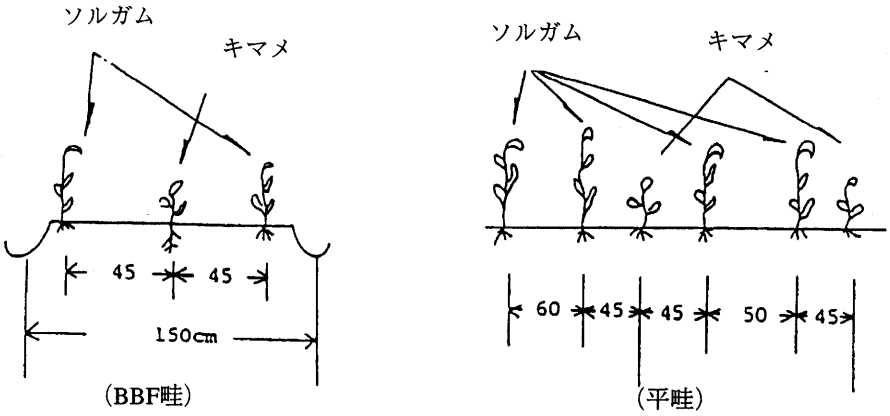
雨季：	試験区分け	1982年	5月26日
	整地		5月27日
	畦立て		5月28～29日
	施肥		6月18～24日
	播種		6月19～24日
	土寄せ		7月9～14日
	除草		7月21日
	収穫（トウモロコシ）		10月5日
	（ソルガム）		10月9日
乾季：	整地		10月15日
	施肥		10月18日
	播種		10月22日
	除草		11月25日
	消毒		11月25日
	収穫（キマメ）	1983年	1月7～19日
	（ヒヨコマメ）		1月31日

2－2－2　結果と考察

試験区は前作が放置状態にあったことから圃場の状態が悪く、畦作りも十分でなく満足な管理状態ではなかった。このために作付方法における収量では変異が大きく試験区全体として有意差が認められなかった。収量調査結果を表2-11に示す。しかし平畦、車輪付き畜力耕作機（WTC）使用の

（作付体系）

1）混作（ソルガム/キマメ）



2）二毛作（トウモロコシの後ヒヨコマメ）

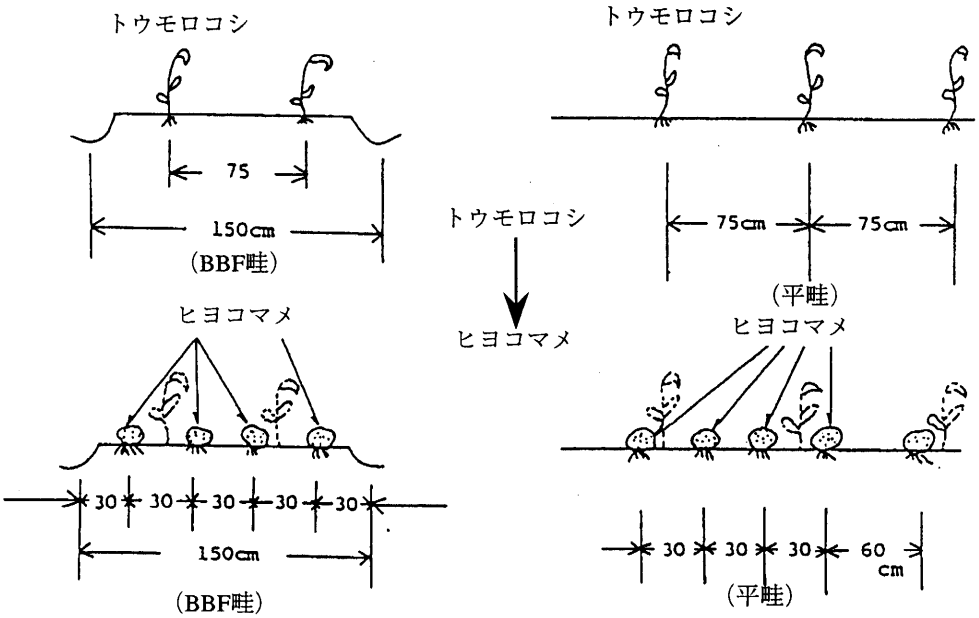


図2-11　畦立て法による改良作付方法の模式図

表 2-11　"IVMT"試験の収量（1982～83年）

処　理	反復	収　量(kg/ha)			
		混作		二毛作	
		ソルガム	キマメ	トウモロコシ	ヒヨコマメ
BBF-Traditional	1	3945	404	1553	593
(畦立て、ローカル耕作機)	2	3083	420	2505	1019
(改良作付)	平均	3514	412	2029	806
BBF-Agribar	1	2804	915	2871	1024
(畦立て、ローカル改良耕作機)	2	1148	180	2326	917
(改良作付)	平均	1976	547	2598	970
BBF-WTC	1	2396	467	2608	1033
(畦立て、WTC機)	2	3375	751	2627	989
(改良作付)	平均	2885	609	2617	1011
Flat-WTC	1	4955	724	3251	1429
(平畦、WTC機)	2	3739	399	2952	1327
(改良作付)	平均	4347	561	3101	1378
Flat-Traditional	1	3048	348	1464	550
(平畦、ローカル耕作機)	2	2935	748	2548	789
(改良作付)	平均	2991	548	2006	669
Traditional	1	3160	785	2339	663
(平畦、ローカル耕作機)	2	1822	146	1262	439
(ローカル作付)	平均	2491	465	1800	551

備考:　IVMT:　Improved Vertisol Management Technology
WTC :　Weeled tool carrier 改良耕作機
BBF :　Broad beel furrow

区は混作、二毛作の両作付において収量が高く、特にトウモロコシとヒヨコマメの二毛作区（Flat-WTC）は最も収量が高く有意差があった。他に今回は降雨が極端に少なく、広幅畦立て（BBF）よりは平畦の方の成績がよかった。また各栽培方法、各作付と各作物の収量、粗収入、経費、純益について計算した結果を表2-12に示す。これによるとトウモロコシとヒヨコマメの二毛作はソルガムとキマメの混作より経費がかかることが判明した。耕作機の使用においてはWTCは慣行の農具よりは的確な働きをするものの、Agribar（写真2参照）はまだ完成された耕作機になっておらず、特に播種作業に不備があり、慣行農法よりも収量でも劣っている。

さらにこの試験を通して雨季作のトウモロコシ、ソルガムの生育調査と収量の関係を調べた。調査は各処理区から1畦5mのサンプリングを2カ所で行い、植物個体数とその収量を調査した。また植物個体数調査は発芽時期と収穫時の2回実施した。この結果、両作物とも発芽個体数および生育中の個体数の数が多いほど、収量が高いという相関関係が認められた（図2-12,13,14,15 を参照）。ソルガムの場合、収量時の作物密度が高いと収量が高くなることが判明し、播種後の発芽でも個体数が多いと収量が高くなる傾向を示した。トウモロコシも同様で発芽時の個体数が多いと収量が高いという相関を示した。収穫時の個体数も多ければ収量が高い傾向にあることが判明した。

以上の結果から、ソルガム、トウモロコシについては作物個体密度が高いほど収量が高くなることから、圃場においては十分な個体を確保しなければ収量が十分に得られないということが明らかとなった。収量を上げるためには、いかに上手に発芽を得るかであり、半乾燥地域のような限られた降雨条件では最大限に降雨を利用することが重要であり、Dry sowingの技術はここでは有効なものと考える。

また播種方法を考えた場合、乾燥期においては畦立て法は必ずしも有効な手段とはならない。しかし生育中の圃場での排水効果を考慮すると、畦立ての効果は大きい。最良の方法は播種時においては平畦または低畦播種とし、可能であれば中耕時に畦立てをすることである。

表2-12　IVMT による作付体系の収量と収益経済分析

作付体系 畦立て-耕作機	粗収益 (Rs./ha)	投入経費 (Rs./ha)	純益 (Rs./ha)	作物名	収量 子実 (kg/ha±標準偏差)	収量 ワラ (t/ha)
ソルガムとキマメの混作						
BBF-Traditional	6,972	1,691	5,281	ソルガム	3,514±610	10.7
				キマメ	412± 11	-
BBF-Agri-bar	5,029	1,786	3,243	ソルガム	1,976±520	6.3
				キマメ	548±520	-
BBF-Wheeled T.C.	6,820	1,588	5,232	ソルガム	2,886±692	10.5
				キマメ	609±201	-
Flat-Wheeled T.C.	8,445	1,670	6,775	ソルガム	4,347±860	11.7
				キマメ	562±230	-
Flat-Traditional(IA)	7,208	1,627	5,775	ソルガム	2,992± 80	12.3
				キマメ	548±283	-
Flat-Traditional(TA)	5,916	1,519	4,397	ソルガム	2,491±946	10.4
				キマメ	467±452	-
トウモロコシとヒヨコマメの二毛作						
BBF-Traditional	4,480	2,388	2,092	トウモロコシ	2,029±673	2.6
				ヒヨコマメ	806±301	-
BBF-Agri-bar	5,609	2,285	3,324	トウモロコシ	2,599±385	3.3
				ヒヨコマメ	971± 76	-
BBF-Wheeled T.C.	5,966	2,208	3,758	トウモロコシ	2,618± 13	5.2
				ヒヨコマメ	1,011± 31	-
Flat-Wheeled T.C.	7,352	2,872	4,480	トウモロコシ	3,102±211	4.7
				ヒヨコマメ	1,378± 72	-
Flat-Traditional(IA)	4,315	2,157	2,158	トウモロコシ	2,006±767	2.7
				ヒヨコマメ	670±169	-
Flat-Traditional(TA)	3,598	2,389	1,209	トウモロコシ	1,801±762	2.4
				ヒヨコマメ	551±158	-

備考：BBFは畦立てによる改良農法。
Flatは平畦による慣行法。
Wheeled T.C.は改良牛牽引耕作機。
Agri-barはインドの地方在来の牛牽引耕作機。
Traditionalは伝統的牽引耕作機。
(IA)は改良作付法。
(TA)は慣行作付法。

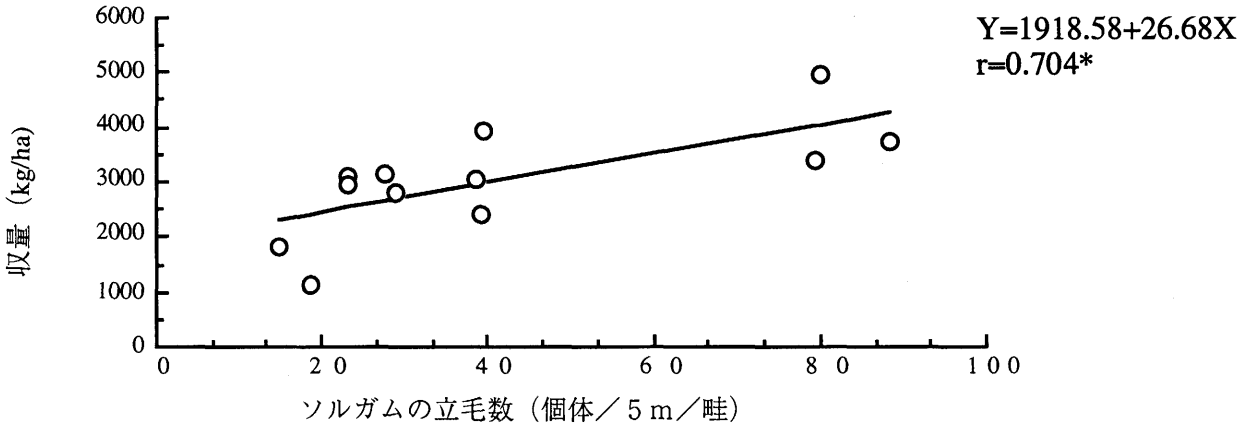


図 2-12　発芽時の作物密度とソルガムの収量との相関

＊5％の危険率で有意である。

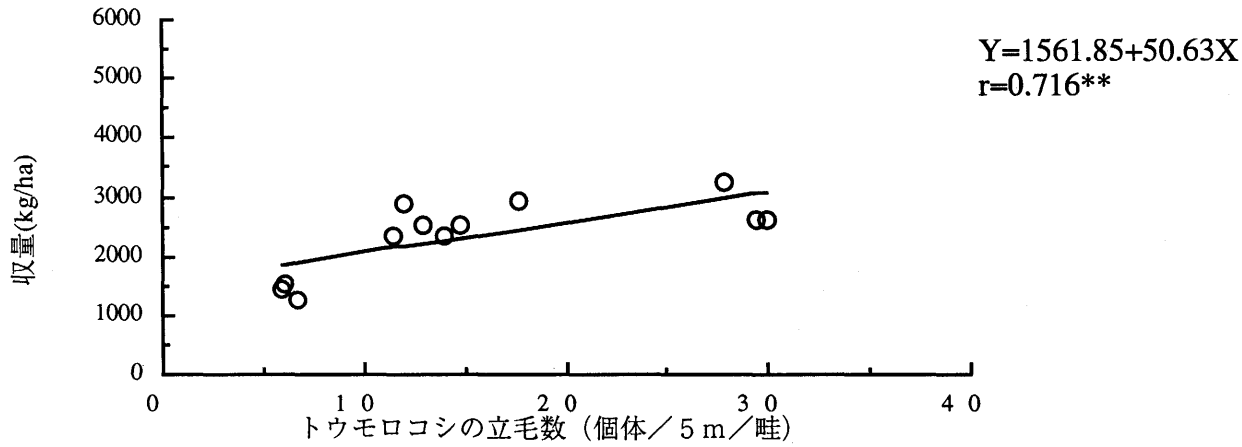


図 2-13　発芽時の作物密度とトウモロコシとの相関

＊＊1％の危険率で有意である。

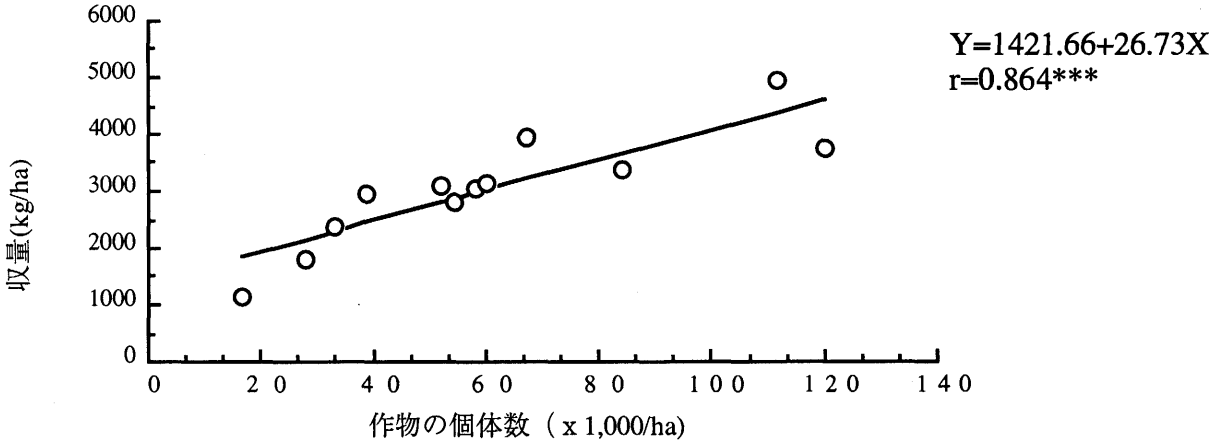


図 2-14　収穫時の作物密度とソルガムの収量との相関

***0.1% の危険率で有意である。

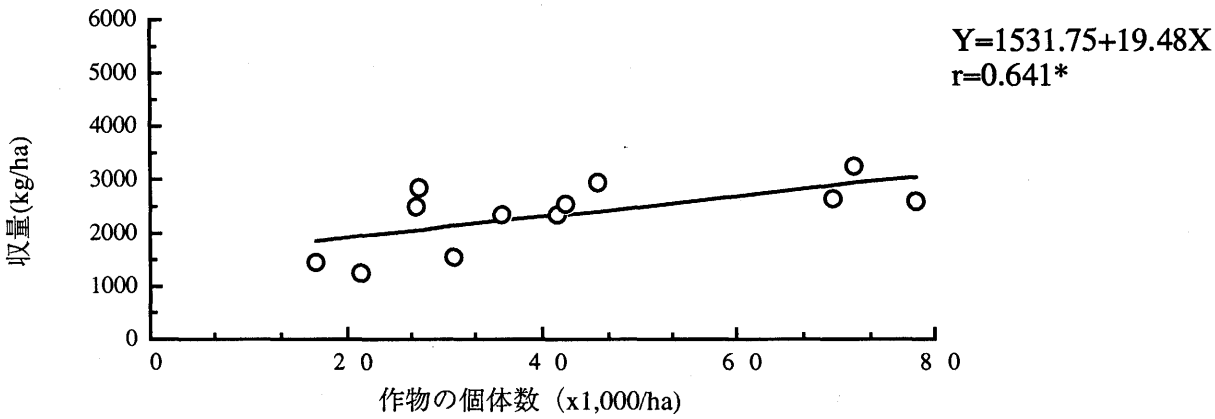


図 2-15　収穫時の作物密度とトウモロコシの収量との相関

*5%の危険率で有意である。

半乾燥地域の畑作物の栽培において収量を左右する重要な要因は作物の密度である。作物個体数と収量の関係において十分な作物個体数がなければ減収につながる。作物個体の確保は、良好な発芽、病害虫からの回避などで達成できる。この中でも不規則で限られた降雨条件での高発芽率は重要で、生産性への直接的な要因となる。したがって発芽は半乾燥地域の作付体系において技術を必要とする重要な位置付けにある。また半乾燥地域の畑作農業は粗放的大規模な農業経営に基本をおいており、機械、農具の使用が不可欠である。これらの機械、農具がうまく機能しないと、十分な作物個体が確保できず収量が上がらないことになる。このためには適切な農機具の開発、効果的使用がなされなければならない。

営農における純収益をもたらす最良の要素は増収効果である。高収量なくして収益は上がらない。しかし混作と二毛作の作付体系の違いによる収益の違いからも分かるように、投入経費の差が純益に影響し、特に混作による耕起の軽減は大きな経費の節約となる。

第3章　湿潤熱帯地域における営農

はじめに

湿潤熱帯地域では低温によって結実する作物以外の栽培は容易である。ここの慣行農法による作物栽培は傾斜地における焼畑での畑作物と、低地における水稲栽培に代表される。この中でも乾季と雨季の季節が明確に現われない熱帯地域の農業においては、常時作付が可能となり、湿害に強い作物が栽培される。水稲栽培はこの最も一般的なもので、年2～3作の栽培が行われる地区もある。水稲以外にはサトウキビ、ヤムイモ、カンショなど長期間栽培を必要とする作物が栽培される。また永年生作物、多年生作物も重要となっていて、バナナ、サゴヤシなどの主食作物の他に、工芸作物や果樹、香辛料作物類も多く植えられる。ココヤシ、アブラヤシ、マンゴスチン、ジャックフルーツ、チョウジ、ナツメグ、コショウ、シナモンなどがこれらの代表的なものとしてあげられる。また乾季、雨季の出現する地域の作付は雨季作を中心として、それぞれの季節に合った作物が栽培される[117)]。

熱帯の気候の特徴と区分は第1章で述べたが、この中で湿潤地域を無季節地域と有季節地域に分けて農業を考えることとする。また本研究ではそのうち、乾季、雨季の出現する有季節湿潤地域の農業を中心に調べることにする。なぜならば農業は季節の出現する地域の方がより栽培環境要因が変化に富み、多様化しているため、季節のない地域よりも栽培技術が必要とされるためでる。またこのため現地の農業状況を詳細に調査する必要がり、まずそこで湿潤地域における従来農業の生産状況と営農技術を調べ、この地域の農業の特徴を知ることとした。

本論では湿潤熱帯地域に国土の大部分が属しているインドネシアの農業を取り上げることにした。特にこの中でも開発が遅れていて、伝統的農業が営まれている南東スラウェシ州で、国際協力事業団が協力して実施している農業農村総合開発計画事業を通して湿潤地域の農業を考察した[38,39,44,86)]。

3－1　湿潤地域の気象条件

湿潤熱帯における季節を見きわめることは乾燥地域やモンスーン地域よりも難しい。気温は常に高く、かつ雨は常に降る状態にある。しかし気候条件で何らかの特徴を見つけ、適切な作付体系を導入することが、農業における適地適作としての考え方の基本となるものである。

湿潤地域の降雨解析は乾燥地域、半乾燥地域の事例に比べ限られている。この理由は乾燥地域に比較すると、常に作付が可能で気候変化が少なく解析の必要性が少ないと理解されているためである。しかし湿潤地域の気候も変化があり、篠原はバングラデシュの野菜栽培について現地の気候を詳しく分類している[116)]。またインドネシアについてはオルデマン（Oldeman）がスマトラ島、ジャワ島、スラウェシ島の水稲の二期作の作付について月間の降水量で区分けを行っている[104,138)]。湿潤熱帯における温度要因は標高で高位にあるところを除けば平均最低気温がめったに20℃を下ることはない。そのために作物栽培においては、気候条件でも降水量が一番重要な制限要因となる。

インドネシアではジャワ、バリ、スマトラなど一部の地域では早くから水田耕作を中心とした農業が発達しているため、水稲を中心とした作付体系がほぼできている[11,83)]。しかしながら同じ国でありながら、南東スラウェシ州のように焼畑とサゴデンプン採取の半耕作農業であった地域では、発展過程において必ずしもそこの気候にあった適切な作付が行われているとは限らない[85)]。　特に水稲栽培のように水の管理が必要なものについては、水の確保の面からより適正な季節の選択が重要視され、また畑作物においては播種時期を決定するためにも降雨条件で季節を知ることが重要である。第1章で月間降水量の変動係数（CV）をもとに熱帯地域の農業に関する気候区分を行い、その区分地域での作付体系を考察した。さらに本章では湿潤地域の気候の中の降水量をさらに旬別に整理し、旬間における変動係数を求め、詳細な降雨分布の特徴を調べ、湿潤地域のより詳細な栽培を考察することにした。

南スラウェシは昔から貿易で栄えた地域が多くあり、人々の間で西風季、

東風季と風による季節区分が使われていた。これはこの風を利用して多くの民族が航海に出たからである[124]。一般に西風季は雨が降ると言われていて雨季に当たる。また東風になると雨は上がるという。そして西風季は10月から3・4月とされていて、5月から10月までが東風季になる。ウジュンパンダンの近くの標高1,000mのマリノで農業を営む人の話では10・11月頃、西風に変わると雨が来ると言われている。これは雨季・乾季の重要な指標として風向が利用されていたことを示す。やはり農業面から考えると雨季と乾季の判断がこの地方でも重要となってくる。人々は雨季入りが10月頃で乾季が5月頃から始まるといっているように、雨季・乾季の考え方はもっている。しかしこれも正確なものではなく、ばらつきがあり人によって言い方が変わる。そこで気象データをもとにこの地域の気候を詳しく調べた。

3－1－1　気候の調査方法

インドネシアの南スラウェシを中心に湿潤地域の無季節気候と有季節気候の4カ所の気象データを入手し、これを調査した。調査に使用したデータは直接営農に関係する降水量だけを用いた。データは次の通りである。

i) Padang(Padang)　　南緯1度---11年間のデータ

ii) Biringere(Sinjai)　　南緯4度---20年間のデータ

iii) Bikeru(Sinjai)　　南緯4度---20年間のデータ

iv) Ranomeeto(Kendari)　　南緯4度---20年間のデータ

降水量の調査は10年以上のデータをもとに旬別の最高降水量、最低降水量、平均降水量の変動係数を求めた。

3－1－2　南東スラウェシ州の気候の特徴と考察

降雨データの解析結果を表3-1-1～3-1-4にまとめ、作付計画の基準となる雨季、乾季の発現の判断をこれをもとに解析した。一般に降水量の平均で栽培地区を分ける傾向にあるが、作付面では栽培を開始する時期の決定が重要で、そのためにはいつ降雨があるのか（農業用水が得られるのか）を地域によって見きわめることである[146]。そこで年間の降雨パターンを絶対

表3-1-1 インドネシア4地点の旬別降水量

地名：SUMATERA-PADANG

月、旬	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)	平均降水量 (mm)	変動係数	季節
1月上旬	346.0	0.0	133.2	62%	無季節
1月中旬	243.7	0.0	71.3	87%	
1月下旬	82.0	0.0	42.9	71%	
2月上旬	321.0	1.0	99.1	108%	
2月中旬	192.7	30.0	82.4	59%	
2月下旬	249.0	0.0	76.2	96%	
3月上旬	324.0	8.8	131.9	75%	
3月中旬	321.5	64.0	162.8	53%	
3月下旬	392.0	29.0	141.6	78%	
4月上旬	406.0	3.0	107.7	101%	
4月中旬	327.0	7.0	116.5	65%	
4月下旬	240.0	5.0	117.6	51%	
5月上旬	213.0	5.0	113.9	59%	
5月中旬	295.2	27.2	106.7	77%	
5月下旬	165.0	1.6	71.7	69%	
6月上旬	205.8	17.4	84.8	76%	
6月中旬	231.0	7.0	91.9	86%	
6月下旬	188.8	0.0	66.1	79%	
7月上旬	220.0	14.0	82.3	87%	
7月中旬	184.0	19.0	99.9	49%	
7月下旬	317.0	0.0	116.4	89%	
8月上旬	254.2	0.0	69.3	117%	
8月中旬	169.0	0.0	79.6	52%	
8月下旬	209.6	0.0	73.2	82%	
9月上旬	319.0	0.0	129.9	67%	
9月中旬	332.0	13.7	139.4	72%	
9月下旬	356.0	22.0	175.0	66%	
10月上旬	191.0	9.3	96.0	53%	
10月中旬	328.0	77.0	167.2	47%	
10月下旬	362.0	111.9	237.4	34%	
11月上旬	490.0	0.0	200.6	72%	
11月中旬	251.9	0.0	124.8	72%	
11月下旬	527.3	0.0	240.1	59%	
12月上旬	181.0	83.9	135.9	20%	
12月中旬	169.2	27.8	102.5	48%	
12月下旬	198.0	4.0	105.4	61%	
合計	9802.9	588.6	4193.2		

表3-1-2 インドネシア４地点の旬別降水量

地名：SINJAI-BIRINGERE

月、旬	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)	平均降水量 (mm)	分散係数	季節
1月上旬	175.0	1.0	30.6	132%	
1月中旬	88.0	0.0	36.3	83%	雨季
1月下旬	70.0	4.0	32.4	53%	（不安定期）
2月上旬	78.0	0.0	25.2	94%	
2月中旬	102.0	0.0	39.3	68%	
2月下旬	164.0	0.0	37.6	108%	
3月上旬	74.0	7.0	41.1	49%	
3月中旬	159.0	5.0	54.2	72%	↓
3月下旬	193.0	1.0	63.7	78%	↑
4月上旬	296.0	18.0	108.5	81%	
4月中旬	308.0	0.0	101.0	87%	
4月下旬	435.0	1.0	123.4	91%	
5月上旬	536.0	44.0	192.6	56%	
5月中旬	248.0	0.0	115.2	68%	
5月下旬	644.0	8.0	172.1	77%	雨季
6月上旬	469.0	0.0	153.2	84%	（安定期）
6月中旬	311.0	6.0	123.0	76%	
6月下旬	272.0	0.0	79.6	96%	
7月上旬	318.0	13.0	114.2	73%	
7月中旬	349.0	0.0	110.0	83%	
7月下旬	285.0	1.0	93.2	95%	↓
8月上旬	282.0	4.0	53.7	122%	↑
8月中旬	227.0	0.0	41.7	166%	乾季入り
8月下旬	125.0	0.0	30.3	135%	
9月上旬	282.0	0.0	46.8	147%	
9月中旬	117.0	0.0	21.2	152%	
9月下旬	71.0	0.0	13.8	136%	
10月上旬	91.0	0.0	21.9	144%	
10月中旬	164.0	0.0	19.7	192%	乾季
10月下旬	101.0	0.0	21.6	133%	
11月上旬	183.0	0.0	23.5	183%	
11月中旬	90.0	0.0	13.9	157%	
11月下旬	179.0	0.0	30.5	143%	↓
12月上旬	102.0	3.0	26.9	89%	↑
12月中旬	72.0	0.0	28.7	65%	雨季
12月下旬	166.0	0.0	46.8	97%	（不安定期）
合計	7826.0	116.0	2287.6		

表3-1-3 インドネシア4地点の旬別降水量

地名：SINJAI-BIKERU

月、旬	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)	平均降水量 (mm)	分散係数	季節
1月上旬	232.0	0.0	120.6	53%	
1月中旬	278.0	7.0	96.0	74%	雨季
1月下旬	182.0	1.0	87.3	66%	（不安定期）
2月上旬	252.0	13.0	112.7	70%	
2月中旬	303.0	10.0	94.2	78%	
2月下旬	173.0	6.0	68.4	73%	↓
3月上旬	244.0	27.0	116.4	50%	↑
3月中旬	248.0	8.0	110.7	59%	
3月下旬	216.0	22.0	110.5	55%	雨季
4月上旬	356.0	26.0	153.3	60%	（安定期）
4月中旬	302.0	30.0	159.0	43%	
4月下旬	406.0	5.0	130.4	75%	
5月上旬	419.0	50.0	202.0	60%	
5月中旬	395.0	0.0	154.1	63%	
5月下旬	559.0	10.0	225.3	69%	
6月上旬	478.0	5.0	203.9	68%	
6月中旬	571.0	7.0	177.4	83%	
6月下旬	311.0	5.0	107.2	70%	
7月上旬	242.0	6.0	108.4	58%	
7月中旬	363.0	10.0	141.9	65%	
7月下旬	399.0	4.0	118.7	95%	↓
8月上旬	241.0	7.0	49.9	108%	↑
8月中旬	369.0	0.0	56.0	144%	乾季入り
8月下旬	210.0	0.0	27.7	169%	
9月上旬	268.0	0.0	38.3	162%	
9月中旬	91.0	0.0	21.7	134%	
9月下旬	104.0	0.0	14.3	179%	乾季
10月上旬	98.0	0.0	25.2	110%	
10月中旬	307.0	0.0	33.7	218%	
10月下旬	162.0	0.0	55.5	97%	
11月上旬	204.0	0.0	29.5	154%	
11月中旬	300.0	0.0	53.9	134%	
11月下旬	173.0	4.0	81.6	54%	↓
12月上旬	304.0	8.0	118.5	67%	↑
12月中旬	296.0	10.0	113.7	59%	雨季入り
12月下旬	272.0	42.0	141.8	51%	
合計	10328.0	323.0	3658.7		

表3-1-4 インドネシア４地点の旬別降水量

地名；KENDARI-RANOMEETO

月、旬	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)	平均降水量 (mm)	分散係数	季節
1月上旬	162.2	0.0	52.0	97%	（不安定期）
1月中旬	136.1	0.0	51.0	73%	
1月下旬	175.0	18.0	64.9	66%	
2月上旬	190.0	0.0	52.2	95%	
2月中旬	287.0	0.0	74.1	103%	
2月下旬	119.0	0.0	58.4	59%	↓
3月上旬	148.0	0.0	71.1	60%	↑
3月中旬	146.0	13.5	77.8	47%	
3月下旬	200.0	18.0	80.9	50%	
4月上旬	207.0	0.0	77.5	61%	雨季
4月中旬	138.0	0.0	65.6	60%	（安定期）
4月下旬	190.9	0.0	79.2	61%	
5月上旬	168.7	5.0	78.7	52%	
5月中旬	192.4	4.0	63.9	78%	
5月下旬	187.9	0.0	69.6	63%	
6月上旬	183.7	15.0	69.8	69%	
6月中旬	325.0	2.0	93.9	76%	
6月下旬	109.1	10.0	36.8	79%	
7月上旬	180.0	0.0	43.4	97%	
7月中旬	150.6	0.0	64.9	56%	
7月下旬	212.0	0.0	53.7	118%	↓
8月上旬	131.2	0.0	27.6	124%	↑
8月中旬	134.0	0.0	27.7	143%	乾季入り
8月下旬	117.5	0.0	29.4	109%	
9月上旬	143.0	0.0	34.8	141%	
9月中旬	166.4	0.0	35.8	135%	乾季
9月下旬	156.0	0.0	25.7	166%	
10月上旬	116.7	0.0	20.0	162%	
10月中旬	63.0	0.0	11.8	166%	
10月下旬	166.0	0.0	33.8	135%	
11月上旬	84.5	0.0	22.3	99%	
11月中旬	121.0	0.0	33.8	107%	↓
11月下旬	153.0	0.0	50.7	78%	↑
12月上旬	203.0	0.0	69.6	77%	雨季入り
12月中旬	123.0	0.0	45.8	75%	雨季
12月下旬	158.0	0.0	58.3	75%	（不安定期）
合計	5844.9	85.5	1906.4		

的指数とする平均降水量だけで判断するのでなく、ほかの要因も入れて考察する必要がある。特に雨季入り、乾季入りの判断を必要とする場合、平均降水量の変動係数が相対的な指数として活用できることが判明した。これによると乾季に変動係数が高くなる傾向にある。この理由として湿潤熱帯といわれる地域では常に雨が降る傾向にあり、乾季に降る雨は、じめじめしたものでなく局地的な集中型で、降れば大雨、降らなければゼロという傾向を示す極端なものである[147]。また年の変動が大きく季節の見極めが難しい。そして10年間以上のデータ集計で1年間の最大降水量が0mmである旬間は一例もない。つまり乾季でも旬間内で10年に数回は降雨がある。このため湿潤地域の乾季は乾季と言えど半乾燥地域やモンスーン地域の乾季のように安定した乾季ではない。降雨回数が少なければ変動係数は大きくなる。また雨季は10年間の旬間に降雨の無い年もあるが、この回数は雨季が安定するほど少なくなり、変動係数は小さくなる。このように10年間以上の旬間内の変動係数が湿潤地域の雨季、乾季で違ってくるというところに注目し播種時期の一つの判断基準として導入した。ただこの変動係数だけでなく絶対値としての平均降水量が播種基準のもとになることは勿論である。

データを分析してみると場所によって降雨形態が異なることが判った。地域的な違いはあるが、熱帯の季節は熱帯東風の影響から生じ、赤道直下地域とそれより南北に緯度が高くなる地域とで違いを生じる。そしてこれらは次の通りに分類した。

(1) 季節が判明しにくい地域のパターン

(赤道直下の地域：Padang)

緯度4度以上であると雨季、乾季が現れてくると言われているが、それ以内の赤道に近い地域では旬別の変動が大きく1年間の周期的な傾向がはっきり出ない。これをスマトラ島パダン市の気象データで解析すると次のような結果になる。

旬別平均降水量で100mm前後の降水量を境としてグループ分けができる。100mm以下のグループとして1月中旬から2月下旬と5月下旬から8月下旬の

2期間が相応する。また100mm以上の旬グループは上記以外の3月上旬から5月中旬と9月上旬から1月上旬の2回出現する。基本的には100mm以下の旬グループが小乾季となるのであろう。旬間最少降水量で0mmの分布も月単位で数カ所0mmが続く期間があるが、不規則で季節として考えるのは適切でない。また旬間最大降水量は1月下旬を除き常に100mm以上あり、最も多い時期は500mm以上を示す。しかし旬別に見ると変異が大きく傾向は読めない。変動係数についても他に比べ数字的な傾向を示していない。強いて言えば小乾季と言われる期間に変動係数が80%以上を示す傾向があるくらいで、これも期間が全て同じではない。このようにパダンでは年間を通して似たような降雨パターンであるが、2回の小乾季らしいものを有するが、これも年によっての変動が大きい。

(2) 乾季、雨季の明確に現れる地域のパターン

(Biringere, Bikeru, Ranomeeto)

ここでは南スラウェシのシンジャイ地区2カ所と南東スラウェシのラノメト地区がこれに相当する。これらの地区を上記1のパダンと比べると明らかにデータ上は雨季、乾季の相違がみられる。旬間の平均降水量を調べて見ると、シンジャイの2カ所は100mm前後が雨季、乾季の違いを区分する境界となる。特にシンジャイのビケル村では12月に入ると著しく降水量が増えてこの傾向は6月下旬まで続く。したがってこの期間が雨季であることが判定できる。これに伴い変動係数を調べてみると雨季のこの期間は小さく安定している。しかし1月から2月にかけて一時雨量は少なくなるが変動係数は70%を示しており、まだ雨季が安定していない期間であることを示している。そして雨季あけは7月の下旬であることが明確になった。シンジャイのやや内陸部に入ったビリンゲル村はビケル村よりも年間降水量は少ないが降雨形態は同様で雨季、乾季が出現している。しかし全体的に不安定な雨季であることが変動係数から分かる。そして12月から2・3月までは雨季といえるが安定的な降雨は得にくい。つまりこの期間は年によって変動があり、旬間内で最少降水量の0mmが多いことでも分かる。ラノメトはさらにシンジャイの2地域よりも降水量は少なくなり、雨季、乾季があることは

判明できるが旬平均降水量データだけではやや分かりにくい。50mm以上の降雨があれば安定した雨季と見なせるが、旬降水量にこの間の変動係数を照らし合わせてみると乾季との差が明確に出る。変動係数の100%前後を境とした場合、乾季は7月下旬から11月中旬までとなり、雨季は11月下旬から7月中旬までとなる。2月中旬に変動係数が一時100%を越えることになるが下旬には50%に下がっていることから、月に均せば低くなるので100%以下に相当する。ラノメトの型はシンジャイの2カ所とほぼ同じ季節的変化を有する地域といえる。

ここに上げた地区のデータを解析した結果、これらの地区の季節が明確に把握できた。これよると乾季は7月下旬または8月から始まり11月下旬まで続く。雨季は11月下旬または12月上旬から始まり7月下旬までの期間である。しかし雨季の前半は不安定な降雨の時期を有している。この明確になった季節的パターンをもとに、現地の作付体系を検討することができる。

3－2　南東スラウェシ州の伝統的農業

湿潤熱帯で有季節地域に属する南東スラウェシ州で営まれている農業について調べた。

(1) 自然、地理的条件

南東スラウェシ州は南緯4度に位置し、3.8万km^2を有し、北の半島部と南の島嶼部とに区分されるが、地形的には山岳、丘陵地帯が州の大半を占める。農業調査は半島部の東側のクンダリ県（1.6万km^2、人口43万人）を中心に実施した。この半島部の中央にはコナウェハ平野が広がり、北部の山岳地から流れて来るコナウェハ川の水が集まり、約6万haのアオパ湿原を形成している。この湿原の周りと山の斜面で農業が営まれている。

この地域は年間平均最高気温33℃、最低気温22℃と変動幅は小さく、また相対湿度は平均86～94%と高くなっている。季節は雨季が12月～7月、乾季が8～11月と2季節に区分され、年平均降水量は約2,000mmで、北部でやや多く、南部の島嶼部ではやや少ない。

土壌については主要な地域の調査結果を表3-2に掲げた。これによると土

表3-2　クンダリ県の土壌の分類と特性

地域名	Laudono	Lainea	Tinanggea	Palangga	Ranomeeto
土壌分類	Kambisol Alluvial Mediteran Podzolik	Kambisol Gleisol Podzolik	Kambisol Gleisol Podzolik Mediteran	Kambisol Mediteran Podzolik	Kambisol Gleisol Podzolik
土壌性質	砂質ローム 砂質粘土	砂質ローム 砂質粘土	砂質ローム 砂質小粒子 粘土質ローム	砂質粘土 砂質小粒子	砂質粘土
酸性度（pH）	5.0～6.5	4.5～6.2	4.5～7.0	4.5～7.0	4.1～6.3
有機質含有度	非常に少～少	非常に少	非常に少～少	少	非常に少～中
P_2O_5	少	中	非常に少～少	非常に少～中	非常に少～少
K_2O	非常に少	少	非常に少～少	非常に少	少
CEC	非常に低	非常に低～中	非常に低	非常に低	非常に低～低
水酸化物	中	非常に低～中	非常に低	低～中	非常に低～低
肥沃性	非常に低 低中 高	非常に低 低中	非常に低 低中	非常に低 低中 高	低 中 高 非常に高

備考：土壌分類はインドネシア分類による（ボゴール中央土壌研究所）.
資料はBasic Soil Survey of Southeast Sulawesi 1985.
CEC：陽イオン置換容量.
土壌分類：インドネシア分類－FAO分類, Kambisol-Cambisols, Alluvial-Fluvisols, Mediteran-Luvisols, Podzolik-Acrisols, Gleisol-Greysol

壌分類からCambisol, Greysol, Luvisol, Podzolにあたる土壌がみられ、性質として砂状壌土、砂状粘土の形態が示されている。酸性度は酸性から中性の性質がほとんどであり、極端な酸性土壌、アルカリ土壌は少ない。また有機質含有率は低く、肥沃度も一般に低い。このように地力には乏しい土壌である（写真12 トウモロコシの肥料試験参照）。

（2）農民と農業条件

南東スラウェシ州は半島部を西と東に分けた2県、南部の島嶼部を2県に分けた合計4県からなっている。これは昔の王国の区分けに基づいて分けられているので県それぞれに民族の違いによる社会的、生活環境の違いが見られる。しかしながら州を大きく区分すると、半島部と島嶼部の2地域に分けられ前者半島部は先住民族トラキ族（メコンガ族も含める）の文化圏であり、後者島嶼部はムナ、ブトン族の香辛料を介した海洋貿易で栄えた文化圏と見ることができる。また最近移住民も増え、南スラウェシからブギス族、マカサル族、トラジャ族がスポンタン（自主的移民）と称される入植を行い、他の島からは国家移住政策として、ジャワ族、スンダ族、バリ族が入植者として入っている。

そこでJICAプロジェクトの開発対象となっている8ヵ村と周辺の4村（図3-1の村の位置図参照）について民族の構成を調べてみると、村はいくつかに分類できた。この分類を図3-2に示した。これによるとタイプ1は先住民族を中心として成り立っている村で、ラロバオ村、サブラコア村、オネウィラ村、コンダ村がある。タイプ2は主として先住民族と1移住民族から成る村でキアエア村、ラエヤ村、パランガ村がこれに相当する。タイプ3は先住民族と多数の移住民族から成る村で、ラノメト村、ラプル村がこれに当たる。タイプ4として移住民族が中心の村でスンダ族から成るシンダンカシ村、バリ族のジャテイバリ村、ジャワ族とスンダ族からなるウオノラヤ村がある。伝統的農業は移住者の持っている農業の影響を受けて変化するため、村の農業を知るためには耕作者である農民の背景を調べる必要がある。

また自然、農学的観点からみると、この南東スラウェシ州は根栽農耕文化圏に属し、またこの原始的な形態としてのサゴ文化圏に属すると、中尾・

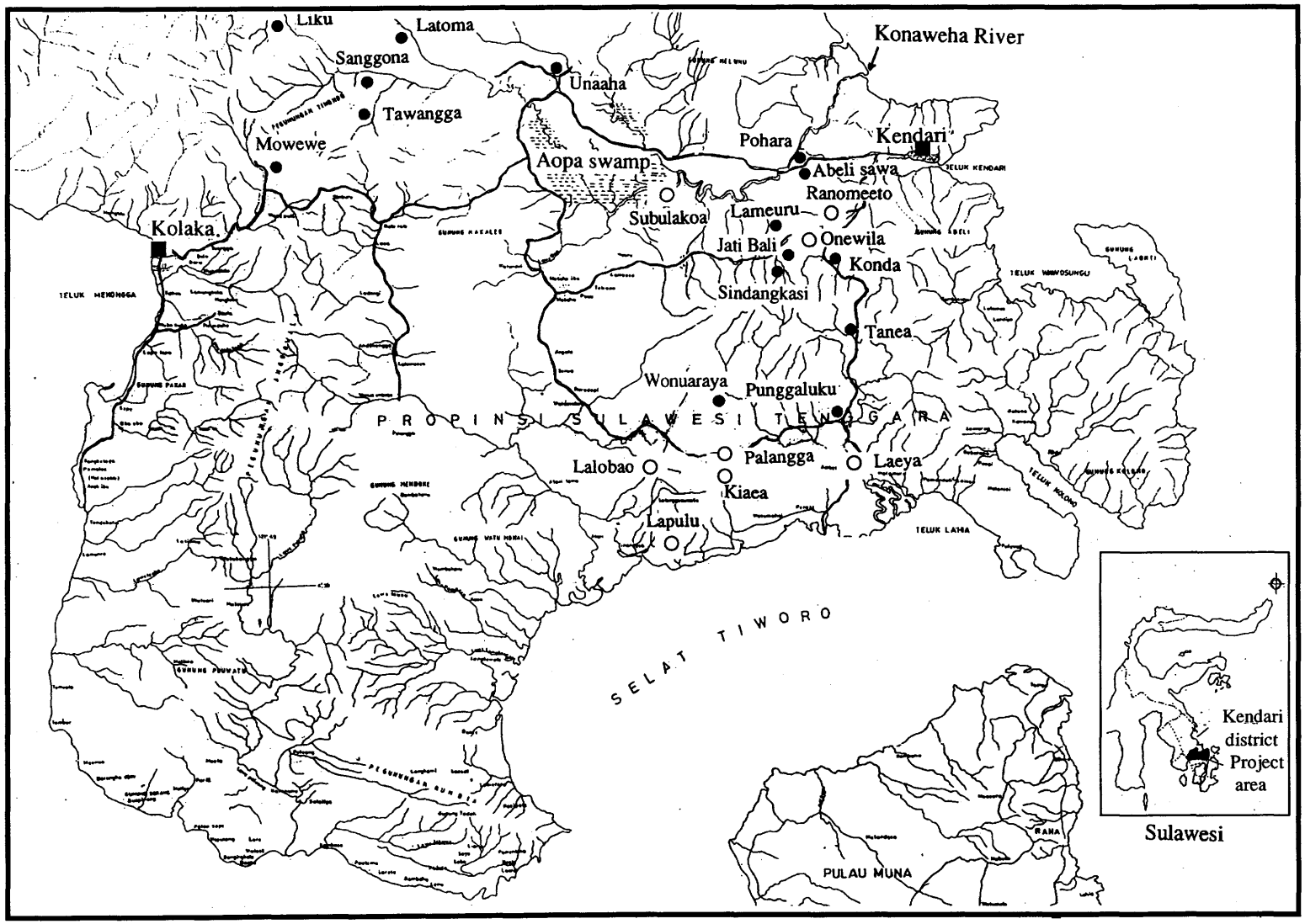


図3-1　南東スラウェシ州クンダリ県、コラカ県の主要市町村の位置図

■ 県都
○ プロジェクトサイトの村
● 村

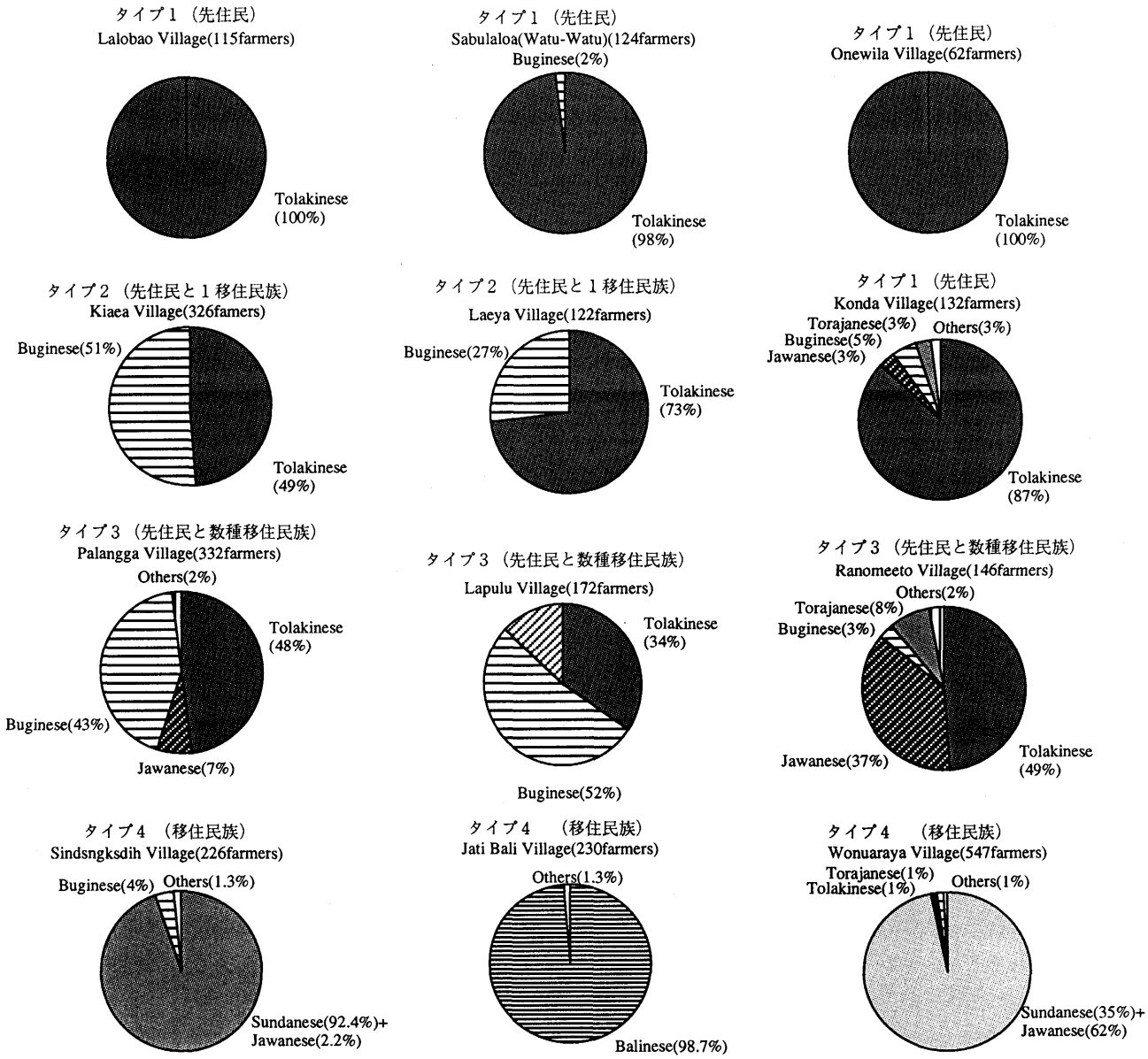


図3-2　クンダリ県における民族による村の区分

佐々木らは考えている[129]。しかしサゴだけについてみると、半島部つまりコラカ、クンダリには多く見られ、人々の重要な食糧になっているが、ムナ・ブトンの島々を調べてみるとサゴはほとんど見られない。それに代わってイモ類、特にサトイモ、ヤムイモの類が多く利用されていることが判明した。特にブトン南東部の島嶼部にはそれが著しく現れている。したがって根栽文化圏でもより原始的形態といわれるサゴヤシが半島部で優勢となっており、サトイモ、ヤムイモの類が島嶼部で優勢となっていることが分かった。このような違いが南東スラウェシの中で民族間の農業にも微妙に相違を現し、文化的（食生活も含め）相違につながるものと思われる。

またここではサゴだけに限らず、昔から穀類の栽培も行われていた。この穀類の栽培は全て焼畑で行われていた。したがって穀類栽培というと焼畑を意味するものと考えてよい。この焼畑で作られる穀類も半島部と南島嶼部では異なることが分かった。半島部は陸稲とアワの栽培であり、南島嶼部はソルガムと一部アワの栽培が行われていた。勿論今ではトウモロコシが全域に亘って栽培されている。しかしトウモロコシの栽培はソルガムの栽培から代わったものと位置付けることができる。半島部の陸稲はトラキ族の主食であり、サゴヤシ以上に生活における比重が高い。それはトラキ族の生活、習慣を見てみるとサゴデンプン採取よりは陸稲栽培に伝統的慣習が残されているように思われるからである。半島部で陸稲だけでなくアワも栽培されていることからみて雑穀文化圏の一部と考える。この雑穀文化圏がさらにどこまで広がっているかはさらなる調査を必要とするが、現地の調査によってハルマヘラ島で陸稲が作られているがニューギニア島まで行っていないことからマルク諸島が東端になるのではないかと推定される。したがってここはサゴ文化圏であると同時に雑穀文化圏でもある。

以上のことからこの南東スラウェシは湿潤地農業の典型的な形が維持されているが、農耕文化の観点から考えると根栽文化圏、サゴ文化圏、稲作文化圏がいまだに混在している地区である。そして各地域の特徴を保有した農業としてアジア型、インド型、ニューギニア型の3地域農業の交流点であると考えられる。

このように南東スラウェシ州は典型的な湿潤熱帯農業地域であり、先住民族による半耕作農法の伝統的農業と移住者によって導入された水田中心の先進的農業が混在している。湿潤地域の農業を調べるために作物栽培の実態と技術的問題点を現地での調査と試験栽培を通して考察した。

3－2－1　農業生産調査の場所と調査方法

（1）水稲栽培の調査

1) 村の選定方法と調査の方法

JICAプロジェクトの対象村であるラノメト村、パランガ村、キアエア村から、水稲栽培を行っている農民グループの11、6、4のグループそれぞれから8農家を任意抽出し、水稲の収量調査を行った。また比較対象として先住民のトラキ族だけのコンダ・ラモメヤ村、ジャワからの移住者でなるシンダンカシ村とウオノラヤ村およびバリからの移住者の村であるジャティバリ村から2農民グループを選び、それぞれのグループから8農家を任意に選び収量調査を実施した。また収量調査の結果から1グループ8農家の中で中間の値を示した3農家から栽培に関する質問状に記入する方式で、1993年に農家の栽培技術を調べた（写真9 水稲の坪刈りによる調査状況を参照）。

2) 収量調査の方法

農家圃場での水稲の収量は坪刈りによる任意抽出法によって推定した。この収穫調査はインドネシア政府が現在実施している作物収量調査方法に準じ、1農家の圃場から2.5×2.5m の広さの収穫区を任意に2カ所選び調査した。圃場での調査はそれぞれの村の農業普及員の協力を得て実施した。調査は品種、田植え日、収穫日、栽植株数、籾重量（圃場での調査）、乾燥精選籾収量の項目に付き調べた。乾燥精選籾はプロジェクト事務所に運び、そこで乾燥調整した真の籾重を秤り、これを基にヘクタール当たりの収量を算出した。モミ乾燥は14%を目標に乾燥処理した。調整は木屋式坪刈用手動式唐箕モデルB-2を使用した。

（2）畑作物栽培の収量調査

トウモロコシと陸稲についての現況の栽培調査を行った。トウモロコシ

は栽培の多いパランガ村とキアエア村の2村を調査地とし、パランガ村のトラキ族のグループから3農家、ブギス族から4農家を選び、キアエア村から5農家を任意に選び、収量調査を行った。収量調査は1圃場から2.5×2.5mのサンプリング区を2カ所選び、それからの収量でヘクタール当たりの収量を算出した。また同時に播種日、収穫日、栽植密度、生食用雌穂収量も調査した。

陸稲はパランガ村、キアエア村、ラロバオ村、ウオノラヤ村から任意にそれぞれ48農家を選び収量調査を行った。サンプリングは1圃場からトウモロコシ同様に2.5×2.5mのサンプリング区を2カ所選びヘクタール当たりの収量を算出した。調査は生重量と乾燥重量の収量のほかに、品種、播種日、収穫日、施肥の有無、草丈、栽植密度について実施した。

(3) 現況農業調査

南東スラウェシ州の主な作物について1991年から1994年に亘り、現地でＪＩＣＡプロジェクトの活動を通しながら、現地踏査、農民からの聞き取り調査を行った。そして陸稲、トウモロコシ、サゴ、水稲の現地における位置付け、現況を把握した。

3－2－2　作物栽培の現状と考察

(1) 陸稲の栽培

陸稲は伝統的に丘陵地を利用した焼畑で栽培するのが一般的である（写真31参照)。モチ米、ウルチ米の2種類が栽培されているが、さらに色による区分から黒米、赤米、白米の3種類に分類される。黒米、赤米にはモチ米が多く、蒸して食べるのが一般的であり、冠婚葬祭や村の集会時によく出される。栽培は雨季に行われ、播種は12月から1月にかけて実施され、収穫は5月頃になる。この栽培は焼畑で行うため土地を耕すことはせず、トガルと呼ばれる掘棒で土を突き刺し穴をあけて、そこに種子を蒔く直播が行われている。その後覆土がなされるだけの単純な栽培方法である（写真37参照)。肥料も一般に使用されていない。圃場管理は通常2回の除草が行われるだけで、病虫害防除は行わない。

収穫はアニアニとよばれる手農具により穂刈を行う（写真41参照）。穂刈したイネを束ねて軽く天日乾燥させて、庭に建てた貯蔵庫にそのまま保存する。天日乾燥は道端、田圃、庭先に置く場合や、はざ立てをして乾燥する場合もある。また貯蔵庫は家屋の隣または敷地内に建てた高床式小屋で、柱には鼠返しを付けている。ここには普通一家の1年分の米が貯蔵可能となっている。

陸稲の収量を1994年にクンダリ県の4村で、農家レベルでのサンプリング調査によって調べた。その結果パランガ村6農家の平均収量は、乾燥籾で1.36t/haであり、隣接するキアエア村の9農家の平均収量は、1.62t/haであることが分かった。また先住民のラロバオ村の平均収量は1.81t/haで、ジャワ移住民のウオノラヤ村では2.38t/haであった。特にウオノラヤ村の収量が高いことは確認できたが、当地周辺では約1.5t/haの生産が見込まれる（表3-3を参照）。ここの農家の焼畑面積は平均1ヘクタールであることから、農家当たり1.5トンの収穫物があることになる。また家族数は平均5人であるから一人当たり300kgと計算される。これはインドネシア国で「貧困ラインとして年間1人当たり米320kgである」としている数値より低いことになる[52)]。しかし農家では陸稲以外の収穫物があり実際にはこの数値より高いであろう。なお1.5tの陸稲を精米にして960kgと算出すると、年間米を1人当たり150kg消費するとして5人で750kgとなり、収穫者分け前料（バウォン）などを差し引いて、ほぼ自足だけの生産であることが判明した。

また陸稲の作付を表3-3に示したが、これをもとに村ごとに調べた。陸稲の栽培は村によって多少異なるが、ウオノラヤ、キアエア村で平均播種日が1月2日と4日であり、1月上旬の栽培開始となる。ラロバオ、パランガ村では2月に入って播種が行われる。収穫はウオノラヤ村が最も早く平均収穫日が4月26日で4月下旬であるのに対し、キアエア村では5月17日の5月中旬であり、パランガ、ラロバオ村は5月23、25日の5月下旬であった。したがってここでは1月上旬から5月下旬にかけて陸稲が栽培され平均収量で1,791kg/haであった。

表3-3　クンダリ県4村における陸稲作付の1993年実績

村名	平均播種日	播種の期間	平均収穫日	収穫の期間	平均収量（kg/ha)
パランガ村	2月9日	2月7日 ～ 2月15日	5月23日	5月22日 ～ 5月23日	1,362
キアエア村	1月4日	12月26日 ～ 1月10日	5月17日	5月13日 ～ 5月20日	1,616
ラロバオ村	2月2日	1月15日 ～ 2月16日	5月25日	5月22日 ～ 5月29日	1,807
ウオノラヤ村	1月2日	12月15日 ～ 1月17日	4月26日	4月22日 ～ 4月30日	2,378

表3-4　クンダリ県におけるトウモロコシの作付と1993年実績

村名	平均播種日	播種の期間	平均収穫日	収穫の期間	平均収量(kg/ha)±標準偏差
パランガ村	1月15日	12月28日 ～ 1月30日	3月31日	3月20日 ～ 4月17日	2,781±120
キアエア村	1月6日	1月2日 ～ 1月10日	3月31日	3月27日 ～ 4月2日	2,153±1,038

(2) トウモロコシ及びその他の畑作物の栽培

焼畑農業では陸稲の栽培が中心であるが、トラキ族の畑ではトウモロコシもよく植えられる。トウモロコシは単作として植えられる場合と、陸稲との混作で植えられる場合がある。単作の場合は12月から1月にかけて播種され、3月に収穫される雨季作と、6月播種で9月頃収穫される雨季後半から乾季にかけて再度栽培する二期作とがあるが、主に雨季作である。また陸稲との混作は雨季作が主で、トウモロコシは2×2mの作付様式で、1穴に4～5粒播種される。陸稲はその空間に栽培される。通常トウモロコシの方が早く収穫となり、陸稲は約1カ月ぐらい後に穂刈される。栽培されるトウモロコシは白色種が多く、一般に子実をスープと煮込んで食する。またムナ島では子実をゆでるだけで食するのもあり、粉に加工して食する方法は見あたらない。またトウモロコシの家畜への利用も少なく、収穫を終えた後植物体はそのまま畑に放置される。このようにトウモロコシの利用の方法が少ない点からも、新しい作物であることが伺われる。

現状の生産性を知るために2村のトウモロコシの収量調査を実施した。その結果パランガ村では2.78t/haの平均収量（子実）となり、隣接するキアエア村では2.16t/haの収量があることが判った。従ってこの地域では平均2.5t/haの生産があるものと判断できた（表3-4参照）。

またここ2村のトウモロコシの作付体系は12月25日から播種が始まり1月10日まで続き、平均で1月3日となり、雨季入り直後の栽培となる。収穫は3月下旬から4月上旬にかけて実施され、平均収穫日は3月31日であった。したがって栽培期間は89日であった。つまり雨季の前半が栽培時期となる。

トウモロコシが導入される以前から栽培されていたと思われるアワは、現地ではワォトゥ（Wotoh）とよばれ、米のように炊いて食することもあるが、ほとんど赤砂糖を用いて作られるワジェ（Waje）とよばれるお菓子として利用される。丁度、日本の「粟おこし」のようなものである。

またソルガムは半島部では、僅かにクンダリ市の南東部の海岸地帯で栽培されているのを確認しただけである。ここの住民は漁業で生計を立てており、家の周りの崖となっている丘陵地で、トウモロコシなどに混ざって

ソルガムが栽培されていた。このことからソルガムは海を介して伝播されたものと想定される。ブトン島ではソルガムを砂糖の代用としたり、子実を粉にして食するという。

穀類の他にマメ類やイモ類の栽培も行われている。しかし陸稲に比べるとその比率は少ない。マメ類ではリョクトウ、ヤッコササゲ（カチャントゥンガ）、ダイズ、ラッカセイが植えられている。またジュウロクササゲも野菜としたり子実を食したりしている。イモ類についてはキャッサバ、ヤムイモ、サトイモ、サツマイモが栽培されている。キャッサバ以外は大面積に植えられているものはない。ブトン島の南東部の島にはヤムイモ、サトイモ類など多種のイモ類が見られ、イモ文化圏と言われる所以である。しかし半島部は島嶼部よりイモの位置づけは小さくなる。

（3）サゴヤシの農業

サゴデンプンは南東スラウェシ半島部のトラキ族の伝統的食生活の中で、米（陸稲）とともに重要な主食の一つとなっている。ここのサゴヤシはトゲの無いホンサゴとトゲサゴの2種類で、現地語ではトゲのあるものものをルイ（Rui)、トゲの無いものをロエ（Roe）と呼び、さらに白サゴをバロウイラ（Baro wila）として分けている。またトゲのあるものは短いものと長いものとに分けられる。これらはデンプンの生産性においては大きな違いはないと言われている。しかし扱いはトゲのない方が容易であり、またトゲのある方がイノシシからの害が少ないという。品質についてもいろいろな意見があるが、総じて、本質的には違いは少ないようだ。

サゴの採取は手作業で行う方法が主流を占めているが、髄粉砕用機械の導入を行っている作業場もある。そして粉砕髄を水でさらしデンプンを抽出する（写真32)。ここでは材料のサゴヤシは自分の所有のものと他人から買ったもの両方を処理する。1本のサゴヤシから生デンプンが200～300kg採れ、市場では3,500Rp/20kgで取引されていることから粗収入として1本当たり約3.5万ルピアを得ることができる。1農家がサゴヤシを2haの土地に100本持っているだけでは、必ずしも全部が生産に向けられるわけではなく十分でない。他人から買ったサゴはバウォン方式で取引され、生産物の現物を

所有者1、買い取り人1の割合で分配する。買い取り人はこの取り分からさらに切り出し人などの作業者に分けるため、実際の取り分はさらに少なくなる。全て手で行った場合は1本を処理するのに3人で1週間（実労5日）かかる。そこで破砕機導入と手作業の投入労働力を次に示す。

機械　　6人／1日／2本　＝　3人／日／本

手作業　3人×5日／1本　＝　15人／日／本

つまり1本のサゴを処理するのに、機械では3人／日／本、手作業では15人／日／本となり、機械導入の方が5倍能率的であることが分かった。現在、市場性には問題はないが、雇用人に支払う資金が足りないなどの問題はある。手作業の場合、年間約30本のサゴヤシを処理することで最低の生活は確保できる。機械導入の場合年間500本処理することができるが、その時は現在のサゴヤシ林の規模ではサゴヤシが足りなくなる恐れがある。最近サゴヤシの木が減って来ており、これは伐るだけで植林されていないためである。機械の場合は親戚でグループを組むのが通常で、他人を雇用することもある。またサゴヤシの葉は屋根を葺く材料などとして女性たちによって編まれ販売に向けられる。しかし輸送の面からその市場流通には問題がある。

（4）　村の水稲収量調査結果

収量調査の結果は表3-5に示した。それによると収量の最も多かった村はパランガ村で 4.7±0.7t/ha であった。これに続きシンダンカシ村、キアエア村、ジャテイバリ村、ウオノラヤ村となっている。特にパランガ、シンダンカシ、キアエア村は4t/ha以上の収量があった。ジャテイバリ、ウオノラヤ、ラノメト村は3t/ha以上の収量となった。 最も収量の低い村はコンダ村の1.9±0.1t/ha であった。

次に村の概要と収量を示す。

1) ラノメト村（タイプ3：先住民族／多移住民族）

村には11の農民グループがあり、先住民族のトラキ族、移住者のジャワ族が多くブギス族、トラジャ族も含まれている民族の混在している村である。またクンダリ市に近いことから都市近郊型農業へと移行しはじめてい

表3-5　農民グループによる水稲栽培（1993年）

村名及び農民グループ名	株数		圃場収量		風乾籾収量	
	2.5m×2.5m	×1000/ha	kg/6.25m^2	ton/ha	g/6.25m^2	kg/ha
ラノメト						
ANDINU	195	312	2.2	3.6	1806	2888
SRI KEMBANG	173	276	2.6	4.1	2153	3131
SUMBER SARI	165	265	2.6	4.1	2049	3277
MEKORA MEINDIO	141	225	3.0	4.8	2411	3858
SRI MANGIYUB	157	248	1.9	3.0	1588	251
HARAPAN MAKMUR	143	215	3.0	4.7	2530	4047
MAKMUR JAYA	144	230	3.1	4.9	2823	4517
DWI PURNAMA	137	219	2.5	4.0	2013	3221
TUNAS MAKMUR	170	272	1.9	3.1	1440	2303
MAKMUR SAMATURU	151	241	1.8	2.9	1648	2636
KEGIATAN SAMATURU	154	247	2.9	4.6	2531	4050
平均	157	250	2.5	4.0	2090	3343
パランガ						
MEOHAI	105	168	2.9	4.6	2226	3561
MONAPA	111	177	3.6	5.7	2994	4791
SIPATOKKONG	116	185	4.3	6.8	3295	5271
LANDEBANO	108	173	3.4	5.5	2702	4323
TOSIBA JAYA	111	177	3.8	6.1	2863	458
PADAIDI	115	184	4.6	7.3	3627	5803
平均	111	177	3.8	6.0	2951	4722
キアエア						
HARAPAN MAKMUR	111	178	3.8	6.0	2856	4569
SUBUR	106	170	3.9	6.1	2774	4437
SUKA MAJU	120	192	3.6	5.7	2991	4785
TAK DISANGKA	100	160	3.0	4.8	2397	3834
平均	109	175	3.6	5.7	2755	4406
コンガ						
LELEN DURO	183	293	1.7	2.6	1157	1850
BARU MUNCUL	161	254	1.7	2.8	1261	2018
平均	172	274	1.7	2.7	1209	1934
シンダンカシ						
BUMI DAYA	140	242	3.2	3.3	2642	4115
TIRTA JAYA	223	364	5.0	5.2	2942	4707
平均	182	303	4.1	4.3	2792	4411
シャティバリ						
JURU 1	119	191	3.0	4.7	2429	3886
JURU3	107	171	2.6	4.1	2066	3305
平均	113	181	2.8	4.4	2248	3596
ウオノヤラ						
KARYA DADI	155	247	2.8	4.4	2169	347
SWADAYA JAYA	152	242	3.8	6.1	2457	3931
平均	154	245	3.3	5.3	2313	3701

る。

村の水稲の収量は乾燥籾重で、平均3.3±0.7t/ha と7村の平均収量 3.7t/ha と比べやや低い値となっている。村に存在する11の農民グループを調べると、グループの最高収量は4.5t/ha で最低が 2.3t/ha と開きがあった。また個人農家をみると最高の農家が5.5t/ha（IR-48種）で最低で1.5t/ha（Ketan salome種）であった。栽培品種はIR-48が30%、IR-66が17 %、IR-42が11%、他にIR-64、Cikapundung、Kruing Aceh、Serayuなどが少し植えられている。また栽培時期を調べてみると田植えが2月中旬から4月中旬にかけて行われ、3月上旬がその平均となる。収穫日については5月下旬から始まり7月中旬まで続き6月中旬が平均である。生育期間は品種差を考慮しないで圃場の占有期間として調べると平均で97日であった。

2) パランガ村（タイプ2：先住民族／1移住民族）

村には13農民グループがある内、水田を持っているのは6農民グループである。主に先住民族トラキ族と移住民族のブギス族から成る村で、一部ジャワ族も含まれている。水田はブギス族が中心となって営農を行っている。

7カ村の収量データによるとパランガ村が全調査村で最高収量の4.7t/ha を示した。パランガ村の水田は村の西部地区に広がる川の氾濫原である平坦地に集中している。したがって約100ha規模の水田がここに展開されていて、これに6農民グループが関係している（村全体としては13の農民グループがある)。このグループはスポンタン（自主的移民）としてこの地に移住してきたブギス族と一部トラキ族とからなるグループである。1993年の水稲栽培はブギス族を中心とするものであった。元々の村人は先住民族のトラキ族で、焼畑とサゴヤシを中心とした農業で、まだ水稲栽培の経験を十分に持っていない。プロジェクトで新規に開墾したところはトラキの人も含まれているので今後、彼らを通して先住民族は水田に慣れ、親しんでくると思われる。

4) キアエア村（タイプ2：先住民族／1移住民族）

村には9農民グループがあり、水田グループは4農民グループで、ほとんど移住民族のブギス族である。先住民族のトラキ族はまだ水田耕作に移り

きっていない。

キアエア村の水田の現況は小規模水田が丘陵地の低地部に点在している。そのため面積としては僅かであるが、パランガ村に隣接する地区の4農民グループが主に栽培をしている。やはりブギス族が栽培の中心となっている。村の米の生産量を他の村と比べてみるとシンダンカシ村と同等に4.4±1.9t/ha の高い収量をあげていて、今回対象として調査した村の中では高い方に属する。これはすでに水稲栽培の経験、技術のあるブギス族による栽培のために生産量が高いものと思われる。

5) コンダ村（タイプ1：先住民族）

先住民族のトラキ族の村で1991年に、農民たちによりサゴヤシ林を水田に開墾した地区である。

今回調査した村の中では 1.9±0.1t/ha と収量が最も低かった村である。農民グループの全員が先住民族のトラキ族であり、水田を切り開いてまだ2年目で技術も十分に蓄積されていないことが伺われた。田植えは2月中旬、下旬にほぼ実施されていて地区内での差は少ない。それに従い収穫期も6月上中旬に集中している。この点から作付計画について、グループとしての対応があることが分かる。しかし使用品種を見てみると1グループの中で5品種とかなり多くの品種があり、ばらつきが認められる。これはまだ栽培に対するグループ化が進んでいないことを現わしていると同時に、商品作物というより自家用としての用途の方が重視されていることを伺わせる。生育期間は97日から115日前後が最も多い。

6) シンダンカシ村（タイプ4：移住民族－スンダ）

ジャワ島のからの移住民（計画移住）のスンダ族で形成された村である。補助的灌漑施設はできているが水稲栽培は年1作である。

この村の収量を調べてみると調査全村の中で二番目に高かった。平均で4.4±0.4t/ha とキアエア村と同等であるがグループ間の偏差が少ない。この周辺では稲作の技術を持っている村として有名であったが、これを一応裏付ける結果となった。栽培時期は3月中上旬と一定しており、収穫も6月中旬、下旬にかけてが1グループ、7月上旬が1グループとグループ内ではほぼ

集中している。そして品種も2種類と少なく、ＩＲ系統を中心に植えられている。以上の状況を考え合わせると栽培に対して地区、グループとしてのまとまりのあることが分かる。つまり組織力があると言える。またここでは米が商品的価値を持ち、販売用にも焦点が向けられていることが判明した。

7) ジャティ　バリ村（タイプ4：移住民族－バリ）

シンダンカシ村に隣接し、地域的にはこの村と類似している村である。しかし農家はバリからの移住民族である。同村の2農民グループからの収量調査によると平均で 3.6±0.4t/ha である。この村はバリからの移住者でなっており、シンダンカシ村よりは1トン近く収量が低いが、先住民族のコンダ村の収量よりは高い。またグループごとの栽培の状況を調べてみると、3.9t/ha の収量を上げているグループの場合、品種としてはIR-64の1品種だけで栽培期間も4月中旬播種で、収穫期が7月中旬とほぼ一定している。一方収量が 3.3t/haであるグループの場合は品種が3種と多くなりローカル種も見られる。田植えは3月中旬で収穫は6月下旬から7月上旬にかけてと、ほぼ統一されている。

8) ウオノラヤ村（タイプ4：先住民族－ジャワ、スンダ）

ジャワ島からの移住民族（計画移住）のジャワ族の村である。水稲と陸稲が栽培されている村で、水田は村の半分が二期作を行っている。またパランガ村に隣接する村であるが地理的に奥まった所に位置する。

収量は3.7±0.3t/haとラノメト村より高い。使用品種も高収量品種のIR-64,66,70と改良品種のCimandiriやCiliwungと多種に亘っている。この中で特にIR-66よりはIR-70の方がやや収量の高いことが認められたことは、農業省の栽培指針の通りでありIR-70が適しているといえる。また使用品種が多いことは村が都市部より離れた奥まった位置にあり、農家が自家用として食する品種の栽培も重視しているためである。

（5）水稲の収量調査結果からの考察

（民族による技術の違いと要因）

それぞれの村、グループの水稲の収量だけを調べてみると、移住民族だ

けの村と移住民族の混住している村は先住民族だけの村に比べ、収量が高いことが認められた。その中でも移住民族の割合が多ければ村の収量は高いことが明らかとなった。そして収量の低い村は先住民族が中心となって栽培している村であった（表3-6を参照）。

本調査から収量調査だけでなく、村相互間またはグループ間に共通して見られる傾向について調べてみると次のことが考察される。

1) 収量の高い村の栽培では水稲の使用品種数が限定しており、地域としての品種統一性が認められる（表3-7を参照）。また品種的には高収量品種の使用率が高くなっている。
2) 収量の高い村では水稲の栽培期間がグループ内でまとまりがあり、グループとして一斉の作業、管理ができていることが伺われる。また在来種は自家消費用として、高収量品種は販売用として栽培される。

また栽培について技術的な調査結果から次のことが判明した。

村により収量差があることはすでに述べたところであるが、村の民族構成でも分かるように民族によっても収量差のあることが分かった。表3-8は7ヵ村の収量調査した農民を民族別にし、それぞれの収量を調べたものである。これによるとブギスが最も高収量を達成し、次いでジャワ／スンダとなりバリ、トラジャが続く。そしてトラキだけが最も収量が低い。ただ民族の収量差も村によって異なるので各村の民族の平均も同時に示した。収量の多さの順位は同じであるが、ブギスの平均がやや下っているのはパランガ村、キアエア村以外の村で栽培しているブギスの収量が低いことを示している。

またトラキの収量が上がっているのはコンダ村以外の村で高い収量を示しているからである。このように民族の違いにより収量差が見られるが、これは村の栽培条件にも左右されるものである。

さらに民族の違いによる栽培時期を調べたものを表3-9に示した。トラキ族の場合2月中下旬に田植えが行われ、収穫は5月下旬から6月上旬に行われる。ブギス族は2月中旬に田植えを行い5月下旬に収穫を行っている。ブギス族は2月中旬に田植えを行い、5月下旬に収穫を行っている。ジャワ族、

表3-6　クンダリ県の7ヵ村の水稲収量と民族構成

村名	水稲収量 (ton/ha) ±標準誤差	調査農家の民族の割合(%)				
		Tol.	Bu.	Tr.	Ja. & S.	Ba.
ラノメト	3.34 ±0.35	39	8	16	37	—
パランガ	4.72 ±0.64	37	61	—	2	—
キアエア	4.41 ±0.75	12	88	—	—	—
コンダ	1.93 ±0.92	94	—	—	6	—
シンダンカシ	4.41 ±0.88	—	—	—	100	—
ジャティバリ	3.60 ±0.84	—	—	—	—	100
ウオノラヤ	3.70 ±0.96	—	—	—	100	—

備考）
1. 調査は1993年に各村の農家圃場でサンプリングを行った平均値である。
2. サンプリングは1圃場で2.5m×2.5mの任意の場所2カ所から得た。
3. 収穫米は籾で14%の含水量に調整した。
4. Tol. トラキ族、Ja. ジャワ族、Bu. ブギス族、Tr. トラジャ族、S. スンダ族、Ba. バリ族

表3-7　クンダリ県の7ヵ村の水稲栽培における使用品種

村名	在来種及び改良種	（%）	高収量品種	（%）
ラノメト	Chikapundung	7	IR66	17
	Ketan	2	C22	2
	Ketan Salome	2	IR48	30
	Kruing Aceh	6	IR46	2
	Ikopundu	2	IR64	13
	Serayu	6	IR42	11
パランガ	Cimandiri	30	IR42	52
			IR64	4
			IR48	2
			IR66	6
			B33	6
キアエア	Cimandiri	9	IR64	38
	Ciliwung	3	IR42	31
			IR66	19
コンダ	Cikapundung	44	B33	18
	Ciliwung	18	IR42	6
	Cinggarung	13		
シンダンカシ			IR48	62
			IR70	38
ジャティバリ	Cisadane	13	IR64	50
			IR48	31
			IR66	6
ウオノラヤ	Cimandiri	6	IR64	31
	Ciliwung	31	IR70	19
			IR66	13

表3-8　クンダリ県の7カ村の民族別水稲収量

民族	収量（kg/ha）	村別収量（kg/ha）			
バリ	3,596	Ja 3,596			
ブギス	4,200	Ki 4,449	Pa 4,927	Ra 3,223	
ジャワ・スンダ	3,886	Ra 3,454	Sh 4,411	Wo 3,710	
トラキ	3,245	Ra 3,065	Pa 3,613	Ki 4,368	Ko 1,934
トラジャ	3,548	Ra 3,548			

備考：村名は次の通り
Ja-ジャティバリ　Ki-キアエア　Ra-ラノメト　Pa-パランガ　Sh-シンダンカシ
Wo-ウォノラヤ　Ko-コンダ

表3-9　民族別による水稲の作付と収量

民族名	田植え日	収穫日	収量(kg/ha)±標準偏差
トラキ	2月中下旬	5月下旬　～　6月上旬	2,950±1,090
ブギス	2月中旬	5月下旬	4,545±1,105
ジャワ・スンダ	2月下旬～３月上旬	5月下旬　～　6月中旬	3,842±1,021
バリ	4月	7月上中旬	3,596±540
トラジャ	3月	5月下旬　～　6月中旬	3,548±550

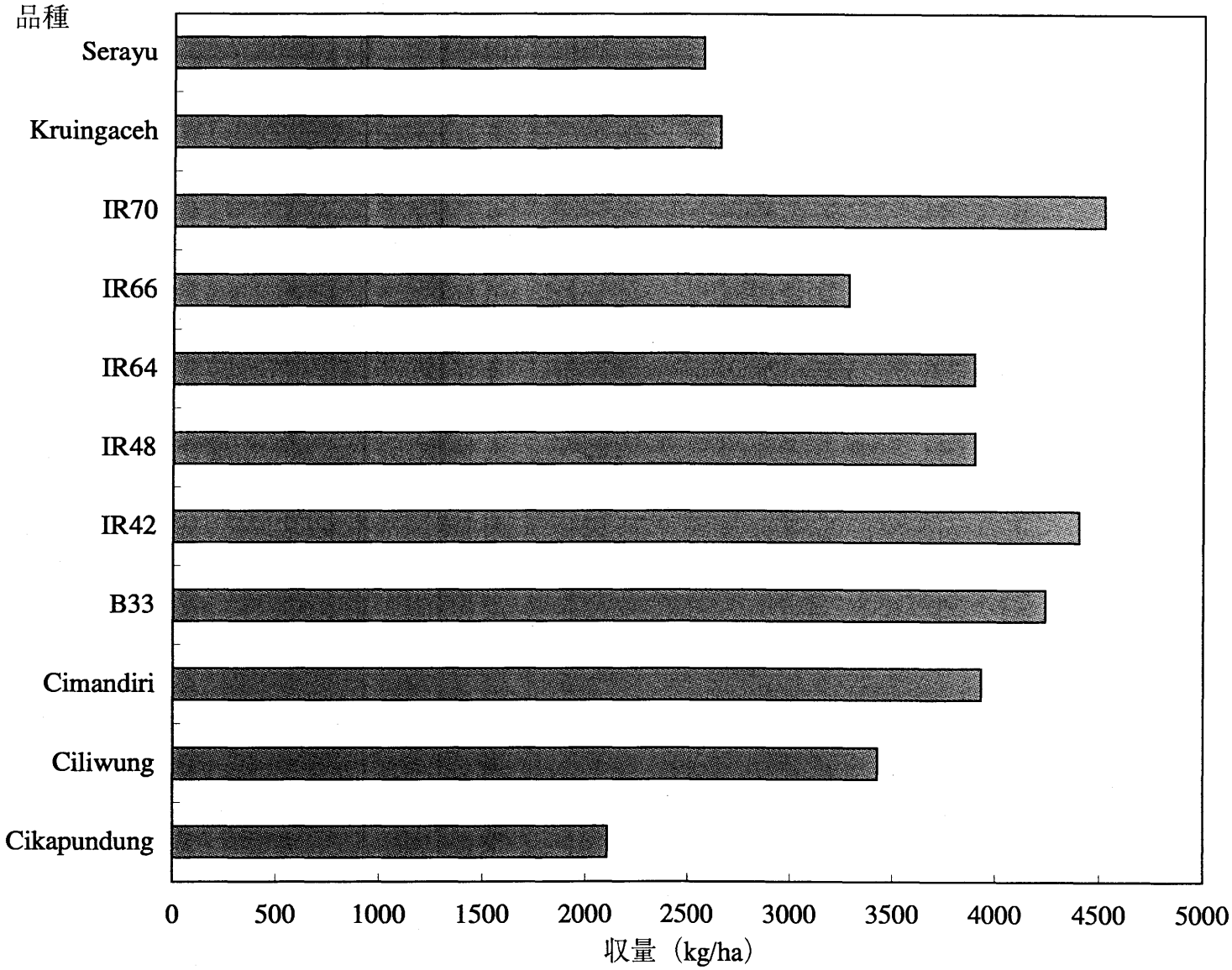


図3-3 クンダリ県7ヵ村における1994年の水稲栽培品種と収量

スンダ族は2月下旬から3月上旬にかけて田植えを行い、5月下旬から6月中旬に収穫を行っているが、村によって異なる。またバリ族1村で4月田植え7月上中旬収穫で、トラジャ族は3月田植え、5月下旬から6月中旬収穫となっている。したがって作付は民族というよりは村による地域性が強く影響している。

栽培されている品種の収量を調べたものを図3-3に示した。これによるとIR-70が最も高い収量を示した。以下IR-42、B-33と続き、高収量品種の方が平均3,500kg/haと収量が高く、在来種（改良種を含む）の方が平均2,500kg/haと低く1,000kg/haの違いが出ている。

また品種と生育日数を調べてみるとIR-64は95日、ほかの品種は100日とIR-64だけはやや短い。しかしながら、この地方では水稲の生育期間はほぼ100日と考える。

以上のことから水稲栽培がグループとしての水田管理を必要とするものと考えれば、グループがまとまっているかどうかで収量が左右されることになる。この点から考察すると移住民族同志の村はグループとして比較的まとまっている。これに反し先住民族、移住民族の混在する村、そして先住民族の村は水田管理に対する取り組み体制が弱いと考察される。水田の組織管理体制が作付の統一化による害虫の分散、共同水管理による水の有効利用、除草等の圃場管理など、水稲の収量を左右する諸要素の主因と言える。農民が水稲栽培を理解しているかどうかに増収効果の基本が置かれると同時に、農民が共同して農業に参加しているか否かも増収の要因となる。またジャワ族とスンダ族は共にジャワ島の出身であり、農業は類似しているといえるがシンダンカシ村とウオノラヤ村に収量差がみられた。これは前者がクンダリ市の近くに位置し、米の商品化を重視した栽培であるのに対し、後者が都会から遠いため商品としての生産よりも自給の用途に応じ、在来種を多く取り入れているため、収量差となって現れたものと考える。米の値段は品種によって違いがあるが、食糧調達庁（Bulog）の基準による政府買い上げ条件がもとになっている[47]。これによると外見上の評価である胴割れ米率、光沢、夾雑物の混ざりなどによって値段が変わるが、

クンダリ周辺では品種による差はあまり値段には影響していない。

3－2－3　慣行農法の作付についての考察

インドネシア、南東スラウェシ州は湿潤熱帯地域であるが雨季、乾季が明確に現れるため、作付は雨季を中心としたものになる。主な作物は水稲、陸稲、トウモロコシでともに単作で栽培される場合が多い。水稲栽培は大河川に建設された貯水池からの灌漑農業を除き、多くの場合、小河川で貯水性のない川の水を利用する、天水農業と同等の状態で、乾季作には十分な水が得られず2作目は失敗に終わる例が多い（写真40参照）。表3-10にラノメト村における乾季栽培の結果を示した。これによるとほとんど収穫が皆無となっている。このように2作目の作付は水条件で栽培が限定され、8、9月の間に栽培を終了させる必要がある。なお水稲の作付は1月から5月と長期に亘り、収穫日も同様に6月から9月と長期間になり、ほかの作物より栽培時期に多様性が見られる。

しかし水田では水稲の雨季1作の他に乾季作として、ダイズ、ラッカセイなどの栽培がわずかに実施され、二毛作が行われることがあるが、畑地では雨季に植えられた長期栽培作物以外ほとんど栽培されない。

南東スラウェシ州における水稲栽培の開始はジャワ、バリ、ブギス、トラジャなどの移住者によるものであり、それぞれの移住民の持って来た水稲栽培が先住民にとって新しい農業として取り入れられたものである。したがって村の移住民の占める割合と村の水田の普及率の関係は表3-11に掲げたような数値を示した。即ち先住民族が水稲栽培を始め、この技術を高めるには移住民族の与える影響が重要となる。また水田での作付体系を考える場合にも、移住民族の行っていた作付体系が当地での作付に参考となる。

以上からこの地区は雨季栽培型の作付であり図3-4に示す通りである。この作付は雨季の一期作と二毛作であり、キャッサバ、ワタなどの1作物の長期栽培も重要な作付にあげられる。また農家では1つだけの作付型を選択しているわけではなく、いくつもの作物栽培をそれぞれの圃場で行っている

表3-10　ラノメト村における乾季水稲作付（1993年）

田植え日	農家数	収穫日
7月 1日 ～ 7月10日	15人	——
7月11日 ～ 7月20日	13人	——
7月21日 ～ 7月31日	4人	——
6月10日	1人	11月 3日
7月 6日	1人	10月 3日

備考：32人の農家中、収穫できたのは2農家だけであった。

表3-11　村の構成民族による分類と水田開発率にかかる先住民の割合

グループ名	村名	主要構成民族(%)		水田率(%)
先住民の村	ラロバオ	トラキ	100	0
	サブラコア	トラキ	98	0
	オネウィラ	トラキ	100	14
移住民と先住民（2民族住分け）	パランガ	トラキ	47	17
		ブギス	43	
	キアエア	トラキ	49	25
		ブギス	51	
	ラエア	トラキ	73	35
移住民と先住民（多民族混在）	ラプール	トラキ	34	67
		ブギス	53	
		バリ	13	
	ラノメト	トラキ	49	54
		ジャワ	37	
		トラジャ	8	
		ブギス	3	

備考：1）ラロバオ村は28.6%の水田を有するが、実際の水稲は実施していない。
2）水田率とトラキ族在住率の相関関係は$r=-0.79$（5%水準で有意）で相関が認められる。

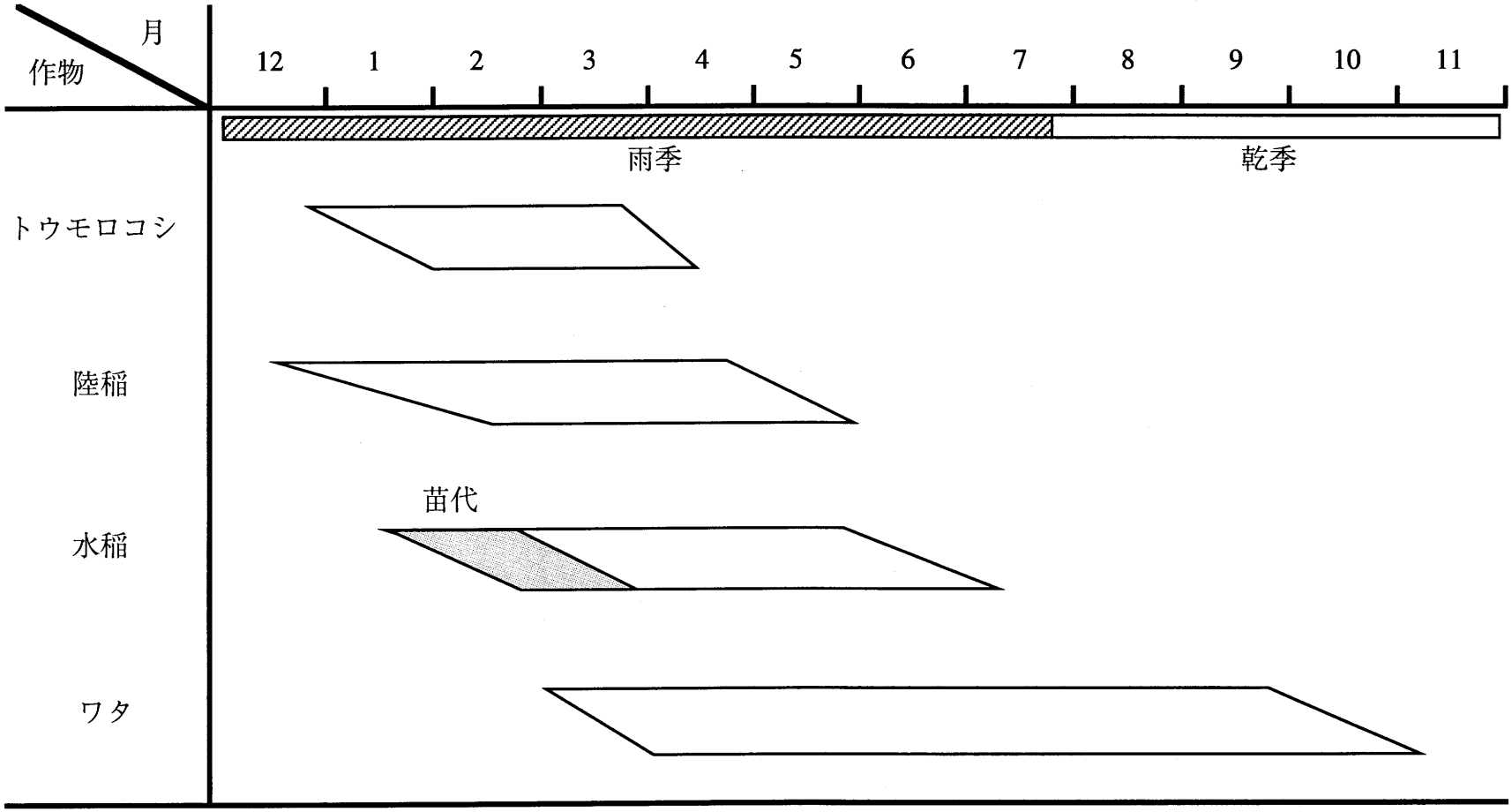


図3-4　クンダリ県における慣行農法による主要な作物の作付（1993年）

ことが特徴になっている。湿潤地域として南東スラウェシの水田耕作についてまとめてみるとつぎの通りに要約できる。

1) 稲作栽培は丘陵地の焼畑による陸稲栽培と、平低地部の水稲栽培に区分けできる。

2) 水稲は先進移住民族から移転されたものである。したがって、この技術は民族の影響度によって変化を生じる。(写真38、39参照)

3) 水稲は湿潤地域で安定的な生産を可能にしている。しかしインドネシアなどの場合、同じ稲作栽培として陸稲との区分を、圃場における水の確保の状態で栽培を決めている。

4) 焼畑の陸稲は天水で雨季に栽培が行われる単作である。一方水稲栽培も雨季に栽培されるが、栽培時期は陸稲に比べ幅広い。これは降雨というよりは圃場での水利状態によるものである。

5) 水稲の場合は収穫日を感光性品種を使うことにより、一定にする場合もある。これは年間を通して生育可能な地域での栽培体系をきめる要素として重要である。

6) 焼畑による陸稲栽培の場合、栽培面積は自家消費用の生産量を満たすだけの範囲、規模となる。そして増収に必要な要素は土壌の肥沃度と除草の程度による。

7) したがって水稲は降雨による水の確保ができれば何期作でも可能となるが、反面降雨が多ければ多いほど、乾燥を要する収穫後処理の問題が起こる。

8) 水稲は水管理を通して増産が見込まれる。これを行うためにはグループとしての管理が重要な増収要素と考える。

第4章 乾季の発芽技術に関する試験

はじめに

発芽は全ての作物生産における基本で、最も重視しなければならない生育過程の一つである。日本では昔から野菜生産において、「苗半作」[41,74]と言われているほど生育初期の状態を重視していた。同様に直播栽培の作物においても十分な発芽が得られなければ収量は大きく減少する。すでに2章2-2で論じたように、作物の発芽個体数と収量は大きく関係しており、確実な発芽が得られなければよい収量は得られない。

前章までにインド、デカン高原の半乾燥熱帯、およびインドネシア、南東スラウェシ州の湿潤熱帯地域の農家における作付体系を論じてきた。その中で特に発芽が問題となるのは乾季であり、半乾燥地域、湿潤地域（有季節）において共通的にそれらの地域の土壌水分との関係で、良好な発芽を得る必要がある。今まで論じた中で、Dry sowingは多毛作、乾季栽培を確実に実施するのに効果的な技術であると考えられる。

そこで本章では半乾燥地域Vertisolで実施したDry sowingにおける発芽の諸条件を調べるとともに、湿潤地域における乾季のDry sowing導入のための発芽試験をおこなった。また、モンスーン湿潤熱帯のネパール、タライ平野の乾季における条件と発芽技術についても調べ、熱帯地域の乾季における乾燥状態での技術を調べた。

4－1 半乾燥地域におけるDry sowing 条件の検討

半乾燥地域においては雨季作が主要栽培に当たり、この作柄が一年の生産量の大半を占める。そのため特にDry sowingが限られた降雨の最大利用法として有効で増収効果があること、Vertisolでの雨季作においてDry sowingが播種作業を容易にしたことが農家圃場試験で実証された。しかしこのDry sowingは種子が高温下に置かれるという悪条件を経るため生産に直接関係する発芽への影響を調べ、Dry sowingの播種条件を検討することにした。

本試験は乾季末に播種を行い、降雨を待って発芽を得たいとするDry

sowing技術の条件を調べることを目的として実施したものである。特に発芽要因として重要となる播種した種子の深さ(覆土)、播種から降雨までの乾燥期間の影響を調べることに主眼を置いた。

4－1－1材料と方法

試験はICRISAT圃場BP-1のVertisol土壌で1983年4～5月の乾季に実施した。供試作物は農家で栽培されているダイズ、ラッカセイ、リョクトウとした。試験は2要因とし、要因1は播種の深さで処理は1cm、5cm、10cmの3処理とした。要因2は乾燥期間とし、最初の降雨の代わりに、人工的にスプリンクラーの灌水を導入し、播種日から灌水までの期間を処理として設定した。この処理は20日間、15日間、10日間、5日間、0日の5処理とした。それぞれの処理は3反復の乱塊法で実施した（実験圃場は写真4を参照)。

4－1－2　結果と考察

(1) 圃場の水分条件調査結果

インド・デカンの気象条件は第1章でも述べた通りであるが、乾燥末期は4～5月に当たり、最初の降雨が来るまでである。この時期は1年中で最も高温に当たり、乾燥度合いも最大となる。気温は日中で最高45℃に上がることもあり、土壌においてもかなり高温となる。図4-1に4月中旬の地温の記録を示した。これによると表土では55℃以上に上がり10cmの深さでも40℃近くになる。また土壌水分について調査した。測定はVertisolにおける5月3日の乾燥期に実施し、このデータを表4-1に示した。これによると表土から10cmまでは2.3%、10～20cmで5.6%、20～30cmで12.0%であることが判明した。この結果、発芽には水分条件だけを考えると30cm以上の深さがないと困難であることが明らかになった。

(2) 土壌の温度条件調査結果

圃場は粘土分の多いVertisolであるため、乾季には暑さと乾燥で固くなる。土壌水分量は上記（1）に示した通り、表土からは発芽に必要な水分が得られない。さらに発芽に影響のある温度要因について実験中の土壌温度をそ

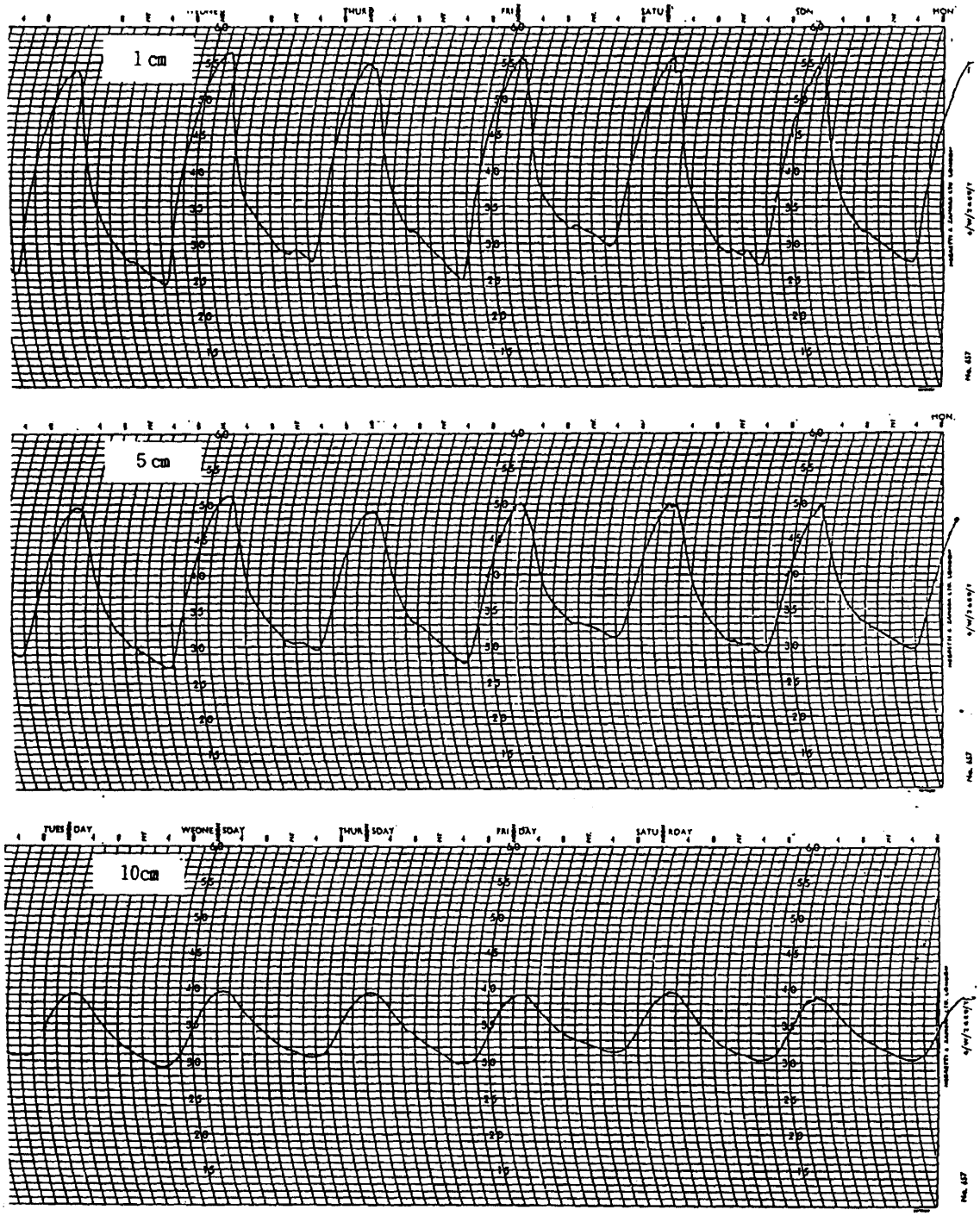


図4-1　高温乾燥期における土壌温度（地下1cm, 5cm, 10cm)

備考：1983年4月13～19日　ICRISAT vertisol 圃場の記録。

表4-1　ICRISATにおける降雨前、降雨後の土壌含水率

1. 降雨前含水率（1983年5月3日）

深さ	土壌サンプル（%）					平均（%）	標準偏差
0～10 cm	2.7	1.4	3.0	2.0	2.3	2.28	± 0.3
10～20 cm	5.5	5.0	6.2	4.9	6.2	5.56	± 0.28
20～30 cm	10.1	14.8	14.4	6.1	14.4	11.96	± 1.70

2. 降雨後含水率（1983年5月5日）

深さ	土壌サンプル（%）					平均（%）	標準偏差
0～10 cm	26.2	24.7	25.1	24.6	29.0	25.15	± 0.32
10～20 cm	25.8	24.8	23.9	25.1	27.8	25.48	± 0.65
20～30 cm	20.6	23.2	22.4	24.7	25.5	23.28	± 0.86

備考：　1) 最初の降雨は1983年5月4日にあった。
　　2) 土壌サンプルは3日間90℃の乾燥器で乾燥した。

れぞれの深さで調査し、結果を表4-2に示した。

これによると気温は最高で約40℃、最低で21℃以上であるのに対して、深さ1cmでは最高58℃となり最低で25℃前後となる。5cmになると最高が50℃となりやや下り、最低は30℃と上昇する。10cmとなると最高で40℃とさらに下がるが、最低温度は32℃と上昇する。これから圃場の表土は気温以上に温度が上昇し、最低温度でも気温より2～3℃高くなる。土壌上部層では常に気温より高い状態であるが、10cmの深さになると最高温度は気温とほぼ同じとなるが最低温度は高い。そして深くなれば最低気温はあまり下がらず、日較差が10℃以内と小さくなる。

また、この地温において1回降雨が来ると急激に温度は下がり、表土では気温と同じ上昇率に留まる。5cm、10cmの深さになると最高温度は気温より低く、最低温度は気温より高い。そして最高最低温度の較差は小さくなる。

（3）発芽率の調査結果

発芽率を調べた実験結果を表4-3に示した。これによると深さの要因に対しては3作物は分散分析の結果、危険率0.1%で有意差が認められた。しかしリョクトウは灌水までの期間の要因について危険率5%で有意差が認められたが、ほかの2作物には認められなかった。また播種の深さと灌水時期における相互作用は認められなかった。それぞれの作物の発芽について次に述べる。

1) ダイズ

深さに対する相違ははっきり現れた。10cmの深蒔きであるとほとんど発芽しない。しかし5cmになると約30%の発芽が得られ、1cmになると約50%まで上昇する。この結果から播種する位置が浅いと良い発芽を示し、深くなると悪くなるという、深さに対する発芽率の差が明確に現れた。

2) ラッカセイ

深さに対する発芽率の相違は、ダイズと同様に明確にあらわれた。10cm蒔きであると発芽率36～71%であるのに対し、5cmでは65～89%、1cmでは84～92%と上昇している。したがって浅蒔きの方が良い発芽を示した。

3) リョクトウ

表4-2　ICRISATにおける雨季、乾季の土壌温度

観測地 / 月日	気温		深土1cmの温度		深土5cmの温度		深土10cmの温度		降雨
	最高℃	最低℃	最高℃	最低℃	最高℃	最低℃	最高℃	最低℃	(mm)
4月13日～4月19日	37.3	30.7	55.7	26.4	50.1	29.0	39.3	30.6	0
4月20日～4月26日	38.2	24.8	56.6	29.1	50.6	31	40	31.7	0
4月27日～5月3日	40.5	25.2	57.5	28.4	49.6	30.2	41.6	32.3	0
平均	38.7	26.9	56.6	28	50.1	30.6	40.3	31.5	0
5月4日～5月10日	39.3	—	39.2	26.7	37.7	27.8	33.8	28.4	7.0
5月11日～5月17日	37.7	32.0	40.7	26.4	37.3	27.4	33.1	28	5.8
平均	38.5	32	40.0	26.6	37.5	27.6	33.5	28.2	6.4

備考：　1）この観測は1983年ICRISAT圃場で行った。

2）1983年5月4日に降雨があった。

表4-3　Dry sowingによる発芽試験

処理		発芽率（%）		
播種から灌水までの期間	播種の深さ	ダイズ	ラッカセイ	リョクトウ
20日間	1cm	53 *ab*[1)]	84 *ab*[1)]	77 *ab*[1)]
	5cm	30 *d*	89 *abc*	91 *a*
	10cm	0 *e*	71 *abc*	67 *cd*
15日間	1cm	53 *ab*	92 *a*	90 *a*
	5cm	33 *cd*	65 *abc*	82 *ab*
	10cm	1 *e*	59 *abc*	58 *d*
10日間	1cm	53 *ab*	85 *ab*	93 *a*
	5cm	28 *d*	79 *abc*	95 *a*
	10cm	1 *e*	56 *abc*	75 *bcd*
5日間	1cm	45 *bc*	92 *a*	90 *ab*
	5cm	28 *d*	88 *b*	87 *ab*
	10cm	1 *e*	44 *bc*	69 *bcd*
0日間	1cm	64 *a*	88 *a*	92 *a*
	5cm	49 *b*	83 *abc*	90 *a*
	10cm	1 *e*	36 *c*	78 *ab*

1) ダンカンテスト5%レベルでアルファベット同一文字は有意差がない。

2) 2要因の分散分析は次のとおり。

	ダイズ	ラッカセイ	リョクトウ
深さ	111.44 ***	21.13 ***	29.25 ***
灌漑	3.44	0.4	2.97 *
相互作用	1.09	1.39	1.22

***は0.1%、*5%の危険率で有意差を示す。

播種から灌水までの播種期間の違いにおける発芽率は1cm,5cm,10cm と3種の深さを合計した発芽率は235%、230%、263%、246%、260%と15日、20日間の処理が低く、10日、5日、0日は高かったがそれほど大きな差ではなかった。深さに対しては1cm で77～93%、5cmで82～95%と高い発芽率であったのに対し、10cmにおける発芽率は58～78%と低かった。
10cmの深さと5cmの深さには発芽率に相違があり10cmで58～75%に対し5cmでは87～95%となっている。しかし5cmと1cmの深さに対する発芽率の違いは1cmで77～93%であり5cmで82～85%と有意差はなかった。また播種から灌水までの期間に対する有意差は5%とわずかではあるが認められた。これによると高温条件の圃場に長期間あった場合、発芽率は悪くなり、特に深蒔きの場合にはこの傾向が強いが、5cmの深さではほとんど差は認められなかった。

以上、本実験結果からダイズについは危険率0.1%で有意差が認められ、明らかに深蒔きは発芽に悪い影響を与えている。よい発芽を得るためにはできるだけ浅く蒔く必要がある。またラッカセイにおいても1cmが最も良い発芽を示し、浅蒔きが必要であることが判明した。しかしリョクトウについては5cmまではよい発芽率を得られることが分かった。つまり10cmの深さと5cmの深さには発芽率に相違があり10cmで58～78%に対し5cmでは82～95%となっている。しかし5cmと1cmの深さに対する発芽率の違いは1cmで77～93%であり5cmで82～85%と有意差はなかった。また播種から灌水までの期間に対する有意差はリョクトウが危険率5%で認められた。これによると高温条件の圃場に長期間あった場合、発芽率は悪くなり、特に深蒔きの場合にはこの傾向が強いが、5cmの深さではほとんど差は認められなかった。しかし他の種子については乾燥高温状態の土壌に20日間おいても種子発芽には大きな支障がないことが分かった。高温の要因よりは播種の深さの方が発芽率を左右することが分かった。したがって深すぎても発芽は悪くなるので、Vertisolにおいては降雨が土壌中に十分行き渡る5cmが播種する深さとして適当であると考える（圃場での発芽は写真6を参照）。

これを表4-1の土壌水分との関係から調べてみると、乾季においては発芽

に必要とされる水分は20cm の深さ以上でなければ得られない。したがって10cm以内では土壌水分が2.28%と発芽のできる状態ではない。しかし一度降雨があると10cm以内で25.15%と発芽に十分な状態となる。また図2-7でも示したように最初の降雨で有効土壌水分は40mmとなり発芽に十分な水分状態となる。中村は発芽と土壌水分について一定以下では水分吸収ができず、また以上でも酸素供給の面から発芽に影響を与えると述べている[70]。一般に作物によって異なるが10%前後の土壌水分が発芽に必要とされ、また40%以上では発芽が落ちると報告されている[69]。作物によってもダイズは水分に敏感でトウジンビエは水分に寛大で種類によって違いがあり、発芽における水分は種子の上下1cmの範囲の土壌水分が影響している[69]。

播種の深さが1cmであると少量の降雨でも発芽が開始されることになるが、後しばらく降雨がないとせっかく発芽した作物が枯れてしまうおそれがある。この危険性を小さくするためにはある程度の深さに播種することが必要であり、土壌保水力をある程度確保できる状態にする必要がある[5]。半乾燥地域では不規則、小量の降雨から発芽を防ぐため深植えにすることが多く、Vertisolの場合5～7cmとしている[36]。播種の深さは種子に酸素を供給する点から浅い方が良いといわれている。しかし大雨、嵐によって流されるため、覆土は一般に種子の3倍ぐらいであるとされている[42]。

以上のことからDry sowingにおける発芽条件として種子は乾燥高温に対しては比較的強く、60℃前後であれば20日は十分に耐えられる[68]。これは種子伝染性病害の乾熱消毒として高温処理が用いられていることからも判明する。しかし播種の深さ（覆土）は温度以上に発芽に影響を与る。播種が浅ければ浅い程よい発芽が得られるが、この実験におけるVertiosl での播種は、深さを5cm以内にとどめるべきであると考える。

4－2　モンスーン気候の乾季における作物発芽の栽培的改良
－ネパール南部平地（タライ平野）の試験から－

北インドの一角に位置するネパール、タライ平野はモンスーンの影響を受けた、明確な乾季・雨季の出現する熱帯地域に属する。この地域はデカ

ン高原と類似の気候形態を示すが、年間降水量は2倍以上と多いことが特徴となっている。したがって作付体系は雨季作と乾季作の2作付区分となっている。

タライ平野は熱帯の中では緯度の高い地域に属し、乾季・雨季のほかに乾季の中ごろの12月から1月にかけて、最低気温が10℃近くまで下がる、現地で冬とよばれることもある短い低温期を有する。また3月から5月にかけては乾季後半期に当り、最高気温が40℃近くにも達する猛暑期をも有する。そして雨季直前には局地的な嵐がある。雨季はモンスーンの影響を受けて6月から10月まで大雨をもたらす[75,148]。この気候条件下で農業は雨季に水田の水稲と畑地のトウモロコシの栽培を中心としている[64]。雨季明け後の乾季にはトウモロコシ、ソバ、アブラナ、野菜などが栽培される。農家は通常、年間このような雨季作、乾季作の二作物栽培を行っている。

したがってこの地域の天水農業の乾季における作物栽培は、土壌水分条件によって生産が左右される。これは低温期作物栽培においても、日本と異なり温度条件よりはむしろ水分条件がより重要な制限要因となる。そこでネパール、バングラデシュなど南西アジアで多く栽培されている乾季低温作物である、十字花科の野菜を使用した発芽技術を試験した。

4－2－1　材料および方法

本実験は1978年ネパール、ナラヤニ県チトワン郡の政府ヤギャプリ園芸農場で実施したものである。供試作物は十字花科作物のダイコン：美濃早生種（*Raphanus sativus*）、ライヨ（Rayo）：在来種（*Brassica junea*）、トリ（Tori）：在来種（*Brassica campestris*）の3種を用いた[63]。

（1）畦の方向に対する発芽の影響

畦は東畦、西畦、南畦、北畦を作り30cm畦幅とし、畦高を15cmとした。播種は各畦の斜面に行い、3作物とも3反復処理で実施し、1区15粒を播種した。図4-2に作成した東西南北畦の試験区の構図を示した。なお播種は1978年1月16日に行い、2月5日に発芽率を観察した。

（2）畦における播種位置の違いに対する発芽の影響

畦幅30cm、畦高15cmの試験畦を作成し、播種は畦の南面、頂点部、北面、平地の4カ所に行った。図4-3に播種した場所の位置を示した。また畦の配置の様子を写真11に示した。試験は2反復とし、播種は1月23日に行い2月5日に調査を行った。また土壌温度、土壌水分も同時に調査した。

4－2－2　結果と考察

（1）ダイコンの発芽率を東西南北畦で調べた結果、北畦、東畦の2区は同等によかった。しかし南畦の発芽率が最も悪く50%の発芽しか得られなかった。西畦は中間的な値を示した。またライヨもほぼダイコンと同様な発芽状況であり、播種直後の初期の段階では、北畦、東畦の発芽率がよく、南畦、西畦は悪かった。しかしながらこの南畦、西畦の発芽率も日が経つにつれて高くなり、北畦、東畦に追いついた。トリも同様な発芽状態を示し、北畦が最もよい発芽を示し、東畦もほぼ同様な発芽率であった。しかし南畦、西畦は発芽が遅れ発芽率もやや悪かった。

本試験で作物ごとに各畦の発芽率を分散分析した結果、5%の危険率で有意差が認められた。それぞれの区を最小有意差検定（LSD）により5%の危険率で調べてみると、北畦と東畦は南畦と西畦よりもよい発芽率で有意差を示した。しかし北畦と東畦の間には有意差が認められなかった。また南畦は最も発芽が悪く、特にダイコンではその差が顕著に現れた。またライヨとトリでは南、西畦はほぼ同様に低い発芽率でこの間には有意差はなかった。ライヨの場合はゆっくりではあるが発芽が良好になっていく。つまり乾燥状態では発芽の速度が遅いものと思われる。この結果を表4-4に示した。考察としてここの温度条件は十字花科作物の発芽に十分であり、土壌水分条件がより発芽に影響を与えるため、北畦の畦自身が作る日陰が、土壌水分を保持する状態になり発芽を助長する。また、南畦では太陽光を常に長時間受け土壌の乾燥度が大きく、土壌水分不足が発芽の低下を招いたものと考える。また朝は霧が出るため日差し少なく、東畦は北畦と同じ効

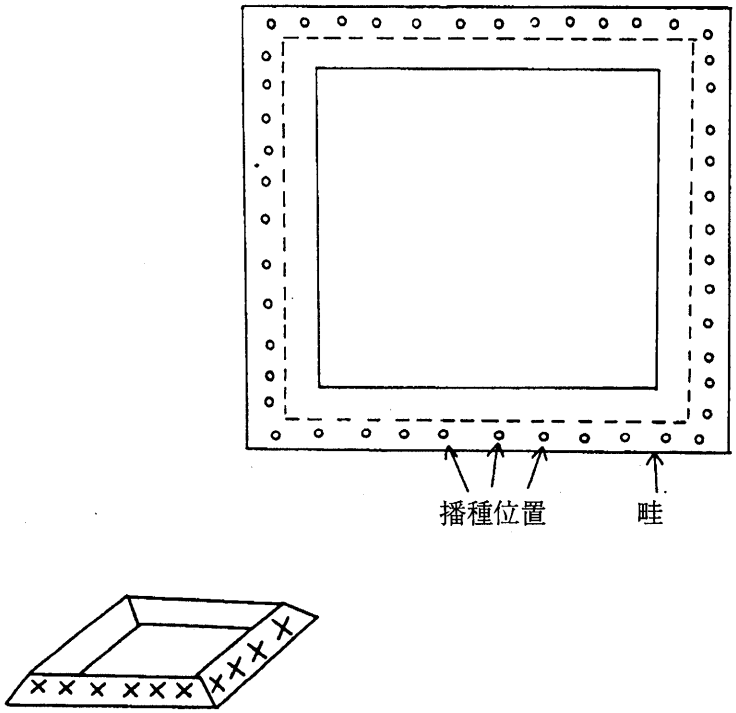


図4-2　東西南北畦の播種位置

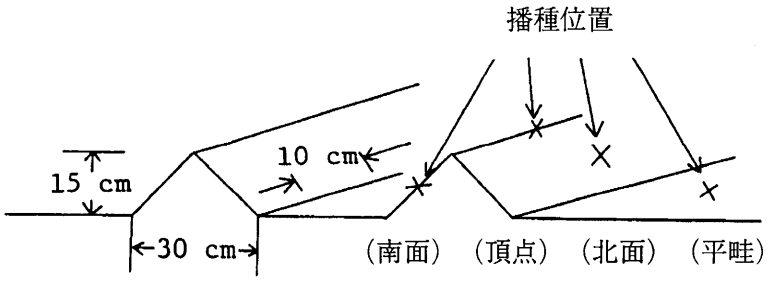


図4-3　異なる畦の位置への播種

表4-4　畦の方向に伴う発芽率の影響

1．ダイコン

観測日 / 畦方向	1月23日	1月29日	2月5日
北畦	13.7 *a*	14.3 *a*	14.7 *a*
東畦	12.0 *a*	13.0 *a*	13.0 *ab*
南畦	0 *b*	7.7 *bc*	7.7 *b*
西畦	3.3 *c*	10.3 *c*	11.0 *c*

2. ライヨ

観測日 / 畦方向	1月23日	1月29日	2月5日
北畦	10.3 *a*	13.7 *a*	13.7 *a*
東畦	10.7 *a*	14.0 *a*	14.0 *a*
南畦	1.3 *b*	12.3 *a*	12.7 *a*
西畦	5.0 *c*	12.0 *a*	12.3 *a*

3．トリ

観測日 / 畦方向	1月23日	1月29日	2月5日
北畦	15.0 *a*	15.0 *a*	15.0 *a*
東畦	14.7 *a*	14.7 *ab*	14.7 *ab*
南畦	1.3 *b*	13.3 *b*	13.3 *b*
西畦	2.7 *b*	13.3 *b*	13.3 *b*

備考：　1）列の同じアルファベットは有意でないことを示す。
　　2）単位は発芽個体数で、畦の播種数は15である。

果を示し、西畦は夕日を受けて南畦と似た乾燥状態になったものと考える。

（2）平畦、畦の南面、北面、頂点の播種位置の違いによる発芽を調べた。この結果を表4-5に示す。これによるとダイコンの場合、平畦と北面が最も発芽率がよく、頂点の発芽が最も悪かった。また南面は中間的な値であった。ライヨの場合平畦、北面は同様に発芽率がよく、頂点、南面はともに悪く二極化を示した。トリは2作物と同様に平畦と北面の発芽率がよく頂点、南面が悪かった。

データを分散分析した結果、5%の危険率で有意差が認められた。また各作物ごとに播種位置間のデータを最小有意差検定5%の危険率で調べてみると、3作物とも北面と平畦植えは80%以上の発芽率を示し、南面、頂点播種は50%以下と低く両者には有意差があった。播種後時間が経つにつれ、南面、頂点播種も発芽率が高くなるが平畦、北畦までの発芽率にはいたらなかった。

理由として発芽が畦の播種位置の水分状態に影響されたものと考える。つまり平畦、北面には発芽に十分な土壌水分が存在するが、南面、頂点は乾燥状態になる。

（3）土壌温度条件

温度観測結果を表4-6に示した。これによると表土および土中5cmの午前7時の温度は、播種した4地点とも11℃前後とほぼ同じ温度であった。しかし午前9時になると温度は上昇し、畦で多少違いを生じる。南、西面が20℃と最も温度が高く、次いで平畦と続き、北、西面は最も低い。表土と5cmの深さは大きな温度変化はなかった。そして11時には27℃まで上昇するが、北、西面だけは19℃まで上昇しその差は8℃となった。

また乾季末期（6月中旬）の高温時における土壌温度とマルチを利用した時の温度変化を調査した。この結果を図4-4に示す。これによると稲ワラや、モミガラによるマルチは日中の地表の温度を下げる効果のあることが判明した。また深さ10cmの地温においても裸地にくらべ稲ワラ、モミガラマルチをした方が低かった。筑波国際農業研修センターで初夏に実施した実験において、10cmの深さの圃場の土壌温度とマルチの温度効果を週毎にまと

表4-5 畦の播種位置の違いによる発芽の影響

1. ダイコン

位置＼月日	1月 23日	1月 29日	2月 5日
南面	1.5 *b*	21.5 *ab*	22.5 *ab*
頂点	0 *b*	6.5 *b*	11.0 *b*
北面	32.5 *a*	41.0 *a*	41.0 *a*
平畦	33.0 *a*	39.5 *a*	40.0 *a*

2. ライヨ

位置＼月日	1月 23日	1月 29日	2月 5日
南面	0.5 *b*	7.5 *b*	9.5 *b*
頂点	0 *b*	9.5 *b*	12.0 *b*
北面	23.5 *a*	41.5 *a*	42.0 *a*
平畦	33.5 *a*	41.0 *a*	45.0 *a*

3. トリ

位置＼月日	1月 23日	1月 29日	2月 5日
南面	1.0 *c*	19.0 *b*	21.0 *b*
頂点	0 *c*	22.5 *b*	26.0 *b*
北面	40.0 *b*	41.5 *a*	41.5 *a*
平畦	45.5 *a*	47.0 *a*	49.5 *a*

備考: 1）列の同じアルファベットは有意でないことを示す。
2）単位は発芽個体数、1処理50粒を播種した。

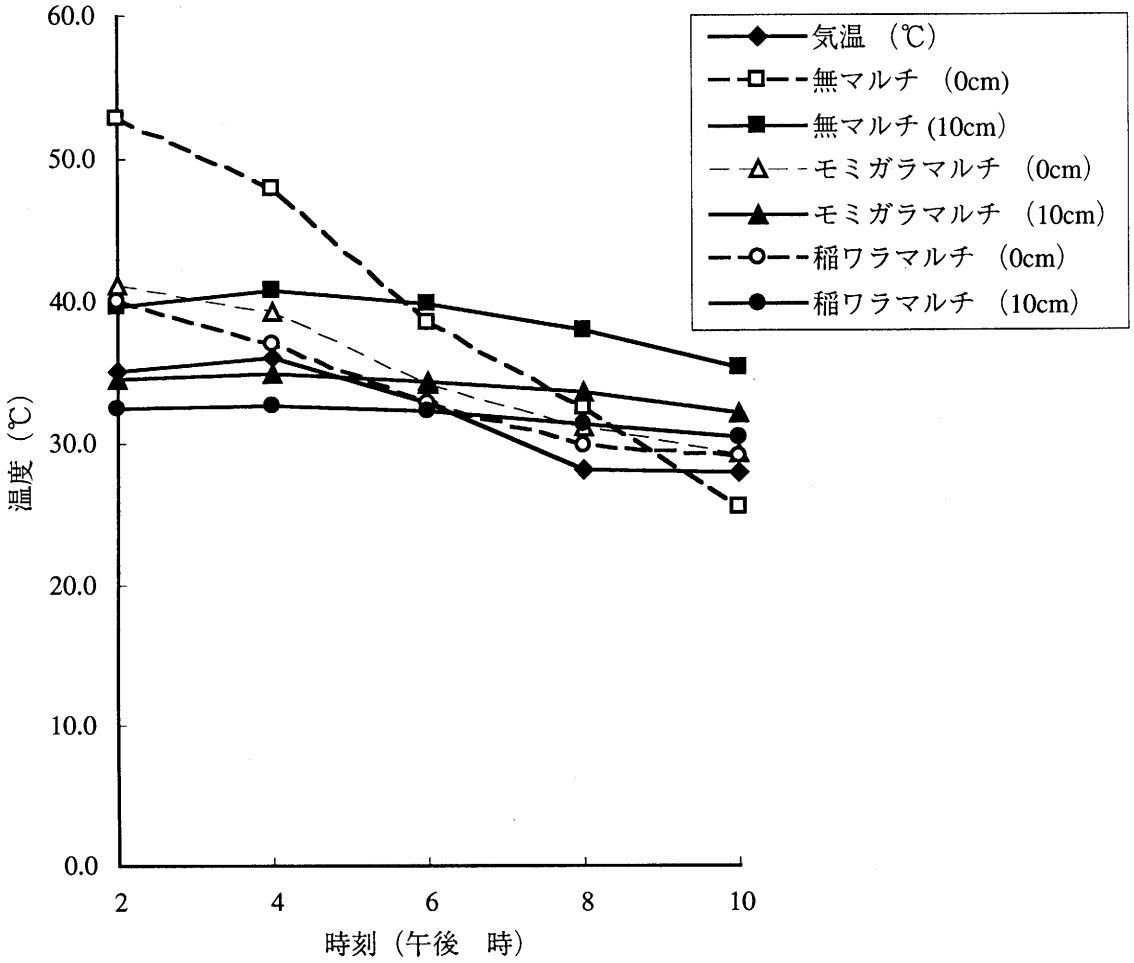


図4-4　ネパール、タライ平野におけるマルチ試験の温度変化

備考：観測は1977年6月19日、ヤギャプリ園芸農場でおこなった。

めて調べた[126]。これを図4-5に示した。これによるとプラスチック素材は裸地より高温となり、一方ワラなどの有機質素材は温度を下げる効果のあることが判明した。さらに野口らはネピアグラスをマルチ材料にした場合でも同様の効果のあることを報告している[90]。花田らはマレイシアの野菜栽培圃場で熱帯の高温期の地温を下げる方法として、マルチやトンネルの遮光材料を利用した栽培を実践されている[9,67,90,149]。これらの材料は温度の効果だけでなく、土壌水分確保、病虫害防除、除草の面からも有効なものとして利用できる。このため播種技術においてこれらは有効な材料となることが判明した。

（4）土壌水分

北面と南面の表土について土壌をサンプリングし24時間105℃乾燥法で土壌水分を測定した。午前8時から12時までの土壌水分の変化を図4-6に示した。これによると北面は午前8時に15%の値を示したが、しかし南面は7%以下であった。10時になると土壌水分はさらに減少するが南面の方が急激で、12時にはわずか1.5%となってしまうことが判明した。

以上の結果から北インドに属するネパールのタライ平野の乾季栽培は水分条件が重要となっている。10月下旬から乾季に入り、半乾燥地域と同様に降雨がほとんどない。わずかに雨季の降雨を保水した状態で発芽を得なければならない。しかしながら、タライ平野にはこの時期に朝露、霧が毎日立ちこめており、このため圃場の表土は露で濡れる。露は霧がはれる午前10時過ぎまで残る。畦を立てた場合、南面は陽射しが直接当たるためすぐに乾くが北面は日陰となり遅くまで露を留める（図4-7参照）。作物の発芽にはこの水分が利用できることが判明した。一般にタライ平野の乾季は、油料作物としての十字花科作物の栽培が広く行われる。これらの種子は乾燥に強いので多くの水は必要としないが、全くの乾燥状態であると発芽が遅れる[69]。

上記したようにこの地域の乾季低温期に直播する作物において、発芽条件は温度よりも水分条件の方が主要因となる。現地での畦立て栽培法から北、西畦は朝露を長く保つことができるため発芽にとってよい条件となる。

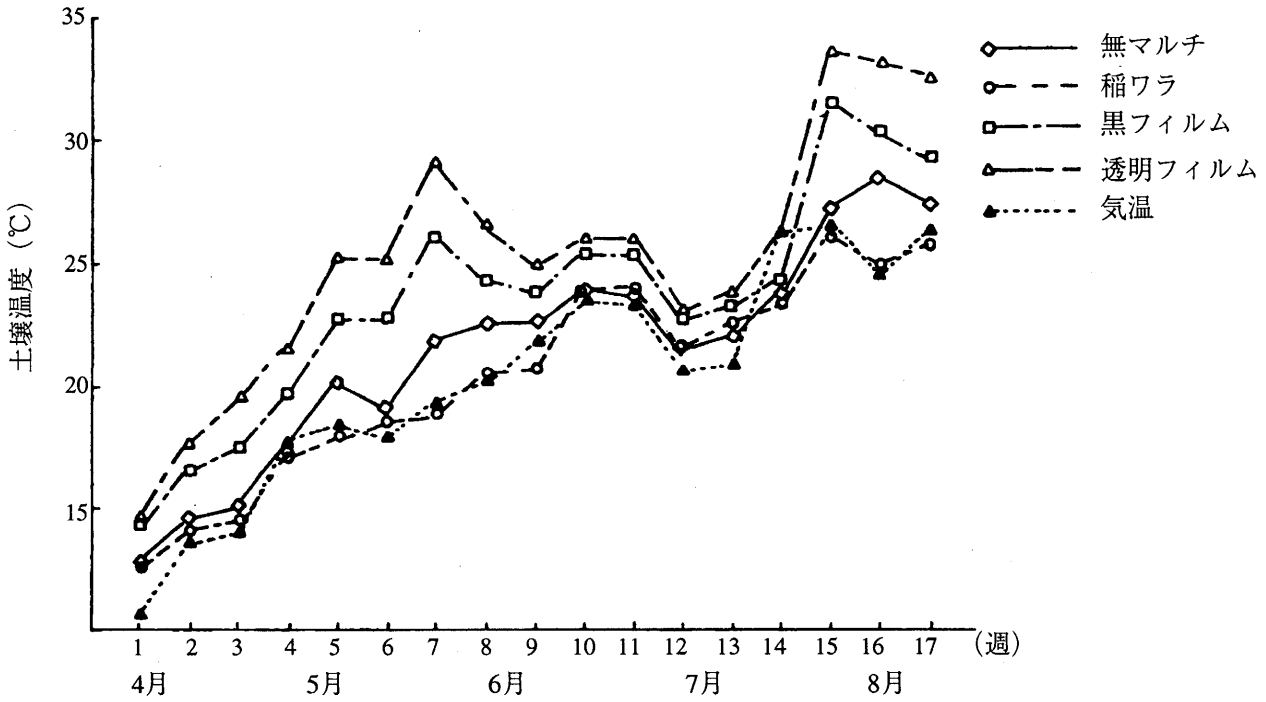


図4-5　マルチ資材が地温に与える影響

備考：1) データはJICA、筑波国際農業研修センター圃場で1990年に観測したもの。
2) 第1週は4月11日から17日まで、以後1週間毎に深さ10cmの地温を測定した。

表4-6　畦の異なった位置の地温

1) 深さ 5cm

	午前　7時	9時	11時
畦南面	11.2 ℃	20.6 ℃	27.0 ℃
頂点	11.0	16.5	25.0
畦北面	10.2	14.1	19.0
平畦	11.5	18.0	26.5

2) 深さ 0cm

	午前　7時	9時	11時
畦南面	11.4	20.0	27.0
頂点	11.2	17.6	25.0
畦北面	10.5	14.1	19.0
平畦	11.6	18.0	26.5

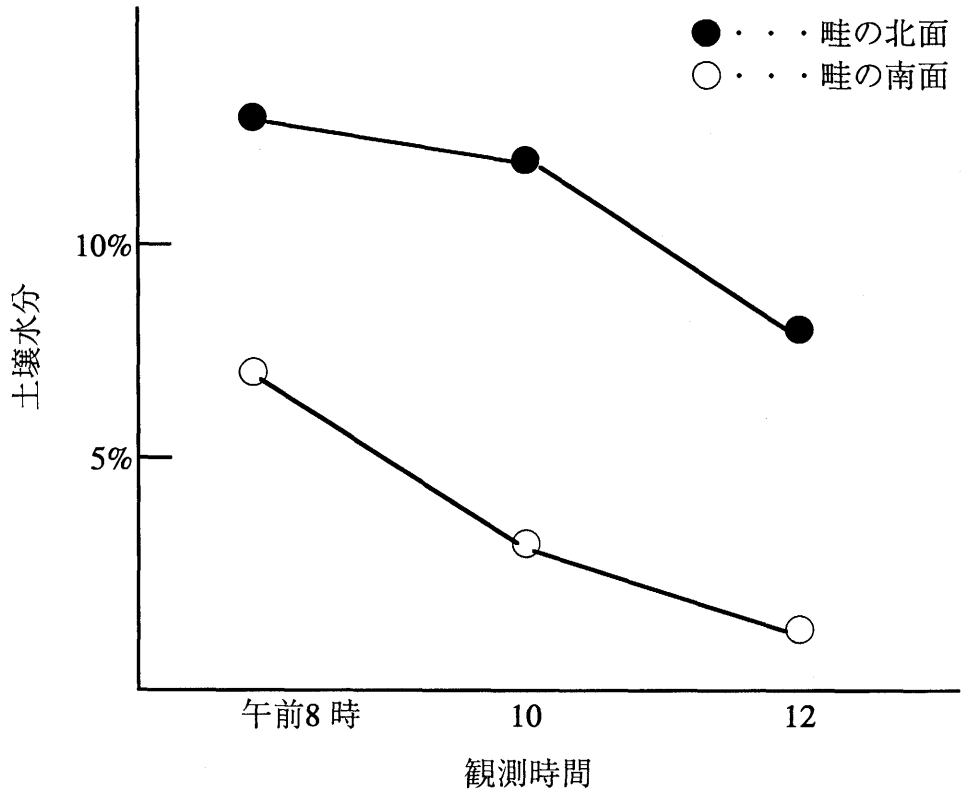


図4-6　畦の異なった位置の土壌含水量

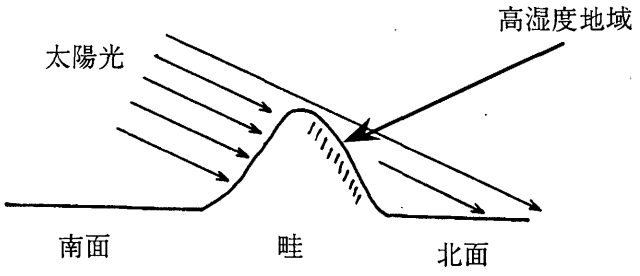


図4-7　熱帯中緯度地方の乾季低温期における畦の受ける太陽光の影響

備考：南中時の位置

またその結果、乾季は畦の頂点部に蒔くよりは平畦播種の方が発芽がよい。これにより乾季低温期の栽培技術として、播種は平畦蒔き、または畦の北側蒔きが効果的であるという結論を得た。これは温度条件を優先する日本と全く逆の考えである。

ネパールは熱帯のモンスーンの影響を受けた地域であるが、雨季は湿潤地域の雨季以上に降雨が集中し降水量が多い。また乾季は半乾燥地域と同様に長い乾季を持つ。このため乾季の栽培はまさに乾燥地域と同じ条件になる。一般に慣行農法として日本や湿潤地域での栽培の中で、排水を目的とした畦立ての形態がよく取られている。しかしこの試験によると、乾季においては平畦または畦の低地部や畦の北面（北半球の場合）に播種した方が、良好な発芽を得ることができた。畦の溝や平畦に播種する方法はエジプト、ペルーなどの乾燥地域で古くから取り入れていて、特に灌漑農業では多くの工夫が成されている[49]。したがってこれらのことからまさに乾燥地域の農法がこのモンスーン気候のネパールの乾季作付の中に取り入れられることが証明できた。

4－3　湿潤地域におけるDry sowingの導入試験

湿潤熱帯地域においては赤道直下のわずかな地域を除いて、乾季、雨季

の2季節を有する。したがって湿潤地域においても必ずしも常に作物が播種できる状態にあるとは限らない。乾季は地域によって長短はあるが数カ月無降雨を経過する場所もあり、一時的に乾燥地域と類似な気候を有することになる。すなわち期間は短いが半乾燥地域と同じ気候となるので、作付体系を考えた場合、乾燥期の播種は半乾燥地域と同様な技術が応用できる。乾季に播種して降雨を待つDry sowing技術は半乾燥地域の農業において限られた水を有効に使う点で増収効果が認められた。そこで湿潤地域において年2作以上の多毛作を可能にする目的で農家圃場を使用しDry sowing導入試験を実施した。

また限られた土壌の水分を積極的に種子に吸収させ、よい発芽を得ることは重要である。種子の発芽の水分条件は、少なくとも種子含水量より土壌の含水量が多くなければ発芽は誘発されない。逆に少しでも種子含水量が土壌含水量より少なければ発芽は可能となる[70]。そこで種子を乾燥させ土壌水分との含水量の差を大にすることで耐干性が増し、発芽が促進されるか否かにつき試験をおこなった。

4－3－1　材料と方法

（1）乾季Dry sowing試験

本試験はインドネシア、クンダリ県ラノメト村で1993年11月の乾季に実施したものである。材料はトウモロコシ（var.Arjna）、リョクトウ（var.Local）を使用し、11月1日播種と11月15日播種の2回実施した。両播種ともに3反復とし、1反復トウモロコシは24粒で畦間、株間は50×50cmとし、リョクトウは48粒播種し、畦間、株間は50×30cmとした。9月以来降雨のない乾季であったが、11月9,10日に最初の降雨があった。 したがって最初の播種が降雨前のDry sowingとなった。

（2）種子の熟度と乾燥種子の発芽試験

本試験は上記のラノメト村で1993年4月に実施した。材料は前作で収穫したダイズ（var. Orba）を使用し、それぞれ種子の外見、種皮の色で下記の通り区分けをおこなった。

a．良質種子（種子中の水分含量8.7%）

b．良質種子に乾燥処理（40℃で48hr乾燥、種子中の水分含量4.4%）

c．未熟種子（緑色、種子中の水分含量11.9%）

d．未熟種子に乾燥処理（40℃で48hr乾燥、種子中の水分含量4.5%）

e．低品質種子（外観上の不整形種子）

上記の種子を50cm幅の畦に畦間30cm、株間20cmで5反復処理として播種した。播種は4月8日に行い調査は4月12日、14日、17日、23日の4回行った。この間、雨季であるため発芽に十分な降雨があった。

4－3－2　結果と考察

湿潤地域でも雨季、乾季の出現する地域において乾季後半はかなり乾燥する。表4-7に乾季におけるラノメト村農家圃場の土壌水分を測定した結果を示した。それによると10月下旬は乾季の最中であり、表土は2.6%とかなり乾燥した状態である。しかしながら5cmまでの深さになると8.6%となり、ほぼ乾燥した種子と同様の含水量となる。さらに10cmの深さになると13%に高まり、15cmでは15%になる。この結果から種子の発芽に影響をおよぼす深さは5cm前後であり、8.6%が発芽を左右することになる。半乾燥地域のVertisolと比べ、表土の乾燥の度合いは同じであるが、半乾燥地域の方は土壌深くまで乾燥状態が継続されるが、湿潤地域は深さ約10cmで、10%以上の含水量が得られることが明らかとなった。

（1）乾季Dry sowing試験

トウモロコシ、リョクトウの播種結果を表4-8に示した。これによるとトウモロコシの場合、11月1日の乾季播種した区は、9日に降雨がありDry sowingとなった。また15日播種はWet sowingとなった。これらの発芽率を比較するとDry sowingが88%で、Wet sowingが45%とDry sowingが43%以上も発芽がよく、Dry sowingの効果が認められた。リョクトウにおいては11月1日播種のDry sowing区は83%で、15日播種のWet sowing区も83%で同率の発芽率であったことから、Dry sowing効果は認められなかった。

表4-7　ラノメト村における乾季の土壌含水率

深さ＼反復(圃場)	R1(M)	R2(P)	R3(U)	平均±標準偏差	
表土	1.5 %	4.0 %	2.3 %	2.6 %	±1.3
深さ5cm	12.0	7.2	6.6	8.6	±3.0
深さ0～5cm	6.9	5.6	4.0	5.5	±1.5
深さ5～10cm	15.7	9.4	13.8	13.0	±3.2
深さ10～15cm	18.1	10.4	17.9	15.5	±4.4

備考：　1) 調査は1993年10月21日に実施した。
　　2) (M):トウモロコシ畑 (P): 水田　(U):一般水田 。

表4-8　熱帯湿潤における降雨前播種試験

作物	播種方法	発芽率(%)±標準偏差
トウモロコシ		
	降雨前播種	88 ± 11.2
	降雨後播種	45 ± 19.9
リョクトウ		
	降雨前播種	83 ± 7.8
	降雨後播種	83 ± 1.7

備考：　1) 実験はインドネシア、ラノメト村で1993年11月に実施した。

2) 実験はトウモロコシを1区24種子、リョクトウを1区48種子播種し、2作物ともに3反復処理で行った。

3) 降雨は11月9、10日にあったので、11月1日播種は降雨前播種(Dry sowing)となり、11月15日播種は降雨後播種となった。

以上のことからDry sowing効果はトウモロコシに認められ、リョクトウには認められなかったことから、作物によって効果の違いのあることが分かった[69,149]。特にリョクトウは乾燥にも湿潤条件にも強い種子であり、いかなる条件でも容易に発芽するために差がなかったものと考える。トウモロコシは高温、湿潤状態に弱いため、乾燥状態の方が良い発芽を示したものと思われる[149]。

(2) 種子の熟度と乾燥種子の発芽試験

各々の種子の発芽結果を表4-9に示した。これによると良質の種子は2処理とも発芽率約90%と良い発芽を示し、乾燥処理、無乾燥処理間の差は認められなかった。また未熟種子は2処理とも約20%の発芽率で低く、乾燥処理、無乾燥処理の有意差は認められなかった。また低品質種子の発芽率は34%と低かったが個体差のあることが分かった。この結果から種子の外観上の善し悪しに関わらず乾燥種子としての効果は見られなかった。ただほかの観点から未熟種子は発芽率の低いことを確認した。

以上これらの結果からDry sowing技術は雨季、乾季の出現する湿潤熱帯において降雨前播種として効果のあることが判明した。この方法により畑作物の雨季前半の作付が安定的に栽培でき、多毛作の導入が可能であることが確認できた。しかしDry sowingを積極的に導入するための種子乾燥技術については、乾燥種子が播種後すぐに土壌水分と同じ水分量の状態になるため、乾燥効果がないことが判明した。また多毛作の作付体系を考えた場合、トウモロコシは高温、高湿に弱いことが証明できたことから、雨季後期播種よりもDry sowingによる雨季前期播種の方に適応できる作物と考察する。

4－4　クンダリ県における作付体系の改善

前章の湿潤地域で述べたように南東スラウェシ州の農業は丘陵地においてカシューナッツ、カカオ、ココナツなどの永年生作物栽培と焼畑による陸稲栽培が営まれ、低地においてはサゴヤシからのデンプン採取と水稲栽培が営まれている。作物栽培は雨季の期間に1回栽培されるだけであり、必ずしも十分な生産を上げていない。そこで天水田における水稲単作を改良

表4-9　湿潤地におけるダイズ発芽試験

処理＼日付	4月12日 発芽個体数 平均±標準偏差	4月14日 発芽個体数 平均±標準偏差	4月23日 発芽個体数 平均±標準偏差
GS	28.0±2.45	36.2±2.17	36.6±1.52
GD	26.2±2.28	35.2±1.30	35.6±1.52
IS	3.6±1.52	8.0±1.58	8.4±1.52
ID	6.8±2.17	8.0±2.35	8.0±2.35
PS	10.2±4.92	13.6±5.59	13.6±5.59

備考：　1) 処理

GS:優良種子

GD:乾燥優良種子

IS:未熟種子（緑色）

ID:乾燥未熟種子（緑色）

PS:不統一種子

2) 実験は1994年4月に実施した。

3) 1区40種子を播種し5反復で行った。

して多毛作を導入し、増収を図る作付についてラノメト村の農家圃場で試験をした。

(1) ラノメト村の農業条件

ラノメト村はクンダリ市（州都）の南、約20kmに位置し、クンダリ空港へ行く途中の村で比較的都市に近い農村である。このため伝統的農業から近代農業へと変容している村である。人口は1991年現在で1,808人、うち男性914人、女性894人となっていて、325戸世帯で形成されている。この世帯数のうち312戸が農家で96%の就農率である。しかし都市部に近いこともあり兼業も進み、公務員81人、軍人18人、年金者14人、行商6人、製造業4人、その他10人が農業外からの収入を得ている。

村の総面積は1,570haで、人口密度は115人km^2と周辺農村では高い方に属する。村の統計によるとカシューナッツ園が460haで29%を占め、次いで叢林が298haで19%、草原（高草丈）が268haで17%を占めて、森林は158haで10%、サゴ林は80.5haで5%となっている。耕地として水田は118haで7.5%、屋敷畑が53haで3.4%となっている。また農民が営農している農地として集計された圃場面積は283haで、このうち水田が42%、エステート園が25%、畑地が9%、養殖池が2%となっている。また遊休地、荒れ地となっている圃場もあり上記の村の統計と多少異なる。

また村の農業は水稲栽培を中心としたものであるが、ラッカセイ、ダイズなどの畑作物、野菜も多少栽培されているが、エステート作物といわれているカシューナッツ、カカオ、ココヤシの栽培が多い。また先住民の主食の一つであるサゴヤシからのデンプン採取もわずかに行われている。

土壌条件はサンプリング分析の結果、表4-10に示したように酸性度が低く、有機質に乏しい土壌であることが判った。また土質は粘土とシルトで55%を占めるやや重く、全般に亘り肥沃度に乏しい土壌である。

(2) ラノメト村の気候と作付

ラノメト村の気候は、まず熱帯の気温として年平均で27.5℃と高く、年間温度格差も小さく、月平均で28.5～26.0℃であり、日較差は平均で約10℃

表4-10　クンダリ県ラノメト村圃場の土壌分析結果（1994）

サンプル地	A	B	C	D
土質：	ローム	ローム	ローム	ローム
粘土（%）	20	20	20	20
シルト（%）	36	40	38	37
砂（%）	44	40	42	43
pH：				
水（1:2.5）	3.9	4.7	4.6	4.6
KCl（1:2.5）	3.5	4.2	4.2	4.2
有機質含有率（%）	2.03	1.38	1.03	1.33
N含有率（%）	0.11	0.09	0.08	0.09
P含有率：				
Bray法（ppm）	13.73	13.42	1.32	1.25
カチオン含有率：				
K　(me/100g)	0.34	0.19	0.15	0.13
Ca　(me/100g)	6.28	6.48	6.07	6.88
Mg　(me/100g)	0.81	1.62	1.01	0.61
Na　(me/100g)	0.14	0.13	0.14	0.13
CEC　(me/100g)	10.73	9.54	9.93	9.73

備考：1) ラノメト村圃場4地点（表土から5cm）からサンプリングした。
2) サンプルは南スラウェシMaros食用作物試験所に分析依頼した。

である。したがって夜温は乾燥地域、高緯度地域に比べ低くなることはなく常に平均的である。農業で特に問題となる降水量は10年間（1980～1989）の平均で年間降水量は1,872mmである。さらに詳細に降水量の分布を調べた（表4-11を参照）。この地区の年間降水量の分布は乾季と雨季の出現を示す。しかしながらモンスーン気候ほどの極端な降雨差があるものではない。それでも乾季として連続無降雨日は10年平均で年間27日間続き、10mm以下の連続日数は40日間である。つまりこれによると10年に2～3回は4～5カ月間雨のない日が続くことを意味する。また10年に4回ぐらいは乾季に1カ月間連続して降雨のない期間があるということになる。この乾季は概ね8月上旬から11月上旬までの期間である。そして乾季の判断として降水量の少ない時期と同時に降雨の変異差が高いことを条件として考慮した。すなわち、乾季であるので雨は降りにくいが降ると局地的な大雨となることから、当然変動係数が高くなる。しかし10年間の平均では旬（10日間）で無降雨ということはなく、最低である9月下旬でも10mmとなっている。したがって当地では乾季というより雨の無い日が割合と長く続く時を乾季と見る。勿論1年のうちで10日間連続で無降雨なのはたった1回だけという年もあれば、160日間ほとんど雨の降らない年もある。この干魃の確率は7年に1回と算出した。

また水稲の田植えの時期を決めるために必要な雨季入りはおおよそ11月10日ごろになると推察した。ただしこの雨季も降水量とその変動係数から検討すると、11月中旬から2月中旬までが雨季前哨期、3月下旬から6月中旬までが雨季最盛（安定）期で、そしてその後40日ぐらいが雨季終期（衰弱期）とみることができた。そこで天水田においては田植えは通常12月下旬から1月にかけて開始されてる。つまり雨季前兆雨で苗代、田起こしなど準備を行い、ある程度水量がまとまってきたところで田植えが実行される。もし田植えの用意ができても十分な水が田にない場合は、伸びた苗の先端を切って短くし、徒長を防ぎ田に水の溜まるのを待つ。それでもまだ十分でない場合、再度蒔き直しが行われる。1993年は1～2月に十分な降雨がな

表4-11　クンダリ県ラノメト村の10年間の降水量

月・旬	年 1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	最高降水量 (mm)	最低降水量 (mm)	平均降水量 (mm)	標準偏差	変動係数 (%)
1月上旬	145.1	63.3	121.0	0.0	30.0	162.2	95.5	29.8	66.0	130.0	162.2	0.0	84.3	54.9	65
1月中旬	28.4	136.1	16.0	61.3	0.0	40.0	107.7	32.5	92.0	72.0	136.1	0.0	58.6	43.3	74
1月下旬	20.6	18.0	22.0	53.4	21.2	71.2	109.6	67.0	101.0	81.0	109.6	18.0	56.5	34.9	62
2月上旬	26.9	0.0	179.0	19.0	67.0	50.5	14.2	24.0	190.0	29.0	190.0	0.0	60.0	68.3	114
2月中旬	49.0	0.0	15.4	103.9	87.3	27.5	31.0	140.0	55.0	72.0	140.0	0.0	58.1	43.2	74
2月下旬	0.0	66.6	65.4	83.1	59.5	86.4	30.8	76.5	83.0	16.0	86.4	0.0	56.7	30.5	54
3月上旬	75.8	19.4	39.0	51.7	96.4	70.5	63.3	140.7	103.0	91.0	140.7	19.4	75.1	34.8	46
3月中旬	101.0	13.5	117.4	136.2	79.7	95.4	71.7	24.5	51.0	49.0	136.2	13.5	73.9	39.8	54
3月下旬	62.1	89.8	56.3	139.8	104.4	104.4	98.1	47.3	86.0	41.0	139.8	41.0	82.9	30.9	37
4月上旬	72.6	29.8	72.2	149.8	70.7	91.2	83.4	34.2	29.0	141.0	149.8	29.0	77.4	42.3	55
4月中旬	76.4	25.9	66.4	22.0	128.1	97.8	47.0	36.5	88.0	43.0	128.1	22.0	63.1	34.4	55
4月下旬	190.9	50.6	91.7	47.4	141.9	6.0	73.0	58.3	109.0	21.0	190.9	6.0	79.0	56.3	71
5月上旬	168.7	114.7	70.8	76.0	97.8	40.6	72.0	96.3	32.0	102.0	168.7	32.0	87.1	39.0	45
5月中旬	41.0	70.3	153.7	192.4	30.6	18.0	82.0	59.8	106.0	47.0	192.4	18.0	80.1	55.9	70
5月下旬	111.0	115.8	187.9	77.3	19.5	85.9	71.2	21.5	94.0	45.0	187.9	19.5	82.9	49.9	60
6月上旬	48.7	23.5	183.7	80.9	123.0	27.2	64.7	49.0	15.0	16.0	183.7	15.0	63.2	54.0	85
6月中旬	31.8	106.1	62.1	157.7	108.5	47.5	83.8	22.0	2.0	11.0	157.7	2.0	63.3	50.2	79
6月下旬	10.0	10.3	109.1	29.0	19.0	45.0	34.2	29.6	17.0	15.0	109.1	10.0	31.8	29.4	92
7月上旬	0.0	22.7	0.0	81.0	96.0	0.0	38.5	43.6	17.0	26.0	96.0	0.0	32.5	33.5	103
7月中旬	0.0	90.6	60.8	74.4	74.7	5.0	57.0	103.6	57.0	83.0	103.6	0.0	60.6	34.0	56
7月下旬	0.0	33.3	70.8	53.2	35.0	0.0	37.5	47.0	212.0	0.0	212.0	0.0	48.9	62.2	127
8月上旬	0.0	0.0	0.0	27.0	0.0	9.0	131.2	39.0	35.0	21.0	131.2	0.0	26.2	39.9	152
8月中旬	0.0	10.9	27.3	18.1	6.0	0.0	124.5	13.0	13.0	26.0	124.5	0.0	23.9	36.6	153
8月下旬	0.0	21.0	43.4	86.1	27.0	0.0	117.5	24.3	3.0	0.0	117.5	0.0	32.2	40.1	124
9月上旬	0.0	0.0	14.7	18.5	0.0	0.0	126.4	9.5	48.0	0.0	126.4	0.0	21.7	39.7	183
9月中旬	0.0	0.0	90.6	9.5	0.0	7.0	166.4	57.0	34.0	0.0	166.4	0.0	36.5	54.9	151
9月下旬	6.0	17.6	14.7	0.0	0.0	8.0	0.0	43.4	16.0	0.0	43.4	0.0	10.6	13.5	128
10月上旬	0.0	10.0	11.1	34.5	87.0	0.0	57.8	0.0	0.0	0.0	87.0	0.0	20.0	30.4	152
10月中旬	0.0	0.0	14.0	0.0	6.5	0.0	49.6	49.3	0.0	4.0	49.6	0.0	12.3	20.1	163
10月下旬	0.0	71.2	5.5	35.1	33.6	0.0	0.0	59.0	26.0	0.0	71.2	0.0	23.0	26.5	115
11月上旬	0.0	0.0	13.3	34.1	84.5	33.0	11.5	6.0	0.0	19.0	84.5	0.0	20.1	25.9	129
11月中旬	0.0	8.0	22.0	68.1	25.1	121.0	98.7	15.0	24.0	20.0	121.0	0.0	40.2	41.2	102
11月下旬	0.0	110.3	45.9	8.0	61.1	70.0	0.0	21.7	87.0	17.0	110.3	0.0	42.1	38.8	92
12月上旬	0.0	75.0	76.0	99.8	18.5	165.4	30.7	95.3	87.0	203.0	203.0	0.0	85.1	62.8	74
12月中旬	44.5	54.5	31.2	26.2	88.1	96.0	32.0	62.0	123.0	27.0	123.0	26.2	58.5	33.6	57
12月下旬	9.8	136.8	48.7	26.1	78.5	84.0	70.0	69.2	119.0	77.0	136.8	9.8	71.9	38.2	53
合計	1320.3	1615.6	2219.1	2180.6	2006.2	1765.7	2382.5	1747.4	2220.0	1545.0			1900.2		

く、農家は2～3回苗代に再播種を行った。このようにラノメト村は雨季1作の水稲栽培の営農をおこなっていて、二期作の阻害要因は不安定な雨季前半の降雨にある。

同村は水源地としての大きな川がなく、また大きな山としての面積も持っていない。そのため水源の確保が農業にとって重要となるが、ここでは難しい状態にあり、そのため大きな貯水ダムを築造する事は資金的に無理である。したがって雨季の水を安定的に供給する目的の取水堰などの補助的灌漑施設はあるが、天水農業地域といった方が適切である。上記した気象データを基に、農家での試作試験を通して現状のラノメト村の作付体系を考察した。

本試験はラノメト村の各農民グループで検討した多毛作の作付体系を導入する目的で彼らの農家圃場で栽培を実施したものである。

4－4－1　現地栽培試験の材料と方法

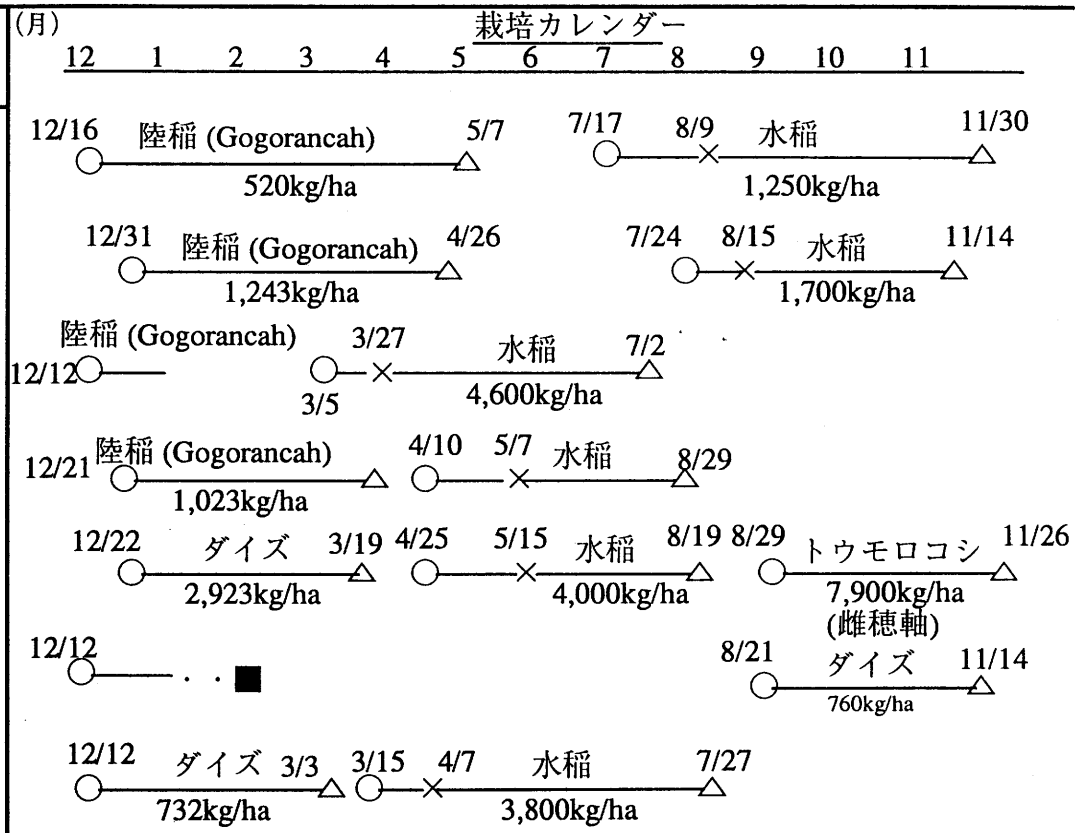
本試験には雨季作の水稲作を中心に、水稲の前作として1作、水稲の後作として1作の多毛作の導入を検討するため、ラノメト村の農民グループを通して栽培を実施したものである。作付の模式図は図4-8の通りである。

供試作物は水稲前作としてゴゴランチャイネ（Gogo Rancah：現地で水稲と陸稲の中間種として栽培されている）とダイズを使用し、雨季作として水稲を、そして水稲の後作としてダイズ、トウモロコシを使用した。これらの品種はトウモロコシ（var. Arjuna)、ダイズ（var. Orba)、ゴゴランチャイネ（var. Lariang)、水稲（var. IR-66）を使用した。またこれらの栽培形式を次のように実施した。

ゴゴランチャイネおよびトウモロコシ：圃場は2回耕起し、整地の後トゥガル棒で穴をあけ直播栽培を行った。栽植密度はゴゴランチャイネを20×20cmとして、トウモロコシは60×40cmとした。肥料は尿素200kg/ha、重過石100kg/ha、塩化加理50kg/haを施用、尿素だけは半量を追肥とした。

ダイズ：圃場は2回耕起し、整地の後、栽植密度40×15cmとして直播栽培した。肥料は尿素50kg/ha、重過石200kg/ha、塩化加理100kg/haを施用し、塩化

作付体系	収量(kg/ha) 1作目	2作目	3作目
1 陸稲+ 水稲	520kg +	1,250kg	
2 陸稲 + 水稲	1,243kg +	1,700kg	
3 陸稲 + 水稲	———	+ 4,600kg	
4 陸稲 + 水稲	1,023kg +	non data	
5 ダイズ+ 水稲 + トウモロコシ	2,923kg +	4,000kg +	7,900kg
6 陸稲 + ダイズ	———	+ 760kg	
7 ダイズ + 水稲	732kg+	3,800kg	



備考： (——— 無収穫)　○・・・播種　×・・・田植え　△・・・収穫　■・・・中止

Gogorancah・・・イネ品種：陸稲と水稲の中間型品種

図4-8　ラノメト村の作付体系と栽培カレンダー試験結果

加理の半量は追肥とした。

水稲：苗代に播種後約21日の苗を本圃に田植えした。栽植密度は20×20cmで正条植えとした。本圃の施肥は尿素を200kg/ha、重過石150kg/ha、塩化加理100kg/haを施用し、尿素と塩化加理は半量を追肥とした。

栽培は農民グループから選ばれた25農家圃場で実施された。しかし一部の農家は途中で試験を放棄したため、7試験区で調査した（写真7、8、10の調査状況を参照）。

4－4－2　結果と考察

（1）栽培結果

本試験の目的である多毛作の栽培導入を調べるため3作期に分けて結果をまとめた。

1）雨季前期栽培（水稲前作）

1作目として雨季入り前の栽培を実施しこの結果を表4-12に示した。この時期の不十分な降雨を考慮して陸稲型に近い品種であるゴゴランチャイネの栽培を実施した。この結果ゴゴランチャイネの栽培は12月中下旬に播種され4月下旬から5月上旬にかけて収穫した。平均収量が929kg/haで1,243kg/haが最も高かったが、これは一般の収量とくらべると高い収量ではない。また多くの農家が途中で栽培を放棄した。この理由として黄葉病に弱かったこと、除草がたいへんで管理ができなかったことに起因する。しかし作付体系の実施結果から考察すると、陸稲の収量はこの周辺で平均1,400kg/haであり、12月下旬蒔きで1,243kg/haの収穫ができたことは陸稲とほぼ同等の栽培となる。そして4月末までに収穫ができれば2作目の水稲栽培も容易に継続できる。またダイズはゴゴランチャイネと同様に12月中下旬播種され3月上旬と4月中旬に収穫した。平均で1,828kg/haであったが12月22日播種4月17日収穫で2,923kg/haの収穫を得たので、この作付は十分活用できるし、2作目の水稲栽培の継続も可能となる。

表4-12　ラノメト村における作付体系にもとづく栽培試験（1993年-1994年）
第1作目（雨季前哨期作）

農家	栽培面積 (m^2)	作物名 (品種)	播種日	田植	除草日 第1回	除草日 第2回	除草日 第3回	収穫日	収量 (kg/ha)
Sudiro	233	ゴゴランチャ米	12月12日	-	-			-	無収穫
Ponirin	135	〃	12月12日	-	1月11日	1月26日		-	無収穫
Uci Sanusi	80	〃	12月31日	-	1月20日	2月5日		4月26日	1,243
Pnloi	1000	〃	12月16日	-	1月2日	1月25日	1月29日	5月7日	520
Nuhuas	747	〃	12月12日	-	-			-	-
Ngariman	264	〃	12月12日	-	1月11日	2月5日		Non record	1,023
平均±標準偏差	410±374		12月15日±8日		1月11日±7日	2月5日±6日		5月1日±8日	929±371
Ponirin	124	大豆 (Orba)	12月12日	-	12月27日			3月3日	732
Ngariman	532	大豆 (Orba)	12月12日	-	1月15日	2月5日		4月17日	2,923
平均±標準偏差	328±289		12月12日		1月5日±13日			3月25日±32日	1,828±1,549

2）雨季作栽培

主流の栽培期間となる雨季作として水稲を栽培した。この結果を表4-13に示した。作付体系の主要作である水稲栽培は4～5月に田植えをおこない7～8月に収穫した栽培と、8月田植え、11月に収穫した栽培の2グループに分けた。平均収量は3,070kg/haであったが、4～5月田植え型の方が収量4,133kg/haと、7～8月田植え型の収量1,475kg/haにくらべ高かった。この結果から田植えは5月までに終了させないと減収になるおそれのあることが明確になった。　したがって田植えは4月下旬から5月中旬にかけて実施する必要があり、もし前作が残っていれば苗代を別な圃場で確保し、苗を前もって育苗し5月までに田植えができるようにすることが条件となる。いずれにしろ主幹作物である水稲は3～5月の間に田植えをすればその約3カ月後には比較的高い収穫が可能となる。

3）雨季後期栽培

本試験では水田の裏作としてダイズとトウモロコシを供試作物として栽培した。この栽培結果を表4-14に示した。ダイズを8月21日播種し11月14日に収穫した。収量は760kg/haと低いが十分に乾季作の作付体系が形成できることが分かった。またトウモロコシの播種は8月29日におこない、収穫が11月26日となった。収量は生食雌穂軸で7,895kg/haであった。栽培は乾季に入るがトウモロコシの場合は十分な収量が得られることが判明した。ただし播種が乾季の8月に入るため播種日を早める必要がある。

（2）ラノメト村の作付体系の検討

栽培結果をもとに全作付の結果を図4-9にまとめた。この図から分かるように年3作の作付体系が可能であることが判明した。

慣行農法では雨季の水稲栽培が単作としておこなわれている。同村では水稲の雨季作栽培を中心として可能な作付を検討する必要がある。最低経営条件として、雨季作の水稲作で十分な収量を上げる必要がある。これが無理なく安定して経営できる形と考える。これに加え雨季の水稲作の前後

表4-13 ラノメト村における作付体系にもとづく栽培試験（1993年-1994年）
第2作目

農家	栽培面積 (m^2)	作物名 (品種)	播種日	田植	除草日 第1回	除草日 第2回	収穫日	収量 (kg/ha)
Ponirin	124	水稲(IR-66)	5月15日	4月7日	4月30日		6月27日	3,800
Uci Sanusi	80	水稲(IR-64)	6月24日	8月15日	9月8日	9月25日	11月4日	1,700
Puloi	1000	水稲(IR-64)	6月17日	8月9日	8月30日	9月15日	11月30日	1,250
Nuhua S.	747	水稲(IR-64)	3月5日	3月27日	4月18日		4月26日	4,600
Ngariman	264	水稲(cikapumdung)	4月10日	5月27日	-		5月7日	-
〃	532	水稲(IR-64)	4月25日	5月15日	5月29日		4月19日	4,000
平均±標準偏差	458±367		5月6日±42日	6月1日±60日	6月23日±68日	9月20日±7日	5月1日±8日	3,070±1,494

表4-14 ラノメト村における作付体系にもとづく栽培試験（1993年-1994年）
第3作目

農家	栽培面積 (m^2)	作物名 (品種)	播種日	田植え	除草日	収穫日	収量 (kg/ha)
Syduri	233	大豆 (Orba)	8月21日	-	9月10日	11月14日	760
Nfariman	532	トウモロコシ (Arjuna)	8月29日	-	9月27日	11月26日	7,895[1)]

備考：1）生食用雌穂重

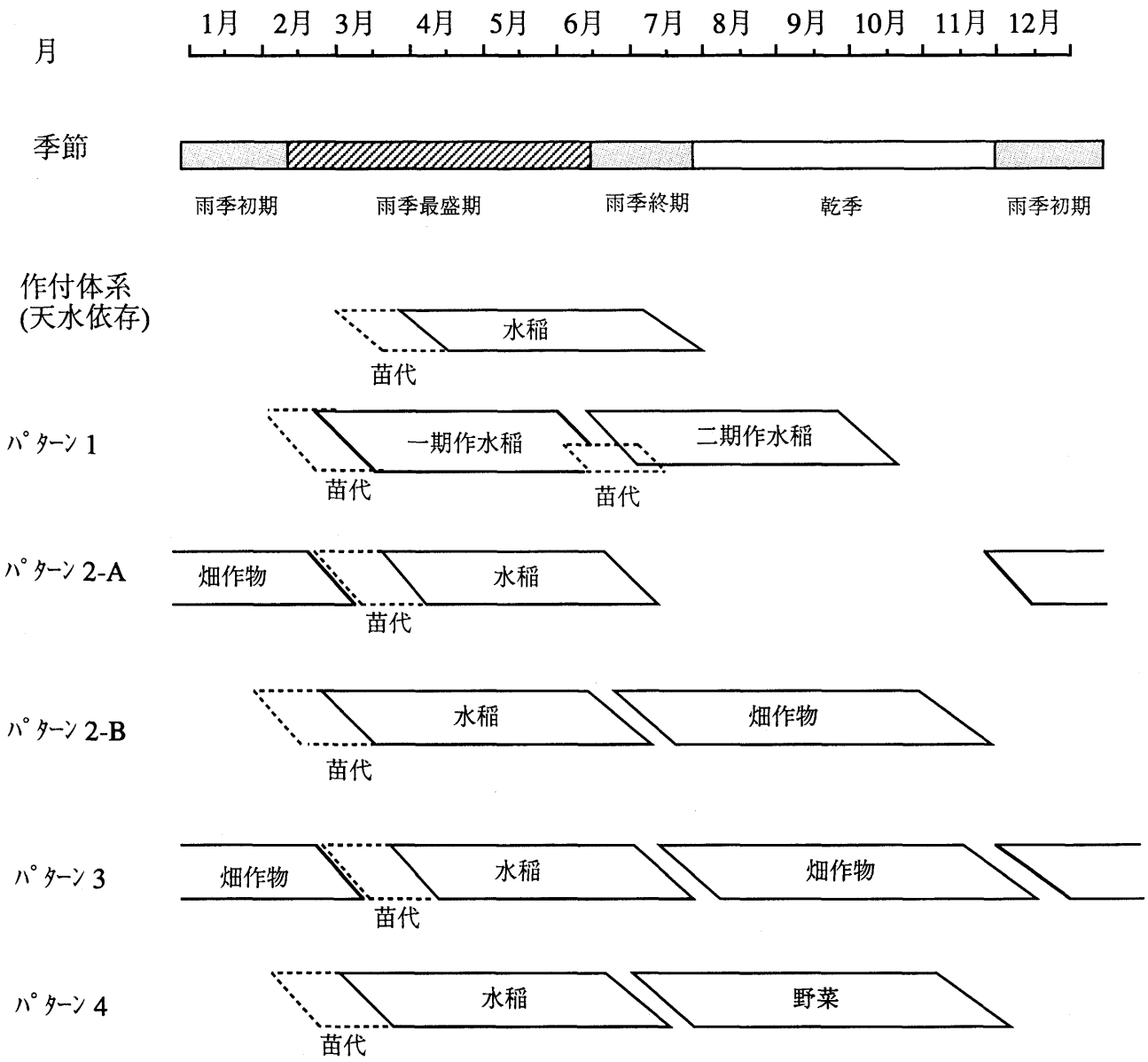


図4-9　南東スラウェシ州の作付体系のモデル

に可能な作物を栽培することにより収益を上げることが重要である。水が十分であれば水稲の二期作もよいし、十分でなければダイズ、トウモロコシ、ラッカセイなどの畑作物を導入すればよい。また野菜栽培なども有利な作付体系となる。

降雨データが示すように2～3月にかけて確実に降雨があり、遅くとも3月には田植えができる。水稲1作だけであればこれでも十分である。もし1月に田植えの苗が順調に生育すれば二期作目も5月に可能となる。しかしラノメト村の場合、降雨の状態が不安定のため1作目がどうしても遅れたり、失敗するために、これをトウモロコシ栽培に置き換えて、水稲の栽培前にトウモロコシを栽培する、「トウモロコシ＋水稲」の作付が可能となる。そして確実に1作目の米を収穫した後、乾季にダイズ、ラッカセイまたは野菜栽培を行う型も可能となる。したがってこの地域は現状の施設、気象条件で、「畑作物＋水稲＋畑作物」の3作体系が可能と考える。

(3)　改良作付体系のモデル

ラノメト村農家における栽培の試験結果と降雨型から、村における改良作付体系についてつぎのようなモデルを策定した。

1）水稲の2期作

1期作　2月上旬播種、2～3月上旬田植え---6月収穫

2期作　6月上旬播種、6～7月田植え---9～10月収穫

要点と問題点

a. 1期作目の田植えを早くする。そのためには雨季入り前の雨水の確保を要す（個々的に水を先取りしないこと）。

b. 2期作目の作付を早める。できるだけ早く2期作目の播種を行い、9月中にできれば収穫することが望ましい。そのためには6月下旬か7月上旬には田植えができるようにしなければならない。

c. 1作目の収穫と2作目の田植え作業のバランスを考える。1作目の収穫の能率化と2作目の耕起の能率化。このために機械化も検討を要する。（スレシャー、ハンドトラクタ等）

d. この作付に適する品種の選択が必要である。例えば早生稲品種、高収量

品種、耐乾性品種等。

e. 1期作目の収穫期が雨季の最中となるので収穫方法、乾燥方法などの収穫後処理技術を考える。

f. 農民組織の中で上流から下流への水の流れに沿った水配分を考慮した作業体系の検討と、水掛かりから見た栽培可能適地（グループ）の検討。

2）稲作の1期作と畑作栽培の組み合わせ

i) A型

1期作　畑作物栽培11～12月播種---- 2～3月収穫

2期作　水稲3月上旬播種、3月下旬田植え---7月収穫

要点と問題点

a. 1期作目の畑作物栽培は乾季の終わり、雨季の最初の降雨で作業を開始し12月中に播種を行う必要がある。できれば最初の降雨で播種を行いたい。

b. この畑作物栽培は雨季に向かうため畦立てを行うなり、排水を考慮した圃場計画をたてること。

c. 2作目の稲作は収穫期を乾季に合わせるよう計画する。気象データから判断して7月収穫が適当と判断できる。

d. 水稲は3月末に田植えできれば安定した一期作の栽培が可能である。

e. 畑作物の収穫と水稲の苗代、田植えが重なるためこれらの作業体系を考える。

ii) B型

1期作　水田稲作2月播種、3月田植え---7月収穫

2期作　畑作物栽培7月末播種---10～11月収穫

要点と問題点

a. 1期作目の水稲栽培は一番安定した時期を選ぶ。データから判断して3月田植えが安定しているし、収穫時期が乾季に入るのでポストハーベストの問題も少なくなる。栽培時期を早める必要はない。

b. 2期作目の畑作物栽培は水稲の収穫後、圃場にまだ水のある時は畦立てを行うか、乾くまで播種を待つ。

c. 畑作物栽培において水稲の刈り取り後、耕起を行わずにすぐ播種を行う、不耕起栽培も有効な手段である。

3) 水稲の1期作と畑作物2期作栽培の組み合わせ

1期作　畑作物栽培11～12月播種---2月収穫

2期作　水稲栽培3月播種、3月末田植え---7～8月収穫

3期作　畑作物栽培8月播種---11月収穫

要点と問題点

a. 上記2のA型、B型の作付体系を合わせた形であり、要点も両方に共通している。

b. しかし2期作栽培以上に3期作栽培は植付け、収穫作業が重なるので、十分な準備と能率化が必要となる。

c. また地力維持の観点から1期作にマメ科作物の栽培を入れることは、非常に有効である。

4) 稲作栽培と野菜栽培の組み合わせ

1期作　水田稲作2月播種、3月田植え---7月収穫

2期作　野菜播種8月播種---10～11月収穫

要点と問題点

a. 基本的栽培体系は2－B型と同じである。

b. 野菜栽培においては育苗型と直播型があるのでその時の気候などの条件を考慮して選択を行う。

c. 野菜栽培を行うと、後半乾季となるので水の得易い所で栽培するか、耐干性のものを選ぶ。

以上から、湿潤地域である南東スラウェシ州における作付体系の改善は多毛作に重点をおく必要がある。特に雨季前後の作付を考慮することで、これが可能となる。

インドネシアの農村では耕地を水田、乾田（畑）、屋敷畑、永年生作物園と区分している。水田の耕作においては水が十分得られれば水稲の二期作を行うが、十分でない場合は水稲栽培の裏作としてダイズ、ラッカセイなどが植えられる。この作型は雨季の水をできる限り利用したものとなって

いる。乾季は半乾燥地域と同様な無降雨気候を持つ。このため栽培は限られ、長期畑作物が中心となる。作付の改良としては次の3体系が可能となる。

水稲＋水稲（二期作）

水稲＋畑作物（二毛作）

畑作物＋水稲＋畑作物（三毛作）

これらの中で多毛作が最も収益があがるものであるが、これには安定した栽培技術が必要である。特に1作目の雨季入り直前の作付は、三毛作を日程的に導入できるかの決め手になるほど重要なものとなる。この1作目を安定栽培にするためには、半乾燥地域ですでに証明された Dry sowing法をここに応用し、確実な発芽作物を得て増収効果を上げることができる。特に不安定な降雨状態の雨季前半の栽培は半乾燥地域の栽培状態と同じであり、十分この技術が応用できるものと判断される。

熱帯における営農体系は作物と家畜、作物と魚、作物と果樹などの組み合わせにより多岐に亘る。とりわけ作物栽培を行う作付体系は気候条件と深く関わり、地域の特徴を活かした様式で形成されている[10)]。本課題でもある熱帯における作付体系に関する研究は、単に個々の作付を調べるのみならず、作付の改良によって増収効果を求めているものである。作付による生産性を調べる場合、多くの構成要素があり単純な形態ではない。しかしながらこれらの要素は、作物、環境、耕作者（技術）という3要素に集約される。

本研究での生産の増収はあくまでも熱帯の半乾燥地域と湿潤地域の農家で実践されている現況の作付を改良して求めるものであり、多くの生産要因についてはすでに述べてきたが、改めて特徴ある増産に結びつく技術について考察することにした。農家での栽培レベルにおける生産構成要素で最も基本となる点は、適切な生産個体の確保である。すなわち限定している圃場から生産性を上げることは、単位面積当たりの増収と、土地の有効利用でしか有り得ない。そのためには作付体系の改良からの取り組みは不可欠である。そして作付を増やすことで増収を得られることになるが、単に植えただけでは生産は上がらない。そこで重要となるのが生産要因の各条件を満たす栽培技術が導入されることである。このためにはまず、栽培の第一条件となる作物個体数を確保することである。つまり作物の発芽、立毛率が作付体系の合否を左右するといえる。

また作付を考える場合、外的要因として降水量が重要であることは十分理解されているところである。また蒸発散、土壌保水性などの要因もあるがこれらは常時、大きな変動を伴うというものではない。一度観測値を求めれば多くの場合、推定値を得ることができる[73)]。しかしながら降雨は予測が困難で、常に同じというわけではなく、作付はこれによって大きく左右される。すなわち熱帯においては降雨が作付体系の主要要因をなすものである。また降雨状態が熱帯の乾燥地域と湿潤地域を区分する。そこで半

乾燥地域と湿潤地域の降雨条件をもとにし、作付と農法についていままで論じた中から整理し、それぞれの増収方法を検討した。

5－1　半乾燥地農業と湿潤地農業における作付体系の共通点と相違点

5－1－1　降雨条件と作付

熱帯の季節は低緯度では熱帯偏東風（貿易風）、中緯度では偏西風の影響によって発現する[146]。また地形的な条件による微気象条件が、さらに地域的な気候形態を示す。したがって赤道直下の常に熱帯低圧帯の影響下にある地域以外は何らかの形で、雨季・乾季の季節を有することになる。

季節の発現が明確でない地域を除いて、この降雨による季節が作付を決定する。熱帯偏東風によってもたらされる降雨は主に降水量、降雨期間の条件で乾燥、湿潤気候を作りあげる。一般に年間降水量の90％が雨季に集中する。半乾燥地域のグルバルガでは雨季である6月から9月までの4ヵ月間に降雨の93％が集中し（図5-1参照）、湿潤のクンダリでは全降雨の92％が雨季に当たる12月から7月までの8ヵ月間にある。

このように熱帯の有季節地域では雨季に降雨のほとんどが集中するため、この降雨によって栽培作物が選択される。半乾燥地域、湿潤地域の区別は年間降水量だけで決めることが多いが、乾燥地作物と湿潤地作物の区別はむしろ栽培期間の降水量によって決まる。したがって半乾燥地域、湿潤地域の気候は年間降水量の違いはあるが栽培に関する降雨形態は類似していることが判明した。つまり半乾燥地域でも雨季があり、この季節には湿潤農業を考える必要がある。また湿潤地域の多くの有季節地域では雨季だけでなく乾季もあるため、乾季には半乾燥地農業を考える必要がある。半乾燥地域、湿潤地域の改良農法はそれぞれの季節に合った栽培を行うことが最も適した農法である。両地域の改良農法として有効な方法を調べ、増収に役立った農法を考察した。まず、ここに各地域の慣行作付体系を月間の降水量およびその変動係数から調べた。図5-2-1～5-2-10は第1章で調査した10地点の降水量データをもとに慣行作付体系を作成したものである。

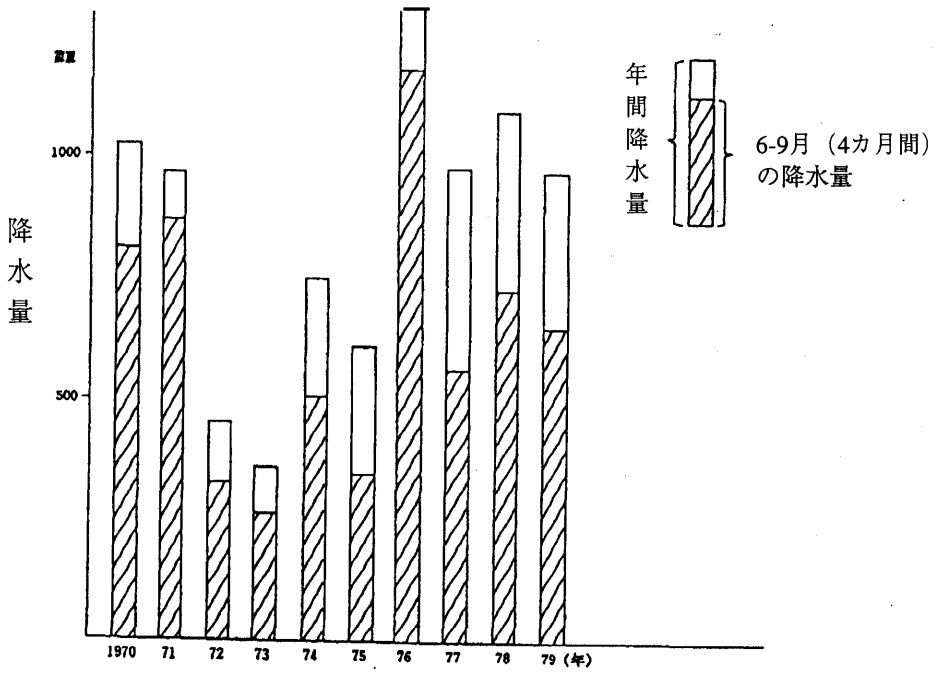


図5-1　モンスーン降水量の年分布（Gulbarga, India)

これによると作付は半乾燥地域、湿潤地域ともに雨季を中心に行われていることが実証できた。

図5-2-1に示したネパール、Janakpurでは雨季は6月中旬から9月までと判断できる。慣行農法の作付において雨季にトウモロコシが栽培される。また水稲においては6月から7月にかけて苗代が作られ、7月に田植えとなり、収穫は乾季に入った10月以降となる。また低温乾燥期の11月から2月にはソバ・ナタネなどが栽培される地域もある。

図5-2-2に示したシエラレオーネ、Rokupurは年間降水量が4,000mmと世界的にみても多雨地域に属する。しかしこの降雨は5月から11月の雨季に集中し、特に雨季最盛期には月間降水量が700mm以上にもなる。したがって水稲栽培は雨季に実施するが、田植えを降水量が増す前に実施し、増水時までに水稲の草丈を高くする工夫がなされている。畑作物としてキャッサバが雨季入り直前の4月から5月に植え付けられ、雨季が生育期間に当てられる。収穫は雨季明けの12月から1月にかけてに実施する。

図5-2-3に示したニジェール、Niamyは雨季と乾季が明瞭に現れる。11月から2月の乾季は全く降雨がない。雨季は6月から9月で栽培をこの時期に実施する。雨季でも降水量が限られているため耐干性のあるトウジンビエが畑作物として栽培される。水稲は河川流域で雨季の増水時期に合わせて栽培する。降雨データから雨季の前後は変動係数が最も高くなることが判明した。このことは降雨の年変動が激しいことを示している。

図5-2-4に示したインド、Gulbargaの雨季は5月下旬から10月まで明瞭に出現する。11月から4月の乾季はほとんど降雨がないものの、年によって多少降雨があるため変動係数が高くなる。畑地における栽培は雨季に集中する。ニジェールよりは降水量が多いため栽培作物はソルガムが選ばれている。また長期栽培作物のキマメ、短期栽培作物のリョクトウも多く栽培される。雨季明け後も地域によって栽培が実施されるが、この場合特に保水力などの土壌条件により異なり、この時期が栽培の中心になる地域もある。

図5-2-5に示したエジプト、Asswanは沙漠であるため1年を通して、ほとんど降雨がない。僅かに年によって11月に降雨があるだけである。したがって作物栽培は灌漑を施すことで可能で、それ以外は不可能である。

図5-2-6に示したインドネシア、Banjaru macinは雨季が長いものの、明瞭な乾季が出現する。そのため低地部では雨季最盛期に降雨が帯水するため、稲作栽培は長期栽培となり、慣行農法として生育と水位を考慮した仮植が数回実施されている。播種、苗代は11月から12月にかけて実施され、仮植は12月下旬から始まり遅くとも5月までに定植となる。収穫は7月から8月にかけて実施する。したがって排水施設のない場合は年1作の栽培となる。また天水の畑地でも作物栽培は雨季を中心に実施する。

図5-2-7に示したインドネシア、Kendariは湿潤地域であるが、雨季、乾季が明瞭に現われ、天水の水稲栽培は雨季の1月から7月までの単作となっている。畑地では陸稲、トウモロコシが水稲同様に雨季に栽培され、乾季には栽培されない。

図5-2-8に示したスーダン、Khartoumは乾燥が強く、年間162mmの僅かな降雨があるだけである。このため7月から9月の短い雨季に僅かに栽培が可

能となるだけである。作物はゴマと場所によりトウジンビエが栽培できればよい方である。このため灌漑農業が重要な位置付けとなる。

図5-2-9に示したバングラデシュ、Daccaでは雨季、乾季が明瞭に現れ、作物栽培は雨季の5月から9月までと雨季明け後12月までと比較的長い期間を有する。低地の水田では長期栽培の水稲が、また平地では水稲二期作が、高地では陸稲、野菜栽培などが二毛作として栽培される。したがってここでは比較的耕地利用率の高いことが判明した。

図5-2-10に示したインドネシア、Padangは年間を通して一定の降水量があり、季節が明瞭に区別できにくい。このため年間を通して栽培が可能である。水田では水稲の三期作も可能にしている。また水稲だけでなく畑作物と組み合わせた二毛作も実施している。

乾燥地作物、湿潤地作物の区分は作物の内的要因である要水量[62,95]がもとになっている。しかし作物自体の性質の他に地域適応作物としての選択は、年間降水量でなく、栽培する期間である雨季の降水量と土壌の保水力で決まる。例えば穀類の栽培を降水量で調べると次のような作物的区分ができる。

年間降水量　1,000mm以上　トウモロコシ、陸稲

年間降水量　1,000～700mm　ソルガム、シコクビエ

年間降水量　700～500mm　トウジンビエ

この作付は単に降水量だけでなく、蒸発散量、土壌保水性そして作付の安全度と必要性の度合いによって異なる。たとえばトウジンビエの栽培において500mmが限界地域であるとされていても、ニジェールのサヘル地帯では400mmの降雨線をトウジンビエの栽培限界としている（図5-3参考）[46]。

また季節という乾季、雨季を持つ降雨パターンを利用した作付が半乾燥地域、湿潤地域共通して行われる場合もある。これらは長期栽培作物であるワタ、キマメなどがその例として上げられる。これらの作物は雨季初期に播種され、雨季に亘って生育し、そして収穫を乾季とした作付体系となる。ワタの生産地が半乾燥地域のインド、湿潤地域のインドネシアにまで亘ることからも、ワタが両地域で適応できる作物であることが実証できる

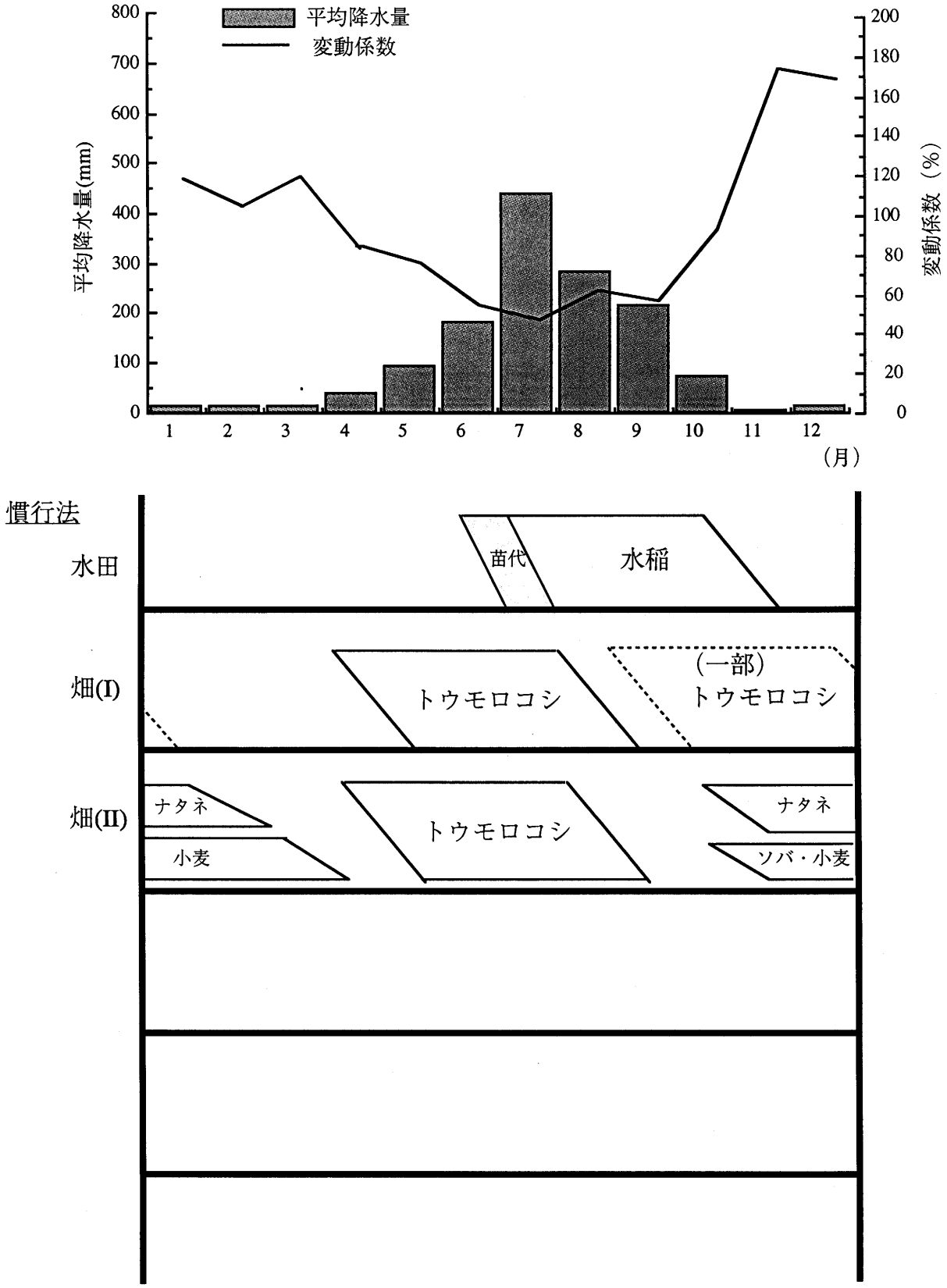


図5-2-1　降水量と慣行作付（Janakpur, Nepal）[75,148)]

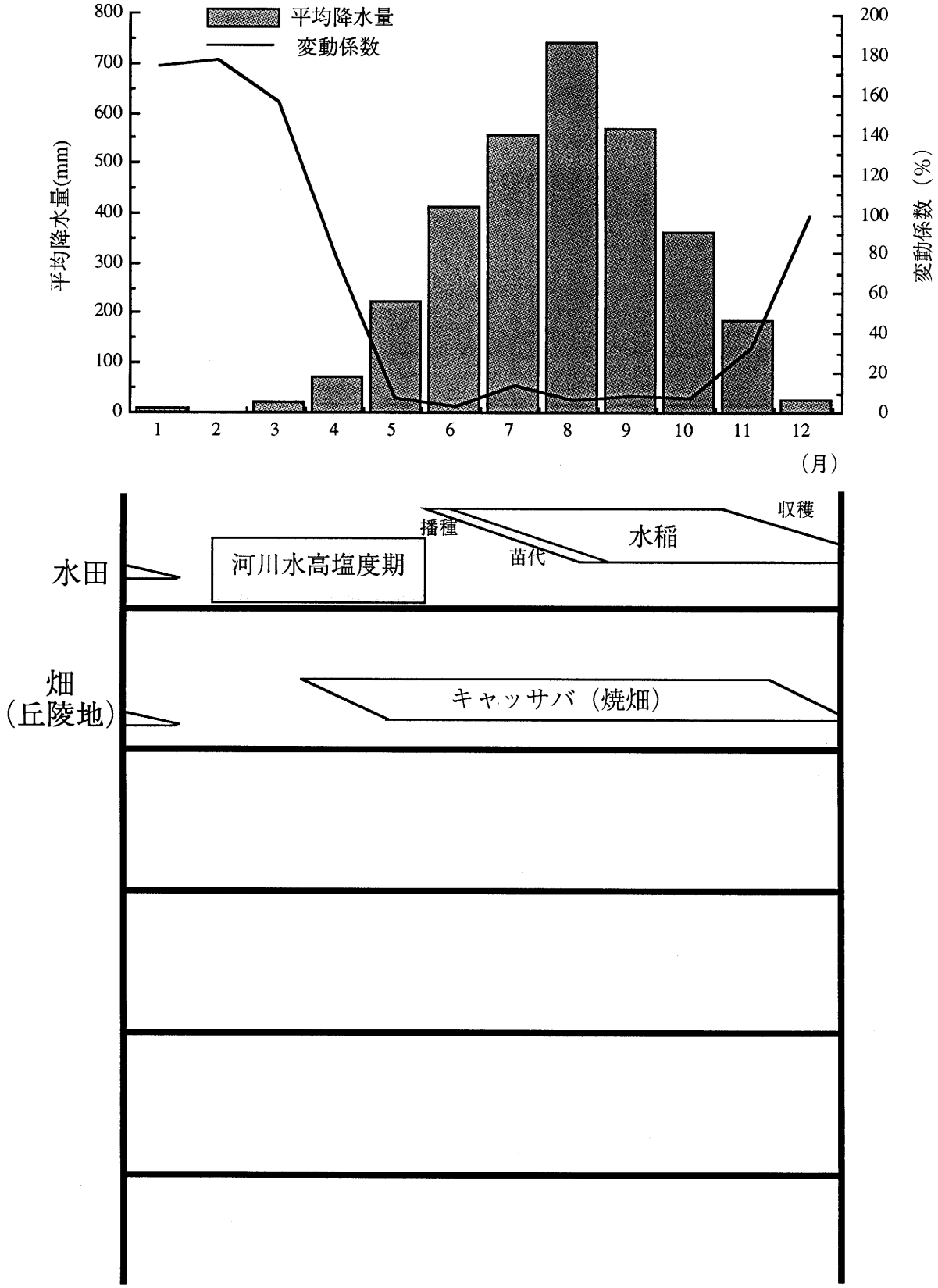


図5-2-2　降水量と慣行作付（Rokupr, Sierra Leone）[51)]

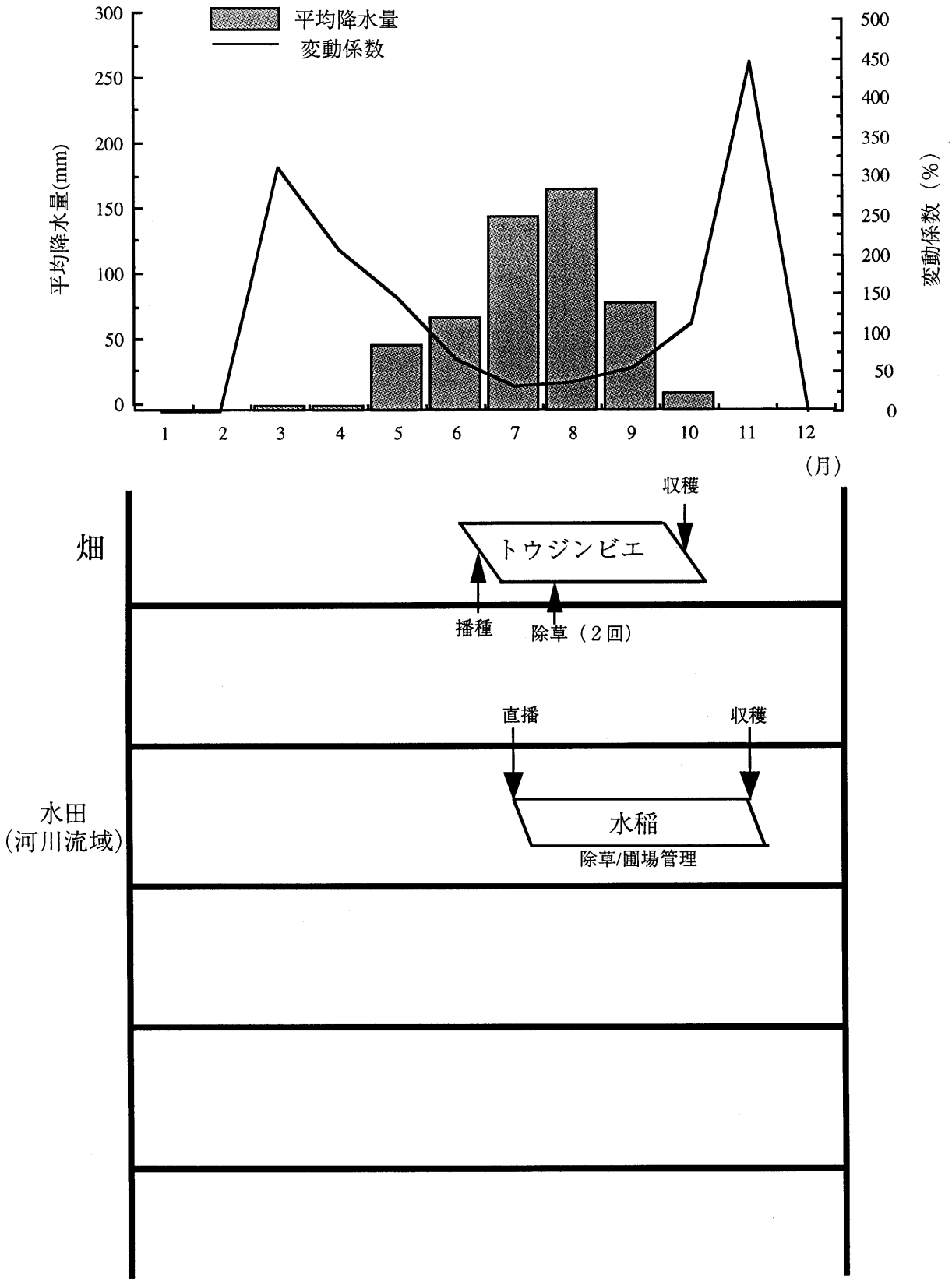


図5-2-3　降水量と慣行作付（Niamy-Aero, Niger）[88)]

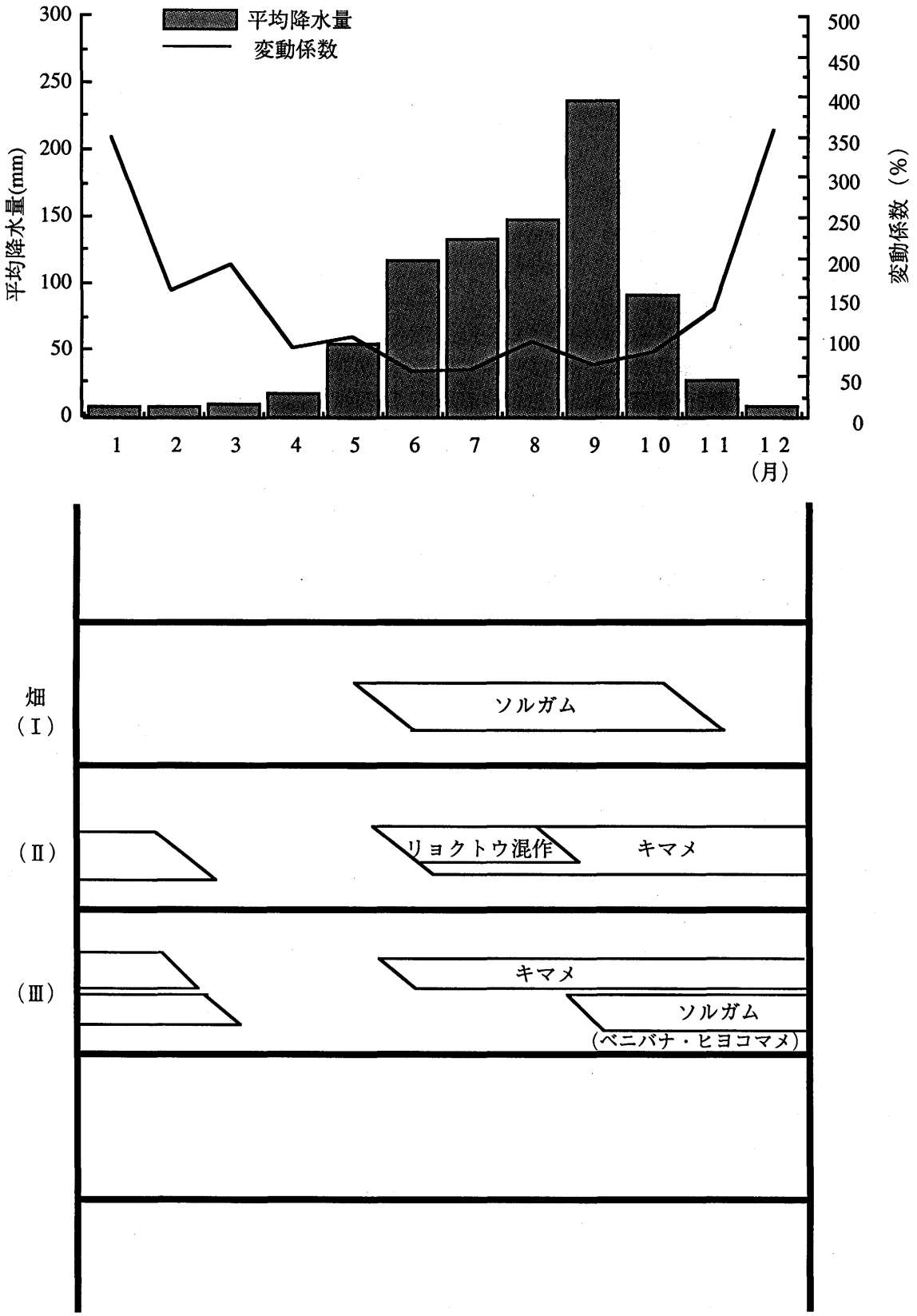


図5-2-4　降水量と慣行作付（Gulbarga, MS, India）[76)]

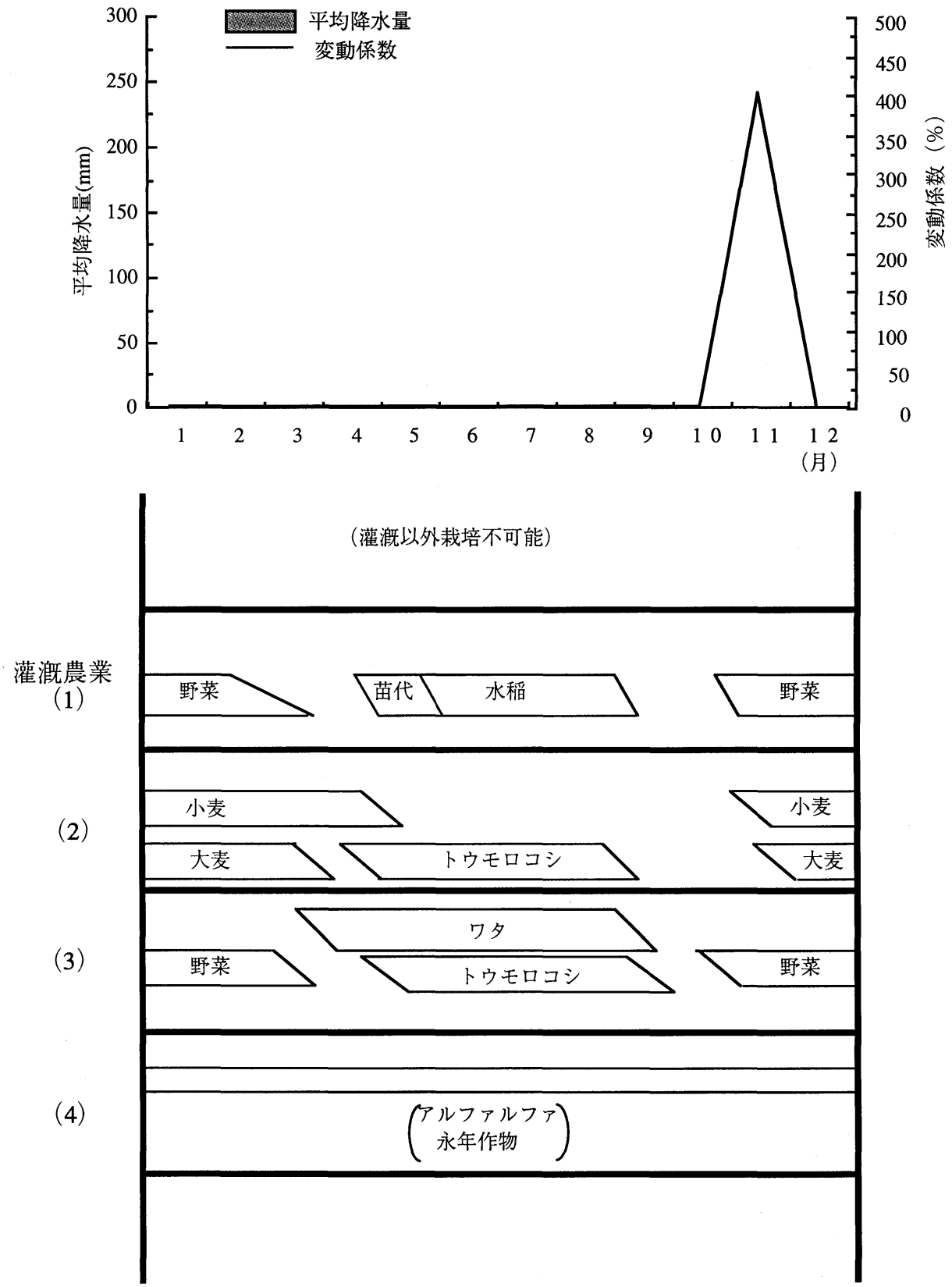


図5-2-5　降水量と慣行作付（Asswan, Egypt）[50)]

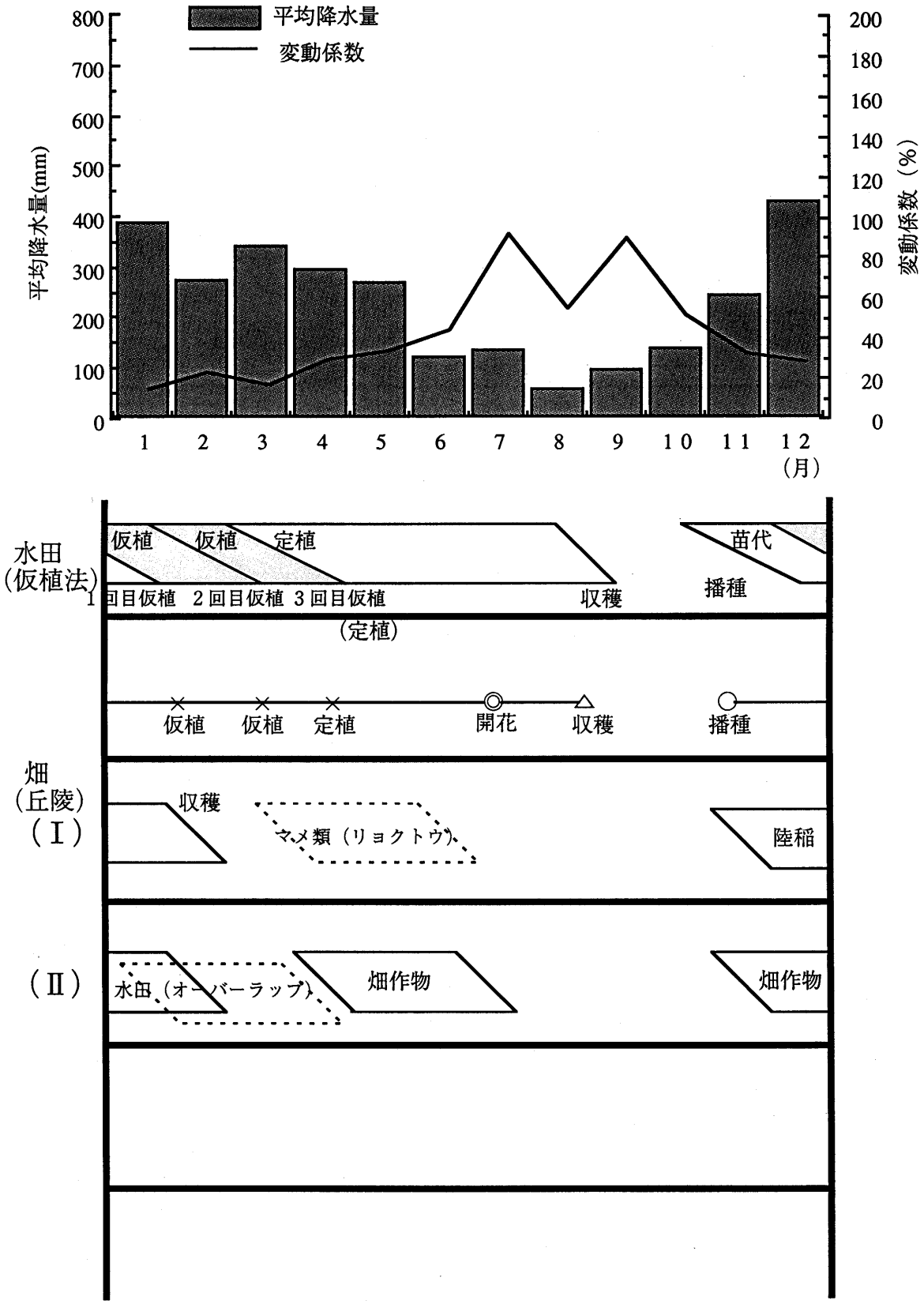


図5-2-6　降水量と慣行作付（Banjaru mecin (Airport) ,Indonesia) [56)]

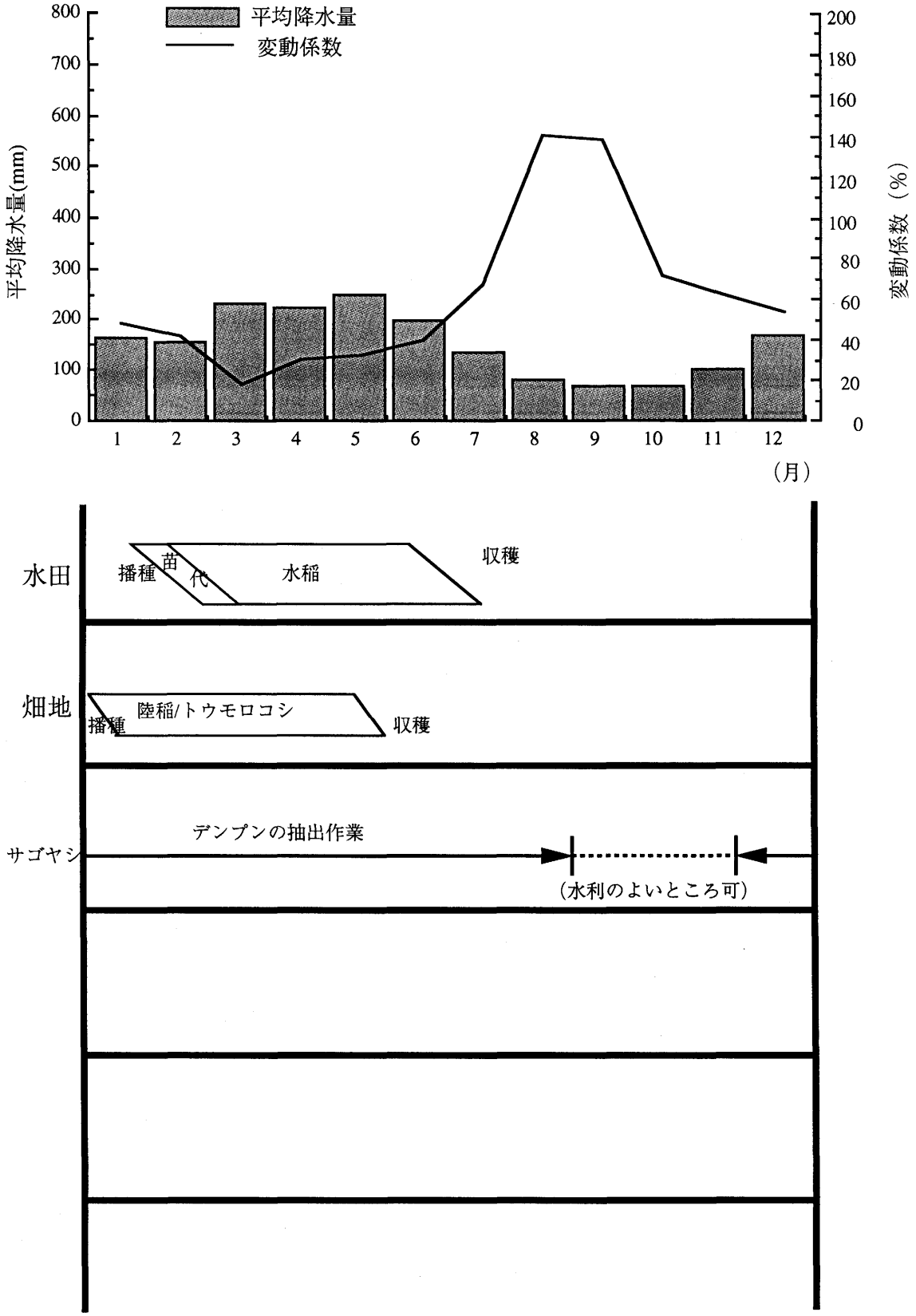


図5-2-7　降水量と慣行作付（Kendari, Indonesia）[85)]

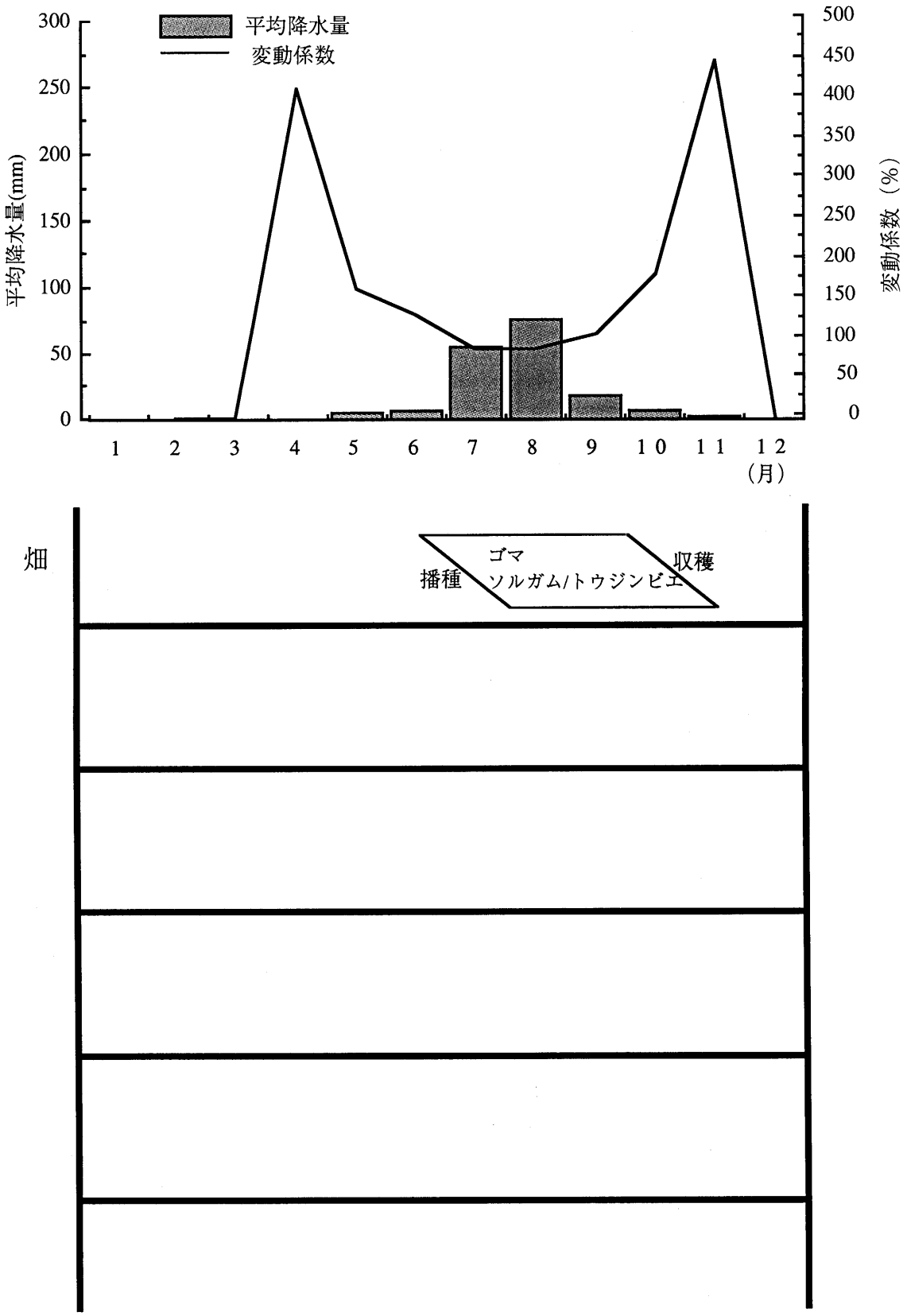


図5-2-8　降水量と慣行作付（Khartoum, Sudan）[87)]

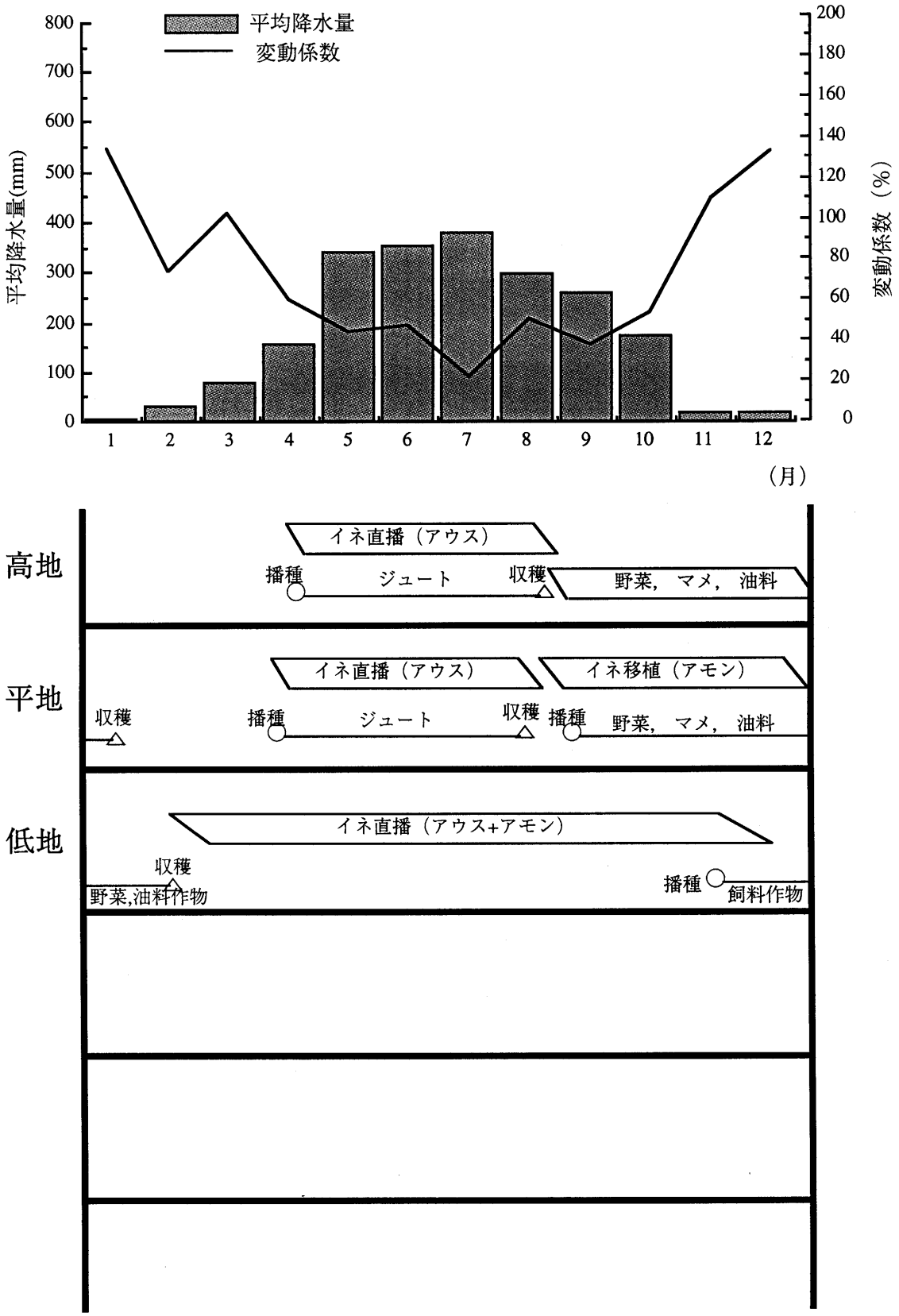


図5-2-9 降水量と慣行作付（Dacca/Tejgon, Bagladesh）[93)]

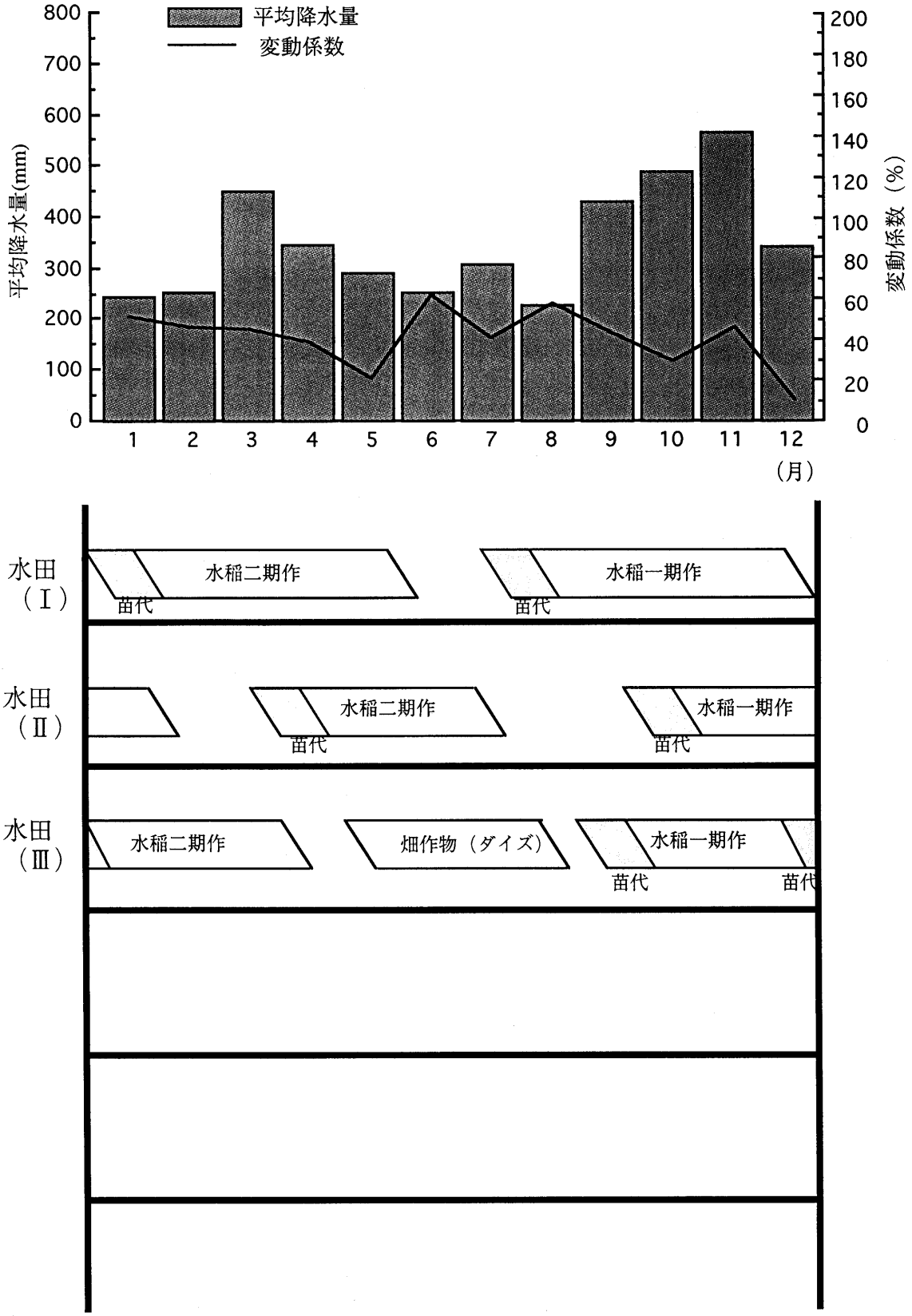


図 5-2-10　降水量と慣行作付け（Padang, Indonesia）[83)]

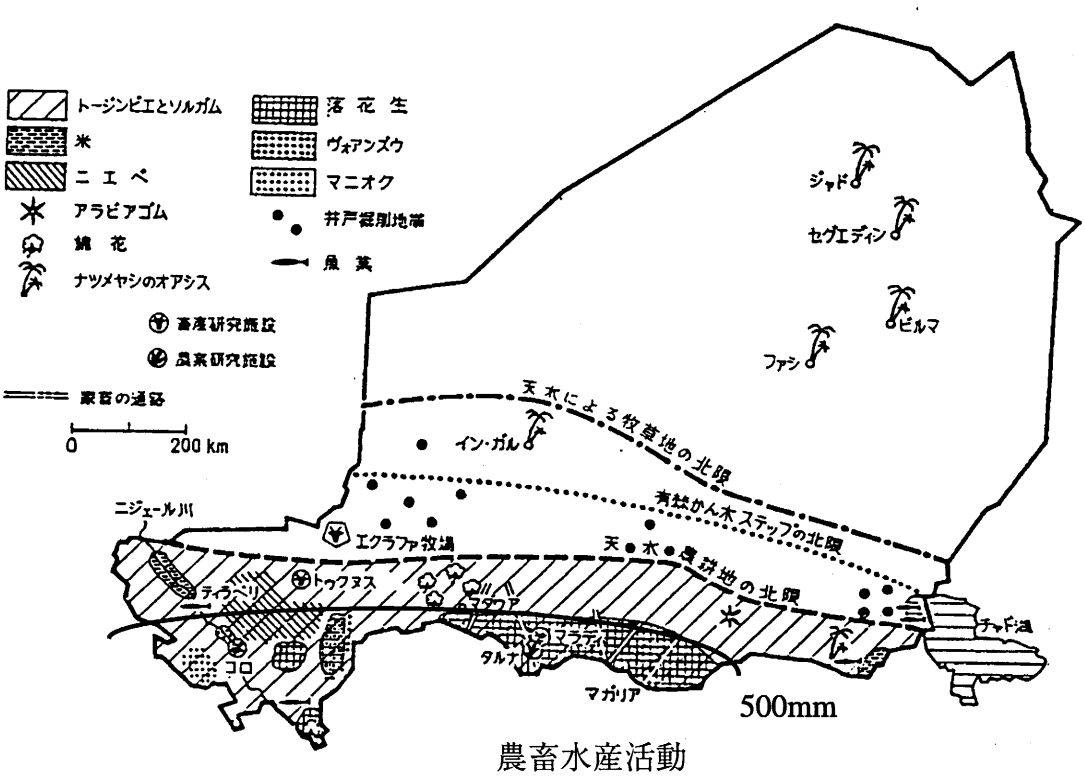


図5-3　ニジェールにおける500mm等雨線と農畜水産生産分布

備考：ニジェール、クセジュの原図[46]から降雨（500mm)曲線を加筆

（写真35参照）。

一方、作物と作付にとっては年間降水量より栽培期間内の降水量が重要で、それによって規制される。この例として半乾燥地域と湿潤地域でも共通的に栽培されているマメ類のリョクトウなどは短期生育作物のよい例となる。これは湿潤地域では乾燥期または不安定な雨季に栽培され、半乾燥地域では短い雨季に栽培される。

このように降雨による季節発現が熱帯の半乾燥地域であれ、湿潤地域であれ作付の条件を決めている。したがって半乾燥地域、湿潤地域の農業を比較した場合、栽培される作物は作物の要水量による地域区分が必要であると同時に、季節、特に降雨期間に合わせた作物の選択、作付も重要な要素である。

5－1－2　農法の比較から

先に述べたように半乾燥熱帯地域、湿潤熱帯地域で栽培される作物は降水量と要水量で決められる。農法とは単に自然条件を取り入れただけではない。これを取り入れる農民の持っていた慣習によるところである。世界中にはそれぞれの地域で慣行農法が存在する。乾燥、湿潤としての農業区分以外に地域特有の農業手法が地域の農法として受け継がれている。これは一つの地域で栽培された作物の慣行的農法が農耕文化として区分けされる。たとえば南西アジアの耕起法として犁文化があり、南アジアではそれが棒文化である[21]。つまり半乾燥地域で穀類栽培を犁で栽培していたものであり、湿潤地域の穀類栽培は水稲を別として、この地で主作物となっていたイモ類の栽培に起因する棒によるものである。またアフリカの乾燥地域においても棒による穴あけ農法がみられることもイモ文化から伝播されたためである。以下半乾燥と湿潤の農法の事例を比較してみる。

半乾燥地域と湿潤地域農法の基本的考え方の違いについて飯沼二郎[22]は耕地での中耕と休閑の意義から述べ、さらに世界の農業発達の過程を考察している。図5-4にこれを要約してみた。これによると、湿潤地域では中耕を除草として、半乾燥では保水として重視している。この考えをもとに両

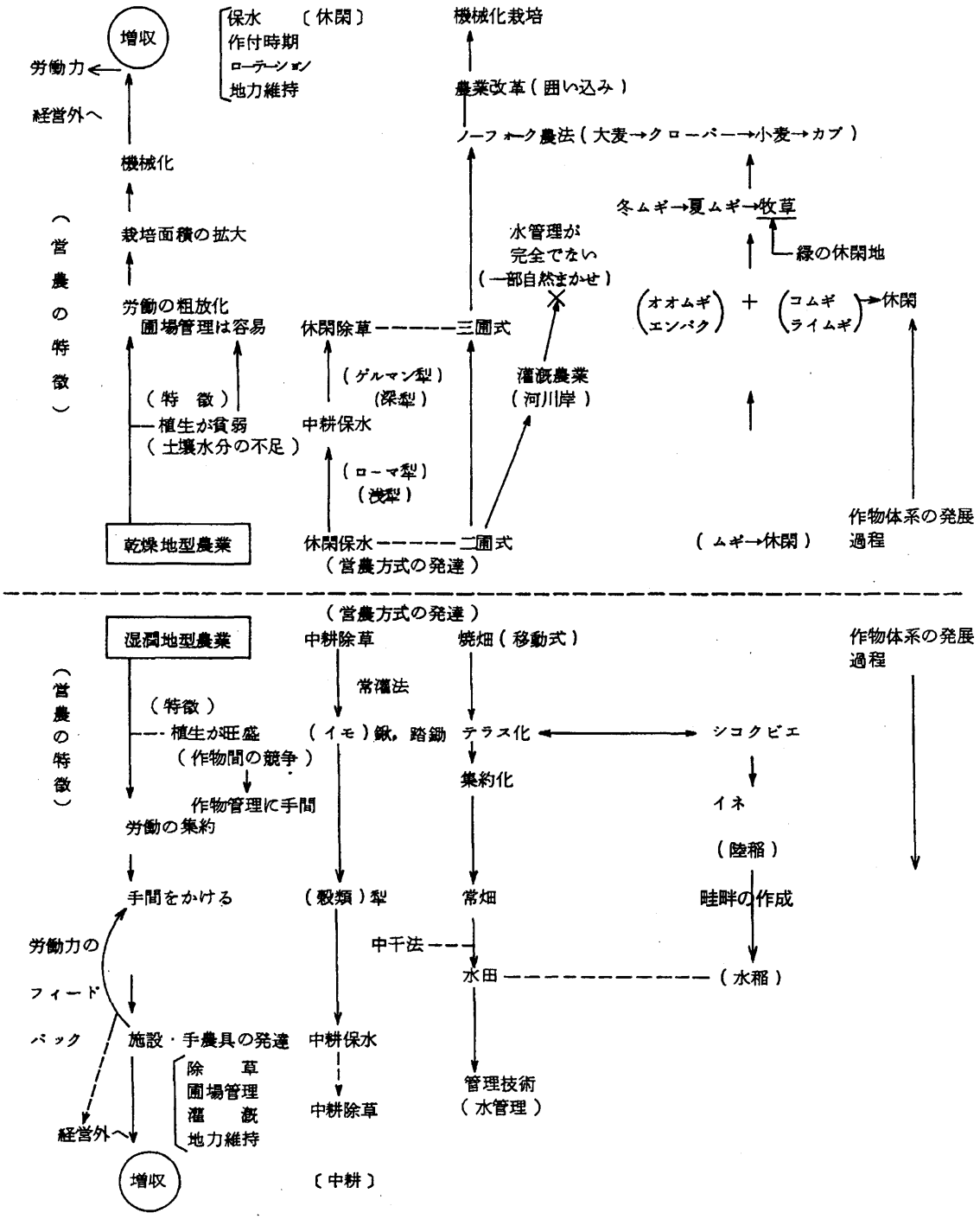


図5-4　湿潤型農業と乾燥地型農業の発展の相違と方向

備考：飯沼二郎の原案をもとに筆者が追筆作図した[22)]。

地域の農業の特徴をつぎの通り考察した。

1) 半乾燥地域の農業の特徴は降水量の少ないことで栽培が制限されることである。

a. 土壌の保水を確保することを目的とした農業

b. そのための作付ローテーションの発達（保水力、地力維持）

c. 植生が貧弱のため、面積の拡大が増収に結びつく

d. 栽培面積の拡大に伴う機械化農業の発達

2) 湿潤地農業の特徴は降水量の多い栽培条件に起因するものである。

a. 植生が旺盛で、常に作物管理を必要とする。除草、雑草防除を目的とした圃場管理が栽培の基本形態となる。

b. 耕地における除草など作物管理の上手、下手が増収に結びつく。そのため能率化も含め手農具が発達した（写真42参照）。

c. したがって増収は耕地管理によって左右される割合が高い。

d. 手間をかける農業として発達する。

しかし農法は作物を栽培する方法として発達してきたものであり、半乾燥地域を穀類型とすると、湿潤地域はイネ、多年生、永年生作物型の農業といえる。

一般に湿潤地域ほど植生が旺盛で乾燥地域ほど植生が貧弱である。また植生が気候区分のもとになったように湿潤地域は常に作物の生産ができる状態にあり、年間の生産量が多いと言える。しかし半乾燥地域の場合は降雨条件から限られた期間での生長となり、栽培期間は限られた短いものとなる。これらから判断できるように湿潤地域は植えてある作物を他の植物からの侵入を防ぐだけの管理で生産が得られるため、耕作技術は貧弱である。一方半乾燥地域は限られた降雨期間のため栽培期間の短い作物が多く、作付準備の耕起作業が必要となり（不耕起栽培もあるがここでは省略する）、かつ面積の拡大が増収効果をもたらすので、農具や農業機械、特に犁の発達が著しい[24,111]。

しかしながら半乾燥地域も雨季栽培には中耕が湿潤地域と同様に、除草目的の手段として必要である。インド、デカン高原の畑作における農法の

中で中耕作業の重要性を判断できるものとして労働割合が多くなっていることでも分かる。そしてこの中耕用農具はデカン高原など、半乾燥熱帯地域のモロコシ類栽培地域で独自な発達をし[98]、雨季には除草、乾季には保水の役目を担っている。特に中耕除草は湿潤地域における増収を得るための重要な作業であり、まさにデカン高原の耕作機が半乾燥と湿潤地域に対応する形態を作り上げたのである。

5－1－3　作付方法における相違（混作と多毛作）

増収は圃場の作付率を上げること及び作物の個体数を十分確保することによって効果を発する。この考え方に基づき半乾燥地域、湿潤地域とも混作、多毛作を導入することで作付率を上げることが可能である。天水依存の慣行農法では雨季の作付を中心として1作に限られていたものを、改良農法として混作、多毛作による耕地の有効利用を図ることで増収が得られ、このための技術が発達してきた。

もともと混作は半乾燥地域の畑作物の作付として多く用いられていた。そしてこの方法は作物、地域性、栽培目的などによって多くの型をもっていて、作付様式によって分類がなされている[137]。半乾燥地域の混作は安全型農業の一種であり、不安定な降雨のもとで食糧をいかに確保するかに基づいている。この栽培方法は1播種穴に数種類の種子を蒔き、厳しい乾燥条件下でもそのうち一種類の作物の発芽を得て、最低限の食糧を確保することに起因している。またこの混作様式は不規則混作と畦内混作の中間[136]として位置付けられ、混作が条畦の中で点播される点条播法[78]と呼ぶことができ、今でもデカン高原の奥地で実践されている。また一圃場に数種類の作物の種子を散播する方法も残っており、土地が肥沃でなければないほど、蒔かれる作物の種子の種類は多いことが観察された。これも不安定な雨季に対する安全型農業の一種として適応した技術である。そしてこの方法がさらに発達し条播となり、畦の中に多数の作物を栽培したり、さらには、畦ごとに違った作物を植える混作へと移行して行った。畦という概念ができあがると、すでに農法としては安全型というよりは増産型農業と見なす

ことができる。つまり作物の共存性を考え、いかに耕地の空間を利用して増収を図るかという農法に移行している。このように半乾燥地域では不安定な雨季の条件で行われている栽培方法の混作が、安全型農業から増産型農業へと移行して、方向性をもった農法となっている点に特徴付けられる（写真25～30の混作の形態を参照）。

一方、湿潤地域における混作は焼畑にみられる不規則型がはじめと考えられる。この型は半乾燥地域の混作と類似した、自給を目的としたものといえる。したがって栽培される作物の種類も生活に必要なものが主流となる。また耕地化された圃場ではバナナ、果樹、イモ類の永年生作物や多年生作物を中心とした組み合わせが主流を占める。したがって湿潤地域の有季節地域では半乾燥地域に似た形態となり、より集約的栽培を目指したものとなっている（写真33、34の湿潤地域の混作を参照）。

5－1－4　作付体系にみる湿潤地農業と半乾燥地農業

熱帯の営農を調べてみると作付体系として混作、多毛作、輪作、間作など地域により変化に富んだ形態が見られる。また多くの人によってこれらの形態が研究され、整理されてきた。特に混作については多種の形態がみられ、渡部らはこれらを整理し定義づけを提唱している[137]。この考え方に多毛作と輪作を加えて、熱帯にみられるこれらの作付体系を栽培、用途、過程から整理してみると図5-5のように示すことができる。

まず混作は安全型農業として出現したと考える。つまり保険型農業とも称され、多くの種類の作物を同時に播種し、1作物以上の収穫を確実に得る方法である。主として半乾燥地域の穀類栽培で不安定な降雨に対する安全策として用いられている方法である。ただし混作の中で混栽とよばれるものは、湿潤地域から発生した耕地の有効利用と考える（写真9参照）。混作の栽培において作業を能率化させるものとして条蒔き、畦蒔きなどの混作の植え方を整理し、さらに病虫害からの回避を目的としたもの、地力維持を考慮した型などができあがった。これに増産を目的とした有効な土地利用様式として、作物ごとに整理した形態となった。つまり増産を目的とし

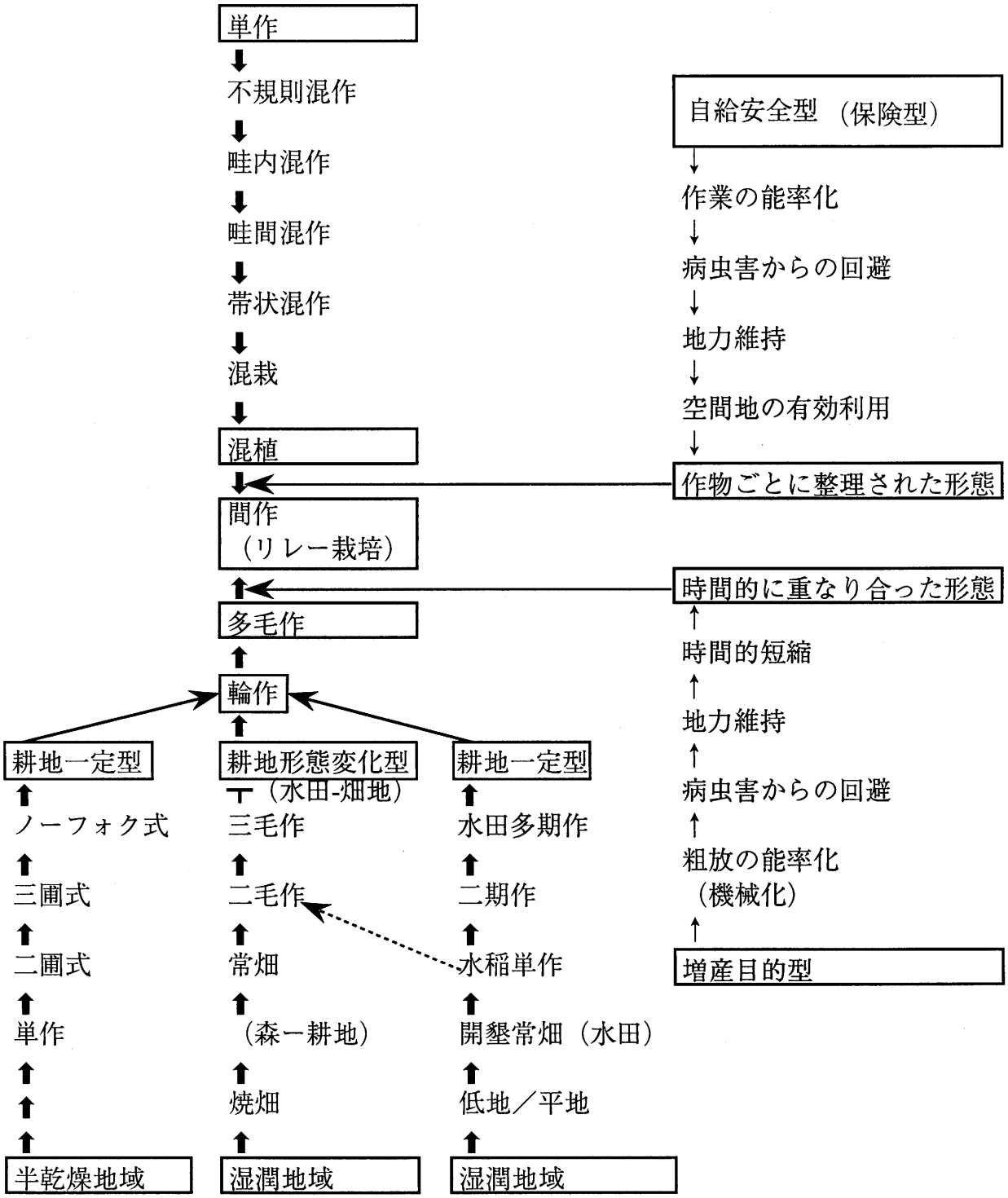


図5-5　作付体系の様式と整理

た栽培方法として空間と作物を整理したのが混作といえよう。

一方、多毛作は輪作から引き継がれた耕地の有効利用体系と考える。半乾燥地域の輪作のもとは地力維持、保水性を考慮した二圃式農業であった。これに複数の作物が導入されることにより、三圃式農業へ、さらにノーフォーク式農業などの複雑な輪作体系へと変化した[28,,100,118)]。

湿潤地域の輪作は焼畑から出発した。つまり森林と耕地の循環であった。これが常畑へと移行するのに伴い作物の種類を変えることによる輪作が図られた。この輪作は陸稲と豆、または永年生作物と穀類である。他方、湿潤地域では平地部の水利のよい所で畦畔をつくることにより常畑から水田化が図られた[115)]。二期作、三期作は輪作体系の一種と考える。また水利のよくない所は水稲と他の作物が交互に栽培される、多毛作が図られる。この状況はつまり耕地として固定した場所の形態が水田と畑に変化する。

それぞれの条件から発した輪作体系が時間的短縮という形態で表されたのが多毛作で、増収効果を時間的側面から生みだした形として表現できる[27,137)]。つまり1年に数作を輪作した形態が多毛作である。

さて農法の多様化の流れの中で混作と多毛作は増収を目的とした耕地の有効利用形態として形成されたが、間作はこの二方式が重なった形態と考えられる。つまり混作が空間地（面積）から耕地の有効活用を最終的に表した現象に対し、多毛作は耕地の時間的有効活用で輪作の極端な時間的短縮で1作、2作を重なり合わせて、同時に生育させた形態が間作となり、さらには混作となったものと考える。

このように主要作付体系になっている混作にしろ輪作・多毛作にしろ、半乾燥地域と湿潤地域の各々の地域から特徴のある農法として形成されたもので、最終的には増収を求める方法として集約されたものである。そして作付体系の発達は季節を有する気候から発生したものと考える。

5－1－5　耕地の水管理体系

耕地の水に対する考え方は湿潤における水田の場合が1つの完成された形とみることができる。棚田では水を上流部から下流の耕地へと計画的に

灌漑する方法が取られる。また水田の水管理が農民あるいは農民グループによって行われている場合、インドネシアでは、古くから特別な名称でスバック、ダルマテイルタ、ミッテラチャイなどと名付けられている[84)]。これは日本では「ユイ」とよばれるもので、組合を作り限られた資材、水を有効に使用するためであり、水田地帯では一般的な水管理の組織である。

他方、半乾燥地域の畑作地帯では降雨だけで栽培する場合、圃場単位での水管理の考え方はなかった。本研究では半乾燥地域に水管理の考え方を導入し、雨季の排水と有効な降雨の利用を一つの集水系（Watershed）とした単位で、畦立てを導入することにより実現させたものである。この方法は作付計画において、圃場における畦の配置が降雨の有効利用と排水を目的としたものとなって、圃場全体の水管理方法を導入することにより、作付の増収を有利にしたものである。したがって水田の畦畔を通しての水管理と同様な考え方に基づく方法として半乾燥地域で有効な方法であることが証明された。この応用として圃場境界線（Field boundary）の活用を考慮することになり、水の管理を個人でなく組織として対応しなければならない。 まさに水田耕作の農法が必要となる。

5－1－6　営農における組織対応の相違

湿潤地域における営農で、中心となっている水稲栽培は水管理を通して農民のグループ化が行われている。このグループは統一化、調整を図ることにより栽培地域の収量を上げることが可能で、作付、病虫害、水管理など耕作活動を中心としたグループである。

他方半乾燥地域の農業を考えた場合、グループ化は資材または生産物の販売などの物の動きに対するシステムであり、栽培に関する物質の動きといえる。例えば耕起における人力よりは犁の運用システム、販売におけるシステムなどが重視される。つまり物が動く範囲を考えた組織である。

この現象は湿潤地域の方がより自給的であるのに対して、半乾燥地域は流通を考慮した商業的なものであり、組織はこれらに対応した形態と考える。

5－2　作付体系の改良

5－2－1　半乾燥地域における湿潤地農業の導入

（1）圃場の水管理／水掛かりに関連した相違について

半乾燥地域、湿潤地域の営農における違いの一つとしてグループ化の背景が上げられる。これは栽培の形態に基本を置いている。

湿潤地農業の場合に水田耕作が優先されているが、この水田耕作については圃場の水管理が収量を左右する。このため水田耕作の営農においては水掛かりを重視した管理が必須となる。したがって1農家だけの栽培では営農は成り立たず、水掛かりを介したグループ、地区の営農体形となる。そのため水管理組合などのグループを単位とした営農体系ができあがっている[86)]。

他方半乾燥地域の農業は水掛かりを求めた営農体系ができあがっていない。作物栽培は個々の農家で完結できる。しかしこの半乾燥地農業に湿潤地域の営農技術を導入したのが集水系（Watershed）の現象と考える。集水系は一つの地区、水界域の水収支を考えたものであり、畦、排水路を水の流れに合わせて作り、配置したものである。この効果は半乾燥地域開発においては有効な手段となる。

5－2－2　湿潤地域天水田における三毛作の技術

（1）技術の実際

湿潤地域における改良農法は多毛作を基本として、増収効果が図られる。しかしながら天水農業では湿潤といえども多毛作は限られる、水が適度にある季節だけが栽培可能となる。特に有季節地域では雨季に水稲栽培が1回行われる単作だけである。インドネシア南東スラウェシの場合、有季節湿潤地域の丘陵地では雨季に陸稲またはトウモロコシが栽培され、低地では水田となり水稲が栽培される。1農家平均の耕作面積は陸稲で1haとなっていて、水稲では0.3haとなっている。これから得られる生産物では1農家の1

年間の自給食糧を賄うのが限度である。これ以外にサゴヤシ、カシューナッツ、ココナツ、カカオなどからも収入が得られるが全ての農家ではなく、村は常に貧困状態にある。自給だけの村では貧困状態からの脱却は難しい。水稲を主食としていれば小面積で自給ができ、水稲に補足する換金作物を導入することにより経済的発展の第一歩とすることが可能である。

灌漑が発達したインドネシアのジャワ島などではすでに水稲を含めた、多毛作が多く導入されている[43)]。しかし南東スラウェシのような基盤整備のない天水依存地域では慣行法による作付として雨季に水稲が単作されている。本研究ではこの水稲栽培の前後の乾季にそれぞれ各1作を導入し、三毛作を実施することによって増収を図ることができた。この結果を表5-1に示す。さらに半乾燥地域の改良農法で導入したDry sowingとしての降雨前播種技術を、この作付に取り入れることにより、三毛作の作付体系をより確実にすることができる。図5-6に慣行作付体系と改良農法の作付体系を示した。まず1作目としてリョクトウまたは、トウモロコシ、ラッカセイ、ダイズを植える。これは11月下旬から12月上旬に播種を行う降雨前播種のDry sowing栽培とする。耕起は前作が終了した後、すぐに行っておくことにより容易にDry sowing技術が導入できる。植えられた畑作物は3カ月後に収穫となり、2月下旬には収穫できる。収穫と同時に水稲の播種（苗代作り）を実施する。育苗期間中に水田の耕起、田植えの準備を行い、苗が育ったら第2作目の水稲を栽培する。ＩＲ種など南東スラウェシで用いられている水稲の生育期間は田植え後100日前後[103)]であり、収穫が6月から7月になるような作付をする。第三作目は雨季の終わる7月下旬にトウモロコシ、ラッカセイなどの畑作物の播種を行う。この収穫を9月に行う。ただし乾季に入るため乾燥に強い作物または栽培期間が短い作物を選ぶ必要がある。

以上、湿潤地域、天水田における三毛作の作付体系を次のようにまとめることができる。

1）一作目：雨季前半栽培（11月下旬から2月下旬；100日）

i) 適応作物

a.リョクトウ：短期生育作物としてこの時期の栽培に有利である。

表5-1　湿潤地の慣行農法による作付と改良農法による作付の収益の比較

作付体系	収量(kg/ha)	値段(Rp/kg)	粗収入(Rp)
1. 慣行農法			
(1)陸稲単作	1,790	400	716,000
(2)トウモロコシ単作	2,467	395	974,465
(3)サゴ	200kg×30本/年	3,500Rp/20kg	1,050,000
(4)水稲単作	3,730	350	1,305,500
2.改良農法（三毛作）			
(1)ダイズ（１作目）	1,828	1,165	2,129,620
水稲（2作目）	3,070	350	1,074,500
ダイズ（3作目）	760	1,165	885,400
合計			4,089,520
(2)陸稲（1作目）	1,000	400	400,000
水稲（2作目）	3,070	350	1,074,500
ダイズ（3作目）	760	1,165	885,400
合計			2,359,900
(3)トウモロコシ（1作目）	7,900	86	679,400
水稲(2作目）	3,070	350	1,074,500
ダイズ(3作目）	760	1,165	885,400
合計			2,639,300

備考：1) 慣行農法の収量はクンダリ県での調査結果の平均値とした。
2) 改良農法の収量はクンダリ県の試験結果の平均値とした。
3) 値段はクンダリ市場の調査結果と1993年の統計を参考にして決定した。

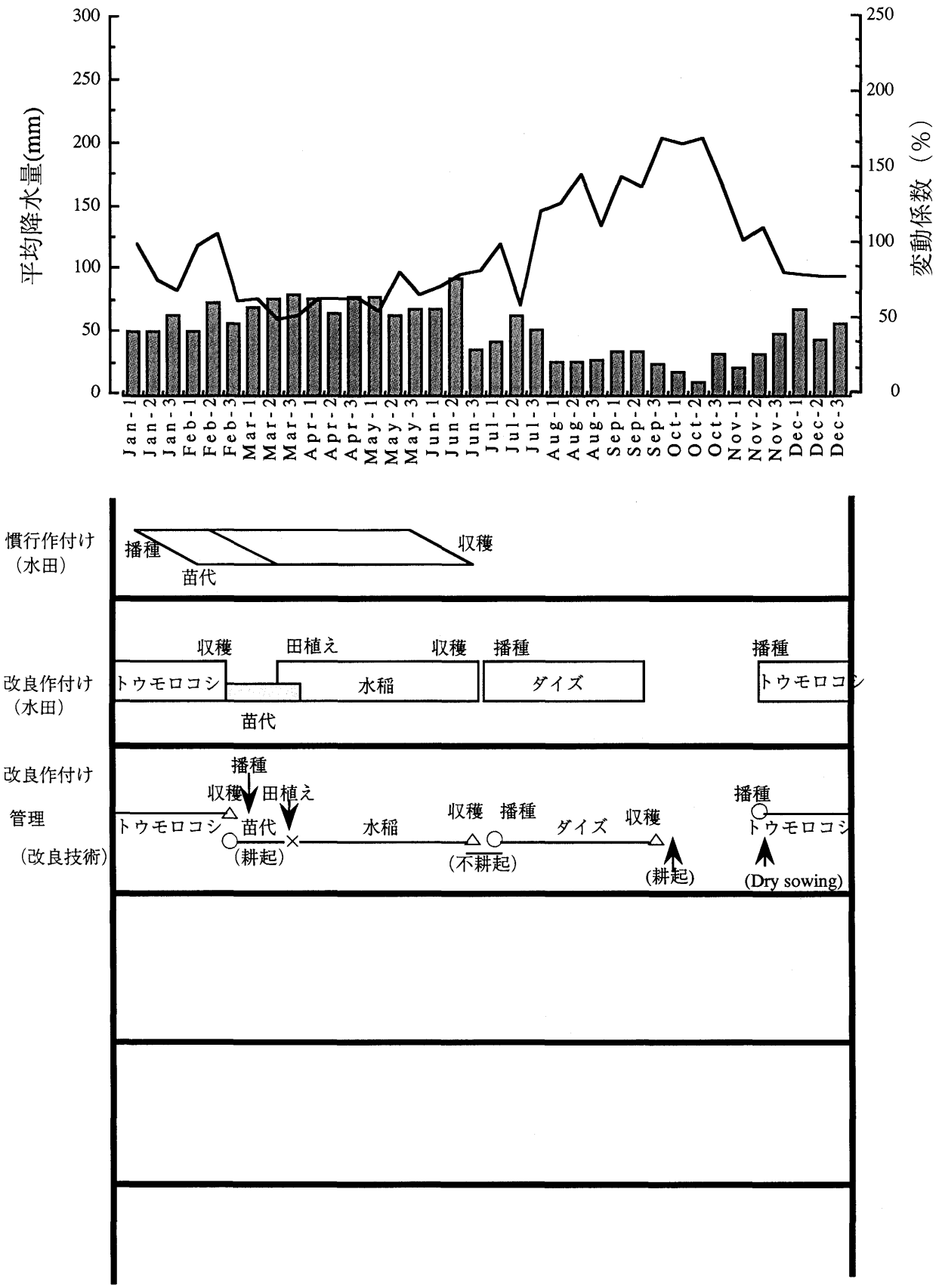


図5-6　インドネシア, クンダリ県ラノメト村の降水量及び慣行作付と改良作付

b.トウモロコシ：Dry sowingを導入することで栽培を有利にする。また生食用として収穫でき、栽培期間の短縮が可能である。

c.ダイズ：乾燥に強く、この時期の栽培としては有利である。

d.陸稲：水田・畑の両耕地で栽培可能。

ii) 耕起および作付準備

前作物収穫後ただちに耕起（荒起こし）をすることが望ましいが、播種前に圃場を準備する。雨季入りを考慮して畦立てを行う。

iii) 播種（Dry sowingの導入）

播種は改良Vertisol営農技術（IVMT）の一手法であるDry sowingで行う。播種日は降雨パターンをデータで調べ決定する。旬間別降水量で急激な降雨の増加と、この降水量の変動係数（CV）が100以下になった時期を雨季入りとして判断し、この1週間前に播種を行う。

2）二作目：雨季最盛期（苗代2月下旬から3月上旬、田植え3月、収穫6月）

i) 適応作物：水稲（改良品種または高収量品種）

ii) 苗代および水田準備

一作目の収穫後直ちに水田の準備に取りかかるため、前作の収穫作業と重なり、能率のよい作業が必要である。苗代は別の圃場の一角に作り、管理するほうが有効である。

iii) 降雨は年によって変動があるため天水田の本圃への田植えには苗と本圃準備のつながり、適期を考慮する。

iv) 水稲は田植え後100日で収穫となる品種が多く、後作の作付計画のために6月中に収穫する必要がある。

3）三作目：雨季終期から乾季（6月下旬から9/10月）

i) 乾季前に播種を行えるよう計画する。水田の裏作となり収穫と作付準備作業が重なるため、作業の能率化を図る。

ii) 不耕起栽培は作業の重なりがある場合に労働の削減の面からも有利な方法である。すでにダイズの栽培においては実績があり、積極的な導入が可能である。

iii) 生育後半は乾季に当たるため前半の十分土壌水分の確保できている

時期の生育をできる限り有効化する。

この結果、湿潤地域において三毛作を実施する場合に半乾燥地域で実施された4技術が導入可能であり、かつ重要であることが判明した。

1）降雨前播種によるDry sowingの導入

第1作目の雨季前栽培にDry sowingを行うことにより、より安定した生産を確保する。

2）耐干性作物の導入（短期栽培作物）

降雨前播種により栽培時期が早まることで、多毛作が可能となるが、また乾季作物で、耐干性でかつ生育期間の短い作物の導入が必要である。例えばリョクトウ、ケツルアズキ、ヤッコササゲなどのマメ類である。

3）農業機械の導入

多毛作に伴う収穫作業と次作付の耕起、播種、作業の間隔が短く、労働作業の効率化が望まれる。このためには積極的な耕作機の導入が必要である。特に湿潤地域の畑作における耕作機の発達は半乾燥地域のデカン高原の畑作地にくらべ遅れており、半乾燥地域のものが十分利用可能である。特にこの中でも播種方法は棒による播種に変わるものとしての農具が重要であり、この農具の善し悪しによって立毛率が変わり、収量に影響を与える。

4）不耕起栽培の導入

三作目の栽培に当たって、前作物の収穫直後に耕起せずに播種する不耕起栽培方法を導入する[14,15,67,151]。これより農作業の容易性と、土壌の保水性を高めることにより栽培を確実にする。とくにダイズ栽培で導入可能となる（写真36参照）。

（2）湿潤地域における多毛作の継続性と展望及び問題点

本研究において半乾燥地域で実施し、増収効果が認められたIVMT技術を湿潤地域においても実践し増収効果を得ることが確認できた。IVMTは季節を見きわめ栽培期間を有効な作物生育に合わせることで、耕地を集約的に有効利用することである。したがって先に論じた半乾燥地域や湿潤地域の有季節地域と共通性のあるところではこの技術は十分応用可能である。特

に湿潤地域の天水田での問題は半乾燥地域と共通した乾季の水不足であり、これが多毛作の作付にも影響する。したがって集約栽培を導入することはこの地域の農業発展には不可欠である。特に資本も少ない地域では集約化による農業開発は発展の第一歩となる。クンダリ県の例の通り天水田では米1作（水稲、陸稲）で一家の生計が営まれている。

改良作付体系としての三毛作は湿潤地域の天水田で十分適応できる営農方法であることが証明できたが、この作付体系に水稲作が入っていることで土壌病害を防ぐことができ、栽培の継続が可能となる。とくに畑作における連作障害は常に問題となるが、この作付は水を張るという栽培を通して土壌病害の問題を回避できる。さらに導入されるマメ科作物は地力維持の面からも有利となり栽培の継続性を増すことができる。不耕起栽培に使用する有機質マルチ材をすき込めばさらに肥沃度は増す。また多毛作を実施することで農家の周年労働雇用がほぼ可能となり、農村部の余剰労働力を活用できる利点もある。　無論、増収による作業の増大もあり雇用の機会が拡大することは重要な利点である。もし水稲栽培の前後に50％の栽培の拡大を図れば慣行農法に比べ200％の作付増となり大幅な増収と雇用増が見込める。

しかしながらこの作付体系を実施するのに際しては次のような問題点も解決せねばならない。

1）多毛作における前作の収穫と後作の圃場準備と播種作業の重なる時期の労働力の確保または作業の分散が必要である。能率的な作業が必要となり、そのためには農具の導入、改良が重要なものとなる。とくに畜力牽引耕作機やトラクタなどの開発、導入が必要となる[125)]。また不耕起栽培、別圃場での苗代（事前育苗）などは有効な手段である。

2）降雨は半乾燥地域、湿潤地域とも年毎の変動が大きく、ラノメト村の場合は表4-13に示したデータからも判断できるように7年に1回の割合で干魃の年が認められる。この解決策としては水稲の前後の作付に耐干性の強い作物導入することにより、一作は畑作物からの収益が得られるよう補償を考慮した作付を導入する。

3）乾燥の問題と同時に大雨による被害も重要である。この対策として畦立てによる排水効果、またマルチングによる作物保護、侵食防止などは有効な方法として挙げられる。

4）Dry sowingも含め播種においては浅蒔きがよい発芽率を示すことを報告したが、種子が表面に表れると鳥などの食害に遭うおそれがある。前章でも述べたように5cm前後の深さで播種することで概ね問題は解決できる。

5）鳥、虫、獣害はどの栽培においても大きな問題である。集約農業を導入する場合よく管理された状態では目的の生産を得ることができるが、この作付を1軒の農家で実施した場合、周りに作物がない場合、作付をしたところに被害が集中する。とくに周りに作物のない場合はそれらの攻撃目標になってしまうため、集団での栽培などの工夫が必要である。

5－3　湿潤熱帯農業と半乾燥熱帯農業の接点

地球上のいかなる地域でも農業はその地域で独自に営まれて発達し、姿を変えたり、維持してきた。湿潤地域、半乾燥地域と相反した条件の中で営まれる農業は当然異なる農法が発達する。この農法は自然環境とその時代の経済、社会条件で形成されている。

それらは原始的な形態としては湿潤地域の半耕作的農業として、今もインドネシアの南東スラウェシで営まれている。ここでは自然のもたらす恵みにより、自給が達成されており、それ以上の農業開発を社会が必要としなかったためである。つまり自給のための農業であった。しかし周りからの社会、経済の影響を受けることにより、水田の導入と拡大という形で農業開発が進められている。

他方、半乾燥地域のインド、デカン高原では古くから犁農耕が発達し、限られた降雨条件の中で、栽培面積の拡大により、生産量確保を図った。そして不規則な降雨に起因する不安定な生産を回避するために安全型の農業技術が発達してきた。これが混作、多毛作の形態として表現されている。また生産の拡大のために耕作機の発達を促進したのである[111)]。

このような条件の異なるところで発達した伝統的農法は社会、経済の進

展がないと、なかなか新しい方向へとは進みにくい。したがってこれらの農法は地理的な条件から互いに独立していて、混じり合うことが少なかった。しかし本研究を通してこれらの農法も年間の作付体系の中で相互に対応、交換できる技術があり、これがそれぞれの新しい作付体系へと進展していく可能性を認めた。つまり一年間の自然条件の中ではある一定時期に類似の気象条件が生ずる地域が多い。この時期にはこの条件に合った農法を導入することが可能である。農業は時代の要請によって変わっていくものであるが、自然を利用して人間が耕作していくということが、農業の普遍的なものであるならば、最終的に農業開発は常に自然が支配する自然科学分野と人間が作り出す社会経済分野のバランスの上に立っていなければならない。特に現在とかく忘れがちになっている伝統農業を再確認し、持続性のある環境を考慮した農業を考える必要性を求められている。

湿潤地域と半乾燥地域の農業で交流できる接点が確認できたことから今後、地域に適応している伝統的農業を自然環境だけでなく社会、経済変化を含めた時間的要因との接点を求めて発展させていかなければならない。

5－4　結論

湿潤地域の作物栽培は水稲栽培とイモ類を中心とした作付体系が組まれている。一方、半乾燥地域では主食となっているトウジンビエ、ソルガム、トウモロコシなどの畑作物を中心にした作付体系がなされている。熱帯では栽培の最も大きな制限要因は水条件である。降雨のもたらす水量と作物要水量、土壌条件（保水性と肥沃性）の組み合わせで作物を選択することにより、有効な作付体系が可能である。本論で述べてきたように地域特性を生かした増収方法（手段）としての多毛作の技術は全ての地域に導入可能であり、農業基盤整備を伴えばさらに可能性は助長される。しかし技術は「農村社会に受け入れられるもの」でなければ、農業としての増収にまで至らないことになる。このことはたとえ半乾燥地域の農業であろうと、湿潤地域の農業であろうと自然科学を固守した技術は普遍的なものである。年二作の作付の導入に関し、両地区とも科学的データにより作付は可能で

あることが証明できた。しかし社会がこの技術を受け入れる体制になっているかが、大きな問題である。農業発展の手段が技術移転手法であり、農業普及技術である。また農業開発の原点であると考える。この考えなくしては、いかなる近代施設や機械、道具をもっても有効には働かない。このためには経済的に安全で、かつ環境と調和のとれた安定型農業である必要がある。すなわち継続的技術移転が農業開発の「持続性」の基本であり、今熱帯にある開発途上国で求めれている農業開発協力の姿である。

以上より本研究を下記の通り結論する。

本研究は熱帯地域の、天水に依存した在来の単作農業を改善する観点から、降雨分布を考慮した発芽技術としてのDry sowingを構築して、複作としての改良作付体系を確立したものである。

周年に亘り等しく高温の熱帯も、降水量によって半乾燥地域と湿潤地域とに区分されている。本研究から得られた成果の眼目は、発芽技術としてのDry sowingが降雨条件の異なる両地域において等しく有効なことを明らかにした点である。

研究の手順は次の通りである。

1）はじめに、半乾燥地域であるインド、デカン高原に位置するグルバルガ郡ハルハタバード村で改良作付体系の導入試験を農家圃場で行った。この結果、雨季の湿潤時に軟弱になり農作業に支障の多い粘質なVertisol圃場において、改良作付体系はDry sowing、集水系単位の圃場、広幅畦立て法、畜力牽引耕作機の利用などを付加した複合的営農技術の導入により、安定的に多毛作、混作を可能とした。この効果は慣行農法と比べ180%の増収を上げた。特に改良作付体系の中でDry sowingは雨季作における、作物の発芽を安定的に得られる技術として認められた。これにより雨季が休耕であったVertisol圃場でも、Dry sowingの導入によって雨季の栽培が可能となり、二毛作の作付体系が確立した。

2）作付体系の改善点となるDry sowingは、乾季末期の雨季降雨前に播種する技術である。そこで播種日決定のために降水量の変動係数を取り入れた。この変動係数は一定時期の降雨状況を表しているため、熱帯の気候を数値

で知ることができた。

本研究ではこの数値が100以上であると乾季を示し、99～50であると不安定な雨季を示し、50未満の場合は安定した雨季を示すことで、熱帯の季節を基準化した。この基準は半乾燥地域、湿潤地域の両地域に共通して一定期間の降雨状況を知る手段となり、作付体系の計画策定と雨季入りの判断を得ることに利用できた。そして降水量の変動係数が100未満に下がった時をDry sowingの播種時期と決定した。

3）湿潤地域において同様にDry sowingを導入した改良作付体系の試験を実施した。インドネシア、南東スラウェシ州クンダリ県ラノメト村の天水田の作付にDry sowingを導入することにより、多毛作の改良作付体系が確立できた。在来の農業では雨季に水稲が単作されているだけであったが、1作目にDry sowingを導入し、乾季末の水稲前作として畑作物の栽培が可能となった。さらに、3作目として水稲後作の雨季から乾季にかけて畑作物栽培の1作を導入することで、三毛作の作付体系が可能となった。

改良作付体系の導入には土壌水分を考慮して、確実な発芽を得ることが必要であり、特に乾季作物の発芽技術が作付体系を決定することが判明した。そこでDry sowingは土壌水分の有効利用の面から発芽に有利で、多毛作を可能にするのみならず混作においても増収効果をもたらすことが判明した。

以上から降雨条件の違う半乾燥地域であれ湿潤地域であれ、乾季が出現する熱帯地域ではDry sowingを導入した改良作付体系が雨季作を安定化し、両地域において普遍的に適用できる技術であることが実証できた。

引用文献

1. Ae N., J. Arihara, K.Okada, T. Yoshida and C. Johanson 1990. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping system of India Subcontinent. Science 248:477-480.
2. 阿江教治・有原丈二・岡田謙介・大脇良成 1991. キマメの特異的養分吸収と熱帯半乾燥地帯の畑作におけるその重要性. 熱帯農研集報 69:69-76.
3. Agency for international development 1988. Sustainability of development programs: A compendium of donor experience. (A.I.D. Program evaluation discussion paper No.24) 56.
4. Bansal R.K. 1985. The tropicultor operation's manual: field operations. ICRISAT (Andhra pradesh, India) pp.62.
5. Braunack M.V. 1995. Effect of aggregate size and soil water content on emargence of soybean(Glycine max L. Merr.) and maize(Zea mays L.). Soil & Tillage Research 33:151-152.
6. CGIAR 1994. Challenging Hunger: The role of the CGIAR CGIAR (Washington) 41.
7. El-Swaify S.A., T.S.Walker and S.M. Virmani 1984. Dryland management alternatives and research needs for alfisols in the semi-arid tropics ICRISAT (Andhra Pradesh, India) 8-9.
8. Grove A.T. 1980. Concepts for dry tropical environments. In: Climatic classification: a consultants' meeting. ICRISAT (A.P. India) 3-5.
9. 花田俊雄· Saharan B.Anang 1988. 熱帯低地における野菜の遮光栽培. 熱帯亜熱帯における野菜の生産安定に関する研究. 熱帯農研集報No.60. 101-110.
10. Hans Ruthenberg 1980. Farming systems in the tropics.(Third edition). Oxford University Press (New York) 14-18.
11. 原洋之介 1987. 経済の現状と農業開発の課題. インドネシアの農業:現状と開発の課題.(海外農業開発調査研究, 国別研究シリーズNo.30) 国際農林業協力協会 (東京)
12. 林健一 1994. 21世紀をめざした農林業技術開発 :国際農業研究協議グループ(CGIAR)の活動(国際農業技術情報99) 国際食糧農業協会 (東京) 3-8.
13. ―――――――――――――― 6.
14. 廣瀬昌平 1993 . アジア畑作の地域別農耕技術の特徴. (アジア畑作技術指導マニュアル応用技術編) . 全国農業改良普及協会 (東京) 15.
15. 茨木和典・小野木静夫・小川和夫 1994. 不耕起栽培特集. パラグアイ農業総合試験所 JICA (アスンシオン) pp.47.

16. ICAR 1981. Improved agronomic practices for dryland crops in India. All India coordinated research project for dryland agriculture pp.93.
17. ICRISAT 1980. Climatic classification: A consultants' meeting ICRISAT (Andhra Pradesh, India) pp.153.
18. ICRISAT 1983. ICRISAT annual report 1983. 275-286.
19. ICRISAT 1994. ICRISAT report 1994. 20, 36.
20. 家永泰光 1980. 犁と農耕文化 古今書院(東京) 16, 28-29.
21. ―――――――――――――― 19.
22. 飯沼二郎 1993. 日本農業の再発見:歴史と風土から.(NHKブックス). 日本放送出版協会(東京) 25-28.
23. ―――――――――――――― 74.
24. ―――――――――――――― 42-46.
25. 今井隆典 1981. ソルガム.(熱帯作物要覧 No.5). 国際農林業協力協会 43-45.
26. 石弘之 1988. 地球環境報告.(岩波新書). 岩波書店(東京) 163-182.
27. 石塚喜明 1978,1979. いわゆる「複作」について. 農業技術 33:486-490, 34:62-67.
28. 岩片磯雄 1983. 西欧古典農業研究 養賢堂(東京) 125-129.
29. 科学技術庁資源調査会 1978. 熱帯アジアの自然環境からみた植産資源の適地選定に関する調査報告. 科学技術庁資源調査会報告第76号 13-15.
30. ―――――――――――――― 18-21.
31. 紙谷貢 1987. 転換期の東南アジア農業と協力の課題. 国際農林業協力 9(4):11-13.
32. 紙谷貢 (訳) 1989. 世界の食料問題と農業政策の動向.(最政研究センター国際部会リポートNo.3). 食料・農業政策研究センター (東京) 5-29.(原本 Thomas T. Poleman et al 1989. Hunger or plenty? The food/population prospect two centuries after Malthus.)
33. 紙谷貢 1990. 農業生産の多様化と政策の対応. 国際農林業協力 13(3) : 2-13.
34. Kampen J. 1979. Farming systems research and technology for the semi-arid tropics. In: Proceedings of the international symposium on development and transfer of technology for rainfed agriculture and the SAT farmer. ICRISAT(Andhra Pradesh, India) 39-56.
35. Kampen J. 1982. An approch to improved productivity on deep vertisols. Information bulletin No11. ICRISAT(Andhra Pradesh, India) pp.14.
36. ―――――――――――――― 9.

37. ―――――――――――――― 46.
38. 金谷尚知　1995. インドネシア国の農業・農村開発協力. 開発学研究 5(2):108-113.
39. 金谷尚知・松原英治・松中達夫・土性清稔　1995. インドネシア国村づくり協力プロジェクトとその支援活動. 農業土木学会誌　63(2):149-154.
40. Kanwar J.S. 1981. Problems and potentials of the black soils of India: Some saggestions for an action plan. In:Improving the management of India's deep black soils . ICRISAT(Andhra pradesh) 59-65.
41. 川延謹造　1975.　種物と育苗. 農学大事典. 養賢堂(東京) 1211-1213.
42. ―――――――――――――――　栽培管理. 農学大事典. 養賢堂　1244.
43. 川野重任 1975. 開発途上国の多毛作. のびゆく農業：世界の農政445. 農政調査委員会　15.
44. 萱野信義　1992. 農民参加型の新しい技術協力プロジェクトの紹介. 農業土木学会誌　60(3):207-212.
45. 木内知美 1988. 農業開発と環境保全. 国際農林業協力 11(1&2) :30-35.
46. 小堀巌（訳）1978. ニジェール. 白水社（東京） 46. 100.（原本：Pierre Donaint, Francois Lancrenon 1976. Le Niger, Collection Que-sais-Je?, Universitaires de France.）
47. 古賀康正 1979. 農村社会発展と技術. インドネシアにおける米収穫後処理過程をめぐって. アジア経済研究所（東京） 7-8.
48. 国連開発計画(訳　柴田俊英）1994. 人的開発と持続的農業. 1990年代とそれ以降の農業開発協力　国際農林業協会（東京） 46.（原本:UNDP Guidebook "Human Development and sustainable agriculture, Agricultural development Cooperation in the 1990s and beyond"）
49. 国際協力事業団 1977. 乾燥地農業開発に関する基礎調査報告書（第２次）. 204-205.
50. 国際協力事業団 1980. エジプト農業開発事前調査. 87-88.
51. 国際協力事業団 1981. シエラレオーネ共和国ロンベ沼沢地農業開発計画事前調査報告書. 29-41.
52. 国際協力事業団 1983. 初歩の開発問題 （中期研修教材）. 81-82.
53. 国際協力事業団 1984. 開発問題概論 （開発問題セミナー教材）. 69-80.
54. 国際協力事業団　1995. 農村生活改善のための女性の技術向

上基礎調査フェーズII報告書(インドネシア). 国際協力事業団（東京） 29.
55. 国際協力事業団 1995. 参加型開発と良い統治. 分野別援助研究会報告書. 1-9.
56. Krantz B.A., J.Kampen and S.M. Virmani 1978. Soil and water conservation and utilization for increased food production in the semi-arid tropics. Presentation paper of 11th international society of soil science (Edomonton, Canada) 3-4.
57. 久保祐雄 1987. 熱帯気候の概要. 熱帯の農業気象(熱帯農業要覧 No.19）. 国際農林業協力協会 （東京） 7.
58. 熊谷健 1993. インドネシアリアムカナンパイロット計画. 農林業協力専門家通信 14(4):15-12.
59. 前田和美 1984. インドにおける耕地利用と食糧生産の課題. 耕地利用と作付体系（栗原浩教授定年退官記念論文集). 大明堂 （東京）183-188.
60. ――――――――――――――――182.
61. 前田和美 1984. インドの半乾燥熱帯天水地域を中心とした作付体系の特色. 温･熱帯共通畑作のクロッピングシステムに関する研究. 文部省科学研究費補助金総合B研究成果報告書. 文部省 41.
62. Marsoedi D.S. and Widagdo 1988. Tanah dan potensinya dalam rangka pengembangan wilayah sulawesi tenggara. In: Lokarya pemanfaatam hasil pemetaan tanah, untuk perencanaan pembangunan wilayah gerakan desa makmur merata di Sulawesi Tenggara pusat penelitian tanah. Pusa Penelitican Tanah, Departemene Pertanian 45-58.
63. 丸杉孝之助 1988. 伝統農業と技術進歩. 国際農林業協力 11(1&2) :26.
64. 松本勝男 1989. 作物の種類, 品種, 特性. 乾燥地における作物生産. （熱帯農業技術叢書第22号）. 農林水産省熱帯農業研究センター 65-67.
65. Matumura T. 1956. Brassica with 10 and 18 chromosomes. In: Land and crops of Nepal Himalaya scientific results of the Japanese Expeditions to Nepal Himalaya 1952/53 Vol.II. Fauna and Flora Research Society Kyoto University (Kyoto) 151-166.
66. 宮坂忠次 1981. 畑作技術. ネパールの農業:現状と開発の課題（海外農業開発調査研究, 国別研究シリーズNo.11） 国際農林業協力協会（東京） 70-71.
67. 宮坂四郎 1987. 熱帯における自然環境と農法. 南アメリカの場合. 熱帯農業31(2):126-130.
68. 宮武恭一・中島柾夫・小倉昭男・伊藤一幸・三輪哲久・鳥越洋

一・佐藤了　1991.　アジアにおける作付体系.（農業研究センター研究資料No22.）. 農水省農研センター（つくば）　4.
69. 水野広祐 1987.　転換期のインドネシア稲作農業.　国際農林業協力 9(4): 54-65.
70. 本橋馨　1990.　国際農業協力の現状と課題. 現代社会と農業. 農業と経済56(6): 45-59.
71. 中村俊一郎　1979.　農林種子の発芽生理2.　農業および園芸 54(11):96-97.
72. 中村俊一郎　1980.　農林種子の発芽生理4.　農業および園芸 55(1):77-82
73. 中山包 1966.　農林種子の発芽　内田老鶴圃新社（東京）4-5.
74. 熱帯農業気象部会 1972. 東南アジア農業における環境条件気象）に関する調査研究.（熱帯農業技術叢書9）.　農水省熱帯農業研究センター　（東京）　pp.253.
75. ―――――――――――――― 12.
76. ―――――――――――――― 64-73.
77. 西貞夫 1982.　野菜園芸ハンドブック.　養賢堂　（東京）124-125.
78. Nishimura Y. 1981. Report on activities of farmer expert on Agronomy : JADP(Rapti Model Farm) Nepal　JICA(Tokyo)　35-41.
79. 西村美彦 1986. 半乾燥地農業開発における技術移転と問題点:国際半乾燥熱帯作物研究所での研究一事例. 国際協力事業団　（東京）11-20.
80. ―――――――――――――― 16-18.
81. ―――――――――――――― 19.
82. ―――――――――――――― 33-37.
83. 西村美彦 1989. インド半乾燥熱帯地域における改良農法 "Vertisol Management Technology".　熱帯農業 33(1):48-49.
84. ―――――――――――――― 46-47.
85. ―――――――――――――― 50-51.
86. 西村美彦 1994.　インドネシア農業・農民組織調査報告書, 南東スラウェシ州農業農村総合開発計画, 州外調査　国際協力事業団　（東京)）17,　62-77.
87. ―――――――――――――― 75-76.
88. 西村美彦　1995.　南東スラウェシの農業とサゴヤシ:第1報農業と農村.　Sago Palm　3:55-60.
89. 西村美彦 1995.　インドネシア南東スラウェシ州農業農村総合開発計画長期専門家総合報告書Ⅰ:農民組織強化分野.　国際協力事業団（東京）　pp132.
90. 西村美彦・辻本寿之　1987. スーダン無償資金協力実施促進調

査団報告書　国際協力事業団（東京）　7-14.
91. 西村美彦・佐々木隆宏　1987. ニジェール共和国プロジェクト形成基礎調査団報告書：ウアラム郡農村開発計画概要書. 国際協力事業団　（東京）　9-14.
92. 野田愛三 1952. 作物研究の発達とその動向. 農業及び園芸 27:549-550.
93. Noguchi M. and H. Nakamura 1985. Effects of cultural treatments on growth of vegetables under subtropical climate. JARQ18(3):233-240.
94. 野口弥吉 1965. 栽培原論. 養賢堂（東京）2-4.
95. ―――――――――――――― 15-20.
96. 落合秀男　1980. バングラデシュの農業, 現状と開発の課題 国際農林業協力協会　（東京）　pp.147.
97. 小田桂三郎 1982. 熱帯作物の生態と生産. 熱帯農業の現状と課題 . 日本熱帯農業学会創立25周年編集委員会　22-24.
98. 小田桂三郎・田中市郎・宇田川武俊・棟方研　1972. 耕地の生態学. 築地書館（東京）　34-37.
99. 小川房人　1974. 熱帯の生態学(生態学講座16巻)　共立出版（東京）　1-20.
100. ―――――――――――――― 22.
101. 応地利明　1991. デカン高原における雑穀の栽培技術, インド亜大陸の雑穀農牧文化　学会出版センター(東京)167-170.
102. 大久保隆弘 1976. 作物輪作技術論　農文協（東京）15-16.
103. ―――――――――――――― 30-35.
104. 大戸元長　1991. 農業の商品化と農業協力の方向. 国際農林業協力 13(4): 14-22 .
105. 大島清 1981. 食糧と農業を考える. 岩波書店（東京）8-18, 25-41.
106. 本岡武 1975. インドネシアの米（東南アジア研究叢書10）創文社（東京）94.
107. Oldeman L.R. and Darmiyati Sjiarifuddin　1977. An agroclimatic map of Sulawesi No.33. Central Research Institute for Agriculture Bogor (Indonesia)　pp.30.
108. 大久保隆弘・斉藤正隆 1980. 大豆の生態と栽培技術. 農文協（東京）　102-106.
109. 長田明夫 1989. 農林水産業におけるプロジェクト方式技術協力（その１）.　熱帯農業33(1): 62-69.
110. ―――――――― 1989. 農林水産業におけるプロジェクト方式技術協力（その２）.　熱帯農業33(2) :118-127.
111. ―――――――― 1989. 農林水産業におけるプロジェクト方式技術協力（その３）.　熱帯農業33(3):176-185.

112. ―――――― 1989. 農林水産業におけるプロジェクト方式技術協力（その４）． 熱帯農業3(4):295-304.
113. Raghavan D. 1960. Indigenous agricultural implements of India ICAR(New Delhi) 29-31.
114. ―――――――――――――――― pp.401.
115. Rayan J.G. and H.P.Binswanger 1979. Socioeconomic constraints to agricultural development in the semi-arid tropics and ICRISAT's approach. In:Proceeding of the international symposium on development and transfer of technology for rainfed agriculture and SAT farmer. ICRISAT (A.P. India) 65. 56-67.
116. Rayan J.G. and R. Sarin 1981. Economics of technology options for vertisol in the relatively dependable rainfall regions of the Indian semi-arid tropics. In: Improving the management of India's deep black soils. ICRISAT (A.P. India) 37-40.
117. Ritchie J.T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8:1204-1213.
118. 佐々木高明 1989. 東･南アジア農耕論，焼畑と稲作． 弘文堂（東京）351-370.
119. Shinohara S. 1980. Guidebook for development of vegetable horticulture with capable seed production in the monsoon subtropics . Uchihara International Agricultural Training Centre, JICA(Ibaraki) 191-218.
120. 資源調査会熱帯資源特別部会 1981. 熱帯植産資源の総合的利用に関する調査． 科学技術庁資源調査所 57-64.
121. 清水正治・川原治之助 1975. 作付様式. 農学大事典． 養賢堂 （東京） 1436-1459.
122. 杉田健三 （編訳）1978. 開発戦略の三つの問題、食糧･人口・貿易，のびゆく農業(世界の農政554) 農政調査委員会(東京) pp32. （原本：John W. Mellor, Three issues of development strategy - Food, population, trade, international food policy research institute.）
123. Sugunakar Reddy M. 1982. Crops and cropping patterns agriculture in Andhra Pradesh Vol.1 (resources), The farmer's welfare trust and the society of scientists for advancement of agriculture(India) 91-109.
124. 鷲見一夫 1986. ＯＤＡ援助の現実.(岩波新書)． 岩波書店(東京） pp.142.
125. 角田重三郎 1975. 収量． 農学大事典． 養賢堂（東京） 1421-1422.
126. 高橋浩一郎･岡本和人 1987. 21世紀の地球環境.(NHKブックス）． 日本放送出版会（東京）73-78.

127. 高谷好一　1990. コメをどう捉えるか.(NHKブックス). 日本放送出版会（東京）　107-109.
128. Thierstein G.E. 1979.　Possibilities for mechanizing rainfed agriculture in the semi-arid tropics.　ICRISAT(Andhar Pradesh) 3-4.
129. Tsukuba International Agricultural Training Centre 1989. Report on experiments in vegetable crops production course 1989. (Textbook VC No.44) JICA(Tsukuba) 15.
130. 鶴見良行 1984. アジアはなぜ貧しいのか.（朝日選書211). 朝日新聞社 278.
131. 内山泰孝　1987. 主要国の農林業気候.　熱帯の農業気象.(熱帯農業要覧No.19）. 国際農林業協力協会（東京）133.
132. 上山春平・渡部忠世　1985.　稲作文化.(中央新書752).　中央公論社（東京）　160-170.
133. Virumani S.M.,　M.V.K.Sivakumar　and　S.J.Reddy 1980. Climatic classification of the semi-arid tropics in relation to farming systems research.　In: Climatic classification: consultants' meeting. ICRISAT(A.P. India) 36-41.
134. Virumani S.M., M.V.K.Siva Kumaru and S.J.Reddy 1982. Rainfall probability estimates for selected locations of semi-arid India. (Research bulletin No.1). ICRISAT (Andhra Pradesh, India) 3-7.
135. Virmani S.M., R.W.Willey and M.S.Reddy 1981. Problems, Prospects and Technology for increasing cereal and pulse production from deep black siols. In: Improving the management of Indian's deep black　soils. ICRISAT (Andhra Pradesh, India) 21-27.
136. Watabe T. and K. Tanaka　1981. Traditional cropping systems of small farmers in the central and southern Deccan plateau area. Report of the scientific survey on traditional cropping systems in tropical Asia, Part 1. India and Sri Lanka. Kyoto University 5-22.
137. 渡部忠世　1995.　農業を考える時代ー生活と生産の文化を探る.　農山漁村文化協会（東京）13-24.
138. 渡部忠世 1990. 農耕文化の現代的意義. 現代社会と農業.　農業と経済（臨時増刊）14-23.
139. 渡部忠世・角田公正・俣野敏子　1983.　熱帯アジアの作付様式：混作を中心に. 温帯・熱帯の比較農学.（文部省特定研究温・熱帯生物比較農学成果編集委員会編)東京農業大学総合研究所（東京）　121.
140. ――――――――――――――― 119-123.
141. 渡部忠世・田中耕司 1984. 東南アジア島嶼部における耕地利用と作付体系, 温熱帯共通畑作作物のクロッピングシステム

に関する研究. 文部省科学研究費補助金総合B研究成果報告書 98-99.
142. 渡辺利夫・草野厚 1991. 日本のＯＤＡをどうするか.（NHKブックス）. 日本放送出版協会（東京） pp.217.
143. 渡辺梨利 1989. アジア経済をどう捉えるか.（ＮＨＫブックス）. 日本放送出版（東京）80-91.
144. Whiteman P.C. and B.W.Norton 1980. Alternative users for pigeonpea. In: Proceeding of the inetrnational workshop on pigeonpeas Vol.1. ICRISAT(Patancheru, India) 365-377, 370-371.
145. 山田登 1975. 農業立地. 農学大事典. 養賢堂 （東京） 103-105.
146. 山田登 1982. 研究部門における技術協力の現状. 国際農林業協力の課題と提言. 熱帯農業の現状の課題. （日本熱帯農業学会創立25周年記念事業委員会） 149-155.
147. 山田三郎 1988. 世界の農業と開発途上国の農業開発. 国際農林業協力11(1&2) :10-17.
148. 山根昌勝 1989. 作物生産の環境. 乾燥地における作物生産. 農林統計協会（東京）8-9.
149. 安成哲三 1990. 熱帯とモンスーン. 講座 東南アジア学. 第２巻東南アジアの自然 弘文堂（東京） 65-70.
150. ―――――――――――――――― 70-72.
151. Yazawa S. 1977. Vegetable farming guidebook based on the study made at Rapti model farm (JADP) from 1972-1976. JICA(Tokyo) 31.
152. 吉田博哉 1992. キャサッバ栽培の改善. 熱帯における地下作物の有効利用. 熱帯農研集報71: 49-50.
153. 吉岡邦二 1993. 植物地理学.（生態学講座９巻). 共立出版(東京） 51-54.
154. 全パ永続農法研究会 1996. パラグアイにおける不耕起栽培. 全パ永続農業研究会（パラグアイ） 18-20.

謝辞

本研究の遂行に当り一貫して変わらぬご教示とご鞭撻をいただいたのみならず、本論文のとりまとめに当たって懇切なご指導を賜った筑波大学農林学系教授上田堯夫博士に深謝する。また本論文をとりまとめるのに当たり有意義なご示唆をいただき、かつご校閲の労を賜った農林学系教授遠藤織太郎博士・田中洋介博士、並びに応用生物化学助教授東輝雄博士に深く感謝の意を表する次第である。

なお、調査、実験の遂行に当たりご協力並びにご助言をいただいた、国際半乾燥熱帯作物研究所前所長Dr.L.D.Swidale 及び元Farming system program部長Dr.S.M. Virumani氏、インドネシア国南東スラウェシ州農業農村総合開発計画プロジェクトの関係者の皆様方に感謝の意を表する。

また本研究は1977～1996年の長きに亘ったが、終始研究を支えてくださった国際協力事業団、筑波国際センター、国際協力総合研修所、農業開発協力部などの関係者の皆様や、海外で研究を実施した際お世話いただいた多くの方々、また筑波大学農林学系比較環境農学研究室並びに筑波大学農林技術センターの皆様に心よりお礼を申し上げる。

別添資料

インド半乾燥地における改良農法 "Improved Vertisol Management Technology"

ICRISATではVertisolでの作物栽培について集約的改良営農技術を考案し、実施している。この技術は“Improved vertisol management technology”（ＩＶＭＴ）呼ばれ、天水農業において小農が受け入れやすい低投入型経済的技術として開発されたものである。その内容はVertisolのもっている保水性の長短所を営農に生かすことである特に圃場基盤整備を安くするために自然地形を利用した畦立て法による排水、保水の改善を行い，そこに年二作以上を栽培しようとするものである。また、この方法に必要な資材として改良農機具、肥料、改良種子などを導入し、かつ播種、作物管理面で集約的な方法を用いるというもので作付体系、土壌及び圃場管理技術、農機具改良を合わせた総合改良技術である。

この改良営農技術に含まれる個別技術を挙げれば下記の通りである。

1) 作付体系の改良、土地の有効利用と増収を図るため作付体系として二毛作、混作により年間2作物以上の栽培をする。
2) 集水系（Watershed）単位による降雨の有効利用及び表流水の排水改良を目的とした広幅畦立て法（Graded broad bed and furrow system：BBF）の導入。10～100ha単位で水収支を扱う圃場水域を集水系と呼び、その中に0.4～0.8%に合わせた1.0mの畦を立て、この上に耕作し、畦間を排水溝及び耕作道として利用する。排水溝は、自然の勾配を利用し3～4mの草生路を1.5～2.0%の勾配で作り畦間からの表流水を排水促進し侵食を最小限に防ぎ、耕地を集水系単位に扱い、水管理を行う。
3) 畜力牽引作業機（Animal drawing wheeled tool carrier：WTC）適正土壌水分確保を目的として耕起作業を行うため、改良農具（WTC等）の導入による経済的かつ作業の簡易化、能率化を図ると同時に農具の多機能化を図る。
4) 降雨前播種／乾季播種（Dry sowing）の導入。雨季における耕地が軟弱となり播種作業が困難となるので、播種を雨季入り直前に行う。
5) 適正肥培管理、窒素、燐酸肥料を基肥とした適量を土中すじ状施用する．また窒素肥料を畦間すじ状追肥と亜鉛の欠乏対策を行う。
6) 中耕除草の導入農機具による中耕除草作業の能率化を図る。

7) 改良優良種子の利用交配品種、高収量品種、選抜品種、病虫害抵抗性品種の開発と導入を行う。

8) 適期病虫害防除

9) 積極的的な雨水の収集を行い（Water harvest）による補助的灌漑（Supplementary irrigation）を導入する。

また、主要技術の特徴は次のように表わせる。

1) 作付

デカン高原Vertisolにおける作付体系の改良作付体系は本論で示すように草本生作物と木本生作物を一年毎に栽培するものである。一年目に草本生作物のソルガムの栽培を導入すれば、この栽培は雨季あけ後の乾季に実施される。雨季は降雨パターンの変動が大きく、短期作物の栽培では危険度が高いことや、除草、地力維持に問題があるため休耕とし、栽培が容易な乾季に栽培する。しかし次年は木本生作物のキマメやヒヨコマメを雨季から長期に栽培する．これに対し改良作付体系（Improved cropping system）は、従来栽培困難であった雨季に、乾季播種によって第1作目を導入し，年2作を目ざす体系である。

また、作物の組み合せを考慮し、生育ステージの違いを利用した混作は、耕地の有効利用を主な内容としている。すなわち、多毛作と混作を組み合わせ、隔年ごと相互にこれを導入したローテションを作り出すものである。

2) Dry sowing（乾燥期における播種）の導入

この方法は雨季作栽培を可能にさせる方法として、また伝統的農法を安定化させることを目的とし考案されたものである。雨季に入る直前に播種することにより、雨季入後に行われている通常の播種作業に比べ作業を容易にすること、限られた降雨を効率よく発芽に利用できること。栽培期間を約一週間早めることが可能となり、ソルガムの害虫（シュートフライ）の披害を回避できることを特徴としている。しかし、このように有利な反面、播種日の設定を統計だけにより決めるため確率の誤差を生じる(雨季入が不規則である)。乾季におけるVertisolの状態は固くなっているため前もって（Pre-monsoon直前または前作収穫直後)圃場を耕起するなどの準備を必要とし、この際力の強い耕耘機が必要となる。また、発芽後の水不足により発芽した作物が、次の降雨までに枯れるおそれがあるなどの問題点もある。このようにDry sowingそのものは雨季入り前に播種すること、及びやや深

植えすることであり、特に難しい技術ではないが、播種日の適切な判断に難しさがある。播種日はこれまで雨量データから統計分折を行い決定されてきたが、この分析方法には“Markov chainの確率”が用いられている。これは10mm、20mm、…50mmなど、それぞれの降雨が期待される確率を週ごとに求め、50％以上の確率となればその前の週を播種時とする方法である。作物の種類、安全度に応じて10mm、20mm…など雨量レベルを選び、確実に多くの雨が必要な作物の場合50mm等の多雨量の値を選ぶ必要がある。たとえばソルガム、リョクトウのような一般的な作物は10mmか20mmレベルでよいであろうし、ワタなどの種子は高価で再播種が困難であり、失敗すると農家負担の大きな作物は40mmか50mmの安全度の高いレベルを選択する必要がある。

3）集水系単位による圃場管理技術

水の有効利用を集水系単位で行う技術であり、ICRISATのこの技術は10ha単位をOn-farm watershedと称し、100ha単位をMicro watershedと呼び、圃場内で降った雨を有効に利用し、かつ排水を良好にすることに主眼を置いたものである。集水系内の圃場整備で、均平を行うことは多額な費用を必要とし、中小農民では負担が大きく実施は難しい。そこで自然の傾斜を利用し0.4～0.8％の勾配に合わせて畦立てし畦間を排水溝として利用する。畦立て法は“BBF”と呼ばれ畦幅1m、畦間50cm、高さ30cmの畦が作られる。畦間からの水は2～3％の勾配に合わせて作られた排水溝、耕作道に集められる。土壌侵食を防ぐため排水溝には草をはり草生路とする。降った雨の表流水（Run-off water）は畦をつたわり排水溝を経て最終的にWatershed外に排出される。この排出された水を積極的に集めたタンク等に貯蔵し、灌概に再利用する方法を“Water harvest”と呼び、水の有効利用法として半乾燥地のコストの安価な漑灌概技術となっている。通常BBF法が導入できる地形はwatershed内の自然勾配が1～3％必要である。1％以下であると自然の勾配による排水効果が遅くかつ難しくなる。また、地形が険しすぎては機械、農具の導人が困難となりBBFの作成が難しくなる。BBF作成における留意点は、低位部（Depression line）排水溝として設計することで、畦（ベット）の長さは100m以内とし、傾斜を0.4～0.8％に合わせるための地形を選択し、畦の方向はできるだけ同じ向きとして圃場計画を行うことである。このBBF作成法をWatershed利用による天水畑作農業の起源は、Dry farmingとして古く紀元前2世紀までさかのぼることができる。

また、Watershedベースによる BBF導入耕作技術の特徴は、次のように要約される。

1.圃場整備に係わる費用が安い。

2.表流水の排水と土中への浸透増大、及び土壌水分保持を行う（Rain flood irrigation）。

3.集水系内の表流水の貯水と再利用（Water harvest）。

4.畦間を耕耘機の走行路として利用（Tram line culture）。

5.農機具使用による土壌固化（Compaction）からの回避。

6.土壌侵食防止効果。

写真1　ソルガム/ キマメの混作試験圃場
ソルガム収穫後のキマメ管理作業。

写真2　試験に使用された半改良のAgribar農機具

写真3　トウモロコシ+ヒヨコマメ二毛作
1作目のトウモロコシ収穫後の圃場。右側がソルガム／キマメ混栽区。

写真4　Dry Sowing試験のダイズの発芽　ICRISATにて。

写真5　トウモロコシ+ヒヨコマメ二毛作試験区　2作目のヒヨコマメ生育試験圃場。

写真6　IVMT農法のDry Sowing技術による土壌中のリョクトウの発芽状態

写真7　多毛作試験における一作目（12月～3月）の陸稲の栽培（ラノメト村）

写真8　多毛作試験における一作目のダイズの栽培（ラノメト村）

写真9　農家圃場での水稲のサンプリング風景（インドネシア、南東スラウェシ）

写真10　多毛作試験のダイズの生育調査（インドネシア、南東スラウェシ）

写真11　ネパールタライ平野乾季の畦多種播種試験における畦の設置

写真12　トウモロコシの栽培試験
肥料施用区（右）と無施用区の生育の差は大きい。

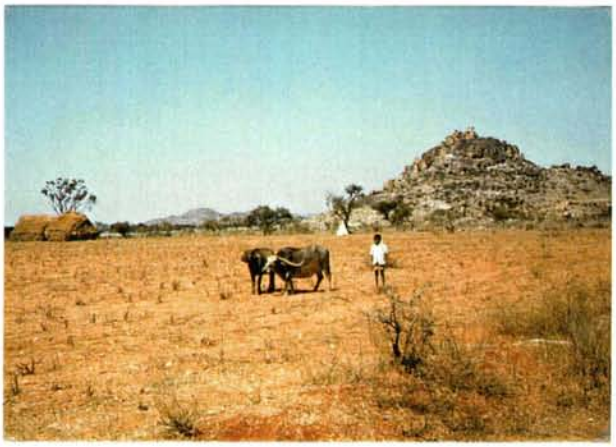


写真13　乾季におけるAlfisolの圃場
乾燥が激しく作付けはできない。

写真14　乾季のVertisolの状態
粘土分が多く乾燥により亀裂が入る。

写真15　雨季のVertisol圃場
降雨後は滞水や泥土化し、耕作が困難となる。

写真16　デカン高原の慣行農法による播種作業
畜力牽引農具（テッパン）による播種、施肥が一連作業で行われる。

写真17　デカン高原の慣行農法
多種の作物を混作する場合の播種法で播種・施肥が同時に行われる

写真18　デカン高原の慣行農法による中耕作業
伝統的畜力牽引農具による2人作業のワタの中耕。

写真19　改良Vertisol営農技術（IVMT農法）
車輪付き畜力牽引機（WTC）による
広幅畦立て（BBF）作業。

写真20　IVMT農法によるWTCを使用した半手作業播種

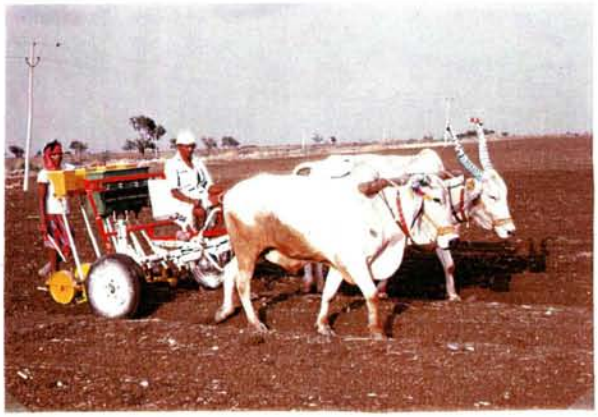


写真21　IVMT農法における全自動播種機付きWTCによる播種作業

写真22　改良農法の一手法
IVMTの圃場管理システムで集水系（Watershed）に施された排水路（Waterway）。

写真23　IVMT農法のBBFにDry sowingされたリョクトウの発芽

写真24　IVMT農法によるWTCを使用したリョクトウの中耕
ニカート機による作業。

写真25　条播1穴多種混播型の混作
多種類の作物種子が1穴に混播され条播とされる。

写真26　散播による混作
耐乾性の作物が多く、肥沃度が低いほど種類が多い。

写真27　ソルガムとキマメの混作
ソルガムの収穫時キマメはこれから開花する。生育時期のずれを利用した組み合わせ。

写真28　リョクトウとソルガムの混作
BBFによる条播1：2作付け方式。マメ類と穀類の組み合わせ。

写真29　野菜と果樹の混栽
1年生作物と永年生作物の組み合わせで空間利用型の混作の1種類である。

写真30　リョクトウとキマメの混作
BBFによる条播2：2作付け方式。短期生育／長期生育、マメ類／マメ類の組み合わせ。

写真31　インドネシア、南東スラウェシの伝統的農業の焼畑（焼畑で栽培される陸稲）

写真32　インドネシア、南東スラウェシの伝統的農業のサゴヤシ（サゴヤシからのデンプン抽出作業）

写真33　湿潤地域の混作（インドネシア、ジャワ島）

湿潤地域の混作はバナナ、イモなどの多年生作物で構成されている。

写真34　焼畑での混作（インドネシア、南東スラウェシ島）

半乾燥地と同様な多種の作物が混作される。

写真35　湿潤地域のワタの栽培（インドネシア）

湿潤、半乾燥地共通に適応できる。乾季、雨季を利用した栽培としてワタが用いられる。

写真36　ダイズ栽培（インドネシア、南東スラウェシ）

水稲栽培後の不耕起栽培によるダイズの生育。

写真37　慣行農法による畑での播種作業（インドネシア、スラウェシ島）
ここでは播種を棒（トゥガル）で行うのが一般的である。

写真39　先住民に導入された水田耕作（インドネシア、南東スラウェシ）
新規開田したところでは、まだ田植えに正条植えは実施されていない。

写真41　穂刈りされた陸稲と穂刈農具のアニアニ（インドネシア、南東スラウェシ）
穂束は作業分け前として分配の単位になる。

写真38　棒穴田植え（インドネシア、カリマンタン）
湿潤地の水稲栽培には棒で穴開けをして苗を植える農法がある。

写真40　湿潤地での干ばつの様子
湿潤地でも天水であると乾季栽培の水稲は干ばつに遭いやすい。

写真42　水田除草具
湿潤地域では常に除草が問題となる。ジャワではこの除草機をランダ(Landa)という。回転式のものはジョンポン(Jompong)という。