

第 1 章 序 章

第1章 序章

1-1 調査要請の背景

首都ニアメの北方に隣接するウアラム郡は北サヘル地帯に属し、年降雨量200~400mmと不順で寡少な雨の下で砂漠化がすすみ、年々住民生活は圧迫され続け自然の猛威に脅かされている。このため村落の大半は出稼ぎが常習化し、住民の一部は離村さえして過疎化がみられる。一方、人口は確実に増加し続けて、食糧不足は深刻となり生活環境の悪化を伴って住民を不安に陥れている。この悪状況に対して、ニジェール政府は村落の存続と住民生活の安定向上を目指して、1986年9月ウアラム地域農村復興計画概要書を作成しこの計画を実施するため同年11月中央レベルでウアラム復興プロジェクト委員会を発足させ、計画省・農業環境省・水利資源省・総理府が共同してこれにあたることになった。又、地方レベルでも県と郡関係者により、1987年1月に開発検討委員会が設置され具体的検討に入った。しかし、計画を推進するうえでの調査技術及び実施経費につき、国内では手当の目途がつかず、且つ計画樹立が緊急性を帯びていることから日本側に協力要請を求めてきたものである。

1-2 調査の主な目的

本調査の目的は、進行し続ける砂漠化の影響を受け食糧危機に陥っているウアラム郡の農村復興と住民の生活安定確保を目標に次の2項目につき重点的調査をすすめている。

- 1) 農村開発基本構想及び緊急開発計画の策定を含む復興計画の樹立。
- 2) 本調査期間中にニジェール国側関係者との間に問題確認や調査計画手法等の技術移転を図る。

具体的な実地調査は、代表的な選定30ヶ村を対象において、実態把握を主体にしている。そして、全域の復興計画は選定30ヶ村の類型モデルに基づく波及性を配慮のうえ開発基本構想を樹立している。

1-3 調査の経過

調査は図表(図7)の調査業務実施行程に示したように総員11名により、全調査行程は約1年間を通じて実施した。乾季における第一次調査は1988年3月22日から6月12日迄の約2ヶ月半、内現地調査は3月27日から6月12日までと雨季の第二次調査・同年6月14日から翌1989年2月28日、内現地調査は8月14日から12月12日までとした。

第2章 ニジェール国の概要

第2章 ニジェール国の概要

2-1 地理

1) 位置

ニジェール共和国は北緯12°～24° N、東経0°～15° Eの範囲にあって、東西1,600km、南北1,070kmと横に広がった西アフリカ東部の内陸国である。周囲は次の7ヶ国と国境を接している。

隣接国： 北方；アルジェリア、リビア …… 北アフリカ
 東方；チャド …… 中部アフリカ
 南方；ナイジェリア、ベニン …… 西アフリカ
 西方；ブルキナファソ、マリ …… 西アフリカ

2) 面積及び地勢

国土は総面積1,267,000km²を有するが、サハラ砂漠とサバンナとの移行地帯にあたり、年間雨量100mm以下のところが48%も占め、年530mm以上の降雨があるのは約8%である。地域により気候や植生に多少の差はあるが、一般には単調で変化が少ない。

北部の砂漠気候地帯と南部の熱帯性気候地帯との間を年間降雨量で区分すると次のように6区分される。

但し、年降雨量200mm以下を砂漠地帯とする。

気候地帯	年降雨量	植生グループ	地理的面积 km ²	面積比率 %
サハラ砂漠地帯	200mm未満	有棘植物の散在する砂漠	823,500	65.0
北サヘル地帯	200mmから耕作限界	小灌木疎林 草原ステップ	154,600	12.2
南サヘル地帯	耕作限界から350mm	茨灌木ステップ	153,300	12.1
サヘル、スーダン地帯	350～600mm	サバンナ灌木林	124,200	9.8
スーダン地帯	600～800mm	サバンナ林がある	11,400	0.9
スーダン、ギニア地帯	800mm以上	サバンナ林 大木が多い	-	-
計			1,267,000	100.0

土地利用区分からみると、次のようになる（'86年現状による）。

天水耕作面積	37,710 km ²	3.0 %	農耕利用可能地 152,760km ² 12.1%
灌漑耕作面積	350	0.03	
休閑、放牧地	92,500	7.3	
森林、林野	22,200	1.8	
砂漠、山地等	1,114,240	87.9	
計	1,267,000	100.0	

但し、天水耕作面積は降雨量によって、その5～8%の増減がある。

（資料：'87 全国農業年報 Rapport Annuel Statistiques Agricoles）

国土を行政上の県別にみると、次のようになる。

県別	面積 km ²	人口 人	人口密度 人/km ²
Niamey	90,293	1,728,021	19.1
Dosso	31,002	1,019,997	32.9
Tahoua	106,677	1,306,652	12.2
Maradi	38,581	1,388,999	36.0
Zinder	145,430	1,410,797	9.7
Diffa	140,216	189,316	1.4
Agadez	714,801	203,959	0.3
計	1,267,000	7,247,741	5.7

但し、Niamey県はNiamey特別市施行前の者である。

（資料：'87 全国人口統計）

全国を地質上の形成においてみると、3系列の基盤岩構造帯（アイール～ダマガラム、リプタコ、ダドゥ）とウリミデン、チャドの2大盆地からなっている。南西部におけるニジェール河の広い谷は、褶曲を受けた花崗岩や変成岩類の結晶質基盤岩で構成されるが、東側はいろいろの時代の砂岩層が分布し、高原台地や残丘となって、チャド湖の方向に傾斜している。そして、サハルの北方のサハラ砂漠には、先カンブリア時代の片麻岩と花崗岩からなる

標高 1,700m のアール山地を界して、西側には第四紀の黒い溶岩や凝灰岩、火山灰などが分布したイルハゼル平原が標高 500m 程で拡がり、東側には特に乾燥したタクアサセット・テレネが標高 600m でジャド盆地までつながっている。中東部のビルマからジャドまでは線に沿って、いくつかのオアシスがみられる。

2-2 自然条件

1) 気候

ニジェールを含む西アフリカの気候を左右する気団の配置からみると、ニジェールの北端を北回帰線が東西に走っていることによって、ニジェールの気候が特徴付けられている。すなわち毎年 7 月、8 月に回帰線が北上し、張り出した低気圧の谷がニジェール全土を包み込む恰好になるので、この時期の所謂 "mousoon" が南西の風となって雨季をもたらすことになるが、気圧の谷はニジェールを通過することなく折り返して南下してしまう。そしてニジェールの北方部が回帰前線の停止位置に相当するので、熱帯性低気圧がもたらす象牙海岸からの雨の恩恵を殆ど受けないで雨季から乾季に移ってしまう。1 月、2 月には気圧の谷は赤道直下間で移動するので、北東の季節風が "harmattan" となって、サハラ砂漠の砂嵐を引込み、乾季を暗くしている。こうして、1 年が雨季と乾季に 2 分されて、周期的に繰り返される。この "mousoon" の劣化、熱帯偏東風のジェット気流の衰退や植生破壊によって、降雨量が減少し、砂漠化がすすむ説も挙げられるが、決定的な要因は定かでない。

サヘル地帯における旱魃や洪水の歴史の変動を参照すると、次のようになっている。

旱魃発生 (乾燥期)	大雨・洪水発生 (湿潤期)
AD 1300 ~ 1550	
	1500 ~ 1580 (中断期を含む)
	1592
	1616, 1618
1680 年代	
1710 ~ 1720	
1730 ~ 1750	
	1780
1790 年代	
	1795 ~ 1800
1830 ~ 1840	
	1880 ~ 1896
1910 ~ 1916 (1913最悪)	
	1920 ~ 1937
1940 ~ 1941	
	1950 ~ 1967
1968 ~ 1984 (1972~73及び1983~84最悪)	

降雨分布は、年、場所によって必ずしも一定ではないが、雨季を通じては、ほぼ東西に平行な等高線状を呈しており、北方に向かう程、少なくなる。そして、国土の大半は500mm/年以下のゾーンにあり、農作物の安定作を得る 500mm/年以上の降雨を得られるのは、南西部のごく一部で、南端部ガヤ地方での 800mm/年が最も多い。気温は降雨のない砂漠地帯を除いて、降雨地帯では全般に、5月が最高で平均気温35℃前後になる。そして、雨季に入り8月には一時26~27℃に低下するが、10月には再び上昇して30℃程になる。一年で最も低下するのは12月で、平均22~32℃になる。しかし、砂漠地帯は降雨の影響がなく、6、7月に最高平均35℃になり12月、1月には15℃まで低下するような、単純な年周期を繰り返している。

2) 水、その他の天然資源

水資源として、まず地表水をみると、前述のように北緯14°以南では雨季に300~800mmの降雨があり、農業、牧畜、林業等の一次産業形成の基礎条件を支配している。しかし、蒸発散量も2,500~3,100mm/年と大きく、地表水として利用されるのは雨季とその後2~3ヶ月間で、残り6~7ヶ月間は地下水に依存している。即ち常時河川として地表流出を得られるのは、南西地域を流下するニジェール河のみで、その他は間渴河川として雨季の期間中とその後、2~3ヶ月は表流水にてWadi, Kori等、沼・池に集まるが、次第に浸透、蒸発して河道痕跡のみ残す。これらにはニジェール河の支川として、Dargol, Sube, Goroubi, Kori Ouallam, Dallor Bossou, Foga, Meouri, Majis, Tarks, Goulbinkabe等があり、又、チャド湖に流れる Dillsがある。この谷筋の中には永年貯留する池や沼がいくらかあるが、大部分は蒸発、浸食により消滅してしまう。永年貯留の水面積はおよそ 7,000haとされ、その池、湖の周辺で農作物が栽培されているが、充分活用されているとはいえない。ニジェールの東南に位置するチャド湖は国内に31,000haの水面積を有していたが、流入土砂の堆積で次第に干陸されて、砂漠化の危険が迫っている。

南西部を流下するニジェール河は水源をギニアに発し、全長4,180km、流域面積約150万km²を有するアフリカ第3位の河川で、ニジェール国内を、550 kmに渡って南北に流れる。年間平均 1,010m³/sec、最大流量 2,365m³/sec を記録するが6月、7月の渴水量は20m³/sec以下まで低下しその水位差は4 m程度になる。洪水期の冠水面積63,000haから渴水期のそれは9,000 haになり、沿岸開発が徐々にすすめられている。しかし、ニジェール河本川は国際河川のため、協定により沿岸の一部のみに利水規制され、大きな開発は許されていない。

一方、乾季に有用な地下水は、住民の生活用水として不可欠な唯一の水資源で、古来より開発が行われ、現在、全国で約17,000本の生活用井戸が数えられ、1本の井戸に平均 400人が依存している。地質水文上は南西地域の第四紀及びコンチネンタル・ターミナル砂岩層と中部地域のデガマ砂岩並びにアガデス砂岩及び東部地域の第四紀沖、洪積層Mangにおいて、自由地下水、深層被圧地下水帯で区分されて存在するが、現存井戸の大部分は30m程度の浅井戸から自由地下水を汲みあげている状態で、枯渇するものも多く、その修復が盛んに行わ

れている。中間層、深層地下水帯からの深井戸の利用は人口の多い都市部で水道用水に使われるほかは、経費がかかるため普及していない。そして、広大な面積に比して、揚水量は概して少ないので、深層水位低下は生じていない。この外、乾季灌漑用や家畜用の浅井戸が村の各所にあるが、これも枯渇するものが多く、今後の開発に待つところが多い。

この他に産業資源として1966年にアガデス北西 250kmのアイール山地アーリット近くでウランの有望な鉱脈が発見され、更にその南方10kmのアクータ地方でも埋蔵の兆候があり、研究開発が行われている。

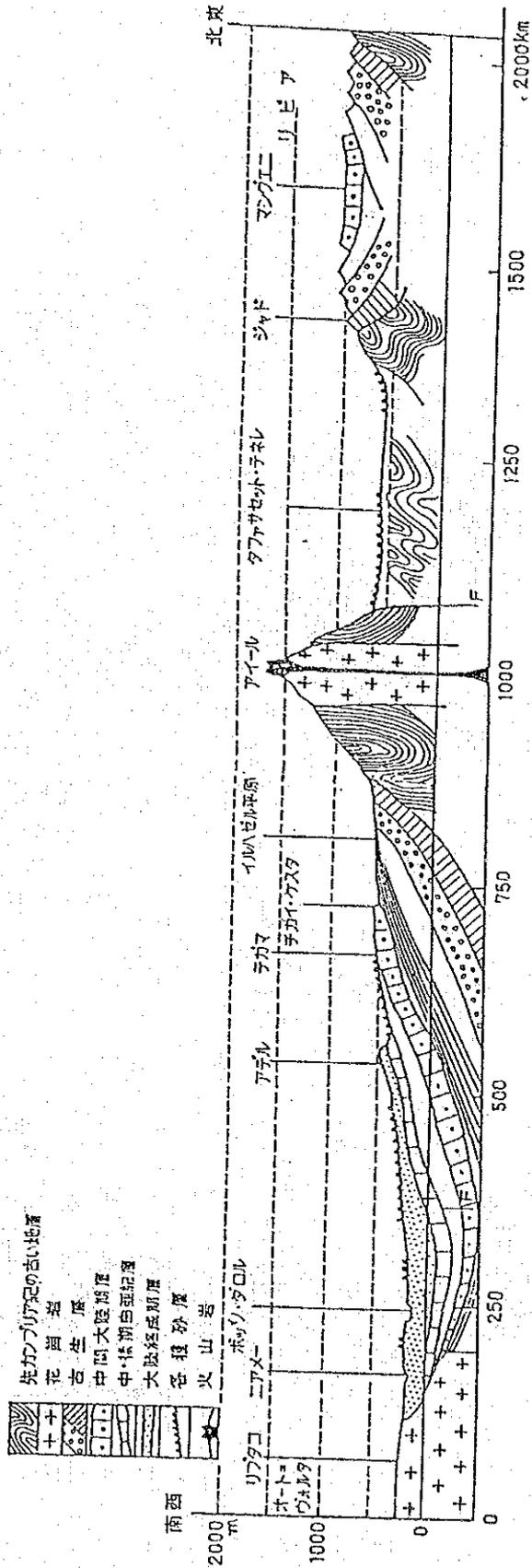


図 2-2-2 ニジェール国の地質断面図

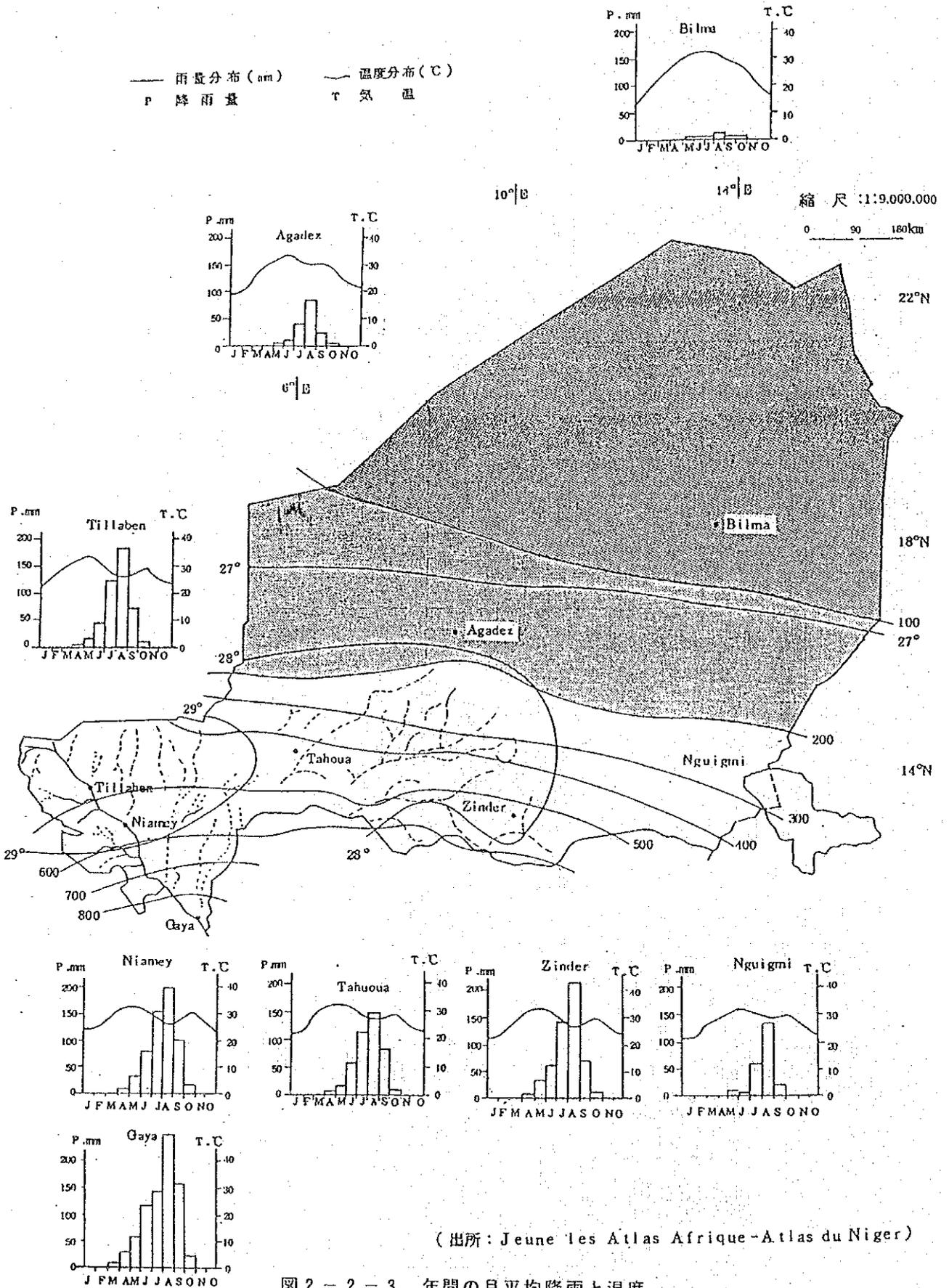
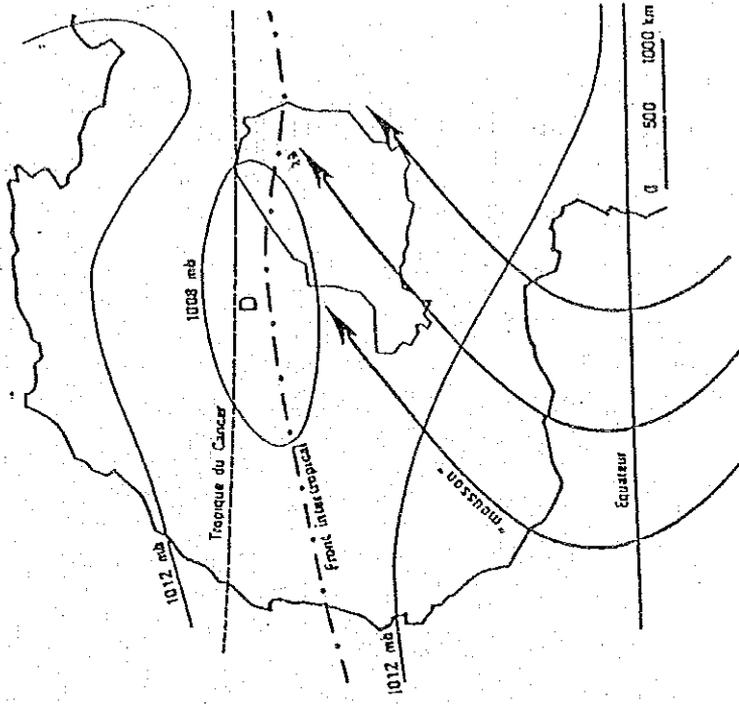
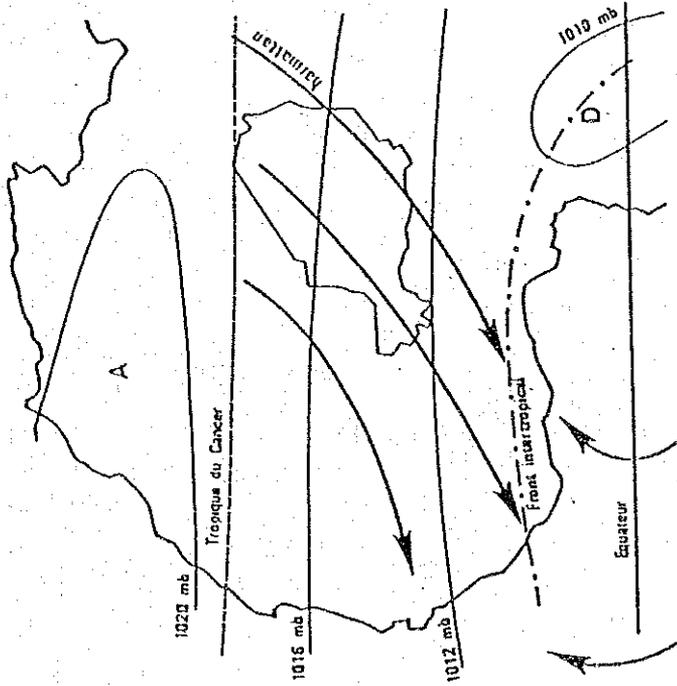


図 2 - 2 - 3 年間の月平均降雨と温度

7～8月の気団（雨季）



1～2月の気団（乾季）



(出所: Atlas Jeune Afrique
— Atlas du Niger)

図 2 - 2 - 4 西アフリカにおける気団の季節的变化

2-3 人口

1986-1987版の統計年鑑 (Annuaire Statistique) によると、1988年におけるニジェール国の人口は 7,028,000人と推定される。1978年から1988年までの10年間にニジェール国の人口は平均年率3.0%で増加している。1988年以降は同人口は平均年率3.1%で増加するものと予測されている。人口は加速的に増える傾向を示している。

ニジェール国は7つの県 (Departements) と1つの特別市 (首都Niamey) に分かれる。7つの県はAgadez, Diffa, Dosso, Maradi, Tillabery, Tahoua 及びZinderである。1988年にそれまで存在していたNiamey県はTillabery県と特別市に分かれた。

1988年における各県の推定人口はAgadezが 181千人 (22.5%)、Diffa が 215千人 (3.1%)、Dosso が 927千人 (13.2%)、Maradiが 1,326千人 (18.9%)、Tahouaが 1,302千人 (18.5%)、Zinderが 1,380千人 (19.6%)、そしてNiamey市が 416千人 (5.9%) である。

1988年におけるウアラム郡の推定人口は 198千人であり、Tillabery 県の人口の15.5%を占め、ニジェール国の人口の2.8%に当たる。

1977年に行われた全国人口センサスによると、人口の男女比は、女子 100人に対して男子98人であった。都市人口は総人口の13%であった。また、15歳から59歳までの生産年齢人口の比率は51%であった。

表2-3-1 ニジェール国の人口

1. 人口の推定

年	人 口 (千人)	年 増 率 (%)
1978	5,246	2.8
1979	5,394	2.8
1980	5,549	2.9
1981	5,709	2.9
1982	5,876	2.9
1983	6,049	2.9
1984	6,229	3.0
1985	6,413	3.0
1986	6,613	3.1
1987	6,817	3.1
1988	7,028	3.1
1989	7,246	3.1
1990	7,471	3.1
1991	7,703	3.1

2. 県別人口 (1988年)

県	人 口 (千人)	構 成 比 (%)
Agadez	181	2.6
Diffa	215	3.1
Dosso	927	13.2
Maradi	1,326	18.9
Tillabery	1,281	18.2
Tahoua	1,302	18.5
Zinder	1,380	19.6
Ville de Niamey	416	5.9
合 計	7,028	100.0

3. Tillabery 県人口の郡別内訳 (1988年)

郡	人 口 (千人)	構 成 比 (%)
Fillingue	288	22.5
Niamey (Kollo)	181	14.1
Ouallam	198	15.5
Say	134	10.5
Tera	290	22.6
Tillabery	190	14.8
合 計	1,281	100.0

出所：統計年鑑（1986-1987年版）及びJICAによる推定

2-4 経済情勢

統計書に載っている最も新しい年の国内総生産は1986年のそれである。それは7,346億CFAと推定されている。1986年までの過去10ヶ年において、ニジェール国の経済は名目で平均年率11.9%で成長した。しかしながら、1986年までの5ヶ年を採ると、その間の名目経済成長率（平均年率）は4.1%に落ちている。

消費者物価は1976年から1986年までの10ヶ年間に平均年率8.4%で上昇した。1981年から1986年までの5ヶ年を採ると、消費者物価はその間に平均年率2.3%しか上昇していない。

インプリシット・デフレーターについての統計はないが、もし仮に消費者物価指数を代用すると、上記10ヶ年間に於ける実質経済成長率（平均年率）は3.2%と算定される。また、上記5ヶ年を採ると、同成長率は1.8%と算定される。

即ち、ここ数年物価の動きは沈静化しているが、同時に経済が低迷している。

1976年における産業別の経済構造は、第1次51.0%、第2次16.6%、そして第3次32.4%であった。その後、ウラニウムの採掘・輸出ブームで一時第2次産業が20%台に乗り、1986年には経済構造は第1次44.9%、第2次14.5%、そして第3次40.6%となった。1986年の経済構造と1976年のそれとを比較すると、第1次産業が50%を割り込み、その分を第3次産業が補填している。

人口1人当りの国内総生産は1986年において、111,100CFA（約390米ドル）と算定される。

国家予算の規模は1980年において102,677百万CFAであり、これは国内総生産の19.1%に当たる。このパーセンテージは諸外国と比較して高い方である。同年における歳入予算の構造を見ると、収入が4分の3を占め、残りの4分の1を借入金でまかなっている。借入金の大部分を外資で調達している。この構造に特に大きな問題はない。

1980年における歳出予算の構造を見ると、万遍なく予算が配分されている中で、教育（17.3%）、道路（9.8%）、農林狩猟漁業（6.5%）、鉄工建築業（5.0%）などに特に重点が置かれている。我々のプロジェクトに直接関係する農林狩猟漁業と道路が名を連ねている。道路の予算規模は10,088百万CFA、農林狩猟漁業のそれは6,720百万CFAである。

ニジェール国の海外貿易は慢性的な入超によって特徴づけられる。輸出の構造は単純であり、ウラニウム鉱を主体とする鉱産物が80%以上を占めている。その他では、家畜や野菜が重要な輸出品となっている。輸入の構造は変化に富んでいるが、燃料油、穀類、塩、セメント、砂糖、穀粉、酪農製品、果物、食用油、薬品などがとりわけ重要な輸入品となっている。

表2-4-1 国家経済とその動き

1. 国内総生産の動き

単位：10億CFA

年	人 口 (千人)	年 増 率 (%)
1976	237.9	31.9
1977	288.8	21.4
1978	359.2	24.4
1979	443.2	23.4
1980	536.2	21.0
1981	601.5	12.2
1982	663.0	10.2
1983	687.1	3.6
1984	626.4	- 8.8
1985	682.3	8.9
1986	734.6	7.7

2. 消費者物価の動き

1962/63年 = 100

年	人 口 (千人)	年 増 率 (%)
1976	225.6	—
1977	278.1	23.3
1978	306.1	10.1
1979	331.8	8.4
1980	362.2	9.2
1981	450.2	24.3
1982	497.0	10.4
1983	484.8	- 2.5
1984	526.0	8.5
1985	520.4	- 1.1
1986	503.7	- 3.2

3. 経済構造とその動き

単位：10億CFA

産 業	1976年		1981年		1986年	
	国内総生産	構成比 (%)	国内総生産	構成比 (%)	国内総生産	構成比 (%)
第 1 次	121.4	51.0	246.8	41.0	329.9	44.9
第 2 次	39.5	16.6	127.3	21.2	106.8	14.5
第 3 次	77.0	32.4	227.4	37.8	297.9	40.6
合 計	237.9	100.0	601.5	100.0	734.6	100.0

表2-4-2 国家予算の構造 (1980年)

単位：百万CFA

1. 歳入予算

項 目	金 額	比 率 (%)
1. 収 入	77,436	75.4
経 常 収 入	77,430	75.4
租 税	65,435	63.7
そ の 他	11,827	11.5
調 整	168	0.2
資 本 収 入	6	0.0
2. 無 償 供 与	0	0.0
3. 借 入 金	25,241	24.6
国 際 金 融	21,616	21.1
国 内 金 融	3,625	3.5
商 業 銀 行	2,152	2.1
中 央 銀 行	1,382	1.3
そ の 他	91	0.1
合 計	102,677	100.0

2. 歳出予算

単位：百万CFA

項 目	金 額	比 率 (%)
1. 公的-一般サービス	19,337	18.8
2. 国 防	3,719	3.6
3. 教 育	17,792	17.3
4. 保 健	4,003	3.9
5. 社会保障及び社会事業	1,646	1.6
6. 住宅及び集団開発	2,073	2.0
7. その他の集团的、社会的サービス	2,184	2.1
8. 経済的サービス	32,027	31.2
総 務	603	0.6
農林狩猟漁業	6,720	6.5
鉱工建築業	5,111	5.0
電気ガス水道	1,722	1.7
道 路	10,088	9.8
空 路	0	0.0
その他の輸送通信	3,575	3.5
その他の経済的サービス	4,208	4.1
9. そ の 他	14,374	14.0
10. 調 整	1,572	1.6
11. 借入金返済	3,950	3.9
合 計	102,677	100.0

出所：統計年鑑 (1986-1987年版)

表 2 - 4 - 3 輸出入の構造

1. 輸出入の動き

単位：10億CFA

年	輸出	輸入	差異	年	輸出	輸入	差異
1975	19.6	21.9	- 2.3	1981	123.6	138.5	- 14.9
1976	31.9	30.3	1.6	1982	109.1	153.2	- 44.1
1977	39.3	48.2	- 8.9	1983	113.9	123.3	- 9.4
1978	63.7	68.9	- 5.2	1984	119.5	124.6	- 5.1
1979	95.2	98.1	- 2.8	1985	93.9	154.8	- 60.9
1980	119.5	125.4	- 5.9	1986	91.6	114.5	- 22.9

2. 輸出入の内訳

1) 輸出

単位：百万CFA

年	合計	食料飲料 タバコ	エネルギー 潤滑油	鉱産物	動植物 系産物	半製品	農 業 品	工 業 品	消費用 製 品
1985	93,919	13,718	18	74,167	243	2,280	3	1,281	2,209
1986	91,606	4,641	451	80,423	1,042	1,717	2	526	2,804
合 計	185,525	18,359	469	154,590	1,285	3,997	5	1,807	5,013
構成比(%)	100.0	9.9	0.2	83.3	0.7	2.2	0.0	1.0	2.7

2) 輸入

単位：百万CFA

年	合計	食料飲料 タバコ	エネルギー 潤滑油	鉱産物	動植物 系産物	半製品	農 業 品	工 業 品	消費用 製 品
1985	154,784	21,454	17,123	5,822	36,374	5,876	905	31,524	35,706
1986	114,535	23,131	13,622	6,269	6,115	5,802	1,536	23,897	34,163
合 計	269,319	44,585	30,745	12,091	42,489	11,678	2,441	55,421	69,869
構成比(%)	100.0	16.6	11.4	4.5	15.8	4.3	0.9	20.6	25.9

出所：統計年鑑（1986-1987年版）

2-5 産業の現状

1986年におけるニジェール国の国内総生産は7,346億CFAと推定されている。そのうち、第1次産業が44.9%を占め、最大の占有率を持っている。その次が第3次産業で、40.6%の占有率を持つ。残る14.5%を第2次産業が占める。

第1次産業を農業、畜産業及び林漁業に分けると、それぞれの占有率は25.0%、16.1%、及び3.8%である。我々のプロジェクトに直接関係する農業と畜産業は、併せて国内総生産の約4割を形成していることになる。

第3次産業ではサービスが20.0%と最大の占有率を持ち、そのうち公務が10.9%である。商業、飲食店、ホテルが12.1%と次位を占める。次に運輸及び通信の4.5%が来る。

第2次産業では鉱業が6.1%と最大の占有率を持つ。その次が製造業の3.9%である。しかしながら近代的製造業の比率は1.2%である。建築及び土木が2.4%、そして電気、ガス及び水道が2.1%を占める。

第1次産業の占有率は年を追って下降する傾向による。逆に第3次産業の占有率は毎年少しずつ上昇している。第2次産業の占有率は不規則な動きを示しており、その方向は必ずしもはっきりしない。

第1次産業の中心的存在である農業において、主要な食糧作物はミレット、ソルガム、米などの穀類、豆科植物のニエベ、根菜類のキャッサバなどである。野菜としては玉ねぎ、トマトなどが、また、工業作物としては落花生、砂糖きび、綿花などが重要である。

ニジェール国の農業を担っている最も重要な作物はミレットである。1986年におけるミレットの耕地面積は約320万ha、ha当たり収量は約430kg、従って生産量は約138万tであった。生産量は年を追って漸増の傾向があるが、それは耕地面積の拡大によるものである。

ニジェール国民の生命を支える第2に重要な作物であるソルガムの1986年における耕地面積は約110万ha、ha当たり収量は約330kg、従って生産量は約36万tであった。耕地面積は年々増大の傾向にあるが、反面収量が漸減の傾向にあるため毎年の生産量に大きな変化はない。

食糧作物として第3に重要なニエベの1986年における耕地面積は約160万ha、ha当たり収量は約180kg、従って生産量は約29万tであった。この作物も耕地面積は年々増大の傾向にあるが、逆に収量が漸減の傾向にあるため、毎年の生産量に大きな変化はない。

1986年における穀類、豆科植物を併せた食糧作物の総生産量は約210万tであった。同年の推定人口は6,613,000人なので、1人当たり生産量は約320kgと算定される。この国では1人当たりの年間食糧必要量を250kgとしているが、上記数字は国の基準値を上回っている。

乾季作物として野菜の栽培が奨励されており、その生産量は漸増の傾向にある。工業作物の中で枢要の地位を占めた落花生の生産量は漸減の傾向にある。砂糖きびと綿花の生産量は横這い状態にある。

第1次産業の中で農業に次ぐ重要な地位を占めるのが畜産業である。統計書には1983年までの実態しか載っておらず、それ以降の動きについては判らない。1983年における牛、羊及び山羊の

現存頭数は、まとめた数字でそれぞれ 340万頭、320万頭及び 710万頭であった。同年における推定人口が 6,049,000人なので、人口1人につきおおよそ牛半頭、羊半頭そして山羊1頭いたことになる。

上記の3種類の家畜の中で、増殖力では牛が最も低く、山羊が最も高い。従って、それに見合った形で屠殺が行われている。ニジェール国では家畜の輸出が比較的盛んで、1983年には18万頭の牛、11万頭の羊及び5万頭の山羊がナイジェリア等に輸出された。家畜は年々3%前後の増加率で増えており、それは人口の増加率に見合っている。

第2次産業における鉱業はウラニウム鉱の採掘が中心をなしており、また、製造業は食品製造業及び繊維工業が主体をなしている。

現在、ニジェール国は経済社会開発5ヶ年計画(1987-1991)を実施中であるが、同計画下におけるマクロ経済的目標は

- 食糧自給(人口の増加と同一のペースで農業生産を増やす)、畜産復興及び森林資源の輸出並びに保存の促進という政策を推進することによって、農林部門を成長させる。
- 民間投資への障害を取除き、農村所得を漸次向上させることによって、近代部門(除鉱業)を急速に成長させる。
- 人件費に限りがあるので、行政部門の成長を抑える。

である。

我々のプロジェクトに特に関係の深い農業と畜産業については、次のような目標が掲げられている。

まず農業においては、生産について水資源並びに灌漑手段の不足、土壌の劣化、粗放耕地の拡大、栽培技術の非効率及びインプットの不足、商業化について需要供給の調節不足による余剰の販売困難性、信用貸しについて経営難による農業信用国民金庫(Caisse Nationale de Credit Agricole, CNCA)の閉鎖が指摘され、余剰農業の育成、エコロジー・バランスの回復維持及び農民の責任感の養成を長期目標に掲げ、行動計画として集約化と多様化(農畜産業の関係強化、栽培法の革新、土壌の回復保護、品種改良、灌漑努力の追求、インプット供給の改善)、価格、補助金、輸入の体系の再検討(価格の自由化など)、輸出促進、在庫協同組合の形成、相互金庫及び国民基金の設立などが提案されている。

畜産業においては、近年家畜の頭数が順調に増加していないとし、その原因を早魃という自然的要因に求めると同時に社会経済的でもあるとして、生産性の向上、家畜、牧草地及び水の連携による最適経営の確保及び畜産者の責任感の養成を長期目標に掲げ、行動計画として家畜頭数の回復(家畜数と飼料資源との間のバランスの回復による牧草地帯の復興と開発、不足年に備えての飼料の備蓄)、生産性の向上と多様化(経営及び飼料の知識の改善、農畜産業の関係強化、流通の合理化、インフラ・設備の復旧維持)、畜産協同組合の設立などが提案されている。

表2-5-1 産業構造とその推移

単位：10億CFA

産 業	1976 年		1981 年		1986 年	
	金 額	構成比(%)	金 額	構成比(%)	金 額	構成比(%)
1. 農林部門	121.4	51.0	246.8	41.0	329.9	44.9
農 業	67.2	28.2	125.9	20.9	183.4	25.0
畜 産 業	41.4	17.4	105.5	17.5	118.7	16.1
林 漁 業	12.8	5.4	15.4	2.6	27.8	3.8
2. 鉱 業	17.2	7.2	50.6	8.4	44.6	6.1
3. 製 造 業	14.4	6.1	36.0	6.0	28.6	3.9
近 代 的	3.5	1.5	7.4	1.2	9.0	1.2
手 工 業	10.9	4.6	28.6	4.8	19.6	2.7
4. 電 気、ガ ス 及 び 水 道	1.1	0.5	4.6	0.8	15.7	2.1
5. 建 築 及 び 土 木	6.8	2.9	36.1	6.0	17.9	2.4
6. 商 業、飲 食 店、ホ テ ル	25.1	10.6	92.8	15.4	88.9	12.1
7. 運 輸 及 び 通 信	7.9	3.3	20.8	3.5	32.6	4.5
8. サ ー ビ ス	34.3	14.4	86.8	14.4	146.8	20.0
公 務	18.8	7.9	47.7	7.9	79.8	10.9
そ の 他	15.5	6.5	39.1	6.5	67.0	9.1
税、輸 入 税	9.7	4.0	27.2	4.5	29.6	4.0
国内総生産	237.9	100.0	601.5	100.0	734.6	100.0

出所：統計年鑑（1986-1987年版）

表 2-5-2 食糧作物の生産状況

年	穀類			類		豆科植物		根菜類		油性植物		
	ミレット	ソルガム	米	とうもろこし	フホニオ	小	麦	ニエ	ハ		キャサバ	さいまいも
耕地面積 (千ha)												
1977	2,728.5	737.1	23.0	7.7	2.5	0.9	0.9	726.3	37.7	20.7	6.3	0.6
1978	2,746.7	795.9	25.4	8.6	3.2	0.9	0.9	952.4	24.6	26.1	3.9	0.6
1979	2,922.1	716.7	19.5	10.9	3.3	0.9	0.9	944.4	15.4	28.0	4.6	0.6
1980	3,072.4	768.1	20.0	15.2	3.4	n.a.	n.a.	1,105.1	18.6	21.0	4.0	n.a.
1981	3,038.2	982.3	20.7	9.4	2.6	n.a.	n.a.	1,197.6	16.3	26.0	4.3	n.a.
1982	3,083.8	1,134.6	20.2	12.6	5.9	n.a.	n.a.	1,427.9	n.a.	33.7	4.7	n.a.
1983	3,135.6	1,106.6	22.1	10.5	5.9	n.a.	n.a.	1,608.5	12.2	14.7	n.a.	n.a.
1984	3,025.7	1,098.4	19.2	10.7	5.0	4.4	4.4	1,512.7	14.4	22.2	6.8	n.a.
1985	3,168.7	1,142.2	20.6	8.1	1.9	3.5	3.5	1,566.1	8.0	18.1	3.1	n.a.
1986	3,239.4	1,109.1	27.6	9.4	1.9	n.a.	n.a.	1,590.5	13.7	11.4	n.a.	n.a.
生産量 (千t)												
1977	1,110.4	336.1	26.6	5.6	1.0	2.0	2.0	206.8	15.9	179.8	41.3	0.2
1978	1,122.5	371.2	31.6	7.6	1.4	2.1	2.1	271.5	8.1	204.9	23.7	0.2
1979	1,255.2	350.8	23.8	8.7	2.5	1.0	1.0	304.1	8.5	224.1	27.6	0.2
1980	1,362.7	367.9	29.8	10.0	2.6	n.a.	n.a.	268.7	11.4	162.0	16.9	n.a.
1981	1,313.8	321.6	38.9	n.a.	0.9	n.a.	n.a.	281.6	8.1	188.1	16.3	n.a.
1982	1,292.5	358.7	41.2	8.4	2.3	n.a.	n.a.	281.7	n.a.	219.8	23.2	n.a.
1983	1,298.3	355.4	44.7	6.7	2.6	n.a.	n.a.	271.3	5.2	164.8	n.a.	n.a.
1984	771.0	236.5	48.5	7.0	1.1	8.3	8.3	193.7	2.6	187.8	68.4	n.a.
1985	1,449.8	328.0	56.6	3.5	0.4	6.9	6.9	117.7	3.5	196.4	38.3	n.a.
1986	1,383.4	360.2	75.4	6.2	0.7	n.a.	n.a.	292.9	6.7	199.4	n.a.	n.a.
収量 (kg/ha)												
1977	414	456	1,155	726	410	1,650	1,650	285	422	8,690	6,500	270
1978	409	466	1,245	887	445	2,300	2,300	285	557	7,850	6,070	300
1979	430	489	1,225	793	747	n.a.	n.a.	322	553	8,005	5,930	305
1980	444	479	1,500	656	753	n.a.	n.a.	241	615	7,643	4,223	n.a.
1981	433	327	1,850	697	392	n.a.	n.a.	235	497	7,230	3,815	n.a.
1982	419	314	2,001	663	390	n.a.	n.a.	198	n.a.	6,525	4,930	n.a.
1983	414	321	2,022	636	434	n.a.	n.a.	169	427	11,211	n.a.	n.a.
1984	255	215	2,518	650	212	1,930	1,930	129	180	8,836	10,040	n.a.
1985	458	288	2,754	440	218	2,029	2,029	74	442	11,040	12,280	n.a.
1986	427	325	2,730	657	349	n.a.	n.a.	184	481	17,491	n.a.	n.a.

注：n.a. = 不詳

出所：統計年間（1986-1987版）

表 2-5-3 野菜及び工業作物の生産状況

年	野 菜				工 業 作 物			
	玉ねぎ	オクラ	ピーマン	トマト	砂糖芋	落花生	綿 花	タバコ
耕地面積 (千ha)								
1977	2.0	0.5	0.1	0.9	2.7	174.3	10.4	0.6
1978	2.9	2.1	0.4	1.3	3.7	210.2	9.2	0.6
1979	3.4	1.3	0.4	1.1	3.5	144.9	6.8	0.9
1980	3.2	1.1	1.1	0.4	3.4	189.6	4.2	-
1981	0.9	1.1	0.6	0.6	5.7	208.7	2.1	-
1982	4.6	-	0.5	2.6	4.7	190.3	1.7	-
1983	1.9	-	-	-	-	167.1	3.8	-
1984	2.4	-	-	2.4	-	142.7	3.9	-
1985	3.0	-	-	1.8	-	29.8	4.4	-
1986	-	-	-	-	-	118.2	7.2	-
生 産 量 (千 t)								
1977	62.7	0.3	0.1	7.2	131.5	82.3	6.4	0.2
1978	78.4	1.0	0.2	9.6	169.9	96.8	4.4	0.2
1979	104.3	0.7	0.2	5.6	189.1	88.5	4.5	0.7
1980	107.8	0.6	0.3	1.3	113.5	126.1	2.9	-
1981	17.2	-	-	3.8	122.4	101.8	1.8	-
1982	116.0	-	0.3	12.8	151.6	81.4	2.0	-
1983	53.9	-	-	-	-	74.9	4.0	-
1984	43.9	-	-	25.1	184.9	30.8	3.9	-
1985	65.6	-	-	22.8	107.6	8.4	4.4	-
1986	-	-	-	-	-	54.5	6.8	-
収 量 (kg/ha)								
1977	31,140	562	435	7,800	48,910	472	609	350
1978	27,380	451	569	7,200	46,040	461	480	385
1979	31,100	505	595	4,970	53,410	610	660	800
1980	33,270	687	672	3,397	33,300	665	674	-
1981	-	-	-	6,102	21,360	488	854	-
1982	25,217	-	600	4,808	32,000	428	1,182	-
1983	-	-	-	-	-	448	1,055	-
1984	18,027	-	-	10,195	23,250	216	1,057	-
1985	21,700	-	-	12,100	17,550	285	861	-
1986	-	-	-	-	-	461	945	-

注：-の符号は不詳または数字が0もしくは0に近いことを示す。

出所：統計年鑑（1986-1987年版）

表 2 - 5 - 4 畜産の状況

単位：千頭

年	総頭数	生産		輸入	屠殺		輸出		純増	
		頭数	%	頭数	頭数	%	頭数	%	頭数	%
牛										
1975	2,508	443	17.7	5	205	8.2	80	3.4	163	6.5
1976	2,687	469	17.5	20	160	6.0	150	5.6	179	6.7
1977	2,827	477	16.9	5	260	9.2	80	2.8	142	5.0
1978	2,948	484	16.4	5	290	9.8	80	2.7	119	4.0
1979	3,045	504	16.6	5	332	10.9	80	2.6	97	3.2
1980	3,142	540	17.2	5	368	11.7	80	2.5	97	3.1
1981	3,246	532	16.4	36	370	11.4	94	2.9	104	3.2
1982	3,339	533	16.0	40	320	9.6	160	4.8	93	2.8
1983	3,441	553	16.1	50	321	9.3	180	5.2	102	3.0
羊										
1975	2,159	712	33.0	10	417	19.3	110	5.1	195	9.0
1976	2,361	767	32.5	10	470	19.9	105	4.4	202	8.6
1977	2,463	825	33.5	0	623	25.3	100	4.1	102	4.1
1978	2,569	851	33.1	5	650	25.3	100	3.9	106	4.1
1979	2,674	877	32.8	5	677	25.3	100	3.7	105	3.9
1980	2,794	955	34.2	5	740	26.5	100	3.6	120	4.3
1981	9,291	1,016	34.8	6	790	27.0	105	3.6	127	4.3
1982	3,055	1,058	34.6	7	822	26.9	109	3.6	134	4.4
1983	3,195	1,100	34.4	7	854	26.7	113	3.5	140	4.4
山羊										
1975	5,395	1,991	36.9	10	1,300	24.1	150	2.8	551	10.2
1976	5,989	2,134	35.6	50	1,570	26.2	20	0.3	594	9.9
1977	6,157	2,313	37.6	5	2,130	34.6	20	0.3	168	2.7
1978	6,325	2,353	37.2	5	2,170	34.3	20	0.3	168	2.7
1979	6,435	2,375	36.9	5	2,250	35.0	20	0.3	110	1.7
1980	6,593	2,476	37.6	5	2,303	34.9	20	0.3	158	2.4
1981	6,763	2,501	37.0	7	2,313	34.2	25	0.4	170	2.5
1982	6,948	2,573	37.0	8	2,370	34.1	26	0.4	185	2.7
1983	7,139	2,633	36.9	8	2,400	33.6	50	0.7	191	2.7

注：純増＝生産＋輸入－屠殺－輸出

総頭数＝総頭数（t-1）＋純増

出所：統計年鑑（1986-1987年版）

第 3 章 計画地域の現状

第3章 計画地域の現状

3-1 自然条件

3-1-1 位置と面積

本計画地域のウアラム郡は Tillabery 県に属し、県内北辺の中央部に位置し、東側 Fillingue 郡、西側 Tillabery 郡、南側 Niamey 特別市と接し、北方はマリ国境に面している。経緯では $13^{\circ} 50' \sim 15^{\circ} 20' N$ 、 $1^{\circ} 30' \sim 3^{\circ} 15' E$ の範囲にあって東西160km、南北187km にわたって恰矩形状を呈している。総面積は22,132km²にして、西辺はニジェール河とおよそ25km隔たっており、郡庁所在地ウアラムは首都ニアメの北方約86kmにある。

ウアラム郡は Simiri, Ouallam, Tondikiwindi の3 Canton と Bani-Bangou 行政管理に分かれており、各々に所轄される村落数は次のようである。

Simiri canton	66 ヶ村
Ouallam canton	75 "
Tondikiwindi canton	77 "
Banibangou Ministre Admixistration	25 "
計	243 "

このほか、遊牧民部落が3村程、北方域を移動する。地域内には高い山地はなく、標高200~300mの高さにあって、残丘テラスが散在する。

3-1-2 土地

(1) 地形・地質

① 地形

計画地域はニジェール河本川左岸の支流川流域になっており、形成上から大きく区分して、地域の西側を南北に流れる Kori Ouallam 谷と東側を同じく南北に流れる Dallor Bosso 谷並びに北方を東西に横たわるサヘル台地に分かれる。そして、気候地帯区分にすると北サヘル地帯から南サヘル地帯にまたがるステップ帯となっており、天水農耕の限界地域にあたる。

地形上からは、全般にわたって北から南方に向かったなだらかな傾斜をなした広い谷間あるいは平原となっており、残丘テラスがこれも南北方向に散在して走っている。残丘テ

ラスの表面は層状洪積台地の風化岩が平板状に露呈して所々土砂が薄くたまって棘草を生やしている。残丘の側面は風化岩が崩落崖となって浸蝕を受け、土砂崩れ状に裾を拡げて、平原を荒廃化させている。低地部は大きな起伏もなく、水食ガリーを残しながら凹地に集まる。低平地部には大きく河川形状をなした帯状の沼地いわゆる fedamとなる地形やスポット状に池となる wadiがある。降雨季には水深 3 m を超すものは永久沼として残るが大半は雨季後 3～4 ヶ月で干上がる沼である。

② 地 質

ニジェール国は、3ヶ所の基盤岩地帯とアイール・ダマガラム構造帯、リプタコ地方及びダドゥ地方)と、2大盆地(ウリミンデン盆地とチャド盆地)とから形成されている(図2-2-1、図2-2-2)。ウアラム郡は、ウリミンデン盆地の西部に属し、第三紀のContinental Terminal層、ダロールボソ谷やコリウアラムなどの第四紀層で代表される地帯である。

1) 基盤岩

基盤岩地帯は、本調査地域ウアラム郡の西、ニジェール河右岸のリプタコグルマ地方に露出し、しゅう曲作用を受けた花崗岩や変成岩類で構成されている。また、アフリカ安定陸塊の南東端に当り、先カンブリア紀に属する。

2) 古生代と中生代

アイール地方とダドゥ(Djado)地方に露出するだけで、本調査地域では見られない。

3) Continental Hamadien層

本調査地域では露出していないが、基盤岩と下記のContinental Terminal層に挟まれた白亜紀から第三紀始新世の地層であり、地層は頁岩、泥岩、粘土質石灰岩から構成される。ウリミンデン盆地では、白亜紀の地層が南西に窪んだ形で笠状に並んでおり、アイール地方からリプタコ地方に傾斜している。

4) Continental Terminal層(第三紀大陸終成期層)

第三紀初頭、ニジェールで認められる最大の海浸が発生しており、ニジェール河と東経 6° の線に挟まれた狭い湾を形成している。熱帯性の森林におおわれ、強い風化を受けたため、基盤を 60m 以上も粘土化しており、その後、新たな隆起が起こり、湾は古地中海から分離し、塩湖と化した。この塩湖にContinental Terminal層と呼ばれる海成堆積層が形成された。この地層は、中新世から鮮新世に属し、泥岩・シルト・鉄分の多い砂岩から構成されている。地層の厚さは、ダンゴンドゥチ(Dangondoutchi)盆地で 450m 以上にもなり、ダロールボソ谷のフィリング(Filingue)とタオア(Tahoa)との間の

地帯では、通常部分までが盆地の中心部となっている基底に魚卵状石灰岩から成る鉄鋼石、次に泥質砂岩、表面には一連の褐色粘土から構成されている。

Continental Terminal層の層序は、3大区分される。

1) Continental Terminal層下部 (Ct¹)

鉄分の多い泥質砂岩から成る魚卵状岩石で構成され、ダンゴンドウチイ付近で80m程度の層厚となる。ニジェール付近では、鉄分の多いシルト質となり、また亜磷酸鉄を含み数mの層をなしている。

一般的に、魚卵状の岩石の層準は、下半分に分布し、鉄質の甲皮状岩石が上半分に規則的に分布する。ニジェール河の左岸からティラベリの東側を通り、マリ国南部までの狭い地帯に露出する。

2) Continental Terminal層中部 (Ct²)

ウリミンデン盆地の北西部に露出する。この地層は、暗褐色泥岩・細粒砂岩・鉄分の多い泥質砂岩から構成され、炭化木を多く含んでいる。特に、鉄分の多い魚卵状岩石が基底に存在する場合Ct²⁻¹として区分化している。

3) Continental Terminal層上部 (Ct³)

砂岩、赤色の泥質シルトから成り、数十mの層厚を呈している。層の上部は固結しており、泥質シルト中には、同心円状の酸化鉄の穴の細管が網目のように存在している他層に比して魚卵石はまれにしか含まれない。

下部とは不整合の関係にある。

これらの地層は、大規模な向斜構造を成している。ウアラム村とティラベリの中間地点における調査ボーリング資料によれば、約50mで基盤に達し、上部はContinental Terminal層は厚くなり、ダンゴンドウチイで最大450mにもなる。Continental Terminal層の最深部は、ダンゴンドウチイとダロールボソのマリ国通過部分までの部分であり、ニジェール河の流路から垂直(北東)方向に進むにつれ、深くなる。

地表付近には、第四紀の砂層・砂丘や古い化石砂丘が分布している。基盤の地下水を採水している井戸は予想以上に開発されているが、一般的に3m³/日以下と揚水量は少ない。しかし、将来基盤内の水理地質状況が解明されれば、亀裂地下水を対象にした地下水開発の可能性は大きいと考えられる。

Continental Terminal層の地下水は、浅井戸が最も多く採掘されている3つの自由地下水帯水層と2つの被圧地下水帯水層、あるいは半被圧地下水帯水層が知られている。

(2) 地下水

① 電気探査法による地下水探査

1) MT法による地下水探査

地球表面にふりそそぐ自然電磁波は、各種の周波数帯のものが存在するが、MT法で用いる自然電磁波の周波数は一般にELF(Extremely low frequency)帯に属するものである。ELF帯のうち、地球と電離層とで共振現象を起こしている周波数は、地球上で生じている雷活動により維持されており、跡切れることがないため探査の信号源として最適である。これらの周波数は、7.8Hz, 14Hz, 20.4Hz, 40Hz等という離散的な値である。

電磁波は、信号源である雷から、測定点が離れている場合、地表にほぼ垂直に入射するものと仮定され、平面電磁波の理論が成立する。つまり、比抵抗値は、電場と磁場の強度の比と電磁波の周波数とで求められる。

物質内の吸収による減衰は、周波数が高いほど、物質の比抵抗値が小さいほど大きくなる。地球内部は各種の比抵抗を有する堆積物や岩石から構成されているため、測定した比抵抗値は各種の堆積物や岩石の影響を含んだ見かけの比抵抗値である。

上記のように、周波数が低いほど深くまで浸透するが入射した電磁波の強度が約64%まで減衰する深度(表皮深度)は次のようにまとめられる。

表皮深度 (m) と測定周波数 (Hz)

表皮深度	周 波 数 (Hz)			
	7.8	14	20.4	40
比抵抗 ($\Omega \cdot m$)				
1	179m	134m	111m	79m
10	566	423	350	250
100	1,790	1,336	1,107	791
1,000	5,661	4,225	3,500	2,531

探査は、調査対象地域30ヶ村において乾季のPhase I 現地調査期間中に実施された。付・図6-2と付・図6-3に南北成分と東西成分での見かけ比抵抗の分布図を示す。ティラベリの東で露出している先カンブリア紀の基盤岩、花崗岩や変成岩類は、ニジェール河の流路方向と垂直(北東)方向に進むにつれ、深くなる。ウアラム村とティラベリの間地点では約50mで、ウアラム村の西では約100m程度で基盤に達する。ウアラム村の東から基盤は急に深くなり、100mを超え、東に進むにつれ急激に深くなる。

ところで、先カンブリア紀の花崗岩の比抵抗値は、数1,000~数10,000 $\Omega \cdot m$ が一般的である。Continental Terminal層の構成物である泥質砂岩は1~50 $\Omega \cdot m$ である。また、Continental Terminal層の構成物である頁岩は、5~100 $\Omega \cdot m$ が一般的であり、

粘土質石灰岩は、100～数1,000Ω・mである。

測定周波数40Hzの比抵抗値は平均的に見て、数100～数1,000mまでの状態を示している。d図の見かけ比抵抗値の分布は、南北成分と東西成分共に100 Ω・mの等値線で、右上部と左下部に2分される。右上部はContinental Terminal層とContinental Hamadien層、左下部は基盤岩の分布状態を非常に合理的に示している。測定周波数が低くなるにつれ、より深部の構造を示すようになり、右上部はContinental Hamadien層の分布状態を示すようになる。

2) 比抵抗電気探査法

比抵抗電気探査法（いわゆる電気探査）は、物体の電気的特性である電気抵抗を利用することによって、地下の比抵抗構造分布を求め、地下の地質や地下水層を推定する探査法である。大地を構成する代表的岩石の比抵抗は、 $10^{-5} \sim 10^{15} \Omega \cdot m$ であり堆積年代が新しいほど小さく、また海中堆積物は陸上堆積物より小さい（下表）。また、土や岩石は、乾燥状態では比抵抗が極度に大きく、ほぼ絶縁体に近い。一般的に、土や岩石の比抵抗は、間隙率、孔隙の配列・水の飽和度等に依存する。つまり、間隙率が高ければ高いほど、比抵抗は小さく、また水の飽和度が高ければ高いほど、比抵抗は小さい。

表 3 - 1 - 1 岩石の比抵抗値とその堆積年代・環境による相違

	海底の 砂岩 頁岩 グレイワック	陸成の 砂岩 粘土岩 アルコーヌ	火山岩 玄武岩 流紋岩 凝灰岩	花崗岩 斑れい岩 他	石灰岩 大理石 岩 石膏
	Ω・m	Ω・m	Ω・m	Ω・m	Ω・m
第三紀、第四紀	1- 10	15- 50	10- 200	500- 2,000	50- 5,000
中生代	5- 20	25- 100	20- 500	500- 2,000	100- 10,000
石灰紀	10- 40	50- 300	50-1,000	1,000- 5,000	200-100,000
古生代初期	40- 200	100- 500	100-2,000	1,000- 5,000	10,000-100,000
先カンブリア紀	100-2,200	300-5,000	200-5,000	5,000-200,000	10,000-100,000

野外で測られる比抵抗は、成層化した地層の各比抵抗（真の）がそれぞれ加算された見掛けの比抵抗である。そのため、見掛け比抵抗と深度との関係を解析することにより、成層化した個々の真の比抵抗を求めることができる。つまり、大地に既知の電流を流し、2点間の電位差を測ることにより、見掛けの比抵抗を測定する。電流は2本の電極を通して流され、電位差は2本の電流電極の間に配置される2本の電位電極間で測られる。測定電位差（I）は、 $\rho_a = KV/I$ で見掛けの比抵抗（ ρ_a ）と関係づけられる。Kは電

極配置係数と呼ばれる係数であり、電極配置方式としては、WennerやSchlumberger方式が一般的である。電極間隔を徐々に拡げることにより、より深くまで探査できる。

ニジュールはフランス語圏であり、技術者がSchlumberger電極配置方式になじんでいることから判断し、Schlumberger方式が採用された。探査は試掘井戸を決定するため、コリウアラム谷沿いで行われた。最大探査深度は、上記のMT探査結果やボーリング柱状図などを基にして120mとした。

付・図6-4はBardouga村とGuesse村における解析例を示したものである。図中の下部に、解析された柱状図が示されている。既存ボーリング資料や地質層序などから判断して、上位から下位へ ①砂層あるはラテライト層 ②粘土質シルト ③泥岩 ④砂岩 ⑤変成岩類や花崗岩の5層に大別される。

② 水理地質構造

Continental Terminal層は、向斜構造を形成し、向斜軸はダンゴンドゥチ(Dangondoutchi)とフィリングエ(Filingue)付近を通り、マリ国へ抜ける南東-北西方向であり、ここでの最大深度は約450mである。ティラベリ付近の西部では、例外的に基盤岩上に、Continental Terminal層が直に堆積しているが、一般的には基盤岩とContinental Terminal層との間にContinental Hamadien層を挟んでいる。

付・図6-6から付・図6-8に、水理地質断面図、付・図6-5にその位置図を示す。

I-I'断面はニアメから北東方向に進みダロールボッソ谷のバレヤラを通りダロールボッソ谷を北上する断面である。ニアメ付近では、深度50~100mで基盤岩に達し、ダロールボッソ谷のバレヤラ(Baleyara)では、Continental Terminal層やContinental Hamadien層がさらに厚くなる。Continental Terminal層に2つの被圧帯水層(中位と下部の帯水層がバレヤラ付近ではっきりと認められる)が存在する。中位帯水層はダロールボッソ谷のバレヤラから西では、著しく粘土化され、自由地下水と区別がつかなくなる。II-II'断面は、ムドック村の北西シミリ村からダロールボッソ谷のバレヤラまでの北西-南東断面である。被圧帯水層は2層あり、中位帯水層はダロールボッソ谷のバレヤラから西では著しく粘土化され、ディンガジバンダ村付近で、上部層と、区別できなくなる。下部帯水層の連続性は良く、ムドック村の西から次第に厚くなり、ダロールボッソ谷のバレヤラまで認められる。下部帯水層の透水量係数は、揚水試験データによると、 $8 \cdot 10^{-3} \sim 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ 程度である。

③ 地下水賦存状態

水理地質構造で記述した様にマクロ的には、ウアラム郡の地下水帯水層は、第三紀のContinental Terminal層の堆積構造の分布に規定される。帯水層は、自由地下水帯水層、中位被圧地下水帯水層及び下位被圧地下水帯水層に区分される。

1) 自由地下水

Phase I 現地調査期間中の乾季における地下水調査によると、自由地下水の流動は、北西から南東へ地形勾配とほぼ同方向に向いている（付・図6-9）。バニバングウ村やムードック村などのダロールボツソ谷の支流域では、広範囲に分布する自由地下水帯水層（中位とする）より上位に自由地下水帯水層が存在すると判断される。この上位自由地下水帯水層中に穿った浅井戸は、付・表6-1～3に示したように、乾季に涸れる。フォーメイ村の浅井戸は、上位自由地下水帯水層より一段下の広範囲に分布する中位地下水帯水層中に穿った井戸と言える。ギノウバングウ (Guinaou Bangou) 村とナゼー (Nazey) 村の井戸水位は、周辺と比較して非常に深く、中位自由地下水層より下位に地下水帯水層が存在することを示していると判断される。

すなわち、自由地下水帯水層は3つ存在する。上位の地下水帯水層中に井戸を穿った場合、乾季に涸れるものと判断される。

付・図6-10に、地表から自由地下水面までの深度を示す。この深さが10m未満の地域が2ヶ所あり、つまりコリウアラム谷とダロールボツソ谷の支流である。コリウアラム谷沿いのゲッセ村などの浅井戸は、乾季でも涸れずに、灌漑用水としても使われている。一方、ダロールボツソ谷支流のバニバングウ村やムードック村の浅井戸は、乾季になると涸れるが、この周辺は上位自由地下水帯水層が発達し、この帯水層中に穿った浅井戸は、乾季に涸れる。

全般的にコリウアラム谷流域は、ウアラム村やトンディキウィンディ (Tondi Kiwindi) 村を中心に深度20m～30m程度で地下水に到達する。コリウアラム谷支流域から離れるに従って深くなる。ダロールボツソ谷支流域では、2つの自由地下水帯水層が存在し、上位帯水層は乾季には水位が下がり、井戸の水は涸れる。ダロールボツソ谷支流域の中位自由地下水帯水層までの深度は、ほぼ30～40m程度である。ディノウバングウ (Dinaou Bangou) 村付近には、下位地下水帯水層が存在し、深度60～80m程度で地下水面に到達する。

2) 被圧地下水

水理地質構造で述べたように、マクロ的には被圧地下水帯水層が中位と下位の2層に区分される。中位被圧地下水帯水層は、ダロールボツソ谷支流域に分布する。下位被圧地下水帯水層は、南西方向から北東方向へ、基盤岩の分布に規定され、傾斜している。

付・図6-6から付・図6-8の水理地質断面図や他地点でのボーリング資料等から、地表から被圧地下水帯水層上限までの深度の分布を図で表すと、付・図6-11となる。ウアラム郡の西部と北部では資料等の情報が欠けているのでダダガ村周辺の南西部をのぞく南半分を議論の対象とする。

被圧地下水帯水層上限までの深度は、全般的に西から東へ傾き、次第に深くなる。ウアラム村やアナム・トンディ (Annam Tondi) 村、ゲッセ村などでは60m程度であろう。

つまり、コリウアラム谷のウアラム・トルコボイ・ゲッセ・カンダ・サマリより東側で急激に深くなる。ダロールボソ谷支流域とコリウアラム谷流域との境界に中位地下水帯水層が出現し、さらに西に傾き深くなる。ダロールボソ谷支流では、下位地下水帯水層までの深度は200m程度であるいはそれ以上になると判断される。

被圧地下水の水面図（地表から測った静水位の深度）を付・図6-12に示す。コリウアラム谷沿いでは、ほとんど自噴に近い水位となる。コリウアラム谷沿いに被圧度が高く、離れるに従って被圧が低くなる。ダロールボソ谷支流域の中位地下水帯水層の被圧度は、やや低い。

一般的に、コリウアラム谷流域は、深度50~80m程度で下位被圧地下水帯水層に到達する。被圧水面は地表下30m以内に現れ、コリウアラム谷では、自噴に近い状態となる。コリウアラム谷から西へ離れるに従って、下位被圧地下水帯水層は深くなり、ダロールボソ谷支流域では、深度200mを超えるようになる。

④ 地下水開発可能量

ニジェール盆地は、カンブリア紀から第三紀に至る陸・海成の堆積層から成り、表面積は約50km²に及ぶ。下位からContinental Intercolaire層、Continental Terminal層及び第四紀堆積層が分布している。

Continental Intercolaireは、上述したようにシルト質・粘土質砂岩から成り、多層の被圧帯水層を形成している。その厚さは、ナイジェリアで0~1,000 m、ニジェールで100~700 mである。帯水層の透水量係数は 1×10^{-2} m²/秒前後、動水勾配は 1×10^{-3} ~ 1×10^{-4} である。ニジェール盆地のNW-SE断面を通る透過量は、厚さ500m、透水係数5 m/日、動水勾配 5×10^{-4} とすると、約10 m³/秒(320×10⁶ m³/年)である。

同様に、Continental Terminal層での同じ断面を通る透過量は、厚さ100m、透水係数10 m/日、動水勾配 5×10^{-4} とすると、約4.1 m³/sec(130×10⁶ m³/年)である。自由地下水帯水層も同オーダーと考えられるため、全地下水透過量は総計約20 m³/秒(630×10⁶ m³/年)となる。

J. Margat(1982, BRGM)の見積りによると、ニジェール盆地の平均地下水涵養量は約850×10⁶ m³/年、 2.3×10^5 m³/日、27 m³/秒である。ニジェール盆地に占めるニジェール国の割合は約70%と推定されるので、単位面積当たり4.8 mm/年の涵養量となる。ニジェール盆地のニジェール領域の平均年降水量を300 mm/年とすると、涵養量は年降水量の約1.6%に相当する。つまり、年降水量の約1.6%が地下水となるということを意味する。

井戸1井当りの揚水量は、比湧水量から算定できる。各帯水層の比湧出量と透水量係数の一般的な値を次表に示す。

	比湧出量(m ³ /h/m)	透水量係数(m ³ /sec)
自由地下水	0.1 ~ 3	10 ⁻⁴
中位被圧地下水	1 ~ 10	1×10 ⁻³ ~1×10 ⁻²
下位被圧地下水	2 ~ 20	1×10 ⁻²

比湧出量とは水位を1m低下させた時の揚水量であり、透水量係数とは地下水帯水層の透水性を表す。

Phase II 現地調査期間中、Guesse村とBardouga村において深井戸を試掘した。付・図6-9に示したように、Guesse村では深度50m前後、Bardouga村では深度40m前後で、下位被圧帯水層に当たった。Guesse村の試掘井戸の被圧水位は、地表面下7.6mであり、揚水試験の結果、安全揚水量は15m³/hと算定された。従って、下位被圧帯水層の安全揚水量は15m³/h前後と判断される。

⑤ 水質検査

30ヶ村に点在する既存井戸の内、浅井戸24井と深井戸6井について水質分析を実施した。分析事項は、下記の13項目である。付・表6-7~8に分析結果とWHO水質基準を示す。

1. 水温 (アルコール温度計)
2. 濁度 (見識)
3. 色度 (見識)
4. pH (比色法)
5. 電気伝導度 (電気伝導度計)
6. 過マンガン酸カリウム消費量 (比色法)
7. アンモニア性窒素 (比色法)
8. 残留塩素 (比色法)
9. 全鉄 (比色法)
10. 全硬度 (比色法)
11. 塩化物 (比色法)
12. 一般細菌
13. 大腸菌群

WHO 水質基準 (付・表6-7~8) と欧州経済共同体水質基準 (付・表6-9~10) と比較すると、調査対象地域の水質特性は、次のようにまとめられる。

- a) pHは、6.0から8.5の間で、弱酸性のことが多い。

- b) 一般的に電気伝導度は高く、溶存物質が多い。ほとんどが $100\sim 610\mu\text{s}/\text{cm}$ の間に集中しているが最高値で $1,300\mu\text{s}/\text{cm}$ を示した。
- c) 過マンガン酸カリウム消費量は高く、基準値を越すものが半分以上あり、し尿等の混入が考えられる。
- d) アンモニア性窒素、残留塩素及び全鉄は、大半が基準値内にある。
- e) 全硬度と塩化物は、大半が基準値を越す。
- f) 一般細菌と大腸菌は、大半が基準値を越し、し尿等の混入が考えられる。

Guesse村とBardouga村の試掘井戸の被圧地下水については、次の水質分析を実施した。

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| ① ナトリウム (Na^+) | ⑦ 硫酸 (SO_4^{2-}) |
| ② カリウム (K^+) | ⑧ 塩素 (Cl^-) |
| ③ カルシウム (Ca^{2+}) | ⑨ 硝酸 (NO_3^-) |
| ④ マグネシウム (Mg^{2+}) | ⑩ 亜硝酸 (NO_2^-) |
| ⑤ 鉄 (Fe^+) | ⑪ pH |
| ⑥ 炭酸 (HCO_3^-) | ⑫ 電気伝導度 |

灌漑水の良否は、アメリカの農務省提案のSodium Adsorption Ratio (ナトリウム吸着率 S_1)と電気伝導度(C)とから得られる灌漑水水質区分値で評価される。これによると、Guesse村とBardouga村共に試掘井戸水は C_3S_1 となる。 C_3S_1 は高塩分水・低吸着水であるが、適正な排水と塩分制御を行い、かつ耐塩性植物を選定する必要がある。ただし、測定された電気伝導度が高く出ているが、揚水試験中に採水されたためであると考えられる。

(3) 土 壤

① 土 壤 分 類

調査地区の土壌分類はフランスの土壌分類体系を採用し、大土壌群、土壌群域、土壌統に区分した。

調査地区の土壌分類図は図のようであり、即ち、大土壌群では、1) 岩屑土、2) 亜乾燥性褐色土、3) 熱帯性非レシベ化鉄質土壌、4) 熱帯性レシベ化鉄質土壌 の4大土壌群に区分され、各土壌群は、次の土壌群域、土壌統に15区分される。

a) 岩屑土 (3,839.76 km^2)

- 1) 未熟土 未分化土壌 (10.35 km^2)
- 2) 局部的に錫を含む砂層と互戸になっている土壌群域、被砂質崩積 (2,634.39 km^2)

- 3) 深層に斑紋の発達した層と鈹物主体の土壤群域 (1,195.02km²)
- b) 亜乾燥性褐色土 (4,953.46km²)
 亜乾燥性褐色土類似土壤
- 4) 軽鬆の構造の土壤統 (最近の砂) (159.55km²)
- 5) 赤褐色類似土壤 赤色風積土壤 (古い砂) 地帯赤色モダル土壤統 (4,360.74km²)
- 6) 粘土性砂質レシベ鉄質土壤群域 (433.17km²)
- c) 熱帯性非レシベ化鉄質土壤 (8,808.50km²)
 分層化したレシベ化鉄質土壤、粘土及びシルトの少ない砂質土壤
- 7) モダル土壤統 (1,209.87km²)
- 8) アウトレス土壤統 (513.00km²)、中部ニジェールの砂層を基材とした土壤
- 9) 台地の強赤色土壤統 (268.30km²)
- 10) 河川系列土壤統 (3,495.48km²)
- 11) レシベ化鉄質土壤、擬似グライ土、沖積土、砂質土壤と風積改変土壤の土壤群域
 (2,254.50km²)
- 12) 粘土化砂質崩積性レシベ化鉄質土壤と風積砂積改変土壤の土壤群域 (655.02km²)
- 13) ファンドウ土壤統 (410.31km²)
- d) 熱帯性レシベ化鉄質土壤 (2,319.66km²)
 未分化層のレシベ化鉄質土壤、風積砂土と粘質砂土の混合層
- 14) 改変土壤とレシベ化鉄質土壤の土壤群域 (532.71km²) 粘土性砂質土
- 15) 未熟土壤と改変土壤の土壤群域 (1,786.95km²)

これらの土壤理化学性については、土壤生成作用の未熟な土壤が多く、pHも強酸性から弱酸性を示し、有磷酸含量も少なく、置換性塩素基量も少なく、特に有初水分含量が少ない事を示している。

② 土地利用

調査地区の土地利用は Landsat. フォースカラー画像 1/200,000縮尺図を基にして、調査を実施した。その結果は次のようである。

- 1) 荒廢地 (農地利用不可能) (1,366.5km²) 2) 蒸発地 (一部農業利用可能) (131.5km²)
 3) 耕地 (6,923.5km²) 4) かん木林 (1,248.6km²) 5) 高かん木林 (1,993.8km²) 6) 草地 (低かん木林混交) (8,128.7km²) 7) 焼畑跡地成は草地 (306.7km²) 8) 湿地 (36.7km²)
 9) 森林地 (湿地) (109.5km²) 10) その他 (市街地、河川、耕地 etc) (1,665.1) に区分される。

しかし、耕地にしてある地区も播種地と収穫地とはその年の気候変動に大きな相違があり、草地についても同じことが言える。

③ 土地可能性分級

調査区域は亜乾燥地区のため土地可能性分級についてはいろいろ問題があるが、当調査では、USAのBureau of ReclamationのManualを基準にして区分した。

また、下位の分位としてS-土壌による、W-水分による、排水、洪水による、E-侵食、又は過去における侵食の事実等を考慮した。

当調査地区の土地可能性分級の結果は次のとおりである（表3-1-1）。

クラス I (0 km ²)	クラス II (398.4 km ²)	クラス III WE (2,290.7 km ²)
クラス III E (3,505.7 km ²)	クラス IV (2,549.6 km ²)	クラス V (7,330.0 km ²)
クラス VI (3,844.0 km ²)	である。	

農耕地として利用できないクラスVIが19.3%もあり、またクラスVIは36.8%を占め、土壌条件としては、不適地が多く、多くの土地基盤整備の必要な地区である。

・土壌分類

1. 土壌調査法および分類基準

調査地区において、1988年8月中旬から9月末迄の1.5ヵ月間土壌調査を実施した。十数点の試坑、二十数点の試穿を実施し、土壌分類を行った。土壌分類は1/500,000縮図のOffice De La Recherche Scientifique et Technique Qutar-MerのPedologie De Hann-DakarのDressée par Gavaud et R. BouletによるCarte Pedologique De Reconnaissance De La République Du Nigerを基にして分類した。当土壌分類図はフランスの土壌分類体系を採用しており、さらに、Reconnaissance De La République Du Nigerは大土壌群(Grand groupe de sols)、土壌群域(Association de sols)、土壌統(Série de sol)迄分類している。当調査においてもこの土壌分類体系を採用した。

2. 調査地区の土壌

調査地区は大土壌群4つにさらに土壌群域、土壌統では15区分される。これらについて述べると次のようである。大土壌群は a) 岩屑土、 b) 亜乾燥性褐色土、 c) 熱帯性非レシベ化鉄質土壌、 d) 熱帯性レシベ化鉄質土壌に分類される。

さらに、土壌群域、土壌統の段階では次のように分類される。

a) 岩屑土

1) 未熟土

- 未分化土壤
- 2) 局部郡的に鉄を含む砂層と互層になっている土壤群域
被砂質崩積土
- 3) 深層に斑紋の発達層と鉱物主体の土壤群域
- b) 亜乾燥性褐色土
 - 亜乾燥性褐色土類似土壤
 - 4) 軽鬆の構造の土壤統（最近の砂）
赤褐色類似土壤
赤色風積土壤：（古い砂）
 - 5) 帯赤色モダル土壤統
 - 6) 粘性砂質レシベ化鉄質土壤群域
- c) 熱帯性非レシベ化鉄質土壤
 - 分層化したレシベ化鉄質土壤
粘土およびシルトの少ない砂質土壤
 - 7) モダル土壤統
風成砂質土壤（古い砂丘）
 - 8) アウトレス土壤統
中部ニジェールの砂層を母材とした土壤
 - 9) 台地の強赤色土壤統
 - 10) 河川系列土壤
 - 11) レシベ化鉄質土壤、疑似グライ土、沖積土、砂質土壤と風積改変土壤の土壤群域
 - 12) 粘土化砂質崩積性レシベ化鉄質土壤と風積砂質改変土壤の群域土壤
サムベラ土壤統
千潟の砂質土壤
 - 13) ファンドゥ土壤統
- d) 熱帯性レシベ化鉄質土壤
 - 未分化層のレシベ化鉄質土壤
風積砂土と粘質砂土の混合土壤
 - 14) 改変土壤とレシベ化鉄質土壤の群域土壤
軽鬆の発達したレシベ化鉄質土壤
粘土性砂質土
 - 15) 未熟土壤と改変土壤の土壤群域

これらの土壌は、フランスの大土壌群の分類表からみると

クラスⅠ 1-1 気候的砂漠土 1-2 非気候的受食・最近の堆積

クラスⅡ 極めて緩やかに発達した土壌 2-1 気候的・準砂漠土 2-2 非気候的
レゴゾル

クラスⅢ 良く腐朽した有機物をもつ、酸化物に富む土壌 8-2 熱帯性鉄質土壌に
区分される。

各土壌群域、土壌統の面積、比率は表3-1-2に示すとおりである。

表 3 - 1 - 2 各大土壌群、土壌群域、土壌統の面積と比率

	単位 km ²	単位 %
a) 岩屑土		
1) 未熟土	10.35	0.5
2) 局部的に鉄を含む砂層と互層の土壌群域	2,634.39	13.2
3) 深層に斑紋の発達した層と鉄物主体の土壌群域	1,195.02	6.0
小 計	3,839.76	19.3
b) 亜乾燥性褐色土		
4) 軽鬆な構造の土壌統	159.55	0.8
5) 帯赤色モダル土壌統	4,360.74	21.5
6) 粘性砂質レシベ化鉄質土壌群域	433.17	2.3
小 計	4,953.46	24.5
c) 熱帯性非レシベ化鉄質土壌		
7) モダル土壌	1,209.87	6.0
8) アウトレス土壌統	513.00	2.8
9) 台地の強赤色土壌統	268.30	1.3
10) 河川系列土壌	3,495.48	17.4
11) レシベ化鉄質土壌、擬似グライ土、沖積土、砂質土壌 と風積改変土壌の土壌群域	2,254.50	11.3
12) 粘土化砂質崩積性レシベ化鉄質土壌と風積砂質改変土 壌の土壌群域	655.02	3.2
13) ファンドウ土壌統	410.31	2.0
小 計	8,808.5	44.0
d) 熱帯性レシベ化鉄質土壌		
14) 改変土壌とレシベ化鉄質土壌の土壌群域	532.71	2.7
15) 未熟土壌と改変土壌の土壌群域	1,786.95	9.0
小 計	2,319.66	11.8
合 計	19,918.80	100.0

これらのフランスの土壤分類体系の大土壌群を USAとFAO/UNESCOの土壤分類体系を比較すると下表のとおりである。

表 3 - 1 - 3 フランス、USA、FAO/UNESCOの土壤分類体系の比較

フランス分類体系	U S A	FAO/UNESCO
a) Lithosol	Lithic Subgroup	Lithosol
b) Sols Bruns Subarid	Typic Hapludalf Tropicaux	Orthic Luvisol Chromic Luvisol
c) Sols Ferrugineux non ou per lessivs	Typic Tropuduit	Orthic Acrisol
d) Sols Ferrugineux Tropicalux Lessivs	Lithic Haplezeralf Ultic Palexaralf	Ferric Luvisol Ferric Acrisol

調査地区の中代表的地点の 8 ヶ地点について土壤断面形態、試料採集した。その結果は、次のとおりである。

- a) 岩屑土は農用地として利用できないため、土壤断面、試料採取はしなかった。
- b) 亜乾燥性褐色土は最も面積を多く占めている赤色風積土、帯赤色モダル土壤統（試料番号03）と粘性砂質レシベ化鉄質土壤群域（試料番号06）について土壤断面調査と試料採取を実施した。
- c) 熱帯性非レシベ化鉄質土壤は約17%の面積を占める河川系列土壤（試料番号07、08）と約11%の面積を占めるレシベ化鉄質土壤、擬似グライ土、沖積土、砂質土壤と風積改変土壤の土壤群域（試料番号05）と調査地区で最も肥沃度の高いファンドウ土壤統（試料番号02）とモダル土壤統（試料番号01）について土壤断面調査と試料採取を実施した。
- d) 熱帯性レシベ化鉄質土壤は未熟化土壤と改変土壤の土壤群域（試料番号04）について土壤断面調査と試料採取を実施した。

これらの土壤断面形態は表 3 - 1 - 4 のとおりである。

さらに、これらの試料採集土壤については一般理化学性の実験分析に供試した。

表 3 - 1 - 4 (1) 土壤断面形態

試料番号 01

地 点	ウアラム郡、トルコバイヤー
母 岩	沖積期堆積物
植 生	荒廃地、一部ミレット栽培
排水状態	極めて良好（内部、外部）
土壤分類名	熱帯性非レシベ化鉄質土壤 未分化レシベ化鉄質土壤 モダル土壤統
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~21cm	黄橙色 (7.5YR 7/8) : 砂土、構造なし、粘着性粗鬆 可塑性弱、根は少ない、硬度 (2 kg/cm ²) 層界明瞭
C ₂ 21~58cm	明赤褐色 (5YK 5/8) : 砂土、構造なし 可塑性弱、根は少ない、硬度 (10kg/cm ²) 堅密稍強、層界漸変
C ₃ 58~120cm	明赤褐色 (5YR 5/8) : 砂土、粘着性粗鬆 可塑性弱、堅密度稍強、硬度 (3.5kg/cm ²)

試料番号 02

地 点	ウアラム郡、バニバンゲー
母 岩	古期沖積期堆積物
植 生	荒廃地、一部ミレット栽培
排水状態	良好（内部、外部）
土壤分類名	熱帯性非レシベ化鉄質土壤 干潟の砂質土壤 フアンド土壤統
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~18-22cm	橙色 (7.5YR 7/6) : 砂土、構造なし、粘着性粗鬆、 堅密度弱、硬度 (1.6kg/cm ²)、根は中庸 層界漸変
C ₂ 18-22-46cm	橙色 (5YK 6/8) : 砂土、構造なし 粘着性弱、堅密度弱、根長 36cm、少し 硬度 (1.5kg/cm ²)、層界漸変
C ₃ 46~120cm	明褐色 (7.5YR 5/8) : 砂土、構造なし、粘着性弱、 堅密度弱、硬度 (2.8kg/cm ²)

表 3 - 1 - 4 (2) 土壤断面形態

試料番号 03

地 点	ウアラム郡、ツイゼアロウ 約 1 km 東方に沼地あり
母 岩	沖積期堆積物
植 生	草地、乾季野菜（一部）、雑草ダニ繁茂
排水状態	良好（内部、外部）、近郊に井戸あり（水深 6 m）
土壤分類名	亜乾燥性褐色土 未熟な亜乾燥性褐色土 赤色風積土壌（古い砂）
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~ 13cm	橙色（5YR 6/8）：砂土、耕起跡あり、構造なし、 粘着性弱、堅密度粗鬆、根中庸、硬度（1 kg/cm ² ）、 ラミナ状層多し、層界明瞭
C ₂ 13~ 44cm	橙色（5YR 7/8）：壤土、構造なし、粘着性弱、 堅密度稍強、ラミナ状層あり、硬度（17kg/cm ² ）、 根長 40cm、層界漸変
C ₃ 44~	橙色（5YR 6/6）：砂壤土、構造なし、粘着性弱、 堅密度極めて強、硬度（30kg/cm ² ）

試料番号 04

地 点	ウアラム郡、ササガア
母 岩	沖積期堆積物、標高 243m
植 生	荒廃地、一部ミレット栽培
排水状態	良好（内部、外部）
土壤分類名	熱帯性レシベ化鉄質土壌 結核化の進んだレシベ化鉄質土壌 粘土質砂土 未熟土と改変土壌の群域
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~ 30cm	橙色（7.5YR 7/6）：砂土、構造なし、粘着性弱、 堅密度粗鬆、硬度（2.8kg/cm ² ）、層界漸変
C ₂ 30~ 54cm	橙色（5YR 7/8）：砂土、構造なし、粘着性弱、 堅密度粗鬆、硬度（4 kg/cm ² ）、層界漸変
C ₃ 54~ 76cm	明赤褐色（7.5YR 5/6）：砂壤土、構造なし、 粘着性中庸、堅密度弱、硬度（13kg/cm ² ）

表 3 - 1 - 4 (3) 土壤断面形態

試料番号 05

地 点	ウアラム郡、マニガンジー
母 岩	沖積期堆積物
植 生	一部ミレット栽培
排水状態	良好 (内部、外部)
土壤分類名	熱帯性レシベ化鉄質土壤 風成土と粘土質砂土の混合土壤 改変土壤とレシベ化鉄質土壤の群域土壤
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~7cm	橙色 (7.5YR 7/6) : 砂壤土、構造なし、 稍堅密、粘着性弱、ラミナ層発達、硬度 (4 kg/cm ²)、 層界粗明瞭
C ₂ 7~17cm	橙色 (5YK 6/8) : 砂土、構造なし 堅密度弱、粘着性弱、硬度 (2 kg/cm ²)、層界漸変
C ₃ 17~56cm	橙色 (2.5YR 6/8) : 砂壤土、粘着性中庸、堅密度中庸、 硬度 (6 kg/cm ²)、層界漸変
C ₄ 56~120cm	明赤褐色 (5YR 5/8) : 壤土、構造なし 堅密度中庸、粘着性稍あり、硬度 (4 kg/cm ²)

試料番号 06

地 点	ウアラム郡、ベレイ・ボソロコロア
母 岩	沖積期堆積物
植 生	荒廃地、一部ミレット栽培
排水状態	良好 (内部、外部)
土壤分類名	亜乾燥性褐色土 粘性砂質レシベ化鉄質土壤群域
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0~14cm	橙色 (5YR 6/6) : 砂土、堅密度極めて粗鬆、 粘着性弱、根あり、硬度 (1 kg/cm ²) 層界明瞭
C ₂ 14~39cm	明赤褐色 (5YR 5/8)、砂土、堅密度粗鬆、粘着性弱、 根あり、硬度 (2.4 kg/cm ²)、層界漸変
C ₃ 39~120cm	明赤褐色 (2.5YR 5/8) : 砂壤土、堅密度粗鬆、粘着性弱 根長 70cm (但し少ない)、硬度 (2.3 kg/cm ²)

表 3 - 1 - 4 (4) 土壤断面形態

試料番号 07

地 点	ウアラム郡、ボンベリー
母 岩	沖積期堆積物
植 生	耕地、ミレット
排水状態	良好（内部、外部）
土壤分類名	熱帯性非レシベ化鉄質土壤 中部ニジェール砂層母材土壤 河川系列土壤
〔土壤断面記載〕	
C ₁ 0～15cm	橙色 (5KYR 6/6) : 砂土、構造なし 堅密度粗鬆、粘着性弱、根あり、硬度 (3.6kg/cm ²)、 層界比較的明瞭
C ₂ 15～60cm	赤褐色 (2.5YR 4/8) 、砂土、構造なし、粘着性弱、 堅密度粗鬆、根長 38～40cm、硬度 (1.8kg/cm ²)、 層界漸変
C ₃ 60～120cm	明赤褐色 (7.5YR 5/8) : 砂壤土、構造なし、粘着性弱、 堅密度粗鬆、硬度 (1.8kg/cm ²)

試料番号 08

地 点	ウアラム郡、ホイ・フアンドウ
母 岩	沖積期堆積物
植 生	耕地（ミレット）、乾季、トマト、馬鈴薯
排水状態	良好（内部、外部）
土壤分類名	熱帯性非レシベ化鉄質土壤 中部ニジェール砂層母材土壤 河川系列土壤
〔土壤断面記載〕	
A ₁ 0～7cm	明赤褐色 (5YR 5/8) : 腐植を含む、砂土、構造なし、 堅密度粗鬆、粘着度弱 硬度 (1 kg/cm ²)、層界明瞭
B 7～28cm	明赤褐色 (2.5YR 5/8) : 砂土、構造なし 堅密度粗鬆、粘着性弱、硬度 (2.2kg/cm ²)
C 28～100cm	赤褐色 (2.5YR 4/6) : 砂壤土、構造なし、粘着性弱、 根長 50cm、硬度 (2.2kg/cm ²)

理化学的性質

土壤の理化学的性質について、pH (HBO, KCL)、有効リン酸、土壤電気伝導度(EC)、PF(2.5, 3.0, 4.0)について分析を実施した。

その結果は、表3-1-5のようである。

土壤のpHは強酸性から弱酸性の値を示す。有効リン酸はNo.03の地点を除き、表層部が多く、下層部はきわめて少ない。これは表層部が、現在、殆ど有機物が分解し腐植がみられないが、その過程で残されたリン酸であろう。

ECについてみると、全体的にきわめて低い値を示す。

植物の生育条件の標準値は次のように言われている。

0 ~ 0.002 mhos	=	凡ての植物生育可能
0.002 ~ 0.004	=	塩類に敏感な植物は生育不能
0.004 ~ 0.008	=	耐塩作物は生育可能
0.008 ~ 0.015	=	殆ど作物生育不良
> 0.015	=	凡ての作物生育不能

この値からみるならば、当調査地区の土壤は、きわめて作物の栽培に不適な土壤と言える。

また、EC値の小さいことと、土壤のPF値から水分吸着能が、きわめて低いことから置換性塩基がきわめて少ないことが推定される。

PF値についてみると、植物生育との関係は次のように言われている。

PF 2.5-3.0	=	易効性有効水
PF 2.5-4.2	=	全有効水
PF 3.0	=	正常生育阻害水分点
PF 4.2	=	永久萎凋点

これを前提として、供試土壤の水分状況を見ると次のようである。

- No. 01. 第1層(表層)は砂土で保水力がきわめて少なく、第2層は幾分粘土含量があるため、保水力がやや多い。第3層は第2層と同じ土性を示す。
- No. 02. No.01の土壤と同様に表層は砂土で、第2層に僅かの粘土の増加がみられるが、全層と通じ保水性の弱い土壤である。
- No. 03. 全地点の中では最も砂質が全層にわたって保水力が小さい。
- No. 04. 表層部は砂質であるが、第2層は砂質層を含む保水性が小さい。第3層は幾分保水力が多くなっているが、これは粘土含量が多いためと考えられる。本地点の土

壤は、他地点と異なり、全体的に保水力が高い。

- No. 05. 第1層(表層)はきわめて保水力が小さい。第2層(40cm)迄、保水力が漸増している。この点が他の地点と異なる。このように保水力が高いのは、粘土含量が高いためである。
- No. 06. 第1層(表層)は保水力が小さく、下層に行くにしたがって、保水力は漸増する。
- No. 07. この地点の保水力の特徴は40cm位まで保水力の大きい層がある。しかし、全層にわたって保水力が小さいことは、他の地点と同様である。
- No. 08. 当地点は、No.06の地点と類似の傾向を示し、表層より下層に保水力は増加している。

以上のように、全地点のPF(3.0)(含水比)とPF4.2(含水比)はきわめて小さな値を示す。しかしながら、PF2.5(含水比)は、やや大きな値を示している。

このことは、幾分毛細孔隙を保有しているため、含水比が大きいと考えられる。

PF3.0, PF4.2の小さい事は粘土含量が少ないためである。植物栽培のための水分含量がきわめて少ないことも示している。

また、試料採取時期が雨季後半である。このような小さい値であり、乾季にはさらに水分保持が弱められると考えられる。

表3-1-5 各土壌層別のPF

単位：%

試料番号		RET・EAU - PF			
		2.5	3.0	4.2	
No.01.	Tolkobaye	1	2.7	0.7	0.6
		2	4.6	2.5	2.0
		3	4.5	2.1	1.8
No.02.	Bani Bangou	1	3.1	0.9	0.5
		2	3.6	1.6	0.9
		3	4.4	1.9	1.5
No.03.	Tuizegorou	1	4.0	1.1	0.9
		2	4.0	1.0	0.8
		3	3.5	1.2	0.9
No.04.	Saraga	1	5.0	1.2	1.0
		2	2.8	0.8	0.7
		3	5.6	2.5	1.7
No.05.	Mangaize	1	2.3	1.3	0.9
		2	3.1	1.1	0.9
		3	10.8	6.6	5.4
No.06.	Berey Basale	1	4.5	1.2	0.8
		2	4.6	1.6	1.2
		3	6.7	3.6	3.0
No.07.	Bane Beri	1	3.2	2.3	1.4
		2	7.0	5.8	3.3
		3	4.3	3.6	1.9
No.08.	Foy Fandou	1	3.4	2.3	1.4
		2	3.7	2.9	2.1
		3	5.6	4.3	2.7

表 3 - 1 - 6 理化学的性質

試料番号	PH		EC	Phashore ppm Assim.	土 性 granulo metetrique	土 壤 硬 度 durete fermate (kg/cm ²)
	H ₂ O	KCL	mho/cm			
No.01. Tolkobaye	1 2 3	5.8 5.5 5.6	5.2 5.1 5.1	0.01 0.02 0.02	9.1 1.1 0.4	S S S 2.0 10.0 3.5
No.02. Bani Bangou	1 2 3	5.2 4.8 4.7	4.7 4.1 4.0	0.01 0.01 0.01	3.5 1.4 3.2	S S S 1.6 1.5 2.8
No.03. Tuizegorou	1 2 3	5.6 5.2 5.1	5.2 4.7 4.6	0.02 0.01 0.04	4.9 7.7 3.5	S L S L 1.0 17.0 30.0
No.04. Saraga	1 2 3	5.5 5.4 5.2	5.0 5.0 4.6	0.01 0.01 0.02	2.1 0.7 4.2	S S S L 2.8 4.0 13.0
No.05. Mangaize	1 2 3	5.0 4.8 4.5	4.3 4.2 3.8	0.01 0.01 0.02	1.4 1.1 0.04	S L S S L 4.0 2.0 6.0
No.06. Bery Basale	1 2 3	5.0 4.7 4.7	4.4 4.2 4.3	0.01 0.01 0.01	1.1 0.4 Tr	S S S L 1.0 2.4 2.3
No.07. BameBangou	1 2 3	4.8 4.5 4.6	4.2 3.9 4.1	0.02 0.02 0.08	7.4 0.7 0.7	S S S L 3.6 1.8 1.8
No.08. Foy Pandou	1 2 3	4.4 4.5 4.7	4.0 4.0 4.1	0.01 0.01 0.01	2.1 3.5 1.8	S S S L 1.0 2.2 2.2

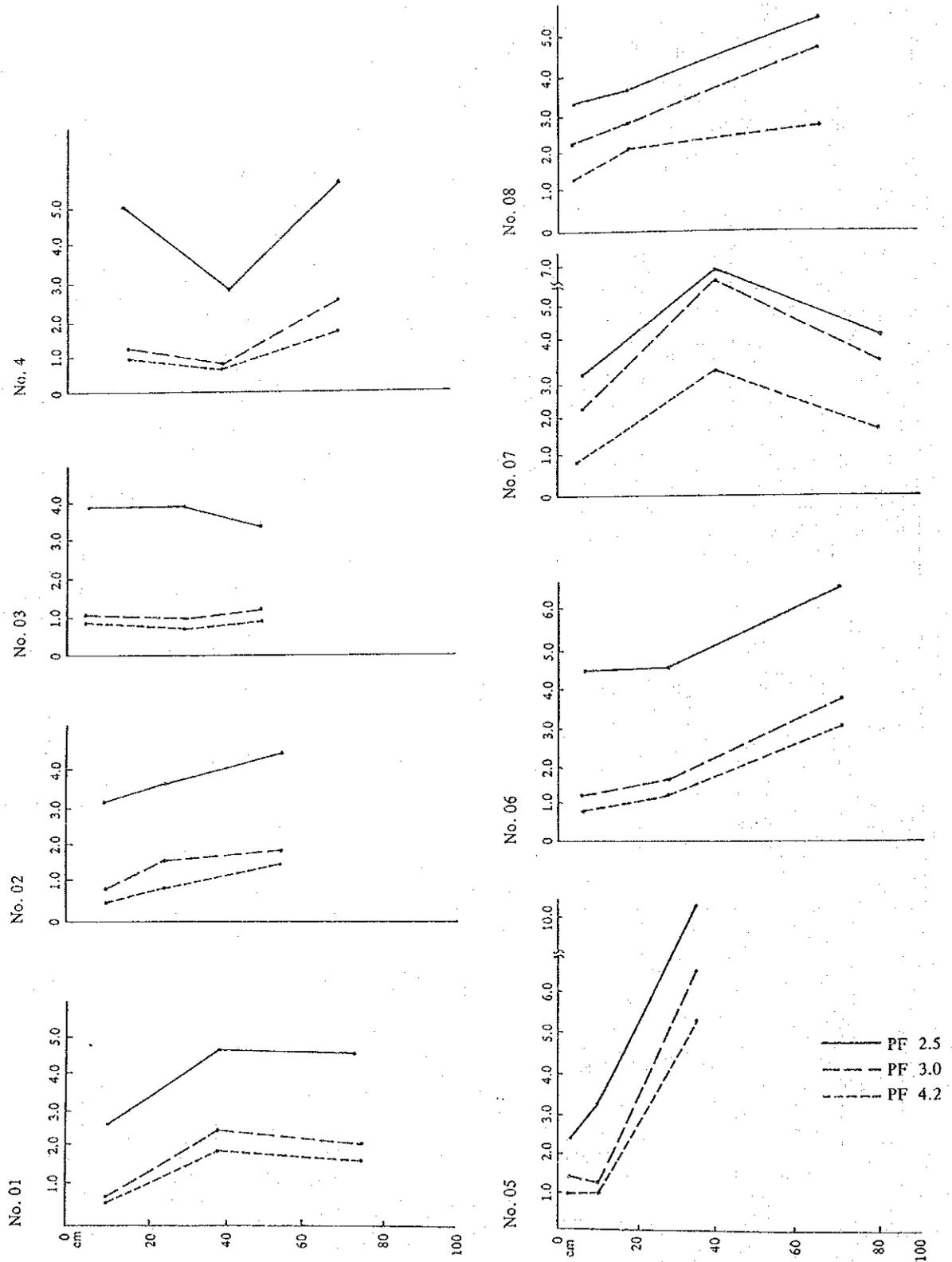


图 3-1-1 各土壤别 PF 曲线图

土 地 利 用

調査地区について、Landsat、フォースカラー画像の1/200,000縮尺を基にして、土地利用図を作成した。

しかし、踏査も並行して実施し、その確認をしたが、Landsat、フォースカラー画像作成は1987年であり、サバンナ地域においては気象条件によって毎年その景観は異なっており、全地域についての確認は、1988年の異常気象のため、河川氾濫、交通条件が最悪のため極めて困難であった。これらのことを前提にして、土地利用図を作成した。

その結果は、1) 荒廃地(農業利用不可能)、2) 荒廃地(一部農業利用可能)、3) 耕地、4) かん木林、5) かん木林(4)より比高が高い)、6) 草地(低かん木林)、7) 焼畑跡地或いは草地、8) 湿地、9) 森林地(湿地)、10) 裸地或いは焼畑跡地、11) その他(市街地、道路、河川 etc)に分類した。しかし、耕地とみられるところも裸地と収穫地とはその年の気象条件によって異なり、草地(かん木林混合)についても同様なことが言える。もし、計画地区選定をする場合には詳細な調査が必要である。

また、土壤分類図とは必ずしも一致していないのは、水分環境によって植生が大きく変化するためである。

表 3 - 1 - 7 土地利用面積および比率

土 地 利 用 名	面 積 (km ²)	%
1) 荒廃地(農業利用不可能)	1,336.5	6.1
2) 荒廃地(一部農業利用可能)	131.5	0.6
3) 耕 地	6,923.5	31.6
4) かん木林	1,248.6	5.7
5) かん木林(上記より比高が深い)	1,993.8	9.1
6) 草 地(低かん木林混交)	8,128.7	37.1
7) 焼畑地跡地或いは草地	306.7	1.4
8) 湿 地	36.7	0.2
9) 森林地(湿地)	109.5	0.5
10) 裸地或いは焼畑跡地	87.6	0.4
11) その他(道路、河川、市街地 etc)	1,665.1	7.6
合 計	20,432.6	100.0

土地可能性分級

調査地区が亜乾燥性地域のため、土地分類の基準を定めるのは、いろいろの問題点があるが、当報告ではUSAのBureau of ReclamationのManualを基にして決めた。

この階級は次のIからVIの6つに区分され、利用上の制限や危険性の増加によって次のように順位づけられる。

階級I (Class I)

土壌は利用上、殆ど制限がない。

階級II (Class II)

土壌は作物の選択上、又は継続のために必要とする軽い制限要因をもっている。

階級III (Class III)

土壌は作物によってはよく適合するが、作物の選択を制限し、その利用上、いくつかの制限を持つものである。この種の土壌は保全および管理が適当に必要である。

階級IV (Class IV)

土壌はその利用上、きびしい制限を示すと共に作物の選択を制限する。

階級V (Class V)

土壌は利用上、きわめてきびしい制限があり、作物の選択も草地のみが可能であるが、平常の耕作には多くの問題点がある。

階級VI (Class VI)

土壌は耕作に適さない。土壌は制限因子が多いため、それらの要因を除去することはきわめて困難である。

土可能性分級の下位の分級

ある一つの階級のなかで、そのレベルにある制限要因のタイプで区分したもので、次のような記号で表される。

S — 土壌による

W — 水分、排水または洪水

E — 侵食の危険または過去における侵食の事実

これらの分級の外に当調査地区は気象的条件にきわめてきびしい制限がある。すなわち、きわめて年間雨量が少なく、乾季と雨季が明瞭なことであり、亜乾燥性地域の特徴をもっている事が土壌生成上にも現れており、作物栽培上にも大きな制限因子となっている。

これらの階級別の土地可能性分級図を付・図1-5に示す。これらを基に階級分けした地区

別の面積 (km²) と占有率 (%) を下表に示す。また、土壌分類と土地可能性分類の相関関係は表 3-1-9 に示す。

表 3-1-8 土地可能性分級
(Classification de la Capacité de Terrains)

Classe	面積 (km ²)	%
Classe I	0	0
Classe II	398.4	2.0
Classe III WE	2,290.7	11.5
Classe III E	3,505.7	17.6
Classe IV	2,549.6	12.8
Classe V	7,330.0	36.8
Classe VI	3,844.0	19.3
合計	19,918.0	100.0

表 3-1-9 土壌分類と土地可能性分級との関係

クラス II	フアンドウ土壌統
クラス III WE	レシベ化鉄質土壌、擬似グライ土、沖積土、砂質土壌と風積 改変土壌の土壌群域
クラス III E	河川系列土壌
クラス IV	亜乾燥性褐色土、軽鬆の構造の土壌統、熱帯性非レシベ化鉄 質土壌、モダル土壌統、アウトレス土壌統、粘土性砂質崩積 性レシベ化鉄質土壌と風積砂質改変土壌の土壌群域
クラス V	亜乾燥性褐色土、帯赤色モデル土壌統、粘性砂質レシベ化鉄 質土壌群域、熱帯性レシベ化鉄質土壌、改変土壌とレシベ化 鉄質土壌の土壌群域、未熟土壌と改変土壌の土壌群域
クラス VI	岩屑土

3-1-3 気象

(1) 一般気象

ウアラム地域内では雨量観測しか行われていないので隣接する Tillabery 観測所記録を適用する。

月別平均記録を表 3-1-12 に示す。

(2) 特殊気象

作物生育について問題となる降雨特性につき、本計画地域内の Ouallam, Mangaize, Banibangou 観測所降雨記録を整理して、発生頻度・日数を求めて、天水栽培上の資料とする。

表 3-1-10 日最大降雨量

月別 観測所	5月	6月	7月	8月	9月
'67~'88 Ouallam	38.6 mm	62.9	69.0	125.7	56.0
'67~'88 Mangaize	25.0 "	53.0	48.2	84.5	51.6
'81~'88 Banibangou	17.3 "	30.5	33.0	90.0	43.2

表 3-1-11 降雨初日および降雨最終日、生起度数

月別 観測所	降 雨 初 日				降 雨 終 日			
	5月 上旬	5月 中旬	5月 下旬	6月 上旬	9月 中旬	9月 下旬	10月 上旬	10月 中旬
'67~'88 Ouallam	6	7	7	2	3	8	7	4
'67~'88 Mangaize	5	6	4	6	5	7	6	3
'81~'88 Banibangou	1	2	1	4	5	2	1	-

(注) Mangaize : '76年欠測

表3-1-12 一般氣象表

Tillaberi 14° 07' N 1° 30' E alt. 209m
 Ouallam 14° 19' N 2° 05' E alt. 250m
 Mangaize 14° 41' N 2° 01' E alt. 250m
 Bani Bangou 15° 03' N 2° 43' E alt. 240m

Item	1	Month												Total
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
'76 ~ '86 月別平均溫度	24.0 °C	27.5	30.8	33.9	34.8	32.7	30.4	29.5	30.5	31.5	28.7	24.5		
'76 ~ '86 月別平均風速	m/sec 2.6	2.7	2.5	2.2	2.5	2.8	2.5	1.9	1.6	1.4	1.8	2.2		
'86 月別平均日照時間	hr 9.3	10.1	7.7	8.7	8.8	8.4	7.4	8.1	8.3	9.2	9.1	8.9		
'75 ~ '86 月別最高相對濕度	% 39	38	38	44	62	73	85	89	87	70	52	44		
'75 ~ '86 月別最低相對濕度	% 14	12	12	14	26	34	43	46	38	23	14	14		
'76 ~ '86 月別平均蒸發量	mm 279.3	296.4	355.8	340.3	297.1	233.0	170.7	135.2	149.1	228.0	267.9	267.9	3,270.7	
Ouallam '67 ~ '88 月別平均降雨量	mm 0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	42.1	94.6	116.2	52.5	10.4	0.0	0.0	329.1	
Mangaize '67 ~ '88 月別平均降雨量	mm 0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	35.8	73.9	107.8	45.8	7.7	0.0	0.0	281.0	
Bani Bangou '81 ~ '88 月別平均降雨量	mm 0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	23.0	66.5	67.9	37.3	1.6	0.0	0.0	204.6	

表 3 - 1 - 13 降雨期間平均日数及び生起頻度

区分 観測所	平均降雨期間	90日以下	90~120	120~150	150日以上
'67~'88 Ouallam	137日	1	1	14	6
'67~'88 Mangaize	123日	2	7	10	2
'81~'88 Banibangou	112日	—	5	3	—

表 3 - 1 - 14 月別平均降雨日数

月別 観測所	5月	6月	7月	8月	9月	10月	計
'67~'88 Ouallam	2 日	4	7	8	5	1	27 日
'67~'88 Mangaize	2 "	4	6	8	5	1	26 "
'81~'88 Banibangou	1 "	3	7	5	4	—	20 "

表 3 - 1 - 15 月別平均連続干天日数

月別 観測所	5月	6月	7月	8月	9月
'67~'88 Ouallam	20 日	14	10	8	9
'67~'88 Mangaize	21 "	16	10	8	10
'81~'88 Banibangou	23 "	14	9	11	12

表 3 - 1 - 16 半旬別有効降雨量

上 段 : 半旬平均による場合
下 段 : 生起頻度による場合

(1) Ouallam 観測所 '67 ~ '88

単位 : mm

半旬別	月 別					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1 ~ 5日	0.4	4.9	11.7	19.8	12.6	1.4
	0.0	2.2	6.9	16.2	9.7	0.4
6 ~ 10日	1.1	8.7	12.8	15.7	12.6	1.6
	0.2	3.5	10.5	11.4	8.0	0.6
11 ~ 15日	1.3	6.1	14.0	17.4	9.2	2.0
	0.4	3.4	10.8	16.3	6.3	0.4
16 ~ 20日	0.3	8.3	11.0	20.5	8.8	4.0
	0.0	3.8	8.5	16.8	5.2	0.0
21 ~ 25日	4.1	10.9	22.4	22.9	5.8	-
	1.9	7.4	17.3	16.0	3.4	-
26 ~ 31日	6.1	3.2	22.7	19.4	3.5	-
	3.1	1.4	20.6	16.8	1.1	-
月 計	13.3	42.1	94.6	115.7	52.5	9.0
	5.6	21.7	74.6	94.1	33.7	1.4
年 計	327.2 mm F = 1/2.5					
	231.1 mm F = 1/8					

(2) Mangaize 観測所 '67 ~ '88

単位 : mm

半旬別	月 別					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1 ~ 5日	0.4	2.8	10.7	18.3	10.6	1.8
	-	1.2	6.6	14.8	5.6	0.5
6 ~ 10日	1.3	10.9	7.4	19.7	11.3	2.0
	0.3	5.2	5.0	14.1	9.2	0.5
11 ~ 15日	1.4	5.9	12.9	15.0	10.9	3.9
	0.3	2.8	9.2	10.7	6.7	0.6
16 ~ 20日	2.3	1.6	8.4	20.4	6.1	-
	0.7	0.7	4.8	15.6	2.6	-
21 ~ 25日	1.7	12.3	17.5	18.7	3.4	-
	0.2	8.2	11.7	12.5	1.4	-
26 ~ 31日	2.8	2.3	17.1	15.6	3.6	-
	1.1	1.0	13.8	12.7	1.5	-
月 計	9.9	35.8	74.0	107.7	45.9	7.7
	2.6	19.1	51.1	80.4	27.0	1.6
年 計	281.0 mm F = 1/2.5					
	181.8 mm F = 1/8					

(3) Bani Bangou 観測所 '67 ~ '88

単位 : mm

半旬別	月 別					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
1 ~ 5日	-	1.1	5.1	9.2	6.1	1.4
	-	0.4	3.2	6.9	2.7	0.2
6 ~ 10日	-	7.7	6.9	6.0	10.6	-
	-	2.9	6.9	3.0	7.0	-
11 ~ 15日	0.3	-	12.5	22.5	11.1	-
	0.1	-	10.9	22.5	7.3	-
16 ~ 20日	0.3	5.5	14.8	12.4	3.3	-
	0.1	2.1	12.9	9.3	1.1	-
21 ~ 25日	2.1	6.2	8.3	1.0	4.0	-
	0.5	4.7	6.2	0.5	0.5	-
26 ~ 31日	5.6	2.5	18.9	16.6	1.4	-
	2.8	1.2	18.9	12.5	0.2	-
月 計	8.3	23.0	66.5	67.7	36.5	1.4
	3.5	11.3	59.0	54.7	18.8	0.2
年 計	281.0 mm F = 1/2.5					
	181.8 mm F = 1/6					

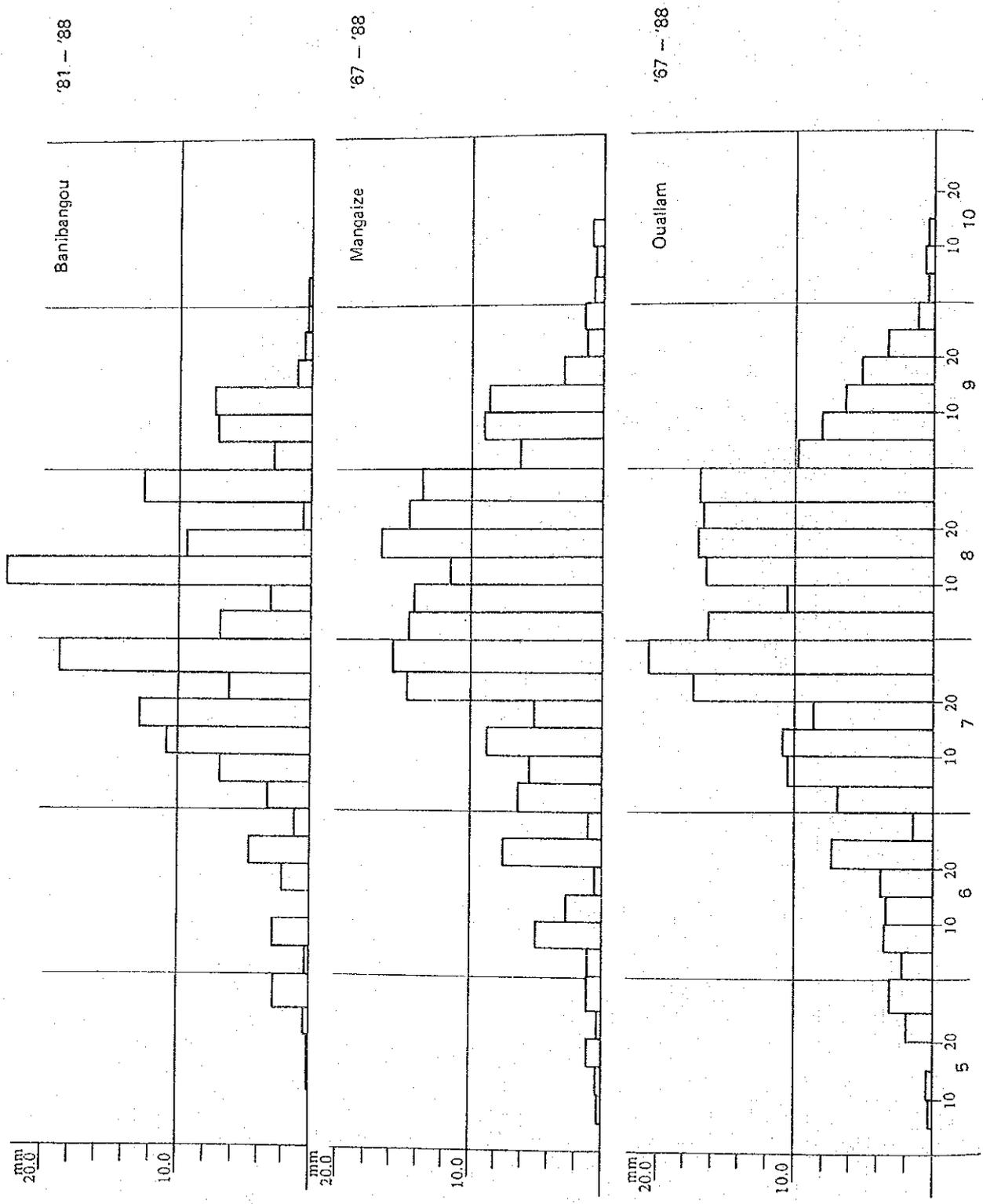


图 3-1-2 半旬别平均降雨量

(3) 確率年間降雨量

計画地域の灌漑計画基準年を設定するにあたって、地域内にある Ouallam, Mangize, Banibangou 3 観測所の降雨記録につき、非超過確率値を求め計画基準雨量を算出する。非超過確率値算定は、計画策定上で安全側にある Weibull-Plot 法による。

表 3 - 1 - 17 Banibangou 1981 ~ '88

順位 i	生起年	年降雨量 (mm)	非超過確率 $F = \frac{i}{N+1} \times 100$	記 事
1	1984	74.2	11.1 (%)	
2	'87	172.8	22.2	
3	'88	200.3	33.3	
4	'81	221.9	44.4	
5	'85	225.5	55.6	
6	'83	228.7	66.7	
7	'82	239.6	77.8	
8	'86	285.9	88.9	

表 3 - 1 - 18 Ouallam 1967 ~ '88

順 位 i	生起年	年降雨量 (mm)	非超過確率 $F = \frac{i}{N + 1} \cdot 100$	記 事
1	1984	160.6	4.35 (%)	
2	'87	190.9	8.70	
3	'82	222.6	13.0	
4	'73	289.5	17.4	
5	'81	289.8	21.7	
6	'68	316.0	26.1	
7	'83	316.2	30.4	
8	'86	316.2	34.8	
9	'85	325.4	39.1	
10	'69	336.0	43.5	
11	'72	340.1	47.8	
12	'75	344.5	52.5	
13	'88	344.6	56.5	
14	'70	353.0	60.9	
15	'76	360.0	65.2	
16	'74	392.1	69.6	
17	'77	393.0	73.9	
18	'79	393.5	78.3	
19	'71	394.0	82.6	
20	'80	427.7	87.0	
21	'78	431.9	91.3	
22	'67	564.3	95.7	

表 3 - 1 - 19 Mangaize 1967 ~ '88

順位 i	生起年	年降雨量 (mm)	非超過確率 $F = \frac{i}{N+1} \times 100$	記 事
1	1984	104.7	4.55 (%)	'76年欠測
2	'87	138.3	9.09	
3	'88	201.3	13.6	
4	'81	213.8	18.2	
5	'73	222.6	22.7	
6	'85	229.7	27.3	
7	'83	240.5	31.8	
8	'70	270.1	36.4	
9	'74	278.3	40.9	
10	'72	283.5	45.5	
11	'77	285.8	50.0	
12	'86	300.8	54.5	
13	'79	305.6	59.1	
14	'71	327.3	63.6	
15	'75	329.8	68.2	
16	'68	346.1	72.7	
17	'69	362.6	77.3	
18	'67	396.7	81.8	
19	'82	404.0	86.4	
20	'78	404.1	90.9	
21	'80	421.2	95.5	

表 3 - 1 - 20 確率年降雨量

確率年 T	累積確率 F = 1/T	Banibangou	Mangaize	Ouallam
(年) 10	0.10	(mm) 56	(mm) 162	(mm) 214
8	0.125	83	180	230
6	0.167	120	207	254
5	0.20	138	222	268
4	0.25	160	242	286
3	0.333	188	264	306
2	0.50	226	304	344

表 3 - 1 - 21 超過確率時間雨量計算

順位	Ouallam			Mangaize			Banibangou		
	R 24	r	P	R 24	r	P	R 24	r	P
	mm	mm/hr	%	mm	mm/hr	%	mm	mm/hr	%
1	125.7	43.6	4.35	84.5	29.3	4.55	90.0	31.2	11.1
2	70.0	24.3	8.70	73.0	25.3	9.09	48.4	16.8	22.2
3	69.0	23.9	13.0	53.6	18.6	13.6	46.0	16.0	33.3
4	67.0	23.2	17.4	53.0	18.4	18.2	44.0	15.3	44.4
5	62.9	21.8	21.7	51.1	17.7	22.7	41.2	14.3	55.6
6	60.0	20.8	26.1	50.1	17.4	27.3	31.0	10.8	66.7
7	53.0	18.4	30.4	49.0	17.0	31.8	30.5	10.6	77.8
8	49.5	17.2	34.8	48.2	16.7	36.4	25.9	9.0	88.9
9	47.5	16.5	39.1	48.0	16.7	40.9			
10	47.0	16.3	43.5	48.0	16.7	45.5			
11	44.5	15.4	47.8	44.5	15.4	50.0			
12	43.0	14.9	52.2	43.5	15.1	54.5			
13	42.5	14.7	56.5	43.5	15.1	59.1			
14	41.0	14.2	60.9	41.5	14.4	63.6			
15	39.5	13.7	65.2	40.4	14.0	68.2			
16	39.0	13.5	69.6	40.0	13.9	72.7			
17	39.0	13.5	73.9	31.2	10.8	77.3			
18	38.6	13.4	78.3	28.5	9.9	81.8			
19	36.0	12.5	82.6	26.0	9.0	86.4			
20	33.0	11.5	87.0	25.0	8.7	90.9			
21	30.7	10.7	91.3	23.0	8.0	95.5			
22	27.0	9.4	95.7						

但し、時間雨量強度 $rt = R24 \left(\frac{t}{24} \right)^{1/3}$ $t = 1.0hr$

超過確率 $P = \frac{i}{N + 1}$

Weibull - Plot

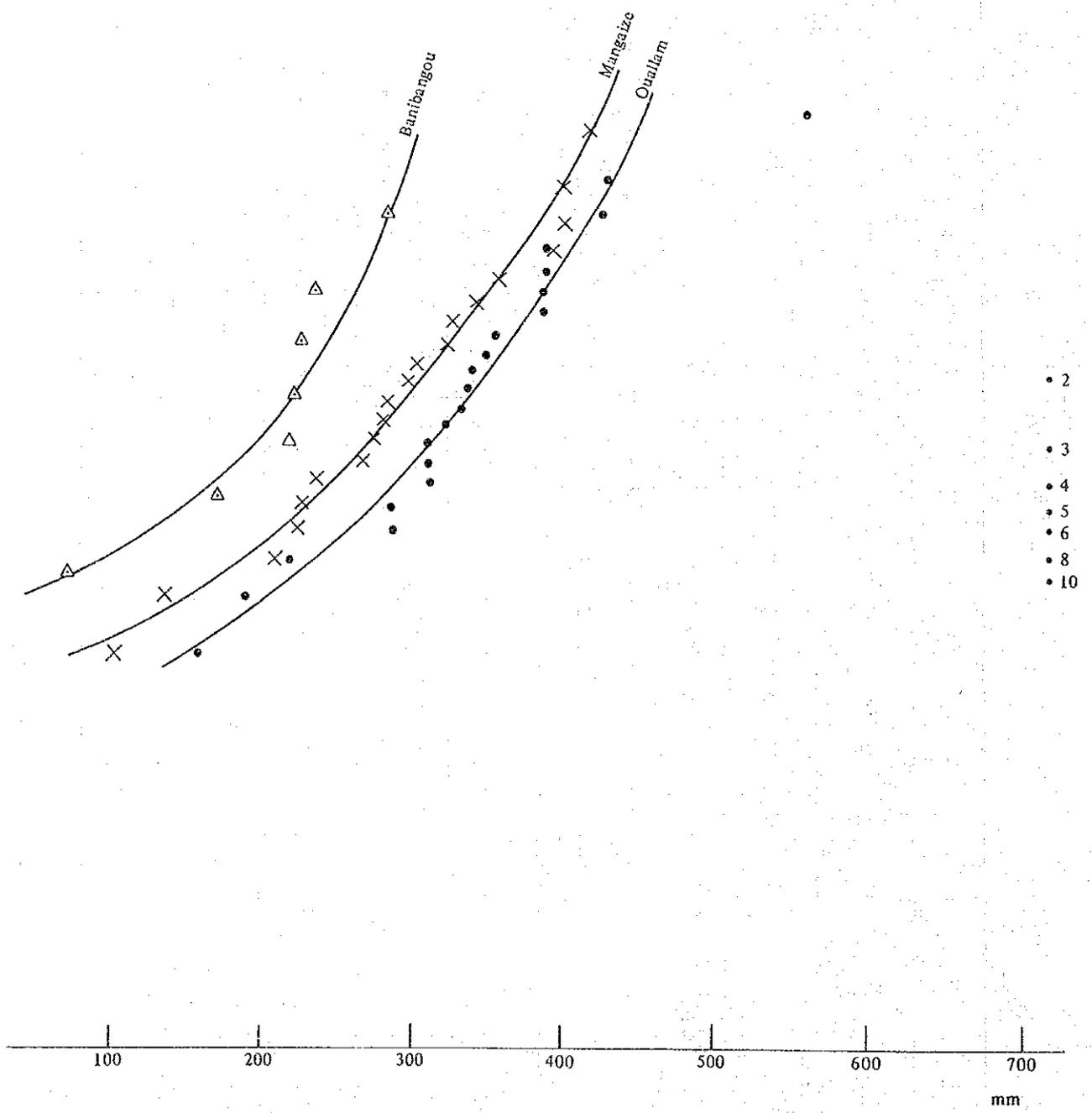


图 3 - 1 - 3 確率年間降雨量

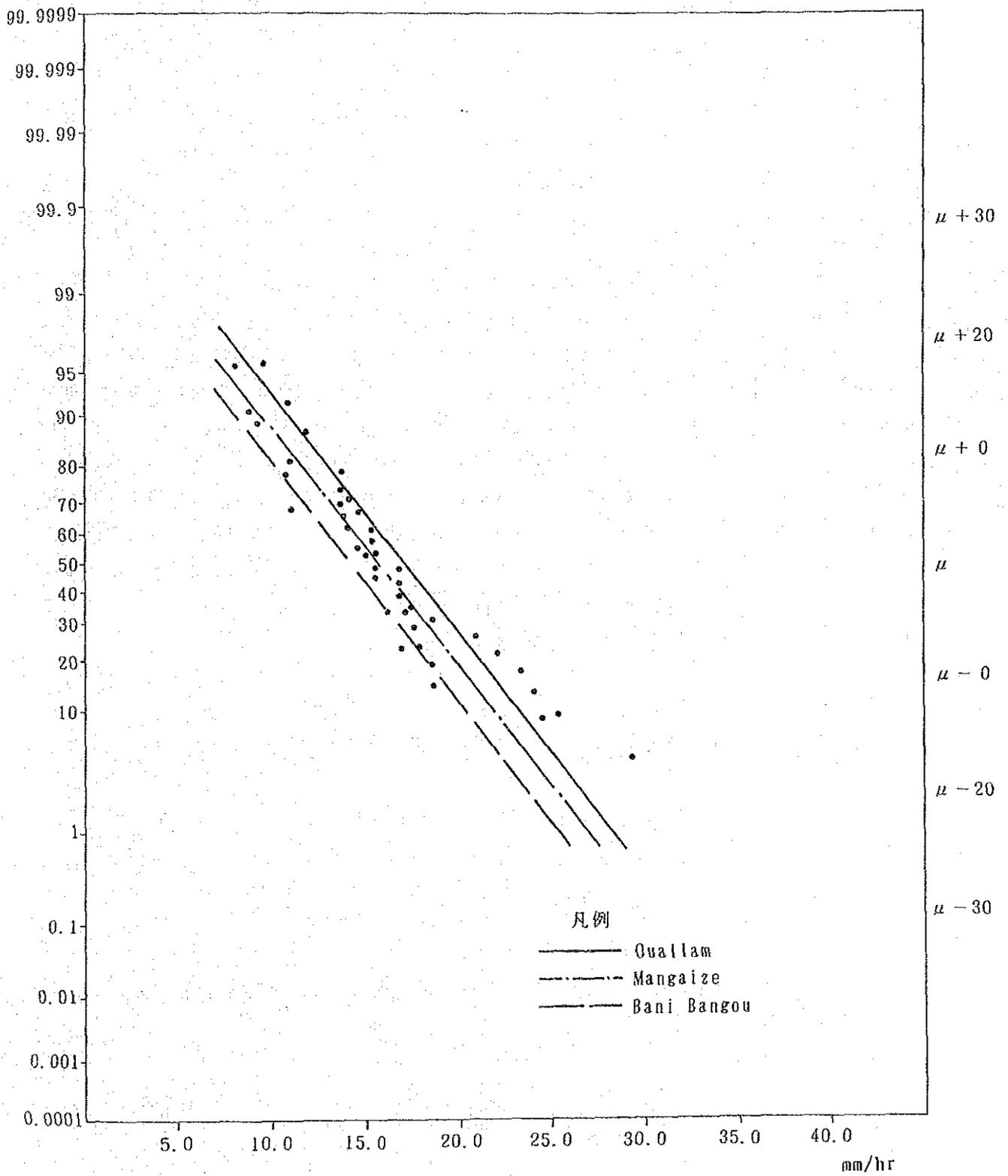


图 3 - 1 - 4 確率降雨強度

3-2 産 業

3-2-1 ウアラム地域の天水農業

(1) 耕作形態

本計画地域は半乾燥サヘル地帯に属し、不順で酷しい気候に左右されるうえ、僅か15cm程の耕作土に頼って農作物栽培の持久を強いられている。しかも、耕作土はラテライト或いはリパライト地盤上にサンディロームやシルティロームが散積した土層よりなり、これが水食と風食を繰り返して受けて栽培用土とは言い難い状態にある。従って、農民は薄い表土を守るため平鋤を用いた浅耕法によって耕作し、5～8年作付けして地力が低下すると少しでも肥沃土のある土地に移動して耕作する休閒農耕法をとっている。そして、休閒地では5年程休耕している間、草生を続けて、これを放牧地に回し地力の回復を待って、再び農耕地に転作する農牧複合輪作形態を繰り返している。そして、予測し難い雨季における降雨量が、栽培作物の収量を決定的に支配するので農民は絶えず脅かされ続け、ウアラム地域の農業を低位の不安定な生業に陥れている。

このような劣悪な条件下のサヘル地帯に介在するウアラム地域の農民にとって、水と土に対する栽培条件を如何に克服するかという難題は、永い農耕歴史に培われた解決策として現在のような自然への順応形態となって現れている。しかし、そこには農民の苦悩と忍耐が、消極的な農村に追い遣り近代化農業に取り残され、加えて人口増加という農村社会の大きな摩擦源を抱えて今後の農業経営に如何に耐え得るか。この不安を克服する為の叡知が地元住民に求められ、打開への試練が農業を揺り動かしている現状である。

(2) 農耕地の特性

ウアラム地域農業生産基盤をなす農耕地を地形上の立地区分から見ると次の4ゾーンに分けられる。

- 1) コリ・ウアラム谷 …… コロからベンドロに延びる谷
- 2) カンダ谷 …… カンダからツイゼゴロウに延びる谷
- 3) ダロル・ボツソ谷 …… ナツエからイネカールに延びる谷
- 4) 北方平原 …… チナゴダールからティンガラへ東西に広がる平原

一方、作物栽培上の気象条件として、降水量・気温・温度・日照等を緯度別にみるとおおよそ次のように3区分される。

- 1) ウアラム以南 50km
- 2) ウアラムからマンガイゼ付近迄南北 …… 50km間
- 3) マンガイゼ付近より以北 60km

但し、降雨分布については、モンスーンの気団配置により必ずしも緯度区分にならず、西域が有利なときが多い。これに対し東北方のバニバングゥ周辺では、栽培上有効な降雨は殆ど期待できない状況におかれている。

以上のような立地条件にて区分されるウアラム地域の農耕分布を、地貌特色で区分すると次の3タイプに分けられる。

a) 第三紀コンチネンタル・ターミナル層の大きな残丘に挟まれた台地

急峻な崖錐から平坦な堆積地に移行する畑地で雨季にはワジは出来るが、コリには発達しない。カンダ谷やダロル・ボッソ谷の南部地区がこれに相当する。これらの谷は比較的肥沃な土砂が堆積しているため、耕作地として適地が大きくとれるが、谷底部は浸水の恐れがある。

b) 大きな残丘からなだらかな傾斜面をなして低平地に至る耕地

明確な崖錐はないが、斜面は水食を生じ易い薄層表土の耕地が拡がり、続いて扇上洪積地の低地に至る。低地部には、雨季に流出水が停留し、ここにワジが形成する。コリ・ウアラム谷の大半の耕地やダロル・ボッソ谷の北方がこれに当り、これらの耕地では肥沃な耕土は水食により流され、ワジに堆泥するので良好な農地はワジの周辺に残るだけである。

c) ウアラム地域における粗放農問題

半乾熱帯地方という劣悪な自然環境にあるウアラム地域において、営農形態を左右しているのは、農耕地としての適地選択である。即ち、地域農民が趣意的に解決し得るのは、与えられた範囲での地形や土質、土壌等の土地条件であり、作物の収穫を決定的に差配している用水は、天水に依存する限り、飽く迄も従属的要素として、地域に宿命付けられている。主要作物であるミレットやソルガム、ニエベ等の雨季栽培は経験的推測に頼って、不順な降雨に生活の糧を全て委ねるといった過酷な条件を背負わされている。しかも、この貴重な用水となる降雨は、同時に水食作用という副次的危害を残すので土地の劣化は免れない。

このように低位な土地と不安定な用水を資源にして、農耕栽培を強いられる農民は期待薄い収穫をもって自らの糧食を確保するため、必然的に出来る限り広い範囲の用地で耕作を繰り返している。加えて人口増加の重圧が、一層粗放化に拍車をかけることになっている。

粗放化農業の主要因子

水	—	寡少な降雨量 ……………	収量 ; 不確定な最大因子	—	危険分散
		降雨強度 ……………	水食 ; 農耕地荒廃因子	——	移動分散
土	—	地形 ……………	傾斜、起伏 ; 耕作制限因子	—	移動分散
		土性 ……………	薄層耕土 ; 耕作制限因子		
		土質 ……………	砂質又はシルト質ローム ; 栽培制限因子		
		土壌 ……………	酸性土壌・有効燐酸欠乏態 ; 生育制限因子		
		土地 ……………	人口、社会制度 ; 耕作制限因子		

上記のように、営農上の環境条件は、耕作収穫に関して障害因子が全て作用し合っている。従って、各条件の限られた範囲で最大限になるよう粗放農を営むことになるので、低位生産は免れない。

ウアラム地域は特にミレットの依存度が高く、就農率が大きくなっている。このことは、ウアラム地域が過剰人口を抱えているため、拙劣な条件下での粗放化安定策も限界にあることを表わすもので、今後の地域開発に大きな課題を投じている。

3-2-2 畜産の状況

(1) 調査地区の地域区分及びその方法

ウアラム群を自生野草の植相による相違を規準にして、ウアラム北部、中部、南部と大きく3区分し、更に新たな、自生野草の植相密度を規準として、先に区分した3区分について東西に2分割し、ウアラム群を合計6区分に分け、各地区内で村落構成が調査地地区内で標準と思われる村落を選出し実施調査（聴取）を行った。

・代表的野草によるウアラム北部の地域区分

ANDROGON GAYANUS KUNTHGR・AMINEAE(現地名 SUBUNYA)は、家畜の飼料としての価値は低いものの草丈が2m以上と高く、ミレットの収穫後もその葉茎は緑色を保ち、自生地域との区分が容易である。その自生地は北限であった。MANGAIZE及びTAROUMを結ぶ線を伸ばし、マリ国境までの地区をウアラム北部とした。

・代表的野草によるウアラム北部の東西区分

東西の区分は、代表野草として、ARISTIDAMUT, ABILIS, (現地名 SUBUKUWARE)の自生密度が濃い地域を北東部とし、更にCOLARURIFOLIA, MAST(現地名 BATALA)を代表野草として自生密度の濃い地域をウアラム北西部に決め、地図上はTAROUMと TILOAの線からマリ国境までの地域とした。

・代表的野草によるウアラム南部地域の区分

CASSI AMIMOSOLDES(現地名 DOSARI)は、家畜の飼料として利用される他に休耕地の緑肥としても利用されている。本野草は群生し開花、結実後は急速にその緑葉を落下させて家畜の飼料としての価値は減少する。群生北限地はSIMIRI, DJIHOBANGOU, BANGUTAWAの南に広がる、NIAMY県境までの地域を、ウアラム南部とした。

次に南部の東西区分は確かな代表的自生野草の同定が出来ず、ほぼ中央にある幹線道路によって東側、西側に区分した。

・代表的野草によるウアラム中部の東西区分

先に、北部と南部に区分し、残ったウアラム地区を中心とした中央地域をウアラム中部地域とし、ARISTIDA PALLIDA (現地名 KASAWURA)の自生密度が濃い TINGAを中心にした中